

발간등록번호

11-1611000-000792-01

하천설계기준 · 해설

2009

국토해양부

국토해양부 승인

하천설계기준 · 해설

2009

사단
법인 한국수자원학회

설계기준 개정에 따른 경과조치

이 하천설계기준 개정시점에서 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여는 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

머 리 말

1980년 '하천설계기준(하천편)'이 제정되어 하천관련 기술지침서로 사용되어온 이래, 1998년 전면적인 미비점 보완, 2000년 물환경에 대한 내용보완과 수변공간에 대한 새로운 개념의 도입, 2002년 교량설치에 따른 수리학적 검토 및 현실적인 유출량 산정방법의 개선, 2005년 치수, 이수 및 하천환경을 고려한 자연친화적인 하천설계 개념의 도입 등 점진적으로 설계기준이 개정되어 왔습니다.

최근 기후변화로 인한 집중호우의 발생빈도가 증가하고 하천제방 및 시설물의 피해가 점증함에 따라 이에 대한 대책수립의 일환으로 금번 개정에서는 주로 하천제방과 관련된 조사, 계획, 설계의 적용에 한정하여 하천설계기준에 대한 기술적 재검토 및 개편이 수행되었습니다. 특히, 4대강 살리기와 연계되어 하천제방 설계에 필요한 설계근거를 개발하여 경제성과 안정성을 동시에 만족시킬 수 있는 설계기준이 되도록 노력하였습니다. 또한 국내에서 개발된 모형을 하천설계기준에 도입함으로써 우리의 기술력을 증진시킬 수 있는 토대를 마련하였습니다.

하천설계기준 개정의 중요성과 파급효과를 감안하여 제안된 내용들을 제외시킴으로서 최종적으로 설계기준에 적용된 내용은 많지 않아 아쉬움이 큼니다. 향후 더욱 깊이 있는 연구를 통해 동기준이 보다 선진화될 수 있도록 정부, 학계, 업계 등 관련 전문가 여러분들의 노력이 더 필요할 것으로 판단됩니다.

금번 하천설계기준 개정작업에 헌신적으로 참여해주신 회원 및 집필진 여러분에게 감사드리며, 각종 조언과 자문을 주신 원로 및 자문위원 여러분께 감사의 말씀을 드립니다. 끝으로, 본 하천설계기준이 하천의 조사, 계획, 설계기술 향상에 크게 기여할 수 있기를 기대합니다.

2009년 8월

한국수자원학회장 지 홍 기

인 사 말

인류는 일찍이 하천을 중심으로 경제를 부흥시키고 삶의 질을 향상 시켜왔으며, 최근 정부는 물과 함께하는 국토 재창조를 목표로 주기적으로 반복되는 가뭄과 물부족 현상을 해결하고, 홍수 피해를 예방하면서 하천을 지역경제 활성화와 국가발전의 거점으로 활용하고자 노력하고 있습니다.

하지만 기후변화의 영향으로 집중 호우의 빈도가 점차 증가하고, 이에 수반한 홍수 피해도 계속 늘어남에 따라 이러한 목표를 실현하는 것이 점점 어려워지고 있습니다.

따라서 이러한 자연환경의 변화에 대비한 하천설계기준의 개정은 하천제방 등 하천 시설물의 안정성을 크게 향상시킬 뿐 만 아니라, 나아가 하천이 새로운 국가 성장 동력에 기반이 되기 위해 매우 중요한 밑거름이 될 것으로 생각합니다.

이번에 한국수자원학회에서 제방 등 하천 구조물 품질 개선 및 강화 등을 중심으로 「하천설계기준·해설」을 개정한 것을 계기로 기후 변화로 인한 홍수 피해에 보다 능동적으로 대비하고, 국민의 생명과 재산의 보호는 물론 국가 발전의 새로운 도약점을 마련하는데 크게 기여할 수 있을 것으로 기대됩니다.

「하천설계기준·해설」 개정에 헌신적으로 참여하여 주신 한국수자원학회 회장님을 비롯한 집필진, 각종 조언과 지문을 아끼지 않으신 관계전문가, 중앙건설기술심의위원회 위원, 그리고 모든 관계자 여러분의 노고에 깊이 감사드립니다.

2009년 8월

국토해양부 수자원정책관 노 재 화 

목 차

< ~ ~ ~ >

제 1 장 총 칙

1.1 목적	3
1.2 적용범위	3
1.3 개정된 규정 및 관련근거의 적용	4

제 2 장 구성 및 운용방침

2.1 내용의 구성	
2.1.1 기준의 내용	5
2.1.2 총칙편	5
2.1.3 조사편	5
2.1.4 계획편	6
2.1.5 설계편	6
2.2 운용방침	
2.2.1 운용일반	7
2.2.2 제반 법령과의 관계	8

제 3 장 내진설계

3.1 일반사항	
3.1.1 목적	9
3.1.2 적용범위	9
3.1.3 등급설정	9
3.1.4 내진성능수준과 목표	9
3.1.5 설계저동한계	10
3.1.6 기본적인 내진설계 방법과 절차	10

3.2 수문의 내진설계	
3.2.1 적용 수문	11
3.2.2 수문의 내진등급	11
3.3 기타 하천시설물의 내진설계	12

< `¶ » □ ~ □ >

제 4 장 유역특성조사

4.1 일반사항	
4.1.1 적용범위	15
4.1.2 용어의 정의	15
4.1.3 관련설계기준 및 법규	15
4.2 일반특성조사	
4.2.1 유역특성인자조사	16
4.2.2 유역형상조사	16
4.2.3 지형 및 지질조사	17
4.2.4 토양 및 토질조사	17
4.2.5 수계 조사	17
4.3 하천형태조사	
4.3.1 하천특성인자조사	17
4.3.2 하천지형형태조사	18
4.3.3 하천사행특성조사	18
4.3.4 기타 하천특성조사	18
4.4 토지이용 및 시설물조사	
4.4.1 토지이용조사	18
4.4.2 주요시설물조사	19
4.5 기존 자료 조사	

4.5.1 조사일반	19
4.5.2 기상자료조사	19
4.5.3 수문자료조사	20
4.5.4 홍수예정보 시스템조사	20
4.5.5 인문자료조사	20
4.5.6 기타자료조사	21
4.6 관련 계획조사	
4.6.1 치수 및 이수계획 조사	21
4.6.2 국토이용 및 도시계획 조사	21
4.6.3 하천환경계획 조사	21

제 5 장 강수량조사

5.1 일반사항	
5.1.1 적용범위	22
5.1.2 용어의 정의	22
5.1.3 관련규정 및 법규	22
5.2 관측소의 배치와 설치	
5.2.1 배치	23
5.2.2 설치장소의 선정	24
5.2.3 설치장소의 결정	24
5.3 관측 설비	
5.3.1 측정기계	26
5.3.2 수수구	26
5.3.3 기록장치의 위치	27
5.3.4 보통우량계의 병설 및 표지	27
5.3.5 관측소 대장	28
5.4 관측	
5.4.1 관측원	28
5.4.2 관측 및 관측원 수칙	29

5.4.3 순회 점검	29
5.4.4 점검자 수칙	30
5.4.5 우량계에 의한 관측	30
5.4.6 적설량계에 의한 관측	31
5.4.7 레이더에 의한 관측	32
5.4.8 관련 기상요소	33
5.4.9 실시간 자동수집장치 및 자동기상관측 시스템	33

5.5 자료의 기록

5.5.1 자료의 정리	34
5.5.2 작업분담 및 발표	34
5.5.3 자료의 보관	35
5.5.4 보고 및 발간	35

제 6 장 수위조사

6.1 일반사항

6.1.1 적용범위	36
6.1.2 용어의 정의	36
6.1.3 관련규정 및 법규	37

6.2 관측소의 배치 및 설치

6.2.1 배 치	37
6.2.2 설치장소의 선정	38

6.3 관측설비

6.3.1 수위관측소의 설비	38
6.3.2 보통수위표	39
6.3.3 자기수위계	39
6.3.4 보조수위표	40
6.3.5 수위표 영점표고	40
6.3.6 수위표 영점표고의 측정	41
6.3.7 표지	41
6.3.8 대장	42

6.4 관측	
6.4.1 관측원	42
6.4.2 순회 점검	43
6.4.3 보통수위표에 의한 관측	44
6.4.4 자기수위계에 의한 관측	44
6.4.5 보조수위표에 의한 관측	45
6.4.6 최고수위계에 의한 관측	45
6.4.7 실시간 자동 수집장치	46
6.5 자료의 정리	
6.5.1 자료의 정리	46
6.5.2 자료의 보관	47
6.5.3 보고 및 발간	47

제 7 장 유량조사

7.1 일반사항	
7.1.1 적용범위	48
7.1.2 용어의 정의	49
7.1.3 관련규정 및 법규	49
7.2 관측소의 배치 및 설치	
7.2.1 관측소의 배치	50
7.2.2 관측소의 위치 선정	51
7.3 관측 설비 및 방법	
7.3.1 유량관측소 횡단선	52
7.3.2 유량관측소 횡단선의 횡단측량	53
7.3.3 표지	53
7.3.4 대장	54
7.3.5 관측횟수	54
7.3.6 기자재의 관리	54
7.3.7 관측수칙	55
7.3.8 야장	55

7.4 일반 유속계에 의한 유량측정	
7.4.1 일반사항	56
7.4.2 유속계의 검정	57
7.4.3 유속계의 사용	58
7.4.4 정밀측정	58
7.4.5 유속계 측정법에 의한 유량의 산출방법	58
7.5 부자에 의한 유량측정	
7.5.1 일반사항	59
7.5.2 부대 설비	60
7.5.3 유속측선	61
7.5.4 부자의 종류	61
7.5.5 부자에 의한 유량측정	62
7.5.6 부자 측정법에 의한 유량의 산출	62
7.6 전자파 표면 유속계에 의한 유량측정	
7.6.1 일반사항	63
7.6.2 주의사항	63
7.7 회석법에 의한 유량측정	64
7.8 위어에 의한 유량측정	64
7.9 기타 유량측정법	
7.9.1 고정 초음파 유속계에 의한 유량측정	65
7.9.2 이동 초음파 유속계에 의한 유량측정	65
7.9.3 정사면적법에 의한 유량측정	66
7.10 자료의 정리	
7.10.1 일반사항	66
7.10.2 수위 및 유량 관측자료의 정리	67

제 8 장 지하수조사

8.1 일반사항	
8.1.1 적용범위	69
8.1.2 용어의 정의	69
8.1.3 관련규정 및 법규	69
8.2 현지조사	
8.2.1 목적 및 범위	70
8.2.2 기존자료조사	71
8.2.3 수리지질 및 토질조사	72
8.2.4 지하수위 조사	72
8.2.5 우량조사	73
8.2.6 하천수위 및 유량조사	73
8.2.7 증발량 및 침투량조사	73
8.2.8 하천 취·배수량조사	73
8.2.9 양수량조사	74
8.2.10 하천수 수질조사	74
8.2.11 지하수 수질조사	74
8.2.12 지반고 조사	75
8.2.13 토지이용실태조사	75
8.3 자료해석	76

제 9 장 유사 및 하상변동조사

9.1 일반사항	
9.1.1 적용범위	77
9.1.2 용어의 정의	77
9.2 조사일반	78
9.3 유역의 토양유실량 및 유사유출량 조사	
9.3.1 조사 목적과방법	78

9.3.2	관련 자료 조사	79
9.3.3	토양유실량과 유사유출량 추정	79
9.4 하천 유사량 조사		
9.4.1	조사 목적과 방법	80
9.4.2	하천 유사량 측정	81
9.4.3	하천 유사량 공식	84
9.5 하상변동 조사		
9.5.1	조사 목적과 방법	85
9.5.2	중횡단 측량 조사	85
9.5.3	수위 조사	86
9.5.4	하상변동 예측	87
9.5.5	골재 채취로 인한 하상변동 조사	87
9.5.6	홍수시 하상변동 조사	88
9.6 하상재료 조사		
9.6.1	조사 목적과 방법	88
9.6.2	조사 지점과 시료 채취	89
9.6.3	실험실 분석	90

제 10 장 하도조사

10.1 일반사항

10.1.1	적용범위	91
10.1.2	용어의 정의	91
10.1.3	관련규정 및 법규	91

10.2 하도조사

10.2.1	조사구간의 설정	92
10.2.2	하상재료 조사	92
10.2.3	하상 단면변화 조사	93
10.2.4	하도조사를 위한 하천측량	93

10.3 조도계수 조사	
10.3.1 일반사항	93
10.3.2 조도계수 결정을 위한 고려사항	94
10.3.3 하도 구간의 조도계수	95
10.3.4 흔적수위를 이용한 조도계수 결정	96
10.4 하구 조사	
10.4.1 하구조사 항목	100
10.4.2 파악조사	101
10.4.3 하구수위조사	101
10.4.4 하구유량조사	102
10.4.5 조위조사	103
10.4.6 표사조사	103
10.4.7 하구 하상재료조사	104
10.4.8 하구 수질조사	105
10.4.9 풍향·풍속조사	105
10.4.10 하천·해안 지형조사	105
10.4.11 비사조사	107
10.4.12 하구흐름조사	108
10.4.13 기타조사	108
10.5 하도특성조사	109

제 11 장 내수 및 우수유출 조사

11.1 일반사항	
11.1.1 적용범위	110
11.1.2 관련규정	110
11.2 조사내용	
11.2.1 지형 및 지표조사	111
11.2.2 배수계통 및 시설조사	111
11.2.3 과거 침수기록조사	112
11.2.4 방류하천 특성 조사	112

11.2.5 관련계획조사.....	112
11.2.6 침수지역 자산조사	113

제 12 장 하천환경조사

12.1 일반사항

12.1.1 적용범위.....	114
12.1.2 용어의 정의	114
12.1.3 수행절차.....	115

12.2 계획수립

12.2.1 사전 자료조사	116
12.2.2 전문가그룹 구성	116
12.2.3 기초조사	117
12.2.4 조사지구 및 구간 선정	117

12.3 조사항목 및 일정

12.3.1 조사항목 및 일정	119
12.3.2 물리조사	120
12.3.3 화학조사	121
12.3.4 생물조사	122
12.3.5 공간조사	122

12.4 자료정리 및 활용

12.4.1 자료정리와 평가	123
12.4.2 하천환경정보도	124

12.5 수질조사

12.5.1 관측지점의 설정과 관리	125
12.5.2 채수지점 및 채수위치.....	126
12.5.3 측정항목	127
12.5.4 측정횟수	128
12.5.5 채수시기	129
12.5.6 채수방법	129

12.5.7	시료의 전처리 및 보관	130
12.5.8	수질오염 측정망의 현황	130
12.5.9	현장측정	131
12.5.10	수질분석 방법(실내분석)	132
12.6	저니질 조사	
12.6.1	오염상황조사	133
12.6.2	기초조사	133
12.6.3	정밀조사	134
12.6.4	저니질 분석방법	134
12.7	오염 발생원 및 부하량 조사	
12.7.1	오염원의 개념 및 형태	136
12.7.2	오염발생원 조사	136
12.7.3	발생오염부하량 조사	137
12.7.4	배출오염부하량 조사	138
12.7.5	오염부하 원단위 산정	138
12.7.6	유출오염부하량 조사	139
12.7.7	강우시 유출오염부하량 조사	140
12.7.8	유달률의 산정	140
12.8	수질예측	
12.8.1	하천(호소 제외)의 수질예측	140
12.8.2	호소의 수질예측	142
12.9	토양조사	
12.9.1	조사의의	144
12.9.2	조사항목과 방법	144
12.10	식물조사	
12.10.1	조사의의	145
12.10.2	사전조사	145
12.10.3	조사항목과 방법	146
12.10.4	자료정리	147

12.11 미소생물조사	
12.11.1 조사의의	147
12.11.2 사전조사	148
12.11.3 저서무척추동물의 조사항목과 방법	148
12.11.4 육상곤충의 조사항목과 방법	151
12.11.5 플랑크톤의 조사항목과 방법	152
12.11.6 부착조류의 조사항목과 방법	152
12.11.7 자료정리 및 수질평가	153
12.12 어류조사	
12.12.1 조사의의	154
12.12.2 사전조사	154
12.12.3 조사항목과 방법	154
12.12.4 자료정리	155
12.13 양서파충류 조사	
12.13.1 조사의의	155
12.13.2 사전조사	156
12.13.3 조사항목과 방법	156
12.13.4 자료정리	157
12.14 조수류조사	
12.14.1 조사의의	157
12.14.2 사전조사	158
12.14.3 조류조사의 항목과 방법	158
12.14.4 조류조사 자료정리	159
12.14.5 포유류조사의 항목과 방법	160
12.14.6 포유류조사 자료정리	161

제 13 장 하천치수경제조사

13.1 일반사항	
13.1.1 적용범위	162
13.1.2 용어의 정의	162

13.1.3 관련규정 및 법규	162
------------------	-----

13.2 하천치수 경제조사

13.2.1 기본사항	163
13.2.2 기본목적	163
13.2.3 기본절차	164
13.2.4 조사대상 유량규모의 결정	165
13.2.5 지반고 조사	165
13.2.6 범람수리 조사	165
13.2.7 범람구역 자산조사	166
13.2.8 예상피해액 산정	167
13.2.9 예상 연평균 피해경감기대액(편익)의 산정	167
13.2.10 유량규모별 예상치수 사업비 (비용)의 산정	168
13.2.11 치수사업의 경제효과 분석	169

제 14 장 하천측량

14.1 일반사항

14.1.1 적용범위	170
14.1.2 용어의 정의	170
14.1.3 관련 설계기준 및 법규	171

14.2 하천 측량 계획

14.2.1 측량계획	171
14.2.2 하천정비기본계획 및 하천대장의 작성에 관한 측량계획	172
14.2.3 하천정비시행계획에 관한 측량계획	172
14.2.4 하상변동 조사에 관한 측량계획	173

14.3 하천정비기본계획 및 하천대장 작성을 위한 측량

14.3.1 골조측량	173
14.3.2 지형현황 측량	174
14.3.3 수준 및 종단측량	174
14.3.4 하천 횡단측량	175
14.3.5 홍수흔적측량	176

14.3.6 표석매설	177
14.4 하천정비시행계획을 위한 측량	
14.4.1 공사용 측량	178
14.4.2 지형현황 측량	178
14.4.3 제방중심선(법선) 및 종횡단 측량	178
14.4.4 용지 측량	179
14.5 하상변동조사 측량	
14.5.1 지형현황 측량	180
14.5.2 종단 및 횡단측량	180
14.6 기타	
14.6.1 측량 결과의 정리 및 방향	180
14.6.2 최신측량 기술의 활용	181

< Ⅰ 〃 〃 〃 〃 >

제 15 장 하천유역종합계획

15.1 일반사항	
15.1.1 적용범위	185
15.1.2 용어의 정의	185
15.1.3 관련규정 및 법규	185
15.2 개요	
15.2.1 계획의 목표	186
15.2.2 하천기능과 하천계획	186
15.2.3 계획의 과정	187
15.2.4 계획의 구성	188
15.3 세부계획	
15.3.1 세부계획의 구성	189

15.3.2	유역계획	189
15.3.3	유출계획	189
15.3.4	유사계획	190
15.3.5	환경계획	190
15.4	하천유역 종합계획수립을 위한 기본조사	191
15.5	하천유역 종합계획의 체계	193

제 16 장 설계수문량

16.1	일반사항	
16.1.1	적용범위	195
16.1.2	용어의 정의	195
16.1.3	관련규정 및 법규	196
16.2	설계 수문량의 추정 개념	
16.2.1	수공구조물의 분류	196
16.2.2	수문설계 빈도	197
16.2.3	수문설계빈도의 선택	198
16.3	빈도해석에 의한 설계수문량의 추정	
16.3.1	자료의 수집과 정리	198
16.3.2	확률 수문량의 추정	199
16.3.3	빈도해석의 신뢰도	200
16.3.4	이상치의 처리	200
16.4	강우-유출 관계 분석에 의한 설계 홍수량의 추정	
16.4.1	기본 홍수량과 계획 홍수량	200
16.4.2	설계 강우량	201
16.4.3	손실 우량과 유효 우량의 계산	204
16.4.4	유역의 반응시간	210
16.4.5	설계 강우에 의한 설계홍수량의 산정	214

제 17 장 홍수방어계획

17.1 일반사항

17.1.1 적용범위	217
17.1.2 용어의 정의	217
17.1.3 관련규정 및 법규	218

17.2 홍수방어 및 조절

17.2.1 홍수방어계획	218
17.2.2 홍수 방어 및 조절방법	218
17.2.3 홍수 방어 및 조절의 접근 방법	219
17.2.4 종합치수대책	220

17.3 구조물적 대책

17.3.1 하천정비 및 개수	223
17.3.2 우수 유출억제 시설계획	225
17.3.3 홍수 조절용 저류지 계획	227
17.3.4 다목적 조절지 계획	228
17.3.5 기타 구조물적 대책에 의한 홍수방어(조절) 계획	229

17.4 비구조물적 대책

17.4.1 저수지 최적 운영체제	229
17.4.2 홍수예보 시스템	230
17.4.3 홍수터 관리	231
17.4.4 홍수보험	234
17.4.5 기상현상 조절에 의한 홍수방지	235
17.4.6 유역관리	235
17.4.7 홍수조절방법의 조합	235

제 18 장 하도계획

18.1 일반사항

18.1.1 적용범위	237
18.1.2 용어의 정의	237

18.1.3	관련규정 및 법규	239
18.2	하도계획 관련자료 검토	239
18.3	하도계획의 기본방침	
18.3.1	기본이념	240
18.3.2	기본방침	240
18.4	하도계획 수립의 기본방향 및 절차	
18.4.1	기본방향	241
18.4.2	기본절차	242
18.5	계획홍수위	
18.5.1	계획홍수위 결정시 기본방침	246
18.5.2	계획홍수위 계산	247
18.5.3	조도계수의 선정	248
18.5.4	기점 홍수위 결정	249
18.5.5	국부적 수위 상승 계산	251
18.6	평면계획	
18.6.1	평면계획 수립 기본방침	254
18.6.2	하도선형 결정	255
18.6.3	저수로 범선 결정	256
18.6.4	하안방어선 설정	256
18.6.5	기타 유의 사항	260
18.7	중단 계획	260
18.8	횡단 계획	262
18.9	신설하천 계획	265
18.10	지류 합류계획	267

18.11 하구처리 계획	
18.11.1 기본방침	268
18.11.2 하구처리방향	269
18.11.3 하구의 하도처리계획	270
18.11.4 하구의 하도 계획홍수위 결정	270
18.11.5 하구하도의 조도계수	271
18.11.6 하구 계획단면의 결정	272
18.11.7 하구처리대책의 결정	272
18.11.8 고조구역에서 계획제방고 및 둑마루폭	274

제 19 장 유사조절계획

19.1 일반사항	
19.1.1 적용범위	275
19.1.2 계획 수립의 목적과 필요성	275
19.1.3 계획 대상의 구분	275
19.1.4 계획 수립의 과정	276
19.2 유역의 유사조절 계획	
19.2.1 대상 유역의 선정 및 계획규모 결정	276
19.2.2 유역의 유사 조사	277
19.2.3 유사조절 대책	277
19.3 하천의 유사조절 계획	
19.3.1 대상하천의 선정	279
19.3.2 유사조절 대책	279

제 20 장 내수배제 및 우수유출저감계획

20.1 일반사항	
20.1.1 적용범위	281
20.1.2 용어의 정의	281
20.1.3 관련규정 및 법규	282

20.2 내수처리 계획	
20.2.1 배수처리 계획	282
20.2.2 계획의 기준	284
20.3 우수유출저감계획	
20.3.1 일반사항	286
20.3.2 시설의 종류와 기능	287
20.4 내수배제 및 우수유출저감 시설계획	
20.4.1 시설의 종류와 기능	288
20.4.2 저류지 시설계획	289
20.4.3 침투시설계획	292
20.4.4 배수펌프 시설 계획	292

제 21 장 이수계획

21.1 일반사항	
21.1.1 적용범위	295
21.1.2 용어의 정의	295
21.1.3 관련규정 및 법규	295
21.2 이수계획	
21.2.1 일반사항	296
21.2.2 수자원 부족량의 산정	296
21.2.3 용수수급현황의 파악	297
21.2.4 용수수요의 예측 및 산정	297
21.2.5 물수지 분석	299
21.3 하천관리유량	
21.3.1 하천관리유량의 개념	299
21.3.2 계획기준점	299
21.3.3 하천관리유량의 산정	300
21.4 갈수대책	

21.4.1 갈수의 정의 및 종류	301
21.4.2 갈수대책	301

제 22 장 내륙주운계획

22.1 일반사항	
22.1.1 적용범위	304
22.1.2 용어의 정의	304
22.1.3 관련규정	304
22.2 주운수로	
22.2.1 주운수로 형태의 결정	305
22.2.2 주운장비	307
22.3 계획일반	
22.3.1 일반사항	308
22.3.2 기존 수로에 대한 평가	308
22.3.3 물동량 분석	309
22.3.4 대안계획	309
22.3.5 경제성 평가	310

< ...# [] ~ [] >

제 23 장 제 방

23.1 일반사항	
23.1.1 적용범위	315
23.1.2 용어의 정의	315
23.1.3 관련 설계기준 및 법규	316
23.2 조사 일반	
23.2.1 일반사항	316
23.2.2 계획법선의 지반조사	317

23.2.3 제체재료 선정을 위한 조사	320
23.2.4 기설제방의 조사	321
23.3 제방의 구성	
23.3.1 제방의 구조 및 종류	322
23.3.2 제방의 재료	325
23.3.3 제방의 다짐	328
23.3.4 제방법선	330
23.4 제방 설계	
23.4.1 설계일반	331
23.4.2 제방고	332
23.4.3 여유고	333
23.4.4 독마루폭	335
23.4.5 비탈경사	337
23.4.6 관리용 도로	338
23.4.7 비탈기슭 보호공	341
23.4.8 배수구간(back water)에서의 제방고와 독마루폭	341
23.4.9 축 단	344
23.4.10기타제방	345
23.4.11 제방의 안정	347
23.4.12 침투에 대한 보강 공법의 설계	353

제 24 장 호 안

24.1 일반사항	
24.1.1 적용범위	360
24.1.2 용어의 정의	360
24.2 설계일반	
24.2.1 일반사항	360
24.2.2 설치위치와 연장	364
24.2.3 호안법선	365

24.3 비탈덮기	365
24.4 비탈멈춤	369
24.5 밑다짐	371
24.6 호안머리공(호안머리 보호공)	373

제 25 장 수 제

25.1 일반사항	
25.1.1 적용범위	374
25.1.2 용어의 정의	374
25.2 설계일반	
25.2.1 일반사항	375
25.2.2 목적	375
25.2.3 기능	376
25.2.4 종류	376
25.2.5 설치위치	379
25.3 수제설계	
25.3.1 방향의 결정	379
25.3.2 높이 및 폭	380
25.3.3 길이 및 간격	380
25.4 수제공법	
25.4.1 수제공법의 종류	383
25.4.2 수제공법의 선정	385

제 26 장 하상유지시설

26.1 일반사항	
26.1.1 적용범위	386

26.1.2 용어의 정의	386
26.2 설계일반	
26.2.1 일반사항	386
26.2.2 목적	388
26.2.3 구조	389
26.2.4 하상 유지시설의 계획	390
26.3 본체	
26.3.1 기능 및 구조	393
26.3.2 평면 형상	393
26.3.3 횡단 형상	394
26.3.4 종단 형상	394
26.3.5 차수벽	395
26.4 물받이	
26.4.1 기능 및 구조	396
26.4.2 길이	396
26.4.3 감세공	396
26.4.4 두께	396
26.5 바닥보호공	
26.5.1 기능 및 구조	397
26.5.2 높이	398
26.5.3 길이	398
26.6 연결옹벽 및 밑다짐	
26.6.1 기능 및 구조	399
26.6.2 배치	400
26.7 연결호안	
26.7.1 기능 및 구조	400
26.7.2 길이	400

26.8 고수부지 보호공	
26.8.1 기능 및 구조	401
26.8.2 고수부지의 중단형상	401
26.8.3 고수부지 보호공의 설치범위	403
26.9 자연형 하상보호시설	
26.9.1 일반사항	403
26.9.2 자연형 하상보호시설	404

제 27 장 여울과 소

27.1 일반사항	
27.1.1 적용범위	406
27.1.2 용어의 정의	406
27.1.3 관련규정 및 법규	406
27.2 자연형 여울	
27.2.1 일반사항	406
27.2.2 설계방향	408

제 28 장 보

28.1 일반사항	
28.1.1 적용범위	411
28.1.2 용어의 정의	411
28.2 설계일반	
28.2.1 보의 종류	412
28.2.2 보의 형식	413
28.2.3 보의 종류 및 형식의 선정	415
28.2.4 설치위치의 선정	415
28.2.5 설치 기준	415
28.2.6 보마루 표고의 결정	416

28.3 고정보	
28.3.1 고정보의 단면결정	417
28.3.2 물받이	418
28.3.3 바닥보호공	420
28.4 가동보	
28.4.1 경간길이 및 가동부	421
28.4.2 물받이 및 바닥보호공	421
28.4.3 상판	422
28.4.4 보기둥	422
28.4.5 문기둥	423
28.4.6 문짝	423
28.5 차수벽	425
28.6 연결호안	426
28.7 부대시설	
28.7.1 취수구	428
28.7.2 배수구 및 침사지	429
28.7.3 갑문	429
28.8 자연형 보	430

제 29 장 어 도

29.1 일반사항	
29.1.1 적용범위	432
29.1.2 용어의 정의	432
29.1.3 어도의 설치계획 수립	433
29.1.4 어도의 기초 설계조건	436
29.2 설계일반	
29.2.1 어도의 종류	437

29.2.2 어도형식별 장·단점	441
29.2.3 어도의 표준형식 설정	443
29.3 어도 세부설계	
29.3.1 어도의 설계 절차	451
29.3.2 어도형식의 선정	452
29.3.3 어도의 세부 설계요소	452
29.3.4 어도의 이용효율 평가	453

제 30 장 수 문

30.1 일반사항	
30.1.1 적용범위	455
30.1.2 용어의 정의	455
30.1.3 관련규정 및 법규	456
30.2 설계일반	
30.2.1 일반사항	456
30.2.2 분류	457
30.2.3 설치위치	458
30.2.4 바닥고	458
30.2.5 설치방향	469
30.3 설계	
30.3.1 단면 및 설계유속	469
30.3.2 본체	460
30.3.3 문기둥	461
30.3.4 문틀 및 문짝	462
30.3.5 흥벽 및 날개벽	464
30.3.6 연결호안 및 바닥보호공	465
30.4 차수공	466
30.5 수밀공 및 개폐장치	

30.5.1 수밀공	466
30.5.2 개폐장치	467
30.6 유지관리	467

제 31 장 취수시설

31.1 일반사항	
31.1.1 적용범위	468
31.1.2 관련규정 및 법규	468
31.2 설계일반	468
31.3 취수탑	
31.3.1 취수탑의 위치	469
31.3.2 취수탑의 구조	469
31.3.3 취수탑의 취수구	470
31.3.4 취수탑의 부대설비	472
31.3.5 취수탑의 연결호안	472
31.4 집수암거	
31.4.1 설치 계획시 유의사항	473
31.4.2 설치위치의 선정기준	474
31.4.3 설치기준	474
31.4.4 집수암거의 구조	474
31.4.5 부대시설	475
31.5 취수관로	
31.5.1 취수구	475
31.5.2 취수관로	476
31.5.3 취수틀	476
31.6 취수문 및 스크린	
31.6.1 취수문	477

31.6.2 스크린	478
31.7 침사지	
31.7.1 침사지의 설치	478
31.7.2 침사지의 길이	478
31.8 취수펌프	
31.8.1 취수펌프의 설치	479
31.8.2 유하물 배제시설	480

제 32 장 내수배제 및 우수유출저감시설

32.1 일반사항	
32.1.1 적용범위	481
32.1.2 관련규정 및 법규	481
32.2 내수배제시설 설계일반	481
32.3 우수지시설	
32.3.1 우수지 규모 결정	482
32.3.2 우수지 계획 홍수위와 저수위	483
32.3.3 시설설계	483
32.4 펌프장	
32.4.1 배수시설설계 일반사항	484
32.4.2 각 시설별 설계 기준	486
32.4.3 재해방지 시설	491
32.5 우수유출저감시설	
32.5.1 우수유출저감시설 설계 일반사항	492
32.5.2 우수유출저감시설별 설계기준	492

제 33 장 수로터널

33.1 일반사항

33.1.1 적용범위	494
33.1.2 용어의 정의	494
33.2 기본사항	
33.2.1 터널의 분류	495
33.2.2 설계의 기본	495
33.2.3 노선의 선정	495
33.2.4 갱구의 위치 선정	496
33.2.5 터널의 최소 토피두께	496
33.2.6 터널 경사 및 단면형	497
33.2.7 최소 시공단면	498
33.3 수리설계	
33.3.1 일반사항	498
33.3.2 설계유량	499
33.3.3 허용유속	499
33.3.4 여유고	500
33.3.5 수격작용	500
33.4 지보재	
33.4.1 지보재의 종류	501
33.4.2 지보재의 설치	503
33.5 라이닝과 그라우팅	
33.5.1 라이닝	504
33.5.2 그라우팅	507
33.6 기타설계	
33.6.1 굴착설계	507
33.6.2 부대시설 설계	508

제 34 장 주운시설

34.1 일반사항

34.1.1 적용범위	509
34.1.2 용어의 정의	509
34.1.3 관련규정	509
34.2 설계일반	510
34.3 주운수로	
34.3.1 주운수로의 크기	510
34.3.2 직선수로	512
34.3.3 만곡수로	513
34.3.4 최소수심	516
34.3.5 유속	517
34.3.6 교량 형하고	517
34.4 주운갑문	
34.4.1 갑문의 종류 및 방식 결정	518
34.4.2 갑문의 위치	519
34.4.3 갑문의 크기	519
34.4.4 갑문통과시간	520
34.4.5 갑문 권양기	521
34.4.6 갑문깊이와 갑문바닥	521
34.4.7 수문과 턱	521
34.4.8 갑문벽	522
34.4.9 물채움과 물빼기	524
34.4.10 갑문 접근부에서의 흐름과 천수화	527
34.5 주운댐	
34.5.1 주운댐의 기능	529
34.5.2 주운댐의 위치선정	529
34.5.3 주운댐의 형태	532
34.5.4 여수로	534
34.5.5 여수로 수문	535
34.6 기타시설	

34.6.1 터미널 시설	536
34.6.2 박지(泊地) 및 선회장	536
34.6.3 항행보조시설	536

제 35 장 하구시설

35.1 일반사항

35.1.1 적용범위	537
35.1.2 용어의 정의	537

35.2 하구시설

35.2.1 하구시설의 종류	537
35.2.2 하구시설의 특성	538

35.3 하구둑

35.3.1 계획	538
35.3.2 독마루 표고	539
35.3.3 바닥다짐공	539
35.3.4 최종물막이	540

35.4 배수문 및 갑문(통선문)

35.4.1 배수문	541
35.4.2 갑문(통선문)	541

35.5 하구제방 및 하구호안

35.5.1 하구제방	541
35.5.2 하구호안	542

35.6 도류제(導流堤)

542

35.7 주변에 미치는 영향

35.7.1 유황(流況)변화	543
35.7.2 토사퇴적	543
35.7.3 환경보전	544

35.8 부대시설	
35.8.1 조작 및 관리시설	544
35.8.2 계측시설	545

제 36 장 사방시설

36.1 일반사항	
36.1.1 적용범위	546
36.1.2 용어의 정의	546
36.1.3 사방시설의 종류와 기능	546
36.1.4 관련규정 및 법규	547

36.2 설계일반	
36.2.1 일반사항	547
36.2.2 목적	548
36.2.3 구조	548
36.2.4 사방시설의 계획	548

36.3 사방댐	
36.3.1 사방댐의 분류	549
36.3.2 형식 및 설계순서	550
36.3.3 위치와 높이	552
36.3.4 방향	552
36.3.5 퇴사량의 계산	553
36.3.6 구조	553
36.3.7 천단폭	555
36.3.8 단면계산	556

36.4 호안	
36.4.1 위치	556
36.4.2 종류 선택	557
36.4.3 마루높이	558
36.4.4 하상 및 마루경사	558

36.5 하상유지공	
36.5.1 일반사항	558
36.5.2 위치	559
36.5.3 방향	559
36.5.4 높이	560
36.5.5 하상경사	561
36.6 유로공(流路工)	
36.6.1 계획조건	561
36.6.2 설계순서	563
36.6.3 법선	563
36.6.4 하상경사	564
36.6.5 구조	564
36.6.6 유로공의 종단형	565
36.6.7 유로공의 계획단면	565
36.6.8 유로공의 호안	566
36.6.9 유로공과 바닥다짐공	566
36.7 침사지	
36.7.1 설계일반	567
36.7.2 설계순서	567
36.7.3 퇴적유사량 산정	568
36.7.4 침사지 득과 여수로	569

제 37 장 기타 시설물

37.1 일반사항	
37.1.1 적용범위	571
37.1.2 용어의 정의	571
37.1.3 관련규정 및 법규	572
37.2 하천정화기법과 시설	
37.2.1 하천정화기법과 시설의 분류	572

37.2.2 하천정화기법과 시설 구비조건	573
37.2.3 하천정화기법 및 시설 설계	574
37.3 세굴평가 및 세굴방호공	
37.3.1 세굴평가 적용범위	576
37.3.2 세굴평가	576
37.4 교량 등 하천점용시설물	
37.4.1 설치 위치의 적정성 평가	581
37.4.2 교량 등 하천 점용시설물 계획고 결정	582
37.4.3 교량의 경간장 결정	583
37.4.4 교각의 심도결정	585
37.4.5 세굴방호공	585
37.4.6 기존 교량의 세굴 취약성 평가	586

총 칙 편

제 1 장 총칙

제 2 장 구성 및 운용방침

제 3 장 내진설계

제 1 장 총 칙

1.1 목 적

이 하천설계기준(이하 '기준'이라 함)은 건설기술관리법 제34조의 규정에 의하여 하천과 하천에 관련된 사업(이하 '하천 관련 사업'이라 함)에 필요한 일반적 설계기준을 정한 것으로서 하천 관련 사업에 관계되는 기술과 방법을 체계화하고 새로운 기술의 보급과 향상에 기여하는 것을 목적으로 한다.

해설

- (1) 하천관련 사업은 하천의 안전성을 충분히 확보하고 자연의 다양성과 건전한 물순환을 유지하며 하천 본래의 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 계획되고 실시되어야 한다.
- (2) 본 '하천설계기준·해설'의 내용은 [기준] 및 [해설]로 구분되어 구성되어 있다.
- (3) 하천설계기준의 목적을 충분히 달성하기 위하여 필수적으로 고려하여야 될 내용은 박스안에 '기준'으로 제시하여 하천관련 사업의 조사, 계획 및 설계시 반드시 반영하도록 하였다.
- (4) 하천설계기준에서 제시된 내용에 대한 구체화, 보충설명, 참고자료, 구체적 적용사례 등의 내용은 '해설'부분에 기술하여 기술자가 기준을 올바르게 적용하는데 도움이나 참고가 되도록 하였다.

1.2 적용범위

- (1) 이 기준은 하천, 하천부속시설 및 하천과 관련된 구조물의 조사, 계획, 설계시 적용하는 일반적이고 기본적인 사항을 규정한다.
- (2) 이 기준은 하천 관련 사업의 조사, 계획 및 설계에 관계되는 기술과 방법을 명시한 것이며, 시공에 관한 사항은 하천공사표준시방서를 참고하도록 한다.

해설

- (1) 댐 설계기준 등 관계법령이 별도로 정해진 경우이거나 재해의 긴급성 또는 당해 건설공사의 특성 등으로 인하여 이 기준에 따르는 것이 곤란하거나 부적당한 경우에는 이 기준을 해당시설에 적용하지 않을 수 있다.
- (2) 특별한 연구에 의하여 조사, 계획이 시행되고 이를 바탕으로 설계를 할 경우에는 이 기준을 적용하지 않을 수 있다. 다만, 이러한 경우에는 그 기준의 근거를 명시하여야 한다.
- (3) 하천법에서 정하지 않는 하천 관련 사업, 긴급한 재해복구사업 및 이와 관련하여 실시되는 사업에 대하여도 기술적 수준의 확보라는 차원에서 이 기준의 사용을 권장한다.

1.3 개정된 규정 및 관련근거의 적용

이 기준에서 사용된 법규, 기준, 표준시방서 등의 규정이나 관련근거가 개정된 경우에는 개정된 규정 및 관련근거를 적용한다.

해설

(1) 이 기준에서는 관련된 법규, 기준, 표준시방서 등의 규정이나 관련근거를 명확히 표현하기 위하여 해당 년도를 표시하고 있다. 그러나 이 기준에서 사용된 여러 규정이나 관련근거들이 정기적 또는 부정기적으로 개정되는바, 이때마다 본 기준을 개정하여야만 개정된 관련근거의 내용을 반영할 수 있다. 이러한 경우 하천설계기준이 아주 빈번하게 개정될 수밖에 없어 매우 불편하게 되므로 본 절에서는 이 기준에 명시된 규정이나 관련근거가 개정되는 경우 본 설계기준의 개정 없이도 개정된 규정이나 관련근거를 받아들일 수 있는 근거를 제시한 것이다.

(2) 예를 들어 '제7장 유량조사'와 관련하여 수문관측업무규정(국토해양부훈령 제427호, 2009.8.)을 고려하도록 하고 있다. 만일 수문관측업무규정이 2009년 12월에 개정된다면 개정된 이후(2009년 12월 개정시간 이후)에는 본 기준의 개정 없이도 개정된 국토해양부 훈령인 수문관측업무규정(2009.8.)을 적용하여야 한다.

제 2 장 구성 및 운용방침

2.1 내용의 구성

2.1.1 기준의 내용

이 기준은 총칙, 조사, 계획 및 설계의 4개편으로 구성되며, 각 편은 각각 장, 절, 항목 및 세부항목으로 구성된다.

해설

- (1) 본 '하천설계기준·해설'에서는 하천설계기준의 내용을 박스 안에 [기준]으로 기술하여 조사, 계획 및 설계 시 반드시 반영토록 하고, [기준]에 대한 보완설명, 적용방법 시 유의사항, 적용사례 등은 박스 밖의 [해설]부분에서 기술하여 기술자가 기준을 올바르게 적용하는데 도움이거나 참고가 되도록 하였다.
- (2) 각각의 장, 절, 항목 및 세부 항목에서는 하천 관련 사업의 조사, 계획 및 설계에 필요한 기술에 대한 기준과 방법에 대한 표준적인 내용을 중점적으로 기술하고 있다.

2.1.2 총칙편

- (1) 총칙편은 이 기준에 대한 목적과 적용범위, 구성 및 운용방침, 내진설계 등에 대하여 기술한다.
- (2) 총칙편은 아래와 같이 3개장으로 구성된다.
 - ① 제1장 총칙
 - ② 제2장 구성 및 운용방침
 - ③ 제3장 내진설계

2.1.3 조사편

- (1) 조사편은 하천 관련 사업에 필요한 유역특성조사, 수위조사, 유량조사, 하천환경조사 등의 각종 조사와 하천측량 등 하천계획에 필요한 각종 조사와 측량에 관계되는 내용을 기술한다.
- (2) 조사편은 아래와 같이 11개장으로 구성된다.
 - ① 제4장 유역특성조사
 - ② 제5장 강수량조사
 - ③ 제6장 수위조사
 - ④ 제7장 유량조사
 - ⑤ 제8장 지하수조사
 - ⑥ 제9장 유사 및 하상변동조사
 - ⑦ 제10장 하도조사
 - ⑧ 제11장 내수 및 우수유출조사

- ⑨ 제12장 하천환경조사
- ⑩ 제13장 하천치수경제조사
- ⑪ 제14장 하천측량

2.1.4 계획편

- (1) 계획편은 하천 관련 사업에 필요한 각종 계획과 설계수문량의 산정 등에 관계되는 내용을 기술한다.
- (2) 계획편은 아래와 같이 8개장으로 구성된다.
 - ① 제15장 하천유역종합계획
 - ② 제16장 설계수문량
 - ③ 제17장 홍수방어계획
 - ④ 제18장 하도계획
 - ⑤ 제19장 유사조절계획
 - ⑥ 제20장 내수배제 및 우수유출저감계획
 - ⑦ 제21장 이수계획
 - ⑧ 제22장 내륙주운계획

2.1.5 설계편

- (1) 설계편은 하천의 기능향상과 유지를 위해 설치되는 각종 시설 및 환경친화적으로 하천을 가꾸기 위한 제반시설의 설계기준에 관련되는 내용을 기술한다.
- (2) 설계는 원칙적으로 하천이 치수, 이수, 환경기능을 겸비하고 하천 생태계를 고려하는 환경 친화적 하천이 되도록 설계한다.
- (3) 설계편은 아래와 같이 15개장으로 구성된다.
 - ① 제23장 제방
 - ② 제24장 호안
 - ③ 제25장 수제
 - ④ 제26장 하상유지시설
 - ⑤ 제27장 여울과 소
 - ⑥ 제28장 보
 - ⑦ 제29장 어도
 - ⑧ 제30장 수문
 - ⑨ 제31장 취수시설
 - ⑩ 제32장 내수배제 및 우수유출저감시설
 - ⑪ 제33장 수로터널
 - ⑫ 제34장 주운시설
 - ⑬ 제35장 하구시설
 - ⑭ 제36장 사방시설

⑮ 제37장 기타시설물

2.2 운용방침

2.2.1 운용일반

- (1) 하천, 하천부속시설 및 하천과 관련된 구조물의 조사, 계획, 설계시에는 원칙적으로 이 기준을 적용하여야 한다.
- (2) 신공법의 개발, 새로운 자재 또는 장비의 개발 등 기술수준의 향상으로 이 기준을 따르는 것이 적당하지 않을 경우에는 이 기준에 표시된 기술적 수준을 손상하지 않는 범위 내에서 이 기준을 벗어날 수 있다.

해설

이 기준을 벗어나 운용할 경우에는 특허나 신기술지정 등 국가나 공공기관이 인정하거나 또는 전문 연구기관에서 수행한 연구결과와 같이 그 기술 수준을 객관적으로 인정받을 수 있어야 한다.

2.2.2 제반 법령과의 관계

- (1) 이 기준이 정하는 내용에 대하여 제반 법령이 별도로 정해져 있는 경우에는 이 기준에 구애됨이 없이 그 법령에 따르는 것으로 한다.
- (2) 이 기준에서 정하지 않은 사항은 다음의 법령 및 기준을 적용한다.
 - ① 하천법
 - ② 도시계획법
 - ③ 자연재해대책법
 - ④ 댐 설계기준
 - ⑤ 농업생산기반 정비사업 계획 설계기준
 - ⑥ 항만 및 어항 설계기준 및 지방서
 - ⑦ 하천공사 표준지방서
 - ⑧ 기타

제 3 장 내진설계

3.1 일반사항

3.1.1 목적

이 장에서 기술하는 내진설계의 목적은 지진에 의한 하천시설물의 손실과 피해를 최소화하는데 있다.

3.1.2 적용범위

- (1) 이 장은 하천설계시 하천시설물의 내진설계에 대한 일반적이고 기본적인 기준을 정한 것이다.
- (2) 이 기준은 자연재해대책법에서 규정한 하천시설물이 아니더라도 내진설계가 꼭 필요하다고 인정되는 하천시설물에 적용할 수 있다. 다만 이러한 경우에는 그 이유를 명시하여야 한다.

3.1.3 등급설정

하천시설물은 하류지역의 재해도와 규모 및 중요도에 따라 다음과 같은 2종류의 내진등급 시설물로 분류한다.

- (1) 내진1등급 : 시설물의 규모가 크고 피해를 입으면 많은 인명과 재산상의 손실을 줄 염려가 있는 하천시설물
- (2) 내진2등급 : 시설물의 규모가 작고 파괴시 낮은 수준의 피해가 발생할 것으로 예상되는 하천시설물

3.1.4 내진성능수준과 목표

- (1) 지진하중 작용 시 만족하여야 하는 내진설계 성능수준은 기능수행수준과 붕괴방지수준으로 분류한다.
- (2) 기능수행수준은 지진 작용 시나 지진경과 후에도 하천시설물이 허용범위 이내의 변위가 발생하며 국부적인 보수를 통해 기능수행에 문제가 발생되지 않는 수준의 내진 성능을 말한다.
- (3) 붕괴방지수준은 하천시설물에 제한적인 구조적 피해는 발생하나 긴급보수를 통해 단시간에 하천시설물로서의 기능을 회복 할 수 있는 수준을 목표로 하며 지진 작용 시나 지진 경과 후에도 하천시설물의 기능이 상실되지 않아야 한다.
- (4) 등급별 성능목표 설정을 위한 구조물의 내진성능 목표는 <표 3.1>과 같다.

<표 3.1> 내진 성능 목표

설계지진	성능수준 재현주기	기능수행수준	붕괴방지수준
	50년	내진2등급	
100년	내진1등급		
500년			내진2등급
1000년			내진1등급

3.1.5 설계거동한계

- (1) 기능수행수준은 설계지진시 탄성거동 또는 탄성에 준하는 거동을 하여 하천시설물의 기능이 상실되지 않아야 한다.
- (2) 붕괴방지수준은 설계지진시 구조물을 구성하고 있는 주요부재의 과도한 소성변형, 지반의 액상화, 기초의 지지력 손실로 인한 지반파괴, 기초의 파괴, 기초의 심각한 부등침하 등으로 하천시설물 전체 또는 일부가 붕괴되지 않아야 하고 보수도 가능해야 한다.

3.1.6 기본적인 내진설계 방법과 절차

- (1) 지반운동에 대한 고려사항은 다음과 같다.
 - ① 일반적으로 수평2축 방향과 수직 방향에 관한 지반운동의 영향이 고려되어야 한다.
 - ② 지반운동의 공간적 변화특성이 고려되어야 한다.
 - ③ 국지적인 토질조건, 지형조건이 지반운동에 미치는 영향이 고려되어야 한다.
- (2) 지진을 고려한 하천시설물의 입지조건 설정은 다음과 같다.
 - ① 활성단층에 극히 인접한 지역이나 활성단층이 지나가는 지역에는 내진1등급 하천시설물의 건설은 피한다.
 - ② 액상화 가능성이 현저한 곳은 가급적 피하고 부득이한 경우에는 지반을 개량하여 액상화 발생가능성을 저하시켜야 한다.
- (3) 내진 설계시 하중에 대한 고려사항은 다음과 같다.
 - ① 지진시 하천시설물에 발생하는 응력과 변형을 평가할 때에는 시공절차와 방법에 따른 응력, 자중, 온도하중, 크리프 등의 영향이 적절히 고려되어야 한다.
 - ② 지진시에는 유체의 동압력 뿐만아니라 수면파의 영향도 고려하여야 한다.

3.2 수문의 내진설계

3.2.1 적용 수문

내진설계의 대상이 되는 수문은 본류를 횡단하거나 본류로 유입되는 지류를 횡단하여 제방을 분리시키는 형태로 설치한 수문이다.

해설

(1) 수문은 유량을 통과시키거나 제어할 목적으로 설치하며, 물이 유출입 되는 구조물을 총칭하는 넓은 의미와 그 형상에 따라 세분화하여 아래와 같이 통문, 통관과 함께 사용하는 좁은 의미의 수문으로 나눌 수 있다.

- ① 수문 : 본류를 횡단하거나 본류로 유입되는 지류를 횡단하여 제방을 분리시키는 형태로 설치한 문짝을 가진 구조물
- ② 통문 : 제방을 관통하여 설치한 사각형 단면의 문짝을 가진 구조물
- ③ 통관 : 제방을 관통하여 설치한 원형 단면의 문짝을 가진 구조물

(2) 이 중 내진설계의 대상이 되는 수문은 통문 및 통관을 제외한 ①항의 수문을 말한다.

3.2.2 수문의 내진등급

(1) 수문의 내진 등급은 <표 3.2>의 위험계수에 의하여 분류한다.

- ① 내진 1등급은 총 위험계수가 10보다 큰 수문
- ② 내진 2등급은 총 위험계수가 10이하인 수문
- ③ 총 위험계수가 4이하인 수문에 대하여는 발주기관과 협의하여 내진설계를 하지 않을 수 있다.

(2) 수문이 지질학적으로 지진지반운동이 활발한 지역에 위치하는 등 지진의 영향을 특별히 고려해야 할 경우 위험계수와는 별도로 내진등급을 상향조정할 수 있다.

<표 3.2> 위험인자와 위험계수

위험인자	높음	중간	낮음
계획홍수량(m ³ /s) (위험계수)	20,000초과 (4)	20,000~10,000 (2)	10,000미만 (0)
수문의 높이 (m) (위험계수)	30초과 (4)	30~10 (2)	10미만 (0)
대피시킬 인원의 수 (인) (위험계수)	5,000초과 (8)	5,000~500 (4)	50미만 (0)
하류 피해 (위험계수)	높음 (8)	중간 (4)	낮음 (0)

해설

- (1) 수문의 내진등급 산정 시 각각의 위험인자에 대하여 위험계수가 높은 경우, 중간인 경우 및 낮은 경우로 구분하여 위험인자별 위험계수를 산정한다.
- (2) 수문의 위험계수는 계획홍수량, 수문의 높이, 대피시킬 인원의 수, 하류의 피해정도로 나누어 산정한 후 산정된 위험계수의 합계가 10보다 큰 경우에는 내진1등급, 10이하인 경우에는 내진2등급을 적용한다.

3.3 기타 하천시설물의 내진설계

- (1) 하천에 설치되는 배수펌프장 등 기타 내진 관련 하천시설물들에 대한 내진등급이나 설계지진력 등의 결정은 시설물의 중요도, 예상되는 피해의 파급정도, 지역별 지진의 발생빈도, 경제성 등을 고려하여 발주기관과 협의하여 정한다.
- (2) 내진 관련 하천시설물의 내진설계에 대한 사항이 본 설계기준에 기술되지 않은 경우에는 콘크리트나 강구조물로 이루어진 시설물에 대하여는 교량설계기준에서 정하는 내진설계기준을 준용할 수 있고 제방 등 여타시설물에 대하여는 댐 설계기준을 준용할 수 있다.

조 사 편

제 4 장 유역특성조사

제 5 장 강수량조사

제 6 장 수위조사

제 7 장 유량조사

제 8 장 지하수조사

제 9 장 유사 및 하상변동조사

제 10 장 하도조사

제 11 장 내수 및 우수유출조사

제 12 장 하천환경조사

제 13 장 하천치수경제조사

제 14 장 하천측량

제 4 장 유역특성조사

4.1 일반사항

4.1.1 적용범위

이 장은 유역의 강수-유출간의 관계규명과 유출량 및 홍수량을 추정하는데 필요한 유역과 하천의 특성들을 개략적이며 총괄적으로 조사하기 위한 기준을 제시한다.

4.1.2 용어의 정의

- (1) 유역 : 어느 한 지점을 동일한 유출점으로 갖는 지표면의 범위
- (2) 분수계 : 상이한 유역이 만나는 경계선
- (3) 유역면적 : 유역분수계로 이루어지는 폐곡선내 평면상의 면적
- (4) 유로연장 : 유역 출구에서 본류를 따라 유역 분수계까지 이르는 최대거리
- (5) 하천연장 : 하천의 종단 방향의 길이
- (6) 하상경사 : 하상의 종단방향 경사
- (7) 하천밀도 : 유역내의 지류가 많고 적음을 정량적으로 나타내는 지표로 본류와 지류를 포함한 전체하천의 총 길이를 유역면적으로 나눈 값
- (8) 하상(河狀)계수 : 하천내 어느 지점에서 동일한 년도의 최소유량에 대한 최대유량의 비율

4.1.3 관련설계기준 및 법규

이 장을 적용할 때 본 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 아래와 같다.

(1) 본 설계기준

- ① 제5장 강수량조사
- ② 제6장 수위조사
- ③ 제7장 유량조사
- ④ 제8장 지하수조사
- ⑤ 제9장 유사 및 하상변동조사
- ⑥ 제12장 하천환경조사
- ⑦ 제15장 하천유역종합계획
- ⑧ 제21장 이수계획

(2) 법규

- ① 하천법 제17조(수문조사의 실시) 및 제22조(수자원자료의 정보화)
- ② 하천법시행령 제11조(수문조사기본계획의 수립) 및 제18조(수자원정보체계의 구축·운영 등)

③ 수문(水文)관측업무규정(국토해양부훈령 제427호, 2009.8)

4.2 일반특성조사

4.2.1 유역특성인자조사

- (1) 유역의 특성을 나타내는 인자들을 조사한다.
- (2) 유역특성을 나타내는 인자로는 다음과 같은 사항이 포함된다.
 - ① 유역면적
 - ② 유역평균경사
 - ③ 유역의 방향성
 - ④ 유역평균표고
 - ⑤ 기타 유역의 특성을 나타내는 인자

4.2.2 유역형상조사

- (1) 유역전반에 대하여 유출에 영향을 미치는 유역형상에 대하여 조사한다.
- (2) 유역형상 조사에는 다음과 같은 내용이 포함된다.
 - ① 유역형상의 분류 및 특징
 - ② 유역평균폭
 - ③ 유역형상계수
 - ④ 유역밀집도
 - ⑤ 기타 유역 형상에 관련된 사항

4.2.3 지형 및 지질조사

- (1) 조사대상 유역의 지형 및 지질조사를 실시한다.
- (2) 지형 및 지질조사 자료는 유역내의 침투량과 손실량을 추정하고 유출량 등에 대한 전반적인 경향 판단에 사용한다.

4.2.4 토양 및 토질조사

- (1) 조사대상 유역의 토양 및 토질 상태를 조사한다.
- (2) 토양 및 토질조사 자료는 유역내의 유출률, 침투율, 배수상태 등 유출상황을 판단하는데 사용한다.

4.2.5 수계 조사

(1) 조사대상 유역의 우수 소통능력을 판단하기 위하여 수계를 조사한다.

(2) 수계조사에는 다음 사항이 포함된다.

- ① 하천망도 및 배수계통도
- ② 수로 중·횡단의 형태
- ③ 수로상태 및 축조재료
- ④ 조도계수의 범위
- ⑤ 하천표석의 유무
- ⑥ 하천수량상태
- ⑦ 기타 수계에 관련된 사항

4.3 하천형태조사

4.3.1 하천특성인자조사

(1) 하천의 특성을 나타내는 하천특성인자를 조사한다.

(2) 하천특성인자의 조사에는 다음과 같은 사항이 포함된다.

- ① 유로연장
- ② 하상경사
- ③ 하천밀도
- ④ 하상(河狀)계수
- ⑤ 기타

4.3.2 하천지형형태조사

(1) 수계전체의 지질학적 발달과정을 판단할 수 있는 하천지형 형태를 조사한다.

(2) 하천지형 형태는 하천을 유년기, 장년기, 노년기로 구분하여 조사한다.

4.3.3 하천사행특성조사

(1) 하천의 기하학적 인자 및 사행 특성을 조사한다.

(2) 하천사행 특성조사 자료는 하도계획이나 설계 시 검토자료로 사용된다.

4.3.4 기타 하천특성조사

위 조사항목에 언급되지 않은 항목 중 정량적으로 하천의 특성을 나타내는데 필요하다고 인정되는 경우 조사항목을 추가하여 조사한다.

4.4 토지이용 및 시설물조사

4.4.1 토지이용조사

- (1) 조사대상 구역의 유출에 영향을 미칠 수 있는 토지이용상태를 조사한다.
- (2) 토지이용상태 조사항목에는 다음 사항들을 포함한다.
 - ① 유역내 토지의 용도별 이용상태 및 구성비
 - ② 식생피복의 종류
 - ③ 투수 및 불투수 면적, 구성비 및 위치
- ④ 기타 유출특성을 판단할 수 있는 토지이용상태

4.4.2 주요시설물조사

- (1) 유출에 영향을 줄 수 있는 주요 시설물의 유무, 밀집도 등을 조사하여 유출에 영향을 미치는 정도를 판단할 수 있도록 해야 한다.
- (2) 주요 시설물 조사에는 다음 사항들을 포함한다.
 - ① 건물의 수와 밀집도
 - ② 하수관거 부설 현황
 - ③ 도로 및 포장된 면적 비율 현황
 - ④ 유수지, 댐, 저수지, 양수장, 호수 등 저류와 관계되는 시설
 - ⑤ 홍수터 및 제방의 관리상태와 홍수터의 시설현황
 - ⑥ 교량, 철도 및 하천부지에 설치된 교각 등의 상황
 - ⑦ 기타 주요 시설물

4.5 기존 자료 조사

4.5.1 조사일반

- (1) 분석 대상유역에 대한 기존의 보고서, 관측기록 등이 있을 경우 이들을 조사, 수집하여 유역의 문제점과 이용 가능한 자료상태 및 추가조치 사항들을 결정할 수 있도록 해야한다.
- (2) 기존 자료조사에는 기상자료, 수문량자료, 인문자료, 홍수흔적, 피해현황 등이 포함된다.

4.5.2 기상자료조사

- (1) 대상유역에 이용 가능한 기상관측자료와 관련자료 등을 조사한다.

(2) 기상자료에는 다음과 같은 사항이 포함된다.

- ① 관측소명, 위치, 관측기간
- ② 기온, 기압, 습도, 풍향 및 풍속, 증발량, 일조량, 일사량 등의 관측종류
- ③ 관측량의 평균, 최고·최저값 및 연간 기상개황
- ④ 기타 기상에 관계되는 자료

해설

기상자료는 기상청, 국토해양부 등 공공기관에서 발행하는 간행물이나 연보에 수록된 자료, 대표 시험구역이나 유출 시험구역에서 관측된 자료 또는 이에 준하는 자료로서 반드시 검증된 것을 이용해야 한다.

4.5.3 수문자료조사

(1) 대상유역내 또는 인접유역에 대한 강우량, 강설량, 수위, 유량, 증발량, 지하수위 및 이와 관련된 각종 수문자료를 조사한다.

(2) 수문자료 조사에는 유역내 또는 인접지역에 있는 다음 자료들이 포함된다.

- ① 수문 관측시설 : 관측소명 및 고유번호, 관측 계기의 종류 및 고유번호
- ② 이용가능 관측소 : 관측소명, 위치, 관측기간
- ③ 관측 종류 : 강우량, 강설량, 수위, 유량, 증발량, 지하수위 등
- ④ 관측 관할 : 국토해양부, 기상청, 한국수자원공사, 대학, 연구소 등
- ⑤ 관측 방법 : 원격관측(TM), 위성, 이동통신, 자기, 보통 등
- ⑥ 조사관측량 : 관측 종류별로 장, 단기별 극대 및 극소량, 연최대, 연평균, 일최대, 일최소, 계절별 특성 등
- ⑦ 관측소 운영 상태 : 자료의 이용 가능성 여부, 관측의 중단여부, 관측시설의 이설 상황 등
- ⑧ 유출량 : 수위-유량곡선의 획득 가능성, 유역의 수자원 부존량, 단위도 등의 유출 상황 분석자료 등
- ⑨ 유황 조사 : 수위표 지점의 최대 유량, 홍수량, 풍수량, 평수량, 저수량, 갈수량, 하천 유지 유량 등
- ⑩ 기타 수문관측소의 역사 및 변경사항 등

4.5.4 홍수예보 시스템조사

(1) 대상 유역에 대한 홍수 예보시스템의 유·무를 조사한다.

(2) 홍수예보 시스템이 갖추어져 있을 때에는 이에 대한 정보를 조사한다.

4.5.5 인문자료조사

(1) 유역 개발이나 하천 종합개발과 관련된 계획을 수립하는데 필요한 인문자료를 조사한

다.

(2) 인문자료 조사에는 유역내의 가구수, 인구, 구성인의 직업실태, 인구 밀집지역, 공업지역, 농업지역 등의 조사와 교통망조사 등이 포함된다.

4.5.6 기타자료조사

기타 홍수흔적, 홍수피해상황, 상습침수지역, 유사량에 대한 자료를 조사한다.

4.6 관련 계획조사

4.6.1 치수 및 이수계획 조사

대상유역에 대하여 수자원장기종합계획, 하천유역종합계획, 하천기본계획 등의 수립 여부를 조사한다.

해설

이들 계획이 수립되었을 경우 각종 자료 및 계산결과 등을 유역의 수리·수문 분석에 이용 또는 참고한다.

4.6.2 국토이용 및 도시계획 조사

대상유역에 대하여 국토이용계획, 도시계획 등 토지이용계획을 조사한다.

해설

이들 자료로부터 장차 어느 정도의 도시화가 진행될 것인가를 파악하고 예측하여 그에 수반되는 내용을 수리·수문학적 분석에 이용 또는 참고한다.

4.6.3 하천환경계획 조사

대상유역에 대한 하천보전 및 복원 등 하천 환경과 관련된 계획의 수립 여부를 조사한다.

해설

이들 자료로부터 하천보전 및 복원 등 하천 환경과 관련된 계획의 문제점을 검토하고 수리·수문 분석에 이용 또는 참고한다.

제 5장 강수량조사

5.1 일반사항

5.1.1 적용범위

- (1) 본 장은 하천 유역의 지상에서 강수량을 관측하고, 관측 결과를 조사 및 정리하기 위한 표준 방법을 제시한다.
- (2) 강수량 조사는 모든 수문 조사의 기본임을 인식하고 목적하는 바에 따라 가장 정확한 자료가 이용될 수 있도록 관측하여 제공하여야 한다.

해설

- (1) 강수량 조사는 강수량, 적설량, 그리고 증발산량 등으로 나누어지며, 이용 목적에 따라 조사 범위를 따로 정한다.
- (2) 강수량 조사의 궁극적인 목적은 하천계획 또는 하천시설계획을 위하여 기존의 강수량 자료를 활용하기 위한 조사로서 관측된 자료는 이용의 편리성과 정확성을 유지하여야 한다.

5.1.2 용어의 정의

- (1) 관측소 : 기온, 강수량, 증발량, 수위, 또는 저수량 등을 정상적으로 계속 관측하기 위한 시설물
- (2) 강수량 : 수문 순환 과정을 거쳐 하늘에서 형성된 빗방울이나 눈 등이 지상으로 떨어지는 모든 형태의 수분을 관측한 것으로서 지정된 기간(시간) 동안에 내린 수량을 단위면적당의 깊이로 표시한 것
- (3) 적설량 : 관측소에 설치된 일정한 면적의 공간에 지정된 기간(시간) 동안 내린 눈의 깊이로 표시한 것
- (4) 증발량 : 지상에 대기에 노출되어 설치된 표준증발접시에서 지정된 기간(시간) 동안에 증발한 물의 깊이로 표시한 것

5.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 본 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 아래와 같다.

- (1) 본 설계 기준
 - ① 제6장 수위 조사
 - ② 제7장 유량 조사
- (2) 관련규정

- ① Guide to Hydrological Practices(WMO, 1994), Data Acquisition and Processing, Analysis, Forecasting and Other Applications, WMO-No. 168
- ② 지상기상관측지침(기상청, 2003)
- ③ 수문(水文)관측업무규정(국토해양부훈령 제427호, 2009.8)

(3) 법규

- ① 하천법 제17조(수문조사의 실시) 및 제22조(수자원자료의 정보화)
- ② 하천법시행령 제11조(수문조사기본계획의 수립) 및 제18조(수자원정보체계의 구축·운영 등)
- ③ 기상법 시행규칙(기상청령 제337호, 2009.7)

5.2 관측소의 배치와 설치

5.2.1 배치

- (1) 강수 계측망은 다우지역이나 과우지역에 치우쳐 배치하지 말고 한 유역에 내리는 지역적 분포를 대표할 수 있도록 계획하여야 한다.
- (2) 홍수예보 등을 위한 자료를 수집하기 위해서는 그 관측 밀도를 높게 하여야 한다. 즉, 댐이 설치된 유역과 같이 중요한 구역에서는 관측소를 기준밀도보다 더 조밀하게 배치한다. 그리고 도시하천 등에서는 50km² 당 2개 관측소 이상을 설치한다.
- (1) 강수량 관측소는 전체 수계를 고려하여 효과적인 관측망이 구성될 수 있도록 하고 조사 대상 지역의 강수 발생 상황이 균일하게 나타나도록 구역을 분할한다. 분할된 각 구역에 1개 관측소를 배치하되 평면 배치와 표고차를 고려하여 관측망을 구성한다. 균일한 강수 발생 상황 구역으로 분할하기 어려울 때는 조사 대상 구역을 대략 50km² 구역으로 분할하여 각 구역마다 1개 관측소를 설치한다.
- (2) 어떤 면적에 걸친 강수량을 결정하고 분석하기 위해 설치되는 관측지점 수는 관측목적, 대상 유역면적의 크기, 강수형태, 지형, 유역의 방향성, 그리고 계절 등을 고려하여 결정한다.
- (3) 통상 관측지점은 경제개발과 환경문제에 균형을 맞출 수 있을 정도의 규모로 수자원을 개발하고 관리하는데 심각한 결함이 발생하지 않도록 한다. 관측지역에서 비교적 정확한 등우선도를 그릴 수 있도록 분포시키는 것이 바람직하며 세계기상기구에서 제안된 최소한의 강수관측 밀도는 <표 5.1>과 같다.
- (4) <표 5.1>의 관측밀도는 다양한 지형을 갖는 나라들의 평균적인 기준으로서 우리나라와 같이 지형 및 해양 기후의 영향을 받는 지역에서는 보다 정확한 강수 관측을 위해 밀도가 더 높고 자기화된 관측 장비를 설치하여야 한다.

<표 5.1> 세계기상기구에서 추천한 강수 관측 밀도(WMO, 1994)

지역	최소관측밀도(km ² /관측소)	
	보통 우량계	자기 우량계
해안 지역	900	9,000
산지	250	2,500
내륙 평원	575	5,750
구릉지/파상 지역	575	5,750
작은 섬 지역	25	250
도시 지역	-	10-20
극 지역/ 건조 지역	10,000	100,000

5.2.2 설치장소의 선정

- (1) 강수량 관측소는 바람, 장애물 등의 영향이 없는 장소에 설치하여야 한다.
- (2) 강수량 관측을 위한 설치장소는 다음 조건을 고려하여 선정한다.
 - ① 지형이 협소하여 풍향, 풍속이 특수한 값을 나타내지 않는 곳
 - ② 바람의 영향으로 특수한 강수상황을 나타내지 않는 곳
 - ③ 실시간 자동수집방식(telemetry) 등 무선통신을 이용하는 우량계는 전파 송수신 조건이 양호한 곳

해설

- (1) 강수량 관측소의 배치를 결정한 후에 축척 1:25,000~1:50,000의 지형도를 이용하여 2~3개의 후보지점을 도상에서 선정한다. 이때 항공사진을 이용할 수 있으면 공간적인 특성을 파악하기 위해 지리정보시스템이나 임체기로 판단하는 것이 효과적이다.
- (2) 강수량 관측치는 바람의 영향을 강하게 받으므로 가능한 한 관측기 주변에는 바람의 영향이 거의 없어야 하며, 장애물의 영향도 받지 않아야 한다. 이런 점을 고려하여 먼저 지도상에서 적절한 장소를 선정한다.
- (3) 실시간 자동수집방식 등 무선 통신을 이용하는 우량계는 전파 송수신 조건이 양호한 곳에 안테나를 설치해야 하므로 강수량 관측소의 설치에 이러한 점을 고려할 필요가 있다.

5.2.3 설치장소의 결정

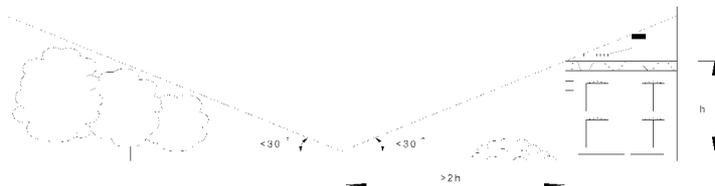
- (1) 설치장소는 원칙적으로 현지답사를 실시하여 아래 조건이 만족될 수 있도록 후보지점 별로 비교 분석하여 구체적인 설치장소를 결정한다.
 - ① 사방 약 10m 이상 넓이의 평활하게 개방된 토지로서 바람 방향의 변화가 적은

곳

- ② 물이 고일 염려가 없는 곳
 - ③ 관측이 편리하고 인근에서 지속적인 관측원을 고용하기 쉬운 곳
 - ④ 인접 관측소 지점과 적절한 거리를 유지하는 곳
- (2) 설치장소는 유지관리가 쉽고 장기간 계속해서 관측이 가능한 안전한 장소이어야 하며, 관측 부지 및 관측원의 확보가 쉬운 지점을 택한다. 관측지점은 급경사 지대를 피하고 지형 붕괴등의 영향을 받지 않는 지점으로 한다.

해설

- (1) 가까운 주변에 건물이 있거나 커다란 수목이 있는 경우에는 바람의 영향으로 인해 강수량 관측치가 영향을 받는다. 기상청의 지상기상관측지침(2003)에 따르면 이 영향 범위에 대해서는 정설이 없으나 지면이 평탄하고 기류가 수평이 되어야 하므로 장애물이 없는 600㎡ 이상의 평지를 만들어 그 안에 설치하도록 하고, 건물과 수목의 높이를 고려하여 충분히 떨어진 장소에 계기를 설치하도록 한다.
- (2) 이상적인 관측을 위하여 관측지점의 노출 및 개방정도는 인접한 장애물, 즉 수목, 장벽, 또는 다른 독립물체에 의하여 발생한 바람의 난류와 와류에 의하여 영향을 받지 않도록 결정한다. 이러한 현상을 방지하기 위해서는 관측기기에서 장애물까지의 이격거리가 <그림 5.1>과 같아야 한다. 세계기상기구(WMO, 1994)에 따르면 이격거리가 장애물의 높이보다 최소한 2배 이상이어야 하며, 관측소에서 바라본 주변 물체의 각도는 30~45°이내의 범위에 들어오도록 해야 한다.
- (3) 관측기기 주변의 지표면은 잔디 등으로 초지를 형성하여 빗방울이 튀지 않도록 한다. 반면에 과도하게 사방으로 노출된 지역에서는 잔디로 피복한 지형을 축조하여 설치하는 것이 바람직하다.
- (4) 요지(凹地) 등으로 주변의 물이 흘러들어 오거나 배수가 불량하여 물이 고이게 되는 장소는 우량계에 물방울이 튀어 들어갈 수 있으므로 피해야 한다. 호우시에는 평상시에 예상하지 못했던 방향에서 빗물이 흘러들어 오는 경우가 있으므로 관측소는 그 주위지반보다 약간 높게 하고 좋은 배수로를 만들어야 한다.



<그림 5.1> 강수 관측 지점 선정을 위한 장애물의 범위

- (5) 관측소 근처에 수목, 공장 등에 의한 먼지나 티끌에 의해 수수구가 막힐 염려가 없고, 또한 관측과 순회 점검시 통행이 쉽고 안전하여야 하며 통신 연락도 용이해야 한다. 전화나 감시용 장치(CCTV)가 설치되는 곳은 홍수예보 등을 위한 통보에 편리한 곳이어야 한다.
- (6) 기상조사를 위해서는 설치 예정지점의 기상상황을 미리 근처 관측소의 자료나 탐문 등을 통해 파악한다. 조사 항목은 강우량 외에 기온, 적설, 풍향, 풍속 등을 고려한다. 또한 그 지역 사회에서 오랫동안 살아온 노인들로부터 호우 시 관측지점의 침수 가능성 등 관측에 지장을 초래할 내용을 탐문 조사하면 관측소 선정에 참고가 된다. 특히 도시 지역에서는 관측의 편리만을 고려하여 건물의 옥상에 관측기를 설치하는 등 설치장소를 임의로 결정하는 일이 없도록 한다.
- (7) 관측기기를 보호하기 위하여 특별히 시설전체에 대한 보호망이 필요하고, 관측지점에 따라 사정이 여의치 않을 경우라도 관측지점의 위치변동은 최소한으로 줄여야 한다. 위치를 변동할 경우는 그 변동 사항을 명확히 기록하여 향후 각종 수문 분석에 이용되도록 하여야 한다.

5.3 관측 설비

5.3.1 측정기계

강수량 관측용 계기는 기상청의 기상법, 기상측기검정규정, 그리고 국토해양부의 수문관측업무규정에 합격한 것이라야 한다.

해설

기상청의 기상법, 기상측기검정 규정, 그리고 국토해양부의 수문관측업무규정(2009)에 적합한 강수량계는 많은 종류가 있으나, 보통 사용하고 있는 계기는 보통우량계, 자기우량계, 보통설량계, 자기설량계 등이 있다.

5.3.2 수수구

우량계의 수수구(受水口) 직경은 20cm를 표준으로 하며 수수구는 반드시 수평으로 설치한다. 수수구의 높이는 계기의 종류에 따라 높이가 정해져 있으므로, 해당 기준에 크게 벗어나서는 안 된다.

해설

- (1) 우량계의 수수구 내경은 보통 $20 \pm 0.06\text{cm}$ 로 되어있으나 산악지와 같은 곳에 설치하는 장기관측용 우량계 수수구의 내경은 10cm가 사용되기도 하며, 그밖에 14.14cm를 사용하는 경우도 있다.
- (2) 산지의 경사면에 설치하는 우량계일지라도 수수구는 항상 수평으로 설치한다. 수수구의 높이는 낮을수록 좋으나, 계기의 구조(특히 배수방식)와 강우시 지면에서 빗방울이 튀겨 들어가는 것을 방지하는 측면에서 결정한다.
- (3) 보통우량계 수수구의 높이는 지상 20cm이다. 그러나 보통우량계를 포함한 수수구의 높이는 현지여건이나 우량계의 종류에 따라 조정할 수 있다. 또한 지면에서 빗물이 튀어 들어가는 것을 방지하기 위해 수수구의 주위 사방 1m에 잔디를 심고 짧게 깎아주는 것이 좋다. 그리고 바람의 영향이 현저하다고 생각되는 관측소에는 수수구에 바람막이(wind shields)를 설치할 필요가 있다. 한냉지에서는 적설깊이 및 배수의 동결에 유의하여 수수구의 높이를 결정한다.
- (4) 적설관측은 바람과 지형 지물의 영향을 받기 쉬우므로 우량관측의 경우보다 관측에 더 많은 장애가 생긴다. 강설계에는 바람방지기를 설치하여 바람의 영향을 줄이고, 특히 눈이 많이 내리는 지방에서는 수수구가 강설에 의하여 완전히 묻혀버릴 염려가 있으므로 항상 적설면보다 1m정도 높게 설치한다.

5.3.3 기록장치의 위치

- (1) 자기용 기록장치는 원칙적으로 옥내에 설치하여야 한다. 그러나 부득이 옥외에 설치하여야 할 경우에는 견고한 기초에 설치한다.
- (2) 기록장치를 설치할 때에는 동파되지 않고, 수수구에 고인물이 증발되지 않도록 유의하여야 한다.
- (3) 바람, 비, 흙의 동결 등에 의하여 기울어지지 않게 견고한 기초를 할 필요가 있으며, 계기를 수평으로 설치한다.

5.3.4 보통우량계의 병설 및 표지

- (1) 자기우량계에는 원칙적으로 보통우량계, 자기설량계에는 보통설량계를 각각 병행하여 동시에 설치하여야 한다.
- (2) 최근의 무인 관측시스템처럼 기본적으로 보통우량계를 병설하고, 자기우량계를 병설하거나 인접 지점에 위치하도록 하여 관측 자료의 신뢰성 증대와 결측 자료의 보완이 가능하도록 하여야 한다.
- (3) 관측소에는 관측소명, 수계, 하천명, 설치자명, 설치년월일, 관측소 소재지, 위도, 경도, 표고, 관측소번호, 관측목적, 그리고 관측원 이름을 기록한 표지판을 설치하고 필요한 경우에는 주위에 울타리 등을 설치하여야 한다.

해설

관측소번호는 그 동안 국토해양부에서 면밀히 조사하여 부여한 전국 우량관측소 및 수위관

측소 코드(최신 발행 연도 한국수문조사연보에 제시되어 있음)에 따라 표시한다.

5.3.5 관측소 대장

- (1) 관측소 관리기관은 강수량 관측소 대장 및 위치도를 작성하여 보관한다.
- (2) 관측소 대장에는 관측원, 관측소 위치, 시설평면도, 시설구조도 등의 도면이 작성되어 있어야 하며 관측소의 모든 변화를 알기 위하여 기종(器種), 영점표고, 관측 위치 등이 변경되는 경우에는 그 사항을 기록하여 두어야 한다. 또한 주변 식생에 현저한 변화가 있는 경우에도 그 내용을 대장에 기입한다.
- (3) 관측소 대장에 기록해야 할 세부항목은 관측소명, 수계, 하천명, 설치자명, 관측개시 연월일, 관측소 소재지, 위도, 경도, 표고, 관측소번호, 관측소 사진, 관측원, 기종, 원부 보관장소, 관측기록 및 관측기록 발송부처 등이다. 위치도는 1:5,000~1:50,000 축척의 지형도를 이용하여 관측소의 위치 등을 표시한다.

해설

- (1) 관측기록의 기입 양식은 수문관측업무규정에 따른다.
- (2) 관측소 점검 내역, 고장 및 수리 내역 등을 관측소 대장에 구체적으로 기록하여 관측결과 이용 시 참고토록 한다.

5.4 관측

5.4.1 관측원

- (1) 강수량 관측을 담당하는 기관은 다음 조건을 고려하여 관측원을 위촉한다.
 - ① 장기간 계속하여 일정 시각에 관측작업에 종사할 수 있는 자.
 - ② 자기우량 기록기를 설치하는 관측소에서는 자기 우량기록기의 취급에 필요한 지식을 가진 자.
- (2) 관측원을 위촉할 때에는 그 관측원의 이름을 관측소에 표시하고 위촉장을 본인에게 교부한다.

해설

- (1) 강수량을 관측하는 담당자가 관측을 원활히 수행할 수 있도록 관측상의 주의사항을 알려주고 연 1회 관측원의 교육을 실시하여야 한다.
- (2) 교육은 장마 전이나 우기 전에 기술의 향상을 목적으로 실시하며 관측목적을 재확인하고, 관측방법의 훈련, 고장시의 대처방법, 그리고 관측원 부재시의 조치 등을 교육에 포함시킨다.

5.4.2 관측 및 관측원 수칙

- (1) 강수량 관측소의 관리를 주관하는 기관은 관측 및 관측원 수칙을 정하여 관측원에게 교부한다.
- (2) 관측수칙에는 관측의 목적과 의의, 관측시설의 사용방법, 관측기기의 취급방법, 관측시에 필요한 주의 사항, 임시관측의 기준, 그리고 기타 필요한 사항을 정하되 다음 사항에 주의하여 정한다.
 - ① 관측이 해당 지역의 수자원 조사, 홍수 등 재해방지, 수자원개발, 환경보전 등에 활용되고 있음을 '관측 목적과 의의' 부분에 알기 쉽게 적어두어야 한다.
 - ② 관측시설, 계기의 취급방법은 단순히 장비의 취급설명서가 아니고 이용자의 입장에 맞는 설명서가 되도록 해야 한다.

해설

- (1) 자기우량 기록지를 정확히 읽는 것은 계기의 고장을 발견하는데 도움이 되므로 관측시의 필요한 주의사항으로서 반드시 적어둔다.
- (2) 관측원은 관측시간을 준수하고, 문제가 발생하였을 때는 신속히 보고해야 하며 측정의 정밀성을 확보할 수 있도록 노력한다. 결측된 내용을 임의로 기록해서는 안 된다. 임시관측 기준은 호우가 예상될 때(예를 들면 호우주의보 발령시)에는 보통우량계에 의해 시우량을 얻을 수 있는 방법을 준비하여 둔다.
- (3) 관측기록의 보고에 관하여 보고의 기한, 발송방법 등을 적어둔다.
- (4) 예비부품 및 소모품을 수시로 점검하여 부족품을 확보하여야 한다. 또한 고장시의 조치와 연락할 곳, 이상치가 관측되었을 때 연락할 곳 등을 구체적으로 적어 둔다.
- (5) 관측원의 수칙에는 관측기록의 취급방법 및 보고방법, 관측원의 임면 절차, 관측장비와 물품의 보관 및 인계, 그리고 기타 필요한 사항을 정한다.

5.4.3 순회 점검

- (1) 관측이 정확하게 이루어지고 있는가를 조사하기 위하여 미리 정한 시기에 관측소를 순회하여 계기의 작동상황, 관측원의 관측상황 등을 점검하여야 한다.
- (2) 순회점검은 적어도 월 1회로 한다. 단, 인력 사정을 고려하여 기간을 조정하는 경우 관측의 정확도가 반드시 확보되도록 한다. 홍수기에는 점검 회수를 높여 결측이 발생하지 않도록 하여야 한다. 그리고 관측소마다 유지관리에 필요한 사항을 기입한 점검대장을 비치한다.
- (3) 점검결과는 점검대장에 상세하게 기록하여야 하며, 점검대장을 기입할 때 기입할 내용이 없어 공란으로 남겨둘 경우에는 그 난을 모두 사선으로 표시하여 점검이 실시되었다는 사실을 나타낼 필요가 있다.

해설

(1) 점검에 필요한 주요사항은 다음과 같다.

- ① 관측원의 유무 : 출타 및 이사 등으로 본인이 없는지 가족 또는 가까운 사람이 관측을 대행하고 있는지를 확인한다.
- ② 관측소의 주변상황 : 통로의 유지와 안전관리가 잘 되어 있는지, 수목이 자라 있거나 건물이 세워져 있지 않은지, 그리고 울타리가 파손되어 있지 않은지 등을 점검한다.
- ③ 기록의 타당성 여부 : 결측은 없는지, 만일 있다면 그 원인이 무엇인지, 시계는 정확하게 작동하는지, 다른 관측소와 비교하여 현저한 차이는 없는지 등을 점검한다.
- ④ 계측기 상황 : 수수구의 깔대기가 잘 열려져 있는지, 저수통, 전도 바켓 등이 잘 연결되어 있는지, 계측기의 파손(특히 수수구의 변형)은 없는지, 자기계의 경우는 소정량의 깨끗한 물을 수수구에 천천히 주입하여 이에 상응하는 수량의 지시 변화를 나타내는지, 전지의 출력은 충분한지, 장치한 기록지의 여분량(또는 잔량)은 적절하게 남아 있는지 등을 점검한다.
- ⑤ 야장 기입 상황 : 규정한 대로 관측을 하고 있는지, 특히 비가 오지 않았다고 생각되는 날짜에도 관측원은 정한 시각에 우량계를 조사하여 소정양식대로 기재하고 있는지에 대하여 점검을 한다.

(2) 점검 결과, 예비부품, 소모품의 여분, 특히 기록지의 여분 등에 불량한 점들이 발견될 때에는 그 자리에서 직접 수리할 필요가 있다. 만일 수리가 불가능하면 직접 예비기계로 교환하여야 한다. 그러므로 순회할 때 수리용구와 예비기계를 휴대토록 하고 다음 순회점검 때까지 필요한 기록용지 사용량보다 충분한 양을 관측원에게 제공한다.

5.4.4 점검자 수칙

순회 점검을 실시하는 책임자는 관측소 및 관측기기 상태를 정확히 파악하여 문제점을 해결해주고 관측원과 면담을 실시함으로써 사명감을 고취시켜 주어야 한다.

해설

- (1) 점검자는 감독관으로서 관측원의 관측업무가 원활하게 운영될 수 있도록 관측원에게 상세한 부분까지 기술교육 실태를 점검하고 지도하도록 한다.
- (2) 예비부품 및 소모품은 점검자가 휴대하여 관측소별로 부족분을 보충해 준다.

5.4.5 우량계에 의한 관측

- (1) 보통우량계에 의한 관측은 매일 0시에서 24시까지 실시한다.
- (2) 강수량은 소정기간안에 수수구를 통한 강수를 동일면적의 수평면에 고인 것과 같은 물의 깊이로 표시한다. 읽는 단위는 mm로 하여 최소 단위는 0.1mm를 원칙으로 한다. 수수구 내에 눈, 우박 등이 쌓여 있을 때는 이미 알고 있는 양의 더운물을 주입하여 이를 녹여서 측정한 후 주입한 더운물의 양을 빼서 구한다.

해설

- (1) 자기지의 교환은 미리 정한 시각에 맞추어 하며, 이때 병설된 보통우량계의 관측도 함께 행한다. 자기지의 교환은 1일용, 1주일용의 우량계에서는 오전 10시에 한다.
- (2) 읽는 법은 시계의 빠름과 느림에 따라 시각을 보정한다. 당일의 0시에서 24시까지의 강수량을 읽어 소정의 양식에 정리한다. 가능하다면, 인근에 위치한 정확도가 높은 관측소(예를 들면, 기상청 관측소)의 관측치와 비교하면서 정리한다.
- (3) 우량계에서 읽는 강수량은 일강수량(0시부터 당일의 24시까지의 24시간 동안에 내린 강수량), 시간강수량(매 정시의 앞 1시간 동안의 강수량), 그리고 강우 사상(호우가 발생했을 경우에는 임의 시각에 있어 그 최대강우량)이 있다. 최대강우량은 10분, 30분, 그리고 시간강수량과 그 발생시각을 기록한다. 이 경우에 1시간 강수량에 대하여 전일의 23시 30분부터 익일의 0시 30분까지의 25시간 내에서 읽는다. 10분간 강수량은 전일의 23시 55분에서 익일의 0시 05분까지의 24시간 10분 안에 읽는다.
- (4) 계측기의 기종은 호환성을 고려하여 선정하되 기종을 통일하는 것이 좋다. 비용, 설비, 관측원의 문제도 관계가 있으므로 특정한 기준을 정할 수는 없으나 취급의 용이성 등을 생각하면 전도형 자기우량계가 좋다.
- (5) 자기우량계가 고장일 경우에는 신속히 보고하여 사후조치를 받을 뿐만 아니라 이 기간 중 강우가 발생하면 관측원은 강우가 시작된 시각과 강우가 그친 시각 및 비가 내린 상태를 간략히 일지로 기록하여 보관하여야 한다. 긴급시에는 물통 등의 용기에 강우를 받아 그 체적을 재어서 수수면적(受水面積)으로 나누어 우량을 구한다. 집중호우 등으로 전도형 우량계의 기록을 대조할 필요가 생기는 경우도 같다.

5.4.6 적설량계에 의한 관측

- (1) 적설량을 관측하는 시설은 동절기에 들어가기 전에 사전준비하고 아래와 같은 내용에 대하여 시설점검을 실시한다.
 - ① 수수구가 눈에 덮여 구경이 좁아지지 않았는지 여부
 - ② 한번 녹은 물이 적설량계 주위에 얼어붙지 않았는지 여부
 - ③ 방열기의 온도조정장치가 적절히 작동하며, 보온상태가 양호한지 여부
 - ④ 풍설로 계기가 기울어져 있거나 눈에 묻혀 있지 않은지 여부
- (2) 원칙적으로 동절기에는 매일 점검을 원칙으로 하며, 상당기간동안 적설이 없는 경우라도 수시로 점검하여야 한다.
- (3) 적설의 비중은 구경 10cm, 깊이 약 5cm 정도의 금속제의 원통을 사용하여 측정한다.

해설

- (1) 적설관측은 설척이나 적설판을 이용한다. 설척은 주로 적설이 많은 지방에서 사용된다. 이는 cm 눈금을 새긴 기둥을 미리 대표적인 적설을 나타낼만한 지면에 세워두고 적설이 있을 때에 설면에 상당하는 설척의 눈금으로 적설의 깊이를 측정한다.
- (2) 적설판은 사방 약 50cm의 흰색 페인트를 칠한 나무판자를 지상에 수평으로 놓아두고 적설이 있을 때에 눈의 깊이를 cm자로 측정한다. 보통 적설판에는 cm눈금을 새긴 나무

막대기를 수직으로 세워 붙여 두어서 적설판이 눈으로 문혀 버렸을 때 그 위치를 쉽게 찾을 수 있도록 하고 적설 측정에도 도움을 되도록 한다. 적설판은 여러 개를 적당한 장소에 놓아두고 적설면이 균일하지 않을 때를 참고해야 한다.

- (3) 적설비중 측정시 원통을 적설 위에 놓고, 약간 돌리면서 꽃고 원통의 양단을 눈칼로 잘라내고 마른 형검으로 원통 외부를 닦아낸 다음 저울로 그 중량을 측정한다. 여기서 원통 자체의 무게를 빼고 용적으로 나누면 눈의 비중을 구할 수 있다. 적설의 비중은 소수 둘째 자리까지 구한다. 적설의 온도는 통상 수은 온도계를 사용하여 측정한다.
- (4) 적설의 온도는 태양의 직사광선을 가리고 온도계의 하부가 설면에 완전히 묻힐 정도로 위치시켜서 관측한다. 적설내부의 온도를 측정하려면 적설면 위에서 적당한 깊이로 온도계를 찢러 넣고 관측한다. 적설내부 깊은 층의 온도를 측정하려면 적설에 단면을 만들고 온도계를 수평으로 약 20cm 정도 찢러 넣고 관측한다.
- (5) 보통적설량계에 의한 관측은 보통우량계에 의한 관측에 준한다. 강설량의 측정은 원통형 우량계와 같은 크기의 원통으로 눈을 받아 무게를 달거나 녹여서 우량측정과 같은 방법을 사용한다.
- (6) 자기적설량계에 의한 관측은 자기우량계에 의한 관측에 준한다. 자기적설량계에는 저울형 자기적설량계, 전도형 자기적설량계 등이 있다. 용지교환이나 읽는 법 등의 작업은 자기우량계에 의한 관측에 준한다.

5.4.7 레이더에 의한 관측

어떤 유역에 걸쳐 이미 설치된 강수량 관측소로 충분한 강수량을 관측하기 어렵거나 홍수에 보 등을 위해 공간적으로 넓은 유역에서 시시각각으로 변화하는 강수량을 측정할 필요가 있는 때에는 레이더에 의한 관측을 실시한다.

해설

- (1) 레이더에 의한 강수량 관측은 다음과 같은 장점을 갖는다.
 - ① 공간적으로 넓은 지역을 동시에 빠짐없이 감시할 수 있다.
 - ② 지상 강수량관측에서는 관측결과를 수집하는데 시간이 걸리지만 레이더에 의한 관측은 시시각각의 강수량상태에 대한 관측과 분석이 가능하다.
 - ③ 레이더의 유지관리에 유의한다면 실시간 자동수집방식 관측에서와 같은 많은 관측소가 생략될 수 있다.
 - ④ 실시간 자동수집방식 관측시설을 설치할 수 없는 장소이거나 해상과 같은 곳의 강수량 관측도 가능하다.
- (2) 레이더에 의한 관측시 구름 강도와 지상에 내리는 강우강도의 최근 관측시스템(수평 레이더 등)의 설치도 고려하여 홍수에보 등에 활용하는 것이 바람직하다.

5.4.8 관련 기상요소

- (1) 강수량 및 적설량과 더불어 관련 기상요소로서 필요에 따라 기압, 풍향, 풍속, 증발산, 기온, 온도, 일조시간, 일사량 등을 관측한다.
- (2) 관련 기상요소는 인근에 기상청 관측소 자료를 이용할 수 있으나, 인근기상청 자료와 달라질 것이 예상되거나 너무 멀리 떨어져 있을 경우에는 별도로 관측한다.
- (3) 관련기상요소 관측시, 자동관측시스템을 사용할 때에는 기상법에서 정한 검정을 받아야 하며 항상 기준이 되고 있는 보통우량계와 비교하여야 한다.

5.4.9 실시간 자동수집장치 및 자동기상관측 시스템

- (1) 강수량 관측소를 실시간 자동수집방식으로 할 경우에는 관측치의 대표성, 기왕의 작동 상황, 관측검사방법, 그리고 전기 및 통신 조건을 고려하여 결정한다.
- (2) 강수량 관측소를 자동기상관측시스템(AWS ; Automatic Weather System)이나 컴퓨터 등을 활용하여 직접 전산화된 자료로 획득하고자 할 경우에는 해당 지역의 관측치의 적용성, 관측검사 방법의 개선, 그리고 전기 및 통신 조건을 고려하여야 결정한다.

해설

- (1) 관측치의 대표성은 실시간 자동수집방식으로 하고자 하는 지점의 과거 관측치가 유역 평균강수량 등과 상관이 있는지 또는 반대로 특수한 값을 나타내는지에 따라 결정한다.
- (2) 기왕의 작동상황은 관측소 설치이후 결측 또는 관측불량을 유발하지 않았는가를 조사한다.
- (3) 실시간 자동수집방식으로 전환한 이후에는 인근의 보통 및 자기화 관측장비에 의한 현지기록과 전송기록을 비교·검사한다. 이때, 현지기록과 전송기록과의 차이가 생기는 경우에는 주로 현지기록시간 등에 잘못이 없는지, 전송계에 잘못이 없는지 등을 조사할 필요가 있다.
- (4) 전기 및 통신 조건은 전원(특히 정전대책), 전기회로의 온도, 온도변화에 대한 대책, 안테나 위치의 전파조건 등에 대하여 조사한다.
- (5) 집중호우 및 홍수와 같은 악천후에 대비하여 실시간을 이용한 효율적인 홍수예보시스템 등에는 무선통신을 이용하는 방법이 있다.
- (6) 무선통신을 이용하는 방법에는 실시간 자동수집방식과 같은 지상 무선망, 인공위성 무선망, 개인휴대전화(PCS 등) 등에 활용되는 지상 또는 저궤도 위성망 등이 있다.
- (7) 무선통신을 이용하는 방법은 해당 유역의 규모와 상대적인 비용, 통신 장비 및 통신 조건, 관측 방법 및 증설 문제, 강우시 문제점 및 측정 범위 등을 고려하여 선정하여야 한다.

5.5 자료의 기록

5.5.1 자료의 정리

- (1) 자료는 관측이 끝나고 바로 정리한다. 자료는 일강수량년표, 시간강수량월표, 그리고 시간강수량표와 같은 소정의 양식에 따라 구분하여 정리한다.

- (2) 자료 정리는 수문관측업무규정(국토해양부, 2009)에 따른다.
- (3) 강수가 있었지만 강수량이 0.1mm 미만인 때는 관측대장에 0.0mm로 기입하고, 강수가 전혀 없을 때는 무강우(無降雨) 또는 (-)로 표기한다.

해설

- (1) 계기의 작동 불량 등과 같은 결측과 강수는 있었으나 강수량이 관측되지 않은 경우를 명확하게 구별될 수 있도록 기입한다.
- (2) 자료의 기록 시 기기 교체, 관측위치의 변경, 이상강우, 주요 강우특성 등에 대한 특기 사항도 기록한다.
- (3) 관측 결과의 결측치는 보완이 불가능할 경우 반드시 그 사유를 명기하고 인근 관측소의 동일 시간대 관측치를 병행하여 표기한다.

5.5.2 작업분담 및 발표

- (1) 자료 관리 작업의 분담은 자료가 원활히 정리될 수 있도록 관계자간에 미리 분담 내용을 정해 두어야 한다.
- (2) 정리단계마다 자료를 대조한 결과 의문이 있을 때는 그 원인을 규명하고 잘못이 있을 때는 소정의 절차를 거쳐 보정하여야 한다.

해설

- (1) 자료를 발표할 때까지는 정리의 각 단계마다 충분한 대조가 필요하며, 발표되는 수치에 만전을 기해야 한다.
- (2) 대조는 작업을 직접 담당 한 사람과 작업을 직접 담당하지 않았던 사람이 함께 아래 사항을 고려하여 실시하여야 한다.
 - ① 관측치 및 기록 : 관측치의 착오 유무, 기계고장이나 취급부주의로 인한 기록의 착오(예를 들면 자기지의 눈금이 벗어난 기록의 취급) 유무를 대조한다.
 - ② 옮겨 쓰기(移記) : 옮겨올 때 잘못되는 경우가 많으므로 주의하여 대조한다.
 - ③ 계산 : 계산된 값에 잘못이 없나 검산한다.

5.5.3 자료의 보관

- (1) 야장, 자기지, 서식에 의한 정리결과는 모두 보존한다. 자료는 전담기관이 확실히 보관 하되, 담당자 이외의 사용자가 언제라도 사용할 수 있도록 정리하여 보관해야 한다.
- (2) 원본과 같은 영구보존 자료는 원칙적으로 외부자에 대출해서는 안 된다.

해설

- (1) 각 자료의 보존은 전담기관(홍수통제소 및 관련 부서)이 각 관측소별 또는 유역별로

정리 보존하고, 가능한 한 이들 자료는 최근의 전산 저장 매체로 보관하여 내구성을 증진시키고 이용자가 쉽게 이용할 수 있도록 해야 한다. 또한, 정리된 전산 자료는 손상되지 않도록 적절한 시기에 백업하여 유지한다.

- (2) 강수량 자료는 조건별 검색, 출력, 통계 집계 등이 쉬운 소정의 방식에 따라 데이터 베이스를 구축하여야 한다.

5.5.4 보고 및 발간

관측결과는 소정의 규정에 따라 보고하고 월보 또는 연보 등의 보고서로 발간한다.

제 6 장 수위조사

6.1 일반사항

6.1.1 적용범위

- (1) 이 장은 수위조사의 기본목적, 내용, 기능에 대한 표준적인 방법을 정한 것이다.
- (2) 하천의 수위조사는 수위 그 자체가 필요한 경우와 하천유량을 얻기 위한 수단으로 측정한다.

해설

하천조사의 기본조사 작업으로서 수위 및 유량조사를 통합하여 실시하고 있으나 본 기준에서는 수위조사와 유량조사를 별도의 장으로 구분 기술하며 유량조사의 일환으로 수행하는 수위조사에 관한 부분은 본 장의 기준에 준한다.

6.1.2 용어의 정의

- (1) 관측소 : 하천유역의 강수량, 하천의 수위, 유량, 유사량 등의 관측을 정상적으로 계속하여 실시하기 위하여 설치한 시설물
- (2) 수위 : 일정한 기준면으로부터 하천의 수면까지의 높이
- (3) TM : 실시간 자동 자료 수집 방식
- (4) 최고수위 : 일정한 기간을 통하여 나타난 최고의 수위
- (5) 최저수위 : 일정한 기간을 통하여 나타난 최저의 수위
- (6) 평수위 : 1년을 통하여 185일은 이보다 저하하지 않는 수위
- (7) 저수위 : 1년을 통하여 275일은 이보다 저하하지 않는 수위
- (8) 갈수위 : 1년을 통하여 355일은 이보다 저하하지 않는 수위
- (9) 일평균수위 : 1일을 통하여 1시부터 24시까지 매시 수위의 합을 24로 나눈 수위
- (10) 연평균수위 : 1년을 통하여 일평균수위의 합을 당해 연도의 일수로 나눈 수위
- (11) 감소하천 : 조석의 영향을 받는 하천

6.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 본 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 아래와 같다.

- (1) 본 설계 기준
 - ① 제5장 강수량조사
 - ② 제7장 유량조사

(2) 관련규정

- ① Guide to Hydrological Practices(WMO, 1994), Data Acquisition and Processing, Analysis, Forecasting and Other Applications, WMO-No. 168
- ② 수문관측업무규정(국토해양부 훈령 제427호, 2009.8)
- ③ Measurement and Computation of Streamflow(USGS) : Vol. 1, Measurement of Stage and Discharge.

(3) 법규

- ① 하천법 제17조(수문조사의 실시), 제22조(수자원자료의 정보화)
- ② 하천법시행령 제11조(수문조사기본계획의 수립), 제18조(수자원정보체계의 구축·운영 등)
- ③ 기상법 시행규칙(기상청령 제337호, 2009.7)

6.2 관측소의 배치 및 설치

6.2.1 배 치

- (1) 하천관리자는 하천의 개발, 관리, 계획, 그리고 하천구조물의 시공과 관련하여 하천구간 내의 어떠한 장소에서도 정확한 하천수위를 산정 할 수 있는 정도로 수위관측소를 배치하여야 한다.
- (2) 주요 지류 또는 하천의 분·합류 전후, 보, 수문 등의 상하류에 수위관측소를 설치하여 하천수위의 변화양상을 파악할 수 있어야 한다.
- (3) 협곡부, 유수지, 호소, 저수지, 하구 등에서는 홍수파의 감소, 홍수파의 전파, 인위조작의 영향, 조석파의 영향 등에 의하여 특별한 수리현상이 발생하므로 수위를 측정해 두지 않으면 하천의 계획, 시공 및 관리에 지장을 초래할 수 있으므로 수위관측소를 적정히 배치하는 것은 매우 중요하다.

6.2.2 설치장소의 선정

- (1) 수위관측소를 설치할 때는 지형도, 하천 중·횡단측량도 등을 사용하고 하상변동 조사 결과 등을 감안하여 설치장소를 선정한다.
- (2) 수위 관측소 설치장소에서는 물의 흐름이 일정하여 유량이 변화하더라도 흐름의 상태가 현저하게 변하지 않아야 한다.
- (3) 내수의 수위 관측시는 부근의 지형 지물을 고려하여 대표성이 있는 곳을 선정하여야 한다.
- (4) 갈수시에도 물이 마르지 않는 장소를 설치 장소로 선택한다.
- (5) 배나 뗏목 등을 위한 계류시설(繫留施設)이 있어 수위탐에 이러한 시설을 붙잡아 뱀 염려가 있는 곳은 피해야 한다.

해설

- (1) 수위관측소 설치장소에서는 유로 및 하상 변동이 적어야 한다. 유로나 하상이 변동하면 계속하여 관측할 수 없게 되며 관측수위 자체도 의미를 상실하게 된다.
- (2) 수위관측시의 위험은 최소가 되도록 노력해야 한다. 따라서 관측시 교통 통행량의 유지, 잔교 및 계단 등의 난간 설비, 동절기의 제설 등 적절한 조치를 취한다. 또한 홍수 시에도 수위관측소에 접근할 수 있어야 한다.
- (3) 현지에 관측원을 둘 때에는 관측원이 관측하기 쉬운 장소를 선정하는 것도 중요하다.
- (4) 감조 하천의 감조 구간 상류단에서 감조의 영향이 없는 지점이라 할지라도 부근의 하상저하 등으로 인하여 조석의 영향을 받는 일이 있다. 만약 감조구간 상류단에서 수위 관측을 하고자 할 때에는 갈수시 대조(大潮) 상태에서 특별히 조사를 해두어야 한다.
- (5) 파랑이 부딪치는 곳, 물이 흘러갈 때 부유물이 수위관측기에 충돌할 염려가 있는 곳은 관측기의 유지관리에 좋지 않다.
- (6) 실시간 자동수집방식 수위표를 설치할 경우에는 전파조건이 양호한 장소에 안테나를 설치하여야 하므로 수위관측소 설치시 이를 고려할 필요가 있다.

6.3 관측설비

6.3.1 수위관측소의 설비

- (1) 수위관측소에는 자기수위계 또는 보통 수위표를 설치한다.
- (2) 자기수위계 설치시 보통수위표를 병설하는 것이 원칙이다.
- (3) 수위 관측을 위한 관측계기로서 검정규격이 있는 것은 검정에 합격한 것을 사용하여야 한다.

해설

- (1) 수위관측은 보통수위표(또는 목자판)에서 읽은 값을 기준으로 하고 자기수위표 값이 보통수위표 값과 다르면 자기수위계 값을 수정한다. 이러한 목적을 위하여 자기수위계 설치 시 보통수위표를 병설하도록 하고 있다.
- (2) 수위관측설비에는 연중 계속하여 수위를 관측하는 자기수위계(때로 자기수위표로도 불리우고 있음)와 보통수위표가 있고, 홍수 등 특정시기에 수위를 관측하는 보조수위표가 있다.
- (3) 수위의 단위는 m로 하고 최소눈금 단위는 1cm로 한다.
- (4) 수위관측에서 요구되는 정확도는 보통 1cm이지만 홍수시에는 10cm 단위로 측정할 수 있다.

6.3.2 보통수위표

- (1) 보통수위표는 기둥을 세우고 여기에 눈금판을 부착하여 고정하거나, 교량의 교각 또는

교대 등에 눈금판을 색인한다. 기둥은 콘크리트 말뚝 또는 철강재 말뚝을 사용해서 견고하게 고정하며, 너무 길지 않은 것이 좋다.

- (2) 눈금판의 눈금단위는 1cm로 하지만, 야간이나 홍수시에는 10cm 또는 1m의 단위도 명확하게 보이지 않기 때문에 눈금을 명확하게 읽을 수 있도록 설치한다.

해설

- (1) 눈금판의 상단은 제방 둑마루 또는 과거 홍수의 최고수위 이상까지로 하고, 하단은 저수로 하상 이하(또는 흐름이 0이 되는 수위이하)까지 표시한다.
- (2) 홍수시 떠내려오는 유목 등과 같은 부유물이 많은 하천에서는 이들이 모여질 것으로 예상되는 지점으로부터 5m정도 상류에 말뚝을 설치하여 차단하는 것이 좋다.
- (3) 두 개 이상의 보통수위표를 세울 때는 50cm이상 눈금을 중복시킨다. 부근에 다른 보조수위표가 있는 경우에는 표지등을 붙여서 혼동되지 않도록 한다.

6.3.3 자기수위계

- (1) 자기수위계로는 부자(浮子)식, 공기방울(bubble)식, 압력식, 전기식, 초음파식 등 여러 형태의 수위계가 실무에 이용되고 있는데, 유지관리와 계기의 조달 등을 감안하여 기종을 선정해야 한다.
- (2) 수위계를 설치할 기초는 견고하게 고정하고 홍수시에도 충분히 관측할 수 있으며 침수되지 않는 높이에 설치하여야 한다. 예를 들면 제방 둑마루 보다 자기 수위계의 위치를 높게 설치해야 한다.

해설

- (1) 자기수위계를 선정할 때는 계기의 특징(아날로그 또는 디지털 방식의 구분, 눈금 읽을 때의 어려움 등), 관측환경(파랑 유무, 하상변동 등), 처리방식(남의 도움으로 어디까지 수행할 것인지 등), 유지관리의 용이성(고장시 수리 및 부속품의 조달여건), 그리고 비용(계기만의 비용이 아니고 설치비용까지 포함) 및 제작회사 또는 대리점 등을 고려하여 최적의 계기를 선택해야 한다.
- (2) 자기수위계의 눈금수는 보통수위표의 눈금수와 일치하도록 한다. 관측정을 가지는 자기수위계는 관측정내의 수위를 측정할 수 있는 장치를 갖는 것이 바람직하다. 관측정으로 유수를 도입하는 도수로는 관로가 토사로 인하여 폐워지지 않도록 도수관 유입부를 철망으로 두르거나 유사가 유입되지 않을 정도의 유입구 구경을 갖도록 주의 깊게 설치하여야 한다.

6.3.4 보조수위표

- (1) 홍수시 홍수예보 업무를 돕고 수문자료를 보충하기 위하여 이미 설치되어 있는 수위표 지점 사이의 중요지점 또는 지류의 중요지점에 보조수위표를 설치한다.
- (2) 유량측정을 실시하는 수위표 지점의 수면경사에 대한 현지 여건을 고려하여 상하류 지

점간의 수위차가 30~50cm 정도가 되도록 기설 수위표지점 상하류 약 1km 내외지점에 보조수위표(일명 假水位標라고 함)를 설치한다.

해설

- (1) 보조수위표는 유량측정시 마다 수위를 관측하여 경사면적법에 의한 유량을 산정하기 위하여 사용된다. 이렇게 산정된 유량은 실측한 유량과 비교 검토하여 유량분석자료로 사용됨과 동시에 대홍수시 유량측정을 하지 못하였을 경우, 전술한 분석자료를 토대로 홍수량을 산정하고 조도계수 분석의 기본자료로 활용할 수 있다.
- (2) 저류영향을 받는 하천구간의 유량산정을 위해서나 배수영향을 받는 하천구간의 유량산정을 위하여 보조수위표를 설치하는 경우도 있다.

6.3.5 수위표 영점표고

- (1) 수위표 영점표고는 수위가 기준수위 이하(마이너스 수위)로 표시되는 것을 피하기 위해서 예상 최대갈수위 이하로 잡는다.
- (2) 영점을 변경할 경우에는 나중에도 확실히 알 수 있도록, 변경깊이, 변경 연월일, 변경사유, 변경내역 등을 관측소 대장에 정확히 기입해 두어야 한다.
- (3) 일관성 있고 원활한 수위자료 관측과 수문분석을 위해서는 원칙적으로 특별한 사유가 없는 한 수위관측소의 영점표고는 변경하지 않는 것으로 한다.

해설

하상저하 등으로 마이너스 수위가 나오는 경우는 마이너스 값으로 읽거나 또는 새로 더 낮추어서 설치하던가 해야 한다. 이러한 착오를 없애기 위해서 사전에 수위관측소를 설치할 때는 영점표고를 1m정도 내려서 설치하는 것이 좋다.

6.3.6 수위표 영점표고의 측정

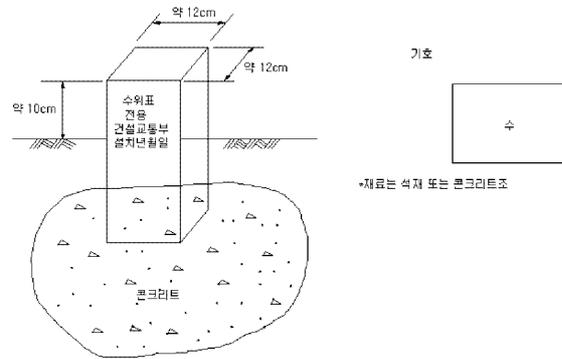
- (1) 수위표를 설치할 경우에는 이에 근접한 높은 위치에 수준점을 설치하고, 그 표고를 기초로 해서 수준기를 사용하여 수위표의 영점표고를 측량하여야 한다. 이 경우에 수준기의 눈금 단위는 1mm로 한다.
- (2) 수준점의 표고는 기설 1등 수준점(단, 불가피한 경우에는 2등 수준점)을 기점으로 수준측량 요령에 의하여 수준점 표고를 결정한다.

해설

- (1) 수준점 표고 결정 시 기설 1등 수준점을 기점으로 할 수 없는 경우에는 2등 수준점을 이용하되 그 사유를 제시하여야한다.
- (2) 수준점에는 다음 <그림 6.1>과 같은 표석을 설치하여야 한다. 단, 그 위치에 암석이나

기타 이동의 우려가 없는 매설물이 있는 곳에서는 <그림 6.1>에 있는 내용을 표시하고 기호를 음각해서 표석에 대신할 수 있다.

(3) 수준점을 나타내는 표석은 석재 또는 콘크리트 제품을 사용한다.



<그림 6.1> 수위표 지점의 수준점

6.3.7 표지

- (1) 수위관측소 부근에는 관측소명, 수계·하천명, 설치자명, 설치 연월일, 관측소 소재지 표고(수위표의 영점표고), 합류점에서의 거리, 주의보수위, 경보수위, 그리고 관측소번호 등을 기입한 표지를 세우고 필요한 경우에는 주위에 울타리를 설치하여야 한다.
- (2) 관측소 번호는 최근에 발간된 수문조사 연보를 참조하여 명기한다.

해설

- (1) 수위관측소에 표지판을 설치하는 것은 관측소 명칭, 관측소의 제반조건을 철저히 지지하기 위한 목적 외에 자료의 정리 및 대조 등에 착오를 일으키지 않도록 하기 위해서이다.
- (2) 주위의 울타리는 관리상의 필요성을 고려해서 결정해야 하며 표지나 울타리가 관측에 방해가 되지 않도록 유의해야 한다.

6.3.8 대장

- (1) 수위관측소의 관리기관은 수위관측소 대장 및 관련도서를 작성하여 보관하여야 한다.
- (2) 수위관측소 대장에는 관측소명, 수계명, 하천명, 설치자명, 유역면적, 관측개시 연월일, 관측소 소재지, 위도, 경도, 표고, 관측소 번호, 관측원, 위치도, 관측계기의 기종, 관측

원부 및 보관장소, 관측기록 발송상황 등을 기재하여야 한다.

- (3) 수위관측소 대장에는 국토해양부장관이 홍수예보를 위하여 하천법 및 하천법 시행규칙의 규정에 의하여 고시한 주요 수위관측지점의 주의보수위와 경보수위 등과 수위표 위치 및 변천사항, 영점표고 및 변경 사항, 관측원이나 관측기종의 변화 등 관측조건의 변천사항 등을 기록해 두어야 한다.
- (4) 수위표지점 주변의 공사 등으로 수위표의 일부 또는 전부를 단시간 이설할 경우에도 세부적인 내용을 명확하게 기록해 두어야 하며, 눈금판의 교체 등 간단한 보수공사의 내용도 기록하여 수위표 유지관리에 만전을 기한다.
- (5) 관측소 점검내역, 고장 및 수리내역과 기기 재설정 내역도 관측대장에 구체적으로 기록한다.

해설

- (1) 관련도서는 위치도 및 평면도와 횡단면도, 수위표의 부분별 구조도 및 눈금판의 부착 표시도면 등으로 구성된다.
- (2) 관련도서에는 수준점 및 수위표의 부분별 위치와 유량측정을 위한 보조수위표가 설치되어 있는 경우에는 이들의 위치 및 횡단측선을 표시한다.
- (3) 횡단도면은 횡단측량의 실시요령에 따라 작성하고 측량 연월일 등을 표시한다.

6.4 관측

6.4.1 관측원

- (1) 수위조사를 시행하는 자는 수문관측의 효율을 높이기 위하여 관측소에서 가까운 곳에 거주하는 자(이하 '관측원'이라 한다)에게 관측업무를 위탁할 수 있다.
- (2) 관측원은 다음과 같은 조건을 고려하여 위촉한다.
 - ① 장기간 계속해서 일정시각에 관측작업에 종사할 수 있는 자
 - ② 자기수위계를 설치하는 관측소에서는 자기수위계기의 취급상 필요한 지식을 가진 자
- (3) 수위관측을 담당하는 자는 관측이 원활하게 시행되도록 관측수칙을 교부하고 연 1회 관측원에게 관측에 관한 교육을 실시하여야 한다.

해설

- (1) 관측원을 위촉할 때는 그 취지를 관측소에 표시함과 동시에 위촉장을 본인에게 교부하여야 한다.
- (2) 관측수칙에는 다음에 열거하는 사항이 포함되어야 한다.
 - ① 관측의 목적과 의의
 - ② 관측시설의 사용방법
 - ③ 관측계기의 취급방법
 - ④ 관측에 필요한 주의사항

- ⑤ 입시 관측의 기준
- ⑥ 안전수칙 및 기타 필요한 사항

6.4.2 순회 점검

- (1) 관측이 확실히 시행되고 있는지의 여부를 조사하기 위하여 정해진 시기에 관측소를 방문하고 계기의 작동, 관측원의 관측상황을 점검한다.
- (2) 무인 관측소의 경우는 월 1회 이상 순회점검하는 것을 원칙으로 하고, 장마나 우기시에는 순회빈도를 더 자주 해야한다.
- (3) 순회점검시 관측원의 유무, 관측소의 주변상황, 기록의 타당성여부, 계기상황, 야장기입상황, 예비부품, 소비부품, 기록지의 여분 등을 조사한다.

해설

- (1) 점검결과는 점검대장에 상세하게 기록해 두고 관측소별로 비치하며 점검결과 부적당한 점을 발견하였을 때는 즉시 개선하고 관측에 지장이 없도록 한다.
- (2) 순회점검시 다음과 같은 내용을 구체적으로 조사한다.
 - ① 관측원의 유무 : 출타 또는 이사 등으로 관측원이 없거나, 가족이나 인근 주민이 관측을 대행하고 있지 않은지 확인한다.
 - ② 관측소의 주변상황 : 진입도로의 유지와 안전관리는 만족한지, 시설이 노화하여 파손되어 있지 않은지를 확인한다.
 - ③ 기록의 타당성 여부 : 결측은 없는지, 있으면 원인은 무엇인지 조사하고, 순회점검시 보통수위표에서 읽은 값과 시각을 자기수위계의 자기기록 지상에 기입하고 펜 위치에 표시한다. 시계는 이상이 없는지 다른 관측소와 비교해서 현저한 차이는 없는지도 확인한다.
 - ④ 계기상황 : 보통수위표의 파손 또는 부유물 등이 붙어서 읽을 수 없지 않은지, 도수관(導水管)을 가진 자기수위 관측소에서는 도수관이 막혀 있지 않은지(관측 정내의 수위가 보통수위표의 수위와 다르지는 않은지), 전기 배선이 절단된 곳은 없는지 확인한다.
 - ⑤ 야장기입상황 : 규정대로 관측이 시행되고 있는지, 만일 수위가 떨어져서 영점표고 이하로 된 경우에도 규정대로 마이너스 값을 읽어 기록하고 있는지, 수위 기록에 의심나는 불연속은 없는지 확인한다.
 - ⑥ 예비부품, 소모품의 여분, 기록지의 여분 : 점검결과 상태가 나쁜 점을 발견하였을 때는 그 자리에서 즉시 수리해야 하며 만약 수리가 불가능하면 즉시 예비부품과 교환해서 정상적인 관측이 될 수 있도록 한다. 이를 위해 순회할 때에는 수리용구와 예비부품을 휴대하여야 한다. 그리고 설치한 용지의 여분량(또는 잔량)은 적절한지를 확인한다.

6.4.3 보통수위표에 의한 관측

- (1) 보통수위표에 의한 관측은 매일 8시 및 20시 정시에 실시한다. 다만, 적설량이 많아 규정된 시간에 접근이 어렵고 추위가 심한 지방에서는 동절기 일정기간에 한하여 변경할 수 있다.
- (2) 용설기와 봄철 해빙기에는 하천수위의 일변화(아침에는 하천수가 얼어서 수위가 낮아지고 낮에는 쌓인 눈이나 얼음이 녹아 하천수위가 올라가는 현상)가 있을 수 있으므로 이를 감안하여 관측한다.
- (3) 감조하천(感潮河川)에서는 8시, 20시의 관측은 적당하지 않으므로 매 정시마다 관측하거나 자기수위계를 설치하여야 한다. 감조하천에서 파랑 등으로 수면이 안정되지 않을 때는 단시간 동안에 최고수위와 최저수위를 읽어서 그 평균치를 취한다.

해설

- (1) 강우 등이 발생하여 하천수위가 지정수위를 넘을 것으로 예상되면 매시마다 관측하는 것이 좋으며, 관측시 시각을 확인하고 측정하여야 한다.
- (2) 결빙하천(結氷河川)에서는 얼음을 깨서 자유수면을 확인하여 그 높이를 관측하여야 한다.
- (3) 관측시 측정시각은 분단위, 수위는 1cm 단위로 읽어서 기록한다

6.4.4 자기수위계에 의한 관측

- (1) 자기수위계에 의한 관측은 자기기록지 교환과 기록지 회수작업으로 구분하여 작업을 실시한다.
- (2) 기록지 교환은 소정의 시각에 규정된 방식으로 하고, 이때 보통수위표도 동시에 관측한다.
- (3) 기록지 회수 작업은 시계의 지속상태에 따라 시각을 보정하고 매 정시에 수위를 읽어서 소정양식에 정리한다.

해설

- (1) 기록지는 1일용과 1주일용 등이 있고, 1개월용 이상의 장기 수위계는 기록지가 모자라는 시간 전에 교환하는 것이 좋다. 기록지 교환은 관측수칙에 따라 정확하게 실시해야 한다. 기록지 교환과 관련된 주요 작업은 아래와 같다.
 - ① 기록지를 떼어내기 전에 펜 위치에 표시를 하여 연월일, 시각, 기상, 보통 수위표의 눈금, 떼어낸 사람의 성명을 기록지에 기입한다.
 - ② 새로운 기록지를 붙일 때는 위와 아래를 정확하게 맞춘다. 프린지가 붙은 드럼에서는 기록지가 늘어지지 않게 프린지에 밀착시킨다. 시각과 눈금을 맞추고 연월일, 시각, 기상, 보통수위표에서 읽은 수위, 취급한 사람의 성명을 기록지에

기입한다.

- ③ 잉크는 펜촉에 충분히 묻어있는지 또는 너무 지나치게 묻어 있지 않은지를 점검한다. 오래된 잉크는 물로 씻어버리고 새로운 잉크를 보급해야 하며 반드시 소정의 잉크를 사용해야 한다.
 - ④ 시계태엽을 감거나 전지 등이 약해지면 바꿔 끼운다. 시계태엽은 소정 횟수만큼 감고 지나치게 감는 것을 피하여야 한다. 전지의 교환은 계기의 기능이 멈춰지기 전에 실시하여야 한다.
- (2) 기록지 회수작업은 시계의 지속상태에 따라 시각보정을 해야 하며, 시각은 다음과 같이 보정하고 양식에 따라 실시한다.
- ① 매 정시의 수위
 - ② 월별 최고(수위 도표상의 최고)수위, 최저수위 및 발생일, 시, 분

6.4.5 보조수위표에 의한 관측

보조수위표는 수위가 지정수위에 도달할 것으로 예상되면 매시마다 관측하고, 동시에 보통수위표의 홍수시 관측요령에 의하여 매시에 수위관측을 실시하여 수위 도표를 작성할 수 있도록 하며 관측된 자료의 처리 등은 보통수위표에 준한다.

해설

유량측정 지점에 설치한 보조수위표의 관측은 '6.3.4 보조수위표'에서 설명한 바와 같이 유량측정시마다 관측하고 가급적 수위관측원은 유량측정을 하지 않더라도 홍수시에는 유량측정구간이나 관측지점의 수면경사 등을 파악할 수 있도록 관측하는 것이 바람직하다.

6.4.6 최고수위계에 의한 관측

- (1) 최고수위만 관측하고자 할 경우에는 최고수위계를 사용한다.
- (2) 최고수위계를 설치할 때는 기둥을 세워서 최고수위시에도 넘어지지 않도록 해야 하며 근처에 수준점 표석 또는 이에 준하는 표지를 설치해서 영점표고를 명확하게 표시해야 한다.

해설

- (1) 최고수위계는 단일목적의 수위관측계기로서 담수, 범람, 내수침수 등과 관련하여 최고수위만을 관측하는 데 사용된다.
- (2) 최고수위계는 관측유역을 대표할 수 있는 관측지점에 유의하여 배치하되 지형지물이 복잡한 곳은 피하는 것이 좋다.
- (3) 최고수위계는 비교적 가격이 싸고 간편하여 많은 지점에 설치할 수 있으나 순회점검을 반드시 하는 것이 좋다. 그리고 홍수가 발생하면 즉시 기록되는 수위를 확인할 수 있다.

록 준비하고, 관측소가 혼동되는 일이 없도록 해야 한다.

6.4.7 실시간 자동 수집장치

- (1) 홍수예보를 보다 과학적으로 실시하기 위하여 수위관측 결과는 실시간 자동수집방식으로 하는 것이 바람직하다.
- (2) 수위관측자료 수집을 실시간 자동수집방식으로 하는 경우 다음과 같은 사항을 고려한다.
 - ① 관측치의 대표성
 - ② 기왕의 작동상황
 - ③ 관측의 검사방법
 - ④ 전기 및 통신 조건

해설

- (1) 실시간 자동수집장치를 설치하려는 관측소에서 관측치가 상·하류의 수위추정에 중요한 것인지와 관측소가 유량 또는 수질관측소로 활용되고 있는지를 고려하여야 한다.
- (2) 자세한 사항은 '5.4.9 실시간 자동수집장치 및 자동기상관측시스템'을 참조한다.
- (3) PCS 전화기 등을 활용하는 기술을 이용하여 실시간 수위 자료를 원격지의 전산기로 전송할 수 있다.

6.5 자료의 정리

6.5.1 자료의 정리

- (1) 시각별 수위는 매 정시를, 최고수위 및 최저수위는 발생 시각을 기준으로 정리하며, 일 평균수위는 1시부터 24시까지의 시각별 수위를 산술평균한 값으로 한다.
- (2) 수위자료는 일수위연표, 연최저수위, 연최고수위, 홍수시 관측한 시간별 홍수위, 연 순간 최저수위, 연 순간 최고수위, 홍수위 도표 등 소정의 양식에 따라서 정리한다.

해설

- (1) 일평균수위와 지정수위 이상에 대해 매 정시마다 관측된 시수위는 해당 수위관측소에서 이미 개발된 수위-유량곡선을 이용하여 반드시 유량으로 환산하여 수위와 함께 소정의 자료양식지에 기입하도록 한다.
- (2) 과거에 단순히 일평균수위나 지정수위 이상에 대해 관측하여 기록하였던 시수위(時水位)는 반드시 해당 수위관측소의 수위-유량곡선 또는 수위-유량표를 이용하여 유량으로 환산하고 수위와 함께 유량자료를 소정 양식지에 기입하고 정리한다.

(3) 소정의 양식은 '수문관측업무규정'에 따른다.

6.5.2 자료의 보관

- (1) 야장, 자기지, 서식에 의한 정리결과는 모두 보존한다. 자료는 전담기관이 확실히 보관 하되, 담당자 이외의 사용자가 언제라도 사용할 수 있도록 정리하여 보관해야 한다.
- (2) 자료를 이용할 경우에는 원본은 안전하게 보관하고 이용자료는 사본을 2부 작성하여 그 중에서 1부는 연도별로 분류해 놓고, 나머지 1부는 관측소별로 분류하여 이용상 편리하도록 한다.
- (3) 관측자료는 전산기록매체를 이용하여 수요자에게 제공할 수 있다.

해설

- (1) 각 자료의 보존은 전담기관(기상청 및 관련부서)이 각 관측소별 또는 유역별로 정리 보존하고, 가능한 한 이들 자료는 최근의 전산 저장 매체로 보관하여 내구성을 증진시키고 이용자가 쉽게 이용할 수 있도록 해야 한다. 또한, 정리된 전산 자료는 손상되지 않도록 적절한 시기에 백업하여 유지한다.
- (2) 수위자료는 조건별 검색, 출력, 통계 및 집계 등이 용이하도록 데이터 베이스를 구축하는 것이 편리하다. 이와 같이 작성된 보존자료는 불의의 재난에 대비하여 각각 다른 장소에 보관해 둔다.

6.5.3 보고 및 발간

- (1) 수위관측 결과는 소정의 규정에 따라 보고하고 일보, 월보, 연보 등의 보고서로 발간한다.
- (2) 수위관측 결과의 발간시기, 발간양식, 발간 담당기관 및 배부처에 대하여는 별도로 정한다.

제 7 장 유량조사

7.1 일반사항

7.1.1 적용범위

- (1) 이 장은 유량조사에 관한 표준적 방법을 정한 것이며, 유량조사에 필요한 수위조사 부분은 '제6장 수위조사'에 따른다.
- (2) 일반하천의 유량조사시는 홍수, 평수, 저수, 갈수시의 유량측정 방법과 감조하천의 유량 측정 원칙을 정하여 유량 조사를 실시한다.
- (3) 유량측정은 홍수관리 및 하천 상시유량관리, 수질관리에 적용되도록 상·하류 또는 지류 측정값과 연관되도록 하여야 한다.

해설

- (1) 하천의 유량관측은 강수량관측이나 수위관측과 같이 시간적으로 장기간 연속해서 관측 하기가 매우 어렵다. 그러므로 한정된 횟수의 관측유량과 동일 시점에 측정한 하천수위와의 관계를 구하고, 이 관계를 이용하여 수위-유량곡선을 작성하여 유량을 측정하지 않고서도 수위를 관측하여 유량으로 환산하는 방법을 사용하고 있다. 따라서 정확한 유량을 구하기 위해서는 정확한 수위-유량 관계식이 필요하다.
- (2) 유량측정방법은 다음의 세 가지 방법으로 크게 분류될 수 있으며 하천규모 및 유량별 용도는 <표 7.1>과 같다.
 - ① 수위측정에서 얻어지는 유수단면적과 평균유속 측정치를 곱하여 구하는 방법 : 유속계법, 부자법, 희석법, 초음파 유속계법
 - ② 위어(堰, weir), 수로(flume) 등 유량측정용 수공구조물의 월류수심 또는 수심을 측정하여 월류량 공식으로부터 유량을 계산하는 방법 : 위어 측정법
 - ③ 추적물질의 농도를 측정하여 유량을 계산하는 방법 : 희석법
 - ④ 기타방법
- (3) 기습강우 또는 댐 방류 등으로 인하여 수위가 급변하는 경우 부자법을 사용하여 유량을 측정할 수 있다.

<표 7.1> 하천 규모 및 유량별 유량측정 방법

하천 규모	유량	유량측정방법
중·소 하천	갈수·저수시	유속계법, 위어 측정법
	평수시	희석법, 유속계법
	홍수시	부자법
대하천	갈수·저수시	유속계법, 희석법, 이동 초음파 유속계법
	평수시	유속계법
	홍수시	부자법, 전자파 표면 유속계법

7.1.2 용어의 정의

- (1) 유량 : 하천의 횡단면을 단위시간에 통과하는 물의 부피
- (2) 수위-유량곡선 : 한정된 횡수의 관측유량과 동일 시점의 수위와의 관계를 회귀분석하여 결정된 곡선
- (3) 최대유량 : 일정한 기간을 통하여 나타난 최대의 유량
- (4) 최소유량 : 일정한 기간을 통하여 나타난 최소의 유량
- (5) 평균유량 : 1년을 통하여 185일은 이보다 저하하지 않는 유량
- (6) 저수유량 : 1년을 통하여 275일은 이보다 저하하지 않는 유량
- (7) 갈수량 : 1년을 통하여 355일은 이보다 저하하지 않는 유량
- (8) 일평균유량 : 1일을 통하여 1시부터 24시까지 매시 수위에 대응하는 유량의 합을 24로 나눈 유량
- (9) 연평균유량 : 1년을 통하여 일평균유량의 합을 당해 연도의 일수로 나눈 유량

7.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 본 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 아래와 같다.

- (1) 본 설계 기준
 - ① 제5장 강수량조사
 - ② 제6장 수위조사
- (2) 관련규정
 - ① Guide to Hydrological Practices(WMO, 1994), Data Acquisition and Processing, Analysis, Forecasting and Other Applications, WMO-No. 168
 - ② 수문관측업무규정(국토해양부 훈령 제427호, 2009.8)
 - ③ Measurement of Liquid Flow in Open Channel : Velocity -Area Methods, ISO 748
- (3) 법규
 - ① 하천법 제17조(수문조사의 실시), 제22조(수자원자료의 정보화)
 - ② 하천법시행령 제11조(수문조사기본계획의 수립), 제18조(수자원정보체계의 구축·운영 등)
 - ③ 기상법 시행규칙(기상청령 제337호, 2009.7)

7.2 관측소의 배치 및 설치

7.2.1 관측소의 배치

- (1) 유량 관측소는 수계 전체의 적정한 관측망을 고려하여 하천 및 수자원 등의 계획 및 시공관리상 중요한 지점에 배치한다.
- (2) 구체적인 배치장소로는 다음의 위치가 바람직하다.
 - ① 중요한 지파천(支派川) 분류 또는 합류부의 전후
 - ② 보, 유수지, 호소, 저수지의 상하류
 - ③ 하도가 직선화 되어 있는 협곡
- (3) 구체적인 배치장소로 다음과 같은 장소는 피하는 것이 좋다.
 - ① 대하천과의 합류점 직상류의 지천 등과 같이 분류 수위의 영향으로 수위-유량 곡선의 정확도가 좋지 않은 곳
 - ② 하구에서 감조구간
- (4) 유량은 1회의 관측값이라도 의미가 있으나 수위와의 관계로부터 수위-유량곡선을 작성하여 수위시계열에서 유량시계열을 알 수 있으므로 반드시 유량관측소에는 수위관측소를 병설한다.

해설

- (1) 적정한 관측망이란 상·하류 관측소의 관측값 관계를 알면 중간의 임의지점에서의 유량을 실용적으로 이용할 수 있을 정도로 추산할 수 있는 관측망을 말한다.
- (2) 유량관측소는 하천계획, 관리 및 시공상 필요한 지점을 고려하되, 배치계획을 검토할 경우에는 수계전체의 관측망을 구상하면서 적정 배치계획을 수립한다. 배치계획에는 해당구역의 수계전체를 나타내는 지형도를 이용한다.
- (3) 새로운 관측소가 필요한 경우에는 유역도 등에 기존 관측소를 표시하고, 그 설치목적 및 이유를 고려하여 신규 관측소의 배치를 설계한다. 배치계획시에는 하천의 종횡단도, 지질도 등을 참고로 한다.
- (4) 대규모 용수에 의하여 유량이 분수로 유하하여 유량값이 하천유량의 대표성을 상실하는 곳에서는 분류 전후에서 관측이 필요하게 된다.
- (5) 하구감조부의 유량관측을 위한 관측소의 배치 시 다음 사항에 주의해야 한다.
 - ① 유량관측소의 배치는 상류에서 하류로 흐르는 유량을 관측하기 위한 것으로 조석의 영향을 고려해야 한다.
 - ② 감조부의 유량관측은 수위 변동을 정밀하게 관측할 수 있도록 자기수위계를 설치해야 한다.
 - ③ 해일, 고조 등의 현상에 대비하여 하천의 계획과 관리에 미치는 영향을 조사할 수 있게 배치해야 한다.
 - ④ 하구 막힘에 의해 홍수역류와 홍수에 의해 사주가 씻겨나가는 상황을 고려하여야 한다.

7.2.2 관측소의 위치 선정

- (1) 유량관측소는 관측망, 지형도, 하천의 종횡단도 등을 이용하여 도상 검토한 다음에 현지답사에 의해 다음 조건을 만족하는 장소를 선정한다.

- ① 수위관측소가 설치된 장소이거나 병설할 수 있는 장소
 - ② 유량관측을 안정하게 할 수 있는 장소
 - ③ 유지관리가 쉬운 장소
 - (가) 유로나 하상의 변동이 적은 장소
 - (나) 기타 수위관측소의 설치에 준하는 장소
 - ④ 안전한 장소
 - (가) 배를 타고 관측할 경우 배의 전복 등의 사고가 일어나지 않는 장소
 - (나) 유량관측 작업에 교량 등을 이용할 경우는 교통사고가 일어나지 않도록 간판, 표지, 바리케이트, 교통정리 등을 할 수 있는 장소
 - (다) 관측소 통로의 정비, 야간조명, 겨울철의 제설 등 적절한 안전대책을 강구할 수 있는 장소
 - (라) 추락의 염려가 없는 장소
 - (마) 필요에 따라 안전시설을 설치할 수 있는 장소
 - (바) 대형 관측기기를 설치한 경우에는 무너지거나 전복되지 않도록 충분히 관측시설을 지지할 수 있는 교량이나 지지대가 있는 장소
 - ⑤ 그 외 다음의 조건을 만족하는 장소
 - (가) 저수 유량관측 및 홍수 유량관측을 동일장소 또는 가능한 한 가까운 장소에서 실시하는 장소
 - (나) 하상변동이 적은 장소
 - (다) 여울이나 사수역이 없는 장소
 - (라) 유수가 안정된 장소
 - (마) 대안 및 관측구간을 한 눈에 볼 수 있는 장소
- (2) 부자에 의한 유량관측시에는 상기의 조건 이외에 다음의 조건을 충족시켜야 한다.
- ① 유수의 직선거리를 확보할 수 있는 장소
 - ② 단면이나 하폭에 큰 변화가 없는 장소
 - ③ 관측구간의 직상류부에 교량이 있거나 부자 투하시설을 설치할 수 있는 장소
 - ④ 유수의 장애가 없는 장소

해설

(1) 유량관측소는 수위관측소와 보통 일치하므로 '6.2 관측소의 배치 및 설치'의 내용으로도 가능하지만, 유량관측을 유속측정이라는 관점에서 볼 때 다음과 같은 점에 특히 유념하도록 한다.

- ① 수류가 정상적일 것 : 흐름이 정상류가 아닌 경우의 수위는 점유속(點流速)을 정확하게 측정하더라도 유수의 횡단면적을 곱하여 유량을 계산했을 때 정확도가 낮아진다.
- ② 유속이 너무 크거나 너무 작지 않을 것 : 유속계로 측정할 수 있는 유속의 범위는 한정되어 있으므로 이 범위 밖의 유속은 측정할 수 없다.
- ③ 유로와 하상의 변동이 적을 것 : 하상변동이 심하면 홍수 중에는 유량측정 정확도가 현저하게 저하한다. 또한 부유사 및 소류사가 많은 하천에 설치된 보에서는 상류측의 접근 수로부에 토사가 쌓이게 되어 정확도가 떨어지게 된다.

- ④ 갈수시에도 관측이 가능할 것 : 최근 들어 갈수시 유량관측에 대한 사회적 요구가 더 증대되므로 충분한 정확도로 관측할 수 있는 지점을 선정하여야 한다.
 - ⑤ 홍수시 위험이 적을 것 : 홍수시의 유량관측은 원래 위험성이 높은 작업이므로 세심한 주의가 요구된다. 예를 들면 유량관측소로서의 조건이 아무리 좋더라도 홍수 유출시에 고립되는 지점은 유량관측소로서 적당하지 못하다.
 - ⑥ 관측이 편리할 것 : 유량관측을 위해서는 그 부근에 교량이 있으면 대단히 편리하다. 따라서 다른 조건을 양보해서라도 교량이 있는 곳에 관측소를 설치하는 것이 좋다. 교량과 수면이 너무 떨어져 있으면 측정이 곤란한 반면에 너무 가까우면 홍수시의 홍수위 때문에 위험성이 따른다. 또한 교각부근은 흐름의 교란이 심하며, 유속계나 부자를 사용하는데 적당하지 않으므로 이를 고려해야 하고 유량측정 기구의 반입에 대해서도 생각해 둘 필요가 있다.
- (2) 유량관측은 저수시나 홍수시를 막론하고, 동일한 위치에서 관측할 수 있는 장소가 바람직하지만, 저수유량과 홍수유량의 차가 큰 곳에서는 각 유량의 크기에 적합한 방법을 사용해야 하므로 관측위치도 달라지는 수가 있다. 중간규모의 유출시에는 관측횟수를 많이 하여 정확도 향상에 노력하여야 한다.

7.3 관측 설비 및 방법

7.3.1 유량관측소 횡단선

- (1) 유량관측소에서는 유심에 직각방향으로 유량관측소 횡단선을 설정하고 해당 횡단선의 위치를 표시할 수 있는 횡단선 표지를 설치한다.
- (2) 횡단선의 수 및 간격은 관측방법에 따라 다르며 다음 표를 활용한다.

<표 7.2> 관측방법별 횡단선수

관측방법	횡단선수	간격
일반 유속계법, 이동 초음파 유속계법	1개소	
부자법	2개소	50 m 이상
전자파 표면 유속계법	1개소	
회석법	2 개소	50 m 이상
위어 측정법	1 개소	
고정 초음파 유속계법	2 ~ 3 개소	유수에 직각 방향 1 개소 유수에 경사방향 1 ~ 2 개소

해설

부자 측정법의 횡단선 간격이 길면 1회 측정에 걸리는 시간이 길어서 그 사이에 수위와 유량의 변화가 발생할 경우 정확도가 떨어지고, 간격이 짧으면 측정시간이 짧게 되어 시계의 시간측정 오차로 인해서 정확도가 떨어지게 된다.

7.3.2 유량관측소 횡단선의 횡단측량

- (1) 유량관측소 횡단선을 설정할 때는 횡단선을 따라서 횡단측량을 실시하여 유량관측소의 횡단도면을 작성해야 한다. 이 경우 횡단도면은 하천의 하류를 향하여 작성한다.
- (2) 유량관측소의 횡단도면은 매년 우기 전에 정기적으로 횡단측량을 실시하고 동일한 측적으로 작성하여 보정한다.
- (3) 홍수로 인하여 하상에 변동이 생겼다고 판단될 경우에는 신속히 횡단측량을 재차 실시하고 같은 방법으로 보정해야 한다.

해설

- (1) 횡단측량의 방법은 '14.3.4 하천횡단측량'에 준한다.
- (2) 유속계를 이용하여 유량을 측정할 경우에 수심측정은 유속을 측정할 때마다 시행한다.
- (3) 부자 측정법의 경우에는 상하류의 양쪽 투시단면의 측량선에 대해서 횡단측량을 실시해야 한다.
- (4) 위어 측정법의 경우는 위어의 등마루와 그 형상을 잘 알 수 있도록 측량해야 한다. 특히, 퇴사나 위어의 변형이 없는 한 측량은 1회로서 충분하다. 단, 위어에 가동수문이 설치된 경우는 수문의 개방도를 항상 기록해 두어야 한다.

7.3.3 표지

- (1) 유량관측소 부근에는 관측소명, 수계명, 하천명, 설치자명, 설치 연월일, 관측소 소재지, 표고(수위표의 영점표고)를 기입한 표지를 세운다.
- (2) 하구 또는 지천에 대해서는 합류점으로부터의 거리 및 관측소 번호를 기록한 표지판을 세우고, 필요한 경우에는 주위에 울타리를 설치한다.

해설

- (1) 유량관측소의 표지는 '6.3.7 표지'에서 제시된 수위관측소 표지를 참조한다.
- (2) 유량관측소의 표지는 수위·유량 관측소라 하며, 수위관측소와 구분할 필요는 없다.

7.3.4 대장

- (1) 관측소를 설치하여 유량조사를 하고 있거나 기존 관측소에 관측을 위촉한 경우, 유량조사를 시행하는 기관은 유량관측소 대장 및 관련자료를 작성하여 보관한다.

(2) 유량 관측소 대장 및 관련 자료는 '6.3.8 대장'을 참조한다.

7.3.5 관측횟수

- (1) 유량관측을 위해서는 원칙적으로 해당 관측소에서 홍수, 평수, 저수시에도 수위를 정확하게 유량으로 환산할 수 있는 최적의 수위-유량곡선 또는 수위-유량표를 작성하여야 한다. 따라서 가능하면 모든 수위에 걸쳐 유량을 관측함으로써 관측소에서 가장 정확한 유량을 얻을 수 있도록 하여야 한다.
- (2) 저수유량 관측과 같이 정기적인 관측은 연간 36회 이상 관측하되 계절이나 순별로 하여야 한다. 또한 우기에는 수시로 현지에 나가 가능한 많이 관측하여야 한다.

해설

홍수시 유량관측은 가능한 매시 관측을 실시해야 하며, 큰 홍수 유출시 뿐만 아니라 중간 규모 홍수의 유출시에도 실시하여야 하고 홍수의 증수기 뿐만 아니라 감수기에도 실시토록 해야 한다.

7.3.6 기자재의 관리

- (1) 유량관측에 사용하는 기자재는 소정의 성능을 유지할 수 있도록 사용 및 보관에 있어서 세심한 주의와 철저한 관리가 필요하다.
- (2) 유량관측의 정확도 향상, 안정성강화 등을 위하여 초시계, 와이어, 줄자, 원치, 배, 고무보트, 부자, 보통수위표, 열쇠, 전지용량등을 점검한다.

(1) 유량관측에 사용되는 기자재는 다음과 같은 내용을 점검한다.

- ① 초시계 : 정기적인 검정
- ② 와이어, 줄자 : 절단 및 신축 여부를 매 사용 시 점검
- ③ 원치(winch) : 매 사용 시 점검
- ④ 배, 고무보트 : 안정성과 위험성을 매 사용 시 점검
- ⑤ 부자 : 성능(특히 발광, 점등 등)과 수량 점검
- ⑥ 보통수위표 : 먼지 등으로 인해 수위눈금을 읽기 어렵거나 유실 여부 점검
- ⑦ 열쇠 : 수위탑, 우량계, 자기수위계 등의 수문관측 시설을 보관 및 관리하는 열쇠는 동일한 것으로 선정하고 관계직원의 휴대여부를 점검
- ⑧ 전지 용량 : 관측기간 동안에 충분히 사용할 수 있는지 점검

(2) 안전대책을 위하여 우의, 회전전등, 구명대 등의 준비 여부를 점검하는 것이 필요하다.

7.3.7 관측수칙

(1) 유량관측을 시행하는 기관은 관측수칙을 정하여 관측원에게 교부해야 한다.

- (2) 관측 수칙에는 관측의 목적과 의의를 알기 쉽게 구체적으로 명기한다.
- (3) 각 유량관측소마다 고유의 문제점이 있으므로 이를 포함해서 모든 관련사항을 기술해 두어야 한다.
- (4) 기자재의 고장처리와 연락체계, 이상치가 관측되었을 때의 통보체계 등을 구체적으로 명시해 둔다.

해설

- (1) 관측시설 및 기자재의 취급방법은 구체적으로 명시하고 도면을 삽입하여 해설을 붙이는 것이 바람직하다.
- (2) 측정기록의 정리방법은 야장의 기입방법 외에 관측원이 시행하는 1차 처리를 의미하며, 작업의 책임한계를 명확하게 해 둔다. 1차 처리는 측정종료 후 즉시 실시하지 않으면 안 된다.
- (3) 기타 필요한 사항으로 안전대책에 특별히 유의하고 구명장비의 착용 등을 의무화해야 한다.

7.3.8 야장

관측을 실시할 때는 매 관측시마다 관측 연월일, 시각, 관측유량, 관측 유량의 산출방법, 그 밖에 필요한 사항을 야장에 기재해야 한다. 야장의 양식은 각 관측방법에 따라 별도로 정한다.

7.4 일반 유속계에 의한 유량측정

7.4.1 일반사항

- (1) 수심측정은 원칙적으로 동일 횡단선상을 왕복해서 2회 실시하고, 유속측정은 횡단선상의 각 측정점에서 계속하여 2회 실시한다.
- (2) 유속 측선은 원칙적으로 횡단선을 포함한 연직면상에서 횡단방향으로 등간격이 되도록 선정한다. 등간격이라고 하는 것은 어디까지나 원칙을 뜻하는 것이고, 이와 같은 사정이 허용되지 않는 관측소에서는 부등간격으로 할 수 있다.
- (3) 수면폭과 유속측선 간격의 표준비율은 <표 7.3>과 같이하고 횡단면의 형상 및 유속분포가 복잡할 때에는 측선간격을 축소시킬 수 있다.

<표 7.3> 수면폭에 따른 측선간격

- (4) 1점법 또는 2점법을 선정하는 경계는 50~75cm의 수심으로 한다. 따라서 소형의 유속

수 면 폭(m)	수심측선 간격(m)	유속측선 간격(m)
10 이하	수면폭의 10 ~ 15 %	수면폭의 10 ~ 15 %
10 ~ 20	1	2
20 ~ 40	2	4
40 ~ 60	3	6
60 ~ 80	4	8
80 ~ 100	5	10
100 ~ 150	6	12
150 ~ 200	10	20
200 이상	15	30

계를 사용하면 50cm를 기준으로 하며, 수심이 이보다 작으면 1점법, 크면 2점법을 택하고 유속분포가 복잡하게 되어 있는 곳에서는 50~60cm를 경계로 한다. 그리고 수심이 얕아서 이 방법에 따를 수 없을 때에는 1점법을 적용하여 수면으로부터 수심의 60%위치에 선정한다.

- (5) 수심이 1m 이상되는 곳에서의 유속측정은 3점법 또는 4점법을 선정하여 유속을 측정한다.

해설

- (1) 유속 측정에는 1점법, 2점법, 3점법, 4점법이 있다. 1점법은 유속 측선상의 연직방향 수면으로부터 수심의 60% 위치에서부터 유속을 측정하고 2점법은 20%와 80%의 위치에서 측정한다.
- (2) 3점법은 유속 측선상의 연직방향 수면으로부터 수심의 20%, 60%, 80% 위치에서 유속을 측정하여 평균유속은 식 (7.1)과 같이 구하며, 4점법은 수심의 20%, 40%, 60%, 80% 위치에서 유속을 측정하여 평균유속은 식 (7.2)와 같이 구한다.

$$\text{3점법 : } V_m = \frac{1}{4} (V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8}) \quad (7.1)$$

$$\text{4점법 : } V_m = \frac{1}{5} \left[V_{0.2} + V_{0.4} + V_{0.6} + \frac{1}{2} \left(V_{0.2} + \frac{V_{0.8}}{2} \right) \right] \quad (7.2)$$

- (3) 수심과 유속을 각각 2회씩 측정하여 현저한 차이가 없는 것을 확인하고 만약 현저한 차이가 발견되면 즉시 다시 한번 측정해 볼 필요가 있다. 그러나 홍수시와 같이 수위와 유속의 변화가 큰 경우에는 예외로 한다.
- (4) 측선의 선정은 전체적인 정확도에 영향을 미치는 곳을 세밀하게 하는 것이 좋다. 즉, 수심이 깊고 유속이 큰 곳은 조밀하게 측정해야 한다.

- (5) 정밀측정의 경우는 시간이 걸리더라도 횡단방향으로 수류의 변화점을 조사해서 그 구분 내에서는 등간격으로 하고 전체적으로 볼 때에는 수심 또는 유속이 큰 곳은 조밀하게 측정하도록 유의한다. 정밀측정을 위한 측선의 간격은 <표 7.3>에서 제시한 수치의 1/2로 한다.
- (6) 수심측정의 경우 수심 측선은 횡단선을 포함한 연직면 내에서 유속 측선 상단과 인접한 유속 측선과의 중앙에 설치한다. 양안에서는 유속 측선의 외측에 각각 1개의 수심 측선을 설치한다.

7.4.2 유속계의 검정

- (1) 유속계는 국가가 공인하는 유속계 검정소에서 매년 1회 반드시 검정을 실시하고 회전자의 회전수로부터 유속으로 환산하기 위한 검정된 계수를 정확하게 정해 두어야 한다.
- (2) 유속계는 사용하기에 앞서 수시로 유속계 계수를 검정하여 사용하도록 한다.

- (1) 유속계는 회전자의 회전속도 n 을 측정해서 유속을 다음의 식으로 구한다.

$$V = an + b \quad (7.3)$$

여기서 상수 a , b 는 유속계의 검정계수로서 유속계의 검정에 의해 결정된다.

- (2) 유속계의 검정계수 a , b 는 기계의 노후화라든가 사용 중 취급 부주의 등으로 인해 약간씩 변화할 우려가 있기 때문에 정기적으로 연 1회씩, 그리고 계수의 변화가 판단되었을 때에는 수시로 재 검정해야 한다. 유속계가 고장났을 경우에는 수리 후에 재 검정이 필요하다.
- (3) 유속계에는 기계의 방위각을 알 수 있는 것과 그렇지 못한 것의 두 가지가 있다. 감조하천, 하구부근 등 유속방향이 복잡한 곳에서는 후자의 사용을 금해야 한다. 또한 부득이 유속방향과 횡단선이 직각이 아닌 곳에 관측해야 할 때에는 양자가 이룬 각 θ 를 측정하고 유량은 [유속 \times 면적 $\times \sin\theta$]로서 유량을 산출해야 한다.

7.4.3 유속계의 사용

- (1) 유속계는 소정의 깊이에 올바르게 위치시켜야 한다. 소정의 깊이라 함은 수면으로부터의 심도를 말한다.
- (2) 유속계를 올바르게 위치시킨다는 것은 유속계 기계의 방향이 유속방향과 일치해야 하며, 와이어가 기울어져 있어도 측심이 정확히 측점에 도달해 있는 것을 의미한다.
- (3) 유량관측 중에도 수위가 변화하는 일이 있으므로 유속관측을 시작할 때와 끝날 때에는 반드시 수위를 읽어야 한다.

해설

- (1) 유속이 빠른 경우는 충분히 무거운 추를 유속계에 사용해야 한다. 유속방향이 복잡한 분포를 하고 있는 곳에서는 기계의 방향각을 알 수 있는 유속계가 필요하다.
- (2) 직독식 유속계에서는 지침이 안정된 뒤에 읽고 지침이 진동할 경우 평균치를 관측해야 한다.

7.4.4 정밀측정

수위관측소에서는 저수시에 수시로 정밀측정에 의한 측정을 실시하여 유량측정의 높은 정확도를 유지하여야 한다. 특히, 감조하천 및 하구부근 등과 같이 염수 침입 등의 밀도층이 보이는 곳에서는 정밀측정을 해야 한다.

- (1) 정밀측정에 의한 유량치와 동시에 시행한 다른 측정법에 의한 유량치와의 차이는 유량 측정 연표 및 수위-유량곡선에 각각 기입해 두어야 한다.
- (2) 정밀측정에서는 연직방향으로 세분된 구간별로 유속의 크기를 연결하여 유속분포곡선을 작성하고 그 면적을 전수심으로 나누어 평균유속을 구하지만 수면의 유속과 하상의 유속에 실측치가 없으므로 추정하지 않으면 안된다. 수면에서는 수면에 가장 가까운 측정점에서의 값을 사용하고 하상의 유속은 0으로 하는 것이 좋다.

7.4.5 유속계 측정법에 의한 유량의 산출방법

- (1) 유속계를 이용하는 경우 1점법, 2점법, 3점법, 4점법 또는 구분단면을 이용하여 평균유속을 구하고 횡단면적을 곱하여 유량을 산출한다.
- (2) 평균유속은 동일 측정점에서 2회 측정된 값을 산술 평균하여 각 측정점의 유속을 구한다.

해설

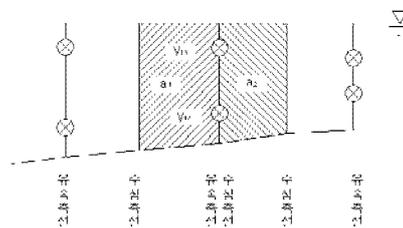
- (1) 1점법에서는 1점 유속측정치로 평균유속으로 한다.
- (2) 2점법에서는 각각의 유속을 산술 평균하여 평균유속으로 한다.
- (3) 3점법에서는 식 (7.1)의 방법으로 평균유속을 구하며, 4점법에서는 식 (7.2)의 방법으로 구한 값을 평균유속으로 한다.
- (4) 하나의 유속 측선이 담당하는 구분횡단면적은 이와 인접한 유속 측선의 중앙까지로 한다. 수심 측선은 유속 측선과 이의 중앙선에 설정되어 있으므로 하나의 유속 측선의 좌우에 수심 측선 사다리꼴이 하나씩 형성된다(<그림 7.1> 참조). 이들을 모두 더한 것이 유속 측선이 담당하는 구분 횡단면적이다. 따라서,

$$0.5 (V_{11} + V_{12}) (a_1 + a_2) = q_1 \quad (7.4)$$

즉, [평균유속 × 양(兩)구분단면적 = 구분단면유량]이 된다.

양안에서는 횡단면도와 수심 측선에 의하여 면적을 확정하여 가장 가까운 유속 측선이 담당하는 구분횡단면적으로 한다. 이 경우 사수역이 있으면 그 범위는 제외하여야 한다.

- (4) 구분 횡단면적을 이용하는 경우 평균유속과 그것이 대표하는 구분횡단면적과의 곱을 전 유속 측선에 대해서 합하여 유량을 구한다.



<그림 7.1> 구분단면 유량산출 (예)

7.5 부자에 의한 유량측정

7.5.1 일반사항

- (1) 부자(浮子)에 의한 유량관측은 부자를 투하하여 그것이 소정의 구간을 유하하는데 소요된 시간을 측정하여, 그 구간의 평균유속을 구하는 방법이다.
- (2) 부자에 의한 유량관측시 부자가 유수에 의해 적절히 유하하기 위해서는 직선구간이 필요하며, 보조구간과 측정구간으로 나누어진다.
- (3) 보조구간은 부자를 투하하는 위치에서 제1측정 단면까지의 구간이며, 이 구간 내에서 부자가 홀수(吃水)를 유지할 수 있도록 한다. 이 구간의 길이를 보조거리라 하며, 30m 이상이 되도록 한다.
- (4) 측정구간은 제1측정단면에서 제2측정단면까지의 구간으로 유하시간을 계측하기 위해서 필요하며, 이 구간의 길이를 유하거리(또는 측정간격)라고 한다. 유하거리는 원칙적으로 50m 이상으로 한다.

해성

- (1) 홍수시에는 세굴이나 퇴적에 의한 하상변동이 크며, 유속분포 및 수위변동 등에 의해서 수시로 복잡하게 변화되고 있다. 이러한 하상변동이나 유속분포에 관해서는 정확히 규명되지 못하는 요소가 많다.
- (2) 부자에 의한 유량관측은 이러한 관점에서 규명되지 못한 요소를 고려하고 관측방법을 간략화하여 적어도 관측방법은 통일된 기준을 설정하여 실시할 필요가 있다.
- (3) 측정구간은 홍수시 눈대중으로 최대유속 $\times(10\sim15)$ 초 정도가 요망된다. 일반적으로 50~100m가 많으며, 너무 길게 잡으면 저유속부의 계측시간이 길어서 전체의 관측시간도 길게 되어 일정 시간내의 수위변화가 유량관측의 정확도에 나쁜 영향을 미치게 된다.

7.5.2 부대 설비

부자를 사용하여 유량을 측정하는 관측소에서는 부자와 수위표 이외에 부자투하장치, 제1횡단면 시준말뚝, 제2횡단면 시준말뚝 등의 부대설비를 둔다.

해설

- (1) 교량이 있는 지점에서는 사람의 손으로 부자를 투하하는 것이 가능하다. 그러나 교량이 없는 곳에서는 부자 투하장치를 만들어 설치해야 한다. 부자 투하장치는 하천의 양안에 세워진 지주 사이에 연결된 와이어를 따라 움직이는 무인케이블카로서 미리 맞추어진 횡단거리에서 후크(hook)를 벗겨서 부자를 투하하도록 되어 있다. 또한 이 장치의 동력은 자가동력을 가지는 것이 바람직하다.
- (2) 제1횡단면의 시준말뚝은 하천의 양안에 적어도 1개씩 필요하며, 이들 말뚝은 유량관측소의 횡단선상에 있도록 한다. 야간의 시측(視測)에 대비해서 투광기 등을 설치할 경우도 있지만 시준말뚝은 야간에도 대안에서 볼 수 있는 것이라야 한다. 관측소의 말뚝은 병행하여 설치하는 보통수위표의 목자판 말뚝과 겸용하여도 좋다. 부자 투하지점 횡단면과 제1횡단면의 간격은 부자가 정상상태로 흘러가기까지에 도달하는 예비구간으로서 대략 30m 이상으로 한다.
- (3) 제2횡단면의 시준말뚝은 제1횡단면의 시준말뚝과 동일하다. 부자 투하장치, 제1횡단면 및 제2횡단면간의 간격은 유량관측용 횡단선에서 서로 떨어져 있기 때문에 상호 연락이 가능한 장치를 가지는 것이 필요하다.

7.5.3 유속측선

- (1) 유속측선은 제1횡단면과 제2횡단면 사이에 제1횡단면으로부터 흐름방향을 따라 선정해야 한다. 수면폭과 부자유속측선 간격과의 표준비율은 제1횡단면에서 원칙적으로 <표 7.4>에 따라 정한다.

<표 7.4> 수면폭에 따른 측선수

수면폭(m)	20미만	20~100	100~200	200 이상
부자 유속측선수	5	10	15	20

(2) 홍수시 유속관측을 급히 실시해야 할 경우에는 위의 표준에 따르지 않고 <표 7.5>에 따른다.

<표 7.5> 홍수시 수면폭에 따른 측선수

수면폭(m)	50이하	50~100	100~200	200~400	400~800	800이상
부자 유속측선수	3	4	5	6	7	8

해설

- (1) 하천내의 흐름은 엄밀하게 표현해서 하안에 평행으로 흐르지 않으므로 부자는 하류방향으로 이동 중에 좌 또는 우로 움직이게 된다. 그러나 제1횡단면을 지나면 유수가 하안에 평행하는 흐름으로 가정한다.
- (2) 부자의 투입은 등간격을 원칙으로 하나 홍수터 및 저수로(低水路)가 명확하지 않고 불연속으로 되어 있는 하천에서는 부등 간격으로 하는 것이 정확도가 높아지는 경우도 있다.

7.5.4 부자의 종류

- (1) 부자 측정법에 사용되는 부자는 막대(棒)부자 또는 표면부자로 한다. 야간에는 어둠 속에서도 충분히 추적할 수 있도록 특별히 고안한 부자를 사용하여야 한다.
- (2) 부자의 길이는 수심에 따라서 선택하나 수심, 막대부자의 길이 및 보정계수의 관계는 대단히 복잡하다. 실용적인 목적을 위해서는 다음과 같은 <표 7.6>을 기준으로 하며, 막대부자 4종, 표면부자 1종을 준비해서 수심의 크기에 맞추어 사용한다.

<표 7.6> 부자와 수심 및 보정계수

부자번호	1	2	3	4	5
수 심(m)	0.7이하	0.7~1.3	1.3~2.6	2.6~5.2	5.2이상
흘 수(m)	표면부력	0.5	1.0	2.0	4.0
보정계수	0.85	0.88	0.91	0.94	0.96

해설

- (1) 부자는 수면상에 30~50cm 정도 나오도록 하고 주간에는 백색 페인트를 칠하고 야간에는 열이 없이 빛을 발하는 형광봉을 이용하거나, 카바이트를 이용한 등광 부자를 이용하거나, 건전지로서 작은 전구를 점등하고 이것을 고무풍선으로 둘러싸거나, 석유를 묻힌 솜뭉치를 말아서 점화하는 방법을 사용하면 좋다. 기타 화학적 무열 발광체 또는 카바이트 불꽃을 이용하거나 발연통 또는 불꽃을 붙이든지 전파발신기를 붙이는 등 여러 가지 방안이 있을 수 있다.
- (2) 표면부자로는 잘 건조된 가벼운 나무 조각이 좋다. 직경 30cm 정도의 원반에 목표의 구실을 하는 깃발이나 작은 전등을 붙여 식별이 용이하도록 할 필요가 있다. 특히, 초목 등이 많은 하천에서는 한 단계 짧은 부자를 사용하는 것이 바람직하다.

7.5.5 부자에 의한 유량측정

- (1) 부자는 한쪽 하안으로부터 정해진 측선간격으로 차례로 투하하며, 투하위치를 기록해 두어야 한다.
- (2) 각 측선에서 하천수위와 횡단면도를 이용하여 수심을 구하고 적절한 부자를 투입한다.

해설

- (1) 제1횡단면의 통과로부터 제2횡단면까지 부자가 이동하는데 걸리는 시간 t 를 초시계로 측정하고 양 횡단선 간의 거리 L 을 t 로 나누어서 부자의 유하속도 V_0 를 계산한다. 제1횡단면 및 제2횡단면에 관측원이 서서 양 횡단면 사이를 유하하는 시간 t 를 측정하는 것이나 두 횡단면에서 관측원이 소리로 연락을 취하면 횡단면 간격 100m에서 0.3초 정도의 오차가 생기므로 무전기나 수기신호 등을 사용한다. 하천의 유하속도 V_0 는 아래 공식에 의해 구해진다.

$$V_0 = \frac{L}{t} \quad (7.5)$$

오차가 가장 큰 것은 시간 t 의 측정이므로 측정시간의 정확도를 향상시키는데 충분한 주의를 해야 한다.

- (2) V_0 에 보정계수를 곱하여 유속 V 로 하며 보정계수는 앞에서 제시한 값을 잠정적으로 사용한다.
- (3) 유량관측 중에도 수위가 변화하는 경우가 있으므로 유량관측의 개시와 종료시에 제1횡단면 및 제2횡단면에서의 수위를 동시에 읽는다. 특히 홍수시에는 가능성이 크므로 관측을 전후하여 2회씩 수위를 읽을 필요가 있다.

7.5.6 부자 측정법에 의한 유량의 산출

- (1) 하나의 유속 측선의 평균 유속은 앞 절의 부자의 사용에서 제시한 바와 같이 부자의

유하속도에 보정계수를 곱한 값이다.

- (2) 제1횡단면과 제2횡단면을 산술평균한 값을 구분 횡단면적으로 한다. 이 경우의 수위는 각 단면관측의 전후에 측정된 수위의 산술평균치로 한다.
- (3) 유량은 평균유속과 구분횡단면적의 곱을 전체 유속측선에 대해서 합한 것이다.

해설

- (1) 부자는 반드시 하안에 평행하여 흐르는 것은 아니지만 일단 평행해서 흐른다고 가정한다. 하나의 유속 측선이 담당하는 하천 폭은 이와 인접한 유속측선의 중앙까지로 한다.
- (2) 유량관측의 전후에 횡단면의 변화가 없을 때에는 그대로 사용한다. 홍수로 인하여 유량관측의 전후에 횡단면의 변화가 생겼을 때에는 홍수로 인해서 하상이 세굴되었을 것이라는 가정 하에서 각 구분횡단면적에 대해서 큰 쪽의 단면적을 이용하는 것으로 한다.

7.6 전자파 표면 유속계에 의한 유량측정

7.6.1 일반사항

- (1) 전자파 표면유속계는 하천의 표면유속을 비접촉식으로 손쉽게 유속 측정이 가능한 이동식 표면 유속 측정장비이다.
- (2) 전자파 표면유속계에 의한 유량 관측은 하천의 횡단방향으로 전자파 표면유속계를 일정하게 설치하고 상류방향으로 전자파를 발사한 후, 물표면에서 반사되는 전자파를 이용하여 표면유속을 측정한다.

해설

- (1) 기존 유량 측정시에 가장 큰 어려움은 홍수시와 같은 빠른 유속의 측정시 항력으로 인한 인명피해의 위험이 상존해 있다는 것이다. 이에 대해서 전자파 표면유속계를 이용한 유량관측은 물과 비접촉식이기 때문에 인명피해의 위험성이 해결된다.
- (2) 기존의 유속계 등에 의한 측정방법과 다른 점은 물 표면의 유속만을 측정할 수 있다는 점이다. 이것은 전자파를 이용한 속도측정의 장점이기도하고 단점이기도 하다. 즉 하천의 유량을 측정하기 위하여 필요한 물 속 임의지점의 유속을 알 수 없다는 큰 단점이 있는 반면, 물과 멀리 떨어져서 물 표면 유속을 측정함으로써 매우 빠른 유속에 견딜 수 있는 지지구조물이 없어도 되며 홍수 때 떠내려오는 각종 부유물로부터 센서를 보호할 수 있는 안정성의 장점이 있다.

7.6.2 주의 사항

- (1) 하천의 횡단 구조물 상에 전자파표면유속계를 흐름방향과 나란하게 설치하여야 한다.
- (2) 하천 횡단 구조물이 없는 경우에는 측정하고자 하는 하천의 양안에서 주 유속방향과

일정한 편각을 주어 표면 유속의 측정이 가능하다. 그러나 편각이 15°이상이 되면 오차가 커지므로 가급적 15°이내로 작게 주는 것이 바람직하다.

해설

- (1) 전자파 표면 유속계를 이용한 유량측정은 상류 쪽에 지류의 유입이나 물 흐름을 방해하는 요인이 발생하는 등의 부득이한 경우를 제외하고는 상류방향을 향하여 측정하는 것이 정도가 좋다.
- (2) 2.0m/sec 이하의 유속에서 바람이 좀 강한 경우에는 물 표면에 주기가 짧은 파동이 형성되는데, 이러한 파동도 간헐적으로 발생하므로 측정자가 전자파 표면 유속계가 나타내는 값을 주의 깊게 살펴보고 데이터가 안정될 때에 측정하면 가능하다.

7.7 회석법에 의한 유량측정

- (1) 계류(溪流)나 소하천 그리고 저수지의 일반하천에서는 운반토석이나 얇은 수위 때문에 유속계를 사용할 수 없는 경우가 많다. 이러한 경우는 앞에서 제시된 유량측정법 이외에 회석법에 의한 유량측정법을 신중히 검토하여 정밀한 유량관측이 되도록 해야 한다.
- (2) 주입한 용액이 하천수와 완전히 혼합할 수 있도록 충분한 거리의 하류지점에서 시료수를 채취하는 것이 가장 중요하다. 이 때 혼합이 거의 완전하게 되는 지점까지의 거리를 혼합거리라고 하며, 그 거리는 하천의 조건에 따라서 신중히 결정해야 한다.

해설

- (1) 회석법에 의한 유량측정법은 유량측정을 위하여 먼저 화학물질 또는 다른 추적물질(tracer)을 상류의 한 지점에서 주입한다. 이것이 유하 하면서 물과 완전히 혼합되었다고 생각되는 하류지점에서 시료수를 채취 분석하여 그 농도를 측정함으로써 유량을 구하거나 또는 직접 물의 전도도(conductivity)를 측정해서 유량을 구한다.
- (2) 회석법에서 주로 사용되는 주입용 염분(salt)의 종류로서는 가장 경제적이고 보편적으로 사용할 수 있는 것이 NaCl이다. 이 밖에도 KCl이 많이 사용되고 있다.

7.8 위어에 의한 유량측정

- (1) 위어 측정법에서 완전월류하는 직사각형 위어의 경우에는 다음 공식을 이용한다.

$$Q = CBH^{3/2} \quad (7.6)$$

여기서, Q는 유량(m³/sec), C는 위어의 유량계수, B는 위어폭(m), H는 월류수심(m)이다.

- (2) 위어 측정법의 경우에 위어 형상에 따라 월류형태가 완전 월류, 불완전 월류 및 수중

월류 등에 의하여 수위와 유량의 관계식이 달라진다. 또한 가동수문을 가지는 위어는 보다 더 복잡하므로 수리모형실험에 의하여 수위-유량관계를 산출한다.

해설

- (1) 위어 측정법의 경우 수심은 접근유속의 영향을 피하기 위해서 월류부에서 어느 정도 떨어져서 측정하여야 한다. 또 취수부 등을 이용할 때에는 월류수심이 너무 작아서 정확도가 떨어질 우려가 있으므로 주의해야 한다.
- (2) 유량계수는 약간의 변화가 있을지 알 수 없으므로 현지에서 검정을 실시하는 것이 좋다. 이 방법에는 다른 유량관측법에 의하는 것, 월류수를 일시 저류하여 수위변화로부터 체적을 구하여 시간으로 나누어서 유량을 구하는 방법 등이 있다.

7.9 기타 유량측정법

7.9.1 고정 초음파 유속계에 의한 유량측정

- (1) 고정 초음파 유속계에 의한 유량관측은 하천의 측정횡단면을 포함하는 양안에 초음파 유속계를 고정적으로 설치함으로써, 무인으로 하천 횡단방향의 평균유속을 시간적으로 연속하여 관측한다.
- (2) 고정 초음파 유속계를 이용한 유량측정 방법에서는 수위를 연속적으로 연산 처리하여 단면을 측량함으로써 유수단면을 산출하여 시간적으로 연속유량을 구한다.

해설

- (1) 초음파를 이용한 유속측정은 비교적 설치비용이 많이 소요되나 한번 설치하면 정확한 유량관측을 할 수 있는 방법으로 최근에 전자산업의 발달로 사용이 늘어나고 있다.
- (2) 하천의 수중에 설치하는 송수신장치는 흐름에 영향을 미치는 것이 아니고 송수신을 전 기뢰로에 의해 변환시키는 것이다.

7.9.2 이동 초음파 유속계에 의한 유량측정

이 방법은 초음파 유속계(Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP)를 측정용 보트에 탑재하여, 하천을 횡단하면서 연속적으로 수심과 유속을 측정하여 유량을 산출하는 방법으로 흔히 이동보트법 이라고도 불려지고 있다.

해설

- (1) 이 방법은 하천에서의 유속분포와 단면형상 그리고 유량을 짧은 시간에 측정할 수 있는 장점이 있기 때문에 대하천의 유량측정에 유리한 방법이다.
- (2) ADCP의 측정원리는 도플러 변이(Doppler effect)를 이용하는 것으로서, 수중에서 물과

함께 이동하는 부유물질에 반사된 음파의 주파수 변이가 반사체의 이동속도와 비례하는 원리를 이용하여 유속을 계산하는 것이다.

7.9.3 경사면적법에 의한 유량측정

- (1) 대규모의 홍수가 발생할 경우 앞 절에서 살펴 본 점 유속의 측정에 따른 침투홍수량의 산정은 실질적으로 불가능한 경우가 많으므로 홍수량은 간접적인 방법으로 추정하지 않으면 안 된다.
- (2) 수면경사와 하천횡단면과 연관시켜 수리학적 관계를 이용하는 것으로 가장 많이 사용되는 방법은 경사면적법(slope-area method)이며, 홍수가 지나간 후 현장조사를 통해 홍수흔적(flood marks)의 위치와 표고 및 횡단면적을 결정하여야 한다.

해설

- (1) 홍수시 유속은 대단히 크게 변화되므로 에너지경사를 결정할 때는 유속수두를 전수두에 포함하여 결정해야 한다. 특히, 홍수류는 변화하고 비정상류이므로 유량계산에 등류공식을 사용하는 것은 홍수위 및 유량이 서서히 변화될 때에만 적용할 수 있다.
- (2) 경사면적법에 의한 유량측정에서 필요한 자료는 수로구간 내 에너지경사의 결정, 수로구간 내 평균 단면적과 구간 길이의 결정, 마찰손실을 계산하기 위한 수로구간에 적용할 조도계수 추정 등이다. 이러한 자료들이 얻어지면 유량은 Manning공식 등의 등류공식으로 계산될 수 있다.

7.10 자료의 정리

7.10.1 일반사항

- (1) 유량조사 자료의 정리방식, 정리서식 및 보존 등은 엄격한 방법에 따라 정리 관리되어야 한다.
- (2) 유량관측 및 수위-유량곡선 작성은 정해진 서식에 따라 정리해야 한다. 정리서식에는 유량측정 일람표, 수위-유량 곡선 계산서, 수위-유량 곡선도, 일유량 연표, 일유량 연도, 유황계산서, 횡단면도 등이 있다.

해설

- (1) 유량측정 일람표에는 다음과 같은 내용이 포함된다.
 - ① 월일시 : 유량을 관측한 월 일 시를 기입한다.
 - ② 유속측정방법 : 유속을 측정한 방법(유속계, 부자 등)을 기입한다.
 - ③ 수위(측정시 수위) : 유량을 관측한 때의 기준수위표의 수위(소수점 이하 2자

- 리)를 기입한다. 단위는 m를 사용한다.
- ④ 하폭 : 유량을 측정할 때의 수면폭(소수점 이하 1자리)에 해당하는 하폭을 기입한다. 단위는 m를 사용한다.
 - ⑤ 평균유속 : 유량을 단면적으로 나누어 구해지는 평균유속(소수점 이하 2자리)을 기입한다.
 - ⑥ 단면적 : 하천단면에서 구한 유수 단면적(소수점 이하 1자리)을 기입한다. 단위는 m^2 를 사용한다.
 - ⑦ 유량 : 계산에 의하여 구한 유량(소수점 이하 2자리)을 기입한다. 단위는 m^3/sec 를 사용한다.
- (2) 수위-유량곡선도 또는 수위-유량표 : 작성한 수위-유량곡선을 기입하고, 다시 관측유량표의 수위와 유량을 도시하여 수위와 유량의 관계를 나타내거나 수위에 따른 유량을 표로 나타내는 수위-유량표를 작성한다.
- (3) 일유량 연표는 일유량 연도를 연간의 일람표로 하는 것이다.
- ① 유량의 단위는 m^3/sec (소수점 이하 2자리)로 기입한다.
 - ② 평균할 경우에는 소수점 이하 3자리까지 산출하여 사사오입한다.
- (4) 일유량 연도 : 일유량 연표의 일평균 유량 및 유황계산에서 구한 유황을 도표에 기입하여 연간 유량변화의 개략을 표시하는 것이다.
- ① 일유량 연도는 일유량 연표의 주상그래프로 작성한다. 작성시 저수유량 이하의 유량의 변화를 잘 알 수 있도록 기입한다. 그러나 연 수회 밖에 없는 홍수유량은 예외가 나와도 부득이 사용할 수 밖에 없는 경우가 많다. 그리고 유출고의 눈금을 기입해 두면 편리한 경우가 있다.
 - ② 유황은 그 지점에 있어서 유황의 연간 상황을 나타내는 것으로 유황과 누가일수로 표시되며, 유황계산표에 의한 유량이 큰 것에서 작은 것으로, 좌측에서 우측으로 단계적으로 기입하여 풍수, 평수, 저수, 갈수, 연평균 유량을 알 수 있도록 기입한다.

7.10.2 수위 및 유량 관측자료의 정리

수위 및 유량관측 자료를 정리하기 위하여 유량측정연표, 수위-유량곡선, 일유량연표, 홍수표, 유황표 등을 작성한다.

- (1) 유량측정 연표에는 다음의 내용을 기재한다.
- ① 관측소 명칭, 관측소 번호, 수계명, 하천명, 관측기관명, 관측소 소재지, 수위표의 영점표고, 하구로부터의 거리(지류에 대해서는 합류점으로부터의 거리) 등
 - ② 관측 연월일, 시각, 관측개시시의 수위 및 종료시의 수위, 평균수위 측정방법, 수면폭, 유속측선수, 평균 분할단면적, 전체 단면적, 유량, 평균유속(전체 단면적에 대한), 보정방법, 야장번호 등
 - ③ 동시에 정밀관측법으로 관측을 실시한 경우에는 양자의 비교
- (2) 수위-유량곡선의 작성에서는 원칙적으로 하상변동이 있었던 유출시에서 다음 유출시까지 하상이 안정되어 있는 기간에 대해서 한 개의 수위-유량곡선을 구한다. 그러나 연

표의 작성순서 상 자료를 해마다 정리하지 않으면 안되므로 매년 1회 이상으로 한다.

- (3) 일유량이라 함은 수위-유량곡선식에 의하여 자기수위기록에 나타난 매 정시수위로부터 유량을 구하여 1일간에 걸쳐 평균한 것이며, 보통수위표에 의한 수위기록의 경우는 아침과 저녁 수위로부터 유량을 구하여 평균한 것이다. 일유량을 정리하여 유량연표를 작성한다.
- (4) 홍수시의 매정시의 수위관측값과 홍수시에 매시간 실시한 유량관측값 및 홍수위-유량곡선도에 의하여 홍수표를 작성한다.
- (5) 유황은 유량관측소에서의 일유량의 연간 상황을 나타내는 것으로서 일유량의 크기와 누가 일수로 표시한다. 이것을 표의 형태로 표시한 것이 유황표이고 그림으로 나타낸 것이 유황도(流況圖, flow duration curve)이다.

제 8장 지하수조사

8.1 일반사항

8.1.1 적용범위

이 장은 지하수 조사와 관련된 기초사항과 현지 조사에 대한 표준적 방법을 정한 것이다.

해설

- (1) 지하수는 생활용수, 공업용수 및 농업용수 등 여러 가지 목적을 위한 수자원으로 이용되고 있으며, 날씨가 건조하거나 강수가 부족할 때 하천유량의 유일한 공급원이 되기도 한다. 따라서 지하수를 조사하여 수자원 부족량을 파악함으로써 하천관리나 수자원확보 차원에서 보탬이 되도록 하는 것이 중요하다.
- (2) 지하수를 효율적으로 이용·보전하기 위해서는 기본적으로 지하수를 지표수와 연관된 수문학적 사이클의 일부분으로 이해하는 것이 중요하다. 즉, 해당지역의 지표수 및 지하수 전체를 대상으로 한 물수지에 대한 파악이 이루어질 때에만 안정적이고 효율적인 지하수 이용방안이 수립될 수 있다.

8.1.2 용어의 정의

- (1) 지하수 : 지상에 내린 강수가 지표면을 통해 지하로 침투하여 단기간 내에 하천으로 방출되지 않고 지하에 머무르면서 흐르는 물
- (2) 대수층 : 지하수로 포화된 투수성이 좋은 지층, 지층군 또는 지층의 일부를 말하며 자유지하수면을 가진 비피압대수층과 상하의 불투수층 사이에 위치한 피압대수층으로 구분됨
- (3) 불투수층 : 지하수를 통과시키기 어렵거나 통과시키지 못하는 지층
- (4) 투수계수 : 단위시간동안 단위단면적의 흠 사이를 침투하는 물의 유출속도를 말하며 흠 입자의 크기, 형상, 혼합비, 공기와 물의 상호작용 및 수질 등에 의하여 결정되는 값

8.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 본 설계기준내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 아래와 같다.

(1) 본 설계기준

- ① 제4장 유역특성조사

- ② 제5장 강수량조사
- ③ 제6장 수위조사
- ④ 제12장 하천환경조사
- ⑤ 제14장 하천측량

(2) 법규

- ① 지하수법, 제20조(수질검사등)

8.2 현지조사

8.2.1 목적 및 범위

- (1) 지하수조사는 지하수 관리, 지하수 개발, 지하수의 인공함양, 활동붕괴방지, 지반침하 방지, 지하수 유입량·유출량의 추정, 건설공사에 따른 지하수대책 등을 수립하기 위하여 시행한다.
- (2) 지하수조사는 <표 8.1>과 같이 필수 항목과 권장항목으로 구분하며, 필수항목은 반드시 조사하여야 하며, 권장항목은 필요에 따라 조절할 수 있다.

<표 8.1> 지하수조사의 목적과 현지조사항목

목적 조사항목	지하수 관리	지하수 개발	지하수 인공함양	지반침하 방지	지표수 환원량 추정	건설공사가 지하수에 미치는 영향
수리지질 및 토질	○	○	○	○	○	○
지하수위	○	○	○	○	○	○
우량	△					
하천수위 및 유량	△		△		○	△
증발량 및 침투량	△					
하천취·배수량	△				○	
양수량	○	○	○	○	○	○
하천수 수질			△		△	
지하수 수질	○	○	○		△	△
지반고	△	△		○		△
토지이용실태	△			○		△

주) ○: 필수, △: 권장

해설

- (1) 현지조사지역의 경계는 수리지질적 및 수문기상적인 구분이 명확한 곳에 설정한다. 그 예로는 분수계, 하천, 호소, 해양 등을 들 수 있다.
- (2) 분수계는 지형학적으로 산악, 구릉 등에 의한 분수계가 아니라 지질적인 불투수 구조에 의한 분수계를 말한다. 지표수와 지하수는 반드시 연속하고 있다고 단정할 수 없으므로 주의하여야 한다. 또한 조사지역 내부에는 수리지질적인 불연속구조가 있을 수 있으므로 이것의 존재여부에 유의한다.
- (3) 조사기간은 수문년(水文年), 관개기간 또는 비관개기간, 갈수기 또는 홍수기 등의 주기를 고려하여 조사목적에 충분히 달성할 수 있는 기간을 설정한다. 일반적으로 지하수위는 비관개기간 또는 갈수기에 낮고, 관개기간 또는 홍수기에 높은 연주기(年週期) 변화를 나타낸다.

8.2.2 기존자료조사

- (1) 지하수조사를 효율적으로 실시하기 위해서는 현지조사에 우선하여 기존 자료를 수집하고 분석한다.
- (2) 기존자료의 조사에서는 다음과 같은 항목을 포함한다.

- ① 우물자료
- ② 수리지질 자료
- ③ 시추 자료(지질시추대장, 지질주상도, 전기검층도, 양수시험기록)
- ④ 토질조사 자료
- ⑤ 지하수위 관측자료
- ⑥ 기상자료(우량년표, 기상순표, 기상월보, 기상연보, 수문조사연보 등)
- ⑦ 유량자료(유량년표, 댐관리연보 등)
- ⑧ 조위자료(조석표, 조위표 등)
- ⑨ 용배수 자료(조작일지, 운전일보 등)
- ⑩ 양수자료(양수정 분포도, 관측정 분포도, 가스정 분포도 등)
- ⑪ 하천수 수질 자료(수질년표 등)
- ⑫ 지하수 수질자료
- ⑬ 수준측량 자료(수준점 측량성과집, 지반고, 지반침하도 등)
- ⑭ 지형 및 토양자료(지형분류도, 경사분포도, 토양도 등)
- ⑮ 토지이용 실태자료(토지구분도, 토지이용현황도 등)
- ◆ 기준하도 자료 및 간척지 자료

8.2.3 수리지질 및 토질조사

- (1) 지하수에 대한 특성 파악 및 흐름변화 산정을 위한 기초자료를 확보하기 위하여 수리지질 및 토질조사를 실시한다.
- (2) 수리지질 및 토질조사에는 표층지질조사, 지질시추조사(양수시험 포함), 물리탐사, 물리지층조사 등이 포함된다.

해설

- (1) 표층지질조사는 미리 적당한 축척의 지형도에서 결정된 경로를 따라 현지답사하여 지상에 노출된 암석이나 지층을 관찰하고, 필요한 자료를 채취한다.
- (2) 지질시추조사를 실시할 경우에는 지질시추대장을 작성하고 지층이 교란되거나 교란되지 않는 자료에 대하여 토질시험을 실시하며, 이 경우 원칙적으로 지질표본을 채취하여 보존한다. 또한 시추공은 양수시험, 물리지층조사, 지하수위 관측에도 이용한다.

8.2.4 지하수위 조사

- (1) 지하수위 조사는 원칙적으로 관측정에 의해 실시한다. 관측정은 필요에 따라 대수층을 굴착하여 설치한다.
- (2) 관측정을 설치한 후에는 관측정 대장을 작성하여 관측소 위치, 관측정의 정점표고, 관측정의 구조(깊이, 여과관의 위치) 및 관측소 주변의 간단한 조감도를 기록한다. 주대수층이 두 개 이상이고 각각 조사대상이 될 수 있는 경우에는 각각의 대수층마다 우물

을 설치하여 대수층 수위를 알 수 있도록 고려해야한다.

- (3) 이미 설치되어 있는 양수정에서는 수위가 충분히 회복되었다고 간주되는 시각에 관측하며, 장기수위관측은 1년 이상 실시하는 것을 원칙으로 한다. 장기수위관측을 사람이 직접 하게 되는 경우에는 매일 1회 정시에 관측한다.

해설

- (1) 관측정은 이미 설치되어 있는 것을 이용해도 되지만 이때에는 우물의 깊이, 여과관(strainer)의 위치를 반드시 확인해 둘 필요가 있다. 대수층을 굴착하여 관측정을 새로 만들 경우에는 관측기간 중의 수위변동과 관측법을 고려하여 깊이 및 구경을 결정한다.
- (2) 지하수위 관측은 사람이 직접하는 동시수위관측과 자기기록계를 중심으로 기록하는 장기수위관측이 있다. 일반적으로 시행하는 동시수위관측은 대체로 며칠간 계속하여 비가 내리지 않아 대수층 전체에 걸쳐 비교적 수위가 안정되어 있을 때에 일제히 실시한다.
- (3) 지하수위는 두 가지로 정의될 수 있으므로 주의해야 한다. 하나는 관측정의 정점에서 우물의 수면까지의 거리이고, 다른 하나는 기준면에서 환산된 높이이다. 이 두 가지 수위는 같이 기록하거나 또는 바로 환산할 수 있도록 정리해 둘 필요가 있다.

8.2.5 우량조사

- (1) 우량조사는 '제5장 강수량조사'를 참조하여 필요한 기준에 따라 실시한다.
- (2) 우량계의 배치는 조사 목적, 조사지역의 지형, 수리지질구조 등을 감안하여 결정한다.

8.2.6 하천수위 및 유량조사

- (1) 지하수조사를 위한 하천수위 및 유량조사는 '제6장 수위조사' 및 '제7장 유량조사'를 참조한다.
- (2) 지하수조사에 관련하여 하천수위 및 유량조사를 실시할 경우는 정확도를 충분히 고려한다.

해설

하천수와 지하수 사이에 공급과 유출이 이루어지는 경우에는 하천수 유동량에 비해 그 교환량이 차지하는 비율은 천정천을 제외하고는 대단히 적은 것이 사실이다. 따라서 하천유량조사에 따라 교환량을 파악하기 위해서는 특히 정확도가 높은 관측법이 필요하다.

8.2.7 증발량 및 침투량조사

- (1) 증발량 및 침투량조사는 계기관측 또는 강우유출조사에 의하여 실시한다.
- (2) 증발량 및 침투량에 대한 특별한 조사가 필요할 때는 해당 지역에서 직접 실측한다.

해설

- (1) 증발량을 실측할 때는 증발량계를 이용한다.
- (2) 침투량은 침투계로 실측할 수 있지만 지표와 지질에 따라 현저하게 변화하므로 조사대상지역 전체에 걸쳐 추정하는 것은 곤란하며, 일반적으로 강우유출자료를 활용하여 추정하면 양호한 결과를 얻을 수 있다.

8.2.8 하천 취·배수량조사

- (1) 하천 취·배수량의 조사는 일반적인 지하수 관리, 하천수의 지하수 유입·유출량 추정 등과 함께 실시된다.
- (2) 하천 취·배수량 조사는 원칙적으로 실측에 따르되 유수점용허가량을 조사하고 환원수도 고려하여야 한다.

해설

하천 취·배수량은 용수의 종류(농업용, 공업용, 생활용, 발전용)에 따라 변동주기가 다르므로 주의해야 한다.

8.2.9 양수량조사

- (1) 양수량은 원칙적으로 자료조사, 현지조사, 설문조사 등에 의해 조사한다.
- (2) 더욱 정확도가 요구되는 경우와 양수량의 시간변화 추이가 필요할 때는 양수정에 유량계를 부착하여 실측한다.

해설

- (1) 양수량조사는 중요한 조사임에도 불구하고 정확한 실태를 파악하기는 매우 어려운 것이 사실이다.
- (2) 양수량을 조사하는 방법에는 우물관의 지름, 펌프용량, 소비전력을 이용한 추정법도 있다.

8.2.10 하천수 수질조사

하천수 수질조사는 '제12장 하천환경조사'를 참조하여 실시한다.

8.2.11 지하수 수질조사

- (1) 지하수는 불균질한 투수성 매체를 통과하여 유동하므로 지표수에 비하여 유속이 느리고, 수질의 변화가 매우 완만하므로 수질조사는 장기적 관점에서 실시해야 한다.
- (2) 지하수의 조사 지점으로는 대상지역으로 유입되는 지하수의 수질을 파악할 수 있는 지점, 주요 취수지점 및 그 인접지점, 지역 내 인구 밀집지역이나 그 하류측 지점 및 대상지역에서 유출되는 지하수의 수질을 측정할 수 있는 지점 등을 선정한다.
- (3) 지하수 조사지점의 수는 대상지역의 규모, 각종 용수의 지하수 의존 상황, 지하수의 존재형태 및 부존량, 지역의 개발정도 등에 따라 다르나, 대상지역에 유입되는 지하수와 유출되는 지하수 각각의 대표적인 수질을 관측할 수 있도록 최소한 2개 지점은 설치해야 한다. 일반적으로 300km²에 1개소 이상의 밀도로 배치한다.
- (4) 수질관측은 대수층별로 실시하는 것을 원칙으로 한다. 그러나 지하수의 취수상황, 부존량을 고려하여 적절히 선정된 대수층에 한하여 실시해도 된다.
- (5) 측정항목은 기본적으로 pH, 화학적산소요구량, 대장균군수, 질산성질소, 염소이온의 다섯 가지 일반오염물질로 하고, 필요에 따라서 특정유해물질 및 사람의 건강보호와 관련되어 설정된 환경기준의 수질 항목 등도 측정한다.

해설

- (1) 지하수 채수는 양수기로 실시하는 것을 원칙으로 한다. 이때 관측정 내에 장기간 정체된 물을 채수해서는 안된다. 양수기 가동정지 직후의 채수는 피하는 것이 바람직하며, 시동 후 채수까지의 시간을 정하기가 어려우나, 수온 또는 전기 전도도가 안정된 값을 나타낸 후에 채수하는 것이 바람직하다.
- (2) 대수층이 다층구조를 이루고 있는 경우에 양수한 시료수는 여러 개의 대수층으로부터 채수된 지하수의 혼합시료이므로 연직방향의 수질분포를 구분하기 위해서는 사전에 대수층의 공간분포에 따라 채수깊이, 채수깊이 등을 고려하여 채수계획을 수립하여야 한다. 즉, 대수층별로 채수공을 설치하고 각 채수심도별로 구분하여 수질이 측정되도록 한다.

8.2.12 지반고 조사

- (1) 지반고 조사는 지하수위가 변화함에 따라 지반고 변동이 예상되는 지역에 대해 1등 수준으로 정밀하게 실시한다.
- (2) 수준점의 배치간격은 제방과 도로 등의 특수한 구조물의 경우를 제외하고 1~수km로 한다. 수준노선의 시작과 끝단은 반드시 고정점으로 하고, 필요에 따라 지반침하 관측정을 설치한다. 측량에 대해서는 '제14장 하천측량'을 참조한다.

8.2.13 토지이용실태조사

토지이용 실태조사는 1:25,000~1:50,000 도면, 항공사진, 위성사진 등을 이용하여 조사한다.

- (1) 토지분류는 논, 밭, 산림, 목장 및 구릉지, 시가지로 구분한다. 필요에 따라 토지의 경사분포와 지형분류 등도 함께 조사한다.
- (2) 자세한 토지이용실태 조사에 대해서는 '제4장 유역특성조사'를 참조한다.

8.3 자료해석

조사된 지하수조사 자료들은 수치해석등을 실시하여 지하수의 이용 및 보전을 위한 여러 가지 목적의 평가 및 해석을 위하여 사용한다.

해설

지하수 자료 해석을 위하여 일반적으로 지하수 유동방정식을 사용하게되며, 지하수 흐름해석 모형으로는 1차원 모형, 2차원 모형, 준3차원 모형, 3차원 모형 등을 이용한다.

제 9 장 유사 및 하상변동조사

9.1 일반사항

9.1.1 적용범위

이 장은 하도계획이나 유사조절계획, 또는 하천 사방시설의 설계시 유사 및 하상변동조사를 시행할 때 필요한 표준적인 방법과 절차를 정한 것이다.

해설

- (1) 하천 설계 측면에서 한 유역의 토사는 비바람에 의해 표토가 침식되거나 산지 붕괴 등에 의해 새로이 나오는 생산 토사, 이 생산 토사가 수류에 의해 생산지를 떠나 하류의 어느 한 지점을 통과하는 유출 토사, 그리고 하천 흐름에 의해 하도 내에서 소류, 부유의 형태로 이송되는 유송 토사로 나눌 수 있다.
- (2) 유사 및 하상변동조사에서는 (1)과 같은 세 가지 유형별 유사의 조사와 하상변동 조사, 하상재료 조사 등 5가지 조사 방법과 절차를 제시한다.

9.1.2 용어의 정의

- (1) 생산토사량(토양유실량) : 비바람에 의해 지표면의 표토가 침식되거나 산지 붕괴 등에 의해 새로이 만들어져 흐름과 중력 등에 의해 하류로 이동이 가능한 토사의 양
- (2) 유출토사량(유사유출량) : 유역의 생산 토사가 흐름에 의해 생산지를 떠나 하류의 어느 한 지점을 통과하는 유사의 양
- (3) 비유사량 : 단위기간(1년) 및 단위유역면적(km²) 당의 유사유출량(tons/km²/yr)을 말함
- (4) 유사 전달율 : 유역에서 침식되어 나오는 생산 토사량과 유역 하류의 한 출구 지점을 통과하는 유출 토사량의 비(%)
- (5) 유송토사량(하천유사량) : 하천 흐름에 의해 하도 내에서 소류사나 부유사의 형태로 이송되는 토사의 양

9.2 조사 일반

- (1) 유사조사 항목으로는 토양유실량조사, 유사유출량조사, 하상변동조사, 하상재료조사가 있다.
- (2) 산사태 등 산지 붕괴에 의한 토양의 유실은 항상 발생하지 않고, 또한 미리 예측하기 어려우므로 토양유실량조사는 통상 강우와 지표면 유출에 의해 지표면이 침식되어 그 자리를 떠나는 토양의 손실량을 추정한다.
- (3) 하천내 유사유출량조사는 직접 실측하거나, 그 하천의 유사, 흐름, 하도 특성을 파악하

여 경험적, 이론적 방법 등으로 추정할 수 있다.

- (4) 하상변동 조사는 일정 기간 동안 한 하천 구간 내 하상과 제방에 쌓이거나 깎이는 유사량을 조사하는 것으로, 유역과 하천의 외적 변화에 따른 하천의 반응을 조사하는데 필수적인 사항이다.
- (5) 하상재료 조사는 하천의 유사량을 추정하거나 흐름의 저항 특성을 파악하는데 필수적인 사항으로, 현장에서 시료 채취와 실험실 분석을 통해 수행된다.

해설

- (1) 지표면에서 침식된 토사는 흐름에 의해 하류로 이송되면서 일부는 지표면의 오목한 부분이나 기타 장애물에 걸려 이동을 멈추고, 남은 토사는 흐름을 따라 계속 이송되어 유출된다. 이러한 유사유출량은 유역의 토양유실량과 유사전달율을 이용하여 추정할 수 있다.
- (2) 유역에서 침식되어 유실되는 토사는 하도로 유입하여 하도내 흐름에 의해 소류사나 부유사 등의 형태로 이송된다.
- (3) 하상변동 조사에 의한 자료는 역으로 상류 유역의 유사유출량이나 비유사량을 조사하는데 이용된다.
- (4) 하상재료 조사는 하천 구조물의 설계와 유지 관리에도 필수적인 사항이다.

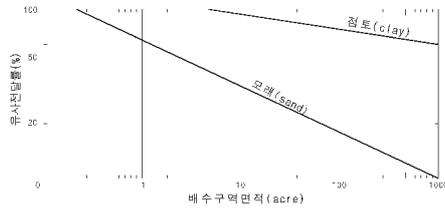
9.3 유역의 토양유실량 및 유사유출량 조사

9.3.1 조사 목적과 방법

- (1) 하도계획이나 댐, 침사지, 사방시설, 하천내 각종시설물 설계시 기존자료로 활용하기 위하여 토양유실량과 유사유출량을 조사한다.
- (2) 토양유실량 조사는 주로 지표면에서 침식되어 유실되는 토사량 조사를 위주로 하며, 필요시 산지붕괴 조사를 수행한다.
- (3) 유역에서 유실된 토사가 하류 한 지점을 지나는 유출토사량은 토양유실량에 적절한 유사 전달율을 곱하여 추정할 수 있다.

해설

- (1) 강우에 의해 유역 내에서 침식되어 유실되는 토양유실량에 대한 조사는 강우, 토양, 유역의 지형, 지질, 식생, 토지 이용 방법 등의 특성을 이용하여 경험적으로나 수학적으로 실시할 수 있다.
- (2) 유역의 토양유실량 추정 공식 중 비교적 널리 쓰이는 공식으로 1960년 미국에서 Wischmeier와 Smith가 개발한 범용토양유실공식(USLE)이 있다. 이 방법은 원래 배수면적 1ha 미만의 소규모 경작지의 토양유실량 추정을 위해 개발되었으나, 일반 산림지나 특히 개발사업으로 인한 가속화된 유실량 추정에도 확대 적용되고 있다.
- (3) 유사전달률은 <그림 9.1>과 같이 입자가 클수록, 배수구역 면적이 커질수록 작아진다.



<그림 9.1> 입경별 유사 전달율과 배수구역 면적(TRB, 1980)

9.3.2 관련 자료 조사

- (1) 범용토양유실공식을 이용하여 유역의 토양유실량을 추정하기 위해서는 그 유역의 강우 침식도(R), 토양 침식성(K), 지형(LS), 작물 관리(C), 토양보전 대책(P), 또는 토지 상태(TM) 등의 자료조사가 선행되어야 한다.
- (2) 해당 유역의 유사 전달율을 추정하기 위해서는 그 유역에서 침식되어 유실되는 토사의 입경과 유역면적 자료를 조사한다.

9.3.3 토양유실량과 유사유출량 추정

- (1) 토양유실량은 범용토양유실공식이나 기타 적절한 토양유실 모형을 이용하여 추정한다.
- (2) 범용토양유실공식 또는 다른 모형으로 추정된 결과들이 매우 큰 차이가 나는 경우에는 모형의 적용 과정 등을 재검토하여 필요시 수정·보완한다.
- (3) 유사 전달율 추정은 유역 면적을 고려하여 구하며, 점토/실트와 모래 등으로 나누어 추정한다.
- (4) 유사유출량은 토양유실량에 유사 전달율을 곱해 구한다.

해설

- (1) 토양유실량 추정시 범용토양유실공식이나 기타 적절한 토양유실 모형 이용을 위한 자료 조사가 불가하거나, 대상 유역의 크기와 상태가 범용토양유실공식이나 기타 모형의 적용에 부적합한 경우 다음과 같은 경험치를 고려하여 개략적으로 추정할 수 있다.

<표 9.1> 토양 유실 원단위 추정치(한국수자원학회,1998)

지표 상태	토사 유출량 (m ³ /ha/년)
나지(裸地), 황폐지(荒廢地)	200 ~ 400
배벌지, 초지(草地)	15
택벌지	2
보통 임지(林地)	1

주) 배벌지 : 모든 식재는 완료되었으나, 아직 미 활착 상태

택벌지 : 식재의 활착이 진행된 상태

- (2) 유사 전달률 산정시, 실트는 보수적인 추정을 위해 점토 곡선을 이용할 수 있다.
- (3) 유사유출량 추정시 입경 별 유사유출량을 구할 필요가 있는 경우 입경 별 토양유실량에 입경 별 유사 전달율을 각각 곱해 구할 수 있다.
- (4) 유사유출량 조사지점 상하류에 댐이 있는 경우 댐의 저수지 퇴사량을 측정해서 상류 하천을 통해 저수지로 유입하는 유사유출량을 역으로 추정할 수 있다.
- (5) 하천 한 단면에서 장기간의 유량과 유사량 자료가 있으면 이를 이용하여 그 지점 상류 유역의 유사유출량을 추정할 수 있다.
- (6) 하천 유사량 자료는 실측하는 것이 가장 바람직하며, 실측 자료가 없는 경우에 한하여 적합한 유사량 공식을 이용하여 개략적으로 구할 수 있다.
- (7) 유사유출량은 위와 같이 유사량 실측이나 공식으로 얻어진 유량-유사량 관계 곡선에 그 하천 지점의 유량지속곡선 값을 곱하여 구할 수 있다. 단 유량-유사량 관계는 해당 기간 동안 특별한 변동이 없어야 한다.

9.4 하천 유사량 조사

9.4.1 조사 목적과 방법

- (1) 하천 유사량 조사는 하상변동 예측, 저수지 퇴사량 추정, 유사유출량 추정, 기타 하도 계획과 설계를 위해 수행하며, 주요 하천 지점에서 유량 조사와 같이 주기적으로 수행하여야 한다.
- (2) 하천 유사량 조사 방법은 크게 유사량 실측에 의한 방법과 유사량 공식을 이용한 방법으로 구분한다.

해설

- (1) 하천 유사량은 유량과 마찬가지로 총적 하천의 기본적인 자료이다.
- (2) 하천 유사량 조사는 유사량을 산정하는 방법(유사량 공식)의 개발과 보정을 위해 필요

하다.

- (3) 하천 유사량 조사는 오염 유사 등 장차 유사의 질 문제가 대두되어 유사량 뿐만 아니라 유사의 질 조사 시 기본적으로 필요한 사항이다.
- (4) 하천에서 유사량을 실측하여 입경별 유량-유사량 관계 곡선을 정하는 방법은 가장 확실한 방법이나, 측정비용과 노력이 많이 든다.
- (5) 해당 하천 구간의 흐름, 유사, 하천지형 자료를 유사량 공식에 대입하여 유사량을 산정하여 입경별 유량-유사량 관계를 구하는 방법은 실측에 비해 훨씬 간편하고 저렴하나, 유사량 공식에 의한 산정 결과가 아직 충분한 신뢰를 주지 못하기 때문에 신중히 적용하여야 한다.

9.4.2 하천 유사량 측정

- (1) 하천 유사량은 소류사량과 부유사량으로 나눈다.
- (2) 소류사량 조사는 소류력과 소류사량의 관계 등 흐름 특성과 소류사 이송 특성을 파악하기 위하여 수행한다.
- (3) 부유사량 조사는 유량과 부유사량 등 흐름 특성과 부유사 이송 특성을 파악하기 위하여 수행한다.

해설

- (1) 하천 유사는 편의상 하상에서 구르며, 미끄러지며, 튀어오르고 가라앉고를 반복하며 이송하는 소류사와 하천의 난류에 의해 떠가는 부유사로 나눈다. 이 두 양의 합이 그 하천 단면의 총 유사량이 된다. 이를 구분하여 표시하면 <표 9.2>와 같다.

<표 9.2> 하천 유사의 구분

구 분	이송형태에 의한 분류		수리량과의 관계에 의한 분류	채취한계에 의한 분류
유사 sediment load	부유사 suspended load		세류사 wash load	측정유사 sampled load
	소류사 bed load	도류사 saltation load	하상토사류 bed material load	미측정유사 unsampled load
		접류사 contact load		

(2) 소류사량의 조사는 아래와 같은 과정을 통하여 실시한다.

- ① 소류사 채취기는 측정 하천의 특성과 측정 목적에 따라 적절한 것을 선정하여 사용한다.
- ② 소류사량 측정 시 수온, 수심, 수면 경사, 유속, 유량 등 수리량과 하천지형 특성, 하상재료 특성을 같이 조사한다.
- ③ 소류사 조사 단면과 측정 횟수는 다음과 같이 결정한다.
 - (가) 소류사 조사 단면은 소류사 채취의 용이성은 물론 수리량 측정의 용이성을 감안하여 선정한다.
 - (나) 측정 횟수는 평수시 동일 유량 조건에서 한 지점에서 원칙적으로 10회 이상, 홍수시에는 횡단 방향으로 최소한 2점 이상 선정하여 여러 번 측정한다.
- ④ 소류사량 조사는 굵은 모래나 자갈 하천과 같이 부유사에 비해 소류사가 지배적인 하천에서 적절한 소류사 채취기를 이용하여 소류사를 채취한 후 실험실에서 분석한다.
- ⑤ 측정 기록은 <표 9.3>과 같이 정리한다.

<표 9.3> 소류사량 계산표 예

수계명	하천명		측정장소		측정자																
수면경사	하상도 평균 입경 (mm)		코도 계수		n =		측정 기구와 방법														
년월일	측선 번호	하안부 에서 거리 (m)	측정 시간 (개시 ~ 종료)	측선 수위 (m)	측선 수심 (m)	측선 평균 유속 (m/s)	단위 폭당 유량 (m ³ /s/m)	채취 량 (kg)	채취 시간 (s)	소류 사량 (kg/s)	단위폭당 소류사량 (kg/s/m)	유사 농도 (ppm)	측선 대표 소류력 (m)	전체 단면 소류 사량 (kg/s)	전체 유량 (m ³ /s)	전체 단면적 (m ²)	수면 폭 (m)	평균 수심 (m)	전체 단면 평균 유속 (m/s)	비고	
																					수온
																					=

- ⑥ 채취한 소류사 시료는 실험실에서 적절한 방법으로 농도와 입경 분포를 분석한다. 분석 방법으로 한국건설기술연구원(1994)의 '하천 유사량 측정방법'을 참고할 수 있다.
- ⑦ 측정된 소류사량 자료는 유량 규모, 혹은 소류력 규모 별로 무차원 소류사량-소류력 관계식을 이용하여 정리하여 소류사량-소류력 관계 곡선을 구한다.

- ⑨ 채취한 부유사 시료는 실험실에서 적절한 방법으로 농도와 입경 분포를 분석한다. 분석 방법으로는 한국건설기술연구원(1994)의 ‘하천 유사량 측정 방법’을 참고할 수 있다.
- ⑩ 유량-유사량 관계

$$q_s = k q^n \quad (9.1)$$

여기서 q_s 는 단위폭당 부유사량(ton/s/m), k 는 계수, q 는 단위폭당 유량($m^3/s/m$), n 은 부유사 입경과 흐름 특성에 따라 변하는 지수($n = 1\sim3$)이다.

(4) 총유사량 조사는 아래와 같은 과정을 통하여 실시한다.

- ① 하천의 총유사량 조사는 소류사가 지배적인 하천, 부유사가 지배적인 하천, 소류사와 부유사가 같이 있는 하천으로 구분하여 수행한다.
- ② 자갈 하천 등 소류사가 지배적인 하천에서는 측정된 소류사량을 그 하천 단면의 총 유사량으로 본다.
- ③ 진흙 하천 등 부유사가 지배적인 하천, 또는 하상토 유사에 비해 세류사가 지배적인 하천에서는 다음과 같이 실측 부유사량을 보정하여 그 하천 단면의 총유사량으로 본다.

$$\text{총 유사량} = \text{실측 부유사량} \times \frac{\text{측선상 평균수심}}{\text{측선상 평균 채취거리}} \quad (9.2)$$

- ④ 모래 하천 등 소류사와 부유사가 같이 있는 하천에서 총 유사량의 추정에는 소류사와 부유사의 합에 의한 방법, 인공적인 난류 수로(turbulent flume)에 의한 방법, 부유사 측정치의 보정에 의한 방법이 있다.

(가) 소류사와 부유사의 합에 의한 방법은 먼저 소류사를 채취한 후 하상 부근 소류사 채취기의 입구 높이부터 수면까지 부유사 채취기로 수심 적분하여 부유사를 채취하여 두 측정치를 합하여 총 유사량을 추정하는 것이다. 이 방법은 사구 이동이 적은 하천에 한하여 적용이 가능하다.

(나) 인공적인 난류 수로에 의한 방법은 하천 한 구간에 인공적인 협착부를 만들어 유속을 증가시켜 모든 유사가 부유사 형태로 이송하게 만든 다음 부유사 채취기로 바닥부터 수면까지 시료를 채취하여 총유사량을 측정하는 것이다.

(다) 부유사 측정치의 보정에 의한 방법은 부유사 채취기로 하상 가까이 시료를 채취한 다음 이 시료와 흐름 특성 자료를 이용하여 적절한 방법으로 총유사량을 산정하는 것이다. 이러한 방법에 의한 총유사량 산정을 위해서 미국에서 이용되는 ‘수정 아인쉬타인 질차(Colby와 Hembree, 1955)’ 등을 이용할 수 있다.

9.4.3 하천 유사량 공식

- (1) 유사량 공식을 적용할 하천 구간을 선정한 다음 적절한 유사량 공식을 선정하여 적용한다.
- (2) 해당 하천의 자료가 유사량 공식의 개발에 이용된 자료의 특성과 유사한 공식을 선정하는 것이 바람직하다.
- (3) 해당 하천 구역에 유사량 실측치가 있는 경우 그 값을 이용하여 기존의 유사량 공식을 비교 평가한 다음 적합한 유사량 공식을 선정하여 확대 적용하는 것이 바람직하다.

해설

- (1) 문헌에서 유사량 공식을 비교 평가한 결과를 참고하여 적절한 공식을 선정한다. 참고로 최근의 문헌에 의하면 소류사량 공식으로는 Meyer-Peter-Muller 공식이, 총유사량 공식으로는 Engelund-Hansen 공식, Yang 공식, Browline 공식 등이 비교적 신뢰도가 높은 것으로 나타났다. 부유사량 만을 따로 산정할 필요가 있는 경우가 적기 때문에 부유사량 공식은 상대적으로 많이 쓰이지 않는다.
- (2) 기존 유사량 공식에 의한 하천 유사량 산정치는 실측치와 크기는 1/10~10배까지 차이가 나므로 결과의 적용 시 신중을 요한다.

9.5 하상변동 조사

9.5.1 조사 목적과 방법

- (1) 하상변동 조사는 하상변동이 하천의 홍수소통 능력과 호안, 수제, 교각, 취수시설, 댐 등 하천 구조물의 안전이나 고유기능에 미치는 영향을 파악하기 위하여 수행한다.
- (2) 하상변동 조사는 다음과 같은 항목 중에서 조사 목적에 따라 선별하여 수행한다.
 - ① 종횡단 측량 조사
 - ② 하상재료 조사
 - ③ 수위 조사
 - ④ 하상변동량 산정과 측정
 - ⑤ 골재 채취로 인한 하상변동 조사
 - ⑥ 홍수시 하상변동 조사
- (3) 하상변동 조사는 반드시 현지에서 하천 측량, 시료 채취와 자료 분석을 통해 수행한다.

9.5.2 종횡단 측량 조사

- (1) 종횡단 측량 조사는 동일 구간, 동일 측점에 대해서 일정 기간을 두고 2회 실시한다.
- (2) 그 기간 내 하상의 평균 변동고와 변동량은 2회 실시한 측량 성과를 비교하여 산정하며, 이 때 기준수위는 계획 홍수위를 사용한다.

9.5.3 수위 조사

- (1) 수위 조사는 하천의 종횡단 측량 자료가 충분하지 않거나 충분한 정도의 측량 조사를 수행하지 못하는 경우 개략적으로 하상변동량을 추정하기 위하여 시행한다.
- (2) 수위 조사는 최대한 낮은 수위에서 과거 수위 조사 시 유량과 같거나 비슷한 조건에서 시행함으로써 두 종단 수위의 경년 변화를 조사한다.

해설

- (1) 하천에서 직접적인 수위 조사가 곤란한 경우 대상 하천 구간의 연평균 저수위나 연평균 수위를 경년적으로 비교함으로써 그 구간의 하상변동을 개략적으로 추정할 수 있다. 그러나 이 방법은 하천의 연 유출량의 영향을 받으므로 갈수년 등 유량의 변화에 주의해야 한다.
- (2) 유량 관측소에서 경년적인 수위~유량 곡선의 변동으로부터 하상고 변화를 추정할 수도 있다. 즉 어떤 일정한 유량에 대응하는 수위를 경년적으로 비교하면 그 지점에서 하상고 변화를 개략적으로 추정할 수 있다.

9.5.4 하상변동 예측

- (1) 하상변동 예측은 현재의 유역과 하천 상태에서 장, 단기적으로 예상되는 하상변동의 방향과 범위를 예측하여 필요시 적절한 대응 조치를 취할 수 있게 하는 것이다.
- (2) 하상변동 예측은 모래 하천과 같은 충적 하천에서는 하천 관리의 기본적인 사항으로, 장단기적으로 하상변동을 유발할 가능성이 있는 각종 하천 계획의 수립시 반드시 수행한다.

해설

- (1) 하상변동 예측은 하천 유역의 수문, 수리, 유사 조건의 변화가 예상되거나 댐, 하천 개발, 유로 변경 등 하천 흐름과 유사 이동에 큰 영향을 줄 사업을 계획하는 경우 그 영향을 장, 단기적으로 검토하기 위해 필요하다.
- (2) 장·단기 하상변동 예측은 기본적으로 기존의 하상변동 측량성과를 비교, 검토함으로써 앞으로 예상되는 하상변동의 방향과 정도를 정성적으로 예측할 수 있다.
- (3) 하상변동량 비교 결과 상당한 변동량이 나타나거나, 하상재료의 변화 등 특이한 변동 양상이 나타나는 경우 하상변동 예측 모형을 이용하여 장단기 하천 변화를 구체적으로 검토하여야 한다.
- (4) 하상변동 예측 모형은 기본적으로 물과 유사의 연속성을 기본으로 하는 것으로, 검증되지 않고 국지성이 강한 경험 공식을 이용하기보다는 검증되고 범용성이 있는 모형을 이용하는 것이 바람직하다. 이러한 모형을 이용하여 장단기 하상변동을 예측할 때 그 하천 구간의 기존 하상변동 자료를 이용하여 적용하고자 하는 모형을 보정, 검증하는 것이 필요하다.

9.5.5 골재 채취로 인한 하상변동 조사

- (1) 골재 채취시 하상 교란으로 인해 하천 상하류에 부정적인 하상 변화를 가져올 수 있으며, 특히 하천 내에 서식하는 생물들의 서식처의 파괴라는 점에서 대규모 골재 채취나 장기적인 골재 채취는 반드시 그 영향을 장단기적으로 검토하여야 한다.
- (2) 과거 다년간 골재 채취가 이루어진 하천 구역의 하상변동 조사에는 지점별, 기간별, 입경별(자갈, 모래) 골재 채취 실적, 앞으로 추가적인 골재채취 계획 및 기존 하상변동량과 예상 변동량을 조사한다.

해설

- (1) 골재 채취는 하천에서 가장 광범위하게 이루어지는 인위적인 하상변동 요인으로, 하천의 통수 단면을 늘려 홍수소통 능력을 개선하는 긍정적인 면이 있으나 생태변화등에 영향을 줄수 있으므로 세심한 검토가 필요하다.
- (2) 과거 골재 채취가 다년간 광범위하게 수행된 하천 구간의 하상변동 조사는 이러한 영향을 염두에 두고 특별히 주의를 기울여야 한다.

9.5.6 홍수시 하상변동 조사

- (1) 대규모 홍수 후에 홍수로 인한 하상변동 실태를 파악하거나 특히 하천 구조물 주위 국부 세굴 등을 조사할 필요가 있는 경우에는 홍수 후 가급적 빠른 기간 내에 하상변동 조사를 실시한다.
- (2) 홍수 후 하상변동을 조사하기 위한 수심 측정 방법으로는 음향 측심기, γ 선 밀도계, 전기 저항식 세굴계가 있다.

해설

- (1) 하천이 특히 주운, 취수 등으로 활발히 이용되는 경우 대규모 홍수로 인한 최심선의 변화, 주운 수로 내의 퇴사를 조사하여 필요시 적절한 조치를 취한다.
- (2) 하천 교각, 수제, 보, 수문 등 하천구조물 주변이나 만곡부 등 유수가 집중되는 곳, 또는 2차류가 발생하는 곳 등에서는 홍수시 국부 세굴이 발생하기 쉬우므로 특히 세심한 조사가 요구된다.
- (3) 넓은 수역을 이동하며 관측하기 위해서는 음향 측심기가 효율적이며, 특히 GPS(지구위치시스템)을 이용하면 측량선의 위치를 정확하게 실시간으로 구할 수 있다.
- (4) γ 선 밀도계나 전기저항식 세굴계는 하상에 관이나 말뚝을 박아 사용하며, 구조물 주변의 세굴 측정에 적합하다.
- (5) 구조물 주위의 최대 세굴심만을 알아내는 비교적 간편한 방법으로는 링법, 매설법 등이 있다. 이 방법을 적용할 때는 조사 목적에 맞는 것을 선택하여 하천의 상황을 고려하여야 한다. 특히 홍수 전에 세굴 조사를 위한 사전조사를 미리 하여야 한다.

9.6 하상재료 조사

9.6.1 조사 목적과 방법

- (1) 하상재료 조사는 하천의 조도, 상류 유역의 침식과 하천의 유사이송 특성, 유사량 공식과 하상변동 모형의 적용, 하천 서식처와 같은 하천환경의 조사를 위해서 수행한다.
- (2) 하상재료 조사는 크게 현장에서 적절한 방법으로 시료를 채취하고, 실험실에서 분석한 후, 그 결과를 체계적으로 정리하는 사항으로 구분한다.
- (3) 하상재료 조사는 자갈 이상, 모래, 실트 이하로 나누어 각기 시료 채취 방법과 분석 방법을 달리하여 실시한다.

해설

- (1) 하상재료는 전반적인 하천 계획이나 하천 개발, 하천 정비 등 하천 공사의 기초 자료이다.
- (2) 하상재료 조사방법은 아래와 같이 실시한다.
 - ① 모래 재료는 현장 시료를 채취하여 체 분석으로 한다.
 - ② 실트 이하 재료는 현장 시료를 채취하여 침강속도 분석으로 한다.
 - ③ 자갈 이상 재료는 격자 틀의 이용 등 현장 조건에 맞는 방법을 택한다.
 - ④ 격자 틀 방법은 일정한 크기의 눈금 망으로 된 사각형 틀을 이용하여 하상에 임의로 놓고 사진을 찍어 그 격자망의 눈금에 걸리는 자갈들의 입경을 분석하는 방법이다.
 - ⑤ 하상재료 조사는 하천 측량 시 병행하는 것이 효율적이다.
 - ⑥ 하상재료 조사는 하천 조도, 유사 이송, 하상변동, 하도 설계 등에 관련되는 하상재료의 입경 분포, 비중, 침강 속도, 현장토의 겉보기 단위 중량과 공극률 등을 측정한다.
 - ⑦ 하천 유역 전체의 하상재료 상태를 전반적으로 조사하기 위해서는 항공사진 등을 이용할 수 있다.

9.6.2 조사 지점과 시료 채취

- (1) 하상재료 조사는 원칙적으로 하천의 종단방향은 1km 간격, 한 단면에 대해 3개 지점 이상에서 시료를 채취한다.
- (2) 하상변동 조사시 모든 하천 측량 단면에서 하상재료 시료를 채취하는 것이 바람직하다.

해설

- (1) 시료채취시 사주, 여울이나 웅덩이 등 국부적으로 하상재료 변화가 심한 구역은 피하며, 가급적 그 구역에서 보편적으로 있는 하상재료를 선택한다.
- (2) 시료채취 기준은 아래와 같다.
 - ① 한번에 채취하는 시료의 양 $M(\text{kg})$ 은 공식 $0.082Db^{1.5}$ 로 산정한다.
여기서 Db 는 시료 중 최대 입자의 중간축 직경(mm)이다.
 - ② 시료 채취는 표면 시료만 채취하면 안되며 충분히 깊은 부분까지 채취한다.
 - ③ 저수지의 유입부 퇴적 구역, 댐 직 하류, 지류의 합류점 등 하상재료의 변화가

심할 것으로 예상되는 구간에서는 실제 상황에 따라 채취 간격을 조정한다

- ④ 조사 횟수는 원칙적으로는 3년에 1회 실시하지만 저수지의 퇴사나 댐 하류 하상저하 등으로 심한 하상변동이 예상되는 지점은 연 1회 정도 실시한다.
- ⑤ 격자틀의 눈금은 통상 10cm 정도가 적합하나 조사 하천의 하상재료 특성에 맞추어 선정한다.
- ⑥ 격자틀을 기준으로 하는 채취 횟수(격자틀을 하상에 놓는 횟수)는 하상과 하상재료 입경의 크기에 따라 조절하되, 한 하천 지점에서 최소 10번이 적합하다.

9.6.3 실험실 분석

- (1) 현장에서 채취한 하상재료 시료의 입경 분포를 분석하기 위하여 모래는 KSF(2504), 자갈은 KSF(2503)에 따른다. 또한 미립 토사에 대해서는 KSF(2308)의 시험법에 따라 측정한다.
 - (2) 현장에서 채취한 하상재료의 침강 속도는 입자 형상과 비중이 보통의 하상재료와 특별히 다른 경우 실험실에서 실측하여 결정한다.
-
- (1) 격자틀에 의한 입경분포 분석은 사진 상 격자점에 걸린 자갈의 단축을 기준으로 할 수 있다. 그러나 이러한 분석은 중량비로 하는 모래의 입경분포 분석과 다르므로 상호 비교를 위해서는 격자틀에 의한 결과를 적절한 방법으로 보정하여야 한다.
 - (2) 실험실에서 입자의 침강 속도를 실측하기 위해서는 높이와 직경이 충분히 큰 실린더에 물을 넣고 적절한 장치를 이용하여 물 속에서 시료를 낙하시켜 카메라나 육안으로 일정 거리를 침강하는데 걸리는 시간을 재서 측정한다.
 - (3) 실측이 어려운 경우의 하상재료의 침강 속도는 경험식이나 도표를 이용하여 산정할 수 있다.

10.1 일반사항

10.1.1 적용범위

- (1) 본 장은 하천시설의 계획이나 설계 또는 하도계획을 수립하는데 있어 필요한 조사방법 및 내용을 정한 것이다.
- (2) 본 장에서는 하도내 조사의 일반사항, 조도계수의 산정 및 하구조사에 관한 내용을 포함한다.

해설

본 장에서는 하도 및 하구 계획이나 설계에서 필요로 하는 사항에 대하여 일반적인 조사방법과 구체적인 조사내용을 제시한다.

10.1.2 용어의 정의

- (1) 사련(砂連) : 흐름 또는 와에 의한 물의 입자운동 때문에 수압이 생기는 사면의 기복에 의해 발생하고, 그 파장이나 높이는 모래의 형질이나 물의 운동에 따라 다르며 그 파장은 수 cm에서 수십 cm, 높이는 수 cm 정도임
- (2) 사구(砂丘) : 모래가 물이나 바람의 작용으로 퇴적된 언덕
- (3) 정선(汀線) : 모래사장과 특정 수면과 접하는 선
- (4) 비사(飛砂) : 해안에서 바람에 날려 이동하는 모래
- (5) 해변(海濱) : 해류 또는 연안류에 의하여 해안을 따라 모래 또는 자갈이 퇴적되어 생긴 지역

10.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 본 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정을 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정은 아래와 같다.

- (1) 본 설계기준
 - ① 제9장 유사 및 하상변동조사
 - ② 제14장 하천측량
 - ③ 제17장 홍수방어계획
 - ④ 제18장 하도계획
 - ⑤ 제23장 제방
- (2) 관련규정
 - ① 항만 및 어항설계 기준(해양수산부, 2005)
 - ② 항만 및 어항공사 표준시방서 (해양수산부, 2005)

10.2 하도조사

10.2.1 조사구간의 설정

조사구간은 조사 목적에 따라 내용을 충분히 파악할 수 있는 구간으로 설정하며 통제점으로 사용할 수 있는 지점을 포함하도록 한다.

해설

- (1) 조사구간의 설정은 그 목적에 따라 다소 차이가 있기는 하나 일반적으로 계획된 구간 보다 상·하류로 충분하게 설정하여 조사내용에 신뢰성을 갖도록 할 필요가 있다.
- (2) 상·하류의 수위관측지점, 교량, 보, 낙차공 등과 같은 통제점으로 사용할 수 있는 지점을 확인하여 이 구간 내에서 필요한 하도 조사를 실시하고 필요시 통제점과의 상호 연관관계를 조사하도록 한다.

10.2.2 하상재료 조사

- (1) 하상재료는 대상구역내 하상에 존재하는 재료의 크기 및 특성을 조사한다.
- (2) 하상재료 조사는 구간 내 하상뿐만 아니라 대상구간 내 흐름에 영향을 크게 미치는 구역의 재료에 대하여는 필요한 조사를 실시한다.

해설

- (1) 하상재료의 조사는 하상의 특성분석, 특히 조도계수의 산정, 유사이동, 하도안정 계산 등에 필수적인 사항이다.
- (2) 대상구역에서 하상재료를 조사하는 것 이외에도 홍수터, 퇴사구역 등 대상구역내 흐름에 영향을 크게 미치는 영향구역에 대해서도 조사를 실시하여야 한다.
- (3) 하상재료의 조사요령은 '제9장 유사 및 하상변동조사'에 따른다.

10.2.3 하상 단면변화 조사

- (1) 하천시설물의 계획지점 이외에도 하천의 거동을 파악하기 위하여 비교적 오랜 기간 동안의 하상단면 변화에 대하여 주기적으로 조사를 실시하고, 특히 큰 홍수가 지난 후에는 필히 하상단면 변화를 조사하여 그 영향을 분석하여야 한다.
- (2) 골재채취, 하도개수, 구조물 설치 등 인위적인 요인에 의하여 하상단면이 변화하는 경우에는 이의 장기적인 추세를 고려하여야 한다.

해설

- (1) 하천단면은 하상재료가 암반이거나 특별한 하상보호공이 설치되어 있지 않은 상태에서는 항상 변화하며 특히 홍수가 통과한 후에는 세굴이나 퇴적이 일어나 단면에 많은 변화를 일으키게 된다.

- (2) 하천 단면변화 조사는 '제9장 유사 및 하상변동조사'를 참조하며 하천측량에 대해서는 '제14장 하천측량'을 참조한다.

10.2.4 하도조사를 위한 하천측량

하천시설물의 계획, 하도의 특성과 하도의 거동을 파악하기 위한 기본 조사항목으로 적절한 간격에 대하여 하천측량을 실시한다.

해설

- (1) 부등류 계산에 있어서 미육군공병단 수문연구소(U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center)에서 추천한 바에 따르면 보통 150m 또는 하천 폭의 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 에 해당하는 간격으로 횡단측량자료가 필요하다.
- (2) 짧은구간 내 단면이 급격히 변화하거나 긴구간 내 단면의 변화가 크지 않은 경우에 대하여는 그 측량 단면간 간격을 적절하게 조정할 수 있다. 하천측량의 구체적인 방법은 '제14장 하천측량'을 참조한다.

10.3 조도계수 조사

10.3.1 일반사항

조도계수 값에는 흐름에 대한 불명확한 요소들이 여러 가지 모양으로 개입되어 있으므로 그 정확도는 유효숫자 둘째 자리까지로 한다.

해설

- (1) 흐름에 대한 하도의 저항 정도를 표시하는 조도계수는 하천의 여러 가지 수리계산을 실시할 때 가장 중요한 기본적 자료중 하나이다.
- (2) Manning의 조도계수는 보통 n 으로 표시하지만 하천개수공사가 완료된 복단면 하도의 경우에는 합성조도계수, 즉 저수로와 홍수터를 합성한 조도계수를 N 으로 표시하여 사용하기도 한다.

10.3.2 조도계수 결정을 위한 고려사항

- (1) 조도계수를 결정할 때, 아래와 같은 사항을 고려한다.
- ① 하천내 수문량 크기에 영향을 주는 인자
 - ② 하도의 종횡단 모양에 따른 변화
 - ③ 하천내 인위적 활동
 - ④ 실측 및 기타 오차
- (2) 정확도가 높은 조도계수를 얻기 위하여 연속적으로 관측하고 관측결과를 검정하여야 한다.

해설

- (1) 하천내 수문량 크기에 영향을 주는 인자는 다음과 같다.
 - ① 하상형상(사련(砂漣), 사구(砂丘)의 발생, 발달, 소멸 등), 홍수기간 동안의 하상변동
 - ② 유사량, 특히 부유사량의 증감
 - ③ 수문곡선의 모양
- (2) 하도의 종횡단 모양에 따른 변화와 관련된 인자는 다음과 같다.
 - ① 동수반경의 급격한 변화
 - ② 하도 간의 편류(偏流), 사수역의 발생
 - ③ 식생 및 수목군
 - ④ 하구부근의 염수짜기
- (3) 하천내 인위적 활동인자는 다음과 같다.
 - ① 하상굴착
 - ② 하도계수
 - ③ 모래채취
 - ④ 하상저하 및 하상상승에 영향을 주는 인위적 행위
- (4) 실측 및 기타 오차와 관련된 인자는 다음과 같다.
 - ① 유량, 평균유속, 수면경사 등의 측정오차
 - ② 수심 및 동수반경 측정오차, 사수역 제거로 인한 오차
 - ③ 하도 저류에 의한 오차(홍수와 변형으로 인한 오차)
 - ④ 혼적수위 측정오차
 - ⑤ 조도계수 역산에 따른 오차
- (5) 하천수위 계산에는 정확도가 높은 조도계수가 요구된다. 그러나 조도계수는 일반적으로 동일 하천의 동일구간에서도 경년적으로 변동되고 있으므로 적용시 주의를 요한다.

10.3.3 하도 구간의 조도계수

- (1) 하도구간의 조도계수는 원칙적으로 현장조사결과(혼적수위, 하상재료조사 결과 등)를 활용하여야 하며 보고서 상에 사용된 현장조사 결과를 반드시 제시하여야 한다.
- (2) 흐름이 부등류인 경우에는 통상 에너지경사, 수면경사 및 하상경사가 다르므로, 혼적수위 등을 이용하여 계산에 대하여 조도계수를 산정할 때는 부등류 계산을 이용한다.

해설

- (1) 등류 계산에 의하여 역산한 조도계수는 짧은 구간내 실측 조도계수를 나타내게 되므로 상·하류 구간까지 대표할 수 없으며, 일반적으로 부등류 계산에 의하여 구한 조도계수와는 다른 값을 나타낸다.
- (2) 저수의 조도계수는 일반적으로 흐름이 홍수터에는 못 미치고 저수로 내로만 흘러갈 정도인 유량에 대하여 부등류 계산 등에 의하여 구하여진 조도계수이다.

- (3) 홍수터 조도계수는 부등류 계산의 역산에 따라 경우 홍수터 이상으로 올라 온 큰 유량에 대하여 구한 저수로의 조도계수에 의해 저수로가 부담한 유량 이외에 나머지 유량을 홍수터가 부담하는 것으로 하여 조도계수를 구한다.
- (4) 합성조도계수는 이론적으로 구하는 방법에는 여러 가지가 있으나 이중 흔히 사용되는 Lotter법에 의하면 식 (10.1)로 구한다. 식 10.1에서 P는 윤변, R은 동수반경, 첨자 I는 조도계수가 다른 각각의 구간을 나타낸다.

$$\frac{1}{n} = \frac{\sum_{i=1}^N \left[\frac{P_i R_i^{5/3}}{n_i} \right]}{P R^{5/3}} = \frac{\frac{P_1 R_1^{5/3}}{n_1} + \frac{P_2 R_2^{5/3}}{n_2} + \dots + \frac{P_N R_N^{5/3}}{n_N}}{P R^{5/3}} \quad (10.1)$$

- (5) 하도가 단순한 단면이지만 여러 개의 다른 조도로 구성되어 있는 경우 $R_1 = R_2 = \dots = R_N$ 이므로 식 (10.1)은 식 (10.2a)와 같다.

$$\frac{1}{n} = \frac{\sum_{i=1}^N \left[\frac{P_i}{n_i} \right]}{P} = \frac{1}{P} \left[\frac{P_1}{n_1} + \frac{P_2}{n_2} + \dots + \frac{P_N}{n_N} \right] \quad (10.2a)$$

한편 단면을 세분하여 $V_1 = V_2 = \dots = V_N$ 이 성립된다고 가정한 Einstein의 식은 식 (10.2b)와 같다.

$$n = \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i n_i)^{3/2}}{P} \right]^{2/3} = \frac{\{ (P_1 n_1)^{3/2} + (P_2 n_2)^{3/2} + \dots + (P_N n_N)^{3/2} \}^{2/3}}{P^{2/3}} \quad (10.2b)$$

- (6) 등류 계산의 역산에 따라 경우에는 10.3.4절에서 기술하는 방법으로 구하게 되나, 저수로의 하상변화 등이 예상되는 하천에서 저수로의 조도계수는 아주 작은 유량으로부터 매우 큰 유량까지 만족할 만큼 일정할 수는 없기 때문에 모순이 생긴다. 이와 같은 경우에 큰 유량이 흐를 때 가급적 균일한 하도구간에서 저수로 및 홍수터의 유속 등을 재차 측정하여 보다 적합한 각각의 조도계수를 구하여 둘 필요가 있다.
- (7) 하천 및 수로에서 사용되는 대표적인 조도계수는 <표 10.1>과 같으며, 혼적홍수위 등의 현장조사결과를 활용하기 어려운 경우나, 산정된 결과를 검토할 때 사용할 수 있다. 그러나 조도계수의 값에 따라 수위 등에 차이가 크므로 표를 이용한 조도계수 결정 시 매우 신중한 검토가 요망된다.

<표 10.1> 하천 및 수로의 조도계수

하천 및 수로의 상황		n의 범위
인공수로 개수하천	콘크리트 인공수로	0.014 ~ 0.020
	나선형(spiral) 반관(半管)수로	0.021 ~ 0.030
	양안에 돌붙임이 적은 수로(泥土床)	0.025(평균치)
	암반을 굴착하여 방치한 하상	0.035 ~ 0.050
	다듬은 암반 하상	0.025 ~ 0.040
	점토성 하상, 세굴이 일어나지 않을 정도의 유속	0.016 ~ 0.022
	사질 Loam, 점토질 Loam	0.020(평균치)
	Drag Line 굴착준설, 잡초 적음	0.025 ~ 0.033

10.3.4 흔적수위를 이용한 조도계수 결정

- (1) 기왕에 발생된 홍수에 의한 흔적수위(痕迹水位)는 부착 부유물이 소실되기 전인 홍수 직후에 조사하는 것을 원칙으로 하되 불가피한 경우 그 사유를 명시한다.
- (2) 흔적 수위조사를 홍수 유출 후 최대한 빠른 시간 내에 종단방향으로 세밀하게 하나 하나 확인해 가면서 좌·우안에서 흔적을 채취해야 한다.
- (3) 흔적 조사구간의 간격은 직선 하도에서 50~100m를 원칙으로 하되 필요시 간격을 조정할 수 있다. 단, 이 경우에는 그 사유를 명시하여야 한다.

해설

- (1) 부등류 계산에 따라 각종 유량에 대한 조도계수를 역산하기 위해서는 하도 내의 각 지점에 대한 흔적수위를 알아야 한다. 이를 위해서는 한정 설치 되어 있는 자기수위관측소의 관측된 자료만으로는 부족하며 여러 지역의 흔적수위를 조사하여 활용하여야 한다.
- (2) 홍수흔적의 수위 조사시 정확도는 수준측량, 채취점의 평균위치 결정의 정도에 영향을 크게 받으며 최고수위와 최대유량의 발생시각의 시차, 홍수 중의 바람에 의한 수위상승(특히 바람이 멀리서 불어올 때의 하류 쪽), 만곡부 좌우안의 수위차, 부착물이 홍수 후에 바람 또는 인위적으로 이동되어진 것 등이 오차의 원인으로 되기 쉽다.
- (3) 사류(射流)가 발생된 급경사 하천에서는 흐름의 날림 등에 의하여 의외로 높은 흔적을 채취할 우려가 있으므로 주의를 요한다.
- (4) 수면경사의 측정은 아래와 같이 실시한다.
 - ① 부분적인 조도계수를 구하기 위한 수면경사 측정은 그 지점의 평균경사에 대응하는 구간거리를 측정하는 것이 높은 정확도를 기대할 수 있다. 등류 구간에서 Manning공식을 고려하고 이를 이용하여 구한 유량 Q에 의한 오차에 관한 식

을 작성하면 식 (10.3)과 같다.

$$\frac{\Delta Q}{Q} = -\frac{\Delta n}{n} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\Delta R}{R} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta I}{I} \quad (10.3)$$

② 식 (10.3)에서 유량(Q), 동수반경(R), 그리고 수면경사(I) 등의 각각에 10%의 오차가 있었을 경우, 조도계수에 미치는 오차는 각각 10%, 6.7%, 그리고 5%로 수면경사의 영향은 상대적으로 작다. 그러나 수면경사의 측정 정확도는 다른 양의 정확도에 비하여 수배 낮아질 경우가 있으므로 주의를 요한다. 즉 구간거리 L에서 수위차의 참값을 H, 측정오차를 ΔH라 하면 수면경사의 측정오차는 I' = (H+ΔH)/L이며, 수면경사의 참값 I = H/L이다.

$$\frac{\Delta I}{I} = \frac{I' - I}{I} = \frac{\Delta H}{H} \quad (10.4)$$

③ 수면경사의 오차율을 작게 하기 위해서는 수위의 읽음 오차율을 최소화하여야 한다. 일반적으로 H가 크면 클수록 오차율 ΔH/H은 적어진다. 이 오차율을 유량이나 하천의 흐름 단면적과 같은 정도까지 허용한다고 가정하면 현장의 수면경사에 부합되는 2개의 수위표 간의 구간거리는 <표 10.2>와 같다.

<표 10.2> 수면경사에 따른 허용구간거리

수 면 경 사	허용구간거리
1/ 500	50 m
1/1,000	100 m
1/2,000	200 m
1/5,000	500 m

④ 사류(射流)구간에서는 조도계수를 결정하는 것은 수면경사라고 하여도 무리는 아니나, 일반적으로 수면경사의 측정이 상류(常流)구간에서보다 훨씬 어려우므로 주의해야 한다. 특히 수위표 지점의 선정은 정확한 평균수면경사를 구한다는 관점에서는 수위계를 읽는 정확도 이상으로 중요하므로 신중히 다루어야 한다.

(5) 혼적수위의 선정 시 주의해야 할 사항은 다음과 같다.

- ① 측량 정확도 등이 대략 동일하다고 볼 수 있는 흔적자료에서 수위의 상·하 변화가 극단적일 경우, 처음부터 어떤 선입감을 가지고 흔적을 취사선택하지 않고, 반드시 여러 번 수면형을 계산해 본 후에 설명이 불가능한 것부터 차례로 무시한 후 남는 자료를 사용하는 것이 바람직하다.
 - ② 좌·우안의 수위의 크기가 크게 다른 경우 또는 하류의 흔적수위가 상류 수위보다 큰 경우에도 그것들이 자료 면에서 동일한 정확도라고 생각되는 한, 계산수위가 그것들의 평균치가 될만한 조도계수를 구해야 한다.
- (6) 등류계산으로 조도계수를 역산하는 방법은 상·하류 2개 지점의 수위차를 ΔH , 구간거리를 ΔX , 그 구간에서의 평균유속을 V , 평균 동수반경을 R 이라 하면, Manning 공식에 의하면 n 의 값은 식(10.5)와 같다.

$$n = R^{2/3} \sqrt{\Delta H / \Delta X} / V \quad (10.5)$$

(7) 부등류 계산으로 조도계수를 역산하는 방법은 다음과 같다.

① 에너지 경사를 이용하는 방법

(가) 유량의 변동은 미미하나 상하류의 단면형에 적지 않은 수위차가 있는 경우에는 수면경사를 에너지경사로 치환한 식 (10.6)으로 조도계수를 역산할 수 있다.

$$n^2 = 2 \left[\left(H_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) - \left(H_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) \right] / \left[\left(\frac{V_1^2}{R_1^{4/3}} + \frac{V_2^2}{R_2^{4/3}} \right) \Delta X \right] \quad (10.6)$$

단, 아래 첨자의 1은 하류단면, 2는 상류단면을 나타낸다.

(나) 이 공식을 적용하기 위해서는 상·하류지점의 조도계수가 크게 변하지 않을 뿐만 아니라 하상은 거의 수평에 이르도록 경사가 작아야 한다. 단면의 변화가 급팽창이나 축소가 있는 경우에는 적용할 수 없다.

② 표준축차계산법을 이용하는 방법

(가) 일명 표준축차계산법으로 알려져 있는 이 방법에서 에너지손실은 두 단면의 산술평균치를 취한다. 계산 끝맺음 오차는 그것을 에너지크기의 차로 표시한 경우에 (하상경사×계산구간거리)×(1/20~1/50)을 목표로 한다. 계산 끝맺음 오차가 크게 되는 경우는 누적 오차의 크기가 가급적 작은 계산 방법을 선택한다.

(나) 계산 횡단면의 간격 ΔX 는 150~200m(미국 육군공병단 수문연구소 150m, 일본 건설성 200m)로 취하는 예도 많으나 하쪽에 따라서 적당하게 선정한다. 교각이나 보와 같은 구조물에 의해 하천단면이 급격히 변화되는 구간은 제시된 값보다 작은 간격으로 단면자료를 취하고, 반면에 비교적 일정한 구간에서는 길게 취하며 보통 하천폭의 1/3 정도이다.

(다) 계산법은 단단면 계산법 또는 복단면 계산법을 사용한다. 복단면의 경우는 합성조도계수 산정법을 사용한다.

- (라) 유량자료는 유량관측소의 수위-유량곡선에서의 추정치를 사용한다.
- (마) 횡단면은 홍수 후의 실측횡단면도를 사용한다.
- (바) 조도계수의 변화점을 취하는 방법으로는 종횡단면형상이나 하상자료가 크게 변하는 지점을 택하는 방법과 계산수위와 실측수위의 차가 크게 변화하는 지점을 택하는 방법이 있다.
- (사) 조도계수가 일정하다고 생각되는 구간에서는 조도가 일정하다는 가정 아래 계산된 수위와 흔적수위와의 차의 분산이 최소가 되도록 하여 이 구간의 조도계수를 정한다.

(8) 부정류 계산으로 조도계수를 추정하는 방법은 다음과 같다.

- ① 홍수관측자료가 정리되어 있는 하천에 있어서 홍수규모별 및 시각별 조도계수를 역산할 필요가 있는 경우는 부정류 계산에 따른다. 부정류에 관한 운동방정식을 n 에 대하여 풀면 식(10.7)과 같다.

$$n^2 = \frac{A^2 R^{4/3}}{|Q| Q} \left[\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{2QB}{gA^2} \frac{\partial H}{\partial t} - \frac{Q^2 B}{gA^3} \left(i + \frac{\partial H}{\partial X} \right) + \frac{\partial H}{\partial X} \right] \quad (10.7)$$

- ② 두 단면간 또는 상하류의 수위 유량관측소의 자료를 이용하여 식(10.7)의 우변을 차분화 하여 계산함으로써 하나의 홍수 중의 한 구간의 조도계수 또는 홍수 중의 그 하천의 평균조도계수(상하류 끝 사이의 평균치)의 시간적 변화를 구할 수 있다. 여기서 i 는 하천바닥의 경사이다.
- ③ 조도계수의 변화요인은 많이 있으며 더욱이 이와 같은 계산이 될 수 있을 정도로 다수의 관측소를 가지고 있는 하천은 적으므로 이와 같은 계산을 여러 번 수행하여 홍수규모와 조도계수와의 사이에 높은 상관성이 있음을 알 수 있는 특수한 경우를 제외하고는 계산된 n 을 실질적으로 사용한다는 것은 용이하지 않다. 조도계수의 시간적 변화를 알기 위해서는 각 단면간에 대하여 시시각각 등류 계산을 하여 n 을 역산하는 것도 하나의 방법이다.

(9) 계산에 사용하는 유량의 보정은 다음과 같이 실시한다.

- ① 부등류 계산의 역산에 의하여 조도계수를 구할 경우, 실측유량 또는 수위-유량곡선으로부터 구한 유량을 사용하는 것이 원칙이나 그렇지 못한 경우, 즉 침두유량의 측정이 불가능하였던 경우, 단면근처에 수위-유량곡선이 작성되어 있지 못한 경우, 극단적인 루프(loop)를 그릴 경우, 홍수파형의 변형이 심할 경우 등에는 유량을 보정할 필요가 있다.
- ② 침두유량을 측정하지 못한 경우에는 홍수 수문곡선의 실측부분을 검토한 후에 수위-유량곡선을 사용하여 내삽 또는 외삽에 의하여 침두유량을 구한다. 침두시각 보다 상당히 떨어진 시각의 유량관측 결과 밖에 없을 경우, 더욱이 과거 실제 최대유량 이상의 홍수인 경우에는 관측된 유량과 그 시각의 실측수위를 유효하게 활용할 수 있도록 부등류 계산을 시행하여 조도계수를 시산하고 침두유량이나 수위-유량곡선 $H \sim Q$ 를 각각 외삽 하여 계산할 때 정확도를 향상시킨다.
- ③ $H \sim Q$ 곡선을 사용할 수 있는 단면이 멀리 떨어져 있거나, 계산할 하도 구간 내

에서 홍수과형이 변형되고 있다고 생각되는 경우는 가장 정확도가 높은 과거 실측조도계수를 사용하여 계산하고, 침투유량의 감소량을 추정하여 두면 좋다.

- ④ 유수지, 분류점, 합류점 등이 있는 경우에도 적당한 보정이 필요하다. H~Q곡선이 루프를 이룰 경우에는 Linsley 방법, 수위변화에 의한 방법, 또는 수위차에 의한 보정을 한 유량을 사용한다.

10.4 하구 조사

10.4.1 하구조사 항목

- (1) 하구처리계획과 대책을 수립할 때 필요한 하구조사 항목은 파랑조사, 하구수위조사, 하구유량조사, 조위(潮位)조사, 표사조사, 하상재료조사, 수질조사, 풍향·풍속조사, 하천·해안지형조사, 비사(飛砂)조사, 하구 흐름조사, 기타 등이 있다.
- (2) 하구조사는 하천측면에서 하구 막힘, 하구제방 건설 등과 같은 하구처리계획과 하구처리공법수립에 필요한 내용을 조사한다.

해설

하구처리공법에 따른 필요한 조사내용은 <표 10.3>과 같다.

<표 10.3> 하구처리공법에 필요한 조사항목

주요 조사항목		하구처리공법		도 류 제		인공 굴착	암거	수문
		치수용	수운용	치수용	수운용			
파랑	유외파의 일평균 빈도분포	○	○	△			○	△
	파향의 일평균 빈도분포	○	○	△			○	△
유량	평수시 일평균유량	○	○	○			○	○
	입퇴조량(入退潮量)	○	○	○			○	○
	홍수유출시 시간유량	○	○	○			○	○
수위	평수시 일평균수위	○	○	○			○	○
	홍수유출시 시간수위	○	○	○			○	○
조위	평균조위	○	○	○			○	○
	대조평균간만조위	○	○	○			○	○
	기상에 의한 조위편차	○		○			○	○
표 사	연안표사의 양과 방향	○	○	○			○	△
하상질	입경분포	○	○	○			△	△
수 질	수질분포	△	○	△			△	△
풍 향 풍 속	매시 풍향, 풍속, 최대풍속	△	△	△			△	△
	이상기상시 풍향, 풍속, 태풍	△	△	△			△	△
하천· 해안 지형 측량	등심선도(해역)	○	○				○	
	등고선도, 종단도(해역)	○	○				△	
	정선(汀線) 경년변화도	○	○				○	○
	하도종횡단도	○	○				○	○
하구 중·횡 단 측량	사주변화를 나타내는 평면도	○	○	○			○	○
	평수시 하구개구부 횡단도	○	○	○			○	○
	평수시 하구부 종단도	○	○	○			○	○
	유출직후 하구개구부 횡단도	○	○	○			○	○
	유출직후 하구부 종단도	○	○	○			○	○
비 사		△	△	△				△
수 리 모 형 실 험		△	△	△			△	△

주) ○ : 반드시 조사, △ : 필요할 경우에만 조사,
단, 계획홍수량, 계획홍수위, 계획하구수위, 그리고 조도계수는 반드시 조사

10.4.2 파랑조사

- (1) 파랑조사는 해당 하구부에 별도로 파고계 등을 설치하여 관측하는 방법, 인접 해안 검조소에서 측정된 파랑기록을 이용하는 방법중 하나를 선택하여 실시한다.
- (2) 인접 해안에서 관측한 기록을 이용할 때는 그 지점과 해당 하구부의 지형조건, 기상, 해상조건이 비슷한 두 지점으로 거의 같은 파랑이 내습한다는 판단이 선행된 이후에 사용하여야 한다.

해설

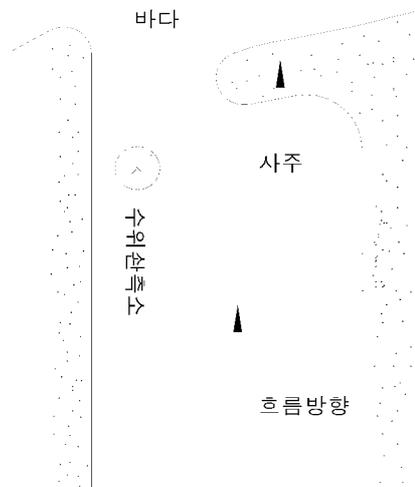
파랑조사는 구조물 설계를 위한 이상 설계파고 및 공사 시공기간에 대한 평상시 파랑고를 파악하기 위하여 해당 지점에서 파고, 파랑주기, 주된 방향을 조사하여 통계분석하고 해당 하구부근에서 파랑성질을 파악할 목적으로 실시하는 것이다.

10.4.3 하구수위조사

- (1) 하구 수위조사에 대한 일반적인 방법은 '제6장 수위 조사'를 참고한다. 관측소는 바다에 가까운 하도 내에 사주가 발달하여 있을 때는 사주보다 상류에 설치하며 원칙적으로 자기수위계에 의해 수시로 관측한다.
- (2) 하구, 특히 감조구간에 대한 수위-유량곡선이 개발되어 유량을 얻을 수 있어야 한다.
- (3) 관측소는 사주가 변동하여 수위계가 묻혀 버리거나 넘어지지 않을 장소로서 바다에 가까운 곳을 선정한다.
- (4) 홍수시 기록은 필요에 따라 시간수위표, 시간수위변화도 등과 같은 형태로 정리하고 평상시 기록은 비감조 하천에서는 일수위표, 감조 하천에서는 대조, 중조, 소조시의 시간수위표, 수위변화도 형태로 정리한다.

해설

- (1) 하구 수위조사는 하구부 수위 또는 유량을 관측하여 사주에 의한 홍수역류와 홍수에 의해 사주유실 검토 등에 필요한 자료로 확보하기 위하여 필요한 조사이다.
- (2) 하구부는 하천 중상류의 하도 보다 유사퇴적 등에 따른 하상변동이 크고 조석에 의한 유수의 방향이나 변동이 대단히 크기 때문에 수위기록만으로는 퇴적 및 세굴 정도를 파악하기 곤란하므로 수위변동에 따른 유량파악이 필요하다.
- (3) 하구수위 관측을 위한 관측소의 위치는 <그림 10.1>과 같다.



<그림 10.1> 하구수위 관측소 위치

10.4.4 하구유량조사

- (1) 하구유량조사는 하천고유유량과 바다에서 유입되는 감조유량, 즉 하구유량을 파악할 목적으로 조사하며, 유량조사에 대한 일반적인 방법은 '제 7장 유량조사'에 따른다.
- (2) 하구에서 하천고유유량을 관측 또는 측정할 수 있는 위치는 감조구간 상류이면서 하구에 가깝고 하상의 경년변화가 작은 지점을 선정하고, 수위관측은 원칙적으로 자기수위계를 이용하여 수시로 관측한다.
- (3) 하구유량은 감조구간내 수위계와, 가설 또는 보통 수위표에 의해 각 지점의 동시 수위를 관측하고, 수위기록을 수위-유량곡선을 이용하여 유량으로 환산하여 하구부 저류량을 구한다.
- (4) 하구유량을 계산하기 위한 가설 수위표는 감조구간에 10개소 정도를 설치한다. 관측시간 간격은 수위-유량곡선을 정확히 그릴 수 있는 간격으로 한다.

해설

- (1) 감조구간이 짧은 경우에는 설치할 수위표를 적게 해도 된다. 또한 설치할 위치를 하도 횡단측량점으로 선정하면 나중에 저류량 계산시 하도 횡단측량 성과를 이용할 수 있다.
- (2) 측정된 하천의 고유유량자료를 정리할 때는 '제7장 유량조사'에 따르기로 한다. 또한 하구유량은 필요에 따라 매시 유량표, 시간별 유량변화도, 매시 수위표 및 시간수위 변화도 등으로 정리한다.

10.4.5 조위조사

조위조사는 하구에서 계획조위를 책정하기 위한 자료를 획득하기 위하여 실시하며 해운항만청에서 발행하는 '수로연보' 등을 이용하여 해당 하구부근의 평균조위, 대조평균만조위, 대조평균간조위, 기상에 의한 조위편차를 구한다.

해설

- (1) 일반적으로 하도 설계를 위하여 조위를 다시 관측하여 이용하기보다는 해운항만청에서 발행하는 '수로연보'에 있는 조위기록 산정치를 사용할 수 있다. 특히 평균조위, 대조평균 만조위, 대조평균 간조위와 같은 천문조는 '수로연보'에 제시된 값을 이용하는 것이 편리하다.
- (2) 조위표에 기재된 검조소 이외의 지점에서의 조위를 인근 검조소 값을 추산하여 이용할 수 있다.
- (3) 기상에 의한 조위편차를 추정하는 방법은 2가지가 있으며, 그 중 하나는 그 동안 내습한 태풍을 검토하여 모형화한 태풍을 이용하여 동력학적으로 계산하는 방법이고, 다른 하나는 과거 기록을 이용하여 경험식에 의해 추산하는 방법이다.

10.4.6 표사조사

- (1) 표사조사는 해당 하구를 중심으로 한 해역의 표사량 및 방향을 조사하여, 표사량과 표사 이동방향의 경년변화를 알기 위하여 실시한다.
- (2) 표사조사 결과는 도류제등의 하구처리공사를 실시한 후 하구부근에서 해빈이나 정선(汀線)의 향후변화를 예측하는데 사용한다.

10.4.7 하구 하상재료조사

- (1) 하구 하상재료조사는 원칙적으로 년 1회 실시하며, 사주부에서 사주가 계절적으로 크게 변동하는 경우에는 계절마다 조사를 실시한다.
- (2) 하구 하상재료조사를 위한 하도조사 길이는 하구에서 하폭의 10배 정도로 하고 채취단면은 5개의 횡단면 이상으로 하며 채취지점은 하나의 횡단면에 대하여 3지점 정도를 선정한다.
- (3) 사주에서 채취지점은 정선부근, 파가 쳐 올라오는 윗 부분, 정점, 그리고 하천측 지점의 4개 지점을 선정하고 횡단면은 사주크기에 따라 결정하는데 일반적으로 3개의 횡단면을 선정한다.
- (4) 해역 저니 재료 조사는 하구중앙을 중심으로 하폭을 5~7개로 나누어 실시하고 수심 10m당 한 측점을 선정한다. 단 중소하천에서는 하폭을 1~3개로 나누어 실시한다.

해설

- (1) 하구 하상재료의 조사지점은 <그림 10.2>와 같이 하도에서는 흐름방향에 직각인 횡단면에서 선정하고, 사주에서는 흐름방향의 횡단면에서 선정한다.
- (2) 하상재료 조사결과는 사주 형성요인을 파악하고 유출토사량을 산정하기 위한 주요한 기초자료로 활용된다.
- (3) 저니는 하상 표층을 채취하면 좋지만 시료인양 시 채취기에서 유실을 방지하도록 채취와 시료인양에 충분한 주의를 기울일 필요가 있다.

10.4.8 하구 수질조사

- (1) 하구 수질조사는 주로 하구와 감조구간에서 수질을 관측하여 염수의 침입정도, 수질오염상태를 조사하기 위해 실시한다. 수질관측은 하도 및 하구부근의 바다에서 실시하고 관측지역을 충분히 고려하여 구간의 대표지점을 채수 지점으로 한다.
- (2) 하구에서 수질조사는 주로 염수침입이 문제가 되는 곳의 기온, 수온, pH, 전기 전도도, 염수이온 등을 측정한다. 또한 하구 하도 내 수질개선, 사주 형성에 따라 하구가 막혀 오염이 증가하는 내수면의 오염정도를 조사하려면 이 항목 외에 SS, BOD, COD, DO 등을 조사한다.
- (3) 하구내 수질조사에 대한 일반적인 방법은 '제12장 하천환경조사'에 따른다.

10.4.9 풍향·풍속조사

- (1) 풍향·풍속조사는 하구에서 주된 풍향 및 최대풍속을 조사하는 것으로 주로 기상청에서 운영하는 관측소 자료를 이용한다.
- (2) 해당지역에서 측정된 풍향·풍속 자료가 충분하지 않을 때는 원칙적으로 자기 기록장치를 설치하여 수시로 관측을 실시하여야 한다. 이 때 태풍의 진행경로와 해안에서 큰 파랑을 일으키는 태풍의 규모를 조사하여 파랑상승 정도를 파악하여야 한다.

해설

- (1) 풍향과 풍속자료를 조사하면 '10.4.2 파랑조사' 결과를 보완할 수 있다. '10.4.2 파랑조사'에서 조사한 파랑자료가 충분하지 않은 경우에는 풍향, 풍속자료에서 파랑을 추산하기도 하고 풍향, 풍속자료를 파랑자료 대신 사용하기도 한다.
- (2) 풍향, 풍속자료는 파랑조사 자료에 비해 쉽게 얻을 수 있으므로 이것을 이용하여 파랑 자료를 검증하거나 결측치 보완에 사용할 수 있다. 특히, 비사조사를 할 경우에는 바람의 자료가 필요하다.

10.4.10 하천·해안 지형조사

- (1) 하천·해안 지형조사는 현지조사와 하천·해안 지형측량을 통하여 실시한다. 또한 하구부 종횡단조사는 원칙적으로 측량에 의하여 수행한다.
- (2) 하천 종횡단측량은 기본적으로 '제14장 하천측량'에 따르고 해안 지형측량에서 측량법 위 및 측선 간격은 <표 10.4>와 같다.

<표 10.4> 하구에서 지형측량 범위 및 측선 간격

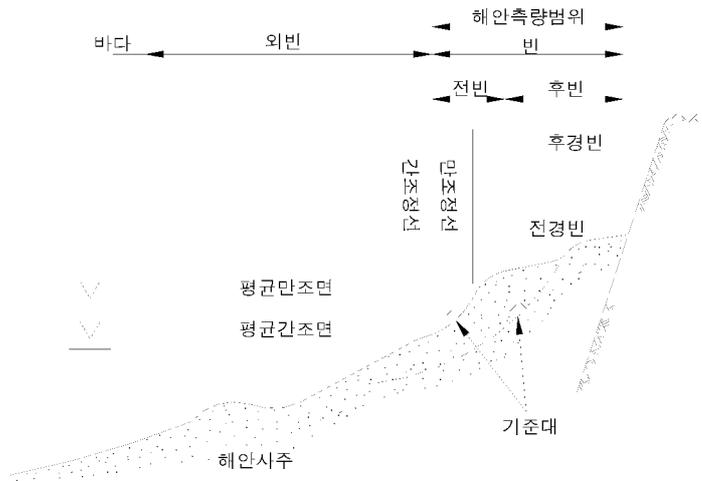
- (3) 하구에서 하천과 해빈지형측량에 대한 일반적인 방법은 '제14장 하천측량'에 따른다. 그리고 정선측량은 평관측량에 의한 방법, 기준말뚝과 줄자에 의한 방법, 해빈측량자료와 조위기록을 이용하여 구하는 방법 중에서 하나를 선택하여 실시한다.

해설

- (1) 측량은 주로 하도 종횡단측량, 심천측량, 해빈측량, 정선측량, 수준측량, 하구 종횡단측량 등으로 하구지형을 조사하는 것이다.

측 량	측 량 범 위	측 선 간 격
하 도 중 · 횡단 측 량	하구에서 상류로 5 km까지 실시함.	측선간격은 200 m를 기준으로하 되, 중소하천은 50~200 m, 대하 천은 500 m 정도 결정함.
심 천 측 량	해안선방향은 하구를 중심으로 원칙적으로 좌우 각각 3km이 내, 해안선에 직각방향은 정선 에서 수심 20 m까지 실시함.	50~300 m, 측점간격은 1 m 간 격 의 등심선을 그을 수 있을 정도 로 결정함.
해 빈 측 량	대략 평균간조면 정선에서 후빈 을 포함한 범위. 해안선 방향은 심천측량과 동일함.	심천측량과 동일함.
정 선 측 량	하구를 중심으로 좌우 3 km이 내까지 실시함.	
하 구 중 · 횡단 측 량	하구사주의 변동범위(과거의 변 동 및 장래조건의 변화에 의해 변동이 예상되는 범위를 포함) 중에서 필요한 범위를 선택함.	하천횡단방향으로 하폭의 1/10 간격으로 측선간격을 선택하되 50 m 이하의 간격이 되도록함. 단 개구부의 가장 좁은 부분은 사주의 형상에 따라 세 개의 단 면 정도 측량실시. 측점간격은 0.5 m 간격의 등고선을 그을 수 있을 정도로 결정함.

- (2) 심천측량은 정선에서 충측(沖側)까지 해저지형을 측량하고, 해빈측량은 평균간조면 정선에서 후빈 범위까지의 지형측량을 의미하며, 정선측량은 평균조위에서 정선까지 측량하는 것을 말한다. 또한 하구부 종단측량은 하구사주의 종단적 변동범위에서 하상, 해저, 사주의 변화상태를 파악하기 위한 측량을 말한다.
- (3) 하구측량은 먼저 국립지리원에서 매설한 1등 또는 2등 기본수준점의 성과를 활용하여야 하며 조위측정을 위하여 매설하고 해운항만청 관리하에 있는 수준점(T.B.M)과 연결하여 그 성과를 반드시 확인하여야 한다.
- (4) 해빈측량은 조위변화가 비교적 큰 장소에서 정선 위치를 알기 위해 실시하는 것으로 <그림 10.3>과 같이 후빈을 포함하여 실시한다.



<그림 10.3> 해변측량범위

- (5) 하구 중·횡단측량에서 홍수 유출수나 그 외의 요인에 의한 사주가 유실된 직후 측량은 유실된 사주가 회복되는데 소요되는 기간이 예상보다 빠르므로 사주가 회복되기 이전 (예를 들면 2일 이내)에 실시한다.
- (6) 측량방법에는 인공위성자료의 영상분석에 의한 조사가 이용되기도 한다.
- (7) ‘평판측량법과 기준말뚝과 줄자에 의한 방법’은 비교적 간만 조위차가 작은 장소에서 사용한다.
- (8) ‘기준말뚝과 줄자에 의한 방법’은 후빈이 과도에 흘러가지 않는 장소에서 해변선 방향으로 50~300m(해빈측량의 측선 간격과 일치시킨다)에 기준말뚝을 박고, 그것을 기준으로 줄자 및 표척을 이용하여 정선 위치를 측정하는 것이다.
- (9) ‘해빈측량자료와 조위기록에서 구하는 방법’은 간만조위차가 커서 평균조위에 대한 정선을 직접 측정하기 어려운 경우에 사용하는 방법으로 해빈측량에 의한 해빈의 종단면도와 조위기록을 이용하여 그림에서 정선을 구한다. 이때는 해빈과 평균조위가 교차하는 교선을 정선으로 한다.
- (10) 평면적인 사주형상을 알기 위해 항공사진, 모형비행기 또는 기구(氣球)를 이용하여 사진을 찍을 수 있는데 하구를 내려다 볼 수 있는 높은 곳에서 찍은 사진이 좋은 참고 자료가 되므로 가능하면 이러한 방법을 활용한다.

10.4.11 비사조사

- (1) 비사에 의해 하구막힘이 발생할 위험이 있는 하구부는 비사조사를 실시한다.
- (2) 비사조사는 지형에 따라 하안 근처 몇개 지점에서 연직방향의 비사량 분포, 비사방향 및 비사재료입경을 조사한다. 또한 제방 등 하구에 설치한 구조물을 넘는 비사량을 관측하고 조사를 실시한다.

해설

- (1) 비사량은 풍속, 풍향, 모래 입경 및 지형 등의 영향을 받으므로 동시에 관측할 필요가 있다. 특히 바람은 국지적인 변화를 보이므로 대표지점을 선정할 때는 유의해야 한다.
- (2) 제방과 도류계의 하구부 높이를 결정할 수 있는 참고자료로 이용하기 위하여 시험적으로 그 높이를 변화시킨 모형 제방구조물을 설치하여 비사의 퇴사상황 및 구조물을 넘는 비사량을 관측한다. 비사가 특히 현저한 하구에서는 사방책(防砂柵) 시험을 실시한다.

10.4.12 하구흐름조사

하구 흐름조사는 하구 부근에서 물의 이동방향 및 상태를 파악하기 위해 하도 및 해역에서 평상시와 홍수 유출시 또는 태풍 내습 시 필요에 따라 실시한다.

해설

- (1) 하구 흐름조사는 유속계를 이용하여 직접 측정하는 방법, 색소 또는 부표를 띄내려보내 수상, 육상 또는 상공에서 추적하는 방법(수표면 또는 수표층 흐름 파악에 이용), 하구 수리모형실험에 의한 방법, 간접적으로 하도내 사주의 이동상황 또는 해상변동 등에서 추정하는 방법등이 있다.
- (2) 하구흐름조사는 대단히 어려운 조사로서 평수량의 흐름 및 홍수량 흐름에 따른 토사 움직임, 파도에 의한 표사이동 또는 수질문제 등을 검토할 경우에 중요하다.
- (3) 하구흐름을 조사할 때는 수위, 유량, 조위 및 파도 등 수리학적 인자에 대하여 동시에 관측하는 것이 대단히 중요하다.

10.4.13 기타 조사

- (1) 기타 조사에는 홍수에 의해 사주가 씻겨내려 가는 정도에 대한 조사, 사주가 씻겨 나간 후 파도에 의한 사주 복원상황조사, 유출 토사량조사, 하구유황조사, 연안류조사, 파랑이 거슬러 올라오는 정도 조사, 하구피해 조사, 인접하구 조사, 하구환경조사, 사회경제 조사 등을 필요에 따라 실시한다.
- (2) 하구 수리모형실험은 사주의 씻겨내려 가는 정도, 하구유지수심, 파도에 의한 사주의 발달과 소멸, 홍수 시 수위, 하구 구조물에 의한 주변 정선의 변화 등 하구처리계획을 검토할 경우에 필요한 방안이나 참고자료를 얻기 위하여 실시한다.

해설

- (1) '제18장 하도계획'의 '18.3 하구처리계획'에서 제시한 하구 막힘이나 하구 처리공법을 결정하기 위한 조사는 하구에서 발생하는 수리 및 수문현상을 충분히 파악할 수 있도록 하구처리사업 시행기관(주로 해양수산부 수로국)에서 실시하는 조사결과를 이용하고 필요한 조사항목에 대해서는 추가로 조사하는 것이 바람직하다.
- (2) 하구부는 하도와 달리 파도와 물결이 공존하는 곳으로, 그 강도와 방향이 시시각각 변

화하며 담수와 염수가 공존하는 곳으로 밀도류 효과가 높고, 조위가 변동하며, 하구에 존재하는 저니재료의 공급원이 바다인지 하천인지를 고려해야 하고, 또한 저니의 입도 분포가 크게 변화하는 특성을 갖고 있다.

- (3) 하구현상을 모형으로 충분히 재현하는 것은 불가능하므로 수리모형실험 결과와 기초 연구성과, 수치모형에 의한 계산, 다른 하구의 조사사례, 현지 자료해석을 정확히 파악한 후 모형실험 결과를 평가하는 것이 중요하다.

10.5 하도특성조사

- (1) 하도의 각종 구성요소를 조사하고 그 내용을 취합하여 하도특성에 대한 분석을 실시한다.
- (2) 하도특성 조사 항목에는 하도평면형태, 하도의 횡단형태변화, 하도의 종단형태변화 및 기타 사항이 포함된다.

해설

- (1) 하도의 평면형태조사에서 저수로의 폭, 고수부지의 폭, 하천의 형태, 사주와 평면형태와의 관계, 하중도 발생, 하안 침식위치 및 속도, 고수부의 특성, 하도변화 등이 포함된다.
- (2) 하도의 횡단형태 변화 조사에는 횡단형변화, 하폭 및 유심부 변화, 세굴깊이, 고수부의 수리량 등이 포함된다.
- (3) 하도의 종단형태 변화에는 최심하상변화, 하상변화의 방향, 종단형 변화형태, 하상의 장감화 형태 등이 포함된다.
- (4) 기타사항으로는 유황변화 및 수면변화, 좌·우안의 수위차, 인위적 변동요인 조사 등이 포함된다.

제 11장 내수 및 우수유출 조사

11.1 일반사항

11.1.1 적용범위

(1) 내수조사는 내수 배제계획과 내수 처리대책을 수립할 때 기본적으로 필요한 내용을 조사하며, 다음과 같은 항목을 포함한다.

- ① 지형 및 지표조사
- ② 배수계통 및 시설조사
- ③ 과거 침수기록 조사
- ④ 방류하천 특성 조사
- ⑤ 관련계획조사
- ⑥ 침수지역 자산조사

(2) 우수유출저감에 관한 기본계획 수립을 위한 조사는 다음과 같은 항목을 포함한다.

- ① 유역의 우수유출량 및 하천통수능력
- ② 토지이용계획
- ③ 지층 및 지질구조
- ④ 지하수위
- ⑤ 저류시설로 이용 가능한 주변의 시설
- ⑥ 유출저감시설 설치의 문제점 및 대책방안
- ⑦ 장기적인 유출저감시설의 설치계획

11.1.2 관련규정

이 장을 적용할 때 본 설계기준 내 관련된 장과 타관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 다음과 같다.

(1) 본 설계기준

- ① 제4장 유역특성조사
- ② 제5장 강수량조사
- ③ 제6장 수위조사
- ④ 제7장 유량조사
- ⑤ 제13장 하천치수경제조사

(2) 법규

- ① 하천법 제25조(하천기본계획)
- ② 댐 설계기준(한국수자원학회, 2005)

11.2 조사내용

11.2.1 지형 및 지표조사

- (1) 지형 및 지표조사는 해당유역을 적당한 구역으로 구분하여 해당지역의 지형 특성, 식생 등에 대한 지표상황 및 토지이용상황 등을 조사한다.
- (2) 구역구분은 필요에 따라 산지와 같은 자연지역, 밭, 논, 도시지역으로 분할하거나 지류 별로 분할한다. 특히 소유역으로 분할할 때 산지는 지면경사에 따라 산지와 계곡 등으로 분할하고 밭과 논은 지형경사에 따라 구분한다.
- (3) 구역구분은 보통 국토지리정보원에서 발간하는 1:25,000 지형도를 이용하지만 보다 상세한 지형조사를 하려면 1:5,000 지형도 또는 비교적 축적이 큰 도시계획기본도(축척 1:2,500~1:3,000)를 이용한다.

- (1) 지형 및 지표조사는 강우손실 및 지표면 저류 특성을 파악하기 위하여 실시한다.
- (2) 해당 지역에 따라 저류시간에 큰 폭을 갖게 되는 경우도 있으므로 이 점을 충분히 고려하여 조사한다.
- (3) 도시지역은 하수도과 우수관의 설치 유무 또는 토지이용형태별(주거지역, 공업지역, 상업지역, 구획단지) 등으로 분류할 수 있다.
- (4) 항공사진은 내수 범람구역 및 범람형태, 토지이용상황을 파악하는데 매우 유용한 자료이며, 특히 적외선 항공사진은 저습지 파악에 효과적이므로 필요에 따라 항공사진을 이용하는 것이 좋다.

11.2.2 배수계통 및 시설조사

- (1) 배수계통조사에서는 하천, 하수도, 각종 용수로 또는 내수수방시설 등 관련시설의 규모와 체계, 각 시설별 집수면적, 통수능력 조사에 필요한 수리학적 기초자료 조사와 집수 구역의 저류특성에 대한 자료를 조사한다.
- (2) 내수지역은 배수구간에 있으므로 부등류 또는 부정류 계산을 할 수 있도록 각 구간의 유하경로, 유역(유량에 따라 유역이 바뀌는 경우가 있음)을 확인한다.

해설

배수시설조사는 통문 및 통관, 수문(배수문), 펌프장, 그리고 집수정 등의 시설물이 갖는 기능과 배수능력을 조사하는 것이다.

11.2.3 과거 침수기록조사

- (1) 과거 침수기록조사는 과거침수시 발생한 수방시설의 운전기록조사, 강우특성기록, 침수 흔적 및 피해액과 더불어 외수위와 내수위(외수위 현황 및 지속기간, 내수위 흔적 및 지속기간) 등의 기록을 조사한다.

(2) 과거 침수기록 조사시에는 현지주민의 의견도 청취한다.

해설

- (1) 자료의 수집이 곤란한 곳에서는 인근 유역 자료 또는 인근 유역 자료의 해석결과나 계획된 사례를 수집하여 참조한다. 이때는 지형특성에 의한 강우 특성과 범람특성의 유사성 및 차이점 등을 규명할 수 있도록 그 현상의 발생요인과 발생과정에 대해 충분히 고려해야 한다.
- (2) 배수문이 없는 지역 등에서는 외수위가 상승함에 따라 제내지의 침수피해가 커지므로 외수위에 따른 내수침수 및 피해를 조사한다.
- (3) 내수배제계획 책정에 필요한 자료가 충분하지 않을 경우에는 수리 및 수문자료를 추가하여 관측하고 조사한다.
- (4) 일반적인 강수량을 조사하는 것이 어려울 경우에는 인근지점의 강우자료를 이용하거나 외수위와 관련된 과거의 주요 홍수 유출수문곡선을 수집하고 내수위와의 관계를 파악하여 내수처리방식을 결정할 필요가 있다.

11.2.4 방류하천 특성 조사

내수배제시설 및 지형특성과 관련하여 방류하천의 과거기록으로부터 빈도별 외수위 및 지속시간, 계획홍수위 및 홍수량 등을 조사한다.

11.2.5 관련계획조사

내수배제와 관련된 각종 사업계획, 도시개발계획 및 지역개발 계획등에 대한 조사를 실시한다.

해설

내수 배제계획 및 종합치수대책과 관련된 각종 사업계획, 도시개발계획 또는 지역개발계획 등에 대한 정보를 수집하고 필요시에는 관계기관과 충분한 협의를 실시한다.

11.2.6 침수지역 자산조사

- (1) 시설규모 결정이나 경제적 검토를 위한 기초자료로 활용하기 위하여 침수지역내 자산 조사를 실시한다.
- (2) 침수지역 자산조사는 시설규모결정시 경제조사를 위한 기초자료로 이용하기 위하여 조사하며, 지역통계자료 및 각종 행정세부관련 자료를 조사한다.
- (3) 내수 처리대책 방안이나 대안 별로 비용편익을 비교하여 타당성과 치수 경제효과를 조사한다.

제 12 장 하천환경조사

12.1. 일반사항

12.1.1 적용범위

- (1) 하천환경조사는 하천의 환경기능을 하천사업에 반영하기 위하여 하천의 전반적인 특성을 조사·분석하는 것을 말한다.
- (2) 하천환경조사를 통해 하천 환경을 개선시킬 가능성과 필요성을 인식하고 대상하천의 보전과 복원에 대한 정비주제 및 방향을 설정한다.
- (3) 공간적으로 하천의 수변공간에서 이루어지는 하천환경조사를 말한다.
- (4) 하천환경조사의 계획과 절차는 표준화되고 체계화된 방법으로 진행되어야 한다.

해설

- (1) 하천사업에서 하천의 치수, 이수, 환경기능(생물서식처, 수질, 친수기능 등)의 조화로운 관리를 위해 하천의 물리, 화학, 생물, 공간에 관한 다양한 특성을 조사·분석하는 것을 하천환경조사라고 한다.
- (2) 장기적인 관점에서 이용 가능한 자료를 체계적으로 수집·정리하여 향후 이루어 질 수 있는 하천사업에 활용 가능하도록 한다.
- (3) 하천공간을 중형적으로 구분하면 수역(물길)과 수계역(물가), 육역(홍수터)으로 구분할 수 있으며, 이를 통틀어 수변공간으로 정의한다. 하천환경조사는 이러한 수변공간에서 일어나는 물리, 화학, 생물, 공간 등에 대한 전반적인 조사이다. 특히, 기존의 물리 및 화학 위주의 조사에 하천생물조사를 보완하여 시행하는 것이다.
- (4) 하천환경 조사에 대한 구체적인 방법과 세부항목에 대하여는 「수변조사 및 모니터링 매뉴얼(국토해양부, 2004)」를 참조한다.

12.1.2 용어의 정의

- (1) 생태계 : 일정한 공간에서 생물 공동체와 이들의 생명 유지의 근원이 되는 무기적 환경이 서로 상호관계를 유지하면서 균형과 조화를 이루는 자연의 체계
- (2) 수변(水邊) : 수역(水域, 물길), 수계역(水際域, 물가), 육역(陸域, 홍수터)으로 이루어진 하천구역, 경관생태적으로 연속성이 있는 선형의 하천 회랑
- (3) 환경기능 : 동식물 서식처 기능, 수질의 자정기능, 경관 및 친수기능 등 하천의 자연적 기능
- (4) 하천환경 : 물과 그 주변공간 그리고 여기에 서식하는 생물의 통합체로 이루어진 하천 그 자체로서의 자연적, 인공적 모습을 말함
- (5) 하천환경정보도 : 하천환경의 특성을 종합적으로 관찰하고 해석하기 위하여 하천환경조사에서 수집, 정리된 정보를 도면상에 체계적으로 정리하여 가시화한 정보지도
- (6) RCS(River Corridor Survey) 지도 : 하천의 물리적 구조와 식생의 분포, 중요 서식처

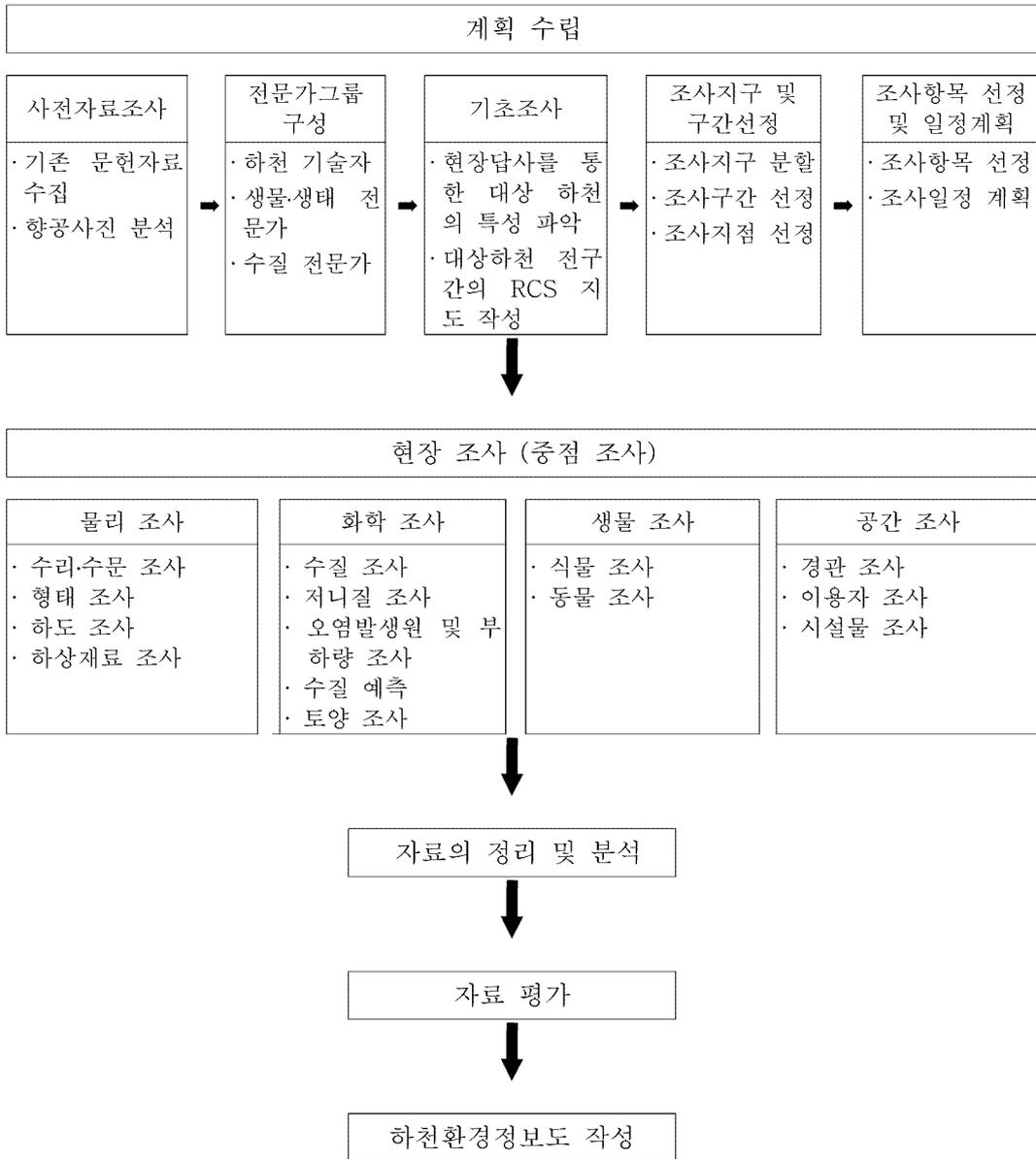
등을 정해진 기호나 약호를 이용하여 스케치한 지도

12.1.3 수행절차

하천환경조사는 전문가그룹을 구성하여 일련의 표준 절차에 따라 체계적으로 수행하도록 한다.

해설

- (1) 하천환경조사는 대상하천이 정해지면 <그림 12.1>과 같이 계획수립, 현장조사(중점조사) 실시, 자료의 정리 및 분석, 자료 평가, 하천환경정보도 작성 등 일련의 표준절차를 통해 수행된다.
- (2) 하천환경조사의 계획수립단계에서 사전자료조사를 한 후 전문가 그룹을 구성하여 기초조사, 조사지구 및 구간선정, 조사항목과 방법의 선정, 조사일정 등 계획을 수립한다.
- (3) 이를 기준으로 각 항목별로 현장조사(중점조사)를 실시하여 조사된 자료를 정리·분석한 뒤 평가한다. 그리고 이러한 결과를 하천환경정보도의 작성을 통하여 최종 정리한다.



<그림 12.1> 하천 환경조사의 수행절차

12.2 계획수립

12.2.1 사전 자료조사

기존문헌자료 수집, 항공사진 분석 등의 사전자료 조사를 통하여 대상하천의 특성을 파악하도록 한다.

해설

하천환경조사의 계획단계에서 <표 12.1>과 같은 기존 자료를 수집하고 항공사진을 분석하여 전체적인 대상하천의 특성을 파악하도록 한다. 이는 기초조사에서 현장답사를 수행하는데 기본자료 및 방향성을 제공하며, 향후 하천환경조사의 결과를 보완하고 검증하는데 필요하다.

<표 12.1> 사전자료조사의 수집자료 목록

분 류	자 료	발행기관
기초자료	지형도 및 수치지도	국토지리정보원
	항공사진(과거 ~ 현재)	
	토지이용도, 지질도	환경부 한국지질자원연구원
	유역도 및 수계도	건설교통부 한국수자원공사
유황 및 수질에 관한 자료	강수량, 풍속, 평균기온, 상대습도, 일조시간 기존 최대, 최소, 풍수, 평수, 저수, 갈수량 수질관측망 자료, 유량 측정망 자료	기상청, 환경부 지방자치단체 홍수통제소
측량자료	하도특성자료(중, 횡단면도 등)	하천 관리청
생물에 관한 자료	유역조사사업 및 하천정비계획의 생물편	건설교통부, 지방자치단체
	멸종위기 야생동식물 및 환경부 보호종 자료 자연환경 전국기초조사 자료	환경부
	학술조사자료	대학, 기타연구기관
인문, 사회자료	하천의 문화, 역사, 지형지물, 문화재 등을 담은 지방의 도감, 향토자료 등	지방자치단체 등

12.2.2 전문가그룹 구성

하천환경조사는 여러 분야의 전문가 그룹을 구성하여 계획, 조사, 분석 및 평가 그리고 자문을 실시한다.

해설

- (1) 하천환경조사는 하천의 종합적인 특성을 파악하는 과정으로 여러 분야의 조사를 포괄적으로 실시해야 한다. 따라서 여러 분야를 유기적으로 결합시킬 수 있도록 해당 분야의 전문가나 학자들로 구성된 전문가 그룹을 구성하여 조사, 분석 및 평가 그리고 자문을 실시하도록 한다.
- (2) 전문가 그룹에는 하천 기술자, 생물·생태 전문가, 수질 전문가 등이 포함된다. 특히 생물조사의 경우 세부 생물군별로 일정 자격요건을 갖춘 전문가가 참여하도록 한다.

12.2.3 기초조사

- (1) 기초조사는 대상하천 전 구간의 현지조사를 통해 개략적인 대상하천의 특성을 파악할 목적으로 수행한다.
- (2) 대상하천 전 구간의 RCS 지도를 작성한다.
- (3) 작성한 RCS 지도는 조사지구의 분할 및 중점조사를 실시할 조사구간을 선정하는 기본 자료가 된다.

해설

- (1) 하천환경조사는 기초조사와 중점조사로 구분할 수 있다. 기초조사는 대상하천 전 구간을 대상으로 현지조사를 수행하여 개략적인 대상하천의 특성을 파악하는 것이며, 중점조사는 이러한 기초조사 자료를 바탕으로 특정 조사구간을 선정하여 다양한 분야의 항목을 집중적으로 조사하는 것이다.
- (2) 기초조사에서는 대상하천 전 구간의 물리적인 구조와 서식처 특성을 개략적으로 파악하고 이를 공간자료화 해야 한다. 일반적으로 종단적으로 일정 거리마다 RCS 지도를 작성하여 하천의 물리적인 구조와 중요 서식처를 지도상에 나타내도록 한다.
- (3) 기초조사에서 작성된 전 하천의 RCS 지도를 이용하여 조사지구를 분할하고 중점조사를 수행할 조사구간을 선정하도록 한다.

12.2.4 조사지구 및 구간 선정

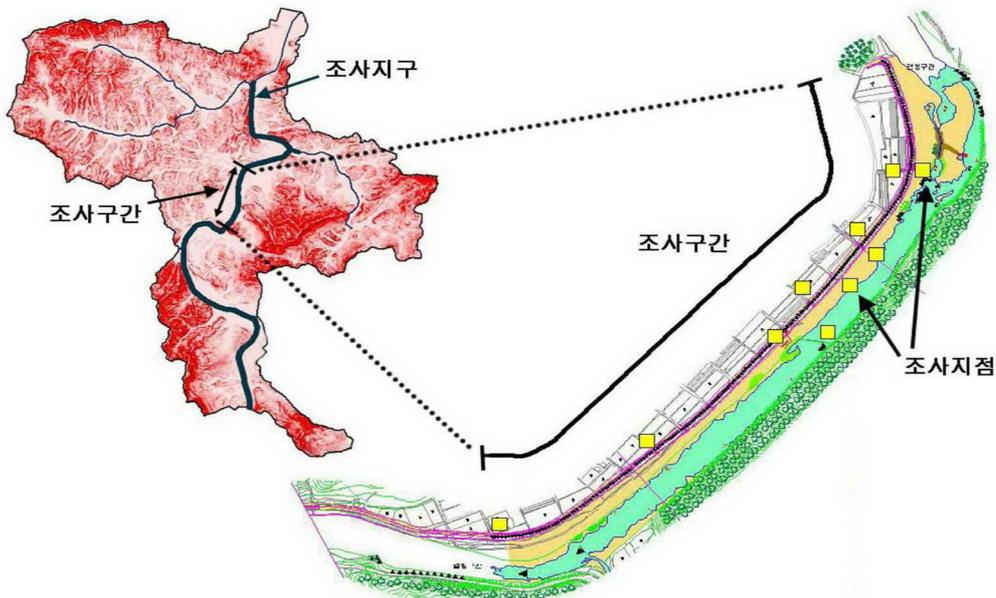
- (1) 조사지구 및 구간의 선정은 사업의 방향을 결정하고 결과의 품질을 좌우할 수 있으므로 신중하게 결정되어야 한다.
- (2) 대상 하천은 공간적 위계에 따라 조사지구 > 조사구간 > 조사지점으로 구분한다.
- (3) 조사지구는 대상하천의 길이와 구역구분의 특성을 고려하여 위치와 수를 결정하며 일반적으로 20km 단위로 구분한다. 조사구간의 선정기준은 조사지구의 특성을 대표적으로 나타낼 수 있는 구간으로 하며, 조사구간의 길이는 일반적으로 1~3km로 한다. 이는 관련 전문가의 자문을 구하여 선정하도록 한다.
- (4) 조사지구 및 조사구간의 선정은 기초조사의 결과 및 인공위성영상과 항공사진을 활용할 수 있다.

해설

- (1) 하천환경조사는 많은 인력과 사업비를 필요로 하는 만큼 일반적으로 수십 km 이상의 연장을 가지는 하천 전체에 대해서 집중조사를 실시하는 것은 예산과 전문가의 인력구성을 고려할 때 현실적으로 매우 어렵다. 따라서 대상하천이 결정된 이후에는 대상하천을 여러 개의 조사지구로 분할하고, 각 분할된 조사지구내에서 대표성을 갖는 조사구간을 선정하는 것이 대상하천의 특성을 파악하기 위한 현실적인 방법이라고 할 수 있다.
- (2) 일반적으로 대상하천에서 공간적인 조사지역의 구분은 <그림 12.2>와 같이 정의한다.
 - ① 조사지구: 대상하천을 목적과 특성에 맞게 일정한 종단길이로 분할한 대규모 공

간범위를 말한다. 일반적으로 하나의 대상하천을 여러 개의 조사지구로 구분한다.

- ② 조사구간: 각 조사지구의 특성을 대표하는 구간으로 집중조사를 수행하는 특정 구간을 말한다.
- ③ 조사지점: 조사지구 안에 수질측정, 투망, 방형구 설치 등 실제 조사행위를 실시하는 지점을 말한다. 일반적으로 하나의 조사구간 안에 여러 개의 조사지점을 설정하며, 조사항목의 특성에 따라 갯수와 위치가 결정된다.



<그림 12.2> 하천환경조사의 조사지역 구분

- (3) 조사지구는 대상하천의 길이와 구역구분을 고려하여 위치와 수를 결정하도록 한다. 조사지구는 일반적으로 약 20km의 종단길이 단위로 대상하천을 분할한다. 그러나 대상하천의 연장이 20km 미만일 경우에는 대상하천의 특성을 대표할 수 있도록 소수의 조사지구로 분할한다. 이러한 조사지구의 분할기준은 대상하천의 토지이용현황, 지류의 합류상황, 사업의 목적과 예산에 따라 합리적으로 조절될 수 있도록 해야 하며, 관련 전문가의 자문을 통해 이루어져야 한다.
- (4) 조사구간의 선정기준은 조사지구의 특성을 대표적으로 나타낼 수 있는 곳으로 한다. 단 조사지구내에 상이한 특성을 갖는 구간이 존재하면 여러 개의 조사구간을 선정할 수 있으며, 또한 유사한 특성을 갖는 조사지구가 연속되면 조사구간을 통합할 수도 있다. 일반적으로 조사구간의 길이는 생태계의 전반적인 특성을 파악할 수 있도록 1~3km 정도의 길이로 결정한다.

- (5) 조사지구와 구간의 선정은 대상하천의 전체의 연속성 및 특성을 종합적으로 파악하여 결정해야 하는 중요한 단계이다. 기초조사의 결과 및 인공위성 영상이나 항공사진을 촬영하여 대상하천을 연속적으로 면밀하게 검토하여 조사지구 및 구간선정에 활용한다.

12.3 조사항목 및 일정

12.3.1 조사항목 및 일정

- (1) 조사항목은 크게 물리조사, 화학조사, 생물조사 그리고 공간조사로 구분한다.
- (2) 조사일정은 사업의 목적과 조사항목의 특성을 고려하여 결정한다.

해설

- (1) 조사항목과 항목별 조사양식은 사업의 목적과 지역적 특성을 고려하여 결정한다. 일반적으로 <표 12.2>와 같이 물리조사, 화학조사, 생물조사 그리고 공간조사로 구분하고, 각 항목마다 세부조사를 수행한다.

<표 12.2> 하천환경조사 항목 및 시행방향

조사항목	세부항목	방법	일정	
물리조사	수리	수온, 유속, 수심, 유량, 홍수기조사	기상청 및 유량관측소 자료 이용 월별 및 홍수기 조사	
	수문	기온, 강수량, 증발산량	설계기준 5, 6, 7장 적용 일별·월별 홍수기 조사	
	형태	횡단, 평면, 종단형	측량 및 측량도	-
	하도	여울과 소, 사주, 수제 하도의 침식과 퇴적 기타특성(저수로와 고수부지 특성 등)	사진촬영 RCS지도 작성	계절별 및 홍수기 후 조사
	하상재료	측량, 입경분포, 기타특성(유사분포)	설계기준 9장 적용	계절별 및 홍수기 후 조사
화학조사	수질	BOD, COD, DO, SS, pH, T-N, T-P, 전도도, As, Cd, Cr, Hg, Pb, 총황, (TOC) 등	채수 및 화학분석	월별조사
	저니질	COD, 강열감량, pH, T-N, T-P, As, Cd, Cr, Hg, Pb, 총황	채니 및 화학분석	계절별 및 홍수기 후 조사
	오염발생원 및 부하량	오염발생원, 발생오염부하량, 배출오염부하량, 유출오염부하량, 유달률	-	-
	수질예측	하천수질예측, 호소수질예측	-	-
	토양	수분함량, 유기물함량, T-N, T-P, pH, 토양온도, 토성(입경분석) 등	채토 및 화학분석	계절별 및 홍수기 후 조사
생물조사	식물	식물상, 식생도, 군집구조, 식생단면	정성 및 정량채집	계절별 및 홍수기 후 조사
	미소생물	저서무척추동물, 육상곤충, 플랑크톤, 부착조류 등의 생물상, 서식상황	정성 및 정량채집	
	어류	어류상, 서식상황	정성 및 정량채집	
	양서파충류	양서류상, 파충류상, 서식상황	채집, 목견, 흔적조사	
	조류	조류상, 번식상황, 집단분포지	선 및 정점조사법	
	포유류	포유류상, 서식상황	채집, 목견, 흔적조사	
공간조사	경관	문화, 사회, 역사적 가치를 갖는 지형 지물, 장소	자료수집 및 현장조사	-
	이용자	이용자수 및 목적 및 개선사항	선 및 면적 조사 설문조사	이용자수가 많은 날
	시설물	수리구조물, 수문, 기타 시설	도면 및 실측조사	-

(2) 아시아 몬순기후의 특성상 하천환경조사는 사계절의 특성을 전부 파악해야 하는 장기 조사가 요구된다. 일반적으로 조사항목의 특성을 반영하여 <표 12.3>과 같이 매달 실시할 조사항목과 계절별로 실시할 조사항목을 결정한다. 조사일은 매월의 특정일로 확정해두는 것이 바람직하다.

<표 12.3> 하천환경조사 일정 계획(예시)

(조사일 : 매월 둘째 수요일)

항목		실시기간(월)												비고
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
물리조사	수리	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	수문	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	하도	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	하상재료	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
화학조사	수질	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	저니질		○		○		○		○		○			
생물조사	식물		○		○		○		○		○			
	동물		○		○		○		○		○			
공간조사	경관	자료수집 및 면접 등을 이용하여 지속적으로 조사												
	이용자	하계휴가철 등 이용자수가 많은 날												
	시설물	현장조사 및 측량자료 이용												

12.3.2 물리조사

- (1) 물리조사의 대상은 수리조사, 수문조사, 형태조사, 하도조사, 하상재료조사 등이 있다.
- (2) 수리조사는 유속, 수심, 유량 등 대상구간의 흐름 파악을 목적으로 월별조사를 기본으로 하며 홍수, 가뭄이나 태풍 등 특별상황에는 추가 실시한다.
- (3) 수문조사는 대상구간과 유역에 대한 기상자료 및 수위자료를 조사한다.
- (4) 형태조사는 대상구간의 지형변화를 파악하는 과정으로 평면형은 현황측량과 위성사진, 종횡단형은 종횡단측량을 이용하여 조사한다.
- (5) 하도조사는 여울과 소, 사주, 수제, 침식과 퇴적, 저수로와 고수부지 등 하도의 특성을 파악하기 위한 것으로 사진촬영과 RCS 지도를 작성한다.
- (6) 하상재료조사는 하상재료의 구성 분포와 변화양상을 파악할 목적으로 홍수기 전후 조사를 비중 있게 실시한다.

해설

- (1) 물리조사는 대상 하천의 형태, 재료의 구성, 흐름과 기상 등을 조사하여 서식처의 변화 과정을 파악하는 것이 목적이다.
- (2) 수리조사 및 수문조사, 형태조사, 하상재료조사는 본 하천설계기준의 5, 6, 7, 9장을 따른다. 또한 주변의 기상관측소나 수위관측소의 자료를 활용한다. 급격한 수리량의 변화뿐만 아니라 수충부 파악, 저수로 및 제방의 퇴적·침식 상황, 유심선의 이동, 통수능력 등의 조사를 수행한다.
- (3) 하도조사를 통해 서식처의 물리적 변화를 파악한다.

① 사진촬영은 중요 고정점을 선정하여 4계절 이상에 걸친 자료를 확보한다. 1개월

간격으로 실시하는 것이 기본이지만 홍수 발생 등 하도 변화에 특별한 영향을 미치는 현상이 발생하였을 때는 추가로 실시한다.

- ② RCS 지도를 작성하여 대상 하천의 물리적인 구조(저수로 선형, 여울과 소, 수계, 제방 등)와 식생의 분포, 중요 서식처 등의 공간특성을 약속된 기호와 부호를 사용하여 현장 스케치하거나 도면에 표시한다.

12.3.3 화학조사

- (1) 화학조사의 대상은 수질조사, 저니질조사, 오염 발생원 및 부하량 조사, 수질예측, 토양조사 등이다.
- (2) 수질조사는 공공 수역에서 하천수의 오염과 관련된 환경기준의 유지 여부와 달성기준을 파악하고 하천관리에 필요한 자료를 얻기 위하여 실시한다. 각 수역 내 기준지점과 추가지점을 선정하여 수질 및 유량을 동시에 관측함을 원칙으로 한다.
- (3) 저니질 조사는 하천 및 호소의 적정한 관리, 저니의 준설 필요성 및 준설방법, 준설토의 처분방법 등을 검토하기 위하여 실시한다.
- (4) 오염발생원 및 부하량 조사는 공공수역의 수질악화와 밀접한 관계가 있는 오염발생원의 파악과 그에 따른 발생 오염부하량, 유입 오염부하량, 배출 오염부하량, 그리고 유달률 조사를 의미한다.
- (5) 토양조사는 하천구역내 토양의 화학적 특성을 조사하여 토양의 영양염류 제거능력, 미세서식처 조건 및 식생과의 연관성을 파악한다.

해설

- (1) 수질이란 목적에 따라 측정지표가 다르지만 일반적으로 하천 수질기준에 제시된 항목을 대상으로 조사하여 부수성, 부영양성, 독성, 병원성, 혼탁성 등을 파악한다.
- (2) 이러한 지표는 수변구역내에서 살아가는 인간과 생물들에게 용수 이용가능성과 생물부양능력을 파악할 수 있게 한다.
- (3) 저니질은 물 밑에 침전, 퇴적된 오염물질의 상태와 오염의 연대를 파악하게 할 수 있으며, 수질과 밀접한 관련이 있다.
- (4) 하천의 토양은 하천식물과 다양한 동물이 살아가는 바탕이 되며, 미생물의 분해작용으로 물질의 순환이 활발하게 일어나는 공간이다. 하천 토양의 높은 생산성과 수변완충지대의 오염원 제거기능으로 중요성이 커지고 있다.

12.3.4 생물조사

- (1) 하천생물조사의 대상은 식생조사, 미소동물조사(저서무척추동물, 육상곤충), 어류조사, 양서파충류조사, 조수류조사(조류, 포유류) 등이 있다. 또한 호소환경이나 오염원분석을 위하여 미소동물조사에 플랑크톤과 부착조류를 추가할 수 있다.
- (2) 생물조사는 채집, 동정, 표본제작, 분석 등 여러 분야의 전문가와 인력이 투입되는 분야로서 체계적인 계획이 필요하다.
- (3) 하천생물은 분류군별로 계절에 따라 생활사(life cycle)가 달라지므로, 조사와 분석을

위하여 1년 이상 장기조사를 수행한다.

- (4) 생물조사시에는 분류군별로 하천구역에 서식하는 생물의 생태 및 중요 서식처를 동시에 파악하도록 한다.

해설

- (1) 생물조사는 동·식물의 생활사를 고려해야 한다. 특히 식물조사는 개화기와 결실기인 가을에 중점 조사를 수행하며, 조류조사는 동계조사시 겨울철새의 이동성과 서식처를 반영하도록 한다.
- (2) 하천에 서식하는 동물은 개체군과 군집에 따라 서식, 산란, 번식, 이동을 위한 다양한 공간(여울과 소, 하도습지, 하중도, 수제, 고수부지, 제방, 산지 등)을 필요로 한다. 특히 육상곤충류와 양서류는 생활사에 따라 수역과 육역을 모두 요구하므로 서식처 다양성을 함께 파악한다.
- (3) 생물조사를 수행할 때는 이동이나 조사시에 서식처 교란을 최소화하며, 채집된 동물은 동정 후 풀어주어야 한다. 표본제작이나 실험실 동정이 필요할 경우에는 최소한의 채집이 이루어져야 한다.

12.3.5 공간조사

공간조사는 하천의 인문, 지리적인 특성 및 지역사회의 요구를 반영하기 위한 방법으로 경관조사, 이용자조사, 시설물조사로 구분된다.

해설

- (1) 경관조사는 하천의 지질·지형, 역사와 문화를 조사하는 것으로서 조사구간내의 역사·문화 또는 심미적 가치를 갖는 구조물 또는 지형지물, 장소 등을 파악한다.
- (2) 이용자조사는 지역주민의 하천이용상황 및 요구사항을 조사하는 것으로서 지역주민의 이용형태와 빈도, 그리고 만족도와 개선사항 등을 조사한다.
- (3) 시설물조사는 식생으로 인한 가시장애가 없도록 가능하면 동계에 조사를 실시하여 지역주민의 접근성을 방해하는 시설, 흐름장애를 유발하는 구조물, 위해요소 등을 파악한다. 대상은 주로 하천 복개구간, 양·배수장, 유수지, 빗물펌프장, 하수처리장, 기타 시설 등이다.

12.4 자료정리 및 활용

12.4.1 자료정리와 평가

- (1) 항목별 조사 자료를 바탕으로 검증된 정성 및 정량분석법을 활용하여 교란 및 오염의 정도, 생태자연도 등 하천환경을 평가한다.
- (2) 생물자료를 이용한 평가에 있어 각 항목별 생물지표를 설정하여 하천사업에 반영하도록 한다.

해설

- (1) 물리조사의 평가는 계절별 하도의 변화, 수리 및 수문현상의 변동량 등을 파악하여 서식처의 변화를 조사하고 평가한다.
- (2) 화학조사의 평가는 하천의 오염여부와 생물부양능력을 판단하도록 진행되어야 한다.
- (3) 생물조사의 평가는 하천환경의 보전, 복원 또는 정비범위를 결정하고 사업의 목적과 목표를 설정하는데 중요하다. 특히 하천생물은 하천환경을 반영하는 지표가 되므로 <표 12.4>와 같이 각 분류군별로 중요종, 지표종, 복원종, 관리종 등과 같은 생물지표를 선정하여 하천환경을 평가하여야 하고, 하천사업의 계획, 설계, 시공, 유지관리, 모니터링 등에 반영해야 한다.

<표 12.4> 생물지표 선정근거 및 수행내용

분류	선 정 근 거	수 행 내 용
중요종	멸종위기의 야생동식물, 천연기념물, 환경부 보호종, 지역 고유종 등	종의 보호 및 서식처의 보전 및 개선을 위한 대책 마련
지표종	환경변화에 민감하고 현재의 오염수준을 나타내는 종	하천환경의 변화 모니터링
복원종	현재는 일부 또는 발견되지 않으나 양호한 하천환경에서 나타나는 대상 하천의 고유종	하천사업의 목표종으로 선정하여 복원종이 출현할 수 있는 환경을 계획 및 설계에 반영
관리종	고유종과 생태계를 위협하는 외래종이나 위해종	적극적 관리를 통해 제거

- (4) 공간조사의 평가는 경관 및 지역주민의 하천 이용상황 및 요구사항 그리고 불필요한 시설물 및 유해시설을 평가한다.

12.4.2 하천환경정보도

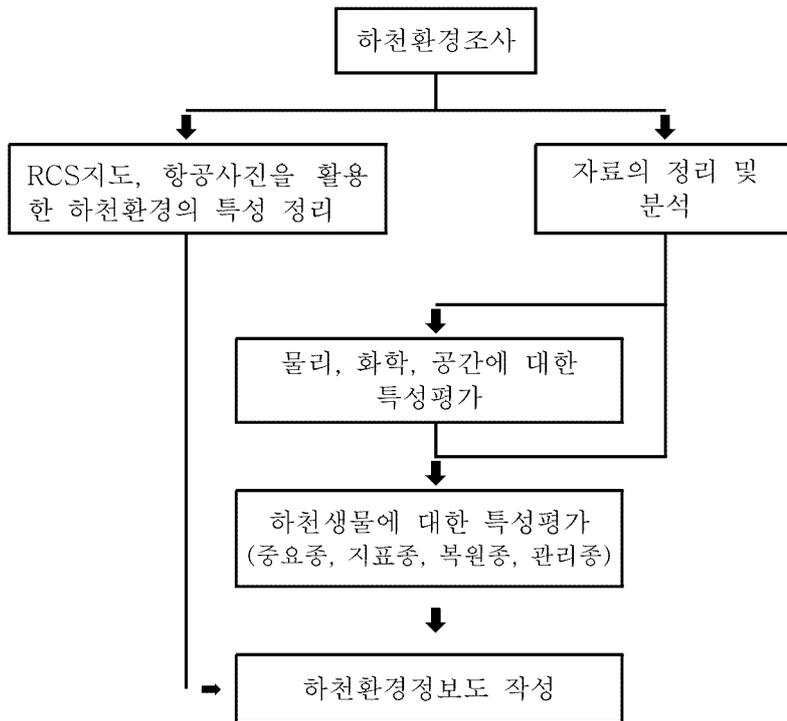
- (1) 하천환경정보도는 하천관리를 수행하는 과정에서 필요로 하는 하천에 관한 정보(물리, 화학, 생물, 공간 등)를 적절히 파악하는 것을 목적으로 한다.
- (2) 대상하천의 조사지구마다 조사구간의 하천환경특성을 반영한 하천환경정보도를 작성하도록 한다.

해설

- (1) 하천환경에 관한 자료가 일정양식으로 정리되어 있더라도 그 양이 방대하여 향후의 이용자가 조사자료를 파악할 때는 많은 수고와 노력이 필요하다. 그리고 다양한 분야와

항목을 조사하기 때문에 이용자가 결과 보고서를 보더라도 종합적으로 파악하기가 어렵다. 이를 위해서 조사를 수행한 대상하천과 조사지구, 구간을 나타내는 도면이나 사진 위에 조사자료를 정리하는 과정이 필요하다.

- (2) 하천환경정보도는 하천의 유역 및 환경특성을 종합적으로 관찰하고 해석하기 위하여 하천환경조사에서 수집된 정보와 평가내용을 도면상에 체계적으로 정리하여 가시화한 것이다.
- (3) 하천환경정보도는 하천환경조사의 자료와 분석결과를 집대성하는 역할을 하게 되어 각종 계획 및 설계의 수립, 사업의 실시, 모니터링 등 하천관리에 필요한 기본 자료로 활용될 수 있다.
- (4) 하천환경정보도는 하천환경조사가 완료되고 조사자료가 체계적으로 정리·분석된 상태에서 작성하며 일반적인 작성절차는 <그림 12.3>과 같다.



<그림 12.3> 하천환경정보도 작성 절차

- (5) 하천사업의 목적과 범위를 고려하여 하천환경조사를 전체적으로 설명하는 개요도를 먼저 작성하고, 대상유역의 특성을 정리한 유역도와 하천환경조사 구간을 정리한 구간도

를 작성한다.

12.5 수질조사

12.5.1 관측지점의 설정과 관리

- (1) 수질조사 관측지점은 기준지점과 추가지점으로 구분 설정하되, 추가지점은 기준지점 이외의 지점에서 수질관측이 필요한 경우에 대하여 추가로 설정한다.
- (2) 수질조사의 관측지점은 지도상에 도시하여 관리하고, 대상하천의 관측지점에는 관측위치 표지판을 설치하고 관리한다.
- (3) 수질조사를 위한 기준지점 선정시 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.
 - ① 환경부에서 설정, 운영하고 있는 수질조사 지점 중 국가하천에 위치한 지점
 - ② 공공수역의 수질이 종합적으로 파악될 수 있는 지점
 - ③ 치수, 이수, 그리고 하천환경관리상의 기준이 되는 지점
 - ④ 하천수를 이용하고 있는 주요 지점
- (4) 수질조사를 위한 추가지점 선정 시 고려하여야 할 사항은 다음과 같다.
 - ① 환경부에서 설정, 운영하고 있는 수질조사 지점 중 국가하천이나 지방하천에 위치하나 기준지점으로 설정되지 아니한 지점
 - ② 현재 유입수질이 본류 수질에 크게 영향을 미치고 있거나, 장래 영향을 미칠 것으로 예상되는 지천 및 배수로 등이 합류하는 위치의 상·하류 지점 및 합류 직전 지점
 - ③ 수량이 많은 지류가 합류하는 위치의 상·하류 지점 및 지류의 합류 직전 지점
 - ④ 하천에서 유역의 지형 및 지질이 변하는 지점
 - ⑤ 호소에 직접 유입되는 하천 및 배수로 중에서 그 호소 수질에 크게 영향을 미칠 것인가 장래 영향을 미칠 것으로 예상되는 유입하천 및 배수로의 유입 직전지점
 - ⑥ 호소의 유출입구, 중심부 및 기타 필요한 지점
 - ⑦ 이수와 관련된 호소의 주요 만곡부
 - ⑧ 기준지점 이외에서 하천수를 이용하는 지점
 - ⑨ 기타 특수한 오염상황을 나타내는 지점

해설

환경부에서 선정한 수질조사 지점은 유역환경청의 조사지점(하천수, 호소수, 상수원수, 농업용수, 공단배수 대상)과 시·도 보건환경연구원의 조사지점(하천수, 상수원수 대상)으로 구분되어 있다.

12.5.2 채수지점 및 채수위치

- (1) 하천(호소는 제외)의 채수 지점 및 채수 위치는 아래와 같다.
 - ① 하천수의 오염정도 및 용수의 목적에 따라 채수 지점을 선정한다. 단, 하천분류

와 하천지류가 합류하는 경우에는 합류이전의 각 지점과 합류후 충분히 혼합된 지점에서 각각 채수한다.

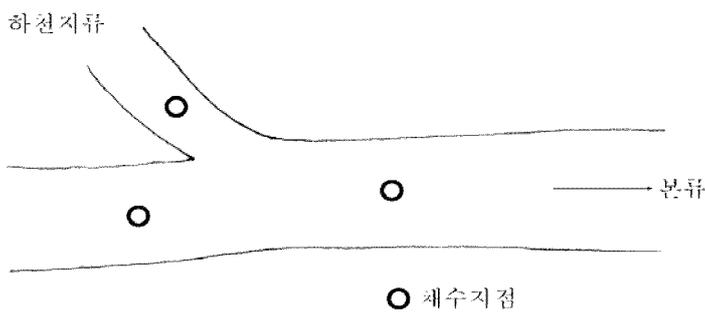
- ② 하천의 횡단면에서 수심이 가장 깊은 지점과 그 지점을 중심으로 하여 좌우로 수면폭을 2등분한 각각의 지점에서 수심이 2m미만인 경우 수심의 1/3에서, 수심이 2m이상인 경우 수심의 1/3 및 2/3에서 각각 채수한다.

(2) 호소에서의 채수 지점은 아래와 같은 사항을 참조하여 결정한다.

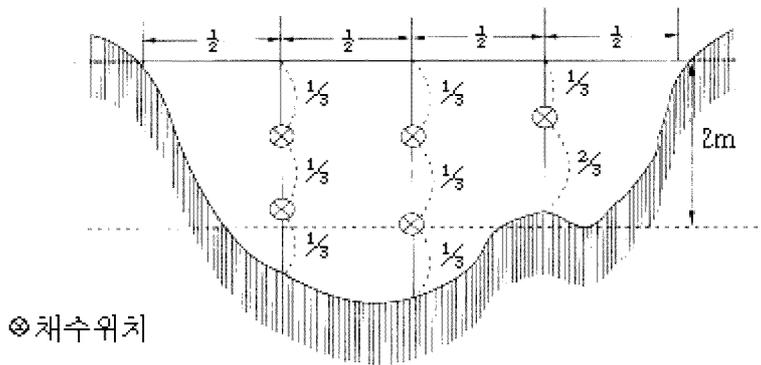
- ① 수역전체의 특성을 가장 대표할 수 있는 지점 (호심 또는 가장 깊은 곳 등)
- ② 주요 유입하천수가 유입된 후 충분히 혼합되는 지점
- ③ 호소수가 유출되는 지점
- ④ 호소수를 취수하는 지점
- ⑤ 폐수나 하수의 유입으로 항상 오염이 우려되는 지점
- ⑥ 호소로 온천수나 용천수가 유입되는 지점

해설

- (1) 하천수 채수 지점은 시료채취 목적에 따라 필요하다고 판단되는 지점 및 위치를 추가할 수 있다.
- (2) 하천수 채수시 수심이 얕은 경우에는 채수에 따라 하상의 저니토가 교란되어 하상에 부착된 조류(藻類)를 박리 시키므로써 이들이 시료중에 혼합될 우려가 있으므로 수면 부근에서 채수하는 것이 바람직하다. 그러나, 감조하천의 경우 상하의 혼합이 불충분한 경우가 많으므로 혼합이 강한 감조하천을 제외하고는 2점 채수가 요구된다. 수질 자동감시 장치 및 자동 채수 장치의 채수깊이도 이에 준한다. <그림 12.4> 및 <그림 12.5>는 하천수의 채수지점과 채수위치를 나타낸다.

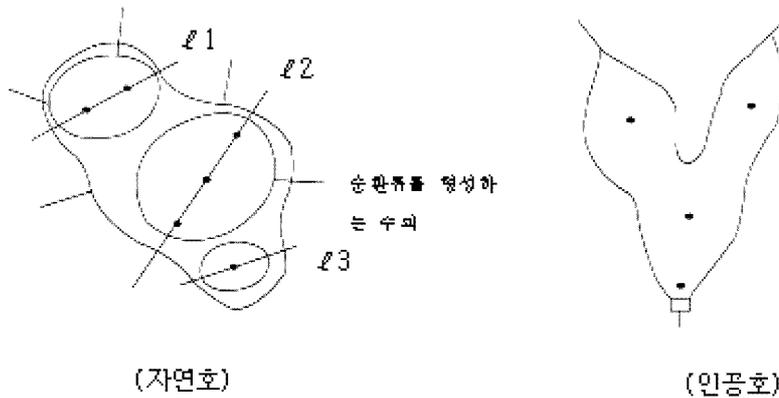


<그림 12.4> 하천수 채수지점



<그림 12.5> 하천수 채수 위치

- (3) 호소는 자연호와 인공호로 구분하고, 형태나 물의 체류시간에 따라 채수지점 및 채수위치가 달라질 수 있다. 일반적으로 자연호에서는 바람 등에 기인하는 순환류가 나타나는 경우가 많고 인공호에서는 하천의 유하방향으로써 일정흐름이 지배적인 경우가 많다.



* 측선 l_1 , l_2 , l_3 는 흐름방향에 대하여 수직이 된다.

<그림 12.6> 호소의 조사지점 선정

- (4) 호소의 수심이 3m 이상으로 수심방향의 수질 변화를 고려하는 경우에는 필요에 따라 표층(수면에서 0.5~1.0m 깊이), 변수층 또는 중층(전수심의 1/2깊이) 및 하층(저니토 표면으로부터 위로 0.5~1.0m 깊이)에서 채수한다. 수심이 3m 이하인 경우에는 중층 및 하층 채수는 생략할 수 있다.

12.5.3 측정항목

- (1) 하천(호소 포함)의 기준지점 및 추가지점에서 환경기준 외에 추가로 지정될 것으로 예상되는 항목 중 해당 수역에서 검출되고 있거나 장래 검출이 예상되는 경우, 필요에 따라 시안(CN), 수은(Hg), 비소(As), 유기인, 6가크롬(Cr6+), 카드뮴(Cd), 납(Pb), 폴리클로리네이티드비페닐(PCB), 음이온 계면활성제(ABS) 등을 포함한다.
- (2) 하천(호소 제외)의 기준지점 및 추가지점에서의 측정항목은 수위, 유량, 수온, BOD, 부유물질(SS), 용존산소량(DO), pH, 대장균군수(MPN), T-N, T-P 등이다. 단 필요에 따라서는 TOC도 포함할 수 있다.

해설

- (1) 위에서 정한 항목 중 하천(호소제외)의 대장균군수는 '환경정책기본법'의 환경기준 등급 IV, V로 설정된 하천에서는 그 필요성이 요구되지 않을 경우 생략하여도 된다.
- (2) 수질분석에 쓰이는 정량법의 종류 및 측정항목은 <표 12.5>와 같다.

<표 12.5> 수질분석에 쓰이는 정량법의 종류

정 량 법	측 정 항 목
흡 광 광 도 법	T-P, PO ₄ -P, NH ₄ -N, NO ₂ -N, NO ₃ -N, T-N, 클로로필a, Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Al
비 탁 법	SO ₄
원 자 흡 광 법	Na, K, Ca, Mg, Cu, Pb, Zn, Cr, Hg
Flame 광 도 법	Na, K
용 량 법	Cl, 산성도, 염기성도, Cs, Mg, DO, COD, BOD
형 광 법	클로로필 a
전 기 적 방 법	DO, pH, 전도도

12.5.4 측정횟수

- (1) 하천(호소 포함) 기준지점 및 추가지점에서의 측정횟수는 아래와 같다.
 - ① 측정항목 중 PCB와 유기인을 제외한 항목에 대하여는 분기별 1일 이상, 1일 4

회 정도로 측정한다.

- ② PCB와 유기인은 연 1일 이상, 1일 4회 정도로 하절기에 측정함을 원칙으로 한다. 단, 하루 동안 수질변동이 적은 지역 또는 산간부에서는 1일의 측정횟수를 적정횟수로 줄일 수도 있다.
 - ③ 하천의 수질변동이 예측되는 지점에서는 매달 주기적으로 수질조사를 실시함으로써 홍수기와 갈수기의 농도변화를 조사하도록 한다.
- (2) 하천(호소 제외)의 기준지점 및 추가지점에서의 측정횟수는 원칙적으로 월 1일 이상, 1일 6시간 간격으로 4회 정도의 측정을 실시한다.

해설

- (1) 하천(호소포함)의 경우 호소에서 1일에 2회 이상의 측정이 곤란한 경우에는 1일 1회의 조사만으로 대처할 수 있다.
- (2) 하천(호소포함)의 경우 오염물질이 유입되는 것으로 간주되는 지점에서는 주중과 주말을 포함하여 24시간(필요에 따라서는 48시간) 연속측정을 실시함으로써, 시간대별 하천 내 오염물의 농도를 조사할 필요성이 있다.
- (3) 하천(호소제외)의 경우 하루 동안 수질변동이 큰 하천에서는 필요에 따라 연간 2일 정도, 각 1일에 대하여 2시간 간격으로 13회 연속하여 조사하지만, 수질변동이 적은 지점 또는 산간부에서는 측정횟수를 적정횟수로 줄일 수 있다.

12.5.5 채수시기

- (1) 하천(호소 제외)의 기준지점 및 추가지점에서의 채수 시기는 아래와 같이 결정한다.
 - ① 하천의 기준지점 및 추가지점에서의 채수는 하천 수위가 일시적으로 증가되는 기간을 피하여 하천 유량이 비교적 안정된 평상유출시를 선택하여 실시하는 것을 원칙으로 한다. 감조하천에서는 이와 같은 조건 이외에도 강풍시 또는 강풍 직후를 피하여 하천유량이 안정된 시기에 실시하는 것이 원칙이며, 채수시각은 주간의 간조시간을 고려하여 정한다.
 - ② 감조하천의 채수는 주간의 간조에 수질이 가장 악화되므로 채수횟수 중 1회는 주간의 간조에 실시하도록 채수계획을 세운다.
 - ③ 시료채취는 홍수기와 갈수기 등 월별자료를 얻는 것을 원칙으로 하되, 하천에 영향을 미치는 오염원의 배출시간에 따른 영향을 알기 위하여 일별, 주중, 주말별 시료채취도 이루어져야 한다.
- (2) 호소의 기준지점 및 추가지점에서의 채수는 강우중 또는 그 직후의 증수기(增水期)를 피하여 유입하천 및 유출하천의 유량이 비교적 안정된 평상유출시를 선택하여 실시하는 것이 원칙이고, 강풍시 또는 그 직후의 채수는 피한다.

해설

- (1) 계절에 따라서는 저수유량 시 채수가 불가능한 경우도 있겠으나, 위에서 제시한 채수 시기를 준수하도록 노력하여야 한다. 단, 오염부하량 조사 등 홍수 유출시를 포함한 조

사의 경우에는 위의 채수 시기와 관계없이 조사목적에 따라 채수 시기를 결정한다.

- (2) 채수는 일요일 등의 휴일 및 그 직후 일은 가능한 피하는 것이 바람직하고, 강풍시 또는 강풍 직후에는 하상에 비교적 비중이 가벼운 저니질이 부유되어 측정오차를 유발시킬 우려가 있으므로 채수를 피한다.
- (3) 하천에서 시료채취는 어떠한 주기적인 원칙이 있는 것이 아니라, 주변상황이나 영향을 미치는 인자 등에 따라 탄력성 있게 시료채취가 이루어져야 한다.
- (4) 호소의 채수는 저수 유출시 실시함이 원칙이나 유입 오염부하량의 조사 등 강우시 또는 강우직후의 증수기에도 조사가 필요한 경우에는 위의 채수 시기에 관계없이 조사 목적에 따라 채수 시기를 결정한다.

12.5.6 채수방법

- (1) 하천수의 채수는 수심이 얇은 곳이 대부분이므로 특정한 채수 장비를 사용하지 않고 일반적인 폴리에틸렌 샘플통을 사용하는 것이 보통이다.
- (2) 호소수를 채수하는 경우, 호소의 수심이 깊으므로 채수장비를 사용하는 것이 원칙이다. 호소수의 채수장비는 정해진 수심에서 정확하게 채수할 수 있는 형식의 것이어야 한다.
- (3) 수질분석의 시료개수를 줄이기 위하여 혼합시료를 만드는 경우가 있으며, 이 경우 유량비에 따라 혼합시료를 만드는 것이 원칙이다. 또한, 시간에 따른 수질변화의 분석을 위하여 혼합시료를 만드는 경우에는 각각의 시료를 채취한 시각의 유량비에 따르고, 하천 등의 횡단면 평균의 혼합시료를 만들 때에는 횡방향 구분 유량비에 따른다. 단, 정체수역 등과 같이 유량비가 얻어지지 않는 경우에는 이 규정에 준하지 않아도 된다.

해설

- (1) DO용 시료채취의 경우에는 시료가 가능한 대기에 접하지 않는 형식을 갖춰야 하고, 세균시험용 시료의 채취는 미리 멸균처리된 세균용 채수장비를 사용한다.
- (2) 시료병의 경우 특수한 경우를 제외하고는 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌 광구병을 사용하며, 관측지점이 정해진 경우에는 가능한 한 같은 병을 매번 사용한다.
- (3) 사용하지 않는 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌병은 사용하기 전에 증류수를 가득 채우고 1~2주간 실온에 방치한 다음, 새로 증류수와 진한 염산(1L에 대하여 약 10ml)을 채우고 2~3일 방치한 후 증류수로 충분히 씻어 건조하여 사용한다.
- (4) 시료가 든 채 24시간 이상 실온에 방치한 시료병은 반드시 진한 황산으로 세척하고, 금속을 분석하기 위한 시료용의 시료용기는 채수 전에 미리 질산용액으로 세정해 놓은 것을 사용한다.
- (5) 혼합시료는 현장에서 만드는 것보다 각각의 시료를 분석실로 운반하고 분석실에서 만드는 것이 바람직하다.
- (6) 혼합시료를 만들어서는 안 될 수질항목으로는 pH, DO, 대장균수 등이 있다.

12.5.7 시료의 전처리 및 보관

- (1) 채취한 시료의 분석을 즉시 실시하는 것이 불가능한 경우에는 분석항목에 따라서 전처리를 현장에서 실시한다.
- (2) 전처리 한 시료는 최대 보관허용시간 이내에 분석을 실시한다.

12.5.8 수질오염 측정망의 현황

수질오염 측정망은 하천 및 호소 등 수질보전대상 공공수역에 대한 수질현황을 종합적으로 파악하여 수질변화 추세를 파악하고, 이미 집행된 주요정책사업의 효과를 분석하여 장래 수질보전대책 수립을 위한 기초자료를 확보하기 위하여 설치 운영된다.

해설

- (1) 수질오염 측정망은 환경정책기본법 제15조(환경상태의 조사·평가 등), 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제9조(상시측정 및 수질·수생태계조사) 및 상수도 관리규칙 제23조의 2(원수의 수질검사)에 따라 운영되고 있다.
- (2) 현재 수질오염측정망은 환경부(유역환경청 포함)가 중심이 되어 시·도 보건환경연구원, 한국수자원공사, 한국농어촌공사 등에서 운영하고 있다. 환경부는 하천수, 호소수, 공단배수와 도시관류에 대한 측정망을 운영하고 있으며, 시·도 보건환경연구원에서는 하천수, 호소수, 상수원수, 도시관류 그리고 한국수자원공사는 하천수, 호소수, 상수원수를, 한국농어촌공사에서는 농업용수에 대한 측정망을 운영하고 있다.

12.5.9 현장측정

- (1) 수질을 조사하기 위한 채수 지점의 현지에서 실시하여야 할 내용은 아래와 같다.
 - ① 조사지점 및 채수지점의 선정과 주변의 환경 조사
 - ② 채수
 - ③ 채수지점에서 각종 측정 실시 : 기온, 수온, 외관, pH, 투명도, 전기전도도(EC), 유량, DO, 채수일시, 수심 등
 - ④ 채수시료의 운반
 - ⑤ 현지에서의 측정작업
 - ⑥ 기록, 정리
 - ⑦ 조사 계획 검토, 수정
- (2) 수질을 조사하기 위한 채수 지점에서 채수 시 기록하여야 할 내용은 아래와 같다.
 - ① 채수일시, 기후, 기온, 수온
 - ② 수온, 물의 외관 및 냄새, 투명도
 - ③ 채수수심, 수위 및 유량
 - ④ 흐름의 상황 및 감조하천에서의 흐름 방향 및 조위
 - ⑤ 채수시에 수면의 유막 등과 같은 이상상태가 관찰될 때는 기록해 둬

해설

- (1) 대상수역에서 측정망별 항목, 조사횟수와 일정은 <표 12.2>에 준하되, 보다 상세한 조사를 요구할 경우에는 <표 12.6>을 참고한다.

<표 12.6> 측정망별 항목, 조사횟수 및 조사시기

12.5.10 수질분석 방법(실내분석)

수질에 관계된 환경기준이 정해진 수질항목의 분석방법은 환경부 고시 '수질오염 공정시험 방법'에 준한다.

수질분석을 위한 분석항목별 분석방법은 <표 12.7>과 같다.

구분	조 사 항 목	조사 횟수	시기 (월)	비고 (항목선정기준)
하천수	수위 또는 유량, pH, DO, BOD, COD, SS, T-N, NH ₄ -N, NO ₃ -N, T-P, 수온, Cl, 페놀류, 전기전도도, 분원성대장균군수, 총대장균군수	12회/년 (48회/년)	매월	하천수질환경기준 및 하천보호상 필요한 항목
	Cd, CN, Pb, Cr ⁺⁶ , Ag, Hg, ABS	4회/년 (12회/년)	3,6,9,12월	
	PCB, 유기인, TCE, PCE	1회/년	7월	
호소수	수위 또는 유량, pH, DO, BOD, COD, SS, T-N, NH ₄ -N, NO ₃ -N, T-P, 수온, 페놀류, 전기전도도, 분원성대장균군수, 총대장균군수, 식물성 플랑크톤(조류)	12회/년	매월	호소수질환경기준 및 호소수질변화상태과약항목
	Cd, CN, Pb, Cr ⁺⁶ , Ag, Hg, ABS, PO ₄ -P	4회/년	3,6,9,12월	
	PCB, 유기인, TCE, PCE	1회/년	7월	

<표 12.7> 분석항목별 분석방법

분석항목		분석방법	측정값의 표시
질소 (N)	NO ₃ -N	T-P, T-N을 제외한 모든 항목은 '수질오염공정시험방법'에 준하는 규격의 여과지를 사용하여 시료를 여과하여 그 여과된 액을 시료로 분석한다.	<ul style="list-style-type: none"> 수질분석값의 유효자릿수는 보통 2-3자리이나 유효숫자의 마지막자릿수는 그 오차를 나타내므로 결국 끝에서 2자리 숫자까지를 참값으로 간주한다. 대표적 수질항목의 표시한계는 별도의 지정이 없는 한 사용할 시험방법의 정량한계에 따른다.
	NO ₂ -N		
	Org.-N		
	TKN		
	T-N		
	NH ₄ -N		
인 (P)	T-P		
	PO ₄ -P		
Chl-a		아세톤을 사용하여 클로로필 색소를 추출하여 추출액의 흡광도를 측정한다(수질오염공정시험방법)	

12.6 저니질 조사

12.6.1 오염상황조사

- (1) 오염상황을 파악하기 위하여는 정기적으로 저지의 오염상태를 조사하여야 한다.
- (2) 오염상황을 조사하기 위한 각종 실험에서 조사되는 항목은 <표 12.2>에 준하되, 보다 상세한 조사를 요구할 경우에는 <표 12.8>를 참고한다.

<표 12.8> 퇴적물의 조사항목

구 분	조 사 항 목
총 량 실험	COD, 강열감량, T-N, T-P, 중금속(Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Zn)
용 출 실험	COD, T-N, T-P, PO ₄ -P, 중금속(Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Pb, Zn)
입경분포별 오염도 실험	COD, T-N, T-P, 중금속(Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn)
오염물질 존재형태 실험	P, 중금속(Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn)

해설

- (1) 호소에서 수중 오염물질 농도는 유입되는 오염물질 부하량 만으로 형성되는 것이 아니고, 퇴적물로부터의 용출물질 또는 조류 등에 의하여 영향을 받는다.
- (2) 수질은 어느 한 상태에서의 오염의 종합결과를 나타낸 것이다. 반면, 퇴적물은 물밑에 침전, 퇴적 오염물질의 상태를 나타내며, 오염의 연대를 나타내고 있다고 할 수 있기 때문에 수질과 밀접한 관계를 갖고 있다.
- (3) 하천바닥에 쌓이는 저지 중에는 유역에서 하천으로 배수된 유수에 포함된(유역 내에서 발생한) 오염성분이 퇴적되어 있으므로 저지질 조사로부터 과거에 유하된 수중의 오염성분을 파악할 수 있다.

12.6.2 기초조사

- (1) 오염상황 조사에 의하여 저지 조사로 과거에 오염된 상태를 파악할 수 있고, 하천이 오염되었다고 판단되었을 때는 그 오염의 정도를 규명하기 위하여 기초조사를 실시한다.
- (2) 기초 조사에서는 조사의 편리를 위하여 표층부만을 대상으로 한다.

해설

- (1) 기초조사에서는 오염상황조사와 거의 동일한 항목을 측정하나, 현장 상황에 따라 불필요한 것으로 인정되는 항목은 생략할 수 있다.
- (2) 저수지와 같은 폐쇄성 수역의 부영양화에 관계되는 항목인 총질소, 총인, BOD, COD 등에 대해서도 해당 수역의 오염상황에 따라 조사를 실시한다.

12.6.3 정밀조사

- (1) 기초 조사 결과에 의하여 오염대책 사업으로 오니에 대한 준설범위 등이 결정된다. 만일 준설이 필요할 때는 정밀조사를 실시한다.
- (2) 정밀조사시 하천에서는 기초조사 결과에 따라 저니가 오염되어 있거나 퇴적물이 퇴적되어 있는 구역 내에 50m에서 100m 간격으로 채니지점을 선정한다. 배수로 합류점과 배수구 바로 밑에도 채니지점을 선정하며, 오염이 심한 오염원에는 채니지점 간격을 보다 조밀하게 한다.
- (3) 퇴적물이 여러 개의 층으로 형성되었을 경우에는 각 층별로 분석시료를 채취하고, 퇴적물이 진층을 통하여 거의 일정할 경우에는 1m 간격으로 분석시료를 채취한다.
- (4) 시료의 채니는 동일지점에서 3회 이상 실시하며 이들을 혼합한 것을 저니시료로 한다. 깊이 방향의 저니질 조사를 실시할 경우, 원칙적으로 저니표면으로부터 1m 간격의 각 위치에서 상하 10cm 정도의 저니층을 채취하여 그 위치의 시료로 한다.

해설

- (1) 정밀조사 결과에 의하여 저니층의 준설범위, 준설깊이, 준설토량, 준설방법, 준설토의 처분방법, 준설공사의 진행절차, 준설공사 및 준설토에 따른 2차오염 방지대책 등에 관한 사항들을 결정한다.
- (2) 저니층의 퇴적이 긴 세월에 걸쳐 형성된 경우에는 퇴적물의 퇴적상태가 층상으로 존재하고 각 층별의 퇴적물 함유성분도 서로 크게 다른 것이 보통이다.

12.6.4 저니질 분석방법

- (1) 저니를 채취한 후 간극수를 분리하고 채니시료를 조제한 후 대표시료를 취하여 분석시료로 사용한다.
- (2) 간극수의 분리는 아래와 같은 과정을 거쳐 이루어진다.
 - ① 아크릴제 주상채니기를 수직으로 조용히 내려 저니를 채취한 후, 저니상부의 물을 사이폰으로 제거한다.
 - ② 하부로부터 밀어 올려 표층 5cm를 원심관에 취하고, 5,000rpm에서 20분간 원심분리하여 상등수를 간극수로 하며, 이와 같은 조작은 시료채취 후 가능한 짧은 시간에 실시하여 공기와의 접촉시간을 줄인다.
 - ③ 채니일시, 채니지점, 채취방법, 저질의 상태(퇴적물, 모래, 진흙별색, 냄새 등),

pH, EC 등을 조사하여 기록을 유지하여야 한다.

(3) 채니시료의 조제는 아래와 같은 과정을 통하여 이루어진다.

① 채취한 저니는 원칙적으로 이물질을 제거한 후 균등하게 혼합하여 500~1,000g을 청정한 폴리에틸렌 용기에 넣어서 실험실로 운반한다. 단, 교란되지 않을 시료 또는 주상시료에서 분석시료를 채취하는 경우에 시료량이 적으면 이에 따르지 않아도 된다. 또한, 시료는 운반도중 및 실험실 반입 후에도 분석시 까지 4℃ 정도로 보존한다.

② 채니시료가 공기와의 접촉으로 그 함유성분이 변할 가능성이 있는 항목에 대하여는 가능한 교란이 일어나지 않는 상태로 운반하여 분석한다.

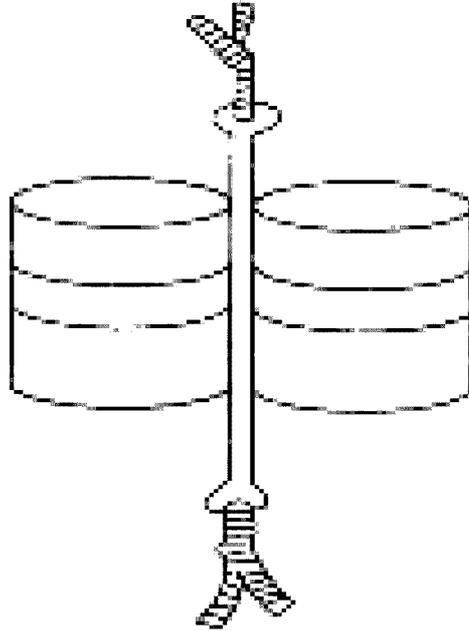
(4) 위의 과정을 통해 조제된 채니시료로부터 적당량의 대표시료를 취하여 이것을 5,000rpm으로 20분간 원심분리 하여 그 침전고형물을 분석시료로 사용한다.

해설

(1) 저니질의 분석시료에 대한 분석방법은 환경부 고시 '수질오염 공정시험법'에는 정확히 표기되어 있지 않으므로, 미국, 일본 등의 기준방법 등을 고려하여 분석한다.

(2) 침강물이 어떤 기간중에 침강하는 양을 $\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 또는 $\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{y}$ 또는 퇴적물 높이로 환산하여 mm/d 또는 mm/y 의 단위로 표현하고, 이것을 일반적으로 퇴적속도라고 한다. 침강물의 채취방법은 일반호소에서는 원통형 용기가 적합하고 직경이 5~10cm정도, 높이는 보통 직경의 3배 이상이 되어야 채집효과가 달라지지 않는다.

(3) 채취용기의 설치상태는 <그림 12.7>과 같다.



<그림 12.7> 채취용기의 설치상태(깊은 호소)

12.7 오염 발생원 및 부하량 조사

12.7.1 오염원의 개념 및 형태

하천이나 호소의 수질을 관리하기 위하여는 오염 진행과정의 규명이 중요하며, 그 요소인 오염물질의 종류 발생량 및 유출량 파악이 중요하다.

해설

- (1) 오염원을 점오염원과 비점오염원으로 나누어 부하량 추정을 하는 것은 전자는 직접적인 대책의 방향을 제시하는 것이고, 후자는 지형, 지질, 식생, 기상 등 자연조건과 밀접하게 관계되는 토지이용의 상태를 생각하는데 도움이 되기 때문이다.
- (2) 오염부하는 각종 장소에서 발생되고 어떤 것은 수질보전을 위한 배수처리가 되어 배출 오염부하로서 호소에 직접 또는 유입하천을 통하여 호소에 유출된다.

12.7.2 오염발생원 조사

- (1) 오염 발생원의 자료수집과 구역별 분류는 아래와 같다.

- ① 오염 발생원의 자료수집은 답사 및 지방행정부처의 자료를 이용한다.
 - ② 오염 발생원은 하천 및 호소에 유입하는 하천 또는 그 지천 유역별, 또한 이들에 유입하는 배수로(하수도 포함)시설 구역별로 분류하여 정리한다.
 - ③ 2개 이상의 행정구역이 하나의 단위 유역 내에 포함될 경우에는 각 행정구역별로 구분하여 정리한다.
- (2) 오염 발생원 파악을 위해서는 유역의 인문현황, 공장 및 사업장의 현황, 주요 오염발생원의 상황, 기타 자료 등을 조사해야 한다.

해설

- (1) 오염발생원 조사는 최종적으로 연단위의 통계를 필요로 하나 보다 구체적인 하천 수역의 수질관리 목적을 달성하기 위해서는 오염발생원별 원단위의 자료가 요구된다.
- (2) 호소와 같은 폐쇄성 수역의 부영양화 문제에는 수질악화가 심화되는 여름철의 오염발생량의 실태 파악이 대단히 중요하다.
- (3) 오염발생원 파악을 위한 조사항목은 아래와 같다.
 - ① 전체면적, 시가지 면적, 인구밀도
 - ② 인구, 세대수, 가옥수
 - ③ 하수도 정비상태
 - ④ 하수도 이용인구 및 가구수
 - ⑤ 정화조 이용인구 및 가구수
 - ⑥ 분뇨처리장 이용인구 및 가구수
 - ⑦ 공장, 사업장(위생시설, 상점, 사업소 등을 포함)의 업종(산업 세목 분류별)과 종업원수
 - ⑧ 공장, 사업장의 수원별 용수량(하천수, 지하수, 복류수 등)
 - ⑨ 공장, 사업장의 사용 원료 및 제품별 수량
 - ⑩ 공장, 사업장의 매출액
 - ⑪ 공장, 사업장의 배수량과 배수 수질
 - ⑫ 공장, 사업장용 배수시설과 배수상황
 - ⑬ 공장, 사업장의 분뇨처리 현황과 배출수 상황
 - ⑭ 각종 하폐수 처리시설의 배수량과 배수수질
 - ⑮ 시가지 면적(투수 지역과 불투수 지역)
 - ⑯ 관광, 숙박업소 및 관광객 수
 - ⑰ 연구소, 병원 등의 화학약품 및 오염배출수
 - ⑱ 온천, 골프장, 광산폐수의 양과 질
 - ⑲ 농경지 면적(논, 밭) 및 사용비료의 종류와 양
 - ⑳ 관개용수의 취수 및 배수 실태
- (4) 오염원의 배출 특성에 따라 월별 변동이 매우 심한 축산폐수, 관개용수(용수의 배수특성 및 비료 사용특성), 관광객수 등은 월별통계가 요구된다.

12.7.3 발생오염부하량 조사

- (1) 발생 오염부하량은 오염발생원 조사결과에 기초하여 실측치 또는 원단위를 이용하여 산출한다.
- (2) 발생 오염부하량의 산정은 아래와 같이 실시한다.
 - ① 발생 오염부하량은 인간생활, 인간의 생산 활동, 가축의 사료 등의 발생원에서 발생된 오염물의 전체 부하량이라 한다.
 - ② 발생 오염부하량의 산정시 수질오염 관련인자는 인간활동에 의한 배출물, 공장 및 사업장의 생산, 사업 및 상업활동 등에 의한 배출물, 가축 및 어류의 사육에 의한 배출물, 농경지 배수에 따른 배출물, 삼림 등 자연수 등에 포함되어 있는 물질 등이다. 따라서 발생 오염부하량은 이들 오염원별로 배출 총량을 구하고 실측결과 또는 기타지역에서 측정되어 산출된 오염원별 오염부하원단위를 이용하여 계산한다.
 - ③ 이외의 발생 오염부하량에는 자연발생 부하, 강우 및 유출에 의한 발생 부하 등이 있다. 이들에 대한 발생 오염부하량 산정 필요성이 있는 경우, 측정 또는 산출하여야 한다.

해설

- (1) 비점오염원의 발생부하는 일반적으로 간헐적으로 이루어지며, 이와 같은 간헐적 부하량은 유량과 농도에 영향을 주는 인자에 크게 영향을 받는다.
- (2) 도시유출의 경우 비점오염원의 발생부하량은 강수량에 따라 크게 좌우되며, 연간 부하량비와 매 유출유형에 대한 평균부하량비를 추정할 수 있다.
- (3) 비점오염원의 경우 도시에서 유입되는 것은 일반적으로 농도로 표시하고, 농촌이나 대기에서 유입되는 것은 지역적 질량비에 의해 표현된다.

12.7.4 배출오염부하량 조사

- (1) 배출 오염부하량은 모든 오염원에서 발생된 오염부하량 중 처리에 의하여 감소된 부하량을 고려하여 산정하되, 원칙적으로 실측치를 기준으로 한다.
- (2) 발생 오염부하량으로서 산출해야 할 배출 오염부하량의 종류는 BOD, COD, 총질소(T-N) 및 총인(T-P) 등이 있다.

해설

- (1) 일반적인 점오염원은 인간의 생활활동에 따라 처리 또는 미처리되어 배출되는 오염물질과 생산활동에 따라 유해물질이 배출되는 산업폐수로 나뉜다.
- (2) 연속적인 흐름의 경우 유입되는 부하량은 아래와 같다.

$$W(t) = Q(t) * c(t) \quad (12.1)$$

이 때 $c(t)$ 는 유입농도 $[M/L^3]$, $Q(t)$ 는 유입유량 $[L^3/T]$ 이며, $W(t)$ 는 유입질량 $[M/T]$ 이다.

(3) 폐수의 방출량은 시간에 따라 변화하며, 연속 변화시의 평균치를 알고 있다고 해도 갑자기 변화하는 부하량을 직접 또는 간접으로 필요로 할 때가 있다.

12.7.5 오염부하 원단위 산정

- (1) 원단위 산정을 위한 오염 발생원에서의 부하량 조사는 처리전의 배출수에 대하여 실시한다. 부하량은 1일(24시간)에 발생하는 배수량과 그 배수중에 포함되어 있는 1일 평균 BOD, COD, T-N, T-P, TOC로부터 구한다.
- (2) 오염 발생부하량 산정에 사용되는 오염부하 원단위는 어떤 형태의 처리시설도 통과하지 않은 배출수의 부하량으로부터 산정되고, 공장폐수, 축산폐수 등의 부하량 산정은 처리시설 유입전의 배수에 대하여 측정한다
- (3) 시설 처리후의 부하량 조사는 처리수가 하천, 배수로에 배출되기 전에 처리시설에 인접한 적절한 위치에서 실시한다.
- (4) 각 배출원별 배수량과 배수수질은 통상 시간변동이 크므로 유량관측 및 시료채취의 빈도를 증가시켜 측정치의 정도를 향상시킨다.
- (5) 유량관측 및 시료채취는 배수가 연속적으로 일어날 경우에도 최소한 1일(24시간) 6회 이상 실시하여야 한다.
- (6) 오염부하 원단위는 필요에 따라 BOD, COD, T-N, T-P, TOC 등의 항목에 대하여 구한다.

해설

- (1) 처리시설에 따라서는 처리과정에서 희석수를 첨가하는 경우도 있어 유입량과 배출량이 다른 경우도 있으므로 주의하여야 한다. 또한, 지하침투에 의해 배출량이 감소하는 경우도 있다. 시설 처리후의 부하량을 구하는 대상은 가정용 분뇨정화조, 일정 규모이상의 건물용 오수정화시설, 공장폐수처리시설 등이 있다.
- (2) 평균수질은 채취시료별로 분석하여도 좋으나, 매 채취시간의 유량비에 따라 혼합시료를 구성하여 분석할 수도 있다.
- (3) 원단위의 산정기준은 발생량 기준, 유출량 기준, 유달량 기준의 세가지로 구분되어질 수 있다.
- (4) 원단위 산정 기준 중 발생량 기준 원단위는 유역 내 토지 등으로부터 단위 시간에 발생한 양을 말하며, 유출량 기준 원단위는 발생 오염원에서 수역으로 유출되는 양을 말하고, 유달량 기준 원단위는 특정 지점까지 오염원이 배출, 즉 유달되는 양을 기준으로 한다.
- (5) 오염부하 원단위 산정에서는 사람은 1인 1일당, 가축은 1마리 1일당, 공장과 사업장은 매출액당, 농경지와 삼림은 1ha(또는 km²)당, 분뇨처리장과 분뇨정화조는 사람 1인 1일당, 하수처리장은 처리인구 1인 1일당 등으로 구한다.
- (6) 일반화된 원단위는 각 배출원에서 얻어진 각각의 원단위에 대한 자료를 수집·분석하고

통계처리 함으로써 구한다.

12.7.6 유출오염부하량 조사

- (1) 유출 오염부하량 조사지점은 유출 오염부하가 해당 하천 및 호소 등 수역에 유입되기 직전에 측정되는 위치에 정한다.
- (2) 유출 오염부하량 조사지점은 원칙적으로 다음 요건을 만족시켜야 한다.
 - ① 유역의 모든 배수가 배출되는 지점
 - ② 횡단방향의 혼합이 충분하여 수질이 균등하다고 인정되는 직선 부분
 - ③ 유량관측, 시료채취가 용이한 위치
- (3) 유출 오염부하량의 측정항목은 원칙적으로 유량, BOD, SS 이외에 COD, 질소(T-N, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N), 인(T-P, PO₄-P), 중금속류(Hg, Cd, Pb, Cr 등), 유독 물질(시안, As 등), TOC, Cl 등으로 한다.
- (4) 유량은 수위-유량곡선의 사용이 가능할 경우 수위만을 측정해도 된다. 또한, 측정항목은 상류의 오염원 상황과 해당 수역 및 그 영향 수역의 상황을 고려하여 정한다.

12.7.7 강우시 유출오염부하량 조사

- (1) 강우시의 유출 오염부하량은 평상시와는 크게 다르며, 유출부하량 조사만으로는 불충분하므로 강우시의 유출 오염부하량 조사를 실시한다.
- (2) 호소 등의 수질은 장시간에 걸쳐 유입된 오염부하량에 의하여 좌우되므로, 호소 등에 유입되는 하천에 있어서는 이 조사가 반드시 실시되어야 한다. 단, 호소 등에 유입되는 하천은 관측항목에 인과 질소를 포함시킨다.
- (3) 측정 시간간격은 하천의 규모에 따라 다르나, 강우 초기에는 충분히 짧은 간격(수십분 정도의 간격)으로 하고, 시간 경과에 따라 간격을 크게 조정한다.

해설

- (1) 일반적으로 강우 초기에는 유역 또는 하상 등에 퇴적되어 있는 오염 부하량이 한꺼번에 씻겨 나가기 때문에 이때의 오염부하량은 대단히 크다.
- (2) 강우시의 수질은 유량의 시간적인 변동으로 인하여 그 변화가 크다. 특히 강우 초기의 수질은 급격히 변화한다. 그러므로 유량과 수질의 시간분포 형태를 파악할 수 있는 시간간격의 측정이 필요하다.

12.7.8 유달률의 산정

- (1) 현재의 유달률은 대상 유역, 지천의 유역, 각종 오염원으로부터의 유출 오염부하량과 배출 부하량을 이용하여 산정한다.

- (2) 장래의 유달률은 현재의 유달률을 기초로 하고 장래의 개발상황, 하수도의 정비상황, 배수의 배출기준, 하천 및 수로의 개수상황 등을 고려하여 추정한다.

해설

- (1) 현재의 유달률은 해당 수역에 유입하는 하천의 유입지점에서 지천, 배수로 등으로부터의 유입 오염물질에 의한 부하량과 그 지점 상류부에 있는 모든 오염원으로부터의 배출 부하량의 비로써 나타낸다.
- (2) 유달률은 '유달부하량/배출부하량'으로 산정된다.

12.8 수질예측

12.8.1 하천(호소 제외)의 수질예측

- (1) 오염예측을 실시할 경우에는 하천수질현황, 장래발생 및 유입 오염부하량, 하천 유형에 대한 조사를 실시한다.
- (2) 하천수질의 현황조사에는 자정작용조사, 유입부하량 현황조사, 하천의 물질수지조사 등이 포함된다. 또 필요에 따라 조류(藻類) 생산량조사, 하상저니에 의한 용존산소 소모량 조사 등도 병행하여 실시한다.
- (3) 위와 같은 항목을 분석시험하기 위해서는 현장조사시 수질측정을 위한 시료채취 이외에 하상의 변화가 있다고 간주되는 최소한 4개지점 이상의 지점에서 유속측정과 수심, 하폭 등의 조사가 선행되어야 한다.
- (4) 유량이 많은 시기는 수질이 희석되어 BOD의 측정 등에 오차가 발생하기 쉽고 하상퇴적물이 떠오름에 따라 수질이 악화되는 등의 이유로 부적합하므로, 자정작용조사는 유량이 비교적 안정된 평수시, 저수시 및 갈수시에 실시한다.
- (5) 조사항목은 유량, 수온, BOD, COD, DO, 용해성 BOD, 탈산소 계수, SS, 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소, 클로로필a 등이다.

해설

- (1) 하상의 물질수지 계산은 부착판을 일정주기동안 하상에 부착시켜 부착판에 접촉된 물질의 무게를 산정함으로써 가능하다.
- (2) 하천의 자정작용조사는 상류로부터 하류로 하천수의 유하과정 중에서 수중에 포함되어 있는 BOD, DO가 어떻게 변화하는가를 추적하는 조사이다.
- (3) 자정작용조사를 위한 구간은 다음 조건을 만족시키는 구간으로 선정한다.
 - ① 유량관측지점이 정비되어 있고, 조사구간의 상류단 및 하류단에서의 수위-유량 곡선이 작성되어 있어야 한다.
 - ② 조사구간 내에서는 하천수의 흐름상태, 특히, 하상경사 및 수질이 급변하지 않아야 한다.
 - ③ 조사구간 상하류단의 측정지점에는 하천흐름의 횡방향 수질이 일정해야 한다.

- ④ 하천수의 BOD가 적어도 3mg/L 이상이고, BOD의 측정이 오차의 범위에 들어가지 않아야 한다.
 - ⑤ 조사구간에 유입하는 오염원이 비교적 집약되어 있으며, 유입부하량의 실측이 가능해야 한다.
 - ⑥ 조사구간의 길이는 조사시점의 유량으로 유하시간이 4시간 이상인 구간이어야 한다.
 - ⑦ 현장지역을 대표할 수 있는 하상(콘크리트, 자갈, 모래, 진흙)을 포함하고 있는 지점을 선택하여 조사한다.
- (4) 유하시간의 측정은 임의 유량시(평수시 및 저수시 또는 갈수시)에 실시한 예비조사결과를 근거로 작성된 수위-유량곡선을 이용함으로써 그 시점에서의 유량에 대한 유하시간을 산정한다.
 - (5) 자정작용 조사시에는 조사구간의 대상 지류, 배수로 및 본류 측정지점에서의 유량관측(단, 기존 유량관측소가 있는 지점은 제외), 채수 및 필요한 현지조사를 실시한다.
 - (6) 각 지류, 배수로 및 본류의 각 측정지점에서는 조사시점의 유량을 기준으로 예비조사에서 추정된 각 지류 및 배수로 합류지점까지의 유하시간, 본류 측정지점까지의 유하시간을 기준으로 그 시간 전후에 30분 간격으로 현지측정을 실시한다.
 - (7) SS 및 용해성 BOD는 침전에 의한 BOD 감소를 평가하기 위하여 측정한다.
 - (8) 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소는 질소화합물의 자정작용에 미치는 영향을 파악하기 위한 측정한다.

12.8.2 호소의 수질예측

- (1) 호소 내 오염물질의 거동 및 물질수지를 파악하기 위하여 현황조사, 장래 발생 및 유입부하량 조사와 더불어 물질수지조사를 실시한다.
- (2) 부영양화가 문제되는 경우에는 현황조사에 수생생물 조사를 추가한다.
- (3) 채수 및 현지측정의 시간간격은 조사측정항목에 따라 정한다. 일반적으로 수온, DO, pH는 가능한 한 짧은 시간간격으로 하고, 기타항목은 수질의 시간변화가 없는 경우 6시간 간격으로 1일 4회 채수한다.
- (4) 호소 내에서 채수깊이는 수심방향으로 평면적인 농도분포곡선을 작성할 수 있도록 정한다. 이 때 하나의 측정지점 당 채수는 특히 수심이 낮은 지점 등을 제외하고는 표층, 중층, 하층의 3층에서 실시한다.
- (5) 조사항목은 그 필요성에 따라 다르겠지만, 호소 내 및 유출하천의 시료에 대하여 기온, 수온, 투명도, pH, COD, 용해성 COD, SS, DO, TOC, 총인, 용해성 총인, PO4-P, 총질소, 용해성 총질소, 암모니아성 질소, 아질산성 질소, 질산성 질소, 클로로필 등을, 강우 시료에 대해서는 총인, PO4-P, 암모니아성질소, 아질산성 질소, 질산성 질소 등을, 저니질에 대해서는 수분, 강열감량, BOD, COD, 총인, 총질소 등을 측정한다.

해설

- (1) 호소에서 수질예측은 상류유역에서 발생된 오염물질이 하천 및 배수로를 통하여 유입

되어 저수지에 체류한 후, 하천으로 유출되는 과정에서 호소 수질에 어떤 영향을 미치며 어떤 상태의 유출수 수질로써 하천으로 유출되는가를 예측하기 위한 것이다.

- (2) 호소에서 수질예측 지점은 필요에 따라 하천 및 배수로 등 저수지에의 유입부하량을 관측할 수 있는 위치, 저수지로부터 하천으로 유출부하량을 관측할 수 있는 위치와 더불어 호소내의 수질변화가 심한 위치 및 호소 수질을 대표하는 지점으로 한다.
- (3) 호소내 수질조사 지점에서는 유역으로부터 유입유량 및 유입 오염부하량이 비교적 적을 경우에는 호소의 형상 및 수심 등에 따라 차이는 있겠으나 호소 내 측정지점의 수를 줄일 수 있다. 그러나 유역으로부터의 유입수량 및 유입부하량이 비교적 클 경우에는 호소내 수질 농도차이가 크게 생길 수 있으므로 측정지점 수를 증가시킬 필요가 있다. 이때 측정지점수 결정은 수질의 등농도곡선이 무리 없이 작성될 수 있을 정도로 정한다.
- (4) 현지조사는 호소 내에 적절히 배치한 측정지점에서 수질조사구역에서의 유입유량과 유입 오염부하량조사, 해당 구역에서의 유출유량 및 유출 오염부하량 조사와 더불어 해당 구역 내의 풍향, 풍속, 수위, 확산상황, 강우량, 강우의 수질, 저니질 등의 조사를 실시한다.
- (5) 유역에서 유입유량 및 부하량 조사는 호소내 조사와 동시에 실시함이 바람직하다. 이것이 곤란할 경우에는 호소의 조사일과 거의 동일한 상태로 판단되는 날을 선정하여 실시해야 한다. 조사방법도 본 장 '12.7.6 유출오염 부하량조사'에 준한다. 호소에서의 유출유량, 유출 오염부하량에 대해서는 호소 내 조사와 동시에 실시한다. 단, 호소로부터의 유출량의 측정은 조사일로부터 적어도 1주일 전, 가능한 한 4주전까지의 자료를 수집한다.
- (6) 호소내의 풍향, 풍속, 수위는 대표지점에 대해서도 조사일로부터 1주일 전, 가능한 한 4주정도 전까지의 자료를 수집할 필요성이 있다. 호소 내의 관측이 곤란한 경우에는 호소내의 것과 유사하다고 판단되면 유역 내 자료로 대치해도 좋다. 호소의 저니 채취는 저수지내의 수질 조사일과 상이해도 큰 문제는 없으나, 채니일은 수질 조사일에 가능한 가까운 날로 정한다.
- (7) 확산상태의 조사는 수질조사일에 가까울수록 좋고, 이에 필요한 유황, 풍속, 풍향 측정도 그 조사일을 적절히 선정하여 실시한다. 여기서 산출된 확산계수는 평면적인 확산만이 산출된 것으로 실제 확산계수의 신뢰도를 파악하기 위한 참고치로 이용된다.
- (8) 호소의 경우 수질조사항목도 크게 유기물, 영양염류(인, 질소) 및 호소 내 생물 생산량과 생물 호흡량에 관계하는 항목들로 나누어지며 이들의 수질성분은 수생생물 환경과의 관계로부터 해석해야 한다. 따라서 분석 대상시료수가 증가되어 채수로부터 분석까지의 허용시간 범위 내에서의 분석이 불가능 할 우려가 있으므로, 분석능력을 고려하여 분석의 일부를 생략하거나 대상시료 수를 줄일 수도 있다.
- (9) 호소의 장기적인 오염도의 예측을 위하여 오염물이 하상에 쌓이는 속도를 측정할 필요가 있으며, 퇴적물에서 오염물질이 용출되는 과정도 실험하여야 한다.
- (10) 퇴적속도를 파악한다는 것은 퇴적 저니의 광역적, 장기적인 환경을 이해하는데 필요할 뿐만 아니라, 부영양화 현상에 있어서 저니에 포함되어 있는 부영양화와 관련물질의 존재상태나 거기에서부터 영양염 용출현상을 규명하는 데도 중요하다.
- (11) 호소의 영양도는 유역의 상태와 호소가 갖고 있는 자연지리학적, 수문학적 조건에 의하여 결정되며, 수심이 비교적 얇은 호소의 영양도를 결정하는 중요한 인자로서 호소

바닥의 퇴적물이 중요한 역할을 한다.

- (12) 과거에는 호소바닥을 영양염 등이 축적되는 장소로만 생각되어 왔으나, 수심이 얕은 호수에서 유입부하량의 계산이 가능해지자, 이른바 내부부하의 중요성이 지적되고 있으며, 이러한 저니질 예측의 목적은 내부부하량의 계산 및 저니 준설작업 등에 필요한 자료를 얻는데 있다.
- (13) 저니질의 조사시기에 있어 저니질 내에 함유된 물질이 수자원이용에 악영향을 미치는 시기를 포함시키는 것을 원칙으로 하고, 해당 수역에 대하여 수질조사실시가 예상되어 있는 경우에는 수질조사실시 시간에 맞추는 것이 바람직하다.
- (14) 호수에서의 저니질 조사는 조사 대상 수역의 규모 및 예상되는 오염정도에 따라 개황 조사를 실시하고, 주요 유입하천이나 배수구 주변지역 등에 있어서는 지점을 늘린다.
- (15) 일반적으로 저니질은 수질보다 불균등하고 지점간의 차이가 크며, 수심에 따라서도 다를 경우가 많다. 따라서 조사지점은 호수의 채수 조사지점 뿐만 아니라 호안대를 대표하는 지점을 선정할 필요가 있고, 조사빈도는 원칙적으로 두 달에 한 번씩 한다.

12.9 토양조사

12.9.1 조사의의

- (1) 하천에서 토양은 하천식물과 다양한 동물이 살아가는 바탕이 되며, 미생물의 분해작용으로 물질의 순환이 활발하게 일어나는 공간이다.
- (2) 하천의 토양은 유수 및 기온, 식생의 영향을 받게 되므로 공간적, 계절적인 변화 특성을 갖게 된다.
- (3) 토양의 생지화학적 과정을 조사하여 하천구역내로 유입되는 오염물질의 제거능력 및 식생과의 연관성을 파악한다.
- (4) 하천의 토양조사를 통하여 수변구역내의 식생분포 및 미세서식처 조건을 파악할 수 있다.

해설

- (1) 토양이란 모암이 풍화작용과 토양생성작용을 받아 이루어진 산물로서, 모암의 종류, 풍화의 정도, 토양생성과정에 따라 다양하게 분류된다. 특히 하천에서 토양은 유수에 의한 침식과 범람으로 인한 퇴적의 영향을 받게 되어 산림이나 기타 지역과는 독특한 구성과 특성을 갖고 있다.
- (2) 물가와 홍수터의 토양은 제내지에서 흘러드는 비점오염물질과 상류에서 내려오는 오염물질을 저감하는 역할을 한다. 또한 하천의 토양은 전이대(Ecotone)로서 높은 생산성을 가지며 다양하고 풍부한 생물의 서식처로 기능한다.
- (3) 하천에서 토양조사는 최근 비점오염물질을 제거하는 수변완충지의 역할이 요구되면서 그 중요성이 커지고 있다. 수변 토양에서 오염물질을 제거하는 매커니즘은 물리적으로는 여과, 흡착과정, 생물학적으로는 식물에 의한 흡수, 미생물에 의한 분해과정, 그리고 화학적으로 탈질화 작용을 포함한다. 토양조사를 통하여 이러한 생지화학적 과정을 중

합적으로 파악하도록 한다.

- (4) 하천에서 식물상과 식생군집의 분포는 토양의 수분 및 유기물, 영양염류, 산성도, 토성 등의 토양특성과 밀접한 관련을 갖는다. 특히 저수로에서 홍수터, 제방에 이르는 식생 단면의 변화는 이러한 토양특성의 분포를 조사함으로써 그 연관성을 파악할 수 있다. 또한 수변공간내의 다양한 미세서식처는 독특한 토양특성을 나타내고 있으므로 이를 조사하여 생물의 서식조건을 파악하도록 한다.

12.9.2 조사항목과 방법

- (1) 조사구간의 토양특성을 대표할 수 있도록 적절한 조사지점을 선정한다. 조사구간내의 토양조사의 지점은 지도상에 표기하도록 한다.
- (2) 토양조사는 계절별로 실시하되, 특히 홍수 후 범람에 의한 토양특성의 변화를 파악하도록 한다.
- (3) 토양조사의 항목은 토양 수분함량, 토양 유기물함량, 토양산성도(pH), 토양 총질소(T-N), 토양 총인(T-P), 토양 온도, 토성 등을 포함하며, 필요시 토양 총유기탄소(TOC) 및 중금속(시안, Cr, Cu, Cd, Pb, As, Hg 등)을 추가할 수 있다.

해설

- (1) 하천의 토양은 유수 및 기온, 식생의 영향을 받게 되므로 공간적인 변화 특성을 나타낸다. 특히 중단적인 변화를 파악하기 위하여 최소한 조사구간의 상, 중, 하류에 세 개의 횡단면을 선정한다. 그리고 하도습지, 하중도 등의 특이한 서식처가 존재할 때는 추가하도록 한다.
- (2) 선정된 횡단면에서 토양의 횡단특성을 파악하기 위하여 저수로에서 제방까지 여러 곳의 조사지점을 선정한다. 선정된 조사지점에서 분석을 위한 충분한 양의 시료를 채취한다.
- (3) 하천의 토양은 기상, 유황, 식물의 생활사 등에 의해 변화한다. 따라서 계절별 및 홍수 후 범람시에 조사를 실시하여 시간에 따른 토양의 변화특성을 파악하도록 한다.
- (4) 채취한 토양시료는 조사항목에 맞게 전처리하여 '토양오염공정시험법' 등의 검증된 방법에 따라 분석한다.

12.10 식물조사

12.10.1 조사의의

- (1) 하천에서는 유수에 의한 지형형성과정이 역동적이며, 계절에 따라 유수량이 변화하므로 하천식생의 구조와 공간적 분포는 다양하게 나타나게 된다. 식물은 생태계에서 일차생산자로서 동물을 위한 서식처와 먹이를 제공하는 중요한 역할을 담당하고 있다.
- (2) 식생조사의 목적은 조사대상 하천에서 식생 분포, 식생 구조 및 식물상의 현황을 파악

해야 한다.

- (1) 하천식물은 주기적인 범람에 의해 극상에 이르지 못하고, 자연적, 인공적 교란에 의해 변화를 계속하는 역동적인 구조를 갖고 있다. 따라서 산림식생과는 차별적인 종 및 군집특성을 나타내게 되므로, 조사방법과 항목 또한 이러한 특성을 고려하여야 한다.
- (2) 각종 하천사업과 하천관리를 효과적으로 수행하기 위하여 하천 식물에 대한 기초정보를 정기적이고 계속적으로 수집하여 정리할 필요가 있으며, 이러한 식생자료는 하천에 대한 평가, 하천 관리, 사업계획 수립과 실시, 모니터링 등에 활용된다.

12.10.2 사전조사

사전조사는 문헌조사, 식생도에 사용될 밀그림 준비, 현장답사 등이 있다.

해설

- (1) 문헌조사에서는 조사구간의 식물상, 특정종(천연기념물, 보호종) 등을 포함한다. 조사구간에만 한정하지 않고 대상 하천의 상·하류와 인접한 제내지에 관한 문헌도 수집한다.
- (2) 최근의 항공사진 혹은 측량도 및 지형도를 수집하여 현장 조사를 실시하기 전에 조사대상 하천구간의 식생도 밀그림을 작성한다.
- (3) 현장 답사를 통하여 식생의 분포상황, 제내지, 제외지의 지형 등을 파악하고 조사구간의 개관을 파악할 수 있는 사진을 촬영한다.

12.10.3 조사항목과 방법

- (1) 조사대상 식물은 양치식물과 종자식물을 포함한 유관속식물로 한정한다.
- (2) 식생조사에서 수행할 조사항목은 아래와 같다.
 - ① 식물상 조사: 조사대상 하천구간의 식물상을 파악한다.
 - ② 식생도 작성: 조사대상 하천구간의 식생도를 작성한다.
 - ③ 군집구조 조사: 식생도에 표시된 군집에 대하여 식생구조를 기록한다.
 - ④ 식생단면 조사: 식생단면도와 주요 우점종을 조사한다.
- (3) 식물상 조사는 계절별로 시행하되 식생도, 군집구조, 식생단면 조사는 가을조사에서 집중적으로 수행한다.

해설

- (1) 하천식물은 산지하천의 상류를 제외하고는 일반적으로 초본류가 우점하며 계절에 따라 종 및 군락구성을 달리하게 된다. 초본류는 서식형태에 따라 침수식물, 부유식물, 정수식물, 습생식물로 구분하며, 하반림은 관목과 교목으로 구분하여 조사를 수행한다.
- (2) 식물상 조사는 조사구간에서 출현하는 종을 확인하여 종명을 기록한다. 하천은 수분조건, 침수빈도 등에 따라 출현종이 횡단방향으로 변화하므로 강가에서 제방까지 횡단하는 몇 개의 답사로를 선정한다. 현장에서 동정이 어려운 식물은 채집하여 후에 상세히

동정하고 표본으로 제작한다.

- (3) 식생도 작성을 위하여 제방, 교량, 산등성 위 등 비교적 높은 곳에서 전망한다. 군락의 경계는 실측을 통하여 구분하여 사전조사에서 준비한 밑그림을 활용하여 식생도를 작성한다. 일반적으로 군집의 구분은 경관과 우점종에 따르는 것을 원칙으로 한다.
- (4) 군집구조는 식생도 작성에서 기록된 군집에 방형구를 설치하여 조사하고 계층구조와 구성종, 피도를 함께 조사한다.
- (5) 식생단면 조사는 조사구간의 대표적 군집을 포함하는 제방과 제방사이를 횡단하면서 식생단면도를 스케치하고 출현한 식물종을 계층별로 기록한다. 식생단면의 조사는 가능한 지형조사에서 횡단측량을 실시하는 지점이 바람직하나 식생이 단순한 경우에는 변경할 수 있다.

12.10.4 자료정리

- (1) 사전조사에서 수집한 자료는 그 출처와 내용을 적절하게 정리한다.
- (2) 현장조사의 결과는 식물상 조사표, 식생도, 식물군집 조사표, 식생단면 조사표 등을 이용하여 정리한다.

해설

- (1) 식물상 및 군집 조사표에는 출현한 모든 종 및 군집의 종류와 수, 특징을 함께 기술한다.
- (2) 식생도를 정리할 때는 식생도 상의 축척을 고려하여 군락의 면적 집계표를 작성하며, 이는 향후 식생도를 비교할 때 식생의 변화를 정량적으로 파악하는데 기초자료가 된다.

12.11 미소생물조사

12.11.1 조사의의

- (1) 본 장에서의 미소생물이란 호소나 하천구역내에서 서식하는 작은 생물을 가리키는 것으로서 저서무척추동물, 육상곤충, 플랑크톤, 부착조류를 대상으로 한다.
- (2) 미소생물은 상대적으로 종수 및 개체수가 막대하여 조사, 동정, 분류 등에 보다 많은 전문성이 요구되는 분야이지만, 환경변화에 대한 민감성을 갖고 있어 수질을 비롯한 수생태계의 환경질을 판단할 수 있는 지표생물의 역할을 담당한다.
- (3) 따라서 미소생물조사를 통하여 각 생물군의 수중 생식상태(군집구성, 분포, 현존량, 성장상태, 시간변동 등)를 파악함으로써 수질, 서식처 등의 실태파악이 가능하다.

해설

- (1) 물리·화학적 조사가 조사당시의 실태만을 파악할 수 있는 것에 비해 미소생물조사는 어

는 정도 과거의 상태를 누적시켜 놓은 결과로서 얻어진다는데 의의가 있다.

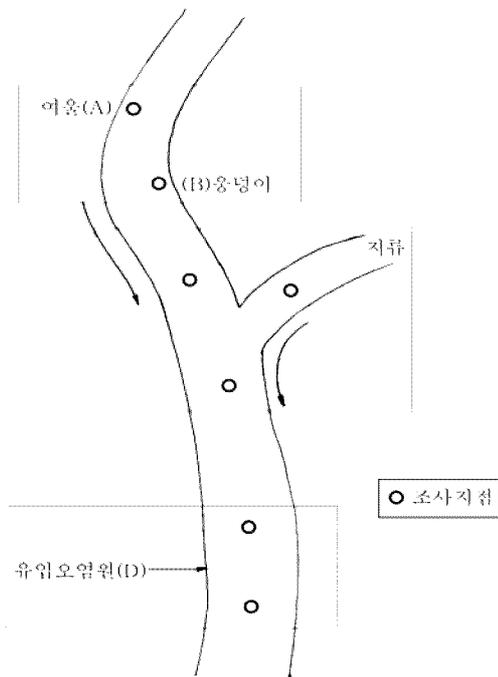
- (2) 미소생물 중 수중이나 하상에 서식하는 분류군은 오염원이나 수질에 민감한 지표성을 갖고 있는 경우가 많아서 호소를 포함한 하천수의 오염상태에 관한 정보(생물학적 수질, 오염의 전반적 상태, 오염원의 분포상태, 오염부하강도) 또는 수역내의 영양염류의 부영양상태, 생물학적 자정능력, 생물생산력 등을 파악하기 위한 기초자료로 활용할 수 있다.

12.11.2 사전조사

사전조사는 문헌조사, 현장답사, 조사지 선정, 현장조사 계획수립 등을 포함한다.

해설

- (1) 문헌조사의 정리내용에는 그 지역의 미소생물상, 각 생물의 출현시기, 분포상황, 특정종(천연기념물, 보호종)을 포함한다. 가능한 대상하천이 포함된 수계를 중심으로 문헌을 수집하도록 한다.
- (2) 현장 답사에서는 유량, 유속, 여울과 소의 상황 등 하천형태와 하상재료, 식생 및 하안의 정비 상황, 하천횡단시설 등을 파악하여 조사지점 후보지를 선정하고 아울러 조사방법에 대해서도 검토한다. 현장 답사에서 식생의 분포상황, 제외지의 지형 등을 파악하고 전체를 파악할 수 있는 사진을 촬영한다.
- (3) 하천에서는 다양한 환경이 존재하는 넓은 지역을 조사지로 선정한다. 대상 하천의 미소생물상이 충분히 파악될 수 있도록 이전의 문헌조사, 현장답사의 정보 및 조사대상 하천구간의 하천 형태를 고려한다. 본류에 여울(A), 웅덩이(B), 유입하는 지천(C), 그리고 유입오염원(D)이 있는 경우의 조사지점은 <그림 12.8>과 같이 선정한다. 호소에서 지형을 고려하여 호소와 유입하는 본천의 접합점, 만유입부, 호심부, 연안부 등에 조사지점을 선정한다.
- (4) 조사회수는 조사의 목적 및 대상에 따라 다르나, 하천에서는 1개월에 1회 정도가 가장 일반적이고 호소 등은 최저 연 2회(여름과 겨울)를 실시하는 것이 바람직하며, 일반적으로 2~3개월에 1회 정도이다.
- (5) 호소 등은 물이 일정 시간동안 체류하므로 조사간격을 하천보다는 길게 잡을 필요가 있다. 그러므로 저수지의 경우 내부 물의 순환상태를 충분히 고려하여 조사회수를 결정해야 한다.



<그림 12.8> 미소생물 조사지점

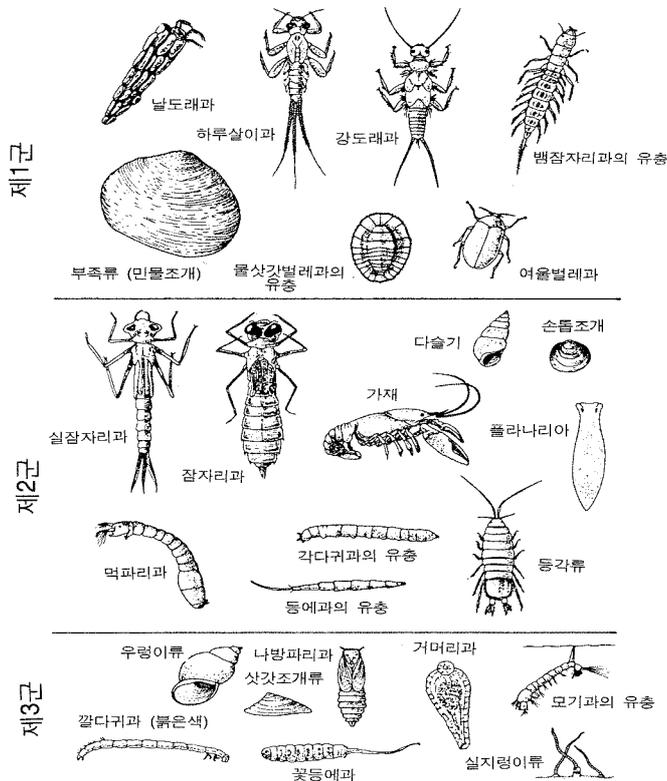
12.11.3 저서무척추동물의 조사항목과 방법

- (1) 저서무척추동물(이하 ‘저서동물’이라 함)은 종수가 다양하고 개체수가 많기 때문에 수중 생태계의 저차 소비자로서 어류, 조류등의 먹이가 되어 수중생태계 유지에 큰 역할을 담당한다. 또한 하천으로 유입되는 낙엽 등의 주요 분해자로서 하천내 유기물을 공급하는 역할을 담당한다.
- (2) 저서동물은 수서곤충류, 환형동물, 갑각류, 패류 등을 대상으로 한다.
- (3) 저서동물은 대다수가 수질오염에 민감하므로 수질오염에 대한 지표생물로 많이 이용되며, 화학조사로는 나타낼 수 없는 생물학적 수질을 평가할 수 있다.
- (4) 저서동물상의 파악에는 정량채집 외에도 여러 장소에서 채집하는 정성채집이 필요하며, 정성채집은 충분한 시간에 걸쳐서 실시하도록 한다. 또한 저수지, 하구역에서 채취하는 방법과 하천에서 채취하는 방법으로 나누어 실시한다.

해설

- (1) 저서동물은 하천과 호소의 하상의 모래, 자갈, 진흙 등의 표면이나 내부에 서식하는 동물을 가리킨다. 하천에서는 절지동물에 속하는 수서곤충류가 저서생물의 주류를 이루며, 그 외에 갑각류, 연체동물, 환형동물 등이 대부분을 차지한다.
- (2) 수서곤충류에는 하루살이류, 강도래류, 날도래류, 뱀잠자리류, 갑충류, 쌍시류 등이 많이 발견된다. 수서곤충류는 하천의 유속과 유량에 따라 분포가 불규칙하고, 생활사에 따라 형태변이가 크므로 정량적 채집이 어렵다.

- (3) 저서 생물의 군집구조를 변화시키는 주요 원인은 유기물 및 독성 오염이나 하상 구성물 교란으로 인한 서식처 변화이다. 따라서 저서동물 군집의 환경 교란에 대한 반응은 점오염원이나 폐기물등의 수질오염의 영향을 평가할 때 유용하다.
- (4) 정성채집에서는 여러 환경에 서식하는 저서동물을 채집하는 것을 목적으로 한다. 담수역에서는 다음과 같은 조사장소를 선정하여 채집한다. 그러기 위해서는 기본적으로 서버넷(suber net), D형 채집망, 족대, 갈퀴 등을 준비하나, 상황에 맞게 여러 가지 채집장비를 이용하여 채집한다. 저수지나 하구역에서는 에크만·바지 채니기를 이용하여 채취하는 것이 일반적이다.
- (5) 정량채집은 유속이 빠르고, 수심이 무릎 정도 깊이에서 실시한다. 이와 같은 장소가 없는 지구에서는 가급적 흐름이 있는 장소에서 실시하도록 한다. 각 조사장소의 채집회수는 2회로 하고 각각의 방형구를 샘플화한다. 2개의 샘플을 하나로 합치지 않는다.
- (6) 현장조사를 실시한 조사지구에 대해서는 평면도에 저서동물의 서식환경의 특징을 표현할 수 있도록 여울·소 등의 분포, 구조물, 수체부의 상황 등을 기록하고 분포상황을 표시한다.
- (7) 저서동물의 지표생물 채취방법은 수질오염의 정도가 다른 계류에서 저서무척추동물을 채취하여, <그림 12.9>와 같이 3군으로 분류하거나 과(科)의 수준까지 분류한다.
- ① 제1군(오염에민성 생물) : 깨끗한 계류에서만 살고 오염에 지극히 예민하므로 물이 오염되면 살지 못한다.
 - ② 제2군(오염임의성 생물) : 깨끗한 계류와 오염된 계류에서 다같이 살고 어느 정도 유기물이 있는 곳에서 더 많이 서식한다.
 - ③ 제3군(오염내성 생물) : 유기물로 오염된 계류에서 살고 유기물오염에 내성이 크다.
- (8) 저서동물의 조사결과는 ESB지수(Ecological Score of Bentic Macroinvertebrate Community)를 적용하여 하천의 환경질의 평가와 생태환경 및 수환경을 평가하는데 활용한다.



<그림 12.9> 물의 오염정도를 나타내는 저서무척추동물의 지표생물

12.11.4 육상곤충의 조사항목과 방법

- (1) 하천에서 육상곤충 조사 목적은 하천의 구간에 따른 육상곤충 분포, 군집구조 및 육상 곤충상의 현황을 파악하는데 그 목적이 있다.
- (2) 조사대상 생물은 하천내에 서식하는 절지동물문 곤충강에 속하는 동물로 한정한다.
- (3) 조사시기 및 조사회수는 원칙적으로 봄, 여름, 가을의 3계절을 포함하고 3회 이상 실시 하여 곤충의 계절적 변화를 파악할 수 있도록 설정한다.
- (4) 현장조사는 임의채집법, 스위핑법, 털어잡기법 및 함정채집법 등에 의해 조사지구의 여러 장소에서 채집을 실시하고, 필요에 따라서 그 외의 적절한 조사방법을 이용한다.
- (5) 현장조사에서 채집한 육상곤충은 성충을 대상으로 가급적 종 및 아종까지 동정한다. 유

충, 알 등에 대해서도 중명이 판명된 것은 기입한다.

해설

- (1) 하천의 육상곤충은 하천의 수변부와 고수부지 내의 초지류에 주로 서식하며, 생물다양성유지, 주변 지역의 소동물 유인, 생태계의 저차 소비자로서의 역할을 수행하고 있다.
- (2) 곤충류는 지표면에서부터 나무 위까지 모든 육상에서 관찰되는 곤충을 대상으로 한다. 따라서 유생기가 수서성인 일부 곤충의 경우 저서성 대형무척추동물에 속하지만 육상곤충에 포함시킨다.
- (3) 조사시기는 성충이 우화해 있는 시기가 적당하지만 같은 종류라도 지역에 따라 우화시기가 다르기 때문에 조사대상 하천구간마다 다르게 설정할 필요가 있다.
- (4) 현장조사는 조사지구 내의 다양한 환경에서 가급적 많은 곤충 종을 채집·확인 하는 것을 목적으로 한다.

① 임의채집법은 발견한 곤충이나 거미류를 포충망을 이용하거나 손으로 직접 채집하는 방법으로 대상생물에 따라 다양한 기법을 적용한다.

(가) 관찰 채집 : 곤충을 육안으로 발견하여 포충망을 이용하거나 손으로 직접채집 하는 방법이다. 잠자리류, 대형나비류, 메뚜기류, 물장군, 물방개류 등 다양한 종류의 곤충류를 대상으로 할 수 있다.

(나) 목격법 : 잠자리류, 나비류, 벌류, 매미류, 메뚜기류 등 대형으로 눈에 띄는 곤충이나 울음을 내는 곤충은 채집하지 못하더라도 목격 또는 울음소리에 의해서 종의 식별이 가능한 경우가 있다.

(다) 돌돌기 채집 : 특히 강바닥에서 먼지벌레류, 방아벌레류, 집게벌레류 등을 채집하는데 효과적인 방법이다.

② 스위핑법 : 수림지, 관목림, 초원에서 쓰이는 방법으로 포충망을 힘껏 흔들어서 풀이나 나뭇가지 끝, 꽃이 피어 있을 때는 꽃을 옆으로 휘두르는 식으로 쓸어담듯이 나무나 풀, 꽃 위에서 정지해있는 곤충을 잡는 방법이다. 주로 작은 파리류, 벌류, 나방류, 딱정벌레류, 노린재류, 매미충류 등의 곤충을 채집에 사용된다.

③ 털어잡기법 : 나뭇가지, 풀잎을 막대기로 두들겨서 밑에 떨어진 곤충을 망(우산도 좋음)으로 채집하는 방법이다. 나무의 줄기, 풀 등에 붙어있는 곤충을 시상을 투자해서 찾지 않아도 흰망 위에 떨어진 곤충을 효율적으로 채집할 수 있다.

④ 함정채집법 : 함정채집법은 종이컵, 캔, 병 등을 지면과 같은 높이가 되도록 문고 안에 먹이를 넣어두어 지상을 기어 다니는 곤충을 채집하는 방법이다.

12.11.5 플랑크톤의 조사항목과 방법

- (1) 동식물성 플랑크톤 시료의 채취방법은 정량적 채취법과 정성적 채취방법이 있다.
- (2) 시료의 정량적 채취법(현존량 조사용 채수법)은 예크만식 채수기 등과 같은 채수기를 사용하여 특정 수심으로부터 채수한다. 부영양화된 수역에서는 시료채수량은 50~100ml의 시료로 충분하다. 일반적으로 500~1,000ml정도, 빈영양 상태의 수역에서는 10L 이상의 시료가 필요하기도 하다.
- (3) 시료의 정성적 채취방법(균집 구성, 출현빈도, 분포용 채수법)은 부영양화된 호소, 저수

지 등에서도 호소수를 10~500ml를 용기에 넣고 시판용 포르말린 5ml를 가하여 하루동안을 방치한 후 침전된 시료로 한다.

해설

- (1) 주로 출현하는 식물성 플랑크톤은 규조류, 남조류이며, 그 외에 와편모조류, 황갈조류, 은편모조류, 유글레나류 등이 소량 출현한다.
- (2) 동물성 플랑크톤의 주요 구성분류군은 윤충류, 지각류 그리고 요각류로 대표된다.
- (3) 일반적으로 유수역에 서식하고 있는 동물성 플랑크톤은 저수지나 호수와 같은 정체된 수역에서 유하된 것으로 볼 수 있다.
- (4) 시료의 조정은 다음과 같다.
 - ① 채수기로 채취한 물을 농축하여 시료로 한다. 단, 농축전의 시료량과 농축후의 시료량을 명기한다.
 - ② 용량 50~250ml의 침전관을 가진 원심분리기를 이용 3,000rpm으로 15분간 원심분리한다(단, 100ml 이상의 침전관을 이용할 경우에는 침전관 상호의 균형에 세심한 주의가 요구된다.).
 - ③ 완전히 정지된 후 상등액을 피펫을 이용하여 조용히 취한다.
 - ④ 이상의 작업을 수회 반복함으로써 모시료를 단계적으로 농축시킨다.

12.11.6 부착조류의 조사항목과 방법

- (1) 부착조류는 하천생태계의 일차생산자로서 하변식생에서 유입되는 낙엽과 더불어 주요한 영양공급자의 역할을 담당한다.
- (2) 채집방법은 자연하상으로부터 직접 채집하는 방법과 인공부착판을 이용하는 방법이 있다.
- (3) 부착조류 중 부착규조는 교란에 대한 반응이 민감하여 부착조류 군집의 동태는 수질의 상태를 나타내는 지표가 된다.

해설

- (1) 부착조류는 넓게는 식물성 플랑크톤에 포함되지만 돌과 같은 지형에 붙어사는 생태적 특성으로 구분할수 있다. 부착조류는 유기물 오염이 심하고 생체량이 많은 경우 하천생태계의 구성요소로서 중요성이 커진다. 또한 하상표면에 서식하여 하상을 안정화시키고 다른 생물을 위한 서식처가 된다.
- (2) 자연 하상은 물에 잠겨 있는 돌이나 나뭇가지, 잔모래 등으로부터 채집하며, 가능하면 채집면적을 정량화 한다. 채집시 대상하천의 최근 1개월 정도의 강우 및 유량변화를 고려하여 폭우로 인한 하상교란이 미치는 영향을 배제하여야 한다.
- (3) 인공부착판은 표면을 거칠게 처리한 일정면적의 염화비닐판을 소정의 수심에 담가 설치한 시설을 말한다. 이는 조사횟수, 조사내용에 따라 부착판의 개수를 조정하여 설치하며 각 부착판은 수중에 수평으로 담가 설치한다. 수중에 담가 설치된 부착판은 일정기간 간격으로 부착판을 들어내어 그 표면에 붙은 부착물을 채취하고 분리한 부착판을

다시 최초의 상태로 일정 수심의 위치에 담가 설치함으로써 다음 번에 부착물을 분리할 때까지의 부착물의 상태를 파악할 수 있다.

- (4) 부착구조는 하천의 여러 환경에 따라 크게 오염에 내성이 약한 호청수성종(saproxenous), 오염에 내성이 강한 호오탁성종(saprophilous), 넓은 적응성을 가지는 광적응성종(indifferent) 등 3가지 그룹으로 나눌 수 있다.

12.11.7 자료정리 및 수질평가

- (1) 각 분류군별로 현장분포표, 군집조사표를 작성하여 정리한다.
- (2) 남방한계종, 북방한계종, 고유종, 미기록종 등과 같이 지역에서 특별한 의미를 갖는 종을 정리하고, 하천환경과의 관계와 특성을 병기한다.
- (3) 미소생물은 군집을 구성하는 종수와 개체수가 막대하므로, 군집구성에 대한 결과는 통계적인 방법을 사용하여 우점도, 다양도, 풍부도를 산출하여 분석한다.
- (4) 저서무척추동물, 플랑크톤, 부착조류 등은 물오염에 민감한 수질지표성을 나타내고 있다. 군집구성 및 현존량 자료를 이용하여 생물학적 수질을 평가할 수 있다.

해설

- (1) 군집조사의 정리는 각 시료 중의 출현생물을 분류군별로 속종을 열거한다. 이 경우에 정성·정량방법의 정량결과를 이용한다. 생물명은 가능한 증명까지 기재한다. 그리고 통계적으로 우점도, 다양도, 종풍부도 지수를 산출하여 분석한다.
- (2) 현존량은 각 시료 중의 출현생물 속종에 대해 단위면적당 또는 단위용적당 개체수 또는 세포수로 표시한다. 정성·정량방법의 정량결과를 이용하고, 특별한 경우 세포용적으로 표현하기도 한다.
- (3) 미소생물의 군집구성과 현존량은 통계적인 분석을 활용할 수 있으며, 특히 저서무척추동물, 플랑크톤, 부착조류 등의 생물학적 수질 평가는 각 생물군별로 검증된 방법을 활용하도록 한다.

12.12 어류조사

12.12.1 조사의의

- (1) 어류는 하천생태계의 고차소비자로서 기초생산자인 식물, 일차소비자인 수서곤충 및 패류와 포식, 공생 관계 등의 유기적 상호관계를 갖는다. 따라서 하천에서 어류 종류와 서식처 다양성은 하천의 자연도를 나타내는 지표가 된다.
- (2) 하천에서 어류조사의 목적은 대상하천의 어류 분포, 어류상 및 어류 군집의 현황을 파악하는 데 있다.

해설

- (1) 어류의 분포는 하천에 따라 국지적으로 나타나거나, 산란과 성장을 위하여 수서생태계의 공간을 최대한 활용하고 이동하므로 연속적으로 나타난다.
- (2) 하천 어류에 대한 생태학적 자료는 하천 평가, 하천 관리, 사업계획 수립과 실시 및 모니터링 등에 활용된다.

12.12.2 사전조사

사전조사는 문헌조사, 현장답사, 조사지점 선정 등을 포함한다.

해설

- (1) 문헌조사에서는 환경부의 자연환경조사결과, 수산통계자료 등 대상하천을 포함한 수계의 모든 관련 정보를 수집한다.
- (2) 현장 답사에서는 하천형태와 하상재료, 식생 및 하안의 정비 상황, 하천횡단시설 등을 파악하여 조사지를 모색하고, 조사구간별 조사방법도 검토하며 조사지의 개요를 파악할 수 있는 사진을 촬영한다.
- (3) 조사지는 다양한 어류상을 확인할 수 있도록 여울과 웅덩이 등의 서식에 적합한 환경이 다양하게 존재하는 범위를 설정하도록 고려한다. 특히 하안의 정비상황, 수변 식생의 분포 등을 고려해, 인위적 개변이 적은 지구, 인위적 개변이 큰 지구, 급후 하천개수에 의해 하천환경의 개변이 예상되는 지구 등을 균형을 고려하여 배치한다. 그리고 회유어의 확인을 위해 가능한 한 여울과 웅덩이가 이어지는 곳을 포함하고, 수질오탁의 영향을 고려해 국지적인 오탁이 심한 장소는 피하며 수질이 양호한 구간에 치우치지 않도록 선정한다.

12.12.3 조사항목과 방법

- (1) 어류조사는 분포, 군집구성, 어류상을 조사항목으로 하며, 현존량을 추가할 수 있다.
- (2) 조사시기는 하천의 특성과 계절상을 고려하여 어류상을 충분히 파악할 수 있는 시기로 설정한다. 조사회수는 회유를 고려하여 4계절 각각 1회씩 조사한다.
- (2) 현장조사시에는 수심, 유속, 수제부 상황, 하상재료, 지형 등 서식처조사를 병행한다.
- (3) 채집방법은 투망, 족대, 뜰채, 권망, 통발, 주낙 등 조사지 상황에 맞는 모든 방법을 고려한다. 채집방법이 다양하지 못하면 어종이 누락되는 경우가 발생하므로 유의해야 한다.
- (4) 현존량 조사는 개체수 추정방법과 몸길이 및 체중의 측정방법이 있으며 조사목적에 따라 적절한 방법을 선택한다.

해설

- (1) 어류는 계절에 따라 회유하는 것이 많기 때문에 조사지점의 상, 하류 하천을 동시에 조사해야 한다. 조사시기는 봄의 소상시기, 여름의 수온이 높게 되어 어류가 활발히 활동하는 시기, 및 물고기가 이동하거나 가을 산란어의 산란이 시작되는 가을 끝 무렵의 시

기가 하나의 기준이 된다.

- (2) 채집된 어류는 채집 즉시 현장에서 분류, 동정하고 계수와 계측을 실시한 후 그 자리에서 다시 방류해야 한다. 현장에서 동정이 어려운 종은 10% 포르말린 용액으로 고정한다음, 실험실로 운반하여 동정한다.

12.12.4 자료정리

- (1) 사전조사에서 수집한 자료는 그 출처와 내용을 적절하게 정리한다.
- (2) 현장조사에서 수행한 항목은 어류상 조사표, 어류 출현종 목록표를 이용하여 정리한다.
- (3) 어류의 군집구조를 분석하기 위해서는 우점도, 다양도, 풍부도 지수를 이용하여 통계적으로 분석한다.

해설

- (1) 문헌정리에서 수집한 자료는 해당 수계의 어류상, 특정종의 분포상황, 회유어의 구체적인 소상·강하시기, 어류의 번식상황, 금어구간과 기간, 산란지점, 방류지점, 어업실태 등의 항목으로 정리한다.
- (2) 하상재료, 유속, 지형, 수질 등의 서식처 구조를 고려하여 어류상을 평가할 수 있다.

12.13 양서·파충류 조사

12.13.1 조사의의

- (1) 하천에서 양서·파충류는 수중과 육상 생태계를 생활사 중에 모두 이용하거나 수생태계와 밀접한 서식 특성을 지니고 있어서, 양서·파충류의 출현 종류와 분포를 통하여 하천 생태계의 자연성과 건강성을 종합적으로 평가할 수 있다.
- (2) 하천에서 양서·파충류 조사의 목적은 조사대상 하천에서 종목록, 서식처 이용실태 및 번식실태를 파악하는데 있다.

12.13.2 사전조사

사전조사는 문헌조사, 현장답사, 조사지점 선정 등을 포함한다.

- (1) 문헌조사는 조사하천 및 그 주변지역에서의 양서·파충류의 번식실태, 특정종의 서식유·무 등을 정리한다. 전국을 대상으로 하는 문헌으로는 한국의 중요 양서·파충류, 한국산 양서류 총설, 환경부 전국조사 보고서 등이 있다.
- (2) 현장답사는 고수부지의 규모·상황, 주변 토지이용, 지형과 식생 등을 파악하여 조사지역 후보지 선정을 하고 또한 조사방법에 대해서도 검토한다.

12.13.3 조사항목과 방법

(1) 조사항목과 내용은 아래와 같다.

- ① 양서·파충류의 출현 생물상
- ② 양서·파충류의 분포
- ③ 양서·파충류의 서식 환경

(2) 조사시기는 양서·파충류의 생리·생태적인 습성을 고려하여 번식기(3월~5월), 활동기(6월~8월) 그리고 동면준비기(9월~11월) 등 3회 실시하는 것을 원칙으로 한다. 특별한 종이나 서식처가 확인될 경우 그 종과 장소를 면밀히 파악하기 위하여 수시로 추가조사를 실시한다.

(3) 현장조사는 답사에 의한 포획 확인을 기본으로 하고, 목격법, 트랩법을 병용한다. 필드사인은 반드시 촬영하고, 출현한 개체는 가능한 한 촬영하고 원칙적으로 촬영 후 모두 방사한다.

해설

(1) 조사시기 및 회수 : 현장조사는 동면시기를 제외한 봄부터 가을에 걸쳐서 3회 정도 실시하면 좋다. 양서류 조사에 적당한 시기는 눈이 녹을 무렵인 이른 봄부터 장마가 시작하기전의 번식기, 유생(올챙이 등)이 있는 시기 및 여름에서 가을에 걸친 유생이 육지로 올라가는 시기가 기준이 된다. 파충류는 기온이 높지 않은 봄과 가을에는 일광욕하고 있는 경우가 많아 확인하기 쉽다. 한여름의 기온이 높은 시기는 그들로 숨거나, 여름잠을 자는 일이 있으므로, 다른 시기보다 개체가 확인되는 일이 적으므로 주의한다.

(2) 포획 확인법은 분류군에 따라 다음과 같은 방법을 적용한다.

- ① 무미 양서류: 무미목(無尾目)의 개구리류는 조사대상지역 주변의 접근 가능한 지역을 따라 좌우 10m간격으로 이동중인 개체와 바위틈 혹은 하천, 수로 계곡 그리고 저습지 주변의 초지에서 포충망을 이용하여 채집한다.
- ② 유미 양서류: 유미목(有尾目)의 도롱뇽과 꼬리치레도롱뇽은 물이 흐르는 하천 유속의 흐름이 완만한 곳을 찾아 작은 바위를 들추어 유생을 확인하거나, 물이 고여 있는 작은 웅덩이에 산란한 알을 찾아 종을 확인하는 방법을 이용하고, 성체는 활엽수림이 있는 음지쪽에 쓰러져 있는 고목을 들추거나, 바위틈에서 확인한다. 한편 야간에는 곤충채집용 추락함정(pitfall trap)을 설치한 후 함정에 빠진 유미 양서류를 확인한다.
- ③ 장지뱀(도마뱀)류: 목정밭, 초지주변, 하천변과 햇볕이 잘드는 곳에 쌓여 있는 돌을 들추어 확인하거나, 도로변에 이동중인 개체는 곤충채집용 포충망을 이용하여 채집한다.
- ④ 뱀류: 뱀류는 저지대의 임연부일대, 목정밭 주변에서 뱀집개와 포충망을 이용하여 채집하고, 석축, 돌담, 경작지, 돌밭, 스텝트밭을 들추어 확인한다.
- ⑤ 거북류: 거북류의 확인은 포획 혹은 쌍안경 등을 이용한 육안으로 확인한다. 거북류는 후각이 예민하고, 어육 등의 먹이를 넣은 거북트랩을 설치해 두면 잘 포획할 수 있다.

(3) 양서파충류의 필드사인법은 다음과 같은 방법을 적용한다.

- ① 무미양서류의 울음소리(call): 개구리류는 주간보다 야간에는 논이나 밭 근처, 수로 그리고 웅덩이 등지에 모여 집단으로 울기 때문에 울음소리로 종을 식별한다.
- ② 파충류의 흔적(slough): 파충류 중에서 뱀류는 성장을 하면서 영양상태가 양호하면 수시로 허물을 벗게 된다. 그래서 자연 상태에서 뱀들이 탈피한 허물을 수거하여 종의 서식 유·무를 확인한다.

12.13.4 자료정리

- (1) 양서파충류는 상대적으로 발견되는 종 및 개체수가 적은 편이다. 출현종의 종명과 서식처 구조를 함께 정리한다.
- (2) 발견된 필드사인의 사진기록을 반드시 병기하고 확인지점을 평면도상에 기록한다.

12.14 조수류조사

12.14.1 조사의의

- (1) 하천에서 조류와 포유류는 먹이사슬의 상위자에 위치하는 생태계의 핵심종으로 기능하고 있다. 따라서 조수류의 종류와 특성을 조사함으로써 하천 생태계의 자연성과 건강성을 종합적으로 평가할 수 있다.
- (2) 하천에서 조류조사의 대상은 야생조류이며, 목적은 조류상을 파악하는 동시에 조류의 서식현황과 집단분포지의 현황을 조사하는데 있다.
- (3) 하천에서 포유류조사의 대상은 가축과 방사종(들고양이 등)을 포함한 전체 포유동물이며, 목적은 포유류상의 현황과 그 분포를 파악하는데 있다.

해설

- (1) 하천을 생활기반으로 살아가는 조류는 하천의 환경유형에 따라 도래(到來) 및 서식 분포에 영향을 받는다. 하천의 조류는 서로 상이한 생태적 지위로 인하여 여러 환경유형에 따라서 다른 분포를 하며, 수변과 수계에서의 다양한 환경유형이 발달한 하천일수록 다양한 조류상을 보인다.
- (2) 하천의 포유동물은 상대적으로 넓은 범위의 행동반경을 요구하지만, 체내외지의 연결성이 단절되고, 포획의 위협으로 서식처가 점점 줄어들고 있기 때문에 점점 출현빈도가 낮아지고 있다. 따라서 야생포유동물의 출현은 먹이사슬의 완성과 하천생태계의 건강성을 나타낸다고 할 수 있다.

12.14.2 사전조사

사전조사는 문헌조사, 청문조사, 현장답사 등을 포함한다.

해설

- (1) 문헌조사의 내용은 조류의 경우 조류상, 철새의 이동구분 및 번식 등의 시기와 장소, 특정종(보호종, 천연기념물)의 서식유무, 집단분포지의 위치 및 현황, 조류보호구 등이다. 그리고 포유류의 경우에는 포유류의 서식상황 및 특정종의 서식 유무이다. 이들은 이동성을 크고 행동반경이 넓으므로 하천에 국한하지 않고 유역을 대상으로 문헌을 수집한다.
- (2) 조수류의 경우는 과거부터 최근까지의 출현정보를 파악하는 것이 중요하므로, 지역의 주민이나 유식자를 대상으로 청문조사를 실시한다.
- (3) 현장답사에서는 대상 하천구간의 지형, 하천형태, 하안의 상황, 식생, 토지이용상황, 둔치와 범람부의 상황, 중주와 간석의 유무, 등을 파악하고, 조류 분포현황조사의 조사지구 및 조류 집단분포지의 조사지점 등을 선정한다. 또 조사지구의 개요를 파악할 수 있도록 사진을 촬영한다.

12.14.3 조류조사의 항목과 방법

- (1) 조사항목은 크게 조류분포현황 조사와 조류집단분포지 조사이다.
- (2) 조류는 번식, 월동, 이동 등 계절에 따라 서식종류와 개체수가 큰 폭으로 변하기 때문에 조사시기와 회수에 충분한 주의를 기울여야 한다.
- (3) 조사방법은 선조사법과 정점기록법이 있다. 조류분포현황 조사는 선조사법을, 조류집단분포지 조사는 정점기록법을 기본으로 하지만, 다른 방식이 유리하다고 판단되는 경우는 병행하도록 한다.

해설

- (1) 조류조사에서 중점적으로 수행할 세부항목은 아래와 같다.
 - ① 하천에 서식하는 조류 종과 개체수 조사
 - ② 계절별 조류상 변화 관찰
 - ③ 환경유형별 조류 분포상 관찰
 - ④ 조사 하천의 생태적 기능(휴식지, 취식지, 피난처 등) 기록
 - ⑤ 번식 여부 및 집단번식지 조사
 - ⑥ 이동 철새의 하천 이용 상황 기술
 - ⑦ 하천에 의존적인 조류를 중심으로 하천의 기능 평가
- (2) 하천의 조류는 텃새, 여름철새, 겨울철새, 통과조(이동하는 도중에 일시적으로 그 지역에 기착하는 조류), 미조(본래의 번식지 또는 이동경로에서 벗어나 가끔 그 지역에서 관찰된 조류) 등으로 구분한다.
- (3) 조류분포현황조사는 계절성을 고려하여 연 4회 이상을 원칙으로 한다. 조사시기는 다음의 시기를 기준으로 그 지역의 조류상을 파악하는데 적합한 시기를 선정한다.
 - ① 춘계의 이동시기 - 도요, 물떼새류 및 통과조류
 - ② 하계의 번식기 - 텃새 및 여름철새

③ 추계의 이동시기 - 도요, 물떼새류(8~9월) 및 통과조류

④ 월동기 - 겨울철새(수금류)

- (4) 조류집단분포지의 조사시기는 대상이 되는 조류의 집단분포지의 특성을 고려하여, 서식 상황의 파악에 적합한 조사시기 및 조사시간대를 선정한다.
- (5) 조사방법은 선조사법의 관찰방법을 기본으로 하지만 조사지구의 상황으로부터 선조사법보다 정점기록법이 유효하다고 판단될 경우에는 정점기록법도 같이 이용한다. 선조사법은 걸으면서 조사정선의 주변에 출현하는 조류를 관찰하거나 울음소리로 확인하는 방법이고, 정점기록법은 조사정점에 머물러서 쌍안경이나 망원경을 이용하여 주변의 조류를 관찰하고 확인하는 방법이다.
- (6) 출현하는 모든 조류에 대하여 기록하되, 특히 수조류에 관심을 가지고 기록한다. 천연기념물이나 멸종위기 종과 같은 특별종 위주로 기록해서는 안되며, 하천에서 주로 서식하는 흔한 일반종에도 관심을 가지고 기록해야 한다.
- (7) 번식지·영소지 등에서는 함부로 들어가면 어미새가 영소를 포기하는 등의 원인이 되므로 떨어진 장소에서 확인하는 등 주의하여 조사한다.

12.14.4 조류조사 자료정리

- (1) 조류분포현황조사의 정리에서는 출현종과 함께 서식처의 환경유형과 번식상태, 그리고 서식환경을 조사하여 기록한다.
- (2) 조류집단분포지 조사의 정리에서는 집단분포지를 구성하는 종의 증명과 이용형태(번식지, 월동지, 기착지) 그리고 개체수를 기록한다.
- (3) 조류분포현황 및 집단분포를 확인한 장소를 평면도상에 기록한다.
- (4) 군집구조를 분석하기 위해서는 우점도, 다양도, 풍부도 지수를 이용하여 통계적으로 분석한다.

해설

- (1) 서식처의 환경유형은 초지, 덩불, 관목림, 교목림, 경작지, 개방수면, 사력지, 여울지역, 자갈지역, 기타 등으로 구분한다.
- (2) 번식상태유형은 <표 12.9>를 참고하고 필요에 따라 변경하여 구분한다.

12.14.5 포유류조사의 항목과 방법

- (1) 조사항목은 포유류상 및 분포 조사이다.
- (2) 포유류의 현장조사는 목격법, 필드사인법을 주로 적용하고, 일부 트랩법을 사용하여 직접 포획하기도 한다. 특히 겨울의 적설시에는 눈 위의 발자국 등의 필드사인을 확인하기 쉽다. 조사회수는 계절별로 각각 1회 실시한다.
- (3) 필드사인은 반드시 촬영하고 포유류의 생체사진은 가능한 촬영한다. 단 종명을 알 수 없는 경우는 표본으로 제작한다.

해설

- (1) 하천에서 주로 발견되는 포유동물은 고라니, 멧토끼, 너구리, 수달, 족제비, 들고양이, 두더쥐, 멧밭쥐, 대륙밭쥐, 생쥐 및 가축 등이 있다.
- (2) 목격법 : 조사 중에 포유류를 발견하면 쌍안경을 이용해서 종류를 식별하고 목격한 장소의 상황을 기록한다. 포유류는 야행성이 많기 때문에 포유류가 빈번하게 왕래하는 길이 있는 곳에서는 무인촬영장치를 이용하면 효과적이다. 그리고 야간에 나이트스코프에 의하여 확인할 수 있다. 사체를 발견한 경우는 현장에서 즉시 동정하도록 한다.
- (3) 필드사인법 : 포유류의 필드 사인은 초본류가 무성하기 전인 봄, 낙엽이 진 후인 가을, 및 눈이 쌓인 겨울에 확인하기 쉽다. 조사지구 내에서 수제(모래땅, 진흙땅, 습지 등), 작은 굴, 토양이 부드러운 지소, 풀숲, 수림 등의 포유류의 서식과 출몰이 예상되는 지소를 답사해서 발자국, 배설물, 먹은 흔적, 집, 발톱 흔적, 빠진 털, 땅 판 흔적(두더지 터널, 두더지 무덤 등)을 관찰한다. 교량 밑의 콘크리트와 돌의 위에 있는 배설물은 장기간 남으므로 발견할 기회가 많다. 고양이목(식육목) 동물, 올빼미 등의 배설물에서 소형 포유류의 이빨과 골편이 포함되어 있는 경우가 많다.
- (4) 필드 사인을 발견하면 사진 촬영을 하고 필요에 따라서 크기를 측정한다. 또 동물집 구멍은 서식종의 추정 자료로서 입구의 크기를 측정한다.
- (5) 트랩법은 목격, 필드 사인에 의한 확인이 곤란한 뒤쥐류, 두더지류, 설치류 등을 대상으로 실시한다. 트랩은 하룻밤 이상 두어서 매일 아침 회수하여 확인종의 동정을 하고, 개체수를 조사한다.

12.14.6 포유류조사 자료정리

- (1) 포유류는 상대적으로 발견되는 종 및 개체수가 적은 편이다. 출현종의 증명과 서식처구조와 함께 정리한다.
- (2) 발견된 필드사인(발자국, 배설물, 먹은 흔적, 집, 발톱 흔적, 빠진 털, 땅 판 흔적)의 사진기록을 반드시 병기하고 확인지점을 평면도상에 기록한다.

제13장 하천치수경제조사

13.1 일반사항

13.1.1 적용범위

- (1) 하천치수경제조사는 하천 시책과 관계되는 치수사업의 경제효과를 파악하는데 필요한 사항을 정한 것이다.
- (2) 하천치수경제조사는 치수사업의 타당성, 투자 우선순위 및 적정 투자규모 등을 분석하기 위해 사업에 대한 편익과 비용을 비교하여 효율적인 치수사업을 수행할 수 있는 바탕이 되어야 한다.

해설

- (1) 하천치수경제조사는 '치수사업 경제성분석 방법 연구: 다차원 홍수피해 산정 방법(국토해양부, 2004)'에서 제시한 방법을 적용한다.
- (2) 일반자산 피해액 산정의 대상자산과 행정구역 기본단위 및 입력자료는 지역특성과 여건을 감안하여 조정한다.

13.1.2 용어의 정의

치수경제조사 : 치수 투자사업의 편익과 비용을 산정하고 경제성을 분석하는 일

해설

치수사업을 시행하기 전에 홍수피해 예상 또는 대상지역에서 치수사업의 유무에 따른 예상 피해액을 산출하여 그 차이를 편익으로 설정하고, 사업비를 산정하여 비용으로 설정한 후 경제성을 분석하는 것이다.

13.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 아래와 같다.

- (1) 본 설계 기준
 - ① 제4장 유역특성 조사
 - ② 제14장 하천측량
 - ③ 제16장 설계수문량
 - ④ 제17장 홍수방어계획
- (2) 관련 기준
 - 댐 설계기준(국토해양부, 2005)

(3) 법규

- ① 하천법 제24조(유역종합치수계획의 수립)과 하천법시행령 제20조(유역종합치수계획의 수립지역 등)
- ② 하천법 제25조(하천기본계획)과 하천법시행령 제24조(하천기본계획의 수립)

13.2 하천치수경제조사

13.2.1 기본사항

이 기준은 하천개수사업에 대한 치수 경제성분석의 기준에 한정하나 그 방법은 각종 하천치수경제조사의 기본이 된다.

해설

- (1) 하천치수경제조사는 하천사업이나 시책에 관계되는 계획을 검토할 때는 그 사업과 시책의 효과를 어떤 형태로 파악하고 평가하는 것을 중요하게 여겨야 한다.
- (2) 하천개수나 댐 건설사업에는 치수경제조사, 수자원 개발사업에는 수리경제조사, 수질보전사업에는 수질보전경제조사 등을 실시한다. 본 장에서 제시한 기준은 하천개수사업에 대한 치수 경제성분석의 기준에 한정하나 그 방법은 각종 하천치수경제조사의 기본이다.

13.2.2 기본목적

- (1) 하천치수경제조사는 치수사업의 경제성을 평가하는 것을 목적으로 하며, 편익-비용 분석(benefit-cost analysis; BCA)을 기본으로 한다.
- (2) 치수사업의 효과는 직접 편익과 간접 편익으로 나누어진다.
- (3) 하천개수사업은 편익 및 비용을 현재 가치로 환산할 때는 분석기간과 사업기간, 및 내구연한, 할인율 등을 고려하여 적용한다.

해설

- (1) 편익-비용 분석(benefit-cost analysis; BCA) 또는 비용-편익 분석(cost-benefit analysis; CBA)을 통하여 사업지구별로 편익-비용비(benefit-cost ratio; B/C), 순현재가(net present value; NPV), 내부수익율(internal rate of return; IRR)과 같은 경제성 평가지표를 산정하여 적정 투자규모 및 경제성을 평가하고, 동일 수계내의 여러 사업지구에 대한 투자 우선 순위를 결정하여 효율적인 치수사업을 수행할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.
- (2) 치수사업의 여러 효과 중 평가 가능한 경제적 효과를 파악하여 편익으로 하고, 치수시설의 완성에 필요한 건설비 및 평가대상기간내의 유지관리비 등을 비용으로 한다.
- (3) 치수사업의 경제적 편익은 크게 직접 편익과 간접 편익으로 산정한다. 직접 편익은 치수사업으로 말미암아 나타나는 수익지의 홍수피해 감소 효과를 말한다. 예를 들면, 인

명과 재산에 대한 침수피해 감소, 농작물 침수 및 유실 방지, 농경지 토사 매몰 방지, 그리고 공공시설 및 하천구조물의 피해 감소 등이 여기에 해당한다.

- (4) 치수사업의 간접편익은 홍수범람으로 인해 피해가능지역에 초래될 수 있는 공업, 상업, 교통, 통신 등에 지장을 주는 물질 및 각종 서비스의 손실감소와 수해의 예방, 대처 및 복구에 소요되는 비용의 절감으로 정의된다. 즉, 사업소의 영업정지피해 감소, 가정이나 사업소에서 응급대책비용 감소, 교통두절에 의한 피해 감소, 사업소의 영업정지 파급효과, 자산이용 고도화 편익 등을 들 수 있다.
- (5) 한편, 직접편익과 간접편익에서 포함되지 않은 항목은 기타편익으로 고려할 수 있으며, 침수로 인한 오염 피해 감소, 전염병의 감소, 교통두절에 의한 물류유통 감소효과 등을 들 수 있다.
- (6) 하천개수사업은 다른 사회기반 시설과 같이 공공성이 크기 때문에 편익 및 비용을 현재 가치로 환산할 때는 분석기간과 사업기간, 내구연한, 그리고 할인율을 적용한다. 통상 제방의 경우 사업기간은 50년, 분석기간은 사업기간에 제방건설기간을 합하여 결정한다. 공공투자사업의 할인율로 7.5%를 적용하고 있으나 하천개수와 같은 치수사업에서는 6%를 적용하는 것이 일반적이다.
- (7) 이 밖에도 토지 보상비, 하천시설물의 잔존가치를 반영한다. 현재, 적정 유지관리를 전제로 하천시설의 잔존가치는 사업비의 60% 정도가 이용되고 있다.

13.2.3 기본절차

치수경제조사의 기본절차는 대상에 따라 조사대상 유량규모의 설정, 지반고(등고선) 조사, 범람 수리조사, 범람구역 자산조사, 예상 피해액 산정, 예상 연평균피해경감기대액 산정, 유량규모별 예상 치수사업비의 산정, 그리고 경제성분석의 절차에 따라 실시한다.

해설

치수경제조사의 대상은 댐, 하구둑과 같은 대규모 구조물, 제방과 같은 외수의 침입 방지를 위한 구조물, 또는 내수 침수 방지를 위한 구조물 설치 등으로 구분하여 구체적으로 조사한다.

13.2.4 조사대상 유량규모의 결정

조사대상 유량규모는 '제16장 설계수문량'에 따르되, 검토 대상 유량은 계획 홍수량을 포함하여 4~6개 이상으로 한다.

해설

- (1) 설계홍수량은 '제16장 설계수문량'에 따라 결정한다.
- (2) 조사대상 유량규모는 홍수피해가 없는 경우를 최소로 보고, 계획홍수량을 포함한 발생 가능한 최대 홍수시의 홍수량을 최대로 하여 빈도별 홍수량 등을 토대로 4~6개 이상의

유량규모로 정한다.

13.2.5 지반고 조사

지반고(등고선) 조사는 원칙적으로 표고차 최소 1m 간격으로 구분하고, 측량은 '제14장 하천측량'에 따르며 기존 측량 성과가 있으면 활용할 수 있다.

해설

- (1) 지반고(등고선) 조사는 조사대상구역을 원칙적으로 표고차 최소 1m 간격으로 구분해서 실시한다.
- (2) 요구되는 정도에 따라 축척 1:1,000 수치지도, 1:5,000 지형도, 또는 위성영상 자료 등을 이용하여 대축척의 등고선을 보간법에 의하여 실시할 수도 있으나 원칙적으로 현장에서 '제14장 하천측량'에 따라 중·횡단측량을 실시해야 하며 하천기본계획 수립 및 하천정비시행계획 등 기존 조사측량이 완료되었을 경우에는 그 성과를 활용할 수 있다.

13.2.6 범람수리 조사

- (1) 예상범람구역에 대해 등지반고(等地盤高)의 지구별로 침수심(浸水深)과 침수일수(浸水日數)를 추정한다.
- (2) 현 홍수범람형태는 빈도별 홍수량 등을 바탕으로 홍수범람시물레이션 모형을 이용하여 파악하고 과거의 범람실적 등도 고려한다.

해설

- (1) 각 조사대상 유량규모에 대응하는 범람구역(예상범람구역)을 추정하고 다시 지반고 조사 결과를 이용하여 예상범람구역을 등지반고(等地盤高)의 지구별로 침수심(浸水深)과 침수일수(浸水日數)를 추정하도록 한다.
- (2) 현재 상태에서 홍수범람형태를 파악할 때는 빈도별 홍수위 또는 홍수범람 시물레이션 모형을 이용하여 빈도별 홍수량 등을 바탕으로 실시하고 과거의 범람실적 등도 고려해서 종합적으로 판단하여 유량규모별 범람구역을 추정한다. 침수범람구역, 침수일수의 추정은 범람에 의한 자산종류별 피해액 또는 피해율 산정에 활용할 수 있다.

13.2.7 범람구역 자산조사

예상범람구역 내 자산조사는 직접 조사를 실시하거나 각종 사회경제 통계자료 및 지표 등을 활용한다.

해설

- (1) 범람구역(汎濫區域) 자산조사를 직접 조사할 필요가 있을 경우에는 다음과 같이 조사

대상지구에 대한 건물, 건물내용물, 농경지와 농작물, 사업소의 유형 자산 및 재고자산, 공공시설 등을 조사한다. 조사는 원칙적으로 등 지반고 지구별로 실시한다.

- ① 건물 : 전국의 시·군·구(또는 읍·면·동)사무소에 비치된 ‘건축물 대장’, ‘건축물 과세대장’ 기타 세무관계 자산 및 도면 등을 이용하여 등지반고 지역별 건축물 동수를 추정하고 여기에 건축물 1동 당 평균면적을 곱하여 등지반고 지역별 건축물 바닥 면적을 추정한다. 건축물 자산액은 상기 건축물 바닥면적에 단가를 곱해서 산출하지만 단가에 대해서는 건축 통계 등의 자료에서 건축물 1m²당 평가액을 구해서 사용한다.
- ② 건물내용물 : 시·군·구(또는 읍·면·동) 세대수는 해당 지자체에 비치된 ‘주민등록 대장’ 등으로 조사한다. 등지반고 구역별 세대수는 시·군·구(또는 읍·면·동) 전체 건축물 동 수에 대한 등지반고 지구별 건축물 동수의 비율에 의하여 추정한다 (이것은 사업소 수 : 농어촌 호수에 대해서도 같다.). 가계자산액은 상기 세대수에 1세대당의 가계 자산액을 곱해서 구하는데 통상 조사방법은 각 가정에 대한 설문조사를 실시하여 파악한다.
- ③ 농경지와 농작물 : 전답별 경지면적은 전술한 도면상에서 산정하고 전답별 연평균 수확량 (논의 경우는 벼의 수확량, 밭의 경우는 주요한 작물의 수확량으로 하되 시·군·구(또는 읍·면·동)별 통계자료에 의한 단위면적당 곡물종류별 작물통계에 의거 최근 5개년간의 자료 중 최대 및 최소 수확량을 제외한 3개년간의 값의 생산량 평균치를 평년작으로 하여 적용)을 조사해서 둘을 곱해서 산정한다. 농작물 생산액은 상기한 생산량에 단가를 곱해서 구하되 벼, 보리, 마늘, 양파, 고추, 참깨의 가격은 농산물생산비 통계에서 제시되는 생산비를 적용하며, 기타 농작물은 최근 시도별 물가(예: 농림수산식품부의 “농수산물 유통정보” 등)를 조사하여 적용한다.
- ④ 사업소의 감가상각 자산, 재고 자산 : 사업소 통계조사, 시·군·구(또는 읍·면·동) 집계 카드에 산업체 분류별로 사업소 수로 조사한다. 사업소 통계조사 대상 외의 순수한 행정 및 사법 관서에 대해서는 별도로 그 사업소 수와 직원 수를 조사한다. 자산액은 공업통계, 법인이업통계, 상업통계 등의 자료에서 추정한 산업체 분류별 종업원 1인당 유형자산액, 재고자산액을 종업원수로 곱해서 구한다
- ⑤ 공공 토목시설 등 : 하천, 도로, 철도, 교량, 통신시설, 전신·전화·전력 및 상하수도 시설, 하천·내배수·제방·댐·저수지 등 수공구조물, 항만시설, 체육시설, 학교, 군사시설, 취수 시설, 수리시설, 사방 및 조립 시설 등 해당 지역의 시설 관리자별로 조사한다. 특히 도시지역은 이와 같은 공공 토목시설이 집중되어 있으므로 농경지 지역보다 구체적으로 조사하여야 한다.

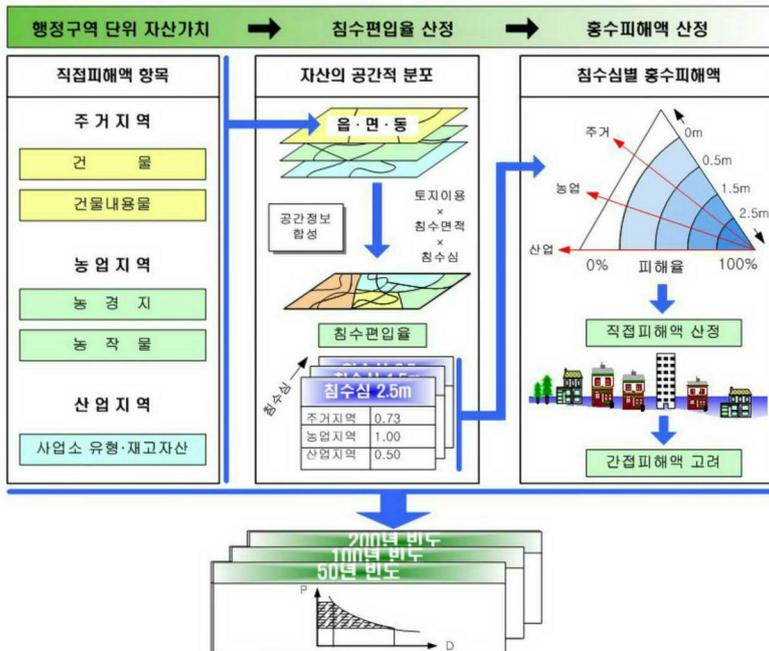
(2) 계량화가 어려운 자산 조사시 활용되는 각종 사회경제 지표는 공시지가, 과거 피해액 등이 활용되기도 한다.

13.2.8 예상 피해액 산정

사업지구의 행정구역 단위의 자산가치를 구분하고, 자산의 공간적 분포를 고려하여 예상 피해액을 산정한다.

해설

- (1) 예상 피해액 산정을 위한 행정구역 단위는 읍·면·동을 원칙으로 한다.
- (2) 하천범람으로 인한 예상 피해액은 피해지역의 지역특성을 구체적으로 반영하고 있는 13.2.7 범람구역 자산조사 결과를 바탕으로 건물, 건물내용물, 농경지, 농작물, 사업소의 유형자산·재고자산의 평가액을 산정한다.
- (3) 피해지역내 상기 자산의 공간적 분포를 고려하여 예상 피해액을 산정한다. <그림 13.1>은 '치수사업 경제성분석 방법 연구: 다차원 홍수피해 산정 방법(국토해양부, 2004)' 보고서의 예상 피해액 산정방법을 나타내고 있다.



<그림 13.1> 예상 피해액 산정방법의 개념도

13.2.9 예상 연평균 피해경감기대액(편익)의 산정

유량규모별 피해액을 산출하여 내구연한(사업기간) 동안의 연평균 피해경감 기대액(편익)을 산정 한다.

해설

- (1) 유량규모별 피해액을 산출하여 내구연한 동안의 연평균 피해 경감 기대액(편익)을 산정 한다. 즉, '편익=건물 피해방지 편익+건물내용물 피해방지 편익+농경지 피해방지 편익+농작물 피해방지 편익+사업소 유형·재고자산 피해방지 편익+인명 보호 편익(사망, 부상)+이재민 발생방지 편익+공공시설 피해방지 편익+기타 피해방지 편익'으로 산정 한다.
- (2) 침수시설물의 붕괴 위험도가 높아 안전 확보의 시급성이 요구되는 축제 보강(또는 호안 보강 포함) 사업 지구, 홍수방지 목적이외의 주변지구 환경개선을 위한 하천개수 사업지구 등 침수면적 산정이 곤란한 사업지구에 대하여는 시설물의 침수방어능력이 내구연한에 도달하였다는 가정을 전제로 연평균 피해경감 기대액(편익)을 산정 할 수 있다.
- (3) 유량규모별 연평균 초과확률은 조사 대상하천의 유량-빈도곡선으로부터 산출하고, 유량규모별 피해경감액은 사업전·후의 피해액의 차이로부터 구한다. 구간 평균피해 경감액과 구간확률을 곱하여 해당 구간의 연평균 피해경감액을 계산하고, 이를 누계한 값이 연평균 피해경감 기대액이 된다. 연평균 피해경감 기대액의 산출방법을 <표 13.1>에 나타내었다.

<표 13.1> 연평균 피해 경감기대액의 산정방법

유량 규모	연평균 초과 확률	피해 경감액	구간 평균 피해 경감액	구간 확률	연평균 피해 경감액	연평균 피해 경감액 누계
Q_0	N_0	$D_0(=0)$	$\frac{D_0+D_1}{2}$	N_0-N_1	$d_1 = (N_0-N_1) \times \frac{D_0+D_1}{2}$	d_1
Q_1	N_1	D_1	$\frac{D_1+D_2}{2}$	N_1-N_2	$d_2 = (N_1-N_2) \times \frac{D_1+D_2}{2}$	d_1+d_2
Q_2	N_2	D_2	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
Q_m	N_m	D_m	$\frac{D_{m-1}+D_m}{2}$	$N_{m-1}-N_m$	$d_m = (N_{m-1}-N_m) \times \frac{D_{m-1}+D_m}{2}$	$d_1+d_2+\dots+d_m$

13.2.10 유량규모별 예상치수 사업비 (비용)의 산정

- (1) 사업비는 유량규모별 침수시설물 계획을 토대로 축제공, 호안공, 구조물공, 각 시설물의 유지관리비, 기타 공사비와 보상비를 합하여 산정 한다.
- (2) 연평균 비용은 공사기간에 따라 공종별로 합산하여 산정 한다.

해설

- (1) 유량규모별 예상사업비 산정은 어떤 유량규모에 대응할 수 있도록 하기 위하여 필요한 치수사업비(보상비 포함)를 산출한다.
- (2) 사업비는 유량규모별 치수시설물 계획을 토대로 축제공, 호안공, 구조물공, 각 시설물의 유지관리비, 기타 공사비와 보상비를 합하여 산정 한다.
- (3) 연평균 비용은 공사기간에 따라 사업비를 공종별로 적정 배분한 후 이를 합하여 산정 한다.
- (4) 치수시설물 유지관리비, 잔존가치(통상 제방 80%, 호안 10%, 그리고 구조물은 0%), 그리고 보상비 100%를 반영한다.

13.2.11 치수사업의 경제효과 분석

치수사업의 경제효과 분석은 본 기준에 따르되, 보다 정교하게 개선된 새로운 기법이 개발 되면 이를 검증하여 적용한다.

제 14장 하천측량

14.1 일반사항

14.1.1 적용범위

- (1) 본 장은 하천에 관한 측량의 일반적인 기법을 정한 것으로 이에 관련된 사업의 적용기준을 기술한다.
- (2) 하천 측량시 경제적이며 효율적으로 소정의 정확도를 얻도록 하기 위하여 필요한 성과 심사를 실시하여야 한다.

해설

- (1) 측량의 성과 심사는 국토해양부의 공공측량성과 심사업무처리규정(국토해양부고시 제 2004-387호, 2004년 12월 13일)에 따른다.
- (2) 본 장에서 언급되지 않은 일반사항에 대해서는 국토해양부의 공공측량표준작업규정(국토해양부고시 제94-519호, 1994년 12월 20일), 공공측량의 작업규정세부기준 운용세칙(국토지리정보원고시 제2003-498호, 2004년 1월 2일) 및 수치지도 작성작업규칙(국토해양부령 제416호, 2004년 12월 22일)에 따라 실시한다.

14.1.2 용어의 정의

- (1) GPS측량 : 지구위치결정시스템(GPS; Global Positioning System)을 이용한 측량으로서 복수의 GPS측량기를 이용하여 관측점간의 3차원 상대위치를 구하고 기준점의 측지학적 좌표 및 표고를 결정하는 측량
- (2) 항공사진측량 : 항공사진측량 방법에 의하여 촬영된 항공사진을 이용하여 지상기준점측량을 실시하여 얻은 평면 또는 표고기준점 성과로 세부도화를 실시하여 도화 원도를 제작하는 측량
- (3) GIS : 지리정보시스템(GIS; Geographic Information System)이라고 하며 지형지세 등의 제반자료를 관측 및 측정하고 생성, 저장, 관리기능으로부터 정보를 분석하고 결과를 의사결정에 활용하는 시스템

14.1.3 관련 설계기준 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 아래와 같다.

- (1) 본 설계 기준

제18장 하도 계획

(2) 관련규정

- ① 공공측량성과 심사업무처리규정(국토해양부고시 제2004-387호, 2004년 12월 13일)
- ② 공공측량표준작업규정(국토해양부고시 제94-519호, 1994년 12월 20일)
- ③ 공공측량의 작업규정세부기준(국토해양부고시 제2003-326호, 2004년 1월 2일)
- ④ 공공측량의 작업규정세부기준 운용세칙(국토지리정보원고시 제2003- 498호, 2004년 1월 2일)
- ⑤ GPS에 의한 기준점 측량작업규정(국토지리정보원내규 제2001-93호 2001년 6월 7일)
- ⑥ 수치지도 작성작업규칙(국토해양부령 제416호, 2004년 12월 22일)

(3) 법규

- ① 하천법 제15조(하천시설에 대한 관리대장 등)
- ② 하천법 제25조(하천기본계획)
- ③ 하천법 시행령 제24조(하천기본계획의 수립)

14.2 하천 측량 계획

14.2.1 측량계획

- (1) 측량을 실시할 경우에는 원칙적으로 현장답사를 통하여 측량목적에 따른 측량의 범위, 방법, 정확도 및 허용오차를 정하는 것으로 한다. 또한 공공측량 및 기본측량 성과의 활용을 도모해야 한다.
- (2) 각 측량방법에 의해 얻어진 성과의 정확도에는 한계가 있기 때문에 측량의 목적에 대응하는 허용오차를 설정해서 측량방법을 선정한다.
- (3) 최근에 개발된 측량 방법, 즉 GPS측량, 항공사진측량, 그리고 지리정보시스템(GIS)을 위한 측량성과의 수치지도작성 등을 활용하여 광범위하고 정확하며 신속한 수치 및 그래픽 처리가 가능한 하천측량이 이루어지도록 하여야 한다.

14.2.2 하천기본계획 및 하천대장의 작성에 관한 측량계획

- (1) 하천기본계획 및 하천대장의 작성을 위해서는 각각의 목적에 따라 다음 <표 14.1>과 같이 측량계획을 실시하여야 한다.

<표 14.1> 하천정비기본계획 조사 측량계획

측량작업명	측량의종류	목적
계획용기본도작성 (지형현황측량)	평판측량 사진측량	계획책정
골조측량	삼각측량 다각측량 (도근측량)	기준점의좌표설치
중단측량	중단측량	하도계획, 하천개수 계획 수립
횡단측량	횡단측량 수심측량	하도계획, 하천개수 계획 수립
수준측량	국가의 기준B·M으로부터 조사지역내 중심까지 측 량	중·횡단 및 지형현황 측량의 표고 결정기준

(2) 하천기본계획 및 하천대장의 작성을 위한 중, 횡단측량 간격은 하폭을 기준으로 결정한다.

해설

- (1) 하폭에 따른 중, 횡단 측량 간격은 <표 14.2>와 같다.
- (2) 평야지대의 무제부 제내지의 경우와 같이 횡단 측량구간이 지나치게 긴 경우 현장 여건에 맞도록 조정할 수 있다.

<표 14.2> 하천정비기본계획 조사 측량범위

하 폭 (m)	중단측량		횡단측량			
	하천유심의 직각방향 간격	하천유심의 직각방향 간격	무 제 부		유 제 부	
			제 내 지	제 외 지	제 내 지	제 외 지
5 - 50	50m 내외	50m 내외	계획홍수위 이상까지	전 부	50m이상	전 부
50 - 200	100m 내외	100m 내외			100m이상	
200 - 500	200m 내외	200m 내외			200m이상	
500이상	500m 내외	500m 내외			300m이상	

14.2.3 하천정비시행계획에 관한 측량계획

하천정비시행계획을 위해서는 <표 14.3>과 같은 측량을 실시하여야 한다.

<표 14.3> 하천정비시행계획의 측량계획

측량작업명	측량의종류	목적
지형 현황 측량	평판 측량 사진 측량	시행계획서 작성 법선 등의 계획
법선 및 종횡단 측량	중심선 측량 종단 측량 횡단 측량	법선결정, 토공량 등의 적산
용지 측량	공사용 다각측량 지형(용지) 측량 용지 경계 측량	용지폭 말뚝(경계말뚝)의 결정, 용지매수

14.2.4 하상변동 조사에 관한 측량계획

하상변동조사에 관한 측량계획은 '14.2.2 하천기본계획 및 하천대장의 작성에 관한 측량계획'에 준한다.

14.3 하천기본계획 및 하천대장 작성을 위한 측량

14.3.1 골조측량

- (1) 골조측량은 국토지리정보원에서 매설한 기본 삼각점을 바탕으로 점간거리 1km 이상의 기준을 결정하는 경우에는 삼각측량 및 삼변측량에 의해 실시하고, 점간거리 300m 전후에서는 다각측량에 의해 실시한다.
- (2) 골조측량은 일반 지상측량 및 사진측량의 골조측량 요령에 의해 실시하며 보조삼각점 및 도근점 중 특히 필요한 지점 등은 차후에 실시하는 공사 측량 및 기타 측량시에 활용할 수 있도록 가급적 영구표석을 매설한다.
- (3) 측량의 성과는 지적 기준점의 성과와 일치되도록 깊은 주의를 기울여야 한다.

해설

- (1) 광파 측거기 및 전자파 측량기에 의해 측량할 경우에는 점간거리 3km 이내에서는 다각측량을 실시해도 좋다.
- (2) 다각측량은 삼각측량보다 간편하고 한눈으로 관측하기 곤란한 곳에 적합하다. 거리측정

은 강줄자를 사용하면 점간 거리가 길어짐에 따라 거리측정의 정확도가 나빠지므로 간접 거리측량인 다각측량을 실시하는 경우가 있다. 그러나 광파 측량기 및 전자파 측량기를 사용하면 거리측정 정확도가 높고 삼각측량에 대등한 정확도를 얻을 수 있다.

14.3.2 지형현황 측량

- (1) 지형현황 측량이란 골조측량에 의한 도근점 등 측량 기준점의 성과를 바탕으로 지상의 지형지물 및 경계등을 측량하고 도시하는 것으로 평판 또는 항공 사진측량에 의해 실시하고, 지형지물 및 주요 하천구조물의 위치 등을 측량하고 도시하여 지형 현황도를 작성한다.
- (2) 계획용 기본도 작성을 위한 지형현황 측량의 축척은 1:1,200~1:5,000(세부도면은 1/600)을 원칙으로 하되 그 축척은 조사대상 하천의 하폭 등 현지 실정에 따라 정하며 조사목적에 따라 필요한 등고선을 삽입한다.
- (3) 지형 현황 측량결과는 정확도를 확인하기 위하여 필요한 심사를 받아야 한다.
- (4) 측량의 범위는 계획법선을 중심으로 제외측의 전구간과 제방이 설치되어 있는 구간에서는 제내측 300m 이상, 제방이 설치되어 있지 않은 구간에서는 과거 최대홍수위선 이상까지로 하며 치수경제 분석을 위한 홍수범람도 작성 등에 기본자료로 활용한다.
- (5) 등고선 간격은 <표 14.4>과 같다.

<표 14.4> 등고선 간격의 기준

등고선 축척	주 곡 선	계 곡 선	간 곡 선	조 곡 선
1:5,000	5m	25m	2.5m	1.25m
1:2,500	2m	10m	1.0m	0.50m
1:1,200	1m	5m	0.5m	0.25m
1: 600	1m	5m	0.5m	0.25m

주) 축척은 지형측량의 목적에 따라 결정한다.

- (6) 골조측량 및 지형현황 측량과 후술하는 중형단 측량 등 하천측량의 정확도는 국토해양부의 공공측량 표준작업 규정에 따르는 것을 원칙으로 하며 국토지리정보원에서 시행하는 심사를 받아야 한다.
- (7) 성과품의 작성 및 제출 등은 사업계획 기관의 요구에 따르고 관련규정에 의하여 측량 성과에 대한 심사를 받아야 한다. 측량성과의 정확도 및 심사는 국토해양부의 공공측량 성과 심사업무처리규정(국토해양부고시 제2004-387호, 2004년 12월 13일)에 의거 국토지리정보원에서 시행 (또는 위임받은 대한측량협회)하는 심사를 받아야 한다.

14.3.3 수준 및 종단측량

- (1) 수준측량은 국토지리정보원에서 매설한 1등 또는 2등 수준점으로부터 조사구간내에 설

치한 측점까지의 수준표고를 연결하는 측량이다.

- (2) 종단측량은 하천의 종단형을 구하기 위하여 좌, 우 양안에 설치한 측점의 표고 및 지반고 등을 측량하는 작업으로 관련규정의 정확도를 확보하여야 한다.
- (3) 수준측량의 정확도는 국토해양부 공공측량 표준작업규정의 1급 수준측량 이내이어야 한다.
- (4) 종단 도면의 축척은 종방향은 1:100, 횡방향은 중·횡단계획 및 이용이 편리하도록 결정한다.
- (5) 종단 측량 작업은 조사구간의 좌우 양안을 폐합시키고 좌우 양안에서 각각 왕복측량을 실시한다.
- (6) 종단측량시에는 측점의 표고를 비롯한 측량구간내에 위치한 수위표 영점표고 및 단별표고(수위표 수준점등 포함), 수문 및 갑문의 문턱, 교량, 보 등 각종 하천시설물의 필요한 표고를 측정하여 도시하여야 한다.
- (7) 종단도는 하류측을 좌측이 되도록 작성한다.
- (8) 종단측량은 하천의 중요도에 따라 1급~3급 수준측량의 정확도가 필요하되 산간부의 급경사 하천에서는 <표 14.5>와 같이 4급 수준측량의 정확도를 실시할 때도 있다.

<표 14.5> 각 급별 수준측량의 정확도

구분	1급 수준측량	2급 수준측량	3급 수준측량	4급 수준측량	비고
왕복차	2.5mmS ^{1/2}	5 mmS ^{1/2}	10mmS ^{1/2}	20mmS ^{1/2}	S : 편도 관측거리 (km)
폐합차	2.0mmS ^{1/2}	5 mmS ^{1/2}	10mmS ^{1/2}	20mmS ^{1/2}	
검측	6.0mmS ^{1/2}	8 mmS ^{1/2}	20mmS ^{1/2}	30mmS ^{1/2}	

해설

- (1) 종단측량시 측량구간 주변에 과거에 매설한 수준점 및 Bench Mark(B.M) 등이 있는 경우에는 이들 수준점과 표고를 연결하여 상호 관련계획에 대한 종단표고의 확인 등의 작업을 실시한다.
- (2) 철도계획에서는 철도청훈령(공사준공도 정리요령)에 의하여 수준점의 표고에 100m를 가산하고 있음에 주의해야 한다.
- (3) 종단도의 기재사항은 후술하는 횡단측량 성과 및 배수위 계산 성과 등을 종합하여 작성한다.

14.3.4 하천 횡단측량

- (1) 하천 횡단측량은 하천의 양안에 설치해 놓은 종단측점을 기준으로 하여 그 시준선상의 높낮이를 측량하여 측점의 횡단형이 나타날 수 있도록 한다.
- (2) 급류하천, 일반하천의 만곡부, 하폭변화가 많은 경우, 하천내 교량 등 하천횡단시설물이 설치된 경우에는 추가 측점을 두어 횡단측량을 실시하여, 지형변화에 의한 현황이 제대

로 반영되도록 한다.

- (3) 횡단측량은 반드시 종단측량시 측량한 좌우안의 측점에 연결하여 횡단측량의 정확도를 확인한다.
- (4) 한 단면의 횡단측량을 실시할 때 점간 거리는 하폭에 따라 5~20m를 원칙으로 하나, 급변화가 있는 지점이나 저수로 등에서는 최소한 1~5m 간격의 추가지점을 측량하여 상세하고 완전한 횡단형을 작성할 수 있도록 한다.
- (5) 횡단도의 축척은 종으로 1:100, 횡으로 1:100~1:200을 원칙으로 작도하되 유수의 하류방향을 기준으로 좌안측이 왼쪽, 우안측이 오른쪽이 되도록 한다.
- (6) 우선 수심측량은 횡단측량의 측선상에서 좌우안측의 수면경계선(또는 水涯線)에 말뚝을 박는다. 그리고 5m 내외의 간격으로 각각 수심을 측량하되, 하상의 급변화가 이루어진 지점이나 저수로 등에서는 1~5m 간격으로 추가측점을 선정하여 측량한다.
- (7) 일반 하천구간에서의 측량시 조사한 수면표고는 조사시 관측한 수위관측소의 자료와 수면경계선에 박은 말뚝에 의한 동시 관측수위 등을 분석하여 보정한다.

해설

- (1) 횡단측량은 스틸테이프, 수준기, 표척, TS(토탈스테이션 또는 트랜싯과 광파거리측량기 등을 총칭한다)을 사용하여 거리와 고지를 측량한다.
- (2) 수심측량시의 월, 일 및 시각을 기입하여 수위변동시의 수면표고 등 보정의 기본자료로 활용한다. 한편, 수면경계선에 박은 말뚝은 같은 시각에 조사구간 전반에 걸쳐 시행하는 동시(또는 一齊) 관측수위 조사시 활용한다.
- (3) 수심측량시 수심이 얇은 경우에는 폴(pole) 또는 측심봉 등을 사용하여 도보에 의한 측량을 실시하고, 수심이 깊은 경우에는 측심봉, 음향측심기(echo sounding) 등을 사용하여 측량을 실시하되 단시간내에 실시해서 수위변동으로 인한 오차가 발생하지 않도록 주의해야 한다. 특히, 서해로 유입되는 하천의 감조 구간은 조위변동으로 인한 극심한 수위변동이 예상되므로 수심측량과는 별도로 조위관측 등을 계속함과 동시에 이 조위관측 자료를 분석하여 수심측량 성과의 보정자료로 활용한다.
- (4) 수심측량시 위치를 정하는 측량에는 측선상의 육상에 트랜싯, 선상에 표척 및 육분의 등을 사용한다.

14.3.5 홍수흔적측량

- (1) 홍수흔적측량은 홍수시의 유수가 남긴 하천 종횡단상의 흔적을 조사하는 측량으로 홍수 직후 하천의 양안에 대하여 측량을 실시하거나 항공사진측량에 의하여 전체적인 현황을 파악할 수 있도록 하여야 한다.
- (2) 현실적으로 예산과 비용 문제 등으로 인하여 불가능할 때는 우선 홍수흔적을 알 수 있도록 관계기관에서 주요 하천시설물 등에 홍수흔적을 표시하고 나중에 실시하는 측량시 조사한다. 이것도 불가능한 경우에는 기본계획 수립 등의 조사시 하천의 양안측에 오랫동안 거주해온 주민들에게 자세하게 탐문 조사하여 측량하고 수계전체의 통일을 기하기 위하여 이상치는 보정한다.

해설

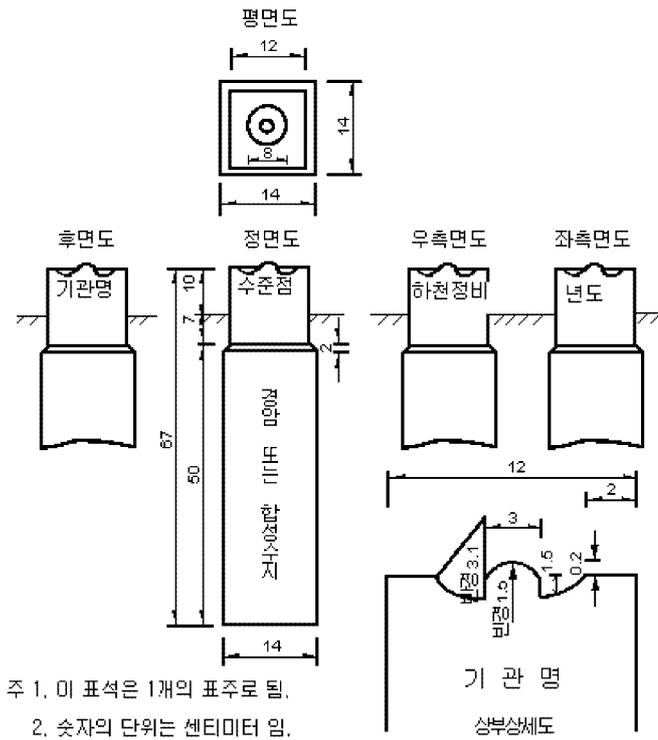
홍수흔적측량은 항공사진측량을 실시하거나 종·횡단측량 시 병행하여 실시하는 측량으로서 홍수가 지나간 직후 홍수흔적이 확실하게 남아 있는 상태에서 실시하여야 한다.

14.3.6 표석매설

- (1) 매설은 매설표준도에 의하여 견고하게 설치되어야 한다.
- (2) 매설을 실시할 때에는 다음 사항을 주의하여야 한다.
 - ① 표석은 화강암재질로 제작하되 ‘수준점’, ‘기관명’, ‘시행년도’, ‘하천정비’를 각 면에 음각하고, 수준점이라 쓰여진 면이 남쪽을 향하고 상면이 수평이 되도록 매설한다.
 - ② 표석의 유지관리를 위하여 필요할 경우에는 보호표지판을 설치하여야 하며 그 경우 통행의 방해 또는 위험한 장소는 피하여야 한다.
 - ③ 표석매설위치는 가능한 유실가능성이 적은 홍수위 이상 지점을 선점하여 설치한다.

해설

- (1) 매설을 할 때에는 작업과정별로 사진을 촬영하여야 한다. 또한 매설 후 표석 주위가 명확히 나타나도록 원경사진을 촬영하여야 한다.
- (2) 매설작업 중 통행의 방해 또는 위험이 없도록 하고 수도관·가스관·고압전선 등 지하매설물에 손상이 없도록 충분한 주의를 하여야 하며, 매설 후 현상을 원 상태로 복구하여 미관을 해치거나 위험이 없도록 정리하여야 한다.
- (3) 공공수준점을 기준으로 적용하여 표석 매설 표준도는 <그림 14.1>과 같다.



<그림 14.1> 표석매설 표준도(공공수준점기준 적용)

14.4 하천정비시행계획을 위한 측량

14.4.1 공사용 측량

공사용 측량이란 공사실시 장소에 대한 세부측량으로서 기본적으로 공사 목적에 따라 측량을 실시한다.

14.4.2 지형현황 측량

- (1) 하천정비공사 실시에 관한 측량으로서 계획 및 설계에서 가장 중요한 측량이며 삼각 및 다각측량 등 골조측량을 바탕으로 하는 도근점 등 기준점의 성과를 활용하여 계획제방을 중심으로 주변의 지형·지물 및 하천시설물 등의 위치 등을 측량 및 도시하여 계획평면도를 작성하기 위한 측량이다.
- (2) 계획평면도 작성을 위한 지형현황도의 축척은 1:600~1:1,200을 원칙으로 하되 작성 계획기관의 공사 목적에 따라 정한다. 또한 본 도면은 공사집행을 위한 주요도면이므로 공사 집행시 차질이 없도록 세부적인 내용으로 측량을 실시해야 한다.
- (3) 지형 현황 측량은 계획법선에서 제외지측은 유심부까지 측량하고 제내측은 100m 이내

로 하폭 등을 감안하여 측량범위로 하되 주변에 하천부지가 있는 경우에는 이를 포함한 지역을 대상으로 하여 측량한다.

- (4) 지형 현황 측량은 제방축조용 토취장 계획에도 활용된다.
- (5) 지형현황측량은 관할시, 군에 소장된 지적도 근점의 성과와 비교하여 사전에 문제점을 도출하되 시행계획기관은 시행계획장소의 관할시, 군에 협조를 요청하여야 한다.

14.4.3 제방중심선(법선) 및 횡단 측량

- (1) 공사용 물량을 구하기 위한 측량에는 제방 중심선(또는 법선) 측량과 종단측량 및 횡단측량이 있다. 법선을 결정할 때는 우선 측량한 계획평면도상에 기본계획에서 제시한 법선을 도시하고, 현장 답사를 실시한 후 계획기관과 충분한 협의를 거쳐 결정한다.
- (2) 법선을 결정할 때는 우선 측량한 계획평면도상에 기본계획에서 제시한 법선을 도시하고, 현장 답사를 실시한 후 계획기관과 충분한 협의를 거쳐 결정한다. 그 후 수준측량과 종단 및 횡단측량을 실시하며, 횡단측량은 제방중심선(또는 법선)의 접선에 직각방향으로 실시하며 정확한 물량을 산출할 수 있는 횡단형이 작성될 수 있도록 측량을 실시한다.
- (3) 종단측점의 간격은 계획기관의 사업목적 등에 따라 40m를 원칙으로 하며, 사업의 목적에 따라 발주관청과 협의하여 조정할 수 있다. 횡단측량의 범위는 제외지측은 토취장 계획 및 고수부지(둔치) 정비계획 등을 수립할 수 있도록 유심부까지 실시하고, 제내측은 계획 법선을 중심으로 100m 이내로 하폭 등을 감안하여 측량범위로 하되 관계시설 등 배후지 시설계획과 관련 충분한 폭원으로 측량해야 한다.
- (4) 계획평면도상에서 법선이 곡선이 되는 경우, 교점(I.P)의 위치를 결정하여 교각(I.A)을 측량하는 곡선측량을 실시하여 종단측점 말뚝을 설치하되, 횡단 구조물의 설치지점 등에는 추가 측점을 설치한다.
- (5) 현장 주변에 설치된 기준 수준점을 바탕으로 전술한 내용에 따라 현장에 설치한 측점 말뚝에 대한 종단측량을 실시해서 종단면도 작성 시 기본자료로 활용하고 계획구간의 시·종점 및 중간지점에는 공사 집행 시 활용하기 위해 영구표석을 매설한다.
- (6) 종단도의 축척은 종을 1:100, 횡은 하천 계획 및 공사시행에 편리한 축척으로 결정한다.
- (7) 횡단측량은 중심선의 접선에 대하여 직각방향으로 측량을 실시하되 점간 간격은 1~5m로 하여 지반고 등을 측량하고 지형의 변화가 심한 곳은 보조측량을 시행하여 지수로 등의 단면이 측정되도록 한다.
- (8) 횡단도의 축척은 종으로 1:100, 횡으로 1:100~1:200으로 작성한다.

14.4.4 용지 측량

- (1) 용지측량은 용지도 작성 및 지장물 보상을 위한 측량을 말하며 지적경계 측량은 제외된다.
- (2) 용지도를 작성할 때는 국토지리정보원에서 설치한 기준점 좌표와 지적공사에서 설치한

기준점의 지적좌표가 차이가 있는 곳이 있는데, 이 경우 용지도가 현존하는 지적도를 바탕으로 한 보상업무를 수행하기 위한 것이므로 국토지리정보원의 좌표를 다소 보정하는 것이 보상업무를 용이하게 수행할 수 있다.

- (3) 횡단도면에 제방의 계획단면을 기입하여 용지폭을 정하고 축척 1:600~1:1,200으로 용지도를 작성한다(가능하면 지적도의 축척과 같게 하는 것이 바람직함).
- (4) 용지 경계(제내측)의 범위는 계획 제방의 토사 유출을 고려하여 1.0m 이상의 여유를 확보하도록 한다.

해설

- (1) 용지폭 말뚝(또는 용지경계 말뚝이라고 함)을 중심선(또는 법선)의 접선에 대하여 직각방향으로 축점마다 설치하고 지형의 변화가 있는 곳에 보조 말뚝을 설치한다.
- (2) 보상을 위한 지적경계측량 등은 지적공사에서 실시하므로 이에 대한 충분한 자료를 확보해 두어야 한다.

14.5 하상변동조사 측량

14.5.1 지형현황 측량

- (1) 하상변동의 평면적인 변동상황을 조사하기 위하여 지형현황 측량을 실시한다.
- (2) 하천의 기본계획 수립 및 댐의 수몰지 조사측량 등의 조사가 완료된 구간의 측량은 이 평면도를 활용하여 변동된 부분만을 보완조사하며 신규로 조사하는 구간의 측량요령은 '14.3.2 지형현황 측량'에 준한다.

14.5.2 종단 및 횡단측량

- (1) 하천의 하상변동 조사를 위하여 종단 및 횡단측량을 실시한다.
- (2) 과거에 측량을 실시한 실적이 있는 구간에 대해서는 그 축점을 이용하여 하도내의 변동상황을 규명할 수 있도록 측량하고 신규로 측량할 경우에는 '14.3.3 수준 및 종단측량'과 '14.3.4 하천횡단측량'의 요령에 준한다.
- (3) 본 조사측량을 완료한 후 하상변동량을 산정할 때는 자연적인 변동량과 인위적인 변동량을 구분하여 산정해서 앞으로 예상되는 변동량을 추정함과 동시에 유사량 산정공식 등의 유도에 기본 자료로 활용할 수 있도록 분석한다.

14.6 기타

14.6.1 측량 결과의 정리 및 방향

- (1) 각 목적에 따라 측량한 결과는 기본적으로 장래 활용과 정보 보전 등을 위해 전산화하여 제출하고 최소한 10년 이상 보관이 가능하여야 한다. 이 경우 자료의 유실을 방지할 수 있도록 전산화 결과를 지속적으로 백업하고 유지하기 위해 관련 전산 결과를 매 3년마다 확인 점검하여야 한다.
- (2) 대규모 지역 하천 측량 결과는 지리정보시스템 등에 활용될 수 있도록 기본 계획에서 측량 범위 및 목적, 내용, 그리고 활용 방향 등에 대한 계획을 수립하고 각 목적에 맞는 측량 방법을 이용하여 조사한다.
- (3) 홍수흔적조사와 같이 대규모 하천에서 전체가 일관된 측량을 위해서는 항공 측량과 같은 방법을 이용하는 방안을 강구하여야 한다.

14.6.2 최신측량 기술의 활용

- (1) 측량의 정확도 향상 및 유지관리의 편리성 등을 위하여 최신 측량 기술을 활용한다.
- (2) 지형의 위치, 하천의 중횡단 구간, 조사 지점, 호소의 중횡단 지점, 각종 수공구조물의 위치, 하천구조물의 설치 지점 설정, 그리고 하천생태계 조사 등과 관련하여 해당 지점에 대한 좌표와 위치를 직접 측정하기 위해서는 지구위치결정시스템(GPS; Global Positioning System)을 이용할 수 있다.
- (3) 하천 수계의 하천기본계획 수립 및 하천대장 작성을 위한 하천의 수치지도작성, 하천 작업량 산출 등을 위해 항공사진측량을 실시할 수 있다.

해설

- (1) GPS 측정법의 기기는 상용화되어 있는 장비를 이용하되 조사 목적에 따른 정확도를 고려하여 장비를 선정한다.
- (2) GPS는 지구상의 정확한 3차원 위치, 고도, 시간 정보를 제공하고, 24시간 측정이 가능하며 어느 기상 상황에서도 가능하다.
- (3) 항공사진측량은 국토해양부 공공측량표준작업규정(국토해양부고시 제94-519호(1994년 12월 20일), 수치지도작성 작업규칙(국토해양부령 제416호, 2004년 12월 22일), 수치지도작성 작업내규(국토지리정보원 내규 제71호) 및 공공측량의 작업규정세부기준 운용세칙(국토지리정보원고시 제2003-498호, 2004년 1월 2일) 등에 따른다.

계 획 편

제 15 장	하천유역종합계획
제 16 장	설계수문량
제 17 장	홍수방어계획
제 18 장	하도계획
제 19 장	유사조절계획
제 20 장	내수배제 및 우수유출저감계획
제 21 장	이수계획
제 22 장	내륙주운계획

제 15 장 하천유역종합계획

15.1 일반사항

15.1.1 적용범위

- (1) 이 장은 하천유역을 종합적이고 체계적으로 개발하고 관리하기 위한 일반적인 기준이나 범위를 제시한 것이다.
- (2) 이 장에서는 하천유역의 수자원 개발 및 이용, 하천으로 인한 각종 피해방지 및 저감, 하천기능의 회복, 하천과 인간생활의 바람직한 조화를 이루도록 계획을 수립하기 위한 기본적인 기준을 제시한다.

15.1.2 용어의 정의

- (1) 치수기능 : 홍수, 토사이송 등에 의한 피해로부터 인명과 재산을 보호하는 기능
- (2) 이수기능 : 각종 용수의 공급, 주운, 수력발전, 어업, 골재채취, 여가생활 등 물을 이용하는 기능
- (3) 환경기능 : 하천수질의 보전, 자연생태계 보전, 친수공간의 이용 등 하천이 갖는 환경적 기능

15.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정을 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정은 아래와 같다.

(1) 본 설계기준

- ① 제4장 유역특성조사
- ② 제5장 강수량조사
- ③ 제6장 수위조사
- ④ 제7장 유량조사
- ⑤ 제8장 지하수조사
- ⑥ 제9장 유사 및 하상변동조사
- ⑦ 제10장 하도조사
- ⑧ 제11장 내수조사
- ⑨ 제12장 하천환경조사
- ⑩ 제13장 하천치수경제조사

(2) 관련규정

소하천시설기준(행정자치부, 1999)

15.2 개요

15.2.1 계획의 목표

- (1) 하천유역 종합계획은 수계를 종합적이고 체계적으로 검토함으로써 비효율적인 운영관리와 각종사업간의 부조화로 인한 국가적인 자원의 낭비를 방지하고 투자효율을 극대화시키는데 목적이 있다.
- (2) 하천유역 종합계획의 목표는 국가경제개발, 사회복지 및 국민생활의 향상, 종합적인 유역 물관리 및 자원관리 체계의 구축, 자연환경보전 및 개선 그리고 균형있는 지역개발에 두어야 한다.
- (3) 하천유역 종합계획은 하천이 인간생활과 조화를 이루도록 하천기능을 최적화하는 방향으로 추진되어야 한다.

해설

하천유역 종합계획에서 다루어지는 세부 항목은 다음과 같다.

- (1) 수자원의 개발, 이용 및 관리방안
- (2) 하천과 하천유역의 이용도 제고
- (3) 하천으로 인한 피해의 방지 및 저감
- (4) 용수원확보 및 용수배분
- (5) 수질관리
- (6) 유역 종합환경관리 및 보전대책
- (7) 기타 하천 및 하천유역 개발과 관리에 관련된 사항

15.2.2 하천기능과 하천계획

- (1) 하천유역 종합계획과 관련된 하천의 기능은 크게 이수, 치수, 그리고 환경기능 등 세 가지로 구분되며, 하천유역 종합계획은 개개 하천의 기능을 최대화하고 세 가지 기능이 서로 조화될 수 있도록 수립한다.
- (2) 하천유역 종합계획은 하천과 직·간접적으로 영향을 주고받는 유역내의 각종 문제와 상호관계를 맺을 수 있도록 하천과 유역을 하나의 시스템으로 취급하여 그 관계가 균형을 유지하고 개발로 인한 역기능과 나쁜 영향을 최소화 할 수 있도록 계획을 수립하여야 한다.

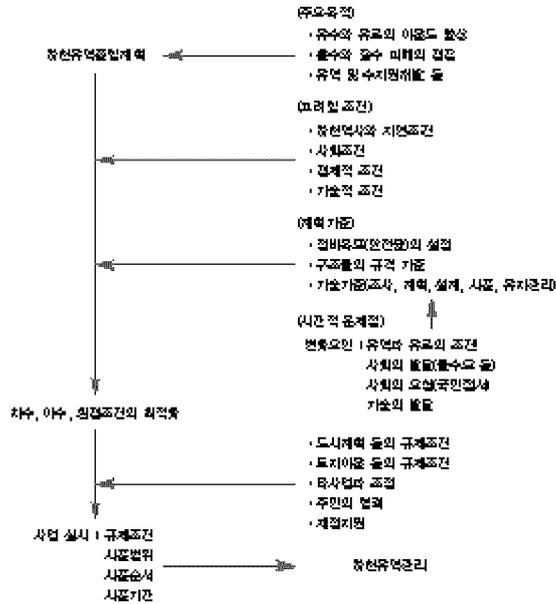
15.2.3 계획의 과정

- (1) 하천유역 종합계획을 수립하기 위한 과정은 해당지역이나 하천유역의 특성을 고려하여 종합적으로 취급하여 그 계획을 세운다.
- (2) 하천유역 종합계획의 대상은 하도 및 하도에 직접적으로 영향을 미치는 유역으로 하고

하천유역 종합계획을 수립한다.

해설

하천유역 종합계획의 표준과정은 <그림 15.1>과 같다.



(그림 15.1) 하천유역의 종합계획과 관련된 주요사항 흐름도

15.2.4 계획의 구성

하천유역 종합계획은 대상 하천유역과 시행하고자 하는 사업 목적에 따라서 전체 하천유역에 걸쳐 일관된 수계의 유지 관리, 이수·치수·환경 등의 기능, 그리고 관련대책 등에 대해 종합적으로 구성되도록 하여야 한다.

해설

하천유역 종합계획은 적용하고자 하는 대상하천유역과 시행하고자 하는 사업목적에 따라 <표 15.1>과 같이 분류된다.

〈표 15.1〉 하천유역 종합계획의 구성

구분	계획	내용	참고조건 및 계획
대상 에 따른 구분	유역계획	하천유역에서 본 유역의 적절한 모습 설정 (유역구분과 평가)	유역내 자연적 및 사회적 조건, 유역정비계획, 유역계획
	유출계획	유출기구(현황, 하천과 유역변화가 미치는 영향)의 평가와 조절, 치수·이수기능의 평가와 유출수의 유도계획	유역계획, 광역계획(이수용)
	유사계획	유출토사의 억제·조절시스템(토사유출기구, 유사영향)	적정 하도 및 연안조건외 확보
	환경계획	적절한 자연환경 보전, 하천공간, 수질 및 수량의 유지개선	사회조건외의 변화, 수환경외의 변화, 생식조건외의 변화
사업 목적에 따른 구분	홍수 방어 계획	기본홍수(계획외의 기본이 되는 홍수수문곡선)의 설정, 홍수방어효과를 확보하기 위한 대책의 수립	사회적, 경제적 조건
	이수계획	유수의 정상적 기능유지를 위한 하천관리유량 설정, 각종 이수계획외의 기본적인 설정	사회발전과 모형사황외의 다양성을 조정
	하천환경 관리계획	하천환경, 수환경외의 기본 설정, 환경 유지개선을 위한 시책 책정	도시발전 하천경관외의 유지관리
	하도계획	합류절 처리, 하구막힘 및 처리대책	하도계획, 지류합류계획, 하구부 처리대책
	내수배제 계획	내수문제 설정, 내수처리 방식, 내수처리 대책외의 설정	도시화외와 수문특성 변화 도시지역 침수피해 증가
	유사조절 계획	토사재해 방지, 유출토사 조정	산지개발과 보전, 토사생산, 토석류, 고지 개발, 저수지 퇴사방지, 수원지보전
	침하방지 계획	침하로 인한 피해 방지 및 경감	가옥, 공공시설, 경지(직접), 하천매립(간접)

15.3 세부계획

15.3.1 세부계획의 구성

- (1) 하천유역 종합계획은 일반적으로 유역계획, 유출계획, 유사계획 및 환경계획의 세부계획으로 구성한다.
- (2) 대상계획이나 사업규모, 계획년수 및 계획의 중요도에 따라 세부계획 중 일부는 생략 또는 추가할 수 있다.

해설

유역계획, 유출계획, 유사계획 및 환경계획을 각각 독립적으로 세우는 것이 아니라 서로 관련된 내용을 보완하면서 전체적으로 하천 및 그 유역이 지니고 있는 자연적, 사회적 조건을 파악하여 앞으로 바람직한 모습과 기대되는 기능이 최대한 반영되도록 하여야 한다.

15.3.2 유역계획

유역계획은 유역의 자연적, 사회적 조건에 따라서 각각의 유역을 구분하고 개발 및 보전계획 등과 관련하여 비교, 평가함으로써 하천의 입장에서 바라본 유역의 바람직한 모습을 설정하는 것이다.

해설

- (1) 자연적 조건이란 유역의 지형지질, 지형피복상황, 수문과 기상상황 등이며 사회적 조건이란 국토에서 해당 유역이 차지하는 사회적 경제적 위치, 인구, 자원, 그리고 토지이용 등의 현황과 추이 등이다.
- (2) 유역계획을 설정할 때는 그 유역을 포함하는 광역계획, 지역개발계획, 기타 지역보전계획 등과 어떠한 관계가 있는지를 고려해야 한다.

15.3.3 유출계획

유출계획은 유역계획에 따라 해당 하천유역에서 발생하는 지표수(호소 포함)와 지하수 유출의 물리적 구조를 파악하는 것으로서 유출기구와 유출조절계획을 설정하는 것을 말한다.

해설

- (1) 유출기구를 검토하고 파악하기 위해서는 다음과 같은 사항이 필요하다.
 - ① 수문자료의 조사·검토
 - ② 하천과 유역의 물리적 특성
 - ③ 하천 유황 및 유황조절의 현황
 - ④ 하천과 유역의 이수 현황
 - ⑤ 하천과 유역의 홍수 및 홍수조절의 현황
 - ⑥ 기타 유출기구에 관계되는 사항
- (2) 유출조절계획을 설정할 때는 다음과 같은 사항이 필요하다.
 - ① 유역계획에 대응하는 유출기구의 검토
 - ② 재현기간별 강수량과 대응하는 홍수유출량 및 갈수량
 - ③ 하천수 이용의 현황과 수요예측 및 유황 조절 가능성 검토
 - ④ 하천수질의 현황 및 수질개선의 필요성과 가능성 검토
 - ⑤ 유역 및 하천에 미치는 생태계변화 가능성 검토
 - ⑥ 하천이 정상적인 기능을 유지할 수 있도록 하는 하천관리유량의 확보
 - ⑦ 지하수 이용의 현황과 부존량의 검토
 - ⑧ 유출조절 능력이 있는 댐 등 하천구조물의 운영현황
 - ⑨ 기타 유출조절에 관계되는 사항

15.3.4 유사계획

- (1) 유사계획은 유역계획 및 유출계획에 따라 하천과 유역에서 침식, 이송, 또는 퇴적되는 유사의 유송기구와 유사조절계획을 설정하는 것을 말한다.
- (2) 유사계획을 설정함에 있어서 검토할 주요사항은 다음과 같다.
 - ① 유사유송기구의 파악
 - ② 유송토사량의 파악
 - ③ 댐 및 기타 시설에 의하여 변화하는 유사량과 퇴사량의 파악
 - ④ 안정하상의 설계 및 영향의 파악

해설

- (1) 유사의 유송기구 설정은 유송기구의 현황을 파악하고 해당 하천과 유역조건이 변화되었을 경우 유송기구에 어떠한 영향을 미치는지를 파악하는 것이다.
- (2) 유사조절계획의 설정은 유송유사에 의한 피해실태 조사와 방지대책, 유역 및 하도의 안정 등을 고려해서 각각의 목적에 따라 설정되는 허용 토사량 또는 공급토사량을 구하고 안정된 하도를 유지할 수 있도록 하는 것이다.

15.3.5 환경계획

환경계획은 하천 및 그 유역의 환경을 유지 개선하기 위한 계획으로서 자연환경보전, 친수성 증대, 그리고 적절한 하천공간 및 하천 수량과 수질을 유지 개선할 수 있는 기본 방침과 그 대책을 설정하는 것을 말한다.

해설

- (1) 자연환경보전은 하천 및 유역보전을 목적으로 하는 관련 법령과의 관계를 충분히 고려하여 결정하여야 하며, 하천공간을 보전, 정비 또는 이용하기 위해서는 하천공간의 현황, 하천개수 취지 등을 고려하고 유역에서 하천과 사회활동 공간이 갖는 위치관계가 잘 적응되도록 설정하여야 한다.
- (2) 친수성을 증대시키기 위해서는 인간이 보기에 좋고 쉽게 접근할 수 있는 하천시설물로 설계하고, 이용에 편리한 시설이 설치될 수 있도록 노력하여야 한다.
- (3) 적절한 하천공간을 확보할 수 있는 하천공간의 이용계획을 수립한다.
- (4) 하천수량과 수질을 유지개선하기 위해서는 하천유황, 하수도 정비, 하천수의 취, 배수 추이, 감조구역의 환경 등을 고려하고 관련 법령과의 관계를 충분히 고려해서 설정하도록 한다.
- (5) 이 밖에도 하천이나 유역에 보존되는 사적 명승지, 유적지, 특히 생태계 보전 등에 대해 필요에 따라 설정한다.

15.4 하천유역 종합계획수립을 위한 기본조사

- (1) 하천유역 종합계획수립을 위한 기본조사 범위는 기본계획을 위한 조사와 하천계획을

위한 조사로 나눌 수 있다.

- (2) 기본계획을 위한 조사내용은 수문량조사, 갈수조사, 유사(량)조사, 지형 및 지반조사, 사회경제조사, 하천환경조사를 포함한다.
- (3) 하천계획을 위한 조사는 하도조사, 하구조사, 시설조사, 하천개수조사, 하천경제조사, 특정사업조사, 환경관리조사를 포함한다.

해설

(1) 기본계획을 위한 세부적인 조사내용은 <표 15.2>와 같다.

<표 15.2> 기본계획 조사내용

주요조사	세부조사	조 사 내 용
수문량조사	유량조사	강수량·수위·유량조사 및 수문자료의 수집과 분석, 설계강우 및 홍수량, 홍수위 등의 수리·수문해석, 홍수흔적조사, 이수·치수계획의 책정(홍수방어 및 이수계획)
	지하수조사	침투수, 복류수 등의 지하수 조사, 하도 계획상의 지하수 대책, 유역내 지하수 활용상태
	유출지역조사	유출기구 조사, 물순환 조사, 유출특성조사

주요조사	세부조사	조 사 내 용
갈수조사	저수유량조사	하천유량 조사, 취배수실태 조사, 물이용계획 및 물수지 검토, 갈수모인 분석, 하천관리유량(유지유량) 검토
	수질조사	수질조사, 수질분석 및 해석(하천, 호소), 모염원조사, 수질감시 및 통제, 자정작용 조사
유사(량)조사	토사생산량조사	붕괴, 침식
	유사량 조사	유사량 측정 및 분석, 댐·사방시설로 인한 퇴사량조사, 골재채취량, 유사이동 조사
	하상재료조사	하상재료의 입도분석, 하상의 장간층 조사
지형, 지반조사	지반조사	지질도, 붕괴지, 지질구조, 토질상태, 지진 발생 현황
	지형조사	지형도, 치수지형분류도, 토지이용 현황도
	유역특성조사	지형특성치 조사, 유역의 식생조사, 하도형태조사, 토지이용 실태조사
	하천지형조사	중첩단 측량, 평면측량, 항공사진측량
사회경제조사	사회조사	토지이용계획 조사, 도시개발계획 조사, 인구조사, 경제환경 조사, 자원조사, 유적조사, 관광지 조사
	경제조사	사업에 의한 경제효과에 예측
하천환경조사	수질 및 저니질 조사	하천, 호소 및 지하수 수질조사 및 해석, 수질보전계획 및 대책, 저니토 조사, 수질모염 예측조사
	생태환경조사	동식물의 생태조사, 인간과 하천환경과의 관계 등

(2) 하천계획을 위한 세부 조사내용은 <표 15.3>과 같다.

〈표 15.3〉 하천계획 조사내용

주요조사	세부조사	조 사 내 용
하도조사	하상변동조사	하상변동의 해석과 대책, 국부세굴조사와 대책, 하도의 조도검토
	하도계획조사	안정하도의 해석과 설계, 안정하도 유지방안 수립
	하천구조물조사	하천구조물 실태조사 및 안정성 검토
	지하수조사	침투수, 복류수 등의 지하수 조사, 하도계획상의 지하수대책
	홍수관리조사	하천관리시설의 조작방식, 홍수터 관리, 홍수에보 시스템

주요조사	세부조사	조 사 내 용
하구조사	하구변동조사	파랑에 의한 하구지형변동, 하구의 유사퇴적, 하구해석 및 처리 대책, 유지관리대책
	염수해조사	해수침입조사 및 해석, 지하수 염분관측, 염수 피해조사, 예측 및 해석과 대책
	고조조사	고조조위와 파랑침입, 제체의 구조 검토
	하구수문조사	수위 및 유량조사, 표사조사, 저니조사 등
시설조사	제방 및 시설조사	제방의 안정성 검토 및 대책
	하천구조물조사	중요구조물의 계획과 대책
	내수배제시설조사	내수처리실태 및 구조물조사
하천개수조사	종합치수조사	유역개발에 상응하는 종합치수대책계획
	하천개수계획조사	본천·지천의 계획조정, 개수순서의 검토, 잠정 항구개수 계획
	유역치수조사	하천개수사업의 효과 검토, 기존치수방식의 검토
	도시하천조사	내수처리계획 및 대책의 검토, 도시개발 계획과 치수대책 검토
하천경제조사	하천경제조사	투자 우선순위 결정, 치수효과 검토
특정사업조사	내수조사	특정과업에 따른 사업조사, 내수배제계획, 침수에상구역의 설정, 재해조사, 수방대책조사, 각종 조사의 기초연구, 기술기준의 작성
환경관리조사	유출조사	유출조사
	수질보전계획조사	수질보전계획의 책정, 하천수질조사 및 보전
	하천환경조사	하천부지의 효과적인 이용조사

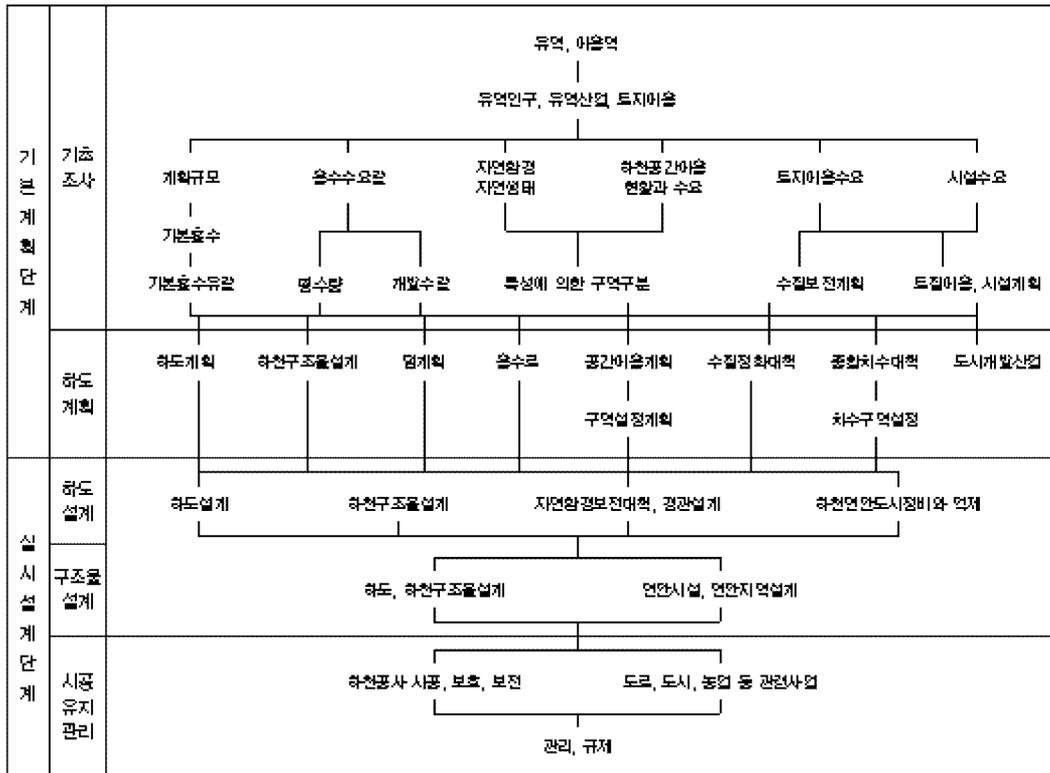
(3) 위 분류는 필요한 조사내용을 개괄적으로 나열한 것이며 하천사업을 시행하는 기관에서 필요한 항목만을 선택할 수 있고, 특별히 필요하다고 인정되는 항목은 추가할 수 있다.

15.5 하천유역 종합계획의 체계

하천유역 종합계획을 수립하기 위해서는 표준흐름도를 따라 결정하되 필요한 내용이나 항목은 증감할 수 있다.

해설

하천유역 종합계획을 위한 표준흐름도는 <그림 15.2>와 같다.



(그림 15.2) 하천유역 종합계획의 표준흐름도

제16장 설계수문량

16.1 일반사항

16.1.1 적용범위

- (1) 본 장은 이수, 치수, 그리고 하천환경을 위한 수자원 개발, 종합치수대책, 그리고 수공 구조물 설계 등에 기본이 되는 설계강우, 강우손실과 유효우량, 그리고 설계홍수량을 결정하는 일반적인 사항을 제시하고 설계과정에 따라 적절한 방법을 이용할 수 있도록 특정한 기준이나 범위를 제시한 것이다.
- (2) 본장은 하천관련사업의 계획과 설계과정에서 사용하는 수문량의 규모와 그 발생빈도에 관한 통계적 처리기법에 대한 표준적인 기준을 기술한 것이다.

16.1.2 용어의 정의

- (1) 수문학적 설계(수문설계) : 어떤 수자원 시스템에 수문사상(水文事象)이 미치는 영향을 평가하고 시스템이 적절히 실행될 수 있도록 시스템을 지배하는 주요변수들의 기준치를 선택하는 과정
- (2) 설계 강우량 : 설계 홍수량 산정에 필요한 강우량
- (3) 설계 홍수량 : 홍수특성, 홍수빈도, 그리고 홍수피해 가능성과 사회 경제적 요인을 함께 고려한 후 최종적으로 어떤 수공구조물의 설계기준으로 채택하는 침투유량
- (4) 설계 갈수량 : 하천에서 취수 및 저수관리, 저수로 유지관리, 하천 환경의 개선 및 유지관리 등을 위해 설정한 갈수량
- (5) 기본 홍수량 : 어떤 하천이나 유역에서 인위적인 유역개발이나 유량조절시스템에 의해 조절되지 않고 자연상태에서 흘러 내려오는 홍수량 중에서 홍수조절이나 유역개발의 기본이 되는 홍수량
- (6) 계획 홍수량 : 하천, 유역개발, 홍수조절계획 등 각종 계획에 맞추어 이미 산정된 기본 홍수를 종합적으로 분석하여 합리적으로 배분하거나 조절할 수 있도록 각 계획기준점에서 책정된 홍수량
- (7) 가능최대강수량(Probable Maximum Precipitation ; PMP) : 어떤 지속기간에서 어느 특정 위치에 주어진 호우면적에 대해 연중 지정된 기간에 물리적으로 발생할 수 있는 이론상의 최대 추정 강수량
- (8) 가능최대홍수량(Probable Maximum Flood ; PMF) : 가능최대강수량으로부터 발생하는 홍수량
- (9) 추정 한계치(推定 限界値) : 최대로 가용한 수문정보를 바탕으로 하여 어떤 위치에서 발생 가능한 수문사상의 최대크기
- (10) 유역 반응시간 : 유역에 내리는 강우에 따라 침투유량이 발생하는 시간적 특성이나 수리학적으로 유역에 어떠한 반응을 일으키는 시간
- (11) 단위유량도(Unit Hydrograph) : 특정 단위시간 동안 균일한 강도로 유역 전반에 걸쳐

균등하게 내리는 단위 유효우량(1cm)으로 인하여 유역 출구에 발생하는 직접 유출량의 시간적 변화를 나타내는 곡선

16.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정을 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정은 아래와 같다.

(1) 본 설계기준

- ① 제17장 홍수방어계획
- ② 제18장 하도계획
- ③ 제20장 내수배제 및 우수유출저감계획

(2) 관련규정

댐 설계기준(한국수자원학회, 2005)

16.2 설계 수문량의 추정 개념

16.2.1 수공구조물의 분류

- (1) 소규모 수공구조물은 파괴되어도 거의 인명손실이 없으며 피해액은 구조물을 대체하거나 수리비용 정도의 구조물이다.
- (2) 중규모 수공구조물은 파괴되었을 경우에 약간의 인명손실이 있을 수 있으며 피해액은 구조물 관리자나 소유자의 재정 능력 내에 있는 경우의 구조물이다.
- (3) 대규모 수공구조물은 파괴되었을 경우에 막대한 인명손실과 광범위한 피해가 초래되는 경우의 구조물이다.

해설

- (1) 배수구, 도시우수관거, 공항배수시설, 도로 암거, 도시 우수 저류지, 소하천 제방, 소규모 댐의 여수로 및 부속시설 등은 소규모 수공구조물에 해당된다.
- (2) 수력발전시설, 관개용수로, 중규모 댐과 저수지, 도시 홍수조절지, 철도, 암거 등은 중규모 수공구조물에 해당된다.
- (3) 대규모 다목적 댐이나 조정지, 대하천 제방, 여수로, 대규모 관개수로, 하구둑 등은 대규모 수공구조물에 해당된다.

16.2.2 수문설계 빈도

수문 설계빈도의 결정은 추정한계치((Estimated Limiting Value ; ELV) 방법과 <표 16.1>의 주요 수공구조물의 설계빈도를 이용하여 결정한다.

〈표 16.1〉 주요 수공구조물의 설계빈도

구조물 종류	설계빈도(년)
배수시설	2~50
배수로	20 이상
방수로	20 이상
배수제	20 이상
배수문	20 이상
배수펌프	20 이상
유수지 및 저류지	20 이상
하천제방	
국가 하천	100~200
지방 하천	50~200
홍수방어(조절)용	
저수지	50~SPF(표준설계홍수량)
여수로	PMF(가능최대홍수량)
제 방	10~SPF(표준설계홍수량)

- (1) 추정한계치(Estimated Limiting Value ; ELV)방법은 수공구조물의 크기를 고려하여 빈도를 설정하거나 설계빈도 이상에 대해서는 과거에 발생한 수문사상을 이용하여 수문기상학적으로 가능한 최대치를 추정하여 이용한다.
- (2) 주요 수공구조물의 설계빈도는 구조물의 위치 및 여건, 경제적 상황에 따라 다양하게 변하므로 일률적으로 결정할 수 없으나 ‘제13장 하천치수경제조사’ 에서 제시한 방법으로 구조물별 설계빈도를 구할 수 있다.
- (3) 배수시설의 설계빈도는 사업의 특성과 경제성 검토결과에 따라 조정할 수 있다.

16.2.3 수문설계빈도의 선택

- (1) 수문학적 설계규모는 수문설계자의 공학적 판단과 경험을 바탕으로 결정하는 것이 바람직하다. 특히 극한 수문사상에 대한 추정 한계치나 대소 수공구조물의 설계빈도를 결정하기 위해서는 이러한 공학적 판단과 함께 내용년환을 초과하지 않는 설계기간에 닥칠 위험도를 평가하고, 치수경제분석과 설계 기술자의 설계 경험이나 현장 경험을 바탕으로 구조물의 종류, 중요도, 홍수지역의 개발정도 등을 감안하여 설계빈도를 선택한다.
- (2) 수공구조물의 설계빈도 선택 시 구조물의 중요도, 도시화 등 수문학적인 요소가 가장 중요하나, 사회적, 경제적인 요소에 따라 설계기준이 달라질 수 있다. 따라서 특정 수공구조물의 설계빈도를 일률적으로 100년 또는 200년으로 결정하는 것은 바람직하지 못하다.

16.3 빈도해석에 의한 설계수문량의 추정

16.3.1 자료의 수집과 정리

- (1) 통계적 해석을 위한 수문자료의 수집 범위는 해석목적, 해석방법, 자료수집의 용이성, 정리의 난이도 등을 고려하여 선정한다.
- (2) 수집한 수문자료에 대하여 관측이나 기록상의 착오여부, 자료의 동질성, 일관성 및 적합성 등을 검정하고 결측치에 대해서는 보완하여야 한다.
- (3) 기록된 자료는 경우에 따라 인근 지역의 장기간의 기록을 이용하여 추정된 값, 지역의 강우-유출 모형, 기록시작 이전의 역사적 기록의 자료 등을 이용하여 확장이 가능하다.

해설

- (1) 수문자료의 종류에는 강우량, 강설량, 증발량, 하천수위, 하천유량, 지하수위 등이 있으며 광의의 수문자료에는 기온, 습도, 바람, 일조시간과 같은 기상자료도 포함된다.
- (2) 기록자료의 수집단계에서 관측조건, 관측방법, 관측지점 주변의 물리적 환경상태와 그 변천, 즉 장소의 이전, 저수지, 제방과 같은 구조물의 설치, 토지이용변화, 벌채, 산불 및 도시화 등에 관한 조사가 필요하다.
- (3) 기록자료에 대해서는 오측, 기록의 오기, 정리나 복사시의 오류 등과 같은 우연오차(random error) 또는 계통오차(systematic error) 외에 결측 등으로 기록이 불완전한 경우도 있으므로 직접 이용을 목적으로 한 자료 외에도 어떤 기간의 누계치, 평균치, 극치 등과 같은 자료를 동시에 수집한다.
- (4) 조사지점 부근의 동종자료나 수집된 수문자료와 상관이 있는 다른 수문자료에 대해서도 예비자료로서 조사해 두는 것이 경우에 따라서는 필요하다.
- (5) 공공기관 외에 기업체 또는 전문 연구기관 등에서 항구적 또는 잠정적으로 조사 또는 해석한 성과는 수집된 자료의 정확성을 확인하거나 검증용으로 활용 할 수 있다.
- (6) 관측된 수문자료는 그 양이 방대하므로 사용목적에 부합되는 자료만을 선정하여 처리 과정을 거친 후 발표되나, 처리되지 않은 자료를 수집할 때에는 자료수, 기록기간, 결측 여부, 기록의 정확도 등을 감안하고 종합적인 검토 후 사용함으로써 정확도를 향상시키는 노력을 실시하도록 한다.
- (7) 결측치가 발생하면 기록된 자료의 결측부분에 대한 추정이 필요하다. 무엇보다도 추정에 앞서 결측기간 동안의 인근지점의 기록을 검토하여 자료의 성향을 조사하는 것은 대단히 중요하다.
- (8) 강우량 결측치의 추정은 인근 관측지점의 기록이 동질성이 있고 정확히 관측되었다고 판단되면 산술평균법, 정상 연강수량 비율법, 등우선법, 회귀분석법 및 거리가중법(quadrant method) 등에 의하여 가능하다. 하천유량이 결측치인 경우는 인근지점의 동시 기록과 상관이 높으면 회귀분석을 통하여 결측치를 추정할 수 있다. 또한, 결측치를 추정하는 방법에는 추계학적인 방법을 사용한다.

16.3.2 확률 수문량의 추정

- (1) 수문량 빈도해석을 수행하는 경우 해석에 사용하는 자료는 동일한 환경조건하에서 발

생되고, 자료 값 상호간 독립적이어야 하며, 자료의 크기가 가능한 한 많아야 한다.

- (2) 한 집단의 수문량 발생확률에 관한 해석은 자료의 선택, 확률도시, 적용 확률 분포형의 선정 및 매개변수 추정, 추정된 매개변수의 적합성 검토, 적용 확률분포형의 적합도 검증, 최적 확률분포형의 선정 및 재현기간별 확률 수문량의 추정 등의 항목에 따라 실시하는 것으로 한다.

해설

- (1) 발생확률해석을 위한 자료의 선택은 이상자료의 판단을 포함한 대상 자료의 정상성, 일관성, 무작위성 등의 검토를 통하여 이루어진다.
- (2) 수문자료의 빈도해석에는 같은 기록에서 추출된 것이라도 기간의 취급방법, 기간의 길이에 따라 해석결과가 크게 다르게 될 수 있다.
- (3) 수문빈도해석에 많이 쓰이는 확률분포는 정규분포, 2매개변수 대수정규분포, 3매개변수 대수정규 분포, 2매개변수 Gamma 분포, 3매개변수 Gamma 분포, Gumbel(극치 I) 분포, General Extreme Value 분포, 2매개변수 Weibull 분포, 3매개변수 Weibull 분포, 2매개변수 대수 Gumbel 분포, 3매개변수 대수 Gumbel 분포, 4매개변수 Wakeby 분포, 5매개변수 Wakeby 분포 등이다.
- (4) 적용 확률분포형의 매개변수 추정방법으로는 최소자승법, 모멘트법, 최우도법, L-모멘트법 등이 있다. 여기서 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법이 널리 사용되고 있으며, L-모멘트법의 경우 매개변수 추정결과는 확률 가중모멘트법의 결과와 동일하다.
- (5) 지역빈도해석에서는 다른 통계분석과 마찬가지로 전반적인 검토를 통하여 오류나 비일관성에 대한 검증을 실시하여야 한다.
- (6) 지역빈도해석을 하기 위해 대상유역을 여러 개의 소유역으로 나누는데 있어서, 기본 가정은 각 소유역별로 소유역내의 자료분포가 같다는 것이다. 따라서, 소유역별로 자료계열이 수문학적인 동질성을 가지는 지를 평가하기 위하여 기준이 마련되어야 하며, 이러한 목적으로 이질성 척도를 산정한다.

16.3.3 빈도해석의 신뢰도

- (1) 빈도해석이 수행되면 실제 자료치들은 빈도곡선상이나 주변에 위치하게 된다. 이와 같이 실제 자료치들이 위치할 것으로 예상되는 빈도곡선을 기준으로 상하로 신뢰구간을 생각할 수 있으며 신뢰구간(confidence interval)의 상하한계치를 신뢰한계라 한다.
- (2) 표본수가 많으면 곡선을 정의하는 통계치의 정확도가 높아지므로 표본수가 증가하면 신뢰구간의 폭은 감소한다. 재현기간 또는 초과확률에 따라 신뢰구간의 폭은 다르게 된다.

해설

회귀식이나 확률모형에 의한 추정치는 실제 값과의 차이 즉 편차를 갖게 된다. 이들 편차의 제곱합을 평균하면 추정치의 분산 Se^2 를 얻게 되고 Se 를 표준추정오차(standard error of estimate)라 한다. 즉, Se 는 실제값에 대한 추정치의 표준편차의 척도이다.

16.3.4 이상치의 처리

- (1) 이상치(異常值, outlier)는 자료의 전체적인 경향으로부터 현저하게 벗어난 자료의 값이다. 이상치 자료의 포함여부는 빈도분석 결과에 영향을 미치며, 특히 자료수가 작을 때 큰 영향을 미친다.
- (2) 이상치의 처리는 계측상의 문제를 제외하고는 실측 극한사상으로 포함하는 것을 원칙으로 한다.

해설

- (1) 자료의 착오에 의한 고 이상치가 발생하는 경우에는 관측, 판독, 기록 및 검정 또는 수정과정에서 발생했는지 면밀한 검토가 필요하다.
- (2) 유역조건 변화의 경우에는 자료가 동질성인지 조사한다. 예를 들면 산불, 도시화 및 대규모 저수지 건설 후에 이상홍수가 발생할 수 있기 때문이다. 이러한 이상치는 나머지 자료와 동질성(또는 일관성)을 갖도록 한다.

16.4 강우-유출 관계 분석에 의한 설계 홍수량의 추정

16.4.1 기본 홍수량과 계획 홍수량

- (1) 기본 홍수량은 과거 실측한 홍수량 자료를 이용하여 빈도분석하거나 실측강우 또는 설계강우에서 계산한 홍수수문곡선, 또는 수문경제-위험도 분석으로 산정한 홍수량 중에서 홍수조절계획의 기본이 되는 홍수량을 택한다.
- (2) 계획 홍수량은 각종 설계에 활용되는 홍수량으로 관련계획과 유역개발계획이 서로 조화를 이루고 유역전체를 통해 일관성 있게 책정하는 것이 중요하다.

16.4.2 설계 강우량

- (1) 수공구조물을 설계할 때 수문시스템의 입력자료로서 기본이 되는 설계강우량은 과거에 관측된 임의 지속시간의 강우자료를 빈도분석하여 확률강우량을 지점별로 나타내거나 면적 확률강우량, 강우강도-지속시간-빈도 관계식이나 곡선으로 표시하여 이용한다.
- (2) 수공구조물이 망라하여야 할 유역면적 전반에 걸친 평균강우량 또는 강우깊이를 결정하기 위해서는 지점 확률강우량을 면적 확률강우량으로 환산하여 적용한다.
- (3) 상대적으로 자료 기록년수가 적은 유역 또는 미계측 지역의 설계강우량을 책정하거나 전국적으로 일관성 있게 수공구조물을 설계하기 위해서는 관련 부처에서 제시된 지역 빈도분석한 결과 또는 확률강우량도를 이용할 수 있다.
- (4) 설계강우의 지속기간은 대상유역 크기, 강우 지속기간 특성, 홍수유출 형태, 그리고 계획대상 시설의 종류 등을 명확히 고려하여 결정하는 것이 원칙이다. 그러나 설계하고자 하는 수공구조물의 주된 기능이 홍수방어(조절)인지 아니면 유량저류인지에 따라 구분

하여 설계강우 지속기간을 책정한다.

- (5) 수공구조물을 설계하고자 하는 유역에서 선택한 설계강우량을 가지고 유역 대표단위도나 합성단위도를 이용하여 설계홍수량을 합성하기 위해서는 강우의 시간분포, 즉 유출에 기여하는 설계 우량주상도를 결정하여 첨두홍수량이나 유출수문곡선을 산정한다.
- (6) 넓은 유역에 대규모 수공구조물을 설계하기 위한 설계강우는 이동강우 또는 보통 타원형을 갖는 설계강우가 공간적으로 어떠한 등우선 형상을 갖고 유역에서 호우의 주된 이동방향은 어떠한지를 결정하여 유역에 걸친 평균강우깊이를 구하여야 한다.
- (7) 대규모 수공구조물의 설계홍수량을 결정하기 위해서는 여러 가지 공학적 판단과 사회경제적인 여건을 고려하는 것이 보통이며 구조물의 파괴시 위험도와 중요성 기타 여건에 따라 설계강우로 설계빈도가 높은 확률강우량 뿐만 아니라 가능최대강수량 또는 표준설계 호우를 채택하여 설계홍수량을 산정하거나 홍수량을 직접 빈도 해석하여 산정한다.

해설

- (1) 지점 확률강우량은 관측된 강우자료가 충분하고 일관성있게 관측된 지점에 대해서 산정한다. 국내에서 발간되고 있는 데이터베이스 자료는 고정시간간격의 자료인 경우가 많으므로 자료사용에 주의를 요한다. 임의시간 자료 획득이 어려운 경우에는 고정시간간격자료와 임의시간간격 자료와의 환산계수를 이용할 수 있다.
- (2) 확률강우량도는 지점별 확률강우량 값을 기초로 지도상에 동일한 강우량 값을 연속적으로 연결한 선, 즉 등우선을 나타낸 것으로서 수공구조물 설계에 많이 이용되는 재현기간과 지속기간별로 표시하는 것이 일반적이다. 이렇게 작성된 확률강우량도를 이용하면 미계측 지역의 설계강우량을 쉽게 뽑아낼 수 있을 뿐만 아니라 전국적으로 일관성있게 수공구조물을 설계할 수 있고 실용적인 면에서 편리를 도모할 수 있다.
- (3) 계획 대상지역에서 그 동안 관측된 강우자료가 부족하여 강우강도-지속기간-빈도 공식 또는 곡선이 개발되어 있지 않거나 기존에 개발된 지점이 지나치게 떨어져 있어 직접 이용하기가 어려운 지역은 사업계획에 따라 기존에 제시된 확률강우량공식 또는 확률강우량도를 이용할 수 있다.
- (4) 설계강우의 지속기간
 - ① 홍수조절용 구조물의 지속기간 : 수공구조물이 홍수조절용인 경우, 주로 도시지역의 우수지와 홍수조절지, 도시하천 제방, 또는 소유역의 유량조절시설 등으로서 유역에 강우가 균등하게 내려 첨두홍수량에 기여하는 전체 유역면적의 유출특성을 나타내는 홍수도달시간 또는 집중시간을 계산하고 이 시간을 설계강우의 지속기간으로 한다. 단지 우수관거는 해당 소유역의 집중시간을 그대로 설계강우의 지속기간으로 한다.
 - ② 홍수저류용 구조물의 지속기간 : 홍수저류용 수공구조물을 설계하거나 도달시간이 큰 유역(주로 자연하천유역)에 수공구조물을 계획할 때는 단순히 첨두홍수량 뿐만 아니라 유출용적까지 고려할 필요가 있는 바, 과거에 유역에서 관측한 주요 강우사상(주로 80mm에서 200mm 이상)의 지속기간 특성을 분석하고 사업규모 및 특성을 검토하여 대표적인 지속기간을 결정하여 설계강우 지속기간으로 한다.

③ 임계지속기간

- (가) 설계강우(design rainfall)는 특정 목적의 수공구조물 설계를 위하여 수문계에 입력으로서 제공되는 인위적인 강우사상(artificial rainfall event)으로 정의된다. 특히, 강우는 유역응답을 유도하는 기본적인 변수이기 때문에 강우의 특성은 강우-유출과정에 있어서 매우 중요하며, 설계강우는 보통 재현기간, 지속기간, 강우량 또는 강우강도의 시간적 분포 등의 성분으로 기술된다.
- (나) 침투유량과 유수지 용량 산정에 영향을 미치는 주요한 인자로는 강우 지속기간을 들 수 있으며, 강우 지속기간은 최대 침투유량과 최대지류비(유수지에 저류되는 용적량/총유출용적량)를 발생하는 지속시간을 임계지속기간이라 하여 이에 관한 연구사례를 참조할 수 있다.
- (다) 유출의 관점에서 볼 때, 도달시간이 작은 유역의 경우 침투유량은 강우용적보다는 강우의 침투 강우강도에 의해 결정되고, 도달시간이 큰 유역의 경우는 침투 강우강도와는 무관하고 강우용적에 의해 결정된다고 보고된 바 있다.
- (라) IDF 곡선에서 설계강우를 얻고자 할 때 지속기간의 결정은 중요한 사항이 되며, IDF 곡선에 관련되어 사용하는 설계강우의 적절한 지속기간을 임계 지속기간(critical duration)이라 정의한다면, 설계강우로부터 예측되는 유역의 침투유량 및 유출수문곡선은 강우의 지속기간에 따라 변할 것이므로, 임계 지속기간은 배수시스템에 있어서 가장 큰 부하를 야기 시키는 지속기간이 될 것이다.

(5) 설계강우의 시간분포 결정

- ① 설계강우의 시간적 분포 양상은 설계지역의 과거 강우자료로부터 강우 지속기간 동안에 총 강우량이 시간이 경과함에 따라 어떻게 분포하는가를 통계학적으로 분석하여 그 지역에 적합한 시간분포 모형을 만들면 수공구조물의 설계조건에 따라 결정할 수 있다.
- ② 설계강우의 시간분포를 결정할 수 있는 방법은 여러 가지가 있으나 단순히 일반적인 시간분포 해석만을 연구하여 제시한 것을 분류하면 크게 다음과 같은 네 가지가 있다. 이 밖에 실제 유출 거동의 적합성을 검토하기 위해서는 실적강우의 시간분포를 이용하여 비교 검토할 필요가 있다.
 - (가) 강우의 시간분포를 임의로 배열하는 것으로 일 최대우량을 가지고 모노노베 강우량 공식에 대입하여 총 강우량을 최대강우강도가 발생하는 위치에 따라 전방위형, 중앙집중형, 후방위형으로 나누고 시간별로 분포시키는 방법이다. 이 방법은 과거 강우시간분포에 대한 연구 결과가 전혀 없을 때 단순히 일최대우량만을 임의로 시간 구간별로 나누어 적용하는 방법으로 시간별 강우의 지속특성을 반영하지 못하므로 시간강우자료가 없이 일강우자료만이 존재하는 경우나 Huff분포와 비교 및 검토하기 위한 경우 등에 주로 사용된다.
 - (나) 강우의 시간분포를 강우강도-지속기간-빈도 관계를 이용하여 수학적으로 모형화하는 방법이다.
 - (다) 실측 강우량을 시간대별 누가곡선을 작성하여 이용하는 방법이다.

(라) Pilgrim과 Cordery(1975)가 호주 시드니 지방에 대한 강우의 시간분포를 평균이동법을 이용하여 분석하여 제시한 방법이다.

(6) 설계강우의 공간분포 결정

- ① 면적 확률강우량은 비교적 관측밀도가 높은 중소규모 유역(보통 1,000km² 이하)에 대해 특별히 개발된 면적우량 환산곡선을 이용하여 어떤 유역이나 면적에 걸친 평균강우깊이를 구할 수 있다. 이와는 반대로 일반적으로 넓은 유역에 대규모 수공구조물을 설계하기 위한 설계호우는 가능최대강수량을 채택한다.
- ② 전이된 실제호우 또는 보통 타원형을 갖는 설계호우가 공간적으로 어떠한 등우선 형상을 갖는지를 결정하여 유역에 걸친 평균강우깊이를 구하여야 한다. 이와 같이 단일 강우사상보다는 유역에 내릴 일반화된 호우의 공간분포를 결정하기 위해서는 비교적 관측밀도가 높고 호우사상별 동시 강우자료가 체계적으로 측정된 지역이 있어야 가능하다.
- ③ 우리나라는 한강유역 텔레미터 우량관측소를 운영하여 동시 강우자료를 얻고 있으나, 전체적으로 우리나라를 대표할 만한 호우형상을 결정하기에는 불충분하다.

(7) 가능최대강수량

- ① 대규모 수공구조물의 설계홍수량은 강우량 자료의 빈도해석에 의해 확률강우량을 결정하여 단위유량도법 등의 확정론적 방법으로 확률홍수량으로 전환시킴으로써 설계빈도에 따라 결정하거나 측정된 홍수량 자료의 연 최대치 계열을 작성하여 빈도해석에 의해 산정 하는 두 가지가 있다.
- ② 가능최대강수량을 추정하는 방법은 주로 과거에 발생한 최대강우량을 통계학적으로 추정하는 통계학적 방법과 물리적으로 발생 가능한 최대강우사상을 수문기상학적으로 추정하는 수문기상학적 방법이 있으며 가능최대강수량 등에 대한 자세한 내용은 ‘한국 가능최대강수량 추정’(국토해양부, 2001.6) 또는 ‘댐 설계기준’(한국수자원학회, 2005)의 ‘제3장 댐계획 제3절 설계홍수량의 결정’을 참고한다.

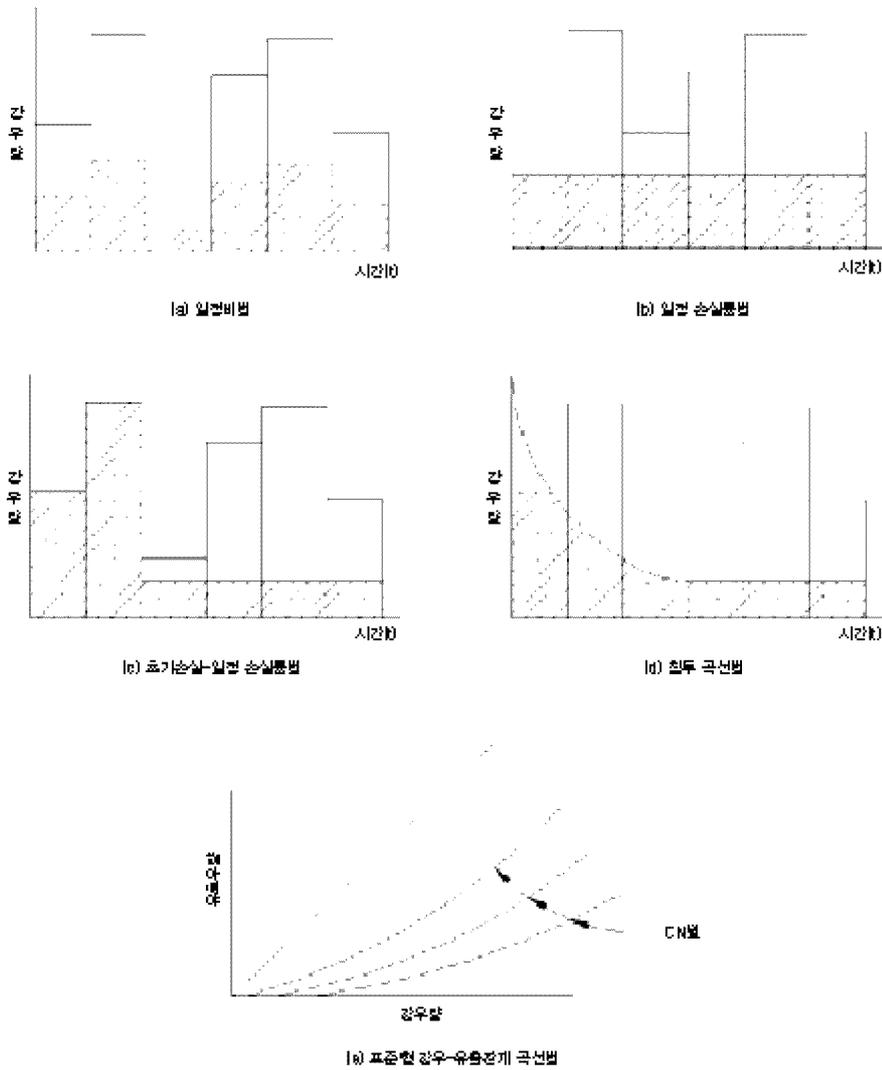
16.4.3 손실 우량과 유효 우량의 계산

- (1) 실적호우 또는 설계강우로부터 각종 유출계산모형으로 홍수계산을 하고자 할 경우에는 총 우량주상도로부터 손실우량을 분리하여 유효우량 주상도를 작성할 필요가 있다. 대부분의 강우-유출 모형은 총 강우중의 유효우량과 이로 인한 유역출구에서의 직접유출량 간의 관계를 계산하는 모형이며 총 홍수량은 모형으로 계산된 직접유출량에 적절히 추산된 기저우량을 합하여 계산한다.
- (2) 홍수유출계산을 위해서는 모형의 입력이 되는 유효우량의 시간적 분포를 표시하는 유효우량주상도를 총 우량주상도로부터 작성하여야 한다.
- (3) 강우손실량의 계산에 의한 유효우량의 산정은 일정비법, 일정손실률법, 초기손실-일정손실률법, 침투곡선법 및 표준강우-유출관계곡선법 등의 방법을 사용할 수 있다. 이때 대상유역에 적용할 방법의 선정은 대상유역에서 이미 발생한 호우의 강우·유출자료를 정밀 분석하여 이루어져야 하며 그 결과로 얻어지는 손실우량 분리법이 실무에 사용되어야 한다.

해설

(1) 일반적으로 유효우량 산정방법은 아래와 같은 5가지 방법에 의하여 산정할 수 있다.

- ① 일정비법(constant fraction method) : <그림 16.1>의 (a)에서 볼 수 있는 바와 같이 시간구간별 강우량의 일정비가 손실되고 나머지가 유효우량이 된다고 가정하는 것으로 유출계수(runoff coefficient)와 같은 개념으로 유효우량을 계산하는 방법이다. 이 방법은 과도한 선행강우로 인해 유역의 지표면이 거의 포화되어 있을 경우에는 비교적 정확한 결과를 주는 것으로 알려져 있다.
- ② 일정 손실률법(constant loss rate method) : <그림 16.1>의 (b)에서 보는 바와 같이 강우기간 동안의 손실률 또는 침투능이 일정하다고 가정하는 방법으로 Φ -index방법과 동일한 개념을 가진다. 이 방법은 유역의 선행토양함수량이 많고 큰 호우를 대상으로 하는 설계에 적절한 방법이다.
- ③ 초기손실-일정 손실률법(initial loss-constant loss rate method) : <그림 16.1>의 (c)에서 보는바와 같이 유역의 토양수분 미흡량이 초기침투량으로 충족될 때까지는 유출이 발생하지 않으며 초기손실이 발생한 이후에는 일정율로 손실된다고 가정하는 방법으로 유역이 비교적 건조한 상태에 있을 경우 적절한 방법이다.
- ④ 침투 곡선법(infiltration curve method) : <그림 16.1>의 (d)에서 보는 바와 같이 강우가 계속됨에 따라 토양의 침투율이 감소하는 특성을 표시하는 Horton, Holtan, Philip등의 침투능 곡선으로 시간구간별 손실량을 계산하는 방법으로 이론적으로는 합리적인 방법이나 유역의 상태에 맞는 침투능 곡선의 계산이 어렵다.
- ⑤ 표준 강우-유출관계 곡선법(standard rainfall-runoff relation curve method)
 - (가) <그림 16.1>의 (e)에서 보는 바와 같이 광범위한 수문관측자료의 분석으로 유역의 유출특성 조건에 따른 강우량과 유출량의 관계를 설정해 둬으로써 특정 강우량이 발생했을 경우의 유출량을 산정하는 방법이다.
 - (나) 이 방법에 속하는 가장 대표적인 방법은 미국 토양보존국의 유효우량 산정법으로 유역의 토양형, 식생 피복형 및 처리상태 등의 유출특성과 선행 토양함수조건 등을 고려하는 객관성이 높은 것으로 알려져 있으며 미국내 유역에서는 광범위한 검정이 이루어 졌으나 다른 지역 하천유역에서의 신뢰도는 추가적인 검정이 필요하다.



(그림 18.1) 유효우량 산정방법의 분류

(2)
미국
토양
보존

국의 유효우량 산정방법은 다음과 같다.

① 유역의 선행토양함수조건

(가) 유역의 유출능력은 선행토양함수조건에 크게 영향을 받는다. 미국 토양보존국(US Soil Conservation Service)에서는 유역의 선행토양함수조건(Antecedent Soil Moisture Condition; AMC)을 5일 선행강수량의 크기에 따라 AMC-I, AMC-II, AMC-III의 세 가지로 분류하였다.

(나) <표 16.2>에서 우리나라의 경우 비성수기는 대략 10월~5월, 성수기는 6월~9월로 간주할수 있으며 AMC-I, II, III의 순으로 토양의 수분함유량이 크므로 유역의 유출률은 높은 것임을 알 수 있다.

〈표 16.2〉 선행토양함수조건의 분류

AMC	5일 선행강수량(mm)	
	비성수기	성수기
I	< 13	< 36
II	13 - 28	36 - 53
III	> 28	> 53

- ② 미국 토양보존국에서는 유역의 식생피복형 및 처리상태, 처리상태별 침투조건 및 토양형 등에 따라 장기간 동안의 조사분석 결과를 이용하여 유출곡선지수를 결정한 바 있으며 <표 16.4>와 <표 16.5>는 각각 AMC-II 조건하에서 농경 지역 및 삼림지역, 도시지역에 대한 유출곡선지수(CN, Curve Number)값이다.
- ③ <표 16.4>와 <표 16.5>는 AMC-II 조건하에서의 토양형-식생피복별 유출곡선지수를 표시하며 유역의 선행토양함수조건이 AMC-I 또는 AMC-III일 경우는 유출곡선지수를 변경시켜 주어야 한다. AMC-I은 AMC-III의 경우보다 5일 선행강수량이 작으므로 침투량이 많아 유출률은 작아질 것이며 AMC-III는 반대로 유출률이 커지는 경우가 된다. 미국 토양보존국에서는 이를 감안하여 <표 16.6>와 같이 CN값의 환산표를 작성하였으며 이를 식으로 표시하면 다음과 같다.

여기서 CN(I), CN(II), CN(III)는 각각 AMC-I, II, III 조건하에서의 유출곡선지수이다.

(3) 우리나라 토양의 수문학적 토양군을 <표 16.3>과 같이 분류할 수 있다.

- ① 토성, 배수등급, 투수성, 투수저해토층의 유무 및 출현 깊이 등 침투수량을 지배하는 요인들을 적용한다.
- ② 토양특성별로 각 1~4점을 배점하고 총점이 13점 이상인 토양군을 A군, 12~11점을 B군, 10~8점은 C군, 그리고 7점이하는 D군으로 분류한다.

〈표 16.3〉 토양의 수문학적 토양군으로의 분류 기준

흙의 특성	흙의 특성에 따른 점수			
	4	3	2	1
○ 토성속	사질(사력질) - 자갈이 많은 사양질(역질)	사양질 - 미사사양질	식양질 - 자갈이 많은 사양질(식양질)	미사식양질 - 식질
○ 배수 등급	매우 양호	약간 양호	약간 불량	불량
○ 투수성 (cm/hour)	매우 빠름, 빠름 (> 12.0)	약간 빠름 (12~6.0)	약간 느림 (6.0~0.5)	느림, 매우 느림 (< 0.5)
○ 투수저해토층의 유무 및 출현 깊이(cm)	존재하지 않음	100~50	50~25	25 이하
토양 수문군	A (> 13)	B (12~11)	C (10~8)	D (< 7)

〈표 16.4〉 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수

식생피복 및 토지이용 상태	피 목 처 리 상 태	토양의 수문학적 조건	토 양 형			
			A	B	C	D
휴경지(fallow)		-	77	86	91	94
이랑 경작지(row crops)	경사경작(straight row)	배수나쁨	72	81	88	91
	경사경작	배수좋음	67	78	85	89
	등고선 경작(contoured)	배수나쁨	70	79	84	88
	등고선 경작	배수좋음	65	75	82	86
	등고선, 테라스 경작	배수나쁨	66	74	80	82
	등고선, 테라스 경작	배수좋음	62	71	78	81
조밀 경작지 (small grains)	경사 경작	배수나쁨	65	76	84	88
	경사 경작	배수좋음	63	75	83	87
	등고선 경작	배수나쁨	63	74	82	85
	등고선 경작	배수좋음	61	73	81	84
	등고선, 테라스 경작	배수나쁨	61	72	79	82
	등고선, 테라스 경작	배수좋음	59	70	78	81
콩과 식물(close-seeded legumes) 또는 윤번초지 (rotation meadow)	경사경작	배수나쁨	66	77	85	89
	경사경작	배수좋음	58	72	81	85
	등고선 경작	배수나쁨	64	75	83	85
	등고선 경작	배수좋음	55	69	78	83
	등고선 테라스 경작	배수나쁨	63	73	80	83
	등고선 테라스 경작	배수좋음	51	67	76	80

식생피복 및 토지이용 상태	피복 처리 상태	토양의 수문학적 조건	토양형			
			A	B	C	D
목초지(pasture) 또는 목장(range)	등고선 경작 등고선 경작 등고선 경작	배수나쁨	68	79	86	89
		배수보통	49	69	79	84
		배수좋음	39	61	74	80
		배수나쁨	47	67	81	88
		배수보통	25	59	75	83
		배수좋음	6	35	70	79
초지(meadow)		배수좋음	30	58	71	78
삼림(woods)		배수나쁨	45	66	77	83
		배수보통	36	60	73	79
		배수좋음	25	55	70	77
관목숲(forests)	매우 등성 등성	-	56	75	86	91
농가(farmsteads)		-	59	74	82	86

*1 본 표는 AMC-II 조건하의 값이므로 AMC-I 및 AMC-II의 조건의 값을 얻기 위해서는 <표 16.6> 또는 식 (16.2) 및 (16.4)을 참조해야 한다.

*2 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수는 미국의 농경지역 및 삼림지역 상황과 한국의 농경지역 및 삼림지역 상황이 같지 않음을 감안하여 주의깊게 사용해야 한다.

<표 16.5> 도시지역의 유출곡선지수

피복 상태	평균불투수율 (%)	토양형			
		A	B	C	D
<완전히 개발된 도시지역>					
(식생처리 됨)					
개발지(잔디, 공원, 골프장, 묘지 등)					
나쁜 상태(초지 피복률이 50% 이하)	-	68	79	86	89
보통 상태(초지 피복률이 50-75%)	-	49	69	79	84
양호한 상태(초지 피복률이 75% 이상)	-	39	61	74	80
불투수 지역:					
포장된 주차장, 지붕, 접근로(도로 경계선을 포함하지 않음)	-	98	98	98	98
도로와 길:					
포장된 곡선길과 우수거(도로 경계선을 포함하지 않음)	-	98	98	98	98
포장길배수로(도로 경계선을 포함)	-	83	89	92	93
자갈길(도로 경계선을 포함)	-	76	85	89	91
흙길(도로 경계선을 포함)	-	72	82	87	89
도시 지역:					
상업 및 사무실 지역	85	89	92	94	95

피복 상태	평균불투수율 (%)	토양형			
		A	B	C	D
공업 지역	72	81	88	91	93
주거지역(구획지 크기에 따라):					
150 평 이하	65	77	85	90	92
300 평	38	61	75	83	87
400 평	30	57	72	81	86
600 평	25	54	70	80	85
1,220 평	20	51	68	79	84
1,440 평	12	46	65	77	82
〈개발중인 도시지역〉		77	86	91	94

*1 본 표는 AMC-II 조건하의 값이므로 AMC-I 및 AMC-II의 조건의 값을 얻기 위해서는 〈표 16.6〉 또는 식 (16.2) 및 (16.4)을 참조해야 한다.

*2 도시지역의 유출곡선지수는 미국의 도시지역 상황과 한국의 도시지역 특성이 다를 것을 감안하여 주의깊게 사용해야 한다.

〈표 16.6〉 AMC조건별 유출곡선지수간의 관계

AMC II	AMC I	AMC II	AMC II	AMC I	AMC II
100	100	100	60	40	78
99	97	100	59	39	77
98	94	99	58	38	76
97	91	99	57	37	75
96	89	99	56	36	75
95	87	98	55	35	74
94	85	98	54	34	73
93	83	98	53	33	72
92	81	97	52	32	71
91	80	97	51	31	70
90	78	96	50	31	70
89	76	96	49	30	69
88	75	95	48	29	68
87	73	95	47	28	67
86	72	94	46	27	66
85	70	94	45	26	65
84	68	93	44	25	64
83	67	93	43	25	63
82	66	92	42	24	62
81	64	92	41	23	61
80	63	91	40	22	60

AMC II	AMC I	AMC II	AMC II	AMC I	AMC II	
79	62	91	39	21	59	
78	60	90	38	21	58	
77	59	89	37	20	57	
76	58	89	36	19	56	
75	57	88	35	18	55	
74	55	88	34	18	54	
73	54	87	33	17	53	
72	53	86	32	16	52	
71	52	86	31	16	51	
70	51	85	30	15	50	
69	50	84	:	:	:	
68	48	84	25	12	43	
67	47	83	20	9	37	
66	46	82	15	6	30	
65	45	82	10	4	22	16.4.4
64	44	81	5	2	13	유역
63	43	80	0	0	0	의 반
62	42	79				응 시
61	41	78				간

- (1) 유역 반응시간을 나타내는 인자는 주로 집중시간, 지체시간, 기저시간, 평형상태 도달시간, 유달시간, 그리고 담수발생시간 등이 있다.
- (2) 유역의 도달시간을 결정하기 위해서는 유역의 특성에 따라 하도흐름이 지배적인 경우, 지표면 흐름이 지배적인 경우 및 하도와 지표면 흐름이 복합된 경우로 구분하여 결정하도, 하도경사, 유역면적, 토지이용조건 등을 감안하여 적절한 공식을 선정하여 사용할 수 있다.
- (3) 자연하천 및 도시하천 유역에 따라 경험적으로 제시된 유역 지체시간 산정공식을 이용하되 유역의 수리·수문학적 특성을 감안하여 적절한 공식을 선정한다.

- (1) 합리식을 이용하여 도시우수관망 등을 설계할 때는 설계호우의 지속기간을 결정하기 위해 추정된 유역 도달시간이 필요하며, 유역의 합성단위도를 유도할 때는 지체시간을 추정하여야 한다.
- (2) Kinematic Wave 홍수 추적법에서는 유역 도달시간과 거의 유사한 평형 시간을 결정해야 하고, 하도에서 Muskingum방법으로 홍수를 추적할 때는 유달시간, Clark방법에 의해 수문곡선을 합성하고자 할 때에는 저류상수, 침투능-유출 해석에서는 저류되는 시간, 그리고 홍수빈도 해석에서는 침투도달시간이 각각 필요하다. 전체적으로 수문분석이나 설계에는 주로 이용되는 도달시간과 지체시간과 같은 시간 입력변수가 필요하다.
- (3) 도달시간 또는 집중시간을 정의하는 방법에는 두 가지가 있다. 첫째는 유역의 물리적 특성을 가지고 침투유량을 산정하는데 대단히 중요한 인자로서 유역에서 수리학적으로 가장 먼 곳에 내린 물입자가 유역 출구점(또는 설계지점)까지 도달하는 데 걸리는 시간이다. 둘째는 어떤 유역에서 관측된 강우와 유출수문곡선을 바탕으로 유효우량이 끝나는 점에서 직접유출 수문곡선 하강부 곡선의 변곡점까지 취한 시간을 말한다.

(4) 지체시간은 어떤 유효우량주상도의 중심과 침투유량 발생시간의 시간차 또는 유효우량과 침투유량이 발생하는 시간 간격으로 정의되고, 흐름의 평균유속에 대한 흐름길이의 비로 특성 지을 수 있으며 유역의 형상, 본류의 하도경사, 하도의 형상, 그리고 호우형상에 의해 달라지는 특성을 고려한다.

(5) 유역 반응시간은 흐름영역과 하도가 어떠한 형상을 하고 있는가에 따라 입력자료가 달라지게 되고, 통상 지표면 유출시스템이나 도시지역과 같은 우수관망 시스템, 그리고 하도와 같은 수로시스템으로 구분하여 경험적으로 개발된 방법을 사용한다.

(6) 도달시간 또는 집중시간을 결정하는 공식을 이용하는 경우 <표 16.7> 및 <표 16.8>에서 검토된 내용을 감안하여 해당유역에 적절한 공식을 선정한다. (국립방재연구소, 1998)

<표 16.7> 자연하천 유역에 대한 도달시간 공식

공식명 (발표년도)	공 식 (T _e , min)	제한사항 또는 비고
Kirpich 공식 (1940)	$T_e = 3.976L^{0.77}S^{-0.385}$ L = 유역의 최장하천길이(km) S = 유역의 평균경사(H/L, m/m) H = 유역출구점과 본류 최원점까지의 표고차	지표면 흐름이 지배적인 농경지 소유역, 하도경사가 3~5%, 유역면적 0.453km ² 이하
Kerby 공식 (1959)	$T_e = 36.264(L \cdot N)^{0.467}S^{-0.320}$ L = 유로의 최원점부터 하천유입부분까지의 직선거리(km) S = 유로의 평균경사(m/m) N = 유역의 조도를 나타내는 상수	불투수성 완만한 표면 N = 0.02 나지의 비포장표면 N = 0.10 초지가 없는 나지의 거친표면 N = 0.20 초지로 구성된 표면 N = 0.40 낙엽으로 덮힌 수목지역 N = 0.60 초지와 산림이 우거진 표면 N = 0.80
Johnstone and Cross 공식 (1949)	$T_e = (282/r^2)(L/S)^{0.6}$ L = 본류 유로길이(mi) S = 본류 유로평균경사(H/L, ft/mi) r = 하천형태에 따른 지류인자	25~1,624 mi ² 의 유역면적
Kraven 공식	$T_e = 0.444L^{0.6}S^{-0.6}$ L = 유로길이(km) S = 유로경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 중하류, 하도경사가 1/200 이하인 유역

공식명 (발표년도)	공 식 (T_e , min)	제한사항 또는 비고
Rziha 공식	$T_e = 0.833LS^{0.8}$ L = 유로길이(km) S = 유역의 평균경사(H/L, m/m)	지표면 흐름이 지배적인 상류, 하도경사 1/200 이상인 유역
California Culvert Practice 공식 (1942)	$T_e = 60[11.9L^2/H]^{0.77}$ L = 최장 유로길이(mi) H = 상류 분할점과 출구의 표고차(ft)	산지 소유역
SCS Lag 공식 (1975)	$T_e = [100L^{0.8}((1000/CN)-9)^{0.7}]/[1900S^{0.4}]$ L = 최장 흐름경로(ft) CN = SCS 유출곡선지수 S = 유역평균경사(%)	주로 농경지 유역에 적용, 0.8ha 이하의 도시유역도 적용 가능, 도시 불투수지역에서는 $T_e = 1.67 \times$ 유역지체시간

〈표 16.8〉 도시하천 유역에 대한 도달시간 공식

공 식 명	공 식 (t , min)	제한사항, 비고
Kerby 공식 (1949)	$t = 36.264(L^2/H)^{0.467}$ L : 흐름 경로 길이(km) H : 표고차(m) r : 포장지역 0.02 거칠은 裸地 0.10 거칠고 풀이 없는 지역 0.30 잔디 0.40 나무나 풀이 짙은 지역 0.80	L이 0.4km 이하인 도시유역 유역면적 0.04ha 이하, 하도경사는 1% 이하인 유역
Izzard 공식 (1945)	$t = [41.025(0.0007H+c)L^{0.58}]/[S^{0.467}]$ I : 강우강도(in/hr) c : 지체상수 L : 흐름경로길이(ft) S : 흐름경로경사(ft/ft) r : 하천형태에 따른 지류인자	지체상수(c) = 평평한 포장지역 : 0.007 콘크리트 포장지역 : 0.012 자갈포장지역 : 0.017 갈려진 잔디밭 : 0.046 조밀한 잔디밭 : 0.060
Kinematic Wave 공식 (1965, 1973)	$t = 0.94L^{0.8}n^{0.4}/[P^{0.4}S^{0.2}]$ L : 지표면 흐름길이(ft) n : Manning의 조도계수 I : 강우강도(in/hr) S : 지표면 흐름경사(ft/ft)	개발지역의 지표면 유출해석에 이용
FAA (Federal Aviation Agency) 공식 (1970)	$t = 1.8(1.1-C)L^{0.6}/S^{0.33}$ L : 지표면 흐름길이(ft) C : 합리식 유출계수 S : 지표면 흐름경사(%)	주로 공항지역에 이용할 수 있도록 미 공병단에서 개발, 도시지역에서도 이용, 지표면 흐름 영역에 적용

(7) 도달시간 또는 집중시간 결정 공식을 국내에 적용한 결과는 아래와 같으므로 공식 선정 시 이를 참고한다.

공 식 명	공 식 (t, min)	제한사항, 비교
SCS평균유속 공식 (1975)	$t = 1/60 \cdot 2L/V$ L : 지표면 흐름길이(ft) V : 표면상태에 따른 평균유속(ft/sec)	지표면 상태에 따라 평균유속을 산정하여 도달시간 계산

① Kerby 공식과 Kinematic wave 공식은 대상구역에서 과다한 값을 나타내는 경향을 보이고 있고, Kraven 공식, Rziha 공식, Kirpich 공식은 대상구역에서 과소한 값을 나타내는 경향을 보이고 있는 반면 나머지 4개 공식(SCS Lag 공식, SCS 평균유속공식, Izzard 공식, FAA 공식)은 대상구역에 따라 과다 혹은 과소한 경향을 보이고 있다.

② Kerby 공식은 유로연장이 약 360m인 지표면유출을 대상으로 개발된 공식이기 때문에 전 유역에 걸쳐 홍수도달시간 변화율이 매우 큰 값을 나타내고 있으며, Kinematic wave 공식은 소규모 도시구역의 지표면 유출을 위하여 개발된 공식으로 변화율이 비교적 큰 값을 나타내고 있다.

③ Kraven 공식과 Rziha 공식은 하도경사가 각각 1/200 이하 및 이상인 자연하천 유역, 그리고 Kipich 공식은 유역면적이 1.25~112.0 에이커인 자연하천 소유역을 대상으로 개발된 공식이기 때문에 전 유역에서 홍수도달시간 변화율이 과소한 값을 보이고 있으며, 개발정도에 따른 도달시간의 변화를 나타낼 수 없는 문제점을 갖고 있다.

④ 도시하천 유역을 위하여 개발된 Izzard 공식과 공항지역에 적용할 수 있도록 개발된 미국연방항공청(FAA) 공식, 그리고 SCS의 평균유속 공식은 유역에 따라 홍수도달시간의 변화율이 변하고 있다.

⑤ 유역면적이 2,000 에이커 이하인 자연하천유역과 도시유역을 대상으로 개발된 공식인 SCS공식의 지체시간 산정식은 유역에 따라 홍수도달시간의 변화율이 변하고 있으나 타 공식에 비하여 홍수도달시간의 변화율이 작은 값을 보이고 있다.

(8) 하도 흐름이 지배적인 유역에서의 유역 도달시간은 일반 수리학에서 개수로 평균유속 공식을 이용하여 하도 길이를 유속으로 나눔으로써 쉽게 구할 수 있다. 이때 적용될 수 있는 평균유속공식은 Manning 공식 또는 Chezy 공식 등을 사용하며, 주된 하도가 도시 우수 관거일 때는 적절한 Hazen-Williams 공식과 같은 경험공식을 사용하여 유속을 계산한다.

(9) 지표면 흐름이 지배적인 유역에서의 도달시간은 주로 지표면의 지형학적 요소(지표면 경사 S, 지표면 흐름길이 L 등)와 저항계수(합리식의 유출계수 C, Manning의 조도계수 n 등), 그리고 유역에 내리는 강우강도의 영향을 감안하되, 흐름에 적용될 수 있는 도달공식은 주로 자연하천 유역에서 사용하는 공식을 이용한다.

(10) 하도와 지표면 흐름이 복합된 유역은 하도와 지표면 흐름이 중요한 역할을 하는 유역에 적용될 수 있는 공식을 사용한다.

(11) 유역 지체시간은 유효우량 중심과 직접유출량 중심 사이의 시간차(TI), 또는 유효우량 중심과 직접유출량의 첨두 발생시간 사이의 시간차(Tp)로 정의하며, 제시된 제한사항 등을 감안하여 적절한 공식을 산정 한다.

(12) 지체시간 공식을 국내 적용한 결과에 대한 검토사항은 아래와 같다.

① 산정된 지체시간은 공식에 따라 큰 편차를 나타내고 있으며, 유역의 특성에 따라서도 지체시간은 큰 차이를 보이고 있다.

② 지체시간은 중규모 이상의 하천유역을 대상으로 유도되었으며, 유역에 따라 공식의 계수값이 크게 다르기 때문에 유역크기와 공식에 따라 큰 차이를 보이고 있다.

③ Snyder 공식은 유역면적이 10~1,000mi², Clark 공식과 Linsley 공식은 유역면적이 250~1,700mi²인 자연하천유역을 대상으로 유도된 공식들이다.

④ 도시유역을 대상으로 유도된 Eagleson 공식과 Rao와 Delleur 공식들도 도시유역에의 적용시 공식에 대한 검증이 필요하다.

(13) 국내 하천유역 또는 실험유역에서 지속적이고 정도 높은 강우, 유출자료의 실측과 분석을 통하여 도출된 공식은 수자원기술자의 판단을 통하여 사용할 수 있다.

〈표 16.9〉 자연 및 도시하천 유역에 대한 지체시간 공식

공식명 (발표년도)	공 식 (T _i , T _p , hr)	제한사항 또는 비고
Snyder(1938)	$T_p = C_t(LcaL)^{0.45}$	C _t 는 1.8에서 2.2 유역면적 10에서 1,000mi ² 에 적용 (미국 Appalachian 유역)
Linsley(1945)	$T_i = KL(A/Sc)^{1/3}$ $T_p = C_t(LcaL)^{0.45}$	유역면적 250에서 1,700mi ² 에 적용 C _t 는 0.3에서 1.2를 가짐
Clark(1945)	$T_i = KLS_c^{-1/3}$	K는 0.8에서 2.2를 가짐
Eagleson(1962)	$T_p = 0.667Lca n Rh^{-0.25} Sa^{-1/3}$	Snyder 공식을 하천특성에 맞게 수정
SCS(1975)	$T_p = (Lw^{0.8}(1,000/CN-9)^{0.7})/(1900S_0^{1/3})$	농경지 유역과 2,000acres 이하의 도시유역에 적용가능 SCS TR-55 참조
Rao와 Delleur (1974)	$T_i = 0.78A^{0.45}L^{0.075}S^{-0.075}(1 + A)^{-1.25}$ $T_i = 0.78A^{0.45}S^{-0.075}(1 + A)^{-1.25}$ $T_i = 0.803A^{0.45}(1 + A)^{-1.25}$	도시유역 대상

여기서, A : 유역면적 (mi²), CN : SCS 유출곡선지수, L_c : 해당유역에서 분류수면적비, K : 상수, L : 분류의 하도길이 (mi), Lca : 하류 관측점에서 분류를 따라 유역 중심에 가장 가까운 분류상의 점까지 측정한 거리(mi), Lw : 유역의 수리학적 길이 (ft), n : Manning의 조도계수, R_w : 주우수관의 가중 등수반경(ft), S : 유역 출구점과 최원점의 포고차를 하도길이로 나눈 유역평균경사(H/L, ft/mi), S_a : 주우수관의 가중 경사(ft/ft), S_c : 유역 출구점과 최원점의 포고차를 분류길이로 나눈 분류 평균경사(H/L, ft/mi), S₀ : 유역평균경사(%)이다.

16.4.5 설계 강우에 의한 설계홍수량의 산정

- (1) 설계홍수량을 산정하려면 이미 결정된 설계강우를 가지고 강우-유출관계를 나타내는 적당한 홍수유출모형을 이용해서 홍수수문곡선을 계산하는 방법을 이용한다.
- (2) 설계홍수량을 추정하는 방법은 크게 두 가지가 있다. 즉, 어떤 수공구조물을 설계하거나 하도계획, 내수처리계획, 그리고 홍수방어계획 등을 수립할 때 충분히 관측된 홍수량 자료가 있을 때는 간단히 순간 최대홍수량을 빈도해석하여 해당지점의 기본홍수를 쉽게 산정 하는 방법과 앞에서와 같은 기준에 따라 이미 결정한 설계강우를 가지고 강우-유출관계를 나타내는 적당한 홍수유출모형을 이용해서 홍수 수문곡선을 계산하는 방법이 그것이다.
- (3) 도시지역 배수구역에 대한 설계홍수량은 유역의 크기에 따라 국내외에서 개발된 모형 등을 이용하여 산정한다. 합리식 또는 수정합리식, MOUSE-KOREA, SWMM 및 FFC2Q 모형 등을 이용하여 산정한다.
- (4) 중소규모 자연하천 유역의 설계홍수량은 단위유량도법, Snyder의 합성단위유량도법, 미국도양보전국의 합성단위유량도법, Clark의 유역추적법등을 사용하여 산정한다.

- (5) 대규모 자연하천 유역의 설계홍수량을 산정하기 위해서는 하천유역을 적절히 분할하고 분할된 소유역별로 설계 홍수 수문곡선을 계산한 후 하천망에 대한 홍수추적에 의하여 설계홍수량을 산정한다.
- (6) 동일수계비 하천간, 타수계에서의 유사한 유역상황의 하천간의 설계홍수량 규모의 조정이 필요한 경우 비유량도($m^3/s/km^2$) 및 본류와 지류와의 설계홍수량에 대한 밸런스 검토 등을 통하여 설계홍수량에 대한 밸런스를 조정할 수 있다.

해설

- (1) 설계홍수량을 추정하는 방법 중 어느 것을 사용하느냐는 주로 대상지역의 특성, 수문자료의 양과 질, 구조물의 중요도, 그리고 연구결과의 이용 가능성에 따라 좌우된다. 국내에서 현재까지 관측된 홍수량 자료에 비해 설계강우를 책정할 수 있는 강우자료는 비교적 정확도도 높고 충분할 뿐만 아니라 그 연구결과도 다양하고 체계적이어서 설계강우를 가지고 설계홍수량을 산정 하는 방법을 많이 이용한다.
- (2) 한편 과거에 관측된 홍수자료를 가지고 통계적으로 설계홍수량을 얻을 수 있는 빈도해석 방법이나 질차 등에 대해서는 건설교통부에서 수행한 설계홍수 추정지침서(수자원관리기법개발연구조사 별책부록, 건설부, 1999)를 참고할 수 있다.
- (3) 합리식에 사용되는 유출계수는 유역의 형상, 지표면 피복상태, 식생 피복상태 및 개발상황 등을 감안하여 결정하는 것으로 하나, 자연하천 유역 및 토지이용에 따른 유출계

수 <표 16.10> 토지 이용도에 따른 합리식의 유출계수 범위^{*)}(Ponce, 1989)

토 지 이 용		기본유출계수 C	토 지 이 용			기본유출계수 C
상업 지역	도심지역	0.70-0.95	차도 및 보도			0.75-0.85
	근린지역	0.50-0.70	지붕			0.75-0.95
주거 지역	단독주택 ^{*)}	0.30-0.50	잔디	사질토	평탄지	0.05-0.10
	독립주택단지	0.40-0.60			평균	0.10-0.15
	연립주택단지	0.60-0.75			경사지	0.15-0.20

표 16.11>을 적용한다.

토 지 이 용		기본유출계수 C	토 지 이 용			기본유출계수 C	
주거 지역	교외지역	0.25-0.40	잔디	중토	평탄지	0.13-0.17	
	아파트	0.50-0.70			평균	0.18-0.22	
산업 지역	산재지역	0.50-0.80	농경지	나지	경사지	0.25-0.35	
	밀집지역	0.60-0.90			평탄한 곳	0.30-0.60	
공원, 묘역		0.10-0.25		경작지	사질토	거친곳	0.20-0.50
운동장		0.20-0.35				작물 있음	0.30-0.60
철로		0.20-0.40			점토	작물 없음	0.20-0.50
미개발지역		0.10-0.30				작물 있음	0.20-0.40
도로	아스팔트 콘크리트 벽돌	0.70-0.95		초지	관개 중인 답		0.70-0.80
		0.80-0.95			사질토	0.15-0.45	
		0.70-0.85		점토	0.05-0.25		
	산지**			급경사 산지		0.40-0.80	
				완경사 산지		0.30-0.70	

*1 유출계수는 재현기간 5-10년에 적용되므로 재현기간이 이보다 길 경우에는 Ponce(1989, Engineering Hydrology) 등의 보정 그래프를 활용하도록 한다.

*2 단독주택인 경우 미국의 주거사항과 한국의 주거사항이 같지 않으므로 유출계수 추정시 주의를 요한다.

*3 산지의 경우 유출계수 추정시 현장조건을 감안한 판단이 필요하며, 유역면적이 작은 지역에서는 비교적 큰 유출계수를 사용하고 유역면적이 큰 지역에서는 비교적 작은 유출계수를 사용하여 홍수량이 과소 또는 과다 추정되지 않도록 유의한다.

〈표 16.11〉 합리식 유출계수의 지형과 지질에 따른 보정 (Stephenson, 1981)

지표 상황	보정치 : 가감량
나 지	경사 < 5% : -0.05
초 지	경사 > 10% : +0.05
경작지	재현기간 < 20yr : -0.05
삼 립	재현기간 > 50yr : +0.05
	연평균 강수량 < 600 mm : -0.03
	연평균 강수량 > 900 mm : +0.03

(4) 유출계수의 값에 대해서는 특히 유역의 개발로 인하여 큰 변화를 받는 일이 많다. 따라서 계획치로 채용하는 유출계수는 개수시점에서 예상되는 개발계획 등을 충분히 고려한다.

제17장 홍수방어계획

17.1 일반사항

17.1.1 적용범위

- (1) 본 장은 홍수를 방어하기 위한 계획을 수립하기 위한 내용과 대책에 대한 내용을 정한 것이다.
- (2) 본 장에서 홍수를 방어하기 위한 계획에서는 구조물적 대책(structural measures) 뿐만 아니라 비구조물적 대책(non-structural measures)을 포함한다.

17.1.2 용어의 정의

- (1) 홍수방어 : 홍수로 인한 인명 및 재산 등 각종 피해를 줄이거나 방지하기 위하여 구조물적 및 비구조물적 치수대책을 강구하는 것
- (2) 홍수방어계획 : 하천에서 발생하는 홍수재해로부터 인명과 재산 등이 피해를 입지 않도록 방어하기 위한 조사, 계획, 그리고 대책 수립에 대한 사항을 파악하고 결정하기 위하여 책정하는 치수대책
- (3) 구조물적 대책 : 제방, 방수로 등에 의한 하천정비 및 개수, 홍수조절지 및 유수지, 그리고 홍수조절용 댐과 같은 구조물에 의한 치수대책
- (4) 비구조물적 대책 : 유역관리, 홍수예보, 홍수터 관리, 홍수보험, 그리고 홍수방지 대책 등과 같은 비구조물적인 치수 대책
- (5) 유수지 : 홍수시 제내지에 내린 강우 유출에 따른 제내지 저지대가 침수되는 것을 방지하기 위하여 인공적으로 설치하거나 자연적인 저류공간
- (6) 홍수조절지 : 홍수방어계획의 일환으로 홍수를 조절할 수 있는 기능을 가진 저수지
- (7) 홍수예보 : 관측된 기상상태에 따라 예측한 강우량 및 하천상류 주요지점의 수위 또는 유량으로부터 예보 대상지점의 홍수유출량과 그 수위가 시간에 따라 어떻게 변화할 것 인지를 예보하는 것
- (8) 홍수터(floodplain) : 과거 홍수로 침수된 사실이 있거나 홍수시 범람이 예상되는 하천, 호소, 만, 또는 바다와 인접한 부지

17.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 아래와 같다.

(1) 본 설계기준

- ① 제16장 설계수문량
- ② 제18장 하도계획
- ③ 제19장 유사조절계획
- ④ 제20장 내수배제 및 우수유출저감계획
- ⑤ 제23장 제방

(2) 관련규정

댐 설계기준(한국수자원학회, 2005)

(3) 법규

하천법

17.2 홍수방어 및 조절

17.2.1 홍수방어계획

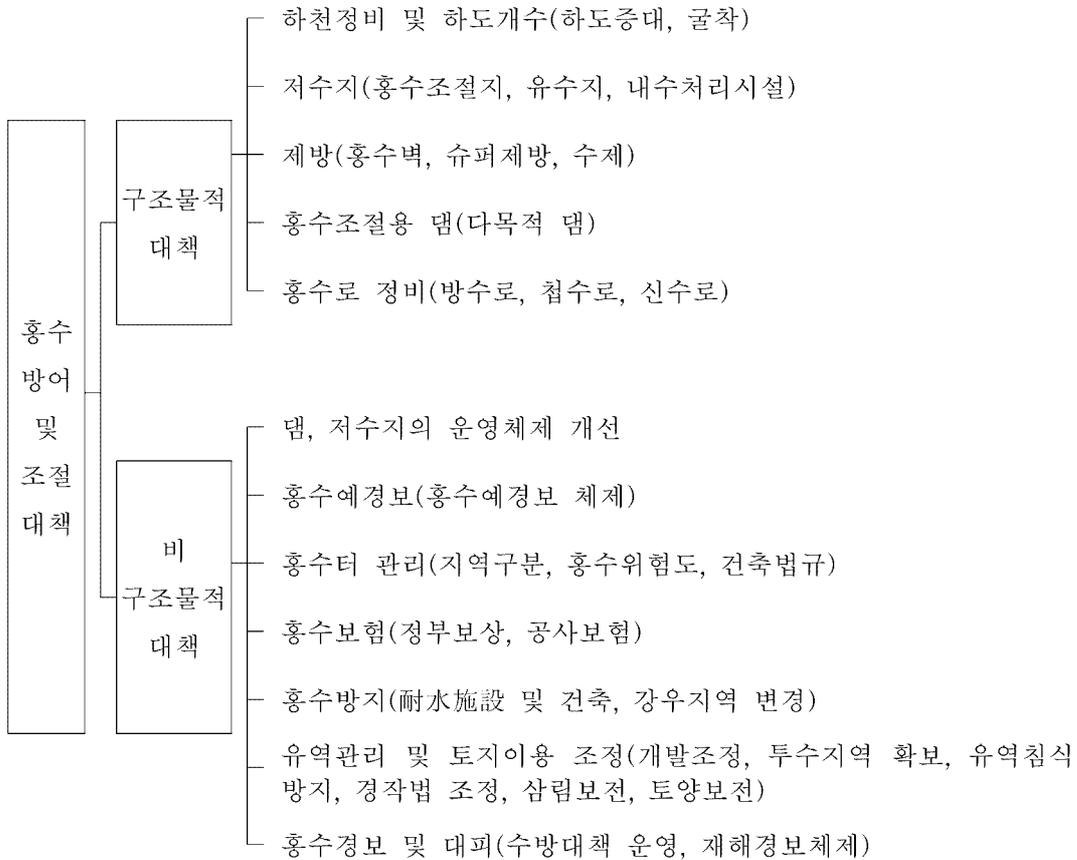
- (1) 홍수방어계획은 설계홍수를 바탕으로 설계되는 홍수조절 및 방어계획과 설치되는 하천 시설이 수계 전체를 통하여 일관성 있고, 기술적, 경제적으로 조화를 이루며 목적하는 기능이 최대한 발휘될 수 있도록 하천유역 종합계획과 일체가 되도록 책정한다.
- (2) 홍수방어계획을 책정할 때 하천이 가지는 이수, 치수, 환경 등 제반 기능을 종합적으로 검토함과 동시에 하천에서 일어날 수 있는 최대홍수뿐만 아니라 계획규모를 초과하는 홍수(이하 초과홍수라 함)가 발생할 수 있는 가능성을 고려하여 결정하여야 한다.

17.2.2 홍수 방어 및 조절방법

- (1) 홍수방어 및 조절방법의 선정은 선택 가능한 여러 가지 방법 중에서 최적의 방법을 선정하여 이용한다.
- (2) 홍수를 방어하고 조절할 수 있는 가능한 수단을 검토하여 하천의 상류, 중류, 그리고 하류에 적절한 대책을 선정하되, 적절한 기준에 따라 분류하여 해당지역의 홍수, 지형, 그리고 사회경제적 특성에 따라 가능한 수단을 적절하게 조합하여 홍수방어목적을 달성 하도록 한다.

해설

- (1) 홍수방어 및 조절 대책 중 구조물적 대책으로 하천정비 및 하도개수, 저수지, 제방, 홍수조절용 댐, 홍수로 정비 등이 있으며 구체적인 내용은 <그림 17.1>에 나타나 있다.
- (2) 홍수방어 및 조절 대책 중 비구조물 대책으로 댐 및 저수지의 운영체제개선, 홍수예보, 홍수터관리, 홍수보험, 홍수방지, 유역관리 및 토지이용조정, 홍수경보 및 대피 등이 있으며 구체적인 내용은 <그림 17.1>에 나타나 있다.



<그림 17.1> 홍수방어 및 조절대책의 분류

17.2.3 홍수 방어 및 조절의 접근 방법

- (1) 홍수방어 및 조절계획은 장기적인 안목에서 단계적이고 체계적으로 수행되어야 한다.
- (2) 홍수방어 및 조절계획의 최적방법을 결정하려면 공학적 타당성 조사와 경제성을 조사하여 결정하는 것이 기본이다.

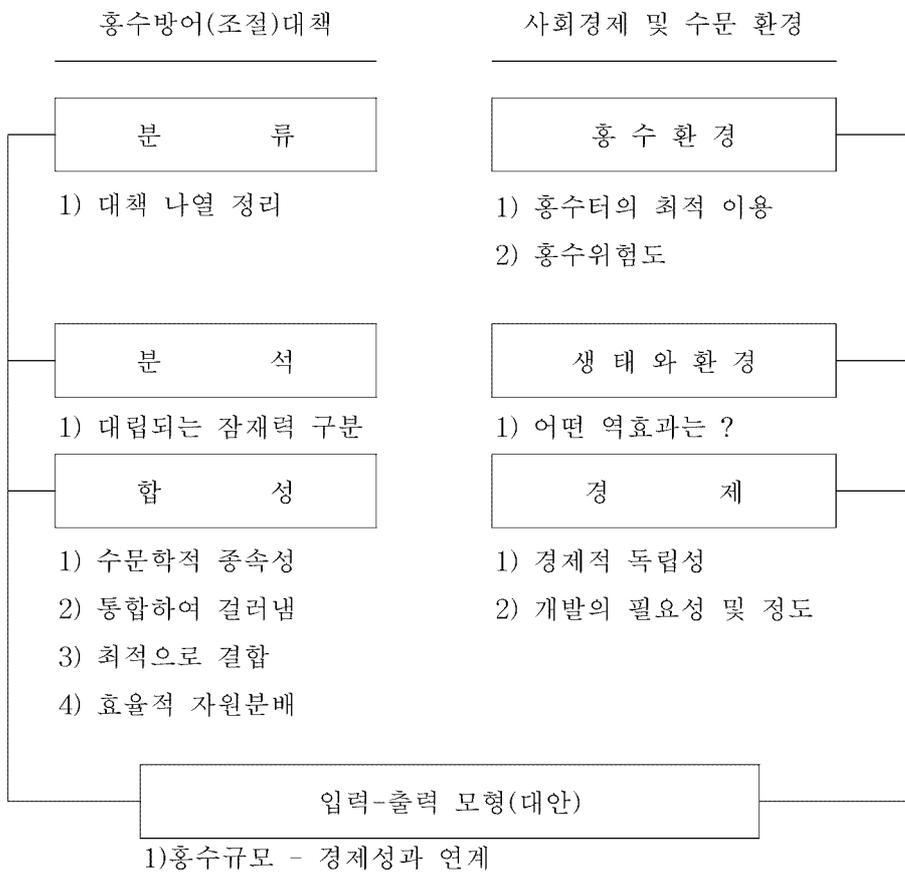
해설

- (1) 홍수방어 및 조절계획은 아래와 같은 단계를 거쳐 수행된다.
 - ① 해당지역을 인구와 산업이 밀집된 도시유역, 농경지와 같은 자연유역, 그리고 이러한 유역들이 함께 어울려 있는 복합유역으로 구분한다.
 - ② 확률론적 방법에 의해 계획홍수를 결정하고 해당지역의 홍수특성(홍수량, 홍수 빈도, 홍수지속기간 등)을 조사한다.
 - ③ 홍수로 보호될 지역을 한정하고 현지조사를 통하여 예상되는 홍수피해 규모와 지역을 결정한다.
 - ④ 분류된 홍수방어 및 조절방법들을 조합하여 홍수방어와 조절이 가능한 몇개의

대안을 결정한다. 저수지, 유수지, 홍수조절지, 홍수로 등 구조물적 대책이 가능하면 적절한 위치를 선정하고 각 위치의 특성을 결정한다. 그리고 구조물적 대책으로 대처하기 어려운 사항이 있으면 비구조물적 대책을 이용하여 보완한다.

- ⑤ 홍수량을 감소시킬 수 있는 정도를 분석하고 비용을 결정할 수 있도록 각 대안 별로 필요한 시설을 설계한다.
- ⑥ 최소 비용으로 의도하는 홍수방어가 제공되는 시설을 조합하여 선정한다.

(2) 각 대안의 비용과 편익을 비교하여 경제적으로 타당하고 최소 비용으로 목적을 달성할 수 있는 대안을 결정하며, 최적 홍수방어(조절)대책을 구하기 위한 흐름도는 <그림 17.2>와 같다.



<그림 17.1> 홍수방어 및 조절대책의 분류

17.2.4 종합치수대책

- (1) 종합치수대책을 수립하고자 할 때는 하천을 둘러싼 모든 여건에 대해 조사 및 검토를 수행하는 종합치수대책 수립을 위한 기초조사사업을 시행한다.
- (2) 하천구역의 종합치수대책이나 기타 계획과 관련하여 설계되는 수공구조물이나 치수대책을 위한 구조물은 적절한 기준에 따라야 한다.
- (3) 종합치수대책은 하천구역내의 치수시설에 대한 정비를 촉진하고 구역개발에 따른 홍수 유출량과 토사유출량을 원활히 소통시켜, 하천구역이 가져야할 보수·유수기능이 유지되도록 하고, 홍수범람 위험지역 및 토석류 위험 구역에서 치수시설 정비상황에 따라 일어나는 홍수피해가 최소가 되도록 하는 것이다.
- (4) 수공구조물이나 하천개수의 계획규모는 구역별로 수립된 종합치수계획에 따라 결정한다. 단, 구역종합치수계획이 수립되어 있지 않거나, 구역종합치수계획에 당해 하천의 설계빈도가 제시되어 있지 않은 경우 '제13장 하천치수경제조사'와 <표 17.1>을 참고하여 결정하되 하류지역의 통수능 및 대상하천의 특성을 고려하여 결정한다.

<표 17.1> 하천의 중요도와 계획규모

하천중요도	계획규모(재현기간)	적용 하천 범위	비고
A 급	200 년 이상	국가하천의 주요구간	
B 급	100 ~ 200 년	국가하천	
C 급	50 ~ 200 년	지방하천	

- (5) 도시관류하천의 빈도는 치수경제조사 결과에 따라 빈도를 <표 17.1>보다 상향조정할 수 있다.

해설

- (1) 홍수피해는 강수 등의 제1차 외적 요인, 유량 등의 제2차 외적 요인, 하도 단면적·하도 특성·하천구조물 등의 하천조건, 투자에 의한 하천개수 상황, 범람에 강한 사회 생활양식의 추진, 수방활동 및 잠재 피해능(damage potentials) 등에 좌우되므로 이들을 감안하여 치수대책을 수립한다.
- (2) 홍수방어 및 조절을 위한 종합치수사업은 하천의 규모 및 치수의 중요도에 따라 계획 홍수 규모를 결정하고, 경제적·사회적 여건에 따라 정비상황의 균형을 유지하면서 계획적으로 수행한다.
- (3) 하천치수 계획규모 결정은 아래와 같은 과정을 거쳐 결정한다.
 - ① 계획홍수량과 피해액과의 관계를 유도하고 이 관계에 대해 위험도 분석을 실시함으로써 적절한 계획 규모를 결정한다.
 - ② 치수사업과 관련된 수공구조물이나 하천개수 사업 등의 설계는 각각의 중요도, 도시화 등 수문학적 요소보다는 해당지역이 가지는 사회적, 경제적 요소에 따라 설계기준이 달라질 수 있다.
 - ③ 제방, 하도계획 등과 같은 수공구조물 및 하천개수계획의 설계빈도를 일률적으로

로 100년 또는 200년으로 결정하는 것보다는 보호되어야 하는 시설의 중요성이나 인명손상우려 등을 감안하여 설계빈도를 결정한다.

④ 설계하는 수공구조물이나 하천개수는 유역에 따라 수립된 종합치수대책과 관련시켜 결정할 뿐만 아니라 '제13장 하천치수경제조사'를 통하여 책정한 설계빈도가 바람직하다.

- (4) 치수계획은 초기단계에서 계획홍수량으로 기왕 최대홍수를 책정하다가 그 후 확률개념에 따른 홍수량을 산정하여 적용하고 있는데, 이것은 초기의 수문관측이 미비하고 일시적인 재해복구사업이 중심이 된 시대에서 계획적으로 치수사업을 추진해 온 시대로 변천해 온 것을 반영한 것이라 할 수 있다.
- (5) 국내 전체의 홍수재해를 감소시키기 위해서는 해당 하천유역이 갖는 강우와 홍수 등 수문량 크기와 빈도, 유역이 처한 잠재 피해능에 따라 하천을 정비하는 것이 필요하다.
- (6) 도시화가 진행되어 불투수 면적이 증가함으로써 상류지역의 토지이용조건이 변화함에 따라 침투홍수량이 증대하는 것이 일반적이다. 이러한 지역에서 치수안전도가 낮아지는 문제가 발생되지 않도록 충분한 배려와 대책을 수립하는 것이 중요하다.
- (7) 종합치수대책과 관련된 치수대책은 <표 17.2>와 같고, 이와 같은 치수사업을 수행하는 과정에서 <표 17.3>과 같은 현실적인 치수상의 제약이 따르게 된다.

<표 17.2> 치수대책과 관련된 세부항목

구분	대책 및 기능	세 부 항 목
관련제도	토지이용 조정 (범람원 관리)	범람구역내 주거, 생산활동 등의 규제(토지이용 규제) 홍수범람의 무해화(耐水建築 등), 침수구역도의 공표, 홍수보험 등에 의한 피해 분산
	경계피난체제 수방계획	관측, 자료전달, 해석, 홍수예경보, 홍보와 교육, 피난 수방경보, 수방조직, 수방공법
치수사업	하천범람 제어	제방축조, 제방확충, 기존 제방의 유지관리
	소통능력 증대	하도굴착, 하도개선, 제방고 높이기, 하도단면적 유지
	수위 저하	침수로, 방수로, 하도개량
	유로 안정화	호안, 수제, 하상유지공
	침투유량 감소	댐·유수지의 설치, 유역내 저류시설(홍수조절지, 우수저류), 유역관리(수원지 보전)
	내수 배제	배할제(背割堤), 역류제(逆流堤), 통수문·통수관, 빗물펌프장,
	고조침수 배제	고조제방, 방조제, 쇄파구조물

<표 17.3> 치수계획 수립을 지배하는 제약 항목

제약 조건	발생할 수 있는 현상
자연현상 한계와 시간적 제약	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 이상호우, 장마, 토석류에 의한 하도막힘과 하천시설 파손 ◦ 시공기간이 길어지는 단계적 시공, 상하류 개수공사 분리 로 인한 유량의 불균형
기술상 한계	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 기존 경험을 능가하는 자연현상에 대한 대처공법(안전도를 확 인할 시운전이 불가능)의 미개발 ◦ 이상 자연현상을 예측하기 어려움 ◦ 상하류에 악영향을 주는 대책 검토 ◦ 토지이용 변화에 따른 유출기구 변화
사회적 제약	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 급격한 도시화에 따르지 못하는 하천정비 ◦ 하천역사를 무시한 개발 ◦ 계획을 능동적으로 변환하기 어려움 ◦ 주민의 협력이 낮음과 도시지역 하천개수의 한계 등
제정상 제약	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 하천정비를 위한 투자 우선순위와 정도 ◦ 정부의 재해복구우선정책
타계획과 조정	◦유역보전계획, 도시계획, 취배수시설, 중형단 교량 등

17.3 구조물적 대책

17.3.1 하천정비 및 개수

- (1) 하천정비 및 개수계획은 홍수방어를 위한 하도계획에 있어서의 대안 선택과 하도계획 대안의 책정 과정을 통하여 이루어진다.
- (2) 하도계획에 있어서의 대안선택은 제방축조나 확충, 하도 통수능력의 증대방안, 방수로 축조 등을 검토하여 결정한다.
- (3) 하도계획 대안의 책정은 홍수처리를 위한 대안의 기본구상, 가능한 대안의 선정과 보완, 홍수처리규모 및 방식결정, 최적안 결정 등의 과정을 통하여 이루어진다.

해설

(1) 홍수방어를 위한 하도계획은 아래와 같은 사항을 감안한다.

- ① 유역의 지형 및 토질, 기상 등 자연조건, 하천의 수리·수문 조건, 그리고 하상과 유로 변동과 같은 하도의 역사적 변천 등 유역을 포함한 하천 특성을 조사하여 이 특성에 적합한 하도계획이 되게 한다.
- ② 현 하도 주변상황을 조사한 결과를 가지고 과거 피해 상황, 홍수소통능력, 하도

법선 상황, 그리고 현 하천구조물의 기능과 효과를 파악하여 자연의 힘에 거역하는 인위적인 시설이나 계획은 가급적 피해서 홍수를 안전하게 소통, 유도할 수 있는 하도가 되도록 한다.

- ③ 하천변에 저수효과가 확실하고 저수용량의 확보가 유리한 공간으로써 유수지를 건설함이 침수상 유리한 경우에는 제방을 축조하지 않음을 원칙으로 한다. 침수시간이 짧은 농경지 보호제방은 하류 홍수량 저감 및 도달시간을 증가시키기 위하여 월류제 설치 등도 검토할 수 있다.
- ④ 하도계획은 하천의 이용도를 증대시키고, 연안지역의 토지를 고도로 이용하고, 하천환경을 쾌적하게 보전할 수 있도록 해야한다.
- ⑤ 하도계획을 결정함에 있어 경제성 평가는 무시할 수 없으나, 하천시설의 안전성, 인접지역에 대한 시설과 재산의 중요성, 그리고 홍수방어 목적을 분명히 하는 것 등을 보다 중요시 할 필요가 있다.
- ⑥ 하천 인근지역 개발이 아직 크게 진척을 보지 못하여 투자효과 면에서 일정 기간 동안은 계획대로 개수하는 것이 적절하지 못하거나, 또한 하류 하도가 개수되지 않아 하류 하도 개수가 완료되는 동안 상류 하도는 계획대로 개수하기가 적절하지 않은 경우도 있다. 기타 여러 가지 이유로 인해 당분간 계획대로 하천 개수를 하는 것이 적당하지 않을 경우에는 별도로 잠정계획을 정할 수 있다.
- ⑦ 하천에서 투자재원이 부족하여 홍수방어계획을 실시하는 것이 상당기간이 걸리기 때문에 잠정계획을 정하고 임시로 그 효과를 기대하는 경우가 있을 수 있는바, 이런 경우는 필요에 따라서 장래 본 계획실시와는 별도로 시설계획을 세워도 큰 지장이 없다.

(2) 하도계획에 있어 대안의 선택은 아래와 같은 내용을 감안하여 결정한다.

- ① 하도의 홍수 소통능력을 증대할 수 있는 방법은 하천 양안에 제방을 쌓아 통수 단면적을 증대시켜 홍수과의 월류를 방어함으로써 제내지를 보호한다. 이 경우 제방의 높이, 배치, 구조는 하도 홍수용량과 연안지역의 안전에 직접 관계가 있으므로 이점에 유의해야 한다('제23장 제방' 참조).
- ② 하도의 통수능력을 증대시키기 위해서는 하도를 확폭하거나 굴착하고, 준설 등에 의하여 통수단면적을 증대시키는 방법과 하도법선의 수정, 만곡수로의 직선화 또는 침수로, 하도정비를 통하여 상대조도를 감소시키는 방법에 의하여 유속을 증가시키는 방법이 있으므로 하천의 특성, 하천연안의 토지이용상황, 공사비 등을 고려해서 선정한다.
- ③ 대상 홍수로의 통수용량보다 더 큰 홍수량을 소통시켜야 할 홍수로가 요구되는 하천에서는 기존 홍수소통용량을 초과하는 초과홍수량을 하도밖으로 방류하기 위하여 방수로를 설치하거나 병행하는 신수로를 굴착하여 초과홍수량을 분담하게 하고 하류에서 합류하거나 본류로 유입시킨다.(제 18장 '하도계획' 참조)
- ④ 방수로로 홍수량을 흘러 나가게 하는 방법은 두 수로에서 침투홍수가 일어나는 시간을 다르게 하거나 홍수피해나 홍수발생이 없는 다른 하천으로 유입시키는 방법과 호소 또는 저지대로 유입시키게 하여 제방의 어떤 부분이 파괴되는 대신 한정된 부분만이 피해를 입게 하는 방법이 있다.

(3) 홍수처리를 위한 하도계획 대안의 기본구상은 아래와 같이 실시된다.

- ① 해당지역이 홍수피해를 받는 지역으로서 종합적인 홍수방어사업이 필요하다고

판단되면 현 하도의 홍수소통능력을 검토하고 문제점을 도출하여 하천정비와 개수사업 등에 의해 홍수를 방어(조절)할 수 있는 기본구상을 먼저 수립한다.

- ② 하천유역의 자연 특성, 침수피해, 수리수문 상황, 지형 및 배수계통조사, 현장조사, 그리고 도시개발 정도와 개발방향 등을 검토하고, 기존에 수립되었던 치수 대책과 시설의 기능과 효율성을 홍수소통 능력 입장에서 먼저 파악하고 이에 맞추어 그 홍수방어능력을 보완할 것인지 아니면 새로운 대안이 필요한지 검토한다.

(4) 가능한 하도계획 대안의 선정과 보완은 아래와 같이 실시된다.

- ① 하천정비 및 개수계획의 일환으로 하도계획을 실시함에 있어 홍수를 방어할 수 있는 모든 홍수방어방법의 가능성을 검토한 후, 수리 및 구조적으로 안전하고 경제적으로 타당성 있는 방법을 선정한다.
- ② 산정된 기본홍수량에 대해 하도계획을 초과하는 홍수소통 능력을 부여하기 위해서는 하도가 분담하는 유량 이상을 유역과 기타 우수유출억제 시설이 분담하는 유량에 대해 내수 유출량을 감소시킬 수 있는 대책(수로이설 등), 내수처리 능력을 증대시키는 대책(배수펌프, 지천 개수 등) 및 홍수피해를 무력화할 수 있도록 수위를 가급적 높게 하는 대책(토지이용 규제 등) 등으로 보완할 수 있는 대책을 추가하여 제시한다.

(5) 하도계획 대안의 홍수처리 규모 및 방식의 결정은 아래와 같이 실시된다.

- ① 제시된 대안에 대해 그 저류용량이나 시설방식 등에 관한 내용과 시설물 규모 및 범위를 각 대책이 처리할 수 있는 유량크기를 고려하여 판단한다.
- ② 각 대안에 대한 하천구조에 따라 유량배분도를 작성하여 정량적으로 판단한다. 그리고 각 대안이 갖는 특징을 처리 방식, 시설규모, 장점, 단점, 간접효과 등을 나열한 비교표를 이용하여 파악한다.

(6) 하도계획 대안의 최적안은 각 대안별로 시설물에 따라 공사비 및 연간 소요비용을 계산하고, '제13장 하천치수경제조사' 요령에 따라 치수경제성을 분석한 후에, 앞에서 산정된 투자효율과 홍수재해의 안정성, 시공성, 그리고 간접효과 등을 고려하여 각 대안별로 종합평가하여 최종적으로 해당유역의 치수 종합대책안으로 채택한다.

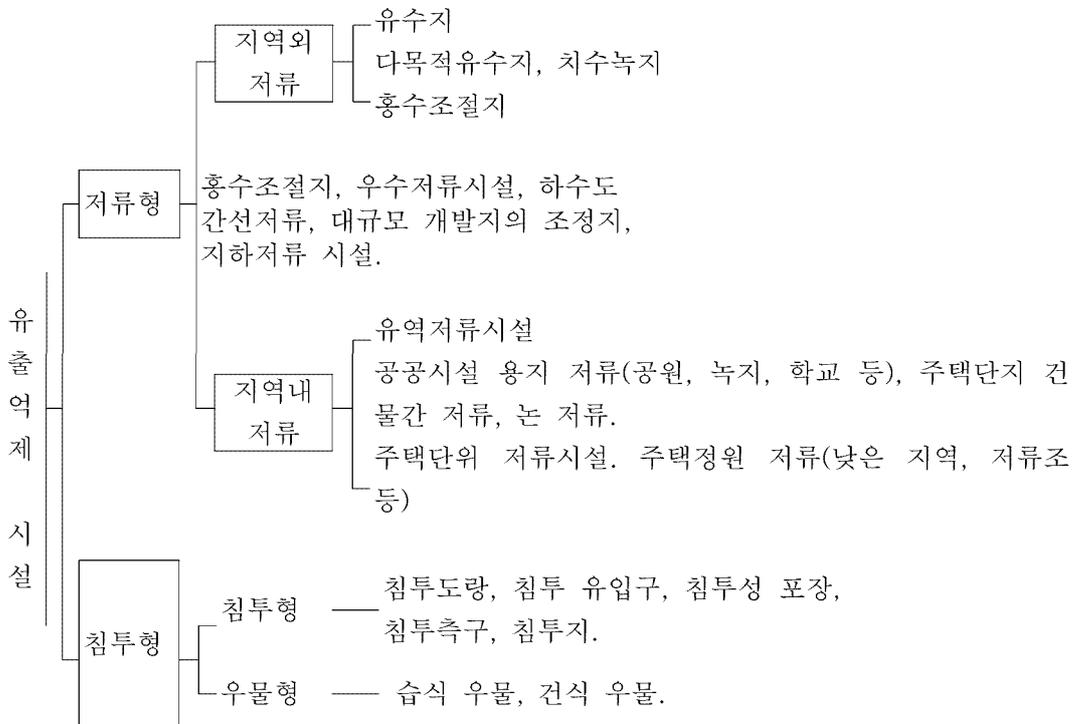
17.3.2 우수 유출억제 시설계획

- (1) 우수 유출억제 시설계획은 우수 유출억제 대책수립과 홍수방어를 위한 우수지 및 홍수 조절지 계획을 통하여 수립한다.
- (2) 우수 유출억제 시설은 저류형과 침투형으로 구분할 수 있으며, 홍수 피해방지 뿐만 아니라 한정된 수자원의 활용과 자연생태 유지 등에 크게 기여할 수 있으므로 홍수방어계획 수립이나 우수의 직접 유출량을 증가시키는 각종 개발 계획 수립시 반드시 검토되어야 한다.
- (3) 홍수방어계획의 일환으로 우수지를 계획하는 경우 우수지는 주로 하천의 중, 하류에서 홍수의 일부를 저류하여 서서히 방류하거나 강제로 배수하여 외수위나 하류의 침투유량을 감소시키도록 한다.
- (4) 지상에 우수지 설치가 여의치 않은 경우 지하공간에 저류시설을 설치하여 홍수시 빗물

을 저류하고 평시에 저류된 물을 활용하거나 홍수이후에 물을 배제하고 평상시 지하주차장 등으로 활용할 수 있으므로 홍수피해가 크게 우려되는 지역 등에서는 도입을 검토하는 것이 바람직하다.

해설

- (1) 인구가 집중하고 도시화가 진전되어 앞으로 우수유출량의 증대가 예상되는 지역이나 상습적으로 침수피해를 받는 지역, 특히 도시지역에서는 하천개수나 새로운 수로를 구축하는 것이 사실상 시공간 및 재정 측면에서 어려움이 많기 때문에 과거에 진행되어온 우수거 정비나 하천개수 이외에 빗물을 저류하거나 침투시키는 우수 유출억제대책을 도입하여 홍수를 방어(조절)할 수 있는 종합치수대책을 수립한다.
- (2) 홍수를 방어하고 조절할 수 있는 종래의 침수방지대책은 우수거에 유입하는 빗물을 우수거 간선으로 소통하고 우수지에 유입되는 유출량을 일시적으로 저류하여 빗물펌프장으로 배출하는 방식으로 제내지의 침수에 대처하여 왔지만, 이제는 기존 우수유출방식을 개선하고 우수유출량 및 침투유출량을 억제하거나 조절할 수 있는 우수 유출억제 시설계획을 병행하여 실시하여야 한다.
- (3) 도시지역의 지형, 지질, 수리·수문의 제반 조건을 기초로 홍수를 방어 및 조절하기 위한 유출억제시설은 <그림 17.3>과 같이 지역내 저류, 지역외 저류, 그리고 침투량 모두를 저류하는 지하 침투시설로 나눌 수 있다.



<그림 17.3> 우수 유출억제 시설

- (4) 우수유출 억제시설은 우수유출량을 집중적으로 처리하기 때문에 저류잠재 효과가 높고, 기술적으로도 배수계획상 신뢰성과 안전성이 커서 주요 유출억제 대책이라고 말할 수 있다. 이 시설은 비교적 유지관리하기가 용이하나 소요용지가 상대적으로 넓어 지가가 비싼 도시지역에서는 용지를 확보해야 하므로 시설개발에 어려움이 따른다.
- (5) 저류효과가 미약한 개발지구에서는 조정지(調整池, detention basin)로 보완하여 대책을 수립할 필요가 있다. 이 시설에는 공원, 녹지, 학교, 주차장 등의 공공시설과 단지내의 건물 사이의 낮은 지역을 이용할 수 있다. 특히, 논은 논둑에 의하여 뛰어난 우수·저수 기능을 갖고 있으므로 도시화지역에서는 일정량의 논의 확보를 통하여 저류효과를 크게 증대시킬 수 있다.
- (6) 우수지는 일반적으로 저류된 유출량을 자연배수, 침투 및 증발, 또는 기계적으로 강제 배수하여 유출시키는데, 제외지 수위가 제내지 수위 보다 낮을 때는 수문을 열어 자연 배수에 의존하고 제외지 수위가 높을 때는 수문을 닫고 펌프를 이용하여 강제 배수하는 방식이 주로 국내에서 이용되고 있다.
- (7) 우수지로 제내지역과 하천지역을 연결하여 홍수방어계획을 수립하는 경우에 외수침입을 방어하고 내수침수를 방지할 수 있는 방식은 단순히 도시지역의 하수관이나 우수거에서 하천으로 자연 배수하는 하수도 배수체제, 하수관이나 우수거 유량을 하천으로 펌프하여 강제 배수하는 배수펌프 배수 체제, 그리고 유량을 저류하여 제외지 수위에 따라 자연배수와 강제배수를 이용하는 우수지 배수체제가 있으며 이러한 방식은 해당지역의 입지 조건에 따라 선정한다. 또한 비도시지역에서 우수지에 의한 배수보다는 조정지나 저류지를 이용하여 유출되는 빗물을 저류 또는 증발하여 처리하는 방안을 검토하여야 한다.
- (8) 우수지는 계획지역에서 치수효과가 확실하고 저수용량의 확보가 유리한 공간이 있는 지역에 설치한다. 하류로 갈수록 깊은 수심의 우수지 확보가 어렵고 홍수수문곡선이 평평하여 침수지속시간이 길어지고 많은 홍수량을 조절하여야 하기 때문에 더 넓은 공간이 필요하다. 홍수방어 및 조절효과를 고려할 때 종합치수계획상 고려되는 주요 홍수 조절지역에 가능한 한 가깝게 설치하는 것이 바람직하다.
- (9) 홍수조절지는 애당초 개발지역의 홍수량을 조절하기 위한 치수목적으로 계획되고 운영되어 왔으나, 근래에 들어서는 홍수시는 조절지 공간을 지역에서 유입되는 유출량을 조절하는 홍수량 조절시설로 활용하고 평상시는 다양한 기능을 갖는 공공시설, 즉 공원 및 녹지, 주차장, 체육시설 등으로 사용하여 주민의 건전한 여가생활을 도모할 수 있는 다목적 시설로 활용되고 있다.

17.3.3 홍수 조절용 저류지 계획

- (1) 홍수 조절용 저류지 계획은 홍수조절 방식, 홍수규모를 결정하기 위한 계획홍수량 등을 결정하며, 이수, 발전 및 유지용수의 확보 등의 환경 등을 종합적으로 고려하여 수립한다.
- (2) 해당구역의 지형, 하천배열 특성을 판단하여 홍수조절 방식을 어떻게 할 것인가를 결정하기 위하여 구역에 설치 가능한 홍수조절시설, 즉 우수지, 홍수조절지, 그리고 저류지 등을 고려하고 구역의 물수급과 같은 이수측면도 고려할 경우에는 다목적 저류지(하도내 저수지 포함) 또는 댐을 배치한다.

- (3) 홍수조절을 위하여 저류지를 계획하는 경우, 그 기능이나 효과를 고려하여 가능하면 다목적 시설로 선정하는 것이 바람직하나 용수확보를 위한 이수 및 하천환경이 필요하지 않거나 지형 및 지질이 다목적 시설로 설치가 어려운 경우는 단지 홍수조절만을 목적으로 하는 저류지로 계획하도록 한다.
- (4) 홍수조절용 저류지는 계획구역에 대한 치수 및 그 밖의 효과가 확실하고 필요한 저수용량을 충분히 확보할 수 있는 지점에 설치하되, 저류지건설을 위해 필요한 건설비와 치수, 이수상의 효과는 물론, 자연환경의 보전, 수물지역의 실태 등을 종합적으로 감안하여 선정한다.
- (5) 홍수조절 측면에서 생각하면 가능한 용량이 큰 저류지로 홍수를 조절하는 것이 바람직하나 수계 전체적인 측면에서 바라보고 조절계획을 수립해야 한다.
- (6) 홍수조절을 조절용량이 큰 단일 저류지로 조절할 것인지 아니면 몇 개의 저류지로 구성된 저류지군에 의해 조절할 것인지는 홍수조절용량, 홍수조절의 확실성, 지형 및 지질 조건, 이수 및 하천환경 목적과의 조합, 수물지역의 실태, 저수지군의 형성여부, 그리고 경제성을 종합적으로 판단하여 결정해야 한다.
- (7) 저류지나 댐의 계획홍수량은 주로 댐 시설기준을 참고하거나 '제16장 설계수문량'에 의해 결정한 기본홍수량에 따른 해당 지점의 계획홍수량 또는 저수지나 댐의 침투홍수량, 홍수조절용량, 가능최대홍수량을 검토하여 합리적으로 결정한다.

해설

- (1) 조절대상으로 하는 홍수규모, 양상, 발생확률을 결정하는 것은 대단히 중요하며, 이것을 어떻게 결정하느냐에 따라 계획 내용과 성격이 크게 달라진다.
- (2) 대상홍수를 선정하려면 기본계획시 설계 목적, 홍수조절시설의 종류와 형식, 사용 가능한 수문자료의 질과 양, 검토와 분석을 위한 시간, 인원, 예산 등을 고려한 기본계획을 수립하여 이것을 바탕으로 홍수조절시설을 선정한다.
 - ① 유역보전계획과 하류의 사회적 입장이 반영된 홍수피해 방지 목적에 맞춘 계획빈도를 결정하고, 대규모 제방 축조나 하천정비 및 개수만으로는 홍수를 방어하는데 한계가 있고, 유출특성 변화에 따라 앞으로 홍수량의 증가가 예상되는 사항 등을 고려하여 선정한다.
 - ② 유역의 이수계획, 지역개발계획, 발전계획, 그리고 하천환경계획 등이 서로 관련되어 있다는 점을 고려하여 다목적 저류지나 댐으로 계획하는 홍수조절계획안을 선정한다.
- (3) 홍수조절용 저류지의 위치는 계획구역에서 지형 및 지질이 적절한 지점이 무엇보다 필수조건이지만 홍수조절효과 측면에서 생각하면 치수계획상 고려하고 있는 주요 홍수조절지역에 가급적 가까운 것이 바람직하다.
- (4) 홍수조절 예정지점을 선택하는데 참고할 사항은 유역내 하천 배열 상황, 유역내 강우 및 유출 특성, 집수면적의 크기 및 댐 축조 예정지점의 지형 및 지질, 예상되는 홍수조절 효과의 크기, 수물 예정 지역내 수물상황, 홍수조절에 의한 홍수방어 필요지역의 위치, 이수개발 계획, 하천환경관리 계획과 기타 관련 계획과의 관련성, 기타 목적하는 바나 사회적 특성 등이다.
- (5) 저수지나 댐 예정지점에서 기본홍수량 결정에 사용한 과거에 발생한 홍수사상 중에서

최대홍수량 또는 홍수조절용량이 최대가 되는 홍수량을 이용하는 최대홍수량을 채택하거나, 과거에 관측한 홍수량이 없을 경우에 저수지나 댐 유역의 설계강우 또는 가능최대강수량으로 산정한 댐 예정지점의 침투홍수량이 최대가 되는 홍수량 및 홍수조절용량이 최대가 되는 홍수를 검토하여 침투홍수량이 가장 큰 것으로 결정하는 것이 보통이지만, 채택하는 침투홍수량은 수계 전체의 홍수조절계획과 균형이 잡히게 하는 것이 바람직하다.

- (6) 홍수도달시간 예측과 홍수방류시설의 조작 등이 복잡하고 충분한 방류시설이 갖추어지지 않은 소유역에 설치된 댐(대략 유역면적 20km² 이하)과 조절용량이 작은 댐(대략 유역비 홍수량, 즉 '홍수조절용량/유역면적'을 mm단위로 나타냈을 때 50mm 이하)은 수문 일정개도 조절방법이나 여수로에 수문이 없이 월류만 시키는 자연조절방법을 이용하는 것이 바람직하다.
- (7) 홍수조절용량은 저류지의 홍수조절방법을 결정하는 중요한 요소로서 홍수량의 변동폭에 따라 크게 달라진다. 충분한 홍수저류용량이 확보된 저류지나 댐이 설치되면 홍수조절용량의 폭이 크게 되어 조절방법을 잘 조화시킬 경우, 하류지역의 홍수피해를 최소화할 수 있다.
- (8) 저류지나 댐의 계획홍수량 및 조절유량이 주어진 경우 저수지를 이용하여 조절할 수 있는 저수용량이 어느 정도 필요한가는 채택되는 홍수조절방법에 따라서 다르지만, 유역비 홍수량, 즉 '홍수조절용량/유역면적'을 대략 100mm 이상으로 하는 것이 바람직하다. 그 이하가 되는 경우는 수문 일정개도 조절방법, 자연조절방법이 채택될 수 있는지 검토해야 한다.

17.3.4 다목적 조절지 계획

다목적 조절지 계획은 현 부지의 이용실태를 가장 중요하게 고려하고, 기본적으로 치수, 이수 및 환경이 조화를 이룰 수 있도록 하며, 홍수조절용 저류지 및 댐 계획에 준해서 결정한다.

해설

- (1) 호소나 습지를 이용한 홍수조절지는 저류지에 비하여 광대한 수면적(水面積)을 가지므로 얕은 수심으로도 필요한 저수용량을 확보할 수 있다. 또 홍수조절기능은 기본적으로 홍수조절용 저류지나 댐과 같으나 현 부지의 이용실태가 가장 중요한 요소로서 이러한 호소에 대한 하류 홍수조절계획은 홍수조절용 저류지나 댐 계획에 준해서 결정한다.
- (2) 연안에 있는 호소나 습지는 과거나 현재에 여러 가지 모양으로 이용되고 있으므로 호안 등의 구조물, 각종 용수에 미치는 영향, 저수지, 배수에 미치는 영향, 그리고 어업에 대한 영향 등을 고려하여 호안제를 건설하거나 별도로 차단벽을 설치하는 등 유역 전체 홍수조절계획과 병행해서 결정한다.

17.3.5 기타 구조물적 대책에 의한 홍수방어(조절) 계획

- (1) 기타 구조물적 대책에 의한 홍수방어계획은 지하수 함양대의 개발, 토사, 쓰레기, 기타

부유물의 유입방지 시설 계획, 침투성 공공시설의 설치 및 집수시설의 보완을 통하여 수립한다.

- (2) 도로 및 주차장을 침투성 포장으로 하는 것은 빗물의 침투량을 증가시켜서 홍수를 감소시키고 지하수 활용을 증가시키므로 적극적 도입을 검토하는 것이 바람직하다.
- (3) 불투수성 도로포장, 공공시설의 증가는 강우시 유출량을 증가시키므로 우수의 집수정, 집수지 등의 집수시설을 보완 및 증설을 검토해야 한다.

해설

- (1) 지하수위가 낮은 지역에서는 자연적 또는 인공적으로 설치된 지하수 유입지대나 함양대를 확보하여 호우로 인한 유출량을 지하로 침투시킨다. 이러한 지역은 지하수위가 충분히 깊어야 하고 지표면이 적절한 투수성을 갖고 있어야 한다.
- (2) 도시 지역 거리를 청소하거나 하수도에 퇴적된 토사를 준설하여 홍수시에 토사나 쓰레기, 기타 부유물이 유입되는 것을 방지하여 우수거의 소통에 지장이 없도록 함으로써 침수피해를 입지 않도록 하여야 한다.
- (3) 우수거나 하수구, 배수구에 적절한 크기의 토사 스크린을 설치하거나 쓰레기를 기계식으로 제거하는 시설을 설치하고 정기적으로 유지관리 하여야 한다.

17.4 비구조물적 대책

17.4.1 저수지 최적 운영체제

저수지 최적운영 체제는 비구조물적 대책의 하나로서 저수지 운영방안과 최적 해석기법의 개선을 통하여 홍수조절 효과를 가져올 수 있다.

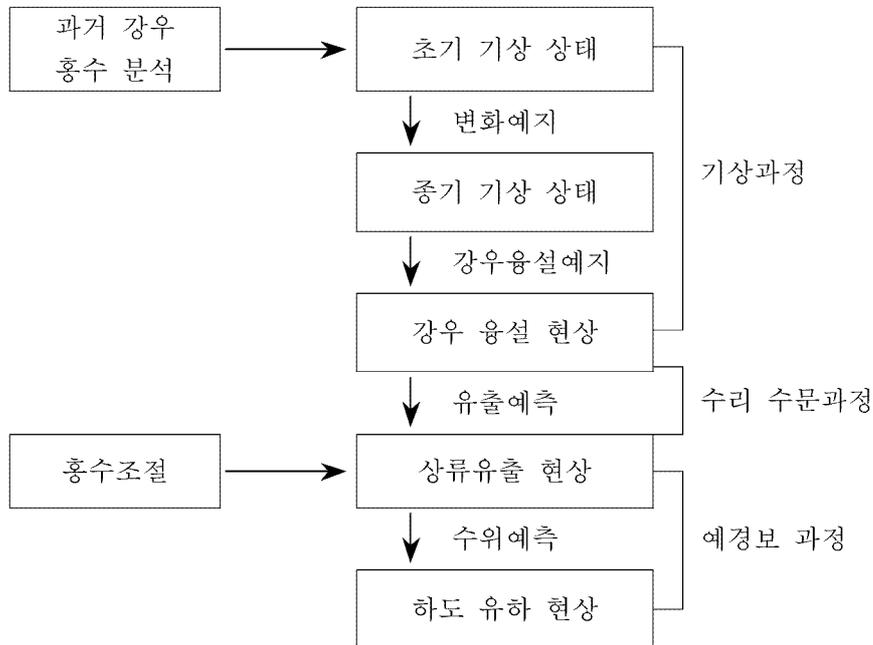
해설

- (1) 댐 상류에 내린 강우에 의하여 큰 홍수가 발생하면 대체로 댐이나 저류지의 홍수조절 공간을 적절히 활용하여 유입되는 홍수량의 일부를 저류함과 동시에 하류 하도의 용량을 초과하지 않도록 서서히 방류시킴으로써 하류지역 홍수피해를 줄일 수 있다. 이렇게 홍수피해를 최소화하기 위해서는 정확한 홍수예측과 더불어 홍수조절이 가능하게 하는 것은 가장 중요한 비구조물적 대책이 된다.
- (2) 댐 운영방안은 유역에 건설된 댐들의 구조적 측면에서 단일 댐 운영과 저수지나 댐군의 연계운영으로 나눌 수 있으며 여러 댐이 하나의 시스템을 이루고 있을 경우에는 다음에 나오는 모의발생기법보다는 시스템 내에서 각 댐의 운영방안에 대해 최적해를 추적해 나갈 수 있는 최적화 방안이 효율적이다.
- (3) 현재 우리나라에서 주로 사용되는 최적화기법으로 선형 프로그래밍(LP), 비선형 프로그래밍(NLP), 그리고 동적 프로그래밍(DP) 등이 있으며, 가급적 우리나라에 적합한 모형을 개발하는 노력이 바람직하다.

17.4.2 홍수예보 시스템

홍수예보 시스템은 비구물적 대책의 하나로서 홍수예보방법과 홍수예보 과정을 개선함으로써 홍수조절 효과를 기대할 수 있다.

- (1) 홍수조절용 저류지나 댐이 있는 경우는 강우예측으로 강우의 시작하는 시각과 끝나는 시각, 그리고 유역에 내릴 강우량에 대한 정보와 유역에서 유출되는 홍수유출량을 알게 됨으로써 저류지나 댐 조작을 최적화시킬 수 있다.
- (2) 홍수예보는 수자원 시스템을 운영하는 중요한 부분을 차지해 나가고 있다. 대부분의 하천에서 정교한 무인 자동관측장치를 이용하여 온라인으로 자료를 입력함으로써 다목적 저류지나 댐 군을 단기예보와 함께 운영할 수 있는 체제를 갖추어 가고 있다.
- (3) 하천의 홍수예보는 과거에 관측된 강우량과 특성, 그리고 이로 인한 홍수발생 기록을 조사하여 입력자료로 이용하고, 강우원인이 되는 기상조건에 따라 기상상황을 분석하여 강우량과 강우량의 시간 및 공간분포를 예측하여 호우주의보 및 경보를 발령하거나 댐의 사전조작, 주민대피 등 사전에 수방대책이 가능하도록 충분한 시간적 여유를 확보할 수 있는 기상학적 과정, 유역과 하도에 적절한 홍수유출모형을 적용하여 유출을 계산하고 하도의 홍수추적과 홍수량을 예측하는 수리 수문학적 과정, 그리고 저수지 운영 방식에 따라 상류댐의 방류량이나 하도의 홍수위와 지류 유입량을 고려하여 하류예보 지점의 홍수도달시간 및 수위를 예측하는 예보 과정으로 구성될 수 있다(<그림 17.4> 참조).



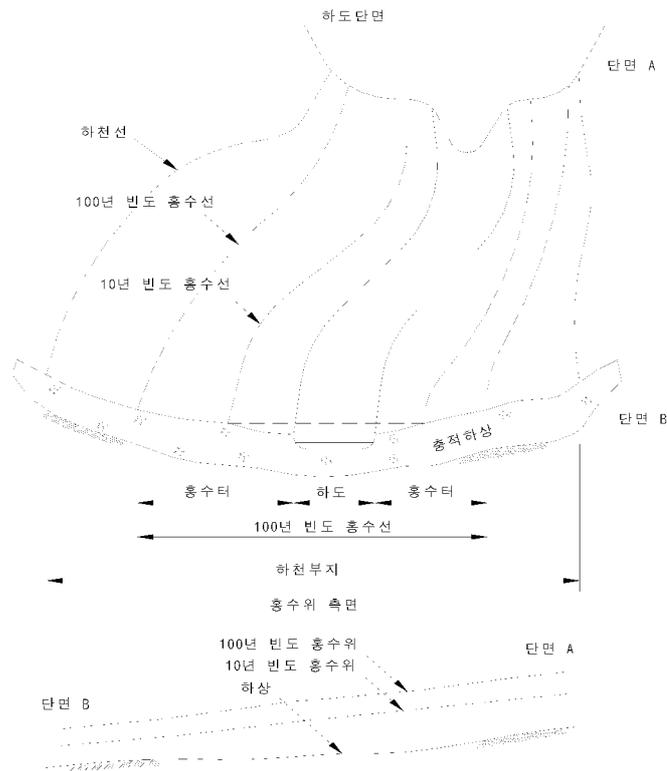
<그림 17.4> 홍수에경보 과정

17.4.3 홍수터 관리

- (1) 홍수터 관리는 비구물적 대책의 하나로서 홍수터 관리의 절차 개선, 홍수터의 수리수문 해석 방법의 개선 및 홍수보험 등과 같이 홍수터관리와 관련된 항목 등을 종합적으로 개선함으로써 홍수조절 효과를 기대할 수 있다.
- (2) 좁은 의미에서 홍수터 관리는 홍수량을 잘 조절하는 것이 아니라 하도나 하천부지가 충분한 홍수소통능력을 가지면서 홍수피해를 줄일 수 있도록 홍수위험구역 지정, 홍수방어, 토지이용, 건축법규, 침수선의 결정 등이 포함된다.
- (3) 넓은 의미에서 홍수터 관리는 어떤 지역에서 홍수피해를 막거나 감소시키기 위하여 예방차원에서 사용될 수 있고, 홍수터내 자연과 문화 자산을 보호하고 유지하는데 사용 가능한 모든 분석과 대책을 통틀어 말한다.
- (4) 홍수방어계획 수립 시 반드시 범람가능성의 평가와 홍수범람위험지도를 작성하여야 한다.
- (5) 과거 홍수자료를 수집하여 분석하고 이것에서 홍수위험 정보를 도출하는 것은 홍수터 관리 프로그램을 구성하는데 대단히 중요한 일이 된다. 따라서 홍수방어계획 수립 시 새로운 홍수자료의 수집을 통한 보다 많은 홍수의 분석과 하천과 홍수터 내에서 일어나는 토지이용변화와 유역과 하천의 자연 및 인공변화의 조사 분석이 반드시 이루어져야 한다.

해설

- (1) 전형적인 홍수터는 <그림 17.5>에 나타난 바와 같이 가운데 있는 유심선(流深線)을 따라 형성된 하도와 인접한 지역으로 홍수시에 유량이 흘러가는 구역이 된다.



<그림 17.5> 전형적인 홍수터와 하천공간(Chow et al., 1988)

- (2) 홍수터에 대해 미연방방재청(U.S. Federal Emergency Management Agency, FEMA)에서는 100년 빈도 홍수량이 소통할 수 있는 공간을 말하고 있으며, 이 홍수량에 대하여 홍수터 관리와 대책을 수립하고 있다. 그리고 지역에 따라서는 500년 빈도 홍수량을 채택하여 더 넓은 홍수위험지역에 대한 대책을 수립하기도 한다.
- (3) 우리나라에서는 아직까지 홍수터 개념이나 공간이 정해져 이용되지 않고 있는 바, 우선 해당지역 하천 등급이나 규모에 따라 하천법에서 규정한 구역 또는 해당하천에 책정된 계획홍수량이 소통하는 공간을 대상으로 하되 별도로 홍수피해조사나 해석과정, 또는 홍수보험에 의해 보완이 가능하면 그 공간을 조정하도록 한다.
- (4) 홍수는 호우형상, 유역특성, 그리고 다른 요소에 따라 그 강도와 지속시간이 크게 달라지는 바, 특히 유역 하류지역에 높은 강우강도와 짧은 지속시간의 집중호우가 발생하였을 경우에 치수를 위한 구조적 대책만으로 치수효과를 거의 발휘할 수 없게 된다. 이러한 하천유역과 연안 지역에서 홍수피해를 경감할 수 있는 방안이 바로 홍수터를 효율적으로 관리하는 것이다.
- (5) 좁은 의미의 홍수터 관리활동을 통하여 홍수위험지역의 개발을 최대한 억제하여 피해가능성을 줄이고 홍수크기를 증대시키지 않으면서도 홍수터내 토지를 효율적으로 이용할 수 있도록 한다.
- (6) 넓은 의미에서의 홍수터 관리에는 홍수위험지도 작성, 하천개수 및 관리 사업, 골재채취량 조절, 그리고 하천변 식생 제거와 같은 것이 있다.

- (7) 홍수범람가능성의 평가와 홍수범람위험지도 작성을 위해서는 과거의 홍수기록을 포함한 수문자료의 빈도분석과 해당지역의 인구와 자산의 밀집상태 및 상·하류 여건 등 사회경제적 문제 등을 고려한다.
- (8) 홍수보험을 조사 및 연구하는 목적은 특정 빈도 홍수량을 기본홍수로 하여 보험으로 수용할 수 있는 한계 내에서 적용할 수 있도록 홍수터 경계에 대해 윤곽을 그려야 한다.
- (9) 홍수범람 가능성의 평가 또는 홍수위험해석과 홍수범람위험지도 작성 방법에는 홍수터의 지형학적 형상과 유사 퇴적 등은 오랜 기간에 걸친 하천범람에 의해 형성되므로 이러한 하천형상과 퇴적물이 반영하는 홍수 민감도를 지형학적 단위로 추정하는 지형학적 방법, 과거 홍수 침수자료를 이용하여 과거 홍수에 의한 추정하는 방법, 그리고 수리수문모형을 이용하여 침수면적, 침수심, 침수시간 등을 분석 조사하는 수리수문학적 방법과 같은 세 가지가 있다.
- (10) 홍수위험도와 그에 대한 홍수범람위험지도를 작성할 때는 하천과 인접지역의 토지이용 상태와 개발목적 및 방향, 가용한 자료 등을 고려하여 선택한다.
- (11) 홍수터 지역에서 홍수에 따른 피해경감을 위하여 하도에서는 하도를 정비하고 연속되게 제방을 쌓아 안정된 홍수흐름을 유지하여야 하며 유역에서는 내수배제용 배수시스템(배수로, 빗물펌프장 등)을 건설하여야 한다. 그러나 주요 하천만을 완전히 정비하는 데에는 상당한 세월과 많은 비용이 들기 때문에 하천의 범람상황을 예상하여 대응책을 세울 필요가 있게 된다.
- (12) 하천과 홍수터의 범람현상을 예측하는 비구조물적 방법이 바로 홍수범람 모의이다. 홍수범람예측방법에는 현지 수해조사에 따른 홍수위험구역을 파악하는 방법, 과거 범람실적, 지형, 지질 등을 이용하여 범람상황을 유추하는 방법, 그리고 수리모형실험을 이용하는 방법의 세 가지가 있는데, 이들 방법에 비해 홍수범람 모의는 유출계산 결과, 즉 유출수문곡선을 사용하여 홍수터의 범람상황인 범람면적, 범람깊이, 범람기간을 추정한다.
- (13) 홍수터에서 홍수범람은 홍수터의 지형학적 특징에 영향을 받는다. 실제 제방이나 홍수방어 구조물이 파괴되었을 경우 홍수범람 양상은 홍수터의 지형학적 상황에 따라 크게 달라진다. 이 홍수범람 형태는 지형학적 특징에 따라 확산형, 저류형, 직선형, 그리고 하도에 따른 흐름형의 4가지로 구분된다. 특히 경사지역에서 홍수범람은 하도형태와 같은 직선형의 고정홍수 흐름형으로 분류될 수 있으나, 삼각주와 배후습지에서 홍수범람은 저류형 또는 확산형에 속한다.
- (14) 하천개수사업을 실시할 때 홍수범람 모의에 의하여 하도와 범람구역을 해석하지 않고 단순히 부등류 계산 결과를 가지고 하도를 정비하고 있다. 그러나 실제로 홍수터의 범람구역에 인구와 자산이 집중되고 있기 때문에 홍수방어계획의 일환으로 홍수범람 모의가 반드시 실시되어야 한다.
- (15) 가장 좋고 최근의 홍수자료가 이용될 수 있도록 하기 위해서는 홍수터 정보는 꾸준하고 필요할 때마다 쉽게 이용할 수 있는 정보를 제공할 수 있어야 한다. 대규모 유역종합개발계획과 관련하여 이러한 하천 및 홍수터 정보시스템을 개발하여 제공하는 것은 꾸준히 추진되어야 할 것이다.
- (16) 홍수터 정보시스템을 구성하는 자료와 요소는 주로 유역 상태변화, 하도단면, 댐 파괴나 조절상황뿐만 아니라 홍수계산 구조, 과거 홍수에 대한 자료, 수리 수문자료, 관측

소 상황, 지역 홍수터 규제, 유역내에 있는 댐과 저수지 정보, 홍수위험정보, 홍수에 관한 각종 가용 문헌, 홍수보험 조사, 주요 호우에 대한 조사 보고서, 그리고 홍수피해 경감대책과 관련 내용 등을 들 수 있다.

17.4.4 홍수보험

홍수보험은 비구물적 대책의 하나로서 홍수보험의 기능과 과정을 명확히 파악하여 제도를 도입함으로써 홍수조절계획 수립에 일익을 담당할 수 있다.

해설

- (1) 홍수를 방어하여 홍수재해 자체 크기를 경감시키려는 구조물적 또는 비구조물적 대책 뿐만 아니라 재해에 의해 일어나는 피해를 보상하는 재정적 대책이 필요하며, 이 재정적 대책은 현재 우리나라에서 정부나 관련 단체 또는 국민의 성금으로 홍수피해를 보상해 주는 재해보상제도와 홍수피해의 잠재적 위험을 지닌 기업이나 정부 및 개인이 직접 참여하여 피해보상을 받는 홍수보험제도가 있다.
- (2) 홍수보험제도는 보험이 지닌 사회적 기능을 적극 활용하는 것으로 홍수위험지역 주민이나 기업이 직접 홍수보험에 가입하여 재해가 발생하였을 경우에 피해보상을 받게 된다. 이 경우 홍수피해를 당할 위험이 있는 당사자가 직접 참여하게 되므로 홍수위험에 대한 인식을 널리 확산시킬 수 있고, 홍수피해방지 대책을 추진하는데 주민의 협조나 홍보효과까지 얻을 수 있다.
- (3) 홍수보험의 가장 기본적인 기능은 홍수피해를 입은 기업이나 개인의 경제적 피해를 직접 보상하는 것으로서 기업이나 가계의 경제적 안정성을 보장하고 기업 능력을 향상시키며 피해 주민의 생계유지를 돕는다.
- (4) 홍수보험을 실시하여 홍수위험에 대한 일반인들의 인식을 고양시킬 수 있고 홍수보험을 실시하는 과정상 홍수위험지역에 대한 체계적인 조사와 홍수터 관리가 선행되므로 간접적으로 홍수피해 자체를 경감시킬 수가 있다.
- (5) 홍수보험을 실시하면 홍수로 인하여 발생하는 엄청난 피해를 신속히 보상하여 줄 수 있어서 경제활동의 중단으로 인한 손실을 최소화하고 사회질서의 파괴를 막는 국가적인 차원의 기능이 가능하다.
- (6) 재해에 대비하여 보험을 실시함으로써 피해가 적은 해의 적립금을 피해가 큰 해의 보상에 이용하고, 피해 자체를 국민, 기업, 국가 재정 등에 분담시킬 수가 있다. 따라서 매년 재해에 대비한 재정의 변동폭을 완화하여 재정 안정에 도움을 줄 수 있다.
- (7) 홍수보험을 공공보험으로 시행하면 이들을 만성적인 홍수피해로부터 구제할 수 있으며 아울러 부의 재분배라는 사회적 기능도 발휘할 수 있다.
- (8) 홍수보험이 일단 실시된 후에는 홍수터 관리를 통하여 홍수위험을 줄일 수 있어야 한다. 홍수터 관리가 제대로 시행되지 못하면 홍수보험은 단순한 재정지원에 그치고 말 것이며, 오히려 홍수터 개발이 촉진되어 홍수피해가 증대되는 역효과를 낼 수도 있다. 따라서 홍수터를 철저히 관리하는 것이 홍수보험의 성패를 가름하는 가장 큰 관건이다.

17.4.5 기상현상 조절에 의한 홍수방지

기상현상 조절에 의한 홍수방지는 홍수를 유발하는 기상과 수문등의 자연현상을 조절하여 강우발생을 억제하는 방법이다.

해설

- (1) 홍수를 유발하는 기상과 수문 등의 자연현상을 조절하여 홍수를 억제하거나 방지하는 대책에는 주로 강우발생을 억제하는 방법이 있으나 현재까지 그 실효성은 의문시된다.
- (2) 어떤 지역에 내리는 호우를 방지하려면 강우가 발생할 수 있는 대기의 기후조건을 변화시켜서 강우지역을 이동하거나 그 양을 감소시킴으로써 방지가능 하다. 구름을 이동시켜 집중호우 발생을 억제하고 대기조건에 따라 강우량을 감소시키는 방법으로서 실질적으로 큰 호우를 조절해서 넓은 지역에 걸쳐 강우강도를 감소시키는 것은 효과적일 수 있다.

17.4.6 유역관리

유역관리란 보수, 유수, 저수기능이 유지 및 증대될 수 있도록 적절하게 유역을 관리하여 홍수 및 토사의 유출을 조절하는 것이다.

해설

- (1) 근래 신도시 개발과 도시지역 및 주변지역이나 골프장 등 여가시설이 급속히 개발되고 있어 국토이용상 유출환경이 변화되어 전체적으로 하천의 유출이나 토사유입량이 증대되는 현상이 발생하고 있다. 이러한 유출환경의 변화에 따라 하천종합치수대책을 추진함에 있어 유역정비계획을 수립하여 유역을 보수지역, 유수지역, 그리고 저수지역으로 나누어 각 지역이 유출을 억제할 수 있는 기능을 갖도록 할 필요가 있다.
- (2) 수해에 안전한 토지이용 즉, 논외 보전, 삼림육성 및 보호 등을 통해 홍수시에 유출량을 감소시켜 홍수조절에 매우 효과적인 수단이 될 수 있다('제19장 유사조절계획' 참조).
- (3) 토사유출은 홍수조절용 저수지에 퇴적되어 그 저수용량을 감소시키고 하상에 퇴적되어 하도의 홍수소통능력을 감소시킨다. 이러한 토사의 유출을 감소시키기 위하여 지표의 초목피복상태를 개선할 필요가 있다.

17.4.7 홍수조절방법의 조합

홍수조절 사업을 비홍수조절사업과 조합한 다목적 사업으로 하여 경제성을 높이고, 여러 가지 서로 다른 홍수 조절방법의 조합을 검토한다.

해설

- (1) 홍수방어를 위한 비구조물적 대책으로 홍수조절사업을 비홍수조절사업과 조합한 다목

적 사업으로 하여 경제성을 높이고 여러 가지 서로 다른 홍수조절방법의 조합을 검토한다.

- (2) 경제성을 분석하여 서로 다른 홍수조절방법의 조합을 검토한다. 예를들어, 어떤 유역에서 저수지만으로 홍수조절효과를 다하지 못하는경우 홍수조절지점의 제방, 홍수터 관리와 적절히 조합하여 경제성을 분석한 후 최적방법으로 조합하여 사용한다.

제18장 하도계획

18.1 일반사항

18.1.1 적용범위

본 장은 하천에 요구되는 치수기능, 이수기능, 환경기능의 조화를 바탕으로 하도 및 하구 계획수립에 적용한다.

18.1.2 용어의 정의

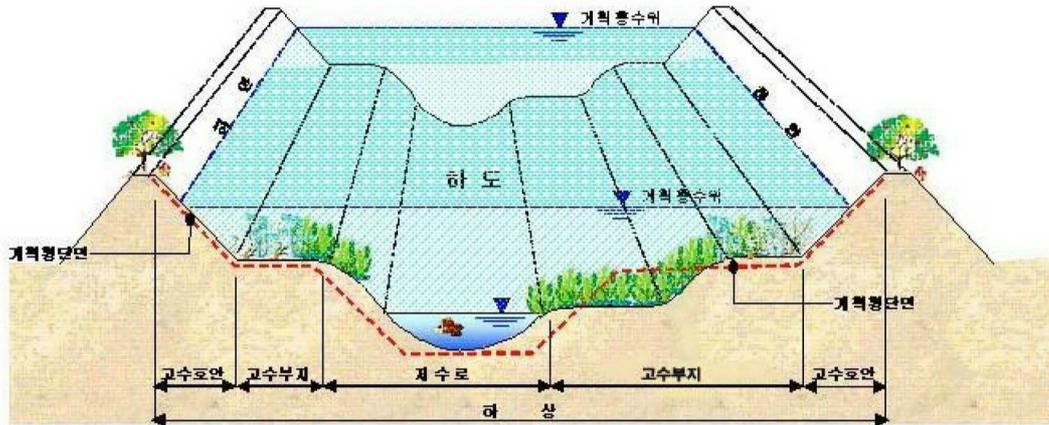
- (1) 하도 : 평상시 혹은 홍수시 유수가 유하하는 공간이면서 수생생태가 서식하는 공간
- (2) 저수로 : 평상시 물이 흐르는 공간
- (3) 고수부지 : 하도 내의 저수로 및 호안부를 제외한 나머지 부분의 총칭
- (4) 하안 : 하도 내 수면이 비탈면과 접하는 선적인 개념으로서의 영역
- (5) 하상 : 하도 내에 있어서 유수가 흘러가는 바닥 부분
- (6) 안정하도 : 하천이나 수로가 장기간에 걸쳐 세굴과 퇴적을 반복한 후 하상경사와 단면의 크기 및 형상이 일정한 상태로 유지되고, 바닥면의 토사공급과 토사 유송율이 같아져서 안정상태를 유지하는 하도
- (7) 평형하천 : 하나의 하천구간 상류에서 유입되는 유사량과 하류로 유출되는 유사량이 같아 그 하천구간에서 퇴적이나 침식이 어느 한 방향으로 계속되지 않고 하상의 상승이나 저하가 거의 일어나지 않는 하천
- (8) 평형하상(안정하상) : 평형하천에서의 하상상태를 말하며, 임의의 하도구간 내에서 유사 유입과 유출이 평형을 이루어 하상세굴이나 퇴적의 경년변화가 거의 없는 하상
- (9) 신설하천 : 홍수 소통단면을 증대하거나 홍수량을 전환하여 소통시키기 위한 방안으로 건설되는 새로운 하천으로, 주로 첩수로와 방수로(또는 분수로)로 구분
 - ① 첩수로 : 현저하게 사행되었거나 굴곡된 하도를 절개하여 짧게 연결한 수로
 - ② 방수로 : 현 하도의 하폭을 확대할 수 없거나 개수구간을 단축할 목적으로 하천 유로에서 분기하여 신설하천을 건설하고 직접 바다나 다른 하천 또는 원래의 하천으로 유입시키는 수로
- (10) 홍수터 : 자연하천이나 무제부 하천구간에서 홍수시 물이 흐르는 구역
- (11) 범람원 : 무제부 또는 유제부구간에서 홍수범람으로 인해 발생하는 제·내외지내 침수 구역
- (12) 놀둑(靛堤) : 상하류 제방높이 보다 낮거나 불연속 구간을 두어 홍수시 유수의 범람을 허용하는 제방
- (13) 하구 : 하천수가 바다나 호수 또는 다른 하천으로 흘러 들어가는 어귀
- (14) 하안방어선 : 제방의 안전성과 저수로의 안정성을 확보하기 위해서, 어떠한 구조적 대책(저수로호안, 하안침식방지공)을 강구할 필요가 있는 하도계획 상의 선
- (15) 제방방어선 : 제방방어의 관점에서 그어지는 선으로서 한번의 홍수로 인해 침식될 가

능성이 있는 고수부지폭을 제방 앞비탈 끝에서부터 이은 선으로, 고수호안 쪽으로 더 이상의 저수로 침식을 허용하지 않도록 하는 선

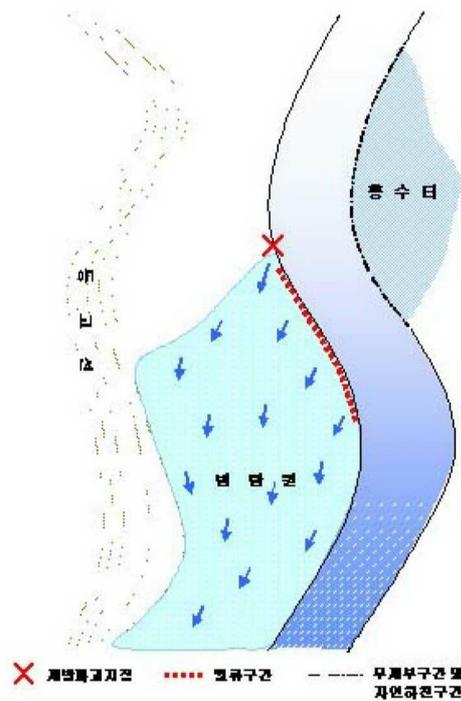
- (16) 저수로하안관리선 : 저수로의 안정이라는 관점에서 그어지는 선으로서 저수로 형상을 안정적으로 유지 가능하게 하는 저수로 평면형으로서, 고수부지의 이용현황, 그 외의 여러 가지 상황을 포함하여 작성된 저수로 관리차원의 선

해설

용어의 정리에 대해 구체적인 개념도를 나타내면 <그림 18.1>과 같다.



(a) 하도관련 용어



(b) 홍수터와 범람원

<그림 18.1> 하도계획상 용어와 개념도

18.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정을 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정은 아래와 같다.

(1) 본 설계기준

- ① 제10장 하도 조사
- ② 제12장 하천환경 조사
- ③ 제16장 설계수문량
- ④ 제23장 제방
- ⑤ 제26장 하상유지시설
- ⑥ 제35장 하구시설

(2) 관련규정

항만 및 어항설계기준(해양수산부, 2005)

18.2 하도계획 관련자료 검토

- (1) 하도계획의 기본 방향을 결정하기 이전에 유역특성 조사, 하천환경 조사가 선행되어야 하며 기존 자료를 충분히 검토하여야 한다.
- (2) 하도내 수위계산 및 안정하도의 설계를 위하여 하도 및 하구조사, 유사 조사, 수공구조물조사와 홍수재해원인조사를 실시하여야 한다.
- (3) 하도내 통수능을 조사하여 기존 하도에 대한 소통능력을 검토한 후에 단면의 축소나 확장 계획을 실시하여야 한다.

해설

- (1) '제4장 유역특성 조사'의 유역특성 조사를 통하여 해당 유역에 적합한 하도계획수립의 기본방향을 고찰한다.
- (2) '제12장 하천환경 조사'를 통하여 식생, 어류 등에 대한 자세한 정보를 얻도록 하며, 이를 이용하여 자연 친화적 하천설계, 하천복원, 또는 하천보존을 위한 방향설정에 활용한다.
- (3) '제9장 유사 및 하상변동조사'의 유사 조사를 통하여 하상재료, 세굴·퇴사량, 유사특성 등에 대한 상세 자료를 취득하며, 이들을 이용하여 안정하도 설계의 근거로 활용한다.
- (4) '제10장 하도 조사'의 하도 및 하구 조사를 통하여 하도단면, 하상고, 사행특성, 조도계수 등에 대한 상세 자료를 취득하며, 이를 이용하여 안정하도설계 및 수위를 계산한다.
- (5) 취수보, 통수문, 하상유지시설, 제방, 수제, 교량, 복개하천구간 등 각종 수공구조물의 실태를 조사하여, 하도계획 수립과 관련하여 발생할 수 있는 구조적 문제점을 파악한다.
- (6) 홍수재해사전예방을 도모할 수 있는 하도계획을 위하여 과거 홍수피해 발생시의 수리·수문특성, 홍수침수상황, 홍수피해의 원인 및 특성을 파악한다.
- (7) 현 하도 단면특성을 이용하여 등류 또는 부등류 계산에 의해 하도의 소통능력을 검토한다. 부등류 계산은 대조평균만조위, 홍수기 만조위 자료, 하류단 단면의 수위-유량관계 등을 검토하여 계획홍수량을 포함한 여러 가지 홍수량에 대해 기점홍수위를 설정한 후에 하도 소통능력을 판단한다.

18.3 하도계획의 기본방침

18.3.1 기본이념

- (1) 하도계획은 하천의 다양성을 충분히 고려하여 수립하되 홍수시 치수상으로 안전하고 가뭄시 이수에 지장을 초래하지 않도록 실시한다.
- (2) 하도계획은 건강한 물순환을 보존하고 하천변 생태계와 상호 연계를 고려하여 수립한다.

18.3.2 기본방침

- (1) 하도계획은 하천에 흐르는 물에 대한 양적 및 질적인 안정성 확보, 총경비(초기투자비와 유지관리비)의 최소화, 자연환경이나 경관의 보존 및 회복과 하천이용과의 조화를 이루고 유역전체에 대한 건진성이 확보되도록 수립한다.
- (2) 하도계획은 장기적으로 안정하도가 되도록 하며, 계획홍수량을 안전하게 유하 시키기 위해 하상 굴착, 제방 축조, 수제 등에 의한 하도 통수 단면적의 증대, 하도법선(河道法線)의 수정, 첩수로(捷水路, cut-off) 등의 건설 등을 충분히 검토하여야 한다.
- (3) 하도계획시 하도 사행이나 여울과 소의 회복·창조 등을 통해 생물의 다양한 생식·생육 환경을 확보하여야 한다.
- (4) 하도계획은 기본적으로 자연의 하도기능 및 특성을 살리는 홍수방어계획이 되어야 하며, 크게 평면계획, 종단계획, 횡단계획으로 구성된다.
- (5) 하도계획 수립시에는 특히 다음과 같은 사항에 유의한다.
 - ① 계획하쪽에 여유가 있는 곳이라도 현 하천지형을 고려하여 하천부지를 최대한 활용한다.
 - ② 직선화되고 획일화된 하도계획은 하지 않는다.
 - ③ 하천의 구간별 활용용도 즉, 구간별로 신설하천, 하천보강, 자연친화적 하천, 또는 복원·보존구간 등 각 구간에 적합한 계획을 세우며, 단순한 치수 일변도의 하도계획은 지양한다.

해설

- (1) 하도계획은 홍수를 안전하게 유하 시키는 것을 기본으로 하나, 치수만을 중시한 하도 직선화나 정규단면화와 같은 획일화된 계획을 수립하지 않는다. 이는 개수 후에 여울이나 소 등 다양한 흐름의 소멸, 빈약한 수변 식생환경 등 단조로운 하천을 만들게 되고, 다양한 하천환경의 보전·정비가 이루어지지 않게 된다. 따라서 하도계획은 다양한 하안 및 하상의 형태가 확보되도록 검토하여야 한다.
- (2) 하천은 침식·운반·퇴적 작용에 의해 여울과 소, 사주, 완경사 하안 등 다양한 지형을 형성하게 된다. 이는 하천 스스로의 힘으로 하도가 형성되어 가는 자연 순응적 모습이라 할 수 있다. 따라서 가능한 한 현 상태의 하천형상을 보전하는 계획을 기본으로 하되,

어쩔 수 없이 수정하는 경우에도 원래 모습의 복원이 가능한 평면형, 종단형 및 횡단형을 예상하여 계획한다.

- (3) 하천은 상류에서 하류까지 띠 모양으로 연속된 공간이며, 또한 주변의 지류, 수로, 논이나 수림대 등을 포함한 생물의 생식·생육 환경의 네트워크를 형성하고 있다. 이 때문에 상·하류 방향이나 횡단 방향으로 연속된 생태환경의 확보나 주변과의 생태네트워크가 단절되지 않도록 하여 생물의 자유로운 이동 경로가 확보되도록 하는 것이 중요하다.
- (4) 하도는 이송된 유사로 가득 차 있으며, 흐름에 따라 이들 유사도 끊임없이 이동하며 시간과 공간에 따라 변동한다. 따라서 하천을 개수하고자 할 때는 이러한 하도의 변동특성을 고려하여야 하며, 어떻게 하면 자연의 힘에 거역하지 않으면서 가장 변화가 적은 안정된 하도를 설계하고 유지할 수 있는지를 검토하여야 한다.
- (5) 과거 농경사회에서의 하천활용을 위해 폐천부지를 무작위로 농경지 등으로 사용해 왔으나, 더 이상 이러한 폐천부지의 임의사용을 지양하여야 하며, 향후 가능한 한 하천부지에 편입될 수 있도록 하도계획을 세우도록 하여야 한다.
- (6) 구간별 하도계획의 주목적을 뚜렷이 설정하여, 신설 하천 계획, 하천보강계획, 자연친화적 하천계획, 또는 복원·보존계획 등 각각의 구간에 적합한 계획을 세워야 한다.

18.4 하도계획 수립의 기본방향 및 절차

18.4.1 기본방향

- (1) 하도의 개수구간에 대하여 획일화된 하도계획이 아닌, 구간별 하도계획의 주목적을 뚜렷이 설정한다.
- (2) 하도 개수구간내 댐, 유수지 등 기존의 저류공간을 이용하거나 신설을 통하여 최대한 저류량을 확보토록 하며, 치수목적 상 불가피한 경우에 한하여 신설하천을 계획한다.
- (3) 제방 법선은 치수상 안전하며 현재 및 과거의 하천모양을 고려하여 결정한다.
- (4) 저수로 법선은 하안 방어선을 병용하여 결정하되, 현재의 저수로 평면형상을 감안하여 제방방어에 필요한 고수부지폭, 저수로 안정화를 고려하여 하안 침식 방지가 필요한 장소에 하안 방어선을 적용한다.
- (5) 하도내 계획 횡단면은 처음부터 복단면으로 설정하지 말고 현재의 횡단형상을 최대한 살리도록 한다.
- (6) 고수부지의 침수빈도를 처음부터 설정하여 저수로폭과 고수부지의 높이를 결정하는 것이 아니고 현재의 횡단형상을 최대한 살리도록 한다.
- (7) 계획하상 경사는 하상 안정을 고려하면서 하도단면 확보를 도모하기 위한 기준으로 설정하여야 한다.
- (8) 하상 저하 경향이 있는 하천이나 하상 변동량이 큰 하천에서는 하천공작물의 영향 등을 고려하여 계획 하상고를 설정하며, 교각이나 호안을 설치할 경우에는 시설물의 설계기준이 되는 하상고를 설정할 필요가 있다.

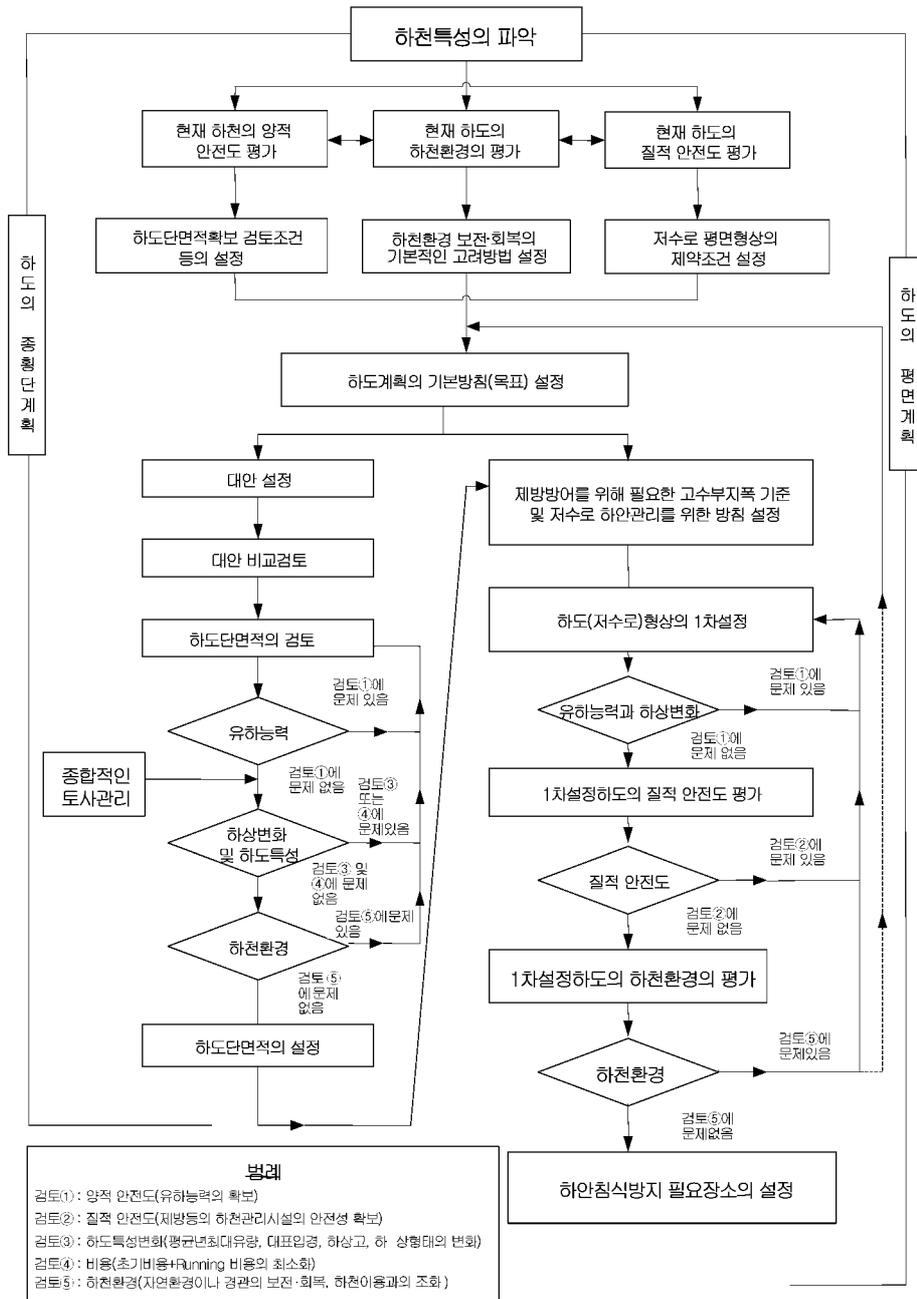
- (1) 하도의 개수구간에 대하여 하천보강계획, 자연친화적 하천계획, 또는 복원·보존 계획 등 구간에 적합한 계획을 수립한다.
- (2) 제방 법선은 활용 가능한 모든 부지를 확보하고 홍수터, 습지 등을 적극적으로 보존 및 확보하도록 결정한다.
- (3) 하도 단면 확보를 위하여 하도 굴착이 필요한 장소에서는 현재의 사주특성의 보전을 고려하여 저수로 확폭이 아닌 일부 고수부지의 굴착에 의한 복단면화를 선택할 경우도 있다.
- (4) 침수빈도가 높아서 고수부지 유지관리에 문제가 발생하는 경우에는 하도단면 확보 방법과 병행하여 개별적으로 검토할 필요가 있다.
- (5) 유로연장은 기본적으로 축소시키지 말아야 하며, 축소된 연장은 복원시키도록 한다.
- (6) 낙차공은 최대한 설치하지 말아야 하며, 대신에 완만한 둔턱을 만들도록 한다. 만약 완만한 둔턱을 만들 수 없는 경우에는 어도 등 생태통로를 만들어 준다.
- (7) 자연상태의 하상 재료는 가능한 변경시키지 말아야 하며, 고수호안의 침식에 영향을 주지 않을 정도의 고수부지가 확보되어 있는 경우라면 저수호안의 설치는 가능한 지양한다.

18.4.2 기본절차

- (1) 하도계획은 계획전체가 균형이 이루어질 때까지 각 단계를 반복 검토하여 수립한다.
- (2) 설정한 평면, 종횡단형 하에서 장기적으로 하도가 안정되도록 하도의 침식·세굴·퇴적을 방지·억제하기 위한 구조물(호안, 수제공, 대공 등), 하상안정화를 위한 횡단구조물(낙차공, 띠공 등과 같은 하상유지공)의 배치계획을 수립한다. 또한 필요에 따라 보, 통문, 수문, 그 외의 구조물(치수기능 이외를 주목적으로 하는 구조물을 포함)도 검토대상으로 한다. 또한 기설 구조물의 제거 또는 개축도 필요에 따라서 검토 대상에 포함한다.
- (3) 하천구조물의 배치는 평수시 및 홍수시 유수의 거동과 하상·하안 형상의 변화, 토질·지질, 토사유송 등의 특성을 충분히 감안하여 배치하도록 한다. 필요한 기능을 최소한의 규모로 발휘시킬 수 있는 대책을 검토하여 양호한 하천환경의 정비·보전을 충분히 고려한 배치를 강구한다.
- (4) 또한 개수효과 검토는 개수 후 투자사업비와 경제효과와의 관계뿐만 아니라, 재해예방의 중요성, 개수공사 중 각 단계에서 나타나는 효과 등 여러 가지 요인을 검토한다.

해설

- (1) 하도계획에 대한 검토 흐름도는 <그림 18.2>와 같으며, 각 단계별 검토내용은 <표 18.1>과 같다.



<그림 18.2> 하도계획 검토 흐름도

<표 18.1> 하도계획 검토 흐름도 상세 내용

구 분	내 용
하천특성의 파악	하천고유 특성을 이하의 관점에서 파악한다. ① 현재 하도특성(개수역사, 하도변천, 유향, 수리특성, 하상변동특성, 재해특성, 자연환경, 주변상황 등) ② 현재 유하능력(계획홍수위 이하의 유적에서의 유하능력, 저수로의 유하능력, 조도 등의 계산조건) ③ 하천환경특성(하천공간이용계획, 보전하여야 할 하천환경, 하천환경정보도 등)
현재 하천의 양적 안전도평가 (유하능력부족장소와 요인의 파악)	저수로 또는 고수부지의 하도단면이 부족해서인가, 조도가 크기 때문인가를 장소마다 파악하고, 저수로 하도단면 증가가 불가능한 구간을 명확하게 한다.
현재 하도의 하천환경의 평가	현재 하도의 자연환경이 양호한 구간과 악화되어 있는 구간을 구별하고 악화되어 있는 경우에는 그 원인을 명확하게 한다.
현재 하도의 질적 안전도평가 (제방 등 하천관리시설의 안전상의 과제파악)	수리특성이나 기존재해특성을 감안하여 침식·세굴에 대한 제방의 안정성을 확보하는 동시에 낙차공 등의 횡단구조물 주변의 안정상의 과제를 파악한다.
하도단면확보 검토조건 등의 설정	하도단면확보의 검토를 이행하는데 해당하는 검토조건(기점수위, 조도계수, 사수역 등)을 설정하면서 동시에 하도단면확보에 있어서 교량 등의 하천구조물이나 하도단면유지를 감안하여 높이방향(굴착 하하고와 그 경사)와 횡방향(저수로 폭)의 제약조건을 설정한다.
하천환경 보전·회복의 기본적인 고려방법 설정	현재 하도 중시, 특성장소의 보전·회복, 여울과 소가 조기에 형성될 저수로 환경의 보전·회복 등의 하도계획을 책정하는 동시에 기본적인 고려방법(목표)을 구간마다 설정한다.
저수로 평면형상의 제약조건 설정	중요도가 높은 교량의 교각, 구조정상 문제없는 보 등, 고려하여야 할 하천구조물의 위치나 고수부지의 이용상황을 파악하고 제약조건으로 설정한다.
하도계획의 기본방침(목표)설정	하도단면확보와 하도의 평면형상 제약조건, 하천환경의 기본방침과 함께 하도계획의 기본방침(목표)을 설정하고 그 목표에 의거하여 하도단면확보와 하도 평면형을 여러 안 작성한다. 하도단면확보는 하천환경의 기본방침에 근거하여 저수로 하상의 안정확보를 염두해, 하도단면확보대책(하상 굴착, 저수로 확폭 외, 고수부지의 굴착, 수목군의 일부대체를 포함)과 그것에 의한 하천환경의 영향에 대해서 정리한다. 또한, 하도의 평면형상에 대해서는 주변의 토지이용·지형 등을 고려하고 하도단면확보 방법과 조정을 도모하면서, ① 횡단형상의 선택(단단면, 복단면, 복복단면) ② 확폭의 방식(center line 방식, 홍수주류방식) ③ 낙차공 등의 횡단구조물 주변의 평면형상 ④ 수층부나 세굴부에 대한 제방방어의 방침을 설정한다.

구 분	내 용
대안 설정	하도특성이나 하천환경특성을 감안해서 모든 하천을 여러 구간으로 분할하고 하도단면확보의 기본방침에 의거하여 구간마다 대안을 작성한다.
대안 비교검토	하도구간마다 대안을 하천정보도에 도시하고 하천환경에 미치는 영향을 파악하는 동시에 하도굴착 후 하상안정, 제방방어 등의 관점에서 구간마다 최적안을 선정한다.
하도단면 확보단면의 검토	구간마다 하도단면확보의 최적안에 대해 모든 하천을 통해 유하능력, 하상 변화, 하도특성, 하천환경을 검토하고 하도단면확보단면을 수정한다.
제방방어를 위해 필요한 고수부지폭 기준 및 저수로 하안관리를 위한 방침설정	제방방어선과 저수로하안관리선의 검토에 해당하는 다음 방침을 설정한다. ① 과거의 하안재해사례를 근거로, 1홍수로 생길 수 있는 하안침식폭(= 필요한 고수부지폭의 기준)을 구하고 하도구간마다 제방방어선을 설정한다. ② 하도유지관리상, 저수로 평면형상의 변화를 억제할 필요가 있는가를 판단하고, 필요한 경우에는 유하능력상의 필요하도단면을 감안하여 유지관리, 하천환경을 고려하여 저수로하안관리선의 설정방침을 정한다.
하도(저수로)형상의 1차 설정	저수로 평면형상설정의 기본방침 및 필요한 고수부지폭의 기준을 고려하여 하도(저수로)형상을 1차 설정하는 동시에 제방방어선과 저수로하안관리선을 정한다.
1차 설정 하도의 질적 안전도평가	1차 설정 하도를 대상으로 질적 안전도의 중형단 및 평면적인 분포에 유의하고 다음을 평가한다. ① 하안 침식량(한번의 홍수시 발생하는 하안 침식량) ② 제방 앞비탈, 비탈끝의 침식세굴에 대한 안전도 ③ 고수부지의 표면침식에 대한 안전도
1차 설정 하도의 하천환경의 평가	1차 설정하도를 대상으로 생물의 생육환경보전에 유의하여 평가한다.
하안 침식방지 필요장소의 설정	제방방어선과 저수로하안관리선을 근거로 하안 침식방지가 필요한 장소를 설정한다. 더욱이, 「제방방어를 위해서 필요한 고수부지폭」, 「홍수시 하안침식발생장소」, 「저수로와 제방의 질적 안전도의 평가결과」에서 하안 침식방지 필요장소의 중요도를 구분한다. 유지관리비를 포함한 총 사업비에 대해서 검토하고, 비용측면에서 문제가 있는 경우에는 하도(저수로)형상의 1차설정에 수정한다.

(2) 하도계획은 계획홍수량을 안전하게 유하시키고 하상이 안정하게 유지되는 하도 평면형, 횡단형, 그리고 종단형을 결정한다.

- (3) 하도계획은 홍수조절계획 목적에 충분히 부합하도록 한다. 우선 하도개수가 필요한 사유 및 개수구간을 조사한다. 특히 어떤 하도구간에서 홍수소통능력이 부족한지, 취수보나 교량 등에 의해 협착부를 형성하고 있는지, 하도 범선이 불량한지, 또는 과거 주요 재해 원인은 무엇이었는가 등을 조사 분석해서 하도개수 방침을 결정한다.
- (4) 홍수방어(조절)계획과 관련하여 설정된 대안에 대해 개수효과를 검토하기 위해서는 개수 후 투자사업비와 경제효과의 관계뿐만 아니라 재해방지구역의 중요성, 개수공사 중 각 단계에서 얻을 수 있는 효과 등 여러 가지의 요인을 충분히 검토한다.
- (5) 하도의 평면형, 종단형, 횡단형은 각각 독립적으로 설정할 수 있는 것이 아니다. 따라서 이것들을 가정하여 각 부분을 체크하면서 최종적으로 그 하천에 있어 최선의 하도계획을 결정한다.
- (6) 홍수조절용 댐의 홍수조절용량을 결정할 때는 기본홍수량 뿐만 아니라 저수지 용량 확보 가능성, 댐 운영규정 등이 직접 관계되므로 이러한 요소들을 종합적으로 검토하여 설정한다.

18.5 계획홍수위

18.5.1 계획홍수위 결정시 기본방침

- (1) 계획홍수위는 지류배수, 내배수, 하천횡단구조물 및 만곡부 영향을 고려하여 결정한다.
- (2) 계획홍수위는 계획홍수량을 유하시킬 수 있는 하도의 종단형 및 횡단형을 고려하여 결정하는 것이다. 이는 설계홍수량, 하도의 종단형, 횡단형과 관련하여 정해지나, 제내지 지반고를 넘는 높이로 설정하는 것은 가능한 한 지양하도록 하며 기왕 홍수의 최대수위 이하로 설정하는 것이 바람직하다.
- (3) 계획홍수위를 높게 설정할수록 내수배제, 지류처리 등에 어려운 문제가 발생할 수가 있다. 따라서 가능하면 하폭을 증가시켜 계획홍수위를 낮게 하되, 과거에 발생한 홍수의 최고수위보다 낮게 취하는 것이 통례이다. 그러나 현재 하도의 하상고가 높거나 어쩔 수 없이 높게 취할 경우에는 내수배제와 지류처리 방안을 충분히 고려할 필요가 있다.
- (4) 하도의 일정구간을 평균적으로 보아 계획홍수위가 제내지지반고 보다 낮거나 둑마루나 홍벽(parapet)의 마루에서 제내지지반까지의 높이가 0.6m 미만인 하도를 굴입하도(堀入河道)라 하고 둑마루가 제내지지반보다 낮은 하도를 완전 굴입하도라 한다.

해설

- (1) 계획홍수위 결정시의 고려사항은 아래와 같다.

- ① 지류 배수 영향 : 대·중하천 본류로 유입되는 지류의 수위변화 상황을 파악하여 배수영향으로 본류 홍수위가 상승하거나 지류에 영향을 미치는 경우에는 배수영향 정도, 배수영향 구간 등에 대해 검토한다.
- ② 내배수 영향 : 본류 하천으로 유입되는 내수로 인하여 본류 수위가 크게 상승할 경우는 제내지의 지반고, 배수상황, 그리고 내수처리 방식 등을 고려하여 계획홍수위를 산정한다.
- ③ 하천 횡단구조물 영향 : 하천을 횡단 또는 종단으로 가로막는 교량 교각, 보 등

과 같은 구조물이 수위상승에 영향을 미치는 경우 이를 조사하여 계획홍수위에 반영한다.

- ④ 만곡부 영향 : 만곡 정도가 심하거나 굴곡이 저서 사수역이 발생하여 수위상승이 우려되는 경우에는 이 점을 고려하여 계획홍수위를 결정하며, 다음과 같은 방법을 따른다.

$$\Delta h = 1.5 \frac{BV2_{\text{mean}}}{gR_c} \quad (18.1)$$

여기서, 여기서 Δh 는 편수위이며 B는 하폭, R_c 는 하도 중앙의 곡률반경, V_{mean} 은 단면평균유속, g 는 중력가속도를 의미한다. 부등류 계산에 의한 수위는 평균수위이므로 만곡부 외측에서는 $\Delta h/2$ 만큼 상승한다고 가정한다.

- ① 산정식의 제약조건 : 편수위의 상승($\Delta h/2$)이 여유고의 절반 이하인 경우에는 계산결과를 제방고 결정에 반영하지 않음. 또한, 위 공식에 의하여 만곡부 수위차가 1m 이상 산정될 경우에는 참조값으로만 이용하고 양안의 홍수흔적조사, 2차원 이상의 정교한 수치모형 등을 이용한 계산결과를 기준으로 재검토후 결정한다.

- (2) 지나치게 하도를 굴입 했을 때 어느 정도 소통능력을 증가시킬 수 있으나, 하류 하도 구간에 지나치게 증가된 유량이 유입되어 하류제방의 안전을 위협할 수도 있으며 수계 전반에 대한 안전을 고려할 때 과도한 굴입 하도는 피하는 것이 좋다.

18.5.2 계획홍수위 계산

- (1) 계획홍수위는 계획하도구간 및 그 상하류의 흐름이 상류 혹은 사류인지를 판별한 후, 등류, 부등류, 부정류 계산 등 하천 흐름에 적합한 방법을 사용하여 계산한다.
- (2) 1차원 부등류 흐름계산에 있어서 도수, 분류·합류점, 교각, 낙차공 등에 의한 국부적인 수위상승이 예상되는 경우에는 각각의 경우에 알맞은 국부공식을 이용하여 계산하도록 한다.
- (3) 하도 형상이 복잡하여, 흐름의 거동을 1차원으로는 취급할 수 없는 경우에는 필요에 따라서 별도 특별한 검토(2차원 부정류 계산, 수리실험 등)를 실시하는 것이 바람직하다.

해설

- (1) 하천을 대상으로 하는 평균유속공식은 계산목적, 하도 및 수리조건에 따라 적절히 선택하여 매닝(Manning)의 평균유속공식 또는 이것을 확장한 유속공식을 사용하며, 홍수는 하도 내에서는 일반적으로 시간에 따라 비교적 완만하게 변하므로 평균유속공식을 이용한 1차원 부등류 계산법을 많이 이용한다.

- (2) 평균유속공식을 이용한 부등류 계산은 사수역 처리, 수목군 취급 등도 고려하여야 한다.
- (3) 상하류의 단면 변화가 큰 장소나 지배단면 근처에서는 내삽단면을 설정하며, 단면특성이 판명되어 있을 때는 이를 직접 이용하고, 판명되어 있지 않는 경우는 양단 단면으로부터 내삽에 의해 작성한다.
- (4) 하도내 수목군은 그 번식 정도에 따라 홍수위나 유황에 커다란 영향을 준다. 수목군이 홍수류에 미치는 주된 수리현상은 수목군 번식 영역의 유속이 주위에 비해 현저하게 떨어지는 것, 수목군 내외의 흐름 간섭에 의해 수목군 주위의 유속이 수목군이 없을 때와 비교하여 유속이 떨어지는 것, 수목군의 하류에 수목군 내와 같이 유속이 떨어진 저유속 영역이 발생하는 것 등이다.
- (5) 뺨뺨이 자란 수목군이 존재하면, 수목군내가 사수역에 가까운 상태가 되어 실질적인 하도단면을 줄임과 동시에 주변 흐름과의 사이에 간섭효과를 일으키고, 흐름 전체의 저항이 증대한다. 수목군이 번식하는 하도에서 부등류 계산은 이러한 수목군의 수리적인 영향을 검토하기 위해 다음 사항을 수행한다.
 - ① 사수역 혹은 이에 가까운 상태가 되는 수목군의 구역을 하도 단면으로부터 제외한다.
 - ② 사수역으로 간주되는 수목군의 하류에 형성되는 후류역도 사수역으로 설정한다.
 - ③ 부등류 계산시 저수로나 고수부지 각각에 조도계수치를 부여하고, 흐름과 수목군의 경계에 간섭효과의 정도를 반영하는 등 통상의 부등류 계산보다 정확한 계산을 실시한다. 이때 사용하는 계수에는 물리적 의미가 있으므로 이들을 설정할 때에는 각 계수가 가지는 물리적인 의미를 제대로 반영시키는 것이 중요하다.
 - ④ 조건에 따라서는 수목군 영역을 모두 사수역으로 설정하면, 수목군의 수리적 영향을 과대하게 평가해 버리는 경우가 있다. 이러한 때는 사수역으로 설정하는 영역의 조절이나 저유속 영역이라도 수목군 영역내의 흐름을 고려하는 등의 대책을 행한다.
- (6) 사류는 단면 급변부나 급경사 흐름에서 생길 수 있다. 하류로부터 상류로 계산하는 일반적인 상류와는 달리, 사류의 부등류 계산은 상류수위에 의해 규정되며, 또한 사류~상류 천이점 부근이나 지배단면이 나타나는 근처에서는 도수가 생기거나 계산이 불안정하게 되므로, 사류발생 구간에 대해서는 특별한 배려가 필요하다.
- (7) 또한 실제 하천에서의 사류 또는 이에 가까운 흐름은 하상형상의 사소한 공간적 변화에 대응하여 상류에 비해 격렬한 수면변동(시간적·공간적)을 일으키는 경우가 많기 때문에, 사류를 대상으로 한 부등류계산 결과를 이용하려면 부등류 계산에서는 평가할 수 없는 수면변동을 별도로 고려하는 것이 좋다.

18.5.3 조도계수의 선정

- (1) 평균유속공식에 사용되는 조도계수는 과거 홍수위, 유량관측 기록, 홍수흔적 자료 등을 바탕으로 홍수발생시 하도 단면에 대해 부등류 계산이나 등류계산, 하상재료를 이용하여 조도계수를 추산하거나 과거에 채택한 조도계수를 직접 이용하여 비교·검토하고, 하도 상황과 개수 후 상황을 고려하여 조도계수를 선정하도록 한다.
- (2) 하도 형상이 복단면 또는 복복단면이고 통수단면의 윤변이 서로 다른 하상재료로 되어

있거나 유변 각 부분의 조도가 상이할 경우에는 평균치로서 등가조도를 사용한다.

- (3) 하도계획 수립에 이용하는 조도계수는 복단면 등의 횡단형, 하상재료, 하상형태, 식생상황 등으로부터 정한다. 이때에 고수부지와 저수로로 구분할 수 있는 복단면 하도에서는 일반적으로 고수부지의 조도계수와 저수로의 조도계수로 나누어 정한다.
- (4) 개수 후의 하도 상황이 현재와 크게 다른 경우 혹은 기왕 홍수와 계획홍수의 규모가 크게 다른 경우에는 개수 후의 하도 상황 등을 예상하여 적절히 정할 필요가 있다.

해설

- (1) 하도 개수 전후의 하도 상태와 조건이 변화되는 경우가 많고 홍수자료도 없는 경우가 많은 경우, 하상과 제방을 형성하는 하상재료 유형과 크기(주로 평균입경) 및 하도 단면형태에 따라 경험적으로 결정하여 제시된 조도계수를 이용하는 것이 편리하다(‘제10장 하도 조사’의 ‘10.3 조도계수 조사’ 참조).
- (2) 갈수시나 평수시 흐름에서 저수로나 하상은 적은 유량에 비해 상대적으로 마찰효과가 커지므로 조도계수가 커지고, 홍수시 흐름은 큰 유량에 비해 상대적으로 적은 저항을 받아 조도계수가 작아진다.
- (3) 하도계획을 수립할 때 채택하는 조도계수는 가능한 한 유량의 크기와 흐름에 따라 구분하여 검토할 필요가 있다.
- (4) 조도계수 설정은 기왕 홍수 등을 해석하여 얻을 수 있는 조도계수와 의 관계를 중시해 결정하는 것이 적절하다. 이 경우에 다른 유사한 하천에 사용된 조도계수 및 하천 하상 등에 대한 비교도 참고로 한다.

18.5.4 기점 홍수위 결정

- (1) 하구 계획홍수위 또는 배수효과가 있는 지류에서는 기본적으로 본류의 계획홍수위를 사용한다.
- (2) 단 본류 배수영향을 받는 지류에서의 기점홍수위는 본류 설계홍수량과 지류 설계홍수량의 관계(발생시간, 홍수량)를 살펴 다음과 같이 정한다.
 - ① 본류의 계획홍수량에 비해 지류의 계획홍수량이 아주 작을 경우에는 기점수위를 설정하는 것이 아니라 지류 계획홍수량에 대해 등류 계산을 하여 구한 수위와 본류 계획홍수위가 만나는 수위를 역으로 기점수위로 정한다. <그림 18.3>
 - ② 본류와 지류의 첨두홍수량 발생시간의 관계에서 다음 3가지 경우로 구분하여 기점수위를 정한다. 최종적으로 어떠한 수위를 기점수위로 정하는 가는 다음 3가지 경우를 비교 분석하여 정한다.
 - (가) 본류와 지류가 모두 계획홍수량인 경우 : 극히 드문 경우이나 유출해석 결과 본류와 지류의 첨두유량이 동시에 만날 경우에는 본류 설계홍수위를 기점수위로 하여 배수계산을 하도록 한다.
 - (나) 본류는 계획홍수량이며 지류는 계획홍수량이 아닌 경우 : 본류가 계획홍수위에 도달했을 때 본류의 첨두유량에 대응하는 유량이 지류에 유하 하는 경우에는 본류 설계홍수위를 기점수위로 하여 배수계산을 수행한다. 단, 본류와 지류의 유역도달 특성이 극단적으로 차이가 나

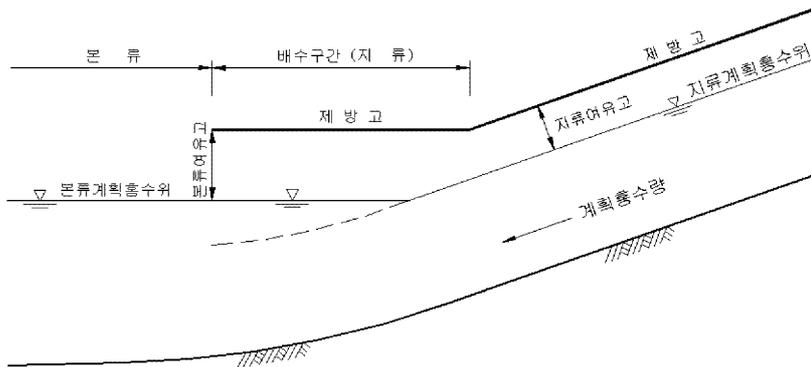
서 서로 상관이 없는 경우에는 합류점의 본류 수위에 대해서 수평으로 한 수위를 기점수위로 한다. <그림 18.4>

(다) 지류는 계획홍수량이며 본류는 계획홍수량이 아닌 경우 : 지류로부터 계획홍수량이 합류할 때, 본류 유량에 대응하는 본류 수위를 기점홍수량으로 하여 배수계산을 수행한다. 단, 본류의 계획홍수량에 비해 지류의 계획홍수량이 아주 작을 경우에는 상술한 (2) ①항을 준용한다. <그림 18.5>

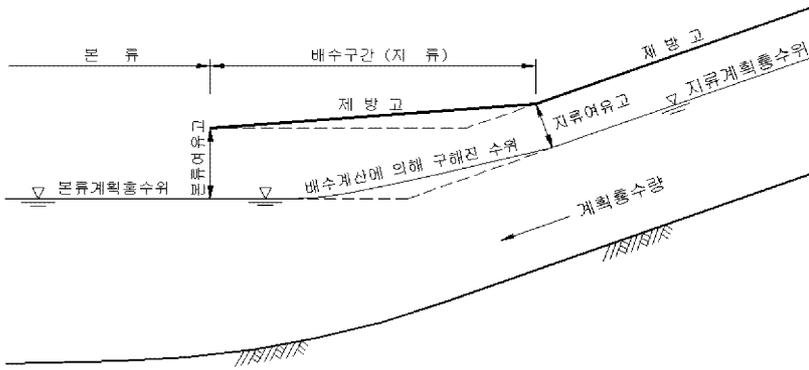
- (3) 수공구조물에 의해 한계수심이 발생할 경우는 한계수심 또는 설계홍수량을 기점 홍수량으로 한다.
- (4) 하도가 급확대, 단락, 만곡, 또는 보·교각에 의해 수위변화가 일어나는 곳은 손실수두를 더하여 계산한 수위를 기점 홍수량으로 한다.
- (5) 사수역이 발생하는 곳은 유수단면적에서 사수역을 빼고 계산한 수위를 기점 홍수량으로 한다.

해설

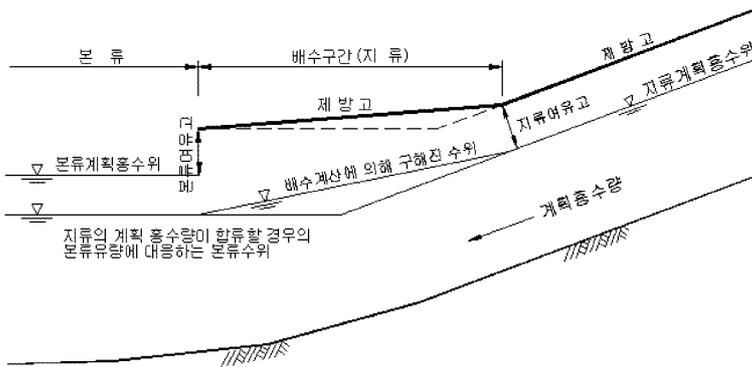
- (1) 본류의 계획홍수량에 비해 지류의 계획홍수량이 아주작을 경우에 적용하는 기점 홍수량은 <그림 18.3>과 같다.
- (2) 본류는 계획홍수량이며 지류는 계획홍수량이 아닌 경우에 적용하는 기점 홍수량은 <그림 18.4>와 같다.
- (3) 지류는 계획홍수량이며 본류는 계획홍수량이 아닌 경우의 기점홍수량은 <그림 18.5>와 같다.



<그림 18.3> 본류에 비해 지류계획홍수량이 작은 경우



<그림 18.4> 본류는 계획홍수량, 지류는 계획홍수량 미만인 경우



<그림 18.5> 본류는 계획홍수량이 아니고 지류가 계획홍수량인 경우

18.5.5 국부적 수위 상승 계산

- (1) 평균유속공식을 사용할 수 없는 흐름의 상당수는 2차원 혹은 3차원적인 유황을 가지지만, 계산의 간편함을 우선시켜 유효한 결과를 얻을 수도 있으나, 엄밀한 수위·유황 예측이 필요한 경우에는 수리실험이나 보다 고차원의 계산 등, 상세한 검토를 행하는 것이 바람직하다.
- (2) 교각에 의한 수위상승을 추정하기 위해서는 D'Aubuisson 공식, Yarnell 공식이나 국내·외적으로 개발된 실험공식을 사용한다.

해설

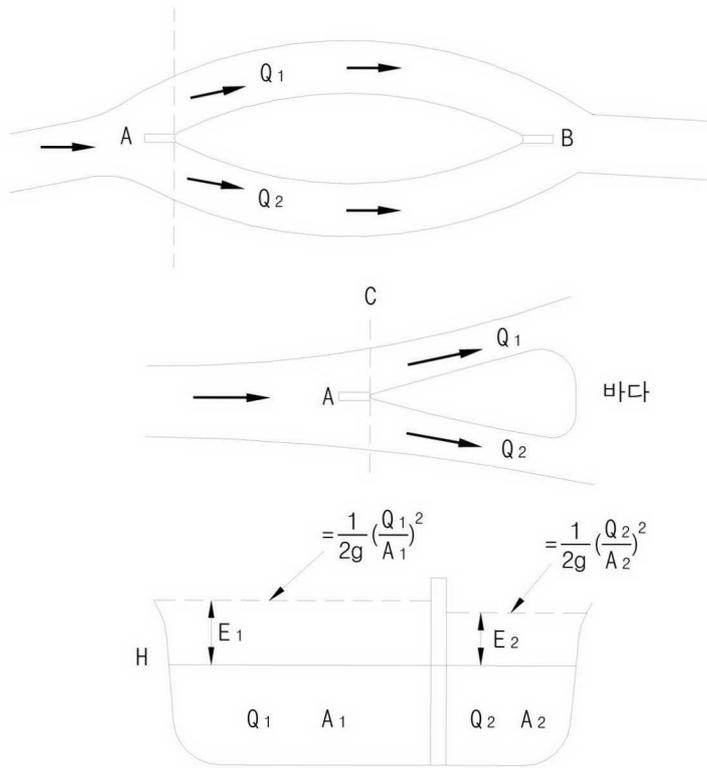
- (1) 평균유속공식을 사용할 수 없는 국부적 수위상승 현상에는 도수 현상, 분류점 흐름현상, 합류점 흐름현상, 교각주위 흐름현상, 낙차에 의한 흐름현상, 만곡에 의한 흐름현상 등이 있다.
- (2) <그림 18.6>의 분류점 A에서는 수위는 같으나, 각각 Q1, Q2에 대응하는 속도수두를 고려하기 때문에, 횡단방향의 에너지의 크기는 상이하다고 생각한다. A점보다 상류 단면의 수위를 계산하기 위해서는 A점의 평균에너지의 높이가 필요하며, 이를 위해서는 평균에너지수두를 다음 식으로 구한다.

$$E = H + \frac{1}{2g} \left(\frac{Q_1 + Q_2}{A_1 + A_2} \right)^2 \quad (18.1)$$

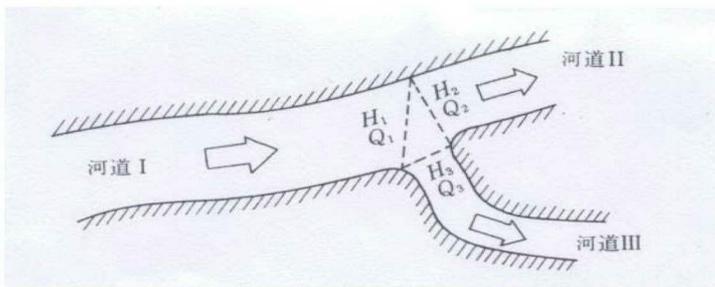
- (3) <그림 18.6>의 A점에서 직상류의 단면에서는 횡단방향으로 수위나 에너지고가 변화하지 않는 것으로 한다. 그러나 예를 들어 <그림 18.7>에 나타낸 바와 같이 물이 하도 III으로 유입하기 위해서 크게 오른쪽으로 굽이쳐야만 하는 경우에는 유선이 굽어야 하기 때문에, H1이 H2보다 크게 된다.
- (4) 자연분류지점의 평면형에 따라서는 <그림 18.6>과 같은 완만한 자연분류형상의 경우에 적용되는 조건, H1 = H2 = H3이 아니라, H1, H2, H3간에 분류손실이라는 수위차를 부여할 필요가 생긴다. 이 수위차는 수심에 비해 상당히 작더라도 분류량의 계산에 어느 정도의 영향을 미칠 가능성이 있다는 점에 주위하지 않으면 안 된다.
- (5) 실험이나 평면류 계산으로부터, 분류손실에 의한 수위차와 분류점 부근의 대표적 수리량과의 관계를 사전에 획득하여 놓으면, 부정류 혹은 부정류 계산에 자연분류점의 국부적인 특성을 감안하는 것이 가능하다. 단, 무시할 수 없을 정도의 분류손실이 예상되는 분류점의 평가를 보다 정밀하게 행할 필요가 있는 경우에는 수리모형실험이나 평면류계산 자체에 대한 검토를 통해 수행할 수 있다.
- (6) 합류각도가 큰 경우나 유량규모에 큰 차가 있는 경우 등에서는, 큰 손실(양쪽의 하천 혹은 한쪽의 하천에 큰 배수효과에 따른 수위상승이 발생한다)이 나타나는 경우가 있다.
- (7) D'Aubuisson 공식은 식 (18.2)와 같으며 이를 이용한 수위 상승 계산은 아래와 같다.

$$\Delta h = \frac{Q^2}{2g} \left\{ \frac{1}{C^2 b_2^2 (H_1 - \Delta h)^2} - \frac{1}{b_1^2 \cdot H_1^2} \right\} \quad (18.2)$$

여기서, Δh 는 교각에 의한 수위 상승고, Q 는 유량, C 는 교각의 평면형상에 의해 정해지는 상수, b_1 은 교각 상류측 수로폭, b_2 는 전체 수로폭에서 교각폭의 총계를 뺀 폭($= b_1 - \sum t$), t 는 교각 1개 폭, H_1 은 교각 상류측 수심을 각각 나타낸다.

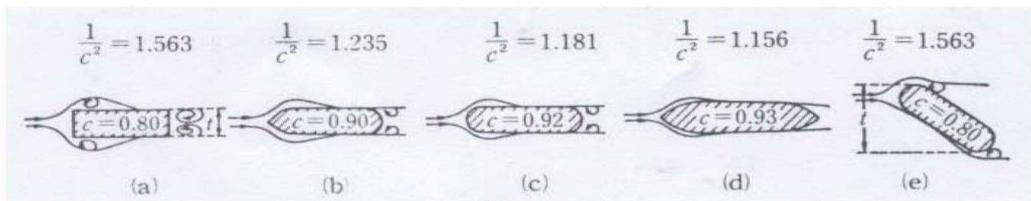


<그림 18.6> 분류점의 수위계산



<그림 18.7> 분류손실이 발생하기 쉬운 분류점 형상

- ① D'Aubuisson 공식은 에너지식으로부터 유도된 것으로서 계수 C는 <그림 18.8>과 같이 교각 형상에 따라 달라진다. 이것은 실제 흐름의 폭 b2에 대해서 교각 상단 부근 흐름의 박리에 의한 축류(縮流)에 의해서 Cb2로 유효폭이 감소하는 것을 감안한 것이다.
- ② 하상고가 특히 불규칙한 경우에는 H1 대신에 경심(동수반경)을 사용한다. 본식에 의한 Δh의 계산은 시행착오법에 의하며, 처음 우변의 Δh = 0으로 가정해서 좌변의 Δh의 제 1차 근사해를 구하고, 이 계산을 반복해서 올바른 Δh를 구한다.



<그림 18.8> 교각의 형상과 C 값과의 관계

- ③ 가물막이 등에 대해서도 이 식에 의해 근사적으로 배수위 상승고를 추정 가능하다. 단, 전 하폭의 상당 부분을 점하는 대규모의 가물막이인 경우에는 모형실험 등에 의해 확인할 필요성이 있다.
 - ④ 마지막 그림(e)에서 교각이 흐름방향과 평행하지 않을 경우에 교각의 폭은 경사를 고려한 두께(t)로 하여야 한다는 점을 주의하여야 한다
 - ⑤ <그림 18.8>에 나타낸 C 값은 유효폭의 감소를 b2와의 관계로 결정하는 것으로 되어 있어(교각의 폭 t가 아니라), 특히 b2가 Σt에 대해 충분히 큰 경우에는 C 값이 매우 작아져, 과대한 Δh를 계산하는 가능성이 있다는 점에 유의하여, <그림 18.8>을 참고로 하면서 적절한 C 값을 적용하도록 하여야 한다. 취할 수 있는 C 값의 최대치는 1이라 할 수 있다.
- (8) 교각에 의한 수위상승을 추정하기 위해서는 식 (18.3)과 같은 Yarnell 공식을 사용할 수 있으며 과정은 다음과 같다.

$$h = [k F_2^2 (k + 5 F_2^2 - 0.6) (\sigma + 15 \sigma^4)] h_2 \quad (18.3)$$

여기서, k는 교각의 형상에 따른 계수, F2는 교각 하류측에서의 Froude 수, $\sigma = 1 - b_2/b_1$ 를 갖는다.

- ① Yarnell 공식은 경험과 실험에 의하여 유도되었다. Yarnell의 실험에서는 b2/b1의 값이 0.50~0.88 사이에 있었으나, 이 값을 초과하는 값에 대하여서도 큰 오차가 없다. 그러나 이 b2/b1의 한계치는 상하류의 비에너지가 같은 경우에는 다

음과 같은 식을 사용할 수 있다.

$$(b_2/b_1)_L = [27 F_1^2 / (2 + F_1^2)^3]^{1/2} \quad (18.4)$$

여기서 $(b_2/b_1)_L$ 은 b_2/b_1 의 한계값을 말한다.

② Yarnell 공식에서 k 값은 교각의 형상에 따른 값으로서 다음과 같다.

<표 18.2> Yarnell 공식에서 k 값

교각 형상	k 값
반원 모양(상하류측)	0.90
렌즈 모양(상하류측)	0.90
상하류가 벽으로 연결된 원주	0.95
상하류에서 독립되어 있는 원주	1.05
90°의 각을 갖고 있는 모양	1.05
삼각형 모양(상하류측)	1.05
직각 모양(상하류측)	1.25

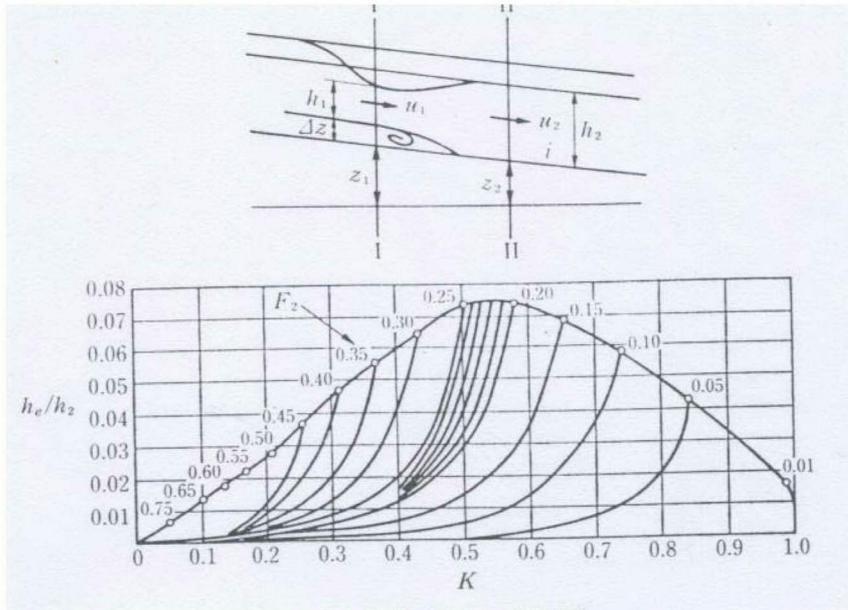
(9) 하상공 등 낙차가 발생하는 흐름의 수두손실은 <그림 18.9>에 의해 추정 가능하다. 이 그림은 일정폭의 환경사수로에 대해서 얻어진 것으로, 하류수리량을 취하는 단면 II는 떨어지는 지점에서 떨어지는 높이의 약 30배정도 하류로 취한다.

$$h_1/h_2 = \beta_*, \quad z/h_2 = K, \quad u_2/\sqrt{gh_2} = F_2 \quad (18.5)$$

로 놓으면, 손실수두 h_e 는

$$\frac{h_e}{h_2} = K + \beta_* - 1 + \frac{F_2^2}{2} \left(\frac{1}{\beta_*^2} - 1 \right) \quad (18.6)$$

로 표시된다.



<그림 18.9> 낙차가 있는 흐름의 손실수두

18.6 평면계획

18.6.1 평면계획 수립 기본방침

- (1) 계획홍수량을 안전하게 소통할 수 있는 하폭을 기준으로 하도선형을 결정한다.
- (2) 저수로 법선 결정은 평수량 또는 풍수량을 유하 시킬 수 있는 단면으로 하며, 현재 하천의 유심선(流深線)의 경년변화 양상을 참고하여 유심선을 따라 사행형상으로 결정하여야 한다.
- (3) 하천변의 수충부, 습지, 사수역, 홍수터, 놀둑(霞堤) 등의 보존 및 도입에 유념하면서 계획을 수립하여야 한다.
- (4) 계획하도가 처리할 수 있는 홍수소통능력이 부족할 경우 신설하천을 건설하는 방안을 검토하여야 한다.

해설

- (1) 평면계획을 수립하기 위해서는 하천의 제반 환경을 고려하고 기존의 하천형상을 최대한 살려야 한다.
- (2) 지류의 합류점은 홍수소통과 퇴적·세굴 양상에 유념하여 결정하여야 한다.

18.6.2 하도선형 결정

- (1) 현 하도를 중심으로 선형을 선정하고 홍수소통능력을 고려하여 필요하면 별도의 방수로나 침수로 등 신설하천 선형과 비교·검토하여 최적으로 유지·관리할 수 있는 하도를 선정한다.
- (2) 하도 법선은 가능한 흐름에 대해 원활한 형상이 되게 정하며, 다음과 같은 사항을 종합적으로 검토한다.
 - ① 현 하도가 충분한 하폭을 갖고 있는 구간일지라도 사수역에 의한 유수효과를 고려한다면 사수역을 포함하는 하폭을 확보하여야 한다.
 - ② 홍수시 유수방향과 수충(水衝) 위치를 검토하여 흐름에 대한 저항을 최소화하면서 유하 할 수 있게 정한다.
 - (가) 급류하천에서는 직선에 가까운 형상으로 하는 경우가 많다.
 - (나) 중소하천에서는 극단적인 S자 곡선을 피하고 전체적으로 평활한 형상으로 한다.
 - (다) 대하천에서는 수충부를 고정하고 그 이외의 구간에 호안을 설치하지 않을 수도 있으므로 하천 그 자체의 사행에 따라 완만한 곡선으로 계획하는 것이 좋다.
- (3) 제방이 설치된 하도 상류단에서 상류유역의 홍수유출량이 하도로 안전하게 유입될 수 있도록 배후지 지반고가 충분히 높은 지점, 도로, 산 등을 따라 선형을 정한다.

해설

- (1) 하천개수공사는 현 하천의 지형형성 상태, 토지이용 형태, 용지취득의 어려움, 치수경제성 등을 감안하여 현 하도를 중심으로 실시된다. 그러나 사행이나 굴곡이 심한 하천 또는 주변에 대규모 생활단지가 형성되어 치수상 문제점이 발생하는 하천에서는 종합치수대책을 수립하여 방수로나 침수로 등과 같은 신설하천을 건설하여 홍수소통능력을 확대하는 방안을 검토하여 결정한다.
- (2) 현 하도 이용 방안과 인근 기존도로 및 철도 또는 계획도로를 이용하여 신설 하천을 건설하는 방안 등을 조합하여 몇 개의 대안을 설정하고 각각에 대하여 지형, 지질상의 합리성, 현재 및 장래의 토지이용, 행정구역, 용배수로 계통, 지하수위의 영향, 내수처리 대책, 계획구간 상하류에 미치는 영향, 치수경제성, 하천경관, 하천이용, 하천생태계 보존 및 복원 그리고 개수후의 유지관리 등을 감안하여 최적 하도 선형을 선정하여야 한다.
- (3) 수충부 위치는 현 상태의 하도, 배후지의 지형 및 지질의 상황, 토지이용 상태 등을 고려하여 정하되 가능하면 수충부가 생기지 않도록 하여야 한다. 이 수충부는 주택밀집구역과 구하천을 절개한 장소는 가능한 피하는 것이 좋다.
- (4) 곡선부에서는 만곡 내측의 법선을 후퇴시켜 하폭을 넓게 하여 수충을 완화하는 것이 바람직하다.
- (5) 하도 법선형은 만곡이 적고 될 수 있는 한 완만한 곡선으로 한다.
- (6) 하도는 될 수 있는 한 인구밀집지역에서 멀리 떨어지게 한다.
- (7) 자연스럽게 제방의 역할을 할 수 있는 구간에서는 될 수 있는 한 그 상태를 유지한다.

18.6.3 저수로 법선 결정

- (1) 저수로 범선은 원칙적으로 현 하도를 중심으로 결정한다. 저수로 범선은 현 하천의 유심선(流深線)의 경년변화 양상을 참고하여 유심선을 따라 사행형상으로 결정하는 것이 바람직하다.
- (2) 하천범람 구역이 넓은 대하천에서는 농경지, 하천환경관리 등과 같은 하천부지 이용계획에 따라 저수로 범선이 달라질 수 있으나, 최대한 자연상태의 유심선을 따라 결정하거나 수리모형실험 등을 통해 하상변화를 예측하여 결정하여야 한다.
- (3) 중·소하천에서 치수상 문제가 없는 한 저수호안을 설치하지 않고 저수로로 정비할 때는 최대한 현 하천의 유심선을 따라 저수로 범선을 결정한다.
- (4) 저수호안이 설치될 정도의 규모를 갖는 하천에서는 하천환경관리 측면에서 고려한 하천부지 이용방침에 따라 유심선을 중심으로 저수로 범선을 결정한다.

해설

- (1) 저수로 범선은 제방범선이 직선이나 이에 가까운 곡선으로 되었을 경우 보통 좌우안의 범선을 평행하게 한다. 반드시 제방범선과 평행하게 할 필요는 없고, 가능하면 제방에 접근하지 않도록 할 필요가 있다.
- (2) 저수로 범선의 결정에 대해서는 하안방어선의 설정에 관한 사례를 참조하여 적극적으로 도입하는 것을 검토하도록 한다.

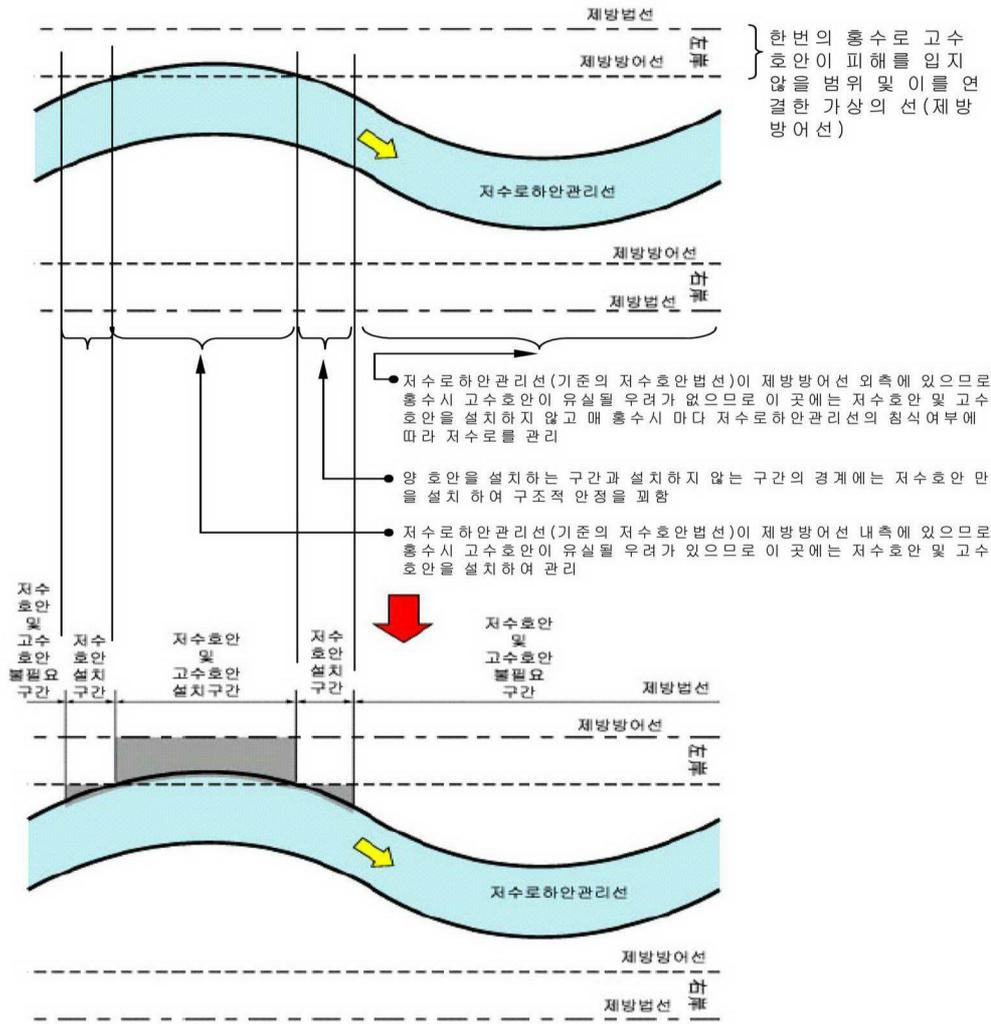
18.6.4 하안방어선 설정

- (1) 중·횡단 및 평면계획 수립 시에 하안방어선을 설정하여 '관리'차원의 하도계획을 검토하는 것이 바람직하다.
- (2) 하안방어선에는 고수부지 제방방어에 필요한 고수부지폭의 결정 및 저수로 하안관리선 설정으로 구성된다.

해설

- (1) 하안방어선 적용의 기본방침
 - ① 하도의 형상은 가능한 한 현존의 하도형상을 유지하도록 것이 바람직하다.
 - ② 향후의 하도계획에 있어서는 하도를 인위적으로 '계획'하여 그 형상이 변화하지 못하도록 인간이 구속하는 것이 아니라, 치수적인 문제점이 없는 구간이거나 치수상 위험이 덜한 구간에 있어서는 자연의 자영작용(自營作用:자연이 스스로의 힘으로 자신(하천)의 모습을 바꾸어 나가는 것)에 의하도록 하며, 이를 인간이 '관리'해 나가는 개념을 하도 기본계획에 적용하는 것이 바람직하다.
 - ③ 계획유하능력을 만족하고 하상이 안정된 중·횡단 형상을 기본으로 하여 침식·세굴에 대한 제방의 방어와 필요에 따라서는 저수로의 평면형상 등의 안정화를 검토하여 하도형상과 하안방어선을 설정한다.
- (2) 하안방어선의 개념
 - ① 하안방어선이란 제방 안전성과 저수로 안전성을 확보하기 위해서 필요한 조치(하안침식방지공, 즉 호안)를 강구할 필요가 생기는 선을 말한다.

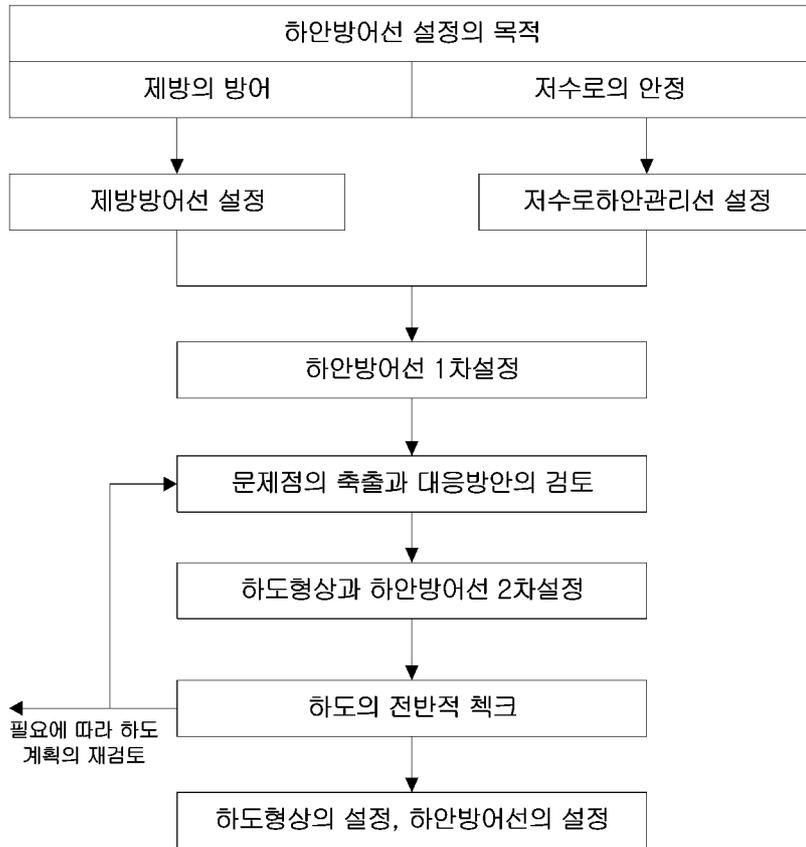
- ② 하안방어선은 종래의 계획저수로법선과 같은 ‘계획’으로서의 적극적인 의미를 가지는 것이 아니라, 하도의 변화에 의해 이 선이 침식되는 경우, 또는 침식될 가능성이 발생한 경우에 방어를 위한 조치가 필요하게 된다는 소극적인 의미를 갖는 것이다. 즉, ‘계획’이 아니라 ‘관리’의 척도가 되는 것이다.
- ③ <그림 18.10>에서와 같이 하안방어선의 목적은 제방 방어와 저수로 안정화로 구분되며, 제방방어의 관점에서 그어지는 선(제방방어선)은 한번의 홍수로 인해 하안이 침식될 가능성이 있는 고수부지폭을 기본적으로 설정하는 것이며, 저수로 안정의 관점에서 그어지는 선(저수로하안관리선)은 저수로 형상을 안정적으로 유지 가능하게 하는 저수로 평면형, 고수부지의 이용현황, 그 외의 여러 가지 상황을 포함하여 설정하게 되는 선이다. 이들 선을 설정할 때에 있어서의 유의점은 다음과 같다.
- (가) 제방방어선(제방의 방어 : 원칙적으로 하천제방구간 전체에 설정) : <그림 18.10>과 같이 홍수시 고수부지 하안침식에 의해 발생하는 제방의 파괴를 방지하기에 필요한 선이며, 주로 치수를 목적으로 하는 선이다. 따라서 홍수에 의한 침식·세굴에 대한 제방의 안전성을 확보하기 위해 필요한 고수부지의 폭을 확보하는 것이다. 이러한 고수부지 폭의 확보가 환경문제 등으로 불가능한 경우에는 제방방어 강도를 높이는 것 등으로 대응한다.
- (나) 저수로하안관리선(저수로 안정화 : 필요에 따라 설정) : 하도 내에 있어서 치수, 이수, 환경 등의 기능을 확보하기 위한 조치(저수호안)를 취할 필요가 있는 구간을 나타내는 것으로, 고수부지 이용이나 하안침식에 대한 제방보호의 관점에서 저수로하안을 안정시키는 것을 목적으로 설정하는 것이다.
- ④ 하안방어선은 단일의 목적이나 의미를 갖는 것이 아니라, 하도 및 홍수특성과 해당 구간의 하도상황에 따라 장소마다 다른 것이 보통이며, 하도상황에 따라 유지관리방침, 조치 내용, 위험등급 등에 따라 설정 목표를 다르게 한다.
- ⑤ 하안방어선은 상기의 2가지 관점에서 그어진 선을 포함하여, 하도 상황, 홍수유하특성, 하천환경특성, 하도관리 내용, 설치하는 시설의 강도 등을 고려하여 종합적으로 검토한다.



<그림 18.10> 하안방어선의 개념도

(3) 하안방어선 검토흐름도

- 고수부지가 충분히 존재하고 유심부 고정 필요성이 낮은 하도구간에서 설정되는 하안방어선은 하도형상의 관리라는 관점에서는 그다지 필요 없다.
- 하안방어선은 하도형상의 최종적인 목표가 아니라 하도 환경특성이나 유지관리를 염두에 두고 설정과 운용을 도모할 필요가 있다.
- 하도 횡단·평면형상의 검토에 있어서 제방 방어나 저수로 안정화를 검토함으로써 하도형상과 하안방어선을 설정한다.
- 하도형상과 하안방어선의 설정을 위한 검토흐름은 다음 <그림 18.11>과 같다.



<그림 18.11> 하안방어선의 검토흐름도

- ⑤ 하안침식방지 필요장소와 하도형상의 설정에 있어서는 현재 하도의 안정도, 저수로평면형상의 제약조건과 기본방침 및 필요하도단면을 고려하며, 안전도라는 관점에서의 제방방어와 함께 저수로하안의 안정화를 감안하고, 비용과 하천환경의 관점도 포함하여 검토를 행한다.
- ⑥ 종래의 계획저수로법선과 하안침식방지를 위한 필요장소(저수로하안관리선)와를 비교하면 다음과 같다.

<표 18.3> 종래의 계획저수로법선과 하안방어선의 비교

비교의 관점	종래 계획저수로법선	하안방어선
목적	◦계획으로서의 형상목표가 되는 것으로, 적극적으로 그 형상이 되도록 하도개수를 행한다.	◦제방 안정성과 저수로 안정성을 확보하기 위한 관리 척도로서 설치하는 것으로, 형상적인 목표는 아니다.
설정장소	◦일반적으로 설계유량을 소통시키기 위한 하도형상의 계획저수로의 어깨	◦고수부지의 폭이나 이용상황 등의 요소에 의해 하안방어선의 등급이 다르며, 설정장소와 의미가 크게 다르다.
호안시설의 설치	◦시설배치의 설치장소를 나타낸다.	◦하도형상의 관리를 위한 것이기 때문에 호안설치의 장소와는 반드시 결부되는 것은 아니다. ◦호안 등의 홍수방어를 위한 조치가 필요한 경우에 있어서는 그 중요도를 나타낸다.
제방의 침식·세굴대 책	◦필요한 고수부지폭을 만족시킴으로써 제방의 안전성을 확보한다.	◦호안 등의 하안방어의 중요도를 고려하여 제방의 안정성을 확보한다.
인허가	◦고수부지의 점용, 교량 등의 구조물 설치에 있어서의 기준	◦관리의 척도가 되나 필요에 따라서 별도로 검토한다.

18.6.5 기타 유의 사항

- (1) 지류는 본류에 원활하게 합류시키도록 한다. 이를 위해서는 원래의 합류형상을 최대한 유지하며, 인위적인 변화를 가하고자 할 때는 합류점 전후에서 홍수소통을 안전하게 할 수 있고 하상의 세굴 퇴적을 막을 수 있도록 수리모형실험 등을 통해 최적 합류형상을 결정하여야 한다.
- (2) 지류 계획홍수량이 본류 계획홍수량에 비하여 극히 작고 본류에 대한 합류 영향이 작을 때에는 본류 법선을 중심으로 하는 합류형상으로 한다.
- (3) 습지, 사수역 부분 등 폐천 가능성이 있을 경우에도 그 기능을 보전하는 계획이어야 한다.
- (4) 폐천화 된 하천 구역의 사유화는 적극적으로 지양한다.
- (5) 홍수터는 가급적 그 기능을 유지할 수 있도록 개발에 있어 유념한다.
- (6) 급류하천에서는 배후지의 토지이용상황 등에 문제가 없는 한 놀독을 가능한 한 적극적으로 배치한다.

18.7 중단 계획

- (1) 하도 중단형을 결정하기 위해서는 계획홍수량을 안전하게 소통할 수 있고 유수에 대해 안정된 하도가 유지될 수 있도록 한다.
- (2) 하상변동을 예측하여 하도 중단형, 계획하상경사, 그리고 계획하상고를 결정하여 중단형을 계획하여야 한다.
- (3) 하도 중단형은 하상유지가 필요한 구간, 이수와 치수, 하천환경, 경제성 등을 종합적으로 판단하여 결정한다.
- (4) 하상이 안정하지 못한 경우, 하상이 하강경향이 있는 경우, 급류하천 등에서 유속이 커서 하상세굴이 심각한 경우, 또는 불가피하게 침수로에 의해 상하류보다 경사가 커지는 경우 등은 현재의 하상을 중시하여 치수상 명확히 유리하다고 판단된다면 호안이나 밑다짐공을 정비하는 것보다는 낙차공 또는 띠공을 설치한다.
- (5) 중소하천에서 단순히 홍수를 소통하는 단면보다는 생태계 보호, 어류의 서식처 제공, 그리고 하천경관을 유지하기 위해 하상 자체에 여울과 웅덩이를 설치하는 등 자연스러운 하도 중단형을 결정하여야 한다.
- (6) 계획하상경사는 계획하상고와 관련시켜 하상유지, 공사비 등을 고려하여 결정하지만, 일반적으로 현재 상태의 평형하상경사(또는 특별히 평균하상경사)를 따라 결정한다.
- (7) 계획하상고는 계획하상경사, 계획횡단형과 관련시켜 제내지 지반고를 고려하여 결정하며, 하도 주변의 지하수위, 취수위, 지류 하상고, 암반 노출지점 하상고, 기존에 설치된 중요 구조물의 바닥높이, 하상유속 등을 충분히 감안한다.
- (8) 경사가 급한 하천에서 하상경사를 낮추어 안정하게 하고자 할 때는 낙차공과 같은 하상유지공을 설치한다. 이 때의 계획하상고는 계획하상경사 및 계획횡단형을 다음과 같이 시산 하여 결정한다.
 - ① 계획홍수위는 되도록 제내지 지반고에 가깝게 한다.
 - ② 제방이 세굴 되지 않도록 할 때 완류하천에서 평균유속 2~3m/sec, 급류하천에서는 4m/sec 정도가 되는 수심을 구하여 개략적인 계획수심의 기준으로 삼는다.

해설

- (1) 중단계획시의 일반적 유의사항은 아래와 같다.
 - ① 낙차공 등을 설치하는 경우에는 어류의 소상, 강하에 영향이 없도록 한다.
 - ② 하도 변화에 따른 지질 상 약한 층이 노출되지 않도록 한다.
 - ③ 하상이 안정한 경우에는 개수 전구간을 일률적으로 동일한 경사로 무리하게 계획하지 말고 현재의 하도 경사를 중시하여 매 구간마다 경사를 달리한다.
 - ④ 특히 하상의 안정에 효과를 발휘하는 암반상이나 바닥보호공은 고정점으로 간주하는 계획이 되도록 한다.
- (2) 중단계획시의 기타 고려 사항은 아래와 같다.
 - ① 하상변동 진행상황, 즉 하상변동 조사를 실시하여 하상경사 변화지점이나 평균하상경사 변경지점을 파악한다.
 - ② 현 하상을 변경할 경우는 계획구간 상하류의 하상경사를 고려한다.

- ③ 상류에서 하류로 급변하는 하상경사는 점변 시킨다.
- ④ 각 지점의 유사량이 거의 평형을 이루게 하여 최대한 세굴 및 퇴적현상이 발생하지 않도록 한다.
- ⑤ 가능하면 하천환경을 고려한 하도 중단형을 선정한다.
- ⑥ 하도계획에 따라 현 하상을 의도적으로 변경할 때, 특히 침수로 건설과 같이 하천의 일부를 개수할 경우는 계획구간 전후의 하상변화를 감안하여 결정하여야 한다.
- ⑦ 일반하천에서 하상경사는 상류에서 하류로 연속하여 급경사 하상에서 완경사 하상이 될 수 있도록 점변 시키는 것으로 한다. 이렇게 함으로써 각 지점의 소류력이 거의 평형을 이루고, 하상세굴 및 퇴적현상이 일어나지 않거나 일어나도 하상변화에 큰 지장을 주지 않는 안정하도가 되도록 한다.

(3) 안정하도의 설계 유의사항은 아래와 같다.

- ① 유입각(流入角) : 곡선수로에 들어가는 유수의 유입각(흐름선과 곡선에 대한 탄젠트)은 일반적으로 최대 15°로 제한하고, 극한 상황에서는 25°까지를 검토한다. 유입각이 25°이상 되면 유지관리 문제가 증대되며, 45°에 근접하면 흐름이 튀게 되고 몇몇 하류 사행에 불안정한 현상이 발생하게 된다.
- ② 하폭 : 현재까지 최적 하도 폭을 결정할 수 있는 관계식은 거의 없다. 최적 하도 폭을 결정하려면 개발하고자 하는 하천에서 안정단면이나 유사한 하천을 관찰하여, 그 판단과 경험을 고려하여 결정한다.
- ③ 안정하상 설계 : 안정하상의 설계와 하상안정화를 위한 하상변동조사 사업은 평형하상이론에 따라 대상하천의 중횡단 및 지형측량, 안정하상 설계를 위한 지배유량의 결정, 하상의 중횡단 및 평면변화 조사·분석과 일정 기간 동안의 하상변동량 추정, 유사량 추정, 평형하상경사(고)의 추정, 그리고 하천구조물 안정성 검토 등에 따라 수행한다.
- ④ 자연하천은 인위적인 변화를 주지 않거나 변화를 준 시간이 상당히 지나 다시 평형상태에 도달한 경우 일단은 평형하천으로 간주된다. 따라서, 자연스럽게 형성된 평형하천과 기존의 평형하상 예측 공식의 결과를 비교하여 하천의 안정성을 판단하고 그 대책을 수립한다는 것은 위험한 일로서, 앞으로의 하천실무에서는 인위적이든 자연적이든 하상변동의 개연성이 충분히 있는 하천에 한해서 평형하상 개념의 적용성을 검토하고, 지금까지 하천개수와 개발사업이 치수 위주로 수행되어 왔음을 감안할 때 근본적으로 이수·치수와 더불어 하천의 안정과 형태변화에 대한 연구와 대책이 필요하다.
- ⑤ 하천유사 이송과 하상변화를 계산하는 방법을 하상변동 계산이라 하며, 이와 같은 계산을 할 수 있는 1차원 하상변동 예측모형으로는 HEC-6모델과 MIKE 11 모델등을 들수 있다. 이 모델들은 하천구조물의 설치 등으로 하천에서 인위적인 변화가 충분히 예상되는 경우, 하도의 장단거리 및 장·단기 시간에 따른 하천대응을 분석하는 것이다. 즉, 현재의 하천측량결과와 과거의 하천측량결과를 비교하여 하상변화 및 하천의 평면변화를 상세히 분석하고, 안정하도를 설계하기 위해 적절한 하상변동 예측모형을 이용하여 장래의 하상변동을 예측함으로써 장래 하천변화에 대응할 수 있다.

18.8 횡단 계획

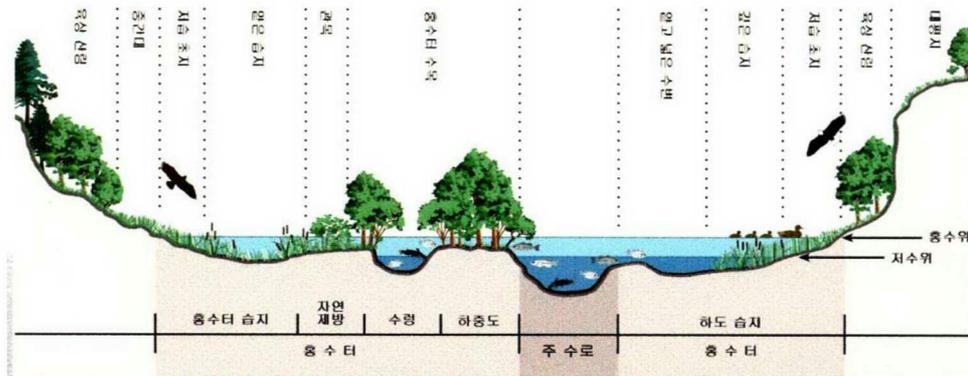
- (1) 횡단계획은 가능한 한 하천 본래의 자연적인 모양이 나타날 수 있도록 하며, 필요한 경우에 한하여 복단면 또는 복복단면으로 하는 것을 기본으로 한다.
- (2) 계획횡단형은 계획홍수량의 소통능력, 하도 중단형, 지형, 지질, 생물의 다양한 서식처 공간 등을 포함한 하천환경, 주변 토지이용상황, 하천부지 이용계획, 그리고 유지관리의 난이도 등을 고려하여 결정한다.
- (3) 급류하천이나 계획홍수량이 작은 하천에서는 일반적으로 단단면을 적용한다.
- (4) 계획하폭은 기본적으로 현재의 하천부지 및 하천이용계획에 대해 고려하여 결정하여야 하며, 계획홍수량에 따른 계획하폭 또는 관련 공식을 참고로 하나 가능한 한 최대 폭을 확보하도록 한다.
- (5) 저수로 수로폭 및 고수부지 높이는 하도의 유지, 고수부지의 침수빈도 및 이용계획을 고려하여 결정한다.
- (6) 여울과 소의 확보는 중요한 요소이며, 설계가 가능한 여건 하에서는 적극적으로 설계에 도입한다.

해설

(1) 계획횡단형 설정

① 계획횡단형 결정시의 기본방침은 다음과 같다.

- (가) 기본적으로 계획횡단형은 <그림 18.12>에서 보는 바와 같이 가능한 한 하천 본래의 자연적인 모양이 나타날 수 있도록 하며, 고수부지의 활용, 제방의 안정성, 하천용수 확보 등 부득이 필요한 경우를 제외하고는 복단면 또는 복복단면으로 하지 않도록 한다.
- (나) 하안의 모양 및 식생은 자연하천에 가깝게 이루어 져야 한다.
- (다) 생태적으로 가장 유리한 횡단면형은 옹덩이 꼴이다.
- (라) 확보 가능한 한 하안의 기울기는 완만하게 취한다.



<그림 18.12> 자연적인 하도 모양

- ② 계획횡단형 설정에 있어서의 다음 주의사항을 숙지하여 계획을 세우도록 한다.
 - (가) 개수하천, 급류하천 및 평지하천과 같이 넓은 하도 내에 몇 개의 유로가 생성되어, 이 유로가 홍수량에 따라 변동할 경우는 저수로와 고수부지 또는 홍수터를 명확히 구분하여 설정하는 것이 하도의 유지관리나 하천부지이용 측면에서 곤란한 경우가 있다.
 - (나) 계획홍수량이 작은 하천에서 하도 단면은 단순히 홍수소통만을 고려하는 것보다는 안정된 하상이 유지될 수 있도록 하는 것이 무엇보다 중요하며, 하천환경을 보전하고 유지하는 입장에서 호안이나 하상유지공 등과 같은 하천시설물에 의해 하상이나 단면형상이 변화될 수 있다는 점을 고려할 필요가 있다.
 - (다) 저수로 횡단면형은 현재 상황을 중시하며, 인위적인 변화를 가하는 경우에도 물길 등 자연적인 형상을 확보할 수 있도록 한다.

(2) 계획하폭 설정

- ① 계획하폭 결정에 있어서 기존 하도범위를 우선적으로 고려하도록 한다.
- ② 따라서 기존 하폭이 부족하면 넓히며, 기존 하폭이 충분한 경우라도 일부러 좁히지는 말아야 한다.
- ③ 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭의 표준적인 기준은 <표 18.4>와 같으며, 국내에서 사용되고 있는 하폭공식은 <식 18.7>-<식 18.9>와 같으나, 이들은 단지 하폭계획규모를 판단하기 위한 기초적인 참고치로서 사용하도록 한다.
- ④ 하도 및 유역 상황에 맞는 적정 규모에 대해서는 기타 공식들을 사용하여 검토하는 것도 바람직하며, 이상에서 구해진 하폭과 현지 하천의 현황을 살피면서 계획하폭을 정한다.

(가) 계획홍수량에 따른 계획하폭

<표 18.4> 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭 참고치

계 획 홍 수 량 (m ³ /sec)	하 폭 (m)
300	40 ~ 60
500	60 ~ 80
800	80 ~ 110
1,000	90 ~ 120
2,000	160 ~ 220
5,000	350 ~ 450
5,000 이상	계획홍수량을 안전하게 소통하고 안정하도를 유지할 수 있도록 적절히 결정하되 기존에 발표된 경험공식을 참고한다.

(나) 기타 계획하폭 공식

㉞ 일반적으로 대하천에 적용하는 공식

$$B = \alpha Q^{0.73} \quad (18.7)$$

여기서, B는 계획하폭(m), α 는 하상경사(S)에 따른 계수 (<표 18.5> 참조), Q는 계획홍수량(m^3/sec)을 각각 나타낸다.

<표 18.5> 하상경사에 따른 α 값

하상경사 S	1/1,000	1/2,000	1/3,000	1/4,000	1/5,000
α	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45

㉟ 일반적으로 중소하천에 적용하는 공식

$$B = 1.698 \frac{A^{0.318}}{S^{0.5}} \quad \dots \text{남부지방(호남, 영남)} \quad (18.8a)$$

$$B = 1.303 \frac{A^{0.318}}{S^{0.5}} \quad \dots \text{중부지방(경기, 강원, 충청북)} \quad (18.8b)$$

여기서, B는 계획하폭(m), S는 하상경사, 그리고 A는 유역면적(km^2)을 각각 나타낸다.

㊱ 한강유역 중소하천 공식에는 다음 공식을 검토 할 수 있다.

$$B = 0.619 \left(\frac{Q}{\sqrt{S}} \right)^{0.528} + 3.14 \quad (18.9)$$

여기서, B는 계획하폭(m), Q는 계획홍수량(m^3/sec), S는

하상경사를 각각 나타낸다.

(3) 저수로 수로폭 결정 및 고수부지 높이

(가) 저수로 폭이나 고수부지 혹은 홍수터 높이 등 저수로 형상은 유지용수의 확보, 최저수심의 확보, 수로유지 등 하천의 주된 이용목적 등에 따라 다양한 형상을 가질 수 있으므로 평수량, 풍수량, 갈수량, 평균유량 등 하도 기능에 맞는 적절한 유량을 소통시킬 수 있는 폭과 높이를 기준으로 하며, 일반적으로 현재의 하도 상태를 중심으로 정한다.

(나) 또한 최근에는 하천 홍수터 이용에 대한 요구가 커지고 하천환경이 하천의 중요한 기능으로 대두되고 있는 점을 감안한다.

18.9 신설하천 계획

(1) 하천 유출량이 증가하여 재산 및 인명피해와 같은 재해를 유발하고 있는 경우, 배수관련 시설이나 홍수조절지와 같은 내수처리 대책만으로는 충분히 홍수를 소통시킬 수 없는 경우, 새로운 하천을 건설하여 홍수량을 전환하여 소통시키는 방안을 검토하여야 한다.

(2) 신설 하천 계획은 다음 순서에 따라 수행하여야 한다.

- ① 계획홍수량 유량배분
- ② 저수유량 유량배분 또는 분류개시유량 결정
- ③ 분류점 위치 결정
- ④ 분류방식 결정
- ⑤ 분류점의 제방 법선 및 구조물의 위치 결정

(3) 신설 하천 계획은 수리모형실험을 실시하는 것을 원칙으로 한다.

해설

(1) 신설하천의 설정

- ① 신설하천을 계획할 때는 홍수를 안전하게 소통할 수 있도록 하고 주변 지하수위, 제내지의 내수처리대책도 충분히 고려한다.
- ② 개수구간을 포함한 상·하류 측 상당 구간에 대해 하도 지형 및 지질, 하도 형상, 안정하상경사, 수공구조물, 하상재료, 그리고 유황 등 하상변동에 대한 기초조사를 하고, 설계된 새로운 하도에 대한 하상변동 예측계산을 반복함으로써 최적의 설계가 되도록 한다.
- ③ 방수로 건설에는 많은 사업비와 넓은 부지가 필요하고 종래에는 별다른 홍수피해가 없었던 지역에 홍수를 유발할 우려가 있기 때문에, 내수처리 대책, 홍수조절지 등과 같은 구조적 홍수조절대책에 대한 대안을 충분히 비교·검토하여, 경제적으로 타당하고 홍수소통이 안정적으로 이루어지도록 종합적인 검토가 필요하다.

(가) 배분유량은 몇 가지 배분율을 가정하여 분류와 방수로 전체 개수비용 합계가 최소가 되는 대안을 선정한다.

- (나) 방수로 선형은 인구밀집지역에서 되도록 멀리 하여야 한다.
- (다) 자연환경보전과 문화재 보호에도 유의하고, 토지이용과 수리권, 행정 구역 등도 고려한다.
- (라) 유량배분방식에 따라 신설하천에 평상시 물이 흐르지 않거나, 소량의 물이 흐르는 경우를 대비한 환경문제를 검토한다.
- (마) 분류방식은 자연분류 또는 고정 위어 및 수문 등 구조물을 이용할 것 인지를 결정하고, 구조물을 설치할 경우 분류 측에 설치할 것인지 아니면 방수로에 설치할 것인지 또는 양측에 모두 필요한지를 결정한다.
- (바) 방수로 구간의 중단형은 그 상·하류보다 급경사로 될 때가 많고 하상 재료도 완전히 달라지기 때문에 유수에 의한 하상변동이 크므로 홍수 흐름에너지를 감소시킬 수 있는 방법을 충분히 검토하고, 동시에 방수로에 설치되는 교각, 호안 등의 기초깊이를 깊게 하는 등 구조물 안전대책을 신중히 검토하여야 한다.
- (사) 홍수량을 분류할 목적으로 설계하는 방수로는 본류의 이수계획에 지장을 주지 않도록 갈수량을 분류하지 않는 것이 통례이지만, 풍수시의 정화용수 도입, 하천환경관리, 하천관리유량, 생태계 보호 등 비홍수기의 하천기능에 대해서도 검토하여야 한다.

(2) 신설하천 설계

① 계획홍수량의 유량배분

- (가) 계획홍수량 배분은 하천 분류계획의 기본으로서 이것을 어떻게 배분하느냐에 따라 분류방식, 분류구조물의 규모, 그리고 하도의 개수비용 등이 크게 달라지므로 신중하게 검토한다.
- (나) 유량배분은 본류 및 방수로의 소통능력, 배분된 유량에 대한 하도의 안정성, 그리고 소통능력을 증대시키는데 필요한 비용 등에 의해 결정된다.

② 저수유량의 유량배분 또는 분류개시유량

- (가) 저수유량의 유량배분은 상수, 공업용수 및 농업용수의 취수, 주운, 어업, 하천오염방지, 염수 침입방지, 경관 및 생태계 보호를 위해 본류 및 신설하천에 어느 정도의 유량을 유하 시킬 것인가에 따라 결정된다.
- (나) 본류나 신설하천 중 어느 한쪽이 평상시 유량이 전혀 필요 없을 때는, 그 하도는 홍수방수로로서 홍수시에만 물을 흘려 보내는 경우가 있다. 이때는 신설하천에 흘러 들어가는 분류개시유량을 결정하여야 하고, 분류개시유량은 분류점 부근 및 하류 상황, 내수배제, 염수침입방지 등을 고려하여 결정한다.

③ 분류점의 위치

- (가) 분류점에서는 하도 단면적이 증대하여 토사가 퇴적하는 경향이 있으므로 분류점 상류의 유속분포를 충분히 검토한다.
- (나) 분류점 부근에서는 사수역이 발생되지 않도록 한다. 사수역이 발생하면 하도 단면적은 줄어들고 그 곳에 토사가 퇴적하기 쉬워져서 유황

을 불안정하게 할 수 있다.

(다) 분류후의 유속분포는 가능하면 균등분포로 한다.

(라) 국부적인 세굴과 퇴적을 일으키지 않도록 한다.

(마) 만곡부의 수층부에서 분류하면 유속이 증대되어 심한 세굴을 일으키므로 바람직하지 않다.

④ 분류방식 : 자연분류와 고정위어 및 수문 등에 의한 분류로 나눌 수 있다.

⑤ 분류점의 제방 법선 및 구조물의 위치 : 원칙적으로 수리모형실험을 통하여 결정하는 것이 가장 바람직하다.

18.10 지류 합류계획

(1) 합류점에 있어서의 수리적 거동과 합류하천의 특성을 검토하여 적절한 계획을 수립하여야 한다.

(2) 지류 합류계획을 새롭게 수립하는 경우 수리모형실험을 실시하는 것을 원칙으로 한다.

해설

(1) 합류하천의 성격

① 지류가 합류하는 합류점에서는 합류하천의 유량, 유속 및 유출토사량의 영향을 받아 흐름 특성과 하천형태 등이 변하게 된다. 따라서 합류하천에서 나타나는 수리수문 현상과 흐름 등에 관한 특성을 분석할 필요가 있다.

② 하천 합류점을 어떻게 하면 효과적으로 처리할 것인가는 하천개수공사에서 대단히 중요한 문제이다. 일반적으로 한 하천이 다른 하천에 비해 규모가 작은 경우는 비교적 간단하지만, 규모가 비슷한 경우는 합류점을 상하류에 대해 균형 있고 안정되게 조정하기가 매우 어렵다.

③ 완류하천에서는 항로나 수로유지, 반대로 급류하천에서는 편류에 따른 하안 및 제방의 안전, 퇴사에 의한 내수배제 불량, 하류의 유수변화 등을 고려하여야 하며 특히, 홍수소통에 대해서도 고려한다.

④ 하천 합류점 형태는 토사 유송이 많은 급류와 비교적 적은 완류에서는 상당히 다르다. 일반적으로 급류하천에서 토사 유송이 많은 지류가 합류하는 경우 합류점에 소규모 선상지 위에 퇴적을 일으켜 본류를 압박하고 지류는 선상지 상류측을 유하 하여 본류로 합류하는 경향이 있다.

⑤ 본류 및 지류의 유량에 따라 퇴적형상은 다소 변화하지만 대체적으로 본류 유수는 대안으로 밀리고 상류 수위상승을 일으키며 하류 유수 등이 변화한다. 완류하천에서는 대부분 합류점에서는 하폭이 넓어지므로 합류점 부근에는 기생사주가 발생하기 쉽고, 이 때문에 유심방향은 한쪽으로 치우치는 경우가 많아 결과적으로 국부세굴을 일으키는 경우가 많다.

(2) 합류점 처리

① 합류하천의 하상을 동일하게 만든다. 합류점에서 본류와 지류의 하상경사가 현저하게 다를 경우는 다음과 같이 처리하여 두 하천의 경사를 될 수 있는 대로

비슷하게 한다.

(가) 분류제(가름둑 또는 배할제)를 길게 해서 급경사 하천을 완경사가 되게 합류시킨다.

(나) 급경사 하천의 합류점 부근에 낙차공을 설치하여 하상경사를 조절한다.

(다) 하천을 우회하여 하류에서 합류시킴으로써 합류경사를 비슷하게 만든다.

② 합류각도는 될 수 있으면 예각으로 해서 평행에 가깝게 합류시킨다.

(가) 지류를 우회하여 평행에 가깝도록 합류시킨다. 또한 도류제를 만들어 합류 시 유심 방향으로 평행이 되게 한다.

(나) 합류점에서 지류가 본류에 비해 현저히 영향이 적은 경우는 비교적 간단하지만, 지류의 영향을 무시할 수 없을 때는 그 처리가 곤란한 경우가 많으므로 신중히 검토할 필요가 있다.

(다) 합류점은 홍수의 소통, 내수 배제와 관련하여 검토하여야 하며, 급류 하천에서는 제방 및 호안의 보호와 장래 유지관리 등을 고려하여야 한다.

(라) 하상이 다른 하천과 합류하는 경우는 가능한 한 여러 하천의 수리·수문상황이 같게 되도록 수정해 주어야 하며, 유수의 교란을 제거할 수 있도록 토사 세굴 및 퇴적 등을 방지할 수 있어야 한다.

(3) 합류점의 조정

① 합류하천에서 본류와 지류의 흐름 특성과 하천형태가 다같이 안정되어 있는 경우, 합류전 모든 하천의 하폭을 합한 것을 합류 후 하폭으로 하는 것이 바람직하나, 한쪽 하천에서 배출되는 토사량이 많은 경우에는 소류력을 증가시켜 하천 내 퇴적을 방지할 수 있도록 지류 하폭의 합보다 약간 좁게 하는 것이 좋다.

② 하천규모와 흐름 특성 및 하천형태가 다른 하천이 합류하는 경우는 하상변동이 일어나서 홍수소통에 지장을 줄뿐만 아니라 상호간에 홍수에 의한 현저한 간섭을 받게 된다.

③ 이러한 경우는 가능한 한 이들을 분리시키는 것이 바람직하다. 분리가 곤란한 경우에는 합류점에 도류제를 설치하여 토사배출이 많은 하천의 흐름이 도류제를 따라 합류시킨다.

④ 지류 계획홍수량이 본류 계획홍수량에 비해 극히 작아서 본류에 미치는 합류의 영향이 작은 경우에는 본류의 범선을 중심으로 합류형상을 취하는 것이 일반적이다.

18.11 하구처리 계획

18.11.1 기본방침

(1) 하천과 바다 두 영역의 흐름 및 수리 조건을 충분히 고려하여 계획홍수량 이하의 유량을 안전하게 유하 시키도록 한다.

(2) 하구처리계획은 고조나 지진해일(지진에 의한 해수면상승) 등에 의한 재해를 방지하도

록 계획되어야 한다.

- (3) 필요에 따라서는 하천 이용범위를 증진시키고 하구와 해안 사이에 자연스럽게 조화를 이룰 수 있는 처리방식을 결정한다.
- (4) 하구의 처리를 위하여 하구처리방식, 하구의 하도계획, 하구의 하도처리계획 등을 결정하여야 한다.

해설

- (1) 하구처리계획의 주된 내용은 하구부의 하도계획과 고조대책으로 대별할 수 있다. 하도 계획에서 수립할 주요내용은 도류제 등을 이용하여 하구막힘(河口閉塞)을 해소할 수 있는 대책, 즉 하구개량 공법(河口改良 工法)에 대한 검토와 하구 계획홍수위를 결정하고 굴착 및 준설 등에 의한 하구처리계획을 말한다. 고조대책은 고조의 영향을 고려할 필요가 있는 지역에 한정되나 그 내용은 주로 계획제방고와 독마루폭의 결정 등에 대해 검토하는 것이다.
- (2) 하구는 하천과 바다와의 경계지역으로서 두 영역의 영향을 받으며, 하천상류와는 달리 여러 가지 복잡한 자연현상이 발생하게 된다. 하천상류에서 유송 되어 온 토사가 하구에 퇴적함으로써 사주가 발달하게 되며, 이로 인한 하천내의 수위가 상승하여 평상시에 내수배제가 곤란해지거나 홍수시 하류가 범람할 위험이 발생한다.
- (3) 하천수의 자연유하가 하구에서 저해되는 현상을 하구막힘이라고 하며, 하구막힘에 의해 발생하는 장애로는 제내지 침수와 내수배제 곤란, 주운 곤란, 어획고 감소, 그리고 환경문제 등을 들 수 있다. 하구막힘 현상이 발생하였을 때 도류제(導流堤), 수문 및 암거를 설치하거나 막힌 하상을 굴착하거나 준설하여 이와 같은 장애를 제거하고자 하는 것을 하구개량이라고 부른다.
- (4) 하구 계획홍수위는 조석의 영향을 고려하여 결정하여야 한다. 하구 하도계획은 하천유량이나 조석변화 및 그 계절적 변화 등 복잡한 외력 하에서 안정되게 유지되도록 할 필요가 있다. 또한 하구처리는 하구에서 이루어지고 있는 자연의 조화를 크게 손상시키는 일이 없도록 하여야 한다. 하구처리계획은 필요에 따라 이론적인 검토뿐만 아니라 수리모형실험을 실시하여 정확한 수리현상을 파악할 필요가 있다.

18.11.2 하구처리방향

- (1) 하구처리방식은 아래와 같은 점을 감안하여 결정한다.
 - ① 하천 전체 하도계획과 관련하여 하구 고유기능을 조화롭게 수행할 수 있고 경제적인 방식으로 한다.
 - ② 하천 주운 등에 지장을 주지 않도록 한다.
 - ③ 장래 유지관리가 용이하여야 한다.
 - ④ 상류 하천과 해안에 자연스럽게 조화를 이루도록 한다.
 - ⑤ 효과적인 하천 이용에 손상을 주지 않도록 한다.
- (2) 하구의 하도계획을 아래와 같은 점을 감안하여 결정한다.
 - ① 계획홍수량이 체류되지 않고 안전하게 소통되도록 결정한다.

- ② 장래 유지관리가 용이한 하도로 한다.
- ③ 갈수시 하구부근의 취수 및 이수에 지장이 없도록 한다.
- ④ 하구의 생태계 및 어류에 대한 환경문제를 최소화한다.
- ⑤ 하구의 주운 및 지역개발(하구의 용수이용, 경관개발)을 고려한다.

18.11.3 하구의 하도처리계획

- (1) 하구의 하도처리계획은 하구 계획홍수위 결정, 하구 계획단면 결정, 하구처리대책 결정 및 하구막힘과 처리공법의 검토 등을 고려한다.
- (2) 하구의 하도처리계획은 각 하천이 갖고 있는 구체적인 조건을 고려하고 가장 현지 사정에 적합한 대책을 세워야 한다.
 - ① 충분한 현지조사와 자료해석을 통하여 구성된 안을 파악한 다음, 가능하면 수리 모형실험을 통하여 하구의 하도처리대책을 사전에 충분히 검토하여 세워야 한다.
 - ② 장래 하구의 확장을 고려한 하구의 하도 처리계획을 하여야 한다.
 - ③ 염수 및 파랑침입, 해안침식, 하구 환경문제, 그리고 생태계 및 어류에 미치는 영향 등 부수적으로 발생할 수 있는 영향을 충분히 고려하고 장래에 이러한 문제가 발생할 경우 충분히 대응할 수 있도록 계획한다.

해설

- (1) 하구의 하도처리계획시 홍수 및 갈수를 각각 일정 수위로 원활하게 유출시켜야 한다.
- (2) 하구의 하도처리계획시 태풍이나 폭풍이 동반하는 해일에 대해 안전하여야 한다.
- (3) 하구부가 하천 주운에 이용되고 있을 때는 갈수시 선박의 항로 기능을 유지할 수 있도록 일정한 유로와 수심을 유지하여야 한다.

18.11.4 하구의 하도 계획홍수위 결정

- (1) 태풍에 의한 폭풍해일 또는 지진해일의 내습이 예상되지 않는 지역은 계획홍수량이 유하 할 때의 조위(즉, 대조평균만조위)와 하구의 제반 손실수두의 합을 기점홍수위로 하여 부등류 계산에 의해 각 지점별로 추정된 수위로 한다.
- (2) 태풍에 의한 고조 및 파랑 또는 지진해일의 내습이 예상되어 이것을 고려할 필요가 있는 지역에서는 일반적으로 설치할 제방에 대해 안전하도록 한다. 이 경우에는 (계획제방고 = 18.5절에서 결정한 계획홍수위 + 제방 여유고), (계획제방고 = 계획고조위 + 최대조위편차 + 파랑고) 중에서 높은 값을 계획제방고로 한다.

- (1) 하구 계획홍수위를 결정함에 있어 필요한 검토사항은 계획홍수량이 유하할 때의 조위, 부등류 계산의 출발지점과 기점홍수위, 출발지점에서 바다로 들어서면서 손실되는 제반 손실수두의 합계, 그리고 하구하도의 조도계수 등이다.
- (2) 계획홍수량이 유하 할 때의 조위 또는 하구 계획조위

- ① 하구조위와 홍수량은 서로 독립된 사상으로 생각한다. 따라서 계획홍수량과 만나는 조위는 계획홍수량에 관계없이 개수대상 지역의 중요도 따라 안전한 값을 채택한다.
 - ② 하구계획조위의 결정법은 과거에 발생한 조위 중에서 발생원인을 명확히 조사하여 선정한 최고조위, 태풍 등에 의한 고조가 발생하지 않을 때는 대조평균만조위, 고조나 지진해일의 영향을 받을 때 대조평균만조위 + 최대조위편차(또는 고조 조위편차), 하구 조위기록과 유량기록이 충분할 때는 연최대조위에서 개수규모에 상당하는 확률수위, 그리고 홍수시 최대조위에서 개수규모에 상당하는 확률수위 중에서 선정한다.
 - ③ 현재 국내에서는 하구계획조위로서 과거 최고조위 또는 대조평균만조위를 선정하는 것이 일반적이다. 그러나 ①의 독립된 사상, ②의 연최대조위에서 개수규모에 상당하는 확률수위 등을 고려할 때 관측된 조위기록을 이용하여 개수계획빈도에 해당하는 조위 빈도분석을 시행, 검토하여 ②의 조위 결정법 중에서 선정하는 것이 타당하다. 그리고 개수대상 지역의 경제성, 중요도등을 고려할 때 대조평균만조위를 사용할 수 있다. 이 경우 충분한 검토가 수행되어야 한다.
- (3) 출발지점에서 바다로 유입되어 손실되는 제반 손실수두의 합계
- ① 하구 선단에서 홍수는 하도에서 바다로 유출되고 홍수에너지를 해저와의 마찰, 해수와의 혼합 및 확산 등에 의해 손실된다.
 - ② 현재는 이러한 에너지 손실수두를 정확히 계산하기가 쉽지 않아서 주로 하구 끝단에서의 하천수위와 그 외측 바다 사이의 에너지보존식은 (부등류 계산 출발지점의 하천수위 + 속도수두 = 조위 + 해저와의 마찰, 해수와의 혼합 및 확산에 의한 손실수두)로 잡는다. 특히 출발지점의 전수두는 수리모형실험 등에 의해 구하고, (하구의 하천수위) = (조위), (해저마찰 등의 제반 손실수두의 합계) = (하천류의 속도수두)로 간주해서 계산해도 좋다. 즉 (출발지점의 전수두 = 조위 + 하천류의 속도수두)로 추정한다.
 - ③ 부등류 계산 출발지점은 홍수시에 하도 흐름으로 간주할 수 있는 최하류 지점으로 한다. 하구에 도류제가 있어서 해저경사와 하도가 급변하지 않고 바다에 유출해서도 어느 정도의 구간 내에서 흐름이 하도와 같은 유향을 나타낼 때는 부등류 계산을 위한 최하류 출발지점은 정선(해수면과 해빈이 만나는 선) 밖에 설정하여야 한다. 이 방법에 대해서는 아직 확정적인 방법은 없지만 대체적으로 홍수시 염수쇄기가 미치지 않는 범위 내에 머무르도록 한다.

18.11.5 하구하도의 조도계수

- (1) 하구범위는 일단 부등류 계산 출발지점에서 상류측으로 하구처리공이나 하구사주의 영향을 받아 하도가 급축소, 급확대, 또는 만곡되어 종횡단 및 평면형상이 분류 하류와 구별하여 생각할 필요가 있는 구간으로 한다.
- (2) 하구하도의 조도계수는 홍수시 관측기록으로부터 Manning의 평균유속공식에 의해 역산한 값, 하구까지 연속되는 분류 하류의 조도계수, 하구의 평면 형상, 또는 비슷한 다른 하천에서 이용한 조도계수 값을 참고로 하여 결정하고 가능하면 수리모형실험으로 검정하는 것이 바람직하다.

- (3) 하구하도의 제반 손실수두 가운데 특히 중요한 것은 하구에 형성되는 사주에 의한 유수저항을 어떻게 계획에 반영시키느냐는 것이다. 또한 사주가 씻겨나가기 전 단계의 흐름을 파악하는 것이 대단히 어려우므로 충분한 현지조사를 하고 수리모형실험에 의해 검증하여 결정할 필요가 있다.

18.11.6 하구 계획단면의 결정

- (1) 계획홍수량의 소통에 충분한 단면이어야 한다.
- (2) 하구처리공과 일체가 되고 장래의 유지관리가 쉬운 단면이어야 한다.
- (3) 저수시에 하구부근의 취수 및 이수에 지장을 주지 않는 단면이어야 한다.

18.11.7 하구처리대책의 결정

- (1) 하구처리대책을 결정하기 위해서는 해당 하구에서 발생하는 문제점을 정확히 파악하고 장래 개발이나 발전까지를 고려한 합리적인 대책을 계획하여야 한다. 일반적으로 이용될 수 있는 하구처리방안은 도류제, 암거, 수문, 인공굴착 및 준설 등이다.
- (2) 갈수량의 보급, 제방고를 높이는 일, 방수로, 댐 건설, 유수지, 배수펌프, 하도굴착 등은 넓은 의미의 하구처리공법이다.

해설

- (1) 하구처리계획은 다음과 같은 요인을 종합적이고 유기적으로 검토한다.
 - ① 하구의 수리특성 및 조사 : 하구의 수리현상을 파악하기 위한 기본적인 항목은 하구에서 발생하는 수리현상의 독립변량과 종속변량의 관계, 하구구조물의 유지관리 및 설계시공 등과 관련된 시간할에 따른 지배적인 독립변량을 선택, 하천과 바다의 지형 및 거리 규모를 구분, 그리고 공학적 견지에서 바라본 규모 등이 중요하다.
 - ② 하구막힘과 처리공법 : 하구에서 발생하는 문제와 그 처리공법을 검토할 경우, 그것을 단계적으로 구분하여 정리하고 검토할 필요가 있다. 하구부에서 발생하는 문제를 크게 구분하여 보면, 크게 주운과 어업을 포함한 이수 및 치수, 하구의 환경문제로 나눌 수 있다.
- (2) 하구처리공사를 시행하여 하구막힘이 해소되기는 하나 부수적으로 발생하는 치수상의 문제는 하도연장, 고조파랑의 침입, 또는 해안침식 또는 퇴적 등이 있을 수 있고, 이수상의 문제는 염분농도의 상승, 평수위와 지하수위의 저하, 어업의 영향, 또는 해안구조물이나 해안 부근의 수리구조물에 미치는 영향 등을 들 수 있다. 이상의 각 항목에 대해 구체적인 영향과 주요원인, 채택 가능한 처리공법 등을 나타내면 <표 18.6>과 같으며, 필요에 따라 이러한 제반 영향에 대한 각종 분석 및 검토를 수행할 필요가 있다.

<표 18.6> 하구막힘 등에 의해 발생하는 문제점과 처리대책

주요 문제점	영 향	현 상	주 요 원 인	처 리 공 법
① 제내지의 침수 배수곤란등에 미치는 영향	유출시의범람, 평수내수 배제의곤란	하도내 수위상승, 배수지점의 사주에 의한 매몰	하구막힘, 유출구의 통수 단면적 부족	도류제(치수목적)인공굴착, 암거, 수문, 방풍림, 방사림
② 선박 통행에 미치는 영향과 항만장애	화물량의 감소	하구 항로유지의 곤란과 불가능	하구막힘, 유출구(항로)수심, 폭의 불충분, 항로위치의 불안정	도류제(선박통행 목적), 인공굴착
③ 어업에 미치는 영향	어획고의 감소	올라오는 어류량 감소, 수질악화, 조업곤란, 위험성 증가	하구막힘 유출구 통수 단면적 불충분, 유출구 위치의 불안정	도류제(선박통행 목적)인공굴착, 수문
④ 환경 악화	사회경제 환경의악화	수질악화, 쓰레기의 체류 및 퇴적 고수부지 이용 불가능	하구부 통수단면적 부족	도류제, 인공굴착
⑤ 이수에 미치는 영향	취수곤란 및 불능	취수지점에서 염분농도 상승, 취수위 저하, 지하수위 저하	하구부에서 사주의 소멸, 개구폭 및 수심증대	취수지점 이설 지표층 취수 취수보의 설치
⑥ 치수에 미치는 영향	유출시범람 해안침식 파랑 침입 고조 침입	수위상승 해안선의 변화 표사량의 변화 파랑 침입 고조 침입	하도연장, 개구폭 및 수심의 증대	하도굴착, 도류제에 의한 돌제, 이안제, 고조제, 고수부지조성 소파공, 방파제
⑦ 하천, 해안구조물에 미치는 영향	구조물의 파손 및 붕괴, 부식	파랑침입 염수침입 유속증대	하구부에서 사주의 소멸, 개구폭 및 수심의 증대, 수로선의 변화	구조물의 이설 구조물의 보강(소파공, 바닥다짐공, 부식방지) 변화

(3) 하구처리대책과 설치방향

- ① 도류제 : 하구처리공법 중에서 주로 이용되는 하구 도류제는 하천에서 유송되어 온 토사가 퇴적되지 않도록 유도하거나 해안에서 파랑, 조류에 의해 운반되는 표사가 하구에 침입하는 것을 감소시키는 효과가 있고, 하구위치의 고정, 수로선의 안정, 하구의 수위유지 등 수리학적 안정을 도모할 수 있는 기능을 가지도록 설계한다.
- ② 암거 : 하구에 형성된 사주의 일부를 암거로 관통시키는 것으로 파랑이 직접 암거 내에 침입하지 않도록 선단에는 만곡부를 설치한다. 주로 소하천에 형성된 사주를 통해 유량이 흘러가도록 설치된다.
- ③ 수문 : 하구에 수문을 설치하여 수문 조작에 의한 씻겨내기(flush)와 파랑에 의한 구조물 전면의 세굴작용을 방지하면서 하구를 유지하는 것이다.

- ④ 인공굴착 및 준설 : 하구에 형성된 사주를 준설선, 굴착기 등에 의해 굴착하거나 준설하여 인공적으로 제거하는 방법이다. 이 방법을 이용할 때는 사주의 형성 상태와 홍수기를 감안하여 적당한 굴착 및 준설시기, 인공굴착량을 조사하여 결정할 필요가 있다. 또한 사주를 제거하여 일정기간이 지나면 새로 형성될 수 있다는 점에 충분히 고려한 처리방안을 강구하여야 한다.
- ⑤ 하구처리대책은 불안정한 하구를 안정화하는 데 주된 목적이 있지만, 한편으로 대책공사 실시 후에도 하구주변의 환경에 영향을 미치게 되고 시간이 지남에 따라 하구에서 멀리 떨어진 해변환경에 파급될 수도 있다는 점을 중요하게 여기고 유의하여야 한다.

18.11.8 고조구역에서 계획제방고 및 둑마루폭

- (1) 계획고조위가 계획홍수위보다 높아서 고조의 영향을 받는 구역에서의 제방고는 '계획고조위+제방 여유고' 또는 '계획고조위+파고(도파)+여유고' 중에서 높은 값을 택한다.
- (2) 둑마루폭은 제방의 구조 및 그 제방에 연결된 제방의 둑마루폭을 고려한다.

해설

- (1) 지반이 낮고 평탄한 도시의 중소하천에서 고조의 영향을 받는 구간에 설치할 제방을 설계할 때 (1)에 따라 결정한 제방고는 일반적으로 비경제적이고 도시 기능을 축소할 수가 있으므로 하구둑과 같은 수문으로 고조를 차단하는 계획이 세워질 수도 있다. 이럴 경우에는 수문 내측제방고는 수문을 막았을 때의 만수위에 여유고를 더한 높이로 하되 (1)에 따라 산정한 제방고보다 높을 경우는 이 값으로 한다.
- (2) 고조의 영향을 받는 하구구간에 설치하는 제방은 월파를 고려하여 일반적으로 콘크리트나 이와 비슷한 불투수층으로 제방표면을 피복 하는 것이 좋다. 또는 제방을 넘는 물을 집수 하는 배수로를 설치할 필요가 있는 경우도 있다.

제 19 장 유사조절계획

19.1 일반사항

19.1.1 적용범위

본 장은 유역과 하천에서 유사의 과도한 침식, 운송, 퇴적을 조절하기 위한 계획에 대해 기본적인 기준을 정한 것이다.

19.1.2 계획 수립의 목적과 필요성

- (1) 유사조절계획은 유역이나 하도에서 과도하게 침식되어 유실되는 유사량을 조절하여 토양 손실을 방지하고 하도, 저수지, 호소, 하구 등에 퇴적되어 일어나는 하도 불안정, 하상 상승, 저수지 퇴사, 수질 악화 등 유사에 의한 피해나 문제를 방지하기 위하여 수립한다.
- (2) 유사조절계획은 유사에 관련된 문제 중에서 근본적으로 유역과 하도 내 토사 생산과 유출을 조절하여 토사 재해를 예방하고, 침식을 조절하여 하천, 호소 등 공공 수역에 유입하는 유사량을 감소시키며, 일단 하천에 들어오는 유사를 제거하거나 퇴적을 저감하기 위해 수립한다.

해설

- (1) 유사 문제는 유사의 침식, 운송, 퇴적의 전 과정에 걸쳐 발생한다. 침식에 따른 문제로는 유역의 비옥한 표토의 유실, 하도 세굴 또는 하상 저하, 하천 구조물의 안정성 위협 등이 있다.
- (2) 유사 운송에 따른 문제는 터빈이나 펌프 등 수력 기계의 마모, 수질 악화와 담수어 양식 곤란, 상수 처리 곤란 등의 문제가 있다. 또한 운송된 토사가 퇴적되면 저수지 용량의 감소, 하상 상승에 따른 하천의 홍수위 상승, 홍수시 농경지 매몰, 취수 곤란 문제 등을 유발한다.

19.1.3 계획 대상의 구분

- (1) 유사조절계획은 그 대상에 따라 크게 유역의 유사조절계획과 하천의 유사조절계획의 두 부분으로 나눌 수 있다.
- (2) 유역의 유사조절계획은 유역 내 표토의 침식을 방지하여 유역의 토양을 보전하고 하류로 유출되거나 하도 내로 유입하는 유사량을 감소시키기 위한 구체적인 대책을 수립하여 적용한다.
- (3) 하천의 유사조절계획은 하도로 유입하는 유사의 이송량을 조절하여 이송된 유사가 퇴적하거나 세굴되어 발생하는 문제를 감소시키기 위한 구체적인 대책을 수립하여 적용한다.

해설

(1) 유역의 유사조절계획과 하천의 유사조절계획 세부내용은 <그림 19.1>과 같다.



<그림 19.1> 유사 조절 계획의 구분

- (2) 유역내 유사조절계획은 상당히 광범위한 지역에 적용될 소지가 있으므로 지점 선정에 유의하여야 한다.
- (3) 하천의 유사조절계획은 유사조절효과와 아울러 수질의 악영향, 주변환경과의 조화 등을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다.

19.1.4 계획 수립의 과정

- (1) 유사조절계획의 수립을 위해서는 과거 및 현재에 대한 문제 발생정도를 파악하고 장래의 진행속도를 예측해야 한다.
- (2) 유사조절계획수립을 위해서는 현재의 유사 문제점에 대한 직·간접적 원인을 규명하고 예방 또는 개선 대책의 대안 검토와 합리적인 대책의 선정하여야 한다.

19.2 유역의 유사조절계획

19.2.1 대상 유역의 선정 및 계획규모 결정

- (1) 유사조절계획을 위한 대상유역은 현재 유사에 의한 문제가 발생하는 유역이나 장래 인위적인 개발이나 변화에 의해 유역의 토양 침식량이 증대하여 그에 따른 문제가 발생할 것으로 예상되는 유역으로 정한다.
- (2) 유사조절계획은 하천 유역을 총 망라하는 유역 단위 대규모 대책과 시설물의 설치 또는 개발에 따른 토양 침식의 가속화를 막기 위한 소규모 대책으로 나누어 계획을 실시

한다.

- (3) 대규모 유사조절 대책은 지방하천 이상의 하천 유역을 대상으로 한다. 이보다 큰 유역에 대해서는 유역을 몇 개의 소유역으로 분할하여 계획을 수립할 수 있다.
- (4) 소규모 유사조절 대책은 각종 개발이나 시설물의 설치, 예를 들어 골프장, 도로, 철도, 공항의 건설, 산지 개발, 대규모 공단이나 주택 단지의 조성 등에 따라 토양 침식과 유사 공급이 증대할 가능성이 있는 경우에 이를 감소시키기 위해 개발지역 주변 소유역을 대상으로 수립한다.

19.2.2 유역의 유사 조사

- (1) 유역의 유사조절계획을 수립하기 위해서는 먼저 유역에 대한 수문과 유사 특성 조사가 선행되어야 한다.
- (2) 유사조절계획을 수립할 때 기본이 되는 유역의 토양 유실량 조사는 홍수 유출 조사와 함께 연계하여 조사한다.

해설

- (1) 유역 조사에 관한 사항은 '제4장 유역특성 조사'와 '제9장 유사 및 하상변동 조사'를 참조한다.
- (2) 유역 토양 유실량 조사에 대한 사항은 조사편 '제9장 유사 및 하상변동 조사'를 참조한다.

19.2.3 유사조절 대책

- (1) 비구조적 유사조절 대책으로 식생 보호는 삼림과 풀 같은 수목이 많은 지역에서 현재의 삼림, 잡목, 또는 초지를 산불이나 남벌, 또는 무분별한 개발로부터 보호하여 토양 침식 및 손실을 저감하는 것이다.
- (2) 토양침식 방지 경작법은 토양 침식을 억제하기 위해 밭, 과수원과 같은 농경지의 작물 관리와 경작 방법을 개선하는 것이다.
- (3) 유역에서 과도한 토양 침식에 의한 토양 손실과 하류 퇴적 문제를 저감할 수 있는 구조물적 대책으로는 크게 사방 계획(사방댐)과 침사지 설치가 있다.
- (4) 사방 계획은 자연 상태 유역의 토사 생산과 토사 유출로 인한 재해를 방지하기 위한 산지 붕괴지 관리, 녹화사업의 추진, 사방댐의 설치에 관한 계획이다.
- (5) 침사지는 개발 사업으로 인해 가속화된 토양 침식이 하류에 하도나 농경지 매몰 등 직접적인 피해를 주거나 하천, 호소 등에 환경적으로 부정적인 영향을 주는 것을 최소화하기 위하여 개발 지역에서 이송되는 토사를 자연적, 강제적으로 침전, 퇴적시킬 목적으로 만든 일종의 유사 저류 시설물이다.

해설

- (1) 유역의 침식, 이송, 퇴적 과정에서 발생하는 유사 문제로부터 보호하기 위한 유사조절 대책에는 주로 식생의 보호와 처리, 토양침식방지 경작법과 같은 비구조물적 대책과 유사 조절용 침사지나 사방댐과 같은 구조물적 대책이 있다.
- (2) 식생 보호에는 특히 초지의 과도한 방목에 의한 토양 침식을 가속화를 방지하는 것도 포함한다.
- (3) 식생처리대책에는 지푸라기, 나무껍질, 비닐 등으로 토양침식에 취약한 구역을 덮음으로써 토양 손실을 예방하는 적극적인 대책도 고려한다.
- (4) 토양침식 방지를 위한 작물관리에는 전작, 작물 잔류물 처리, 작물 배치 등이 있으며, 경작법에는 등고선식 경작, 등고선 골 경작, 등고선 간작, 경사 테라스, 수평 테라스 등이 있다.
- (5) 기타 방법으로 관개 수로의 식생이나 인공 라이닝, 고랑의 확대 방지, 유사 이송의 억제 등을 위한 감세공이나 낙차공의 설치가 있다.
- (6) 토사생산 억제 계획은 강우에 의한 산사태, 지반 활동, 구곡(gully) 침식 등을 억제시킴으로써 유사원 지역이 황폐화되는 것을 방지함과 동시에 하류에 피해를 일으키는 토사의 생산을 억제하기 위한 계획이다. 계획을 수립할 때는 토사 생산원의 상황, 토사의 생산 형태, 보전 대상지역 등을 고려하여 계획 생산억제 토사량을 사방댐, 유로공, 산중턱공 등에 합리적으로 배분한다.
- (7) 토사유출 억제계획은 피해를 일으키는 유출 토사를 사방 시설이나 침사지에 저류하여 하류에 토사 유출을 억제하기 위한 계획이다. 이 계획을 수립할 때는 토사의 유출 형태, 보전 대상지역, 지형, 하상 경사, 계획초과 토사량과 입경, 하도의 황폐 상황, 사방 시설의 토사포착 기능 등을 고려하여 계획 유출억제 토사량을 사방댐이나 침사지에 합리적으로 배분한다.
- (8) 토사유출 조절계획은 피해를 일으키는 유출 토사를 침사지나 사방 시설에 일시적으로 저류한 후 안전하게 하류로 유하시킬 수 있는 토사량과 토사 크기를 조절하기 위한 계획이다. 이 계획을 수립할 때는 토사의 유출 형태, 토사량, 토사 입경, 하도의 현황과 하도 계획, 보전 대책 지역 등을 고려하여 계획 유출조절 토사량을 사방댐 등에 합리적으로 배분하는 것이다.
- (9) 침사지는 그 설치 목적에 따라 하류 공공 구역의 수질 보전을 주목적으로 하는 환경 침사지와 하류 지역을 토사 재해로부터 보호하는 것을 주목적으로 하는 재해방지 침사지로 나눌 수 있다. 이러한 두 침사지는 형태보다는 침전 대상 사립자들의 입경과 침사지 수용가능 설계빈도를 달리함으로써 그 기능을 구분할 수 있다.
- (10) 침사지는 그 기능에 따라 간이침사지, 임시침사지, 영구침사지 등으로 구분할 수 있다. 간이침사지는 현장에서 임시 방편으로 축조한 침사지로서, 둑 높이 1.5m 이하의 소규모로 하루 이내에 침사 목적으로 사용한다. 임시침사지는 공사 전 기간 동안 사용할 목적으로 만든 것으로, 일반적으로 개발계획 단계에서 명시하며 간이침사지 보다 높은 설계 기준을 요한다. 영구침사지는 공사 기간 중에는 침사지 역할을, 공사 후에는 경관, 위락, 저류, 지하수 함양 등의 기능을 한다.
- (11) 침사지의 위치는 개발 지역의 직하류에 위치, 공사용 기계 이동에 장애가 없는 위치, 준설 활동이 용이한 위치, 인접 하천 분류에는 위치하지 않음 등과 같은 점을 고려하여 계획한다.
- (12) 침사지는 완전 저류와 흐름 저류 등 두 가지 개념으로 구분하여 유역 여건과 침사지

목적에 맞는 개념을 선택한다. 완전저류 개념은 비교적 적은 호우에 의해서는 월류하지 않고 완전 저류되며 단지 큰 호우에 의해서만 비상 여수로를 통해 홍수류를 월류하는 것으로, 소규모 배수 구역에 적합하다. 흐름저류 개념은 침사지 내 천천히 흐르는 상태에서 유사가 침전하는 개념으로, 큰 재현기간 호우를 대상으로 하며 비교적 큰 배수 구역에 적합하다.

19.3 하천의 유사조절계획

19.3.1 대상하천의 선정

하천의 유사조절계획은 현재 유사에 의한 문제가 발생하고 있거나, 장래 발생이 예상되는 하천에 대해 수립한다.

19.3.2 유사조절 대책

- (1) 하천에 과도한 유사가 유입되는 경우 이를 처리하는 방법으로 과도한 유사의 준설, 와류동관(vortex tube), 사이펀 등 기계적으로 제거하는 방법을 활용할 수 있다.
- (2) 유사 공급이 과소한 경우의 대책으로는 유사 포설과 장갑화 유도, 수제나 낙차공 설치의 방법을 활용할 수 있다.

해설

- (1) 하천의 유사조절 대책은 하천 내 유사량이 그 하천의 평형 상태의 유사량보다 과다할 경우와 과소할 경우로 나눌 수 있다. 유사량이 과다할 경우에는 유사를 직접 제거하는 방법과 하도 내로 퇴적되지 않도록 하는 방법이 있다. 반면, 유사량이 과소할 경우에는 직접 하도 내로 유사를 보충해 주는 방법과 흐름의 소류력을 감소시켜 더 이상 침식이 발생하지 않도록 하는 방법이 있다.
- (2) 과도한 유사 공급에 의해 하상이 높아져 주운 활동에 장애가 생기는 경우 적극적인 준설을 고려한다. 여진이 허락되는 경우 하천의 유속을 어느 정도 이상 유지하도록 하여 하도에 유사 퇴적되지 않고 하천의 출구로 유출되도록 하는 방법이나, 과도한 유사 흐름의 발생 시 이를 우회 수로로 돌리는 방법 등을 고려할 수 있다.
- (3) 유사 포설은 상류에 댐의 축조 등으로 하류 유사 공급이 과소해져 하상이 저하되는 경우 하도에 직접 모래, 자갈 등을 쏟아 부어 유사를 보충해주거나 굵은 자갈로 하상을 덮어 더 이상의 침식을 방지하는 방법이다. 수제나 낙차공은 하천의 유속과 방향을 조절하여 침식과 퇴적을 조절하는 시설물이다. 하천 내 유사조절대책에 대해서는 설계편 '제25장 수제'와 '제26장 하상유지시설'을 참조한다.

제 20 장

20.1 일반사항

20.1.1 적용범위

- (1) 본장은 도시지역이나 농경지등에 내리는 빗물에 의한 내수지역 침수 및 수질악화 등, 피해를 최소화하기 위한 내수배제 계획과 도시화에 따른 홍수유출량의 증가 및 감소되는 지하수의 함양에 대응하기 위한 우수유출저감시설 계획을 수립하는데 기본이 되는 방침이나 기준을 제시한다.
- (2) 내수배제계획을 수립할 때는 사업의 목적을 분명히 하고 주로 다음과 같은 일반적인 목적을 달성할 수 있도록 한다.
 - ① 내수침수로 인한 인명피해 방지, 개인 및 공공 건강 및 재산피해의 위험도 감소
 - ② 하천에 인접한 공공시설의 침수로 인한 지표수와 지하수의 수질악화 방지
 - ③ 도시지역 하천과 토지이용의 안전성 증대 및 고도화, 공간 생활의 질적 증진

해설

본 장은 우수지 계획과 같은 대규모 구조적 홍수방어대책 뿐만 아니라 학교 운동장, 공원, 광장 등의 공공시설용지, 주택단지내의 건물사이 공간, 주차장 등의 저류 및 침투기능을 가지고 있는 시설들을 대상으로 계획, 설치, 시공 및 유지관리 전반에 적용한다.

20.1.2 용어의 정의

- (1) 저류시설 : 빗물을 일시적으로 모아 두었다가 바깥수위가 낮아진 후에 방류하여 유출량을 감소시키거나 최소화하기 위하여 설치하는 유입시설, 저류지, 방류시설 등의 일체의 시설을 말하며 저류기간에 따라 일시저류시설과 상시저류시설로 구분하기도 하며 장소에 따라 지구외 저류와 지구내 저류로 구분
 - ① 일시저류시설 : 평상시에는 건조상태로 유지하고 강우로 인하여 유출이 발생할 때에만 일시적으로 저류하도록 설계된 시설
 - ② 상시저류시설 : 친수공간을 조성하기 위하여 평상시에는 일정량의 물을 저류하고, 강우시에는 저류지에 빗물을 일시적으로 저류하도록 설계된 시설(연못, 호수, 저수지 등)
 - ③ 지구외 저류시설 : 강우시 유출되는 우수를 임의 유역지점에 집수·저류하고 저감시키기 위한 시설물(우수지, 방재 조절지 등)
 - ④ 지구내 저류시설 : 강우시에 우수의 이동을 최소화하는 저류 방식(공원저류, 운동장저류, 주차장저류, 건물주변 공간저류 등)
- (2) 우수유출 저감시설 : 본래의 유역이 가지고 있던 저류능력을 적정하게 유지토록 하기 위해서 침투유출량 및 총유출량을 저감시켜 하류하천에 홍수부담을 감소시키며 빗물의 재활용 등 수자원활용도를 높여 지하수함양 및 하천의 건천화 방지, 유량확보 등을 통한 하천의 생태계를 복원시키고자 설치하는 시설

- (3) 침투시설 : 지표면 아래로의 우수 침투를 활성화시키고 불포화층 내에서의 저류효과 및 침투유출량의 감소와 총유출량의 저감을 도모하기 위한 시설로서 침투시설에는 침투트렌치, 침투측구, 침투통, 투수성 포장, 도로침투관, 공극저류시설 등이 있음
- (4) 조절지 : 홍수 방어용 계획의 일환으로 홍수조절 기능을 가진 저수지

해설

홍수조절지는 해당지구의 홍수량 조절목적, 홍수조절 방안, 홍수유출특성 그리고 공간의 효율적인 이용을 고려하여 치수효과를 높이고 적절하게 공간을 활용할 수 있어야 한다.

20.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 아래와 같다.

(1) 본 설계기준

- ① 제11장 내수 및 우수유출 조사
- ② 제13장 하천치수경제조사
- ③ 제16장 설계수문량
- ④ 제17장 홍수방어계획

(2) 관련규정

- ① 하수도시설기준(한국상하수도협회, 2005) ‘1.5절 우수배제계획’
- ② 농업생산기반정비사업계획설계기준(농림부, 2004) ‘배수편’

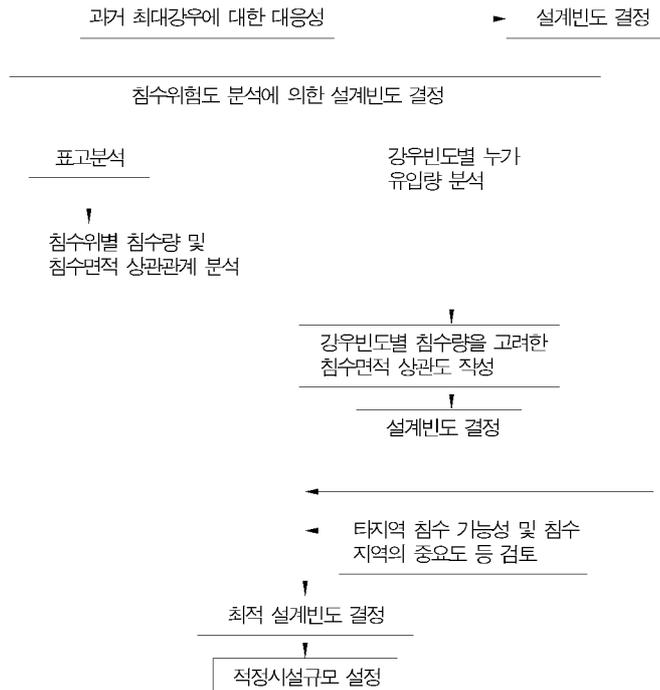
20.2 내수처리 계획

20.2.1 배수처리 계획

- (1) 내수배제 계획은 도시 또는 상습침수 농경지의 외수와 관련하여 내수문제가 발생하는 지역에 대해 사업목적과 대상지역의 선정, 기존 시설 및 배수체계에 대한 능력검토, 기본방침 또는 내수처리방식 검토 및 최적시설규모 결정 등의 순서로 시행한다.
- (2) 치수상의 안정성을 확보함과 동시에 배수시설의 인간친화적 공간 및 환경 조성, 자연환경의 보전 등을 달성할 수 있는 계획을 수립해야 한다.
- (3) 계획수립시 이용되는 기본방침은 내수조사에 의해 얻은 정보를 이용하여 결정하는데 이때 특히 침수와 배수 불량의 원인 제거와 양호한 배수처리방식의 채택에 대하여 충분히 검토하여야 한다.
- (4) 배수방식의 선정
 - ① 내수위와 외수위(방류하천) 수위를 고려하여 자연배수방식, 강제배수방식 또는 이 방식들을 함께 사용하는 혼합방식을 선정할 수 있으나 해당지역의 특성과 사업방침에 특별히 위배되지 않는 한 자유배수방식을 우선으로 한다.
 - ② 내수배수체계는 홍수시와 평상시 배수체계가 기존 하수처리 체계와 조화 되도록 계획한다.

해설

내수배제계획을 위한 설계빈도의 결정절차는 <그림 20.1>과 같다.



<그림 20.1> 내수배제계획을 위한 설계빈도의 결정절차

20.2.2 계획의 기준

- (1) 수문계획의 기본제원(계획규모, 계획강우형태, 유출계산방법 등)은 해당 지역의 하천계획, 우수지계획, 우수유출 저감시설계획 또는 하수도계획 등을 고려하여 결정한다.
- (2) 설계강우 및 유출량
 - ① 설계강우는 20년 빈도 이상을 원칙으로 하되, 사업지역의 특성과 경제성 검토결과에 따라 조정할 수 있다.
 - ② 내수배제시설 규모 결정시는 기왕의 홍수기록에 대한 안전성도 함께 검토한다.
 - ③ 유출량의 산정은 본 기준 '제16장 설계수문량'을 참조하여 산정 한다.
- (3) 허용침수
 - ① 원칙적으로 즉시 배수가 이루어져야 하나 농경지이거나 제방붕괴와 파이핑 현상 등이 우려되는 부득이한 경우 경제성을 고려하여 일시적인 침수를 허용할 수 있다.

② 논외의 경우 허용침수심은 30cm이하로 하며 24시간을 초과하지 않도록 한다.

(4) 계획수위

① 방류부하천의 계획기준수위는 해당하천의 계획홍수위에 따른다.

② 유수지의 계획홍수위는 보호하고자 하는 최저지반고보다 1.0m이상 낮게 계획하며 수리학적으로 동수경사가 지반위로 상승하지 않도록 설정하여야 한다.

(5) 환경계획, 토지계획과의 연계성을 검토하여 유수지내 환경관리계획을 수립한다. 상시저류시설의 경우 아래와 같은 내용을 감안하여 결정한다.

① 악취나 수질저하가 발생되지 않도록 유수지 자체 수질개선계획을 수립한다.

② 모기 등 해충의 서식처가 되지 않도록 계획한다.

③ 주민의 안전성을 고려하여 사면의 경사 및 제원을 결정한다.

(6) 내수처리시설규모는 이미 선정된 여러 개의 계획내수를 대상으로 결정하며 이에 따라 시설의 계획규모를 결정한다. 단, 유수지나 조절지의 배수펌프는 원칙적으로 비용편익계산을 근거로 규모를 결정한다.

(7) 최적처리방식과 시설규모계획

연편익(B)와 연비용(C)을 산정한 후, 처리방식과 시설규모별로 각각 (B-C)를 계산하여 연초과편익(B-C)가 최대가 되는 것이 최적인 되는데, 여기에 민생의 안정, 장래의 토지이용계획, 시설의 유지관리를 종합적으로 고려하여 결정한다.

해설

(1) <표 20.1>은 일본에서 제시되고 있는 계획규모의 산정기준 및 설계강우 형태의 관계를 나타내고 있다.

<표 20.1> 유출수문곡선 산정 규모 및 강우형태

시설 계획명	계획규모	계획강우형태	참고
종합침수 계획	유역의 도시화 현상과 동향, 과거 홍수에 따른 피해 실태, 범람 특성, 경제 효과 등을 종합적으로 고려해서 정한다. 중래계획 년초과확률 1/100~1/150 정도 장래계획 50 mm/hr 정도	원칙적으로 실강우의 시간분포를 계획규모와 같이 되도록 늘여서 작성하지만, 중소하천에서는 인공적인 강우과형을 채용할 경우도 있다.	도시하천 계획의 입문 ·홍수방어편 ·국토개발연구센터
방재조절 지 계획	하류하도의 개수 규모에 구애되지 않고, 연초과확률 1/50 미만의 우량을 사용하지 않는 것으로 한다.	확률강우강도곡선을 이용해 후방집중형 강우과형을 작성한다. 단, 강우지속시간은 실제 호수조절계산을 해서 최대 필요용량을 할당하는 것을 이용한다.	방재조절지 등 기술기준(안) 일본하천협회

<표 20.1> 유출수문곡선 산정 규모 및 강우형태 (계속)

<p>잠정 조절지 계획</p>	<p>아래의 조건을 만족시킬 것 ①홍수 규모가 연초과확률에서 1/3홍수까지는 택지개발 후에 있어서 홍수의 최고 유량 수치를, 조절지하류에 대해 소통가능력의 수치까지 조절 할 것 ②홍수의 규모가 연초과확률에서 1/30홍수에 대해 택지개발 후에 있어서 홍수의 최고유량 수치를 개발 전의 최고유량수치까지 조절할 것 ③조절지하류의 소통가능능력 수치가 개발전 연초과확률 1/3호수의 최고유량 수치보다 클 경우는 그 소통가능 능력 수치에 대응하는 개발 전 홍수의 연초과확률을 가지고 상기 ①의 연초과확률 1/3로 대신하는 것으로 한다.</p>	<p>확률강우강도곡선을 이용해 후방 또는 중앙집중형 강우과형을 작성한다. 강우지속시간은 24시간을 표준으로 한다.</p>	<p>대규모 택지 개발에 따른 조절지 기술 기준(안) 일본하천협회</p>
<p>유역저류 침투시설 계획</p>	<p>설치하는 장소의 기능을 배려하여 유출저감효과를 발휘할 수 있는 규모를 설정하는 것으로 하고, 계획강우는 50 mm/hr상당강우(1/5~2/10년)보다 작지 않도록 한다.</p>	<p>원칙적으로, 중앙집중형 강우과형을 이용하는 것으로 하고 지속시간은 24시간을 기준으로 한다.</p>	<p>유역저류시설 등 기술 지침(안) 일본하천협회</p>
<p>하수도 우수조절 지</p>	<p>아래의 사항을 충분히 배려해서 적절한 규모를 설정한다. ①배수구역에 관계되는 하수도의 우수 배제계획 ②조절지의 구조 형식에 대해 방재상 필요한 안전도 댐식은 1/30~1/50, 굴착식지하식은 1/5~1/10을 표준으로 한다.</p>	<p>계획활동년의 강우강도곡선에 따라 작성한 중앙집중형 우량주상도로 하고, 그 강우 계속 시간은 24시간을 표준으로 한다.</p>	<p>하수도우수 조절기술기준(안) 일본하수도협회</p>

(2) 배수펌프시설규모계획은 아래와 같이 실시한다.

① 연비용 산정

시설규모별로 개략적인 건설비를 산정한 후 연비용을 산정한다. 연비용의 산정식은 다음 식에 따른다.

$$C = \text{건설비의 연이자} + \text{연감가 상각비} = I \times \left[i + \frac{i}{(1+i)^{n-1}} \right]$$

여기서 C : 연비용

I : 건설사업비

i : 이자율

n : 시설의 수명연한

(펌프는 20년, 그 외의 시설은 50년을 사용한다.)

② 연편익산정

연편익은 내수처리시설을 설치함으로써 기대되는 현재의 자산피해 감소 및 토지이용에 따라 예상 연평균피해경감 기대액에서 시설의 연유지관리(가동)비를 뺀 것이다. 예상 연평균피해경감기대액 산정방법은 '제13장 하천치수경제조사'에 따른다.

$$B = b - M$$

여기서 B : 연편익

b : 연평균예상피해경감액

M : 시설의 연유지관리비(可動費) (보통 건설비의 0.5%로 함)

20.3 우수유출저감계획

20.3.1 일반사항

(1) 유출저감시설의 설치에 적절한 유역은 아래와 같이 선정하고 검토대상 유역으로 지정한다.

① 지대가 높고 구릉지가 넓게 분포되어 있는 지구

② 투수능력이 큰 지반이 넓게 분포되어 있는 지구

(2) 유역의 우수 단위처리 대책량에 해당하는 우수를 처리할 수 있도록 우수침투시설, 지구내 저류시설 및 우수지와와의 조합을 아래 방침을 토대로 비교, 검토하여 계획한다.

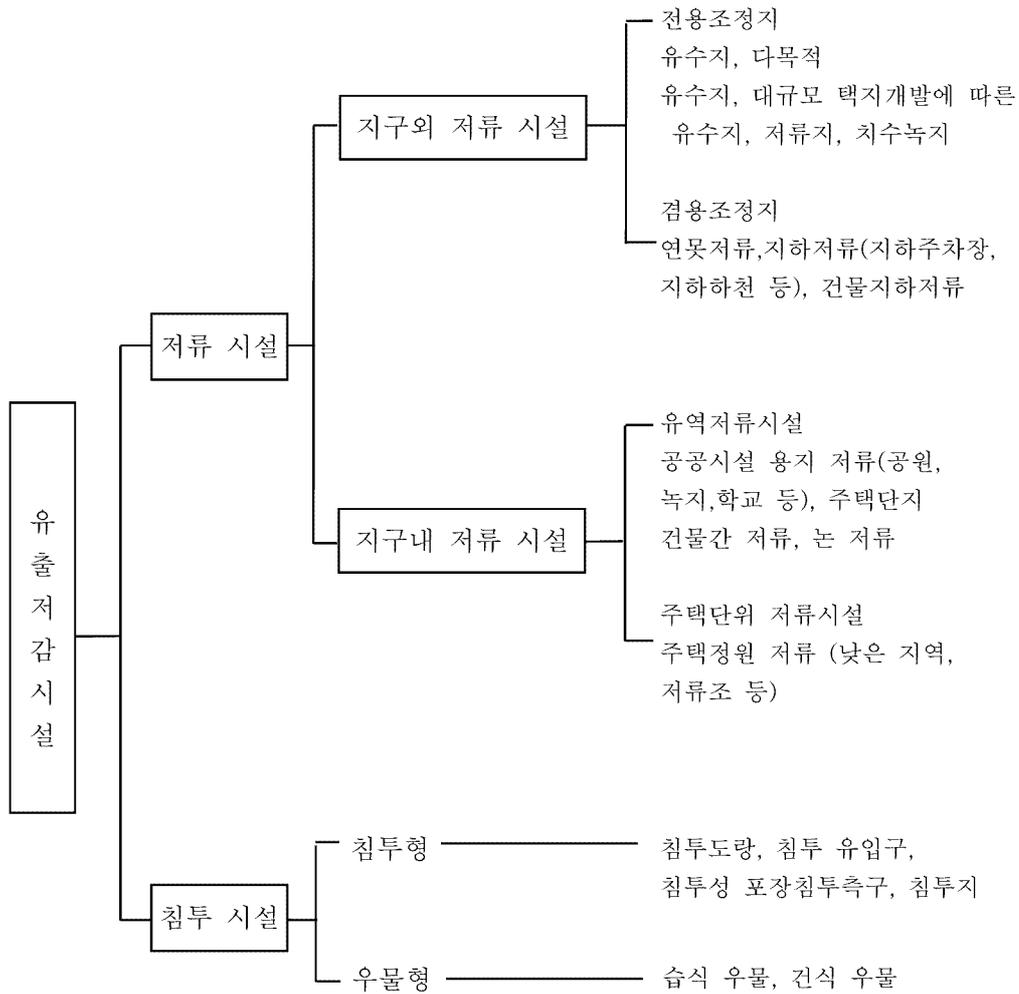
- ① 침투에 의한 유역대책을 적극적으로 행한다.
- ② 지구내 저류에 의한 유역대책을 적극적으로 행한다.
- ③ 침투와 저류에 의한 유역대책을 적극적으로 행한다.
- ④ 저류시설의 경우 빗물 활용대책을 적극적으로 행한다.
- ⑤ 우수지만으로 대처한다.

20.3.2 시설의 종류와 기능

- (1) 유출저감시설은 크게 ‘저류시설’과 ‘침투시설’로 대별되며, 현지의 여건에 맞게 선정하여 설계 및 설치·운영한다.
- (2) 우수저류시설
 우수저류시설을 입지적으로 분류하면 유역의 말단부에 설치되어 유역으로부터 유입된 우수를 조절할 목적으로 설치된 지구외(우수지/펌프장/방재조절지)저류와 유역 내에 내린 강우가 우수관거, 우수지 및 하천으로 유입하기 전에 물을 일시적으로 저류시켜 유출을 억제하는 지구내 저류시설로 분류한다.
- (3) 우수침투시설
 침투형 유출저감시설은 흘러내리는 우수를 전처리용 침사지와 트렌치로 토양의 불포화대를 통과시켜 토양중으로 침투시키는 것이다.

해설

- (1) 우수유출저감시설을 분류하면 <그림 20.2>와 같다.

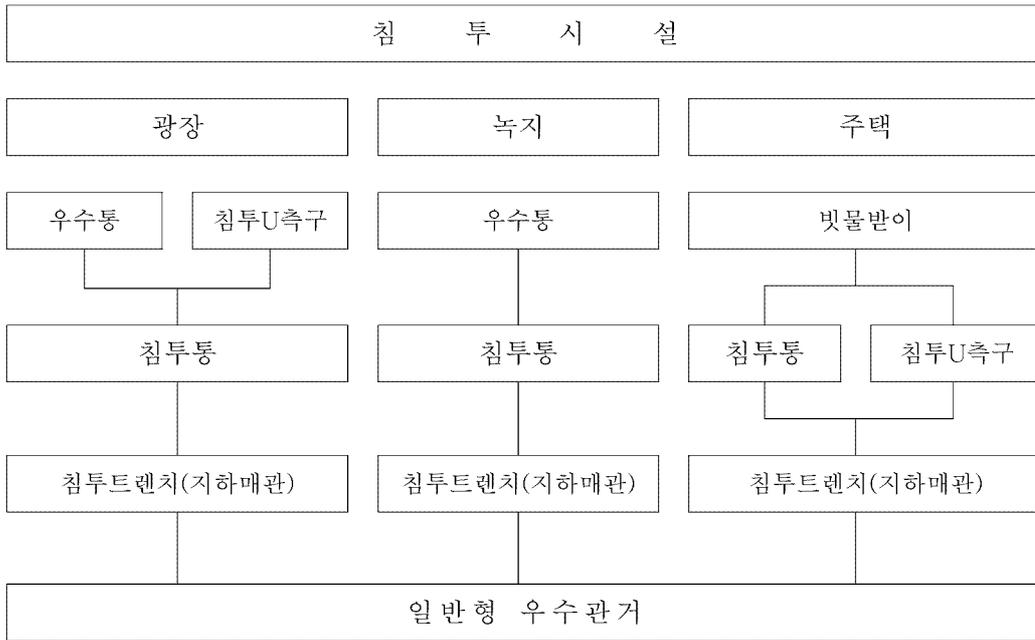


<그림 20.2> 우수유출저감시설의 종류

(2) 저류시설의 분류는 아래와 같다.

- ① 지구외(off-site) 저류시설 : 하천, 호소, 하수도, 수로, 우수관에 빗물을 집수하여 다른 저류공간으로 이송하여 하천으로 직접 유입되지 않도록 유출을 억제하는 것으로서 유수지, 방재조절지가 이에 속한다.
- ② 지구내(in-site) 저류시설 : 빗물의 이동을 최소한으로 억제하여 강우를 내린 장소에 저류하여 빗물유출을 억제하는 방식으로서 공원, 학교, 운동장, 주차장, 공동주택 공간저류 등의 유역저류시설과 각 가정집에서 빗물을 어느 정도 받아서 유출을 억제하는 방법이 있다.

(3) 우수침투시설을 분류하면 <그림 20.3>과 같다.



<그림 20.3> 침투시설의 배치계획도

20.4 내수배제 및 우수유출저감 시설계획

20.4.1 시설의 종류와 기능

(1) 배수로

지구내의 빗물을 모아서 지구 밖의 배수구로 유도하기 위해 배치하는 수로

(2) 방수로

지구 밖의 배수구로 연결해주는 기능을 가진 수로

(3) 배수문

지구의 말단 저수부, 즉 내수하천 하류와 외수하천이 합류하는 부근에 설치하며 홍수시나 만조시 외수의 침입을 막는 기능

(4) 배수펌프 (또는 빗물펌프)

자연배수만으로는 불충분하거나 불가능한 경우에는 배수펌프를 설치하여 배수

(5) 유수지

홍수시 저지대의 우수를 일시 저류시키기 위한 시설물로 유입수를 일단 체류시켰다가 배출함으로써 홍수조절 기능을 수행하는 시설물

해설

(1) 배수로

간선과 지선, 그리고 저류 암거로 이루어진다.

(2) 방수로

하천에 침수로로 연결하여 홍수를 안전하게 배제하기도 하는데 이 침수로도 방수로의 한 종류이다.

(3) 배수문

① 배수문은 내수유역이 비교적 작으며 평지가 대부분을 차지하는 경우에는 배수문 방식이 좋으나 토지이용도나 이용방향에 따라 보조적으로 배수펌프도 생각할 수 있다.

② 홍수시 외수위가 내수위보다 높아져서 외수가 지구내로 역류할 때는 문을 닫아 외수의 침입을 막고 반대로 내수위가 높아지면 수문을 열어 방류하게 된다. 이 배수문에서 제방의 일부를 완전히 절단하여 설치한 것을 일반적으로 수문이라고 하고 제방에 매설된 관에 연결하여 설치한 것을 통수관이라 한다.

(4) 배수제

제내지의 토지이용도가 낮고 침수에 의한 피해정도가 별로 높지 않은 경우 또는 제내지의 지반경사가 급하거나 하천제방까지의 거리가 비교적 짧은 경우에는 배수제가 유리할 때가 많다.

(5) 배수펌프(또는 빗물펌프) 특히 토지이용도가 높은 제내 저평지가 넓은 경우에는 배수펌프가 유리할 때가 많다.

(6) 우수지 또는 저류지

① 우수지는 원래 내수지역 홍수유출량을 저류하여 침투시키거나 서서히 방류할 수 있도록 하는 것이 좋으나, 유출량의 저류 및 우수지 공간의 활용측면에서 이러한 침투와 자연방류는 고려하지 못하고 배수펌프 시설과 조합하여 홍수유출량만을 직접 배출할 수 있도록 하는 경우가 많다.

② 본류하천의 수위가 우수지의 계획홍수위에 도달하기전까지 우수지를 거치지 않고 자연적으로 배수분류 하천으로 방류시킬 수 있는 자연방류시설과 제방을 보호하기 위한 우수지 호안, 그리고 평상시 우수지 바닥이 항상 건조한 상태가 유지되도록 설치되는 도수로로 이루어진다.

20.4.2 저류지 시설계획

(1) 우수저류시설은 도시지역의 택지개발에 따라 변화된 빗물의 유출량을 일시적 또는 영구적 저류에 의해서 조절하기 위하여 설치한다.

(2) 저류시설의 조절기능에 의한 분류는 아래와 같다.

① 해당시설의 조절기능을 일정기간 유지할 것인지 아니면 반영구적 또는 영구적으로 유지할 것인지에 따라서 우수지와 저류지로 분류한다.

② 유출수의 조절기능을 하류하천, 수로 등의 개수, 정비계획에 맞춰서 확보하고, 개수 후에는 시설을 철거하는 것을 잠정저류시설이라 한다.

(3) 저류시설 용량은 배수펌프 시설용량과 반비례하며 유지관리 및 효율과 경제성을 감안하여 계획한다.

(4) 유역저류시설 등은 공공시설용지 등을 이용하여 설치하도록 하며, 공공시설 본래의 이

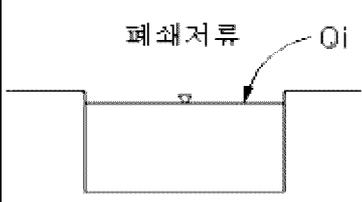
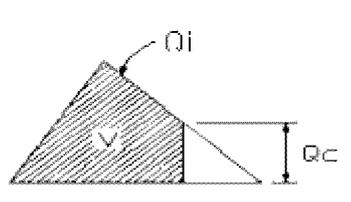
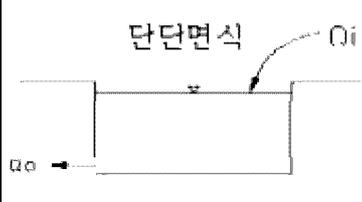
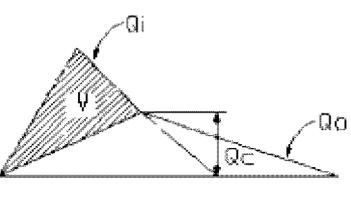
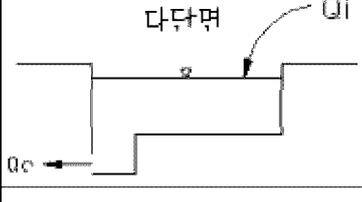
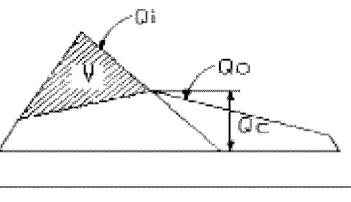
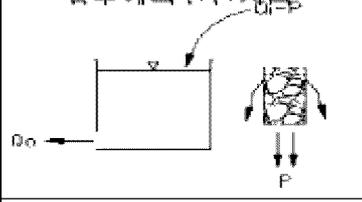
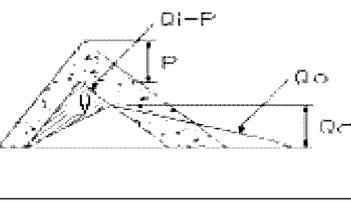
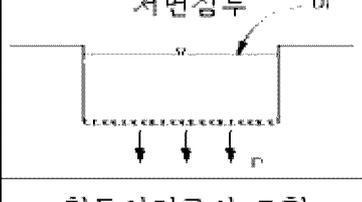
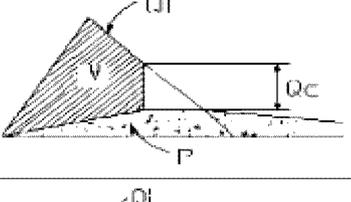
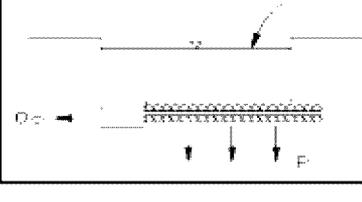
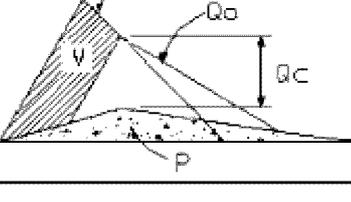
용에 지장이 없는 규모의 구조를 가지도록 한다.

- ① 저류가능면적은 본래의 이용목적과 관련된 형상, 배치에 적합하도록 한다.
 - ② 저류한계수심은 저류시 안전성의 확보 및 시설의 토지이용 목적 등을 고려하여 결정한다.
- (5) 우수저류시설의 위치는 토지이용계획과 지구내 집배수시스템 및 구조적 안전성을 충분히 고려하여 결정한다.

해설

- (1) 저류시설의 기본개념은 아래와 같다.
- ① 저류시설의 조절기능에 따라서 시설의 관리자, 배치계획, 수문 설계가 다른 것이 일반적이다.
 - ② 우수저류시설은 빗물이 집수역에서 유입, 저류, 유출되는 양상에 따라 그 시설 형식과 필요한 용량을 결정한다.
 - ③ 우수저류시설의 기본개념은 <표 20.2>와 같다.

<표 20.2> 우수유출제어시설의 기본개념

시설의 형식	조절과 필요용량의 개념	비고
<p>폐쇄저류</p> 		<p>저류가능용량이 작은 경우는 초기 강우의 차단만으로 침투배제의 효과를 기대할 수 없는 경우가 있다. 배수는 펌프에 의한다.</p>
<p>단단면식</p> 		<p>off site 저류에서는 이 형식이 많다. 지구의 전용조정지, 지구의 겸용조정지 가운데 지하저류 및 상하저류가 이에 해당된다.</p>
<p>다단면</p> 		<p>다단식으로 해서 상단의 침수빈도를 내려 다목적이용을 꾀한다.</p>
<p>침투에 의한 전처리</p> 		<p>침투시설에 의해 우수의 전처리를 하고 침투하지 못했던 우수를 저류시설로 처리한다.</p>
<p>저면침투</p> 		<p>기본적으로는 폐쇄저류인데 투수성이 높은 지반에서는 유효하다.</p>
<p>침투와저류의 조합</p> 		<p>침투시설과 저류시설을 조합한 것으로 담수시간의 단축, 침수빈도의 감소에 효과적이다.</p>

주) Q_i : 유입량, Q_o : 방류량, Q_c : 허용방류량, V : 필요조절용량, P : 침투량

(2) 지구 내 저류시설에 침수 할 수 없을 정도로 유출구역이 크면, 방류량을 허용방류량 이

하로 하기 위해 큰 용량의 지구 외 저류시설이 필요하게 되므로 계획상 불리하게 된다.
 (3) 다음 <표 20.3>은 각 토지이용 목적과, 제약조건, 이용자의 안전성을 고려해서 정한 표준시설의 배치조건으로부터 저류가능 면적률과 저류한계수심 및 침수면적 1ha당의 저류가능용량을 나타낸 것이다.

<표 20.3> 가능 면적률의 표준식과 저류한계수심

토지이용	저류장소	저류가능 면적률 (%)	저류한계 수심 (m)
주택단지	건물 사이 공간의 녹지	40	0.3
주차장	주차공간	84	0.1
초등학교	옥외운동장	33	0.3
중학교	옥외운동장	32	0.3
고등학교	옥외운동장	28	0.3 ※0.5
어린이공원	인공산등을 제외한 광장	60	0.2
근린·도시자연 공원	운동시설용지 광장 등	40	0.3 ※0.5

주1) 저류가능면적률 = 저류가능면적/부지면적

주2) 고등학교, 근린·소규모공원의 경우 안전대책을 고려하여 저류수심을 0.5m로 할수도 있음

주3) 초등학교, 중학교, 고등학교의 저류가능 면적률은 서울시 관내 각급 학교 상황을 나타낸 통계 자료를 사용하였음

주4) 주차장의 저류가능 면적률은 주차장 1개소를 기준으로 주차면의 비율을 80%로 가정함

주5) 주택단지 건물사이 공간저류의 경우 저류가능면적을 40%로 가정함

(4) 저류시설의 설치위치는 아래와 같다.

- ① 지구 내 저류시설은 토지이용계획에 따라 설치위치가 결정되지만 침수 및 배수를 고려하고 하수도 또는 우수관계획과의 관계를 검토할 필요가 있다. 지구 내 저류시설은 방류지점에 가깝게 설치하고 대부분의 유출수가 저류시설에 유입이 가능하도록 계획한다.
- ② 우수저류시설은 구조상 안전한 장소에 설치한다.
- ③ 기타 해당지구에서 침수로 인한 피해를 최소화 할 필요성이 있을 때는 지구 외 저류시설을 고려한다.
- ④ 성토된 지면위에 설치한 경우는 성토사면의 침식과 활동에 대하여 검토하고, 절토부에 설치한 경우는 지층, 침투수에 따른 침식과 활동에 주의한다.

20.4.3 침투시설계획

침투시설의 조사·계획은 아래와 같이 분류한 네가지 목적별로 각각 검토순서 및 검토내용이

다르다.

(1) 종합적 치수계획에서의 유역대책량 검토

종합적 치수계획상에서 우수침투로 기대되는 유역대책량을 검토하는 경우이며, 조사·계획 목적은 유역대책량의 산정이다.

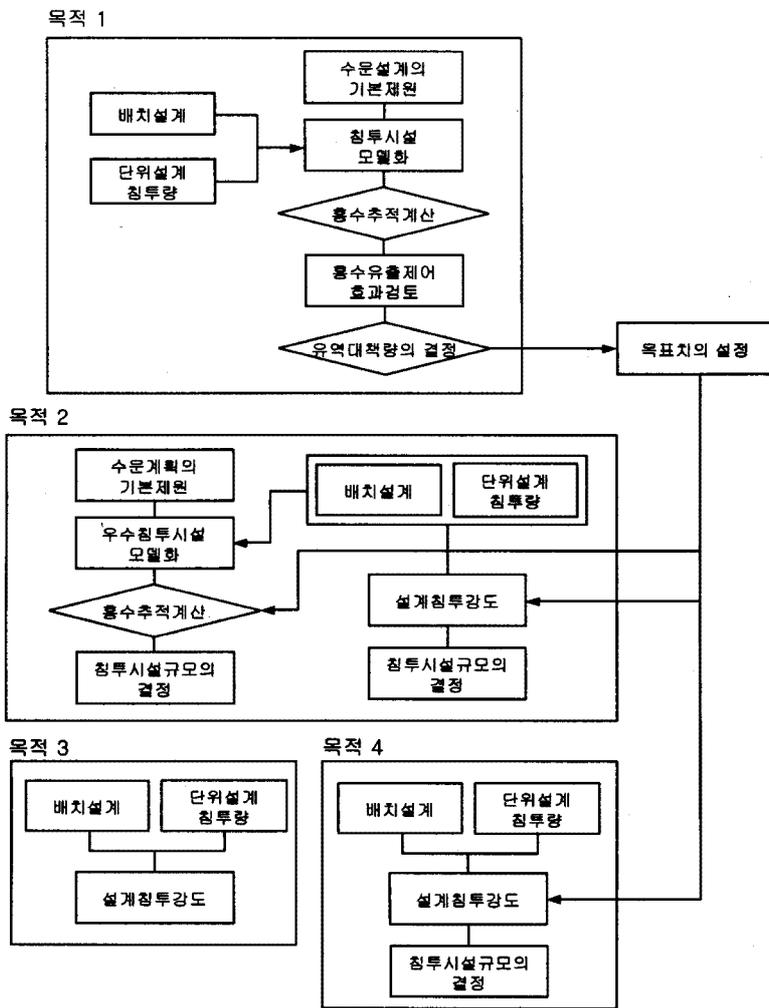
(2) 대규모 지구에서의 침투시설의 조사 및 계획

일정한 유출저감 대책이 요구되는 대규모 지구에 침투시설을 설치하는 경우이며, 조사·계획 목적은 설정된 목표치를 만족하는 침투시설의 규모를 결정하는 것이다.

(3) 소규모 지구에서의 침투시설의 조사 및 계획

(2)에 해당하지 않는 소규모 지구로 목표치가 주어지지 않은 경우이며, 목표치를 대상지구의 특성에 따라 독자적으로 설정하고, 설치하는 침투시설의 설계 침투량 또는 설계침투강도와 목표 대책량이 같도록 시설의 규모를 결정한다.

침투시설의 수문시설계획 순서는 <그림 20.4>와 같다.



<그림 20.4> 수문시설계획의 순서

20.4.4 배수펌프 시설 계획

(1) 펌프용량과 대수결정은 아래와 같이 실시한다.

① 펌프용량은 유역의 유출특성과 우수지구모에 따라 결정하며 대당용량은 계획 배수량, 내수유출특성, 증소 홍수시의 조작, 펌프설비에 연결된 수로의 특성, 제내지의 침수형태 등을 고려하여 결정하여야 한다.

② 펌프의 설치대수는 계획배수량을 기준으로 하여 부지면적, 관리의 용이성, 건설비, 효율을 검토하여 정하며, 10% 이상의 예비용량을 확보하며, 최소한 1대 이상의 예비 기기를 확보한다.

③ 펌프의 설치대수는 일반적으로 2대 이상 10대까지가 표준이다.

(2) 펌프의 양정계획은 아래와 같이 실시한다.

① 펌프의 배수량은 양정에 따라 변하므로 계획 실양정은 분류의 외수위 변동과 내수위 변동간의 관계, 펌프의 특성을 검토하여 결정하여야 한다.

② 계획실양정은 외수계획고수위와 내수의 저수위(L.W.L) 수위차의 70~80% 범위로 한다.

③ 총양정은 계획실양정에 스크린부터 토출구까지의 총손실양정을 추가하여 구한다.

(3) 펌프장의 설치위치는 아래와 같이 실시한다.

① 펌프실은 되도록 흡수정 가까이 둔다.

② 펌프의 설비위치는 수리적으로 유리하도록 흡수정과 최대한 가깝게 한다.

③ 실내의 펌프배열은 운전 및 유지관리에 편리하고 유리하도록 하여야 한다.

④ 홍수시 유도전동기와 배전설비 등의 안전을 고려하여 될 수 있는 한 계획외수위보다 높은 장소에 설치하여야 한다.

- (1) 펌프의 설비위치는 흡수면과의 높이차를 작게 하여야 한다. 소형의 펌프라도 최고 6m를 한도로 하고 대형 고속도의 펌프에서는 캐비테이션(cavitation) 발생한도보다 낮게 하여야 한다.
- (2) 펌프장 바닥은 지반면에서 10~20cm 높게 하도록 한다.
- (3) 운전조작, 보수점검, 분해수리에 지장을 주지 않도록 기계의 주위에는 충분한 공간을 두어야 한다.
- (4) 펌프를 설치하는 바닥면을 불가피하게 지반면 보다 낮게 하는 경우에는 실내의 배수를 특히 고려할 필요가 있다.

제 21 장 이수계획

21.1 일반사항

21.1.1 적용범위

본 장은 하천유역의 수자원의 개발, 이용, 관리 및 보전을 위한 기본적인 계획과 정책방향을 제시하는 이수계획에 적용한다.

21.1.2 용어의 정의

- (1) 수자원 총량 : 유역에서의 평균강수량에 유역면적을 곱하여 얻은 수량
- (2) 수자원 부존량(賦存量) : 수자원 총량에 유출율을 곱하여 얻은 수량
- (3) 물수지 분석 : 한 유역의 장래 안정된 용수수급을 계획하기 위하여 유역내 장래의 용수 수요와 기준갈수년도의 자연유량을 비교함으로써 유역내의 하천에서의 물수지를 예측하고, 용수가 부족할 경우, 용수를 공급할 댐의 위치나 규모 등을 결정하는 작업
- (4) 갈수량 : 1년을 통하여 355일은 이보다 더 작지 않은 유량
- (5) 자연유량 : 하천유역이 전혀 개발되지 않고 인위적인 물사용이 없는 상태 하에서의 하천유량
- (6) 하천유지유량 : 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량
- (7) 하천유지용수 : 하천유지유량 개념에 따라 수자원 계획 차원에서 설정하는 유량
- (8) 하천관리유량 : 하천유지유량과 유수점용(流水占用)을 위하여 필요한 이수유량을 합한 유량
- (9) 순물소모량 : 생활, 공업, 농업 등의 이수에 의한 물소모량에서 자연 식생 상태하의 물소모량을 뺀 값
- (10) 갈수(渴水) : 자연현상에 의하여 물의 수요와 공급의 관계가 균형을 상실한 현상
- (11) 갈수조정(渴水調整) : 갈수시에 수리권자(水利權者)가 필요수량을 확보할 수 없는 경우에 수리권자 사이에서 취수제한 등을 통하여 이루어지는 수리조정(水利調整)을 말함

21.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 장과 법규는 아래와 같다.

- (1) 본 설계기준
 - ① 제4장 유역특성조사
 - ② 제15장 하천유역종합계획
- (2) 법규

하천법 제23조(수자원장기종합계획의 수립), 제51조(하천유지유량)

21.2 이수계획

21.2.1 일반사항

- (1) 이수계획은 이수뿐만 아니라 치수와 환경 측면을 고려하여 조화롭게 수립되어야 한다.
- (2) 이수계획은 갈수시에 하천을 적절하게 관리하기 위해 하천유역의 주요지점에서 하천의 정상적인 기능과 상태를 유지하는데 필요한 유량을 설정하고, 장래 하천유역 개발과 사회경제 발달에 따른 용수수요 예측과 공급, 그리고 수자원 이용의 극대화를 위한 정확한 개발수량의 산정을 목표로 한다.
- (3) 이수계획은 수자원 부존량의 산정, 용수수급 현황의 파악, 용수 수요량의 산정 및 예측 그리고 물수지 분석의 절차에 따라 수립한다.

21.2.2 수자원 부존량의 산정

- (1) 전국적으로 분포된 우량관측소에서 측정된 최소한 30년 이상의 연강수량을 가지고 유역 또는 해당 하천유역별로 월별 및 연별 평균강수량을 산정해야 하며 이때 전국적인 강수량의 공간분포 특성을 파악한다.
- (2) 해당유역 내에 분포하는 수위관측소의 일수위나 일유량 자료를 이용하여 연평균 유출량을 산정한다.
- (3) 어느 유역에서의 수자원 총량은 유역에서의 평균강수량에 유역면적을 곱하여 얻고, 수자원 부존량(賦存量)은 수자원 총량에 유출률을 곱하여 얻는다.

해설

- (1) 우량자료 관측기간이 짧을 경우에는 지점별로 보완하여 공간적인 분포양상을 상세히 파악하는 것이 더 유리하다. 또한 월별 강수량에 대해 계절별 분포특성을 조사하고 계절적인 편중현상을 파악한다.
- (2) 소하천 유역에서는 충분한 유출량 자료를 얻기가 어려울 때에는 유출률(보통 60%를 사용)을 이용하여 유역의 유출량을 산정한다.

21.2.3 용수수급현황의 파악

이수계획을 위해서는 하천수, 지하수 및 댐 저수지에 의한 용수공급량과 생활용수, 공업용수, 농업용수 및 하천유지용수의 이용 현황을 파악하여야 한다.

- (1) 용수는 용도에 따라서 생활용수, 공업용수, 농업용수 및 하천유지용수로 분류된다.
- (2) 용수수급현황은 가급적 현장조사를 실시하여야 하며, 기존자료를 활용하는 경우 여러

검증절차를 거쳐서 정확성 있는 현황을 파악하도록 해야 한다.

21.2.4 용수수요의 예측 및 산정

- (1) 단기 수요예측의 추정은 현재의 수요증가 추세와 구체적으로 결정된 각종 용수수요와 공급계획을 바탕으로 비교적 정확하게 예측하여야 한다.
- (2) 장기 수요예측은 장래의 인구, 산업구조 및 물 사용형태 등에 대한 정책을 반영하여 추정함으로써 정확도가 떨어질 수도 있으므로 단기 수요예측을 함께 이용하는 것이 좋다. 다목적 댐이나 이수용 저수지에서의 수요예측은 계획하고 건설하는 기간을 포함하여 최소한 30년 이상을 내다보고 시행한다.
- (3) 용수수요의 산정은 아래와 같이 실시한다.
 - ① 생활용수
 - (가) 생활용수량은 과거와 목표년도의 총인구, 1인 1일 평균급수량을 바탕으로 산정 한다.
 - (나) 1인 1일 평균급수량은 수도시설의 종류와 용도에 따라 사용기간대별 부하율을 적용한다. 이 밖에도 계곡수나 지하수를 이용한 생활용수 수요량을 고려할 필요가 있다.
 - ② 공업용수량은 공장부지 면적, 제조업 출하액 또는 종업원수와 공업용수 원단위를 바탕으로 산정 한다.
 - ③ 농업용수는 논용수량, 밭용수량 및 축산용수량으로 구분하여 산정 한다.
 - ④ 하천유지용수는 갈수량과 항목별 필요유량 중에서 최대치를 기준으로 산정 한다.

해설

- (1) 수요예측은 단기수요예측과 장기수요예측으로 나누어지며, 그 종류에 따라 수요예측 방법과 예측 정확도가 달라진다.
- (2) 수요예측의 대상에 대한 과거 및 현시점에서의 물 이용과 관련된 자료는 다음과 같은 것이 있다.
 - ① 생활용수 : 총인구, 상수도 보급률, 1인1일 급수량(최대, 평균)
 - ② 공업용수 : 업종별 원단위(原單位), 공장부지면적, 회수율 등
 - ③ 농업용수 : 수리안전답면적, 수리불안전답면적, 관개밭면적, 이양용수량, 조용수량(粗用水量), 수리답률, 가축사육두수, 축산원단위
- (3) 생활용수량은 아래와 같이 인구, 상수도보급율, 1인1일 평균급수량을 감안하여 산정 한다.

$$\begin{aligned} \text{생활용수량} &= \text{급수인구} \times \text{1인 1일 평균급수량} \\ &= \text{총인구} \times \text{상수도 보급률} \times \text{1인 1일 평균급수량} \end{aligned}$$

- (4) 공업용수는 공업분야에서 사용되는 보일러용수, 원료용수, 제품처리용수, 세정용수, 냉각용수, 온도조절용수 등을 말하며 아래와 같이 산정 한다.

$$\text{공업용수량} = \text{공장부지 면적(또는 제조업 출하액)} \times \text{공업용수 원단위}$$

- (5) 공업용수로 사용되는 담수의 총량은 담수사용량이라고 하는데, 이것은 하천이나 지하수

로부터 취수하는 수량(담수보급량)과 공장 내에서 반복이용하는 수량(회수수량)으로 구성된다. 회수율(回收率)은 담수사용량에 대한 회수수량의 비를 말하는데, 현재는 50~60%대에 달하고 있다.

(6) 상수도에 의하여 공급되는 농업용수는 생활용수 수요산정 시 중복되지 않아야 한다.

(7) 농업용수는 다음과 같이 산정한다.

$$\text{농업용수량} = \text{수리안전담 면적} \times \text{수리안전담의 원단위} + \text{수리불안전담 면적} \times \text{수리안전담 원단위의 70\%} +$$

$$\text{관개발면적} \times \text{관개발의 원단위} + \text{가축사육두수} \times \text{축산용수 원단위}$$

(8) 논용수는 4월말부터 9월말 동안의 관개기에만 사용하며 다른 기간에는 거의 사용하지 않으며, 이앙기(移秧期)에는 다량의 물이 사용되어 용수이용의 계절적 변화가 크다. 수리안전담의 원단위로서는 이앙기의 이앙용수량(약 140mm)과 본답기(本畝期)의 조용수량(粗用水量)의 합을 사용한다. 이때 조용수량은 다음과 같이 구성된다.

$$\text{① 필지용수량(筆地用水量)} = \text{증발산} + \text{침투량} + \text{재배관리용수량(재배관리를 위한 낙수의 양)}$$

$$\text{② 순용수량(純用水量)} = \text{필지용수량} - \text{유효우량}$$

$$\text{③ 조용수량} = \text{순용수량} / \text{시설관리손실률}$$

여기서 시설관리손실률은 송수손실이나 용수의 배분관리에 따른 손실률로서 약 15~30%가 된다.

(9) 발용수는 최근 발관개 시설의 정비와 함께 작물의 다양화나 고품질화라는 사회적 요청에 따라 증가하는 경향이 있다.

(10) 축산용수는 소, 돼지, 닭 등 가축의 사육두수와 각각의 축산용수 원단위를 곱하고 그 합을 구하여 얻는다.

(11) 하천유지용수 산정 시 항목별 필요유량은 하천유지유량 산정 시 고려하는 하천의 정상적인 기능 유지에 필요한 각각의 유량이다.

21.2.5 물수지 분석

(1) 기준갈수량은 각 해의 갈수량 중에서 10년에 1회 정도 발생한다고 생각되는 갈수량을 말한다. 기준갈수량은 10년간의 갈수량에서 최소값으로 하거나, 각 해의 갈수량으로부터 확률처리하여 구하는데, 전문가 그룹과 중앙하천 심의회의 심의를 거쳐 결정하여야 한다.

(2) 물수지 분석은 본격적인 수자원 개발이 시작되기 전의 갈수년이나, 해당 하천구역의 대상지점에서의 기준갈수량을 기준으로 유역 특성에 적합한 모형을 이용하여 수행한다.

(3) 물수지 분석에서는 소유역별로 장래의 시기별 용수수요량과 하천의 자연유량을 비교하여 물 부족 여부를 검토한다.

(4) 실측유량과 유역상류에서의 농업 및 생공용수의 순물 소모량의 합을 더하여 자연유량을 산정 한다.

(5) 농업용수 순물 소모량은 농경지 이전의 초지 상태를 자연상태로 가정하여 농경지의 물 소모량에서 초지의 물 소모량을 빼서 구한다.

(6) 생·공용수의 순물 소모량은 공급수량에서 회귀수량(回歸水量)을 빼서 얻는데, 일반적으로 공급수량의 65~90%(회귀수의 비율)로 추정한다.

해설

(1) 자연유량은 다음과 같이 산정 한다.

$$\text{자연유량} = \text{실측유량} + \text{순물소모량(농업 및 생공용수)}$$

(2) 순물 소모량 산정 시 생활용수는 여름에는 약간 증가하고 겨울에는 감소하므로 연수요량에 월별 변화율을 적용하고, 공업용수는 연중 균일하게 사용된다고 본다.

21.3 하천관리유량

21.3.1 하천관리유량의 개념

하천관리유량은 적절한 하천관리를 위하여 설정하는 유량으로서 전체적으로 볼 때 하천의 제반기능을 충족시킬 수 있도록 하천에 흘러야 할 유량이다.

21.3.2 계획기준점

- (1) 하천관리유량을 산정하기 위한 계획기준점은 과거 자연상태에서 측정된 수문자료를 충분히 얻을 수 있는 지점으로서 하천유역 수문해석의 기준역할을 담당한다.
- (2) 계획기준점은 우선 유역이 전혀 개발되지 않은 자연상태에서 장기 유량자료, 즉 관측된 수위와 수위-유량관계곡선을 얻을 수 있는 지점이어야 한다.

해설

- (1) 계획기준점은 현실적으로 하천유역에 있는 수위관측소 중에서 여러 곳을 설정해도 좋으나 주요지점은 이수계획, 홍수방어계획 및 하천수질보전계획과 밀접한 관계가 있는 지점을 선정한다.
- (2) 단기 유량자료 밖에 없는 경우는 단기간의 강우-유출관계로부터 모형을 설정하고, 장기의 강우자료를 모형에 입력시켜 장기유량을 산정 하는 방법, 인접 유사유역에서 측정 한 장기유량과 해당지점의 유량간의 상관식을 이용하여 추정하는 방법, 인접 유사유역에서 측정한 장기유량을 이용해서 비유량(比流量)의 비에 의해 해당지점의 유량을 추정 하는 방법 등을 이용한다.

21.3.3 하천관리유량의 산정

- (1) 하천관리유량은 하천유지유량에 이수유량을 더하여 산정 한다.
- (2) 하천유지유량은 갈수량을 기준으로 산정하되, 하천 수질 보전·하천 생태계 보호·하천 경관 보전·염수 침입 방지·하구막힘 방지·하천 시설물 및 취수원 보호·지하수위 유지를 위한 필요유량을 감안하여 산정 한다.
- (3) 갈수량은 과거 자연상태 하천에서 갈수기에 흘렀던 유량으로서 자연과 사람이 공유할

수 있는 최소한의 유량을 말하며 기준갈수량, 평균갈수량을 산정한 후 해당 하천의 규모나 특성 및 유량공급 가능성을 고려하여 결정한다.

- (4) 이수유량은 하천에서 실제로 취수되는 유량으로서 기득 및 허가수리권에 해당되는 유량을 말한다.
- (5) 유수점용 허가를 받은 수리권수량 뿐만 아니라 아직 파악되지 않은 이수유량에 대해서도 충분히 조사하여 그 목적, 수량, 사용기간 등을 명확히 한다. 또한 이수유량을 이용한 후, 하천으로 회귀하는 회귀수량도 파악한다.

해설

- (1) 하천 수질 보전에 필요한 유량은 환경기초시설 등으로 최대한 처리 한 후 남은 오염부하량을 처리하는데 필요한 유량을 말한다.
- (2) 하천 생태계 보호에 필요한 유량은 하천 내 동식물의 서식처 유지에 적절한 수심, 유속 등 수리 조건을 제공할 수 있는 유량을 말한다.
- (3) 하천 경관 보전에 필요한 유량은 하천이 풍부하고 정서적으로 안정된 분위기를 제공할 수 있는 자연공간으로 유지될 수 있도록 시각적으로 만족감을 느낄 수 있는 최소한의 유량을 말한다.
- (4) 염수 침입 방지에 필요한 유량은 바닷물이 하구로 침입하여 염분 농도가 높아지면 하천수를 직접 이용할 수가 없게 되므로 이를 억제하거나 침입을 방지할 수 있는 최소한의 유량을 말한다.
- (5) 하구막힘 방지에 필요한 유량은 하구의 유속 감소로 인해 하구에서 토사의 퇴적과 해안 모래의 침입 등으로 하구가 막혀 유수소통에 지장을 초래할 수 있으므로 이를 제거하기 위한 유량을 말한다.
- (6) 하천 시설물 및 취수원 보호에 필요한 유량은 하천수위가 낮아져 물 속에 잠겨있던 하천시설물이 노출되어 부식되는 것을 방지하거나 또는 취수원 수심 확보를 위해 필요한 유량을 말한다.
- (7) 지하수위 유지에 필요한 유량은 하천 주변의 지하수위가 하천유량의 증감에 따라 직접적인 영향을 받기 때문에 하천변에서 안정적으로 지하수위를 유지할 수 있는 유량을 말한다.

21.4 갈수대책

21.4.1 갈수의 정의 및 종류

- (1) 갈수(渴水)는 물의 수요와 공급의 관계가 자연현상에 의하여 균형을 상실한 현상을 말하는 것이다.
- (2) 갈수는 계획기준년(10년 빈도의 갈수년)의 범위내의 강우나 유량에 의하여 발생하는 기준내갈수와 계획기준년을 초과하는 극소의 강우나 유량에 의하여 발생하는 이상갈수(異常渴水)로 나눌 수 있다.

해설

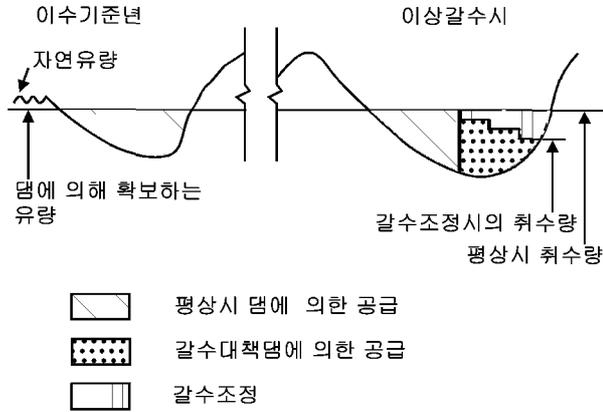
- (1) 기준내갈수는 수자원개발 이전에 잠정적으로 취수가 검토되어 있는 불안정취수와 같이 수자원개발이 계획수준에 도달되지 않고 있기 때문에 발생하는 갈수와 언제 발생할지 모르는 이상갈수에 대처하기 위하여 저수위(貯水位)가 낮아졌을 때 미리 급수제한이나 절수를 시작함으로써 발생하는 갈수로 구분할 수 있다.
- (2) 이상갈수는 계획기준년을 초과하는 경우에 발생되며 갈수대책시 과거자료를 바탕으로 이를 고려한 계획수립이 요망된다.

21.4.2 갈수대책

- (1) 갈수대책에 관한 각종 시책을 종합적 혹은 계획적으로 실시하기 위해서는, 지역마다 갈수대책을 종합적으로 책정할 필요가 있다. 종합적인 갈수대책에 있어서는 시설계획과 같은 구조물적 대책과 갈수조정과 같은 비구조물적 대책을 강구함과 함께, 공급측면 뿐만 아니라 수요측면에서도 각종의 대책을 세워야 한다.
- (2) 이상갈수시 기존의 댐용량으로 부족한 수량은 갈수조정과 갈수대책용량으로 보충한다. 10년 빈도의 갈수까지는 계획대로 취수제한 없이 물을 공급하지만, 그 이상의 갈수대책 으로서는 갈수조정을 통하여 취수를 제한하면서 물 공급을 가능하게 하기 위한 저수용량을 설정하여야 한다.
- (3) 갈수조정은 단지 물 이용이 곤란하게 되었을 경우 수리권자 상호간의 조정뿐만 아니라, 미리 댐의 저수상황, 하천의 유황, 기상상황을 종합적으로 고려하여 사전에 대응하여야 한다.
- (4) 갈수가 예상되는 하천에서는 하천관리청과 수리권자로 이루어진 갈수조정 협의회와 같은 조직을 구성할 필요가 있다. 갈수조정은 수리권자간의 협의로 이루어지지만 협의가 성립하지 않는 경우에는 하천관리청이 필요한 알선 및 조정을 한다.
- (5) 갈수조정에 있어서는 취수제한의 개시시기, 제한율, 각종 댐의 운용방법 등 갈수조정의 규칙을 확립하여야 한다. 갈수조정의 취수제한율은 용수나 수리권의 종류에 관계없이 일정하게 적용되기도 하나, 일반적으로 생활용수가 농업용수나 공업용수보다 작게 적용된다.
- (6) 기존시설의 유효활용에 의한 긴급대책으로서의 댐군의 연계활용을 이용 한다.
- (7) 송배수관의 누수방지, 절수형 기기의 보급, 요금 및 가격설정 방식을 통하여 수요를 줄이는 방안을 강구한다.
- (8) 도시역내의 빗물이나 배수(排水)의 유효이용을 도모하며, 하수처리수는 잡용수로 재이용되도록 촉진하고, 화장실용수, 도로나 공원에서의 관리용수 및 공업용수로서 활용하는 방안을 강구하여야 한다.

해설

- (1) 갈수대책댐은 이상갈수의 대책으로서 통상의 이수용량과는 별도로 이상갈수시의 사회 활동을 유지하기 위하여 최소의 생활용수, 도시용수를 공급하기 위한 저수용량(갈수대책용량)을 확보하는 것은 이상갈수시의 사회적 혼란을 방지하는 데에 매우 중요하다. 갈수대책댐은 이상갈수시의 갈수대책 용량을 확보하기 위한 댐이다.



<그림 21.1> 갈수대책댐의 운용

- (2) 댐군의 연계운동을 위하여 인접한 기존댐군을 연결수로 연결하여 무효방류를 다른 댐에 저류하는 것에 의하여 기설 댐용량을 유효하게 이용할 수 있다.
- (3) 갈수시에는 공급수원이 감소하고 있으므로 수요자측의 물관리로서 수요를 줄이는 방법을 고려한다.
- (4) 절수를 촉진하는 요금 및 가격설정 방식에는 사용량이 증가할수록 요금이 기하급수적으로 높게 되는 누진형(累進型) 요금체계, 계절요금 및 절수에 대한 각종 장려요금 등이 있다.
- (5) 절수형 사회시스템의 형성을 위해서는 빗물 저류시설이나 배수 재 이용시설 등을 설치한 주택이나 건축물의 건설을 촉진하는 세제(稅制)혜택이나 저리용자의 지원책을 강구하는 것이 필요하다.

22.1 일반사항

22.1.1 적용범위

본 장은 내륙 주운수로를 계획하는데 기본이 되는 표준적인 설계기준을 제시한다.

22.1.2 용어의 정의

- (1) 주운 : 선박으로 화물을 수송하거나 교통하는 일
- (2) 주운수로 : 선박이 다닐 수 있도록 수심이 유지될 수 있는 수로
- (3) 갑문(lock) : 수위차가 있는 하천 또는 수로간에 선박을 다니게 하기 위한 구조물

22.1.3 관련규정

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정을 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정은 아래와 같다.

- (1) 본 설계기준
 - ① 제18장 하도계획
 - ② 제30장 수문
 - ③ 제35장 하구시설
- (2) 관련규정
 - ① 댐 설계기준(한국수자원학회, 2005)
 - ② 항만 및 어항 설계기준(해양수산부, 2005)

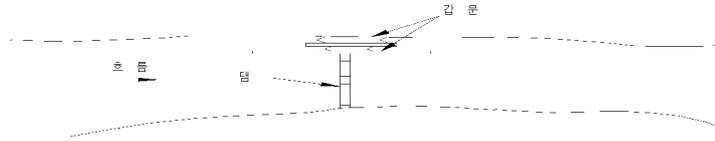
22.2 주운수로

22.2.1 주운수로 형태의 결정

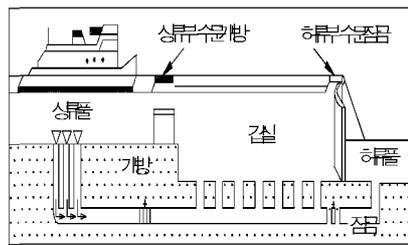
- (1) 내륙 주운수로의 형태는 자연하천 주운수로, 운하화한 주운수로(이하 준운하 주운수로라 한다), 그리고 운하 주운수로로 구분한다.
- (2) 하천수로 구간에서의 주운수로 개발형태의 선택은 지역조건에 의해서 선정되며, 궁극적으로는 물동량 수송을 고려한 경제성 분석에 기초하여 선택된다.
- (3) 주운수로는 선박의 원활한 운영을 위하여 수로 수심과 폭 확보가 가능한 수량이 확보되어야 하며, 자연친화적인 건설이 되도록 계획한다.

해설

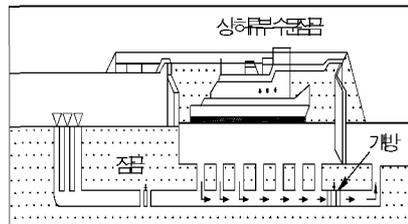
- (1) 자연하천 주운수로는 수심, 수로폭, 수로의 안정화 대책, 유지관리를 위한 준설을 하지 않으며, 상류의 저수지 운용에 의한 유량의 증대가 없이도 연중 상업운항이 가능한 적절한 수로규모와 유속을 제공할 수 있는 자연수로를 말한다.
- (2) 자연하천 주운수로의 조건을 충분히 갖추지 못한 자연하천 수로에서는 다음과 같은 하천공사를 통해서 주운에 필요한 조건을 만족시켜야 한다.
 - ① 주운에 필요한 수심을 확보하기 위한 상류 저수지의 저수량 증대
 - ② 운항에 필요한 적정 수로규모를 제공하고 이를 유지하기 위한 수로와 같은 정비와 안정화 공사
 - ③ 주운이 가능한 수심을 제공할 수 있는 준설공사의 실시
 - ④ 홍수를 제어할 수 있는 제방의 축조
 - ⑤ 주운수로가 감당할 수 있는 이상으로 유입되는 하천유량(홍수유량)을 분수(分水)할 수 있는 시설공사
- (3) 그 밖의 자연적인 제약조건들로는 고속류, 갈수기 동안의 수심감소, 하천유량과 수위의 변동, 홍수수문곡선의 감수기에 발생하는 퇴사 등이 있을 수 있다.
- (4) 준운하 주운수로는 자연 하천수로에 갑문(lock)과 댐을 설치하여 유속이 느린 수로(pool)를 차례로 형성하여 선박의 운항에 필요한 수심을 제공할 수 있도록 한 수로이다(<그림 22.1>).
- (5) 준운하 주운수로는 선박의 운항을 위한 적절한 수로수심과 폭을 제공할 수 있도록 하여야 하며, 이를 위하여 다음과 같은 사항이 필요하다.
 - ① 준운하는 수로의 안정화와 정비를 위해서 수시로 준설이 필요하며, 허가된 수로규모를 유지하여야 한다.
 - ② 웅덩이의 상류부 끝에서 적정규모의 수로(폭과 수심)를 유지할 수 있어야 한다.
 - ③ 갑문은 수위가 다른 수면사이를 선박이 통과할 수 있도록 하는 구조물로서, 갑문의 양단에는 수문이 있으며 상류부 웅덩이로부터 갑실(lock chamber)에 물을 채웠다가 하류부 웅덩이로 물을 배제하도록 시설되어야 한다(<그림 22.2 a~c>).
 - ④ 갑문은 유량이 적은 하천에서는 운항에 필요한 적정수심을 제공하여야 하며, 급경사 수로에서는 운항에 필요한 유속이상의 급한 유속문제를 보완하여야 하며, 폭포나 급류부에서는 다른 방법으로 적정수심을 유지하도록 해야 한다.
- (6) 운하 주운수로는 암석의 돌출부부분이나 급류를 우회하거나 두개의 수체(水體)를 연결하여 운항거리를 단축하기 위해서 땅을 굴착하여 인공적으로 형성한 수로를 말한다.
- (7) 운하제방은 선박의 운항에 의한 물 흐름과 파랑, 바람 등에 의한 침식을 줄이기 위해서 보강공사를 포함한 안정화 공사를 실시해야 한다.



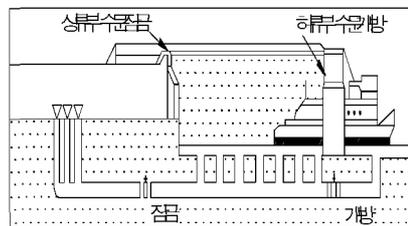
<그림 22.1> 댐과 갑문으로 구성되는 주운수로의 배치도



그림a: 물이관개지방 배밭잠 → 상류수위차물채운후상하이진입



그림b: 물이관개지방 배밭잠 → 하류수위차갑문을차킨후



그림c: 물이관개지방 배밭잠 → 하류수위차갑문을차킨후
상하이갑문을닫

<그림 22.2 a~c> 갑문의 구성과 운전방법

22.2.2 주운 장비

주운장비는 선단에 좌우되며, 특히 바지선의 수는 수로의 특성에 따라 결정하여야 한다.

- (1) 예인선이 바지를 예인하는 방식의 선단은 그 비효율성으로 인해 거의 이용되지 않고, 현재는 주로 자주식·무동력·추진식 바지 등으로 선단을 구성하고 있다.
- (2) 바지선은 미국의 경우 49.5m×8.25m×2.70m(적재 중량 900톤)를 표준규격으로 채택하고 이를 갑문설계에 적용하고 있다. 유럽에서는 70m×9.5m×3.50m크기의 유럽 I형의 시대를 거쳐, 현재는 76.5m×11.4m×3.50m의 유럽 II형이 주로 사용되고 있다(<표 22.1> 참조)
- (3) 바지선은 무개식, 유개식, 탱크 바지선 등으로 구분한다.
 - ① 무개식(無蓋式) 바지선(open hopper barges) : 석탄, 모래, 자갈 등과 같은 산화물(散貨物)을 운반하는데 적합하다.
 - ② 유개식(有蓋式) 바지선(covered hopper barges) : 곡물, 혼합화물 등과 같이 기상조건에 따라 영향을 받는 화물을 운반하는데 적합하다.
 - ③ 탱크 바지선(tank barge) : 각종 유류와 화공약품(원료) 등을 운반하는데 적합하다.

<표 22.1> 유럽식 바지선의 제원

구 분	크 기
전장	76.50 m
선폭	11.40 m
선체 깊이	3.50 m
갑판 적재용량	2,480 m ³
적재시 최대 흘수심	3.40 m
적재시 운영가능 흘수심	2.80 m
적재시 최소 흘수심	1.50 m
선체 무게	365 t
빈 흘수심	0.50 m
최대 하중 (흘수심 = 3.40 m)	2,407 t
운영가능 하중 (흘수심 = 2.80 m)	1,891 t
최소 하중 (흘수심 = 1.50 m)	875 t

- (4) 이외에도 콘테이너 운반 바지선, 특정물질(주로 가스 및 화공원료류)을 특정한 온도와 압력으로 운반하기 위한 특수목적의 바지선과 초대형 바지선이 있다.
- (5) 특히 환경준설의 부산물인 저니토를 운반하는 바지선은 재료 분리장치, 탈수장치, 압축장치 등을 장착한 것도 있으며 시멘트와 같은 산화물을 운반하는 바지선의 경우 펌프를 설치하여 화물을 싣고 내리는 것도 있다.

22.3 계획일반

22.3.1 일반사항

- (1) 내륙 주운수로는 자연하천을 이용하거나 필요에 따라서는 개수로 방법이나 갑문과 댐의 건설을 통해서 개량하거나 운하건설을 통해서 건설한다.
- (2) 주운사업에서의 주요한 정책적 목적은 다음의 사항을 포함해야 한다.
 - ① 수상 물동량의 개발, 경영관리, 안전확보, 효율성의 제고
 - ② 기존 및 새로운 산업생산과 농산물 생산의 진작 및 위락용 주운의 기회 제공
 - ③ 물고기와 야생조류 자원의 보호와 증진
 - ④ 쾌적한 환경의 강화
 - ⑤ 사회복지의 강화
- (3) 주운을 위한 내륙 주운수로의 계획에는 화물을 하역하고 선적할 수 있도록 하는 정박 및 접안시설과 화물취급장비, 창고시설, 그리고 운영관리시설 등이 포함되어야 한다. 또한 적정한 규모의 수로, 묘박지, 회선장, 정박 및 접안수역과 안전한 유속이 확보되도록 하여야 한다.
- (4) 주운수로는 지역적 홍수보호수단들과 교통망, 그리고 수로를 횡단하는 각종 공공시설물들과 조화를 잘 이루도록 해야 한다.

해설

- (1) 주운사업 개발계획에 필요한 자료로는 지형자료, 수위-유량자료, 수문 및 수리자료, 지질학적 자료, 토양 특성자료, 기존 교량 및 계획된 교량의 위치와 구조에 관한 자료, 통과(공중, 수중, 하상밀)하는 각종 관(pipe)들에 관한 자료, 도로, 철도, 그리고 산업시설 등에 관한 자료 등이 있다.
- (2) 주운사업 개발계획을 위해서는 사회 및 환경영향에 대한 장·단기 분석을 하여야 한다.
- (3) 주운사업 개발계획을 위한 경제성 분석에서는 화물량, 대체 운반수단, 초기 건설경비, 주운시설의 적정 규모 및 유지관리 계획 등에 대한 면밀한 손익분석을 하여야 한다.

22.3.2 기존 수로에 대한 평가

- (1) 장래의 화물량과 교통량을 안전하고도 경제적으로 수용할 수 있는 능력을 결정하기 위하여 기존 수로에 대한 평가를 실시한다.
- (2) 기존수로에 대한 평가는 수리학적 평가, 환경평가, 기존시설물에 대한 평가, 기타 수로와 관련된 평가 등이 있다.

해설

- (1) 기존수로에 대한 평가를 위한 수리학적 평가에는 아래와 같은 요소가 포함된다.
 - ① 계절별 수로폭 및 수심, 유사량

- ② 제방침식이 일어나는 위치 및 규모
 - ③ 홍수규모 및 발생빈도
- (2) 기존수로 평가를 위한 환경평가에는 아래와 같은 요소가 포함된다.
- ① 수질
 - ② 생태학적 영향
 - ③ 심미적 영향
- (3) 기존수로 평가를 위한 기존 시설물에 대한 평가에는 아래와 같은 요소가 포함된다.
- ① 기존 교통시설의 위치
 - ② 하천횡단 시설물
 - ③ 산업공단
 - ④ 기존의 접안시설 및 하역시설
 - ⑤ 기존 및 장래의 예인장비의 규모
 - ⑥ 방지선의 흘수
 - ⑦ 기타 수로평가에 관련된 사항

22.3.3 물동량 분석

- (1) 주운 대상노선의 물동량, 주운가능 물동량 및 장래 예측 물동량을 분석하여 수로규모 및 시설물 규모를 결정하는데 기초자료로 이용하여야 한다.
- (2) 운송될 화물의 장기적 변동추세와 단기적인 계절적 변동추세 그리고 그에 알맞은 방지선의 형태와 규모, 대체 운반수단의 경제성 비교·검토를 실시하여야 한다.

22.3.4 대안계획

- (1) 기존 하천, 기존 운송수단 및 장비, 그리고 장래의 운송수요를 충족할 계획사업에 대한 자료에 기초해서 다양한 주운개발 형태를 수립하여 평가하여야 한다.
- (2) 가장 바람직한 주운개발 형태는 분석결과에 기초해서 상대적인 간편성을 기준으로 결정한다.
- (3) 대안계획을 수립할 때에는 갑문과 댐의 위치 변화에 따른 경제성 분석, 홍수위, 제방월류, 토사이동 및 퇴적에 의한 구조물의 영향, 그리고 수질 및 환경에 미칠 영향에 대한 분석이 반드시 이루어져야 한다.

해설

- (1) 바람직한 주운개발 형태를 위해 다음의 사항을 검토한다.
 - ① 기존의 수로폭과 수심이 장래의 운송수요를 수용할 수 있는지 여부
 - ② 상류부 저류시설의 건설 또는 기존 저류시설의 운영개선 등을 통해서 필요에 합당한 수로폭과 수심을 확보할 수 있는 유량증대의 필요성과 가능성 여부
 - ③ 장래의 주운 교통량에 적합한 수로폭과 수심을 제공할 수 있도록 하천을 개선하고 안정화할 필요성 여부

- ④ 운하화와 운하건설의 불가능성을 분명하게 하는 지리 및 지질학적 조건의 여부
- (2) 복수의 대안이 계획된 주운 수요를 충족할 수 있을 경우에는 최종계획의 선정은 상대적 경제성과 환경영향, 그리고 사회적인 영향을 고려하여 가장 좋은 계획안을 선정하도록 한다.

22.3.5 경제성 평가

- (1) 주운 대상노선의 화물 물동량, 여객 및 관광 통행량 등 물동량 분석을 시행하여 경제성 평가의 기초 자료로 활용한다.
- (2) 기존하천 등 장래 운송수요를 충족할 각종 대안사업에 대한 검토 후 최적계획안을 대안으로 선정한다.
- (3) 주운 개발로 발생하는 손익과 비용에 대한 경제성 평가를 시행하며 편익 및 비용을 고려하여야 한다.

해설

- (1) 주운수로 개발로 발생하는 손익계산은 화물운송으로 절약되는 손익을 계획시점에서의 할인율로 계산하는 것이 일반적이다.
- (2) 주운 사업시 손익계산은 다음과 같은 4가지의 손익계산방법을 이용할 수 있다.
 - ① 비용감소이익(cost-reduction benefit) : 출발지와 목적지가 동일하고, 운송방법이 동일한 경우에 사용한다. 총 운송지연시간의 감소에 따른 감소액과 수질개선으로 인해서 더 많은 바지선을 예인할 수 있거나, 흘수가 더 깊은 바지선을 이용하는데 따른 운송효율의 증대로 발생하는 비용 감소액을 산정 한다.
 - ② 운송방법의 전환에 따른 이익(shift of mode benefit) : 출발지와 목적지가 동일하나, 운송방법이 다른 경우에 사용한다. 주운수로 이용에 따른 경비와 주운수를 이용하지 않는 경우의 경비를 비교해서 구해지는 이익을 산정 한다.
 - ③ 운항행선지 전환에 따른 이익(shift of origin-destination benefit) : 출발지와 목적지가 다르고, 운송방법도 다른 경우에 사용한다. 화물의 출발지와 목적지를 달리하고 운송방법도 달리하는데 따른 이익을 산정 한다.
 - ④ 추가수요발생 이익(new movement benefit) : 수송비의 감소로 인해서 유발되는 새로운 화물수요의 증가로 인한 이익을 산정 한다.
- (3) 주운계획의 경제성평가에 고려해야 할 편익 및 비용에는 다음과 같은 것이 있다.
 - ① 편익의 종류
 - (가) 교통시설에 대한 편익 : 화물수송비용 절감효과, 화물수송시간 가치효과, 여객 수송편익과 같은 직접편익과 지역산업 파급효과, 고용창출효과, 지역소득 증대효과와 같은 간접편익으로 나눌 수 있다.
 - (나) 수자원개발 편익 : 용수공급편익, 발전편익, 자원채취편익과 같은 직접편익과 홍수관리편익, 관광유발효과 같은 간접편익으로 나눌 수 있다.
 - (다) 환경오염 감소편익 : 화물대체 운반에 따른 대기오염 감소, 교통사고 감소 등의 편익을 고려할 수 있다.

- ② 비용의 종류 : 대상사업의 공사비, 용지보상비, 유지관리비 구분되나, 유지관리비의 경우 편익부문의 운영수입과 상쇄되는 것으로 가정하는 경우가 많다.

(4) 주운손익의 분석절차는 다음에 따른다.

- ① 개수된 수로를 통해 운송될 화물 종류의 구분
- ② 개수된 수로를 통해 운송될 화물의 출발지와 목적지를 포함한 사업대상 구역의 구분 및 확정
- ③ 현 상태에서의 주운이용 화물의 구분
- ④ 현재의 주운 이용화물의 대체 운송방법에 의한 경비산정
- ⑤ 장래의 화물 운송수요 예측
- ⑥ 대체 운송수단에 의한 장래의 운송경비
- ⑦ 현재 하천주운이 가능한 경우, 수로 이용에 따른 경비(사용료 등)산정
- ⑧ 수로 사용에 대한 장래의 경비
- ⑨ 계획사업의 실행여부에 따른 주운수로의 사용 정도 예측
- ⑩ 연평균 주운 손익계산
- ⑪ 여객수송, 관광객등 수요 예측

설 계 편

제 23 장	제 방
제 24 장	호 안
제 25 장	수 제
제 26 장	하상유지시설
제 27 장	여울과 소
제 28 장	보
제 29 장	어 도
제 30 장	수 문
제 31 장	취수시설
제 32 장	내수배제 및 우수유출저감시설
제 33 장	수로터널
제 34 장	주운시설
제 35 장	하구시설
제 36 장	사방시설
제 37 장	기타시설물

제 23 장 제 방

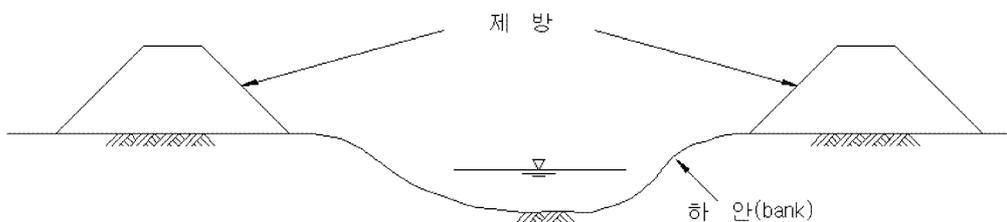
23.1 일반사항

23.1.1 적용범위

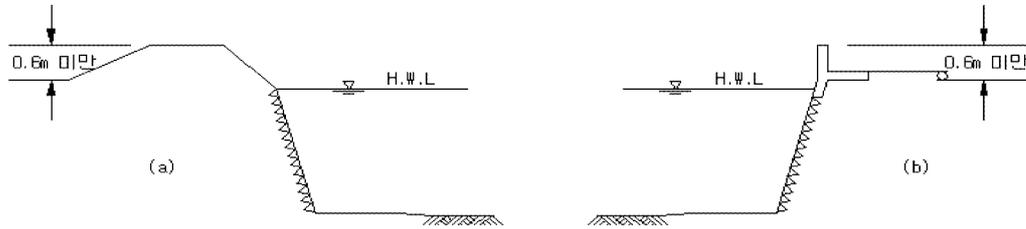
- (1) 본 장은 제방 설계시 조사사항과 설계기준에 관한 사항을 다룬다.
- (2) 본 기준에서 취급하는 제방은 하천에 설치되는 하천제방에 한하며, 하구에 설치되는 해안보호제방과는 구별된다.
- (3) 본 기준에서 언급하는 제방은 평균 높이가 0.6m 이상인 제방을 의미한다.
- (4) 본 기준에서 언급하는 제방은 완성제방에 한정한다.

23.1.2 용어의 정의

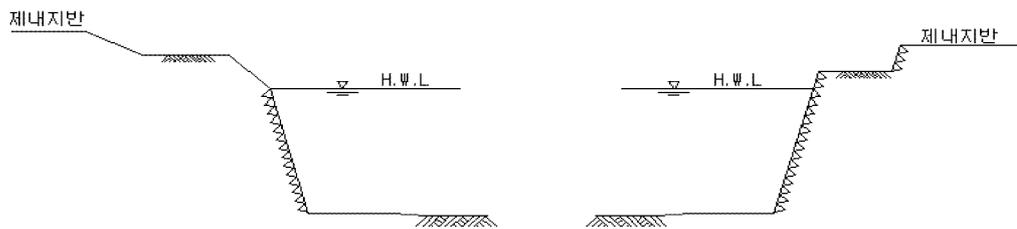
- (1) 제방 : 유수의 원활한 소통을 유지시키고 제내지를 보호하기 위하여 하천을 따라 흙으로 축조한 공작물(<그림 23.1> 참조)
- (2) 굴입하도(掘入河道) : 하도의 일정구간을 평균적으로 보아 계획홍수위가 제내지반고보다 낮거나 독마루나 홍벽의 마루에서 제내지반까지의 높이가 0.6m 미만인 하도(<그림 23.2> 참조)
- (3) 완전굴입하도(完全掘入河道) : 굴입하도 중 독마루가 제내지반보다 낮은 하도(<그림 23.3> 참조)
- (4) 완성제방 : 완성제방이란 계획홍수에 대한 구조적 안정성이 확보된 제방, 즉 필요한 여유고, 단면, 호안 등을 가진 제방
- (5) 잠정제방 : 하천 개수공사 시 점차적으로 홍수에 대한 안전도를 향상시키기 위하여 또는 예산사정상 연차별 투자계획에 맞추기 위하여 축조된 제방으로서 아직 완성되지 않은 상태의 미완성 제방



<그림 23.1> 제방과 하안



<그림 23.2> 굴입하도



<그림 23.3> 완전 굴입하도

23.1.3 관련 설계기준 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 아래와 같다.

(1) 관련규정

- ① 댐 설계기준(한국수자원학회, 2005)
- ② 항만 및 어항설계기준(해양수산부, 2005)
- ③ 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(내무부령 제24호, 1995)
- ④ 도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(국토해양부령 제 101호, 2009)

(2) 법 규

- 농어촌도로정비법(법률 제9568호, 2009)

23.2 조사 일반

23.2.1 일반사항

- (1) 제방을 설계하기 위한 조사는 예비조사 및 현지답사, 본조사, 보완조사로 구분하여 실시한다.
- (2) 제방의 조사는 설계 대상구간의 토질 상황의 개요를 파악하고, 제방의 설계와 관련된 토질조사의 계획입안을 위해 실시하는 것으로, 기존의 시추조사를 포함한 토질조사자료(시추주상도, 지층단면도, 토질시험 결과 등)를 기초로, 제방의 제체 및 기초 지반의 토질 특성에 대해서 조사한다. 토질조사에서는 제체 및 기초 지반의 토질 특성 개요를 파악하기 위한 탄성과 탐사, 전기비저항 탐사 등의 비파괴 조사를 실시할 수 있다.

해설

- (1) 예비조사 및 현지답사 : 몇 개의 후보 법선 또는 후보지점이 선정되면 선정된 위치와 그 인근의 지형, 지질, 토질, 토사퇴적, 제방축조재료, 토지이용현황, 식생현황, 도로상황 및 도시계획과의 관련사항 등에 대한 자료를 수집하기 위해 예비조사 및 현지답사를 실시하고 그 결과를 토대로 축제 가능성을 검토하여 본조사의 기초자료로 활용한다. 특히 구하도에 제방을 축조할 경우 지층상태에 따라 지반 누수의 원인이 되어 제방붕괴의 심각한 상태를 초래 할 수 있으므로 과거 유로를 파악해야 할 필요가 있다. 따라서 구하도에 대한 지적 및 과거 지형도를 수집 및 검토하여야 한다.
- (2) 본조사 : 예비조사 및 현지답사에서 결정된 법선 또는 지점에 대한 정밀조사로서 측량과 정밀한 토질조사를 통하여 축제형식과 제방규모 등을 결정하기 위한 자료로서 활용한다.
- (3) 보완조사 : 본조사를 보완하기 위해 실시한다.

23.2.2 계획법선의 지반조사

- (1) 하천제방의 지반조사로서 예비조사 및 현지답사, 본조사, 보완조사를 계획 법선에 따라서 실시한다.
- (2) 예비조사 및 현지답사에서는 계획법선 부근의 토질조사자료와 지질 답사 자료를 중점적으로 수집하고 지형도나 항공사진 측량 결과 및 공사기록 자료 등을 수집한다.
- (3) 본조사는 지반을 구성하고 있는 토층의 종류, 층의 두께, 깊이 방향에 따른 강도의 변화, 지지층의 심도 및 그 개략적 강도 등을 알기 위한 것으로 시추조사, 표준관입시험 및 사운드(sounding)시험, 물리탐사와 토질시험을 실시한다.
- (4) 보완조사는 예비조사 및 현지답사, 본조사 등에서 개략적으로 판정된 연약지반 및 투수성지반에 대하여 추가적으로 실시한다.
 - ① 연약지반조사는 점토지반, 사질지반 등의 지반상황 및 연약지반의 규모에 따라 시추조사의 경우 100m 간격으로 1개소, 사운드 조사의 경우 20~50m 간격으로 1개소 실시함을 원칙으로 하며, 이때 심도는 제방의 침하나 안정에 영향을

미치는 깊이까지로 한다.

- ② 투수성조사는 계획노선을 따라 100m 간격으로 횡단방향 2개소에 대하여 실시하며, 깊이는 불투수층까지를 기준으로 한다.

해설

(1) 지반조사 일반

- ① 예비조사 및 현장답사 결과 계획선의 지반이 명확하게 양호한 것임이 판명된 경우에는 본조사와 보완조사를 생략한다.
- ② 본조사에 있어서 연약지반 또는 투수성 지반의 존재가 판명된 경우에는 계속하여 보완조사로서 연약지반 조사, 투수성 지반조사를 각각 실시한다.
- ③ 연약지반상에 제방을 축조할 경우에는 연약지반의 토질, 깊이, 방향에 따른 강도의 변화, 층 두께, 깔린 넓이 등에 대하여 필요한 조사를 실시하여 활동 및 침하를 고려한 설계와 시공계획을 수립하여야 한다.
- ④ 투수성 지반에서는 홍수시와 같이 하천수위 이상으로 투수성 지반을 통해 제내지 수위가 상승하던지, 물이 솟아오르는 등 제내지에 악영향을 미치는 일이 생기므로 필요한 조사를 실시하여 그 대책을 검토해야 한다.

(2) 예비조사 및 현지답사

- ① 현지답사에서는 계획법선의 위치 및 부근 지반의 표층상황, 특히 지형, 지질, 토질, 지하수, 용수, 식물의 성장정도 등을 주의하여 조사하고 본조사를 위한 자료로 이용한다.
- ② 현지답사의 결과는 지반의 상황을 알 수 있도록 기재사항을 정리하여 본조사 계획의 자료로 이용한다.
- ③ 예비조사에서는 계획법선의 위치 및 부근 지반의 상황을 현지답사에 의하여 확인한다. 현지답사는 특히 연약지반의 경우 평탄한 습지대, 평탄한 논이 있는 경우, 자료에 의해 연약지반이 명백한 경우와 투수성 지반의 경우 자연제방지역, 삼각주지역 등, 옛 하도가 차단된 장소, 홍수시의 하천수위상승으로 인한 제내지로의 용수 또는 지하수위의 상승이 확인되는 장소, 자료에 의해 투수성지반(사력층)의 존재가 확인된 경우 등에 대하여는 특별히 주의하여 실시한다.

(3) 본조사

- ① 지반조사로서의 본조사는 지반을 구성하고 있는 토층의 종류, 층의 두께, 깊이 방향에 따른 강도의 변화, 지지층의 심도 및 그 개략적 강도 등을 알기 위한 것으로 시추 및 물리탐사와 실내시험을 실시한다.
- ② 시추조사 : 제방의 계획선을 따라 200m 간격으로 1개소씩 실시한다. 시추조사의 깊이는 지표면에서 계획제방고까지 높이(H)의 3배(3H) 이상을 표준으로 최소 10m 이상의 깊이까지 함을 원칙으로 한다. 이때 동일제방에서는 최소 1개소는 풍화암까지 확인을 하여야 한다. 다만, 풍화암 보다 강도가 높은 지지층이 나타날 경우에는 시추조사를 종료하여도 무방하다. 시추조사에서는 지층구성을 확인하고 표준관입시험에 의한 N값을 구하며 채취한 시료는 토질관별을 위하여 실내시험을 실시한다.
- ③ 사운드시험 : 일반적으로 콘 관입시험, 베인 진단시험을 지칭하며, 비교적 연약한

지층을 대상으로 계획선을 따라 50~100m 간격으로 1개소씩 실시하여 지반의 강도를 추정한다.

- ④ 결과정리 : 시추조사 및 사운드시험 결과는 지반의 토질, 층의 두께, 깊이, 방향에 따른 강도의 변화, 지지층의 심도 등을 알 수 있도록 1/100 축척의 토질종단도에 기입한다.

(4) 연약지반조사

- ① 연약지반 조사는 본조사에서 개략적인 연약지반의 존재 및 지반의 상황, 규모가 판명될 경우에 실시하며, 지반조사시 시추조사는 NX규격(KS E 3107)으로 실시하여야 하며, 연약지반에서 자연시료를 채취하여 물리적 및 역학적 특성 시험을 실시한다.
- ② 연약지반 조사는 본 조사보다 더욱 정밀한 조사시험을 실시하여 연약지반의 토질, 강도, 압밀특성, 범위 및 지지층의 두께 등을 확실하게 하고, 하천제방의 설계 시공에 필요한 자료를 얻도록 한다.
- ③ 이때 연약지반의 시추조사는 본 조사와 마찬가지로 지층구성을 확인하고 표준관입시험 및 사운드시험에 의한 N값, qc값을 구하며, 토질관별을 위한 실내시험을 수행한다.

(5) 투수성 지반조사

- ① 투수성 지반조사는 본조사에서 투수성 지반이 개략적으로 분포하는 것으로 파악된 경우에 투수성 지반의 분포범위와 특성을 파악하기 위하여 실시한다.
- ② 시료채취
 - (가) 사운드시험 : 시료채취는 시추조사에 의하여 원칙적으로 2m 만큼의 토층을 대표하는 시료를 채취한다.
 - (나) 시료채취의 위치 : 투수지반의 깔린 넓이가 작을 경우에는 제방 계획법선상에서 가장 투수가 많이 되는 지점, 깔린 넓이가 클 경우에는 본조사의 결과를 이용하여 투수지반을 대표하는 지점을 선정하여 각각 횡방향으로 2개소 이상에서 시료를 채취한다.
 - (다) 시료채취 깊이 : 시료채취의 최대깊이는 투수성 지반의 경우 본조사의 시추조사 방법과 동일하게 수행한다.
- ③ 원위치시험
 - (가) 사운드시험 : 토층의 성상, 강도, 변형특성 등을 조사하기 위해 계획법선을 따라 100m 간격으로 횡단방향 2개소에 대하여 실시한다.
 - (나) 현장투수시험 : 시추조사 지점에서 정수위법 또는 변수위법에 의해서 투수성 지반 토층마다 실시한다. 또 필요에 따라 투수지반을 대표하는 곳에는 투수시험을 실시하며, 최소 시추 1공당 1개소 이상을 실시한다.
 - (다) 지하수 변동조사 : 본 조사에서 사용한 시추공, 인접한 민가의 우물, 신설된 관측정 등을 이용하여 지하수 변동을 조사한다. 관측지점의 수는 지하수의 등수위곡선을 그릴 수 있을 정도로 선정한다.
- ④ 투수성 지반조사결과는 시료채취, 원위치시험 및 토질시험 결과에 의한 표층, 투수층의 위치, 두께, 깔린 넓이, 투수성 등을 알 수 있도록 축척 1/100의 토질종단도를 작성한다. 또한, 지하수 변동조사 결과는 그 관측지점과 수두를 평면

도에 기입하여 지하수 등수위곡선을 구한다.

(6) 토질시험

- ① 토질시험은 각 조사단계에서 채취한 시료를 대상으로한 물리적·역학적 특성 시험을 말한다.
- ② 역학적 특성 시험은 불교란 시료를 대상으로 실시하는 것이 원칙이나 필요에 따라 원지반 상태로 성형하여 시행할 수 있다.
- ③ 물리적 특성 시험 : 비중, 함수비, 액성한계, 소성한계, 입도분포, 체가름, 투수 시험 등이 있다.
- ④ 역학적 특성 시험 : 일축압축강도, 직접전단, 삼축압축, 압밀, 다짐시험(토취장 또는 체체재료 사용시) 등이 있다.
- ⑤ 토질시험 방법은 한국산업규격에 따르며, 한국산업규격이 없는 경우 국제규격을 적용하여야 한다.

23.2.3 체체재료 선정을 위한 조사

(1) 예비조사 및 현지조사 : 토취장 예정지의 지형·지질·토질 등에 관한 자료의 수집, 토취장 예정지의 표층조사, 운반경로 및 운반거리를 위한 현지답사, 공사용 도로의 적합 판정 등을 수행한다.

(2) 본조사

- ① 토질시험 : 채취된 시료는 필요에 따라 흙의 실내시험법에 의해 비중, 함수비, 액성한계, 소성한계, 입도분포, 체가름, 다짐시험, 일축압축강도시험, 삼축압축(UU,CU)시험, 직접전단시험, 투수시험 등을 실시한다.
- ② 시료채취는 오거보어링(auger boring), 회전 수세식 시추, 인력파기 등에 의하여 흐트러진 시료를 한 토층에서 적어도 1개이상 채취함이 원칙이나 균일한 토층이라도 굴착범위가 넓을 때는 500m³에 1개의 비율로 시료를 채취한다. 하나의 시료에 대해 필요한 채취시료의 양은 시험항목 및 방법에 따라 다르나 표준량은 흙의 분류를 위한 시험(약 1kg 정도), 흙의 단위체적중량(0.3~1kg), 흙의 다짐 시험 및 실내에서의 정적원추관입시험(10~50kg), 흙의 투수시험(10~20kg), 흙의 전단시험(10~20kg) 등과 같다. 시험방법은 KS F 규정과 같다.

(3) 조사결과의 정리

- ① 예비조사, 현지답사 및 본 조사의 결과에 의해 토취장 예정지의 토량계산이 가능한 정도의 지형도를 만든다. 또한, 현 위치시험과 토질시험을 기본으로 축척 1/100의 토질종단도를 작성한다. 또한 토질시험과 원위치시험의 결과는 각 토질에 대하여 지적도 등을 이용하여 토취장의 위치를 도시한다.
- ② 시추조사의 결과와 토질시험의 결과는 토질조사법과 토질시험법의 시험결과 정리방법에 의해 정리한다. 이것들의 결과를 기본으로 지형도, 토질횡단도 및 운반경로도 작성한다.

해설

(1) 조사 일반

적절한 제체재료의 선정은 제방의 안전을 위하여 중요하므로, 하상재료를 제체재료로 사용하는 것은 원칙적으로 금한다. 부득이 사용할 경우에는 하상재료 채취에 따른 하상변동, 평형 하상경사의 변화 및 하천 생태계에 미치는 영향, 엄격한 다짐관리, 제체의 침투 및 활동에 대한 안정성 등을 종합적으로 검토하여 사용한다.

(2) 예비조사 및 현지조사

- ① 예비조사는 토취장 예정지 부근의 지형 및 토질에 관한 자료를 수집하여 현지답사를 위한 자료로 이용한다.
- ② 현지답사에서는 토취장 예정지의 표층조사 및 휴대식 콘 관입시험기로 간단한 원위치 관입시험을 실시하여 축조재료의 선정을 위한 자료로 이용한다. 또한, 현지답사는 운반경로를 확인하여 재료운반에 지장이 없는지, 공사용 도로를 설치할 필요가 있는지를 검토한다.

(3) 본조사

- ① 축조재료 선정을 위한 본 조사는 재료의 적합여부, 시공기계의 시공성, 다짐의 난이도 및 완성된 제방의 안정성 등에 대하여 검토할 자료를 얻고자 실시하며, 이를 위하여 시추조사 및 실내시험을 시행해야 하며, 필요시 탄성과 탐사를 시추조사와 함께 시행해야 한다.
- ② 토질시험은 앞서 언급된 시험 이외에 투수성이 문제인 재료의 경우 투수시험을, 강도가 문제인 재료의 경우 전단시험을 각각 실시한다. 또한, 고탍수비의 점성토와 화산회토 등에서는 장비주행성이 문제가 된다. 이 경우에는 함수비를 조정된 축조재료를 몰드에 다져서 정적원추시험을 실시하여 함수비와 콘지수의 관계를 구한다.

23.2.4 기설제방의 조사

(1) 기설제방의 토질조사는 제방 취약 예상지점 파악조사, 제체누수조사, 기초지반 누수조사, 연약지반조사 등을 필요에 따라 실시한다.

(2) 제체누수조사 : 기설제방의 제체에서 누수가 발생할 경우에는 제체 토질 및 피해에 관한 자료조사와 탐문조사, 시료채취 및 실내토질시험, 시추조사, 원위치시험, 물리탐사, 침투해석 등을 필요에 따라 실시한다.

- ① 시료채취 및 실내토질시험 : 시료채취의 방법은 시추조사, 인력과기(또는 시험 굴) 또는 오거보어링(auger boring)에 의해 대상단면의 독마루, 비탈면의 중앙부근, 비탈 뒤 부근의 2~3지점에서 채취하여 실내토질시험을 실시한다.
- ② 원위치시험 : 표준 관입시험, 콘 관입시험, 현장투수시험 및 현지 지하수 변동조사 등을 실시한다.

(3) 기초지반 누수조사 : 기설 제방의 기초지반에서 누수가 발생할 경우에는 필요에 따라 제체누수조사에서 실시하는 항목 및 모형실험 등을 필요에 따라 실시한다.

(4) 연약지반조사

- ① 기설제방에서 과대한 침하나 활동에 의한 파괴 등의 피해가 실제로 발생할 경우와 제방의 보축, 지진 등에 의해 침하나 활동이 문제가 될 것이 예상되는 연약지반에서는 제방의 기초지반 토질에 관한 조사 및 제방침하에 관한 자료조사, 시료채취, 실내토질시험, 원위치시험 등에 대한 조사를 실시한다.

- ② 이때 시료는 독마루 중앙 하부, 비탈어깨 하부, 비탈면 중앙하부와 성토 밖의 원지반 등의 4개소에서 채취함을 원칙으로 한다.

해설

- (1) 제방 취약 예상지점 파악조사 : 현재 상태에서 나타나지 않은 제방의 취약 예상지점을 파악하기 위하여 제방의 축제·보축현황, 과거 홍수시의 누수·과이핑·히빙·침하·활동 등에 의한 피해 현황, 제방단면 형태, 제체와 지반의 토질, 고수부지의 유무, 제내지 지반높이, 제방축제전 구 지형, 구조물과 그 주변의 상태 등을 조사한 후 필요에 따라 적절한 보강대책을 강구한다.
- (2) 제체누수조사 : 기설제방의 제체에서 누수 발생시 다음의 조사를 필요에 따라 실시한다.
 - ① 제체 토질 및 피해에 관한 자료조사와 탐문조사를 실시한다.
 - ② 시추조사 : 누수의 발생지점 및 예상지점에 대하여 회전 수세식 시추기를 이용하여 NX 규격(KS E 3107)으로 실시한다.
 - ③ 침투해석 : 하천수에 의한 지반과 제체에서의 침투상태를 검토하기 위해 필요에 따라 수치해석을 실시하며, 특히 출수기에 뒤틀림 기슭에서의 누수, 함몰, 붕괴 등의 피해가 발생하는 제방에서는 제체를 침투하는 누수가 있으므로 하천수위와 제체내 수위 등의 관계 및 제체의 단면형상과 투수성을 조사하고 하천수위의 상승에 따르는 제체 침투수의 현상을 수치해석을 통하여 파악한다.
- (3) 제체누수조사 : 기설제방의 기초지반에서 누수가 발생할 경우에는 필요에 따라 제체누수조사시에 실시하는 조사와 시료채취 및 실내토질시험 등을 실시한다. 이 경우 시료채취는 기초지반에서 채취하며, 지반의 토질조사, 투수층의 두께, 현지에서의 침투류수두관측 이외에 수치해석을 통한 침투류의 계산, 모형실험 등을 시행하여 종합적으로 검토한다.
- (4) 연약지반조사
 - ① 연약지반은 일반적으로 함수비가 높으며, 지지력이 작은 점성지반 및 지하수위가 높고 느슨한 사질지반을 말하며 이들은 연약지반으로서의 문제점 및 대책이 서로 상이하다. 즉, 전자는 평상시의 침하 및 활동이, 후자는 지진시의 침하 또는 활동이 문제가 된다. 연약지반은 <표 23.1>과 같이 표준관입시험치 N치와 일축압축강도(qu), 콘 관입시험(qc)에 의해 연약지반을 판단한다.
 - ② 압밀특성 및 전단특성과 같은 토질특성은 성토를 하지 않은 원지반과 성토하중에 의해 압밀을 받은 성토 밑의 기초지반영역과는 매우 다르다. 또한, 제체는 일반적으로 사다리꼴 형태이므로, 제체 하중의 크기가 독마루, 비탈면, 소단부, 성토 밖의 원지반 등에서 각기 다르다. 따라서 연약지반조사시 시료는 이러한 재하하중특성을 고려하여 독마루 중앙 하부, 비탈어깨 하부, 비탈면 중앙하부, 성토 밖의 원지반 등의 4개소에서 채취함을 원칙으로 한다.

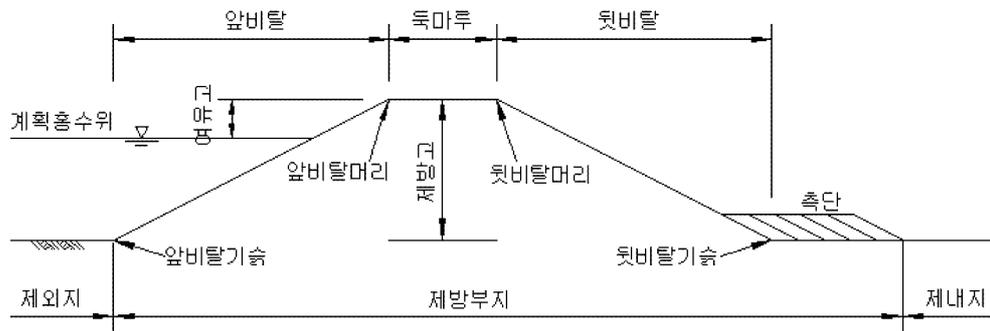
<표 23.1> 연약지반의 판단기준

구 분	점성토 및 유기질토		사질토지반
층두께	10m 미만	10m 이상	-
N 치	4 이하	6 이하	10 이하
$q_u(\text{kg/cm}^2)$	0.6 이하	1.0 이하	-
$q_c(\text{kg/cm}^2)$	8 이하	12 이하	40 이하

23.3 제방의 구성

23.3.1 제방의 구조 및 종류

(1) 일반적인 제방의 구조와 명칭은 다음 <그림 23.4>와 같으며, 필요에 따라서 형태를 조정해 사용할 수 있다.



<그림 23.4> 제방단면의 구조와 명칭

(2) 일반적으로 분류할 수 있는 제방의 종류는 다음과 같다.

- ① 본제(main levee)
- ② 부제(secondary levee)
- ③ 놀둑(open levee)
- ④ 윤중제(둘레둑, ring levee)
- ⑤ 횡제(가로둑, cross levee, lateral levee)
- ⑥ 도류제(guide levee)
- ⑦ 가름둑(separation levee)
- ⑧ 월류제(overflow levee)
- ⑨ 역류제(back levee)

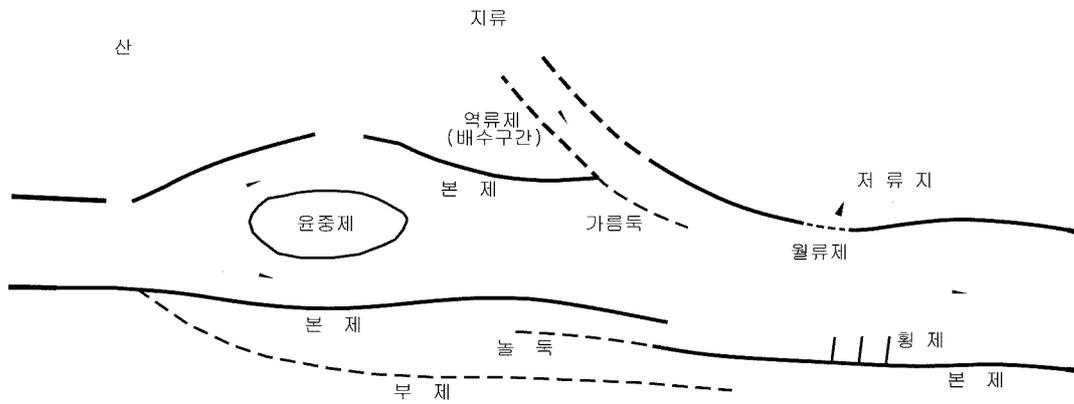
(3) 대규모제방(대제방, super levee)

계획홍수량을 초과하는 홍수에 대해서도 제방이 파괴되는 피해를 피하기 위한 목적으로 대도시 지역 대하천의 특정 구간에 대해서는 제방의 폭이 상당히 넓은 대규모제방을 설치할 수 있다.

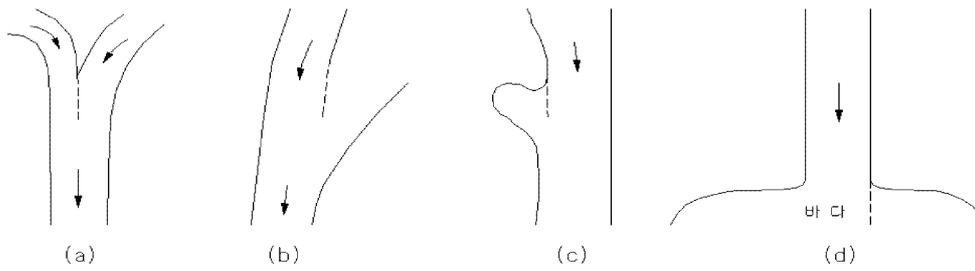
해설

(1) 제방의 종류는 <그림 23.5>에서 보는 것처럼 아래와 같이 구별된다.

- ① 본제(main levee) : 본제란 제방 원래의 목적을 위해서 하도의 양안에 축조하는 연속체로서 가장 일반적인 형태이다.
- ② 부제(secondary levee) : 부제는 본제가 파괴되었을 때를 대비하여 설치하는 제방으로서 본제보다 제방고를 약간 낮게 설치한다.
- ③ 놀둑(open levee) : 불연속체의 대표적인 형태이다. 제방 끝부분에서 제내지로 유수를 끌어들이기 위하여 제방을 분리하여 윗 제방의 하류단과 그 다음 제방의 상류단을 분리하여 중첩시킨 것이다. 홍수지속시간이 짧은 급류하천이나 단기간의 침수에는 큰 영향을 받지 않는 지역에서 홍수조절을 목적으로 설치된다.
- ④ 윤중제(둘레둑, ring levee) : 특정한 지역을 홍수로부터 보호하기 위하여 그 주변을 둘러싸서 설치하는 제방이다.
- ⑤ 횡제(가로둑, cross levee, lateral levee) : 제외지를 유수지나 경작지로 이용하거나 유로를 고정시키기 위해 하천 중앙쪽으로 돌출 시킨 제방을 말한다.
- ⑥ 도류제(guide levee) : <그림 23.6>과 같이 하천의 합류점, 분류점, 놀둑의 끝부분, 하구 등에서 흐름의 방향을 조정하기 위해서 또는과의 영향에 의한 하구의 퇴사를 억제하기 위해서 축조하는 제방을 도류제라 한다.
- ⑦ 가름둑(separation levee) : 홍수지속시간, 하상경사, 홍수규모 등이 다른 두 하천을 바로 합류시키면 합류점에 토사가 퇴적하여 횡류가 발생하고 합류점 부근 하상이 불안정하게 되어 하천 유지가 곤란하게 된다. 이와 같은 경우에 두 하천을 분리하기 위해 설치하는 제방을 가름둑이라 한다.
- ⑧ 월류제(overflow levee) : 월류제는 하천수위가 일정 높이 이상이 되면 하도 밖으로 넘치도록 하기 위해 제방의 일부를 낮추고 콘크리트나 아스팔트 등의 재료로 피복한 것이다. 이와 같은 월류제는 홍수조절용 저류지, 일정 크기 이상의 홍수 때에만 흐르는 방수로 등의 유입구로 이용된다.
- ⑨ 역류제(back levee) : 지류가 본류에 합류할 때 지류에는 본류로 인한 배수가 발생하므로 배수의 영향이 미치는 범위까지 본류 제방을 연장하여 설치하는데 이를 역류제라 한다.



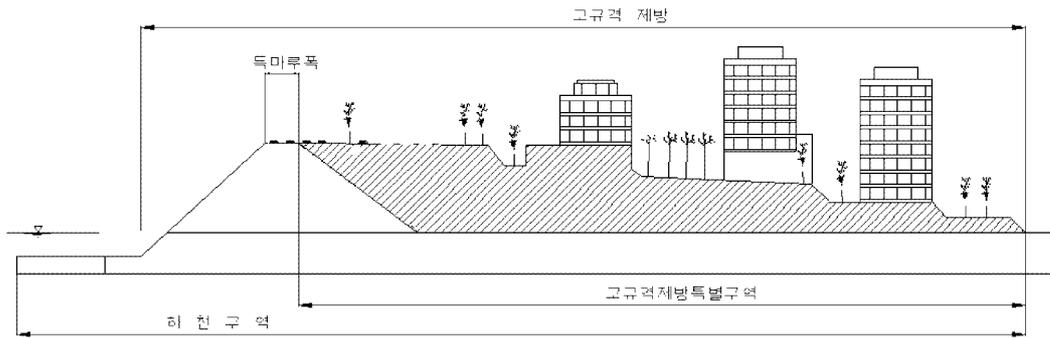
<그림 23. 5> 제방의 종류



<그림 23.6> 도 류 제

(2) 대규모제방(대제방, Super Levee)은 아래와 같다.

- ① 정의 : 대규모제방이란 <그림 23.7>과 같이 주로 도시권 하천의 특정구간에서 폭이 매우 넓은 특별한 제방을 말한다. 대규모제방은 하천관리시설인 제방부지 중 뒷비탈머리에서부터 제내측 끝단까지 대부분의 토지가 특정한 목적으로 이용 되도록 계획홍수량을 초과하는 규모의 유량에 대해서도 견딜 수 있는 안전한 구조로 한다.



<그림 23.7> 대규격제방의 형태(일본사례)

- ② 일반적 형태(일본사례) : 대규격제방은 제방단면을 키워 제방부지를 타용도로 토지이용이 가능하도록 하는 것이므로 토지이용을 엄격히 제한함과 동시에 허가 범위 내에서는 규제를 완화하여야 하며 토제에 의한 성토구조를 원칙으로 하고, 계획홍수량을 넘는 홍수규모에 대해서도 제방이 붕괴되지 않도록 월류, 침투, 사면붕괴, 세굴과괴 등 수리공학적인 모든 검토사항들과 지진에 대해서도 충분히 안전하도록 검토하여야 한다. 일반적으로 대규격제방의 제내측 비탈경사는 1/30 이내로 하며, 각종 안전조건들을 만족하는 범위에서 결정한다.

23.3.2 제방의 재료

- (1) 제방재료는 일반적으로 흙을 사용하며, 재료의 취득성, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다. 또한, 일반 도로의 경우와 달리 흙의 전단강도측면 뿐만 아니라 물의 침투방지를 고려한 투수특성을 충분히 고려해야 한다. 따라서 제방 재료는 다음과 같은 규정을 만족해야 한다.

- ① 제방재료는 통일분류법상 GM, GC, SM, SC, ML, CL 등과 같은 일정 정도 점토(C) 및 실트(M)와 같은 세립분을 함유해야 한다.
- ② 재료의 최대 치수는 100mm 이내로 하는것이 바람직하다.
- ③ 하상재료를 제방재료로서 사용하는 것은 원칙적으로 금한다.
- ④ 하상재료를 제방재료로서 부득히 사용할 경우 하상재료 채취에 따른 하상변동, 평형하상경사의 변화 및 하천 생태계에 미치는 영향 등과 '23.4 제방설계'에서 언급될 침식방지, 제체의 침투 및 활동에 대한 안정성 평가를 통하여 제방강화 형태(단면확대공법, 앞비탈 피복공법) 등을 선정함으로써 제방안정에 대한 신뢰성을 향상시켜야 한다.

- (2) 제방재료는 토지이용상태나 그밖의 부득이 한 경우 전체 또는 중요한 부분을 콘크리트, 널말뚝 또는 이에 준하는 재료로 축조할 수 있다.

해설

- (1) 제방은 일반적으로 흙으로 축조된다. 이때 사용되는 제방 재료로서 흙은 일반 도로에서

와 달리 흙의 강도측면 뿐만 아니라 물의 제체 침투방지를 고려한 흙의 투수특성을 고려하여 사용한다. 따라서 제방 재료의 최대치수는 100mm 이내로 하여야 하며, 재료는 GM, GC, SM, SC, ML, CL 등과 같이 일정 정도 세립분 함유를 권장하고 있다. 제방 재료의 투수성은 투수계수 k 가 10^{-3} cm/s 이하인 것이 적당하다.

(2) 하상재료를 제방재료로서 부득이 사용할 경우 하상재료 채취에 따른 하상변동, 평형하상경사의 변화 및 하천 생태계에 미치는 영향 등을 고려하고, 제방강화공법 또는 하상토 안정처리공법 등을 선정함으로써 제방안정에 대한 신뢰성을 향상시켜야 한다. 하상토 안정처리공법은 실내 및 현장평가시험을 통하여 안정성 검토 후 선정한다. 이때, 대규모제방단면중 정규 제방단면 부분은 상기의 제방 재료 기준을 따르고, 그 외 제내지 성토구간은 성토재로 하상토를 사용할 수 있다. 여기서, 정규 제방단면이란 '23.4.2 제방고, 23.4.3 여유고, 23.4.4 둑마루폭, 23.4.5 비탈경사'의 최소기준을 만족하는 제방단면을 말한다.

(3) 제방재료로서 흙은 다음과 같은 재료적 장점을 가지고 있다.

- ① 재료 확보가 용이하다.
- ② 노화현상이 일어나지 않는다.
- ③ 부등침하가 일어나기 쉽지만 연속된 구조물이기 때문에 복구가 용이하다.
- ④ 기초지반과 융합이 잘 된다.
- ⑤ 장래에 확장이 용이하다.
- ⑥ 경제적이다.

(4) 제방재료로서 흙은 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

- ① 물이 포화되었을 때 비탈면 활동이 잘 일어나지 않아야 한다.
- ② 투수계수는 $k=1.0 \times 10^{-3}$ cm/s 이하여야 한다.
- ③ 굴착, 운반, 다짐 등의 시공이 용이하여야 한다.
- ④ 물에 용해되는 성분을 포함하지 않아야 한다.
- ⑤ 내부 마찰각이 크고, 특히, 물이 포화상태일 때 내부마찰각이 크게 낮아지지 않아야 한다.
- ⑥ 습윤이나 건조에 의한 팽창, 수축이 크지 않아야 한다
- ⑦ 풀이나 나무뿌리 등의 유기물을 포함하지 않아야 한다.
- ⑧ 부득이한 경우에는 제방의 안전성에 문제가 없음을 입증시키는 정밀한 시험을 행한 후 사용하여야 한다.

(5) 또한 하상토 활용재료가 제방재료 기준을 만족시키지 못할 경우에는 본기준의 '23.4.12 침투에 대한 보강 공법의 설계'에서 언급될 제방강화형태로서 단면 확대공법, 앞비탈 피복공법이나, 관련규정인 「하천공사표준시방서」에 수록되어 있는 하상토 안정대책공법으로서 입도조정기법(입도조정공법, 첨가제안정처리공법), 함수비조정기법(공기 건조공법, 트랜치굴착공법, 강제건조공법)등을 참조하여 안정대책을 수립하되, 현장여건을 충분히 고려하여 선정하도록 한다.

(6) 제방 재료의 분류는 Casagrande가 제안한 통일분류법을 사용하며, 통일분류법에 사용

된 기 $C_g = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$ 호의 설명은 <표 23.2>와 같다. 이때 입도분포는 균등계수

($C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$)와 곡률계수(C_g)를 이용하여, C_g 값이 1~3이고, 자갈인 경우 $C_u \geq 4$, 모래인 경우 $C_u \geq 6$ 일 때 양호하다고 한다.

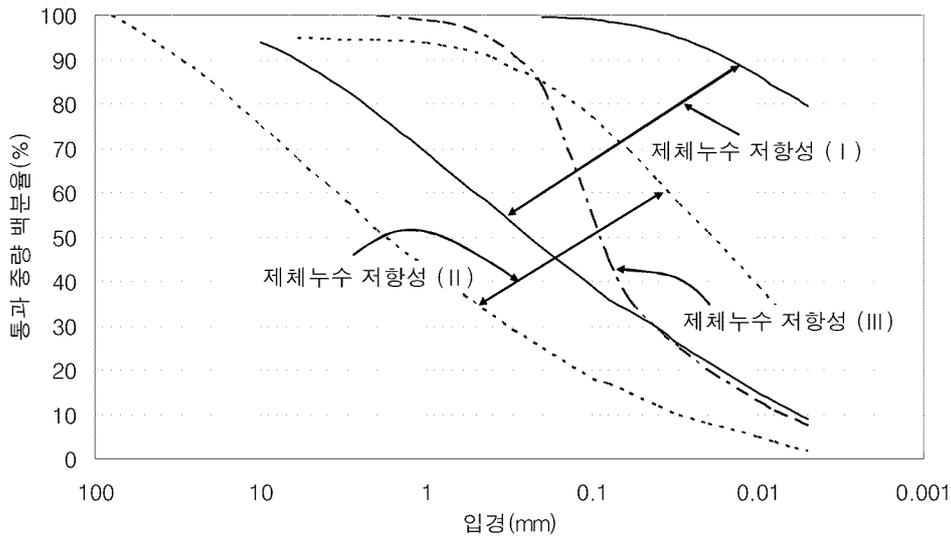
<표 23.2> 분류기호의 설명

구분	제 1 문자		제 2 문자	
	기호	설 명	기호	설 명
조립토	G	자갈	W	양호한 입도의
	S	모래	P	불량한 입도의
			M	실트를 함유한
			C	점토를 함유한
세립토	M	실트	L	소성 또는 압축성이 낮은
	C	점토	H	소성 또는 압축성이 높은
	O	유기질토		
고유기질토	P _t	이탄	-	

(7) 제체재료는 적절한 입도분포 확보 및 누수에 대한 저항성을 높이기 위하여 <표 23.3> 및 <그림 23.8>의 구분 I, II 이상의 재료를 사용하여야 한다. 이때 소성지수 PI는 액성한계(w_l)와 소성한계(w_p)의 차이이며, 입도분포의 경우 균등계수와 곡률계수를 이용하여 판정한다.

<표 23.3> 제체 재료별 제체누수에 대한 저항성

구분	재 료	제체누수에 대한 저항성
I	- 소성지수(PI)>15인 CL - 입도분포가 양호하고 소성지수(PI)>15인 SC	가장 큼
II	- 소성지수(PI)<15인 CL, ML - 입도분포가 양호한 GM - 입도분포가 양호하고, 7<소성지수(PI)<15인 SC, GC	중간
III	- SP - 입도분포가 균등한 SM - 소성지수(PI)<7인 ML	가장 작음



<그림 23.8> 각 제체재료별 입도분포곡선

23.3.3 제방의 다짐

(1) 제체 재료의 다짐기준은 아래와 같다.

- ① 축제재료의 다짐도는 KS F 2312의 규정에 따라 실시한 다짐시험결과를 고려하여 90% 이상으로 한다.
- ② 구조물 주변은 다짐도를 95% 이상으로 하고, 구조물 주변의 뒷채움재는 반드시 양질의 성토재(SM 및 SC 등)를 사용하여 누수에 대한 안전을 확보하여야 한다. 이때, 구조물 주변 뒷채움의 범위는 구조물 측면의 경우 기초저면에서 수평방향으로 1.0m 이상으로 하고 경사의 경우 1:1.5 이상, 구조물 상단으로부터 수직방향으로 0.6m 이상으로 하여, 차수 및 역학적 안정 모두를 고려한 최소 범위 이상으로 한다.
- ③ 제체 재료의 다짐은 장비 다짐을 원칙으로 하며, 다짐장비의 선정, 다짐횟수, 포설두께 등의 경우 현장여건을 고려하여 한다.
- ④ 대규모제방단면중 정규 제방단면 부분은 상기의 제방 다짐 기준을 따르고, 그 외 제내지 성토구간의 다짐도는 KS F 2312의 규정에 따라 실시한 다짐시험결과를 고려하여 85% 이상으로 한다.

- (2) 다짐 후 현장밀도 측정은 다짐층 별로 1,000m³(단, 구조물주변은 50m³)마다, 제방길이 방향으로 500m마다 1회 이상 실시하며, 각 층은 다짐종료 후 다짐 검사를 받고, 승인을 얻은 후 다음 층 시공을 하도록 한다.
- (1) 축제 재료의 다짐기준은 <표 23.4>를 따른다.
- ① 수정 CBR : 제체 독마루가 교통하중에 견딜 수 있어야 하며, 견인식 타이어 로 울러로 전압이 가능한 최소 2.5이상인 지지력이 필요하다. 단 흙의 수정 CBR이 2.5이내일 경우 별도의 안정처리 대책을 강구하여 사용하여도 무방하다.
 - ② 다짐도 : 흙의 다짐도는 KS F 2312의 규정에 따라 실시한 최대건조밀도의 90% 이상으로 한다.
 - ④ 또한 # 200체 통과량이 20~50% 일때는 공기 간극율(Va) 15% 이하, 통과량이 50%이상 일때는 공기 간극율은 10% 이하가 되어야 한다.
- (2) 흙쌓기 및 퇴메우기의 다짐은 층다짐으로 하여 다짐부위 전체가 균일한 다짐이 되도록 한다.
- (3) 다짐장비의 선정, 다짐횟수 및 포설두께 등의 다짐규정은 <표 23.5>의 기준에 따라 설계하며, 시공 시 다짐에 대한 현장평가지험을 수행하여 적용하여야 한다.

<표 23.4> 제방의 축제 재료의 다짐 기준

구 분		기 준	시 험 법
시방 최소 밀도에서 수침CBR		2.5 이상	KS F 2320
다짐도	일반 구간	90 % 이상	KS F 2312 A, B
	구조물 뒤채움 구간	95 % 이상	KS F 2312 C, D
시공함수비		다짐시험방법에 의한 최적함수비 부근과 다짐곡선의 해당 다짐밀도에 대응하는 습윤축함수비 사이	
시공층 두께	일반 구간	30 cm 이하	한층의 마무리 두께
	구조물 뒤채움 구간	20 cm 이하	

<표 23.5> 토질에 따른 다짐로올러 기종의 선정

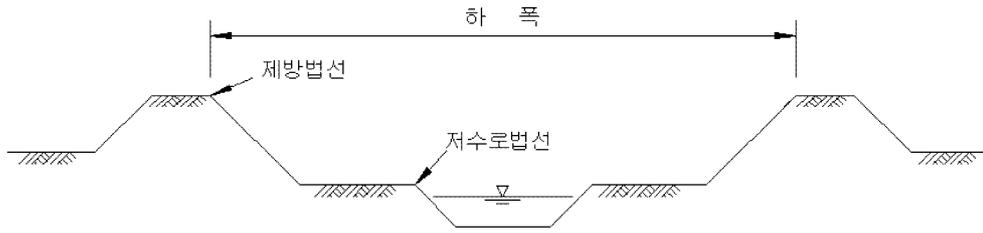
토양	다짐기계	다짐두께(cm)	다짐도(%)	규격(t)	다짐횟수
점성토	양쪽식로올러 (자주식)	30	90%	19	5
			95%	19	8
사질토	진동로올러	30	90%	10	6
		20	95%	10	
	타이어로올러	30	90%	8~15	4
		20	95%	8~15	

※ 보축, 지방2급하천의 체체단면이 작은 경우 등 상기 표의 장비가 투입 곤란시에는 진동기 등의 대체장비로 할 수 있다.

- (4) 흙쌓기 층은 균일한 밀도를 얻기 위해서 사전에 불도저 등으로 땅고르기와 물을 뿌리거나 아니면 적당한 방법으로 건조시켜 최적 함수비에 가까운 상태로 조절하여 다지도록 한다.
- (5) 로올러와 그레이더는 흙쌓기 재료를 고르게 다지는 데 충분한 수량을 확보하도록 한다.
- (6) 흙쌓기 및 되메우기 각 층은 다짐종료 후 다짐 검사를 받고, 승인을 얻은 후 다음 층 시공을 하도록 한다.
- (7) 흙쌓기의 시공에 있어서는 전체가 균일한 다짐이 되도록 하고, 비탈면은 규정 다짐도 이상으로 다지도록 한다.
- (8) 구조물에 인접한 부분과 같이 면적이 좁아 로올러류에 의한 다짐도 못하는 장소는 램머 및 진동식 다짐 기계 등으로 다짐을 한다.
- (9) 지반이 복잡하여 규정된 포설 두께로 다짐기계가 운행할 수 있는 최소한 면적이 얻어지는 최소의 두께까지 인력으로 포설할 수 있고, 이때 재료는 균일하게 포설해야 한다.
- (10) 제방 횡단 구조물의 일반토사 되메우기 구간은 다짐층의 두께를 10~20cm로 하여 램머나 진동식 다짐 기계로 배수통문 및 통관 양측에 대칭으로 골고루 다져야 하나, 상단 30cm 높이까지 다짐 되메우기가 완료된 후가 아니면 장비 다짐은 피한다.
- (11) 흙쌓기 시공 중에 시공 기계의 주행 등에 의하여 발생한 불량부분은 부적합한 재료를 제거하고 재시공한다.

23.3.4 제방법선

- (1) 제방법선은 다음 <그림 23.10>과 같이 제방의 앞비탈머리를 가로방향으로 연결한 선을 의미하며, 저수로 법선은 저수로와 고수부지가 만나는 점을 가로방향으로 연결한 선을 말한다.



<그림 23.9> 제방의 법선

(2) 제방법선의 결정은 아래와 같이 실시한다.

- ① 제방법선은 하도계획에서 결정한 평면계획을 기준으로 하며 하천연안의 토지이용 현황, 홍수시의 유황, 현재의 하도, 장래의 하도, 공사비 등을 검토하여 가급적 부드러운 곡선형태가 되도록 해야 한다.
- ② 하천환경 측면에서 법선은 해당하천 고유의 자연환경, 하천의 이용현황 등과의 관계를 충분히 고려하여 하천환경의 보전 및 관리가 잘 되도록 해야 한다.
- ③ 완류 하천에서는 어느 정도의 만곡이 필요하므로無理하게 직선으로 개수하여 평형이 깨지지 않도록 한다.
- ④ 급류 하천에서는 유수가 하안에 충돌하지 않도록 하는 것이 좋다.
- ⑤ 연약지반상에 축조할 경우에는 공사비와 유지비가 모두 증가하므로 제방은 이러한 장소를 피해서 견고한 불투수성 지반상에 설치한다.
- ⑥ 지류는 가능하면 예각으로 합류시키고 홍수를 원활히 유하시키기 위하여 합류점 이하에 적당한 길이로 도류제를 설치한다.

(3) 저수로 법선의 결정은 아래와 같이 실시한다.

- ① 자연환경 보전, 생태계 보전 및 친수공간 확보를 위하여 제방법선과의 관계를 토대로 현 상태의 저수로 형상을 가능한 한 유지할 수 있도록 하여야 한다.
- ② 저수로법선 설정 시 하도특성 조사를 해서 현 하천의 사행특성, 수충부 위치, 기존호안 등을 확인하고 저수로의 위치를 안정화시키기 위한 하안 침식방지공 등을 검토하여야 하며 이때 비용과 유지관리비가 많이 들지 않도록 하기 위해서는 저수로내 어떠한 사주가 발생하는가, 그리고 저수로 법선형이 사주형상에 어떠한 영향을 주는지, 저수로의 사행정도, 사주형상과의 관계를 잘 파악하여 결정하여야 한다.

23.4 제방 설계

23.4.1 설계일반

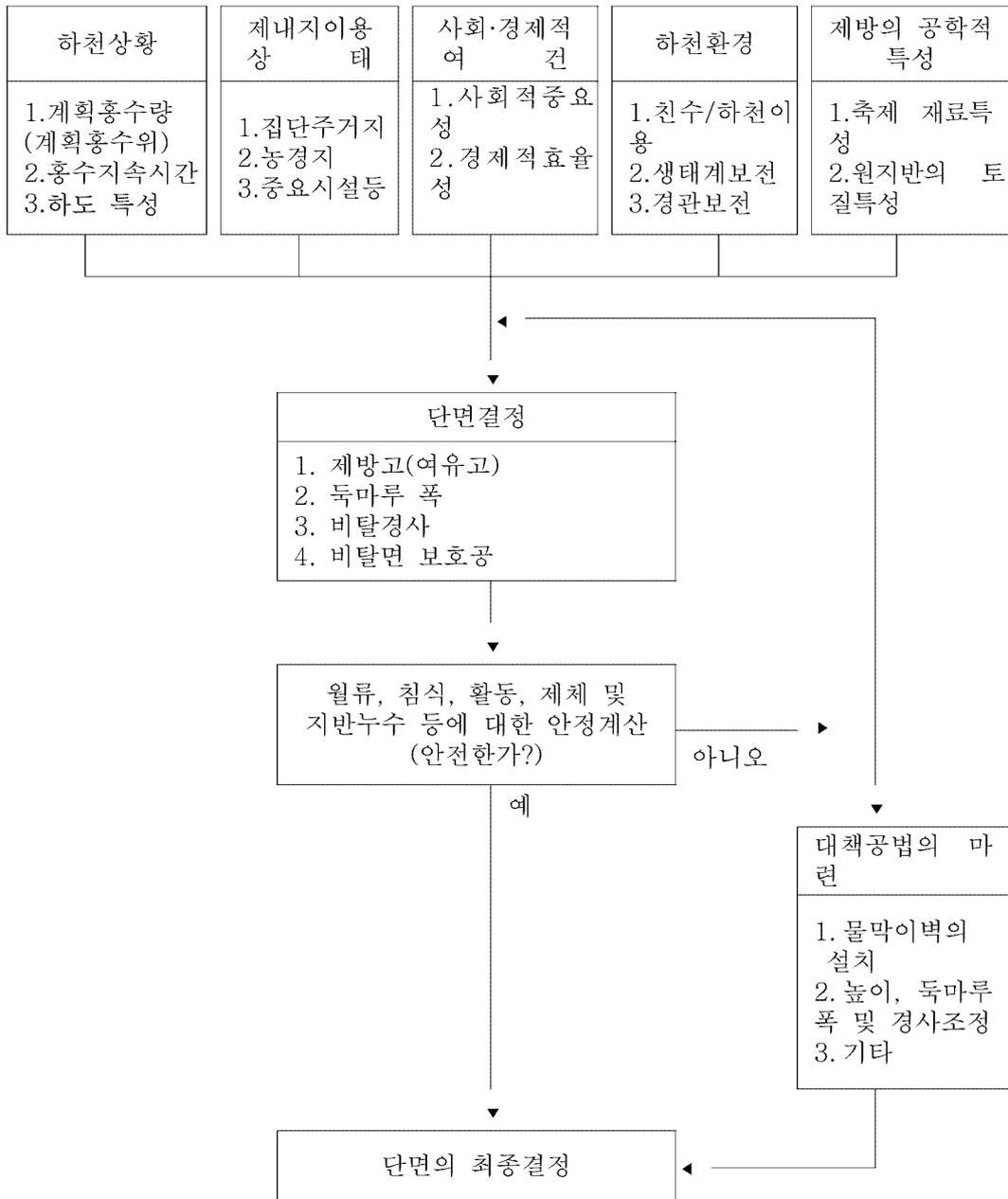
(1) 제방설계는 하도와 제내지 상황, 사회 경제적 여건, 하천환경, 축제재료 및 원지반 상태 등을 종합적으로 고려하여 제방단면을 결정한 후 결정된 단면에 대해 안정계산을 실시

하여 필요한 안전율을 확보할 수 있도록 최종단면을 결정한다.

- (2) 하상재료 사용과 같이 안정성이 확보되지 못할 경우에는 그 대책을 마련하거나 제방 단면의 제원을 수정하여 필요한 안정성이 확보될 수 있도록 해야 한다. 이때 제방의 설계는 일반 구조물과 같이 수리학적 혹은 토질공학적 안정성 검토를 통하여 제방의 침식, 제체의 침투 및 활동에 대한 제방강화 형태 및 구간 등을 선정한다.

해설

- (1) 국내 하천제방 설계는 특별한 경우를 제외하곤, 단면형상(높이, 둑마루폭, 비탈경사 등)을 하천규모(유량)에 맞는 일률적인 제방의 표준단면도 적용을 고려한 형상규정 개념을 기본으로 수행하여 왔다. 이러한 설계 개념은 적절한 재료선정 및 단면형상이 규정되면, 계획 고수위 이하의 통상의 수위에 대해서 제방의 안정성이 확보된다는 경험적인 판단을 근거로 한 것이다.
- (2) 그러나 본 설계법은 유량에 맞춰서 일률적으로 형상을 규정하고 있기 때문에 강우 및 현장조건이 다름에도 불구하고 일반적인 하천이나 하천제방특성을 따르도록 할 경우 제방의 안정을 불명확하게 한다. 특히 이 같은 설계방법은 부득이하게 사용되는 하상재료 사용 시 침식방지, 차수방지대책, 제체의 침투 및 활동에 대한 안정성 평가를 통하여 제방강화 형태 및 구간 등을 선정함으로써 제방의 신뢰성을 향상 시켜야 한다.
- (3) 최근 외국의 제방설계는 이러한 기존 설계의 문제점을 보완하고자 일반 구조물과 같이 수리학적 혹은 토질공학적 안전성을 바탕으로 외력과 내력의 비교를 기본으로 하는 설계 방식으로의 전환을 추진하고 있다.
- (4) 제방 단면의 결정과정은 <그림 23.11>과 같다. 이때 하천상황에 관한 조사는 주로 제방이 설치된 장소의 홍수시 수리 특성을 파악하기 위해 실시하는 것으로, 계획홍수량, 홍수지속시간, 하도선형, 하상경사 및 고수부지 현황 등에 대해서 조사한다.
- (5) 사회·경제적 여건 조사는 설계대상 구간의 제내지의 사회조건을 파악하기 위해 실시하는 것으로, 설계대상 제방이 방어하는 범람역의 인구나 자산, 배후지의 토지이용 등에 대해서 조사한다.
- (6) 또한, 제방의 단면형상 및 구조는 단순히 구조적 안전성뿐만 아니라, 제내지 주민의 친수/하천 이용, 생태계 보전, 경관 보전 등의 하천환경을 고려한 설계를 할 필요가 있다.



<그림 23.10> 제방단면의 결정과정

23.4.2 제방고

- (1) 제방고는 계획홍수위에 여유고를 더한 높이 이상으로 한다. 단 계획홍수위가 제내 지반 고보다 낮고 지형상황으로 보아 치수상 지장이 없다고 판단되는 구간에서는 예외로 한다.

- (2) 호소제방 및 고조구간의 제방은 계획홍수위에 파랑의 영향을 고려하여 (1)의 제방고보다 낮지 않도록 한다.

해설

- (1) 제방고의 기준이 되는 것은 계획홍수위이며 이것에 여유고를 더한 것이 제방독마루 표고가 된다. 계획홍수위는 계획하도내에 계획홍수량이 흐를 때의 수위로서 이를 바탕으로 제방을 설계하며 침투에 대한 안정 검토시에도 계획홍수위를 기준으로 한다.
- (2) 과거의 홍수경험에서는 예상할 수 없는 형상과 별도로 계획상 예상되는 하상변동에 의한 수위상승, 수리계산 오차 등에 대해서는 계획홍수위를 결정할 때에 고려되어야 한다.

23.4.3 여유고

- (1) 여유고는 계획홍수량을 안전하게 소통시키기 위해서 하천에서 발생할 수 있는 여러 가지 불확실한 요소들에 대한 안전값으로 주어지는 여분의 제방높이를 말한다.

<표 23.6> 계획홍수량에 따른 여유고

계획홍수량(m ³ /sec)	여유고(m)
200미만	0.6이상
200이상 ~ 500미만	0.8이상
500이상 ~ 2,000미만	1.0이상
2,000이상 ~ 5,000미만	1.2이상
5,000이상 ~ 10,000미만	1.5이상
10,000이상	2.0이상

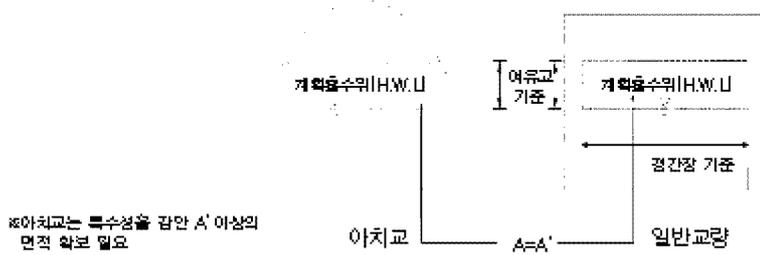
- (2) 계획홍수량별 여유고는 일반하도에서의 최저치로서 실제 여유고는 하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 주변접속도로, 사회 및 경제적 여건 등을 고려하여 결정해야 하며, 유량규모에 따른 최저치의 여유고에 얼마이지 않도록 유의해야 한다.
- (3) <표 23.6>에서 제시된 여유고는 정확한 계산에 의한 것이 아니라 경험에 의해 정해진 값이므로 다음과 같은 사항을 고려하여 여유고가 확보될 수 있도록 한다.

- ① 안전율
 - (가) 제방의 유지
 - (나) 수문량의 불확실성
 - (다) 하도소통능력의 불확실성
- ② 하천 지반의 변화
 - (가) 하도내의 토사퇴적
 - (나) 지반 침하

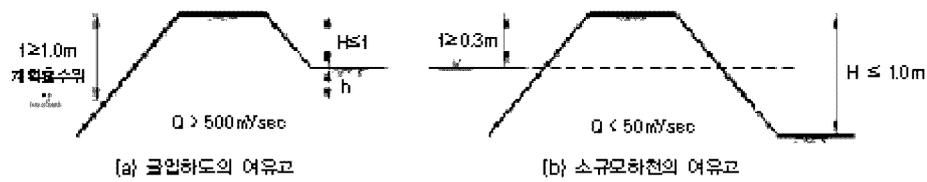
- (4) 파랑고가 여유고보다 높은 경우는 파랑고를 여유고로 한다.
- (5) 여유고의 예외규정(<그림 23.13>참조)
 - ① 굴입하도에서는 「지형상황 등에 의해 치수상 지장이 없는 높이」를 해당 구간에 적용하는데 계획홍수량이 500m³/sec 미만일 때는 규정대로 하고, 500m³/sec 이상일 때는 1.0m 이상을 확보하여야 한다.
 - ② 계획홍수량이 50m³/sec 이하이고 제방고가 1.0m 이하인 하천에서는 0.3m 이상을 확보하여야 한다.

해설

- (1) 여유고는 개개의 하천구간 및 제방구조에 따라서 그 특성에 적합하도록 결정해야 하지만 계획상 매우 복잡하며 독마루 표고가 장소에 따라 차이가 있다는 것은 바람직하지 못하므로 계획홍수량 규모에 의해 여유고를 <표 23.6>과 같이 설정하였다.
- (2) 계획홍수량이 변화되는 곳에서는 여유고도 변화시켜야 하지만 여유고를 갑자기 변화시킨다는 것은 곤란하므로 여유고 규모가 변하는 지점에서 100m정도 더 연장하여 ±2% 정도의 종단경사를 유지하도록 하거나 파랑 등의 영향으로 더 연장하여야 할 경우에는 산이나 교량 등으로 구분되는 지점에서 변화시킨다. 단, 100m 연장구간 내에 산이나 교량 등의 구조물이 있는 경우에는 그 지점에서 변화시킨다.
- (3) 계획홍수량에 해당하는 여유고는 제방의 구조상 필요로 하는 여유이고 계획상의 여유는 포함하지 않으므로 하상변동에 의한 수위상승, 만곡부의 수위상승, 수리계산의 오차 등에 대해서는 계획홍수위를 결정하는 단계에서 고려해야 한다.
- (4) 교량구간의 여유고는 교량설치를 감안하여 산정한 홍수위로부터 교각이나 교대 중 가장 낮은 교각(교대)에서 교량상부구조를 받치고 있는 교좌장치 하단부까지 높이를 뜻하며, 라멘교의 경우 슬래브의 현치하단까지의 높이로 한다.
- (5) 아치교는 구조적 특성 때문에 여유고 기준이 불명확하므로 여유고 구간의 단면적 조건을 검토하여 여유고 규정의 만족 여부를 결정한다. 아치교의 1개 경간에서 계획홍수위와 교량여유고 사이의 면적이 일반 교량 최소경간장 조건에서의 면적보다 작지 않도록 경간장을 조정하여 최소 여유면적을 확보할 수 있도록 한다.



(그림 23.12) 아치교의 여유고 특성



H : 제내지반에서의 제방고(m)
 h : 계획홍수위와 제내지반교의 차(m)
 i : 제방의 여유고(m), Q : 계획홍수위(m³/sec)

(그림 23.13) 여유고의 예외규정

23.4.4 둑마루폭

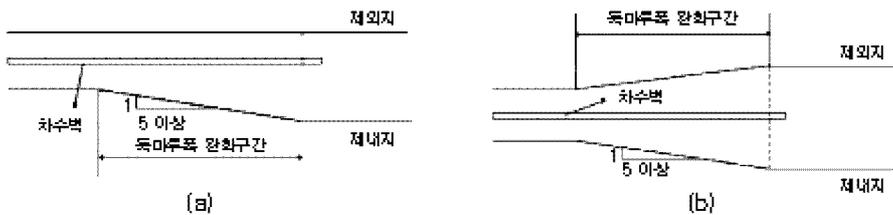
(1) 제방의 둑마루폭은 다음 목적을 달성할 수 있도록 결정해야 한다.

- ① 침투수에 대한 안전의 확보
- ② 평상시의 하천순시
- ③ 홍수시의 방재활동
- ④ 친수 및 여가공간 마련

<표 23.7> 계획홍수량에 따른 둑마루폭

계획홍수량(m³/sec)	둑마루폭(m)
200미만	4.0이상
200이상 ~ 5,000미만	5.0이상
5,000이상 ~ 10,000미만	6.0이상
10,000이상	7.0이상

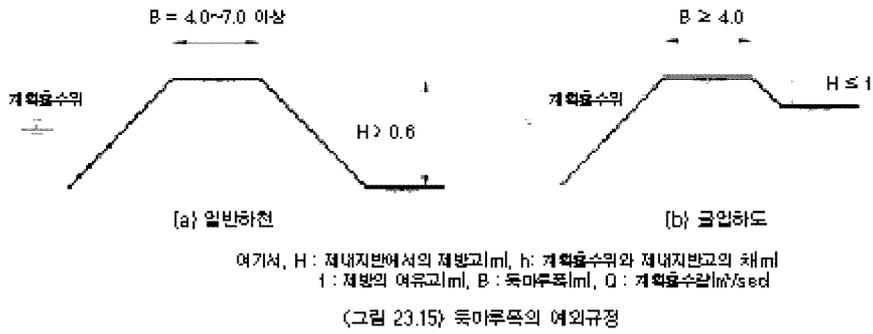
- (2) 둑마루폭의 목적을 달성하기 위해서는 최소 4.0m 이상을 확보하여야 하며, 친수 및 여가공간 조성시에는 계획홍수량에 따른 최소폭보다 크게 할 수 있다.
- (3) <표 23.7>은 계획홍수량에 따른 둑마루폭의 최소치를 나타낸 것으로 실제 둑마루폭은 하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 사회 경제적 여건, 둑마루의 이용성 등을 고려하여 결정해야하며 유량규모에 얽매이지 않도록 유의해야 한다.
- (4) 둑마루표면은 계획제방고 위에 약 20cm 두께의 잡석 및 보조기층재 등을 부설하여 차량 및 농기계의 이동으로 인한 요철(바퀴패임 등)이 발생하지 않도록 하되 둑마루를 자전거도로, 인라인스케이트, 마라톤코스, 산책로등으로 조성하는 경우에는 이용목적에 적합한 공법으로 포장계획을 수립토록 한다. 또한 둑마루내 다짐층은 횡단경사를 3%~6%를 두어 원활한 배수가 이루어질 수 있도록 하여야 한다.
- (5) <그림 23.14>와 같이 차수벽 설치에 의하여 둑마루폭이 변화하는 경우에는 둑마루폭이 넓은 곳까지 차수벽을 설치하여야 하며, 완화구간의 에너지 손실을 최소화 하기 위하여 둑마루폭의 차와 완화구간 길이의 비는 1:5 이상의 완경사로 한다.



(그림 23.14) 둑마루폭 완화구간 예

(6) 둑마루폭의 예외규정

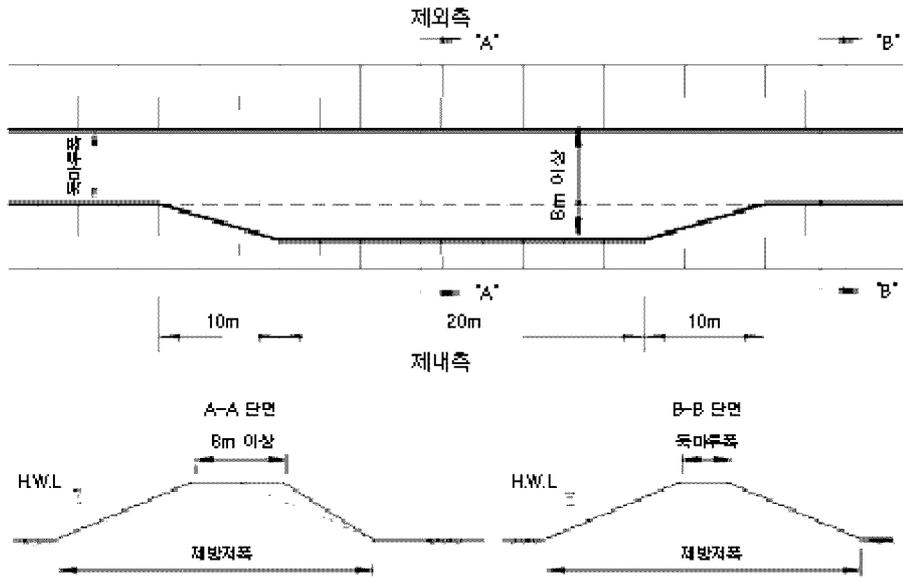
- ① 제내지반고가 계획홍수위보다 낮고 제방고가 0.6m 이상일 때에 둑마루폭은 4.0m 이상을 원칙으로 하며 제방고가 여유고 이하일 때는 관리용 도로 폭의 결정방법에 의해 결정한다(<그림 23.15> (a) 참조).
- ② 제내지반고가 계획홍수위보다 높고 지형상황 등으로 미루어 보아 치수상 지장이 없을 때 둑마루폭은 계획홍수량에 관계없이 4.0m 이상을 원칙으로 한다(<그림 23.15> (b) 참조).
- ③ 제방의 안전을 위해 가능한 양호한 토사로 성토하는 것을 원칙으로 한다. 부득이하게 적정규모의 적용이 곤란한 경우에 누수방지공법을 적용하고, 이와 같은 공법이 적용된 제체의 둑마루폭은 1) 최소 둑마루폭 기준 4m, 2) 침투 및 비탈면 안정성 검토결과에 의한 최소 둑마루폭 중 최대치로 결정한다. 단 상이한 둑마루폭을 갖는 기존 제방과 연결할 때는 완화구간을 두도록 한다.



해설

- (1) 독마루폭도 여유고와 마찬가지로 엄밀하게는 각각의 구간에 대해서 제내지의 중요성, 홍수지속시간, 제방 또는 지반의 토질조건 등의 특성을 고려하여 결정해야 하지만 실제로 이와 같이 하기는 매우 곤란하다.
- (2) 독마루폭이 구간에 따라 다르면 제방 독마루를 관리용 도로 등으로 사용하기가 적당치 않고 제방의 단면형이 구간에 따라 다르면 지역주민에게 주는 심리적 영향이 커서 곤란하다. 이와 같은 관점에서 본 규정은 여유고와 마찬가지로 계획홍수량에 따라 단계적으로 최저기준을 정해 놓은 것이다. 계획홍수량에 따라 독마루폭이 변할 경우에는 산지 등과 접하는 곳에서 자연스럽게 처리하고 만일 지형상 적당한 산지가 없으면 완만하게 변화할 수 있도록 완화구간을 둘 수 있다.
- (3) <그림 23.16>의 교행공간에서 제시한 8m이상(부득이한 경우 7m이상) 구간은 차량의 교행을 목적으로 하지만 제방의 응급복구시 응급복구용 재료로서 활용할 수 있다. 이때 사전에 안전성검토를 하여 참고로 하는 것이 바람직하다.
- (4) 제방의 유지관리와 긴급 방재활동 등을 위하여 자동차가 교행할 수 있도록 약 300m (교행이 가능한 공간이 있으면 이를 감안한다)마다 교행할 수 있는 공간을 확보하여야 한다.

※ 교행공간수 = 제방길이 ÷ 300 - 교행가능 공간수(부체도로 등)
 (교행공간수는 소수점을 제외한 정수로 한다.)



(그림 23.16) 교행공간의 형상

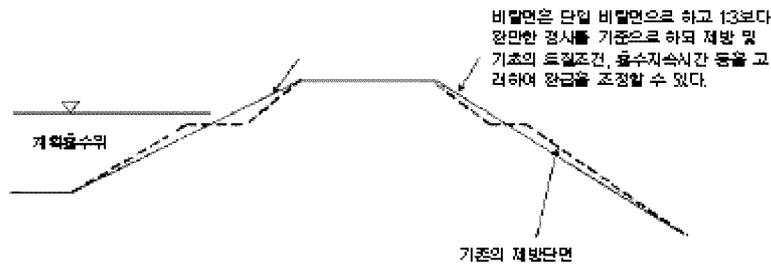
3.4.5 비탈경사

- (1) 제방은 하천유수의 침투에 대해 안정한 비탈면을 가져야 하는데 이를 위해서는 제방고와 제내지반고의 차이가 0.6m 미만인 구간을 제외하고는 1:3 또는 이보다 완만하게 설치함을 원칙으로 한다. 단, 완만한 경사로 인하여 제방여유고가 부족해서는 안된다.
- (2) 지형조건, 기존제방과 연결, 통수단면 유지, 구조물 이설 등의 이유로 비탈경사를 1:3보다 급하게 결정해야 하는 경우, 제방 또는 지반의 토질조건, 홍수지속시간 등을 고려한 수리학적·토질공학적 안정성을 반드시 검토한 후 비탈경사를 결정한다.
- (3) 제외지측 비탈경사를 1:3으로 설치할 때, 통수능 저하로 인해 계획홍수위를 초과하는 경우 제내지측을 확장하는 방안을 수립한다. 또한, 제방 안정성이 충분히 확보된 기설 제방은 기존 제외지측 비탈경사를 유지할 수 있으며, 비탈경사를 1:3으로 설치 할 때는 앞비탈기슭을 기준으로 한다. 이때 앞비탈기슭 비탈경사 1:3으로 인하여 감소된 독마루폭은 제내지측을 확장함으로써, 독마루폭 기준을 만족시키고, 제방 안정성을 확보하도록 한다.
- (4) '23.4.4 독마루폭'에서 제시한 교행공간의 제내측 비탈경사는 예외로 한다.

해설

- (1) 종래의 제방 등에는 1:2보다 급한 비탈경사인 것이 있었지만 홍수시 하천의 침투와 우수침투에 따라서 흘러내리고 비탈붕괴 등의 현상이 많이 발생하고 있다.
- (2) 비탈붕괴는 특히 홍수기에 발생하기 쉬우므로 이를 감안하여야 한다. 제방의 비탈경사는 아주 불가피 할 때를 제외하고는 친수공간활용등을 감안하여 1:3보다 완만한 비탈경사가 되도록 한다.

- (3) 특히, 대하천에서는 제방 또는 지반의 토질조건, 홍수의 지속시간 등 하천의 특성에 따라 제방의 비탈경사가 결정되어야 하고 제방이 구조적으로 안정하다는 이유만으로 1:2보다 급한 경사를 채택하지 않도록 하여야 한다.
- (4) 대하천의 제방은 과거에 만들어진 제방을 보강하여 완성하고 있는 예가 많고 이 경우는 제방 또는 지반의 토질조건이 그다지 명확하지 않다. 또한, 홍수지속시간에 대한 이론적인 취급이 어렵고, 과거의 홍수실적과 재해 등의 경험을 충분히 감안하여 필요에 따라 비탈경사를 완만하게 하는 등의 특별한 배려가 이루어지도록 한다.
- (5) 제방의 소단은 제체내 우수침투 및 제초 등의 유지관리측면 등에서 소단을 제거한 하나의 완만한 비탈면을 갖는 제방이 더욱 유리한 것으로 나타나고 있으며 제체의 안전성에도 유리하다. 따라서 소단 설치가 특별히 필요한 경우를 제외하고는 원칙적으로 제방은 하나의 완경사를 이루도록 하는 것을 원칙으로 한다(<그림 23.17>).
- (6) 완경사 제방은 비탈경사 결정시 비탈붕괴에 대한 안전성 등을 조사한 후에 설정하여야 하며, 제방의 사면안전성을 현재보다 악화시키지 않는다는 관점에서는 제방저쪽이 소단을 가지는 단면의 저쪽 보다 좁게 되지 않도록 하여야 한다.
- (7) 완경사 제방은 비탈면에서의 차량 침입, 불법주차 등이 행해지는 경우가 있기 때문에 이들에 의한 위험발생방지를 위해 필요에 따라 비탈기슭에 비탈기슭 보호공을 30~50cm 정도 높이로 돌쌓기 등을 설치할 수 있다.



(그림 23.17) 소단이 있는 비탈면을 하나의 완만한 경사로 하는 예

23.4.6 관리용 도로 및 접근로

- (1) 제방에는 관리용 도로를 설치하는 것을 원칙으로 한다. 관리용 도로는 하천의 순시, 홍수시의 방재활동 등을 위해 일반적으로 제방 둑마루 또는 제내지측 측단을 이용하여 설치한다.
- (2) 관리용도로의 계획은 하천의 상하류를 원활하게 통행할 수 있게 하고, 제내지에서의 접근로, 둑마루에서의 교행공간을 확보하여야 한다.
- (3) 관리용도로는 홍수시 제방의 응급복구용 도로로서 제내측 기존도로에서 제방까지 자동차 및 중장비 등이 신속히 접근할 수 있도록 하는 접근도로를 설치하여야 한다.
- (4) 접근도로는 제방(관리용도로)연장 약 2km 마다 1개소를 설치하고, 2km이하의 짧은 구간에서는 최소 1개소를 설치하여 접근도로에서 제방 둑마루부까지 차량이 진입할 수 있도록 완경사의 부체도로를 설치하여야 한다.
- (5) 진입로는 완만한 경사의 경사로 및 계단을 이용하여 접근도로 주변 및 접근도로 사이에 설치하며, 제방 앞비탈에 설치하는 경우 홍수 소통 및 기본적인 치수안정성 확보를

고려한 후 설치한다. 또한, 접근도로 및 진입로는 기존도로를 최대한 활용한 '관리용 도로 및 진입로 계획망도'를 작성하여 이용이 편리하도록 하여야 한다.

(6) 교행공간은 '23.4.4 독마루쪽'의 규정에 따른다.

(7) 예외 규정(<그림 23.18>참조)

- ① 계획홍수량이 100m³/sec 미만이고 하천폭이 10m 미만의 소규모 하천의 경우에는 자동차가 소통할 수 있는 최소 폭인 2.5m 이상의 관리용 도로가 필요하다.
- ② 하천폭이 10m 미만이고 제방고와 제내지반고의 차가 0.6m 미만인 굴입하도의 하천에서는 좌우안의 어느 한쪽에 3m 이상(계획홍수량 100m³/sec 미만이면 2.5m)의 폭을 확보하고 다른 한쪽에서는 1.0m 이상으로 할 수 있다. 또한, 하천폭이 5m 미만의 하천에서는 양안모두 1.0m 이상이면 된다.

해설

- (1) 제방의 시공 및 유지관리상의 측면에서 필요한 경우 제내측 제방 하단부 끝부분에 방재 도로를 설치할 수 있으며, 우회도로 등 제내측에 설치되는 도로는 계획빈도 이하의 강우에 침수되지 않도록 한다.
- (2) 관리용도로는 산책로와 고수부지 등의 이용 활성화, 소화용수 취수시의 소방차량 활동의 원활화, 도시내에서의 귀중한 녹지공간으로서의 활용, 하천에 정면을 향한 건축축진, 출수시의 배수펌프차의 원활한 활동을 확보하는 것이 필요하다는 사실에서 도시부의 하천을 중심으로 관리용 도로를 원칙적으로 4m 이상으로 하는 것이 바람직하며 구조물을 설치할 경우 통과높이는 4.5m 이상으로 하며, 진입로는 장애인, 고령자, 임산부 등의 출입 편의를 확보하기 위하여 「장애인·노인·임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률 시행규칙」 별표 1 제1호 가목을 참조한다.
- (3) 국토 및 이용축진에 의한 도시지역에는 하천공간이 넓게 연속되어 있으며, 하천은 물과 녹지, 생물의 풍부함, 바람과 향기 등이 있는 열린 공간이고 사람을 건강하게 하고 사람의 마음을 윤택하게 하는 기능을 가지고 있는 공간이다. 또한 아이, 어른, 고령자, 장애를 가진 사람이 세대를 초월하여 교류할 수 있는 공간이다. 고령화사회가 도래함에 따라 하천이 가지는 이들 기능을 활용하는 것이 요구되고 있고 건강 만들기와 접촉·교류의 장으로서의 하천조성이 요구되고 있다.

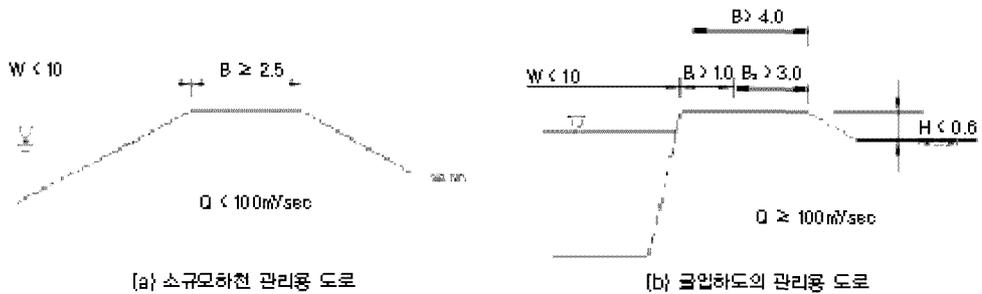
따라서 특히 다음과 같은 사항에 유의할 필요가 있다.

- ① 관리용 도로는 적절히 폭을 확장하고 여유 있는 폭으로 하는 것이 바람직하다.
- ② 하천변과 제방상의 산책로, 제내지 보도 등으로 이루어진 네트워크 형성을 배려하고 관리용 도로에는 적당한 위치에 적당한 간격으로 부체도로와 계단을 설치하도록 한다.
- ③ 관리용 도로와 부체도로는 고령자, 장애자 등의 이용을 배려한 것으로 하고 지형의 상황과 지역의 의향을 감안하면서 가능한 한 보도차도 분리, 보도 등의 유효폭 확보, 보도 등과 차도의 적절한 색깔 구분 등이 이루어지도록 배려하도록 한다.
- ④ 접근로를 완만한 경사로로 설치하는 경우 기울기는 「장애인·노인·임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률 시행규칙」 별표 1 제1호 나목을 참조하며, 앞비탈 접근로 방향은 하천의 흐름을 고려하여 흐름 방향의 순방향이 되도록 설치하

며, 치수 상 지장이 일어나지 않도록 적절하게 설치한다. 또한 경사로의 재질과 마감에 있어서는 「장애인·노인·임산부 등의 편의증진보장에 관한 법률 시행규칙」 별표 1 제1호 마목을 참고하되, 앞비탈 진입로의 경우 재질은 진입로 주변에 설치된 호안과 동일한 치수 안전도를 가지는 재료를 선택해서 사용하여야 한다.

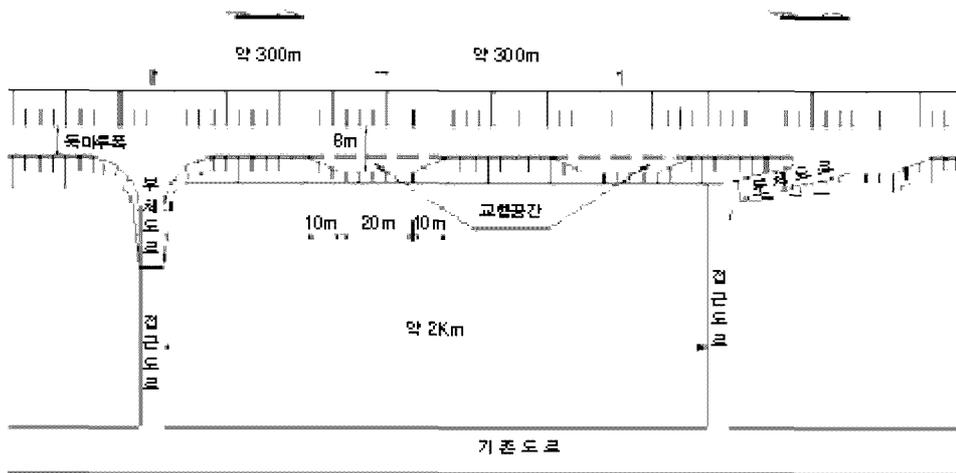
- ⑤ 계단에는 하천의 안전한 이용을 위해 손잡이를 설치하는 것이 바람직하다. 이때 치수상 지장이 일어나지 않도록 적절하게 배려한 구조로 하도록 한다.
- ⑥ 관리용 도로와 부체도로, 계단과 횡단보도와의 설치부에는 횡단대기 보행자를 위한 안전한 대기 공간을 확보하는 것이 바람직하다.

(4) 접근도로는 농어촌도로의 구조·시설기준에 관한 규칙(내무부령 제24호, 1995)을 참조한다.



여기서 H : 제내지반에서의 제방고 (m), W : 하폭 (m)
Q : 계획홍수량 (m³/sec), B : 독마루폭 (m)

(그림 23.18) 관리용 도로의 여외규정



(그림 23.19) 접근도로 및 교행공간 설치 여

23.4.7 비탈기슭 보호공

제방의 제내측 비탈기슭 부분에는 보호공을 설치한다. 단 지형의 상황 등을 고려해서 보호공이 필요 없다고 인정되는 경우는 이 제한을 받지 않는다.

해설

종래의 중요한 제방은 견치석을 붙인 경우도 있으나 일반적으로 특별히 비탈기슭 보호공을 설치하는 관례나 규정은 없다. 그러나 불법점거 등의 발생을 방지하기 위해 또는 제방법선의 하단에 접하는 도로가 있는 경우는 차륜에 의한 비탈기슭 부분의 침식을 방지하고 보호하기 위해 비탈기슭 보호공을 설치한다(<그림 23.16 참조>).

23.4.8 배수구간(back water)에서의 제방고와 독마루폭

(1) 배수구간이란 본류의 배수위로 인해 지류의 홍수위가 상승하는 등의 영향을 받는 구간으로서 합류부의 처리 방법에 따라 배수제방, 자기류제방, 반배수제방 등으로 구분한다.

① 배수제방(역류방지시설이 없는 경우)

본류와 지류가 합류하는 부근(이하에서는 「합류점」이라 한다)에 역류방지시설을 설치하지 않은 경우, 본류의 배수위에 따라서 본류의 홍수가 지류에 역류하게 되기 때문에 지류제방은 본류제방과 함께 충분히 안전한 구조로 하여야 하며, 이 경우의 지류제방을 배수제방이라 한다. 배수제방은 반배수제방과 완전배수제방으로 분리되며, 이하에서는 단순히 배수제방이라 하며 완전배수제방을 말한다.

② 자기류제방(역류방지시설이 있는 경우, 지류 자체유량에 따른 경우)

합류점에 역류방지시설을 설치하여 본류 배수위가 지류에 미치는 것을 차단할 수 있는 경우, 또 지류의 계획제방고를 본류의 배수위와는 관계없이 지류의 자기홍수위에 대응하는 높이로 하는 경우, 이 지류제방을 자기류제방이라 한다. 이러한 경우 지류의 피크유량과 본류의 유출 피크시에 시차가 있더라도 역류방지 게이트 폐쇄 후에 지류유출량이 지류의 하도저류용량을 초과하면 지류제방을 월류하여 제내지가 침수하게 된다. 따라서, 자기류제 처리가 가능한 경우는 지류가 굴입하도인 경우 또는 지류제의 일부에 월류제를 설치하여 안전하게 월류시켜 저류할 수 있는 공간을 계획한 경우에 할 수 있다.

따라서, 자기류제방의 처리는

(가) 지류가 굴입하도인 경우

(나) 지류제의 일부에 월류제를 설치하여 안전하게 월류시켜 저류할 수 있는 공간을 계획한 경우

(다) 지류제의 홍수처리 능력을 초과한 홍수에 대한 대책으로서 배수펌프장, 방수로등을 계획한 경우

(라) 지류 하천의 특성상 반배수제 등으로 계획할 경우 과도한 제방단면등으로 인한 제방설치의 타당성 및 경제성(B/C)이 없어 일부구간의 침수를 불가피하게 허용할 경우 등에 할 수 있다.

③ 반배수제방(역류방지시설이 있는 경우, 배수제방과 자기류제방을 혼합한 경우)

합류점에 역류방지시설(통상은 수문)을 설치하여 본류 배수위가 지류에 미치는 것을 차단하고 계획홍수위에 대해서는 배수제방과 같이 하고 여유고 및 독마루폭은 자기류제방식과 유사하게 설치한다.

즉, 제방의 구조기준을 배수제방의 구조보다 저하시키고 보조로서 합류점에 역류방지시설을 설치하는 방식으로, 장점으로는 본류 계획홍수위에 지류의 피크유량이 동시 합류하는 경우에도 자기류제와 달리 바로 월류하지 않으며, 배수제방에 비해 제방용지가 상당히 감소할 수 있는 점등을 들 수 있다.

(2) 배수제방의 제방고 및 독마루폭은 아래와 같이 결정한다.

① 제방고

배수제방은 본류에 접한 제방과 연결되는 제방으로서 동일구역의 범람을 방지하는 기능을 가지고 있으며 해당구간에서 홍수지속시간은 본류의 배수 및 역류를 고려하여 본류와 같은 정도 혹은 그 이상의 구조로 되어야 한다. 이와 같은 관점에서 제방의 높이에 대해서는 적어도 본류 제방고보다 낮지 않도록 하되, 다음의 방법에 의해 결정된 배수구간의 계획홍수위에 본류 내지 지류의 여유고를 더한 높이를 더하여 결정한다.

(가) 본류의 계획홍수위가 있는 경우 본류의 계획홍수위를 기점수위로 계산하여 구해지는 수위<그림 23.20> (단, 본류와 지류유역의 상황이 극단적으로 다른 경우에 피크출현상황이 대부분 관계없다고 생각되는 경우에는 합류점의 본류수위에 대해 수평 수위로 할 수 있다<그림 23.21>)

(나) 지류의 계획홍수량이 합류할 때의 본류유량에 대응하는 본류수위를 기점홍수위로 계산하여 구해진 수위<그림 23.22> (단, 본류 계획홍수량에 대해서 지류의 계획홍수량이 비교적 적은 경우에는 지류의 계획홍수량에 대응하여 등류계산에 의해 구해지는 수위로 할 수 있다)

② 독마루폭

배수구간에서 제방의 독마루폭은 ①의 경우와 같은 취지에서 본류 제방의 독마루폭보다 좁지 않아야 한다. 단, 제내지반고가 계획홍수위보다 높은 굴입하도인 경우 및 지형상황 등이 치수상 지장이 없다고 인정되는 구간에 대해서는 예외로 한다.

(3) 반배수제방 또는 자기류제방의 제방고 및 독마루폭은 아래와 같이 결정한다.

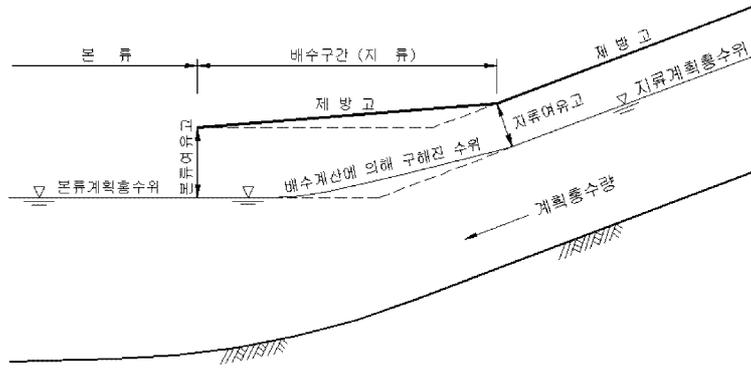
① 제방고

역류를 방지하는 시설에 의해 배수가 일어나지 않도록 할 수 있는 구간이란 수문 또는 통문에 의해 본류에서의 역류를 방지할 수 있는 경우를 반배수제방 또는 자기류제방의 경우를 말한다. 반배수제방의 높이에 대해서는 본류의 계획홍수위에 또 자기류제방 높이에 대해서는 지류의 계획홍수위에 각각 자기유량에 따른 여유고를 더하여 제방고로 한다.

② 독마루폭

반배수제방 또는 자기류제방의 독마루폭에 대해서는 자기유량에 따라 정한 독마루폭이 최저기준이 되고 있다. 그러나 실제 운용에 있어서는 반배수제방의 독마루폭은 제내지반고에서의 제방 높이(또는 비탈길이), 제방 또는 지반 토질조건,

수문 조작을 고려하여 정한 홍수 계속시간 등 해당구간의 상황에 따라서 자기류 제의 득마루폭과 본류제방과의 사이를 적절한 폭으로 할 필요가 있다.



<그림 23.20> 본류의 계획홍수위를 기점으로 하는 경우의 제방고

② 독마루폭

배수구간에서 제방의 독마루폭은 ①의 경우와 같은 취지에서 본류 제방의 독마루폭보다 좁지 않아야 한다. 단, 제내지반고가 계획홍수위보다 높은 굴입하도인 경우 및 지형상황 등이 치수상 지장이 없다고 인정되는 구간에 대해서는 예외로 한다.

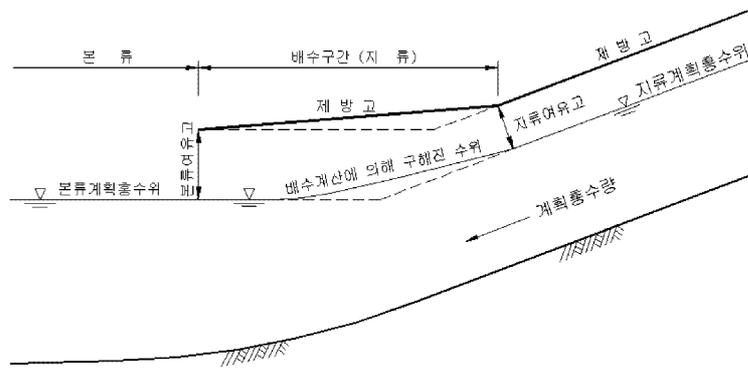
(3) 반배수제방 또는 자기류제방

① 제방고

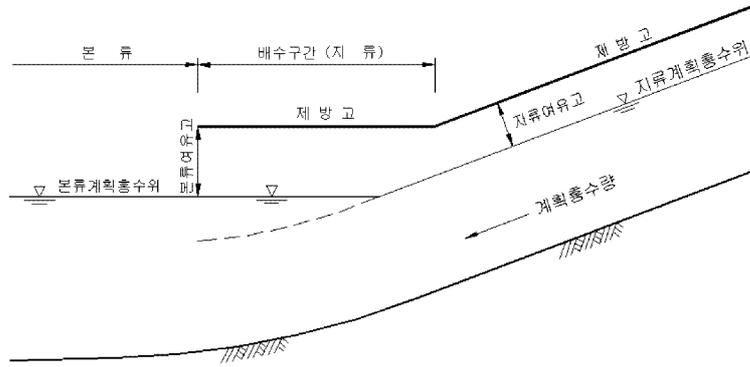
역류를 방지하는 시설에 의해 배수가 일어나지 않도록 할 수 있는 구간이란 수문 또는 통문에 의해 본류에서의 역류를 방지할 수 있는 경우를 반배수제방 또는 자기류제방의 경우를 말한다. 반배수제방의 높이에 대해서는 본류의 계획홍수위에 또 자기류제방 높이에 대해서는 지류의 계획홍수위에 각각 자기유량에 따른 여유고를 더하여 제방고로 한다.

② 독마루폭

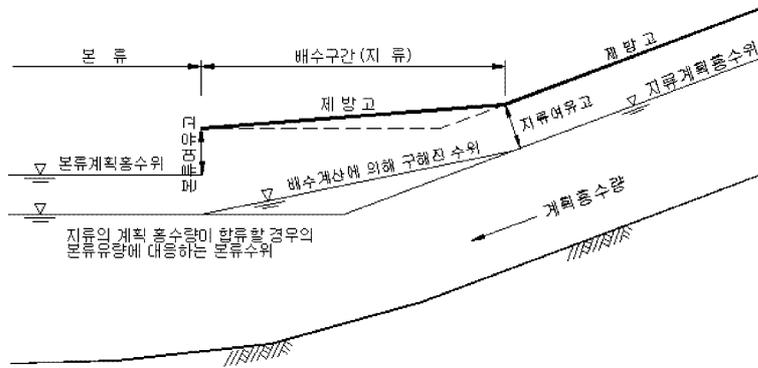
반배수제방 또는 자기류제방의 독마루폭에 대해서는 자기유량에 따라 정한 독마루폭이 최저기준이 되고 있다. 그러나 실제 운용에 있어서는 반배수제방의 독마루폭은 제내지반고에서의 제방 높이(또는 비탈 길이), 제방 또는 지반 토질조건, 수문 조작을 고려하여 정한 홍수 계속시간, 소단의 배치 등 해당구간의 상황에 따라서 자기류제의 독마루폭과 본류제방과의 사이를 적절한 폭으로 할 필요가 있다.



<그림 23.17> 본류의 계획홍수위를 기점으로 하는 경우의 제방고



<그림 23.18> 본류의 배수영향이 적을 경우의 제방고



<그림 23.22> 지류 계획홍수량에 따른 배수제방 높이

23.4.9 측 단

- (1) 측단은 제방의 안정, 뒷비탈의 유지보수, 제방 독마루의 차량 통행에 의한 인위적 훼손 방지, 경작용 장비 등의 통행, 비상용 토사의 비축, 생태 등을 위해 필요한 경우에는 제방 뒷기슭에 설치하며, 안정측단, 비상측단, 생태측단으로 구분할 수 있고 현장여건을 감안하여 포괄적인 기능을 갖는 측단으로 설치할 수 있다.
- (2) 안정측단은 생태측단의 역할도 할 수 있다. 그 폭은 국가하천에는 4.0m 이상, 지방하천에서는 2.0m 이상으로 한다.
- (3) 비상측단의 폭은 제방부지(측단제외) 폭의 1/2 이하(20m 이상 되는 곳은 20m)로 한다.
- (4) 제방상의 식수는 제방의 보호를 위해 원칙적으로 금지하나, 치수상 지장이 없는 범위에서는 가능하다. 생태측단은 하천의 환경보전기능을 유지하기 위해 필요한 제방의 한 요소로서, 그 폭은 제방부지(측단제외) 폭의 1/2 이하(20m 이상되는 곳은 20m)로 한다.

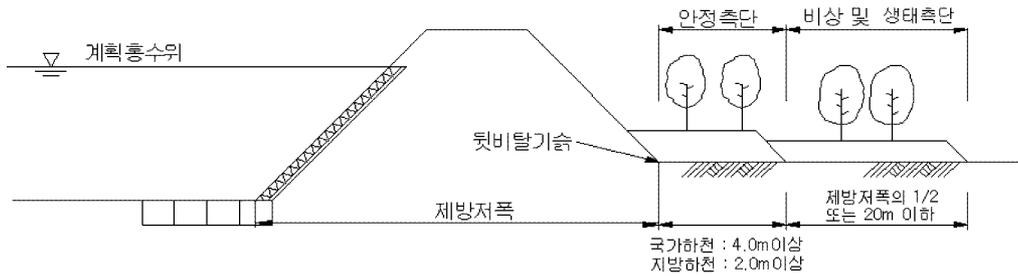
해설

(1) 안정측단

- ① 옛 하천부지나 기초지반이 매우 불량한 곳에 축조한 제방 및 제체재료가 불량한 제방 등에서는 제방의 안정을 위해서 특별한 조치가 필요하다.
- ② 기초지반의 누수에 대해서는 물막이벽 공법, 고수부 피복공법 등의 누수대책공법을 사용할 수도 있지만 제체누수에 대한 효과나 연약지반에서 압밀성토의 효과 등도 함께 고려하며 안정측단을 설치하여 제방단면을 확대하는 것이 더 효과적일 수도 있다.

(2) 비상측단

제방 파괴시에 필요한 비상용 토사의 비축을 위한 비상측단이므로 하도특성, 수리적 영향 등을 검토하여 제방붕괴가 예측되는 부분에 대하여는 원상복구에 대비하여 비상측단을 설치하도록 하여야 한다.

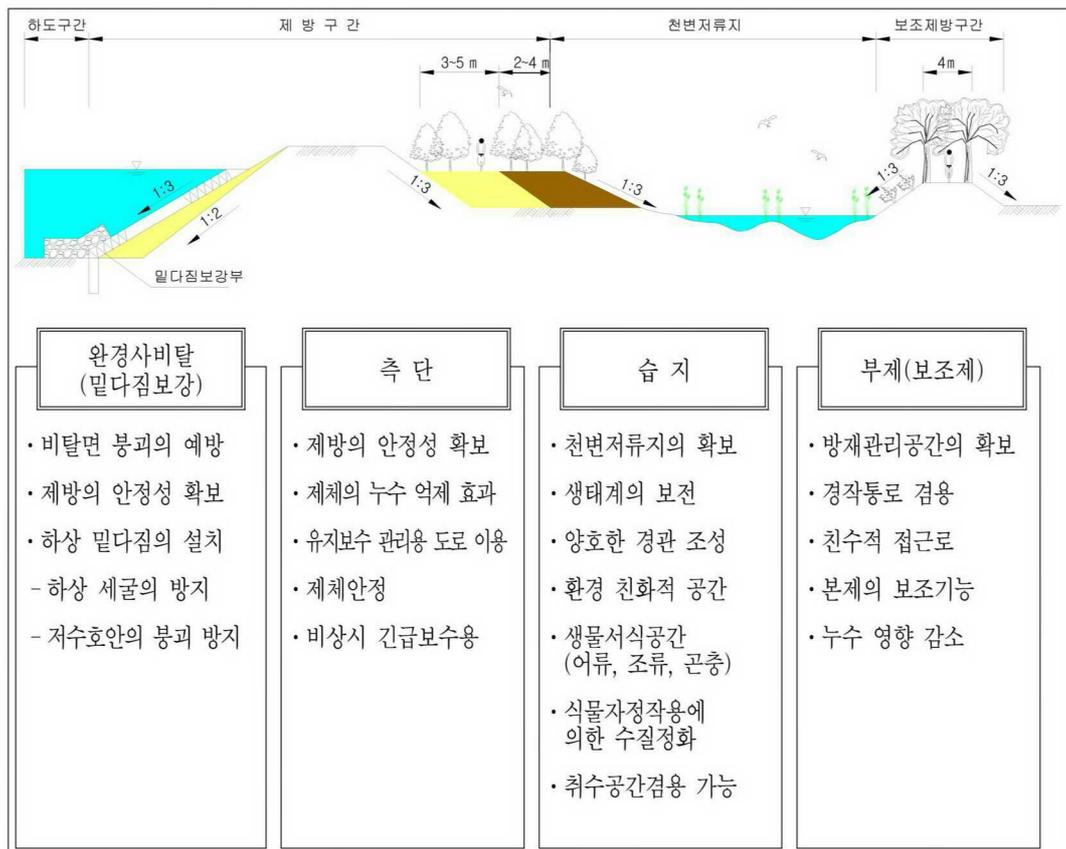


<그림 23.23> 측단의 설치 예

(3) 생태측단

- ① 제방상의 식수는 제방의 보호를 위해 원칙적으로 금지하나, 치수상 지장이 없는 범위에서는 가능하다. 하천과 주변지역 녹지축 연계, 자연의 연속성 등 녹지생태 네트워크 형성을 위한 생태측단을 설치하여 쾌적한 환경을 바라는 사회적 요구와 치수목적상 제방의 기능을 유지해야 하는 두 가지 목적을 조화시킬 필요가 있다.
- ② 제방 독마루 또는 비탈에 식수를 하면 제방 구조상 위험을 초래할 수 있으므로 치수상 배려로 뒷비탈기슭에 단을 만들어 식수 및 조경을 할 수 있다. 따라서 생태측단은 하천의 환경보전기능을 유지하기 위해 필요한 제방의 한 요소이다. 생태측단의 폭은 제방저쪽(측단제외)의 1/2 이하(20m 이상되는 곳은 20m)로

한다. 안정측단 폭원과는 별도로 비상 및 생태측단 부분에 국가하천의 경우 4m 이상, 지방하천의 경우 2m이상의 측단을 만들어 하천환경보전기능을 위한 수변역의 녹지축을 만들고, 주변지역에 구하도나 습지 등이 있는 경우는 생태완충구간을 두어 생태계보전 및 생물 서식거점과 기초지반누수 등에 대한 제방의 안정에도 기여할 수 있으므로 <그림 23.24>의 예시도와 같이 할 수 있다.



<그림 23.24> 자연친화적 제방축조(천변저류지와 보조제방) 예시도

23.4.10 기타제방

(1) 고성토 제방의 축조는 아래와 같다.

- ① 고성토 제방은 앞 비탈머리에서의 성토고가 15m 이상인 제방을 말하며, 고성토

제방의 안정성 검토는 일반 제방에서 수행하는 안정성 검토 외에 지중구조물과 인접구조물의 안정성을 고려한 변형해석 및 계측계획을 수립한다.

(2) 특수제방의 축조는 아래와 같다.

- ① 제방은 보통 토사로 축조하지만 용지문제, 제내지의 중요성, 하안의 이용상태 등으로 인해 흙으로 축조하는 것이 곤란하거나 부적당한 경우에는 콘크리트 옹벽, 널말뚝 등의 특수한 구조로 만들어질 수 있으며 이를 특수제방이라고 한다 (<그림 23.25>~<그림 23.27> 참조).
- ② 옹벽을 설치하는 제방의 옹벽하단(벽면하단)은 계획홍수위 이상이 바람직하다. 단, 현지 여건상 부득이 계획홍수위 이하에 하단부가 위치할 경우에는 여유고를 포함한 벽면의 높이가 1m를 넘지 않도록 한다.
- ③ 옹벽 구조 중 특수제가 이용될 수 있는데 이는 계획홍수위(또는 계획고조위) 이상의 토제에 옹벽이 설치된 것이다. 옹벽의 높이는 낮게 하는 것이 바람직하며 높게 하는 경우에도 1m, 가능하면 80cm 정도 이하로 해야 한다.
- ④ 옹벽의 높이를 낮게 하면 파압 등에 의한 옹벽의 전도에 대해서도 안전할 수 있다. 자립식 구조의 특수제 및 옹벽 구조의 특수제는 모두 토지이용상의 제한, 또는 그 밖의 특별한 사정으로 부득이한 경우에 설치한다.

(3) 호수제방의 축조는 아래와 같다.

- ① 호수에서 파의 영향을 고려할 때는 호수에서의 풍속, 풍향, 수위 등에 대해서 과거의 자료를 수집하여 검토한 후 결정해야 하고 수리모형실험에 의해 검토를 하는 것이 이상적이다. 또 제방의 단면형 및 구조는 파고 등에 대한 안정계산외에 제방의 유지관리의 측면도 고려해서 결정해야 한다.
- ② 여유고나 둑마루폭은 하천구간과는 달리 계획홍수량에 대응시켜서 규정 할 수 없으므로 수리조건, 토질조건 등을 고려해서 안정성이 확보되도록 결정한다. 둑마루폭은 관리를 위해서 4m 이상으로 한다.

(4) 고조제(高潮堤)는 호수제방과 마찬가지로 파랑의 영향에 대한 검토가 필요하지만 이외에 과거 고조의 실태, 태풍과 조위의 관계 등에 대해서도 충분히 검토하여 설계해야 한다.

해설

(1) 고성토 제방

- ① 고성토 제방을 축조할 경우 지형·지질뿐만 아니라 사회·경제 및 자연환경과의 조화 측면을 신중히 고려하여야 한다.
- ② 느슨한 사질지반에 축조된 경우나 지진 등의 외력에 의하여 과잉간극수압이 상승하고, 이로 인해 전단강도 저하가 예상될 경우 지반이나 제체에 대하여 반드시 액상화를 포함한 사면안정성을 검토하여야 한다.
- ③ 이때 변형해석은 실내·현장실험을 통하여 얻어진 물성치를 적용하여 시공 중·후의 단계별 성토에 따른 변위 등을 검토하고, 계측계획과 비교하여 필요시 대책을 마련한다.

(2) 특수제방

- ① 도시하천 등에서 제방설치 용지가 부족하여 제방을 설치할 수 없는 경우에는 필

요에 따라 콘크리트나 널말뚝 등으로 제방을 대신할 수 있다.

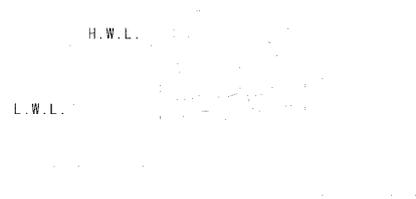
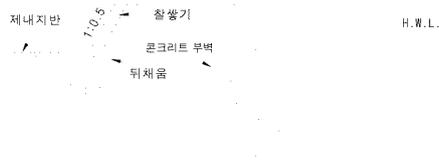
- ② 흙벽의 높이가 너무 높으면 하천관리에 지장을 줌과 동시에 제방 둑마루에서 하천의 수면을 바라볼 수 없어서 하천 경관이 훼손될 수 있다.

(3) 호수제방

- ① 높이는 계획홍수위, 파랑고, 바람에 의한 상승 등을 고려해서 결정한다.
- ② 둑마루쪽은 제방고, 기초지반, 배후지의 상황 등을 고려해서 결정한다.

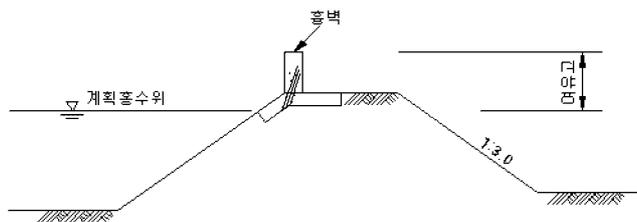
(4) 고조제

높이는 계획고조위에 여유고, 파랑고 등을 고려해서 결정하며 이 높이가 고조의 영향을 고려하지 않고 결정한 높이보다 낮을 때는 고조의 영향을 고려하지 않고 결정한 높이로 한다.



<그림 23.25> 콘크리트 구조 제방의 예

<그림 23.26> 널말뚝 구조 제방의 예



<그림 23.27> 흙벽의 예

23.4.11 제방의 안정

- (1) 제방의 안정에 관한 일반사항은 아래와 같다.

- ① 제방의 파괴는 월류, 세굴, 누수, 비탈면활동, 침하 등에 의해 발생할 수 있으며, 제방 설계 시 반드시 누수, 비탈면활동, 침하에 대한 안정성 검토를 수행하여야 한다.
 - ② 제방의 침투에 대한 안정성 평가 시 제체의 포화정도와 제외측의 수위변화조건을 반영하여 해석하여야 한다.
- (2) 제방 누수에 대한 안정을 위하여 아래와 같이 대책을 강구한다.
- ① 제방의 누수는 외수위가 상승하여 제체 또는 지반을 통해 제내측으로 침투수가 유출하는 현상을 말하고 제체를 침투해오는 제체누수와 지반을 침투해 오는 지반누수가 있다.
 - ② 제체누수는 제체의 침윤선이 결정적인 요인이 되므로 침윤선을 낮추어 제체하부에 위치하도록 해야 하며, 제체누수가 있을 경우에는 적절한 대책공법을 강구한다.
 - ③ 제체하부의 투수성이 높은 경우에는 하천수위가 상승함으로써 침투압이 증가하여 제내지층 지반에 침투수가 용출하는 파이핑 현상이 발생하므로, 이에 대한 안정성을 검토하고 필요시 대책공법을 강구한다.
 - ④ 제방에서의 누수는 비탈면 붕괴, 제방파괴 등의 원인이 되므로 적절한 대책을 강구한다.
 - ⑤ 한편, 배수통문의 설치는 제체누수의 주요 원인이 되므로 배수통문 주변의 정기 점검을 수행하도록 하고, 누수가 우려되는 지점에 대하여는 적절한 대책을 강구한다.
- (3) 제방 활동에 대한 안정을 위하여 아래와 같이 대책을 강구한다.
- ① 제방의 활동에 대한 안정해석은 침투류 계산에 의해서 얻어진 침윤면과 활동파괴면을 고려하여 경사면 파괴에 대한 최소 안전율을 산출한다.
 - ② 제방 활동에 대한 안정계산은 계획홍수위 및 수위급강하를 고려한 침투해석으로부터 얻어진 침윤면을 고려하여 앞비탈 및 뒷비탈 활동에 대한 안전율을 구한다.
 - ③ 제방 활동에 대한 안정성은 <표 23.8>에 제시된 안전율 이하로 나타날 경우 대책공법을 강구한다.

<표 23.8> 제체 상태에 따른 안전율

제체상태	간극수압상태	안전율
인장균열(crack) 불고려시	간극수압을 고려하지 않는 경우	2.0 이상
	간극수압을 고려하는 경우	1.4 이상
인장균열(crack) 고려시	간극수압을 고려하지 않는 경우	1.8 이상
	간극수압을 고려하는 경우	1.3 이상

- (4) 제방 침하에 대한 안정은 아래와 같이 검토한다.
- ① 제방침하의 원인은 지반의 탄성침하, 압밀, 흙이 측방으로 부풀어 오르는 현상 등을 생각할 수 있으므로 지반조사를 통해 기초지반의 압밀침하량을 산정하여

안전하고 경제적인 제방이 되도록 설계해야 한다.

- ② 연약지반에 제방을 축조하는 것은 가능한 피하는 것이 원칙이지만 제방법선을 설정할 때 부득이 연약지반에 축조하는 경우에는 지반조사를 통해 NX 규격(KS E 3107) 이상으로 자연시료를 채취하고 물리시험 및 역학시험 등을 실시하여 침하량을 추정하고 대책공법을 결정하여야 한다. 또한, 제방의 중요도를 고려하여 시공시 지표면 및 지반 내에 계측기를 설치하여 축제로 인한 지반의 압밀침하 진행 및 지반과괴 및 융기현상 등을 지속적으로 파악하여 대책공법을 마련하여야 한다.
- ③ 연약지반처리공법 선정 시 모래, 쇄석, 인공배수재 등 수평배수재가 적용되는 공법의 경우, 이로 인한 홍수기간 중 침투유로를 유발할 수 있으므로 대책을 강구하여야 한다.

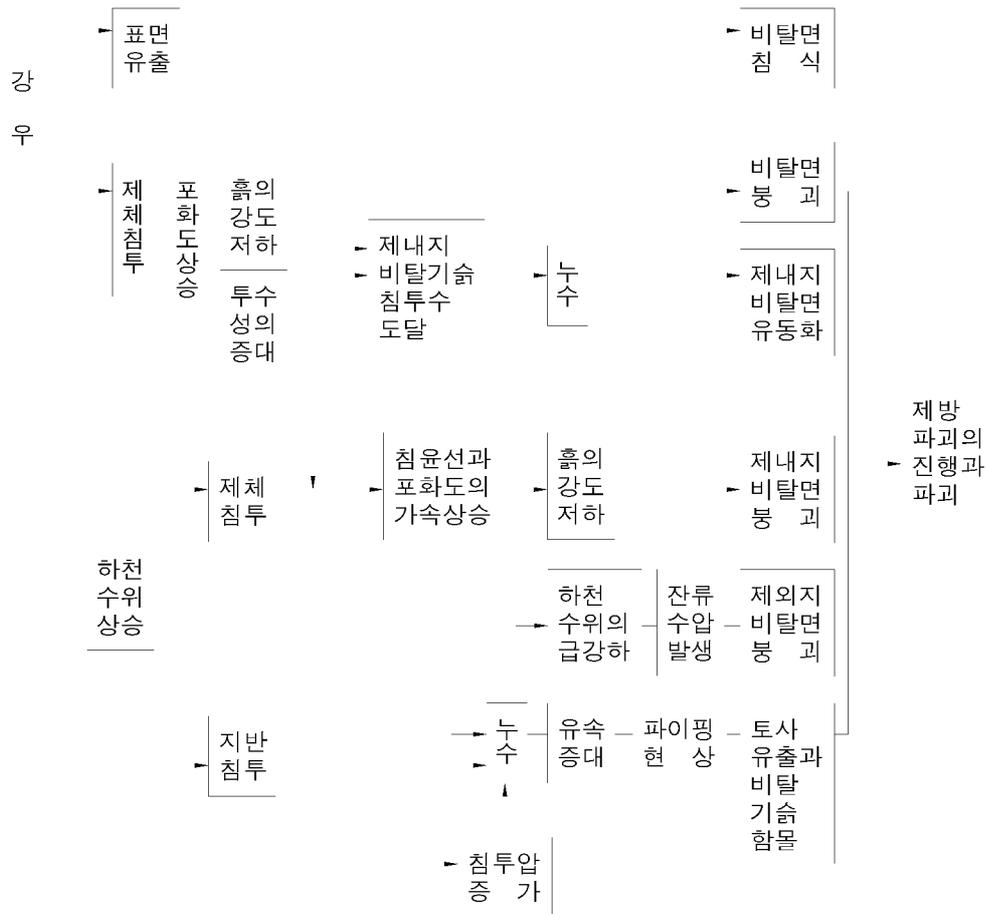
(5) 연약지반 허용잔류침하량 기준

- ① 연약지반에 축조되는 제방의 침하를 검토하는 경우에는 시간효과를 고려하여 시공완료 후 발생할 침하를 예측하여 설계하는 것을 기본으로 한다.
- ② 연약지반의 허용잔류침하량 기준은 일반 제방, 도로겸용 제방, 배수구조물이 설치된 제방으로 구분하여 정한다.

해설

(1) 일반사항

- ① <그림 23.28>에는 하천제방 피해의 발생과정을 나타내었다. 생명, 재산에 관계되는 안전성은 제방의 안정성을 나타내는 안전율, 제방의 파괴시에 생명과 재산에 미치는 영향 등을 고려하여 평가한다.



<그림 23.28> 강우와 하천수의 침투에 의한 하천제방 피해의 발생과정

② 일반적으로 제방은 다음 조건들을 만족하여야 하며, 제방의 안정성은 (다)~(바)에 대한 안정성을 검토한다.

- (가) 홍수시 물이 제방을 월류해서는 안된다.
- (나) 유속에 의해 제체가 세굴되지 않아야 한다.
- (다) 하천수위가 급강하할 때 비탈면의 활동에 대해 안전해야 한다.
- (라) 연약지반에 축제할 경우에 파괴와 침하에 대해 안전해야 한다.
- (마) 제체 및 기초지반이 투수성일 경우에 누수 및 파이핑에 대해 안전해야 한다.
- (바) 강우가 제방표면에 침투하여 제체의 함수비가 상승했을 경우에 비탈면 붕괴에 대해 안전해야 한다.

(2) 제방 누수에 대한 안정

① 제체누수는 일반적으로 제방 비탈기슭 부근에서 침투수가 유출하는 것을 말하며 이것은 하천의 외수위가 상승하여 제체내로 유수가 침투하여 발생하는 것이다. 즉 침윤선이 제내지 비탈면에 도달하면 누수가 시작되고 그 양이 많으면 파이핑

현상에 의해 붕괴위험을 내포하게 된다.

- ② 제체 침윤선의 형상은 하천제방의 비탈면붕괴에 결정적인 요인이 되므로 침윤선이 제체하부에 위치하도록 해야 한다.
- ③ 제체누수를 일으키는 원인은 제방단면이 너무 작은 경우, 제방이 사질토 또는 조립토를 다량으로 포함한 토사로 만들어지고 제외지 또는 중심부에 물막이벽이 없는 경우, 제체를 충분히 다지지 않은 경우, 두더지 등의 동물에 의해 구멍이 뚫린 경우, 제체내에 매설되어 있는 구조물과의 접합부에 흐름이 생기는 경우 등이 있다.
- ④ 파이핑 현상을 판정하는 한계동수 경사에 의한 판정 및 한계유속에 의한 판정 등은 다음과 같은 방법을 따른다.

(가) 한계동수경사에 의한 방법

파이핑현상을 일으키는 한계동수경사는 Terzaghi의 다음 식으로 계산한다.

$$i_c = \frac{h}{d} = \frac{G_s - 1}{1 + e} = (1 - n)(G_s - 1) \quad (23.1)$$

여기서, i_c : 한계동수경사
 h : 제방의 전수두(m)
 d : 분사지점의 수두(m)
 G_s : 토립자의 비중
 e : 흙의 간극비
 n : 흙의 간극율

분사현상에 대한 저항력은 소성지수가 큰 재료일수록 큰 경향이 있으며 점착력이 없는 세립자의 i_c 는 0.5~0.8로 본다. 침투류 해석에 의하여 산출한 동수경사가 한계동수경사의 1/2 이하가 되도록 해야 한다.

(나) 한계유속에 의한 방법(Justin 방법)

제체 및 기초의 흙입자의 입경에 대하여 소류력에 의하여 입자가 밀려나가는 한계의 침투유속을 다음 식으로 구하며, 흙입자는 그 한계치를 넘으면 파이핑이 발생된다고 본다. 실제 현장 토립자는 여러 크기의 것이 혼합되어 있어 입경의 기준을 정하기 어려우므로 침투류 해석에서 얻어지는 침투류의 실유속이 <표 23.9>의 입경에 대한 한계유속의 1/100이하가 되도록 해야 한다.

<표 23.9> 한계유속

재료 번호	입경(mm)	한계유속(cm/s)
1	4.0 ~ 4.8	20.0
2	2.8 ~ 3.4	17.0
3	1.0 ~ 1.2	10.0
4	0.7 ~ 0.85	8.5
5	0.4 ~ 0.7	7.0
6	0.25 ~ 0.5	4.2
7	0.11 ~ 0.25	3.5
8	0.075 ~ 0.11	2.5
9	0.044 ~ 0.075	2.0

$$V = \sqrt{\frac{Wg}{A\gamma_w}} \quad (23.2)$$

여기서, W : 토립자의 수중중량(g)
 A : 물의 흐름을 받는 토립자의 면적(cm²)
 γ_w : 물의 단위체적 중량(g/cm³)
 g : 중력가속도(cm/s²)

- ⑤ 파이핑 현상은 치수상 문제가 되기 때문에 유선망, 침투압, 누수량 등을 검토하여 충분한 대책을 강구해야 한다.
- ⑥ 지반누수를 일으키는 원인은 다음과 같다.
- (가) 지반이 투수성이 큰 모래층 또는 모래 자갈층인 경우
 - (나) 고수부지 부근의 표토가 유수에 의해 세굴되어 투수층이 노출되었을 경우
 - (다) 제방 제외지 비탈면 부근에서 골재를 채취하여 투수층이 노출되었거나 불투수성 표토의 두께를 알게 했을 경우
 - (라) 제방 제내지 비탈기슭 부근에서 골재를 채취하여 투수층을 노출시켰을 경우
 - (마) 지반침하에 의해 하천수위와 제체 지반고의 차가 커진 결과 침투압이 증가했을 경우 등이 있다.

⑦ 배수통문 혹은 배수통관과 같은 배수구조물이 다음과 같이 체체누수에 대해 취약한 경우 적절한 보강대책을 강구하여야 한다.

(가) 체체토사와 중량 및 강성등의 차이로 인하여 다짐 밀착이 어려운 경우

(나) 말뚝기초가 연약지반상에 설치되어 구조물 상단부와 주변부사이의 상대적 침하차로 공동이 발생한 경우

⑧ 일반적으로 수문은 콘크리트로 제작되어 체체 토사와 중량 및 강성 등의 차이로 다짐밀착의 어려움과 연약지반상에 설치될 경우 말뚝기초에 의한 통문 상단부와 주변부 사이의 상대적 침하차 등으로 야기된 공동에 의해 체체누수가 발생된다. 따라서, 배수통문의 유지·보수는 지반의 부등침하, 콘크리트의 노후화 및 균열, 이음새 부분의 변형, 암거 및 날개벽 접속부의 변형 등을 조사하여, 보강이 필요한 장소의 경우 적절한 대책을 강구하여야 한다.

(3) 제방 활동에 대한 안정

① 제방 활동은 외부하중의 증가, 체체의 전단강도 약화, 침투수, 지반침하 및 측방 유동 등에 의해 발생할 수 있으며, 일반적으로 침투류 계산에 의해 제시된 침윤면에 대한 활동 파괴면에 근거한 안정 계산에 의해서 평가한다(〈그림 23.29〉 참조). 안정 계산은 크게 나누어 임계원에 의한 활동면법과 응력-변형해석법을 사용한다. 이때, 지반조건에 따라 원호활동면 이외의 파괴면을 가정하는 것이 적절하다고 판단되는 경우 직선 또는 복합 활동면을 가정하여 안정계산을 실시한다.

(가) 활동파괴에 대한 안정계산에 사용하는 체체의 자중은 체체의 포화상태를 고려하여 실제 사용 재료에 대하여 시험을 실시하고 그 결과에 의해서 결정한다.

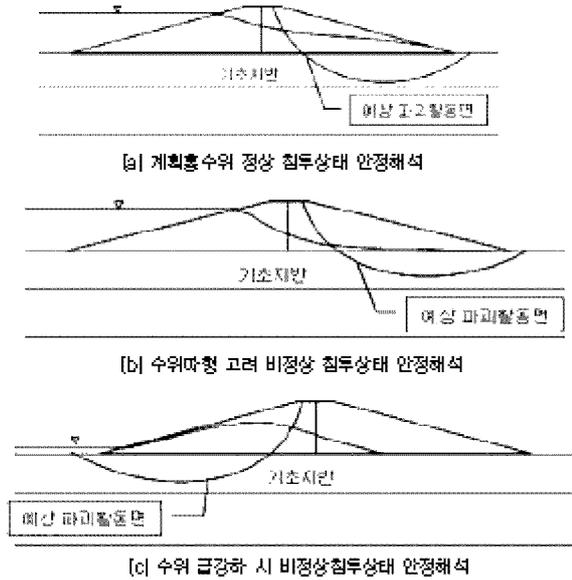
(나) 활동파괴에 대한 안정계산에 있어서 정수압의 활동모멘트쪽으로의 기여분을 어떻게 고려할 것인가를 생각하여 안전한 값을 주는 방법을 채택하여야 한다.

(다) 안정계산시 고려되는 간극수압은 다음과 같은 상태를 고려하여 적용한다.

㉠ 완공 직후에 있어서의 흡속의 응력변화로 발생하는 간극수압

㉡ 계획홍수위시 비정상 침투류에 의한 간극수압

㉢ 수위 급강하시의 간극수압



(그림 23.29) 제방의 안정해석 단면 형태

- ② 제체 및 기초의 활동과피에 대한 안전성 검토에 고려되는 하중은 자중, 정수압, 간극수압, 교통(상재)하중 등이 있으며 이를 제방의 주 사용용도, 현장 여건 및 포화 상태에 따라 적용해야 한다. 이때, 교통(상재)하중은 아래 표와 같이 적용한다.

〈표 23.10〉 교통(상재)하중 기준

주 사용용도	상재하중 (kN/m ²)
일반제방	10
도로결융 제방	12.7

한 일기

(4) 제방 침하에 대한 안정

- ① 일반적으로 연약지반은 점토나 실트와 같은 미세한 입자의 흙이나 간극이 큰 유기질토, 이탄토, 느슨한 모래 등으로 이루어진 토층으로 구성되어 있으며, 지하수위가 높고, 제체 및 구조물의 안정과 침하 문제를 발생시키는 지반을 말한다.
- ② 침하는 일반적으로 장기간에 걸쳐 계속되고 침하속도는 점차 늦어지지만 그래도 수개월부터 수년까지 침하가 계속 진행되는 경우가 있으므로 침하계산은 단순히 총침하량을 추정할 뿐만 아니라 침하속도와 시간과의 관계도 추정한다.
- ③ 연약지반상의 축제로 인한 침하가 발생할 경우 더뎛기를 우선적으로 고려하며, 침하를 방지하기 위한 안전대책으로 지하수위를 낮추어 축제지반을 건조시키거

나 압밀침하를 촉진 또는 연약토사를 치환하는 방법 등 지반개량공법을 사용한다.

- ④ 연약지반상 구조물의 기초지반은 연약지반처리공법을 적용하며, 말뚝기초 사용을 원칙적으로 금지하는 것으로 한다. 이때, 부득이 말뚝기초를 사용하는 경우 반드시 구조물의 부등침하, 공동발생, 파이핑(piping), 히빙(heaving), 측방유동, 부마찰력 등에 대한 안정성을 검토하고 필요시 안전대책을 강구하여야 한다.

(5) 연약지반 허용잔류침하량 기준

- ① 연약지반 상 허용잔류침하량에 대한 기준은 구조물의 사용 목적 및 중요도, 공사기간, 유지관리 정도, 경제성 등을 종합적으로 고려하여 적용되어야 한다.
- ② 제방 조건별(일반제방, 도로겸용 제방, 배수구조물이 설치된 제방)에 따른 허용잔류침하량 기준은 다음과 같다.

〈표 23.11〉 허용 잔류침하량 기준 (제방 특마루 기준)

대상지역	허용잔류침하량
일반 제방	총 침하기준 30cm 이하
도로겸용 제방	총 침하기준 10cm 이하
배수구조물 설치 제방	총 침하기준 10cm 이하

23.4.12 침투에 대한 보강 공법의 설계

- (1) 침투에 대한 제방의 보강은 홍수 특성, 축제 이력, 토질 특성, 배후지의 토지이용상황, 효과의 확실성, 경제성 및 유지 관리 등을 고려해서 적절한 공법을 선정한다.
- (2) 침투에 대한 보강공법은 크게 제체 및 기초지반에 대한 것으로 분류되는데, 제체 침투에 대한 보강공법은 제체 동수경사 저감 및 경사면 파괴 활동 안전성을 증가시키기 위한 단면확대공법, 강우나 하천수의 제체내 침투를 방지·억제하기 위한 앞비탈면 피복공법 등이 있다.
- (3) 기초지반 침투에 대한 보강공법은 기초지반에 차수벽을 설치하여 침투파괴를 방지하는 차수공법 및 제외지층 고수부 표층을 불투수성 재료로 피복함으로써 침투유로의 연장을 통한 침투압을 저감하는 피복공법 등이 있다.

해설

(1) 제체 침투에 대한 보강공법

- ① 단면확대공법은 제체 및 기초지반 침투 모두에 대해 효과적이고, 신뢰성이 높기 때문에 보강공법의 선정시 일차적으로 생각해야 하며, 단면확대 방향의 경우 제외지 방향, 제내지 방향 양자 병용 등에서의 기능이 다르기 때문에 재료선정에 유의할 필요가 있다. 단면확대공법의 축제재료는 전단강도의 경우 기설 제방과 동등 이상의 전단강도를 가져야 하며, 투수성의 경우 기설 제체 보다 제외지층 보강인 경우 불투수성의 재료를, 제내지층 보강의 경우 투수성이 큰 재료 등을 이용한다.

- ② 앞비탈면 피복공법은 투수성이 좋은 모래나 사질토나 역질토로 구성된 투수성이 큰 체체에서 고수위시 하천수의 앞비탈면으로부터 침투를 억제하기 위해 불투수성 재료를 피복하는 보강공법이다. 이때 피복재료는 불투수성의 흙재료나 차수시트 등의 토목섬유와 같은 인공재료를 사용한다. 또한, 차수시트 등의 피복재료는 강우의 침투에 의한 잔류 수압이나 유수 등에 기인해서 파괴나 부력이 발생할 우려가 있으며, 이 같은 경우에는 차수시트와 복토 및 콘크리트 블록 등의 조합을 검토하여야 한다. 앞비탈 피복공의 범위는 원칙적으로 앞비탈 기슭부터 앞비탈 머리까지의 범위로 할 필요가 있다.

(2) 기초지반 침투에 대한 보강공법

- ① 차수공법은 앞비탈 기슭, 독마루, 소단 부근의 기초지반에 차수벽을 설치하여, 하천으로부터 기초지반에 침투하는 수량과 수압을 경감하고, 침투파괴의 방지도모하는 공법이다. 본 공법은 기초지반이 투수성 지반인 경우에 적용하지만 투수층이 두꺼우면 차수벽의 근입깊이를 깊게 할 필요가 있으며, 경제성이나 시공성 등을 고려하여 현장여건에 맞게 선정하여야 한다. 이 같은 경우는 다른 공법과의 병용도 검토해야 한다. 차수공법에는 시트파일공, 연속지중벽공, 그라우트공 등이 사용된다.
- ② 고수부 피복공법은 제외지쪽의 고수부 표층을 불투수성 재료로 피복하는 것을 기본 구조로 한 것으로, 침투유로를 연장해서 기초지반의 침투압을 저감시켜 제내지 뒷비탈 기슭에서의 침투에 대한 안전성을 향상시키는 방법이다. 피복단면은 피복 길이 및 두께를 변화시켜 가며 침투계산과 안정계산을 반복적으로 행하여 경사면 파괴 및 파이핑에 대한 안전성을 확인하는 방법으로 결정한다. 이때 피복재료는 불투수성(투수계수(k)가 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 이하)의 토질재료, 차수시트, 아스팔트 포장 등을 사용한다.

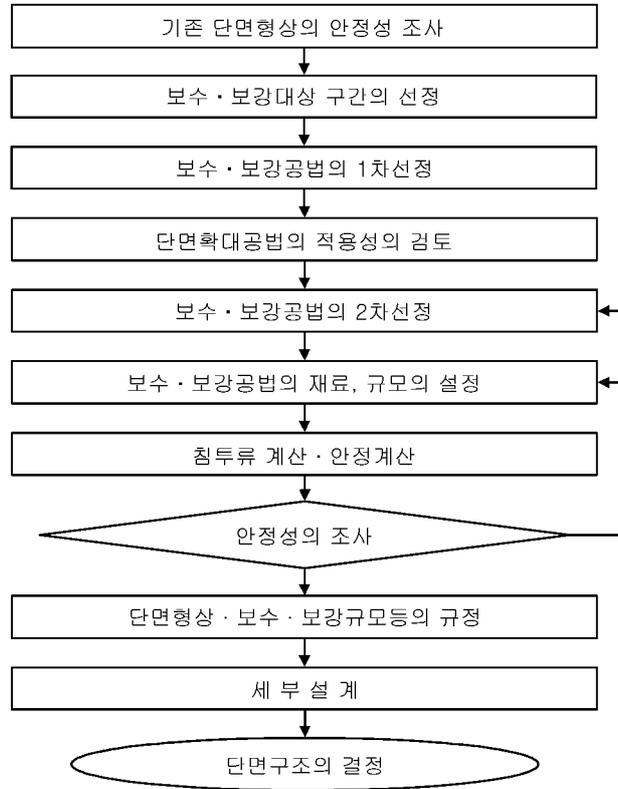
(3) 하천제방의 침투에 의한 피해 메카니즘을 고려하여 제방 침투에 대한 보강을 도모하는 기본적인 개념은 다음과 같다.

- ① 체체는 전단 강도가 큰 재료를 사용한다.
- ② 체체내 강우 및 하천수 유입을 차단한다.
- ③ 체체내 침투한 물(강우 및 하천수)은 신속하게 배수한다.
- ④ 체체 및 기초지반의 동수경사를 작게 한다.

(4) 하천제방의 침투에 대한 보강공법 설계순서

- ① 보강공법의 설계순서는 <그림 23.30>에서 보듯이 먼저 대표단면을 선정된 후 조사결과에 근거해서 보강구간을 선정한다. 다음으로는 보강 대상 구간의 모든 조건, 즉, 홍수특성, 제방의 현황(단면형상이나 토질조건), 배후지 조건(지형이나 토지이용) 등을 정리하고, 1차 보강공법을 선정한다. 여기에서 1차선정은 당해 구간에 적용이 가능하다고 판단되는 공법을 선정하는 것으로, 침투에 대한 안전성 저해요인을 충분히 분석하는 것과 함께 침투 이외의 침식 혹은 지진에 대한 보강이 별도 필요한 경우에는 침투에 대한 보강공법과 함께 고려해야 한다.
- ② 보강공법의 2차 선정은 1차 선정된 보강공법을 고려 대상 구간의 단면에 적용하고, 이미 서술한 안전성 조사방법에 따라서 보강공법의 규모나 재료를 결정하는 것이다. 이 단계에서 소요 안전성이 확보 가능한 공법과 그 규모나 재료가

규정되면, 최종적으로는 세부 설계를 실시하고, 단면구조를 결정하여 보강공법의 설계를 종료하는 것으로 한다.

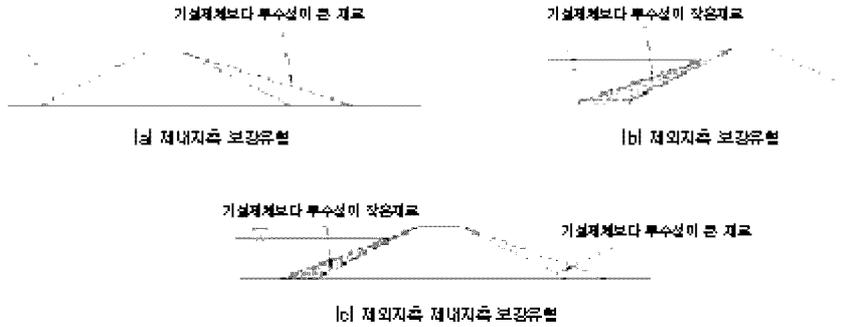


<그림 23.27> 침투에 대한 보수·보강공법의 설계 순서

(5) 단면확대공법

- ① 단면확대공법은 기본단면 형상에 제내지측 보강 성토를 설치하는 것에 따라 침투로 길이의 연장을 피하고, 평균 동수경사를 저감시키는 것과 함께 비탈면 경사를 기본 단면 형상 보다 완만하게 하여 비탈면 파괴에 대한 안전성을 향상시키는 공법이다. 단면형상은 기본적으로는 <그림 23.31>에 나타난 바와 같이, 제내지측 보강 유형, 제외지측 보강 유형 및 제내·외지측 보강 유형으로 나누어진다.
- ② 단면확대공법은 제내지측 확장을 원칙으로 한다. 단 지형조건 등에 따라 불가피하게 제외지측 보강을 실시하는 경우에는 수리학적 안정성을 유지해야 한다.
- ③ 단면확대공법에 있어서 제방 횡단면 형상은 안전성 조사 방법에 준해서 비탈면 파괴에 대한 안전성 및 기초지반의 파이핑에 대한 안전성을 조사하고, 소요의 안전성이 확보 가능하도록 효과적이면서도 경제적인 단면형상을 결정할 필요가 있다.
- ④ 또한, 기초지반이 연약지반으로 구성된 경우에는 단면을 확대하는 것에 따라 제

체가 침하 하거나, 그에 따른 독마루에 균열이 발생하거나 하는 일이 있기 때문에, 단면형상의 결정에 있어서는 기초지반의 토질 성상을 파악한 뒤에 시공시의 안정 및 침하에 대해서도 검토를 해두지 않으면 안된다.



(그림 23.31) 단면 확대 공법의 기본적인 단면 형상

- ⑤ 단면 확대에 이용하는 성토재료는 다짐재료가 기설 제방과 동등 이상의 전단강도를 가지고, 소정의 투수성을 가지는 재료를 선정하는 것이 원칙이다. 확대 재료에 요구되는 투수성은 제외지측 보강과 제내지측 보강의 경우 서로 다르고, 전자에 대해서는 기설 제체 보다 불투수성의 재료, 후자에 대해서는 투수성이 큰 재료를 이용하는 것으로, 단면확대공법의 효과를 보다 높이는 것이 중요하다. 또한, 재료 선정에 있어서는 시공성이나 경제성에 대해 충분히 고려할 필요가 있다.

(6) 앞비탈면 피복공

- ① 앞비탈 피복공법의 기본적인 구조는 <그림 23.32>에서 보듯이 고수위시의 하천수의 앞비탈면으로부터 침투를 억제하기 위해 불투수성 재료로 피복하는 보강공법이다. 즉, 투수성이 좋은 사질토나 역질토로 구성된 제체나 투수성 재료가 지엽적으로 포설된 제체는 앞비탈면에서 하천수가 용이하게 제체내로 침투하여 제방을 불안정화 시키는 요인이 된다. 이 때문에 앞비탈면을 불투수성의 토질재료나 차수시트 등의 토목섬유와 같은 인공재료로 피복하는 것에 의해서 하천수의 침투를 억제하고, 제체내의 침윤면 발달을 억제할 필요가 있다. 특히 느슨하게 다짐되고, 투수성이 좋은 재료가 쓰이고 있는 제체 토질 구성은 효과적인 보수·보강공법이다. 또한, 하천의 제체 침투 억제는 홍수 말기 수위 저하시 잔류수압에 따른 경사면 파괴의 방지에도 효과적이다.



(그림 23.32) 앞비탈 피복공법의 기본구조

② 앞비탈 피복공법의 단면형상은 뒷비탈 및 앞비탈 경사면 파괴에 대한 안전성뿐만 아니라 침식에 대한 영향이나 유지 관리면을 고려한 뒤에 결정할 필요가 있지만, 다음과 같은 점에서 유의할 필요가 있다.

(가) 앞비탈 피복공의 범위는 원칙적으로 앞비탈 기슭부터 앞비탈 머리까지의 범위로 할 필요가 있다. 또한, 비탈경사의 결정에 있어서는 차수 시트나 불투수성 토질 재료로 피복된 비탈면이 강우나 하천수위의 급강하시 경사면 파괴가 생기지 않도록 안정성을 유도하여 검토한다.

(나) 차수 시트 등의 피복 재료에서는 강우의 침투에 의한 잔류 수압이나 유수 등에 기인해서 파괴나 부력이 발생할 우려가 있으며, 이 같은 경우에는 차수시트와 복토 및 콘크리트 블록 등의 조합을 검토할 필요가 있다. 또한, 앞비탈면이 유수나 파랑 등에 따라 침식 작용을 받을 우려가 있는 지점은 호안공을 설치하는 방법 등에 의한 차수 시트를 보호할 필요가 있다.

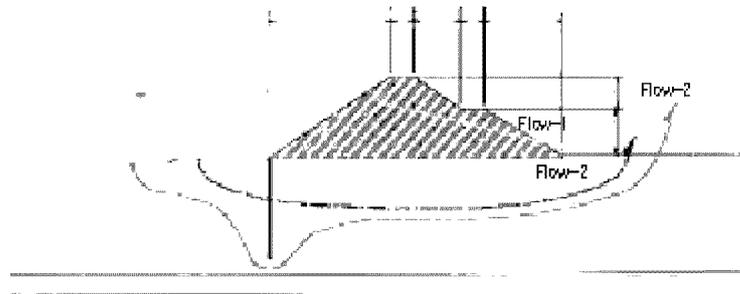
(다) 앞비탈 피복공법에 쓰이는 토질재료는 기본적으로 불투수성일 것, 충분한 전단강도를 가질 것, 변형 및 유해한 균열이 생기지 않을 것, 다짐이 용이하고, 시공성이 좋을 것 등의 조건을 만족할 필요가 있다. 이와 같은 성질을 가진 흙은 세립분을 많이 포함한 사질토나 저함수비의 점성토로 대표된다. 보강 대상구간의 근방에서 적절한 토질재료가 얻어지지 않는 경우에는 안정처리된 흙을 채용할 필요가 있으며, 첨가제의 종류와 양, 시공법, 피복식생의 영향, 첨가제 용출에 의한 주변 환경의 영향 등을 충분히 검토하여야 한다.

(7) 차수공법

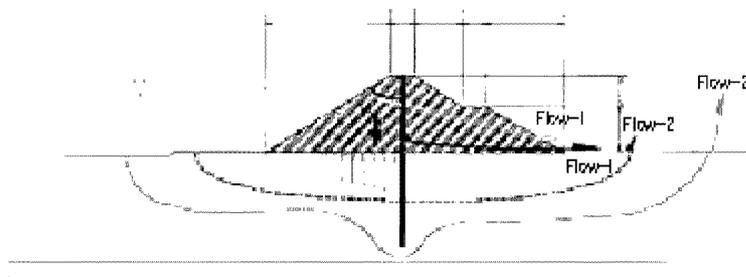
- ① 차수공법의 기본적인 구조는 <그림 23.33>과 같이 앞비탈 기슭, 독마루, 뒷비탈 소단 부근의 기초지반에 차수벽을 설치하며, 이때 설치 방법의 선정은 현장 및 시공 여건, 양압력, 침투유로에 의한 사면안정 및 누수, 경제성 등을 검토하여 현장에 맞는 최적의 방법을 선정하며, 차수벽 길이는 제내지의 용수취수 목적에 의해서도 검토하여 취수가 가능하도록 하여야 한다.
- ② 차수벽을 앞비탈 기슭에 설치하는 방법은 하부지반을 통과하는 유로를 길어지게 하여 침투압을 감소시킬 수 있으며, 기초지반 침투만을 고려한다면 가장 경제적인 방법이다. 또한 본 방법은 양압력에 의한 제체 교란이 발생하지 않는 장점이

있으나, 대형 시공장비의 현장 진입이 용이하지 않다는 단점이 있다.

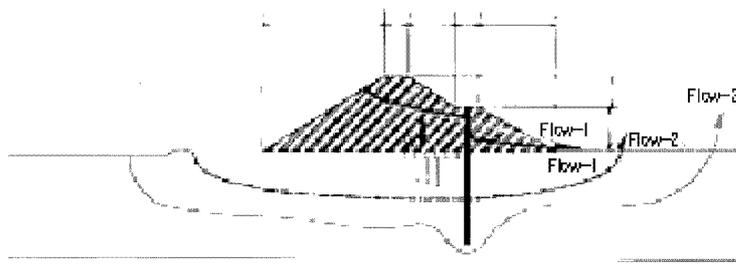
- ③ 차수벽을 독마루부에 설치하는 방법은 제체를 통과하는 상부 유로와 하부지반을 통과하는 유로를 동시에 길어지게 하여 침투압을 크게 감소 시킬 수 있다. 또한 본 방법은 발생 양압력이 제방의 토피하중으로 인하여 그 영향이 최소화되는 경향이 있으며, 상대적으로 차수벽 시공길이가 길어져서 경제성을 충분히 검토하여야 한다.
- ④ 차수벽을 제체의 뒷비탈 소단부에 설치하는 방법은 독마루부에 설치하는 방법보다 경제성 측면에서 장점이 있으나, 양압력 및 차수벽 상단을 통한 소단부 제체 누수에 대한 충분한 검토가 요구된다.
- ⑤ 차수공법은 시트파일공, 연속지중벽공 및 그라우트공으로 크게 구별 가능하지만 각각의 특징 등을 정리하면 <표 23.12>에 표시한 바와 같다.



la) 앞비탈 기슭에 설치한 경우



lb) 독마루부에 설치한 경우



lc) 뒷비탈 소단부에 설치한 경우

(그림 23.33) 차수공법의 기본적인 구조

<표 23.12> 앞비탈 차수 공법의 종류와 특징

공 법	특 징
시트파일공법	·시공성 우수, 많이 쓰여지고 있음. ·이음매 부터의 누수가 있고, 특히 역질토를 대상으로한 경우에는 이음매가 개구하고, 효과가 반감하는 일이 있음.
슬러리 트렌치공법	·지반에 트렌치를 굴삭하고, 굴삭토에 벤토 나이트와 시멘트를 첨가한 혼합액으로 매설해서 차수벽을 만듦. ·슬러리 트렌치내에 지수재로서 연질 염화비닐시트를 지수성을 높이는 공법도 개발되고 있음.
시멘트계 그라우트공법 약액주입공법	·기초지반에 시멘트 밀크나 지수성의 약액을 압입한 것으로, 시공은 용이하지만, 지수효과나 내구성에 대해서는 불명확한 점이 있음.



<그림 23.31> 고수부 피복공법의 기본적인 구조

(8) 고수부지 피복공법

- ① 고수부지 피복공법은 <그림 23.34>에 나타난 것처럼 제외지쪽의 고수부지 표층을 불투수성 재료로 피복하는 것을 기본 구조로 한 것으로, 침투유로를 연장해서 기초지반의 침투압을 저감하고, 제내지 뒷비탈 기슭에서의 침투에 대한 안전성을 향상시키는 방법이다.
- ② 고수부지 피복공법의 효과는 제방의 규모나 기초지반의 조건 등에 따라 다르다. 따라서, 피복단면은 피복 길이나 두께를 변화시켜 가며 침투계산과 안정계산을

반복적으로 행하여 경사면 파괴 및 파이핑에 대한 안전성을 확인하는 방법으로 결정할 필요가 있다.

- ③ 또한, 고수부지 피복공법은 그 길이가 증가하면 고수부지의 확보가 필요하게 되기 때문에, 치수면이나 환경면에서의 영향이나 하천 이용 계획에 대해서도 충분히 유의할 필요가 있다.
- ④ 고수부지 피복재료의 투수성은 투수계수(k)가 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 이하이면 피복공법의 효과가 기대 가능하고, 두께로서는 고수위시의 유수에 따른 세굴에 대해서 기능을 상실하지 않는 정도의 것이 필요하다. 이와 같은 조건을 만족하는 재료로는 불투수성의 토질재료, 차수시트, 아스팔트 포장 등으로 각각의 선정에 있어서의 유의점을 나타내면 <표 23.13>과 같다.

<표 23.13> 피복재료의 선정에 있어서의 유의점

종류	유의점
토질재료	·다진 후 흙의 투수계수가 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 이하에서, 변형하기 어렵고, 유해한 균열이 생기지 않아야 함. ·입도조성은 앞비탈면 피복공법과 동일 ·다짐성, 시공성 등이 좋고, 재료 구입이 용이해야 함.
차수시트	·시트 손상이나 부력 방지를 위한 복토 등의 보호공이 필요
아스팔트포장	·피복효과는 크지만 시공이 대규모이고, 넓은 공간이 필요

제 24 장 호안

24.1 일반사항

24.1.1 적용범위

본 장은 호안 설계시 고려해야 할 기준에 대하여 기술한다.

24.1.2 용어의 정의

- (1) 호안 : 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위해 제방 앞비탈에 설치하는 구조물
- (2) 비탈덮기 : 유수, 유목등에 대해 제방 또는 호안의 비탈면을 보호하기 위하여 설치하는 것
- (3) 비탈멈춤 : 비탈덮기의 움직임을 막고 토사유출을 방지하기 위해 시공하는 것
- (4) 기초 : 비탈덮기의 밑부분을 지지하기 위해 설치하는 것
- (5) 밀다짐 : 비탈멈춤 앞쪽 하상에 설치하여 하상세굴을 방지하고 기초와 비탈덮기를 보호하기 위하여 설치하는 것
- (6) 수충부 : 단면의 축소부 또는 만곡부의 바깥 제방과 같이 흐름에 의해 충격을 받는 지역

24.2 설계일반

24.2.1 일반사항

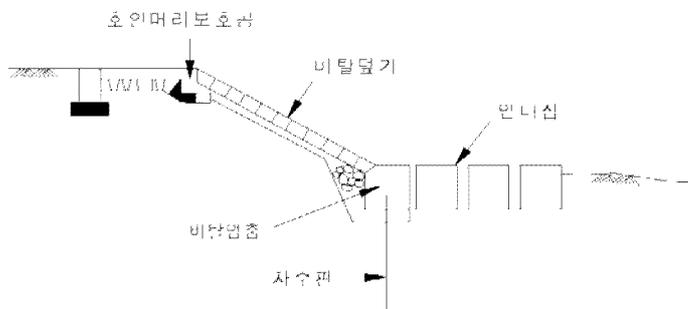
- (1) 호안은 최소 경비로 최대 목적을 달성할 수 있도록 비탈덮기, 기초, 비탈멈춤, 밀다짐의 네 부분 중 일부 또는 전부를 조합하여 설치한다.
- (2) 호안의 설계시에는 사용재료의 확보 용이성, 공사비의 절감, 시공상의 용이성, 공사기간의 단축, 조도(roughness), 세굴에 대한 굴요성(掘撓性, flexibility), 내마모성, 내구성 등을 고려해서 호안의 형태, 시공방법 등을 결정한다.
- (3) 이론적 계산에 의해서만 호안을 직접 설계하는 것은 현재의 기술수준으로는 어려우며 이론의 한계를 감안하여 경험과 이론의 양면에서 고려하여 설계한다.
- (4) 각 부분의 역할은 다음과 같다.
 - ① 비탈덮기 : 제방 또는 하안의 비탈면을 보호하기 위해 설치하는 것으로 하상의 수리조건, 설치장소, 비탈면경사등에 의해 공법을 선정한다.
 - ② 기초 : 비탈덮기의 밑부분을 지지하기 위해 설치한다.
 - ③ 비탈멈춤 : 비탈덮기의 활동과 비탈덮기 이면의 토사 유출을 방지하기 위해 설치하며 기초와 겸하는 경우도 있다.
 - ④ 밀다짐 : 비탈멈춤 앞쪽 하상에 설치하여 하상세굴을 방지함으로써 기초와 비탈

덮기를 보호한다.

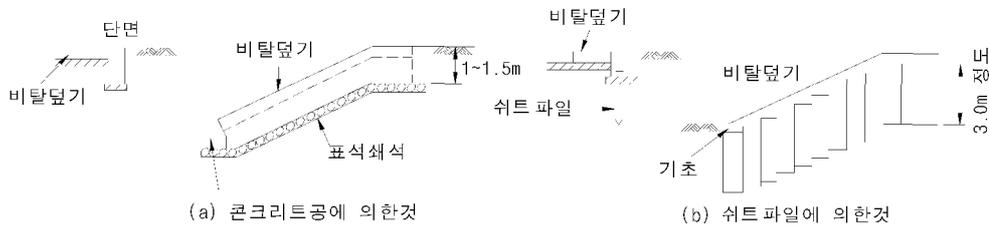
- ⑤ 호안머리 보호공 : 저수호안의 상단부와 고수부지의 접합을 확실하게 하고 저수 호안이 유수에 의해 이면에서 파괴하지 않도록 보호하는 것이다. 호안의 토질, 높이, 유형 등에 따라 다르지만 일반적으로 망태공, 연결콘크리트 블록, 콘크리트 깔기, 잡석 등을 1.5~2.0m 정도의 폭으로 설치한다.
- (5) 경사가 급한 호안에서는 토압이나 수압에 의한 붕괴가 많이 발생한다. 특히 수면 하강 속도가 빠르거나 간만의 차가 큰 감조부에서는 토압이나 수압에 의한 붕괴의 위험이 높으므로 이에 대해 충분히 고려해야 한다.
- (6) 연속된 호안의 중간에서 비탈경사를 급격히 변화시키게 되면, 그 변화점 부근이 위험하게 되므로 이를 피하여야 한다. 부둣이 연속된 호안의 도중에서 구조를 변화시킬 때에는 급격한 변화를 피해 완만하게 변화시켜야 한다.
- (7) 호안이 교량이나 암거 등의 구조물과 연결되는 구간에서는 구조물의 되메우기 구간이 느슨하여 파괴되면서 호안이 붕괴되는 경우가 발생한다. 따라서 구조물 배면의 되메우기 구간과 구조물 전후(특히 직상류) 구간에서는 호안과 구조물이 안정될 수 있도록 구조물이 제외지로 돌출(암거 및 교대 등)되지 않도록 하고, 구조물에 접한 호안 배면에 부착포 등을 설치하여 토사 등의 유출을 방지할 수 있도록 하여야 한다.
- (8) 호안은 설치 위치에 따라 고수호안, 저수호안, 제방호안으로 구분된다.
- (9) 자연형 호안은 치수뿐만 아니라 환경적 측면도 고려하여 설계한 호안을 말하며, 친수/하천이용 호안, 생태계 보전 호안, 경관보전 호안 등이 있다.
- (10) 자연형 호안공법에는 윗가지덮기 호안, 섣단 호안, 나무말뚝·녹색마대 호안, 돌바구니 호안, 나무말뚝·사석쌓기 호안, 사석·야자섬유두루마리 호안, 녹색마대·돌망태 호안, 돌망태·거석쌓기 호안 등이 있다.

해설

- (1) 호안의 일반적 구조는 <그림 24.1>과 같고 비탈멈춤공 및 차수판은 호안의 끝부분에 설치하여 호안의 유실을 방지하고 안정적으로 제방을 보호하도록 한다.



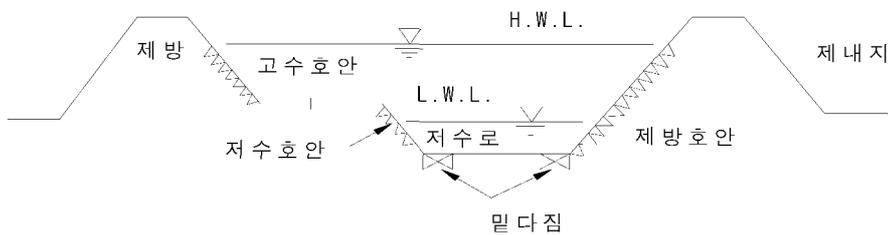
<그림 24.1> 호안의 구조



<그림 24.2> 비탈멈춤공

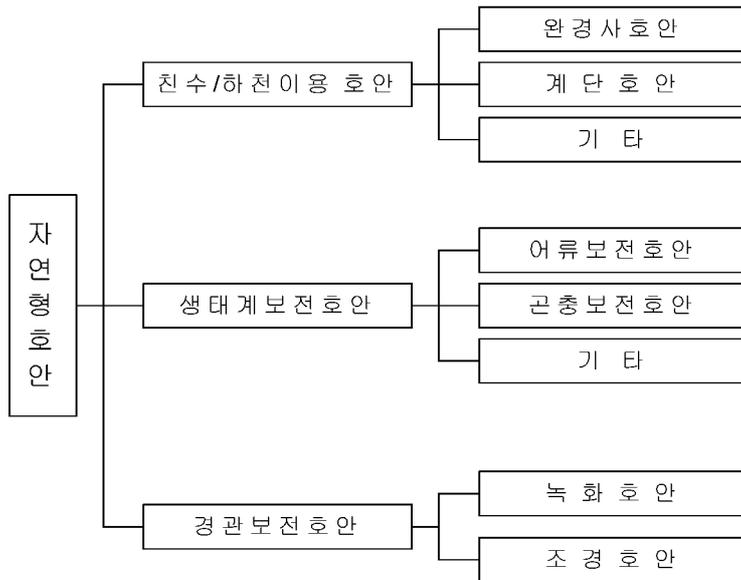
(2) 호안은 설치 위치에 따라 다음과 같이 구분된다.

- ① 고수호안 : 하천이 복단면일 경우 고수부지 위의 앞비탈을 보호하기 위해 설치한다.
- ② 저수호안 : 저수로에 발생하는 난류를 방지하고 고수부지의 세굴을 방지하기 위해 저수로의 하안에 설치하며, 일반적으로 홍수시에는 수중에 잠기므로 세굴에 대한 배려가 필요하다.
- ③ 제방호안 : 단단면하도인 경우, 혹은 복단면하도에서 고수부 폭이 좁고, 제방과 저수로 하안을 일체로 해서 보호해야 하는 경우에 설치하는 것으로 고수호안과 저수호안이 일체화된 것을 말한다.



<그림 24.3> 호안의 설치위치별 종류

(3) 자연형 호안은 다음과 같이 분류될 수 있다.



<그림 24.4> 자연형호안의 종류

① 친수성을 고려한 자연형호안 : 물가에 쉽게 접근할 수 있도록 하고 고수부지 등의 하천공간을 편리하게 이용할 수 있도록 만들어진 호안을 말하며, 다음과 같은 종류가 있다.

(가) 완경사 호안 : 저수호안의 경사를 완만하게 하여 고수부지에서 저수로로 접근을 용이하게 함으로써 친수성을 향상시키기 위하여 조성한다. 완경사 호안의 비탈면 경사는 설치장소와 사용재료에 따라 결정하며 일본에서는 1:3~1:5 정도로 한 경우도 있다.

(나) 계단호안 : 복단면 또는 복복단면 하도의 저수부를 계단형상으로 설치한 것으로 물가나 수중에서의 레크리에이션을 위해 물가로 쉽게 접근할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한 친수호안이다.

(다) 기타 : 고수부지를 운동장이나 구기장 등의 체육시설로 이용하고 있는 하천의 고수호안을 관람석으로 사용하거나 고수부지로 쉽게 접근할 수 있도록 하기 위해 계단형상으로 만든 관람석 호안과 호박돌,

바위, 콘크리트 등의 조합으로 주위 경관의 보전과 계단의 기능을 겸하기 위해 설치하는 호안 등이 있다.

- ② 생태계보전을 고려한 자연형호안 : 어류 및 곤충 등 수중생물의 산란과 생육, 홍수시 대피장소 제공 등을 고려하여 자연소재 등을 이용하여 설치한 호안을 말하며, 다음과 같은 종류가 있다.

(가) 윗가지덮기 호안 : 시공위치는 사주부, 하상경사는 완류나 중류가 적당하며, 평균유속 0.15m/sec내외, 수심 0.1m내외에 설치하는 것이 좋다. 주요재료는 기단부는 나무말뚝·버드나무가지 엮기, 사면부는 윗가지덮기, 식재는 물억새, 갈대, 갈대망태 등이 사용된다. 유속이 느려 유사 퇴적이 예상되는 구간에 적용하는 것이 좋다.

(나) 섣단 호안 : 시공위치는 비수충부와 사주부, 하상경사는 완류나 중류가 적당하며, 평균유속 0.2m/sec, 수심 0.15m내외에 설치하는 것이 좋다. 주요재료는 기단부는 섣단2단 누이기, 사면부는 녹색마대 쌓기, 식재는 갈대, 갈대근경부가 사용된다.

(다) 나무말뚝·녹색마대 호안 : 시공위치는 비수충부와 사주부, 하상경사는 완류가 적당하며, 평균유속 0.3m/sec, 수심 0.3m내외에 설치하는 것이 좋다. 주요재료는 기단부는 나무말뚝 연이어 박기, 사면부는 녹색마대, 식재는 갯버들 꺾꽂이와 갈대가 사용된다. 완만한 하안사면, 지형의 변화가 적은 곳에 적용하는 것이 좋다.

(라) 돌바구니 호안 : 시공위치는 수충부, 하상경사는 급류에 적당하며, 주요재료는 사석, 사각 돌바구니, 부직포, 식재는 갯버들 가지 묶음이 사용된다.

(마) 나무말뚝·사석쌓기 호안 : 시공위치는 비수충부, 하상경사는 중류, 주요재료로 기단부는 나무말뚝, 사석, 사면부는 사석·달뿌리풀 포기심기가 사용된다.

(바) 사석·야자섬유두루마리 호안 : 시공위치는 비수충부와 사주부, 하상경사는 완류가 적당하며, 주요재료는 기단부는 망부목, 사면부는 사석·갯버들, 키버들, 식재는 갯버들, 키버들(4:1 혼합식재)이 사용된다.

(사) 녹색마대·돌망태 호안 : 시공위치는 비수충부, 하상경사는 급류에 적당하며 주요재료로 기단부는 돌망태·나무말뚝, 사면부는 녹색마대, 식재는 달뿌리풀 포기심기가 사용된다.

(아) 돌망태·거석놓기 호안 : 시공위치는 수충부, 하상경사는 급류, 주요재료로 기단부는 거석, 사석, 나무말뚝, 사면부는 사석, 자갈류, 식재는 갯버들가지 꺾꽂이가 사용된다.

- ③ 경관보전 호안 : 주변 환경과의 조화, 외견상의 아름다움 등을 고려한 호안으로 녹화호안과 조경호안이 이에 해당된다.

(가) 녹화호안은 콘크리트 호안이 지닌 무미건조함을 해소하려는 목적으로 설치되며 주로 이용되는 식물은 잔디, 버드나무, 억새풀, 갈대 등이다.

(나) 조경호안은 식물을 심지는 않지만 조경을 목적으로 디자인, 소재 등을 고려하여 설치한 호안이다.

24.2.2 설치위치와 연장

- (1) 호안의 설치위치와 연장은 하도 내의 수리현상, 세굴, 퇴적의 변화 등을 고려하여 정한다.
- (2) 급류하천이나 준급류 하천에서는 전구간에 걸쳐서 호안을 설치하고 완류 하천에서는 수충부에 중점적으로 설치한다.
- (3) 교량, 보, 낙차공 등의 구조물 상하류에는 호안을 설치하여 구조물을 보호해야 한다.
- (4) 고수부지의 포락이 진행중이거나 예상되는 지점에는 저수호안을 설치해야 한다.
- (5) 호안을 설치해야 하는 경우 소류력 또는 유속에 따라 호안공법을 선정해야한다.
- (6) 도시하천에서 비탈경사가 1:2 또는 이보다 급경사일 경우에는 전면적으로 호안을 설치한다.

해설

- (1) 하천 일부 구간에 호안을 설치하면 호안이 설치되지 않은 구간이 피해를 입을 수 있으므로 호안 길이를 충분하게 하여 이를 대비하여야 한다.
- (2) 교량, 보, 낙차공 등의 구조물을 보호하기 위해 유속 등을 고려하여 충분한 호안 길이를 유지하여야 한다.
 - ① 대규모 하천 : 상하류 각각 20m 이상
 - ② 소규모 하천 : 상하류 각각 10m 이상

24.2.3 호안법선

- (1) 호안법선은 하천의 개수계획에 의해 미리 정해져 있는 경우가 많지만 설치시에 인근 하천과 하상 상태를 고려하여 계획법선의 타당성을 다시 검토해야 한다.
- (2) 보, 수문 등의 구조물에 연결되는 호안은 와류(渦流) 현상과 사수역이 발생하지 않도록 설계한다.
- (3) 저수호안법선은 저수시의 흐름방향에 적합하게 결정해야 하지만 홍수시에 유수는 직진하는 경향이 있으므로 홍수시의 흐름방향을 고려해서 결정한다.
- (4) 일반적으로 호안의 공사비는 호안이 하천중심부로 나올수록 증가하므로 법선형을 고려하여 제방 쪽으로 들어서 설치하도록 한다.
- (5) 급류하천에서 호안법선은 직선에 가까운 것이 좋으나 완류 하천에서는 어느 정도의 굴곡이 수로유지상 필요할 때도 있다.
- (6) 저수호안의 법선이 심하게 만곡되어 있는 부분에서는 유수의 직진성으로 인해 호안비탈 머리부분이 세굴되는 경우가 많다. 이러한 세굴을 방지하기 위해서 호안머리 보호공을 설치한다.

24.3 비탈덧기

- (1) 비탈덧기는 여러 공종 중 유수의 소류력, 내구성, 수위변화, 생태환경, 기초지반 등을 고려하여 선택한다.
- (2) 비탈덧기의 높이는 고수호안의 경우 일반적으로 계획홍수위로 하나, 특수한 경우에는 제방 독마루까지로 한다.
- (3) 저수호안에서는 하도상황에 따라 필요한 높이로 하지만 일반적으로 저수호안의 마루높이는 고수부지와 같은 높이로 한다.
- (4) 비탈덧기는 유수, 굽은 자갈(轉石), 파력 등의 외력에 의해 파괴되지 않도록 뒤채움 두께를 결정한다.
- (5) 비탈덧기의 경사는 비탈덧기의 구조와 높이를 고려하여 결정한다.
- (6) 비탈덧기의 종류는 식생공, 돌채움 비탈방틀공, 콘크리트붙임공 및 콘크리트블록공, 아스팔트붙임공, 파일공, 어소 콘크리트블록공, 콘크리트셀 블록공, 돌붙임공, 돌쌓기공, 사석공, 돌망태공, 섬유대호안, 지오셀 호안, 자연형호안 등이 있다.
- (7) 급류하천에서는 유수에 의한 비탈덧기의 파괴가 많이 발생한다. 돌붙임이나 콘크리트블럭붙임공에서는 너무 작은 사석이나 블럭을 사용하지 않아야 이러한 파괴를 방지할 수 있다. 찰붙임에서는 이음눈이 약점이 되기 때문에 채움 콘크리트 및 이음눈 모르타르를 짝 채워 시공해야 한다. 비탈덧기면 일부분의 파괴가 전체에 영향을 미치지 않도록 하기 위해서는 일반적으로 종단방향에 10~20m 간격으로 구조이음눈을 설치하며 콘크리트의 규준틀에는 종횡단 방향에 구조이음눈을 설치한다.
- (8) 비탈덧기는 하천환경의 보전·정비와 밀접하게 관련되므로 생태계나 경관 등을 충분히 고려하여 하천환경에 적합한 공종을 선정하여 설계한다.

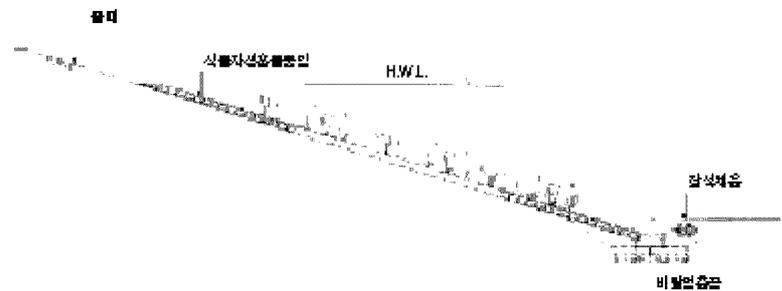
해설

(1) 비탈덧기의 종류는 다음과 같다.

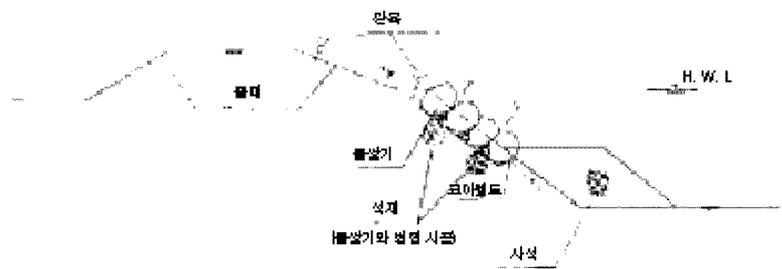
- ① 식생공 : 비수충부 구간에 주로 이용되는 때붙임(평떼)을 비롯하여 주로 식물재를 활용하는 비탈덧기공으로 장기적 경제성 및 유지관리에 유리하나, 단기적(활착기간) 유실대책이 필요하며 식생위치, 지하수위, 저수위 및 홍수위 통과 식생의 특징을 고려하여 수종을 선택하여야 한다
- ② 돌채움 비탈방틀공 : 비탈 위에 철근 콘크리트로 방틀을 짜고 바닥 콘크리트를 친 다음 갠 돌을 까는 공법으로 비탈이 1:2보다 완만할 때 사용한다.
- ③ 콘크리트 붙임공 및 콘크리트 블록공 : 가장 일반적으로 사용하는 형태이다. 콘크리트 붙임공은 줄눈에서 비탈덧기 이면의 토사가 유실되어 파괴되는 일이 있으나 콘크리트 블록공은 토사의 유출이 생기더라도 블록이 침하하여 공동이 커지는 것을 막고 보수도 용이한 장점을 가지고 있어 가장 많이 이용되고있는 공법이나 미관, 생태축 단절 등의 생태계를 훼손시키므로 가능한 한 친수성, 생태계, 경관을 고려한 자연형호안을 적용한다.
- ④ 파일공 : 파일공은 조석의 영향을 많이 받아 상시수위의 변화가 많은 하류부 구간에 많이 설치되며 셀 블록과 마찬가지로 비탈덧기와 기초의 기능을 동시에 발휘할 수 있다.
- ⑤ 어소 콘크리트 블록공 : 어류의 서식처 제공을 위해 설치하는 호안이다.
- ⑥ 콘크리트 셀 블록공 : 셀 블록은 기초지반이 사질토 및 암반으로 침하의 우려가

없는 구간에 설치되며 비탈덮기와 기초의 기능을 동시에 발휘할 수 있다.

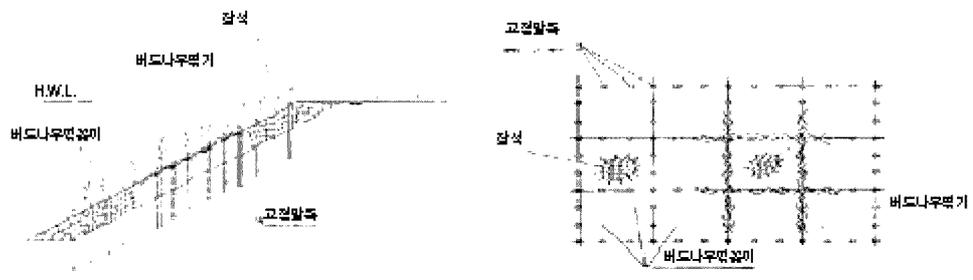
- ⑦ 돌붙임공, 돌쌓기공 : 비탈경사가 1:1보다 급한 경우를 돌쌓기, 이보다 완만한 경우를 돌붙임이라 한다. 일반적으로 돌붙임공이 많이 이용된다.
- ⑧ 사석공 : 수심이 깊고 세굴이 많이 발생하는 지역에서 저수호안이나 기초로 많이 사용되며, 사석두께(또는 중량)는 하상이 유실되지 않도록 해야 하고, 최소 사석량은 하상세굴을 고려하여 결정하여야 한다.
- ⑨ 돌망태공 : 대나무, 철선 등을 사용하여 망태를 만들고 그 속에 조약돌 정도의 석재를 채운 것을 말한다. 표면의 조도가 큰 점, 굴요성이 풍부하여 작업이 용이한 점 등의 장점이 있으나 내구성이 작은 단점이 있다. 급류하천이나 응급공사 또는 임시공사 등에 많이 사용된다.
- ⑩ 지오셀 호안 : 토목공사용 별집모양 섬유자재의 셀 내부에 식물재, 돌채움, 유동성 콘크리트 또는 모르타르 등을 포설 또는 타설하여 양생시킴으로써 비탈면을 피복하는 호안이다. 유속에 따른 피복재 종류를 변화 시킬 수 있고, 시공의 간편성으로 인한 공사기간의 단축 등의 장점이 있다.
- ⑪ 자연형호안 : 기존 호안들이 치수적으로는 문제가 없었으나 생태적인 관점에서 동식물의 서식 기반을 제한함으로써 동·식물의 생존에 불리한 환경을 조성하였는데, 이를 보완하여 치수적으로도 안전하고 생태계에 유리하며 경관과 친수성 증진에도 중점을 둔 호안을 말한다.



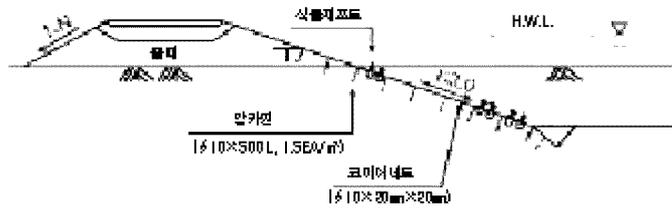
[a] 석재를 이용한 비탈담기(식물자생용 돌출부)



[b] 석재를 이용한 비탈담기(자연석 돌출부)



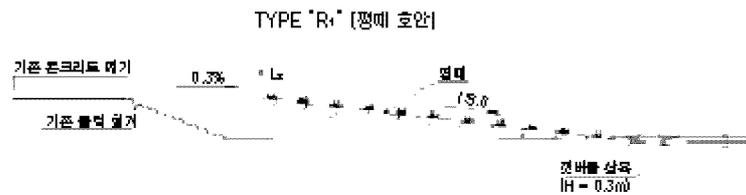
[c] 석재를 이용한 비탈담기(돌섬호안)



[d] 자연재를 이용한 비탈댐기[식물재호안]



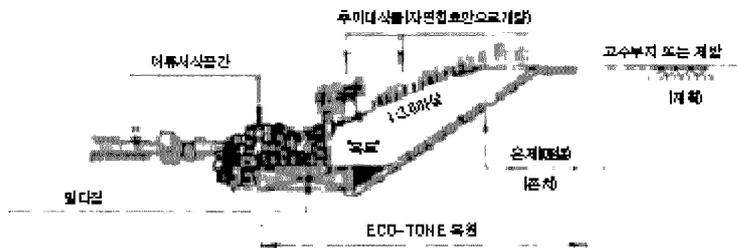
[e] 자연재를 이용한 비탈댐기[뒷가지호안]



TYPE "R2" [앞제 호안]



[f] 자연재를 이용한 비탈댐기[앞제호안]



[g] 자연재 및 석재를 이용한 비탈댐기[온제호안]

(그림 24.5) 비탈댐기공의 예

(2) 비탈댐기 높이를 제방 독마루까지 해야하는 특수한 경우는 다음 사항을 의미한다.

- ① 특별히 중요한 제방
- ② 파랑이 발생하는 장소

- ③ 급류하천
 - ④ 고조의 영향을 받는 하구부 구간
 - ⑤ 굴곡이 심한 만곡부의 외측안
- (3) 비탈덧기의 구조와 높이에 따른 비탈덧기 경사는 <표 24.1>에 나타낸 값을 표준으로 하여 설계한다.

<표 24.1> 비탈경사의 표준

비탈덧기의 구조		비탈덧기의 연직높이 (m)	최소 비탈경사
식생공		사면안정 규모	1 : 2.0
돌 쌓 기	찰쌓기	3 이상 - 5 미만 3 미만	1 : 0.5 1 : 0.3
	콘크리트블록쌓기	3 미만	1 : 1.0
돌 불 임	찰쌓기	-	1 : 1.5
	콘크리트블록불임	3 미만	1 : 2.0
콘크리트방틀		-	1 : 1.5
돌 망 태 불 임 콘크리트불임		3 이상	1 : 2.0
		3 미만	1 : 1.5

- (4) 홍수시, 수면하강속도가 빠른 하천, 조수간만의 차가 큰 감조 하천, 선박이나 바람에 의해 큰 파랑이 발생하는 하천 등에 설치한 호안에서는 수위강하시의 잔류간극수압에 의해 호안의 이음눈 등에서 뒤채움 토사가 유출되어 공동이 발생하고 이로 인해 비탈덧기가 파괴되는 사례가 많다. 그러므로 뒤채움 재료는 여러 크기의 입자를 고루 분포시켜 적절한 입도를 유지할 수 있도록 해야 한다.
- (5) 호안 양단부에서는 세굴이 발생하는 경우가 많고 이로 인해 비탈덧기 이면의 토사가 유출되어 파괴되는 수도 있다. 이것은 호안법선과 연장이 적당하지 않거나, 종래의 호안과 신설된 호안의 유수에 대한 강도가 다른 것이 주원인이다. 이것을 방지하기 위해서는 호안의 설치길이를 신중하게 결정하고, 신설한 호안과 종래의 호안사이에 완화구간을 두는 것이 바람직하며 이 때에는 조도를 크게 하는 것이 좋다. 또 <그림 24.2>에 서와 같이 비탈멈춤공을 설치하는 것도 좋다.

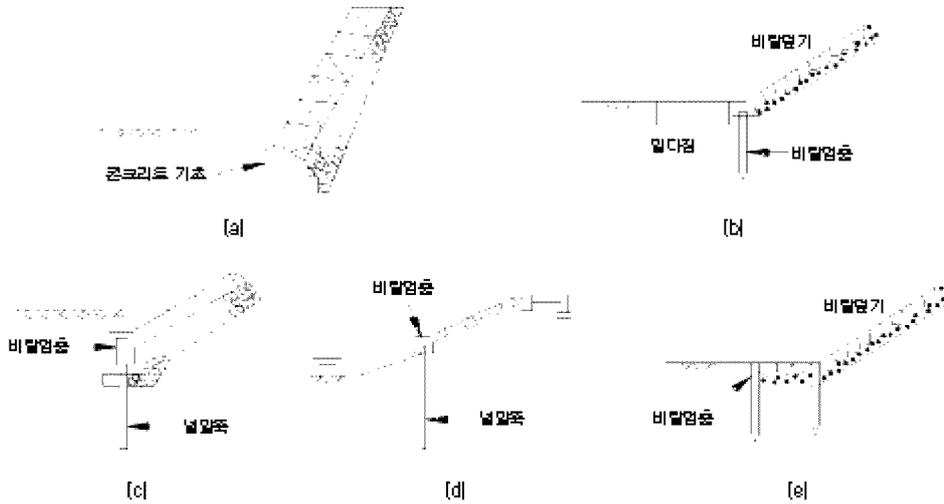
24.4 비탈멈춤

- (1) 비탈멈춤은 비탈덧기의 종류, 하천의 경사, 수층부 및 하상세굴 등을 고려하여 비탈덧기를 지지하는 구조로 설계한다.
- (2) 비탈멈춤의 높이는 저수위를 기준으로 계획한다.

- (3) 비탈면층의 깊이 결정방법은 하도계획에 의해 미리 정해진 계획하상에 전반적인 하상저하나 홍수시의 일시적인 세굴 등을 고려하여 결정한다.
- (4) 일반적으로 지반이 양호할 때는 직접 기초로 하고 연약지반일 때는 말뚝기초나 강널말뚝을 사용하며, 산성하천, 감조하천 등에서 강널말뚝을 이용할 경우에는 부식 등을 충분히 고려하여 설치토록 한다.
- (5) 비탈면층과 밀다짐이 연결되어 있으면 밀다짐이 이동함에 따라 비탈면층이 파괴될 우려가 있으므로 완전히 분리해서 설치하도록 한다.

해설

- (1) 비탈면층의 예는 <그림 24.6>과 같다.



(그림 24.6) 비탈면층의 예

- (2) 특별히 하상저하가 예상되지 않을 경우 기초밑 깊이는 중소하천인 경우 계획하상에서 (현하상이 계획하상보다 깊은 경우에는 현 하상에서) 0.5m 이상, 대하천인 경우에는 1.0m 이상 유지되도록 한다. 단, 다음과 같은 곳에서는 더 깊게 하는 것이 좋다.
 - ① 수충부로서 홍수시 세굴이 예상되는 곳
 - ② 보 및 낙차공, 교량 등의 상하류
 - ③ 첩수로, 방수로 등 하상저하가 예상되는 하천
- (3) 홍수시의 일시적 세굴깊이는 <표 24.2>를 참고한다.

<표 24.2> 홍수시 일시적 세굴깊이 (단위 : m)

하 상 재 료	홍수시 하안의 유속		
	3 m/sec 이상	2~3 m/sec	2 m/sec 미만
조약돌 이상의 입경	1.0	0.5	-
자갈 정도의 입경	1.5	1.0	0.5
잔 자갈 정도의 입경	-	1.5	1.0

주) 조약돌: $10\text{ cm} < d < 15\text{ cm}$, 자갈: $20\text{ mm} < d < 75\text{ mm}$, 잔자갈: $2\text{mm} < d < 15\text{mm}$

24.5 밀다짐

- (1) 밀다짐은 호안의 안정에 중요한 역할을 하므로 소류력을 견딜 수 있는 중량이어야 하고, 하상변화에 순응할 수 있어야 하며, 시공이 용이하고 내구성이 크고 굴요성이 있는 구조 이어야한다.
- (2) 밀다짐의 상단높이는 계획하상고(현 하상고가 계획하상고보다 낮을 경우는 현 하상고) 이하로 한다.
- (3) 밀다짐의 폭은 하상의 세굴심 및 침하정도를 추정하여 결정한다.
- (4) 밀다짐의 종류는 콘크리트 블록공, 사석공, 침상공, 돌망태공 등이 있다.
- (5) 호안은 세굴에 의해 기초부분이 파괴되고 점차 호안전체로 확대되는 경우가 많다. 그러므로 호안 설계시에는 설치장소의 하상변동을 조사해서 기초부분이 세굴에 안전하도록 기초밑 깊이, 밀다짐 공법 등을 결정해야 한다.

해설

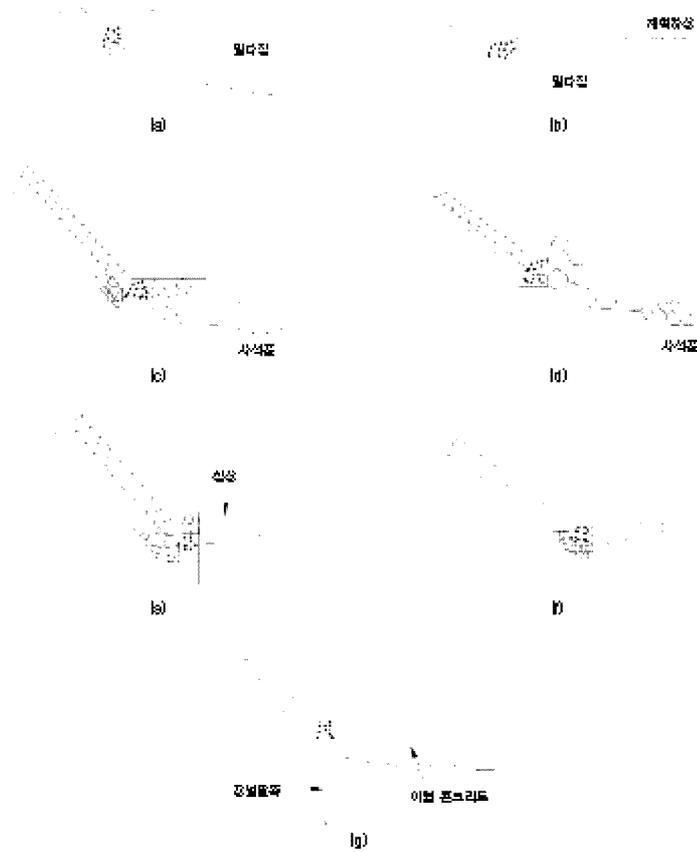
- (1) 밀다짐의 종류는 다음과 같다.
 - ① 콘크리트 블록공 : 굴요성, 내구성을 증가시키기 위하여 콘크리트 블록을 철봉에 의하거나 블록끼리 서로 물리게 하여 전체가 일체로 유수에 저항하도록 한 것이다. 블록의 형태에는 십자블록, Y형 블록, H형 블록 등이 있다.
 - ② 사석공 : 가장 간단한 공법으로서 부근의 하상재료보다 크고 무거운 것을 적절히 사용하면 쉽게 유실되지 않고 내구성의 측면에서도 가장 좋은 공법이 된다.
 - ③ 침상공 : 쇠침상, 목공침상, 개량침상 등이 있고, 쇠침상은 완류하천에서, 목공침상은 급류하천에서 이용되는 경우가 많으며, 침상공은 최근 처리문제가 되고 있는 폐콘크리트를 방틀속의 채움재료로 이용할 수 있다.
 - ④ 돌망태공 : 굴요성이 좋아 밀다짐으로는 훌륭한 공법이지만 내구성이 약한 단점이 있다. 수제 밀다짐으로서 병용하는 경우 이외에는 대체로 비탈댐기를 연장하여 밀다짐과 겸용하는 것이 보통이다.
- (2) 밀다짐의 폭은 <표 24.3>을 참고하여 다음과 같이 정한다.
 - ① 급류 및 준급류 하천 : 4m 이상 (하상변동이 심한 대하천 : 10~20m)

② 완류 및 준완류부, 소하천 : 2~12m

<표 24.3> 밀다짐의 폭

구 분	홍 수 시 단 면 평 균 유 속		
	2 m/sec 미만	2~4 m/sec	4 m/sec 이상
밀다짐의 폭	2~10 m	4~12 m	6 m 이상

(3) 밀다짐의 예는 다음과 같다.



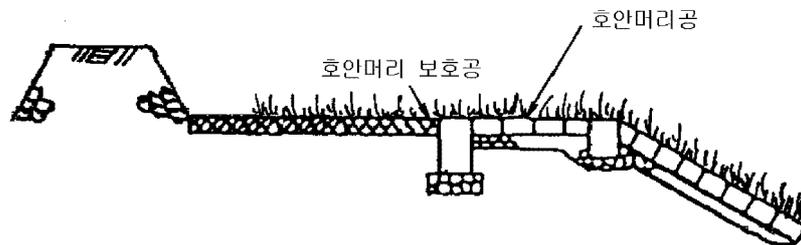
(그림 24.7) 밀다짐의 예

24.6 호안머리공(호안머리 보호공)

- (1) 홍수시 유수에 의한 저수호안의 침식을 방지하기 위해 필요에 맞게 호안머리공 및 호안머리 보호공을 설치한다.
- (2) 홍수시 호안머리에서는 큰 유속이 발생하고 호안머리 보호공의 유실은 기초공의 파괴를 초래할 수 있기 때문에, 저수호안의 천단부분을 홍수에 의한 침식으로부터 보호할 경우에 설치한다.
- (3) 호안머리와 배후지 사이에서 침식 발생이 예측되는 경우 호안머리 보호공을 설치한다.

해설

- (1) 호안머리공은 기초공 또는 비탈 멈춤공과 같은 종류의 공법을 이용하는 것이 바람직하며, 두께는 홍수시 안정성을 고려하여 기초공과 동일한 두께로 할 필요가 있다.
- (2) 호안머리공의 폭은 1~2m, 호안머리보호공의 폭은 1.5~2m 정도로 설치하나, 하도의 특성에 맞게 적절한 폭을 확보하는 것이 바람직하다.



<그림 24.8 > 호안머리공 및 호안머리 보호공의 예시

제 25 장 수 제

25.1 일반사항

25.1.1 적용범위

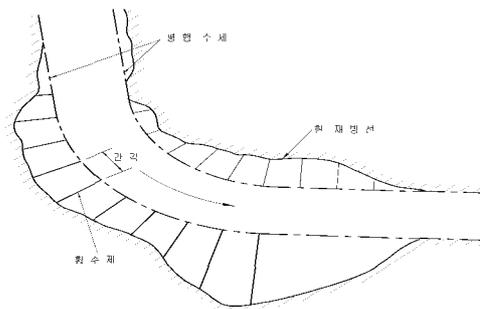
- (1) 본 장은 수제설계에 관한 표준적인 사항에 대해 기술한다.
- (2) 수제는 하안 또는 제방보호 뿐만 아니라 하천의 경관과 생태환경의 보전측면을 고려한 호안 또는 하안 전면부에 설치하는 구조물로 수제설계에 필요한 표준적인 기준에 대한 사항을 다룬다.

25.1.2 용어의 정의

수제 : 흐름방향과 유속을 제어하여 하안 또는 제방을 유수에 의한 침식작용으로부터 보호하기 위해 호안 또는 하안 전면부에 설치하는 구조물

해설

수제의 각부 명칭은 <그림 25.1>에 제시한 바와 같다.



<그림 25.1> 수제 일반도

25.2 설계일반

25.2.1 일반사항

- (1) 하천에 가장 적합한 형태의 수제를 가장 효율적인 위치에 배치하며, 수제에 의해 기존 하도 또는 계획하도가 수리학적, 생태학적 그리고 친수환경 측면에서 역효과를 발생시키지 않도록 계획하여야 한다.
- (2) 수제설치로 인하여 대안에 미치는 영향이 크므로 수제설치시 가능한 한 수리모형실험 등을 실시하여 그 크기와 간격 등을 정하여 악영향이 미치지 않도록 한다.

해설

- (1) 수제의 형태 및 구조가 결정되면 하도 조건과 유황특성에 적합하도록 설계제원을 결정한다.
- (2) 수제의 규모, 형식, 배치계획은 하도유하능력을 충분히 확보할 수 있도록 설계하여야 한다.
- (3) 하안식생과 희귀종의 보호 또는 수생생물의 서식장소를 제공하는 등의 생태학적, 친수환경적인 측면을 고려하여 설계하여야 한다.

25.2.2 목적

수제는 하안의 침식 및 호안의 파손방지, 저수로 범선형의 수정 및 유로의 고정, 생태계 보전, 경관개선, 주운을 위한 수심확보, 유량 확보 등을 목적으로 설치한다.

해설

- (1) 유수를 하안에서 멀리 떨어지게 하고 하안 또는 호안 부근에 유수가 충돌하지 않도록 하여 하안 비탈면의 침식 및 호안 비탈면의 파괴를 방지한다.
- (2) 만곡부의 세굴을 감소시키거나 만곡부의 곡률반경을 크게 하기 위해 수제를 설치하며, 이것은 저수로 범선형을 수정하는 것과 같은 효과를 갖는다.
- (3) 호안이나 밀다짐공과 비교해서 수제는 그 주변에 여울과 웅덩이가 교차되어 있기 때문에 다양한 생태환경을 제공한다.
- (4) 수제는 하안 부근의 경관을 개선하는 기능도 가지고 있고 경관을 보전하기 위해 설치한다. 이같은 목적의 수제는 수제설치로 인한 흐름의 변화와 하상과 하안의 경관 변화에 대해 충분히 검토한 뒤에 설치해야 한다.
- (5) 하천을 주운의 항로로써 이용하는 경우에 효율을 높이기 위해 항로부의 수심을 깊게 할 필요가 있다. 수제는 유수의 유하폭을 좁혀서 저수시에도 주운에 필요한 수심을 확보할 수 있다.
- (6) 하천 분류점에서 분류유량을 확보하기 위해 수제군에 의해 유수를 유도하여 유량을 확보하거나 취수문 지점에서 취수량의 확보를 위해 취수문 하류에 수제를 설치하여 수위

를 높일 수 있다.

25.2.3 기능

수제는 유로제어 기능, 하상 세굴방지 기능, 토사 퇴적 기능, 수위 상승 기능을 가지도록 설계되어야 한다.

해설

- (1) 유로 제어기능 : 저수로 폭이 넓은 구간과 좁은 구간이 반복되는 구간이나 흐름상태가 흐트러져 있는 저수로를 수제에 의해 원활한 형상으로 고정하는 것이다.
- (2) 하상 세굴방지 기능 : 하안과 하상에 역효과를 발생시키지 않고 하도의 유하 능력을 충분하게 확보하게 한다.
- (3) 토사 퇴적 기능 : 수제를 설치함으로써 유속을 감소시키고 이로 인하여 유사이송능력이 감소된다. 결과적으로 흐름을 제방에서 멀리하고 토사의 퇴적을 유발하여 제방을 세굴로부터 보호한다.
- (4) 수위 상승 기능 : 물 이용 목적으로 유량일부를 전환하거나 취수를 위하여 충분한 수심이 확보되도록 유수의 유하 폭을 좁혀서 저수시에도 수심을 확보할 수 있다.

25.2.4 종류

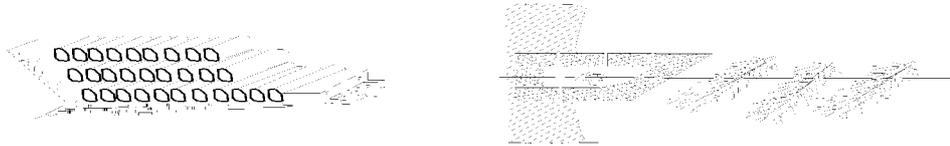
- (1) 수제는 구조 특성과 높이 그리고 배치 특성에 따라 분류될 수 있다.
- (2) 수제는 구조상의 분류로 투과수제, 불투과수제, 혼용수제가 있다.
- (3) 수제는 배치상의 분류로 횡수제, 평행수제, 혼합형수제로 분류 될 수 있다.

해설

(1) 구조상의 분류는 아래와 같다.

① 투과 수제

- (가) 투과 수제는 흐름의 일부가 수제 본체를 투과할 수 있는 구조로 만들어진 것으로서 유수가 수제를 투과하는 과정에서 유속이 감소되고 토사의 침전이 촉진되어 하안이나 호안을 보호하게 된다.
- (나) 흐름에 대한 저항은 불투과수제에 비해서 작으나 수제자체의 안정성이 떨어지고 유지관리가 비교적 용이하다.
- (다) 예를 들면, 원형관 및 수목을 이용한 수제, 콘크리트 블록을 이용한 수제 등이 있다. (<그림 25.2> 참조)



<그림 25.2> 투과수제 도면 예 (원형관 및 수목을 이용한 수제)

② 불투과 수제

- (가) 불투과 수제는 흐름을 투과시키지 않으므로 흐름의 방향을 변화시켜 하안 또는 제방에 발생하는 수충을 줄일 수 있으며 월류 유무에 따라 월류수제와 비월류수제로 구분된다.
- (나) 불투과 수제는 유수에 대한 저항이 커서 많이 파손되므로 하상의 현상유지, 유로폭 제한 등 그 특성을 충분히 발휘할 수 있는 경우를 제외하고는 사용을 제한하는 것이 좋다.
- (다) 예를 들면, 말뚝을 박아 자갈과 사석을 이용한 수제, 자갈과 사석을 쌓고 석재를 피복한 수제 등이 있다. (<그림 25.3> 참조)



<그림 25.3> 불투과수제 도면 예 (자갈을 이용한 수제)

③ 혼용 수제

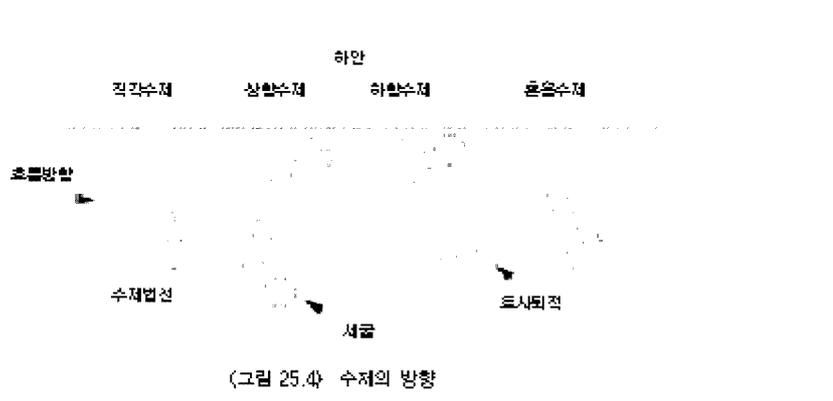
일반적으로 위의 두가지 수제를 각각의 개별적으로 설치하면 그 효과를 얻지 못하는 경우가 많으므로 투과수제와 불투과수제를 혼용하여 사용하는 혼용수제가 많이 이용된다.

(2) 배치상의 분류는 아래와 같다.

① 횡수제 : 하안에서 하천의 중심부로 돌출된 방향에 따라 분류하면 상류로 향한 상향수제, 하류로 향한 하향수제, 직각인 직각수제가 있다. 유수가 수제본체를 직각으로 통과하는데 수제 하류측 하상의 세굴과 퇴적의 위치관계는 <그림 25.4>와 같다. 또한 각각의 방향에 따른 장단점을 비교하면 <표 25.1>과 같다.

(가) 상향수제 : 흐름방향에 직각인 수직선과 이루는 각도는 다음과 같은 값이 적당하다.

- ㉠ 직선부 : $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$
- ㉡ 요안부 : $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$
- ㉢ 철안부 : $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$



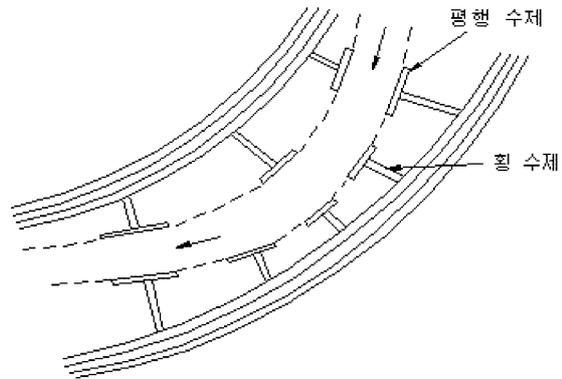
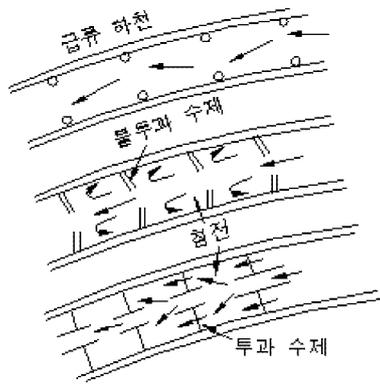
(나) 하향수제 : 그 각도가 특별히 주어지지 않으나 흐름의 상황, 세굴과 퇴적의 특성 등에 따라 결정해야 하며 더욱 합리적으로 결정하기 위해서는 수리모형실험 등을 통하여 결정하여야 한다.

(다) 직각수제 : 흐름의 방향과 수제가 이루는 각도가 직각이다. 이러한 배치상 분류에 의한 수제의 장단점은 다음과 같다.

<표 25.1> 수제방향에 따른 장단점

구분	상향수제	직각수제	하향수제
장점	<ul style="list-style-type: none"> ○수제의 하류측 하안부에 토사의 퇴적상태가 양호하다. ○유수를 전방으로 밀어내는 힘이 크므로 제방 및 호안 보호에 효과적이다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○길이가 가장 짧고 공사비가 저렴하다. ○완류하천의 감조부 등에서 효과적이다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○수제 앞부분에서의 흐름에 의한 수충력이 비교적 약하다. ○완류부에서 용수 취수구의 유지와 선착장의 수심유지에 비교적 효과적이다.
단점	<ul style="list-style-type: none"> ○수제 앞부분에서 수류에 대해 저항하게 되므로 세굴에 의해 수체자체가 손상될 위험이 크다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○하향수제에 비해서 수제 하류의 세굴에 대한 영향이 적지만 상향수제에 비해서 위험이 크다. 	<ul style="list-style-type: none"> ○월류에 의해 소용돌이가 발생하기 쉽다. ○수제 하류에 세굴이 발생하기 쉬우므로 제방에 위험이 크다.

- ② 평행수제 : 유수에 거의 평행하게 설치되므로 유수의 확산을 막을 수 있고 수로를 고정하는데 효과가 있다. 그러나 시간이 경과함에 따라 수제 기초부에 세굴이 발생하므로 장래의 유지비와 수심 증가에 따른 공사비의 증가를 충분히 검토해야 한다.
- ③ 혼합형 수제(T자형 수제) : 횡수제의 경우는 앞부분이 격심한 수류의 영향을 받기 때문에 보강 할 필요가 있으므로 평행수제와 조합하여 혼합형수제로 하는 경우가 많다.



<그림 25.5> 투과수제와 불투과 수제

<그림 25.6> 횡수제와 평행수제



<그림 25.7> 혼합형(T자형) 수제의 예

5.2.5 설치위치

- (1) 수제의 위치는 하도 조건, 하천의 유황 및 기타 하천시설물과의 관계를 고려하여 치수, 이수, 하천환경 등의 목적에 맞도록 결정한다.
- (2) 수제는 일반적으로 다음과 같은 위치에 설치한다.
 - ① 유속이 강해서 하상유지공만으로 하상의 유지가 곤란하거나 세굴이 심한 장소 또는 수제를 설치함으로써 하상유지공을 간소화할 수 있거나 설치하지 않아도 되는 장소
 - ② 급류하천이나 대하천에서 수심이 깊은 수충부

- ③ 국부적인 수층부에서 흐름의 방향을 유심방향으로 변환시키려는 장소
- ④ 흐름을 반류시키려는 장소
- ⑤ 흐름의 방향을 일정하게 고정시키려는 장소
- ⑥ 저수로를 고정시키려는 장소
- ⑦ 수제를 설치해도 치수와 이수에 지장이 없는 장소 중에서 하천의 환경을 개선하려는 장소

(3) 저수로가 좁은 하천 또는 하폭이 좁은 하천에서는 수제를 설치하지 않아도 좋다.

25.3 수제설계

25.3.1 방향의 결정

수제구간에서 토사의 침전, 유향의 변환, 세굴의 방지 등은 수제의 방향에 영향을 받으므로 설치목적과 하상상황에 따라 수제의 방향을 결정한다

해설

- (1) 투과수제는 실제 설치지역에 가설로 설치하여 현장수리실험 등의 실제적 방법을 통하여 설치방법(규모, 배치형식 등)등을 결정하는 것이 바람직하다.
- (2) 방향설정에 대한 자세한 내용은 '25.2.4 종류'를 참조한다.

25.3.2 높이 및 폭

수제의 높이는 설치목적과 기능 및 유수에 대한 저항, 하상의 변화, 하상고 등을 고려하여 결정하며, 유지관리가 용이한 높이로 결정하며, 수제의 폭은 공법, 종류, 하천상태 등에 따라 다르다.

해설

- (1) 수제의 높이는 아래와 같이 결정한다.
 - ① 평행수제는 일반적으로 저수로 범선형을 고정하거나 수정하는 저수로 공사에 많이 사용되므로 높이는 평균저수위보다 0.5m정도 높게 설치하는 것이 가장 효과적이고 평균저수위로 하면 유지관리의 측면에서 유리하다.
 - ② 횡수제의 높이는 홍수시에도 월류시키지 않는 불투과수제의 경우에는 높게 하지만 보통의 경우 하안 접속부에서 평균저수위보다 0.6~1.0m정도 높게 하고 흐름의 중심으로 1/10~1/100 정도의 경사를 가지도록 하는 것이 적당하다.
 - ③ 투과 수제의 경우에는 토사의 퇴적을 촉진할 수 있는 구조로 설치한다.
 - ④ 급류하천에서는 큰돌이 유하하면서 수제를 손상시킬 위험이 있으므로 수제를 아주 낮은 구조로 하든지 그렇지 않으면 큰돌이 넘어 갈 수 없는 높이로 하는 것이 좋다.

- ⑤ 완류하천에서는 평균저수위보다 0.5m 정도 높여서 설치하며 보통 저수위와 같게 한다.
- (2) 수제의 폭은 아래와 같이 결정한다.
 - ① 수제의 폭은 일반적으로 대하천에서는 7~9m 정도가 좋다.
 - ② 수심과 수제높이의 비가 0.1~0.4의 범위가 적당하고, 대부분 0.2~0.3의 범위에 있다.

25.3.3 길이 및 간격

- (1) 수제의 길이는 하폭, 하상경사, 수심, 그 외의 하상상황을 종합적으로 판단하여 결정한다.
- (2) 수제의 간격은 길이에 비례하여 결정하며, 상류측 수제 앞부분에서의 흐름이 하류 하안에 도달하기 전에 하류측 다음 수제가 저항하도록 정해야 하고 유로경사, 유향, 사행을 고려하여 결정한다.

해설

- (1) 수제의 길이는 아래와 같이 결정한다.
 - ① 불투과성 수제
비월류 수제길이를 구하는 계산식은 다음과 같다.

$$l = h_{\max} \sqrt{(1+m^2)} \quad \text{또는} \quad l \geq 8h_p \quad (\text{단위 : m}) \quad (25.1)$$

여기서 L 은 수제길이(m), h_{\max} 은 최대수심(m), h_p 는 수제둘레의 평균수심(m), 그리고 m 은 수리실험에 의한 정수이다.

- ② 투과성 수제
(가) 하폭에 대한 첫 번째 수제길이 계산식은 다음과 같다.

$$l_1 = \frac{1}{15} B - \frac{1}{30} B \quad (\text{단위 : m}) \quad (25.2)$$

여기서 B 는 하폭(m)을 나타낸다.

- (나) i 번째 수제길이 계산식은 아래와 같다.

$$l_i = l_{i-1} (1 + CP) \quad (\text{단위 : m}) \quad (25.3)$$

여기서 L_i 는 i 번째 수제길이(m), L_{i-1} (m)은 상류측 바로 위에 위치한 수제길이, C 는 계수, P 는 수제가 하천횡단면에 차지하는 면적비이다.

㉞ 수제가 하천횡단면을 차지하는 면적비(P)의 계산

$$P = 1 - \left(\frac{V_1}{V} \right) \quad (25.4)$$

여기서 P 는 수제가 하천횡단면을 차지하는 면적비, V_1 은 수제의 개수와는 상관없이 수제를 통과한 다음의 평균유속(m/sec), V 는 수제 설치 전의 평균유속(m/sec)이다.

㉟ 계수(C)의 계산

계수 C 는 다음과 같이 수제 최하류부의 유속에 따라 달라진다.

$$C = \frac{V_b}{V(1-P)} \quad (25.5)$$

여기서 V_b 는 수제 최하류부 설치구간의 평균유속(m/s), V 는 수제 설치 전의 평균유속(m/s), C 는 계수, P 는 수제가 하천횡단면에 차지하는 면적비이다.

③ 수제의 길이에서 고려해야 할 점은 수제길이가 지나치게 길면 하안 및 상하류에 나쁜 영향을 가져오는 경우가 많고 수제 자체의 유지관리에도 문제가 된다. 반면, 수제길이가 너무 짧으면 수제의 기능을 충분히 발휘할 수 없으므로 길이에 대해서는 현장시험 또는 모형실험을 통하여 충분한 검토가 필요하다.

(2) 수제의 간격은 아래와 같이 결정한다.

① 불투과성 수제

(가) 수제의 간격은 일반적으로 Winkel식을 사용하여 다음과 같이 결정한다.

$$L_{\max} = \text{Cota} \frac{B-b}{2} = 9.36 \frac{B-b}{2} \approx 10 \ell \quad (\text{단위 : m}) \quad (25.6)$$

여기서 L_{\max} 는 최대 수제간격(m), a 는 수류가 수제의 앞부분에서 다음 수제의 하단부쪽으로 편위하는 각도(보통 평균값 $6^\circ 6'$), B 는 하폭(m), b 는 저수로 폭(m), 그리고 L 은 수제길이(m)를 각각 나타낸다. (<그림 25.8> 참조)



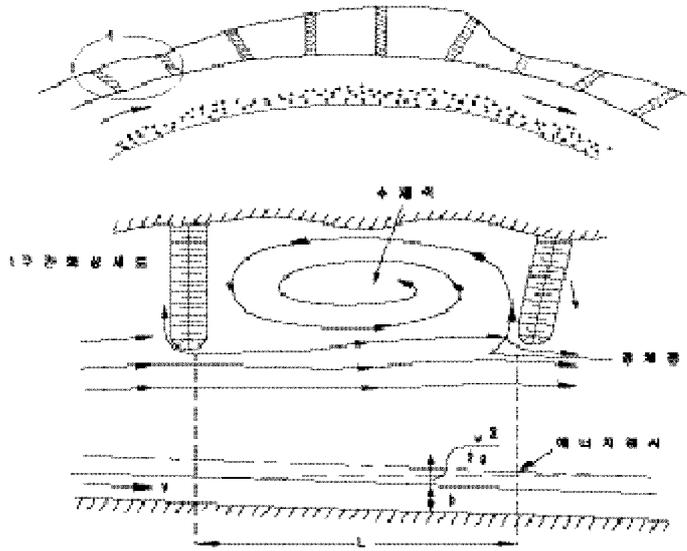
<그림 25.8> Winkel 식에 의한 수제간격

(나) 실제로 하류측의 수제와 하안 만곡의 영향 등을 고려하여 다음의 값을 취한다.

$$L = (1.25 \sim 4.5) \frac{B-b}{2} = (1.25 \sim 4.5) \ell \quad (25.7)$$

여기서 L은 수제간격(m)이고, B, b, L은 식(25.6)에 나타낸 것과 같다. 또한 Tominaga에 의해 제안된 완류하천에서의 직선부, 요안부(凹岸部), 철안부(凸岸部)에 따른 경험식을 이용하기도 한다.

- ㉞ 직선부 $L = (1.7 \sim 2.3) L$ (단위:m)
- ㉞ 요안부 $L = (1.4 \sim 1.8) L$ (단위:m)
- ㉞ 철안부 $L = (2.8 \sim 3.6) L$ (단위:m)



(그림 25.9) 수제의 간격

② 투과성 수제

수제수리모형실험에 따른 수제간격 $L(m)$ 은 다음 식에 따른다.

$$L = C \cdot k \cdot \ell \cdot P \cos \delta = C \cdot k \cdot \ell \left\{ 1 - \left(\frac{V_1}{V} \right) \right\} \cos \delta \quad (25.8)$$

여기서, C 는 계수, k 는 수제형태와 하상저항에 따른 계수(하상이 단단한 경우 $k = 10$ 이고, 하상이 모래인 경우 $k = 4$ 이다.), L 은 수제길이(m), P 는 수제가 하천횡단면에 차지하는 면적비, δ 는 수류와 하천이 이루는 각도, V_1 은 수제 하류부의 평균유속 (m/sec), V 는 수제 설치 전의 평균유속 (m/sec)이다.

25.4 수제공법

25.4.1 수제공법의 종류

- (1) 수제공법의 선정은 하도의 평면형, 종·횡단형, 유량, 유속, 하상재료, 하상변동의 경향 등을 조사하여 결정하여야 한다.
- (2) 수제의 재료는 수제의 안정성을 고려하여 그 지역의 여건에 맞는 것으로 선택하여야 한다.
- (3) 수층부의 보호를 목적으로 설치하는 곳에서는 길이가 짧은 투과성의 밑다짐 수제를 설치한다.

[해설]

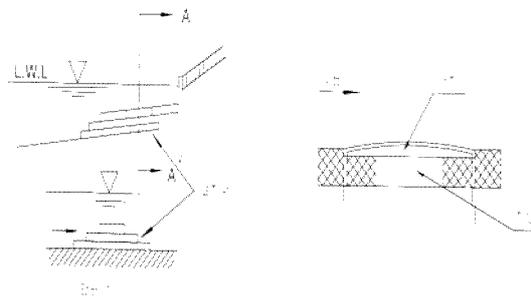
(1) 수제공법의 종류

- ① 말뚝박기 수제 : 투과수제의 대표적인 공법으로서 나무말뚝이나 철근 콘크리트 말뚝을 사용하며 완류하천에 많이 설치된다. 각각의 말뚝은 가급적 균등하게 유수 저항을 받도록 배열하고, 세굴에 대하여 충분히 견딜 수 있어야 한다. (<그림25.10> 참조)
- ② 침상 수제 : 침상 수제에는 섯침상 수제, 목공침상, 콘크리트 방틀, 개량목공, 말뚝상치 수제 등이 있다. 침상 수제는 불투과 수제로 설치되는 경우가 많기 때문에 비교적 굴요성이 부족하고 채움돌이 유실될 우려가 있으므로 주의해야 한다.
 - (가) 섯침상 수제 : 대·소하천의 구별없이 횡수제, 평행수제로서 주로 급류부의 완만한 곳이나 완류하천에서 많이 사용된다. (<그림25.11>참조)
 - (나) 말뚝박기 수제(Krippen 수제) : 섯침상 위에 말뚝을 박고 침상 위에 조약돌을 놓은 것으로서 말뚝의 열수, 열간격, 말뚝지름, 말뚝길이, 채움돌의 높이, 돌망태와 섯침상의 층수 등은 설치장소의 하천상태를 고려하여 결정한다. (<그림 25.12>참조)
 - (다) 목공침상 수제 : 급류하천에서 섯침상은 가벼워 유실되기 쉬우므로 목공침상이 사용된다. (<그림 25.13>참조)
 - (라) 콘크리트 방틀상 수제 : 목공침상의 채움돌들을 콘크리트 블록으로 대체하거나 또는 물 밖으로 노출되는 부분의 방틀재나 전체 방틀재를 철근 콘크리트로 대체한 것이다. (<그림 25.14>참조)
- ③ 뼈대·틀류 수제 : 투과수제로서 하천 중류로부터 상류에 걸쳐 자주 사용되며 하상이 말뚝박기가 곤란한 자갈, 조약돌 등으로 되어 있을 경우와 급류부에 주로 사용된다. 뼈대·틀류 수제는 다른 수제와 비교해서 일반적으로 연속체를 이루지 않고 단독으로 설치하므로 유수저항에 대해 고려할 필요가 있다. 최근에는 내구성과 강도가 큰 철근 콘크리트 테트라포트를 사용하기도 한다. (<그림 25.15> 참조)
- ④ 콘크리트블록 수제 : 콘크리트블록을 사용한 수제로서 형태, 치수, 투과도 등을 자유로이 변경시킬 수 있는 장점을 갖고 있지만 블록 주변의 세굴이 커서

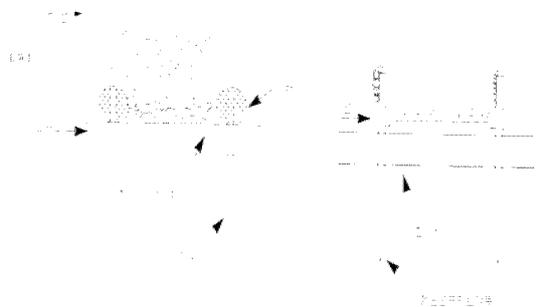
전도, 유실의 위험을 내포하고 있다. 사용되는 블록의 형태는 <그림 25.16>과 같이 Y자블록, 십자블록, 테트라포트 등이 있다.



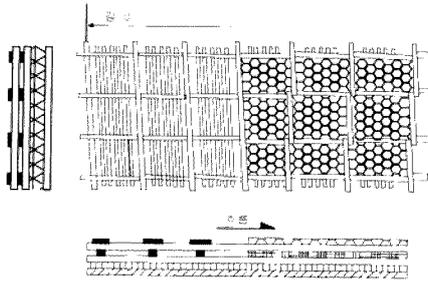
<그림 25.10> 말뚝박기 수제설치 예



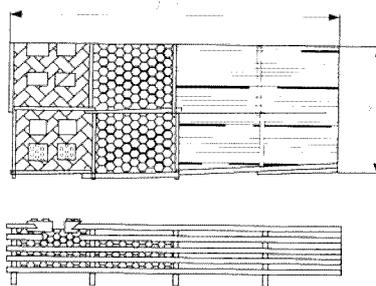
<그림 25.11> 쇄침상 수제 설치예



<그림 25.12> 말뚝박기 수제설치 예



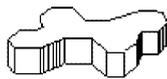
<그림 25.13> 목공침상수제



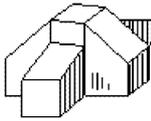
<그림 25.14> 콘크리트 방틀상 수제



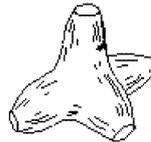
<그림 25.15> 빠대 · 틀류수제의 형태



Y자블록



십자블록



테트라포트

<그림 25.16> 콘크리트블록 수제의 블록형태

25.4.2 수제공법의 선정

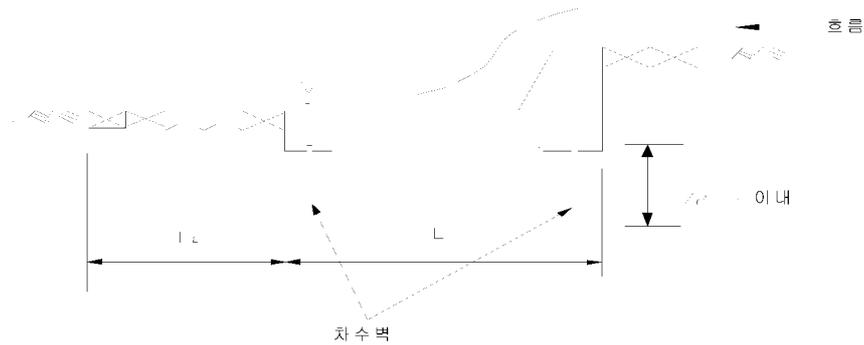
수제공법 및 위치 선정, 길이, 폭, 높이 등 수제설계와 관련한 사항은 수제 설치 시 예측되는 수제주변의 과다 세굴과 과다 퇴적 등 제반 영향을 평가하여 결정하여야 하며, 이때의 영향평가는 수리모형실험, 현장시험, 수치실험 등 수제설치에 따른 수리·환경영향을 적절히 평가할 수 있는 것으로 선정하여 실시하여야 한다.

[해설]

- (1) 기존의 하도가 지나치게 넓고 난류가 발생되고 있어서 유로를 고정시킬 필요가 있는 곳에서는 어느 정도 긴 수제가 필요하다. 그러나 너무 길면 유지가 곤란하므로 주의가 필요하다.
- (2) 수충부의 보호를 목적으로 설치하는 곳에서는 크고 긴 수제를 선정하면 대안에 새로운 수류를 발생시키므로 주의하여야 한다.
- (3) 저수호가 좁은 하천 또는 하폭이 좁은 하천에서는 밑다짐 수제를 제외하고 수제를 설치하지 않는 것이 좋다.
- (4) 완류하천에서는 말뚝박기 수제가 조도, 투과도 등을 비교적 자유롭게 결정할 수 있기 때문에 많이 이용된다. 급류하천에서는 하상재료의 조도가 커서 말뚝박기 수제를 설치하기 곤란할 경우가 많기 때문에 자중에 의해 유수에 저항하도록 하상에 콘크리트 수제, 콘크리트블록 수제 등을 설치한다.
- (5) 수제공의 경관적인 요소는 지역적 특성과 조화되어질 수 있게 하며, 다양한 동·식물의 서식처가 이루어질 수 있게 한다.
- (6) 수제공 선정시 치수기능 및 환경기능을 향상시킬 수 있도록 치수기능을 기본적으로 확보하면서 하천환경기능을 증진시킬 수 있는 방안을 모색하여야 한다. 하천의 환경기능에는 친수성, 생태계 서식처로서의 기능, 경관과의 조화, 시설물의 유지·관리 효율성 증대를 종합적으로 고려하여 수립되어야 한다.
- (7) 경제적인 측면을 고려한 유지관리가 이루어질 수 있어야 한다.

26.3.5 차수벽

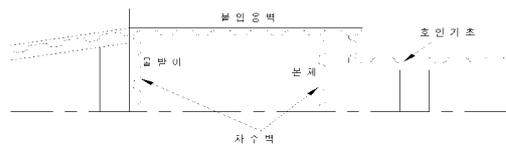
- (1) 차수벽은 일반적으로 하상유지시설 본체 하부의 파이핑을 방지하기 위해 설치한다.
- (2) 차수벽의 깊이는 차수벽 간격의 1/2 이내로 하며 1/2 이상의 길이가 되는 경우에는 물받이 길이를 늘린다. 강널말뚝을 사용하는 경우에는 최저 2m로 한다(<그림 26.7> 참조).



<그림 26.7> 차수벽의 깊이

해설

- (1) 차수벽은 상하류 수위차에 의해 발생하는 양압력과 파이핑(piping) 작용을 감소시키기 위해 설치하는 것으로, 기초지반이 견고하여 파이핑 작용을 무시할 수 있을 때에는 설치할 필요가 없다.
- (2) 고수부지의 지질상태에 따라서 하상유지시설의 하안부에도 물이 침투하는 경우가 있다. 따라서 하상유지시설 주변 고수부지의 지질상태를 조사하여 파이핑의 가능성이 있을 때에는 이것을 방지하기 위하여 하안부에도 차수벽을 설치할 필요가 있다(<그림 26.8> 참조).



<그림 26.8> 차수벽의 배치

26.4. 물받이

26.4.1 기능 및 구조

물받이는 도수(跳水)를 발생시켜 유수의 세력을 완화시킬 목적으로 설치하며, 흐름에 안정성이 있는 구조로 하여야 한다.

해설

물받이는 콘크리트 블록 및 석재, 목재 등과 같은 자연재료도 가능하지만 도수가 발생할 때는 유수의 난류 현상이 현저하고 동시에 빠른 유속이 발생하므로, 하상유지시설 본체와 일체가 된 콘크리트 구조를 표준으로 하여 본체를 월류하는 유수의 침식작용 및 양압력에 견딜 수 있도록 설계한다.

26.4.2 길이

- (1) 물받이는 세굴을 방지할 수 있는 길이로 결정되어야 한다.
- (2) 상류흐름인 완경사 하천에서는 낙차의 2~3배 또는 하류측 바닥보호공 길이의 1/3 정도로 할 수 있다.

해설

낙차공의 물받이 길이는 본 설계기준 '28.3.2 물받이'에서 제시하는 블라이(Bligh) 공식 등을 사용해서 산정 할 수 있다.

26.4.3 감세공

감세공은 낙차로 인해 발생하는 에너지를 감소시키기 위해 설치된다.

해설

- (1) 감세공은 수평물받이형, 경사물받이형 등으로 구분되며 하상유지시설의 형식, 상·하류수 위치, 하도상황 등의 하류하도의 특성을 고려하여 선택한다.
- (2) 물받이에 사석을 산발적으로 붙여 수질개선을 도모할 수 있다.

26.4.4 두께

- (1) 물받이의 두께는 양압력에 견딜 수 있는 중량을 가지도록 설계하여야 한다.
- (2) 물받이의 최소두께는 35cm로 한다.

해설

- (1) 유사량이 많은 급경사 하천에서는 마찰에 의해 물받이가 손상될 가능성이 있으므로 내마모성이 큰 콘크리트를 사용하거나 미리 콘크리트의 마모량을 예측하여 콘크리트의 두께를 크게 하는 등의 대책이 필요하다.
- (2) 일정한 간격으로 PVC 등을 이용한 구멍을 설치하면 물받이에 작용하는 양압력을 저감할 수 있다.

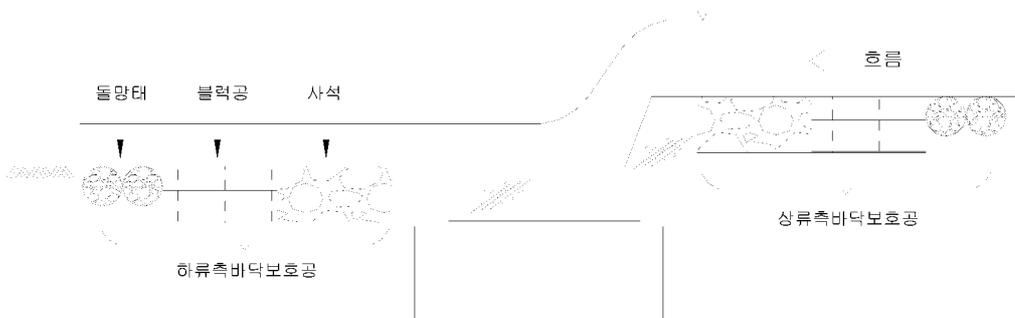
26.5 바닥보호공

26.5.1 기능 및 구조

- (1) 상류측 바닥보호공은 하상유지시설 직상류에서 발생하는 국부세굴을 방지하여 하상유지시설 본체를 보호한다.
- (2) 하류측 바닥보호공의 기능은 다음과 같다.
 - ① 하상유지시설을 통과한 유수의 난류현상을 감소시켜 하류하도의 국부세굴을 방지하고 본체 및 물받이를 보호한다.
 - ② 홍수시 하류하도의 변동에 따라 변형되어 본체 및 물받이를 보호한다.
 - ③ 하류하도의 하상저하에 따라 발생하는 구조물과 하상의 표고차를 줄인다.
- (3) 바닥보호공은 굴요성 구조로 설계함을 원칙으로 하며 돌망태, 블록공, 사석 등을 하천의 종방향으로 설치한다.

해설

- (1) 바닥보호공의 구조는 다음과 같다.
 - ① 바닥보호공은 일반적으로 굴요성 구조로 하며 <그림 26.9>와 같이 콘크리트 물받이의 하류측에는 조도가 큰 순서부터 배치하여 현지의 하상재료에 잘 융합 되도록 한다.
 - ② 굴요성 구조의 하상유지시설에서는 그 자체를 바닥보호공으로 볼 수 있으므로 별도의 물받이나 바닥보호공을 설치하지 않아도 된다.



<그림 26.9> 바닥보호공의 설치의 예

26.5.2 높이

바닥보호공은 하상저하에 의한 바닥보호공 자체의 붕괴를 방지하기 위해서 물받이와 같이 장래의 하상저하량을 예상한 다음 안정후의 하상에 설치한다.

해설

바닥보호공은 안정된 후의 하상에 설치하는 것이 바람직한데 하상유지시설 시공시에 현재의 하상이 바닥보호공 높이보다 높은 경우에는 하류하상 전체를 굴착하지 않고 바닥보호공의 끝부분에서 적당한 구간까지 굴착하여 현재 하도에 접합되도록 한다.

26.5.3 길이

바닥보호공의 설치범위는 하상유지시설에 의한 영향이 없어진다고 추정되는 범위까지를 원칙으로 한다.

해설

- (1) 상류바닥보호공의 길이는 계획홍수위 발생시 상류바닥보호공 지점에서의 수심보다 길게 한다.
- (2) 하류바닥보호공의 길이는 경험식 등에 의해 결정하기도 하고, 큰 하천이나 하류측 하상이 복잡한 경우에는 수리모형실험 등에 의해 결정하나, 계획홍수위 발생시 하류바닥보호공 지점에서의 수심 3~5배 길이가 필요하다.
- (3) 하류바닥보호공의 길이 산정은 '28.3.3 바닥보호공'을 참조한다. 또한, 국립건설시험소(1995)에서 실험을 통해 제안한 공식을 참고할 수 있다. 직류하천에 대한 국립건설시험소 공식(국립건설시험소, 1995)에서 제안한 실험공식은 다음과 같다.

$$L_2 = a q^a H^b D_{50}^c, \quad H \leq 2m \quad (26.4)$$

여기서, L_2 는 바닥 보호공 길이(m), q 는 단위폭당 유량($m^3/sec/m$), H 는 하상유지공 높이(m), D_{50} 는 하상토사의 중앙입경(mm), a, b, c 는 계수를 나타내며, <표 26.1>를 따른다.

<표 26.1> 직류하천의 상·하류 바닥보호공 길이 산정공식표

구분	a	a	b	c
상류측	2.9055	0.7099	0.4237	- 0.2207
하류측	4.1506	0.6075	0.3797	- 0.1678

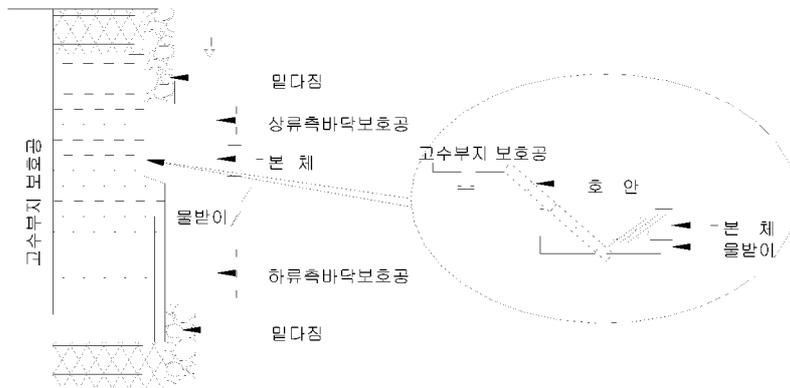
26.6 연결옹벽 및 밀다짐

26.6.1 기능 및 구조

- (1) 하상유지시설 주위에는 하안을 보호하기 위해 연결옹벽 또는 연결호안을 설치한다. 하상유지시설의 본체와 물받이 부분에서는 연결옹벽을 설치하고 그 외의 부분에서는 연결호안을 설치하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 바닥보호공 하류의 옹벽 및 호안 전면에는 밀다짐을 설치하여 세굴로부터 보호한다.
- (3) 하상유지시설을 저수로와 고수부지에 하나의 구조로 설치하는 경우 양끝은 제방의 중심부분까지 연장하여야 하며 제방사면은 옹벽과 같이 수직으로 설치하는 것을 피한다.

해설

- (1) 하상유지시설의 낙차가 크고 유량규모가 클수록 하상유지시설 하류의 하안부에 세굴이 발생할 위험성이 높다. 연결옹벽과 밀다짐은 하상유지시설과 접하고 있는 하안의 세굴을 방지하고 유수의 난류를 방지하기 위해 설치한다.
- (2) 연결옹벽의 구조는 다음과 같다
 - ① 연결옹벽 주변은 국부세굴이 발생할 위험성이 높다. 옹벽은 자립식 옹벽으로 하고 옹벽의 기초는 물받이와 바닥보호공의 바닥보다 1m 정도 낮게 설치한다.
 - ② 중소하천에서는 반드시 연결옹벽으로 설치해야 할 이유는 없지만 낙하되는 물에 의해 파손되는 일이 없도록 연결호안을 제방 쪽으로 설치하는 것이 바람직하다. 그 범위는 물받이 길이까지로 하고 그 다음 부분은 하류의 호안에 접속시킨다. 접속시키는 각도는 하천의 상황에 따라 적절하게 결정한다(대략 11°정도).
 - ③ 하상유지시설의 본체와 옹벽의 접합부는 제방 기능이 손상되지 않는 연결옹벽의 구조를 위하여 <그림 26.10>과 같이 분리되도록 한다.



<그림 26.10> 연결옹벽의 예

26.6.2 배치

- (1) 연결옹벽은 물받이를 포함한 하상유지시설 본체와 그 상하류에 설치하여 저수호안과 접속한다.
- (2) 바닥보호공 하류의 연결옹벽 전면에는 밀다짐을 설치한다.
- (3) 완류하천에서는 하안부의 세굴이 하상유지시설으로부터 하류의 긴 구간에 걸쳐 발생하므로 하류호안에는 반드시 밀다짐을 설치한다.
- (4) 하상유지시설 상류하도의 하상저하량이 커지는 경우에는 상류호안에 대해서도 밀다짐공을 설치한다.

26.7 연결호안

26.7.1 기능 및 구조

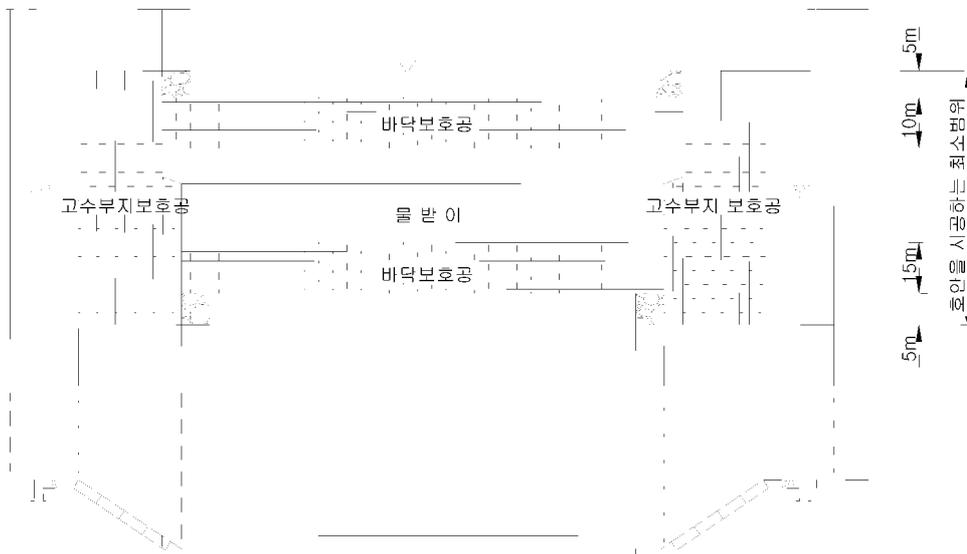
- (1) 연결호안은 하상유지시설 상하류에 발생하는 하안부분의 세굴을 방지하기 위해 설치한다.
- (2) 연결호안은 흐름의 작용에 대해 하안 또는 제방의 세굴을 방지할 수 있는 구조로 설치해야 한다. 단 지질 등의 상황에 의해 세굴의 염려가 없거나 치수상의 지장이 없으면 설치하지 않아도 된다.
- (3) 저수로 하안의 호안 높이는 저수로의 호안 높이로 한다.
- (4) 제방 호안 높이는 계획홍수위 이상으로 하며, 유수가 현저하게 변화되는 구간에서는 제방 높이로 한다.

26.7.2 길이

연결호안은 하안 또는 제방의 세굴을 방지할 수 있는 길이로 설치하여야 한다.

해설

- (1) 상류측은 본체의 상류끝에서 10m 지점 또는 바닥보호공의 상류끝에서 5m 지점중 어느 쪽이든 상류가 되는 지점까지, 하류측은 물받이의 하류끝 15m 지점 또는 바닥보호공 하류끝 5m 지점 중 어느 쪽이든 하류가 되는 지점 이상으로 한다(<그림 26.11> 참조).
- (2) 굴요성 구조의 하상유지시설은 그 자체가 바닥보호공으로 간주되므로 호안의 범위는 하상유지시설 상·하류 끝에서 각각 5m 이상으로 설치한다.



<그림 26.11> 하상유지시설 연결호안의 설치범위

26.8 고수부지 보호공

26.8.1 기능 및 구조

고수부지 보호공은 고수부지의 침식을 방지하기 위해 설치한다.

해설

- (1) 비탈머리 보호공은 낙차공 주변에서 고수부지에서 저수로로 흘러드는 물과 낙차공 하류에서 다시 저수로에서 고수부지로 올라가는 물에 의한 저수호안 비탈머리 부분의 세굴을 방지하기 위해 설치한다.
- (2) 고수부지 보호공의 구조는 다음과 같다.
 - ① 바닥보호공과 같이 주변의 세굴에 따라 변화하고 유수를 감세시키기 위해 적절한 조도를 가진 구조가 바람직하다.
 - ② 낙차공 주변에는 사람이 많이 모이는 경향이 있으므로 고수부지 보호공은 친수성의 증대를 위해 표면을 토사로 덮어 잔디를 심는 등 환경적인 면도 고려할 필요가 있다.

26.8.2 고수부지의 종단형상

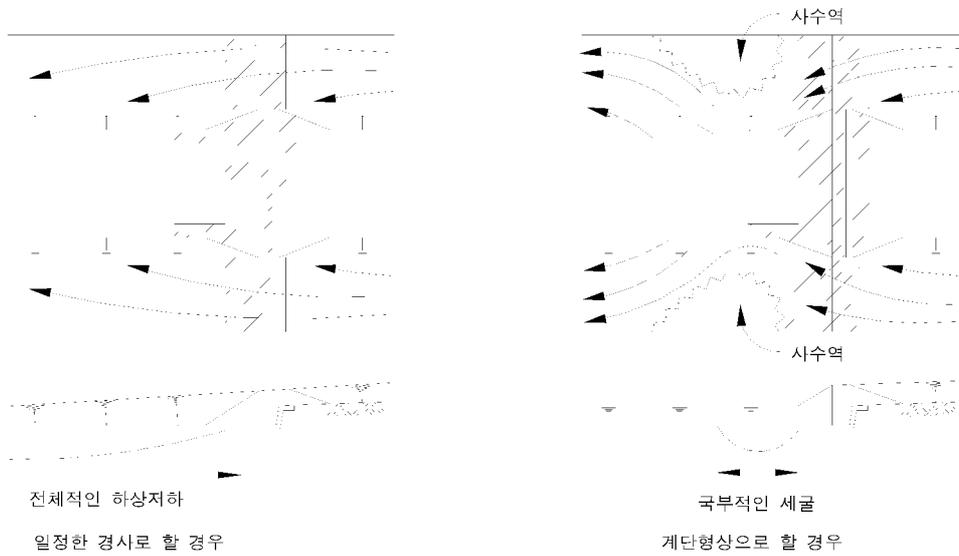
복단면 하도에 낙차공을 설치할 경우에 고수부지의 종단형상은 주변 수리현상을 검토하여 결정한다.

해설

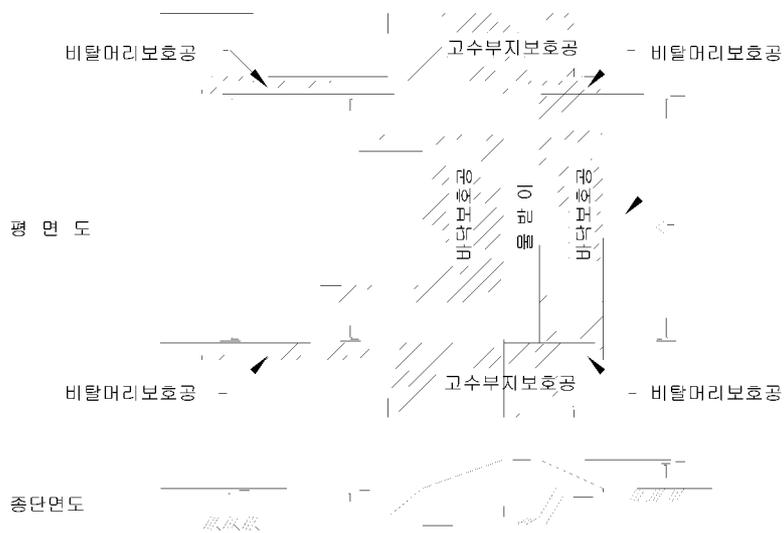
- (1) 복단면 하도에 낙차공을 설치할 경우에 고수부지의 종단형상은 다음과 같은 두가지 방법으로 할 수 있다. 두가지 방법의 장단점은 <표 26.2>과 <그림 26.12>에 표시한 바와 같다.
 - ① 고수부지의 경사를 일정하게 하는 방법
 - ② 고수부지의 종단형상을 계단형상으로 하는 방법(<그림 26.13> 참조)
- (2) 고수부지는 그 하천의 하도 상황에 맞추어 처리해야만 한다. 그러나 고수부지 처리의 방침은 다음과 같다.
 - ① 고수부지와 제방 밀부분에 침식이 많이 생기지 않도록 한다.
 - ② 비교적 저렴한 방법으로 저수로 및 고수부지를 유지할 수 있도록 한다.

<표 26.2> 고수부지 종단형상에 의한 차이

구분	일정한 경사로 할 경우	계단형식으로 할 경우
낙차공 사이 하상	· 일정한 경사의 하상을 유지할 수 없다.	· 일정한 경사의 하상을 유지할 수 있다.
낙차공 주변 고수부지	· 고수부지에서 유속이 극단적으로 커지지 않는다. · 유속이 빨라지는 범위가 넓다.	· 낙차공에서 유속이 빨라진다. · 낙차공 주변에서만 유속이 빨라진다.
공사비	· 고수부지의 개수가 필요없다.	· 대규모의 고수부지 개수가 필요



<그림 26.12> 고수부지 형상에 의한 흐름의 변화



<그림 26.13> 계단형상 고수부지 보호공의 설치예

26.8.3 고수부지 보호공의 설치범위

고수부지 보호공의 범위는 하도형상이 만족하여 있는 경우 등의 특별한 경우를 제외하고는 낙차공의 상하류 바닥보호공의 위치까지 설치한다.

해설

- (1) 고수부지 보호공의 설치 폭은 10m 이상을 표준으로 하며 고수부지 보호공을 설치하지 않는 범위가 제방의 비탈끝까지 대략 15m 이내가 될 때에는 제방의 비탈 끝까지 연속하여 설치한다.
- (2) 고수부지에 낙차가 발생하는 경우에는 별도의 검토가 필요하다.

26.9 자연형 하상보호시설

26.9.1 일반사항

자연형 하상보호시설은 다음 사항을 유의하여 설계한다.

해설

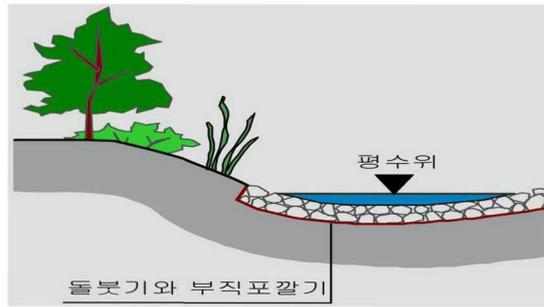
- (1) 최대 한계소류력 및 한계유속치를 초과하지 않도록 한다.
- (2) 구부러진 하도의 바깥 하안에는 심한 침식이 발생하지 않게, 안쪽 하안은 심한 퇴적이 발생하지 않게 설계되어야 한다.
- (3) 하천의 횡단은 지형적 조건에 맞게 설계되어야 하고, 적용 재료의 종류는 그 지역의 여건에 맞는 것으로 선택되어야 한다.
- (4) 경관적인 요소는 지역적 특성과 조화되어질 수 있게 하며 다양한 동·식물의 서식처가 이루어질 수 있게 한다.
- (5) 경제적인 측면을 고려한 유지관리가 이루어질 수 있어야 한다.

26.9.2 자연형 하상보호시설

자연형 하상보호시설은 하상보호공인 돌뿔기와 부직포깔기, 하안기초공인 섯단과 돌놓기 또는 돌망태, 고수부지 보호공 등이 있다.

해설

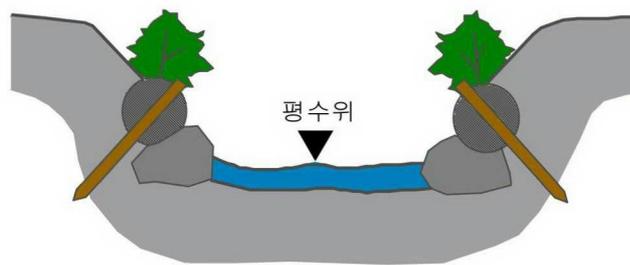
- (1) 하상보호공법 : <그림 26.14>과 같이 하상보호가 필요한 경우는 대상하천의 소류력이 최대 한계소류력보다 클 때와 누수가 발생하는 하천에서 실시할 수 있다. 재료는 물속 미생물의 서식에 유리하지 못하므로 사용하지 않는다. 부득이 하상보호를 위한다면 쇠석 또는 부직포를 이용하여 국부적으로 설치할 수 있다.



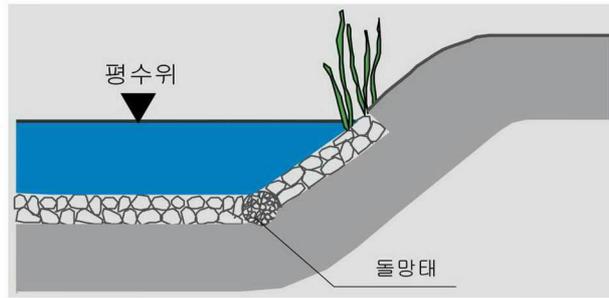
<그림 26.14> 돌붓기와 부직포깔기

(2) 정수역 및 하안 기초의 보호공법 : 수륙구역은 물과 육지가 만나는 곳으로 호소와는 달리 물의 유동과 수심의 변화에 따라 연중 물리적, 생태적 변화가 심한 하천의 횡단구역이다. 정수역을 보호하지 않을 경우 원하지 않는 하안의 침식으로 진전되기 때문에 정수역 보호는 하안밑 보호와 병행한다.

- ① 공법의 종류는 <그림 26.15> 및 <그림 26.16>과 같이 추수역은 무생명 재료와 생명재료를 혼합한 공법과 무생명 재료만을 이용한 공법으로 나눌수 있는데, 하안 밑에는 주로 무생명 재료만을 이용할 수 있다.
- ② 공법 및 재료의 선택은 하천의 특성, 즉 하천의 종류, 하도의 사행성, 또는 기대 효과 등에 따라 다르다. 일반적으로 산지형 하천, 평지하천의 상류 등에서 공법 선택은 시공후 빠른 효과가 있는 무생명 재료의 비율이 높은 강력한 공법을 결정하여야 하지만, 산지하천의 하류나 평지하천의 중·하류에는 생명재료의 비율이 높은 공법을 선택한다.



<그림 26.15> 싻단과 돌놓기 (Fascines and poured stones)



<그림 26.16> 돌망태 (Gabion)

(3) 고수부지보호공법

- ① 고수부지를 보호하고 하안 식생대의 조성을 위해서 적절한 공법선택은 하천의 관리를 위한 통행로, 또는 산책로는 가능한 한 생명재료만으로, 즉 다년생 초본류를 파종하는 것이 적당하고 통행로가 없는 구간은 유지관리의 절감측면과 자연에 가까운 하천식생대의 조성을 위해 수목류의 식재를 권장한다.
- ② 고수부지에 적절한 수목은 관목 70%, 교목 30%의 비율이 적절하다. 그러나 소하천 중에서 저수로 폭이 4m 미만인 경우 고수부지의 수목류는 유속저해의 영향력이 크므로 가급적 수목류의 식재는 피하고 다년생 초본류만으로 고수부지를 보호한다. 그 밖의 하천의 고수부지는 가급적 지역적 특성에 맞는 수목류의 식재로 고수부지를 보호하며 나아가서 하천의 경관성을 높이도록 한다.

제 27 장 여울과 소

27.1 일반사항

27.1.1 적용범위

본 장은 하상경사를 완화시켜 하상을 유지하고 하천 환경을 개선하기 위한 여울과 소에 대한 표준적인 설계기준을 제시한다.

27.1.2 용어의 정의

- (1) 여울: 폭기작용을 통하여 용존산소량을 증가시키고 유속이 빠른 구간에 정착되는 부착조류 등으로 특정 수생식물의 먹이를 제공하며, 하상안정에도 기여하는 시설
- (2) 소(웅덩이) : 유속이 느려 부유물 및 오염물의 침전작용, 흡착작용 및 산화분해작용을 기대할 수 있으며, 각종 영양물질과 부착조류 등이 풍부하고, 어류를 비롯한 수생식물의 서식처를 제공하며, 홍수시에는 피난처를 제공하는 공간

27.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장을 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 장은 아래와 같다.

- ① 제12장 하천환경조사
- ② 제28장 보

27.2 자연형 여울

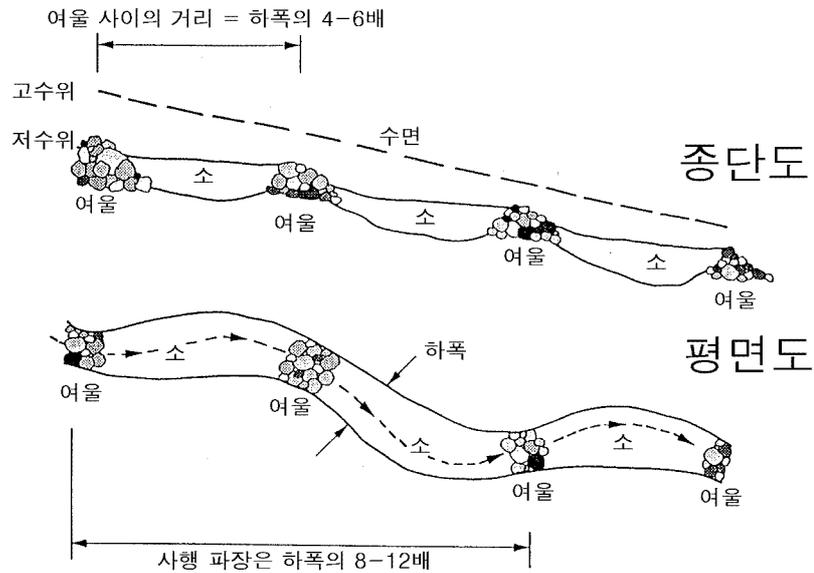
27.2.1 일반사항

- (1) 자연형 여울은 석재, 통나무 등과 같은 자연재료를 활용한 시설이다.
- (2) 해당하천의 특성에 따라 다양한 형상으로 계획하여, 수중생물 등과 같은 하천 생태계의 보전을 위한 서식처 및 이동경로를 조성하고, 하천 수변의 식생과 하천경관의 보전 및 향상을 도모하여야 한다.
- (3) 해당 하천에 관하여 다음과 같은 사항을 조사하고 하천생태계의 특성을 분석한다.
 - ① 하천의 수리·수문·수질·형태를 조사하여 하상변동 분석, 여울-소(웅덩이) 구조의 특성을 분석한다.
 - ② 생태계의 조사를 통하여 하천 생태계의 구조 및 기능을 분석하고 하천 경관 특성을 분석한다.
- (4) 해당 하천에 대해 하천 수량, 수질, 생태계, 경관 등 하천 환경을 평가한다.

(5) 해당하천에 관한 조사·분석·평가의 결과를 자연형 여울의 설계내용에 반영한다.

해설

- (1) 설계 재료로 무생명 재료는 점차 줄어나간다. 낙차공은 최대한 설치하지 않으며, 대신에 완만한 둔덕을 만들도록 한다. 만약 완만한 둔덕을 만들 수 없는 경우 어도를 만들어 준다.
- (2) 생명재료만으로 수리 안전성이 보장되지 않아 돌 또는 다른 무생명 재료를 이용해야만 할 경우 동·식물계에 나쁜 영향을 미치지 않고 하천 특성이 바뀌지 않게 하며, 재료는 그 지방이나 하천 구역에서 나오는 것을 우선하여 선정한다.
- (3) 생태학적으로 유리한 흐름 형성 및 유속 변화를 위해 여울과 소(웅덩이)가 반복되는 하도의 평면형을 위해 방해석(징검다리 돌 등), 또는 나뭇가지 걸치기 등을 할 수 있다.
- (4) 자연형 여울과 소(웅덩이) 설계는 기본적으로 자연하천의 여울과 소(웅덩이)의 구조를 흉내내는 것이다. 즉 여울의 형태, 재료, 기능 등을 자연하천에 근사하도록 설계한다. 이 때에 이용되는 방법은 자연하천에서 조사된 여울과 소(웅덩이)의 통계적 특성을 이용할 수 있다.
- (5) 수리적 안정성은 소류력의 발생이 큰 저수로 만제 수위(bankfull water level)를 기준으로 여울과 소(웅덩이) 자체의 안정성을 검토하며, 수위 계산을 통하여 홍수위에 대한 영향을 파악한다. 이를 통해 적정한 여울과 소(웅덩이)의 형태, 재료 등을 결정한다.
- (6) 하천의 흐름과 유사의 침식, 퇴적 현상을 충분히 고려하지 않고 설계하면 하천이 평탄화되고 직선화되어 지형학적 및 구조적으로 안정된 하도라 할 수 없다. 기존의 하도 설계 방법과 달리 여울과 소(웅덩이) 구조를 고려하면 하도 조성 후의 흐름(유속과 수위)의 다양한 변화를 도모할 수 있다.
- (7) 하천 생태계에 영향을 미치는 일차적인 요소는 수량과 수질이나, 수생 생물에 필요한 물리적 환경이 갖추어지지 않으면 생존이 불가능하다. 하천에서 수생 생물이 생존할 수 있는 환경을 만들어 주는 가장 간편하고 효과적인 방법은 여울과 소(웅덩이)가 형성되도록 하는 것이다.
- (8) 자연형 여울과 소(웅덩이)의 평면 설계에서 필요한 설계인자는 하폭, 여울 사이의 간격, 사행과장, 하도의 곡률 등이다. 기본이 되는 설계 인자는 하폭을 기준으로 하며 하폭은 여울 사이의 간격, 사행과장 등을 결정하는 기본 변수이다. 하천의 하상재료와 지형학적 특성에 따라 다르지만 대체적으로 여울 사이의 간격은 하폭의 4~6배 정도이며, 사행 과장은 8~12배 정도이다(<그림 27.1>).



<그림 27.1> 여울과 웅덩이(소)의 종단 및 평면 구조

- (9) 설계시 하폭과 여울사이의 간격, 사행 파장을 결정할 때는 반드시 현장조사를 실시하여야 한다. 설계 대상이 되는 하상경사, 하상재료, 유역면적, 주변 구조물 등을 고려하여 적절히 조정되어야 한다. 현장 조사시에 침식과 퇴적 흔적을 조사하여 대략적인 그 하천의 사행특성을 파악하고, 이를 통해 제시된 기준 내에서 재 설계하여야 한다.
- (10) 인위적으로 하도의 곡률을 조정할 경우에는 일반적으로 자연하천의 경우 곡률반경/하폭 = 2~3이 가장 적당한 것으로 알려져 있다. 인위적으로 하도의 곡률반경을 적게 할 경우 저수로의 안정성에 문제가 발생할 수 있다. 곡률반경 산정시에는 중심선이 아닌 하도의 기하학적인 중앙선을 취한다.
- (11) 전체적인 여울의 형상은 V자로 설계되는데 이는 V자 형태의 여울(V자 여울과는 구별됨)이 여울 주변부 호안의 세굴을 감소시키며, 여울 위와 아래 하도의 양안에 와류를 형성하여 물고기의 피난처를 제공한다.

27.2.2 설계방향

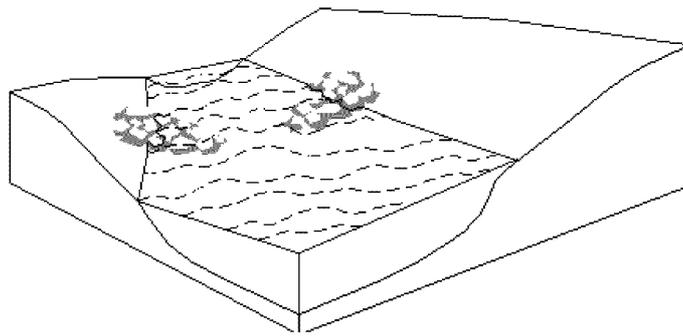
- (1) 여울과 소(웅덩이)의 구조는 시간 및 공간에 따라 주기적으로 퇴적과 침식을 반복되게 하므로 해당하천 구간의 특성(하천규모, 하상경사, 유량 등)에 맞는 평면으로 계획하여야 한다.
- (2) 하천 생태계에 영향을 미치는 일차적인 요소는 수량과 수질이나, 수생 생물에 필요한 물리적 환경이 갖추어지지 않으면 생존이 불가능하다. 하천에서 수생생물이 생존할 수 있는 환경을 조성할 수 있도록 계획하여야 한다.
- (3) 이송되는 물, 열을 또는 유사를 무리 없이 통과시켜야 하며, 갈수기에는 가능한 한 깊은 수심이, 홍수기에는 낮은 수심이 유지되어질 수 있어야 한다.

- (4) 유량이 통과될 때 한계소류력 및 한계유속치를 넘어서는 안 된다.
- (5) 자연형 여울의 형상 설계에서 중요한 변수인 여울의 높이는 하상과 고수부지의 표고, 하천의 경사, 저수시의 소(웅덩이)의 수심 등에 따라 결정한다. 여울이 충분한 기능을 수행하기 위해서 하류 여울의 정상부 표고는 상류 여울의 정상부 표고를 초과해서는 안 된다.
- (6) 여울 조성에 사용되는 재료는 일반적으로 다양한 크기의 돌을 사용할 수 있으며, 가장 큰 소류력을 받는 여울 정상부에는 저수로 만제 유량에서 떠내려가지 않는 크기의 거석을 사용한다. 여울의 하류부에는 일정 구간까지 하상에 돌을 깔아서 과도한 침식이 발생하지 않도록 한다.
- (7) 저수로 만제 수위에서 여울 지점에 한계류가 발생한다고 가정할 수도 있다. 홍수시의 통수능을 계산하여 통수능에 문제가 있을 경우에는 여울의 높이를 조정하거나 위치를 조정하여 필요한 통수능을 확보하도록 설계한다.
- (8) 경제적인 측면을 고려한 유지관리가 이루어질 수 있어야 한다.

해설

- (1) 하천생태계의 기반이 되는 것은 물과 하상재료이며, 하천생태계는 수질, 흐름의 상태(유속, 수심)와 하상재료의 종류에 의하여 많은 영향을 받는다. 일반적으로 여울과 소(웅덩이)구조는 다양한 흐름 상태와 하상재료를 제공하므로 종의 다양성에 유리한 환경을 제공하여야 한다. 유속이 빠른 여울은 폭기 작용을 통하여 용존산소량을 증가시키며, 유속이 빠른 구간에 정착되는 부착조류 등에 의해 특정 수생생물의 먹이를 제공하기도 한다. 유속이 느린 소(웅덩이)는 각종 영양물질과 부착조류 등이 풍부하여 어류를 비롯한 수생생물의 서식처를 제공하며, 홍수시에는 피난처를 제공하기도 한다.

- ① V자 여울 : <그림 27.2>과 같이 V자 여울은 인공여울의 한 형태로서 하상 전 부분에 설치하는 구조물이 아니고 하안 부분에서 하도 중앙까지의 일정 부분에만 설치된다.

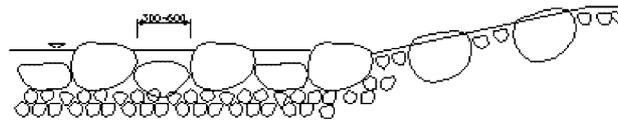


<그림 27.2> V자 여울

(가) V자 여울은 일반적인 여울의 하안보호 효과 등이 있지만, 그 설치목적은 적극적인 어류 보호 및 서식처 제공에 두어야 한다.

(나) V자 여울 중앙 직하류부에는 홍수시 수류가 집중된다. 이곳은 수심이 깊은 웅덩이가 형성되어 갈수기 어류의 서식처 또는 피난처로서의 역할을 한다. 홍수시에 중앙에는 유속이 빠른 흐름이 집중되지만 양안의 상하류부에는 와류가 형성되면서 유속이 약한 구간이 생기게 되는데, 홍수시에 어류가 피할 수 있는 피난처의 역할을 하게 된다. V자 여울 조성시에는 수류가 집중되는 하도 중앙부의 안정성에 유의하여야 하는데, 저수로 만제 유속을 구하여 적절한 돌의 크기를 산정하여야 한다.

- ② 징검다리형 여울 : <그림 27.3>와 같이 큰 돌과 작은 돌을 교대로 배치하여 징검다리로서의 기능과 경관 측면에서 친수성 향상, 폭기에 의한 산소량의 증가 등 다양한 목적으로 계획할 수 있다.



<그림 27.3> 징검다리형 여울

(가) 하천 종단은 하도 및 하상경사와 아울러 하천의 횡단설계와 밀접한 관계를 두고 설계한다. 하천의 발원지에서 하구에 이르기까지 하천의 자연적 특성을 가능한 한 크게 변경시키지 않도록 하여야 한다.

(나) 안전한 하상경사, 즉 침식방지를 위해서는 자연적 평형 하상경사를 따르는 것을 추천한다.

- ③ 징검다리돌 : 소하천의 경우 친수적인 효과는 물론 하상과 하안의 물의 흐름을 바꾸어 주는 중요한 역할을 한다. 징검다리돌 밑의 고요한 부분은 어류 및 물속 미생물의 발생을 유도하며, 미세하게는 하안과 하상의 조도값을 상승시키되 큰 수리적 변화는 일으키지 않는다.

제 28 장 보

28.1 일반사항

28.1.1 적용범위

본 장은 수위를 높여 수심을 유지하거나 또는 역류를 방지하기 위하여 하천을 횡단하여 설치하는 보(洑)의 표준적인 설계기준을 제시한다.

해설

보는 자연이 가진 다양성을 존중하여 생태계가 고립되지 않도록 물과 강변 식물의 상호 연계가 구현되도록 하여야 한다. 자연친화적 보의 설치에 있어서 본 기준에 제시된 내용을 참조하여 해당 하천의 특성에 따라 설계기준과 공법을 탄력적으로 적용한다.

28.1.2 용어의 정의

보 : 각종 용수의 취수, 주운 등을 위하여 수위를 높이고 조수의 역류를 방지하기 위하여 하천의 횡단방향으로 설치하여 제방의 기능을 갖지 않는 시설

해설

- (1) 일반적으로 보는 하천의 수위를 조절하는 경우는 많지만 유량을 조절하는 경우는 적다. 그러나 최근에는 유량을 조절하여 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위한 보가 설치되고 있기 때문에 댐과의 구별이 명확하지 않으나 일반적으로 다음과 같은 조건을 만족하는 경우는 보라고 할 수 있다.
 - ① 기초지반에서 고정보 마루까지의 높이가 15m 미만인 경우
 - ② 유수 저류에 의한 유량조절을 목적으로 하지 않는 경우
 - ③ 양끝부분을 제방이나 하안에 고정시키는 경우
- (2) 고정보와 낙차공은 형태가 비슷하여 쉽게 구별할 수 없으나 낙차공은 하상안정을 위해 설치되므로 고정보 보다 낮게 설치되는 것이 일반적이다.
- (3) 가동보와 수문의 구분은 제방의 기능을 갖고 있는가 여부에 따라 결정된다. 제방의 기능을 가지는 것은 수문이며 그렇지 않은 것은 가동보이다.

28.2 설계일반

28.2.1 보의 종류

- (1) 설치목적에 따라 취수보, 분류보, 방조보 및 유량조절 보로 분류한다.
- (2) 구조와 기능에 따라 가동보 및 고정보로 분류한다.
- (3) 평면형상에 따라 직선형, 경사형, 굴절형 및 원호형으로 분류한다.

(4) 설치재료에 따라 자연형보, 콘크리트보로 분류할 수 있다.

해설

(1) 설치목적에 따른 분류는 아래와 같다.

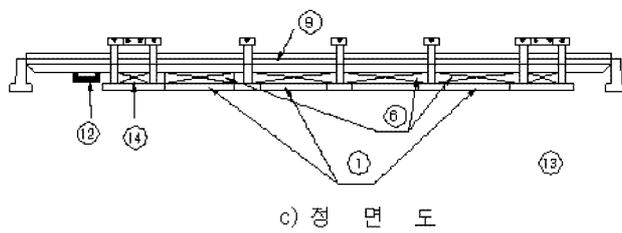
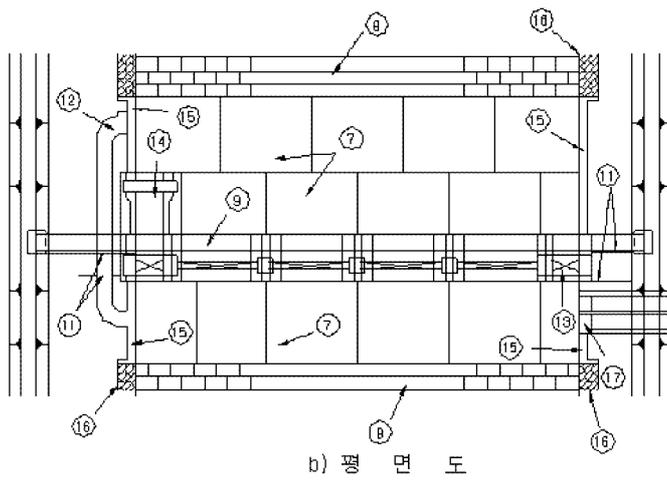
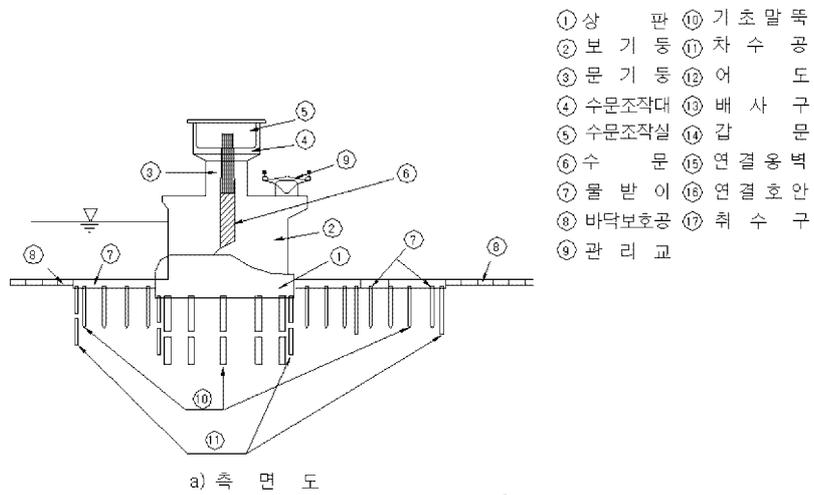
- ① 취수보 : 하천의 수위를 조절하여 생활용수, 공업용수, 발전용수 등을 취수하기 위하여 설치하는 보
- ② 분류보 : 하천의 홍수를 조절하고 저수를 유지하기 위해 하천의 분류점 부근에 설치하여 유량을 조절 또는 분류함으로써 수위를 조절하는 보
- ③ 방조보 : 하구 또는 감조구간에 설치하여 조수의 역류를 방지하고 유수의 정상적인 기능을 유지하기 위하여 설치하는 보로서 하구둑은 여기에 속한다.
- ④ 기타 : 하천의 수위 및 유량(유황)을 조절하기 위한 보 등이 있다.

(2) 구조와 기능에 따른 분류는 아래와 같다.

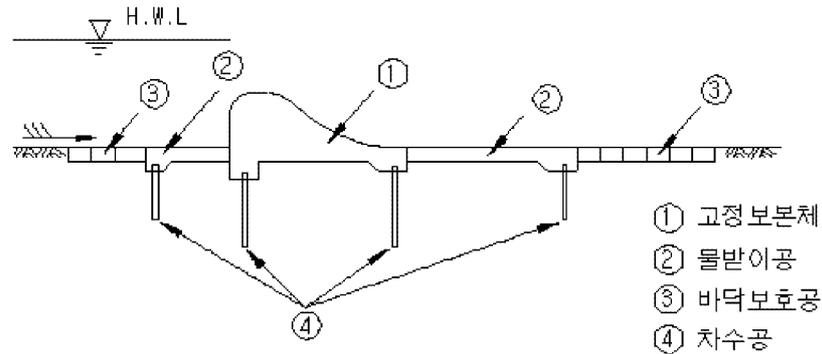
- ① 가동보 : 수문에 의해서 수위의 조절이 가능한 보로 크게 배사구와 배수구로 이루어진다. 일반적인 구조는 <그림 28.1>과 같다.
- ② 고정보 : 수문이 설치되지 않고 보 본체와 부대시설로 이루어지는 보로 소하천에 많이 설치되며 그 구조는 <그림 28.2>와 같다.

(3) 평면형상에 따른 분류 ('제26장 하상유지시설'의 <그림 26.6> 참고)는 아래와 같다.

- ① 직선형 : 유수방향에 직각으로 설치하는 것으로 보하류를 변화시키지 않아서 하도 유지상 적당하고 공사비도 저렴하기 때문에 기초지반 등의 특수한 사정이 없는 한 일반적으로 많이 채택하는 형식이다.
- ② 경사형 : 평면형상은 일직선이나 유수방향과 경사지게 설치하는 형식이다. 이 형식은 하류에서 유수방향과 월류의 방향을 일치시키고자 할 때를 제외하고 원칙적으로 사용하지 않는다.
- ③ 굴절형 : 절선형식으로 월류하는 유수를 유심부로 모으는 형태가 되어 보하류에 세굴이 많이 일어나지만 제방보호에는 효과적인 평면형상이다.
- ④ 원호형 : 아치형식으로 보 자체의 강도는 크지만 굴절형과 같은 단점이 있다.



<그림 28.1> 인양식 수문 가동보의 구조 (측면도, 평면도, 정면도)



<그림 28.2> 고정보의 구조 (측면도)

28.2.2 보의 형식

- (1) 기초형식은 고정형(fixed type) 및 부상형(floating type)이 있다.
- (2) 구조형식은 하천의 전하폭을 고정보로 하는 형식, 하천의 전하폭을 가동보로 하는 형식, 그리고 일부 구간은 고정보로 하고 나머지 구간은 가동보로 하는 복합형식으로 구분한다.

해설

- (1) 보의 기초형식은 아래와 같다.

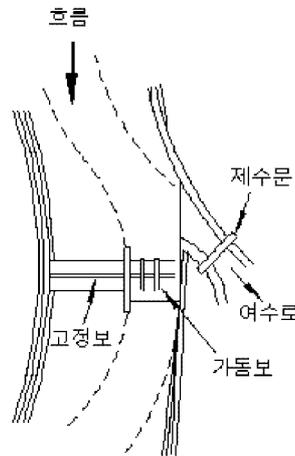
- ① 보의 기초형식은 기초암반의 위치, 완전차수의 필요여부, 세굴상태 등을 고려하여 고정형(fixed type)이나 부상형(floating type)으로 한다.
- ② 기초암반이 하상에서 깊지 않은 곳에서 직접 암반위에 보를 설치하는 형식을 고정형이라 하고, 암반이 하상에서 너무 깊거나 전혀 없어서 모래, 자갈 등의 하상위에 직접 설치하는 것을 부상형이라 한다. 따라서 보의 기초형식은 역학적 안정성, 공사비의 경제적 타당성, 완전차수의 필요여부 및 세굴상태 등을 충분히 검토한 다음 최적의 형식을 선정해야 한다.

- (2) 보의 구조형식은 아래와 같다.

- ① 하천의 전하폭을 고정보로 하는 형식 : 고정보 위로 유수가 월류하는 형태로 보통 소하천에서 많이 채택되는 방식이며 유지관리비가 적다. 또한 홍수시 수위 상승으로 인해 하천 상류부에 지장이 없거나 제방고에 여유가 있는 경우에 채택된다. 이와 같은 구조형식을 선정할 경우에는 치수상의 배려는 물론 보의 상류에 퇴적된 토사나 저니질(底泥質)의 배제를 위한 배사구를 반드시 설치해야 한다.
- ② 하천의 전 하폭을 가동보로 하는 형식 : 보를 설치하는 단면이 홍수소통에 여유가 없을 때 채택하는 형식이다. 이 형식은 담수부 유사퇴적을 방지하고 저니질 오염을 저감시킬 뿐만 아니라 충분한 취수수심을 얻을 수는 있지만, 가동보 방식에 따라 건설공사비와 유지관리비가 많이 들게 되며 홍수시 가동보의 조작이

불완전하면 상류하천유역에 큰 피해를 일으킬 수 있다.

- ③ 일부구간은 고정보로 하고 나머지 구간은 가동보로 하는 복합형식 : 고정보와 가동보의 설치비율은 계획홍수시에 보로 인해 발생하는 배수현상이 허용되는 범위내에서 고정보의 비율을 크게 한다. 전부를 고정보로 만들더라도 계획홍수에 대하여 지장이 없을 경우에는 배사구로 필요한 구간만큼 가동보로 하며 고정보만 설치하여 홍수 때 수위상승으로 상류에 나쁜 영향을 줄 경우에는 가동보를 설치하여 수위상승이 적어지도록 한다. 또한 가동보의 위치는 목적에 따라 다르나 <그림 28.3>과 같이 취수구에 접하는 곳이 좋다.



<그림 28.3> 가동보의 위치

28.2.3 보의 종류 및 형식의 선정

- (1) 보의 종류와 형식의 선정시 홍수위 변동, 저류부의 퇴적, 수질개선, 생물 및 미생물의 이동, 식생보전, 하천의 자정능력 증대 등을 고려한다.
- (2) 소하천에서는 자연친화적인 재료로 환경사 저수위 낙차보, 경사낙차공 등을 우선하여 계획한다.
- (3) 중규모 이상의 하천에서는 원칙적으로 가동보 및 복합형보로 설치한다.
- (4) 기존 고정보를 자동수문에 의한 개량시 자동수문을 설치하는 절개구간은 홍수시를 대비하여 양안으로부터 충분히 떨어져야 한다.

28.2.4 설치위치의 선정

보의 위치는 설치목적, 환경성, 경제성, 시공성, 유지관리 등을 고려하여 가장 유리한 지점을 선정한다.

해설

- (1) 용수공급지에 도수하는데 필요한 취수위가 확보되고, 유수의 주된 흐름이 취수구에 가까워야 하며 하안이 안정되어 있고, 하천 수로가 직선상태로 유속의 변화가 적어 유수에 의한 하상변화가 작은 지점
- (2) 상하류의 영향이 작은 지점
- (3) 기초지반이 양호한 지점
- (4) 구조상 안전하고 공사비가 적은 지점
- (5) 계획홍수량을 유하시키는데 필요한 하폭을 가진 지점
- (6) 유지관리가 용이한 지점

해설

보를 설치할 경우에는 보로 인해 상류측 수위가 상승하여 하상에 여러 가지 역효과가 발생될 수 있으므로 그 영향을 검토해야 하며, 만곡부에는 가급적 보를 설치하지 않아야 하되, 부득이 설치할 경우에는 만곡부 하류에 보를 설치하는 것이 유리하다.

28.2.5 설치 기준

- (1) 보는 계획홍수위 이하 수위의 유수 작용에 대하여 안전한 구조로 하여야 한다.
- (2) 보는 계획홍수위 이하 수위의 홍수 유하를 방해하지 않고 부근의 하안 및 하천시설물의 구조에 심각한 지장을 초래하지 않고 보에 접속되는 하상 및 고수부지의 세굴 방지에 대하여 적절히 배려된 구조로 한다.
- (3) 보의 평면형상 및 설치 방향은 홍수시 유수의 방향을 고려하여 결정하고, 전도식 수문, 보의 계획담수위 등은 하천특성을 고려하여 신중히 검토하여야 한다.
- (4) 계획홍수량이 크고 하상경사가 급하거나 하상재료의 입경이 굵은 하천구간에서 자동수문 등과 같은 전도식 수문의 설치에 신중히 검토하여야 한다.
- (5) 보의 계획담수위가 제방의 원지반고보다 높을 때는 제방으로부터의 누수대책과 제방의 습윤화 방지대책을 수립하여야 한다.

해설

- (1) 일반적으로 설치된 하천부속시설물은 홍수시 흐름에 영향을 미치지 마련이지만 하천의 이수기능을 증진시키기 위한 중요한 시설인 보는 홍수시 하도 흐름에 미치는 영향이 크다. 그러므로 보의 설치에 있어서 치수상의 지장을 최소화 할 수 있도록 계획하여야 한다.
- (2) 보의 평면형상은 직선으로 하고 설치 방향은 홍수시 유수의 방향과 직각으로 설치하는 것을 원칙으로 한다. 보에 유하하는 유수는 보와 직각 방향으로 흐르나 평면형상에 따라 하류측의 수충작용을 조장하거나 국부세굴 원인이 되는 경우가 많다. 중소하천에서 하류부에서의 국부세굴, 보 부근에서의 홍수류의 심각한 난류 등에 의한 치수상 지장을 초래할 우려가 없는 경우는 원호형의 완경사(전면어도유형)의 보로 할 수 있다.

- (3) 어류의 소상 및 강하가 용이한 구조로 설치한다.
- (4) 다른 시설물에 인접하여 보를 설치하는 경우, 보의 설치에 의한 하상변동에 의하여 다른 시설물의 기초에 영향을 줄 우려가 있을 때는 기초공을 보강해야 한다. 또한 인접 시설물과 보 몸체에 의한 유수의 교란이 발생하지 않도록 한다.

28.2.6 보마루 표고의 결정

- (1) 보마루 표고는 하천의 계획단면적을 충분히 확보하고 각종 소요 용수량을 지장없이 취수할 수 있도록 취수구 수위 또는 보의 목적에 따른 수위를 근거로 결정한다.
- (2) 보마루 표고는 홍수시 홍수소통에 지장이 없고 하천의 계획단면적이 확보되도록 설치해야 하며 다음 식에 의해 보마루 표고를 결정할 수 있다.

$$\text{보마루 표고} = \text{계획취수위} - ((\text{갈수량} - \text{취수량}) \text{의 월류수심}) + \text{여유고}$$

- (3) 가동보의 바닥표고(sill 표고)는 원칙적으로 계획하상고와 일치시킨다. 가동보에서 가동보의 턱높이는 턱위에 퇴사가 발생하여 수문의 개폐에 지장이 없도록 하상에 잘 부합되도록 결정하여야 한다. 배사구는 취수구 앞부분에 퇴적된 토사를 배제하고 수로를 유지하여 취수를 용이하게 하기 위해서 배수구보다 일반적으로 0.5~1.0m 정도 낮게 하는 것이 바람직하다. 배사구는 평수시에도 토사를 배제하기 때문에 배사구의 수로부에는 어느 정도 경사를 줄 필요가 있다.

해설

- (1) 수질 보전 측면에서 햇볕 투과심을 고려하여 평균 담수심이 2m 이내로 계획하는 것이 바람직하다.
- (2) 일반적으로 농업용수공급을 목적으로 할 경우에는 하천유량이 적으므로 위의 식에서 월류수심을 무시하여도 상관없으며 여유고는 보통 10~15cm 정도를 취한다.
- (3) 복합형보에서는 가동보와 고정보의 마루표고를 동일하게 하는 것이 원칙이나, 경우에 따라서는 고정보의 마루표고를 높게 할 수 있다.

28.3 고정보

28.3.1 고정보의 단면결정

- (1) 고정보의 본체는 콘크리트 구조를 원칙으로 한다. 단면형상은 상류측을 연직 또는 이에 가까운 기울기로 하고, 하류측을 큰 기울기로 한 사다리꼴 단면이 일반적이며 역학적인 안정조건을 만족하는 동시에 수리학적으로 유리한 단면으로 한다.
- (2) 돌과 자갈이 많이 유하하는 곳에서는 상류측면을 완만하게 하고 하류측 경사면을 급하게 하여 유하하는 돌과 자갈에 의한 파괴를 방지할 수 있도록 한다. 또한 흐름강도를 약화시키기 위해 하류경사면 비탈 끝에 곡선을 만들지 않고 월류하는 물을 물받이에 수직으로 낙하시키는 경우도 있다.
- (3) 고정보의 안전을 검토하기 위해서는 보의 상하류 수위차에 의한 침투수의 침투길이와 외력에 의한 본체의 전도, 활동, 침하를 고려해야 한다.

해설

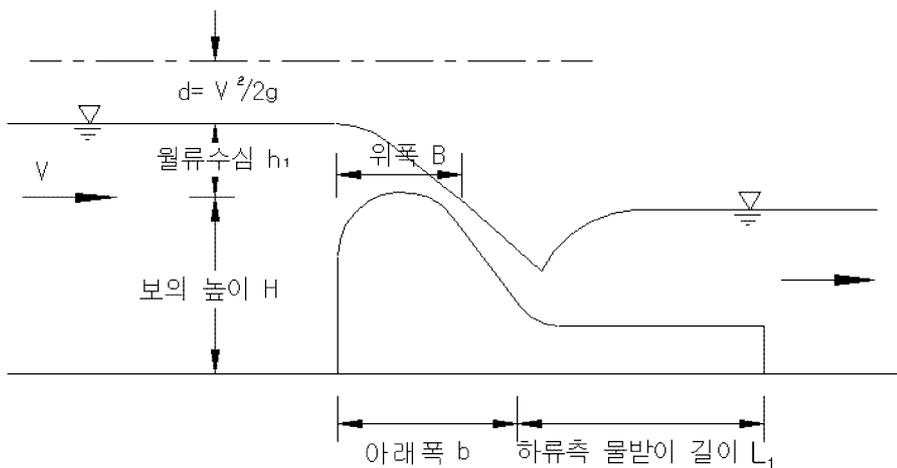
- (1) 고정보의 본체는 일반적으로 콘크리트 구조로 하지만 자연재료를 활용한 다양한 구조를 채택할 수 있으며, 하상변동이 심한 장소에서는 하천관리상 돌망태 또는 콘크리트 블록구조 등 굴요성이 있는 구조가 적당할 때도 있다.
- (2) 고정보의 위 폭(B)과 아래 폭(b)은 다음과 같은 블라이(Bligh) 공식(Khosla 등, 1954)을 이용하여 결정할 수 있다(<그림 28.4> 참고).

$$\text{위폭}(B) = \frac{h_1}{\sqrt{\gamma}} \quad (28.1)$$

$$\text{아래폭}(b) = \frac{(H + h_1 + d)}{\sqrt{\gamma}} \quad (28.2)$$

여기서, γ 은 콘크리트의 비중(보통 2.3), H는 보의 높이(m), h_1 은 보 정상의 최대월류 수심(m), d는 접근유속 수두(m)를 각각 나타낸다.

- (3) 고정보의 월류부에는 돌기를 설치하여 폭기를 유도한다.



<그림 28.4> 고정보의 단면

28.3.2 물받이

- (1) 물받이는 월류에 의한 보 상하류의 세굴을 방지하기 위하여 설치하며 철근콘크리트 구조로 하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 보의 직하류는 월류하는 강한 흐름에 의해서 하류하상이 심한 침식작용을 받게 되는데 이러한 침식작용으로부터 보를 보호하기 위해 물받이를 설치하며 보통 철근 콘크리트 구조로 하지만 사석을 활용한 여울형상, 돌붙임형상을 고려할 수 있다.

해설

- (1) 일반적으로 물받이만으로 세굴방지를 도모하는 것보다 바닥보호공을 병용하여 설치하는 것이 좋다.
- (2) 상류측 물받이는 보 상류에 소용돌이가 일어나 상판의 세굴 위험이 있을 경우 또는 가동보와 병설될 경우에 수문의 개폐에 의해 횡류가 일어날 위험이 있을 경우 등을 위해 설치한다. 하지만 보의 높이가 2~3m 정도이고 상류측에 퇴사가 예상되는 곳에서는 설치하지 않아도 된다. 일반적으로 상류측 물받이의 길이는 3~5m 정도이며 두께는 하류측 물받이 두께의 1/2~1/3 정도로 한다.
- (3) 물받이의 파괴는 물받이 길이의 부족으로 인해서 발생하는 경우가 많다. 그 판단의 범위가 넓고 같은 조건에서도 큰 오차가 생길 수 있다. 하류측 물받이 길이 설계는 블라이(Bligh) 공식 또는 건설부 국립건설시험소에서 제안한 다음의 공식(건설부 국립건설시험소, 1991)을 이용한다.(<그림 28.5> 참조)

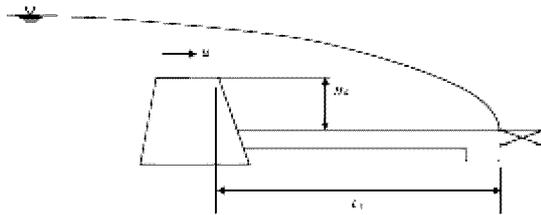
① 블라이 공식

$$L_1 = 0.6 \cdot C \cdot \sqrt{H_a} \quad (28.3)$$

여기서, L_1 은 하류측 물받이 길이(m), H_a 는 하류측 물받이 상판에서 보마루까지의 높이(m), 배사구나 가동보의 경우는 수문 마루까지의 높이(m)이고, C 는 블라이(Bligh) 계수(<표 28.1> 참고)이다.

<표 28.1> 블라이(Bligh)계수

하상토의 상태	블라이(Bligh) 계수
극미립사 또는 이토 (0.1 ~ 0.005 mm)	18
가는 모래 (0.25 ~ 0.1 mm)	15
굵은 모래 (1.00 ~ 0.5 mm)	12
자갈과 모래의 혼합	9
호박돌, 자갈	4~6



(단, 저류수위가 물받이 길이

② 국립건설시험소 공식

$$L_1 = 4.05 H^{0.316} q^{0.514} D_{50}^{-0.325} \quad (28.4)$$

여기서, L_1 은 물받이 길이(m), H 는 보마루 표고부터 물받이 상단표고까지 높이 (m), q 는 단위폭당 유량($m^3/sec/m$), 그리고 D_{50} 는 하상토사의 중앙입경(D_{50} 은 50% 통과입경)이다.

(4) 하류측 물받이의 두께는 다음의 식으로 결정한다.

$$T = \frac{4 \cdot (\Delta h - h_f)}{3 \cdot (r-1)} \quad (28.5)$$

여기서, T 는 물받이의 두께(m), γ 은 물받이 재료의 비중, Δh 는 상하류의 수위차 (m), 그리고 h_f 는 손실수두(m)이다.

(5) 하류측 물받이 상판에는 돌기를 설치하여 폭기를 유도한다.

28.3.3 바닥보호공

- (1) 바닥보호공은 유속을 약화시켜 하상의 세굴을 방지하고 보의 본체 및 물받이를 보호하기 위해서 설치하며 일반적으로 이용되고 있는 재료는 콘크리트 블록, 사석, 돌망태 등이 있다.
- (2) 바닥보호공은 가능하면 조도가 다른 2종류 이상의 재료를 사용하여 유속을 서서히 감소시켜 흐름을 원활하게 하는 것이 바람직하다.

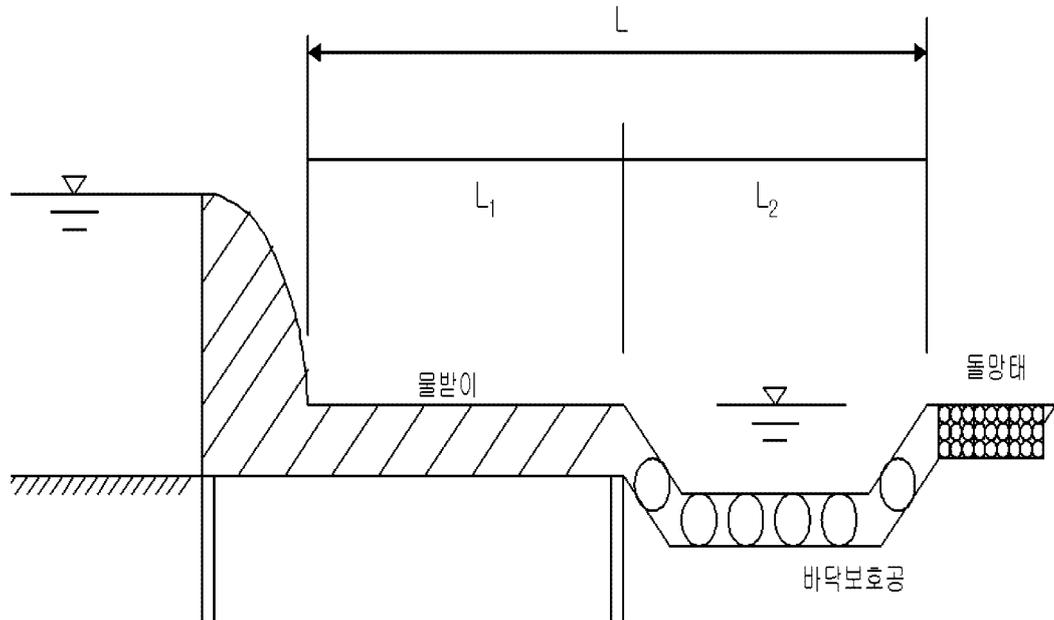
해설

- (1) 직류하천의 바닥보호공의 길이는 블라이 공식을 사용하여 산정한다(<그림 28.6> 참조).

$$L_2 = 0.66C \cdot f \cdot (H_a \cdot q)^{1/2} - L_1 \quad (28.6)$$

여기서, f 는 안전율(가동보 = 1.5; 고정보 = 1.0)이다.

- (2) 만곡하천의 경우에도 블라이 공식을 사용하여 바닥보호공의 길이를 산정한다. 단, 만곡하천의 경우 이차류(secondary flow)등에 의해 흐름이 매우 복잡하기 때문에 충분한 안전율을 고려하여야 한다.



<그림 28.6> 바닥보호공의 길이

28.4 가동보

28.4.1 경간길이 및 가동부

- (1) 가동보의 경간길이는 인접한 보기둥의 중심선간의 거리이며, 계획홍수량 발생시 배수 위, 하천상황, 지형상황, 경제성, 시공성 등을 고려하여 결정한다.
- (2) 미개수 하천구간에서 현재의 하상고보다 계획하상고가 낮은 경우 하상을 굴착하여 가동부를 시공한 후, 가동부 턱위에 퇴사가 발생되어 수문의 조작에 지장이 없도록 하여야 한다. 이를 위해서는 가동부 턱을 계획하상고보다 다소 높게 설치하여 가동부 턱과 물받이를 광정보의 기능을 부여함으로써 퇴사를 방지토록 한다.

가동보의 경간길이는 <표 28.2>의 값 이상으로 하고, 다음과 같은 경우에는 별도로 경간길이를 결정하되 일반적으로 경간길이는 될 수 있는 한 크게 결정하는 것이 바람직하다.

해설

- (1) 보의 가동부 전체길이가 30m 미만인 보에서 계획홍수량이 $500\text{m}^3/\text{s}$ 미만일 경우에는 가동부의 경간길이를 12.5m 이상으로 할 수 있다.
- (2) 높이가 2m 이하이고 가동부가 전도식인 경우에는 (1)에 해당하는 경우를 제외하고 문 짝의 종길이와 횡길이의 비를 1/10이상 (15m 미만일 경우는 15m)으로 할 수 있다.
- (3) 배사구의 기능을 가진 가동부에 있어서 계획홍수량이 $2,000\text{m}^3/\text{s}$ 이상인 경우는 <표 28.2>의 값의 1/2 이상(15m 미만일 경우는 15m)으로 할 수 있다. 그리고 계획홍수량

2,000m³/sec 이하인 경우는 경간길이를 12.5m 까지 할 수 있다. 단 보의 전체길이를 평균한 경간길이가 <표 28.2>의 값보다 작아서는 안된다.

<표 28.2> 계획홍수량과 경간길이

계 획 홍 수 량 (m ³ /sec)	경 간 길 이 (m)
500 미만	15
500 이상 2,000 미만	20
2,000 이상 4,000 미만	30
4,000 이상	40

- (4) 경간길이가 40m 이상일 경우는 유심부 이외의 경간길이를 30m 이상으로 할 수 있다. 단 보의 전체길이를 평균한 경간길이가 <표 28.2>의 값보다 작아서는 안된다.

28.4.2 물받이 및 바닥보호공

가동보의 물받이와 상판과의 연결부는 수밀성이 있고 부등침하에 대응 가능한 구조로 한다.

해설

가동보의 물받이와 바닥보호공은 고정보와 같은 방법으로 설계하되 그 길이는 일반적으로 고정보의 물받이 및 바닥보호공 길이의 50% 정도로 하면 된다.

28.4.3 상판

상판은 상부하중을 지지하고 문짝의 수밀성을 확보할 수 있어야 하며 보기둥 사이에서 물받이의 역할을 할 수 있는 구조로 설계한다.

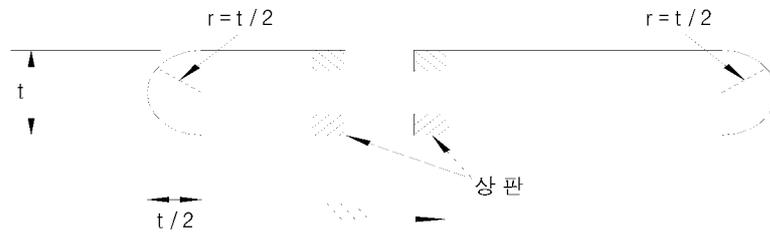
28.4.4 보기둥

- (1) 보기둥은 상부하중과 홍수시 유수의 수압을 안전하게 상판에 전달하는 구조로 설계해야 한다.
- (2) 보기둥의 높이는 수문조작에 충분한 높이로 해야 하며, 여유고를 반영하여야 한다.
- (3) 보기둥의 두께는 관리교의 폭, 수문의 치수, 권양기의 치수 및 역학적 안정 등을 고려해서 결정해야 하는데 일반적으로 1.5~3.0m 정도로 한다.
- (4) <그림 28.7>에서의 t인 보기둥의 폭은 수문의 크기, 보의 높이, 지반토질조건 등에 따라 결정되지만 최대한 적게 결정하도록 한다. 관리교의 교각을 포함한 보기둥의 폭은 하천폭의 10%를 초과하지 않도록 한다. 이것을 초과하는 경우, 배수효과에 따른 상류

측 수위를 분석하여 필요하면 하천폭을 확장할 필요가 있다.

해설

- (1) 보기동의 단면은 <그림 28.7>에서와 같이 유수의 저항을 적게 받도록 양쪽 끝부분을 반원형으로 한다.
- (2) 가동보의 구조는 부근의 하안 및 하천시설물의 구조에 심각한 지장을 초래하지 않고, 보에 인접하는 하상 및 고수부의 세굴 방지에 대해서 적절하게 배려된 구조이어야 하므로 가동보의 양단 기둥의 위치는 계획제방을 심하게 침범하지 않도록 한다. 가동보의 양단 기둥을 계획제방내에 설치하면 제방 안전에 약점이 된다. 한편 양단의 기둥을 계획제방 외에 설치하면 제방과의 기둥 사이에 무효 유수단면적이 발생하여 가동보에 의한 유수단면적의 저해가 커지거나, 제방과의 사이에 유목 등에 의한 유수소통의 장애로 말미암아 사수역이 발생할 수 있다. 그러므로 이상의 사항을 종합적으로 검토한 후 양단의 기둥의 위치를 결정할 필요가 있다.



<그림 28.6> 보기동의 단면

28.4.5 문기동

문기동은 상부하중을 안전하게 보기동에 전달할 수 있는 구조로 설계하도록 한다. 인양식에서 문기동의 높이는 수문을 완전히 열었을 때 문짝하단의 높이, 문짝높이, 관리에 필요한 여유고를 더한 값으로 한다.

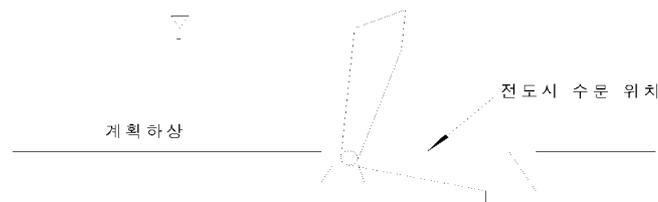
해설

문기동의 단면은 문틈, 문짝 조작용 계단 등을 고려하여 정한다. 문기동의 높이는 문짝을 완전히 열었을 때 문짝의 높이에 개폐장치의 구조, 개폐속도 등을 고려한 여유고를 더해서 결정하며, 여유고는 원칙적으로 1.0m 미만으로 한다.

28.4.6 문짝

- (1) 가동보의 문짝은 개폐가 확실하고 완전한 수밀성 및 내구성을 가지고 홍수소통에 지장을 주지 않는 구조가 되도록 설계한다.
- (2) 문짝에는 인양식과 전도식이 있으며 전도식일 경우에는 <그림 28.8>과 같이 전도시의 상단높이는 가동보 기초부(상판 포함)의 높이 이하로 한다. 가동보의 수문 부근에 토사가 퇴적되는 것을 피하기 위해 수문의 고정부에 볼록부(凸)낙차를 설치할 필요가 있다고 생각되는 경우는 볼록부의 상단을 계획하상으로 한다.

해설



<그림 28.7> 개량식보의 형상

- (1) 중요하천에서는 원칙적으로 인양식으로 하고 ‘제30장 수문’을 따른다.
- (2) 년중 운영을 필요로 하는 가동보에 대해서는 주요 수문의 보수점검을 하기 위한 예비 수문(角落을 포함)을 1개 이상 설치할 필요가 있다. 그리고 해당수문은 치수상 지장이 없는 적당한 개소에 격납 보관하도록 한다.
- (3) 개량식 보는 하상여건에 따라 설치할 수 있으며 강제 전도식 보, 자동수문식 보 및 고무보(rubber 보)로 구별할 수 있는데 홍수시에 일정한 수위 이상이 되면 문짝이 자동적으로 넘어지거나 열려 홍수 소통단면을 확보하는 구조로 설계되어야 한다.

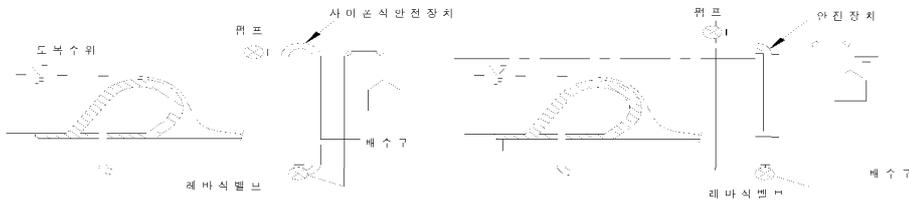
- ① 강제 전도식 보 : 이 보는 상판에 수문하단을 힌지(hinge)로 연결하여 회전조작이 가능하게 한 구조로 제작된 보이다. 따라서 저수가 필요치 않은 계절이나 홍수시는 보의 높이를 하상과 일치시켜 하천에 보가 없는 것과 같은 효과를 가지면서 홍수의 흐름을 방해하지 않기 때문에 급격한 물의 유입으로 물이 범람하여 발생하는 농경지나 제방의 피해를 감소시킬 수 있다. 전도식 보의 몸체는 강구조물을 원칙으로 하고 상류측의 수압하중과 홍수시의 수충하중 등에 충분히 견디도록 해야 한다. 유압실린더로 유압을 공급하여 보의 높이를 조절할 수 있도록 하고 하측의 가장자리에는 수밀고무(sealing rubber)를 부착하여 상류측에

저수된 물이 새어나가는 것을 방지하도록 한다. 또한 유압발생장치는 유수에 의해 침수되지 않는 곳에 별도로 설치한다.

- ② 자동수문식 보 : 자동수문은 보의 상·하류 수위차이에 의하여 전도되거나 열리는 수문이며 특히 하단부 배출식 자동수문은 담수부의 저류부를 배출시킴으로써 퇴적된 토사배제, 수질개선, 생태보전에 기여한다. 자동수문은 고정보의 일부구간 또는 전구간에 설치하기도 한다. 무동력 자동수문은 홍수시 수압에 의한 전도가 되지 않아 흐름을 방해한 경우가 있었으며 유압식 자동수문은 무동력 자동수문의 단점을 보완하여 수평전도가 용이하여 홍수시 유수의 흐름이 비교적 원활하나 부유물, 사석 등의 걸림, 등에 관한 개선방안은 검토되어야 한다.
- ③ 고무보(rubber 보) : 합성고무에 공기 또는 물을 주입하여 타원형 단면을 형성하고 상판에 고정시켜 팽창 또는 수축에 의해 가동보와 같은 기능을 하도록 한 것이다. 고무보의 재료는 내구성, 내약품성, 내마모성 등이 강한 합성고무나 합성나일론 등의 재료가 많이 사용되며 하천을 횡단하여 설치되는 고무보 몸체와 이것을 팽창과 수축시키기 위한 기계조작실, 고무보 몸체와 기계를 연결하는 배관 등으로 구성되어 있다. 고무보의 구조는 팽창형식에 따라 물 팽창식과 공기 팽창식의 구조로 구분되며 각각의 기본구조는 <그림 28.9>, <그림 28.10>에 나타나 있다. 각 형식의 특징은 <표 28.3>와 같다. 고무보의 높이는 고무보 지점의 계획하상고와 계획홍수위와의 중간값 보다 낮게 하여야 한다. 예를 들면 계획하상고와 계획홍수위의 차이를 H라 하면 고무보의 높이는 H/2 이하로 한다.

<표 28.3> 형식의 특징

항목	물 팽 창 식	공 기 팽 창 식
기 온	극냉지에서는 물의 동결 위험이 있다.	-
지 반	-	연약 지반에서 유리하다.
월류수심	공기식에 비하여 큰 월류수심에 견딜 수 있다.	0.2H (H: 보의 높이)
수위조절	비교적 조절 용이	-
급배시간	관내 마찰이 크며 급배시간이 길다.	-
급배관	관내 토사가 퇴적할 수 있다.	소구경 관을 이용할 수 있다.



<그림 28.8> 물 팽창식 고무보

<그림 28.9> 공기팽창식 고무보

28.5 차수벽

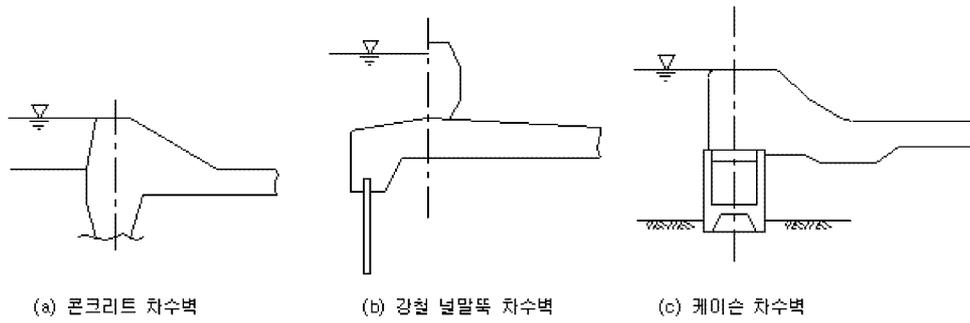
- (1) 보를 투수성 지반에 설치할 때는 파이핑(piping)현상이 일어나지 않도록 충분한 투수로 길이를 확보해야 하고 투수량이 많을 때는 이를 방지할 수 있도록 차수벽을 설치한다.
- (2) 차수벽은 <그림 28.11>에서와 같이 원칙적으로 콘크리트, 강철 널말뚝, 케이슨 등을 사용하여 설치하고 상하류의 수위차에 의해 생기는 침투수의 동수경사를 감소시켜 토사의 유동과 흡출을 방지하는 구조로 설계해야 한다.

해설

- (1) 투수로의 길이는 일반적으로 다음의 블라이(Bligh) 공식(Khosla 등, 1954)을 사용하여 결정한다.

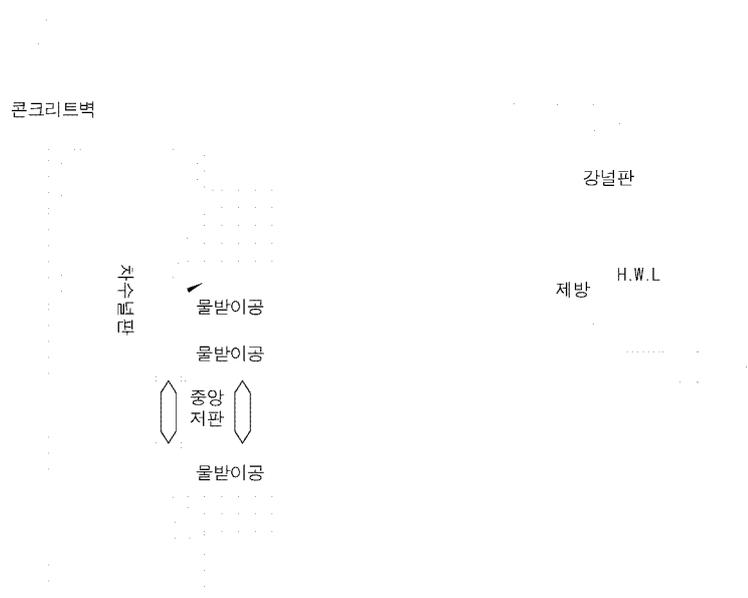
$$l \geq C \cdot \Delta H \quad (28.7)$$

여기서, l 은 투수로 길이(m), C 는 블라이 계수(<표 28.1> 참고), 그리고 ΔH 는 상하류의 수위차(m)이다.



<그림 28.10> 차수벽의 종류

(2) 차수벽은 일반적으로 <그림 28.12>과 같이 상판, 물받이 하부, 제방에 보가 연결되는 부분 및 상하류 접속옹벽의 저판하부 등에 설치한다.



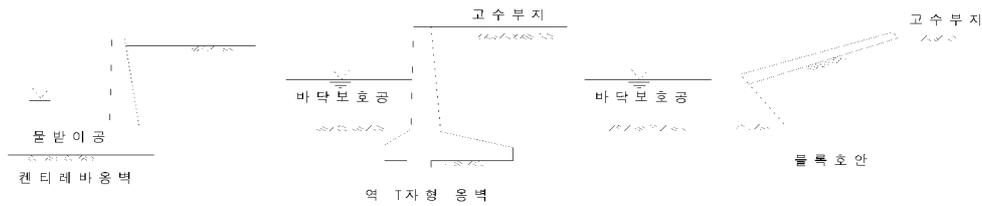
<그림 28.11> 차수공의 설치

28.6 연결호안

- (1) 보에 연결하는 호안은 유수의 작용에 의해 제방 또는 하안이 세굴되는 것을 방지하는 구조로 해야 한다.
- (2) 보에 연결되는 하안 또는 제방에는 이를 보호하는 옹벽이 설치되어야 한다. 옹벽의 설치는 보의 구조, 제방법선의 선형, 보와 연결부의 선형, 어도, 배사구, 갑문의 유무와 그 위치 등에 따라 다르나 일반적으로 물받이 구간까지 점확대, 점축소 단면이 되도록 배치하고 연결부는 수리상 안전해야 한다.

해설

<그림 28.13>과 같이 홍수시 유수가 고수부지를 흐르는 경우 고수부지가 세굴되기 쉬우므로 구조물 주변에 콘크리트 블럭, 콘크리트 상판 등을 설치하여 보호해야 한다. 이 때 조도가 급변하지 않아야 한다.



<그림 28.12> 연결호안

28.7 부대시설

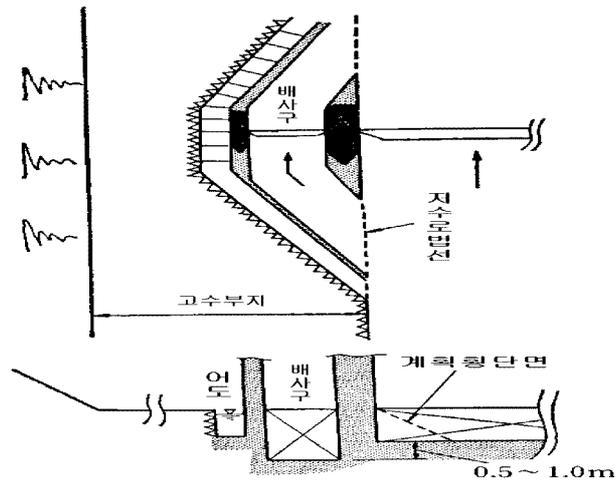
- (1) 보를 설치할 때는 필요에 따라 취수구, 배사구, 침사지, 어도, 갑문, 관리고, 수문조작 및 유지관리 시설 등을 설치한다.
- (2) 가동보는 필요에 따라 관리고 등 적당한 관리시설을 설치한다.
- (3) 가동보 및 배사구가 있는 고정보에서 수문조작에 의한 하류측 수위변동이 뚜렷한 구간에서는 경보시설을 설치할 필요가 있다.

해설

(1) 보 및 보의 부대시설은 치수상, 하천환경상 등 심각한 지장이 없도록 설치되어야 한다. 하천의 이수기능을 증대하기 위한 보의 고정부는 홍수범람 원인이 된 사례가 많았다. 배사구, 어도 등의 기능확보를 위해 현재 또는 계획 하천단면 내에 설치하는 것은 보상류부에서 홍수시 수위상승, 하류부에서 국소세굴 등을 초래하고 홍수에 의한 피해 위험성을 증대시켰다. 따라서 보의 배사구, 어도 등은 원칙적으로 현재 또는 계획 하천단면 내에 설치해서는 안된다. 그러므로 역설적으로 현재 또는 계획 하천단면 내에 설치할 수 있는 경우는 현재 또는 계획하천단면 외에 이들 부분을 설치하는 것이 매우 곤란 또는 부적당하다고 인정되는 경우에 한정되는 것이다.

(2) 하천단면을 확보하는 방안은 다음과 같다.

- ① 저수로(그림 28.14 참조) 또는 하천폭의 확폭에 따르기로 하고 계획홍수위를 높여서는 안된다. 단 지형 상황에 따라 계획홍수위를 높게 하여도 해당홍수위와 하안 높이 사이에 규정된 여유고 이상의 여유가 확보될 것으로 인정되는 경우는 이에 해당하지 않는다.
- ② 저수로 또는 하천폭을 확폭하는 경우는, 원칙적으로 보상류의 보호공 선단에서 보하류의 보호공 선단까지 구간에 관하여 저수로 폭 또는 하천폭을 확보하도록 한다. 단 곡선부 등 하천 상황에 따라 보호공의 선단까지 일정 폭으로 확폭하는 것이 적당하지 않다고 인정되는 경우는 이에 해당하지 않는다.
- ③ 상기 일정 폭으로 확폭한 부분은 그 이외의 구간에서 현재 또는 계획 횡단형에 점진적으로 확대, 점진적으로 축소하도록 하고 겹치는 부분은 수리적으로 무리가 없도록 할 필요가 있다.



<그림 28.13> 가동보에 병설한 배사구 및 어도 배치 사례

- (3) 가동보의 수문이 인양식일 경우에는 원칙적으로 관리교를 설치할 필요가 있다.
- ① 관리교는 보기둥이 교각으로 설치되므로 관리교의 경간길이는 보기둥 설치에 준한다.
 - ② 일상의 점검정비 또는 조작을 목적으로 하는 경우 관리교의 폭은 1.5~2.0m, 설계하중은 200~300kg/cm² 정도로 한다. 계획홍수량이 약 2,000m³/s 이상인 구간인 중요구간에서는 교환부품의 반출입 또는 교환작업, 예비 수문의 설치 등과 같은 보의 유지관리를 고려하여 설치하는 관리교의 폭은 3.0~3.5m, 설계자중하중은 14.0t 정도로 한다.
- (4) 보의 직하류 400~500m 정도의 범위 및 수문 등의 조작에 의해 30분간에 30cm 이상 수위가 상승하는 중요구간에는 경보설비를 설치할 수 있다. 보의 직하류 구간을 감시하기 위해 필요에 따라 CCTV 설비의 설치가 바람직하다.

28.7.1 취수구

- (1) 취수구는 취수기능을 충분히 발휘할 수 있어야 하고 구조적으로 유수에 안전해야 하며 관리에 편리하도록 위치, 구조, 수위 등을 결정해야 한다.
- (2) 취수구는 원칙적으로 취수보의 직상류에 설치하고 토사가 소류되기 쉬운 위치에 설치한다.
- (3) 원칙적으로 양안 취수는 피하는 것으로 한다.
- (4) 취수유속은 0.6~1.0m/s 정도를 표준으로 한다.
- (5) 체(screen)는 취수구의 제수문 바로 앞에 설치한다.
- (6) 지형이 허용하는 한 취수정을 설치하는 것이 좋다.

해설

- (1) 취수구의 턱높이는 기왕의 최대갈수위에 의해 결정하며 수심을 H라고 하면 턱높이는 0.4H 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- (2) 취수구의 폭과 취수량, 취수유속, 유입수심의 관계는 다음과 같다.

$$b = \frac{Q}{H \cdot V} \quad (28.8)$$

여기서 b는 취수구의 폭(m), H는 취수수심(m), V는 취수유속(m/s), 그리고 Q는 계획 최대취수량(m³/s)이다.

28.7.2 배사구 및 침사지

- (1) 배사구의 규모 및 설치위치는 평상시에 보 상류에서는 토사가 퇴적되지 않고 보 하류에 대한 토사공급의 기능을 확보할 수 있도록 결정한다.
- (2) 하천의 흐름에 따라서 취수되는 물과 함께 토사가 유입되어 수로에 퇴적되고, 용수의 소통을 막으며, 경지에 유입하여 지장을 주기도 하는데 이와 같은 유입토사를 침전시켜 배제하기 위해 침사지를 설치한다.

- (3) 침사도랑의 바닥기울기는 지형에 따라 다르지만 지금까지의 사례에 비추어 1/20~1/70으로 하고 관개용 침사지에서는 1/50 내외를 표준으로 한다.
- (4) 침사지내에 침전된 토사를 자연배사할 때는 침사도랑의 바닥기울기, 침사도랑 말단에서 배사관까지의 이동부, 배사관 입구와의 높이차 및 배사관 연결각은 물론 배사유량과 배사관의 단면형과의 관계가 적절하여야 한다.

해설

- (1) 침사지에서 침사도랑의 최소길이는 다음 식으로 결정한다.

$$L = k \frac{H}{V_g} u \tag{28.9}$$

- 여기서 L : 침사도랑의 길이 (m)
- k : 안전계수 (1.5~2.0)
- H : 침사도랑의 평균수심 (m)
- u : 침사도랑의 평균유속 (m/s)
- V_g : 최소침전입경의 한계침강속도 (m/s)

- (2) 침사지의 폭은 수심 H, 유속 V, 취수량 Q에 의하여 B=Q/(H·V)(m)로 결정한다.

28.7.3 갑문

- (1) 보를 설치하여 하천을 주운으로 이용할 경우에는 갑문을 배사구 근처의 유심부에 설치해야 한다. 또한 갑문의 폭과 길이는 운행하는 선박이나 바지선의 종류, 크기 및 척수에 따라 결정해야 한다.
- (2) 갑문에 관한 구체적인 설계사항은 '제34장 주운시설'을 따른다.

해설

- (1) 갑문의 폭과 길이는 일반적으로 다음 식을 이용하여 결정한다.
 유효폭 = 대상 선박 폭 + 배열수 + 여유폭
 유효길이 = 대상 선박의 길이 + 종방향 척수 + 여유길이
- (2) 갑문에는 필요에 따라 급배수 설비, 계류 설비, 보안 설비, 개폐장치 등을 설치 운영해야 한다.

28.8 자연형 보

자연형보는 보의 본체 및 물받이를 나무, 돌 등과 같은 자연재료를 사용하여 해당하천의 특성에 따라 다양한 형상으로 계획하여, 수중생물 등과 같은 하천 생태계의 보전을 위한 서식처 및 이동경로를 조성하고, 하천 수변 식생과 하천경관의 보전 및 향상을 도모하여야 한다.

다.

해설

(1) 자연형보의 설계 일반사항은 아래와 같다.

① 해당 하천에 관하여 다음과 같은 사항을 조사하고 하천생태계의 특성을 분석한다.

(가) 하천의 수리·수문·수질·형태를 조사하여 보의 계획시 하상변동을 분석한다.

(나) 생태계의 조사를 통하여 하천 생태계의 구조 및 기능을 분석하고 하천 경관 특성을 분석한다.

② 해당 하천에 대해 하천 수량, 수질, 생태계, 경관 등 하천 환경을 평가한다.

③ 해당하천에 관한 조사·분석·평가의 결과를 자연형 보의 설계내용에 반영한다.

④ 보는 상·하류에 퇴적과 침식의 원인이 되므로 해당하천 구간의 특성(하천규모, 하상경사, 유량 등)에 맞는 평면으로 계획하여야 한다.

⑤ 하천에서 어류, 미생물의 이동이 단절되지 않고, 수생생물이 잘 서식할 수 있는 환경을 조성할 수 있도록 계획하여야 한다.

⑥ 하천생태계의 기반이 되는 것은 물과 하상재료이며, 하천생태계는 수질, 흐름의 상태(유속, 수심)와 하상재료의 종류에 의하여 많은 영향을 받는다.

⑦ 이송되는 물, 얼음 또는 유사를 무리 없이 통과시켜야 하며, 갈수기에는 가능한 깊은 수심이, 홍수기에는 낮은 수심이 유지되어질 수 있어야 한다.

⑧ 유량이 통과될 때 최대 한계소류력 및 한계유속을 넘어서는 안 된다.

⑨ 경제적인 측면을 고려한 유지관리가 이루어질 수 있어야 한다.

(2) 자연형 보의 설계방향은 아래와 같다.

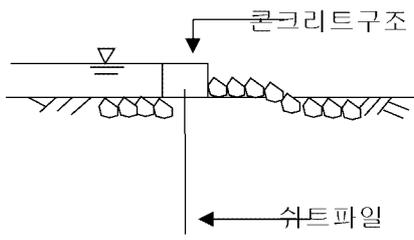
① 수리적 안정성은 수위 계산을 통하여 홍수위에 대한 영향을 파악한다. 이를 통해 자연형 보의 형태, 재료 등을 결정한다.

② 자연형 보의 형상 설계에서 중요한 변수인 보의 높이는 하상과 고수부지의 표고, 하천의 경사, 저수시의 웅덩이(沼)의 수심 등에 따라 결정한다.

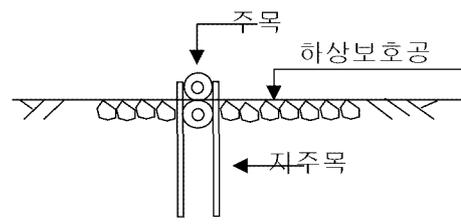
③ 홍수시의 통수능을 계산하여 통수능에 문제가 있을 경우에는 보의 높이를 조정하거나 위치를 조정하여 필요한 통수능을 확보하도록 설계한다.

④ 자연형 보의 조성에 사용되는 재료는 일반적으로 다양한 크기의 돌을 사용할 수 있으며, 가장 큰 소류력을 받는 하상보호공의 정상부에는 계획홍수량에서 떠내려가지 않는 크기의 거석을 사용한다. 하상보호공의 하류부에는 일정 구간까지 하상에 돌을 깔아서 폭기작용 등을 유도하고, 홍수시 과도한 침식이 발생하지 않도록 한다(<그림 28.15 및 그림 28.16> 참조).

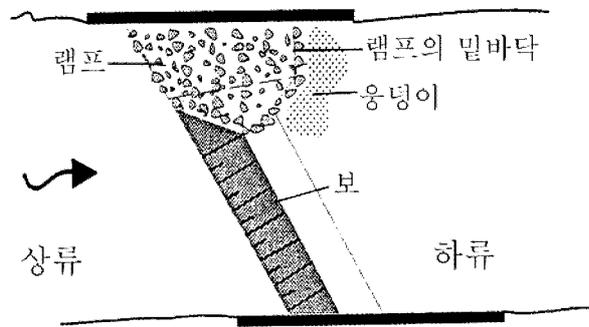
⑤ 부분 경사낙차보 : 하상의 경사를 완만하게 하는 램프(경사낙차공)(1:10~1:30) 구간과 보의 구간과 혼합된 시설이다(<그림 28.17> 참조).



<그림 28.19> 여울형 보



<그림 28.20> 통나무 보



<그림 28.21> 부분 경사낙차보

제 29 장 어도

29.1 일반사항

29.1.1 적용범위

본 장에서는 어도의 설계 및 기타 필요한 사항을 정하여 어도설계서 작성에 통일을 기하고 경제적이며 적절한 설계로 건설시공을 도모하는 것을 목적으로 한다.

해설

- (1) 어도는 하천을 가로막는 수리구조물에 의하여 이동이 차단 또는 억제된 경우에 물고기를 포함한 동물의 소상을 목적으로 만들어진 수로 또는 장치를 총칭한다. 따라서 소상하려는 생물의 이동을 저해하는 시설물이 설치된 기존의 시설물에는 어도를 설치하는 것을 원칙으로 하며, 물고기를 비롯한 수생동물의 이동 및 서식생태에 미치는 영향을 최소화하여야 한다.
- (2) 일반적으로 하천 상류로 소상하는 물고기는 바다에서부터 소상하는 회유성 어류라고 알려져 있으나 실제로는 하천에 서식하는 모든 어종이 산란시기뿐만 아니라 연중 소상하는 특성을 갖는다. 따라서 어도는 이러한 물고기의 생태적 특성을 고려하여 조성되어야 한다.

29.1.2 용어의 정의

- (1) 어도 : 하천에 어류의 이동을 곤란 또는 불가능하게 하는 장애물이 있을 경우 이를 해소할 수 있도록 만들어진 수로 또는 장치
- (2) 소상(遡上) : 어류가 하천을 거슬러 올라가는 것
- (3) 강하(降下) : 어류가 하천을 내려가는 것
- (4) 어도입구(魚道入口) : 어도의 하류단으로 물고기의 어도 진입구
- (5) 어도출구(魚道出口) : 어도의 상류단으로 물고기의 상류하천으로의 출구
- (6) 유인수로(誘引水路) : 어류를 어도입구로 유도하는 수로
- (7) 회유(回遊) : 어류가 산란, 생육 등을 위해 또는 계절에 따라 정기적 또는 일시적으로 이동하는 것
- (8) 순항속도(巡航速度) : 물고기가 장시간 계속해서 낼 수 있는 유영속도
- (9) 돌진속도(突進速度) : 물고기가 순간적으로 낼 수 있는 속도
- (10) 잠공(orifice) : 어도의 격벽의 하단에 뚫어놓은 구멍
- (11) 노치(Notch) : 계단식어도의 격벽의 상단의 일부를 낮게 파놓은 것
- (12) 격벽(隔壁) : 풀형식 어도에서 풀을 나누는 벽체로 물이 넘는 월류벽과 넘지 않는 비월류벽을 포함
- (13) 측벽(側壁) : 어도의 양측면 외벽
- (14) 도류벽(導流壁) : 흐름을 완만하게 하기 위해 설치한 일부분이 막히지 않은 격벽으로 도벽(導壁)이라고도 함

29.1.3 어도의 설치계획 수립

- (1) 어도 계획시 고려사항은 우선 수리시설물 자체의 필요성 검토가 선행되어야 한다.
- (2) 어도는 어류의 진입, 소상이 용이하여야 하며, 구조의 견고함 및 유지관리가 쉬운 조건이어야 한다.
- (3) 하천에 서식하는 대상 동물을 선정하고, 소상 시기를 고려하여 설계하여야 한다.

해설

(1) 어도 계획시 고려할 사항은 아래와 같다.

① 수리시설물 자체의 필요성 또는 낙차 축소 등의 검토

② 좋은 어도 조건의 충족

(가) 소상어가 어도 입구 이외의 장소에 모여들지 않아야 한다.

(나) 어도 내에 진입한 모든 소상어가 신속하고·쉽고·안전하게 그 어도를 소상할 수 있어야 한다.

(다) 어도 통과 후 안전하고 신속하게 하천상류로 소상할 수 있어야 한다.

(라) 어류의 손상이나 피로를 피할 수 있어야 한다.

(마) 구조가 간단하고 견고하며, 유지관리가 쉽고 비용이 절감될 수 있어야 한다.

③ 대상 동물의 설정

하천에서 소상의 필요성을 갖는 동물은 어류뿐만이 아니며, 그 외에 참게, 다슬기 등이 포함된다. 따라서 하천에 서식하는 어류 및 참게, 다슬기, 수서곤충 등의 동물들을 고려하여 어도를 설계하여야 한다.

④ 대상 동물의 소상시기

(가) 동절기를 제외한 3월부터 11월까지의 소상하고자 하는 동물이 어도를 이용할 수 있도록 계획하여야 한다.

(나) 물고기는 수온이 약 10℃ 이상에서 항상 소상하려는 특성을 가진다.

(2) 어도의 기초이론은 아래와 같다.

① 물고기의 유영특성

(가) 물고기는 소상과 강하시에 흐름에 대한 정·부의 지향성을 갖는다.

(나) 물고기의 소상은 하천흐름의 주류에서 유영력에 맞는 흐름을 따라 이동한다.

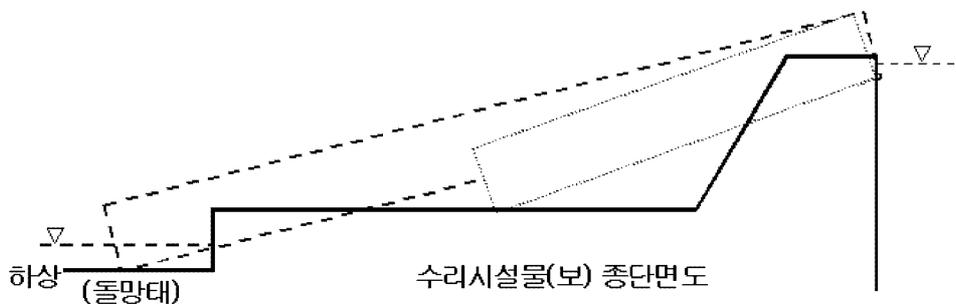
(다) 유영속도는 물고기가 헤엄쳐 나갈 수 있는 속도를 말하며, 이는 다시 장시간 지속하여 낼 수 있는 순항속도와 순간적으로 낼 수 있는 돌진속도로 구분한다. 어종에 따라 변이가 크지만 일반적으로 순항속도는 2~4BL/s 이고, 돌진속도는 10BL/s 정도이다(BL은 체장). 어도를 설계할 때는 어도내 최대유속이 돌진 속도 이하여야 한다.

(라) 유영력은 유영속도에 하천의 유속을 합한 것이다. 예를 들면 은어가 흐름을 거슬러 헤엄칠 때 유영속도가 0.5m/s 이고 하천의 유속이 1.0m/s였다면 이때 은어의 유영력은 1.5m/s가 된다.

- (마) 사면 소상력은 소상중인 물고기가 경사면을 올라가는 능력으로 어종별 유영력에 따라 변화한다. 길이 6~9cm의 치은어의 경우 유속이 2.5m/s일 때 경사각 30°와 60°의 경우 소상면의 길이는 각각 1.0m와 0.4m 정도이다.
- (바) 물고기는 일반적으로 유영하고 장애물을 만났을 경우에만 도약한다. 따라서 도약하지 않고 소상할 수 있도록 어도의 내부낙차를 구성하여야 한다. 그러나 계단식 어도는 도약을 전제로 한 것이므로 풀의 길이나 깊이를 결정할 때는 물고기의 도약에 필요한 깊이와 길이를 확보하여야 한다.
- (사) 물고기가 헤엄칠 때 꼬리치는 폭은 체장의 1/2을 넘지 못한다. 따라서 어도 내부의 구조물은 적당한 곡면을 이루어야 한다.

② 어도의 기울기

- (가) 모든 어도의 기울기는 1/20 보다 완만하게 조성하여야 하며, 특히 버티컬슬롯식 어도의 경우는 수리적인 특성을 감안하여 1/25의 기울기로 모형을 제시한다.
- (나) <그림 29.1>은 어도의 기울기에 따라 어도 입구부의 위치를 보여주는 모식도이다. 일반적인 수리구조물의 단면에서 종단의 길이는 구조물의 높이에 따라 다르기는 하지만 높이가 1m인 경우 길이는 약 10m 가까이 된다. 이때 어도의 기울기가 1/10 이라면 어도의 입구는 하류 하상의 수위에 맞추어지는 것이 아니라 수위보다 높은 위치에 조성되게 되어 입구부에 낙차가 발생한다. 어도의 기울기를 완만하게 하는 것은 어도에서의 유속을 감소시키기 위한 목적도 있지만 이와 같이 어도의 입구를 적절한 위치에 조성하는데도 중요하게 작용한다.



<그림 29.1> 수리시설물의 단면과 어도의 기울기에 따른 어도입구의 위치

③ 어도의 폭

(가) 폭은 하천과 유로의 규모 및 유량을 고려하여 선정하고 어도의 형식별로 어도 내부의 수심과 유하 수량에 따라 조성하는 것을 기본으로 한다. 제시된 기본형의 어도 폭보다 크게 하기보다는 기본형의 어도를 2~3개 설치하는 것이 바람직하다. 하나의 어도를 설치하는 경우에는 하천의 주 흐름에 연결하여 설치하는 것이 바람직하며, 다만 하천이 만곡하고 있는 경우 유로의 중심에 설치할 경우 돌이 굴러 어도의 파손이 발생할 수 있으므로 유의하여야 한다.

(나) 양안의 퇴적이 많지 않다면 물고기의 이동을 조사하여 많은 쪽에 설치한다. 유량이 많아 수리시설물 하나에 여러 개의 어도를 조성하는 경우에는 양안을 중심으로 설치한다.

④ 어도의 입구와 출구부

(가) 어도의 출구부는 어도형식에 따라 별도로 조성하여 출구부에 낙차가 발생하지 않고 유속이 빨라지지 않도록 유의한다. 어도의 출구부는 어도형식에 따라 각각의 형태를 제시한다.

(나) 어도의 입구부는 어느 어도 형식이든지 2개 격벽 이상이 하류의 수위보다 아래에 위치하도록 길이를 충분히 주어야 한다. 일반적으로 어도를 조성하는 경우 지역 내에 기존에 설치한 어도를 모방하여 관행적으로 조성하는 경우가 많은데 어류의 이동습성을 정확히 이해하여 조성하도록 하여야 한다.

⑤ 잠공의 설치

도벽식과 버티컬슬롯식 어도를 제외한 표준모형 어도의 격벽에는 잠공을 설치하는 것으로 한다.

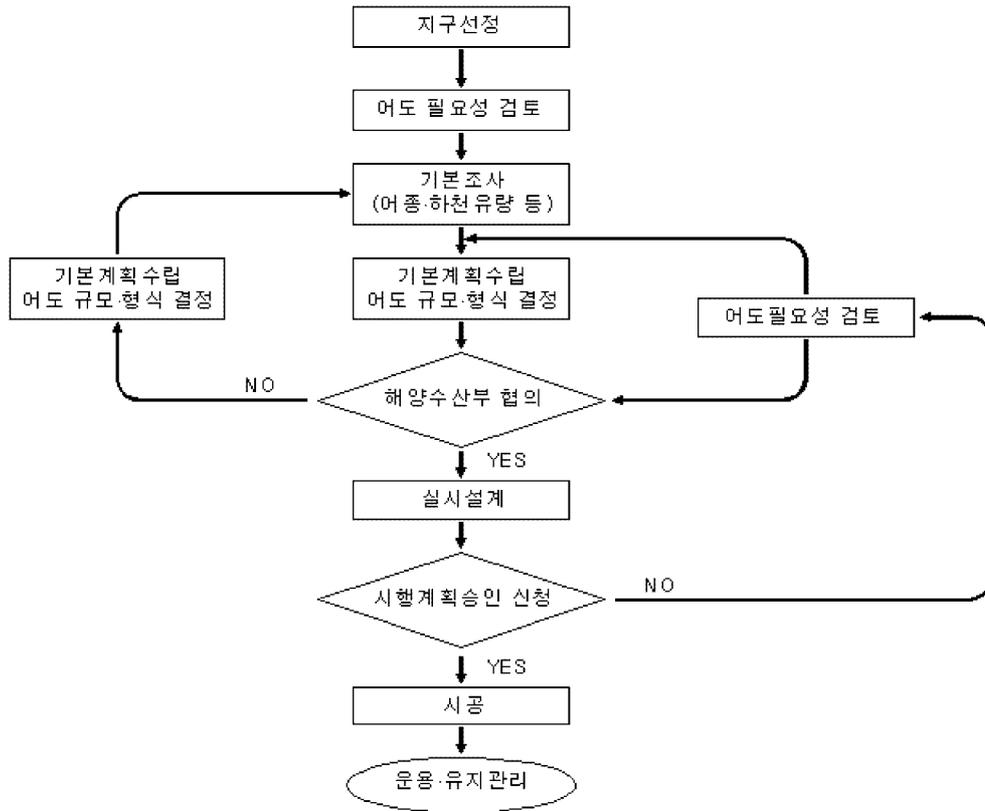
⑥ 어도형식의 설정

표준모형의 어도로 계단식, 아이스하버식, 버티컬슬롯식, 도벽식 어도를 제시하며, 기타 형식이나 또는 표준모형에서 변형된 어도는 추후에 물고기의 어도 이용 효율을 조사하는 시험과정을 거쳐 표준모형에 포함하는 것으로 한다.

⑦ 어도설치를 위한 업무의 흐름

(가) 어도의 설치를 위해서는 다음의 업무 흐름에 따라 진행하도록 하며, 어도설치를 위한 하천환경조사 및 기본계획의 수립을 원칙으로 하며, 수계별 전체 계획을 사전에 조사 수립하는 것이 타당하다.

(나) 하천의 생태환경을 조사할 때는 하천유황특성뿐만 아니라 서식어종 및 밀도, 수질 등과 수변공간 등의 조사를 통한 생물 서식환경, 하류 수계와의 연계성 등을 평가하여야 한다. 또한 기존 수리시설물의 필요성 및 어도기능의 부여를 위한 친환경적인 개선 가능성 등을 분석하여 어도가 물고기의 또 다른 장애물이 되지 않도록 사전평가가 필요하다.



<그림 29.2> 어도 설치를 위한 업무흐름도

29.1.4 어도의 기초 설계조건

- (1) 어도의 입구는 하천의 유심에 연결하고, 출구는 유속을 감쇄할 수 있는 구조로 하여야 한다.
- (2) 어도내의 유속은 0.5~1.0m/s로 하고, 유량은 갈수기 취수량이 모두 어도로 흐르도록 한다.

해설

- (1) 어도의 위치는 통수장애 및 퇴적을 고려하여 하천의 유심과 연결되는 위치에 설치하며 하천상류의 계곡부에서 홍수 시 큰돌이 유하할 우려가 있는 경우에는 유심을 피하여 설치하도록 한다. 어도의 입구와 출구의 결정은 아래사항을 검토하여 결정하도록 한다.

① 어도의 입구

- (가) 물고기의 주 이동로를 고려하여 어도 입구를 유심에 연결한다.
- (나) 수리시설물이 하천의 직각 방향이 아니라면 수리시설물의 상류부 가장자리 쪽에 설치한다.

- (다) 수리시설물의 방류구(배수구)를 유인수로 활용 검토한다.
- (라) 수리시설물 하부와 어도 입구의 연결을 우선 고려하고 방류유속이 강한 경우에는 떨어뜨린다.
- (마) 어류 이동경로를 사전 조사하여 입구위치를 결정한다.

② 어도의 출구

- (가) 상류 퇴적지역은 피하도록 한다.
- (나) 취수구 및 배사문 인근은 피하도록 한다.
- (다) 어도 출구의 유입유속을 감쇄하기 위한 구조로 설치한다.

(2) 어도내의 유속은 0.5~1.0m/sec 정도의 유속분포를 갖도록 조성하며, 유속측정 위치는 풀형식 어도는 물이 월류되는 격벽 상단 중앙의 중간수심에서 측정하고, 수로형식 어도는 유로가 좁아지는 격벽 사이에서 측정한다.

(3) 어도 유량의 결정은 하천의 유량, 취수조건, 대상 물고기의 종류 등을 고려하여 결정하고, 갈수기 취수량이 어도로 유출되는 유량으로 산정한다.

(4) 수위변동 검토

① 어도 입구 : 물이 흘러나가는 지점

현재 하천수위와 장래 하상변화를 고려하여 하상의 지면 아래로 2단 정도의 격벽을 추가 설치함.

② 어도 출구 : 수리시설물에서 어도로 물이 유입되는 지점

어도내 수심과 유속이 수위변동에 의하여 결정되므로 출구부는 어도의 형식에 따라 구조를 설정함

29.2 설계일반

29.2.1 어도의 종류

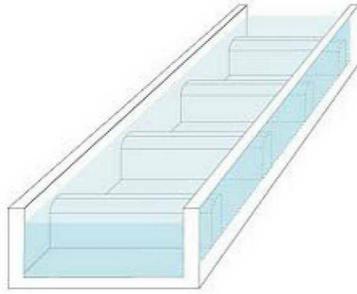
- (1) 어도의 형식은 크게 풀형식, 수로형식, 조작형식으로 구분한다.
- (2) 풀형식은 계단식, 버티컬슬롯식, 아이스하버식을 말한다.
- (3) 수로형식은 도벽식, 인공하도식, 데널식을 말한다.
- (4) 조작형식은 갑문식, 리프트식, 트럭식을 말한다.
- (5) 본 설계기준에서는 계단식, 아이스하버식, 버티컬슬롯식, 도벽식 어도를 표준형식의 어도로 설정한다.

<표 29.1> 어도의 종류 및 주요특징

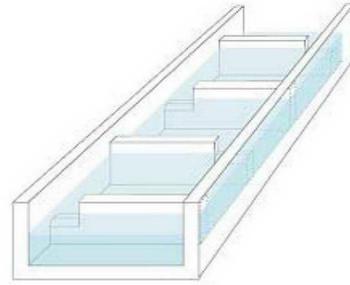
어도 형식의 구분	주요 특징
풀형식(Pool Type) - 계단식 (계단형, 노치형, 노치+잠공형, 잠공형) - 버티컬슬롯식(Vertical Slot) - 아이스하버식(Ice Harbor)	풀이 계단식으로 연속되어 있음.
수로형식(Channel Type) - 도벽식 - 인공하도식 - 데닐식(Denil)	낙차가 없이 연속된 유로형상
조작형식(Operation Type) - 감문식(Lock Gate)식 (감문형, 블랜드형) - 리프트(Lift)/엘리베이터식 - 트럭식(Truck)	시설이 인위적인 조작으로 작동.
기타형식 - 암거식(Culvert) - 혼합식(병용식), - 복합식(Hybrid)	

(1) 풀(pool)형식 어도

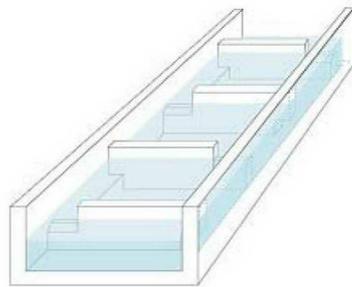
- ① 풀이 계단식으로 연결된 형태의 어도로서 각 풀은 격벽으로 나뉘어져 있다.
- ② 풀형식 어도는 다시 격벽의 전면으로 물이 넘는 전면월류형(전면어도가 아님. 전면어도는 수리시설물 길이 전체를 계단식 어도처럼 만든 형식으로 대부분의 경우 어도 기능이 없음)과 격벽의 일부분만으로 물이 넘어 흐르는 부분월류형으로 나뉘어 진다. 전면월류형에는 계단식 어도가 있으며, 부분월류형에는 아이스하버식과 버티컬슬롯식 어도가 있다.
- ③ 격벽에 설치된 수직의 틈새(vertical slot)를 빠지는 흐름에 의해서 각 풀이 연결되는 방식의 어도를 버티컬슬롯식 어도라고 한다.
- ④ 격벽에 만들어진 잠공(orifice)을 통한 흐름에 의해서 각 풀이 연결되는 형식의 어도를 잠공식이라고 한다. 여기에서는 계단식과 아이스하버식 어도에 모두 잠공을 설치하는 것을 기본으로 한다.
- ⑤ 풀에서는 소상어가 수시로 휴식이 가능한 것이 기본이며, 따라서 원칙적으로 별도의 휴식 풀을 만들 필요는 없는 형식이다.
- ⑥ 버티컬슬롯식 어도는 경우에 따라서는 수로식 어도에 포함하기도 하는데 격벽의 수직 틈에서 물이 흘러 내려가기 전에 일시적으로 풀이 형성되는 것으로 보아 여기에서는 풀형식에 포함한다.



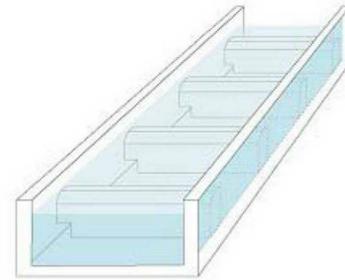
(a) 계단식



(b) 계단식(노치형)

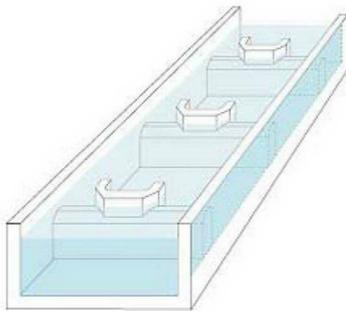


(c) 계단식(노치, 잠공)

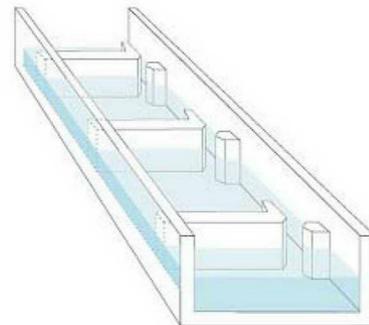


(d) 계단식(잠공형)

<그림 29.3> 계단식 어도의 종류



<그림 29.4> 아이스하버식 어도

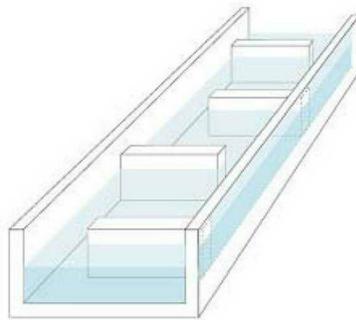


<그림 29.5> 버티컬슬롯식 어도

(2) 수로형식 어도는 어도내의 도벽(도류벽)과 측벽 사이의 틈으로 흐름이 연속되는 형식으로 도벽에 의하여 유속 분포를 줄이는 방법으로 소상이 가능한 경로를 부여하는 형태를 수로형식이라고 하며, 도벽식과 인공하도식이 있다.

① 도벽식 어도

수로내에 물의 흐름을 유도하기 위한 도류벽을 설치한 것을 도벽식이라 하고 어도 내부의 바닥면은 굴곡이 없이 일정한 경사도를 갖는다. 아래 <그림 29.6>은 도벽식 어도의 개략도 이다.



<그림 29.6> 도벽식 어도

② 인공하도식 어도

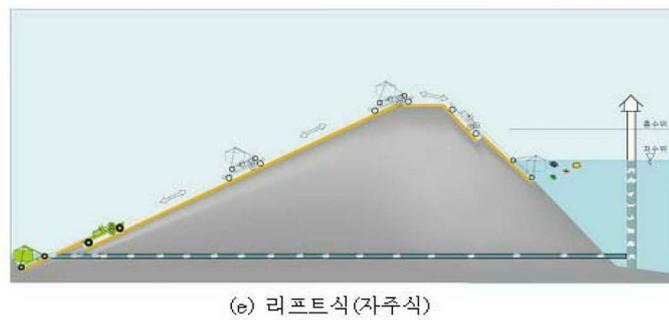
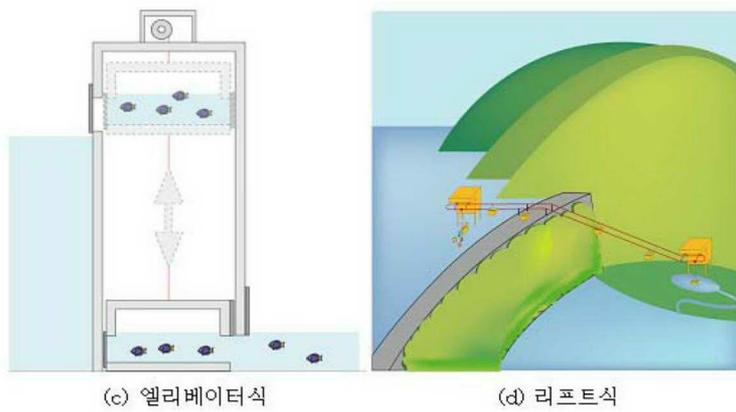
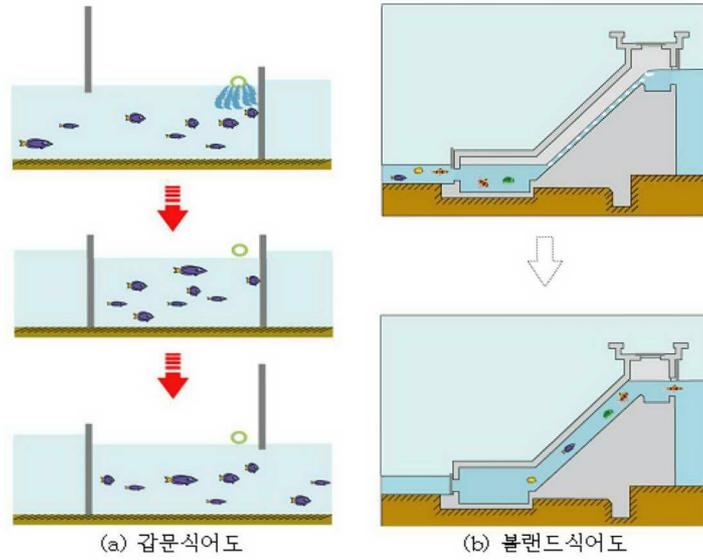
수리시설물을 우회하는 완만한 흐름을 갖는 소하천을 인공적으로 조성하여 어도로 사용하는 것을 인공하도식이라 한다. 인공하도식의 기울기는 자연 하천에서 보이는 1/100~1/300 정도의 기울기로 조성하는 것이 일반적이며, 기본적으로 그 자체는 휴식장소를 가지고 있지 않으므로 긴 거리의 어도에는 중간에 휴식장소를 두기도 한다. 인공하도식은 막대한 조성비용이 소요되고 하천변의 여유공간을 필요로 하는데 국내에서는 조성에 어려움이 있다고 판단되어 표준형식에서 제외한다. <그림 29.7>은 인공하도식 어도의 모식도 이다.



<그림 29.7> 인공하도식 어도

(3) 조작형식 어도

- ① 상하류의 낙차가 크거나 방조제처럼 외조위가 높을 때는 수로형식이나 풀형식으로 설치하기가 곤란하다. 이때 물고기를 올려 보내는 방법에 따라 갑문식, 엘리베이터식 등으로 나눌 수 있다.
- ② 갑문식은 다시 낙차가 크지 않은 곳에 설치하는 갑문식과 낙차가 큰 곳은 무한정 갑문의 크기를 늘일 수 없어 하류측 갑문과 상류측 갑문을 샤프트로 연결한 볼랜드식으로 나눌 수 있다.
- ③ 엘리베이터식은 물고기가 든 용기를 끌어올리는 방법에 따라 수직으로 끌어올리는 엘리베이터식, 사면에 설치한 레일 위로 끌어올리는 리프트식으로 크게 나눌 수 있으며, 물고기가 들어있는 용기를 트럭으로 운반하는 트럭식도 포함된다.



<그림 29.8> 조작형식 어도의 종류

29.2.2 어도형식별 장·단점

어도를 설치시 검토사항으로는 피라미, 뱀장어 등 모든 어종과 참게 등이 유영력에 관계없

이 모두 이용할 수 있어야 하고, 경제성에 관계없이 모든 하천생물이 이용 가능해야 하며, 구조가 간단해 운영이 쉽고 홍수기에 하천 통수량에 영향을 주지 않아야 한다. 어도의 형식별 장·단점을 비교해 보면 아래 <표 29.2>와 같다.

<표 29.2> 어도형식별 장·단점

형식	장점	단점
계단식	·구조가 간단하다. ·시공이 간편하다. ·시공비가 저렴하다. ·유지관리가 용이하다.	·어도내의 유황이 고르지 못하다. ·풀내에 순환류가 발생할 수 있다. ·도약력, 유영력이 좋은 물고기만 이 이용하기 쉽다.
아이스 하버식	·어도내의 유황이 고르 다. ·소상중인 물고기가 쉼 휴식 공간을 따로 둘 필요가 없다.	·계단식보다는 구조가 복잡하여 현장 시공이 어렵다.
인공 하도식	·모든 어종이 이용할 수 있다.	·설치할 장소가 마땅치 않다. ·길이가 길어져서 공사비가 많이 든다.
도벽식	·구조가 간편하여 시공 이 쉽다.	·유속이 빨라 적당한 수심을 확보하기 어렵다. ·어도내 수심을 20 cm 이상으로 할 경우 수리시설물에서 배출되는 수량 이 많아 용수손실이 크다. ·어도내의 유속이 고르지 못하다.
버티컬 슬롯식	·좁은 장소에 설치가 가능하다.	·구조가 복잡하고, 공사비가 많이 든다. ·어도내 수심을 20 cm 이상으로 할 경우 수리시설물에서 배출되는 수량 이 많아 용수손실이 크다. ·다양한 물고기가 이용하기 어렵다. ·경사를 1/25 이상으로 완만하게 하지 않을 경우 빠른 유속으로 어류이동이 제한된다.

(1) 계단식 어도

풀형식의 계단식어도는 현재 우리나라와 일본 등에서 가장 많이 시공하는 어도형식이다. 그러나 일본을 포함한 국외에서의 어도는 대부분의 경우 연어, 은어, 송어 등 경제성이 있는 소하성 어류를 대상으로 하였기 때문에 어도의 구조와 규격도 이들 어종의 유영능력에 맞추어져 있다. 이러한 어종은 일반적인 담수어종에 비교하여 비교적 유영력과 도약력이 우수하다. 따라서 이들 어종을 주요 대상으로 설치된 계단식어도는 계단간의 낙차를 크게 하여 결과적으로 어도내의 유속이 빠른 것이 일반적이고 소상중인 어류가 휴식할 수 있는 공간이 없다. 또한 어도내의 유황이 고르지 못하며, 노치를 지그재그로 설치하면 풀 내에서 순환류가 발생하여 소상중인 물고기가 풀 내에 머무르는 일

이 발생하기도 한다. 그러나, 본 표준설계에서 제안하고 있는 1/20의 경사를 유지할 경우 낙차 1m 정도의 수리시설물에서 경제성과 함께 효율성이 높을 것으로 보인다.

(2) 아이스하버식 어도

풀형식중에서 아이스하버식은 전면월류형 어도가 격벽 전체로 물이 넘는데 비하여 비월류부를 갖는 것이 특징이다. 아이스하버식 어도는 월류부가 양쪽으로 있고 가운데 비월류부를 두어 이곳에서는 물의 흐름이 없다. 월류부에서는 어도 내의 유황이 고르고, 비월류부의 아래에서는 소상중인 물고기가 휴식할 수 있는 공간이 된다. 어도의 형태가 도벽식이나 계단식 어도와 비교하여 비교적 복잡하여 정밀시공이 어렵고 시공비가 더 든다. 그러나, 현재 아이스하버식 어도가 설치되어 있는 섬진강과 탄천 등에서 조사한 어도 이용효율조사의 결과를 보면 하천에 서식하는 모든 어류와 다양한 크기의 어류가 본 어도를 이용하는 것으로 조사되어 유량의 차이나 낙차의 크기에 관계없이 국내 하천에 적용하는데 가장 적합한 형식의 어도로 보인다.

(3) 버티컬슬롯식 어도

버티컬슬롯식 어도는 도벽식과 유사한 형태를 보이나 격벽의 일부분을 상류쪽으로 꺾어서 물의 흐름을 억제하고 반대편에도 작은 격벽을 설치하여 유속을 줄이도록 설계되어 있다. 이에 따라 각 격벽내에서 일시적으로 물이 저류하는 특징을 보여 부분월류식 어도에 포함하고 있으며, 일부에서는 수로형식에 포함하는 경우도 있다.

버티컬슬롯식 어도는 격벽 사이에서 물이 저류하여 물고기가 쉴 수 있는 공간이 되는 것은 사실이나 지속적인 흐름이 발생하고 비교적 유속이 빨라 전문가의 수리검토가 필수적이다. 또한 구조가 복잡하여 현장에서 정밀 시공하기가 쉽지 않으며, 경사도를 작게 하지 않을 경우 도벽식과 마찬가지로 어도를 이용하는 어류의 종류를 제한하는 결과를 낳는다. 한편, 일반적인 풀형식 어도는 격벽의 상단을 물이 넘어서 흐르는 형식인데 비교하여 버티컬슬롯식 어도는 두 개의 격벽 틈으로 물이 흘러 수위가 증가함에 따라 어도 내부에서의 유속이 크게 빨라진다. 또한 어도를 통하여 흘러 나가는 수량이 많아 용수를 이용하는 입장에서는 불리한 형식의 어도로 국외에서는 대부분 저수량이 많은 저수지 등의 어도로 이용하고 있다.

(4) 도벽식 어도

도벽식(導壁式) 어도는 경사진 평면 수로에 물흐름을 유도하는 저류공(洄流工)으로 도류벽(導流壁)을 만들어 어도 내에서의 물의 흐름을 길게 하고 유속을 조금 줄이는 어도 형식으로 과거에는 가장 많이 시공하던 어도 형식이고, 현재도 계단식 어도 다음으로 많이 시공되는 형식이다. 도벽식 어도는 그동안 일반적으로 1/10정도의 기울기로 시공되기 때문에 유속이 무척 빠르고 어도 내에서 유속의 분포가 고르지 못하며, 어도의 수심 유지가 매우 어렵다. 반면에 시공이 비교적 간단하기 때문에 유영력과 도약력이 좋은 황어, 은어 등을 위해서 시공되어 왔다. 따라서 낙차가 1m 이내인 작은 수리구조물이나 수계의 상류지역의 좁은 하천에 주로 시공하는 것이 타당하다.

(5) 어도설치시 검토해야할 사항들을 모두 만족하기는 사실상 불가능하지만 이에 가장 가까운 형식으로는 수로형식(水路型式)중에서 인공하도식 어도를 뽑을수 있다. 그러나, 인공하도식(人工河道式)은 기울기가 그 지역의 하천 자연경사와 비슷하게 설치해야 그 지역에 서식하던 모든 어종이 이용 가능하므로 길이가 너무 길어지고 건설비용이 높은 단점이 있다. 인공하도식 어도가 앞에서 말한 여러 가지 이유로 적용하기가 어렵다면 다음으로 위의 조건을 만족하는 어도는 아이스하버식 어도이다. 아이스하버식 어도의

경우 각 풀의 수리조건이 동일하여 안정적인 흐름을 얻을 수 있으며 비월류부 밑에서 소상 중인 물고기가 휴식할 수 있고, 풀내에 순환류가 발생하지 않아 진입한 어류가 어도 내에서 머무르지 않는 등의 장점이 있다. 그러나, 수리시설물의 규모에 따른 낙차나 하천의 유량 등에 따라 적합한 어도 형식의 선정과 설치 위치, 어도의 경사, 어도의 입구 위치 및 형태가 어도의 성패를 좌우하므로 이러한 사항을 포함한 하천환경의 기초조사와 그에 따른 어도설치계획의 수립이 중요하다.

29.2.3 어도의 표준형식 설정

- (1) 어도의 표준형식은 계단식, 아이스하버식, 버티컬슬롯식, 도벽식 어도로 설정하고 <그림 29.9>~<그림 29.12>의 표준도면을 참고한다.
- (2) 어도 설치 시 오류를 범하기 쉬운 출구부에 대하여는 각각의 형식에 대하여 <그림 29.13>의 표준도면을 참고한다.

해설

(1) 계단식 어도

계단식 어도의 평면도(폭 2m 기준)는 <그림 29.9>와 같으며, 격벽의 상단을 수평으로 하는 경우와 경사를 주는 경우, 그리고 격벽 상단에 노치(notch)를 준 형태가 있다. 격벽에 경사나 노치를 준 것은 작은 수위의 변화에 대하여 안정적인 흐름을 유지하고 물고기가 적당한 유속의 흐름을 따라 소상하도록 하기 위한 구조이다. 한편, 잠공은 격벽의 하단에 작은 배출구를 조성하여 풀 내부에 모래 등의 이물질이 퇴적되는 것을 방지하고 바닥으로 유영하는 물고기의 이동을 원활하게 하기 위하여 조성한 것으로 일종의 보조 유로라고 볼 수 있다.

(2) 아이스하버식 어도

아이스하버식 어도는 <그림 29.10>과 같으며 계단식 어도와 마찬가지로 격벽 간격(경간)은 2m 이며, 기준형의 어도 폭은 3m로 제시하였다. 계단식 어도처럼 격벽의 아래 부분에는 잠공을 두었다.

(3) 버티컬슬롯식 어도

버티컬슬롯식 어도<그림 29.11>의 표준모형은 폭 2m로 제시하며, 하천의 유량 등에 따라 폭을 변동하여 적용할 수 있다. 격벽간의 간격은 2.5m이고 어도 내부에서 유속이 빨라지는 것을 방지하기 위하여 기울기를 1/25로 제시하였다. 격벽간의 틈으로 흘러가는 수심은 20cm를 주었으며, 일반적인 버티컬슬롯식 어도보다 낮게 설계하도록 하였다. 이것은 국내 하천에 서식하는 어종이 큰 것이 별로 없어서 깊은 수심을 요구하지 않으며, 또한 수심을 깊게 할 경우 보에서 어도를 통하여 유출되는 유량이 지나치게 많아 수리시설물 관리자가 어도 입구를 막는 경우가 발생하기 때문이다.

당초 버티컬슬롯식 어도의 장점은 물이 흐르는 수직으로 된 틈새의 높이만큼 상류 저수위의 수심이 변동해도 어도의 기능을 유지할 수 있다는 것이다. 도벽식 어도도 도류벽의 깊이만큼 수위가 변화하여도 어도로 물이 흘러 어류가 올라 갈 수 있는 것이다. 물론, 깊이가 너무 깊은 경우에는 유속이 지나치게 빨라져 어류가 올라가는데 문제가 된다. 따라서 다른 형식의 어도보다도 버티컬슬롯식 어도는 어도를 통한 유량의 손실이

커서 시설관리자가 회피하는 어도 형식이 되고 있으며, 이에 따라 일부에서는 어도의 출구를 각낙으로 막아서 어도로 물이 흐르지 않게 되거나 각낙에 의한 낙차로 물고기가 소상하지 못하는 경우가 발생한다. 또한 국내에서는 버티컬슬롯식 어도의 출구부를 버티컬슬롯식 어도의 격벽과 동일한 형태로 조성하지 않고 계단식 어도의 출구부와 같이 보 상단의 10cm 정도만 낮추어 설치하는 경우가 많은데 이러한 경우 출구부와 첫번째 격벽 사이에 낙차가 크게 형성되어 마찬가지로 물고기가 소상하지 못하게 된다. 이와 같이 어도 출구부를 보 높이보다 10cm 만 낮춘 형식으로 조성하면 상류의 수위변화에 대한 대응이라는 버티컬슬롯식 어도의 장점은 없는 것과 같게 된다. 버티컬슬롯식 어도에서 출구부를 10cm 수심만 들 경우에는 어도 출구부의 낙차가 커져서 물고기가 소상하지 못한다. 따라서 보의 높이보다 어도 바닥을 20cm 낮추어 보의 물을 보높이로 관리할 때 어도의 유황을 좋게 하고 지나친 방류를 줄이는 것이 좋다. 현실적으로 우리나라의 농업용 보에서는 버티컬슬롯식 어도나 도벽식 어도의 장점인 수위변화에 대응하는 능력은 거의 없고 다만 수위가 올라 갈 때는 다른 형식의 어도 보다 유리할 것으로 판단된다.

교각보호공이나 관보호공, 경관용처럼 용수 수요가 없는 낙차공에 어도를 설치할 때는 격벽의 깊이(수심)를 그 낙차공의 수위변화폭 만큼 깊게 계획하면 수위가 변화하여도 각각의 유속 및 유량에 따라 어류가 올라갈 수 있으므로 이러한 보의 경우에는 버티컬슬롯식 어도를 사용하는 것도 좋을 것이다.

(4) 도벽식 어도

도벽식 어도의 표준모형은 폭 1m로 제시하며, 하천의 유량 등에 따라 1~3m 까지 적용할 수 있다. 격벽간의 간격은 2.5m이다. 도벽식 어도는 낙차가 1m 이내인 경우에 한하여 적용하는 것이 바람직하다. 도벽식 어도의 흐름이 발생하는 곳의 수심은 버티컬슬롯식 어도와 마찬가지로 20cm로 조성한다.

(5) 어도입구 및 출구의 표준모형

① 어도 입구

어도의 입구는 어도의 하단으로 물고기가 진입하는 입구이다. 이곳은 하천의 유황에 따라 퇴적 또는 침식이 반복되는 곳이다. 어도의 입구에 침식 또는 퇴사의 퇴적이 발생하면 물고기가 어도 입구를 찾지 못하게 되어 어도를 이용할 수 없게 된다.

하천에서의 침식과 퇴적은 하천의 구간에 따라 기본적으로 다르게 나타나지만 유역의 토지이용이나 하천관리 과정에서 변동하기도 하기 때문에 어도를 설치한 이후에 나타나는 침식이나 퇴적에 따라 유로를 확보하거나 또는 사전에 낙차가 발생하는 것을 방지하도록 어도를 설치하여야 한다. 물론 사전에 어도의 위치를 선정하는데 세심한 주의가 필요한 것이 사실이지만 유역의 상황이 변화하면서 나타나는 이러한 변동은 국내에 설치된 대부분의 어도에서 발생하고 있기 때문에 설치 이후의 사후관리가 필수적이다. 어도의 기울기를 1/20 이하로 충분히 주었다면 어도의 입구부분 격벽을 2개정도 수리구조물 하류의 수면 아래까지 연장하여 조성할 필요가 있다.

일반적으로 어도를 조성할 때는 하류의 수면까지만 어도를 조성하고 있는 것이

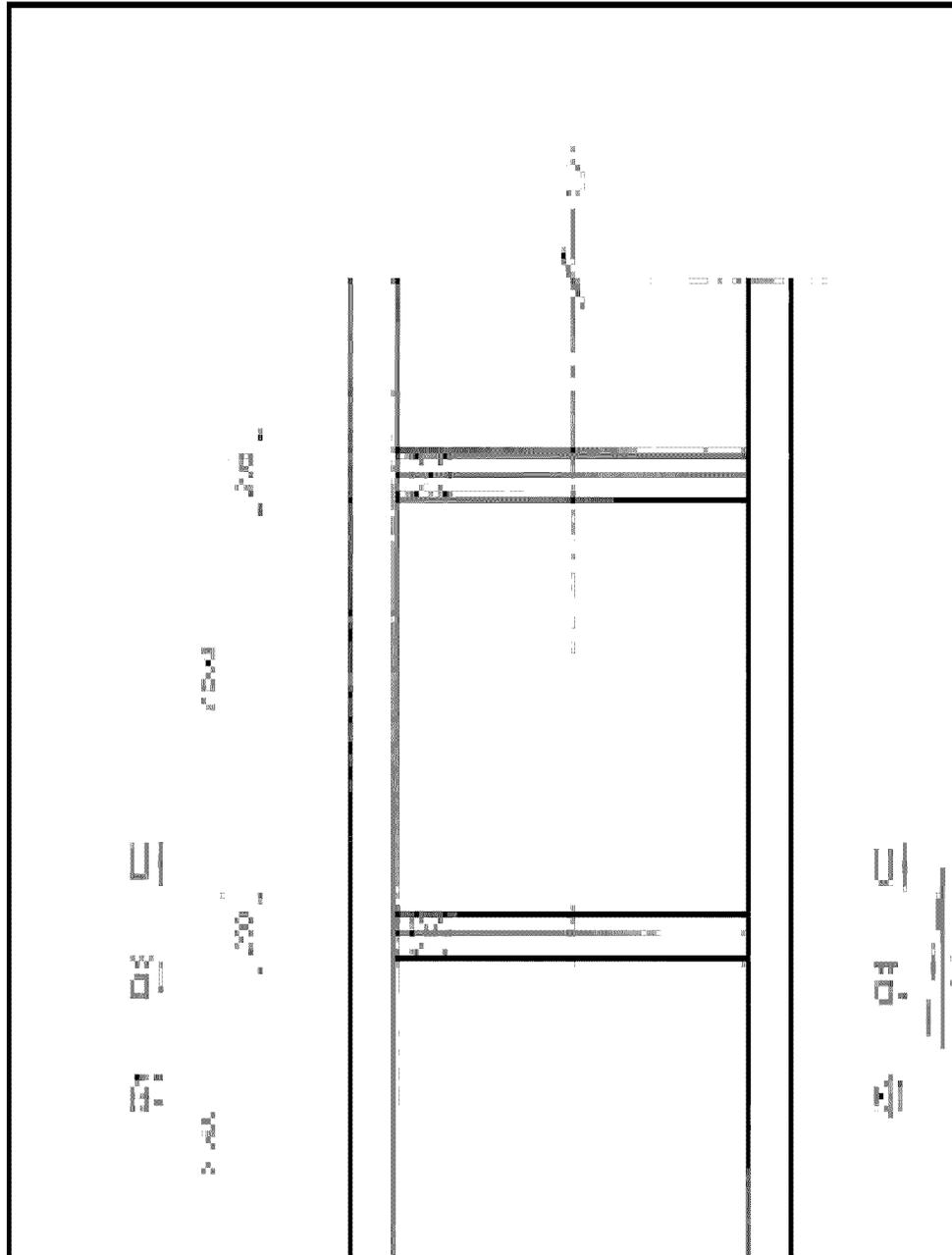
현실이지만 실제로 조성 이후에 하류의 침식이 발생하면서 어도 입구부에서 낙차가 발생하는 경우가 많다. 따라서 어도의 길이는 하류 수면의 아래로 격벽이 약 2개정도 더 내려가도록 조성하는 것이 필수적이다. 이렇게 되면 퇴적이나 침식이 발생해도 어느 정도 유로가 확보되거나 또는 낙차가 발생하는 것을 방지하여 물고기의 어도 진입을 가능하게 할 수 있다.

② 어도 출구

대부분의 수리시설물이 농업용수 취수보이기 때문에 용수를 사용하기 위해 어도의 입구를 각각으로 막는 경우가 있다. 이런 경우에는 어도로 물이 유입되지 않거나 각각과 어도 내부의 낙차가 발생하여 어도의 기능이 정지되게 된다. 이러한 문제점을 방지하기 위하여 항상 어도로 물이 유입되도록 각각이 없는 구조로 어도 출구부를 계획한다. 어도 출구부는 어도의 형식에 따라서 달라지므로 각각의 형식에 따른 격벽과 같은 구조로 조성하며 출구부의 첫 번째 격벽은 수리구조물의 끝 지점과 일치시키도록 한다.

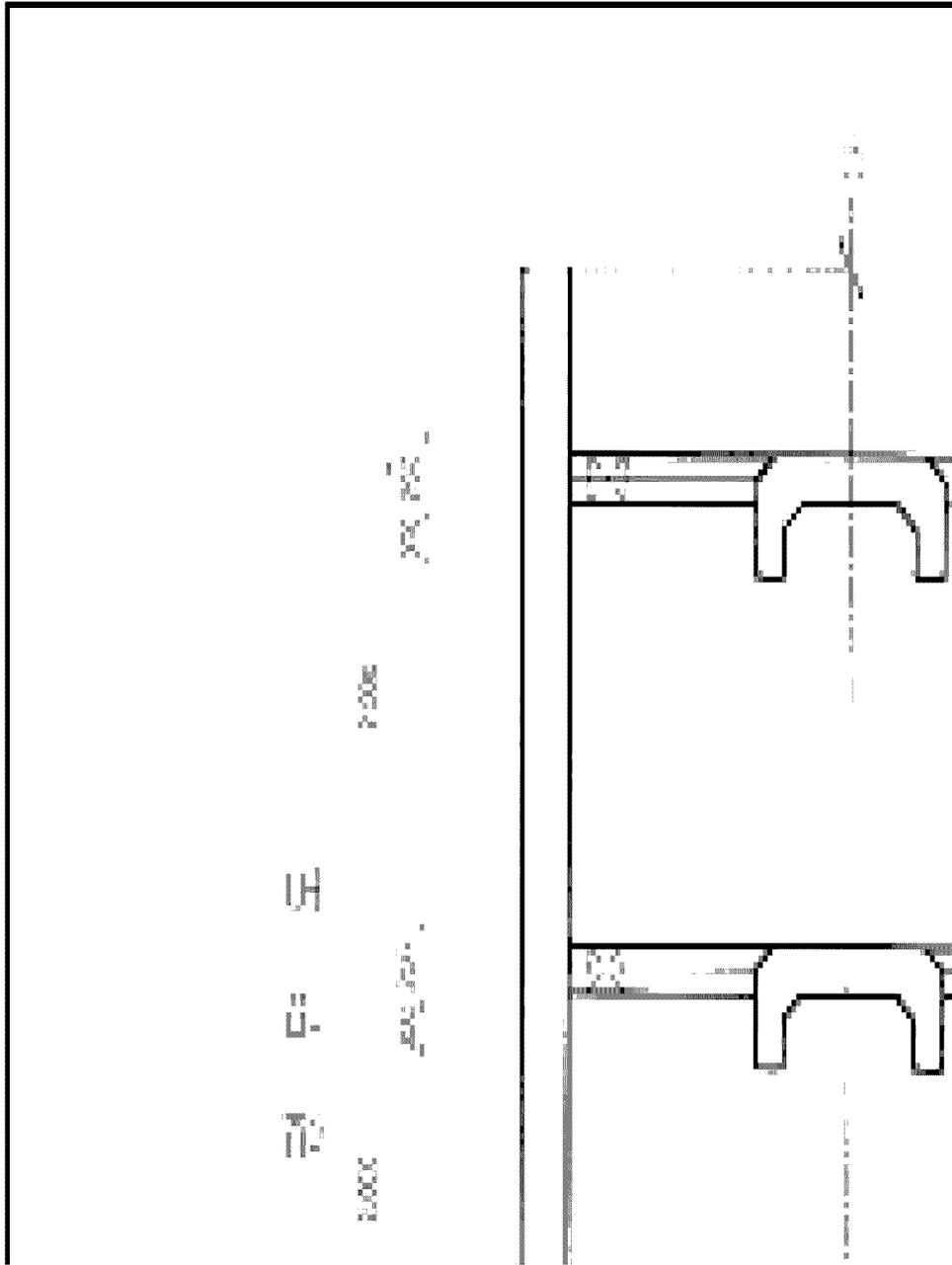
(6) 어도형식별 표준모형도

① 계단식 어도



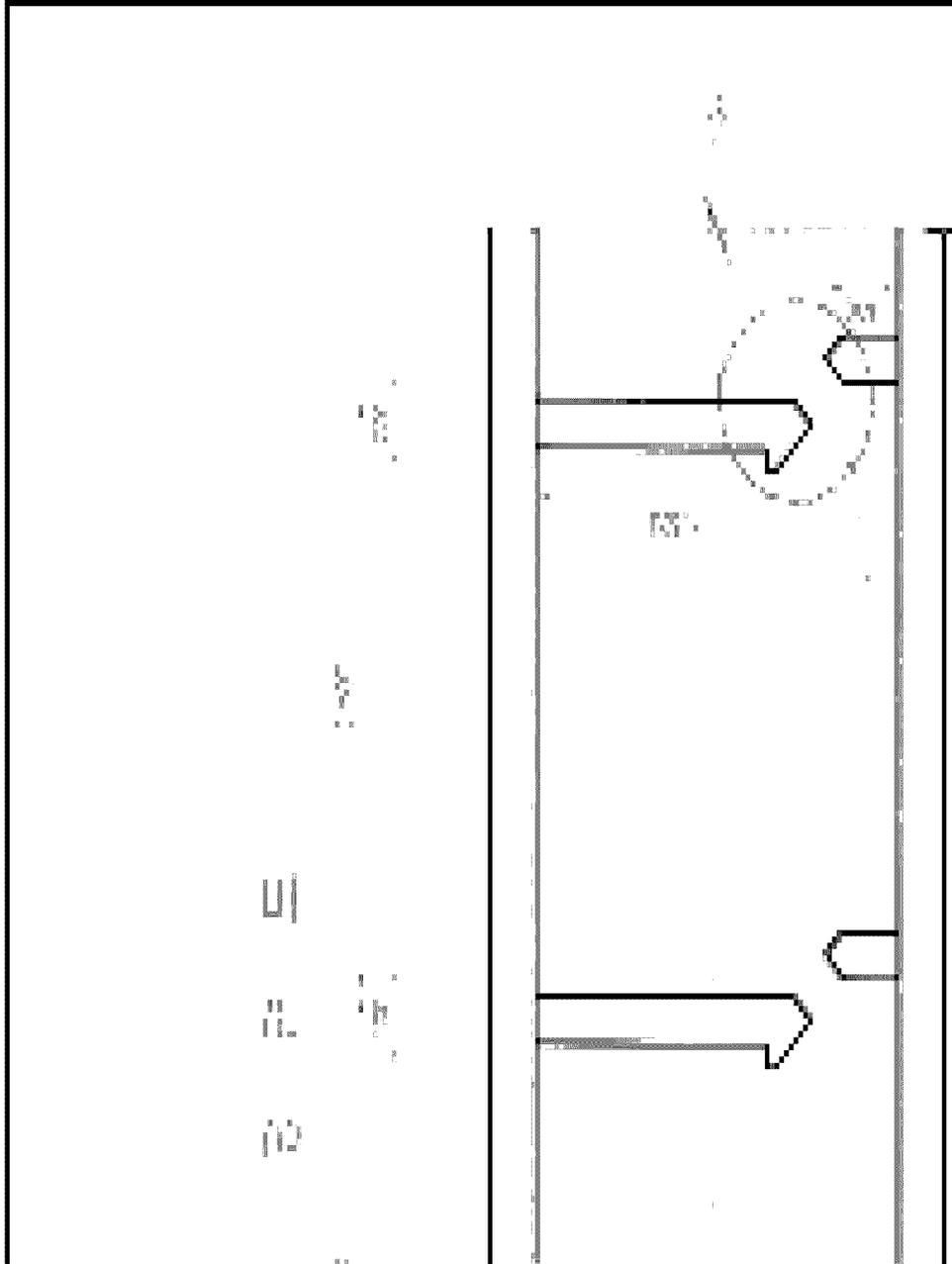
<그림 29.9> 계단식 어도의 표준모형도

② 아이스하버식 어도



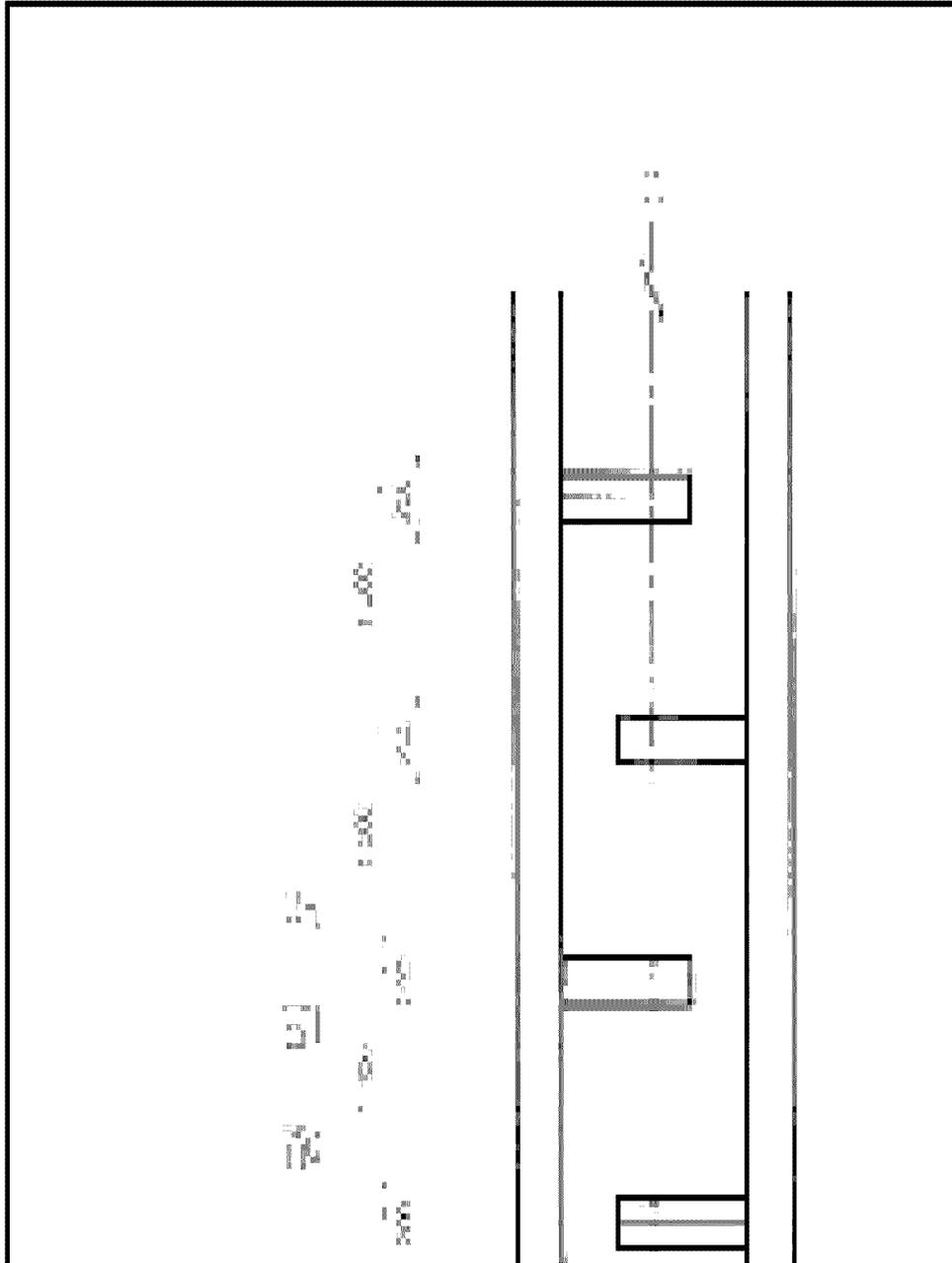
<그림 29.10> 아이스하버식 어도의 표준모형도

③ 버티컬슬롯식 어도



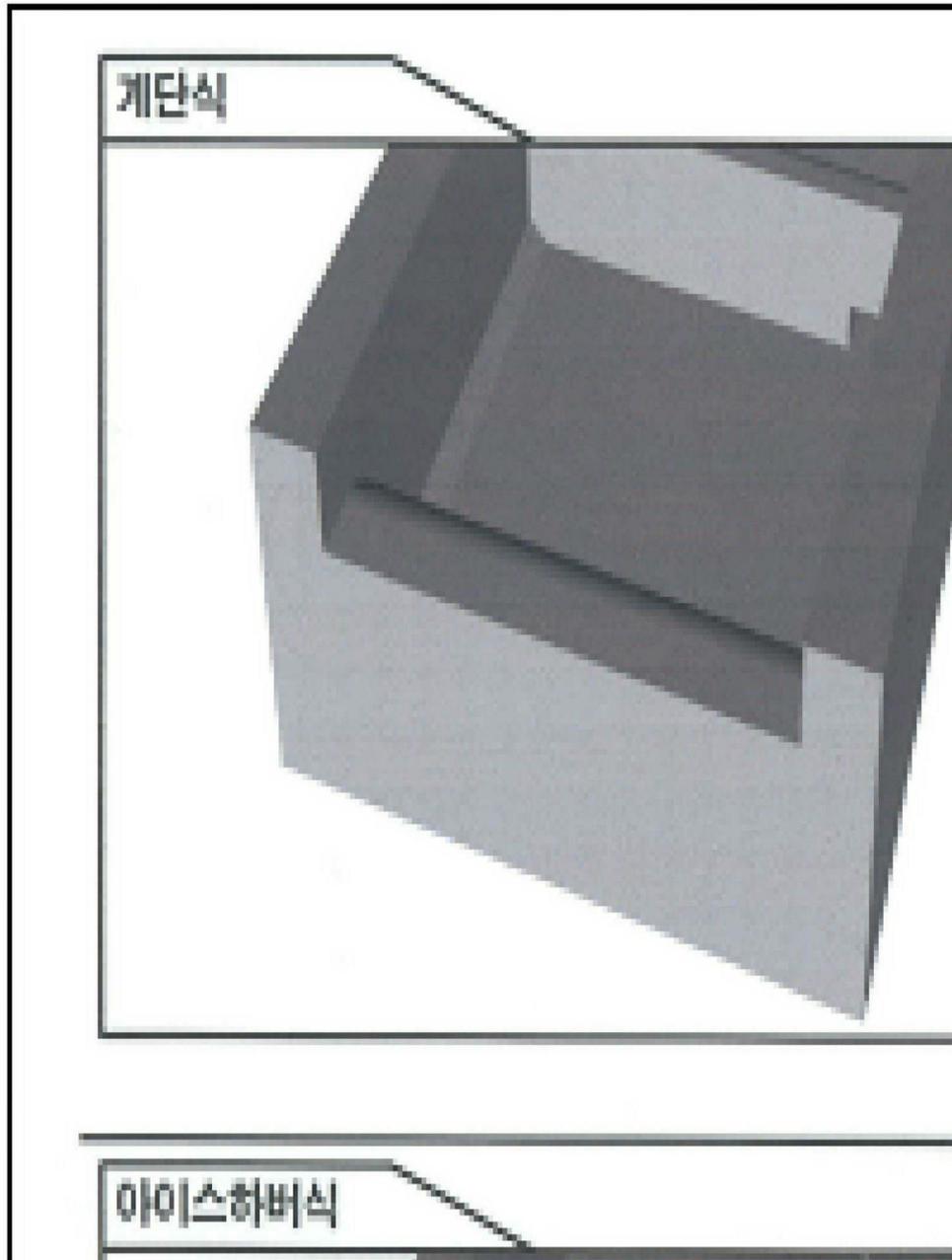
<그림 29.11> 버티컬슬롯식 어도의 표준모형도

④ 도벽식 어도



<그림 29.12> 도벽식 어도의 표준모형도

⑤ 어도형식별 출구부



<그림 29.13> 어도 출구부의 표준모형도

29.3 어도 세부설계

29.3.1 어도의 설계 절차

어도의 설계절차는 자료수집, 설계조건 설정, 기본설계, 상세설계, 유지관리계획 설계의 순서로 진행한다.

해설

(1) 자료수집 단계

- ① 어도설치 대상 수리구조물의 낙차공 또는 취입보 여부 및 규모, 낙차 등에 관한 자료
- ② 하천의 수문 및 수리
- ③ 하천의 수생 동식물 자료
- ④ 어도 설치 지점의 하천이용 및 기타자료

(2) 어도의 설계조건 설정

- ① 하천생태유지 기본유량
- ② 수리시설물에서 어도의 위치
- ③ 어도의 설계유량 및 어도의 갯수
- ④ 수리구조물 하류부의 어도설계 기본 하상고
- ⑤ 수리구조물 상류부 및 하류부의 어도 설계 기본수위
- ⑥ 회유성 수생동물의 한계유영속도
- ⑦ 어도 건설비용

(3) 어도의 기본설계

- ① 어도의 형식 선정
- ② 어도의 평면배치 설정
- ③ 어도의 입구부 및 출구부 설계
- ④ 어도 제원의 개략 설계

(4) 어도의 상세설계

어도 기본설계의 확정 후에 상세 설계 실시하며, 홍수시 어도의 안정성, 어도에 의한 홍수시 하천흐름 변동, 어도내 유속분포 및 어류 통과 단면적 등을 고려한다.

- ① 어도의 폭과 깊이 산정
- ② 어도입구부 상세설계
- ③ 어도출구부 상세설계
- ④ 어도경사를 기준으로 하여 어도길이 결정
- ⑤ 어도길이가 긴 경우 어도내에 어류가 휴식할 pool의 장소와 크기 설정
- ⑥ 격벽간격 및 월류 격벽의 제원
- ⑦ 비월류격벽에 의한 pool 규모
- ⑧ 최대유속 및 월류수심 추정

- ⑨ 월류격벽이나 비월류격벽의 물과 접촉하는 모서리는 흐름의 박리현상이 일어나지 않도록 유선형 등으로 처리
- (5) 어도시설 유지관리계획 설계
 - 어도의 유지관리계획 설계에서는 다음과 같은 항목을 반드시 포함시켜야 하며 이는 어도의 조성 이후 정상적인 기능유지에 필요하다.
 - ① 홍수전후의 어도관리
 - ② 주요 회유성 어류 이동시기의 유지관리
 - ③ 시공 후 어도의 이용효율판정을 위한 계획

29.3.2 어도형식의 선정

어도의 형식 선정은 이용어종의 다양성, 대상어종의 유영력, 수리시설물의 길이, 어도의 유량, 수리시설물의 상하류 낙차, 상류 수위 변동폭, 공사비, 유지관리비, 휴식 풀의 필요성 등을 고려하여 선정한다.

29.3.3 어도의 세부 설계요소

- (1) 어도의 폭은 갈수기 유량을 기준으로 하며, 경사도는 1/20 이상으로 한다.
- (2) 어도 내부의 수심은 수로형식의 경우 격벽 사이에서 0.2m 이상으로 하고, 풀형식의 경우 0.7m 이상으로 한다.
- (3) 어도 시설의 콘크리트 강도는 보의 설계강도에 준한다.

해설

- (1) 어도의 폭은 하천에서 용수를 제외한 갈수량을 어도로만 유하시킬 때 월류수심을 10cm(버티컬슬롯식 및 도벽식 어도는 20cm)에 해당하도록 설정한다.
- (2) 어도의 길이는 수리시설물의 높이와 어도 경사도에 의해서 결정하며, 신축 및 시공이음을 설치하여 구조물의 균열을 방지한다.
- (3) 어도의 높이는 어도의 출구 수위와 입구의 수위차로 설치하는 수리구조물의 상류의 수위와 하류 하상에서의 수위에 따라 결정한다.
- (4) 어도의 경사도는 아래 항목에 따라 결정한다.
 - ① 경사도는 1/20 이상을 기본으로 하고, 버티컬슬롯식은 1/25 경사로 한다.
 - ② 기울기는 어도의 입구와 출구의 높이 차이(h)와 어도의 길이(L)의 비(h/L)로 계산한다.
 - ③ 어도의 경사도는 평균경사도가 아니며 가장 급한 곳의 경사가 1/20보다 완만하도록 설계한다.
 - ④ 계단식과 아이스하버식 어도에서 격벽간의 낙차는 10cm를 넘지 않도록 한다. 이것은 어도 입구부에서의 최종 격벽과 수리구조물 하류의 하상수위와의 낙차에도 적용된다.
- (5) 어도 내부수심은 수로형식 어도에서는 격벽사이의 최소 수심이 0.2m 이상으로 설계하

고, 풀형식 어도에서는 격벽 간격과 깊이가 물고기의 도약에 충분하도록 간격 2.0m, 깊이가 0.7m 이상으로 설계한다.

- (6) 어도 출구부의 첫 번째 격벽은 어도 내부의 격벽과 동일한 구조로 하며, 인체 상류면에 접하도록 설계한다. 어도 출구부에는 각낙을 설치하지 못하도록 설계한다.
- (7) 기타사항
 - ① 어도입구로 물고기를 유인하기 위하여 어도 입구에 빠른 유속의 물을 보내는 유인수로의 설계는 어도 이외로 흐르는 여유수량의 활용을 고려한다.
 - ② 어도입구 보호설비는 퇴사나 침식에 의한 입구차단 또는 낙차 발생을 방지하기 위한 구조로 설계한다.
 - ③ 계수·관측설비는 어도의 물고기 이용효율 평가 및 관리에 활용하며, 어도 설치 후에는 반드시 효율평가를 통한 검증이 필요하다.

29.3.4 어도의 이용효율 평가

- (1) 어도의 이용효율 평가는 어류소상뿐만 아니라 하천환경변화를 포함하여야 한다.
- (2) 모니터링 시기는 어류가 주로 소상하는 3~10월을 기준으로 하되, 산란기에는 추가 조사한다.
- (3) 어류채집을 위한 어망은 치어 소상을 고려하여 망목 5mm 이내의 것을 사용하고, 어도 출구 전체에 설치하여 24시간 포집 하여야 한다.

해설

- (1) 시공된 어도를 평가하기 위하여 회유성 어류의 이용효율을 분석하여야 한다. 이 때에는 어도를 이용하는 물고기의 이용효율뿐만 아니라 하천의 어류상을 포함한 조사를 시행하여 비교 분석하여야 한다.
- (2) 어도의 적합성 여부는 어도의 구조에 의해서만 결정되는 것이 아니라 수리구조물에서의 설치 위치나 하류 하상과의 접합위치와도 관계되므로 이러한 상황과의 종합분석을 통하여 보다 좋은 효율을 얻기 위한 추가 조치계획을 수립하여야 한다. 예를 들어서 하천 양안 중에서 어류의 이동과 서식이 현저히 다른 것으로 조사된 경우에는 수제 등을 이용하여 어도 입구로 물고기를 유인하는 방법도 고려할 수 있다.
- (3) 또한 홍수기를 지나면 어도 하류의 하상변화 등으로 물길이나 낙차가 발생하는 하천도 있을 수 있으므로 시공된 어도를 평가하는데 있어서는 이러한 하천환경변화에 대한 평가를 포함하여야 한다.
- (4) 이용효율조사에서는 가능하면 어도 내부 및 어도 입구와 출구부의 유속을 함께 측정한다. 유속은 격벽 중심의 상단에서 표면수의 흐름을 측정하는 것으로 조사하며, 측벽부의 유속이 다를 수 있으므로 각 부분을 나누어 세밀하게 측정하는 것이 좋다. 또한 격벽간의 유속변화를 어도 설치 이후에 지속적으로 조사하여 유량(월류수심) 변화에 따른 유황의 변동을 파악해 두는 것이 어도를 효과적으로 이용하고 추가적인 설치 등을 고려하는데 기초자료가 된다.
- (5) 모니터링 시기는 물고기가 어도를 이용하는 시기가 한정되지 않으므로 연중 어도 이용효율을 분석하여야 한다. 내륙에서는 수온이 5℃ 이하로 하강하는 11월말부터 2월까지

의 기간에는 대부분의 물고기가 이동이 없지만 연안지역의 하천에서는 얼음이 녹기 시작하는 2월부터 빙어, 꺾정어 등이 20~30mm의 크기로 올라오고 있으므로 연중 조사한다. 물론 내륙의 계류에서도 열목어 등이 얼음이 녹는 2월부터 상류로 이동하므로 산간 계곡에 설치한 어도는 얼음이 녹는 시기부터 조사한다. 조사는 월 1~2회 정도 실시하고 3월에서 6월까지의 산란기에는 추가조사를 실시한다.

(6) 조사 방법

- ① 어도 출구부분의 월류부 또는 유하 통로에 집어망을 설치하여 어류를 채집하고 동정 및 계수, 체장 및 무게 등을 측정한다.
- ② 어류채집을 위한 어망은 망목 5mm 이내의 것을 사용하고 측벽과 빈틈이 있어서는 안되며, 어항이나 족대 등으로 부분 채집을 하지 않도록 한다.
- ③ 어망은 일몰시간부터 다음날 정오 또는 24시간 설치하여 이용어류의 전수조사가 가능하도록 해야 한다.
- ④ 조사 이후에는 기록 및 사진 등으로 자료를 남기고 방류한다.
- ⑤ 어도내 물이 흐르는 모든 월류부 또는 유하통로에 설치하여 조사하는 것이 바람직하며, 상황이 여의치 않을 경우에는 좌·우측면의 통로를 우선 조사한다.
- ⑥ 특히 회유성 어류중에서 치어 상태로 하천에 올라오는 종이 많으므로 이러한 종이 모니터링에서 제외되지 않도록 조사에 유의한다.
- ⑦ 이용효율조사는 어류를 전공한 전문가가 종의 동정과 계수, 이용 시기, 이용하는 어류의 체장 등을 정확히 기록 분석하는 것이 좋다.
- ⑧ 전문가에 의한 조사는 매회 직접 수행하기 어려우므로 어류의 이용이 집중되는 3월에서 6월까지 매 2주일에 한번씩은 실시하고 나머지 기간에는 야장을 만들어 시설 또는 어도 관리자가 기록하게 한다.

(7) 기록은 조사 년/월일, 어도 상하류의 하상변화(낙차, 퇴적물 상태 등), 조사시간, 기상, 강우량, 월류수심, 물고기의 종류와 수, 물고기 개체특성(크기, 체중 등) 등을 매회 조사마다 적을 수 있도록 작성하여 시설관리자가 비치해 둔다.

제 30 장 수문

30.1 일반사항

30.1.1 적용범위

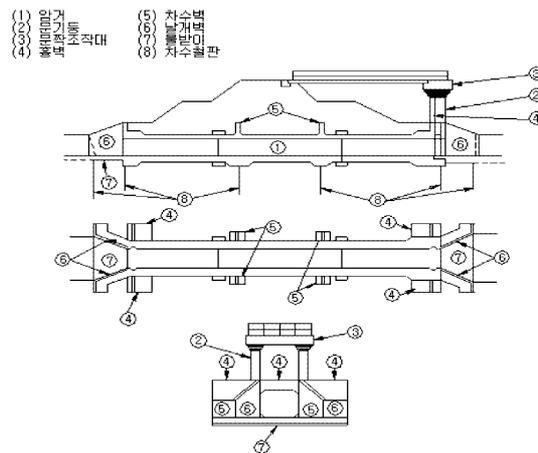
- (1) 본 장은 수문설계에 관한 표준적인 사항에 대해 기술한다.
- (2) 수문은 내수배제, 역류방지 및 각종 용수의 취수를 위해 하천 또는 제방에 설치하는 구조물로서 제방의 기능을 가지고 있는 것을 말한다.

30.1.2 용어의 정의

수문 : 조석의 역류방지, 내수배제, 각종 용수의 취수 등을 목적으로 제방을 절개하거나 본류로 유입되는 지류를 횡단하여 설치하는 구조물.

해설

수문의 기본구조와 각부 명칭은 <그림 30.1>과 같다.



<그림 30.1>수문의 기본구조

30.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장을 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 장은 아래와 같다.

- ① 제16장 설계수문량
- ② 제17장 홍수방어계획
- ③ 제20장 내수배제 및 우수유출저감계획
- ④ 제23장 제방
- ⑤ 제24장 호안
- ⑥ 제26장 하상유지시설

30.2 설계일반

30.2.1 일반사항

- (1) 수문은 계획홍수위(고조구간에서는 계획고수위) 이하의 우수작용에 대한 안전한 구조가 되도록 설계한다.
- (2) 수문의 설치위치는 설치목적과 하천관리상의 지장유무에 따라 신중히 결정해야 한다.
- (3) 바닥높이는 설치목적에 따라 다르며, 장래의 하상변동 상황, 하상고와 수로의 바닥높이를 고려하여 결정한다.
- (4) 수문의 설치방향은 제방법선에 직각으로 최대한 간단한 구조가 되도록 한다.

해설

- (1) 수문은 계획 홍수위 이하의 흐름에 방해되지 않고 부근의 하안과 구조물에 현저한 영향을 미치지 않아야 하며 수문에 접촉한 하상이나 고수부지 등의 세굴을 방지 할 수 있는 구조가 되도록 설계한다.
- (2) 제체내에 다른 성질의 구조물이 설치되면 제방과 구조물의 연결부에서 누수 등에 의하여 제방의 안전에 지장을 주기 때문에 하천제방의 정규단면 내에서는 다른 시설물을 설치하지 않는 것을 원칙으로 하고 있다. 그러나 이수, 치수 등의 이유로 인해서 수문의 설치가 불가피한 경우는 제방구조에 영향을 주지 않는 범위에서 예외로 할 수 있다. 따라서 수문의 설계시에는 그 설치목적과 필요성을 명확히 하고 전체적인 하천계획과 시공성, 경제성, 환경성 등을 고려해야 한다.

30.2.2 분류

수문의 분류는 목적, 형식, 구조, 형상에 따라 분류한다

해설

(1) 목적에 의한 분류

- ① 배수문 : 제내지의 하수 및 우수를 배제하기 위해 또는 홍수시나 만조시에 외수의 침입을 방지하는 동시에 분류수위가 강하했을 때 제내의 배수를 목적으로 설치하는 것이다.
- ② 용수취수문 : 관개용수, 공업용수 또는 생활용수를 취수하기 위해 제방에 설치한 것으로 일반적으로 통수량이 적으므로 통문의 형태가 많다.
- ③ 역수문 : 보통 지류의 하류부에 설치되며 본류의 역류를 방지하고 지류 자체의 과대한 치수시설을 하지 않고 그 범람을 방지하고자 설치하는 것이다.
- ④ 역조수문 : 하천의 감조부에서 염수피해를 방지하기 위해 본류 또는 지류를 횡단해서 설치하는 수문이며 일반적으로 하구부에 설치되므로 규모가 크게 된다. 따라서 홍수소통에도 큰 지장이 없도록 하는 동시에 간만조시에 그 목적을 충분히 달성할 수 있도록 설계되어야 한다.
- ⑤ 통선수문 : 수운을 주목적으로 설치하는 것이며 내외해 또는 상하류의 수위차가 있는 구간에서 수운을 위해 설치한 것은 별도로 갑문이라 한다.
- ⑥ 유량조절 수문 : 본류의 중·상류에서 지류의 분류량을 조절하기 위해 설치하는 수문이다.
- ⑦ 육갑수문 : 도로 또는 철도로 인하여 하천제방을 계획상 필요한 높이로 축조할 수 없는 경우에 그 부분에 한해서 육갑구조로 만든 것이다.

(2) 형식에 의한 분류

- ① 단경간 수문 : 통수단면이 하나인 수문이다.
- ② 다경간 수문 : 배수, 역류방지, 수운, 분류유량조절 등을 목적으로 하는 경우가 많으며 일반적으로 규모가 크고 각 경간의 길이가 같은 것과 다른 것이 있다.

(3) 구조에 의한 분류

- ① Sluice gate
- ② Rolling gate
- ③ Tainter gate
- ④ Drum gate

(4) 형상에 의한 분류

- ① 수문 : 분류를 횡단하거나 분류로 유입되는 지류를 횡단하여 제방을 분리시키는 형태로 설치한 문짝을 가진 구조물
- ② 통문 : 제방을 관통하여 설치한 사각형 단면의 문짝을 가진 구조물
- ③ 통관 : 제방을 관통하여 설치한 원형 단면의 문짝을 가진 구조물

30.2.3 설치위치

수문의 설치위치는 설치목적과 하천관리상의 지장유무에 따라 신중히 결정해야 한다. 만곡부, 하도단면이 협소한 장소, 하상이 불안정한 장소 등은 피하는 것이 좋다.

해설

- (1) 수충부나 연약지반은 피하고 하상이 안정된 지점을 선정한다.

- (2) 고수부지가 넓은 지점은 홍수에 의한 토사의 퇴적이 많아 수로 또는 통관이 매몰되기 쉽고 유지관리가 곤란하므로 설치위치로서는 적절하지 않다.
- (3) 하폭이 급변하지 않고 유수에 의한 세굴과 퇴적 또는 하상의 저하 등이 적은 지점을 선정한다.
- (4) 교량 등의 구조물 부근은 피하는 것이 좋다.
- (5) 배수가 목적일 경우는 제내지반 중에서 가장 낮은 지점을 선택한다.
- (6) 취수가 목적일 경우는 본류의 하상이 안정된 지점을 선택한다. 또한 요안부(凹岸部)에서는 저수위가 제방에 가까운 곳에 설치하는 것이 좋으며, 철안부(凸岸部)에서는 토사의 퇴적이 발생하기 쉽고 용수 취입구에 토사의 유입이 많으므로 가능한 피해야 한다.
- (7) 수문은 제방의 일부를 절개하여 설치됨으로 제방의 안전에 지장을 줄 우려가 있으므로 수문의 조작과 유지관리의 입장에서 볼 때 그 수는 적게 하는 것이 바람직하며 인접한 것은 통합시키는 것이 좋다.

30.2.4 바닥고

- (1) 바닥높이는 설치목적에 따라 다르며, 장래의 하상변동 상황, 하상고와 수로의 바닥높이를 고려하여 결정한다.
- (2) 취수를 목적으로 할 경우에는 각각의 취수목적에 따라 결정되지만 장래의 하상변동에 대해서도 고려하여야 한다.
- (3) 배수를 목적으로 할 경우에는 배수하는 하천의 하상고를 고려하여 결정한다.

해설

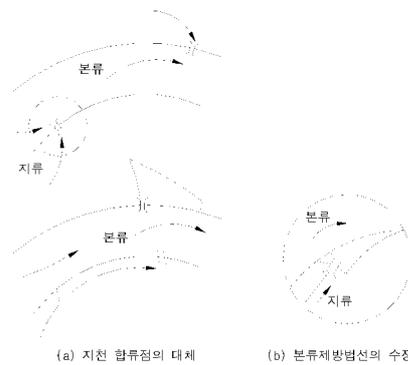
- (1) 취수문 근처에서는 하상저하에 의해 취수가 곤란해지는 경우가 많으므로 취수문을 설치하기 위해서는 과거의 하상변동을 조사하여 장래의 하상저하의 가능성에 대해 충분히 검토해야 한다. 그리고 바닥고를 너무 낮게 하면 취수량이 과다해질 우려가 있으므로 주의해야 한다.
- (2) 취수문의 바닥높이는 제내지반고, 수로의 바닥표고, 본류의 갈수위 및 하상고, 취수보의 높이 등을 고려하여 결정한다.
- (3) 본류의 갈수위가 제내수로의 표고보다 낮은 경우에는 취수구의 위치를 상류에 설치하거나 보를 설치하여 수위를 상승시키는 등의 방법을 고려한다.
- (4) 하상변동이 심한 경우와 하상저하의 경향이 있는 하천에서는 안전을 위해 바닥높이를 낮추는 것이 좋다.
- (5) 배수문의 바닥이 너무 낮으면 토사가 침전하여 유효단면적이 감소하고 너무 높으면 배수능력이 감소하며 제내측의 완전배수가 불가능하게 되므로 연결되는 배수하천의 하상고, 수로바닥표고, 장래의 하천개수계획 등을 검토하여 개수후에 그 기능이 충분히 유지될 수 있도록 바닥고를 결정한다.

30.2.5 설치방향

수문의 설치방향은 제방법선에 직각으로 최대한 간단한 구조가 되도록 한다.

해설

수문의 설치방향은 제방의 안전을 고려하여 구조상 복잡성과 시공상의 어려움을 피하여 가능한 한 제방법선에 직각으로 최대한 간단한 구조가 되도록 한다.



<그림 30.2> 수문의 방향과 본류 유향과의 관계

30.3 설계

30.3.1 단면 및 설계유속

- (1) 수문의 단면은 취수, 유량조절, 배수 등 설치목적에 따라 결정한다.
- (2) 토사 등의 배제에 지장이 없는 통관의 단면은 원칙적으로 내경을 60cm 이상(가능하면 1m이상)으로 한다.
- (3) 수문의 관내 설계유속은 토사침전을 방지하기 위한 목적으로 결정하며, 수문의 형식, 집수구역 등을 고려하여 결정하여야 한다.
- (4) 배수문의 관내 설계유속은 토사침전을 방지하기 위하여 관내 유속은 2~3m/sec를 표준으로 하고, 최소유속은 1m/sec보다 크게 하는 것이 바람직하다.

해설

- (1) 수문의 단면은 목적에 따라 결정한다

① 취수가 목적일 경우에는 취수계획상 과대하지 않는 범위내에서 갈수시에 도 계획

취수량을 확보할 수 있어야 하고 배수가 목적이면 경우에는 배수의 대상이 되는 집수면적내의 강수량, 본류와 내수의 유출특성등을 이용한 유출해석을 통하여 결정된 계획배수량을 배제할 수 있는 단면으로 한다.

- ② 유량조절이 목적이면 유량과 유속에 의해 결정되고, 홍수조절이 목적이면 홍수량과 수문상하류의 홍수시 내외수위 및 홍수량을 소통시킬 수 있는 수문의 개방도 등에 의해 결정된다.
- ③ 통관의 경우에는 작은 직경의 암거구조로 설치되는 경우가 많아서 토사나 이물질을 배제하기 어려우므로 배수 또는 취수량에 관계없이 가능한 큰 것으로 설치한다.
- ④ 배수를 위한 수문의 단면결정은 내수유량의 수문곡선 및 하천수위곡선을 설계조건으로 하고 수문, 통문, 통관의 단면을 여러 가지로 가정하여 각각의 크기에 대해서 내수위의 변화를 계산하여 최고수위가 허용높이 이하가 되는 크기로 결정하면 된다. 그러나 실용적으로 <표 30.1>과 같은 표준값(단면적)을 사용해도 좋다.

(2) 평지부 하천에서 관내 설계유속을 통상 1~2m/sec로 하는 경우가 많으나 배수유량해석을 하지 않고 합리식 등에 의해 최대유량을 기준으로 단면을 결정하는 소규모유역에서는 관내 유속을 3.5m/sec정도로 할 수도 있다. 그러나 일반적으로 토사의 침전방지 등을 고려해서 2~3m/sec의 관내유속을 표준으로 한다.

<표 30.1> 단면의 표준값 (단위 : m²)

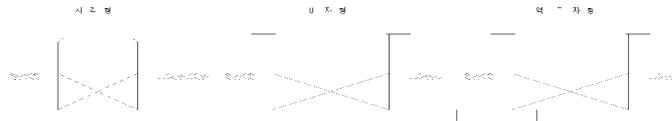
구 분	집수구역 (ha)	수로 하상경사		
		1/5,000 이하	1/5,000~1/1,500	1/1,500이상
통문 통관	100 이내	약 0.6	약 1.25	약 2.3
수문	1000이내	약 6.0	약 10.0	약 15.0
수문	5000이내	약 20.0	약 33.0	-

30.3.2 본체

- (1) 수문의 본체는 상판, 보기둥, 조작대, 문기둥, 문짝 등으로 구성되며 통문과 통관의 본체는 암거, 문기둥, 조작대, 차수벽 등으로 구성된다. 일반적으로 수문, 통문, 통관의 본체는 문짝을 제외하고 철근 콘크리트 구조로 하는 것을 원칙으로 한다.
- (2) 형식은 기초지반, 공사비, 시공성을 고려하여 결정하며, 본체 형식은 흐름에 지장을 주지 않도록 설계해야 한다.

해설

- (1) 수문본체의 형식은 <그림 30.3>과 같으며 소규모일 경우에는 사각형, 대규모일 경우에는 역T자형, 중규모일 경우일 때는 U자형으로 하는 경우가 많다. 따라서 형식은 기초지반, 공사비, 시공성 등을 고려하여 결정한다.
- (2) 본체 형식은 흐름에 지장을 주지 않도록 설계해야 한다. 암거의 길이는 원칙적으로 <그림 30.4(a)>와 같이 계획제방단면의 제외지 비탈끝에서 제내지 비탈끝까지로 설계하지만 바닥 높이와 통수단면 등의 이유로 계획제방단면 안에 설치해야 할 경우는 <그림 30.4(b)>와 같이 암거의 윗부분에서 홍벽 윗부분까지의 높이가 1.5m 이하가 되도록 설계해야 한다. 또한, 암거의 길이가 30m 이상이 되는 경우는 반드시 부등침하에 대한 구조검토를 시행하여야 하며 이음매를 설치할 필요가 있는 경우는 종방향 구조계산을 실시하여 설치하도록 하며 이음매를 암거의 중앙부근에 설치하는 것은 피하도록 한다.



<그림 30.3> 수문 본체의 단면형



<그림 30.4> 암거의 설치 종단면도

30.3.3 문기둥

문기둥의 높이는 문짝을 완전히 열었을 때 문짝 하단부까지의 높이, 문짝의 높이, 관리를 위한 여유고를 더한 값으로 한다.

해설

- (1) 수문 문기둥의 여유고는 문짝의 제작 설치사양과 유지관리성을 고려하여 정한다.
- (2) 문기둥의 높이는 위에서 언급한 높이와 계획제방고에 관리교의 형고를 더하여 조작대의 두께를 뺀 값과 비교하여 큰 값으로 결정한다.
- (3) 문기둥은 문짝 조작대, 관리교, 홍벽, 문틀 및 문짝과 연결된 콘크리트 구조물로서 큰 자중을 가지고 있으므로, 연약지반 상에 설치되는 경우 자중을 최대한 경량화 할 수 있는 구조로 한다.

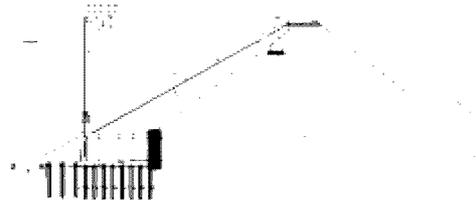


그림 30.5 수문 문기둥 및 문틀 및 문짝 설치예

30.3.4 문틀 및 문짝

문틀 및 문짝은 예상되는 하중에 대해 안전할 것, 충분한 수밀성을 가질 것, 개폐가 용이할 것, 내구성이 클 것, 유해한 진동이 생기지 않을 것, 보수에 편리할 것 등의 조건을 만족해야 한다.

해설

- (1) 일반적으로 수문의 문짝은 강구조로 설계하는 것이 원칙이며, 이용되는 문짝의 종류를 크게 분류하면 <표 30.2>와 같으며 그 형태는 <그림 30.7>과 같다.
- (2) 조작의 확실성에는 인양식 문짝이 가장 뛰어나며 Flap 문짝과 Mitre 문짝은 인공적인 조작이 필요하지 않는 대신 사소한 유하물에 의해서도 불완전 개폐 또는 개폐불능이 발생할 수 있다. 따라서 치수상 중요한 하천에서는 가장 확실한 인양식 문짝을 사용하는 것을 원칙으로 하고, Flap 문짝 또는 Mitre 문짝은 다음의 조건을 모두 만족하는 경우에 한정한다.
 - ① 불완전 개폐를 일으킬 위험이 없다고 인정되는 장소
 - ② 단기간 불완전 개폐가 되어도 치수상 지장이 없다고 인정되는 장소
 - ③ 인양식 문짝으로 할 경우에 배출시 개폐조작의 시기를 놓칠 우려가 있고 그 조작과 관리상 매우 곤란하다고 인정되는 장소 등이다.
- (3) 개폐장치는 문짝의 종류, 크기, 사용목적, 사용빈도 및 설치장소를 충분히 고려하여 결정한다. 개폐장치의 형식은 대략적으로 <표 30.3>과 같다.

<표 30.2> 문짝의 분류

종 류		재 료	개 폐 방 식	특 징
인양식 문짝	슬라이드형 문짝	강재 또는 강재와 목재의 혼합	Spindle방식 Rack 방식 Wire Rope Chain 방식 유압식 방식	1) 조작이 확실 2) 설치비용많음
	롤러형 문짝			
Flap 문짝			자 동	1) 불완전개폐의 가능 성 있음. 2) 설치비용저렴
Mitre 문짝			자 동	

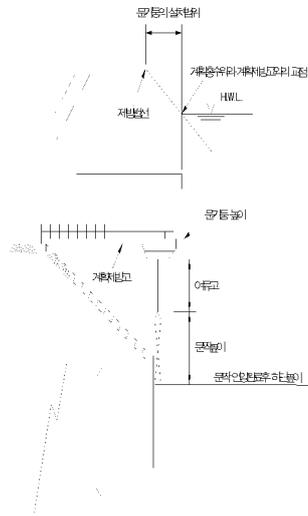
<표 30.3> 개폐장치의 형식선정

문짝의 종류	규 모	개 폐 장 치 의 형 식			
		Wire Rope Chain 방식	Spindle 방식	Rack 방식	유압식방식
롤러형 문짝	중 형	○	△	△	○
	소 형	△	○	○	△
슬라이드형 문짝	중 형	△	○	○	△
	소 형	×	○	○	×

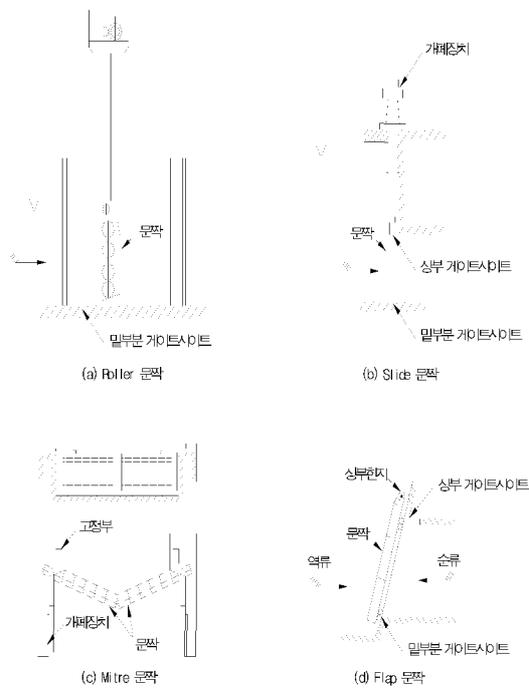
○ : 채택하여 이용하기에 적당한 형식

△: 경우에 따라 채택하여 이용하는 것이 가능한 형식

× : 채택하여 이용하기에 부적절한 형식



<그림 30.6> 통문 통관의 문기동 높이



<그림 30.7> 문짝의 형태

30.3.5 흉벽 및 날개벽

흉벽은 수문의 본체와 제방내 토립자의 이동 및 유출을 방지함과 동시에 날개벽의 파손등에 의한 제방의 붕괴를 방지할 수 있는 구조로 설계해야 한다.

해설

- (1) 흉벽의 구조형식은 <그림 30.8>과 같이 중력식, 역T자식, 부벽식 등이 있으나 역T자식이 일반적이다.
- (2) 흉벽은 본체와 일체구조로 수문의 제외지에 설치하며, 흉벽 상단은 계획제방단면 내로 한다.
- (3) 날개벽은 본체와 분리된 철근콘크리트 구조로 한다.
- (4) 날개벽 상단부는 계획제방단면에 일치시킨다.



<그림 30.7> 흉벽의 구조형식

30.3.6 연결호안 및 바닥보호공

- (1) 수문연결호안의 설치폭은 구조물 양끝을 기준으로 20m이상 혹은 굴착폭중 큰 범위 이상으로하며, 관리교 아랫부분의 경우에는 관리교 끝단에서 45° 이상으로 설치한다(<그림 30.9> 참조).
- (2) 바닥보호공은 제 26장 하상유지시설의 바닥보호공 규정을 참조하여 수문 수로와 본천 접합부에서 침식이 발생될 우려가 있는 경우 설치한다(<그림 30.10> 참조).

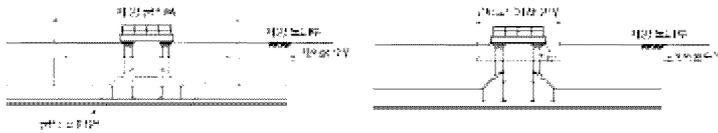


그림 30.10: 차수널말뚝의 설치 사례

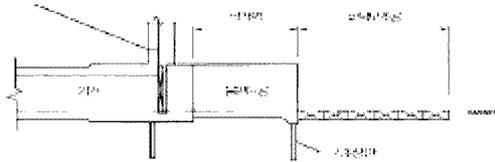


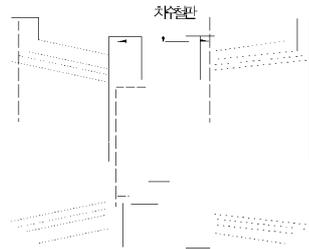
그림 30.11: 차수널말뚝의 설치 사례

30.4 차수공

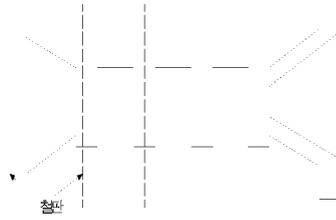
제방과의 접촉면을 따라 발생하는 침투수의 침투경로를 길게 하기 위해 적절한 차수공을 설치해야 한다.

해설

- (1) 수문의 차수널말뚝은 각각 <그림 30.11>과 같이 배치하며 그 재료는 경제성, 시공성, 내구성 등을 고려하여 선택하며 그 깊이, 길이, 설치위치는 파이프링 현상이 일어나지 않도록 검토하여 결정한다.
- (2) 특히 통문, 통관에는 침투수류에 의해 암거 주변에 파이프링이 생기는 것을 막기 위해 암거의 본체와 일체의 콘크리트 벽으로 1.0m 이상의 폭과 35cm 이상의 두께를 가진 차수벽을 설치해야 하며 제방단면이 크고 암거의 길이가 긴 경우에는 차수벽을 2개 이상 설치한다.



(A)



(B)

<그림 30.8> 차수공의 배치

30.5 수밀공 및 개폐장치

30.5.1 수밀공

수밀재는 교체가 용이해야하고, 내구성이 큰 것이어야 한다.

해설

- (1) 문짝의 수밀부는 일반적으로 스테인레스 강판, 동합금판, 고무로 설치한다.
- (2) 수밀고무는 간단히 교체될 수 있는 것으로 하고 또한 개폐시에 너무 큰 마찰력을 주지 않고 어느 정도의 처짐에 대해 수밀을 유지할 수 있어야 하고 내구성이 큰 것이어야 한다.

30.5.2 개폐장치

수문의 개폐장치는 확실한 동작이 요구되며, 충분한 내구성을 가지고 있어야 하며 유지관리의 편리성이 있어야 한다.

해설

- (1) 수문의 개폐장치는 예상되는 전하중에 대하여 안전, 수밀성이 확보되어야 하며, 충분한 내구성을 가지고 있어야 하며 유지관리의 편의성을 가지고 있어야 한다.
- (2) 수문의 개폐장치의 형식 및 구조는 사용조건과 설치조건에 적합하도록 선정하여 설치

하여야 한다.

30.6 유지관리

홍수시 문짝의 고장 또는 파괴는 내수 등의 범람으로 막대한 피해를 주므로 항상 검사하고 수리 및 보수하여 수문조작에 결함이 없도록 해야 한다.

해설

- (1) 수문 등의 저판에 균열이 생겨 누수되거나 제방에 구멍이 뚫여 함몰된 것은 수문이 노후된 경우에 볼 수 있으므로 즉시 철거하고 개축해야 한다.
- (2) 홍수기 전에 문짝의 조작기구 상태를 조사하여 동절기에 수리할 것은 수리해야 한다.
- (3) 내연기관인 경우 실린더내의 기름이 없어지면 녹슬기 쉬우므로 적어도 한달에 한번은 운전을 한다.
- (4) 개폐장치가 실외형인 경우 절연저항을 항상 점검해 두어야 하며 부대호안, 밀다짐은 손상이 발생하면 즉시 수리하여야 한다.
- (5) 차수용 고무는 5년에 1회 정도로 대체하도록 하는 것이 좋다.
- (6) 기계류의 윤활유는 경화되지 않도록 한다. 기타의 기름칠은 일반기계류와 같은 조치가 필요하다.
- (7) 제방과의 접촉부분의 흙에 유의하고 또 두더지, 들쥐, 지렁이 등에 의해 발생된 구멍은 비록 적은 것이라도 반드시 막아야 한다.
- (8) 홍수후에는 수문을 점검하고 문짝, 문틀 등 시설에 부착된 이물질은 반드시 제거해야 한다.

제 31 장 취수시설

31.1 일반사항

31.1.1 적용범위

본장은 관개수로, 발전수로 및 취수관거의 유입부에 설치하여, 하천으로부터 각종 용수를 취수하기 위한 하천 구조물에 대한 설계기준을 제시한다.

31.1.2 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정은 아래와 같다.

(1) 본 설계기준

제21장 이수계획

(2) 관련규정

상수도 시설 기준 (한국상하수도협회, 2004) '제3장 취수시설'

31.2 설계일반

(1) 모든 취수시설의 설계는 기능과 유지관리가 용이하도록 설계한다.

(2) 하천 표류수 및 복류수 취수지점은 다음의 각 항을 고려하여 선정하여야 한다.

- ① 지반이 견고한 지점
- ② 유속이 빠르지 않는 지점
- ③ 수질오염의 염려가 없는 지점
- ④ 장래의 하천개수에 지장이 없는 지점

(3) 취수시설의 위치는 준설 등과 같은 하상변동을 고려하여 결정한다.

해설

(1) 하천 취수시설은 발전용, 농업용수 및 생활용수 등의 취수를 위해 하천에 설치되는 취수용 보 및 양수장 등의 유입부에 설치되어 취수를 용이하게 할 목적으로 설치되는 구조물을 총칭하며, 취수하고자 하는 하천수의 양과 질을 적절히 공급하기 위하여 다음과 같은 기능을 가지고 있어야 한다.

- ① 적절한 양의 용수를 취수하기 위해서는 수문을 설치하여 적당량의 물을 도수할 수 있도록 하여야 하며, 또한 유량 측정장치를 설치하여 유량의 측정이 가능하여야 한다.
- ② 용수의 목적에 부합되는 수질의 물을 도수하기 위하여, 하천의 취수지점을 적절히 선정하여야 하며, 또한 취수시설내에 하천의 유사와 부유물의 유입을 방지하기 위한 시설을 설치하여야 한다.

(2) 취수방식은 크게 세가지로 분류할 수 있다.

- ① 취수탑에 의한 방법
- ② 집수암거에 의한 방법
- ③ 취수관로에 의한 방법

31.3 취수탑

31.3.1 취수탑의 위치

취수탑은 홍수시나 갈수시에도 항상 일정한 용수를 취수하기 위한 목적으로 설치하는 취수 시설이므로 계획홍수위 및 계획갈수위를 고려하여, 하천의 수심변동이 작은 유심부에 설치하며 지반이 견고한 지점에 설치한다.

해설

- (1) 교량, 보 등과 같은 하천시설물이 설치되어 있는 장소는 홍수시 유수흐름이 복잡하게 거동하거나 와류에 의한 하상변동이 예상되므로 취수탑의 설치위치를 일정한 거리로 유지하거나, 인근에 설치할시는 면밀한 대책을 수립하여야 한다.
- (2) 지수지나 호소에 취수탑을 설치할 경우에는 수질을 고려하여 위치를 정한다. 또한 지반이 견고한 지점에 설치하여 유수 및 파랑에 의한 충격과 세굴에 대한 안정된 구조를 가지도록 하여야 한다.

31.3.2 취수탑의 구조

- (1) 하천 유하단면내에 설치하는 취수탑은 계획홍수위 이하, 부근의 하안 및 하천시설물의 구조에 지장을 주지 않으면서 취수탑에 접속하는 하상 및 고수부지의 세굴 방지에 관한 적절한 구조로 한다.
- (2) 취수탑의 형태 및 구조는 유수에 대하여 안전하고, 구조적으로 안정하도록 설계하여야 한다.

해설

- (1) 취수탑의 형태 및 구조는 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.
 - ① 취수탑은 유수, 유목, 파랑 등에 의한 충격에 견딜수 있는 구조이어야 하므로 철근콘크리트로 시공하는 것이 가장 좋으며 경우에 따라서는 벽돌쌓기나 석재쌓기에 의할 수도 있다.
 - ② 취수탑의 단면형상은 좁고 긴 타원형과 같이 유선형으로 함으로써 하천유수에 의한 난류의 발생을 최소한으로 줄여 취수탑 저부의 세굴침식을 방지토록 할 뿐 아니라 동수압 및 빙압을 줄일 수 있는 형상으로 하여 취수탑의 구조적 안정에 도움이 되도록 하여야 한다.
 - ③ 취수탑의 크기는 소요 취수량의 취수에 적합한 범위내에서 최소의 크기를 선택

함으로써 홍수소통에 지장이 없도록 하여야 한다. 일반적으로 취수탑의 크기는 취수구의 크기와 개수, 개폐조작 방법에 따라 정하며, 취수펌프를 탑위에 설치하는 경우는 펌프의 크기, 대수 및 전기설비 등이 점유하는 면적과 유지관리 및 보수에 필요한 간격을 고려하여 취수탑의 소요 단면적을 결정하여야 한다.

④ 취수탑의 높이는 취수탑의 상부에 통상 위치하는 원동기와 조작관리실을 홍수로부터 보호할 수 있도록 충분히 높아야 하므로 취수지점에서의 계획홍수위와 제방 여유고를 고려하여 만들어야 하며 통상 원동기와 조작관리실의 밑면 높이를 계획제방고보다 높게 설정한다.

(2) 취수탑 중에는 우물의 지하 용출수를 퍼 올리는 것과 마찬가지로 취수탑의 바닥면 또는 측면에서 하천의 복류수를 직접 취수하는 방식이 있다. 이 경우에는 하상 재료가 필터가 되기 때문에 주위의 하상 재료를 흡수함으로써 오랜 시간이 지나면 하상저하를 일으키고 나아가 부근의 하천 시설물에 지장을 줄 수도 있게 된다. 또한 직접 취수방식은 하상 재료를 필터로 해서 취수하는 방식이기 때문에 취수탑의 단면은 상당한 크기를 필요로 하게 되고 이것이 큰 하도 저해물이 되고 있다. 그러므로 취수탑의 취수방식으로는 취수탑의 측면에 설치한 취수구에서 하천의 표류수를 취수하는 방식이 가장 바람직하다. 복류수를 취수하는 경우에도 취수탑의 선단 매설부 측면에서 집수암거를 연장하여 취수하는 방식을 취해, 취수에 따른 하상 재료 흡수가 없는 구조로 하는 동시에 취수탑에 의한 하도 저해의 정도를 최소한으로 하도록 한다.

(3) 취수탑은 어류가 잘못 유입되거나 흡수되는 것을 방지할 수 있는 구조로 한다. 방지책으로는 다음의 4가지 방법 및 그 조합이다.

- ① 취수구로 진입을 물리적으로 배제하는 방법
- ② 취수구로 진입을 억제 혹은 방해하는 방법
- ③ 취수구로 들어 온 어류를 기계적으로 포획하여 안전한 장소로 이동시키는 방법
- ④ 취수구로 접근한 어류를 유도 등으로 방향 전환시키는 방법

31.3.3 취수탑의 취수구

(1) 취수탑의 취수구는 계획수위에도 계획취수량을 원활히 취수할 수 있도록 설치하며, 수위변동에 따라 취수가 가능하도록 수위별로 설치한다.

(2) 취수구의 단면형상은 취수량을 조절하기 위한 체수문이나 체수변의 모양과 관계가 있으므로 장방형이나 원형으로 하는 것이 좋다. 한편 취수구로의 유입속도가 크면 취수구의 단면적을 작게 해도 되나 부유물이나 토사 등의 유입이 심하게 되므로 토사유입의 가능성이 큰 하천에서는 유입속도를 15~30cm/sec정도가 되도록 하며, 토사유입의 가능성이 작은 저수지나 호소의 경우에는 1~2m/sec정도로 유입속도를 증가시켜 취수구의 단면을 설계한다.

(3) 취수구의 전면에는 부유물 제거를 위한 스크린을 설치한다.

(4) 수면의 결빙시에도 취수가 가능하도록 계획한다.

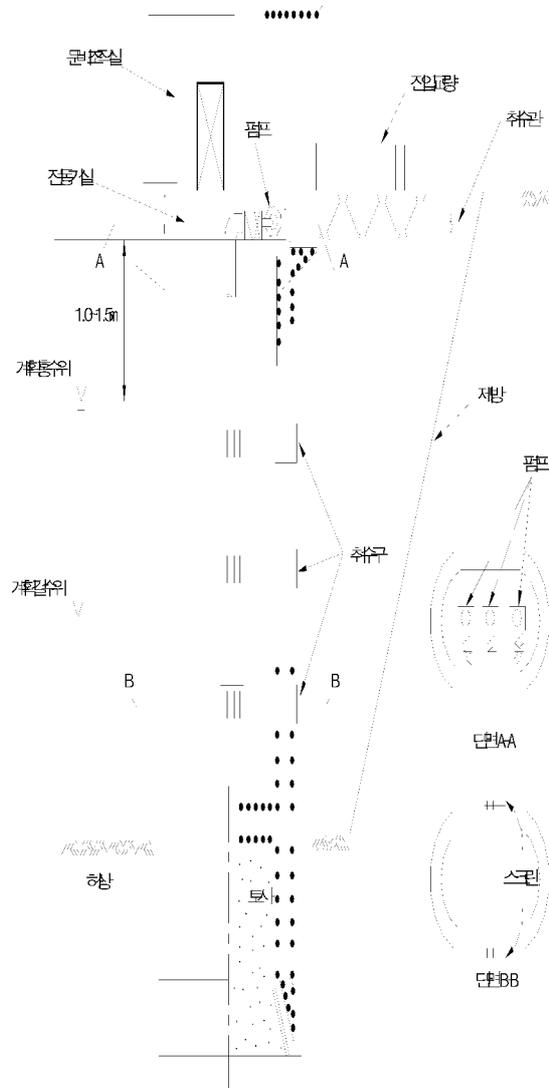
해설

(1) 취수탑의 취수구 위치 및 구조는 <그림 31.1>과 같으며 다음 사항을 고려하여 결정하

여야 한다.

- ① 계획갈수위의 경우에도 지장없이 계획취수량을 취수할 수 있어야 하며 하천수위의 변화가 심한 경우에도 취수가 가능하여야 하므로 각각 상이한 높이에 여러개의 취수구를 설치할 수 있다. 그러나 취수구를 너무 많이 만들 경우 취수탑의 강도에 영향을 미칠 수가 있으므로 주의를 요한다.
- ② 취수량의 조절을 위하여 제수문이나 제수변을 설치하여야 한다.
- ③ 수면의 결빙 우려가 있을 경우에는 취수에 지장을 주지 않도록 특별한 방법을 강구하여야 한다.

(2) 날개수제 등과 같은 수제를 설치하여 최저 취수구 부근에서의 하상퇴적을 방지한다.



<그림 31.1> 취수탑의 구조

31.3.4 취수탑의 부대설비

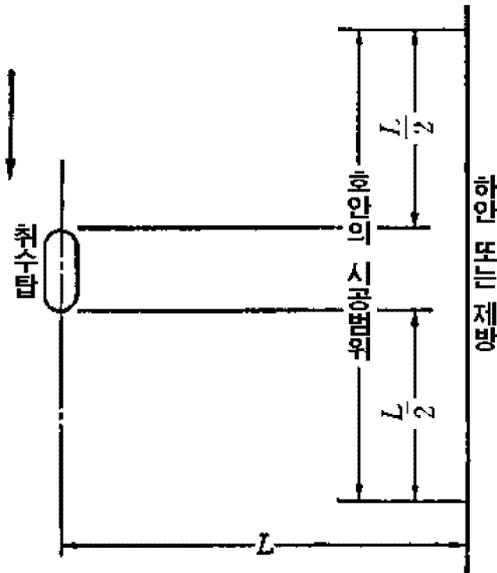
- (1) 취수탑에는 제수문 혹은 제수변의 문비조작실, 전등시설, 취수탑 접근교량, 수위표 및 피뢰침을 설치하여야 한다.
- (2) 취수탑 접근교량의 하단고는 계획홍수위 및 여유고가 확보되어야 한다.

31.3.5 취수탑의 연결호안

- (1) 취수탑을 설치하는 경우, 취수탑에 접속하는 하상 또는 고수부지의 세굴을 방지하기 위하여 적당한 보호공 또는 고수부지 보호공을 설치하는 동시에 유수의 변화에 따라 하안 또는 제방의 세굴을 방지하기 위해 호안을 설치해야 한다.
- (2) 취수탑의 설치에 따라 요구되는 호안의 설치 길이는 취수탑의 상류끝 및 하류끝에서 상류 및 하류측으로 각각 취수탑과 제방과의 거리의 1/2거리 이상으로 설치한다.
- (3) 하안 또는 제방의 세굴의 우려가 없고 치수상 지장이 없다고 판단되는 구간은 제외할 수 있다.
- (4) 유목 등 유하물의 영향을 고려하여 취수탑과 하안 또는 제방과의 사이를 무효 하천단 면적이라고 보고 취수탑 및 그 무효 하천단면적이 홍수 유하에 미치는 영향에 대해서 검토한 후 필요에 따라 저수로의 폭 확장 등의 확대 조치를 강구해야만 한다.

해설

- (1) 고수부지 보호공의 구조는 일반적으로 연결블록 등으로 유수 작용에 따른 고수부지의 세굴을 방지하는 동시에 주변 경관과의 조화, 하천의 생태계 보전 등의 하천 환경의 보전을 배려한 구조로 한다. 또한 흙을 덮는 복토를 기본으로 한다. 또한 호안의 구조는 유수의 변화에 따라 발생하는 하안 또는 제방의 세굴을 방지하는 동시에 주변 경관과의 조화, 하천의 생태계 보전 등 하천 환경의 보전을 배려한 구조로 한다. 호안의 구조는 각 하천에서 하천의 특성을 바탕으로 한 창의적 고안이 요망된다.
- (2) 취수탑은 대부분의 경우 저수로 부분에 설치된다. 이런 이유에서 저수로가 하안 또는 제방에 접근해 있는 구간에 있어서는 취수탑을 하안 또는 제방에 접근하여 설치하도록 하고 있는데, 그 설치 위치의 여하에 따라서는 유목과 같은 유하물 등으로 홍수 유하에 지장을 주게 될 수도 있다.
- (3) 유수의 변화가 제방에 미치는 영향도 크다. 치수상의 측면에서 보면 취수탑을 하안 또는 제방에 접근해서 설치하는 것은 바람직하지 않다. 하안 또는 제방에 설치하는 호안은 밀다짐공을 설치하는 동시에 일반적인 호안의 강도보다 견고한 것으로 한다.
- (4) 취수탑의 설치에 따라 유수변화의 영향이 하안 또는 제방에 미치는 범위는 취수탑을 기준으로 해서 유심선과 직각방향으로 상류 및 하류에 각각 2 : 1 각도의 범위로 하안 또는 제방에 설치해야할 호안의 범위를 정하고 있다. 취수탑의 상류끝 및 하류끝에서 상류측 및 하류측으로 각각 취수탑과 제방과의 거리의 1/2거리 이상으로 설치한다고 한 것은 이상과 같은 취지에 근거한 것이다 (<그림 31.2 참조>).



<그림 31.2> 취수탑의 설치에 따른 호안의 시공범위

- (5) 취수탑은 하안 또는 제방에 미치는 영향이 크기 때문에 원칙적으로 수층부에 설치해서는 안되지만, 부득이하게 수층부에 설치할 때는 밀다짐공을 설치하고 호안의 구조에 대해 충분히 배려하는 동시에 시공범위에 대해서도 기준치인 취수탑과 제방과의 거리의 $L/2$ 거리 이상 시공하도록 한다.
- (6) 취수탑의 설치 위치가 하안 또는 제방에서 상당히 떨어져 있어 치수상 지장이 없다고 인정되는 경우는 취수탑 본체의 설치에 수반되는 호안의 설치는 필요 없다. 하천 폭이 상당히 넓은 구간이 사수역으로 간주하는 개소에 취수탑이 설치되는 경우에도 일반적으로 호안을 설치할 필요가 없다.

31.4 집수암거

31.4.1 설치 계획시 유의사항

- (1) 집수암거의 설치는 하천 표류수의 취수가 적절하지 않은 경우로 한정한다.
- (2) 집수암거에 의한 계획취수량은 주변 지하수 이용에 지장을 주지 않는 범위로 한다.
- (3) 매설물의 길이와 같은 규모는 시설의 유지 및 보수를 감안하여 최소한의 규모로 한다.

해설

- (1) 취수탑에 의한 취수방식으로는 취수탑 측면에 설치한 취수구에서 표류수를 취수하는 방식이 바람직하고, 집수암거에 의한 취수방식은 표류수 취수가 부적당하거나 아주 곤란한 경우에 한한다. 소량의 취수를 위해 대규모의 보 등의 시설의 설치가 요구되지만

사회적 경제적 타당성의 관점에서 표류수 취수가 부적당한 경우가 있다.

- (2) 또한 보를 설치할 때 유수단면적의 확보를 위한 하폭의 확장이 지형 조건에 의하여 곤란하거나, 유로가 불안정해서 표류수 취수가 물리적으로 곤란한 경우가 있다. 이런 경우에는 보 또는 취수탑을 이용한 표류수 취수방식과 복류수 취수방식을 비교·검토하여 표류수 취수가 부적당하거나 아주 곤란한 경우, 하천 관리상 지장이 없는 범위 내에서 복류수 취수방식을 선정한다.

31.4.2 설치위치의 선정기준

집수암거의 설치위치로 다음과 같은 장소는 피하도록 한다.

- (1) 수충부 및 지천과의 합류부
- (2) 하상변동이 큰 장소
- (3) 보, 교량 등과 같은 하천시설물과 인접된 장소

31.4.3 설치기준

- (1) 집수암거의 설치깊이는 계획하상고 및 현하상고를 고려하여 하상저하나 세굴에 유의하여 충분한 깊이로 한다.
- (2) 집수암거는 수평 또는 1/500 이하의 완만한 경사로 매설되며 관내의 유속은 집수암거 유출단에서 1m/s 이하가 되도록 계획하여야 한다.
- (3) 집수암거의 유공부는 제방으로부터 치수상 지장이 없는 거리를 확보하여 설치한다.
- (4) 집수암거의 집수공의 직경은 10~20mm로 하며, 집수공의 수는 관거 표면적 1㎡당 20~30개 정도로 한다.

31.4.4 집수 암거의 구조

집수암거는 주로 하천의 제외지 하상아래 혹은 제방부근의 제내지에 매설하여 복류수를 취수하기 위해 설치하며, 다음의 사항을 고려하여 설계하여야 한다.

해설

- (1) 집수암거는 단단한 재질로 만들어진 유공관으로 그 단면형은 원형 혹은 장방형으로 한다.
- (2) 집수암거의 직경은 600mm이상으로 하여야 한다.
- (3) 집수암거의 매설방향은 통상 복류수 흐름방향에 직각이 되도록 하여야 한다.
- (4) 집수암거의 매설 깊이는 복류수대에 대한 양수시험 결과에 따라 정하여야 하며 집수공으로의 복류수 유입속도가 3cm/sec이하가 되도록 하여야 한다.

해설

집수암거의 설계에 있어 다음 사항을 고려한다.

- (1) 집수암거 현장제작에 있어서 단일관거의 길이는 60~100cm가 보통이고, Pre-stressed 철근콘크리트의 길이는 2.4m가 보통이나 주문에 따라 적절한 길이로 제작한다.
- (2) 집수암거의 매설깊이는 5m를 표준으로 하나 지질이나 지층구조상 부득이한 경우에는 예외가 있을 수 있다.

31.4.5 부대시설

집수암거의 유지관리 및 보수를 위하여 접합정과 맨홀을 설치하여야 한다.

해설

접합정과 맨홀은 다음 사항을 고려한다.

- (1) 집수암거의 종점, 분기점 혹은 합류점 등 필요한 장소에는 접합정을 설치하여야 한다.
- (2) 접합정의 내경은 1m이상이 되어야 하며 철근콘크리트로 시공하되 수밀구조로 하여야 한다.
- (3) 집수암거의 연장이 긴 경우나 지관을 많이 갖는 경우에는 그 시점이나 접합부 또는 중간에 적절한 위치에 맨홀을 설치한다.

31.5 취수관로

31.5.1 취수구

취수구는 하천과 직접 접하고 있는 지점으로 다음의 사항을 고려하여 설계하여야 한다.

- (1) 취수구의 위치는 지반이 견고하고 토사의 유입이 작은 지점으로서 시설물이 유수에 장애를 주지 않는 지점에 설치하며, 장래의 하상변동을 고려하여 설치위치를 정한다.
- (2) 취수구의 방향은 수류의 흐름과 직각으로 하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 취수구의 크기는 유입속도를 고려하여 결정한다.
- (4) 취수구의 바닥 높이는 최저갈수위를 고려하여 결정한다.
- (5) 홍수시에 세굴되거나 파손되지 않는 견고한 구조로 설계한다.
- (6) 취수구 상류측에는 스크린을 설치하며, 취수구 상류측에 조절용 수조를 설치한 경우에는 스크린을 그 하류측에 설치한다.

해설

- (1) 취수구의 크기는 하천의 경우 유입속도가 15~20cm/s, 저수지나 호수의 경우 1~2m/s가 되도록 정한다.
- (2) 취수위가 최저갈수위보다 0.3m 정도 낮게 되도록 취수구의 바닥 높이를 정하고 장래의 하상변동을 고려하여 약 0.3m의 여유고를 가지도록 한다.

31.5.2 취수관로

- (1) 하천수위의 변화가 작은 지점에서는 하안 부근에 콘크리트 기초 혹은 취수틀을 설치하고 그 위에 취수관거의 선단을 설치한다.
- (2) 하천수위의 변화가 큰 지점에서는 하천의 유심 부근까지 취수관거를 연장하여 설치한다.
- (3) 취수관거의 크기는 취수관로내 유속을 고려하여 결정한다.

해설

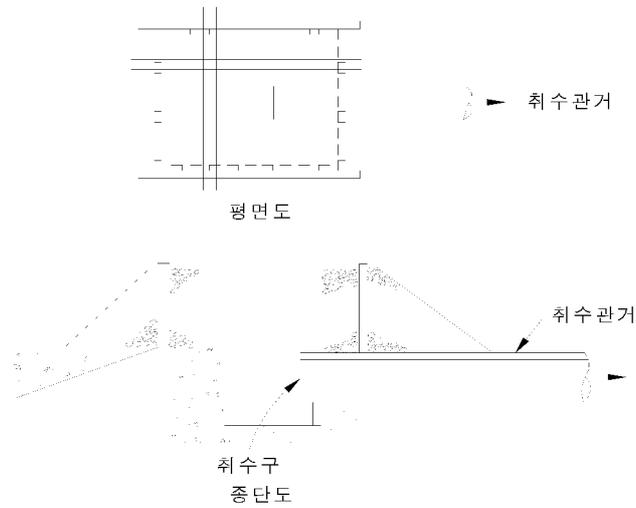
- (1) 취수관로가 제방을 횡단하는 경우는 관계기관과 협의하여 그 매설깊이, 길이 및 매설공법을 결정하여야 한다.
- (2) 제방을 횡단하는 취수관로는 충분한 보호공을 설치하여야 한다.
- (3) 하상세굴의 위험이 있는 제외지에서는 취수관로 주위의 하상을 보강하여 취수관거를 보호하여야 한다.
- (4) 취수관로내의 유속이 0.6~1.0m/sec가 되도록 취수관거의 크기를 정한다.

31.5.3 취수틀

- (1) 취수틀은 하천수위의 변동이 작은 경우에 취수관거를 보호하기 위하여 설치하는 구조물이다.
- (2) 매몰과 유실의 우려가 없는 지점에 설치하여, 주운로(舟運路)에 근접한 경우 운항선박의 흘수심 이하의 지점에 설치하여야 한다.
- (3) 취수구의 주위는 각재나 콘크리트 블록으로 보호하여 그 주위를 견고한 목재틀이나 철근콘크리트 틀로 다시 보호한다. 틀의 내외부는 석축이나 콘크리트 말뚝으로 보호한다.
- (4) 취수구의 크기는 유입속도를 고려하여 결정한다.

해설

- (1) 취수틀은 목재 혹은 철근콘크리트 구조물로 하며 <그림 31.3>와 같다.
- (2) 취수구의 높이는 수심이 깊은 곳에서는 바닥에서부터 1m 정도에 취수틀의 상단이 위치하도록 하고 수심이 얇은 곳에서는 바닥보다 0.3~1.0m 깊게 매설한다.
- (3) 취수구의 크기는 하천의 경우 유입속도가 15~30cm/sec, 특별한 경우나 호소의 경우에는 1~2m/sec가 되도록 정하여야 한다.



<그림 31.3> 취수틀의 구조

31.6 취수문 및 스크린

31.6.1 취수문

- (1) 취수문은 취수로로 유입되는 취수량의 조절을 위해 설치하는 것으로 다음 사항을 고려하여 설계 시공하여야 한다.
 - ① 지반이 견고한 하안에 설치하여야 한다.
 - ② 문비에서의 유속은 0.8m/sec, 취수수심은 최저 갈수시 0.5~1.0m정도가 되도록 한다.
 - ③ 문비실은 철근콘크리트 혹은 그에 준하는 구조로 한다.
 - ④ 문비나 물빈지는 수밀성이 보장되도록 하여야 한다.
- (2) 홍수시에 취수구를 통해 유입하는 토사의 제거를 위해 취수구와 취수문 사이에 시설을 두어 유사가 도수로로 유입되는 것을 방지할 수 있도록 하며 침전된 모래를 쉽게 제거할 수 있는 구조로 하여야 한다.
- (3) 추운 지방에서는 적설, 결빙 등에 의해 수문의 개폐가 지장을 받지 않도록 하여야 한다.

해설

- (1) 취수량에 따라 수문의 개수를 결정한다.
- (2) 취수량의 조절을 위해서 문비나 물빈지(각락판, Stop Log)를 설치한다. 물빈지에 비하여 문비는 조작성이 용이한 설비이나 소규모의 취수문에서는 물빈지를 사용하는 것이 더 경제적이다. 또한 문비를 설치할 경우 문비의 폭이 3m이하이면 수동식으로, 3m이상이

면 기계식으로 설치하는 것이 보통이다.

31.6.2 스크린

- (1) 스크린은 취수로 및 취수관거에 의해 용수를 취수할 경우 부유물(협잡물, 유목, 유빙 등)이 취수구로 유입되는 것을 방지하기 위해 설치한다.
- (2) 설치 위치는 취수구 전면 혹은 상류측에 설치한다.
- (3) 부유물 제거가 용이하도록 1/10정도 경사로 설치하며 기계식 혹은 수동식 체진기를 설치한다.

해설

부유물의 특성에 따라 5~10cm 간격의 스크린을 설치하며 자갈유입방지를 위해서는 5cm이하의 스크린을 설치한다.

31.7 침사지

31.7.1 침사지의 설치

침사지는 가능하면 취수구에 가까운 제내지에 설치하며 도수관로의 길이를 짧게 하여 유지관리가 용이하도록 한다. 그러나 부지의 확보, 유지관리, 배사조건 등에 따라 제외지의 고수부지에 설치할 수 밖에 없는 경우에는 수류에 지장을 주어서는 안되며 배사를 위해서는 특별한 주의를 요한다.

31.7.2 침사지의 길이

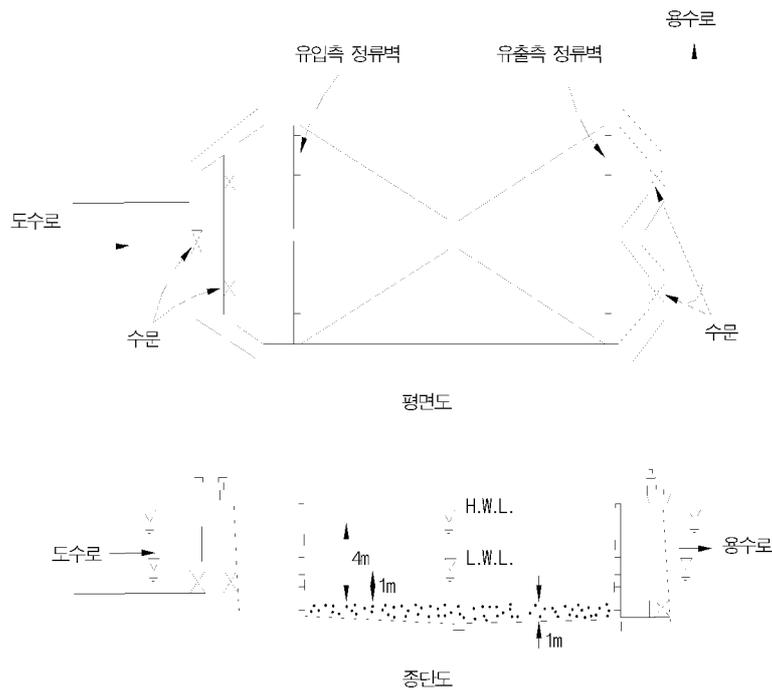
침사지내에서의 와류 발생을 방지하기 위하여 침사지의 유입부는 단면이 점차 확대되는 모양으로, 유출부의 단면은 점차 축소되는 형태로 한다.

- (1) 침사지는 장방형으로 흐름방향의 길이가 폭의 3~8배 정도로 하여 소요 직경의 토사를 침전시킬수 있도록 하며, 침사지의 길이는 다음 식에 의해 결정한다.

$$L = k (h/u) V \quad (31.1)$$

여기서 L은 침사지의 길이(m), k는 안전율(1.5~2.0), h는 유효수심(m), u는 모래의 침강속도(cm/s), V는 침사지내 흐름의 평균속도(cm/s)이다.

- (2) 침전지에서 제거대상 모래의 직경은 0.1~0.2mm정도를 표준으로 한다.
- (3) 침사지 설치형태는 <그림 31.4>와 같다.



<그림 31.4> 침사지의 설치형태 (정류벽을 설치할 경우)

31.8 취수펌프

31.8.1 취수펌프의 설치

- (1) 취수펌프장은 하안 및 하천시설물의 구조에 큰 지장을 주지 않는 구조로 한다.
- (2) 취수펌프장의 펌프실 및 부속시설은 철근콘크리트 구조 또는 이에 준하는 구조로 한다.
- (3) 하천의 수위가 송수지점보다 낮을 경우 또는 취수탑을 설치하여 취수할 경우 취수펌프를 설치하며 취수펌프를 설치할 때에는 다음 사항을 고려하여 설계하여야 한다.
 - ① 취수펌프의 용량은 도수관을 통해 도수정으로 유입되는 물이 소요 취수량을 충족시킬 수 있도록 충분히 크게 계획하며 흡입수두도 고려하여야 한다.
 - ② 자연적인 하상저하와 하천개수계획에 의한 하천수위의 저하를 고려하여 취수펌프의 양수기능을 항상 유지할 수 있도록 충분히 낮은 위치에 설치하도록 하여야 한다.
 - ③ 펌프의 가동시 발생하는 연속적인 진동으로 인해 하천내에 설치되어 있는 구조물이 영향을 받을 수 있으므로, 가능하면 제방단면내에 설치하지 말고 제방에 영향을 주지 않는 지점에 설치하도록 한다.
 - ④ 펌프가 제방을 통과하는 경우 진동을 최소화하는 시설을 강구하여야 한다.
 - ⑤ 취수펌프는 펌프의 종류, 특성, 효율, 양정등에 따라 선정 및 설치방법이 다르며 경제성, 시공성 및 유지관리를 통합 검토 후 선정하여야 한다.

해설

- (1) 펌프의 이론적인 최대흡입양정(Maximum Suction Head)은 10m 정도이나 실제로는 7~8m 이상이 되면 정상적인 양수가 불가능하므로 하천의 최저수위와 취수 펌프의 설치표고간의 차이가 7~8m이내가 되도록 하여야 한다.
- (2) 취수탑내에 펌프를 설치할 경우에는 취수탑의 원동기 조작실내에 펌프를 설치하는 것이 일반적이거나, 갈수시의 흡입양정이 펌프의 최대흡입양정보다 클 경우에는 수중펌프를 설치하여 항상 소요 용량을 취수할 수 있도록 한다.
- (3) 취수지점의 지역여건상 취수펌프를 제외지에 설치해야 할 경우 하천 고수부지의 저수 호안 부근에 펌프실을 설치토록 하며, 펌프실 위에 맨홀을 설치하여 펌프의 수리 및 보수가 용이하도록 하여야 한다. 또한 펌프실 구조물로 인해 하상이 세굴될 우려가 있을 경우에는 콘크리트공 혹은 침상공으로 적절히 보강하도록 한다.
- (4) 취수펌프장은 펌프의 진동이 제방에 영향을 주지 않는 위치에 설치하도록 한다.

31.8.2 유하물 배제시설

취수펌프장에는 토사, 잡목, 유하물 등의 배제를 위하여 필요한 경우 침사지, 스크린, 유하물 등의 배제시설을 설치한다.

해설

- (1) 유수 중의 토사는 펌프의 기능 및 수명을 저하시키는 원인이 되므로 특히 모래 및 자갈류가 유입할 우려가 있는 경우에는 침사지를 설치하기로 한다.
- (2) 펌프 운전시에 부유물이 유입하여 펌프 운전에 지장을 줄 우려가 있는 경우는 펌프 흡입조 입구에 제진용 1차 스크린을 설치할 필요가 있다. 제진기(除塵機)는 인력으로 대응이 곤란한 경우에 한해서 설치하기로 한다.
- (3) 제진기로 제거할 수 없는 잡목 등의 유하물의 유하가 예상되는 지점에는 스크린 전방에 말뚝 또는 부유시설(floatater)를 설치한다.

제 32 장

32.1 일반사항

32.1.1 적용범위

이 장은 홍수시 제내지에 내린 강우의 유출시 발생하는 제내지 저지대 침수방지 시설의 하나로서 우수지 및 강제배수시설과 우수유출저감을 위한 시설의 설계기준을 제시한다.

32.1.2 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정 및 법규를 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정 및 법규는 아래와 같다.

(1) 본 설계기준

- ① 제20장 내수배제 및 우수유출저감계획
- ② 제23장 제방
- ③ 제24장 호안
- ④ 제30장 수문

(2) 관련규정

- ① 하수도시설 기준(한국상하수도협회, 2005) '1.5절 우수배제 계획'
- ② 농업생산기반정비사업계획설계기준(농림부, 2004) '배수편'

32.2 내수배제시설 설계일반

(1) 내수배제시설을 설계할때에는 계획빈도의 홍수량에 의하여 제내지가 침수되지 않도록 설계한다.

(2) 도시구간 등에서는 내수배제시설 설계시 환경을 고려한 설계를 실시한다.

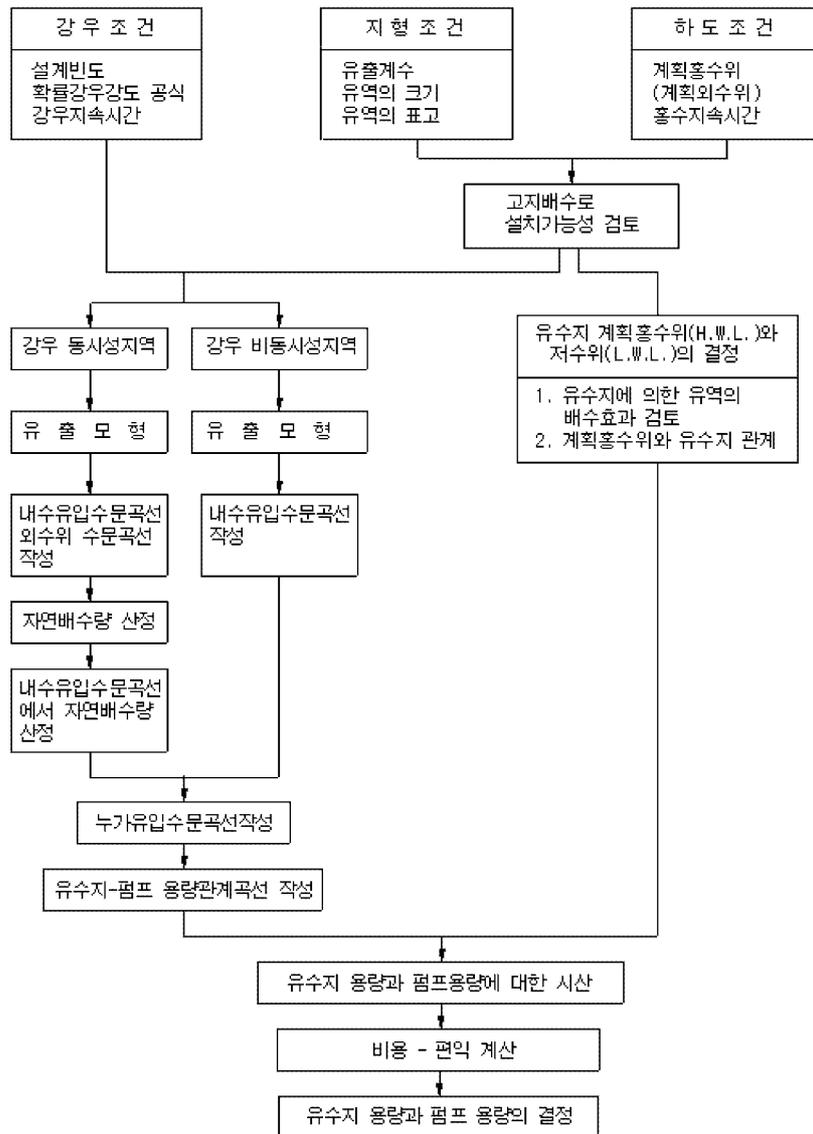
32.3 우수지시설

32.3.1 우수지 규모 결정

우수지와 펌프장 규모를 결정하기 위해서는 적합한 설계강우를 결정하고 이것을 배수유역에 적용하여 우수지로 유입되는 누가 유입 수문 폭선을 구한 뒤 누가 유입량과 누가 펌프 배출량곡선을 이용한 계산결과로부터 우수지 규모와 펌프장 규모를 구한다.

해설

소요 우수지 규모와 펌프규모의 산정절차는 <그림 32.1>과 같다.



<그림 32.1> 유수지와 펌프장 규모 설계절차 흐름도

32.3.2 유수지 계획 홍수위와 저수위

- (1) 유수지의 계획홍수위와 저수위는 유수지 규모, 유역의 지형, 배출 하도의 계획홍수위, 평수위 등을 고려하여 결정한다.
- (2) 유수지는 외수위가 높을 때는 수문을 닫아 계획 내수유입량을 충분히 저류할 수 있어야 하고 외수위가 낮아진 후에는 수문을 열어 내수유입량을 전량 배제할 수 있어야 한다.
- (3) 유수지 계획홍수위는 보통 주변의 최저 지반고 보다 낮게 설정하여야 한다.

해설

- (1) 우수지의 계획홍수위가 너무 높으면 유역내에서 배수효과가 발생하여 유역의 저지대가 침수될 수 있으므로 우수지 규모와 배수유역의 지형등을 고려하여 우수지 계획홍수위를 결정해야 한다.
- (2) 일반적으로 내수가 장시간 저류되어 있으면 수질이 악화되는 경우가 많으므로 홍수가 끝나면 신속히 배제될 수 있도록 우수지 저수위를 결정해야 한다.

32.3.3 시설설계

(1) 자연방류시설은 아래와 같이 설치한다.

- ① 자연방류시설은 평상시의 하수와 홍수시 분류 하천의 수위가 우수지의 계획홍수위에 도달할 때까지 우수지에 저류되지 않고 우수지 유입량을 직접 분류 하천으로 방류하기 위하여 설치하는 시설이며, 방류구의 위치, 배수량, 내외수위 관계등을 고려하여 충분히 기능을 발휘할 수 있도록 계획한다. 역류방지용 수문은 '제30장 수문'의 설계기준에 의해 설치한다.
- ② 홍수시 하천의 수위가 내수위보다 높아져서 외수가 제내지로 역류하는 것을 방지하기 위해 수문을 설치한다. 수문은 시설비의 증가나 운영상의 불편이 있다하더라도 침수위험을 줄이기 위해 반드시 제외측에 설치해야 한다.
- ③ 자연방류시설을 효율적으로 운용하기 위해서는 외수위와 내수위를 비교할 수 있는 수위관측시설을 설치해야 하고 이 수위기록을 조정실에서 확인할 수 있는 시설도 설치해야 한다.

(2) 우수지 호안은 아래와 같이 설치한다.

- ① 우수지 제방을 보호하기 위하여 필요할 경우 호안을 설치한다.
- ② 제방을 보호하기 위한 호안은 본시설 기준 '제24장 호안' 규정에 따른다.

(3) 우수지내에 수질개선 시스템이 없는 경우 가능한 한 우수지 바닥이 항상 건조한 상태를 유지할 수 있도록 우수지 바닥을 포장하거나 우수지 바닥에 도수로를 설치한다.

해설

- (1) 우수지의 방류시설은 자연배수가 원활히 이루어질 수 있도록 설치하며 우수지 조작이 유리하도록 하여야 한다.
- (2) 자연방류구의 규모는 내, 외수위 상관성을 분석하여 설계방류량을 충분히 소통시킬 수 있어야 하고 저지유역 간선배수시설의 시설규모 이상으로 설치한다.
- (3) 자연방류구의 표고는 내수의 배제를 원활히 하고 장래의 확장이나 유지보수가 용이하도록 결정하여야 한다.

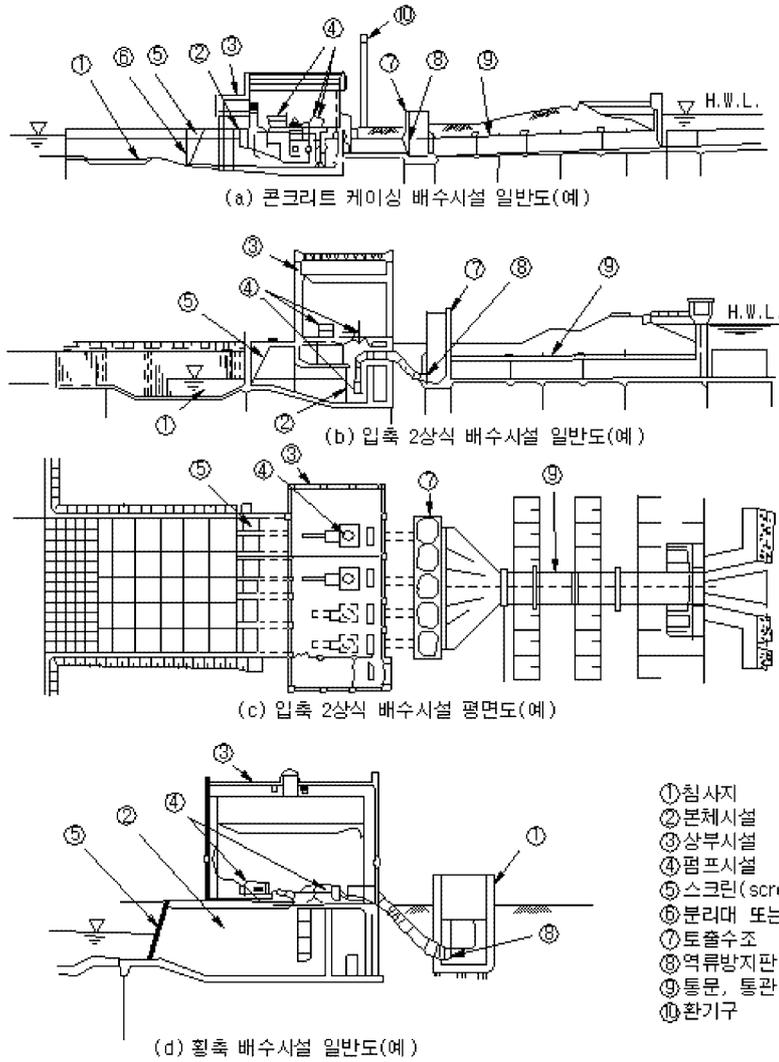
32.4 펌프장

32.4.1 배수시설설계 일반사항

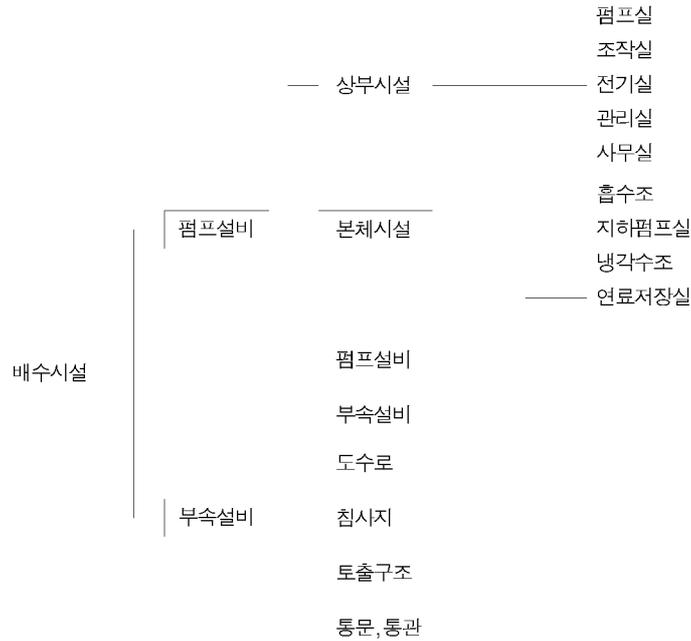
- (1) 제내지가 특별히 낮고, 방류하천의 고수위의 지속시간이 긴 경우, 통문 등의 자연배수 시설에 의한 내수배제의 효과가 기대되지 않는 경우에 기계배수를 수행하여야 한다.
- (2) 시설이 제방에 접하는 경우는 펌프운전시 진동이 제방에 미치는 영향과 시설이 내수에 의해 침수되는 것을 고려하여 제방으로부터 격리되고 지반고가 충분히 높은곳에 설치한다.
- (3) 토출암거 설치시는 펌프의 운전정지등 급격한 수류변동에 따른 수격작용을 검토하여야 하며 제방에 미치는 영향들에 대하여도 충분히 검토하여야 한다.
- (4) 대규모 배수 또는 중요 지역의 배수의 경우에는 운전의 효율과 예측할 수 없는 사태를 고려하여 설비 용량을 여러 대로 분할하고 방류규모에 따라 적정 가동하도록 하여야 한다.
- (5) 배수펌프 시설의 정전사고를 고려하여 2회선 수전을 원칙으로 한다. 시설이 민가에 밀접한 장소에 있을 경우에는 충분한 소음 방지대책이 마련되도록 하여야 한다.

해설

- (1) 펌프의 토출수는 지형 및 현장여건에 따라 토출관으로 하천에 직접방류 하거나 토출수를 배수로에 연결하여 배수한다.
- (2) 펌프장은 펌프의 진동이 제방에 영향을 주지 않는 위치에 설치할 필요가 있다. 특히 지형상 가장 낮은 위치에 설치되는 점에서 저습지의 연약지반위에 설치되는 경우가 많은데 그 연속적인 진동은 부근의 연약층 위에 겨우 안정을 유지하고 있는 제방에 진동기를 설치하는 것과 같은 결과를 가져올 수 있다. 따라서 펌프장은 그 부근의 지반조건을 감안하여 가능한 한 제방에서 떨어져서 설치하도록 해야 한다. 배수펌프장 등 진동이 제방에 전달될 우려가 있는 공작물을 설치하는 경우에 대해서는 제방 비탈끝에서 5미터 이상 떨어지게 한다.
- (3) 수량의 변화가 클 경우에는 크고 작은 2종류 이상의 펌프를 설치하여 효율적으로 펌프를 가동 하여야 한다. 이 경우 각 펌프는 가능한 한 최대효율 상태에서 운전되도록 하여야 한다.
- (4) 배수시설의 구조는 펌프설비 및 부속설비로 나누며 규모 및 펌프의 형식에 따라 달라진다.
 - ① 일반적 배수시설의 각부 명칭은 <그림 32.2>와 같다.
 - ② 배수시설의 구조는 일반적으로 <그림 32.3>과 같다.



<그림 32.2> 배수시설의 각부명칭



<그림 32.3> 배수시설의 구조

32.4.2 각 시설별 설계 기준

(1) 침사지

침사지는 유수중의 토사를 침전시켜 펌프의 마모 손상등을 방지하기 위하여, 흡수조보다 앞에 위치하도록 설계하여야 한다. 침사지의 유입부는 편류를 방지하도록 설계하며, 원칙적으로 철근콘크리트구조로 한다.

(2) 본체 시설

본체시설은 원칙적으로 철골 또는 철근콘크리트 구조로 하고, 내수에 대하여 수밀하도록 설계하여야 한다.

(3) 흡수조

① 흡수조의 형태

흡수조의 형태는 펌프 용량, 펌프형태 등을 고려하여 결정하여야 한다.

② 흡수조의 형상과 구조

(가) 흡수조의 형상은 난류흐름이 발생되지 않도록 하고, 단면의 급격한 변화를 피함과 함께 유입구의 위치, 흡수조용량, 펌프배치 등을 고려하여 결정하여야 한다.

(나) 흡수조는 원칙적으로 철근콘크리트 구조로 하여야 한다.

③ 흡수조는 각종 수리적 안정성을 확보할 수 있도록 설계하여야 한다.

(가) 수조내의 흐름은 자연상태의 흐름형이 되도록 하고, 흐름이 각 펌프에 균등하게 흡입되도록 하여야 한다.

(나) 선회류를 일으키지 않도록 펌프의 배치, 유입구의 위치, 수조의 형상을 결정하여야 한다.

(4) 냉각수조 (엔진 펌프시설의 경우)

냉각수조의 구조, 배치 등은 다음 사항을 따라야 한다.

- ① 냉각수조는 철근콘크리트 구조 또는 동등의 구조로 하여야 한다.
- ② 냉각수조와 원수의 취수구를 설계할 때 침사지나 부유물 제거설비도 함께 설계하여야 한다.

(5) 연료저장실 (엔진 펌프의 경우)

- ① 시설내부에 설치할 연료저장실은 원칙적으로 철근콘크리트 구조로 하고 시설내부의 공간을 유효하게 하며 급유가 용이한 원동기부근에 배치하여야 한다.
- ② 연료저장실의 용량은 펌프 본체의 종류, 운전계속기간 등에 따라 결정한다.

(6) 지하펌프실

2상식 지하 펌프실은 상부하중, 운전 중 공진현상에 대비하며, 유지관리가 용이한 구조로 설계하여야 한다.

(7) 배수시설의 상부시설

- ① 상부시설은 펌프실, 조작실, 관리실 등으로 이루어지고 다음 사항을 고려하여 결정하여야 한다.

(가) 상부시설은 빗물이 침입하지 않는 구조로 하여야 하며 원칙적으로 철근콘크리트 구조로 하여야 한다. 대형 설비인 경우에는 폭이 크게 되는 경우에는 철골구조로 하여야 한다.

(나) 펌프실에는 주펌프, 부속설비, 기기 반입구, 환기, 방음시설 등의 유지관리가 효율적으로 이루어지도록 정연하게 배치하여야 한다.

(다) 펌프실에 구경 600mm 이상의 펌프가 2대이상 설치될 경우, 또는 부착된 중량이 5ton 이상이 될 경우에는 천장에 크레인(crane)을 설치하여야 한다. 그러나 부착된 중량이 5ton 미만일 때에는 체인블럭 등을 설치하여 유지관리에 지장이 없도록 한다.

(라) 조작실은 원칙적으로 시설 내,외설비 전체를 감시하고 조작할 수 있는 위치에 설치한다. 또한, 배전판 등을 설치한 전기실은 환기와 채광이 잘되고, 건조된 장소에서 조작, 기구의 점검, 조정 등이 가능하도록 넓은 곳에 위치시킨다.

(마) 관리실은 조작실, 전기실, 펌프실 등의 감시가 용이한 위치에 설치하여야 한다.

- ② 펌프실, 관리실, 전기설비의 설치위치는 다음 사항을 고려하여 결정하여야 한다

(가) 펌프실, 관리실, 전기설비 등은 계획내수위에 여유고(1m이상)를 더한 표고보다 높은 위치에 설치하여야 한다. 단, 침수위가 매우 높아질 것으로 예상될 경우나 상부시설면을 높게 하는 것이 불가능할 경우에는 침수 수위에 여유고(1m이상)를 더한 높이까지 상부시설 및 반입구 등을 수밀성 구조로 하여야 한다.

(나) 빗물의 침수를 방지하기 위하여 설비 주위의 지반보다 30cm 이상 높게 하여야 한다. 또한 지반 침하지대에는 장래의 침하분을 고려하여 결정 한다.

- ③ 전기실은 옥내 배선과의 연결이 유리한 장소에 배치하고, 배전판등의 주위는 조작이나 기구의 점검과 조정을 위하여 일정기준 이상의 유효공간을 유지하며 침수에 대비하여야 한다.

(8) 펌프설비

- ① 배수펌프장의 설계빈도는 경제성을 검토하여 결정하며 최소한 20년 이상의 빈도로 하는 것을 원칙으로 한다.
- ② 펌프의 형식에는 기중형식, 축형식, 고정형식등이 있으며 일반적으로 이것들을 조합하여 호칭한다.
- ③ 주원동기 종류의 선정
 배수펌프는 태풍이나 호우등에 의한 이상 출수시에 운전되므로, 확실한 운전을 보증하도록 배수펌프 설비의 동력원을 확보하여야 한다.
- ④ 펌프시설은 진동 영향이 최소화 되도록 설계하여야 한다.

(9) 스크린(screen) 및 제진 설비

- ① 펌프 흡수조에는 부유물 제거용 스크린을 설치하여야 하며 제진설비 설치를 검토한다.
- ② 유입구에는 제진기로 제거할수 없는 잡목등의 유해물이 예상되는 지점에서 스크린 전방에 말뚝 또는 floater를 설치한다.
- ③ 토출측에는 역류 등에 의한 펌프손상이 우려될 때는 스크린을 설치한다.

(10) 토출수조

- ① 펌프시설과 배수통문, 통관의 사이에는 압력조절용 수조를 겸한 토출수조를 설치한다. 단 통문, 통관이 횡단하는 하안 또는 제방의 구조에 지장을 줄 염려가 없을 때는 예외로 한다.
- ② 토출수조는 원칙적으로 철근 콘크리트 구조로 하고, 앞뒤의 구조물과 절연된 구조로 하여야 한다.
- ③ 토출수조의 설치는 원칙적으로 배수통문, 통관의 설치높이와 같게 하여야 한다.

(11) 배수관로

- ① 자연 방류관로와 펌프 토출관로를 분리하여 설치하여야 한다.
- ② 토출관로의 표고는 펌프가동의 최적화 및 효율증대, 그리고 신속 원활한 내수배제가 가능토록 설계되어야 하며 배출수에 의한 제방붕괴나 침식이 발생하지 않도록 해야 한다.

해설

- (1) 내수배제용 침사지는 원활한 침사가 이루어질수 있도록 침강속도와 거리를 고려하여 설계한다.

(2) 본체 시설

- ① 본체시설은 엔진구동방식의 경우 흡수조, 냉각수조, 연료저장실과 지하펌프실 등으로 구성한다.
- ② 펌프의 설치방식은 일반적으로 횡축형 또는 입축형이 사용되며, 유량변동폭, 설치조건, 경제성 등을 검토하여 결정한다.
- ③ 입축형에는 1상식, 2상식 및 콘크리트 케이싱식이 있다. 펌프의 설치방식을 선

정할 때는 각각 장단점이 있으므로 충분히 검토하여 결정한다. 유수중에 토사가 남아 있어 문제가 예상될 때에는 이에 대한 대책도 포함시켜야 한다. 펌프의 용량에 의해 펌프의 설치방식을 선정할 경우에는 <표 32.1>을 표준으로 한다.

<표 32.1> 펌프방식의 선정

펌프설치 방식		횡축형	입축형		
1대당 펌프 용량(m ³ /sec)	펌프의 대표 구경(mm)		1상식	2상식	콘크리트 케이싱식
1.0 이하	1,200 이하	○	○	○	-
1.0 ~ 10.0	1,200 ~ 2,000	○	-	○	-
10.0 이상	2,000 이상	-	-	○	○

(3) 흡수조

흡수조 설계시 아래와 같은 주의 사항이 요구된다.

- (가) 와류의 발생은 펌프의 손괴 우려가 있으므로 와류가 발생하지 않도록 한다.
- (나) 흡입수조 유입구의 유속은 가능한 한 늦추어 0.7m/sec 이하로 하여야 한다. 또한 흡입구로의 접근 유속은 약 0.3m/sec 이하가 좋다.
- (다) 유로는 급격한 확대나 방향 전환을 하지 않도록 하여야 한다.
- (라) 펌프의 용량에 알맞는 적당한 공간을 계획하여야 한다.
- (마) 사류를 일으키지 않도록 수로를 설계하여야 한다.

(4) 냉각수조

- ① 냉각수조는 시설 내부공간을 유효하게 활용함과 아울러 기구의 보수점검이 용이하도록 배치하여야 한다.
- ② 냉각수조의 용량은 각 기구의 냉각소요 수량과 여분의 수량을 고려하여 결정하여야 한다.

(5) 지하펌프실

- ① 지하 펌프실은 상부 하중을 안전하게 아래 방향으로 전달할 수 있는 구조로 하며, 펌프 운전시 공진 현상이 발생하지 않도록 하여야 한다.
- ② 지하 펌프실은 보조기구를 부설하고 보수, 점검이 용이한 구조로 하며, 기구의 반입구, 환기구 등을 보수 점검하기 위하여 계단, 통로 또는 맨홀 등을 설치하여야 한다.

(6) 배수시설의 상부시설

- ① 펌프실에는 유체측정기, 감속기, 자가발전설비, 연료탱크, 급배기설비, 천장크레인 등을 정연하게 배치하여야 한다. 펌프실 및 전기실에는 기기 반입을 위해 필요한 크기의 반입구를 설치하여야 한다. 펌프실의 반입구는 도로에서 진입이 용이한 위치에 두고, 펌프의 구경에 따라 기기를 적재할 차량이 출입할 수 있는 크기로 하여야 한다. 반입구의 바닥은 원칙적으로 차량에서 크레인으로 진입하

는 폭으로 하고, 펌프 1대의 부설에 필요한 넓이를 확보하도록 한다.

- ② 상부시설의 벽이나 천장에는 급·배기 설비를 설치하여야 한다. 급·배기 방식에는 강제 급기방식과 강제 배기방식이 있으며, 대형설비에는 원칙적으로 강제 급기 방식을 사용하여야 한다. 어느 방식이나 급·배기구의 설치위치는 바람의 흐름이 펌프실내에서 연속적이고 균등한 흐름이 되도록 정하여야 한다.
- ③ 펌프나 내연기관의 소음대책이 필요한 경우는 원칙적으로 유리창을 두껍게 하거나 2중으로 하고, 경우에 따라 벽면에 방음재를 설치하며, 벽을 두껍게 하는 등의 대책을 세우도록 한다. 특히 주택 등과 경계선 방향에는 출입구나 반입구의 설치를 피하고, 부득이한 경우에는 특별한 방음 구조로 하여야 한다. 또한 펌프 운전 중에는 시설 내·외에 기압차가 발생하여 문의 개폐가 곤란하게 되므로 원칙적으로 2중문으로 하여야 한다. 엔진 배기관이나 흡배기 입구에는 차음기를 추가하며, 원칙적으로 주택 등이 없는 제방 쪽에 설치하여야 한다.
- ④ 배전판 등의 주위는 조작이나 기구의 점검과 조정을 위하여 전면은 1m 이상, 후면은 0.6m 이상, 상부는 0.7m 이상의 유효공간을 유지토록 한다. 대형 시설에서는 배선이 편리하도록 콘크리트 바닥면을 낮추어 자유로운 통로 바닥으로 사용할 때가 많다.
- ⑤ 상부시설의 주요 치수는 아래의 방법으로 결정한다.

(가) 펌프실 바닥 면의 흐름 방향 길이는 배수용량, 양정, 펌프형식, 내연기관의 회전수, 치차감속기의 감속비, 토출변 등의 제원으로부터 정한 치수에 운전조작, 보수 등에 필요한 폭을 더해준다. 펌프가 2대 이상 설치될 경우로서 크기가 다른 용량의 펌프를 설치할 경우에는 대형 펌프의 치수로 통일하여야 한다.

(나) 펌프실의 천장까지의 높이는 천장 크레인의 지간, 최대하중, 양정(반입시의 하중에 의한 처짐 등도 고려한 양정), 펌프형식 등으로 결정하여야 한다.

(7) 펌프설비

- ① 펌프 본체의 기본적인 형식은 사류형, 축류형, 와권형 등으로 분류되며, 저양정의 양·배수펌프에는 원칙적으로 사류형, 축류형을 사용한다.
- ② 축류형식은 펌프의 축형식을 나타내는데 횡축형, 입축형, 사축형 등으로 분류되며, 원칙적으로 횡축형, 입축형을 사용한다. 펌프는 토출량, 전양정 등에 의하여 선정되며, 펌프의 전양정에 따른 개략적인 선정범위는 <표 32.2>와 같다. 빗물 펌프장은 하수관거를 통해 유입한 협착물 및 유사가 함유된 우수를 흡수정에 집수시켜 하천으로 직접 토출시키는 특성상 입축이 주류를 이루며, 양정이 7~8m 이상이 대부분이므로 사류펌프가 주종을 이룬다.
- ③ 고정형식은 펌프를 고정시킨 구조물의 형상을 나타내는데, 압축 펌프에는 1상식, 2상식이 있다. 2상식이 1상식에 비해 토목구조물이 복잡하여 경제성 면에서는 다소 불리하나, 빗물 배제 펌프장에 사용되는 펌프는 대용량의 펌프로서 가동시 진동에 안정성이 있고 비상시에 펌프원동기의 침수를 방지하면서 지속적인 운전을 할 수 있는 2상식이 일반적으로 채택된다.

<표 32.2> 펌프 기종 및 형식

기종 형식	축형식	
	횡축	입축
축 류	3m 이하	8m 이하
사 류	7m 이하	20m 이하

④ 주원동기 종류의 선정

(가) 배수펌프는 태풍이나 호우 등에 의한 이상 출수시에 운전되므로, 확실한 운전을 보증하도록 배수펌프 설비의 동력원을 확보하여야 한다.

(나) 원동기 종류의 선정은 그 입지조건 및 펌프의 운전상황에 따라서 달라진다. 일반적으로는 전원을 간단히 얻을 수 있을 뿐 아니라 상시배수를 필요로 하는 곳은 모터를 선정하고, 전원을 얻기 어려운 지역이거나 혹은 연간 펌프운전시간이 크게 제한되는 지역은 디젤엔진을 선정하는 것이 보통이다.

⑤ 수중펌프와 육상펌프의 선정은 설치장소, 효율, 동력비, 이동성 등을 검토하여 결정하나 설치장소가 협소하여 구조물 건축이 불가하고 주변의 여건상 소음을 줄여야 하며 침수위험성이 내재된 지역에서는 수중펌프 설치가 유리하다.

(8) 스크린(screen) 및 제진 설비

배수펌프의 흡수조에 제진용 조목 및 세목스크린을 설치하는 것을 표준으로 하고, 협착물의 양이 많을 것으로 예상될 때에는 조목스크린 앞에 부상스크린을 설치한다. 그러나 스크린으로 제거되지 않는 큰 유해물이나 농업용 비닐 등이 있는 곳에서는 스크린 전방에 필요에 따라 말뚝과 보호망을 설치하여야 한다. 스크린바의 두께는 최소 9mm 이상이어야 하고 조목 스크린의 경우 60-150mm, 세목 스크린의 경우 25-50mm의 간격을 유지하여야 한다.

(9) 토출수조

토출수조의 상단 높이는 토출수조 내에서 발생할 가능성이 있는 최고 수위에 대하여 안전한 높이로 하고, 또한 배수통문, 통관이 횡단하는 제방(계획횡단형이 결정된 경우에 대하여는 계획제방의 높이가 현재의 제방높이보다 낮고, 치수상에 지장이 없다고 인정할 경우 또는 계획 제방의 높이가 현재의 제방높이보다 높을 경우는 계획제방)의 높이 이상으로 하여야 한다.

32.4.3 재해방지 시설

- (1) 낙뢰로부터 펌프시설을 보호하기 위한 피뢰설비를 갖추어야 한다.
- (2) 화재, 침수등의 재해발생시 인명 및 재산을 보호하기 위하여 피난설비를 갖추어야 한다.

해설

- (1) 피뢰설비는 펌프시설에 근접하는 뇌격을 확실하게 흡입해서 안전하게 대지로 방류함으

로써 인명 및 건축물을 보호하는데 목적이 있다. 파괴설비에 대한 상세사항은 KSC IEC 61024-1(건축물등의 뇌보호시스템)를 참조한다.

- (2) 피난설비는 피난구 유도등, 통로유도등 및 비상조명등으로 구분되며 재해발생시 신속하게 대피할 수 있도록 유도하는데 그 목적이 있다. 직선거리로 20m 떨어진 위치에서 시력 1.0~1.2범위의 눈으로 문자나 색채가 쉽게 식별될 수 있도록 설치한다.

32.5 우수유출저감시설

32.5.1 우수유출저감시설 설계 일반사항

- (1) 우수침투·저류시설은 지반조건을 고려하고 배수량이 많은 지역에 접속 가능한 위치에 설치한다.
- (2) 우수침투·저류시설로는 우수 이외의 것이 유입되지 않아야 한다.

32.5.2 우수유출저감시설별 설계기준

지역내 저류는 강우의 이동을 최소한으로 억제하고, 비가 내린 그 지역에서 우수를 저류하는 방식으로 토지의 이용계획에 있어서 녹지나 시설물 등에 내린 비를 저류하는 기능을 포함하는 것이다. 지역내 저류시설의 종류는 건물간 주차장, 운동장, 공원 및 지붕 등을 들 수 있다.

해설

- (1) 저류시설<표 32.3> 저류시설에 따른 저류한계수심 (일본의 예)

토지이용	저류시설	저류한계수심(cm)
주택단지	건물간 저류	30
주차장	주차장 저류	10
초, 중, 고등학교	운동장 저류	30
아동공원	공원저류	20
근린·지구공원		30
건물간·지붕	지붕저류	10~15

에 따른 저류한계수심은 <표 32.3>과 같다.

- (2) 침투저류시설의 우수 처리능력은 저감구역의 침투능력에 의해 크게 좌우되고 부가적으로 설치방법에 의해서도 유출억제 효과를 보다 높일 수 있다. <표 32.4>은 유출저감 시설의 설치형태를 나타내고 있다.

<표 32.4> 우수 유출저감시설의 설치형태

형태	설치방법	처리방안	총저류량의 고려방법
I	침투시설 단독	각 집수구역마다 침투시설을 설치하고, 침투시설로부터의 유출수를 하수관거에 의해 집수구역외로 방출한다.	침투시설내의 저류량
II	침투시설 단독	하수관거로부터 공원내 등에 나누어 설치된 침투시설에 인도하여 처리한다.	
III	침투시설 + 지역내 저류	침투시설로부터 월류되는 물은 지역내 저류시설에 저류하고, 재침투시설로 침투처리한다.	지역내 저류시설의 저류량과 침투시설내의 저류량을 합
IV	침투시설 + 지역내 저류	침투시설로부터 월류되는 물을 지역내 저류시설에 저류하고, 재침투시설로 침투처리한다.	한다.
V	지역내 저류 + 침투시설	지역내 저류시설로 우수를 조절하고 침투시설로 처리한다.	지역내 저류량과 침투시설내 저류량을 합할수 없다.
VI	침투시설 + 유역출구 조정지	침투시설로부터의 유출수를 유역출구에 설치된 조정지로 조정한다.	침투시설로부터의 방출량이 유역출구 조정지의 유입량이 된다.

33.3 수리설계

33.3.1 일반사항

터널의 수리설계에 있어서는 설계유량 외에 최대빈도유량, 최소유량 및 터널시설에 지장을 미친다고 생각되는 유량 등을 검토해야 한다.

33.3.2 설계유량

자유수면터널의 설계유량은 터널 용도상의 분류에 따라 원칙적으로 계획하되, 배분되는 계획유량의 130% 이상을 통수시킬 수 있는 규모로 한다.

해설

- (1) 수로터널은 다른 개수로와 비교하여 통수능력 증대가 필요한 경우 대응이 곤란한 점이나, 유하물에 의한 폐색의 위험성이 높은 등 불리한 점이 있으므로, 계획상 설정되는 유량에 대해 터널단면의 계획에 이용하는 설계유량을 할증할 필요가 있다.
- (2) 이 할증율은, 터널형식(자유수면터널, 압력터널, 펌프를 병용하는 방식)이나 터널단면에 영향을 주는 쓰레기, 토사 등 소통장애 등의 원인에 대해 개별적으로 다르지만, 일반적으로 자유수면터널인 경우는 계획유량의 130% 이상으로 한다.
- (3) 압력터널 내의 유량은 단면적보다는 동수경사에 크게 규정되는 것이므로 설계유량은 계획유량과 동일하다고 하는 경우가 많다.

33.3.3 허용유속

- (1) 수로터널에서 허용유속의 최대한도는 터널 벽면의 마모를 방지할 수 있는 범위에서 결정되어야 하며, 터널 벽체의 재질에 따라 다르게 적용해야 한다.
- (2) 허용유속의 최소한도는 유사가 가라앉지 않는 유속으로 한다.

해설

- (1) 최소허용유속 : 최소허용유속은 토사의 퇴적을 일으키지 않는 속도로부터 구해진다. 일반적으로 실트나 부유토사가 작은 경우 0.6m/sec의 평균유속이 있으면 부유토사의 퇴적을 일으키지 않는다.
- (2) 최대허용유속 : 최대허용유속은 수로를 형성하는 재료에 의하여 매우 다르고 불명확하므로, 경험이나 그 외의 예로부터 판단한다. 내면의 재질에 의해서 <표 33.2>와 같은 제한치를 두고 있다.

<표 33.2> 최대허용유속

종 류	유속 (m/sec)	비 고
몰탈 콘크리트	3.0	상수도 도수터널
몰탈 라이닝 쉬일드 도장	5.0	
강관, 주철관	6.0	
라이닝을 하지 않은 경우	1.0 ~ 1.5	수력발전용댐 수압터널
콘크리트 라이닝(발전수로)	6 ~ 9	
콘크리트 라이닝(가배수터널)	18 ~ 21	

(3) 사용빈도가 높지 않은 방류 수로터널내 유속이 12~15m/sec 이상이면 공동현상에 의한 피해가 발생할 수 있으며 20m/sec 까지는 수로의 표면을 원활하게 하거나 내구성 재질을 사용함으로써 표면손상을 방지하는 것이 가능하나, 그 이상의 유속일 경우는 공동현상에 대한 대책을 수립하여야 한다.

33.3.4 여유고

터널의 통수단면은 수리상의 안정성을 확보하기 위하여 설계유량에 대응하는 설계수면상에 여유고를 더하여 결정하며, 다음의 두가지 식으로 계산한 값 중 큰 것으로 정한다.

$$d_1/D_1 = 0.80 \sim 0.83 \quad (33.1)$$

여기서 d_1 는 설계유량에 대한 수심(m), D_1 는 터널의 높이(m), 단 $(D_1 - d_1) \geq 0.30$ (m)이다.

또는,
$$d_2/D_2 = 0.90 \sim 0.93 \quad (33.2)$$

여기서 d_2 는 설계유량의 130% 유량에 대한 수심(m), D_2 는 터널의 높이(m)를 나타낸다.

33.3.5 수격작용

압력터널에서 수격작용으로 인한 수격압은 내압으로 작용하므로 설계시 수격압을 검토하여야 한다.

(1) 수격작용은 수로터널이나 연결 도수관로에서 수류의 급작스런 변화에 의해 수압이 변화되어 발생된 압력파가 상·하류로 전파되는 현상으로, 터널이나 관로 자체는 물론 펌

프, 터빈, 밸브, 펌프/터빈 등의 시설물을 파손시키거나 진동·소음을 발생시킨다. 압력수로에서 수격작용으로 인한 수격압은 내압으로 작용한다. 이때 수격압에 의한 압력상승이 최대가 되는 것은 반드시 전 부하차단 때라고는 볼 수 없으므로 부분차단 및 운전정지로부터 개방조건 등에 대해서도 수격압을 검토해야 한다. 특히 펌핑 수로에서는 일반적으로 동력차단(정전등) 조건에서 가장 큰 수격압이 발생하게 됨을 유의하여야 한다.

- (2) 수격압의 예측은 축차계산법, 도표에 의한 방법 등 수격파의 파동방정식의 해를 구하는 방법이 있으며, 펌프에 의한 양수로 또는 수력발전의 경우는 과도류해석(hydraulic transient analysis)을 해야 한다.

33.4 지보재

33.4.1 지보재의 종류

- (1) 일반적으로 터널의 지보재는 강지보재, 록볼트, 슛크리트, 철망 등으로 구성되어 있는 주지보재와 굴착의 용이성 및 안정성 증진을 목적으로 주지보재에 추가하여 시공하는 보조지보재로 구분하여 설계하여야 한다.
- (2) 지보재의 설계에 있어서는 지반의 분류 등급과 해당 지보재의 선정에 대한 기준을 제시함으로써 시공시 실제 지반조건이 설계시 예측조건과 상이할 경우 적합한 지보재로 변경할 수 있도록 하여야 한다.

해설

(1) 강지보재

- ① 강지보재는 터널의 모양에 맞추어 가공하여 일정한 간격으로 세워 원지반의 지반압을 전달시켜 지반을 지지하는 것을 말한다. 따라서 강지보재는 이음부가 적고 예상되는 외력, 기타 제조건에 대하여 유리한 형상을 가지며 시공상 편리한 것이어야 한다.
- ② 강지보재의 역할
 - (가) 슛크리트 또는 록볼트의 지보기능이 발휘되기까지 굴착면의 안정도
 - (나) 막장면 휘폴링 등 보조공법의 반력 지지점 역할
 - (다) 큰 지압이 발생하는 곳에서 지보재의 강성을 증가
 - (라) 지표침하 등 지반변위의 억제
- ③ 강지보재의 단면 형상은 강지보재의 설치 후에도 지반과 강지보재 사이의 공극에 슛크리트 타설이 용이하고, 슛크리트와 일체화되기 쉬운 것이 좋다. 또한, 큰 하중이 작용하는 경우에는 좌굴에 대하여 저항성이 큰 형상이 바람직하다. 강지보재로 사용되는 대표적인 단면 형상에는 H형, U형, 격자지보형(lattice girder) 등이 있으며, 일반적으로 H형이 주로 사용되어 왔고, 최근에는 격자지보형도 많이 사용되는 경향을 보이고 있다.
- ④ 강지보재는 지지하여야 할 하중의 크기뿐만 아니라 슛크리트의 두께, 터널 단면

의 크기, 시공법 등을 고려하여 적당한 강도, 강성을 가진 것을 선정하여야 한다. H형 및 U형 강지보재의 재질은 KS D 3503에 규정된 SS 400을 표준으로 하며 이와 동등 이상의 성능을 발휘하는 구조용 강재로 하여야 한다. 또한 격자 지보형 강지보재의 재질은 소요의 강도를 충분히 발휘할 수 있는 특수강을 사용 하여야 한다.

(2) 록볼트

① 록볼트 설계시 고려사항

(가) 록볼트 설계시에는 록볼트 자체의 항복하중과 정착방법을 면밀히 검토하고, 또한 시공성 및 시공시간 단축 등을 고려하여야 한다.

(나) 슛크리트, 강지보재등 기타 지보재와 병용하는 경우에는 각각의 지보 효과를 고려하여 종합적인 지보 기능을 평가한 후 록볼트를 설계할 필요가 있다.

(다) 록볼트의 작용 효과를 장기적으로 기대하는 경우에는 부식되지 않는 것으로 해야 하므로 충분한 검토가 필요하며, 특히 강산성 지반(운천, 산성 용수 등이 존재하는 지반) 및 해수의 영향을 받는 지역에서는 내부식성 재료를 사용하는 등의 대책을 강구하여야 한다.

(라) 록볼트의 작용효과 중 특히 봉합작용이 강조되어 인장력이 발생하는 경우는 발생 축력을 검토하여 볼트의 재질 및 형상을 결정하여야 하며 소요의 인발 내력에 대해서 검토하여야 한다.

(마) 록볼트의 재질, 지압판, 정착형식 및 정착재료의 선정 등에 있어서는 그 시공성을 검토하여야 한다.

(바) 굴착으로 인한 응력개방에 따라 내공변위가 크게 발생하는 경우에는 선단정착형 또는 혼합형의 록볼트 형식으로 프리스트레스를 도입할 수 있다. 프리스트레스를 도입하는 경우에는 도입된 프리스트레스가 지속적으로 유지될 수 있는 지반조건이어야 하며 프리스트레싱에 의한 록볼트의 응력이 항복강도의 80% 이내로 하는 것이 바람직하다.

② 록볼트는 지반 자체가 강도를 발휘하도록 지반을 도와주는 지보재의 일종으로 록볼트의 선정은 지반의 강도, 절리, 균열의 상태, 용수 상황, 천공경 확대의 용이성, 정착의 확실성을 고려하여야 하며, 록볼트의 재질은 작용효과, 시공성 및 현장여건을 고려하여 일반적으로 SD35 정도의 표준이형철근(직경 25mm)을 사용한다.

③ 록볼트의 배치는 부분적 지반의 붕괴를 방지하기 위한 랜덤 볼트(random bolt) 방식과, 규칙적으로 배치하여 자연지반아치를 형성시키는 시스템 볼트(system bolt) 방식이 있다. 록볼트의 길이는 터널 주변의 이완영역 보다 길게 하여 불안정영역을 충분히 지지할 수 있게 하여야 한다.

(3) 슛크리트

① 슛크리트 설계에 있어서는 그 사용 목적, 지반 조건, 시공성 등을 고려하여 배합, 강도, 두께 등을 결정할 필요가 있으나, 지보재로서 충분한 기능을 발휘하기 위하여 다음과 같은 요건을 만족시킬 수 있도록 설계하여야 한다.

(가) 작용하중에 대해 충분한 강도를 확보하여야 한다.

(나) 조기에 필요한 강도를 발휘할 수 있어야 한다.

- (다) 지반과 충분한 부착성을 확보하여야 한다.
 - (라) 충분한 내구성을 확보하여 터널의 공용기간동안 소요의 기능을 발휘할 수 있어야 한다.
 - (마) 반발율(rebound) 및 분진 발생량을 최소화하여야 한다.
 - (바) 평활한 굴착면을 확보하여 방수 및 배수시공이 용이하여야 한다.
- ② 슛크리트의 타설 방법은 배합 및 작업방법에 따라 건식과 습식으로 구분하며, 필요에 따라 강(鋼) 또는 기타 재질의 섬유(fiber)를 혼합하여 사용할 수 있다. 건식은 물 이외의 재료(시멘트, 모래, 자갈)를 압축공기로 노즐까지 보내어 노즐에서 물과 합류시켜 뿜어 붙이는 공법이고, 습식은 모든 재료를 믹서로 비빈 후 압축공기와 스퀴어 만으로 뿜어 붙이는 공법이다. 습식 콘크리트는 건식에 비해 분진이 거의 발생하지 않으므로 작업환경이 개선되고, 품질관리가 확실하며, 반발률 감소, 시공능력 향상으로 경제적으로 유리하다. 또한, 습식공법에 의한 기계화 시공은 건식공법보다 시공성, 환경 측면, 경제성 등에서 충분한 효과가 있다.
 - ③ 슛크리트는 굴착 종료 후 즉시 타설하여 굴착 주변 지반의 강도 열화를 억제해야 하기 때문에 작업능률이 좋고 부착된 콘크리트가 자중에 의해 굴착면으로부터 떨어지지 않으며, 발파 등의 진동에 견딜 수 있도록 조기에 경화시켜 강도를 발휘시킬 필요가 있다. 슛크리트용 시멘트는 제1종 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하는 것을 원칙으로 하며 잔골재는 입경 0.1mm 이하의 세립물을 포함하지 않아야 하고 굵은 골재의 최대 입경은 15mm 이하가 되어야 한다. 슛크리트의 배합은 필요한 강도와 내구성이 확보되고 부착성과 시공성이 양호하며, 설계강도는 재령 1일 압축강도가 100kg/cm² 이상, 재령 28일 압축강도는 180kg/cm² 이상이 되어야 한다.
 - ④ 슛크리트의 설계 두께는 그 사용 목적, 지반조건, 단면의 크기 등에 따라서 결정된다. 경암에서와 같이 지반압이 전혀 작용하지 않고 암괴의 붕락 방지만을 목적으로 슛크리트를 시공하는 경우에는 설계 두께를 최소로 하는 것이 좋다. 또한, 팽창성 지반압이 큰 경우, 미고결 지반의 경우, 주변에 대한 터널 굴착 영향을 줄여야 할 필요가 있는 경우 등에는 설계 두께를 비교적 크게 할 필요가 있다. 지금까지의 슛크리트 설계 두께 적용 실적을 보면 대부분 5~25cm의 범위에 있다. 외국의 사례를 보면 이보다 훨씬 두꺼운 40~60cm를 적용한 경우도 있다. 일반적으로 수로의 경우 지보재로 사용되는 슛크리트의 최소두께는 5cm 이상으로 하는 것이 바람직하다.

(4) 철망

- ① 철망은 타설된 슛크리트가 자중으로 인해 박리될 가능성이 있는 경우 또는 슛크리트의 인장강도 및 전단강도를 향상시키기 위하여 사용된다. 단, 섬유보강 슛크리트를 사용할 경우는 철망을 생략할 수 있다.
- ② 지반 조건에 따라 기대되는 철망의 효과, 시공성 등을 고려하여 철망의 종류를 선정하여야 한다. 철망은 일반적으로 KSD 7017에 규정된 용접철망을 사용하되 철망의 지름은 5mm 내외, 개구의 크기는 100mm×100mm 또는 150mm×150mm인 철망을 표준으로 하나, 150mm×150mm의 규격의 철망이 바람직하다.
- ③ 철망은 일반 철근 콘크리트 구조물에서와 같이 슛크리트의 보강재로써 중·횡방

향의 겹이음을 적절히 시행하여야 한다. 겹이음은 1차 철망의 경우 횡방향 2격자(200mm 이상), 종방향 1격자(100mm 이상), 2차 철망의 경우 종·횡방향 공히 2격자(200mm 이상)로 시행한다.

33.4.2 지보재의 설치

- (1) 지보재(支保材)는 지반압에 저항할 수 있는 구조로 공사진행상 편리하고 경제적인 양식으로 가설에 특별한 주의를 하여야 한다.
- (2) 지질이 양호한 암반인 경우에는 지보재가 필요하지 않을 수도 있으며, 연약한 암반의 경우에는 지보재의 간격을 좁게 하고 버팀대나 흠막이판 등을 설치하여 암석이 떨어지는 것을 방지하여야 한다.

- (1) 터널 시공시 지보재는 터널의 수명기간동안 터널 주변의 응력이나 변위 상태 등과 상호 연합하여 일체로 거동하여 터널의 안정성을 영구적으로 보장해 주도록 설계되어야 한다. 즉, 지보재는 터널의 굴착으로 인하여 발생하는 새로운 응력상태에 대하여 터널 주변지반과 일체가 되어 안정된 상태에 도달하도록 설계되어야 한다.
- (2) 터널 주변지반의 거동이 지표 및 지중의 주변 구조물에 영향을 미칠 위험이 있는 경우에는 터널 굴착의 영향이 최소화할 수 있는 지보재의 규격과 시공순서를 결정하여야 하며, 또한 터널 내부에서의 작업 효율성, 안정성을 고려하여 각종 지보재를 설계하여야 한다.

33.5 라이닝과 그라우팅

33.5.1 라이닝

- (1) 라이닝은 지보재와 함께 지압, 수압, 그 밖의 외력에 대항하여 오랫동안 소정의 단면 형상을 유지, 터널 내외면 간의 통수 방지, 터널 내면의 조도를 감소시켜 가능한 한 단면의 축소 혹은 수두손실의 경감 도모 등의 기능을 가져야 한다.
- (2) 굴착 후 암반의 강도가 크고 굴착면이 매끄럽고 견고할 경우에는 라이닝을 하지 않을 수 있다.
- (3) 라이닝에는 숏크리트, 무근 콘크리트, 철근 콘크리트, 철편 등이 있는데, 지질조건, 시공법, 경제성 및 장래의 유지관리 등을 종합 판단하여 결정한다.
- (4) 일반적으로 수로터널은 콘크리트 라이닝에 철근보강의 유무에 관계없이 내·외수압의 차이에 따라 터널 내·외부로 물이 통수된다고 가정하나, 통수가 허용되지 않는 조건에서는 철편 라이닝 또는 완전 수밀성의 철근콘크리트 라이닝을 설치하여야 한다.
- (5) 라이닝의 두께는 터널단면의 크기와 형상, 지반조건, 작용하중, 사용재료, 시공법 등을 고려해서 결정하여야 한다.
- (6) 압력 수로터널은 통수와 배수의 운영과정에서 내수압의 작용이 반복되기 때문에 내·외수압의 차이에 따른 수리구조적인 검토가 필요하다. 수리구조적인 검토에서는 내수압이 외수압보다 큰 경우 누수에 대한 검토와 토피구속조건에 대한 검토를, 외수압이 내수압보다 큰 경우 배수공 설치 및 외수압 하중 등에 대한 검토를 수행하여야 한다.

해설

- (1) 라이닝에는 숏크리트, 무근 콘크리트, 철근 콘크리트, 철관 라이닝 등이 있는데, 지질조건, 시공법, 경제성 및 장래의 유지관리 등을 종합 판단하여 결정하며, 일반적으로는 콘크리트 라이닝이 주로 사용된다.
- (2) 콘크리트 라이닝의 기능은 아래와 같다.
 - ① 수리상의 조도계수 개선으로 통수단면의 축소가능
 - ② 터널주변 암반의 풍화방지 및 유수에 의한 지반열화 경감
 - ③ 터널안정에 대한 구조적 보강으로 추가적 지보효과 기대
 - ④ 터널의 내구성 증대
 - ⑤ 굴착시 발생한 분진 및 암편의 수로내 유입방지
- (3) 철근보강시 추가적인 효과는 아래와 같다.
 - ① 콘크리트 균열에 대한 국부적 라이닝 탈락 방지
 - ② 운영중 예상되는 지반의 이완에 대한 지지
 - ③ 지반의 투수성이 라이닝 투수성 보다 클 경우 내수압의 부분적 분담
 - ④ 균열제어를 통하여 누수 조정
- (4) 철근 콘크리트로 수밀의 라이닝을 계획하는 경우 수밀성 확보를 위하여 철근의 인장응력을 제한하여 변형을 제한하여야 한다. 그러나 내수압이 커짐에 따라 인장응력이 증가하여 철근 콘크리트 라이닝으로는 수밀한 구조를 만들 수 없는 고수압 터널에 대해서는 철관 라이닝으로 처리하여야 한다.
- (5) 콘크리트 라이닝의 소요 강도는 지반 특성, 콘크리트 라이닝의 형상, 지보재의 종류 및 라이닝에 작용하는 하중의 유무에 따라 다르지만, 특별한 경우를 제외하고 설계기준 강도로서 재령 28일 강도가 $210\sim 240\text{kg/cm}^2$ 정도를 표준으로 한다. 그러나 경우에 따라서는 그 이상인 고강도 콘크리트를 사용할 수 있다. 단위 시멘트량, 물-시멘트비, 슬럼프 등의 설계는 상기의 강도 외에 사용 재료 및 시공 조건에 따라 다르다. 통상 콘크리트 라이닝에는 보통 포트랜드 시멘트를 쓰지만 수축 균열을 예방할 목적으로 고로 시멘트 및 중용열 시멘트를 쓰는 경우가 있으므로, 여러 면에서 단위 시멘트량의 적정치를 결정하지 않으면 안된다. 또한 비배수형 터널에서는 방수 목적상 수밀 콘크리트를 사용하여야 하며, 이 경우 재령 28일 강도가 270kg/cm^2 이상이 되도록 하여야 한다.
- (6) 압력 수로터널은 통수와 배수의 운영과정에서 내수압의 작용이 반복되기 때문에 내·외수압의 차이에 따른 수리구조적인 검토가 필요하다. 수리구조적인 검토에서는 내수압이 외수압보다 큰 경우와 외수압이 내수압보다 큰 경우로 구분하고, 내수압이 외수압보다 큰 경우는 다시 누수에 대한 검토와 토피구속 조건에 대한 검토를 수행하여야 한다.
 - ① 내수압이 외수압보다 큰 경우는 토피가 터널내 정수압의 수두높이 보다 낮은 경우로서 내수압은 피압지하수 상태가 되어 누수문제에 대한 검토가 필요하며, 아울러 토피가 적은 구간에 대하여는 내수압에 대한 토피의 구속조건에 대한 검토가 필요하다.
 - (가) 누수 검토
 - ㉞ 굴착구간을 대형 보링홀로 취급하여 암반의 누수를 예측할 수 있으며, 내수압이 외수압보다 크므로 터널내부로부터 터널외부

로의 누수량에 대한 검토가 필요하다.

- ㉔ 내수압이 외수압의 2배 이상일 경우 누수량이 과다하여 지표로의 분출 발생 가능성이 있다. 이 경우는 누수량을 제어하는 방안을 검토하여야 한다.
- ㉕ 누수추정량은 구속조건이 만족되지 않을 경우 과소평가될 수 있으므로 주의하여야 한다.
- ㉖ 누수량을 제어하기 위하여 차수 및 압밀 그라우팅과 철근 콘크리트 라이닝(균열조절의 최소철근비)을 병행할 수 있으나, 토피가 적을 경우 과도한 그라우팅 주입압은 피하여야 한다. 그라우팅 주입압은 토피의 2배, 내수압의 3배 이하로 하며, 30kg/cm²로 제한하되, 높은 주입압을 사용할 경우 지반 및 라이닝에 미치는 영향 등을 고려하여 결정한다.

(나) 구속조건 검토

- ㉗ 내수압에 대한 구속력 부족시 수압할렬이 발생하여 과다한 누수와 수압분산이 발생하여 지반파괴와 과다한 용수의 손실이 발생한다.
- ㉘ 지반의 인장력은 고려할 수 없으므로 토압에 의한 내수압 구속조건을 검토한다.
- ㉙ 일반적으로 구속조건 검토는 스노이 마운틴즈 기준(Snowy Mountains Criterion)과 노르위전 기준(Norwegian Criterion)을 적용한다(<그림 33.2>, <그림 33.3>).
- ㉚ 구속조건이 만족되지 않을 경우 차수그라우팅과 철근콘크리트 라이닝을 병행하여 과다한 누수발생을 억제하거나, 철관 라이닝을 사용하여 지반에 작용되는 내수압을 근원적으로 제거하여야 한다.
- ㉛ <그림 33.2> 및 <그림 33.3>에서 수직토피 및 최소토피 계산은 아래식을 이용할 수 있다.

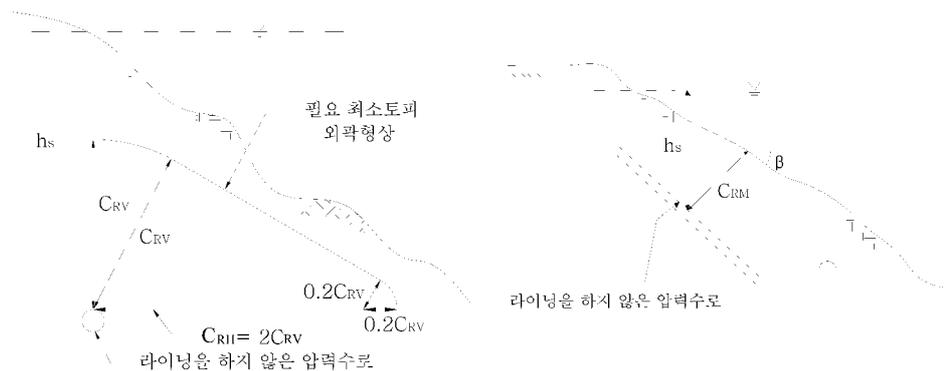
$C_{RV} = \frac{h_s \cdot r_w}{r_R}$	$C_{RM} = \frac{h_s \cdot r_w \cdot F}{r_R \cdot \cos \beta}$
C_{RV} : 수직토피	C_{RM} : 최소토피
C_{RH} : 수평토피	F : 안전율(1 기준)
h_s : 정수두	h_s : 정수두
γ_w : 물의 단위중량	γ_w : 물의 단위중량
γ_R : 암반의 단위중량	γ_R : 암반의 단위중량
	β : 사면경사

② 외수압이 내수압보다 큰 경우

- (가) 콘크리트 라이닝 균열 및 시공 이음부를 통한 지하수 유입을 검토하고, 지하수위가 높아서 외수압이 클 경우 배수공을 설치하여 콘크리

트 라이닝에 작용되는 외수압에 대한 하중을 경감시킬수 있다.

- (나) 지하수위 저하가 문제가 될 수 있는 지역에서는 배수공을 설치해서는 안되며, 전체 외수압을 라이닝에 지지할 수 있도록 설계하여야 한다.
- (다) 차수그라우팅에 의하여 지하수위의 급격한 저하를 방지할 수 있으나, 넓은 구간에 걸쳐서 많은 용출수가 발생하는 경우에는 배수시설 설치를 검토하여야 한다.
- (라) 구속조건은 암반의 단위중량이 물의 단위중량의 2배 이상이므로 안전율 2 이상이 예상되나, 주변지반의 중·횡단경사를 고려하여 급사면에 대한 구속력 검토가 필요하다.
- (마) 여기서 라이닝을 하지 않은 압력수로 는 슛크리트, 무근콘크리트 등 건조나 내수압에 의해 균열이 발생할 수 있는 라이닝의 압력수로도 포함된다.



<그림 33.2> 스노이 마운틴즈 기준 <그림 33.3> 노르위전 기준

33.5.2 그라우팅

- (1) 그라우팅은 지압을 균등히 분포시켜 편압(偏壓)의 발생을 방지하고, 부분적으로 발생하는 라이닝의 아치부 콘크리트의 공극에 침투하여 고결강화(固結強化)하여 라이닝의 질적 향상을 도모, 원지반으로부터의 용출수를 방지하여 콘크리트 라이닝의 내구성을 높이는 등의 기능을 가져야 한다.
- (2) 자유수면터널에서는 일반적으로 저압 그라우팅을, 압력터널에서는 주로 고압 그라우팅을 실시하는 것을 원칙으로 한다.
- (3) 뒷채움 그라우팅은 라이닝 후면과 암반사이의 공극을 채우기 위하여 시행되어야 한다.

해설

(1) 그라우팅의 기능은 아래와 같다.

- ① 지압을 균등히 분포시켜 편압(偏壓)의 발생을 방지한다.
- ② 원지반의 반력을 유효하게 움직이게 한다.
- ③ 부분적으로 발생하는 라이닝의 아치부 콘크리트의 공극에 침투하여 고결강화(固結強化)하여 라이닝의 질적 향상을 도모한다.
- ④ 원지반으로부터의 용출수를 방지하여 콘크리트 라이닝의 내구성을 높인다.

(2) 그라우팅 재료 : 시멘트 페이스트(paste), 모르타르 등이 사용된다.

(3) 자유수면터널에서는 일반적으로 저압 그라우팅을 실시하는데, 이 때의 주입압은 $2\text{kg}/\text{cm}^2$, 고결 후의 강도는 $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 으로 한다. 압력터널에서는 주로 고압 그라우팅을 실시한다.

(4) 뒷채움 그라우팅은 라이닝 후면과 암반사이의 공극을 채우기 위해 시행된다. 그라우팅 구멍은 터널 천정의 중심선에서 20° 정도의 위치에 지그재그로 배치하며 구멍의 직경은 50mm , 구멍 사이의 종단 간격은 $4\sim 6\text{m}$ 를 표준으로 한다.

33.6 기타설계

33.6.1 굴착설계

- (1) 원지반이 본래 갖고 있는 지지력을 최대한으로 보존할 수 있는 굴착방식을 채택해야 한다.
- (2) 굴착방식은 인력(소형기구 이용), 기계 및 발파에 의한 굴착으로 나눌수 있으며, 지반 조건, 지하수 유입의 상태, 경제성 등을 고려하여 가장 적합한 방법을 선정하여야 한다.
- (3) 인력(소형기구 이용)굴착은 주변 여건상 발파가 곤란하거나 지반이 연약한 소단면 굴착에만 적용한다.
- (4) 기계 및 발파굴착의 세부 사항은 '터널표준시방서(한국터널공학회, 2009)' 및 기타 관련규정에 따른다.

33.6.2 부대시설 설계

- (1) 부대시설로서 배수시설, 안전시설, 계측설비 등의 설치를 고려하여야 한다.
- (2) 배수시설 : 유지관리상 단수하여 수로터널을 빈 상태로 만드는 경우를 고려하여 배수조, 배수구 등을 설치한다.
- (3) 안전시설 : 터널 출입구에는 유지관리상의 안전을 위하여 사다리, 가드레일, 울타리 등을 설치한다.
- (4) 계측설비 : 시공중 혹은 시공후의 내공변위(內空變位), 터널천정의 침하 등을 계측하기 위한 설비를 설치한다.

제 34 장 주운시설

34.1 일반사항

34.1.1 적용범위

- (1) 본 장은 주운시설설계에 대한 표준적인 설계 기준에 대하여 다룬다.
- (2) 이 장에서 다루는 주운시설의 범위는 다음과 같다.
 - ① 주운수로
 - ② 주운댐
 - ③ 갑문
 - ④ 기타시설

34.1.2 용어의 정의

- (1) 주운 : 선박으로 화물을 수송하거나 교통하는 일
- (2) 주운수로 : 선박이 다닐 수 있도록 수심이 유지될 수 있는 수로
- (3) 갑문(lock) : 수위차가 있는 하천 또는 수로간에 선박을 다니게 하기 위한 구조물로 상류 및 하류 두 개의 문비실과 그 중간의 갑실 및 록게이트로 이루어짐
- (4) 주운댐 : 선박이 수위차를 극복할 수 있도록 갑문시설이 갖추어진 댐(댐의 높이는 저수용량의 관점보다는 댐상류의 수심을 확보하는 관점에서 결정)

34.1.3 관련규정

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정을 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정은 아래와 같다.

- (1) 본 설계기준
 - ① 제18장 하도계획
 - ② 제22장 내륙주운계획
 - ② 제30장 수문
 - ③ 제35장 하구시설
- (2) 관련규정
 - ① 댐 설계기준(한국수자원학회, 2005)
 - ② 항만 및 어항 설계기준(해양수산부, 2005)

34.2 설계일반

- (1) 주운을 위한 수심, 수로폭, 갑문의 규모(크기)에 대한 일반적인 고려 조건은 장래에 예

측 가능한 화물의 종류와 양, 그리고 수로연결에 사용될 선박(바지선)과 예인선의 종류와 규모 및 다른 수로의 개발정도 등에 의해서 결정된다.

- (2) 주운수로는 선박의 원활한 운영을 위하여 수로 수심과 폭 확보가 가능한 수량이 확보되어야 하며, 자연 친화적인 건설이 되도록 검토한다.
- (3) 주운시설의 설계시 다음의 사항들에 대하여 충분한 검토를 한다.
 - ① 홍수위
 - ② 배수(排水)
 - ③ 취수시설
 - ④ 환경 및 생태계
 - ⑤ 위락시설
 - ⑥ 수력발전

34.3 주운수로

34.3.1 주운수로의 크기

- (1) 주운수로의 크기는 운행되는 선박의 수에 기초한 수송밀도를 기준으로 결정한다.
- (2) 수로규모는 다음을 적용한다.

<표 34.1> 수로규모 결정기준

수송밀도(선박수/년)	항로수
1,000 미만	1
1,000-5,000	2
5,000-20,000	2
20,000 이상	3 이상

해설

유럽에서는 선박(바지)의 크기와 종류에 따라 수로를 <표 34.2>와 같이 분류하고 있다.

<표 34.2> 주운수로의 유럽 표준

수로의구분	등락선 및 바지선					피추진제					추진선				최소 교량형하고	
	선박의 유형 및 특징					피추진제의 유형 및 특징					바지의 유형 및 특징					
	명칭	길이	선폭	흘수	톤	명칭	길이	선폭	흘수	톤	명칭	길이	선폭	흘수		
(1)		m	m	m	T		m	m	m	T		m	m	m	m	
I	바지	38.50	5.06	2.20	250-400											4.00
II	Campine 바지	50-55	6.60	2.50	400-650											4.50
III	D.E.K. (4)	67-80	6.20	2.50	650-1000											5.00
IV	R.H.K. (5)	80-85	9.50	2.50	1000-1500	1 barge E I	85	9.50	2.50	1240	Europe I	70.00	9.50	2.50		5.25
V a	대형리안선박	95-110	11.40 (2)	2.80	1500-3000	1 barge E II	95-105	11.40	2.80	1850	Europe II	76.50	11.40	2.80		7.00
V b						2 barges E II a	172-185	11.40	2.80	3700						
VI a						4 barges E II a	185-195	22.80	4.50 (3)	6000 12000						
VI b						6 barges E II a	270	22.80	4.50 (3)	12000 18000	Europe II a	76.50	11.40	3.90		9.10
							195	34.20	4.50 (3)	12000 18000						

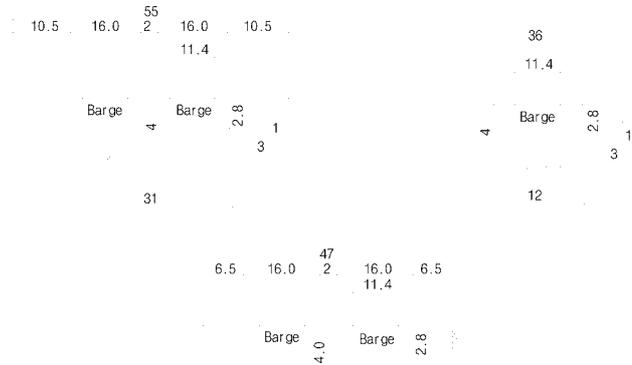
(1) 수로의 구분은 선박의 수량길이로 구분함. (4) D.E.K = Dortmund-Ems-Kanal 형 선박.
 (2) 다뉴브 유역에서는 선폭이 대개 11m 임. (5) R.H.K = Rhein-Herne-Kanal 형 선박.
 (3) 장래의 발전을 고려함.

34.3.2 직선수로

안전하고 효율적인 운항을 위한 적정 수로폭은 수로의 구성, 예인선의 규모, 그리고 계획된 운항 모드(일방향 또는 양방향 운항)에 따라 결정한다.

해설

- (1) 운항횟수가 비교적 적은 구간에서는 그 구간이 상대적으로 직선적이고, 시계가 좋으며 통과로가 제공된다면 일방향 운항이 적합할 것이다. 일방향 운항 또는 양방향 운항을 위한 최소 수로폭은 <그림 34.1>에 나타나 있다.



<그림 34.1> 직선구간에서의 최소수로 여유공간 (단위 : m)

(2) 미국육군공병단(1980)에서는 <표 34.3>과 같은 최소 수로폭을 직선구간에 대해서 제안하고 있다[COE Manual EM 110-2-1611].

<표 34.3> 권장 수로폭

예인선단의 폭(m)	수로 폭(m)	
	양방통행	일방통행
33	91	56
21	70	46
15	58	40

(3) Daggert와 Show는 수로폭과 선단구성에 관하여 <표 34.4>와 같이 추천하였다.

<표 34.4> 수로폭과 선단구성 (단위: m)

추천수로폭 (cm)	바지수	바지규모		예선길이	예인선단	
		폭	길이		폭	길이
45	1	15.0	90.0	30.0	15.0	120.0
	2	10.5	58.5	30.0	10.5	147.0
60	2	10.5	58.5	30.0	21.0	88.5
	3	7.8	52.5	30.0	23.4	82.5
67.5	2	10.5	58.5	30.0	21.0	88.5
	3	10.5	58.5	*	21.0	117.0
	5	7.8	52.5	*	23.4	105.0
75	6	10.5	58.5	34.5	21.0	210.0
	10	7.8	52.5	*	23.4	210.0
	2	15.0	90.0	30	15.0	210.0
75	8	10.5	58.5	*	31.5	175.5
	10	7.8	52.5	*	31.5	157.5
	4	15.0	72.0	34.5	30.0	178.5
	8	10.5	60.0	*	31.5	180.0
90	11	10.5	58.5	*	31.5	234.0
	11	10.5	60.0	*	31.5	240.0
	14	7.8	52.5	*	31.2	210.0
	4	15.0	90.0	37.5	30.0	217.5
120	15	10.5	58.5	45.0	31.5	337.5
	15	10.5	60.0	45.0	31.5	345.0
	22	7.8	52.5	45.0	31.2	360.0
	8	15.0	75.0	45.0	30.0	345.0
150	18	10.5	58.5	48.0	31.5	399.0
	18	10.5	60.0	48.0	31.5	408.0
	8	15.0	90.0	48.0	30.0	408.0
	10	15.0	72.0	48.0	30.0	408.0
	8	15.0	75.0	48.0	30.0	348.0

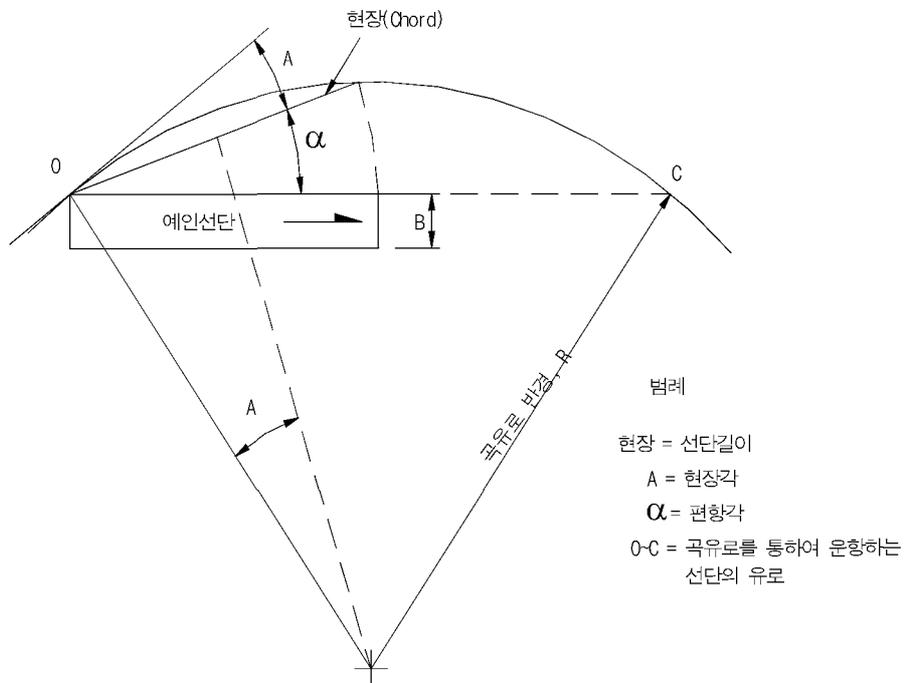
* 예선이 선단길이를 좌우하지 않을 경우

34.3.3 만곡수로

- (1) 곡류부에서는 직선구간 보다 상대적으로 넓은 수로폭을 필요로 하므로 편향각을 고려하여 수로폭을 결정한다. 이는 예인선단이 곡류부를 통과할 때 곡류부 접선에 대해서 예인선단의 중심축이 적당한 사각(斜角)을 이루어 운항을 해야하기 때문이다. 이러한 각을 편향각(偏航角, drift angle 또는 deflection angle)이라 한다(<그림 34.2> 참조).
- (2) 편향각은 수로의 곡률반경, 선박의 속도, 동력, 형상, 풍력, 화물적재 여부, 그리고 흐름의 형태에 따라서 변한다.
- (3) 하류를 향한 편향차각이 상류를 향한 편향차각보다 크므로 일방향 운항수로의 규모는 하류를 향한 운항에서 필요로 하는 수로폭을 기준으로 계획하여야 한다.

해설

- (1) 만곡수로에서의 편향각은 <그림 34.2>와 같다.



<그림 34.2> 만곡수로에서의 편향각

- (2) 예인선의 동력이 클수록 조정력이 크게 되기 때문에 편향차각이 줄어들 수 있어서 수로폭을 줄일 수 있다. 조정력이 큰 예인선(예로서 독립적으로 구동하는 스크류, 특수한 방향타제어장치, 또는 추가적인 조타(操舵)장치를 가진 예인선 등) 역시 작은 수로폭을 필요로 한다.
- (3) 곡류부에서의 편향차각과 수로폭을 결정하기 위한 세 가지 방법은 다음과 같다.
- ① Bouwmeester의 공식
 - ② 미국육군공병단 수리시험소 공식 ③ INSA 공식
- (4) Bouwmeester와 De Ruiter는 양방향행에 대한 설계수로폭을 다음과 같이 제시하였다.

$$W = 2(L \sin \alpha + B) + C \quad (34.1)$$

여기서, W는 수로폭, L은 선단길이, α 는 편향각, B는 선폭, C는 바람직한 총 여유폭 (<표 34.3> 참조), R은 수로의 곡률반경이다.

- (4) 미국육군공병단 수리시험소는 1970년대에 수행한 연구를 기초로 곡률반경이 350m에서 3,000m 사이의 곡류부에서 안전운행에 필요한 수로폭의 영향인자를 확정하였다.
- ① 수로폭

(가) 하류를 향한 일방향 운행

$$W = (\sin \alpha \times L_1) + W_1 + 2C \quad (34.2)$$

(나) 양방향 운행

$$W = (\sin \alpha \times L_1) + W_1 + (\sin \alpha \times L_2) + W_2 + 2C + C_t \quad (34.3)$$

여기서, W는 수로폭(m), α 는 하류로 향한 예인운행에서의 최대 편향각, α_u 는 상류로 향한 예인운행에서의 최대 편향각, L_{1,2}은 예인선단의 길이(m), W_{1,2}는 예인선단의 폭(m), C는 예인선단과 수로폭 사이의 여유폭(m), C_t는 교차하는 예인선단간의 여유폭(m)(<그림 34.1> 참조)이다.

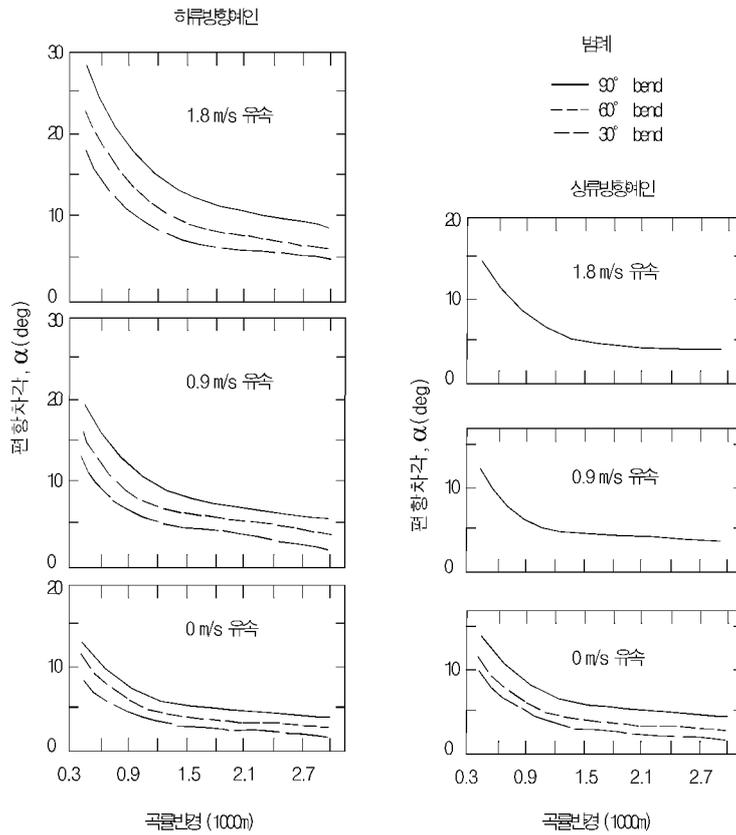
- ② <그림 34.3>은 작은 곡률반경의 수로에서 폭 31.5m, 길이 205.5m의 예인선단(25.5m의 예인선 포함)의 안전운행을 위한 편향차각을 유속이 1.8m/sec, 0.9m/sec 그리고 0.0m/sec에 대해서 곡률반경과 곡류부 길이(각도 단위)의 함수로 나타낸 것이다. 이처럼 예인선단의 규모에 따라서 편향차각을 구할 수 있다.

- (5) INSA(Inland Navigation Systems Analysis)의 수로폭 산정공식은 다음과 같다(매개변수는 식(34.1)-(34.2)과 동일).

$$W = 2a \left\{ \frac{4R^2 - (L^2 + B^2)}{4R^2 - a^2} \right\}^{1/2} + 2C \quad (34.4)$$

여기서, $a = L \sin \alpha + B \cos \alpha$ 이다. 편향각에 대한 경험식은 다음과 같다.

$$\alpha = \tan^{-1} \left\{ \frac{L}{2R - (L^2/2R + B)} \right\} \quad (34.5)$$



<그림 34.3> 균일곡률을 갖는 곡류부에서의 편향차각

34.3.4 최소수심

주운수로의 최소수심은 흘수심, 교통량, 조석, 물의 밀도, 여유수심을 감안하여 결정하며, 수

량확보가 전제되어야 한다.

(1) 설계수심 D 는 다음과 같은 여러 요소의 함수이다.

$$D = f(\text{홍수심, 교통량, squat, 조석, 물의 밀도, 여유수심}) \quad (34.6)$$

여기서 squat(혹은 sinkage, 함몰)은 선박의 운항으로 인한 여유수심 감소를 의미한다.

- (2) 최소수심은 그 수로를 사용할 예상되는 교통량에 의해서 설정된다. 풀의 수위는 하상과 상류쪽으로 이어지는 다음 댐의 직하류부까지의 모든 장애물을 극복할 수 있는 수심과 수로폭을 확보해야 한다.
- (3) 적은 유량에서도 상당한 수면경사를 유발할 수 있는 좁고 긴 수로에서는 수로의 수위 보다는 최소유량에서의 수면고를 기준면으로 사용한다. 수로의 길이가 짧고 하천바닥에 장애물이 많은 경우는 주운수로를 굴착하고 유지하기 위해서 필요한 수로의 수위를 낮출 수 있다. 이때 굴착공사비는 토지매입비, 피해비, 그리고 낮은 댐의 건설비의 합과 비교하여 분석해야 한다.

34.3.5 유속

- (1) 주운뎀에 의해서 형성된 수로에서는 유속이 자연하천에서의 유속보다 훨씬 느리며 저수지의 수위는 재해를 방지할 수 있도록 설정해야 한다.
- (2) 갑문에 인접한 상하부에는 일정길이의 유도벽이나 보호벽을 설치하여 재해를 일으킬 수 있는 유속 발생을 억제해야 한다.

해설

- (1) 갑문에 인접한 상·하부에는 일정길이의 유도벽(guide wall)이나 보호벽(guard wall)이 설치되어 있어서, 갑문과 나란하게 벽을 따라서 유동하도록 하고 있다. 또한 재해를 일으킬 만한 유속을 억제하기 위해서 갑문부근 여수로의 운영에 대한 규정을 엄격히 해야 한다.
- (2) 최대유속과 최대수심은 보통 곡류부의 바깥 제방을 따라서 발생한다. 따라서, 갑문은 자연하천의 유심선을 따라 설치하는 것이 경제적이지만 급한 굴곡부나 갑문구조물이 흐름의 상당량을 편향시킬 수 있는 위치는 반드시 피해야 한다.
- (3) 갑문과 댐의 위치에 따른 흐름재해를 막기 위해서는 수리 및 수치모형실험 등에 의한 확인을 시행한다.

34.3.6 교량 형하고

하천을 가로지르는 교량의 형하고는 수로를 항행하는 선박 형태 및 적재된 화물형태를 기초로 계산되어야 한다

해설

수로를 통한 수송에도 컨테이너가 도입됨에 따라 컨테이너는 운항가능 최고수위(N.H.W.L)에서의 교량 형하고 설정에 결정적 요인이 되고 있다(<표 34.5> 참조).

<표 34.5> 컨테이너 수송 선박을 위한 교량 형하고

컨테이너 층수	수면에서의 평균높이(m) (50% 초과가능성)	추천 교량 형하고(m)	
		EEC*	PIANC**
2층	-	5.25	-
3층	7.20	7.00	7.50
4층	9.30	9.10	9.60

* 주요 내륙운하에 대한 유럽협정, ECC/TRANS/120-19, UN-ECC/내륙수송위원회, 1996.

** 라인강의 컨테이너 바지선 높이, PIANC Bulletin, 1995-1997, pp. 22-24.

34.4 주운갑문

34.4.1 갑문의 종류 및 방식 결정

갑문의 종류는 중력식 콘크리트 갑문, 건선거(乾船渠)철근콘크리트 갑문, 강널말뚝 갑문, 특수갑문 등이 있으며, 갑문 방식은 그 지역의 지반상태와 비용에 따라 결정한다. 범위는 하상 유지시설에 의한 영향이 없어진다고 추정되는 범위까지를 원칙으로 한다.

(1) 갑문벽의 부분별 명칭을 <그림 34.4>에 정의하였다.



<그림 34.4> 갑문벽, 수문, 턱의 단면도

(2) 갑문의 종류는 다음과 같으며, 특정 설계형태는 그 지역의 지반상태와 비용에 따라 결정한다.

① 중력식 콘크리트 갑문

(가) 흙 혹은 암반 위에 사용되며, 높이 또는 권양기에 대한 구조적인 제

약은 적다.

(나) 벽의 바닥쪽은 전도(顛倒), 활동(滑動), 기초의 과부하를 방지할 수 있을 만큼 충분히 커야 한다.

(다) 상부와 중간부의 폭은 벽에 가해지는 압력에 저항할 수 있는 단면과, 충수와 배수체계, 수문 고정장치, 운영기기, 임시적인 밀폐 구조물과 다른 기기들을 위한 충분한 공간을 가져야 한다.

② 건선거(乾船渠) 철근콘크리트 갑문

(가) 중력식 콘크리트 갑문이 실용적이지 못한 곳에 사용한다. 갑문은 두꺼운 바닥 슬라브와 비교적 얇은 갑문벽으로 구성되며 일체로 작용하도록 설계된다.

(나) 하중의 분산을 위해 많이 보강되어야 한다.

(다) 건선거식 갑문은 검사와 보수 시 지반이 유실될 염려 없이 물을 빼낼 수가 있으나, 구조물의 부력효과를 상쇄할 대응책을 마련해야 한다.

③ 강널말뚝 갑문

(가) 널말뚝과 여러가지 다른 형태의 구조물을 조합한 것이다. 고가의 시공비용을 제공할 수 없는 수로에서는 수문실과 접근벽사이에 강널말뚝을 사용한다. 강널말뚝 갑문은 15년~25년 정도로 비교적 수명이 짧다.

④ 특수 갑문

(가) 용수절약형 갑문과 비수기의 저렴한 에너지를 사용하는 펌프-백(pump-back) 시스템을 도입할 경우 최고 80%까지 에너지 절약이 가능하다.

(나) 고도차를 극복하기 위한 또 다른 수단으로 리프트(ship-lift)와 인클라인(inclined plane) 등을 대안으로 검토할 필요가 있다.

34.4.2 갑문의 위치

(1) 하천주운에서 갑문은 보통 댐 끝단의 제방근처에 위치하도록 한다. 이렇게 함으로써 여수로 길이는 최대로 되고, 선박운항에 장애를 초래하는 여수로 방류량에 의한 역효과는 최소화되도록 하여야 한다.

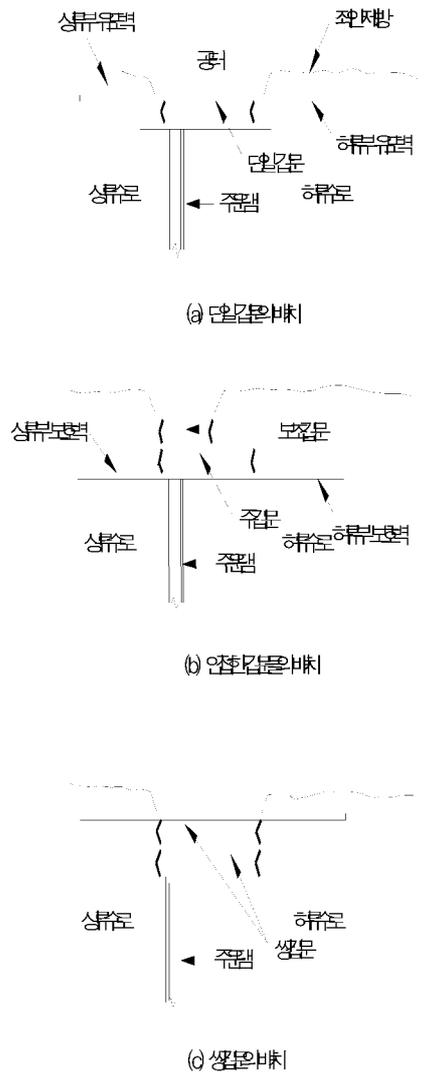
(2) 한 하천구간에서 갑문과 댐의 정확한 위치는 하천구간의 제원, 단면형상, 제방고, 안정성, 기초상태 등 여러 인자에 따라 결정된다.

(3) 만일 갑문이 천수화(淺水化; shoaling)된 적이 있었던 구간에 위치하고 있으면 주운수심을 유지하는데 비용이 많이 들고, 통행에 지장을 주므로 위치선정시 반드시 고려해야 한다.

해설

(1) 대표적인 단일갑문, 상이한 길이를 갖는 인접한 갑문, 동일한 길이를 갖는 쌍둥이 갑문이 <그림 34.5>에 나타나 있다. 운하에서 갑문은 필연적으로 전체 운하폭을 제한하게 되며 댐과 같은 기능을 수행하게 된다.

(2) 하천의 직선구간은 곡선구간보다 주운에 유리하기 때문에 직선구간에 갑문을 위치시키는 것이 바람직하지만 하류 접근수로의 적정수심을 유지하기 어려운 단점이 있다.



<그림 34.5> 전형적인 갑문배치

34.4.3 갑문의 크기

주운수로에 의한 예상 교통량과 형태에 대한 경제적인 분석, 예인장비의 형식, 수로의 수송 밀도 및 선단규모에 따라서 갑문규모를 결정한다.

해설

표준갑문의 규모와 관련하여 여러 가지 제안이 있으나 미국 공병단에서 발간한 'Waterway science and technology (1981)'에서 상업용 갑문으로 제안된 규격은 <표 34.6>과 같다.

<표 34.6> 사용 가능한 갑문규격

폭 (m)	길이 (m)
25.2	120.0
	180.0
	216.0
	240.0
	360.0
33.0	180.0
	240.0
	360.0

34.4.4 갑문통과시간

갑문을 통과하는데 소요되는 시간은 선박의 운항시간, 즉 속도를 낮춘 저속상태로의 접근시간, 진입시간, 이탈시간, 그리고 갑실에 비해서 예인선단이 너무 큰 경우에 분해해서 통과한 후 다시 연결하는데 필요한 시간과 갑실문을 조작하는데 필요한 시간, 그리고 갑실에 물을 채우고 비우는데 소요되는 시간 등으로 구성된다.

해설

- (1) 예인선단이 갑문에 곧바로 접근할 수 있도록 하고, 빠른 유속으로 인한 어려움이 없도록 하며 쉽고 안전한 조타에 필요한 적절한 시계유지, 운항에 필요한 적정규모의 갑실 크기, 갑실의 물채움과 비움에 소요되는 시간의 최소화 등을 고려한 설계 및 운영기법의 확립과 전체 주운구간에서 갑문수를 최소화함으로써 운항시간을 단축시킬 수 있다.

- (2) 운항시간의 단축은 연간 선박에 의해 수송되는 “화물량-거리”를 증가시키며, 이는 운영 조작과정에서의 개선경비에 대한 절감효과로 평가되므로 신중히 고려하여야 한다.
- (3) 갑문통과시간의 산정을 위하여 다음의 식을 사용할 수 있다.

$$T = (E \div r) + n(e + \ell) \quad (34.7)$$

여기서, T는 갑문통과시간, E는 갑문의 총 고저 극복 높이, r은 상승속도(갑문고가 낮은 갑문 : 0.5 - 1.0m/s; 갑문고가 높은 갑문 : 1.0 - 2.5m/s), n은 갑문의 수, e는 구조물 진입시간과 문비폐쇄시간의 합, L은 문비 개방시간과 구조물 진출시간의 합이다.

34.4.5 갑문 권양기

갑문의 권양높이는 저수지의 상시수위로부터 갑문 아래 저수위까지의 연직거리로서, 갑문 권양기와 상류 저수지의 수위는 모든 장애물이 주운에 영향을 주지 않도록 충분한 수심을 제공해야 한다.

해설

- (1) 갑문의 권양높이는 저수지의 상시수위로부터 갑문 아래 저수위까지의 연직거리이며, 권양기는 운하의 설계시 가장 먼저 결정되는 중요한 설계요소이다.
- (2) 갑문 권양기와 상류 저수지의 수위는 모든 장애물이 주운에 영향을 주지 않도록 충분한 수심을 제공해야 한다.

34.4.6 갑문깊이와 갑문바닥

갑문은 갑실바닥 또는 암거와 현문을 통해서 물을 채우고 빼낸다. 대기시간과 예인비용을 최소화하기 위해서는 물을 최대한 빨리 채우는 것이 좋다. 물을 채울 때에는 난류가 발생하기 때문에 물에 의한 완충작용을 할 수 있을 정도로 깊어야 한다.

34.4.7 수문과 턱

- (1) 갑문은 바닥턱 위에서 운영하며 연귀(燕口 : miter)수문, 롤러수문, 부채꼴수문(sector), 테인터수문과 연직수문이 갑문의 수문으로 이용될 수 있으며, 지역특성에 적합한 수문을 선택하여야 한다.
- (2) 연귀수문은 다른 수문들보다 넓은 범위에 사용한다. 연직수문은 두 개의 수문으로 이루어져 있는데, 갑문의 벽 안쪽에 위치한 연직축을 중심으로 회전한다. 수문은 수중에서 회전할 때 비틀리거나 변형하지 않도록 충분히 튼튼하게 설계해야 한다.
- (3) 부근 수위에 따른 수문턱의 상대적인 높이에 따라 예인선의 형태를 결정한다. 턱의 높이는 예상되는 장래 운반선의 개발과 발생 가능한 갑문 하부의 세굴에 의해 결정한다.
- (4) 수문턱의 최저수심은 설계수심보다 1.0~1.5m 정도 깊어야 한다. 만일 미래에 수로를

더 깊게 할 가능성이 있다면, 처음부터 턱 위로 충분한 깊이를 확보해야 한다.

- (5) 모든 수문의 턱은 토압과 정수압의 합력인 측방향력에 저항할 수 있어야 하며 벽과 턱이 일체인 건선거 형태에서는 측방향력을 분포시킬 수 있도록 벽이 설계되어야 한다.

해설

수문턱의 설계는 사용되는 수문의 형태에 따라 다음과 같이 결정한다.

- (1) 연귀수문턱은 수문이 팽 닫힐 수 있도록 밀폐하는 역할과 수문 아래 부분은 독으로서의 역할을 한다.
- (2) 테인터수문턱은 작용하중에 따라 두 가지로 분류된다. 그 하나는 전체 수문의 하중이 갑문벽에 전달되는 형태로서 좁은 갑실에만 사용하며, 다른 형태로는 회전팔의 하중을 부벽에 고정시킨 회전축으로 전달하는 형태로서 넓은 갑실에 사용한다.
- (3) 부채꼴수문(扇形水門)턱은 근본적으로 선형수문이 폐쇄된 경우 표면을 밀폐하고 수문의 사하중을 지탱하기 위한 구동경로가 된다.
- (4) 연직수문턱은 표면을 밀폐하고 여수로웨어의 역할을 한다.
- (5) 비상밀폐턱은 비상수문, 격벽과 같은 구조물에 대해서 표면을 밀폐하며, 배수문이 무력화되었을 때 갑실을 통한 흐름을 막고, 주기적인 검사와 보수를 할 경우 갑실을 폐쇄하는 작용을 한다.
- (6) 격벽턱은 격벽측면 부하에는 저항하지 않으며, 단지 격벽의 무게와 바닥격벽 밑의 정압력만을 지지하도록 설계된다.

34.4.8 갑문벽

갑문벽은 위치와 목적에 따라 갑실벽, 상류수문실벽, 하류수문실벽, 암거취수벽, 암거방류벽, 상류접근벽, 유도벽, 보호벽 등으로 구분할 수 있다.

해설

- (1) 단일 갑문의 경우 갑실벽은 지반벽 또는 하천벽으로 세분할 수 있고, 쌍둥이갑문의 경우 갑실을 분리하는 벽을 중간벽이라 한다.
- (2) 갑문벽은 항상 일부 수문의 구동력에 저항하며, 조작기계의 여유고를 제공하고 벽에서 이들 부하를 흡수하도록 대응책이 마련되어야 한다.
- (3) 갑문벽의 높이는 고수위시 주운수로의 중요도와 원활한 수송가치 뿐만 아니라 주운수로의 특성, 댐의 형식, 갑문의 형식, 초기건설비와 유지비 사이의 균형 등의 인자에 의해서 결정된다.
- (4) 주요 주운수로에서 운항자들이 운항계획을 수립·유지할 수 없거나, 갑문의 고장으로 인해서 운항계획이 잦은 방해를 받는다면, 주운수로는 계획된 용도로 개발될 수 없기 때문에 벽은 홍수에 의해서만 운항에 제약을 받도록 충분한 여유고를 두고 설치되어야 한다.
- (5) 경제적으로 허용되는 높이까지 갑문벽의 정상부를 설치하도록 하는 것이 일반적이다. 최대 홍수시에도 운항이 제약되는 가장 긴 기간이, 예를 들면 10일 내지 15일을 초과

하지 않도록 정상부의 높이를 결정해야 한다. 고수위의 조류 및 바람으로부터 예인선을 보호하기 위해서 갑문벽은 주운 가능한 최대유량에 상당하는 수위보다 적어도 0.6~0.9m 정도 높게 설치해야 한다.

- (6) 갑실벽은 상부와 하부의 수문실 사이에 설치되어 갑실을 차단한다. 지반벽 정상부의 폭은 일반적으로 1.8~3.0m 정도이고, 보다 낮은 표고에서의 폭은 도수로와 조작설비의 여는 정도, 그리고 안전율에 의해서 결정된다. 하천벽의 설계는 여수로에 인접한 위치에 따라서 제한된다.
- (7) 여수로는 하천벽의 하천면을 따라서 물을 방류하며, 벽은 매끄러운 흐름조건을 제공하기 위해서 균일한 완경사로 설계된다. 하상이 침식성 물질로 이루어져 있는 경우 세굴에 의해서 바닥이 침식되는 것을 막기 위한 대책이 필요하다.
- (8) 상류부 및 하류부의 수문실벽은 수문 후퇴공간, 수문고정축, 수문기기, 암거밸브, 암거격벽을 포함하고 있다. 수문실벽의 정상부 폭은 조작기구, 수문고정축, 밸브를 수용하기에 충분한 공간을 제공하여야 하며, 수문은 연귀(燕口)와 부채꼴수문이 벽면 안으로 완전히 후퇴할 수 있는 공간을 가져야 하고, 안전을 위해서 암거와 수문후퇴공간 사이에 충분한 콘크리트를 타설해야 한다.
- (9) 암거-취수벽은 상류부 수문실까지 연장되며, 취수현문을 설치할 수 있는 공간을 제공한다. 일시적인 폐쇄구조물을 이용할 때 격벽조작기계를 지지하기 위해 정상부를 넓게 한다. 벽의 높이는 보통 갑실벽의 정상부와 같은 높이를 취한다.
- (10) 암거-방류벽은 하류부 끝단 하류부 수문실 기둥에서부터 접근벽까지 연장되며 암거방류다지관과 확산관을 포함한다.
- (11) 접근벽은 두 대의 예인선단이 갑문을 왕래할 때 각 갑문 끝에서의 위험을 줄여주며, 예인선과 갑문설비의 손상을 감소시켜 준다. 아울러 예인선단이 갑문을 통과할 때 넓은 공간을 제공하여 갑실유수의 속도를 높여준다. 예인선단은 벽에 있는 지주에 줄을 연결하여 갑문으로 적절하게 정렬하여 진입할 수 있다.
- (12) 여수로 조작으로 상류접근구역에서 횡류가 발생하거나, 하류접근구역에서 갑문하류에서의 흐름이 확대되어 느린 와류를 형성하는 횡류가 발생할 경우는 하천측면에 긴 접근벽을 설치하는 것이 요망된다.
- (13) 일반적으로 보다 긴 접근벽의 길이는 갑실의 길이와 같다. 그러나 접근벽이 바람으로부터 잘 보호되고 역류가 발생하지 않는다면 접근벽의 길이를 줄일 수 있다. 제방이 암석으로 되어 있고 예인선단이 안전하게 제방으로 진입할 수 없으면 동시에 하나이상의 예인선단이 계선할 수 있는 공간을 제공하기 위해서 보호벽을 연장해야 한다. 비용을 줄이기 위해서는 보다 긴 벽보다는 계선말뚝(mooring pile)의 사용을 고려해야 한다.
- (14) 접근벽은 충격을 흡수할 수 있고, 예인선단의 이동으로 인한 마모에 저항할 수 있어야 한다. 그러나 예인선단의 충격으로 인한 접근벽의 국부적인 손상이나 파괴는 보수할 동안 갑문은 계속 조작할 수 있으므로 심각한 문제는 아니다.
- (15) 중력벽은 암반이나 흙에서 접근벽으로서 이용되지만 비용이 많이 들며, 건설기간동안 가물막이의 보호가 필요하다. 갑문접근부분의 계획수심을 제공하기 위하여 암반을 굴착하면, 벽을 견고한 암반 위에 위치시킬 수 있고 벽 아래의 연직 암반면은 콘크리트로 복공을 할 수 있다.
- (16) 철근콘크리트연속벽도 이용되지만, 건설기간동안 가물막이의 보호가 필요하므로 비용

이 많이 든다. 얇은 단면은 다른 형식의 것과는 달리 충격에 저항할 수 없다.

- (17) 널말뚝구조는 벽의 정상부까지 뒷채움을 하여야 하고 접근수로가 흙으로 이루어진 경우 육지쪽의 접근벽으로서 이용할 수 있다. 건설비는 저렴하지만 벽면은 예인선단의 충격에 심한 손상을 입을 수 있다. 격벽 또는 묶음막대에 연결되어 있고, 흙으로 채워진 이중 강널말뚝은 연속벽을 만들기 위해서 사용하며, 벽의 정상부는 콘크리트로 덮을 수 있다.
- (18) 모래로 채워진 셀식강널말뚝(cellular steel sheet piling)은 콘크리트로 덮을 수 있고 지지말뚝에 의해서 지지된다.

34.4.9 물채움과 물빼기

물빼기와 물채움체계는 선박과 갑문자체에 위험을 초래할 수 있는 교란(와류)을 발생시키지 않고 짧은 시간 내에 갑실을 채우고 또 비울 수 있도록 설계되어야 하며, 대개 6~12분을 기준한다.

해설

- (1) 물빼기와 물채움과정에서 발생할 수 있는 교란(와류)의 형태는 다음과 같은 두 가지로 구분할 수 있다.
 - ① 갑실과 하류접근갑문으로 물이 유출·입될 때에 발생하는 국부난류
 - ② 물채움과 물빼기에 의한 갑실에서의 수격작용
- (2) 난류는 갑문에서 소형선박이나 바지선에 손상을 입히지만, 수격작용은 계선줄을 느슨하게 풀어지게 작용하여 갑문 또는 예인선단 자체에 피해를 일으키므로 난류보다 훨씬 더 위험하다.
- (3) 계선줄에 작용하는 응력은 주로 예인선단의 총톤수와 갑문에서의 수면경사에 따라 결정된다. 대부분 물채우기와 물빼기에서 계선줄의 응력은 약 5톤으로 제한된다.
- (4) 갑문의 물채우기와 물빼기 구조에 대한 설계에는 몇 가지 상이한 기본설계들이 있으며, 특정 부지조건에 대처하기 위해 기본설계를 수정 보완한 것도 있다.
- (5) 물채우기와 물빼기 구조는 다음과 같은 3가지로 분류할 수 있다.
 - ① 갑문의 상부, 갑문의 사이, 또는 갑문의 주위를 통한 물채우기와 물빼기
 - ② 수문의 벨브 또는 짧은 암거를 통한 물채우기와 물빼기
 - ③ 현문이나 측벽, 또는 종방향 암거를 통한 물채우기와 물빼기
- (6) 갑문의 상부, 갑문의 사이, 또는 갑문의 주위를 통한 물채우기와 물빼기
 - ① 테인터수문
 - (가) 테인터수문이 상류측 갑문배수문으로 사용될 때, 턱아래로 낮춤으로써 갑문위로의 월류에 의해서 갑문에 물을 보충할 수 있다(<그림 34.6>).
 - (나) 그러나, 보통 갑문턱(또는 갑문턱 안)의 상류 취수현문, 벽암거, 그리고 갑실에서의 측부 또는 현문으로 구성되는 구조로 물채우기를 한다.
 - ② 부채꿀수문(sector gate)
 - (가) 수두의 반전이 일어나는 곳, 예를 들어 하류 풀의 수위가 상류 풀의

수위보다 높아지거나 낮아지기도 하는 조석운동의 영향을 받는 곳에서는 부채꼴수문이 갑문의 수문으로 사용된다.

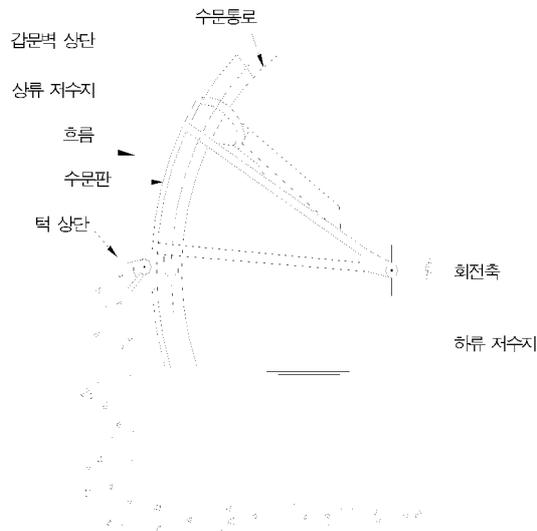
(나) 부채꼴수문은 배수문이 역수두 상태에서 작동되어야 하는 곳을 제외하고는 물채우기와 물빼기 장치로 거의 사용되지 않는다. 이는 다른 종류의 수문이 부채꼴수문보다 적은 비용으로 건설할 수 있고, 수리학적으로도 만족스러운 작동을 할 수 있기 때문이다.

(다) 부채꼴수문이 분리되어 회전되는 경우, 물은 수문 사이의 열린 곳을 통해 갑문으로 유출·입되며, 갑문 안에 있는 예인선단이 난류유입지역 밖으로 개선될 수 있도록 갑실은 충분히 길어야 한다.

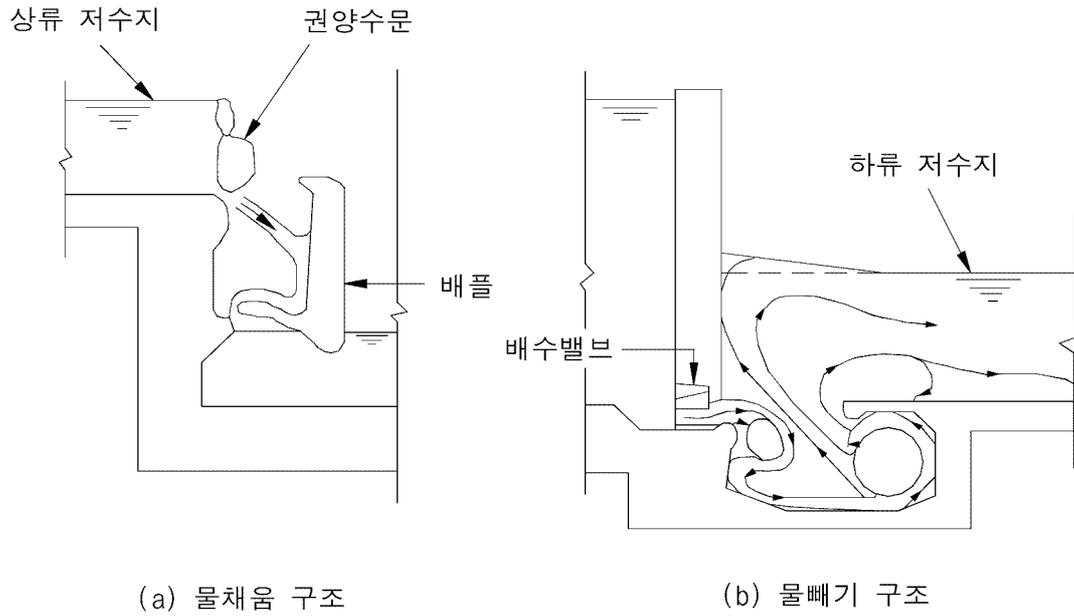
(라) 갑문의 물채우기는 약 6m 정도의 수두를 상승시킨 부채꼴수문으로 시행되고, 수두의 반전은 6m보다 큰 권양높이를 가진 갑문에서는 거의 발생하지 않는다.

(7) 수문의 밸브 또는 짧은 암거를 통한 물채우기와 물빼기

- ① 배수문 또는 수문턱에 있는 밸브 : 미단이, 버터플라이, 테인터 형의 수문조작은 낮은 권양높이의 갑문과 작은 갑실형태의 구조에서 사용된다. 큰 유량을 소통시켜야 하는 경우, 전향장치들은 제트분사를 방지하고, 난류를 분산시키는 데 사용된다(<그림 34.7>).



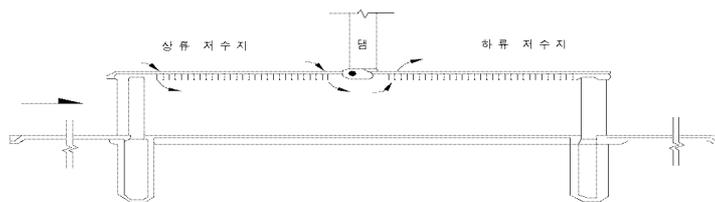
<그림 34.6> 수중 테인터수문(Nelson and Johnson, 1984)



<그림 34.7> 물채움과 물빼기 구조

② 하천벽의 현문

- (가) 벽의 상류부에 위치한 물채우기 밸브는 상류 풀에서 갑실로 직접 방류하고, 벽의 하류부에 위치한 물빼기 밸브는 하류 풀로 직접 방류한다(<그림 34.8>).
- (나) 물채우기와 물빼기를 하는 동안, 현문을 통한 흐름은 지반벽을 따라 하류로 흐를 때에 갑실에서 난류(와류)를 일으킨다. 이것은 권양높이가 낮을 때에는 문제되지 않지만, 2.4m 이상의 권양조건에서는 위험할 수 있다. 와류가 발생할 때는 밸브작동시간을 3분 정도 연장함으로써 조절할 수 있다.

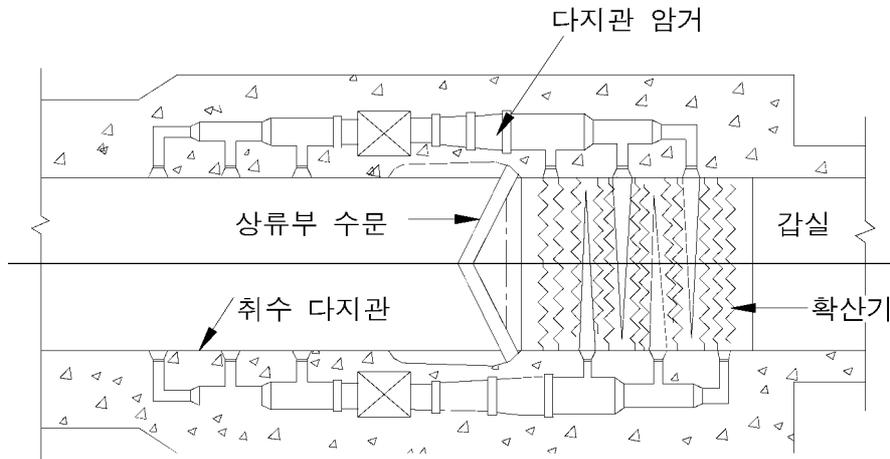


<그림 34.8> 하천벽 내의 현문

③ 다지관 압거

(가) 배수문에 설치된 다지관 압거는 수문주위의 물을 직하류부의 갑실로 방류한다(<그림 34.9>). 이러한 구조는 갑문이 암석 안에 굴착되어 있을 때 가장 경제적이며, 벽은 벽압거를 수용할 수 없을 정도로 얇은 두께를 갖게 된다.

(나) 이러한 형태의 구조는 갑문의 물빼기에도 사용되는데, 하류부 갑문의 직하류부에 확산기(diffuser)가 설치되어 있다.



<그림 34.9> 확산기를 가진 다지관 압거 구조

(8) 현문이나 측벽, 또는 종방향 압거를 통한 물채우기와 물빼기

① 초기의 압거와 현문설계 방법으로는 낮은 권양높이를 가진 갑문에서의 난류와 흐름의 처리가 어렵고, 갑실의 크기를 증가시켰기 때문에, 더 빠르고 안정된 물채우기와 물빼기를 할 수 있는 더욱 복잡한 구조가 개발되었다. 낮은 권양높이를 가진 갑문에 대한 현대적인 물채우기와 물빼기 구조는 일반적으로 다음과 같은 2종류로 구분할 수 있다.

(가) 갑문벽의 바닥을 따라 현문을 통한 갑실의 물채움과 물빼기 구조

(나) 갑실바닥에 현문을 가진 측벽을 통한 갑실의 물채움과 물빼기 구조

② 이러한 구조를 갖는 물채움, 물빼기 구조는 갑실의 현문에 물을 공급하는 압거안의 취수다지관을 통해서 상류 풀로부터 물을 취수한다. 갑문은 동일한 현문과 압거, 방류(배수)다지관을 통해서 물을 뺀다.

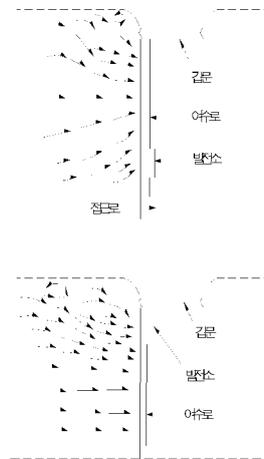
34.4.10 갑문 접근부에서의 흐름과 천수화

- (1) 주운갑문은 일반적으로 편평한 구간이나 상·하류 접근부에서 적정 공간을 확보하기에 알맞은 곳에 위치시킨다.
- (2) 갑문과 댐에 대한 최적부지는 갑문과 여수로 수문주로 인한 흐름 방해 요인을 완화할 수 있을 정도의 충분한 폭을 확보할 수 있는 평균하도단면보다 다소 넓은 지역이어야 한다.
- (3) 갑문근처의 횡류, 여수로 방류량에 의한 흐름, 그리고 자연하도 지형에 의한 흐름은 부지 선정시에 중요한 고려사항이 된다.

해설

(1) 상류접근부

- ① 갑문에 의한 자연하도의 수축은 대개 여수로 쪽으로 홍수류가 유입됨에 따라 상류부근에 횡류를 일으킨다(<그림 34.10>). 상부 보호벽의 현문은 갑문에 의해 차단되는 흐름을 여수로로 흐를 수 있도록 해 교차흐름을 감소시킬 수 있다.



<그림 34.10> 상류부갑문 접근부에서의 흐름양상

- ② 일반적으로 보호벽 내 현문개구부의 총 횡단면적은 갑문과 갑문벽의 영향을 받는 접근수로의 횡단면적과 같아야 하고 보호벽 정상부는 벽을 향해 움직이는 예인력을 최소화하기 위하여 재하된 예인선 바닥으로부터 1.2m~1.8m 아래에 있어야 한다.
- ③ 현문이 하상까지 연장되었을 때는 세굴로부터 충격하상을 보호해야 한다.
- ④ 접근유속은 적절히 낮아야 하며(0.3m/sec~0.6m/sec) 예인선단의 움직임에 방

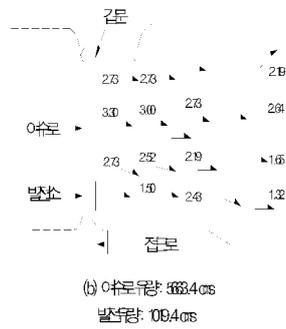
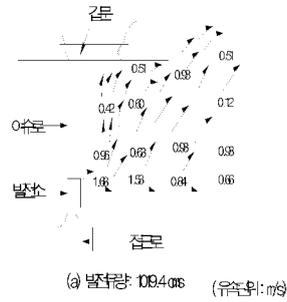
해가 되지 않도록 갑문을 따라 흘러야 한다.

(2) 하류접근부

- ① 하부갑문의 접근부에서의 부적절하고도 위험한 흐름은 다음과 같은 세 가지 원인에 의해 발생한다.
 - (가) 여수로와 발전소 방류량
 - (나) 갑문 직하류부의 확장와류
 - (다) 갑문 물빼기 체계로부터의 흐름
- ② 하부보호벽의 현문은 벽 끝의 와류를 감소시키는데 아무런 효과가 없다는 것을 <그림 34.11>에 나타난 모형연구의 결과로부터 알 수 있다.
- ③ 하부갑문 접근부의 갑문 물빼기 체계로부터 발생하는 흐름과 유속은 예인선단이 갑문에 접근하는 데에 위험한 요소가 되며, 특히 높은 권양높이의 갑문에 대해서는 더욱 위험하다. 이러한 갑문에서는 하부갑문 접근부 바깥에 방류다지관을 위치시키는 것이 바람직하다. 하지만 유출구가 갑문 접근부 바깥에 위치할 때는, 유출구의 수위가 때에 따라 하부갑문 접근부에서 보다 높아질 수 있으므로 하부갑문을 여는 데 어려움이 따르게 된다.

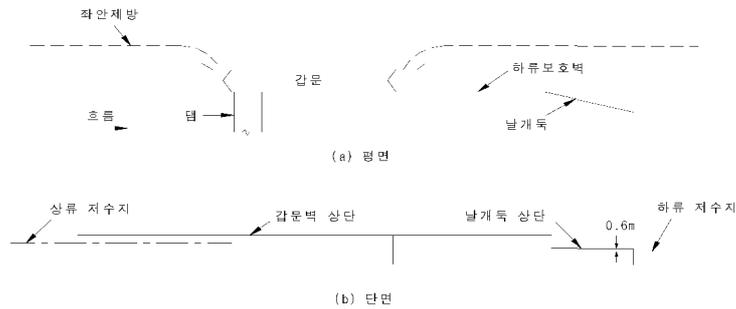
(3) 천수화(shoaling)

- ① 상류갑문 접근부 보호벽 내의 현문정상부가 예인선단의 바닥보다 낮을 때, 바닥 유속은 현문을 통해 증가하고 상류접근부에서의 수심이 낮게 되는 천수화 경향은 감소한다.



<그림 34.11> 모형갑문과 댐 하류의 흐름양상과 유속(사례)

- ② 하부 접근부에서의 천수화는 더욱 어려운 문제이다. 토사는 하부갑문벽을 따라 하류로 이동하며 여수로와 발전수 그리고 와류작용의 영향뿐 아니라 보호벽 끝에서 하류로 흐름이 확장됨에 따라 하부갑문 접근부로 유송된다.
- ③ 모형연구 결과에 의하면 흐름방향으로 길이 120m~180m, 흐름방향에 대하여 약 10. 정도 기울어진 적절하게 설계된 날개둑(wing dike)이 침전을 감소시키는 것으로 알려져 있다(<그림 34.12>)



<그림 34.12> 하부갑문 접근부의 천수화를 최소화하기 위한 날개둑

34.5 주운댐

34.5.1 주운댐의 기능

- (1) 주운댐은 댐 상류의 수로에 물을 고이게 하여 상류로 이어지는 다음 댐에 이르는 전구간에서 주운에 필요한 적정수심과 수로폭을 유지시켜야 한다.
- (2) 주운댐의 여수로 또는 배출구는 홍수를 소통시키며, 수문이 있는 경우에는 홍수기를 제외하고는 저수지의 수위를 일정하게 유지하도록 운영, 조작해야 한다.

34.5.2 주운댐의 위치선정

주운댐의 위치선정은 다음과 같은 측면을 고려하여야 한다.

- (1) 지질 및 지형적 측면 : 하천경사, 제방높이, 하천 지류, 하도 단면적, 기초 재료, 제방 재료, 누수 여건
- (2) 수리학적 측면 : 배수조건, 하상, 최저유량, 유량변동, 최고수위, 최저수위, 유사
- (3) 기후 및 환경적 측면 : 습도, 기온, 환경조건
- (4) 사회 및 경제적 측면 : 도시 및 농촌지역 제반여건 검토

해설

(1) 지질 및 지형적 측면

- ① 하천경사 : 계획 구간 내에서 주운 댐의 높이, 간격, 그리고 댐의 수에 영향을 미친다. 급경사 하천에서는 완만한 경사를 가진 하천에서보다 풀이 보다 깊고 짧다.
- ② 제방높이 : 평상시 수로범위 밖의 홍수터 없이도 사용할 수 있는 풀의 수위와 댐의 높이를 제한한다.
- ③ 하천지류 : 하천지류의 침투유량이 댐의 운영조작에 미칠 수 있는 영향으로 인

해서 댐의 위치선정에 영향을 줄 수 있다. 뿐만 아니라 댐 상류의 정수구간에서의 지류 유사의 퇴적, 국지적인 홍수위를 증가시킬 수 있는 지류에서의 배수효과, 그리고 국지 홍수위를 상승시킬 수 있는 지류의 하류구간에서의 토사퇴적 등도 댐의 위치선정에 영향을 미칠 수 있다. 지류에서 주운이 불가능하다면 댐의 위치는 일반적으로 지류의 합류점, 직하류보다는 직상류부에 위치하도록 한다.

- ④ 하도단면적 : 넓은 계곡이 위치한 지역은 보다 비용이 많이 들며, 풀의 수위가 제방 높이보다 위에 있을 때는 저지대의 농경지에 홍수피해를 유발할 수 있다.
- ⑤ 기초재료 : 갑문과 댐을 위한 최적의 기초상태는 상당한 깊이(두께)를 가진 암층이다. 그러나 갑문과 댐의 구조물은 다른 종류의 기초 위에도 건설될 수 있다. 기초를 구성하는 물질의 층 두께와 지지력을 파악하기 위해서는 시추작업과 실험실 분석이 필요하며, 지질조건에 따라서는 그라우팅공법을 사용할 수도 있다.
- ⑥ 제방재료 : 댐지점 부근의 제방들은 안정해야 하며 영구적이어야 한다.
- ⑦ 누수 : 댐의 기초를 통한 누수는 파이핑 현상을 유발할 수 있으며, 나아가서는 불투수 차수벽으로 차단되지 않는다면 결국 구조적인 파괴를 유발할 수도 있다. 댐 상류 수로에서의 점토와 실트의 퇴적은 불투수막을 형성할 수도 있어서 댐 기초의 차수와 저수지로부터의 침윤에 의한 물의 손실을 막을 수 있다.

(2) 수리학적 측면

- ① 배수 : 실용적인 면에서 각 지류의 합류와 우수의 유입은 배수에 의한 흐름방향을 피하기 위해서 저수지의 상류단 부근의 수로에서 이루어져야 하는 것이 원칙이다.
- ② 하상 : 주운계획에서 수로굴착, 저수효과에 의한 부유사량의 감소, 수로폭의 변화, 주운댐에 의한 배수효과 등의 영향도 고려하여 평형하상경사를 산정하여야 한다.
- ③ 최저유량 : 갑문과 댐을 통한 누수를 수로로부터의 침윤, 증발 및 소비성 물사용 등을 제외하고도 갑문을 운영하는데 필요한 최소한의 침윤을 억제 내지는 감소시킬 특별한 방안과 갑문의 물을 순환시키거나 저수시 물을 추가로 공급할 수 있는 양수시설이 필요하다.
- ④ 유량변동 : 유량변동이 크거나 급하게 발생하면 정상적인 수로의 수위를 유지하기 위해서 여수로 문을 자주 사용해야 할 필요가 있다. 만약 운하화하지 않더라도 하천유량의 계절적 변화가 운하에 필요한 적정한 수심을 유지할 수 있을 정도이면 가동댐이나 고무댐 등을 사용할 수 있다.
- ⑤ 최고수위 : 최고수위는 여수로 위에 세워지는 수문기둥의 최소높이를 결정지며 댐위를 가로지르는 교량 같은 구조물의 여유고를 결정한다. 수문을 완전히 개방한 경우 댐의 배수효과(背水效果)는 상류의 홍수위에 영향을 미치며, 유동량의 경감을 위한 계획에 반드시 고려해야 한다.
- ⑥ 최저수위 : 댐 하류부(주운용 수로가 연속적으로 있든지 아니면 자연하천 이든지 간에)의 최저수위는 여수로 아래의 감세지(減勢池) 한계에 영향을 준다. 수로의 최저 수위는 상시 범람의 범위를 결정짓기 때문에 계획에 필요한 토지공간의 범위를 결정지으며 주운계획에 의한 지하수위와 인접지역의 배수계획에 미치는 영향을 결정짓는 중요한 요소이다. 주운 풀 전체의 수면은 자연적인 저수위

이상인 것이 일반적이다.

- ⑦ 유사 : 주운댐은 필요한 수심을 유지할 수 있는 간격으로 설치해야 한다. 댐의 간격을 필요이상으로 크게 하여 댐의 수를 줄이면 초기 건설비를 줄일 수 있지만, 풀의 상류단에서 필요한 수심을 확보하기 위해서는 유지준설이 필요할 수도 있다.

(3) 기후 및 환경적 측면

- ① 습도 : 안개발생이 빈번하거나 장시간 계속되는 지역에서는 반드시 분석해야 한다. 습도는 전기기기와 구조물의 금속부분 설계와 유지관리에 영향을 준다.
- ② 기온 : 조작기기의 형식과 세부설계에 영향을 줄 수 있다. 예로서 유빙은 갑실문의 개폐를 방해할 수 있으며, 부유물 제거장치에 달라붙어 물의 유입을 막을 수도 있다.
- ③ 환경 : 다른 모든 종류의 수자원 개발계획에서와 마찬가지로 운하화를 위해서는 광범위한 환경영향 연구가 필요하다. 나아가서 역사 및 고고학적인 자원, 수질과 수생생물에 미치는 잠정적인 영향, 그리고 주변 위락시설에 미칠 영향에 대해서도 반드시 고려해야 한다.

(4) 사회 및 경제적 측면

- ① 주운계획에 따라서 시가지의 개발, 고속도로, 철도, 교량, 관로 및 기타 설비 시설의 재배치 또는 개량(수정)이 필요할 수도 있다. 시가지는 홍수의 양상과 지하수위의 상승정도에 따라 지하시설물에 침윤이 발생할 수 있으며, 공동구 시설물의 기초를 약화시킬 수도 있다. 풀의 수위에 따라 하수배출구의 기능을 방해할 수도 있다. 이러한 문제들은 댐을 도시지역의 상류쪽에 위치시키거나 하류의 대규모 댐 대신 여러 개의 작은 댐을 설치함으로써 그 피해를 막거나 줄일 수 있다.
- ② 광범위한 농업개발 지역에서 수로의 상시수위가 자연하천 제방보다 위에 있는 경우는 갑문과 댐의 건설을 위한 토지공간 확보비용이 높아진다. 이러한 구간에서는 하나의 댐보다는 두개 이상의 보다 작은 높이의 댐을 고려하면 토지 공간 확보와 위치이전에 필요한 경비를 줄일 수 있으며 재해를 경감시킬 수 있다.
- ③ 주운계획이 있는 지역에 광물질이나 목재자원이 풍부한 경우에는 주운계획에서 그러한 자원에 대한 권리의 구매와 자원의 포기를 분명하게 하여 계획에 소요되는 경비산정에 포함하여야 하며, 침수되기 전에 자원을 회수하는 계획, 또는 나중에 개발하기 위한 보호방안 또는 그 자원에 악영향을 주지 않는 댐의 위치선정과 풀의 수위에 대한 제한 사항을 검토·분석하여 계획에 포함시켜야 한다.

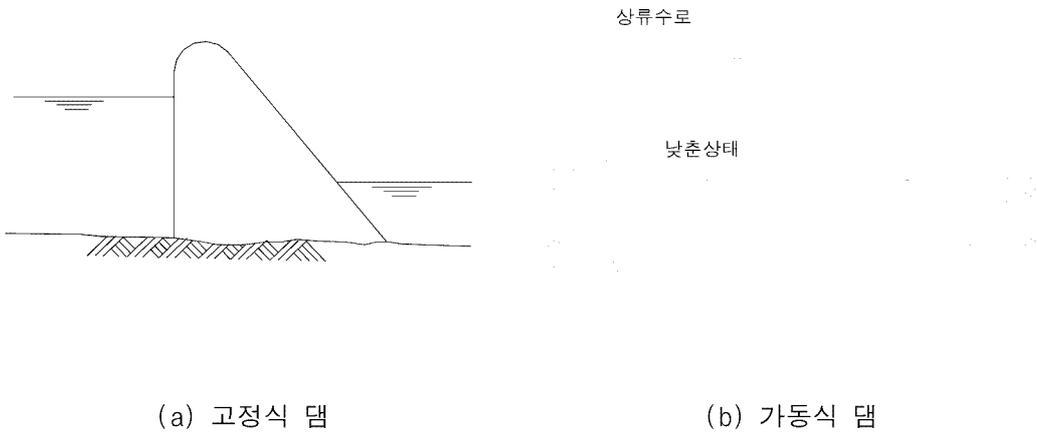
34.5.3 주운댐의 형태

- (1) 주운댐은 크게 고정댐과 가동댐으로 구분한다.
- (2) 영구적인 고정식 댐은 수로의 바닥에서부터 어느 높이까지의 수로를 차단하는 것으로 주운교통은 갑문을 통해서만 이루어진다. 지형에 따라서는 홍수터에 주운이 가능한 통로를 설치하여 홍수소통에 이용한다.
- (3) 가동댐은 저수시에는 댐의 수위를 높이고 홍수시에는 하상까지 낮추는 형태로 이루어

진다.

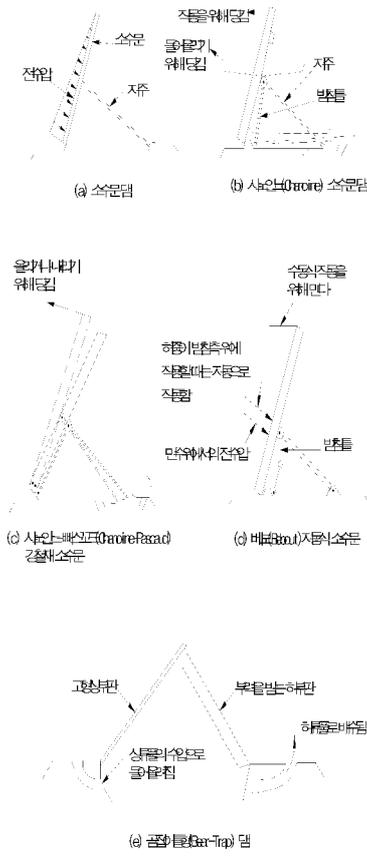
해설

(1) 영구적인 고정식 댐<그림 34.13a>은 다음을 이용 계획한다.



<그림 34.13> 주운댐

- ① 고정댐은 인접한 제방보다 낮은 월류부를 가진 월류 웨어나, 월류부의 상단에 막음판을 설치하였다가 홍수시에 제거하여 홍수를 소통시켜야 한다.
 - ② 대규모 구조물에서는 서로 다른 월류마루고를 가진 웨어를 설치하거나 배수구를 댐 체에 설치해야 한다.
 - ③ 수문이 없는 웨어에서는 일부구간을 풀의 정상수위보다 낮게 설치하여 하천부유물 또는 결빙을 유하시켜야 한다.
 - ④ 회유성 물고기의 통과가 중요 과제인 경우에는 어도를 설치하며, 수량확보를 감안하여야 한다.
 - ⑤ 수력발전 지점에서는 주운에 필요한 물과 누수량을 초과한 모든 물을 발전 최대유량까지는 발전소를 통과하도록 해야 한다. 그 이상의 초과유량은 여수로나 터널을 통해서 배수시켜야 한다.
- (2) 가동식 주운댐은 저수시(低水時)에는 댐을 높이고, 홍수시에는 하상까지 낮춰야 한다. 주운선단은 저수시에는 갑문을 이용하여 통과하며, 홍수시에는 낮아진 댐위를 바로 통과한다(<그림 34.13b>).



<그림 34.14> 가동식 주운댐의 수문

- ① 가동할 수 있는 수문의 종류는 다음과 같다.
- (가) 가동소수문(wicket) : 하상높이에 콘크리트로 턱(sill)을 설치하여, 가동문을 올렸을 때는 댐수위를 전체 혹은 부분적으로 유지하도록 하며 하상까지 내렸을 때는 홍수유량을 소통시킬 수 있으며, 유량이 많을 때는 그 위를 주운선단이 통과할 수 있도록 한다(<그림 34.14a>).
 - (나) 샤노안느(Chanoine) 가동문 : 목재판으로 구성되며, 지지대에 의해서 경사지게 지지하고 바닥에는 금속재료의 힌지구조로 부착한다(<그림 34.14b>).
 - (다) 샤노안느-빠스꼬드(Chanoine-Pascaud) 가동문 : 샤노안느 가동문을 철재 구조물로 개량한 것으로, 크기(높이와 폭)가 훨씬 더 커지고 조작용에 유연성을 더한 것이다. 이 가동문은 댐을 완전히 낮추기 전에도 보다 많은 유량이 통과될 수 있다. 이 가동문은 연직에 대하여 20도와 36도의 두 가지 각도로 위치(<그림 34.14c>) 시킬 수 있어서 보다 많은 양의 홍수량을 소통시킬 수 있으며, 하상세굴을 줄

일 수 있다. 또한 재해를 유발할 정도의 빠른 유속을 피할 수 있으며, 와류발생을 제어할 수 있다.

(라) 베보(Bebout) 가동문 : 수로바닥과 가동문에 부착된 한지구조로 지지한다. 충분한 수심이 가해지면 지지점 위의 수압이 높게 되어 자동적으로 넘어지면서 바닥높이로 낮아진다. 이와 같이 자동적으로 넘어지는 기능은 홍수류가 갑자기 도래할 때, 매우 빨리 대처할 수 있지만, 수면변동이 급격하게 일어나므로 작업선이 유실되는 등 위험도가 상당히 높은 편이다(<그림 34.14d>).

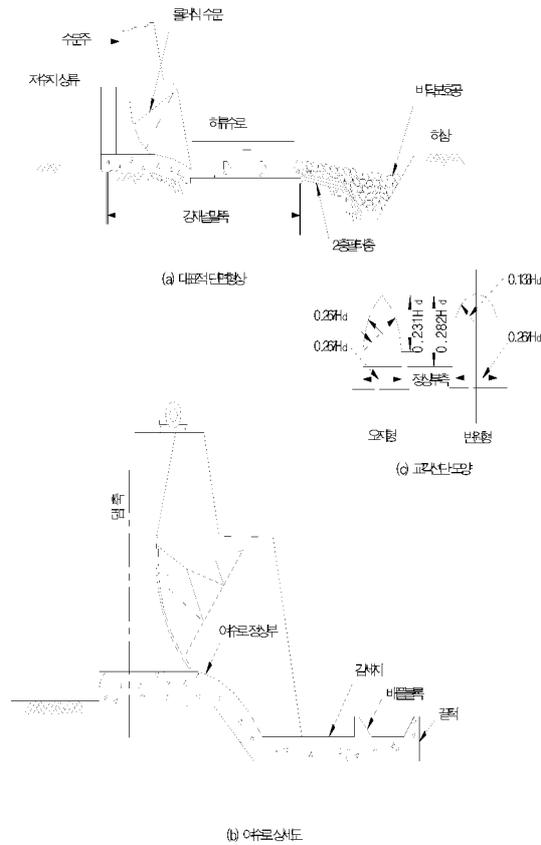
(마) 곰잡이틀(bear-trap)형 가동문 : 두개의 판으로 구성되며 두 판 모두 바닥턱에 한지구조로 고정되어 있다(<그림 34.14e>). 상류부판은 단단한 고품판이고 하류부판은 부력을 이용한 지지대 역할을 한다.

34.5.4 여수로

- (1) 주운용 댐은 상류 배수위 상승을 억제할 수 있도록 충분한 용량의 여수로를 가져야 한다.
- (2) 여수로 유량계수 및 설계요소들은 모형실험을 통하여 결정한다.
- (3) 바닥턱은 월류정상부의 성능이 가장 잘 수행되도록 설계되어야 한다.

해설

- (1) 여수로는 보통 오지형(ogee type)의 여수로를 사용하지만, 낮은 댐의 여수로는 <그림 34.15a>와 같은 광정형을 많이 사용한다
- (2) 댐은 모형실험을 통해서 여수로 유량계수와 다음 설계요소들을 결정한다.
 - ① 최소의 정상부 길이를 갖는 턱 하류단면의 최적형상
 - ② 여수로 월류부의 단면형
 - ③ 여수로 교각 선단형상(오지형, 반원형)
 - ④ 수문 완전개방과 부분개방에 대한 여수로의 수위-유량곡선
 - ⑤ 방류에 따른 하류부 수심별 감세지 성능
 - ⑥ 감세지의 하류부에 요구되는 보호날개벽
- (3) 바닥턱은 월류정상부의 성능이 가장 잘 수행되도록 설계되어야 한다(<그림 34.15b>).
 - ① 수맥의 분리가 일어나지 않게 하며, 턱 부근에서 심각할 정도의 부압이 발생하지 않아야 한다.



<그림 34.15> 전형적인 주운가능 가동댐

- ② 여수로 정상부 아래 설치되는 감세지에 파상제트류가 발생하지 않아야 한다.
- (4) 여수로 구성 및 형태, 감세공은 댐 설계기준에 따른다.

34.5.5 여수로 수문

- (1) 사용할 수문의 형태는 여수로의 운영 조건에 따라 결정한다.
- (2) 여러 가지 형태의 수문이 가능할 경우에는 경제성에 기초하여 최적의 수문형태를 결정한다.

해설

- (1) 결빙이나 부유물이 댐을 통과하는 곳에서는 넓은 수문, 잠수가능 수문(몰러수문, 테인터수문, 혹은 연직수문)을 사용한다. 수위변동이 큰 경우에는 연직수문이 테인터수문보다 경제적이다. 결빙이나 부유물 통과문제가 없는 곳에서는 테인터수문이나 연직수문을 일반적으로 사용한다.
- (2) 몰러수문, 테인터수문, 혹은 연직수문 등에 관하여는 댐 설계기준에 준하여 설계한다.

34.6 기타시설

34.6.1 터미널 시설

기존의 산업발달지역이나 산업시설 확장과 터미널시설이 적절하리라 예상되는 지역, 연계 운송교통이 용이한 곳 등은 갑문과 댐의 계획 및 위치 결정 시 반드시 검토하여야 한다.

해설

댐 상류의 깊고 넓은 풀은 터미널시설을 설치하는데 적절하다. 그러나 터미널 교통량의 출발과 도착이 대부분 댐의 하류부에서 이루어지는 경우, 댐의 하류부에 터미널시설을 하는 것이 바람직하다. 상류든 하류든 간에 갑문부근에 터미널시설을 위치시키는 경우는 많은 수의 수문을 필요로 한다.

34.6.2 박지(泊地) 및 선회장

- (1) 선박의 접안시 필요한 선회장은 수심 및 일정 수면적을 확보하여야 하며, 수심의 분포를 감안하여 유지준설이 적고 접근성이 양호한 곳에 설치되어야 한다.
- (2) 선회장 면적에 관한 산정기준은 자력에 의한 경우와 예인선에 의한 경우로 나뉘며 자세한 사항은 '항만 및 어항설계기준'에 의거하도록 한다.

34.6.3 항행보조시설

- (1) 해로 및 항구를 위한 항행보조시설의 설치는 '항만 및 어항설계기준(한국항만협회, 2000)'의 제13장 '항로 표지 시설'에 준한다.
- (2) 내륙수로에는 UN 후원 하에 유럽경제위원회 산하의 내륙교통위원회가 1982년에 제정한 유럽경제공동체의 내륙수로에 사용되는 표지 및 신호시스템(SIGNI)에 준하여 항행보조시설을 설치한다.

해설

SIGNI는 다음 세 가지 항목에 따라 부표시스템과 표지를 정하였다.

- (1) 부표나 원재(圓材)를 사용한 수로 경계 표시
- (2) 부표나 원재(圓材)를 사용한 위험지점과 장애물 표시
- (3) 육상표지(Mark)를 사용한 수로 표시

제 35 장 하구시설

35.1 일반사항

35.1.1 적용범위

본 장에서는 하구시설인 하구둑, 배수문, 통신문(갑문), 하구제방, 하구호안, 도류제 등을 다룬다.

35.1.2 용어의 정의

- (1) 설계조위(設計潮位) : 구조물의 배치, 형식, 높이 등의 결정에 이용되는 조위로서 구조물이 가장 위협하게 되는 조위
- (2) 심해파 : 파의 운동이 저면의 영향을 받지 않는 상태의 파랑으로서 수심이 파장의 1/2보다 큰 경우의 중력과
- (3) 천해파 : 파의 운동이 저면의 영향을 받는 상태의 파랑으로서 수심이 파장의 1/2보다 작은 경우의 중력과
- (4) 유의파(右義波) : 일정 관측시간 중의 전체 파랑 내에서 최고 파고부터 높이 순서로 정리하여 전체 파랑수의 상위 1/3의 파고와 그에 해당하는 주기의 산술평균값을 갖는 파랑
- (5) 취송거리(吹送距離, fetch length) : 바람이 한 방향으로 불어오는 해면상의 수평거리
- (6) 배수문 : 해수의 침입을 막고, 지구내 혹은 인접 배후지의 과잉수를 저조시에 바다로 배제하기 위한 시설

35.2 하구시설

35.2.1 하구시설의 종류

하구시설에는 하구둑, 배수문, 갑문, 하구제방, 하구호안, 도류제 및 부대시설 등이 있다.

35.2.2 하구시설의 특성

- (1) 하구시설은 하천과 바다, 양쪽의 조건을 충분히 고려한 하구수리학적 특성에 기초하여 설계한다. 특히 수위변동과 기초 퇴적지질에 관한 자료를 충분히 조사 분석하고 인접 수역에 대한 환경영향을 고려하여 하구와 해안의 자연평형을 유지하도록 한다.
- (2) 조석의 간만차가 심한 하구에서는 수위변화에 따른 시설물의 구조적 안정 및 조작 운용면에서 원활을 기할 수 있도록 한다. 또 하구에는 해수와 담수가 공존하고 오염물질이 밀집되는 곳이기 때문에 시설물 재료의 재질변화와 담수호의 오염에 대한 대책을 강구해야 한다.

- (3) 하구시설 건설 시 유황변화, 토사퇴적 등 주변환경에 미치는 영향이 우려되므로 이를 감안하여 설계한다.

35.3 하구둑

35.3.1 계획

- (1) 하구둑은 하구역(河口域)에서 필요한 양질의 수자원을 확보하고 홍수범람의 피해를 줄이며 하구에 발달한 간석지(干潟地)를 개발하기 위하여 설치한다.
- (2) 하구둑의 위치는 하구수리(河口水理), 노선의 기초지반의 특성, 배수문의 위치 및 크기, 간척지의 조성, 둑의 체적과 재료, 공사 시행여건, 담수호의 수질, 교통수단의 개선, 용지(用地)의 사용계획, 공사비 등을 고려하여 결정한다.
- (3) 둑의 길이, 하상표고, 통수단면적 등의 지형조건을 검토하고 매립면적과 저수용량은 계획지구에서의 필요한 용수 공급량을 기준으로 설정한다.
- (4) 조석량과 파랑의 치오름 높이 등을 분석하여 둑의 높이를 설정하고 기초지반의 토질 및 지질조사를 통해서 연약층의 두께와 토질의 역학적 성질을 분석한다.
- (5) 하구둑의 축조로 생기는 담수호의 수질을 검토하고, 비용을 분석하여 오염처리시설의 종류와 처리방법을 결정한다.
- (6) 하구에서의 도시발달의 추세를 분석하여 교통량의 집중을 막으면서도 양안간의 원활한 교통소통을 이룰 수 있도록 해야 하며 하구둑 공사 도중 하구를 드나드는 선박의 항행에 제한 및 장애를 주지 않도록 해야 한다.

35.3.2 둑마루 표고

- (1) 하구둑은 파랑이나 조석과 같은 외력의 영향으로부터 시설물을 안전하게 보호할 수 있는 구조를 갖추도록 한다.
- (2) 둑마루 높이는 다음과 같이 산정한다.

$$\text{둑마루 표고} = \text{설계조위} + \text{파고(또는 치오름 높이)} + \text{여유고}$$
- (3) 파랑, 파력, 조석의 결정은 '항만 및 어항설계기준(해양수산부, 2005)'에 따른다.

해설

(1) 파랑

설계에 이용하는 파랑은 유의파로 하며, 필요에 따라서 지형 또는 구조물에 의한 파랑의 변형 즉, 천수변형, 굴절, 회절, 반사 및 쇄파를 고려하여야 한다.

(2) 파력

구조물에 작용하는 파력은 구조물의 형태, 해저지형, 육상지형, 수심 및 파의 제원 등을 고려해서 적절한 산정식 또는 모형실험에 의해 산정한다. 이 경우 파의 불규칙성 특히 파고의 불규칙성에 대해서도 고려한다.

(3) 조석

하구시설의 계획 및 설계시 사용되는 조위는 천문조와 폭풍해일(Storm surge), 지진해일(Tsunami) 등에 의한 이상조위의 실측치 및 추산치에 근거하여 결정토록 한다.

(4) 초오름 높이(跳波高, run up)

하구둑의 둑마루 높이를 결정하는 중요한 인자로서 제방의 형상(단일사면, 복합사면), 설치위치, 해저경사, 입사파의 특성 등에 좌우된다.

(5) 여유고

① 하구둑의 여유고는 구조물의 중요도, 유지관리, 구조물의 설치지점의 지질과 축조재료, 구조물의 기능 등에 따라 결정되나 1.0m 전후의 여유고를 둔다.

② 하구둑의 침하의 주요 원인은 성토제 및 기초지반의 압밀 등에 의하여 발생하는 것으로 공사완료 후 3년간의 침하량을 가산한다.

35.3.3 바닥다짐공

(1) 바닥다짐공은 파력을 감쇄하고 파랑 및 조류에 의한 세굴을 방지하여 피복공과 기초공을 보호한다.

(2) 바닥다짐공은 바깥비탈 피복공의 비탈 끝 기초공 앞면에 설치하며 단독으로 침하될 수 있도록 피복공이나 기초공과 떼어놓는다.

(3) 세굴에 의한 바닥다짐공의 호트러짐을 방지하기 위해서는 작은 깬돌, 쇠다발, 아스팔트, 매트리스 등을 부설하는 경우도 있다.

(4) 바닥다짐공 연장과 세굴심도의 계산은 '농지개량사업 계획설계기준 해면간척편(농림수산부, 1991)'의 규정에 준한다.

35.3.4 최종물막이

(1) 최종물막이(끝막이)는 하구둑의 축조에 있어서 일반적으로 사석 및 돌망태에 의한 1차 물막이를 말하며, 수리학적으로 위험요소가 많으므로 최적의 공법을 적용하여 시공토록 한다.

(2) 최종물막이 공법으로는 점축식(漸縮式), 점고식(漸高式) 및 점고점축병행식이 있으며 현장조건 및 외력조건에 따라 적절한 공법을 적용토록한다.

(3) 최종물막이 단계에서는 통수 단면적의 축소로 내외 수위차 및 조류속(潮流速)이 크게 증가되어 일반단계와는 다른 재료와 공법이 요구되며 위험기간을 최소로 하기 위하여 최대의 능력으로 단시일 내에 축제하여야 한다.

(4) 바닥턱(sill) 표고 결정

① 최종물막이 구간에서 바닥턱표고와 조류속과의 관계는 구간 길이가 일정할 때는 바닥턱표고가 높아짐에 따라 조류속은 점차 증가하다가 어느 표고이상이면 유출입 조석량도 줄고 유속도 감소된다. 따라서 최종물막이 구간의 바닥턱표고는 반드시 최대유속이 발생하는 표고 이하의 높이로 결정한다.

② 바닥턱표고의 결정범위 : 바닥턱표고는 조차, 지구내 담수용량 및 최종물막이 길이 등 여러 가지 인자들이 관련되어 있으나 일반적으로 다음과 사항을 고려하여 결정한다.

(가) 최대 유속 발생표고보다 최소 1m 이하로 한다.

(나) 대조평균저조위(L.W.O.S.T) 이하로 한다.

(다) 선박에서 해상작업을 할 수 있도록 하기 위해서는 대조평균만조면에서 흘수심(吃水深)이 확보되어야 하므로 서해안의 경우는 평균해수면 7.0m 이하로 한다.

(라) 사석 바닥터공의 두께는 원지반에 매트리스를 부설한 후 2m 정도는 되어야 안전하므로 이를 고려하여 결정한다.

③ 기설지구의 바닥터표고에 대한 분석을 실시하여 결정한다.

(5) 최종물막이 구간의 연장 및 유속계산은 ‘농지개발사업 계획설계기준 해면간척편(농림수산부, 1991)의 제3장 설계’의 규정에 준한다.

35.4 배수문 및 갑문(통신문)

35.4.1 배수문

- (1) 배수문은 외해로부터 조수를 차단하고 강우시 해당구역으로부터 유입되는 계획홍수량을 배제 할 수 있는 규모로 결정한다.
- (2) 배수문은 하구둑 축조 후 구역으로부터 유출되는 물의 배제와 최종체질 기간 중 발생하는 내외수위차와 최대유속을 저하시키기 위하여 설치한다.
- (3) 배수문은 안전성이 확보되어야 하므로 기초지반, 풍향, 파랑, 표사(漂砂) 등의 입지조건과 유지관리의 편익을 고려하고 구조적 안정성을 검토하여 설치한다.
- (4) 배수문 방류에 따른 세굴 또는 제방영향 등을 검토하여야 한다.
- (5) 배수문은 계획홍수와 퇴사를 안전하게 처리할 수 있도록 계획되어야 한다.
- (6) 배수문에는 문비를 설치하여 외수위가 높을 때는 문비를 닫아 외수(外水)가 제내측으로 침입하지 못하도록 하고 내수위가 높을 때는 문비를 열어 내수를 배제하여야 한다. 배수문의 문비는 고장 및 유지관리를 감안하여 2중으로 설치하거나, 비상용 문비를 설치한다.

35.4.2 갑문(통신문)

- (1) 갑문은 수위가 서로 다른 두 수면 사이를 선박이 안전하게 통행하기 위해서 설치한다.
- (2) 갑문의 규모 결정은 항만 및 어항설계기준(해양수산부, 2005) ‘제7편 외곽시설 제4장 갑문’에 준한다.

35.5 하구제방 및 하구호안

35.5.1 하구제방

- (1) 하구제방은 홍수류, 폭풍해일, 지진해일(tsunami), 파랑 등에 의한 침수와 파괴를 방지함과 동시에 하구에서의 토사침식을 방지하는 시설이다. 따라서 일반 하천제방 및 하구수리의 특성을 동시에 갖는다.
- (2) 제방에 대한 일반적인 조사 및 설계규정은 '제23장 제방'에 준한다.

35.5.2 하구호안

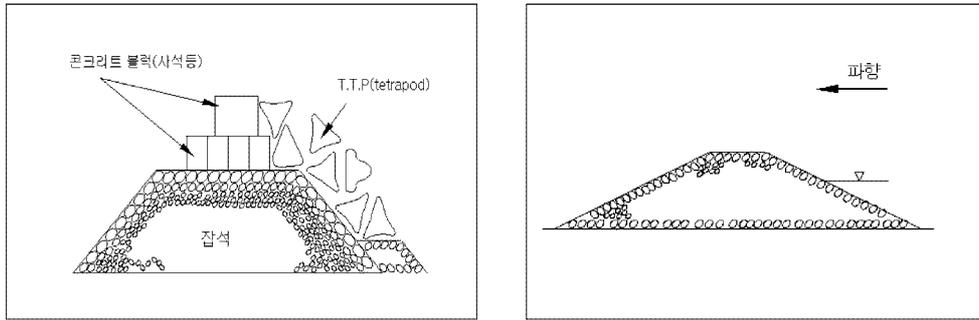
- (1) 하구호안은 하구의 기존토지, 신규 매립지 등의 지반을 회복하여 홍수류 및 하구로 침입하는 고조, 지진해일, 파랑 등에 의한 세굴, 월파에 의한 파괴 등을 방지하며 배후로부터의 토압에 의한 육지의 붕괴 및 하구의 토사침식을 방지하는 시설이다.
- (2) 하구호안은 일반 하천호안 설계시 고려해야 하는 사항 이외에도 수위가 자주 변동하는 하구수리 특성에도 대비해야 하며, 염수와 하구오염수에 견딜수 있는 재료를 선택해야 한다.
- (3) 하구호안에 대한 규정은 항만 및 어항설계기준(해양수산부, 2005) '제7편 외곽시설 제7장 호안'에 준한다.

35.6 도류제(導流堤)

- (1) 도류제는 하천으로부터 유송되어 온 토사가 퇴적되지 않도록 유도하거나 해안에서 파랑, 조석류 등에 의해서 운반되어 온 표사가 하구로 침투하는 것을 막기 위한 것이다. 따라서, 하구위치의 고정, 수로선의 안정, 하구의 수위유지 등 수리학적 안정을 도모할 수 있는 기능을 갖도록 계획·설계한다.
- (2) 도류제의 설계시 검토해야 할 항목으로는 위치선정, 설치방향과 길이, 제방의 폭과 높이, 제방의 투수정도, 제방의 재질과 재료의 확보방안, 바닥보호공과 쇄파공, 그리고 시공법과 시공순서 등을 들 수 있다.
- (3) 도류제의 길이는 표사 이동이 심한 장소를 벗어날 때까지로 하는데, 대체로 정선으로부터 심해파 파장의 1/2 혹은 안정된 파곡(trough) 부근까지로 한다.
- (4) 도류제의 마루높이는 파랑의 처오름 높이를 표준으로 하는데, 처오름 높이의 추산은 파랑해석에 근거를 둔다.
- (5) 도류제는 하천의 유수(流水)를 도류(導流)하여 표사의 통과를 차단하는 기능을 하고, 폭풍시 파랑에 의해서 파괴되지 않는 구조이어야 한다.
- (6) 도류제의 구조로서는 제방형, 방파제형, 내파구조의 하천수제형 등이 있는데, 파랑, 표사, 하천규모 등의 조건을 고려해서 도류제에 적합한 구조를 채용해야 한다.
- (7) 기타 도류제의 참고사항은 항만 및 어항설계기준(해양수산부, 2005) '제7편 외곽시설 제5장 매몰대책시설'에 준한다.

해설

도류제의 형식은 <그림 35.1>과 같다.



(a) 방파제형 도류제

(b) 수제형 도류제

<그림 35.1> 도류제의 형식

35.7 주변에 미치는 영향

35.7.1 유황(流況)변화

하구시설은 하천수와 해수의 유황(유향, 유속, 수심 등)을 변화시킬 수 있으므로 유황의 변화로 인한 환경영향 및 이권법(利權法) 문제를 예측하여 설계하여야 한다.

유황의 변화는 유량의 변화와 생태계의 변화를 초래하고 특히 어장과 양식어업에 막대한 영향을 미친다. 또한 유황의 변화는 심한 세굴 및 퇴적현상을 국부적으로 발생시켜 기존시설물의 안정과 연안자원의 유지관리에 큰 피해를 초래할 수 있으므로 설계 단계에서부터 수리모형실험, 수치해석 등 조사분석을 통해 이에 대한 대비를 해야 한다.

35.7.2 토사퇴적

- (1) 하구시설의 설치로 인한 하구항 인근 연안에서의 토사퇴적 영향을 분석하여야 하며, 하구둑 축조 후 홍수시의 문제에 대해서도 충분한 검토를 하여야 한다.
- (2) 하구시설의 설치로 인한 하구항 인근 연안에서의 토사퇴적 영향을 분석하여 대처해야 한다.
- (3) 하구둑 축조 후 홍수시의 문제
 - ① 홍수시의 하구제방내외의 수위관계를 분석하여 배수문의 개폐시간을 적절히 조절할 수 있어야 한다.

- ② 배수문을 열었을 때는 홍수가 하류로 방류되고 동시에 토사도 하류로 수송된다. 따라서 밀물 시에 배수문을 열면 다량의 토사가 하구로 수송되어 하구퇴적의 원인이 될 수 있으므로 홍수시의 배수문 조작운영계획을 면밀하게 준비할 필요가 있다.

해설

- (1) 우리나라의 서해안처럼 조석량(潮汐量)이 큰 경우에는 밀물 때 해수가 유입하고 썰물 때 거의 비슷한 양의 해수가 배출되므로 해수는 부유상태(浮游狀態)의 토사를 함유하고 있으며 토사가 하구에 침전하게 된다. 이 원인은 하구에서 유속이 작아지며 외해에 비해 유수의 교란(攪亂, turbulence)도 작아지는 데에 있다.
- (2) 토사퇴적의 정도를 나타내는 지표인 부유농도는 밀물 때보다 썰물 때 일반적으로 작은데, 이러한 현상은 특히 하천유량이 적을 때 현저하게 나타난다.

35.7.3 환경보전

- (1) 담수호에서는 유수가 정체되어 유역내 오염원으로부터 배출되는 부하량이 집적(集積)되므로 오염물질의 저감에 대한 적절한 방법을 계획하여야 하며, 또한 하구시설에는 어류와 조류 등의 생태계 변화를 최소화하는 조치를 강구하여야 한다.
- (2) 유역 내의 점오염원에는 오수처리시설을 갖추고 농경지와 같은 비점오염원에는 시비(施肥)관리와 물관리를 통하여 배출부하량을 줄여야 한다.
- (3) 담수호는 이수장애를 발생하지 않을 정도의 염분농도를 유지하여야 한다.

해설

하구에서 오염물질의 집적을 막고 외해로의 확산을 유도하기 위해서는 도류제를 계획할 수 있다. 또 하구항을 위한 방파제의 구조를 투수성 케이슨(caisson) 등으로 축조하면 어초(魚礁)로서의 역할과 위락공간으로서의 역할도 기대할 수 있다.

35.8 부대시설

35.8.1 조작 및 관리시설

수문, 어도 및 제염설비의 가동을 위한 조작실과 시설관리 사무실, 관리인숙소 등은 위치, 규모, 현지여건, 장래의 제반 조건 등을 고려하여 설계하여야 한다.

35.8.2 계측시설

- (1) 기상관측시설 : 풍향계, 풍속계, 우량계, 증발계, 온도계 등을 설치하여 시설물의 조작·

운용을 원활하게 해야 한다.

- (2) 매설시설 : 시설 구조물의 안전성을 도모하기 위하여 토압계, 간극(間隙)수압계 및 침하측정기 등을 설치하여 운용하여야 한다.
- (3) 검조(檢潮)시설 : 배수문의 원활한 조작을 위하여 배수문의 내외측에 수위계, 자기검조계 및 간이검조척(檢潮尺)을 설치하여 수위를 기록할 수 있도록 한다.

제 36 장 사방댐

36.1 일반사항

36.1.1 적용범위

- (1) 본 장은 유역에서 토사의 생산 및 유출에 의한 토사재해를 방지하는 사방시설의 설계에 필요한 기준을 제시한다.
- (2) 사방시설은 사방계획에서 토사량을 결정하는 지점인 계획기준점의 상류에 설치한다.

36.1.2 용어의 정의

- (1) 사방댐 : 유역의 상류지역 또는 단지개발에 따른 토사유입 예상지역에 시공하여 유송된 모래와 자갈(砂礫) 등을 저류 또는 조절하는 댐
- (2) 호안 : 유수(流水)가 하안(河岸)의 침식, 붕괴를 일으키는 장소에 횡방향 침식을 방지하기 위하여 하안에 따라 유수 방향으로 설치된 시설
- (3) 하상유지공 : 종방향 침식을 방지하고 하상을 안정시키므로써 하상 퇴적물의 재이동, 하안의 붕괴 등을 방지하며 호안 공작물의 기초를 보호할 목적으로 설치하는 시설
- (4) 유로공 : 유로의 변경에 의한 난류방지 및 종단기울기의 규제에 의한 종방향 및 횡방향 침식을 방지하고 하상을 안정적으로 고정시키는 목적으로 설치하는 시설
- (5) 침사지 : 개발지역에서 침식되어 유송되는 토사를 자연 또는 강제로 침전·퇴적시킬 목적으로 만든 저류시설물

36.1.3 사방시설의 종류와 기능

사방시설에는 사방댐, 호안, 하상유지공, 유로공, 침사지, 산복공(山腹工) 등이 있으며 각각의 기능에 따라 구분된다.

해설

사방시설의 기능은 다음과 같다.

- (1) 수원산지(水源山地)의 토사발생억제 : 산복공, 사방댐 등
- (2) 계안(溪岸)으로부터 토사발생억제 : 사방댐, 하상유지공, 호안 등
- (3) 하도의 토사생산억제 : 사방댐, 하상유지공, 유로공 등
- (4) 수원 가까운 곳의 유출토사조절 : 사방댐, 침사지 등
- (5) 하도의 유출토사조절 : 사방댐, 하상유지공 등

36.1.4 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정을 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정은 아래와 같다.

(1) 본 설계기준

- ① 제16장 설계수문량
- ② 제17장 홍수방어계획
- ③ 제19장 유사조절계획
- ④ 제23장 제방
- ⑤ 제24장 호안
- ⑥ 제26장 하상유지시설
- ⑦ 제28장 보

(2) 타 관련규정

- ① 하천공사표준시방서
- ② 사방시설기준(산림청, 1999)

36.2 설계일반

36.2.1 일반사항

- (1) 사방시설 설계는 주변 지형 및 하도와 안전하게 조화를 이루며, 발생 토사량을 효과적으로 지감할 수 있도록 설계한다.
- (2) 하상유지공은 중단침식 방지를 통해 하상 안정, 하상 퇴적물 유출 방지, 그리고 공작물 기초 보호가 이루어지도록 설계한다.
- (3) 유로공은 하상유지공과 호안을 동시에 설치한다.
- (4) 침사지는 필요에 따라 토석류 발생을 방지하는 공사와 병행하여야 한다.
- (5) 사방 시설은 주변 환경과 조화를 이루고, 자연 환경을 보호할 수 있도록 최대한 고려해야 한다.

36.2.2 목적

사방시설은 토사의 생산 및 유출에 의한 토사재해를 방지할 수 있고, 자체 붕괴로 인한 피해를 최소화하는 구조물이어야 한다.

해설

- (1) 사방시설은 유역에서의 토사의 생산 및 유출에 의한 토사재해를 방지할 수 있어야 한다.
- (2) 사방시설은 자체 붕괴로 인하여 하류 피해를 최소화 할 수 있는 구조물로 설계하여야 한다.

36.2.3 구조

사방시설은 계획 토사량을 억제하고 유수에 안전하며 자연 생태계 환경을 보호할 수 있는 구조로 한다.

해설

- (1) 사방시설은 계획 토사량을 억제하고 유수에 안전한 구조로 설치하며, 부근의 하안 및 하천시설물에 심각한 지장을 초래하지 않는 구조로 한다.
- (2) 사방시설은 하천과 육상 생태 환경 보호를 위해 필요하다고 인정되는 경우에는 생태 통로 등을 설치해야 한다.

36.2.4 사방시설의 계획

사방시설은 각종 수리, 수문량, 지형, 하도, 하천 생태와 주변 환경 등의 변화를 고려하여 계획하여야 한다.

해설

- (1) 사방시설은 수문, 수리, 유사, 지형 등과 같은 현재의 지형과 하도 특성과 더불어 장래에 발생할 토사량 및 하도 변화를 예측하여 안전한 구조물로 계획하여야 한다.
- (2) 하천 생태계 보호를 위해 어도를 설치해야 할 경우는 설계기준 '제29장 어도'를 따른다.

36.5 하상유지공

36.5.1 일반사항

- (1) 하상유지공은 '제26장 하상유지시설'에 준한다.
- (2) 사방시설에서 하상유지공의 계획에 관한 일반사항은 '제26장 하상유지시설'에 준한다.
- (3) 하상유지공(또는 바닥다짐공, 床固工)은 종단침식 방지를 통한 하상 안정, 하상퇴적물 유출 방지, 산각(山脚) 고정, 그리고 호안 등의 공작물 기초 보호가 가능하도록 설계하고, 또한 안전성 및 장래의 유지관리 등을 고려한다.

해설

하상유지공은 사방 또는 하상 안정을 목적으로 구분하여 설계한다. 먼저 사방은 하상 종방향 침식을 방지하여 하상을 안정시키므로서 하상퇴적의 재이동, 하안의 붕괴 등을 방지한다. 하상 안정은 하상경사를 완화하기 위한 낙차공, 난류를 방지하고, 유향을 유지하기 위한 낙차공 또는 대공, 하상 세굴 또는 지하를 방지하기 위한 대공으로 구분하여 설계한다.

36.5.2 위치

하상유지공의 위치는 하상 저하의 위험, 합류점, 공작물 하류, 하안 붕괴 등을 고려하여 설정한다.

해설

(1) 하상유지공의 위치는 다음 사항을 고려하여 계획한다.

- ① 하상저하의 위험이 있는 장소에 계획한다.
- ② 지류가 합류하는 경우는 합류점 하류에 위치를 선정한다.
- ③ 공작물의 기초를 보호하는 목적의 경우는 이들 공작물의 하류부에 계획한다.
- ④ 하안의 결괴(決壊), 붕괴 및 사태(沙汰)등의 장소에서는 하류에 계획한다.

(2) 위치선정시 다음 사항에 유의한다.

- ① 하도 굴곡부를 피하고 그 하류(下流)에 계획하는 것이 좋다.
- ② 하폭이 넓고 난류가 심한 장소에 설치하여 정류(整流)를 조성한다.

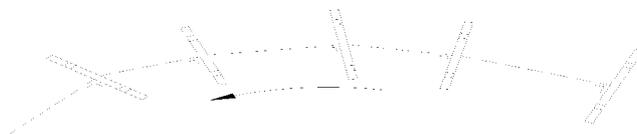
36.5.3 방향

하상유지공의 방향은 하류부의 유심(流心)에 직각이 되도록 한다.

해설

(1) 하상유지공의 방향은 하류부의 유심(流心)에 직각이 되도록 한다(<그림 36.7>).

(2) 하상유지공을 계단식으로 계획하는 경우에는, 각 계획지점 하류의 유심선에 직각으로 하며, 각 하상유지공 물넘이의 중심점은 그 직상류의 하상유지공 물넘이의 중심점에서 유선상에 있도록 방향을 정한다.



<그림 36.7> 하상유지공의 방향 설정

36.5.4 높이

낙차공의 높이는 5m 미만으로 하고 물받이 및 수직벽을 설치하는 경우도 총낙차를 3.5~4.5m까지 한도로 한다. 대공은 단독 낙차공의 상류 및 계단식 낙차공의 간격이 크고

동시에 종방향침식이 일어나거나, 그와 같은 위험성이 있을 경우에 계획한다.

해설

(1) 낙차공(落差工)

- ① 낙차공의 높이는 5m 미만으로 하고 물받이 및 수직벽을 설치하는 경우도 총낙차를 3.5~4.5m까지 한도로 한다(<그림 36.8>).
- ② 낙차공의 높이 (물받이 및 수직벽을 설치하는 경우도 포함)가 5m 이상의 경우나 긴 구간에 걸쳐서 설치할 필요가 있는 경우에는 계단식으로 계획하는 것이 적당하다.



<그림 36.8> 낙차공

(2) 대공(띠공, 帶工)

- ① 대공은 단독 낙차공의 상류 및 계단식 낙차공의 간격이 크고 동시에 종침식이 일어나거나, 그와 같은 위험성이 있을 경우에 계획한다.
- ② 대공은 낙차를 고려하지 않는 하상유지공으로서 시공높이는 하상과 같은 높이로 하고, 하상유지공이 형성하는 안정경사는 계획경사선에 따라 계획한다.

36.5.5 하상경사

하도의 하상경사는 유량, 유속, 수심과 하상의 저항력 등을 고려하여 결정한다.

해설

(1) 일반사항

- ① 하상유지공은 일반적으로 하도의 상류부가 안정되어 있거나 또는 황폐되었다고 하더라도 사방공사가 진행된 후에 하류부에서 침식이 계속 일어나는 곳에 계획하는 것으로 하상유지공에 의해 새로운 하상경사가 형성되는 경우가 많다.
- ② 하상유지공에 의하여 형성되는 하상경사는 상류부의 상태가 좋고 유하하는 자갈

의 크기가 작을수록 완만하게 된다.

(2) 계획경사

- ① 하도의 하상경사는 유량, 유속, 수심과 하상의 저항력에 의하여 결정되는 것으로서 하상유지공 상류의 하상계획경사는 이것을 고려해서 침식과 퇴적이 일어나지 않도록 하여야 한다.
- ② 계단식 하상유지공의 계획경사 결정은 하상유지공의 하류끝이 월류수류에 의하여 깊게 세굴되어 하상이 저하되는 점을 고려하여야 한다.
- ③ 계단식 하상유지공의 기초는 하류 하상유지공의 계획 하상경사선 이하의 깊이로 하여야 한다.

36.6 유로공(流路工)

36.6.1 계획조건

- (1) 하상유지공과 호안을 동시에 설치하며, 유로공 계획구역의 상류에는 사방댐 또는 하상유지공을 설치한다.
- (2) 토사함유율은 토사함유율이 감소된 홍수류를 대상으로 한다.
- (3) 횡단구조물은 적게 설정하며, 구조물의 바닥높이는 계획홍수위에 여유고를 더하고 그 위에 0.5m를 더한 높이로 한다.
- (4) 경사변화가 있는 경우는 그 절점(折點)에 하상보호공을 계획하고 대(帶)공에 의해서 경사 변화가 없도록 한다.

해설

- (1) 유로공은 하상유지공과 호안을 동시에 설치한 것을 말한다.
- (2) 유로공 계획구역의 상류에는 사방댐 또는 하상유지공을 설치한다.
- (3) 토사함유율
 - ① 유로공 계획에 고려하는 대상유량은 사방공사가 많이 진척된 후이므로, 토사함유율이 감소된 홍수류를 대상으로 한다.
 - ② 유로공 계획에서 토사함유율은 대체로 다음과 같다.
 - (가) 사방공사가 시공 중이거나 굴곡 난류 방지의 경우 : 10%
 - (나) 사방공사가 시공 완료된 경우 : 5%
- (4) 횡단구조물
 - ① 유로공을 계획할 때 교량, 배수관 등의 횡단구조물 설치는 될 수 있는 대로 적게 한다.
 - ② 부득이 교량 등과 같은 횡단 구조물을 유로공에 설치할 경우에는, 구조물의 바닥높이는 유목(流水) 등에 의한 파괴를 고려하여, 계획홍수위에 여유고 ('<표 24.1>의 계획홍수량에 따른 여유고' 참조)를 더하고 그 위에 0.5m를 더한 높이로 한다.
- (5) 하상은 바닥붙임을 하지 않는다. 단, 유로공을 계획하는 구간에서, 그 하상을 구성하는 입경에 대한 한계유속이 계획경사와 계획수심에 의한 유속보다 작은 경우에는 수로를

3번 붙임으로 한다.

(6) 경사변환점

- ① 경사변화가 있는 경우는 그 절점(折點)에 하상보호공을 계획하고 대공에 의해서 경사 변화가 없도록 한다.
- ② 유로공에 경사의 변화를 주는 경우, 상류 경사에 의한 흐름의 물리적 영향을 될 수 있는 대로 하류에 미치지 않도록 하기 위해 경사가 변하는 점에는 하상유지공을 설치하여 낙차를 둔다.
- ③ 일정한 경사가 길게 계속되는 경우는, 중간에 위치한 호안기초의 세굴을 방지하기 위하여 중간에 대공을 설치한다. 이 대공의 간격은 보통 그 경사를 표시하는 분수에서의 분모의 수로 한다.

(7) 계획조건

- ① 유로공의 여유고는 '23.4.2의 제방단면'의 여유고에 준한다. 단, 여유고는 하상 경사에 따라서 변화하는 것으로 하고, 계획홍수위(H)에 대한 여유고(ΔH)의 비 ($\Delta H/H$)는 <표 36.2>의 값 이하가 되지 않도록 한다.

<표 36.2> 계획홍수위에 대한 여유고의 비

경사	1/10이상	1/10 ~ 1/30	1/30 ~ 1/50	1/50 ~ 1/70	1/70 ~ 1/100	1/100 ~ 1/200
여유고의 비	0.5	0.4	0.3	0.25	0.2	0.1

- ② 경사가 급한 하도에서는 하상변동, 토사유출 등이 일어나기 쉽고, 큰 유속에 의하여 수면변동이 크므로 큰 여유고가 필요하다. 하폭이 넓은 경우에는, 동일 유량이라도 계획홍수위가 작아지므로 규정된 여유고를 준수하여 충분히 안전하게 설계하여야 한다.

36.6.2 설계순서

- (1) 유로공 설계는 하도 상류부의 황폐상황을 검토하여야 한다.
- (2) 상류부가 황폐되어 있는 경우에는 아래와 같이 실시한다.
 - ① 사방공사 미시공 : 유로공의 착수에는 시기가 빠르다.
 - ② 사방공사 시공중 : 상류의 사방공이 계획유출토사에 대해서 50% 이상(토사생산 억제, 유출토사억제, 조절량 포함) 완료된 후에 유로공을 실시한다.
 - ③ 사방공사 완료 : 유로공의 시행이 가능한 단계이다.

- (3) 상류부 황폐가 비교적 적은 경우: 하류부의 굴곡 및 난류가 심하고 침식이 현저한 경우는 유로공의 계획을 필요로 하는 경우가 많으나, 이 경우에는 앞으로의 황폐에 대비하기 위하여 상류의 사방공사가 계획유출토사량에 대하여 50%이상 완료된 후에 유로공을 계획한다.

36.6.3 법선

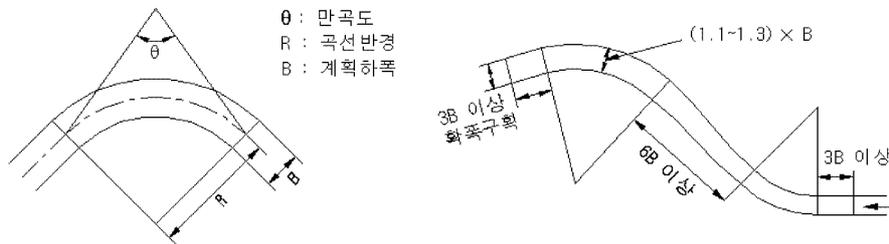
- (1) 유로공의 법선은 가능한 한 매끄럽게 설계하여 날카로운 만곡(灣曲)을 피한다.
 (2) 토지이용상 곡선부를 설치하는 경우에는 곡선반경과 계획하폭의 비를 10-20 이상, 만곡도를 60°이상으로 한다. 어떤 경우에도 곡선반경과 계획하폭의 비를 5 이상으로 한다.

해설

유로공의 법선과 계획하폭과의 관계는 <그림36.9>와 같다.

36.6.4 하상경사

- (1) 유로공에 의하여 하경사를 변화시키는 경우에는 상류로부터 하류부로 향하여 점차 완경사로 계획한다.



<그림 36.8> 유로공의 법선상

- (2) 경사 변화 지점에서는 해당 지점 상하류의 소류력이 50%이상 변화하지 않도록 경사를

결정한다.

36.6.5 구조

해설

구조는 곡류부, 댐과의 접속, 이행부, 굴착방식, 중복 높이 등을 고려하여야 한다.

(1) 곡류부

- ① 유로공 곡선부의 외측은 유수의 원심력에 의한 수위의 상승이 예상되므로 내측보다도 호안마루를 높게 한다.
- ② 곡선부의 외측은 홍수시 홍수가 집중하여 유하하기 때문에 강한 세굴력이 작용하므로 직선부 호안보다 구조적으로 튼튼하게 할 필요가 있다. 특히, 2면 붙임의 경우는 세굴에 대처하여야 한다.

(2) 댐과의 접속

- ① 사방댐과 유로공을 직결하는 경우, 댐의 물넘이부 단면은 웨어공식에 의하여 계산하고, 유로공의 단면은 유량공식에 의하여 계산하며, 그 사이의 결합은 부댐 또는 수직벽 하류에서 잘 연결되도록 한다.
- ② 댐의 물넘이부 단면은 낮은 댐을 제외하고는 보통 웨어공식으로 계산하고, 하도간 유로공 개수로 부분의 단면과의 접속은 부댐 또는 수직벽으로부터 하류에서 조정한다.
- ③ 댐의 부댐 또는 수직벽에 유로공을 접속시킬 경우, 초과유출토사가 댐에 안전하게 퇴사되도록 한다. 댐 자체가 조절효과와 종방향 또는 횡방향 침식방지의 목적을 갖는 경우이면, 댐과 유로공을 직접 연결하면 오히려 토사를 하류로 이동시키고, 토사에 의한 해를 초래할 위험이 있으므로 댐과 유로공 사이에는 적당한 길이의 토사 조절구간을 설치하는 것이 필요하다.

(3) 이행부 : 3면 붙임(양안과 바닥) 유로공에서 2면 붙임(양안) 유로공으로 이행하는 부분에서는, 유속의 차에 의하여 2면 붙임 유로공의 상류단 부근의 호안 기초부분이 세굴될 위험이 있으므로 바닥보호공 또는 감세공을 계획한다.

(4) 굴착방식 : 유로공은 일반적으로 경사가 급하여 유속이 크기 때문에 제방의 파괴, 결궤(決潰) 등의 위험성이 높은 축제방식을 피하고 굴착방식으로 한다.

(5) 하상유지공의 중복높이

- ① 유로공에서 하상유지공은 서로 높이가 충분히 중복되도록 배치하며, 인접하는 하상유지공의 마루높이와 기초는 적어도 같은 높이가 되도록 한다. 유로공에서 하상유지공은 계단식으로 한다.
- ② 하상이 자갈(轉石)의 퇴적 또는 이것에 가까운 경우는 서로 인접하는 하상유지공의 물넘이부와 기초높이를 수평으로 해도 지장은 없으나, 하상이 모래나 자갈층으로 형성된 경우에는, 하상유지공의 기초는 하류 비탈끝의 세굴방지를 위하여 하류 하상유지공의 물넘이부 마루와 중복시켜야 한다. 단, 3면 붙임의 경우에는 이에 따르지 않는다.

36.6.6 유로공의 중단형

중단형은 하상 경사, 중단경사, 계획 하상고, 그리고 지류 중단경사를 검토하여 설정한다.

해설

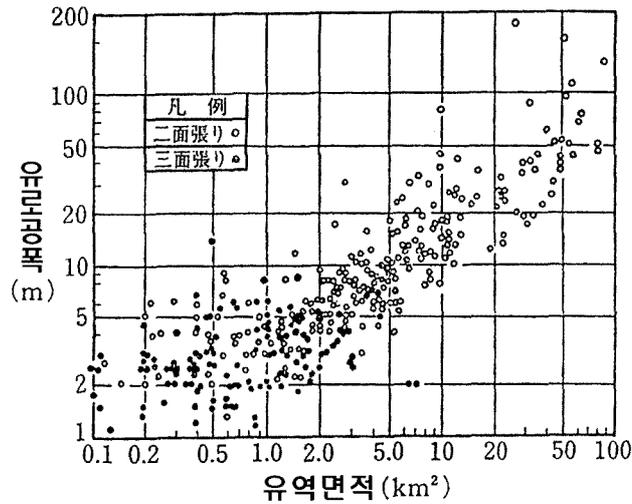
- (1) 유로공을 계획하는 계류는 일반적으로 급류이며 하상경사를 하상재료만으로 안정시킬 수 없는 경우가 많아 하상유지공(바닥다짐공), 대공 등을 이용하나, 경우에 따라 하상을 콘크리트로 덮어서 하상을 안정화 할 수도 있다.
- (2) 하상경사는 동적평형 계산과 정적평형 계산을 검토하되 소류사량을 구하는 공식을 결정할 때에는 적용하고자 하는 유로 특성을 반영할 수 있는 공식을 선정하는 것이 중요하다.
- (3) 계획하상은 하상경사, 하상고, 횡단형뿐만 아니라 평면형도 결정한다. 계획하상경사와 하상고는 시산하여 구하고, 다른 횡단형을 검토한 후 결정한다.
- (4) 계획중단경사는 계류의 하상 국부 변동을 제외하고 전체 구간의 안정을 확인한 후, 현재의 하상경사를 채택한다. 하상변동 자료가 없는 경우는 유사 하천의 실측치를 참고하여 구할 수 있다.
- (5) 유로공의 계획하상고는 통상 현재 상태보다 낮게 결정하고 이 경우 상,하류단에 하상유지공 또는 사방댐 등으로 낙차를 두고, 하류는 세굴, 퇴적이 일어나지 않도록 필요에 따라 하상을 정정해서 바닥보호공을 설치한다.
- (6) 지류 유입으로 인한 본류의 세굴, 퇴적을 막기 위해서 지류 중단경사는 원칙으로 본류에 맞춘다. 이 때문에 합류점 직상류의 지류에 낙차공을 만들어 지류의 중단경사를 수정하여 합류시키거나, 합류점 부근의 중단경사, 평면형상을 충분히 검토한다.

36.6.7 유로공의 계획단면

계획단면은 복단면으로 하나 유지가 어려우면 단단면으로 한다.

해설

- (1) 유로공은 계류의 급류인 곳에서 계획단면은 복단면으로 하나 유지가 어려우면 단단면으로 한다. 그러나, 고수부지 이용 등을 고려하면 하상재료, 유출토사를 조사하여 단면형상을 결정한다.
- (2) 유로공의 계획폭은 하상경사, 유출토사, 하상재료, 하천의 조도 및 평면형상, 그리고 계획유량을 검토한다. 따라서, 하상의 안정성에 주안점으로 두어 구조물의 유무, 배후지의 토지이용을 고려하여 결정한다. 통상적인 유역면적과 유로공 폭의 관계는 <그림 36.10>과 같다.
- (3) 유로공의 만곡부 외측에서 하도의 안정성을 위해 유로공의 폭을 10~20% 정도 확대한다.



<그림 36.9> 유역면적과 유로공 폭의 관계

6.6.8 유로공의 호안

호안은 기본적으로 '제24장 호안'에 준하여 설계한다.

해설

- (1) 유로공의 호안은 계곡 하안 붕괴 방지, 바닥다짐공 양끝 보호를 위해 바닥다짐공에 밀어붙이고, 바닥다짐공 바로 밑 호안은 바닥다짐공 계획유량이 떨어지는 위치 보다 후퇴시키는 것으로 한다.
- (2) 호안의 근입깊이는 세굴에 대비하여 바닥다짐공 천단 등의 하상고 정점에서 상류의 정적 평형경사를 근거로 결정한다.
- (3) 호안의 법면 경사는 통상 '제24장 호안'에서 제시된 경사를 원칙으로 하며, 하상경사 및 지형조건을 감안하여 결정한다.

36.6.9 유로공의 바닥다짐공

- (1) 유로공의 바닥다짐공은 '제26장 하상유지시설'에 준해서 설계한다.
- (2) 안정된 계획하상을 유지하기 위해 유로공의 계획단면, 종단형을 검토하여 바닥다짐공의 위치를 선정한다.
- (3) 유로공의 계획하상고와 유로공 상, 하류단에서 하상고를 안정화하기 위해 낙차공으로 바닥다짐공을 설치한다.

해설

통상적인 유로공의 유로폭과 바닥다짐공 간격은 <그림 36.11>을 참고한다.

<그림 36.10> 유로공의 유로폭과 바닥다짐공 간격

여기서, 하상경사 \sim , 유역면적 20km^2 이하, B : 유로공 폭(m), L : 바닥다짐공 간격(m)을 각각 갖는다.

36.7 침사지

36.7.1 설계일반

- (1) 침사지는 토석류 발생을 방지할 수 있는 공사 등을 시행한후 침사지를 계획한다.
- (2) 침사지의 계획퇴사량은 필요에 따라 제거 또는 준설하여 퇴사 기능을 유지할 수 있도록 한다.

36.7.2 설계순서

- (1) 침사지의 설계 순서는 필요성, 설계 개념, 위치와 형태, 배수구역 특성, 둑 높이, 기타 부속시설을 고려하여 결정한다.
- (2) 침사지의 설계 순서는 다음과 같다.
 - ① 필요성 확인
 - ② 설계개념 선정
 - ③ 침사지 형태 선정
 - ④ 침사지 위치 선정

- ⑤ 배수구역의 특성 파악
- ⑥ 퇴적유사량(부피) 결정
- ⑦ 침사지 독의 높이 결정
- ⑧ 주여수로 크기 결정
- ⑨ 비상여수로 폭의 결정
- ⑩ 독과 여수로의 보호장치 결정

36.7.3 퇴적유사량 산정

퇴적(침전) 유사량은 유역의 토양손실량, 유사전달률, 침사지 포착률 및 침사지 내 퇴적토 단위중량을 감안하여 결정한다.

해설

- (1) 침사지내로 유입하여 퇴적(침전)되는 유사량(m^3)은 다음과 같이 결정한다.
 퇴적유사량 = 유역의 토양손실량 × 유사전달률 × 침사지 포착률/침사지 내 퇴적토 단위중량
- (2) 토양손실량(soil loss, ton) : Universal Soil Loss Equation(USLE)방법이나 원단위법으로 추정한다. 원단위법을 이용하는 경우에는 토양손실량이 아닌 침사지에 퇴적되는 토사량의 부피이므로 이 때는 유사전달률이나 포착률 개념이 필요하지 않다.
- (3) 유사전달률(sediment delivery ratio, 0~1) : 원 지점에서 침식된 토립자 중 하류의 일정 지점까지 내려오는 입자의 비를 말한다. 이것은 사면과 도랑의 유사전달 능력을 나타내는데 0에서 1사이의 값을 나타낸다.
- (4) 포착률(trap efficiency, %) : 총 유입 유사량과 침사지나 저수지에 퇴적되는 유사량의 비로서 침사지의 장기적인 침전 효율을 나타낸다. 침사지의 포착률은 저수지의 포착률 자료를 이용하여 간접적으로 추정한다.
- (5) 퇴적토의 단위중량 $Y(ton/m^3)$ 은 퇴적토 중 크기 0.05mm 이상의 모래 구성비 $P(\%)$ 를 이용하여 다음과 같은 경험식으로 추정한다.

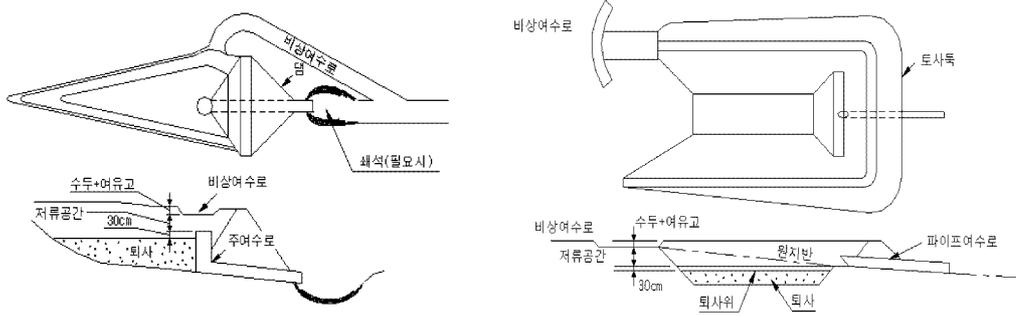
$$s=0.82(P+2)^{0.13} \quad (36.2)$$

36.7.4 침사지 독과 여수로

- (1) 침사지의 독 높이는 침사지 및 여수로 형태에 따라 결정한다.
- (2) 주여수로는 침사지의 저류공간에 저류된 홍수량을 천천히 배수시켜 홍수조절 및 침전 효과를 도모할 수 있어야 한다. 비상여수로는 설계강우 이상의 호우에 대비한 것으로 보통 침사지의 양옆에 설치한다.

해설

(1) 침사지는 자연상태로 저류할 수 있는 지형에 둑을 쌓아서 만든 자연침사지와 인공적으로 굴착하여 만든 굴착침사지로 구분한다(<그림 36.12>). 여수로로는 관을 통하여 똑바깥으로 방류하는 관여수로와 둑 위에 모래와 자갈(砂礫)을 쌓아 방류시키는 사력 여수로로 구분한다.



(a) 자연침사지

(b) 굴착침사지

<그림 36.12> 관 주여수로와 비상여수로를 갖춘 침사지

(2) 침사지의 둑 높이는 다음과 같이 결정한다.

- ① 둑높이는 침사지 및 여수로의 형태에 따라 다르게 된다.
- ② 관여수로의 경우는 다음 절차에 의하여 결정한다.
 - (가) 퇴사 높이의 결정
 - (나) 주여수로(관) 턱 높이의 설정
 - (다) 비상여수로 턱 높이의 설정
 - (라) 비상여수로 수두의 결정
 - (마) 여유고의 결정
- ③ 사력여수로의 경우에는 관여수로의 (나)와 (다)는 결합될 수 있다.
- ④ 관여수로의 경우, 여수로의 턱 높이는 퇴사 높이보다 30 cm 정도 높게 한다. 관여수로 턱 높이와 비상여수로의 턱 높이 사이의 공간은 침전부의 저류공간에 해당한다.

(3) 주여수로

- ① 주여수로는 침사지의 저류공간에 저류된 홍수량을 천천히 배수시켜 홍수조절 및 침전효과를 기대한다.
- ② 관의 주여수로는 24시간 이내에 완전히 배수토록 설계한다.
- ③ 관의 주여수로 하단에는 하류단의 세굴방지를 위해서 사석공이나 감쇄공을 설치한다.

(4) 비상여수로

비상여수로는 설계강우 이상의 호우에 대비한 것으로 보통 침사지의 양옆에 설치한다.

제37장 기타시설물

37.1 일반사항

37.1.1 적용범위

- (1) 본 장은 아래와 같은 시설에 대하여 일반 및 설계에 대한 기준을 제시한다.
 - ① 하천기능회복을 위하여 필요한 하천정화기법과 시설에 대한 일반적인 기준
 - ② 하천시설물과 하천에 관련된 시설물 설계에 필요한 세굴평가 및 세굴방호공에 관한 방법과 기준
 - ③ 하천의 고유목적과 기능에 관련이 되는 하천시설물은 아니더라도 하천에 직·간접으로 영향을 줄 수 있는 교량 등 하천점용시설물의 수리적 설계기준
- (2) 위의 시설물에 대한 계획, 설계 및 유지관리시 본 장의 각 기준을 따라야 한다.

37.1.2 용어의 정의

- (1) 하천정화기법 : 자연하천이 갖는 정화능력을 인위적인 물리·화학·생물학적 방법을 이용하여 보강·보완함으로써 단위 시간당 혹은 단위 유로당 물질 전환속도를 촉진시키는 기법
- (2) 하천정화시설 : 유역내 사회활동(가정생활 포함)의 대사산물의 과다유입으로 하천 자체가 가지는 자정능력을 초과하여 원래 가지고 있어야 할 하천의 기능이 저하되었거나, 또는 열악하게 된 상태를 본래의 상태로 복원시키기 위한 인위적인 자연보전 행위의 총체적 시설
- (3) 하상상승과 하상저하 : 하천 상류로부터 장기간 동안 토사가 이동하여 하상에 퇴적되어 하상이 높아지는 현상을 하상상승이라 하며 하상저하는 상류로부터 토사공급이 부족하여 하상이 저하되는 것
- (4) 수축세굴 : 하천의 흐름 단면적이 자연 또는 인공적인 요인에 의하여 감소되어 통수단면이 수축되고 따라서 이 구간에서 유속이 증가됨에 따라 제방이나 하상 재료의 이동량이 상부로부터의 유입량 보다 증가할 때 발생하는 현상
- (5) 국부세굴 : 교각, 교대, 수제, 제방 등 흐름의 장애물 주위에서 국부적으로 하상물질이 이동하는 현상이며 정적 및 동적세굴로 구분되며 단기간의 하상변화로 취급 됨
- (6) 횡방향 유로이동 : 자연적으로 발생하는 주 수로의 횡방향 이동으로, 교각, 교대, 하천 구조물 설치에 따른 침식을 증가시키거나 교각에서 흐름 입사각의 변화를 주어 총 세굴량을 변화시킴
- (7) 정적세굴 : 하상내 흐름의 소류력이 한계소류력 이하이어서 세굴 발생지점 상류로부터 세굴공 안으로 유사가 유입되지 않는 상태에서 세굴이 발생하여 세굴공에서는 국부적으로 유사 유출만 발생하여 세굴공의 깊이가 지속적으로 증가하다가 평형 세굴심에 도달하게 되는 세굴
- (8) 동적세굴 : 하상내 흐름의 소류력이 한계소류력 이상이어서 세굴공 상류로부터 유사가 세굴공내로 유입되고 동시에 세굴공으로부터 유사가 하류부로 유출되어 세굴공의 깊

이가 증가와 감소를 반복하면서 평형 세굴심에 도달되는 세굴

- (9) 압력세굴 : 압력세굴은 교량이나 구조물이 물에 잠기는 경우 통수단면이 축소되어 유속 및 압력변화가 발생하여 세굴심도 증가하는데 이때의 세굴현상

37.1.3 관련규정 및 법규

이 장을 적용할 때 이 설계기준 내 관련된 장과 타 관련규정을 고려하여야 한다. 본 장과 관련된 규정은 아래와 같다.

(1) 본 설계기준

- ① 제9장 유사 및 하상변동조사
- ② 제12장 하천환경조사
- ③ 제19장 유사조절계획
- ④ 제26장 하상유지시설
- ⑤ 제28장 보

(2) 관련규정

- ① 하천공사표준시방서 ‘제17장 기타시설’
- ② 도로교설계기준(한국도로교통협회, 2005)
- ③ 철도교설계기준(건설교통부, 2004)

37.2 하천정화기법과 시설

37.2.1 하천정화기법과 시설의 분류

- (1) 하천정화기법은 하도, 고수부지, 유수지 등에 사용되며 물리적 방법, 생물학적 방법, 그리고 화학적 방법으로 분류된다.
- (2) 하천을 정화하기 위하여는 하천특성에 따라 물리적 방법, 생물학적 방법 및 화학적 방법이 개별적 또는 복합적으로 사용된다.

해설

- (1) 물리적 방법 : 하천의 수리적 특성을 이용하는 방법으로 유속 제어에 의한 침전, 소류 혹은 분리, 대기접촉을 주체로 하는 정화방법이다.
- (2) 생물학적 방법 : 유수 중 미생물을 집적시켜 생물(특히 세균류)에 의한 유기물의 분해 및 산화, 특정 수생생물에 의한 유수 중 영양염류의 흡수, 영양염류의 고정화(생체화)와 같은 생물 이용방법을 목표 수준에 맞게 조합시키는 방법이다.
- (3) 화학적 방법 : 화학물질을 첨가하여 용해성 물질 혹은 물리적 제어에 의해서는 분리되지 않는 물질을 제거한다. 응집 및 침전, 산화제 투입에 의한 유기물 산화, 병원성 미생물 살균에 의한 감소를 주체로 하는 정화방법이다.
- (4) 하천정화기법은 처리 방법과 시설, 설치 위치에 따라 구체적으로 구분하여 나타내면

<표 37.1>과 같다.

<표 37.1> 하천정화기법과 시설의 구분

구 분	처 리 방 법	설 치 장 소		
		하 도	고수부지	유수지
물리적 방법	준설	○		
	Micro-strainer	○	○	
	토양침투법	○	○	○
	DCF법	○	○	○
	보	○		○
	정화용수 도입(도수)	○		○
	유수보전수로(이중수로)	○		
	수중폭기 박충류	○ ○	○	
생물학적 방법	식물정화	○	○	○
	접촉산화	○	○	○
물리 + 생물학적 방법	무폭기식 자갈접촉산화		○	○
	폭기식 자갈접촉산화	○	○	○
	산화지(라군)		○	○
	토양침투		○	○
화학적 방법	중화처리	○	○	○

37.2.2 하천정화기법과 시설 구비조건

- (1) 하천정화기법은 해당 하천의 특성을 고려하여 선정한다.
- (2) 하천부지에서는 홍수로 인한 범람 등의 자연현상에 대응할 수 있어야 한다.
- (3) 수질정화 대상항목은 생물화학적 산소요구량(BOD)과 부유물질(SS) 등으로 오염하천의 수질을 환경기준까지 달성하여야 한다.

해설

- (1) 대상 기간은 맑은 날의 오염상태로 한다.
- (2) 하천정화시설 용지는 가능한한 제내지보다 제외지에 설치하도록 한다.

- (3) 수질정화 대상항목에서 중금속 등 건강환경 기준항목은 제외할 수 있다.
- (4) 하천정화시설이 갖추어야 할 구비조건은 다음과 같다.
 - ① 하천부지 등의 여유지에서 가능한 방식이어야 한다.
 - ② 유수의 정상기능을 저해하지 않아야 한다.
 - ③ 정화 대상하천의 수질특성에 적합한 정화방식이어야 한다.
 - ④ 유지관리가 용이하여야 한다.
 - ⑤ 건설비, 유지관리비가 적게 들어야 한다.
 - ⑥ 홍수 등의 범람에 지장이 없어야 한다.
 - ⑦ 하천의 경관을 해치지 않고, 용지의 다목적 이용이 가능하여야 한다.

37.2.3 하천정화기법 및 시설 설계

하천정화기법의 선정 및 시설 설계시 물리적인 방법, 인공기법 및 자연기법에 의한 적용성을 검토하여 시설을 설계하여야 한다.

해설

- (1) 물리적인 방법에 의한 하천정화기법의 선정 및 시설 설계시 다음 사항을 고려한다.
 - ① 준설 : 명확한 수질 개선 효과가 있을 경우에 선정한다. 준설되는 저질과 준설 공법, 준설된 저지의 처리 측면을 고려한다.
 - ② 스크린 : 하천정화를 목적으로 단독으로 설치하기보다 보조용으로 설치한다. Micro-strainer, 회전 드럼, Bar-screen 방식이 이용된다.
 - ③ 도수 : 수리권 또는 하천유지유량과의 조정이 가능한 하천에 실시한다. 하천에서의 직접 도수방식 외에 유역내에 지하 저류지 혹은 도수용 수로 등이 확보되도록 하여야 한다. 도수량과 적정 시간을 결정한다.
 - ④ 보전수로 : 보전수로는 깨끗한 하천수와 오염된 물을 분리할 목적으로 설치한다. 분류(유로 전환)시킨 후 합류하는 하천의 수질 및 유황에 의하여 하천의 본래 유황을 악화시키지 않도록 한다. 수계 전체에 대한 수질보전계획과 위치 설정을 명확하게 하고 유지관리 체제가 마련되어야 한다.
 - ⑤ 대류언, 박층류, 하상구조물 : 저수로에 여유가 있으면 치수 및 개수사업과 병행하여 실시할 수 있다. 구조물에 의한 정화는 자정작용을 향상시킴과 동시에 하천의 생물량과 유기물의 접촉시간의 증가, 미립의 유기성 고형물의 포착과 분해 등 종합적 하천기능의 개선도 기대할 수 있다.
- (2) 인공기법은 접촉재(역, 목탄 등)에 하천수를 접촉(침투, 통수)시켜 흡착, 여과 및 층 내 미생물에 의한 유기물의 무기화로 수질을 정화한다.
 - ① 자갈과 쇄석을 이용한 접촉산화법
 - (가) 수평류식과 상향류식 자갈접촉산화법이 통용되고 있으며 대체적인 대상 유량은 갈수량에서 저수량까지 검토한다.
 - (나) 생물화학적산소요구량 15~20mg/L 정도의 하천수에 대한 수질정화 대책으로 적당하다. 계획 제거율은 70~75% 정도를 설정하는 것이 일반적이지만, 사업 목표에 따라 설정한다.

(다) 접촉재의 종류와 밀도 및 체류시간은 대상 수질과 오염수량 등을 고려하여 결정한다. 자갈의 입경과 공극률은 퇴적 슬러지의 하부방향, 또는 유하방향으로 충분한 이동이 일어날 정도의 공극(일정 입경 이상의 자갈)을 확보해야 한다. 그리고 대상 하천부지에서 충분한 자갈이 확보될 수 있어야 한다.

(라) 생물화학적산소요구량 20mg/L 이상인 경우에는 폭기 등이 필요하다.

② 목탄정화법 : 목탄층 내부에 하천수를 통수시켜 오염 하천수를 정화하는 방법이다. 여재내에서 모래와 같은 무기물은 퇴적하여 공극을 폐쇄하나 유기물은 미생물에 의해 산화되어 감소되므로 유입량과 분해량의 균형에 의해 퇴적량은 일정하게 유지된다. 목탄정화법은 공극의 폐쇄방지, 유기물 분해에 필요한 충분한 산소의 공급을 검토하여야 한다. 목탄정화법을 적용하는 경우 다음 사항을 고려할 필요가 있다.

(가) 하천수의 SS가 낮아야 한다. 유입되는 하천수의 SS가 10mg/L를 초과하는 경우 무기성일 경우는 전처리로서 SS를 제거할 필요가 있다. SS가 조류등 분해되기 쉬운 것일 경우 25mg/L 정도까지 적용 가능한 것으로 본다.

(나) 용존산소가 있어야 한다. 유기오염물의 산화·분해반응을 위해 산소 6-7mg/L가 필요하다. 이는 하천수중 용존산소의 80%에 해당한다.

(다) BOD 농도가 높지 않아야 한다. 유기물은 여재내의 산화반응에 의해 수중의 용존산소를 소비한다. 유기물의 농도가 높고 충분한 산소공급이 안되는 경우 혐기성 반응에 의한 오염부하의 용출, 악취발생, 처리시스템의 기능이 현저히 저하된다. 따라서 BOD 농도는 10mg/L 이하가 적당하다.

③ DCF공법 : Densify(농축), Clarify(청정), Filtering(여과)의 합성어이다. 부직포에 의한 여과작용 및 하강류의 생성에 의한 침전 촉진작용을 응용한 정화공법이다. 적용은 평수시(청천시) 유힬을 대상으로 하며, 유속이 0.1~0.5m/sec 정도의 하도 및 수심 0.5m 이상의 장소에 적용된다. 슬러지 퇴적 및 홍수대책이 필요하다.

(3) 자연기법은 생태계의 정화기구를 활용해서 오염물질을 정화하는 방법으로서 산화지, 침투수로, 식생정화, 여울과 소(웅덩이)에 의한 정화 등이 있다.

① 산화지 : 하수의 2차 처리를 목적으로 개발된 처리 시스템으로서 BOD 등의 오염부하가 비교적 높은 원수를 대상으로 하나 최근 미량탄소나 영양염 제거를 위한 3차 처리시설로도 응용될 수 있다. 부지면적의 과대화, 주거환경에 미치는 영향, 기온저하에 따른 처리효율 저하, 과잉 번식한 조류의 유출 등에 대한 대책이 병행되도록 한다.

② 토양처리 : 토양이 가지는 흡착, 여과, 분해촉진, 식물섭취의 4가지 기능을 활용한 정화방법이다. 지하수 오염, 유출 경로 막힘, 토양의 특성을 고려하여 결정한다.

③ 침투수로 : 토양처리와 산화지를 조합시킨 형태로서 고수부지 등에 콘크리트 구조물을 설치하여 하천수를 통수시켜, 구조물내 생태계 및 토양으로 정화한다.

④ 식생정화법 : 갈대나 부레옥잠이 식재된 습지 및 수로에 평수시 고농도의 하천

수를 통수시켜 입자성 성분의 흡착침전, 토양흡착, 질산화, 탈질화 등으로 수질을 정화한다. 대상하천의 유입부에 자연적인 습지를 구축하고, 계절에 따라 갈대와 같은 수생식물이 풍부하고 취수부가 용이하게 설치될 수 있어야 한다.

- ⑤ 낙차공, 여울과 소의 구조 : '제26장 하상유지시설'과 '제27장 여울과 소'를 참조한다.

37.3 세굴평가 및 세굴방호공

37.3.1 세굴평가 적용범위

- (1) 교량 등의 하천구조물 설치시 본 절의 기준을 적용하여 단기간 국부세굴을 포함한 각종 세굴에 대하여 평가하고 안전대책을 강구하여야 한다.
- (2) 세굴평가의 적용범위는 제방 및 하상 안전에 영향을 미칠 수 있는 하천내 시설물이다.

37.3.2 세굴평가

- (1) 세굴평가는 조석의 유무에 따라 실시한다.
 - ① 조석의 영향을 받지 않는 하천내 장·단기간의 세굴 평가.
 - ② 하구언 등 조석의 영향을 받는 지역내 교량 등 하천시설물 설치에 따른 세굴을 평가.
- (2) 조석의 영향이 없는 경우의 홍수사상의 선정 기준은 다음과 같다.
 - ① 100년 빈도 홍수량이 $200\text{m}^3/\text{sec}$ 미만의 경우 50년 빈도 이상의 홍수사상.
 - ② 100년 빈도 홍수량이 $200\text{m}^3/\text{sec}$ 이상 $2000\text{m}^3/\text{sec}$ 미만의 경우 100년 이상 빈도의 홍수사상.
 - ③ 100년 빈도 홍수량이나 기왕최대 홍수량이 $2000\text{m}^3/\text{sec}$ 이상일 경우에는 500년 빈도의 홍수량.
- (3) 세굴평가를 위해서는 각종 세굴공식의 적용, 수리실험 및 실시간 현장계측 등을 적용한다.

해설

- (1) 조석의 영향이 없는 경우
 - ① 홍수사상 선정 : 교량설치에 따른 세굴 검토를 위한 빈도는 홍수량에 따른다. 만약 500년 빈도 홍수량을 결정하기 어려운 경우에는 100년 빈도 홍수량의 1.7 배 유량을 500년 빈도 홍수량으로 사용할 수 있다.
 - ② 수면형 결정
 - (가) 최대세굴을 발생시킨다고 판단되는 유량에 대한 수면형을 결정한다.
 - (나) 수치모형을 사용할 경우 국내·외에서 널리 이용되는 모형을 선택하는 것이 바람직하며 특정하천에 이용하려면 활용 가능한 검증자료의 유무를 확인하고, 검증자료가 있는 경우라면 검증을 거친 후 사용해도

록 한다.

③ 세굴량 산정 및 평가

- (가) 세굴량은 하상상승 및 하상저하, 수축세굴, 국부세굴로 구분하여 산정하고 이를 합한 것으로 한다.
- (나) 설치되는 교각의 폭이 3m 이상이고 홍수시의 수심이 9m 이상이거나 홍수시 유속이 3m/sec 이상일 경우에는 세굴 실험을 통하여 세굴량을 산정 하여야 한다. 또한, 공식을 사용하는 경우일지라도 공식적용상 어려움이 있거나 계산 결과에 대하여 불확실성이 큰 경우에는 세굴 실험을 통하여 세굴량을 산정 하여야 한다.
- (다) 수축세굴은 아래의 Laursen의 공식을 사용하여 세굴량을 산정한다. 그러나 교각주위의 세굴량 산정 시 단면 수축이 심각하지 않은 경우에는 수축세굴 계산을 생략할 수 있으며 흐름입사각이 교각이나 교대의 설치 방향과 일치하지 않는 경우에는 흐름입사각에 대하여 보정을 해야 한다. 이때 사용되는 보정계수는 아래의 '(마)'항의 국부세굴 산출시의 보정계수를 사용한다.

$$y_s = y_2 - y_1 \quad \frac{y_2}{y_1} = \left[\frac{Q_2}{Q_1} \right]^{6/7} \left[\frac{W_1}{W_2} \right]^{k_1} \left[\frac{n_2}{n_1} \right]^{k_2} \quad (37.1)$$

여기서 y_s : 수축세굴심(m), y_1 : 상류부 주수로의 평균수심(m), y_2 : 수축단면의 평균수심(m), Q_1 : 토사를 운송하는 상류부 수로의 유량(m^3/sec), Q_2 : 수축부 수로의 유량(m^3/sec), W_1 : 상류부 수로의 폭(m), W_2 : 수축부 수로의 폭(m), n_1 : 상류부 수로의 조도계수, n_2 : 수축부 수로의 조도계수, k_1, k_2 : 계수

- (라) 국부세굴공식을 이용하여 교각주위내 세굴량을 산정하는 경우 CSU 공식을 주로 이용하나 불확실성을 감안하여 CSU공식 이외에 아래에서 제안된 공식 중 최소한 2개 이상을 택하여 세굴량을 산출하고 세굴깊이와 세굴폭에 대한 평가를 실시한 후 세굴량을 결정한다.

㉞ CSU 공식

$$\frac{y_s}{y_1} = 2.0 K_1 K_2 K_3 K_4 \left(\frac{a}{y_1} \right)^{0.65} Fr_1^{0.43} \quad (37.2)$$

단, 선단이 둥글고 흐름 방향으로 정렬된 교각에 대한 세굴심의 최대 한계치는 다음과 같다.

$$y_s \leq 2.4a, \quad (Fr \leq 0.8 \text{ 일때})$$

$$y_s \leq 3.0a, \quad (Fr > 0.8 \text{ 일때})$$

여기서, y_s = 세굴심도(m), y_1 = 교각 직상류의 수심(m), K_1 = 교각형상에 대한 보정계수, K_2 = 흐름 입사각에 대한 보정계수, K_3 = 하상조건에 대한 보정계수, K_4 = 하상재료의 크기에 대한 보정계수, K_5 = 교각폭에 대한 보정계수, a = 교각폭(m), Fr_1 = Froude 수, V_1 = 교각 직상류의 평균 유속(m/s), g = 중력가속도 (9.8 m/s²), 윗식에 사용된 계수값 K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 는 <표 37.2>~<표 37.6>에 의하여 각각 산정된다.

㉔ Froehlich 공식

$$\frac{y_s}{b} = 0.32\Phi\left(\frac{b'}{b}\right)^{0.62}\left(\frac{y}{b}\right)^{0.46} Fr^{0.2}\left(\frac{b}{D_{50}}\right)^{0.08} + 1 \quad (37.3)$$

여기서 y_s : 세굴 심도(m), b : 교각의 폭(m), Φ : 교각의 형상계수 (사각형: 1.3, 원형: 1.0, 날카로운 교각: 0.7), b' : 흐름의 접근각에 대한 직각방향의 투영교각 폭(m), $b' = b \cdot \cos\alpha + L \cdot \sin\alpha$, L : 교각의 길이(m), α : 흐름 입사각, y : 구조물 설치 직상류부 수심(m), Fr : 구조물 설치 직상류부 Froude 수, D_{50} : 하상입자의 평균 입경(m)

<표 37.2> 교각형상에 따른 보정계수 (K_1)

교각형상	K_1
직사각형	1.1
반원형	1.0
원통형	1.0
날카로운 교각	0.9
원통그룹	1.0

<표 37.3> 흐름입사각에 대한 보정계수 (K_2)

흐름입사각(도)	$L/a = 4$	$L/a = 8$	$L/a = 12$
0	1.0	1.0	1.0
15	1.5	2.0	2.5
30	2.0	2.75	3.5
45	2.3	3.3	4.3
90	2.5	3.9	5.0

주) L = 교각 길이(m), a = 교각의 폭(m)

<표 37.4> 하상조건에 대한 보정계수(K₃)

하상조건	사구높이(m)	K ₃
정적세굴	N/A	1.1
평탄하상 및 역사구흐름	N/A	1.1
작은사구	3 > H > 0.6	1.1
중간사구	9 > H > 3	1.1 ~ 1.2
큰 사구	H > 9	1.3

주) H=사구높이(m)

<표 37.5> 하상재료의 크기에 대한 보정계수(K₄)

종류	D ₅₀ (mm)	D ₉₀ /D ₅₀ ≥	최대유속	K ₄
모래	< 2.0	-	-	1.0
자갈	2 ~ 32	-	-	1.0
자갈	32 ~ 64	4 ~ 3	V ₁ ≤ 0.7Vc	0.95
조약돌	64 ~ 250	3 ~ 2	V ₁ ≤ 0.8Vc	0.90
조약돌	250 ~ 500	2 ~ 1	V ₁ ≤ 0.8Vc	0.85
조약돌	> 500	1	V ₁ ≤ 0.9Vc	0.80

표 37.6) 교각 폭에 대한 보정계수 (K₃)

$K_3 = 2.58 \left(\frac{Y_2}{b} \right)^{-1} F F_c^{0.5}$	$F F_c < 1$
$K_3 = 1.0 \left(\frac{Y_2}{b} \right)^{-1} F F_c^{0.5}$	$F F_c > 1$

→ Lorenz 공식

$$\frac{b}{y} = 0.5 \frac{Y_2}{y} \left[\left(\frac{Y_2}{11.5y} + 1 \right)^{0.5} - 1 \right] \quad (37.4)$$

→ (가) (b) 공수의 적용) → (가) (b) 적용, (가) (b) 적용, (가) (b) 적용
→ (가) (b) 공식

$$y_s = K_{yB} K_T K_D K_C K_A K_3 \quad (37-5)$$

K_{yB} 수심에 대한 보정계수: $K_{yB} = 2.4b \left(\frac{b}{y} < 0.7 \text{ (가)} \right)$

$K_{yB} = 2\sqrt{0.5b} \left(0.7 < \frac{b}{y} < 0.9 \text{ (가)} \right), K_{yB} = 4.5b \left(\frac{b}{y} > 0.9 \text{ (가)} \right)$

K_T 수심에 대한 보정계수

$K_T = \frac{V - (V_c - V_c)}{V_c} \left(\frac{V - (V_c - V_c)}{V_c} < 1 \text{ (가)} \right) + 1$

$K_T = 1 \left(\frac{V - (V_c - V_c)}{V_c} > 1 \text{ (가)} \right)$

K_D 수심에 대한 보정계수

$K_D = 0.5 \log \left(2.24 \frac{b}{d_{50}} \right) \left(\frac{b}{d_{50}} \leq 25 \text{ (가)} \right), K_D = 1 \left(\frac{b}{d_{50}} > 25 \text{ (가)} \right)$

K_C 수심에 대한 보정계수: CSU 공식에 K_C 를 곱함

K_0 입사각에 대한 보정계수

$K_0 = \left(\frac{b_p}{b} \right)^{0.5} = \left(\frac{1}{5} \sin \theta + \cos \theta \right)^{0.5}, \theta = \arcsin \left(\frac{b_p}{b} \right)$

K_C 사면각에 대한 보정계수

$K_C = \exp \left(-0.03 \left| \frac{V_c}{V} \ln \left(\frac{V}{V_c} \right) \right| \right)$

$\ln(D) = 48.26 \frac{D}{F} \left(\frac{F}{F_c} - 0.4 \right) \left(\frac{Y}{D} > 6, \frac{F}{F_c} > 0.4 \text{ (가)} \right)$

$\ln(D) = 30.89 \frac{D}{F} \left(\frac{F}{F_c} - 0.4 \right) \left(\frac{Y}{D} \right)^{0.5} \left(\frac{Y}{D} \leq 6, \frac{F}{F_c} > 0.4 \text{ (가)} \right)$

→ (가) 공식

$$\frac{Y_2}{b} = 1.5 \left(\frac{Y}{b} \right)^{0.5} \quad (37.6)$$

여기서 y_s : 세굴 심도(m), b : 교각폭(m), y : 구조물 설치 직상류부 수심(m)

㉞ 국내에서 해당하천에 제안된 공식이 있을 경우 이의 타당성을 검토한 후 사용할 수 있다.

(2) 조석의 영향이 있는 경우

① 수로반응의 잠재력 평가

(가) 구조물 설치 지점에 대하여 조석 영향의 규모, 횡단부의 장기 안정성 (연직 및 횡방향 안정성) 및 변화에 대한 수로의 반응에 대한 잠재력

을 정성적으로 평가한다.

(나) 조석 영향의 규모에서는 하천구조물 설치 지점에서 조석변동이 수리학적으로 얼마나 많은 영향을 미칠 것인가를 평가한다. 만일 조석변동의 영향이 무시할 수 있을 것으로 생각되면 조석의 영향을 받지 않는 하천에서의 구조물 설치와 같은 방법으로 해석하며 그렇지 않으면 동적인 조석류 관계를 이용하게 된다.

(다) 횡단부의 장기 안정성 및 변화는 조석, 폭풍해일, 홍수에 대하여 검토한다. 만약 횡단부에 대한 주요한 위험이 상류의 홍수에 의하여 일어난다면 100년 및 500년 빈도의 홍수에 의하여, 주요한 위험이 조석이나 폭풍해일에 의하여 일어난다면 100년 및 500년 빈도의 폭풍에 의하여 해석한다. 그러나, 어느 것인지 명백하지 않은 경우에는 두 경우를 모두 고려하여 세굴을 산정하고 그 결과를 비교한다.

② 수리학적 특성 산정

(가) 교량 등의 하천 구조물 설치 지점의 100년 및 500년 빈도의 수리학적 특성을 산정한다.

(나) 수리학적 특성은 수리모형실험이나 부정류를 모의할 수 있는 모형을 사용하여 산정하여야 하며 책임기술자가 지형조건이나 수류현상을 감안하여 적절한 모형을 선정한다.

③ 수면형 산정 : 조석의 영향을 받는 지역의 교량 및 하천 구조물 설치 지점의 수면은 설계홍수와 폭풍해일을 감안하여 비수축수로 및 수축수로로 구분하여 수면형을 산정한다.

④ 세굴량 산정 및 평가

(가) 세굴량은 아래와 같은 세굴산정공식을 사용하여 산정하되 100년 빈도 홍수량이 2,000m³/sec 이상의 경우에는 원칙적으로 실험을 통하여 세굴량을 산정한다.

(나) 구조물에 대한 주요한 위험이 조석이나 폭풍·해일 등에 의하여 영향을 받는 경우 세굴량 산출을 위한 수리학적 인자를 아래와 같이 산정한다.

㉞ 비수축 수로의 경우 :

$$Q_{\max} = 3.14 \frac{V}{T} \quad (37.6)$$

$$V_{\max} = \frac{Q_{\max}}{A_c} \quad (37.8)$$

여기서 Q_{max} : 조석주기에서의 최대유량(m³/sec), V : 고조위와 저조위사이의 물의 용적(m³), T : 조석주기, V_{max} : Q_{max}일때의 최대평균유속(m/sec), A_c : 평균조위에서의 횡단면적(m²)

㉟ 수축 수로의 경우 :

$$V_{\max} = C_d(2g\Delta H)^{1/2} \quad (37.9)$$

$$Q_{\max} = A_c \cdot V_{\max} \quad (37.10)$$

여기서 V_{max} : 유입구에서의 최대유속(m/sec), Q_{max} : 유입구에서의 최대유량(m^3/sec), C_d : 유량계수, g : 중력가속도, ΔH : 유입구 혹은 수로의 만과 해양측 사이의 최대수면 표고차(m), A_c : 평균조위에서의 횡단면적(m^2)

⑤ 세굴량 산정 및 평가절차는 조석의 영향이 없는 경우와 같은 과정을 거친다.

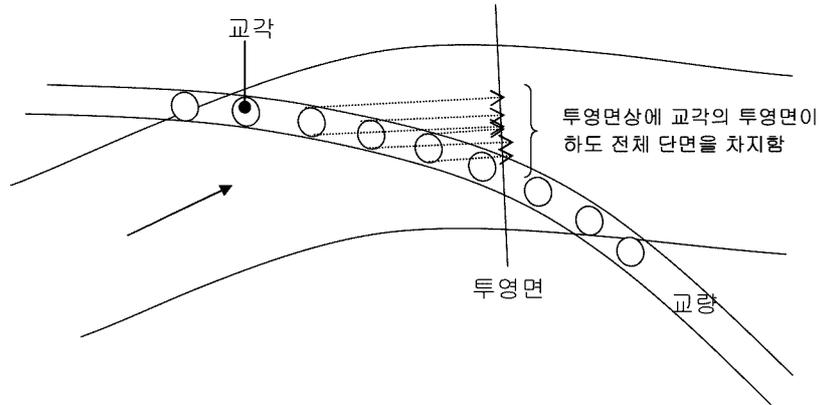
37.4 교량 등 하천점용시설물

37.4.1 설치 위치의 적정성 평가

- (1) 교량 등 하천점용시설물을 설치하는 경우 설치 위치의 적정성을 평가하여야 한다.
- (2) 부득이한 경우를 제외하고는 제체 내에는 교대 등 교량에 관련된 하천점용시설물을 설치하지 말아야 한다.
- (3) 교각의 유하방향 투영면적이 전하쪽에 걸치게 되는 교량을 계획하지 않아야 한다.

해설

- (1) 교량 등 하천점용시설물 설치 위치의 적정성 평가는 아래와 같은 과정을 거친다.
 - ① 수로면적이 충분하게 유지될 수 있는지에 대한 검토
 - ② 교각간 또는 교대와 교각이 지나치게 근접하여 세굴공이 중복되어 있지 않은지에 대한 검토
 - ③ 교대나 교각이 흐름에 적절히 정렬되고 수로 및 홍수터에 대하여 적절히 위치하고 있는지에 대한 검토
- (2) 교대, 교각을 제방정규단면에 설치하면 제체 접속부에서의 누수 발생으로 인하여 제방의 안정성을 저해시킬 수 있을 뿐만 아니라 통수능의 감소로 치수에 어려움을 초래할 수 있다. 따라서 교대 및 교각 위치는 제방의 제외지측 비탈끝으로부터 10m이상 떨어져야 한다, 단, 계획홍수량이 $500m^3/sec$ 미만인 하천에서는 5m이상 이격하여야 한다. 부득이 제방 정규단면에 교대 또는 교각을 설치할 경우에는 제방의 구조적 안정성이 확보될 수 있도록 충분한 검토와 대책을 강구해야 한다.
- (3) <그림 37.1>과 같이 일반적인 사교가 아니라 하천 종단방향을 따라 상당한 구간에 걸쳐 교각이 들어서서 교각의 유하방향 투영면적이 전하쪽에 걸치게 되는 교량에 있어서는 교각에 의한 홍수위 상승효과에 대해 수리모형실험이나 2차원 평면류 해석 등을 이용하여 면밀히 분석하여야 한다.



<그림 37.1> 면밀한 해석이 요구되는 사례

37.4.2 교량 등 하천 점용시설물 계획고 결정

- (1) 하천을 횡단하는 교량 등 하천점용시설물의 높이는 충분한 여유고를 확보하여 제방의 안전에 영향을 미치지 않도록 하여야 한다.
- (2) 교량의 계획고는 '본 기준의 23.4.2'에서 결정한 제방고보다 낮아서는 안 된다.
- (3) 상류에서 다수의 이송잡물이 떠내려올 가능성이 있는 하천에서 교량의 계획고는 제방고보다 충분히 높게 결정해야 하며, 교량에 유지관리 통로를 비롯한 교량 점검시설이 있을 경우 이에 대한 여유고도 확보하여야 한다.
- (4) 주운수로에 설치된 교량의 다리밑 공간높이(형하고: 桁下高) 결정은 수로를 향해하는 선박의 형태 및 적재된 화물형태를 기초로 계산하여야 한다. 특히 컨테이너선인 경우 컨테이너 규모가 공간높이 설정에 결정적인 요인이 되고 있으므로 이를 반영하여 결정하여야 한다.

해설

- (1) 여유고의 기준은 설계편 제23장의 '23.4.3 여유고'에서 정한 값 이상으로 하며 하천정비가 이루어지지 않은 하천에 대하여도 이 기준을 적용한다.
- (2) 교량의 계획고란 교각이나 교대에서 교량상부구조를 받치고 있는 교좌장치 하단부의 높이를 뜻하며 교좌장치가 콘크리트에 묻혀 있을 경우에는 콘크리트 상단높이를 말한다. 또한 교대와 교각이 여러 개일 경우 이들 중 가장 낮은 지점의 높이를 취한다.
- (3) 제방에서의 여유고는 파랑이나 홍수시 이송잡물 등의 영향으로 일시적인 수위상승이 발생했을 때라도 제방을 월류 하지 못하도록 정해진 높이이다.
- (4) 최근 설치되고 있는 교량점검용 영구시설물(교각, 교대나 형간의 유지보수를 위한 통로나 시설물)을 설치하는 경우에는 설계홍수위 이상으로 설치하는 것을 원칙으로 하며, 그렇지 못한 경우에는 홍수시 유목 등이 걸림으로서 국부적인 수위상승을 일으키므로

이 시설물들로 인한 홍수위 상승효과를 면밀히 분석하여 월류 여부에 따른 인접 호안의 강화방안 등에 대해 반드시 검토하도록 한다.

- (5) 컨테이너 규모에 따른 다리밑 공간높이에 관한 유럽에서의 추천값은 <표 37.6>과 같다.

<표 37.6> 컨테이너 규모에 따른 다리밑 공간높이 (단위 : m)

선박 수송 컨테이너 층수	수면에서의 평균 높이 (50% 초과 가능성)	공간높이의 추천값	
		ECE ¹⁾	PIANC ²⁾
2층	-	5.25	-
3층	7.20	7.00	7.50
4층	9.30	9.10	9.60

- 1) European Agreement on Main Inland Waterways of International Importance : UN-ECE/Inland Transport Committee : ECE/TRANS/12D (96. 1)
 2) Height of Container Barges on the River Rhine : PIANC Bulletin (95-1997, p 22-24)

- (6) 주변 여건상 부득이 교량의 계획고를 제방보다 낮게 해야할 경우에는 제방 및 교량의 안전과 치수에 문제가 없는지의 여부를 정밀하게 분석·검토한 후 신중하게 결정하여야 한다.
- (7) 하천시설물 또는 하천점용시설물중 수문의 조작대, 하구언의 수문 등 유수단면적에 영향을 주는 구조물의 계획고는 교량의 계획고에 준하여 결정한다.

37.4.3 교량의 경간장 결정

- (1) 교량의 길이는 하천폭 이상이어야 한다.
- (2) 경간장은 산간 협착부라든지 그 외 하천의 상황, 지형의 상황 등에 따라 치수상 지장이 없다고 인정되는 경우를 제외하고는 다음 식으로 얻어지는 값 이상으로 한다. 단, 그 값이 70m를 넘는 경우에는 70m로 한다.

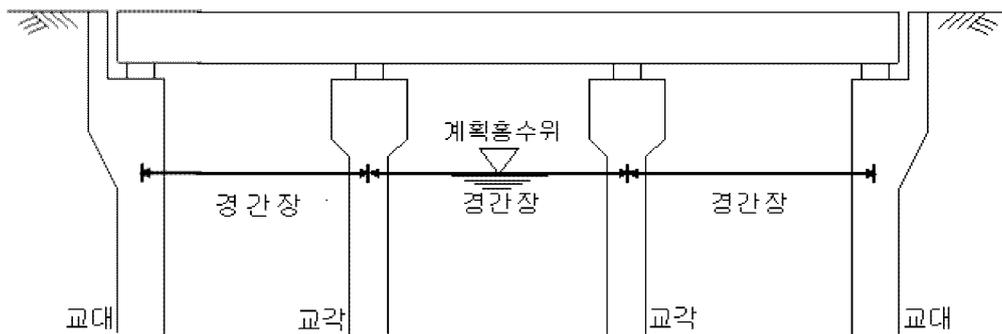
$$L = 20 + 0.005Q \quad (37.10)$$

여기서 L은 경간장(m)이고 Q는 계획홍수량(m^3/sec)이다.

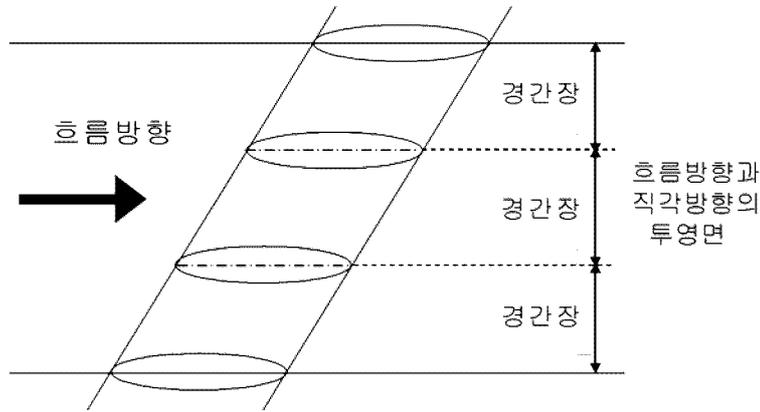
- (3) 다음의 각 항목에 해당하는 교량의 경간장은 하천관리상 큰 지장을 줄 우려가 없다고 인정될 때는 (2)항의 규정에 관계없이 다음 각 호에서 제시하는 값 이상으로 할 수 있다.
- ① 계획홍수량이 $500m^3/sec$ 미만이고 하천폭이 30m미만인 하천일 경우 12.5m이상
 - ② 계획홍수량이 $500m^3/sec$ 미만이고 하천폭이 30m이상인 하천일 경우 15m이상
 - ③ 계획홍수량이 $500 \sim 2000m^3/sec$ 인 하천일 경우 20m이상
 - ④ 주운을 고려해야 할 경우는 주운에 필요한 최소 경간장 이상
- (4) 단, 하천의 상황 및 지형학적 특성상 (2), (3)에서 제시된 경간장 확보가 어려운 경우, 치수에 지장이 없다면 교각 설치에 따른 하천폭 감소율(설치된 교각폭의 합계/설계홍수위에 있어서의 수면의 폭)이 5%를 초과하지 않는 범위내에서 경간장을 조정할 수 있다.

해설

- (1) 교각을 하도 내에 설치하는 경우에 있어서 경간장은 해당 장소에서 홍수가 유하 하는 방향과 직각 방향으로 하천을 횡단하는 수직 평면에 투영한 상태에서 인접하는 교량하부 구조의 중심선간 거리로서 <그림 37.2> 및 <그림 37.3>에 나타내는 바와 같이 교각과 이웃하고 있는 교각 또는 교대의 하천을 횡단하는 수직평면에 투영된 중심선간의 거리를 나타낸다.
- (2) 하천의 상황 및 지형학적 특성상 경간장 확보가 어려운 경우 아주 불가피한 경우에만 하천폭 감소율(설치된 교각폭의 합계/설계홍수위에 있어서의 수면의 폭) 5%를 초과하지 않는 범위 내에서 경간장을 조정하되 안전성에 문제가 없도록 유의하며, 수리실험 또는 수치해석을 통하여 경간장 길이를 조정할 수 있다.



<그림 37.2> 일반 교량의 경간 길이



<그림 37.3> 사교의 경간 길이

37.4.4 교각의 심도결정

- (1) 암반기초에 설치하는 경우를 제외하고는 신설교량의 교각은 '37.3.2 세굴평가'로 산정되는 심도 이하까지 이르러 세굴에 대한 위험성이 없도록 설치해야 한다.
- (2) 고수부지 교각기초의 심도는 세굴량 산정과 횡방향 유로 이동을 검토하여 결정한다.

37.4.5 세굴방호공

- (1) 교량 등의 하천구조물에서 세굴로 인한 손상과 파괴로부터 구조물을 보호하기 위하여 세굴방호공을 설치하여야 한다.
- (2) 중요도가 큰 교량에 있어서 세굴방호공의 설치 유무 및 적정 크기에 대한 판단은 검증된 공식을 이용하거나 수리실험 또는 실시간 현장계측을 통하여 검토하도록 한다.
- (3) 사석을 이용한 세굴방호공 사용시 사석의 공급사이로 하상입자가 이탈하지 않도록 적절한 조치를 취하여야 한다.

해설

- (1) 사석을 이용한 세굴방호공은 교각보호용 보조물로서 2년의 정기적 주기 및 계획홍수량의 80%가 넘는 홍수 발생 시마다 사석의 이동 여부를 확인하여 문제 발생 시 대책을 강구하여야 한다.
- (2) 세굴방호를 위한 사석의 크기는 아래와 같은 공식 중 큰 것을 사용하든지 국토해양부의 승인을 받은 국내 공식 또는 직접 현장실험을 수행한 결과를 사용한다.

① Isbash 공식

$$V_0 = C \sqrt{2gD_u \left(\frac{v_s - v}{v} \right)} \sqrt{\cos \beta - \sin \beta} \quad (37.11)$$

여기서 V_0 : 구조물이 없는 상태에서의 접근유속(m/sec), C : Isbash 계수 (0.86~1.20), g : 중력가속도 (m/sec²), D_u : 사석의 크기(m), γ_s : 사석의 단위중량(t/m³), γ : 물의 단위중량(t/m³), β : 흐름 입사각도

② Richardson 공식

$$D_{50} = \frac{0.692(KV)^2}{2g\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}\right)} \quad (37.12)$$

여기서 D_{50} : 사석의 중앙입경(m), K : 교각형상계수(원형교각 : 1.5, 사각형교각 : 1.7), V : 구조물이 없는 상태에서의 접근유속(m/sec), g : 중력가속도 (m/sec²), γ_s : 사석의 단위중량(t/m³), γ : 물의 단위 중량(t/m³)

- (3) 사석보호공을 설치할 경우 사석의 공극사이로 하상입자의 이탈 현상이 발생하며 이는 붕괴의 원인이 될 수 있으므로 이에 대한 적절한 조치를 취하여야 한다. 이 문제의 해결을 위해 필터층을 설치할 경우, 다음의 필터설계기준에 따라 필터층을 시공해야 한다. 필터층의 필요 여부는 아래의 필터설계기준에서 필터의 입경 대신에 하상토의 입경을 사용하여 검토하도록 한다. 즉, 사석과 하상토가 아래 조건을 모두 만족하지 못하면 필터층을 설치해야 한다.

$$\frac{d_{30}(\text{필터})}{d_{30}(\text{하상토})} < 40$$

$$5 < \frac{d_{85}(\text{필터})}{d_{15}(\text{하상토})} < 40$$

$$\frac{d_{15}(\text{필터})}{d_{15}(\text{하상토})} < 5$$

d_{15} , d_{50} , d_{85} : 각각 시료의 통과중량 15%, 50%, 85%의 입경
적용범위 : 모래하상

37.4.6 기존 교량의 세굴 취약성 평가

- (1) 하상변화에 영향을 주는 구조물 설치시 영향권 내에 있는 기존 교량의 세굴 취약성을 평가하여야 한다.
- (2) 기존교량의 세굴 취약성 평가를 위하여 다음의 사항을 검토하여야 한다.
 - ① 세굴 위험성 평가
 - ② 세굴대책 수립여부 평가
 - ③ 세굴대책 수립의 위급성 평가
 - ④ 세굴위험 하천시설물의 관측 및 점검
 - ⑤ 세굴위험 하천시설물의 임시대책 제안

해설

- (1) 기존교량의 세굴에 대한 위험성 여부의 평가는 공학적 판단 능력이 있는 수리, 지반, 구조 기술자의 합동 팀에 의하여 수행되어야 하며 현장조건과 기존 공식을 적용하여 판단하여야 하고, 기존교량의 세굴에 대한 위험성 여부는 유량이 $4,000\text{m}^3/\text{sec}$ 이상일 경우에는 수리실험이나 실시간 현장계측을 통하여 아래와 같이 평가되어야 한다.
 - ① 낮은 위험도
 - ② 세굴에 민감
 - ③ 세굴에 위험
- (2) 세굴대책 수립여부 평가 : 세굴 위험성 평가 결과를 활용하여 세굴 대책 수립 여부 및 필요일정 등이 평가되어야 한다.
- (3) 세굴대책 수립의 위급성 평가 : 수립된 세굴 대책이 어느 정도 위급한가에 대하여 평가한다. 위급성 평가시 구조물의 사용빈도 등은 종전과 동일한 것으로 가정하되 큰 변화가 예상되는 경우에는 이를 감안한다.
- (4) 세굴위험 하천시설물의 관측 및 점검 : 세굴의 위험이 있는 하천시설물을 정기적 또는 비정기적 관측이나 점검에 관한 일정 또는 방법 등을 제시한다.
- (5) 세굴위험 하천시설물의 임시대책 제안 : 세굴의 위험이 있는 하천시설물에 대하여 보수하거나 제거할 수 있는 임시적인 대책을 제안한다. 이때 하천시설물의 점검 계획도 함께 고려한다.