

소하천 시설기준

1999. 6.

행 정 자 치 부
국립방재연구소

머 리 말

98년도에는 사상 유례를 찾아 보기가 힘들 정도의 큰 수해를 입었습니다. 기상이변으로 인한 국지적인 집중호우로 피해는 불가항력적인 현상이라고도 할 수 있지만 사전대비가 충분했더라면 어느 정도 막을 수 있었지 않았나 반성해 봅니다.

작년 수해를 기준으로 분석해 보면 하천정비율이 80~90%에 달하는 국가하천이나 지방1급 하천에서는 전체하천 피해의 5%를 점하는데 비해 정비율이 낮은 지방2급하천과 소하천에서 95%를 나타내고 있어 피해감소는 하천정비율에 비례한다는 것이 증명되었습니다.

특히 정비율이 29%밖에 되지 않은 소하천 정비사업에는 투자도 대폭 확대 되어야 하겠으나 그 지역에 적합한 기준에 의한 시설이 매우 중요하다고 봅니다.

이러한 문제점을 개선하기 위하여 行政自治部에서는 '95. 1. 5 『小河川整備法』을 제정하고 '96. 12에는 지방양여금법을 개정, 매년 일정액의 투자재원을 확보함으로써 제도적인 기틀을 어느 정도 마련하였으나 소하천정비사업에 필수적인 시설기준이 없어 일선공무원들이 사업을 추진하는데 큰 애로가 있는 것으로 알고 있습니다.

따라서 금번 우리부에서는 國立防災研究所와 공동으로 소하천의 설계·시공 및 유지관리에 관한 『小河川施設基準』을 마련하게 되었습니다.

아무쪼록 지방자치단체 공무원들의 소하천정비사업 추진에 다소나마 도움이 되었으면 하는 바램이며 실제 기준 적용시 나타난 문제점은 언제든지 우리부에 알려 주시면 추후 계속적으로 보완·발전시켜 나갈 계획입니다.

끝으로 본 시설기준 연구에 참여해주신 집필진 여러분과 자문 및 심의위원들의 노고에 진심으로 감사를 드립니다.

1999년 6월

행정자치부 방재관

朴 聖 得

발 간 사

국가경제의 고도 성장기를 거치는 동안 불가피 했던 개발행위와 일관성 없는 하천 정책, 지역주민의 편의를 위한 근시안적인 하천의 복개, 고수부지의 전용 등으로 인하여 우리의 여러 하천들은 본래의 모습과 기능을 상실하게 되었습니다.

특히 소하천은 국가와 하천 전문가는 물론 지역주민 조차도 그 중요성을 절실히 느끼지 못하고 방치됨으로써 상습적인 수해뿐만 아니라 하천환경 개선에 역행하는 각종 폐해를 입고 있는 실정입니다.

이러한 문제를 해결하고자 정부는 소하천정비법을 제정 시행하게 되었고, 샛강살리기 사업, 소하천 정비사업 등을 지속적으로 추진하고 있으며, 보다 체계적이고 효율적인 소하천 정비를 위하여 본 소하천 시설기준을 제정하게 되었습니다.

소하천 시설기준은 소하천 정비를 위한 각종 조사 및 측량, 소하천의 특성을 고려한 설계수문량 산정방법, 시설물의 설계, 시공, 유지관리에 관한 전반적인 내용을 포함하고 있으며, 소하천의 치수·이수 기능뿐만 아니라 환경 기능까지 고려하여 소하천 종합정비를 위한 지침서가 되도록 하였습니다.

앞으로 이 시설기준에 따라 모든 소하천 관련 정비사업이 합리적으로 계획·시행되어 수해로부터 안전하고 풍요로운 삶의 공간으로서의 소하천 환경조성에 기여할 수 있기를 바랍니다. 본 시설기준의 미흡한 내용이나 향후 기술적인 발전사항 등은 지속적으로 보완되어야 할 것이며, 많은 발전이 있도록 관심과 조언을 부탁드립니다.

끝으로 소하천 시설기준의 제정에 참여해 주신 한국수자원학회 관계자 여러분과 자문위원, 심의위원, 행정자치부 방재국 관계자 여러분의 노고에 감사드립니다.

1999년 6월

국립방재연구소장 송재우



차 례

제 1 장 총 론	1
제 1 절 소하천 시설기준의 일반사항	1
1.1 목 적	1
1.2 시설기준의 내용	1
1.3 소하천 시설기준과 하천시설기준과의 차이점	1
1.4 운용방침	4
1.5 다른 법규와의 관계	4
1.6 적용범위	4
제 2 절 소하천의 정의 및 특성	4
2.1 정 의	4
2.2 실상과 특성	4
제 3 절 소하천의 지정	6
3.1 범위 및 지정기준	6
3.2 지 정	7
3.3 관 리	7
3.4 소하천 대장(小河川 臺帳)	7
제 4 절 소하천 정비사업	8
4.1 기본이념	8
4.2 기본방침	8
4.3 정비 방향	8
4.4 단계별 정비 계획 수립 절차	9
4.5 정비사업 추진상 고려사항	14
4.6 유지관리	16
제 2 장 조 사	17
제 1 절 개요	17
제 2 절 유역특성조사	19
2.1 유역의 지상학적 특성	20

제 3 절 수리·수문량 조사	21
제 4 절 하도 조사	23
4.1 하상조사	23
4.2 조도계수	24
제 5 절 수질 조사	27
5.1 개 요	27
5.2 수질 조사	27
5.3 오염 발생원 및 부하량 조사	30
5.4 수질 오염 예측을 위한 조사	32
제 6 절 생태 환경 조사	33
6.1 개 요	33
6.2 수변 조사	33
6.3 식생 조사	35
6.4 미소생물 조사	36
6.5 어류 조사	40
6.6 조수류 조사	42
6.7 기타 문화재 및 유적지 조사	44
 제 3 장 측 량	 45
제 1 절 측량 계획	45
1.1 일반	45
1.2 하천 측량계획	45
제 2 절 하천의 기본계획을 위한 측량	47
2.1 골조측량	47
2.2 지형현황 측량	47
2.3 거리표(측점)의 설치	48
2.4 수준 및 종단측량	49
2.5 횡단측량	51
2.6 홍수흔적 측량	52
제 3 절 하천개수공사 실시를 위한 측량	52

3.1 공사용 측량	52
3.2 지형현황 측량	52
3.3 법선 및 종횡단 측량	53
3.4 용지측량	54
제 4 절 하상변동조사를 위한 측량	54
4.1 지형현황 측량	54
4.2 거리표(측점) 측량	54
4.3 종단 및 횡단측량	55
제 4 장 설계수문량 산정	57
제 1 절 설계강우량 산정	57
1.1 개 요	57
1.2 강우자료의 구축	57
1.3 확률강우량	58
1.4 설계강우의 지속기간	71
1.5 설계강우량의 시간적 분포	71
1.6 유효우량의 산정	72
제 2 절 설계홍수량 산정	74
2.1 개설	74
2.2 설계홍수량의 정의 및 설계빈도	74
2.3 유역의 반응시간	77
2.4 유효우량 산정방법의 선택	84
2.5 설계홍수량의 추정	85
제 3 절 홍수위 산정	101
3.1 개요	101
3.2 흐름의 정의 및 계산방법의 선정	101
3.3 홍수위산정을 위한 자료의 선정	103
3.4 홍수위 계산	106
제 4 절 유사량 산정	113
4.1 개요	113
4.2 유사량 공식의 적용범위	114
4.3 유사량 산정	116

제 5 장	이수계획과 하천관리유량	123
제 1 절	이수계획	123
1.1	이수계획	123
제 2 절	하천관리유량	124
2.1	하천관리유량의 정의 및 개념	124
2.2	계획기준점	125
2.3	하천관리유량의 산정	126
제 6 장	하천환경정비 및 관리	129
제 1 절	하천환경 일반	129
1.1	하천환경의 정의	129
1.2	소하천과 하천환경	129
1.3	하천환경관리의 정의	129
1.4	하천환경관리의 기본방침	130
제 2 절	하천환경정비	130
2.1	하천환경정비 일반	130
2.2	수환경 개선 및 보전	131
2.3	하천공간정비	132
제 3 절	하천환경관리 기본계획	137
3.1	개요	137
3.2	하천환경관리 기본계획의 주요사항	137
3.3	하천환경관리 기본계획의 수립	140
제 7 장	소하천 종합정비계획	147
제 1 절	소하천 정비방향의 설정	147
1.1	소하천 정비계획의 기본 방침	147
1.2	소하천 정비계획 과정	147
1.3	정비방향의 설정	149
제 2 절	하도계획	150

2.1 하도계획	150
2.2 하도의 평면형	154
2.3 하도의 종단형	156
2.4 하도의 횡단형	160
제 3 절 경제성 분석	161
3.1 개 요	161
3.2 치수경제조사	162
3.3 피해규모의 산정방법	169
제 8 장 하도시설	175
제 1 절 제 방	175
1.1 제방의 정의	175
1.2 제방의 개요	175
1.3 제방의 설계	176
1.4 제방의 시공	185
1.5 제방의 유지관리	189
제 2 절 호 안	190
2.1 호안의 정의	190
2.2 호안의 개요	190
2.3 호안의 설계	193
2.4 호안의 시공	206
2.5 호안의 유지관리	208
제 3 절 하상유지공	210
3.1 낙차공	210
3.2 바닥다짐공	217
3.3 밑다짐공	220
제 4 절 옹벽	221
4.1 일반사항	221
4.2 옹벽설계	222
4.3 옹벽시공	237
제 9 장 취 · 배수시설	239

제 1 절 보	239
1.1 보의 정의	239
1.2 보의 기능	239
1.3 보의 형태	239
1.4 보의 종류	239
1.5 보의 설계	239
1.6 세부설계	240
1.7 유지관리	248
제 2 절 수문	249
2.1 수문의 정의	249
2.2 수문의 기능	249
2.3 수문의 종류	249
2.4 수문의 설계	249
2.5 수문의 세부설계	251
2.6 수문의 시공 및 유지관리	257
제 3 절 갑문	259
3.1 갑문의 정의	259
3.2 갑문의 기능	259
3.3 갑문의 종류	259
3.4 갑문의 설계	260
제 4 절 통관, 잠관	260
4.1 통관, 잠관의 정의	260
4.2 통관, 잠관의 설치 위치	260
4.3 통관, 잠관의 설계	261
4.4 통관, 잠관의 시공	264
제 5 절 암거	265
5.1 암거의 정의	265
5.2 암거의 종류	265
5.3 암거의 설계	266
5.4 암거의 시공	268
제 10 장 저류지 시설	269

제 1 절 유수지	269
1.1 유수지의 정의	269
1.2 내수처리 방법	269
1.3 유수지 설계	269
1.4 유지관리	275
제 2 절 침사지	275
2.1 침사지의 정의	275
2.2 침사지 구분	275
2.3 침사지 위치	276
2.4 침사지 설계	276
2.5 침사지 시공 및 유지관리	285
제 11 장 수방시설	287
제 1 절 일반사항	287
제 2 절 시설물의 안정성검토	287
2.1 개요	287
2.2 시설물의 파괴원인	288
2.3 세굴에 대한 시설물의 안정성 검토	289
제 3 절 수해복구공법 및 수방관리	295
3.1 수해복구공법	295
3.2 제방의 수방관리	296
3.3 기타 시설물의 수방관리	297
제 12 장 환경보전시설	301
제 1 절 수질정화시설	301
1.1 수질정화	301
1.2 하도계획에 의한 방법	301
1.3 연정화	302
1.4 식생정화법	302
1.5 집축산화법	303
1.6 준설	304

1.7 주의사항	305
제 2 절 생태보전시설	307
2.1 어도	307
2.2 비오톱(Bio-top)	310
 참 고 문 헌	 313
집필진 및 자문 · 심의위원 명단	319

제 1 장 총 론

제 1 장 총 론

제 1 절 소하천 시설기준의 일반사항

1.1 목 적

1. 소하천 시설기준은 소하천 정비사업을 추진함에 있어서 관계공무원이나 실무 기술자들이 소하천에 대한 조사, 계획수립, 시설물의 설계, 시공 및 유지관리에 이르기까지의 업무수행을 효율적으로 유도하기 위한 것이다.

1.2 시설기준의 내용

1. 소하천 시설기준에 수록된 항목을 장별로 기술하면 다음과 같다.

- 제 1 장 총론
- 제 2 장 조사
- 제 3 장 측량
- 제 4 장 설계수문량 산정
- 제 5 장 이수계획과 하천관리유량
- 제 6 장 하천환경정비 및 관리
- 제 7 장 소하천 종합정비 계획
- 제 8 장 하도시설
- 제 9 장 취 · 배수시설
- 제 10 장 저류지시설
- 제 11 장 수방시설
- 제 12 장 환경보전시설

1.3 소하천 시설기준과 하천시설기준과의 차이점

1. 하천시설기준(건설부 발행)은 하천법에 의한 하천을 위주로 적용되도록 활용하여 왔으나 소하천 정비법의 제정 · 공포에 따라 소하천 특성에 맞는 본 소하천 시설 기준을 별도로 제정하게 되었으며, 소하천과 하천법에 의한 하천은 다음과 같은 차이점이 있다.

1.3.1 법적 차이점

1. 적용법령

하천법으로 지정된 하천은 하천법의 적용을 받고 있는데 비하여, 소하천은 소하천 정비법의 적용을 받는다.

2. 지정 및 관리

소하천의 지정 및 관할은 당해 시장·군수 또는 자치구의 구청장인데 비하여 하천법으로 지정된 하천은 하천법을 주관하는 주무부(현재는 건설교통부)장관이 지정·관리하나 지방하천인 경우는 특별·광역시장 또는 도지사(이하 도지사)가 지정·관리한다.

3. 인·허가 업무 및 유지관리

2.항에서의 관리권자가 이를 담당한다. 단 국가하천의 유지관리는 시·도지사가 담당한다.

4. 관할구역

2.항에서의 지정권자가 당해 하천구역의 행정관할을 맡는다. 단 지방 1급 및 지방 2급 경계하천의 경우에는 시·도지사가 협의에 의해 결정한다.

1.3.2 시설기준 차이점

1. 소하천은 유역면적이 작고 경사가 급해 유속이 빠르며, 대부분 농어촌, 산간지 지방에 분포해 있다.
2. 따라서 소하천시설기준은 이러한 소하천 특성에 따라 재해예방과 이수 및 환경친화적인 기능의 확보차원에서 소하천정비가 이루어질 수 있도록 그 설계·시공 및 유지관리기준을 정한 반면
3. 하천시설기준은 대유역 대하천의 홍수예방을 위한 시설정비와 유지관리 및 수자원 이용 측면의 설계·시공 관리에 중점이 두어져 있다.
4. 그러므로 소하천시설기준에 수록되어 있지 않은 사항은 하천시설기준 또는 하천공사표준시방서 등의 내용을 준용할 수 있다.

1.3.3. 지형 및 수문 · 기상학적 차이점

1. 소하천은 동일 하천수계 내에서 상류의 수원(水源)지방에 위치하여 소규모인데 비하여 하천법으로 지정된 하천은 중류 및 하류 지역의 하구에 이르는 넓은 지역을 점유하고 있다.
2. 소하천 지역의 표고가 하천법으로 지정된 하천 구역의 표고보다도 높아 일반적으로 강우량의 분포가 많으며 기온은 낮다.
3. 하천의 통척(通則)상, 상류지역의 소하천 경사는 급하며 하폭이 좁고 유속이 큰데 비하여 중 · 하류부에 위치한 기존의 법정하천의 경사는 점차적으로 완만하게 되며 하폭과 유량이 커지고 유속은 점점 작아진다.
4. 하도 구성토사의 입도 분포는 소하천에서는 입도가 크고 하천법으로 지정된 하천의 경우 입도가 상대적으로 작다.
5. 소하천은 수원지방이 산림이나 농경지로 구성되어 있는 경우가 대부분이며, 기존의 법정하천 지역은 농경지 및 도시지역에 인접되어 있는 경우가 많고 하구부는 연안해역에 접해있는 경우가 많다.
6. 소하천에서는 하천유지용수량이 지정되어 있지 못하나 하천법으로 지정된 하천에는 하천법 제20조의 규정에 따라 그것이 지정되어 있는 경우가 많다.

1.3.4 개수실태 차이점

1. 하천법으로 지정된 하천은 개수율이 높는데 비해 소하천의 정비율은 극히 낮은 상태에 있고, 일정한 시설기준이 없어 체계적인 정비가 이루어지지 못했다.
2. 호우로 인한 홍수피해 상황은 소하천 지역에서는 사태로 인한 농경지의 침수 및 매몰, 소하천의 하안 침식과 세굴 및 도로의 유실 등이 빈발함에 비하여 하천법으로 지정된 하천지역에서는 제내지의 배수 불량으로 인한 하수도의 매몰, 주택의 침수, 지하시설물의 침수, 고형폐기물의 집적 등 환경오염 부하량이 증대되고 있다.
3. 하천계획상 하천법으로 지정된 하천은 치수방재 위주의 하천개수(河川改修)가 이루어져 온 반면 소하천은 치수 · 이수 및 환경보전을 고려한 근(近)자연화구상에서 친(親)자연화 계획으로 전환하게 된 것이다.

1.4 운용방침

1. 본 시설기준은 소하천에 관한 최초의 시설기준(안)으로서 현단계의 기술수준하에서 작성된 것이므로 향후 기술수준의 향상 및 발전에 따라 마땅히 개정되어야 할 것이다. 또한 본 시설기준에 없는 사항 등은 기 발간되어 시행되고 있는 「하천 시설기준」이나 「하천공사 표준시방서」 등과 같은 기준에 준용토록 한다.

1.5 다른 법규와의 관계

1. 소하천 시설기준에서 정하는 내용에 대하여, 관계되는 제법령이 따로 정해 있는 경우에는 본 기준에 구애됨이 없이 그 법령에 따르는 것으로 한다.

1.6 적용범위

1. 소하천 시설기준의 적용범위는 소하천 정비법에 의하여 지정·고시된 소하천 구역 내에서 시설물에 대한 조사, 계획, 설계, 시공 및 유지관리와 수질관리 및 친수환경 조성을 위한 정비사업에 적용하기로 한다.

제 2 절 소하천의 정의 및 특성

2.1 정 의

1. 소하천이란 하천법의 적용을 받지 않는 하천중에서 시장·군수·자치구의 구청장이 그 명칭과 구간을 정하여 소하천으로 지정·고시한 것을 말한다.

2.2 실상과 특성

2.2.1 소하천 실상

1. 우리 나라의 소하천의 실상은 대부분 도시나 시골 마을의 배수로(排水路) 형태나 산간지(山間地)와 벌판의 구거(溝渠)형태로 되어 있으며 1970년대 새마을 사업의 일환으로 정비된 이후 체계적이고 지속적인 정비와 유지관리가 이루어지지 못하여 매년 극심한 수해를 당하며 피해복구와 보상에 막대한 국가예산이 소요되고

있다.

2. 최근에는 산업화의 진전과 국민 생활수준의 향상에 따라 물소비량의 증가와 더불어 산업폐수와 축산폐수의 무처리 방류량이 증가하고 생활쓰레기의 발생량까지도 증가하여 소하천의 수질 및 생활환경이 크게 악화되고 있는 실정이다.
3. 소하천의 개략적 규모를 유역면적과 유로연장 및 수로폭으로 표시하면 <표 1.2.1>과 같다.

<표 1.2.1> 소하천의 규모

지 역	유역면적(km ²)	유로연장(km)	수로폭(m)
산지 지역	10.5 이내	5.0 이내	2 10
평야 지역	5.5 이내	4.0 이내	2 10
평 균	8.0 이내	4.5 이내	6 이내

2.2.2 소하천 특성

1. 우리 나라 소하천 특성을 분류 설명하면 다음과 같다.

(1) 지형학적 특성

- ① 상류부는 산지와 농경지에 접한 계곡을 따라 굴곡이 심하며 급경사를 이루고 있다.
- ② 중류부는 농경 평야부를 관통하여 마을에 인접하고 있는 경우가 많다.
- ③ 하류부는 농경 평야부나 마을을 지나 점점 완만한 유로를 형성하여 기존의 법정하천과 합류하고 있다.
- ④ 집수면적이 작고 유로연장이 짧으며 상·하류간의 표고차가 커서 급류하천인 경우가 많다.

(2) 수문기상학적 특성

- ① 강우량 분포가 평지부 보다도 산지부에서 훨씬 많다.
- ② 홍수량은 집수면적이 작으므로 국지성(局地性) 집중호우에 지배된다.
- ③ 유로연장이 짧고 하상경사(河床傾斜)가 크므로 홍수도달 시간이 짧고 침투유출량이 크다.
- ④ 산지 소하천에서의 홍수도달 시간은 대부분 30분 이내이다.
- ⑤ 산지 소하천의 경우, 산지표면의 피복토 두께가 작아서 임상이 무성하지 못하고 집중호우시 보류(保留)작용 또는 유출억제에 해당하는 우수차단효과가 적어

서 산사태가 속출하고 있다.

- ⑥ 여름철 호우시 소하천의 범람이 자주 발생하고 유출토사로 인한 농경지의 매몰과 인명손상 및 재산 피해가 크게 우려되어 소하천 정비와 개수사업 등이 시급하고 유지관리에 유념하여야 한다.

(3) 소하천 지형량 특성

- ① 하폭은 2 ~ 52m 정도까지 차이가 크나 2 ~ 10m 정도의 경우가 약 80%이다.
- ② 유로연장은 0.5 ~ 12.0 km에 이르며 대부분 유역형상이 협소하고 긴 모양이다.
- ③ 하상경사는 1/30 ~ 1/100 의 급경사를 이루고 있으며 홍수시 유속이 매우 커서 수해발생의 위험이 상존하고 있다.

(4) 행정구역 특성

- ① 소하천 구간이 행정적으로 군, 읍, 면 및 동에 걸쳐진 경우가 대부분이며 소하천 정비사업이나 개수사업 구간이 군, 읍, 면의 경계에서 제한되는 경우가 많고 하천의 특성인 상·하류 연계성이 행정구역간의 사회·경제적 조건과 일치되지 못하여 지장이 많다.
- ② 1개의 소하천 정비사업이 2개 이상의 지정권자가 있게 될 경우 계획수립 과정이나 비용분담면에서 적극적인 협동체 구성이 요망되며 관련 기관장들의 선린우호 정신의 발휘가 요망된다.
- ③ 소하천에 대한 지역주민과 지방공무원의 의식개혁이 절실히 요구되며 자신들끼리 먼저 당해 지역의 중추적 인물이라는 자각심을 가지고 소하천 정비 및 개수사업에 적극적으로 동참하여 봉사할 때 이웃지역 주민들을 감화시킬 수 있고 공감대 구축의 기틀이 마련되어 당해 지역 소하천이 그 지역 주민들만이 아니라 온 국민들의 쾌적한 생활공간 만들기 운동의 기반이 될 것이다.

제 3 절 소하천의 지정

3.1 범위 및 지정기준

1. 소하천의 지정대상 범위는, 소하천의 유황(流況)으로 보아 일시적이 아닌 상당기간 유수가 있거나 있을 것이 예상되는 구역으로 하며 그 규모는 평균하폭 2m 이상, 총연장 500m 이상인 소하천으로서 치수, 이수 및 하천 환경 조성계획 수립 등의 필요성이 있다고 인정되는 범위로 한다.

2. 소하천의 지정기준으로는, 소하천이 지니고 있는 여러 가지 특성으로 보아 우리 인간들만이 아닌 모든 생태계 환경면에서 자연재해 등으로 그 피해가 속출하여 그대로 방치하여 둘 수 없는 비 법정하천을 대상으로 그 가운데 소하천 정비 사업을 시행함으로써 우리들의 생활공간개선 및 사용수익에 크게 도움이 될 것으로 기대되는 소하천을 지정기준으로 설정한다.

3.2 지 정

1. 소하천의 지정 전에는 지역주민 및 관계전문가의 의견을 수렴하여야 하며 지정 시에는 소하천의 명칭과 구간을 정하여 관리청의 공보 또는 게시판에 고시하고 고시후 15일 이내에 시·도지사를 경유하여 행정자치부 장관에게 그 사실을 보고하여야 한다.
2. 소하천의 지정권자는 시장·군수·자치구의 구청장이며 소하천의 정비와 유지·관리는 소하천 정비법 또는 다른 법률에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 시장·군수·자치구의 구청장에게 귀속된다.

3.3 관 리

1. 소하천의 지정·고시 이후 소하천에 관한 사항을 변경하거나 폐지하고자 할 경우에도 소하천을 지정·고시한 시장·군수·자치구의 구청장에게 그 권한이 있으며 소하천의 정비와 그 유지·관리는 별도의 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 소하천을 지정·고시한 시장·군수·자치구의 구청장이 이를 관장한다.

3.4 소하천 대장(小河川 臺帳)

1. 소하천도 기존의 법정하천과 동일한 양식의 하천대장을 작성하여 소정의 항목들을 성실히 기록하여 철저히 보관하여야 한다.
 - (1) 소하천 대장 일반사항
 - ① 기재항목 : 소하천 대장 작성의 목적과 작성구역, 작성기간, 하천대장, 사후관리, 방침, 대장의 보관 부서 등을 기재한다.
 - ② 조사 기재 요령 : 각 양식별로 각란의 항목을 요약해서 기재한다
 - ③ 유역의 개황 : 유역의 특성과 수문특성, 임상 및 지형특성을 고려하여 충실히 기재한다.

- ④ 치수, 이수 및 환경관리 사업 등의 연혁 : 치수 및 이수 사업의 연혁을 주요 제방별로 기재하여야 하며 개수계획에 대하여 특별히 충실히 기재한다.

(2) 소하천 대장의 종류

- ① 소하천 현황대장 : 소하천 현황, 소하천 예정지 현황, 소하천 정비 목표, 소하천 정비계획 등을 기록한 대장
- ② 소하천 허가대장 : 소하천 구역 내 피허가자, 위치, 기간, 허가 목적 등을 기록한 대장

(3) 소하천 대장의 작성·관리

- ① 소하천 현황대장 : 소하천 별로 작성, 연 1회 이상 정리
- ② 소하천 허가대장 : 시·군·구별로 작성, 월 1회 이상 정리

제 4 절 소하천 정비사업

4.1 기본이념

- 1. 소하천 정비의 기본이념은 소하천 본연의 아름다운 자연형 경관을 최대한 보전하고 치수 방재면에서의 안전성을 확보하면서 이수과 생태환경 보전의 조화를 도모토록 함에 있다.

4.2 기본방침

- 1. 소하천 본연의 자연생태환경 보전과 인간과 생물이 공생할 수 있는 하천 환경조성이 이루어 질 수 있도록 기본방침을 수립하여야 한다.

4.3 정비 방향

- 1. 소하천 정비사업을 전개함에 있어서 소하천 정비의 기본 이념과 기본 방침이 설정되면 이를 근거로 하여 수행하게 될 소하천 정비사업의 정비방향을 확고하게 정립시켜야 한다.
- 2. 소하천의 정비방향 설정시 다음과 같이 제시된 네 가지 세부 사항을 고려하여 설정하도록 한다.
 - (1) 치수방재와 환경정화를 겸한 방재환경 조성

- ① 대부분의 소하천 피해가 호우로 인한 침수피해와 산사태로 인한 농경지와 가옥 등의 매몰사고이며 이러한 피해가 매년 상습적으로 발생하고 있기 때문에 하도 보호 시설과 농경지 침수 방지시설을 강화하는 것이 매우 시급한 소하천 정비사업의 하나이다.
- ② 여기에는 당해 소하천 지역에 대한 기왕의 재해상황을 고려하여 지역주민들의 인명과 재산적 손실을 최소화하기 위한 재해방지시설을 설치함과 동시에 바람직한 지역환경 조성을 위하여 소하천 환경 정화시설도 겸비하는 것이다.

(2) 친수 환경 정비

- ① 자연하천 생태계와 지역주민들의 정서함양을 도모하고 수변 경관 조성 및 친수성을 높이기 위한 정비방안의 하나이다.
- ② 친수환경정비를 위한 하천 시설물은 제방판로, 둔치 상의 산책로 및 징검다리, 어도설치 등이 있으며, 이러한 시설물들을 적절하게 배치하여 조성함으로써 지역주민들의 건전하고 올바른 하천이용을 유도하는 것이 친수환경 정비이다.

(3) 이수시설의 확장으로 농·어업기반 활성화

- ① 농·어촌지역의 소하천 정비에 있어서 풍부한 농업용수의 공급시설이나 농로 농수로의 종합정비, 해안 지역 소하천 하구부 지역에서의 원활한 선박의 주운 개설 편의시설(갑실, 갑문) 또는 선착장 등이 설치될 수 있다면 지역주민들의 지역경제 사정이 크게 활성화될 것이다.

(4) 근린(近隣)지역간 주민 친화력 증진

- ① 소하천 정비사업을 인근지역 주민들과 공동적으로 협동하여 추진할 수 있다면 사업 추진기간은 물론이고 사업이 완성된 이후에도 소하천 정비로 인한 훌륭한 하천 공간과 시설의 이용을 공유함으로써 지속적인 인근지역 주민들간의 친화력이 증진될 수가 있을 것이다.
- ② 여기에는 해당 지역 지방 공무원들의 적극적인 중개역할이 필요하며 지역주민 대표자들의 진취적 지역개발의욕이 절실히 요구된다.

4.4 단계별 정비 계획 수립 절차

1. 소하천 정비 계획은 소하천 정비법 제 6, 7, 8조의 규정에 의거하여 먼저 종합계획(제6조 의거)이 수립되고 다음에 중기계획(제7조 의거)이 종합계획을 근간으로 5년마다 수립된다. 종합계획과 중기계획에 따라 매년 시행계획(제8조 의거)이 수립되고, 이에 의거하여 세부사업 추진계획 및 사업을 시행한다.

(1) 종합계획

- ① 소하천 정비법 제6조에는 다음과 같이 규정되어 있다. 관리청(시장·군수·자치구청장)은 소하천에 대한 정비방향의 지침이 될 소하천 정비 종합계획을 수립하여 시·도지사를 거쳐 행정자치부장관의 승인을 얻어야 한다.
- ② 위의 법적 근거에 의하여 소하천 정비 종합계획을 수립하여야 하며 그 목적은 소하천의 관리·이용·개발·치수경제 및 수질 보전 등에 관련된 사항을 종합적으로 조사·분석하여 당해 소하천에 대한 종합계획을 수립하고 향후 소하천 정비의 기본방향이 되는 지침으로 활용하고자 함에 있다.
- ③ 종합계획에 포함시켜야 할 주요 사항은 다음과 같다.
 - ㉠ 소하천 정비의 기본방침
 - ㉡ 수계별 소하천망 구성
 - ㉢ 재해예방 및 환경개선과 수질 보전에 관한 사항
 - ㉣ 소하천의 다목적 이용과 주민의 소득증대에 관한 사항
 - ㉤ 소하천공사 시행에 관한 사항
 - ㉥ 둔치(고수부지) 조성 등 여가생활 공간의 확보에 관한 사항
 - ㉦ 다른 개발 계획(예컨대, 도시정비 기본계획, 도시계획 등)과의 관련성에 관한 사항
 - ㉧ 소하천 정비의 효과에 관한 사항
 - ㉨ 기타 소하천의 보전과 이용에 관련된 기본사항

(2) 중기계획

- ① 소하천 정비법 제7조(소하천정비 중기계획의 수립)는 다음과 같이 규정되어 있다.
 - ㉠ 관리청은 행정자치부령이 정하는 바에 의하여 제6조의 규정에 의한 종합계획에 따라 5년마다 소하천 정비 중기계획(이하 “중기계획”이라 한다)을 수립하여 시·도지사를 거쳐 행정자치부 장관에게 보고하여야 한다. 중기계획을 변경하는 경우에도 또한 같다.
 - ㉡ 제1항의 규정에 의한 중기계획에는 연도별 소하천 정비에 관한 사항 등 대통령령이 정하는 사항이 포함되어야 한다.
- ② 위와 같은 제7조 제1항 및 제2항의 규정에 의거하여 중기계획을 수립함에 있어서는 소하천과 관련된 다른 법령(예컨대, 지방 양여금법 제8조 규정 등)과 중복되지 않도록 할 것이며 기 수립된 소하천 정비계획이 제7조의 규정으로 인하여 변경하여야 할 경우에는 시·도지사를 경유하여 행정자치부에 제출하여야

한다.

- ③ 중기계획의 수립시 관리청이 본법 제7조 제1항 및 제5조의 규정에 의하여 중기계획을 변경할 수 있는 경우는 다음과 같다(제7조 시행령, 제5조).
- ㉠ 소하천 정비목표 및 기본방향을 수정하여야 하는 경우
- ㉡ 연도별 소하천 정비사업계획이 행정자치부 장관이 정하는 소하천 정비 목표와 현저한 차이가 있는 경우
- ㉢ 국가 또는 지방 자치단체가 직접 시행하거나 다른 법령의 규정에 의하여 시행되는 사업으로 인하여 수정을 하여야 하는 경우
- ㉣ 물가 상승 등으로 인하여 사업비의 변경이 필요한 경우

(3) 시행계획

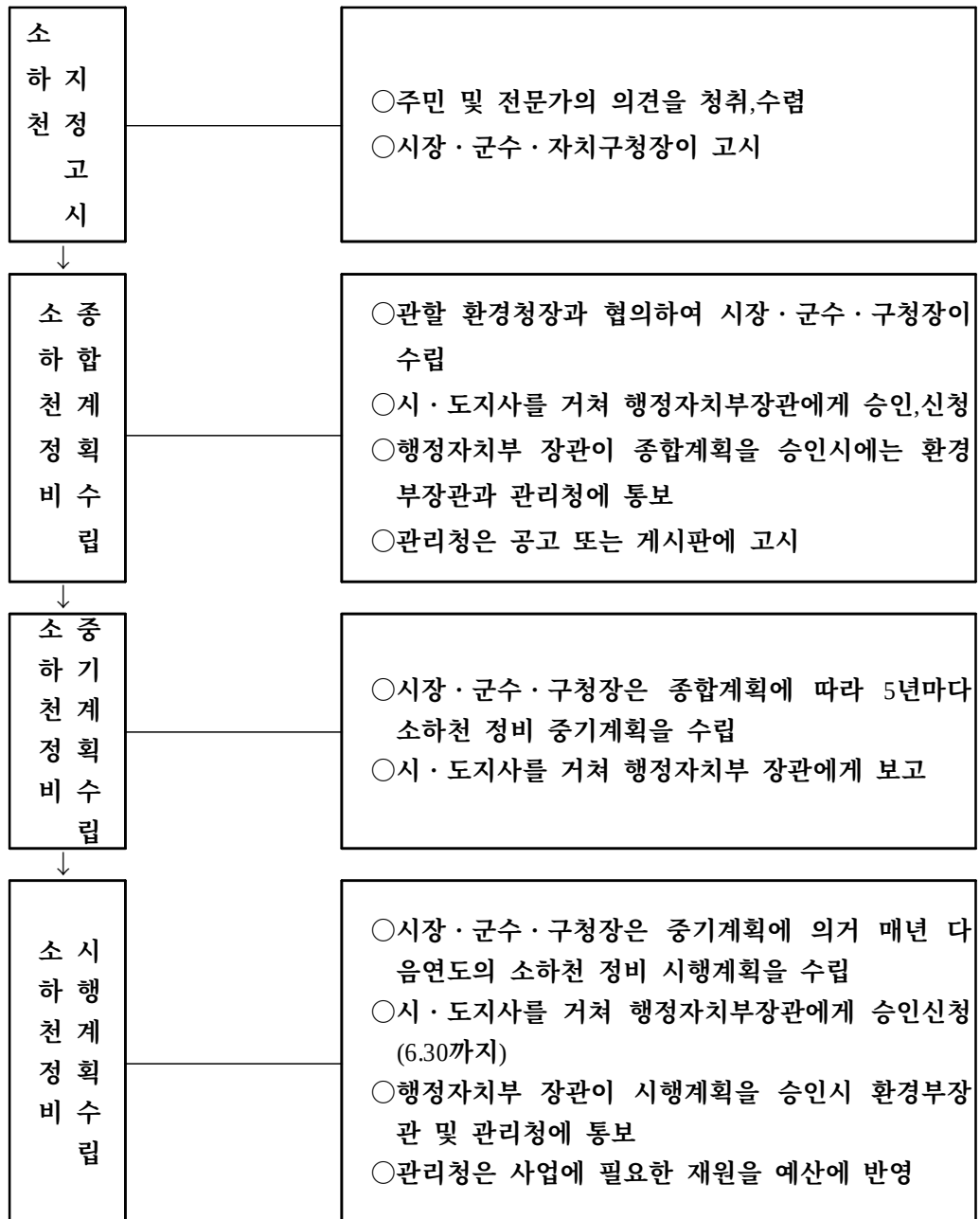
- ① 소하천 정비법 제8조(소하천 정비 시행계획의 수립)에는 다음과 같이 규정되어 있다.
- ㉠ 관리청은 행정자치부령이 정하는 바에 의하여 제7조의 규정에 의한 중기계획에 의하여 매년 다음 년도의 소하천 정비 시행계획(이하 “시행계획”이라 한다)을 수립하여 시·도지사를 거쳐 행정자치부 장관의 승인을 얻어야 한다. 이 경우 시행계획에는 사업시행에 필요한 재원이 포함되어야 한다.
- ㉡ 관리청은 시행계획이 제1항의 규정에 의하여 승인된 때에는 행정자치부령이 정하는 바에 의하여 이를 공고하여야 한다.
- ② 위의 본 법 제8조의 규정에 의하여 시행계획을 수립할 때에는 다른 법령에 의한 소하천 관련규정과 상충되지 않도록 세밀한 사전검토가 필요하며 다른 지원금(예컨대, 농특세나 지방 양여금 등)에 의한 소하천 정비사업 등과 중복되지 않도록 사전에 관련기관과의 협의가 필요하다.
- ③ 시행계획 수립과업의 내용을 단계별로 설명하면 다음과 같다.
- ㉠ 제1단계 : 관련 법령조회, 관련계획 검토, 기초 자료수집
- ㉡ 제2단계 : 기본자료 해석, 기본방향 설정
- ㉢ 제3단계 : 소하천 정비 종합계획(안) 확정
- ㉣ 제4단계 : 성과품 및 보고서 작성

2. 또한 각 단계별 과업의 주요 검토사항을 일괄하여 표시하면 <표 1.4.1>과 같다.

<표 1.4.1> 각 단계별 과업의 중점검토 내용

제 1 단계: 기초자료 수집 및 관련계획 검토		
· 현지조사 - 조사측량 - 하천구조물 조사 - 주변지역 토지이용 실태 조사 - 기왕홍수 및 피해 실태 조사 - 유황 및 수질조사	· 기초자료 수집 - 통계년보, 기상·수문자료 - 유수 및 주요 인허가 사항 · 기존 저수지 제원 조사	· 관련계획 - 도시계획 - 주변지역의 각종 개발 계획 등 - 유역개발계획 등
제 2 단계: 기본방향 구상		
· 수리·수문 분석 - 확률강우량 및 홍수량 - 홍수위 분석 - 홍수피해 원인분석 - 갈수량 분석	· 하천환경의 현황파악과 장래전망 - 유역 및 하천환경 - 하천환경에 대한 사회적 요구 (지역주민의 설문조사) - 바람직한 하천의 모습 전망	· 기본방향 및 구상 - 구역구분과 하천환경 개선의 기본방침 - 소하천공간 정비종합 계획 『안』 구상 - 물환경 보전계획
제 3 단계: 소하천정비종합계획 『안』 확정		
· 소하천의 종합적인 보전과 이용에 관한 사항 · 소하천공사시행 기본계획에 관한 사항 · 소하천공사의 실시에 관한 사항 · 소하천 다목적 이용과 주민의 소득증대에 관한 사항 · 폐천부지이용 및 활용방안 조사		· 치수경제성 검토 · 효과 분석
제 4 단계: 성과품 및 보고서 작성		
· 소하천대장작성 -하천의 일반사항 -소하천 현황대장조서 -측량기준점 제원현황 -소하천예정지 지정현황	· 소하천정비종합계획 -소하천 실태조서 -소하천 허가대장 -소하천구역 지정현황	-보고서 -부록

3. 끝으로, 소하천 정비 종합계획을 수립하게 되기까지의 행정절차를 체계화하여 도시하면 <그림 14.1>과 같다.



<그림 14.1> 소하천 정비 종합계획 수립 행정절차도

4. 세부사업 추진계획

- (1) 세부사업 추진계획은 종합계획, 중기계획, 시행계획에서 조사·분석된 환경오염 및 환경보전과 재해예방에 대한 효과 및 필요성 등을 고려하여 정비가 시급한 소하천부터 선정하여야 하며, 투자비의 지역환원 및 농로·농수로 정비와 하천 환경 정비를 병행하여 소하천 정비효과를 극대화할 수 있도록 계획되어야 한다.

4.5 정비사업 추진상 고려사항

1. 소하천 정비 사업계획이 수립되면 이것의 내용을 충분히 파악하여 정비공사에 필요한 실시설계와 시공계획이 수립되어야 한다. 정비공사의 착공 이전에는 반드시 관리청의 허가하에 지역주민들에게 정비공사의 내용을 열람 및 공고하여 주지시켜야 한다.
2. 관리청이나 사업시행 관계자들은 소하천 정비공사가 지역주민들을 위한 사업이라는 인식을 가지고 지역주민들의 의견이 정비계획이나 정비공사에 반영할 수 있는 사항에 대해서는 이를 적극적으로 반영하도록 한다.
 - (1) 공사설계에서의 고려사항
 - ① 체계적이며 일관성 있는 정비가 되도록 소하천 전구간에 걸쳐서 실시설계를 한 후 재원확보상황에 따라 연차적으로 사업을 추진한다.
 - ② 하천의 복개는 절대 금물이며 치수·이수·환경 기능을 종합적으로 고려하여 조화시키고 자연생태계를 살리도록 자연형 하천정비공법을 채택하여야 한다.
 - ③ 소하천의 하도계획은 자연하도의 선형에 순응하여 하상의 변화를 최소화하도록 계획되어야 한다.
 - ④ 계획하도 단면은 수해를 근원적으로 해소할 수 있는 계획홍수량을 산정하여 이것을 충분히 소통시킬 수 있는 안전한 단면으로 설계한다.
 - ⑤ 하천시설물은 유수 소통에 지장이 없도록 설계되어야 하고 이수 및 생태환경 보전기능을 최대한도로 발휘할 수 있는 시설만을 설치한다.
 - ⑥ 정비공사로 생성되는 공지(空地)는 지역주민들을 위한 쉼터와 같은 다목적 이용공간으로 활용한다.
 - (2) 주민 의견 청취를 필요로 하는 사항
 - ① 소하천 지정 및 폐지에 관한 사항
 - ② 소하천 예정지 지정 및 폐지
 - ③ 소하천 정비 종합계획 수립

④ 기타 소하천 정비 및 보전상 관리청이 요망하는 사항

(3) 공사 시행상 고려사항

① 철저한 공사감독 및 품질관리 시험성과를 확인하여 부실공사를 방지토록 해야 한다.

② 조기 사업발주로 우기 전에 공사가 완공되도록 추진한다.

③ 투자비가 당해 지역에 돌아가도록 자재 및 노동력을 가능하면 해당지역에서 조달하도록 한다.

(4) 비관리청의 공사시행시 고려사항

① 관리청이 아닌자(비관리청)는 관리청의 허가를 받아 소하천 공사를 시행할 수 있다.

② 소하천 공사가 비관리청에 의해 완료되면 비관리청은 지체없이 준공검사를 받아야 한다.

(5) 정비사업 지도감독 및 평가

① 소하천 정비 사업 추진상황에 대한 지도점검 및 평가를 실시하여 문제점을 도출하고 그에 대한 대책 및 개선방안을 제시하며 다음 해의 소하천 정비사업비 배정시에 이를 반영한다.

② 사업평가는 중앙 및 시·도 합동으로 매년 사업추진 실적을 평가하여 우수 시·도 및 시·군·구에 대하여는 사업비를 우선적으로 지원하고 유공 공무원에 대하여는 표창 등의 인센티브제를 실시한다.

(6) 공사감독시 확인 및 이행해야 할 사항

① 일반사항

㉠ 가설공사 시공

㉡ 각종 안내표지판 설치

㉢ 공정계획 수립

㉣ 편입용지 및 지장물 재확인 조사

㉤ 보고사항 이행

㉥ 사진 촬영 등 기록 보존

② 기술적 사항

㉠ 시공측량 실시

㉡ 각종 재료시험 및 시공관리 철저

㉢ 공사단계별 중요 공정은 사전에 감독관 확인 후 시행

㉣ 편입용지 및 지장물 재확인 조사

㉞ 부실공사 방지대책 수립

- 토공
- 연약지반
- 토질시험
- 재료시험
- 호안공사 기초깊이
- 배수관 이음부 접합시공 등

③ 기타사항

- ㉠ 불법 하도급 방지
- ㉡ 형식적인 감리·감독 배제
- ㉢ 철저한 공정관리 및 공기 내 준공 조치
- ㉣ 기 준공지구의 하자 검사 실시 확인

4.6 유지관리

1. 소하천 정비공사가 완료되면 소하천을 다용도로 사용 수익하면서 지속적으로 유지관리에 주력하여야 한다.
2. 소하천의 유지관리에 주력할 사항은 다음과 같다.
 - (1) 소하천 정비실태와 점용상황 등을 정기 또는 부정기적으로 점검하여 재해 및 오염 예방적인 차원에서 조치할 사항을 강구한다.
 - (2) 상시 점검 순찰반을 편성하여 수해 상습지역이나 오물 투기 가능지역 등을 순시하면서 특히 제방, 호안, 수문 등과 같은 하천 시설물에 대하여 예의 점검하고 보고하며 기록으로 순시대장을 작성하여 보관한다.
 - (3) 하천시설물에 대하여는 적정시기에 보수가 되도록 보수계획을 확립하여 재해 및 오염 피해를 사전 예방토록 조치하여야 한다.

제 2 장 조 사

제 2 장 조 사

제 1 절 개요

1. 하천조사는 하천계획의 기초가 되므로 하천계획의 목적과 문제점을 정확히 파악하여 미리 조사자료의 수집방법 및 해석방법 등을 충분히 검토하고 엄밀한 조사 계획하에 실시되어야 한다.
2. 하천사업의 실시에 선행하여 유역의 수리·수문자료 등의 조사 외에 유역의 사회·경제 상황의 조사가 필요하며, 하천사업의 사회적·경제적 효과를 고려하여야 한다.
3. 적절한 사업규모를 결정하기 위하여 홍수범람, 토석류 등의 재해를 방지하고, 생활용수 등 수자원의 확보를 대상으로 하는 유역내의 사회·경제 활동을 상세히 파악할 필요가 있다.
4. 유역의 사회·경제 상황을 나타내는 지표는 인구, 토지이용면적 등 다양하며, 하천조사의 목적에 따라서 적절한 지표를 결정하여, 장래 예측이 가능하도록 다년간 자료를 수집·정리하는 것이 바람직하다.
5. 소하천의 정비를 위한 조사 단계는 소하천 정비종합계획 수립을 위한 도면과 자료를 수집·획득하는 단계로서 계획의 종류와 목적에 따라 소요되는 자료들이 상이할 것이나, 기본적인 관련자료들의 수집은 이 단계에서 필수적으로 이루어져야 한다.
6. 일반적으로 하천계획을 위한 자료는 공통적으로 이용되는 공용자료와 개별적인 이용목적에만 이용되는 개별자료로 분류할 수 있으며, 다음 <표 2.1.1>과 같다.
7. <표 2.1.1>에 나타낸 각종 자료는 이용 목적별 자료를 분류한 것이며, 이러한 자료를 기존의 보고서나 문헌으로부터 수집할 수 없는 경우, 현장조사나 측량을 통하여 상기의 자료를 획득하여야 한다.

<표 2.1.1> 하천계획을 위한 자료의 종류

구 분		내 용
공용자료	도면	· 하천유역도 · 기개수하천 도면 · 행정구역도 등 · 교통망도 · 전력·통신관련 도면
	자료	· 해당 유역의 기상자료 · 하상변동 조사보고서 · 유사량 관측자료 · 수리권 관련규정 · 행정구역별 인문, 사회, 공공시설물 자료 · 하천정비 기본보고서 · 수위/유량 관측자료 · 용수배분 조례 또는 규정 · 각종 통계자료집
개별자료	치수계획	· 수리/수문 자료 · 내수 및 내배수 시설자료 · 하천 이용현황 조사자료 · 지형, 지질 및 지표면 현황자료 · 하상변동 및 유사량 조사자료 · 치수 경제조사자료
	이수계획	· 농업용수 통계자료 · 이수 경제조사자료 · 하천유지용수 및 하천관리 용수자료 · 각종 수리권 관련법규 및 규약 등 · 생활 및 공업용수 자료 · 각종 용수 배분규정 및 규약
	환경계획	· 수질 및 저니질 조사자료 · 수질규정 및 관련법규 조사자료 · 생태환경 조사자료

8. “하천시설기준”(건설부, 1993)에서는 하천의 종합계획 수립을 위한 기본조사를 기본계획을 위한 조사와 하천계획을 위한 조사로 대별하고 있으며, 다음 <표 2.1.2>, <표 2.1.3>과 같다.

<표 2.1.2> 기본계획을 위한 조사항목

주요조사	세부조사	조사내용
수문량조사	· 유량조사 · 지하수조사 · 유출지역조사	강수량·수위·유량조사 및 수문자료수집 침투수, 복류수 등의 지하수 조사 유출기구조사, 물순환조사, 유출특성조사
갈수조사	· 저수유량조사 · 수질조사	갈수유량조사, 취배수실태조사, 물이용계획조사, 갈수요인조사, 하천관리유량조사 수질자료수집, 오염원조사, 수질감시 및 통제시설 조사, 자정능력조사
유사량조사	· 토사생산량조사 · 유사량조사 · 하상재료조사	붕괴 및 침식조사 유사량 관측 및 조사, 골재채취량, 유사이동조사 하상재료의 입도분포, 하상의 장갑층 조사
지형지질조사	· 지질조사 · 지형조사 · 유역특성조사 · 하천지형조사	지질도, 붕괴지, 지질구조조사 평면도, 치수지형분류도, 토지이용 현황도 지형특성치 조사, 유역의 식생조사, 하도생태조사, 토지이용실태조사 종횡단측량, 평면측량
사회경제조사	· 사회조사 · 경제조사	토지이용계획조사, 도시개발계획조사, 인구조사, 경제환경조사 사업에 의한 경제효과의 예측
하천환경조사	· 수질 및 저니질조사 · 생태환경조사	하천 및 지하수 수질조사, 수질보전계획조사, 저니토조사, 수질오염예측조사 동식물의 생태조사, 인간과 하천환경과의 관계조사, 식생조사, 유적조사 등

<표 2.1.3> 하천계획을 위한 조사항목

주요조사	세부조사	조사내용
하도조사	- 하상변동조사 - 하도계획조사 - 하천구조물조사 - 지하수조사 - 홍수관리조사	하상변동의 해석과 대책, 국부세굴조사와 대책 안정하도의 해석과 설계 하천구조물 실태조사 및 안정성 검토 침투수, 복류수 등의 지하수 조사 하천관리시설의 조작방식, 홍수터 관리
시설조사	- 제방 및 시설물조사 - 하천구조물조사 - 내수배제시설조사	제방의 안정성 검토 및 대책 중요 구조물의 계획과 대책 내수처리실태 및 구조물 조사
하천개수조사	- 종합치수조사 - 하천개수계획조사 - 유역치수조사 - 도시하천조사	유역개발에 상응하는 종합치수대책계획 본천·지천의 계획조정, 개수순서의 검토 하천개수사업의 효과검토, 기존 치수방식의 검토 내수처리계획, 도시개발계획과 치수대책 검토
환경관리조사	- 수질보전계획조사 - 하천환경정비	수질보전계획의 책정 하천부지의 효과적인 이용조사
유황조사 하천경제조사		유황조사, 하천수질조사 및 보전 투자우선순위 결정, 치수효과 검토
특정사업조사	내수조사	특정과업에 따른 조사, 침수예상구역의 설정 재해조사, 수방대책조사 등

제 2 절 유역특성조사

1. 유역특성조사는 유역의 개략적인 특성을 총괄적으로 조사함으로써 유역 및 하천 특성에 따른 강우-유출 관계, 유출특성, 홍수특성 등을 추정하기 위하여 실시하는 조사이다.
2. <표 2.2.1>은 유역특성을 파악하기 위한 기초 자료의 조사항목을 나타낸 것으로, 유역형상조사, 하천형태조사, 토질 및 토양조사, 지표상황 및 시설물조사 등이 있다.
3. 이러한 조사를 통하여 획득된 자료를 이용하여, 하천유역에 대한 지형인자의 정량적 특성을 유역의 형상계수, 형상비, 유역밀집도, 수계빈도, 면적-고도곡선 등의 무차원량으로 표시함으로써 다른 하천유역과의 비교는 물론 유역의 지형특성을 파악할 수 있다.

<표 2.2.1> 유역특성조사 항목

조사항목	세부항목	내 용
유역형상조사	유역면적	수문설계시 가장 기본적인 인자
	유역평균경사	침투량, 유출율, 유출속도에 영향을 미침
	유역의 방향성	유역의 유출특성에 영향을 미침
	유역표고	강수특성에 영향을 미침(강수량과 비례관계)
	유역형상	지형 및 지질관계 파악과 유출에 영향을 미침(우상, 수지상, 방사상, 평행상, 복합상 유역 등)
하천형태조사	유로연장	홍수도달시간과 침투발생시간에 영향을 미침
	하폭	하천규모를 결정하는 주요인자
	하상경사	유속, 도달시간, 침투발생시간 등 유하특성에 영향
	하천밀도	유역지형, 피복상태의 종합적 효과를 대표하는 값
	하상계수	하천유량의 안정도를 수량적으로 나타내는 인자
	하천지형형태	지질학적 발달과정을 판단하는 인자(유년기, 장년기, 노년기)
	하천사행특성	유심의 변화, 제방파괴, 국부세굴 등 하천재해요소에 큰 영향
토질 및 토양조사	기타 하천특성	하천분기율, 하천수의 법칙, 하천길이 법칙 등
	유역토질	침투량 및 손실량 추정에 이용하며 유출특성에 큰 영향(한국지질도)
지표상황 및 시설물조사	유역토양	유출율, 침투율, 배수상태 등에 대해 영향을 미침(정밀토양도, 정밀토양해설도, 개략토양도 등)
	토지이용상태	토지의 용도별 면적구성비(불투수, 투수면적)로 유출에 영향
	수계조사	배수계통, 단면형태, 조도 등 전반적인 홍수소통능력 판단
시설물조사	주요시설물	유역내 시설물의 밀집도 조사에 의해 유출영향 판단

2.1 유역의 지상학적 특성

1. 유역의 지상학적 특성인자들은 유출수문곡선에 여러 가지 영향을 미친다. 유역면적은 유출량 및 유출 용적의 크기에, 유역 경사는 유출 속도에 영향을 미치며 토지이용 및 식생피복 상태는 강우손실 및 유출 속도를 지배하게 된다.
2. 유역의 유출계산에는 유출에 영향을 미치는 요소들로서 해당 유역의 면적, 유역경사, 유로길이 등의 유역형상 특성 자료와 유역의 식생, 피복 등의 토지이용 실태 등을 조사하는 작업이 선결되어야 한다.

(1) 유역형상 조사

- ① 유역의 특성을 나타내는 인자로는 유역면적, 유역평균경사, 유역의 방향성, 유역 표고, 유역형상 등이 있다.
- ② 유역의 대소 및 그 외곽의 형상과 수계 각부의 배치는 유역 전반의 유출에 영향을 미친다. 유역형상은 우상 유역, 수지상 유역, 방사상 유역, 평행상 유역과 복합상 유역 등으로 나눌 수 있다.

(2) 하천형태 조사

- ① 하천의 특성을 나타내는 인자인 유로연장, 하폭, 하상경사, 하천밀도, 하상계수, 하천사행특성, 기타 하천특성(하천분기율, 하천 수 및 길이의 법칙 등) 등을 조사 분석한다.
- ② 하천 지형 형태 조사에서는 해당 유역내의 하천을 유년기, 장년기, 노년기로 구분 조사함으로써 수계 전체의 지질학적 발달 과정을 판단한다.

(3) 토질 및 토양 조사

- ① 조사 대상유역의 토질이 어떤 상태인가를 조사 분석하여 유역내의 침투량과 손실량을 추정하고 유출량이나 홍수량 등에 대한 전반적인 경향 판단에 사용할 수 있도록 한다.
- ② 조사 대상 유역의 토양을 구분하여 유역내의 유출률, 침투율, 배수상태 등에 대한 영향을 분석함으로써 유역내의 유출 상황을 판단하는데 사용하도록 한다.

(4) 지표상황 및 시설물 조사

- ① 유역내 토지의 용도별 면적 구성비를 조사하고, 투수면적과 불투수면적을 조사 분석함으로써 유출에 미치는 영향을 판단할 수 있도록 한다.
- ② 유역내의 유로에 대한 상태와 배수계통, 단면형태, 조도계수, 하천환경 등에 대한 개략적이며 총괄적인 조사 분석으로 수계에 대한 전반적인 소통능력 정도를 판단하기 위한 자료를 제공한다.
- ③ 유역내의 건물, 공장, 도로, 유수지, 저수지, 교량 등에 대한 시설물의 유무 및 밀집도 등을 제시하여 유출에 영향을 미치는 정도를 판단할 수 있도록 한다.

제 3 절 수리 · 수문량 조사

1. 하천과 관련있는 수문량으로는 하천유량에 크게 영향을 미치는 강수량과 증발 및 침투 그리고 홍수량을 들 수 있으나 그 밖에도 넓은 의미에서의 수문량으로는 전술한 유역 지형량과 수문기상량 및 하천수리량도 이에 속한다고 볼 수 있다.
2. 세부항목별로 보면 강수량조사, 침투 및 증발량 조사, 수위조사, 유량조사, 지하수 조사, 유사조사, 이용수량조사, 하도조사 등이 이에 속한다.
3. 이러한 수리·수문자료는 주로 우량관측소, 수위·유량관측 시설을 통해 획득하게 되며, 정비예정 유역 내 또는 인접지역에 있는 우량관측소의 시설을 조사하여 홍수분석의 기본자료로 활용하게 된다.

<표 2.3.1> 수리·수문량 조사항목

조사항목	세부항목	내 용
강수량조사	관측소의 위치 및 특성조사	강우관측소의 위치, 표고 및 관측개시년도 등 가용 강우자료 조사
	강수량조사	일강수량년표, 시간강수량 월표, 시간강수량표 등 지배적인 호우형태 분석 및 설계강우분석을 위한 강수량자료조사
수위조사	관측소의 위치 및 특성조사	관측소재지, 영점표고, 관측개시일 등 하천정비계획을 위한 가용 수위자료 조사
	수위조사	수위표가 있는 경우 일수위년표, 연최저수위, 연최고수위, 홍수시 시간별 홍수위 등을 조사하고, 수위표가 없는 경우, 과거홍수위 조사, 하류단의 계획홍수위 등을 조사
유량조사	유량조사	일반적으로 수위-유량관계곡선에 의하여 유량을 구하게 되며, 수위-유량관계곡선이 없는 경우 홍수, 갈수, 평수시의 유량관측을 통하여 수위-유량곡선을 작성
지하수조사	지하수조사	지하수관리, 지하수개발, 지하수의 인공함양, 활동붕괴방지, 지반침하방지, 하천수에 의한 지하수 유입량, 유출량의 추정, 건설공사에 따른 지하수대책 등을 수립하기 위한 조사
유사조사	유사조사	생산유사량, 하천유사량, 하상변동량, 하상재료조사 등을 통하여 하도계획이나 유사조절계획, 사방계획 등의 기본자료로 활용
이용수량조사	생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수 조사	이수현황 및 유지용수현황을 파악하여 각종 이수계획 및 하천환경계획을 위한 조사

4. 분석 대상유역에 대한 기존의 보고서나 관측기록 등이 있을 경우 기상 자료, 수문량자료, 인문자료, 홍수흔적 및 홍수피해 현황 등을 수집하여 유역의 문제점과 이용 가능한 자료상태 및 추가조치 사항들을 결정할 수 있도록 조사한다.

(1) 기상 자료 조사

- ① 유역내에 이용 가능한 기상 관측소에 대한 정보와 관측 종류 및 조사 관측량에 대한 정보를 조사한다.

(2) 수문량 자료 조사

- ① 분석 대상 유역에 대한 수문량 자료를 얻기 위해서 유역내나 인접지역에 있는 수문 관측시설(수위 및 유량), 관측 종류 및 관측 방법, 관측소 운영 상태, 수위, 유출량, 그리고 유황 등에 대한 정보를 조사하여야 한다. 특히 기왕의 실적 수문량 자료를 얻기 어려운 유역의 소하천정비종합계획 수립시에는 당해 소하천 유역의 특성을 대표할 수 있는 1~2개 지점에 대해 최소한 수 개(2~3)의 강우-유출사상에 대한 실적자료를 측정하여 분석하여야 하며, 향후 국내 경험공식 등을 유도하기 위한 자료로 활용될 수 있게 하여야 한다.

② 일반적인 지하수관리, 지하수개발, 지하수의 인공함양, 활동붕괴방지, 지반침하 방지, 하천수에 의한 지하수 유입량, 유출량의 추정, 건설공사에 따른 지하수대책 등을 수립할 필요가 있는 경우 지하수 조사를 실시한다.

(3) 유사조사

① 생산유사량, 하천유사량, 하상변동량, 하상재료조사 등을 통하여 하도계획이나 유사조절계획, 사방계획 등의 기본자료로 활용하기 위하여 유사조사를 실시한다.

(4) 이용수량조사

① 구역내의 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수 등에 관한 이용수량을 조사한다.

(5) 시가지 조성 계획

① 구역개발계획이나 도시개발계획 등에 의하여 장차 어느 정도의 도시화가 진행 될 것인가를 조사하고 예측한다.

(6) 기타 자료 조사

① 홍수 흔적, 홍수 피해 상황, 상습 침수 지역 등에 대한 자료를 수집하여 장래에 발생 가능한 문제점을 도출한다.

제 4 절 하도 조사

4.1 하상조사

4.1.1 조사구간의 설정

1. 조사구간은 계획된 구간보다 상하류 방향으로 충분한 거리를 포함할 수 있도록 설정한다.
2. 조사구간의 설정은 그 목적에 따라 다소 차이가 있기는 하나 일반적으로 계획된 구간보다 상하류로 충분하게 설정하여야 한다.
3. 부등류 또는 부정류의 계산등에서 계획구간내에 통제점(統制點, control point)이나 경계조건 등을 결정할 수 없는 경우가 있으므로 이러한 경우에는 상류 또는 하류에서부터 계산할 필요가 있다. 이러한 상황에 대비하기 위하여 상하류의 수

위관측지점, 교량, 보, 위어 등과 같은 통제점으로 사용할 수 있는 지점을 찾고 이 구간 내에도 필요한 하상조사를 실시한다.

4. 따라서 조사구간의 설정은 계획된 구간보다 상하류 방향으로 충분한 거리를 확보하여 조사하여야 한다.

4.1.2 하상재료 조사

1. 하상재료조사는 하상의 수리학적 특성을 파악하기 위하여 가급적 전체구간을 대표할 수 있는 지점에 대해 실시하여야 하며 하상재료의 급격한 변화가 있는 지점에 대해서도 조사하여야 한다.
2. 하상재료의 조사는 하상의 특성, 특히 조도의 계산, 유사이동, 하도안정 계산 등에 필수적인 사항이다. 대상구역에서 대표되는 하상재료를 조사하는 것 이외에도 홍수터, 퇴사구역 등 하상재료가 대상구역의 평균값보다 많은 다른 구역에 대해서도 실시하여야 한다.

4.1.3 하상 단면변화 조사

1. 하천시설물의 계획이나 설계를 위한 계획지점 이외에도 하천의 거동을 알기 위하여 비교적 오랜 기간 동안의 하상 단면변화에 대하여 조사하여야 한다.
2. 하천단면은 하상재료가 압반 또는 특별한 하상보호공이 설치되어 있지 않은 이상 항상 변화하며 특히 홍수가 통과한 후에는 세굴이나 퇴사가 일어나 단면은 많은 변화를 일으키게 된다.
3. 하상단면조사로부터 유심 위치 및 방향의 변화를 알 수 있으며, 특히 구조물을 설치하는 경우에는 구조물 설치로 인한 하상의 변화를 면밀히 검토하여야 한다. 특히 골재채취, 하도개수, 구조물 설치 등 인위적인 요인에 의하여 변화하는 경우는 이의 장기적인 추세 등을 고려하여야 한다.

4.2 조도계수

4.2.1 일반사항

1. 하천흐름의 유속산정에 적용하는 조도계수는 일반적으로 Manning의 조도계수를

사용한다.

2. 흐름에 대한 하도의 저항 정도를 표시하는 조도계수는 하천의 여러 가지 수리계산을 시행할 경우에 가장 중요한 기본적 수치중의 하나이다. 과거에는 Manning의 조도계수, 이외에도 Chezy의 평균유속계수, 절대조도, 평형하상 이론의 관계식 등이 각 경우에 맞게 구분되어 사용되기도 하였지만 하천수위 계산에는 현재 Manning의 조도계수가 가장 많이 사용되고 있다.
3. 조도계수 값에는 흐름에 대한 불명확한 요소들이 여러 가지 모양으로 개입되어 있으므로 그 정확도는 유효숫자 두째 자리까지로 한다.
4. 특히 Manning의 조도계수는 보통 n 으로 표시하지만 하천개수공사가 완료된 복단면 하도의 경우에는 합성조도계수, 즉 저수로와 홍수터를 합성한 조도계수를 N 으로 표시하여 사용한다.

4.2.2 조도계수의 검토

1. 하천의 조도계수는 저수 유량, 홍수유량 등에 대한 가급적 다수의 관측자료를 이용하여 검토해야 한다.
2. 흐름이 부등류인 경우에 하도구간의 조도계수는 그 구간에서의 부등류 계산의 역산에 의해 구해진 값을 사용하는 것으로 한다. 그러나 비교적 짧은 단일하도구간의 조도계수는 그 구간에서의 등류계산의 역산에 의한 값을 사용해도 좋다. 단 이 방법으로 구한 조도계수는 원칙적으로 그 구간에만 한하여 적용하여야 한다.
3. 하천수위 계산에는 정확도가 높은 조도계수가 요구된다. 그러나 조도계수는 일반적으로 동일하천의 동일구간에서 경년적으로도 변동되고 있는 바, 그것은 주로 다음과 같은 여러 가지 요소에 기인되는 것으로 알려져 있다. 따라서 정확도가 높은 조도계수를 얻기 위해서는 연속적으로 관측하고 검정할 필요가 있다.
 - (1) 유량과 같은 수문량의 크기 변화
 - (2) 하도의 종횡단 모양의 변화
 - (3) 인위적인 하상굴착, 하도개수, 하상 저하 및 상승
 - (4) 실측오차
4. 흐름이 부등류인 경우에는 보통 에너지선, 수면 및 하상의 경사가 모두 다르다. 이러한 경우 하도구간의 조도계수는 부등류 계산의 역산에 의해 계산되어 질 수

있다. 그러나 등류 계산에 의하여 역산되어진 조도계수는 그 한 구간의 실측 조도계수이긴 하지만 그 구간의 상하류에 걸쳐있는 긴 구간까지도 대표할 수 있을지가 의문스럽고 일반적으로 부등류 계산에 의하여 구한 n 값과는 달라지는 경우가 많다. 그러나 이 값외에 실측치가 없을 경우에는 이것이 보다 좋은 추정치가 될 수 있다.

4.2.3 혼적수위를 사용한 조도계수의 추정

1. 조도 계수의 검토를 위하여 홍수후 가급적 빠른 기간내에 혼적수위(痕迹水位)를 측정하여 비교적 정확도가 높다고 판단되는 혼적수위를 선정, 역산에 의하여 조도계수를 추정한다. 혼적수위를 사용하여 조도계수를 역산하는 방법은 그 자료의 종류, 정확도, 간격 등에 따라 원칙적으로 아래와 같이 산정한다.
 - (1) 종단으로 조밀한 혼적수위와 유량자료가 있는 경우: 부등류계산의 역산법
 - (2) 비교적 떨어져 있는 수위관측소만의 자료가 있는 경우: 등류계산(균일 단면의 경우에 한함), 부등류 계산의 역산법
 - (3) 짧은 구간에 2~3개 지점의 자료만이 있는 경우 : 등류계산의 역산법
2. 조도계수의 검토에는 발생된 유량의 혼적수위가 필요하다. 그 중에서도 부등류 계산에 따라 첨두유량에 대한 조도계수를 역산하기 위해서는 하도내의 각 지점에 대한 최고수위를 알아야 한다. 이를 위해서는 한정되어 설치되어 있는 자기수위 관측소에서 관측된 시간수위기록만으로는 부족하며 수위혼적 이외에도 최고수위계의 기록 등이 이용된다. 수위혼적이나 부착부유물이 소실되기 전인 홍수직후에 조사측량을 실시하여야 한다.
3. 혼적수위의 자료수가 적은 경우나 하도의 종횡단변화가 작은 장소에서는 흐름은 정상류(定常流)이며 등류라는 가정하에 등류계산의 역산에 의하여 조도계수를 계산하고 이를 필요로 하는 구간에 적용하거나 상하류를 포함한 구간의 대략 조도계수로 추정할 수 있다.

4.2.4 하상재료를 이용한 조도계수의 추정

1. 수리 수문자료가 적은 하천에서는 하상재료로부터 조도계수를 추정하여도 좋다. 단지 그 추정치에 대해서는 다른 비슷한 하천과 비교하든가 또는 그 후의 관측에 의하여 정확도를 높이도록 한다.

2. 조도계수를 역산한 값의 타당성을 확인하거나 자료가 적은 하천의 조도계수를 추정하기 위하여 해당 하천구간의 하상재료는 가장 큰 지표층의 하나가 된다.

제 5 절 수질 조사

5.1 개 요

1. 본 절은 하천환경 계획을 위한 기본 조사로서 하천수질을 조사하여 효과적인 하천환경관리를 도모하기 위한 기준을 정한 것이다. 수질조사는 하천(호소 및 저수지 포함)에 존재하는 지표수를 적정하게 관리할 목적으로 이루어진다.
2. 수질 조사는 목적에 따라 관측 지점에서 수질관측, 오염원(汚染源)과 오염부하량(負荷量)조사, 수질 예측 등으로 나눈다.
3. 수질 조사는 조사가 필요한 시기, 주로 갈수기로서 하천수질이 악화되는 시기를 위주로 택하되, 하천의 유황에 따라 건천이나 간헐천은 풍수기 하천수가 흐르는 기간에만, 상류(常流) 하천은 필요한 기간을 설정하여 수질을 측정한다.

5.2 수질 조사

5.2.1 관측 지점의 설정과 관리

1. 수질 관측 지점은 조사 계획에 따라 설정하되, 가능하면 수질이 안정되고 대표적인 상태라고 판단되는 지점에 설치하여 운영한다. 수질 관측 지점은 상류하천에서 상시 측정하는 기준지점과 필요에 따라 조사하는 추가지점으로 구분한다.
2. 기준 지점은 하천 수질측면에서 하천 유수의 정상적인 기능을 유지하고, 환경기준을 달성하기 위한 공공수역 관리에 중요한 지점으로서 그 지점의 하천 수질이 대상 수역의 수질을 대표할 수 있으며, 지속적인 수질조사가 요구되는 지점을 선정한다. 기준지점을 선정할 때는 (1) 환경부 등에서 설정, 운영하고 있는 수질조사 지점 중 해당 소하천에 위치한 지점, (2) 소하천에서 공공 수역의 수질이 종합적으로 파악될 수 있는 지점, (3) 치수, 이수, 하천환경관리의 기준이 되는 지점, (4) 하천수를 이용하고 있는 주요 지점 등을 고려하여 선정한다.

5.2.2 관측 지점의 설치 기기

1. 수질관측지점과 추가지점에는 수위 및 유량관측 설비를 설치한다. 하천 수질관측 기준지점과 추가지점에서는 채수(採水)와 동시에 수위 및 유량을 측정하여 그 결과를 보존한다.
2. 수질 자동감시 장치는 기준지점 중에서 특히 수질의 연속 감시가 요구되는 지점에 설치하여 이상수질(異常水質)을 쉽게 발견할 수 있도록 한다.
3. 자동 채수장치는 기준지점, 추가지점 및 유역내 주요 오염원이 존재하는 지천 및 배수로 중에서 수질을 지속적으로 감시할 필요가 있는 곳에 설치한다.

5.2.3 채수 위치 및 깊이

1. 하천에서 채수는 유심부에서 실시한다. 단, 좌안 또는 우안측의 수질에 현저한 차이가 있는 곳에서는 하천 폭을 적절한 거리 구간으로 분할하여 채수한다.
2. 저수지의 채수 위치는 앞의 기준을 따르되, 하천과 거의 유사한 좁고 긴 인공 저수지에서는 횡단면의 최심부에서 실시한다. 단 좌우안(左右岸)간의 수질에 큰 차이가 있는 지점에서는 좌우안측을 대표할 수 있는 위치에서 채수한다.
3. 하천에서 채수깊이는 수면으로부터 수심의 20% 깊이로 한다. 단, 수심이 얇고 채수에 의한 하상 저니토의 교란이 우려될 경우는 하상 저니토를 교란시키지 않는 깊이에서 채수한다.
4. 저수지는 수심이 통상 3m 이상으로 수심방향의 수질 변화를 고려할 경우 표수층, 변온층(또는 전이층, 수온 약층), 심수층에서 채수한다. 수심이 3m 이하인 경우에는 변온층 및 심수층 채수는 생략해도 된다.

5.2.4 측정 항목 및 회수

1. 하천(저수지 제외)의 기준지점 및 추가지점에서 측정항목은 수위, 유량, 수온, 생물화학적 산소요구량(BOD), 부유물질량(SS), 용존산소량(DO), 수소이온농도(pH), 총질소(T-N), 총인(T-P), 대장균 군수(MPN)등으로 한다.
2. 저수지의 기준지점과 추가지점에서 측정항목은 수위, 기온, 수온, 화학적 산소요구량(COD), 부유물질량, 용존산소량, 수소이온농도, 대장균군수, 총인, 총질소 등

을 측정한다.

3. 하천(저수지 제외)의 기준지점 및 추가지점에서의 측정 회수는 환경부 기준에 따르되, 필요에 따라 월 1일 이상, 1일중 6시간 간격으로 4회 정도의 측정을 실시한다. 또 하루 동안 수질변동이 큰 하천에서는 필요에 따라 연간 2일 정도, 각 1일에 대하여 2시간 간격으로 13회 연속하여 조사한다. 단, 수질변동이 적은 지점에서는 측정 회수를 줄일 수 있다.
4. 저수지의 기준지점과 추가지점에서의 측정회수는 월 1일 이상, 1일중 12시간 간격의 2회 조사를 실시한다. 또 하루 동안 수질변동이 큰 지점에서는 필요에 따라 6시간 간격으로 1일 4회 조사를 실시한다. 단, 변동이 적은 지점에서는 1일 조사 회수를 1회도 가능하다.

5.2.5 채수 시기 및 방법

1. 채수 시기는 조사기관의 계획에 따라 실시하되, 가능하면 수질이 안정되고 대표적인 상태라고 판단되는 시기에 채수한다.
2. 하천과 저수지에서 기준지점 및 추가지점에서 채수 시기는 하천 및 저수지 수위가 일시적으로 증가되는 기간을 피하여 하천 유량 및 저수지 수위가 비교적 안정된 저수 유출시기(갈수기)를 선택하여 실시한다.
3. 채수 장비, 채수 시료량, 시료용기의 종류 등은 수질분석항목에 따라 다르나, 원칙적으로 "수질오염 공정시험방법" 등에 따른다.
4. 채취한 시료를 현장에서 분석할 수 없을 경우에는 분석항목에 따라 전처리를 현장에서 실시한다. 시료는 가능한 빠른 시일내에 분석하여야 하며 일시적인 저장, 보관이 필요할 경우에는 시료관리 요령에 따르되, 그 외의 항목은 가급적 4℃에서 보관하여 24시간내에 시험함을 원칙으로 한다.
5. 현장에서는 채수 및 시료의 전처리 이외에도 원칙적으로 기후, 기온, 수온, 물의 외관 및 냄새, 투명도, 전체 수심, 채수 수심, 수위 및 유량, 흐름의 상황, 채수 일시, 기타 추천항목으로는 pH, DO, 전기전도도 등을 관측하고 기록한다.
6. 기타 필요한 사항과 자세한 내용은 국가 수질관리 기관인 환경부(1998)의 “수질 측정망운영계획”과 참고 자료를 이용한다.

5.2.6 수질 분석 방법

1. 수질에 관계된 환경기준이 정해진 수질항목의 분석방법은 환경부(1996) 고시 "수질오염 공정시험방법"에 준한다.
2. 각종 형태의 총질소 및 총인의 분석은 환경부(1996) 고시 "수질오염 공정시험방법"에 준하여 실시한다.
3. 탈산소 계수는 표준 BOD 시험방법에 따라 원칙적으로 1일간, 2일간, . . . , 6일간, 7일간의 산소소비량을 측정하여 산출한다.
4. 클로로필의 분석시험은 환경부(1996) 고시 "수질오염 공정시험방법"에 준한다.
5. 수질분석결과는 분석에 사용된 방법의 분석정도를 고려하여 표시한다.

5.3 오염 발생원 및 부하량 조사

5.3.1 오염 발생원 조사

1. 오염발생원의 자료수집과 구역별 분류는 현지 답사 및 지방행정부처의 자료를 이용한다. 오염 발생원은 하천, 호소 및 저수지 또는 이들에 유입하는 하천 또는 그 지천 유역별, 또한 이들에 유입하는 배수로(하수도 포함)는 시설 수역구역별로 분류하여 정리한다. 2개 이상의 행정구역이 하나의 단위 유역내에 포함될 경우에는 각 행정구역별로 구분하여 정리한다.
2. 오염발생원 조사항목은 조사 목적에 따라 결정한다. 대체적으로 해당 유역에 유입되는 인구에 의한 생활, 축산, 공업, 토지이용에 따른 비점 오염원으로 구분하여 조사하고, 구체적인 항목은 환경부 수질보전계획을 위한 관련 조사보고서를 참고한다.

5.3.2 발생 및 배출 오염부하량 조사

1. 발생 오염부하량은 오염발생원 조사 결과에 기초하여 실측치 또는 원단위를 이용하여 산출한다. 발생 오염부하량은 생활, 공장, 가축의 분뇨, 토지 이용등의 발생원에서 발생한 오염물의 전체 부하량이다.
2. 발생 오염 부하량으로 산출할 오염 부하량의 종류는 BOD, COD, 총질소(T-N) 및

총인(T-P) 등이다. 단, 배출원의 하류 하천 또는 배수로의 물이 호소나 저수지 등의 폐쇄성 수역으로 유입하지 않는 경우에는 COD, T-N, T-P에 대한 발생 부하량의 산정은 생략할 수 있다.

3. 배출 오염부하량은 발생 오염부하량을 산출한 모든 오염 발생원에서의 처리 또는 별도 처리(하수처리장, 공장폐수 처리시설, 분뇨 처리시설, 정화조, 축산폐수 처리시설 등)에 의한 부하의 삭감량을 고려하여 원칙적으로 실측치를 기준으로 필요한 수질항목에 대하여 산정한다.

5.3.3 오염부하 원단위의 산정

1. 오염부하 원단위는 배출원별 실측 부하량과 오염원 조사로부터 얻어진 자료로부터 산출하되, 환경부에서 수질보전계획에 사용된 원단위를 적용한다.
2. 오염부하 원단위 조사 항목은 필요에 따라 배수량, BOD, COD, T-N, T-P 등의 항목에 대하여 구한다.
3. 해당 지역에서 오염부하 원단위를 직접 산정하기 어려운 경우에는 생활하수, 축산폐수, 공단폐수, 비점 오염원으로 구분하되, 참고자료집에 제시된 원단위를 참고하여 해당 지역에 따라 설정한다.

5.3.4 유출 오염부하량 조사

1. 관측지점은 유출 오염부하가 해당 하천 및 저수지 등 수역에 유입되기 직전의 지점으로 한다. 원칙적으로 관측지점은 (1) 유역의 모든 배수가 배출되는 지점, (2) 횡단방향의 혼합이 충분하여 수질이 균등하다고 인정되는 직선 부분, (3) 유량 관측, 시료채취가 쉬운 곳이어야 한다.
2. 채수 위치와 채수 깊이는 하천의 지천, 배수로 등의 경우 횡단방향은 유심부만, 수심방향은 수표면에서 수심의 20% 위치만 측정하여도 충분하다.
3. 측정 항목은 조사 목적에 따라 다르지만 원칙적으로 유량, BOD, SS 이외에 COD, 총질소(T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$), 총인(T-P, $\text{PO}_4\text{-P}$) 등으로 한다.

5.3.5 유달률의 산정

1. 유달률은 어떤 유역에서 배출된 오염부하가 하천에 어느 정도 유입되는 지를 나

타내는 지수로서 배출부하량에 대한 유달부하량의 비를 말한다. 유달 부하량이란 오염 발생원에서 오염부하가 삭감되어 배출된 부하가 배수유역에 유하하면서 미생물에 의한 유기물 분해, 흡착 및 침전과정 등을 통하여 제거된 후 대상하천(본류하천)에 도달하는 부하량을 말한다.

2. 일반적으로 유달률은 ① 침식 토양의 유달률, ② 합리식의 유출계수, ③ 통계식을 이용한 유달률, 또는 ④ 실측치를 이용한 유달률 등을 이용하여 산정할 수 있다. 실측치를 이용한 유달률은 각 지천별로 산정된 오염물질 배출 부하량과 실제 각 지천의 끝지점에서 측정한 유량과 수질을 이용한 실측 부하량의 비율로 산정한다.
3. 현재의 유달률은 대상 유역, 지천유역, 오염원의 집합체 등에 의한 각각의 유출 오염 부하량과 배출 부하량을 이용하여 산정한다. 또, 장래의 유달률은 장래의 개발상황, 하수도의 정비상황, 배수의 배출기준, 하천 및 수로의 개수상황 등을 고려하여 현재의 유달률을 기초로 추정한다.

5.4 수질 오염 예측을 위한 조사

1. 하천에서 오염예측방법은 예측 대상 오염물질이 보존성인가 비보존성인가에 따라 결정한다. 보존성 물질의 경우는 확산현상 분석형 방정식으로 해석하고, 비보존성 물질 중 특히 유기성 오염의 예측은 Streeter-Phelps 방정식 또는 미국 환경청의 QUAL2E, WASP5 등과 같은 하천 및 호소수질예측 모형으로 해석할 수 있다.
2. 오염예측을 실시할 경우에는 하천수질의 현황조사, 장래에 발생하거나 유입될 오염 부하량 조사, 하천유황 조사를 실시하여 수질예측 모형의 보정 및 검증에 사용한다.
3. 하천수질 자정작용 능력조사를 위한 조사 시기는 유량이 비교적 안정된 평수시, 저수시 및 갈수시에 실시하되 수질개선 사업 등을 위해서는 갈수기에 조사한다.
4. 하천수의 BOD 감소계수 등과 같은 매개변수는 먼저 자정작용조사를 실시하고 Streeter-Phelps 방정식, QUAL2E 등 하천수질예측 모형을 보정하고 검증하여 산출함을 원칙으로 한다.
5. 저수지의 오염해석은 완전혼합을 가정하는 방법, Plug Flow에 의한 배출을 가정

하는 방법, 확산 방정식의 수치계산에 의한 방법, 부영양화에 의한 방법중 적절한 방법을 선택하여 실시한다.

6. 측정지점은 필요에 따라 하천 및 배수로 등 저수지에의 유입부하량을 관측할 수 있는 위치, 저수지로부터 하천으로의 유출부하량을 관측할 수 있는 위치와 더불어 저수지내의 수질변화가 심한 위치 및 저수지 수질을 대표하는 지점으로 한다.

제 6 절 생태 환경 조사

6.1 개 요

1. 본 절은 하천환경계획을 위한 기본 조사로서 하천의 생태환경을 파악하는 표준적인 방법을 정한 것이다.
2. 생태 환경 조사는 하천환경계획과 관련된 조사로서 필요에 따라 수변조사, 식생 조사, 미소생물 조사, 어류 조사, 조수류 조사를 실시하며, 조사 사업에 따라 필요한 조사를 추가할 수 있다.

6.2 수변 조사

6.2.1 조사의 의의

1. 하천 수변(river corridor)은 하천 형태, 자연 또는 인공 제방, 하천변 토지(통상 소하천법에서 정한 하천 구역을 기준으로 하되 지정되지 않았을 경우 통상 하폭의 4 5배 이내 토지로 함) 이용 등을 기술하기 위해 일정 구간의 하천 구역을 일컫는 말이다.
2. 수변 조사는 기본적으로 하천 수변이 가장 주된 야생 동물의 보고로서 큰 역할을 담당하고 있다는 사실을 인식하고 하천 수변의 하천 생태계에 관한 자료를 지속적으로 확보하여야 한다.
3. 수변 조사는 하천관리 뿐만 아니라 하천 및 홍수터 등 하천구역내의 생태계 차원에서 하천의 자원을 평가하는데 사용될 뿐만 아니라 자연생태계 보전에 대한 우선 순위 결정, 계획된 하천정비공법에 대한 평가와 적용, 향후 바람직한 하천관

리 및 하천 정비 방법의 개발, 바람직한 홍수터 및 홍수 유수지 개발, 장기 하천 환경관리계획 수립시 기초 자료 등으로 활용하는데 그 목적이 있다.

6.2.2 조사 시기

1. 조사 대상지는 하천변 토지에서 하천정비 및 하천환경관리 계획 구간으로 하되 조사 구간은 하천 특성에 따라 다르나 대개 하천 연장 500m로 한다.
2. 조사 시기는 원칙적으로 식생의 동정이 쉬운 시기, 즉 5월에서 8월까지가 적절한 시기이며, 식생이 막 생육하기 시작하거나 휴면기, 휴면이 시작되는 시기를 피한다. 그러나 식생의 동정이 용이한 시기를 파악할 수 있도록 계절별로 조사할 필요가 있다.

6.2.3 조사 방법 및 범위

1. 수변 조사 결과는 지도 형태로 하며, 보통 1:1,000 또는 1:5,000 축척의 지도에 하천명, 조사 구간수, 조사자, 조사 구간의 상하류 도면 위치, 조사날짜, 방향도, 축척, 흐름 방향 등을 기재한다.
2. 조사에 필요한 준비 작업에는 기본도 준비, 수로 연장 500m 단위의 구간 설정, 조사 경로의 설정, 조사원의 구성, 하천식생 목록, 출현이 예상되는 곤충, 조류, 포유류의 목록 작성, 도면 표시 범례 작성 등이다.
3. 수변 권역 구분의 표준적인 방법은 수역권, 수제권, 제방권, 하천주변권 등 4 권역으로 나누어 조사한다.
4. 도면에 기입할 사항은 하천 명칭, 조사자, 축척, 물 흐름 방향, 방위, 조사 일시 등이다. 도면 세부 기입 사항은 수로 연장 500m 내외의 기준으로 구분된 구간마다 4가지의 권역별로 같은 사항을 조사하여 기입한다. 각 권역별 조사 사항은 ① 수역권은 식물상, 흐름의 형태, 하상 변화 형태와 하도 특성 등, ② 수제권은 식물상, 하도 특성 등, ③ 제방권은 수목, 식생, 물리적 특성 등, ④ 하천주변권은 서식처 형태, 토지 이용 등이다.
5. 이 밖에 수변에 대한 단면도의 구성, 도면의 정리, 사진 촬영 등의 작업이 필요하다.

6.3 식생 조사

6.3.1 조사의 의의

1. 조사 목적은 식물체의 생활 및 그 식생의 사회생활에 관한 여러 현상을 고찰하여, 조사대상 구역의 식생 환경을 파악함으로써 호소 및 하천 등의 환경보전과 정비를 위한 기본자료로 활용하는데 있다.
2. 하천을 보전하고 이용하기 위해서는 가능한 대상구역의 입지조건에 조화를 이루어 식물군락을 형성할 수 있는 식생을 적극적으로 활용하여야 하며, 그 식생을 환경지표로도 이용한다. 이러한 생태학적 측면에서 하천 관리의 방향 설정 및 생태이용을 위하여 하천의 식생 조사를 실시한다.

6.3.2 식생 조사

1. 식생 조사는 예비 조사, 현장 조사, 자료정리의 절차에 따라 실시한다.
2. 예비 조사는 대상 군락에 대해 기존 자료 조사와 탐문 조사를 병행하여 실시한다. 현장 조사는 원칙적으로 표본 조사 방법에 따른다.
3. 현장 조사 방법은 다음과 같은 절차와 범위를 따른다.
 - (1) 조사 대상은 조사 대상지역을 서로 비교하여 가장 특징적인 식물종이 형성된 조성상태를 파악한 후, 그 분포가 균질한 몇 개 지역의 식생을 구분하여 각각의 구역중 군락의 분포(퍼짐)가 가장 잘 발달된 곳을 표본조사 대상으로 한다.
 - (2) 조사구역 면적은 종수 면적 곡선에 의해 얻어진 최소면적 이상을 취할 필요가 있다. 대상 군락에 따라 적당한 면적의 조사구역에 조합시켜 표본조사 구역을 설정한다. 조사구역의 수는 최소 5개 이상으로 한다.
 - (3) 조사 구역의 군락 특성을 파악하기 위하여 ① 증명, ② 피도(被度, coverage), ③ 군도(群度, sociability), ④ 밀도(density), ⑤ 빈도(frequency), ⑥ 생활력(활력도), ⑦ 계층구조(stratification), ⑧ 줄기 직경(diameter breast height), ⑨ 기타 조사항목으로 조사날짜와 지명, 해발표고, 방위와 경사각, 조사면적의 크기, 전체 식생 피도, 수령(樹令)과 나무높이, 조사지에 인접한 식물군락 등을 조사 기록하며, 필요에 따라 토양형 및 토양의 종류, 환경조사, 생육형, 생육상태 등도 조사한다.

6.3.3 조사 기록의 정리

1. 예비조사 및 현장조사 결과는 그 조사목적에 따라 적절히 정리하여야 한다.
2. 군락(群落, community)의 종다양도(species diversity)는 군락의 구조 및 기능을 측정하기 위하여 종다양도 지수를 산출한다. 군락의 종다양도 지수의 산출은 그 산출방법이 다양하나, 그 중 가장 대표적인 Shannon의 다양도 지수법으로 한다.
3. 군락의 우점도(優占度, dominance)는 군락내에서 특정종이 차지하는 우점의 정도를 나타내는 것으로서 여러 방법이 제안되어 있으나 1.0에서 군재도 지수를 뺀 값으로 한다.
4. 식생 조성표는 유사한 식물의 군락별 식생조사 결과가 5개 이상이 되면, 야장 또는 식생 조사 양식지에 표시된 것만 가지고 서로 비교가 곤란하므로 별도로 하나의 표에 정리하여 작성한다.
5. 조사지역의 식생 조사 결과를 가지고 작성된 식생 조성표에는 상재도(相在度)가 높은 종과 낮은 종이 혼합하여 존재함으로써 식생분포를 찾아보기가 매우 어렵다. 따라서 개략적으로 파악할 수 있는 지표인 상재도에 의한 종의 배열이 필요하다. 상재도는 식생 조성표의 각 출현종을 식생조사 총수에 대한 백분율(%)로 표시한다.
6. 식생도(vegetation map)를 작성할 때는 지형도를 기초로 현장조사에 의해서 이루어진다.

6.4 미소생물 조사

6.4.1 조사의 의의

1. 미소생물 조사는 수중에 서식하는 여러 생물중에서 어류, 수생 고등식물 등을 제외한 비교적 소형의 생물 또는 현미경으로 관찰할 수 있을 정도(육안으로 확인할 수 없는 정도)로서 주로 플랑크톤, 저서성(底棲性) 무척추동물, 부착조류와 같이 작은 크기의 생물을 대상으로 한다.
2. 조사결과를 이용하면 조사대상 수역의 수질악화 실태, 오염발생원의 분포상태, 오염 부하원의 규모, 생물학적 자정능력, 부영양화 정도 등을 파악할 수 있고, 화

학 및 물리적 조사로는 충분히 파악하기가 곤란한 오염의 시간적 변화 등을 파악할 수 있다. 이러한 특성 때문에 미소생물조사는 수중에서 생태환경의 실태를 파악하고 감시(monitoring)하는 방법 등으로 활용될 수 있다.

3. 조사 대상 생물군은 플랑크톤, 저서 생물, 부착생물 등으로서 생태학적으로 서로 다른 성질을 갖고 있다. 이들 생태군을 구성하는 각각의 생물은 세균, 원생동물, 하등 후생동물, 조류, 균류 등 그 폭이 매우 다양하나, 수중 생물은 그 환경요인과 상호관계를 가지므로 그 환경을 반영한 상태로 존재한다.
4. 생물군집의 시간적 천이과정을 추적함으로써 오염 발생기구를 파악할 수도 있고, 또는 수환경에 관한 지표 작성을 위한 자료로도 사용이 가능하다. 물리·화학적 조사가 조사당시의 실태만을 파악할 수 있는 반면, 미소생물 조사는 어느 정도 과거의 상태를 누적시켜 놓은 결과를 얻을 수 있다는데 큰 의의가 있다.

6.4.2 조사 내용

1. 조사 내용은 대상 수역내 각 생물군집의 구성, 각 생물군집의 현존량, 각 생물군집의 분포상태 등이다. 또, 조사시에는 환경조건을 알기 위한 물리화학적 조사를 병행한다.
2. 조사는 그 목적에 따라 내용도 다르기 때문에 조사내용을 일률적으로 정하기는 어렵기 때문에, 오염물질의 생물개체에 미치는 영향에 관한 조사나 생산력조사 등을 제외하고 앞 3개 항목을 기본적으로 조사한다. 이들 항목의 시간적 변화추이를 추적함으로써 물질수지, 식물연쇄(植物連鎖) 등의 구조를 파악할 수 있다.

6.4.3 조사 방법

1. 구체적인 조사는 그 조사의 목적에 따라 조사지점의 설정, 조사회수, 조사시기, 시료채취 방법 등을 검토한다. 또한 하천의 수리·수문학적 자료를 이용하여 하상 형태, 전체 수계도, 하천 종횡단면도, 기타 수리·수문자료, 생물자료 등이 필요하다.
2. 조사지점을 선정할 때는 사전에 조사대상 수역 또는 수계의 현지답사를 실시한다. 일반적으로 하천에서는 상류에서 하류방향으로 답사하여 파악된 하천 형태, 하상 형태와 유입하는 지류 하천, 오염부하 발생원(도시하수의 방출구, 공장의 배수구 등)의 존재 등을 고려하여 조사지점을 선정한다.

3. 조사회수는 조사의 목적 및 대상에 따라 그 빈도가 결정되어야 한다. 조사회수는 최저 연 2회(여름과 겨울)를 실시하는 것이 바람직하며, 일반적으로 2개월에서 3개월에 1회 정도이다. 또 1년에 1회만 조사하게 될 경우에는 생물활동이 활발한 여름철을 택한다.
4. 1회에 소요되는 조사기간은 가능한 한 짧은 것이 좋으나 2~3일 이내에 끝낸다.

6.4.4 시료 채취 방법

1. 주로 정체된 자연 하천수 중에는 여러 수심에서 부유하고 있는 미소동식물을 포괄적으로 플랑크톤이라 부른다. 또한 플랑크톤을 동식물로 구분할 경우에는 동물성 플랑크톤(zooplankton)과 식물성 플랑크톤(phytoplankton)이라 한다.
2. 동물성 플랑크톤은 조사 목적의 정도를 고려하여 다음과 같은 방법중 하나를 택한다.
 - (1) 정량적 채취법(현존량 조사용 채수법) : 에크만식 채수기 등과 같은 채수기를 사용하여 특정 수심으로부터 채수한다. 부영양화된 수역에서는 시료 채수량은 50~100ml 시료로 충분하다. 일반적으로 500~1,000ml 정도, 빈영양 상태(貧營養狀態) 수역에서는 10ℓ 이상의 시료가 필요하기도 하다.
 - (2) 정성적 채취방법(군집 구성, 출현빈도, 분포용 채수법) : 부영양화된 호소, 저수지 등에서도 호소물, 저수지물 1ℓ~500ml를 용기에 넣고 시판용 포르말린 5ml를 가하여 하루 동안 방치한 후 침전된 시료로 한다.
3. 저서 생물은 저니의 표면 또는 저니중, 하상부 자갈 표면 및 밑면에 서식하는 각종의 생물군을 총칭한다. 본 조사에서는 원칙적으로 육안으로 관찰할 수 있는 저서생물(macro-benthos)과 육안으로 관찰할 수 없는 저서생물의 2가지로 구분하여 조사한다.
4. 부착생물은 넓은 의미로 보아 저서생물에 포함되나 생태학적 특성으로 구별한다. 따라서 인공적으로 만들어진 부착판 위에 부착하는 생물을 주요 대상으로 필요에 따라 수역 중의 기둥, 수초 표면 등 자연구조물에 부착된 생물을 대상에 포함시킨다.

6.4.5 시료의 보존 및 분석

1. 채취한 시료는 가능한 신선한 상태로 속종(屬種)의 판단 및 계측을 실시하는 것

이 바람직하다. 여름철과 같이 고온에서는 채취후 수시간내에 쉽게 부패할 수 있으므로 시료 채취후 바로 포르말린을 이용하여 고정하여 보존 처리한다. 또 일부 동물성 플랑크톤, 부착생물은 고정 보존처리가 어려우므로 채취시료 일부를 분리하고 저온 보존하여 실험실로 운반한다.

2. 부영양화된 호소, 저수지 등의 플랑크톤은 채수한 시료에서 일정량을 직접 채취하여 검토가 가능하나 일반적으로 농축하여 처리한다. 또한 육안으로 확인할 수 없는 저서생물, 부착생물의 검토는 희석시킨 시료를 대상으로 한다.
3. 정성(定性) 방법은 분류의 특징을 나타내는 검색표와 각 종에 대해 기재된 문장 표현을 이용하여 동정하지만, 특히 육안으로 확인할 수 없는 생물은 전문가에게 동정을 의뢰하여야 한다.
4. 정량(定量) 방법은 생물군에 따라 정량화 방법 및 표현 방법이 서로 다르나 일반적으로 단위면적 또는 용적당 개체수 또는 세포수를 가지고 표현한다. 또 목적에 따라서는 생물 각각의 용적 또는 전체용적을 가지고 표현하기도 한다.

6.4.6 대상 수역별 조사 방법

1. 조사대상 수역은 크게 저수지, 하천으로 구분된다. 이들 수역은 수리, 수질 환경에서 서로 큰 차이가 있으므로 각각의 특성에 맞는 조사방법을 선택하여 적용하여야 한다.
2. 저수지는 그 목적에 따라 인위적으로 수량을 조절하므로 저수 단면형, 수위변동, 유출입수의 유속 및 유입수의 체류시간 등이 자연호소와 아주 다른 성격을 지닌 경우가 많다. 따라서 미소생물을 조사하기 전에 조사대상 저수지의 수리·수문학적 특성을 파악하여 조사지점 및 조사방법 등에 관한 계획을 수립하여야 한다.
3. 하천에서 미소생물조사는 하천형태와 하상형, 유입 지천, 오염부하원 등과 같은 조건을 고려하여 조사지점을 선정한다. 또 조사목적, 지점의 성격 등을 상세히 검토하여 조사대상 생물군의 항목들을 결정하여야 한다. 또한 유량, 유속 등 하천유황 등을 충분히 고려하여 조사시기 또는 기간 등을 결정한다.

6.4.7 자료의 정리

1. 각 수역에서 조사 결과를 조사목적에 따라 분석이 가능하도록 정리한다. 자료는

반드시 채취월일, 채취지점 및 채취조건(기상, 방법 등)을 정리한다.

2. 군집구성(群集構成) : 각 시료중의 출현생물을 분류군별로 속종(屬種)을 나열한다.
3. 현존량 : 각 시료중의 출현생물 속종에 대해 단위면적당 또는 단위용적당 개체수 또는 세포수를 표시한다.
4. 수질판정
 - (1) 군집구성 및 현존량 자료를 이용하여 각각의 속종에 대한 등급판정이 가능하도록 표를 작성하여 각 속종이 어떤 등급에 들어가는 지를 결정한다.
 - (2) 군집구성 및 현존량 자료를 이용한다. 육안으로 확인할 수 없는 생물을 이용하여 수질판정 자료를 작성할 경우에는 자료에 기재되어 있는 속종을 지표생물표에 의해 판정한다.
 - (3) 생물학적 수질등급지도 작성법 : 지표생물표에 의해 각 조사지점의 수질등급이 결정되면 그 결과를 조사수역의 약도에 기입한다.
 - (4) 육안으로 확인할 수 있는 저서생물에 의한 수질판정 : 육안으로 확인할 수 있는 생물에 의한 수질판정법으로는 Beck-Tsuda법(α, β 법), Pantle과 Buck법, 우점종법(優占種法) 등이 개발되어 있는데, 각각의 목적에 따라 조합하여 사용한다.

6.5 어류 조사

6.5.1 조사의 의의

1. 어류조사는 대상구역의 어종 및 그 식성과 서식 환경을 조사함으로써 해당구역의 수질과 생태 환경을 파악하고, 하천 수질 및 유량 관리를 통해 해당 하천의 서식 어종을 보전하고자 하는데 있다.
2. 하천의 환경조건이 변화함에 따라 그 곳에 서식하고 있는 생물군집도 영향을 받아 그 조건에 적응하는 생물군집으로 변화한다. 이것은 수생곤충 및 미생물 뿐만 아니라 어류에도 마찬가지다. 어류를 수역의 생물지표로 이용하는 것은 어류가 인간과 매우 밀접한 관계를 갖고 있다는 점과 그 지표로서 이용하기가 대단히 쉽기 때문이다.

6.5.2 조사 내용

1. 어류조사 내용은 그 목적에 따라 변화하므로 일률적으로 정하기가 어려우나, 어류상 실태, 현존량(조사 시점에 서식하는 종의 수 및 그 양), 식성(食性), 서식 환경 조사는 기본적으로 조사하여야 한다.
2. 어류상 실태 조사는 통상 물고기는 비교적 종류가 적고 대형이기 때문에 그 종류를 구분하기가 비교적 쉬우나 치어(稚魚)를 구분할 때는 어려움이 많으므로 전문가에게 문의하여 구분하여야 한다. 어류상 조성 실태조사 방법은 (1) 탐문조사, (2) 통계자료를 활용하는 방법, (3) 육상에서 편광 카메라나 쌍안경을 이용하여 관찰에 의한 방법 또는 수중에 들어가 관찰하는 방법, (4) 직접 채집에 의한 방법 등이 있으며, 조사목적에 따라 실시하여야 한다.
3. 현존량의 조사를 위한 개체수 추정 방법은 육상 또는 수중에서 직접 관찰하는 방법, 포획에 의한 방법, 표시한 어류를 방류하여 조사하는 방법, 어종 관찰에 의한 방법이 있으나 조사 수역의 상황, 조사목적에 따라 적절한 방법으로 실시해야 한다.
4. 물고기의 몸길이 측정에는 보통 표준 몸길이가 이용된다. 이는 주둥이 선단에서 부터 등뼈 끝까지의 길이를 의미한다. 체중은 건조(乾燥) 중량과 습윤(濕潤) 중량이 있다. 건조 중량은 70 ~ 80 °C의 건조기에 넣고 중량의 변화가 멈춘 시점의 값을 이용한다. 몸길이 15 cm 이하이면 약 36시간 정도만 두어도 일정한 무게에 도달한다. 습윤 중량은 여과지로 몸표면, 구강(口腔)내 및 아가미내의 수분을 닦아낸 후 무게를 잰다. 몸길이 군별의 평균체중으로서 얻어진 값과 개체수로부터 수역전체의 현존 중량을 산출한다.
5. 식성조사는 1차 생산자인 조류, 2차 생산자로 조류를 섭취하는 수생 곤충 및 어류, 3차 생산자로서 2차 생산자를 섭취하는 어류로 이어지는 먹이사슬을 조사하여 수역의 생태계조사를 실시한다.
6. 어류의 서식 환경 조사는 해당 어류상 조사와 함께 어류의 성장 단계별로 서식지에 대해 수심, 유속, 수면폭, 하상 재료, 하상 구조 등과 같은 수리·수문 조건, 수온, 용존산소, 생물화학적 산소요구량, 기타 관련 수질 조건, 어류 서식지의 식생 조사 등을 실시한다.

6.5.3 조사 및 분석 방법

1. 채집 지점 선정은 물고기는 큰 이동성을 갖고 있을 뿐만 아니라 동시에 그 종류에 따라서 서식하는 장소의 특이성을 지닌다. 또 계절적으로도 서식장소가 변화하기 때문에 채집지점의 선정에 충분한 주의가 요구된다.
2. 일반 하천에 서식하는 어류는 그 지역 어업 종사자나 주민이 많은 정보를 가지고 있는 경우가 많다. 또 환경부 지정 보호어종, 지정된 천연기념물 등이 서식하는 경우도 있으므로 사전에 지역 관계자와 협의하여 채집지점의 선정뿐만 아니라 조사시기, 어류 포획법, 조사 회수 등을 결정한다.
3. 어류의 서식 환경 조사는 해당 항목의 특성에 따라 일반적인 수리·수문 조사 방법, 수질 조사 방법, 식생 조사 방법에 따르고 필요시 전문가의 의견을 들어 검토한다.
4. 일반적으로 어류 채집은 각 조사 지점별로 상하 200m 구간에서, 채집 어구는 투망(망목 8x8mm, 10x10mm), 족대(망목 3x3mm, 4x4mm)를 사용한다. 채집된 어류는 현장에서 10% 포르말린액에 고정하여 실험실로 운반하여 동정 분류한다. 어류의 동정에는 국내에서 현재까지 발표된 검색표를 이용하고, 분류체계는 Nelson(1994)을 따른다.
5. 어류군집의 분석을 위해 각 조사지점에 대하여 우점도, 다양도, 균등도 및 종풍부도를 구한다. 먼저, 일반적으로 우점도는 McNaughton's Dominance Index(DI), 다양도는 Shannon's Diversity Index(H'), 균등도는 Pielou's Evenness Index(E), 종풍부도는 Information Theoretic Index(RI)에 따라 산출한다. 이때 분석은 SPSS/ PC+ 등과 같은 군집 분석(Cluster Analysis) 프로그램을 이용하고, 군집간의 유사도로부터 군집간의 관계를 분석한다.

6.6 조수류 조사

6.6.1 조사의 의의

1. 조수류 조사는 조사대상구역의 조수류에 대한 종류 및 생태를 조사함으로써 해당구역의 서식지 및 공간적 환경 특성을 파악하는데 그 의의가 있다.
2. 하천, 호소 및 그와 접속된 공간에는 매우 다종다양한 생물이 서식하고 있으며,

그들 상호간에는 밀접한 관련을 지닌 생태계를 형성한다. 조수류도 그 예외가 아니어서 많은 종류가 생활의 일부 및 전부를 하천, 호소에 의존하고 있다.

3. 조수류의 섭식 활동은 수중 및 하상토에 서식하는 작은 동물을 먹는 종, 수면상의 암석, 나무 등에 대기하면서 수중의 작은 동물을 먹는 종, 상공을 날다가 수중의 동물을 먹는 종 등 여러 가지 유형이 있고, 등지를 트는 환경 특성으로는 하천 언덕 위 구멍에 등지를 짓는 종, 하천 언덕 위 바위에 등지를 짓는 종, 수면 위에 짓는 종, 갈대숲에 짓는 종 등 다양하므로 구분할 수 있어야 한다.
4. 섭식 생물의 감소 및 등지 환경의 변화는 직접 서식수의 감소에 이어지는 것도 있고, 기타 환경에 적응하지 못한 조수류에게는 절대적으로 서식수의 감소로 이어지기도 한다. 하천, 저수지의 공사계획을 수립할 때는 필요에 따라 그 구역의 조수류를 조사하고, 현재 및 앞으로 공사에 따른 조수류에 미치는 영향을 파악해 놓는 것이 매우 유익하다. 이 결과는 그 구역에 서식하는 조수류의 감소를 막거나 그 감소폭을 최소화하는 대책 설정의 기초가 되도록 한다.

6.6.2 조사 방법

1. 조수류 조사는 조사목적에 따라 적절한 방법으로 실시한다. 조사 방법은 조사 목적에 따라 다르나, 서식 종류와 그 수(등지수도 포함)를 파악하는 것이 목적이고, 일반적으로 조사 방법에는 선 센서스와 지구 센서스가 있다. 또 조류는 번식, 월동, 중계 등 각각의 계절에 따른 서식종류와 개체수가 큰 폭으로 변하기 때문에 조사시기에 충분한 주의를 기울여야 한다.
 - (1) 선 센서스(line transect) : 조사지구에 미리 조사 정선(1km 이상 5km 정도까지, 직선이 아니라도 무방)을 설치하고 1km당 약 40분의 속도로 보행하여(수상에서는 선박을 이용 조사한다) 그 양쪽에 정해진 폭내에서 출현하는 조류를 기록한다. 숲속에서는 그 폭을 40 50m, 개활지나 바다에서는 적절히 증가시킨다.
 - (2) 지구 센서스(plot census) : 조사지내의 균일한 환경중의 조류의 종류, 개체수를 파악하기 위해서는 바람직한 방법이다. 조사지의 전부 또는 일부(일정 면적)를 조사구역으로 한다. 이 방법에는 구역내를 관찰폭내에 전부 포함시켜 지그재그로 이동하면서 관찰하는 지그재그법, 구역내를 일정 거리의 격자로 나누고 각 격자별로 조사하는 구획법, 구역내의 전망이 감제되는 정위기록 관측점에서 망원경으로 조사하는 정위기록법 등이 있으며 해당 지역의 특성에 따라 그 방법을 선정한다.

3. 수류의 조사 방법에서 조류는 비슷하여 개체를 직접 목격하기가 어려우므로 짐승류의 흔적(굴, 배설물, 털, 발자국, 생식냄새 등)을 파악함으로써 추정한다.

6.7 기타 문화재 및 유적지 조사

6.7.1 조사의 의의

1. 유역내 현존하고 있는 사찰, 공원, 서원, 향교, 고분 등 문화재 및 유적지 등에 대한 시설물의 유무와 그들의 역사적 배경 및 의의, 문화재 지정 내력 등을 조사하여 하천환경계획수립 등에 이용하도록 한다.
2. 하천환경을 위한 유역내 조사는 하천과 주변 지역과의 상호 관계를 규명하여 하천의 이용과 보전 방침을 설정하기 위한 것으로서 크게 사회적인 요소와 자연적인 요소로 나눌 수 있다.
3. 사회적인 요소로는 유역 특성 조사의 일부분인 인구 및 토지 이용 현황, 교통 및 문화, 유적지의 분포 현황, 지역 사회에서 해당 하천이 갖는 위상 등을 조사 검토하여 하천의 이용 및 보전 가능성을 평가하기 위한 것이며, 자연적인 요소로는 자연 식생 현황 및 보전 대상, 하천 구조로서 여울과 경관이 뛰어난 구간과 지점 등으로 자연 보전의 필요성을 평가하기 위한 것이다.

6.7.2 조사 방법

1. 문화재 및 유적지 현황 조사는 기본적으로 하천조사와 병행하여 관련 전문가 또는 협회가 정한 문화재 및 유적지 조사 방법을 따르기로 한다.
2. 이 조사는 해당 하천의 자연 보전과 하천의 친수성 제고와 연계시켜 하천환경의 고도 이용을 추구하는데 중요한 사항으로서 문화재 및 유적지 관리를 담당하고 있는 관계 부처나 기관의 자문을 통하여 그들의 역사성과 가치를 평가하는 조사가 포함되어야 한다.

제 3 장 측 량

제 3 장 측 량

제 1 절 측량 계획

1.1 일반

1. 본 장은 하천에 관한 측량의 일반적인 기법을 정하기 위한 것으로 이에 관한 사업의 적용기준을 기술한다.
2. 본 장은 하천측량시 경제적이며 효율적으로 소정의 정확도를 얻도록 하기 위하여 기준을 정하는 사항이나 실시계획은 작업기관에서 경제성을 주안점으로 하여 측량계획을 세우게 되므로 이에 따른 성과의 심사를 실시해야 하는데 이는 건교부 <공공측량 심사업무처리규정>에 따른다.
3. 본 장에서 언급되지 않은 일반사항에 대해서는 건교부 <공공측량 표준작업규정>에 따라 실시한다.

1.2 하천 측량계획

1.2.1 측량계획

1. 측량을 실시할 경우에는 원칙적으로 현장답사를 통하여 측량목적에 따른 측량의 범위, 방법, 정확도(精確度 또는 精度) 및 허용오차를 정하는 것으로 한다. 또한 공공측량 및 기본측량 성과의 활용을 도모해야 한다.
2. 공사를 위한 측량이란 보통 한가지의 측량만을 수행하는 것이 아니고 거리측량, 삼각측량, 수준측량, 수심측량, 종단측량, 횡단측량, 그리고 다각측량 등의 측량기술을 종합한 종합적인 측량시스템으로 이루어 진다. 그 시스템은 공사의 사회적 환경이나 토지조건에 의해 규제를 받게 되고 최적의 측량은 각각의 조건에 따라 다르기 때문에 측량을 실시할 때에는 현장답사를 통하여 측량목적에 따른 측량의 범위, 방법, 정확도를 정할 필요가 있다.
3. 각 측량방법에 의해 얻어진 성과의 정확도에는 한계가 있기 때문에 측량의 목적에 대응하는 허용오차를 설정해서 측량방법을 선정한다.

4. 소하천에서의 측량의 범위, 방법 및 정확도는 사방댐, 유로공 등 소하천의 공사에 대한 공법과 계류의 규모에 따라 적절한 성과가 얻어지도록 결정한다. 이와 같은 공사를 위한 측량은 원칙적으로 일반 하천의 측량과 같지만 대상이 산간부이기 때문에 깊은 계곡이라는 것, 국부적인 공사라는 것 등의 이유로 일반적인 측량과 다른 점이 있다.

1.2.2 하천의 기본계획에 관한 측량계획

1. 하천의 기본계획을 위해서는 각각의 목적에 따라 다음 측량을 실시한다.

<표 3.1.1> 기본계획 조사시의 측량계획

측 량 작 업 명	측 량 의 종 류	목 적
계획용 기본도 작성 (지형 현황 측량)	평 판 측 량 사 진 측 량 (축척 1:500 1:1,200)	계획책정
골 조 측 량	삼 각 측 량 다 각 측 량 (도 근 측 량)	기준점의 좌표설치
종 단 측 량	수 준 측 량 종 단 측 량	하도계획, 하천개수 계획 수립
횡 단 측 량	횡 단 측 량 수 심 측 량	하도계획, 하천개수 계획 수립

1.2.3 하천개수공사 실시에 관한 측량계획

1. 하천개수공사를 위해서는 각각의 목적에 따라 다음 측량을 실시한다.

<표 3.1.2> 실시설계 조사시의 측량계획

측 량 작 업 명	측 량 의 종 류	목 적
지형 현황 측량	평 판 측 량 사 진 측 량 (축척 1:500 1:1,200)	실시계획서 작성 법선등의 계획
법선 및 종횡단 측량	중심선 측량 종 단 측 량 횡 단 측 량	법선결정, 토공량등의 적산
용 지 측 량	공사용 다각측량 지형(용지) 측량 용지 경계 측량	용지폭 말뚝(경계말뚝)의 결정, 용지매수

1.2.4 하상변동 조사에 관한 측량계획

1. 하상변동조사에 관한 측량계획은 본 장 '1.2.2 하천의 기본계획에 관한 측량계획'에 준한다.

제 2 절 하천의 기본계획을 위한 측량

2.1 골조측량

1. 골조측량은 국립지리원에서 매설한 기본 삼각점을 바탕으로 점간거리 1km 이상의 기준을 결정하는 경우에는 삼각측량에 의해 실시하고, 점간거리 300m 전후에서는 다각측량에 의해 실시한다.
2. 단지, 광파 측량기 및 전자파 측량기에 의해 측량할 경우에는 점간거리 3km 이내에서는 다각측량을 실시해도 좋다.
3. 다각측량은 삼각측량보다 간편하고 한눈으로 관측하기 곤란한 곳에 적합하다. 거리측정은 강줄자를 사용하면 점간거리가 길어짐에 따라 거리측정의 정확도가 나빠지므로 간접 거리측량인 다각측량을 실시하는 경우가 있다. 그러나 광파 측량기 및 전자파 측량기를 사용하면 거리측정 정확도가 좋고 삼각측량에 대등한 정확도를 얻을 수 있다.
4. 한편, 골조측량의 요령은 일반 지상측량 및 사진측량의 골조측량 요령에 의해 실시하며 보조삼각점 및 도근점 중 특히 필요한 지점 등은 차후에 실시하는 공사측량 및 기타 측량시에 활용할 수 있도록 가급적 영구표석을 매설한다. 측량의 성과는 지적기준점의 성과와 일치되도록 깊은 주의를 기울여야 한다.

2.2 지형현황 측량

1. 지형현황 측량이란 전술한 골조측량에 의한 도근점 등 측량 기준점의 성과를 바탕으로 지상의 지형 지물 및 경계 등을 측량하고 도시하는 것으로 평판 또는 항공 사진측량에 의해 실시하고, 지형 지물 및 주요 하천구조물의 위치 등을 측량하고 도시하여 지형현황도를 작성한다.

- (1) 계획용 기본도 작성을 위한 지형현황 측량의 축척은 1:500 1:1,200을 원칙으로 하되 그 축척은 조사대상 하천의 하폭 등 현지 실정에 따라 정한다.
- (2) 측량의 범위는 계획법선을 중심으로 제외지측의 전구간과 제방이 설치되어 있는 구간에서는 제내지측 50m 이상, 제방이 설치되어 있지 않은 구간에서는 과거 최대홍수위선 이상까지로 하며 치수경제 분석을 위한 홍수범람도 작성 등에 기본자료로 활용한다.
- (3) 지형현황도에 삽입될 내용은 지형현황 측량성과를 비롯하여 다음에 기술되는 중형단측량의 성과도 함께 삽입한다.
- (4) 조사목적에 따라 필요한 등고선을 삽입하며 등고선 간격은 다음과 같다.

<표 3.2.1> 등고선 간격의 기준

축척\등고선의 종류	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
1:1,000	1m	5m	0.5m	0.25m
1: 500	1m	5m	0.5m	0.25m

주) 축척은 지형측량의 목적에 따라 결정할 필요가 있다.

2.2.1 정확도 및 심사

1. 골조측량 및 지형현황 측량과 후술하는 중형단 측량 등 하천측량의 정확도는 건설부의 공공측량 표준작업 규정에 따르는 것을 원칙으로 하며 국립지리원에서 시행하는 심사를 받아야 한다.
2. 성과품의 작성 및 제출 등은 사업계획 기관의 요구에 따르고 측량성과의 정확도 및 심사는 건설부의 공공측량 성과 심사사무처리규정(건설부 고시 제42호, 1991. 1. 29)에 의거 국립지리원에서 시행 (또는 위임받은 측량협회)하는 심사를 받아야 한다.

2.3 거리표(측점)의 설치

1. 거리표는 하천 좌우 양안에 설치하되 유심에서 직각방향의 제방 비탈머리에 설치하며 지류는 본류와의 합류점에서부터의 종단거리를 표시한다.
2. 거리표 설치작업은 하천의 하구 또는 본류와의 합류점에 기점을 설치하고 하천의 상류를 향하여 50 100m마다 순차적으로 설치하는 것을 표준으로 한다. 설치

장소는 원칙적으로 제방 안쪽 비탈머리에 설치하되 제방이 설치되지 않은 부분에서는 지반 및 지형의 변동우려가 없는 지점에 설치한다.

3. 거리표는 차후 하상변동조사 측량 및 실시설계조사 측량 등에 활용되는 경우가 많으므로 이들 측점중 비중이 큰 지점에 대해서는 과거 최고홍수위 이상되는 지점에 약 0.5 1.0km 내외의 간격으로 영구표석을 매설하며 지상에서 약 10 30cm 정도 노출되게 한다. 또한 이들 표석은 기준점으로 활용하는 경우가 많으므로 가급적 표고 및 좌표 등을 함께 측량하여 두는 것이 바람직하다.
4. 그리고 측점간의 간격은 배수위 계산 등의 중요 인자인 구간거리가 되므로 측점간 거리는 가급적 하폭과 유사한 간격으로 설치하는 것이 바람직하며, 하폭이 급변하거나 보 및 교량 등 하천 횡단구조물이 설치되어 있는 지점 등에서는 추가 측점을 설치한다.

2.4 수준 및 종단측량

1. 수준측량은 국립지리원에서 매설한 1등 또는 2등 수준점으로부터 조사구간내에 설치한 측점까지의 수준표고를 연결하는 측량이고, 종단측량은 하천의 종단형을 구하기 위하여 좌우양안에 설치한 측점의 표고 및 지반고 등을 측량하는 것이다.
 - (1) 작업은 좌우 양안을 일환으로 하여 폐합시키고 좌우 양안에서 각각 왕복측량을 실시한다.
 - (2) 도면의 축척은 종으로 1:100, 횡으로 1:1,000 1:2,000 정도를 표준으로 한다. 축척을 결정할 때는 계획기관과 협의한다.
 - (3) 종단측량시에는 측점의 표고를 비롯한 측량구간내에 위치한 수위표 영점표고 및 단별 표고(수위표 수준점등 포함), 수문 및 갑문의 문턱, 교량, 보 등 각종 하천시설물의 필요한 표고를 측량하여야 한다.
 - (4) 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. 단, 철도계획에서는 100m를 가산하고 있음에 주의해야 한다.
 - (5) 수준측량의 정확도는 건설부 공공측량 표준작업 규정의 1급 수준측량 이내이어야 하며 종단측량은 하천의 중요도에 따라 1급 3급 수준측량의 정확도가 필요하되 산간부의 급경사 하천에서는 4급 수준측량의 정확도를 실시할 때도 있다.

<표 3.2.2> 각 급별 수준측량의 정확도

구 분	1급 수준측량	2급 수준측량	3급 수준측량	4급 수준측량	비 고
왕 복 차	$2.5\text{mm} S^{1/2}$	$5\text{mm} S^{1/2}$	$10\text{mm} S^{1/2}$	$20\text{mm} S^{1/2}$	S : 편도 관측거리 (km)
폐 합 차	$2.0\text{mm} S^{1/2}$	$5\text{mm} S^{1/2}$	$10\text{mm} S^{1/2}$	$20\text{mm} S^{1/2}$	
검 측	$6.0\text{mm} S^{1/2}$	$8\text{mm} S^{1/2}$	$20\text{mm} S^{1/2}$	$30\text{mm} S^{1/2}$	

(6) 종단도는 하류측을 좌측이 되도록 작성한다. 종단도의 기재사항은 후술하는 횡단측량 성과 및 배수위 계산 성과 등을 종합적으로 하여 대체로 다음 <표 3.2.3>와 같이 작성한다.

<표 3.2.3> 종단도의 기재 양식(예)

표 고 (T.P.m)	20 15 10 5 0 -5	○ ○ 종 단 면 도	측척 1: 종횡 1:
좌안제방고 T.P.(m)			
좌안제방고 T.P.(m)			
우안제방고 T.P.(m)			
최심하상고 T.P.(m)			
계획제방고 T.P.(m)			
계획홍수위 T.P.(m)			
계획홍수터 T.P.(m)			
계획하상고 T.P.(m)			
추가거리 (m)			
구간거리 (m)			
측 점 (km)			

2.5 횡단측량

1. 횡단측량은 하천의 양안에 설치해 놓은 종단측점을 기준으로 하여 그 시준선상의 높낮이를 측량하여 측점의 횡단형이 나타날 수 있도록 한다.
 - (1) 측량의 범위는 종단측점(또는 계획법선)을 중심으로 제외지측은 하천수가 흐르는 부분을 포함하여 전구간을 측량하고 제내지측은 제방이 설치되어 있는 곳에서는 30m 이상, 제방이 설치되어 있지 않은 곳에서는 과거 최고홍수위 이상되는 지점까지 측량함을 원칙으로 한다.
 - (2) 횡단측량은 스틸테이프, 트랜싯 또는 수준기, 표척을 사용하여 거리와 고저를 측량한다.
 - (3) 한 단면의 횡단측량을 실시할 때 점간거리는 하쪽에 따라 5 20m를 원칙으로 하나 급변화가 있는 지점 등에서는 추가점을 측량해서 상세하고 완전한 횡단형을 작성할 수 있도록 한다.
 - (4) 횡단측량은 반드시 종단측량시 측량한 좌우안의 측점에 연결하여 횡단측량의 정확도를 확인한다.
 - (5) 횡단도의 축척은 종으로 1:100, 횡으로 1:100 1:200을 원칙으로 작도하되 유수의 하류방향을 기준으로 좌안측이 왼쪽, 우안측이 오른쪽이 되도록 하며 축척을 결정할 때는 계획기관과 협의한다.
 - (6) 우선 수심측량은 횡단측량의 측선상에서 좌우안측의 수면경계선(또는 水涯線)에 말뚝을 박는다. 그리고 5m 내외의 간격으로, 각각 수심을 측량하되 하상의 급변화가 이루어진 지점은 추가측점을 선정하여 측량한다. 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.
 - (7) 수심측량시 수심이 얇은 경우에는 폴(pole) 또는 측심봉 등을 사용하여 도보에 의한 측량을 실시하고 수심이 깊은 경우에는 측심봉 등을 사용하여 측량을 실시하되 단시간내에 실시해서 수위변동을 인한 오차가 발생하지 않도록 주의해야 한다. 특히, 서해로 유입되는 하천의 감조구간은 조위변동으로 인한 극심한 수위변동이 예상되므로 수심측량과는 별도로 조위관측 등을 계속함과 동시에 이 조위관측 자료를 분석하여 수심측량 성과의 보정자료로 활용한다.
 - (8) 수심측량시 위치를 정하는 측량에는 측선상의 육상에 트랜싯, 선상에 표척 및

육분의 등을 사용한다.

- (9) 일반 하천구간에서의 측량시 조사한 수면표고는 조사시 관측한 수위관측소의 자료와 수면경계선에 박은 말뚝에 의한 동시 관측수위 등을 분석하여 보정한다.

2.6 홍수흔적 측량

1. 홍수흔적측량은 홍수시의 유수가 남긴 하천 종횡단상의 흔적을 조사하는 측량으로 홍수직후 하천의 양안에 대하여 측량을 실시하거나 항공사진측량에 의하여 전체적인 현황을 파악할 수 있도록 하는 것이 바람직하나 예산상의 문제등으로 인하여 전술한 조사가 불가능한 경우에는 차후에 조사한다.
2. 홍수흔적측량은 항공사진측량을 실시하거나 종횡단측량시 병행하여 실시하는 측량으로서 홍수가 지나간 직후 홍수흔적이 확실하게 남아 있는 상태에서 실시하는 것이 바람직하나, 현실적으로 예산상의 문제 등으로 인하여 거의 불가능하므로 이 때에는 우선 홍수흔적을 알수 있도록 관계기관에서 주요 하천시설물 등에 홍수흔적을 표시하고 차후에 실시하는 측량시 조사하여 홍수흔적조사에 차질이 없도록 하는 것이 차선의 방법이다. 이것도 불가능한 경우에는 기본계획 수립 등의 조사시 하천의 양안측에 오랫동안 거주한 주민들에게 자세하게 물어보는 탐문조사를 하고 수계전체의 통일을 기하기 위하여 이상치에 대해서는 보정한다.

제 3 절 하천개수공사 실시를 위한 측량

3.1 공사용 측량

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

3.2 지형현황 측량

1. 하천개수공사 실시에 관한 측량으로서 계획 및 설계에서 가장 중요한 측량이며 삼각 및 다각측량 등 골조측량을 바탕으로 하는 도근점 등 기준점의 성과를 활용하여 계획 제방을 중심으로 주변의 지형 지물 및 하천시설물 등의 위치 등을 측량 및 도시하여 계획평면도를 작성하기 위한 측량이다.

- (1) 계획평면도 작성을 위한 지형현황도의 축척은 1:500 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.
- (2) 본 측량은 제방축조용 토취장 계획에도 활용되므로 계획법선에서 제외지측은 유심부까지 측량하고 제내지측은 50m 정도를 측량범위로 하되 주변에 하천부지가 있는 경우에는 이를 포함한 지역을 대상으로 하여 측량한다.

3.3 법선 및 종횡단 측량

1. 법선 및 종횡단 측량은 제방 중심선(또는 법선)측량과 종단측량 및 횡단측량을 말하며 법선을 결정할 때는 우선 측량한 계획평면도상에 기본계획에서 제시한 법선을 도시한 후, 현장 답사를 실시하여 법선계획에 대한 내용을 계획기관과 충분한 협의를 거쳐 결정하며, 그리고 나서 수준측량과 종단 및 횡단측량을 하게 되는 데 횡단측량의 측선방향은 중심선(또는 법선)의 접선에 대하여 직각방향으로 설정하며 정확한 물량을 산출할 수 있는 횡단형이 작성될 수 있도록 측량을 실시한다.
- (1) 종단측점의 간격은 계획기관의 사업목적 등에 따라 20 50m로 하며 횡단측량의 범위는 제외지측은 토취장 계획 및 둔치(고수부지) 정비계획 등을 수립할 수 있도록 유심부까지 실시하고, 제내지측은 계획법선을 중심으로 50m 정도로 하되 관개시설 등 배후지 시설계획과 관련 충분한 폭원으로 측량해야 한다.
- (2) 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.
- (3) 현장 주변에 설치된 기준 수준점을 토대로 전술한 내용에 따라 현장에 설치한 측점 말뚝에 대한 종단측량을 실시해서 종단면도 작성의 기본자료로 활용하고 계획구간의 시종점 및 중간지점에는 공사 집행시 활용하기 위해 영구표석을 매설한다.
- (4) 종단도의 축척은 종을 1:100, 횡으로 1:1,000 1:2,000로 작성하되 계획기관과 협의하여 결정한다.
- (5) 횡단측량은 중심선의 접선에 대하여 직각방향으로 측량을 실시하되 점간 간격은 5 20m로 하여 지반고 등을 측량하고 지형의 변화가 심한 곳은 보조측량을

행한다.

- (6) 횡단도의 축척은 종으로 1:100, 횡으로 1:100 1:200로 작성하되 계획기관과 협의하여 결정한다.

3.4 용지측량

1. 용지측량은 용지도작성 및 지장물 보상을 위한 측량을 말하며 지적경계 측량은 제외된다.
 - (1) 횡단도면에 제방의 계획단면을 기입하여 용지폭을 정하고 축척 1:500 1:1,200으로 용지도를 작성한다(가능하면 지적도의 축척과 같게 하는 것이 바람직함).
 - (2) 용지폭 말뚝(또는 용지경계 말뚝이라고 함)을 중심선(또는 법선)의 접선에 대하여 직각방향으로 설치하되 트랜싯 또는 줄자를 이용하여 측점마다 설치하고 지형의 변화가 있는 곳에 보조 말뚝을 설치한다.
 - (3) 용지도를 작성할 때는 국립지리원에서 설치한 기준점 좌표와 지적공사에서 설치한 기준점의 지적좌표가 차이가 있는 곳이 있는데 이 경우는 본 용지도가 현존하는 지적도를 바탕으로 한 보상업무를 수행하기 위한 것이므로 국립지리원의 좌표를 다소 보정하는 것이 보상업무를 용이하게 수행할 수 있다.
 - (4) 보상을 위한 지적경계측량 등은 지적공사에서 실시하므로 이에 대한 충분한 자료를 확보해 두어야 한다.

제 4 절 하상변동조사를 위한 측량

4.1 지형현황 측량

1. 하상변동의 평면적인 변동상황을 조사하는 측량으로서 하천의 기본계획 수립 및 댐의 수몰지 조사측량 등의 조사가 완료된 구간의 측량은 이 평면도를 활용하여 변동된 부분만을 보완조사하며 신규로 조사하는 구간의 측량요령은 본장 '2.2 지형현황측량'에 준한다.

4.2 거리표(측점) 측량

1. 하천의 기본계획수립 및 댐의 수몰지 조사측량 등이 완료된 구간의 측량은 조사

시 설정한 측점을 이용하고 신규로 시행하는 때의 측량요령은 본장 '2.3 거리표측량'에 준한다.

4.3 종단 및 횡단측량

1. 하천의 종단 및 횡단적인 하상변동을 조사하는 측량으로서 과거에 측량을 실시한 실적이 있는 구간에 대해서는 그 측점을 이용하여 하도내의 변동상황을 규명할 수 있도록 측량을 하고 신규로 측량을 실시하는 경우에는 본장 '2.4 수준 및 종단측량'과 '2.5 횡단측량'의 요령에 준한다.
2. 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 분석하는 것이 바람직하다.

제 4 장 설계수문량 산정

제 4 장 설계수문량 산정

제 1 절 설계강우량 산정

1.1 개 요

1. 설계강우는 특정 목적의 수공구조물 설계를 위하여 수문계에 입력자료로 제공되는 인위적인 강우사상으로 정의된다. 즉, 강우는 유역응답을 유도하는 기본적인 변수이기 때문에 강우의 특성은 강우-유출과정에 있어서 매우 중요하며, 설계강우는 보통 ① 재현기간, ② 지속기간, ③ 강우량 또는 강우강도의 시간적 분포 등의 성분으로 기술된다.
2. 이수 및 치수를 위한 수공구조물을 설계할 때 수문시스템의 입력자료로서 기본이 되는 설계강우량은 과거로부터 최근까지 관측된 지점 강우자료를 가지고 빈도 해석하여 확률강우량을 지점별로 산정하거나 강우강도-지속기간-빈도곡선(IDF curve)으로 표시하여 이용한다. 지점 확률강우량은 유역전체를 대표하지 못하며, 소하천 유역의 경우 일반적으로 자료부족이나 미관측 등으로 인하여 해당 지역의 확률강우량을 결정하기 어려운 경우가 대부분이므로 주변 우량관측소의 강우자료를 이용하여 면적 강우량 산정 및 지역 빈도해석을 실시하거나 확률강우량도(건설부, 1988)를 이용한다.

1.2 강우자료의 구축

설계강우량을 산정하기 위해서는 최근까지의 정확한 강우자료를 획득하는 것이 가장 중요하며 주어진 강우자료에 대해 다음과 같은 사항을 고려한다.

1. 관측 자료의 일관성 검사 : 해당 관측소 우량계의 위치, 노출상태, 종류, 관측방법 및 주위환경에 변화 여부를 조사할 필요가 있으며 만약에 변화가 있을 때는 해당 관측소와 주변 관측소의 연평균강수량 자료에 대한 이중누가우량 분석을 실시하여 강우자료의 일관성을 검사하고 필요하면 이를 보정한다.
2. 강우자료 계열의 추출 및 선정 : 일반적으로 설계강우량을 산정하기 위해서는 지속기간별로 관측기록기간 동안 매년 최대치 한 개씩만 취한 연최대치 자료를 추출하여 사용한다. 이때 관측기록기간이 설계빈도보다 크면 보다 정확한 설계강우

량을 산정할 수 있지만 실질적으로 관측된 강우자료는 이 조건을 만족시키지 못하는 경우가 많으므로 통계학적으로 기록연수 30년 이상의 자료를 이용하는 것이 바람직하다. 또한 모든 강우사상의 지속기간별 최대치를 큰 순서로 나열하여 기록연수 만큼 취하여 얻어지는 연초과치 자료를 이용하여 빈도해석을 할 수도 있으며 이 경우 설계강우량은 연최대치 자료를 이용한 것보다 큰 값을 갖는다.

3. 강우자료의 독립성 : 추출된 강우자료는 자료 상호간 통계학적으로 독립성이 유지되어야 한다. 자료의 독립성 검정방법으로는 correlogram test, run test, Spearman의 rank correlation coefficient test 등을 사용한다.

1.3 확률강우량

1.3.1 지점 빈도해석

1. 확률분포형

- (1) 최근까지 획득한 대상 강우자료에 대한 적정 확률분포형을 결정하는 것은 매우 중요하며, 일반적으로 수문자료 해석에 사용되는 확률분포형으로서 lognormal 분포형, gamma 분포형, log-Pearson type III 분포형, GEV (General Extreme Value)분포형, Gumbel 분포형, log-Gumbel 분포형, Weibull 분포형, Wakeby 분포형 등이 있으며 각 분포형의 확률밀도함수(probability density function) 및 누가분포함수(cumulative distribution function)는 <표4.1.1>과 같다.
- (2) 이외에도 정규분포나 Iwai(岩井)가 제안한 확률분포 등 여러 가지 확률분포를 사용할 수 있으며, Gumbel-Chow 법이라 하여 실무에서 사용하는 방법은 Gumbel 확률분포형에 Chow가 제안한 빈도계수(Frequency Factor)법을 적용한 것으로 Gumbel 분포형에 모멘트법을 적용한 결과와 같다. 그러므로 Gumbel 분포형에 빈도계수법을 적용한 결과라고 표현하는 것이 바람직하다.
- (3) n 승근 분포형($n=2 \sim 5$)도 우리나라 지점 우량 자료해석에 사용할 수 있다.

2. 매개변수의 추정

일반적으로 적용 확률분포형의 매개변수를 추정하는 방법에는 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법 등이 있으며 최근에 L-모멘트법이 제안되었으며 L-모멘트법에 의한 매개변수 추정값은 확률가중모멘트법의 결과와 같다.

- (1) 모멘트법 (Method of Moments) : 모멘트법은 가장 오래되고 간단하여 많이 사

용하는 방법중의 하나로 모집단(population)의 모멘트와 표본자료(sample)의 모멘트를 같게 하여 매개변수를 추정하는 방법이다.

<표 4.1.1> 확률분포형의 확률밀도함수 또는 누가분포함수

확률분포형	확률밀도함수 또는 누가분포함수
Normal	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2 \right]$
Lognormal	$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(x-x_0)\sigma_y} \exp \left[-\frac{1}{2} \left[\frac{\ln(x-x_0)-\mu_y}{\sigma_y} \right]^2 \right]$
Gamma	$f(x) = \frac{1}{ \alpha \Gamma(\beta)} \left[\frac{x-x_0}{\alpha} \right]^{\beta-1} \exp \left[-\frac{x-x_0}{\alpha} \right]$
Log-Pearson type III	$f(x) = \frac{1}{ \alpha \Gamma(\beta) x} \left[\frac{\ln(x)-y_0}{\alpha} \right]^{\beta-1} \exp \left[-\frac{\ln(x)-y_0}{\alpha} \right]$
GEV	$F(x) = \exp \left\{ \left[1 - \beta \frac{(x-x_0)}{\alpha} \right]^{1/\beta} \right\}$
Gumbel	$F(x) = \exp \left\{ \exp \left[-\frac{(x-x_0)}{\alpha} \right] \right\}$
Log-Gumbel	$F(x) = \exp \left[-\left(\frac{\theta-x_0}{x-x_0} \right)^\beta \right]$
Weibull	$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left[\frac{x-x_0}{\alpha} \right]^{\beta-1} \exp \left\{ -\left[\frac{x-x_0}{\alpha} \right]^\beta \right\}$
Wakeby	$x = m + a [1 - (1-F)^b] - c [1 - (1-F)^d]$

주) $\Gamma(\beta) = \int_0^\infty z^{\beta-1} e^{-z} dz$: gamma 함수

(2) 최우도법 (Method of Maximum Likelihood) : 최우도법은 추출된 표본자료가 나올 수 있는 확률이 최대가 되도록 매개변수를 추정하는 방법이다.

① 일반적으로 우도함수 (likelihood function)보다는 유도상의 편리성 때문에 대수 우도함수 (log-likelihood function)를 많이 사용하며 다음 식 (4.1.1)과 같이 대수 우도함수를 매개변수별(θ_i)로 미분한 뒤 0으로 놓고 매개변수를 추정한다.

$$\frac{\partial \ln L(\theta_i)}{\partial \theta_i} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (4.1.1)$$

② 여기서 $\ln L(\theta_i)$ 는 대수 우도함수이고, θ_i 는 선택한 확률분포형의 매개변수이

며, k 는 매개변수 수이다.

(3) 확률가중 모멘트법(Probability Weighted Moments)

① 확률가중 모멘트의 일반식은 식 (4.1.2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$M_{p,r,s} = E[X^p F^r(x) \{1 - F(x)\}^s] \quad (4.1.2)$$

② 여기서 p, r, s 는 정수이고 $F(x)$ 는 누가분포함수이다. 일반적으로 사용하는 모집단의 확률가중 모멘트는 식 (4.1.3)과 식 (4.1.4)로 나타나며, 이에 상응하는 표본자료의 확률가중 모멘트는 식 (4.1.5) 및 식 (4.1.6)과 같이 주어진다.

$$M_{1,r,0} = E[X F^r(x)] \equiv B_r \quad (4.1.3)$$

$$M_{1,0,s} = E[X \{1 - F(x)\}^s] \equiv B'_s \quad (4.1.4)$$

$$\hat{B}_r = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j \frac{(j-1)(j-2)\cdots(j-r)}{(N-1)(N-2)\cdots(N-r)}, \quad r \geq 1 \quad (4.1.5)$$

$$\hat{B}'_s = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j \frac{(N-j)!(N-s-1)!}{(N-j-s)!(N-1)!}, \quad s \geq 0 \quad (4.1.6)$$

③ 여기서 x_j 는 자료를 $x_1 \leq \cdots \leq x_N$ 와 같이 크기순으로 재정렬하였을 때 j 번째 값이며, $\hat{B}_0 = \hat{B}'_0 = \bar{X}$ 으로 $\bar{X}$ 는 표본자료의 평균을 나타낸다.

3. 매개변수 적합성 검토

- (1) 대상 강우자료에 확률분포형을 적용하여 구한 매개변수는 확률변수 및 매개변수 적합성 조건을 만족해야 하며, <표4.1.1>에 나타난 확률분포형에 대한 적합성 조건은 <표4.1.2>와 같다.
- (2) 추정된 매개변수가 적용 확률분포형의 적합성 조건을 만족하지 못하는 경우 적용한 확률분포형은 사용하지 않는 것이 바람직하다.

4. 도시적 해석

- (1) 적용 확률분포형이 대상 자료에 적합한 분포형인가를 육안으로 판단하기 위하여 대상 강우자료에 대한 경험적(empirical) 확률밀도함수와 누가분포함수를 구한다.
- (2) 적용 확률분포형으로 추정된 매개변수를 이용하여 적합된(fitted) 확률밀도함수와 누가분포함수를 도시하여 경험적 확률밀도함수와 누가분포함수와 일치 여부를 판단한다.

<표 4.1.2> 확률분포형의 확률변수 범위 및 매개변수 적합성 조건

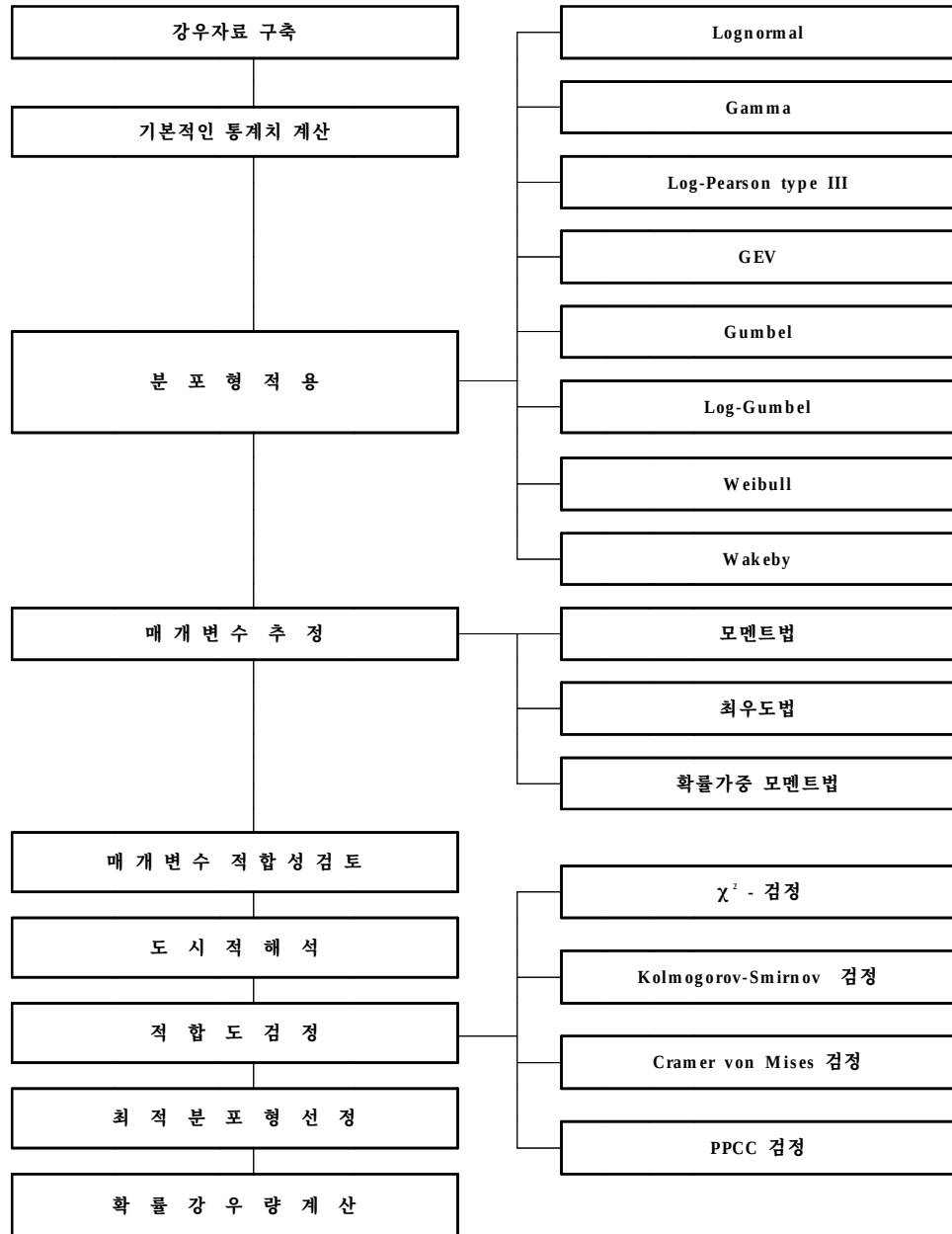
확률분포형	확률변수의 범위 및 매개변수 적합성 조건
Lognormal	$x_0 < x < \infty$
Gamma	$x_0 \leq x < \infty$ for $\alpha > 0$ $\beta > 0$ $-\infty < x \leq x_0$ for $\alpha < 0$
Log-Pearson type III	$\alpha > 0$ 일 때 $e^{y_0} \leq x < \infty$ $\alpha < 0$ 일 때 $-\infty < x \leq e^{y_0}$
GEV	$\beta = 0$ 일 때 GEV-1 : $-\infty < x < \infty$ $\beta < 0$ 일 때 GEV-2 : $x_0 + \alpha/\beta \leq x < \infty$ $\beta > 0$ 일 때 GEV-3 : $-\infty < x \leq x_0 + \alpha/\beta$
Gumbel	$-\infty < x < \infty$
Log-Gumbel	$x_0 < x < \infty$, $\theta > x_0$, $\beta > 0$
Weibull	$x_0 \leq x < \infty$, $\alpha > 0$, $\beta > 0$
Wakeby	$b + d > 0$ 또는 $b = c d = d = 0$ $a b = 0$ 이면 $b = 0$, $c d = 0$ 이면 $d = 0$, $c d \geq 0$, $a b + c d \geq 0$, $b > -1$ 이고 $d < 1$

5. 적합도 검정

- (1) 도시적 해석 외에 χ^2 - 검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, Cramer von Mises 검정 등등의 통계학적인 방법을 이용하여 임의의 유의수준(significance level)에 대한 적용확률분포형의 적합도를 계산한다.
- (2) Probability plot correlation coefficient (PPCC) 검정은 Filliben (1975)에 의해 처음으로 제안된 적합도 검정방법으로 간단하고 편리하므로 필요시 적용한다.

6. 최적 확률분포형의 선정

- (1) 매개변수 적합성, 도시적 해석, 적합도 검정 등의 결과를 종합하여 대상 강우자료에 대한 최적 확률분포형을 선정한다.
- (2) 최적 확률분포형을 이용하여 설계빈도에 따라 또는 여러 가지 목적에 따라 재현기간별 확률강우량을 구한다. 다음 <그림 4.1.1>은 확률강우량 산정절차를 나타내고 있다.



<그림 4.1.1> 빈도해석 흐름도

1.3.2 지역 빈도 해석

1. 확률강우량도(건설부, 1988b)를 이용한 확률강우량 산정

- (1) 도서지방을 포함하여 전국적으로 관측된 건설부 188개와 기상청 66개의 우량관측소 자료를 이용하여 지속기간 30분, 1, 2, 3, 6, 12, 24시간과 재현기간 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200년의 총 49매 확률강우량도 (축척 1:1,000,000, 시군 행정단위 표시)를 작성하여 실무에서 직접 이용할 수 있도록 제시되어 있다.
- (2) 일반적으로 소하천 유역과 같이 미계측 지역이 대부분인 경우 확률강우량도로부터 쉽게 설계강우량을 산정할 수 있다.
- (3) 확률강우량 작성시 사용된 자료의 기록연수가 1987년까지로 비교적 자료기간이 짧았고 적용 확률분포형과 매개변수 추정방법의 제한에 따른 문제점이 있었으므로, 강우자료의 축적이 보다 많이 이루어진 현재로서는 가급적 최근 자료까지 확충하여 확률강우량을 산정할 것을 추천한다.

2. 지역 빈도해석

- (1) 지점별 자료의 검증 : 지역빈도해석에서는 다른 통계분석과 마찬가지로 전반적인 검토를 통하여 오류나 비일관성에 대한 검증을 실시하여야 하며, 지점자료의 L-모멘트의 형태로 불일치척도(discordancy)를 사용한다. 불일치척도는 소유역내 어떤 지점의 L-모멘트 값과 다른 지점의 L-모멘트 값을 비교하여 차이를 확인함으로써 자료의 오류를 판단하는데 이용된다. 불일치척도는 각 지점에서의 L-변동계수, L-왜(곡)도, L-첨(예)도를 이용한다.
- (2) 지역별 동질성 구분 : 지역빈도해석을 하기 위해 대상유역을 여러 개의 소유역으로 나누는데 있어서, 기본 가정은 각 소유역별로 자료분포가 같다는 것이다. 따라서, 소유역별로 자료계열이 수문학적인 동질성을 가지는지를 평가하기 위하여 기준이 마련되어야 하며, 이러한 목적으로 이질성 척도를 산정한다. 동질지역에서 예견할 수 있는 이산도를 추정하기 위한 이질성척도 (H)는 관측된 이산도와 모의 발생시킨 후 그 평균과의 차를 계산하고 값에 대한 모의발생 시킨 표준편차의 비로 정의한다.
- (3) 적정분포형의 선정 : 동질성 지역내 각 지점별 자료계열의 L-모멘트의 평균은 지역의 특성을 충분히 대표하므로 검정하고자 하는 확률분포형의 모멘트가 이들

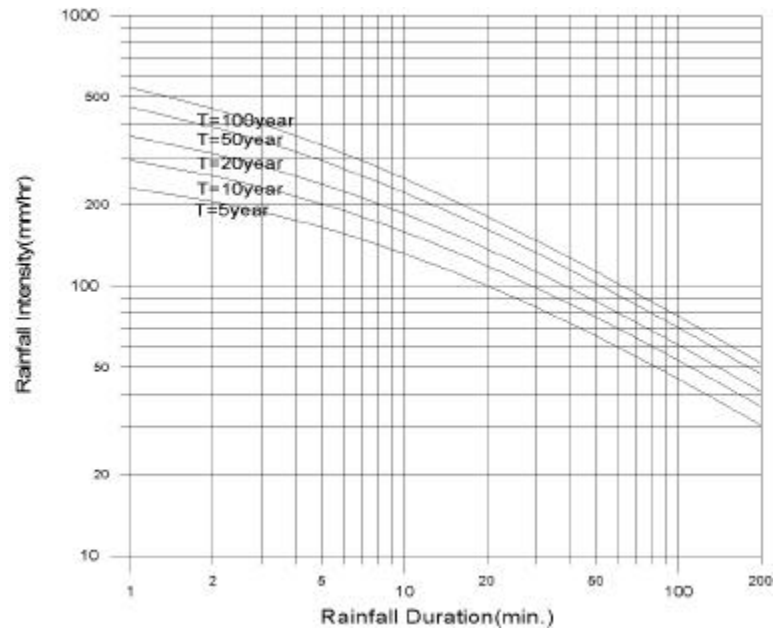
평균값들과 일치하는가를 검사함으로써 적정 확률분포형을 산정한다.

- (4) 지수홍수법 (index flood method) : 자료수 n_i 를 가지는 N 개의 지점 i 가 존재하며, 관측된 자료를 Q_{ij} ($j = 1, 2, \dots, n_i, i = 1, 2, \dots, N$) 라고 정의하고, $Q_i(F)$ ($0 < F < 1$)를 지점 i 에서의 분포함수의 역함수 즉, quantile 함수로 정의한다. 지수홍수법에서 가장 근간이 되는 가정은 각 지점의 자료들이 동질성을 갖는다는 것이다. 지수홍수법에서는 몇 가지 가정사항을 가지며 다음과 같다.
- ① 각 관측지점에서의 해당 관측 자료는 동일한 확률분포를 가지며 서로 독립적이다(identically independent distributed).
 - ② 서로 다른 지점에서의 관측 자료도 서로 독립적이다.
 - ③ 서로 다른 지점에서의 빈도함수는 크기매개변수를 제외하고는 동일하다.
 - ④ 지역 성장곡선의 수학적 형태 규명이 가능하다.

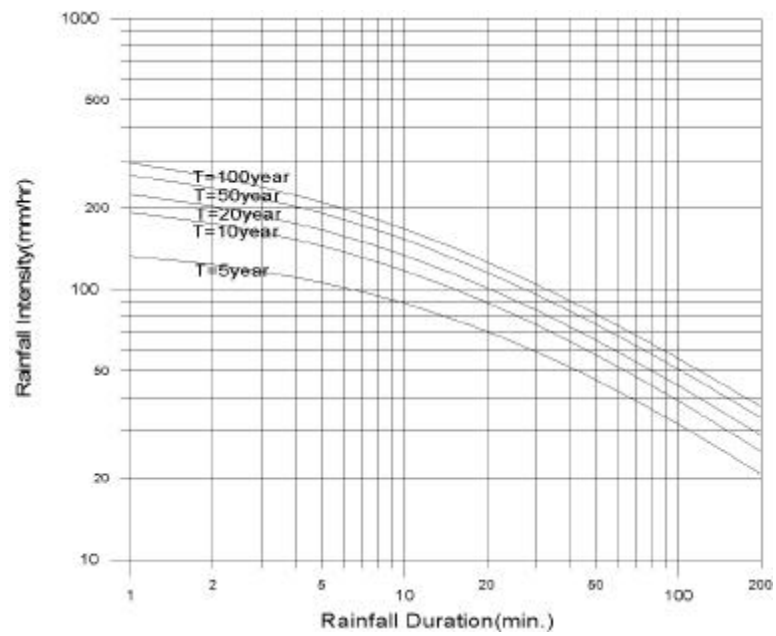
1.3.3 임의 지속시간에 대한 확률강우량의 산정

1. 강우강도-지속기간-빈도 곡선 (IDF Curve)

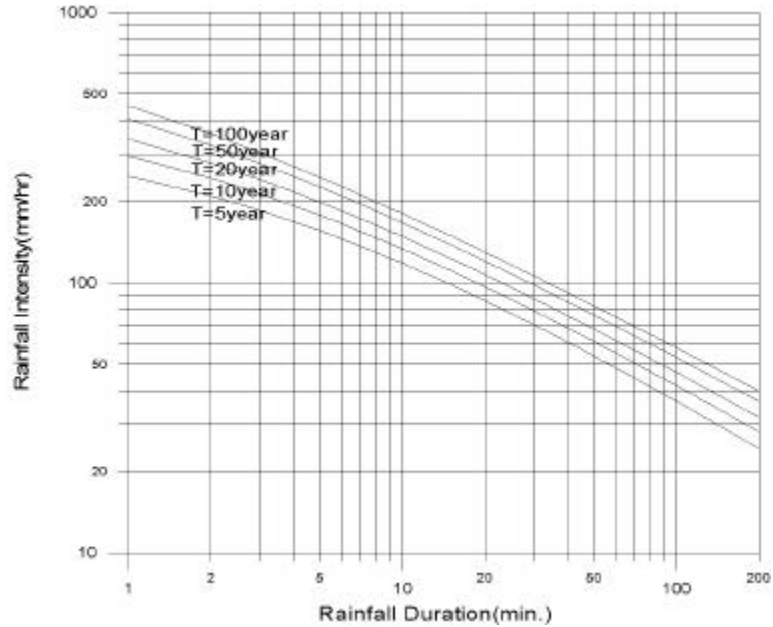
- (1) 지속기간 및 재현기간별로 산정된 확률강우량을 전대수지 (全對數紙)상에 재현기간별로 도시하여 연결한 곡선을 말하며 해당지점에 대한 확률강우량을 얻을 수 있다
- (2) 건설부 (1988b)는 「한국확률강우량도의 작성」이라는 보고서에서 전국적으로 주요도시에 위치한 기상청 산하 24개 측후소에 대해 지속기간은 10분에서 24시간, 재현기간은 2년에서 100년까지 확률강우량을 전대수지에 도시하여 이 곡선을 제시한 바 있다.
- (3) 참고적으로 지속기간 및 재현기간별로 산정된 확률강우량을 이용하여 표시한 서울, 대구, 광주지방의 IDF Curve는 <그림 4.1.2>와 같다. 그림에서 보는바와 같이 강우지속기간이 결정되면 재현기간별 확률강우량을 쉽게 찾을 수 있다.



(a) 서울지역의 IDF곡선



(b) 대구지역의 IDF곡선



(c) 광주지역의 IDF곡선

<그림 4.1.2> 서울, 대구, 광주 지역의 IDF 곡선

2. 확률강우강도식의 유도

(1) 특정 강우 지속기간에 대하여 강우자료를 구축하기 때문에 임의의 지속기간에 대한 확률강우량 또는 강우강도를 구하기 위해서는 회귀분석 (regression analysis) 을 실시해야 한다.

(2) 일반적인 방법으로는 각 재현기간에 대하여 지속기간별로 얻어진 확률강우량에 대한 회귀분석을 통해 확률강우강도식을 유도하는 것이다.

① 일반적으로 사용하고 있는 강우강도식은 아래와 같다

$$I = \frac{a}{t + b} \quad (4.1.7)$$

$$I = \frac{c}{t^n} \quad (4.1.8)$$

$$I = \frac{d}{\sqrt{t + e}} \quad (4.1.9)$$

여기서, I 는 평균강우강도(mm/ hr), t 는 강우지속기간(min)이며, a, b, c, d, e, n 은 대상지역에 따라 정해지는 상수값이다. 식 (4.1.7) (4.1.9)는 각각 Talbot형, Sherman형, Japanese형으로 알려져 있으며 지점별 및 강우지속시간별로 최근 자료까지를 이용하여 구한 강우강도에 대해 상수값을 유도하여 사용한다.

- ② 20개 주요지점에 대해 1991년까지의 지속기간별 연최대치 강우량자료를 해석하여 유도된 한국 대표 확률강우강도식은 다음과 같다.

$$I(T, t) = \frac{a + b \log_{10} T}{t^n + c} \quad (4.1.10)$$

여기서, T 는 재현기간 (년), t 는 강우지속기간 (분), a, b, c, n 은 상수로 각 지점에 대하여 a 와 b 는 고정된 상수이며, c 와 n 은 재현기간별로 정해지는 상수이며 상수값은 <표4.1.3>과 같다. 윗식을 이용한 서울, 대구, 광주 지역의 IDF 곡선은 <그림 4.1.2>와 같다.

<표 4.1.3> 각 지점별 지역계수값 일람표

지역 계수			부산	청주	춘천	충무	추풍령	대구	대전	인천	전주	강릉
a			603.75	627.32	373.37	160.08	166.59	1072.2	1386.3	227.15	1440.1	165.06
b			624.90	311.52	136.48	288.67	569.94	182.09	140.08	1187.5	137.26	293.41
n	재 현 기 간	2년	0.666	0.691	0.586	0.501	0.588	0.786	0.768	0.630	0.795	0.501
		3년	0.654	0.675	0.566	0.496	0.607	0.760	0.745	0.647	0.763	0.503
		5년	0.643	0.661	0.551	0.497	0.628	0.738	0.724	0.661	0.733	0.505
		10년	0.635	0.651	0.537	0.502	0.651	0.716	0.700	0.673	0.704	0.506
		20년	0.627	0.644	0.527	0.506	0.670	0.699	0.680	0.679	0.680	0.505
		30년	0.622	0.641	0.523	0.509	0.679	0.691	0.670	0.681	0.668	0.503
		50년	0.617	0.638	0.518	0.512	0.689	0.682	0.658	0.682	0.654	0.501
		70년	0.613	0.637	0.516	0.513	0.695	0.677	0.651	0.682	0.646	0.498
		100년	0.610	0.635	0.514	0.516	0.700	0.672	0.643	0.681	0.637	0.495
		200년	0.603	0.633	0.510	0.518	0.709	0.664	0.630	0.680	0.623	0.490
		500년	0.595	0.630	0.507	0.522	0.718	0.654	0.615	0.676	0.604	0.483
c	재 현 기 간	2년	5.060	5.173	2.089	0.389	0.407	10.140	10.359	3.301	8.770	1.160
		3년	4.989	4.602	1.679	0.582	0.788	8.091	8.855	4.214	7.388	1.331
		5년	5.197	4.318	1.381	0.800	1.204	6.650	7.622	5.204	6.446	1.607
		10년	5.542	4.151	1.145	1.019	1.671	5.546	6.568	6.243	5.637	1.997
		20년	5.946	4.115	0.995	1.232	2.020	4.857	5.854	7.105	5.146	2.375
		30년	6.204	4.137	0.925	1.338	2.197	4.564	5.522	7.522	4.969	2.594
		50년	6.515	4.166	0.857	1.450	2.391	4.270	5.178	7.957	4.746	2.849
		70년	6.719	4.184	0.805	1.536	2.505	4.084	4.978	8.241	4.640	3.024
		100년	6.896	4.221	0.769	1.596	2.616	3.924	4.801	8.533	4.546	3.201
		200년	7.248	4.286	0.692	1.731	2.801	3.643	4.483	8.952	4.356	3.498
		500년	7.684	4.395	0.608	1.869	2.999	3.378	4.146	9.442	4.221	3.817

주) 이원환 등(1993)에서 인용

<표 4.1.3> 각 지점별 지역계수값 일람표 (계속)

지역 계수			군산	광주	목포	포항	서산	서울	속초	수원	울산	여수
a			487.82	720.88	632.23	425.27	550.14	858.39	196.99	182.67	390.03	811.85
b			206.21	21.33	-59.29	-29.86	57.59	300.56	63.71	367.85	25.76	205.58
n	재 현 기 간	2년	0.641	0.680	0.658	0.624	0.644	0.685	0.466	0.689	0.567	0.680
		3년	0.626	0.654	0.629	0.598	0.618	0.667	0.451	0.649	0.538	0.660
		5년	0.613	0.631	0.600	0.573	0.595	0.651	0.439	0.608	0.511	0.643
		10년	0.602	0.607	0.570	0.545	0.572	0.639	0.430	0.560	0.483	0.627
		20년	0.595	0.587	0.545	0.521	0.554	0.631	0.425	0.537	0.461	0.615
		30년	0.592	0.577	0.532	0.508	0.545	0.627	0.423	0.492	0.450	0.609
		50년	0.588	0.565	0.517	0.493	0.535	0.623	0.420	0.469	0.437	0.602
		70년	0.585	0.558	0.507	0.483	0.529	0.621	0.418	0.457	0.429	0.599
		100년	0.583	0.551	0.497	0.473	0.524	0.619	0.417	0.433	0.421	0.595
		200년	0.578	0.538	0.479	0.456	0.514	0.616	0.414	0.368	0.408	0.589
		500년	0.573	0.523	0.456	0.434	0.503	0.613	0.410	0.284	0.392	0.580
c	재 현 기 간	2년	2.739	2.964	3.334	2.496	3.319	5.256	1.781	8.217	1.709	6.228
		3년	2.443	2.440	2.524	1.696	2.618	4.360	1.296	6.234	1.183	5.476
		5년	2.273	1.972	1.912	1.057	2.071	3.667	0.850	4.567	0.781	4.924
		10년	2.159	1.532	1.374	0.496	1.593	2.992	0.412	3.024	0.434	4.469
		20년	2.112	1.201	0.993	0.116	1.266	2.505	0.078	1.475	0.199	4.169
		30년	2.101	1.050	0.811	-0.054	1.116	2.263	-0.081	1.370	0.092	4.037
		50년	2.106	0.876	0.626	-0.233	0.955	2.006	-0.248	0.679	-0.017	3.935
		70년	2.121	0.782	0.518	-0.330	0.862	1.864	-0.343	0.269	-0.078	3.863
		100년	2.131	0.689	0.419	-0.421	0.767	1.705	-0.439	0.022	-0.135	3.795
		200년	2.169	0.523	0.239	-0.576	0.613	1.424	-0.595	-0.230	-0.234	3.690
		500년	2.210	0.329	0.049	-0.730	0.437	1.096	-0.760	-0.590	-0.333	3.635

- ③ ②항의 한국 대표 확률강우강도식에 대한 수정 확률강우강도식은 다음 식 (4.1.11)과 같다. 수정된 확률강우강도식은 ②항과 동일한 강우자료를 대상으로 빈도해석을 실시하여 GEV분포를 최적분포형으로 선정하고, 이로부터 구한 확률강우량을 선형화 기법을 이용하여 유도한 식이다.

$$I(T, t) = \frac{a + b \ln \frac{T}{t^{0.2}}}{c + d \ln \frac{\sqrt{T}}{t} + \sqrt{t}} \quad (4.1.11)$$

여기서 T 는 재현기간(년), t 는 강우지속기간(분)이고 a, b, c, d 는 지점별로 정해지는 상수값으로 <표 4.1.4>와 같다.

<표 4.1.4> 주요지점별 계수 값

지 역	a	b	c	d
속 초	482.5	175.9	4.286	-2.281
춘 천	332.7	63.1	.485	-.501
강 릉	291.1	121.0	3.193	.461
서 울	396.4	174.2	1.681	-.167
인 천	300.4	143.7	2.303	.789
원 주	408.5	141.1	.321	-.603
수 원	710.9	141.1	4.371	-.763
서 산	441.5	85.1	1.286	-.821
청 주	344.4	91.1	1.582	.044
대 전	397.1	84.2	1.396	.124
추풍령	229.7	59.4	-.122	.013
포 향	248.1	67.9	.500	-.145
군 산	305.6	85.6	1.469	.378
대 구	203.9	117.6	1.070	.511
전 주	226.6	116.0	.863	.828
울 산	332.7	125.0	2.266	.517
광 주	363.0	60.1	.428	-.150
부 산	318.5	143.9	2.146	.655
충 무	395.8	120.5	2.448	-.198
목 포	328.0	43.2	.531	-.134
여 수	346.6	118.2	1.865	.138
완 도	298.4	243.6	9.402	2.890

주) 허준행 등(1999)에서 인용

1.4 설계강우의 지속기간

1. 설계강우의 지속기간은 대상유역의 크기, 강우의 특성, 대상유역의 지형학적 특성, 홍수유출 형태, 그리고 대상 수공시설물의 종류 등을 명확히 고려하여 결정하여야 한다.
2. 소하천 유역과 같이 유역면적이 작고 도달시간이 짧은 경우에 첨두유량이 첨두강우강도와 깊은 관련이 있다는 것은 매우 중요한 것으로서, 설계강우의 지속기간은 본장 '2.3.2 도달시간'에서 언급한 공식 중 적절한 것을 사용한다.

1.5 설계강우량의 시간적 분포

1. 강우자료를 이용하여 대상 유역의 설계홍수량을 산정하기 위해서는 과거 대상유역의 강우의 시간적 분포를 분석하고 이에 따라 설계강우량을 시간적으로 분포시킨 설계우량주상도를 산정해야 한다.
2. 강우의 시간적 분포를 강우강도-지속기간-빈도 관계를 이용하여 수학적으로 모형화하는 방법이 있으며, Keifer와 Chu (1957)가 제시한 것이 대표적인 방법이다.
3. 많은 실측 강우량 자료로부터 시간대별 누가곡선을 작성하여 이용하는 방법으로 여러 강우에 대한 누가곡선을 평균하거나 실측 강우의 지속기간 또는 강우량의 크기를 제한하여 그 크기별로 누가곡선을 평균하여 설계우량주상도를 만드는 방법으로 대표적인 예는 미국 토양보존국 (U.S. SCS, 1964, 1986)이 제시한 6시간 무차원 설계우량주상도와 Huff (1967)의 4 분위법이 있다.
4. Pilgrim과 Cordery (1975)가 호주 시드니 지방에 대한 강우의 시간분포를 평균이동법으로 분석하여 제시한 방법이 있으며, 이 밖에 Yen과 Chow (1980)가 미국 북동부 지역에 대해 설계우량주상도를 삼각형으로 가정하고 그 기준치를 제시한 방법 등이 있다.
5. 실무에서는 일최대우량을 가지고 모노노베(物部) 강우량 공식에 대입하여 총강우량을 최대강우강도가 발생하는 위치에 따라 전방위형, 중앙집중형, 그리고 후방위형으로 나누고 시간별로 분포시키는 방법을 사용하고 있으나, 이 방법은 과거 강우시간분포에 대한 연구 결과가 전혀 없을 때 단순히 일최대우량만을 임의로 시간구간별로 나누는 것으로서 강우의 지속특성을 반영하지 못하므로 앞으로는 사용을 지양하는 것이 바람직하다.

1.6 유효우량의 산정

1. 강우-유출 현상은 총강우중에서 직접유출을 발생시키는 유효우량과 이로 인한 유역출구점에서의 유출량간의 관계로 나타낼 수 있다. 따라서, 유출량을 산정하기 위해서는 모형에 입력되는 유효우량의 시간적 분포를 표시하는 유효우량주상도를 총우량주상도로부터 작성하여야 한다.
2. 우량주상도로부터 시간구간별 손실우량을 제외시켜 유효우량주상도를 작성하는 방법에는 일정비법, 일정손실률법, 초기손실-일정 손실률법, 침투곡선법, 그리고 표준형 강우-유출관계 곡선법 등이 있다 (<그림 4.1.3 참조>).

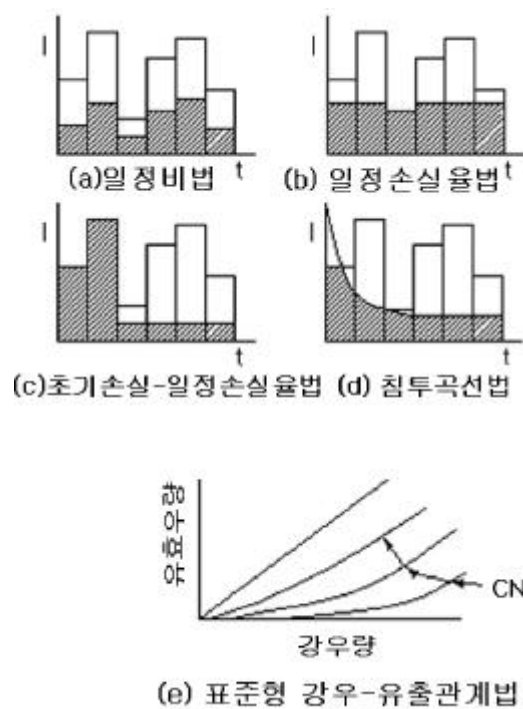
1.6.1 유효우량 산정법

1. 일정비 법 (Constant fraction method, 유출계수)
 - (1) <그림 4.1.3(a)>에서 보는 바와 같이 시간구간별 강우량의 일정비가 손실되고 나머지가 유효우량이 된다고 가정하는 것으로 유출계수 (runoff coefficient)와 같은 개념으로 유효우량을 계산하는 방법이다. 이 방법은 과다한 선행강우로 인해 유역의 지표면이 거의 포화되어 있을 경우에는 비교적 정확한 결과를 주는 것으로 알려져 있다.
2. 일정 손실률 법 (Constant loss rate method, Φ -지수법 등)
 - (1) <그림 4.1.3(b)>와 같이 강우기간 동안의 손실률 또는 침투능이 일정하다고 가정하는 방법으로 Φ -지수법과 동일한 개념을 가진다.
 - (2) 이 방법은 유역의 선행 토양함수량이 많고 큰 호우를 대상으로 하는 설계 입장에 적절한 방법이다.
3. 초기 손실-일정 손실률 법 (Initial loss-constant loss rate method)
 - (1) <그림 4.1.3(c)>와 같이 유역의 토양수분 미흡량이 초기침투량으로 충족될 때까지는 유출이 발생하지 않으며 초기손실이 발생한 이후에는 일정율로 손실된다고 가정하는 방법이다.
 - (2) 이 방법은 유역이 비교적 건조한 상태에 있을 경우 적절한 방법이다.
4. 침투곡선법 (Infiltration curve method, Horton의 침투능곡선 등)
 - (1) 이 방법은 <그림 4.1.3(d)>와 같이 강우가 계속됨에 따라 토양의 침투율이 지수적으로 감소하는 특성을 이용하여 시간구간별 손실량을 계산하는 방법이다.

- (2) 이 방법은 이론적으로는 가장 합리적인 방법이나 유역의 상태에 맞는 침투능 곡선의 계산이 어렵다.

5. SCS 유효우량 산정법 등

- (1) <그림 4.1.3(e)>와 같이 광범위한 수문관측자료의 분석으로 유역의 유출특성 조건에 따른 강우량과 유출량의 관계를 설정하여 특정 강우량이 발생했을 경우 유출량을 산정하는 방법이다.
- (2) 이 방법에 속하는 가장 대표적인 방법은 미국 토양보존국(SCS)의 유효우량 산정법으로 유역의 토양형, 식생 피복형 및 처리상태와 선행 토양함수 조건 등을 고려하여 객관성이 높은 결과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있으며 미국내 유역에서는 광범위한 검정이 이루어졌으나 다른 하천유역에서의 신뢰도는 추가적인 검정이 필요하다.



<그림 4.1.3> 유효우량 산정방법의 분류

제 2 절 설계홍수량 산정

2.1 개설

1. 설계홍수량이란 하천개수계획의 기본이 되는 홍수시의 첨두유량으로서 개수구간]을 계획홍수위로서 안전하게 흘러갈 수 있는 유량을 말한다.
2. 설계홍수량의 설정에는 수문통계기법에 의한 확률개념이 도입되어지므로써 빈도 해석에 의존하여 계획수문량(홍수량만이 아니라 강수량, 유사량 및 홍수위 등도 포함됨)이 설정되어지고 있다.

2.2 설계홍수량의 정의 및 설계빈도

2.2.1 정의

1. 설계홍수량은 수공구조물의 설계기준으로 채택되는 홍수량으로서, 대상 구조물의 특성에 따라 첨두홍수량이나 첨두홍수위, 또는 설계강우에 의한 완전한 홍수수문곡선으로 주어져야 한다.
2. 수문 및 하천기술자들은 수문·수리학적 해석에 의하여 수공구조물이 소통해야 할 설계빈도에 해당하는 첨두홍수량 또는 첨두홍수위를 예측하거나 설계강우를 사용하여 홍수수문곡선을 합성하여 제공하여야 한다.

2.2.2 설계빈도

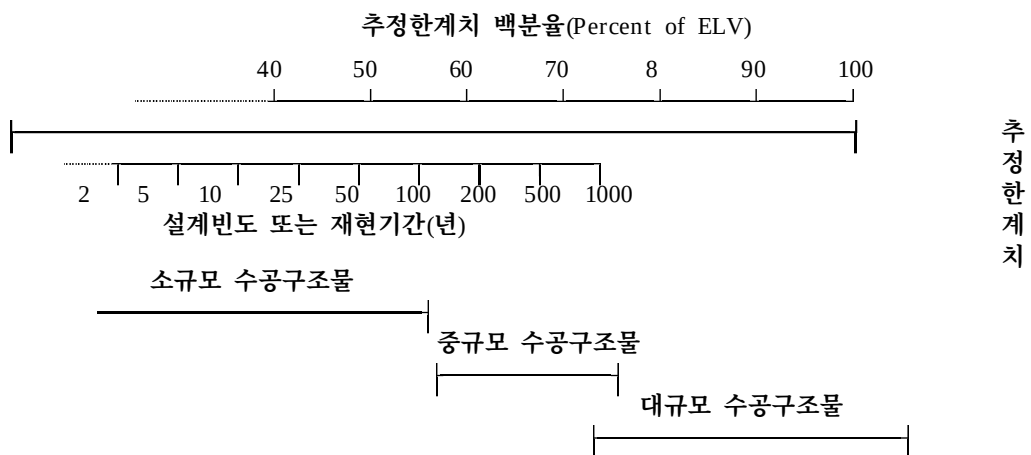
1. 소하천의 치수계획
 - (1) 소하천의 치수계획을 위한 설계빈도는 소하천이 합류되는 상위등급 하천에 대해 수립된 종합치수대책과 관련하여 수계별로 일관성 있는 설계빈도를 책정한다.
 - (2) 설계빈도는 유역에 따라 수립된 종합치수대책과 관련시켜 결정할 뿐만 아니라 물경제 분석을 통하여 책정한 설계빈도가 바람직하며, 일반적으로 적용될 수 있는 소하천 치수계획의 설계빈도는 <표 4.2.1>을 참조하여 약 30년 100년의 값을 현지실정에 맞게 판단하여 결정한다.

<표 4.2.1> 소하천 치수계획에 대한 설계지침

구분	설계빈도
도시지역, 공업지역	50 100년
평야지역	30 80년
산지지역	30 50년

2. 소하천의 수공구조물

- (1) 소하천의 수공구조물을 설계할 경우에는 일반적으로 구조물의 중요도, 구조물의 수명연한, 경제성 등에 따라 결정하되 다음과 같은 개념을 참고하여 결정한다.
- (2) 수공구조물 설계를 위한 설계빈도는 다음과 같은 두 가지 개념을 바탕으로 결정할 수 있다.
 - ① 추정한계치(Estimated limiting value; ELV)
 - ㉠ 추정 한계치는 최대로 가용한 수문정보를 바탕으로 하여 어떤 위치에서 발생 가능한 수문사상의 최대크기로 정의된다.
 - ㉡ 추정한계치는 ㉠항에서 정의한 바와 같이 가능한 수문사상의 최대크기로서 소하천 수공구조물의 설계빈도로는 적합하지 않다.



<그림 4.2.1> 수공구조물별 수문설계빈도와 최대설계빈도 범위

② 구조물별 설계빈도

- ㉠ 수공구조물의 설계빈도는 일률적으로 결정할 수 없으나 지금까지 국내외에서 경험과 판단에 의해 일반적으로 사용되는 수공구조물의 설계빈도를 고려하여 소하천 수공구조물의 설계빈도 범위는 <표 4.2.2>와 같이 한다.

<표 4.2.2> 소하천 수공구조물의 설계빈도(건설부, 1993)

구조물 종류	설계빈도(년)	설계확률
고속도로 배수용 암거 교통량이 적은 도로 교통량이 중간인 도로	5-10 10-25	0.20-0.10 0.10-0.04
고속도로 교량 소교량(경간 $L < 100m$)	10-50	0.10-0.02
농업용 배수시설 암거 배수구	5-50 5-50	0.20-0.02 0.20-0.02
도시 배수시설 소도시 우수거 대도시 우수거 유수지 및 빗물펌프장	5-25 25-50 10-20	0.20-0.04 0.04-0.02 0.10-0.05
비행장 배수시설 운행량이 적음 운행량이 중간	5-10 10-25	0.20-0.10 0.10-0.04
하천제방 농경지 하천 도시 하천	2-25 50-200	0.50-0.04 0.02-0.005
홍수방어(조절)용 저수지 여수로 제방 하도 배수 시설	50-SPF PMF 10-SPF 5-SPF 2-50	0.02이하-SPF 0.10이하-SPF 0.20이하-SPF 0.50-0.02
생활 및 공업용수 공급시설	20-200	0.05-0.005

- 주) 1. PMF : 가능최대홍수량
2. SPF : 표준설계홍수량

- (3) 수문학적 설계규모를 판단하는 기준은 수문설계자의 공학적 판단과 경험을 바탕으로 결정하는 것이 바람직하다.

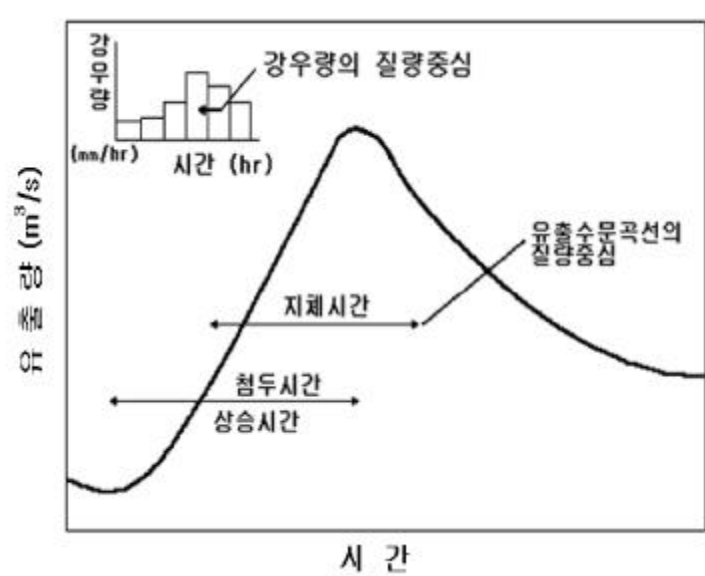
- (4) 유역의 수공구조물 설계는 본류와 지류를 함께 고려한 수계 전체에 대해 종합 치수대책을 수립하여 일관되게 설계빈도를 설정하고 특정한 상황에 따라 변경 될 경우에는 충분한 조사와 분석을 통해 조정할 수 있어야 한다.
- 3. 수문자료의 경향성 분석 등을 고려하여 시간의 경과에 따라 증가 경향을 보일 때는 설계빈도를 다소 상향 조정하는 것이 바람직하다.

2.3 유역의 반응시간

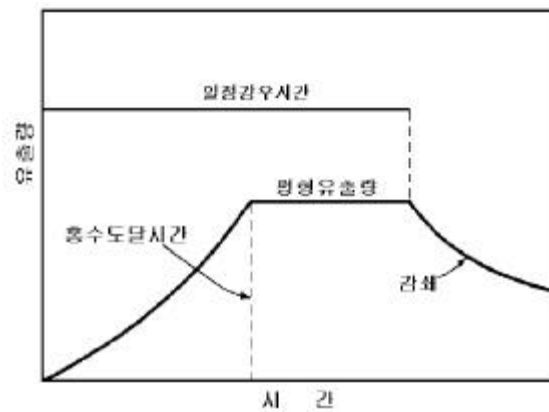
2.3.1 정의

1. 유역에 내리는 강우에 따라 침투유량이 발생하는 시간적 특성이나 수리학적으로 유역이 어떠한 반응을 일으키는 지를 시간으로 나타낸 것을 유역 반응시간이라고 하며, 이 유역 반응시간을 나타내는 인자는 주로 홍수도달시간과 지체시간, 기저 시간, 평형시간, 그리고 유달시간 등이 있다.
2. 수문모형화와 설계에 유역의 반응시간의 결정이 중요한 선행작업이며, 설정된 유역의 반응시간에 따라 수문량도 차이가 크게 나타나는 것이 일반적이다.
3. 침투발생시간
 - (1) 침투발생시간(time to peak)이란 유출수문곡선이 상승되는 시점에서 침투가 발생할 때까지의 시간으로 정의할 수 있다.
 - (2) 침투발생시간은 유역에 걸쳐 내리는 강우의 분포에 따라 변화하며, 침투발생시간은 강우의 지속시간에 따라 변화된다.
 - (3) 침투발생시간과 지체시간의 정의를 그림으로 나타내면 <그림4.2.2>와 같다.
4. 홍수도달시간
 - (1) 홍수도달시간(time of concentration)이란 유역의 최원점에 내린 비가 유역 출구에 도달하는 데 소요되는 시간이다.
 - (2) 이러한 정의는 초기손실(initial loss)을 모두 만족하면서 동일 강도의 호우가 전 유역에 걸쳐 최소한 홍수도달시간 이상 발생하여야 한다는 전제가 만족된다면, Bedient 와 Huber(1992)가 정의하고 있는 유역내 평형도달시간(유입과 유출량이 동일해지는 시간)의 개념과 일치하게 된다.
 - (3) 홍수도달시간의 개념을 그림으로 나타내면 <그림 4.2.3>과 같다.

- (4) 홍수도달시간은 강우의 지속시간이 홍수도달시간과 동일할 때 해당구역에서는 최대 첨두유량이 발생하게 된다는 의미이다.



<그림 4.2.2> 첨두발생시간과 지체시간의 개념도



<그림 4.2.3> 홍수도달시간의 개념도

5. 지체시간

- (1) 지체시간(lag time)의 일반적인 정의는 유효우량 주상도의 중심에서 직접유출

수문곡선의 중심까지의 시간차이다. 순간단위도의 경우 지체시간은 단위도의 1차 모멘트로 정의되며, 단순선형 저수지로 순간단위도를 정의할 경우 저수지의 저류상수는 지체시간과 동일한 값을 갖는다.

- (2) 또한 지체시간은 유효우량 주상도의 중심에서 직접유출 수문곡선의 첨두발생시간까지의 시간차로 정의되기도 한다. 이러한 개념은 전체 유역에서 유효우량이 일정하게 발생한다는 가정이 전제되어 있으며, 지체시간은 유역면적, 유로연장, 주하천 하도경사 등에 의해 영향을 받는다.

2.3.2 도달시간

1. 도달시간 또는 집중시간 결정

유역의 도달시간을 결정하기 위해서는 유역의 특성에 따라 (1) 하도흐름이 지배적인 경우, (2) 지표면 흐름이 지배적인 경우, 그리고 (3) 하도와 지표면 흐름이 복합된 경우로 구분하여 결정한다.

(1) 하도흐름이 지배적인 유역

하도흐름이 주된 경우의 유역 도달시간은 Manning 공식 또는 Chezy 공식 등을 이용하여 하도길이를 유속으로 나눔으로써 쉽게 구할 수 있다.

(2) 지표면 흐름이 지배적인 유역

지표면 흐름이 지배적인 유역에서 도달시간은 주로 지표면의 지형학적 요소와 저항계수, 그리고 유역에 내리는 강우강도의 영향을 받는다. 이러한 흐름에 적용될 수 있는 도달공식은 주로 자연하천 유역에서 Kraven 공식, Rziha 공식, SCS 지체시간 공식 등이 이용된다.

(3) 하도와 지표면 흐름이 복합된 유역

하도와 지표면 흐름이 중요한 역할을 하는 유역에 적용될 수 있는 공식에는 Kirpich 공식, McCuen 등의 공식, Eagleson 공식 등이 있다.

2. 도달시간 또는 집중시간 결정 공식

- (1) 자연하천 및 도시하천 유역에 따라 실험이나 경험에 의해 만들어진 유역 도달시간을 산정할 수 있는 기왕의 공식이나 방법을 이용하되 유역 특성이나 설계자의 공학적 판단에 따라 적절한 공식을 선택하도록 한다.
- (2) 각 공식별로 적절하다고 판단되는 표준공식을 제시한 연구성과를 채택하여 <표 4.2.3>와 <표 4.2.4>과 같이 홍수도달시간에 대한 경험공식을 제시한다.

<표 4.2.3> 자연하천 유역에 대한 도달시간 공식(국립방재연구소, 1998a)

공식명 (발표년도)	공 식	제한사항 또는 비고
Kirpich (1940)	$T_c = 3.976L^{0.77}S^{-0.385}$ L= 유역의 최장하천길이(km) S= 유역의 평균경사(H/ L, m/ m) H= 유역출구점과 본류 최원점까지의 표고차	지표면 흐름이 지배적인 농경지 소 유역, 하도경사가 3 ~ 5%, 유역면적 0.453km ² 이하
Kerby (1959)	$T_c = 36.264(L \cdot N)^{0.467} / S^{0.2335}$ L= 유로의 최원점부터 하천유입부분 까지의 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 (1949)	$T_c = (282/r^2)(L/S)^{0.5}$ L= 본류 유로길이(mi) S= 본류 유로평균경사(H/ L, ft/ mi) r= 하천형태에 따른 지류인자	25 ~ 1,624 mi ² 의 유역면적
Kraven	$T_c = 0.444LS^{-0.515}$ L= 유로길이(km) S= 유로경사(H/ L, m/ m)	지표면 흐름이 지배적인 중하류, 하 도경사가 1/ 200 이하인 유역
Rziha	$T_c = 0.833LS^{-0.6}$ L= 유로길이(km) S= 유역의 평균경사(H/ L, m/ m)	지표면 흐름이 지배적인 상류, 하도 경사 1/ 200 이상인 유역
California Culvert Practice (1942)	$T_c = 60[11.9L^3 / H]^{0.385}$ L= 최장 유로길이(mi) H= 상류 분할점과 출구의 표고차(ft)	산지 소유역
SCS Lag Eqn. (1975)	$T_c = [100L^{0.8} \{ (1000/ CN) - 9 \}^{0.7} / [1900S^{0.5}]]$ L= 최장 흐름경로(ft) CN= SCS 유출곡선지수 S= 유역평균경사(%)	주로 농경지 유역에 적용, 0.8km ² 이 하의 도시유역도 적용 가능, 도시 불투수지역에서는 $T_c = 1.67 \times \text{유역지}$ 체시간

주) 도달시간(T_c)의 단위 : 분(min)

<표 4.2.4> 도시하천 유역에 대한 도달시간 공식(국립방재연구소, 1998a)

공 식 명	공 식	제한사항, 비고
Kerby (1949)	$t = 36.264(rL^{1.5}/H^{0.5})^{0.467}$ 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 뺏뺏한 지역 0.80	L이 0.4km 이하인 도시유역 유역면적 0.04km ² 이하, 하도 경사는 1% 이하인 유역
Izzard (1945)	$t = [41.025(0.0007I + c)L^{0.33}]/[S^{1/3}I^{2/3}]$ I : 강우강도(in/ hr) c : 지체계수 L : 흐름경로길이(ft) S : 흐름경로경사(ft/ ft) r : 하천형태에 따른 지류인자	지체계수(c) = 평평한 포장지역 : 0.007 콘크리트 포장지역 : 0.012 자갈포장지역 : 0.017 잘려진 잔디밭 : 0.046 조밀한 잔디밭 : 0.060
Kinematic Wave (1965, 1973)	$t = 0.94L^{0.6}n^{0.6}/[I^{0.4}S^{0.3}]$ L : 지표면 흐름길이(ft) n : Manning의 조도계수 I : 강우강도(in/ hr) S : 지표면 흐름경사(ft/ ft)	개발지역의 지표면 유출해석에 이용
Federal Aviation Agency (1970)	$t = 1.8(1.1 - C)L^{0.5}/S^{0.333}$ L : 지표면 흐름길이(ft) C : 합리식 유출계수 S : 지표면 흐름경사(%)	주로 공항지역에 이용할 수 있 도록 미 공병단에서 개발, 도 시지역에서도 이용, 지표면 흐 름 영역에 적용
SCS 평균유속 공식 (1975)	$t = 1/60 \sum L/V$ L : 지표면 흐름길이(ft) V : 표면상태에 따른 평균유속(ft/ s)	지표면 상태에 따라 평균유속 을 산정하여 도달시간 계산

주) 도달시간(T_c)의 단위 : 분(min)

(3) 국내 적용결과 검토

- ① Kerby 공식과 Kinematic wave 공식은 대상유역에서 과다한 값을 나타내는 경향을 보이고 있고, Kraven 공식, Rziha 공식, Kirpich 공식은 대상유역에서 과소한 값을 나타내는 경향을 보이고 있는 반면 나머지 4개 공식(SCS Lag Eqn, SCS 평균유속방법, Izzard 공식, FAA 공식)은 대상유역에 따라 과다 혹은 과소한 경향을 보이고 있다.

- ② Kerby 공식은 유로연장이 1,200 ft인 지표면유출을 대상으로 개발된 공식이기 때문에 전 유역에 걸쳐 홍수도달시간 변화율이 매우 큰 값을 나타내고 있으며, Kinematic wave 공식은 소규모 도시유역의 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 acres인 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 미국 연방항공청 공식, 그리고 SCS의 평균유속 공식은 유역에 따라 홍수도달시간의 변화율이 변하고 있다.
- ⑤ 유역면적이 2,000 acres 이하인 자연하천유역과 도시유역을 대상으로 개발된 공식인 SCS의 지체시간 공식도 유역에 따라 홍수도달시간의 변화율이 변하고 있으나 타 공식에 비하여 홍수도달시간의 변화율이 작은 값을 보이고 있다.
- ⑥ 앞으로 국내 소하천 유역에 적합한 홍수도달시간 공식을 유도하기 위해서는 소하천 유역에서 지속적이고 정도 높은 강우, 유출자료의 실측을 하여야 한다.

2.3.3 지체시간

1. 자연하천 및 도시하천 유역에 따라 경험적으로 만들어진 기왕의 유역 지체시간 산정공식을 이용하되 유역의 수리·수문학적 특성에 따라 판단하여 결정한다.
2. 유역 지체시간은 1) 유효우량 중심과 직접유출량 중심 사이의 시간차(T_i) 또는 2) 유효우량 중심과 직접유출량의 침투 발생시간 사이의 시간차(T_p)로 정의할 수 있다.
3. 각 공식별로 적절하다고 판단되는 표준공식을 제시한 연구성과를 채택하여 <표 4.2.5>와 같이 지체시간에 대한 경험공식을 제시한다.

<표 4.2.5> 자연 및 도시하천 유역에 대한 지체시간 공식(국립방재연구소, 1998a)

공식명 (발표년도)	공 식	제한사항 또는 비고
Snyder (1938)	$T_p = C_t(L_{ca}L)^{0.3}$	C_t 는 1.8에서 2.2, 유역면적 10에서 1,000mi ² 에 적용 (미국 Appalachian 유역)
Linsley (1945)	$T_l = KL(A/S_c)^{1/2}$ $T_p = C_t(L_{ca}L)^{0.3}$	유역면적 250에서 1,700mi ² 에 적용 C_t 는 0.3에서 1.2를 가짐
Clark (1945)	$T_l = KLS_c^{-1/2}$	K 는 0.8에서 2.2를 가짐
Eagleson (1962)	$T_p = 0.667L_{ca}nR_h^{-2/3}S_a^{-1/2}$	Snyder 공식을 하천특성에 맞게 수정
SCS (1975)	$T_p = \{L_w^{0.8}(1,000/CN - 9)^{0.7}\} / \{1900S_o^{1/2}\}$	농경지 유역과 2,000acres 이하의 도시유역에 적용가능. SCS TR-55 참조
Rao와 Delleur (1974)	$T_l = 0.78A^{0.496}L^{0.073}S^{-0.075}(1+I_A)^{-1.289}$ $T_l = 0.78A^{0.542}S^{-0.081}(1+I_A)^{-1.21}$ $T_l = 0.803A^{0.512}(1+I_A)^{-1.433}$	도시유역 대상

주) 1. 지체시간(T_l, T_p)단위 : 시간(hr)

2. A : 유역면적(mi²), CN : SCS 유출곡선지수, I_A : 해당유역에서 불투수면적비, K : 상수, L : 본류의 하도길이(mi), L_{ca} : 하류 관측점에서 본류를 따라 유역 중심에 가장 가까운 본류상의 점까지 측정한 거리(mi), L_w : 유역의 수리학적 길이(ft), n : Manning의 조도계수, R_h : 주우수관의 가중 동수반경(ft), S : 유역 출구점과 최원점의 표고차를 하도길이로 나눈 유역평균경사(H/L , ft/ mi), S_a : 주우수관의 가중 경사(ft/ ft), S_c : 유역 출구점과 최원점의 표고차를 본류길이로 나눈 본류 평균경사(H/L , ft/ mi), S_o : 유역평균경사(%).

4. 국내 적용결과 검토

- 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 ~ 1,000 mi^2 , Clark 공식과 Linsley 공식은 유역면적이 250 ~ 1,700 mi^2 인 자연하천유역을 대상으로 유도된 공식들이다.
 - ④ 도시유역을 대상으로 유도된 Eagleson 공식과 Rao 와 Delleur 공식들도 도시유역에의 적용시 공식에 대한 검증이 필요하다.
 - ⑤ SCS의 지체시간 공식은 유역면적이 2,000 acres 이하인 자연하천과 도시유역을 대상으로 개발된 공식으로 홍수도달시간과 같이 전 유역에 걸쳐 비교적 양호한 결과를 나타내고 있다.
5. 앞으로 국내 소하천 유역에 적합한 지체시간 공식을 유도하기 위해서는 소하천 유역에서 지속적이고 정도 높은 강우, 유출자료의 실측과 분석을 하여야 한다.

2.4 유효우량 산정방법의 선택

1. 유효우량 산정을 위한 5가지 방법(4장 1.6.1 참조)은 각각 장단점을 가지고 있으며 적용대상 유역에서의 검정절차를 거쳐 가장 적절한 방법을 선택하는 것이 원칙이나 그렇지 못할 경우에는 적용의 객관성이 높은 방법을 선택하는 것이 바람직하다.
2. 강우손실량의 계산에 의한 유효우량의 산정에 관한 5가지 방법의 검정은 대상유역에서 이미 발생한 호우의 강우·유출자료를 정밀 분석하여 이루어져야 하며, 그 결과로 얻어지는 손실우량 분리법이 실무에 사용되어야 한다.
3. 소하천 계획에서는 설계강우에 대한 분석만이 취급되므로 전술한 바와 같이 검정된 유효우량 산정방법이 있는 경우에는 검정된 방법을 사용하면 되나, 그렇지 못한 경우에는 수문학자의 경험이나 공학적 판단을 바탕으로 적절한 방법을 선택하여 사용하되 유역의 개발전·후나 강우-유출 모형을 감안하여 일관성이 유지될 수 있도록 하여야 한다.
4. 국내 실무의 경우는 비교적 객관성이 높고 유역의 지상인자의 결정에 의해 계산이 가능한 미국 토양보존국(U.S. SCS; Soil Conservation Services)의 유효우량 산정법이 가장 많이 사용되고 있으므로 이 방법이 추천된다.
5. 그러나 이 방법은 우리나라 유역에 대하여 실측자료로 검정된 방법이 아니므로 사용에 세심한 주의가 필요하다.

2.5 설계홍수량의 추정

1. 설계홍수량을 추정하는 방법은 홍수량 자료를 이용하여 연최대홍수량(혹은 초과치 계열)의 빈도해석에 의한 방법과 강우-유출해석을 통하여 산정하는 방법이 있다.
2. 전자의 경우, 홍수량 자료의 관측기간이 길고 그 관측자료가 충분한 정도를 가지고 있는 경우에 적용할 수 있는 방법이나 우리나라의 경우 관측된 홍수량자료가 극히 미미하며, 특히 소하천 유역인 경우 그 자료는 전무하다고 할 수 있다.
3. 우리나라는 현재까지 관측된 홍수량자료에 비하여 설계강우를 책정할 수 있는 강우자료는 비교적 정확도도 높고 충분하기 때문에 설계강우에 의한 설계홍수량의 산정방법이 사용되고 있다.
4. 홍수유출 계산 방법을 선정할 때에는 대상유역의 대소, 유역 형태, 지질 및 식생 피복, 주요 유출성분의 구성, 대상홍수의 규모 등을 고려해야 한다.
5. 유역으로부터의 홍수유출 계산은 자연하천 유역인지 도시하천 유역인지에 따라 다른 방법을 사용하고, 자연하천 유역일 경우도 유역의 규모에 따라 상이한 유출 계산 방법을 사용하는 것이 통상이다.
6. 홍수유출 계산방법은 선형 유출계산법과 비선형 유출계산법으로 분류한다. 또는 단순홍수량 공식에 의한 방법과 단위유량도 및 합성단위유량도법 그리고 유역추적법으로 대별할 수 있다.

2.5.1 실적자료가 있는 경우

1. 빈도해석

- (1) 홍수량에 대한 자료를 약 30년 이상의 장기간에 걸쳐 보유하고 있는 경우에는 빈도해석기법을 이용하여 확률홍수량을 산정하고 이를 설계홍수량으로 정한다.
- (2) 홍수량 자료의 보유기간이 충분하지 않을 경우에는 연최대유량을 이용하여 빈도해석을 실시하는 것 보다는 초과치 계열을 이용하여 빈도해석을 실시한다.
- (3) 빈도해석의 방법은 본장 '1.3.1 지점 빈도 해석'을 이용하여 대상자료만 홍수량 자료를 사용한다.

2. 실적대표단위도에 의한 방법

(1) 실적대표단위도의 작성

- ① 단위도는 유역에 일정한 단위시간동안 일정한 강도로 균일하게 내리는 단위 유효강우로 인하여 발생하는 직접유출수문곡선으로 정의된다.
- ② 단위도를 유도하는 방법에는 시행착오법, 최소자승법, 선형계획법, 조화합수법 등이 있다.
- ③ 최소자승법의 원리는 관측 수문곡선과 예측수문곡선 사이의 종거차 즉, 편차의 자승합을 최소로 하는데 근거하며, Snyder(1955)에 의해 처음 사용된 이후 여러 학자들에 의해 사용되어 왔으며, 소하천 유역의 경우 최소자승법이 추천된다.
- ④ 대표단위도는 여러 개의 강우사상으로부터 유도된 단위도의 지속기간을 통일시킨 후 첨두유출량점의 좌표를 평균하여 정하고 이를 원점 및 단위도 기저시간의 종점과 연결시켜 단위도 아래의 면적이 단위유효우량(1cm)이 되도록 작성한다.

(2) 실적대표단위도의 검정

- ① 강우-유출모형으로 실적대표단위도를 이용하는 경우에 실측수문곡선과 모형으로 계산한 계산수문곡선의 적합성을 비교하여 판정하는 검정절차를 거친 후에 적용해야 한다.
- ② 계산치와 실측치의 합치정도를 검토할 경우에도 유출량의 첨두치의 일치에 중점을 둘 수도 있고 유출수문곡선 전체의 일치를 중시할 수도 있다.
- ③ 하천 제방 등의 건설을 위한 홍수유출계산의 경우에는 첨두유출량이 문제가 되므로 첨두치의 추정이 잘 되도록 하는 것이 좋으나, 큰 홍수를 저류하기 위한 대규모 저수지와 관련된 계산에서는 유출용적을 잘 맞추는 것이 더 중요하다.

(3) 실적대표단위도에 의한 설계홍수량의 추정

- ① 계획강우량은 각 대상유역에서 설계빈도에 해당하는 주어진 재현기간의 확률강우강도식 혹은 확률강우량도를 이용하여 계산한다.
- ② 계획강우의 시간적 분포는 여러 가지 시간분포모형 중에서 최악의 유출상황을 발생시키는 강우의 시간분포모형으로 분석·보고된 Yen-Chow 후방집중형 분포($r=0.75$) 혹은 Huff 2분위법을 이용한다.
- ③ 계획강우의 지속기간으로는 강우-유출해석시 임계지속기간을 고려하여 유출량계산을 할 필요는 없을 것으로 분석 보고한 연구성과를 바탕으로 하여 <표 4.2.3>와 <표 4.2.4>의 표준화 한 경험식으로부터 계산된 도달시간을 강우지속

기간으로 택한다.

- ④ 유역면적이 비교적 큰 경우에는 유역면적계수를 고려하나, 소하천과 같이 유역면적이 비교적 작은 경우에는 유역면적계수를 고려하지 않아도 된다.
- ⑤ 계획강우의 우량주상도가 얻어지면 제4장 1.6.1에 언급한 유효우량 산정방법을 이용하여 유효우량주상도를 구한다.
- ⑥ 이상의 순서에 의해 유효우량주상도가 작성되면 실적대표단위도에 적용시켜 계획유출수문곡선을 얻으며, 이로부터 첨두유출량 등을 얻는다. 이 때 기저유량을 고려한다.

2.5.2 실적자료가 없는 자연유역

1. 자연유역에서 실적자료가 없는 경우 설계홍수량을 추정하는 방법으로는 합리식, 합성단위유량도법, 유역추적법을 사용한다.

2. 합리식

- (1) 설계홍수량 추정시 첨두홍수량만을 구하고자 하는 경우에는 합리식을 사용한다.
- (2) 합리식에 의한 첨두유량 계산
 - ① 합리식은 홍수 도달시간에 해당하는 특정 발생빈도의 최대강우강도에 유역의 물리적 상태를 나타내는 유출계수와 유역면적을 곱하여 첨두유량을 계산하게 된다.
 - ② 합리식에 의한 첨두유량의 계산은 다음 식에 따른다.

$$Q = \frac{1}{3.6} C I A \quad (4.2.1)$$

여기서 Q 는 첨두유량(m^3/s), C 는 무차원의 유출계수, I 는 도달시간을 강우지속시간으로 하는 특정발생빈도의 확률강우강도(mm/hr), 그리고 A 는 유역면적(km^2)을 각각 의미한다.

- ③ 합리식은 다음과 같은 가정하에 제안된 공식이므로 이하의 가정에 가급적 가까운 유출특성을 가지는 유역에 적용함이 바람직하다.
- ㉠ 어떤 강우강도 I 의 강우에 의한 유출량 Q 는 그 강도의 강우가 유역의 도달시간과 같거나 더 큰 시간동안 계속될 때 최대치에 도달한다.
- ㉡ 강우의 지속시간이 유역의 도달시간과 같거나 길 때 강우강도 I 인 강우에 의한 첨두유량 Q_p 는 그 강우강도 I 와 직선적 관계를 가진다.

- ㉔ 침투유량의 발생확률은 주어진 도달시간에 대응하는 강우강도의 발생확률과 동일하다.
 - ㉕ 유출계수 C는 각각 다른 발생확률을 가지는 강우-유출 사상에 관계없이 동일하다.
 - ㉖ 유출계수 C는 어떤 유역에 내리는 모든 강우에 대하여 동일하다.
 - ④ 지금까지의 연구조사 결과에 따르면, 상술한 합리식의 전제조건들은 강우의 침투 및 저류효과가 적은 도시화된 유역 및 수원부 계류의 소하천 유역에 잘 맞는 것으로 알려져 있다.
 - ⑤ 합리식을 적용할 수 있는 유역면적의 크기는 대략 2.5km^2 이하로 알려져 있으나 가급적 작은 유역에 적용해야 신뢰도가 높다. 유역면적이 2.5km^2 를 초과하는 유역에 합리식을 적용할 시에는 소구역으로 구분하여 link-node 개념을 이용하여 산정하는 것이 바람직하다.
 - ⑥ 이상에 언급한 바와 같이 합리식은 홍수의 침투유량을 추산하기 위한 간편한 방법으로서 저류효과를 고려할 필요가 없는 소하천 유역에 국한하여 사용함이 원칙이다.
- (3) 합리식에 사용되는 유출계수
- ① 유출계수는 유역의 형상, 지표면 피복상태, 식생 피복상태 및 개발상황 등을 감안하여 결정하지만 일반적으로 다음 값을 계획의 표준으로 하며, <표 4.2.6>와 <표 4.2.7>은 토지이용에 따른 유출계수의 범위를 나타낸 것이다.
 - ② 유출계수는 유역의 개발로 인해 큰 변화를 받는 일이 많으므로 계획치로 채용하는 유출계수는 개수시점에서 예상되는 개발계획 등을 충분히 고려하여야 한다.
- (4) 합리식의 홍수 도달시간
- ① 유역의 홍수 도달시간은 해당 유역의 유출특성을 조사하여 결정한다.
 - ② 합리식에 이용하는 홍수 도달시간은 원칙적으로 강수가 유역에서 하도에 이르는 유입시간과 하도내의 홍수전파시간(유하시간)의 합으로 한다.
 - ③ 유하시간은 일반적으로 SCS 지체시간공식에 의한 값 또는 적당한 하도평균유속을 가정해서 계산하고 하도계획 책정 후에 하도평균유속의 계산치와 비교하여 가정치와 계산치의 차이가 큰 경우에는 다시 계산한다.
 - ④ 유입시간은 장래의 토지이용계획, 유사구역의 상황 등을 고려하여 결정하는 것으로 하지만 다음 값을 표준으로 하여도 좋다.

산지 유역

면적 $A=2\text{ km}^2$; 30 min

특히 급경사면 유역 면적 $A=2 \text{ km}^2$; 20 min

하수도 정비 구역 면적 $A=2 \text{ km}^2$; 30 min

- ⑤ Rziha 식은 유하시간을 구하는 식으로서 계획책정에 사용하는 경우 보통의 유량에서는 일반적으로 과소한 값을 나타냄으로 SCS 지체시간 공식에 따르는 것을 원칙으로 한다.

<표 4.2.6> 토지 이용도에 따른 합리식의 유출계수 범위

토 지 이 용		C	토 지 이 용			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	잔 디	사 질 토	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	
	교외지역	0.25-0.40		중 토	평탄지	0.13-0.17	
	아파트	0.50-0.70			평균	0.18-0.22	
산업 지역	산재지역	0.50-0.80	농 경 지	나 지	경사지	0.25-0.35	
	밀집지역	0.60-0.90			평탄한 곳	0.30-0.60	
공원, 묘역		0.10-0.25		경 작 지	사 질 토	거친곳	0.20-0.50
운동장		0.20-0.35				작물 있음	0.30-0.60
철로		0.20-0.40				없음	0.20-0.50
미개발지역		0.10-0.30			중토	작물 있음	0.20-0.40
도로	아스팔트 콘크리트 벽돌	0.70-0.95				없음	0.10-0.25
		0.80-0.95		초 지	사질토		0.15-0.45
		0.70-0.85			중토		0.05-0.25
					산림지역		0.05-0.25

<표 4.2.7> 합리식 유출계수의 지형과 지질에 따른 보정 (Stephenson, 1981)

지표 상황	기본 유출계수	보정치 : 가감량
나 지	0.40	경사 < 5%: -0.05
초 지	0.35	경사 > 10%: +0.05
경작지	0.30	재현기간 < 20yr: -0.05
삼 림	0.18	재현기간 > 50yr: +0.05
		연평균 강수량 < 600 mm: -0.03
		연평균 강수량 > 900 mm: +0.03

(5) 합리식의 강우강도

- ① 합리식에서 사용되는 강우강도 I 는 제4장 '1.3.3 임의지속기간에 대한 확률 강우량의 산정'에 서술한 여러 가지 형태의 강우강도식을 이용한다.

3. 합성단위유량도법

- (1) 합성단위도법은 단위도의 특성변수들을 유역의 유출특성을 지배하는 지상 인자들과 상관시킴으로써 수문자료가 없는 미계측 유역에 대한 단위도를 작성하는 방법이다.
- (2) 이 방법은 단위도의 특성변수인 첨두유량점에서의 유량과 발생시각, 유출기저시간의 중점시각 등을 유역특성변수들의 함수로 나타낸 경험공식으로 계산하여 단위도를 작성하는 방법이며, 작도시 단위도 아래의 면적이 유역전반에 걸친 단위유효수량(1cm)과 같아야 한다.
- (3) 지금까지 제안된 합성단위도법의 대표적인 방법에는 Snyder 방법, 미국 토양보존국(Soil Conservation service) 방법, 일본의 Nakayasu 합성단위도법 등이며, 우리 나라의 경우 한강, 금강 및 낙동강 유역에 대하여 Snyder 합성단위도법에 관한 연구를 수행한 바 있으나 연구 당시의 수문 자료부족으로 신뢰도가 낮아 공인되지는 못하고 있는 실정이다.
- (4) 여러 가지 합성단위유량도법 중 국내의 소하천 유역을 대상으로 유도된 매개변수를 갖고 있는 방법이 없고, 다른 방법에 비해 과다한 결과를 산출하고 있으므로 소하천 유역에서의 이들 방법은 적합하지 않다.

4. 유역추적방법

- (1) 유역 홍수추적법은 하천유역을 일련의 저수지 또는 일련의 저수지와 하도로 구성되었다고 가정하여 각각의 저수지를 통해 식 (4.2.2)와 같은 저류방정식을 풀이하는 수문학적 홍수추적방법으로 순간단위도를 유도한 후 이를 적용하여 특정 호우로 인한 홍수유출수문곡선을 계산하거나 또는 저수지로의 유입량을 직접 계산하여 저류방정식에 입력하여 유출량을 구함으로써 홍수유출수문곡선을 얻는 방법이다.
- (2) 저류방정식

$$I - O = \frac{dS}{dt} \quad (4.2.2)$$

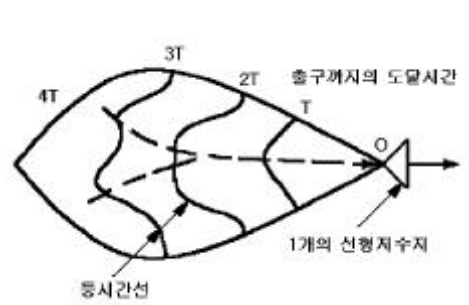
여기서 I 와 O 는 저수지로의 시간별 유입량(m^3/s) 및 유출량(m^3/s)이고, S 는 저수지내 저류량(m^3 , 또는 $(m^3/s) \cdot day$)이다.

- (3) 이들 추적방법에는 저수지의 저류량(S)과 유출량(O)의 관계를 선형으로 가정하는 선형모형, 이들 관계를 비선형으로 가정하는 비선형모형이 있다.
- (4) 전자에 속하는 대표적인 모형에는 Clark 모형과 Nash 모형이 있으며, 후자에 속하는 대표적인 모형은 우리나라 홍수에정보 프로그램에 사용되고 있는 저류함수법이다.
- (5) 유역추적방법 중 Clark 모형은 비교적 국내의 실적자료를 이용한 적용결과 및 매개변수 추정경험식을 많이 보유하고 있고, 다른 방법에 비해 정확도가 높은 결과를 산출하고 있으므로 소하천 유역에서의 유역추적방법으로는 Clark 모형이 적합하다.

(6) Clark 모형

① 기본개념

- ㉠ 이 방법은 <그림 4.2.4>와 같이 해당유역의 출구에 1개의 저수지가 있다고 가정하여 유역의 홍수 도달시간-누가면적 관계를 사용하여 자연하천 유역에 순간적으로 내리는 단위유효우량(1cm)을 홍수추적 절차에 의해 추적계산함으로써 유역의 순간단위도를 작성하는 방법으로 강우로 인한 전이 뿐만 아니라 유역의 저류효과까지 고려하는 방법이다.



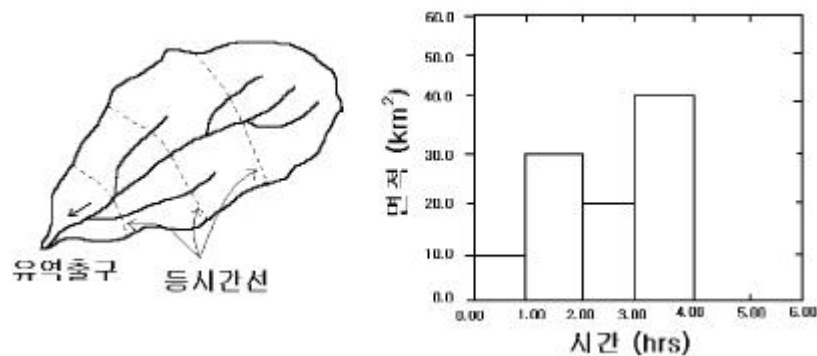
<그림 4.2.4> 유역 출구지점에서 저류되도록 전이하는 모형 과정

- ㉡ 유역의 순간단위도가 일단 계산되면 원하는 지속기간 단위도로의 변환은 정수배하는 방법으로 쉽게 이루어지며, 이를 설계 우량주상도에 적용함으로써 설계 유출수문곡선을 계산할 수 있다.
- ㉢ 이 방법을 특정 호우사상에 국한하여 적용하고자 할 경우에는 순간단위도의 유도과정을 거치지 않고 시간-면적곡선에 우량주상도를 적용하여 출구 저수지의 유입수문곡선을 계산하여 홍수추적함으로써 직접 유역출구지점에 대한

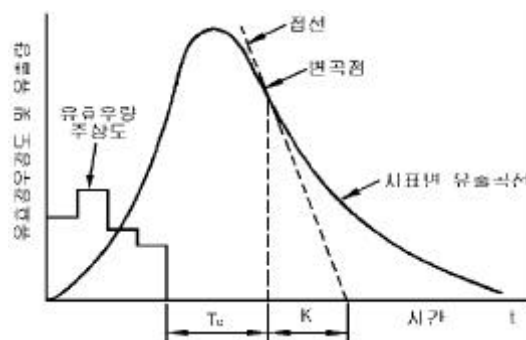
설계 유출수문곡선을 계산할 수도 있다.

② 시간-면적곡선의 작성

- ㉑ 유역출구 지점의 유출량에 기여하는 시간구간별 배수면적을 표시하는 주상도를 시간-면적 주상도라 하며, 이는 유역출구까지의 홍수도달시간이 동일한 점을 연결하는 등시간선을 그려 전유역을 몇 개의 소유역으로 구분한 후 작성하게 된다.
- ㉒ 시간-면적주상도는 <그림 4.2.5>와 같이 등시간선에 의한 소유역 구분으로 작성될 수 있다.
- ㉓ 등시간선에 의한 소유역 구분을 위해서는 우선 전유역의 홍수도달시간(또는 집중시간) T_c 를 결정하여야 하며 실측 유출수문곡선이 있을 경우에는 <그림 4.2.6>에서와 같이 결정하나 없을 경우에는 SCS 지체시간 공식, Rziha 공식 등에 의해 계산하게 된다.



<그림 4.2.5> 시간 - 면적곡선의 작성



<그림 4.2.6> K와 C의 정의

- ㉔ 일단 전유역의 도달시간(T_c)이 결정되고 나면 유로길이(L)를 T_c 로 나눔으로써 평균유속(V)를 계산할 수 있으며, 유로를 따른 홍수류의 평균유속이 전하도구간에 걸쳐 대체로 일정하다고 가정하고 본류를 따라 등시간 구간으로 구분하며, 지표면을 통한 유하속도는 하도에서의 유하속도보다 느리고, 경사가 대체로 큰 지류하천에서의 유속은 본류하도에서 보다는 빠른 점을 감안하여 적절한 판단으로 등시간선을 그리게 된다.
- ㉕ 이와 같이 등시간선으로 전유역을 여러 개의 소유역으로 구분하고 나면 등시간선간의 면적을 도상측정하여 전시간폭이 T_c 인 시간-면적주상도를 얻게 된다.
- ③ 유역추적에 의한 순간단위도의 유도
- ㉖ <그림 4.2.5>와 같은 유역에 순간적으로 내리는 단위유효우량으로 인해 유역출구지점 저수지로 등시간 구간 Δt 시간동안 유입하는 유출량은 다음 식으로 표시된다.

$$I_i = \frac{1}{0.36} \frac{A_i}{\Delta t} \quad (4.2.3)$$

여기서 I_i 는 시간구간 i 에서의 유입량(m^3/s)이며, A_i 는 i 번째 시간구간에 포함되어 있는 소유역면적(km^2)이다.

- ㉗ 선형 저수지 가정에 따르면 저류량과 유출량의 관계는 다음과 같다.

$$S = KO \quad (4.2.4)$$

여기서 S 는 저수지의 저류량($m^3/s \cdot hr$), O 는 저수지로 부터의 유출량이며, K 는 저수지의 저류상수(hrs)이다.

- ㉘ 식 (4.2.4)를 저류 방정식에 넣고 계산시간 구간 Δt 단위별로 유출량을 계산하는 식으로 정리하면 다음과 같다.

$$O_2 = m_0 I_2 + m_1 I_1 + m_2 O_1 \quad (4.2.5)$$

여기서 I_1 , I_2 는 시간구간 Δt 의 시점 및 종점시각에서의 유입량(m^3/s)이고 O_1 , O_2 는 각각 유출량(m^3/s)을 표시한다. 또한

$$m_0 = \frac{0.5 \Delta t}{K + 0.5 \Delta t} \quad (4.2.6)$$

$$m_1 = \frac{0.5 \Delta t}{K + 0.5 \Delta t} \quad (4.2.7)$$

$$m_2 = \frac{K - 0.5 \Delta t}{K + 0.5 \Delta t} \quad (4.2.8)$$

라) 식 (4.2.5)에 의한 추적계산을 위해서 $O_1 = 0$ 으로 하여 계산을 시작하며 m_0 , m_1 , m_2 는 식 (4.2.6) (4.2.8)에 의해 계산되므로 저류상수 K 값의 결정이 필수적이다.

④ 저수지의 저류상수의 산정

㉠ Clark 방법에 필요한 저류상수 K 는 유역출구에 대한 홍수 수문곡선 실측자료가 있을 경우와 없을 경우 각각 다른 방법으로 추정한다.

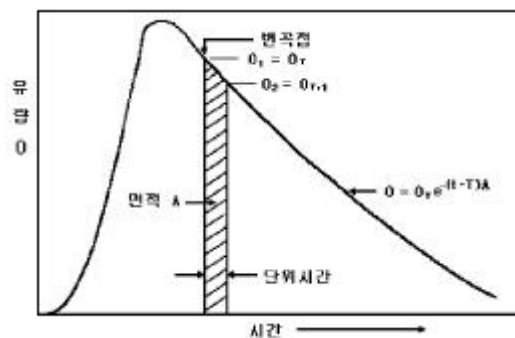
㉡ 홍수 수문곡선 자료가 있을 경우의 첫번째 방법은 <그림 4.2.6>에 표시한 바와 같이 수문곡선의 변곡점에서의 유량 O_T 를 그 점에 그은 접선의 경사 $(dO/dt)_T$ 로 나누어 주는 방법이다. 즉,

$$K = \frac{-O_T}{\left(\frac{dO}{dt}\right)_T} \quad (4.2.9)$$

㉢ 두번째 방법은 <그림 4.2.7>에서와 같이 변곡점으로 부터 미소시간 ΔT 만큼 떨어진 시간구간의 수문곡선 아래면적 $A(m^3/s \cdot hr)$ 을 ΔT 의 시점 및 종점시각 유량차 $(O_1 - O_2)(m^3/s)$ 로 나누어 주어 계산하는 방법이다. 즉,

$$K = \frac{A}{(O_1 - O_2)} \quad (4.2.10)$$

라) 이상의 방법은 이론적으로는 타당하나 실제자료로부터 K 값을 계산할 경우 수문자료나 분석자에 따라 큰 편차를 보이므로 사용에 주의를 요한다.



<그림 4.2.7> K 값의 결정

- ㉞ 우리나라의 경우는 Clark 방법을 계획홍수량의 결정에 많이 사용하고 있으나 K값이나 전술한 바 있는 T_c 의 결정을 위한 지역공식이 아직 개발되어 있지 못한 실정이므로 현명한 공학적 판단이 요구된다.
- ⑤ 순간단위도를 사용한 설계 홍수수문곡선의 계산
- ㉡ Clark 방법으로 순간단위도가 유도되면 설계 유효우량주상도의 시간구간을 지속시간으로 하는 단위도로 변환시킨후 이를 적용함으로써 설계 홍수수문곡선을 계산할 수 있다.
- ㉢ 전술한 절차에 의해 유역의 순간단위도가 유도되면 채택된 설계 유효우량 주상도의 시간구간과 동일한 시간을 지속시간으로 하는 단위도로 정수배하는 방법으로 쉽게 변환할 수 있다.
- ㉣ 이와 같이 단위도의 지속시간을 설계 유효우량 주상도의 시간구간과 일치시키고 나면 단위도에 시간구간별 유효우량을 적용하여 비례가정으로 축차계산하고 이를 중첩가정으로 단순 합산함으로써 직접 홍수유출수문곡선을 얻게 되며 여기에 기저 유출수문곡선을 적절히 합산하면 설계 홍수 수문곡선을 작성할 수 있다.
- ⑥ Clark 방법에 의한 설계 홍수 수문곡선의 직접 계산
- ㉡ 첫째로, 대상 유효 우량주상도의 시간구간과 동일한 시간구간을 사용하여 등시간선을 그려 시간-면적주상도를 작성한다.
- ㉢ 둘째로, 단순 유수 전이를 가정하여 다음 식에 의해 저수지로의 유입수문곡선의 종거 $I_j(m^3/s)$ 를 계산한다.

$$I_j = \frac{1}{0.36} \sum_{i=1}^j R_i A_{j+1-i} \quad (4.2.11)$$

여기서 R_i 는 시간구간(Δt)별 유효강우강도(cm/hr)이며, A_{j+1-i} 는 등시간선도의 면적(km^2)이다.

- ㉣ 셋째로, 식 (4.2.11)로 계산된 유입수문곡선을 식 (4.2.5)에 의해 저류추적하여 유출수문곡선을 계산한다. 이 추적을 위해서는 K값의 추정과 식 (4.2.6) (4.2.8)에 의한 m_0, m_1, m_2 의 계산이 필요하다.

2.5.3 실적자료가 없는 도시유역

1. 도시유역의 수문특성

- (1) 도시화 및 산업화로 인한 도시환경의 변화 양상을 보면, 도심에서부터의 시가

지 확산과 그 주변지역의 각종 사회간접자본 개발사업 등으로 인해 도시화되기 이전의 지표면이 갖고 있었던 보수 및 우수기능 등이 건물이나 아스팔트, 콘크리트 포장으로 피복되면서 현격하게 줄어들고 있다.

- (2) 도시유역내의 하수관거가 개발지역에서 신설되거나 확장되면서 자연하도가 대부분 콘크리트로 포장되거나 하수관거로 연결되어 하천으로 유입되는 홍수유출량이 이전보다 증대되고 유역출구점까지의 도달시간은 오히려 단축됨으로써 침투유량이 증가하고 있다.
- (3) 더욱이 최근 인구의 급격한 도시집중에 따라 대규모 택지 및 시설부지의 절대 부족으로 하천범람구역이나 홍수우려가 있는 범람원내의 저지대에까지 주택, 건물, 기타 도로시설 등이 건설됨으로써 치수면에서의 안전도가 상대적으로 저하되고 있는 실정이다.

2. 도시유출해석의 특성

- (1) 집수유역이 대부분 불투수성 표면으로 포장되므로써 유출계수가 증가하여 침투유량과 유출 용적이 증가하게 된다.
- (2) 수로의 수리학적 통수능이 증가하게 된다.
- (3) 강우에 의한 유출량이 도심지 유역의 하류 지점에 일시에 많은 양이 집중하게 되며, 자연 하천일 때보다 침투유출량의 도달시간도 빨라진다.
- (4) 식생피복의 변화는 토양의 침투능에 영향을 주며 토지이용의 변화는 유출량과 도달 시간에 중요한 영향을 끼치게 된다.
- (5) 토지이용의 변화가 주는 대표적인 영향에는 침투유출 특성의 변화, 총유출량의 변화, 수질의 변화, 자연경관의 변화 등을 들 수 있다.

3. 개발로 인한 도시수문량의 변화

- (1) 유출과정에서 표면저류의 형태로 남는 양은 도시유역의 경우에 자연유역보다 훨씬 적다.
- (2) 표면저류량은 강우가 끝난 후 침투를 통해 손실되거나 증발을 통해 손실되어진다.
- (3) 도시유출지역은 불투수면적이 크므로 투수지역이 대부분인 자연상태의 지역과는 다소 그 특성이 다르다.
- (4) 투수지역에 내린 강우는 침투 및 저류에 의한 물의 손실이 유출해석에 중요한 의미를 가진다. 그러나 주차장, 도로 등과 같이 불투수표면에 내린 강우에 대하여는 침투와 지표저류량은 전체유출에 비하여 극히 미미하여 그 영향은 무시된

다.

4. 도시유출의 특성은 상술한 바와 같이 자연유역의 유출특성과 서로 다르므로 유출계산방법도 지금까지 언급한 방법과는 약간의 차이점이 있으며, 여기에서는 RRL(Road Research Laboratory) 방법과 ILLUDAS(Illinois Urban Drainage Area Simulator) 모형에 대하여 언급하기로 한다.

(1) RRL 방법

- ① RRL 방법(Road Research Laboratory Method)은 도시배수망 설계를 위하여 1962년에 영국에서 고안된 것으로서, 도시지역의 불투수지역만을 고려하여 등도달시간-집수면적 곡선을 작성하고 여기에 각 양의 강우강도를 적용하여 각 소유역의 시간별 유출량을 지체 및 합산함으로써 유입구에 대한 유입수문곡선을 합성한다.
- ② 이 유입수문곡선을 기존 하수도망에 따라 저류량 추적을 하므로써 주관거에 대한 유출수문곡선을 얻게 된다.
- ③ 그러나 이 RRL 방법을 우리나라에서는 1980년대 후반에 실무에서 기본가정을 일부 수정하여 널리 사용하고 있다.
- ④ 본래의 RRL 방법은 관로와 직접 연결되어 있는 불투수지역으로 부터의 유출량만을 고려하고 그 외의 유역에 내린 강우는 유출에 기여하지 않는다고 가정하며, 전유역을 몇 개의 소유역으로 분할한 후 각 소유역에서의 유출량을 계산하여 관로를 통해 홍수추적하므로써 전체유역의 총유출량을 구하도록 되어있는 반면에 국내에서 수정한 RRL 방법은 전체유역에 대한 시간-면적곡선을 작성한 후, 이에 시간구간별 강우량을 적용하여 식 (4.2.12)와 같이 유출량을 계산하게 된다.

$$Q_j = 0.2778 \sum_{i=1}^j A_{j-i+1} R_i \quad (4.2.12)$$

- ⑤ 국내 수정 RRL 방법은 전체유역을 동일하게 취급함으로 인해 유역내의 불투수지역의 분포현황이 고려되지 않는 점과 관로내에서의 저류효과를 고려하지 못하는 한계점을 가지고 있다.
- ⑥ 전술한 도달시간-집수면적 관계와 강우주상도에 의한 강우강도로부터 유입수문곡선은 다음과 같이 구한다.

$$\begin{aligned}
 P_0 &= 0 \\
 P_1 &= I_1 \cdot A_1 \\
 P_2 &= I_2 \cdot A_1 + I_1 \cdot A_2 \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 &\cdot \\
 P_n &= I_n \cdot A_1 + I_{n-1} \cdot A_2 + \dots + I_1 \cdot A_n
 \end{aligned}
 \tag{4.2.13}$$

여기서 $P_0, P_1, \dots, P_n$ 은 유입수문곡선의 종거, $I_1, I_2, \dots, I_n$ 은 강우강도, $A_1, A_2, \dots, A_n$ 은 등시간선으로부터 얻어지는 소유역면적이다.

- ⑦ 이와 같은 방법에 의해서 유입수문곡선을 얻을 수가 있으며, 이 유입수문곡선을 유역출구점이 있는 유역까지 포함하는 유출수문곡선으로 변환시킨다.

(2) ILLUDAS 모형

- ① ILLUDAS 모형은 기본적으로는 RRL 방법과 그 기본해석 개념을 같이 하면서도 녹지와 배수로와 직접 연결되지 않은 포장지역에서의 유출도 고려한 점이 RRL 방법과 다르다.
- ② ILLUDAS 모형을 적용함에 있어서 먼저 검토유역을 여러 개의 배수구역으로 나눈다.
- ③ 직접연결 포장지역이 결정되면, 포장지역을 거쳐 배수구역의 하류단으로 유입하는데 소요되는 도달시간을 산정한다.
- ④ 표면류의 유속과 도달시간은 Hicks(1944)의 식에 근거를 두고 있는 바, 본 모형에서 포장지역에서의 도달시간은 먼저 포장지역 가로배수구에서는 약 $0.035 \sim 0.070 \text{ m}^3/\text{s/ha}$ 의 흐름이 있는 것으로 가정하고, Manning식을 적용하여 가로 배수구에서의 유속을 계산함으로 구해진다.
- ⑤ 이 유속으로부터 각 소 배수분구에서의 등도달시간선이 그려지며 각 도달시간에 대한 누가면적의 관계곡선으로서 임의의 시각에서 유입량에 기여하는 포장면적의 크기를 나타낸다.
- ⑥ 녹지지역으로부터 배수구에 유입하는 수문곡선을 유도하는 과정은 포장지역에서의 경우와 비슷하나, 등도달시간과 거리에 관해서는 Izzard(1946)의 식이 이용된다. 즉,

$$t_e = 0.033 \times K \times L \times q_e^{-0.67} \quad (4.2.14)$$

$$q_e = 0.0000231 \times I \times L \quad (4.2.15)$$

여기서 q_e 는 평형유출량, I 는 강우강도, L 은 표면류의 거리, t_e 는 도달시간이다.

- ⑦ 한편 K 는 지형계수로서 다음과 같다.

$$K = (0.0007 \times I + C) \times S^{-0.33} \quad (4.2.16)$$

여기서 S 는 표면경사도, C 는 계수(녹지지역에서 0.046)이다.

- ⑧ 비포장지역의 강우는 지표면에서 저류되거나 토양속으로 침투된다. 표면저류의 강우깊이는 대체로 5.08mm 정도로 보며 ILLUDAS 모형에서는 임의의 값을 선택적으로 사용할 수도 있게 하였다.
- ⑨ 침투로 인한 초기 강우깊이를 예측하기 위하여서는 Holtan 등(1961)의 개념이 활용된다. Horton의 식은 다음과 같다.

$$f = a \cdot (S - F)^n + f_c \quad (4.2.17)$$

여기서 f 는 시간 t 에서의 침투율, a 는 식물 기본인자, n 은 상수(=1.4), S 는 대수층 가능저수량, F 는 기본유수량, $S-F$ 는 추가 저류가능량이며, f_c 는 최종 일정침투율이다.

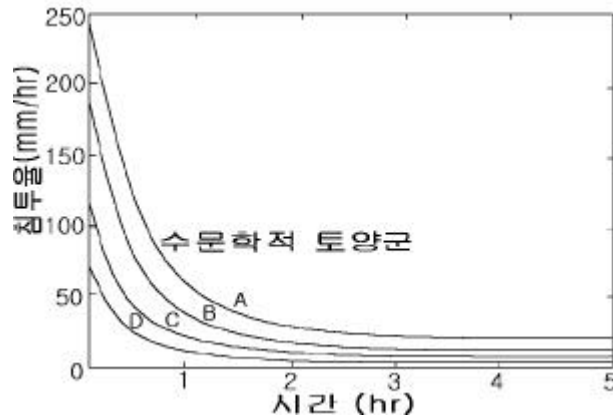
- ⑩ <그림 4.2.8>의 표준침투율곡선은 흙을 SCS의 A, B, C, D 로 구분하고 시간의 변화에 따른 각각의 침투율을 산정하기 위한 것으로서, Chow(1964)에 의해 제안된 Horton의 식에 근거한 것이다.

$$f = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-kt} \quad (4.2.18)$$

여기서 f_0 는 초기 침투율, f_c 는 최종 침투율, k 는 흙의 형상계수이다.

- ⑪ 표준침투율곡선을 이용하여 침투능 인자인 f_c , f_0 와 형상계수 k 는 지형조건에 맞게 채택하며, S 와 F 는 4종류의 초기함수상태에 대하여 선택할 수 있도록 하였다.
- ⑫ 포장지역과 비포장지역에서의 수문곡선이 합쳐져서 각 배수분구에 대하여 유도된 하나의 유입수문곡선으로부터 각 배수로 설계지점에서의 유입량이 공급된다.

- ⑬ 유입한 물이 배수로의 한 지점에서 다음 지점으로 전달되는 과정의 해석 방법으로는 저류추적법이 사용된다. ILLUDAS 모형에서는 수로의 단면형을 원관, 사다리꼴, 직사각형단면 등 세 종류로 구분하였다.



<그림 4.2.8> 표준침투율곡선

2.5.3 적정 설계홍수량의 선정

1. 소하천 정비계획은 동일 수계내의 소하천에 대해 수계망을 구성하여 정비계획을 수립하게 되므로 계획홍수량 산정시 이를 고려하여 소하천들이 합류하는 본류의 출구점까지 일괄적으로 유출모형을 적용하여야 한다.
2. 소하천 정비로 인해 소하천이 합류하는 본류부의 유황이 변화하게 될 것이므로, 소하천 정비후 본류부의 재해안전도에 영향을 미치게 될 경우 이를 평가하기 위한 정비전·후의 홍수량비교가 필요하다.
3. 올바른 계획홍수량 산정을 위하여 각 유출모형의 적용범위, 제한사항, 모형의 특징 등이 적절하게 만족되고 있는지를 검토할 필요가 있다.
4. 국내에서는 수문자료의 부족 등의 이유로 국내 자체에서 개발된 모형이 없으며, 외국에서 개발되어 널리 사용되고 있는 유출모형의 경우에도 검정과 매개변수에 대한 적절한 경험식이 제시되지 못하고 있으므로, 유역의 특성에 적절히 반영할 수 있는 3~4개의 유출모형을 적용하여 그 결과를 비교할 필요가 있다.
5. 국내 실적자료를 이용한 최근의 연구결과에 의하면, 유출해석방법 중 비교적 Clark 방법이 적합한 것으로 나타났으므로 이를 추천한다.

제 3 절 홍수위 산정

3.1 개요

1. 홍수위의 산정 목적은 하도계획 뿐만 아니라 제방고의 결정 등 각종 하천시설물의 설계를 위한 기초자료의 제공 및 홍수범람면적, 침수심 등 하천 경제성조사 중 피해액 산정을 위한 주요 지표를 제공하기 위함이다.
2. 홍수위 산정을 위해서는 횡단면 측량자료, 조도계수, 하상경사, 기점홍수위, 설계홍수량 등의 자료가 요구된다.

3.2 흐름의 정의 및 계산방법의 선정

3.2.1 흐름의 정의

1. 정류와 부정류

- (1) 정류(定流, steady flow) : 하천내 임의의 지점에서 시간이 경과하여도 수심, 유속, 유량이 변화하지 않는 흐름을 정류라 한다.
- (2) 부정류(不定流, unsteady flow) : 하천내 임의의 지점에서 시간이 경과함에 따라 수심, 유속, 유량이 변화하는 흐름을 부정류라 한다.
- (3) 실제하천에서의 흐름은 거의 모든 경우가 부정류에 속하나, 하천의 계획과 설계를 위하여 대부분 침투홍수량에 대한 수면형이 이용되는 경우가 많다.

2. 등류와 부등류

- (1) 등류(等流, uniform flow) : 유로를 따라 수심과 유속이 일정한 흐름을 등류라 한다.
- (2) 부등류(不等流, non-uniform flow) : 유로를 따라 수심과 유속이 변화하는 흐름을 부등류라 한다. 부등류 중 긴 구간에 대해 수심의 변화가 크지 않는 흐름을 점변류(漸變流, gradually varied flow)라 하고, 상대적으로 짧은 구간에 급격한 수위의 변화가 있는 흐름을 급변류(急變流, rapidly varied flow)라 한다.
- (3) 실제하천에서는 유로를 따라 하천횡단면과 통수면적이 변화하므로 대부분 부등류에 속한다. 그러나 수위가 하상과 평행하게 되리라고 예상되는 구간에 대해서는 등류로 간주할 수 있다.

3. 상류와 사류

- (1) 이 흐름의 분류에 따라 수면형의 형태와 수면형 계산시점이 달라지게 된다. 임의의 횡단면에서 수심과 속도수두($V^2/2g$)의 합을 비에너지라 하며, 이 비에너지가 최소가 되는 수심을 한계수심(限界水深, critical depth)이라 한다. 이 때의 흐름을 한계류(限界流, critical flow)라 한다.
- (2) 상류(常流, subcritical flow) : 한계수심보다 큰 수심을 갖는 흐름을 상류라 한다.
- (3) 사류(射流, supercritical flow) : 한계수심보다 작은 수심을 갖는 흐름을 사류라 한다.

3.2.2 계산방법의 선정

1. 정류계산

- (1) 다음과 같은 특성을 갖는 하천에서는 부정류 계산을 수행하여야 한다.
 - ① 감조하천과 같이 조석의 영향을 크게 받는 하천
 - ② 경사가 아주 완만하여 환형 수위-유량관계(loop-rating curve)가 크게 나타나는 하천
- (2) 일반적으로 하천시설물의 계획과 설계를 위해서 첨두홍수량에 대한 수위가 기준이 되므로, (1)의 경우를 제외하고는 정류계산을 원칙으로 한다.

2. 등류계산

- (1) 실제하천에서는 등류가 발생하지 않으며, 정의에 의한 등류가 아니더라도 다음과 같은 흐름특성을 갖는 하천에서는 등류계산에 의하여 홍수위를 산정할 수 있다.
 - ① 종단방향으로 하천의 단면형상과 경사의 변화가 크지 않고, 상류단 또는 하류단의 영향을 크게 받지 않는 하천구간
 - ② 사류가 발생하는 급경사 구간이 비교적 긴 구간
- (2) 흐름을 등류로 가정한 경우, 사류가 발생하게 되는 하상경사는 다음 식으로부터 예측할 수 있다.

$$S_0 > n^2 g R^{-1/3} \quad (4.3.1)$$

여기서, S_0 는 하상경사, n 은 Manning의 조도계수, g 는 중력가속도, R 은 동수반

경이다.

3. 부등류계산

- (1) 소하천의 경우 통수단면적이 협소하여 하폭의 변화에 따라 수위의 변동이 심하며, 종단방향으로 하천의 단면형상과 경사가 변화하므로 홍수위 및 유속의 계산은 부등류계산을 원칙으로 한다.
- (2) 정확한 흐름계산을 위해서는 2차원 흐름계산을 수행하여야 하나, 소하천은 하폭이 협소하기 때문에 횡방향의 변화가 거의 없는 것으로 간주하여 1차원 계산을 원칙으로 한다.

3.3 홍수위산정을 위한 자료의 선정

3.3.1 횡단면자료 및 구간길이의 선정

1. 홍수위 계산시 횡단면자료는 5 ~ 20m 간격의 횡단측량자료를 사용하는 것을 원칙으로 하며, 하천시설물이나 기타 장애물이 존재하지 않고 하폭의 변화가 크지 않는 구간에 대해서는 이보다 긴 간격의 자료를 사용할 수 있다.
2. 단면의 급확대 또는 급축소가 발생하는 구간이나 교량 등 하천시설물로 인하여 흐름에 큰 영향을 미치는 단면이 존재하는 경우, 홍수위 계산에 추가적으로 이 단면을 포함시켜야 한다.

3.3.2 조도계수의 결정

1. 홍수위 산정에 적용하는 조도계수는 Manning의 조도계수를 사용한다.
2. 정확한 조도계수의 산정 또는 추정을 위해서는 조도계수에 영향을 미치는 인자를 파악할 필요가 있으며, 영향 인자는 다음과 같다.
 - ① 하상표면의 조도 : 하상구성물질이 클수록 큰 조도계수 적용
 - ② 식생 : 식생의 종류, 크기, 밀도, 분포에 따라 조도계수에 큰 영향을 미침
 - ③ 하도의 불규칙성 : 횡단면의 변화를 의미하며, 횡단면의 변화가 클수록 큰 조도계수 적용
 - ④ 장애물 : 쓰러진 나무나 토석류 등이 존재하면 큰 조도계수 적용
 - ⑤ 하도의 형상 : 만곡이 심하면 큰 조도계수 적용
 - ⑥ 퇴적 및 세굴 : 퇴적과 세굴이 활발한 하상은 큰 조도계수 적용

⑦ 수위와 유량 : 수위와 유량이 커지면 일반적으로 작은 조도계수 적용

3. 정확도가 높은 하천의 조도계수를 얻기 위해서는 저수유량, 홍수유량에 대하여 가급적 다수의 관측자료를 사용하여 조도계수를 산정하여야 한다. 자료가 없는 경우, 가능하다면 2~3회 이상의 수위, 유량 등의 현장관측을 실시하여 그 자료를 이용하는 것이 바람직하다. 그러나 일반적으로 조도계수를 산정하기 위한 자료의 확보가 어렵고, 전무한 경우가 많으므로 자료의 유무에 따라 다음과 같이 적절한 방법을 이용하여 조도계수를 산정한다.

4. 조도계수의 산정방법

(1) 적절한 수위 자료가 없는 경우

- ① Cowan의 방법(SCS 방법) : 식 (4.3.2)를 이용하여 조도계수를 산정하며, 식에 포함된 각 계수 값은 다음 <표 4.3.1>과 같다.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m \quad (4.3.2)$$

<표 4.3.1> Cowan의 조도계수의 산정을 위한 각 계수값의 기준

수 로 조 건		각 계수값	
하 상 재 료	흙	n_0	0.020
	분쇄된 암		0.025
	가는 자갈		0.024
	굵은 자갈		0.028
하상의 불규칙성	평탄	n_1	0.000
	작음		0.005
	중간		0.010
	심함		0.020
수로 단면의 변화	점진적 변화	n_2	0.000
	가끔씩 변화		0.005
	자주 변화		0.010 0.015
장애물의 상대효과	무시할 정도	n_3	0.000
	작음		0.010 0.015
	중간		0.020 0.030
	심함		0.040 0.060
식생	적음	n_4	0.005 0.010
	중간		0.010 0.025
	많음		0.025 0.050
	아주 많음		0.050 0.100
만곡의 정도	작음	m	1.000
	중간		1.150
	심함		1.300

- ② 도표에 의한 방법 : <표 4.3.2>는 하상재료, 식생상태, 수로형태에 따라 각각 최대, 최소, 중간값을 사용하도록 되어 있다.

<표 4.3.2> 하상조건 및 형태에 따른 조도계수

하천의 형태	최소값	중간값	최대값
1. 홍수시 수면폭이 30m 이하인 소하천			
(1) 평지하천			
① 하상에 굴곡이 없는 직선수로이며, 수심이 크고 깊은 소(pool)가 없는 경우	0.025	0.030	0.033
② ①과 같으나 암석과 잡초가 더 많은 경우	0.030	0.035	0.040
③ 하상에 굴곡이 없고 약간의 소와 여울이 있는 경우	0.033	0.040	0.045
④ ③과 같으나 잡초와 암석이 더 많은 경우	0.035	0.045	0.050
⑤ ④와 같으나 수심이 작고, 영향을 받지 않는 경사와 단면이 더 많은 경우	0.040	0.048	0.055
⑥ ④와 같으나 ④보다 암석이 더 많은 경우	0.045	0.050	0.060
⑦ 유속이 느린 구간으로 잡초가 많으며 깊은 소가 경우	0.050	0.070	0.080
⑧ 잡초가 매우 많고, 깊은 소가 있으며 홍수로에 수목과 덩불이 무성한 경우	0.075	0.100	0.150
(2) 산지하천 : 하도내에는 식생이 없으나, 일반적으로 고수위시에는 잠수된 제방을 따라 수목과 덩불이 있음.			
① 하상바닥재료가 자갈, 작은 호박돌과 약간의 호박돌로 구성된 경우	0.030	0.040	0.050
② 하상바닥재료가 작은 호박돌과 호박돌로 구성된 경우	0.040	0.050	0.070
2. 홍수시 수면폭이 30m 보다 큰 하천			
※ 하폭이 30m 이하인 소하천에서 정의된 값보다 약간 작은 값이 사용됨.			
① 호박돌이나 덩불이 없고 굴곡이 작은 단면을 가진 경우	0.025		0.060
② 불규칙하고 굴곡이 심한 경우	0.035		0.100

(2) 적절한 수위자료가 있는 경우

- ① 조도계수의 산정을 위하여 필요한 자료는 흔적 홍수위 자료와 흔적 홍수위 발생시의 유량을 산정할 수 있는 수위-유량곡선 또는 실측 홍수량자료가 요구된다.
- ② 실측자료가 있는 경우 조도계수의 산정방법은 등류계산에 의한 방법과 부등류 계산에 의한 방법이 있으며, 참고자료집에 제시된 방법을 이용하여 조도계수를 역산할 수 있다.

3.3.3 계산시점의 선정

1. 계산시점은 흐름의 조건에 따라 달라지게 된다.
 - (1) 흐름이 상류인 경우 : 하류단의 흐름이 상류단 수위에 영향을 미치기 때문에 계산은 하류단에서 상류단으로 수행하여야 하므로 하류끝단을 계산시점으로 한다.
 - (2) 흐름이 사류인 경우 : 흐름이 사류인 경우 상류단에서 하류단으로 계산을 수행 하므로 상류끝단을 계산시점으로 한다.
2. 계산시점은 주어진 유량에 대해 수위를 알고 있는 지점이어야 하며, 다음과 같은 지점이 이에 해당한다.
 - (1) 주어진 유량에 대해 관측에 의하여 수위를 알고 있는 지점
 - (2) 수위-유량관계식에 의해 수위를 산정할 수 있는 지점
 - (3) 한계수심이 발생하는 지점
 - (4) 지정홍수위 또는 계획홍수위를 알고 있는 지점
 - (5) 경사면적법(slope-area method) : (1) (4)의 지점을 선정할 수 없는 경우 경사 면적법에 의한 등류수심(normal depth)을 시점수위로 사용한다.

3.4 홍수위 계산

3.4.1 등류계산

1. 하천흐름의 특성이 본 절 3.2.2의 2.에 해당하는 경우 등류계산을 수행한다.
2. 등류계산은 다음 식과 같은 Manning의 평균유속공식을 이용하여 산정한다.

$$Q = \frac{1}{n} A \left(\frac{A}{P} \right)^{2/3} S_0^{1/2} \quad (4.3.3)$$

3. 여기서, Q는 유량, n은 조도계수, A는 통수단면적, P는 윤변, S_0 는 하상경사이다.

3.4.2 부등류 계산

1. 하천흐름의 특성이 본 절 3.2.2의 3.에 해당하는 경우 부등류계산을 수행한다.

2. 부등류계산은 각 단면에서의 미지의 수위를 계산하기 위해서 다음 식을 표준축차법(standard step method)에 의해서 반복적으로 계산한다.

$$h_2 + \frac{1}{2g} \left(\frac{\alpha_2 Q_2}{A_2} \right)^2 = h_1 + \frac{1}{2g} \left(\frac{\alpha_1 Q_1}{A_1} \right)^2 + \bar{S}_f \Delta x \quad (4.3.4)$$

3. 여기서, 첨자 1은 수위를 알고 있는 단면, 첨자 2는 수위를 모르는 단면이다. h_1, h_2 는 수위, Q_1, Q_2 는 유량, α_1, α_2 는 유속계수, g 는 중력가속도, Δx 는 구간 길이, S_f 는 마찰경사 $[(n^2 Q^2)/(A^2 R^{4/3})]$ 이며, $\bar{S}_f$ 는 구간에서의 대표 마찰경사로서 S_{f1}, S_{f2} 의 산술평균, 조화평균 또는 기하평균값을 사용할 수 있다.

3.4.3 식생을 고려한 홍수위계산

1. 식생에 의한 상승수위의 계산은 운동방정식과 연속방정식을 이용한 부등류 계산 방법과 Chézy의 평균유속공식과 Darcy-Weisbach의 마찰손실계수를 이용한 계산 방법이 있다.
2. 소하천의 경우 하폭이 협소하므로 나무심기가 이루어진 둔치가 조성되는 경우가 드물고 단단면의 제방사면에 다소의 식생이 이루어지므로 식생에 의한 상승수위의 계산은 Chézy의 평균유속공식과 Darcy-Weisbach의 마찰손실계수를 이용하여 개략적으로 산정한다.
3. 식생에 의한 상승수위의 계산(<그림 4.3.1>참조)

(1) 식생이 있는 단면의 유속계산

- ① 식생이 있는 단면은 Chézy의 평균유속공식에 하상과 나무에 의한 저항계수를 고려한 Darcy-Weisbach의 마찰손실계수를 대입한 식 (4.3.5)를 이용한다.

$$V = \sqrt{\frac{8g r_v I_E}{\lambda_w + (4C_{WR} \omega_p r_v)}} \quad (4.3.5)$$

- ② I_E 는 에너지경사, $r_v (= A_v/l_v)$ 는 식생이 있는 단면의 동수반경이다.
 ③ C_{WR} 은 나무에 의한 계산상의 저항계수로서 1.0 ~ 1.5의 값을 취한다.
 ④ ω_p 는 나무군락의 면적과 유량비(m^{-1})로서 다음과 같다.

식생의 상태	ω_p 값
성긴 덩불인 경우	0.1 ~ 0.5
밀생한 덩불인 경우	1.5 ~ 3.0
나무일 경우	$\omega_p = d_m / (a_x a_y)$ d_m : 나무의 직경 a_x, a_y : 종, 횡방향 나무간격

- ⑤ λ_w 는 하상이나 경사면의 저항계수로서 다음 식 (4.3.6)으로 산정하며, 나무가 밀생하여 유속이 거의 없거나 하상이 비교적 평탄한 경우는 λ_w 를 무시할 수 있다.

$$\sqrt{\frac{1}{\lambda_w}} = 2 \log \left(\frac{14.84 r_v}{k_w} \right) \quad (4.3.6)$$

- ⑥ 식 (4.3.6)에서 k_w 는 하상구조와 하상조건에 따른 저항체 직경을 나타내는 것으로 다음 <표 4.3.3>과 같다.

<표 4.3.3> 하상구조와 하상조건에 따른 저항체 직경

하상구조와 하상조건		k_w (mm)
흙	모래와 자갈	d_{90}
	호박돌	60 ~ 200
	농작지	20 ~ 250
	농작물이 있는 경우	250 ~ 800
	숲의 표면	160 ~ 320
	잔디	60 ~ 400
	여울이 있는 하상	여울의 높이
	사구하상, 수심(h)	$h/6$ ~ $h/3$
	불규칙적인 하상	150 ~ 350
	아주 불규칙적인 하상	350 ~ 500

- (2) 식생이 없는 단면의 유속계산

- ① 식생이 없는 단면의 유속은 식생 분리면을 고려한 동수반경과 분리면에서의 수목에 의한 저항을 고려하여 식 (4.3.7)에 의하여 계산한다.

$$v_F = \sqrt{\frac{1}{\lambda_{ges}}} \sqrt{8 g r_F I_E} \quad (4.3.7)$$

- ② 식생이 없는 단면의 동수반경 r_F 는 식 (4.3.8)로 산정한다.

$$r_F = \frac{A_F}{l_F + h_{T_1} + h_{T_2}} \quad (4.3.8)$$

③ Darcy-Weisbach의 마찰계수 λ_{ges} 는 식 (4.3.9)로 산정한다.

$$\sqrt{\frac{1}{\lambda_{ges}}} = \sqrt{\frac{\lambda_w + h_{T_1} + \lambda_{T_2}}{\lambda_w l_F + \lambda_{T_1} h_{T_1} + \lambda_{T_2} h_{T_2}}} \quad (4.3.9)$$

④ 분리면에서 나무에 의한 마찰계수 λ_T 는 식 (4.3.10)으로 산정한다.

$$\lambda_T = 4 \left(\log \frac{V_F}{V_V} \right)^2 \frac{r_V b_m}{h_T b_F} \quad (4.3.10)$$

㉠ V_F 는 분리면에서 A_F 에 의한 유속, V_V 는 분리면에서 A_V 에 의한 유속

㉡ $b_F = A_F / h_T$

㉢ b_m 은 유체의 흐름에 영향을 미치는 수목부분의 넓이로 나무의 직경과 나무 사이의 간격에 의하여 계산된 와류폭(b_N)을 기준으로 다음과 같이 결정한다.

$$b_N = 3.2 \sqrt{a_x \cdot d_m} \quad (4.3.11)$$

구분		b_m 값
$b_N \geq a_y$ 이고	$a_y \leq b_V (= A_V / h_T)$ 인 경우	a_y
	$a_y > b_V (= A_V / h_T)$ 인 경우	b_V
$b_N < a_y$ 이고	$b_N \geq 0.15h_T$ 인 경우	b_N
	$b_N < 0.15h_T$ 인 경우	$0.15h_T$

⑤ λ_T 를 산정한 후 λ_w 는 $r_F = \frac{A_F}{l_F + h_{T_1} + h_{T_2}}$ 를 r_w 로 가정하여 초기치를 설정

한 후 다음의 두 식을 반복계산하여 λ_w 가 변화하지 않을 때의 값을 선정한다.

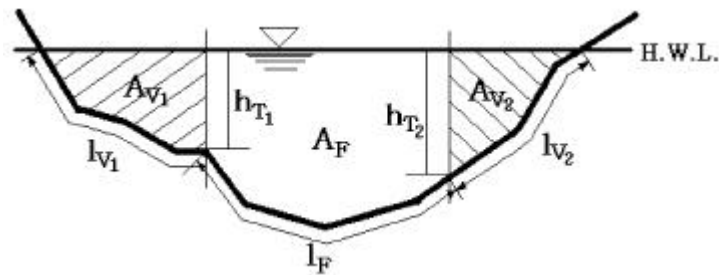
$$\sqrt{\frac{1}{\lambda_w}} = 2 \log \left(\frac{14.84 r_w}{k_w} \right) \quad (4.3.12)$$

$$r_w = \frac{\lambda_w A_F}{\lambda_w l_F + \lambda_{T_1} h_{T_1} + \lambda_{T_2} h_{T_2}} \quad (4.3.13)$$

- ⑥ 한쪽 단면만이 식생이 있는 경우, 식생이 없는 단면의 계산은 위 식에서 아래 첨자 '2'와 관련된 항을 생략하면 구할 수 있다.

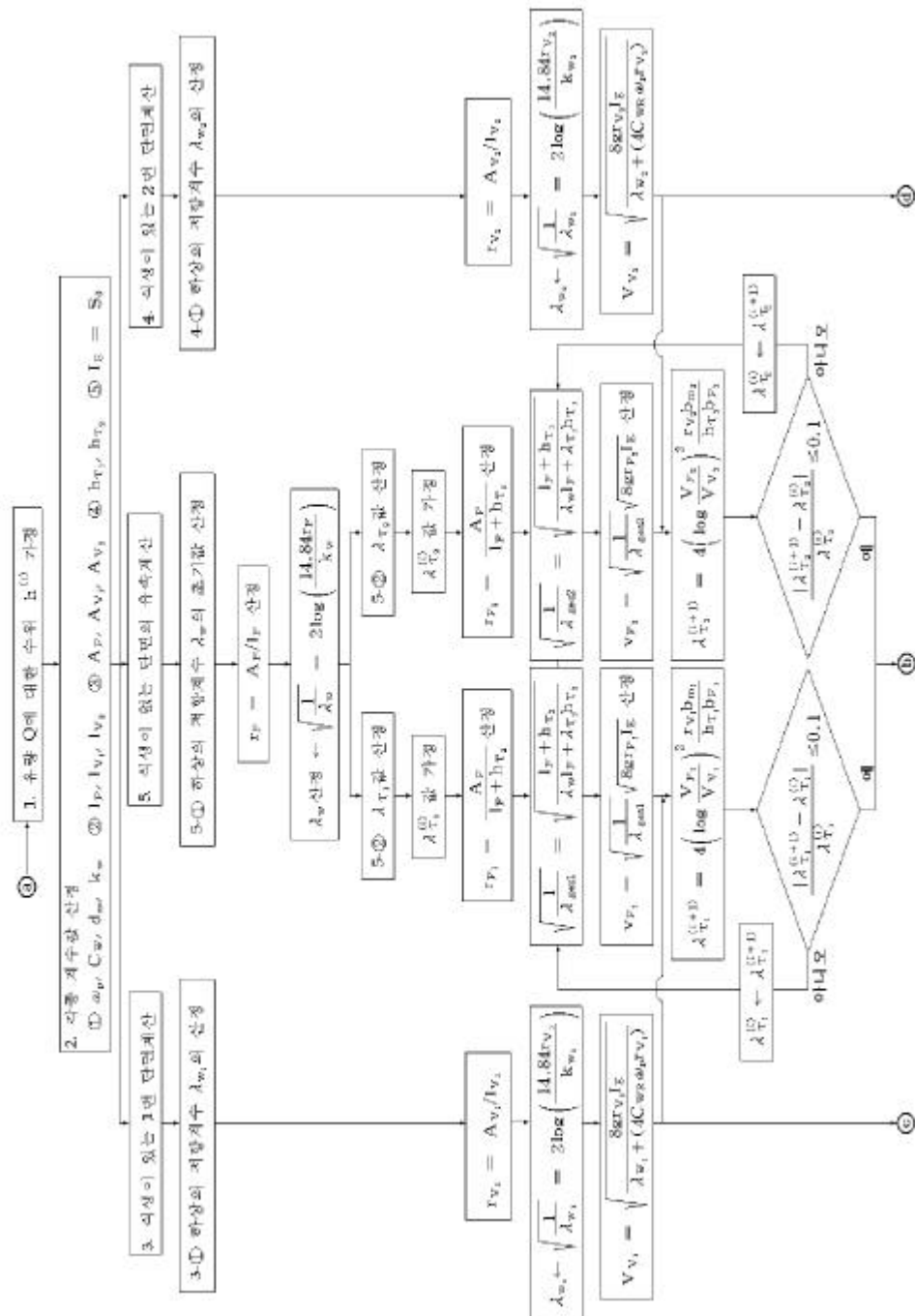
(3) 유량계산

- ① (1), (2)에서 구한 유속을 이용하여 각 해당 단면적을 곱하여 유량을 구한다.
- ② 이렇게 구한 유량이 계획홍수량 보다 작으면 수위를 증가시켜 계획홍수량을 통과시킬 수 있을 때까지 반복계산하여 계획홍수량의 소통시 식생에 의한 수위의 상승을 계산한다.
- (4) 양쪽 제방사면에 식생이 있는 경우, 식생에 의한 수위상승을 산정하는 절차는 다음 <그림 4.3.2>와 같고(<그림 4.3.1>참조), 유의사항은 다음과 같다.

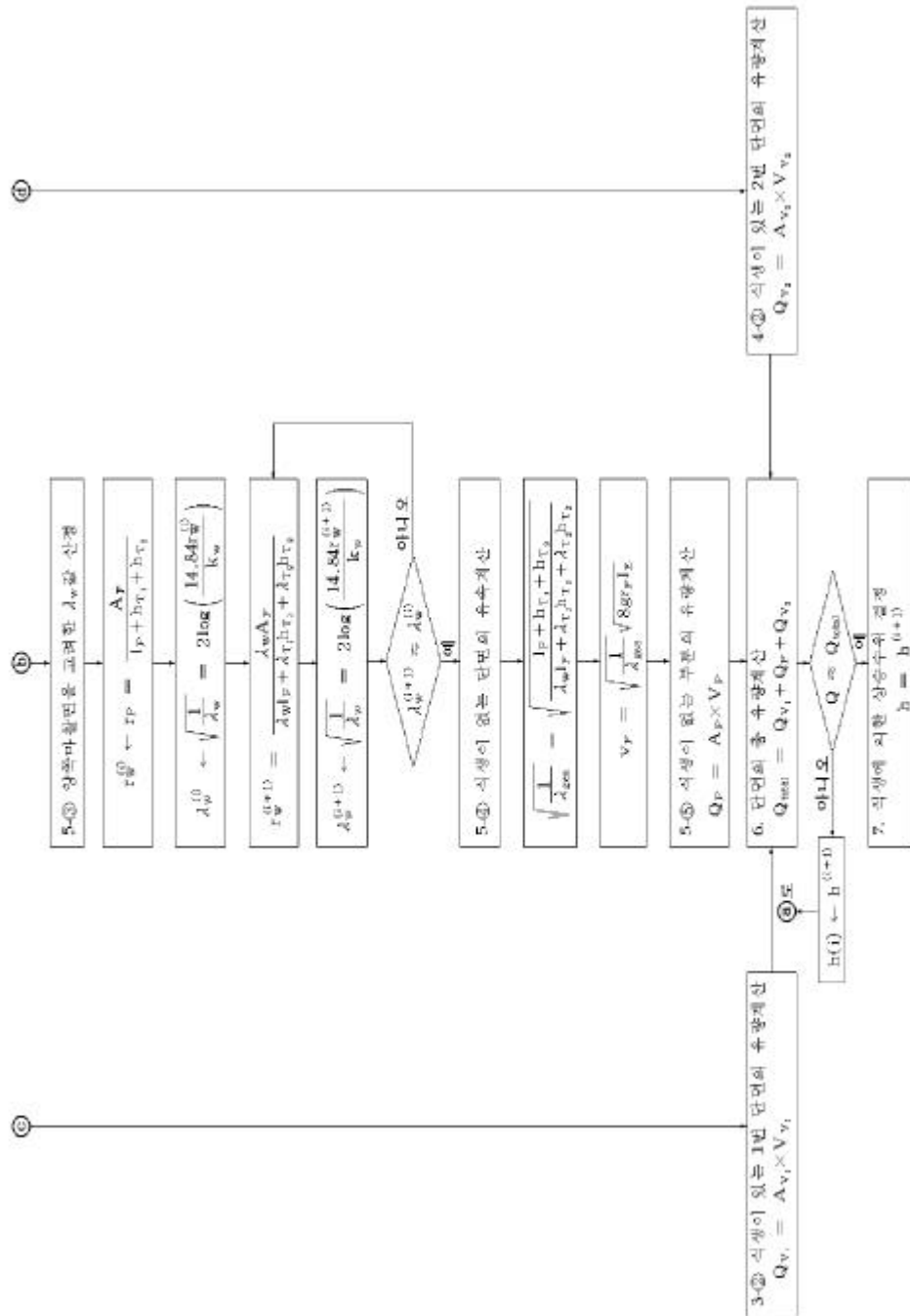


<그림 4.3.1> 경사면 양쪽에 식생이 있는 경우

- ① <그림 4.3.2>의 5-① 과정에서 초기 λ_w 의 산정시 동수반경은 분리면에서의 마찰을 고려하지 않은 값을 사용한다.
- ② 식생이 없는 단면의 유속계산시 양쪽면에 분리면이 존재하는 경우 λ_T 의 값은 각 분리면에 대해 따로 계산을 수행하며, 이 때 동수반경은 1번 분리면을 고려할 경우, 2번 분리면을 하상으로 간주하여 5-②의 과정에 따라 계산한다.
- ③ <그림 4.3.2>에서 위 첨자는 반복단계를 의미하며 (i), (i+1)은 각각 이전 반복 단계에서의 값과 현 반복단계에서의 값을 의미한다.
- ④ 한쪽만 분리단면이 존재하는 경우 아래첨자 2가 부여된 변수는 무시하게 되며, 전 단면에 걸쳐 식생이 있는 경우 3.의 절차 또는 4.의 절차만을 수행하면 식생이 있는 단면의 유속과 유량을 계산할 수 있다.



<그림 4.3.2> 경사면 양쪽에 식생이 있는 경우 상승수위 계산 흐름도



<그림 4.3.2> 경사면 양쪽에 식생이 있는 경우 상승수위 계산 흐름도(계속)

제 4 절 유사량 산정

4.1 개요

4.1.1 일반사항

1. 하천내의 유송토사는 일반적으로 이송형태에 따라서 부유토사와 소류토사로 구분된다.
2. 부유사(suspended load, 浮游砂)는 유수의 흐트러짐에 의한 확산현상 때문에 하상에서 떠올라 단면 전체를 부유하며 운반되는 유사를 말한다.
3. 소류사(bed load, 掃流砂)는 유수에 의한 직접적인 소류력에 의하여 하상면 또는 그 부근에서의 회전, 활동 또는 도약 등에 의하여 이동되는 유사이다.
4. 전유사량(total sediment load, 全流砂量)은 단위시간에 하도에서 임의의 단면을 통과하는 유사의 총량을 말하며 이송형태에 따라 유사를 분류한 경우 부유사량과 소류사량을 합한 유사량이다.

4.1.2 목적

1. 적절한 안정하도 계획과 홍수시 유사의 퇴적과 침식이나 국부세굴에 대한 하천 시설물의 안정성 분석을 위한 기초자료를 제공하기 위하여 실시한다.
2. 하천유사량은 원칙적으로 실제 관측이나 실측자료에 의해 산정하는 것이 가장 적절한 방법이다. 그러나, 하천유사량을 직접 실측하는데는 많은 인력과 경비와 시간이 소요되며 실제 측정도 용이하지 않고 소류사의 측정자체가 아직까지 신뢰할만한 방법이 개발되지 않은 상황이므로, 측정이 비교적 용이한 몇 가지 수리량 자료(수심, 유속, 경사 등)와 하상토 자료를 유사량 공식에 적용하여 유사량을 추정하는 것이 일반적이다.
3. 유사량 산정공식에 의한 전유사량 산정방법은 소류사량 산정공식과 부유사량 산정공식에 의해 각각 소류사량과 부유사량을 산정하여 전유사량을 구하는 방법과 전유사량 산정공식에 의한 방법이 있으나, 전유사량 산정공식에 의한 유사량 산정방법을 이용하는 것으로 한다.

4.2 유사량 공식의 적용범위

4.2.1 유사량 공식의 적용한계

1. 본 기준에 제시된 유사량 공식들은 총적하천에 적용하도록 개발된 것이다. 따라서 총적하천으로 볼 수 없는 하천 즉, 하상이 진흙인 하천, 암반이 노출된 하천과 같이 총적하천으로 볼 수 없는 자연하천이나 인공수로에는 유사량 공식을 적용할 수 없다.
2. 유사량 공식을 적용하고자 하는 대상하천의 구간이 지나치게 사행이 심한 만곡부이거나 흐름상태가 심한 부정류이거나 부등류인 경우에는 유사량 공식을 적용할 수 없다.
3. 미립유사(wash load)는 유수의 수리적 특성보다는 상류에서의 토사공급량에 의존하므로 미립유사가 지배적인 흐름의 경우 유사량 공식을 적용할 수 없으며, 직접 측정에 의존하여야 한다.
4. 하상토의 중앙입경 D_{50} 이 지나치게 작아서 Clay나 Silt의 범위(0.00625mm 이하)에 속하면 기존 유사량 공식을 적용할 수 없다. 반대로 D_{50} 이 지나치게 커서 자갈 영역을 벗어나도(64mm 이상) 유사량공식을 적용할 수 없다.
5. 신뢰할 만한 유사량곡선(sediment rating curve)이 존재하는 경우, 유사량 공식은 참고적으로 이용하는 것이 좋다.

4.2.2 각 유사량 공식의 적용범위

1. Ackers-White 공식은 대상하천의 Froude 수(Fr)가 0.8보다 작은 경우($Fr \leq 0.8$)에만 적용 가능하다.
2. 대상하천의 수리특성
 - ① Colby 공식(1964)은 단위폭당 유량 q 가 5.0cms/m 이상인 경우와 수심 d 가 5m 이상인 경우는 유사량을 과대산정하므로 적용시 주의를 요한다.
 - ② Yang 공식(1979)은 단위폭당 유량 q 가 5.0cms/m 이상인 경우와 수심 d 가 5m 이상인 경우에 유사량을 과소산정하므로 적용시 주의를 요한다.

- ③ 대상하천의 단위폭당 유량이 $q < 0.5 \text{ cms/m}$ 또는 수심이 $d < 0.5 \text{ m}$ 인 하천에 대해서는 Engelund-Hansen 공식(1967) 또는 Ackers-White 공식(1973)이 추천된다.
- ④ 대상하천의 단위폭당 유량이 $0.5 < q < 5 \text{ cms/m}$ 또는 수심이 $0.5 < d < 5.0 \text{ m}$ 인 하천에 대해서도 Engelund-Hansen 공식 또는 Ackers-White 공식이 추천된다.

3. 대상하천 하상토의 입경

- ① Colby 방법은 중앙입경이 $0.1 < D_{50} < 0.8 \text{ mm}$ 에서만 적용 가능하다.
- ② Ackers-White 공식은 중앙입경이 $D_{50} < 0.25 \text{ mm}$ 인 세사의 경우 산정결과의 편차가 크게 나타나므로 적용시 주의를 요한다.
- ③ D_{50} 이 자갈의 영역($2 < D_{50} < 64 \text{ mm}$)인 경우는 유사的大部分이 소류사일 것으로 예상할 수 있다. 따라서, 이 경우 유사량 산정을 위해서는 참고자료에 제시된, 소류사량 공식(Meyer-Peter & Müller 공식, Rottner 공식 등)을 이용하는 것이 좋다.

4. 각 유사량 공식의 적용범위를 요약하면 다음 <표 4.4.1>과 같다.

<표 4.4.1> 각 유사량 공식의 적용범위

공 식	유량 (cms/ m)	수심 (m)	중앙입경 (mm)	Fr 수
Colby	5이하	5이하	0.1 ~ 0.8	
Engelund-Hansen			0.15이상	
Ackers-White			$0.04 \leq D_{35} \leq 4.0$	0.8이하
Yang(1973)	5이하	5이하	0.14 ~ 1.7	

주) 한국건설기술연구원(1989)에서 부분인용

4.2.3 유사량 공식의 입력자료

1. 각 유사량 공식들의 입력자료는 다음 <표 4.4.2>와 같다.
2. 각 공식들은 하폭과 수리특성자료로 수심, 유속(또는 유량), 유사특성자료로써 하상토의 중앙입경(D_{50})자료가 반드시 필요하며, 이 들 자료중 어느 하나의 자료가 없는 경우 유사량 공식을 적용해서는 안된다.
3. 그 외 나머지 자료는 미지일 경우 추정하거나 가정할 수 있으며, 다음과 같은 방법으로 가정하거나 추정한다.

- ① 유사의 비중은 석영질 모래로 가정하여 $s = 2.65$ 로 가정한다.
- ② 수온의 경우는 $T = 15^{\circ}\text{C}$ 로 가정한다.
- ③ 하상토의 입도 σ 는 2.5로 가정한다.
- ④ D_{35} 는 $D_{35} = \sigma^{-0.4} D_{50}$ 의 관계식을 이용하여 추정할 수 있다.

<표 4.4.2> 각 공식별 입력자료

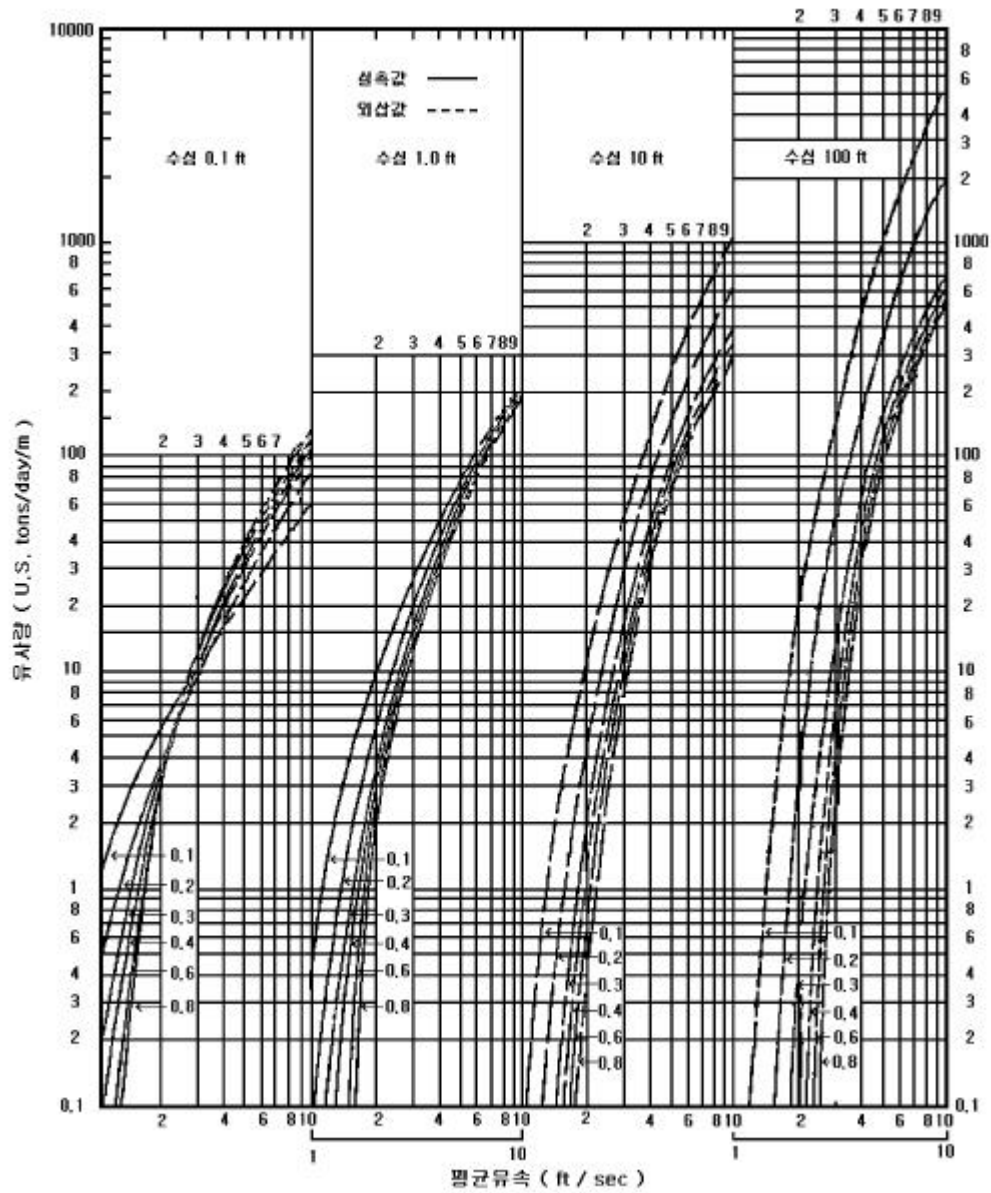
공 식	하폭 B	유량 Q	수심 d	경사 S	수온 T	비중 s_g	D_{35}	D_{50}	입도 분포
Colby	○	○	○	×	○	×	×	○	×
Engelund-Hansen	○	○	○	○	×	○	×	○	×
Ackers-White	○	○	○	○	○	○	○	▲	×
Yang(1973)	○	○	○	○	○	×	×	○	▲

주) 1. ○ : 필요, ▲ : 선택적으로 필요, × : 불필요
 2. 한국건설기술연구원(1989)에서 부분인용

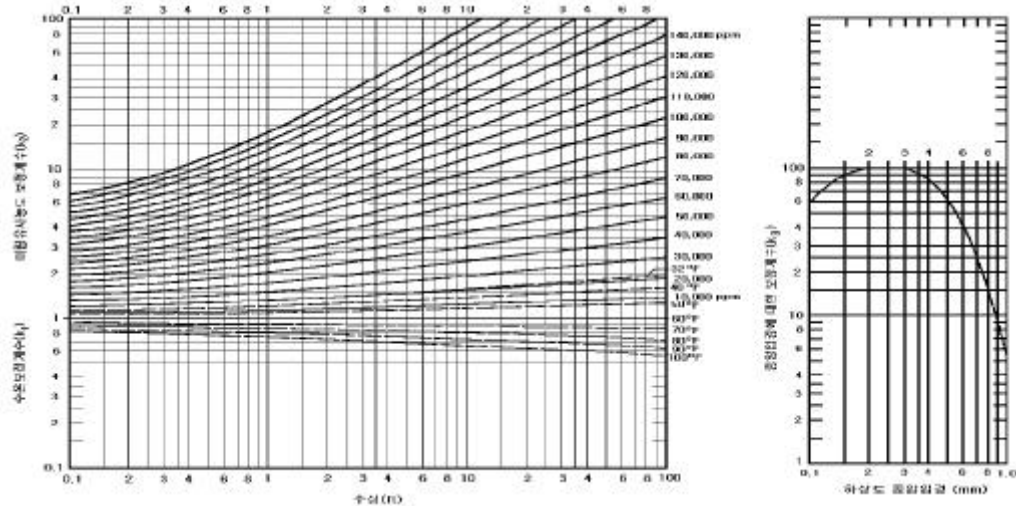
4.3 유사량 산정

4.3.1 Colby의 도해법

1. Colby의 도해법은 수심, 평균유속과 유사량관계 도표와 수심에 대한 수온과 미립토사 농도 및 하상토의 중앙입경에 대한 보정계수 도표 등 3개의 도표를 이용하여 전유사량을 산정하는 방법이다.
2. <그림 4.4.1>은 평균유속과 수심, 중앙입경을 이용하여 구하는 도표이고, <그림 4.4.2>는 이것을 다시 수온, 세립토사농도와 하상토의 중앙입경에 따라 유사량을 보정하기 위한 도표이다.
3. 평균유속과 중앙입경에 의한 유사량 산정(<그림 4.4.1>이용)
 - (1) <그림 4.4.1>은 수온이 $60^{\circ}\text{F}(15.6^{\circ}\text{C}=5 \times [60^{\circ}\text{F}-32]/9)$ 이고 미립토사가 무시할 수 있는 정도이며, $D_{50} = 0.2 \sim 0.3\text{mm}$ 일 때, 평균유속과 중앙입경에 대한 유사량이다.
 - (2) 수심이나 중앙입경이 정확히 이 값과 일치하지 않는 경우는 이들 값이 포함되는 양쪽영역의 곡선값을 읽어서 대수적인 내삽을 하여 구한다. 대수적인 내삽법은 다음 절차와 같다.



<그림 4.4.1> 평균유속과 유사량과의 관계(Colby, 1964)



<그림 4.4.2> 수온, 미립유사농도와 유사입경에 대한 보정계수(Colby, 1964)

- ① 해당하천의 수심이 $1 < d < 10\text{ft}$ 인 경우의 유사량은 다음 식에 의하여 내삽한다.

$$\log q_{t1} = \log q_{d1} + \frac{(\log q_{d10} - \log q_{d1})}{(\log 10 - \log 1)} (\log d - \log 1) \quad (4.4.1)$$

- ② 여기서, q_{t1} 은 수심 d 일때의 유사량, q_{d1} 은 수심 1ft의 유사량, q_{d10} 은 수심 10ft의 유사량이다.

4. 수온, 미립유사량, 중앙입경에 대한 유사량의 보정(<그림 4.4.2>이용)

- (1) 수온과 미립유사량, 중앙입경이 3.(1)항의 경우에 해당하지 않을 때, <그림 4.4.2>로부터 보정계수 k_1 (수온), k_2 (미립유사농도), k_3 (입경)을 독출하여 다음 식에 의하여 유사량을 보정하여야 한다.

$$q_t = [1 + (k_1 k_2 - 1)k_3/100]q_{t1} \quad (4.4.2)$$

- (2) 식 (4.4.2)에서 단위 폭당 유사량 q_t 의 단위는 U.S. tons/ day/ ft 로서 metric tons/ day/ m로 환산하기 위해서는 2.98을 곱하여야 한다.

5. Colby의 공식은 <그림 4.4.1>에서 나타난 바와 같이 수심 3m 이상에 대해서는 외삽된 결과이므로 신뢰성이 없으며, 수심 3m이하인 경우에 적용하는 것이 바람직하다.

4.3.2 Engelund-Hansen 공식

1. Engelund-Hansen 공식은 상사이론에 기초하여 만들어진 것이며 유사량은 다음 식으로 산정한다.

$$q_t = 0.05 \gamma_s V^2 \frac{(d S)^{3/2}}{D_{50} \sqrt{g(s_g - 1)^2}} \quad (4.4.3)$$

2. 여기서, q_t 는 단위폭당 유사량, V 는 평균유속, d 는 평균수심, S 는 에너지경사, g 는 중력가속도, s_g 는 비중, γ_s 는 유사의 비중량, D_{50} 은 하상토의 중앙입경을 나타낸다.
3. Engelund-Hansen 공식은 유사입경이 $D_{50} < 0.15\text{mm}$ 이거나 입도 $\sigma < 2$ 인 경우에는 적용하지 않아야 한다.
4. Engelund-Hansen 공식은 무차원량의 함수로 나타나 있으므로 사용단위가 일관성이 있으면 어느 단위 시스템에도 적용된다.

4.3.3 Ackers-White 공식

1. Ackers-White 공식은 차원해석을 기초로 하여 만들어진 것이며 무차원 입경함수 (D_{gr}), 이동수 (F_{gr}), 무차원 유사량 (G_{gr}) 등 3가지 무차원량으로 구성된 유사량 함수를 이용하여 유사량을 산정한다.
2. Ackers-White 공식에 의한 유사량산정 절차는 다음과 같다.
 - (1) 무차원 입경함수 (D_{gr})의 계산
 - ① 무차원 입경함수를 다음 식에 의해 계산한다.

$$D_{gr} = D_{35} \left[\frac{g(s_g - 1)}{\nu^2} \right]^{1/3} \quad (4.4.4)$$

- ② 여기서 ν 는 동점성계수로서 다음 식에 의해 계산한다.

$$\nu = \frac{1.785 \times 10^{-6}}{1 + 0.03368 T + 0.000221 T^2} \quad (4.4.5)$$

- (2) 무차원 입경 (D_{gr})의 함수로 표시되는 계수들을 다음 표를 이용하여 산정한다.

<표 4.4.3> Ackers-White 공식의 계수

계수	$1 < D_{gr} \leq 60$	$D_{gr} > 60$
C_A	$\log C_A = 2.86 \log D_{gr} - (\log D_{gr})^2 - 3.53$	0.025
n	$1 - 0.56 \log D_{gr}$	0.0
A	$0.23/\sqrt{D_{gr}} + 0.14$	0.17
m	$9.66/D_{gr} + 1.34$	1.50

(3) 이동수(mobility number) F_{gr} 의 계산

① 이동수를 다음 식에 의하여 계산한다.

$$F_{gr} = \frac{u_*^n}{\sqrt{g D_{35}(s_g - 1)}} \left[\frac{V}{\sqrt{32 \log(10 d / D_{35})}} \right]^{1-n} \quad (4.4.6)$$

② 여기서, u_* 는 마찰속도이며 다음 식과 같다.

$$u_* = \sqrt{g d S} \quad (4.4.7)$$

(4) 무차원 유사량 G_{gr} 의 산정

$$G_{gr} = C_A \left(\frac{F_{gr}}{A} - 1 \right)^m \quad (4.4.8)$$

(5) 유사농도 C_t 의 산정

① 유사농도는 다음 식으로 산정하며, C_t 는 유사무게와 물-유사 혼합물의 무게의 비로 표시되는 유사농도이다.

$$C_t = \frac{G_{gr} s_g D_{35} \left(\frac{V}{u_*} \right)^n}{d} \quad (4.4.9)$$

(6) 유사농도에 다음 식과 같이 유량을 곱하여 총 유사량 Q_t 를 산정한다.

$$Q_t = C_t \times Q \quad (4.4.10)$$

3. 등급 조립유사(graded and coarse sediment)에 대해서는 유사의 대표입경으로 D_{35} 를 사용하는 것이 좋다.

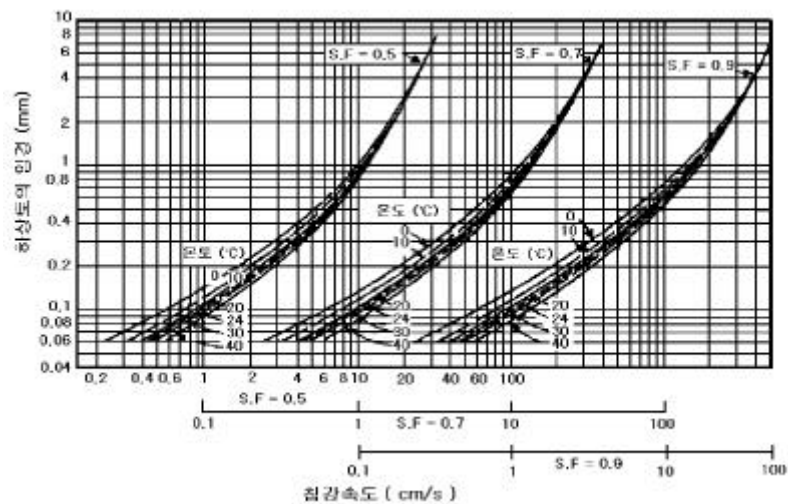
4. D_{gr} 이 1보다 작은 경우에는 이 공식을 적용할 수 없다.

4.3.4 Yang의 공식

1. Yang의 공식은 단위유수력(unit stream power)의 개념과 차원해석을 근거로 하여 제시된 식이다.
2. Yang은 단위유수력을 단위무게의 물의 위치에너지 소산율이라 정의하였으며, 단위 유수력은 유속과 경사의 곱으로 나타낸다.
3. Yang의 무차원 단위 유수력 방정식에 의한 유사량 계산
 - (1) 다음 식에 의하여 유사농도(ppm)를 계산한다.

$$\begin{aligned} \log C_t = & 5.165 - 0.153 \log \frac{wD_{50}}{\nu} - 0.297 \log \frac{u_*}{w} \\ & + \left(1.780 - 0.360 \log \frac{wD_{50}}{\nu} - 0.480 \log \frac{u_*}{w} \right) \times \log \frac{VS}{w} \end{aligned} \quad (4.4.11)$$

- (2) 마찰속도 u_* 는 (4.4.7)식, ν 는 (4.4.5)식으로부터 산정한다.
- (3) w 는 침강속도이며, Inter-agency Committee의 <그림 4.4.3>으로 부터 침강속도를 결정한다. 그림에서 S.F.는 유사입자의 형상계수(= 높이/ $\sqrt{\text{길이} \times \text{폭}}$)이다.



<그림 4.4.3> 유사입자의 침강속도

- (4) 유사농도에 유량을 곱하여 유사량을 산정한다.

제 5 장 이수계획과 하천관리유량

제 5 장 이수계획과 하천관리유량

제 1 절 이수계획

1.1 이수계획

1.1.1 가용수량의 산정

1. 강수량은 수자원의 중요한 요소를 구성하므로 해당 하천 유역별로 내릴 수 있는 평균강우량을 산정한다.
 - (1) 하천유역에서 측정된 최소한 30년 이상의 연강수량을 가지고 유역 또는 해당 하천유역별로 월 및 연별 평균강수량을 산정하고 강수량의 공간분포 특성을 파악한다.
 - (2) 우량자료 관측기간이 짧은 경우에는 지점별로 보완하여 공간적인 분포양상을 상세히 파악한다.
 - (3) 월별 강수량에 대해 계절별 분포특성을 조사하고 계절적 편중현상을 파악한다.
2. 해당유역내에 분포하는 수위관측소의 일수위나 일유량 자료를 이용하여 연평균 유출량을 산정한다.
 - (1) 소하천 유역에서는 충분한 유출량 자료를 얻기가 어려우므로 유출계수 (보통 우리 나라에서는 60%를 사용)를 이용하여 유역에 배출될 수 있는 유량을 산정한다.
 - ① 한국수자원공사는 (1990) <수자원장기종합계획('91-2011')> 보고서에 우리 나라 주요 하천유역의 평균유출률(평균 55%)을 한강은 57%, 낙동강은 49%, 금강은 49%, 영산강은 57%, 그리고 섬진강은 54%로 산정하고 이용한 바 있다.
 - (2) 미개발 유역을 개발하여 가용한 수자원량을 추정하기 위해서는 기본적으로 유역의 자연유출량을 산정하여 이용한다.

1.1.2 수자원 부존량 및 이용현황

1. 수자원 부존량은 강수총량에서 증발산 등으로 손실되는 양을 제외한 수량을 기준으로 추정한다.

2. 용수이용 현황은 계획대상이 되는 기준 년도를 산정하여 파악한다.

1.1.3 용수수요량의 산정 및 예측

1. 용수수요량을 추정하기 위해서는 예측 대상과 예측 정확도를 명확히 하여 추정한다.
 - (1) 용도에 따라서 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수로 크게 네 가지로 분류하여 추정한다. 특히 소하천의 환경관리 측면을 고려할 때 가능한 범위에서 하천유지유량을 추정할 필요가 있다.
 - (2) 하천과 관련된 이수용 및 치수용 용수수요예측은 최소한 30년 이상을 내다보고 시행되어야 한다.
2. 용수수요의 예측에 이용하는 자료는 대상마다 가능한 정확한 자료를 수집 분석하여 예측 정확도를 높여야 한다.

제 2 절 하천관리유량

2.1 하천관리유량의 정의 및 개념

2.1.1 하천관리유량의 정의와 개념

1. 하천관리유량은 하천유지유량에다 기준점 하류에서 유수의 점용을 위하여 필요한 이수유량을 더한 유량으로 정의한다.
2. 하천관리유량의 개념은 적절한 하천관리를 위하여 설정하는 유량으로 전체적으로 볼 때 하천의 제반기능을 충족시킬 수 있도록 하천에 흘러야 할 유량으로 평균갈수량과 환경보전유량 중에서 큰 유량으로 산정한다.

2.1.2 하천유지유량

1. 하천유지유량은 하천의 유지관리상 주요한 지점에서 하천의 최소한의 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 유량으로서 하천의 최소한의 기능 및 상태를 유지하기 위하여 수요와 공급의 두 가지 측면을 모두 만족하도록 하여야 한다.

2.1.3 평균갈수량

1. 평균갈수량은 자연상태의 하천에서 갈수시에도 흐르고, 하천의 건천화 방지 등 자연하천이 갖고 있는 최소한의 기능을 수행하도록 하류에 흐르게 보장해 주어야 할 유량으로 일년 중 355일을 보장해 주어야 할 유량이다.

2.1.4 환경보전유량

1. 환경보전유량은 하천수운, 어업, 하천경관, 염해방지, 하구막힘의 방지, 하천관리 시설의 보호, 지하수위의 유지, 동식물의 생태보호, 하천수질보전 등과 같은 기능을 종합적으로 고려하여 하천환경보전을 위하여 설정하여야 할 유량이지만 소하천에서는 하천수질의 보전과 하천경관, 지하수위의 유지, 동식물의 생태보호에 중점을 둔다.

2.2 계획기준점

2.2.1 계획기준점의 선정

1. 하천관리유량을 산정하기 위한 계획기준점은 과거 자연상태에서 측정된 수문자료를 충분히 얻을 수 있는 기점으로 한다.
2. 계획기준점은 하천유역 수문해석의 거점이 되며, 더욱이 갈수 및 이수계획, 그리고 하천오염 방지계획과 밀접한 관계가 있는 지점으로 선정한다.
3. 하천관리유량을 산정하기 위한 지점으로는 수위-유량의 관계곡선을 얻을 수 있는 장기간의 유량자료를 획득할 수 있는 곳을 원칙으로 한다.
4. 단기간의 자료밖에 없는 경우는 강우-유출관계를 해석하고, 강우를 이용하여 장기간의 유량을 산정하는 방법과 인접유사유역에서 측정한 유량을 가지고 유역특성인자와 유량간의 상관식에 의해 보완하는 방법 등으로 유량자료를 합성한다.
5. 계획기준점은 이수측면을 고려하여 지천합류 또는 취수지점 등과 연계하여 선정하도록 한다. 계획기준점의 주요지점은 홍수방어계획 기준점과 일치하도록 한다.

2.3 하천관리유량의 산정

2.3.1 하천관리유량의 산정방법

1. 하천관리유량을 산정하기 위해서는 평균갈수량, 환경보전유량, 이수유량을 산정하여야 한다.

2.3.2 평균갈수량의 산정방법

1. 갈수량은 일반적으로 평균갈수량, 기준갈수량, 10년빈도 7일 갈수량으로 구분한다.
 - (1) 평균갈수량은 과거 자연상태에서 관측한 유량자료를 매년마다 크기순으로 나열하여 355일을 유지할 수 있는 갈수량 계열을 평균한 값을 말한다. 보통 이 값은 3가지 갈수량 중에서 가장 큰 값을 갖게 된다.
 - (2) 기준갈수량은 갈수량의 기준으로 선정하는 갈수량을 말하며 우리 나라에서는 10년빈도 갈수량을 기준갈수량으로 선택하고 있다.
 - (3) 10년 빈도 7일 갈수량은 미국 등에서 갈수량을 결정할 때 이용하는 방법으로 7일간의 연속유량을 구하여 평균한 후 가장 작은 평균유량을 그해의 최저 7일 갈수량으로 하고 이 최소치 계열의 10년 빈도 갈수량을 말한다. 일반적으로 이 갈수량은 앞의 두 갈수량 보다 적은 값을 가진다.

2.3.3 환경보전유량의 산정방법

1. 소하천의 환경보전유량을 산정하기 위해서는 다음과 같은 인위적인 기능을 만족하는 최대치를 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다.
 - (1) 하천수질보전 : 환경보전유량을 결정하는데 가장 큰 요소이며, 현재 수역의 이용실태와 장래방향을 파악할 필요가 있다. 하천수질 기준은 관계되는 법령에 따라 공공수역의 수질악화와 관련된 환경기준에 준하여야 한다. 그리고 이 경우에 환경보전유량을 증가시켜 수질보전을 할 수 있을 뿐만 아니라 하천수질악화 대책사업, 분류하수관과 처리장 등 하수도 정비사업, 가정 및 공장 등에서 배출되는 오수의 수질을 규제하는 방법도 종합적으로 고려한다.
 - (2) 하천경관 : 사람들이 시각 및 후각적으로 만족할 수 있는 수량과 수질이 요구된다.

- (3) 지하수위의 유지 : 하천의 유량이 감소하면 지하수위의 저하에 직접 영향을 주는 경우가 있다. 특히 대규모로 지하수를 양수하여 이용하는 경우나 동절기에 적설지대에서는 그 영향이 크므로 주의하여야 한다.
- (4) 동식물의 생태보호 : 하천이나 하천주위에서 서식하는 동식물의 서식처 제공과 자연생태계보전은 최근에 하천관리측면에서 대단히 중요한 일이 되고 있다. 특히 수생생물은 하천수질이 악화되었을 경우 생존에 큰 영향을 받게 된다. 하천 수위나 유량이 감소하면 습지대가 줄어들고 서식처가 파괴되어 그 지역에 서식하는 독특한 식물 등이 생존을 위협받게 되므로 보호가 필요할 때는 동식물의 존재를 감안하여 환경보전유량을 검토할 필요가 있다.

제 6 장 하천환경정비 및 관리

제 6 장 하천환경정비 및 관리

제 1 절 하천환경 일반

1.1 하천환경의 정의

1. 하천환경은 물과 주변 공간과의 통합체인 하천 그 자체로서 하천수량, 하천수질, 하천공간과 빛 등으로 구성된 자연적/인위적 모습이다.
2. 우리 나라에서 하천환경기능은 이수·치수 기능과 함께 '90년대 들어 그 중요성이 대두되었으며, 하천관리에 있어서도 기존의 이수와 치수를 위한 관리에 하천과 인간이 서로 조화를 이룰 수 있는 환경을 조성하기 위한 관리도 요구된다.

1.2 소하천과 하천환경

1. 소하천은 그 규모면에서 중·대하천과 달리 대부분 지역사회를 관류하거나 바로 인접해 있어 지역주민의 생활에 직접적인 영향을 주고 있기 때문에 소하천 관리는 재해예방과 지역주민의 생활환경 개선이라는 치수·환경적 관점의 기능이 많이 요청된다. 따라서 소하천 관리는 지역사회의 마을이나 도시관리의 일부이며, 소하천 환경관리는 지역사회의 생활환경 개선차원에서 이루어 져야 한다.

1.3 하천환경관리의 정의

1. 하천환경관리는 자연보전, 친수, 공간 기능 등 하천의 환경적 기능을 극대화시키고 그 역기능을 극소화하기 위해 하천 및 하천구역에 실시되는 조직적인 제반 활동이라 할 수 있다.
2. 하천환경기능은 이수 및 치수 기능과 더불어 하천의 3가지 고유 기능 중 하나로 ① 수질자정이나 생태계 서식처로서의 자연보전기능, ② 수상놀이, 수변경관, 정서함양 기능으로서의 친수기능, 그리고 ③ 하천부지 이용, 피난 및 방재공간, 지리 및 지역분할 기능으로서의 공간기능을 들 수 있다.

1.4 하천환경관리의 기본방침

1. 하천 환경관리는 다음과 같은 기본적인 방침에 착안하여 수행하여야 한다.
 - (1) 이수와 치수가 조화를 이룰 수 있는 하천환경관리
 - (2) 장기적인 관점에서 하천환경 기능의 보전과 창조
 - (3) 수계를 일관하는 하천기능의 조화
 - (4) 하천수량과 수질이 조화를 이룰 수 있는 하천환경관리
 - (5) 하천공간의 적절한 보전 및 활용
2. 소하천의 하천환경관리는 중·대하천의 경우와 기본적으로 그 내용은 같으나 특히 치수와와의 조화를 요구한다. 구체적으로 하천환경관리는 치수 기능을 확보함과 동시에 장기적인 안목을 가지고 하천환경을 보전하고 나아가 창조할 수 있어야 한다.
3. 또한 하천환경관리는 갈수시에 발생하는 수량감소와 수질악화를 적절히 조절할 수 있어야 하며, 하천과 그 주변에 존재하는 자연적 환경을 보전하면서 하천 공간을 효율적으로 이용할 수 있어야 한다.

제 2 절 하천환경정비

2.1 하천환경정비 일반

1. 하천환경정비는 하천의 환경적 기능을 증진시킬 목적으로 시행하는 개선사업으로 소하천의 경우 특히 수질개선과 하천변 개선사업이 중요하다. 소하천 정비사업이 치수사업의 일환으로 추진되는 경우 이른바 자연형 하천정비 개념의 적극 도입이 바람직하다.
2. 소하천의 하천환경정비는 하천의 3대 요소인 수량, 수질, 공간 요소를 종합적으로 고려하여 추진하되, 특히 수질개선과 자연형 하천 만들기에 초점을 맞추는 것이 바람직하다.

2.2 수환경 개선 및 보전

1. 수환경의 개선 및 보전을 위해서는 깨끗한 수량과 수질을 목표한 대로 확보할 수 있어야 한다. 그러나 현실적으로 하천의 기능을 유지할 수 있는 수량의 확보는 물론 오염된 하천의 수질을 개선하는 것도 매우 어려운 과제이므로 장기적으로 개선할 수 있도록 추진하여야 한다.
2. 하천수질 개선 및 보전 정비는 하천의 수질을 보전하고 오염하천을 빠른 시일 내에 본래의 하천모습으로 복원하고 개선하기 위한 개선사업으로, 1차적으로는 유역의 오염물질이 하천 내로 유입하는 것을 억제하여야 하지만 하천 내에서 수질을 개선하기 위한 각종 사업을 적극 추진할 필요가 있다.

2.2.1 수환경보전 계획의 목표설정

1. 수량 목표는 하천의 정상적 기능을 유지할 수 있도록 설정해 온 하천유지유량을 목표로 할 수 있으며, 최근에는 친수성, 경관, 생태계 측면에서 검토가 되고 있으며, 소하천의 경우 대부분 자료가 없기 때문에 갈수량 정도를 목표로 설정할 수 있다.
2. 수질 목표는 일반적인 하천기준에 적합하여야 하지만 특히 생태계 서식처와 물놀이 등 친수성 측면에서 검토하여 관리목표를 설정하도록 한다.

2.2.2 수량확보 대책

1. 수환경 보전을 위한 하천 수량의 확보대책은 장·단기적으로 구분할 수 있다.
2. 단기적 대책으로는 다른 수계에서 도수하는 방법, 지하수 개발, 처리수 재이용 등을 들 수 있다.
3. 장기적 대책으로는 수계가 위치하고 있는 유역에서 침투율을 증가시키는 방법, 유량확보용 저수지 건설 등을 들 수 있다.

2.2.3 하천수질 개선대책

1. 하천수질보전은 기본적으로 유역내의 공장폐수 등에 대한 배출규제, 폐수종말처리시설의 건설, 공공수역의 수질보전, 토양오염 방지, 그리고 하수도 정비 등 환

경 개선사업에 의해 달성할 수 있지만 이들 시책과 적절한 조화를 취하면서 하천 내에서 일시적 또는 항구적인 수질개선책을 강구하여 추진하는 것이 바람직하다.

(1) 하천수질 개선방법 : 하천관리자가 하천환경관리 측면에서 수행할 수 있는 일차적인 하천수질 개선방법은 다음과 같은 것이 있다.

- ① 오니준설
- ② 유황개선
- ③ 오염수 분리수로
- ④ 오염부하 감소 및 정화
- ⑤ 기타

(2) 오니준설 : 하상에 퇴적된 오염물질을 물리적으로 준설하여 하천수의 오염정도를 감소시키는 방법이나, 현실적으로 수질개선에 확실한 효과를 기대하기 어렵고 공법과 효과에 대한 확실한 평가가 없으므로 이 방법은 준설 오니의 처리방안과 수질개선 정도를 충분히 고려하여 적용 유무를 판단하여야 한다.

(3) 유황개선 : 하천수 오염이 심하고 오염발생원에 대한 자체 정화대책이 다소 어려운 하천은 유량이 풍부한 하천에서 상류에 저수지를 설치하여 저류한 유량 또는 지하수를 개발함으로써 하천유지유량을 확보하여 오염하천을 정화할 수 있다. 이 방법은 중·대하천 보다는 특히 소하천에 적합할 수 있다.

(4) 오염수 분리수로 : 본류에 유입하는 오염된 지천수나 오염수가 하천에 접촉하는 것을 방지하는 방법이다.

(5) 오염부하 감소 및 정화 : 자갈이나 폐콘크리트 등을 이용한 접촉산화법, 산화지, 침전지, 침투지, 그리고 토양처리법 등을 오염하천에 설치하여 수질을 어느 정도 개선할 수 있는 방법이다.

2.3 하천공간정비

2.3.1 기본방침

1. 하천공간정비의 기본방침은 치수기능 및 환경기능을 향상시키는 것이 주요 목적이므로 치수기능을 기본적으로 확보하면서 하천환경기능을 증진시킬수 있는 정비방안을 모색하여야 한다. 하천의 환경기능에는 친수성, 생태계 서식처로서의 기능, 경관과의 조화, 이용시설물의 유지·관리 효율성 증대 등을 종합적으로 고려하여 수립되어야 한다.

2.3.2 하도 정비 계획

1. 친수기능을 확보하면서 하천환경기능을 조화시키기 위해 하도정비시에는 자연형 하천공법을 적극 도입한다.

2. 자연형 하천정비의 의미

(1) 자연형 하천정비는 도시화와 산업화로 훼손된 하천을 원래의 모습에 가깝게 되돌리거나 치수 또는 다른 목적으로 하천을 새롭게 정비할 필요가 있을 경우 살아있는 나무, 풀, 돌, 흙 등 자연재료를 최대한 이용하여 하천을 자연에 가깝게 가꾸는 개선사업이다. 하천관리자는 이러한 정비를 통하여 하천의 자정능력 향상, 생태적 서식처 조성, 친수공간 조성 등을 기대한다.

(2) 자연형 하천정비는 소하천 하천환경정비의 일환으로 하천변과 둔치, 제방 등 하천공간의 정비사업에 있어 자연에 가깝게 하천을 복원시키는 개선사업이라 할 수 있다.

(3) 역사적으로 보면 자연형 하천정비는 1960년대부터 시작된 독일과 스위스의 “Naturnaher Wasserbau(근자연형 하천공법)”에 그 뿌리를 두고 있다. 60년대 들어 이들 나라에서는 환경에 대한 관심이 고조되면서 그 동안 소홀했던 자연의 재생 또는 복원에 대한 관심을 가지기 시작하여, 하천정비시 이수 또는 치수 문제뿐만 아니라 자연생태계에 대해 배려하려는 시도를 하게 되었다. 즉 하천의 콘크리트 제방을 최대한 지양하고, 거석, 통나무, 식생 등 자연재료를 이용하여 제방이나 호안을 만들었다. 하천의 형태도 직선을 피하고 사행과 여울, 웅덩이 등을 적절히 조성하여 자연의 형태에 가깝게 정비하였다.

3. 자연형 하천정비의 대상

(1) 자연형 하천정비 사업의 대상으로는 ① 제방 및 홍수호안, ② 둔치(고수부지), ③ 저수호안 및 비탈면출공, ④ 보 및 낙차공, ⑤ 수제, ⑥ 저수로 등을 들 수 있다.

(2) 자연형 하천정비 사업은 하천 치수사업과 병행하여 이루어지거나 이미 치수사업이 완료된 하천에 대해 적용하는 경우가 대부분이므로 상기의 1) 6)까지 각종 하천시설에 대해 부분적, 또는 전체적으로 수행될 수 있다.

(3) 각종 시설에 대한 자연형 하천정비의 착안 및 유의사항과 적용 가능한 자연형 하천공법의 종류 및 특성은 다음과 같다.

① 제방 및 홍수호안

제방 및 홍수호안은 상류에서 발생한 홍수를 안전하게 하류로 소통시키기 위한 치수 목적 하에 조성된 구조물로서 홍수시 이들의 붕괴나 국부세굴이 발생하지 않도록 내구성이 보장된 형태와 재질로 구성되어야 한다.

㉠ 평면계획

- 하구부가 아닌 구간에서는 법선을 가급적 직선화 하지 않고, 가능한 자연형태의 법선 형태를 유지한다.
- 하천 재정비가 필요한 곳에는 원래하천의 연장과 비슷한 연장이 되도록 평면하도 계획을 수립한다.

㉡ 횡단계획

- 제방 천정부는 가급적 자동차 도로 등을 배제하고 경관 확보가 가능하도록 산책로 등 소도로와 관리용 도로에 국한하도록 한다.
- 제내지 법면 혹은 제방 어깨부분에서는 제방의 형태와 식재의 특성을 고려하여 식재도 검토한다.

② 둔치(고수부지)

자연적으로 형성된 둔치는 주기적으로 침수됨에 따라 다양한 식생이 발달하고 생물의 양호한 서식환경이 된다.

㉠ 평면계획

- 하도의 사행특성을 감안하여 좌우 양안 비대칭으로 둔치를 계획하되 둔치의 폭과 높이를 다양하게 한다.
- 둔치내에 본류와 물 교환이 이루어지는 습지를 조성하여 하천 생태계 및 식생의 다양한 환경조건을 창조한다.
- 둔치내 작은 인공개울을 조성하여 어린이들의 친수성 확보는 물론 물새들의 휴식장소를 마련한다.

㉡ 횡단계획

- 저수호안의 환경사화와 연계하여 경사를 유지하도록 하여 횡단적으로 단락이 발생하지 않도록 하는 것이 필요하다.

㉢ 종단계획

- 홍수소통에 지장을 초래하지 않는 범위 내에서 종단적으로 둔치의 높이를 다양하게 하여 침수빈도를 달리하도록 계획한다.

③ 저수호안 및 비탈면처공

저수호안 및 비탈면처공은 유수에 의한 국부세굴작용으로부터 하안 및 제방을 보호하기 위한 수로 유지공으로서 치수 및 이수기능 뿐만 아니라 물가(수제부,

水際部)에서의 하천생태계나 경관에 중요하다. 따라서, 수변의 생태계, 자연경관의 보전과 창출이 가능한 저수로 호안 및 비탈멈춤공이 되도록 계획한다. 치수상 안전하고 자연생태계에 유리하도록 다양한 구조 및 재질과 적절한 공법의 적용이 필요하다.

㉠ 평면계획

- 현하도의 저수로 법선 형태를 유지하는 차원에서 저수호안 법선은 적절히 사행하도록 계획한다.
- 홍수류의 소통에 장애를 초래하지 않는 지수역 및 사수역 부근에서는 어류 생태계의 서식환경에 도움이 되는 작은 만의 형태가 되도록 적절한 요철 형상을 검토한다.

㉡ 횡단계획

- 여유 있는 홍수소통 단면적인 경우 저수호안도 완경사화를 도모하여 수변 식생의 다양화를 창출한다.

㉢ 종단계획

- 저수로의 하상변화에 충분히 대응할 수 있는 저수로 호안 및 비탈멈춤공 계획을 수립한다.

④ 보 및 낙차공

보 및 낙차공은 종단경사를 완화하여 흐름을 제어하고, 하상세굴을 방지하기 위해 설치되며, 경우에 따라 취수목적을 위한 하천 횡단 시설물이다. 이에 따라 보 및 낙차공은 하천의 상하류의 연속성을 단절함으로써 어류의 상하류의 이동을 저해하게 된다. 따라서, 이들은 하천 주변을 포함한 하천경관이나 하천 생태계의 서식환경 및 어류의 이동을 배려하여 시설물을 배치하고 적절한 구조와 재질을 선택하는 것이 중요하다.

㉠ 평면계획

- 하천횡단시설물인 고정보나 낙차공은 가급적 횡단시설물 전체가 어도화 되도록 계획하는 것이 바람직하다.
- 횡단 전체 어도의 설치가 곤란한 가동보의 경우에 있어서도 낙차식 등 적절한 어도의 배치 및 구조를 계획한다.

㉡ 횡단계획

- 갈수시에도 일정유량이 유지되도록 설계하며 어류의 이동이 가능하도록 한다.

㉔ 중단계획

- 보나 낙차공에 의해 웅덩이(소 : 沼)의 조성이 가능하도록 하고, 갈수시에도 어류가 피난할 수 있는 수심이 확보되도록 계획한다.

⑤ 수제

수제의 설치 목적은 제방으로 향하는 유로의 방향을 하천중심부 방향으로 제어함으로써 제방의 국부적인 세굴을 방지하는데 있다. 그러나 최근 수제는 이와 같은 치수기능 외에 하천생태계에 유리한 유로의 사행 및 여울과 웅덩이의 조성이 가능하다. 최근 우리나라 하천에 있어 수제를 도입하여 하도계획을 수립한 사례는 거의 전무한 실정이나, 앞으로 수제를 통한 하도의 다양한 변화를 유도하는 것이 필요하다.

㉔ 평면계획

- 제방세굴 방지 목적 외에 유로를 사행시켜 다양한 하도환경을 창출할 수 있도록 수제의 배치계획을 세울 필요가 있다.

㉔ 횡단계획

- 평균하상고를 기준으로 하면서 하상의 수심이 횡단적으로 다양한 변화를 가지는 구조를 검토한다.

㉔ 중단계획

- 하상경사의 변화를 예측하여 수제의 설치 위치, 형태를 결정한다.
- 하천생태계에 유리한 여울, 웅덩이의 형성을 위한 수제라면 홍수유출시 퇴사가 되지 않도록 계획한다.

⑥ 저수로

저수로는 치수상 큰 제약을 받지 않고 어류의 서식환경인 여울과 웅덩이의 조성이 가능하고 다양한 자연경관의 창출이 가능한 중요한 공간이다. 따라서 하천의 유출특성이나 치수상의 기능을 충분히 파악하여 흐름방향, 유속 등 상세한 하도 및 생태계 현황에 대해 조사하여 계획할 필요성이 있다. 저수로의 정비 시는 수제, 하상 유지공, 저수로 호안 등과 조합하여 고려한다.

㉔ 평면계획

- 현하도의 사행성을 유지하도록 하여 가능한 변화에 풍부한 저수로가 되도록 하고 각종 시설물의 배치도 저수로 계획과 함께 종합적으로 검토한다.

㉔ 횡단계획

- 여울, 웅덩이 등의 수심변화를 배려하는 횡단계획이 되도록 한다.

㉔ 중단계획

- 평형하상고를 고려하면서 다양한 수심의 변화가 가능하도록 계획한다.
- 여울 및 웅덩이의 형성에 있어서는 유사 퇴적 등이 발생하지 않도록 사주의 형성과정을 면밀히 검토한다.

제 3 절 하천환경관리 기본계획

3.1 개요

1. 하천환경관리 기본계획이란 하천환경을 계획적으로 관리할 수 있도록 기본적 사항을 정하는 것으로 다음과 같은 수환경관리 기본계획과 하천공간관리 기본계획으로 구분할 수 있다.
 - (1) 수환경관리 기본계획
 - (2) 하천공간관리 기본계획
2. 하천환경관리 기본계획은 수환경(수량 및 수질)관리 기본계획과 하천공간관리 기본계획으로 구성되고 각각 다음과 같은 기본적인 사항을 정한다.
 - (1) 수환경(수량 및 수질)관리 기본계획은 하천수의 수량 및 수질을 종합적으로 관리할 수 있는 기본 구상, 하천시설물의 관리, 그리고 수환경 개선사업 실시에 관한 계획 등 기본적인 사항을 포함한다.
 - (2) 하천공간관리 기본계획은 하천공간을 적절히 보전하고 이용할 수 있는 기본 구상, 하천공간 정비에 위한 사업실시 계획, 하천공사 및 허가공작물 설치시 하천공간관리 측면에서 배려해야 할 사항 등을 포함한다. 소하천의 하천환경관리기본계획은 해당 소하천을 포함하는 기존의 중·대 하천의 계획과 일관성이 있도록 수립되어야 한다. 또한 그 성격상 중·대 하천의 계획보다는 간결하되 적극적인 지역주민의 참여를 강조하여야 한다.

3.2 하천환경관리 기본계획의 주요사항

3.2.1 기본사항

1. 하천환경관리 기본계획은 다음과 같은 기본 사항에 대해 주안점을 두고 수립하

되, 관련계획 및 시책에서 이미 책정된 경우 그대로 준용할 수 있다.

- (1) 수환경 관리에 관한 기본 구상
- (2) 수량 및 수질 감시계획
- (3) 하천시설의 관리계획
- (4) 수환경 개선을 위한 사업계획의 기본 방향
- (5) 하천공간의 적절한 보전과 이용에 관한 기본 구상
- (6) 하천공간 정비를 위한 사업 계획의 기본방향
- (7) 하천공사 및 점용 허가 등에서 배려해야 할 사항

3.2.2 수환경 관리에 관한 기본 구상

1. 하천의 수량 및 수질, 취배수 현황, 수리특성 및 수질자정 특성 등과 유역의 토지이용 등에 따른 장래의 수량 및 수질을 예측하여 수환경 관리에 대한 종합적인 기본 구상을 계획한다. 일반적으로 소하천에서는 하천환경의 정비목적에 따른 관리목표를 설정해야 한다.
 - (1) 수량 및 수질관리 목표
 - (2) 수환경 관리에 대한 기본 방침

3.2.3 수량 및 수질 감시계획

1. 수환경을 적절하게 관리하기 위하여 유역 강우량, 하천의 수위, 유량, 수질 등을 관측하고 감시하는 체계를 정비한다. 소하천의 경우 수량 관측과 수질 감시체계를 구축하는 것에 현실적인 문제가 있으면 수량이나 수질에 대한 일상적 감시·관리계획을 제시한다.
 - (1) 수량 관측 : 주요 기준점, 측정 내용 및 빈도
 - (2) 수질 감시 : 주요 기준점, 측정 내용 및 빈도
 - (3) 이상 갈수나 이상 수질 발생시 대책

3.2.4 하천시설의 관리계획

1. 충분한 수량을 확보하고 수질을 보전하기 위해 보나 도수로 등 하천관리 시설의 관리계획을 수립한다.
 - (1) 주요 기준점에서 기준 유량 및 수질

- (2) 방수로 등의 운영 조작 규칙에 관한 기본사항

3.2.5 수환경 개선을 위한 사업계획의 기본 방향

1. 하천유지용수의 공급, 하천 자정기능의 증진, 기타 수량확보 및 수질보전 등과 관계되는 사업에 대한 기본방향을 정한다.
 - (1) 오염원의 유입차단을 위한 계획
 - (2) 하천유지유량 확보 계획
 - (3) 정화용수 도수 계획
 - (4) 준설, 산화 등 수질정화 계획

3.2.6 하천공간의 적절한 보전과 이용에 관한 기본 구상

1. 하천공간을 포함한 하천주변의 자연환경 및 사회환경, 그리고 하천공간의 이용실태 등을 파악하고, 이를 근거로 하천공간을 적절하게 보전하고 이용할 수 있는 기본구상을 정한다.
 - (1) 하천공간 정비에 관한 기본방침
하천공간의 정비에 관한 기본방침은 그 주변 지역의 특성과 하천의 특성은 물론 지역 주민들의 의사를 고려하여 설정하도록 한다.
 - (2) 구역별 관리의 기본방침
소하천의 정비에서는 소하천이 합류하는 하천 등 주변 환경에서 하천이 차지하는 영역을 감안하여 그 관리방침을 설정한다.

3.2.7 하천공간 정비를 위한 사업 계획의 기본방향

1. 친수성 공간으로 정비하는 것이 적당한 하천공간과 보전이 필요한 구간을 구분하여 적절한 정비를 위한 사업계획의 기본방향을 정한다.
 - (1) 구역 구분
하천정비계획 수립시 구역 구분은 주변의 토지 이용, 자연보전상태, 정비목적, 주민들의 정비상 등을 고려하여 정할 수 있다. 소하천 정비에서는 본류와의 관계를 감안한 정비방향을 설정하는 방안으로만 이용할 수 있다.
 - (2) 하도 정비
하도정비는 치수기능을 고려하되 가급적 하천의 자연형상을 유지하도록 하며, 치수상 지장이 없는 한 자연형 하천공법을 이용한다.

3.2.8 하천공사 및 점용허가 등에서 배려해야 할 사항

1. 치수 및 이수에 관한 하천공사를 실시할 때 하천경관의 유지 및 생태계 등 자연환경을 보전하고 친수성을 향상시키기 위하여 고려해야 할 사항 등을 정한다.
 - (1) 하천환경을 고려한 하천공사나 하천개수 : 저수로 정비, 환경호안(완경사 호안, 녹화호안 등) 등 하천공사나 하천정비에 친수성, 생태계 서식처 보전, 경관 등 하천환경이 향상되도록 고려한다.
 - (2) 교량, 호안, 방류구, 취배수시설, 보 등을 설치할 때 고려할 사항이나 형상, 색채 등에 관한 사항을 정한다.

3.3 하천환경관리 기본계획의 수립

3.3.1 계획수립 방법과 절차

1. 하천환경관리 기본계획 수립 방법과 절차는 <그림 6.3.1>과 같이 유역과 하천의 현황 파악, 개선 목표 및 구상의 검토, 정비 계획의 수립 및 하천환경관리를 추진하기 위한 기타 시책으로 나눌 수 있다.
2. 소하천의 하천환경관리기본계획의 수립방법과 절차는 근본적으로 중·대하천의 계획수립 방법과 동일하며, 계획수립을 위한 조사 내용과 범위는 기존의 하천계획을 최대한 참고함으로써 계획의 일관성은 물론 계획 수립의 비용과 시간을 절약할 수 있다.
 - (1) 유역과 하천의 현황 파악과 장래 전망
 - ① 계획을 수립하고자 하는 대상 하천과 해당유역에 대해 유역 및 하천환경의 현황과 하천환경에 관련된 계획을 검토하여 대상하천에서 하천환경의 현황과 특성을 파악하고 하천환경이 장래에 어떻게 변화할 것인지를 전망한다.
 - (2) 개선목표 설정 및 관리에 관한 기본 구상
 - ① 유역과 하천의 현황 파악 성과를 바탕으로 지역사회가 요청하는 하천환경의 모습을 정리하여 계획의 목표와 주제를 설정하고, 이에 따라 하천환경관리에 관한 기본구상을 하게 된다.
 - ② 여기서는 하천환경관리에 대한 전체적인 기본방침을 설정하고, 구역을 구분하여 구역별 하천환경관리의 기본방침을 설정한다. 하천환경관리 기본방침은 장기적 관점에서 수립해야 한다.

(3) 관리계획의 수립

- ① 구체적인 수환경 및 하천공간 관리계획을 수립하는 과정이다. 계획수립에 있어 과거 비교적 등한시하였던 생태계의 고려 등 시대적 요청을 반영한 계획이 필요하다.
- ② 하천환경관리 기본계획은 소하천의 치수 기능을 고려하는 것이 대전제이므로 이점을 충분히 유의해야 할 뿐 아니라 오히려 적극적으로 치수기능을 증진시키고 더불어 환경기능이 향상되도록 수립한다.

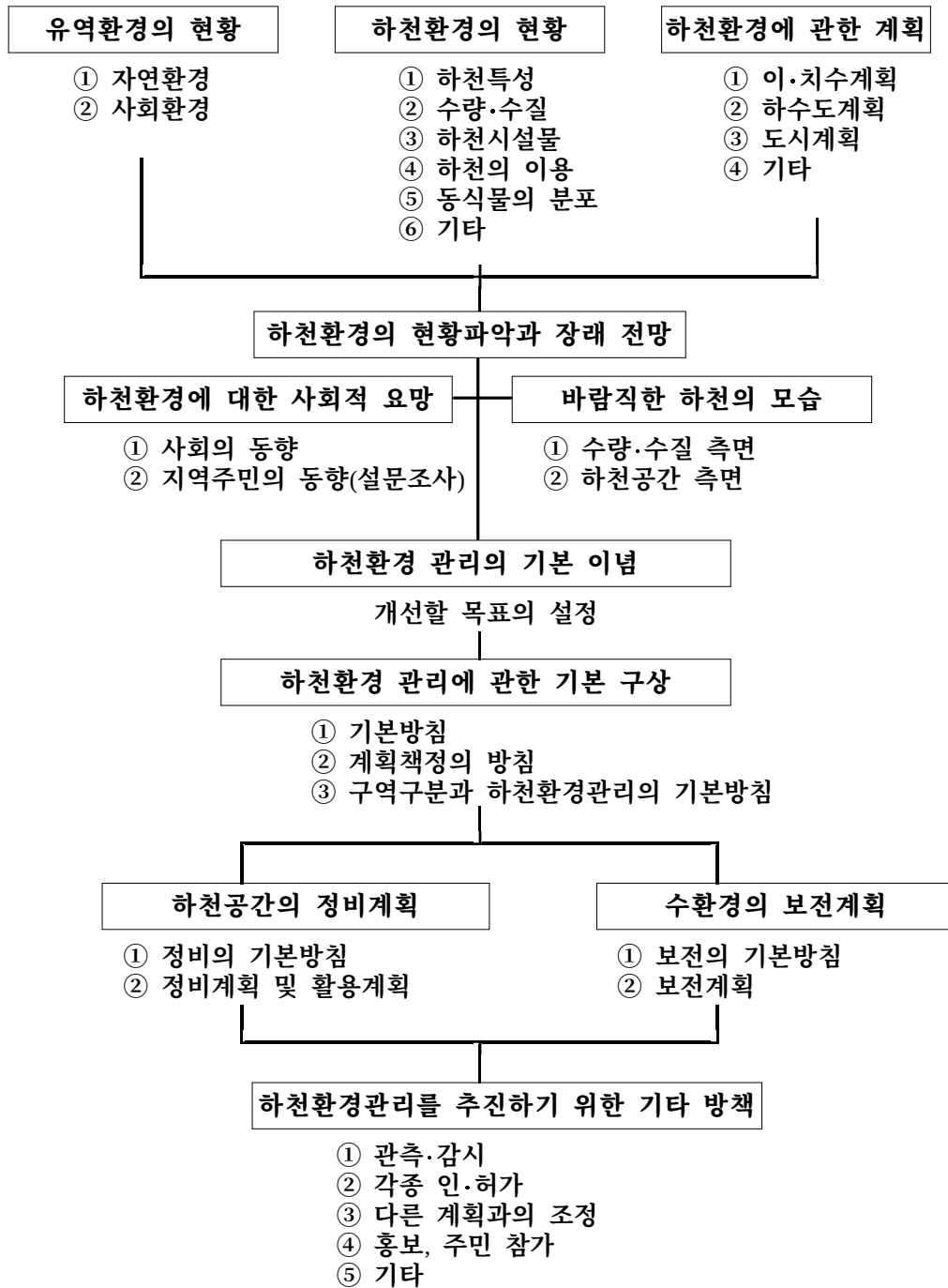
(4) 하천환경관리를 추진하기 위한 기타 시책

- ① 하천환경관리를 추진하기 위한 기타 시책을 검토하는 과정이다. 계획 추진을 위한 수량 및 수질 관측 및 감시, 다른 계획과의 조정뿐만 아니라 지역주민에 대한 홍보와 계획수립 과정에 지역주민이 적극적으로 참여할 수 있는 방안을 검토한다.

3. 마지막으로, <그림 6.3.1>에서 하천의 규모 등 소하천의 특성상 일부 절차를 생략하거나 다른 절차와 같이 묶어서 계획을 수립할 수 있다.

3.3.2 수환경 보전계획

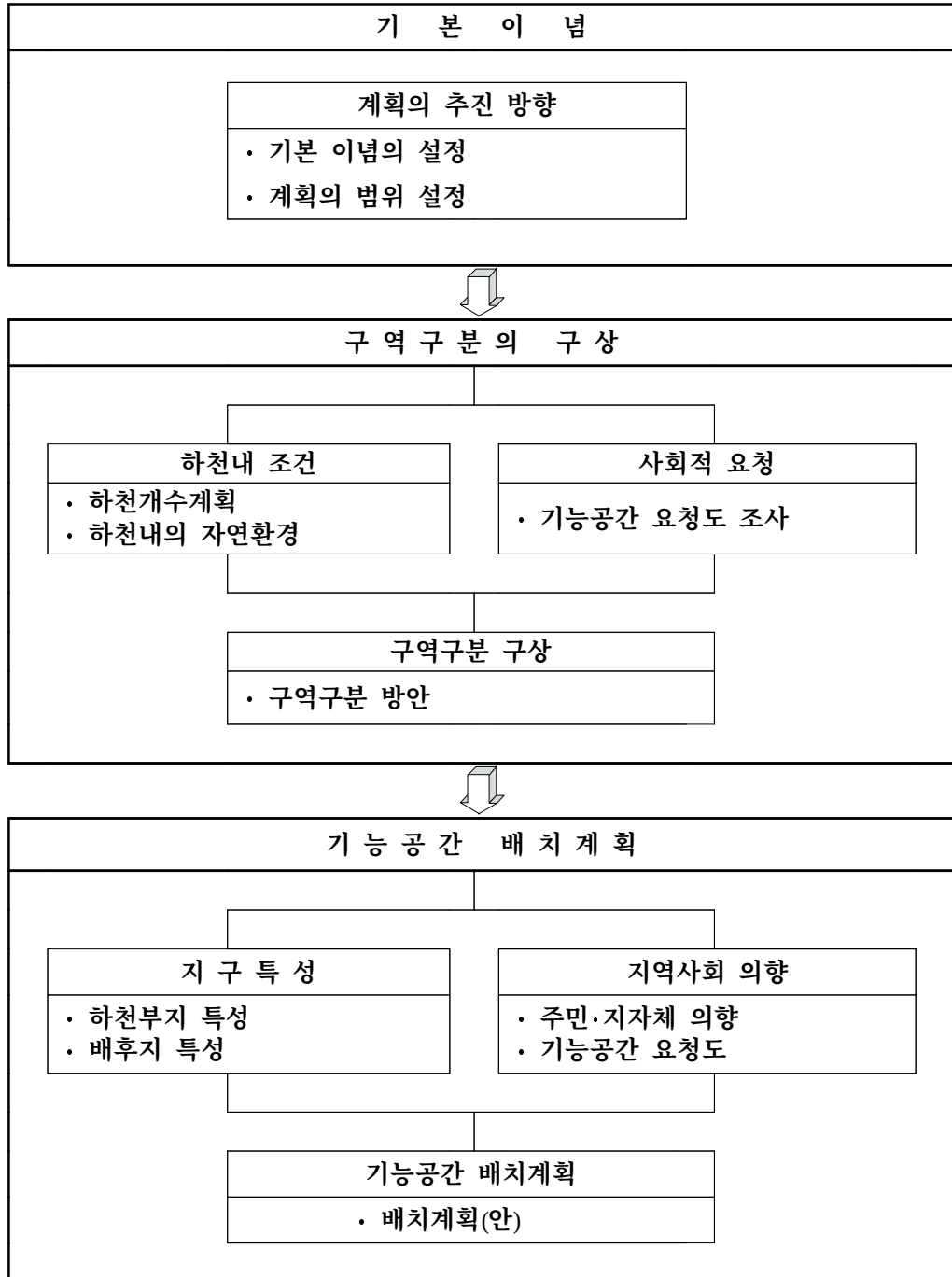
1. 수환경 보전계획은 하천수량과 수질을 종합적으로 관리할 수 있는 목표가 달성될 수 있도록 하여야 한다.
2. 수환경 보전계획은 수환경을 보전할 수 있는 기본방침과 구체적인 내용이 포함되어야 한다. 이 계획의 구체적인 내용은 하천시설 관리계획과 수량확보 및 수질보전 방안 등을 포함하여야 한다. 한편, 이 계획이 실질적으로 효과를 거둘 수 있도록 홍보하여 지역 주민들이 적극적으로 참여하도록 한다.



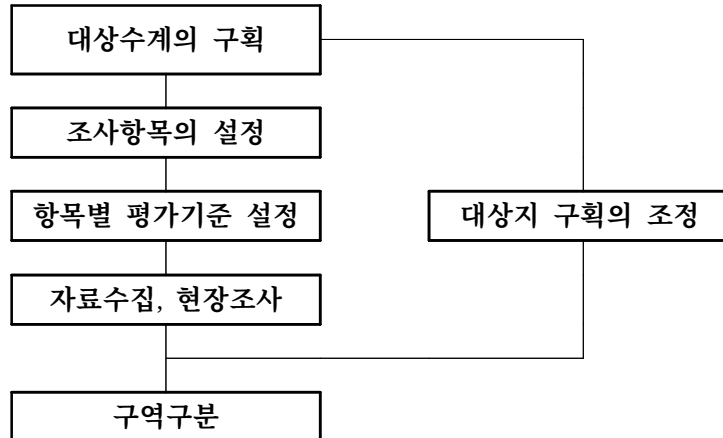
<그림 6.3.1> 하천환경관리 기본계획을 수립하는 흐름도

3.3.3 하천공간 정비계획

1. 하천공간 정비계획은 우선 기본방침에 따라 계획 추진방향을 설정하고, 이에 따라 공간정비 계획을 수립하는 것으로 한다.
2. 하천공간정비 계획의 전체적인 흐름도는 <그림 6.3.2>와 같다.
 - (1) 하천공간정비의 주제 설정
 - ① 하천 상태와 유역의 문화, 역사 및 사회적 현황을 근거로 지역사회와 일체감이 형성되도록 하천환경이 갖추어야 할 모습을 표현하는 주제를 설정한다.
 - (2) 구역구분
 - ① 하천공간관리 계획을 수립함에 있어 가장 중요한 사항은 구역구분 및 기능공간 배치이며, 하천정비 규모 등을 고려하여 소하천 정비구역 전체를 특정구역으로 설정할 수 있다.
 - ② 우선 소하천 전체를 질서 있게 보전·이용하기 위해 소하천 유역내 하천공간 전체를 몇 개의 구역으로 나누고, 각 구역에 대한 성격을 부여하고, 방향을 설정하는 구역구분 구상을 세우는 것이다.
 - ③ 구역구분을 하는 작업은 <그림 6.3.3>을 참고 할 수 있다. 소하천의 경우는 그 하천의 특성과 수계를 일관성 있게 계획하기 위해 소하천이 합류되는 하천의 특성 등을 고려해야 한다.
 - ④ 구역구분은 인공적 요소와 자연적 요소의 비중에 따라 다음 <표 6.3.1>과 같이 3단계로 구분한다.
 - ⑤ 구역구분은 <표 6.3.2>와 같은 하천환경기준(안)을 이용하여 산정된 평가점수에 따라 <표 6.3.3>과 같이 구분할 수 있다.



<그림 6.3.2> 하천공간 정비계획 수립 흐름도



<그림 6.3.3> 구역구분 과정

<표 6.3.1> 구역구분 형태

구 역 구 분	내 용
정비구역	운동시설, 위락시설, 수상시설, 편익시설 등 인공시설을 중심으로 적극적으로 정비하는 구역이다.
정비·자연구역	인공적 이용과 자연적 이용이 공존하는 구역이며, 산책로, 휴식시설 등 정적 이용을 고려한다.
자연보전구역	자연생태계 및 자연경관을 보전할 목적으로 설정한 구역이며, 사람이 적극적으로 이용하기 위한 시설은 원칙적으로 도입하지 않는다.

<표 6.3.2> 하천환경 평가 기준(안)

환경항목	구 분	점 수	기 준
야 생 성	자연지역 반자연지역 (농경지 포함) 개발지역 (인공호안, 도로, 기타 인공화 지역)	30 20 10	-녹색자연도에서 1 3등급은 개발지역으로, 4 8등급은 반자연지역으로, 9 10등급은 자연지역으로 간주 -국립공원/ 상수원 보호구역과 특별히 보전 할 필요가 있는 수중 및 수변 생태계 서 식처의 경우(천연기념물, 희귀종 등) 25점 이상 부여
수 질 (수중생태계 포함)	1급수(1ppm 이하) 2급수(1 3ppm) 3급수(3 6ppm) 4급수(6 10ppm) 5급수(10 100ppm) 하·폐수(100ppm 이상)	25 20 15 10 5 1	-최근 3년간 해당하천의 대부분 구간에서 월평균 수질이 연중으로 기준 이하인 경 우(단 전체기간 중 1 2개월만 특별히 기 준 이상인 경우 기준 이하로 고려) 해당 수질등급으로 간주
친수성(자연경 관, 지질 및 지형상 특별성, 수변/ 수상 위락활동 등)	높음 보통 낮음	20 10 3	자연경관, 지질 및 지형상 특별성, 수변/ 수 상 위락활동 등을 종합적으로 고려하여 판 정.
물의 흐름	자연 보통 인공	10 6 1	- 자연적인 물의 흐름 유지 - 물의 흐름 유지, 소규모의 제방, 도로 절 개지 등 반인공 하천 - 댐, 대규모 제방, 수로 준설 등 인공하천
기타(하천과 지역사회 관계 등 기타 특별히 고려하여야 할 사항)	있음 보통 없음	12 15 1 11 1	-낙동강 하회마을, 금강변 공주/ 부여 백제 유적지 등 전통적으로 하천과 지역사회와 의 관계가 이어져 오는 경우 있음으로 간 주(국가 문화재) -전국적으로 잘 알려져 있지 않으나 지역 적으로 알려져 하천과 지역사회 관계가 있는 경우 보통으로 간주(지방 문화재) -전혀 없는 경우 없음으로 간주
계		16 100	

- 주) 1. 평가항목 및 가중 점수는 해당 하천에 따라 합리적으로 조정할 수 있다.
2. 하천공간정비기법 개발 조사·연구, 건설교통부/ 한국건설기술연구원(1996)

<표 6.3.3> 하천환경평가에 따른 구역구분

구 역	평가점수
자연보전 구역	81점 이상
정비·자연 구역	41 - 80
정비구역	40점 이하

제 7 장 소하천 종합정비계획

제 7 장 소하천 종합정비계획

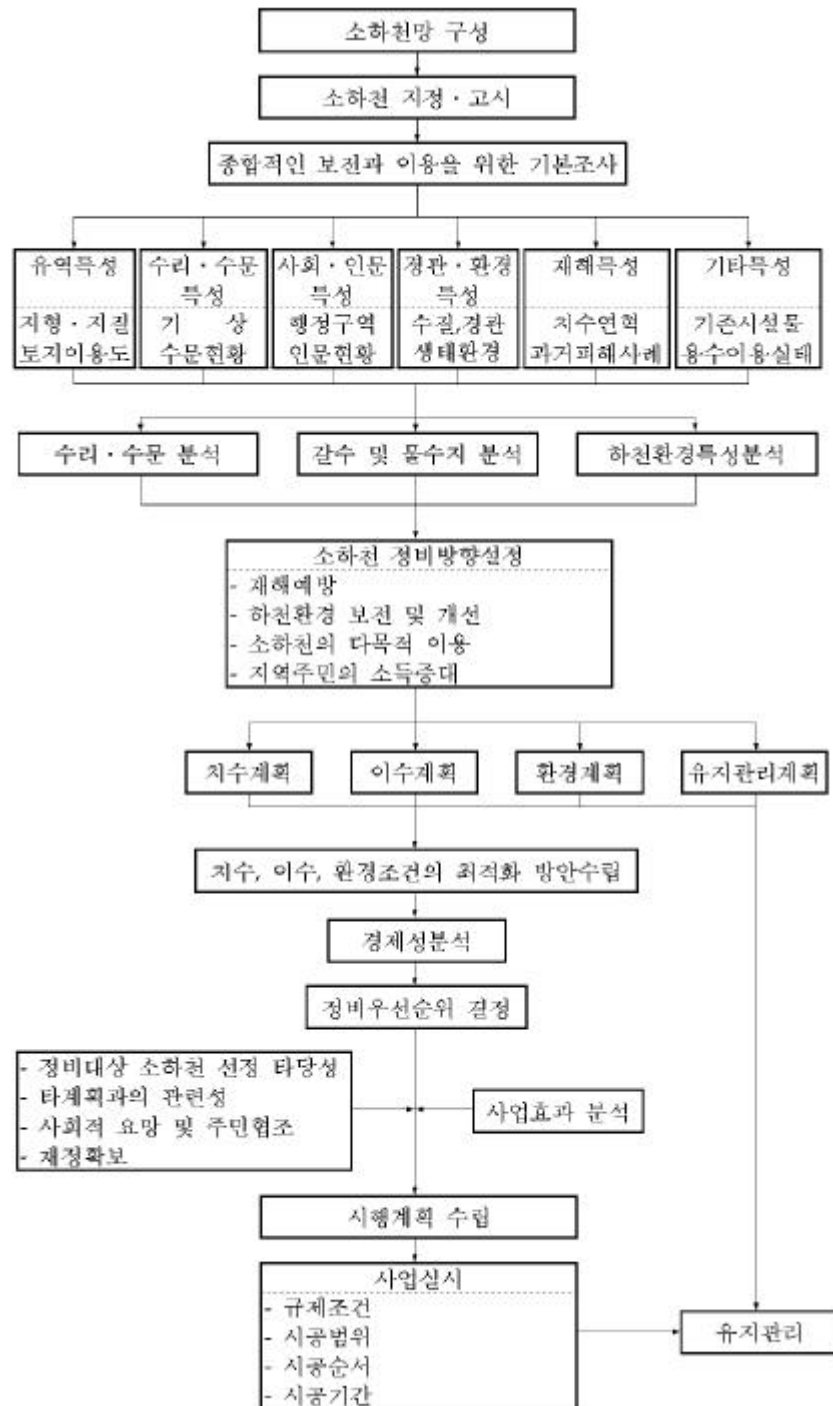
제 1 절 소하천 정비방향의 설정

1.1 소하천 정비계획의 기본 방침

1. 홍수, 토사유출, 갈수 등 하천의 역기능에 대한 이·치수상의 안전성을 확보하고 소하천 본래의 양호한 서식환경과 아름다운 경관을 보전·향상시키고자 하는 것이 소하천 정비의 기본방침이다.
2. 소하천은 지역별로 지형학적 특성, 수리·수문학적 특성, 환경특성 등이 아주 다양하기 때문에, 소하천의 올바른 정비방향설정을 위해서는 지역별로 소하천의 특성을 정확하게 파악하여야 하며, 그 특성에 적합한 정비계획 및 정비방침이 수립되어야 한다.

1.2 소하천 정비계획 과정

1. 소하천 정비계획을 수립하기 위해서는 수계별 소하천망을 구성하고, 소하천의 측량 및 특성분석을 통하여 소하천을 지정·고시한다. 이때 소하천의 하폭, 유로연장, 유역면적 등 해당 소하천의 소하천 대장을 작성하여야 한다.
2. 소하천의 종합적인 보전과 이용을 위하여 유역특성, 수리·수문특성, 사회·인문특성, 경관특성, 재해특성, 기타 특성에 대한 조사를 시행한다.
3. 조사 및 측량자료를 바탕으로 공사 시행을 위한 수문량(강우-유출량, 홍수위 등)을 산정하고, 하천의 환경적 특성과 이수현황을 파악한다.
4. 하천특성에 대한 각종 조사자료와 분석결과를 토대로 소하천의 정비방향을 설정한다.
5. 설정된 정비방향을 기초로 하여 해당 소하천에 대한 치수, 이수, 하천환경계획 및 유지관리계획을 수립하고, 최적 종합방안을 수립한다.
6. 경제성분석 및 각종 관련계획과의 관련성, 주민의견수렴, 사업효과분석을 토대로 최적 시행계획을 수립하여 정비사업을 실시하고, 지속적인 유지관리를 시행한다. 이에 대한 절차는 <그림 7.1.1>과 같다.



<그림 7.1.1> 소하천 종합정비 과정

1.3 정비방향의 설정

1. 소하천 종합정비계획 수립 및 시행계획 등의 수립시, 소하천 특성을 최대한 반영할 수 있도록 하여야 하며, 이를 위해서는 적절한 정비방향을 설정하여야 한다.
2. 적절한 정비방향을 설정하기 위해서는 다음 사항에 대한 검토가 필요하며, 이를 바탕으로 해당 소하천이 갖추어야 할 주된 기능 및 정비목표 설정에 반영하도록 한다.

(1) 재해위험도 평가

- ① 과거 발생한 홍수, 사태 등으로 인한 소하천 유역의 재산 및 인명피해현황 검토
- ② 돌발홍수와 토석류 등의 발생으로 인한 하안의 침식 및 퇴적에 의한 통수기능 저하 현황 검토
- ③ 제방·호안 축조, 낙차공 설치 등의 치수사업 연혁 및 홍수로 인한 하천시설물의 기능상실 및 파괴 현황 검토
- ④ 홍수 소통 및 하천기능에 장애를 유발하는 시설물 현황 검토
- ⑤ 홍수위가 기존 제방고를 상회하는 구간의 현황검토
- ⑥ 암거, 통관 등 기존 배수시설물의 홍수소통능력 검토 및 교량부의 홍수위에 대한 여유고 검토
- ⑦ 기타 하천시설물의 안정성 검토

(2) 하천환경 평가

- ① 생활하수, 축산폐수, 공장폐수 등 오염원 현황 및 발생 현황 검토
- ② 차집관로 등 하수도 현황과 폐수처리장 및 수질정화시설 현황 검토
- ③ 하천유지유량 및 수질분석결과에 대한 검토
- ④ 동·식물 서식환경 및 현황에 대한 검토
- ⑤ 하천의 환경적 특성 및 자연 경관에 대한 검토

(3) 인문·사회환경 평가

- ① 지역주민이 바라는 하천의 모습, 대상하천의 역사적 배경, 지역주민의 생활과 하천활용의 연계성 등 하천환경에 대한 사회적 요망에 대한 검토
- ② 유역내 인구분포와 주요 산업활동현황 및 토지이용도에 대한 검토
- ③ 취수, 관개용수이용 등 하천수 활용도에 대한 검토

제 2 절 하도계획

2.1 하도계획

2.1.1 하도의 정의 및 기능

1. 하도는 하천의 유수가 소통되는 토지공간을 말하며, 일반적으로 제방 또는 하안과 하상으로서 둘러싸인 부분을 가리킨다.
2. 하도계획의 수립에 있어서도 기능이 충분히 회복되도록 함은 물론 하도 이용도를 증진하고 자연환경을 보존하며, 하천 인접지역의 토지를 효율적으로 이용할 수 있도록 한다.
3. 유역 및 하도연안의 지역주민이 하천을 이용하여 건전한 휴식과 정서를 함양하고 수변문화를 창출할 수 있는 친수기능을 갖출 수 있도록 계획되어야 한다.

2.1.2 하도계획의 기본절차

1. 하도계획은 계획홍수량을 안전하게 유하시키고 홍수류에 의한 하상변동에 대비하여 안정된 하상이 유지되도록 하도의 평면, 종단 및 호안단면 계획을 위한 기본조사와 하도의 수문·수리해석을 거친 후 다음과 같은 순서에 따라 하도계획을 실시한다.
 - (1) 하도계획구간의 설정
 - (2) 계획홍수량 및 계획홍수위 결정
 - (3) 하도의 평면계획 설정
 - (4) 하도의 종단계획 설정
 - (5) 하도의 횡단계획 설정
2. 하도는 제방 또는 하안과 하상으로 둘러싸인 부분으로서 계획홍수량 뿐만 아니라 홍수시의 부유물이나 홍수시의 토사도 함께 소통시켜야 하며, 그 기능이 영구히 지속되고 안전하게 수행될 수 있도록 공간적으로 계획되어야 한다.
 - (1) 하도계획은 계획구간을 설정하여 해당 하도구간의 계획홍수량을 계획하도에 재현시켜 하도주변의 지형적인 특성과 하도의 상·하류 여건에 맞는 계획 홍수위를 설정한다.

- (2) 계획 홍수위는 하도주변의 토지이용 여건, 하도의 수리구조물 및 하도의 법선 등에 따라 검토되어야 하고, 과거의 주요 홍수피해 사례와 원인 등을 조사하여 계획홍수위 설정에 반영해야 한다.
- 3. 하도의 평면형, 종단형 및 횡단형은 독립적으로 설정하지 않고 우선 하도단면형을 가정한 다음 실제 하도의 각 부분을 검토하면서 최종적으로 그 하천에 대한 최적의 하도계획을 설정한다.

2.1.3 하도계획의 수립

- 1. 하도정비의 목표는 다음과 같다.
 - (1) 소하천에서의 하도정비는 소하천의 치수적인 측면, 이수측면, 환경측면 그리고 하천유지관리측면에서의 기능과 역할을 다할 수 있도록 하는데 목적이 있다.
 - (2) 소하천으로서의 목적을 다하기 위해서는 수계를 일관한 하천개발계획, 지방·국가하천의 정비기본계획, 국가·지역사회의 개발계획 및 타계획과 본 하도정비계획의 유기적인 조화가 전제되어야 한다.
- 2. 하도정비의 목적은 치수측면, 이수측면, 하천환경측면, 및 하천유지관리측면 등으로 나눌 수 있다.
 - (1) 치수측면
 - ① 홍수소통을 위한 충분한 통수단면 확보
 - ② 평형하상을 유지할 수 있는 하도계획 수립
 - ③ 유지관리 및 수방활동을 고려한 제방계획
 - ④ 원활한 내수배제를 위한 계획 수립
 - ⑤ 제방 및 토사의 유실을 방지하고 환경을 고려한 자연환경 호안계획
 - ⑥ 이수, 환경기능과의 연계 및 경제적인 계획
 - (2) 이수측면
 - ① 용수이용전망에 따른 용수이용계획 수립
 - ② 정상적인 기능유지에 필요한 유지용수 및 관리유량 결정
 - ③ 수위영향 등을 고려한 이수시설계획
 - ④ 하천관리유량의 확보를 위한 계획수립
 - (3) 하천환경측면
 - ① 자연보호기능 확보
 - ② 수질개선 및 보전을 위한 대책 수립

- ③ 생태계보전을 위한 계획
- ④ 친수기능을 고려한 계획수립
- ⑤ 공간기능 확보
- (4) 하천유지관리측면
 - ① 하천부속물의 효율적인 유지관리
 - ② 인근 자연과 조화를 이룬 하천종합개발계획 수립
 - ③ 하천의 다목적 이용을 통한 소득증대에 기여
 - ④ 하천구역의 설정을 통한 합리적인 하천관리 및 하천공간 확보

3. 하도의 수리특성은 다음과 같다.

- (1) 일반적으로 소하천은 국가하천, 지방하천과 달리 대부분 산지 또는 구릉지의 소유역에 위치하고 있으므로 이들 하천은 하도의 경사가 비교적 급하고 하도의 단면형상은 불규칙하다.
- (2) 소하천은 하상재료가 굵은 모래, 자갈 등으로 구성되어 있어 조도계수가 크고 유수의 저항이 크게 일어나고 있는 것이 특징이다.
- (3) 소하천의 수리해석에 있어서는 만곡이 심한 하도의 불규칙한 종단경사 등이 정밀하게 조사되어 이를 수리해석에 반영해야 한다.

4. 하도의 환경특성은 다음과 같다.

- (1) 소하천의 환경특성은 중·대하천과는 달리 소하천의 하도와 인접한 지역의 인위적인 구조물이나 자연경관 등의 인문 및 자연환경의 특성과 심미안적인 조화를 이루고 있다.
- (2) 소하천은 농어촌지역에 속한 산간부, 취락부 및 농경부 그리고 도시지역이나 유원지 등 각 지역에 따라 하도의 환경특성을 조화시켜야 한다.

2.1.4 계획홍수위

- 1. 하도계획에 있어서 계획홍수위는 치수측면에서 매우 중요한 요소이며, 홍수위에 영향을 미치는 요인을 정밀하게 조사하여 홍수위 해석과 계획홍수위 결정에 이를 반영해야 한다.
 - (1) 지류의 배수영향 : 소하천은 대부분 중·대하천으로 유입하게 되므로 하류 합류부의 홍수위가 상승할 경우에는 소하천 본류의 수위에 영향을 미치는 배수위, 배수구간, 제방고 및 하천연안의 토지이용상황 등을 파악한다.
 - (2) 내배수 영향 : 소하천에 유입하는 지류부의 내배수 영향은 소하천 본류홍수위

에 직접적인 영향을 받게되며, 소하천 본류의 홍수위 변동에 따른 지류부의 내배수 영향은 내수지역의 지반고, 배수상황 및 내수처리 방식 등에 지배된다. 그러므로 지류부의 내배수에 영향을 미치는 지류유역의 지반고, 지류의 소수계 구성 및 내수 처리방식을 파악한다.

- (3) 하천시설물 영향 : 소하천을 횡단하거나 하도상의 구조물 및 기타 이수시설 등과 같은 구조물이 수위 상승에 미치는 영향을 조사한다.

- 2. 계획홍수위 계산은 소하천의 경우, 중·대하천의 경우와는 달리 홍수위의 변화가 심하기 때문에 부등류 계산을 실시하며 사류 하도구간에서는 소류력을 검토하고 만곡 수로부에서는 편류발생 등을 검토하여 이를 계획홍수위 계산에 반영한다. 특히, 하도의 경사나 단면이 급격히 변화하는 구간에서는 수로의 변화에 따른 수위 상승을 고려하여 하도의 확폭 및 하상경사의 조정 등을 실시하여 계획홍수위를 결정해야 한다.

2.1.5 기점홍수위

- 1. 홍수위 계산을 위한 기점 홍수위는 계획하도의 홍수위에 영향을 미치는 하류부의 경계조건 (하류 하도의 합류점, 보 및 기타 수위에 영향을 미치는 시설물 등)에 따라 결정한다.
 - (1) 하류 하구부의 계획홍수위 또는 배수효과가 있는 지류가 합류하는 지점의 계획홍수위
 - (2) 하천시설물에 의해서 한계수심이 발생할 경우에는 그 지점의 한계수위 또는 설계홍수위
 - (3) 하도의 급격한 단면확대, 만곡, 급경사(단락) 및 교각 등에 의해 수위변화가 발생할 경우는 손실을 고려한 홍수위
 - (4) 사수역이 발생하는 곳은 사수단면적을 제외하고 계산한 수위
 - (5) 과거 기왕의 최대홍수위, 흔적 홍수위 및 기존 제방이나 방조제의 설계홍수위

2.2 하도의 평면형

2.2.1 소하천에서의 하도의 평면계획

1. 계획홍수량을 계획홍수위 이하로 안전하게 소통시킬 수 있는 하천의 폭, 하도의 법선 및 지류의 합류점의 형상 등을 결정하는 과정이다.
2. 평면계획 과정에서는 하천의 상·하류 선형, 하도주변의 인문활동, 기존 유제부의 형성, 토지이용상태 그리고 하도의 환경 등을 고려해야 한다.
3. 하도연안의 토지이용과 하도주변의 환경을 고려한 하도의 평면계획은 새로운 하도의 평면계획으로 인한 보상문제와 홍수방어계획 등을 용이하게 할 뿐만 아니라 하도주변의 인문과 자연환경이 조화를 이룰 수 있도록 한다.

2.2.2 하도의 노선선정

1. 하도계획이 필요한 하도구간은 기존의 하도를 중심으로 노선을 선정하되, 홍수소통능력을 검토하여 기존 하도로서는 치수상의 문제가 있을 경우에 추가수로(방수로, 첩수로 등 포함)를 건설하는 방안과 비교 검토하여 치수, 이수 및 환경적인 측면에서 안전하고 유지관리가 유리한 최적의 노선을 선정해야 한다.
2. 하도법선은 하도연안의 토지이용, 홍수시의 유황, 하도의 유지관리, 하천부지의 이용계획 및 공사비 등을 검토하여 가능한 한 자연적인 수문시스템을 훼손함이 없이 홍수소통이 원활한 형상이 되도록 한다.
3. 소하천의 하도계획에 있어 하도의 노선 선정은 기존하천의 지형조건, 토지이용상태, 치수 경제성 등을 고려하며, 가능한 기존 하도를 중심으로 실시한다. 그러나 기존하도의 선형이 심한 사행하도이거나 단면부족 등으로 홍수소통능력이 부족할 경우에는 방수로, 첩수로 또는 하도변경 등의 대안을 분석하여 최적의 노선을 결정한다.
4. 소하천의 하도계획 과정에서 계획하도구간의 지형과 지질조건, 현재와 미래의 토지이용, 행정구역, 용·배수로 계통, 지하수위 영향, 내수처리대책, 계획하도의 상·하류 수위변동영향, 치수경제성, 하천경관 및 하도의 유지관리 등을 고려하여 하도의 노선을 결정해야 하며, 하도의 노선선정에 필요한 검토사항은 다음과 같다.

- (1) 하도의 선형은 가능한 한 심한 굴곡을 피하고 완만한 곡선으로 한다.
- (2) 하도는 가능한 한 인구 밀집지역에서 멀리 떨어지게 한다.
- (3) 자연상태로서 제방의 기능이 가능한 구간은 최대한 이용한다.
- (4) 하도의 선형은 가능한 한 토지이용에 지장이 없도록 하되 주변의 경관과 조화를 이룰 수 있도록 한다.

5. 하도의 법선을 결정할 때는 다음의 사항을 종합적으로 검토한다.

- (1) 기존하도가 사수역을 포함한 충분한 하폭을 확보하고 있을 경우 사수역의 저류 효과 등을 고려하여 기존의 하폭을 확보하도록 한다.
- (2) 홍수류의 유수 방향과 수충부의 위치를 검토하여 유수의 저항을 최소화 할 수 있도록 하며, 일반적으로 급류소하천에서는 하도선형이 직선부가 되도록 하고 가능한 S자 곡선 수로의 형태는 피하도록 한다.
- (3) 수충부의 위치는 기존하도의 상황, 지형과 지질 조건, 토지이용상태 등을 고려하여 정하되 가능하면 주택지역이나 기존의 하천을 절개한 장소에는 두지 않도록 한다.
- (4) 곡선부의 하도법선은 만곡내측의 법선을 후퇴시켜 하폭을 넓혀서 수충현상을 완화시킨다.

2.2.3 합류부의 법선

- 1. 소하천에 있어서 지류의 합류부는 가능한 한 자연상태의 합류형상을 최대한 유지하도록 하고 인위적인 변화를 할 때는 합류부의 홍수소통이 최대한 원활하도록 해야 한다. 특히 지류의 계획홍수량이 본류의 계획홍수량에 비하여 그 규모가 극히 적어서 본류에 대한 합류의 영향이 적을 때는 본류의 법선을 중심으로 하는 합류형을 취한다.

2.2.4 신천의 개설

- 1. 신천의 개설은 기존하도의 홍수소통 능력을 포함한 치·이수적인 관점과 하천환경 및 기타 하천유지관리 등의 문제가 있는 하도구간에서 새로운 하천을 건설하여 홍수소통능력을 증대시키거나 홍수량을 분산 전환하여 소통시키는 방안으로 첩수로와 방수로(분수로)가 있다.
 - (1) 첩수로 : 사행이 심한 하도구간에서 굴곡된 하도를 절개하여 짧게 연결한 수로
 - (2) 방수로 : 기존하도의 하폭을 확대할 수 없거나 개수구간을 단축시키기 위해서

기존하도에서 분기하여 신천을 건설하고 타하천 또는 하류로 홍수류를 직접 유입시키는 수로

2. 첩수로를 계획할 때에는 상·하류구간의 지형과 지질, 하도형상, 하천시설물, 하상재료 및 유황 등의 기초조사를 통하여 하상변동을 예측하고 이를 설계에 반영시켜야 한다.
3. 방수로 설계에 있어서는 수로개설에 따른 새로운 부지가 필요하고 새로운 홍수류를 유도하기 때문에 방수로 구간의 내수처리대책, 홍수조절대책 등의 대안을 분석하고 이를 종합적으로 검토해야 한다.

2.3 하도의 종단형

2.3.1 하도계획에서 하도의 종단형결정

1. 하도계획에서 하도의 종단형을 결정하기 위해서는 계획하도가 계획홍수량을 안전하게 소통시킬 수 있고 홍수류에 대해서 하상변동을 예측하여 안정된 하도가 유지될 수 있도록 하도의 종단형, 계획하상경사 및 계획하상고를 결정한다.
2. 소하천의 경우 하도의 종단형은 하천환경의 관리측면을 고려하여 홍수소통능력 뿐만 아니라 생태계보호, 어류의 서식처 제공, 하천경관을 조성하는 등의 관점에서 결정하고 있다.
3. 하도의 종단형 결정에서 고려할 사항은 다음과 같다.
 - (1) 하상변동 및 진행상황, 즉 하상변동 조사에 의한 하상경사의 변화지점이나 형균하상경사의 변경지점을 파악한다.
 - (2) 기존 하상을 변경시킬 경우는 계획하도구간의 상·하류 하도경사를 반드시 고려한다.
 - (3) 급경사 하상은 점변시킨다.
 - (4) 하도구간 내에서는 유사량과 평형이 되도록 국부적 세굴과 퇴적현상을 억제시킨다.
 - (5) 계획하도구간은 주변을 고려한 하천환경이 될 수 있도록 종단형을 정하여 치수환경을 조정한다.

2.3.2 계획하상경사

1. 일반하천에서 계획하상경사

- (1) 기존의 하상경사에 따른다. 하상에 국부적인 변화가 진행되고 있지 않는 이상 현하상에 따라 계획하상경사를 결정하는 것이 장래의 하도유지에 가장 안전하고 공사비도 적게 들기 때문이다.
- (2) 새로운 하도계획에 따라 현하상을 변경할 때, 즉 침수로 건설과 같이 하천의 일부를 개수할 경우는 계획구간 전후의 하상변화를 감안하여 결정해야 한다.
- (3) 전체적으로 하상을 변경하는 경우는 장래의 하도 안정을 충분히 고려해야 한다.

2. 소하천에서 하상경사 : 상류에서 하류까지 동일하게 연속하여 급경사 하상에서 완경사 하상이 될 수 있도록 점변시키는 것으로 한다. 이렇게 함으로써 각 지점의 소류력이 거의 평형을 이루고, 하상세굴 및 퇴적현상이 일어나지 않거나 일어나도 하상변화에 큰 지장을 주지 않는 안정하도가 될 수 있기 때문이다.

3. 안정하도라 함은 원래 종단, 횡단 및 평면형상이 변하지 않는 하도를 말하지만, 토사 침식 및 퇴적, 그리고 유송현상 측면에서 보면 현실적으로 이러한 하천은 거의 존재하지 않으므로, 사실상 안정하도라는 말은 하도의 종단변화가 거의 없는 것을 의미한다.

2.3.3 계획하상고

1. 계획하상고는 계획하상경사, 계획횡단형과 제내지 지반고를 고려하여 정하며, 하도 주변의 지하수위, 용수의 취수위, 지류하상고, 암반 노출지점 하상고, 기존에 설치된 중요한 구조물의 바닥높이, 하상유속 등을 고려해야 한다.

2. 하상경사가 급한 하천에서 경사를 낮추어 안정되게 하고자 할 때는 낙차공과 같은 하상유지공을 설치한다.

3. 계획하상고는 계획하상경사 및 계획횡단형을 다음과 같이 시산하여 결정한다.

- (1) 계획홍수위는 되도록 제내지 지반고를 고려하여 결정한다.
- (2) 주요 구조물의 바닥높이, 용수의 취수위, 지류의 계획하상고, 암반 노출지점의 하상고, 주변의 지하수위 등을 충분히 고려한다.
- (3) 제방이 세굴되지 않도록 하는 안정성을 고려할 때, 완류하천에서 평균유속은 $2 \sim 3\text{m/s}$, 급류하천에서는 4m/s 정도가 되는 수심을 구하여 이를 개략적인 계획수

심의 기준으로 삼는다.

2.3.4 안정하도의 설계

1. 일반적으로 하도는 자연하도와 인공하도로 구분한다.
 - (1) 자연하도는 자연상태의 하천형태나 제원 또는 규모에 맞추어 계획하는 하도이다.
 - (2) 인공하도는 이미 결정된 제원에 맞추어 건설되는 하도이다.
2. 안정하도란 어떤 하천이나 수로가 장기간에 걸쳐서 국부적인 세굴과 퇴적이 반복되어 마지막에는 그 하상경사와 단면의 크기 및 형상이 일정한 상태인 평형상태에 도달하게 되어 안정상태를 유지하는 하도를 말한다.
3. 하도조절은 충분한 홍수류의 소통, 환경과 생태계 등을 고려한 최적 하도 수심의 유지, 유사 이송, 퇴적이 심하여 비평형 상태를 이루고 있는 하천의 개수 또는 단순히 하상이나 제방의 침식방지 등과 같은 목적을 위해서 하천법선의 정렬, 하폭, 하상 등을 조합하는 안정화 사업을 포함한다.
4. 하상의 안정화를 위한 하상변동조사 사업은 다음과 같다.
 - (1) 대상하천의 종·횡단 및 지형측량 실시
 - (2) 안정하상 설계를 위한 지배유량의 검토. 단, 여기서 지배유량은 하천의 평형을 유지시켜 주는 유량으로 일정기간동안의 전유사량을 대표하는 것으로서 일정기간동안의 유량과 유사량을 곱한 값의 합을 그 기간동안의 전유사량으로 나눈 값으로 정의된다.
 - (3) 하상의 종·횡단 및 평면변화 조사, 분석과 일정 기간의 하상변동량 추정
 - (4) 유사량 추정
 - (5) 하천구조물의 안정성 검토

2.3.5 수위유지와 하상변동의 억제

1. 소하천과 같은 자연하천에서는 상류에서 토사량이 유사를 운송하는 유량이나 하천지형과 지질에 따라 수시로 변동하여 하상변동이 일어나므로 하도의 홍수소통능력이 변화하고 호안이 파괴되거나 이수를 위한 취수, 내수배제의 곤란, 지하수위의 변동 등 여러 가지 피해가 발생하게 된다.
2. 소하천과 같은 자연하천에서는 다소의 하상변동은 피할 수 없으며 가능한 한 하

상변동을 방지하기 위해서는 효과적인 하상변동 억제공법을 이용하여 하상의 변동을 최소화함으로써 필요한 수위의 확보와 안정하도를 유지하고 장래의 하상변동을 예측하여 미리 대비책을 세워서 최대한 억제할 수 있는 방안을 강구해야 한다.

3. 하상변동의 억제 방법

- (1) 사방공사에 의한 방법 : 자연하천에서는 유량의 크기에 따라 토사의 유송능력이 다르므로 하천의 토사유송능력에 맞추어 상류에서 공급토사량을 제한할 수 있는 사방댐 또는 붕괴방지공을 상류산지에 설치하는 것이 매우 효과적일 수도 있다. 그러나 유사유입의 억제가 사실상 불가능하므로 큰 규모의 대홍수에 대해서 하류에 허용한도 내의 토사가 유하하도록 하고 그 이상은 저장하는 방식을 취하고 있다.
- (2) 하상유지공 : 하상경사가 급하여 하상이 쉽게 세굴 또는 퇴적되거나 하상이 심하게 낮아지는 하천에서는 하상세굴 및 퇴적이나 하상저하 방지를 위해서 하상유지공, 낙차공, 바닥다짐공 등을 설치한다.
- (3) 준설 : 토사가 유송되어 하상이 상승하는 곳에서는 준설 또는 굴착이 효과적이다. 그러나 근본적으로 하상토가 퇴적되는 원인을 파악하여 제거하지 않으면 항상 준설을 되풀이해야만 한다.
- (4) 수제 : 홍수류에 의해서 하상이 심하게 세굴되거나 하상상승이 심한 곳에서는 수제를 적절히 설치함으로써 수류를 보다 작은 하도단면에 집중시켜 토사의 유송능력을 증대시킴과 동시에 수제주변에 침전시켜 하도를 보호할 수 있다.
- (5) 하상재료의 포설 : 하상저하가 심한 곳에서 원래의 하상재료보다 입경이 큰 토사를 하상위에 깔아서 하상세굴을 방지할 수 있다.
- (6) 기타공법 : 하상상승을 피하기 위해서는 침수로나 방수로를 설치하거나 아니면 하류하도의 단면을 확대하는 것이 효과적일 수 있다. 특히, 하구막힘이 일어나 하상의 상승이 일어날 경우에는 하구에 도류제를 설치하는 등의 하구처리공법을 강구할 필요가 있다.

2.4 하도의 횡단형

2.4.1 계획횡단형

1. 하도계획시 계획횡단형

- (1) 계획홍수량의 소통능력, 하도의 특성, 농경지·홍수터 등의 하천부지 이용계획, 하천환경관리를 위한 하천공간계획 그리고 하도의 유지관리난이도 등을 고려하여 결정한다.
- (2) 소하천은 홍수량이 크고 상대적으로 갈수량은 적어서 하도를 유지관리 하는데 어려움이 많다. 특히 소하천의 경우는 하상계수가 대단히 크며 계획홍수량이 적으므로 계획횡단형을 주로 단단면으로 하고 있다. 이러한 하도단면은 단순히 홍수소통뿐만 아니라 안정된 하상이 유지될 수 있다는 점을 고려해야 한다.
- (3) 만곡부의 횡단형은 하도의 만곡정도와 상태, 상·하류 하도의 상황에 따라 하폭을 확대할 필요가 있을 경우 이에 맞추어 필요한 조치를 취하고 있다. 하도의 만곡부에서는 홍수시 편류가 생길 뿐만 아니라 만곡부 외측에서 수위가 상승하고 국부적으로 유속이 대단히 커서 하도의 안정을 위협할 수가 있다. 만곡부 외측에 사수역이 발생하고 와류에 의한 유효 하도면적이 감소될 수 있는 점을 고려할 때, 유효하폭의 10~20% 정도 확대할 필요가 있다. 그리고 평면형상에 따라 만곡부의 내측에 편류가 생기는 경우도 있기 때문에 평면형상을 포함하여 충분히 검토할 필요가 있다.

2.4.2 계획하폭

1. 소하천의 계획하폭은 계획홍수량의 소통에 직접적인 관계가 있고 하상 및 종단경사, 지형과 지질, 안정하도의 유지, 연안의 토지이용상태 등에 관계됨으로 계획홍수량이 동일하더라도 하천에 따라 수심 및 하상경사, 하상의 조도가 다르면 하폭은 달라지며, 기존의 제방상태와 하천연안의 토지이용상태에 따라 달라지게 된다.
2. 계획하폭은 기존의 하천부지 및 하도와 하천이용계획 등에 대해서 고려하고, 하도구간 전체를 검토해야하나 대체적으로 하도계획을 수립할 때는 계획홍수량의 크기에 따른 계획하폭을 결정하는 경험공식을 참고하여 결정한다.
 - (1) 중소하천 하폭결정 경험공식(건설부, 1971)

$$B = 1.698 \frac{A^{0.318}}{\sqrt{I}} \quad \text{남부지방(전남북, 경남북)}$$

$$B = 1.303 \frac{A^{0.318}}{\sqrt{I}} \quad \text{중부지방(경기, 강원, 충남북)}$$

여기서 B : 계획하폭(m), A : 유역면적(km²), I : 하상경사

(2) 소하천 계획하폭 결정공식(건설부, 1990)

① 계획홍수량에 의한 경우(계획홍수량이 300m³/s 이하 일때 적용)

$$B = 1.235 Q^{0.6376}$$

② 유역면적에 의한 경우(유역면적이 10km² 이하 일때 적용)

$$B = 8.794 A^{0.5603}$$

여기서 B : 계획하폭(m), Q : 계획홍수량(m³/s), A : 유역면적(km²),

2.4.3 저수로 수로폭 및 둔치의 높이

1. 소하천의 하도계획에서 둔치의 높이는 통상 저수부의 수로폭과 함께 검토하며, 홍수시 둔치의 안정을 확보하기 위해서 홍수터의 유속을 지나치게 크게 하는 것은 둔치의 유지관리에 불리하다. 소하천이나 신설하도에서 둔치의 설계유속이 이보다 크게 될 때는 호안공을 시공해야 한다.
2. 저수로 폭은 일반적으로 기존의 하도상태를 중심으로 결정하고 둔치의 높이는 침수빈도가 년 1~3회가 되는 홍수량을 소통할 수 있도록 시산하여 정하는 경우가 많다. 그러나 최근에는 하천의 둔치 이용에 대한 욕구가 커지고 하천환경이 하천의 중요한 기능으로 대두되고 있는 점을 감안할 때 둔치의 높이는 이러한 성향을 충분히 고려하여 결정하는 것이 바람직하다.

제 3 절 경제성 분석

3.1 개 요

1. 본 절은 하천의 개수를 통한 치수경제성을 조사하여 한정된 재원으로 효율적인 하천개수사업을 달성하기 위한 투자우선순위를 결정하기 위한 표준적인 방법을 제시한 것이다.

2. 본 절에서 제시한 방법은 하천개수사업에 대한 치수경제 분석방법의 기준에 한정되나 그 방법은 각종 재해피해의 산정방법과 복구비 산정의 기초자료로도 활용할 수 있다.
3. 치수경제조사는 치수사업의 여러 효과 중 경제평가가 가능한 것을 파악하여 치수사업의 편익으로 하고, 치수사업을 실시하는데 소요되는 비용 및 시설의 유지, 관리에 소요되는 비용 등을 치수사업의 비용으로 설정하여 비용과 편익비교를 사업지구별로 실시하여 동일수계내의 여러 사업지구에 대한 우선순위 및 각 사업지구에 대한 적정 투자규모 등을 분석하여 효율적인 치수사업을 수행할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.
4. 치수사업의 여러 효과 중 경제적 편익은 크게 직접 편익과 간접 편익으로 나뉘어 진다. 직접 편익은 치수사업의 효과가 미치는 지역(수익지)에서 마땅히 해야 되는 사회경제활동이 수해로 말미암아 입은 피해가 치수사업을 실시함으로써 감소되는 이익이며, 간접편익은 치수사업으로 인해 증대되는 수익지의 사회경제활동 이익이다. 그러나 간접편익에 대해서는 조사방법이 확립되어 있지 않고 그 범위가 광범위하기 때문에 본 절의 내용은 주로 직접편익을 파악하는 조사에 국한하기로 한다.
5. 편익 및 비용을 연평균 현재가치로 환산할 때는 중앙재해대책본부에서 제시하고 있는 연도별 생산자 물가지수에 따른 금액 환산지수를 사용하여 변환한다.

3.2 치수경제조사

3.2.1 치수경제조사 절차

1. 치수경제조사는 대상 치수시설에 대하여 어떤 유량에 의해서 어느 정도의 구역이 어느 정도의 시간, 얼마만한 수심으로 범람하는가를 추정해서 범람에 의하여 어느 정도 피해가 발생하느냐를 산정하고, 유량규모(또는 유량크기)의 연평균 발생확률을 곱해서 유량규모의 홍수에 의한 연평균 피해액을 계산한다. 이 작업은 조사대상으로 하는 최소 유량규모의 홍수로부터 최대 유량규모의 홍수까지 행하여 누가하면 그 범람구역의 연평균 피해액이 산정된다. 이와 같이 현황의 치수시설에 대한 연평균 피해액과 계획목표로 하는 치수시설에 대한 연평균 피해액과 계획목표로 하는 치수시설에 대한 연평균피해액을 산정해서 그 차를 구하면 치수

사업의 피해경감효과가 된다.

2. 치수경제조사는 치수사업의 비용과 피해경감효과(편익)를 비교함으로써 치수사업의 직접 편익에 관계되는 경제효과를 분석하는 것이다. 본 기준에서는 피해액산정에 필요한 각종 자산단위 등은 행정구역에 따라 상이하고 해마다 변동되는 것이므로 행정자치부(1998) 중앙재해대책본부의 “피해조사 및 재해복구계획 수립 관련 규정집”을 참조하여야 한다.

3. 치수경제조사는 다음 절차에 따라 실시한다.

- (1) 조사대상 유량규모의 설정
- (2) 지반고 조사
- (3) 범람수리조사
- (4) 범람구역 자산조사
- (5) 예상 피해액의 산정
- (6) 예상 연평균 피해경감 기대액의 산정
- (7) 유량규모별 예상치수 사업비의 산정
- (8) 경제효과의 분석

3.2.2 치수경제조사 내용

1. 조사대상 유량규모의 결정 : 조사대상 유량규모는 피해를 유발하지 않는 유량을 최소로 하되 계획홍수량을 포함한 발생가능한 최대홍수시의 홍수량을 최대로 하여 빈도별 홍수량 등을 토대로 5 ~ 6개 정도의 유량규모로 정하는 것을 원칙으로 한다.
2. 지반고 조사 : 지반고 조사는 조사대상구역을 축척 1:5,000 및 1:25,000의 지형도를 이용하여 표고차 1m 간격으로 구분해서 실시한다.
3. 범람수리조사 : 범람수리조사에서는 조사대상 유량규모에 대응하는 범람구역(예상범람구역)을 추정하고 지반고 조사의 결과에 따라 예상범람구역에 대하여 등지반고(等地盤高)의 지구별로 침수심(浸水深), 침수일수(浸水日數)를 추정한다. 또한 과거의 범람실적 등도 고려하여 종합적으로 판단, 유량규모별 범람구역을 추정한다.

4. 범람구역 자산조사 : 범람구역에서의 자산조사는 예상되는 범람구역내 주요한 자산의 조사를 의미한다. 조사대상 자산은 일반자산(건축물, 가계, 사업소 상각자산, 재고자산, 농어촌 자산), 농작물, 공공시설(하천, 도로, 교량, 철도, 전신, 전화, 전력 시설 등), 가축자산 등으로 한다. 조사는 원칙적으로 등지반고 지구별로 실시한다.

(1) 건축물

- ① 읍면동 사무소에 비치하고 있는 “건축물대장” 및 기타 세무관계자산 및 도면 등을 이용하여 등지반고 지역별 건축물동수를 추정하고, 건축물 1동당 평균면적을 곱하여 등지반고 지역별 건축물 바닥면적을 추정한다.
- ② 건축물 자산액은 상기 건축물 바닥면적에 단가를 곱해서 산출하지만 단가에 대해서는 건축통계 등의 자료에서 시군구별 건축물 1㎡당 평가액을 구해서 사용한다.

(2) 가계자산

- ① 읍면동별 세대수는 “주민등록대장” 등으로 조사한다. 등지반고 구역별 세대수는 읍면동 전 건축물 동수에 대한 등지반고 지구별 건축물동수의 비율에 의하여 추정한다.
- ② 가계자산액은 상기 세대수에 1세대당 가계자산액을 곱해서 구하는데 통상 조사방법은 각 가정에 대한 설문조사를 실시하여 파악하며, 구체적인 내용은 본 장 3.3 절에서 기술하기로 한다.

(3) 사업소의 상각자산, 재고자산

- ① 사업소 통계조사, 시군 통계연보를 통해 산업체 분류별로 사업소 수를 조사한다. 사업소 통계조사 대상외 공공기관에 대해서는 별도로 사업소 수와 직원 수를 조사한다. 자산액은 공업통계, 법인기업통계, 상업통계 등의 자료에서 추정한 산업체 분류별 종업자 1인당 상각자산액, 재고자산액을 종업자수로 곱해서 구한다.
- ② 구체적인 산정방법은 본장 3.3절의 방법을 사용토록 한다.

(4) 농어촌 자산

- ① 농가호수는 읍면동이 관리하는 농가대장 등에 의해서, 어업호수는 읍면동 또는 수산업협동조합의 자료 등에 의해서 조사한다.

(5) 농작물

- ① 전답별 경지면적은 전술한 도면상에서 산정하고 전답별 연평균 수확량(논의 경우는 벼의 수확량, 밭의 경우는 주요한 작물의 수확량으로 하되 시군별 통계

자료에 의한 단위면적당 곡종별 작물통계에 의거 최근 5개년간의 자료중 최대 및 최소 수확량을 제외한 3개년 값의 생산량 평균치를 평년작으로 하여 적용)을 조사해서 산정한다.

- ② 농작물 생산액은 상기한 생산량에 단가를 곱해서 구하게 되는데 곡가의 경우는 최근의 2등급 정부수매가격을 적용하며 기타 작물에 대하여는 최근의 시도별 물가(예 : 농산물 유통공사 발행 농수산물 유통조사 월보 등)를 조사하여 적용한다.

(6) 공공시설

- ① 시설의 관리자별로 조사하되, 해마다 발간되는 행정자치부 중앙재해대책본부의 재해피해 조사 및 재해복구계획 수립 관련 규정에 의거, 자산을 산정한다.

(7) 가축자산

- ① 가축자산의 산정은 해당 행정관서의 통계자료 등에 의하여 조사지구 일원의 전체 농가에 대한 가축사육현황을 조사하고, 이를 토대로 농가당 가축사육 현황과 평가액을 홍수규모별 범람구역의 농가수로 곱하여 산정하되 평가액 조사는 유통동향자료 등을 이용한다.

5. 예상피해액의 산정

유량규모별 예상피해액은 범람구역 자산조사의 결과에 따른 종류별 자산액에 종류별 피해액을 곱해서 산출하되, 인명피해액, 기타 피해액 및 간접 피해액 등은 아래와 같은 방법에 의해 산정한다.

(1) 건축물 및 가계재산피해

- ① 건축물 및 가계재산과 가축자산(건축물, 가계자산, 사업소의 상각자산, 재고자산, 농어촌의 상각자산)의 예상피해액은 등지반고 지구별 자산종류 자산액에 추정 침수심 등에 따르는 피해율을 곱해서 산출하는데, 이들 자산의 피해율은 모두 같다는 가정하에 다음 표에서 제시하는 건축물피해율에 의하여 산정한다.

<표 7.3.1> 건축물피해율

피 해 상 태	소 파		반 파		전 파		유 실
침 수 심(m)	0	0.5	0.5	1.5	1.5	2.5	2.5 이상
피 해 율(%)	5.5		40.0		83.0		100.0

- 주) 1. 소파(小破) : 홍수피해로 인한 경미한 파괴로 사용에 별 지장이 없는 경우
 2. 반파(半破) : 홍수피해로 인하여 주요 구조(기둥, 벽체, 지붕)에 대한 수리를 요하는 경우
 3. 전파(全破) : 홍수피해로 파괴되어 그 형태는 있으나 개축되지 않고는 사용이 불가능한 경우
 4. 유실(流失) : 홍수로 인한 주택이 완전 유실되어 그 형태가 없는 경우

(2) 농작물의 예상피해액

- ① 등지반고별 전답별(밭의 경우는 작물별) 농작물 생산액에 추정 침수심, 추정 침수일수에 따르는 피해율을 곱해서 산출한다. 농작물의 피해율은 다음 표에 의하되 좀 더 세부적인 내용으로 조사가 필요한 경우에 한하여 중앙재해대책본부가 작성한 피해조사 및 재해복구계획 수립 관련 규정집 등을 적용한다.
- ② 논·밭의 경우는 안전답, 불안전답, 천수답으로 나누어 지대별 특성을 구별하며, 수확량 역시 일반벼, 다수계로 나누어 일모작과 이모작으로 구분하여 조사하는 것이 바람직하다.

<표 7.3.2> 농작물 피해율

침수시간 피해율	8시간 1일이하	1일 2일	3일 4일	5일 7일	7일 이상
논(%)	14	27	47	77	95
밭(%)	35	51	67	81	95

- 주) 1. 유실 매물의 경우 피해율 100%
2. 중소하천인 급류하천의 피해율은 현실적으로 위의 표 보다 크므로 다소 조정하여 적용하는 것이 바람직하다.

(3) 농경지 및 공공시설물의 예상피해액

- ① 최근 10년에 걸친 총피해액과 공공시설물 피해액 (또는 농경지 피해액)과의 비율을 토대로 산출한다. 이때 물가상승 및 피해시점에서 조사시점까지 시설의 실질적인 피해규모 증가는 재해연보의 물가상승률을 적용하여 고려한다.
- ② 농작물 피해액에 과거의 농작물 피해액과 공공시설물 피해액(또는 농경지 피해액)과의 비율을 곱해서 산출한다.
- ③ 이외의 피해액으로는 인명피해, 정부, 지방자치단체 등에서 실시하는 응급대책 비용, 사업소의 영업정지에 따른 피해 등 기타 피해액 등은 후술하는 방법에 의한 현 자산상태에서 홍수피해 경감 기대액의 산정방법에 따라 산정한다.

6. 예상 연평균 피해경감 기대액(편익)의 산정

- (1) 어떤 계획규모의 치수사업을 실시하는 경우의 예상 연평균 피해경감 기대액(편익)은 현 상태를 기준으로 다음과 같이 산출하되 단위면적당 생산성의 증가 및 각종 자산의 증가 등을 고려하여 배율계수(α)를 곱하여 산출한 다음 제방부지 건설로 인한 연평균 손실액을 감하여 산출한다.

- (2) 즉, 몇 개의 유량규모를 예상해서 어떤 유량규모와 다음 유량규모간의 유량이 생길 수 있는 연평균 발생확률을 해당 유량에 대한 예상피해액에 곱해서 해당 유량규모의 홍수발생에 대응하는 연평균 예상피해액으로 하고, 이것을 유량규모의 최소단계(무해유량단계)에서 최대유량규모의 단계까지 예상연평균 피해경감 기대액의 상관관계인 빈도별(또는 유량 규모별) 피해액 곡선도를 도시해서 이 도면을 바탕으로 산출한다.
- (3) 배율계수는 특별히 세부적으로 계산이 필요한 경우를 제외하고 일반적으로는 재해연보에서 기술하고 있는 물가상승률을 적용하며, 최종적으로 예상 연평균 피해경감 기대액(편익)은 전술한 계산결과에서 연평균 제방부지로 인한 손실액을 감하여 산출한다.

<표 7.3.3> 연평균 피해경감 기대액의 산정방법

홍수 유량 규모	연평균 초과 확률	Q_{N-1} Q_N 의 연평균 발생확률	유량규모에 상응하는 예상피해액	Q_{N-1} Q_N 의 예상피해액	발생확률×구간 평균피해액 (=연평균피해액)	해당 유량규모까지의 연평균 피해경감액
Q_0	N_0	-	$L(=0)$	-	-	-
Q_1	N_1	N_0-N_1	L_1	$(L_0+L_1)/2$	$(N_0-N_1) \times (L_0+L_1)/2$	$(N_0-N_1) \times (L_0+L_1)/2$
Q_2	N_2	N_1-N_2	L_2	$(L_1+L_2)/2$	$(N_1-N_2) \times (L_1+L_2)/2$	$(N_0-N_1) \times (L_0+L_1)/2 +$ $(N_1-N_2) \times (L_1+L_2)/2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Q_m	N_m	$N_{m-1}-N_m$	L_m	$(L_{m-1}+L_m)/2$	$(N_{m-1}-N_m) \times (L_{m-1}+L_m)/2$	$(N_0-N_1) \times (L_0+L_1)/2 +$ $(N_1-N_2) \times (L_1+L_2)/2 + \dots +$ $(N_{m-1}-N_m) \times (L_{m-1}+L_m)/2$

7. 유량규모별 예상치수 사업비(비용)의 산정

- (1) 유량 규모별의 예상사업비 산정은 유량규모에 대응할 수 있도록 하기 위하여 필요한 치수사업비(용지비 포함)를 산출하는 것인데, 연평균 비용(K)은 용지비 등 보상비를 포함한 총치수사업비(I)에 자본회수계수를 곱하여 연평균 투자액(K)을 산출한 다음, 연평균 유지관리 및 경상비용(O)을 가산하여 산출하며 경상비용은 연평균 투자액(K)의 0.5%를 적용한다.
- (2) 연평균 투자액을 산정함에 있어 건설규모에 따라 건설기간이 2년 이상 소요되는 경우에는 건설기간중의 이자를 고려하되 단리(單利)로 계산하는 것을 원칙으로 한다.

8. 치수사업의 경제적 효과분석

- (1) 치수사업의 경제분석은 전술한 내용 등이 모두 산정되면 다음 기본식에 의해서 실시하고 이 결과에 따라 적정 투자규모 등을 분석함과 동시에 수계 전체에 대하여 사업지구별로 계산을 실시한 경우에는 이 결과에 따라 사업의 우선순위 등을 결정한다.

$$B/C = \frac{R - M}{K + O} = \frac{\alpha R' - M}{K + O} \quad (7.3.1)$$

여기서, R : 총홍수피해 경감기대액의 연평균 현재가치($R = \alpha R'$)

R' : 현상태하에서 홍수피해 경감기대액의 연평균 현재가치

M : 제방부지 건설로 인한 손실액의 연평균 현재가치

K : 총투자액의 연평균 현재가치

O : 유지관리 및 경상보수비용의 연평균 현재가치($O = 0.005K$)

α : 장래에 예측되는 자산증가에 대한 배율계수

- (2) 장래 예측되는 자산증가에 대한 배율계수(α)는 다음과 같은 방법으로 산정한다.

- ① 범람지구내의 현재의 총자산 총생산액 등은 경제성장과 더불어 장래에 있어서는 증가할 것이며 연평균 편익도 이에 따라 증가할 것이므로 다음 식으로 표시된다.

$$W_n = W_0 \times (1 + g_1) \times (1 + g_2) \times \cdots \times (1 + g_n) \quad (7.3.2)$$

- ② 만약 소득 성장률이 일정하다고 하면

$$W_n = W_0 \times (1 + g)^n = R' \times (1 + g)^n \quad (7.3.3)$$

- ③ 여기서 W_n 은 제 n차연도의 연평균 편익 W_0 는 제 0차연도의 연평균 편익, g_i 는 제 i차연도 소득 성장률, 그리고 R'은 현재 상태에서 연평균 홍수피해 경감기대액을 각각 나타낸다.

- ④ 이와 같은 일련의 편익을 홍수피해 경감기대액의 연평균 현재가치로 표시하면 다음 식과 같으며 여기서 현재가치라 함은 하천정비가 완료되고 수익이 발생되는 시점의 가치를 말한다.

$$R = \frac{i(1+i)^L}{(1+i)^L - 1} \sum W_n \times \frac{1}{(1+i)^n} \quad (7.3.4)$$

⑤ 여기서 R 은 연평균 홍수피해 경감기대액의 현재가치, i 는 이자율, L 은 내구연수, 그리고 W_n 은 장래의 자산증가를 고려한 제 n 차연도의 홍수피해 경감기대액($W_0 = R'$)을 각각 나타낸다.

⑥ 위 식에서 자본회수 계수는 아래의 식이 된다.

$$\frac{(1+i)^L}{(1+i)^L - 1} \quad (7.3.5)$$

⑦ 위 식에서 현가계수는 아래의 식이 된다.

$$\frac{1}{(1+i)^n} \quad (7.3.6)$$

3.3 피해규모의 산정방법

3.3.1 홍수피해 경감 기대액 산정

1. 현 자산상태에서의 홍수피해 경감기대액의 산정방법은 다음 식에 의해 산출한다.

$$R' = R_p - R_i \quad (7.3.7)$$

여기서 R' : 현대 상태에서의 홍수피해 경감기대액

R_p : 현재 상태에서의 하천개보수 전의 홍수피해액

R_i : 현재 상태에서의 하천개보수 후의 홍수피해액(내수피해액)

3.3.2 하천개보수전 연평균 홍수피해액

1. 하천 개보수 전의 연평균 홍수피해액은 다음 식에 의하여 산출한다.

$$R_p = P + H + D + S + F + T + E \quad (7.3.8)$$

여기서, R_p : 하천 개보수 전의 연평균 총 홍수피해액

P : 연평균 인명피해액

H : 연평균 농작물피해액

D : 연평균 건축물피해액

S : 연평균 농경지피해액

F : 연평균 공공시설물피해액

T : 연평균 기타피해액

E : 연평균 간접피해액

3.3.3 연평균 인명피해액 산정

1. 사망자와 실종자의 경우에는 평균임금과 성별 평균수명을 고려한 경제적 손실을 추산하도록 한다.

$$P_1 = \sum S \times (Y - HY) \quad (7.3.9)$$

여기서, P_1 : 사망 및 실종자에 의한 경제적 피해규모

S : 사망직전의 노동부에서 인정하는 평균임금

Y : 성별 평균연령

HY : 사망 및 실종자의 연령

2. 부상자의 경우에는 재해로 인한 의료비용을 파악할 수 있으며, 경제활동의 일시적인 중단 등에 의한 피해는 평균임금과 중단기간을 고려하여 산정한다.

$$P_2 = \sum (S + MC) \times M \quad (7.3.10)$$

여기서, P_2 : 부상에 의한 경제적 피해규모

S : 부상당시 노동부에서 인정하는 평균임금

MC : 월평균 의료비용

M : 부상개월수

3.3.4 연평균 농작물 피해액과 건축물피해액 산정

1. 본장 3.2.2에서 기술한 농작물 피해액 및 건축물피해액을 사용하여 산정한다.
2. 농작물 피해액 산정 : 농작물 피해액은 다음 식과 농림부의 “작물통계”를 사용하여 시군구의 곡종별 수확량을 구하여 계산한다.

$$H' = \sum_{i,j} A_{i,j} \times Q_i \times P_i \times d_i \quad (7.3.11)$$

여기서, H' : 과거 최대홍수규모 내습시의 총 농작물 피해액

$A_{i,j}$: 과거 최대홍수규모 내습시의 i 농작물의 피해액이 j 인 경지면적(10a)

Q_i : i 농작물의 10a당 수확량(kg/ 10a)

P_i : i 농작물의 단가 (원/ kg)

d_i : 농작물의 j 피해율

i : 1 = 미곡

2 = 맥류

3. 시군구별 곡종별 수확량은 농림부에서 발행하는 최근의 작물통계(지정통계 제 126-11-04호)에 따라 최근 5개년 간의 시도별 곡종별 수확량에서 최대 및 최소 수확량을 제외한 3개년 값의 산술 평균치를 평년작으로 하여 적용한다.
4. 곡종별 kg당 단위는 최근의 2등품 정부수매가격을 기준으로 한다.

3.3.5 건축물피해액의 산정

1. 건축물피해액은 본장 3.2.2에서 기술한 내용을 바탕으로 아래의 식을 사용하여 산정한다.

$$D = \sum N_i \times P \times d_i \quad (7.3.12)$$

여기서, D : 총건축물의 피해액

N_i : 과거 최대홍수 내습시 범람지역내의 피해율 i 인 지역의 피해건축물수(동)

P : 피해지역의 동당 가격(원)

d_i : 피해지역의 건축물피해율(소파, 반파, 전파, 유실 등 4등급으로 구분)

3.3.6 연평균 농경지 및 공공시설물 피해액 산정

1. 본장 3.2.2에 기술한 바와 같이 최근 10년에 걸친 총피해액과 공공시설물 피해액 (또는 농경지 피해액)과의 비율을 토대로 산출한다.

3.3.7 연평균 기타 피해액 산정

1. 상공업 재고품의 손실

공장이나 영업장에 비치된 재고품이 침수피해를 입은 경우 이에 대한 피해액은 유실피해, 일부손실피해, 침수피해로 나누어 피해액을 산정한다.

(1) 유실피해

- ① 침수로 인해 재고품이 전혀 사용할 수 없게 된 경우를 의미하며, 이에 대한 피해액은 다음과 같다.

$$\textcircled{2} \text{ 피해액} = \sum [(유실피해를 입은 재고품수 \times \text{공장단가}) \\ + \text{폐품을 처리하는 쓰레기 처리비용}]$$

(2) 일부손실피해

① 침수로 인해 완전유실되지는 않고 수선 또는 재처리를 통해 활용할 수 있는 재고품을 의미하며, 이에 대한 피해액은 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$\textcircled{2} \text{ 피해액} = \sum (\text{수선이나 재처리가 필요한 재고품수} \\ \times \text{수선이나 재처리에 필요한 재고물품당 평균수선비용})$$

(3) 침수피해

① 침수는 되었으나 제품의 포장만을 교환하여 활용할 수 있는 품목에 대한 피해를 의미하며, 이에 대한 피해액은 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$\textcircled{2} \text{ 피해액} = \sum (\text{재포장이 필요한 재고품수} \times \text{포장단가})$$

2. 국가의 비상대책에 의한 경제적 손실

(1) 재해가 발생하여 국가가 비상응급대책을 수행할 때 추가적으로 사용되는 비용을 총칭하며, 여기에는 응급치료, 수방활동, 긴급대피, 소독방역 등의 활동에 의해 추가적으로 소요된 실경비를 의미한다. 여기에서 각 활동에 투입된 인력의 인건비는 상시 국가로 지급되는 급여로 대체된다고 가정한다.

$$\textcircled{2} \text{ 피해액} = \sum [(\text{응급치료에 사용된 약품수} \times \text{약품별 구입단가}) + (\text{수방자재로 활용된} \\ \text{물품중 재활용이 불가능한 물품} \times \text{품목별 단가}) + (\text{소독방역약품비} + \text{운송} \\ \text{수단 사용비용})]$$

3.3.8 연평균 간접 피해액 산정

1. 사업손실에 의한 피해

(1) 가동중지에 의한 피해

침수로 인하여 공장이나 사업장의 영업을 할 수 없어 생산하지 못한 제품에 대한 피해, 영업장의 청소 및 건조에 사용된 비용 등이 있다.

① 가동중지기간동안 생산하지 못한 제품피해

$$\textcircled{가} \text{ 공장의 가동중지 피해액} = \sum (\text{해당 공장의 일평균 생산제품수} \times \text{가동중지일수} \\ \times \text{생산제품의 공장단가})$$

$$\textcircled{나} \text{ 영업장의 영업정지 피해액} = \sum (\text{해당 영업장의 일평균 수입액수} \\ \times \text{영업중지일수})$$

② 영업장 청소와 건조에 사용된 비용

$$\textcircled{4} \text{ 청소 및 건조비용} = \Sigma [(정규 종업원이 아닌 건조 및 청소를 위한 고용인수 \times \text{고용인당 평균 일당}) \times \text{청소와 건조에 사용된 일수}]$$

(2) 계약위반에 따른 피해

- ① 해당 영업장이나 공장에서 침수피해에 의해 제품의 납기일을 지키지 못한 경우에 대한 피해로 파악할 수 있으며, 여기에는 계약위반에 따른 범칙금과 계약 이행시의 수익금, 계약위반에 따른 신뢰도 상실 등이 포함된다.
- ② 피해액 = $\Sigma [(\text{계약위반에 따른 범칙금} + \text{계약 이행시 예상되었던 수익금} + (\text{해당업소의 해당연도와 전년도의 수입차액}) \times \text{물가상승율})]$

2. 생활불편에 따른 피해

(1) 오수 및 하수의 범람에 의한 피해

- ① 오수와 하수의 범람으로 인한 악취와 지저분한 부유물을 제거할 목적으로 청소할 때 사용된 비용으로 산정할 수 있다.
- ② 피해액 = $\Sigma [(\text{청소에 사용된 인원수} \times \text{일인당 평균 인건비}) + \text{쓰레기 처리비용}]$

(2) 우회로 인하여 발생한 피해

- ① 홍수로 인하여 교량이 파손되거나 교통수단이 두절되어 원거리로 우회할 때 발생한 피해로 정의할 수 있다.
- ② 피해액 = $\Sigma (\text{대체 교통수단을 사용한 경우의 비용} - \text{평상시 교통비용})$

(3) 추가난방비 사용에 의한 비용

- ① 침수로 인하여 습기가 찬 생활공간을 건조하기 위하여 사용된 비용을 의미하며, 이러한 피해액을 산정하는 방법은 다음과 같다.
- ② 피해액 = $\Sigma (\text{월별 가구당 평균 난방비} \times \text{난방일수}) / (\text{재해발생 당월의 일수})$

제 8 장 하도시설

제 8 장 하도시설

제 1 절 제 방

1.1 제방의 정의

1. 제방은 하천에 흐르는 물이 하도밖으로 넘치는 것을 방지하고 흐르는 물의 소통을 원활하게 하기위해 하천에 설치하는 시설물이다.

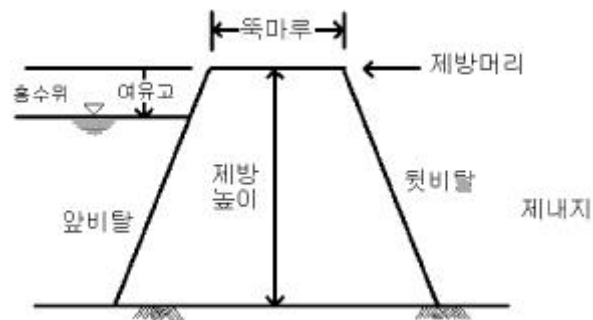
1.2 제방의 개요

1.2.1 기능

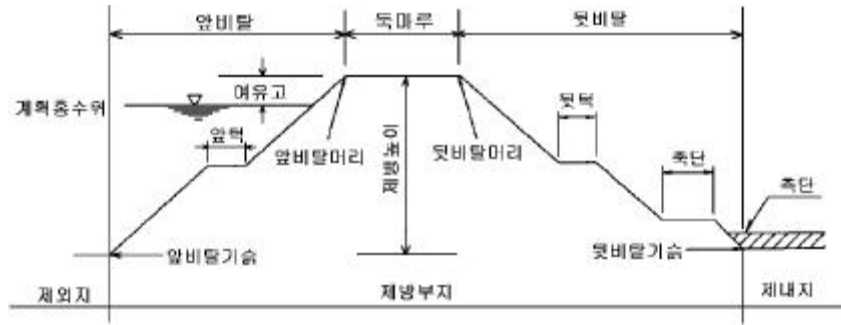
1. 제방은 방수, 방조, 방파, 방사의 직접적인 기능외에 호안, 수제, 하상유지, 도수(류)의 2차적 기능을 가지고 있다.

1.2.2 구조와 명칭

1. 일반적인 제방단면의 구조와 명칭은 다음과 같다.



<그림 8.1.1> 단단면 제방



<그림 8.1.2> 복단면 제방

1.3 제방의 설계

1.3.1 설계기본사항

1. 제방계획은 하도의 합리적인 평면계획, 종단계획, 횡단계획에 준하여 제방설치 계획이 수립되어야 한다.

(1) 평면계획

평면계획은 현지형, 연안토지 이용현황, 유로현황 등을 고려하여 계획하여야 하며, 계획홍수량의 원활한 소통을 위해 본 시설기준상의 계획하폭의 범주를 벗어나지 말아야 한다. 또한 법선은 유소소통에 지장을 주지 않도록 완만한 선형으로 축설하여야 한다.

(2) 종단계획

종단계획은 하천의 현상태를 조사하고 하도의 안정여부를 검토하여 계획하상 경사를 유지하도록 하고, 상류로부터 하류로 향하여 완경사로 점차적으로 변화시킬수 있도록 하며, 계획하상경사 계획횡단형과 관련시켜 검토하되 제내지 지반고를 고려해야 하며 지하수위, 용수 취수시설에 대한 지장여부가 감안되어야 한다.

(3) 횡단계획

횡단계획은 우선 계획홍수량을 안전하게 소통할 수 있는 단면이어야 하며 제방의 단면은 계획 홍수량의 유압에 견딜수 있어야 하고 누수 및 활동에 안전한 단면이어야 한다.

1.3.2 제방의 설계절차

1. 제방설계에 있어서 검토 결정해야 할 사항은 일반적으로 다음과 같다. 단, 제방과 관련된 사항(호안, 내수배제, 하구처리 등)은 별도의 검토가 필요하다.

- ① 개수구역
- ② 강우량 분석
- ③ 계획홍수량 산정
- ④ 하상경사 조사
- ⑤ 계획하폭의 결정
- ⑥ 제방법선의 설정
- ⑦ 계획홍수위 검토
- ⑧ 제방단면의 설계

(1) 개수구역

- ① 제방은 상하류를 연결하는 연속체로 축조하여 그 시종점을 높은 지반에 붙이는 것이 상례이나 경우에 따라서는 불연속체로 만들어 여러 구간으로 나누어 축조하기도 하는 바 이럴 때에는 그 개개의 구간에 대한 공사비와 그로 인하여 보호되는 구역의 편익을 감안하여 개별적으로 투자효과를 평가하여 그 개수구역을 결정하는 것이 원칙이다.
- ② 하천연안의 경우에는 한쪽만 개수하면 그 대안측에 피해를 가중시키는 경우가 있으므로 특히 주의가 필요하다. 즉, 개수후의 홍수위가 개수전보다 높아지는 경우 및 침수지역의 편중, 수류의 불안정에 따라 대안측에 더 많은 피해를 초래하는 경우가 있으므로 가급적 양안을 동시에 개수토록 하여 홍수피해를 줄이도록 하여야 한다.
- ③ 또 본류와 합류하는 지천에 대하여서는 본류 계획홍수위의 영향을 받는 지점까지 개수구역에 포함시켜 시공을 하여야 안전을 기할 수 있다.

(2) 강우량 분석 : '제4장 제1절 설계강우량' 편 참조

(3) 계획홍수량 산정 : '제4장 제2절 설계홍수량' 편 참조

(4) 하상경사조사

- ① 하천의 종횡단 측량결과에 의하여 개수구역 또는 수리계산구간 하천의 최심 하상선 및 일제관측수위 경사에 의하여 하상경사를 정한다.
- ② 한편 홍수흔적에 의한 경사를 하상경사로 사용하기도 한다.

(5) 계획하폭의 결정

① 하천개수에서 일반적으로 하폭을 넓게하면 용지비는 과다하나 축제비는 적게 드는 반면, 좁게하면 그 반대로 용지비는 싸게되나 축제공사비가 증대하므로 하폭은 지형적특성을 참작하여 경제적인 단면이 되도록 해야 한다.

② 소하천의 계획하폭 결정을 위한 경험공식 : '제7장 제2절 2.4.2 계획하폭' 참조

(6) 계획홍수위 검토 : '제4장 제3절 홍수위', '제7장 제2절 2.1.4 계획홍수위' 참조

(7) 제방단면의 설계 : 제방단면의 설계는 다음 절차에 따른다.

1.3.3 제방단면의 설계

우리나라의 하천개수계획에서는 원칙적으로 제방단면은 월류를 불허하고, 지반상의 높이, 홍수지속시간의 장단에 따라 종래부터 경험적으로 정하여 왔다. 또 하천의 소지천인 경우, 합류점 근처에서는 본류의 배수에 의하여 계획홍수위가 높고, 수위지속시간도 길기 때문에 하폭이 협소하더라도 제방은 대단면이 필요하게 된다. 제방의 지반상의 높이는 지반의 정도, 제체토질의 좋고 나쁨에 따라 정해지나 현재는 10m 정도가 한도이다.

1. 제방의 여유고 및 독마루폭

- (1) 계획홍수위와 독마루와의 고저차를 제방의 여유고라 한다.
- (2) 계획홍수량 및 계획홍수위는 자연현상인 강우로부터 수문, 수리상의 여러 가정을 통하여 도출되므로 이에 따른 불확실성은 물론, 예기치 못한 하상변동 및 이상현상등에 대비하여 유하능력에 여유를 확보하기 위하여 제방의 여유고를 둔다.
- (3) 독마루폭도 여유고와 마찬가지로 불확실성의 자연현상을 고려하고, 침투수에 대한 안전의 확보, 평상시의 하천관리, 홍수시의 방재활동 등을 위하여 일정규모 이상을 확보하여야 한다.
- (4) 여유고와 독마루폭은 하천의 중요도, 하상의 안정성과 계획홍수량의 규모에 따라 다음 <표 8.1.1>의 값 이상으로 하게 된다.

<표 8.1.1> 제방여유고 및 독마루폭 표준

계획홍수량	제방여유고	독마루폭
200m ³ /s 미만	0.6m 이상	3.0m 이상
200 ~ 500m ³ /s	0.8m //	3.0m //

- (5) 다음과 같은 경우에는 여유고를 더 높게 하는 것이 좋다.
- ① 상류부가 황폐되어 있고 유출토사가 다량으로 퇴적할 염려가 있는 하천
 - ② 제내지에 중요한 시설이 있을 경우
 - ③ 만곡하천의 요안(凹岸)부
- (6) 특히, 소하천의 경우에는 계획홍수량이 $100\text{m}^3/\text{s}$ 이하 이거나, 제방고가 2.0m 이하인 경우가 많으므로 이때에는 <표 8.1.2>의 값 이상으로 하되, 지형상황 및 제반여건들을 고려하여 신중히 하여야 한다.

<표 8.1.2> 제방여유고 및 독마루폭 예외규정

계획홍수량	제방여유고	독마루폭
$50\text{m}^3/\text{s}$ 미만	0.3m 이상	2.0m 이상
50 ~ $100\text{m}^3/\text{s}$	0.3m //	2.5m //

2. 관리용 도로

- (1) 제방에는 다음과 같은 관리용 도로를 설치하는 것을 원칙으로 한다. 단, 이것을 대신할 만한 적당한 도로가 있는 경우, 그리고 제방의 전부 또는 주요 부분이 콘크리트, 강널말뚝 및 이에 준하는 구조물인 경우, 제방고와 제내지반고의 차가 0.6m 미만인 경우 등에서는 예외로 한다.
- (2) 관리용 도로의 폭은 3m 이상, 독마루 폭 이하의 적절한 값으로 한다.
- (3) 소하천에서의 관리용 도로는 하천환경을 고려하여 비상시에는 방재용으로 사용 하되, 평시에는 자전거도로, 산책로등으로 활용하여야 한다.
- (3) 계획홍수량이 $100\text{m}^3/\text{s}$ 미만이고, 하천 폭이 15m 미만의 소하천에서는 자동차가 소통할 수 있는 최소 폭인 2m 이상의 관리용 도로가 필요하다.
- (4) 하천 폭이 15m 미만이고 제방높이가 2m 미만인 소하천에서는 좌우안의 어느 한쪽에 2m 이상의 폭을 확보하고 다른 한쪽에는 1m 이상으로 하면 된다. 또한 하천 폭이 10m 미만의 하천에서는 양안 모두 1m 이상이면 된다.
- (5) 제방의 전부 또는 주요 부분이 콘크리트, 강널말뚝 및 이에 준하는 구조물인 경우는 일반적으로 인가가 밀집한 지역이므로 반드시 관리용 도로를 설치할 필요는 없다. 단, 폭 3m 이상의 관리용 도로를 설치할 수가 없다고 하더라도 최소한 폭 1m 이상의 관리용 도로를 설치하는 것이 바람직하다.

3. 제방쌓기 재료

- (1) 축제용 흙은 경제성 때문에 대부분 현장부근에서 채취되는 경우가 많다. 그러나 토질의 좋고 나쁨은 제방의 안정성에 큰 영향을 주므로 사전에 토질시험을 실시하여 축제용 흙으로서의 적정성 여부를 검토해야 하며, 연안의 토지이용상태, 하천규모, 경제적 여건, 중요도등에 따라 부득이 한 경우 축제재료는 제방안전에 지장을 주지않는 대체재료로 축조할 수 있다.
- (2) 축제용 흙의 투수성은 투수계수 $k(\text{cm/s})$ 로 판단한다. 투수계수는 제체의 파이핑(Piping)현상에 대한 안정성과 제방단면의 크기에 밀접한 관계가 있으며, 파이핑현상은 하천의 홍수위, 홍수지속시간, 제체의 투수계수 및 공극율에 의해 지배된다. 따라서 제방쌓기 흙의 투수계수는 일정한 기준을 정할 수 없다. 그러나 일반적으로 제방쌓기에 적합한 양질토의 투수계수는 10^{-3}cm/s 정도이다. 투수계수가 10^{-7}cm/s 이하인 불투수성 토질은 파이핑현상을 방지하는데는 양호한 토질이지만 시공성이 불량하고 흙의 저항성이 약하므로 제방단면이 커질 가능성이 높다. 참고로 흙의 종류에 따른 일반적인 투수계수의 값은 다음 <표 8.1.3>과 같다.

<표 8.1.3> 투수계수의 일반적인 값

흙의 종류	투수계수 $k (\text{cm/s})$	
깨끗한 자갈	10^{-1}	10^2
굵은 모래	10^{-1}	10^{-3}
가는 모래	10^{-3}	10^{-4}
실 트	10^{-4}	10^{-6}
점 토	10^{-7}	이하

- (3) 축제용 재료로서 갖추어야 할 조건은 다음과 같다.
- ① 침투수의 파이핑현상을 최소화하기 위해 흙의 투수성이 비교적 낮아야 한다.
 - ② 제방비탈면의 붕괴를 방지하기 위해 흙의 저항성(내부마찰각, 응집력)이 비교적 높아야 하며, 침투수에 의한 흙의 토성 및 역학적 성질 변화가 적어야 한다.
 - ③ 제방의 균열을 방지하기 위해 포화도에 따른 다른 흙의 수축 및 팽창성 변화가 적어야 한다.
 - ④ 축제용 흙의 균질성 유지와 제방의 안정성을 도모하기 위해 제체내에는 잡초, 나무뿌리 및 유기물을 포함해서는 안된다.
 - ⑤ 파기, 운반, 퍼갈기, 다짐등의 시공이 용이하여야 한다. 그러나 현실적으로 축제용에 적합한 흙은 얻기가 매우 어려우며, 다소 축제용에 적합하지 않은 흙은

여러 가지 제체구조적 안전에 필요한 조치를 강구하여 이용하여야 한다. 예를 들면,

- ① 축제용 흙의 투수계수가 너무 클 경우(자갈, 모래인 경우) 제방구조는 제외층에 하천제방단면의 일부를 투수계수가 낮은 점성토 또는 차수재료(콘크리트, 차수매트등)로 피복하여야 한다.(건교부 하천공사표준시방서 제2장 제4절 누수방지대책 참조)
- ② 함수비가 너무 높은 축제용 흙은 주변 야적장에 일정기간 쌓아두어서 함수비가 낮아진 후 이용한다.
- ③ 감조구역으로부터 세립토를 준설하여 이용하는 경우 제방구조는 양질의 피복토와 혼용한다.

4. 제방단면의 안정

- (1) 제방기초가 될 지반지지력은 토질시험에 의하여 추정한다. 보통의 지반이면 표토를 깎아내고 다진다. 연약지반에서 말뚝박기, 섰, 침상, sand파일공법등을 시공하여 침하 및 파괴를 방지한다. 그리고 경우에 따라서는 연약토층을 제거하고 양질토사로 치환하는 수도 있다. 지반의 투수성이 클때에는 불투수성의 흙을 채워 넣어서 차수벽을 만든다. 지반의 경사가 심하게 활동할 경우에는 지반을 계단형상으로 파서 활동을 방지한다.
- (2) 제방의 기초 및 사용재료가 결정되면 제체의 투수성 및 안정에 관한 계산을 시행한다. 투수성에 대하여는 어떤 홍수위가 일정시간 유지된다고 보고 그때의 침윤선이 어디까지 도달하는가를 계산하게 된다. 침윤선이 제내측 비탈에 나타나면 누수가 발생하며, 그 양이 많아지면 파이핑현상에 의해 파제되므로 침윤선이 제체내에 머물도록 설계해야 하며, 안정에 대하여는 제방의 사면안정계산에 의해 검토해야 한다.

① 활동에 대한 안정

- ㉠ 제방의 원호활동을 고려한 제방 비탈면 안정계산에서 안전율은 다음 <표 8.1.4>의 기준에 따르되 간극수압과 제체의 연직붕괴를 고려하여 결정한다. 특히 연약지반상에 제방을 축조하는 경우에 제방의 하중이 지반의 강도보다 크면 연약지반에는 미끄럼붕괴가 일어나 제방이 붕괴된다. 이 때 파괴를 일으키는 비탈면의 형상은 비탈면을 통과하는 연약지반이 비교적 균질하다면 원호활동이 되고 얇은 층이 있다든지 또는 연약층의 두께가 얇으면 원호와 직선이 복합된 형태로 활동이 일어난다.

- ㉞ 제방 비탈면의 안전도를 검토하는 방법에는 전응력 분석방법과 유효응력 분석방법이 있다. 전응력 분석방법은 비배수 전단강도를 이용하고 유효응력 분석방법은 배수 전단강도를 이용한다. 주로 단기간의 안정분석 또는 공사완료 직후에는 전응력 분석방법을 이용하고 장기간의 분석을 위해서는 유효응력 분석방법을 이용한다. 이러한 안정계산을 통하여 비탈파괴에 대한 안전율을 구하여 그 중 최소치가 안정에 필요한 값을 만족하는지 검토한다.

<표 8.1.4> 원호활동을 고려한 제방비탈면 안전율

제체상태	간극수압 상태	안전율
연직붕괴(crack) (불고려)	간극수압을 고려하지 않는 경우	2.0 이상
	간극수압을 고려하는 경우	1.4 이상
연직붕괴(crack) (고 려)	간극수압을 고려하지 않는 경우	1.8 이상
	간극수압을 고려하는 경우	1.3 이상

② 누수에 대한 안정

- ㉞ 제방의 누수는 외수위가 상승하여 제체 또는 지반을 통해 제내측으로 침투수가 유출하는 현상을 말하고 제체를 침투해오는 제체누수와 지반을 침투해 오는 지반누수가 있다. 제체누수는 제체의 침윤선이 결정적인 요인이 되므로 침윤선이 제방부지 바깥에 위치하도록 해야 하며, 지반누수가 있을 경우에는 적절한 대책공법을 강구해야 한다.

- ㉞ 지반의 투수성이 높은 경우에는 하천수위가 상승함으로써 침투압이 증가하여 제내지측 지반에 침투수가 용출하는 파이핑 현상이 발생한다. 파이핑 현상은 치수상 문제가 되기 때문에 유선망, 침투압, 누수량 등을 검토하여 충분한 대책을 강구해야 한다

- ㉞ 제방에서의 누수는 비탈면 붕괴, 제방파괴 등의 원인이 되므로 적절한 대책을 강구해야 한다. 먼저 제체의 누수대책은 제방단면의 확대, 비탈면 피복, 차수벽 등으로 누수경로를 차단하거나 제내지 비탈면을 보강하는 방법 등이 있다. 그리고 지반누수의 대책은 투수층에 차수판을 설치하는 방법, 제방과 제내지 또는 제외지가 접하는 부분을 불투수성 표면층으로 피복하는 방법, 제방의 폭을 넓혀 침윤선을 연장하는 방법, 제외지 앞부분에 수제를 설치하여 세굴을 방지하고 토사의 퇴적을 도모하는 방법, 그리고 제방에 배수로를 설치하는 방법 등이 있다.

③ 침하에 대한 안정

- ㉓ 제방침하의 원인은 지반의 탄성침하, 압밀, 흙이 측방으로 부풀어 오르는 현상 등을 생각할 수 있으므로 지질조사를 통해 기초지반의 압밀침하량을 산정하여 안전하고 경제적인 제방이 되도록 설계해야 한다.
- ㉔ 연약지반상에 제방을 축조하는 것은 가능한 피하는 것이 원칙이지만 제방법선을 설정할 때 부득이 연약지반상에 축조하는 경우가 있다. 이러한 경우에는 반드시 토질조사를 통해 압밀침하량을 추정하고 대책공법까지 결정해야 한다.
- ㉕ 또한, 침하는 일반적으로 장기간에 걸쳐 계속되고 침하속도는 점차 늦어지지만 그래도 수개월부터 수년까지 침하가 계속 진행되는 경우가 있으므로 침하계산은 단순히 총 침하량의 추정뿐만 아니라 침하속도와 시간과의 관계도 추정할 필요가 있다.
- ㉖ 연약지반상의 축제로 인한 침하 방지대책으로는 지하수위를 낮추어 축제지반을 건조시키거나 압밀침하를 촉진 또는 연약토사를 치환하는 방법 등이 있다.

5. 제방법선(하도선형)

제방의 앞 비탈머리를 가로방향으로 연결한 선을 제방법선이라 하고 저수로와 둔치가 만나는 점을 가로방향으로 연결한 선을 저수로 법선이라 한다. 이는 홍수의 유하나 구조물에 직접관계가 있을뿐 아니라, 기설의 각 용배수 시설에 밀접한 관계가 있으므로 치수와 동시에 이수면도 생각하여 계획하여야 한다.

(1) 제방법선

- ① 법선의 방향은 가급적 유수의 방향에 따르는 것이 좋다. 그러나 심한 만곡은 피하고 홍수시에는 저수로가 곡선인 구간에서도 홍수는 직진하는 경향이 있으므로 저수로의 법선과는 관계없이 홍수 때의 유수방향에 따라서 곡률이 작은 곡선으로 법선의 형태를 정한다.
- ② 완류하천에서는 어느 정도의 만곡이 필요하므로無理하게 직선으로 개수하여 평형이 깨지지 않도록 한다.
- ③ 급류하천에서는 유수가 하안에 충돌하지 않도록 가급적 직선으로 하는 것이 좋다.
- ④ 법선은 가급적 좌우를 평행하게 하여 하폭이 급격하게 변하지 않도록 한다.
- ⑤ 지형상 부득이하게 법선이 급변하는 곳에서는 하폭을 확대하여 흐름의 세력을 완화시키는 것이 바람직하다.
- ⑥ 기존 제방이 있는 곳에서는 법선의 위치와 방향을 수정하여 기존의 제방을 이용하는 것이 경제적이다.

- ⑦ 연약지반상에 축조할 경우에는 공사비와 유지비가 모두 증가하므로 제방은 이러한 장소를 피해서 견고한 불투수성 지반상에 설치하는 것이 바람직하다.
- ⑧ 지천은 가능하면 예각으로 합류시키고 홍수를 원활히 유하시키기 위하여 합류점 이하에 적당한 길이로 도류제를 설치하는 것이 좋다.

(2) 저수로법선

계획상 유의할 점을 들면 다음과 같다.

- ① 하안의 침식을 막고 하상변동을 방지토록 한다.
- ② 일반적으로 저수로폭의 증가는 유속의 변화를 초래하여 좋지 않으므로, 좌우안의 저수법선을 가급적 평행토록 한다. 그러나 곡선부에서는 그 곡률정도에 따라 다르지만,凸안의 법선을 후퇴시켜 하폭을 넓히고 凹안에 대한 수충을 완화토록 한다.
- ③ 급류하천에서는 굴곡부 수충장소의 호안유지가 어려우므로 직선에 가깝게 하고 완류하천에서는 직선이 도리어 불안정하여 만곡사행의 발생을 막지 못하므로 원래 상태에 따라 어느 정도 만곡을 갖는 법선으로 합이 하천유지상 유리하다. 그리고 실제 하도계획을 함에는 이 밖에도 다음의 구체적 사항에 유의하여야 하며 가능하면 수리모형실험으로 하도의 선형 및 유황을 검토하는 것이 좋다.
- ㉠ 법선의 교정에만 집착하여 철수로를 많이 굴착하게 되면 하상평형이 깨어져 그 처리에 많은 공사비가 들며 장래의 유지관리에 문제점이 크다.
- ㉡ 완류하천에서는 적당한 굴곡을 줌으로써 주운 등을 위한 수로확보에는 좋으나, 하상변화를 예측하여 최대한 자연상태의 유심선을 따라 법선을 결정하여야 한다.
- ㉢ 하천에 따라서는 법선의 굴곡이 수충부 제한효과를 가져와 그 호안연장을 단축시키는데, 이를 직선으로 정정하여 오히려 전면적으로 호안이 필요하게 되므로써 공사비가 증대되는 수가 있다.
- ㉣ 지형에 따라서 암반등의 자연적 수충부로 인해 형성된 하천의 평면적 선형이 불규칙하더라도 그 자연적 선형에 따라 법선을 선정하는 것이 좋을 경우가 있다.
- ㉤ 양안제방의 법선간격이 국부적으로 확대되어도 지장이 없는 경우가 많다. 특히 기성제가 있는 경우 이를 그대로 이용하면 그 법선형은 다소 나쁘더라도 제방의 안정도가 크고 고수터가 충분히 확보되어 유리하게 되는 수가 있다.
- ㉥ 법선형을 개량함에 있어서 다량의 암석굴착 등으로 막대한 공사비가 소요되

거나, 다수의 가옥을 이전시켜야 할 경우등에는 공사비와 장래의 유지관리비, 안정성과 경제성, 기술적 측면과 행정적 측면, 시공상의 난이도 등을 종합검토하여 결정하여야 한다.

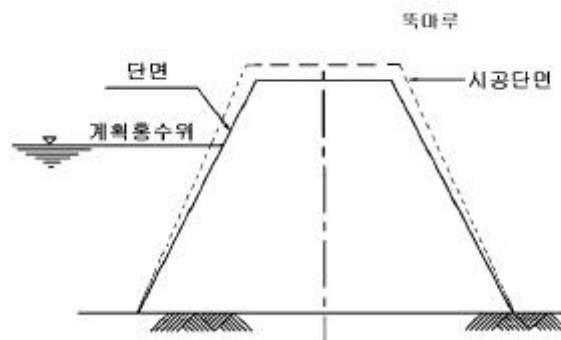
1.4 제방의 시공

1.4.1 시공의 기본사항

1. 공사수행자는 공사시방서에 따라 공사를 시행하여야 한다.
2. 하천의 제방축제공사에 있어서 일반적으로 지켜야 할 사항은 일반시방서에 언급하여야 하고, 일반시방서에 언급되지 않았거나 현장여건상 특별히 지켜야 할 부분은 누락됨이 없이 특별시방서에 언급하여야 한다.
3. 하천설계기준, 토목공사 표준시방, 하천공사 표준시방, 설계도서에 의한 시공도면 작성, 토공계획, 도면작성과 같은 부분은 일반시방서에서 다루고 이 부분에서 언급하지 않은 K.S.F시험규정 및 기타 품질에 영향을 줄 부분은 특별시방서에서 언급해야 한다.

1.4.2 제방의 시공

1. 제방 완성후 축제하중에 의한 지반의 압밀침하 또는 제체자체의 수축이 발생하므로 <그림 8.1.3>에서 보는 바와 같이 제방의 시공단면은 설계단면에 더돈기를 더한 단면으로하여야 하며, 더돈기의 기준은 <표 8.1.5>와 같다.



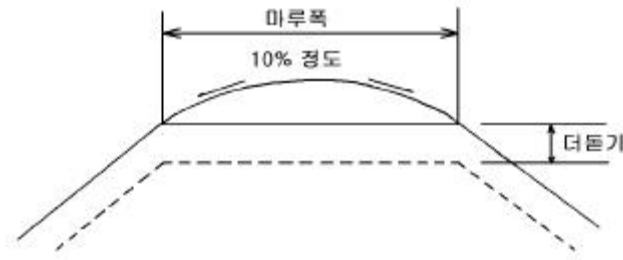
<그림 8.1.3> 설계단면과 시공단면의 예

<표 8.1.5> 더듬기의 기준

(단위 : cm)

제방고	제 체	보 통 흙		모 래 · 자 갈	
	지 반	보 통 흙	모 래 · 자 갈	보 통 흙	모 래 · 자 갈
3m 이하		20	15	15	10
3 ~ 5m		30	25	25	20
5 ~ 7m		40	35	35	30
7m 이상		50	45	45	40

2. 제방의 마루는 <그림 8.1.4>에서 보는 바와 같이 우수의 배수를 위하여 10%정도의 횡단경사를 두어야 한다.



<그림 8.1.4> 마루배수

1.4.3 하상 굴착

1. 굴착의 종류

- (1) 수중에서의 굴착작업을 준설이라 하고 육상에서의 작업을 굴착이라 한다.

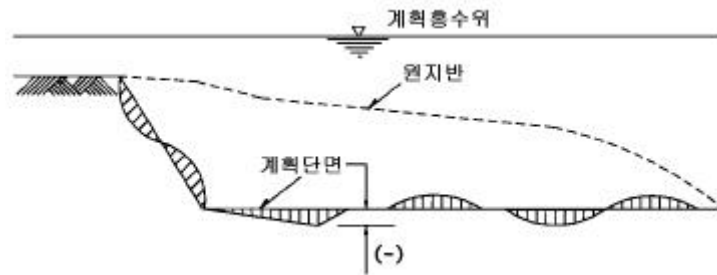
2. 굴착의 필요성

- (1) 다음과 같은 경우 하천바닥을 굴착하거나 또는 준설을 하게 된다.

- ① 홍수의 안전소통을 위한 하천 단면적의 확대
- ② 토사의 세굴, 퇴적으로 인한 난류발생이 극심한 경우 수로의 선형정리
- ③ 축제용 토사의 채취

3. 하상굴착시 유의사항

- (1) 제방끝 부근에서의 하상굴착은 피하여야 한다.



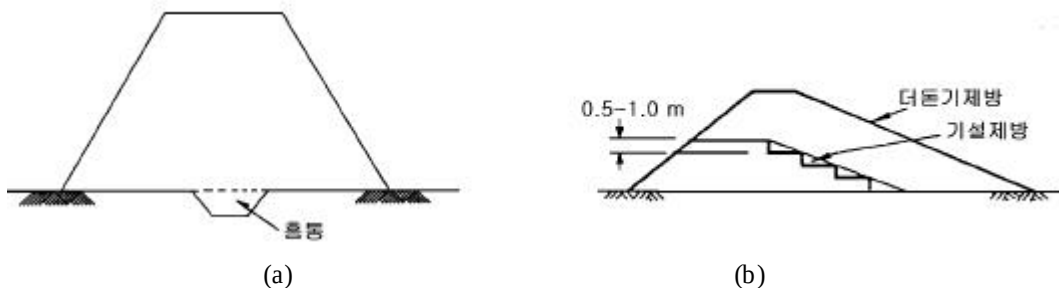
<그림 8.1.5> 하천바닥의 시공단면 파기 및 과굴(過掘) 예

- (2) <그림 8.1.5>와 같이 과다한 굴착으로 단면을 불규칙하게 만들어 물의 흐름을 흐트러지지 않도록 하여야 한다.
- (3) 함수비가 높은 흙은 굴착부의 표면배수를 촉진시키고 또 배수도랑을 파서 함수비를 낮추어야 한다.

1.4.4 성토다짐

1. 기초지반의 처리

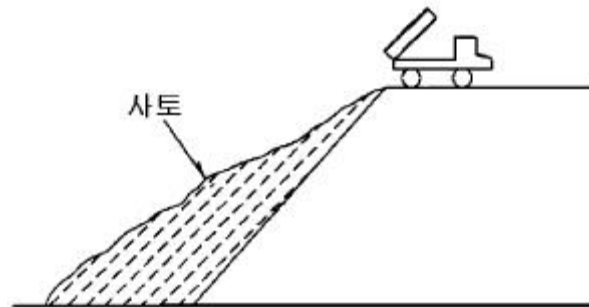
- (1) 성토부와 기초지반의 밀착은 제방의 안전과 누수억제에 중요하다. 따라서 잡물을 제거하고 지반의 표면을 교란시키거나 <그림 8.1.6 (a)>와 같이 제방부지 중앙에 홈통을 만들면 밀착효과가 크게 향상된다.
- (2) 또한 기초단면의 비탈경사가 1:4보다 급하거나 또는 기설제방을 더둔기 또는 단면확대를 하는 경우 기초지반을 <그림 8.1.6 (b)>와 같이 경사지반 또는 기설제방 비탈면에 층파기를 하여 흠쌓기를 해야 한다. 이때 층파기는 빗물이 잘 배수되도록 경사를 두어야 한다.



<그림 8.1.6> 기초지반의 처리 예

2. 성토공

- (1) 축제토의 부설은 30 ~ 50cm의 완성두께로 제방의 종단면을 따라 균등하게 시공하여야 한다. 특히 기설제방을 확장 또는 덧붙임을 할 경우에는 기설제방의 비탈면의 잔디를 벗긴 후 최소 50cm 이상의 계단상으로 만들고 성토해야 한다.
- (2) 축제 성토시에 흙의 고르기 작업을 줄이기 위하여 <그림 8.1.7>과 같이 높은 위치로부터 흙을 부설하는 공법은 흙의 다짐효과를 얻을 수 없고 축제재료의 균질을 파괴하므로 적용해서는 안된다.



<그림 8.1.7> 축제성토의 불량공사의 예

3. 다짐

- (1) 하천 제방을 축조할 때 제방의 목적을 달성하고 기능을 유지하기 위해 다짐을 실시해야 한다.
- (2) 다짐의 규정은 토질 및 시공조건 등에 적합한 방법을 택하게 되나 가장 일반적으로 건조밀도를 규정하는 방식 즉, 현장 다짐후 건조밀도의 실내 다짐시험에 의한 최대건조밀도에 대한 백분율로 규정한다.

$$\text{다짐의 정도} = \frac{\text{현장 다짐후 건조밀도}}{\text{기준이 되는 실내 다짐후 최대 건조밀도}} \times 100(\%)$$

- (3) 다짐의 정도는, 일반적으로 국가하천 및 지방1급하천에서는 85%이상이 되도록 정하나 소하천에서는 제내지 여건에 따라 적절한 정도를 택한다.

4. 성토 비탈면 시공

- (1) 비탈면의 시공 : 제방비탈은 제방단면의 더듬기와 마찬가지로 각종 침하에 대비하여 여유 단면을 갖도록 시공해야 한다.
- (2) 비탈면의 다짐공법 : 비탈면의 다짐은 기계다짐과 인력다짐으로 나누어지며, 기계다짐은 보통 불도저나 진동컴팩터 등을 사용한다. 제방 비탈면의 붕괴는 비탈면이 제방 본체와 밀착되지 않는 경우 발생하므로 비탈 다짐은 반드시 실시해야 한다.
- (3) 성토 비탈면 마감 : 성토로 축조된 제방의 비탈면은 줄떼 등의 폐불임으로 덮어서 보호해야 한다.

1.5 제방의 유지관리

1.5.1 제체의 유지

1. 제방의 정규단면에 대한 독마루와 비탈면의 유지는 물론 제체의 균열, 호안의 손괴, 누수방지를 위하여 계속적으로 유지관리해야 한다.
2. 제방마루 및 턱에 요철이 생기면 물이 고여 제체가 약화될 뿐만 아니라 비탈면 붕괴의 원인이 된다. 또 방재활동이나 하천순시 등의 활동이 빈번한 독마루부분은 쇄석을 깔아 고르는 것이 좋다. 특히 홍수시 또는 출수 후에는 제체에 균열이 발생했는가를 조사하여 충분히 이를 메우고 다져야 하며 야생동물 등에 의한 구멍은 제체 안전은 물론 누수파괴의 원인이 되므로 세심한 조사 및 조치를 취해야 한다.

1.5.2 제초 및 폐손질

1. 제방마루 및 비탈면에 잡초 및 식생이 무성하지 않도록 관리해야 하며 폐 불임을 하였을 경우에는 폐가 잘 성장하도록 흙의 피복과 시비(施肥) 등에 유의해야 한다. 제방에는 잡초 및 기타 식생의 뿌리가 번성하여 제체내에 균열, 함몰 또는 활동이 발생할 우려가 있으므로 이를 조기에 발견해야 하며 제초 및 뿌리뽑기를 실시해야 한다. 잔디를 입힌 경우에는 표면 세굴로 뿌리가 뜨지 않도록 흙의 피복, 밟기 등으로 보호하고 비료와 물을 주어 잔디의 육성에 유의해야 한다.

제 2 절 호 안

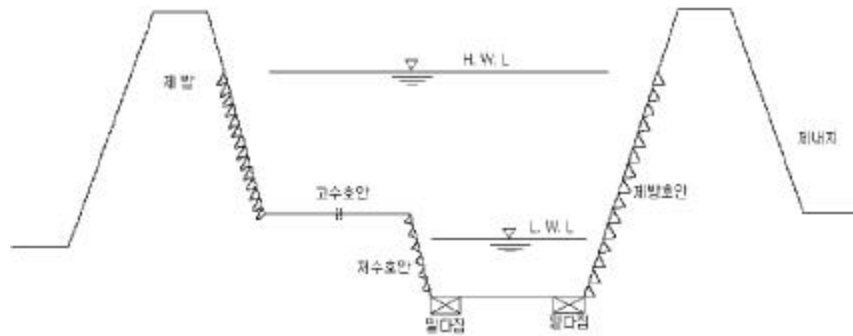
2.1 호안의 정의

1. 호안은 하안이나 해안을 보호하기 위해 설치하는 시설물이다. 하천에서는 유수에 의한 침식과 세굴을 방지하기 위해 법면에 시설하는 공작물을 일반적으로 호안이라고 한다.

2.2 호안의 개요

2.2.1 호안의 형태

1. 호안은 제방의 형태에 따라 또는 기능에 따라 아래와 같이 분류된다.
 - (1) 호안은 제방형태에 따라 아래의 <그림 8.2.1>과 같이 고수호안, 저수호안, 제방호안으로 나누어지나, 소하천의 경우 고수호안이 대부분이다



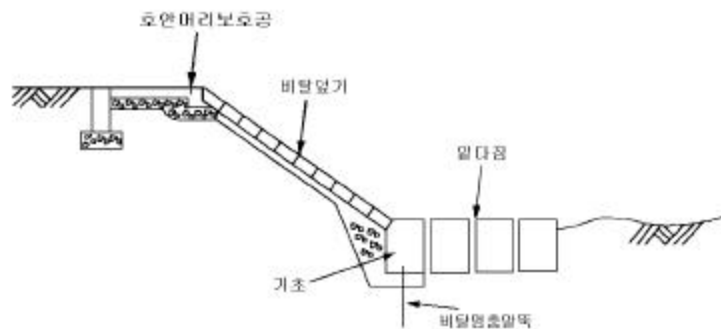
<그림 8.2.1> 호안의 형태

- (2) 고수호안은 홍수시 앞비탈면을 보호하기 위해 설치하는 호안이고 저수호안은 저수로에 발생하는 난류를 방지하고 세굴을 방지하기 위해 저수로 하안에 설치하는데 일반적으로 수중에 잠기므로 세굴에 대한 배려가 필요하다.
- (3) 호안은 그 기능에 따라 치수 안정성 확보를 위한 치수호안, 하천환경 및 생태계 보호를 위한 환경호안 등으로 나눌 수 있다.

- (4) 최근의 경향은 치수호안에서 환경호안으로 대체되고 있으며, 콘크리트 블록 등을 이용한 호안은 특별한 경우가 아니고는 설치하지 않는 것을 원칙으로 한다.

2.2.2 호안의 구조

1. 제방호안의 일반적인 구조와 명칭은 다음과 같다.



<그림 8.2.2> 호안의 구조와 명칭

2.2.3 호안의 종류

1. 환경적 요건을 고려하여 생태계 보전과 경관 보전을 고려한 자연형 하천공법을 원칙으로 한다. 건설재료의 발달과 호안의 공종별 종류는 여러 가지가 있으나 현재까지 사용된 공법의 종류는 다음과 같다.

(1) 떼붙임

비수충부 구간에 주로 이용된다.

(2) 망태공

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.

(3) 돌붙임공, 돌쌓기공(자연석쌓기)

비탈경사가 1:1보다 급한 경우를 돌쌓기, 이보다 완만한 경우를 돌붙임이라 한다. 돌쌓기공의 경우 유수소통 단면적 확보를 위한 경우를 제외하고, 가능한 찰쌓기를 지양하고 멧쌓기 또는 자연석 쌓기를 하여 자연배수를 높이고 자연친화

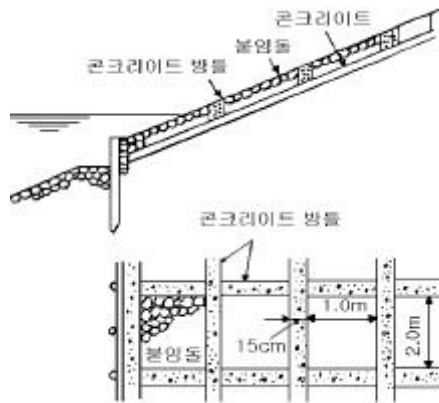
적 기능을 증진시키는 것이 좋다.

(4) 콘크리트 붙임공 및 콘크리트 블록공

콘크리트 붙임공은 줄눈에서 비탈덮기 이면의 토사가 유실되어 파괴되는 일이 있으나 콘크리트 블록공은 토사의 유출이 생기더라도 블록이 침하하여 공동이 커지는 것을 막고 보수도 용이한 장점을 가지고 있어 많이 이용되고 있으나, 최근 소하천에서는 환경적 요건등을 고려하여 사용을 자제하고 있다.

(5) 돌채움 비탈방틀공

비탈 위에 철근 콘크리트로 방틀을 짜고 바닥 콘크리트를 친 다음 깬 돌을 까는 공법으로서 비탈이 1:2보다 완만한 경사일 때 사용한다.



<그림 8.2.3> 돌채움 비탈방틀공

(6) 사석 호안

사면에 큰 쇄석 등을 써서 침식을 막는 동시에 입도를 크게 하여 유속의 감쇄 효과를 얻고자 사석호안을 설치하며, 전면적인 호안보다는 비탈끝 보호 또는 저수로 호안 등에 사용된다.

(7) Anchor고정식 식생호안공

효과적으로 제방을 보호하면서 식생을 위한 토양조건을 제공하여 하천의 자정 능력과 환경성을 제고하기 위한 공법이다.

(8) 기타

기타호안의 종류에는 중·대규모의 하천에 적용가능한 사석공, 어소 콘크리트 블록공, 콘크리트 셀 블록공, 파일공, 아스팔트 붙임공 등이 있으며, 하폭이 비교적 작은 소하천에서 적정 하폭의 확보가 곤란한 경우 유수소통 단면 확보를 위하여 직립식 호안을 적용할 수 있다. 이 형식으로는 자연석 쌓기, U형의 수

로 등이 있다.

2.3 호안의 설계

2.3.1 설계기본사항

1. 기본사항

- (1) 제방의 세굴이나 파괴는 유속에 의하여 일어나게 된다. 따라서 세굴이나 파괴를 방지하기 위하여 유속을 감소시키거나 유속에 견딜수 있는 재료로 대처해야 한다.
- (2) 참고적으로 유속에 영향을 미치는 요소는 하상의 기울기와 하상을 형성하는 재료의 거칠기에 영향을 받게 된다. 따라서 세굴은 유속과 하상세굴의 상관관계 현상에서 일어나게 되므로 호안재료의 선택에 있어서 소류력 및 내구성이 검토되어야 한다.

2. 호안의 시공범위

- (1) 호안은 유속에 따른 세굴방지를 위해 설치되는 것이므로 우선 유속에 떠내려가지 않아야 하며 재료는 영구적 또는 반영구적인 재료가 선택되어야 한다.
- (2) 설치위치와 연장은 하도내의 수리현상에 따른 세굴, 퇴적의 변화 등을 고려하여 정하여야 하나 일반적으로 급류하천에서는 전구간, 완류하천에서는 수충부에 중점적으로 설치하는 것이 보통이다.
- (3) 일반적으로 유속을 기준으로 볼 때 3m/s 이상, 비탈경사 1:2 이상과 교량이나 보, 낙차공, 수문 등의 하천구조물 상하류 근처에서 세굴이 발생할 확률이 높으므로 구조물 상하류에 호안을 설치하여 세굴에 사전대비 하도록 해야 한다.

3. 호안의 조도

- (1) 호안의 조도는 호안설치지점 상하류 하천의 조도와 같게 하거나 보다 크게 해야한다. 호안의 조도가 호안 설치지점의 상류나 하류의 조도보다 작으면 유수가 가속되어 상류층에서는 침식이 발생하고 하류층에서는 퇴적이 발생하게 된다.
- (2) 또 유속이 빠르게 되면 제체가 세굴되어 호안이 파괴될 수도 있으며, 호안의 조도가 하상의 조도보다 적으면 호안부근으로 흐름이 집중되어 호안이 파괴될 수도 있다. 사석호안에서는 호안조도를 상당히 크게할 수 있어 유속감쇄에 유리하지만 보통 콘크리트 호안, block호안은 자연하천보다 일반적으로 조도가 작게되어 유속을 증대시키므로 이에 대한 대책이 필요하다.

- (3) 실제에서는 호안의 조도만으로 유수의 가속을 방지하는 것이 불가능하므로 수제나 밑다짐공 등으로 유속의 완화를 도모할 수 있다.

4. 허용유속과 한계소류력

(1) 허용유속

- ① 자연하천에서는 유속이 빨라지면 침식과 세굴이 발생하게 되나 토사의 종류에 따라 허용유속이 달라지게 된다.
- ② 종래의 실험연구 및 현지조사에 의하면 여러 가지 토사의 허용유속은 <표 8.2.1>, <표 8.2.2>와 같다. 비점착토인 경우에는 <표 8.2.1>을 참고하여 호안의 필요성을 판정할 수 있으며, 점착토인 경우 호안 필요성의 여부는 <표 8.2.2>를 참고로 하여 결정할 수 있다.

<표 8.2.1> 비점착토의 허용평균유속

재 료	입 경 (mm)	평균유속 (m/ s)
실 트	0.005	0.15
실 트	0.05	0.20
가 는 모 래	0.25	0.30
중 간 모 래	1.00	0.55
거 친 모 래	2.50	0.65
작 은 자 갈	5.00	0.80
중 간 자 갈	10.00	1.00
거 친 자 갈	15.00	1.20
작 은 조 약 돌	25.00	1.50
중 간 조 약 돌	40.00	1.80
거 친 조 약 돌	75.00	2.40
호 박 돌	100.00	2.70
호 박 돌	150.00	3.30
호 박 돌	200.00	3.90

<표 8.2.2> 점착토의 허용평균유속(m/s)

하안의 다짐상태	다짐 부족	다짐 약간	보 통	다짐양호
간 극 율	2.0 1.2	1.2 0.6	0.6 0.3	0.3 0.2
사질점토(모래 50%)	0.45	0.90	1.30	1.80
강 점 토 질 토	0.40	0.85	1.25	1.70
점 토	0.35	0.80	1.20	1.65
약 점 토 질 토	0.32	0.70	1.05	1.35

- ③ 그러나 허용유속은 수심에 따라 달라지게 되므로 이 영향을 보정하여야 하며, 비점착토, 점착토에 대하여 각각 <표 8.2.3>, <표 8.2.4>를 이용하여 보정계수를 구한 다음 <표 8.2.1>, <표 8.2.2>의 값에 곱하여 보정한다.

<표 8.2.3> 수심에 대한 허용 평균유속의 보정 (비점착물질)

평균수심	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
보정계수	0.8	0.9	1.00	1.10	1.15	1.20	1.25

<표 8.2.4> 수심에 대한 허용 평균유속의 보정 (점착물질)

평균수심	0.3	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
보정계수	0.8	0.9	0.95	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2

- ④ 만곡부에서는 평균유속이 원심력 때문에 빠르게 되고 세굴력이 강하게 되지만 Lane의 조사에 의하면 만곡도에 따라 직선부의 허용유속에 <표 8.2.5>의 보정 계수를 곱한 유속을 한도로 하여 판단할 수 있게 되어있다.

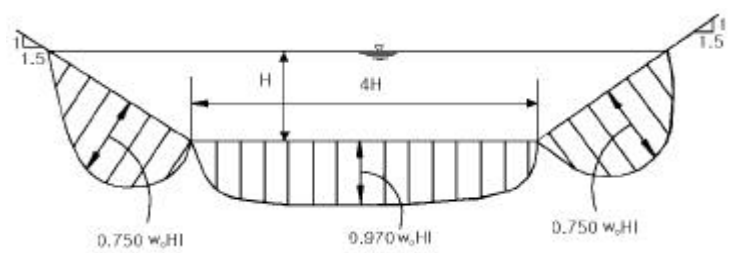
<표 8.2.5> 만곡부에 대한 허용 평균유속의 보정

만곡도	직 선	소	중	대
보정계수	1.0	0.95	0.81	0.78

(2) 사면의 한계소류력

① 한계소류력

- ㉠ Olsen 및 Florey의 연구에 의하면 제형단면에 있어서는 비탈경사와는 무관하게 사면의 최대소류력은 $0.75w_0HI$ 이며 하상의 수평면에서는 최대소류력이 대략 $0.97w_0HI$ 이다. (여기서 w_0 는 물의 단위중량임)



<그림 8.2.4> 사면 및 하상의 한계소류력

④ 설계유속이 그 한계값을 넘는 경우 인공적인 호안을 시공하거나 수제 등에 의하여 설계유속을 제방 혹은 하안 근처에서 한계값을 초과하지 않도록 하여야 한다. 그러나 인공적인 호안공사와 같이 유수에 대하여 내침식성을 갖도록 하는 경우에도 가능하면 사면 근처의 유속을 감소시켜야 한다. 즉 유속을 감소시키지 않으면 앞에서 언급한 바와 같이 호안의 기초, 혹은 호안 시공부분의 상하류에서 침식이 발생하여 호안 자체가 파괴되는 경우가 많다.

② 허용소류력

㉠ 하천의 소류력 계산식은 아래와 같고 하도분류별 수리특성 및 각종 호안에 대한 허용소류력은 다음 <표 8.2.6> 및 <표 8.2.7>와 같다.

$$T = w_0 \cdot R \cdot I = \left(\frac{w_0}{C^2} V^2 \right)$$

㉠ 여기서, T는 소류력(kg/ m²), w₀는 물의 단위중량(1,000kg/ m³), R은 경심(m), I는 수면경사, V는 평균유속(m/ s), C는 Chézy의 유속계수이다.

<표 8.2.6> 하도분류별 수리특성

하 도	수 리 특 성			하상재료
	유속(m/ s)	소류력(t/ m ²)	하상경사	
급 류 부	3.0 이상	1/ 150 이상	1/ 200 이상	굵은 자갈이 대부분
준급류부	3.0 ~ 2.0	1/ 150 ~ 1/ 200	1/ 1,000 ~ 1/ 200	모래자갈과 잔 자갈이 소량 존재
준완류부	2.0 ~ 1.0	1/ 200 ~ 1/ 300	1/ 2,000 ~ 1/ 1,000	자갈과 모래 혼합
완 류 부	1.0 이하	1/ 300 이하	1/ 2,000 이하	주로 모래

<표 8.2.7> 허용소류력

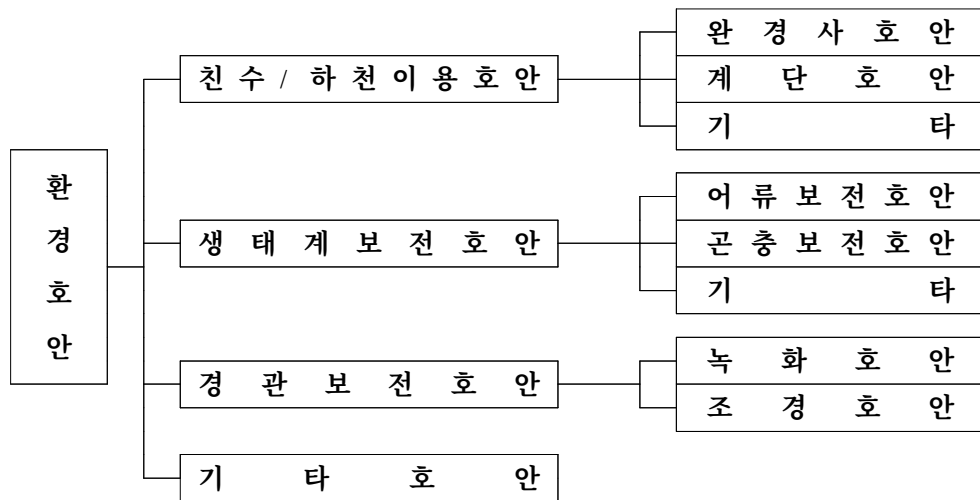
(단위 : kg/ m²)

호안의 종류	허용소류력	비 고
1. 평떼(張芝)	2.0	
2. 바자(柵工)안은 굵은 모래	1.0	
3. 바자(柵工)안은 자갈	1.5	
4. 바자(유수에 병행 혹은 비스듬할 때)	5.0	
5. 섶호안	7.0	
6. 돌붙임(비탈 1:1, 두께 0.3m)	16.0	
7. 큰 사석	24.0	
8. 공적석공	60.0	
9. 콘크리트벽	60.0	
10. 틀공	150.0까지	

주) Schoklitsch의 발표에 의함.

5. 호안의 환경성검토

- (1) 환경호안은 치수적 요건뿐만 아니라 환경적 요건도 고려하여 설계한 호안을 말하며 다음과 같이 분류될 수 있다.
- (2) 특히 소하천에서는 하천을 자연과 일체화하기 위하여 환경적인 요소들을 적극 고려할 필요가 있다.



① 친수/ 하천이용 호안

친수/ 하천이용 호안은 물놀이를 위해 물가에 쉽게 접근할 수 있는 형태의 호안과 둔치 등의 하천공간을 편리하게 이용할 수 있도록 만들어진 호안을 말하며, 완경사 호안, 계단호안, 관람석호안 등이 있다.

② 생태계 보전 호안

생태계보전 호안은 수중생물의 산란과 생육, 홍수시 대피장소 제공 등을 고려하여 설치한 호안을 말하며, 어류보전호안, 곤충보전호안 등이 있다.

③ 경관 보전 호안

경관보전 호안은 주변 환경과의 조화, 외견상의 아름다움 등을 고려한 호안을 말하며, 녹화호안, 조경호안 등이 있다. 녹화호안은 콘크리트 호안이 지닌 무미 건조함을 호안의 일부에 식물을 식재함으로써 해소하려는 목적으로 설치되며 주로 이용되는 식물은 잔디, 버드나무, 억새풀, 갈대 등이다. 또 조경호안은 식물은 심지 않지만 조경을 목적으로 디자인, 소재 등을 고려하여 설치한 호안이다.

6. 호안재료와 공법선정

- (1) 호안재료는 공사현장에서 획득하기 쉽고 내구성이 있어야 한다. 재료의 선택은 선택된 재료에 따라 공법이 결정되고, 공법의 결정은 당해 공사비에 영향을 미치게 된다.
- (2) 공사후 관리 및 하천환경에 미치는 영향이 대단히 중요하므로 신중한 검토가 있어야 한다.
- (3) 공법의 선정은 공사비, 하천의 특성, 수리특성 등을 고려하여 하천개수계획의 일부분으로서 완전히 그 목적에 합치하도록 하여야 한다.
- (4) 시공문제에 대해서는 공사의 가능성여부, 난이도, 공사비, 사후관리비를 비롯하여 하천환경성 변화여부, 물흐름의 변경 등에 대하여 세심한 검토가 요망된다.

7. 사석의 중량 및 크기 결정

- (1) 사석은 크고 작은 입경이 잘 혼합된 쇄석을 투입하는 것이므로 큰 것일수록 밑으로 처저 흐름의 침식력에 대응한 안정도를 가질 수 있게 되며, 조도가 충분히 크게 되므로 유속 감쇄 효과가 있다. 또 호안의 기초가 세굴되는 경우에는 돌이 저절로 밑으로 흘러 떨어져서 세굴을 방지하므로 안전성이 높고 보수가 용이하다. 시공시에는 터파기 등의 수중공사를 할 필요가 없고 공사비를 절약할 수 있게 되며 공기도 단축되는 이점이 있다.
- (2) 사석은 사석 자체의 한계 소류력이 유수의 소류력에 충분히 견뎌야 하는 중량(또는 크기)이어야 하므로 사석의 규모결정 이전에 시공하고자 하는 구간의 수리특성을 파악하는 것이 선행되어야 한다.
- (3) 사석의 중량은 계산식에 의하여 산정하되 중량 범위는 비수충부에서는 계산된 사석 최소안정중량으로부터 사석 최소안정중량의 1.8배 이상으로 하며, 수충부에서는 사석 최소안정중량으로부터 평균유속에 4/3배를 적용하여 구한 사석 중량까지를 범위로 하되 두 경우 다 상한선은 현지여건에 따라 조정할 수 있다. 단, 중량분포율은 상기 범위에서 중앙값에 해당하는 중량규모가 50%이상을 차지하여야 하고, 공극을 메우기 위한 틈메우기돌의 크기는 예외로 한다.
- (4) 사석의 최소 안정중량을 구하기 위한 공식은 아래와 같으며, 사석의 인위적인 훼손방지와 원활한 유지관리를 위하여 계산된 사석의 최소안정중량이 30kg 미만일 경우는 최소안정중량을 30kg으로 조정한다.

① 미국 캘리포니아 운송국 공식

$$W = \frac{0.0113 \times Sr \times V^6}{(Sr - 1)^3 \times \sin^3(\beta - \alpha)}$$

여기서, W는 사석의 최소안정중량(kg), Sr은 사석의 비중, V는 사석부의 유속 (m/s), α 는 사면의 경사($^{\circ}$), β 는 70° (constant)이다.

② Isbash 공식

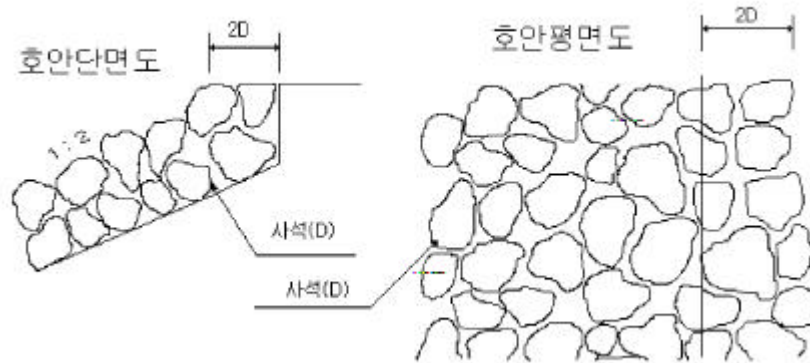
$$V_0 = C \sqrt{2gD_u \frac{(\lambda_s - \lambda)}{\lambda}} \sqrt{(\cos \beta - \sin \beta)}$$

여기서, V_0 는 구조물이 없는 상태에서의 주어진 입자에 직접 작용하는 접근유속, C는 Isbash계수(최대 0.86, 최소 1.20), g는 중력가속도, D_u 는 사석의 크기를 구체로 환산한 직경, λ_s 는 사석의 비중, λ 는 물의 비중, β 는 사석이 부설되는 하상경사이다.

2.3.2 호안의 종류별 설계지침

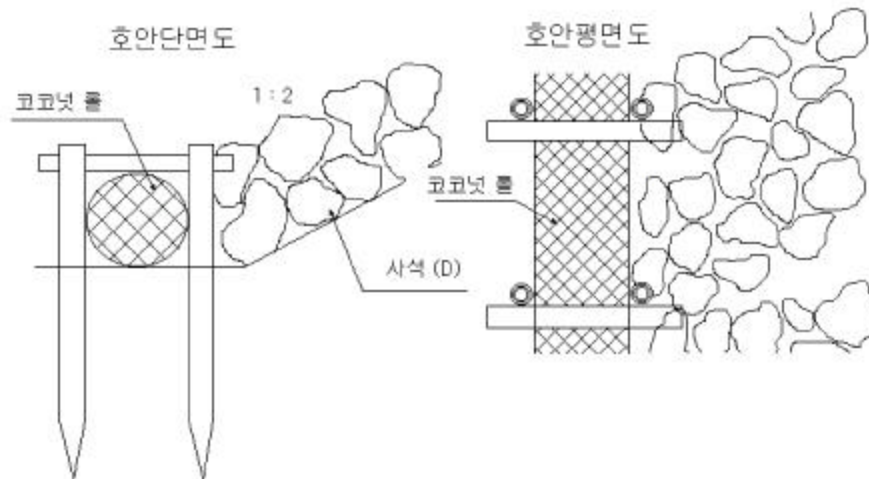
1. 사석호안

- (1) 사석호안은 1:2 이상의 비교적 완만한 경사를 가진 호안에 적용하는 것이 바람직하다.
- (2) 사석호안의 사석크기는 하천의 유속, 수심, 곡률, 사면경사 등을 종합적으로 고려할 수 있는 미공병단 Engineer Manual 1110-2-1601 Riprap 공식을 사용하는 것이 바람직하다.
- (3) 사석의 포설 깊이는 사석크기의 두배 깊이로 하는 것이 좋으며, 저수로 호안에 설치할 경우 비탈머리에서 사석크기의 두배 까지 둔치로 연장하여 설치하는 것이 바람직하다.

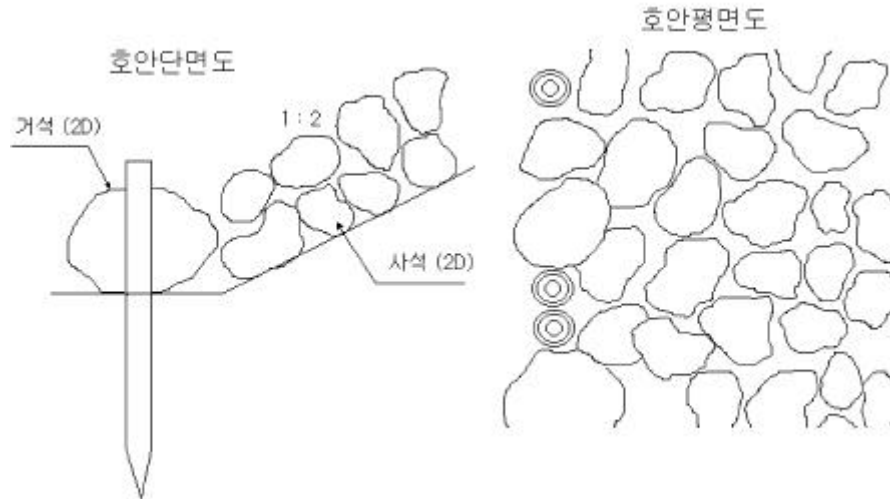


<그림 8.2.5> 사석호안 단면도

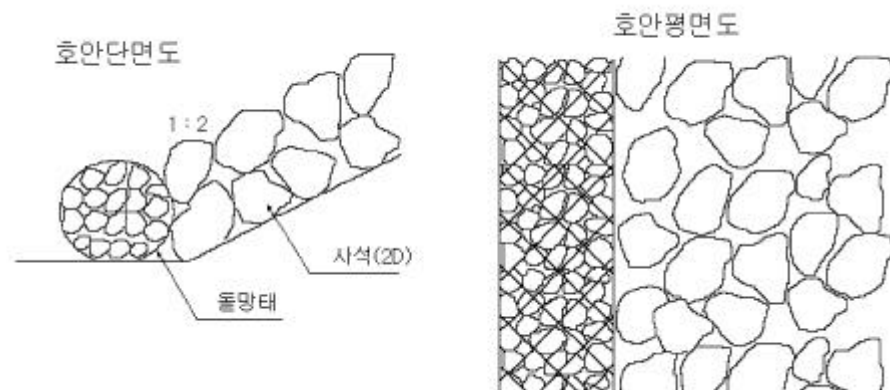
- (4) 사석호안의 근거공(기초)은 거석, 코코넛 롤, 돌망태 등의 자연재료를 이용하여 설치하는 것이 좋다.



<그림 8.2.6> 코코넛 롤을 이용한 근거공



<그림 8.2.7> 거석을 이용한 근저공



<그림 8.2.8> 돌망태를 이용한 근저공

- (5) 사석호안의 배면처리는 토사의 유실을 방지할 수 있는 토목섬유를 사용하는 것이 바람직하나, 최근에는 황마넛트 등 자연소재를 사용하는 경우도 있으며, 이때 식생뿌리가 토사 유실을 방지할 수 있기 때문에, 갯버들, 갈대, 달뿌리풀 등 식생을 사석호안 사이 사이에 식재하여야 한다.

2. 거석호안

거석호안은 자중이 큰 자연석 또는 가공석을 이용하여 호안을 조성하는 것으로 주로 복단면 하천의 저수로 호안에 많이 이용된다.

- (1) 거석호안은 치수 안정성에 중점을 둔 호안형태로 거석의 크기는 교각의 세굴보호공 산정을 위한 Isbash 공식을 이용하거나, 일률적으로 4목(50cm×40cm×30cm) 또는 6목(60cm×50cm×40cm) 크기를 사용기도 한다.
- (2) 거석호안의 설치시 배면의 처리는 토목섬유 또는 자연소재의 네트를 이용하여야 하며, 사석호안과 같이 자연소재를 이용할 경우 식재를 병행하여야 한다.

3. 돌망태호안

- (1) 돌망태호안은 규격이 큰 사석이나 거석 등을 이용할 수 없는 경우에 이용할 수 있는 방법이다.
- (2) 돌망태 호안은 표면의 조도가 크고, 굴요성이 좋아 작업이 용이한 장점이 있으나, 철선 등의 부식으로 내구성이 짧은 단점이 있다.
- (3) 홍수시 수위 증가후 토사의 퇴적으로 식생의 성장이 가능하여 경관도 좋은 편이다.

4. 돌쌓기호안

돌쌓기호안은 도심지 등 토지이용도가 비교적 높은 지역의 소하천에 설치되는 호안형태로 경사가 1 : 0.5 이하의 급경사 호안에 적용할 수 있다.

- (1) 돌쌓기호안은 제방의 높이에 따라 메쌓기 또는 찰쌓기로 하여야 하며, 그 기준은 다음의 표와 같다.

<표 8.2.8> 돌쌓기공법의 구분

구분	연직높이	비탈경사	비고
찰쌓기	3 ~ 5m	1:0.5	
	3m 미만	1:0.3	
메쌓기	3m 미만	1:1.0	

- (2) 찰쌓기의 경우 수압에 의한 붕괴를 방지하기 위하여 잡석을 이용한 뒷채움과 배수공을 적절히 설치하여야 한다.
- (3) 메쌓기는 홍수 발생후 각각의 돌이 빠지는 수가 있으므로, 지속적인 유지관리가 필요하다.

5. 환경사호안

자연하천의 무제부에서 볼 수 있는 호안으로, 하천의 생태적 환경조성을 위하여 외국에서 많이 이용되고 있다.

2.3.3 호안의 세부설계

1. 시공개소와 호안의 연장

- (1) 호안은 일반적으로 수충부에 중점적으로 시공한다. 다만, 일부 구간에 호안을 설치하면 수충부가 하류부로 이동할 수 있으므로 호안길이를 충분하게 하여 이에 대비하여야 한다. 그러나 유속이 3m/s 이상, 비탈경사 1:2 이하인 곳은 전면적으로 시공하도록 한다.
- (2) 교량, 보, 낙차공 등의 구조물 상하류에는 호안을 설치하여 구조물을 보호해야 하며, 설치길이는 소하천의 경우 10m 이상으로 한다.

2. 호안의 높이

- (1) 고수호안의 높이는 고수위(계획홍수위)로 하는 것이 일반적이다. 다만, 특별히 중요한 제방, 파랑이나 혹은 고조가 발생하는 곳, 급류하천, 굴곡이 심한 만곡부의 외측 하안은 제방 독마루까지 그 높이를 연장하여야 한다.
- (2) 수면경사에 따른 비탈덮기 높이 기준은 다음과 같다.

수면경사	비탈덮기의 수직높이	
	비 수 충 부	수 충 부
1/ 5,000 ~ 1/ 2,500	0.35 H	H
1/ 2,500 ~ 1/ 1,500	0.45 H	H
1/ 1,500 ~ 1/ 600	0.60 H	H
1/ 400 이상	H	H
1/ 200 이상	독마루 높이	독마루 높이

주) H는 계획하상고에서 계획홍수위까지의 높이임.

3. 호안의 밑다짐 넣기(根入)

- (1) 호안의 파괴의 원인은 기초의 세굴에 의한 것이 많다. <표 8.2.6>에서 보이는 바와 같이 홍수시 일시적 세굴의 깊이는 1.5m 이상에 달한다.
- (2) 따라서 세굴이 발생하더라도 호안의 뒷채움이 하부로 빠져 나오지 못하도록 호안의 밑다짐 넣기는 종횡단면을 검토하여 계획하상(또는 최심부)에서 0.5m 이상

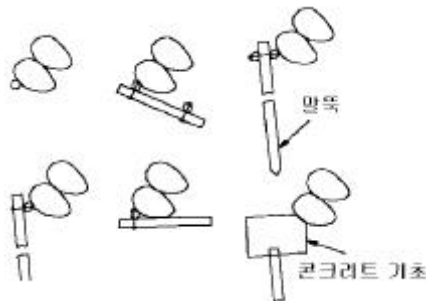
의 깊이까지 넣어두어야 하고 장래의 변동을 감안하여 결정할 필요가 있다.

<표 8.2.6> 홍수시 일시적 세굴깊이

하 상 재 료	홍수시 하안의 유속		
	3m / s 이상	3 ~ 2m / s	2m / s 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

4. 비탈면 불임공

- (1) 비탈면 불임공의 역할은 하안 및 제방이 세굴 등에 의하여 비탈 붕괴가 생기지 않도록 하는 것이다. 따라서 수류의 유속에 대처할 강도가 필요하고 때로는 그 유속을 완화하기 위하여 적당한 조도를 유지할 필요가 있다.
- (2) 비탈면 불임공의 피해는 하부에서 불임공의 뒷측의 뒷채움 및 토사가 유출하는 데서 일어나는 일이 많다. 따라서 이것의 토사유출을 항상 검사할 수 있는 구조가 유지상 좋다. 따라서 비탈불임공은 토사유출이 있어도 여기에 따른 비탈 불임공이 침하할 수 있는 굴통성(屈通性)을 가지고 있는 것이 좋다.
- (3) 비탈불임공의 공비는 총 공사비 중에서 큰 비중을 점하고 있으므로 공종의 선택에 있어 현지에서 얻은 싼 재료로 상기의 목적을 달할 수 있는 구조를 선택하는 것이 좋다.
- (4) 비탈불임공의 경사는 가급적 완만하게 하는 것이 좋다. 급경사 돌쌓기의 경우 그 배면의 토압을 견딜 수 있는 중량을 고려하여야 하나 완경사의 비탈불임공은 비탈면의 보호에 중점을 두는 것이 좋다. 또한 완경사일수록 유지가 용이하다.



<그림 8.2.9> 비탈면침공

- (5) 비탈붙임공의 기초(비탈멈춤)는 다음에 설명하는 비탈 멈추기공을 별도로 설치한다. 종래 사용한 비탈멈춤공은 <그림 8.2.9>의 형태가 많이 사용되고 있다.
- (6) 깊이 파인 비탈멈춤공의 시공이 어려울 때는 사석 및 침상을 놓고 비탈막기로 하고, 콘크리트 시트파일 위에 말뚝 콘크리트를 타설하고 비탈 막기로 한다. 비탈멈춤공으로 통나무를 사용할 때는 목재 부분이 필히 수중에 있도록 한다.

5. 비탈멈춤공

- (1) 비탈멈춤공은 엄밀히 말하여 비탈붙임공의 기초와 달리, 비탈붙임공의 하중을 직접 받는 것이 아니고 비탈하부의 보호를 목적으로 하는 것이다.
- (2) 급류하천에서는 말뚝박기가 곤란하기 때문에 비교적 비탈붙임공의 밀넣기공을 깊이 하고 직접 전면에 밀다짐공을 시공할 때가 많으며, 완류하천에서는 반대로 밀다짐공을 시공하고 비탈붙임공의 비탈 하부를 보호할 때가 많다.
- (3) 독마루 높이는 저항을 적게 받게 하기 위하여 저수위 이하로 하는 것이 적당하다. 특히 목재를 사용할 때는 그 부식을 방지하기 위하여 저수위 이하로 할 필요가 있다.

6. 밀다짐공

- (1) 밀다짐은 호안의 비탈멈춤공 앞에 시공하고, 전면의 세굴에 대처하기 위한 것이다. 따라서 밀다짐은 세굴을 방지함과 동시에, 하상의 변화를 고려하여 시공하는 것이 중요하다.
- (2) 이러한 조건을 만족하기 위해서는 적당한 굴요성과 조도와 중량을 갖게 하는 것이 필요하다.

① 밀다짐공의 폭

하상의 변화 특히 저항에 대하여 순응할 필요가 있다. 이러한 관계로 최소한의 폭이 유지되어야 한다. 이것은 공법, 비탈 덮기공의 중요도, 하천의 거칠기에 관계되나 소하천에서는 저수로폭의 크기에 따라 보통 1.5 ~ 10m 정도로 한다.

② 밀다짐공의 두께

두께는 작을수록 좋으나 흐름에 저항하는데 필요한 중량을 확보하기 위하여 적당한 두께가 필요하다. 목공 침상, 쇠침목은 일반적으로 3 ~ 4층의 것이 사용된다.

③ 밀다짐공의 높이

밀다짐의 상단높이는 계획하상고(현 하상고가 계획하상고보다 낮은 경우 현

하상고)이하로 한다. 다만, 수심이 커서 하상보다 낮게 하는 것이 곤란할 경우 하상, 통수단면적, 흐름방향, 호안구조 등을 검토하여 현재 하상고나 계획하상고 보다 높게 설치할 수 있다.

2.4 호안의 시공

2.4.1 호안시공 지침

1. 비탈덮기의 표면은 수류의 저항을 크게 하고 호안각부의 세굴을 줄이기 위하여 거칠게 한다.
2. 소류력은 평균유속의 제곱에 비례하므로 호안전면의 유속이 감소하면 소류력도 감소되므로 밀다짐공은 간단한 공법을 적용해도 좋다.
3. 호안의 파괴는 비탈기슭으로부터 발생하는 경우가 많으며 시공이 부실하지 않는 한 직접 비탈면으로부터 파괴되는 일은 극히 적으므로 밀다짐 시공에 중점을 둔다.
4. 호안의 파괴는 양단 또는 상부로부터 일어나는 경우가 있으므로 양단은 어느 정도 지반속에 넣어서 시공을 하고 또 상부는 1.0 ~ 1.5m 정도의 폭으로 뒷면에 세굴 방지공을 설치해야 한다.
5. 호안은 많은 공비가 소요되므로 가능한한 경제적인 공법을 채택한다.
6. 철선망태는 철선의 수명에 한계가 있으나 굴요성이 풍부하기 때문에 다른 공법 보다는 비교적 유리한 특성을 가진다.

2.4.2 비탈덮기공

1. 호박돌 붙임공

호박돌 붙임공의 원칙은 다음과 같다.

- (1) 붙임돌은 반드시 서로가 완전한 접촉을 가지도록 하여야 한다.
- (2) 붙임돌은 반드시 호박돌의 장축방향이 비탈면에 직각이 되게 한다

2. 깎돌 붙임공

비탈덮기용 깎돌붙임은 메쌓기로 한다. 깎돌은 뒷길이가 35cm 정도이며 그 이음면의 접촉면 폭은 20cm 정도이다.

3. 콘크리트 붙임공

비탈면에 뒷채움 자갈을 깔고 그 위에 콘크리트를 타설하는 것이 기본 공법이다.

4. 콘크리트블록 붙임공

비탈면에 모래 또는 자갈 또는 토목섬유 등을 깔고 콘크리트 블록 또는 모르터블록을 붙이는 공법이며 뒷채움은 콘크리트붙임과 같다.

5. 돌망태공

아연도금한 철선으로 짠 망태속에 조약돌을 채워 설치하는 공법으로 수세가 급하고 석재를 구하기 어려운 장소에 적합하다. 철선의 직경은 보통 3~4mm를 기준으로 하는 경우가 많다.

6. 돌쌓기공

경사가 급한 급류하천의 비탈붙이기용 돌쌓기공은 찰쌓기로 한다. 찰쌓기의 콘크리트 배합강도는 일반적으로 $150 \sim 180 \text{ kg/cm}^2$ 을 기준으로 한다.

7. Anchor 고정식 식생호안공

제방 축조 중 또는 축조 후에 법면에 1.0~2.0m 길이의 콘크리트 버팀주를 매설 또는 타입하고 갈대떼, 달뿌리풀, 갯버들 등을 식재한 후 그 위에 내부식성 코팅 철망을 부설한 다음 콘크리트제 가로보, 세로보나 와이어로프를 이용하여 미리 설치한 콘크리트 버팀주에 고정시키고 약 5~10cm의 복토를 실시함으로써 식물이 성장하면서 식생호안이 형성되도록 한다.

2.4.3 비탈면층공의 공법

1. 바자공

배면에 생버드나무 가지로 쉼을 만들어 세워서 토사를 채우고 쉼의 배면에 조약돌을 넣어서 토사의 유실을 막도록 한다.

2. 널판바자공

적당한 간격으로 말뚝을 박고 머리부분을 관목, 압목 등으로 연결하여 널판으로 바자를 만들어 호박돌, 자갈 등을 채운다.

3. 말뚝바자공

적당한 간격으로 어미말뚝을 박고 그 사이에 성목 및 말뚝을 붙여 박는 유형의

공법이다.

4. 널말뚝공

해안으로 유입되는 소하천에서 배가 접안하는 장소에 비탈덮기공과 비탈멈춤공을 생략한 직립호안으로 이용하기에 매우 편리하다.

2.4.4 호안의 밑다짐공

1. 호안 밑다짐에서 대표적인 공법으로는 콘크리트 십자블록, 사석공 및 돌망태공 등이 있다.

2. 콘크리트 블록

굴요성, 내구성을 증가시키기 위하여 콘크리트블록이 철봉에 의하거나 블록끼리 서로 물리게 하여 전체가 일체가 되어 유수에 저항하고 또한 굴요성을 충분히 갖도록 한 것이다. 블록형에 따라 H형, Y형, T자형 등이 있고 또 6각블록, 중공삼각, 테트라팟(tetrapod)등이 사용된다.

3. 사석공

사석은 가장 간단한 공법으로서 그 부근의 하상구성재료보다 큰 것 및 무거운 것을 적당히 사용하며 내구의 관점에서는 가장 좋은 공법이다. 최근에는 자연석이 아닌 인공사석도 사용되고 있다.

4. 돌망태공

수제 밑다짐으로서 병용하는 경우 이외는 대체로 비탈붙임공을 연장하여 밑다짐공과 겸용시키는 것이 보통이다. 혹은 비탈멈춤공의 앞면에 이것과 평행하게 2~3개를 설치하고 유형에 맞추어 고정시킨다.

2.5 호안의 유지관리

2.5.1 호안비탈 덮기

1. 돌쌓기, 돌붙임

돌쌓기 및 돌붙임공에서 탈석, 배부르기, 이음눈의 탈락 등은 파손의 원인이 되므로 유의하여야 한다.

2. 콘크리트 붙임

비탈면 하부의 토사유출을 방지하고 표면조도를 증가시켜 비탈면 자체의 안정을 도모해야 한다.

3. 콘크리트 블록붙임

블록 표면에 요철을 주고 연결강봉에 유의하여 굴요성을 갖도록 하고 뒷채움 콘크리트를 충분히 하여 이음 눈금에 모르타르로 채워서 토사 유출에 대비해야 한다.

4. 사석 호안

사석이 이탈되거나 침하하여 단면에 이상이 생겼을 경우는 즉시 적절한 크기를 갖춘 사석으로 보강하여야 한다.

5. 비탈붙이기 기초

비탈덮기 집중하중에 의한 기초지반의 처리 부실, 하상저하에 의한 토대목의 부상 또는 부식 등이 비탈붙임공의 파괴를 가져온다.

2.5.2 비탈멈춤공

1. 비탈멈춤공의 토대공은 한줄 토대, 사다리 토대 등으로 토대공의 절손을 발견하면 즉시 새로이 보완해야 한다.
2. 바자공은 바자공의 이면에 공동이 생기거나 상부면의 함몰, 바자공의 변형, 바자의 부패가 파손의 원인이 되므로 원인별로 유지보수를 하여야 한다.

2.5.3 호안 밀다짐공

1. 블록밀다짐공에서는 연결 철봉의 절단 또는 이면에 토사흡출이 파손을 초래하므로 원인별로 보수 및 보강에 힘써야 한다.

제 3 절 하상유지공

3.1 낙차공

3.1.1 낙차공의 정의

1. 하도의 계획종단형상을 유지하고 하상경사를 완화하기 위하여 계단식으로 설치한 공작물을 낙차공이라 한다.

3.1.2 낙차공의 기능

1. 하천의 경사를 완화하고 난류와 흐름의 방향을 조절하여 하상의 전반적인 세굴을 방지하는 기능이 있다.
2. 낙차공 시설에는 물받이공과 바닥보호공 시설이 있으며 직하류부의 세굴방지와 생태계 보호를 위하여 어도 등의 부대시설을 구비하여 환경파괴에 따른 역기능을 최대한 고려해야 한다.

3.1.3 낙차공의 높이

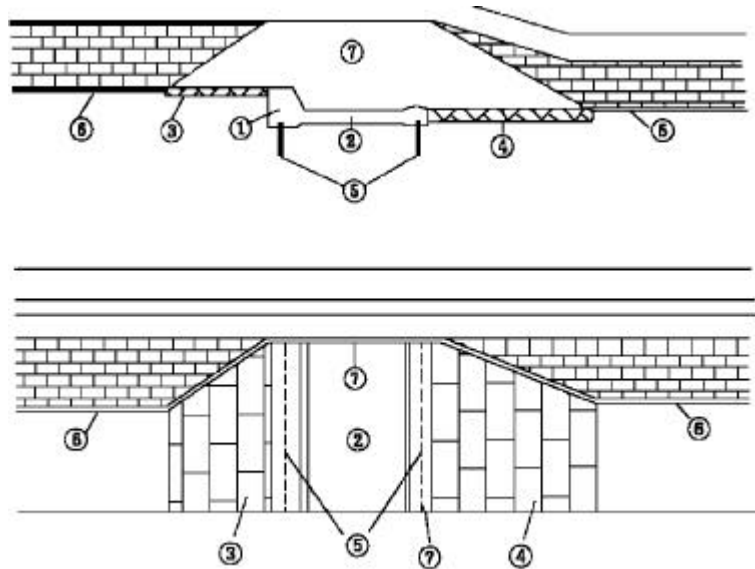
1. 계획하상경사는 하상변동자료를 이용하여 평형 하상경사가 이루어지도록 정하게 되나 상하류의 기존 수리권, 상하류 배수영향, 유출토사량, 공비, 유지관리의 난이도 등을 고려하여 결정하게 된다.
2. 소하천의 경우 가급적 높이를 낮게 하는 것이 바람직하다.

3.1.4 낙차공의 설계

1. 설계 기본사항

- (1) 낙차공은 계획홍수량에 대하여 안전한 구조이어야 한다.
- (2) 낙차공은 인근 하안 및 시설물에 현저한 지장을 주지 않는 구조이어야 한다.
- (3) 낙차공은 본체구조 및 지질 등에 대하여 안전한 기초공을 하여야 한다.
- (4) 낙차공은 일반적으로 본체, 물받이(Apron), 붙임호안으로 이루어지며, <그림

8.3.1>과 같이 여러 부분으로 구성된다. 또한 세부 설계단면 산정은 '제9장 보'편을 참조한다.



- ① 본체 ② 물받이 ③ 상류바닥보호공 ④ 하류바닥보호공
 ⑤ 차수벽 ⑥ 호안 ⑦ 불임옹벽

<그림 8.3.1> 낙차공의 각 부분 명칭

2. 본체

(1) 본체의 구조

낙차공의 본체는 강도, 내구성, 시공성 등의 장점이 있기 때문에 일반적으로 콘크리트 구조로 시공한다.

(2) 본체의 단면형

단면형은 하폭, 하상경사, 수위, 유량, 유속, 지질 등을 감안하고, 낙차공의 안정 조건 등을 고려하여 결정한다.

- ① 본체의 낙차는 2m 이내를 표준으로 한다.
- ② 본체기초의 깊이는 하류측 낙차공의 독마루 높이와 거의 일치시키거나 중복이 되도록 해야 한다.
- ③ 본체의 독마루의 폭은 최소한 1m로 한다.
- ④ 본체의 하류측 비탈면의 경사는 1:0.5이상으로 하며, 물의 낙하 등에 의해 생

길 수 있는 소음 방지 및 어족의 이동보호를 목적으로 1:1이하의 완만한 경사로 하는 것이 바람직 하다.

- ⑤ 본체의 상류측에도 적당한 경사를 둘 수 있으나, 대부분 수직으로 한다.

(3) 본체의 안정성

- ① 본체와 물받이가 일체로 되어 있지만, 안전성을 고려하여 본체 단독으로 안정 계산을 하여야 한다.
- ② 콘크리트의 설계강도는 180kg/m^2 을 표준으로 하나, 내구성이 다른 콘크리트를 사용하는 경우에는 콘크리트 표준시방서(건설부, 1982)를 기준으로 해야 한다.

3. 물받이(Apron)

(1) 물받이의 기능

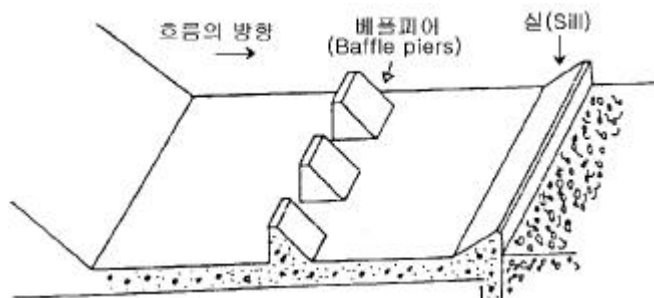
흐름의 과도한 운동에너지를 소멸시킴으로써 구조물 자체나 하류의 하상에 피해를 주지 않도록 하는 구조로서 감세공(energy dissipator)의 일종이다.

(2) 물받이의 필요성

낙차가 큰 낙차공의 경우에는 일반적으로 물받이가 필요하며, 특히 낙차공이 영구구조이면 물받이는 반드시 고려해야 한다.

(3) 물받이의 규모

- ① 물받이의 길이는 낙차의 2 3배로 하고, 물받침의 두께는 1m 전후로 하며 최소두께는 35cm로 해야 한다.
- ② 물받이의 경사는 원칙적으로 수평으로 하며 본체와 일체로 한다.
- ③ 물받이의 아랫부분에는 에너지 감세의 효과를 높이기 위해 <그림 8.3.2> 같이 배플피어(baffle pier)나 실(sill)등을 설치할 수 있다.



<그림 8.3.2> 물받이의 에너지 감세의 효과를 위한 예

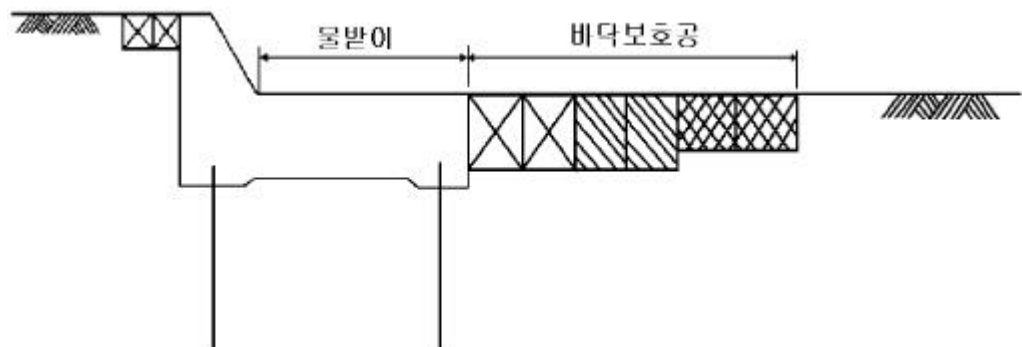
4. 바닥보호공

(1) 바닥보호공의 설치

- ① 하천의 상황등을 고려하여 특별한 경우를 제외하고는 원칙적으로 물받이가 설치되며, 그 하류에는 바닥보호공을 설치한다.
- ② 그 외에도 본체의 상류측에 바닥보호공이 설치되는 경우도 있으며, 단면도는 <그림 8.3.3>과 같다.

(2) 바닥보호공의 범위

- ① 바닥보호공은 공중, 상하류의 하상경사, 낙차, 유속, 하상의 지질등을 고려하여 결정한다.
- ② 하류 바닥보호공의 시공범위는 낙차공에 의한 유수의 영향이 없어진다고 추정되는 범위까지로 하고, 경험식 등에 의해 결정된다.
- ③ 상류 바닥보호공의 범위는 보통 하류 바닥보호공 범위의 $1/3 \sim 1/2$ 정도로 한다.



<그림 8.3.3> 바닥보호공

5. 불임호안 및 옹벽

(1) 불임호안의 설치

불임호안은 흐름의 작용에 대해 하안 또는 제방의 세굴을 방지할 수 있는 구조로 설치해야 한다. 단, 지질의 상황 등에 의해 세굴의 염려가 없거나, 기타 치수상의 지장이 없으면 설치하지 않아도 된다.

3.1.5 낙차공의 시공

1. 시공일반

- (1) 저수로에 설치하는 콘크리트 낙차공의 경우는 가물막이공에 의한 육상 시공이 불가피하다.
- (2) 가물막이는 수중에 설치되므로 외부에서 주로 수압이 작용하게 된다. 가물막이 공은 이 수압에 견딜수 있는 충분한 강도를 갖는 동시에 낙차공의 육상시공을 용이하게 하여야 하므로 지수공으로서의 수밀성을 가진 구조이어야 한다.
- (3) 낙차공의 시공계획시 가물막이공의 설치와 작업조건이 특히 곤란하지 않다면 다소 공사비가 증가하여도 육상시공을 하는 것이 좋다.

2. 시공계획

- (1) 낙차공은 하천을 횡단하여 축조하는 구조물이므로 그 주요부분의 작업이 수면 하에서 이루어 진다. 따라서 시공계획을 수립할 때 하천유량의 변화에 대한 대책수립과 시공 마무리 단계에 대한 작업계획을 면밀히 세워야 한다.
- (2) 낙차공의 공사가 제방의 오픈 컷을 수반하는 경우에는 우기를 피하여 시공할 필요가 있으며, 시공마무리의 좋고 나쁨이 공사의 성패를 좌우하기 때문에 시공 마무리 작업과정을 면밀히 검토한다.

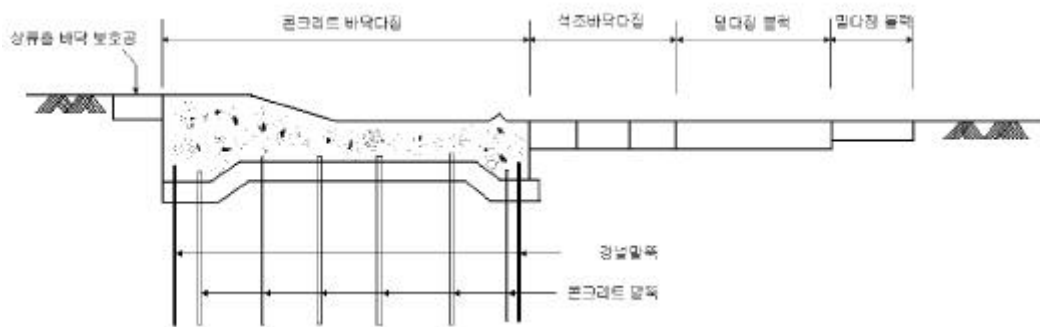
3. 콘크리트 시공

콘크리트 낙차공의 구조 예는 <그림 8.3.4>과 같으며 시공상 유의할 사항은 다음과 같다.

- (1) 육상시공으로 한다.
- (2) 침투류에 의한 기초 아래의 관공작용을 방지하기 위하여 다른 하천구조물과 같이 기초처리에서 자갈과 율석 등 투수성이 큰 재료를 사용하지 않도록 하며, 차수널말뚝을 정확히 타입하는 것이 중요하다.
- (3) 기초지반이 충분한 지내력이 있다고 하여도 터파기를 할 때 주위의 지반이 이완되고, 용출수를 배수할 경우 지반이 이완되어 부등침하가 발생할 수 있으므로, 이를 방지하기 위한 기초처리가 충분히 이루어져야 한다.
- (4) 기초지반에 널말뚝을 타입하기 곤란할 경우에는 콘크리트 차수벽을 설치하여야 한다. 이때 굴착에 의해 주위지반이 이완되므로 다시 메울 때 부등침하가 일어나지 않도록 한다.
- (5) 본체는 일반적으로 기초말뚝으로 지지되기 때문에 침하는 일어나지 않지만, 상

하류에 위치한 호안은 성토시공의 경우는 물론 일반적인 시공후에도 지반에 압밀침하가 일어나기 때문에 본체와의 붙임부분에 단차 또는 균열이 생기고 뒷채움 토사가 유출되어 파손되기 쉽기 때문에 접합부를 완전하게 하여야 한다.

- (6) 일반적으로 본체는 콘크리트로 하고 본체 상하류의 물받이 및 바닥보호공은 큰 콘크리트 블록 등이 이용된다



<그림 8.3.4> 콘크리트 낙차공 및 상하류 보호공

4. 안전검토

낙차공에 낙하하는 물의 에너지에 대한 본체의 전도, 활동 등에 대한 안전을 검토해야 한다.

(1) 파이프(piping)현상의 검토

낙차공은 대부분 투수성지반에 설치되므로 본체 상하류의 수위차로 밑면의 투수층에 물이 흐르고, 그 유속 때문에 미세한 토립자가 이동하여 공동현상이 나타나 본체가 파괴될 염려가 있기 때문에 파이프 현상에 대한 검토를 해야 한다.

(2) 퀵 샌드(quick sand) 현상의 검토

퀵 샌드 현상에 의하여 낙차공 기초지반의 지내력이 약화되어 본체에 악영향을 미치므로 이에 대한 검토를 해야 한다.

(3) 본체의 역학적 안정의 검토

- ① 본체에 작용하는 외력의 전도 및 활동에 대한 검토를 해야 한다.
- ② 파이프현상에 대한 안전도 판정에는 크리이프비(Creep ratio) $C = L/H$ 가 사용된다. 계산된 C 값이 <표 8.3.1>에 나타난 값보다 크면 안전하다.
- ③ <그림 8.3.5>를 참조하면 침투유로장 L은 다음 식과 같고, H는 상하류의 수위차이다.

$h_1 > h_2$, $L_2 > 2h_1$ 일때

$$L = L_1 + 2h_1 + L_2 + 2h_2 + L_3 \quad (8.3.1)$$

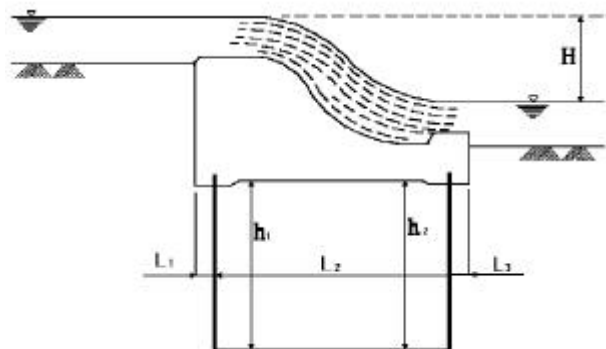
$h_1 > h_2$, $L_2 < 2h_1$ 일때

$$L = L_1 + h_1 + L_2 + h_2 + L_3 \quad (8.3.2)$$

<표 8.3.1> $C = L/H$ 의 한계치

구 분	C 의 한계치
미세한 모래 또는 실트	18
고은 모래	15
굵은 모래	12
모래섞인 자갈	9
울석을 포함한 큰자갈	4 ~ 6

- ④ 또한 본체내에서 충분한 L값이 얻어지지 않는 경우에는 물받이 길이로 부족분을 보완할 수도 있다.



<그림 8.3.5> 침투경로

- ⑤ 퀵 샌드 현상이 일어나는 침투수의 한계 동수경사 i_c 는 G_s 와 e 를 각각 토

립자의 비중 및 공극비라고 하면 아래 식으로 계산된다.

$$i_c = \frac{G_s - 1}{1 + e} \quad (8.3.3)$$

- ⑥ 안전율을 F_s 라 하면 L 을 다음 식으로 결정할 수 있다. 일반적으로 $F_s > 5$ 정도의 값을 택한다.

$$L = F_s \cdot \frac{H}{i_c} \quad (8.3.6)$$

3.1.6 낙차공의 유지관리

1. 낙차공도 모든 하천 구조물과 같이 이상 발생여부를 항상 잘 조사해야 한다.
2. 콘크리트부분은 균열 등의 발생시 조기 수선이 이루어지도록 하여야 한다. 특히 본체 하류단의 세굴은 즉시 보강수선을 실시해야 한다.
3. 물받이는 항상 주의하여 관리하여야 하며 이상이 발견된 장소는 즉시 수리하여야 한다.
4. 본체 기초공의 결함은 먼저 물받이 부분에 나타나게 된다. 물받이의 일부 함몰, 균열 등의 이상이나 지하누수 등은 발견 즉시 수리할 필요가 있다.
5. 하류부의 밑다짐공 및 불임호안 등은 파손되기 쉬우므로 특히 그 유지에 주의하여야 한다.
6. 하류부는 세굴의 위험이 많다. 밑다짐공이 설치되어 있어도 그 보다 하류가 깊게 세굴되어 드러나게 될 경우도 있다. 이러한 경우 밑다짐공을 연장하거나 본래의 밑다짐공을 낮게 다시 설치하거나 현장상황에 맞는 방법으로 수리하여야 한다.

3.2 바닥다짐공

3.2.1 바닥다짐공의 정의

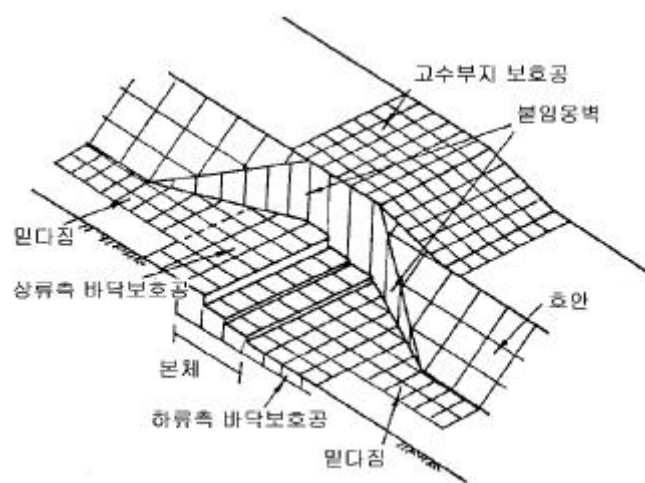
1. 하상이 세굴되어 이·치수 상의 장애를 초래할 우려가 있는 경우에 하상의 높이를 유지하기 위해 하천을 횡단하여 설치하는 공작물을 바닥다짐공이라 한다.

3.2.2 바닥다짐의 기능

1. 홍수터의 유지
2. 하상저하의 방지
3. 하상비탈의 완화
4. 국부적 세굴방지
5. 난류의 방지

3.2.3 바닥다짐의 구조와 이해

1. 바닥다짐공이 제기능을 발휘하고 수리적으로 합당한 시설이 되어야 하나 최근에는 단순낙차 시설로 흔히 설치되고 있는 실정이다.
2. 이러한 시설은 수리적으로 불안전함은 물론이며 어류이동이 불가능 하도록 되어 있다. 결과적으로 국부세굴에 따른 수해는 물론 하천환경까지도 손괴시키는 결과를 초래하고 있으므로 반드시 시정되어야 한다.
3. 바닥다짐공의 구조는 ① 본체, ② 바닥보호공, ③ 밑다짐으로 이루어져 있으며, 각 부분의 명칭은 <그림 8.3.6>과 같다.



<그림 8.3.6> 바닥다짐공(대공) 각 부분의 명칭

3.2.4 바닥다짐공의 종류

1. 콘크리트공 (낙차공과 유사하므로 정확히 판단하여 적용)
2. 찰쌓기 돌붙임공
3. 메쌓기 돌붙임공
4. 방틀공
5. 침상공

3.2.5 바닥다짐공의 설계

1. 설계기본사항
 - ① 기존 수리권 장애여부 검토
 - ② 상하류 수해여부 검토
 - ③ 제내지 내배수에 지장여부검토
 - ④ ① ③ 에 영향을 주지 않는 범위에 위치 선정하고 바닥다짐 높이를 결정해야 한다.
2. 세부설계
 - ① 구조적으로 기초는 침하, 세굴, 활동, 전도 등에 안전하도록 설계되어야 하며 상·하류 수위차에 의한 침투수 차단을 위해 충분한 차수벽을 두어야 한다.
 - ② 수리적으로 하상저하가 예상되는 하천에 있어서 현 하상에 대한 각 단면의 유량을 계산하여 장래의 세굴의 정도를 추정하고 바닥다짐의 위치, 높이 등을 가정하여 수위계산을 하고 유사량을 계산하여 안정한 하상이 유지되도록 바닥다짐의 배치와 높이를 결정한다.
 - ③ 바닥다짐공이 낙차를 가진 경우에는

$$h = (S - S_1) \ell$$

$$\ell = \frac{h}{S - S_1} \text{ 식에 근거하여 바닥다짐공의 간격을 두도록 한다.}$$

S = 재래하상경사

S_1 = 바닥다짐공에 의해 완화된 경사

h = 낙차(바닥다짐후)

ℓ = 바닥다짐공의 간격

3.2.6 바닥다짐공의 시공 및 유지관리

1. 바닥다짐공의 시공 및 유지관리는 본 장 3.1.5 및 3.1.6 편을 참조한다.

3.3 밑다짐공

3.3.1 밑다짐공의 정의

1. 하천시설물 및 하천시설물의 기초가 세굴될 우려가 있는 곳에 세굴을 방지하기 위하여 설치하는 공작물을 밑다짐공이라 한다.

3.3.2 밑다짐공의 종류

1. 사석다짐
2. 콘크리트 블록 다짐
3. 방틀다짐
4. 돌망태

3.3.3 밑다짐공의 설계

1. 설계기본사항
 - (1) 당해 하천의 종합적 현황(유역크기, 하폭, 유량, 하천의 경사 등)파악
 - (2) 당해지점 수리현황(유량과 유속, 난류 등)과 허용범위를 파악
2. 세부설계

허용유속 및 소류력을 파악하여 제방, 호안, 보, 바닥다짐 등의 밑다짐공으로 상기의 종류 중에서 기본사항을 감안하여 적당한 것을 적용한다

3.3.4 밑다짐공의 시공 및 유지관리

1. 밑다짐공의 시공은 본장 1.2.4 ‘호안의 시공’편을 참조하여 시행한다.
2. 침상에서는 채움돌, 돌붙임, 사석 등이 유실되기 쉽고 목공침상틀류 등에서는 격

자가 파괴될 수 있다. 블록 밑다짐에서는 연결철봉의 절단 또는 뒷면토사의 유출이 파괴를 초래하므로 원인별로 보수 및 보강에 힘써야 한다.

3. 콘크리트 블록은 연결철근이 절단되면 밑다짐의 효과를 상실하므로 즉시 보수해야 한다. 밑다짐의 부분손상에 대한 보수 및 밑다짐 보강에는 밑다짐 선단과 상부에 사석을 설치한다. 사석의 크기는 경험공식으로 구하고 보통 큰 콘크리트 덩어리, 테트라포트 등을 사용하기도 한다. 또한 유수에 의해 이면의 토사가 유출되어 공동이 생겼을 때는 호박돌, 자갈, 사석 등으로 채운다.
4. 또한 콘크리트 블록상단 등에서는 연결철선의 절단부분을 찾아서 보수하며 굴요성을 회복하도록 해야 하고 말뚝박기 한쪽 돌방틀에서는 말뚝의 부식 및 파손으로 유실된 채움돌의 보충은 물론 말뚝을 교환하거나 보수해 주어야 한다.

제 4 절 옹벽

4.1 일반사항

4.1.1 옹벽의 정의

1. 옹벽은 자연상태의 원지반을 절토하거나 성토함으로써 생기는 배후의 토사붕괴 및 변형을 방지하여 배면토사의 안정을 유지하는 경우와 하폭을 확장하기 곤란한 경우 등에 설치하는 구조물이다.

4.1.2 옹벽의 기능

1. 옹벽공은 벽체공(구체)과 기초공으로 대별되며 벽체공은 하도의 홍수소통 증대를 위해 굴착, 절토한 하안의 절토부와 제방축조를 위한 성토부전면에 호안 겸용으로 설치하는 구조물로서 홍수시 수리특성과 하상세굴에 충분히 대응할 수 있는 구조로 한다.
2. 특히 우리나라 소하천 하폭의 대부분이 10m 이내이고 제방의 높이는 3 ~ 5m 이내로서 하도의 소통능력 증대를 위해 제방축조시와 하도굴착시 용지매수, 주택철거 등으로 공사비 증대와 민원발생으로 인하여 중·대 하천과 같이 제내외 비탈경사

를 1:1.5 1:2.0로 하도계획 및 개수공사가 곤란한 점에 유의해야 한다.

4.1.3 옹벽의 종류

1. 옹벽의 형식은 석축 및 콘크리트 블록쌓기, 중력식 옹벽, 반중력식 옹벽, 캔틸레버식옹벽, L형식 옹벽, 지지식 옹벽, 부벽식 옹벽으로 분류하며 하도계획 단면, 설치장소의 지형, 주변구조물의 영향에 따른 옹벽높이 등을 고려하여 목적에 합당한 형식을 선정해야 한다.

4.2 옹벽설계

1. 설계기본사항

- (1) 옹벽은 ①전도, ②활동, ③허용응력, ④기초지반의 지지력과 침하에 대해 안정해야 한다.
- (2) 옹벽은 기초지반 상태와 외력조건에 의하여 기초처리가 필요한 경우가 많으므로 지지력에 대한 충분한 검토를 하여야 한다.

2. 옹벽형식의 분류 및 특성

- (1) 석축 및 콘크리트블록 쌓기옹벽
 - ① 비탈경사가 급한 비탈면 보호에 설치하며 배면의 원지반이 안정되어 있거나 성토부의 다짐이 양호하고 토압이 작은 경우에 적용한다.
 - ② 쌓기옹벽에는 메쌓기와 찰쌓기가 있고 메쌓기는 토압이 작은 지점에 설치하며 벽높이 2.0m 3.0m 이하에서 좋으며 찰쌓기는 메쌓기에 비하여 신뢰성이 높고 뒤채움 콘크리트로 보강할 경우에는 5.0m 정도의 높이까지 쌓을 수 있다.
 - ③ 현재까지 우리나라 소하천의 개수공사는 하도 확폭시 비탈면 및 성토부 제외지에 중대 하천과 같은 개수방식과 다르게 석축이 널리 이용되어 왔으나 근년에 들어 전문 기능공의 부족, 석축재료의 구득난 때문에 콘크리트 옹벽을 설치하는 경향이 많으나 콘크리트 옹벽설치가 불가피한 개수지구를 제외하고는 석축으로 설치함이 좋다.
 - ④ 석축 및 콘크리트 블록쌓기 옹벽의 높이 및 비탈경사는 다음 <표 8.4.1>을 표준으로 한다.

<표 8.4.1> 석축 및 콘크리트 블록쌓기 옹벽표준

구 분		연직 높이(m)	비탈경사
돌쌓기 콘크리트블록쌓기	찰 쌓 기	3 ~ 5	1 : 0.5
		3 미만	1 : 0.3
	메 쌓 기	3 미만	1 : 1.0

(2) 중력식 옹벽

- ① 중력식 옹벽은 자중에 의하여 토압을 지지하는 형식이기 때문에 벽높이가 높아지면 옹벽의 규모도 비약적으로 커지므로 높이 3.0m 이하의 경우에 적합하다.
- ② 옹벽의 자중이 크기 때문에 기초지반이 견고한 장소에 쓰이며 지지력 부족에 의하여 부등침하가 예상되는 경우에는 특별한 기초처리를 해야 한다.

(3) 반중력식 옹벽

- ① 중력식 옹벽과 마찬가지로 자중에 의하여 안정시키지만 단면에 생기는 인장응력을 철근으로 보강하는 형식이다.
- ② 5.0m 이하의 높이에 적당하다.

(4) 지지식 옹벽

- ① 지지식 옹벽은 원지반, 뒤퇴움흙 등에 의해 지지되면서 토압에 저항하는 형식이기 때문에 원지반 뒤퇴움흙의 변형이 없는 경우에 사용된다.
- ② 높이 2.0 ~ 8.0m 정도에 많이 사용된다.

(5) 캔틸레버식 옹벽

- ① 철근 콘크리트 구조로서 자중뿐만 아니라 뒤퇴움 토사의 중량을 포함하여 토압에 저항하는 형식으로 중력식이나 반중력식에 비하여 콘크리트 재료가 절감된다.
- ② 높이 3.0 ~ 9.0m에서 많이 사용되고 있으며 벽높이가 변화하는 경우에는 연직벽 및 바닥슬라브 치수의 증감을 간단히 할 수 있다.

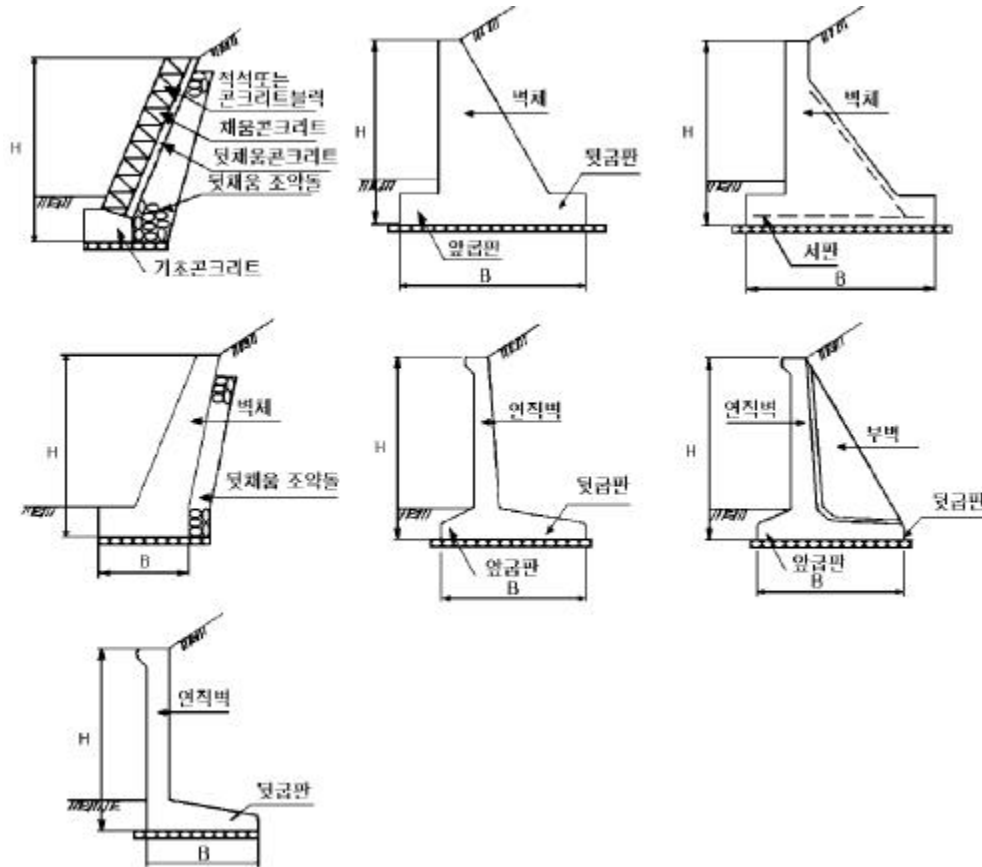
(6) 부벽식 옹벽

- ① 바닥판상의 흙 중량을 포함하여 토압에 저항하는 것은 역T형식과 동일하나 구조적으로 부벽을 설치함에 의하여 연직벽 및 바닥판에 가해지는 응력을 경감하고 부재를 얇게 할수 있다는 장점이 있다.

② 벽높이는 8.0 ~ 11.0m 정도에 많이 사용된다.

(7) L형 옹벽

① 앞굽판이 없으므로 옹벽의 안정조건에 불리하므로 높이 5m 이하에서 사용함이 적당하다. 이상의 옹벽형식은 <그림 8.4.1> 과 같다.



<그림 8.4.1> 옹벽의 형식

3. 옹벽형식 선정

(1) 하도개수시 옹벽 선정은 다음과 같은 제반조건을 충분히 고려하여 옹벽형식을 선정한다.

- ① 하상의 변동 상황 및 장래추이
- ② 토질 및 지질조건
- ③ 시공성

④ 경제성

(2) 옹벽의 선정 기준은 <표8.4.2>, 사용범위는 <표8.4.3>과 같다.

<표 8.4.2> 옹벽 선정기준

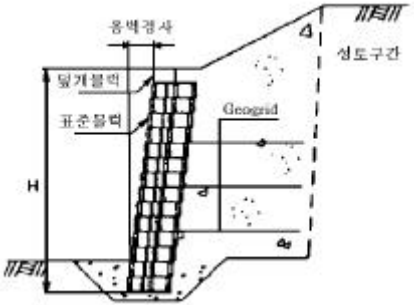
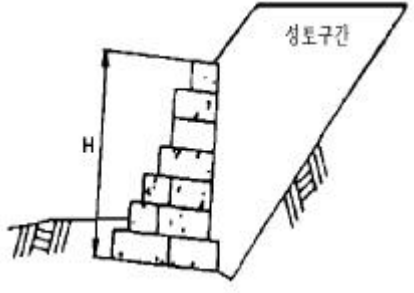
구 분 옹벽형식	지반에의 적응성			경 제 성		시공성
	직접기초 지반	절토면	성토면	5m 이하	5m 9m	
석축및콘크리트 블록쌓기	○	○	△	○	-	○
중 력 식	○	○	×	○	-	○
지 지 식	○	○	×	○	○	△
역 T 형 식	○	×	○	○	○	△
부 벽 식	○	×	○	×	△	△

(주) ○ : 적당, △ : 보통, × : 부적당

<표 8.4.3> 옹벽 사용범위

H (m)		2	4	6	8	10	12
옹벽형식	석축 및 콘크리트 블록쌓기	찰쌓기					
		메쌓기					
중 력 식							
지 지 식							
역 T 형 식							
부 벽 식							

- (3) 우리나라 소하천은 하상과 제방고의 표고차가 대부분 3m 이내로서 여러 가지 옹벽형식중 소하천 개수에 적합한 형식은 석축쌓기, 중력식, 반중력식, 역T형 옹벽이며 지지식 옹벽은 성토면에서는 부적당하며, 부벽식 옹벽은 옹벽높이가 높은 경우에 적합하므로 소하천에는 적용하기 곤란하다.
- (4) 기존옹벽외 쌓기 옹벽의 변형으로 최근 개발되고 소하천 개수공사에 적용성이 있다고 판단되는 “블록식 보강토 옹벽”과 “돌바구니 옹벽”을 약술하면 다음과 같다.

	블록식 보강토 옹벽	돌바구니 옹벽
공 법 개 요 요 도		
특 징	- 구조물의 평면선형에 따라 자유자재로 시공 가능하다. - 필요시 무늬 및 색깔을 조절할 수 있다. - 외력에 의한 블록 파손시 구체가 유지됨. - 시공이 간편하며, 사용자재가 공장 제품으로 품질관리가 용이하며 작업이 신속하다.	- 옹벽복구시 항구복구와 결합할 수 있다. - 전천후 시공이 가능하다. - 고도의 기술이 필요치 않다. - 주자재(쇄석 및 호박돌)의 확보가 용이한 지구는 적용성이 크다.

4. 세부설계

옹벽설계에 대한 상세한 사항은 「도로교 시방서」(건교부, 1996a)를 참조하도록 하며 옹벽설계시 고려되는 일반적인 사항은 다음과 같다.

(1) 하중

- ① 옹벽에 작용하는 하중은 자중, 과재하중 및 토압의 조합으로 한다.
- ② 자중은 옹벽구체의 중량 및 저판위의 흙의 중량을 포함하며 자중계산에 쓰이는 재료의 단위 중량은 별도 시험성가에 의한 것을 제외하고는 다음 표의 값을 써도 좋다.

<표 8.4.4> 자중계산에 쓰이는 재료의 단위 중량

재 료 명	단위중량(t/ m ³)	재 료 명	단위중량(t/ m ³)
철근콘크리트	2.5	메 쌓 기	2.0
무근콘크리트	2.35	자 갈	2.0
모 르 터	2.1	모래, 사질토	1.9
찰 쌓 기	2.3	실트, 점성토	1.8

- ③ 과재하중(상재하중) q 는 소하천 제방이 도로 겸용일 경우는 「한국도로공사」 편 「옹벽의 설계 기준」에 따르고 단순제방일 경우의 과재하중 조건은 책임기술자의 판단에 의하되 어떤 경우이든 옹벽의 안정이 전제가 되어야 한다.
- ④ 토압은 랭킹(Rankine)의 토압공식을 사용함을 원칙으로 하며 필요시 Coulomb, Terzaghi 등 타공식과 비교하되 이 경우는 토질시험을 하여 설계토 질정수를 정하고 그 결과에 기초하여야 한다.
- ㉠ 랭킹의 토압공식

$$P_a = \frac{1}{2} r H^2 K_a = \frac{1}{2} r H^2 \left(\tan^2 45^\circ - \frac{\emptyset}{2} \right) \quad (8.4.1)$$

$$P_p = \frac{1}{2} r H^2 K_p = \frac{1}{2} r H^2 \left(\tan^2 45^\circ + \frac{\emptyset}{2} \right) \quad (8.4.2)$$

- ㉠ 여기서 r : 흙의 단위중량(t/m^3) K_a : 주동토압계수
 H : 지표면에서 하중을 고려하는 지점까지 높이(m) K_p : 수동토압계수
 $\emptyset$: 뒤채움 흙의 내부마찰각 P_a : 주동토압(t/m^2)
 P_p : 수동토압(t/m^2)

- ⑤ 지진의 영향은 고려하지 않아도 된다. 만약 옹벽의 높이가 높아(8m 이상) 지진을 고려하고자 하면 책임기술자의 판단에 따른다.
- ⑥ 홍수위의 급강하시 필요하다고 판단되는 경우는 수압을 고려할 수 있다.

(2) 안정성 검토

- ① 옹벽의 안정성은 활동에 대한 안정, 전도에 대한 안정, 허용응력에 대한 검토, 기초지반의 지지력에 대한 안정을 검토하여야 하며 현지실정 및 규모에 따라 필요시는 배면성토 및 기초지반을 포함하여 전체적인 안정에 대하여도 검토하여야 한다.
- ② 활동에 대한 안정 : 활동에 대한 저항력은 옹벽에 작용하는 수평력의 2배 이상이 되어야 한다. 즉 활동에 대한 안전율(F_s)이 2.0 이상이 되어야 하는데 이는 다음 식에 의하여 구한다.
- ㉠ 활동에 대한 안전율

$$F_x = \frac{\text{활동에 저항하려는 힘}}{\text{활동하려는 힘}} \quad (8.4.3)$$

$$= \frac{(W + P_v) \tan \delta + C \cdot B}{P_H}$$

- ㉔ 여기서 W : 자중 및 재하량
 P_v : 토압합력의 연직분력
 P_H : 토압합력의 수평분력
 $\tan \delta$: 옹벽저판과 기초지반사이 마찰계수 (0.4 ~ 0.7)
 C : 옹벽저판과 기초지반사이 점착력
 B : 옹벽의 저판폭
- ㉕ 옹벽은 활동에 의하여 밀려나는 수가 많으므로 활동에 대한 안전율을 크게 취하고 있다.
- ㉖ 그러나 계산된 안전율이 2.0보다 작은 경우 일반적으로 옹벽의 폭을 늘리거나 활동방지벽(key)을 두는데 활동방지벽을 설치하는 경우 벽체의 주철근이 활동방지벽에 배근되도록 하는 것이 좋다. 그러나 활동방지벽은 기초지반이 암반 등의 견고한 지반인 경우, 활동방지벽의 시공에 있어서 그 지반을 교란시키지 않음과 동시에 주변 지반과 활동방지벽의 밀착성이 충분히 확보되어야 그 효과를 기대할 수 있다.
- ㉗ 따라서, 자갈, 모래, 점성토 등의 지반에 있어서는 활동 방지벽을 설치하는 것이 좋다.
- ③ 전도에 대한 안정 : 전도에 대한 저항모멘트는 횡방향토압에 의한 전도모멘트의 2배 이상이라야 한다. 즉 전도가 일어나지 않게 하기 위해서는 안전율(F_s)이 2.0 이상이 되어야 하는데 안전율은

$$F_s = \frac{\text{저항모멘트}}{\text{전도모멘트}} = \frac{W \cdot a + P_v \cdot b}{P_H \cdot h} \quad (8.4.4)$$

a : 옹벽선단과 W 의 중심과의 거리

b : 옹벽선단과 P_v 작용점과의 수평거리

h : 옹벽선단과 P_H 의 작용점과의 연직거리

- ④ 기초지반의 지지력에 대한 안정 : 옹벽저면에 작용하는 합력의 작용점이 중앙의 1/3이내에 있을 때 저면 양끝의 지지력은 다음과 같다.

- ㉘ 저면 양끝의 지지력

$$q_1 = \frac{P_v + W}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) \quad (8.4.5)$$

$$q_2 = \frac{P_v + W}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) \quad (8.4.6)$$

㉔ 지반지지력 q_1 및 q_2 는 허용지지력 q_a 를 넘지 않아야 한다. 즉

$$q_1 \text{ 및 } q_2 < q_a = \frac{q_{ult}}{F_s} \quad (8.4.7)$$

㉔ 여기서, q_a : 지반의 허용지지력

q_{ult} : 지반의 극한지지력

F_s : 극한지지력에 대한 안전율(3.0)

㉔ 기초지반의 지지력은 재하시험, 토질시험의 결과로 계산에 의해 구하는 것이 좋지만, 구조물의 중요도 등을 고려하여 높이 8m 이하의 옹벽에 있어서는 추정
에 의하여 구해도 좋다. 추정에 의하여 지반의 지지력을 구하는 경우에는 다
음 <표 8.4.5>에 의한다.

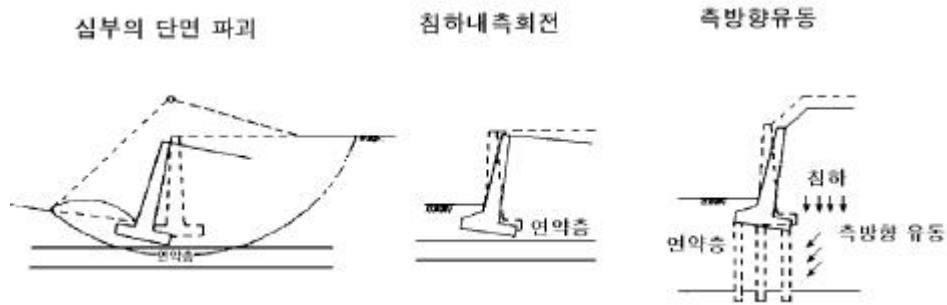
<표 8.4.5> 지반의 허용지지력

기초지반의 종류		상시 (t/ m ²)	지진시 (t/ m ²)	목표로 하는 값		비 고
				N 치	일축압축 강 도 (kg/ cm ²)	
암 반	균열이 적은 균일한 사암	100	150	-	100이상	
	균열이 많은 경암	60	90	-	100이상	
	연암, 풍화암	30	45	-	10이상	
자갈층	밀 실 한 것	60	90	-	-	표준관입 시험의 N치가 15이하인 경우에는, 기초 지반으로서 부적 당
	밀실하지 않은 것	30	45	-	-	
사질지반	밀 실 한 것	30	45	30 50	-	
	보 통 의 것	20	30	15 30	-	
점성토지반	몹시 단단한 것	20	30	15 30	2.0 4.0	
	단단한것	10	15	8 15	1.0 2.0	
	보통의 것	5	7.5	4 8	0.5 1.0	

㉔ 전체적인 안정 : 연약층을 포함한 지반의 옹벽은 옹벽 배면의 흙쌓기 중량에
의해 <그림 8.4.2>에 나타나 있는 지반 내에서 파괴가 생기거나, 압밀침하나 연
약층의 측방향 유동이 생겨 옹벽의 변위 경사가 일어나는 일이 있으므로 지반
을 포함하여 전체적인 안정에 대하여 검토하여야 한다.

㉔ 연약지반을 포함하여 지반 전체의 안정을 검토할 때는 일반적으로 원호활동
의 계산을 한다.

- ㉔ 옹벽 시공후의 전면과 배면과의 침하량의 차이에 대하여 검토한다.
- ㉕ 필요시 측방향 유동에 대하여도 고려한다.



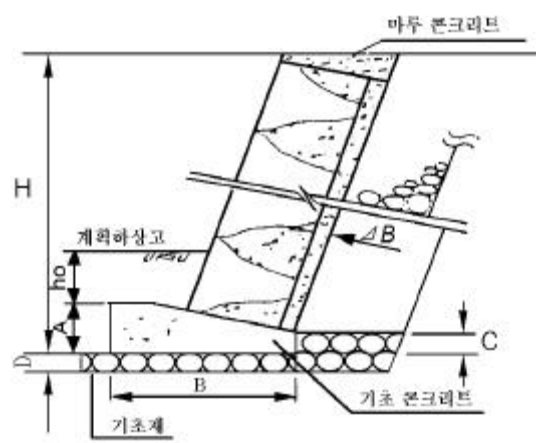
<그림 8.4.2> 연약층이 있는 지반에 대한 옹벽의 안정

(3) 옹벽 구체 설계

- ① 옹벽구체는 토압을 지지함에 충분히 안정해야 하며 토압과 자중의 합력에 의해 구체의 파괴 및 붕괴가 발생하지 않도록 설계하여야 한다.
- ② 석축 및 콘크리트 블록쌓기 옹벽
 - 가 석축 및 블록쌓기 옹벽의 안정은 콘크리트조 옹벽과 달리 쌓기재의 상호물림에 의하여 유지되는 것이므로 쌓기옹벽 전체로서의 전도 또는 활동이 생기지 않도록 하기 위하여 옹벽의 중량과 토압의 합력이 옹벽단면의 중앙 1/3이내에 들어오도록 한다.
 - 나 쌓기옹벽은 벽두께가 얇기 때문에 이에 대응할 수 있는 토압의 범위가 좁은 단점이 있지만 다른 흙막이 구조물에 비해 재료구하기와 시공이 용이하다는 장점이 있다.
 - 다 쌓기옹벽의 파괴원인으로는 기초의 침하, 배수불량에 따른 토압의 증가, 뒷채움재의 침하등으로 인한 벽면의 균열 등이 발생할 수 있으므로 특히 배수시설을 충분히 고려해야 한다.
 - ㉠ 쌓기법과 구조 : 쌓기의 방법에는 커쌓기와 골쌓기가 있으나 골쌓기를 원칙으로 한다. 또 구조적인 면에서 찰쌓기와 메쌓기로 구분 되는데 하도내는 필히 메쌓기를 원칙으로 해야 한다.
 - ㉡ 뒷채움 : 뒷채움 콘크리트의 두께는 10cm 내지 20cm로 한다. 뒷채움재의 마무리(천단)는 지표수의 침입을 방지하기 위하여 지표하 30cm 정도로 뒷채움을

하고, 마루의 수평폭은 30cm 정도로 함이 좋다.

- ㉔ 마루(천단) 및 기초콘크리트 : 마루 및 기초콘크리트의 일반구조는 <그림 8.4.3>과 같고 <표 8.4.6>은 마루 및 기초콘크리트의 일반적 규격예를 제시하였는 바 마루 콘크리트의 경우 벽의 높이가 변화하는 경우 이를 적당히 증감하고 기초재료에 대해서도 기초부가 암반이거나 연약지반인 경우 등은 충분히 검토한 후 그 채택 여부를 결정해야 한다.

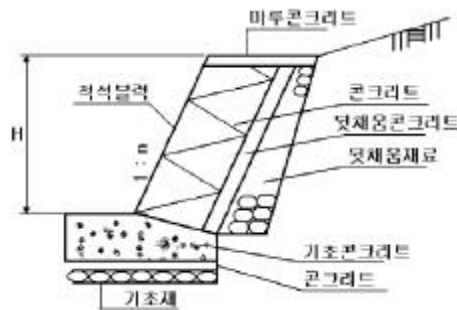


<그림 8.4.3> 마루 및 기초콘크리트 단면

<표 8.4.6> 마루 및 기초콘크리트 규격 예

H	A	C	D	B		
				$\Delta B=0$	$\Delta B=10$	$\Delta B=20$
1.0 1.5m	25cm	15cm	10cm	45cm	55cm	65cm
1.5 3.0m	30cm	15cm	15cm	45cm	55cm	65cm
3.0 5.0m	40cm	25cm	20cm	45cm	55cm	65cm

- ㉕ 다음 <그림 8.4.4>는 쌓기옹벽 각 부분의 명칭을 표시하였고, <표 8.4.7>는 쌓기옹벽의 높이에 따른 절토시의 법면구배와 뒷채움 두께에 관한 예이다.



<그림 8.4.4> 쌓기 옹벽의 각 부분 명칭

<표 8.4.7> 비탈경사와 옹벽의 높이

옹벽의 높이 (m)		1.0 1.5	1.5 3.0	3.0 5.0
비탈경사	성 토	1 : 0.3	1 : 0.4	1 : 0.5
	절 토	1 : 0.3	1 : 0.3	1 : 0.4
뒤채움두께(하부) (cm)		30 60	45 75	60 100

- ㉔ 기초의 깊이 : 특히 소하천에서 쌓기옹벽 형식으로 축제 및 호안을 설치할 때 쌓기 옹벽의 파괴는 기초 세굴에 의한 것이 많으므로 충분한 기초 및 깊이로 설계하여야 한다. 우리나라 중소하천인 경우 호안의 기초깊이는 계획하상에서(현 하상이 계획하상보다 깊은 경우에는 현하상에서) 0.5m 이상 유지되도록 하고 있으므로 다음과 같은 곳에서는 더 깊게 하는 것이 좋다.

- 수충부로서 하상세굴이 진행되고 있거나 예상되는 곳
- 보 및 낙차공의 상하류
- 침수로등 하상저하가 예상되는 소하천

- ㉕ 일반적인 기초깊이의 결정방법은 하도계획에 의해 미리 정하여진 계획하상에 홍수시의 일시적인 세굴을 고려하여 결정하고 있으나 계획하상이 정해져 있지 않을 때나 이미 계획하상보다 현재의 하상이 낮을 때에는 현재의 최심하상에 일시적 세굴을 고려하여 결정할 수 있다. 이 경우 홍수시의 일시적 세굴깊이는 다음 <표8.4.8>을 참고로 하되 동결심도를 고려하여 당해 하천의 수리특성에 의해 홍수시 세굴깊이와 동결심 중에서 큰 값을 취함이 좋다.

<표 8.4.8> 홍수시 일시적 세굴깊이 (단위: m)

하 상 재 료	홍수시 하안의 유속		
	3m / s 이상	3 2m / s	2m / s 미만
조약돌 이상의 입경	1.0	0.5	-
자갈 정도의 입경	1.5	1.0	0.5
잔 자갈 정도의 입경	1.5이상	1.5	1.0

㉠ 바닥보호공의 설치 : 소하천은 대부분 하상경사가 급한 지형적인 특성을 갖고 있으며 이에 따른 홍수시 소류력의 증가로 옹벽기초부가 세굴되어 옹벽 전도의 원인이 되고 있다. 따라서 수층부 등 기초부 세굴이 우려되는 지점에 대하여 바닥보호공을 설치토록 하는 것이 좋다.

③ 중력식 옹벽

- ㉡ 자중에 의해서 토압을 지지하는 형식으로서 토압과 자중의 합력이 구체의 수평단면에 인장응력으로 작용하지 않도록 설계하는 것이 원칙이다.
- ㉢ 구체형상을 결정하는데 저판폭 B는 옹벽높이의 0.5 ~ 0.7배 정도가 일반적이며 부재마루의 두께, 시공성 등을 고려하여 35cm 이상으로 하는 것이 바람직하다.

④ 반중력식 옹벽

- ㉡ 토압과 자중의 합력에 의해 옹벽구체단면 내에 생기는 인장력은 모두 철근으로 받게 한다.
- ㉢ 중력식 옹벽과 같이 자중에 의해 토압을 지지하는 형식의 것으로 중력식 옹벽의 경우보다 벽체 두께를 얇게 할 경우에 적용한다.

⑤ 지지식 옹벽

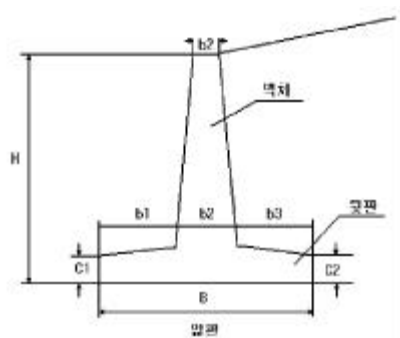
- ㉡ 지지식 옹벽은 중력식 옹벽, 반중력식 옹벽과 같이 자중에 의해 토압을 저항하는 형식이므로 설계법은 중력식, 반중력식에 준한다.
- ㉢ 중력식, 반중력식은 그 자체로 자립할 수 있는 구조이지만, 지지식 옹벽은 원지반 또는 뒤채움재 등에 의해 지탱하면서 토압에 저항하는 형식으로 원지반, 뒤채움 등의 변형에 대해 약하므로 충분한 검토를 요한다.
- ㉣ 지지식 옹벽을 채택하는 경우에는 굴착 등에 의해 원지반이 느슨해질 우려가 없고, 지반이 경암 등과 같이 견고한 것이 바람직하다.
- ㉤ 작용 토압은 뒤채움재의 두께가 얇을 수록 적지만 강우나 침투수에 의해 토압이 증대 되므로 뒤채움재는 시공성을 고려하여 두께를 결정할 필요가 있으

며, 배수에 충분히 주의할 필요가 있다.

- ㉮ 지지식옹벽은 산간도로 등에서 도로를 확폭하는 경우에 설치하는 경우가 많으므로 소하천에는 적합하지 않으므로 불가피하게 설치할 경우에는 사전 충분한 지반조건에 대하여 검토하여야 한다.

⑥ 캔틸레버식 옹벽

- ㉯ 벽과 저판으로 외력에 대하여 각각 캔틸레버로 저항하는 옹벽이다. 역T형은 구체에 작용하는 토압에 대해서 구체의 중량과 판상 뒤채움재의 중량에 저항하도록 각 부재를 설계한다. 이 경우 저판폭 B는 $0.5H \sim 0.8H$ 가 많고, 부재 단의 두께는 시공성을 고려하여 30cm 이상으로 하는 것이 바람직하다. (<그림 8.4.5 참조>).
- ㉺ 캔틸레버 옹벽의 벽체와 기초는 접합부를 고정단으로 하는 캔틸레버로 설계한다.
- ㉻ 벽체는 벽체의 자중을 무시하고, 토압의 수평 분력을 고려해서 설계한다.
- ㉼ 앞판은 상향의 지반 반력과 하향의 앞판 자중을 고려하여 설계한다.
- ㉽ 뒤판은 뒤판 상부의 흙의 중량, 토압의 연직 분력, 지표면의 상재하중, 뒤판 자중 및 지반 반력을 고려하여 설계한다.
- ㉾ 앞판 상측과 뒤판의 하측은 균열방지 등을 위해, 반대측 주철근량의 1/2을 배근해야 한다.
- ㉿ 벽체 설계에 사용하는 토압은 옹벽 배면이 경사진 경우 안정 계산을 할 때와 같은 위치의 토압을 취하면 몹시 크게 되므로 일반적으로 전벽 배면 위치에서의 토압으로 설계하도록 한다. (<그림 8.4.6 참조>).



<그림 8.4.5> 역 T형 옹벽의 형태



<그림 8.4.6> 벽체의 설계에 쓰는 토압

⑦ 부벽식 옹벽

- ㉠ 벽 및 저판은 3면으로 지지된 판으로서 설계하는 것이 합리적이거나 부벽으로 지지되는 연속판으로 설계하는 것이 좋다.
- ㉡ 구체는 저판폭이 $0.5H \sim 0.7H$ 가 많고 부재단의 두께는 시공성을 고려하여 30cm 이상, 부벽의 간격은 일반적으로 $H/3 \sim 2H/3$ 정도로 한다.
- ㉢ 뒷부벽은 저판에 고정된 변단면 T형 캔틸레버보로 보고, 벽체에 작용하는 전 토압의 수평분력에 저항할수 있도록 설계한다.
- ㉣ 벽체 및 후팅의 양쪽 단부는 부벽에 지지된 캔틸레버보로 설계한다.

(4) 옹벽 기초 설계

- ① 옹벽기초는 홍수시 유속 및 소류력에 의한 하상세굴 및 저하를 고려할 뿐만 아니라 하상의 동결등 기상변화에도 대응할 수 있게 충분히 안정하게 설계 해야하며 직접기초, 치환, 말뚝기초로 하되 당해 소하천의 토질 및 지질상태에 적합한 공법을 택한다.
- ② 직접기초 : 지반이 양호하여 부등침하의 우려가 없는 곳에서는 직접 기초보다 좋은 공법은 없다. 따라서 직접기초는 양질인 지반에 한다.
- ㉠ 연직 하중은 직접기초 아래의 지반만으로 지지시킨다.
- ㉡ 수평 하중은 기초저면의 활동저항만으로 지지시키는 것을 원칙으로 한다.
- ㉢ 하천의 수리특성(유속, 소류력), 동결심, 지하수위 등에 대하여도 충분히 검토 한다.
- ③ 치환
 - ㉠ 옹벽의 저면에 접해 있는 지반이 연약하고, 그 아래의 비교적 얇은 곳에 지층이 있는 경우에는 치환한다.
 - ㉡ 치환을 하는 재료 및 시공은 뒤텔흙재와 동등 이상으로 하고, 지하수가 있는 경우에는 쇄석 등 양질의 것을 쓴다.
 - ㉢ 치환의 형상은 다음 그림을 표준으로 한다. (<그림 8.4.7> 참조).

- ㉠ 말뚝의 기초는 양질의 지지층에 지지시키는 지지말뚝을 원칙으로 한다.
- ㉡ 지지층이 매우 깊은 경우는 옹벽구조의 규모 및 형식에 따라 마찰말뚝으로 해도 좋으나 침하에 대한 검토를 하여 상부 구조에 지장이 없도록 한다.
- ㉢ 하중 분담시 연직하중, 수평하중은 모두 말뚝만으로 지지하는 것으로 한다.
- ㉣ 말뚝의 최소중심 간격은 원칙적으로 직경의 2.5배로 한다.
- ㉤ 압밀침하가 우려되는 지반에서는 주변마찰력에 대하여도 검토한다.
- ㉥ 말뚝의 허용지지력을 구하는 정역학적 공식은 Terzaghi공식 혹은 Meyerhof 공식을 사용한다.

4.3 옹벽시공

1. 옹벽파괴는 대부분 기초지반의 부등침하, 기초지반의 지지력 부족, 뒤퇴움부의 배수불량 등의 원인으로 일어 나므로 시공시 이 점에 주의하여야 한다.
2. 시공시 옹벽지반의 확인은 물론 옹벽배면에 수압을 발생시키지 않게 하기 위하여 시공중 배수공이 메워져 배수가 잘되지 않는 경우가 있으므로 충분히 주의할 기울여야 한다. 콘크리트 옹벽시공시 기초공 및 구체공에 대하여 주의할 사항은 다음과 같다.
 - (1) 기초공
 - ① 지지지반이 암반인 경우는 시공에 필요한 깊이까지 암반을 파서 기초면을 깨끗이 청소한 후 직접기초로 한다.
 - ② 지지지반이 토사, 자갈 등인 경우 호박돌, 율석 등을 깔고 충분히 균등다짐을 하여 콘크리트를 타설한 후 그 위에 직접기초로 한다.
 - ③ 연약지반상에 옹벽을 세울 경우 일반적으로 말뚝기초로 하나 연약토가 얇은 경우 양질의 토사로 치환하여 균일한 지지상태로 한후 직접 시공한다.
 - (2) 구체공
 - ① 기초부와 상부는 일체로 하여 콘크리트를 타설하는 것이 바람직하나 부득이한 경우는 타설이음을 단상 혹은 시공이음 등 대책을 세워야 한다.
 - ② 옹벽에는 하천종단으로 중력식은 30m 간격의 판지등으로 신축이음을 설치함을 원칙으로 한다.
 - ③ 부벽식옹벽과 같이 배향성토의 다짐이 곤란한 뒤퇴움시 특히 양질재료를 사용하고 다짐층 두께를 적게 하여 램머 등으로 충분히 다져야 한다.

제 9 장 취 · 배수시설

제 9 장 취 · 배수시설

제 1 절 보

1.1 보의 정의

1. 보는 각종용수의 취수, 수운, 조수의 역류방지 등을 위해 하천을 횡단하여 설치하는 시설물이다.

1.2 보의 기능

1. 보는 각종용수의 취수, 도수(導水), 수위조절, 역류방지, 취사(取沙)등의 기능을 가지고 있다.

1.3 보의 형태

1. 보는 유수방향에 직각방향으로 설치하는 직선형, 유수방향에 경사지게 설치하는 경사형, 유수를 유심부로 모으는 형태의 굴절형, 아치형식으로 설치하는 원호형 등이 있다.

1.4 보의 종류

1. 보는 가동보와 고정보로 나눈다.
2. 가동보는 문짝에 의하여 수위조절이 가능한 보로, 크게 배수구와 배사구로 이루어진다. 고정보는 문짝이 설치되지 않고 보 본체와 부대시설로 이루어지는 것으로 주로 소하천에 설치한다.

1.5 보의 설계

1.5.1 설계 기본사항

1. 설치위치

보의 위치는 구조상의 안전성, 공사비, 유지관리를 고려하고 보의 설치목적에 적

합한 장소이어야 한다. 설치위치 선정시 고려할 사항은 다음과 같다.

- (1) 도수로의 공사비가 적게 들고 유지관리에 편리하도록 관개지역에서 가까운 곳
- (2) 높이가 작고 짧은 보로 필요한 수량, 수위를 충분히 확보할 수 있는 곳.
- (3) 유심이 취입구에 가깝고 홍수시 유심변동이 없는 곳.
- (4) 기초지반이 양호하여 구조 및 취수상 안전한 곳.
- (5) 상 · 하류의 수리권 및 침수피해가 없는 곳.
- (6) 자재 및 재료운반, 가체절 등 공사의 시공이 편리한 곳.

2. 기초 형식의 결정

- (1) 보의 기초형식은 역학적 안전성, 완전차수의 필요여부, 세굴 가능성여부, 적정 공사비의 비교 등 종합적으로 검토하여 최적의 형식으로 결정해야 한다.
- (2) 암반이 하상에서 깊지 않은 곳에서는 암반에 기초를 직접 고정시키는 고정형으로 하고 암반이 깊거나 전혀 없는 곳에서는 부상형으로 시공하게 되는데 부상형 시공시 종합적인 검토 후 시공해야 한다.

3. 보 본체 형식의 결정

- (1) 보 본체의 형식은 치수, 이수를 비롯한 공사비, 유지관리 등을 종합적으로 검토하여 전면고정보, 전면가동보 또는 절충 형식 중에서 선택 결정하여야 한다.

4. 보마루 표고

- (1) 보마루 표고는 하천의 계획단면적을 충분히 확보하고 보설치 목적에 지장이 없는지를 확인하여 결정해야 한다. 보통 계획취수위+여유고(0.10 ~ 0.15m)로 한다.

1.6 세부설계

1.6.1 고정보

1. 고정보의 본체는 콘크리트 구체를 표준으로 한다. 또한 보 시설물로 인한 배수 및 도수영향에 피해가 없도록 검토 되어야 하며, 상하류의 제반 영향에 대해 검토하여 설계에 반영하여야 한다.
2. 일반적으로 고정보는 다음과 같은 과정으로 설계한다.
 - (1) 하천 상 · 하류 수심계산
하천의 단면 및 하상조건에 의한 유하량과 계획홍수량을 비교하여 하상수위를 구한다.

(2) 월류수심의 계산

월류량이 계획홍수량과 같을 때의 수심이 월류수심이다.

① 완전월류보 공식 ($h_2 \leq \frac{2}{3} h_1$)

$$Q = C \cdot B \cdot h_1 \sqrt{2g h_1} \quad (9.1.1)$$

② 잠수보 공식 ($h_2 > \frac{2}{3} h_1$)

$$Q = C' \cdot B \cdot h_2 \sqrt{2g (h_1 - h_2)} \quad (9.1.2)$$

③ 여기서, B는 보의 길이(m), h_1 은 월류수심, h_2 는 보 하류수심에서 보높이를 뺀 값, D_f 는 보높이, C, C'는 유량계수이다.

<표 9.1.1> 유량계수(C, C')

단 면 형 상	C	C'
하류측 경사 3/5이하, 상류측 경사 (수직 3/4)	$0.31+0.33 \cdot (h_1/D_f)$	2.6 C
하류측 경사 1/1정도, 상류측 경사 (수직 3/2)	$0.29+0.32 \cdot (h_1/D_f)$	"
하류측 경사 2/3정도, 상류측 경사 (수직 3/1)	$0.28+0.37 \cdot (h_1/D_f)$	"
직사각형 단면 ($h_1/B < 1/2$)	0.35	"

3. 보단면 설계

(1) 보마루 표고 = 유입수위+여유고(0.10 ~ 0.15m)

(2) 정폭계산 (Bligh 식)

$$b = \frac{h_1}{\sqrt{r}} \quad (m) \quad (9.1.3)$$

(3) 저폭계산 (Bligh 식)

$$B = \frac{D_f + h_1 + d}{\sqrt{r}} \quad (m) \quad (9.1.4)$$

여기서, r = 콘크리트 단위중량(보통 $2.3\text{ton}/\text{m}^3$ 사용), d = 접근유속 수두(m)

4. 취수구의 결정

$$Q = C \cdot A \sqrt{2gH} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (9.1.5)$$

여기서, C = 유량계수 (0.60 ~ 0.80 : 보통 0.62 사용)

5. 투수성 지반상의 보설계

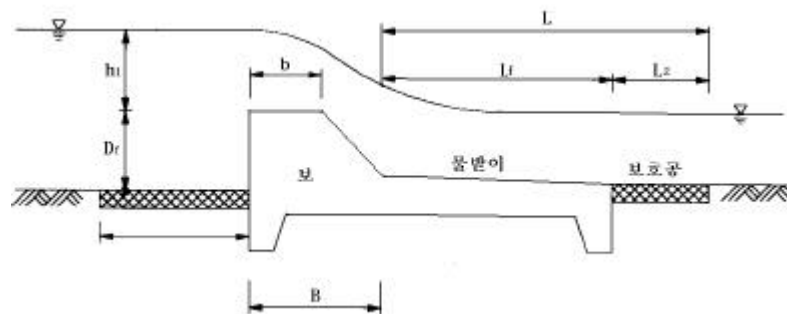
- (1) 보상류의 하상세굴방지에 필요한 물받이, 보호공 설계
- (2) 물받이(Apron)는 양압력에 저항하는 단면설계
- (3) 침투로장(L)의 계산 (Bligh 식)

$$L \geq C \cdot \Delta H \quad (9.1.6)$$

여기서, L = 침투로장(m), C = Bligh 계수, ΔH = 상하류 수두차(m)

<표 9.1.2> Bligh 계수 (C)

기초지반의 종류	입도(mm)	C값
아주 잔모래 또는 개흙	0.05 ~ 0.1	18
잔모래	0.10 ~ 0.25	15
굵은 모래	0.50 ~ 1.0	12
자갈 및 모래의 혼합		9
전석, 자갈과 모래		4 ~ 6



<그림 9.1.1> 보 단면도

(4) 물받이 길이의 설계

① 하류부 : $L_f = 0.6 C \sqrt{H_a}$ (m):

$C = \text{Bligh 계수}$, $D_f = \text{보 높이 (m)}$, $H_a = \text{하류측 물받이 상판끝에서 보마루까지의 높이(m)}$

② 상류부 : 일반적으로 3 ~ 5m 정도이나 침투로 길이 계산에는 포함치 않으며 두께는 하류부의 $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ 정도임

③ 물받이 길이 결정을 위한 국립건설시험소 식

물받이의 파괴는 물받이 길이의 부족으로 인해서 발생하는 경우가 많다. 물받이 길이 결정을 위해 기존의 블라이 공식을 사용하면 간편하다는 장점이 있으나 하상토사의 특성을 이용한 블라이 계수만으로 물받이의 길이를 결정하기에는 그 판단의 범위가 넓고 같은 조건에서도 큰 오차가 생길 수 있다. 따라서 건설부 국립건설시험소에서 제안한 다음 공식 (건설부 국립건설시험소, 1991)을 이용하는 것이 바람직하다.

$$L = 4.05 H^{0.316} q^{0.514} D_{50}^{-0.325} \quad (9.1.7)$$

여기서, L 은 물받이 길이(m), H 는 보의 높이(m), q 는 단위폭당 유량($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$), D_{50} 은 하상토사의 입경(50% 통과입경)이다.

(5) 물받이 두께의 계산

$$T_A \geq \frac{4}{3} \cdot \frac{\Delta H - h_f}{r - 1} \quad (\text{m}) \quad (9.1.8)$$

여기서, r 은 콘크리트의 단위중량(ton/m^3), ΔH 는 수두차(m)

$$h_f = \frac{\text{하류침투로길이}}{\text{전침투로길이}} \times \Delta H \quad (\text{m}) \quad (9.1.9)$$

(6) 바닥 보호공의 설계

$$L = 0.66 C \sqrt{H_a \cdot q} \quad (9.1.10)$$

$$L_2 = L - L_f \quad (9.1.11)$$

여기서, $q = \text{단위폭당 월류량}(\text{m}^3/\text{s}/\text{m})$, $H_a = \text{하류측 물받이 상판끝에서 보마루까지의 높이(m)}$, $C = \text{Bligh 계수}$

(7) 배사구의 설계

① 배사구의 바닥은 취수문 바닥보다 0.5 ~ 1.0m 낮게 설치하며 배사량 기준은 평수량으로 한다.

② 배사구폭의 계산

$$B = \frac{Q}{q}, \quad q = \frac{V_c^3}{g} \quad (9.1.12)$$

여기서, V_c 는 필요유속(m/s , $V_c = 1.5C\sqrt{d}$), B 는 폭(m), Q 는 배사기준량(m^3/s), d 는 최대입경(m), q 는 단위폭당의 유량($m^3/s/m$), C 는 모래·자갈 형태에 의한 계수 (3.2 ~ 5.0)

③ 배사구 경사

$$I_c \geq \frac{n^2 \cdot g^{10/9}}{q^{2/9}} \quad (9.1.13)$$

여기서, I_c = 한계기울기, n = 조도계수 (0.03표준), q = 단위폭당의 유량($m^3/s/m$), g = 중력가속도 ($9.8m/s$)이다.

1.6.2 가동보

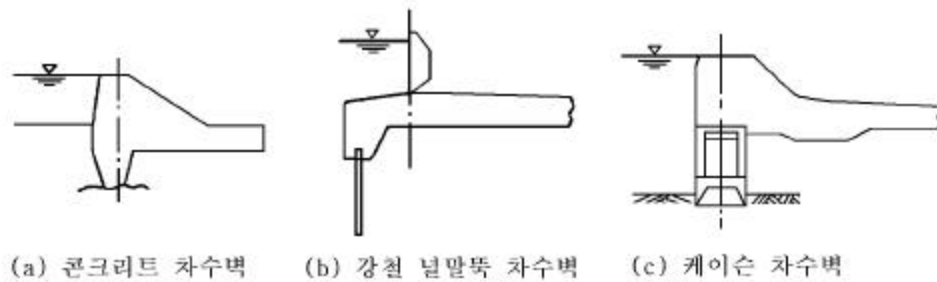
1. 가동보는 수문이나 전도식 또는 고무댐으로 하천수를 저수 또는 저류하게 되므로 선정된 보 형식과 규모에 따라 수리검토하여 홍수 피해여부를 검토 조작 관리하여야 한다.
2. 소하천에서는 하천의 규모와 유량규모 측면에서 볼 때 가동보의 설치 필요지점은 거의 없을 것이나 하폭이 30m 이상 되는 소하천에서 적용이 필요할 경우 건설부의 '하천시설기준'에 따른다.

1.6.3 차수벽

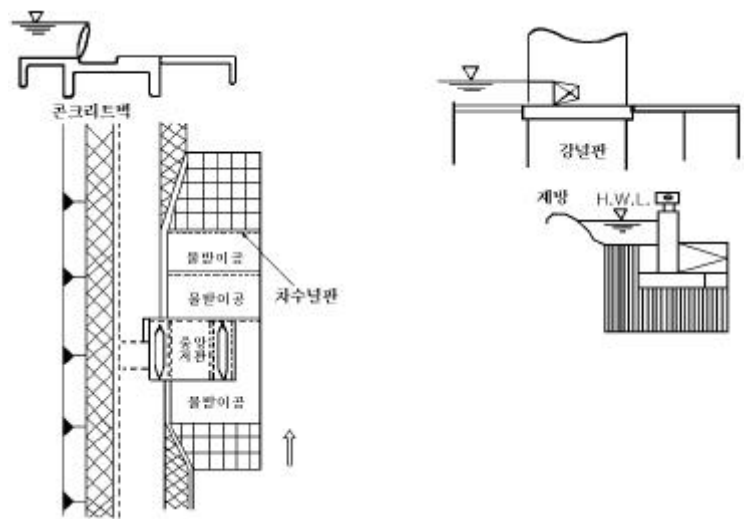
1. 보를 투수성 지반에 설치할 때는 파이핑(piping)현상이 일어나지 않도록 충분한 투수로 길이를 확보해야 하고 투수량이 많을 때는 이를 방지할 수 있도록 차수벽을 설치한다.
2. 투수로의 길이는 '1.6.1의 5' 침투로장의 계산식을 사용한다.
3. 차수벽은 <그림 9.1.2>에서와 같이 원칙적으로 콘크리트, 강철 널말뚝, 케이슨 등

을 사용하여 설치하고 상하류의 수위차에 의해 생기는 침투수의 등수경사를 감소시켜 토사의 유동과 흡출을 방지하는 구조로 설계해야 한다.

4. 차수벽은 일반적으로 <그림 9.1.3>와 같이 상판, 물받이 하부, 제방에 보가 연결되는 부분 및 상하류 접속옹벽의 저판하부 등에 설치한다.



<그림 9.1.2> 차수벽의 종류



<그림 9.1.3> 차수공의 설치

1.6.4 연결호안

1. 보에 연결하는 호안은 유수의 작용에 의해 제방 또는 하안이 세굴되는 것을 방

지하는 구조로 해야 한다.

- 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 안정해야 한다. 또한 <그림 9.1.4>와 같이 홍수시 유수가 고수부지를 흐르는 경우 고수부지가 세굴되기 쉬우므로 구조물 주변에 콘크리트 블록, 콘크리트 상판 등을 설치하여 보호해야 한다. 이때 조도가 급변하지 않아야 한다.



<그림 9.1.4> 연결호안

1.6.5 부대시설

보를 설치할 때는 필요에 따라 취수구, 배사구, 침사지, 어도, 갑문, 관리교 수문 조작 및 유지관리 시설 등을 설치한다.

1. 취수구

취수구는 취수의 기능을 충분히 발휘할 수 있어야 하고 구조적으로 유수에 안전해야 하며 관리에 편리하도록 위치, 구조, 수위 등을 결정해야 한다.

- (1) 취수구는 원칙적으로 취수보의 직상류에 설치하고 토사의 유입이 없는 위치에 설치한다.
- (2) 원칙적으로 양안취수는 피하는 것으로 한다.
- (3) 취수구의 턱높이는 기왕의 최대갈수위에 의해 결정하며 수심을 H 라고 하면 턱높이는 $0.4H$ 이상으로 하는 것이 좋다.
- (4) 취수구 너비와 취수량, 취수유속, 유입수심의 관계는 다음과 같다.

$$b = \frac{Q}{H \cdot V} \quad (9.1.14)$$

여기서, b 는 취수구 넓이(m), H 는 취수수심(m), V 는 취수유속(m/s), Q 는 계획 최대취수량(m^3/s)이다.

- (5) 취수유속은 0.6 ~ 1.0m/s 정도를 표준으로 한다.
- (6) 체(screen)는 취수구의 제수문 바로 앞에 설치한다.
- (7) 지형이 허용하는 한 취수정을 설치하는 것이 좋다.

2. 배사구 및 침사지

(1) 배사구

배사구의 규모 및 설치위치는 평상시에 보 상류에서는 토사가 퇴적되지 않고 보 하류에 대한 토사공급의 기능을 확보할 수 있게 결정한다.

(2) 침사지

하천의 흐름상태에 따라서는 취수되는 물과 함께 토사가 유입하여 수로에 퇴적하고, 용수의 소통을 막으며, 경지에 유입하여 지장을 주기도 하는데 이와 같은 유입토사를 침전시켜 배제하기 위해 침사지를 설치한다.

- ① 침사지에서 침사도랑의 최소길이는 다음 식으로 결정한다.

$$L = k \frac{H}{V_g} u \quad (9.1.15)$$

여기서, L 은 침사도랑의 최소길이(m), k 는 안정계수 (1.5 ~ 2.0), H 는 침사도랑의 평균수심(m), u 는 침사도랑의 평균유속(m/s), V_g 는 최소침전입경의 한계 침강속도 (m/s)이다.

- ② 침사지의 너비는 수심 H , 유속 V , 취수량 Q 에 의하여 $B=Q/(H \cdot V)(m)$ 로 결정한다.
- ③ 침사도랑의 바닥기울기는 지형에 따라 다르지만 1/20 ~ 1/70으로 하고 관개용 침사지에서는 1/50 내외를 표준으로 한다.
- ④ 침사지내에 침전한 토사를 자연배사할 때는 침사도랑의 바닥기울기, 침사도랑 말단에서 배사관까지의 이동부, 배사관 입구와 높이차 및 배사관 연결각은 물론 배사유량과 배사관의 단면형과의 관계가 적절해야 한다.

1.7 유지관리

1.7.1 구조물의 유지관리

고정부, 가동부, 바닥보호공, 호안공, 수문, 조작장치 등을 항상 점검하여 이상이 있으면 즉시 필요한 조치를 취해야 한다.

1. 고정부

보마루표고의 결정에서 10 ~ 15cm의 여유를 주고 있는 것은 물이 구부러져 흐름으로써 생기는 수면의 전도, 취수구에 유목 등이 걸려서 일어나는 유입방해, 바람으로 인한 유입방해 외에 보마루 콘크리트의 마찰에 대한 여유 등을 고려한 것이므로 마모의 우려가 큰 하천에서는 항상 점검하여 보수할 필요가 있다.

2. 기 타

- (1) 배사구와 배수구는 보통 인양식 수문을 쓰고 있으므로 하부 문턱의 마모상태나 접촉부 금속사이에 끼여 있는 찌꺼기의 제거에 항상 유의하여야 한다.
- (2) 배사구의 바닥높이는 가장 낮게 설치하기 때문에 홍수시 이곳에 집중하는 에너지는 먼 곳까지 영향을 미쳐서 훨씬 하류의 호안을 파괴하는 수가 있으므로 유심에 가까운 하안의 호안에 충분히 주의하여야 한다.

1.7.2 취수관리

하천에 취수구를 설치하여 취수할 경우에는 취수구와 침사지의 이상물질 또는 토사의 제거에 중점을 두고 점검하여 이상이 있으면 필요한 조치를 하여야 한다.

1. 취수구는 배사구 가까이에 설치하므로 홍수때에는 이 부근에 소용돌이가 발생하여 유목이나 기타 유하물질이 체나 기둥 등에 걸려서 남아 있는 수가 많으므로 홍수후에 이들 유하물질을 제거하고 취수구 앞의 토사를 완전히 제거해야 한다.
2. 침사지는 어떠한 형식의 침사지라도 관개기간중에 배사를 하는 것은 어느 정도 취수를 제한하든지 완전히 정지시키는 경우가 있다. 따라서 설계에서 정한 배사 횟수에 의하여 상황을 계속 관측하고 관개기간중이라도 취수에 영향이 미치는 것에 관계없이 퇴적된 토사를 제거해 주어야 한다.

제 2 절 수문

2.1 수문의 정의

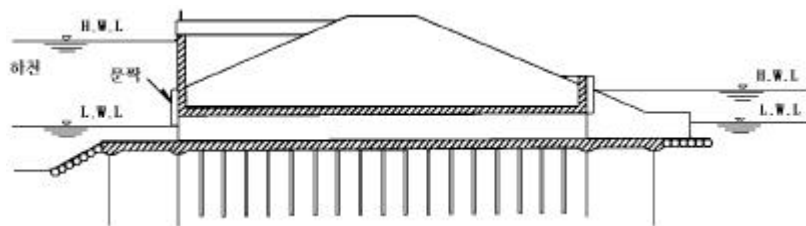
1. 하천이나 수로에서 물을 취수 또는 배수하기 위해 설치하는 구조물이다. 수문의 문짝을 열어서 구조물의 주기능을 발휘하는 것을 수문이라 한다.

2.2 수문의 기능

1. 수문은 수문의 주기능인 취수, 배수 기능 외에 제방의 기능, 수위조절기능, 차수 기능, 배사기능을 가지고 있다.

2.3 수문의 종류

1. 수문은 취수기능을 가진 취수문과 배수기능을 가진 배수문으로 구분한다.
2. 그 외 수문의 문짝 부착위치에 따라 구분하는 경우도 있다. 즉 통관이나 암거에 문짝이 붙어 있는 경우에 통문이라 하고 통문에는 복통문과 사통문이 있으며 일반적인 통문의 구조는 <그림 9.2.1>과 같다.



<그림 9.2.1> 통문의 구조

2.4 수문의 설계

2.4.1 설계 기본사항

1. 수문은 전체적인 하천계획에 따라 설계되어야 하며 시공성, 경제성, 환경성에 유념하여 하천 계획홍수위 이하의 흐름에 지장을 주지 않는 범위 내에서 설치되어

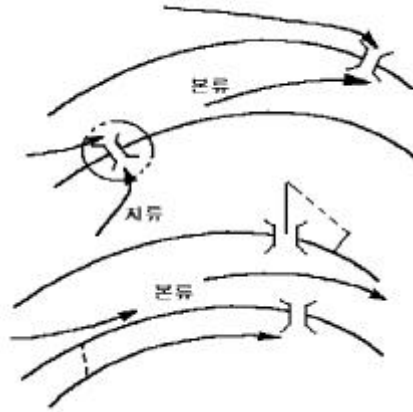
야 한다.

2.4.2 설치위치

1. 수문의 설치위치는 취수 · 배수 · 수운 등 각각의 목적에 따라 달라진다. 일반적으로 수문의 설치위치는 다음과 같은 사항을 고려하여 선정하는 것을 원칙으로 한다.
 - (1) 수층부나 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 하상 저하 등이 적은 지점을 선정한다.
 - (4) 교량 등의 구조물 부근은 피하는 것이 좋다.
 - (5) 배수가 목적일 경우는 제내지반중에서 가장 낮은 지점을 선택한다.
 - (6) 취수가 목적일 경우는 본류의 하상이 안정된 지점을 선택한다. 또한 요안(凹岸)부에서는 저수로가 제방에 가까운 곳에 설치하는 것이 좋으며, 철안(凸岸)부에서는 토사의 퇴적이 발생하기 쉽고 용수취입구에 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 가능한 통합시키는 것이 좋다.

2.4.3 수문의 방향

1. 수문을 제방법선에 직각으로 설치하는 것은 제체 내에 다른 구조물을 최대한 적게 설치할 수 있고, 구조를 제방법선에 경사지게 설치함으로써 발생하는 복잡성과 시공상의 어려움을 피할 수 있다. 그러므로 제체 내에 설치하는 수문은 가능한 한 제방법선에 직각으로 설치하고 최대한 간단한 구조로 하는 것이 바람직하다.
2. 배수를 위한 수문이 본류의 만곡부에 설치되는 경우에 제방법선에 직각으로 설치하면 유수가 역류하여 배수가 곤란해 질 수 있다.



<그림 9.2.2> 수문의 방향과 본류 유향과의 관계

2.5 수문의 세부설계

2.5.1 단면의 결정

수문의 단면은 목적에 따라 달라지며 계획 취 · 배수량을 배제할 수 있는 단면으로 해야 한다.

1. 취수문

- (1) 하천에서 용수로에 계획취수량을 유입시킬수 있는 단면이어야 한다.
- (2) 하천수를 용수로에 끌어 들이는 취입구에 설치하여 취수량을 조절하는 수문으로 월류식과 통관식이 있으며, 크기의 결정은 유량과 유속에 의해 결정한다.

① 월류식(overflow type)

$$Q = C L H^{3/2} \quad (9.2.1)$$

여기서, Q 는 계획취수량(m^3/s), L 은 취입구폭(m), H 는 취입구상의 수심(m), C 는 유량계수(h_a/H , 1.66 ~ 2.26), $h_a = v^2/2g$ 이다.

② 통관식(orifice type)

$$Q = C A \sqrt{2gH} \quad (9.2.2)$$

여기서, A 는 취입구 단면적(m^2), H 는 수문상하류의 수위차, C 는 유량계수 ($0.62 \sim 0.88$)이다.

2. 배수문

- (1) 계획배수량을 배제할 수 있는 단면으로 해야 한다.
- (2) 홍수조절이 목적이면 수문상하류에 홍수시 수위 및 홍수량을 소통시킬수 있는 단면이어야 한다.
- (3) 내수배제가 목적이면 내수유량의 수문곡선 및 하천수위 곡선을 설계조건으로 하고 수문의 크기를 여러 가지로 가정하여 크기에 따라 내수위 변화를 계산하여 최고수위가 허용높이 이하가 되는 크기로 결정하면 된다.

3. 통관

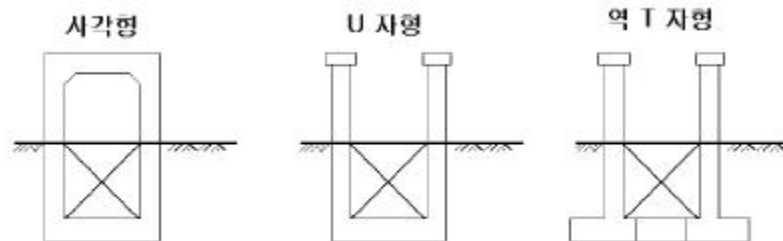
- (1) 취수 통관내에 토사침전은 관의 기능저하를 가져오므로 관경사와 크기에 (최소 60cm 이상)유의하여 설치해야 한다.
- (2) 배수관내 설계유속은 $2 \sim 3m/s$ 를 보통의 기준으로 한다. 그러나 때에 따라서 평지부 하천에서는 $1 \sim 2m/s$, 산지부 소규모 유역에서는 $3.5m/s$ 정도로 할 수도 있다.

2.5.2 경간길이

1. 하천을 횡단하여 설치되는 수문에 대해서는 가동보의 경간길이 기준에 따르면 된다.
2. 또한 통문의 문짝을 2연이상으로 늘리면 통문의 폭이 작아지기 때문에 1연의 경우에 비해 유목등의 유하물에 의한 막힘의 가능성이 크게 되어 홍수소통에 지장을 줄 뿐만 아니라 통문 문짝의 개폐에도 지장을 주게 되므로 주의해야 한다.

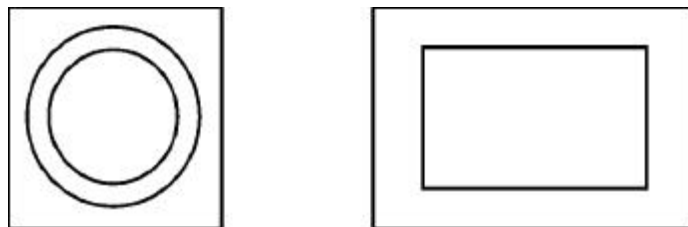
2.5.3 본체

1. 수문 본체의 형식은 <그림 9.2.3>과 같으며 소규모일 경우에는 사각형, 대규모일 경우에는 역T형, 중규모일 때는 U자형으로 하는 경우가 많다. 따라서 형식은 기초지반, 공사비, 시공성 등을 고려하여 결정한다.
2. 상판과 보기둥은 본장의 '보'편에서 설명된 상판과 보기둥의 내용을 참고로 한다.

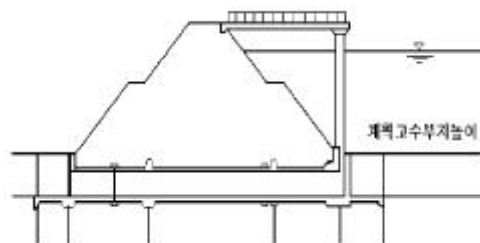


<그림 9.2.3> 수문 본체의 단면형

3. 통문의 본체형식은 <그림 9.2.4>와 같으며 흐름에 지장을 주지 않도록 설계 해야 한다. 암거의 길이는 원칙적으로 <그림 9.2.5>와 같이 계획제방단면의 제외지 비탈끝에서 제내지 비탈끝까지로 설계하지만 바닥높이와 통수단면 등의 이유로 계획제방단면 안에 설치할 경우에는 날개벽 및 제방의 안정 등을 고려하여 적절한 높이가 되도록 설계해야 한다.



<그림 9.2.4> 암거의 단면형



<그림 9.2.5> 암거의 길이

4. 또한 암거의 길이가 30m 이상이 되는 경우는 부등침하에 의해 파괴의 우려가 있기 때문에 반드시 이음매를 설치하도록 하고 연약지반에서 지반침하가 우려되는 경우는 20m 정도를 기준으로 이음매를 설치하도록 한다. 그러나 이음매는 종방향 구조계산을 실시하여 설치하는 것이 바람직하고 이음매를 암거의 중앙부근에 설치하는 것은 피하는 것이 좋다.

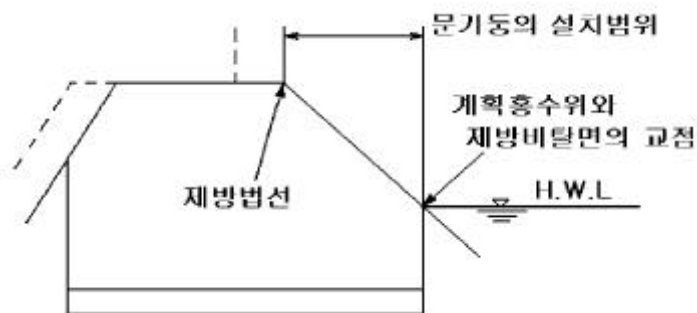
2.5.4 문기둥

1. 수문 문기둥의 높이는 문짝을 완전히 열었을 때 문짝 하단부까지의 높이, 문짝의 높이, 관리를 위한 여유고를 더한 값으로 한다.
2. 통문 문기둥의 높이는 위에서 언급한 높이와 계획제방고에 관리교의 형고를 더하여 조작대의 두께를 뺀 값과 비교하여 큰 값으로 결정한다.
3. 수문 문기둥의 높이는 일반적으로 '보'편에서의 문기둥 높이를 결정하는 기준과 같으며 문기둥의 위치는 <그림 9.2.6>와 같이 계획홍수위와 제방비탈면과의 교점과 제방법선 사이의 범위내에 설치하는 것을 원칙으로 한다.
4. 통문 문기둥의 높이는 <그림 9.2.7>에서와 같이 다음 두가지 값 중에서 큰쪽을 선택한다.

(1) 계획제방고 + 관리교의 형고 - 조작대의 두께

(2) 문짝 하단부까지의 높이 + 문짝의 높이 + 여유고

여기서 여유고는 일반적으로 0.5 ~ 1.0m 정도로 하면 된다.

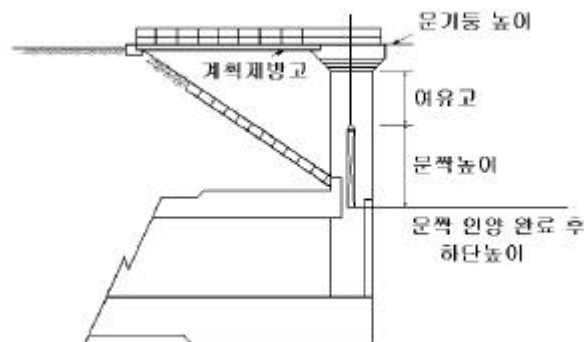


<그림 9.2.6> 수문 문기둥 설치범위

2.5.5 문짝

1. 수문의 문짝은 강구조 또는 FRP로 개폐가 용이해야 하고 수밀성을 가져야 하며 유수에 현저한 지장을 주지 않는 구조가 되어야 하며, 다음 조건을 고려하여 설계한다.

- (1) 예상되는 하중에 대해 안전할 것
- (2) 충분한 수밀성을 가질 것.
- (3) 개폐가 용이할 것
- (4) 내구성이 클 것
- (5) 유해한 진동이 생기지 않을 것
- (6) 보수에 편리할 것



<그림 9.2.7> 통문 통관의 문기둥 높이

2.5.6 날개벽

1. 날개벽은 수문의 본체와 제방내 토립자의 이동 및 유출을 방지함과 동시에 날개벽의 파손 등에 의한 제방의 붕괴를 방지할 수 있는 구조로 설계해야 한다.

2.5.7 차수공

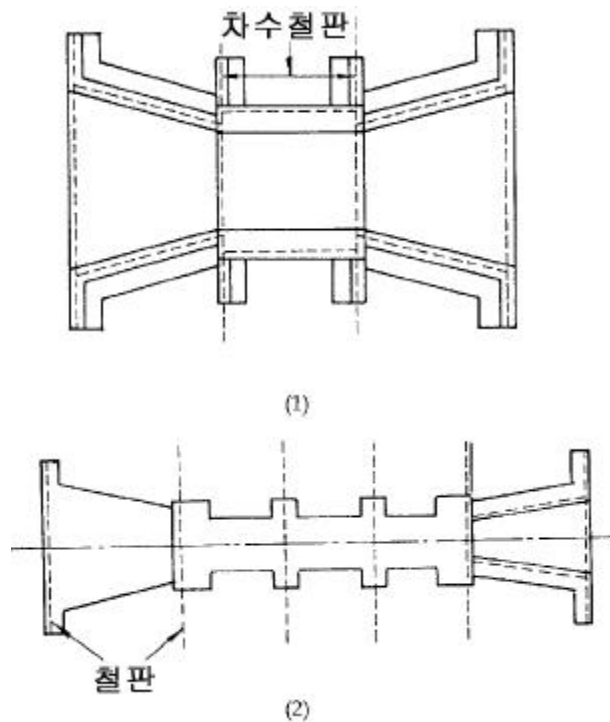
1. 수문의 차수널말뚝은 각각 <그림 9.2.8>의 (1), (2)와 같이 배치하며 그 재료는 강

철판으로 하느 것을 원칙으로 하며, 그 깊이, 길이, 설치위치는 침투수 등을 충분히 고려하여 결정한다.

- 특히 통문에는 침투수류에 의해 암거 주변에 파이프이 생기는 것을 막기 위해 암거의 본체와 일체의 콘크리트벽으로 1.0m 이상의 폭과 35cm 이상의 두께를 가진 차수벽을 설치해야 하며 제방단면이 크고 암거의 길이가 긴 경우에는 차수벽을 2개이상 설치한다.

2.5.8 수밀공

- 문짝의 수밀부는 일반적으로 스테인레스 강판, 동합금판, 고무 등으로 설치한다. 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.



<그림 9.2.8> 차수공의 배치

2.6 수문의 시공 및 유지관리

2.6.1 파괴원인

1. 수문의 파괴원인은 누수, 지반의 부등침하, 지진, 구조역학적인 결함, 유지관리의 불량, 노후화 등을 들수 있으나 근본적으로는 설계 및 시공 불량이 파괴원인이 되므로 유지관리는 물론 설계 및 시공에 유의해야 한다.
2. 누수에 의한 파괴
 - (1) 차수벽 또는 누수 널말뚝이 부족한 경우
 - (2) 토질조사가 불충분하여 지반 누수대책이 적절하지 못한 경우
 - (3) 기초잡석, 기타 시공상의 잘못 등에 의한 경우
 - (4) 되메우기 토사의 불량 또는 다짐이 불충분하여 제방과의 접촉부분의 투수성을 증가시키게 되는 경우
 - (5) 연결호안의 접속불량으로 세굴되는 경우
 - (6) 흙막기 널판, 거푸집 등을 매립한 후 제거하지 않아 부패함으로써 공극이 발생하는 경우
3. 지반의 부등침하에 의한 파괴
 - (1) 연약지반이 두꺼우면 암밀침하는 불가항력적이다. 암밀침하는 서서히 생기므로 초기에 침하하지 않도록 장대기초로 하거나 부유기초로 할 때 미리 침하를 예측하고 이에 상응할 수 있는 대책을 강구해야 한다.
 - (2) 날개벽에 비해 본체의 침하가 크기 때문에 날개벽이 본체로 기울어지며 날개벽의 상단에 큰 압력이 작용한다. 흙벽이나 측벽 등의 균열은 대개 이런 경우라 할 수 있다. 따라서 날개벽과 본체와의 연결부에 대해 특히 유의해야 한다. 부등침하의 주된 원인을 들면 다음과 같다.
 - ① 지지력의 부족
 - ② 상판의 설계 특히 흐름방향의 응력에 대한 단면 부족
 - ③ 본체의 기초와 날개벽, 물받침 등 기초구조의 균일성 결여
4. 구조역학적 결함에 의한 파괴
 - (1) 통문은 최대전단력이 생기는 위치에서 파괴되기 쉽다. 파괴의 주요인은 다음과 같다.

- ① 전단력에 대한 검토가 부족하여 최대전단력이 생기는 부근에서 철근량 부족
- ② 종방향응력의 검토 불충분으로 인한 구조물의 단면부족
- ③ 이음매 위치를 잘못 잡아 역학적으로 절연해야 할 곳을 하지 않았던가 일체로 해야 할 곳을 분리 시공한 것

5. 이음매 구조의 불비에 의한 파괴

- (1) 일반적으로 종방향의 응력이 대단히 크므로 계산상의 철근량보다 적게 들어간 경우가 종종 있다. 이런 것의 이음매를 만들면 역학적으로 절연되어 응력도 크게 경감되나 이와 같은 이음매는 매우 큰 약점이 되는 수가 있다.
- (2) 이음매의 목적은 역학적으로 절연하는 것과 균열에 의한 누수방지에 있다.

6. 유지관리의 불량에 의한 파괴

- (1) 물받이 등이 파손되면 누수가 생겨 파괴될 수 있으며 수문의 조작관리불량은 유사시에 구조물에 손상을 주게 된다.
- (2) 문짝 접속부 및 문틀 홈통에 돌, 나무 등의 이물질이 끼면 수문조작에 지장을 주게 되어 누수의 원인이 된다.

2.6.2 유지관리

- 1. 수문 등의 저판에 균열이 생겨 누수되거나 제방에 구멍이 뚫려 함몰된 것은 수문이 노후된 경우에 볼 수 있으므로 즉시 철거하고 개축해야 한다.
- 2. 노후된 수문은 치수상의 약점이 되므로 신속히 보수 또는 개축하여야 한다.
- 3. 수문 등의 조사는 갈수기의 초기에 실시하고 동절기에 수리할 것은 수리해야 한다.
- 4. 홍수기전에 문짝의 조작기구 등을 조사하여 충분히 조정하고 시운전을 해둔다.
- 5. 내연기관인 경우 실린더 내의 기름이 없어지면 녹슬기 쉬우므로 적어도 한달에 한번은 운전을 한다.
- 6. 권양기가 실외형인 경우는 절연저항을 항상 점검해 두어야 한다.
- 7. 부대호안, 밀다짐 등은 손상이 발생하면 즉시 수리하여야 한다.
- 8. 차수용 고무 등은 5년에 1회 정도로 대체하도록 하는 것이 좋다.
- 9. 기계류의 윤활유는 경화되지 않도록 한다. 기타의 기름칠은 일반기계류와 같은 조치가 필요하다.

10. 제방과의 접촉부분의 흙에 유의하고 또 두더지, 들쥐, 지렁이 등의 구멍은 비록 적은 것이라도 반드시 막아야 한다.
11. 홍수후에는 수문을 점검하고 문짝, 문틀 등에 부착된 이물질은 반드시 제거해야 한다.

제 3 절 갑문

3.1 갑문의 정의

1. 수문의 기능과 역조 · 역수의 차수를 목적으로 설치하는 문짝시설을 갑문이라 한다. 갑문은 문짝을 닫아서 구조물의 주기능을 일차적으로 발휘한다.

3.2 갑문의 기능

- (1) 수위조절기능
- (2) 역조차수기능
- (3) 역수차수기능
- (4) 생태통로기능

3.3 갑문의 종류

1. 수문갑문
 - (1) 저수지나 보를 설치하여 하천을 수문으로 이용할 경우에 수위조절을 목적으로 설치하는 문짝시설물이다.
2. 역조갑문
 - (1) 조류에 영향을 받는 곳에서 조류차단을 목적으로 하천을 횡단하여 전부 또는 일부를 차단하는 문짝시설물이다. 이때에 문비가 배수기능을 담당할 경우 배수 갑문이라고도 한다.
3. 역수갑문
 - (1) 홍수시 제외지(해수, 담수)의 물이 제내지로 역류되는 경우에 제방의 기능으로 활용되는 문짝 시설물이다. 일명 육갑문이라 한다.

- (2) 육갑문은 제방의 일부를 낮게하여 평소에는 개방하여 통로로 쓰고 홍수시에는 수문을 내려서 홍수의 침입을 방지할 수 있는 수문을 육갑문이라 한다. 육갑문의 바닥 높이는 계획 홍수위 이상으로 하는 것이 바람직하다.

3.4 갑문의 설계

1. 갑문은 설치 목적과 경제성에 따라 시설물의 규모를 결정하여야 하며, 세부 설계는 본 장의 '수문'편을 참조하여 설계하면 된다.
 - (1) 수운갑문 : 갑실기능과 수위조절 기능
 - (2) 역조갑문 : 역조기능과 배수기능, 역조기능과 제방기능
 - (3) 역수갑문 : 역수기능과 제방기능

제 4 절 통관, 잠관

4.1 통관, 잠관의 정의

1. 수위차에 의하여 취수 · 배수를 하기 위하여 지하에 설치한 관수로 시설을 통관이라 한다.
2. 용, 배수로에서 물의 흐름이 수압차에 의하여 흐르게 된 지하에 설치한 관수로 시설을 잠관이라 한다.

4.2 통관, 잠관의 설치 위치

1. 수충부나 연약지반은 가급적 피하고 하상이 안정된 곳을 택한다.
2. 하폭이 급변하지 않고 세굴과 퇴적 등 하상이 안정되어 있다고 판단되는 지점을 선정한다.
3. 교량 및 보상류지점 등 구조물이 있는 지점은 가급적 피한다.
4. 지형이 허용하는 한 가장 낮은 지점을 택한다.

4.3 통관, 잠관의 설계

4.3.1. 바닥높이

1. 배수통관은 소하천의 계획하상고를 고려하여 결정하고 취수통관의 경우에는 장래의 하상 변동도 고려하여 결정한다.
2. 배수통관의 바닥높이가 낮으면 토석이 퇴적하여 유효통수단면적이 감소되고 반대로 높으면 배수능력이 감소되어 내수배제의 능력저하를 초래하게 되므로, 당해 「소하천의 소하천정비종합계획」 및 「하천개수계획」에서 계획한 본류 지류의 계획 하상고 및 저수위를 검토하여 개수후 그 기능이 유지될 수 있도록 바닥높이를 결정한다.
3. 특히, 소하천에 유입되고 있는 지천 및 내수배제지역은 대부분 급경사로서 토석류의 퇴적 및 유하물의 침전이 많으므로 배수암거 유출구에 자동문비 설치시 홍수시 자동문비의 개폐가 불완전하여 본류 홍수의 역류로 인한 제내지의 홍수피해를 야기하지 않도록 통관본체와 물받이 표고차를 충분히 두도록 한다.
4. 취수통관은 장래의 하상저하로 인한 취수곤란의 가능성에 대하여도 충분히 검토하고 취수통관의 바닥 높이는 제내지반고, 수로의 바닥표고, 본천의 갈수위 및 저수위, 하상고, 보의 표고 등을 고려하여 결정한다.
5. 우리나라 소하천의 대부분은 갈수시 건천화 되어 갈수시의 취수는 거의 불가능하므로 갈수시를 대비 바닥높이를 너무 낮게 계획하면 과대 취수 가능성이 높으므로 이 점에 대하여도 주의하여야 한다.

4.3.2 통관의 기초

1. 통관의 기초는 직접기초를 원칙으로 한다. 연약지반에 통관을 설치할 경우는 연약층의 두께가 얇을 때에는 연약층을 제거하고 양질의 재료로 치환한다.
2. 연약지반의 기초는 말뚝기초로 하기도 하지만 연약층이 깊으면 부마찰력이 작용하여 통관 균열의 원인이 될 수 있으므로 이에 대한 세심한 설계상의 주의를 하여야 하며, 여러 가지 연약지반처리 공법에 대하여 시공성, 경제성 등을 고려하여 기초공법을 선정한다.

3. 연약층이 깊지 않을 경우 연약지반을 제거하고 기초는 양질의 토사(모래등)로 받침 콘크리트 저면에 치환하되 관공(piping)현상을 유발하지 않는 재료로 하여야 한다.

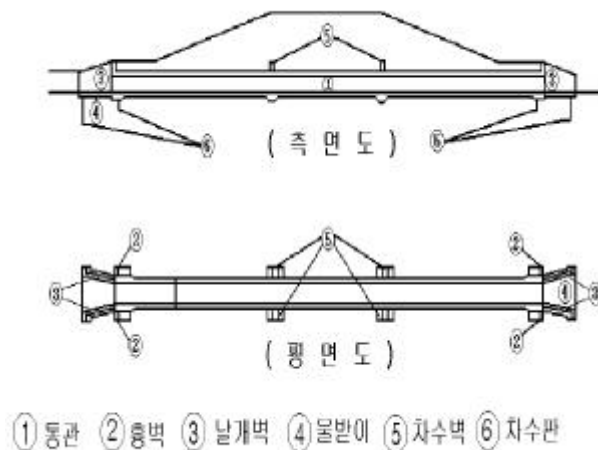
4.3.3 단면결정

1. 배수통관은 배수대상면적의 유출해석을 통하여 결정된 계획배수량을 배제할 수 있는 단면으로 하고 취수가 목적일 경우는 계획취수량 이상을 취수하지 않는 범위내로 한다.
2. 배수통관의 단면결정시 유출해석은 '제4장 설계수문량'편을 참조한다.
3. 배수통관의 통수능력 계산은 Manning식을 원칙으로 한다.
4. 배수통관을 작은 규모로 설치할 경우 토석이나 유하물로 인하여 배수를 원활하게 소통시킬 수 없을 뿐만 아니라 내수배제 장애로 인하여 제내지의 홍수피해를 초래할 수 있다.
5. 배수통관의 규격 범위는 $\phi 800\text{mm}$ 이상의 단면으로 함이 바람직하다.
7. 취수 통관의 경우는 토사 등의 퇴적을 고려하여 단면을 크게 하면 과대취수로 인하여 하류부의 영향을 초래할 수 있으므로 필요 이상의 취수를 하지 않도록 조절시설을 설치한다.
8. 배수통관의 관내유속은 토사침전을 방지하기 위하여 $2.0 \sim 2.5\text{m/s}$ 내외를 표준으로 함이 좋다.
9. 배수통관의 설계단면은 토석 및 유목등 유하물로 인한 소통단면의 감소를 고려하여 최대통수량을 소통시킬 수 있는 단면적의 120%이상을 취함을 원칙으로 한다.

4.3.4 통관의 구조

1. 일반적으로 배수통관 및 취수통관의 본체는 문짝을 제외하고 흙관(원심력철근콘크리트관)을 사용하는 것을 원칙으로 한다.
2. 통관의 길이는 제방단면의 제외지 비탈끝에서 제내지 비탈끝까지를 원칙으로 한다.

3. 소하천중 중·대(中·大) 하천에 합류되어 중·대 하천규모의 배수문의 설치를 요하는 지구는 '수문'편에 근거하여 설계하여야 한다.
4. 특히 배수통관은 시공의 일관성 및 경제성을 고려하여 표준화된 구형암거를 활용함으로써 제품의 규격화를 기할 수 있고 품질을 향상시킬 수 있으므로 「하천구조물 표준도(건설부, 1994d)」를 참조하여 적정규모를 선정한다.
5. 배수통관의 기본구조
 - (1) 통관의 기본구조는 <그림 9.4.1>과 같고 소하천 통관설계시 참고할 사항은 다음과 같다.



<그림 9.4.1> 통관의 기본구조

- ① 통 관 : 연약지반, 특별한 하중조건, 지형조건을 고려할 시를 제외하고는 「하천시설물 표준도」 (건설부, 1994d)를 이용한다.
- ② 흥 벽 : 직립식 호안(옹벽, 석축)이 설치된 곳은 불필요하다.
- ③ 날개벽 : 직립식 호안(옹벽, 석축)이 설치된 곳은 필요성이 있을 때에만 설치한다.
- ④ 물받이
 - ㉠ 문짝(특히 자동문짝)이 설치되는 통관은 문짝의 불완전 개폐가 발생하지 않도록 통관 본체와 물받이와는 충분한 표고차를 둔다.

- ④ 본류하상 세굴방지를 위해서 유출구쪽은 필히 설치한다.
- ③ 차수벽 및 차수판 : 토질 및 지질조사 결과에 의하여 필요하다고 판단되면 설치한다.

4.3.5 홍벽 및 날개벽

1. 홍벽은 통관의 본체와 제방내 토립자의 이동 및 유출을 방지함과 동시에 날개벽의 파손 등에 의한 제방의 붕괴를 방지할 수 있는 구조로 설계해야 한다.

4.4 통관, 잠관의 시공

4.4.1 기초공

1. 구형통관의 기초에 있어서 중요한 것은 설계상 요구되는 지지력을 균등하게 얻는 것으로 시공시 지형 또는 지반조건의 변화가 있는 경우 그것에 대응하는 설계 변경 및 시공을 하여야 한다.

4.4.2 뒷채움공

1. 뒷채움에 사용하는 재료는 성토재와 동일한 재료를 쓰는 것으로 하고 초목, 암석 등과 같이 압축성이 크거나 누수의 원인이 되는 재료를 사용하지 않아야 하며 뒷채움이 불균일하게 시공되지 않도록 전압기로 잘 다져야 한다.
2. 뒷채움부의 침하 원인은 시공불량인 경우가 많으므로 뒤채움재의 부설 및 시공 방법은 역사다리꼴을 원칙으로 하고 1층시공 두께는 20cm 30cm 정도로 한다.
3. 통관본체와 토공과의 접속부위는 부등침하에 의한 단차가 발생하여 홍수시 누수의 원인이 될 경우가 많은데, 이것은 좁고 한정된 범위내에서 다짐 부족이 큰 원인이 될 경우가 많으므로 시공부위를 가능한 넓게 잡아 다짐을 충분히 하되 다짐도는 상대밀도 95%이상이 되도록 한다.

제 5 절 암거

5.1 암거의 정의

1. 물의 흐름이 경사차로 흐르게 된 관수로시설을 암거라 한다.

5.2 암거의 종류

1. 암거의 형식선정에 있어서는 설치장소의 지형, 토질, 시공조건, 주변 구조물 등의 검토와 장래의 유지관리를 고려하여 형식을 선정해야 한다.

5.2.1 직사각형암거

1. 일반적으로 현장타설 철근콘크리트로서 시공되는 경우가 많고 통로용, 수로용으로 사용된다. 현장타설 구형암거의 시공기간은 2~3개월이 필요하다.
2. 최근 현장의 노동 절감화, 전체공정의 단축, 현장교통 등의 장애로 공기 단축이 필요한 경우 현장시공기간이 1~2주간 정도 단축 가능한 프리캐스트 암거를 유니트박스로 나누어 현장에서 접합하는 방법도 쓰이고 있다.

5.2.2 문형암거

1. 기초지반이 좋은 장소에 설치하는 것이 일반적이며 필요단면이 큰 경우나 시공 중 물을 돌릴 수 없을 때, 혹은 구형 암거저판 시공이 현장조건으로 곤란한 경우에 쓰인다.

5.2.3 원형암거

1. 수로용으로 쓰이며, 영구구조물 또는 가설물로서 그 목적에 따라 널리 사용되고 있다.
2. 파이프 종류에 따라 그 강도가 다르고 토피두께, 하중작용상황에 따라 기초형식이 변하기 때문에 현장조건에 맞추어 적절한 파이프 종류를 선정한다.

5.2.4 콜게이트암거

1. 역학적으로는 가요성 암거로서 횡단방향, 종단방향에도 그 특징을 활용할 수 있도록 현장조건에 맞추어 사용된다. 또 콜게이트 자체가 경량으로서 운반에도 유리하며 현장시공도 비교적 쉽기 때문에 산간지 등에 사용된다. 또한 자중이 적으므로 연약한 곳에 가수로 사용되는 경우가 많다.
2. 그러나 설계시에 충분히 고려하고 시공법을 숙지하지 않으면 예기치 않은 사고 원인이 된다.

5.3 암거의 설계

5.3.1 구형암거

철근콘크리트 구조물로서의 세부설계는 “도로암거 구조 표준도(건설부, 1979)”에 의하며 설계시 중요한 사항은 다음과 같다.

1. 수리단면의 결정

(1) 유출량 계산

‘제4장 설계수문량’편을 참조하여 결정한다.

(2) 암거의 통수량 계산

- ① 암거의 통수량은 manning식에 의한 유속으로부터 알 수 있다. 즉

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (9.5.1)$$

$$Q = A V \quad (9.5.2)$$

- ② 여기서, V = 평균유속 (m/s), n = 조도계수 (콘크리트 면에서는 0.015), R = 동수반경 (m), I = 기울기, Q = 유량 (m^3/s), A = 단면적 (m^2)

- ③ 암거의 설계통수량은 계산에 의한 최대통수량의 80%로 하는데 (즉 20% 여유를 둬) 암거내의 허용유속을 고려하여 시산법으로 단면을 결정할 수 있다. 최대 허용유속은 흙관의 경우 2.5m/s, 현장타설콘크리트는 3.5m/s 이다.

2. 기타사항

(1) 설계하중

설계에 쓰이는 활하중으로 DB-18과 DB-24, 두가지 경우를 고려한다.

(2) 암거의 토피두께

암거의 필요단면, 성토높이, 암거의 설치높이로부터 결정되나 토피두께가 적을 경우에는 뒷채움흙의 침하가 생겨 포장면의 평탄성에 문제가 생기므로 적어도 토피의 두께가 50cm 정도가 되도록 한다.

(3) 신축이음

암거에는 특별한 경우를 제외하고는 신축이음을 두지 않는 것을 원칙으로 한다.

(4) 지반 지지력

현장지반의 허용지지력이 도면에 표시한 지지력에 미달되는 경우에는 적당한 지반개량공법을 사용하고, 말뚝기초를 할 경우에는 말뚝기초의 배치상태에 따라 저판의 철근을 합당하게 배근하여야 한다.

(5) 뒷채움흙 설계

다짐이 쉽고, 비압축성, 투수성이 있으며 물의 침입에 의해서도 강도 저하가 되지 않는 안정한 재료가 좋으며 일반적으로 강자갈, 쇄석, 입도가 좋은 모래 등이 쓰인다.

5.3.2 원형암거

1. 원형암거에 쓰이는 관은 원심력 철근콘크리트관, 프리스트레스 콘크리트관으로서 염화비닐관 등은 대상으로 하지 않는다.
2. 매설방식으로는 관을 직접 자연지반 또는 잘다져진 기초위에 설치하여 그 위에 성토하는 방법과 대상지반을 구형으로 굴삭하여 매설하는 방법이 있다.

5.3.3 콜게이트형 암거

1. 콜게이트관은 목적에 따라 적절한 강도 및 형상의 것으로 파이프가 가요성이 있기 때문에 하중이 분포되며 시공이 쉽고, 철거시설이 쉬우므로 최근 많이 사용되고 있으나 부적절한 시공이 이루어지는 경우 사고위험이 있으므로 주의를 요한다.
2. 특히 최소 토피두께가 확보되지 않거나 최대 토피두께를 넘을 경우, 콜게이트파이프를 부식시키는 흙이나 물이 있는 경우, 부분절토 또는 부분 성토구간에 도로가 횡단할 경우, 극단적인 편압을 받는 경우, 부등침하를 일으키는 지반 등에서의

시공은 충분한 조사와 안전성 검토가 요구된다.

5.4 압거의 시공

5.4.1 기초공

1. 구형압거의 기초에 있어서 중요한 것은 설계상 요구되는 지지력을 균등하게 얻는 것이다. 그러므로 지형상 또는 지질상 변화가 있는 경우 그것에 대응하는 설계시공이 되어야 한다.
2. 특히 연약지반상에 설치할 경우 충분한 조사를 통하여 필요에 따라 전후성토와 일체로 침하시키기 위하여 프리로딩을 하거나 말뚝기초를 고려할 필요가 있다. 말뚝기초에 대해서는 소음, 진동 등에 대해서 사전에 충분한 검토가 이루어져야 하며, 기초시공은 건조한 상태에서 하여야 한다.

5.4.2 본체공

1. 콘크리트 타설시에는 타설이음위치는 설계자료를 참고하여 응력분포를 고려하여 결정하여야 한다. 따라서 타설순서로서는 저판과 측벽의 밑부분을 동시에 시공하여 우각부가 약점이 되지 않도록 하여야 하나 거푸집, 콘크리트타설이 곤란하므로 저판을 먼저 타설하고, 3일 이상 양생기간을 거쳐 측벽에서 상판으로 타설하는 것이 좋다.
2. 콘크리트 타설에 있어서는 거푸집 청소, 타설 이음부의 레이탄스 제거, 재료분리에 유의하여 진동기로 충분히 다져야 한다.

5.4.3 뒷채움공

1. 뒷채움공에 주의하지 않으면 압거 인접노면의 침하로 직접 영향이 있기 때문에 노면 평탄성이 나쁘게 된다.
2. 뒷채움재료는 1층 시공두께 20 ~ 30cm 정도로 하고 진동램퍼, 타이어로울러, 진동로울러 등을 병용하거나 대형전압기와 소형전압기를 조합시킬 필요가 있다. 단 뒷채움이 불균일하게 마무리 되거나 본체에 편심하중을 주거나 전압기에 의해 본체에 손상이 일어나지 않도록 주의해야 한다.

제 10 장 저류지 시설

제 10 장 저류지 시설

제 1 절 유수지

1.1 유수지의 정의

1. 홍수시 유입량의 일부를 가두어 두었다가 외수위가 저하되면 방류하여 내수침수가 발생하지 않도록 홍수량을 조절하는 시설이다.

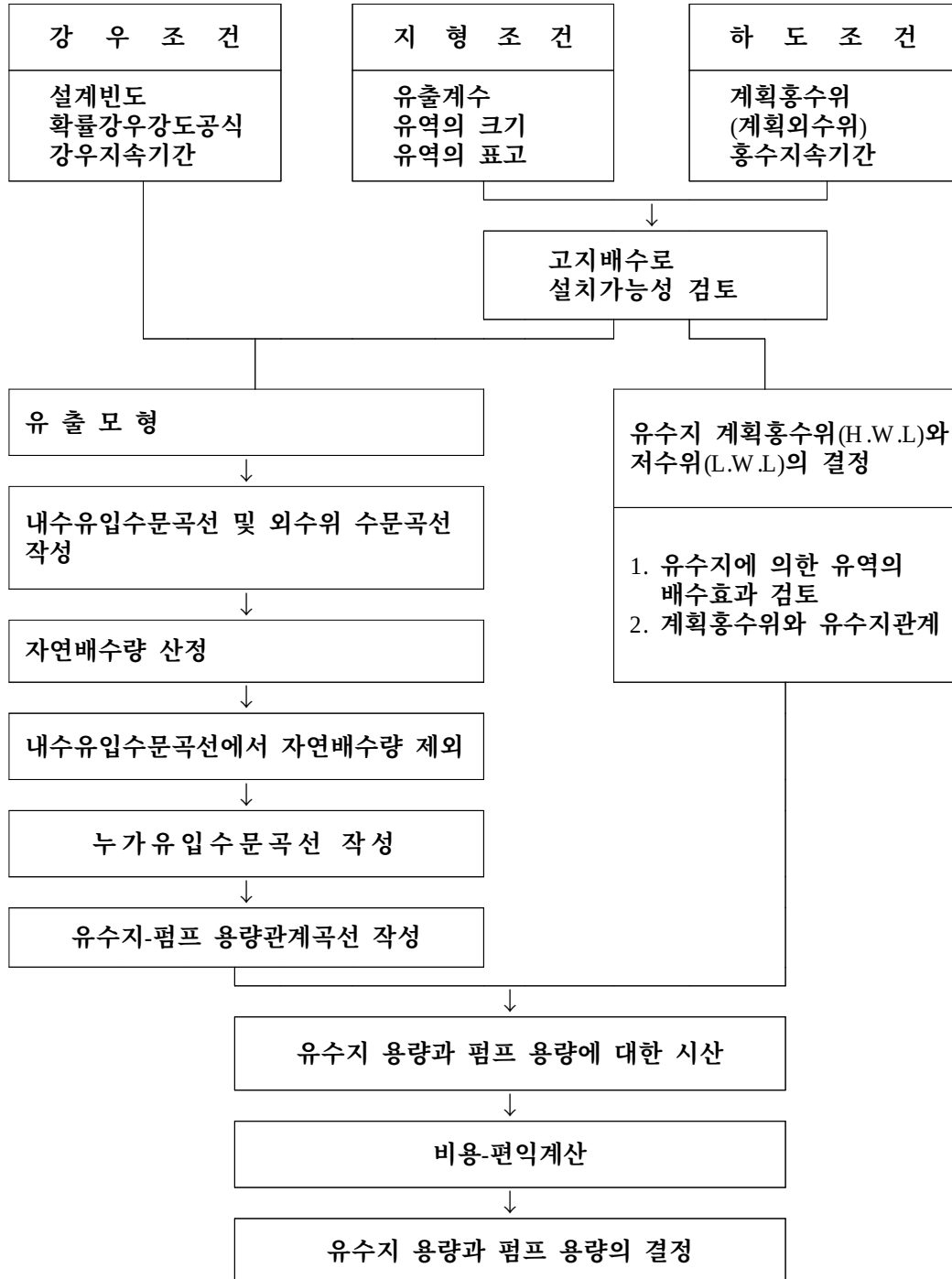
1.2 내수처리 방법

1. 자연배수 : 비홍수기에 배수문을 열어 자연배수한다.
2. 강제배수 : 방류하천의 수위가 높고 내수유입량이 많을 때, 배수문을 차단하고 전 유입량 모두를 기계배수로 한다.
3. 혼합배수 : 방류하천의 수위는 낮고 내수유입량이 많을 때, 자연배수와 기계배수를 혼합하여 배수한다.

1.3 유수지 설계

1.3.1 유수지 설계 기본사항

1. 설치위치는 다음 사항을 고려하여 선정한다.
 - (1) 내수배제의 원활성
 - (2) 토지확보 가능성
 - (3) 주위환경과의 조화
 - (4) 경제성
2. 용량결정 절차
 - (1) 설계강우를 결정한다.
 - (2) 설계강우를 유출모형에 적용하여 유수지 누가유입 수문곡선을 구한다.
 - (3) 유수지 - 펌프 용량관계곡선을 이용한 시산결과로 유수지 용량과 펌프용량을 구한다.



<그림 10.1.1> 유수지와 펌프 용량 결정을 위한 흐름도

3. 설계강우

유수지 용량결정을 위해서는 지속기간이 긴 강우자료를 기초로 한 설계 강우를 채택하는 것이 바람직하며, 설계강우에 대한 자세한 내용은 '제4장 제1절'의 내용을 참고로 한다.

4. 강우지속기간

여러 강우지속기간에 대한 확률유입량을 구하여 유수지 용량이 가장 크게 되도록 강우지속기간을 정한다. 즉 유수지 용량결정시 단위시간당의 유입량보다는 누가유입량이 중요한 요인이 되므로 이를 위해서는 여러 가지의 강우지속기간에 대한 확률유입량을 구하여 각각에 대해 필요한 유수지 용량을 구한 후 최대 용량이 되는 강우지속기간을 선택해야 한다.

5. 설계빈도

유수지 설계를 위한 설계빈도는 다음의 사항을 함께 고려하여 결정한다.

- (1) 과거 최대강우에 대한 대응성
- (2) 침수 위험도
- (3) 침수 가능지역의 중요도
- (4) 타지역의 침수 가능성
- (5) 경제성

6. 유출계수

- (1) 유수지 설계를 위한 유출계수는 유수지가 장시간 강우에 대비한 유출기구라는 점을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다.
- (2) 유수지는 장시간 강우에 대처하기 위한 유출기구이므로 초기강우로 인하여 지반이 포화상태에 있을 경우에는 일반적인 설계기준에 의한 유출율보다 커질 수 있으므로 이를 고려하여 유출계수를 결정하여야 한다.

7. 유출모형

- (1) 유수지의 설계를 위해 이용할 수 있는 유출모형은 다음과 같은 것이 있으며 해당지역의 지형적 조건을 고려하여 적절한 모형을 선택한다.

- ① 합리식
- ② 수정 합리식
- ③ RRL (British Road Research Laboratory) 모형
- ④ ILLUDAS 모형

⑤ 단위도법 등

- (2) 상기와 같이 유수지 설계를 위해 사용되고 있는 유출모형에는 여러 가지가 있으나 각 모형의 기본가정과 전제조건, 해당 유역의 지형조건 등을 고려하여 적절한 모형을 선택해서 사용해야 한다.
- (3) 일반적으로 수문학적 특성이 소구역별로 서로 다른 경우에는 ILLUDAS방법을 적용하고, 소유역 특성이 균일하여 간단하게 등유하시간도를 작성할 수 있는 경우에는 RRL방법을 적용하는 것이 바람직하다. 최근의 연구결과에 따르면 유수지 설계에 적절한 모형으로 ILLUDAS 모형이 추천되고 있다.

8. 자연배수량

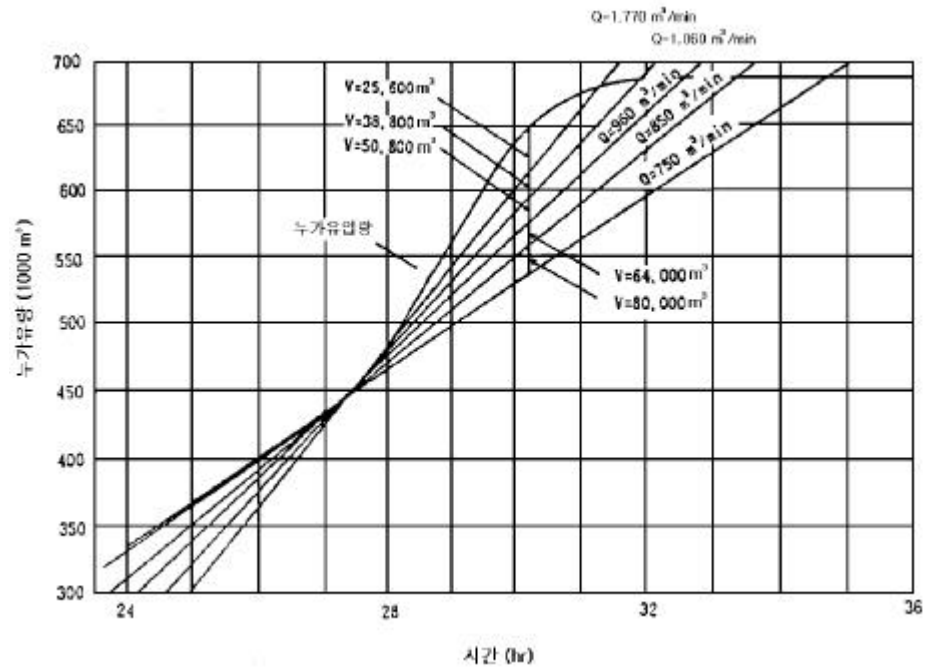
- (1) 자연배수량은 내수유입수문곡선과 외수위 수문곡선을 작성하고 그 관계로부터 산정할 수 있다. 외수위가 한계수위에 도달하는 시간까지 내수는 펌프에 의하지 않고 자연방류구를 통해 자연배수가 가능하며 이후에는 수문을 닫고 펌프에 의해 강제배수를 하게 된다.
- (2) 자연배수량이 전체 내수유입량중에서 차지하는 비율은 각 지점마다 다르지만 지역에 따라서는 그 비율이 클 수 있으므로 이를 반영하여 설계하는 것이 바람직하다.

9. 유수지-펌프 용량 관계곡선

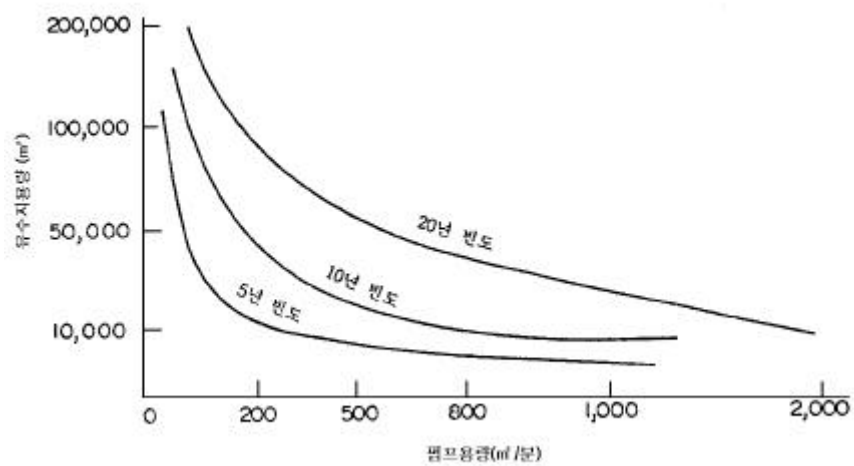
- (1) 유출모형에 의해 유수지 누가유입수문곡선을 작성하고 그 결과를 이용해서 유수지 - 펌프 용량관계곡선을 작성한다.

10. 유수지 계획홍수위와 저수위

- (1) 유수지의 계획홍수위와 저수위는 유수지 용량, 유역의 표고, 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) 유수지의 계획홍수위가 너무 높으면 유역내에서 배수영향이 발생하여 유역의 일부가 침수될 수 있으므로 유수지 용량을 고려하여 유수지 계획홍수위를 결정해야 하는데 보통 주변의 최저 지반고보다 낮게 설정한다.
- (4) 일반적으로 내수가 장시간 동안 저류되어 있으면 악취가 발생하는 경우가 많으므로 홍수가 끝나면 신속히 내수를 배제할 수 있도록 유수지 저수위를 결정해야 한다.



<그림 10.1.2> 유수지 누가유입량곡선과 펌프용량



<그림 10.1.3> 유수지 - 펌프 용량 관계곡선

1.3.2 유수지 세부설계

1. 자연방류시설

자연방류시설은 평상시의 하수와 홍수시 본류 하천의 수위가 유수지의 계획 홍수위에 도달할 때까지 유수지를 거치지 않고 유수지 유입량을 직접 배수본류 하천으로 방류하기 위한 시설로 방류구의 위치, 배수량, 내외수위 관계 등을 고려하여 충분히 기능을 발휘할 수 있도록 계획한다.

(1) 설치목적

- ① 자연방류시설은 유수지로 유입되는 유출수를 배수 본류 하천의 수위가 유수지의 계획홍수위에 도달하기 전까지 유수지를 거치지 않고 자연적으로 배수본류 하천으로 충분히 소통시킬 수 있도록 시설되어야 하며 역류방지용 수문은 “수문”의 설계기준에 의해 설치한다.
- ② 유수지의 비탈면 하단에 설치되는 방류시설은 자연배수가 원활히 이루어질 수 있도록 유수지로의 유입 배수시설을 고려하여 자연방류구에 접속시키도록 하며 자연방류를 증가시키고 유수지 조작이 유리하도록 자연방류구를 2개 이상 설치할 수도 있다.
- ③ 자연방류구의 규모는 내외수위 상관성을 분석하여 자연방류량을 충분히 소통시킬수 있는 시설규모 이상으로 설치한다. 유수지 내의 자연방류시설 높이는 유수지의 계획홍수위를 기준하고 유수지로의 유입을 원활히 할 수 있도록 유수지 유입수문을 설치한다.

(2) 구조

① 자연방류구의 표고

자연방류구의 표고는 내수의 배제를 원활히 하고 장래의 확장이나 유지보수가 용이하도록 결정해야 한다. 암거의 표고가 하천의 평수위 이하로 설치되면 방류구에 토사가 퇴적되어 소통능력이 저하되고 수문의 개폐에 지장을 줄 우려가 있다.

② 수문의 설치

홍수시 하천의 수위가 내수위보다 높아져서 외수가 제내지로 역류하는 것을 방지하기 위해 수문을 설치한다. 수문은 시설비의 증가나 운영상의 불편이 있다 하더라도 위험을 줄이기 위해 반드시 제외측에 설치해야 한다. 다만, 지형 특성 및 치수경제성 등을 고려하여 2중수문으로 설치가능하나, 구조적인 면과 제내지측의 중요도를 감안하여 신중히 하여야 한다.

③ 수위관측시설의 설치

자연배수 암거를 효율적으로 운용하기 위해서는 외수위와 방류구 위치에서 내수위를 비교할 수 있는 수위관측시설을 설치해야 하고 이 수위기록을 조정실에서 확인할 수 있는 시설도 설치해야 한다.

2. 유수지 호안

유수지 제방을 보호하기 위해 적절한 구조의 유수지 호안을 설치한다.

3. 도수로

유수지 바닥은 평상시에는 항상 건조한 상태가 유지되도록 하고 바닥에 물이 고이지 않도록 도수로를 설치한다.

1.4 유지관리

1. 유수지는 정기적인 준설을 실시하되 계획된 유수지 용량을 확보하여야 한다.
2. 유수지 바닥은 장마철이 끝나면 완전히 정리하되 유입된 각종 유입물이 누적되는 일이 없도록 해야 한다.
3. 도수로는 장마시 급격히 증가되는 우수량으로 인한 토사에 의해 매몰되거나 파손되지 않도록 점검을 철저히 하고 정비, 보수토록 한다.
4. 유수지는 정기적인 소독을 실시하여 방역을 철저히 해야 한다.
5. 유수지는 비홍수기 동안 최대한 주변환경과 조화를 이루고 주민에게 시각적으로나 경관상 지장을 주지 않도록 적절한 경관을 유지하여야 한다.

제 2 절 침사지

2.1 침사지의 정의

1. 하천에 유송되는 토사를 침전 또는 퇴적시킬 목적으로 만든 저류지 시설물이다.

2.2 침사지 구분

1. 임시침사지

- (1) 일정기간중 유역내에서 개발이 이루어지는 경우 공사기간에 설치하는 침사지

2. 영구침사지

- (1) 보, 수문등 하천시설물의 기능을 유지하기 위하여 부속시설물로 설치한 침사지
- (2) 토사유출이 많은 하천에서 골재채취를 목적으로 시설한 침사지

2.3 침사지 위치

1. 임시침사지

- (1) 타하천이나 인근 농경지에 영향을 주지 않는 지점
- (2) 개발지역 직하류
- (3) 본 공사에 지장을 주지 않는 곳

2. 영구침사지

- (1) 보 등의 관리용 침사지
 - ① 보의 기능과 관리에 지장이 없는 곳
 - ② 퇴사와 관리에 합당한 곳
- (2) 토사침전 및 퇴적용 침사지
 - ① 유역의 토질분포와 산림상황
 - ② 퇴사와 관리에 합당한 곳

2.4 침사지 설계

2.4.1 침사지 설계 기본

1. 완전저류(complete detention)

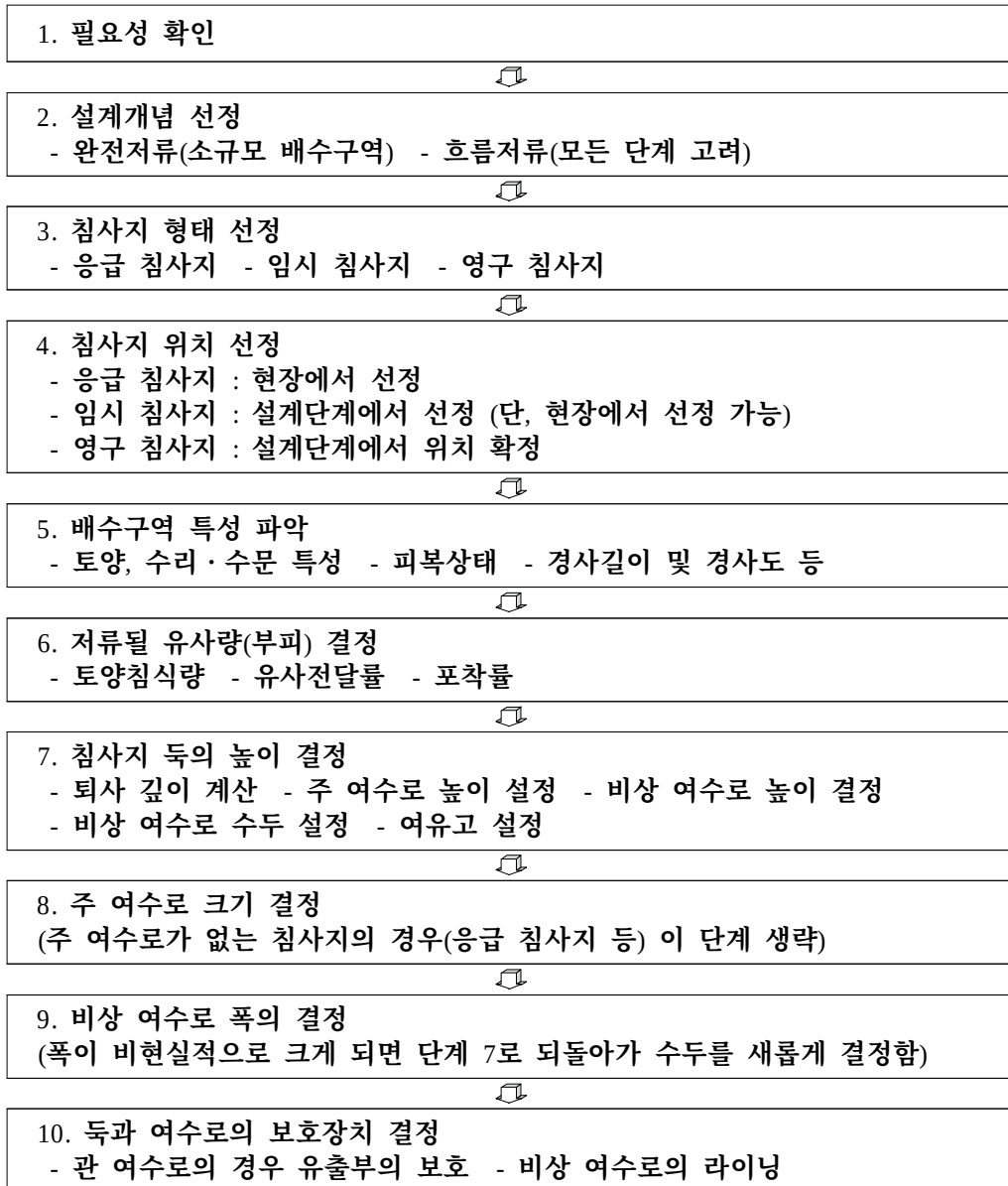
- (1) 소규모 유역에 적합
- (2) 홍수총량 저감
- (3) 대규모 홍수시 비상여수로 설치
- (4) 통상의 호우에 대하여 100% 포착개념

2. 흐름저류(flow detention)

- (1) 첨두홍수량 저감
- (2) 천천히 흐르는 상태에서 대부분의 유사가 침전됨
- (3) 상류에서의 유입유사량 예측이 필요함

(4) 계획된 포착물 고려

2.4.2 침사지 설계 절차



2.4.3 침전, 퇴적유사량 결정

1. 계획된 침사지 내로 유입하여 침전·퇴적하는 유사량(혹은 토사량)은 상류유역에서의 토양침식량, 유역과 침사지 간의 유사전달률, 침사지 내에서의 유사 포착률, 퇴적토의 단위중량등을 적절한 방법으로 추정하여 다음과 같이 결정한다.

$$(1) \text{ 침전·퇴적 유사량(부피)} = \text{유역의 토양침식량(무게)} \times \text{유사전달률} \\ \times \text{침사지 포착률} / \text{침사지내 퇴적토 단위중량}$$

2. 토양손실량(soil loss)

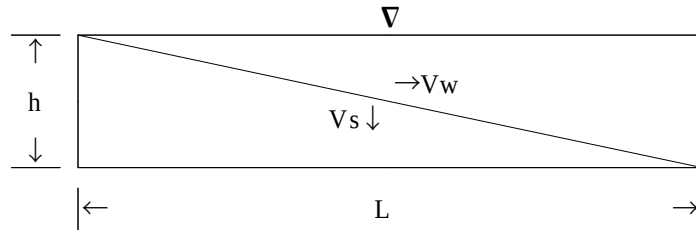
- (1) 유역의 토양 침식량을 정확하게 추정하는 방법은 아직 없으며 현재로서 가장 바람직한 방법은 유사한 지역의 침식량 실측 자료를 이용하는 것이다.
- (2) 이러한 실측자료가 없는 경우에는 미국에서 개발된 범용토양손실공식(Universal Soil Loss Equation)과 같이 토양손실을 추정하는 방법 등을 이용할 수 있다.
- (3) 이러한 공식 적용이 어려운 경우에는 개략적인 방법으로 원단위 방법을 이용하여 추정할 수 있다.

3. 유사전달률(sediment delivery ratio)

- (1) 유사전달률은 상류에서 침식된 토사 중에서 중간에 퇴적하지 않고 하류 침사지 내로 유입하는 토사의 무게 비이다.
- (2) 이 비율은 토사 입자의 크기, 조직은 물론 토지이용, 지형등에 따라 적게는 0에서 크게는 1까지 변하나, 개략적으로 유역면적에 반비례하고 입자가 작을수록 커진다.

4. 포착률(sediment trap efficiency)

- (1) 포착률은 총 유입유사량 중에서 침사지에 침전·퇴적하는 유사량의 비율로서, 저류시간(=저류용량/유입량)과 유사입경에 따라 변한다.
- (2) 해석적인 방법에 의한 포착률 추정은 다음과 같이 할 수 있다. 아래 그림에서 L 은 침사지 길이, V_w 는 침사지 내 평균 유속, V_s 는 토립자의 침강속도이다.



① 침전시간 $t = L / V_w \geq h / V_s$

유량 $Q = hB V_w$; B = 침사지 폭

② 침사지 수심 $h = LV_s / V_w$

$\therefore Q = BLV_s = AV_s$; A = 침사지 수면적

$\therefore A (=BL) = Q / V_s$

③ 이러한 공식의 적용 방법은 다음과 같다.

㉠ 침사지유량(평균) $Q = \frac{\text{설계강우에 의한 총유출량(부피)} \nabla}{\text{유출지속기간 } T}$

㉡ 침사지내 평균유속 $V_w = Q / (h \cdot B)$

④ 위와 같은 침사지 (h , B , L) 규모에서의 포착률 계산은 다음과 같다.

㉠ 토립자 침강속도 $V_s = \text{Stokes 법칙이나 기타 실험도표 이용}$

㉡ 침사지 수면적 (최소) $A^* = Q / V_s$

㉢ 포착률 = 해당 입경의 토립자를 침사지 내에서 침강시키기 위해 필요로 하는 최소한의 수면적 A^* 와 실제 수면적 A (또는 100% 포착 대상의 최소입경에 대한 수면적)의 비율

$$= 100 \frac{A}{A^*} \quad (\text{단, } A / A^* > 1.0 \text{인 경우 포착률은 } 100\% \text{임})$$

㉣ 전체 입경에 대한 포착률은 해당 입경에 대한 포착률에 무게 비를 곱해서 합산한 값임

㉤ 방류수의 유사농도 $C = \frac{(1 - \text{포착률}) \cdot \text{유입유사량}}{\text{총유출량}(\nabla)} \times 10^6 (\text{mg} / \ell)$

< 방류수 허용 유사농도

5. 응집촉진제의 사용

(1) 필요한 경우 침사지에서의 침전을 가속시키기 위해 응집촉진제 사용을 검토할

수 있다. 응집제로서는 명반 $[Al_2(SO_4) \cdot 18H_{20}]$ 등을 고려할 수 있으며, 이 방법은 경우에 따라 침사지 규모를 확대하여 자연침전시키는 것보다 경제적인 수 있다.

- (2) 이 방법은 침사지 하류의 물환경 보전이 필수적이기 때문에 점토와 같은 미세 입자의 침전이 반드시 필요한 경우 적극 검토할 수 있다.

6. 침사지 바닥세굴 검토

- (1) 마지막으로 침사지 바닥에 침전·퇴적한 토립자의 재부유나 세굴 가능성에 대한 검토가 필요하며, 이를 위해서는 Camp(1946)가 제안한 다음과 같은 세굴유속 공식을 이용하여 침사지 내 유속과 비교하여 검토할 수 있다.

① 세굴유속공식

$$V_c = \sqrt{8\beta g(S-1)D/f} \quad (10.2.1)$$

- ② 여기서, f = Darcy-Weisbach 마찰계수, β = Shields 무차원계수 (≈ 0.04), g = 중력가속도 ($=980\text{cm/s}^2$), S = 토립자의 비중 ($=2.65$), D = 토립자의 직경 (cm)이다.

$$\therefore V_c = 23\sqrt{D/f} \text{ (cm/s)}$$

- (2) 여기서 침사지내 평균유속 V_w 이 세굴유속 V_c 보다 작은 경우 일단 침전된 토사입자는 재부유되지 않는 것으로 볼 수 있다.

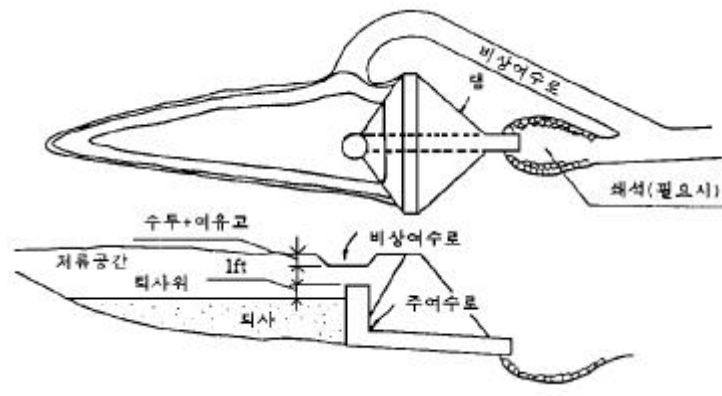
2.4.4 침사지 설계

1. 침사지는 계곡이나 웅덩이 등 자연상태로 저류할 수 있는 지형에 둑을 쌓아 만들거나(자연상태 침사지), 그러한 지형이 없는 경우 굴착기계로 땅을 파고 둑을 쌓아 인공적으로 만든 침사지(pit)로 구분할 수 있다. 침사지 여수로로는 관여수로와 사력여수로 등으로 구분할 수 있다.

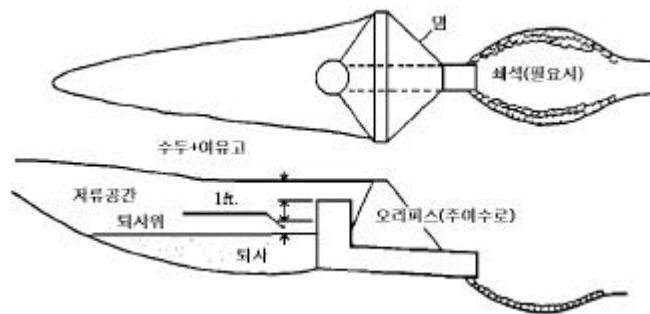
2. 침사지의 조성

- (1) 침사지는 <그림 10.2.1>, <그림 10.2.2>, <그림 10.2.3>과 같이 자연상태의 요철 부분에 둑을 쌓아 만들거나 <그림 10.2.4>, <그림 10.2.5>과 같이 인공적으로 굴착하여 둑을 쌓아 만들 수 있다.
- (2) 침사지의 여수로로는 관을 이용하여 둑 바깥으로 방류하는 관여수로(pipe spillway)와 둑 위에 사력을 쌓아 그 위로 방류시키는 사력여수로(rockfill

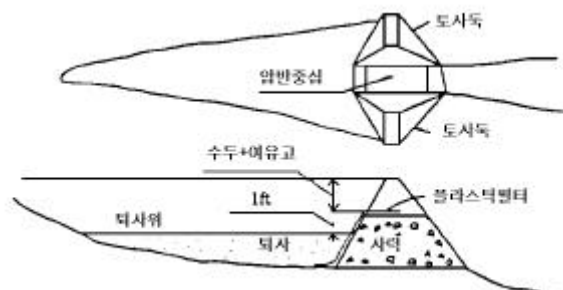
spillway)로 나눌 수 있다.



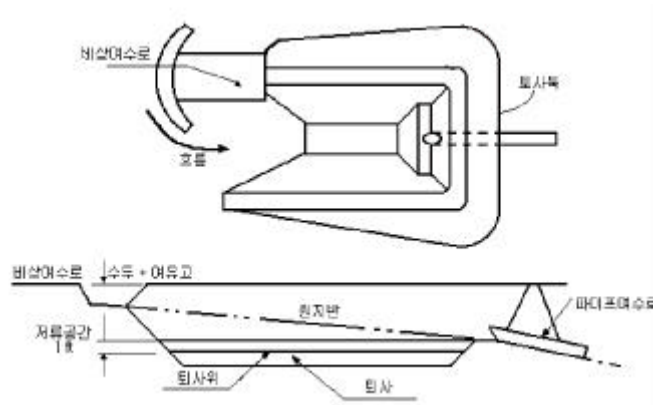
<그림 10.2.1> 관 주여수로 및 비상여수로를 갖춘 자연상태 침사지



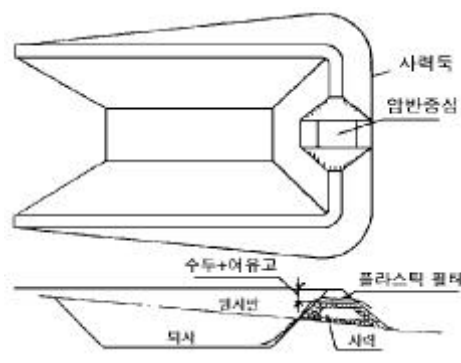
<그림 10.2.2> 주여수로 및 비상여수로를 겸하는 관을 갖춘 자연상태 침사지



<그림 10.2.3> 침투성 사력독으로 만든 자연상태 침사지



<그림 10.2.4> 관 주여수로 및 비상여수로를 갖춘 굴착 침사지



<그림 10.2.5> 침투성 사력둑으로 만든 굴착 침사지

3. 침사지 독높이

(1) 침사지 독높이는 침사지 및 여수로 형태에 따라 결정되며, 관 여수로 침사지의 경우 다음 절차에 의해 결정할 수 있다.

- ① 퇴사깊이의 결정
- ② 주여수로(관) 턱 높이의 설정
- ③ 비상여수로 턱 높이의 설정
- ④ 비상여수로 수두의 결정

⑤ 여유고(freeboard)의 결정

- (2) 단, 사력여수로의 경우 단계 ②와 ③은 결합될 수 있다.

4. 자연상태 침사지

- (1) 자연상태의 침사지는 대부분의 경우 포물선 형태의 단면과 경사진 종단형을 가진 침사지로 모형화 할 수 있으며, 이 경우 어느 용량에 해당하는 깊이 Y 는 다음과 같다.

$$Y(m) = 1.82 \left[\forall_s S \sqrt{D} / W \right]^{0.4} \quad (10.2.2)$$

여기서, $\forall_s$ = 침사지 용량 (m^3), S = 침사지 종단 경사 (m/m), D = 언체에서의 침사지 깊이 (m), W = 언체 길이 (=언체에서의 침사지 폭) (m)

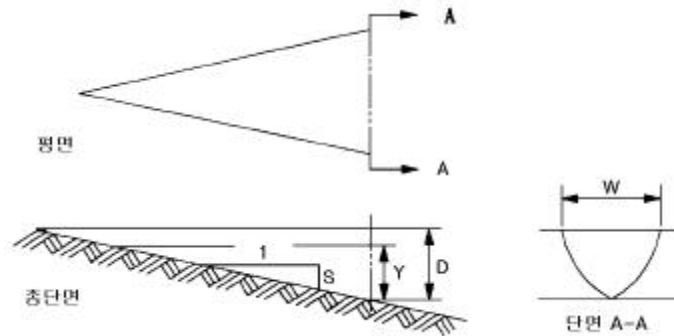
- (2) 관여수로 침사지의 경우 여수로의 턱은 퇴사위보다 30 cm 정도 높게 위치시킨다. 이 경우 관여수로 턱 높이와 비상여수로 턱 높이의 차에 해당하는 공간이 저류공간이 되며, 이 공간으로 높은 생기빈도 강우에 의한 총유출량을 저류시키는 것을 고려할 수 있다. 여기서 저류공간의 높이 Y 는 비상여수로 턱 높이가 되며, 그 위로 설계홍수량을 통과시킬 수 있는 여수로 수두와 여유고(freeboard) (50 cm 정도)를 각각 둔다.

- (3) 사력 독 침사지의 경우 사력독 위를 침투성 포장으로 덮은 곳이 주여수로 역할을 하며, 이 경우 독높이는 다음과 같은 순서로 결정한다.

- ① 홍수 저류량에다 퇴사량을 합산
- ② 합산한 값을 가지고 포물선 단면에서의 깊이 Y 계산
- ③ 비상여수로 턱높이 = 30cm + Y
- ④ 수두 및 여유고 설정

5. 굴착 침사지

- (1) 굴착 침사지는 단순 단면으로 가정하여 전술한 <그림 10.2.6>에서와 같이 일정 용량에 해당하는 깊이 Y 를 계산할 수 있다.
- (2) 퇴사위는 관여수로 턱에서 30cm 정도 낮게 설정한다. 그 밖에는 자연상태 침사지 경우와 같다.



<그림 10.2.6> 포물선 형태의 단면과 경사진 종단형을 가진 침사지 모형

6. 수문설계

- (1) 침사지 설계시 저류공간은 높은 생기빈도의 호우에 대비하고, 비상여수로로는 낮은 생기빈도의 호우에 대비하는 것을 원칙으로 한다. 여기서 홍수량은 SCS방법이나 기타 적절한 방법을 이용하여 추정할 수 있으며, 침두 홍수량은 합리식이나 기타 적절한 방법을 이용하여 추정할 수 있다.
- (2) 단 수문 계산에서 나온 침두홍수량은 침사지의 저류 효과 때문에 침사지 내에서는 적어지나 통상 같게 보고 비상여수로를 설계할 수 있다.

7. 주여수로(관) 설계

- (1) 주여수로는 침사지 저류공간에 저류된 홍수량을 천천히 배수시켜 토사입자의 침전효과를 기대하고, 다음 홍수에 대비하는 역할을 한다. 관 주여수로는 1) 연직으로 세운 수갱형 여수로, 2) 오리피스형 여수로, 3) 입구에 덮개가 있는 여수로 등으로 통상 24시간 이내에 완전 배수토록 설계된다.
- (2) 이 경우 여수로 단면은 각 형태별로 수리계산을 통해 결정할 수 있다. 관여수로 하류단의 세굴방지를 위해서는 사석공(riprap), 감세공(stilling basin)등의 설치를 고려한다.

8. 비상여수로 설계

- (1) 비상 여수로는 설계 호우 이상의 호우에 대비하기 위한 것으로 보통 침사지 양 옆에 설치된다.
- (2) 사력으로 만든 비상여수로는 필요시 통수능 증대를 위해 흙, 시멘트 등으로 처리하여 조도계수를 감소시킨다. 비상 여수로의 단면은 보통 사다리꼴이며, 제원

은 수리계산을 통해 결정할 수 있다.

2.5 침사지 시공 및 유지관리

2.5.1 시공

1. 침사지는 설계빈도 이하의 호우에 충분히 견딜 수 있도록 건설되어야 하며, 침사지 독의 높이가 5m를 넘는 경우 보통의 댐 설계 기준에 따라야 한다.
2. 독 건설 : 침사지의 독 높이가 5m 이하의 경우 독의 마루 폭은 다음과 같이 정할 수 있다.
 - (1) 독 폭 : 최소 2.5m (독 높이가 3m까지)
 최소 3m (독 높이가 3-5m 경우)
 최소 4m (독을 도로로 사용하는 경우)
 - (2) 독 사면
 - ① 상류면 = 1 : 2.5 ~ 3
 - ② 하류면 = 1 : 2 ~ 3
 - (3) 독 바닥 시공 : 수목이나 유기물을 제거한 후 매끄러운 표면을 20cm 이하로 느슨하게 한 후, 다음에 실제 독 공사시 압밀시킨다.
 - (4) 독 지수도랑(cutoff trench) 시공 : 3m 이상 높이 독의 경우 중심선을 따라 깊이 60cm, 폭 120cm 이내의 도랑을 굴착하고 흙으로 압밀한다.
 - (5) 독 시공 : 나무뿌리와 같은 유기물이 없고 자갈, 모래가 없는 흙을 이용하여 한 번에 15cm 두께 정도로 쌓는다. 시공후 침하를 고려하여 설계 독 높이보다 5-10% 더 높게 시공한다.
 - (6) 사면 보호 : 매트, 나무조각(mulches), 스프레이나 성장이 빠른 풀 등을 심어 사면을 보호한다.

2.5.2 유지관리 및 해체

1. 침사지는 대상 지역의 개발공사 중은 물론 개발 후에도 그 기능을 충분히 유지할 수 있도록 준설 등 유지관리에 세심한 배려를 하여야 한다. 특히 개발공사가 끝난 후 침사지를 친수환경 구역으로 이용할 경우 수질, 수생 생태계, 경관 등 수변 환경관리에도 세심한 배려를 하여야 한다.

2. 유지관리

- (1) 침사지의 유지관리는 독 검사와 준설 등으로 구분할 수 있다. 호우가 끝난 후 반드시 체제 이상 유무를 검사하여, 침사지 내 주여수로 턱에서 30cm 이내로 퇴사가 된 경우 준설한다.
- (2) 준설토는 호우에 의해 침사지로 다시 들어오지 않을 장소에 버려야 한다.

3. 해체

- (1) 침사지를 영구적으로 계획한 경우 공사가 끝나도 생태적 서식처, 조경, 위락 등 다른 용도로 사용할 수 있으나, 그 밖의 경우 원상 복원시켜야 한다.
- (2) 복원된 지역은 풀과 나무를 심어 식생을 유지하여야 한다.

제 11 장 수방시설

제 11 장 수방시설

제 1 절 일반사항

1. 홍수시 하천의 범람, 내배수 불량으로 인한 내수침수, 유수에 의한 하천시설물의 파괴 등 각종 수해로부터 인명과 자산을 보호하고자 하는 수단을 수방대책이라 한다.
2. 하천시설물 중 수해방지를 목적으로 하천 및 하천유역에 설치하는 시설을 수방 시설이라 한다. 수방시설은 그 기능에 따라 다음과 같이 분류된다.
 - (1) 홍수방지시설
 - ① 하천제방 : 범람방지
 - ② 홍수조절지 : 홍수량 감소
 - ③ 방수시설(放水施設) : 홍수량 분산 방수
 - (2) 내배수 처리시설
 - ① 유수지 : 제내지 침수방지
 - ② 배수문 : 홍수배제
 - ③ 펌프 : 강제배수
 - ④ 현지저류시설 : 우수량 현지저류, 홍수량 감소
3. 본 장에서는 수방시설 및 각종 하천시설물의 파괴원인과 세굴에 대한 안정성 검토가 필요한 하천구간 등에 대한 검토사항, 수해복구 공법 및 하천시설물의 유지 관리 방법 등을 제시함으로써 각종 수해피해 경감 및 하천시설물의 치수방재적 안정성을 확보하는데 그 목적이 있다.

제 2 절 시설물의 안정성 검토

2.1 개요

1. 소하천은 하폭이 협소하고 유로연장이 짧기 때문에 소하천 시설물의 대부분은 제방과 호안이 주종을 이루며, 유로경사가 급한 소하천에서는 하상유지를 위한 낙차공이 많이 설치되어 있다. 또한 농로와 도로 등을 연결하는 소교량과 소규모

인도교의 역할을 겸비한 보, 소하천으로의 배수나 용수취수 목적으로 설치되는 암거 등이 있다.

2. 이 들 하천시설물의 파괴는 월류, 누수, 세굴 등이 주 원인이 된다. 월류는 설계 홍수위에 대한 시설물 제원의 결정시 고려하게 되며, 누수 등의 원인은 시설물의 설계나 시공시 토질역학적인 안정성 검토에 의하여 그 대책을 고려하게 된다.

2.2 시설물의 파괴원인

1. 제방의 파괴는 월류, 세굴, 누수 등이 주 원인이 되며, 제방의 안정성 확보를 위해서는 다음 사항에 대한 검토가 이루어져야 한다.
 - (1) 홍수시 수위상승에 의한 월류
 - (2) 유속에 의한 제체의 세굴
 - (3) 수위의 급강하시 비탈면의 활동
 - (4) 연약지반에 축제된 제방의 침하
 - (5) 제체 및 기초지반의 누수 및 파이핑
 - (6) 제체의 함수비 상승에 따른 비탈면 붕괴
2. 호안의 붕괴원인은 주로 기초의 세굴에 의해 파괴되지만 그 외에도 여러 가지 원인에 의해 파괴될 수 있으므로 파괴원인을 정확히 파악하여야 한다.
 - (1) 유수에 의한 하상과 호안기초의 세굴에 의한 호안의 붕괴
 - (2) 홍수시 빠른 수위강하에 의한 뒤채움 토사흡출
 - (3) 급경사 하천에서 토압이나 수압에 의한 붕괴
 - (4) 유수에 의한 비탈덧기의 파괴
 - (5) 상하류 마감부에 대한 안전
 - (6) 호안머리부분의 세굴
3. 하상유지공 및 보의 본체는 전도, 활동, 침하에 대한 안정성을 고려하여야 한다.
 - (1) 본체 상하류 수위차에 의해 발생하는 파이핑 현상에 의한 본체의 파괴
 - (2) 기초지반의 분사현상으로 인한 본체의 침하 및 기능 상실
 - (3) 본체에 작용하는 외력에 의한 전도 및 활동
4. 수제는 제방과 호안, 하상 등의 보호와 유로를 교정 또는 고정하기 위한 것으로, 유수의 수충작용과 기초의 세굴에 대한 안정성을 검토하여야 한다.
5. 내배수 시설은 다음 사항에 대하여 안정성을 검토하여야 한다.

- (1) 구조물 접합부 세굴붕괴
- (2) 기초차수벽 미비로 침투세굴 붕괴

2.3 세굴에 대한 시설물의 안정성 검토

2.3.1 세굴의 일반적인 형태

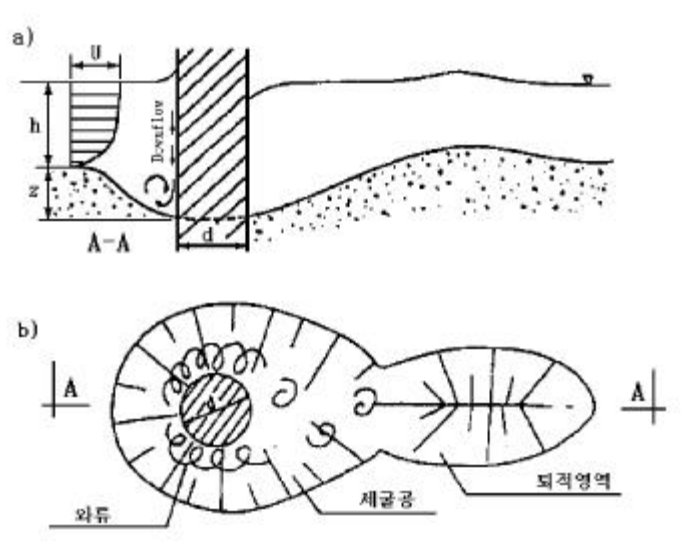
1. 세굴은 시설물 등의 영향에 의하여 국지적으로 발생하는 국부세굴 외에도 유속과 하상의 인위적인 변화에 의하여 전체 하상에 걸쳐 세굴이 발생하게 되며, 하도계획 및 하천시설물 계획시 다음과 같은 세굴 문제에 대한 고려가 필요하다.
 - ① 홍수시 세굴에 의한 전반적인 하상저하
 - ② 저수지건설 또는 골재채취 등 하천수내의 유사를 제거함으로써 하류 방향으로 진행되는 하상저하(degradation)
 - ③ 하류의 침식기준면(base level)이 저하함에 따라 상류방향으로 진행되는 하상저하
 - ④ 수축(교량건설을 위해 하천 내에 성토된 구간, 수제에 의해 축소된 구간 등의 통수단면 축소)에 의한 국부세굴
 - ⑤ 만곡에 의한 국부세굴
 - ⑥ 하천시설물(수제, 교각, 교대 등)에 의한 국부세굴

2.3.2 하상세굴

1. 일반적으로 하상세굴이 발생하는 원인은 다음과 같다.
 - ① 저수지에 의한 유사차단 또는 하천과 홍수터에서 자갈과 모래의 굴착
 - ② 비유량(specific discharge)과 유속 증가의 원인이 되는 긴 수축부(long contraction)
 - ③ 홍수시 유량과 수심, 수면경사의 증가
 - ④ 하도 유량조절(channel regulation)을 위하여 조도를 감소시킴으로써 유발되는 수면경사의 증가
2. 하상세굴의 영향이 클 때는 다음과 같은 하도 안정대책을 수립하여야 한다.
 - ① 하상의 인공적인 장갑화
 - ② 낙차공에 의한 침식 제어

2.3.3 교각에서의 국부세굴

1. 교량의 파괴는 대부분 교각기초의 저면침식이 원인이 된다. 교각의 국부세굴은 교각 정면에서 교각을 따라 형성되는 하방류(down-flow)와 교각이면의 후류에 의해 발생하며, 와류의 유속에 의한 세굴능이 하상입자의 초기저항을 초과하게 되면 세굴이 시작된다. 교각주위에서 세굴현상의 개략적인 모식도는 <그림 11.2.1>과 같다.



<그림 11.2.1> 교각주위의 세굴현상

2. 홍수시 교량이 있는 구간의 세굴은 단면축소에 의한 세굴과 국부세굴로 대별할 수 있다.
3. 통수단면 축소에 의한 세굴
 - (1) 교량이 있는 하천구간은 일반적으로 구조물의 경제성 등을 고려하여 수로 폭을 축소하게 된다. 따라서 교량부분에서는 이러한 단면의 수축에 의하여 유속이 증가하게 되고 교각이 없는 경우에도 교량부분은 일반 하상보다 세굴이 증가하게 된다.
 - (2) 통수단면의 축소에 의하여 세굴이 증가하는 요인은 다음과 같으며, 교량의 설계시 이를 고려하여야 한다.

- ① 주수로의 유량과 교량단면의 통과유량의 차가 클수록 세굴심이 증가
- ② 주수로의 폭과 교량부분의 폭의 차가 클수록 세굴심이 증가
- ③ 하상토의 평균입경이 작을수록 세굴심이 증가

4. 교각에 의한 국부세굴

- (1) 교각주위에서 발생 가능한 최대 국부 세굴심은 교량의 안정에 큰 영향을 미치게 되며, 최대 국부 세굴심을 산정하는 방법은 완전히 확립되어 있지 않기 때문에 실험이나 관측에 의하여 세굴심을 추정하는 것이 가장 바람직한 방법이다.
- (2) 그러나, 실험이나 관측이 어려운 경우, 세굴심 예측 공식을 이용하여 개략적으로 가능 최대 세굴심을 산정할 수 있으며, 교각 주변의 세굴심도에 영향을 미치는 인자는 다음과 같으므로 교각설계시 이를 신중히 고려하여야 한다.
- (3) 교각주변의 최대 국부 세굴심에 영향을 미치는 인자.
 - ① 접근류의 흐름강도 : 교각으로 접근하는 흐름의 유속이 클수록 세굴심 증가
 - ② 수심비 : 교각의 직경에 대한 수심의 비(h/d)로서 수심비가 클수록 세굴심 증가
 - ③ 유사입경비(d/D_{50}) : 하상토의 중앙입경비에 대한 교각직경의 비가 클수록 세굴심 증가
 - ④ 교각의 배치 : 사각형 교각인 경우 교각의 길이에 대한 교각의 폭의 비가 클수록 세굴심이 증가하며, 흐름방향에 대해 교각이 이루는 각도가 클수록 세굴심이 증가
 - ⑤ 교각의 형상 : 교각의 단면형상이 사각형인 경우 원형에 비해 약 1.11 ~ 1.40배까지 세굴심을 증가시키며, 선단부와 말단부의 형상을 렌즈형이나 타원형으로 하는 경우 원형에 비해 약 0.41 ~ 0.97배까지 세굴심을 감소시킬 수 있는 것으로 알려져 있다.

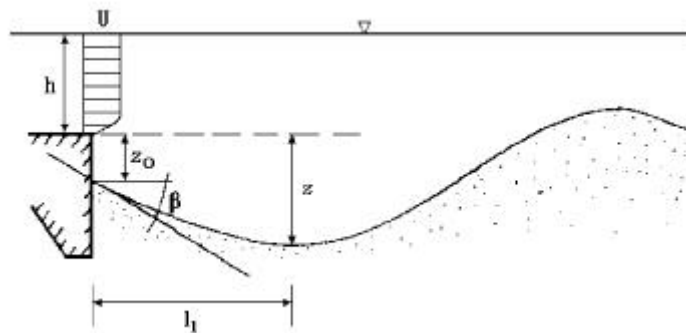
5. 세굴이 발생하면 교량 상류단의 배수위가 줄어드는 경향은 있지만 구조물의 기초에 큰 위험을 초래한다. 따라서, 세굴을 최소화하고 기초의 침식을 방지하기 위한 보호대책이 수립되어야 한다.

- (1) 실린더형 교각 등 유수의 저항을 줄일 수 있는 형상의 교각을 설치함으로써 세굴을 감소시킬 수 있다.
- (2) 교각 주변에 돌로 두꺼운 보호층을 쌓거나 교각주위에 콘크리트 물받이를 설치함으로써 기초세굴을 방지할 수 있다.
- (3) 원형 교각에 대해서는 흐름이 직면하는 방향으로 끝단이 넓은 계란모양의 종단면 형상을 갖는 사석 보호공이 추천되는 방법이다.

- (4) 사석쌓기의 저부에는 적절한 역 필터(inverted filter) 또는 토목섬유가 설치되어야 한다.
- (5) 기타 세굴을 방지하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으며, 이러한 세굴방지공의 설치 및 선정은 경제성을 고려하여 결정되어야 한다.

2.3.4 낙차공에서의 국부세굴

1. 심각한 침식을 유발할 정도로 경사가 급한 하천에서는 하천수류의 과도한 에너지를 안전하게 소산시키기 위하여 위어, 턱(sill)등과 같은 낙차시설물을 설치한다.
2. 낙차시설물은 고수부에서 저수부로 물을 낙하시키게 되며, 이와 같은 구조물과 관련된 세굴은 다음과 같은 두 가지 형태의 흐름에 의해 유발된다.
 - (1) 낙차시설물 하류단의 수평흐름
 - (2) 침식성 하상에 충격을 가하는 수직 또는 경사 자유 제트
3. 수평흐름에 의한 국부세굴
 - (1) 수평 물받이 하류단에서의 세굴은 평균유속 및 유속분포, 난류강도, 수심과 침식하상재료 등 여러가지 인자에 따라 변화하게 된다. 따라서, 세굴심의 적절한 예측을 위해서는 현장관측이나 동일한 조건의 실험이 요구된다.
 - (2) 그러나 대부분의 경우 이러한 조건을 구비할 수 없으므로 실험식이나 경험식을 사용하여 세굴심이나 세굴심의 발생위치 등을 결정하게 된다.



<그림 11.2.2> 수평흐름에 의한 바닥보호공 끝단에서의 세굴현상

- (3) 수평 물받이 하류단의 최대세굴심(z)
 - ① 수평물받이 하류단에서 발생하는 최대세굴심은 흐름의 특성, 평균유속, 상대유

사밀도, 수심, 세굴을 유발하는 흐름의 지속시간 등의 영향을 받는다.

- ② 구조물의 형상에 따라 수평흐름의 흐름특성이 달라지게 되며, 부등류이며 난류인 흐름이 발생하는 경우 등류흐름에 비해 큰 세굴을 유발한다.
 - ③ 세굴을 유발하는 흐름의 지속시간이 길수록 큰 세굴을 유발한다.
 - ④ 상대유사밀도가 큰 경우 세굴은 감소하게 된다.
- (4) 수평물받이 끝단으로부터 최대 세굴심까지의 거리(l_1)
- ① 보호공의 끝단으로부터 최대 세굴심까지의 거리는 단면의 평균유속이 큰 경우 짧아지게 된다.
 - ② 최대세굴심이 큰 경우 최대세굴심의 발생위치는 길어지게 된다.
 - ③ 낙차공 하류단의 바닥보호공은 이러한 최대세굴심과 최대세굴심이 발생하는 거리를 고려하여 설치되어야 한다.
- (5) 보호공 끝단에서의 세굴심(z_0)과 상류단으로의 경사(β)
- ① 실제 하천에서 낙차시설물에 큰 영향을 미치게 되는 국부세굴은 보호공의 끝단에서의 세굴이다(<그림 11.2.2>).
 - ② 세굴공의 끝단에서 세굴된 하상이 이루는 경사는 하상보호공의 안정과 전체 구조물의 안정에 큰 영향을 미친다. 비점착성 유사에서 경사가 한계값을 초과할 때, 활동이 발생하거나 바닥 보호공 아래의 토양의 액상화(liquefaction)가 발생할 수도 있다.
 - ③ 세굴경사는 하상재료의 입경과 유사의 침강속도, 동점성계수, 하상재료물질의 상대밀도 등에 따라 변화하게 된다.

4. 충격제트에 의한 세굴(scour by plunging jets)

- (1) 고수부의 수류가 저수부로 자유낙하함에 따라 그 충격에너지에 의하여 저수부에서 세굴이 발생하게 되며, 이러한 세굴을 방지하기 위하여 일반적으로 낙차시설물 본체와 일체된 구조물의 물받이가 설치된다.
- (2) 이러한 물받이는 충격제트에 의한 세굴에 충분히 안정하도록 설계·시공되어야 한다.
- (3) 충격제트에 의한 세굴은 고수부의 수심, 유속과 저수부 하상의 하상토 재료입경, 저수부의 수심, 낙차 등의 요인에 영향을 받는다.

2.3.5 수제의 국부세굴

- 1. 수제주위에 발생하는 국부세굴의 추정은 수제기초의 깊이와 최소깊이를 산정하

는 것이 가장 중요하다. 수제주위의 국부세굴의 지형적인 매개변수를 계산하기 위하여 여러 가지 공식들이 제시되고 있으나, 대부분의 공식들은 소규모의 수리학적 모형에 의한 실험에 근거를 두고 있기 때문에 현장조건에 이러한 공식을 사용하기에는 많은 주의가 필요하다.

2. 수제에서의 국부세굴은 수제인근에서 생성되는 와(eddies)가 원인이 된다. 일반적으로 수제주위의 국부세굴심은 수제 자체의 단면축소로 인해 증가된 비유량에 의해 유발되는 수축세굴과 중첩된다.
3. 국부세굴의 가장 중요한 매개변수중의 하나는 최대 세굴심과 구조물이나 제방과 관련하여 최대세굴심이 발생하는 위치이다. 수제 계획시 세굴공의 확대는 하상재료의 안식각과 세굴공의 최대심도를 파악함으로써 개략적으로 산정할 수 있다.
4. 수제 주위의 국부세굴은 다음과 같은 인자들의 증가에 따라 커지게 되며, 수제 계획시 이에 대한 고려가 필요하다.
 - ① 접근류의 Froude 수
 - ② 수축비
 - ③ 경사각
 - ④ 벽면의 경사(steeptness)
5. 최대 세굴심은 일반적으로 다음의 인자가 증가하게 되면 작아진다.
 - ① 세굴하상재료의 입경
 - ② 수제의 잠수정도
 - ③ 접근류에 있어서 부유사농도

2.3.6 암거출구부의 국부세굴

1. 암거 출구 시설물은 하상의 하류방향 침식을 방지하고 제방의 경사를 유지하기 위하여 설치한다. 유량이 작은 경우 직선 또는 U자형 끝벽이 사용되며, 중간정도의 유량인 경우는 훨씬 폭이 큰 하류방향 수로와 연결되는 나팔관형 날개벽 출구를 설치하는 것이 수로의 제방과 성토부의 세굴을 줄일 수 있다.
2. 암거를 유과하는 흐름은 보호시설이 설치되지 않은 유출구에서 세굴을 발생시켜 암거 시설물의 기초 부분을 침식하기도 한다.
3. 암거의 출구 유속이 아주 큰 경우에는, 일반적으로 에너지 감세 시설물(경사 물

받이, 수조, 감세지, 침강지)을 설치한다.

제 3 절 수해복구공법 및 수방관리

3.1 수해복구공법

1. 월류방지공

- (1) 흙가마니쌓기 : 축제된 제방이 범람할 우려가 있다고 판단되는 곳에 앞비탈 어깨에서 1m 떨어진 곳에 비축된 수방자재(가마니)에 흙을 넣어 쌓는 공법이다.
- (2) 말뚝바자공 : 제방머리(제정)에 2열로 바자를 만들고 흙을 채워서 말뚝바자벽을 만드는 공법이다.

2. 누수방지공

- (1) 홍수지속시간이 길어지면 제방의 취약지점에서 누수가 발생하게 된다. 처치공법은 여러 가지가 있다.
- (2) 제내측 제방비탈면에서 누수가 되거나 누수의 우려가 있다고 판단될 때 조치하는 공법이다. 누수시 소량의 맑은 물이 나올 때는 큰 문제가 없으나 황토물이 나올 때는 위험도가 크다는 징조이므로 시급한 조치가 요망된다.
- (3) 누수지점이 확실할 때에는 앞비탈에 흙가마니나 비닐덮기로 폐쇄하고 누수지점이 확실치 못할 때에는 앞비탈 전면을 비닐덮기를 해야 한다. 뒷비탈면에는 누수량이 적을 때에는 누수개소에 플라스틱관을 삽입하여 배수처리하고 다량 일때는 누수지점 주위에 흙가마니를 쌓아서 작은 못을 만들고 누수를 고이게 하여 배수함으로서 파제를 방지토록 해야 한다.

3. 앞비탈면 붕괴방지공법

- (1) 앞비탈면붕괴는 여러가지 원인이 있으나 일단 붕괴 진행시에는 나무섬을 대어 붕괴를 방지하도록 해야 한다.
- (2) 파괴가 심할때는 비축가마니, 마대, 철선망태에 돌을 넣어 시급히 차단해야 한다.

4. 뒷비탈면 붕괴방지공법

- (1) 제체 뒷비탈면이 붕괴할 때에는 말뚝을 박아서 그 사이에 흙가마니를 삽입하도록 한다.

- (2) 피해가 심할 경우에는 독의 앞·뒤 말뚝을 연결하여 바자를 만들고 흙가마니로 채우도록 한다.

5. 독마루터짐에 대한 공법

- (1) 독마루에 얹은 터짐이 발생시에는 파헤쳐서 충분히 다진 후 재성토하면 되나 터짐이 심하면 피해가 적은 비탈면에 말뚝을 박아 재체를 보강하고 상황에 따라 조치하도록 한다.

3.2 제방의 수방관리

1. 제방은 그 기능면에서 하천 수방시설물 중 가장 큰 비중을 갖는 관리대상이다.
2. 하천제방관리상 유의할 사항을 홍수시와 평상시로 구분하여 열거하면 다음과 같다.

(1) 평상시 유의할 사항

- ① 제방의 철저한 유지관리를 위하여 주기적인 감시와 순시가 필요하며, 사고유무와 더불어 제방 비탈면(고수호안)과 제내 측구까지도 조사하여 기록토록 한다.
- ② 제방의 식재는 계절별로 손질을 제대로 하고, 홍수소통이나 비탈면 보호에 지장이 없도록 한다.
- ③ 유사시(홍수시)에 대비하여 제방 내에 설치된 각종 시설물들의 주변감시와 순시는 평상시에도 철저히 해야하며, 만일 이상이 발견된 때에는 우기에 앞서서 철저히 보수를 하여야 한다.
- ④ 저수호안과 더불어 고수호안 등에 대해서도 철저한 유지관리가 요망되며, 특히 홍수터(고수부지)내로 차량을 진입시키고 주차하는 행위는 엄격히 규제하며, 폐유 등으로 인한 하천수질 오염을 예방토록 하여야 한다.
- ⑤ 제방이 도로로 사용되는 경우 제체에 과하중이 작용하여 균열이 발생하거나 변형이 생기는 경우가 있으므로 가급적 도로로 전용하지 않아야 한다.

(2) 홍수시 유의할 사항

- ① 홍수가 발생되면 평상시의 수위보다 수면이 상승하여 최고수위에 도달하고, 다음에는 수면이 점점 하강하여 평상시 수위로 되돌아 간다. 이와 같은 기간을 홍수기간이라고 부르고, 최고수위에 도달할 때까지를 수위 상승기라 하며, 그 이후 평상시 수위로 되돌아올 때까지를 감수기라고 부른다. 일반하천에서는 상승기보다는 감수기가 약간 긴 편이나, 도시하천의 경우는 상승기가 짧고 감수

기가 훨씬 길게 된다. 따라서, 호우시의 도시하천에 대해서는 상승기에 제방관리를 철저히 하여 제방의 월류로 인한 피해가 발생하지 않도록 유의해야 한다.

- ② 제체의 취약도(脆弱度)로 보면 상승기보다도 감수기가 보다 제체가 취약하게 되므로, 하천의 수위가 최고수위에 달했다가 하강하고 있는 기간(감수기)은 차량 등의 통행은 억제하고, 상승기보다도 훨씬 철저한 감시와 관리에 임해야 한다.
- ③ 배수암거나 수문상자 및 육갑문 등과 같이 제방을 관통하여 설치되는 시설물과, 제방과의 접촉개소 등에서는 최고수위 발생시를 전후하여 누수가 발생할 우려가 크므로 각별한 주의를 요한다.
- ④ 하천제방은 단면폭이나 제방고에 비하여 연장이 길고, 최고수위의 지속기간(보통 2시간 전후)도 짧으므로 제체내부에 차수벽을 설치하지 않고 보통 토사로 축조하는 것이 일반적이다. 그러나 도시하천 제방에서는 다수의 배수암거나 수문상자, 그리고 육갑문의 지주벽체 등이 콘크리트 구조로 되어 있어 제방구성 재료인 보통토사와의 밀착이 이루어지지 않아, 이 곳을 통하여 제방누수 현상이 발생하는 경우가 많으므로, 이 부분에(콘크리트 벽면과의 접촉부)에는 간헐재(틈 사이를 채우는 재료)로서 점토를 사용하면 콘크리트 벽면과 보통 토사가 밀착될 수 있다.
- ⑤ 하천제방은 일반적으로 토사로 축조된 시설물이므로 절대로 월류해서는 안 되며 충분한 여유고(free board)를 지니고 있어야 한다.

3.3 기타 시설물의 수방관리

1. 하도

- (1) 홍수시 하도경사는 수면경사에 중요한 영향을 미치므로 상하류간의 하도경사에 급변점이 형성되지 않도록 유의하여야 한다.
- (2) 하도경사의 급변점은 하상의 골재채취, 제방법선의 변경 또는 하폭의 급격한 변동 등 개발행위에 의하여 발생할 수 있으므로 하도계획시 이러한 구간이 발생하지 않도록 유의하고, 홍수 전에 하도내 이러한 점이 없는지 확인하여야 한다.
- (3) 하도의 lining 및 하천의 복개는 하천의 환경측면 뿐만 아니라 홍수시 치수적인 측면에서도 많은 지장을 초래하므로 이러한 행위는 절대 금지되어야 한다.

2. 호안

- (1) 호안은 홍수에 의하여 그 기초가 세굴되거나 제체의 액상화 현상에 따른 유동

으로 인하여 파괴될 수 있으므로 홍수에 대비하여 호안과 제체의 접촉면에서 누수현상이나 박리현상이 발생되지 않도록 관리하여야 한다.

- (2) 호안은 재질특성의 불연속상태가 불가피하며, 이러한 부분은 흐름에 의하여 제체의 손상을 초래하는 경우가 많으므로 호안이 끝나는 제체부분의 손상 여부를 수시로 관찰하여 대책을 수립하여야 한다.

3. 수위유지시설 및 하상유지시설

- (1) 하상유지 시설물 또는 수위유지 시설물 등은 통수능의 불연속상태를 초래하여 유량소통에 지장을 초래하거나 수위상승에 따른 제방의 월류 및 누수, 유속의 증가에 따른 세굴의 위험성을 초래할 수 있으므로 시설물 상하류의 불연속 상태가 가급적 완화되도록 하여야 한다.
- (2) 하상유지 시설물 또는 수위유지 시설물의 하류부는 낙차와 토사공급의 중단에 의하여 하상저하가 발생하여 보와 제체의 접합부 부근에서 측방세굴에 의한 보와 제방의 안정성을 위협하는 경우가 많으므로 홍수 전후에 이에 대한 관리를 철저히 하여야 한다. 하류부의 하상저하는 하류부 하상토의 조립화 여부를 조사함으로써 파악할 수 있다.

4. 교량

- (1) 교량의 교각 및 교대는 유수의 통수단면을 축소시켜 상류단의 수위상승을 유발하게 된다. 또한 교각과 교대 부근 및 그 하류부에서는 유수력의 증대와 와류의 생성에 의하여 하상세굴이 심화되고 교대 및 교각 자체가 유수에 의하여 손상되는 경우도 있으므로 가급적 통수능 및 하폭의 변화가 크지 않도록 하여야 한다.
- (2) 소하천은 하폭이 협소하기 때문에 암거형 교량이 많이 시공되어 있으나, 다음과 같은 문제가 있으므로 교량의 형식결정에 유의하여야 한다.
 - ① 다경간 암거교량은 홍수시 유목 등에 의하여 통수단면이 급격히 축소되어 하천범람의 주요 원인이 되며, 유목 등에 의한 충격으로 교량자체가 유실되는 경우도 있다.
 - ② 접근류가 격벽에 대해 큰 각도를 가지고 유입하는 경우 통수능력의 저하에 따른 상류단 수위상승과 세굴의 증가로 인한 격벽 및 교량자체의 유실을 초래하기도 한다.
- (3) 다경간 암거교량은 상기 (2)와 같은 문제점이 많으므로 설치를 지양하도록 하고, 암거형 교량의 설치시는 상기의 문제점을 충분히 고려하여 설치하여야 한다.
- (4) 교량은 수위 및 하상유지 시설물 등의 수류의 변화를 유발하는 시설물의 하류

단에 설치되지 않도록 유의하여야 하며, 이러한 위치에 기 설치된 교량은 하상 저하로 인한 교각과 교대의 붕괴우려가 크므로 홍수전후에 하상의 변동, 세굴부 등을 철저히 조사하여 그 대책을 수립하여야 한다.

제 12 장 환경보전시설

제 12 장 환경보전시설

제 1 절 수질정화시설

1.1 수질정화

1. 소하천의 수질정화는 하천수계상 가장 상단에 위치한 소하천의 수질을 정화하므로써, 중소하천 및 대하천의 수질을 보전하고, 하천생태계를 복원하는데 목적이 있다.
2. 하천의 수질정화는 일반적인 점오염원을 처리하는 인공적인 공법과는 달리 자연의 자정작용을 이용한다. 하천수질정화방법으로는 크게 ① 하천의 자정작용을 이용한 방법 ② 식물의 자정능력, ③ 희석, ④ 소류효과에 의한 방법, ⑤ 준설 등이 있다.

1.2 하도계획에 의한 방법

1. 하천의 자정작용 활발히 일어날 수 있는 여울과 소를 연속적으로 조성하므로써, 하천의 자정작용을 극대화시키는 방법이다.

1.2.1 박충류법

1. 박충류법은 하천의 폭을 증가시켜 수심을 작게 하고, 경사를 완만히 하여 유속을 감소시키는 방법으로 부유물질의 침전거리를 짧게 하고, 와류에 의한 부유물질의 침강속도 감소를 제거하므로써, 자정작용을 촉진하는 방법이다.
2. 이 방법은 하천의 오염도가 심하지 않는 경우에 긴 거리에 걸쳐 시행하는 방법으로 정화효율은 높지 않으며, 무기성 부유물질이 많은 경우 적합하다.

1.2.2 여울과 소를 이용한 방법

1. 소의 침전작용과 여울의 폭기작용을 이용한 방법으로 하천에 시설물을 설치하지 않고 가장 효과적으로 수질을 확보할 수 있는 방법이나, 박충류법과 같이 비교적 긴 거리에 걸쳐 많은 수의 여울과 소를 설치하여야 하며, 처리효율은 박충류법에

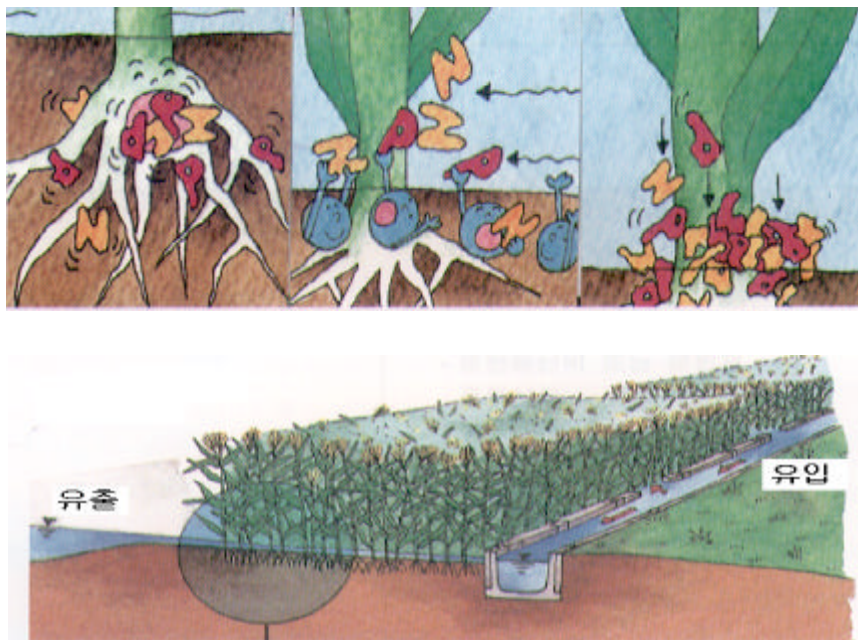
비하여 높은 편이나, 기타 방법에 비하여서는 낮은 편이다.

1.3 안정화법

1. 안정화법은 침전과 미생물에 의한 소화, 소류력에 의한 소류효과(홍수시 유출)를 이용한 방법으로 가동보 등을 이용하여, 유속의 감소, 침전, 미생물에 의한 소화의 과정을 거쳐 정화하고, 최종 퇴적물은 홍수시 가동보를 제거하여 하류로 유출시키는 방법이다.

1.4 식생정화법

1. 식생정화법은 침전 등에 의한 부유물질제거 및 식물이 성장하는데 필수적으로 필요한 질소(N), 인(P)을 식물뿌리가 흡수하는 원리를 이용한 방법으로 가장 자연친화적인 방법이다.
2. 반면 수심을 깊게 유지할 경우 침전의 효과가 떨어지는 단점이 있으며, 대단히 넓은 면적을 필요로 하고, 홍수시 유실될 가능성이 크고, 겨울철에는 식물의 성장정지로 정화효과가 거의 없다.



<그림 12.1.1> 식생정화법 개념도

1.5 접촉산화법

1. 접촉산화법은 하천의 고수부지 또는 제내지에 하천수를 유입시키고 자갈, 사석 등의 여재를 통과함으로써 하천의 자정작용을 극대화하는 방법이다. 즉 여재의 공극을 통과하면서 침전, 흡착, 미생물에 의한 소화를 통하여 오염물질을 정화한다.
2. 접촉산화법은 유입수의 수질에 따라 또는 용존산소(DO)에 따라 폭기식/ 무폭기식으로 구분할 수 있다.
3. 접촉산화법중 자갈을 이용한 접촉산화법의 경우, 다음과 같은 식에 의하여 정화용량을 산정한다.

<표 12.1.1> 오염농도별 접촉산화법 설계기준

구 분	폭기식	무폭기식
생물학적 산소요구량(BOD,mg/ ℓ)	30이하	80이하
용존산소(DO,mg/ ℓ)	3이상	3이하
체류시간(시간)	1.2 1.5	2.0 2.5

(1) 접촉산화조 용량(V)

$$V = V_1 + V_2 \quad (12.1.1)$$

$$V_1 = \text{정화용량 (m}^3\text{)}$$

$$V_2 = \text{슬러지 퇴적용량 (m}^3\text{)}$$

(2) 정화용량 (V1)

$$V_1 = \frac{Q \times T}{24 \times a} \quad (12.1.2)$$

$$Q = \text{계획처리유량(m}^3\text{/ 일)}$$

$$T = \text{체류시간 폭기식 접촉산화법 : 1.2 1.5시간}$$

$$\text{무폭기식 접촉산화법 : 1.5 2.5시간}$$

$$a = \text{공극율 (0.35 0.4)}$$

(3) 슬러지 퇴적용량 (V_2)

$$V_2 = \frac{C \times Q \times r \times (1 - \alpha) \times N + (C \times Q \times r \times \alpha) / (1 - e^{-K})}{(1 - W) \times d \times 10^6 \times a} \quad (12.1.3)$$

C = 유입수 SS 농도

r = SS 제거효율

 α = 유입 SS의 강열감량 (50%)

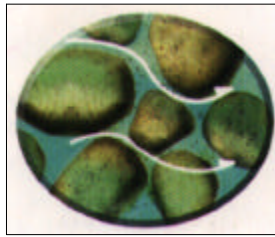
N = 가동일수

K = 유기성 슬러지의 분해계수 (0.01)

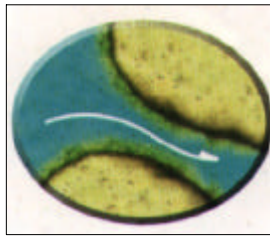
W = 퇴적슬러지의 함수율 (80%)

d = 퇴적슬러지의 비중 (1.25)

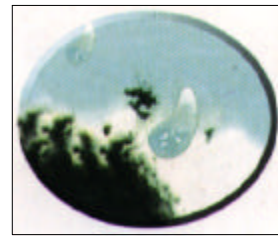
a = 공극률 (0.35 ~ 0.40)



① 침전



② 흡착



③ 미생물에 의한 소화분해

<그림 12.1.2> 자갈접촉산화법 개념도

1.6 준설

1. 하천정화에 가장 많이 이용되고 있으며, 오니토의 두께, 분포면적을 조사한 후 하상에 퇴적된 오니토를 제거하는 방법이나 엄밀한 의미에서 수질정화방법은 아니다.
2. 이때 주의할 점은 오니토 준설시 하상의 교란이 반드시 발생하며, 하상물질의 교란은 일부 퇴적물의 하류유출을 초래하여 하류의 수질을 악화시키기도 하므로, 하류에 정체수역이 있거나, 저수지, 호수 등이 있는 경우 부영양화를 일으킬 수도 있다.

1.7 주의사항

1. 하천의 수질정화사업의 시행은 다음과 같은 점을 충분히 고려하여 시행하여야 한다.

- (1) 유역의 오염원을 파악하여, 수질오염물질의 특성을 파악하여야 한다.

<표 12.1.2> 오염원별 주요 오염물질 및 처리방법

구 분	오 염 물 질	처 리 방 법
생활오수	BOD, SS, 질소(T-N), 인(T-P)	접촉산화법, 식생정화법
축산폐수	BOD, SS, 질소(T-N), 인(T-P)	식생정화법, 폭기식접촉산화법
공장폐수	화학물질, 독성물질	처리장 건설, 식생정화법
농업용수	질소(T-N), 인(T-P)	식생정화법

- (2) 오염원이 명확한 경우, 오염원에 대한 정화방법을 모색하여야 한다. 일반적으로 오염원에서 직접 처리할 경우, 처리비용, 규모, 효율 등에서 하천정화방법보다 뛰어난 효과를 볼 수 있다.
 - (3) 오염정도, 오염물질에 따라 적절한 처리방법을 선택하여야 한다.
 - (4) 정화의 우선순위는 소하천, 중규모하천, 대하천 순으로 진행하고, 본류보다는 오염된 지류를 정화하는 것이 정화비용, 효율 등에서 유리하다.
2. 앞에서 소개한 여러 방법은 각 방법에 따라 적용범위, 처리효율 등에서 상이한 차이를 보이며, 그 특성을 정확히 파악하지 않고 적용할 경우 많은 문제를 야기할 수도 있다.

<표 12.1.3> 하천수질정화방법

정화방법	정화의 원리	설계제원	제거효율	특 징
안정화	· 침전	-	· 낮음	· 연은 가동식 · 퇴적오니는 홍수시 유출
박층류	· 침전 · 흡착 · 생물산화	· 수심 : 10cm 전후 · 유속: 30-50cm/ s, · 거리 : 수 km · 하상 : 자갈	· 낮음	· 퇴적오니는 홍수시 유출
자갈접촉산화	· 침전 · 흡착 · 생물산화	· 체류시간 : 15.시간 · 유하거리 : 20m · 여재(mm) : $\Phi 70 \sim 200$	· BOD, SS : 65 ~ 75%	· 여재대체(쇄석,플라스틱) 가능 · 오니의 체적감소 · N, P,등은 처리 안됨 · BOD 30mg/ ℓ 이하에 적합 · 지하구조물
폭기부자갈접촉산화	· 침전 · 흡착 · 생물산화	· 체류시간 : 2 ~ 2.5시간 · 유하거리 : 20m 이상	· BOD, SS : 65 ~ 75% · NH ₄ -N · 곱팡이 · 냄새	· 여재대체 가능 · 지하구조물 · DO 공급 필요 · 폭기부와 비폭기부로 분리 · BOD 80mg/ ℓ 이하에 적합
고속도양정화	· 흡착 · 여과	· 투수속도 : 3 ~ 5m/ 일	· BOD: 70% · 색도, 인	· SS제거 필요(전처리) · 슬러지제거 필요(역세척)
부엽식물정화	· 침전 · 식물의 N, P 제거	· 체류시간 : 4시간 ~ 4일	· BOD, SS · N, P 제거 · 효율낮음	· 부유성식물 이용 · N, P 제거효과 · 경관이 좋음 · 동절기 처리 불가
식생정화	· 침전 · 식물의 N, P 제거	· 수심 : 10 cm 내외 · 체류시간 : 4시간	· BOD, SS · N, P 제거 · 효율높음	· 미나리, 갈대, 달뿌리풀, 부들 이용 · 넓은 면적 필요 · 동절기 처리 불가
습지식물정화	· 여과 · 흡착 · 생물산화 · 식물의 N, P 제거	-	· BOD, SS · N, P 제거 · 효율높음	· 미나리, 갈대, 달뿌리풀, 부들 이용 · 넓은 면적 필요 · 하천부지 이용 가능 · 동절기 처리 불가
준 설	-	-	-	· 주기적 제거 필요 · 저니질중 영양염류(N,P 등) 유출시 수질악화(부영양화) · 효과가 명확치 않음

<표 12.1.4> 하천수질정화방법별 정화대상물질 및 설계제원

정화방법	수 질								필요면적 (1m ³ /s당, m ³)
	정화가능한 수질항목					대상수질		제거율 (%)	
	SS	BOD	NH ₄ -N	N	P	SS (mg/ℓ)	BOD (mg/ℓ)		
언정화 (가동언)	○	○				10 20	15	SS 30 BOD 30	4,000 수심 2m
박충류	○	○	○			10 30	10	SS 10 30 BOD 10 30	폭 50m 길이 1km
자갈접촉산화	◎	◎				30 이하	10 30	SS 65 75 BOD 65 75	-
폭기부 자갈접촉산화	◎	◎	◎			60 이하	20 60	SS 65 75 BOD 65 75	-
고속토양정화	◎	◎	○		◎	5 10	5 10	SS 70 90 BOD 60 90 P 70 90	20,000
부엽식물정화	◎	○	○	○	○	10 30	10 30	SS 80 BOD 40	15,000 수심0.1m
식생정화	◎	○	○	○	○	10 30	10 30	SS 80 BOD 40	144,000 48,000
습지식물정화	◎	○	○	○	○	10 30	10 30	SS 80 BOD 40	144,000 48,000

제 2 절 생태보전시설

1. 생태보전시설의 설치는 하천의 정비 또는 개수후에도 하천의 생태계를 보전하기 위한 시설로 주로 어도, 여울과 소, 비오톱 등이 이에 속한다.

2.1 어도

1. 어도는 하천에 종단으로 설치되는 보, 댐 등으로 하천의 유수가 단절되는 경우, 즉 상하류의 현격한 수위차가 발생하여 물고기가 정상적으로 이동할 수 없을 때 설치되는 시설물이다.
2. 어도를 설치하기 위하여서는 먼저 어도설치지점에 서식하는 어족자원의 종류를 파악한 후, 각 어종의 종류별로 적절한 크기의 어도를 설치하여야 하며, 주로 담수에서 서식하는 담수어의 종류별 특성은 <표 12..1.1>에 나타나 있다.

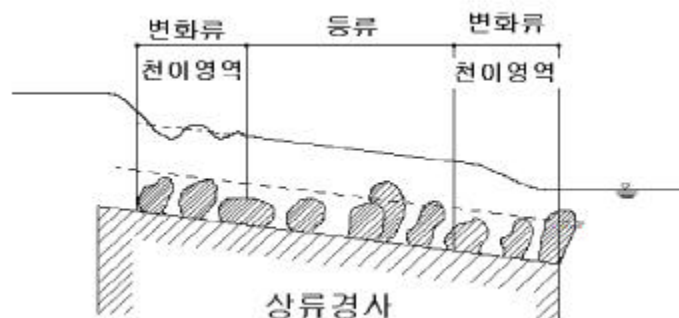
<표 12.2.1> 어종별 생태특징

어 종	신 장	유영속도	최대속도
은 어	114mm	110cm / s	178cm / s
무지개송어	172mm	80cm / s	170cm / s
잉 어	153mm	70cm / s	150cm / s
금 붕 어	101mm	35cm / s	113cm / s
뱀 장 어	90mm	15cm / s	80cm / s
솔 종 개	49mm	15cm / s	36cm / s
미꾸라지	71mm	10cm / s	112cm / s
갈 건 이	8.0mm	8cm / s	16.5cm / s
보 리 멸	7.6mm	6cm / s	17cm / s

2.1.1 돌붙임 경사로

1. 돌붙임 경사로식 어도는 하천을 횡단하는 보의 물받이 길이를 길게 하고, 어느 정도 경사(완경사)를 가지도록 설치한 다음, 물받이 전폭에 걸쳐 자연석을 붙여 어도를 만든다.
2. 이때 수심의 깊이는 Manning의 등류공식을 적용하여 구할 수 있으며, 이때 적용되는 조도계수(n)은 0.05 ~ 0.15 정도 이다.

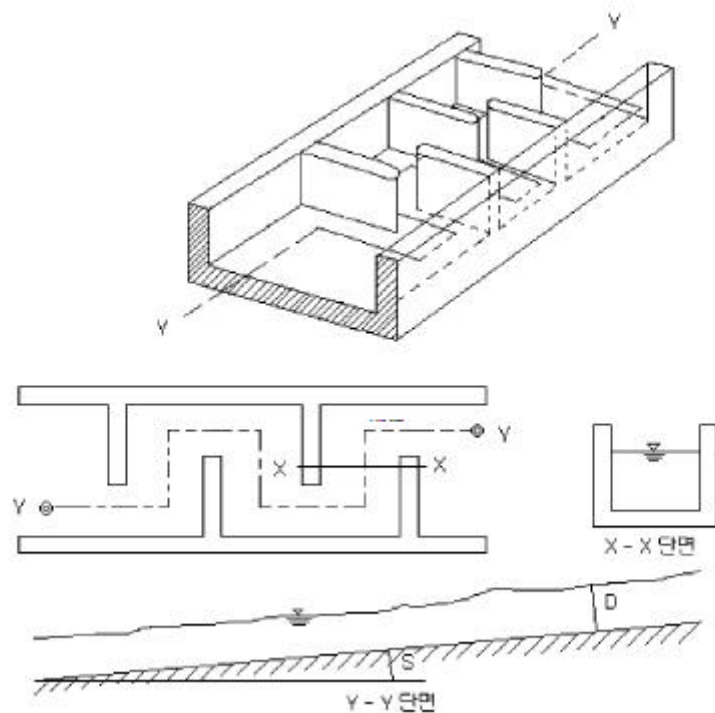
$$Q = \frac{1}{n} A R^{(2/3)} S^{(1/2)}, \quad n = 0.05 \sim 0.15 \quad (12.2.1)$$



<그림 12.2.1> 돌붙임 경사로

2.1.2 도류벽식

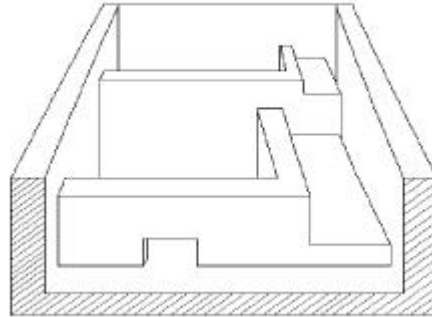
1. 수세를 약화하기 위하여 유도벽을 설치한 어도이다. 이때 흐름의 최대속도는 <표 12.1.1>의 각종 어족의 최대속도를 초과하지 않도록 설치하여야 한다.



<그림 12.2.2> 도류벽식 어도

2.1.3 계단식

1. 평면수로에 칸막이를 설치하여 웅덩이 부분과 월류부분에 의해 경사를 부드럽게 한 어도이다.
2. 이때 각 칸막이에 잠공을 설치하여 유량이 작은 경우에도 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 하기도 하며 이를 잠공부 계단식 어도라 한다.



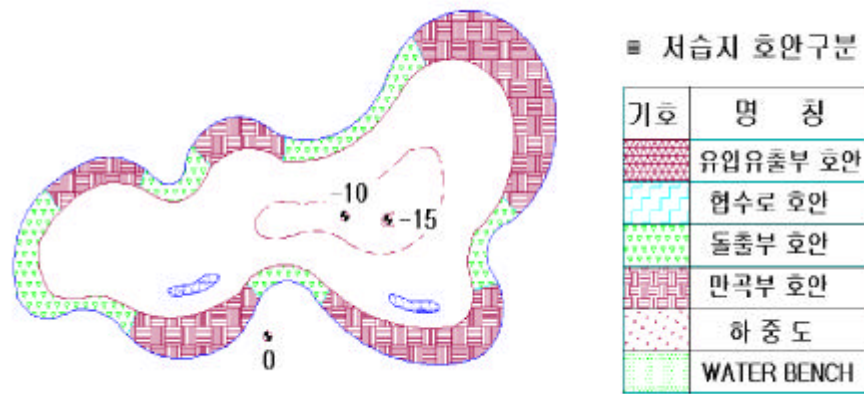
<그림 12.2.3> 계단식 어도

2.2 비오톱(Bio-top)

1. 비오톱이란 하천내에 인공적으로 설치되는 웅덩이로 하천의 유수가 직접 드나들도록 설치하는 온라인 비오톱과 홍수시 또는 강우시에만 하천수가 일부 드나드는 오프라인(Off-line) 비오톱으로 나눌 수 있다.
2. 비오톱은 하천내에 설치되는 일종의 인공적인 습지이며, 습지의 생태가 비교적 풍요로운 점을 감안하여 설치 여부를 결정한다.



<그림 12.2.4> On-line 인공습지



<그림 12.2.5> Off-line 인공습지

소하천 시설기준 연구기관, 집필진, 자문 및 심의위원

■ 소하천시설기준 연구기관

○ 주관연구기관	국립방재연구소
○ 연구용역 참여기관	한국수자원학회

■ 집필진 명단

총괄 : 이원환

집 필 내 용	성 명	소속 기관
○ 총론	이원환	(前)한국 물 학술단체 연합회 회장
○ 유역특성, 수리·수문량조사	이재준	금오공과대학교 교수
○ 설계홍수량 산정		
○ 하도조사, 하도계획	정상만	공주대학교 교수
○ 이수계획		
○ 하천수질조사	김규호	한국건설기술연구원 선임연구원
○ 하천생태환경조사		
○ 측량	이원찬	남원건설엔지니어링 사장
○ 하도시설, 취배수시설, 저류지시설, 수방시설		
○ 설계강수량 산정	허준행	연세대학교 교수
○ 홍수위산정, 유사량산정	이종설	국립방재연구소 연구관
○ 수방시설		
○ 하천환경정비 및 관리	이진원	한국건설기술연구원 선임연구원
○ 하도시설, 환경보전시설	김태균	진주산업대학교 교수
○ 경제성 분석	심재현	국립방재연구소 연구관

○ 감 수 : 행정자치부 방재국 재해복구과

■ 자문위원 및 심의위원

구 분	성 명	소속 및 직위
자문위원	고재웅	건국대학교 공과대학 명예교수
	김계호	유니세크(주) 회장
	윤석길	남원건설 엔지니어링 회장
심위원	송재우	국립방재연구소 소장/ 홍익대학교 교수
	조원철	연세대학교 공과대학 교수
	김국일	동부엔지니어링(주) 상무이사
	박언주	유신설계(주) 상무이사

참 고 문 헌

- 강원희, 화재보험손해사정, 서울: 보험감독원 보험연수원, 1989.
- 건설교통부, 하천공간정비기법개발 조사연구, 1995.
- 건설교통부, 도로교 시방서, 1996a.
- 건설교통부, 하천환경관리지침, 1996b.
- 건설교통부, 하천내 수목의 현황 및 관리방안에 관한 조사연구, 1997.
- 건설부, 치수기술실무편람, 건설부수자원국, 1971.
- 건설부, 하천시설기준(하천편), 건설부 수자원국, 1980
- 건설부, 콘크리트 표준시방서, 1982.
- 건설부, 소규모 토목시설 기술교본, 1984.
- 건설부, 하천시설기준(댐편), 1986
- 건설부, 하천공사표준시방서, 1986, 1994.
- 건설부, 방재종합대책 중장기계획 조사보고서, 서울: 건설부, 1988a.
- 건설부, 한국 확률강우량도의 작성, 부록 : 한국 확률강우량도, 수자원관리기법 개발연구조사 보고서 제 2 권, 한국건설기술연구원, 1988b.
- 건설부, 소규모시설 설계지침 보고서, 한국건설기술연구원, 1990.
- 건설부, 하천환경관리기법개발 조사연구 보고서, 1991.
- 건설부, 하천환경정비기법개발 조사연구 보고서, 1992.
- 건설부, 댐시설기준, 건설부 수자원국 댐계획과, 1993.
- 건설부, 댐시설유지관리기준, 1994a.
- 건설부, 자연형 하천계획기법 및 하천유량과 수질의 상관성 조사연구, 1994b.
- 건설부, 하천시설기준, 1994c.
- 건설부, 하천구조물 표준도, 1994d.
- 건설부, 소하천 정비법, 시행령, 시행규칙, 1995
- 경기도, '90수난과 극복, 수원: 경기도청, 1991.
- 국립방재연구소, 방재조절지의 설계지침 개발(I), 1998.
- 국립방재연구소, 소하천 시설기준 제정을 위한 기초연구, 1998.
- 금오공과대학교 환경연구소, 방재조절지의 설계에 필요한 수문·수리학적 특성의 전산모형 개발, 1998.
- 금오공과대학교 환경연구소, 홍수도달시간과 임계지속기간 분석 및 강우의 시간적 분포모형 분석, 1998.
- 김기덕, 비상관리행정에 관한 연구-한국 풍수해 관리를 중심으로-, 「서울대학교 행정대학원 석사학위논문」, 서울: 서울대, 1987.

- 김동훈, 보험론, 서울: 학현사, 1994.
- 김형수, 하천공학(제1장), 형설출판사, 1992
- 김희종, 하천공학(제1장), 동명사, 1991
- 내무부, 소하천 정비법 해설 및 문답집, 1996
- 내무부, 소하천정비 방향과 모델, 1996.
- 내무부, 소하천정비 종합계획 수립요령, 1997.
- 내무부, 소하천정비사업 업무 기본지침서, 1996
- 내무부, 소하천정비사업 중간평가 및 향후 추진방향, 1997.
- 내무부, 재해영향평가를 위한 기초자료조사 및 평가기법 연구보고서, 1997.
- 노동부, 산재보험사업연보, 서울: 노동부, 1992.
- 대한손해보험협회, 보험가액 및 피해액의 평가기준, 대한보험협회, 1993.
- 심재현, 외국의 피해액 산정 및 구호내역 비교 -일본 및 미국을 중심으로-, 제 2회 방재행정세미나, 한국지방행정연구원, 1997.
- 심재현, 재해피해의 합리적인 산정방법, 연구보고서 94-16, 한국지방행정연구원, 1994.
- 심재현, 홍수피해경감을 위한 방재대책의 개선방안, 연구보고서 96-38, 한국지방행정연구원, 1996.
- 윤용남, 공업수문학, 청문각, 1994.
- 윤용남, 수리학 : 기초와 응용, 청문각, 1993.
- 윤용남, 전병호, 이종태, 도시홍수 재해방지를 위한 내수처리시스템 분석 및 설계기법의 개발, 한국과학재단, 1992.
- 이순탁 외, 수문학(제3장), 보성문화사, 1988
- 이원환, 박상덕, 최성열, “한국 대표확률강우강도식의 유도”, 대한토목학회 논문집, 제13권, 제1호, pp.115 120, 1993.
- 이원환, 수문학, 문운당, 1991
- 이원환, 하천계획관리론, 동명사, 1995.
- 이원환, 최신하천공학, 동명사, 1997.
- 이재준, 이정식, 전병호, 이종태, “우수관거 설계를 위한 계획강우의 임계지속 기간 - 서울지역을 중심으로 -”, 한국수문학회지, 제26권 제2호, pp.49 57, 1993.
- 이재준, 이정식, 한상운, “낙동강 유역의 대표확률분포형의 결정 및 확률강우 강도식의 유도”, 금오공과대학교 건설기술연구소 논문집, 제3권, pp.79 94, 1996.
- 이정식, 이재준, 신창동, “낙동강 유역의 연최대 일강우량에 대한 적정분포형

- 의 결정”, 금오공과대학 논문집, 제13집, pp.153-161, 1992.
- 이종태, 윤세의, 이시진, 이재준, 도시홍수 재해방지를 위한 내수처리시스템 분석 및 설계기법의 개발 - 우수지의 수문·수리설계 및 운영기법의 표준화, 3-95p, 한국과학재단, 1992.
- 이종태, 윤세의, 이재준, 윤용남, “우수지 설계를 위한 계획강우의 임계지속기간 - 서울지역을 중심으로 -”, 한국수문학회지, 제26권 제1호, pp.115-124, 1993.
- 전국방재협회, 아름다운 산하를 지키는 방재복구 기본계획, 1998.
- 중앙재해대책본부, 재해대책편람, 내무부, 1991.
- 중앙재해대책본부, 방재행정실무, 내무부, 1993
- 중앙재해대책본부, '25 을축대홍수, 내무부, 1994.
- 중앙재해대책본부, '98 피해조사 및 재해복구계획 수립관련 규정집, 행정자치부, 1998.
- 한국건설기술연구원, 하천유사량 산정방법의 선정기준 개발, 건기연89-WR-113, 1989.
- 한국건설기술연구원, 경남기업(주), 하천수질정화시설 개발연구(한국형 하천수질정화시설의 개발), 1995.
- 한국건설기술연구원, 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구(1차년도), KICIT/ 95-WR-1102-1, 1995.
- 한국건설기술연구원, 시험유역의 운영 및 수문특성 조사·연구(2차년도), 건기연 96-099, 1996.
- 한국건설기술연구원, 하도내 수목관리 육상 ; 하천구역내 나무심기 및 관리에 관한 기준, 제10회 건설기술연구성과발표회, 1998a.
- 한국건설기술연구원, 국내 여건에 맞는 자연형 하천 공법의 개발, Vol. I, II, 환경부, 1998b.
- 한국수자원학회, 소하천시설 편람, 1997.
- 행정자치부, 소하천 정비실무지침서, 1998.
- 환경부, 비점오염원 조사 연구사업 보고서, 한국환경기술개발원, 서울, 1995.
- 환경부, 수질오염·폐기물 공정시험방법, 1996.
- 환경부, 환경통계연감, 환경부 수질정책과, 1995, 1996, 1997.
- 환경부, 오염하천정화사업 시행지침서, 1997, 11.
- 환경부, 수질측정망 운영 계획, 환경부 수질정책과, 1998.
- 山本 一, 沖積河川學, 山海堂, 1994.
- 西原巧 外, 河川公園の計劃と管理, 全日本建設技術協會, 1991.

- 石崎勝義, 第6回防災科学技術セミナーテキスト, 東京: 全国防災協會, 1986.
- 岩佐義郎, 河川工学, 森北出版, 東京, 1979
- 熊谷純一郎, 原田幸雄, 雨水貯留施設の計画と設計, 鹿島出版會, 1993.
- 日本 建設省 河川局, 昭和38年 水害統計, 建設省 河川局, 1964.
- 日本 建設省 河川局, 平成 6年 水害統計, 建設省 河川局, 1994.
- 日本 建設省 河川局, 平成 7年 水害統計, 建設省 河川局, 1995.
- 日本 建設省 河川局, 平成 8年 水害統計, 建設省 河川局, 1996.
- 日本 建設省, 災害統計 -昭和 59年版-, 建設省 河川局, 1984.
- 日本 本建設省, 소화63, “湖沼의 綜合的水管理技術의 開發”
- 日本 長崎縣, 7.23 長崎大水害誌, 長崎縣 土木部, 1983.
- 日本 災害對策制度研究會, 日本の災害對策 -その現行制度のすべて-, ぎょうせい, 1991.
- 財團法人 河川環境管理財團 篇, 解説河川環境, 山海堂, 1988.
- 千田稔, 自然的河川計劃, 理工圖書, 1991.
- 千田稔, 自然的 河川計劃, 理工圖書, 東京, 1979
- 萩原幸男 編輯, 災害の事典, 朝倉書店, 1992.第2章 現代의 環境政策
- Akan, A.O., Urban Stormwater Hydrology -A Guide to Engineering Calculations-, Technomic Publishing Co. Inc, 1993.
- APHA-AWWA-WEF, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th Ed, 1995.
- Bedient, P.B. and Huber, W.C., Hydrology and Floodplain Analysis, Addison -Wesley Publishing Company, 1992.
- Chaudhry, M.H. Open Channel Hydraulics, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1993.
- Chen, C.N. and Wong, T.S.W., "Critical Rainfall Duration for Maximum Discharge from Overland Plane : Closure", Jour. of Hydraulic Engrg., ASCE, Vol.120, No.12, pp.1484 1486, 1994.
- Chen, C.N. and Wong, T.S.W., "Critical Rainfall Duration for Maximum Discharge from Overland Plane", Jour. of Hydraulic Engrg., ASCE, Vol.119, No.9, pp.1040 1045, 1993.
- Chow, V.T. Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill, Inc., New York, 1959.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W., Applied Hydrology, McGraw-Hill Book Company, 1988.
- Cummins K. W., “An evaluation of some techniques for the collection and

- analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters,"
Am. Midl. Nat., 67 : 477-504, 1962.
- Debo, T.N. and Reese, A.J., Municipal Storm Water Management, CRC Press, Inc., 1995.
- Design of Small Canal Structures, United States Department of Interior, Bureau of Reclamation, 1978
- FIELD MANUAL OF URBAN STREAM RESTORATION
- French, R.H. Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill, Inc., New York, 1985.
- Kibler, D.F., "Desk-top Methods for Urban Stormwater Calculation", Chap.4 in Urban Stormwater Hydrology, Water Resources Monograph No.7, American Geophysical Union, 1982.
- Lee, J.T., Yun, S.E. and Lee, J.J., "Critical Duration of Design Rainfall for Detention Pond with Pump Station", Sixth International Conference on Urban Storm Drainage, Niagara Falls, Ontario, Canada, pp.312-317, Sep. 12-17, IAWPRC and IAHR, 1993.
- Lee, J.T., Yun, S.E., Lee, J.J. and Yun, Y.N., "Design of Detention Pond and Critical Duration of Design Rainfall in Seoul", Korean Journal of Hydrosiences, Vol.5, pp.33-43, 1994.
- Lee, K.-T., "Critical Rainfall Duration for Maximum Discharge from Overland Plane : Discussion", Jour. of Hydraulic Engrg., ASCE, Vol.120, No.12, pp.1480-1484, 1994.
- Linsley, R.K. Jr., Kohler, M.A. and Paulhus, J.L.H., Hydrology for Engineers, McGraw-Hill Book Company, 1988.
- Maidment, D.R. Handbook of Hydrology, McGraw-Hill, Inc., New York, 1993.
- Maynard, S.T., 1988, "Stable Riprap Size for Open Channel Flows", Technical Report HL-88-4, US Army Engineer Waterways Experiment Station.
- McCuen, R.H., Hydrologic Analysis and Design, Prentice Hall, 1989.
- McCuen, R.H., Wong, S.L. and Rawls, W.J., "Estimating Urban Time of Concentration", Jour. of Hydraulic Engrg., ASCE, Vol.110, No.7, pp.887-904, 1984.

- Meynink, W.J.C. and Cordery, I., "Critical Duration of Rainfall for Flood Estimation", *Water Resources Research*, Vol.12, No.6, pp.1209-1214, 1976.
- Nelson, J. S., *Fishes of the World* (3rd ed.), John Wiley & Sons, Inc. New York, pp. 600, 1994.
- Novak, P., Moffat, A.I.B., Nalluri, C., and Narayanan, R. *Hydraulic Structures*, E & FN SPON, London, 1998.
- Overton, D.E. and Meadows, M.E., *Stormwater Modeling*, Academic Press, 1976.
- Pielou, E. C., "The measurement of diversity in different types of biological collections," *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144, 1966.
- Ponce, V.M., *Engineering Hydrology*, Prentice Hall, 1989.
- Prezedwojski, B., Blazejewski, R., and Pilarczyk, K.W. *River Training Techniques ; Fundamental, Design and Applications*, A.A. Balkema, Netherlands, Rotterdam, 1995.
- Rossmiler, R.L., "The Rational Formula Revisited", *Proc. of International Symposium in Urban Storm Runoff*, Univ. of Kentucky, 1980.
- Schmid, B.H., "Critical Rainfall Duration for Overland Flow from an Infiltrating Plane Surface", *Jour. of Hydrology*, Vol.193, pp.45-60, 1997.
- Shaw, E.M., *Hydrology in Practice*, Chapman & Hall, 1994.
- Singh, V. P., *Elementary Hydrology*, Prentice Hall, 1992.
- Singh, V.P., *Hydrologic Systems Rainfall-Runoff Modeling* Vol. 1, Prentice-Hall, 1988.
- Stephenson. D., *Stormwater Hydrology and Drainage, Developments in Water Science Series No.14*, Elsevier Science Publishing Co., Amsterdam, 1981.
- U.S. Army Corps of Engineers, *Engineering and Design - Hydraulic Design of Flood Control Channels* (Engineer Manual No. 1110-2-1601), (from postscript file of U.S. Army Corps of Engineers homepage), 1994.
- U.S. Army Corps of Engineers, *Business Depth-Damage Analysis Procedures*, Research Report 85-R-5, 1985.

- U.S. Army Corps of Engineers, Expected Annual Flood Damage Computation, HEC(Hydrologic Engineering Center) Generalized Computer Program 761-X6-L7 580, Users Manual, 1977.
- U.S. Army Corps of Engineers, Flood Damage Assessments using Spatial Data Management Techniques, HEC(Hydrologic Engineering Center) Technical Paper No.57, 1978.
- U.S. Soil Conservation Service, Urban Hydrology for Small Watersheds, Technical Release 55, 1986.
- Vanoni, V.A. Sedimentation Engineering, ASCE Manual and Reports on Engineering Practice, 54, New York, 1975.
- Viessman, W. Jr. and Lewis, G.L., Introduction to Hydrology, Harper Collins, 1996.
- Wanielista, M., Kersten, R. and Eaglin, R., Hydrology -Water Quantity and Quality Control-, John Wiley & Sons, Inc, 1997.