소하천 설계기준

2012. 3

소 방 방 재 청
국 립 방 재 연 구 원

소하천설계기준

2012. 3

국립방재연구원
소방방재청

목 차

제1장 총 론 ····· 1

제1절 총칙 ····· 2

1.1.1 목 적 ····· 2

1.1.2 적용범위 ····· 2

1.1.3 하천설계기준과의 차이 ····· 2

제2절 구성 및 운용방침 ····· 3

1.2.1 내용의 구성 ····· 3

1.2.2 운영방침 ····· 4

제2장 조사, 측량 및 자료관리 ····· 6

제1절 조사, 측량 및 자료관리 일반사항 ····· 7

제2절 소하천 조사 ····· 9

2.2.1 유역특성 조사 ····· 9

2.2.2 수문수리 조사 ····· 10

2.2.3 하도특성 조사 ····· 11

2.2.4 수질 및 저질조사 ····· 20

2.2.5 생태환경조사 ····· 22

2.2.6 소하천 치수경제조사 ····· 24

제3절 소하천 측량 ····· 25
2.3.1 소하천 측량계획 ····· 25
2.3.2 소하천계획 수립을 위한 측량 ····· 28
2.3.3 소하천 실시계획을 위한 측량 ····· 32

제4절 자료관리 ····· 34
2.4.1 개요 ····· 34
2.4.2 자료관리 방안 ····· 34
2.4.3 데이터베이스 체계화 ····· 35
2.4.4 자료구축의 표준화 ····· 35
2.4.5 자료구축·관리 효과 ····· 36

제3장 소하천 종합계획 ····· 37

제1절 소하천 종합계획 일반사항 ····· 38
3.1.1 소하천계획의 수립 ····· 38
3.1.2 적용범위 ····· 38
3.1.3 소하천의 특징 ····· 38

제2절 소하천계획의 개요 ····· 40
3.2.1 소하천계획의 목적 및 방침 ····· 40
3.2.2 소하천계획의 과정 ····· 41
3.2.3 소하천계획의 내용 ····· 42
3.2.4 소하천계획의 수립 ····· 44

제3절 재해예방 계획 ····· 46
3.3.1 개요 ····· 46
3.3.2 홍수위험 관리 ····· 47

제4절 이수 및 친수계획 ····· 56
3.4.1 이수계획 ····· 56
3.4.2 친수계획 ····· 61

제5절 소하천 환경계획 ····· 63
3.5.1 소하천 환경계획 일반 ····· 63
3.5.2 아름다운 소하천 가꾸기 ····· 65

제6절 타 분야 계획과의 연계 및 조정 ····· 69
3.6.1 소하천 주변지역의 도시계획과의 연계 및 조정 ····· 69
3.6.2 자연재해대책법상 소하천 관련 주요 제도 ····· 73
3.6.3 국가 및 지방하천과의 연계 ····· 74

제4장 설계수문량 ····· 75

제1절 설계수문량 일반사항 ····· 76
4.1.1 개요 ····· 76
4.1.2 설계강우량 ····· 76
4.1.3 설계홍수량 ····· 77
4.1.4 계획홍수위 ····· 78

제2절 강우-유출 관계분석에 의한 홍수량 추정 ····· 78
4.2.1 개 요 ····· 78
4.2.2 강우자료의 구축 ····· 79
4.2.3 설계강우량 산정 ····· 80
4.2.4 설계홍수량 산정 ····· 82

제3절 수리해석 및 위험도 ····· 88
4.3.1 개요 ····· 88
4.3.2 수위 계산 ····· 88
4.3.3 하도안정성 검토 ····· 94
4.3.4 범람해석 및 위험도 ····· 96

제5장 소하천 유지유량 ····· 106

제1절 소하천 유지유량 일반사항 ····· 107
5.1.1 소하천 유지유량의 개념 ····· 107
5.1.2 유지유량 계획수립 대상소하천의 선정 ····· 108
5.1.3 소하천 유지유량의 수질기준 ····· 109

제2절 소하천 유지유량의 산정 ····· 112
5.2.1 개요 ····· 112
5.2.2 소하천 유지유량 산정을 위한 조사 ····· 112
5.2.3 갈수량의 산정 ····· 113
5.2.4 항목별 필요유량의 산정 ····· 114
5.2.5 유지유량 확보방안 ····· 118

제6장 하도시설 ····· 120

제1절 하도시설 일반사항 ····· 121
6.1.1 하도시설의 정의 및 기능 ····· 121
6.1.2 하도계획의 기본방향 ····· 121
6.1.3 소하천 유형별 정비방향 ····· 123
6.1.4 하도계획 절차 ····· 129

제2절 하도의 평면, 종단, 횡단계획 ····· 130
6.2.1 하도의 평면계획 ····· 130
6.2.2 하도의 종단계획 ····· 135
6.2.3 하도의 횡단계획 ····· 137

제3절 제방 및 호안 ····· 138
6.3.1 제방 ····· 138
6.3.2 호안 ····· 148

제4절 하상보호시설 ····· 158
6.4.1 일반사항 ····· 158
6.4.2 낙차공 ····· 160
6.4.3 바닥다짐공 ····· 165
6.4.4 경사낙차공 ····· 166

제5절 취배수 시설 ····· 167
6.5.1 보 ····· 167
6.5.2 집수암거 ····· 172

6.5.3 수문 ····· 173
6.5.4 통문 및 통관 ····· 176
6.5.5 암거 ····· 178

제6절 교량 및 세굴보호공 ····· 179
6.6.1 교량 ····· 179
6.6.2 세굴보호공 ····· 181

제7절 신설소하천 ····· 185
6.7.1 신설소하천의 적용 ····· 185
6.7.2 신설소하천 계획시 고려사항 ····· 186
6.7.3 신설소하천 설계시 고려사항 ····· 187

제7장 저수·저류 및 사방시설 ····· 190

제1절 저수·저류 및 사방시설 일반사항 ····· 191
7.1.1 개요 ····· 191
7.1.2 저수시설의 도입 ····· 191
7.1.3 저류시설의 도입 ····· 191
7.1.4 사방시설의 도입 ····· 192

제2절 저수시설 ····· 193
7.2.1 개요 ····· 193
7.2.2 주요 저수시설의 계획 및 설계시 고려사항 ····· 194
7.2.3 물순환시스템 ····· 197

제3절 저류시설 ····· 199
7.3.1 개요 ····· 199
7.3.2 천변저류지와 홍수터 ····· 199
7.3.3 옛 하도를 통한 저류습지 ····· 206
7.3.4 빗물저류시설 ····· 209
7.3.5 지하저류시설과 지하소하천 ····· 212
7.3.6 빗물펌프장과 유수지 ····· 215

제4절 사방시설 ····· 217
7.4.1 개요 ····· 217
7.4.2 사방계획 수립시 고려사항 ····· 217
7.4.3 사방시설의 설계시 고려사항 ····· 219

제8장 수해복구 ····· 225

제1절 수해복구 일반사항 ····· 226
8.1.1 개요 ····· 226
8.1.2 소하천 수해복구 절차와 개선복구의 적용 ····· 227

제2절 수해복구 방안의 계획 및 설계 ····· 229
8.2.1 수해복구의 방향 설정 ····· 229
8.2.2 복구계획 수립시 고려사항 ····· 231
8.2.3 소하천 시설물의 복구 ····· 233

제9장 소하천 환경시설 ····· 235

제1절 소하천 환경시설 일반사항 ····· 236
9.1.1 아름다운 소하천의 목적 및 방향 ····· 236
9.1.2 소하천 환경시설의 정의 ····· 236
9.1.3 소하천 수질개선에 관한 일반사항 ····· 236
9.1.4 소하천 생태보전 및 복원에 관한 일반사항 ····· 237
9.1.5 자연보전을 목적으로 하는 소하천 구간의 설정 ····· 238
9.1.6 생태시스템 복원에 관한 고려사항 ····· 238
9.1.7 지역사회에 연계한 소하천 친수시설에 관한 일반사항 ····· 238

제2절 수질개선시설 ····· 239
9.2.1 하천정화시설 ····· 239
9.2.2 비점오염저감시설 ····· 242

제3절 생태보전시설 ····· 245
9.3.1 개요 ····· 245
9.3.2 어도 ····· 246
9.3.3 여울·웅덩이, 거석 ····· 247
9.3.4 서식처 조성 ····· 252
9.3.5 천변습지 및 하도습지 ····· 257
9.3.6 수변 식생대 ····· 257

제4절 식재계획 ····· 258
9.4.1 개요 ····· 258
9.4.2 식물종 선정기준 ····· 259
9.4.3 식재 방법 ····· 260

제5절 지역사회에 연계한 소하천 친수시설 ····· 260
9.5.1 교육체험공간 ····· 260
9.5.2 운동공간 ····· 261
9.5.3 자전거도로 ····· 261
9.5.4 산책로 ····· 262
9.5.5 주차장 ····· 262
9.5.6 관찰시설 ····· 263

제10장 유지관리 ····· 264

제1절 유지관리 일반사항 ····· 265

제2절 소하천 주요 구조물 유지관리 ····· 265
10.2.1 제방 유지관리 ····· 265
10.2.2 하도 유지관리 ····· 266
10.2.3 호안 유지관리 ····· 266
10.2.4 취수 구조물 유지관리 ····· 268
10.2.5 하상 유지관리 ····· 268
10.2.6 여울과 소의 유지관리 ····· 269
10.2.7 둔치 및 둔치 호안의 유지관리 ····· 269
10.2.8 생태 시설물 관리 ····· 270
10.2.9 기타 소규모 시설 관리 ····· 272

제3절 평시 관리 ····· 273
10.3.1 수량관리 ····· 273
10.3.2 수질관리 ····· 274
10.3.3 가뭄시 유지관리 ····· 275

제4절 수방관리 ····· 275
10.4.1 제방의 수방관리 ····· 275
10.4.2 기타 시설물의 수방관리 ····· 277

제1장 총 론

제1절 총칙

1.1.1 목 적

소하천설계기준(이하 '기준'이라 함)은 소하천정비법에 의해 실시되는 소하천과 소하천에 관련된 사업(이하 '소하천 관련 사업')에 필요한 일반적 설계기준을 정한 것으로, 소하천 관련 사업에 관계되는 기술과 방법을 체계화하고 새로운 기술의 보급과 향상에 기여하는 것을 목적으로 한다.

1.1.2 적용범위

1. 이 기준은 소하천 관련 사업을 실시함에 있어 관계공무원이나 실무 기술자가 조사, 계획, 설계 및 유지관리시 적용하는 일반적이고 기본적인 사항을 규정한다.
2. 소하천정비법, 자연재해대책법에서 정하지 않는 소하천 관련 사업, 방재 관련 사업 및 기타 관련하여 실시되는 사업에 대해서도 기술적 수준의 확보라는 측면에서 이 기준의 사용을 권장한다.
3. 이 기준은 소하천 관련사업의 효율적 시행을 위한 조사, 계획, 설계 및 유지관리와 관련된 기술과 방법을 명시한 것으로 시공에 관한 사항은 토목공사표준시방서, 하천공사표준시방서, 조경공사표준시방서 등을 참고하도록 한다.

1.1.3 하천설계기준과의 차이

1. 하천설계기준·해설(한국수자원학회, 2009)은 하천법에 의한 하천과 관련된 사업에 필요한 일반적 설계기준을 정하고 있으며 학문영역 또는 업무영역이라는 측면에서 소하천설계기준을 이용하는 기술자 및 전문가들과 중복된다. 따라서 본 기준에서 별도로 소개되지 않거나 정의하고 있지 않은 것으로 하천설계기준에서도 제시하고 있는 용어, 개념 및 기준은 소하천 관련

사업에서도 동일하게 적용되는 것으로 고려한다.

2. 하천법의 적용을 받는 국가하천과 지방하천의 경우 규모가 소하천보다 훨씬 크고 상대적으로 획일화된 정비기법이 사용되고 있다. 이에 비해 소하천 정비는 그 입지 및 수문지형학적 특성의 다양성으로 인하여 보다 광범위한 고려사항과 함께 폭넓은 정비기법을 필요로 한다. 또한 과거의 소하천시설기준은 하천설계기준에 준하여 작성됨으로써 소하천의 고유한 특성을 고려한 정비를 시행하는데 적절한 기준이 되지 못한 경우가 많았다. 이에 본 설계기준에서는 소하천을 산지, 농경지, 도시소하천으로 구분하여 입지적 특성에 따라 적절한 정비기법을 선택할 수 있는 기준을 제시하고자 한다. 본 기준은 소하천의 다양성에 기초한 적용기술의 표준과 방법을 제시하고 있다는 점에서 하천설계기준 뿐만 아니라 기존의 소하천시설기준과도 차별화된 특징을 가진다.

제2절 구성 및 운용방침

1.2.1 내용의 구성

이 기준은 다음과 같은 10개의 장으로 구성되며 소하천 관련 사업을 실시함에 있어 필요한 조사, 계획, 설계 및 유지관리의 4개 내용을 다루고 있다.

제1장 총론
제2장 조사, 측량 및 자료관리
제3장 소하천계획
제4장 설계수문량
제5장 유지유량
제6장 하도시설
제7장 저수·저류 및 사방시설
제8장 수해복구

제9장 소하천 환경시설

제10장 유지관리

1.2.2 운영방침

1. 이 기준은 현재 표준적으로 생각되는 기술적 사항을 나타낸 것으로 보다 고도의 기술적 내용이 적용되는 것을 구속하지 않는다. 따라서 소하천 관련 사업의 책임기술자가 해당 소하천에 적용하는데 문제가 없다고 판단한다면 이 기준을 적용하지 않을 수 있다. 여기서 책임기술자는 각 업무조직에 있어서 그 소관범위에 대한 기술상의 판단결정에 대해 책임을 가지는 기술자를 말하며 통상적으로 기술사법에 의한 관련 분야 기술사 자격을 보유하고 있어야 한다.
2. 신공법의 개발이나 새로운 자재 또는 장비의 개발 등 기술수준의 향상으로 이 기준을 따르는 것이 적당하지 않을 경우 목표로 하는 성능적인 기술적 수준을 손상하지 않는 범위 내에서 이 기준을 적용하지 않을 수 있다. 이 때, 해당 기술은 특허나 신기술 지정 등 국가나 공공기관이 인정하거나 또는 전문 연구기관에서 수행한 연구결과와 같이 그 기술수준을 객관적으로 인정받을 수 있는 것이어야 한다.
3. 본 기준에서 제시하고 있는 내용은 기술적 내용을 명확하게 정의하고 소개하는 해설적인 성격을 가진 부분과 반드시 따라야하는 강행규정의 성격을 가진 것 그리고 기술적 판단에 따라 적용 여부를 선택해야 하는 임의규정의 성격을 가진 내용을 포함하고 있다. 특정한 적용을 제한하거나 지양하는 형태로 제시된 강행규정의 성격을 가지는 기준은 1항과 2항의 내용에도 불구하고 준수되어야 한다. 1항과 2항의 내용은 강행규정 외의 내용과 관련하여 적용할 수 있다.
4. 이 기준이 정하는 내용에 대하여 제반 법령이 별도로 정해져 있는 경우에는 이 기준에 상관없이 해당 제반 법령을 따르는 것으로 한다. 이때 제반 법령이란 법, 시행령 또는 시행규칙까지를 의미한다.

5. 이 기준에서는 관련된 법규, 기준, 표준시방서 등의 규정이나 관련근거를 명확히 표현하기 위하여 해당년도를 표시하고 있다. 만약 이 기준에서 사용된 여러 규정이나 관련근거들이 개정될 경우 본 설계기준의 개정 없이도 개정된 규정이나 관련근거를 적용한다. 예를 들어 하천설계기준·해설(한국수자원학회, 2009)이 본 기준의 발간 이후에 개정된 경우 개정된 하천설계기준·해설을 적용하여야 한다.
6. 본 설계기준은 현재 논의되고 있는 기후변화를 대비한 방재측면 적응대책을 고려하여 개정되었다. 기후변화는 설계강우량의 증가 및 해수면의 상승 등을 초래할 수 있는 것으로 알려지고 있으며 구조적으로 관련기준을 강화시키는 것이 요청되고 있다. 그러나 유역의 상류에 위치한 소하천에서 이러한 경향에 맞추어 단순히 기준을 단순히 강화시키는 것은 하류하천에 여러 가지 문제점을 추가로 발생할 수 있다. 따라서 본 설계기준에서는 단순히 기준을 강화하기 보다는 다양한 구조적·비구조적 대책을 소개하고 이를 활용할 수 있는 방안을 소개하는 것을 주요 내용으로 한다.
7. 본 기준에서 정하지 않는 사항에 대해서는 다음의 법령 및 기준을 우선적으로 고려한다.
   (1) 소하천정비법 및 시행령, 시행규칙
   (2) 자연재해대책법 및 시행령, 시행규칙
   (3) 하천법 및 시행령, 시행규칙
   (4) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 및 시행령, 시행규칙
   (5) 사방사업법 및 시행령, 시행규칙
   (6) 하천설계기준·해설
   (7) 하수도시설기준
   (8) 토목공사표준시방서
   (9) 하천공사표준시방서
   (10) 조경공사표준시방서
   (11) 기타 소하천 관련 법령 및 기준

제2장 조사, 측량 및 자료관리

제1절 조사, 측량 및 자료관리 일반사항

1. 소하천 관련 사업을 위한 조사는 소하천 정비를 위한 각종 자료를 수집·획득하는 단계이며 특히, 소하천 측량은 조사, 계획, 설계 등의 기초가 되므로 사업의 목적, 대상소하천의 특성을 고려하여 실효성 있게 이루어 질 수 있도록 해야 한다.
2. 소하천 사업을 위해서는 소하천 및 유역에 대한 수리 및 수문학적 특성조사 외에 유역의 사회·경제 상황에 대한 조사가 필요하며, 소하천사업의 사회·경제적 효과를 고려하여야 한다.
3. 유역의 사회·경제 상황을 나타내는 지표는 인구, 소득수준, 토지이용계획 등 다양하며, 소하천조사의 목적에 따라서 적절한 지표를 결정하여, 장래 예측이 가능하도록 다년간 자료를 수집·정리하는 것이 바람직하다.
4. 자료를 기존의 보고서나 문헌으로부터 수집할 수 없는 경우는 현장조사 및 측량 등을 통하여 자료를 획득하여야 한다.
5. 해당 소하천에 대한 현장조사, 지형현황측량 및 종·횡단 측량 등을 실시하여 측량성과를 소하천정비종합계획 수립 및 소하천 대장작성을 위한 기초자료로 활용하도록 한다.
6. 소하천 사업의 적절한 사업규모를 결정하기 위해서는 유역내의 인문, 사회, 경제 상황을 상세히 파악하여야 하며, 치수사업효과를 토대로 사업우선순위를 결정하여야 한다.
7. 소하천 특성, 유역특성, 사회·경제조사 및 소하천 측량성과 등의 조사 자료는 향후 지속적으로 이용 가능할 수 있도록 소정의 방식에 따라 데이터베이스를 구축하는 등 적절한 자료관리가 이루어져야 한다.
8. 소하천 계획 및 설계를 위한 일반적인 기본조사 항목은 다음 <표 2.1>과 같다.

<표 2.1> 소하천 조사항목

주요조사	세부조사	조사내용
유역특성	유역형상	유역면적, 유역평균경사, 유역평균표고, 유역형상
	하천형태	유로연장, 하폭, 하상경사, 하천밀도, 유량변동계수
	토질 및 토양	토질·지질 및 토양 현황, 유역내 식생
	인구 및 토지이용	토지이용현황 및 장래 개발계획, 유역내 주요시설, 인구변동예측, 토지이용변화예측 등
수문수리	강우량	관측소 현황, 일강우량, 지속기간별 강우량, 인근 관측소와 비교한 자료신뢰성(자료검정) 등
	수위·유량	관측소 현황, 수위-유량 관계곡선, 각종 관측자료
	관련계획	인근 하천기본계획 및 기존 소하천정비종합계획, 하수도정비기본계획, 풍수해저감종합계획 등
하도특성	하상재료	하상재료조사, 골재채취현황
	하도특성	배수체계, 하도평면, 종횡단, 국가·지방하천 접속부 조사
	토사유출량	유사유출량 측정자료, 토석류 피해사례, 사면붕괴
	하상변동	유사량 측정자료, 과거 측량 등 조사자료
	시설물	이수 및 치수시설물 설치현황, 소하천개수현황
소하천 환경	수질 및 저질	오염원조사, 수질 및 저질 측정자료 수집
	생태환경	동식물의 생태, 식생, 소하천부지 이용
치수경제	홍수피해	재해이력, 홍수피해
	사회·경제	인구조사, 토지이용 및 도시계획조사, 경제지표 등
기타	기타	문화재 조사
측량	지형현황측량	지상현황측량, 항공사진측량
	종·횡단 측량	수준측량, 종횡단 측량, 수심측량, 홍수흔적 측량
	용지도 및 조서	소하천구역 및 예정지 고시 기초자료, 소유자 조사

제2절 소하천 조사

2.2.1 유역특성 조사

1. 유역특성조사는 유역의 개략적인 특성을 총괄적으로 조사함으로써 유역 및 소하천특성에 따른 강우-유출 관계, 유출특성, 홍수특성 등을 추정하기 위하여 실시하는 조사이다.
2. 이러한 조사를 통하여 획득된 각종 유역특성인자를 이용하여, 다른 소하천 유역과의 비교는 물론 유역의 지형특성을 파악할 수 있다.
3. 유역의 지상학적 특성인자들은 유출수문곡선에 여러 가지 영향을 미친다. 유역 면적은 유출량 및 유출 용적의 크기에, 유역 경사는 유출 속도에 영향을 미치며 토지이용 및 식생피복 상태는 강우손실 및 유출 속도를 지배하게 된다.
4. 유역의 유출계산을 위해서는 해당 유역의 면적, 유역경사, 유로길이 등의 유역형상 특성 자료와 소하천형태, 유역의 식생, 피복 등의 토지이용 실태 등을 조사하는 작업이 선행되어야 한다.

(1) 유역형상 특성조사

① 유역의 특성을 나타내는 인자로는 유역면적, 유역평균경사, 유역의 방향성, 유역 표고, 유역형상 등이 있다.

② 유역의 크기, 형상 및 수계의 구성은 유역 전반의 유출에 영향을 미치므로 이를 조사 분석한다.

(2) 소하천형태 조사

① 소하천의 특성 인자인 유로연장, 하폭, 하상경사, 하천밀도, 하상계수, 사행특성 등을 조사 분석한다.

② 소하천의 지형 형태 조사에서는 해당 유역내의 소하천을 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, 침투률, 배수상태 등에 대한 영향을 분석함으로써 유역내의 유출 상황을 판단하는데 사용하도록 한다.

(4) 토지이용현황조사

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, 소하천환경 등에 대한 개략적이며 총괄적인 조사 분석으로 수계에 대한 전반적인 배수능력을 판단하기 위한 자료를 제공한다.

③ 유역내의 건물, 유수지, 저수지, 교량 등에 대한 시설물의 유무 및 밀집도 등을 제시하여 유출에 영향을 미치는 정도를 판단할 수 있도록 한다.

2.2.2 수문수리 조사

1. 일반적으로 소하천과 관련 있는 주요 수문량으로는 강수량과 증발산량 및 침투량, 홍수량을 들 수 있으며, 조사항목별로 강수량조사, 수위조사, 유량조사, 이용수량조사 등이 있다.
2. 이러한 수리 및 수문자료는 주로 우량관측소, 수위·유량관측 시설을 통해 획득하게 되며, 대상 소하천 유역내 또는 인접지역에 있는 우량관측소 및 수위관측소의 자료를 조사하여 홍수분석의 기본자료로 활용하게 된다.
3. 분석 대상유역에 대한 기존의 보고서나 관측기록 등이 있을 경우 기상자료, 수문자료, 인문자료, 홍수흔적 및 홍수피해 현황 등을 수집하여 유역의 현안사항과 이용 가능한 자료상태 및 추가조치 사항들을 결정할 수 있도록 조사한다.
4. 해당 소하천유역의 이용 가능한 기상관측소에 대한 정보와 관측량에 대한 정보를 조사한다.
5. 분석 대상 유역에 대한 수문량 자료를 얻기 위하여 유역내 또는 인접지역에 위치한 수위 및 유량 관측시설에 대한 정보와 수위, 유출량, 유황 등에 대한 정보를 조사한다.
6. 홍수흔적, 홍수 피해상황, 상습침수지역 등에 대한 자료를 수집하여 장래에 발생 가능한 문제점을 도출한다.

2.2.3 하도특성 조사

가. 하상조사

1. 조사구간의 설정

(1) 하상조사구간은 소하천 관련사업 계획구간보다 상하류 방향으로 충분히 넓은 범위를 포함시켜야 한다.

(2) 부등류 또는 부정류의 계산 등에서 계획구간 내에 통제점(統制點, control point)이나 경계조건 등을 결정할 수 없는 경우에는 상류 또는 하류에서부터 계산할 필요가 있다. 이러한 경우에는 상하류의 수위관측지점, 교량, 보, 위어 등과 같은 통제점으로 사용할 수 있는 지점을 찾고 이 구간에 대해 추가로 하상조사를 실시한다.

2. 하상재료 조사

(1) 하상재료 조사는 하상의 수리학적 특성을 파악하기 위하여 가급적 전체 구간을 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 크게 다른 구역에 대해서도 실시하여야 한다.

3. 하상변화 및 하도특성 조사

(1) 소하천시설물의 계획이나 설계를 위해서는 오랜 기간 동안의 하상 단면 변화에 대하여 조사하여야 하며, 특히, 구조물 설치, 골재채취, 하도정비 등으로 인한 하상의 변화를 면밀히 검토하여야 한다.

(2) 하도의 평면형태조사에는 저수로의 폭, 둔치(고수부지)의 폭, 하행형태, 사주와 평면형태와의 관계, 하중도 발생, 하안 침식위치 및 속도, 고수부의 특성, 하도변화 등이 포함된다.

(3) 하도의 횡단형태 변화 조사에는 횡단형변화, 하폭 및 유심부 변화, 세굴깊이, 고수부의 수리량 등이 포함된다.

(4) 하도의 종단형태 변화에는 최심하상변화, 하상변화의 방향, 종단형 변화형태, 하상의 장갑화 형태 등이 포함된다.

(5) 기타사항으로는 유황변화, 수면변화, 좌·우안의 수위차 및 인위적 변동요인 등을 조사한다.

4. 국가 및 지방하천 접속부 조사

(1) 국가 및 지방하천과 접속되는 소하천은 우선 이들 하천과 명확하게 구분되는 소하천 구역 경계선을 조사해서 설정하여야 한다.

(2) 국가 및 지방하천과 접속되는 소하천의 경우 배수영향 등을 받아 일반적인 소하천에서 비해 추가적인 조사 및 검토항목이 필요할 수 있다. 따라서 홍수규모별 소하천의 배수영향 구간을 면밀히 판단하여야 한다. 또한 배수영향 구간이 접속부의 형태에 따라 배수구간인지 반배수구간인지 또는 자기류 구간인지도 명확히 제시해야 한다.

나. 조도계수

1. 일반사항

(1) 흐름에 대한 하도의 저항 정도를 표시하는 조도계수는 소하천에서의 여러 가지 수리계산을 시행할 경우 가장 중요한 조건 중의 하나로서 일반적으로 Manning의 조도계수를 사용한다.

(2) 조도계수는 소하천 경계면의 조도에 의한 소규모 조도계수, 사구 등 하상형태에 의한 중규모 조도계수, 만곡, 다지, 사주 등에 의한 대규모 조도계수와 식생을 고려한 조도계수의 네 가지로 나눌 수 있다. 소규모 조도계수와 중규모 조도계수는 통상 형상조도계수라고 부르며 보통 수심규모이다. 이에 비해 대규모 조도계수는 수로의 만곡이나 분기 등 수로의 변형, 수로변 교호사주 등 수로의 불규칙성에 의한 흐름저항으로 수로형태가 흐름자체에 직접적으로 영향을 미치는 경우이다.

(3) 수리계산에서는 (2)에서 구분된 내용을 고려하여 조도계수 조건을 결정하여야 한다. 일반적으로 Strickler 공식, Chow 도표, 하천설계기준 제시 표 등 하상재료 특성만을 고려하여 조도계수를 설정하는 방법을 적용할 경우 대규모 조도를 고려하지 않은 것이므로 수리계산에서 단면 급확대계수 및 급축소계수를 추가로 입력하여야 한다. 이에 비해 Cowan 방법(SCS 방법) 등에 의하여 조도계수를 설정하였다면 그 값에 대규모 조도가 반영된 것이므로 단면 급확대계수와 급축소계수를 고려하지 않아야 한다.

(4) 식생을 고려한 조도계수는 둔치와 추이대 구간의 조도계수 결정시에 중요하여 식생높이의 영향이 조도계수에 미치는 영향이 상당히 큰 것으로 알려져 있다. 일반적으로 홍수로 잠기기전 식생의 평균높이가 50 ㎝ 보다 작을 경우 별도의 고려 없이 기존의 방법대로 조도계수를 설정하더라도 큰 차이가 없다. 그러나 평균높이가 50 ㎝를 넘어서는 빽빽이 자란 식생 및 수목이 있을 경우 조도계수의 조정이 필요하나 현재까지는 적정한 방법론이 마련되어 있지 않으므로 해당 영역을 사수역으로 지정할 수 있다.

2. 조도계수의 검토

(1) 조도계수 검토는 가급적 다수의 관측자료를 이용하여 검토함이 바람직하며, 정확도가 높은 조도계수를 얻기 위한 별도의 조사 및 검토를 수행하는 것이 바람직하다.

(2) 소하천의 조도계수는 관측자료 등을 활용한 부등류 계산의 역산에 의해 구하는 것이 추천된다. 그러나 관측치가 없어 역산이 어려운 경우는 현장조사에 의한 검토결과 또는 널리 알려진 조도계수표를 이용하여 결정하도록 한다.

(3) 일반적인 조도계수의 값은 <표 2.2>와 같은 하천설계기준·해설(2009)에서 제시하고 있는 값을 참고할 수 있다.

<표 2.2> 소하천 및 수로의 조도계수

소하천 및 수로의 상황		n의 범위
인공수로 개수하천	콘크리트 인공수로	0.014 ~ 0.020
	나선형(spiral) 반관(半管)수로	0.021 ~ 0.030
	양안에 돌붙임이 적은 수로(泥土床)	0.025(평균치)
	암반을 굴착하여 방치한 하상	0.035 ~ 0.050
	다듬은 암반 하상	0.025 ~ 0.040
	점토성 하상, 세굴이 일어나지 않을 정도의 유속	0.016 ~ 0.022
	사질 Loam, 점토질 Loam	0.020(평균치)
	Drag Line 굴착준설, 잡초 적음	0.025 ~ 0.033
자연하천	평야의 소하천, 잡초 없음	0.025 ~ 0.033
	평야의 소하천, 잡초와 관목(灌木)있음	0.030 ~ 0.040
	평야의 소하천, 잡초 많음, 잔자갈 하상	0.040 ~ 0.055
	산지하천, 골재, 호박돌	0.030 ~ 0.050
	산지하천, 호박돌, 큰호박돌	0.040 이상
	큰하천, 점토, 사질하상, 사행(蛇行)이 적음	0.018 ~ 0.035
	큰하천, 자갈, 하상	0.025 ~ 0.040

4) 개수후의 조도계수는 개수후의 하도 상황을 충분히 고려하여 적절히 정하는 것이 필요하다. 기본계획 수립시와 설계시의 주어진 여건 및 계획 하도상

황이 크게 달라질 수 있으므로 개수계획의 효과를 얻기 위해 최대한 보수적인 값을 선택하여야 한다. 특히 소규모의 하천일수록 개수전후의 하천조건이 크게 달라질 우려가 있고, 대상하천의 홍수자료가 없어 충분한 검토가 불가능할 경우가 많아 주의를 요한다. 일반적으로 기존 소하천의 개수후의 조도계수는 0.030~0.035의 범위를 사용하여 왔으나 급류소하천이나 하천폭이 넓으면서 수심이 1 m 내외로 얕은 하천의 경우 0.040~0.050 정도의 조도계수를 보일 수 있다고 알려져 있다. 이와는 별도로 일본에서는 인공적인 대규모 준설을 실시하는 하도의 경우 0.035를 사용하는 것이 제안되어 있다. 이들 값은 별도의 급확대 및 급축소 계수를 필요로 하지 않는다는 점에서 <표 2.2>의 값과 다르게 고려하여야 한다.

3. 흔적수위를 이용한 조도계수의 추정

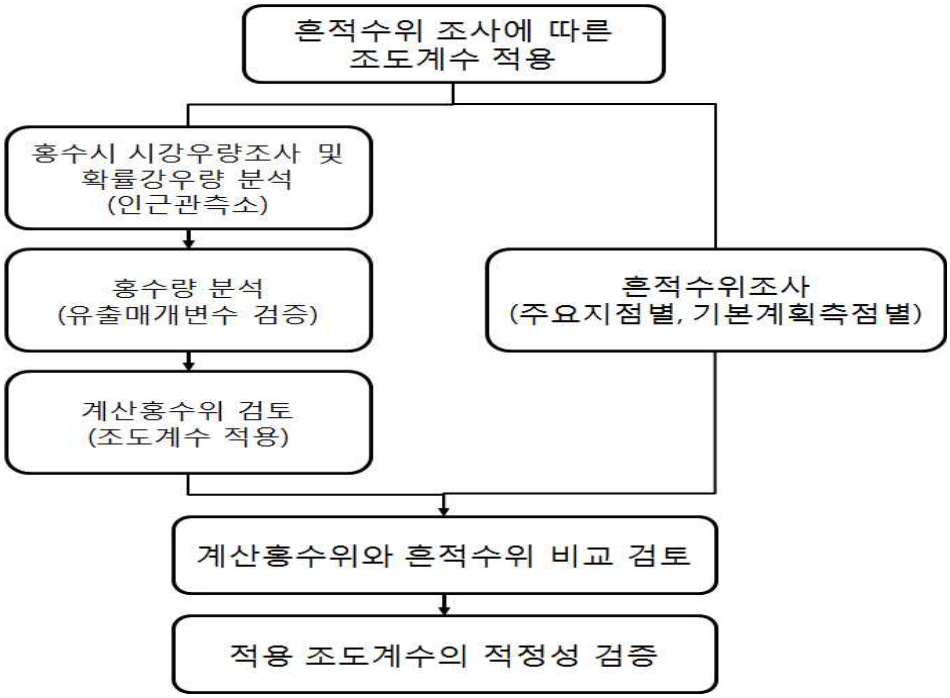
(1) 과거 발생한 홍수흔적을 측량하여 수문수리사항의 적정성 검토 및 검증을 통하여 소하천 계획의 신뢰성을 제고하여야 한다.

(2) 흔적 수위조사는 홍수직후 최대한 빠른 시간 내에 주요지점 (교량, 구조물 등) 및 기본계획 측점을 기준으로 종단방향으로 확인해 가면서 좌·우안에서 흔적수위 측량을 실시함을 원칙으로 하고 여건이 부득이한 경우는 목측·인근주민들의 탐문 등으로 조사할 수 있다.

(3) 홍수시 내린 강우량조사는 인근관측소의 시강우자료를 조사·검토하여 실측강우에 따른 확률강우량 및 홍수량을 분석하고 수문사항의 적정성을 검토한다. 또한 분석된 계산홍수량을 기준으로 조도계수를 적용하여 홍수위를 분석한 후 조사된 흔적수위와 비교하여 조도계수의 적정성을 검토한다.

(4) 만곡부의 흔적수위는 지형 및 하상경사 등에 따라 내·외측의 수위편차가 클 수 있으므로 1차원 계산 뿐만 아니라 경험식 및 2차원 분석을 통하여 조도계수의 신뢰성을 확보하여야 한다. 이와 관련된 조도계수 적정성 검증 절차는 <그림 2.1>과 같다.

(5) 조도계수의 역산은 부등류로 계산하는 방법을 우선 검토하고 부정류 계산은 추가로 검토할 수 있다. 부등류로 인한 조도계수 역산방법으로는 표준축차계산법과 에너지경사법을 이용할 수 있으며, 에너지 경사법은 하도단면의 변화가 심한 급확대, 급축소 구간에서는 지양해야 한다.



<그림 2.1> 흔적수위를 이용한 조도계수의 적정성 검토

다. 토사유출량 조사

1. 일반사항

(1) 대상 소하천이 산사태 등에 의한 토양유실의 발생가능성이 높을 경우 현지조사 및 토사유출량 평가 등을 통하여 사방시설 및 하도시설물을 계획할 수 있도록 하기 위해 토사유출량 조사를 실시한다.

(2) 소하천계획에서 고려하는 토사유출량은 소하천으로 공급되는 유사량을 의미하며 소하천 하도의 안정성을 결정하는 인자 중의 하나이기 때문에 중요하게 고려되어야 한다. 하도의 유사이송능력과 비교해서 토사유출량에 의한 유사량이 적으면 침식이 발생하며 반대로 유사이송능력보다 유사량이 많은 경우 유사의 퇴적이 발생한다.

(3) 이때, 토사유출량은 주로 지표면에서 침식되어 유실되는 유역의 토사 특성에 대한 조사를 통해 얻어져야 하며, 필요시 산지붕괴 조사 등을 수행한다.

2. 토사유출량 조사

(1) 토사유출량은 RUSLE 또는 MUSLE 등의 공식을 이용하여 추정할 수 있다.

(2) <식 2.1>로부터 단위면적당 토사유출량 Y(tons/㎢)를 구할 수 있다.

$$\text{토사유출량 } (Y) = R \times K \times LS \times C \times P \times SDR \qquad \text{(식 2.1)}$$

이때, R은 강우침식성인자, K는 토양침식도인자, LS는 유역의 지형인자, C는 식생 및 피복특성 인자, P는 토양보전대책 인자이다. 유사전달률 SDR을 고려하지 않을 경우 Y는 유역의 단위면적당 토양유실량을 의미한다.

(3) RUSLE는 R값 산정이 복잡하고 토사전달률 산정결과에 대한 검증이 어려운 실정이며, 농경지나 건설현장과 같이 사면부에서의 판상 및 세류침식에 의한 토양침식량의 예측량을 구하기 위한 공식임에 유의하여 사용하여야 한다.

(4) 유사전달률은 해당 유역의 토양유실량과 특정 지점에서의 토사유출량의 비로써 정의된다. 일반적으로 유역면적에 반비례하며 사립자가 클수록 작아진다. 유사전달률의 추정을 위해 Roehl 공식(1962) 또는 TRB (1980) 도표를 이용할 수 있다. Roehl 공식(1962)은 다음과 같다.

$$\log(SDR) = 4.5 - 0.23\log(25.9A) - 0.51\log(L/H) - 2.79\log(B) \qquad \text{(식 2.2)}$$

이때, A는 유역면적(㎢), L/H는 유역의 주하천길이와 양단표고차의 비, B는 하천의 분기율을 의미한다.

(5) 유출량 및 첨두유량 관련 인자를 이용하여 유사전달률을 고려하지 않고 직접 토사유출량을 추정하는 MUSLE 공식은 다음 식과 같다.

$$\text{토사유출량 } (M) = 11.8(Q_v \times Q_p)^{0.56} \times K \times LS \times C \times P \qquad \text{(식 2.3)}$$

이때, M은 토사유출량(tons), Q_v는 유출체적(㎥), Q_p는 첨두홍수량(㎥/sec)이며, 다른 인자는 RUSLE공식과 동일하다.

라. 유사량 조사

1. 개요

(1) 소하천에서의 유사량 조사는 안정하도를 가지도록 하는 소하천 관련사업의 계획과 설계를 위해 수행되어야 하며, 장래 하상변동 예측이나 유사수지(sediment budget)를 평가하기 위한 자료로 필요하다.

(2) 소하천계획에서 고려하는 유사량은 하도의 유사이송능력을 의미하며 이에 대한 조사 방법은 크게 실측에 의한 방법과 유사량 공식(유사이송함수)을 이용한 방법으로 구분할 수 있다.

(3) 한 소하천에서 측정된 유사량 자료란 통상적으로 유량-유사량 관계곡선을 의미한다. 뿐만 아니라 관계곡선을 이용하여 얻어진 소하천에서의 특정 호우에 의한 유사량과 장기적인 유사유출 자료를 포함한다. 이때, 장기적인 유사유출 자료란 유량과 유사량간의 관계 곡선을 우선 만들고, 대상 지점에서의 장기적인 유황곡선을 활용하여 장기적인 유사유출량을 추정한 결과를 의미한다.

(4) 장기적인 유사량의 변화를 파악하기 위해서는 주어진 하도의 유량조건을 먼저 파악해야 한다. 이를 위해 연속적인 유량기록을 통하여 다양한 유량수준과 지속기간으로 나누는 것이 필요하다. 각 유량수준에 대해서 각 하도 횡단면에서 세굴과 퇴적의 양상을 파악할 수 있다.

(5) 이외 유사량은 유속, 에너지 경사, 수온, 하상물질과 부유사입자의 크기, 비중 및 형상, 수로의 기하학적 형상 및 패턴, 세류사(wash load)의 공급률, 하상지형의 형태 등에 의해 좌우된다. 수문학적, 지질학적, 기후학적 조건과 같은 대규모의 변수들 역시 유사량에 영향을 미칠 수 있다.

(6) 소하천에서 고려하는 유사량은 통상적으로 세류사를 제외한 하상토 유사량에 의한 것을 지칭한다. 그러나 세류사의 경우 유역의 유사공급 능력과 유사이송능력간의 관계가 성립되지 않을 수 있으며, 경우에 따라서 관측된 총 유사의 50% 이상을 차지할 수 있으므로 주의를 요한다.

2. 유사량의 측정

(1) 소하천에서의 유사량 조사는 소류사량과 부유사량에 대한 것으로 구분할 수 있다.

(2) 측정된 유사량 또는 유사농도는 유량, 속도, 마찰경사, 수심, 소류력 등에

대하여 도표화되어야 한다.

(3) 유사량의 측정은 보통 부유사 채취기를 이용하여 하상 가까이까지 부유사를 채취하고 미채취된 구간의 유사량은 다른 방법으로 간접적으로 추정하여 이 두 가지를 합산함으로써 총유사량을 얻게 된다. 이때 실측된 부유사 자료를 이용하여 미채취된 구간을 고려한 단면전체의 총유사량을 추정하는 절차로는 MEP(Modified Einstein Procedure)가 통상적으로 이용된다.

(4) 부유사량의 측정은 원칙적으로 수심적분 채취방법을 이용해서 얻은 결과여야 한다. 이때 수심적분 채취기는 일반적으로 D-74 수심적분 부유사 채취기 등과 같이 국제적으로 공인된 채취도구를 사용하여야 한다. 소류사의 직접 채취는 Helley-Smith 소류사 채취기를 이용할 수 있으나 비용이 과도하게 많이 들고 그 실시가 극히 어려우므로 앞서 소개된 MEP를 이용할 경우 측정을 실시한 것으로 간주할 수 있다.

(5) 유사량 측정을 위해서는 하상토 채취를 병행해야 하며 그 위치는 유사측선과 같은 위치이어야 한다.

(6) 유사량 측정은 현지측정 외에 실험실 분석을 통한 부유사 농도분석, 입경분포 분석, 유사의 오염도 분석이 제시되어야 한다.

3. 유사량 공식의 적용

(1) 유사량 공식들은 유사량 관측이 어려운 경우에 고려해야 하며, 해당 소하천의 자료가 유사량 공식의 개발에 이용된 자료의 특성과 유사한 공식을 선정하는 것이 바람직하다.

(2) Meyer-Peter-Müller 공식(1948)은 입자크기가 5 mm 이상인 거친 하상물질을 가지는 경우에, Colby 공식(1964)은 수심이 3 m 이하이고 하상물질의 중압입경이 0.8 mm 이하인 경우, Yang 공식(1973)은 거친 모래하상을 가진 소하천, Yang 공식(1984)은 하상물질의 대부분이 2~10 mm의 크기를 가지는 하상에서 자갈의 이동을 모의하는 경우, Ackers and white(1973) 공식 또는 Engelund and Hansen(1967) 공식은 상류흐름(subcritical flow) 상태에서 모래하상을 가지는 경우에 일반적으로 적용하는 것으로 알려져 있다. Laursen 공식(1958)은 고운 모래 이하 크기의 입자로 이루어진 하상을 가지는 비교적 수심이 얕은 소하천에 적합한 것으로 알려져 있다. 이외 최근에 개발된 방법으로 Browline 공식(1983), van Rijn 공식(1984), Karim 공식(1995) 등은 앞서 소개된 그 이전에 개발된 공식들에 비해 다양한 하천조건

에서 비교적 우수한 결과를 보이는 것으로 평가되고 있다.

(3) 실측유사량 자료는 만족할 만한 유사량 공식이 없는 경우에 경험적인 유사량 곡선을 개발하거나 또는 선택된 공식으로 얻어진 유사량 결과를 검증하는데 사용될 수 있다. 이때 측정자료와 비교하여 가장 적은 분산도와 표준편차를 가지는 곡선이 해당 지점의 유량-유사량 곡선으로 선택되어야 한다.

마. 하상변동 조사

1. 일반사항

(1) 하상변동 조사는 하상변동이 소하천의 홍수소통 능력과 호안, 수제, 교각, 취수시설, 댐 등 소하천 구조물의 안전이나 고유기능에 미치는 영향을 파악하기 위하여 수행한다.

(2) 하상변동 조사는 가급적이면 현지에서 소하천 측량과 시료 채취와 자료분석을 통해 수행한다.

2. 종·횡단 측량 실시

(1) 종·횡단 측량 조사는 동일 구간, 동일 측점에 대해서 일정 기간을 두고 2회 실시하여 하상의 종적·횡적 변동량을 산정한다.

(2) 종·횡단 측량시 하상토 시료 채취도 병행하여 하상토의 입경 변화의 분석과 장래 하상변동 예측에 이용한다.

(3) 횡단 측량은 홍수시 유사 이송이 예상되는 범위까지 실시하며, 유제부인 경우 소하천부지까지 제한한다.

(4) 조사 단면은 거리 측량표와 일치하는 횡단면을 취하며, 조사 간격은 소하천의 규모에 따라 적정하게 조정한다.

(5) 조사 시기는 가급적 연 1회 동일 시기에 실시하되, 홍수가 발생한 경우는 홍수 직후에 실시하는 것이 바람직하다.

3. 하상변동 예측

(1) 하상변동 예측은 현재의 유역과 소하천 상태에서 장·단기적으로 예상되는 하상변동의 방향과 범위를 예측하여 필요시 적절한 대응 조치를 취할 수 있게 하는 것이다.

(2) 하상변동 예측은 모래 하천과 같은 충적 하천에서는 하천 관리의 기본적인 사항으로, 장·단기적으로 하상변동을 유발할 가능성이 있는 각종 소하천 관련사업 추진시 수행하는 것이 바람직하다.

4. 하상재료 조사

(1) 하상재료 조사는 하천의 조도, 상류 유역의 침식과 하천의 유사이송 특성, 유사량 공식과 하상변동 모형의 적용, 하천 서식처와 같은 하천환경의 조사를 위해서 수행한다.

(2) 하상재료 조사는 가급적이면 하천의 종단방향은 1 km 간격으로 한 단면에 대해 1~3개 지점 이상의 시료를 채취하고, 실험실에서의 분석결과를 체계적으로 정리한다.

(3) 하상재료 조사는 자갈 이상, 모래, 실트 이하로 나누어 적정한 시료 채취 방법과 분석 방법으로 실시한다.

(4) 현장에서 채취한 하상재료 시료의 입경 분포를 분석하기 위하여 모래는 KSF(2504), 자갈은 KSF(2503)에 따른다. 또한 미립 토사에 대해서는 KSF(2308)의 시험법에 따라 측정한다.

2.2.4 수질 및 저질조사

가. 조사 항목

1. 수질

(1) 소하천의 수질 오염도 현황을 파악하기 위하여 다음 항목에 대하여 조사를 시행하고, 해당 소하천의 특성에 따라 중금속 등 추가 조사 항목이 필요할 경우 해당 항목을 추가하여 조사한다.

- 수소이온농도(pH), 생물화학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질량(SS), 용존산소량(DO), 수온, 총질소(T-N), 총인(T-P), 카드뮴(Cd), 비소(As), 시안(CN), 수은(Hg), 유기인, 폴리크로리네이티드비페닐(PCB), 납(Pb), 6가크롬(Cr^{6+}), 음이온계면활성제(ABS), 엽록소-a 등

(2) 수질조사시 유량의 조사도 병행하여 실시함으로써 수질과 유량과의 상관관계를 파악한다.

2. 저질

(1) 소하천의 하상 퇴적물 등 저질의 오염도 현황을 파악하기 위하여 다음 항목에 대하여 조사를 시행하고, 해당 소하천의 특성에 따라 추가 조사 항목이 필요할 경우 해당 항목을 추가하여 조사한다.

- 수소이온농도(pH), 강열감량(IL), 총유기탄소(TOC), 총인(T-P), 총질소(T-N), 화학적산소요구량(COD), 납(Pb), 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 6가크롬(Cr^{6+}) 등

나. 조사 시기

1. 수질 조사 횟수는 수질 변화를 파악하기 위하여 갈수기, 평수기 또는 계절별 등 조사주기를 선택하여 조사를 시행한다.
2. 저질의 경우 단기적으로 오염도가 변화하지 않으므로 1회 조사를 시행하고, 계절별 변화 파악 등이 필요한 경우 적정한 조사 주기를 선택하여 조사를 시행한다.

다. 조사 지점

1. 조사 지점은 조사 계획에 따라 설정하되, 가능하면 수질이 안정되고 대표적인 상태라고 판단되는 지점에 설치하여 운영한다.
2. 기준 지점은 하천 수질측면에서 소하천 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.

라. 오염부하량 산정

1. 오염원

(1) 소하천 유역별 오염원을 조사하되 생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계 등으로 구분하고 점오염원과 비점오염원을 조사한다.

(2) 소하천 유역이 클 경우 배수구역에 따라 소유역으로 분할 후 오염원의 분포 현황을 조사한다.

(3) 오염원의 분포는 가능한 소하천이 위치하고 있는 행정기관의 자료를 활용하되, 현장조사와 상이할 경우 현장조사 자료를 적용한다.

2. 오염부하량

(1) 오염원에 따른 현재의 발생부하량 및 배출부하량은 기조사된 자료에서 제시된 적정 원단위를 적용하여 산정한다.

(2) 장래 배출부하량 산정시 인구 변화, 토지이용 계획의 변화, 가축 사육 형태의 변화 등을 분석하여 부하량을 추정한다.

마. 수질 예측 및 목표 설정

1. 장래 수질 예측은 대상 소하천 구간의 특성에 적정한 수질 예측기법을 활용하여 장래 수질을 예측한다.
2. 예측항목은 생물화학적 산소요구량(BOD), 총질소(T-N), 총인(T-P) 등 소하천 특성에 따라 수질 변화를 예측한다.
3. 부하량 변화에 따라 장래 배출 부하량과 유달율 등을 고려하여 장래수질을 예측한다.
4. 소하천에 따라 수질개선대책이 수립될 경우 계획년도별 수질개선계획에 따른 과업구간 내 수질을 예측한다.
5. 수질조사 결과, 오염부하량 산정 결과, 수질개선대책을 고려한 예측 수질 등을 고려하여 수질관리목표 및 방안을 제안한다.

2.2.5 생태환경조사

가. 개요

1. 생태환경 현황은 소하천별 특성에 따라 다르므로 전체 소하천을 대상으로 조사를 시행한다.
2. 분류군별 법적보호종(멸종위기종, 천연기념물 등)의 출현 유무를 파악한다.
3. 분류군별 특성에 따라 수생태 건강성 등을 평가하여 계획 수립 또는 세부설계시 목표종 선정, 보호구역 설정, 서식처 조성 등에 활용한다.
4. 공사를 시행할 경우 생물의 출현종 변화, 서식처의 변화 등을 파악하기 위하여 공사 중 및 공사 후 모니터링을 시행한다.

나. 식물

1. 식물상

(1) 대상 소하천의 식물상은 조사경로를 설정한 후 도보로 이동하며 출현종을 확인하고 각각의 종명을 기록한다.

(2) 소하천은 수분조건, 침수빈도 등에 따라 출현종이 횡단방향으로 변화하므로, 강가에서 제방까지 횡단하는 다수의 답사로를 선정하여 조사한다.

(3) 종의 동정은 식물도감 등 기 검증된 기준으로 작성하고, 국립환경과학원의 한국의 외래생물 종합검색시스템(http://ecosystem.nier.go.kr) 등을 참고한다.

2. 식물군락

(1) 식물군락이 전형적으로 발달한 균질한 장소를 선정하여 방형구를 설치하여 출현하는 식물군락의 특성을 조사하여 그 결과를 야장으로 작성하고 소하천의 구간별 대표지점을 선정하여 군락단면도를 작성한다.

다. 동물

1. 포유류는 현지에서 해당 소하천, 주변 산지 및 농경지, 수변지역을 도보로 이동하면서 육안으로 관측되는 개체와 더불어 서식흔적, 족적, 배설물, 먹이를 먹은 흔적, 이동통로 등 확인가능한 야외 서식 흔적으로 종의 유무를 확인한다.
2. 조류는 조사대상 소하천의 제방과 주변의 경작지와 산지를 이동하면서 점조사법과 선조사법에 의해 육안관측하고, 울음소리로 서식조류를 확인하며, 근거리의 경우 쌍안경을 활용하고, 원거리 조류는 망원경 등의 조사도구를 사용한다.
3. 양서류 중 유미목의 도롱뇽류는 유속이 완만한 곳의 작은 바위를 들추어 유생을 확인, 물이 고여 있는 웅덩이에 산란한 난괴를 확인하고, 성체는 소하천 주변의 활엽수림내 고목을 들추거나, 바위틈에서 확인한다. 무미목의 개구리류는 소하천의 접근 가능한 지역에서 이동 중인 개체를 확인하고, 바위틈, 소하천 계곡, 수로, 저습지 주변에서 포충망과 뜰채를 이용하여 채집한다.
4. 육상곤충은 대상 소하천의 주요 조사지역을 선정하여 지점별 중점조사를 실시하도록 하여, 곤충조사방법의 가장 보편적인 포충망을 활용한 채집 등을 통하여 서식을 확인한다. 또한 소하천 일대에서 육안으로 확인 가능한 종도 출현종으로 간주하여 기록한다.
5. 어류의 조사는 적정 규격의 투망, 족대 등의 채집도구를 사용하여 현지 채집하는 방법으로 정량채집을 원칙으로 한다.
6. 저서성 대형무척추동물은 조사대상 소하천의 서식환경에 따라 정량적 확인이 가능하도록 적정 규격의 조사도구를 활용하여 각 조사지점에서 2회 이

상 채집을 원칙으로 하고, 모든 채집물에 대하여 정량적 조사를 시행한다.

라. 생물 현황도 및 서식처 지도

1. 생물 현황 총괄도는 서식지의 물리적 특성에 따라 분류군별 출현 형태를 조사하여 도면에 표기한다.
2. 생물현황 총괄도에는 특정여울, 특정서식처, 법적보호종 출현지점 등을 표시토록 한다.
3. 공사를 시행하기 위한 세부 설계 단계에서는 생물 출현 현황을 토대로 분류군별 유연관계를 고려하여 생태서식처(비오톱) 조사를 실시하고 이를 서식처 지도(비오톱 지도)로 도면화 함으로써 대상소하천 사업 시행시 보호구역 설정, 생태건강성 증진 구상 등의 기초 자료로 활용한다.

2.2.6 소하천 치수경제조사

1. 소하천 치수경제조사는 치수사업의 편익과 비용을 산정하여 사업의 경제효과를 파악하기 위한 것으로 사업의 타당성, 투자우선순위, 적정 투자규모 등의 검토단계에서 활용한다.
2. 소하천 치수경제조사는 '수자원부문 예비타당성 표준지침(제4판) (한국개발연구원, 2007)' 및 '치수사업 경제성분석방법 연구: 다차원 홍수피해 산정방법(국토해양부, 2004)'등을 토대로 다음과 같이 분석한다.

(1) 소하천 관련사업의 경제성평가를 위해서는 편익-비용 분석(benefit-cost analysis)을 통하여 편익-비용비(benefit-cost ratio, B/C), 순현가(net present value, NPV), 내부수익율(internal rate of return, IRR)과 같은 평가지표를 산정한다.

(2) (1)에서 산정된 평가지표를 토대로 적정 투자규모 및 경제성을 평가하고 투자우선순위를 결정한다.

(3) 소하천 관련 사업은 다른 사회기반시설과 같이 공공성이 크기 때문에 편익 및 비용을 현재가치로 환산할 때 분석기간과 사업기간을 고려하고 적정 할인율을 적용하여야 한다.

(4) 소하천 관련 치수사업의 효과는 다음과 같이 직접편익과 간접편익, 기타 편익 등으로 구분할 수 있다.

① 직접편익은 인명과 재산에 대한 침수피해감소, 농작물 침수 및 유실방지, 농경지 토사매몰, 소하천 시설물의 피해감소 등 홍수피해 감소효과를 말한다.

② 간접편익은 홍수범람으로 인해 피해가능지역에 초래될 수 있는 공업, 상업, 교통, 통신 등에 지장을 주는 물질 및 각종 서비스의 손실감소와 수해의 예방, 대처 및 복구에 소요되는 비용의 절감을 말한다.

③ 직접편익과 간접편익에 포함되지 않은 항목은 기타편익으로 고려할 수 있으며, 침수로 인한 오염피해 증가, 전염병의 증가, 교통두절에 의한 물류유통 감소효과 등을 들 수 있다.

(5) 소하천 관련 치수사업의 비용은 크게 공사비, 보상비, 조사 설계비 등 사업비와 시설교체를 포함한 유지관리비로 구분되어지며, 사업기간 동안의 연차별 투자계획을 고려하여 반영하여야 한다.

3. 소하천의 특성상 사업효과가 크지 않고 불특정 다수를 위한 공익사업 차원에서 시행될 경우 상기한 치수경제조사 대신에 개략적인 치수사업효과를 토대로 사업우선순위를 결정할 수 있다.

제3절 소하천 측량

2.3.1 소하천 측량계획

가. 일반

1. 본 절은 소하천 측량의 일반적인 방법을 정하기 위한 것으로 이에 관한 사업의 적용기준을 기술한다.
2. 본 절은 소하천 측량시 경제적이며 효율적으로 소정의 정확도를 얻도록 하기 위하여 기준을 정하는 사항이나 실시계획은 작업 기관에서 경제성을 주안점으로 하여 소하천 측량계획을 세우게 되므로 이에 따른 소하천 측량성과의 심사를 실시해야 하는데 이는 국토해양부 측량·수로조사 및 지적에 관한 법률에서 정하고 있는 '공공측량성과의 심사 규정'을 준수하여 실시하여야 한다.
3. 본 절에서 언급되지 않은 일반사항에 대해서는 국토해양부 측량·수로조사

및 지적에 관한 법률의 '공공측량 작업규정'에 따라 실시한다.

나. 소하천 측량계획

1. 개요

(1) 소하천 측량을 실시할 경우에는 원칙적으로 현장답사를 통하여 측량목적에 따른 측량의 범위, 방법, 정확도 및 허용오차의 기준을 정한다. 또한 공공측량 및 기본측량 성과의 활용을 도모한다.

(2) 기본계획 및 실시설계 측량은 보통 한가지의 측량만을 수행하는 것이 아니고 GPS 기준점 측량, 수준측량, 수심측량, 종단측량, 횡단 측량, 용지경계측량 등의 측량기술을 종합한 측량시스템으로 이루어진다. 따라서 최적의 측량을 위해 현장답사를 통하여 측량목적에 따른 측량의 범위, 방법, 정확도를 사전에 정한다.

(3) 각 공종별 측량방법에 의해 얻어진 성과의 정확도에는 한계가 있기 때문에 측량의 목적에 부합하는 허용오차를 설정해서 측량방법을 결정한다. 측량의 허용오차의 기준은 '공공측량 작업규정'을 따른다.

(4) 소하천에서의 측량의 범위, 방법 및 정확도는 공사의 종류 및 규모에 따라 적절한 성과가 얻어지도록 결정한다. 하천공사를 위한 측량은 원칙적으로 일반 하천의 측량과 같지만 대상지역이 산지의 경우 국부적인 공사라는 것 등의 이유로 일반적인 측량의 허용기준과 상이한 점이 있다.

(5) 소하천 측량은 GPS측량, 항공사진, 그리고 국토지리정보시스템(GIS)의 수치지도 작성 등을 활용하여 광범위하고 정확하며 신속한 수치 및 그래픽 처리가 가능한 소하천 측량이 이루어지도록 한다.

2. 소하천 관련계획을 수립하기 위해서는 다음 <표 2.3>에서 제시한 측량을 실시한다.

<표 2.3> 소하천 계획 수립시 측량사항

측량 작업명	측량의 종류	목적
계획용 기본도 작성 (지형현황 측량)	지상현황측량 / 항공사진측량 (축척 1 : 500 ~ 1 : 1,200)	계획책정
기준점 측량	GPS 기준점 측량 3. 4급 기준점 측량	기준점의 좌표설치
종단측량	수준측량 / 종단측량	하도계획, 하천개수 계획수립
횡단 측량	횡단 측량 / 수심측량	하도계획, 하천개수 계획수립
홍수흔적조사 측량	수준측량	하도계획, 하천홍수위 산정시 기초자료 활용
용지도 및 조서작성	연속지적도 및 지형현황도 중첩	소하천구역고시의 기초자료 활용

3. 소하천 실시계획 수립을 위해서는 다음 <표 2.4>에서 제시한 측량을 실시한다.

<표 2.4> 소하천 실시계획 수립을 위한 측량사항

측량 작업명	측량의 종류	목적
지형현황 측량	지상현황측량 항공사진측량 (축척 1 : 500 ~ 1 : 1,200)	실시계획서 작성 법선등의 계획
법선 및 종·횡단 측량	중심선 측량 / 종단측량 / 횡단 측량	법선결정, 토공량 등의 산정
용지측량	4급 기준점 측량 지형(용지) 측량 용지 경계 측량	용지폭말뚝(경계말뚝)의 결정, 용지매수

2.3.2 소하천계획 수립을 위한 측량

가. 개요

소하천의 치수·이수·하천환경의 종합적인 보전과 이용에 관한 사항을 검토하고, 해당하천 관리관청의 하천보전, 이용, 관리 및 사업시행의 효율화를 기할 수 있도록 소하천 관련계획을 수립하기 위해서는 다음과 같은 측량을 실시한다.

나. 기준점 측량

1. 기준점(골조) 측량은 측량, 수로조사 및 지적에 관한 법률에 의하여 국가기준점 및 공공기준점을 기초하여 새로운 기준점의 좌표값을 결정하는 것을 말하며, 기준점 측량 방법에는 GPS 및 T/S 관측에 의한 방법 등이 있다.
2. 기준점 측량의 관측, 계산, 허용오차의 기준 등은 공공측량의 작업규정 세부기준 제16조의 규정에 따라 운영에 필요한 공공측량의 작업규정 세부기준 운용세칙"에 준하여 실시한다.
3. 기준점 측량은 지상현황측량 및 항공사진측량 방법으로 실시하며 3, 4급 기준점은 차후 공사 측량 및 기타 측량시 사용할 수 있도록 가급적 영구표석을 매설한다.
4. 기준점 측량성과는 지적기준점 성과의 상호관계를 표현하여 용지경계 측량시 활용할 수 있도록 하여야 한다.

다. 지형현황 측량

지형현황 측량이란 기준점의 성과를 바탕으로 지상의 지형지물 및 경계 등을 측량하고 도시하는 것으로 지상현황측량 또는 항공사진측량에 의해 실시하고, 지형지물 및 주요 하천구조물의 위치 등을 측량하고 도시하여 지형현황도를 작성한다.

(1) 계획용 기본도 작성을 위한 지형현황 측량의 축척은 소하천규모에 따라 1 : 500 ~ 1 : 1,200을 원칙으로 하되 축척은 조사대상 소하천의 하폭 등 현지실정에 따라 정한다.

(2) 측량의 범위는 계획법선을 중심으로 제외지측의 전 구간과 제방이 설치되어 있는 구간에서는 제내지측 20 m 이상, 제방이 설치되어 있지 않은 구간에서는 과거 최대홍수위선 이상까지로 하며 치수경제 분석을 위한 홍수범람도 작성 등에 기본 자료로 활용한다.
(3) 현황도에는 지현현황 측량성과를 비롯하여 종·횡단 측량의 성과도 함께 삽입한다.

라. 공공측량 작업규정 승인요청 및 성과심사

1. 해당 소하천을 관리하는 주체는 측량을 실시하기 전에 국토지리정보원의 공공측량 성과의 심사규정에 따라 '공공측량작업규정 승인요청서'를 작성하여 승인을 얻은 후 제반 측량 작업을 수행한다.
2. 기준점 및 지형현황 측량 성과의 정확도 검증은 '공공측량 성과의 심사 규정'에 따른 성과심사를 통해 이루어져야 한다.

마. 거리표(측점)의 설치

1. 거리표는 하천 좌우 양안에 설치하되 제방이 축조되어 있는 소하천은 유심에서 직각방향의 제방 비탈머리에 설치하고 지류는 본류와의 합류점에서부터의 종단거리로 표시한다.
2. 거리표는 하천의 하구 또는 본류와의 합류점에 기점을 설치하고 하천의 상류를 향하여 50 ~ 100 m마다 순차적으로 설치하는 것을 표준으로 한다.
3. 설치 장소는 원칙적으로 제방 안쪽 비탈머리에 설치하되 제방이 설치되지 않은 부분에서는 계획홍수위로부터 해당 소하천의 홍수량에 의한 여유고를 더한 높이를 가진 지반 및 지형의 변동우려가 없는 지점에 설치한다.
4. 거리표는 차후 하상변동조사 측량 및 실시설계조사 측량 등에서 활용되는 경우가 많으므로 약 1.0 ㎞ 내외의 간격으로 영구 표석을 매설한다.
5. 표석의 성과는 평면좌표 및 표고 등을 함께 측량하여 추후 기준점으로 동시 활용한다.
6. 측점간 거리는 50 ~ 100 m간격으로 설치하는 것이 바람직하며, 하폭이 급변하거나 보 및 교량 등 하천 횡단구조물이 설치되어 있는 지점 등에는 추가 측점을 설치한다.

바. 수준 및 종단측량

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) 종단도 작성의 축척은 종으로 1 : 100, 횡으로 1 : 1,000 ~ 1 : 2,000 정도를 표준으로 하되, 축척을 결정할 때 계획기관과 협의하여 다르게 적용할 수 있다.

(3) 종단측량시에는 측점의 표고를 비롯한 측량 구간내에 위치한 수위표 영점표고 및 단별 표고(수위표 수준점 등 포함), 수문 및 갑문의 문턱, 교량, 보 등 각종 하천시설물의 필요한 표고를 측량하여야 한다.

(4) 종단측량시 측량 구간 주변에 과거에 매설한 수준점 및 Bench Mark(B.M.) 등이 있는 경우에는 이들 수준점과 표고를 연결하여 상호 관계를 확인한다.

(5) 수준측량의 정확도는 '공공측량 작업 규정'에 준하여 실시하고 종단측량은 하천의 중요도에 따라 1급 ~ 3급 수준측량의 정확도가 필요하되 산간부의 급경사 하천에서는 4급 수준측량의 정확도로 실시할 수도 있다.

(6) 종단도는 하류측을 좌측이 되도록 작성한다. 종단도의 기재사항은 횡단측량 성과 및 배수위계산 성과 등을 종합적으로 작성한다.

사. 횡단 측량

1. 횡단 측량은 하천의 양안에 설치해 놓은 종단측점을 기준으로 하는 높낮이를 측량하여 측점의 횡단형이 나타날 수 있도록 한다.
2. 측량의 범위는 종단측점(또는 계획법선)을 중심으로 제외지측은 하천수가 흐르는 부분을 포함하여 전 구간을 측량하고 제내지측은 제방이 설치되어 있는 곳에서는 20 m 이상, 제방이 설치되어 있지 않은 곳에서는 과거 최고홍수위이상 되는 지점에서 배후지방향으로 10 m이상 측량하는 것을 원칙으로 한다.

3. 한 단면의 횡단 측량을 실시할 때 점간거리의 지반 형상이 최대한 도면상에 나타날 수 있도록 하며, 급변화가 있는 지점 등에서는 추가점 측량을 실시한다.
4. 횡단도 작성의 축척은 종축은 1 : 50, 횡축은 1 : 100 ~ 1 : 200을 원칙으로 하되, 유수의 하류방향을 기준으로 좌안측이 왼쪽, 우안측이 오른쪽이 되도록 하며 축척을 결정할 때는 계획기관과 협의한다.
5. 수심측량은 음향측심기와 DGPS을 이용하여 위치 및 수심을 측량하고 적절한 간격으로 수심을 발췌하여 횡단상에 표기하여야 한다.
6. 바다로 유입되는 감조하천 구간은 조위로 인한 극심한 수위 변동이 예상되므로 수심측량과는 별도로 조위관측 자료를 분석하여 수심측량 성과의 보정자료로 활용한다.

아. 홍수흔적 측량

1. 홍수흔적측량은 홍수시의 유수가 남긴 하천 종횡단상의 흔적을 조사하는 측량으로 홍수직후 하천의 양안에 대하여 실시하는 것이 바람직하며, 해당 소하천의 조도계수 산정 등을 위한 기초자료로 활용할 수 있다.
2. 홍수흔적측량은 직선하도구간에서 20 ~ 50 m를 원칙으로 필요시 간격을 조정하며 하상경사가 변하는 구간, 하폭이 변하는 구간, 하상재료가 변하는 구간에 대해서는 추가 보완하여 실시한다.
3. 홍수흔적측량은 지형현황측량을 실시하거나 종·횡단 측량시 병행하여 실시하는 측량으로서 홍수가 지나간 직후 홍수흔적인 부착 소유물이 확실하게 남아 있는 상태에서 실시하는 것이 바람직하다.
4. 종·횡단도상에 흔적 수위를 표기하고 조사한 구간의 하상상태를 암반하상, 큰호박돌, 호박돌, 자갈하상, 사질토하상, 점토하상 등으로 구분하고 식생상태도 잡초와 관목의 유·무 및 많고 적음과 제방사면의 호안도 돌호안, 콘크리트호안, 식생호안 등을 조사하여 표기한다.
5. 홍수흔적측량이 불가능한 경우에는 소하천정비종합계획 수립 등의 조사시 하천의 양안측에 장기간 거주한 주민들을 대상으로 탐문조사를 실시하여 측량한다.

2.3.3 소하천 실시계획을 위한 측량

가. 개요

소하천 실시계획의 수립에서는 소하천공사 시행에 필요한 제반사항을 정할 수 있도록 공사 목적에 따라 다음과 같은 측량을 실시한다.

나. 지형현황 측량

1. 설계에서 가장 중요한 측량이며 GPS 및 T/S 기준점 측량을 바탕으로 하는 3, 4급 기준점의 성과를 활용하여 계획제방을 중심으로 주변의 지형지물 및 소하천시설물 등의 위치 등을 측량하여 계획평면도를 작성하기 위한 측량이다.
2. 계획평면도 작성을 위한 지형현황도의 축척은 1 : 500 ~ 1 : 1,200을 원칙으로 하되 작성 계획기관의 공사 목적에 따라 정한다. 또한 본 도면은 공사 집행을 위한 주요도면이므로 공사 집행시 차질이 없도록 세부적인 내용으로 측량을 실시해야 한다.
3. 본 측량은 제방축조용 토취장 계획과 소하천의 시설물(저류지 및 저수시설 등)의 설치계획에도 활용되므로 계획법선에서 제외지측은 유심부까지 측량하고 제내지측은 50 m 정도를 측량범위로 하되 주변에 하천부지가 있는 경우에는 이를 포함한 지역을 대상으로 하여 측량하며 제내지측에 소하천 관련 시설물 계획 설치여부를 확인하여 계획기관과 협의하여 그 범위를 결정한다.

다. 법선 및 종·횡단 측량

1. 법선 및 종·횡단 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 결정한다.
2. 그 후 수준측량과 종단 및 횡단 측량을 실시하며, 횡단 측량은 제방중심선(또는 법선)의 접선에 직각방향으로 실시하며 정확한 물량을 산출할 수 있

는 횡단형이 작성될 수 있도록 실시한다.

3. 법선측량은 계획평면도를 기준으로 실시하며 법선(중심선)이 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.
4. 종단측량은 계획기관의 사업목적 등에 따라 실시하되 측점간격은 20~50 m로 하며, 횡단 측량의 범위는 제외지측은 토취장 계획 및 둔치 정비계획 등을 수립할 수 있도록 유심부까지 실시하고, 제내지측은 계획법선을 중심으로 50 m 정도로 하되 소하천 시설물 및 관개시설 등 배후지 시설계획과 관련 충분한 폭원으로 측량한다.
5. 현장 주변에 설치된 기준 수준점을 토대로 현장에 설치한 측점 말뚝에 대한 종단측량을 실시해서 종단면도 작성의 기본자료로 활용하고 계획구간의 시종점 및 중간지점에는 공사 집행시 활용하기 위해 영구표석을 매설한다.
6. 종단도의 축척은 종을 1 : 100, 횡으로 1 : 1,000 ~ 1 : 2,000로 작성하되 계획기관과 협의하여 결정한다.
7. 횡단 측량은 중심선의 접선에 대하여 직각방향으로 측량을 실시하되 점간 간격은 지반 형상이 최대한 도면에 표현될 수 있도록 하여 지반고 등을 측량하고 지형의 변화가 심한 곳은 보조측점을 두어 측량을 행한다.
8. 횡단도의 축척은 종으로 1 : 50, 횡으로 1 : 100 ~ 1 : 200로 작성하되 계획기관과 협의하여 결정한다.

라. 용지측량

1. 용지측량은 용지도작성 및 지장물 보상을 위한 측량을 말하며 지적경계 측량은 제외된다.
2. 횡단도면에 제방의 계획단면을 표시하여 용지폭을 정하고 가능하면 지적도의 축척과 동일하게 축척 1 : 500 ~ 1 : 1,200으로 용지도를 작성한다.
3. 용지경계 말뚝을 중심선 또는 법선의 접선에 대하여 직각방향으로 설치한다.
4. 용지도를 작성할 때는 국토지리정보원에서 설치한 기준점 좌표와 지적공사에서 설치한 기준점의 지적좌표가 차이가 발생할 경우 계획기관과 협의하여 결정한다.

5. 보상을 위한 지적경계측량 등은 지적공사에서 실시하므로 이에 대한 충분한 자료를 확보한다.

제4절 자료관리

2.4.1 개요

본 절은 소하천 관련 계획의 시행으로 조사된 자료를 효율적이고 체계적으로 정리하여 전산화 체계를 구축함으로써 소하천 및 시설물의 유지관리, 신속한 민원처리와 홍수 및 재해 등의 천재지변에 대처하는 위기관리 능력 향상 등 소하천 사용의 이익을 증진시키기 위한 소하천의 자료 관리에 대해 기술하였다.

2.4.2 자료관리 방안

1. 전국의 소하천 통합관리를 위한 소하천일람을 작성한다.
2. 국가하천 및 지방하천의 하천정보 표준화를 방식을 준수하고 연계한다.
3. 소하천 관련계획의 공사실시에 관한 사항 및 치수경제성 분석 자료를 정보화함으로써 일관된 소하천 실시계획 입안 및 유지관리 업무의 편의성 및 활용성을 증대시킨다.
4. 소하천의 종합적인 통합관리를 위해서 수계위주의 하천 업무관리에 적합하도록 계획한다.
5. 국가, 지방하천의 하천일람에 대한 고유한 코드체계가 부여되어 있으므로, 소하천 또한 통합관리를 하기 위한 소하천 코드표준화를 정립한다.
6. 하천전반에 대한 통합관리측면에서 <하천정보 표준화에 의한 연구>의 하천정보 표준화 방식을 준수한 데이터베이스를 구축하며, 하천관리시스템(RIMGIS)의 공간정보의 하천주제도를 이용할 수 있다.
7. 소하천공사 실시에 관한 사항을 정보화함에 있어 아래 항목들을 중심으로 구축하도록 한다.

(1) 홍수량 산정 자료
(2) 계획 및 빈도별 홍수위 분석 자료
(3) 기존 시설물 위치현황 및 능력검토 자료
(4) 시설물 계획 자료 등의 정보화

2.4.3 데이터베이스 체계화

소하천의 유수계통 상위하천(국가 및 지방하천)의 일련번호를 부여하며, 관할행정코드를 부여함으로써 전국적으로 소하천을 통합·운영 관리시 동일 소하천명이 존재하더라도 하천별 코드번호를 부여하여 체계적이고 효율적인 하천관리가 가능토록 데이터베이스를 체계화한다.

<표 2.5> 소하천 데이터베이스의 체계화

10	2	3740	42110	001
권역·수계	하천등급	지방하천일련번호	행정코드	소하천일련번호
2자리	1자리	4자리	5자리	3자리

예) 소하천 00천과 △△천의 코드

소하천명	유수계통			행정코드	하천코드
	권역수계	지방하천	소하천		
○○천	한강	간성천		춘천시	1023740
	한강	간성천	○○천	춘천시	102374042110001
△△천	한강	공지천		춘천시	1023330
	한강	공지천	△△천	춘천시	103333042110002

2.4.4 자료구축의 표준화

1. 하천관리지리정보시스템(RIMGIS) 구축·운영에 필요한 표준화 관련사항에

대한 기준을 제시하고, 세부적으로는 하천정보의 표준화, 구축자료 양식 및 하천정보 등을 포함한다.

2. 자료구축의 표준화는 하천중심선, 하천폭, 하천시설을 포함하고 내용적 범위는 하천시설관리대장조서, 하천현황대장조서 및 그 부속도서를 중심으로 구축한다.
3. 하천여건변화를 반영한 하천레이어의 분류, 하천시설물코드 및 하천기본계획수립코드 체계를 정의하여 하천시설관리대장조서와 하천현황대장조서 등의 발급을 위한 데이터베이스설계, 측량자료 관리 및 이력관리를 위한 데이터베이스화를 정립한다.

2.4.5 자료구축·관리 효과

1. 소하천 정보화 구축을 통하여 관할 행정구역내 하천의 일반현황과 개수현황 등을 일목요연하게 확인 가능하며, 제방의 개보수 현황파악이 용이하다.
2. 경제성 분석결과를 기초로 전체 혹은 수계별 투자 우선순위를 결정할 수 있음으로써, 효과적인 예산집행을 계획할 수 있도록 한다.
3. 기초 현황자료 이외에 홍수량, 홍수위, 시설물 등을 하천별 및 수계별로 손쉽게 확인할 수 있으며 자료구축·관리에 따른 기타효과는 다음과 같다.
   (1) 하천시설물 유지관리의 체계화
   (2) 효율적인 행정업무 처리
   (3) 최신의 소하천 현황관리 용이
   (4) 홍수 및 재해 등에 대처하는 위기관리 능력 향상
   (5) 유관부서에서 데이터의 활용으로 예산절감
   (6) 하천관리자 변동에도 일관된 자료 유지 및 확보 가능

제3장 소하천 종합계획

제1절 소하천 종합계획 일반사항

3.1.1 소하천계획의 수립

1. 소하천계획은 소하천 본연의 아름다운 경관을 최대한 보전하고 치수안정성을 확보하면서 이수와 생태환경 보전의 조화를 도모한다.
2. 소하천계획은 재해예방계획, 이수 및 친수계획, 환경계획으로 구성되며 아름다운 소하천 가꾸기 계획을 포함하여야 한다.
3. 경제성 검토와 주민의견 수렴을 통해 소하천의 불필요한 변경을 최소화할 수 있도록 계획한다.

3.1.2 적용범위

1. 소하천계획은 소하천정비법에서 정의한 소하천과 그 유역에 대한 체계적인 개발 및 관리를 위한 기준을 제시한다.
2. 소하천정비의 계획구간 중 소하천구역 및 치수 및 이수, 생태환경의 영향을 받는 구역을 계획의 범위로 한다.
3. 소하천의 보전과 동시에 하천수의 이용 및 방재가 조화를 이룰 수 있는 정비의 기본적인 기준을 제시한다.

3.1.3 소하천의 특징

우리나라 소하천은 다음과 같은 특징을 가지고 있으며, 소하천계획 수립시 반드시 고려하여 효율적인 계획이 되도록 한다.

1. 수문지형학적 특징

(1) 상류부는 산지와 농경지에 접한 계곡을 따라 위치하고 있기 때문에 하폭이 좁고 만곡도가 크며 급경사를 이루고 있어 지반 침식이 심하다.

(2) 중류부는 농경 평야부를 관통하여 마을에 인접하고 있는 경우가 많다.

(3) 하류부는 점차 완만한 유로를 형성하여 기존의 법정하천과 합류한다.

(4) 집수면적이 작고 유로연장이 짧으며 상·하류간의 표고차가 커서 급류하천인 경우가 많다.

(5) 소하천은 위치에 따라 구분할 수 있으며 소하천의 수문지형학적 특성은 <표 3.1>과 같다. 소하천은 유역면적 2 ㎢ 이하인 경우가 전체의 약 72%를 차지하고 있으며, 전체 소하천 중에서 82%는 유로연장이 3 ㎞ 이하이다. 유역평균경사가 20% 미만인 비율은 41%이며 하상경사가 0.3‰(=0.3/1,000) 이하로 완만한 하천이 66%에 이른다.

<표 3.1> 소하천의 수문지형학적 특성

유역면적		유로연장		유역평균경사		하상경사	
면적 (㎢)	비율 (%)	연장 (km)	비율 (%)	경사 (%)	비율 (%)	경사 (‰)	비율 (%)
0 ~ 1	46	0 ~ 1	25	0 ~ 20	41	0~0.1	25
1 ~ 2	26	1 ~ 2	35	20 ~ 40	44	0.1~0.3	41
2 ~ 3	12	2 ~ 3	22	40 ~ 60	13	0.3~0.5	15
3 ~ 5	8	3 ~ 5	14	60 이상	2	0.5~0.9	8
5 이상	8	5 이상	4			0.9 이상	11

(6) 도시 및 농촌지역인 평지지역을 대표하는 용인, 논산, 서산지역의 소하천과 산지지역을 대표하는 인제지역의 소하천으로 나누어 수문지형학적 특성을 살펴보면 다음과 같다. 평지지역의 유역면적은 전체의 67%가 0 ~ 2 ㎢의 범위를 보이지만 산지지역의 경우 34%가 5 ㎢ 이상으로 하나의 소하천이 차지하는 유역면적이 산지지역에서 더 크게 나타난다. 또한 평지지역의 유로연장은 78%가 1 ~ 3㎞의 구간에 해당하는 반면 산지지역은 그 분포가 모든 연장에서 고르게 나타나는 경향이 있다. 유역평균경사 역시 평지지역은 전체 소하천의 90%가 40% 이하의 경사를 보이는 반면 산지지역은 40% 이상의 경사를 보이는 소하천이 86%에 이른다. 하상경사 역시 평지지역은 0.1 ~ 0.3‰이 48%로 높은 비중을 가지는 반면 산지지역은 41%가 0.9‰ 이상의 경사를 보인다.

(7) (5)와 (6)에서 살펴본 것처럼 소하천은 위치하고 있는 지역에 따라 매우 상이한 수문학적 특성을 가진다. 산지지역의 경우 유역면적이 크고 급경사인

소하천이 많은 반면 도시 및 농경지 소하천은 상대적으로 유역면적이 작고 완경사인 소하천이 주로 나타난다. 특정 지자체 관내 수많은 소하천들을 대상으로 종합적인 계획을 수립하고자 하는 경우 우선 소하천을 도시, 농경지 및 산지로 입지특성을 구분하고 <표 3.1>과 같이 유역면적, 유로연장, 유역평균경사, 하상경사의 각 등급별로 나누어 해당 조건별로 적절한 소하천계획이 수립될 수 있도록 하여야 한다.

2. 재해발생 특징

(1) 유역면적이 작아 홍수유출 특성이 주로 국지성 집중호우에 지배되며 작은 호우에도 예측하지 못했던 큰 첨두유출량이 발생하는 경우가 있으며, 유로연장이 짧고 하상경사가 급한 경우가 많으며 대부분 도달시간이 30분 이내로 짧아 예경보를 통한 홍수대비가 어렵다.

(2) 소하천은 상대적으로 중대규모 하천에 비해 기후변화의 영향을 크게 받을 수 있기 때문에 각종 계획기준이 되는 수문량 설정시 대상 소하천의 중요도와 재해방지 측면의 불리한 요소를 충분히 고려해야 한다. 중대하천의 경우 수문량의 조건 변화에 대해 재해방지를 위한 완충기능을 할 수 있는 시설이 상대적으로 많지만, 소하천의 경우 이러한 기능을 할 수 있는 제반 여건이 부족한 경우가 많다. 또한 특정 조건으로 소하천 관련 사업을 실시한 경우 해당지역의 여건변화를 고려한 사업을 다시 실시하기 까지 상당한 시일이 소요될 가능성이 높다. 따라서 소하천 관련 사업시에는 다양한 재해유발 요소와 그 정도를 평가해서 최소한의 기준을 따르기 보다는 최악의 조건에서도 충분히 그 기능을 발휘할 수 있도록 계획을 수립하는 것이 필요하다.

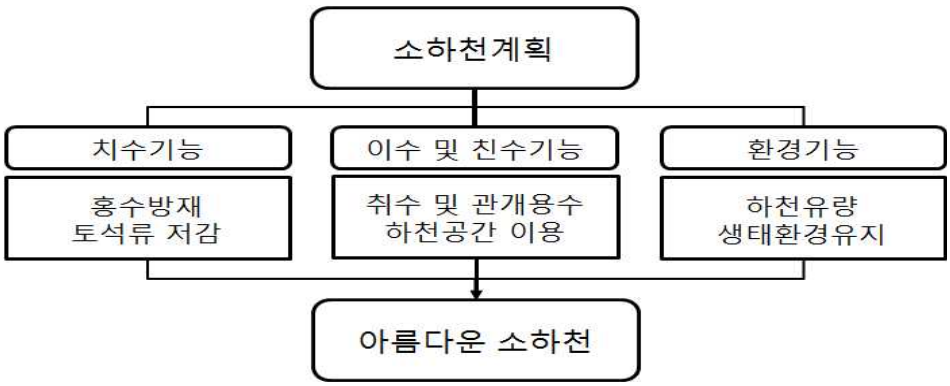
(3) 산지소하천의 경우 침수범람 이외에 산사태 및 토사유출로 인한 피해발생 가능성이 크다.

제2절 소하천계획의 개요

3.2.1 소하천계획의 목적 및 방침

1. 소하천계획에서는 치수기능 뿐 아니라 이수 및 친수기능, 환경기능 등이 종합적으로 검토되어야 하며, 아름다운 소하천을 목표로 하여 본연의 생태

환경과 아름다운 자연경관을 최대한 보전하고 향상시키도록 한다. 이때, 아름다운 소하천이란 소하천이 치수, 이수 및 친수 그리고 환경기능을 조화롭게 발휘하고 있는 상태로 정의할 수 있다.



<그림 3.1> 소하천계획의 목적

2. 소하천 유역을 체계적으로 검토함으로써 치수 안정성 및 이수 기능의 확보, 생태환경의 보전 뿐 아니라 인간생활과의 조화를 이룰 수 있도록 한다.
3. 경제적인 치수방재 및 이수계획을 수립함으로써, 소하천 유역의 보전이나 개선복구 이후의 효율적인 유지관리계획에 사용될 수 있도록 한다.
4. 해당 소하천의 지형학적 특성, 수리 및 수문학적 특성, 환경특성 등을 고려하여 올바른 정비방향을 설정하고, 획일화되지 않은 소하천계획이 될 수 있도록 한다.
5. 사업구간 이후 법정하천이나 다른 소하천의 합류지점에 대하여 전반적인 특성을 분석하고 관련 계획을 검토하여 하천의 공간적 연계성을 살리도록 한다.
6. 국지적 기후현상의 영향을 많이 받는 소하천의 특성을 고려하여, 기후변화에 대비할 수 있는 적절한 계획을 수립하도록 한다.

3.2.2 소하천계획의 과정

1. 소하천계획을 수립하기 위해서는 계획 구간을 정확히 설정하고 수계별 소하천망을 구성한다.

2. 소하천의 측량 및 조사를 수행하여 소하천대장을 작성하고 소하천을 지정·고시한다.
3. 소하천의 효율적·경제적 정비를 계획하기 위해 유역 및 하천특성, 수리 및 수문량, 하천이용, 생태환경특성 뿐 아니라 재해이력 및 하천경제성을 조사·분석하여 정비의 목적을 설정한다.
4. 소하천에 대한 각종 조사와 분석결과를 바탕으로 소하천의 계획에 대한 기본 방침과 방향을 설정한다.
5. 조사 및 측량자료를 바탕으로 기후변화를 고려한 설계수문량 및 유지유량을 산정하며, 이를 이용하여 시설물을 계획한다.
6. 설정된 계획방향을 토대로 해당 소하천에 대한 항목별 계획과 각 항목에 대한 세부계획을 수립한다.
7. 주민의견조사와 사업효과 및 경제성분석 등을 통해 계획의 타당성을 검토하고, 타 분야 계획과의 연계를 확인하도록 한다.

소하천계획 과정은 <그림 3.2>와 같이 정리할 수 있다.

3.2.3 소하천계획의 내용

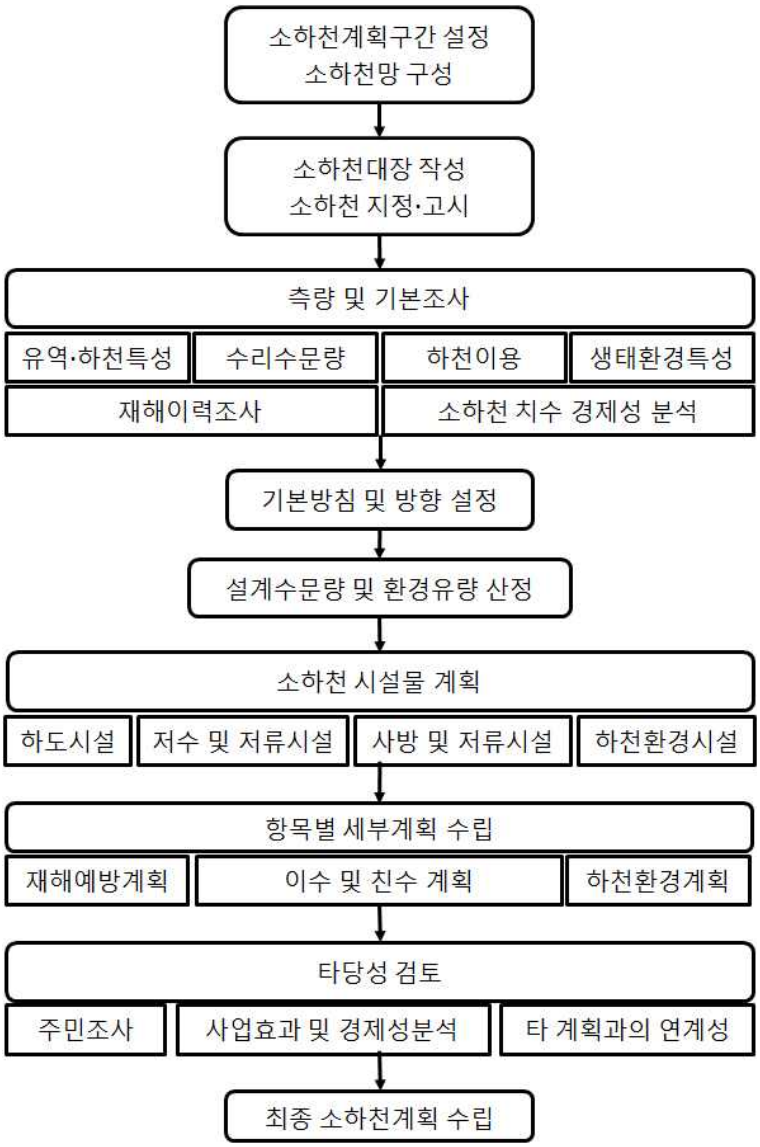
소하천계획 수립 시, 소하천의 특성을 최대한 반영할 수 있도록 해야 하며, 체계적인 기초자료 수집과 분석, 주민의견수렴 등이 필요하다. 이를 통해 다음과 같이 각 소하천에 대한 적절한 방향을 설정하고 계획을 구성한다.

1. 지역에 따라 다양한 소하천의 형태 및 위치에 따른 특징을 고려하여 획일적인 계획이 되지 않도록 한다.
   (1) 만곡부가 많은 소하천의 선형 특성을 고려하여 최대한 자연형으로 계획한다.
   (2) 산지하천이나 급경사 구간이 많은 소하천에 대해서는 돌발홍수 등의 방재에 대한 계획을 수립해야 한다.
   (3) 타 하천에 합류되거나 분기되는 소하천의 경우 이에 대한 특성을 검토하여 공간적 연계성을 확보하도록 한다.
2. 치수방재에 대한 조사 및 평가를 수행하여 경제적인 정비가 될 수 있도록 한다.
   (1) 과거에 발생한 홍수 및 가뭄 등으로 인한 피해를 최소화할 수 있도록 설

계수문량 및 유지유량을 산정한다.

(2) 돌발홍수 및 토석류의 발생으로 인한 침식, 퇴적, 하상변동 등을 예측하여 하천시설물의 설계에 반영한다.

3) 기존에 설치되어 있는 시설물의 안정성을 검토하고 치수정비에 적용하여 경제적인 계획을 수립한다.



<그림 3.2> 소하천계획 과정

3. 소하천의 환경 및 생태 현황을 고려하고, 인간생활과 조화를 이룰 수 있는 아름다운 소하천으로 계획을 수립한다.

(1) 생태계 파괴를 최소화하여 소하천의 환경을 유지 및 개선할 수 있는 계획을 수립한다.

(2) 적절한 하천공간을 확보하여 소하천의 친수적 기능을 도모할 수 있도록 이용계획을 수립한다.

(3) 유지유량을 산정하여 수질 유지 및 수량 확보에 기여할 수 있도록 한다.

(4) 계획구간 뿐 아니라 상하류에 영향을 미칠 수 있는 범위에 대하여 공간적으로 연계될 수 있는 정비를 계획한다.

4. 지역주민의 하천사용에 대한 조사와 의견수렴을 통해 공공의 이익을 도모하고, 경제성을 분석하여 사업의 타당성을 검토한다.

(1) 대상 소하천 유역의 인문·사회적 배경을 고려하고, 지역주민의 제안과 의견을 수렴하여 계획에 반영하여 공공의 인정을 받을 수 있는 계획을 수립한다.

(2) 소하천 정비에 영향을 미칠 수 있는 타 계획을 검토하여 연계성을 확보할 수 있도록 한다.

(3) 주변 인구분포, 토지이용, 하천수 이용 등을 검토하여 불필요한 공정 및 구조물 설치를 지양하고 경제적이고 효율적인 정비계획을 수립한다.

3.2.4 소하천계획의 수립

가. 소하천계획의 우선순위 선정

효율적, 경제적인 소하천계획을 위해서는 객관적인 지표로 우선순위를 결정할 수 있어야 한다. 이를 위해 소하천의 재해발생이나 유역 현황, 경제성 등을 고려해야 하며, 국립방재연구원(2011)에서는 <표 3.2>와 같은 기준으로 우선순위 선정기준을 제시하고 있다.

<표 3.2> 소하천계획 우선순위 선정기준

지표	세부항목	1	2	3	4	5	배점 가중치
재해 발생 위험성	불량시설 개소수 (횡단구조물)	1개소 미만	1~10 개소	10~20 개소	20~30 개소	30개소 이상	10%
	최근 5년간 재해이력	없음	0~1회	1~3회	3~5회	5회 이상	10%
	최근 5년간 총피해액	없음	0~0.5억	0.5~5억	5~50억	50억 이상	10%
	피해유형	농경지 침수	농경지 유실	주택침수	주택유실	공공시설 피해	10%
사업 지구 현황	유역면적(㎢)	1.0 미만	1.0~2.0	2.0~5.0	5.0~8.0	8.0 이상	5%
	토지이용현황	농경지 (경지정리미완료)	농경지 (경지정리완료)	농경지 >주택가	농경지 <주택가	주택가	15%
	하천경사도	0.10 이상	0.07~0.10	0.04~0.07	0.01~0.04	0.01 미만	5%
	하천정비율 (정비구간/전체구간)	20% 미만	20~40%	40~60%	60~80%	80% 이상	5%
사업 효과성 (B/C)	친수공간 요구도 (주택수)	10 가구 미만	10~40 가구	40~80 가구	80~160 가구	160 가구 이상	5%
	주민 수혜도 (수혜면적)	1ha 미만	1~5ha	5~10ha	10~50ha	50ha 이상	10%
	공공시설수	1개소 미만	1~2개소	2~4개소	4~7개소	7개소 이상	5%
기타	사전행정절차 이행여부 등		설계미완료	설계완료	용지보상 완료	계속사업	10%

나. 소하천계획의 고려사항

대상 소하천의 체계적인 조사와 측량을 통해 기초자료를 수집하고, 경제성을 분석한 후 이를 이용하여 각 소하천에 적절한 계획을 수립한다. 각 항목별 계획 수립 시, 공통적으로 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

1. 하도계획

(1) 계획구간을 설정하고 하천의 측량을 통해 하도의 만곡도, 경사 등의 형태 정보를 수집한다.

(2) 경제적인 하도계획을 위해 수리 및 수문량 분석을 통해 산정된 유량, 수위 등을 고려해야 한다.

(3) 소하천의 치수기능, 이수기능, 환경기능 등을 고려하여 각 기능을 확보할

수 있도록 하도를 계획한다.

2. 시설물 및 공간이용계획

(1) 대상 소하천의 치수 및 이수, 환경기능을 확보하기 위해 시설물을 설치하며 계획수문량을 고려하여 계획한다.

(2) 불가피한 경우를 제외하고 환경 및 생태계에 미치는 영향을 최소화하는 범위에서 시설물을 계획한다.

(3) 인간생활과의 조화를 위해 적절한 범위 내에서 하천공간을 정하고 효율적으로 이용할 수 있도록 계획한다.

3. 유지관리계획

(1) 개선된 소하천의 하도, 시설물 및 하천공간에 대하여 효율적인 유지관리 계획을 수립한다.

(2) 소하천 특성 및 이용도에 따라 시설물의 안정성 확보와 환경변화에 대한 규제를 수립하고 주기적인 감시 체계를 구축한다.

제3절 재해예방 계획

3.3.1 개요

1. 소하천의 재해예방 계획은 주로 홍수로 인한 재해를 방지 또는 경감하기 위해 계획 기준점에서 계획의 기본이 되는 홍수량 또는 홍수수문곡선을 설정하고, 이에 대응하여 재해예방 효과를 확보하기 위한 홍수위험 관리계획을 의미한다. 이와 함께 산지하천에서 토석류와 유송잡물 등에 대응하기 위한 사방계획을 포함하여 재해예방 계획을 수립한다.
2. 소하천은 규모가 작아 홍수를 조절하거나 다루는 구조적인 치수계획을 수립하기 어려운 경우가 많으므로, 홍수로부터 소하천 주변지역의 인명 및 재산피해를 방지하기 위한 비구조적 대책을 함께 고려하는 것이 보다 효과적이다. 따라서 소하천의 재해예방 계획은 소하천을 중심으로 주변 홍수터 지역의 재해위험을 관리하는 계획이라고 할 수 있다.
3. 재해예방 계획에 따라 설치되는 시설들은 소하천 수계 전체에 대해 상호 기술적, 경제적으로 조화를 이루는 동시에 그 목적을 달성할 수 있어야 한다. 따라서 계획 수립을 위해서는 소하천계획에서 정하는 소하천 구간뿐 아

니라 관련 수계의 유역에서의 계획목표에도 대응할 수 있도록 본류 하천계획, 도시계획, 시설계획 및 개발사업 등 타 계획과의 연계를 검토하여야 한다.

4. 소하천 재해예방계획 수립을 위해서는 우선적으로 현재의 소하천 하도의 최대통수량 검토 등 홍수대처능력을 파악해야 하며, 홍수피해를 저감하기 위한 대처능력을 향상시키기 위해 구조적 대책과 비구조적 대책을 병행해서 수립하는 것을 고려해야 한다.
5. 산지 소하천의 경우 상류 계곡과 사면에서의 산사태 및 토석류가 자주 발생하고 있기 때문에 사방시설의 계획을 적극적으로 고려하여야 한다.

3.3.2 홍수위험 관리

가. 개요

1. 홍수위험 관리는 구조적 대책과 비구조적 대책으로 구분할 수 있으며, 전통적인 대책은 주로 구조적 대책을 의미한다. 이러한 구조적 대책은 하천자체의 치수기능을 증대시키는 것과 유역치수기능을 관리하는 것으로 나눌 수 있다. 하천자체의 치수기능을 증대시키는 것은 주로 소하천개수사업을 의미한다. 이에 비해 유역치수기능을 관리하는 것은 유역의 저류능력을 증대시킴으로써 유출발생을 억제하거나 지체시키는 유역관리와 소하천 주변 홍수터에 수해에 안전한 토지이용 및 건축 등을 유도하여 피해경감을 유도하는 것이다.
2. 설계홍수량은 해당 소하천에서 일어날 수 있는 최대홍수량을 목표로 정한 것이 아니므로, 설계홍수량을 넘어서는 규모를 가지는 홍수(초과홍수)에 대한 고려도 필요하다. 초과홍수의 발생과 그로 인한 피해의 형태를 예측하는 것은 재해예방과 관련하여 지역사회에서 소하천시설로 대처할 수 있는 홍수의 한계와 이를 초과하는 경우의 대처를 명확히 구분하게 하고, 초과홍수의 발생시에도 적절한 대응을 미리 강구할 수 있도록 하기 위함이다.
3. 일반적으로 계획빈도의 설계홍수량은 소하천 하도와 관련된 구조적 대책으로 대처가 가능해야 한다. 설계빈도를 초과하는 홍수량은 비구조적 대책을 주요 대처방법으로 고려한다. 단, 단순히 소하천 하도에서의 구조물적 대책

외에 홍수조절 및 저감, 지체를 위한 저류시설을 일정규모 이상 확보함으로써 방재성능을 높이는 것이 필요하다.

4. 소하천 계획에서는 하도계획과 별도로 저류시설의 입지를 고려해야 한다. 잠정적으로 지속시간 12시간, 100년 빈도 설계강우량의 약 5%를 유역비저류량(=저류용량/유역면적)으로 가지는 저류시설의 입지들을 검토하여 제시하고 소하천의 설계홍수량을 초과하는 경우의 지역사회의 방재성능을 높이기 위한 방안으로 해당 시설을 관련계획과 연계하여 추진해야 한다.
5. 홍수위험관리계획은 다양한 대안들을 서로 비교하고 보완하는 방식으로 수립되는 것이 바람직하다. 일반적으로 기본구상, 대안선정 및 보완, 홍수처리규모 및 방식 결정, 최적안 제시로 이루어진다.

(1) 기본구상은 우선 홍수피해를 받은 지역 또는 예상되는 지역을 선별하여 홍수위험관리사업의 필요성을 확인한 후 현재의 홍수대처능력의 문제점을 현 하도 홍수소통능력 등을 검토하여 확인해야 한다.

(2) 대안선정에서는 가능한 모든 홍수위험관리방법의 가능성을 검토하고 이때 기존시설의 능력을 보완하는 방안을 주요하게 다루어야 한다. 이때, 수문수리학적, 구조적 안전성과 경제적 타당성 등이 함께 고려되어야 한다.

(3) 홍수처리 규모 및 방식 결정에서는 각 대책이 처리할 수 있는 유량크기(저류용량, 시설방식, 시설물 규모 및 범위)를 살펴보고, 홍수량배분도 또는 대안비교표 등을 작성하여 홍수처리 방식을 검토한다.

(4) 최적안은 치수경제성 검토와 종합평가를 거쳐 제시된다.

나. 구조적 외수처리 대책

1. 소하천에서 홍수위험 관리능력을 키우기 위한 구조적 대책은 ① 확폭, ② 축제, ③ 준설 등 하도정비, ④ 신설소하천, ⑤ 홍수조절 및 저류시설 등이 있다. 이러한 구조적 대책 중에서 가장 우선적으로 고려해야 하는 것은 하천을 위한 저류공간의 확보 차원에서 확폭을 계획하는 것이다. 일반적으로 현하폭을 계획하폭과 비교하여 부족할 경우 계획하폭만큼의 부지를 소하천 부지로 편입시키는 것이 필요하다. 이와는 별도로 특정한 규모의 홍수량을 통수시키고자 할 경우 수리계산을 통해 대상하도의 통수능력을 검토해서 목적으로 하는 홍수량을 통수시킬 수 있는 공간이 확보될 수 있도록 최대

한 소하천 부지를 넓게 고려하는 것도 가능하다.

2. 구조적 대책 중에서 축제는 기존 상태에서 제방을 쌓는 것으로 이 경우 하도의 홍수소통 공간이 증가하여 더 큰 규모의 홍수에도 대처할 수 있다. 그러나 수심이 깊어지면서 유속 및 소류력이 증가하게 되어 호안 등과 같은 보호시설을 필요하게 되므로 오히려 비경제적인 대책이 될 수 있기 때문에 주의를 요한다.
3. 일부 소하천은 준설, 하도선형의 개선, 단면의 개선 등과 같은 하도정비 방안을 고려하여야 한다. 특히 퇴적이 심각한 농경지 하천의 경우 지속적인 하상고의 증가로 제내지의 표고보다 소하천의 표고가 더욱 높게 위치하는 천정천 등이 발견되므로 이와 같은 하천은 적절한 준설 등을 실시할 필요가 있다. 또한 소하천은 단면적인 특성으로는 홍수 소통능력이 충분하지만 만곡부가 심한 사행을 함으로써 그 외측에서 월류피해를 일으키는 경우가 많기 때문에 이를 고려하여 하도선형을 개선하는 방법을 고려할 수 있다. 하천단면의 자연스러운 웅덩이 단면, 저수로와 둔치를 가지는 복단면 형태 등 소하천사업의 목적을 고려한 단면개선을 시도할 수 있다. 이때, 복단면의 경우 30 m 이상이 되지 않으면 해당 형태를 유도하는 것이 불리할 수 있으므로 주의가 필요하다.
4. 기존 소하천의 확폭 등을 통한 홍수소통공간의 확보가 어려운 경우 신설하도를 계획하여 추가적인 홍수소통공간을 확보할 수 있다. 특히 도시소하천의 경우 확폭이 어렵고 제방부지 역시 확보가 용이하지 않으므로 지하소하천, 지하저류지 등의 계획이 필요할 수 있다.
5. 홍수조절 및 저류시설은 그 규모에 따라 홍수를 저감하거나 지체시키는 역할을 하여야 한다. 특히, 도시소하천에서 지하공간 등에 이러한 시설을 설치하는 것은 하류부의 홍수조절 기능을 수행하거나 범람상황시 우선적으로 침수될 수 있는 공간을 추가로 확보하는 것이 우선적인 목적이지만, 그 규모가 이러한 목적달성을 위해 충분하지 않은 경우라도 다음과 같은 이유로 설치를 고려해야 한다. 돌발홍수 발생시 도시소하천의 경우 도달시간이 짧아 적절한 대응시간을 확보하기 어려운 경우가 많다. 저류시설 등은 이러한 도시유역에서 적어도 10~15분 이상의 대응시간을 추가로 확보할 수 있는 기능을 할 수 있어 비구조적인 재해방지대책으로서 대응능력을 크게 제고할 수 있는 장점이 있다.

6. 소하천은 수계 특성상 국가 및 지방하천의 상류에 위치하고 있으며 하수도가 유입되거나 하수도 역할을 하고 있는 경우가 많으므로 구조적 대책은 이들 연계된 하천 및 하수도를 종합적으로 고려하여 이루어져야 한다. 특히 하수도의 경우 소하천과 접속하는 표고가 적절하지 못한 경우가 많으므로 이에 대한 조사와 검토를 하는 것이 재해예방에서 반드시 필요하다.

다. 구조적 내수배제 대책

1. 내수침수 피해는 본류하천의 외수위가 높아지면서 내수배제가 원활하지 않아 발생하는 침수피해를 말한다. 소하천은 외수피해를 유발하는 원인이 되면서도 특정지역에서는 내수배제를 담당하는 간선수로의 역할을 하는 경우가 있어 입지적 특성을 고려한 대책수립이 필요하다. 내수침수 피해와 관련된 일반적인 구조적 대책으로는 고지배수로, 빗물펌프장 및 유수지 등을 고려할 수 있다.
2. 소하천 유역내 저지대가 내수피해를 입는 경우 가장 우선적으로 고려해야 하는 구조적 대책은 고지배수로 또는 고지수로이다. 소하천 유역의 상류부는 지대가 높아 별도의 수로를 설치하면 자연방류가 가능한 경우가 많으므로 이러한 지형적인 특성을 고려하여 적절한 고지배수로의 배치계획을 수립하여야 한다. 입지특성상 농경지를 통과하는 고지배수로는 승수로라고도 불리워지고 있으며 고지배수로와 동일한 기능을 한다. 형태적인 특성상 고지배수로의 하상바닥은 주변 제내지보다 높은 천정천의 형태를 보이는 경우가 있다. 일반적으로 천정천은 준설을 하는 것이 꼭 필요하지만 고지배수로로서의 기능을 하고 있는 소하천의 경우 주변 제내지의 우수가 유입되지 않으므로 준설이 필요하지 않을 수 있음에 유의해야 한다. 한편, 도시지역에서 설치되는 고지배수로는 주로 지하에 계획되는 경우가 많아 본류와 합류되는 말단부는 펌프를 이용한 강제배제가 요구된다.
3. 내수침수 피해는 통상적으로 저지대에서 주로 발생한다. 저지대는 명확한 정의가 부족하며 과거 제내지에서 계획홍수위보다 낮은 표고를 가지는 지역으로 보는 경우도 있었으나 실제 내수침수피해의 발생이 계획홍수위보다 높은 표고에서도 자주 발생하고 있어 최근에는 습윤지수(wetness index)가 10보다 큰 지역으로 정의하는 것이 보다 적절한 정의로 이용되기도 한다. 이러한 저지대의 경우 내수침수예방을 위해서는 빗물펌프장 및 유수지의

설치가 불가피하다. 통상적으로 고지배수로에 의하여 방류되는 유역을 고지유역이라고 하며 전체유역에서 고지유역을 제외한 지역이 저지대에 해당한다고 볼 수 있으며 이러한 저지대에 별도의 적절한 배수시스템이 도입되어 침수가 해소된 경우 수혜지역이라고도 불리워진다.

4. 고지배수로는 저지대 침수해소를 위해 설치하는 빗물펌프장 및 유수지의 규모를 최소화하기 위한 목적으로 주로 고려되고 있으며 자연수로의 형태가 곤란한 경우 인공수로나 지하수로의 형태로도 계획되고 있다. 다시 말해 고지배수로는 유역내 고지대의 우수를 유수지로 유입시키지 않고 자연수로 또는 인공수로를 통해 수두차에 의한 자연유하 방식으로 본류하천에 직접 배제하는 방법이다. 고지배수로의 설계는 유입부와 유출부에서의 수두차, 수로의 경사, 유출부에서의 외수위와의 관계 등의 수리적 조건이 만족스럽도록 계획되어야 한다. 뿐만 아니라 고지유역의 토사유출량이 많을 경우 우수가 수로에 정체될 가능성이 높으므로 대책을 마련해야 한다.
5. 내수처리 방법은 자연배수 방식(통수지향형)과 강제배수 방식(저류지향형) 및 자연·강제배수의 조합방식으로 구분할 수 있으며, 방식을 선정할 때는 본류의 홍수지속시간 및 홍수위, 제내지 표고, 토지이용도 등의 사항을 고려해야 한다.

(1) 배수계획 수립에서는 지형적 조건과 외수위 조건을 고려하여 자연배수 방식의 가능성을 우선적으로 검토해야 한다. 자연배수의 가능성은 주로 외수위에 지배되므로 유출수를 받아들이는 하천의 계획외수위를 결정하고, 이것에 의해 내수 유입량을 원활히 배제할 수 있도록 배수출구의 규모 및 위치를 결정해야 한다.

(2) 강제배수 방식(저류지향형)은 펌프에 의해 내수를 배제하는 방식으로서 이론적으로는 내수배제능력이 매우 크지만 실제로는 비용과 편익의 균형에 의해 사용할 수 있는 펌프용량이 제한되므로 배수의 효과도 한정된다. 강제배수는 자연배수에 비하여 많은 시설비와 유지관리비를 필요로 하기 때문에 비용-편익의 계산에 주의를 필요하다.

(3) 자연·강제배수의 조합방식은 크게 고지대 배수로를 이용하는 방식과 홍수기간만 강제배수하는 방식으로 대별할 수 있다. 고지대 배수로를 이용하는 방식은 유역을 고지대와 저지대로 나누어 고지대는 자연배수방식을 이용하고 저지대는 강제배수방식을 이용하는 방식이다. 홍수기간만 강제배수하는

방식은 평상시에는 자연배수를 하고 홍수시에는 외수위가 상승하여 자연배수를 할 수 없는 기간만 강제배수를 하는 방식이다. 평상시에는 수문조작에 의한 자연배수처리를 하고 홍수시에는 혼합배수처리(하천의 외수위가 낮고 유수지로의 내수유입량이 많을 경우에 방류수문을 열어 자연배수를 하면서 계속 증가하는 내수유입량을 펌프에 의해 강제 배수하는 방식)하거나 강제배수처리(하천 외수위의 상승으로 자연배수가 불가능할 경우에는 수문을 닫고 내수유입량을 유수지나 집수정에 모아 펌프로 강제배수)하는 방식이다.

6. 내수배제 목적을 가지는 소하천과 관련된 침수문제를 해결하기 위한 과정은 도시우수 배제시스템의 배수불량을 해소하는 것과 동일하다. 내수배제계획의 목적은 침수로 인한 유·무형의 피해를 방지하거나 최소화하는 데 있으므로 내수피해의 정도와 규모가 미치는 경제성을 분석하여 계획의 규모가 결정되어야 한다. 이때 다음 사항을 고려할 필요가 있다.

(1) 배수불량을 해소함으로써 어떤 경제적, 환경적 효과가 발생하는 지구를 수혜지역이라고 정의할 수 있으며, 이 지역은 과거 몽리지역, 수익지 등으로도 불리워졌다. 내수배제 불량을 해소하기 사업의 규모는 이러한 수혜지역의 범위를 결정하는 것과 밀접한 관련을 가진다. 이때, 수혜지역의 범위는 홍수시 및 평수시로 나누어 배수계통, 침수원인, 토지이용 그리고 기존 배수방식 및 문제점 등을 검토한 후 홍수시와 평상시로 나누어 가능한 내수처리방식을 검토한 후 결정되어야 한다.

(2) 수혜지역내 배수의 양·불량 정도는 배수출구의 기능에 좌우되므로 배수출구의 위치와 형식은 수혜지역의 지형특성과 외수조건을 고려하여 신중하게 결정되어야 한다. 배수출구는 일반적으로 지구 내에서 가장 낮은 장소나 그 부근을 선택해야 하며, 외수위가 낮은 곳을 선정하여 가능한 자연배수가 되도록 하는 것이 바람직하다. 만약 지구내 가장 낮은 장소에서의 외수위도 상당히 높아 자연배수가 어려울 경우 지구외로 방류수로를 설치하여 외수위가 낮은 지점에서 평상시 방류 등이 이루어질 수 있도록 할 수 있다. 즉, 본류의 배수효과를 최소화하기 위한 방안은 배수출구가 가능한 외수위가 낮은 곳에 위치하도록 하는 것이다. 만약 자연배수가 가능한 배수출구의 위치를 선정하기 어렵다면 수문을 설치하거나 강제배수(또는 기계배수) 방식을 고려해야한다.

(3) 외수침입에 의한 침수피해를 막기 위해서는 배수출구 지점에 배수문을

설치하고 외수위 조건에 따라 적절한 조작을 할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 내수위와 외수위(방류하천)의 수위차를 면밀히 파악하여 수위 변동특성 관계를 배수문 조작방법에 반영해야 한다. 이때, 홍수위와 평상시의 배수체계와 방법이 다르게 고려할 수도 있다.

라. 비구조적 대책

1. 비구조적 대책은 소하천부지 외측의 홍수터를 중심으로 이루어지며 주로 홍수보험, 대피계획, 이주, 건축계획, 토지이용계획 등이 적용될 수 있다.
2. 비구조적 대책의 적용은 소하천 주변지역의 토지이용 및 건축물 규제 등을 이용한 재해예방대책을 우선적으로 고려한다. 이와 관련된 구체적인 대책은 <표 3.3>에 소개되고 있다.
3. 일반적으로 이러한 비구조적 대책은 홍수터 관리를 의미한다. 따라서 비구조적 대책의 시행을 위해서는 홍수터를 관리하기 위한 별도의 계획수립이 재해예방 차원에서 필요하다.
4. 홍수터 관리계획은 ① 범람가능성 평가 및 침수예상지역 결정 ② 수문수리와 기타분야의 기술적인 내용을 바탕으로 하는 홍수터 관리기준 설정 ③ 설정된 규정에 따라 홍수터 관리를 실시하고 지역의 상황에 맞추어 수정·보완하는 세 가지 단계를 거쳐 시행된다.
5. 침수예상지역에서 고려 가능한 비구조적 대책의 예는 <표 3.4>와 같으며 도시계획적인 기법들을 상당히 포함하고 있다. 따라서 소하천계획 수립시 해당 지자체의 도시계획 등과 협의하여 실질적인 하천주변 침수예상지역의 관리가 이루어질 수 있도록 하는 것이 중요하다. 이때 위험도 등급은 제4장 제3절에서 제시된 등급을 의미한다.
6. 소하천 주변지역에서의 다양한 재해예방 대책은 <표 3.3>과 같이 건축물 및 지하공간, 주변 토지이용 그리고 정보체계의 세 가지로 나누어 구체적인 방안을 자세히 살펴볼 수 있다.

<표 3.3> 소하천 주변지역에서의 다양한 재해예방 대책의 예 (1/2)

구분		대책
건축물및지하공간	구조및재료	- 홍수 외력에 대한 안전성 확보 - 건물의 측방 압력 (구조적 제한, 재료의 강도제한 등) - 건물의 부력 (앵커의 설치 등) - 침수심에 대한 안전성 확보 - 필로티 설치, 마루높이 제한, 출입구, 창문, 환기구 등의 높이제한 - 건물의 외장 및 외벽 방어, 내수재료의 사용, 방수처리 등 - 대피시설의 설치 및 안정성 확보 - 사각지대 없는 공간설계, 비상계단, 난간, 통로 폭 등
	설비	- 건축설비의 안전성 확보 - 전기(콘센트·배전설비의 높이, 누전차단기 등), 유류·가스, 급·배수 등
	수방시설	- 홍수유입방지시설 설치·확보 - 방수판, 모래주머니 등 - 홍수대응·복구자재·장비 확보 - 양수기, 손전등, 비상발전기, 말목, 묶음줄, 비닐, 철사, 삽, 곡괭이 등

<표 3.3> 소하천 주변지역에서의 다양한 재해예방 대책의 예 (2/2)

구분		대책
주변토지이용	단지및대지	- 대지의 승고 등 침수심에 대한 안전성 확보 - 성토, 옹벽의 설치, 배수설비의 정비, 사면경사의 정비 등 - 강우-유출 직접피해 대비시설 설치 - 침투시설: 침투측구, 침투통 등 - 저류시설: 공원 저류, 주차장 저류, 건축물 저류, 단지내 저류 등 - 강우-유출 간접피해 대비시설 설치 - 붕괴, 토사유출 및 지반침하 등에 대한 대비시설: 옹벽, 말뚝, 블록 등
	규제	- 토지이용 및 건축규제 - 이주, 토지이용제한, 토지수용, 선매, 개발권매입(PDR) 등 - 건축물 증개축 제한, 침수위 이하 거실용도제한, 상습침수지역의 수방시설 설치 의무화 등
정보체계		- 강우·홍수 정보전달체계 구축 - 강우관측소, 수위·유량관측소, CCTV 등을 이용한 하천, 유수지, 하수도, 구조물 외부 상황 등의 모니터링 및 정보전달 - 예·경보체계 정비 - 대피체계 구축 - TV, 라디오, 휴대폰 등을 이용한 안내방송 및 정보제공 - 대피경로, 대피시설, 응급시설 등 확보 · 안내 - 비상조명, 안내표지판 등의 확보 - 대피지원장비의 확보(사다리, 밧줄, 담요, 생필품 등) - 재해지도 구축 및 활용(침수흔적도, 침수예상도, 재해정보지도 등) - 홍보팜플렛, 매뉴얼(SOP), 교육훈련 등

<표 3.4> 위험도 등급을 고려한 침수예상지역 관리

위험도 등급	도시지역 시가지	자연취락 지역	농경지 및 미개발 자연지역 (녹지·산지 등)
극히 높음 또는 높음 (1 또는 2)	·공원, 녹지, 주차장 등 수해에 취약성 낮은 비건축 용도로 유도 ·장기적으로 적극적인 정비·개발사업 ·단기적으로 예·경보시스템, 대응체계, 대피체계 마련	·가옥이주 유도 ·공원, 녹지 등 비건축 용도로 유도 ·장기적으로 적극적인 취락개선사업, 재해위험개선사업 ·단기적으로 예·경보시스템, 대응체계, 대피체계 마련	·신규개발사업 및 개발행위(건축, 형질변경, 매립 등) 배제(절대보전)
보통 (3)	·침수에 취약하거나 재해시에도 기능해야 하는 용도 및 시설 입지 규제 ·지하층 및 침수위 이하 거실용도 배제 ·예·경보시스템, 대응체계, 대피체계 마련	·침수에 취약하거나 재해시에도 기능해야 하는 용도 및 시설 입지 규제 ·지하층 및 침수위 이하 거실용도 배제 ·예·경보시스템, 대응체계, 대피체계 마련	·신규개발사업 및 개발행위(건축, 형질변경, 매립 등)에 대해서는 침수위험해소대책을 전제로 조건부 허용
낮음 (4)	·침수에 취약하거나 재해시에도 기능해야 하는 용도 및 시설 입지 규제 ·예경보시스템, 대응체계, 대피체계 마련	·침수에 취약하거나 재해시에도 기능해야 하는 용도 및 시설 입지 규제 ·예경보시스템, 대응체계, 대피체계 마련	·신규개발사업 및 개발행위(건축, 형질변경, 매립 등)에 대해서는 침수위험 가능성 검토 후 허용

제4절 이수 및 친수계획

3.4.1 이수계획

가. 개요

1. 본 절에서는 소하천계획 수립시 수자원의 개발, 이용, 관리 및 보전을 위한 이수계획을 대상으로 한다.
2. 일반적으로 하천법을 따르는 국가하천 및 지방하천에서의 이수계획은 갈수시에도 소하천을 적절하게 관리하기 위해 하도의 주요지점에서 필요한 유량을 설정하고, 장래 하천유역 개발과 사회경제 발달에 따른 용수수요 예측과 공급, 그리고 수자원 이용의 극대화를 위한 정확한 개발수량의 산정을 목표로 한다. 이때, 용수수요량은 용도에 따라서 생활용수, 공업용수, 농업용수, 하천유지용수로 나누어진다.
3. 소하천의 경우 생활용수, 공업용수의 직접적인 취수원이 되는 경우는 거의 없고 농업용수와 관련된 경우에도 독립적인 용수공급계통을 갖추었다고 보기 어려운 경우가 대부분이다. 따라서 소하천 계획에서의 용수수요 예측은 해당 소하천 특성상 반드시 고려해야 할 이유가 있지 않다면 유지유량의 추정을 의미한다.
4. 소하천에서의 이수계획이란 갈수시에도 특정 목적의 소하천이 그 기능을 적절히 유지할 수 있도록 하기 위해 필요한 유지유량을 검토하고 이를 수자원부존량 및 갈수량과 비교하여 용수확보 방안을 마련하는 계획으로 정의할 수 있다. 이때, 용수수요량의 추정은 제5장 2절 유지유량의 산정 편을 참조한다.
5. 소하천 이수계획을 수립하기 위해서는 우선 소하천 유역별 가용수량, 수자원부존량과 유황특성 및 갈수량 검토 등이 선행되어야 한다.
6. 가용수량 및 수자원부존량의 산정은 최소 30년 이상의 강우량 계열을 이용하는 것이 바람직하고, 강수 및 유출의 월별 편중현상을 파악하는 것이 필요하다.
7. 유지유량의 공급계획을 수립하기 위해서는 독립적인 호우사상의 발생특성

을 조사하여 정리할 필요가 있다. 독립호우사상의 발생특성을 소하천별로 구분하여 파악하는 것은 그 작업이 용이하지 않을 뿐만 아니라 큰 의미를 가지지 않으므로 검토대상 지역의 대표적 강우특성으로서 단일 관측소를 이용하는 것이 추천된다.

(1) 독립호우사상이란 강우발생 시점부터 종점까지의 하나의 호우사상으로 정의되며 호우지속기간, 호우강우총량, 호우평균 강우강도와 첨두강우강도 등을 그 구성요소로 가진다.

(2) 연속적인 강우량 계열로부터 수문학적으로 호우사상을 분리하는 일반적인 방법은 호우사상 사이의 시간을 분석하여 독립적인 호우사상으로 구분해 줄 수 있는 무강우 시간을 결정하는 것이다. 이때, 연평균 발생회수, 자기상관계수 등을 검토하는 다양한 방법이 이용될 수 있다. 이러한 무강우 시간은 직접적인 분석을 실시하지 않고 우리나라의 많은 연구들이 공통적인 결과로서 제시하고 있는 10시간을 사용할 수 있다.

(3) 독립호우사상계열이 조사되면 월별 호우의 발생현황, 선행무강우일수의 통계적 특성 등 호우사상의 발생특성을 조사하여 저수시설의 규모 및 운영계획을 수립하기 위한 기초자료로 활용한다.

8. 미계측 유역에서 가용한 수자원량을 추정하기 위해서는 강우-유출 모형을 이용하여 인근 유역의 실측자료를 토대로 모형 검·보정절차를 거친 후 유역의 자연유출량을 산정하여 이용할 수 있다.
9. 수자원부존량 및 유황특성은 일정기간 동안의 하천 유량의 변동성을 파악하고자 실시하며, 자료기간이 충분하고 신뢰성 있는 수위-유량 측정 자료가 있어야 하나 현재 우리나라의 경우 소하천에는 유량측정 자료를 보유한 수위관측소가 전무하다. 따라서 주변 수위관측소의 유황곡선 자료를 이용한 비유량 자료와 장기유출 수문모형을 이용한 유황분석 결과를 비교하여 적용하여야 한다.

나. 용수확보 방안

1. 소하천은 생활용수, 공업용수, 농업용수 등의 용수공급원이 되는 것이 매우 드물며 주로 유지유량을 대상으로 용수확보 방안을 고려하여야 한다.

2. 용수확보 방안을 분류하면 직접 확보방안과 간접 확보방안으로 나눌 수 있다. 직접 확보방안은 <표 3.5>에서와 같이 하천수의 저장, 취수 및 조절, 하수처리 방류수 활용, 타 유역에서의 공급, 기타 지하수 용출수 이용 등을 들 수 있다. 간접 확보방안은 <표 3.6>과 같이 유역관리, 수질관리, 지하수 관리, 물 절약, 대체수자원 개발 등을 통해 하천유량의 수요를 저감시키거나 하천유량을 간접적으로 증대하는 방안이 있다.

4. 용수확보방안 중 소하천에서 대표적으로 사용될 수 있는 것은 다음과 같다.

(1) 신규수원의 개발은 소하천 상류지점에 안정적으로 물을 공급해 줄 수 있는 댐의 역할을 하는 저수시설을 신규로 설치하여 물을 저장해 두었다가 환경용수가 필요할 때 저장된 물을 방류하여 활용하는 방안이다. 이 방법은 장기적인 유지유량의 확보측면에서 안정적인 방법으로, 특히, 신체와 접촉하는 친수활동 등의 목적을 가지는 소하천의 경우 맑은 물의 확보를 위해 상수도, 중수도 등과 연계하여 설치함으로써 적극적인 확보를 도모할 수 있다.

(2) 하수처리수는 수량적으로 안정된 수자원으로 여러 가지 용도로 재이용할 수 있으므로 도시의 물순환 시스템에서 중요한 용수원으로 활용될 수 있다. 추가적인 관로 및 펌프장을 이용하여 소하천 상류로 물을 도수시켜서 흘려보내는 방법은 상당한 건설비 및 유지관리비가 소요되고, 물순환 과정에도 적절하지 않으므로 도입에 신중을 기하여야 한다. 그러나 하수처리수를 자연유하방식을 최대한 활용하여 인근에 위치한 소하천으로 도수시켜 활용하는 방안은 상대적으로 경제적인 환경용수 확보방안으로 추천된다. 최근에는 마을하수처리장과 같은 소규모 하수처리장의 건설로 상대적으로 다양한 소하천에서 하수처리장 방류수 활용을 이용할 수 있다.

(3) 상류에 댐 등 유량공급시설이 없을 경우 갈수기에 흐르는 물은 대부분 지하수유출에 의존한다. 이러한 기저유출을 증가시키는 방법은 유역에서 다양한 관리기법을 도입하여 침투력 증진을 도모하는 것이다. 이를 위해 유역 상류지역의 식생을 보존하고 복원하는 일은 생태계 차원뿐 아니라 수량 확보 차원에서도 중요하다. 유역관리 차원에서 도시지역의 경우 불투수층 면적의 증가를 억제하고 투수면적의 증가를 통해 지하수 함양을 위한 방안을 모색해야 한다.

(4) 빗물이용시설은 평상시의 빗물을 저장하였다가 소하천의 유지용수로 활용하는 방법이다. 이러한 시설은 빗물이용시설의 설치가 의무화되어 있는 도시에서 빗물의 이용방법으로서 유용하게 쓰여질 수 있다.

(5) 농업용 저수지 뿐 아니라 기존 농경지의 둠벙이나 논 등도 일정 이상 물을 저장할 수 있는 기능을 할 수 있으며 소하천 유량을 유지하기 위한 주요 유입원이 될 수 있다.

5. 갈수시에 소하천이 친수, 생태적인 기능에 지장이 발생하지 않도록 유지유량을 공급해 줄 수 있는 시설을 저수시설로 정의하며 이에 대한 내용은 제7장 2절을 참조한다.

<표 3.5> 직접 용수확보 방안

구분	수 원	구조물/활동	목 적	세부 대책
직접 확보	하천수의 저장 및 취수량 등 조절	댐, 보, 취수시설	평상시 하천수 저장하여 부족시기의 수량 및 수질향상에 활용	· 하천 유수점용허가 정비 및 관리 모니터링 · 기존 저수지 운영율 개선 및 용수재배분 · 신규댐 설계기준 수정 및 수원개발
	하수처리 방류수 활용	하수처리장, 방류시설	하수처리 재이용을 통한 하천 유량 증대	· 하수처리장 방류수의 상류지역 방류 · 소규모 하수처리장으로 현지처리 확대 · 분류식 하수관거 설치
	타유역에서 공급	도수, 취수시설	자체 유역 수자원 증대가 어려워 유역외 도수	· 도수시설로 공급
	지하철 지하수	집수, 도수시설	지하철에서 발생하는 지하수를 이용	· 지하철 지하수 용출수 이용

<표 3.6> 간접 용수확보 방안

구분	수 원	구조물/활동	목 적	세부 대책
간접 확보	수질 관리	하수처리장, 배수시스템, 농업화학시스템	· 하수처리 개선 · 오염원 저감 · 습지 복원 등	· 하수처리장 확장 및 정비 · 수질기준에 따른 하수처리장 설계 · 지하수 오염시설물 제거
	지하수 관리	관정, 함양 시스템	· 과도한 지하수 채수 금지 · 지하수와 관련된 생태계 보호유량 확보 · 강수 침투 향상 · 지하수 수질 개선	· 지하수 이용정책 (요금 부과 등) · 함양 저류지 건설 · 지하 대수층 관리 · 지표수-지하수 연계이용
	유역 관리	토지이용관리, 농장관리, 침식 관리, 산림 및 식생 관리	· 유역의 저류능력 향상 및 비조절유량 감소 · 침식 및 유사 감소 · 토양 안정성 향상	· 침투율 향상 대책 · 각종 유역관리대책 실행 · 산림 및 식생 관리 · 농업 이용 관리
	물 절약	수도관, 수요관리정책	· 상수도 유수율 향상 · 물이용량 감소	· 노후관 교체 · 물이용 모니터링 · 물값 인상 및 절수기 도입
	대체 수자원	해수담수화 빗물이용	· 물재이용 및 순환을 통한 공급 확대	· 물재순환 시스템 구축 · 해수담수화, 빗물이용 종합 추진

3.4.2 친수계획

가. 기본구상

1. 소하천공간을 포함한 소하천주변의 자연환경 및 사회환경, 그리고 소하천 공간의 이용실태 등을 파악하고, 이를 근거로 소하천공간을 적정하게 보전하고 이용할 수 있는 기본구상을 정한다.

(1) 소하천공간 정비에 관한 기본방침

소하천공간의 정비에 관한 기본방침은 그 주변 지역의 특성과 소하천의 특성은 물론 지역 주민들의 의사를 고려하여 설정하도록 한다.

(2) 구역별 관리의 기본방침

소하천의 정비에서는 소하천이 합류하는 하천 등 주변 환경에서 소하천이 차지하는 영역을 감안하여 그 관리방침을 설정한다.

나. 기본방향

1. 친수성 공간으로 정비하는 것이 적당한 소하천공간과 보전이 필요한 구간을 구분하여 적절한 정비를 위한 사업계획의 기본방향을 정한다.
2. 소하천정비계획 수립시 구역 구분은 주변의 토지 이용, 자연보전상태, 정비목적, 주민들의 의사 등을 고려하여 정할 수 있다. 소하천 정비에서는 본류와의 관계를 감안한 정비방향을 설정하는 방안으로만 이용할 수 있다.

다. 소하천공간 정비계획

1. 소하천공간 정비계획은 우선 기본방침에 따라 계획 추진방향을 설정하고, 이에 따라 공간정비 계획을 수립하는 것으로 한다.
2. 소하천공간정비 계획의 전체적인 흐름은 <그림 3.3>과 같다.

(1) 소하천 상태와 유역의 문화, 역사 및 사회적 현황을 근거로 지역사회와 일체감이 형성되도록 소하천환경이 갖추어야 할 모습을 표현하는 주제를 설정한다.

(2) 구역구분

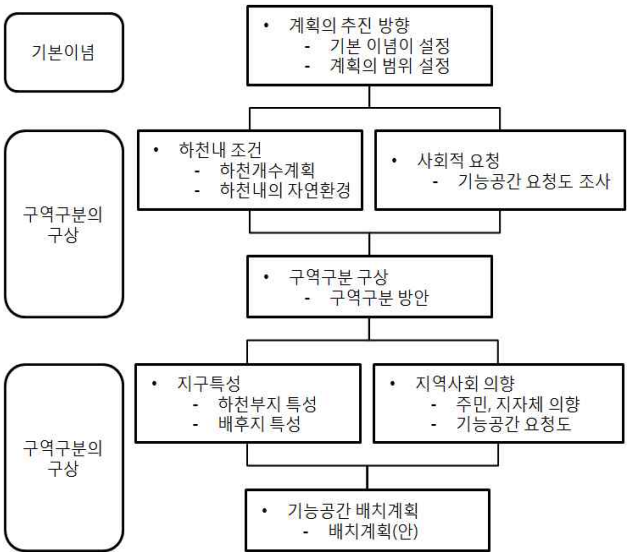
① 소하천공간관리 계획을 수립함에 있어 가장 중요한 사항은 구역구분 및 기능공간 배치이며, 소하천정비 규모 등을 고려하여 소하천 정비구역

전체를 특정구역으로 설정할 수 있다.

② 우선 소하천 전체를 질서 있게 보전·이용하기 위해 소하천 유역내 소하천공간 전체를 몇 개의 구역으로 나누고, 각 구역에 대한 성격을 부여하고, 방향을 설정하는 구역구분 구상을 세우는 것이다.

③ 소하천의 경우는 그 소하천의 특성과 수계를 일관성 있게 계획하기 위해 소하천이 합류되는 하천의 특성 등을 고려해야 한다.

④ 구역구분은 인공적 요소와 자연적 요소의 비중에 따라 다음 <표 3.7>과 같이 세 구역으로 구분한다.



<그림 3.3> 소하천공간 정비계획 수립 흐름도

<표 3.7> 구역구분 형태

구역구분	내용
친수구역	인구밀집지역 및 도심지에 인접한 구역으로 산책로, 생태공원, 체험학습장 등 자연친화적 주민이용시설 조성이 중점적으로 필요한 지역
복원구역	직강화, 콘크리트 호안, 복개 등으로 인해 파괴된 생태계, 역사, 문화, 경관의 복원 또는 개선이 중점적으로 필요한 구역
보전구역	생태계, 역사·문화, 경관이 우수하여 인위적인 정비 없이 보전이 필요하고 일상적인 유지관리가 중점적으로 필요한 구역

제5절 소하천 환경계획

3.5.1 소하천 환경계획 일반

가. 소하천환경의 정의

1. 소하천 환경은 물과 주변 공간과의 통합체인 소하천 그 자체로서 수량, 수질, 공간과 빛 등으로 구성된 자연적 및 인위적 모습이다.
2. 우리나라에서 하천환경기능은 이수·치수 기능과 함께 1990년대 이후 그 중요성이 대두되었으며, 소하천관리에 있어서도 기존의 이수와 치수를 위한 관리뿐만 아니라 하천과 인간이 서로 조화를 이룰 수 있는 환경을 조성하기 위한 관리도 요구된다.

나. 소하천과 하천환경

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 도시 관리의 일부이며, 소하천 환경관리는 지역사회의 생활환경 개선차원에서 이루어질 필요가 있다.

다. 소하천 환경계획의 정의

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

3. 소하천 환경계획은 소하천의 다양한 환경기능 중 특히 수질자정이나 생태계 서식처로서의 자연보전기능을 계획적으로 관리할 수 있도록 기본적인 사항을 정하는 것으로, 소하천이 지닌 본래의 자연성과 생태적 기능이 최대화될 수 있는 방향으로 계획되어야 하며, 소하천 내외의 인공적인 생태계 교란요인을 가능한 제거하여 자연에 가깝게 복원하고 건강한 생태계가 유지될 수 있도록 관리하는 계획이라 할 수 있다.
4. 그러나 크게 오염되어 있거나 수질악화가 우려되는 소하천의 경우, 미국이나 유럽 등의 경우와 달리 하천 생태 서식처의 물리적인 복원만으로는 소하천 환경을 복원하고 관리하는 것이 불가능하기 때문에 유지유량의 확보 및 수질개선이 선결되거나 최소한 병행된 계획이 수립되어야 한다.

라. 소하천 환경계획 수립의 기본방침

1. 소하천 환경계획은 다음과 같은 기본적인 방침에 따라 수립하여야 한다.
   (1) 이수와 치수가 조화를 이룰 수 있는 하천환경관리
   (2) 장기적인 관점에서 하천 생태보전 및 복원
   (3) 수계를 일관하는 하천기능의 조화
   (4) 하천수량과 수질이 조화를 이룰 수 있는 하천환경관리
   (5) 지역사회와 연계한 친수기능 확대
   (6) 주변 환경과 조화된 아름다운 소하천 정비
2. 소하천 환경계획은 중·대하천의 경우와 기본적으로 그 내용은 같으나 특히 치수와의 조화를 요구한다. 구체적으로 소하천 환경계획은 치수 기능을 확보함과 동시에 장기적인 안목을 가지고 소하천 환경을 보전하고 나아가 창조할 수 있어야 한다.
3. 소하천 환경계획은 갈수 시에 발생하는 수량감소와 수질악화를 적절히 조절하는 사항을 포함하여야 하며, 하천과 그 주변에 존재하는 자연적 환경을 보전하면서 지역사회와 연계한 친수기능을 확대하여 주변 환경과 조화된 아름다운 소하천을 창조할 수 있어야 한다.

3.5.2 아름다운 소하천 가꾸기

가. 소하천 환경계획의 기본사항

1. 소하천 환경계획은 하천의 환경적 기능을 증진시킬 목적으로 수립되며, 특히 소하천의 경우 유지유량의 확보 및 수질개선, 하천변 개선사업이 중요하다. 소하천 사업이 치수사업의 일환으로 추진되는 경우 치수기능 확보와 더불어 하천생태 보전 및 복원, 친수기능 강화, 주변 환경과 조화된 이른바 아름다운 소하천 가꾸기 개념의 적극 도입이 바람직하다.
2. 소하천 환경계획은 하천의 3대 요소인 수량, 수질, 공간 요소를 종합적으로 고려하여 수립하되, 특히 유지유량의 확보와 수질개선, 아름다운 소하천 가꾸기에 초점을 맞추는 것이 바람직하다.
3. 소하천 환경계획은 소하천의 수량 및 수질을 종합적으로 관리할 수 있는 기본구상, 하천시설물의 관리, 그리고 소하천 환경개선사업 실시에 관한 계획 등 기본적인 사항을 포함한다.
4. 소하천 환경계획은 해당 소하천을 포함하는 기존의 중·대하천의 계획과 일관성이 있도록 수립되어야 한다. 또한 그 성격상 중·대하천의 계획보다 간결하되 적극적인 지역주민의 참여를 강조하여야 한다.

나. 소하천 환경개선 및 보전

1. 소하천 환경의 개선 및 보전을 위해서는 깨끗한 수량과 수질을 목표한 대로 확보할 수 있어야 한다. 그러나 현실적으로 소하천의 기능을 유지할 수 있는 수량 확보 및 오염된 소하천의 수질개선은 매우 어려운 과제이므로 장기적으로 개선할 수 있도록 추진하여야 한다.
2. 소하천 수질개선 및 보전사업은 소하천의 수질을 보전하고 오염된 소하천을 빠른 시일 내에 본래의 하천모습으로 복원하고 개선하기 위한 개선사업으로, 1차적으로는 유역의 오염물질이 하천 내로 유입하는 것을 억제하여야 하지만 하천 내에서 수질을 개선하기 위한 각종 사업 또한 적극 추진할 필요가 있다.

(1) 소하천 환경계획의 목표설정

① 수량 목표는 소하천의 정상적 기능을 유지할 수 있도록 유지유량을 목표로 할 수 있으며, 유지유량의 산정을 위해서는 친수성, 경관, 생태계 측면에서 검토가 되어야 하며, 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.

③ 소하천의 생태보전 및 복원을 위한 목표종을 선정한다. 목표종은 생태환경조사에서 확인된 소하천별 고유종, 우점종 또는 법적보호종 등을 대상으로 하여 깃대종을 선정하고 이들이 서식할 수 있는 서식처 계획에 반영한다.

(2) 유지유량 확보 대책

① 하천환경보전을 위한 유지유량의 확보대책은 장·단기적으로 구분할 수 있다.

② 단기적 대책으로는 다른 수계에서 도수하는 방법, 지하수 개발, 환경기초시설 방류수 재이용 등이 있다.

③ 장기적 대책으로는 저영향개발 개념에 입각하여 수계가 위치하고 있는 유역에서 침투율을 증가시키는 방법, 유지유량 확보를 위한 소규모 저류지 건설 등이 있다.

④ 유지유량은 원칙적으로 자연적인 수원을 이용하여야 하지만, 여의치 않을 경우에는 다각적인 방법을 고려할 수 있으나, 인위적으로 물을 유입하는 경우에 있어서도 태양열이나 풍력 등 최대한 자연적인 에너지원을 활용하도록 한다. 또한 유지유량의 확보에 있어서 중요한 사항은 우리나라의 기후조건을 고려해야 한다는 사항이다. 우리나라의 자연적인 하천 수량은 계절성이 있기 때문에 유지유량을 산정하고 이를 하천으로 유입시킬 경우 계절별 필요 수량에 대한 계획이 수립되어야 한다.

(3) 소하천 수질개선 대책

① 소하천 수질개선의 목적은 수질개선뿐만 아니라 소하천의 환경기능을 개선하는 것을 포함하며, 소하천의 유형별 특성을 분류하여 수질을 개선하여야 한다.

② 소하천 수질개선사업은 소하천 내에 한정하지 않고 유역관리 차원에서 시행하는 것이 바람직하며, 기본적으로 유역 내의 공장폐수 등에 대한 배출규제, 폐수종말처리시설의 건설, 공공수역의 수질보전, 토양오염 방지, 하수도 정비, 비점오염원 관리 등 환경 개선사업에 의해 개선될 수 있지만 이들 시책과 적절한 조화를 취하면서 소하천 내에서 일시적 또는 항구적인 수질개선책을 강구하여 추진하는 것이 바람직하다.

다. 소하천 환경계획의 수립

1. 소하천 환경계획의 수립방법 및 절차는 <그림 3.4>와 같이 유역과 소하천의 현황 파악, 개선 목표 및 구상의 검토, 정비 계획의 수립 및 소하천 환경관리를 추진하기 위한 기타 시책 등으로 나눌 수 있다.
2. 소하천 환경계획의 수립방법 및 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 소하천의 현황 파악과 장래 전망

계획을 수립하고자 하는 대상 소하천과 해당 유역에 대해 유역 및 소하천 환경의 현황과 소하천 환경에 관련된 계획을 검토하여 대상 소하천에서 소하천 환경의 현황과 특성을 파악하고 소하천 환경이 장래에 어떻게 변화할 것인지를 전망한다.

(2) 개선목표 설정 및 관리에 관한 기본 구상

유역과 소하천의 현황 파악 성과를 바탕으로 지역사회가 요청하는 소하천 환경의 모습을 정리하여 계획의 목표와 주제를 설정하고, 이에 따라 소하천 환경관리에 관한 기본구상을 하게 된다.

여기서는 소하천 환경관리에 대한 전체적인 기본방침을 설정하고, 구역을 구분하여 구역별 소하천 환경관리의 기본방침을 설정한다. 소하천 환경관리 기본방침은 장기적 관점에서 수립해야 한다.

(3) 소하천 환경계획의 수립

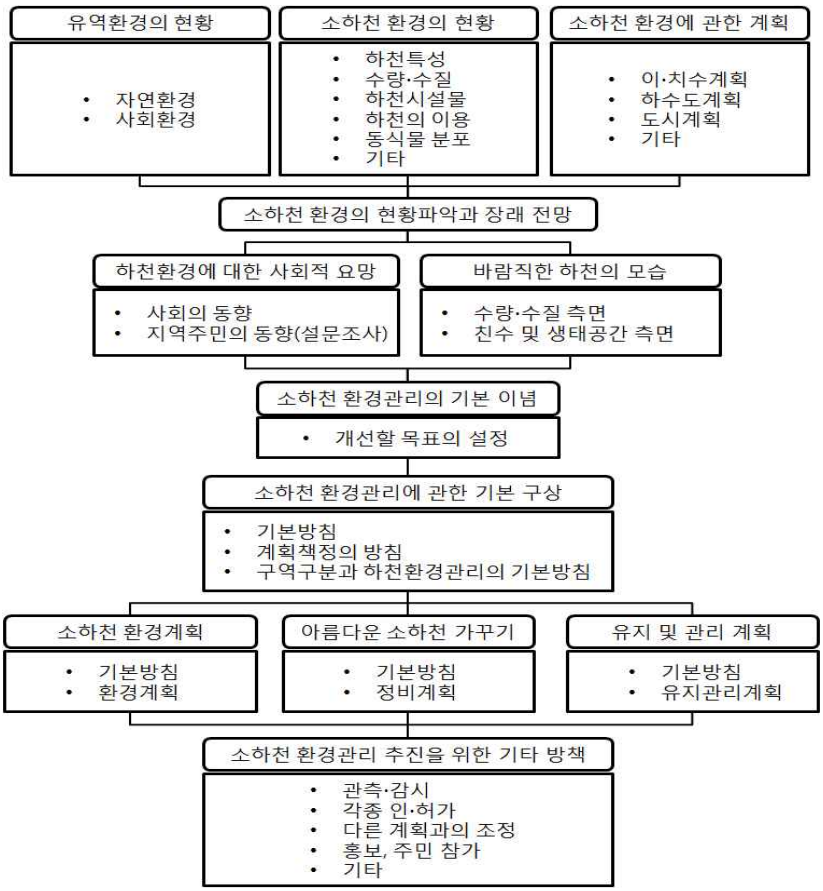
구체적인 소하천 환경계획을 수립하는 과정이다. 계획수립에 있어 아름다운 소하천 가꾸기 등 시대적 요청을 반영한 계획이 필요하다.

소하천 환경계획은 소하천의 치수 기능을 화보하는 것이 대전제이므로 이러한 점을 충분히 유의해야 할 뿐 아니라 오히려 적극적으로 치수기능을 증진시키고 더불어 환경기능이 향상되도록 수립한다.

(4) 소하천 환경관리를 추진하기 위한 기타 시책

소하천 환경관리를 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. <그림 3.4>에서 소하천의 규모 등 소하천의 특성상 일부 절차를 생략하거나 다른 절차와 같이 묶어서 계획을 수립할 수 있다.



<그림 3.4> 소하천 환경계획을 수립하는 흐름도

제6절 타 분야 계획과의 연계 및 조정

3.6.1 소하천 주변지역의 도시계획과의 연계 및 조정

1. 본 절의 첫 번째에서는 지자체 내 수많은 소하천을 대상으로 도시계획 등과 유기적으로 맞물려 체계적으로 개발하고 관리하기 위한 일반적인 기준이나 범위를 제시한다.
2. 소하천 주변의 제내지 구역은 도시계획상 해당 구역의 시가지 정비의 동향과 일관성을 가지는 정비가 필요하다. 이를 위해 지역정비에 관계하는 계획의 수립시점부터 적극적으로 관계기관과 협의 및 조정을 필요로 한다.
3. 소하천 주변 제내지의 시설물 배치 및 도시계획상 용도배치는 홍수에 대한 취약성을 고려하여 홍수위험성이 낮은 지역부터 높은 지역으로 순차적으로 배치되어야 한다.

(1) 침수방어를 위한 가장 근본적인 방법은 대상지역의 침수에 대한 위험도를 평가하여 그 결과에 따라 적정 개발입지를 선정하는 것이다. 이러한 위험도를 평가하는 방법으로 제4장 제3절 수리해석 및 위험도를 참조할 수 있다.

(2) 침수예상지역의 위험도는 침수가 예상되는 지역을 “위험성 극히 높음”, “위험성 높음”, “위험성 보통”, “위험성 낮음”, “안전”으로 구분하여 제시할 수 있다.

4. 재해예방을 위하여 현 상태로 보전 또는 재배예방을 위한 개발 사업이 필요한 지역에 대해서는 도시계획상 용도지역 등을 부여하는 것이 필요하다. 개발되는 시설이나 용도는 침수에 대한 피해정도, 즉 취약도가 다르기 때문에 이를 적절히 고려한다면 별도의 재해예방을 위한 시설을 건설하지 않고도 침수위험을 저감시키는 것이 가능하다.

(1) 방재기반시설 및 필수생활시설 : 침수시에도 운영되어야 하는 경찰서, 소방서, 방재센터, 대피시설, 의료시설, 기간교통망 등 방재기반시설은 침수에 가장 안전한 지역에 배치하도록 하며, 원칙적으로 100년 빈도 침수지역 이내에 배치되지 않아야 한다. 또한 전기, 통신, 수도, 가스 등 필수 생활시설의 경우 100년 빈도 침수지역 이내에 설치되어 있을 경우 원활한 기능이 유지될 수 있도록 별도의 안정성 대책 등을 마련해 두어야 한다.

(3) 거주, 집무, 작업, 집회, 오락, 기타 이와 유사한 목적을 위하여 사용되는 용도는 위험도가 “낮음” 등급의 지역까지 배치될 수 있으나 별도의 안전성 확보대책을 필요로 한다. 특히, 거주 등의 목적의 건축물의 경우 침수위험지역 내에서는 원칙적으로 거실바닥이 100년 빈도 수위 이상에 위치하도록 해야 한다.

(4) 인구집중유발정도 및 자산가치: 다중의 이용에 제공되거나 인구 및 교통을 유발효과가 큰 시설용도, 동일한 강우에 대해서도 큰 피해가 유발되는 자산가치가 높은 시설용도 등은 침수위험이 낮은 지역에 배치하도록 한다.

(5) 재해취약인구 밀집지역 또는 시설: 노약자, 장애인 등 재해취약인구가 밀집한 지역이나 이들을 수용하는 시설용도는 침수위험이 없는 “안전” 등급 지역에 배치해야 한다.

(6) 유해시설용도: 유해물질보관·처리시설, 분뇨·폐기물처리시설 등 침수 시에 오염피해가 우려되는 시설용도는 침수위험이 낮은 지역에 배치하도록 하며, 원칙적으로 100년 빈도 침수지역 이하에 배치하지 않도록 한다.

(7) 공원·녹지 등 : 침수위험지역은 공원·녹지·공공공지, 운동장, 보전지, 주차장 등 잠재적으로 저류·침투기능을 담당하거나 상대적으로 이용밀도가 낮아 인명피해 가능성이 적은 용도를 배치하도록 한다.

(8) 시설용도별 위험도를 예시적으로 분류하면 <표 3.8>과 같으며, 소하천 주변의 토지이용계획 수립시에 이를 참조하여 적용하도록 한다.

4. 침수예상지역 중에서 위험도가 “높음” 이상으로 분류된 지역은 원칙적으로 주거, 상업, 공업 등 개발용도의 지역으로 배치하지 않고 기존 지역의 이전을 추진하는 등의 재해방지대책을 조속히 마련해야 한다. 다만, 개발용도의 지역이라도 운동장, 주차장 등 홍수에 대한 취약성이 낮은 용도를 지정하여 이용할 수는 있다.

5. 소하천 주변에는 완충지대를 두어 홍수로부터의 안전과 잠재적인 저류지 및 홍수터 역할을 담당하도록 할 수 있다. 완충지대는 홍수방어와 함께 생태적 기능을 수행할 수 있도록 하며 설치를 고려할 때는 하천변으로부터 최소 20 m이상을 계획하는 것이 바람직하다. 이때 저류지 공원이나 도로를 포함한 형태로서 계획이 수립될 수 있으며 다음사항을 고려하여야 한다.

(1) 소하천 주변의 저지대 등 침수위험이 상대적으로 높은 곳은 방재시설 등 물과 부합하는 용도, 오픈스페이스, 레크레이션, 자연환경을 중심으로 한 어메니티시설을 배치함으로써 효과적인 홍수관리뿐만 아니라 평상시 친수형 녹색공간을 제공할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
(2) 이 지역은 홍수발생시 물이 흐르거나 저류되는 지역으로서 이들 지역에는 방재시설을 비롯하여 물과 부합되는 용도와 성격상 그 지역에 반드시 있어야 하는 필수기반시설 외에는 개발을 억제하는 것이 관리방안이 되어야 한다.
(3) 완충지대는 이상강우 및 돌발홍수에 대비한 안전을 확보함과 동시에 도시개발여건을 고려하여야 한다.

<표 3.8> 주요 시설의 위험도 등급에 따른 입지특성

위험도 구분	시설
극히 높음 또는 높음 (1 또는 2)	· 경찰서, 소방서, 공공청사 · 방재교통시설(홍수 시 긴급대응 및 대피경로 역할 수행), 비상대피시설 등 · 지하공간(지하철역, 지하도상가, 지하보차도 등) · 건축물 지하층(반지하주택 등) · 전기·통신시설 등 필수공공시설(life-line) · 위험물 저장·처리시설(유해물질 보관시설 등) · 분뇨·쓰레기 처리시설
보통 (3)	· 주택, 기숙사 등 거주시설, 호텔, 여관 등 숙박시설 · 근린생활시설, 상업·업무시설 · 병원 등의 의료시설, 보건시설, 요양시설 · 노인복지시설, 보육시설, 보호시설, 교정시설 등의 집단수용시설 · 교육시설(운동장 제외) · 매립시설, 폐기물관리시설 · 문화·집회시설, 위락시설, 종교시설, 연구시설, 수련시설 · 운수시설(터미널 등) · 공장(유해공장 제외)
낮음 (4)	· 농업 및 임업용도에 사용되는 토지 및 건물 · 야외운동시설(운동장 등) 등을 포함한 공원 및 녹지, 광장 · 창고 · 관광휴게시설 · 주차장

6. 위험도 구분에 의해 “높음” 이상으로 분류된 지역(침수위험지역)에 취락, 기성시가지 등 개발용도의 건축물 및 시설물이 있는 경우에는 이전하도록 한다. 다만, 침수위험지역에 불가피하게 개발용도를 배치해야 하는 경우에는 홍수방어시설 설치 또는 거실용도의 안전성을 확보하기 위하여 대지승고 등을 조치하여야 한다.

(1) 건축물 침수방어를 위한 가장 근본적인 방법은 침수위험지역에서의 건축을 금지하거나 기존 건축물에 대해서는 이전을 실시하는 것이다. 그러나 불가피하게 건축이 이루어질 때에는 대지 차원에서는 대지승고를 통해 침수위험을 방지할 수 있다.

(2) 대지 승고를 위한 적절한 높이는 ① 과거에 발생한 침수실적 및 그에 따른 침수위, ② 인근하천의 홍수위(계획, 경보, 주의보), ③ 예상되는 침수범위 및 높이를 산정하기 위한 모의실험, ④ 주변 지형 및 표고에 대한 분석 등의 방법을 이용하되, 적절한 여유고(freeboard)를 고려하여 설정하도록 한다.

(3) 대지를 증고함에 있어 계획된 침수위를 초과하는 경우는 당해 건축물이 고립되지 않도록 주의가 필요하며, 불가피한 경우에는 별도의 접근로 및 대피로를 확보하도록 한다.

(4) 개발용도는 환경영향을 최소화할 수 있도록 배치: 개발용지는 환경훼손을 적게 하고 물순환체계에 영향을 덜 미치는 지역에 배치하도록 한다. 가급적 자연배수가 되도록 계획하되, 불가피한 경우에는 유수지를 충분히 확보하여 유역 내에서 도시개발에 따른 영향을 전량 처리하여 주변지역으로 전이되지 않도록 한다.

(5) 침수위험지역은 원칙적으로 거실용도 배치를 지양: 저지대 및 지내력이 적은 지역과 같은 위험지역에 대해서는 주거용도나 상업·업무용도 등의 거실 용도의 지정을 억제하여 인구나 각종 활동이 밀집되지 않도록 하고, 불가피하게 거실용도를 배치해야 하는 경우에는 거실바닥이 최소한 100년 빈도의 침수에 안전하도록 해야 한다.

(6) 침수위험지역에는 가급적 오픈스페이스 배치: 침수위험이 높은 지역에 대해서는 유출수를 최대한 흡수하기 위하여 녹지비율을 강화하는 등 방재대책을 미리 수립하며, 용도배분에 있어 방재시설 및 물과 부합하는 용도, 오픈스페이스, 레크레이션, 자연환경을 중심으로 한 어메니티시설 등을 우선적으로 배치하도록 한다. 이 경우에도 평균수심 0.3 m까지는 이동이 가능하다

는 점을 고려하여 그 이상의 침수심을 초과하지 않도록 하며, 안내표지판, 고지대로의 대피로 또는 접근로, 홍수예경보체계 등 안전한 대응체계를 구축하도록 한다.

(7) 산업 및 상업용도: 산업용 또는 상업용 시설을 침수위험지역에 배치하는 경우에는 침수시에도 견딜 수 있도록 안전하게 설계되어야 하며, 풍수해보험에 가입하도록 한다. 오염물질을 다루는 산업 또는 영업활동(연료, 화학 등)의 침수위험지역내 입지에 대해서는 세심한 안전상의 고려가 필요하며, 원칙적으로 침수위험지역 내 입지를 배제한다. 공장, 창고 등의 시설을 배치하는 경우에는 자재, 제품 등이 침수 시에 떠내려가지 않도록 필요한 조치를 해야 한다.

(8) 주차시설: 주차시설의 경우, 침수피해에 덜 취약하므로 침수위험지역에 위치시킬 수 있다. 그러나 이 경우에도 침수심 0.3 m 이상에서는 차량이 떠내려 갈 수 있으므로 이에 대한 안내 및 예·경보체계를 수립한다.

(9) 접근로 및 대피로: 침수위험지역에서 고립되는 것을 방지하기 위해 긴급구조 및 대피를 위한 접근로를 설치하도록 하며, 유사시 폐쇄 가능한 위치에 설치하고, 차량 진입을 차단하기 위한 장애물, 안내표지판 등을 설치한다.

3.6.2 자연재해대책법상 소하천 관련 주요 제도

1. 자연재해대책법에 수록된 소하천과 관련된 주요 제도에는 사전재해영향성검토협의, 자연재해위험지구 지정·관리, 풍수해저감종합계획 수립, 우수유출저감시설기준 제정·운영, 침수흔적의 기록보존·활용, 중앙 및 지역 긴급지원체계 구축·운영 그리고 자연재해저감 연구개발사업의 육성 등이 있다.
2. 사전재해영향성검토협의 제도는 재해에 영향을 미치는 행정계획이나 개발사업의 확정·허가 전에 중앙본부장 또는 지역본부장이 재해유발요인을 사전에 검토하는 제도로서, 소하천의 재해예방정책을 실현하기 위한 핵심적인 기능을 가진다.
3. 자연재해위험지구 내에서는 재해예방을 위하여 시장·군수·구청장이 건축행위를 제한할 수 있는 등 지구내의 재해위험 요인을 차단할 수 있다. 자연재해위험지구는 재해위험 원인에 따라 침수위험지구, 유실위험지구, 고립위험지구, 취약방재시설지구, 붕괴위험지구, 해일위험지구의 6가지로 구분하여

지정한다.

4. 풍수해저감종합계획에서는 지역별 종합적 재해예방대책을 수립함으로써 국가 예산의 효율적 집행 및 자치단체 예방 사업 간의 상호 연계성을 확보하고 소하천 재해예방에 기여할 수 있다.
5. 우수유출저감시설기준의 도입배경은 도시화에 따른 각종 개발사업 등으로 지표면 아스팔트 등 불투수층이 증가함에 따라 도달시간이 빨라져서 재해위험 요인이 증가하고 있기 때문이다. 이러한 재해위험도를 저감하기 위하여 우수유출저감시설기준을 법제화함으로써 개발사업 등으로 가중되는 우수유출량을 침투·저류하여 재해유발요인을 감소시킬 수 있다.
6. 침수흔적의 기록보전·활용의 의의는 다음과 같다. 홍수범람 및 침수 등의 흔적을 조사하여 그 기록을 보존·관리하고 침수흔적도면을 작성하여 데이터베이스를 구축함으로써 향후 소하천 정비사업 선정 등 재해예방대책 수립에 중요한 자료로 활용할 수 있다.
7. 중앙 및 지역 긴급지원체계 구축·운영의 내용은 다음과 같다. 중앙행정기관의 장이 긴급지원계획을 수립하고 유관 기관간 협조체제를 구축하도록 의무화함으로써 소하천 재해발생시 관계부처가 분야별 긴급지원계획에 능동적으로 대처하여 신속하고 효율적인 대응이 가능하다.
8. 자연재해저감 연구개발사업의 육성을 통해 소하천 재해위험도를 저감하고 재해예방에 기여할 수 있다.

3.6.3 국가 및 지방하천과의 연계

1. 소하천 계획은 특정 소하천의 단독적인 계획 수립보다는 하류에 위치한 국가 및 지방하천을 고려한 종합적인 계획수립이 이루어져야 합리적이고 효과적일 수 있다. 따라서 수계특성을 종합적으로 고려한 소하천 종합계획이 될 수 있도록 국가 및 지방하천과의 연계방안을 종합적인 계획수립 내용에 포함해야 한다.
2. 소하천이 국가 및 지방하천의 합류하는 구간의 경우 배수효과로 인하여 관련 소하천 계획을 국가 및 지방하천의 관리청에서 실시하는 경우가 종종 있으므로 계획 수립시 이와 같은 사항을 면밀히 고려하여 사업주체를 결정해야 한다.

제4장 설계수문량

제1절 설계수문량 일반사항

4.1.1 개요

1. 소하천 유역의 수공구조물 계획 및 설계시 기본이 되는 설계수문량(설계강우량, 설계홍수량, 계획홍수위 등)의 산정이 필요하다.
2. 대상 소하천 유역의 중요도를 고려한 치수계획의 규모에 따라 산정된 설계수문량에 의해 수공구조물을 설계하여 구조적 치수대책을 수립하게 되며, 설계수문량을 초과하는 이상홍수에 대비하여 유역관리, 홍수예경보, 홍수터 관리, 홍수보험, 그리고 홍수피해저감 대책 등과 같은 비구조적 치수대책도 수립하게 된다.
3. 수해로부터 안전한 소하천 유역을 계획하고 조성하기 위해서는 계획의 기본이 되는 수문학적 설계빈도를 적절하게 선정할 필요가 있다. 설계수문량은 대상 수공구조물의 사회경제적 중요도에 따라 규모를 달리 설정하게 되며, 일반적으로 구조물의 파괴에 따른 잠재적 인명 및 재산의 피해, 그리고 산업활동 중단 등으로 인한 간접적인 경제적 피해 등을 종합적으로 고려하여 사업의 총 예상비용이 최적이 되게 하는 홍수발생의 평균 재현기간을 기준으로 결정한다.
4. 또한 유역의 도시화 현상과 동향, 기왕홍수에 의한 피해의 상황, 범람특성, 경제효과 등을 종합적으로 고려하여 설계자의 공학적 판단과 함께 치수경제성 분석, 설계 및 현장경험, 유역의 개발정도, 이상호우 및 집중호우 대응능력 등에 대해서도 검토가 필요하다.

4.1.2 설계강우량

1. 설계강우량은 수공구조물 설계를 위한 수문해석의 입력자료로 사용되는 인위적인 강우로 정의된다. 즉, 설계강우량은 유역응답을 유도하는 기본적인 변수로서 보통 재현기간, 지속기간, 강우량, 또는 강우강도의 시간적 분포 등으로 기술된다. 이때, 강우지속기간은 고정지속기간이 아닌 임의지속기간임에 주의하여야 한다.

2. 설계강우량을 결정하기 위하여 과거로부터 최근까지 관측된 지점의 연도별 극치 강우자료를 빈도분석하여 확률강우량을 지점별로 산정하거나 강우강도-지속기간-빈도곡선(I-D-F Curves)을 작성하여 이용한다.
3. 지점 확률강우량이 유역전체를 대표하지 못하는 경우나 자료부족이나 미관측 등으로 인하여 해당 지역의 확률강우량을 결정하기 어려운 유역의 경우 인근 지점 자료들을 활용하여 면적 강우량으로 산정하거나 지역 빈도을 실시할 수도 있다.

4.1.3 설계홍수량

1. 설계홍수량은 기본홍수량과 계획홍수량으로 구분하는데, 전자는 자연상태에서 흐르는 홍수량으로서 홍수조절이나 유역개발의 기본이 되는 홍수량을 말하며, 후자는 홍수조절이나 유역개발계획 등 각종 계획에 맞추어 이미 산정된 기본홍수량을 종합적으로 분석하여 개개 수공구조물에 홍수량을 합리적으로 분담시켰을 때 계획기준점에서 예상되는 홍수량을 의미한다.
2. 수공구조물에 의해 홍수조절이나 유역개발의 영향을 받지 않는 지점에서의 설계홍수량은 기본홍수량을 그대로 채택하게 되나 상류에 설치되는 수공구조물의 영향을 받는 지점에서는 계획홍수량을 설계홍수량으로 채택하게 된다.
3. 설계홍수량을 산정하는 방법으로는 과거 관측 홍수량 자료를 이용하여 빈도분석하여 산정하는 방법과 강우-유출해석을 통하여 산정하는 방법이 있다. 전자의 경우가 가장 좋은 방법이기는 하지만, 우리나라의 소하천은 대부분이 미계측유역이므로 일반적으로 강우-유출 관계분석에 의해 설계홍수량을 추정한다.
4. 홍수유출 계산 방법을 선정할 때에는 대상유역의 크기, 형태, 지질 및 식생피복, 주요 유출성분의 구성, 대상홍수의 규모 등을 고려한다. 홍수수문곡선의 산정에는 강우-유출관계 모형을 적용하는 것이 일반적이나, 소하천의 다수를 차지하는 소규모 하천의 경우에는 합리식 등과 같은 경험적인 단순홍수량 공식을 사용할 수도 있다.
5. 유역으로부터의 홍수유출 계산은 유역의 특성에 따라 각각 다른 방법을 사용하고, 자연하천 유역일 경우도 유역의 규모에 따라 다양한 유출계산 방법을 사용하여 비교하는 것이 일반적이며, 도시지역의 경우 우수관로시스템을

검토하고 도시유출해석모형을 적용하여 산정하는 것이 바람직하다.

6. 우수처리 분담을 고려한 설계홍수량은 홍수기에는 방재측면에서 치수대책에 효과적이라야 하며, 비홍수기에는 이수측면과 친수성 및 하천경관 등 수변환경 즉, 하천환경 측면에서도 적합한 값이어야 한다.

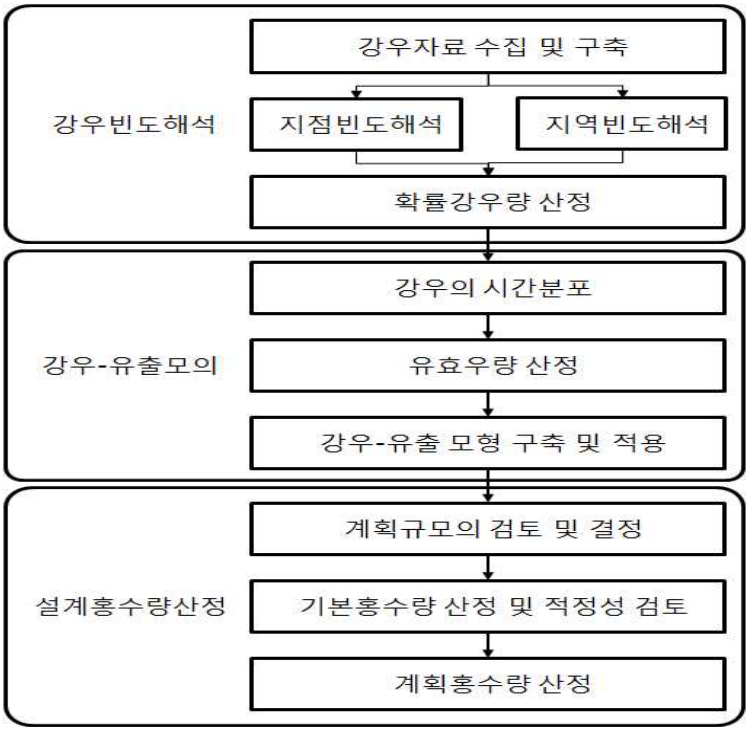
4.1.4 계획홍수위

1. 계획홍수위의 산정 목적은 하도계획 뿐만 아니라 제방고의 결정 등 각종 하천시설물의 설계를 위한 기초자료를 제공하고, 하천 경제성조사를 실시할 경우 홍수 피해액 산정을 위한 홍수범람면적, 침수심 등의 주요 지표로 제공하기 위함이다.
2. 홍수위 산정을 위해서는 횡단면 측량자료, 조도계수, 하상경사, 기점홍수위, 설계홍수량 등의 자료가 요구된다.

제2절 강우-유출 관계분석에 의한 홍수량 추정

4.2.1 개 요

1. 설계홍수량의 결정은 설계 대상지점(유역)에 대하여 산정한 여러 가지 빈도의 확률홍수량으로부터 설계대상 수공구조물의 사회·경제적 중요성을 고려하여 설정한 적정 재현기간의 홍수량을 결정하는 것이다.
2. 국내 소하천의 경우, 아직 대부분이 미계측유역이므로 강우자료의 빈도분석으로 확률강우량을 산정한 후, 강우-유출 관계분석에 의하여 확률홍수량을 산정하는 방법을 주로 사용한다.



<그림 4.1> 설계홍수량 산정 흐름도

4.2.2 강우자료의 구축

설계강우량을 산정하기 위해서는 최근까지의 정확한 강우자료를 획득하는 것이 가장 중요하므로 다음과 같은 사항을 고려한다.

1. 강우관측소의 선정: 강우빈도 분석을 위한 강우관측소의 선정 시, 관측기록기간이 설계빈도보다 크면 보다 정확한 설계강우량을 산정할 수 있지만 실질적으로 관측된 강우자료는 이 조건을 만족시키지 못하는 경우가 많으므로 통계학적으로 지점빈도해석의 적용은 널리 알려진 바와 같이 30년 이상, 지역빈도해석의 적용을 이용한 설계강우량 산정을 위해서는 5년 이상의 강우자료를 보유하고 있는 관측소를 선정하는 것이 바람직하다. 또한 강우관측기록의 기본 지속기간은 1시간을 기준으로 시강우자료 수집이 가능한 관측소를 선택하며, 필요에 따라 지속기간 1시간 이하(지속기간 30분, 20분, 10분) 관측자료를 보유한 관측소를 우선 선택한다.

2. 관측 자료의 일관성 검사: 해당 관측소 우량계의 위치, 노출상태, 종류, 관측방법 및 주위환경의 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.
3. 강우자료 계열의 추출 및 선정: 일반적으로 설계강우량을 산정하기 위해서는 지속기간별로 연최대치 자료를 추출하여 사용한다.

4.2.3 설계강우량 산정

가. 확률강우량 산정

1. 지점빈도해석: 설계 대상유역내 혹은 인근에 위치한 우량관측소의 가급적 최근 자료까지 포함된 강우지속기간별 연 최대우량자료 계열을 구성하여 통계특성을 분석한다. 다양한 확률분포형에 대한 매개변수를 추정하고 적합도 검정을 통해 최적분포형을 선정하여 강우지속시간별 빈도별 확률강우량을 산정한다.
2. 지역빈도해석: 장기간의 강우 관측자료가 부족한 경우 지점빈도해석에 의한 설계강우량 산정은 불확실성을 내포하게 되므로 이러한 문제점을 해결하기 위해 자료년수 부족한 지역에 대해서는 지역빈도 해석을 실시할 필요가 있다.
3. 강우강도식유도: 지속기간 및 재현기간별로 산정된 확률강우량을 전대수지상에 재현기간별로 도시하여 연결한 곡선인 강우강도-지속기간-빈도 곡선(I-D-F Curve)을 작성하고 특정 강우 지속기간에 대하여 강우자료를 구축할 필요가 있으므로 임의 지속기간에 대한 확률강우량 또는 강우강도를 구하기 위해 회귀분석을 통한 강우강도식을 유도한다.
4. 유역평균강우량산정: 대상유역의 평균 면적우량을 계산하기 위한 방법으로 우량관측소별 티센(Thiessen)면적가중법을 이용할 수 있다. 해당 관측소의 지배면적이 25.9 ㎢ 이상인 경우 대상유역내외의 지점설계 강우량을 사용하여 강우지속기간별, 재현기간별로 유역면적 크기에 따른 면적우량환산계수(또는 면적감소계수, Area Reduction Factor, ARF)를 적용하여야 한다. 소

하천의 경우 대부분 면적이 5 ㎢ 이하이므로 면적감소계수의 적용을 고려하지 않을 수 있다.

나. 설계강우량의 지속기간

1. 설계강우량의 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 홍수 도달시간이 짧은 경우에 첨두유량이 첨두 강우강도와 깊은 관련이 있다는 것은 매우 중요한 것으로서, 소규모 구조물의 경우에는 유역의 도달시간을 설계강우의 지속기간으로 채택하여야 한다.
3. 중규모 이상 수공구조물의 경우, 최대부하를 일으키는 강우의 지속기간을 산정하여야 한다. 즉, 설계강우량의 지속기간은 통상 설계강우량으로 인한 첨두홍수량(홍수소통형 구조물)이 최대가 되거나, 혹은 총 홍수체적(저류형 구조물)이 최대가 되는 임계지속시간(critical storm duration)으로 채택한다.

다. 설계강우량의 시간분포

1. 강우자료를 이용하여 대상 유역의 설계홍수량을 산정하기 위해서는 과거 대상유역의 강우의 시간적 분포를 분석하고 이에 따라 설계강우량을 시간적으로 분포시킨 설계우량주상도의 산정이 필요하다.
2. 원칙적으로는 해당 지역의 과거 강우자료로부터 강우지속기간 동안에 총강우량의 시간분포를 통계학적으로 분석하여 그 지역에 적합한 시간분포 모형을 산정하여야 하나, 관측자료의 부족 등으로 인한 어려움이 있으므로 기존 강우분포 방법인 Huff, Mononobe, 교호블록(Blocking method), Keifer & Chu, Pilgrim & Cordery, Yen & Chow 방법 등 중에서 선택하여 설계강우량의 시간분포를 결정한다.
3. 설계강우량의 시간분포 결정은 해당 지역에서 주요 홍수피해를 유발했던 실제 호우사상의 시간분포와의 비교를 통해 이루어져야 한다.

라. 유효우량의 산정

1. 강우-유출 현상은 총강우량 중에서 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(유출계수 등), 일정손실률법(ϕ-index 방법 등), 초기손실-일정 손실률법, 침투곡선법(Horton, Holtan, Philip, Green-Ampt 방법 등), 그리고 표준 강우-유출관계 곡선법(미국 자원보존국(Natural Resources Conservation Services, U.S. NRCS))의 유출곡선지수(Curve Number, CN)를 이용한 유효우량 산정법 등이 있다.
3. 이상의 방법들은 각각 장단점을 가지고 있으며 적용대상 유역에서의 검정절차를 거쳐 가장 적절한 방법을 선택하는 것이 원칙이나, 그렇지 못할 경우에는 적용의 객관성이 높은 방법을 선택하는 것이 바람직하다. 또한 전문가의 경험이나 공학적 판단을 바탕으로 적절한 방법을 선택하여 사용하되 유역의 개발 전·후나 강우-유출 모형을 감안하여 일관성이 유지될 수 있도록 하여야 한다.

4.2.4 설계홍수량 산정

가. 개요

1. 설계홍수량은 수공구조물의 설계기준으로 채택되는 하천개수계획의 기본이 되는 홍수량으로서 개수구간을 안전하게 흘러갈 수 있는 유량을 말한다.
2. 소하천 유역의 경우, 홍수량 자료가 계측되지 못한 미계측유역이 대부분으로 홍수량 자료의 빈도해석에 의한 방법의 적용이 어려우므로 강우-유출관계분석 방법에 의해 설계홍수량을 추정한다.
3. 소하천의 설계홍수량 산정을 위해서는 단위도 개념을 적용하여 홍수수문곡선의 작성이 가능한 강우-유출관계 모형을 사용하는 것을 기본으로 하며, 대부분의 소하천 유역이 수문학적으로 소규모 유역의 특성을 나타내는 경우가 많은 점을 고려하여 분석조건에 따라 설계홍수량의 산정시 합리식 등과 같은 경험적인 단순홍수량 식이 사용될 수도 있다.

나. 설계빈도

1. 설계빈도는 대상 소하천이 포함된 유역에 대해 수립된 타 치수대책과 관련시켜 수계별 연계성을 고려하여 결정할 뿐만 아니라 가능할 경우 치수경제 분석을 통하여 책정한 설계빈도가 바람직하다. 일반적으로 적용될 수 있는 소하천 치수계획의 설계빈도는 다음 <표 4.1>을 참조하여 약 30~100년의 값을 기준으로 하되, 현지실정에 맞게 판단하여 결정한다.

<표 4.1> 소하천 치수계획을 위한 설계빈도

구분	설계빈도
도시 지역	50~100년
농경지 지역	30~80년
산지 지역	30~50년

2. 소하천의 수공구조물을 설계할 경우에는 일반적으로 구조물의 중요도, 구조물의 수명연한, 경제성 등에 따라 결정하되, 지금까지 국내외에서 경험과 판단에 의해 일반적으로 사용되는 수공구조물의 설계빈도를 고려하여 전문설계자의 공학적 판단과 경험을 바탕으로 결정하는 것이 바람직하다.
3. 최근 기후변화의 영향으로 극한홍수 및 돌발집중 홍수에 의한 피해가 증가하고 있으므로, 인구 및 자산 밀집지역, 상습침수지구 등에서 기존의 설계빈도 홍수량을 초과하는 이상홍수에 대비한 시설강화 측면이 필요할 경우 지역특성에 적합한 설계빈도를 결정할 수 있다. 이를 위하여 설계빈도 강우량 이외에, 과거의 강우사상 중 피해가 가장 크게 유발되었던 중심지역에서의 최대 실적강우에 의한 홍수량을 검토하고, 최근 지방자치단체에서 고시하는 지역별 방재성능목표 기준강우량이 설정되어 있을 경우, 이에 대한 홍수량 산정결과를 함께 고려하여 분석한다.
4. 소하천 유역의 수공구조물 설계는 본류와 지류를 함께 고려한 수계 전체의 치수대책과 연계하여 홍수소통뿐만 아니라 보수 및 저류 역할을 고려한 설계빈도를 유역의 특성에 따라 설정할 필요가 있다. 또한 기후변화에 따른

수문자료의 경향성 분석결과 및 유역개발계획 등 특정한 조건에 따라 유역의 수문조건이 변경될 경우에는 충분한 조사와 분석을 통해 설계빈도가 조정될 수도 있다.

다. 도달시간

1. 도달시간의 정의

도달시간 또는 집중시간(time of concentration)은 유역의 최원점에 내린 비가 유역출구에 도달하는데 소요되는 시간이다. 이는 하천이 형성되기 이전의 지표유하수의 흐름시간(유입시간)과 하도에서의 흐름시간(유하시간)을 합한 것과 같은 형태이므로, 유역의 도달시간을 결정하기 위해서는 유역의 특성에 따라 하도흐름이 지배적인 경우, 지표면 흐름이 지배적인 경우 및 하도와 지표면 흐름이 복합된 경우로 구분하여 결정하며, 하도경사, 유역면적, 토지이용조건 등을 감안하여 적절한 경험식을 선정하여 사용할 수 있다.

2. 도달시간의 결정

자연하천 및 도시하천 유역에 따라 실험이나 경험에 의해 만들어진 유역도달시간을 산정할 수 있는 기존의 식이나 방법을 이용하되, 유역 특성이나 설계자의 공학적 판단에 따라 적절한 식을 선택하도록 한다.

(1) 도달시간은 해당 유역의 유출특성을 조사하여 결정한다.
(2) 도달시간은 원칙적으로 강수가 유역에서 하도에 이르는 유입시간과 하도내의 홍수전파시간(유하시간)의 합으로 한다.
(3) 미계측 유역에서의 도달시간은 경험공식 등을 이용하여 적당한 값을 산정한 후 홍수유출계산을 통해 얻어진 도달시간과 비교하여 차이가 큰 경우 수정하여 다시 계산한다.
(4) 유입시간은 유역의 상황 및 장래의 토지이용계획 등을 고려해서 결정해야 하며, 소하천에서와 같이 유역면적이 작은 경우 일반적으로 유입시간을 고려하여야 한다. 여러 소하천을 대상으로 유입시간을 산정할 때에는 하천시점부를 공학적 판단에 따라 일관성있게 선정할 수 있도록 하여야 한다.
(5) 도달시간 산정을 위한 경험공식으로 자연하천 유역에서는 Kerby 식, Kraven 식, Rziha 식, Kirpich 식 SCS 지체시간 식 등을 이용할 수 있다. 또한 도시유역에서는 미연방항공청(FAA) 식, Izzard 식, Kinematic Wave 식, Kerby 식, SCS 평균유속 식 등을 적용할 수 있다.

라. 강우-유출모형 적용

1. 미계측유역의 설계홍수량을 추정하는 방법으로 합리식, 합성단위유량도법, 도시유출모형 등을 사용한다. 홍수수문곡선 산정이 가능한 합성단위유량도법(자연유역)과 도시유출모형(도시유역)을 사용하는 것을 기본으로 하며, 수문학적으로 소규모 유역의 특성을 나타내는 경우에는 유역 및 분석 조건을 고려하여 합리식과 같은 경험적인 단순홍수량 공식을 적용할 수도 있다.

2. 합성단위유량도법

(1) 합성단위유량도법은 단위도의 특성변수들을 유역의 유출특성을 지배하는 지상 인자들과 상관시킴으로써 수문자료가 없는 미계측 유역에 대한 단위도를 작성하는 방법으로, 합성단위유량도에 의한 유출모형의 선정은 각각의 지역 특성과 유역의 수문학적 특성을 고려하여 선정되어야 한다.

(2) 현재 국내 실무에서 많이 사용하고 있는 합성단위유량도법에는 Clark의 유역 홍수추적법, Nakayasu의 무차원 수문곡선법, Nash의 단위도법, NRCS의 무차원 수문곡선법, Snyder의 합성단위유량도법 등이 있다.

(3) 합성단위유량도법 적용시에서는 단위도의 특성변수인 첨두유량점에서의 유량과 발생시각, 유출기저시간의 종점시각 등을 유역특성변수들의 함수로 나타낸 경험공식으로 계산하여 단위도를 작성하게 된다. 따라서 합성단위유량도의 매개변수는 각 유역에 맞게 설정되어야 신뢰성 있는 유출량 산정결과를 얻을 수 있으므로 유역에 적합한 매개변수 추정식을 이용하여야 한다.

(4) 합성단위유량도의 매개변수에 대한 신뢰도 검정절차는 국내의 한정된 실측수문곡선 자료로 인해 현실적으로 어려움이 있고, 여러 가지 합성단위유량도법 중 국내의 소하천 유역을 대상으로 유도된 매개변수를 갖고 있는 방법이 많지 않으며, 또한 다소 과다한 결과를 산출하는 사례가 있다. 따라서 특정 합성단위유량도를 이용한 유출량 산정결과를 신뢰하기보다는 여러 가지 모형을 통한 산정결과를 비교하여 유역 특성에 맞는 유출량 산정결과를 선택하는 것이 바람직하다.

3. 도시유출모형

(1) 집수유역이 대부분 불투수성 표면으로 포장되어 유출계수가 증가하므로 첨두유량과 유출용적이 증가하게 되고, 우수관로로 인한 수로의 수리학적 통수능이 증가하게 되며, 강우에 의한 유출량이 도심지 유역의 하류 지점에 일

시에 많은 양이 집중하게 되어 자연하천일 때보다 첨두유출량의 도달시간도 빨라진다.

(2) 식생피복의 변화는 토양의 침투능에 영향을 주며 토지이용의 변화는 유출량과 도달 시간에 중요한 영향을 미치게 되며, 이는 첨두유출 특성의 변화, 총유출량의 변화, 수질의 변화, 자연경관의 변화 등에 영향을 미친다.

(3) 도시지역에 대한 유출해석은 일반적으로 강우 손실율의 감소, 강우 분배경로의 변화, 유역 수문시스템의 민감한 반응 등을 그 특징으로 한다. 도시유출모형의 일반적인 구조는 설계호우의 산정, 유역 손실량의 추정, 지표면 유출 특성거동의 모형화 및 관거로의 유입량 결정, 하수관거 추적, 관거 말단부에서의 유출수문곡선 산정 등으로 이루어지며 물리적 과정의 모형화에 내재된 가정의 타당성, 유역 손실량 추정의 정확도, 실측에 대한 모의수치의 적합정도 등이 모형 유효성 판단의 기준이 된다. 유출해석을 실시할 때, 일반적으로 지표면 흐름해석에서는 시간-면적법 및 운동파법을 사용하며, 하도에 대해서는 운동파법을 적용한다.

(4) 도시지역 배수구역에 대한 설계홍수량은 유역의 크기에 따라 국내외에서 개발된 모형을 이용하여 산정한다. 합리식 또는 수정합리식, RRL 모형, ILLUDAS 모형, SWMM 모형, MUSIC 모형, FFC2 모형, MOUSE-KOREA 등과 같은 도시유출모형들 중에서 대상유역에 적합한 모형을 적용하여 설계홍수량을 산정하여야한다.

4. 합리식

(1) 설계홍수량 추정시 첨두홍수량만을 구하고자 하는 경우에는 합리식을 사용할 수 있다.

(2) 합리식에 의한 첨두홍수량 계산

① 합리식은 홍수 도달시간에 해당하는 특정 발생빈도의 최대강우강도에 유역의 물리적 상태를 나타내는 유출계수와 유역면적을 곱하여 첨두유량을 계산하게 된다.

② 합리식에 의한 첨두홍수량의 계산은 다음 식에 따른다.

$$\text{첨두홍수량}(Q) = \frac{1}{3.6} CIA \qquad \text{(식 4.1)}$$

여기서, Q는 첨두홍수량(㎥/sec), C는 무차원의 유출계수, I는 도달시간을 강우지속시간으로 하는 특정발생빈도의 확률강우강도(mm/hr), 그리고 A는 유역면적(㎢)을 각각 의미한다.

③ 상술한 합리식의 전제조건들은 강우의 침투 및 저류효과가 적은 도시화된 유역 및 산지소하천 유역에 잘 맞는 것으로 알려져 있다.

(3) 합리식에 사용되는 유출계수

유출계수는 유역의 형상, 지표면 피복상태, 식생 피복상태 및 개발상황 등을 감안하여 개수시점에서 예상되는 개발계획 등을 고려하여야 한다.

(4) 합리식에서 사용되는 강우강도(I)는 설계강우량 산정방법에서 언급한 강우강도식을 이용한다.

5. 하도 홍수추적

(1) 소하천 유역은 대부분 소규모 유역이므로 하도에서의 홍수추적을 생략할 수 있지만, 대상유역의 규모가 크고 하도의 저류효과를 무시할 수 없는 경우 이를 고려한 하도 홍수추적을 실시한다.

(2) 하도홍수추적 방법에는 수리학적 방법인 Kinematic Wave 홍수추적법과 수문학적 방법인 Muskingum 방법, Muskingum-cunge 방법 등이 대표적으로 사용된다.

마. 설계홍수량의 적정성 검토

1. 소하천 계획은 동일 수계내의 소하천에 대해 수계망을 구성하여 정비계획을 수립하게 되므로 계획홍수량 산정시 이를 고려하여 소하천들이 합류하는 본류의 합류점까지 유출모형을 일관성 있게 적용하여야 한다.
2. 소하천 정비로 인해 소하천이 합류하는 본류부의 유황이 변화하게 될 것이므로, 소하천 정비 후 본류부의 재해안전도에 영향을 미치게 될 경우 이를 평가하기 위한 정비 전·후의 홍수량 비교가 필요하다.
3. 올바른 계획홍수량 산정을 위하여 각 유출모형의 적용범위, 제한사항, 모형의 특징 등이 적절하게 만족되고 있는지를 검토할 필요가 있다.
4. 국내 자체개발 유출모형은 물론 국외에서 개발되어 널리 사용되고 있는 유출모형의 경우에도 모형검정과 매개변수에 대한 적절한 경험식이 제시되지 못하고 있으므로 유역의 특성에 따라 적절히 반영할 수 있는 3~4개의 유

출모형을 적용하여 그 결과를 비교할 필요가 있다.

5. 설계홍수량 채택 시에는 첨두홍수량(홍수소통형 구조물)이 최대가 되거나, 혹은 총 홍수체적(저류형 구조물)이 가장 크게 산정되는 방법의 채택을 우선적으로 검토하되, 상위 및 관련 계획 내용과의 연계성을 검토하여 다른 방법을 채택할 수도 있다.
6. 추가적으로, 동일수계 또는 타 수계에서의 유사한 유역 하천간의 비홍수량(단위유역면적당 홍수량)을 산정하여 대상유역 설계홍수량 산정결과의 적정성을 검토할 수 있다.

제3절 수리해석 및 위험도

4.3.1 개요

1. 본 절에서는 소하천 계획에서 필요로 하는 홍수위, 소류력 등을 산정하는 방법 뿐 아니라 홍수범람으로 인한 위험도를 정량적으로 보여주는 수리특성 인자의 산정에 관한 내용을 소개한다.
2. 홍수위 산정을 위해서는 횡단면 측량자료, 조도계수, 하상경사, 기점홍수위, 설계홍수량 등의 자료가 요구된다.

4.3.2 수위 계산

1. 흐름계산 방법은 평균유속 공식을 기본으로 긴 하천구간에 걸쳐서 행하는 것과 평균유속 공식을 기본으로 하지 않고 국소적인 흐름을 대상으로 하는 것으로 나눌 수 있다. 전자는 종단방향의 하상경사의 변화가 완만한 경우로 등류, 부등류 또는 부정류의 계산을 적용할 수 있으며, 후자는 도수(hydraulic jump), 합류 및 분류, 교각에 의한 수위, 단락에 의한 수위 등으로 적절한 계산방법을 선택하여야 한다.

2. 소하천 흐름의 계산은 부등류를 원칙으로 한다. 단, 부등류 계산의 사용이 적절하지 않은 경우에는 등류계산, 부정류 계산 등의 다른 기법을 사용해도 좋다. 만약, 하도단면, 하천상태의 변화가 거의 없는 구간으로 유속의 종단방향 변화를 무시할 수 있을 경우 등류계산만으로도 충분한 결과를 얻을 수 있다.
3. 계획홍수위 결정을 위한 하류측의 기점수위는 기본적으로 본류의 계획홍수위를 사용한다. 단, 본류와 지류의 유역특성이 극단적으로 차이가 나서 서로 상관이 없는 경우에는 지류의 흐름계산의 기점수위는 등류수심 등을 가정하여 실시하고 홍수위의 결정은 본류 수위를 수평으로 연장하여 비교한 후 큰 값을 사용할 수 있다.
4. 하상이나 하안, 호안의 안정성 검토를 위해 유속이나 소류력 등을 구하기 위한 흐름계산의 기점수위는 몇 가지 기점수위를 적용해보고 검토대상 구간에서 최대유속 또는 최대소류력이 발생하는 기점수위 조건을 선택할 수 있도록 한다. 이는 기존 검토에서 기점수위로 본류의 계획홍수위로 설정할 경우 유속 또는 소류력이 과소하게 얻어지는 경우가 종종 나타났기 때문이다. 최대유속이 발생할 수 있는 기점수위에는 본류와 지류 두 하천의 하상고 차이가 클 경우 한계수심인 경우가 더러 있을 수 있으며, 두 하상고가 서로 완만하게 연결될 경우 합류부 구간에서 본류하천의 평수위를 사용하는 경우 큰 소류력이 얻어진 경우가 있었다. 이때, 흐름계산 방법은 반드시 상류와 사류를 함께 고려할 수 있는 혼합류 상태로 계산하여야 한다.
5. 1년빈도 홍수위의 계산은 연초과치 계열로 얻어진 1년 빈도 홍수량을 상류단 조건으로 적용하는 것이 추천된다. 이때 1년 빈도 홍수량 조건은 연최대치와 연초과치의 재현기간 관계에 대한 아래 Langbein식을 고려하여 손쉽게 계산할 수 있다. 연초과치 1년 빈도의 홍수량은 연최대치 계열의 빈도해석 결과 1.58년의 홍수량과 동일한 것으로 알려져 있다.

$$\text{연최대치 재현기간}(T_{AM}) = \frac{1}{1 - \exp(-1/T_{PD})} \qquad \text{(식 4.2)}$$

여기서 T_{AM}과 T_{PD}는 각각 연최대치 계열과 연초과치 계열의 재현기간(년)이다.

6. 사류의 취급

(1) 소하천에서는 국가하천이나 지방하천에서 나타나지 않는 급경사 수로의 사류흐름이 지배적인 흐름으로 나타날 수 있으므로 이를 고려한 수리계산을 실시할 필요가 있다.

(2) 수리학적인 급경사 수로는 한계수심이 등류수심보다 큰 수로를 말한다. 급경사 수로가 되는 넓은 범위에서 사류가 발생하는 기준의 하상경사는 Froude number(F_r)가 1을 넘는다고 하는 조건에서, Manning식을 사용하면 $S_b > n^2 g R^{-1/3}$ 이 된다. 여기서 조도계수 n = 0.03~0.05, 동수반경 R = 1~3 m, 중력가속도 g = 9.81 m/sec²으로 하면 한계경사 S_b > 1/164~1/40 정도이다. 급경사 구간이 존재하고 명확한 사류가 발생하고 있는 경우에는 그 급경사 구간의 상류 끝단에 지배단면이 위치한다.

(3) 사류는 급경사 수로뿐만 아니라 단면급변부에서도 발생할 수 있다. 사류의 흐름은 상류(常流)에 비해 시간적·공간적 수면변동이 아주 큰 경우가 많으므로 사류흐름의 계산결과를 이용할 때에는 일반적인 부등류 계산에서는 평가할 수 없는 수면변동을 필요에 따라 별도로 고려해야 한다. 이러한 검토가 어려울 경우 경험적인 값으로서 하상경사를 고려하여 계획홍수위시의 수심(H)에 대한 수면변동 수심(△H)을 아래 표의 (△H/H)값을 사용하여 구할 수 있다.

<표 4.2> 하상경사와 수면변동 수심 관계

경사	~1/10	1/10 ~1/30	1/30 ~1/50	1/50 ~1/70	1/70 ~1/100	1/100 ~1/200
ΔH/H	0.50	0.40	0.30	0.25	0.20	0.10

(4) 사류발생 구간에서는 하폭에 급속한 확장이 있는 경우 흐름이 전 하폭으로 퍼지는데 상당한 확산구간이 필요해지며, 급속히 축소되는 경우에는 교차파를 발생해서 수위가 국소적으로 높아지는 경우도 있다. 그 이외 정상파 발생 등의 현상이 알려져 있다. 이러한 현상은 일반적인 수면형 계산에서는 재현하기 어려우므로 그 발생여부를 개별적으로 검토해야 한다.

(5) 수로경사가 급하기는 하지만 명확한 사류흐름이 보일 정도의 급경사가 아닌 하도($F_r \fallingdotseq 1$)의 경우 사류계산의 문제보다도 흐름이 $F_r = 1$ 부근인 것

에 기인하는 계산 불안정성 때문에 양호한 수면계산 결과를 얻을 수 없는 경우가 많으므로 주의가 필요하다.

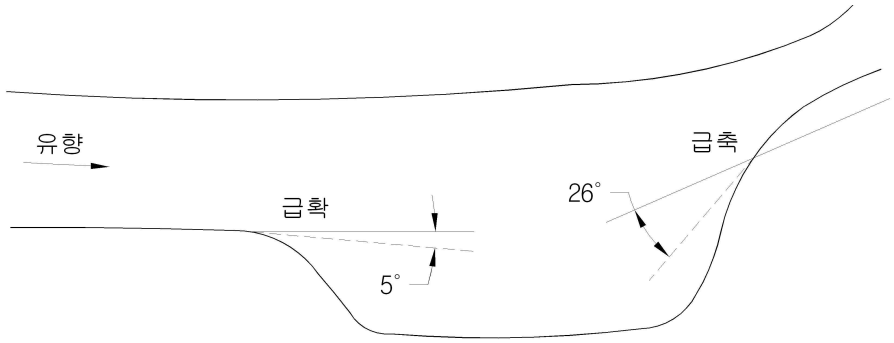
7. 사수역의 제거

(1) 사수역은 흐름계산 결과에 큰 영향을 미치며 하폭이 좁은 소하천에서는 이를 적절히 고려하지 못한 경우 계산결과가 크게 왜곡될 수 있으므로 적절한 사수역의 제거가 이루어졌는지를 반드시 확인해야 한다.

(2) 사수역은 하도의 수면부분에서 흐름이 없는 장소 혹은 흐름이 있더라도 소용돌이 형태를 보이거나 또는 유량의 소통에 관계없는 부분을 말한다. 이러한 사수역은 급확대부와 급축소부, 만곡부, 여러 가지 구조물 주변 등에서 발생하기 쉽다. 특히 합류부에서 지류구간에 해당하는 하도는 반드시 사수역으로 설정하여야 한다. 한편 만곡부 외측의 국소세굴이 예상되는 구간 등은 일반적으로 사수역으로 되기 어렵다. 또 일반적으로는 동일 하천이라 하더라도 유량규모에 따라서 사수역이 다르다.

(3) 사수역을 고려하지 않고 실시한 수위계산 결과에는 실제로는 발생하지 않는 요철(흐름계산의 톱니바퀴 현상)이 발생하게 된다. 특히 상류(常流) 흐름으로 계산한 경우 단면적이 커지는 단면에서 수위가 높게 계산된다. 계산홍수위 결과를 기초로 계획홍수위를 설정하기 위한 요철의 원인을 살펴보면 사수역이 적절하게 설정되지 못한 것이 주요 원인인 경우가 상당하다. 특히 경사가 작은 평지부 하천에서는 사수역에 의한 수위계산 오차가 끝까지 남기 쉬우므로 사수역 제거가 반드시 필요하다.

(4) 평면상에서 사수역의 제거방법은 급확대부에서는 약 5°의 각도로 차차 확대되는 수로내는 유효단면으로 생각하고, 그 이외의 부분을 사수역으로 한다. 급축소의 정도가 큰 경우 수로폭의 축소비와 축소각도에 의해서도 다르지만 <그림 4.2>와 같은 대략 26°의 가상수로를 생각할 수 있다.



<그림 4.2> 급확대부와 급축소부의 사수역 제거방법

(5) 종단적인 사수역의 제거방법에 대해서는 전체적인 흐름의 모습을 충분히 검토해서 추정한다.

(6) 수목이 밀생되어 있는 경우 수목군 내부의 유수저항이 커지기 때문에 수목군내 유속은 주위에 비해서 매우 작아진다. 이 경우 흐름을 계산할 때 수목군을 사수역으로 고려하는 것이 합리적이다. 또한 수목군의 직하류측에도 약 5°의 범위에서 사수역이 형성되므로, 그 범위도 유하단면에서 제거해야 한다. 단, 수목의 밀생상황과 높이에 따라서 수목군내 전부가 사수역으로는 되지 않을 수도 있고 흐름이 투과하는 경우도 있으므로 해당 상황을 면밀히 파악하여 반영하여야 한다. 통상적으로 수목으로 인한 사수역의 결정은 흔적수위의 재현 계산에 의해서 검증하는 것이 바람직하다.

8. 만곡부의 수면형

(1) 만곡부의 수면형 외측은 단면평균 홍수위를 계산한 후 만곡부의 편심효과를 고려하여 보정하여 계획홍수위로 검토하여야 한다. 특정 조건에서 이러한 편심효과는 수 m로 과도하게 크게 나타날 수 있으므로 이 경우에는 단순히 계획홍수위에 편심효과를 고려하는 것 보다는 만곡부의 소하천 선형을 조정하여 편심효과를 수십 ㎝이내가 되도록 하는 것이 좋다.

(2) 단단면 하천의 단일 만곡부에서 상류(常流) 흐름일 때에는 내외측에서 수위차가 발생하며 그 크기 Δh는 (식 4.3)과 유사하다고 알려져 있다.

$$\text{내외측 수위차}(\Delta h) = \frac{B \cdot U^2}{g \cdot r_c} \qquad \text{(식 4.3)}$$

여기서 Δh는 내외측 수위하(m) B는 만곡부의 하폭, U는 단면평균유속, g는 중력의 가속도, r_c는 수로중앙의 만곡반경이다. r_c는 평면도를 이용한 평균적인 반경을 구해서 적용한다. 통상 부등류 계산에서는 만곡부의 중앙부에 따르는 수위가 계산되는 것으로 생각하므로 만곡부 내측에서는 얻어진 계산수위보다 Δh/2만 저하하고, 외측에서는 Δh/2만큼 계산된 평균수위보다 상승하는 것으로 고려한다.

(3) 복단면 하천의 만곡 수로에서는 (1)에서 제시한 수위차가 명확하게 발생하지 않거나 보다 크게 나타날 수 있으므로 주요 구간이라면 2차원 이상의 정밀한 검토를 실시할 필요가 있다.

(4) 흐름이 사류의 경우 수면의 교란파, 충격파로 인해 진동이 발생해서 측벽을 따르는 수위가 굉장히 불규칙하게 나타나게 되므로 주의 깊은 별도의 검토가 반드시 필요하다.

9. 국부적인 수위변화

(1) 1차원 부등류 흐름계산에 있어서 도수, 분류·합류점, 교각, 낙차공 등에 의한 국부적인 수위변화가 예상되는 경우에는 각각의 경우에 맞은 국부공식을 이용하여 계산하도록 한다.

(2) 교각에 의한 수위변화를 계산할 때 상류흐름이고 상부구조물이 충분한 형하공간을 확보하고 있는 경우 다음과 같은 Yarnell 공식을 이용하여 수위변화를 검토하는 것을 원칙으로 한다.

$$\text{교량 상하류단의 수위차}(\triangle H) = 2K(K+10\omega-0.6)(\alpha+15\alpha^4)\frac{V_3^2}{2g} \quad \text{(식 4.4)}$$

여기서, △H는 교량 상하류단의 수위차, K는 교각의 형상계수, ω는 교량의 하류단 수심에 대한 속도수두의 비, α는 전체 통수단면적에 대한 교각에 의해 축소된 단면적의 비, 그리고 V_3는 교량 하류단 유속단위이다. 위의 식에서 교각의 형상계수는 다음 <표 4.3>과 같다.

<표 4.3> Yarnell 공식의 교각 형상계수 K 값

교각 형상	K 값
반원모양 또는 렌즈모양(상하류 모두)	0.90
상하류가 벽으로 연결된 원주	0.95
상하류가 독립적인 원주	1.05
90°의 각을 갖고 있는 모양	1.05
삼각형 모양	1.05
직각 모양	1.25

(3) 교각에 의한 수위변화를 계산할 때 상부구조물이 충분한 형하공간을 확보하고 있지만 상류와 사류흐름이 혼재하거나 또는 사류흐름일 경우 운동량 방정식을 이용하여 수위변화를 검토하여야 한다.

4.3.3 하도안정성 검토

1. 하도의 안정성 검토는 소하천 계획의 수립 작업에서 매우 중요하게 고려해야 할 사항이다. 일부 소하천 하도는 급경사 또는 만곡부 등으로 인하여 안정성이 크게 취약한 경우가 많으나, 이를 공학적으로 명확하게 확인하기 어려운 높은 수준의 불확실성을 가지고 있기 때문에 주의가 필요하다.
2. 하도의 안정성 검토는 하상과 하안 그리고 호안으로 나누어서 다양한 방법들을 고려할 수 있으며 이 과정은 설계과정상 중요하므로 적정방법의 선택에 주의를 요한다. 특히 하안이나 호안과 관련하여 기존 소하천설계에서 주로 쓰여져 왔던 Schoklitsch 방법의 적용시 소류력 계산에서 Chezy공식을 사용하는 것은 Chezy계수 결정의 어려움이 크므로 Manning 공식으로 통일하여 사용할 필요가 있다.
3. 소하천에서 하상의 안전성은 하안 또는 호안의 안정성을 분석하기 위한 필요조건이다. 따라서 굳이 정교한 해석방법이 아니더라도 특정 소하천이 개략적으로 평형상태에 있는지 또는 퇴적이나 침식이 진행 중인지를 유사 수지(sediment budget)를 통해 파악해야 한다. 일반적으로 직선화된 유로의 경우 경사가 0.005보다 작으면 퇴적이 발생하고, 경사가 이보다 크면 침식이 발생하는 것으로 알려져 있으며, 안정된 유로구간의 유로경사와 배수면

적과의 관계로서 $S = 0.0029A^{-0.365}$ 를 사용할 수 있다. 여기서 S는 무차원 유로경사이고 A는 유출에 기여하는 배수면적(㎢)이다.

4. 일반적으로 침식이 발생하는 소하천은 침식정도가 하안을 형성하는 재료특성에 따라 임계값을 초과할 경우 하안의 폭이 급격하게 넓어질 수 있다. 이 경우 유로를 안정화시키기 위해서는 유사포착시설과 같은 사방시설 등을 설치하여 퇴적을 유도하는 방법을 도입할 수 있다. 침식을 조절하기 위해서는 새로운 하도를 만드는 신설 소하천 등으로 물의 흐름을 조정하거나 경사를 완화시키기 위한 경사조절공법들을 도입할 수 있다. 침식을 방지하기 위한 경사조절공법으로는 인공여울의 조성이나 계단식 수로의 설치 등이 있다.
5. 소하천의 하안 또는 호안의 안전성은 홍수터의 이용측면 뿐만 아니라 소하천 주변부지의 활용을 계획하는 측면에서 중요하게 다루어져야 한다. 일반적으로 인공적으로 건설되는 하안은 자연적으로 조성된 하안에 비해 더 잘 침식되기 때문에 설계시 필수적으로 검토가 필요하다. 이때, 어떠한 침식과정이 지배적으로 나타나는지를 확인하여 검토와 대책을 수립해야 한다. 이러한 검토방법은 최대허용유속법이나 최대허용소류력법 등과 같이 물의 작용에 의해 발생하는 침식을 고려하는 방법과 토질공학적 특성에 초점을 둔 방법의 두 가지로 나눌 수 있다. 특히 소하천의 경우 수심이 깊을 경우 유수가 하안의 최하단을 침식하여 하안이 붕괴될 우려가 높다. 따라서 기존의 자연적인 수로라도 3 m를 초과하는 하안을 가질 경우 이와 관련된 안정성 검토가 수행되어야 한다. 또한 소하천의 개수계획 수립이나 신설하천의 계획에서는 하안의 높이는 이러한 특성을 고려하여 결정되어야 한다.
6. 소류력은 침식을 일으키는 힘의 척도로서 허용소류력에서 다루어져 왔다. 허용소류력에 대한 가장 대표적인 기법은 Shields 도표이다. 이 도표는 평평한 하상을 가진 직선유로에서 점착력이 없는 입자가 최초로 이동하기 위한 필수적인 조건을 보여준다. 이러한 shields 다이어그램을 최대허용소류력의 기준으로 사용하기 위해서는 $RS_f/[(S_s-1)D_i] < a$ 과 같은 식을 이용할 수 있다. 여기서 R은 동수반경, S_f는 마찰경사, S_s는 유사의 비중, D_i는 검토대상 소류사의 입도로 단일유사입경을 고려할 때는 중앙입경인 D_{50}을 사용한다. a는 shields의 무차원상수로 이와 비교되기 위해서 R과 D_i는 같은

단위를 가져야 한다. 이때 a는 6 mm 미만의 중앙입경을 가지는 하상이 완만한 직선수로에서 일반적으로 0.03~0.06의 범위를 가진다. 실제 소하천에서 a의 값은 이 조건을 만족하지 않는 경우가 많으므로 0.06 이상의 값을 고려할 필요가 있으며, 미국 록키산맥의 24개 자갈유로에 대한 연구에 따르면 최대 0.08에 이르는 것으로 알려져 있다. 보다 다양한 조건을 고려하기 위해서 a는 $0.0834(D_i/D_{50})^{-0.872}$로 계산될 수 있다. 이때 D_i/D_{50}은 0.3~4.2의 범위를 가지는 것이 권장되며, D_{50}=30 mm이고 D_i=100 mm인 경우에도 적용성이 확인된 바 있다.

7. 일반적으로 최대허용소류력법에 의한 방법은 모래 또는 이보다 고운 중앙입경으로 구성된 하상을 가지는 소하천 하안에서의 안정성 검토를 위한 방법으로는 적용이 곤란하다. 이는 하상의 유동성이 강하기 때문에 하상지형이 작은 유량에도 변동되고 이 경우 평평한 하상을 기준으로 하는 shields의 무차원상수의 적용성이 급격히 낮아지기 때문이다.
8. 만곡부를 가지는 소하천 유로에서는 횡단면을 따라 변화하는 전단응력 때문에 평균소류력이 허용 가능한 범위 내에 있다고 하더라도 하안의 세굴이나 퇴적이 발생할 수 있다. 동일한 이유로 직선수로에서 검토된 평균소류력에 대해 호안의 허용소류력이 만족스러운 범위에 있다 하더라도 실제 안정성은 만족되지 않는 경우가 많으므로 주의가 필요하다.
9. 호안공법과 관련해서 허용소류력 및 허용유속은 표준적인 방법을 통해 확인된 것을 이용할 필요가 있다. 참고로 미국 재료학회(ASTM)의 경우 ASTM D 7726-08에서 연결형 콘크리트 블록의 시험방법, ASTM D 6640-07에서는 침식방지를 위한 호안의 성능평가방법을 제시하고 있다. 이들 방법은 호안에 대해 소류력과 유속의 안정한계값을 결정하는 시험방법을 제시하고 있으므로 이를 활용할 수도 있다.

4.3.4 범람해석 및 위험도

가. 개요

1. 범람해석 및 위험도 설정은 치수계획, 파제 등으로 인한 범람시 피난 등 수방계획의 수립 및 홍수의 범람시 거동특성, 범람피해의 검증 및 예측 등

을 하기 위해 실시한다. 소하천의 경우 구조물적 대책의 비용편익효과가 미미한 경우가 많고 소하천구역 내에서의 구조적인 대책만으로 재해예방을 위한 소기의 목적을 달성하기 어렵기 때문에 소하천 관련계획 등의 수립시 소하천 주변의 범람해석 및 위험도 평가를 통하여 주변 여건을 고려한 방재계획을 병행해서 검토할 필요성이 높다.

2. 본 절의 목적은 범람으로 인해 영향을 받을 수 있는 침수위험구역을 설정하고 그 위험도를 정량화하기 위한 방법론을 제시하는 데 있다.

나. 범람해석

1. 범람해석은 다양한 침수예상 시나리오를 기초하여 실시한다. 이때, 시나리오란 침수예상도 작성의 기술적 범위를 나타내는 것으로 해석목적에 부합해야 한다. 시나리오에는 유역조건, 빈도규모와 범람형태의 세 가지가 있다.
2. 유역조건 시나리오는 유출의 관점에서 유역의 토지이용현황, 토지조건과 같은 유역내 조건의 설정을 말한다. 이와 함께 유역내 저류시설, 하수도시스템, 내수배제시설, 제방계획 등과 같은 홍수방어시설의 계획 등을 고려하여야 한다. 유역조건은 과업이 진행 중인 현재상태의 유역상황(하도 및 제내지)을 기본으로 하며, 대상지역에 대한 개발계획 등을 반영해야 할 필요성이 있을 경우 장래 유역상황을 포함하여야 한다.
3. 빈도규모 시나리오는 대상지역에 적용되는 홍수사상의 빈도로서 표현할 수 있으며 홍수사상의 규모를 나타내기 위한 목적으로 고려한다. 현재 우리나라의 치수대책은 하도 제방위주로 이루어지고 있으므로 대상구간의 해당 제방 설계당시에 사용되었던 설계강우 빈도를 포함하여 더 큰 빈도를 고려하며, 이상홍수 조건으로써 100년 빈도와 200년 이상을 포함하는 것이 좋다. 또한, 큰 침수피해를 경험한 경우에는 이러한 실적강우사상을 빈도규모 시나리오에 포함하는 것도 필요하다. 한편, 소하천 주변에서 내수침수로 인한 범람이 예상되는 경우 지역별 방재성능목표를 빈도규모 시나리오의 한 형태로 포함하여야 한다. 내수의 경우는 우수관거와 배수펌프장 등의 내수배수체계에 의해 홍수방어가 이뤄지며 이들의 설계빈도는 외수(제방)의 설계빈도와 크게 차이가 난다.
4. 범람 시나리오는 홍수방어시설의 월류나 붕괴를 가정하여 극한 상황에서의 범람위험도를 평가하기 위한 목적으로 고려한다. 일반적으로 범람원인 분석

을 통해 제방월류나 붕괴, 배수시설의 붕괴, 배수장 미작동 등 각종 홍수방어시설의 붕괴 등에 대한 시나리오를 작성함으로써 총체적인 홍수방어시스템의 범람 시나리오를 구축할 수 있다.

5. 외수범람 시나리오는 외수가 제내지를 범람시키는 상황을 나타내는 것으로, 범람원인은 계획빈도를 초과하는 홍수에 대한 월류와 치수시설물의 붕괴에 따른 범람으로 구분된다. 내수범람 시나리오는 하천수위가 높게 유지되어 지류하천 또는 하수도의 배수가 원활하게 이루어지지 못해서 발생하는 경우, 제내지에 설치된 배수펌프장이 오작동하여 침수가 발생하는 경우, 하수도 관경의 부족으로 인해 홍수류가 맨홀 등을 통해 역류하여 침수가 발생하는 경우 등 다양한 시나리오가 가능하다. 각각의 시나리오를 종합적으로 고려하여 제내지의 침수피해를 가장 크게 발생시키는 경우를 내수범람 시나리오로 고려한다.

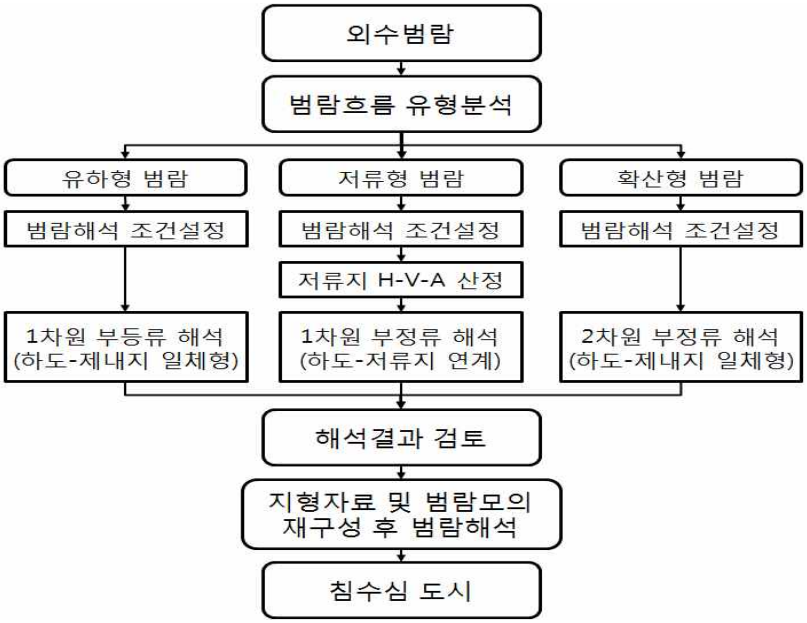
6. 외수범람은 하천수가 제내지로 흘러드는 것을 의미하며, 범람의 발생 원인은 제방의 월류나 파괴 등을 들 수 있다. 외수범람 해석방법은 범람흐름의 특성에 따라 유하형 범람, 저류형 범람, 확산형 범람으로 구분된다.

   (1) 유하형 범람은 범람수가 하천을 따라서 유하하는 범람이며, 범람수위가 하천의 종단방향으로 수면경사를 가지는 것이 특징이다.

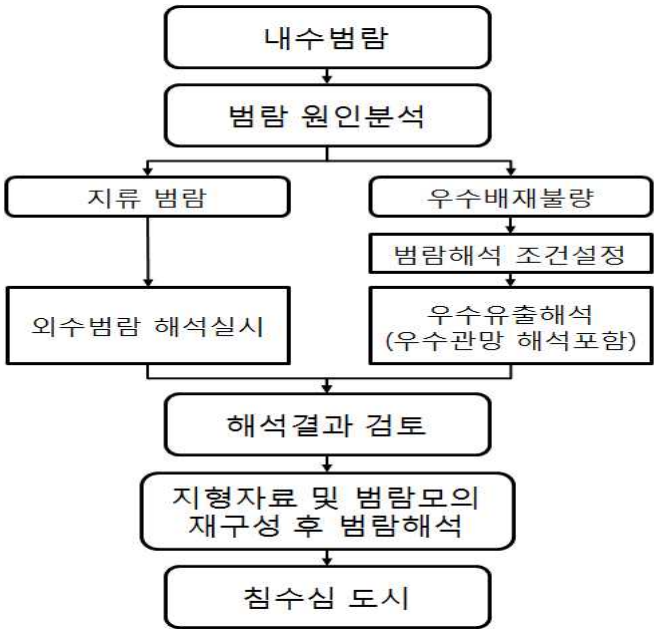
      ① 유하형 범람이 발생하는 지역은 제내지의 형상이 하천을 따라 폭이 좁게 형성된 지역으로 주로 하천 중·상류부에 위치한다.

      ② 유하형 범람은 하천수가 범람할 때 제내지측 구간에서 하천의 흐름방향과 동일하게 흐름을 발생시키는 지형으로, 범람지구의 수면경사가 하천의 종단방향과 유사한 값을 갖게 된다.

      ③ 유하형 범람의 해석시는 하천의 종단방향에 대한 흐름이 지배적이므로 일반적으로 1차원 수리계산을 통해 침수범위와 침수심 등의 침수정보를 구할 수 있다.



<그림 4.3> 외수범람 해석절차



<그림 4.4> 내수범람 해석절차

(2) 저류형 범람은 범람수가 폐쇄형 수역에 저류되는 범람이며, 그 수역 내에서의 범람수위는 거의 동일하다.

① 저류형 범람은 제내지의 형상이 저류지와 같이 형성된 지역에서 발생된다.

② 저류형 범람은 하천수가 범람할 때 제내측 구간에서 저수지와 같은 정체수역으로 물이 차오르는 현상을 나타낸다.

③ 저류형 범람의 해석시는 범람흐름의 방향이나 범람지역 내에서의 수위변동이 중요하지 않은 경우이므로, 범람지에 대한 수위-저류량 관계 또는 수치표고모형(DEM)을 통해 홍수범람에 대한 해석이 가능하다.

④ 저류형 범람에서 제내지의 용량이 상대적으로 작은 경우 제내지로 범람된 홍수류가 하천으로 다시 역류될 수 있으므로 이를 해석과정에 반영시킨다.

(3) 확산형 범람은 범람수가 지형에 따라서 확산하는 범람이다.

① 확산형 범람은 일반적인 범람의 양상으로서 범람흐름 방향이나 범람범위가 정형화되어 있는 유하형 범람이나 저류형 범람과는 다르게 범람흐름의 방향과 범람범위가 정형화되어 있지 않은 지역에서 발생된다. 즉, 하천제방에 의해 보호되는 지역이 광범위한 도시지역의 범람해석이 주로 확산형 범람의 형태를 나타낸다.

② 확산형 범람은 하천수가 범람할 때 제내지측의 범람류 흐름이 2차원적인 특성이 지배적으로 나타나는 형태로 2차원 수리해석을 통해 범람해석이 가능하다.

③ 범람해석시는 하도와 제내지를 일체로 하여 2차원 수리해석을 하는 방법과 하도에 대해서는 1차원 해석, 제내지에 대해서 2차원 범람해석을 연계하여 수행하는 방법을 적용한다.

7. 본류하천의 높은 수위로 인해 지류하천의 홍수배제가 원활하지 못하여 지류가 제내지로 범람하는 경우에 대한 내수범람 해석시는 본류하천에 대한 다양한 조건을 바탕으로 지류하천의 범람을 해석하여야 한다. 한편, 배수문과 배수펌프장 등의 시설물 오작동에 따른 내수범람 해석은 우선 범람유량을 산정하고 이에 따른 범람지구를 결정하여야 한다. 범람유량의 산정은 시설물의 설계빈도부터 대상 지역의 계획빈도 및 이를 초과하는 빈도까지 충분히 감안하여 결정하여야 한다.

8. 내수범람 해석의 대상이 도시지역인 경우 유출양상이 자연하천유역과는 현저히 다르므로 도시유출 해석모형을 이용하여 홍수유출분석을 수행하여야 하며, 특히, 우수관로를 기반으로 집수구역들을 조사하여 유출해석 및 범람해석을 하여야 한다. 도시지역의 내수범람해석은 맨홀 월류수에 대해서는 2차원 범람해석을 실시한다. 이 경우 하수관거의 흐름과 월류수의 흐름을 연계하여 해석한다. 또한, 도시지역의 경우 지하상가, 지하차도, 지하철 등 지하공간의 침수가 발생할 수 있으므로, 지하공간에 대한 2차원 침수해석을 실시한다.

9. 내수범람은 주로 다음의 원인에 의해 발생한다.

   (1) 외수위가 내수위보다 높아질 경우 : 본류하천의 수위가 상승하여, 합류되는 하천(지류)과 수로로부터의 유수가 배수되지 않기 때문에 발생하는 침수를 의미한다.

   (2) 배수체계의 불량으로 인한 경우 : 강우로 인해 증가되는 내수를 처리하기 위한 내수배제시설은 자연배수와 강제배수방식으로 분류할 수 있다. 자연배수방식은 배수유역이 고지대에 위치하여 중력에 의한 자연배수가 가능할 때 설치하는 데 주로 배수통관과 배수문으로 구성된다. 강제배수방식은 배수유역이 하류부나 하천 연변에 위치하고 있어 자연적으로 내수를 배제할 수 없는 경우에 설치하며, 대표적인 시설로 유수지 및 빗물펌프장을 사용한다. 일반적으로 도시지역의 내배수체계는 우수관거, 배수문, 빗물펌프장 등 세 가지로 구분된다. 배수체계의 불량으로 인한 침수는 이상과 같은 내배수체계에 따른 시설들의 우수배제능력 부족 또는 정비 불량으로 인한 침수를 의미한다.

   (3) 고지대쪽의 유출수가 저지대쪽으로 집중되는 경우 : 제내지에 내린 강우는 지형의 고저에 따라 유하하여 배수구역내 저지대로 유입되며, 저지대의 배수능력을 초과하는 우수 유입시 침수가 발생한다.

   (4) 앞서 소개된 여러 가지 원인들 중에서 펌프장의 기능이상은 침수범위 및 침수심 산정시 가장 큰 피해를 유발하는 것으로 알려져 있다.

10. 내수범람의 경우 그 피해규모 및 활용정도를 고려할 때, 모든 지역에 대해 범람시나리오를 구성하는 것보다는 도시지역에 국한하여 범람시나리오를 구성하는 것이 필요하며 이 경우 내수범람 시나리오는 아래 사항만을 고려하여도 무방하다.

(1) 우수관거 및 펌프장 용량초과에 따른 역류 시나리오

(2) 펌프장의 기능 고장에 따른 시나리오

다. 위험도 평가

1. 소하천의 하도계획에서 고려한 재현기간은 소하천 주변의 범람지역의 위험도와 큰 연관성을 가지지 않는다고 알려져 있다. 이로 인해 최근에는 침수예상지역의 특성을 별도의 공학적 기준으로 검토하여 위험도를 결정하는 방법론이 다양하게 제시되고 있으며, 이러한 모형화 방법론은 인적위험도 모형(risk to people or risk to life model), 피해모형(loss model) 또는 인적 불안정성 모형(human instability model) 등으로 불리워 진다.
2. 국제표준화기구(International Organization for Standardization, ISO)에서 제정한 ISO 31000에 따르면 재해와 관련된 위험도(disaster risk)는 자연재해를 유발하는 호우사상이나 홍수의 특성 등과 관련된 위해성(hazard), 위험지역에 있는 경제적 자산이나 인명의 노출성(exposure), 그리고 홍수방어 능력의 부족을 의미하는 취약성(vulnerability)으로 구성된다. 이러한 구성요소의 상관관계와 재해저감대책의 적용방향을 살펴보면 재해를 유발하는 위해성(hazard)에 대해서는 사람이 취할 수 있는 뚜렷한 방안이 없지만 인명과 관련된 노출성(exposure)의 경우 재해유발가능성이 높은 지역을 피하는 방법으로 저감시키는 것이 가능하고, 취약성(vulnerability)의 경우 적절한 재해저감 구조물들을 확충하는 방안 등을 통해 줄일 수 있다. 위험도와 구성인자의 관계는 <식 4.5>와 같다. 경우에 따라 취약성은 노출성을 포함하는 개념으로 사용하기도 한다.

   위험도 = 위해성 × 노출성 × 취약성 (식 4.5)
3. 인적위험도 모형의 적용을 위해 요구되는 기본적인 범람특성인자는 수심(h)과 유속(v)으로, 이 두 가지를 이용하면 에너지 수두(energy head)는 $h + \frac{v^2}{2g}$, 유수력 지표(indicator for flow force)는 hv^2, 홍수강도(intensity)는 hv의 세 가지 정보를 추가로 얻을 수 있다. 일반적으로 인적위험도 모형의 적용은 범람특성인자들과 인적안정성, 피난가능성 등을 연계시켜 제시하고자 하는 목적을 가지며, 전산유체해석 등을 통한 복잡한 모델링 방법도 가능하나 일반적으로는 단순한 도표나 회귀식을 주로 활용한다.

4. 인적위험도를 평가하기 위한 가장 간단한 형태로서 성인의 피난가능성을 유속 및 수심과 관련지은 결과는 <표 4.4>와 같이 알려져 있다.

<표 4.4> 유속과 수심에 따른 성인의 피난가능성

수심(m) / 유속(m/sec)	h<0.5	0.5≦h<1.0	1.0≦h
V<0.5	가능	가능	곤란
0.5≦V<1.0	가능	곤란	불가능
1.0≦V	곤란	불가능	불가능

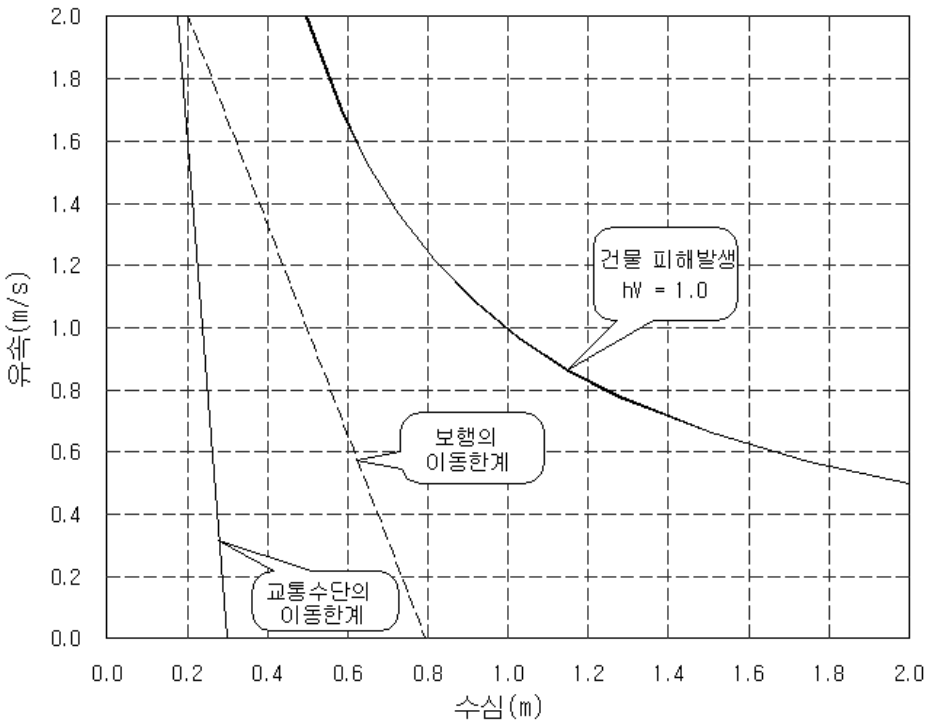
5. 침수발생시 성인 외에 유아, 어린이, 노약자를 고려할 수 있는 인적 위험도는 <표 4.5>을 고려하여 판단할 수 있다. 이 표는 사람의 몸무게(M, kg)와 키(H, m)의 곱(MH 인자)을 이용하여 침수상황 발생시 사람의 대응능력을 정량화하고 이를 홍수위험강도(hv)와 비교하는 방법이다.

<표 4.5> 침수발생시 인적위험도

홍수위험강도 (m^2/s)	유아 (MH≤25), 장애인 및 노인	어린이 (25<MH≤50)	어른 (MH ≥ 50)
0.0	안전	안전	안전
0.0 ~ 0.4	극히 높음	낮음	낮음
0.4 ~ 0.6		높음	
0.6 ~ 0.8		극히 높음	보통
0.8 ~ 1.2			높음
> 1.2			극히 높음

6. 인적위험도 외에 침수구역내의 교통수단의 이동한계, 건물의 파괴 가능성 등은 <그림 4.5>의 결과를 참조하여 판단할 수 있다. 차량 등의 교통수단은 물이 흐르지 않고 고여 있는 상태에서 수심이 0.3 m를 초과하면 곤란한

것으로 알려져 있으며, 유속이 커질 경우 0.2 m 정도에서도 곤란할 수 있다. 고여 있는 물의 수심이 0.8 m를 초과하면 보행에 의한 안전한 피난은 어려운 것으로 알려져 있으며, 유속이 빠를 경우 0.2 m 내외의 수심에서도 직립보행이 어려운 것으로 알려져 있다. 한편 건물의 피해가능성은 수심과 유속의 곱인 홍수위험강도 hv가 1.0 이상이 될 경우 급격하게 커지는 것으로 알려져 있다. 건물의 피해가 발생하는 최소수심은 약 0.5 m로 일반적으로 주요 주거공간이 되는 거실이 잠기는 경우를 의미한다.



<그림 4.5> 침수예상지역에서의 이동한계와 피해가능성

7. 앞서 '나. 범람해석'에서 얻어진 결과를 이용하여 침수예상지역의 위험도 판단은 <표 4.6> 및 <표 4.7>을 이용할 수 있다. 이때, 범람모형의 적용결과는 침수예상지역에서의 유속이나 수심 등 복수의 물리정보를 지도상에 제시해주고 있어야 한다.

<표 4.6> 침수예상지역의 위험도 등급별 정의

위험성 등급	정의
1(극히 높은 위험성)	가옥의 붕괴 · 유실 우려가 있고, 침수시 피난이 불가능
2(높은 위험성)	보행이 불가능하고, 침수시의 피난 역시 불가능
3(보통 위험성)	침수시의 피난이 곤란
4(낮은 위험성)	침수시의 피난은 가능하나 주의가 필요

<표 4.7> 침수예상지역의 위험도 등급의 설정기준

수심(m) / 유속(m/sec)	h<0.5	0.5≦h<1.0	1.0≦h
V<0.5	1	2	3
0.5≦V<1.0	2	3	4
1.0≦V	3	4	4

8. 소하천 주변 침수예상지역의 위험도를 정량화한 결과는 '제3장 3절 재해예방 계획' 및 '제3장 6절의 타 분야 계획과의 연계 및 조정'의 내용과 연계되어 사용될 수 있다. 이들 절에서는 위험도를 고려한 건축규제, 이주, 대피계획, 도시계획 등을 소개하고 있으며, 이를 통해 소하천 주변에 적정 시설의 도입과 소하천 인근 지역의 홍수시 수방관리 등을 도모할 수 있다.

제5장 소하천 유지유량

제1절 소하천 유지유량 일반사항

5.1.1 소하천 유지유량의 개념

1. 소하천의 관리를 위해서는 그 자체기능을 유지함과 동시에 자연생태계의 보존 및 인간의 이용과 편익을 위해 적정한 수량과 수질이 보장된 물을 필요로 하며, 이때 필요한 물을 소하천 유지유량으로 정의할 수 있다. 최근에는 이와 관련된 학술적인 명칭을 통일하여 환경유량(environmental flow)으로 부르고 있다. 즉, 소하천의 평상시 관리에서 가장 중요한 것은 맑은 물을 필요한 만큼 소하천에 흐르도록 하는 것이며, 소하천 유지유량이란 소하천이 갖는 본래의 기능 및 가치를 유지하기 위해 필요한 유량으로 정의할 수 있다.
2. 지속가능하고 아름다운 소하천관리는 과거에 이루어졌던 이수 및 치수중심의 관리와 90년대 이후 관심을 받아왔던 자연형관리보다 진일보하여, 전체적인 소하천 시스템을 고려하여 자연과 인간이 함께 하천을 공유하고자 하는 소하천 관리방안으로서, 이때 소하천 유지유량은 지속가능하고 아름다운 소하천관리를 위해서 필수적인 요소이다.
3. 따라서 소하천에서의 유지유량 산정은 하천의 특정분야만을 고려하여 산정했던 과거의 하천유지유량의 개념과는 달리 치수, 이수, 친수뿐만 아니라 수질, 어류, 식생, 저서생물 등 전체적인 소하천 시스템을 고려하여 산정해야 한다.
4. 개선용수는 생활, 공업, 농업용수 외에 하천을 생태 및 친수 등의 목적으로 이용하기 위하여 하천이 필요로 하는 용수를 의미한다. 일반적으로 필요한 개선용수량은 필요로 하는 유지유량과 갈수량의 차이 값에 갈수가 발생하는 부족시기를 고려하여 결정된다. 우리나라의 경우 소하천종합계획에서 기준갈수량을 산정하여 이를 용수수요계획에서 배분하고 있으나 공급하는 방안이 미흡하다. 이러한 필요수량 대비 공급 가능량을 높이는 방법은 건전한 물순환을 회복하는 것으로 이와 관련된 소하천을 위한 저수시설과 관련된 기준은 7장에서 소개된다.
5. 일반적으로 하천법의 적용을 받는 중대규모 하천에서는 하천유지유량을 생

활·공업·농업·환경개선·발전·주운 등의 하천수 사용을 고려하여 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량으로 정의하고 있다. 하천에 기준지점을 설정하고 현재 확보가 가능한 유량과 새로 확보가 필요한 양을 구분하여 고시하도록 하고 있다. 하천설계기준·해설(2009)에서는 하천유지유량을 갈수량을 기준으로 산정하되, 하천수질 보전, 하천생태계 보호, 하천경관 보전, 염수침입 방지, 하구막힘 방지, 하천시설물 및 취수원 보호 또는 지하수위의 유지를 위한 필요유량과 비교하여 산정하도록 하고 있다. 이때 갈수량은 과거 자연상태 소하천에서 갈수기에 흘렀던 유량으로 상류에 농업용 저수지 등이 있을 경우 평균갈수량을, 저수지 등의 시설이 없을 경우 기준갈수량을 적용하도록 하고 있다.

5.1.2 유지유량 계획수립 대상소하천의 선정

1. 우리나라의 기후여건상 소하천의 경우 365일 계속해서 물이 흘러야 생태적으로 건전한 것은 아니며, 소하천의 특성에 따라 갈수기에 건천화되는 것도 그 주요특성이라 할 수 있다. 따라서 유지유량의 인위적인 공급이 필요한 것으로 검토되었다 하더라도 무리해서 언제나 충분한 물이 흐르도록 공급계획을 수립할 필요는 없다. 갈수기의 건천화 역시 소하천 물순환의 자연적인 모습으로 보고 관리하는 것이 바람직하다.
2. 유지유량 공급계획은 대상 소하천의 장래 바람직한 모습에 대한 목표와 수자원 부존현황 등의 특성을 고려하여 계절별, 시기별 또는 하루 중에도 시간별로 변화되는 공급방안을 마련할 수 있다.
3. 모든 소하천을 대상으로 유지유량 공급을 위한 계획의 수립해야 하는 것은 아니며 주로 다음과 같은 소하천에 대해서만 유지유량 공급계획을 수립한다.
   (1) 친수공간으로서 주민들의 이용이 지속적으로 예상되는 소하천
   (2) 생태·환경적으로 보전가치가 높은 소하천
   (3) 소하천내 취배수 시설 등의 시설물의 관리를 위해 일정한 수위가 유지되어야 하는 소하천
   (4) 하천수의 현저한 감소가 예상되는 소하천
   (5) 기타 유지유량이 필요하다고 판단되는 소하천

4. 소하천의 유지유량 공급계획은 개개 소하천을 대상으로 하기 보다는 도시, 농경지, 산지의 입지특성이나 수계별로 공통 하구를 가지는 소하천들을 묶어서 권역별로 검토를 실시하고 공급계획을 수립하는 것이 경제적이며 공급계획 수립측면에서 효과적이다.
5. 소하천에 유지유량 공급계획을 수립하는 것은 명확한 소하천의 목표와 용도가 정의되어야 한다. 목표는 용수 할당에 대한 기준을 마련할 수 있도록 측정가능한 지표를 사용해야 한다. 예를 들면, 유용한 목표로서 1970년대 수준의 어류의 종다양성 유지, 하류습지의 90% 유지, 주민 요구수량의 80% 이상 유지 등을 들 수 있다.
6. 소하천에서 유지유량을 공급하는 목적은 생태계의 건전성 유지, 소하천자체의 기능유지 그리고 인간이용 위주의 기능유지 등 3 가지로 볼 수 있다.

(1) 생태계의 건전성 유지는 개체수와 종 다양성 그리고 서식환경 유지 등과 관련된 것으로 대형무척추 동물이나 어류, 수생곤충 등이 주로 그 대상이 된다. 최근에는 주로 소하천에 서식하는 대표어종을 대상으로 하는 서식환경의 제공을 위한 유지유량의 공급을 주목적으로 하고 있다.

(2) 소하천자체의 기능유지에는 유역으로부터 흘러 들어온 오염물질을 희석하는 기능, 지하수위의 유지나 경관적 가치로서의 기능을 들 수 있다.

(3) 인간이용 위주의 기능은 각종 용수 취수, 주운 및 수상 이용 그리고 여가 또는 휴식의 장으로서 이용되는 기능을 들 수 있다. 최근 하천변의 친수환경 구역 조성과 관련하여 하천에서의 여가활동이 증가되고 있으므로 이를 고려한 인간의 물수요가 증가하고 있는 실정이다. 하지만 최근의 유지유량 공급방향이 과거의 개념과 달리 인간이 이용하는 물을 가능한 최소화하고 생태계가 필요로 하는 최소한의 수량을 확보하고 유지하기 위한 방향으로 바뀌고 있는 추세이므로 이를 감안한 목적 설정이 필요하다. 즉, 인간과 자연이 공생하는 소하천을 만들기 위한 유지유량 확보 및 관리계획을 수립하여야 한다.

5.1.3 소하천 유지유량의 수질기준

1. 유지유량은 해당 소하천의 목표에 부합할 수 있는 물리적, 화학적 수질기준을 만족하도록 관리되어야 한다. 일반적으로 유지유량의 수질은 다음과

같은 조건을 만족할 수 있도록 관리방안이 제시되어야 한다.

2. 생태계 보전을 위한 최소한의 요구수질은 지표어종이 무엇이냐에 따라 달라지며 보편적인 수질기준으로 BOD기준 5 ㎎/L 이하가 요구된다.

(1) 수생 동·식물은 수질정화 및 수변경관측면에서 중요하며, 특히 조류, 어류의 생식환경 조성과 관련하여 수생 동·식물과 수질오염의 관계를 고려하여야 한다.

(2) 수생식물은 DO 7.4~11.6 ㎎/L, BOD 0.7~3.6 ㎎/L, COD 1.6~9.3 ㎎/L의 범위에서 주로 생장하는데, 수생동물, 갑각류, 패류, 곤충, 어류 등이 존재하는 생태계 다양성을 확보하기 위해서 일반적으로 약간 좋음(Ⅱ등급)에 해당하는 DO 7 ㎎/L, BOD 3 ㎎/L 까지 수질개선이 이루어지는 것이 필요하다.

<표 5.1> 수질등급별 특성과 지표어종

수질환경기준		매우 좋음 (Ⅰa)	약간 좋음 (Ⅱ)	보통 (Ⅲ)	약간 나쁨 (Ⅳ)
수질기준	BOD	1 ㎎/L	3 ㎎/L	6 ㎎/L	8 ㎎/L
	물의 색깔	수정같이 맑음	비교적 맑음	황갈색	먹물
	물의 냄새	없다	없다	없다	고약한 냄새
	지표어종	버들치 등	피라미	붕어, 메기 등	실지렁이 물고기는 없음

3. 친수활동 측면에서의 요구수질은 다음과 같다.

(1) 환경부에서 제정한 위락용수 수질기준에 따르면 수영, 물놀이 등 물에 직접 접촉하는 경우에는 수질환경기준의 Ⅱ, Ⅲ 등급 수역인 수영 용수기준치에 준하여 대장균수 1,000 MPN/100㎖ 이하, pH 6.5~8.5 그리로 DO 5 ㎎/L이상를 규정하고 있다. 한편, 물과 직접 접촉하지 않는 경우에 대한 수질기준은 부유물질이나 불쾌한 냄새가 유발하지 않을 정도로만 규정하고 있고 구체적인 수질기준이 제시되지 않고 있다.

(2) 소하천에서 수영, 물놀이, 낚시, 산책과 휴식 등의 친수활동을 하려고 한다면 <표 5.2>의 기준을 추가로 만족해야 한다.

(3) 친수활동으로서 곤충감상을 목표로 할 경우 BOD 2 ㎎/L 이하로 해야 효과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있다.
(4) 경관측면에서의 요구수질은 산책과 휴식의 친수활동에 준하는 것이 일반적이지만, 이를 충족시키기 어려운 경우 적어도 <표 5.1>에서 보통(Ⅲ 등급) 이상의 수질인 BOD 5 ㎎/L이하를 만족할 수 있도록 목표를 설정해야 한다.

<표 5.2> 친수측면 수질기준

수질지표	환경에 주는 영향	산책과 휴식	낚시	수영 /물놀이
DO (㎎/L)	수온이 상승하면 용존산소가 감소 (물고기의 경우 3 ㎎/L가 한계, 3㎎/L 이하시 혐기성 우려 있음)	3	3	7.5
BOD (㎎/L)	보통 완류 및 저수지는 5 ㎎/L이하	5	5	2
SS (㎎/L)	과다할 경우 광합성과 미생물 번식을 저해하고, 물고기 아가미에 부착되면 호흡장애를 일으킴	10	5	2
질소 (㎎/L)	수중생태계에 최소 0.3 ㎎/L 이상 필요하나 10㎎/L 정도부터는 오히려 저해 (NH_4^+-N은 6 ㎎/L 이하)	-	6	6
인 (㎎/L)	수중생태계에 0.005 ㎎/L 이상이 필요하나 과다 하면 조류가 발생하며 0.3 ㎎/L 이상은 좋지 않음	-	0.3	0.3
pH	변동이 적고 중성인 것이 좋음	-	6.5~8.5	6.5~8.5
대장균수 (MPN/100㎖)	오물에 의한 오염이 증거가 됨	-	103	103
ABS (㎎/L)	낙차가 많으면 거품이 생김 (거품이 생기면 외관상 좋지 않음)	-	0.5이하	0.5이하
기타	물거품, 악취, 쓰레기 등이 없음	-	-	-

제2절 소하천 유지유량의 산정

5.2.1 개요

1. 본 절에서는 앞서 정의한 소하천 유지유량과 개선용수를 산정하고 공급계획을 수립하기 위한 절차와 고려사항을 제시한다.
2. 소하천 유지유량의 산정절차는 ① 소하천 특성조사 ② 소하천 구분 및 기준점 선정 ③ 갈수량 산정 ④ 항목별 필요유량의 산정 ⑤ 유지유량의 결정 및 개선용수의 수요추정 ⑥ 유지유량 확보 및 관리계획 수립의 6단계로 정리할 수 있다.
3. 최근에는 갈수량을 유지유량의 필요유량 항목에서 제외하고 하천유황 특성 등의 측면에서 중요한 기준으로 정의하고 있다. 유지유량 확보 및 관리계획 수립시 분석대상이 되는 갈수량은 소하천 유역의 수문수리조건이 크게 바뀌지 않는 이상 변화지 않는 값으로 볼 수 있다. 이에 비해 필요유량은 자연적 기능의 강화 또는 인위적 기능의 증감을 고려하여 연도별, 시기별로 변화하는 값으로 보는 경우가 많다. 소하천에서의 필요유량은 생태, 경관, 수질, 친수와 기타 측면을 고려하여 경험적으로 산정할 수 있다.

5.2.2 소하천 유지유량 산정을 위한 조사

1. 소하천 유지유량 산정에 앞서 소하천 특성조사를 통해 유지유량의 산정방향과 기준점을 결정하여야 한다. 이때, 개별 소하천을 대상으로 조사가 이루어져야 하겠지만 산정방향은 산지, 농경지, 도시의 입지특성과 수계별 특성을 고려하여 권역을 설정한 후 제시되어야 한다.
2. 조사항목으로는 유역의 개황, 소하천유황(주요 수문, 수질 측정 지점 및 성과, 자연유량 등 자료수집 및 분석) 및 하도의 상황(주변지형, 하상재료, 여울·웅덩이의 분포, 소하천 횡단 주요 구조물, 하구막힘 가능성, 수문의 유무, 기타 구간별 하도특성)이 제시되어야 한다. 이와 함께 수질보전 대책 및 관련 사업, 희귀종 및 보전 대상이 되는 동식물, 서식하는 지표종이나 대표어종, 관광지·명승지, 하천변에서 이루어지는 문화활동 및 하천수와 관련된

친수활동, 어업, 주운, 염수 침입방지 시설, 지하수 이용, 기타 해당 하천의 자연과 사회 환경 특성 등이 조사되어야 한다. 이러한 조사결과는 권역내 소하천들을 구간별로 나누어 구분하고 유량 산정지점을 선정하기 위한 기초자료로 활용할 수 있어야 한다.

3. 유지유량 산정을 위한 기준점을 개별 소하천별로 모두 설정하는 경우가 많으나 관리차원에서 유용하게 사용되기 어려운 경우가 대부분이다. 따라서 기준점의 설정은 실질적인 소하천 관리가 권역별로 이루어 질 수 있도록 권역의 특성을 대표할 수 있는 지점을 선정하여야 한다. 이때, 과거 자연상태에서 측정된 수문자료를 충분히 얻을 수 있는 지점으로 선정하는 것이 바람직하지만, 소하천의 경우에는 대부분 수문관측자료가 전무한 실정이므로 다음과 같은 사항을 고려하여 그 기준지점을 권역별로 최소 1개소 이상을 선정한다.

(1) 수량 및 수질관리의 기준이 될 수 있는 지점

(2) 과거부터 관측된 수문자료가 충분하거나 또는 유량관측이 지속적으로 실시될 수 있는 지점

(3) 해수위의 영향을 받지 아니하는 지점

(4) 댐이나 하구언 등 유수를 가두어 두는 구역이 아닌 지점

(5) 하천주변에 관광지, 명승지 등과 같은 지역 명소와 각종 친수시설이 위치하여 사람들의 접근 및 왕래가 빈번한 지점으로서 하천경관이 수려한 지점(하천경관을 고려한 필요유량 산정 지점)

(6) 여울, 웅덩이 등의 하상형태가 공존하고 희귀종 및 보전 대상이 되는 동식물과 하천의 대표어종 및 지표종이 서식하는 지점(하천생태계를 고려한 필요유량 산정 지점)

5.2.3 갈수량의 산정

갈수량이란 소하천의 기준점에서 연중 355일 이상을 유지하는 유량을 의미한다. 일반적으로 평균갈수량, 기준갈수량, 10년 빈도 7일 갈수량으로 구분하며 3 가지 방법에 의해서 갈수량을 산정한 후 해당 소하천의 규모나 특성 및 유량공급 가능성 등을 고려하여 최종 결정한다.

1. 평균갈수량은 매년의 일유량계열을 크기순으로 나열하여 355위에 해당하는

값인 갈수량을 산술평균하여 산출한다.

2. 기준갈수량은 최근 10년간의 연도별 갈수량 중에서 낮은 차례로 1위 또는 2위에 해당하는 갈수량으로서 분석 기간 동안의 매년 갈수량을 빈도해석을 할 경우 비초과확률 10%에 해당하는 갈수량을 의미한다.
3. 10년 빈도 7일 갈수량은 미국에서 주요 사용하는 것으로 비교자료로만 이용한다. 연중 지속기간 7일간의 연속유량을 구하여 평균한 후 가장 작은 평균유량을 그 해의 최저 일 갈수량으로 하고 이들 최저치를 빈도분석하여 비초과확률 10%에 해당하는 유량이다.

5.2.4 항목별 필요유량의 산정

1. 생태계를 고려한 필요유량

(1) 소하천 생태계를 고려하기 위해서는 해당 소하천의 모든 생물을 대상으로 하여야 하나, 사회적 중요도와 생태자료의 획득 가능성 등을 고려하여 소하천에 서식하는 고등생물인 어류를 대표로 한다. 엄밀한 방법을 취할 경우 ① 생물분포 및 서식환경 조사 ② 생태학적, 사회적 중요도와 보호종 등을 고려한 대표종과 대리종 선정 ③ 서식처 수리 및 수질 등과 같은 서식환경 조사 ④ 한계구간 설정 및 수리특성 조사 ⑤ 필요유량 산정 등과 같은 절차를 따라 필요유량이 산정되어야 한다.

(2) 소하천에서는 생태측면의 필요유량을 산정하기 위한 개략적인 방법으로서 다음을 이용할 수 있다. 이 경우 필요유량의 개념은 여러 어류 중에서 선정된 대표 어종이 서식하기 위해 소하천이 확보해야 하는 수리 조건(수심, 유속, 하상 재료 등)을 만족할 수 있는 유량을 말한다. 특별히 소하천 구간내 상업적인 어종이나 기타 보호 어종 또는 천연기념물과 같은 어종을 관리할 필요가 있을 때는 이를 대상으로 할 수 있다.

(3) 하천생태계에서 유량의 변화는 어류뿐만 아니라 하천의 모든 생물에 큰 영향을 미친다. 특히 어류의 서식처, 산란장, 산란한 알 등에는 유량의 변화가 치명적인 영향을 미치기 때문에 유지유량을 결정할 때에는 어류 생태를 우선 고려하여야 한다.

(4) 우리나라 소하천에 서식하는 대표어종의 필요수심 및 유속은 <표 5.3>을 참조할 수 있다. 버들치의 경우 산란은 주로 4~5월, 치어는 여름에서 가을, 성어는 봄에서 가을 사이에 주로 나타난다.

<표 5.3> 대표어종의 필요수심 및 유속

어종명	수 심(㎝)			유 속(㎝/sec)		
	산 란	치 어	성 어	산 란	치 어	성 어
버들치	10~20	20~30	30~50	10~30	20~40	30~120
갈겨니	5~30	10~20	20~50	5~10	20~30	30~80
피라미	10~20	10~30	20~50	10~20	10~20	30~60
붕 어	20~50	10~40	50~200	5~10	10~20	10~30

2. 경관을 고려한 필요유량

(1) 소하천에서 지역 주민의 생활공간을 제공하고 주요 경관을 유지하기 위하여 확보해야 할 수리 조건(수면폭, 유속 등)을 만족할 수 있는 유량을 의미한다. 이때, 사람들이 시각 및 후각적으로 만족할 수 있는 수량과 수질이 요구된다.

(2) 수면폭 : 수면폭 W와 하천폭 B와의 비, W/B ≥ 0.2가 최소 필요하며, 상시 수로폭은 하폭의 약 20% 정도가 필요한 것으로 판단된다.

(3) 유속

① 유속은 수면의 넓음과 함께 유량을 느끼게 하는 중요한 요소이다. 수면폭(W)이 넓은 하천을 주제로 한 유량 이미지가 유량감을 지배한다.

② 유속이 느린 흐름은 맑은 이미지를 전달하고 유속이 빠른 흐름은 상류의 물보라가 올라오는 흐름을 상기시킨다.

③ 상류에는 상류에 어울리는 흐름 이미지가 있고 하류에는 하류에 어울리는 이미지가 있다. 이러한 흐름 이미지는 그 장소의 경관 특징에 의하여 정해지는 것이므로 경관에서 본 적절한 유속 혹은 최소한의 유속을 제시하기는 곤란하다.

④ 다만, <표 5.4>를 참고로 하여 소하천이미지에 어울리는 흐름이미지를 설정하고 그것에 대응하는 목표유속을 설정한다.

(4) 수심 : 수심은 하상재료 등이 보이지 않을 정도의 수심을 확보하여야 하며, 하상재료의 입경에 따라 차이가 있으나, 대략 20 ㎝ 이상을 확보한다.

<표 5.4> 유속에 따른 흐름의 느낌 상태

유속(m/sec)	흐름의 상태
0.0 ~ 0.1	흐름을 느낄 수 없다. 무풍상태에서는 파문이 없으며 연안의 물체가 수면에 비친다.
0.1 ~ 0.2	매우 완만하다. 수면은 거의 파가 일어나지 않는다.
0.3 ~ 0.4	완만하게 느낀다. 흐르는 모습을 알 수 있다.
0.4 ~ 0.6	비교적 빠른 흐름. 파가 발생되며 유량감을 느낀다.
0.6 ~ 0.8	빠른 흐름. 파가 발생된다.
0.8 ~ 1.0	빠른 흐름. 파랑이 크게 된다.
1.0 ~ 1.5	상당히 빠른 흐름. 급류에 가까우며 파랑이 급격하게 된다.
1.5 ~ 2.0	급류 계류의 느낌을 가진다.

3. 친수를 고려한 필요유량

(1) 소하천에서 이루어지는 각종 여가활동(주로 수상위락을 말함)을 위한 수심과 하폭을 유지할 수 있는 유량을 말한다.

(2) 소하천에서의 친수활동은 수량뿐만 아니라 생태계, 수질, 하안형태, 경관 등 여러 요인이 깊이 관계되어 있으며, 친수활동을 위한 수리제원 및 친수활동과의 관련사항은 다음 표들을 참조하여 계획에 반영할 수 있다.

<표 5.5> 친수활동을 위한 수리제원

친수활동		수심(m)	유속(m/sec)	수면폭(m/1인)
물놀이	10세 미만	0.3 이하	0.5 이하	0.2 이상
	10~19세	1.0 이하	0.5 이하	0.6 이상
뱃놀이		0.5 이상	0.4 이하	4 이상

<표 5.6> 친수활동과의 관련사항

친수활동 \ 관련사항			수 량	경 관	어류 생태	수 질			하안 형상
						물의 색	물의냄새	건 강	
신앙	연등띄우기, 방생		△	○			◎		◎
생활	어 업		△		◎				
어업	운반	주 운	◎						
	관광	유 람 선	◎				○		
		나 룻 배	○	○			○		
스 포 츠		수 영	○	○		◎	◎	◎	
		보 트	◎			○	○		
		윈드서핑	○				◎		
		카 누	◎			○	○		
레크레이션		낚 시	△	○	◎	○	○		◎
		물 놀 이	◎			○	○	○	
		캠 프	△	○		◎	◎		◎

주) ◎ 깊이관련 ○ 관련 △ 약간관련

4. 수질을 고려한 필요유량 산정

(1) 해당 소하천의 현재 수질을 근거로 해서 유역의 오염원 조사에 의한 오염 부하량을 산정하고, 목표년도의 수질기준을 달성할 수 있도록 주요 수질기준 지점 또는 구간에서 수질환경기준을 만족시킬 수 있도록 하는데 필요한 유량을 말한다.

(2) 유지유량을 산정할 때 그 유량값이 대체로 가장 크게 얻어지는 요소로, 현재 수역의 이용실태와 장래방향을 파악할 필요가 있다. 하천수질 기준은 관계되는 법령에 따라 공공수역의 수질악화와 관련된 환경기준에 준하여야 한다. 그리고 이 경우에 유지유량을 증가시켜 수질보전을 할 수 있을 뿐만 아니라 소하천 수질개선사업, 분류식 하수도 건설과 처리장 등의 하수도 정

비사업, 가정 및 공장 등에서 배출되는 오수의 수질을 규제하는 방법도 함께 종합적으로 고려한다.

(3) 수질을 고려한 필요유량 산정목표는 생태계 서식환경 보전과 인간의 물 이용 측면에서 요구되는 목표수질을 구분하여 산정해야 하며, 하천수질예측모형에 의한 수질 모의를 통하여 목표연도에 따라 예측된 수질과 목표 수질을 비교하여, 예측수질이 해당 하천 전체 구간의 목표수질을 만족할 경우의 유량을 하천수질을 고려한 필요유량으로 설정한다.

5. 기타 항목을 고려한 필요유량 산정

(1) 지하수위의 유지 : 소하천의 유량이 감소하면 지하수위의 저하에 직접 영향을 주는 경우가 있다. 특히 대규모로 지하수를 양수하여 이용하는 경우나 동절기에 적설지대에서는 그 영향이 크므로 주의하여야 한다.

(2) 동식물의 생태보호 : 소하천이나 주위에서 서식하는 동식물의 서식처 제공과 자연생태계보전은 최근에 소하천 관리측면에서 매우 중요한 일이다. 특히 수생생물은 소하천수질이 악화되었을 경우 생존에 큰 영향을 받게 된다. 소하천의 수위나 유량이 감소하면 습지대가 줄어들고 서식처가 파괴되어 그 지역에 서식하는 독특한 식물 등이 생존을 위협받게 되므로 보호가 필요할 때는 이러한 동식물의 존재를 감안하여 유지유량을 검토할 필요가 있다.

(3) 염수침입 방지 : 바닷물이 하구로 침입하여 염분 농도가 높아지면 하천수를 직접 이용할 수 없으므로 이를 억제하거나 침입을 방지할 수 있는 최소한의 필요유량을 말한다.

(4) 하구막힘 방지 : 하구의 유속 감소로 인하여 하구에서 토사의 퇴적과 해안 모래의 침입 등으로 소하천의 하구가 막혀 유수소통에 지장을 초래할 수 있으므로 이를 제거하기 위한 필요유량을 말한다.

(5) 하천관리시설 및 취수원 보호 : 하천수위가 낮아져 물속에 잠겨있던 하천시설물이 노출되어 부식되는 것을 방지하거나 또는 취수원 수심확보를 위해 필요한 유량을 말한다.

5.2.5 유지유량 확보방안

1. 본류하천에서의 도수 : 인근의 유량이 풍부한 하천에서 도수로 등을 이용한 유량공급

2. 재처리수의 활용 : 오수를 소규모 시설을 이용, 처리한 후 하천에 방류하여 유량공급
3. 지하수의 개발 : 관정을 개발하여 얻은 물을 양수하여 유지유량 공급
4. 수원지 함수능력증대 : 고무보 등의 친환경 저류시설 및 수목 등에 의해 유량 및 지하 침투량을 증가시켜 유지유량을 확보
5. 이상의 방법을 고려하여 지역특성에 맞는 유지유량 확보방안을 적절히 마련하도록 한다.

제6장 하도시설

제1절 하도시설 일반사항

6.1.1 하도시설의 정의 및 기능

1. 소하천에서의 하도는 유수가 통과하는 토지공간으로서 제방 또는 하안과 하상으로 구성된다. 하도시설은 소하천의 기능을 유지하기 위해 하도내에 설치되는 시설로서 제방, 호안, 하상보호시설, 취·배수시설 등이 있다.
2. 제방 및 호안은 소하천에서의 유수소통에 필요한 구조물이고, 하상보호시설은 급경사 소하천의 빠른 유속 및 소류력에 의한 세굴을 방지하기 위한 시설이며, 취·배수시설은 다양한 용도의 취수 및 배수를 위한 시설로서 보, 수문, 통관 및 잠관 등이 있다.
3. 하도는 계획홍수량을 통과할 수 있는 단면과 평면형상을 가져야 하고, 생태적으로 종적 또는 횡적 연속성을 가질 수 있도록 하여야 한다.
4. 하도에 계획되는 시설은 다양한 유량에 따라 세굴 및 퇴적 등 변화하는 하도에 따라 그 기능이 장기적으로 유지될 수 있는지의 여부, 그 목적을 위해 필요한 유지관리가 어떠한 것이 있는지를 충분히 검토하는 것이 중요하다.

6.1.2 하도계획의 기본방향

1. 하도계획은 소하천의 역동성, 고유성 및 다양성을 고려하여 수립하되, 최근의 기후변화를 고려하여 홍수시 안전하고 갈수시에도 그 기능을 다할 수 있도록 계획한다.
2. 하도계획은 건강한 물순환을 보존하고 주변의 생태계와 상호 연계를 고려하여 수립한다. 이를 위해 하도 사행이나 여울과 소의 적정배치 등을 통해 생물의 다양한 생식·생육환경을 확보하여야 한다.
3. 소하천은 종적으로는 산에서부터 하류까지 띠 모양의 연속된 공간이며, 횡적으로는 주변의 제내지의 육상생태계와 수서생태계와의 연속된 공간을 이루고 있다. 따라서 종적으로는 산에서 서식하는 야생동물 뿐 아니라 하류에서의 어류의 이동통로 역할을 하고 있으며, 횡적으로는 제내지의 육상생태계에서부터, 수서생태계에 이르기까지 다양한 생태계가 공존하는 공간이므

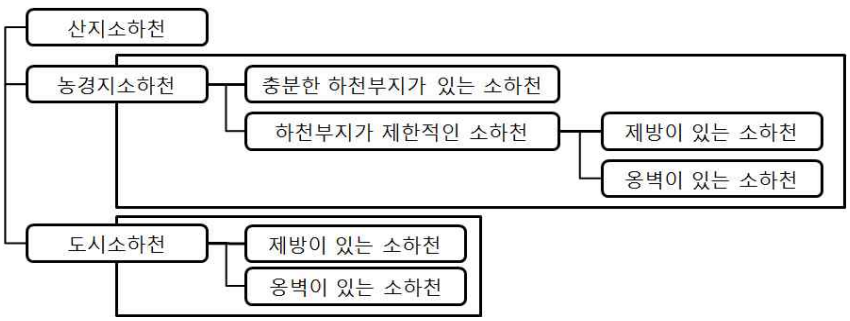
로 이를 위한 계획이 수립되어야 한다.

4. 하도는 장기적으로 안정하도가 되도록 계획하여야 하며, 현재의 소하천지형 및 과거의 소하천부지 등을 최대한 활용하도록 하여야 한다.
5. 급경사 소하천에서는 유사발생이나 하류측으로의 유사이송을 제어하도록 하며, 빠른 유속이나 소류력에 대비한 낙차공, 하상유지공 등의 하도안정대책, 제방 및 하안을 보호하기 위한 호안계획, 그리고, 부유물 및 토사 등이 교량에 걸려 통수능이 축소되지 않도록 하는 등의 대비가 필요하다.
6. 완경사 소하천에서는 토사의 퇴적에 따른 통수능의 축소, 제방의 침투에 대한 안정 등을 고려하여 계획한다.
7. 도시지역의 소하천은 공간계획시 친수공간으로 활용을 우선 검토하고, 농경지 및 산지 지역의 소하천은 종적·횡적 종 다양성을 고려하여 계획하도록 한다.
8. 우리나라 산지소하천의 특성은 대부분 경사가 급하며 노출된 기반암이나 바위 등에 의해 하상의 구조가 지배받는다. 산지소하천의 경우 인위적인 교란 등이 다른 소하천 유형에 비해 적은 편이며 국지적으로 일어나는 경우가 많기 때문에 하천사업은 상·하류의 원형이 보존된 구간을 참조하여 보존 또는 복원의 방향으로 이루어지는 것이 바람직하다.
9. 직선화 및 획일화된 하도계획은 지양하고 구간별 하도특성을 구분하고 다양한 형태의 하도계획으로 생태적 기능을 확보하도록 한다.
10. 하도계획시 계획홍수의 증가로 통수단면적이 추가로 필요할 경우에는 하도의 굴착이나 제방을 높이는 것보다는 하폭을 확장하는 방안을 우선 검토하여야 한다.
11. 장기적으로는 저영향개발(Low Impact Development, LID) 개념을 도입하여 소하천 유역 내 우수침투능력을 증진시키는 방안을 고려하여야 한다.
12. 하류 홍수유출 증대를 야기하는 직강화 및 표준단면 등과 같은 획일적인 소하천 하도계획의 수립은 지양한다.
13. 하안과 하상의 침식·세굴·퇴적 등 소하천 고유의 변동성을 일정부분 허용할 수 있는 하도계획을 추진한다.
14. 자연하도의 선형과 공간 특성을 반영할 수 있도록 사수역, 사행, 사주 등을 계획에 도입한다.
15. 자연하천의 하상은 그 자체로 지형 발달의 산물이며 보전가치가 있지만,

홍수 시 유출된 토사의 하상퇴적과 인간 활동에 의하여 오염된 하상 퇴적물로 인하여 소하천 생태의 악화가 우려되는 경우 하상에 대한 정비계획을 수립할 필요가 있다.

6.1.3 소하천 유형별 정비방향

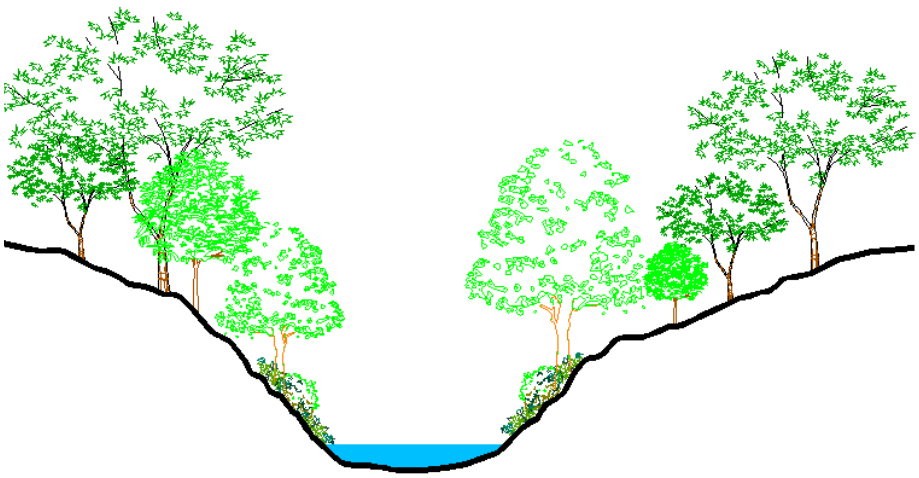
1. 그동안의 소하천 사업은 입지특성, 규모 등과 상관없이 획일적으로 이루어져 왔으며 대체로 중규모 이상의 하천에서 사용하는 정비기법이 그대로 적용됨으로써 소하천에서는 적절하지 못한 사례가 자주 발견되어 왔다. 소하천 사업은 해당 소하천의 특성과 개성을 모두 고려함이 당연하지만 거시적인 차원에서 계획을 위한 기준이 되는 유형을 필요로 한다. 개개의 소하천은 그 모습과 위치, 지형, 생태, 수변과 유역, 활용도 등에 있어서 상당한 차이가 있기 때문에 이를 모두 고려할 만한 유형과 모델을 개발하기란 상당히 어렵다. 따라서 산지, 농경지 도시지역으로 나누어 정비기법 도입시 참고가 필요한 기준을 제시하기로 한다. 여기서 제시하는 유형은 반드시 따라야할 기준이라기보다는 참고 또는 예시로서 활용하는 것이 바람직하다.
2. 소하천은 산지, 농경지 그리고 도시소하천으로 나누어 입지 및 특성에 따른 정비방법을 고려할 수 있다. 분류된 소하천들은 다시 하천부지가 충분한 경우와 그렇지 않은 경우로 나눌 수 있다. 여기서 하천부지가 제한적인 소하천은 또다시 둑이나 제방이 있는 하천(자연적으로 형성된 둑을 포함, 우리나라와 같은 몬순형 기후에서는 대부분의 하천은 자연적 혹은 인공적으로 형성된 둑을 가짐)과 옹벽으로 하천폭이 제한되는 경우로 나눌 수 있다.



<그림 6.1> 소하천의 정비유형별 분류

가. 산지소하천

1. 산지소하천에서는 하도계획에 앞서 우선적으로 계곡이나 소하천 시점부에 사방댐의 설치 필요성을 고려하여야 한다. 사방댐은 토사이동 차단이라는 목적과 함께 주변경관이나 하천생태에 미치는 영향이 최소화 되도록 설계해야 한다. 사방시설 관련 내용은 본 기준의 제7장을 참조한다.
2. 산지소하천은 인근 상하류의 자연상태 구간을 참조하여 정비형태를 결정하는 것이 바람직하다. 경사가 급하고 침식이 활발한 산지소하천의 특성상 인위적인 단면형상을 가지는 수로 구조는 안정적으로 그 상태로 유지하기 힘든 경우가 많다.
3. 산지소하천의 일반적인 예는 <그림 6.2>와 같다. V자 형태의 급한 산지사면이 바로 하도로 이어지는 구조이기 때문에 하안의 식생활착이 하천의 안정성을 결정하는 중요한 변수가 된다.



<그림 6.2> 산지 소하천 (예시)

4. 산지소하천은 대부분 자연상태를 보존하는 방향으로 계획되는 것이 바람직하다. 따라서 치수적 위험성이 있더라도 대규모 피해를 유발하지 않는다면 전면적인 제방계획은 지양하는 것이 바람직하다. 반면에 특별히 고려가 필

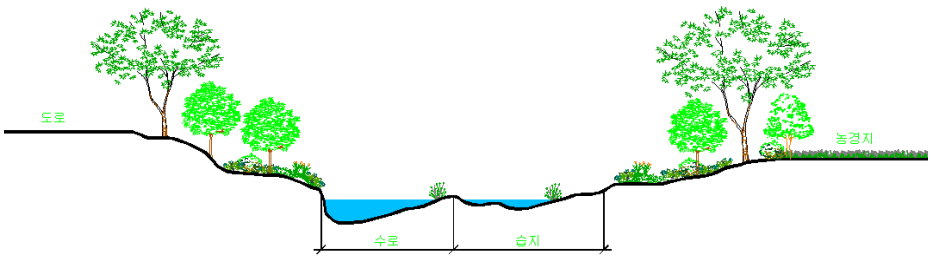
요한 것은 소하천 횡단 구조물이 홍수를 대비한 충분한 통수능력과 공간을 확보하고 있는가를 확인하여야 한다. 유목걸림 등의 문제가 있을 수 있으므로 교량의 경우 충분한 형하공간 및 경간장을 반드시 확보하여야 한다.

5. 산지소하천에서는 인위적인 낙차공을 두기보다는 자연적인 상태의 여울과 웅덩이 등의 형태를 가질 수 있도록 회복시키는 방향으로 정비하는 것이 원칙이다. 만약 이것이 가능하지 않다면 하천 상하류에 미칠 지형학적 영향을 최소화할 수 있는 안정하상의 설계를 고려하여야 한다.
6. 산지소하천은 일반하천의 상류지역으로 이 구간에서의 충분한 유량확보는 하류 하천의 유량부족 해소를 위해 중요하다. 산지소하천의 저·갈수량이 현저하게 줄어드는 것은 하류에서 생활·상업·공업 목적으로 쓰기위한 용수를 상류에서부터 미리 취수하거나 지하수 개발을 한 것이 주요 원인이 되는 경우가 많다. 특히 도시지역 인근 산지에 위치한 수많은 약수터는 산지소하천의 유량을 현저하게 저하시키며 연쇄적으로 도시소하천의 유지유량 확보를 저해하는 요인이 되기도 한다. 따라서 이와 관련된 면밀한 조사를 실시하여야 하며 산지소하천의 갈수량 유지를 위한 체계적인 계획은 지역 소하천 전체의 종합적인 계획의 형태로 제시되어야 한다.

나. 농경지소하천

1. 충분한 하천부지를 확보할 수 있는 농경지소하천의 경우 역사적인 자료 등을 통해 옛 하도의 형태를 복원하는 것을 목표로 계획을 수립하는 것이 바람직하다. 이때, 홍수터와 천변저류지 등도 그 위치와 면적을 복원할 수 있도록 해야 한다.
2. 경사가 완만한 평지지역을 통과하는 농경지소하천은 직강화된 모습보다는 사행을 가지는 평면으로 설계하여야 한다. 이때, 하도의 사행은 인위적이고 획일적인 형태로 계획되어서는 안 되고 옛 하도의 모습을 근거로 자연스러운 흐름의 형태를 보여야 한다.
3. 농경지소하천의 단면계획시 평수위와 저수로 하안이 획일적으로 단절되는 형태를 지양하고 하천의 사행에 따라 수충부에서의 기울기가 급한 하안과 만곡부에서의 완만하고 연속적인 하안이 다채롭게 나타나는 형태로 설계하는 것이 좋다.

4. 충분한 부지를 확보할 수 있는 농경지소하천이라도 하천의 생물서식처와 자연 생태적 발전을 위해서 획일적인 복단면으로 계획하는 것은 지양하여야 한다. 이 보다는 제방을 최대한 후퇴시켜 제방상단에서 저수로 하안까지 완경사 사면을 이루도록 하는 것이 바람직하다. 이러한 단면형태는 식생의 활착만으로 사면이 충분한 안정성을 확보할 수 있으면서 생태적인 서식처 기능을 할 수 있는 다양한 수변구조가 형성할 수 있어 바람직한 정비방향으로 추천된다. 아울러 추가적으로 수변지역의 토지를 확보할 수 있는 구간에서는 제방과 하천 사이에 습지를 형성하는 것이 좋다. <그림 6.3>은 하천부지가 충분한 경우 바람직한 소하천의 단면을 보여주고 있다.



<그림 6.3> 충분한 부지가 있는 농경지소하천 (예시)

5. 충분한 부지를 확보하기 어려운 농경지소하천의 정비방향과 원칙은 하천부지가 충분한 소하천의 경우와 다르지 않다. 다만, 하천폭이 제한받기 때문에 흐름의 경로를 조정할 수 있는 여지는 적고 사행흐름을 유도하기 어렵다. 이 경우 토지매입이 가능한 일부 구간을 최대한 활용하여 천변저류지를 설치하여 홍수파의 수위를 낮추고 생물들의 서식처가 조성될 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
6. 농경지소하천에서 이상적인 경사의 완만한 사면을 갖추기 위해서는 상당한 부지의 확보가 필요하나 이것이 가능하지 않을 경우 제방 사면의 안정성과 식생의 활착을 동시에 보장해주는 공법을 적용하는 것이 필요하다. 이때, 저수로 하안과 제방 사면은 수충부와 만곡부를 고려하여 연속적으로 설계되어야 한다.
7. 옹벽에 의해 하천폭이 제한되어 있는 농경지소하천의 경우는 하천 외부 생

태계와의 연속성을 유지하는 것이 용의하지 않다. 기존의 콘크리트 옹벽은 가급적 철거하는 것이 좋으며 여의치 않을 경우 최대한 옹벽에 식생이 존재할 수 있도록 해야 하며, 비교적 장구간에 걸쳐 옹벽이 설치되어 있을 경우에는 동물들이 오르고 내릴 수 있는 최소한의 구조물 설치를 고려해야 한다. 기존의 콘크리트 옹벽을 대체하면서도 식생의 활착이 가능한 다양한 공법의 도입을 고려해야 한다.

8. 극단적으로 하천폭이 제한되어 저수로와 옹벽사이에 여유공간이 없는 소하천의 경우에도 옹벽의 하단부는 옹벽의 기초를 보강하면서 다공성 소재를 사용하여 수서생물의 서식공간을 확보할 수 있도록 하는 것이 좋다. 그리고 저수로와 옹벽사이에 둔치 등을 둘 수 있는 공간이 있을 경우 저수로의 사행만으로 수충부와 만곡부가 나타날 수 있도록 사행 하천을 계획하는 것이 좋다. 만약 저수로의 사행을 위한 충분한 공간이 확보되지 않는다면, 저수로폭의 인위적인 축소와 확대를 통해 가급적 다양한 하안구조를 만드는 것이 바람직하다.

다. 도시소하천

1. 도시소하천의 대부분은 제방이나 옹벽에 의해 하천폭의 제한을 받으나, 하천부지 매입 등을 통해 하천부지를 확보할 수 있을 경우 하천정비의 원칙과 방향은 충분한 하천부지가 있는 농경지 소하천과 동일하게 고려되어야 한다.
2. 도시소하천은 다른 하천에 비해 오염도가 높기 때문에 이에 대한 해결이 필수적이다. 하천사업 자체에 의한 수질개선 효과는 그다지 크지 않다는 것이 일반적인 견해이기 때문에 수질개선 계획은 하천 복원 계획과는 별도로 수립되어야 한다. 특별히 도시하천에서 크게 문제가 되는 수온문제에 대한 고려도 반드시 필요하다. 여름철 도시유역의 뜨거운 아스팔트와 건물지붕에 의해 온도가 상승된 강우유출수는 일시적으로 용존산소량을 낮추어 도시하천에서 물고기 떼죽음의 원인이 되기도 한다. 이러한 문제는 아스팔트 도로 주변의 가로수 식재와 수변구역의 녹화 등을 통해 지표면 온도를 낮추는 방식으로 해결에 접근할 수 있다.
3. 도시소하천의 유지유량 확보는 유역전체를 대상으로 장기적인 계획을 가지

고 접근하는 것이 바람직하다. 수질이 심각하게 나빠져서 악취와 위생상의 문제가 발생하지 않는다면 소하천의 일시적인 건천화는 자연스러운 것으로 수용하여야 한다. 도시의 불투수성 지역을 점진적으로 투수지역으로 바꾸어 가고 다양한 빗물저류 및 침투방법을 적용하여 유역 내 지하수 함양량을 증대시키는 계획이 병행되어야 한다.

4. 도시소하천의 저수로는 향후 건천화에 대비해 저수로 폭을 농경지소하천보다 좁게 설계하는 것을 고려할 필요가 있다.
5. 도시소하천은 인근주민들의 친수공간에 대한 요구가 높다. 이에 따라 여러 가지 시설물이 소하천의 주변과 소하천 부지내에 설치되어야 하는 경우가 있을 수 있으나 기본적인 소하천사업의 원칙은 가급적 이러한 시설물을 설치하지 않는 것이다.
6. 5항의 원칙에도 불구하고 시설물의 설치가 불가피한 경우는 다음을 만족해야 한다. 친수시설은 야생동물의 서식처 기능을 할 수 있으면서 인간 모두에게 지속가능한 것이어야 한다. 친수시설은 자연환경을 대상으로 설치하는 시설이므로 인간중심적 시설과는 차별되어야 하며, 인간의 이용으로 인해 직·간접적인 자연파괴가 초래되어서는 안 된다. 따라서 모든 유형의 친수시설은 설치계획 단계부터 대상설치지점의 자연성을 잘 유지할 수 있는지에 대한 면밀한 검토를 필요로 한다. 즉, 대상 소하천의 자연적 특성을 보존하고 또한 잘 부각시킬 수 있도록 설계해야 한다. 또한 모든 시설물은 이용자의 안전성을 최대한 확보해야 한다. 이때 안전성은 이용자 뿐 아니라 야생동물의 안전성까지 함께 고려하여야 한다.
7. 대부분의 도시소하천들은 하천부지의 여유가 없으며 인근 도로와 건물 등에 의해 폭이 제한을 받는다. 또한 수질 및 건천화 문제가 차지하는 비중이 높아 이를 함께 고려하여 소하천계획을 수립하여야 한다. 하천폭이 제한 받는 농경지 하천과 마찬가지로 부지에 여유가 있거나 토지매입이 가능한 구간에서는 천변저류지를 설치하여 홍수파의 수위를 낮추고 생물들의 서식처가 조성될 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
8. 인구밀집 지역 등을 통과하는 소하천은 친수구역으로 선정할 수 있다. 하지만 이 경우에도 생태계 영향이 최소화 되도록 시설물을 최소화할 필요가 있다. 소하천을 따라 조성되는 산책로와 자전거 도로는 제방 상단이나 제내지에 설치하는 것이 원칙이며 부득이 하천내에 조성해야 할 경우 양안 중

한쪽에만 오솔길 형태의 산책로 정도를 고려해야 한다. 또한 소하천 부지내 산책로를 조성할 때에는 홍수시 급격한 수위 상승을 대비하여 대피로를 미리 확보하여야 한다. 산책로의 경우 가급적 대상 소하천에서 발견되는 재료와 유사한 것을 사용하고 자전거 도로의 경우 두드러지는 원색계열 색상은 피하여 하천경관과 조화를 이루도록 해야 한다.

9. 최근 도시소하천에서는 하천 양쪽의 도로를 지하화하여 하천부지를 확보하는 방법도 소개되고 있다. 이러한 방법은 하천부지가 절대적으로 부족한 도시소하천의 하천부지를 확보하는 방법으로 유용할 수 있다. 그러나 하천주변의 지하수흐름을 교란시켜 예상하지 못한 피해가 발생할 수 있으므로 충분한 사전 검토와 계획이 필요하다.
10. 대부분의 도시소하천은 옹벽에 의해 하천폭이 제한되는 경우가 많아 하천생태의 충분한 복원은 사실상 어렵다. 이 같은 경우 복원은 옹벽에 대한 녹화와 수질개선 그리고 저수로 하안에 대한 친생태적 설계, 하상에서의 여울과 웅덩이 형성에 중점을 둘 필요가 있다. 옹벽이 있는 도시소하천의 경우 수질개선 만으로도 경관의 개선 효과를 볼 수 있다. 옹벽의 경우 식생 활착이 가능한 옹벽 소재로 대체할 수도 있다. 만약 기존의 옹벽을 그대로 두는 경우에는 상단부에서 옹벽 아래로 늘어지는 식물을 식재하여 최대한 녹화하는 것이 바람직하다.

<그림 6.4> 도시소하천 (예시)

6.1.4 하도계획 절차

1. 하도구간에서의 계획홍수량, 계획홍수위, 소류력 및 하상변동예측 등의 기본적인 계획수문량을 분석한다.

2. 하도계획이 필요한 개수구간을 설정한다.
3. 하도의 계획선형(평면계획), 종단계획 및 횡단계획을 수립한다. 평면, 종단, 횡단계획은 각각 독립적으로 계획하는 것이 아니라 계획전체가 균형이 이루어질 때까지 각 단계를 반복 검토하여 수립한다.
4. 설정한 평면, 종횡단형 하에서 장기적으로 하도가 안정되도록 하도의 침식, 세굴, 퇴적을 방지 및 억제하기 위한 구조물, 하상 안정화를 위한 하상유지공 등의 배치계획을 수립한다. 또한 낙차공, 보 등의 치수 및 이수구조물의 설치 뿐 아니라 기설구조물의 제거 또는 개축도 검토하여 계획한다.
5. 소하천구조물의 배치는 평수시 및 홍수시 유수의 거동과 하상·하안의 형상과 변화, 토질·지질 및 토사유송특성을 충분히 감안하여 배치하며, 필요한 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 계획하되 소하천환경의 정비·보전을 충분히 고려하여야 한다.

제2절 하도의 평면, 종단, 횡단계획

6.2.1 하도의 평면계획

1. 계획홍수량을 안전하게 소통할 수 있는 소하천의 폭, 하도의 선형을 결정하고, 지류 합류점에서는 가급적 예각으로 합류할 수 있도록 하되, 여의치 않을 경우에는 분류제, 도류제 등의 설치도 검토하여 결정한다.
2. 평면계획 과정에서는 종·횡단형에서 결정된 통수단면을 고려하여, 소하천 상·하류부의 선형, 제내지의 토지이용상황, 소하천변의 수충부, 홍수터, 습지 등의 보존 및 도입을 고려하면서 계획을 수립하여야 한다.
3. 하도의 평면계획시에는 가급적 원래의 하도를 이용하여 계획하도록 한다. 원래의 하도는 장기간 모래, 자갈, 실트 등이 퇴적되어 있어 자정능력이 뛰어나기 때문에 소하천환경에 유리하고, 장기간의 홍수에 의해 자연스럽게 고정된 하도이기 때문에 홍수관리에 유리하기 때문이다.
4. 계획하도가 처리할 수 있는 홍수소통능력이 부족할 경우에는, 유역에서 분담할 수 있는 저류지, 조절지 등의 시설도입을 우선 검토하고, 하도구간에서도 분류수로 등을 도입하여 홍수량을 분담할 수 있는 방안을 검토한다.

가. 하도의 선형

1. 하도선형은 기존 및 과거의 하도를 중심으로 선정하되, 치수, 이수 및 환경적인 측면에서 안전하고 유지관리가 용이한 최적의 선형을 결정해야 한다.
2. 하도연안의 토지이용 현황, 홍수시의 유황, 장래의 하도예측, 하도의 유지관리, 소하천부지의 이용계획 및 공사비 등을 검토하여 부드럽고, 자연적인 흐름을 형성하여 홍수소통이 원활한 형상이 되도록 한다.
3. 소하천의 하도계획 과정에서 계획하도구간의 지형과 지질조건, 현재와 장래의 토지이용, 행정구역, 용·배수로 계통, 지하수위 영향, 내수처리대책, 계획하도의 상·하류 수위변동영향, 치수경제성, 소하천경관 및 하도의 유지관리 등을 고려하여 하도의 선형을 결정해야 하며, 하도의 선형결정에 필요한 검토사항은 다음과 같다.

(1) 하도의 선형은 가급적 현하도를 이용하되 심한 굴곡을 피하고 완만한 곡선으로 한다.

(2) 홍수류의 유수 방향과 수충부의 위치를 검토하여 유수의 저항을 최소화할 수 있도록 하며, 일반적으로 급류소하천에서는 유수가 하안에 충돌하지 않도록 S자 형태의 곡선수로는 피하도록 한다.

(3) 현상태로서 제방의 기능이 가능한 구간은 최대한 이용하도록 한다.

(4) 하도선형은 토지이용에 지장이 없도록 하되 주변의 경관과 조화를 이룰 수 있도록 한다.

(5) 하도계획시 축제는 점토질 연약지반이나 투수성 지반에는 가급적 피해서 설치하도록 하고, 부득이하게 축조하게 되는 경우에는 제내지측으로 확폭하여 설치하는 것이 공사비나 유지관리측면에서 유리할 수 있다.

(6) 보호면적이 크지 않아 제방을 축조하는 것보다 계획홍수위 이하 지역을 매수하여 소하천으로 관리하는 지역에 대해서는 이를 감안하여 하도선형을 결정한다.

(7) 수충부의 위치는 기존하도의 상황, 지형과 지질 조건, 토지이용상태 등을 고려하여 정하되 가능하면 주택지역이나 기존의 소하천을 절개한 장소에는 두지 않도록 한다.

(8) 하폭은 가능한 한 급격하게 변하지 않도록 하고, 지형상 부득이하게 선형이 급변하는 만곡구간에서는 만곡내측의 법선을 후퇴시켜 10~20% 정도

확폭하여 흐름의 세력을 완화시키도록 한다.

4. 저수로 선형은 하도의 유지, 소하천환경 등을 고려해서 정하되, 반드시 제방 법선과 평행하게 할 필요는 없다. 다만, 가급적 제방에 가까워지지 않도록 배려할 필요가 있다. 즉, 제방 법선과의 관계를 토대로 제방, 둔치 및 저수로 하안의 과도한 유속발생, 심한 세굴퇴적의 발생, 혹은 법선형에 기인하는 과도한 유수에의 저항에 유의하고, 현 상태 저수로의 형상을 중시해서 필요한 수정을 가해 설정하는 동시에, 저수로가 자연환경에 있어서 특히 중요한 공간이라는 점을 충분히 고려해서 결정한다.

나. 계획하폭

1. 소하천의 계획하폭은 계획홍수량의 소통에 직접적인 관계가 있고 하상 및 종단경사, 지형과 지질, 안정하도의 유지, 연안의 토지이용상태 등에 관계된다. 따라서, 계획홍수량이 동일하더라도 소하천에 따라 수심 및 하상경사, 하상의 조도가 다르면 하폭은 달라지며, 기존의 제방상태와 소하천 주변의 토지이용상태에 따라서도 달라지게 된다.
2. 계획하폭 결정시 가급적 기존하도를 우선적으로 고려하여 결정한다. 따라서 기존하폭이 부족하면 넓히되, 기존하폭이 충분하더라도 일부러 좁히지는 말아야 한다.
3. 계획하폭은 기존의 소하천부지 및 하도와 소하천이용계획 등에 대해서 고려하고, 하도구간 전체를 검토해야 하나 대체적으로 계획홍수량의 크기에 따른 계획하폭을 결정하는 경험공식 등을 참고하여 결정한다.

(1) 기존 소하천 계획하폭의 사례를 이용하여 정리된 계획 홍수량 크기에 따른 소하천 계획하폭 참고값은 다음 <표 6.1>과 같다.

<표 6.1> 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭 참고값

계획홍수량 (m³/sec)	하폭 (m)
5	3 ~ 5
10	4 ~ 7
20	7 ~ 11
30	9 ~ 14
50	12 ~ 20
100	20 ~ 30
200	30 ~ 45
300	40 ~ 60

(2) 중소하천 하폭결정 경험공식

① $B = 1.698 \frac{A^{0.318}}{\sqrt{I}}$ 남부지방(전남북, 경남북) (식 6.1)

② $B = 1.303 \frac{A^{0.318}}{\sqrt{I}}$ 중부지방(경기, 강원, 충남북) (식 6.2)

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

(3) 소하천 계획하폭 결정공식

계획홍수량에 의한 경우(계획홍수량이 300 ㎥/sec이하 일 때)

① $B = 1.235\ Q^{0.6376}$ (식 6.3)

유역면적에 의한 경우(유역면적이 10 ㎢ 이하 일 때)

② $B = 8.794\ A^{0.5603}$ (식 6.4)

여기서, Q : 계획홍수량(㎥/sec)

다. 저수로폭 및 둔치의 높이

1. 소하천에서의 저수로 폭은 규모, 유지유량의 확보, 홍수시의 통수능 등을 감안하여 결정하며 기존의 저수로폭은 유지하도록 한다.
2. 소하천에서의 저수로폭은 지나치게 넓으면 평상시 낮은 수심으로 형성되기 때문에 어류의 서식 및 이동, 친수성 등에서 불리하며, 지나치게 좁으면 홍수시 빠른 유속에 의한 세굴피해 가능성, 통수단면적 부족 등의 결과를 초

래할 수 있기 때문에 하도계획시 저수로폭을 먼저 결정한 후 계획하폭을 결정하도록 한다.

3. 둔치의 높이는 저수로의 통수능에 따른 침수빈도 및 계획홍수시의 홍수소통능력과 관련이 있기 때문에 이를 검토하여 시산으로 결정한다. 최근에는 소하천의 둔치 이용에 대한 욕구가 커지고 소하천환경이 소하천의 중요한 기능으로 대두되고 있는 점을 감안할 때 둔치의 높이는 둔치 이용시설의 중요도, 이용자의 수 및 이용자의 안전 등을 고려하여 결정하는 것이 바람직하다.
4. 소하천의 하도계획에서 둔치의 높이는 통상 저수로폭과 함께 검토하며, 홍수시 홍수터의 유속을 지나치게 크게 하는 것은 둔치의 유지관리에 불리하다. 따라서 소하천이나 신설하도에서 둔치의 설계유속이 크게 될 때는 저수로 사면에 호안공을 계획해야 한다.

라. 합류부의 선형계획

1. 두 개의 소하천이 합류할 때에는 흐름이 불안정해지기 때문에 와류에 의한 세굴가능성이 있고, 상대적으로 유속이 느린 부분으로의 퇴적에 의한 통수단면적의 축소 등의 우려가 있기 때문에 가급적 흐름이 불안정해지지 않도록 계획하는 것이 좋다.
2. 소하천에 있어서 지류 합류부는 자연상태의 합류형상을 최대한 가까게 하여야 하며, 가능한 예각으로 합류할 수 있어야 한다. 지형여건상 예각으로의 합류가 어려울 경우에는 합류점의 하폭을 크게 하고 도류제 등을 설치하여 본류에 자연스럽게 합류하도록 계획한다.
3. 합류점에서 두 소하천의 하상경사 차이가 많을 경우에는 상대적으로 완만한 소하천 합류점에 퇴적이 발생하여 통수능 부족, 국부세굴 등의 문제가 발생하기 쉬우며, 이러한 경우에는 다음과 같이 처리하여 두 소하천의 경사를 될 수 있는 대로 비슷하게 합류시키도록 한다.
   (1) 합류점에 분류제(가름둑)를 설치하여 자연스럽게 합류시킨다.
   (2) 급경사 소하천의 합류점에 낙차공을 설치하여 하상경사를 조절한다.
   (3) 급경사 소하천을 우회하여 합류시킴으로서 합류경사를 비슷하게 만든다.

마. 하도의 평면 계획시 고려사항

1. 치수안전성이 확보된 소하천 구간은 하천 스스로의 저수로 형상을 조성할 수 있도록 유도하는 것이 원칙이며, 저수로를 인위적으로 고착시키는 계획은 지양한다.
2. 치수안전성이 확보되지 않은 소하천 구간은 1) 소하천 고유의 형태를 가능한 보전하여 사행하도록 유도하고, 2) 소하천의 자연적인 저류 및 하도습지, 놀둑과 같은 지체공간과 다양한 생물서식처를 조성하며, 3) 침식부와 수충부에 대한 안전도를 확보한다.
3. 저수로는 치수적인 제약이 크지 않은 조건에서 여울 및 웅덩이의 조성과 다양한 자연경관의 창출이 가능하므로, 치수적인 기능이 충분히 확보된 상태에서 흐름의 방향과 유속 등 상세한 하도의 수리학적 특성 및 생태계 현황을 조사하여 계획할 필요가 있다.
4. 저수로는 하상 유지공, 수제, 저수호안 등과 조합하여 정비되는데, 특히, 여울과 웅덩이의 조성 시에는 유사 퇴적 및 세굴에 의한 악영향이 발생하지 않도록 주의하여야 한다.
5. 저수로 형태를 정형화시킬 수 있는 개념인 저수로 법선 설정에 대해서는 경우에 따라서 일정부분 저수로의 형태변화를 허용하는 개념인 하안방어선을 설정하여 관리할 수도 있다.

6.2.2 하도의 종단계획

가. 하도의 종단형 결정

1. 하도 종단형은 계획하도가 계획홍수량을 안전하게 소통시킬 수 있고, 홍수류에 대해서 하상변동을 예측하여 안정된 하도가 유지될 수 있도록 하도의 계획하상경사 및 계획하상고를 결정하여 계획하여야 한다.
2. 소하천의 경우 하도의 종단형은 소하천환경의 관리측면을 고려하여 홍수소통능력 뿐만 아니라 생태계 보호, 어류의 서식처 제공, 소하천경관을 조성하는 등의 관점에서 결정해야 한다. 이때, 과거의 하천 종단형에 관한 자료를 얻을 수 있다면 이를 이용하는 것이 바람직하다. 또한 개수계획 수립 등

으로 사행을 이루는 기존 하도가 직선화된 하도가 되는 계획은 지양해야 한다.

3. 하도의 종단형 결정에서 고려할 사항은 다음과 같다.

(1) 하상변동 및 진행상황, 즉 하상변동 조사에 의한 하상경사의 변화지점이나 평균하상경사의 변경지점을 파악한다.

(2) 기존 하상을 변경시킬 경우는 계획하도구간의 상·하류 하도경사를 고려하여 장기적인 하상변동이 최소가 되도록 하여야 한다.

(3) 하도구간 내에서는 국부적 세굴과 퇴적현상을 억제시키고, 전체적인 세굴량과 퇴적량이 평형이 되도록 한다.

(4) 계획하도구간은 주변을 고려한 소하천환경이 될 수 있도록 종단형을 정하여 친수 환경을 조정한다.

나. 계획하상경사

1. 일반적인 소하천에서는 가급적 기존의 하상경사를 유지하도록 계획한다. 하상에 국부적인 변화가 진행되고 있지 않는 이상 현 하상에 따라 계획하상경사를 결정하는 것이 장래의 하도유지에 가장 안전하고 공사비도 적게 들기 때문이다.
2. 새로운 하도계획에 따라 현 하상을 변경할 때, 즉 신설하도 건설과 같이 소하천의 일부를 개수할 경우는 계획구간 전후의 하상변화를 감안하여 결정해야 한다.
3. 전체적으로 하상경사를 변경하는 경우는 장래의 하도 안정을 충분히 고려해서 변경해야 한다.
4. 하상경사는 가급적 상류에서 하류까지 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.

다. 계획하상고

1. 계획하상고는 계획하상경사, 계획횡단형과 제내지 지반고, 하도주변의 지하수위, 소하천내 취수위, 지류하상고, 암반 노출지점의 하상고, 기존에 설치된 중요한 구조물의 바닥높이, 하도내 유속 등을 고려해서 결정한다.

2. 하상경사가 급하거나 모래질 하상이어서 하상세굴이 우려되는 경우 낙차공과 같은 하상유지공을 설치하여 하도를 안정시키도록 하여야 한다.
3. 하상유지공의 간격은 하도내 유속, 하상재료 등을 감안하고 하상변동예측을 실시하여 세굴 및 빠른 유속에 의한 구조물의 안정에 문제가 없도록 가급적 촘촘히 계획하여야 한다.

라. 안정하도 계획

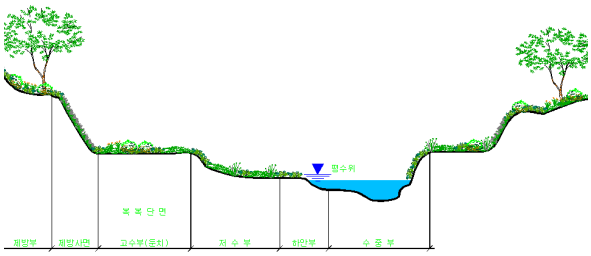
1. 안정하도란 소하천에서 장기간의 국부적인 세굴과 퇴적이 반복되어 마지막에는 그 하상경사와 단면의 크기 및 형상이 일정한 상태인 평형상태에 도달하게 되어 안정상태를 유지하는 하도를 말한다.
2. 안정하도를 이루기 위한 하도조절은 원활한 홍수소통, 환경과 생태계 등을 고려한 최적 하도수심의 유지, 유사 이송과 퇴적이 심하여 비평형 상태를 이루고 있는 소하천의 개수 또는 단순히 하상이나 제방의 침식방지 등과 같은 목적을 위해서 소하천 선형의 정렬, 하폭, 하상 등을 조합하는 안정화 사업을 포함한다.
3. 소하천과 같은 자연하천에서는 상류에서 토사발생량이 많고, 하도내에서도 유속의 변화가 크기 때문에 지형과 지질 및 토질상태에 따라 수시로 하상변동이 발생하므로, 이에 따라 하도의 홍수소통능력이 변화하고 호안이 파괴되거나 이수를 위한 취수 및 내수배제의 곤란, 지하수위의 변동 등 여러 가지 피해가 발생하게 된다.
4. 따라서 하상변동을 방지하기 위해서는 효과적인 하상변동 억제공법을 이용하여 하상의 변동을 최소화함으로써 필요한 수위의 확보와 안정하도를 유지하고 장래의 하상변동을 예측하고 미리 대비책을 세워서 최대한 억제할 수 있는 방안을 강구해야 한다.

6.2.3 하도의 횡단계획

1. 횡단계획은 계획홍수량의 소통능력, 생물의 다양한 서식공간 확보, 주변토지이용상황, 하도의 특성, 농경지·홍수터 등의 소하천부지 이용계획, 소하천 환경관리를 위한 공간계획 그리고 하도의 유지관리 난이도 등을 고려하여 결정한다.
2. 소하천은 홍수량이 크고 상대적으로 갈수량은 적기 때문에 계획 횡단형은

가급적 복단면으로 계획하는 것이 좋으며, 인위적인 사다리꼴형의 복단면 계획보다는 본래의 횡단형상을 최대한 살려서 자연적인 모양이 나타나도록 한다. 더불어 완경사로 계획하여 횡방향으로의 생태적 연속성이 확보될 수 있도록 하여야 한다.

3. 도시하천의 하도는 치수적 목적을 우선하여 직강화하고, 횡단면은 일률적으로 직사각형 또는 사다리꼴 형태로 조성되는 경우가 많다. 그러나 이러한 하천의 횡단은 자연하천의 횡단면형과 거리가 멀고, 생태·수리적으로도 바람직하지 못하다. 일률적인 하천단면은 하천의 물리적, 생태적 특성을 고려하지 않은 것이므로 상류에서 하류로 오면서 다양한 형태의 단면으로 계획하도록 한다.



<그림 6.5> 하도의 횡단계획

제3절 제방 및 호안

6.3.1 제방

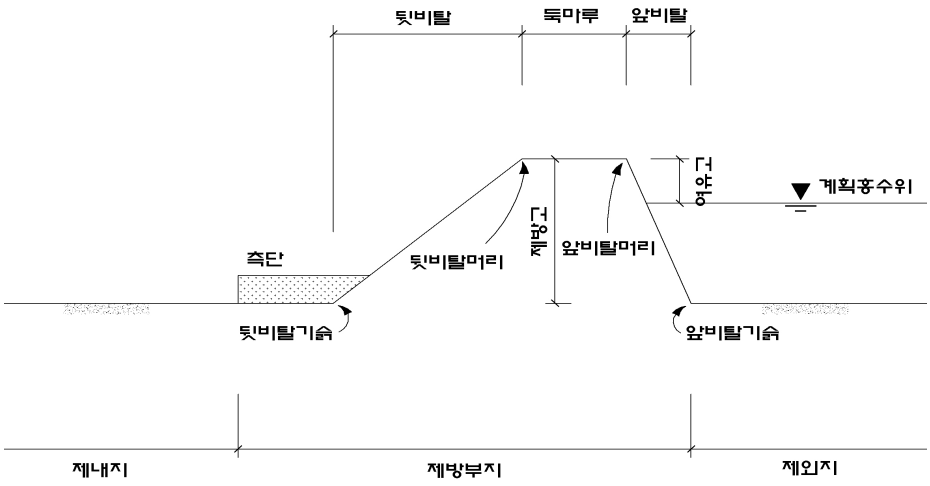
1. 제방은 소하천내 유수가 월류하여 제내지측이 침수되는 것을 방지하고, 유수의 소통을 원활하게 하기 위한 구조물로서, 통상 계획홍수량 유하시 발생되는 계획홍수위에 여러 가지 조건을 고려한 여유고를 더한 높이 이상으로 설치한다.
2. 또한, 제방은 평균 높이가 0.6 m 이상이며, 하도의 일정구간을 평균적으로 보아 둑마루나 흉벽의 마루에서 제내 지반까지의 높이가 0.6 m 미만인 하도를 굴입하도, 둑마루가 제내 지반보다 낮은 하도를 완전 굴입하도로 분류

하고, 일반 제방과는 기준을 달리 적용할 수 있다.

3. 소하천으로의 접근성을 보장하고 제내지와 둔치 또는 하도 사이의 생물 이동이 차단되지 않도록 제방 경사는 가능한 완경사로 조성한다.
4. 둔치의 폭이 충분히 넓어 공간적으로 여유가 있는 경우에는 완경사로 제방을 설계하는 것이 원칙이나, 하폭이 충분하지 않은 경우 무리하게 완경사로 조성하는 것은 소하천의 자유로운 사행을 제약하게 되므로 바람직하지 않다.

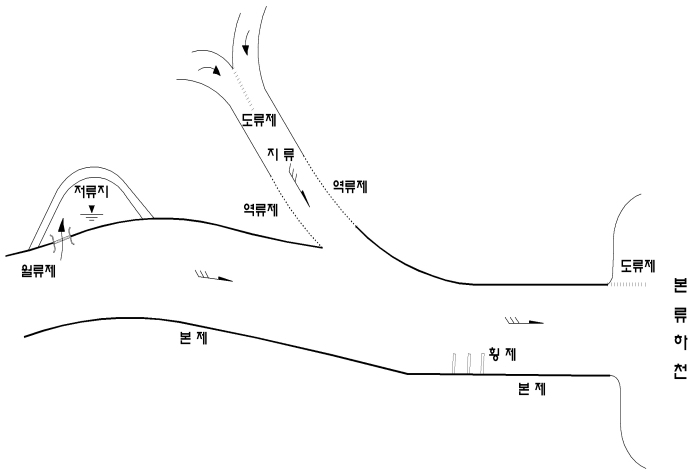
가. 제방의 구조 및 종류

1. 제방은 일반적으로 둑마루, 앞비탈 및 뒷비탈로 구성되고 제체 및 지반누수 방지 등을 위한 측단이 배치된다. 이러한 구성은 필요에 따라 형태를 조정하여 사용한다.
2. 제방법선은 앞비탈머리를 소하천 종방향으로 연결한 선으로서, 하도계획에서 결정한 평면계획 등을 고려하여 결정하며, 지형학적인 하천구역을 최대한 포함하도록 설정하여 소하천 스스로의 지체 및 저류 효과를 활용하고 축제구간을 최소화하여 하도 내 자연성 보장과 제방으로 인한 생태계 연속성 단절을 피하도록 설계한다.



<그림 6.6> 제방의 구조

3. 제방의 종류는 일반적으로 ① 본제(main levee), ② 횡제(가로둑, cross levee, lateral levee), ③ 도류제(guide levee), ④ 월류제(overflow levee), ⑤ 역류제(back levee) 등으로 구분할 수 있으며, 설치 위치 및 기능을 도식화하면 다음과 같다.



<그림 6.7> 제방의 종류

나. 제방의 재료

1. 제방은 일반적으로 흙으로 축조되는데 이는 다음과 같은 장점이 있기 때문이다. ① 재료 확보가 용이하다. ② 노화현상이 일어나지 않는다. ③ 부등침하가 일어나기 쉽지만 연속된 구조물이기 때문에 복구가 용이하다. ④ 기초지반과 융합이 잘 된다. ⑤ 장래에 확장이 용이하다. ⑥ 경제적이다.
   위의 장점에도 불구하고 토지이용상태나 그 외의 사정으로 인해 부득이 한 경우에는 전부 또는 중요한 부분을 콘크리트, 널말뚝 또는 이에 준하는 재료로 축조할 수 있다.
2. 축제 재료로서 흙은 부득이한 경우를 제외하고는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.
   (1) 물이 포화되었을 때 비탈면 활동이 잘 일어나지 않을 것.
   (2) 투수계수가 작고($k = 1.0\times10^{-3}$ ㎝/sec 이하), 시공이 용이할 것.
   (3) 물에 용해되는 성분을 포함하지 않을 것.

(4) 내부마찰각이 클 것. 특히, 물이 포화상태일 때 내부마찰각이 크게 낮아지지 않아야 되며, 습윤이나 건조에 의한 팽창, 수축이 크지 않을 것.

(5) 풀이나 나무뿌리 등의 유기물을 포함하지 않을 것.

(6) 부득이한 경우에는 제방의 안전성에 문제가 없음을 입증시키는 시험을 행한 후 사용할 것.

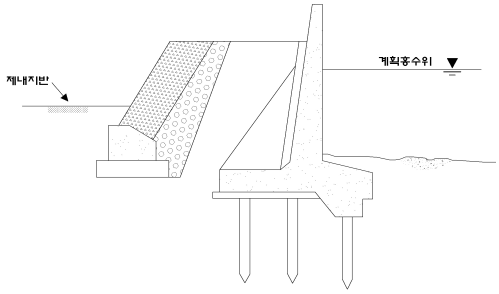
3. 하상토는 시공성 등을 감안할 경우 축제 재료로서 사용가능하나 그 외의 기준을 만족시키지 못하는 경우(투수계수가 큰 단점 등) 관련규정 등에서 제시한 제방강화공법 및 하상토 안정대책공법 등을 참조하여 안정대책을 수립하되, 현장여건을 충분히 고려하여 선정하도록 한다. 특히, 소하천은 홍수지속기간이 짧은 점 등을 고려하여 하상토의 사용여부를 면밀히 검토할 필요가 있다.

다. 제방의 다짐

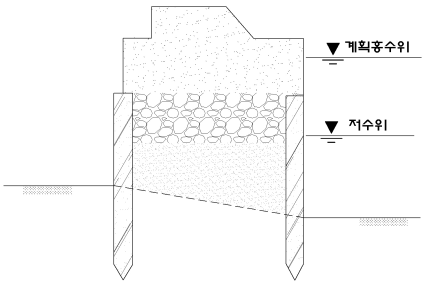
1. 축제재료의 다짐도는 90% 이상으로 하고, 구조물 주변은 다짐도를 95% 이상으로 하되, 구조물 주변의 뒷채움재는 반드시 양질의 성토재(SM 및 SC 등)를 사용하여 누수에 대한 안전을 확보하여야 한다.
2. 제체 재료의 다짐은 장비 다짐을 원칙으로 하며, 다짐장비의 선정, 다짐횟수, 포설두께 등의 경우 현장여건을 고려해야 한다.
3. 구조물 주변 뒷채움의 범위는 구조물 측면의 경우 기초저면에서 수평 방향으로 1.0 m 이상으로 하고 측면경사는 1 : 1.5 이상, 구조물 상단으로부터 수직방향으로 0.6 m 이상으로 하여, 차수 및 역학적 안정 모두를 고려한 최소 범위 이상으로 하며, 다짐장비는 램머나 진동식 다짐기 등 소형다짐기를 이용하여 실시한다.

라. 특수 제방

제방은 대부분 경제성 및 시공성 등을 고려하여 흙으로 축조하지만, 하도의 조건, 제내지의 중요도 등을 고려 흙으로 축조하는 것이 어려운 경우 콘크리트 옹벽, 널말뚝 등의 특수한 구조로 시공할 수 있으며, 그 일반도는 다음과 같다.



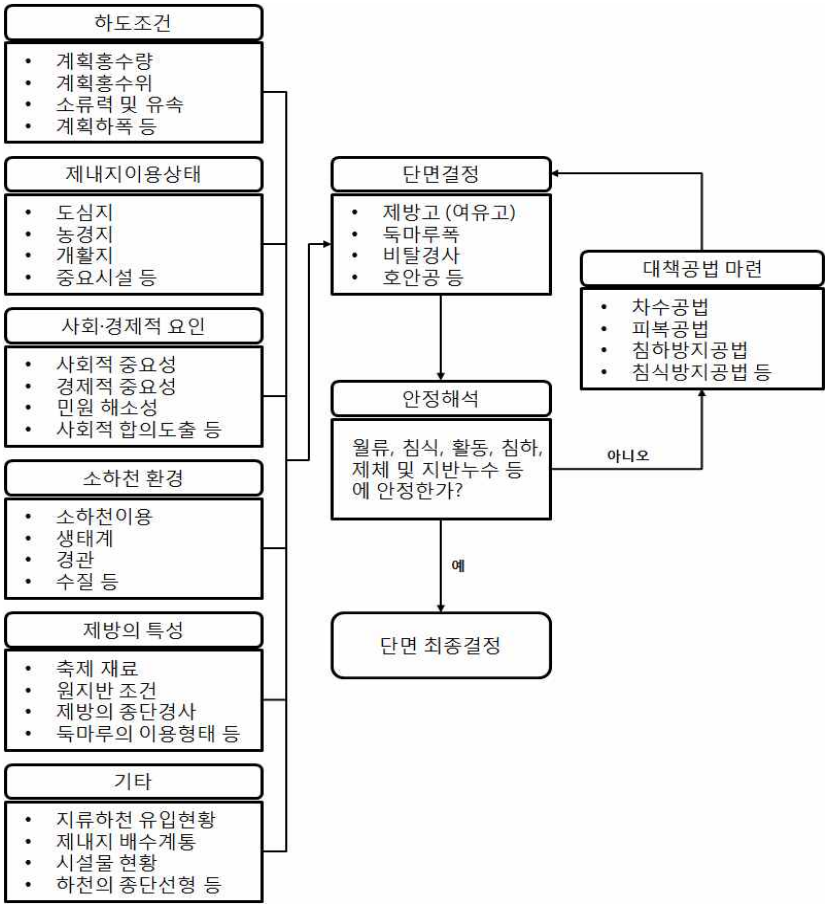
<그림 6.8> 콘트리트 옹벽 제방



<그림 6.9> 널말뚝 제방

마. 제방의 설계

1. 제방설계는 하도와 제내지 상황, 사회경제적 여건, 소하천환경, 축제재료 및 원지반 상태 등을 종합적으로 고려하여 제방단면을 결정한 후 결정된 단면에 대해 안정계산을 실시하여 필요한 안전율을 확보할 수 있도록 최종 단면을 결정한다.
2. 하상재료 사용과 같이 안정성이 확보되지 못한 경우에는 그 대책을 마련하거나 제방 단면의 제원을 수정하여 필요한 안정성이 확보될 수 있도록 해야 한다.



<그림 6.10> 제방 단면의 결정

(1) 제방고 및 여유고

① 제방고는 계획홍수위에 여유고를 더한 높이 이상으로 한다. 단, 굴입하도 등과 같이 계획홍수위가 제내 지반고보다 낮고, 산지부 등과 같이 지형상황으로 보아 치수상 지장이 없다고 판단되는 구간에서는 예외로 한다.

② 둑마루에는 유지관리를 위한 잡석 부설 등을 시행하며, 이로 인해 생긴 높이는 제방고에서 제외하고, 필요에 의해 잡석부설 상단에 포장(콘크리트 또는 아스팔트 등)을 시행하는 경우, 현장 여건 등을 고려하여 포장 상단을 제방고로 결정할 수 있다.

③ 여유고는 계획홍수량에 상응하는 계획홍수위에 소하천에서 발생할 수 있는 여러 가지 불확실한 요소들에 대한 안전값으로 주어지는 여분의 제방높이를 지칭하며, 일반적으로 계획홍수량을 기준으로 최소로 확보해야 하는 여유고는 다음과 같다.

<표 6.2> 계획홍수량에 따른 여유고

계획홍수량(m^3/sec)	여유고(m)
200미만	0.6이상
200~500	0.8이상

④ 다만, 계획홍수량이 50 m^3/sec 이하이고 제방고가 1.0 m 이하인 소하천에서는 제방의 여유고를 0.3 m 이상으로 할 수 있다.

⑤ 계획홍수량별 여유고는 일반하도에서의 최저치로서 실제 여유고는 소하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 주변접속도로, 사회 및 경제적 여건 등을 고려하여 결정해야 한다.

(2) 둑마루폭

① 둑마루폭은 침투수에 대한 안전의 확보, 홍수시의 방재활동, 친수 및 여가공간 마련 등의 목적을 달성할 수 있도록 결정하며, 계획홍수량을 기준으로 최소로 확보해야 하는 둑마루폭은 다음과 같다.

<표 6.3> 계획홍수량에 따른 둑마루폭

계획홍수량(m^3/sec)	둑마루폭(m)
100미만	2.5 이상
100~200	3.0 이상
200~500	4.0 이상

② <표 6.3>의 둑마루폭은 제방고 상단을 기준으로 한 값으로, 둑마루에 잡석부설만 시행한 경우는 잡석부설 하단이 기준이며, 포장을 시행하여 포장 상단고를 제방고로 결정한 경우는 포장 상단의 폭을 기준으로 하여야 한다.

③ 계획홍수량별 둑마루폭은 관리용 도로 등을 고려하여 규정한 최소치로서 실제 둑마루폭은 소하천과 제방의 중요도, 제내지 상황, 사회경제적 여건, 둑마루의 이용성 등을 고려하여 결정해야 한다.

④ 둑마루표면은 계획제방고 위에 약 20 ㎝ 두께의 잡석 등을 부설하여 차량 및 농기계의 이동으로 인한 요철이 발생하지 않도록 하되 둑마루를 자전거도로, 산책로 등으로 조성하는 경우, 이용목적에 적합한 공법으로 포장계획을 수립토록 한다. 또한, 다짐층은 횡단경사를 3 ~ 6%를 두어 원활한 배수가 이루어질 수 있도록 하여야 한다.

⑤ 소하천의 규모가 크고 자산이 밀집되어 별도의 관리용 도로가 필요한 곳을 제외한 관리용 도로는 제방의 둑마루 이용을 원칙으로 한다.

(3) 비탈경사

① 소하천으로의 접근성을 보장하고 제내지와 둔치 또는 하도 사이의 생물 이동이 차단되지 않도록 제방 경사는 가능한 완경사로 조성한다.

② 둔치의 폭이 충분히 넓어 공간적으로 여유가 있는 경우에는 완경사로 제방을 설계하는 것이 원칙이나, 하폭이 충분하지 않은 경우 무리하게 완경사로 조성하는 것은 소하천의 자유로운 사행을 제약하게 되므로 바람직하지 않다.

③ 통상 하천에서의 제방은 유수의 침투에 대해 안정한 비탈면을 가져야 한다. 이를 위해 제방고와 제내지반고의 차이가 0.6 m 미만인 굴입하도 구간을 제외하고는 1 : 3.0 또는 이보다 완만하게 설치함을 원칙으로 한다. 그러나 소하천의 경우 현장조건 및 하천 특성상 비탈경사 1 : 3.0을 확보하기에 어려움이 많으므로, 1 : 2.0 또는 이보다 급한 경사 설치가 가능하나 하폭이 충분히 확보된 구간에서는 제방의 안정성확보 및 친수성 증가를 위해 비탈경사 1 : 3.0 이상의 완경사 제방을 검토한다.

④ 지형조건, 기존제방과 연결 등 부득이 하게 비탈경사를 1 : 3.0 보다 급하게 결정해야 하는 경우 제방 또는 지반의 토질조건, 홍수지속시간 등을 고려하여 제방의 안전성을 검토한 후 비탈경사를 결정해야 한다. 단, 지형조건 등에 따라 불가피하게 설치된 흉벽의 경우 예외로 한다.

(4) 측 단

소하천의 제방규모 등을 고려할 때 측단은 필수적으로 설치할 필요는 없으나, 제방의 안정, 뒷비탈의 유지보수, 제방 둑마루의 차량 통행에 의한 인위

적 훼손 방지, 경작용 장비 등의 통행, 비상용 토사의 비축, 생태 등을 위해 필요한 경우에는 제방 뒷기슭에 설치한다.

(5) 제방의 안정

① 역학적인 안정성 평가는 기초지반의 압밀침하량 및 측방유동 등을 평가하여 외력과 저항력의 균형, 한계상태의 파괴조건에 근거하여 평가한다. 그러나 제방의 파괴는 월류, 세굴, 누수 등에 의해 발생할 수 있으며, 이러한 현상들은 역학적으로 서로 다른 특성을 지니고 있다.

② 침투류 계산 방법은 정상 해석법과 비정상 해석법이 있으며, 비정상 해석법의 경우 포화 해석 및 포화·불포화 해석이 있다.

③ 제방 활동에 대한 안정성은 비정상 침투류 계산 및 원호 활동법에 의한 안정 계산에 의해서 평가된다. 지반조건에 따라 원호 활동면 이외의 파괴면을 가정하는 것이 적절하다고 판단되는 경우는 기초지반의 압밀침하량 및 측방유동 등을 평가하여 안정계산을 실시한다. 비정상 침투류 계산은 시간에 따라 변화하는 제방 수위를 외력으로 주어서 침윤면의 위치 및 수두 변화를 분석하는 것으로, 침윤면의 형상과 수두 분포로부터 국부동수경사를 계산할 수 있다.

(6) 침투에 대한 대책

① 제방의 침투 또는 누수란 외수위가 상승하여 제체 또는 지반을 통해 제내측으로 침투수가 유출하는 현상을 말하며, 제체를 침투해오는 제체누수와 지반을 침투해 오는 지반누수가 있다.

② 제체누수는 제체의 침윤선이 결정적인 요인이 되므로 침윤선을 낮추어 제체하부에 위치하도록 해야 하며, 지반누수가 예상되는 경우 반드시 제체계획 외에 별도로 적절한 대책공법을 강구해야 한다.

③ 지반의 투수성이 높은 경우에는 수위가 상승함으로써 침투압이 증가하여 제내지측 지반에 침투수가 용출하는 파이핑 현상이 발생하므로, 이에 대한 안정성을 검토한다.

④ 배수통문의 설치는 제체누수의 주요 원인이 될 수 있으므로 배수통문 주변은 램머, 진동다짐 등을 이용하는 정밀시공을 실시하고, 누수 가능성이 큰 지점은 차수벽 등 적절한 대책을 강구한다.

⑤ 침투에 대한 제방의 보강은 홍수 특성, 축제 이력, 토질 특성, 배후지의 토지이용상황, 효과의 확실성, 경제성 및 유지 관리 등을 고려해서 적절

한 공법을 선정한다.

⑥ 침투에 대한 보강공법은 크게 제체 및 기초지반에 대한 것으로 분류되는데, 제체 침투에 대한 보강공법은 제체 동수경사 저감 및 경사면 파괴활동 안전성을 증가시키기 위한 단면 확대공법, 강우나 유수의 제체내 침투를 방지·억제하기 위한 앞비탈면 피복공법 등이 있다.

⑦ 기초지반 침투에 대한 보강공법은 기초지반에 차수벽을 설치하여 침투파괴를 방지하는 차수공법 및 제외지쪽 고수부 표층을 불투수성 재료로 피복함으로써 침투유로의 연장을 통한 침투압을 저감하는 피복공법 등이 있다.

(7) 제방 활동에 대한 대책

① 제방의 활동에 대한 안정해석은 침투류 계산에 의한 침윤면을 고려하여 원호 활동법에 근거해 경사면 파괴에 대한 최소 안전율을 산출한다.

② 원호 활동법에 의한 안정계산은 여러 방법이 제안되고 있지만, 그 중 간편분할법을 원칙적으로 이용하고 필요시 기타 방법을 검토할 수 있다.

③ 제체 및 기초의 활동파괴에 대한 안전성 검토에서 하중은 자중, 정수압, 간극수압 등으로 하고 이를 제방의 포화상태에 따라 적용해야 한다.

④ 원호 활동법에 의한 안정계산은 계획홍수위시 비정상 침투해석을 통한 침윤면을 고려하여 수위 급강화시의 안정성과 앞비탈 및 뒷비탈 경사면 파괴에 대한 안전율을 구한다.

⑤ 제체 상태에 따른 안전율은 제방의 종방향, 둑마루부 종방향의 인장균열 및 제체침투 등의 고려 유·무에 따라 다음 표와 같이 적용한다.

<표 6.4> 제체 상태에 따른 안전율

제체상태	간극수압상태	안전율
인장균열 미고려시	간극수압을 고려하지 않는 경우 간극수압을 고려하는 경우	2.0 이상 1.4 이상
인장균열 고려시	간극수압을 고려하지 않는 경우 간극수압을 고려하는 경우	1.8 이상 1.3 이상

(8) 제방 침하에 대한 대책

① 제방침하의 원인은 지반의 탄성침하, 압밀, 흙이 측방으로 부풀어 오르는 현상 등을 생각할 수 있으므로 지반조사를 통해 기초지반의 압밀침하량을 산정하여 안전하고 경제적인 제방이 되도록 설계해야 한다.

② 연약지반상에 제방을 축조하는 것은 가능한 피하는 것이 원칙이지만 제방법선을 설정할 때 부득이 연약지반에 축조하는 경우가 있다. 이러한 경우에는 지반조사를 통해 NX 규격(55 mm, KS-3107)이상으로 자연시료를 채취하고 물리시험 및 역학시험 등을 실시함으로서 연약지반상의 침하량을 추정하고 대책공법을 결정하여야 한다.

③ 연약지반상 구조물의 기초지반은 연약지반처리공법을 적용하는 것으로 하며 말뚝기초 사용을 원칙적으로 금지하는 것으로 한다. 단, 부득이 말뚝기초를 사용하는 경우 구조물의 부등침하, 공동발생, 파이핑, 히빙(heaving), 측방유동, 부마찰력 등에 대한 안전대책을 반드시 강구하여야 한다.

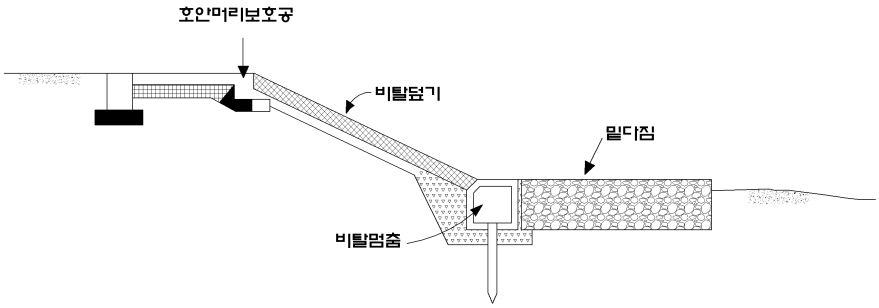
(9) 소하천에서는 석축, 콘크리트 옹벽 또는 보강토 옹벽 등을 이용하여 제방과 호안의 역할을 하도록 하는 경우가 많으나 이에 대한 안정성 검토의 미비로 피해가 발생하는 경우가 많다. 따라서, 석축, 콘크리트 옹벽 또는 보강토 옹벽의 경우 상기 (5)~(9)의 기준 등을 선택적으로 적용하고 전문기술사의 확인 등을 통해 안정성을 반드시 확보하여야 한다.

6.3.2 호안

1. 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위해 제방 앞비탈에 설치하는 구조물들을 총칭하여 호안이라 지칭한다.
2. 호안은 제방 또는 하안의 비탈면을 보호하기 위해 설치하는 비탈덮기, 비탈덮기의 밑부분을 지지하여 비탈덮기의 활동과 비탈덮기 이면의 토사 유출을 방지하기 위해 설치하는 비탈멈춤, 비탈멈춤 앞쪽 하상에 설치하여 하상세굴을 방지함으로써 기초와 비탈덮기를 보호는 밑다짐, 저수호안의 경우 상단부와 둔치와의 접합을 확실하게 하고 저수호안이 유수에 의해 이면에서 파괴하지 않도록 보호하는 호안머리 보호공 등으로 구성된다.

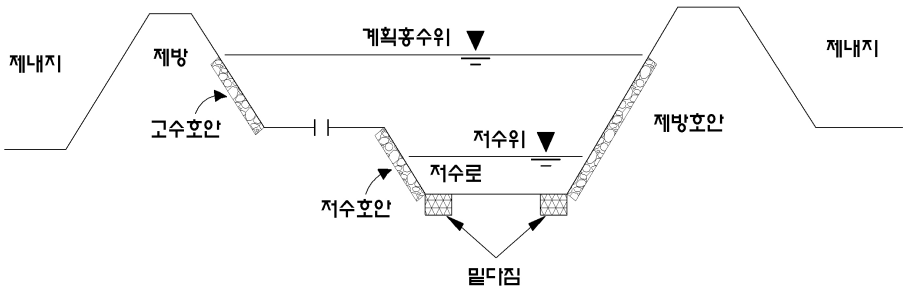
가. 호안의 구성 및 종류

1. 호안의 일반적인 구성은 다음 <그림 6.11>과 같으며, 비탈멈춤은 기초와 겸하는 경우가 있으며, 제방의 누수를 억제하기 위한 별도의 차수판을 설치할 수 있다.



<그림 6.11> 호안의 구성

2. 호안의 종류는 설치 위치, 주요 설치 목적, 주요 재료, 형태 등에 따라 다양하게 분류할 수 있다. 설치 위치에 따른 분류로는 다음 그림과 같이 고수호안, 저수호안 및 제방호안으로 나뉘며, 소하천에서는 주로 제방과 저수로 하안을 일체로 설치하는 제방호안 형태를 갖는다.



<그림 6.12> 호안의 설치에 따른 분류

나. 호안의 설계

1. 호안은 최소 경비로 최대 목적을 달성할 수 있도록 비탈덮기, 기초, 비탈멈춤, 밑다짐의 네 부분 중 일부 또는 전부를 조합하여 설치한다.
2. 이론적 계산에 의해서만 호안을 직접 설계하는 것은 현재의 기술수준으로는 어려우며 이론의 한계를 감안하여 경험과 이론의 양면을 고려하여 설계한다.
3. 경사가 급한 호안에서는 토압이나 수압에 의한 붕괴가 많이 발생한다. 특히 수면하강 속도가 빠르거나 간만의 차가 큰 감조부에서는 토압이나 수압에 의한 붕괴의 위험이 높으므로 이에 대해 충분하게 고려해야 한다.

4 연속된 호안의 중간에서 비탈경사를 급격히 변화시키게 되면, 그 변화점 부근이 위험하게 되므로 이를 피하여야 한다. 부득이 연속된 호안의 도중에서 구조를 변화시킬 때에는 급격한 변화를 피해 완만하게 변화시켜야 한다.

5 교량, 보, 낙차공 등의 구조물 상하류에는 호안을 설치하여 구조물을 보호해야 하며, 호안이 교량이나 암거 등의 구조물과 연결되는 구간에서는 구조물의 되메우기 구간이 느슨하여 파괴되면서 호안이 붕괴되는 경우가 발생한다. 따라서 구조물 배면의 되메우기 구간과 구조물 전후(특히 직상류) 구간에서는 호안과 구조물이 안정될 수 있도록 구조물이 제외지로 돌출(암거 및 교대 등)되지 않도록 하고, 구조물에 접한 호안 배면에 필터매트 등을 설치하여 토사 등의 유출을 방지할 수 있도록 하여야 한다.

6 호안의 설치 위치와 연장은 하도 내의 수리현상, 세굴, 퇴적의 변화 등을 고려하여 결정하며, 급류 하천이나 준급류 하천에서는 전 구간에 걸쳐서 호안을 설치하고 완류 하천에서는 수충부에 중점적으로 설치한다.

7. 계획홍수위 보다 높은 곳이나 제내지측에는 통상 줄떼로 계획하는 경우가 많지만, 유지·관리 문제 및 인근 식생이 우점하여 줄떼 활착에 문제가 발생하는 경우가 있으므로 설계시 충분히 검토후 시행하여야 한다.
8. 호안을 설치해야 하는 경우 소류력 또는 유속에 따라 호안공법을 선정해야 하며, 수리학적으로 안정성이 확보된 이후 다음과 같은 사항을 고려 객관적인 평가를 통한 호안공법을 결정할 수도 있다.

<표 6.5> 호안의 평가

평가항목	검토방법
안전성	홍수시 발생하는 하도내 유속 및 소류력에 견딜수 있는 내구성 판단
경제성	단위면적(㎡)당 공사비를 산정하여 경제성 비교
시공성	재료 취득의 용이성 및 시공방법의 간편성과 외부조건에 영향을 받는 정도를 판단
친환경성	소하천환경 및 생태계 복원에 유리한 재료와 공법을 사용하는지 여부
경관성	호안이 주변경관과 조화를 이루고 미관이 수려한지 여부에 대한 시각적 척도를 마련
유지관리	유지관리가 용이한지 여부와 별도의 주기적인 유지관리의 필요성 등을 판단
범용성	호안공법으로 일반화되어 널리 사용되는 공법인지의 여부
기 타	현장조건과 부합여부

9. 소하천의 제방 및 호안붕괴는 수충부에서 많이 발생하므로, 수충부의 호안 공법 선정에 세심한 주위가 필요하며, 우선적으로 유속 및 소류력을 감소시킬 수 있는 수제 설치 또는 유로변경 등을 검토한다.
10. 수충부의 범위는 현장조건 및 사행파장 등을 감안하여 충분한 길이로 결정하고, 호안으로 보강함으로서, 홍수시 침식에 의한 피해를 최소화 한다.
11. 수충부에서는 유속 및 소류력이 상대적으로 크게 나타나므로 경성호안(식생매트 등)은 지양하여야 하고 강성호안(거석놓기, 옹벽 등) 등을 설치하여야 하며, 수충부 주변의 2차적인 피해를 막기 위해 충분한 길이로 호안을 설치하고, 만곡부의 수위 상승을 충분히 고려하여 호안고를 결정하여야 한다.
12. 소하천의 특성상 하상경사가 급하고 하폭이 협소하며, 평면상 굴곡이 심하여 하도내 유속이 급하게 형성되고, 비탈경사가 급한 구간이 대부분이며, 수충부가 다수 존재하는 경우가 많다. 따라서 소하천의 경우 호안은 가능한 강성호안을 선정하여 설계하도록 하며, 일부 하류부의 완만하고 하폭이 넓

은 구간은 친수성 확보 등의 차원에서 완경사의 경성호안 선정도 가능하다. 즉, 소하천 상류부 및 수충부에는 강성호안을 하류부는 경성호안을 적용하되, 유속, 소류력, 친환경성, 경제성 등 제반조건을 충분히 검토하여 공법을 선정한다.

13. 저수호안 및 고수호안 공법을 대분류로 나누면 다음 <표 6.6>, <표 6.7>, <그림 6.13>, <그림 6.14>와 같고, 제방호안 형태로 설계하는 경우 저수호안 및 고수호안 공법 둘 다 적용 가능하며, 현장조건과 설치목적에 부합하는 공법을 선정한다.

다. 호안 설계시 고려사항

1. 제방 및 둔치호안은 상류에서 발생한 홍수를 안전하게 하류로 소통시키는 것을 목적으로 조성된 구조물이므로, 홍수시 이들의 붕괴나 국부세굴이 발생하지 않도록 내구성이 보장된 형태와 재질로 구성되어야 한다.
2. 둔치호안은 침식 또는 세굴의 가능성이 있는 구간에 한하여 호안을 조성해야 하며, 하천 전 구간에 좌우 대칭 형태의 호안조성은 지양한다.
3. 둔치호안은 치수 안전성을 유지하기 위하여 주로 제방 법면에 식생녹화공법을 이용하여 제방을 보호하도록 설계되어야 함과 동시에, 제외지의 생태적인 연결성을 확보하여 하천동식물들의 서식환경과 이동통로로서의 기능을 가질 수 있는 구조로 설계되어야 한다.
4. 둔치호안의 기울기는 가급적 완만하게 하여 물리적인 안전성을 확보하고 다양한 식생대가 조성될 수 있도록 유도해야 하며, 유수의 흐름과 수충부 등을 고려하여 자연 상태에 가깝도록 비대칭 형태로 조성하여야 한다.

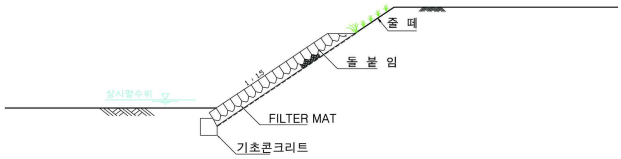
<표 6.6> 저수호안 공법

구 분	공 법	장 점	단 점	시공경사
식생계 호안	·이토 및 부석 등을 제거하고 절취 및 면고르기 ·양질의 토사를 포설 ·식생매트 포설 및 고정핀 박기 ·복토 및 관수	·경관 및 미관이 수려함 ·식물활착 증대 및 유실 방지 ·다양한 생물의 서식공간 확보 ·식물뿌리와 매트가 결합하여 토양의 유출 및 침식을 방지 ·운반 및 설치 시공이 간편함 ·녹화율이 뛰어나고, 원하는 식생경관의 연출이 가능	·유속이 빠른 구간은 적용 어려움 ·일정 시점까지 관수가 필요 ·식생 활착전에는 유실의 우려가 있으므로 설치시기 조정이 필요	1 : 2.0~5.0
블록계 호안	·이토 및 부석 등을 제거하고 절취 및 면고르기 ·옹벽블록 조립 ·속채움-식생공간 복생토 채움 ·뒷채움-잡석 ·보강다짐, 배수로 설치 ·식재	·내구성과 내진성이 우수 ·중력식설계로 토압에 효과적이어서 구조적으로 안정됨 ·녹화,어소기능을 갖추고 있어 환경보존 및 생태계 복원성 우수 ·급, 완구배에 적용가능 ·일정간격 구획설치로 제품손괴시 유지보수 용이	·제품중량이 비교적 높음 ·곡선구간 및 단차지역에 정밀시공요구	1 : 0.3~3.0
연결 블록계 호안	·이토 및 부석 등을 제거하고 절취 및 면고르기 ·기초콘크리트를 타설하고 부직포 설치 ·블록 설치하고, 연결볼트로 연결 ·뒤채움 및 복토 ·식재	·블록과 블록을 연결볼트로 연결하므로 시공 후 견고성이 뛰어남 ·블록에 형성된 각을 이용한 곡면 시공이 용이함 ·식생에 의한 환경 복원성이 우수	·고중량으로서 현장내에서의 운반 및 안전에 주의 ·장비에 의존하여 시공하여야 함	1 : 0.3~1.0
방틀계 호안	·기초 면고르기 실시 ·볼트이용하여 가로부재와 세로부재를 적층·교차하여 방틀 설치 ·완성된 방틀내부를 규격 골재(150~250 mm)로 속채움 작업 ·식생도입 방법에 따라 부대공	·일체형 구조로 안정성 우수 ·견고하고 시공성 양호 ·친수공간 조성 및 도시 하천경관 창출 ·어소기능과 수질 자연정화 기능 ·경관성 우수	·고비용 호안공 ·건천 및 간헐천은 적용불가 ·평수위의 변동이 심한 곳은 공법 도입이 곤란 ·목재는 시공중 파손에 유의	1 : 1.0~2.0
석재계 호안	·자연석, 전석, 발파석 등을 이용하여 메(찰)쌓기, 메(찰)붙임으로 저수로 사면을 보호하는 공법 ·석재와 철망, 와이어로프 등의 자재를 함께 이용 가능 ·소하천여건에 따라 호안공, 여울공, 수제공 등 다양한 공법적용이 가능 ·여건에 따라 식재 가능	·자연석과 틈새에서 자라는 식물로 구성됨으로써 매우 자연적인 경관을 연출 ·재료의 특성상 소하천의 자연스러운 경관 창출 ·유수력에 저항하는 힘이 커 하상 및 호안의 세굴을 방지하고 설치 후 사면안정에 효과적임	·콘크리트 제품에 비해 다소 고가 ·자연석을 사용할 경우 재료구입 어려움 ·식생이 비좁은 돌 틈 사이에서만 가능하며 유실 등으로 인하여 식생활착이 원활치 않아 생태하천의 기본인 왕성한 수변식물 생육이 불가	1 : 1.0~3.0
망태계 호안	·기초 면고르기 실시 ·큰 소류력에도 견딜 수 있도록 게비온 철망틀을 서로 체결하여 조립한 후 그 안에 식생포대를 넣고 현장의 흙으로 채워 설치 ·복토	·식생포대에 채워진 흙과 제체가 일체가 되어 안정적임 ·식생활착이 우수함 ·씨앗이 부착되어 있어 별도 파종이나 식재가 불필요 ·굴요성이 좋아 밑다짐부 세굴에 저항성이 큼	·곡선부 시공시 주의를 요함	1 : 0.3~3.0

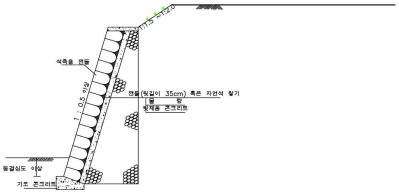
<표 6.7> 고수호안 공법

구 분	공 법	장 점	단 점	시공경사
식생계 호안	·이토 및 부석 등을 제거하고 절취 및 면고르기 한 후 ·양질의 토사를 포설 ·식물을 직접 식재하거나 종자를 포설하는 공법 ·유속이나 소류력에 대한 저항력을 다소 높인 매트 및 고정핀 등을 이용한 공법	·경관 및 미관이 수려함 ·식물활착 증대 및 유실방지 ·다양한 생물의 서식공간 확보 ·식물뿌리와 매트가 결합하여 토양의 유출 및 침식방지 ·운반 및 설치 시공이 간편함 ·녹화율 뛰어나고, 다양한 종배합으로 경관 연출	·유속이 빠른 구간은 적용이 어려움 ·일정 시점까지 관수가 필요 ·식생 활착전에는 유실의 우려가 있으므로 설치시기 조정이 필요 ·수충부 적용불가	1 : 2.0~3.0
블록계 호안	·이토 및 부석 등을 제거하고 면고르기 및 부직포 깔기 ·기초콘크리트를 설치한 후 인터록킹식 방식으로 연결하여 구조적으로 안전한 구조체를 형성 ·현지발생토 또는 외부의 양질의 토사로 복토가 가능한 블록은 복토를 시행 ·여건에 따라 식재 가능	·가격이 저렴하고 시공이 간편하며 공기절감에 효과가 있음 ·고중량으로서 유속이나 유량에 대해 안정성이 뛰어남 ·공장 생산제품으로 균일한 품질로 다양한 모양과 크기가 있음	·인터록킹 방식으로 호안간 연결고리가 없으므로 결속력이 다소 약함. ·곡선부 시공시 정밀함이 요구됨 ·식생면적 이외 부분의 생태단절현상	1 : 2.0~3.0
연결 블록계 호안	·사면을 경사도에 따라 정리 ·기초콘크리트 타설 ·사면 정리한 후 매트(부직포)깔기 ·매트 위에 콘크리트 호안블록시공하고, 연결볼트로 연결 ·현지발생토 또는 외부의 양질의 토사로 복토가 가능한 블록은 복토를 시행 ·여건에 따라 식재 가능	·블록의 4개면에 연결고리 혹은 연결볼트로 연결하므로 시공 후 견고성이 뛰어남 ·고중량으로서 유속이나 유량에 대해 안정성이 뛰어남 ·공장 생산제품으로 균일한 품질로 다양한 모양과 크기가 있음	·고중량으로서 현장내에서의 운반 및 안전에 주의 ·곡선부 시공시 정밀함이 요구됨 ·식생면적 이외의 부분의 생태단절현상	1 : 2.0~3.0
목재계 호안	·이토 및 부석 등을 제거하고 면고르기한 후 부직포 깔기 ·각재 설치 ·각재 사이에 복토 혹은 자갈 등으로 채움재 시공 ·여건에 따라 식재 가능	·콘크리트 중량을 감소시켜 경제적이고, 뒷면을 콘크리트로 차단하지 않으므로 생태계파괴를 방지하여 친환경적임 ·천연목재를 사용하여 여름철 대기온도 및 수온상승의 영향이 작고, 식생활착에 유리한 환경을 조성함 ·수변생태기능 유지 및 복원	·공사비가 고가임 ·시공중 목재부 물리적 파손에 유의 ·전면 목재가 균일하지 않음	1 : 2.0~3.0
석재계 호안	·자연석, 전석, 발파석 등을 이용하여 메(찰)쌓기, 메(찰)붙임으로 제방사면 보호하는 공법 ·석재와 철망, 와이어로프 등의 자재를 함께 이용 가능 ·소하천여건에 따라 호안공, 여울공, 수제공 등 다양하게 공법적용이 가능 ·여건에 따라 식재 가능	·돌의 종류나 크기, 배치방법에 따라 각각의 소하천환경에 맞게 변화가 풍부한 다양한 자연형호안 형성 가능 ·하상 및 호안의 세굴, 침식방지 및 설치 후 사면안정에 효과적 ·시공성, 조경성 우수하며 환경친화적 ·현장여건에 맞춘 제작 가능	·콘크리트제품에 비해 다소 고가 ·자연석 사용할 경우 재료 구입 어려움	1 : 2.0~3.0
망태계 호안	·철선을 일체형 방식으로 사석을 담아 고정 ·철망태를 설치하고 사석을 적치한 후 덮개를 고정함 ·일체형 방식으로 연결 ·여건에 따라 복토 후 식재 가능	·굴요성이 뛰어나 호안의 국부 세굴 저항이 우수 ·전체가 일체화 시공되어 변형 이탈들의 우려가 없음 ·자연석, 콘크리트 블록보다 경제적임	·골재 확보가 어려울 수 있음 ·홍수시 복토한 흙의 일부 유실 불가피	1 : 2.0~3.0

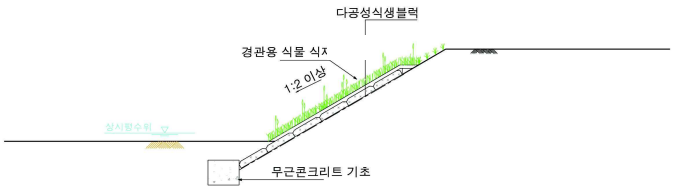
a) 돌망태



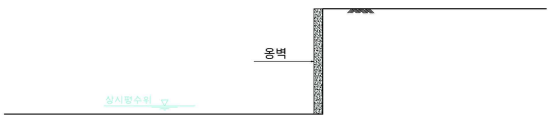
b) 돌붙임



c) 석축

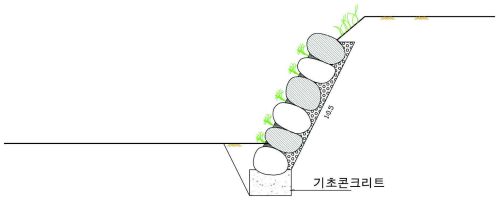


d) 식생블록

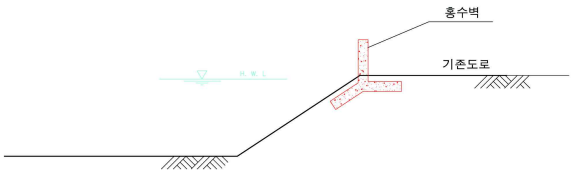


e) 옹벽

<그림 6.13> 다양한 호안공법 (예시)

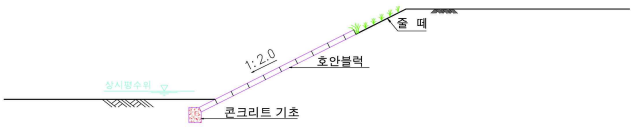


f) 자연석 쌓기



g) 파라펫

h) 호안 없음(잡초목)



i) 호안블록

<그림 6.13> 다양한 호안공법 (예시)

5. 기존 호안이 있고 치수 안전성에 문제가 없는 경우, 식생을 도입하는 은제 방식을 적용하는 등 경제적이며 친환경적인 설계가 되도록 한다. 특히, 은제를 도입할 경우에는 식물 생장을 위한 최소한의 토피 확보가 필요하며, 계획 홍수위, 소류력, 기존 호안의 종류 등을 고려한 적절한 복토가 될 수 있도록 계획한다.
6. 자연형 호안은 치수뿐만 아니라 환경적인 측면도 고려하여 설계한 호안을 의미하며, 아름다운 소하천 가꾸기 사업에서도 자연형 호안의 도입을 적극 권장하지만, 치수 안정성이 확보되지 않는 경우에 대해서는 자연형 호안 이외에 다양한 기법을 비교 검토하여 설계에 반영하도록 한다.
7. 둔치의 높이는 침수빈도가 연 2~3회가 되는 홍수량을 소통할 수 있도록 설정하되, 하천 흐름 방향으로 높이를 다양하게 구성하여 침수빈도를 달리하도록 계획한다. 또한 최근 관심이 증가되고 있는 둔치 이용에 대한 욕구와 소하천 환경보전에 대한 필요성도 감안하여야 한다. 단, 홍수소통에 지장을 초래하지 않는 범위 내로 국한한다.

라. 저수로 호안 및 비탈멈춤공 설계시 고려사항

1. 저수로 호안 및 비탈 멈춤공은 소하천 흐름으로 인한 국부적인 세굴 작용으로부터 하안 또는 제방을 보호하기 위한 수로 유지공으로, 치수 및 이수 기능 뿐만 아니라 수제부에서의 소하천 생태계 및 경관에 중요한 기능이므로 소하천 변의 생태계, 자연경관의 보전과 창출이 가능한 저수로 호안 및 비탈 멈춤공이 되도록 계획한다.
2. 치수상 안전하고 소하천 생태계에 유리하도록 다양한 구조 및 재질과 적절한 공법의 적용이 필요하며, 홍수량 소통에 지장을 초래하지 않는 지수역 및 사수역 부근에서는 작은 만의 형태가 되도록 적절한 요철 형상으로 설계하여 어류생태계의 서식환경에 도움이 되도록 하는 것이 바람직하다.
3. 저수로의 하상변화에 충분히 대응할 수 있는 저수로 호안계획을 수립하도록 한다.
4. 호안의 생태적 기능을 회복시켜 어류, 물속곤충류의 서식기반으로 보전 및 복원하도록 한다.
5. 저수로 호안에 식생 여과대를 가능한 확보하여 수질정화를 도모하도록 한다.

6. 흐름특성을 반영하여 수충부의 경우에는 상대적으로 기울기를 급하게 하고, 비수충부인 경우는 완경사면을 조성한다.
7. 치수적인 안정성이 확보된 소하천 구간의 경우 완경사 호안을 조성하여 수변식생의 다양화를 도모하고, 수위변화에 접하는 호안부위를 넓혀서 정수식물의 발육에 유리한 환경을 유도한다.
8. 저수로 호안은 치수적인 관점의 구조적 특성과 동시에 도시지역의 경우 도시의 자연성을 확보하기 위한 생태공학적인 공법 적용이 요구된다.
9. 농촌지역의 경우 도시지역 소하천에 비해 자연성이 높으므로 치수적인 관점의 구조적 특성과 동시에 농촌의 자연성을 높이고 주변 경관과의 조화를 이루는 생태공학적인 공법 적용이 필요하다.
10. 산지 소하천의 경우 물의 흐름에 의해 침식되거나 세굴될 가능성이 많은 소하천 구간은 수리학적인 특성이나 사행성을 충분히 고려하여 적절한 공법의 적용이 요구된다. 하도의 수리검토가 상세하게 이루어지지 않은 경우 기존 정비된 호안의 형태를 가능한 유지하면서 정비하도록 한다. 호안공법은 유수의 특성을 반영해 주어야 침식과 세굴을 방지하여 안정성을 유지할 수 있으므로 구간에 따라 유수에 의해 형성된 경관 유형별로 달리 적용하도록 한다.
11. 식생만으로 사면유지가 가능한 구간이라도 유실방지를 위하여 식생의 근계부가 활착할 때까지는 보조 재료로 지표면을 보호하도록 하며, 적용되는 표면보호재료는 식물 활착 후 부식이 가능한 재료를 사용한다. 그러나, 식생만으로 사면유지가 어려운 구간에 적용되는 표면보호재료는 부식이 되지 않는 재료를 사용해야 한다.

제4절 하상보호시설

6.4.1 일반사항

가. 하상보호시설의 정의

하도의 계획종단형상을 유지하고 하상경사를 완화하기 위하여 설치한 공작

물을 하상보호시설 혹은 하상유지시설이라 하며 다음과 같이 구분된다.

1. 낙차공 : 하상경사 완화를 위해 보통 50 ㎝ 이상의 낙차를 둔 시설물로서 1단으로 제작한다.
2. 바닥다짐공(대공, 띠공) : 하상의 저하가 심한 경우에 하상이 계획하상고 이하가 되지 않도록 하기 위해 설치하며, 낙차가 없거나 매우 작은(보통 50 ㎝ 이하) 시설물로서 굴요성을 갖는 재료를 이용하여 1 ~ 3단의 구조로 제작한다.
3. 경사낙차공 : 하상의 경사를 완만(1 : 10 ~ 1 : 30)하게 설치하며 주로 돌과 목재 등 자연친화적 재료를 이용한다.

나. 하상보호시설의 기능

하상보호시설의 기능은 다음의 중의 하나 이상을 만족하여야 한다. 첫째, 하천경사를 완화하고 하상의 전반적인 세굴을 방지할 수 있어야 하며 둘째, 본류의 하상 저하시 상하류에 급경사가 발생하여 세굴이 상류로 이동되는 것을 방지하고 세 번째로 합류부의 하상저하로 인한 본류와 소하천간의 낙차에 따른 소하천의 하상세굴을 방지할 수 있어야 한다. 이외 급류 흐름으로 하상변화가 일어나 제방붕괴가 예상되는 경우에도 하상보호시설을 설치하여 붕괴방지의 역할을 하도록 할 수 있다.

다. 하상보호시설의 설치 위치

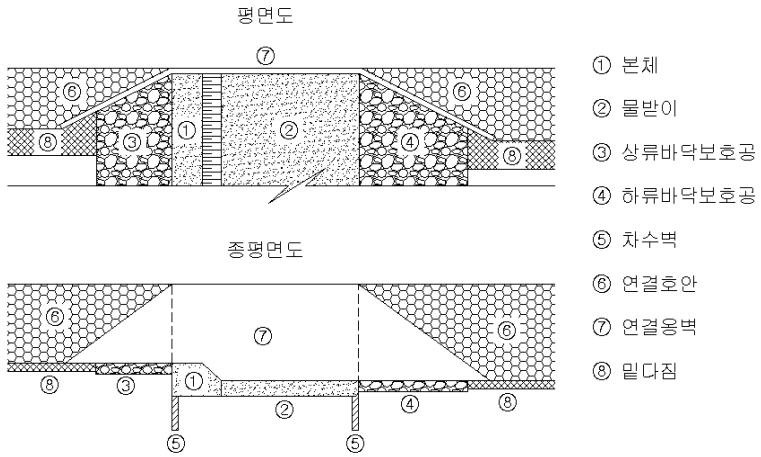
소하천 조사에서 다음의 경우 하상보호시설의 설치를 적극적으로 고려하여야 한다.

1. 하도계획 중 계획하상고 결정시 하상보호시설이 필요하다고 판단되는 곳
2. 하천을 횡단하는 지하매설물 또는 하천시설물의 기초보호가 필요한 곳
3. 하상저하가 진행 중이거나 예상되는 곳으로서 토사의 유출이 예상되어 하류부에 토사의 퇴적을 발생시킬 우려가 있는 곳
4. 기타 소하천의 유지 및 관리를 위해서 필요하다고 판단되는 곳

6.4.2 낙차공

가. 낙차공의 계획

1. 낙차공은 하상안정을 도모하는 데 불가피한 경우에 한해 설치하며 어도설치나 본체를 완경사 구조로 하는 등의 대책을 강구하여 환경적 역기능이 최소가 되도록 해야 한다.
2. 낙차공의 설치위치는 하천이 직선이고 평상시와 홍수시의 흐름방향이 일치하는 위치에 설치한다. 부득이하게 만곡부에 설치해야 하는 경우에는 안정대책을 수립한 후 설치해야 한다.
3. 낙차공은 계획홍수량에 대하여 구조적으로 안전하면서 인근 하안 및 시설물에도 현저한 지장을 주지 않아야 한다. 이러한 낙차공의 각 부분 명칭은 <그림 6.14>와 같다.



<그림 6.14> 낙차공의 각 부분 명칭

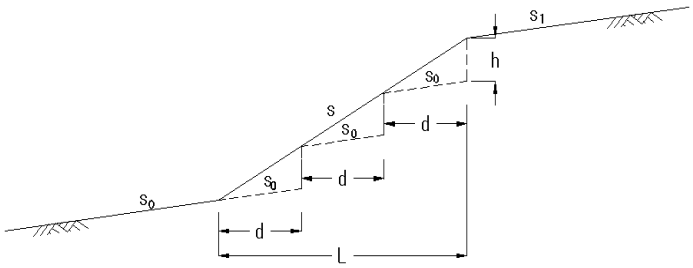
4. 물받이와 바닥보호공은 현재의 하상에 설치하지 말고 계획하상고에 설치해야 한다.
5. 하천환경의 보전 및 주위 경관을 고려하여 자연형 재료를 우선 적용하고, 기존 낙차공의 재설치시 기존 구조물은 완전제거를 원칙으로 한다.
6. 낙차공의 높이는 현재의 하도특성의 분석과 더불어 장래에 발생할 하도변

화를 예측하여 안정하도가 유지될 수 있도록 설치하되 소하천의 경우 가급적 1 m 이하로 하는 것이 바람직하다. 만약 1 m를 초과할 경우에는 경사형 낙차공 등을 대안으로 비교해서 결정하여야 한다.

7. 급경사 소하천에 낙차공을 연속적으로 설치할 경우 배치간격은 <그림 6.15>를 참고하여 결정하는 방법은 다음과 같다.

낙차공의 간격 (d) = h / (S - So) (식 6.5)

여기서, d : 낙차공의 간격(m), h : 낙차공의 높이(m),
S : 현재의 하상경사, So : 계획하상경사



<그림 6.15> 낙차공의 설치 간격

<그림 6.16> 낙차공 설치사진 (예시)

나. 낙차공의 설계

1. 본체

(1) 본체의 구조

낙차공의 본체는 강도, 내구성, 시공성 등의 장점이 있기 때문에 일반적으로 콘크리트 구조로 시공하며 전도, 활동, 침하에 안정하도록 설계한다.

(2) 본체의 형상

① 종단형상은 하폭, 하상경사, 수위, 유량, 유속, 지질 등을 감안하고, 하상유지공의 안정조건 등을 고려하여 결정하되, 상하류측 비탈면 경사는 1 : 0.5 보다 완만하게 해야한다.

② 평면형상은 하천흐름의 직각방향으로 설치하는 것을 원칙으로 한다.

③ 하천흐름의 방향을 기준으로 한 하상유지공의 횡단형상은 수평을 원칙으로 한다.

2. 물받이(Apron)

(1) 물받이의 기능

흐름의 운동에너지를 소멸시키는 감세공의 일종으로 낙차가 큰 하상유지공의 경우에는 일반적으로 물받이가 필요하며, 특히 하상유지공이 영구구조물이면 물받이는 반드시 고려해야 한다.

(2) 물받이의 구조

① 물받이는 수평 경사로 본체와 일체가 된 콘크리트 구조를 표준으로 한다.

② 물받이는 본체를 월류하는 유수의 침식작용 및 양압력에 견딜 수 있도록 설계한다.

③ 일정 간격의 배수공(weep hole)를 설치하여 물받이에 작용하는 양압력을 저감한다.

④ 물받이 길이는 낙차의 2~3배 또는 하류측 바닥보호공 길이의 1/3정도로 할 수 있으며 블라이(Bligh) 공식, 국립건설시험소 공식(국립건설시험소, 1995)을 이용해 세굴을 방지할 수 있는 길이로 결정할 수 있다.

⑤ 물받이의 최소두께는 35 ㎝로 한다.

3. 바닥보호공

(1) 바닥보호공의 기능

① 상류측 바닥보호공은 본체 직상류에 발생하는 국부세굴을 방지하여 본체를 보호한다.

② 하류측 바닥보호공은 유수의 난류현상에 따른 하류하도의 국부세굴을 방지하고 홍수시 하류하도의 변동에 따라 변형되어 본체 및 물받이를 보호한다.

(2) 바닥보호공의 설치

① 바닥보호공은 상하류 하상경사, 낙차고, 유속, 하상지질 등을 고려하여 결정한다.

② 하천의 상황 등을 고려하여 특별한 경우를 제외하고는 원칙적으로 물받이 하류에 바닥보호공을 설치하며 본체의 상류측에 바닥보호공이 설치되는 경우도 있다.

③ 바닥보호공은 굴요성 구조로 돌망태, 블록, 사석 등을 하천의 종방향으로 설치한다.

④ 바닥보호공 길이는 계획홍수위 발생시 하류바닥보호공 지점에서의 수심 3 ~ 5배 길이가 필요하다.

⑤ 유속 및 낙차에 의한 토사유출을 방지하기 위하여 필터매트를 포설한 후 바닥보호공을 설치한다.

4. 연결옹벽, 연결호안 및 라이닝

(1) 하상보호시설 주위에는 하안 보호를 위해 본체와 물받이 부분에는 연결옹벽을 설치하고 그 외 부분에는 연결호안을 설치하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 홍수시 하상보호시설이 유실되어도 제방에 영향을 미치지 않도록 연결옹벽을 설치하여 하상보호시설의 본체와 제방을 절연할 필요가 있다.

(3) 연결호안은 흐름의 작용에 대해 하안, 제방의 세굴을 방지할 수 있는 구조로 설치해야 한다. 단, 지질상황 등에 의해 세굴의 염려가 없거나, 기타 치수상의 지장이 없으면 설치하지 않아도 된다.

(4) 연결호안 높이는 계획홍수위 이상으로 하고 유수가 현저하게 변화하는 구간에서는 제방 높이로 하며 하안 또는 제방의 세굴을 방지할 수 있는 길이로 설치하여야 한다. 상류측은 본체의 끝에서 10 m 또는 바닥보호공 끝에서 5 m 지점 중 상류측 지점까지, 하류측은 물받이의 하류끝 15 m지점 또

는 바닥보호공 하류 끝 5 m 지점 중 하류측 지점 이상으로 한다.

(5) 연결옹벽 및 연결호안을 대체하여 낙차공 주변 제방 비탈면에 콘크리트 라이닝을 설치할 수 있다.

5. 차수벽 및 밑다짐

(1) 차수벽은 본체 상하류 수위차에 의한 양압력과 파이핑을 방지하기 위해 설치하며 차수벽의 깊이는 차수벽 간격의 1/2 이내로 하는 것이 일반적이다. 만역 차수벽의 깊이가 차수벽 간격의 1/2 이상의 길이가 되는 경우에는 물받이 길이를 늘리는 방안을 우선 고려해야 한다.

(2) 밑다짐은 바닥보호공 상하류의 옹벽 및 호안의 전면에 설치하여 세굴로부터 보호한다.

다. 낙차공의 안정성 검토

1. 침투에 대한 안정성 검토(파이핑 현상)는 평상시와 홍수시 조건 각각의 경우에 대해 검토하여야 한다. 또한 침투에 대해 불안정시 차수벽을 깊게 하거나 물받이 길이를 늘려 침투유로연장을 길게 한다.
2. 본체의 역학적 안정성 검토(전도, 활동, 침하에 대한 검토)는 낙차공 계획시 반드시 토질조사를 실시하여 기초지반 상태를 정확히 파악하고, 전도, 활동, 침하에 대한 안정성 검토를 실시한다.

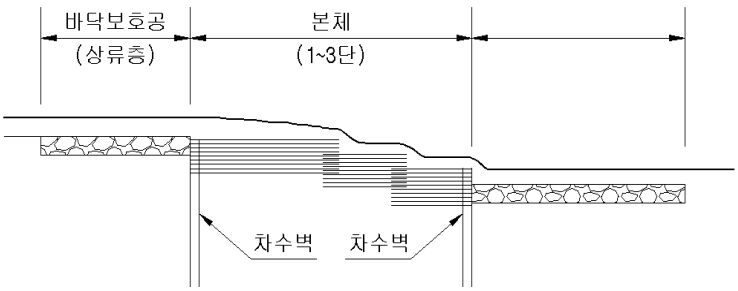
라. 기타 유의사항

1. 낙차공의 시공시 가물막이공의 설치와 작업조건이 특히 곤란하지 않다면 다소 공사비가 증가하여도 육상시공을 하는 것이 좋다.
2. 낙차공은 그 주요부분의 작업이 수면하에서 이루어진다. 따라서 시공계획을 수립할 때 하천유량의 변화에 대한 대책을 면밀히 세워야 한다.
3. 낙차공의 공사가 제방의 오픈 컷을 수반할 경우에 우기를 피해 시공해야 한다.
4. 유지관리시 콘크리트 부분의 균열과 본체 하류단의 세굴은 즉시 보강수선을 실시해야 한다.
5. 본체 기초공의 결함은 일반적으로 물받이 부분에서 먼저 나타나게 된다. 물받이의 일부 함몰, 균열 등의 이상이나 지하누수 등은 발견 즉시 수리해야 한다.

6. 하류부 밑다짐공, 연결호안 등은 파손되기 쉬우므로 밑다짐공을 연장하거나 본래의 밑다짐공을 낮게 다시 설치하는 등 현장상황에 적합한 방법으로 수리하여야 한다.

6.4.3 바닥다짐공

1. 바닥다짐공은 낙차를 고려하지 않는 하상유지공법으로써 시공 높이는 하상과 같고, 하상유지공이 형성하는 안정경사는 계획경사선에 따라 계획한다.
2. 바닥다짐공은 낙차공의 상류위치 또는 계단식 낙차공의 간격이 길고 동시에 종방향 침식으로 위험이 예상되는 경우를 대비할 수 있도록 계획해야 한다. 바닥다짐공은 ① 종단침식 방지를 통한 하상 안정 ② 하상퇴적물 유출 방지 그리고 ③ 호안 등의 하천시설물 기초 보호의 기능을 가질 수 있도록 <그림 6.17>과 같은 구조로 설치하여야 한다.

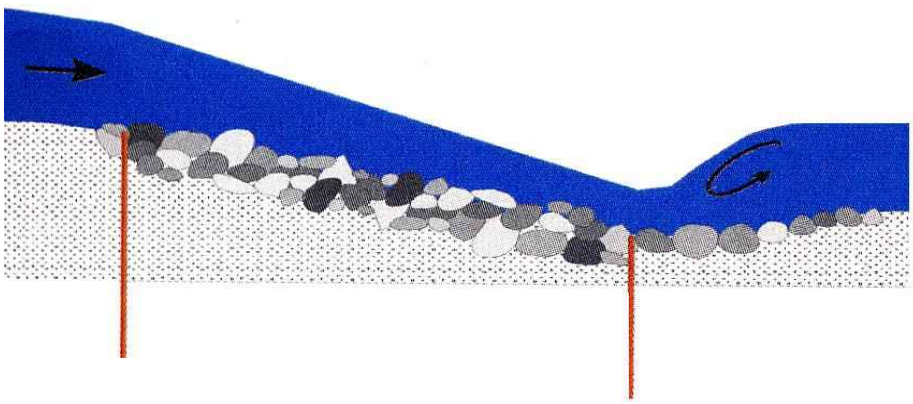


<그림 6.17> 바닥다짐공의 각 부분 명칭

3. 바닥다짐공의 본체는 낙차 50 ㎝ 이하의 1 ~ 3단 형식으로 설치하며 콘크리트공, 찰(메)쌓기, 돌붙임, 둘붙임공, 방틀공, 침상공 등의 공법이 있다.
4. 바닥다짐공은 50 ㎝ 이하의 낙차에 적용하며, 하상변동에 쉽게 적응할 수 있도록 굴요성 구조로 설치한다.
5. 바닥보호공, 연결옹벽, 연결호안, 차수벽 등의 구조는 낙차공과 동일하다.

6.4.4 경사낙차공

1. 경사낙차공은 콘크리트 낙차공 대신 하천에서 설치하는 구조물로 하상의 경사를 완만하게 하여(1 : 10 ~ 1 : 30) 유수가 점진적으로 변화하도록 한다.
2. 경사낙차공의 종류에는 자연형, 블록형 등이 있으며, 어종, 하도 및 수리특성 등을 검토하여 현장여건에 적합한 방법으로 설치한다.
3. 유속을 적게 하고 수심을 크게 하는 동시에 어류의 이동에 지장이 없도록 주로 자연친화적 재료인 돌과 지주목재를 이용하여 설치한다.
4. 경사낙차공 저면의 차수벽은 침투 유로장을 산정하여 적정한 근입깊이가 될 수 있게 한다.
5. 경사낙차공은 폭기작용, 여울 기능으로 자정력이 크므로 수생태계에 유리하다.
6. 석재 및 기초는 홍수시에도 유실되지 않도록 안정적으로 시공되어야 하며, 시공 후 본체를 이루는 석재가 유실될 경우에 대비하여 지속적인 유지관리가 필요하다.



<그림 6.18> 경사낙차공 (예시)

제5절 취배수 시설

6.5.1 보

가. 보의 정의

소하천에 설치되는 보는 주로 각종용수의 취수를 위하여 수위를 높이거나 조수의 역류를 방지하기 위하여 하천의 횡단방향으로 설치된 시설을 말한다.

나. 보의 종류

1. 소하천에 설치되는 보의 종류는 설치목적, 구조와 기능, 설치재료 등에 따라 다음과 같이 구분된다.
2. 설치목적에 따라 취수보, 분류보, 방조보 등으로 구분되며, 구조와 기능에 따라서는 가동보, 고정보로 구분되며, 설치재료에 따라 콘크리트보와 자연형보로 분류할 수 있다.

다. 보의 설계

1. 설계 기본사항

(1) 설치위치

① 보의 위치는 해당 소하천의 입지 특성과 구조상의 안전성, 공사비, 유지관리를 고려하여 설치목적에 가장 적합한 장소를 선정한다.

② 일반적으로 보 설치시에는 상류측 수위가 상승하므로 계획홍수량 소통에 필요한 충분한 하폭을 가진 지점이 치수적으로 바람직하다.

③ 설치위치는 하천선형이 직선상태로 유속의 변화가 적어 유수에 의한 하상변화가 작은 지점이 상·하류에 미치는 영향이 적어 유리하다.

(2) 기초 형식의 결정

① 보의 기초형식은 역학적 안전성, 완전차수의 필요여부, 세굴 가능성여부, 적정공사비의 비교 등을 종합적으로 검토하여 최적의 형식으로 결정해야 한다.

② 소하천에서는 일반적으로 보의 규모가 크지 않고 기초암반이 하상에서 깊지 않으므로 직접 암반위에 보를 설치하는 고정형이 바람직하다.

(3) 보의 구조 형식 결정

① 보 본체의 형식은 치수, 이수를 비롯한 공사비, 유지관리 등을 종합적으로 검토하여 전면고정보, 전면 가동보 또는 절충 형식 중에서 선택·결정하여야 한다.

② 보 설치지점의 상·하류 수위차, 상류퇴적 및 하류세굴, 생물 및 미생물 이동, 식생보전, 하천의 자정능력 등을 고려하여 형식을 결정한다.

③ 보 설치지점 상류측의 홍수위 상승 영향이 큰 경우에는 가동보 또는 복합형 보로 설치하여 홍수시 신속한 홍수배제가 가능토록 하여야 한다.

④ 보는 어류의 상·하류 이동을 저해하는 등 소하천 상류와 하류의 생태적인 연속성을 단절시키게 되므로, 소하천 생태계의 서식환경 및 어류의 이동, 소하천 주변을 포함한 소하천 경관 등이 고려된 적절한 구조와 재질을 이용한 시설물 배치가 요구된다.

⑤ 보에 의해 웅덩이가 조성되도록 유도하여 갈수 시에는 어류가 피난할 수 있는 수심을 확보할 수 있도록 계획한다.

2. 고정보

(1) 일반적으로 고정보의 본체는 콘크리트 구조를 원칙으로 하여 구조적 안정성을 만족하는 동시에 수리학적으로 유리한 단면으로 하며, 다음과 같은 과정으로 설계한다.

① 소하천 상·하류 홍수위계산 (소하천단면, 유하량, 계획홍수량 등 고려)

② 월류수심 계산 (완전 월류, 불완전 월류, 잠류 등)

③ 보단면 설계 ④ 물받이 설계 ⑤ 바닥보호공 설계

(2) 고정보의 안전을 검토하기 위해서는 보의 상·하류 수위차에 의한 침투깊이와 외력에 의한 본체의 전도, 활동, 침하 등을 고려하여야 한다.

(3) 보마루 표고는 소하천의 홍수시 통수단면적을 충분히 확보하고 보 설치목적에 따른 상류측의 적정수위가 확보되도록 결정해야 한다.

(4) 보마루 표고는 설치목적별 계획수위에 여유고를 고려하되, 취수용 보인 경우에는 소하천의 경우 유량이 작으므로 월류수심을 무시할 수 있으며, 여유고는 보통 10 ~ 15 ㎝ 정도를 고려한다.

(5) 고정보의 본체 단면은 블라이(Bligh) 공식 등을 이용하여 결정할 수 있으며, 필요한 경우 수리모형 실험 또는 경험식을 적용할 수 있다.

① 블라이(Bligh) 공식

$$\text{물받이길이}(L_1) = 0.6 \cdot C \cdot \sqrt{H_a} \qquad \text{(식 6.6)}$$

여기서, L_1은 하류측 물받이 길이(m), H_a는 하류측 물받이 상판에서 보 마류까지의 높이(m), 배사구나 가동보의 경우는 수문 마루까지의 높이(m)이고, C는 블라이(Bligh)계수 이다.

② 고정보의 위 폭(B)과 아래 폭(b)은 다음과 같은 블라이(Bligh)공식을 이용하여 결정할 수 있다.

$$\text{위폭}(B) = \frac{h_1}{\sqrt{\gamma}} \qquad \text{(식 6.7)}$$

$$\text{아래폭}(b) = \frac{(H + h_1 + d)}{\sqrt{\gamma}} \qquad \text{(식 6.8)}$$

여기서, γ은 콘크리트의 비중(보통 2.3), H는 보의 높이(m), h_1은 보 정상의 최대월류수심(m), d는 접근유속 수두(m)를 각각 나타낸다.

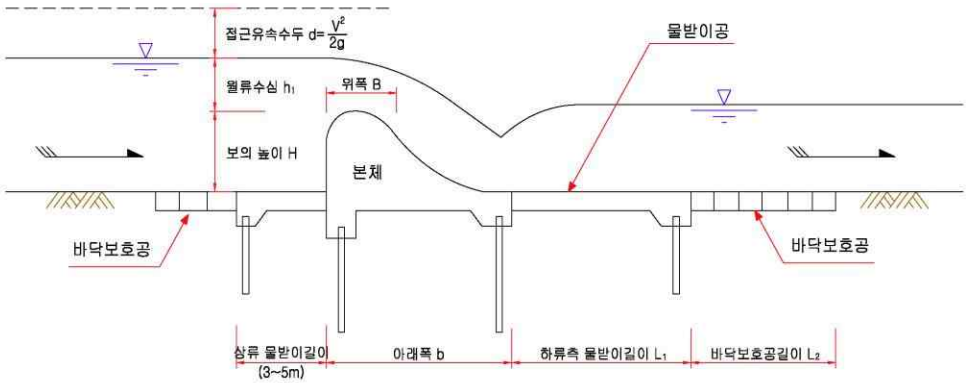
③ 직류하천의 바닥보호공의 길이는 아래와 같은 블라이 공식을 사용하여 산정한다.

$$\text{바닥보호공길이}(L_2) = 0.66C \cdot f \cdot (H_a \cdot q)^{1/2} - L_1 \qquad \text{(식 6.9)}$$

여기서, f는 안전율(가동보=1.5, 고정보=1.0), q는 단위폭당 유량(m^3/sec/m)이다.

(6) 보를 투수성지반에 설치할 때에는 파이핑(piping)현상이 일어나지 않도록 충분한 투수길이를 확보하여야 하며, 투수량이 많을 때에는 차수벽을 설치하여야 한다.

(7) 보를 설치할 때는 취수구, 배사구, 어도, 유지관리시설 등의 설치 필요성을 검토하여 반영하여야 한다. 상기에 언급된 취수구, 배사구 등의 시설이 필요할 경우 이에 대한 내용은 하천설계기준·해설(2009), 댐설계기준(2011), 농촌공사 조사설계 요령(2000), 하수도시설기준(2011) 등을 활용하도록 한다.



<그림 6.19> 고정보의 단면

3. 가동보

(1) 가동보는 수문이나 전도식 또는 고무보 등으로 하천수를 저수 또는 저류하게 되므로 상·하류에 미치는 영향을 사전에 검토하여야 한다.

(2) 가동보는 홍수시 유수소통에 지장이 없도록 충분한 경간 길이를 확보하여야 하며, 보기둥 및 문기둥이 상부하중과 유수압을 안전하게 견딜 수 있도록 설계되어야 한다.

(3) 가동보에 문짝을 설치할 때는 개폐가 확실하고 완전한 수밀성 및 내구성을 가지며 홍수소통에 지장을 주지 않는 구조가 되도록 설계해야 한다.

(4) 소하천에서는 하폭이나 유량규모 측면에서 볼 때 가동보의 설치 필요성이 크지 않으나, 적용이 필요할 경우 수자원학회의 '하천설계기준·해설'에 따른다.

4. 돌보

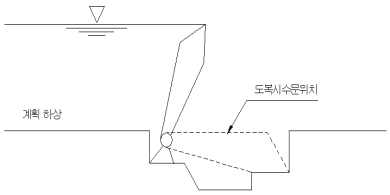
(1) 돌보는 거석 또는 파쇄석을 이용한 구조물로 하도를 가로질러 설치하는 것으로, 기존 보를 개량하거나 신규로 조성함으로써 소하천 생태계 유지

유량, 소하천 연속성, 서식처 다양성 등을 확보할 수 있다.

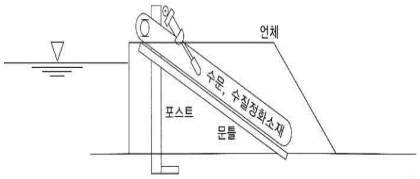
(2) 하상에 분포하는 하상재료보다 상대적으로 크고 각진 돌을 사용하여 홍수기간 동안 돌보의 안정성을 유지하여야 한다.

(3) 유량이 작은 소하천 구간에 돌보를 설치할 경우에는 돌보의 중앙을 양쪽 측면보다 낮게 조성함으로써 돌보 중앙부로 유량을 집중시켜 유량확보를 도모하는 것이 바람직하다.

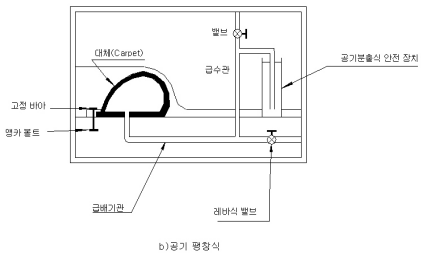
(4) 모래하천에 돌보를 적용할 시에는 세굴과 퇴적에 유의한다.



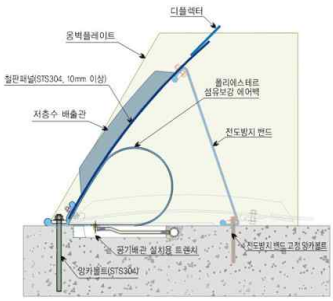
a) 상단 전도식



b) 하단 배출식



c) 고무보



d) 합성식

<그림 6.20> 다양한 가동보 형식

5. 취수구

(1) 취수구는 취수기능을 충분히 발휘할 수 있어야 하고 구조적으로 유수에 안전해야 하며 관리에 편리하도록 위치, 구조, 수위 등을 결정하여야 한다.

(2) 취수구는 원칙적으로 취수보의 직상류에 위치하여야 하며 양안 취수는

피하는 것이 바람직하다.

(3) 취수유속은 0.6 ~ 1.0 m/sec 정도를 표준으로 하며, 스크린은 취수구의 제수문 바로 앞에 설치한다.

6.5.2 집수암거

가. 집수암거의 정의

소하천에서 하천수 취수시 보 등에 의한 표류수 취수가 불가능한 경우 하천관리상 지장이 없는 범위 내에서 복류수 취수를 위하여 소하천의 제외지 하상아래 또는 제방부근의 제내지에 매설하여 하천복류수를 취수하기 위한 시설을 말한다.

나. 집수암거의 설계

1. 설치 위치

집수암거의 위치는 보, 교량 등과 같은 하천시설물과 인접한 곳은 피하여 설치하여야 하며, 하상변동이 크거나 수충부 및 지천 합류부는 피하는 것이 좋다.

2. 집수암거의 구조

(1) 집수암거는 단단한 재질로 만들어진 유공관으로 하며, 그 단면형은 원형 및 장방형이 가능하나, 구조적 안정성을 고려하여 가급적 원형으로 한다.

(2) 소하천에 설치되는 집수암거의 직경은 가급적 600 mm 이상으로 한다.

(3) 집수암거의 매설방향은 통상 복류수 흐름방향에 직각이 되도록 하여야 한다.

(4) 집수암거의 매설깊이는 양수시험 등을 통해 복류수 취수가 용이한 깊이까지 설치하여야 하며, 통상 5 m 내외를 표준으로 한다.

3. 설치 기준

(1) 집수암거의 설치깊이는 계획하상고 및 현재의 하상고를 고려하여 하상저하나 세굴에 유의하여 충분한 깊이로 한다.

(2) 집수암거는 수평 또는 1/500 이하의 완만한 경사로 매설하는 것을 표준으로 하되, 관내의 유속은 집수암거 출구부에서 1 m/sec 이하가 되도록

계획하여야 한다.

(3) 집수암거의 유공부는 제방으로부터 치수상 지장이 없는 거리를 확보하여 설치하여야 한다.

(4) 집수암거의 집수공의 직경은 10 ~ 20 mm로 하며, 집수공의 개수는 관거 표면적 1 ㎡당 20 ~ 30개 정도로 충분하게 설치하여야 한다.

(5) 집수암거의 유지관리 및 보수를 위하여 설치하는 접합정의 내경은 유지관리 편의성을 고려하여 1 m 이상이 되어야 하며, 철근콘크리트로 시공하여 수밀구조가 되도록 하여야 한다.

(6) 집수암거의 연장이 길거나 지관을 갖는 경우 필요에 따라 접합부 등에 맨홀을 설치하여야 한다.

6.5.3 수문

가. 수문의 정의

소하천에서 문짝을 열어 하천수를 취수하거나 내수를 배제하기 위해 설치하는 구조물로서 주기능인 취수, 배수 기능 이외에도 제방기능, 역류방지기능, 수위조절기능, 차수기능, 배사기능 등을 가지고 있다.

나. 수문의 종류

1. 소하천에 설치되는 수문은 설치목적, 형식, 구조, 형상에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

(1) 설치목적에 의한 분류는 배수문, 취수문, 역수문, 역조수문, 유량조절수문, 육갑문 등으로 분류할 수 있다.

(2) 형식에 의한 분류는 통수단면의 개수에 따라 단경간 수문, 다경간 수문 등으로 분류된다.

(3) 구조에 의한 분류는 sluice gate, rolling gate, tainter gate, drum gate 등이 있으나, 소하천에서는 대부분 sluice gate를 설치한다.

(4) 형상에 따른 분류로는 수문, 통문, 통관 등으로 분류할 수 있다.

다. 수문의 설계

1. 기본사항

(1) 수문은 계획홍수위 이하의 유수흐름에 대해 안전한 구조가 되어야 하며, 수문에 접속한 하상이나 둔치 등의 세굴을 방지할 수 있는 구조로 설계한다.

(2) 수문은 설치목적에 따라 소하천 관리상 지장이 없는 범위내에서 환경성, 시공성, 경제성 등을 복합적으로 고려하여 구조와 재질을 결정한다.

(3) 수문은 가능한 소하천의 제방 법선에 직각으로 설치하고 최대한 간단한 구조가 되도록 한다.

2. 수문의 설치위치

(1) 수문의 설치위치는 설치목적과 소하천 관리상의 문제 등을 고려하여 결정하여야 하며, 하폭이 급변하지 않고 하상변동이 적은 지점을 선정하는 것이 좋다.

(2) 수충부나 연약지반은 피하고 교량 등 구조물 부근은 피하는 것이 좋다.

(3) 일반적으로 둔치가 넓은 지점은 홍수에 의한 토사의 퇴적이 많아 수문의 유출부가 매몰되기 쉽고 유지관리가 불리하다.

(4) 배수가 목적일 경우에는 제내지반 중에서 가장 낮은 지점을 선택하고, 취수가 목적일 경우에는 본류의 계획취수위가 확보되면서 하상이 안정된 지점을 선택하는 것이 바람직하다.

(5) 수문은 제방의 일부를 절개하여 설치되므로 제방의 안전에 영향을 줄 우려가 있으므로 그 수를 적게 하고 인접한 것은 통합시키는 것이 바람직하다.

3. 단면 및 설계유속

(1) 수문의 단면은 취수가 목적일 경우에는 갈수시에도 계획취수량이 확보될 수 있도록 하며, 배수가 목적일 경우 홍수유출계산에 의한 계획배제량을 배제할 수 있는 단면으로 한다.

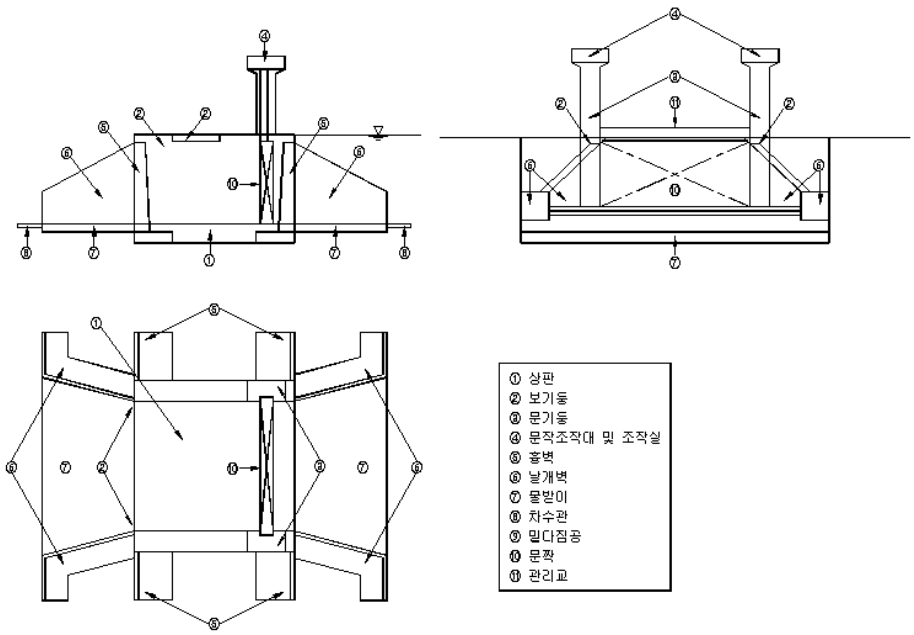
(2) 수문의 관내 설계유속은 토사침전을 방지할 수 있도록 2 ~ 3m/sec를 표준으로 하고 최소유속은 1 m/sec 보다 크게 하는 것이 바람직하다.

4. 수문 본체 및 부속시설 설계

(1) 수문의 본체는 상판, 보 기둥, 조작대, 문기둥, 문짝 등으로 구성되며, 문

짝을 제외하고 철근콘크리트 구조로 하는 것을 원칙으로 한다.

(2) 수문의 형식은 기초지반, 공사비, 시공성 등을 고려하여 결정하며, 본체 형식은 유수 흐름에 지장을 주지 않도록 설계하여야 한다.



<그림 6.21> 수문의 기본구조

(3) 문기둥의 높이는 문짝을 완전히 열었을 때 문짝 하단부까지의 높이, 문짝의 높이, 관리를 위한 여유고를 더한 값으로 한다.

(4) 문틀 및 문짝은 예상되는 하중에 대해 안전하고 내구성이 커야 하며, 개폐가 용이하면서도 충분한 수밀성을 가져야 하고 진동이 생기지 않고 유지보수가 용이하여야 한다.

(5) 문짝의 종류에 따른 개폐장치는 다음과 같으며, 문짝의 종류, 크기, 사용목적, 사용빈도, 설치장소 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.

(6) 수문의 개폐장치는 확실한 동작이 요구되고, 충분한 내구성을 가지고 있어야 하며, 유지관리가 용이하여야 한다.

(7) 흉벽은 수문의 본체와 제방내 토립자의 이동 및 유출을 방지함과 동시에 날개벽의 파손 등에 의한 제방의 붕괴를 방지할 수 있는 구조로 본체와

일체구조로 수문의 제외지에 설치하며, 흉벽 상단은 계획제방 단면내에 포함되도록 설계하여야 한다.

(8) 날개벽은 수문 본체와 분리된 철근콘크리트 구조로 설계하여야 하며, 날개벽 상단은 원칙적으로 계획제방 단면에 일치시킨다.

(9) 수문 설치시에는 침투수에 의해 구조물 주변에 파이핑이 생기는 것을 방지하기 위하여 차수공을 설치하여 침투수의 침투경로를 길게 하여야 한다.

<표 6.8> 문짝 및 개폐장치의 분류

문짝 종류		개폐 방식	특징
인양식 문짝	slide형	spindle방식 rack방식 wire rope chain방식 유압식	조작이 확실하나, 설치비용이 많음.
	roller형		
Flap 문짝		자동	설치비용은 저렴하나, 불완전개폐의 가능성이 높음.
Miter 문짝		자동	

6.5.4 통문 및 통관

가. 통문 및 통관의 정의

1. 소하천에서 취수나 제내지의 내수배제 등을 목적으로 제방을 관통하여 설치하는 직사각형 단면의 수로로서 문짝을 가진 구조물을 통문이라 하고, 같은 목적이나 단면의 형상이 원형단면이 수로로서 문짝을 가진 구조물을 통관이라 한다. 수문과 통문의 차이는 <표 6.9>와 같이 정리할 수 있다.

<표 6.9> 수문과 통문의 차이

구분	설치방향	지점	규모	목적	제방 역할
수문	하천횡단	하천 관통	크다	내수배제, 역류방지, 용수심 확보	가능
통문	하천종단	제방 관통	작다	내수배제, 역류방지	가능

2. 소하천이나 용·배수로가 하천, 수로, 철도 등과 교차할 경우에 이들을 횡단하여 하부에 설치하는 관수로 시설을 잠관이라 한다. 소하천이 잠관의 형태로 설치될 경우 하수도시설기준(2011) 또는 농촌용수 조사설계 요령(2000)의 관련 기준을 따르는 것으로 한다.

나. 통문 및 통관의 설계

1. 일반사항

(1) 수충부나 연약지반은 가급적 피하고 하폭이 급변하지 않고 세굴과 퇴적 등 하상이 안정되어 있다고 판단되는 지점을 선정한다.

(2) 지형이 허용하는 한 가장 낮은 지점을 선택하며, 잠관은 유지관리 및 수리적으로 불리하므로 가급적 설치를 지양한다.

(3) 통문 및 통관의 바닥높이는 배수목적으로 설치시에는 소하천의 계획하상고를 고려하여 결정하고 취수목적으로 설치시에는 소하천의 계획취수위를 토대로 장래의 하상 변동도 고려하여 결정한다.

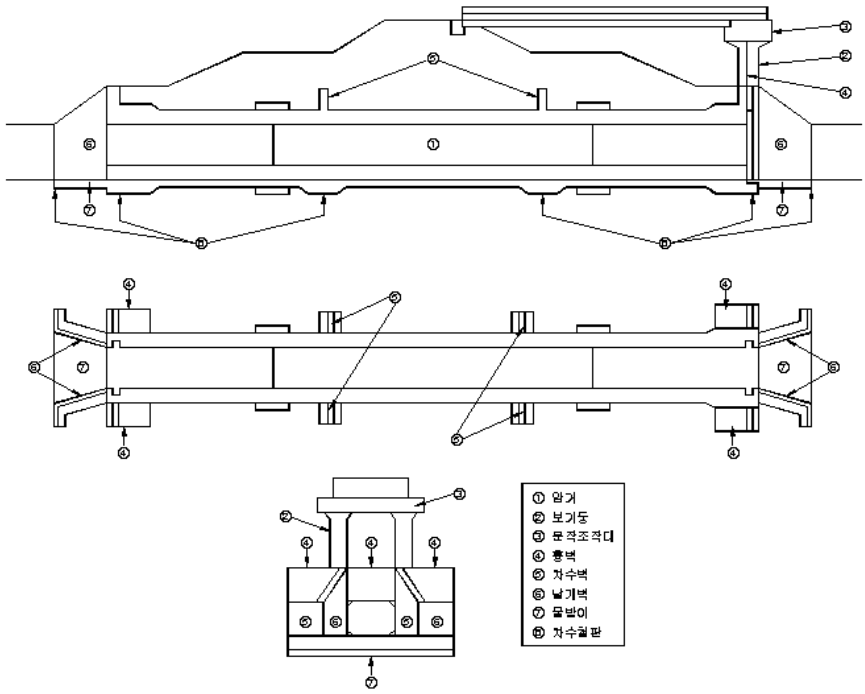
(4) 토석류의 퇴적 및 유송잡물의 침전에 따른 자동문비 등의 개폐가 불완전하지 않도록 본체와 물받이 바닥은 표고차를 두어야 한다.

2. 통문 및 통관의 설계

(1) 통문 및 통관의 기초는 직접기초를 원칙으로 하고 연약층의 두께가 얇은 연약지반에 설치할 경우에는 연약층을 제거하고 양질의 재료로 치환하는 것이 바람직하다.

(2) 통관의 단면은 유지관리가 용이하도록 최소내경을 가급적이면 80 ㎝이상으로 하며, 관내유속은 통상 2 ~ 3 m/sec를 표준으로 한다.

(3) 일반적으로 통문 및 통관의 본체는 문짝을 제외하고 철근콘크리트로 설치하는 것이 바람직하다.



<그림 6.22> 통문·통관의 기본구조

6.5.5 암거

가. 암거의 정의

1. 소하천에서 용수취수, 내수배제 등을 목적으로 제방을 관통하여 설치하는 수로로서 문짝을 가지지 않는 구조물을 말하고, 단면형태에 따라 직사각형 암거, 원형 암거, 사다리꼴 암거 등으로 구분된다.
2. 통문, 통관과의 차이점은 문짝의 유·무 여부에 따라 통문, 암거 등으로 구분된다.

나. 암거의 종류

1. 암거의 형식선정에 있어서는 설치장소의 지형, 토질, 시공조건, 주변 구조물 등의 검토와 장래의 유지관리를 고려하여 형식을 선정해야 한다.

2. 암거는 형상에 따라 직사각형암거와 원형암거로 분류된다.

(1) 직사각형암거는 일반적으로 현장타설 철근콘크리트로서 시공되는 경우가 많고 통로용, 수로용으로서 사용된다.

(2) 원형암거는 주로 수로용으로 쓰이며, 영구 구조물 또는 가설물로서 그 목적에 따라 널리 사용되고 있다.

다. 암거의 설계

1. 직사각형암거

(1) 수리단면의 결정

① 암거의 설계대상 유량은 설계수문량 편을 참조하여 결정한다.

② 암거의 설계통수량은 계산에 의한 통수량의 80%를 적용한다.

③ 최대허용유속은 흄관의 경우 2.5 m/sec, 현장타설 콘크리트는 3.5 m/sec 이다.

(2) 도로 등의 하부에 설치되는 암거의 설계하중은 도로의 통과하중과 암거의 토피두께를 고려하여 결정한다.

(3) 암거의 토피두께는 적어도 50 ㎝ 정도가 되도록 한다.

(4) 암거에는 특별한 경우를 제외하고 신축이음을 두지 않도록 한다.

2. 원형암거

(1) 원형암거에 쓰이는 관은 원심력 철근콘크리트관, 프리스트레스 콘크리트관으로서 염화비닐관 등은 대상으로 하지 않는다.

(2) 매설방식으로는 관을 직접 자연지반 또는 잘 다져진 기초위에 설치하여 그 위에 성토하는 방법과 대상지반을 사각형으로 굴삭하여 매설하는 방법이 있다.

제6절 교량 및 세굴보호공

6.6.1 교량

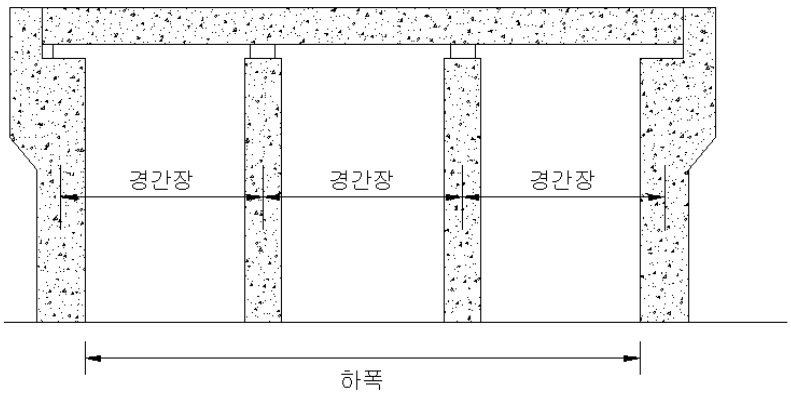
1. 소하천을 횡단하는 신설교량을 계획할 경우 다음 사항을 고려하여야 한다.

(1) 교량의 설치로 홍수흐름이 방해가 되지 않도록 하여야 하며, 하폭이 감소해서는 안 된다.

(2) 교각설치에 따른 흐름의 방해가 최소가 되도록 교각 단면은 유선형으로 한다.

(3) 세굴영향을 평가하고, 세굴에 안전한 기초설계를 고려한다. 만약 세굴보호공을 필요로 할 경우 세굴보호공의 규모를 검토한다.

2. 교량은 공법의 선정시 가급적 교각을 설치하지 않는 것을 원칙으로 하며, 부득이하게 교각을 두어야 할 경우 그 경간장은 하폭이 30 m 미만인 경우는 12.5 m, 하폭이 30 m 이상인 경우는 15 m이상으로 한다.



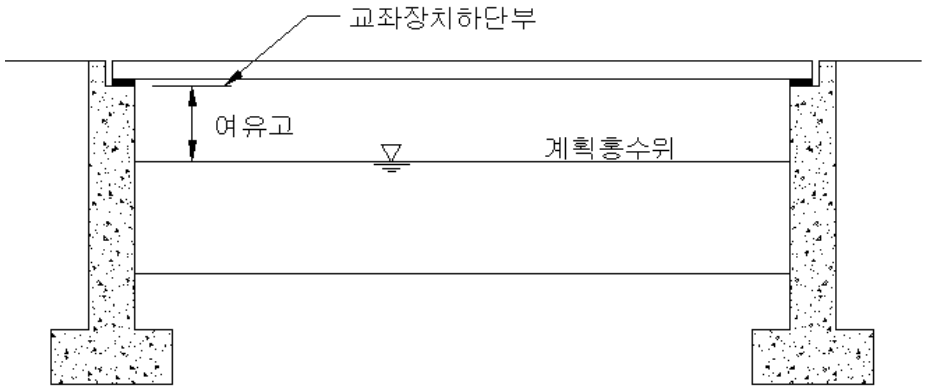
<그림 6.23> 교량 경간장 기준

3. 교대 및 교각위치는 제방의 비탈 끝으로부터 5 m 이상 이격해야 한다. 부득이 제방 정규단면에 교대 또는 교각을 설치할 경우에는 제방의 구조적 안정성이 확보될 수 있도록 충분한 검토와 대책을 강구해야 한다.

가. 교량 계획고

1. 교량의 높이는 충분한 여유고를 확보하여 제방의 안전에 영향을 미치지 않도록 결정한다.
2. 교량의 계획고란 교각이나 교대에서 교량상부구조를 받치고 있는 교좌장치 하단부의 높이를 뜻하며, 교좌장치가 콘크리트에 묻혀있을 경우에는 콘크리트 상단높이를 말한다. 또한, 교대와 교각이 여러 개일 경우 이들 중 가장 낮은 지점의 높이를 말한다.

3. 교량의 계획고는 제방고보다 낮아서는 안 된다. 즉, 교량 계획고는 (계획홍수위 + 여유고) 보다 높은 위치에 있어야 하며 이때, 여유고 값은 제방에서 제시된 값과 같다.
4. 주변 여건상 부득이 교량계획고를 제방보다 낮게 해야 할 경우에는 제방 및 교량의 안전과 치수에 문제가 없는지 여부를 정밀하게 분석·검토한 후 신중하게 결정하되, 계획홍수위 저하를 위한 다양한 공법 등을 우선적으로 검토하여야 한다.



<그림 6.24> 교량의 계획홍수위시 형하 여유고

6.6.2 세굴보호공

교량 등의 하천구조물은 세굴(상승, 저하, 수축, 국부, 준설 등)로 인한 손상과 파괴로부터 구조물을 보호하기 위하여 세굴보호공 설치를 검토하여야 한다. 특히, 사석을 이용한 세굴보호공일 경우에는 주요 홍수발생시마다 사석의 이동여부를 확인하여 문제발생시 대책을 마련해야 한다.

가. 세굴평가

1. 세굴평가를 위한 홍수사상의 선정기준은 다음과 같다.

(1) 100년 빈도 홍수량이 200 ㎥/sec 미만인 경우 소하천의 계획빈도와 50년 빈도를 비교하여 큰 홍수사상으로 한다.

(2) 100년 빈도 홍수량이 200 ㎥/sec 이상인 경우 100년 빈도의 홍수사상으로 한다.

2. 세굴현상의 분류

(1) 세굴현상은 하상재료의 특성 등에 따라 동적세굴과 정적세굴로 나누어지며 서로 다른 세굴양상을 보인다. 한편, 동적세굴은 이동상 세굴, 정적세굴은 고정상 세굴이라고 부르고 있다.

(2) 모래와 같은 세립질 하상의 경우 주로 동적세굴의 양상이 나타난다. 동적세굴이란 하상재료의 이동이 있는 흐름에서의 세굴로 이동상 세굴, 혼탁수 세굴로도 불린다. 이는 세굴발생 초기에는 급격하게 세굴심이 증가하다가 특정한 평형세굴심에 도착하면 이 평형세굴심을 중심으로 진동하는 형태를 보인다. 평탄하상인 경우 최대세굴심은 평형세굴심과 같다고 보지만 사구 하상이나 역사구 하상의 경우 평형세굴심보다 각각 30% 및 20% 정도 큰 값을 갖는 것으로 알려져 있다.

(3) 자갈과 같은 조립질 하상의 경우 주로 정적세굴의 양상이 나타난다. 정적세굴은 하상재료의 이동이 없는 흐름에서의 세굴로 정지상 세굴, 청정수 세굴 또는 맑은 물 세굴로도 불리워진다. 이는 시간이 지남에 따라 점진적으로 세굴심이 커지다가 일정한 값에 수렴하는 형태를 보인다. 일반적으로 동적세굴에 의한 최대세굴심보다 약 10% 크게 나타난다.

3. 세굴은 아래와 같은 위치에 보다 심각하게 발생하는 경우가 많으므로 신설교량의 교각 계획시 가급적이면 이러한 위치는 제외하는 것이 좋으나, 부득이하게 입지시키게 될 경우 면밀한 세굴평가를 통해 세굴보호공을 계획하여야 한다.

(1) 하천의 곡선부, 수충만곡부에 원심력에 의해 발생

(2) 보 양단호안에서 발생

(3) 호안 구조물이 교량 등의 구조물과 연결되는 구간에 발생

(4) 하천과 인접한 교량 옹벽부 비탈면 세굴발생

4. 세굴심 추정

(1) 세굴평가란 총세굴심을 추정하는 것을 의미하며, 총세굴심은 장기적인 하상변동과 수축 및 국부세굴의 영향의 합으로 나타낸다.

(2) 장기적인 하상변동의 검토는 평형하상고를 추정하는 것을 의미한다. 예를 들어, 소하천 상류부에 신규 저수지가 건설되었거나 검토구간 및 그

인근에 대규모 준설이나 골재채취 등이 이루어져 하상특성이 변형된 경우나 유역의 상류에서 대규모 건설공사가 이루어지고 있는 경우 등과 같이 인위적인 변화가 있는 경우에는 그 영향을 고려하여 새로운 계획하상고를 추정하여 세굴평가에 반영할 필요가 있다. 그러나 자연적인 소하천으로 앞서 소개된 것과 같이 하상변화를 유발될 것으로 예상되는 인위적인 변화가 없다면 현상태의 하상이 충분히 안정된 평형하상으로 볼 수 있으므로 장기적인 하상변동을 고려하지 않아도 무방하다.

(2) 수축세굴은 교량건설 후 홍수시 흐름이 인위적으로 축소된 하도에 집중되어 하상세굴이 가속화되어 나타나는 것을 의미한다. Laursen공식을 이용하여 수축세굴을 산정할 수 있으며, 일반적으로 단면수축이 심하지 않은 경우 수축세굴에 대한 고려를 생략할 수 있다. 교량구간의 축소된 하폭이 상하류 하폭의 90%이상일 경우 수축세굴에 대해 별도로 고려할 필요가 없다.

(3) 교량에서의 세굴평가는 일반적으로 교각의 설치로 인한 국부세굴심의 추정결과만을 사용하여도 무난한 경우가 대부분이다. 그렇지만 장기적인 하상변동이나 수축세굴의 영향이 주요하게 작용되는 경우도 있으므로 현장상황을 면밀히 검토하여 가능한 모든 세굴현상을 고려할 수 있도록 한다.

5. 국부세굴심 검토시 고려사항

(1) 국부세굴로 인한 세굴심에는 교각폭과 수심의 두 가지 인자의 영향이 가장 큰 것으로 알려져 있으므로 설계시 교각폭을 최소화할 수 있도록 한다.

(2) 국부세굴심 추정에는 CSU 공식을 주로 이용할 수 있으며 최소 2개 이상의 세굴공식과 비교하여 적정성을 평가한다. CSU 공식은 HEC-18 보고서(1993)에 수록되어 있었던 이유로 HEC-18 공식이라고도 불리워지고 있으며, 여기에 하상의 장갑화에 따른 세굴심 감소를 고려하기 위해 1995년 추가적인 항목이 더해진 것을 HEC-18BM 공식이라고 부르고 있다. 본 설계기준에서 제시하는 CSU 공식은 HEC-18BM 공식(1995)을 의미하는 것으로 보며, 자세한 적용방법은 교량세굴 평가 및 대책수립 가이드라인(국토해양부, 2008)을 참고하도록 한다.

(3) 소하천에서 CSU 공식과 비교목적으로 사용하는 공식으로는 Southard

공식, Froehlich 공식 및 간략 중국공식 등이 추천되며. 이들 공식들의 자세한 적용은 교량세굴 평가 및 대책수립 가이드라인(국토해양부, 2008)에 소개된 내용을 따르도록 한다.

(4) 압력흐름 발생시 세굴심은 일반적인 경우보다 그 크기가 2~3배 정도까지 증가할 수 있는 것으로 알려져 있다. 따라서 홍수시 상부시설 상판을 월류하는 홍수흐름이 발생할 경우 주의를 요한다.

(5) 기초가 하상위로 1 m 이상 노출될 경우 교각폭 대신 기초폭을 사용하여 세굴영향을 검토하여야 한다.

나. 세굴보호공의 계획

1. 계획의 일반적인 고려사항

(1) 세굴보호공에는 사석보호공, 돌망태보호공, 콘크리트 블록매트 등의 직접적인 하상보호 방법 이외에 희생말뚝, 교각기둥에 공동설치, 유송잡물 방호공 등을 계획하는 등의 다양한 대책을 계획할 수 있으며 여기서는 소하천에서 가장 많이 사용되는 사석보호공과 돌망태보호공을 위주로 기술한다.

(2) 세굴보호공의 계획시 보호공의 상단면은 기존 하상고와 일치하도록 하여야 하며, 일반적으로 기존 하상고 위로 돌출되어서는 안 된다.

(3) 세굴보호공 중에서 특히 사석보호공을 계획할 경우에는 붕괴를 최소화하기 위하여 시공될 사석 아래의 토사가 이동할 우려가 있는 구간에는 필터층(잡석층, 토목섬유층 등)을 두어야 한다. 이때, 사석의 공극사이로 하상 입자가 이탈하지 않도록 필터공식 등을 이용한 적절한 검토를 실시할 필요가 있으며 필터층으로서 토목섬유를 사용할 수 있다.

2. 보호공의 규모 검토

(1) 사석보호공의 안정규모 검토를 위해 lsbash 공식 또는 Richardson 공식 등 경험공식을 사용할 수 있으며, 식의 내용은 하천설계기준·해설(2009)을 참조한다. 이때, 국내에서 개발된 경험공식을 비교차원에서 함께 사용하는 것이 적용 규모의 적정성을 판단하기 위한 목적 및 국내 기술발전 도모 등에서 권장된다.

(2) 사석의 평균규모는 최소안전 중량 30 kgf이상이어야 한다. 이보다 작은 규모에서 충분한 세굴보호 기능을 할 수 있다 판단되더라도 평균적인 입경은 중량 30 kgf 이상을 만족하도록 해야한다. 이때, 사석의 재질로 제주 현

무암과 퇴적암류인 사암, 역암, 이암, 혈암, 석회암, 용회암 등은 가급적 사용하지 말아야 한다.

(3) 돌망태 사석보호공의 계획시 돌망태 내부재료는 돌망태의 거동에 별다른 영향을 주지 않는 것으로 알려져 있어 사석이 고가이고 자갈이 많은 지역에서 사석보호공에 비해 경제적으로 유리할 수 있다. 이러한 돌망태의 규모결정은 사석보호공과 동일하게 실시하는 것으로 한다.

제7절 신설소하천

6.7.1 신설소하천의 적용

1. 소하천의 하천기능을 강화하고 치수적인 기능을 확보하기 위해서는 기존 소하천과 별도로 신설소하천을 계획할 수 있으며, 기존 소하천을 폐지하고 별도의 수로를 개설하는 경우에도 본 절의 내용을 적용하는 것으로 한다.
2. 도시에서 단지조성, 토지구획정리 등의 도시계획사업을 실시하거나 농촌에서 경지정리사업이나 농업기반시설사업을 실시할 경우에는 이와 동시에 소하천의 개수사업이 실시되는 경우가 있다. 이 경우에 토지의 합리적인 이용 등을 고려해서 상당한 소하천 연장에 걸쳐 기존 소하천을 완전히 폐지하고 신설소하천 또는 수로를 건설하는 사례가 많으며 이 경우에도 본 절의 내용을 만족해야 한다.
3. 유출량이 증가하여 재산 및 인명피해와 같은 재해를 유발하고 있는 경우에 내배수 시설의 확장이나 저류시설 등의 대책만으로는 충분한 홍수방어가 어렵다면 신설소하천을 건설하여 홍수량을 전환하여 소통시키는 방안을 검토할 수 있다. 이러한 신설소하천의 계획은 도시지역을 통과하는 소하천의 개수계획 수립시 제방증고나 하도정비사업의 대안으로서 유용하게 사용될 수 있다.
4. 신설소하천이 요구되나 도시지역의 특수한 여건으로 인하여 지형상 또는 토지이용상 적절한 부지를 확보하기 어려운 경우 지하소하천의 형태로 계획을 고려할 수 있다.
5. 하천변 계획홍수위보다 낮은 저지대의 경우 저류시설이 큰 효과를 가지지

못하는 경우가 많다. 이 경우 신속한 배제기능을 가지는 신설소하천을 주요 대책으로 우선적으로 고려할 필요가 있다.

6. 농경지 소하천 등의 경우 본류의 홍수위가 높아 배수가 어려운 지류 소하천의 합류부에 대한 처리 방법으로서 합류점을 하류 측으로 옮기는 경우가 있다. 또한 인접 수계 등을 상호 연결해서 유황을 조정하고, 이 수로에 치수 목적을 가진 하천으로서의 기능 부여도 고려할 수 있으며 이를 유황조정 소하천이라고 한다. 이러한 경우에도 역시 신설소하천과 관련된 기준의 적용대상으로 고려된다.
7. 심하게 굽은 소하천의 경우 소통 능력을 증대시키고 기존 소하천 하안의 붕괴방지를 위하여 첩수로와 같은 신설소하천을 계획할 수 있다. 이 경우 기존 하도를 유지하면서 제방 및 호안축조를 실시하는 경우보다 신설소하천이 개수규모를 감소시킬 수 있는지를 우선 확인하여야 한다.

6.7.2 신설소하천 계획시 고려사항

1. 신설소하천의 계획 및 설계에서는 그 기능, 목적을 고려한 하도의 안정성에 대한 검토를 실시하여야 한다. 설계유량을 안전하게 유하시킬 수 있는 소하천 시설의 안정성뿐만 아니라 소하천과 관련된 주변 및 배후지역의 재해예방 측면에 대해 충분한 검토가 필요하다.
2. 신설소하천을 계획할 경우 내수배제대책에 대해서 충분히 배려하여 새로운 내수 문제가 일어나지 않도록 해야 한다. 이를 위해 특히 유역내 배수로 및 우수관거 계통을 충분히 파악해야 한다. 또한, 지하수의 영향에 대해서도 사전에 충분히 조사하여 문제가 발생하지 않도록 해야 한다.
3. 제방이 있는 신설소하천 계획의 경우에는 계획홍수위가 높을수록 내수 배제, 지천 처리 등에서 어려운 문제가 발생할 수 있기 때문에 계획홍수위를 가능한 한 낮게 정해야 한다. 통상적인 경우는 과거 홍수의 최고 수위보다 낮아야 하며, 부득이하게 높게 설정된 경우 앞서 제시된 문제들에 대한 충분한 배려가 필요하다.
4. 신설소하천 계획시 상하류 하도 조건에서 굴입하도가 가능할 수 있도록 적극적으로 검토하는 것이 필요하다. 이와 함께 평수나 저수시의 지하수위 확보, 각종 용수의 취수수위 확보 등 유수의 정상적인 기능유지를 도모하기

위한 대책이 충분히 이루어지고 있는지를 함께 확인해야 한다. 과도한 인위적인 굴입하도의 경우 오히려 통수능력의 실질적인 증가로 인해 하류 제방 구간의 하천에 부담이 될 수 있으므로 피하는 편이 좋다. 따라서 인위적인 굴착을 통한 신설하천의 계획홍수위는 주변 제내지 지반고 정도로 하는 것이 가장 바람직하다.

5. 콘크리트 수로로 이루어진 기존 소하천을 각종 개발사업 등을 반영하여 이설하거나 폐지하고 신설소하천으로 계획하고자 하는 경우 자연형 하천으로 조성하는 것이 바람직하다. 이 경우 0.015 내외인 콘크리트 수로의 조도계수와 0.030 ~ 0.035인 자연형 하천의 조도계수의 차이를 고려하여 신설소하천의 하폭은 기존보다 적어도 2배 이상을 확보할 수 있도록 하여야 한다. 만약 통수능력을 만족시킬 수 있는 하폭을 충분히 마련되기 어렵다면 기존의 콘크리트 수로의 형태를 그대로 유지하여 이설하는 것이 바람직하다.
6. 대규모 성토가 수반되는 단지계획 등에서는 기존 수로를 지하화하고 지상에 자연형 수로를 형성하여 치수와 자연생태 및 경관을 함께 고려한 계획을 수립할 수도 있다.

6.7.3 신설소하천 설계시 고려사항

1. 급경사 지역의 신설소하천은 특별히 앞서 기술된 하상보호시설과 제방 및 호안을 함께 고려하여 계획할 필요가 있다. 특히 신설소하천 시점부 등의 상류단에는 만일의 토사유출에 대응하기 위해 유출토사 억제·조절 효과를 가지는 사방댐 또는 하상보호시설의 설치를 반드시 검토해야 한다. 급경사 지역 신설소하천의 홍수시 토사 함유율은 5% 미만이 되는 것이 바람직하다. 상류지역에서 대규모 공사가 진행 중이더라도 토사 함유율은 10%를 초과해서는 안 된다. 만약 이를 초과할 경우 토사를 처리하기 위한 사방댐은 이어 기술될 7장의 설계기준을 고려하여 계획하여야 한다.
2. 산지 등에서의 신설소하천은 일반적으로 급류이며 하상경사를 하상재료만으로 안정시킬 수 없는 경우가 많다. 이 경우 낙차공, 바닥다짐공 등과 같은 하상보호시설을 이용해야 하며 경우에 따라 하상을 콘크리트 등으로 덮어서 하상의 안정을 도모할 수 있다. 계획하상을 하상재료만으로 안정시킬 수 있는가, 하상보호시설이나 낙차흐름에 대한 감세공을 이용하여 안정시킬 수 있는가는 하상경사 및 횡단형태 뿐만 아니라 평면형상과도 관계된다. 이

때문에 계획하상경사와 하상고는 시행착오적으로 다양한 경우를 고려하여 결정할 필요가 있다.

3. 급경사 지역의 신설소하천은 원칙적으로 바닥을 붙여서 전면에 보호공을 설치하지 않는 구조로 한다. 만약 하상의 저항력 보다 소류력이 큰 경우에도 경사 완화 등을 계획단계에서 우선적으로 검토하는 것이 바람직하며, 되도록이면 하안과 바닥 모두에 보호공을 설치하는 3면 붙임은 피하는 것이 바람직하다. 그러나 경사완화, 하폭 확대 등을 고려하여도 소류력이 하상의 저항력 보다 큰 경우에는 3면 붙임을 설치할 수 있다.
4. 급경사 지역의 신설소하천에서 경사의 변화가 있을 경우 흐름특성의 변화로 인해 변화점의 하류에 큰 물리적인 영향이 나타날 수 있다. 따라서 이러한 영향을 가능한 한 최소화하기 위해 경사의 변화점에는 낙차공과 같은 하상보호시설을 설치하는 것이 원칙이다. 또 단일경사로 꽤 긴 거리의 하도가 계속될 경우 호안의 기초 세굴을 방지하는 의미에서 중간에 바닥다짐공을 설치하는 것이 필요하다. 이때 바닥다짐공의 간격은 경사를 분수로 표현할 때 나타나는 분모의 값을 거리간격으로 하는 것이 원칙이다.
5. 급경사 지역에 신설소하천을 계획할 때 하상보호시설은 하상을 안정시키는 것이 주요 목적이다. 이때, 만곡부가 있다면 만곡구간은 피하고 그 하류에 계획하는 것이 바람직하다. 세굴기간이 긴 경우 하나의 하상보호시설을 설치하기 보다는 하상을 따라 계단형으로 하상보호시설을 여러 개 계획하는 것이 바람직하다. 이때, 하상보호시설의 설치방향은 흐름의 유심선에 직각으로 하는 것이 좋다. 한편 급경사를 가지는 경우 하상보호시설의 높이는 일반적인 하천의 경우보다 상대적으로 큰 높이가 요구한다. 그렇지만 이 경우에도 일반적으로 5 m를 초과하지 않아야 한다. 특히 수직벽으로 설치한다면 그 낙차는 3.5~4.5 m 내외를 초과하지 않는 것이 좋다. 만약 그 이상의 높이가 필요할 경우 여러 개를 설치하여 계단형으로 계획하는 것이 바람직하다.
6. 신설소하천은 굴입하도 방식을 원칙으로 한다. 이때, 하상경사가 급변하지 않도록 하고 또 지류 합류점에서 세굴, 퇴적 등에 유의할 필요가 있다.
7. 급경사 지역의 신설소하천의 계획하상고는 현재 하상고보다 낮게 설정하는 것이 바람직하다. 또한, 소하천 본류에 지류가 유입할 경우 합류점에서의 세굴, 퇴적을 막기 위해서 지류의 종단경사는 원칙적으로 본류에 맞춘 경사

로 해야 한다. 이 때문에 합류점 직상류부의 지류에 하상보호시설을 설치하여 지류의 종단경사를 수정하여 합류시키는 등 합류점 부근의 종단경사, 평면형상 등을 충분히 검토할 필요가 있다.

8. 급경사 수로의 하상경사를 변화시킬 경우에는 상류부에서 하류부로 갈수록 점차적으로 완만한 경사가 되도록 해야 한다. 이때, 계획 하상경사의 변화는 변화지점 상하류의 소류력 차이가 50% 이상 되지 않도록 해야 한다.

제7장 저수·저류 및 사방시설

제1절 저수·저류 및 사방시설 일반사항

7.1.1 개요

1. 본 장에서는 저수시설, 저류시설과 사방시설의 계획 및 설계상 필요한 내용을 다룬다.
2. 저수시설은 소하천의 이수 및 친수계획, 환경계획에서 요구되는 유지유량 등을 확보하고 최종적으로는 건전한 물순환의 회복에 기여하기 위한 시설로 정의하며, 저류시설은 소하천의 재해예방계획에 따라 홍수를 저류하거나 지체하기 위한 목적으로 소하천내 또는 주변에 설치하는 홍수위험관리 시설물로 정의한다.
3. 사방시설은 소하천의 하도기능을 유지할 수 있도록 상류로부터 유입되는 과도한 토사의 유출을 억제하기 위한 시설물로 정의된다.

7.1.2 저수시설의 도입

1. 기상이변으로 인한 물부족 현상, 경제성장에 따른 생활수준의 향상과 물에 대한 패러다임의 변화 등으로 물의 이용증대 및 유지유량 확보의 인식이 증대됨에 따라 수자원확보 시설의 필요성이 대두 되고 있다.
2. 도시소하천 등이 위치한 시가지 지역의 경우 빗물의 대부분이 하수도나 지표면을 통해 유출되는 인공적인 흐름으로 나타난다. 이로 인해 소하천을 포함한 자연계의 물순환은 강우→증발→침투→유출이라는 건전한 과정에서 크게 벗어나 평상시 유량감소와 수질오염, 수자원 확보의 어려움, 침수피해 등 여러 가지 문제점과 소하천 관리상의 한계를 유발하게 되었다.
3. 이러한 문제와 관련하여 소하천 유역내에 내린 빗물을 이용, 침투 및 저류하거나 개선용수로 활용하는 것은 왜곡된 물순환 과정을 회복시키고 소하천 관리의 문제점들을 저감시킬 수 있는 주요 수단이 될 수 있다.

7.1.3 저류시설의 도입

1. 소하천 관련 사업은 홍수시 유출량 전량을 신속하게 하류로 배제하기 위한 계획은 최대한 지양하고 소하천 주변을 중심으로 한 적극적인 저류를 통해

하류하천의 홍수방어에 기여할 수 있어야 한다. 이를 위해, 소하천의 현 하도의 소통능력을 검토한 이후에 설계홍수량을 배제하는데 충분하지 못할 경우 저류시설의 도입을 우선적으로 검토하여야 한다.

2. 산지 및 농경지하천의 계획시 제내지보호 필요성이 크지 않은 지역의 경우 제방축조 계획 등은 최대한 지양하고 현지지형을 이용한 자연적인 저류를 유도하여 홍수량을 저감할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
3. 도시지역을 통과하는 소하천유역은 공공시설용지(학교, 녹지, 공원 등)과 지하저류시설등 유역내 저류시설 등을 적극적으로 활용한 계획을 수립하여 설계홍수량을 저감하고 홍수피해를 최소화 하는 것이 바람직하다.
4. 단일 저류시설로는 소기의 목적을 달성하는 것은 토지이용 및 공간활용상 한정될 수 있기 때문에 이 경우 분산형으로 설치하는 것을 고려하는 것이 바람직하다.
5. 저류시설은 단순한 홍수조절 및 저류기능 이외에 이수, 친수, 환경 등 다목적의 성격을 가질 수 있도록 고려할 수 있다.

7.1.4 사방시설의 도입

1. 소하천 관련 사업은 홍수시 유출량 전량을 신속하게 하류로 배제하기 위한 소하천이 하도로서의 기능을 적절히 유지하기 위해서는 상류로부터 유입되는 과도한 토사 등에 적절한 대처가 필요하다.
2. 사방시설은 산지소하천 등과 연계되어 시점부 등에서 과도한 토사유입, 유목 등으로 인해 소하천이 제대로 된 기능을 하기 힘든 경우를 대비하고 급경사 하천에서의 과도한 토사의 침식이나 퇴적문제와 관련된 문제에 대한 해결책이 될 수 있다.
3. 산림청이나 지방자치단체에서 산지계곡에 설치하는 사방댐은 주로 산지개발과 관련하여 다양한 목적을 가지는 반면, 소하천계획에서 고려하는 사방댐은 소하천이 하도로서의 기능유지를 할 수 있도록 유해한 토사재해를 방지하기 위한 수단으로서 고려된다는 점에서 구분해야 한다.

제2절 저수시설

7.2.1 개요

1. 저수시설은 해당 소하천에서의 유지유량을 공급하기 위한 측면뿐만 아니라 수계전체를 고려한 하류하천의 유지유량을 추가로 분담하는 시설로서 설치할 수 있다.
2. 대상 소하천의 현황 및 주변특성을 고려하여 적절한 저수시설을 도입해야 한다.

   (1) 도시 소하천은 친수활동에 필요한 유지유량을 공급하기 위한 목적으로 정비되는 사례가 많으며 이 경우 도입가능한 환경저류시설은 빗물이용시설, 하수처리수 재이용, 중수도 활용, 지하수용출수 활용 및 물순환시스템 등이 있다.

   (2) 산지 소하천과 농경지 소하천은 생태측면에서 유지유량을 필요로 하는 경우가 많으며, 소하천 상류의 소규모 저수지, 사방시설, 누수식 토암보, 생태둠벙 등을 활용하면 경제적이고 효과적인 용수공급이 이루어질 수 있다.
3. 저수시설의 계획시 홍수저감효과가 없는 것은 아니나 홍수시 실질적인 첨두홍수량 저감을 기대하기 어려우므로 소하천의 유지유량 측면에서만 효율적으로 운영될 수 있도록 한다.
4. 빗물을 이용하는 저수시설의 규모는 빗물이 모이는 집수면적, 독립호우사상의 무강우 일수 및 강우량의 계절적 변화 등을 고려하여 이용빈도가 높게 유지될 수 있도록 한다.
5. 소하천 부지내 또는 인근 지역에 인공적인 저수시설을 설치하고자 하는 경우 소하천 유지유량의 이용목적을 고려하여 초기우수를 배제하거나 제거할 수 있는 시설과 연계하거나 병행해서 설치할 수 있다. 이와 관련된 내용은 9장 9.2.2 비점오염저감시설에 관한 내용을 활용한다.
6. 소하천과 관련하여 주로 도입가능성을 고려할 수 있는 것은 본 장에서 소개하고 있는 소규모 저수지, 토암보, 둠벙, 빗물이용시설 등이다. 해당 시설들은 모두 특정 소하천 한 개소를 대상으로 하여 유지유량 공급을 계획하기 위한 것이라는 특징을 가지는 반면, 이러한 시설을 망라하여 최근에 지

역내 전체 소하천 대다수를 대상으로 유지유량을 공급하기 위해 물순환시스템을 고려할 수 있다.

7.2.2 주요 저수시설의 계획 및 설계시 고려사항

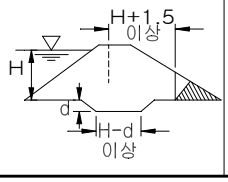
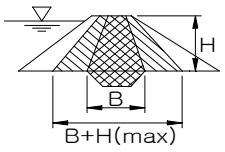
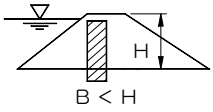
가. 소규모 저수지

1. 저수지의 위치는 필요한 저수용량과 저수용량의 확보가 가능한 곳, 누수의 염려가 없고 구조상의 안정을 얻을 수 있는 곳, 단위 저수량당 건설비가 적은 곳, 유지관리가 유리한 것 등을 고려하여 선정한다.
2. 소하천 상류부에 기존 농업용 저수지가 있다면 하류 소하천의 유지유량 공급을 위한 시설로 그 기능의 활용을 검토하여야 한다.
3. 소규모 저수지에서의 댐체 설계는 댐설계기준을 적용하는 것이 원칙이다. 다만, 필댐 형식의 댐체를 계획하는 경우 댐설계기준 상에서 정의된 안정기초의 조건을 만족한다면 간이화된 <표 7.1>의 제원으로 제체를 계획할 수 있다. 이때, 제체의 높이 H는 15 m 미만이어야 한다.
4. 소규모 저수지의 필댐 형식 댐체로서 가장 유리한 형식은 존형이고 그 다음이 균일형이다. 균일형 댐에서 배수도랑을 설치할 위치는 불투수성부의 폭을 안전을 위해 넓게 잡고 대댐의 경우보다 하류로 떼어 두는 것이 좋다.
5. 만약, 연약한 지반위에 필댐 형식의 소규모 댐체를 건설하려 할 경우 상하류 모두 1 : 3.0 보다 완만한 비탈기울기를 취하고 반드시 압성토를 적용한다. 압성토의 재료는 중량만 있으면 되며, 다소의 유기질분이 섞여도 무방하다.
6. 필댐 형식으로 소규모 저수지 댐체를 계획할 경우 댐체의 여유고와 마루폭은 다음을 만족해야 한다.

   (1) 여유고는 (0.05Y + 1.0) m으로 산정한다. 이때, Y(m)는 기초지반에서 설계 최고수위까지의 높이이다.

   (2) 댐마루 폭은 (0.2Y + 2.0) m으로 산정한다. 만약, 이 값이 3.0 m보다 작다면 최소 3.0 m를 취해야 한다.

<표 7.1> 안정기초상의 소규모 댐의 비탈기울기

제체 불투수성부	재료 투수성률	댐의 형식					
		균일형		존형		코어형	
		상류 (수위급강하)	하류	상류 (수위급강하)	하류	상류 (수위급강하)	하류
GC, GM	ROCK	2.5(3.0)	2.0	2.0(2.5)	2.0	2.0(2.0)	2.0
SC, SM	GW, GP	2.5(3.0)	2.0	2.0(2.5)	2.0	2.0(2.0)	2.0
CL, ML	SW, SP	3.0(3.5)	2.5	2.5(3.0)	2.5	2.0(2.0)	2.0
CH, MH	무엇이든 가능함	3.5(4.0)	2.5	3.0(3.5)	2.5	2.0(2.0)	2.0
							

8. 필댐 형식의 소규모 저수지 댐체의 상류 비탈면 보호공 아래 끝에는 소단을 설치하여 세굴 및 활동을 방지하는 것이 좋다. 비탈면 보호재료로는 사석, 돌붙임, 자갈 등을 사용할 수 있다. 이런 것을 수집할 수 없어서 콘크리트 블록을 사용할 경우에는 블록밑에 두께 20~30 ㎝ 정도의 막자갈을 깔아서 흙이 빠져나가는 것을 방지한다. 또 이음에는 부등침하에 견디며, 물이 잘 빠지도록 메쌓기로 한다.
9. 취수량이 적은 소규모 저수지의 댐체에서 암거는 전길이에 걸쳐 균질이고 충분한 지지력을 가진 원지반을 굴착해서 설치하여 침하 및 누수를 방지하도록 설계한다.

나. 토암보

1. 소하천 상류부에 저수시설 설치시 하천의 연속성을 확보하고 자연유량이 가능한 오랫동안 흐르도록 하기 위해서는 소하천내 보를 완만한 경사로 계획한다.

2. 경사가 급격한 지형에는 하천의 연속성을 유지할 수 있도록 설계된 누수식 토암보를 바깥쪽에서 안쪽으로 「바위층→돌층→자갈층→왕모래층→흙층」 등 5겹을 순차적으로 축조한다.
3. 홍수시 빠른 유속으로 인한 상류부 흙층의 침식과 바위층 기초지반의 세굴, 그리고 상류부의 유속 저하로 인한 유사의 퇴적에 대한 대책을 마련한다.

다. 둠벙

1. 둠벙이란 물웅덩이의 방언으로 논 가장자리에 물을 저장하기 위하여 파놓은 작은 웅덩이를 의미한다. 이는 과거 영농활동에 있어서 농업용수 확보가 어려운 지역에서 흔히 사용되던 관개시설의 한 형태이다.
2. 둠벙은 농업기반시설의 정비와 함께 상당수가 사라졌으나 최근 농업용수의 확보 측면보다는 친환경지표, 생태체험장 및 관광자원화를 목적으로 생태연못 둠벙 조성사업이 이루어지고 있다.
3. 둠벙은 농촌지역의 소하천에서 주로 도입될 수 있다. 폐경작지 등으로 더 이상 관개시설로서 기능이 요구되지 않는 기존 둠벙을 활용하거나 또는 새로이 신규 둠벙을 조성하여 소하천의 환경용수 공급시설로서 활용할 수 있다.
4. 기존 둠벙은 논 또는 밭농사를 위한 농업용수의 확보 측면 외에도 수서생물의 서식지, 철새의 서식지 그리고 각종 수생식물과 수변식물이 자라나는 생태적 기능을 담당하고 있다. 따라서 기존 둠벙을 소하천의 유지유량을 공급하기 위한 저수시설로 활용하고자 할 경우 둠벙의 다양한 순기능이 훼손되지 않도록 하면서 대상 소하천의 계획이 서로 조화를 이루어야 한다.

라. 빗물이용시설

1. 빗물이용시설의 집수장소는 소하천 주변 건물의 지붕, 옥상 등 비교적 오염되지 않은 불투수면이 그 대상이다.
2. 빗물이용시설의 경우 토지이용 및 공간활용이 한정된 시가지에서는 단일집중형 보다는 분산형으로 여러 곳에 설치를 계획하는 것이 바람직하다.
3. 빗물이용시설의 저장조는 일정하게 유입되지 않는 빗물을 효율적이고 계획적으로 사용하기 위해 사용한다. 저장조는 건축법, 수도법 등에서 정하고

있는 저수조 설치기준을 참조하여 수압, 풍압, 적설, 지진, 일사, 염해 등에 충분히 견딜 수 있는 재질, 두께 및 구조를 가져야 한다.

4. 빗물이용시설의 집수면은 대기오염물질, 분진, 조류배설물 등에 의하여 오염되어 있는 경우가 많으므로 초기빗물배제관 등을 설치하여 초기우수를 배제할 수 있도록 해야 한다.
5. 홍수시 빗물이용시설이 침수되지 않도록 설치하여야 하며, 저장조의 경우 기존에 담겨있던 빗물을 단시간에 비울 수 있는 배수시설을 갖추고 있어야 한다.

7.2.3 물순환시스템

가. 물순환시스템의 개요

1. 물순환시스템이란 소하천을 하천, 저수지, 저류시설, 호소, 실개천 등과 연계하여 유역내 하천수의 흐름을 계통화하고 다양한 수원(하천수, 호소수, 하수처리수, 빗물, 지하수 등)을 활용할 수 있도록 통합 관리함으로써 물순환의 건전성을 증대시키고, 환경의 건강성과 지속성을 높일 수 있는 시스템이다.
2. 물순환시스템의 일반적인 적용은 하류 본류하천의 풍부한 물을 취수하여 상류의 저수지 등으로 끌어들인 후 분산·방류하여 다양한 소하천을 거쳐 다시 본류로 합류할 수 있도록 하는 것으로, 물순환형 소하천 조성사업 등으로도 불리며 개별 소하천 단위로 계획되지 않고 지역별 또는 수계별로 계획되는 특징을 가진다.
3. 도시 물순환시스템은 특히 건천화되거나 훼손된 소하천의 복원에 효과적이며 실개천과 연결된 녹지 등을 조성하여 도시전체를 저탄소 친수·녹지공간으로 재창출할 수 있는 주요 방안으로 권장되고 있다.
4. 물순환시스템은 다양하고 풍부한 수원을 활용하여 유지유량 부족 문제를 해결할 수 있다는 측면에서 가장 관심을 받고 있지만, 수문순환 과정과 관련하여 물순환 건강성에 대한 평가와 함께 수질 및 생태보전에 대한 구체적인 검토를 필요로 한다.
5. 도시 등 수질과 관련된 여건이 불리한 지역에서 물순환시스템을 도입하려 하는 경우 적극적인 수질관리를 위해 수처리시설을 함께 도입하여야 한다.

6. 물순환시스템내 수량·수질 현황, 오염물질 유입, 오염원 감지와 수생태계 현황 등을 모니터링하여 상황을 관측·분석·예측하고 통합·제어할 수 있는 물순환시스템의 도입가능성을 검토할 필요가 있다.

나. 물순환시스템 계획 및 설계시 고려사항

1. 물순환시스템의 계획시에는 유역규모를 고려한 입지선정 및 형태와 규모, 수원확보방안, 물순환 분석, 저면처리 및 호안처리기법, 부영양화 가능성 평가, 수질 및 수생태계 관리방안 등을 종합적으로 고려하여야 한다.
2. 유역규모를 고려한 입지선정 및 형태와 규모에 대한 검토내용은 ① 필요수량 및 수질 유지에 적합한 용수확보의 타당성 ② 집중호우 및 이상강우에 대비한 재해예방 ③ 자연유하방식의 물순환 용이성 ④ 주변 생물서식처로부터 생물종의 이동과 유입의 용이성 등을 포함한다.
3. 수원확보 방안과 관련해서는 ① 유역의 수문지형학적 특성, 기상조건을 고려한 다중수원의 분포 여부 ② 수원의 수량과 수질 ③ 취수 및 도수시설의 소요비용 ④ 수원의 수리권 관련 관계부처 및 지자체 간의 이견을 조사해야 한다.
4. 물순환 분석과 관련해서 고려할 사항은 다음과 같다. 유역의 개요와 물순환 현황(강수량, 하천 및 지하수, 물의 이용·공급 현황, 상하수도 현황, 토지이 관련 특성 등)을 종합적으로 고려하여 계획을 수립하여야 하고 경우에 따라서는 전문적인 물순환 해석모형을 활용하여 물순환 과정의 건전성에 대한 해석을 실시할 필요가 있다.
5. 저면처리 및 호안처리와 부영양화 가능성은 물순환시스템의 주요 수원으로 인공 호수 또는 저수지 등을 조성하는 경우와 관련하여 검토가 필요한 사항이다. 주로 저면의 차수시스템의 도입여부와 이 차수시스템이 동식물 및 환경에 미치는 영향, 수원의 현재 영양상태(질소, 인 등), 인공호수가 물순환시스템의 목표수질을 확보하기 위해 필요한 수리학적 체류시간 등에 대한 검토가 필요하다.
6. 수질 및 수생태계 관리방안에는 소하천별 타당한 목표수질 및 어종이 설정되었는지와 수질정화를 위한 목적으로 수처리시설의 도입 필요성 등이 검토되어야 한다.

제3절 저류시설

7.3.1 개요

1. 저류시설은 치수목적상 소하천 하도의 확폭 등이 필요하나 용이하지 않은 경우, 장래 기후변화 등에 따른 치수능력의 증대가 필요한 경우, 수계전체의 홍수방어 차원에서 상류소하천의 홍수유출을 억제해야할 필요가 있는 경우 등에 설치한다.
2. 저류시설은 하도구간의 경우 충분한 공간을 확보할 수 없는 경우가 많아 기능 발휘에 한계가 있으므로 제내지에서의 입지를 우선적으로 검토하여 계획하는 것이 바람직하다. 이때 주요 저류시설에는 천변저류지, 저류습지, 빗물저류시설, 지하저류시설 등이 있다. 빗물펌프장 및 유수지도 저류시설의 분류에 포함하여 소개하도록 한다. 저류시설 중 일부는 펌프장 계획과 함께 다루어져야 하는 경우가 많다.
3. 소하천의 흐름특성이 사류일 경우 소하천에 접한 측벽이나 제방의 일부를 낮게 해서 만든 월류제를 이용하여 첨두 홍수를 제어하는 방식은 많은 주의를 요한다. 사류흐름일 경우 상류흐름에 비해 횡월류가 어렵다고 알려져 있기 때문이다. 이 경우 분류수로 등을 이용하여 직접적으로 저류시설로의 유입을 유도하거나 또는 월류구간에서 경사조정 등을 통해 횡월류가 용이하게 발생할 수 있는 흐름조건을 갖추도록 해야 한다. 횡월류 발생이 가능한 흐름 조건은 Fr (Froude 수) 0.8 미만의 상류흐름이다.

4 저류시설의 계획은 ① 가능한 입지조건 조사 ② 계획수문량 산정 ③ 형식결정 ④ 규모 결정 ⑤ 저류시설 계획 ⑥ 저류시설 설계의 절차를 따른다.

7.3.2 천변저류지와 홍수터

가. 개요

1. 일반적으로 하천과 천변저류지는 유입부와 유출부를 포함한 제방으로 분리되며 천변저류지는 둘레가 제방으로 축조되어 조성된 공간이다. 따라서 천

변저류지는 홍수시는 하천변 절연 홍수터이고 평상시에는 하천변 절연 홍수터 습지(및 육지)로 운영될 수 있다.

2. 천변저류지와 홍수터는 홍수시 하천수위가 일정수위 이상이 될 경우 하천의 유수를 천변저류지로 월류시켜 하천의 홍수량을 저감하는 홍수조절기능을 제공하며, 평시에는 천변저류지 내 수량을 인위적으로 조절하여 저장함으로써 습지, 농경지 및 여가활용 등의 목적으로 활용할 수 있다. <표 7.2>는 천변저류지(절연홍수터)와 연속 홍수터의 홍수 및 평시 수리적 특성을 나타내고 있다.

<표 7.2> 천변저류지와 연속 홍수터의 수리적 특성

구분		천변저류지 (절연홍수터)	연속홍수터	비 고
홍수시	수 위	본류하천 수위에 직접-간접적으로 영향을 받음	본류하천 수위에 직접적으로 영향을 받음	천변저류지 특성에 부합되는 각종 모형 적용 모색
	유 속	저류지 관리수위 도달 후 유속은 거의 없음	하도 평면적 유속분포에 의한 유속발생	
	토사퇴적	홍수시 저류지내 토사침강 예상	천변저류지보다 유리함	
평상시	수 위	인위적 수량 조절	본류하천 수위에 영향을 받으며 통상 드러나 있음	
	유 속	인위적 수량 조절에 의한 유속발생	-	

3. 천변저류지의 기능은 평상시에는 복원 구하도 기능, 생태저류지 혹은 친수공간 기능 등을 갖으며, 홍수시에는 하도의 홍수저감 기능을 갖으며, 이러한 활용을 위한 시설물 계획은 <표 7.3>과 같은 절차를 참고할 수 있다.
4. 천변저류지와 홍수터는 하천의 제방 일부를 낮춰서 하천구역 외의 토지에 홍수조절 기능을 갖게 하는 것이기 때문에 필요에 따라 제내지 인근 주거지역 사이에 범람수의 거동을 제어해 줄 수 있는 제방이 필요할 수 있으며 이를 주위제(周圍堤)라 정의하고 다음과 같은 사항을 고려하여 설계한다.
   (1) 주위제는 제내지의 지반고와 천변저류지의 최대담수위와의 관계로부터 제내지 지반고가 최대담수위에 여유고를 더한 값 보다 큰 경우에는 인

위적인 주위제의 개축이 불필요하나, 반대인 경우에는 설치를 고려하여야 한다. 이때 제내지 우수유출의 일부 또는 전부가 천변저류지로 유입되는 경우에는 천변저류지의 최대담수위에 의한 배수기능에 대한 검토를 행하여 대책을 수립하여야 한다.

(2) 주위제 제방의 높이가 부득이 하게 인근 주거지역의 지반고보다 높아서 천정천에서의 하천 제방과 같은 구조가 되는 경우에는 특별히 침투와 연계된 제방 안전성에 주의를 기하여 설계하도록 한다.

<표 7.3> 천변저류지 설계절차 및 고려사항

설계 순서	내 용	결정해야 할 요소
1. 저류지 기본형상의 결정	재내지 토지/공간이용 및 저류지운영특성에 따른 저류지 형상의 결정	토지이용(친수공간, 수로, 습지 등) 제내지 지반고 주위제 제방고 평상시 수공간 및 유지관리수위 홍수시 침수공간 및 유지관리수위
2. 평상시 운영을 위한 시설물 계획 결정	평상시 저류지 운영, 특히 수공간 확보를 위한 시설물 형식과 제원의 결정	제내지 수공간 유지를 위한 유량 평상시 하천수위 및 도입가능량 하천수 도수부의 형식, 형상, 규모 제내지 유수 유출부의 형식, 형상, 규모
3. 홍수저감목표결정	빈도별 홍수위 분석을 통한 목표저감량(수위, 유량) 설정	하천단면에 있어서의 홍수위(첨두홍수량) 저감목표량
4. 홍수저감목표량 확보를 위한 유입부 형식 및 제원 결정	하도 홍수의 일부를 도수시키기 위한 유입부의 형식과 제원의 결정	도입 형식(월류제, 수문, 가동보 등) 도입 제원(월류제의 경우, 월류제 높이, 길이, 형상, 위치 등)
5. 홍수저감효과의 검증	유입부 형식 및 제원으로 계획한 목표홍수저감목표량이 달성되는지를 확인	저감효과의 정량적 분석(수치해석, 수리실험 등)을 통한 상기 유입부 형식과 제원
6. 홍수시 유출부 시설물 계획결정	제내지 공간관리(식생, 토사 등)를 위한 유출부의 형식과 제원의 결정	최소방류시간, 최초 방류 하천수위 등 방류 형식(수문, 통관 등), 방류 제원(방류구 크기 등)

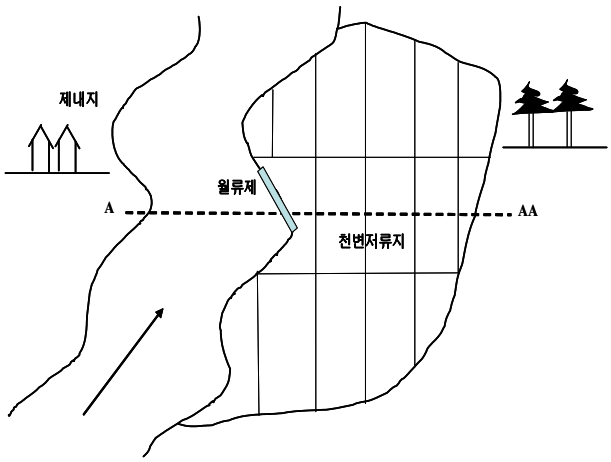
5. 천변저류지와 홍수터는 그 입지특성 및 설치목적상 단일 또는 다목적으로의 활용을 계획할 수 있으며 주요 목적 중의 하나인 저류기능 역시 일시저류와 상시저류로 나누어 설계시 고려할 수 있다. 이러한 분류를 기준으로 천변저류지와 홍수터의 활용유형을 살펴보면 <표 7.4>와 같다.

<표 7.4> 천변저류지 및 홍수터의 활용 유형

저류 유형		이용방안	유형구분		도입시설	
					저류관련 시설	다목적이용시설
단일시설	일시저류	홍수조절을 위한 저류지 단일시설	저류지형		유입, 방류, 안전, 관리시설 등	-
		기존농지 및 나대지 존치 홍수시에만 저류지활용	농지형		상동	농업관련시설
	상시저류	평상시 농업용 저류지로 활용/홍수시 방류 후 천변저류지로 활용	농업용수형		상동	농업용수 관리시설
다목적시설	일시저류	일반적으로 지역민을 위한 비수익성 시설	공원시설	기능형	상동	주차장, 자전거도로, 선착장 등으로 활용
				활동형	상동	근린체육시설, 수변활동시설 등
				휴게형	상동	휴게소, 야유회장, 잔디광장, 전망대/전망브릿지 등
		공원시설과 유사한 근린생활시설로 활용	주제시설	교육/문화형	상동	도서관, 박물관, 전시장, 야외음악당. 학습원
				위락형	상동	유원지, 이벤트장/공연장 등
				체육시설형	상동	종합체육시설(축구장, 육상경기장 등)
	상시저류	습지로 조성	습지시설	민자유치형	상동	골프장, 상설전시장, 승마장, 경륜장, X-GAME장, 수영장 등
				보전형	상동	생태습지, 생태연못, 동식물서식처, 야생화단지 등
				학습형	상동	조류관찰원, 관찰습지, 자연학습장 등

나. 천변저류지의 설계

1. 홍수시 하류 도시지역이나 주요시설을 보호하기 위해 치수목적에 부합되도록 인위적으로 특정 소하천 및 인근 부지를 대상으로 천변저류지를 확보하고자 하는 경우 주로 off-line 방식을 고려하며, 이 경우 상류부로는 수위저감 효과를, 하류로는 홍수량 저감 효과를 기대할 수 있는 최적의 위치 및 규모결정이 중요하다.



<그림 7.1> 홍수조절을 위한 천변저류지의 입지 (예시)

2. 홍수조절을 주요 목적으로 하는 인위적인 천변저류지 계획 및 설계는 다음 사항을 고려한다.
   (1) 저감해야 될 설계유량(저류량) 산정
   (2) 천변저류지 대상지역에 대한 기초조사(측량, 토질, 환경, 주변여건 등)
   (3) 유출모형에 의한 홍적저감 분석(1, 2차원 수리모형)
   (4) 하도와 저류지 분담량 결정(하도 소통능 고려)
   (5) 계획 침수빈도 결정(저류지 월류빈도)
   (6) 필요시 수리모형실험(월류언 유량계수 산정, 필요용량 재검토)
   (7) 저류지 설계(주변 시설물 연계, 지하수, 지반조건 등 고려)
3. 천변저류지 계획 수립시 수리학적 접근 방법만으로는 홍수조절 효과 분석에 한계가 있으므로, 천변저류지의 홍수조절로 인한 홍수저감 효과는 수문

학적 접근방법으로 규모를 결정할 수 있다.

4. 천변저류지 최적위치 선정을 위해 보다 적은 비용으로 최대의 이익(편익)을 줄 수 있도록 제내지 현황, 사회·경제적인 여건 및 경제성 분석을 실시하고 종합적인 사항을 고려하여 위치와 규모를 결정한다.

5. 월류부 설계

천변저류지의 월류부는 홍수시 수위저감을 위해 월류부의 최적높이 및 길이를 결정하기 위하여 다음과 같은 절차를 통하여 결정할 수 있다.

(1) 저류지 기본 형상의 결정

(2) 평상시 운영을 위한 시설물 계획 결정

(3) 홍수저감목표 설정

(4) 홍수저감목표량 확보를 위한 유입부 형식 및 제원 결정

(5) 홍수저감효과의 검증

(6) 홍수시 유출부 시설물 계획 결정

6. 월류부 형상 및 제원

(1) 천변저류지는 기존 제방의 뚝마루 일부를 낮춰서 조성하므로, 월류부 형상은 기존 제방의 제체 단면 형상에 의존하게 되어, 월류부 단면형상은 아래와 같은 사항을 고려하여 계획한다.

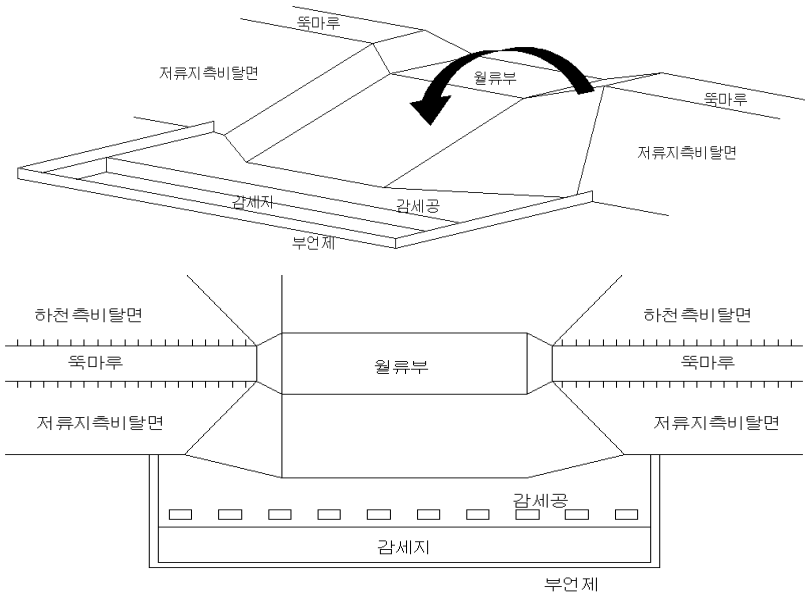
(2) 천변저류지 월류부는 하천측 비탈면, 월류부, 저류지측 비탈면, 감세지(감세공), 부언제, 기타 시설물(배기관, 배수관, 차수판, 파일등)로 구성된다.

(3) 현 소하천의 비탈면 경사가 1 : 1~1 : 1.5 정도임을 감안하면 저류지 측의 월류부 비탈면 끝은 기존 제방의 제내지 측 비탈면 끝보다 더 제내지 측으로 들어오게 된다. 그러나 이러한 월류부 경사를 하천 측에 두는 것은 하도 단면의 축소를 가져오기 때문에 바람직하지 않으며, 하도측 월류부 비탈면 경사는 특별한 사유가 없는 한 기존 제방의 경사 및 현지여건 등을 고려하여 결정한다.

(4) 월류부의 길이 및 높이는 천변저류지에 요구되는 기능(저감효과)에 의해 결정되며, 천변저류지 월류부의 길이 및 높이가 결정되면 월류제 천단 폭은 기존 제방의 단면에 의해 결정한다.

(5) 월류부를 넘어온 하천수의 에너지파를 감쇄시키기 위해서 월류부 비탈면 끝에는 감세공이나 감세지를 설치할 수 있다.

(6) 부언제(endsill)는 감세지를 둘러싼 콘크리트 등으로 만들어진 소규모 턱이다.



<그림 7.2> 천변저류지의 월류부 형상 (예시)

7. 유출부 설계지침

(1) 천변저류지의 방류시설은 자연배제 또는 강제배제에 따라 그 구조가 달라지며, 자연배제의 경우에도 수문 형식, 오리피스 형식 등에 따라 적절한 수문·수리학적 검토방법을 선택해야 한다.

(2) 천변저류지의 기능이 홍수시의 일부 하천유량을 저류시키는 것을 목적으로 하고 있음을 고려할 때 강제배제용 펌핑시설은 지양하고 유출부 설계는 수문을 통한 자연배제 방식을 우선적으로 고려하는 것이 원칙이다. 다만, 홍수가 도래하기 전에 저류지가 비워 있어야 저류효과를 발휘할 수 있으며, 평상시에도 저류지에 시설을 설치하여 이용하고자 할 때에는 펌프시설을 계획에 포함할 수 있다.

8. 기타 설계사항

(1) 천변저류지는 하천의 제방 일부를 낮춰서 홍수조절 기능을 갖게 하는 것이기 때문에 천변저류지와 제내지 인근 주거지역 사이에 범람수의 거동을 제어해 줄 수 있는 제방이 필요하다.

(2) 제내지 지반고가 최대담수위에 여유고를 더한 값 보다 큰 경우 인위적인 주위제의 개축이 불필요하나, 반대인 경우 주위제를 설치할 필요가 있다.

(3) 본류하천 수위여건상 제내지 우수유출의 일부 또는 전부가 제내지 침수방지를 위해 천변저류지로 유입이 가능하다고 판단될 경우 천변저류지의 최대담수위에 의한 배수기능에 대한 검토를 통하여 대책을 수립하여야 한다.
(4) 천변저류지 조성시 바닥침투에 의해 주변의 지하수위 또는 소하천 수위에 대한 영향 검토를 실시하여야 한다. 천변저류지의 바닥이 주변 소하천보다 높을 경우 저류시 저류지 바닥을 침투한 유량이 소하천으로 유출되어 수위가 상승하고 소하천의 홍수량과 더해지면서 제방의 불안정을 야기한 경우도 발생할 수 있기 때문이다.

7.3.3 옛 하도를 통한 저류습지

가. 개요

옛 하도는 과거 충적층이 발달한 지형학적 특징을 가지고 있으므로 저류습지 계획을 통하여 치수·이수, 생태 및 친수기능 등을 향상하고 다목적공간으로 활용할 수 있도록 계획한다. 구하도 구간은 구지도, 지적도, 영상자료, 관련자료 및 현지조사 등을 통하여 위치 및 현황을 파악할 수 있다. 저류습지는 치수·이수기능 외 미생물 분해, 식생 식물에 의한 정화기능 및 친수기능 등 다양한 기능을 포함하고 있다.

<표 7.5> 저류습지 기능

구 분	기 능
치수 기능	홍수저감에 따른 치수기능 향상
이수 기능	지하수함양, 갈수유량 확보
생 태 기능	야생생물 서식처, 곤충, 어류, 조류의 산란장, 생태계의 연결고리
수질정화 기능	수생식물 및 생물에 의한 수질 정화
문 화 기능	지역환경에 따른 특징적 문화, 자연교육, 관광기능
친 수 기능	서정적 친수공간 조성, 여가활용 공간
기후조절 기능	국지적 대기 온·습도 조절

나. 대상지 선정시 고려사항

1. 저류습지는 우선적으로 구하도 대상지에 대해 치수·이수 효과, 생태 효과, 사회적 효과, 유지관리 용이성, 사업시행 용이성 등을 고려하여 선정한다.
2. 대상지의 위치선정은 다음사항을 고려한다.
   (1) 저류습지는 소하천의 특성을 고려하여 도시지역, 농경지 및 산지하천 순으로 계획할 수 있다.
   (2) 홍수시 도시지역 및 주요시설의 피해를 저감할 수 있는 적정위치에 계획하여야 한다.
   (3) 원지형을 이용하여 습지를 조성할 경우 지하수위가 낮은 곳을 선택하는데 그러지 못한 경우 물의 공급원을 손쉽게 확보할 수 있는 곳을 선택한다.
   (4) 저류습지는 하천의 종방향 및 횡방향의 생태적 네트워크를 고려한 하천의 연속성, 역동성, 고유성, 다양성 등 하천본래의 순기능에 부합되도록 계획한다.
   (5) 평상시 주민들이 용이하게 접근할 수 있는 위치를 고려한다.
3. 대상습지 선정시 평가의 주요평가 항목은 다음사항을 고려할 수 있다.
   (1) 치·이수기능 개선 효과
   (2) 생태기능 개선 효과
   (3) 경관, 문화, 친수기능 효과
   (4) 유지관리의 용이성
   (5) 사업시행의 용이성

다. 계획·설계시 고려사항

1. 저류습지는 평면, 종단 및 횡단계획시 과거 구하도 구간을 최대한 반영하여야 한다.
   (1) 하도의 평면계획은 구하도의 원지형을 고려하여 치수, 이수, 생태, 경관 측면을 고려하여야 한다.
   (2) 종단계획시 획일적인 하상경사는 생태기능을 저하시킬 수 있으므로 지양하고, 여울·소등을 이용하여 하도의 안정성과 생태기능을 고려한다.
   (3) 횡단계획은 평상시 적정유량에 의한 평균하폭과 수심이 유지될 수 있도록 계획하고 유사량, 하상재료, 식생, 유속등을 고려하여야 한다.

2. 홍수시 본류하도 및 저류습지가 홍수저감량이 최대화 되도록 습지와 인접한 본류의 제방고 높이를 적정하게 계획하여 치수기능을 향상시켜야 한다.
3. 평상시 및 갈수시 적정유량이 습지로 유하되도록 본류와 유량배분을 고려하여야 한다.
4. 저류습지의 유입부 및 유출부가 유사 등에 의해 퇴적되지 않도록 고려하여 향후 저류습지의 관리비가 최소화되도록 하여야 한다.
5. 자생식물, 수목과 수질정화기능을 고려한 정수식물 등을 고려하고 하도내 최소수심을 확보할 수 있는 자연형 소, 웅덩이 등을 계획하여야 한다.
6. 도시지역 인근에 저류습지 계획시 치수·이수·환경기능과 더불어 친수·역사·문화사항 등을 연계하여 학생과 주민들이 보고, 느끼고, 체험할 수 있는 생태학습 기능을 고려한 계획을 지향한다.

라. 저류습지 설계

저류습지 설계절차는 대상지역 조사/분석, 저류습지 규모, 저류습지 설계/분석으로 구분하며, 세부적인 내용은 다음과 같다.

1. 대상지역 조사/분석
 (1) 저류습지 위치, 주변여건 조사
 (2) 하천 수문수리 조사
 (3) 하천형태 및 지형변화 조사
 (4) 어류 및 수중생물 조사
 (5) 기타사항 조사(주변 하천문화 등)
2. 저류습지 규모계획
 (1) 구하도 여건을 고려한 지형·생태적 기능을 고려한 저류습지 규모계획
 (2) 홍수조절 효과에 따른 경제적 계획
 (3) 사회·경제적인 여건을 고려 규모설정
 (4) 기타사항을 고려한 고려
3. 저류습지 설계/분석
 (1) 저류습지 및 하도설계
 (2) 구조물 설계
 (3) 주변 공간설계

7.3.4 빗물저류시설

가. 개요

빗물저류시설은 홍수시 유출량을 저감하여 하천으로 유입되는 하도유량의 일부를 일시 저류하여 유출량을 조절함으로서 홍수피해를 방지하는 시설을 의미하며, 소하천 유역내 개발지역, 도시화 지역이거나 예상되는 지역, 상습적인 침수피해지역 등에 계획할 수 있다.

나. 빗물저류시설 계획시 고려사항

1. 빗물저류시설 위치선정은 과거 침수피해가 상습적으로 발생했던 지점과 그 상류지역에 대하여 현장조사와 관련계획 등 검토하여 침수원인을 분석하고 빗물저류시설 계획시 홍수저감과 침수피해저감 효과가 높은 지역에 대하여 우선적으로 계획하도록 한다.
2. 계획수문량 산정을 위하여 다음사항을 고려한다.
   (1) 강우분석을 위해 유역 및 인근 유역 외 시강우자료를 20~30년 이상 보유한 강우관측소를 선정하여 수문자료의 신뢰성을 확보하여야 한다.
   (2) 홍수량은 제4장의 설계수문량 편을 참조하여 계산한다.
   (3) 빗물저류시설의 계획수문량 결정은 수리 및 수문학적 측면 뿐만 아니라, 사회·경제적 측면과 현지여건 등을 종합적으로 고려하여 결정하여야 한다.
3. 빗물저류시설 형식은 on-line 방식, off-line 방식 및 구조형식에 따라 댐식, 굴착식, 지하식으로 나눌 수 있으며 자연배제와 펌프시설을 적용하여 계획할 수 있다.
4. 빗물저류시설의 위치는 특별한 제한은 없으나 우수유출시에 효과적인 기능을 할 수 있는 용량 및 구조를 갖출 수 있는 곳인지를 확인해서 결정해야 한다. 일반적으로 공공용지를 활용하는 것이 사업시행에 유리하며 소하천변 홍수터나 빈 공터, 농경지 뿐만 아니라 소하천 가까이에 위치하고 있는 공원, 운동장 등의 부지를 활용하는 것이 일반적이다.
5. 빗물저류시설은 구조상 안전한 장소에 위치해야 한다. 즉, 성토부에 설치되는 경우는 성토사면의 침식과 활동에 대한 검토가 필요하고 절토부에 설치

한 경우는 지층, 침투수에 따른 침식과 활동에 주의한다.

6. 빗물저류시설의 규모는 적정계획빈도를 채택하여 계획빈도에 대한 첨두홍수가 발생하는 유출량에 대해 저감량을 결정하여야 한다. 또한 대상시설 부지나 주변여건, 경제성, 안전성 등을 충분히 고려하여 각각의 저류시설별 규모를 충분히 검토하여 결정한다.
7. 빗물저류시설은 운영·유지관리를 최소화할 수 있도록 배수시설, 환기시설, 안전시설 및 관측시설 계획시 고려하여야 하며, 유지관리는 평상시와 홍수시 구분하여 정기적인 점검과 특별점검을 통하여 저류시설의 기능이 저하되지 않도록 관리하여야 한다.

다. 빗물저류시설의 설치시 고려사항

1. 빗물저류시설의 설치시 시설본래의 기능이 유지될 수 있도록 통상 강우에 대해 양호한 배수성을 가짐과 동시에 저류시 주변과 일반인들의 안전성이 확보되어야 한다. 특히 거주지역에 밀접하게 설치되는 빗물저류시설의 경우 다음과 같은 조건을 만족하는 구조를 가져야 한다.

   (1) 빗물저류시설의 방류량은 원칙적으로 계획대상 강우시에 시설에서 월류가 발생하지 않도록 하여야 한다. 담수빈도 및 담수시간 등 관리상의 특징을 고려하여 설정하여야 한다. 또 방류구의 설치위치는 저류부 밑면 이하로 하고 저류시설의 모든 수량이 배수 가능하여야 한다.

   (2) 빗물저류시설의 저류수심의 설정에 있어서는 유출저감효과 및 주변 주민 등의 안전성 등을 감안한 후 시설의 이용 상황에 맞는 적절한 값으로 한다.

   (3) 저류부 내에는 담수시 파손위험이 높은 시설을 설치하면 안 된다.
2. 빗물저류시설은 소하천 인근이 바람직하지만 적절한 입지를 찾기 어려운 경우 유역내에 분산하여 설치할 수 있다. 이때 하나의 대형시설로 설치하는 경우도 가능하지만 여러 개의 시설로 분산하여 설치하는 것 역시 가능하며 이 경우 각 시설의 저류가능용량과 집수면적이 각기 다른 관계를 가지는 경우가 많다. 따라서 일률적으로 비방류량을 설정하면 시설에 따라서는 저류가능용량을 유효하게 활용할 수 없는 경우나 혹은 강우가 얼마내리지 않았는데 순식간에 가득 차서 월류하는 경우가 발생하게 된다.

3. 빗물저류시설의 저류용량은 <식 7.1>을 이용하여 개략적으로 추정할 수 있다. 이때, 합리식에서 허용방류량과 허용강우강도의 관계를 계산할 수 있다. 허용방류량은 소하천에서 홍수피해가 발생하지 않는 유량 규모 또는 현재의 하도통수능력 등을 적용할 수 있다. 이 식은 소하천 계획 및 설계에서 향후 소요되는 빗물저류시설의 위치 및 규모를 검토하는 과정에서 필요한 홍수조절용량을 개략적으로 구하기 위한 방법이다. 따라서 실제 설치목적의 정확한 홍수조절용량을 구하기 위해서는 저류지 홍수추적 방법인 Puls 방법 또는 수정 Puls 방법 등을 이용하여야 한다.

$$\text{저류용량 } (V_i) = \frac{1}{360}\left(I_i - \frac{1}{2}I_c\right) \cdot 60 \cdot t \cdot C \cdot A_B \quad , \quad I_c = \frac{360Q_c}{CA_B} \quad \text{(식 7.1)}$$

여기서, V_i : 저류용량(㎥), t : 강우지속시간(분), C : 유출계수, A_B: 집수면적(ha),
I_i : IDF 곡선에서 임의지속시간 t에서의 강우강도(㎜/hr)
I_c : 하류로 허용되는 방류량(Q_c)에 상당하는 강우강도(㎜/hr)
i : 강우지속기간을 나타내는 첨자

4. 빗물저류시설의 방류관거는 계획방류량을 안전하게 방류시킬 수 있어야 하며 가능하면 자연유하로 해야 한다. 또한 방류관거의 전면에는 부유물 등으로 인한 폐쇄를 방지하기 위하여 스크린을 설치해야 한다. 외수위 등 빗물저류시설이 설치된 현지여건이 자연방류에 불리한 경우 경제성을 고려하여 펌프를 이용한 배수를 할 수 있다.
5. 빗물저류시설이 펌프에 의한 배수를 하는 경우 식 (7.1)에서 펌프의 배수능력을 I_c(mm/hr)로 나타낼 때 식의 적용은 $I_c/2$를 I_c로 치환하여 이루어져야 한다.
6. 빗물저류시설이 on-line 방식인 경우 특히 퇴사량을 고려하여야 한다. 퇴사량은 유역의 상황에 따라 다르지만 시가지 지역의 경우 보통 1.5 $m^3/ha \cdot yr$ 정도이다. 공사중 퇴사량은 70 ~ 240 $m^3/ha \cdot yr$ 에 이르는 것으로 조사된 바 있으며 계획목적에서는 150 $m^3/ha \cdot yr$을 표준으로 사용할 수 있다.
7. 빗물저류시설을 흙댐 등의 형식으로 계획하여 월류발생시 저류시설의 붕괴가 발생할 수 있는 경우에는 설계홍수량 외에 이상홍수량 조건을 고려할

필요가 있다. 일반적으로 100년 빈도 강우시의 최대유출량의 유량을 방류시킬 수 있는 여수로를 갖추어야 한다.

7.3.5 지하저류시설과 지하소하천

1. 지하저류시설 또는 지하소하천이란 터널구조에 유입시설 혹은 배수시설이 별도로 구비되어 있는 것을 의미한다. 하천의 본체가 터널구조를 따르므로 그 특수성을 고려하여 설계할 필요가 있다. 가능한 한 자유수면을 가진 단면으로 계획하여야 하며, 어쩔 수 없는 압력터널로 계획할 경우 정밀한 수리검토를 필요로 한다.
2. 지하저류시설 또는 지하소하천은 홍수시의 부유잡물 등에 의한 단면의 폐색 등 하도 유지 면에서는 통상적인 소하천과 비교해서 곤란한 문제가 많다. 더구나 인위조작이 더해지는 경우도 있는 등 관리 면에서의 어려움도 많다. 이런 이유로 하도계획에서 신설소하천을 계획하는 경우에는 가능한 한 지하저류시설 또는 지하소하천으로 하지 않는 것이 바람직하다. 그러나 현 상태의 하도의 하류부가 도시화되어 충분한 하폭으로의 확장이 불가능하고, 방수로 또는 분수로 역시 가옥 밀집지대를 통과해야 하고 지형상 개수로의 선정이 불가능한 경우에는 대안으로서 지하소하천을 고려할 수 있다. 그러나 이 경우 하폭의 확장에 수반하는 도시기능 등에의 영향의 크기, 치수사업의 긴급성, 하천 환경의 향상, 시공성, 경제성 등을 충분히 고려한 비교를 실시하여야 한다.
3. 지하저류시설 또는 지하소하천은 부득이하게 제 기능을 발휘하지 못할 수도 있으므로 신설소하천으로서 지하소하천을 계획하더라도 지상에 위치한 현 상태의 하도를 그대로 두는 것이 바람직하다. 현 상태의 소하천을 그대로 확보하는 의의는 도시공간에서 귀중한 수변공간을 보전하는 관점에서도 중요하다. 도시에서 수변공간은 다른 토지이용과 비교하면 그 규모와 연속성에서 대단히 우수하고 아울러 다양한 환경기능이 풍부한 공간을 형성하고 있다. 따라서 지하소하천을 도입하더라도 토지의 고도이용 등의 이유로 현 하도를 쉽게 폐지, 축소해서는 안 된다.
4. 설계 조건

(1) 지하저류시설 또는 지하소하천은 다른 개수로 하도에 비교하여 유하능력

증대의 대응이 곤란한 점이나, 유하물에 의한 폐색의 위험성이 높은 등 불리한 점이 있으므로 단면 계획에 이용하는 설계유량을 할증해서 고려할 필요가 있다. 할증률은 일반적으로 개수로 방식의 지하시설 또는 지하소하천인 경우는 계획에서 배분되는 계획홍수량의 130% 이상의 유량을 확보하는 것을 원칙으로 한다. 반면 압력관방식의 지하하천의 유량은 단면적보다도 동수경사에 크게 규정되는 것이므로 설계유량은 계획홍수량과 동일하게 하더라도 상관없다.

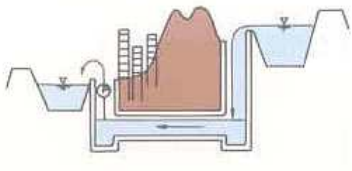
(2) 개수로 방식의 지하소하천의 경우 충분히 공기가 보급되고, 공기흐름의 통과가 가능하도록 설계유량의 통과에 필요한 단면적의 15% 이상을 표준으로 하는 여유공간을 별도로 확보해야 한다.

(3) 일반적으로는 지하소하천의 설계유속은 2 ~ 5 m/sec가 적정하며 최대 7 m/sec 이하가 되어야 한다. 일반적으로 콘크리트 라이닝된 조도계수는 n = 0.015를 적용하는 사례가 많으나 지하소하천에서는 홍수시 안전측면을 고려하여 조도계수는 n = 0.023으로 하고 있는 사례가 증가하고 있다. 또한, 개수로 방식의 지하하천 내부에서는 유입시설을 제외하고는 도수현상이 발생하지 않도록 충분한 검토를 하여 정밀한 수치해석 또는 수리모형실험으로 이를 검증해야 한다.

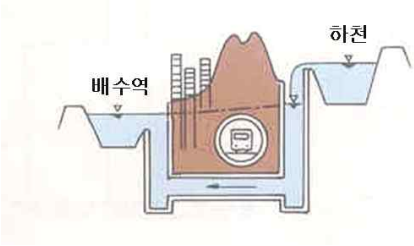
(4) 지하소하천의 경우 본류 하도의 홍수를 분류하여 지하로 보내는 시설이 필요하고, 이를 유입시설이라 부른다. 지하소하천의 유입시설은 계획홍수 뿐 아니라 중소홍수시에도 유수의 유입이 원활해야 하고 이상홍수시에는 지하하천 전체의 안전성이 확보되도록 할 필요가 있다. 지하하천은 특히 유송토사, 유목 등에 의한 폐색이 가장 위험하므로 하상특성을 고려한 적절한 대책을 수행하는 것이 중요하다. 만약, 토사량이 큰 하천이나, 토사의 입경이 굵은 소하천이라면 적당한 침사지를 설치할 필요가 있다. 또, 유목의 유출 우려가 있는 하천에서는 부유목 제거 스크린 등을 설치할 필요가 있다.

(5) 유입시설이 낙하를 전제로 하는 지하소하천에서는 유수의 에너지를 감세하는 시설이 필요하다. 감세시설의 형식은 용지의 제약, 흐름의 상황, 공기의 혼입, 감세효과를 종합적으로 판단하여 결정하는 것이 바람직하다. 압력관방식의 경우는 터널 본체내에 들어온 공기에 기인하는 압력변동, 수두손실 등의 현상이 발생하기 때문에, 모형실험 등에 의해 혼입상황을 파악하여 유입시설의 적절한 형상을 검토할 필요가 있다.

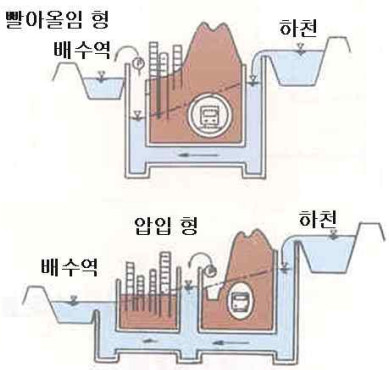
a) 자유유하 개수로 방식



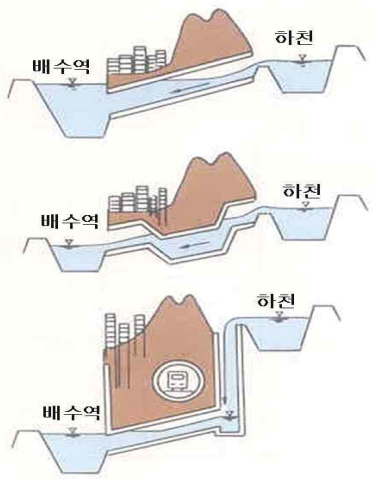
b) 펌프배수 개수로 방식



c) 자유유하 압력관 방식



d) 펌프병용 압력관 방식



e) 자유유하 압력관 방식

f) 펌프병용 압력관 방식

<그림 7.3> 지하저류시설 (예시)

7.3.6 빗물펌프장과 유수지

1. 내수배제 목적의 소하천이 본류에 합류하는 지점 부근은 홍수에 의해 침수되기 쉬우며, 토지이용도가 낮은 경우가 많으므로 내수에서 유입되는 유출량을 저류할 수 있는 유수지와 함께 빗물펌프장을 고려할 경우 효과적인 홍수조절 대책이 될 수 있다.
2. 내수 유입량을 전량 강제배수하는 방법은 펌프장의 규모가 과대할 뿐만 아니라 소규모의 강우에도 펌프장을 가동해야 하는 비효율적인 방법인 된다. 반면 유수지만으로 내수유입량을 처리하는 방법은 용지매수에 막대한 보상비가 소요되는 비경제적일 수 있다. 따라서 빗물펌프장과 유수지를 적절히 조합하여 운영하는 것이 가장 효율적인 방법이 되는 경우가 많다. 이때, 유수지는 외수위가 높을 때는 수문을 닫아 계획 내수유입량을 충분히 저류할 수 있어야 하고, 외수위가 낮아진 후에는 수문을 열어 내수유입량을 전량 배제시키도록 한다.
4. 빗물펌프장과 유수지의 용량을 결정하기 위해서는 유수지 면적의 확보 가능성을 고려한 후 공사비가 가장 적게 소요되도록 최적의 유수지 용량과 펌프용량을 결정한다. 일반적으로 유수지-펌프용량 곡선 상에서 적절한 값을 선택하여 가장 경제적인 규모가 되도록 유수지 용량과 펌프용량을 결정한다. 펌프용량은 유역의 유출특성과 유수지 규모 등에 따라 결정되며, 대당 용량은 계획 배수량, 내수유출특성, 홍수 시 조작 가동시간, 펌프설비에 연결된 수로의 특성, 제내지의 침수형태 등을 고려하여 결정한다. 또한 펌프의 배수량은 양정에 따라 변하므로 실양정은 본류의 외수위 변동과 내수위 변동간의 관계, 펌프의 특성 등을 검토하여 결정해야 한다.
5. 펌프는 원칙적으로 수중펌프를 사용하고, 수배전반은 유수지의 계획홍수위보다 높게 설치하거나 침수시를 대비한 보호조치를 마련해야 한다.
6. 펌프의 설치대수는 계획배수량을 기준으로 하여 부지면적, 관리의 용이성, 건설비, 효율, 가동시간 등을 검토하여 정하게 되며, 2대 이상 10대까지가 표준이다. 배수펌프의 잦은 운행 및 정지(on/off)의 반복으로 인한 펌프의 내구성 저하를 방지하고, 6시간 이상 연속운행시 주펌프의 기능이 차순(보조)펌프로 이전되어 교번 가동될 수 있도록 설치될 펌프대수를 검토한다.
7. 유수지의 계획홍수위가 너무 높으면 유역내에서 배수효과가 발생하여 유역

의 일부가 침수될 수 있으므로 유수지 용량을 고려하여 유수지 계획홍수위를 결정해야 하는데 보통 주변의 최저 지반고보다 낮게 설정한다.

8. 일반적으로 내수가 장시간 저류되어 있으면 악취가 발생하는 경우가 많으므로 홍수가 끝나면 신속히 내수를 배제할 수 있도록 유수지 저수위를 결정해야 한다.

9. 빗물펌프장을 설치하는데 있어서 그 위치, 기초공사, 펌프본체의 설치, 배관공사 및 서어지탱크의 계획 및 설계와 관련된 고려사항은 다음과 같다.

(1) 펌프실은 되도록 흡수정 가까이 둔다.

(2) 펌프의 설비위치를 되도록 흡수면에 가깝게 하여 흡수면에서의 높이를 낮게 해야 한다. 소형펌프는 최고 6 m 정도가 한도이며 대형 고속도 펌프에서는 캐비테이션(cavitation) 발생한도보다 낮게 해야 한다.

(3) 실내의 펌프배열은 운전보수에 편리하도록 해야 하며, 펌프장 바닥은 지반면에서 10 ~ 20 cm 정도 높게 하는 것이 바람직하다.

(4) 홍수시에 대비 유도전동기와 배전설비 등은 계획 외수위보다 높은 장소에 설치해서 안전을 고려하여야 한다.

(5) 운전조작, 보수점검, 분해수리에 지장을 주지 않도록 펌프기계의 주위에는 충분한 공간을 두어야 한다.

(6) 펌프를 설치하는 바닥면을 불가피하게 지반면보다 낮게 하는 경우 실내의 배수 등을 특히 고려할 필요가 있다.

(7) 제내지 높이가 15 m일 때, 설계빈도를 상향하기 보다는 펌프의 양정높이 8 m을 고려하여 수중펌프를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 펌프 흡입양정 계획에 침수를 고려한 비상용 수중펌프의 설치를 검토하여야 한다.

(8) 내수처리를 위해서는 유수지 등이 침수가 되더라도 펌핑은 지속되어야 하므로 수전반은 홍수위이상으로 하고 전기시설의 경우 인입선은 2회선 수전으로 해야 한다.

제4절 사방시설

7.4.1 개요

1. 사방계획은 유역내의 생산토사 및 유출토사로 인한 재해를 방지함으로써 바람직한 소하천 환경의 확보와 소하천의 재해예방, 친수 및 이수, 환경상의 기능보전을 도모하는 것을 목적으로 한다.
2. 소하천계획에서 고려하는 사방계획은 유해한 토사를 합리적이고 효과적으로 처리하기 위한 계획을 의미한다. 이때 유해한 토사란 호우, 융설, 지진 등에 의한 붕괴, 사태, 하상 및 하안의 침식 등의 현상에 수반되어 나타나는 불안정한 토사의 발생으로 소하천이 하천으로서의 적정 기능을 하지 못하는 재해를 일으키는 유출토사량을 다루는 계획을 말한다.

7.4.2 사방계획 수립시 고려사항

1. 사방계획의 기준점이란 사방계획에서 취급하는 토사의 양을 결정하는 지점을 말한다. 계획기준점은 소하천의 시점과 종점, 주요 토석류 구역이나 소류구역 등의 지역적 특성을 고려하여 설정한다. 뚜렷한 지점을 선정하기 어려운 경우 소하천 시점부를 포함하여 홍수량 산정지점과 일치시켜 계획기준점을 선정할 수 있다. 이때 토석류 구역이란 토석의 유출이 집합운반 상태로 이루어지는 구역을 말하며, 소류구역이란 토사유출이 홍수로 인해 각개운반 상태로 이루어지는 구역을 말한다. 토석류 구역은 일반적으로 하상경사가 1/30 이상인 경우에만 발생 가능한 것으로 알려져 있다.
2. 사방계획의 규모는 과거의 재해, 계획 대상구역의 중요도, 사업효과 등을 종합적으로 고려하여 정한다. 일반적으로 토석류가 예상되는 경우에는 고려가능한 최대 규모의 토석류를 고려하는 것이 타당한 것으로 알려져 있다. 이에 비해 소류구역인 경우에는 해당 소하천의 계획홍수량의 재현기간 규모를 준용하여 결정한다.
3. 계획유출 토사량이란 토석류 또는 유수의 소류력 등에 의해 운반되어 계획기준점으로 유출되는 토사량이다. 계획규모는 과거의 토사유출, 유역의 지

형, 식생의 상황, 하도의 조절능력 등을 고려해서 결정되어야 하며 소류구역의 경우 RUSLE공식 또는 MUSLE공식을 이용할 수 있고, 토석류 구역의 경우 사태(landslide)로 인한 대규모 붕괴를 고려해서 결정할 수 있다. 일본의 하천사방기술기준에서는 설계를 위한 표준적인 참고치로서 소류구역의 경우 표준유역면적 1 ㎢에 대해 50년 빈도 재현기간을 가지는 홍수로 인하여 6,000~20,000 ㎥/㎢/회 홍수의 토사유출량이 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다. 유역규모가 10배 정도 커지면 이러한 비유사량은 약 1/3로 감소하는 것으로 알려져 있다. 반면 토석류의 경우 표준유역면적 1 ㎢에 대해 50,000~150,000 ㎥/㎢/회 홍수의 토사유출량이 발생하는 것으로 알려져 있으며 면적이 10배로 커지는 경우 비유사량은 0.5배, 면적이 1/10로 줄어드는 경우 비유사량은 3배 정도로 커질 수 있는 것으로 알려져 있다.

4. 계획허용 유사량은 계획기준점으로부터 하류 소하천 등에 대해 큰 재해문제를 유발하지 않으면서 필요한 토사의 양으로써 유송되어야 할 양을 말한다. 이 값은 홍수시 소류력, 유출토사의 입경 등을 고려해서 하도의 현황 및 계획에 기초하여 정할 수 있으며 제2장의 유사량 조사편에서 소개된 유사량 공식 등을 이용하여 추정될 수도 있다. 이때, 소류구역에서 계획기준점이 여러 개인 경우 계획허용 유사량은 상하류간에 서로 일관성을 가져야 한다.
5. 계획초과 유사량은 사방계획에서 토사처리계획의 대상이 되는 양으로 계획기준점별로 계획유출 토사량에서 계획허용 토사량을 뺀 양으로 정한다.
6. 사방계획의 수립이란 계획초과 유사량을 합리적이고 효과적으로 처리하기 위한 방안을 수립하는 것으로 토석류 등으로 인한 재해를 방지하기 위한 토석류 방어계획, 소류구역의 유사에 기인하는 재해를 방지하기 위한 유사조절계획 등으로 구성된다.
7. 소하천의 기능을 유지하기 위한 가장 주요한 사방계획으로 소하천의 시점부 인근의 적정한 위치에 사방댐을 설치하는 것을 고려하여야 한다. 이러한 사방댐은 유출토사를 억제함으로써 도움이 되나 퇴사로 인해 그 기능을 잃을 수 있으므로 적정한 준설시기 및 방법 등에 관한 내용을 계획에 포함시켜야 한다.
8. 소하천 시점부의 사방계획에는 단순히 유사조절을 위한 사방댐이 필요하지 않더라도 상류 산지의 벌목현황 등을 고려하여 유목으로 인한 재해의 증대

에 대처하기 위한 유목대책을 검토하여야 한다.

9. 소하천의 사방계획에서 사방댐이 포함될 경우 이를 적절히 관리하기 위한 관리용도로 계획 등이 병행되어 함께 수립되어야 한다.
10. 소하천의 사방시설은 토사유출 등에 따른 위험예방 뿐만 아니라 산림계곡이 본래 가지고 있는 생태, 자연경관 등의 기능들이 조화롭게 창출될 수 있도록 시설의 종류, 구조 및 규모가 결정되어야 한다.
11. 사방시설은 사방계획에 기초한 대상 수계에서의 유사 수지(sediment budget) 등을 고려하여 계획되어야 한다.
12. 사방시설의 계획에서는 다양한 사방시설의 조합을 고려할 수 있으며 이때 효과가 가장 크게 발휘될 수 있는 조합을 고려하여야 한다.
13. 사방시설의 계획은 그 목적을 명확히 하고 사방시설의 기능이 가장 유효하게 발휘될 수 있도록 고려하여야 한다. 통상적으로 시점부 또는 하도구간에서의 유출토사 억제를 위해서는 사방댐을 고려할 수 있으며, 하상과 하안에서의 침식에 의한 토사생산을 억제하기 위해서 호안과 같은 하안보호시설이나 낙차공, 바닥다짐공 등의 하상보호시설을 고려할 수 있다. 하상보호시설과 호안은 제6장에서 소개되고 있으며 이를 따르는 것으로 한다. 또한 하도에서의 토사생산을 위한 주요 방법으로 유로공(계류보전공)을 고려할 수 있으나 제6장 7절에 소개된 급경사 지역의 신설소하천 계획방법과 동일하므로 이를 준용하는 것으로 한다.

7.4.3 사방시설의 설계시 고려사항

1. 토사 및 토석류의 유출을 방지하고 억제하기 위한 사방시설에는 사방댐, 낙차공, 바닥다짐공, 유로공 등이 있다.
2. 사방댐은 재료형태에 따라 투과형, 일부투과형 및 불투과형으로 분류한다.
   (1) 투과형 사방댐은 사방댐 본체의 횡단구조가 평상시 토사가 하류지역으로 이동할 수 있는 자유로운 형태로, 홍수시에는 산지재해예방 기능을 유지하면서 평상시에는 어류, 양서류 등이 상하류의 소통이 원활히 이루어질 수 있도록 만든 구조로 콘크리트 슬릿트댐, 에코필라, 버트리스, 슬릿트 댐 등이 포함된다. 일부 투과형 사방댐은 사방댐 본체의 횡단 구조가 개방되었으나 개방된 통로가 기초천단에서 체부의 높이가 있어 평상시에 토사의 하류이동이

어려운 형태로 산지재해예방 기능을 유지하면서 평상시에 어류 및 양서류 등 수생동물의 상·하류간의 이동이 약간 어려운 구조로 다기능사방댐, 빔크린 사방댐 및 도징댐 등이 이에 포함된다.

(2) 불투과형 사방댐은 가장 일반적인 사방댐의 형태로 사방댐 본체의 횡단구조가 평상시에도 상류의 토사가 하류 쪽으로의 이동이 불가한 형태이며, 산지재해예방 기능을 유지하면서 평상시에 어류 및 양서류 등의 수생동물이 계류의 상·하류간의 이동이 불가능한 조건을 가진 구조로 콘크리트 사방댐, 콘크리트블록 사방댐, 셀댐, 전석댐, 목재댐 등이 이에 해당한다.

3. 소하천에 설치되는 사방댐은 그 목적에 따라 다음 5종류로 구분할 수 있다. 하나의 사방댐이 두 개 이상의 목적을 가지는 경우 그 주된 목적에 따라 분류하여야 한다.

(1) 산중턱 붕괴방지 사방댐(산각 고정 사방댐) : 하상을 상승시켜 산허리를 고정함으로써 산중턱의 붕괴 등의 예방을 목적으로 하는 사방댐이다. 그 위치는 과도한 침식 등으로 붕괴 등이 유발될 수 있는 산중턱의 직하류부이다. 이때 높이는 산허리의 붕괴 등을 억제할 수 있는 퇴적이 이루어질 수 있도록 설정하는 것이 일반적이다.

(2) 하상침식방지 사방댐(종침식 방지 사방댐) : 하도의 침식이 예상되는 경우 이로 인한 하류영향을 제어하기 위한 목적으로 설치하는 사방댐이다. 주로 침식이 예상되는 하도구간의 직하류부에 설치하며, 사방댐의 높이는 침식구간이 대부분 포함되도록 한다. 만약 침식구간이 장거리에 걸쳐 있을 경우 여러 개의 사방댐을 계단형으로 설치하는 것으로 한다. 이때 가장 효과가 큰 사방댐은 그 기초를 암반위에 놓이는 것으로 한다.

(3) 하상퇴적물 유출방지 사방댐 : 하상에 퇴적된 불안정한 토사의 유출을 방지하기 위한 목적으로 설치하는 사방댐이다. 불안정한 하상퇴적물의 직하류부에 설치하며, 높이는 퇴적구간이 대부분 포함되도록 한다.

(4) 토석류대책 사방댐 : 토석류를 제어하기 위한 목적의 사방댐이다. 토석류를 제어하기 위해서는 원칙적으로 계획토석류의 30% 이상을 퇴사할 수 있는 규모를 여러 개 설치하여야 한다. 그리고 토석류를 소류상태로 변화시켜서 완화하기 위해서는 적극적인 하상경사의 완화 및 하폭의 확대를 고려하여야 한다. 일반적으로 토석류는 하상구배가 1/30 이하인 구간으로 흘러들어가면서 상류 토석류 발생구역보다 경사는 1/2 이하로, 하폭은 3배 이상이 되면

소류상태로 변화하는 것으로 알려져 있다.

(5) 유출토사 조절 사방댐 : 유출토사를 퇴사하여 조절하는 사방댐으로 사전재해영향성검토 등에서 고려하는 침사지와 유사한 구조, 기능 및 설계방법을 가진다. 침사지와 다른 점은 소하천에서 고려하는 유출토사 조절 사방댐은 입지조건에서 허용하는 가능한 큰 규모로 하는 것이 바람직하다. 유출토사 조절 사방댐에 의한 토사유출량의 조절, 조절대상 입경의 검토 등은 Hazen의 침전이론을 이용하여 이루어질 수 있다. 이때, 계획된 퇴사면적을 고려하여 침전지와 유사한 방법으로 사방댐의 토사포착 효율을 계산하게 된다.

4. 사방댐의 위치는 하상 및 양안에 암반이 존재하는 것이 바람직하지만 목적에 따라서 예를 들면 하상퇴적물 유출방지 사방댐과 같은 경우 모래하상에 계획할 수도 있다. 그러나 만약 사방댐의 높이를 15m 이상으로 고려해야 한다면 댐설계기준 등을 준용하여 기초의 충분한 안정성이 확보되는지를 조사해야 한다.
5. 합류점 부근에 사방댐을 계획할 경우 일반적으로 합류점의 하류부에 사방댐의 위치를 계획하는 것이 바람직하다.
6. 계단형으로 사방댐을 설치할 경우 최하류에 계획된 사방댐으로부터 순차적으로 상류로 이동해가면서 계획위치를 결정한다. 이때, 하류에 위치한 사방댐의 퇴사선을 가상으로 작도할 때 현재 하상과 만나는 지점이 상류에 새로운 사방댐의 계획위치가 된다. 가상으로 작도하게 되는 하류 사방댐의 퇴사선은 일반적으로 기존 하상경사의 절반에 해당하는 경사를 가지는 것으로 고려한다.
7. 사방댐은 이상홍수 발생시에도 붕괴되지 않도록 100년 빈도 홍수량이 통과가능한 구조를 가지고 있어야 한다. 이는 사방댐의 재료형식이 불투과형인 경우 특히 요구된다. 사방댐의 제원은 홍수량을 충분히 하류로 유하시키는데 문제가 없는 구조를 가져야 하며 별도의 수로를 고려할 수도 있지만 일반적으로 사방댐 상단을 월류하는 형태로 고려하는 경우가 많다. 이 경우 수로의 폭은 현재의 하폭 이상으로 고려하여야 한다. 사방댐 상류 유역면적이 작다면 유량이 작게 되겠지만 이 경우에도 토석류, 유목 등을 고려하여 최소 하폭은 3 m 이상이 되도록 한다.
8. 사방댐의 하류 경사면은 월류 토사에 의한 손상을 받지 않는 구조가 되어야 한다. 일반적으로 하류 경사면은 1:0.2 이하의 경사를 가지는 것이 좋다.

9. 사방댐의 안정성

(1) 시설재료는 사방댐의 설치 목적과 입지를 고려하여 선택하되, 전도·활동·내부응력 및 지반지지력 등 외력에 대한 안정을 갖도록 설치

(2) 파괴에 대한 안정조건(응력도)은 댐 몸체의 각 부분을 구성하는 재료의 허용 응력도를 초과하지 않아야 한다.

(3) 기초지반의 지지력에 대한 안정조건은 사방댐 밑에 발생하는 최대응력이 기초지반의 허용지지력을 초과하지 않아야 한다.

10. 높이 등 크기

(1) 사방댐의 크기(길이·높이·폭)는 계류의 폭과 기울기, 집수구역의 넓이, 토석유출 예상량, 시공목적, 지반의 상황, 시공지점의 상태와 주변경관 등을 종합 고려하여 결정한다.

(2) 계류의 특성에 따라 사방댐의 상류 또는 인근의 소계류에 본댐의 기능을 보조할 수 있는 소형사방댐을 추가로 설치할 수 있다.

(3) 임도를 횡단하는 계류의 상단부 50 m 내외의 지점에는 토석과 유목을 동시에 차단하는 사방댐을 소형으로 설치하여야 한다. 다만, 현지 여건상 부득이한 경우에는 그러하지 아니하다.

11. 방수로

(1) 방수로는 댐몸체 하류면(반수면)의 끝 부분, 물받이 부위 및 양쪽 기슭의 지질, 댐 시설 지점 상·하류의 양쪽 기슭의 상태 등을 고려하여 결정하며, 다음 사항에 유의한다.

① 사방댐이 시설되는 지점의 하류면 끝 부위의 양쪽 기슭 및 계류바닥에 좋은 암반이 있을 경우에는 방수로를 어느 한쪽 기슭에 치우쳐 설치할 수 있다.

② 상·하류의 계류 양편에 농경지나 가옥 등이 있을 때는 물이 흐르는 깊이 및 사방댐의 방향을 고려하여 방수로의 위치를 결정한다.

(2) 방수로의 형상은 역사다리꼴을 기본으로 한다.

(3) 방수로 양옆의 기울기는 1 : 1을 표준으로 하되, 현지여건에 따라 그 이상 또는 그 이하로 하거나 안전시설물을 설치할 수 있다.

12. 사방댐 어깨

(1) 사방댐 어깨의 양쪽 끝 부분이 암반의 경우에는 1 ~ 2 m 내외, 토사의 경우에는 2 ~ 3 m 이상으로 충분히 넣어야 한다.

(2) 사방댐 마루는 양쪽 기슭을 향하여 오르막 기울기로 계획할 수 있다.

13. 사방댐 단면 및 기울기

(1) 댐 몸체 하류면의 기울기는 원칙적으로 사방댐 단면에 의해 결정하되, 댐의 유효고 및 떠내려 올 토석의 최대 크기, 저수되는 물의 깊이, 상류 측의 기울기 등을 고려하여 결정한다.

(2) 댐몸체 상류면의 기울기는 전석댐 및 콘크리트 사방댐의 경우 수직으로 하거나 1 : 0.1~0.2로 하되, 현지의 저사선 등을 참고하여 토석이 많이 퇴적되는 계류에서는 급하게, 세굴이 심한 계류에서는 완만하게 한다.

(3) 중력식 사방댐의 마루 두께는 유속, 떠내려 올 토석의 최대 크기, 월류하는 물의 깊이, 상류 쪽의 기울기 등을 고려하여 결정하여야 하며, 대체로 다음 두께를 표준으로 한다.

① 떠내려 올 토석의 크기가 작은 계류에서는 0.8 m 이상

② 일반 계류에서는 1.5 m 이상

③ 홍수로 큰 토석이 떠내려 올 위험성이 있는 곳에서는 2.0 m 이상

④ 상류에서 산사태가 발생할 경우 토석이 대량 떠내려 올 위험성이 있거나, 산사태로 측압을 받게 될 위험성이 있는 곳은 2.0 ~ 3.0 m 내외

14. 물빼기 구멍

(1) 사방댐의 유지관리를 위하여 댐몸체를 관통하는 물빼기 구멍과 물을 제어하는 밸브를 설치할 수 있다. 다만, 저수기능이 필요한 사방댐에는 물빼기 구멍을 설치하지 아니한다.

(2) 상류 보조댐을 설치하는 경우에 본댐의 물빼기 구멍은 상류 보조댐의 기초보다 낮은 위치에 설치한다.

(3) 물방석에 고인 물을 제어하기 위한 시설을 설치할 수 있다.

15. 물받이

(1) 방수로를 넘어 떨어진 물과 토석·유목의 충격으로 계류 바닥이 손상되지 않도록 하기 위하여 댐몸체 하류면에 접속하여 적정두께의 물받이를 설치할 수 있다.

(2) 사방댐의 상류에서 큰 토석이 떠내려 올 것으로 예상되는 경우에는 물방석이나 보조댐도 함께 설치할 수 있다.

(3) 물받이는 댐 본체·측벽과 분리되도록 설치하며, 물받이의 길이는 유효고의 1.5 ~ 3배를 기준으로 한다.

(4) 물받이는 바닥이 암석일 경우 설치하지 않아도 된다.

16. 끝 돌림

(1) 댐 몸체 하류면의 하단에 있는 흙이 파이지 않도록 하기 위하여 설치한다.

(2) 물받이 끝돌림의 밑넣기 깊이는 1 m 이상으로 하되, 가급적 암반까지 깊게 파야 한다.

17. 측벽

(1) 물받이 부분의 양쪽 기슭이 침식될 우려가 있거나, 물받이 부분에서 물흐름을 바로 잡을 필요가 있을 경우에 측벽을 설치한다.

(2) 측벽의 높이는 방수로의 위치·높이, 물이 흐르는 방향 등을 고려하여 홍수유량을 안전하게 유출시킬 수 있도록 방수로 깊이와 같은 높이 또는 그 이상으로 하여야 한다.

(3) 측벽의 마루 높이는 원칙적으로 보조댐의 어깨 높이와 같게 한다.

(4) 양쪽 기슭이 암반으로 형성되어 있어서 피해발생 우려가 없을 경우에는 측벽을 설치하지 않아도 된다.

a) 전면 b) 후면

<그림 7.4> 사방댐 (예시)

제8장 수해복구

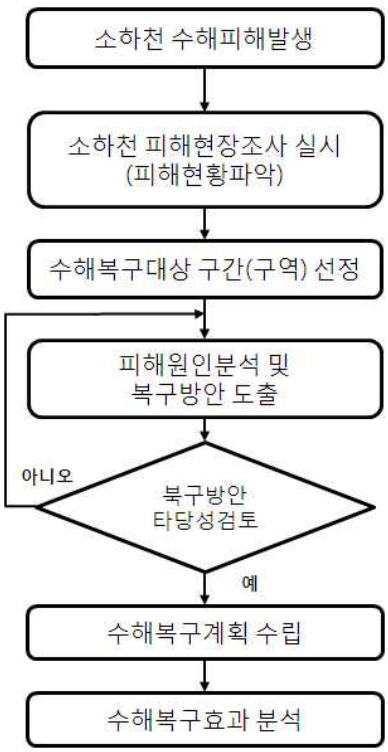
제1절 수해복구 일반사항

8.1.1 개요

1. 본 장은 소하천과 관련된 피해조사 및 복구사업과 관련하여 일반적인 고려사항을 제시하며, 집중호우 및 홍수로 인한 소하천의 피해발생시 원인분석을 통한 복구계획 수립시 고려사항을 소개한다.
2. 소하천은 작은 규모의 호우에도 수해에 의한 피해에 자주 노출되므로 수해발생시 적절한 조사 및 체계적인 복구계획이 특히 중요하다. 소하천 및 주변으로 침수가 발생할 경우 피해규모와 원인분석에 따라 기능복원사업과 개선복구사업으로 나누어 사업을 할 수 있다.
3. 기능복원사업은 시설의 본래기능을 유지하는 것이 바람직한 시설을 피해전 상태로 복구하는 것을 의미하며, 개선복구사업은 피해원인 자체를 본질적으로 해소하는 것이 필요한 사업으로 정의된다. 일반적으로 도로와 철도 등 기반시설은 기능복원을 위한 복구만으로 충분한 경우가 대부분이지만 소하천이나 수리시설, 사방시설 등은 항구적 피해예방을 위한 개선복구를 해야하는 경우가 많다.
4. 피해발생지역의 소하천에 정비를 위한 종합계획이 수립되어 있지 않은 경우 피해규모 및 원인과 상관없이 개선복구 보다는 기능복원이 이루어지는 경우가 많다. 이 경우 피해 원인분석과 함께 수문수리 분석을 실시하여 개선복구가 이루어질 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
5. 복구대상에 소하천 구간, 소하천 관련 공공시설(교량, 도로 등) 및 소하천변의 집중호우에 취약한 지구들이 함께 포함될 경우 개별적인 복구사업을 실시하는 것보다는 근본적인 대책이 마련될 수 있도록 공통으로 개선복구사업으로 실시하는 것이 바람직하다. 특히 복합적인 수해원인으로 소하천을 포함한 일정지역 전체를 대상으로 복구계획을 수립할 필요가 있는 지구, 단순 기능복원으로는 근원적인 수해해소대책이 되지 않는 지구, 수해복구와 함께 주민편익증진 시설을 함께 도입할 필요성이 있는 지구 등은 개선복구사업을 적극적으로 도입하여야 한다.

8.1.2 소하천 수해복구 절차와 개선복구의 적용

1. 소하천에 수해가 발생할 경우 <그림 8.1>과 같이 현장조사를 통해 피해현황을 파악하고 복구계획을 수립해야 한다. 이러한 순서는 ① 피해위치파악 ② 피해원인분석 ③ 피해현황 및 피해규모 조사 ④ 수해복구 필요성 검토 ⑤ 복구계획수립 ⑥ 기대효과 분석의 순서로 진행한다.



<그림 8.1> 수해원인 조사 및 복구계획 수립절차

2. 우리나라의 최근 재해발생은 그 양상이 점차 다양화, 대형화되고 있으며 단순히 소하천 특정구간이 범람하는 것이 아니라 다차원적인 요인에 의해 특정 구역에 피해를 입는 경우가 자주 발생하고 있다. 이 경우 다양한 재해발생원인의 다면관리식 해소가 아닌 소하천 시설위주의 일면관리식 복구는 유사피해가 매년 반복적으로 발생하는 원인이 될 수 있다.
3. 기존의 소하천에서의 수해복구방법인 제방축조, 제방높임 등은 사전 예방

차원에서 복구효과를 향상시키는데 점차 한계를 보이고 있다. 수해와 관련된 이상적인 대책수립은 수해발생 후 신속한 복구와 피해보상에만 치중하는 것이 아니라 수해의 원인을 정확히 진단하고 항구적인 방어대책을 마련함으로써 수해의 추가발생을 사전에 예방하는 것이다.

4. 피해규모 및 원인을 검토하기 위해서는 재해발생 당시의 피해현황을 면밀히 조사하여야 한다. 피해시설은 피해현황과 피해액을 상세히 파악하고, 침수지구의 경우 침수면적, 침수심, 침수시간 등을 조사하여야 한다. 이러한 자료를 기초로 피해시설 개소, 피해액, 복구액 등을 종합적으로 파악해야 한다.
5. 소하천의 주요 피해발생 지점은 하도특성과 관련해서는 병목구간, 수충부, 설계기준을 충족하지 못하는 위험구조물 등과 관련되어 있는 경우가 많으므로 원인조사를 피해지점 주변으로 이를 면밀히 확인하여야 한다. 특히 침식이나 세굴에 의한 재해발생은 홍수파의 증수기에 발생하였다가 감수기에는 다시 퇴적이 일어나 확인하기 어려운 경우가 자주 발생하므로 면밀한 조사가 필요하다.
6. 침수는 단일 시설에 의해서 발생하기 보다는 복합적인 원인에 의해 발생하는 경향이 많다. 따라서 종합적인 침수해소를 위한 개선복구를 실시하고자 하는 경우 다음과 같은 사항을 반영해서 계획을 수립하여야 한다.

(1) 피해원인 및 복구대책은 유역 전체차원에서 검토를 실시하여야 한다. 피해지구별로 단편적인 복구대책을 수립하는 것보다 유역전체 차원에서 대책수립을 하는 것이 보다 경제적이고 효과적인 경우가 많다. 이때 과거 침수지역을 포함한 잠재적인 피해예상지역을 함께 고려할 경우 경제성과 효과성이 극대화될 수 있다.

(2) 소하천 피해구간의 복구사업은 이와 관련된 침수지구의 배수시설 및 토지이용 특성과의 치수적인 연계성을 고려한 종합적인 계획이 될 수 있도록 하여야 한다. 단순히 피해가 발생한 소하천 뿐만 아니라 인근 침수지역의 하수도, 농경지배수로, 펌프장 및 유수지, 수문이 서로 일관된 계획규모를 가져야 할 필요가 있다. 뿐만 아니라 토지이용 목적과 관련된 단지계획, 도로계획 뿐만 아니라 LID(Low Impact Development)와 같은 저영향개발 방안 등도 시설의 배치 및 규모 등이 홍수조절과 재해방지라는 목적에 일관되게 다루어져야 한다. 이를 위해 필요할 경우 정밀한 수문모형을 이용한 검토를 실

시해야 한다.

(3) 종합적인 복구계획의 고려와 함께 피해지구별로 개별 복구사업의 형태가 적절한지를 고려해야 한다. 또한, 각 복구사업 시행의 우선순위가 체계적으로 제시되어야 한다.

(4) 재해경감효과에 대해서 종합적으로 분석을 통해 복구사업의 규모와 형태를 확정하여야 한다. 이때, 재해방지와 치수적인 목적 이외에 자연친화적이고 생태적인 개념의 접근이 반영되도록 하여야 한다.

(5) 주민의견 등을 반영하여 단순한 복구가 아니라 수해로 침체된 지역의 재건 및 활성화에 기여될 수 있도록 하는 방안을 고려할 필요가 있다.

(6) 복구계획 수립시 응급상황에 대처하기 위해 다음해 우기 이전까지 신속한 복구완료에만 치중하는 경우가 많으나 적합한 개선복구가 이루어지기 위해서는 수 년 이상의 충분한 기간을 확보하여 체계적인 사업이 시행할 수 있도록 하는 것이 필요하다. 이 경우 수해발생 지역에 대해서는 우기시 수방대책을 수립하여 개선복구 완료 이전에 일어날 수 있는 피해에 대처할 수 있도록 계획을 수립해야 하고, 긴급복구가 필요한 사항은 별도로 신속히 발주하여 처리할 수 있어야 한다.

제2절 수해복구 방안의 계획 및 설계

8.2.1 수해복구의 방향 설정

1. 수해복구 계획은 재해 재발방지를 위한 근원적인 복구 계획수립이 되도록 하는 것이 가장 중요하다. 특히 소하천의 수해복구는 상하류 유역과 내수침수 유역과의 치수적 연계성, 환경친화성, 주민의견 수렴 등이 고려되어야 한다. 다만, 치수적으로 불필요한 구간에 대한 복구계획 또는 과잉복구가 되지 않도록 할 필요가 있다.
2. 수해피해 발생이 소하천 구역내 일부 시설 특히 친수목적의 시설물인 경우 개선복구 대상사업으로는 고려하지 않는 것이 바람직하다. 소하천 구역내 친수시설물의 경우 홍수시 피해발생이 필연적인 경우가 많으며 이경우 별도의 유지관리을 통해 복구를 정기적으로 실시하는 것이 바람직하다. 또한, 주민들이 자주 이용하게 되는 친수시설이 피해를 입는 경우 친수시설물의

복구보다는 홍수예경보시스템을 구축하고 대피경로를 충분하도록 하는 사업을 실시할 필요가 있다.

3. 외수범람과 관련된 홍수피해는 통상적으로 발생강우량이 설계강우량을 초과하였는지 여부를 고려하여 판단하는 경우가 대부분이다. 그러나 발생강우량이 설계강우량을 초과하지 않았음에도 계획홍수량을 초과하는 규모의 홍수발생으로 침수피해를 입는 경우가 자주 발견되므로 관련 원인을 파악하여 적절한 대책을 수립할 필요가 있으며 다음 사항을 참고할 수 있다.

(1) 중대유역의 경우 유역평균강우량은 설계강우량보다 작지만 유역내 강우의 불균등한 분포로 인하여 설계홍수량을 초과하는 홍수가 발생하는 경우가 발생할 수 있으나 상대적으로 유역의 규모가 작은 소하천의 경우에는 이보다는 강우관측소와 거리가 멀어 실제 발생한 강우량을 제대로 파악하지 못하는 것이 문제가 되는 경우가 많다. 즉, 설계강우량의 경우 기상자료 획득이 용이한 기상청 관할 강우관측소의 자료를 중심으로 산정이 이루어진다. 이 경우 피해지역의 국지성 호우에 의한 강우량과 해당 관측소의 강우량이 큰 차이를 보여 피해발생지역의 과다한 강우현상을 제대로 파악하지 못하는 경우가 대부분이다. 이 경우 기상청 강우관측소의 자료에 제한되지 말고 지자체 등의 AWS 관측 강우량, 레이다 강우 등을 적극적으로 활용하여 피해를 유발한 실제강우량 규모를 파악하여 이를 복구계획에서 적절히 반영할 수 있도록 하여야 한다.

(2) 평지에서 중대하천에 접하고 있는 소하천 유역의 경우 중대하천에서 발생한 홍수로 인한 배수효과가 원인이 되어 침수가 발생하는 경우가 자주 발생한다. 이 경우 해당 유역에서의 설계수문량을 적절하게 파악하는 것보다는 배수효과를 반영하여 적합한 대책을 마련하는 것이 필요하다. 배수위를 고려한 제방계획을 수립하거나, 역류방지시설과 합류점 주변에 유수지를 계획해야 할 필요가 있다. 특히 장기간 지속되는 강우가 발생할 경우 첨두강우강도가 설계강우를 초과하지 않음에도 대규모 피해를 유발하는 경우가 많으므로 적절한 구조적 대책이 계획되어야 한다. 한편, 배수효과를 고려해 제방을 높이는 경우 이와 관련해서 적절한 내수배제계획을 함께 고려하여야 한다.

4. 내수범람과 연계된 소하천 복구사업은 가급적 종합적인 개선복구사업으로 실시하는 것이 바람직하다. 내수범람은 소하천의 홍수위 상승 뿐만 아니라 제내지의 배수불량, 부적절한 토지이용 등과 모두 원인이 되는 경우가 많아

단순한 소하천에서의 복구사업으로 침수해소에 큰 효과가 없는 경우가 대부분이기 때문이다.

5. 개선복구사업을 실시하려고 하는 경우 여러 가지 대안 중에서 일차적으로 재해피해의 가능성을 얼마나 감소시킬 수 있느냐를 기준으로 우선순위를 고려할 필요가 있다. 이때, 경제적 측면에 대한 평가로써 단순히 비용편익을 극대화시키는 것보다는 복구사업으로 인한 기반시설의 정비율 향상을 통해 지역생산성 향상, 지역산업의 활성화 정도, 지역경제 파급효과, 낙후지역 개선효과 등을 함께 고려할 필요가 있다. 이는 자치단체의 자체 재정으로는 신속히 정비 할 수 없는 방대한 공공기반시설을 단시일 내에 정비할 수 있는 재해복구사업의 가장 큰 장점을 활용하기 위함이다.
6. 복구사업은 생태계 보전 및 복원, 친환경적 이용과 주변 경관성 등을 고려하여 계획되어야 한다. 이를 위해 생태계 보전전략을 검토하고 식생보전방안, 서식처 복원, 이전지, 어도 및 산란장 조성, 생태통로, 인공습지, 비오톱 등의 생태복원시스템의 도입여부를 다각적으로 검토하여야 한다.

8.2.2 복구계획 수립시 고려사항

1. 소하천정비종합계획이 수립된 소하천에서 수해피해가 발생한 경우 계획에서 제시된 계획하폭 및 계획홍수위를 기초로 복구계획을 수립한다. 만약 종합계획 수립이후 상당한 여건 변화가 발생하였다면 예를 들어 택지개발 등 도시화에 따른 지형변화가 발생하였다면 종합계획의 타당성을 검토해야 한다. 종합계획을 따르지 않는 것이 적절하다고 판단될 경우 수문수리 검토를 실시하여 해당 결과를 복구목적으로 이용할 수 있으며, 이용된 결과는 향후 종합계획 재수립 등을 통한 확인이 이루어져야 한다.
2. 종합계획이 미수립된 소하천은 수문수리 검토를 실시하여 계획홍수량과 계획하폭, 계획홍수위를 결정하여 수해복구계획을 수립한다. 이때 수문수리 검토 결과는 향후 종합계획 재수립을 통해 반영될 수 있도록 충분한 근거를 가져야 한다.
3. 대규모 수해와 산사태 등으로 유로가 상당히 크게 변화된 소하천은 종합계획 수립 여부와 상관없이 변경된 유로를 기준으로 수문수리계산을 재실시하여 복구계획을 수립하여야 한다. 이때 수문수리 검토 결과는 향후 종합계

획 재수립을 통해 반영될 수 있도록 충분한 근거를 가져야 한다.

4. 홍수시 소하천 유로가 변경되어 하폭이 기존보다 증가된 경우 소하천의 종합적인 계획 수립여부와 상관없이 변경된 유로 대부분을 소하천구역으로 반영하여 계획을 수립하는 것이 바람직하다. 그러나 설계 재현기간을 과도하게 초과하는 홍수가 발생하였다면 경제성 측면에서 계획홍수량 규모를 기준으로 적정하폭을 결정하여 소하천구역으로 할 수 있다.
5. 1항, 2항, 3항 및 4항에 따라 소하천의 하폭이 변경되어 결정된 경우 교량, 보, 낙차공 등 소하천 횡단시설물은 변경된 계획하폭 및 계획홍수위에 기초하여 다시 설치되도록 계획을 수립하여야 한다. 개선복구사업을 실시하려고 하는 경우에는 소하천 횡단시설물 중에서 수해를 입지 않은 시설물 뿐만 아니라 이들과 연계된 도로시설 역시 복구대상 사업에 포함하여 변경된 계획하폭 및 계획홍수위에 따라 적절한 계획을 수립하는 것이 바람직하다.
6. 피해가 발생한 보와 하상보호시설의 복구공사는 재설치의 필요성 및 수리권의 변경여부를 고려하여야 한다. 또한 이들 시설물이 재설치 될 경우 수해재발 위험을 해소할 수 있도록 반드시 구조물의 높이와 계획하상고 등을 재조정하고 검토하여야 한다. 또한 그 결과에 기초하여 수리계산을 재실시하고 계획홍수위 및 제방고를 다시 설정하여야 한다.
7. 소하천 복구계획시 치수일변도의 제방공사가 계획되었는지, 치수적으로 불필요한 구간에도 축제계획을 수립하지 않았는지를 검토할 필요가 있다. 또한 피해의 원인이 하천 외에서 발생한 경우 이러한 내용이 반영되어 복구계획이 수립되어야 한다.
8. 소하천의 복구사업은 침수피해지역의 토지를 매입하여 확폭하거나 피해방지 효과가 클 것으로 예상되는 경우 주변 농경지 등을 함께 매입하여 저수 및 저류시설로 활용할 수 있도록 계획한다.
9. 소하천 복구사업에서 확폭을 계획할 경우 계획홍수량보다 작은 갈·평수량과 저빈도 홍수량 흐름도 원활하게 나타날 수 있도록 종횡단 단면을 결정하는 것이 좋다.
10. 복구사업으로 확폭이 이루어지더라도 유수의 원활한 소통을 위해 소하천 하류의 유효폭이 상류보다 좁지 않도록 한다. 상류를 확폭하고 하류를 확폭하기 어려운 경우 상류는 확폭보다는 주변토지의 추가매입을 통해 저류지나 천변습지를 조성하는 것이 적절할 수 있다.

11. 복구사업으로 하폭을 너무 증가시킬 경우 제방의 범람은 발생하지 않지만, 상류로부터 많은 토사가 유입됨으로 하여 하상이 많이 높아질 수 있다. 이로 인해 장기적으로 볼 때 토사퇴적으로 통수단면적이 줄어들면서 하천의 천정천화가 급격히 진행될 수 있고 수해위험이 가중되는 원인으로 나타날 수 있다. 뿐만 아니라 이와 함께 토사퇴적으로 소하천의 여울과 웅덩이가 사라지는 경우가 자주 발생하고 하천생물의 서식환경이 극도로 나빠질 수도 있다. 따라서 복구사업에서는 무조건적인 확폭보다는 준설을 시행하는 것이 보다 적절한 대책이 될 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다.
12. 개선복구사업으로 소하천 복구가 이루어질 경우 수계전체의 입장에서는 천변저류지나 천변습지를 조성하는 것이 확폭이나 준설같은 방안보다 유리한 경우가 많으므로 복구계획을 결정하기 전 대안으로서 반드시 이에 대한 비교를 실시하여 반영하여야 한다.
13. 토석류 유입 및 산사태로 인한 피해발생 소하천은 상류부에 침사지, 스크린, 사방댐 등의 도입여부를 반드시 검토한다.

14. 복구공사를 시행하는 제방보다 높이가 낮으면서도 수해피해를 입지 않은 기존 제방은 장래 수해를 유발할 위험이 있으므로 별도로 정비계획을 수립하여 제방을 높이거나 단면을 보강하는 등의 조치를 해야 한다. 개선복구사업으로 시행될 경우 이들 대상사업에 포함하는 것이 바람직하다.
15. 개선복구사업을 실시하게 될 경우 본 설계기준의 내용에 따라 대상구간 내에 포함된 과거에 설치된 시설물들을 평가하고 적절한 침수해소 대책을 수립하여 복구계획에 반영할 필요가 있다. 이때, 석축·옹벽으로의 복구는 최소화하고 자연친화적인 완경사 호안공법으로 추진하는 것이 바람직하다.

8.2.3 소하천 시설물의 복구

1. 교량

(1) 교량의 길이가 계획하폭보다 짧거나 제방 계획고보다 낮아 홍수피해를 유발시키는 교량은 경제성을 감안하여 연장시공하거나 철거 후 재설치한다.

(2) 접속되는 도로계획을 검토하여 그 위치를 변경하여 재설치하는 것이 타당할 경우 이를 복구계획에 반영할 수 있다. 이때, 수충부 및 만곡부는 지양

해야 한다.

(3) 소하천에 설치된 피해 교량의 대부분은 교각 및 교대기초 세굴로 인해 붕괴 및 침하 등이 발생하고 있으므로 복구설계시 토질조사를 반드시 실시하여 세굴로 인한 교량피해가 없도록 기초를 보강하여야 한다. 이와 함께 세굴평가를 실시하여 필요시 적절한 세굴보호공을 계획하여야 한다.

2. 보와 하상보호시설

(1) 농경지 축소 등으로 용도가 폐지된 보의 경우 유수소통을 고려하여 복구사업과 함께 철거하는 것이 바람직하다. 이때 철거되는 보 지점이 경사가 급하거나 하상에 낙차가 있는 경우 기존 보를 낮은 규모의 낙차공 또는 경사낙차공으로 설치하는 것을 고려할 수 있다.

(2) 수원이 풍부한 소하천에서 보 및 하상보호시설을 복구하려 하는 경우 기존 형식을 변경하여 어류의 이동이 가능하도록 전단면 어도 형식 또는 경사낙차공 형식으로 고려하는 것이 바람직하다.

(3) 보 또는 하상보호시설과 접속되는 상·하류 호안은 와류현상 등으로 인한 기초세굴 등의 피해가 빈번하게 발생하므로 복구계획 수립시 평가를 통해 적절한 보호공을 계획하여야 한다.

3. 소하천 복개시설

(1) 기존 복개구조물이 단면 부족으로 인해 범람 및 홍수피해를 유발하는 경우 통수능 확대방안을 검토하여야 하며, 이때 개수로 계획을 포함한 복개부 확대방안과 상류유역 변경을 통한 홍수유량 축소방안을 검토하여 복구계획을 수립한다.

(2) 복개시설이 취락지역을 관통하는 경우 주택 등의 용지편입 및 지장물 이설이 불가한 경우 소하천 유로를 변경하여 우회하거나, 주거민 이주를 통한 소하천 정비를 검토한다. 이때 본 기준의 제7장 제7절 신설소하천 편을 기초로 한다.

제9장 소하천 환경시설

제1절 소하천 환경시설 일반사항

9.1.1 아름다운 소하천의 목적 및 방향

1. 아름다운 소하천 가꾸기 사업의 목적은 치수기능 확보를 기반으로 소하천의 자연성과 생태적 건강성 회복을 추구함과 동시에 친수기능 강화 및 주변 환경과 조화된 소하천을 조성하는데 있다.
2. 아름다운 소하천 가꾸기 사업의 기본방향은 치수기능을 기본적으로 확보하면서 소하천 환경기능을 증진시킬 수 있는 방안을 모색하는 것이다. 소하천이 갖는 자연성 유지와 소하천 생태계의 보전 및 복원, 경관과의 조화, 지역주민의 친수성 증진, 이용시설물의 유지·관리 효율성 증대 등을 종합적으로 고려하여야 한다.

9.1.2 소하천 환경시설의 정의

1. 소하천 환경시설은 아름다운 소하천 가꾸기 사업의 목적에 따라 지역특성, 소하천의 입지여건 등을 고려하여 주변 환경과 조화된 수질개선시설 및 생태보전시설을 의미한다.
2. 그 외에도 넓은 의미에서는 아름다운 소하천 가꾸기 사업에 따른 친수시설 또한 소하천 환경시설에 포함된다.
3. 또한 소하천 수질과 생태계의 보전 및 복원에 필요하다면 소하천 지정구역 이외의 구역에 설치되는 시설 또한 소하천 환경시설로 간주될 수 있다.

9.1.3 소하천 수질개선에 관한 일반사항

1. 소하천 수질개선의 목적은 수질개선뿐만 아니라 소하천의 환경기능을 개선하는 것을 포함하며, 유형별 소하천 특성을 분류하여 수질을 개선하여야 한다.
2. 소하천의 수질개선계획은 소하천 내에 유역관리 차원에서 검토할 수 있으며, 하수, 산업폐수, 축산폐수 등 점오염원 관리사업, 도로, 임야, 농경지 등 비점오염원 관리사업 및 오염된 하천수를 직접 정화하는 사업 등을 종합적

으로 검토하여 계획을 수립한다.

3. 가시적 사업효과 달성을 위하여 아름다운 소하천 가꾸기 사업의 대상유역에 대한 하수도정비사업, 하수처리시설 설치 등이 우선 시행될 수 있도록 환경부 및 해당 지자체와 협의하여 사업시행에 따른 수질개선 효과가 극대화될 수 있도록 한다.

9.1.4 소하천 생태보전 및 복원에 관한 일반사항

1. 소하천 생태계의 생물 다양성과 건강성 회복에 관련된 모든 공간, 수질, 수량 및 생물종이 소하천 생태 보전 및 복원의 범위에 포함된다. 즉, 학술적인 차원에서의 소하천 생태 복원뿐만 아니라 이와 관련된 이수와 치수적인 범위까지도 포함되어 홍수조절, 식수공급, 어족자원 확보, 여가 등 생태적 측면과는 별로 관계가 없는 것처럼 보이는 사항들도 넓은 의미에서는 소하천 생태 보전 및 복원의 범위에 포함된다 할 수 있다.
2. 소하천 생태 보전 및 복원의 대상은 소하천의 물리적 구조, 생물 서식처와 함께 교육과 홍보에 이용되는 친환경적인 구조물을 포함한다.
3. 소하천 생태 보전 및 복원은 넓은 의미에서는 소하천 수질개선, 유지유량 확보를 포함한 생태계 복원의 내용을 모두 포함하며, 이를 달성하기 위한 기술 및 대책은 다음과 같은 것들이 있다.
   (1) 수질개선을 목적으로 소하천에 직접적으로 수행할 수 있는 기술로는 여과시설, 퇴적오니준설, 수생식물식재, 인공습지, 하천자연정화시설, 유지유량 공급 등이 있으며, 수변에 수행할 수 있는 기술로는 인공습지, 수변생태벨트, 둠벙, 생태 저류지를 포함한 각종 비점오염원 저감시설 등이 있다.
   (2) 유지유량확보를 목적으로 소하천 유역에 시행할 수 있는 대책으로는 1) 단기적으로는 다른 수계에서 도수하는 방법, 지하수 개발, 환경기초시설 방류수의 재이용 등이 있으며, 2) 장기적으로는 저영향개발 개념에 입각하여 수계가 위치하고 있는 유역에서 침투율을 증가시키는 방법, 유지유량 확보를 위한 소규모 분산형 저류지 건설 등이 있다.
   (3) 생태계 복원을 목적으로 소하천에 직접 시행할 수 있는 기술로는 하도습지, 하중도, 여울, 소, 어류 서식지, 생태호안, 하천 사행화, 생물이동통로, 비오톱 조성 등이 있다.

9.1.5 자연보전을 목적으로 하는 소하천 구간의 설정

1. 자연보전을 목적으로 하는 소하천 구간의 경우에는 원칙적으로 사람의 간섭을 배제하여야 하며, 소하천의 친수적인 기능을 활용하기보다는 소하천의 자연 상태 보전을 최우선으로 한 공간이 되어야 한다.
2. 이러한 구간은 인간에 의한 훼손이 없는 구간, 생태적으로 중요한 습지, 여울과 웅덩이가 발달한 자연 소하천 구간을 포함한다.
3. 수충부, 습지, 사수역 부분 등 폐천 가능성이 있을 경우에는 가급적 그 기능을 보전 또는 복원하는 계획을 수립하여야 하며, 불가피하게 발생된 폐천 부지는 소하천 구역으로 보전하는 것이 바람직하다.

9.1.6 생태시스템 복원에 관한 고려사항

1. 생물 서식처의 복원을 목적으로 하는 인공적인 시설물의 설치는 가급적이면 지양하여야 하고, 장기적인 모니터링을 통하여 소하천 수질 개선 및 생물들의 서식공간을 조성하여야 한다.
2. 야생동물들이 이동할 수 있는 다양한 서식환경을 조성하되, 서식공간이 유기적으로 연결될 수 있도록 배치하는 등 규모를 다양하게 변화시켜가며 설치되도록 계획한다.
3. 소하천에 구조물을 설치하게 되는 경우에는 방부목, 아연도금 철망, 플라스틱, 높은 pH의 콘크리트 등 독성이 있는 재료의 사용은 가능한 피하고, 가장 자연에 가까운 재료를 사용하여 야생동물들의 서식환경 저해를 최소화하여야 한다.

9.1.7 지역사회에 연계한 소하천 친수시설에 관한 일반사항

1. 소하천의 친수공간이란 소하천을 중심으로 한 수변 및 수상공간의 활용, 경관, 정서함양 등의 기능을 수행하는 지역으로 지역 주민이 소하천에 대해 친밀감을 가질 수 있도록 조성한 공간으로서 생태보호시설, 교육시설, 체육 및 위생시설, 관찰시설, 안내시설, 휴식시설, 경관시설 등을 도입할 수 있으나, 생물 서식처를 훼손하는 시설 또는 수질오염을 유발하는 시설의 도입은 최대한 제한한다.

2. 소하천의 친수공간은 하천의 생태적 가치와 하천수질개선, 생태계보호, 수변공간의 활용 등 주변 환경과의 조화를 고려하여 지역사회와 연계한 친수기능이 확대되도록 설계하여야 한다.
3. 소하천의 친수공간과 그에 따른 시설물들은 홍수소통에 영향을 주지 않도록 설계하여야 하며, 치수적인 영향을 배제하는 것 이외에 종·횡단으로 소하천 생태보전 측면을 동시에 고려하여야 한다.
4. 친수공간이 도입됨으로 소하천 환경에 악영향을 초래하지 않도록 해야 하나, 불가피하게 훼손된 소하천 서식처는 가능한 복원하여 자연 상태와 유사한 소하천 환경이 유지되도록 하여야 한다.

제2절 수질개선시설

1. 소하천의 수질정화는 하천 수계 상 가장 상류에 위치한 소하천의 수질을 정화함으로써 중소하천 및 대하천의 수질을 보전하고 하천 생태계의 복원 및 친수환경을 조성하는데 목적이 있다.
2. 수질개선을 목적으로 수행할 수 있는 시설로는 하천정화시설과 비점오염원 저감시설 등이 있다.

(1) 하천정화시설은 하천이 본래 가지고 있는 정상적인 정화기능이 여러 가지 원인물질, 즉 무기물, 유기물(유해물질을 포함)의 유입으로 감소·소실되는 경우, 인위적인 방법을 활용하여 정화기능을 회복·증대시키는 것을 목적으로 한다.

(2) 비점오염저감시설은 수질오염방지시설 중 비점오염원으로부터 배출되는 수질오염물질을 제거하거나 감소시키는 시설을 의미한다.

9.2.1 하천정화시설

가. 개요

1. 하천 수질정화란 자연하천이 가지는 정화능력을 물리적, 화학적 및 생물학적인 인위적 방법을 이용하여 보강·보완함으로써 단위시간당 혹은 단위유

로당 물질전환속도를 촉진시키는 것을 의미한다.

2. 하천정화시설은 소하천에 설치하여 소하천 관리자가 유지관리하는 것으로 가능한 한 제내지보다 제외지에 설치하도록 한다. 또한, 소하천관리 측면에서 볼 때 정화시설 자체는 수질개선 목표를 달성할 때까지 필요한 한시적인 시설로 고려한다.

3. 하천 수질정화공법은 크게 물리적, 화학적, 생물학적인 방법으로 분류되며 개별적 또는 복합적으로 사용된다.

   (1) 물리적 방법은 하천의 수리적 특성을 이용하는 방법으로 유속제어에 의한 침전, 소류 및 분리, 대기접촉을 주체로 하는 정화방법이다. 대표적인 방법으로 준설, 마이크로스트레이너 등을 이용한 스크린, 토양침투법, DCF(Density Clarify Filtering)법, 보, 정화용수 도입(도수), 유수보전수로(이중수로), 수중폭기, 박층류 등이 있다.

   (2) 생물학적 방법은 유수 중 미생물을 집적시켜 생물(특히 세균류)에 의한 유기물의 분해 및 산화, 특정 수생생물에 의한 유수 중 영양염류의 고정화와 같은 생물 이용방법을 목표수준에 맞게 조합시키는 방법이다. 대표적으로는 식물정화와 접촉산화가 있다. 식물정화에는 갈대, 미나리, 부레옥잠 등 수질개선효과가 있다고 알려진 식물을 식재하거나 인공식물섬(부도)을 도입하는 방법 등이 있다. 접촉산화는 자갈, 끈, 목탄 등의 접촉재에 하천수를 접촉(침투, 통수)시켜서 흡착, 여과 및 층내 미생물에 의한 유기물의 무기화로 수질을 정화하는 방법이다.

   (3) 화학적 방법은 약물을 첨가하여 용해성 물질 혹은 물리적 제어에 의해서 분리되지 않는 물질을 제거하는 것으로 응집, 침전, 산화제 투입에 의한 유기물의 산화, 병원성 미생물의 살균에 의한 감소 등을 주제로 하는 정화방법이다.

4. 하천정화기법은 해당 소하천의 특성을 고려하여 선정하며, 운영대상 기간은 맑은 날의 오염상태를 기준으로 한다. 수질정화 대상항목은 생물화학적 산소요구량(BOD)과 부유물질(SS) 등으로 중금속 등 건강환경 기준항목은 제외할 수 있다.

5. 하천정화시설의 구비조건은 다음과 같다.

   (1) 홍수 발생시 지장이 없어야 한다. 실제 설치된 정화시설 중에는 홍수범람에 대응할 수 있도록 하기 위해 지하화하여 설치된 것이 상당히 많다.

(2) 대상 소하천의 수질특성에 적합한 방식이어야 한다.

(3) 가능한 외부에서 공급되는 별도의 동력을 필요로 하는 시설을 피해서 유지관리비가 적게 들어야 한다.

(4) 유지관리가 용이해야 한다.

(5) 경관을 해치지 않고, 주위환경과 조화를 이루어야 한다.

(6) 가능한 한 인위적인 시설보다는 자연적인 시설로 한다.

(7) 용지의 다목적 이용이 가능하여야 한다.

6. 수질정화시설은 다음과 같은 사항을 종합적으로 검토해서 도입계획을 수립해야 한다.

(1) 정화를 위하여 확보해야 할 부지면적

(2) 정화방식의 특성에 따른 정화 한계수질

(3) 목표 수질기준

나. 하천정화시설의 설계

1. 인공습지는 다음 사항을 고려한다.

(1) 배수면적에 대해 현장에 시설을 조성할 수 있는 여유면적 등 현장조건을 고려하여 규모를 결정한다.

(2) 저류지의 토양특성에 따라 저류용량이 달라질 수도 있으므로 배수성이 불량한 저류지에 대해서는 범람 위험을 예방하기 위해 여유 있는 용량을 확보하여야 하며, 배수성이 양호한 저류지에 대해서는 상대적으로 규모를 작게 할 수 있다.

(3) 저류지 전단에 침사지를 설치하여 토사에 의한 저류지의 급속한 용량축소를 최소화할 필요가 있다.

(4) 침사지는 비교적 침강속도가 빠른 부유입자의 침전을 유도하는 시설이므로 침사지내 유속이 관련 기준에 적합하게 적절히 유지되도록 해야 하며 체류시간 및 지의 깊이는 현장의 설치 가능 면적 등 현장조건을 고려하여 설치하도록 한다.

(5) 자연적인 지형여건을 고려해야하므로 인위적인 콘크리트 구조물보다는 토사제방 구조로 설치하는 것이 바람직하며, 유출수의 오염도가 심각하고 유출량이 소량일 경우에는 콘크리트 구조물의 설치를 고려할 수 있다.

2. 자갈접촉산화는 다음 사항을 고려한다.

(1) 자갈접촉산화시설은 유입수량 변동이 적고 토사유출이 적을 경우 설치하는 공법이다.

(2) 자체 분해기능이 높지 않으므로 유하 침전된 유기물 등에 의하여 표면의 공극이 막히지 않도록 계획하여야 한다.

(3) 표면을 식생으로 처리할 경우 식물의 뿌리를 통한 산소공급과 물 흐름의 발생으로 하부의 자갈층이 지속적인 물질분해기능을 유지할 수 있다.

(4) 하천수 직접정화시설을 설치할 경우 처리유량이 만족되는 한도 내에서 오염이 가장 심한 하류부로 위치를 선정하여 연계수원 유입 부하량을 최대한 삭감할 수 있도록 설치하여야 한다.

3. 끈상접촉산화는 다음 사항을 고려한다.

(1) 홍수의 영향을 받지 않는 공정을 선택해야 한다.

(2) 수로에 직접 설치할 경우는 상류로부터 토사유입이 적은 지역과 과도한 부유물질 유입우려가 없는 지역을 선택하여야 한다.

(3) 하천과 인접한 둔치 또는 제내지에 설치할 경우는 펌프에 의하여 압송도 고려할 수 있다.

(4) 관련 설계 기준에 준하여 체류시간을 검토하고 설치는 수로 내의 유하단면 전체에 한다.

(5) 끈상 미생물 접촉재는 흐름에 병행하게 수평, 수직방향으로 일정한 간격을 유지하여 설치한다.

9.2.2 비점오염저감시설

가. 공통사항

1. 비점오염저감시설을 설치하는 경우에는 설치지역의 유역 특성, 토지이용 특성, 지역 사회의 수인가능성(불쾌감, 선호도 등), 비용의 적정성, 유지·관리 용이성, 안정성 등을 종합적으로 고려하여 가장 적합한 시설을 설치한다.
2. 시설을 설치한 후 처리효과를 확인하기 위한 시료채취나 유량측정이 가능한 구조로 설치하여야 한다.

3. 침수를 방지할 수 있도록 구조물을 배치하는 등 시설의 안정성을 확보한다.
4. 강우가 설계유량 이상으로 유입되는 것에 대비하여 우회시설을 설치하여야 한다.
5. 비점오염저감시설은 시설 유형별로 적절한 체류시간을 갖도록 하여야 한다.
6. 비점오염저감시설의 설계규모 및 용량은 초기 우수를 충분히 처리할 수 있도록 설계하여야 한다.
7. 이외 비점오염원 저감시설 설치에 관한 사항은 환경부의 『비점오염저감시설의 설치 및 관리·운영 매뉴얼』(2008)을 따르도록 한다.

나. 저류형 시설

1. 자연형 저류지는 지반을 절토·성토하여 설치하는 등 경사면의 안전도와 누수를 방지하기 위하여 제반 토목공사 기준에 따라 조성하여야 한다.
2. 저류지 제방천단고는 저류지 계획 최대수위와 제방 여유고의 안정성을 고려하여 0.6 m 이상이 되도록 설계하여야 한다.
3. 강우유출수가 유입되거나 유출될 때에 시설의 침식이 일어나지 아니하도록 유입·유출구 아래에 웅덩이를 설치하거나 사석을 깔아야 한다.
4. 저류지의 호안은 침식되지 아니하도록 식생도입 등의 방법으로 경사면을 보호하여야 한다.
5. 처리효율을 높이기 위하여 길이 대 폭의 비율을 가능한 1.5 : 1이상이 되도록 하는 것이 바람직하다.
6. 저류시설에 물이 항상 있는 연못 등의 저류지에서는 조류 및 박테리아 등의 미생물에 의하여 용해성 수질오염 물질을 효과적으로 제거될 수 있도록 하여야 한다.
7. 수위가 변동하는 저류지에서는 침전효율을 높이기 위하여 유출수가 수위별로 유출될 수 있도록 하고, 유출지점에서 소류력이 작아지도록 설계한다.
8. 저류지의 부유물질이 저류지 밖으로 유출되지 못하도록 여과망, 여과쇄석 등을 설치하여야 한다.
9. 저류지는 퇴적토 및 침전물의 준설이 쉬운 구조로 설계하며, 준설을 위한 장비 진입도로 등을 고려하여 계획하여야 한다.

다. 습지형 시설

1. 인공습지의 유입구에서 유출구까지의 유로는 최대한 길게 하고, 길이 대 폭의 비율은 가능한 2 : 1이상으로 한다.
2. 다양한 생태환경을 조성하기 위하여 인공습지 전체 면적 중 50%는 얕은 습지 (0~0.3 m), 30%는 깊은 습지(0.3~1.0 m), 20%는 깊은 못(1~2 m)으로 구성한다.
3. 유입부에서 유출부까지의 경사는 0.5% 이상 1.0% 이하의 범위를 초과하지 않도록 계획한다.
4. 물이 습지의 표면 전체에 분포할 수 있도록 적당한 수심을 유지하고, 물 이동이 원활하도록 습지의 형상 등을 설계한다.
5. 습지는 생태계의 상호작용 및 먹이사슬로 수질정화가 촉진되도록 정수식물, 침수식물, 부엽식물 등의 수생식물과 조류, 박테리아 등의 미생물, 소형 어패류 도입 다양성이 높은 수중생태계를 조성하여야 한다.
6. 습지에는 물이 연중 항상 있을 수 있도록 유량공급대책을 마련하여야 한다.
7. 생물의 서식공간을 창출하기 위하여 5~7종정도의 다양한 식물을 심어 생물 다양성을 증가시킨다.
8. 부유성 물질이 습지에서 최종 방류되기 전에 하류수역으로 유출되지 못하도록 출구 부분에 자갈쇄석, 여과망 등을 설치한다.

라. 침투형 시설

1. 침전물로 인하여 토양의 공극이 막히지 않는 구조로 설계한다.
2. 침투시설 하층 토양의 침투율은 시간당 13 mm 이상이어야 하며, 동절기에 동결로 기능이 저하되지 않는 지역에만 설치한다.
3. 지하수 오염을 방지하기 위하여 최고 지하수위 또는 기반암으로부터 수직으로 최소 1.2 m 이상의 이격거리를 두도록 한다.
4. 침투도랑, 침투 저류조는 초과유량의 우회시설을 설치한다.
5. 침투저류조 등은 비상시 배수를 위하여 암거 등 비상배수시설을 설치한다.

마. 장치형 시설

1. 장치형 비점오염원 저감시설에는 식생형 시설, 여과형 시설, 와류형 시설, 스크린형 시설, 응집·침전 처리형 시설 등이 있다.
2. 식생형 시설의 경우 길이 방향의 경사를 5% 이하로 한다.
3. 여과형 시설의 경우 시설의 제거효율, 공사비 및 유지관리비용 등을 고려하여 저장용량, 체류시간, 여과재 등을 결정하여야 하며, 여과재 통과수량을 고려하여 여과 면적과 여과 깊이 등을 설계한다.
4. 와류형 시설의 경우 입자성 수질오염물질을 효과적으로 분리하기 위하여 와류가 충분히 형성될 수 있도록 체류시간을 고려하여 설계하며, 입자성 수질오염물질의 침전율을 높일 수 있도록 수면적 부하율을 최대한 낮추어야 한다. 또한 슬러지 준설을 위한 장비의 반입 등이 가능한 구조로 설계한다.
5. 스크린형 시설의 경우 제거대상 물질의 종류에 따라 적정한 크기의 망을 설치하여야 한다. 또한 슬러지의 준설을 위한 장비의 반입 등이 가능한 구조로 설계한다.
6. 응집·침전 처리형 시설의 경우 단시간에 발생하는 유량을 차집하기 위하여 저감시설 앞 단에 저류조를 설치한다.

제3절 생태보전시설

9.3.1 개요

1. 생태보전시설의 설계는 생태현황조사에서 파악된 생물 현황, 소하천 환경계획 등에서 소하천별로 생태보전시설의 도입이 필요하다고 판단된 경우에 한하여 적용한다.
2. 특히 생태보전시설의 도입은 소하천별 현황에 따라 건기시에도 유지 가능하도록 설계하며, 건기시 시설물이 노출되거나, 목표로 하는 생물종이 해당 시설물에 타 구간으로 이동하는 경우, 고사되는 구간의 경우에는 시설물 도입을 지양한다.

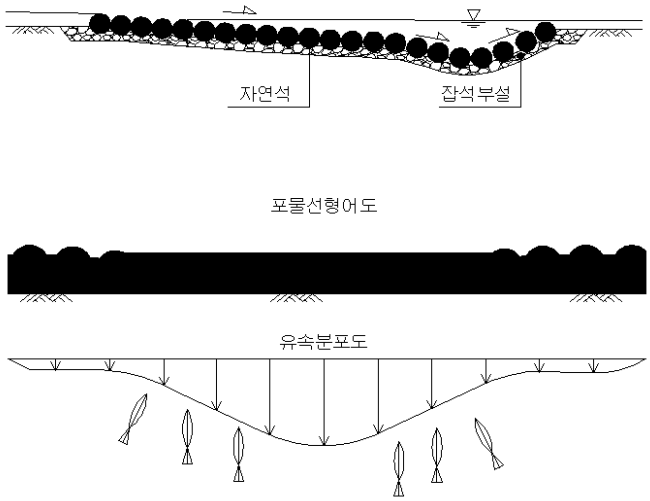
9.3.2 어도

1. 어도 설계는 소하천에 위치하고 있는 횡단시설물의 제원과 제5장의 유지유량과의 연계성을 고려하여 어도 설치의 필요성 여부를 먼저 검토하여 그 결과에 따라 어도를 설계한다.
2. 대상 소하천의 목표 어류 특성에 적합한 형태의 어도를 설치하여야 한다.
3. 어도는 어류의 이동이 용이하고, 다른 수생생물의 서식이나 소하천의 수변기능이 원활하게 유지될 수 있도록 상류로 이동이 가능한 물고기 등 어도를 이용하게 될 수생생물에 대한 정확한 자료를 분석·평가하여 설치하여야 한다.
4. 어도 설치 지점의 생태적 특성에 따라 어도를 이용하는 목표 어종을 선정하고, 어도의 기울기는 1/20 보다 완만하게 조성하여 치어 및 타 생물이 이동통로로 활용할 수 있도록 설계한다.
5. 어도의 위치는 홍수시 보 또는 제방에 영향을 미치지 않으며, 어도의 입구가 주 흐름의 연계되어 멀지 않아야 하며, 퇴적이 발생되지 않는 곳으로 설정한다.
6. 어도의 기울기에 따라 어도 입구부의 위치를 결정하며, 일반적인 수리구조물의 단면에서 종단의 길이는 구조물의 높이에 따라 다르기는 하지만 높이가 1 m인 경우 길이는 약 10 m 가까이 된다.
7. 어도내 유속은 느릴수록 유리하며, 소하천에는 0.5~1.0 m/sec 정도를 목표유속으로 설정하는 것이 적당하다.
8. 소하천의 경우 하폭이 협소하여 어도의 설치가 현실적으로 여의지 않을 경우가 많으므로 횡단시설물 전체를 활용하는 전면 자연경사식 어도를 고려하는 방안을 검토하여야 한다.

9 어도 하단부의 거석은 상호 수중 통로가 연결되도록 하여야 하며, 어도는 어류 생태통로 기능을 유지하여야 한다.

10 적은 유량에서도 어류의 이동이 가능하도록 어도 내 최심부는 적정 최심부를 형성하여야 한다.

11. 어도 내의 어류 쉼터는 적정한 수심을 유지하도록 계획하여야 한다.



<그림 9.1> 전면 자연경사식 어도 (예시)

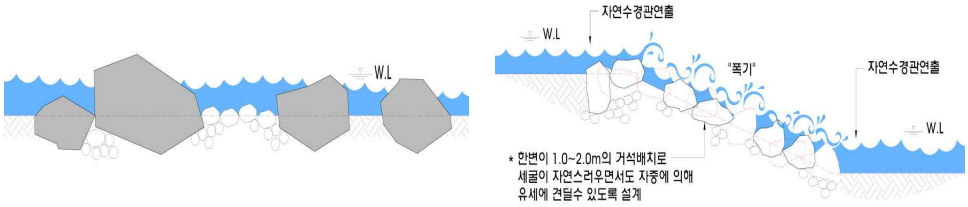
9.3.3 여울·웅덩이, 거석

가. 개요

1. 여울과 웅덩이(또는 소)는 제3장 제5절 소하천 환경계획과 연계하여 시설물 도입여부의 적정성 여부를 먼저 검토한 후, 반드시 필요한 소하천에 한정하여 소하천내 생물서식처 조성, 수질개선 등의 일환으로 설계한다.
2. 하상경사가 급한 소하천의 특성을 감안하여 시설물의 수리적 안정성이 확보된 소하천을 대상으로 도입하도록 한다.
3. 여울과 웅덩이는 자연상태에서 하천의 하상이 일정한 상태로 유지, 달성과 주기적(시간 및 공간)인 퇴적과 침식을 반복하면서 그 하천 구간의 특성(하천 규모, 경사, 유량 등)에 맞는 하상과 하도를 형성하게 한다.
4. 하천에서 수생생물이 생존할 수 있는 다양한 환경을 만들어 주는 가장 간편하고 효과적인 방법은 여울과 웅덩이를 조성하는 것이다. 여울과 웅덩이의 구조는 다양한 흐름 상태와 하상재료를 제공하므로 종의 다양성에 유리한 환경을 제공한다.
5. 유속이 빠른 여울은 폭기 작용을 통하여 용존산소량을 증가시키며, 유속이

빠른 구간에 정착되는 부착조류 등에 의해 특정 수생생물의 먹이를 제공한다.

6. 유속이 느린 웅덩이는 각종 영양물질과 부착조류 등이 풍부하여 어류를 비롯한 수생생물의 서식처를 제공하며, 홍수시에는 피난처를 제공한다.



a) 평여울 b) 급여울

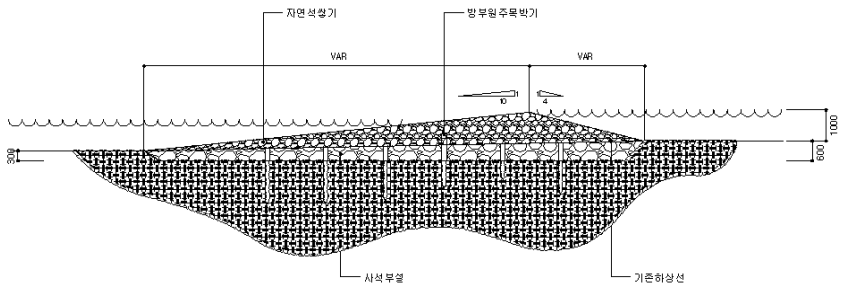
<그림 9.2> 여울의 종류

나. 여울의 조성 방법

1. 여울과 웅덩이의 설계는 기본적으로 자연 하천에서의 여울과 웅덩이의 구조를 흉내 내는 것으로써 여울의 형태, 재료, 기능 등을 자연하천에 근사하도록 설계한다.
2. 여울은 하상재료의 대표직경이 3 mm 이하인 하도에서는 나타나지 않으므로, 모래 하상을 가지는 소하천 구간에서는 홍수 시 여울이 매몰될 우려가 있으므로 적용하지 않는 것이 바람직하며, 설치시에는 유사 문제에 대해 고려가 필요하다.
3. 여울의 위치는 수심이 낮은 지역에 설치하도록 하며, 사행 구간에서는 만곡부 사이의 변곡점 또는 수충 접근부에 위치시킨다.
4. 자연하천 사행 특성에 대한 조사 결과에 의하면 여울 사이의 간격은 하폭의 4 ~ 6배 정도이며, 사행 파장은 8 ~ 12배 정도가 적당하며, 하천의 경사가 1/500 이상이거나 큰 바위와 같은 장애물이 있는 경우에는 여울 사이의 간격은 하폭의 2 ~ 4배가 되며 계단식 하도가 형성되도록 한다.
5. 자연스러운 여울을 창출하기 위해서 경우에 따라서는 선정 지점의 하폭을

약간 늘리는 것을 고려할 수 있다.

6. 보 상류의 배수역에 위치한 구간에 여울을 조성하는 것은 적합하지 않다.
7. 여울의 조성 방법은 하상에 간단한 횡단 장애물-예를 들어, 자연석과 통나무를 이용한 돌무덤이나 둔덕 등을 설치하여 간단히 조성할 수 있다. 둔덕 여울, 갈지자 여울, 징검다리 여울, V자형 여울 등 다양한 형태의 여울을 소하천 현장에 적합하도록 설치한다.
8. 여울의 높이는 하상과 둔치의 표고, 하천의 경사, 저수시의 소의 수심 등에 의해 결정하고, 여울이 충분한 기능을 수행하기 위해서 하류 여울의 정상부 표고는 상류 여울의 정상부 표고를 초과해서는 안 된다.
9. 홍수시의 통수능을 계산하여 통수능에 문제가 있을 경우에는 여울의 높이를 조정하거나 위치를 조정하여 필요한 통수능을 확보하도록 설계한다.

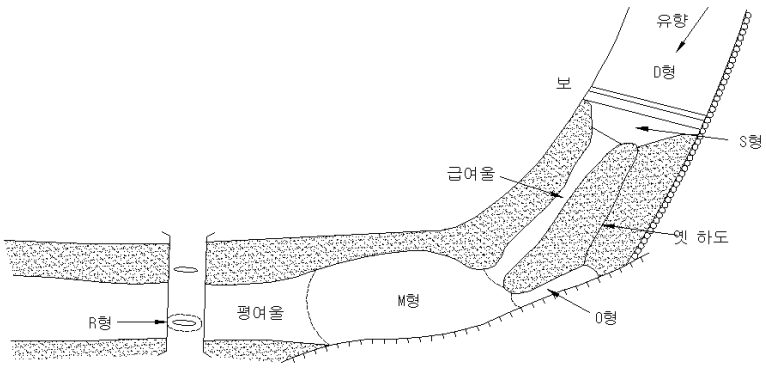


<그림 9.3> 여울조성의 종단면형 (예시)

10. 여울 조성에 사용되는 재료는 일반적으로 다양한 크기의 돌을 사용하게 되는데, 가장 큰 소류력을 받는 여울 정상부에는 저수로 만배 유량에서 떠내려가지 않는 크기의 거석을 사용하고, 여울의 하류부에는 일정 구간까지 하상에 돌을 깔아서 과도한 침식이 발생하지 않도록 한다.
11. 여울을 거석만으로 조성하는 것은 지양한다.

다. 웅덩이의 조성 방법

1. 웅덩이는 사행 현상에 의해 형성되므로 저수로를 사행시켜서 조성할 수 있으며, 거석을 투입하거나 흐름 조절 시설물을 설치함으로써 세굴을 유발시켜 웅덩이를 조성할 수 있다.



<그림 9.4> 웅덩이의 유형

(1) M형(Meander type) : 유로의 굴곡부에 위치하는 유형으로 다른 형의 웅덩이보다 면적이 크고 수심이 깊으며, 경관적이나 어업측면에서도 가장 중요하다.

(2) R형(Rock type) : 큰 바위의 주위에 전형적으로 형성되는 유형으로 암반의 움푹 들어간 부분이나 돌출부의 주위에도 형성되기도 한다.

(3) S형(Substrata type) : 하상 재료의 강도의 차이가 있을 경우 연약한 쪽이 깊이 파여서 항아리 모양으로 형성되는 웅덩이로써 하천의 상류역에는 이런 형의 웅덩이가 연속적으로 나타난다.

(4) O형(Ox-bow type) : 오래된 유로가 사수역이 되어 흐름에 일부 접속되어 있는 형태이며, 매우 작은 우각호가 흐름에 연결된 형태의 웅덩이이다.

(5) D형(Dam type) : 작은 보를 만들었을 때 보의 상류에 형성되는 웅덩이이며, 이런 경우 보의 하류쪽에는 앞의 S형 웅덩이가 형성된다.

2. O형과 D형의 웅덩이는 여울과 관련이 없이 존재할 수 있기 때문에 두 형태의 소에는 어류가 그다지 많이 살지 않으며, 하천 생태분야에서는 M형,

R형, S형을 기본적인 웅덩이의 형태로 본다.

라. 거석의 조성 방법

1. 거석은 여울과 웅덩이를 포함하는 다양한 하천 서식처를 조성하며, 하천에 은신처를 제공하고 하상기질을 개선함으로써 소하천 생태계의 보전 및 복원에 매우 유용하다.
2. 거석은 하도 내 유속이 0.6 m/sec이상 되는 구간에 적용하는 것이 적합하다.
3. 거석은 자갈 하상을 가지며 하폭이 넓고 수심이 얕은 소하천 구간에 매우 효과적이다.
4. 거석은 군집의 형태로 시공하는 것이 바람직하나, 규모가 작은 소하천의 경우에는 독립된 거석 또한 효과적일 수 있다.
5. 모래 하천에서는 거석이 매몰될 우려가 있으므로, 설치 시에 세굴에 대해 대비책이 필요하며, 거석 설치에 따라 하도와 제방이 침식될 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다.
6. 하상 저하나 상승이 발생하는 소하천 구간에 거석 설치는 적합하지 않다.

<그림 9.5> 거석 (예시)

9.3.4 서식처 조성

가. 목표종 선정

1. 서식처 조성시 전체 소하천에 대하여 서식처 시설물을 도입하는 것이 아니라 서식처 설계에 앞서 소하천별 생태환경조사 결과와 소하천 환경계획에서 생태 서식처조성이 필요하다고 판단된 경우에 한하여 서식처 설계를 시행한다.
2. 서식처 조성시 대상 분류군 또는 목표종 선정이 가장 중요한 바, 소하천의 생태환경조사에서 파악된 생태현황 및 소하천 환경계획과 연계하여 해당 소하천에 적합하도록 복원 또는 관리 목표종을 선정하고 그에 적합한 복원기법을 적용한 서식처를 조성하도록 한다.
3. 특히 대상하천 중 생태적 보전, 복원, 본류와의 생태 네크워크 구축, 주변의 산지, 습지 등과의 생태적 연속성 확보가 요구되는 소하천에 서식처 조성 시설물을 도입한다.
4. 서식처 조성시 생태적으로 우수한 대조하천이 존재할 경우 이를 사례로 비교하여 유사한 정도의 생물종다양성이 증진될 수 있도록 서식처를 조성·복원한다.

나. 서식처 조성 기법

1. 서식처 조성 기법은 기존의 소하천 정비에 의해 서식처가 파괴되었거나, 단조로운 하도로 변하는 등 생물이 서식하기에 곤란한 여건을 가진 소하천 구간에 적용한다.
2. 대표적으로 적용되는 서식처 조성 기법에는 소하천 구간별의 제한 요소와 의도하는 목적에 따라 여울, 어도, 수제, 하중도, 하도습지, 거석, 돌보, 단면형상 조정 등이 있으며, 이러한 기법을 적용할 경우에는 수자원 및 생태 전문가들의 자문을 거쳐 위치나 형태를 결정하는 것이 바람직하다.
3. 서식처 조성 기법 적용 후 지속적인 모니터링 및 유지관리를 수행하는 것이 바람직하다.
4. 현재 도시화의 진행 등으로 다양한 서식처 조성 기법의 도입이 현실적으로 어려울 경우에는 최소한의 소하천 환경을 보전하기 위한 서식처 조성 기법

을 도입한다.

5. 소하천 환경개선을 위한 서식처는 소하천 통수기능을 저해하지 않는 범위에서 적절한 구조물을 도입하도록 한다.

다. 하반림 조성

1. 하반림은 먹이가 되는 유기물의 공급 이외에 햇빛의 차단, 은신처 형성 등 생물 서식지의 보전, 수질정화 등 다양한 기능의 기초 서식처이므로 해당 소하천의 특성에 따라 가능한 범위내에서 하반림을 조성한다.
2. 지리적, 지형적으로 적합한 현지의 향토종을 이용한다.
3. 해당지역에 원래 서식하지 않는 종의 도입은 지양하여야 하며, 같은 종이라도 성질이 다른 경우가 있기 때문에 주의한다.
4. 기후가 다른 지역으로의 식생 도입은 실패의 원인이 되므로 가급적 재생대상 지역 근처에서 종자원을 찾도록 한다.

라. 조류 서식처

1. 소하천 특성에 따라 수조류(오리류, 물떼새류, 논병아리류 등), 산새류(직박구리, 멧비둘기, 때까치 등)가 서식할 만한 곳에 달뿌리풀, 갯버들 등 다양한 수변 식물을 식재하여 조류의 서식여건, 은신처, 산란지 등을 조성한다.
2. 농경지 소하천의 경우 수변에 수조류를 위한 낟곡 섭식지를 조성한 후 섭식지와 수역사이에 완충 식생대를 조성하도록 한다.
3. 소하천 주변의 서식환경에 따라 출현 조류의 유형이 다양하므로 목표종에 따라 수변식생, 자갈, 모래밭, 횃대, 번식 굴 등 현지 여건에 적합한 서식처를 조성한다

<표 9.1> 조류 서식처 조성방안 (예시)

서식지역	대 상 종	서식지 조성
하천내	백로류, 오리류, 소형도요 등의 취식지 및 휴식지	사구, 수면위로 나오는 자갈 또는 바위
하안	백로류, 오리류의 은신처 또는 명금류(참새, 멧새류), 개개비, 붉은머리오목눈이의 서식지	하안식생(초본 및 관목) (갈대, 달뿌리풀, 부들, 갯버들 등)
	명금류, 멧비둘기 등의 서식지	덤불, 관목
둔치	소형도요·물떼새류, 할미새류 등의 번식지	자갈밭, 모래밭조성, 하중도 보존
상부제방	멧비둘기, 직박구리, 박새류 등의 번식 및 서식지	교목

마. 양서류 서식처

1. 성체를 대상으로 볼 때 무미 양서류는 1년 생활사를 기준으로 봄철은 번식을 하기 위하여 산란장소인 수역으로 이동하게 되고, 여름에는 먹이를 찾거나 은신하기 위하여 그늘진 곳이나 먹이가 풍부한 장소에서 생활하며, 가을에 동면 준비를 위하여 적당한 동면장소로 이동하므로 이러한 생활사를 고려하여 서식처 위치를 설정하여야 한다.
2. 개구리 서식처는 저습지가 서로 연결되어 있으면서, 수심이 최고 1 m에서 수변부위는 35 ㎝내외로 만들어 주어야 하며, 중앙부분에는 턱을 만들어 개구리가 휴식할 수 있는 공간을 확보하여야 한다.
3. 둔치내 산책로나 제방도로 등이 건설될 경우 주변 농경지 등의 수역과 이동이 가능하도록 별도의 이동통로를 확보하여야 한다.

바. 곤충 및 저서동물 서식처

1. 초본류의 도입을 통해 식물을 먹이원으로 하는 곤충종의 유입을 유도하고, 얕은만과 습지성 초지를 조성하여 유충의 서식환경을 조성한다.
2. 평면화된 하도를 굴곡화하여 저습지를 만들고 부엽, 침수식물이 자랄 수 있게 하여 저층습원식생의 발달을 유도하고, 수심이 얕은 지역에 키가 작은 정수식물들을 식재하여 잠자리 등 곤충류의 산란지를 제공한다.
3. 밀원식물종을 식재하여 곤충류를 유인하고, 수관이 넓지 않은 관목이나 교

목을 식재하여 잠자리나 나비의 휴식처를 제공한다.

(1) 나비의 먹이식물인 진달래, 수수꽃다리, 신나무, 고추나무, 자귀나무, 싸리, 참나무류, 버드나무류 등을 개화시기와 화색을 고려하여 식재

(2) 황벽나무, 산초나무, 탱자나무, 머귀나무, 누리장나무, 초피나무 등의 운향과 식물들은 호랑나비과의 먹이식물로 매우 중요

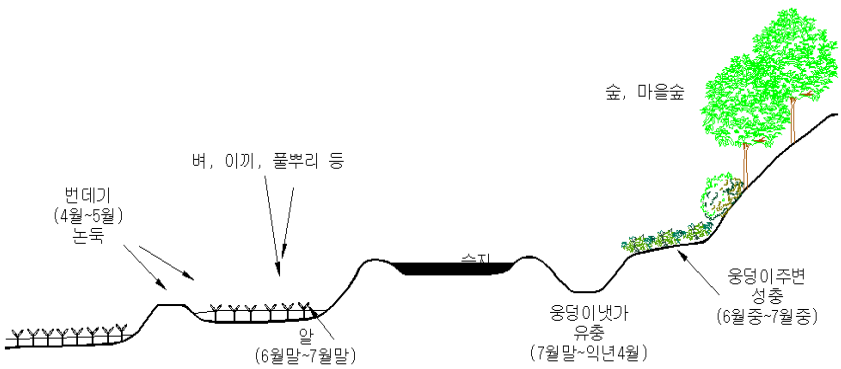
(3) 상수리나무 등 참나무류와 버드나무류는 수액식물로 일부 나비류와 딱정벌레류에게 먹이를 제공

4. 돌무더기 놓기, 통나무 놓기 등은 많은 곤충들의 서식공간이며, 먹이식물 근처에 있을 경우 다양한 나비들의 산란장소와 월동장소로 이용이 가능하므로 해당 소하천 여건에 따라 적절히 활용한다.

(1) 돌무더기는 정형적이지 않고 자연스럽게 쌓아서 다양한 공극의 크기를 형성함으로서 크기가 다양한 곤충들의 서식처로 조성한다.

(2) 곤충들이 선호하는 활엽수를 이용하여, 직경과 길이가 일정하지 않은 다양한 통나무를 쌓아 다양한 곤충류의 서식처 및 피난처, 월동장소 등으로 이용한다.

(3) 반딧불이의 경우 소하천 주변에 산란이 가능한 논 또는 습지 등이 존재하는 지역으로 선정하고, 가능한 야간에 인위적 조명이 적은 지역을 대상으로 한다. 특히 반딧불이의 유충은 물 속으로 들어가 다슬기를 포식하면서 탈피를 되풀이하므로 다슬기 서식이 가능한 모래, 자갈 하상 주변에 조성한다.

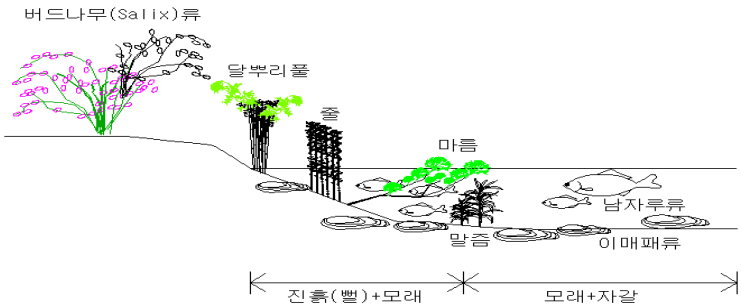


<그림 9.6> 반딧불이 서식처 조성 (예시)

5. 소하천의 저서동물은 생태계 먹이사슬에서 중요한 역할을 하는 분류군으로써 민물조개류, 수서곤충류, 갑각류 등 다양한 생물군으로 구성되므로 개별 특징에 적합한 서식처를 조성한다.

사. 어류 서식처

목표 어종의 서식환경, 산란시기, 산란장소 등 어류종별 서식특성으로 고려하여 어류서식처를 조성한다.



<그림 9.7> 납자루 서식처 조성 (예시)

사례 : 납자루류의 경우 민물조개인 이매패류에 산란을 하므로 반드시 말조개, 칼조개 등과 같은 이매패류 서식환경을 조성하여 도입하고, 얼룩동사리의 경우 바위나 큰 돌 밑면에 부착시켜 산란하므로 이러한 특성에 따라 서식지를 조성한다.

아. 보전구역 설정

1. 소하천 정비시 생태적으로 우수한 식물군락, 멸종위기종, 법적보호종 등의 야생 동물 서식처가 존재할 경우 보전구역으로 설정한다.
2. 보전구역으로 설정된 지역의 경우 치수적 안정성 확보를 위한 최소한의 정비를 제외한 기타의 시설물 도입, 소하천의 하도 형태, 하상 등이 훼손되지 않도록 관리한다.

3. 이러한 보전지구의 지속적 관리를 통하여 생태적 여건이 불량한 구간, 치수안정성 확보를 위하여 인위적 정비를 시행한 구간에 생물종의 공급원 역할을 함으로써 전체 소하천의 생물종다양성을 증진시키도록 한다.

9.3.5 천변습지 및 하도습지

1. 천변습지 또는 하도습지는 형성 원인과 현재의 생태학적, 수문학적인 상황 등을 평가하여 보전여부를 검토하여야 한다.
2. 생태습지가 과거에 존재하였으나 현재 유실된 경우에는 새로운 습지조성을 유도한다.
3. 하도습지의 조성 시에는 가능한 모래질 토사의 사용을 지양하고 일반 실트질이나 점성질 토사를 사용하여 식물 성장 및 자생에 유리한 환경이 되도록 하여야 한다.
4. 성토다짐 후 1~2년이 경과 후에는 홍수 등에 의한 변화를 모니터링하고 이를 향후 사업에 반영하는 것이 바람직하다.
5. 식생의 도입은 모니터링 경과 과정을 거친 후에 도입하되 세부 배치구간 및 방법, 식물종의 선택은 관련 전문가의 자문에 의한다.
6. 습지의 복원은 수문학적인 지속가능성과 수질정화, 야생동물서식처 기능을 만족할 수 있는 기술과 공법을 적용하여야 하며, 복원 후 생태학적 수문학적 영향에 대한 모니터링을 수행하여야 한다.

9.3.6 수변 식생대

1. 둔치 설계 시에는 오염물질의 흡수 및 미관개선, 완충지대의 역할 등 생태적인 기능을 유도하기 위하여 소하천 변에 수변 식생대 조성이 바람직하다.
2. 소하천 식생 분포역을 고려하여 초지군락과 천변습지를 형성하도록 한다.
3. 수변 식생대의 확충방안은 자연 형성된 식생군락의 보전과 훼손된 식생군락의 복원으로 구분하도록 한다.
4. 식물군락의 복원 시에는 소하천의 물리적 환경특성에 적합하게 식재될 식물의 선택과 식재장소가 선택되어야 하며, 다양한 높이의 초본류를 중심으로 목본식물과 함께 수직적인 다양성을 가질 수 있도록 한다.

5. 둔치의 효율적 토지이용을 도모하되, 필수적인 인공시설 도입구간 이외의 지역은 자연 식생대로 보전 및 복원하도록 한다.
6. 수변 식생대는 특별히 경관적 효과를 목적으로 하는 경우를 제외하고는 생태적인 방법으로 계획한다.

제4절 식재계획

9.4.1 개요

1. 소하천에서 식물은 생물 서식처 구성인자에서 무기물(물, 흙), 유기물과 더불어 중요한 생물자원으로써 서식처를 형성하는 기본 요소 중의 하나이다.
2. 하천 식생대의 복원은 식생군락의 자연발생 유도와 훼손된 식생군락의 복원으로 구분하여 식재 계획을 수립한다.
3. 식생군락의 복원시 식재될 식물의 선택과 식재장소는 다양한 높이의 초본류를 중심으로 수직적인 다양성을 가질 수 있게 고려하되, 생태적 천이도 고려하여야 한다.
4. 유수에 적응할 수 있는 하천 고유의 하천 식물종을 활용하여 수질정화와 함께 생물 서식공간의 확보할 수 있는 식재 계획을 수립한다.
5. 자연상태의 하천식생 형성과정과 유사하도록 계획하며, 조기 정착을 원할 경우에는 원래 서식하고 있는 식물종에 피압에 의한 고사 등을 고려하여 도입 식물 개체를 군집단위로 조밀하게 식재하여야 한다.
6. 식재 식물에 따라 기후적, 지형적, 생물적 제한요인이 있으므로, 온도, 습도, 광량, 지형, 고도, 경사면 방향 등 현지여건을 검토하여 적절한 식재계획을 수립한다.
7. 성숙한 상태의 초본류나 성목을 도입하는 것보다 질병과 병충해의 예방에 내성이 있는 종자나 묘목 상태의 식재가 바람직하다.
8. 자갈하상은 일종의 자연스럽게 형성된 하상보호시설의 역할을 하며, 급경사 수로 구간에서 자주 발견된다. 이 경우 자갈하상을 파헤치고 인위적인 식재계획을 수립하는 것은 하도의 안정성을 헤치는 결과를 초래하므로 지양해야 한다.

9.4.2 식물종 선정기준

1. 도입 식물종은 서식처의 환경조건과 부합되어야 하므로 식물종 선정시 고려되어야할 가장 효과적인 정보는 대상지 인접지역의 자생 식물군락을 표본을 도입 식물종을 선정한다.
2. 자연상태 소하천의 경우 토성과 하상재료의 입경에 따라 식물종 조성이 달라지므로 대상지의 토양특성에 따른 식물종을 선정한다.
3. 유속이 빠르고 수심이 깊은 곳은 근계의 발달이 왕성하여 유실되지 않고 수류에 의해 쓰러지거나 부분적 손상이 있더라도 재생할 회복력이 있는 종으로 선정한다.
4. 유속이 완만하고 수심이 얕아 지속적으로 토사가 퇴적되는 환경 조건에서는 지하경 및 포복경이 발달하여 부분적으로 매몰되더라도 계속적인 생장이 가능한 종을 선정한다.
5. 수위의 변동이 빈번하게 일어나 홍수시에는 침수되고 갈수기에는 지상부가 드러나는 환경조건에 내성이 있는 식물종을 선정한다.
6. 수심에 따라 생육 가능한 식물의 종류가 달라지므로 식물종을 도입할 경우에는 수심을 고려해야 한다.

<표 9.2> 생활형별 적정 생육 수심

구분	수심	비고
관목 및 교목	0 ㎝ 이하	수고 2m 내외
정수식물	0 ㎝ ~ 약 30 ㎝	
부엽식물	약 30 ㎝ ~ 60 ㎝	
침수식물	약 45 ㎝ ~ 190 ㎝	
수생식물이 없는 경우	약 200 ㎝ 이상	식물생육에 부적합한 깊이

9.4.3 식재 방법

1. 다양한 생활형의 식물을 공간 특성에 따라 식재한다.
   (1) 수변의 식재에는 정수식물, 부엽식물, 침수식물, 부수식물, 습생식물 등 여러 가지 생활형을 갖는 많은 종류의 식물을 도입한다.
   (2) 초본류 외에도 목본식물의 도입을 적극 검토하여야 한다.
2. 식물은 사업 이후 물, 토양환경 등의 영향으로 서식환경에 적합하도록 천이과정을 거쳐 식물군락의 종조성이 변화되므로 식재 당시 해당지역의 수환경 및 토양환경을 충분히 검토해 천이를 고려한 식재가 이루어져야 한다.
3. 해당지역에 서식하는 식물을 활용한 식재계획을 수립한다.
   (1) 해당지역에 서식하고 있는 식물의 지하경, 줄기 등을 활용하여 꺾꽂이, 지하경 이식 등의 방법으로 초기 활착이 원활한 식재계획을 수립한다.
   (2) 초본류를 이용한 사면녹화에는 해당 지역 토양에 존재하는 매토종자의 자연발아에 의한 녹화를 유도한다.
4. 초본류의 식재는 그루식재, 지하경 식재, 새싹 식재, 뗏장을 이용한 식재, 종자파종 등의 방법을 현장여건에 따라 적절하게 적용하며, 식재시 초기 활착이 가능하도록 물에 떠내려가지 않도록 고정시켜야 한다.
5. 목본류는 곤충류, 조류 및 소형 포유류의 중요 서식처로써 수면-습초지-건초지-관목-교목 등의 생태적 연결성이 확보되도록 식재하는데, 버들류, 오리나무류, 황철나무, 백당나무, 나무수국 등은 지하수면보다 아래쪽으로 뿌리를 뻗을 수 있으므로 지하수위가 높은 곳에 식재하고, 느릅나무, 들메나무, 신나무, 팽나무, 졸참나무 등은 지하수면보다 아래쪽으로 뿌리를 뻗을 수 없으므로 지하수위가 낮은 곳에 식재한다.

제5절 지역사회에 연계한 소하천 친수시설

9.5.1 교육체험공간

1. 지역주민들을 위한 다양한 교육체험공간으로서의 기능을 목적으로 하는 소하천 구간의 경우 무계획적인 조경 식물의 조성은 지양한다.

2. 야생초 또는 외래식물 대신에 향토식물, 인공연못 대신에 자연연못, 인공포장보다는 식물로 피복된 작은 길 등을 이용하여 자연미를 극대화시키도록 계획한다.

9.5.2 운동공간

1. 일정규모 이상의 식생이 제거된 평탄지를 필요로 하는 경우에는 가급적 인근 배후지에 운동공간을 조성하고 이와 연계하는 방법을 모색한다.
2. 운동공간은 주변에 주거지나 학교 등 시설이용 요구도가 많은 곳에 인접하여 배치하도록 하며 가능한 그 규모를 최소화하여야 한다.

9.5.3 자전거도로

1. 자전거도로는 산책로와 상충하지 않도록 제방도로 준용을 원칙으로 하되, 다양한 경관체험을 할 수 있도록 유도한다.
2. 자전거도로의 위치는 제방의 가장자리 쪽으로 설치하여 소하천에 미치는 영향이 최소화되도록 한다.
3. 소하천 여건상 부득이한 경우, 제방사면 하단으로부터 둔치 폭의 1/3 이내에 계획하며, 교량 설치 등 연결이 필요할 경우 콘크리트 구조물의 사용은 피하고 친환경적인 재료로 계획한다.
4. 이용자의 편의성 증진을 위하여 필요시에는 일정 구간마다 음용수대, 쉼터, 간이 화장실 등과 주요 지점까지의 거리, 주요 접속통로, 이용자 편의시설 등에 대한 안내표지 등 일정거리마다 설치할 수 있도록 한다.
5. 자전거도로의 포장은 자연재료를 사용하는 것을 원칙으로 하되, 부득이 한 경우 투수성이 높고 생태적인 단절을 최소화 할 수 있는 친환경적인 재료를 이용한다.
6. 차량이 진입하지 못하도록 자전거도로 시·종점부에 차량 진·출입 차단시설을 계획한다.

9.5.4 산책로

1. 산책로는 자전거도로와 상충하지 않으면서도 다양한 경관체험을 할 수 있도록 배치한다.
2. 소하천의 생물서식처 보전과 인위적 교란 예방을 위해 소하천 수로 변으로부터 둔치 폭의 1/3 이상 떨어진 지점으로 계획하는 것을 원칙으로 한다. 다만, 둔치 폭이 협소할 경우 소하천 생태계에 미치는 영향이 최소화되도록 계획한다.
3. 소하천 및 친수공간의 규모를 고려하여 산책로의 폭을 다양하게 설치하며, 산책로 설치로 인해 이질적인 경관이 연출되지 않도록 자연스러운 경관이 되도록 한다. 특히, 편리성만을 고려하여 유도용 블록 등의 과잉 적용 등 경관요소로서의 가치를 손상시키지 않도록 한다.
4. 장애인과 노약자를 위해 높낮이나 단차를 최소화하여 설치하도록 한다.
5. 산책로 폭과 구조는 자연환경의 변화, 주변 시설과의 조화 및 균형을 고려하여 자연스러운 선형으로 주변 자연과의 연속성, 일체성을 유지하도록 한다.
6. 인공구조물 설치를 지양하고, 야생동물의 이동을 제한하지 않는 재료와 구조로 이용한다.
7. 유입수로, 수충부, 지형적으로 치수상 제약이 있는 구간과 생태계 보전 및 복원 구간에는 설치하지 않는 것이 바람직하다.
8. 산책로 포장은 자연재료를 사용하는 것을 원칙으로 하되, 부득이 한 경우 투수성이 높고 생태적 단절을 최소화 할 수 있는 친환경적인 재료를 이용한다.

9.5.5 주차장

1. 주차장은 소하천의 연속성 유지 저해, 비점오염 유입, 분진·진동 발생 등으로 소하천의 생태적, 환경적 기능에 악영향을 미치므로 원칙적으로 소하천 공간 내 주차장 설치를 금지한다.

9.5.6 관찰시설

1. 관찰시설은 자연을 이용하여 산책이나 학습을 위한 것으로, 진행도중 추락의 위험이 없도록 안전난간 등 안전시설을 설치하여야 한다.
2. 식물을 주체로 한 관찰공간의 경우에는 식물의 길이를 고려함과 동시에 출입을 방지하기 위한 기본구간의 데크는 그 높이를 1 m 미만으로 한다.
3. 물과 접촉하거나 수생식물을 가까이 관찰할 수 있도록 지형 등을 고려한 폭을 유지하되 노약자, 장애인의 진입이 필요한 지역을 제외하고는 경사 데크는 지양한다.
4. 안전을 위한 난간의 높이는 1.2 m 이상으로 하며, 장애인용 데크는 최소 1 m 이상의 폭을 확보되도록 계획한다.

제10장 유지관리

제1절 유지관리 일반사항

1. 소하천 정비공사가 완료되면 소하천을 다용도로 사용하면서 지속적으로 유지관리에 주력하여야 한다.
2. 소하천의 유지관리에 주력할 사항은 다음과 같다.
   (1) 소하천의 유지관리는 평시와 수방기로 나누어 구분할 수 있다.
   (2) 주요 구조물에 대한 유지관리방안은 제10장 2절과 같고, 평시와 수방관리의 일반적인 사항은 제10장 3절, 4절에 기술되어있다.
   (3) 소하천 정비 실태와 점용상황 등을 정기 또는 부정기적으로 점검하여 재해 및 오염 예방적인 차원에서 조치할 사항을 강구한다.
   (4) 점검 순찰반을 편성하여 수해 상습지역이나 오물 투기 가능지역 등을 순시하면서 특히 제방, 호안, 수문 등과 같은 하천 시설물에 대하여 철저히 점검하고 보고하며 기록으로 순시대장을 작성하여 보관 관리한다.
   (5) 하천시설물에 대하여는 적정시기에 유지보수가 되도록 정비계획을 수립하여 재해 및 오염 피해를 사전 예방토록 조치하여야 한다.
3. 소하천은 하천 및 지형적 특성상 소하천 시점 상류부로부터 유발하는 산사태 발생으로 인한 토사 및 유목 등의 붕괴·유실과 산업폐기물 등 부유물질의 유하로 하천 제방은 물론 구조물 등의 붕괴 또는 유실로 저지대의 가옥, 농경 기반시설 등의 유실 또는 침수 등 많은 인명과 재산 피해를 유발하고 있는 실정이다. 따라서 소하천 주변지역에 대한 재해이력이나 유발 요인 등을 상시 점검 확인하여야 한다.
4. 도시를 지나거나 인구가 집중된 지역에 위치한 소하천의 경우 소하천환경관리 기본계획을 수립하여 체계적으로 유지, 관리하여야 한다.

제2절 소하천 주요 구조물 유지관리

10.2.1 제방 유지관리

1. 제방에 도로가 설치된 경우.
   (1) 평상시에 하천순찰이 가능해야 한다.

(2) 홍수기의 하천순찰과 방재활동에 지장을 주지 않아야 한다.

(3) 장래의 하천공사계획에 지장을 주지 않아야 한다.

2. 제방에 구조물을 설치하는 경우.

제방의 유지관리상 제방 단면을 손상시키는 구조물의 설치를 지양하고 부득이 수문 등의 구조물을 추가 설치할 경우에는 제방의 구조적 안정성이 유지되도록 대책을 강구하여야 한다.

3. 제방의 유지

(1) 둑마루와 비탈면의 유지는 물론 제체의 균열이나 누수방지를 위해 계속적으로 유지관리해야 한다.

(2) 제방둑 마루 및 비탈면에 잡초 및 식생이 무성하지 않도록 관리해야하며 떼붙임을 하였을 경우에는 떼가 잘 성장하도록 흙의 피복과 시비 등에 유의한다.

10.2.2 하도 유지관리

1. 토사 등에 의해 하도의 변화가 많이 발생된 구간에 대해서는 홍수량 등을 고려하여 홍수기전 적절한 준설작업을 시행하여야 한다.
2. 통수에 지장이 없는 한 지나친 식생 훼손은 지양하고, 준설 작업시 생태보존 구간이 존재하는 경우 가능한 이를 고려하되 절대적으로 통수에 문제가 생기는 경우에는 전문가와의 협의를 통해 준설작업을 시행하여야 한다.
3. 준설의 주기는 연도별 하천 상황을 고려하여 수해방지를 위한 준비기간에 적절히 시행하여야 하며, 각 지점에 적합한 준설 기준을 관리주체별로 설정하여 지속적으로 시행하여야 한다.
4. 하천변 쓰레기 제거, 잡초제거 등의 작업도 하도의 유지관리 차원에서 꾸준히 시행하여야 한다.

10.2.3 호안 유지관리

가. 일반적 호안 유지관리

1. 비탈 덮기의 유지

(1) 돌쌓기와 돌붙임 : 탈석, 배부르기, 줄눈의 탈락 등은 파손의 원인이 되

므로 유의해야 한다.

(2) 콘크리트 붙임 : 비탈덮기 뒷면의 토사흡출을 방지하고 표면조도를 증가시켜 비탈면 자체의 안정을 도모한다.

(3) 콘크리트 블록붙임 : 블록표면에 요철을 만들고 강봉으로 연결하여 굴요성을 갖도록 하며 뒤채움 콘크리트를 충분히 하고 이음 눈금에 모르타르를 채워서 흡출에 대비한다.

(4) 비탈덮기의 기초 : 비탈덮기의 집중하중에 의한 토대목의 파괴, 기초지반의 처리부실, 하상세굴에 의한 토대목의 부상 또는 부식이 비탈덮기의 파괴요인임으로 유의한다.

2. 기초의 유지.

(1) 토대공은 한줄 토대, 사다리 토대 등이 있으며, 토대공의 파괴를 발견하면 즉시 보완한다.

(2) 바자공은 이면에 공동이 생기거나 상부의 함몰, 변형, 부패 등이 파괴의 원인이 되므로 원인별로 유지보수를 해야 한다.

3. 밑다짐의 유지

밑다짐에서는 채움돌, 돌붙임, 사석 등이 유실되기 쉽고 목공 밑다짐틀류 등에서는 격자가 파괴될 수 있다. 블록 밑다짐에서는 연결철봉의 절단 또는 뒷면토사의 유출이 파괴를 초래하므로 원인별로 보수, 보강에 만전을 기하여야 한다.

4. 비틸덮기와 밑다짐을 겸한 공법의 유지

돌망태의 유지를 위해서는 철근의 부식, 절단, 등을 방지하고 뒤채움 자갈도 보충해야한다. 콘크리트 블록 단상 등은 수중에서 토사흡출이 발생하므로 자갈 또는 섶을 깔거나 무거운 블록으로 보강해야 한다. 말뚝박기 한쪽 돌방틀은 일체로 작용하게 한 것이므로 파손 또는 유실된 돌을 보충해야 한다.

나. 저수로 호안 유지관리

1. 소하천의 효율적인 관리를 위해서는 생태적 천이에 교란을 주지 않는 범위내에서 최소한의 관리를 해주어야 한다.
2. 비점오염원의 유입차단 및 수질정화효과를 극대화시키기 위해서는 초본의 경우 연 1회(늦가을) 제초를 해주어야 하며, 제거된 초본은 하천부지 밖으

로 유출시킨다.

3. 다년생 초본류와 같은 식생대를 유지하기 위해서는 환삼덩굴 등 덩굴성식물이나 단풍잎돼지풀과 같은 외래식물의 지속적인 제거가 필요하다.
4. 소하천 내에 계획 당시 원하지 않았던 식물이 도입될 경우, 이러한 식물을 제거하기 위하여 제초제를 사용하여서는 안된다.
5. 홍수 후에는 상류로부터 떠내려 온 부유물질이나 쓰레기 등이 수목에 걸리게 될 겨우 제거해주어야 한다.
6. 식재한 수림대는 상류로부터 공급되어온 토사를 퇴적시키게 되므로 장기적으로 수림화가 진행될 가능성이 있으며, 치수 안전성 확보를 위하여 3~5년에 1회 이상 전정할 필요가 있다.

10.2.4 취수 구조물 유지관리

1. 구조물의 유지관리

고정부, 가동부, 바닥보호공, 호안공, 수문, 조작장치 등을 항상 점검하여 이상이 있으면 즉시 필요한 조치를 취해야 한다.

2. 취수관리

소하천에 취수구를 설치하여 취수할 경우에는 취수구와 침사지의 이상 물질 또는 토사의 제거에 중점을 두고 점검하여 이상이 있으면 필요한 조치를 하여야 한다.

3. 수문의 유지관리

홍수시 수문의 고장 또는 파괴는 범람으로 이어져 막대한 피해를 줄 수 있으므로 항상 검사하고 보수하여 수문조작에 결함이 없도록 해야 한다.

10.2.5 하상 유지관리

1. 돌붙임 부분의 돌이 빠져 나간 곳을 가능한 빨리 보충하며 콘크리트 부분은 균열의 발생 시 조기에 수선한다. 특히 하상유지공 하류단의 세굴은 즉시 보강수선을 실시한다.

2. 본체 기초공의 결함은 먼저 물받이 부분에 나타나게 되며, 물받이의 일부 함몰 또는 균열 등이 발견될 경우 즉시 수리한다.
3. 하상유지공 하류부의 밑다짐공보다 깊게 세굴되어 드러나게 되는 경우, 밑다짐공을 연장하거나 본래의 밑다짐공을 낮게 다시 설치하는 등 현장상황에 맞는 방법으로 수리하여야 한다. 또한 목공침상의 아래 부분은 돌망태공, 채석공으로 보수할 수 있다. 붙임호안이 파손된 곳은 즉시 보수해야 하며 물받이 바로 아래에서 누수가 있는 경우에는 보수해야 한다.

10.2.6 여울과 소의 유지관리

1. 하상재료의 입경에 따라 석재의 적절한 크기를 선정했을지라도 홍수 시에는 하상의 매몰대책에 대한 대비가 필요하다.
2. 목공에 의하여 조성되었을 경우에는 부식을 방지하기 위한 대책이 필요하며 형틀이 파괴되었을 경우에는 이에 대한 보수가 필요하다.
3. 수제에 의하여 소를 형성할 경우에는 밑부분이 세굴되기 쉬우므로 세굴방지에 대한 대책과 막힘에 대한 방지책이 필요하다.

10.2.7 둔치 및 둔치 호안의 유지관리

가. 둔치 유지관리

1. 둔치에 추수식물을 식재하였을 경우에 식물이 활착되기 전까지는 별도의 유출 방지책이 필요하며 잡초의 주기적 제거와 건조화 방지 등의 대책이 필요하다.
2. 잔디 외의 수변식물을 배치하였을 경우에 풀깎기를 해주어야 한다.
3. 둔치에 식재한 교목이 과도하게 성장하면 홍수소통에 지장을 초래하기 때문에 간벌 및 가지치기가 필요하며, 더불어 홍수 후에는 쓰레기를 처리하는 것이 필요하다.
4. 습지형성을 위하여 홍수터를 굴삭하였을 경우에는 잡초 제거와 건조화 방지 대책이 필요하다.
5. 흙의 확보를 위해 돌깔기를 하였을 경우에는 잡초를 제거하여야 한다.

나. 둔치호안 유지관리

1. 호안의 침하와 손상을 방치하면 큰 사고를 유발할 가능성이 있기 때문에 감시와 점검에 의해 이상의 초기발견에 노력해야 하며 이상이 발견된 경우에는 적절한 공법에 의해 초기에 보수하여야 한다.
2. 호안은 각 종류별 특성과 피해형태 및 소하천에서의 피해사례 등을 참고하여 적절한 감시·점검·보수 등의 유지관리를 해야 한다.
3. 지속적으로 조사를 시행하여 손상정도에 따라 순차적으로 보수한다.
4. 보수 시에는 호안의 구조를 가능한 자연 환경과 경관에 적합하도록 해야 한다.
5. 예초는 식생의 성장속도 등을 고려하여 순차적으로 시행하도록 하며, 특히 장마나 태풍이 오기 전에 식생에 대한 관리를 시행한다.
6. 제내지를 확폭하였을 경우 쓰레기 퇴적 및 잡조제거가 필요하다.
7. 완경사 법면 공법 시 잡초를 주기적으로 제거하여야 한다.
8. 성토를 피복하였을 경우에는 잡초제거와 함께 세굴에 대한 감시가 필요하다.
9. 식재 호안 공법을 사용하였을 경우에는 잡초를 주기적으로 제거해야 한다.
10. 돌망태 호안 공법을 사용하였을 경우에는 잡초제거와 함께 철사줄을 보수하여야 한다.
11. 제방사면 식생제거에 따라 남은 식생은 재자원화 방안을 강구하도록 한다.
12. 지역주민과 긴밀한 연락체계를 구축하여 제방 및 호안의 유지관리에 활용한다.

10.2.8 생태 시설물 관리

가. 어도

1. 구조물 훼손 여부를 점검하여야 한다.
2. 토사 등에 의한 허용범위 내의 퇴적은 오히려 각종 생물 서식으로 어류에게 좋은 조건을 줄 수 있으므로 수질에 영향을 주지 않는 한 제거하지 않는 것이 바람직하지만, 어도에 유입된 유송잡물, 오니 등과 같은 이물질은

즉시 청소하여 어도가 항상 청결을 유지할 수 있도록 하여야 한다.

3. 토사 등에 의한 자연석의 매몰을 방지하기 위한 유지관리가 필요하다.
4. 어류의 이동을 포함한 모니터링 결과를 반영하여 구조를 보완하여야 한다.

나. 친수 및 생태공간

1. 친수공간에 식재된 수목, 수생식물 등은 계절에 따른 적절한 관리 및 장기간에 걸친 생육과정 또는 천이 등을 고려해야 하는데, 소하천 관리기관에서 유지관리와 관련된 전문 인력이 없을 경우 유지관리를 위탁하는 방안도 검토할 필요가 있다.
2. 모든 이용시설은 홍수 이후에는 시설물 피해를 점검하고, 필요한 부분은 즉시 보수하여야 한다.
3. 주민의 자발적 참여에 의한 시설물의 이용 및 관리를 유도한다. 지역 주민 및 단체 회원은 아름다운 소하천 가꾸기 사업 모니터링, 시설물의 유지 관리 활동에 주요 참여자가 될 수 있도록 유도한다.
4. 소하천의 친수공간은 홍수 시에 침수되기 때문에 도입시설의 안전성, 유지관리에 역점을 두어야 한다. 특히 식생호안 등과 같이 소하천의 생태환경을 고려한 도입시설은 기존의 시설보다 유지관리에 많은 인력과 비용이 소요되기 때문에 이러한 시설을 도입할 경우 사후 유지관리계획에도 큰 비중을 두어야 한다.

다. 하중도

1. 하중도 식재 시기는 3월 중순부터 9월 중순경이 최적기이며, 초봄과 늦가을에도 식재가 가능하다.
2. 하자나 이상 현상이 발생할 경우 보수하여야 한다.
3. 수생식물의 생육 시에 비료 투입 및 약제 살포 등 인위적인 방법은 금한다.
4. 홍수 시 부유물질이 퇴적될 경우 그대로 두어 식물성장에 필요한 양분으로 사용할 수 있으나, 하중도에 과다한 영향을 미치는 물체는 제거하여야 한다.

라. 습지

1. 습지 유출입구의 쓰레기 제거와 제방과 접근로의 벌초작업이 주기적으로 필요하다.
2. 습지에서 50% 이상 식생피복이 이루어지지 않았을 경우에는 보강식재 또는 병든 식물, 가시박이나 환삼덩굴 등의 귀화식물, 혐오식물 등은 인위적으로 제거한다.
3. 우점종이 출현하여 식물종이 단순화될 우려가 있을 때에는 우점종의 수를 줄여주고, 우점종 확산을 방지할 대책을 세운다. 필요 시 종의 교체를 고려한다.
4. 식생밀도가 너무 커서 물의 흐름에 장애가 발생하거나 특정 식물군락의 번성시 수확 작업을 고려한다.
5. 여름철에 성장한 수초는 겨울철에 말라서 연못 내에 잔존하게 되는데, 부영양화를 가져올 우려가 있을 경우에는 적절한 시기에 제거하도록 한다.
6. 습지연못, 유출입구, 제방, 수문과 기타 기계장치의 보수작업을 실시하고, 침식발생지역은 보수한다.
7. 습지용량이 퇴적물에 의해 상당 수준 감소하여 물고기나 식물의 서식여건이 나빠진 경우 퇴적물을 제거하고, 습지로부터 탁수유출여부를 점검하여야 한다. 특히 고수위에서 저수위로 진행되는 동안 퇴적물 유출 및 물의 방류여부 확인, 방류유속에 의한 소하천 하류의 침식영향 여부를 점검한다.
8. 모기 등 위생에 문제가 되는 생물종이 급증할 때에는 적절한 관리대책을 마련한다.
9. 수중 생물종을 위하여 항상 적절한 수질과 수온을 유지하도록 한다.

10.2.9 기타 소규모 시설 관리

가. 소교량

1. 협소한 산간계곡의 집중호우로 급증되는 수량과 임목 또는 산업용 자재 등의 유하시 걸림이 발생하지 않도록 유지관리해야 한다.
2. 교량구간에 대한 통수능 확보를 위한 준설 작업을 홍수기 전에 시행하여야

한다.

3. 교량의 길이가 계획하폭보다 짧거나 제방 계획고보다 낮아 홍수피해를 유발시키는 교량은 경제성을 감안하여 연장시공 하거나 철거 후 재가설하여야한다.
4. 경간장이 짧아 홍수시, 유목 등 부유물질이 교각에 걸려 급격한 수위를 상승시키는 다경간 BOX암거 및 통수단면이 부족한 교량은 철거 후 재가설하여야한다.
5. 수리학적 검토 없이 무분별하게 설치한 잠수교는 통수단면을 축소시켜 수해를 유발하므로, 기능성과 하천여건 등을 감안하여 수해가 재발되지 않도록 대책 강구 및 유지관리해야한다.

나. 복개 소하천

1. 가급적 복개 시설물에 대한 점진적 철거를 고려하고, 복개 구조물내에 대한 준설 등을 통해 통수능을 확보하여야한다.
2. 복개 소하천의 통수능에 대한 지속적인 점검과 유지관리가 필요하다.

제3절 평시 관리

10.3.1 수량관리

1. 소하천의 수환경 보전을 위한 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(지하수위 함양), 유량확보용 저수지 건설 등을 들 수 있다.
4. 장기적으로 소하천 관리자는 유역내 물순환 건전화를 염두에 두고 침투시설, 저류시설 등을 꾸준히 설치 운영하여야 한다.

10.3.2 수질관리

1. 소하천 수질관리는 기본적으로 유역내의 공장폐수 등에 대한 배출규제, 폐수종말처리시설의 건설, 공공수역의 수질보전, 토양오염 방지, 그리고 하수도 정비 등 환경 개선사업에 의해 달성할 수 있지만 이들 시책과 적절한 조화를 취하면서 하천 내에서 일시적 또는 항구적인 수질개선책을 강구하여 추진하는 것이 바람직하다.

(1) 소하천수질 개선방법 : 소하천관리자가 소하천환경관리 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 준설오니의 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.

(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.

10.3.3 가뭄시 유지관리

가뭄이 발생할 경우 농작물 등의 수량확보를 위하여 소하천의 하상바닥굴착 취수 등은 물론, 둔치나 제방단면 등을 훼손하여 취수용 호수 등의 설치로 소하천의 심각한 훼손 행위가 발생한 상태에서 원상복구를 제대로 하지 않아 호우·홍수시 소하천의 제방 및 호안 등 부대시설물이 유실될 우려가 예견됨으로 상습 가뭄재해지역의 지정·관리를 철저히 하고 하천 훼손행위 등에 대한 지도감독 및 유지관리에 만전을 기하여야 한다.

제4절 수방관리

10.4.1 제방의 수방관리

1. 제방은 그 기능면에서 하천 수방시설물 중 가장 큰 비중을 갖는 관리대상이다.
2. 하천제방관리상 유의할 사항을 홍수시와 평상시로 구분하여 관리한다.

(1) 평상시 관리

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 해야 하며, 만일 이상이 발견된 때에는 우기에 앞서서 철저히 보수를 하여야 한다.

④ 저수호안과 더불어 고수호안 등에 대해서도 철저한 유지관리가 요망되며, 특히 홍수터(둔치)내로 차량을 진입시키고 주차하는 행위는 엄격히 규제하며, 폐유 등으로 인한 하천수질 오염을 예방토록 하여야 한다.

⑤ 제방이 도로로 사용되는 경우 체제에 과하중이 작용하여 균열이 발생하거나 변형이 생기는 경우가 있으므로 가급적 도로로 전용하지 않아야 한다.

(2) 홍수시 관리사항

① 홍수가 발생되면 평상시의 수위보다 수면이 상승하여 최고수위에 도달하고, 수면이 점점 하강하여 평상시 수위로 되돌아간다. 이와 같은 기간을 홍수기간이라고 부르고, 최고수위에 도달할 때까지를 수위 상승기라 하며, 그 이후 평상시 수위로 되돌아올 때까지를 감수기라고 부른다. 일반하천에서는 상승기보다는 감수기기가 약간 긴 편이나, 도시하천의 경우는 상승기가 짧고 감수기가 훨씬 길게 된다. 따라서 호우시의 도시하천에 대해서는 상승기에 제방관리를 철저히 하여 제방의 월류를 인한 피해가 발생하지 않도록 유의해야 한다.

② 제체의 위약도로 보면 상승기보다도 감수기가 보다 체제가 위약하게 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, 이곳을 통하여 제방누수 현상이 발생되는 경우가 많으므로, 이 부분에(콘크리트 벽면과의 접촉부)에는 간힐재(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.

10.4.2 기타 시설물의 수방관리

가. 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, 홍수전에 하도내 이러한 점이 없는지 확인하여야 한다.
3. 하도의 라이닝 및 하천의 복개는 하천의 환경측면 뿐만 아니라 홍수시 치수적인 측면에서도 많은 지장을 초래하므로 이러한 행위는 절대 금지되어야 한다.

나. 호안

1. 호안은 홍수에 의하여 그 기초가 세굴되거나 제체의 액상화 현상에 따른 유동으로 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.

다. 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.

집 필 위 원

분 야		성 명	소속 · 지위
총괄	위원장	박 무 종	한서대학교 교수
	간 사	이 승 오	홍익대학교 교수
1장 총 론		박 무 종	한서대학교 교수
2장 조사, 측량 및 자료관리		이 명 훈 홍 완 택 이 영 식 김 용 민	(주)유신 상무 제일엔지니어링 상무 동부엔지니어링 상무 (주)삼안 이사
3장 소하천 종합계획		이 승 오 김 상 단 이 명 훈 박 민 규	홍익대학교 교수 부경대학교 교수 (주)유신 상무 중원대학교 교수
4장 설계수문량		최 현 일 박 민 규	영남대학교 교수 중원대학교 교수
5장 소하천 유지유량		이 주 헌	중부대학교 교수
6장 하도시설		최 종 남 류 재 희 강 인 식 이 명 훈 박 민 규	도화엔지니어링 전무 (주)이산 부장 현대엔지니어링 부장 (주)유신 상무 중원대학교 교수
7장 저수·저류 및 사방시설		이 명 훈 이 영 식 박 민 규	(주)유신 상무 동부엔지니어링 상무 중원대학교 교수
8장 수해복구		홍 완 택	제일엔지니어링 상무
9장 소하천 환경시설		김 상 단 김 용 민	부경대학교 교수 (주)삼안 이사
10장 유지관리		정 창 삼 박 상 국	인덕대학교 교수 건화 부회장

자 문 위 원

성 명	소 속 · 지 위
이 종 태	경기대학교 명예교수
이 재 현	제일엔지니어링 부사장
최 홍 식	상지대학교 교수
서 상 돈	(주)삼안 부사장
김 주 성	도화엔지니어링 상무

심 의 위 원

성 명	소 속 · 지 위
방 기 성	소방방재청 차장
여 운 광	국립방재연구원 원장
김 계 조	소방방재청 방재관리국장
전 병 호	육군사관학교 명예교수
최 계 운	인천대학교 교수
하 수 용	(주)이산 사장
이 현 재	한국종합기술공사 전무
이 정 수	녹색미래 사무총장
백 운 일	대림산업 전무