

충청남도고시
제 2003-163 호

도보 제 1789 호
(2004년 03월 08일)

장 성 천 하 천 정 비 기 본 계 획



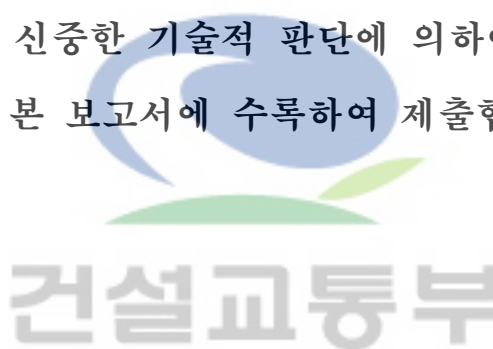
건설교통부 2004. 3

충 청 남 도

제 출 문

충청남도지사 귀하

서기 2003년 6월 3일 귀 도와 당사간에 계약 체결한 「홍성천 외 3개 하천정비 기본계획 및 하천 대장작성」 용역을 과업지시서에 의거 하여 최선의 노력과 신중한 기술적 판단에 의하여 성실히 수행, 완료 하였기에 그 결과를 본 보고서에 수록하여 제출합니다.



건설교통부

2004. 3.

충청남도 천안시 오룡동 33-1
주식회사 경동기술공사
대표이사 강도묵

목 차

■ 장성천 하천정비 기본계획

제 1장 과업 개요	3
1.1 과업의 목적	3
1.2 과업의 범위	3
1.3 과업의 내용	3
제 2장 하천측량	9
2.1 지형현황측량	9
2.2 종 · 횡단측량	10
2.3 지적도 복사 및 측도	10
2.4 표석매설	10
제 3장 하천의 개황에 관한 사항	13
3.1 유역의 특성 등 일반현황	13
3.1.1 유역의 일반현황	13
3.1.2 유역의 자연현황	20
3.1.3 유역의 사회 · 문화적 현황	24
3.2 기초 수문 검토	25
3.2.1 수문관측소	25
3.2.2 기 상	29

3.2.3 강 수	29
3.2.4 유출 및 유형분석	29
3.2.5 과거 주요 홍수사상	35
3.3 하도의 특성	39
3.3.1 하도의 특성인자	39
3.3.2 하도의 평면형	37
3.3.3 하도의 횡단형	37
3.3.4 하상변동 양상	33
3.4 하천사업의 연혁 및 피해현황	39
3.4.1 하천사업의 연혁	39
3.4.2 수해 및 가뭄피해 현황	40
3.5 하천의 이용현황	42
3.5.1 유수의 이용현황	42
3.5.2 용도지역구분 및 토지이용현황	44
3.5.3 관광·위락 공간이용현황	45
3.6 하천의 환경현황	45
3.6.1 유역의 오염원 현황	45
3.6.2 하천오염도 현황	43
3.6.3 하천의 수변환경 및 생태환경	53

제 4장 하천의 종합적인 정비방향	71
4.1 하천의 종합적인 보전 및 이용에 관한 기본방향 설정	71
4.2 홍수처리 계획의 기본방향	75
4.3 유수의 합리적인 이용에 관한 기본방향	76
4.4 하천환경 관리에 관한 기본방향	76
4.4.1 장래수질 예측	77
4.4.2 수환경	64

4.4.3	공간환경	101
4.5	바람직한 하천모습 설정	103
4.5.1	하천환경상의 문제점	103
4.5.2	하천환경상의 문제점 요약 및 바람직한 하천환경 개선방향	111
제 5장	하천공사 시행에 관한 사항	115
5.1	기본홍수량 및 계획홍수량	115
5.1.1	홍수량 산정지점	115
5.1.2	강우분석 및 확률강우량	116
5.1.3	강우 유출 분석	127
5.1.4	기본·계획홍수량	139
5.2	안정하상 유지	146
5.2.1	하상재료의 입도분석	147
5.2.2	유사량	147
5.2.3	장래하상변동 예측 및 계획하상고	149
5.3	계획홍수위	154
5.3.1	기점홍수위 및 조도계수	154
5.3.2	하도정비계획	153
5.3.3	빈도별 홍수위	159
5.3.4	계획홍수위 및 계획하폭	164
5.4	용수수요량 갈수량과 물수지	169
5.4.1	용수수요량 추정	169
5.4.2	갈수량과 물수지 분석	173
5.5	기존시설물 능력검토	177
5.5.1	제 방	177
5.5.2	배수시설	180
5.5.3	하상유지시설	181
5.5.4	교량 등 기타시설물	183

5.6 하천시설물 설치방향	164
5.6.1 제방 및 호안	165
5.6.2 배수시설물 계획	162
5.6.3 내수처리 계획	163
5.6.4 기타 하천공사 계획	163
5.7 사전환경성 검토와 관련한 사항	163
5.7.1 자연환경 및 생활환경에 미치는 영향예측 및 저감대책	163
5.7.2 기타 환경성 검토에 필요한 당해지역의 특성	222
5.8 경제성 분석	222
5.8.1 자산 및 피해액 조사	222
5.8.2 투자 효율 분석	225
5.8.3 적정 투자 규모 및 투자 우선 순위	214

제 6장 기타 하천의 환경보전과 적절한 이용에 관한 사항 213

6.1 고수부지 현황 및 보전방안	213
6.2 폐천부지 현황 및 활용방안	213
6.2.1 기존 및 신생 폐천부지	213
6.2.2 경지정리 사업조사	213
6.3 하천의 보전 및 관리측면	220
6.3.1 지수적 측면	220
6.3.2 환경적 측면	226
6.4 타계획과의 조정	223

제 7장 효과분석 및 결론 231

7.1 종합적인 효과분석	231
7.1.1 기본사항	231
7.1.2 종합적인 효과분석	231

7.2	건의사항	231
7.3	결론	232
7.4	지방2급 하천의 지정과 구간 조정	233
7.4.1	지방2급 하천의 지정 및 구간조정의 기본개념	233
7.4.2	구간조정	234

■ 관계기관 협의자료

■ 부 도

- 평면도
- 종단면도
- 횡단면도



제 1장 과업 개요



1.1 과업의 목적

1.2 과업의 범위

1.3 과업의 내용

제 1장 과업 개요

1.1 과업의 목적

하천의 효율적인 이용과 일관된 개수계획을 수립하기 위하여 하천법 제17조 및 동법 시행령 제10조의 규정에 의거, 삼교천 제1지류인 지방2급 하천 장성천에 대한 하천의 관리, 이용, 개발 및 치수경제에 관련된 사항을 종합적으로 일관성 있게 조사·분석하여 당해 하천에 대한 정비기본계획을 수립하여 수자원 종합개발 지침으로 활용하는데 있다.

1.2 과업의 범위

장성천은 삼교천 제1지류로서 본 과업구간은 지방2급 하천구간인 2.45km를 과업대상구간으로 하며, 과업구간의 시점 및 종점은 다음과 같다.

○ 장성천 : L = 2.45km

- 시 점 : 충청남도 홍성군 금마면 장성리 산26-1번지선 홍양저수지
- 종 점 : 충청남도 홍성군 금마면 삼교천(지방2급) 합류점

상기 장성천 과업 위치는 다음 <그림 1.3-1>과 같다.

1.3 과업의 내용

장성천 하천정비 기본계획 수립을 위한 과업의 내용을 살펴보면 다음과 같다.

가. 하천측량

- 1) 지형현황측량
- 2) 종 · 횡단측량
- 3) 지적도 복사 및 축도
- 4) 표석매설

나. 하천의 개황에 관한 사항

- 1) 유역의 특성 및 일반현황
- 2) 기초 수문(水文) 검토
- 3) 하도의 특성
- 4) 하천사업의 연혁 및 피해현황
- 5) 하천의 이용현황
- 6) 하천의 환경현황

다. 하천의 종합적인 정비방향

- 1) 하천의 종합적인 보전 및 이용에 관한 기본방향 설정
- 2) 홍수처리 계획의 기본방향
- 3) 유수의 합리적인 이용에 관한 기본방향
- 4) 하천환경 관리에 관한 기본방향
- 5) 바람직한 하천모습 설정

라. 하천공사 시행에 관한 사항

- 1) 기본홍수량 및 계획홍수량
- 2) 안정하상 유지
- 3) 계획홍수위 및 하도정비 계획
- 4) 용수수요량, 갈수량 및 물수지
- 5) 기존 시설물 능력검토
- 6) 하천시설물 설치방향
- 7) 사전환경성 검토와 관련한 사항
- 8) 경제성 분석

마. 기타 하천의 환경보전과 적절한 이용에 관한 사항

- 1) 고수부지 현황 및 보전방안
- 2) 폐천부지 현황 및 보전방안
- 3) 하천의 보전 및 관리측면
- 4) 타 계획과의 조정

바. 효과분석

- 1) 종합적인 효과분석
- 2) 건의사항
- 3) 결론

장 성 천 위 치 도

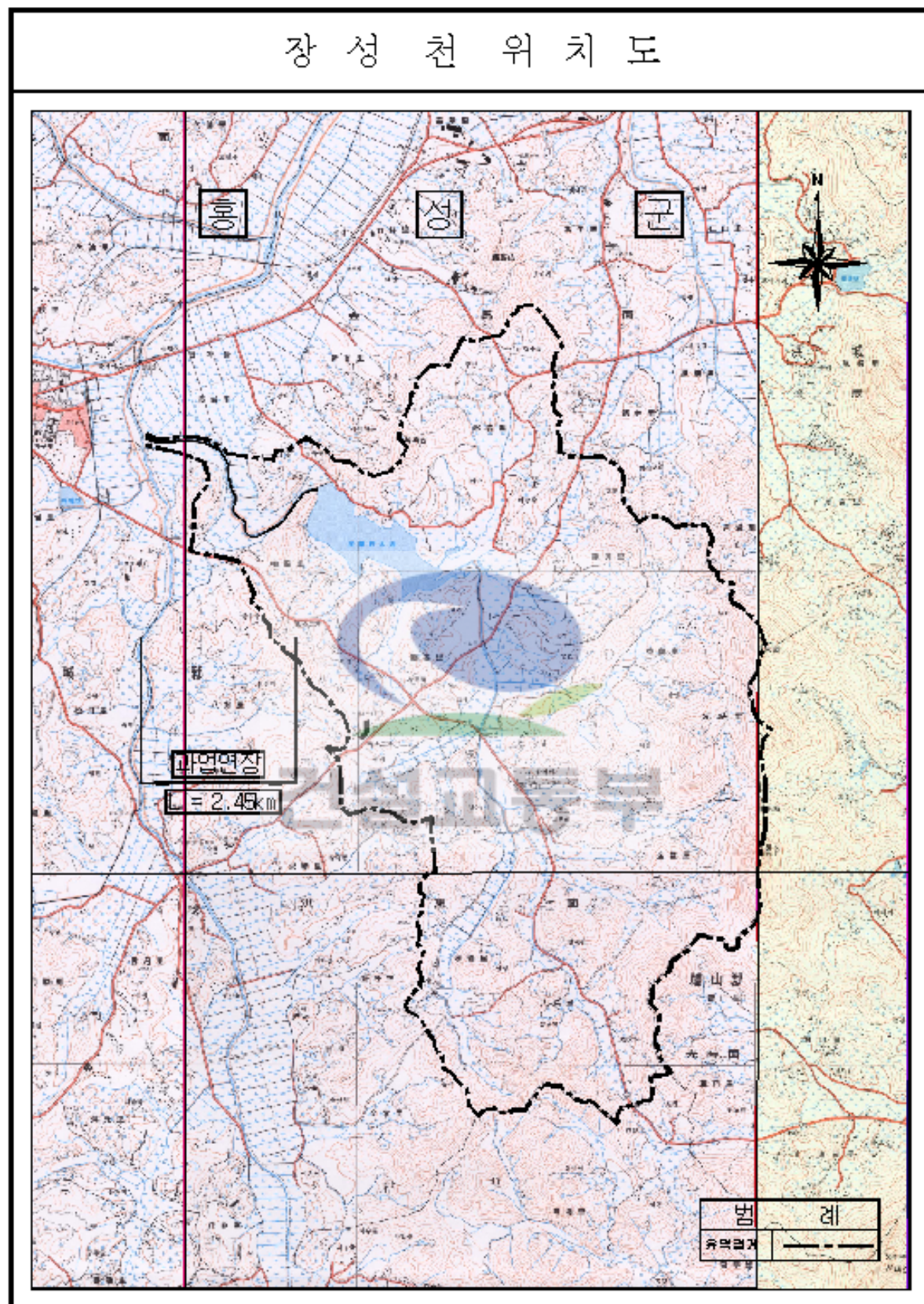


그림 1.3.1 과업위치도

제 2장 하천 측량



2.1 지형현황측량

2.2 종 · 횡단측량

2.3 지적도 복사 및 축도

2.4 표석매설

제2장 하천측량

하천정비 기본계획 수립에 필요한 기초자료를 얻기 위하여 하천 연안 구역의 모든 지형, 지물의 위치와 그 현황을 상세히 파악할 수 있도록 공공측량 작업규정에 의하여 금회 과업구간인 장성천 본류 2.45km구간에 대하여 하천측량을 다음과 같이 실시하였다.

2.1 지형현황측량

가. 삼각 및 도근측량

국립지리원 기본 삼각점의 성과를 이용하여 도근측량의 기준점이 될 수 있도록 삼각망을 형성하였고, 이 삼각점을 이용하여 평판측량의 기준점이 되는 도근측량을 실시하였으며, 금회 과업에 사용한 국립지리원 기본 삼각점의 성과는 <표 2.1-1>과 같다.

<표 2.1-1> 기본삼각점 성과

점번호	등 급	위 치	X	Y	표 고 (EL.m)	비 고
△316	3	홍성군 홍동면 팔괘리 산53-1	341,056.990	173,116.214	93.110	홍성도엽
△431	4	홍성군 홍북면 내덕리 산 8-1	348,025.403	172,726.735	62.090	홍성도엽
△466	4	홍성군 홍성읍 학계리 산 135-3	341,743.447	170,010.472	76.770	홍성도엽

나. 수준측량

지형측량 및 종·횡단측량을 하기 위한 수준측량은 국립지리원의 기설수준점 성과를 이용하여 조사구간내 모든 기준점에 대하여 왕복측량을 실시하였으며, 국립지리원의 기본수준점 성과는 <표 2.1-2>와 같다.

<표 2.1-2> 기본수준점 성과

점번호	등 급	표 고 (EL.m)	위 치	비 고
BM 24	1	28.8964	충청남도 홍성군 홍성읍 오관리 98	홍성도엽

다. 지형현황도 작성

본 조사측량 구역내의 지형, 지물의 위치 및 그 현황을 파악하기 위하여 홍성군청 지적과에 비치된 지적도(축척 1/1,000)와 임야도(축척 1/6,000)를 복사하고 다시 1/1,500으로 축도하여 기본도를 작성한 후 금회에 조사한 삼각 및 도근측량 성과를 이용하여 1/1,500 지형평면도를 작성하였다.

제2장 하천측량

2.2 종 · 횡단측량

가. 종단측량

국립지리원의 기준수준점(1등 수준점) 성과를 이용하여 하구로부터 장성천 본류 2.45km 구간에 대하여 좌·우 양안을 따라 왕복측량을 실시하였으며, 매 1km 마다 매설한 기준점(표석)의 성과를 측정하여 지형현황도에 수록하였다.

또한 배수문, 취입보, 교량 등 주요한 하천부속물에 대하여 그 표고를 측정하였고, 일제관측수위를 측정하여 종단도에 표시하였다.

나. 횡단측량

횡단측량은 하천 유심의 직각방향으로 매 200m마다 실시하였고, 보, 교량, 만곡부 지점 등은 추가 측점을 두어 측량하였으며, 횡단측량의 점간거리는 20m를 원칙으로 하되 지형이 급변하는 지점에 대하여는 표고측량을 실시하였다.

횡단측량 범위는 무제부에서는 가급적 계획홍수위선까지, 유제부에서는 제외내지는 전부, 제내지는 100m이상을 원칙으로 하고 현 지형을 고려 가감하여 실시하였고 그 성과를 1/1,500 평면도상에 표시하였으며 별도로 횡단면도를 작성하였다.

2.3 지적도 복사 및 측도

홍성군 지적과에 비치된 1/1,200 또는 1/1,000 지적도 및 1/6,000 임야도를 복사한 후 측도 혹은 확대하여 1/1,500 평면도를 작성하고 측량성과를 도식하여 본 보고서에 수록하였다.

2.4 표석매설

향후 하천공사시 측량기준점이 될 수 있도록 금회 조사구간에 대하여 약 1km마다 표석을 설치하였으며, 설치위치는 하천 양안 제방 독마루 또는 기왕홍수위보다 높은 지점으로서 영구보존 가능한 지점에 매설하였다. 표석은 화강암으로 제작하여 각 면에 “하천정비”, “충청남도”, “2004”, “수준점”을 음각하였고 표석매설 성과는 다음 <표 2.4-1>과 같다.

<표 2.4-1>

표석(수준점) 성과표

하천명	측 점 (No.)	표석 번호	도면 번호	위 치	표 고 (EL.m)	비 고
장 성 천	0+10	좌	JS1	홍성군 홍성읍 구룡리 361-1제	24.149	
	0+40	우	JS1	홍성군 홍성읍 구룡리 424-41천	24.107	
	5+35	좌	JS2	홍성군 홍성읍 구룡리 299-7제	25.941	
	5+10	우	JS2	홍성군 금마면 장성리 354-1제	25.748	
	10+15	좌	JS4	홍성군 홍성읍 구룡리 산31임	29.205	

제 3장 하천의 개황에 관한 사항



- 3.1 유역의 특성 등 일반현황
- 3.2 기초 수문 검토
- 3.3 하도의 특성
- 3.4 하천사업의 연혁 및 피해현황
- 3.5 하천의 이용현황
- 3.6 하천의 환경현황

제 3 장 하천의 개황에 관한 사항

3.1 유역의 특성 등 일반현황

3.1.1 유역의 일반현황

가. 유역의 개황

장성천은 삼교천의 제1지류로써 삼교천방조제기점 삼교천상류 약 42.2km지점에서 삼교천 우안으로 유입되는 지방2급하천으로 동경 $126^{\circ} 41' 12'' \sim 126^{\circ} 45' 05''$, 북위 $36^{\circ} 32' 12'' \sim 36^{\circ} 36' 22''$ 사이에 위치하고 있다. 유역의 남북길이는 약 7.5km, 동서로는 약 5.5km로서 수지상 형상을 이루고 있으며, 기고시(충남226호 1966.7.29)된 하천연장은 5.40km이나, 유역내 경지정리사업 및 하천공사 등으로 인해 하천연장이 변동됨에 따라 금회과업에서 파악된 하천연장은 2.45km이다

장성천은 유역중심에서부터 북서쪽 퇴피산(EL.136m)을 분수령으로 하여 동쪽으로 예산군과 군계로하는 조룡산(EL.339.4m)을 유역계로하여 남서쪽으로 박속고개를 거쳐 삼교천 우안으로 유입된다.

수원은 홍성군 홍동면 대영리 능선(EL.200m)에서 발원하여 북서쪽으로 완만한 사행유로를 형성하면서 산지와 농경지사이를 관류하여 약 6.3km지점에서 홍양저수지로 유입된다. 이어 홍양저수지를 거쳐 8.0km지점 저수지 여수로를 지나면서 유향을 남서쪽으로 바꿔 흐르다 8.8km지점에서 북서방향으로 다시 유향을 바꿔 10.43km지점에서 삼교천에 합류된다.

장성천의 하상경사는 1/78~1/860 로 상류에서는 비교적 급한 경사를 이루다 중·하류지역에서 비교적 완만한 경사를 이루어 전원 하천의 특징을 보이고 있다. 지역내 교통은 29호 국도 도로가 인접하여 가로지르며 군도가 남북으로 국도25호 도로와 연결되어 있다.

수계유역의 법정 행정구역은 홍성군 홍성읍 구룡리, 홍동면 효학리 외 5개리, 금마면 장성리 외 3개리로 총 1군 3면 11개리이며, 유역내 가구수 및 인구는 898가구 2,592인이 거주하고 있으며 인구밀도는 약 113인/km²로 나타났다.

유역내 토지이용현황은 임야 14.39km²(62.9%), 농경지 7.67km²(33.5%), 대지 0.27km²(1.2%), 기타 0.56km²(2.4%)로써 임야 비율이 높은 산지하천의 특징을 보이고 있다. 홍양저수지 하류부는 금마들로써 경지정리가 되어 있으며 홍양저수지 상류 또한 하천변을 따라 대부분 경지정리가 완료된 상태이며 농업용수는 저수지 및 보 등으로 관개하고 있어 비교적 양호한 편이다.

제2장 하천의 개황에 관한 사항

한편 장성천 수질은 II등급으로 비교적 양호한 편이나 부락 및 축사 등이 산재되어 하천으로 유입되고있어 수질악화요인으로 작용하고 있으며 따라서 현 상태의 수질이상으로 유지하기 위해서는 마을 하수도정비 및 축산처리시설 설치 등 오염원을 정화하여 하천으로 방류하는 등의 환경보전대책이 강구되어야 할 것이다.

또한 유역인근에 위치한 기상청 산하 서산기상관측소의 과거 20개년(1983~2002년) 간 기록에 의한 연평균 기온은 11.8℃, 연평균 습도 74%, 평균 풍속 2.3m/sec 이며 연평균 강수량은 1,275.5mm 로서 우리나라 연평균 강수량 1,283mm 보다 다소 적은 편이다.

나. 수계의 구성

1) 한국하천일람

본 장성천은 유역면적 22.89km²(금회조사 22.89km²), 하천연장 5.40km(금회조사 2.45km)의 지방2급 하천(충남제226호, 1966.7.29)으로 지정되어 있으며 상기의 내용을 정리한 「한국하천일람 2001.12, (건설교통부)」의 내용을 살펴보면 다음 <표 3.1-1>과 같다.

<표 3.1-1>

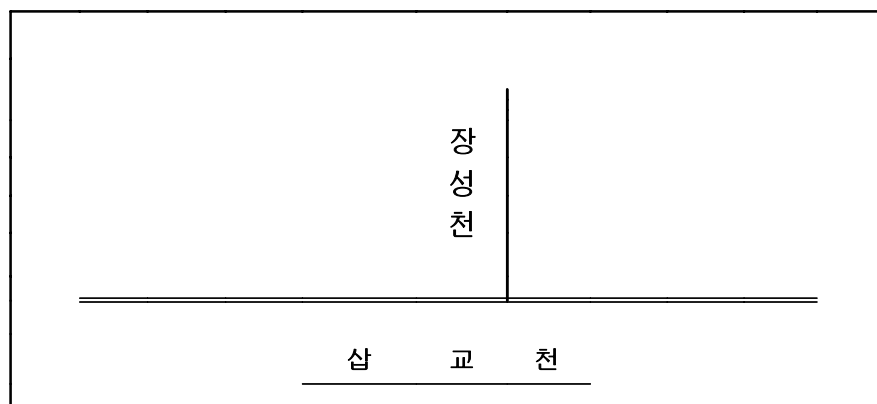
장성천 수계 현황

하천명	유수의 계통(수계)			하천 코드번호	하천 등급	하천 의 구 간							
	본류	제 1 지류	제 2 지류			기 점				종 점			
						시·도	군	면	경계	시·도	군	면	경계
장성천	삼교천	장성천	-	3120040	지방 2급	충남	홍성	금마	장성 64-2전 상류측경계점	충남	홍성	금마	삼교천 합류점

하천명	하천연장(km)			유로 연장 (km)	유역 면적 (km ²)	하천 정 비				하천지정 근거 및 일자
	계	하천정비 기본계획				요개 수	완전 개수	불완전 개수	미개수	
		수립 구간	미수립 구간							
장성천	5.40	-	5.40	7.21	22.89	7.00	5.00	-	2.00	충남 제226호 (1966 .7 .29)

자료] 「한국하천일람」, (2001. 12, 건설교통부)

하천모식도



<그림 3.1-1> 하천모식도

2) 수자원 단위지도

21세기 정보화시대를 맞이하여 국가자원정보화 사업에 부응하는 수자원 정보시스템 기반을 구축하고, 국가 차원의 수자원 개발 계획 및 관리를 보다 효율적으로 추진하기 위하여 미국의 수문단위지도(The Hydrologic Unit Map) 및 일본의 유역정보시스템과 같은 유역단위의 표준 지도 제작의 필요성이 대두되어 정부가 추진해온 국가지리정보 시스템(NGIS)을 활용한 수자원단위지도를 1999년 개발완료하였다. 금회 변경된 수자원단위지도는 2002년 4월 “물관리정보 표준화 실무 소위원회”에서 관련부처 관계자(건교부, 농림부, 환경부 물정보 담당자) 및 외부전문가로 구성된 공통유역도 조정업무 전담반을 구성, 운영하여 확정된 공통유역도(21개 대권역, 117개 중권역)를 기본틀로 하여 840개의 표준 유역으로 구성되어 있다.

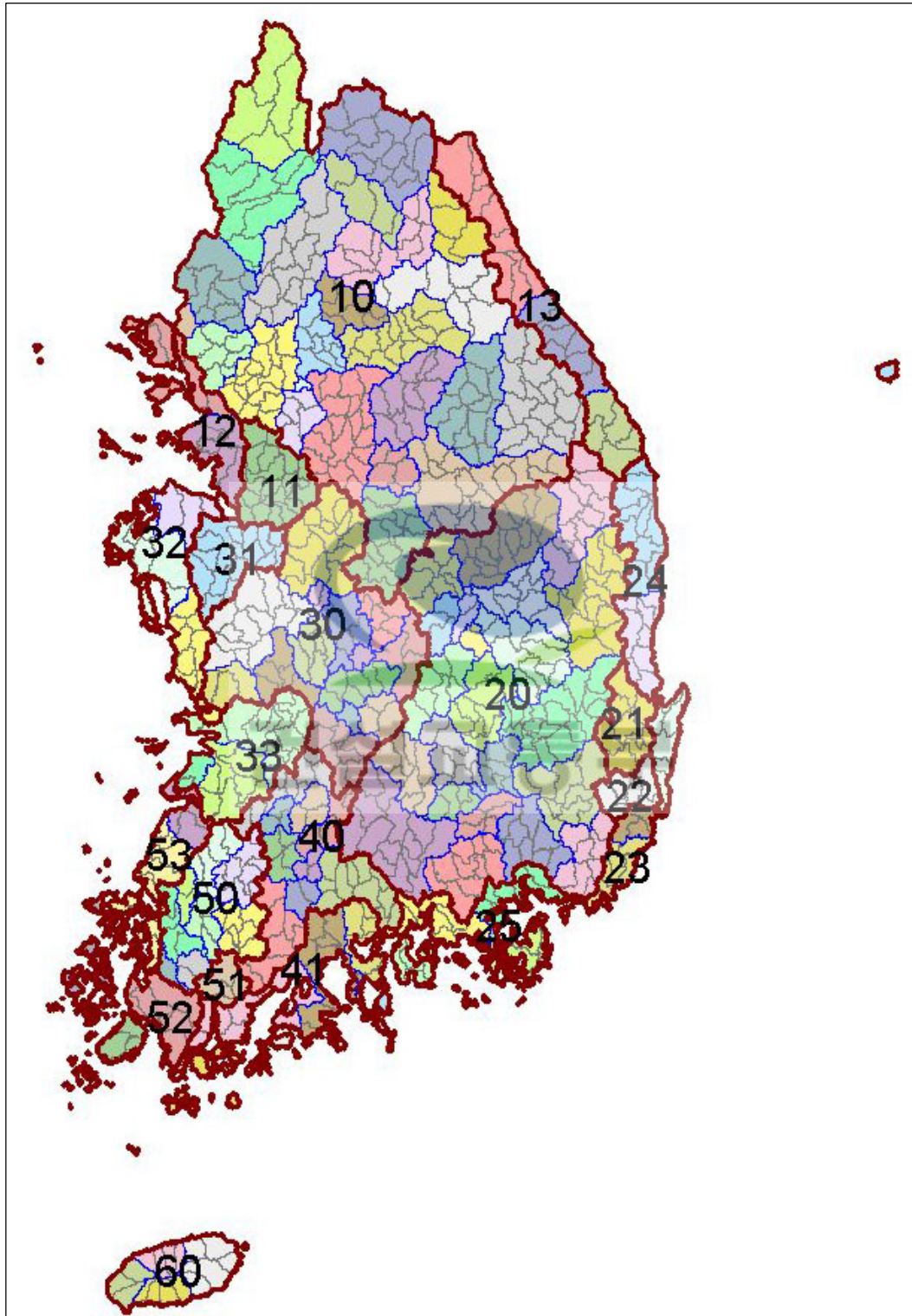
본 장성천의 수자원단위지도와의 관계는 다음 표 <3.1-2>와 같다.

표 3.1-2

수자원단위지도 현황

하 천 명	단위지도코드	대 권 역	중 권 역	표 준 유 역
장 성 천	310107	삼 교 천	삼 교 천	삼교천-용봉천합류지점

건설교통부



<그림 3.1-2> 수자원단위지도(대권역)

다. 유역의 특성

1) 하천현황

장성천은 지방2급 하천으로서 홍성군 금마면 장성리 64-2전 상류측경계점 ~ 장성천 하구(삼교천합류점)의 5.40km 구간은 하천으로서 기 고시(충남제226호)되어 있으나 경지정리사업 및 하천공사 등으로 유로가 변경되어 금회 조사한 하천연장(2.45km)으로 조정이 필요하며 장성천 하구지점을 기준으로 유역면적, 하천연장 및 유로연장 등의 하천현황을 살펴보면 다음 <표 3.1-2>의 내용과 같다.

<표 3.1-2>

하 천 현 황

하 천 명	하천 등급	하 천 구 간		하천 연장 (km)	유역 면적 (km ²)	유로 연장 (km)	하천 지정	비 고
		기 점	종 점					
장성천	기 고시	지방 2급	충남 홍성군 금마면 장성리 64-2전 상류측경계점	충남 홍성군 금마면 삼교천(지방2급) 합류점	5.40	22.89	7.21	충남 제226호 ('66.7.29)
	금회조사	"	충남 홍성군 금마면 장성리 산 26-1번지선 홍양저수지	충남 홍성군 금마면 삼교천(지방2급) 합류점	2.45	22.89	10.43	- 조정 내역

자료출처] 기고시:한국하천일람 2001. 12(건설교통부)

2) 하천의 기하학적 특성

유역면적 및 유로연장은 하천의 기하학적 특성을 파악하고 분석함에 있어 매우 중요한 인자이다. 따라서 각 지점별 유역면적 및 유로연장은 주요 합류점 전 후 지점과 기타 수문 수리사항에 필요한 지점에 대하여 산정하였으며, 본류하천인 삼교천 하구의 유역평균폭(6.410km), 형상계수(0.245)에 비하여 유역평균폭은 작게, 형상계수는 크게 나왔고, 각 산정지점별로 유역면적, 유로연장, 유역평균폭 및 형상계수를 살펴보면 다음 <표 3.1-3>과 같다.

<표 3.1-3>

하천의 기하학적 특성

산정 지점	부 호	유역면적 A(km ²)	유로연장 L(km)	유역평균폭 A/L(km)	형상계수 A/L ²	비 고
과업시점	JS0	21.47	8.03	2.674	0.333	
장성1교 지점	JS1	22.35	9.13	2.448	0.268	
장성천 하구	JS2	22.89	10.43	2.195	0.210	

제2장 하천의 개황에 관한 사항

3) 표고별 누가면적 및 구성비

표고별 면적분포는 고도에 따라 변하는 강우, 증발, 식생, 수문사항 등에 영향을 미치는 요인으로서 유역내 지형의 특성을 분석하는 방법의 하나로 이용되고 있다. 본 장성천 유역의 표고별 누가면적 및 구성비는 다음 <표 3.1-4>와 같다.

<표 3.1-4> 표고별 누가면적 및 구성비 (단위:면적(km²), 비율(%))

지점별 표고별 (EL.m)	산정 부호	> 200		> 100		> 50		> 0	
		면적	비율	면적	비율	면적	비율	면적	비율
과업시점	JS0	0.16	0.75	4.52	21.50	15.36	71.54	21.47	100.00
장성1교 지점	JS1	0.16	0.72	4.52	20.22	15.56	69.62	22.35	100.00
장성천 하구	JS2	0.16	0.70	4.52	19.75	15.57	68.02	22.89	100.00

4) 유역의 평균고도

유역의 평균고도 산정 방법에는 등고선 면적법(contour area method), 등고선 연장법(contour length method) 및 교점법(intersection method) 등이 있으며 본 장성천 유역의 평균고도 산정은 등고선 면적법을 이용하였다.

$$\text{평균고도}(E) = \sum(a_i \frac{D}{d}) / A$$

여기서, a_i : 등고선간 면적
 D : 등고선간 고도차
 d : 등고선간 평균거리
 A : 유역면적

본 장성천 유역의 최저점 표고는 EL.18.20m(장성천 하구), 최상단 표고는 능선정상의 EL.339.4m으로 조사되었으며 장성천 유역의 평균표고는 EL.83.4m인 것으로 나타났다. 각 지점별 유역평균고도 산정 결과는 다음 <표 3.1-5>와 같다.

<표 3.1-5> 지점별 유역평균고도

지점명	부호	유역면적 (km ²)	유역평균고도 (EL.m)	비고
과업시점	JS0	21.47	86.9	
장성1교 지점	JS1	22.35	85.3	
장성천 하구	JS2	22.89	83.4	

5) 유역의 평균경사

유역의 평균경사 산정 방법에는 등고선 연장법(contour area method), 교점법(intersection-line method, Horton 방법) 등이 있으며 본 장성천 유역의 평균경사는 교점법을 이용하여 산정하였다.

교점법은 고도차 Δh 인 등고선이 있는 유역도상에 등간격의 방안을 만들어 등고선과 방안선과의 교점의 수 (N)를 산정하여 다음 식에 의하여 계산하는 방법이다.

$$\text{유역평균경사}(J) = \frac{\Delta h}{d} = \frac{\pi}{2} \frac{\Delta h \cdot N}{\Sigma L}$$

여기서, Δh : 등고선간 고도차
 d : 등고선간 수평거리
 N : 등고선과 격자망의 교점수
 L : 인접 등고선간의 격자망 선분의 길이

장성천 유역의 평균경사 산정결과 장성천 하구지점을 기준으로 할 때 25.1%인 것으로 나타났으며 각 지점별 유역평균경사 산정 결과는 다음 <표 3.1-6>과 같다.

<표 3.1-6>

지점별 유역평균경사

지 점 명	부 호	유역면적 (km ²)	유역평균경사 (%)	비 고
과 업 시 점	JS0	21.47	27.5	
장성1교 지점	JS1	22.35	25.2	
장성천 하구	JS2	22.89	25.1	

6) 하상경사

금회 조사구간내 하상경사는 금회 시행한 중·횡단측량성과를 기준으로 장성천의 과업구간내의 하상경사를 산정한 결과 1/78 ~ 1/860 로 상류에서는 급한 경사를 보이다가 삼교천으로 유입되기 전 다소 완만해지는 특성을 보이고 있다.

금회 측량성과를 이용한 구간별 하상경사의 조사 내용은 다음 <표 3.1-7>과 같다.

표 3.1.7

구간별 하상경사

구 간 별	측 점(No.)	하 상 경 사	비 고
장성천하구 ~ 거야보(하)	0+ 00 ~ 3+00	1/600	
거야보(상) ~ 장성1교	3+50 ~ 6+16	1/832	
장성1교 ~ 구룡1낙차공	6+16 ~ 10+177(하)	1/860	
구룡1낙차공 ~ 저수지방수로	10+177(상) ~ 11+75	1/78	

제2장 하천의 개황에 관한 사항

라. 합 · 분류지점의 하천구간 경계설정 현황

본 과업하천인 장성천은 분류지점은 없고 장성천 종점부인 삼교천 합류점은 「삼교 · 효교천 하천정비 기본계획 1996.12 충청남도」상의 삼교천구역과 비교 검토한 결과 “홍성읍 금마면 삼교천(지방2급) 합류점(NO.0+00)”이 장성천의 종점부이다.

<표 3.1-8> 합류지점의 하천구간 경계 설정

구 분	하천명	유역 면적 (km ²)	하천 연장 (km)	하 천 구 간		비 고
				시 점	종 점	
지방2급	장성천	22.89	2.45	충남.홍성.금마.장성 산26-1지선홍양저수지 (NO. 12+50)	충남.홍성.금마. 삼교천(지방2급)합류점 (NO.0+00)	

3.1.2 유역의 자연현황

가. 지형 · 지질 및 토양

1) 지 형

장성천은 유역 중심에서부터 북서쪽 퇴피산(EL.136m)을 분수령으로 하여 동쪽으로 예산군과 군계로하는 조룡산(EL.339.4m)을 유역계로 하여 남서쪽으로 박속고개를 거쳐 삼교천 우안으로 유입된다.

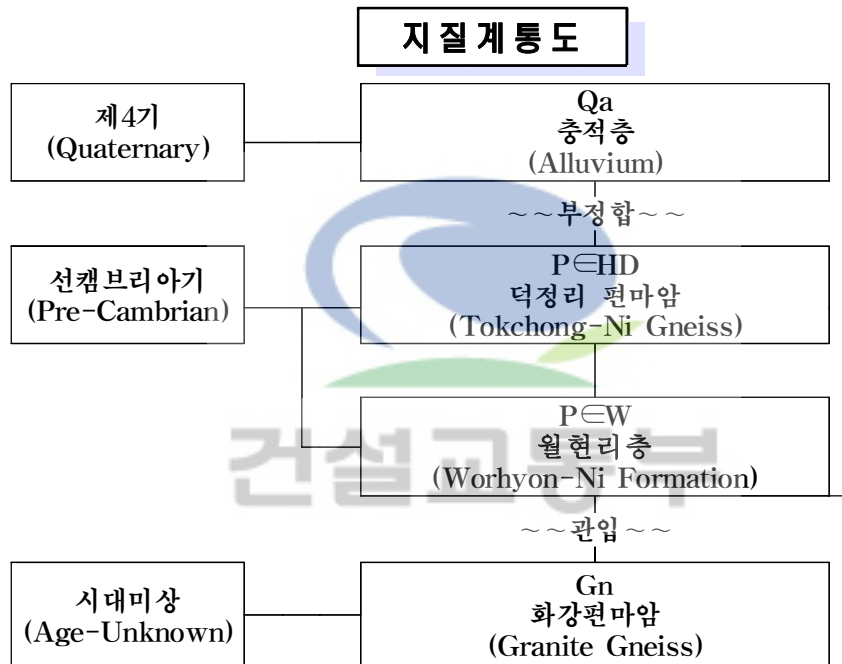
유역내 지형은 62.9%가 임야로써 전형적인 산지하천이며 하천변으로는 대부분 경지정리된 농경지가 분포되어 있다.

2) 지 질

최고기 암층인 편암류는 시대미상의 변성암류인 화강편마암으로 구성되어있고 선캠브리아기의 월현리층 및 덕정리편마암 등이 부정합을 이루고 있으며 또한 하천부근 농경지에는 제4기의 충적층이 형성되어 있다.

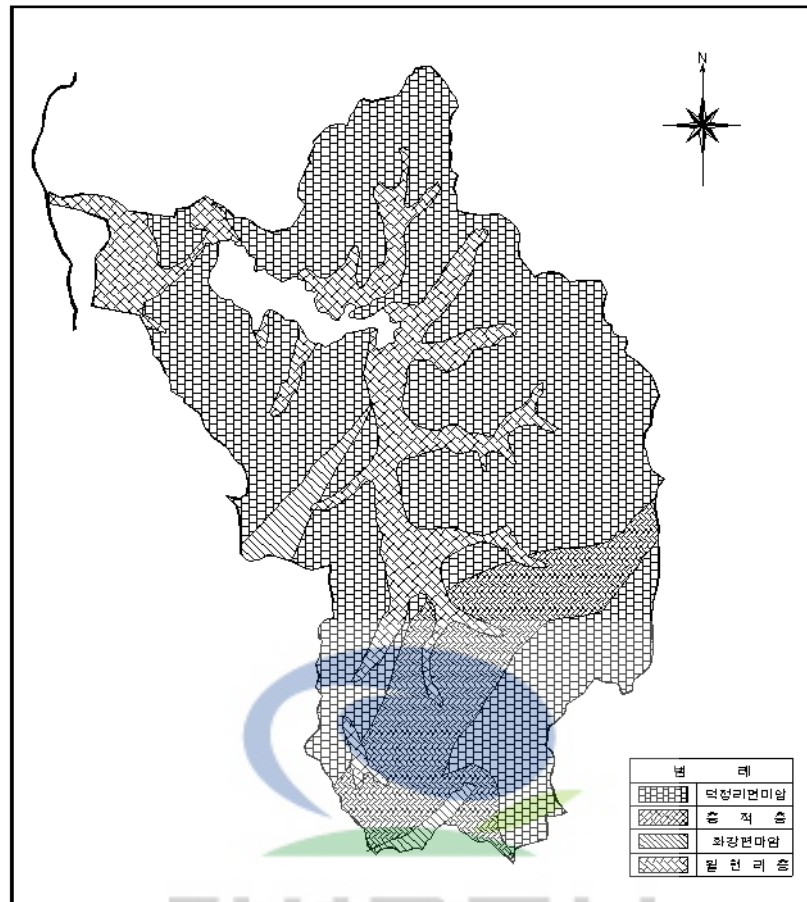
시대미상의 화강편마암은 광범위하게 분포되어 규암층 지대에서는 간혹 규암층 사이에 분포되어 있으며 편암으로 점령되어있지 않은 부분에는 화강편마암의 분포가 있다. 화강편마암은 다량의 장석과 소량의 석영 및 흑운모를 포함하는 편마구조를 가진 화강암질 암석으로서 백색내지 회색을 띠며 조립질내지 중립질이다. 구성광물은 석영, 미사장석, 정장석, 사장석, 흑운모, 백운모, 저콘, 스핀, 불투명 광물 등이다. 선캠브리아기의 월현리층은 전면적으로 여러차례에 걸쳐 각종 화성암류에 의해서 관입되고 있다. 선캠브리아기의 덕정리편마암, 시대미상의 화강편

마암류 및 편상화강암의 홍성조립질흑운모 화강암을 비롯한 여러종의 화성암류가 본통을 관입하였다. 구성암석은 주로 흑운모-백운모편암, 석영, 흑운모, 및 백운모이며 그 밖의 약간의 녹리석이 확인된다. 전체적인 광물의 배열양상은 린편상구조 (lepidoblastic texture)를 보여준다. 한편 덕정리편마암의 발달 상황은 앞서 언급된 바와 같이 선캠브리아기 지층 중 특히 월현리층을 전반적으로 관입하고또한 시대미상의 화강편마암류와 편상화강암 그리고 백악기의 여러 화성암류에 의해서 관입되고 있다. 주구성암석은 전체적으로 각섬석 화강편마암이며 간혹 소규모의 사문암대가 렌즈상으로 협재된다. 제 4기 충적층은 하천변에 따라 형성되어 있으며 구성물질은 자갈, 모래 및 점토이나 사질력의 공급이 가장 많은 것으로 사료된다.



<그림 3.1-2> 지질계통도

장성천유역 지질도



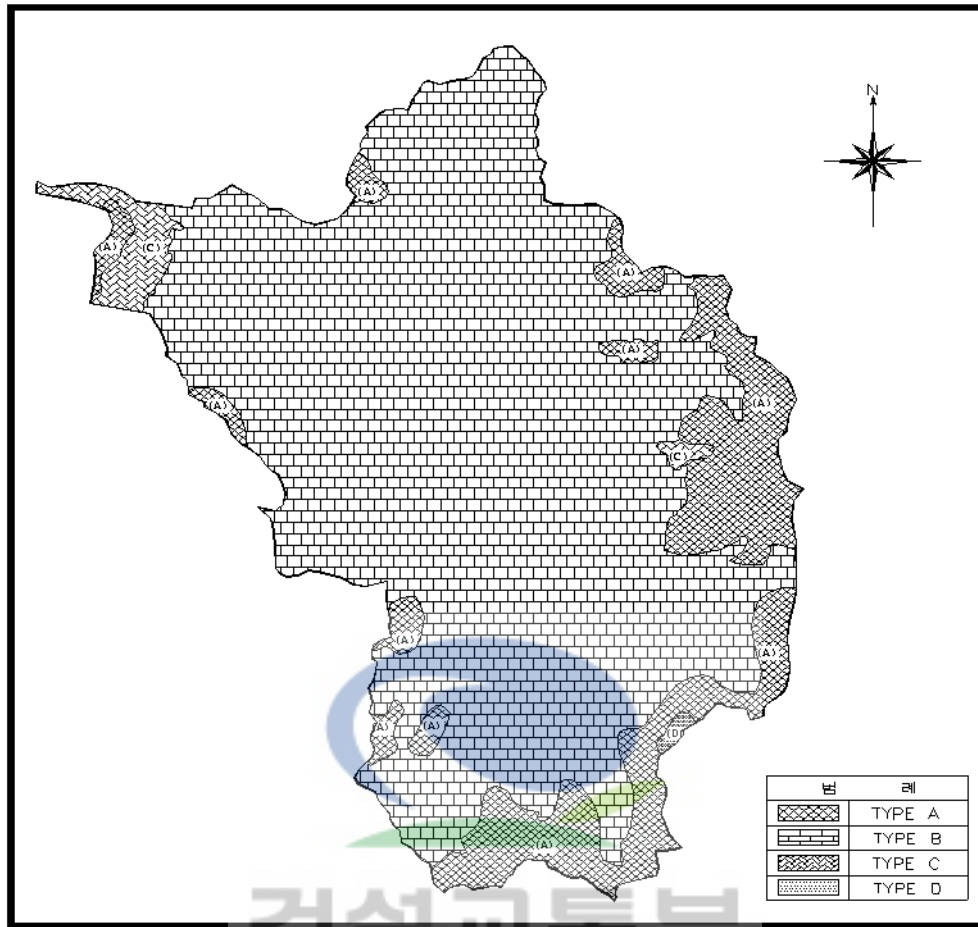
<그림 3.1-3> 장성천유역 지질도

3) 토 양

강우로 인한 유출은 토양형, 식생피복, 토지이용상태에 따라 영향을 받으며 장성천 유역의 토양분포 현황을 살펴보면 내륙 평탄지의 배수가양호한 A_{ph}가 홍양지 상류부에 분포하고 또한 저구릉지 및 산록지에 주로 분포하여 대체적으로 배수가 양호한 R_{aa}, R_{ab} 등이 중·상류유역에 넓게 분포하며 침투율이 대체로 작고 배수가 불량한 R_{xa} 등은 저구릉지에 대부분 형성되어 있으며, 반면 침투율이 대단히 크고 배수가 매우 양호한 M_{ab}, M_{ma} 등은 유역의 분수계에 인접한 주변지역에 불규칙하게 분포되어 있다.

본 장성천 유역내에 분포하고 있는 토양형을 4개의 토양군(A군 : 배수매우양호, B군 : 배수양호, C : 배수불량, D : 배수매우불량)으로 분류하고 토양분포도는 다음 <그림 3.1-4>와 같다.

장성천유역 토양도



<그림 3.1-4> 장성천유역 토양도

나. 토지이용현황

장성천 유역의 토지이용현황은 농경지 7.67km²(전2.38km², 답5.29km²)(33.5%), 임야 14.39km²(62.9%), 대지 0.27km²(1.2%) 및 기타 0.56km²(2.4%)로 조사되었다.

장성천 유역은 하천주변으로 전, 답이 형성되어 있으며 전체면적의 33.5%를 차지하고 있다.

장성천 유역의 토지이용현황을 요약하여 정리하면 다음 <표 3.1-9>와 같다.

<표 3.1-9>

토 지 이 용 현 황

하천명	구 분	계	농 경 지			임 야	대 지	기타	비 고
			소 계	전	답				
장성천	면 적 (km ²)	22.89	7.67	2.38	5.29	14.39	0.27	0.56	
	점유율 (%)	100.0	33.5	10.4	23.1	62.9	1.2	2.4	

자료] 홍성군 통계연보(2002)

제3장 하천의 개황에 관한 사항

다. 임 상

장성천 유역내 총 임야면적은 14.39km²로서 임상별, 소유권별 임야면적을 산출하여 야 하나 그에 대한 자료가 전무하므로 본 장성천 유역이 속하여 있는 홍성군 임상현황 자료를 참조함으로서 본 유역의 임상현황을 조사하였다.

유역내 임야가 차지하는 면적은 14.39km²로서 이중 임목지가 13.54km²(94.1%), 무임목지가 0.85km²(5.9%)인 것으로 나타나 유역의 식생상태가 비교적 양호한 것으로 나타났다.

수종별 분포상태를 살펴보면 침엽수 65.4%(9.41km²), 활엽수 15.4%(2.21km²), 혼효림 13.3%(1.92km²) 등으로서 침엽수가 많이 분포되어 있으며 소유권별 임야면적은 국유림이 2.6%(0.38km²), 공유림이 3.0%(0.44km²)이며 사유림이 94.4%(13.58km²)로서 사유림이 대부분을 차지하고 있는 것으로 나타났다.

이상의 임상별 및 소유권별 임상현황을 요약하여 정리하면 다음 <표 3.1-10> 및 <표 3.1-11>과 같다.

<표 3.1-10>

임상별 임야면적 현황

하 천 명	계	임 목 지					무임목지	비 고
		소 계	침엽수	활엽수	혼효림	죽 림		
장성천	면 적 (km ²)	14.39	13.54	9.41	2.21	1.92	-	0.85
	점유율 (%)	100.0	94.1	65.4	15.4	13.3	-	5.9

자료] 「홍성군 통계연보 2002」

<표 3.1-11>

소유권별 임야면적 현황

하 천 명	계	국 유 림			공 유 림			사유림	비 고
		소 계	산림청	타부처	소 계	도유림	시유림		
장성천	면 적 (km ²)	14.39	0.38	0.27	0.11	0.44	-	0.44	13.58
	점유율 (%)	100.0	2.6	1.9	0.7	3.0	-	3.0	94.4

자료] 「홍성군 통계연보 2002」

3.1.3 유역의 사회·문화적 현황

가. 행정구역, 면적 및 인구

장성천 유역의 행정구역은 충청남도 홍성군 홍성읍 구룡리와 금마면 장성리 외 9개리 총 1군 1면 11개리로 구성되어 있으며 2002년말 현재 유역내 총 세대수는 898호이고, 인구는 2592명이 거주하고 있으며 유역내 인구밀도는 113인/km²이다.

장성천 유역의 면적, 세대수 및 인구현황을 요약하여 정리하면 다음 <표 3.1-12>와 같다.

<표 3.1-12>

면적, 세대수 및 인구 현황

구 분	면 적 (km ²)	세대수 (세대)	인 구(인)	인구밀도 (인/km ²)	비 고
장성천 유역	22.89	898	2,592	113	

자료] 홍성군 홍성읍, 금마면 사무소

나. 하천의 유래등 문화적 현황

장성천은 1966년 충남226호에 의해 지방2급 하천으로 지정되어 있으며 1990년 초반에 경지정리병행으로 하천개수공사를 하여 장성천은 지금의 형태를 이루고 있는 것으로 조사되었다.

장성천 유역은 전체면적 중 62.9%가 임야로 둘러싸인 전원하천으로 유역내 문화재로 지정된 곳은 없는 것으로 조사되었다.

3.2 기초 수문 검토

3.2.1 수문관측소

강우분석은 이·치수와 관련한 수자원 계획 수립에 있어서 가장 기본적인 자료이므로 가능한 한 장기간에 걸쳐 관측된 자료가 필요하다. 장성천 유역 내에는 우량관측소가 전혀 없으므로 유역 인근에 위치한 홍성관측소의 지배를 받는 것으로 나타났다.

그러나 홍성관측소는 단기간 강우자료를 보유하고 있지 않아 부득이 장성천 유역의 홍수량 분석 시 유역 인근에 위치한 서산관측소의 강우분포자료 「지역별 설계강우의 시간적분포 2000.8 건교부」를 이용하였으며 관측소의 현황을 살펴보면 다음 <표 3.2-1>과 같다.

<표 3.2-1>

우량관측소 현황

관측소	관측 종별	위 치			해발고 (EL.m)	관 측 개시일	관할 기관
		지 명	경 도	위 도			
홍 성	T/M	충남. 홍성. 홍성. 홍성초교	126-39-46	36-35-59	30.0	1918.7	금강홍수 통제소
서산	자기	충남. 서산. 석림. 491-5	126-30	36-46	25.9	1968.1	기상청

자료] 「기상연보, 2002. 기상청」 「한국수문조사연보 2002. 건교부」

상기 홍성관측소의 최근 20개년(1982년~2001년)의 월별 강우자료를 분석하여 산정한바 장성천 유역의 연평균 강수량은 1,107.3mm 로 우리나라 연평균 강수량 1,283mm(수자원 장기종합계획 2001.7 건교부)보다 다소 적은 것으로 나타났다.

한편 장성천 유역내에는 수위관측소가 없으며 삽교천수계에 수촌 및 홍성수위표가 설치 운영되고 있으며 상기 수위관측소에 대한 현황을 살펴보면 <표 3.2-2>와 같다.

제2장 하천의 개황에 관한 사항

<표 3.2-2>

수위관측소 현황

관측소	수계명	관측 종별	위 치			영점 표고 (EL.m)	관 측 개시일	관할 기관
			지 명	경 도	위 도			
홍 성	삼교천	T/M	충남.홍성.홍성.고암.입암교	126-41-20	36-35-10	19.814	1962.7	금강홍수 통제소
수 촌	삼교천	T/M	충남.예산.삼교.두.충의대교	126-43-57	36-41-00	5.828	1945.1	금강홍수 통제소

3.2.2 기 상

가. 기 후

장성천 유역은 한반도의 남서부지방에 위치하고 있으며 우리나라의 전형적인 기후 특성인 몬순기후군에 속하여 여름철과 겨울철의 기후가 현저하게 다르다. 여름철에는 해양성 기후의 영향을 받아 일반적으로 고온다습하나 겨울철에는 대륙성기후로 변하여 한랭건조하다.

여름철인 6월 중순부터 불어오는 남풍은 고온다습하며 기단이 안정되어 있을 때는 강수량이 비교적 적지만 불안정할 경우 폭우가 발생하는 경우도 있어 이 기간 중에는 강수일수가 많아 이 지역은 우리나라의 다우지역에 속하며 기상현상도 예측이 어려울 정도로 급변하고 있다.

8월말 경부터 9월 중순까지는 점차 건조해지며 풍향도 남풍에서 북풍으로 바뀌며 이 기간 중에는 태풍이나 집중호우가 자주 발생한다. 10월부터는 더욱 건조해지고 천후도 일반적으로 맑아지지만 기온은 낮아지게 되며 이러한 현상은 11월중에도 유사하게 나타난다.

12월이 되면 기온은 계속해서 내려가고 1~2월중에는 대륙성 기후로 인하여 한랭한 날씨가 계속되어 기온이 영하로 떨어지게 된다. 3월부터는 기후가 변하기 시작하여 기온이 상승하고 강수량도 증가하며 4~5월을 지나 6월부터는 다시 우기가 시작되는 기상상태를 나타내고 있다.

나. 기 상

장성천 유역 내에는 관측소가 전무하여 인근 서산 기상관측소의 최근 20개년(1983~2002)간 기상자료를 이용하여 본 유역의 기상현황을 조사하였다.

동 관측소의 20년간 기상자료를 월별로 정리하여 그 내용은 다음 <표 3.2-3>에 나타내었다.

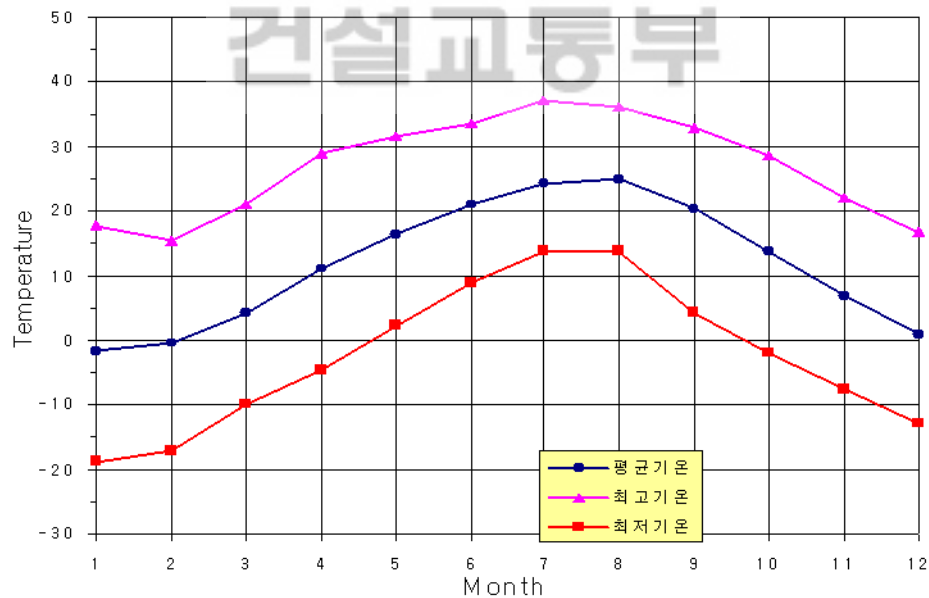
<표 3.2-3>

서산관측소 월별 기상현황

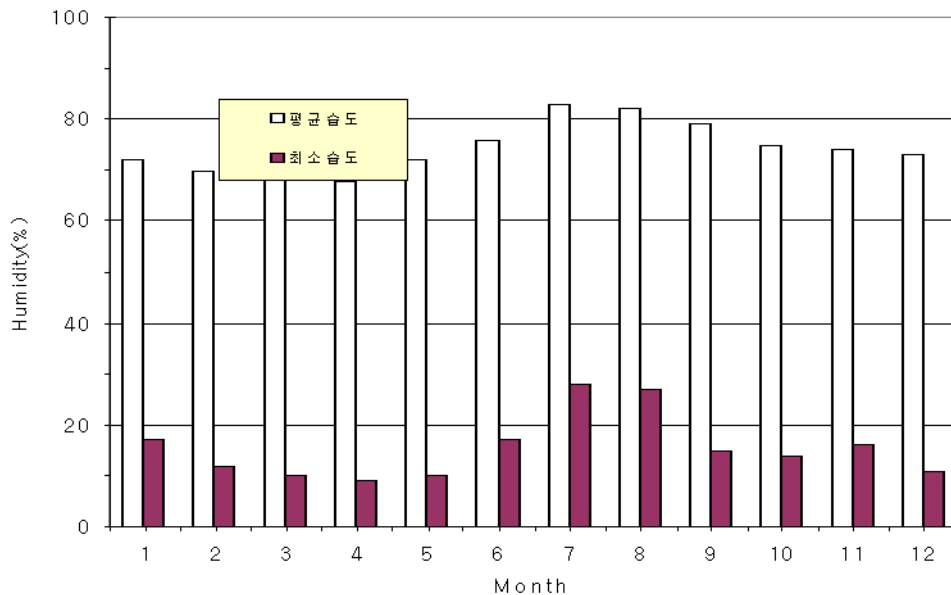
월별 (월)	기온(°C)			풍속(m/s)		습도(%)		천 기 일 수(일)			비 고
	평균	최고	최저	평균	최대	평균	최소	강수	적설	결빙	
1	-1.8	17.7	-18.7	2.2	15.3	72	17	10	12	30	
2	-0.4	15.3	-17.1	2.4	15.5	70	12	8	7	26	
3	4.4	21.0	-9.8	2.6	15.7	69	10	7	2	20	
4	11.0	28.8	-4.7	2.8	16.7	68	9	7		5	
5	16.4	31.4	2.1	2.6	13.7	72	10	8			
6	21.1	33.6	9.0	2.2	16.7	76	17	9			
7	24.4	37.3	13.8	2.6	16.7	83	28	15			
8	25.1	36.2	13.7	2.2	22.5	82	27	13			
9	20.3	32.9	4.1	1.9	17.1	79	15	8			
10	13.7	28.5	-1.9	1.8	15.7	75	14	7		2	
11	6.8	22.1	-7.7	2.1	16.8	74	16	10	3	14	
12	0.9	16.6	-12.9	2.1	16.7	73	11	11	8	27	
전년	11.8	37.3	-18.7	2.3	22.5	74	9	112	32	123	

자료] 기상연보(2002. 기상청)

또한 서산관측소의 평균 최고 최저기온 및 습도의 월별 변화를 Graph에 도시하여 나타내면 다음 <그림 3.2-1> 및 <그림 3.2-2>와 같다.



<그림 3.2-1> 월별 평균기온, 최고 및 최저기온 변화 추이



<그림 3.2-2> 월별 평균 및 최소습도 변화 추이

1) 기 온

평균기온은 11.8℃정도로서 온화한 편이며 하절기인 6~8월은 21.1~25.1℃, 동절기인 12~2월은 -1.8~0.9℃의 평균기온을 보이고 있으며, 최고기온은 1994년 7월 19일에 관측된 37.3℃이며 최저기온은 -18.7℃로서 2001년 1월 17일에 관측되었다.

2) 풍 속

평균풍속은 2.3m/sec이고 순간 최대풍속은 22.5m/sec(2000.8.31)로 기록되었다.

3) 습 도

습도는 해안지역으로부터 이동해 들어오는 온기와 중국 대륙으로부터 불어오는 기온의 영향을 받으므로 여름철에는 76%이상의 높은 습도를 보이고 겨울철에는 영하의 낮은 기온으로 인하여 대기중에 습도가 약 72%의 분포를 나타내며 춘기인 3~5월에는 약 68~72%로서 연중 가장 건조한 시기이다.

연평균 상대습도는 74%인 것으로 조사되었으며 4월에는 68%로 연중 습도가 가장 낮았고 7월에는 83%로 연중 습도가 가장 높은 것으로 나타났다. 또한 2000년 4월에는 습도가 9.0%로 가장 낮은 것으로 나타났다.

4) 천기일수

천기일수는 강우일수 112일, 적설일수 32일, 결빙일수 123일인 것으로 분석되었다.

3.2.3 강 수

홍성관측소에서 측정한 연평균강수량(1982~2001, 20개년)은 1,107.3mm로 측정되었으며 우리나라 연강수량 1,283mm에 비하여 다소 적은 것으로 나타났다.

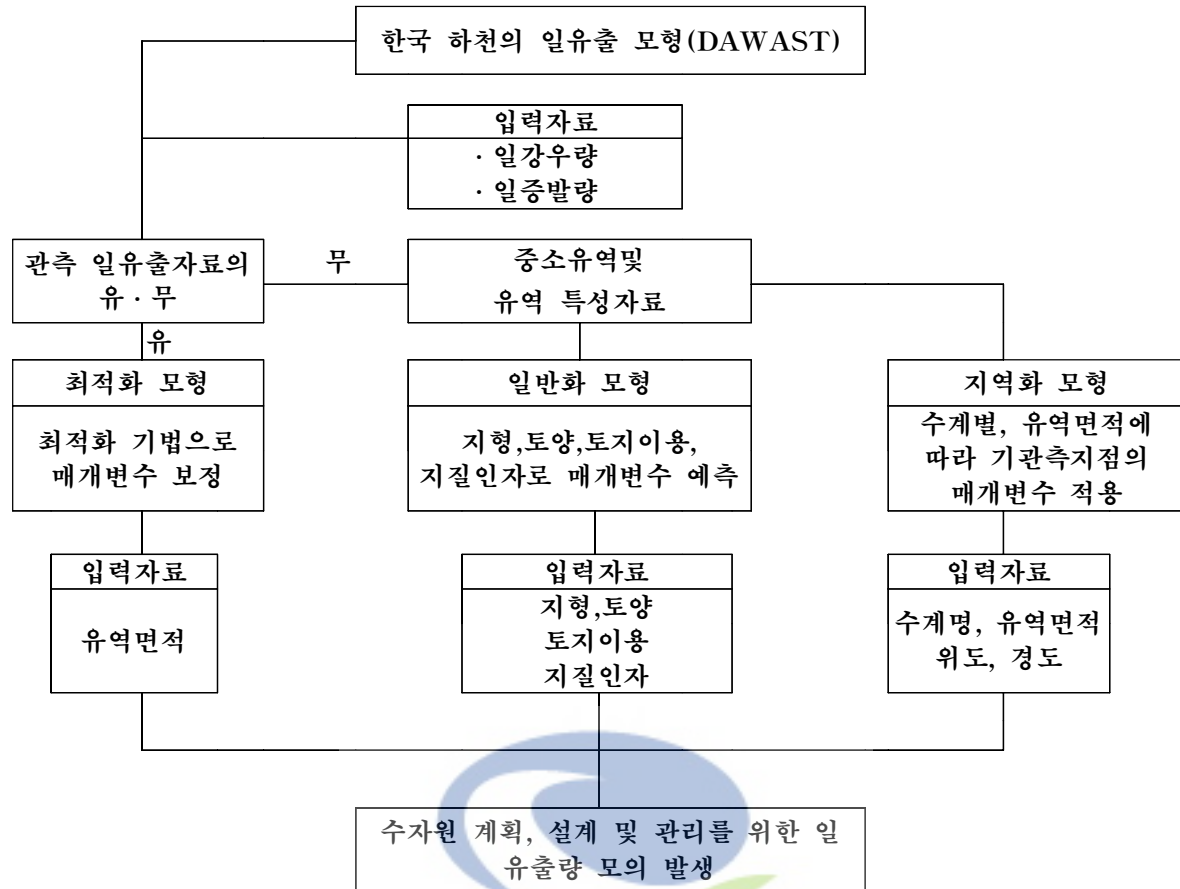
강수특성은 우기(6~9월)에 786.0mm가 내려 연평균강수량(1,107.3mm)의 약 71%가 집중되며 건조기인 10월부터 이듬해 3월까지 6개월 동안에 약 17%, 농번기인 4월과 5월에 약 13%가 내리고 있어 다른 유역에 비하여 강우분포의 계절별 편차가 심하지는 않은 것으로 나타났다.

3.2.4 유출 및 유황분석

가. 유출분석

유출(runoff)은 강수로 인한 물이 증발과 증산, 침투와 침투, 지하수 등의 성분과정을 거치면서 결국 하천유량의 형태로 흐르게 되는 것이며, 유출분석의 목적은 하천유량과 유황을 정량적으로 파악함으로써 수자원의 최적이용 및 관리를 도모하고 유역내 수자원개발로 인한 하천유량의 흐름양상을 양적으로 비교함으로써 개발로 인한 효과를 분석하기 위함이다.

지금까지의 수자원계획을 위한 유출량 추정은 Kajiya의 월유출고 공식을 설계기준으로 사용하고 있었으나, 이 공식의 시대적 낙후성과 구조적 부정확성에 대해 많은 문제점이 제기되고 왔으며, 특히 우리나라 강우 및 지형 특성을 고려하여 무계측 지점에서도 적용이 가능한 유출모형의 개발이 절실히 요구되는 실정이다. 따라서 유출량 추정은 1992년 충남대학교에서 전국의 수문관측지점 57개소를 대상으로 개발한 범용일유출량산정모형인 Dawast 「Daily Watershed Streamflow Model」 모형을 이용하였다.

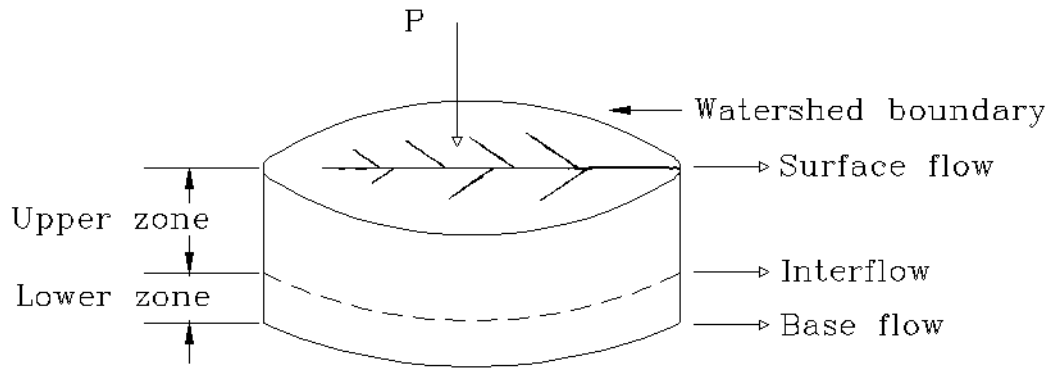


<그림 3.2-3> DAWAST 모형의 구조도

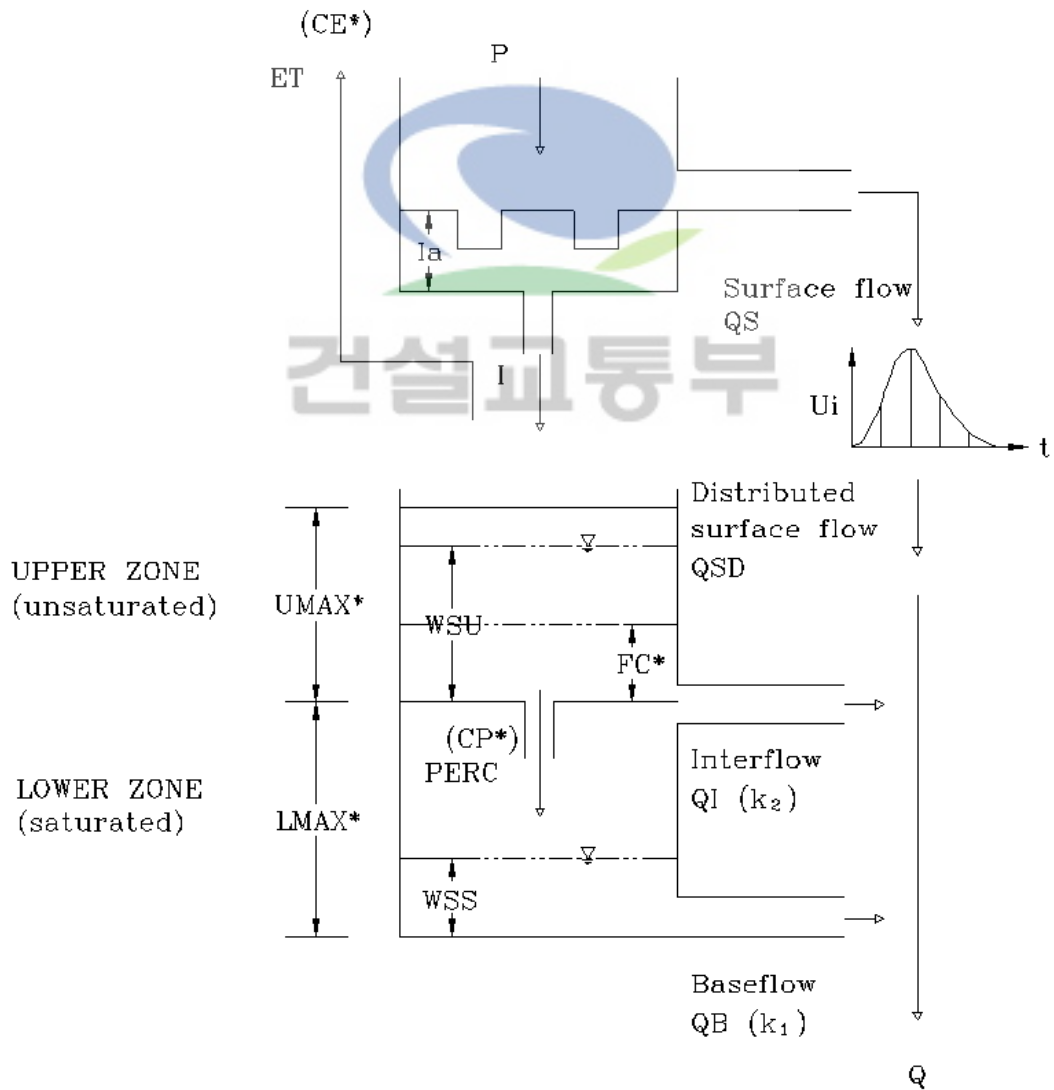
① Dawast 모형의 개념

Dawast 모형은 토양층을 표면층과 상부의 불포화토양층, 하부, 포화토양층 등 3개의 저류층으로 <그림3.2-4>에서 보는바와 같이 단순화한 유역에 강우가 있으며 표면층과 상부의 불포화토양층에서 초기손실이 이루어진 후 나타난 표면유출이 유역에 따라 기저시간만큼 증대되어 배분되며 침투에 의해 불포화층에 이동된 수분량은 포장용수량 이상이면 심층침투에 의해 하부의 포화토양층으로 토양수가 이동 된다.

이 포화층의 토양수분이 일정한 값이상이면 불포화층과 포화층 사이에서 중간유출이 일어나고 무강수기에는 이 포화층의 토양수분이 고갈되어 지저유출로 나타나는 것으로 강우-유출 수문반응을 분석하고 개념화하였다. <그림3.2-5>는 상기한 방법으로 유역토양수문을 고려하여 각 유출성분을 분석한 후, 합산하여 일유출량을 추정하였고 각 과정별 수문반응은 수학적인 관계식에 의해 정의되었다.



<그림 3.2-4> 유역의 개념도



<그림3.2-5> Dawast 모형의 개념도

$$Q = Q_S + Q_1 + Q_B$$

Q_S : 일 유출량 (mm)

Q_S : 표면 유출량 (mm)

Q_1 : 중간 유출량 (mm)

Q_B : 기저 유출량 (mm)

② 모형의 구성

유출량을 추정하기 위하여 Dawast 모형의 일반화 모형을 이용하였으며, 이 일반화 일유출 모형은 강우시에는 표면유출, 중간유출과 기저유출량을, 무강우 시에는 기저 유출량을 계산하여 총 유출량은 모형 발생 시작일부터 종료일까지 연 차적으로 일단위로 계산할 수 있도록 구성되어있다.

모형은 <표 3.2-5>와 같이 물수지 매개변수 5개를 종속 변수로 취하고, 이들 종속 변수에 물리적으로 관계가 깊을 것으로 생각되는 4개의 지형인자, 4개의 토양인자, 3개의 토지이용인자, 3개의 수문지질인자등 14개의 독립변수를 조사하여 회귀모형(Multiple linear regression)의 일반형인 Additive form과 Multiplicative form에 대하여 Stepwise regression 분석을 실시하여 일유출량을 추정하였다.

<표 3.2-5> 일 유출 최적화 모형의 입·출력 및 매개변수

매개 변수	변 수 내 용
종속 변수	UMAX : 불포화층의 최대 토양 수분량(mm) LMAX : 포화층의 최대 수분량(mm) FC : 포장 용수량(mm) CP : 심층 투수 계수 CE : 유역 증발산 계수
독립 변수	변 수 내 용
지형 인자	X1 : 유역면적 (km ²) X2 : 주하천장 (km) X3 : 주변장 (km) X4 : 유역경사 (km)
토양 인자	X5 : 수문토양군 A(%) X6 : 수문토양군 A(%) X7 : 수문토양군 A(%) X8 : 수문토양군 A(%)
토지 이용 인자	X9 : 밭 면적 (%) X10 : 논 면적 (%) X11 : 산림 면적 (%)
수질 지질 인자	X12 : 화성암류 (%) X13 : 퇴적암류 (%) X14 : 변성암류 (%)

적용매개변수	UMAX	LMAX	FC	CP	CE
장 성 천	351	24	130	0.0194	0.0085

또한, DAWAST 모형의 계산순서는

- ① 모형 발생 시작일의 잠재 저류능 값을 모형 발생 시작일의 기저유출량으로부터 첫 번째 강우가 발생한 날의 값을 계산하여 강우량, 증발량 심층 투수량 등의 일별 물수지에 의해 잠재 저류능을 모형 발생 종료일까지 일별로 계산.
- ② 강우시 표면유출량은 일별 잠재 저류능 값에 의해 계산하여 일별 배분율에 따

라 일별로 배분한다.

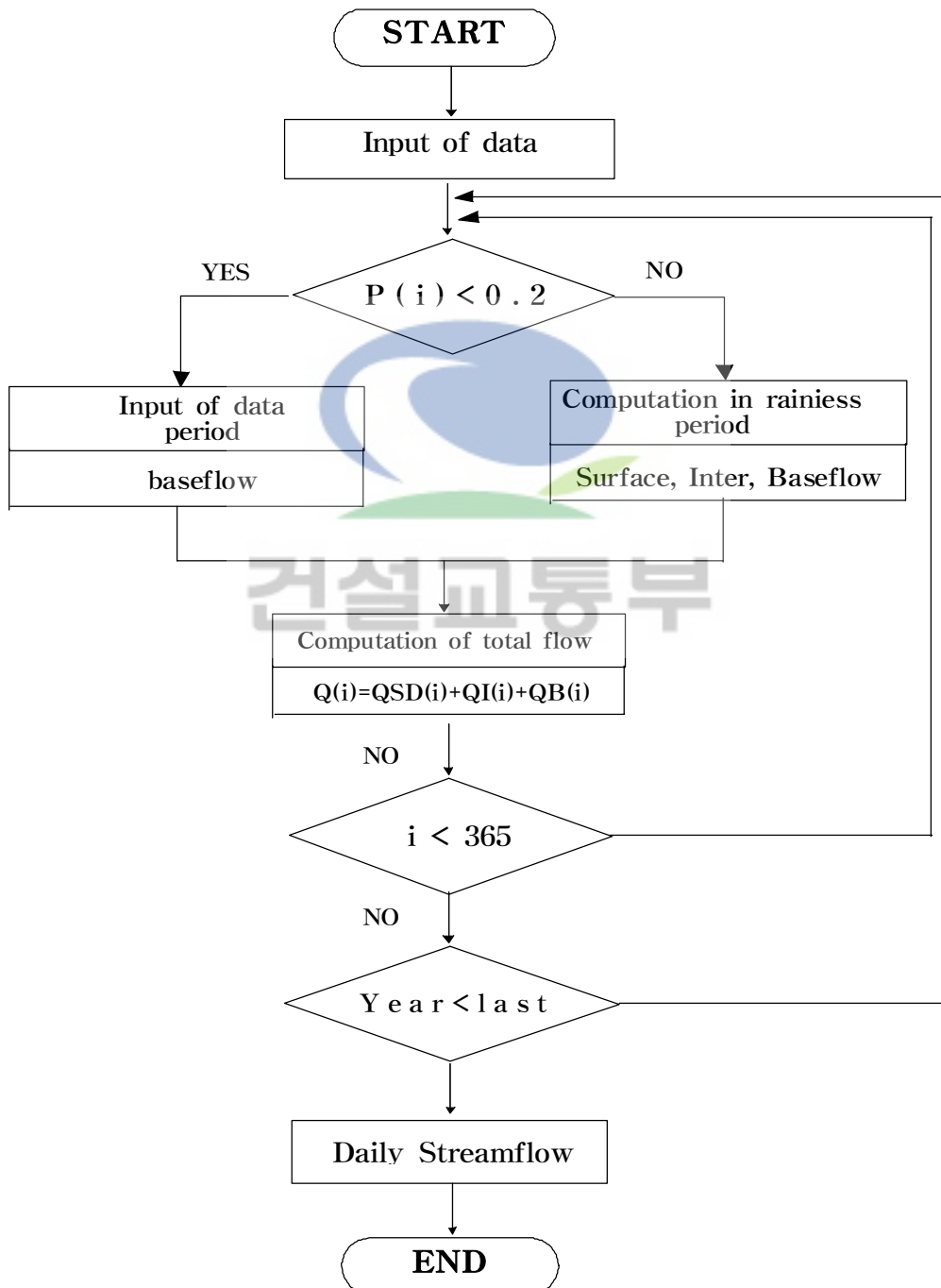
③ 포화층의 기저 유출량 계산

④ 포화층의 수분량이 최대값보다 클 경우 중간 유출량 계산하여 총 유출량이 산된다.

한편,

⑤ 무강수기에는 포화층의 토양수분이 누출되어 기저유출로 계산한다.

이상의 기본 구조를 갖는 DAWAST 일 유출 모형의 흐름도는 <그림 3.2-6>과 같다.



<그림 3.2-6> DAWAST 모형의 흐름도

제2장 하천의 개황에 관한 사항

③ 유출량 산정 결과

Dawast 모형을 이용한 유출량 산정결과 장성천 하구지점의 수자원 총량은 25.35 백만 m^3 /년이며, 장성천 연간 유출량은 13.34백만 m^3 으로서 유출율은 53.0%로 산정되었다. 장성천 하구 지점의 월별 유출량은 다음 <표 3.2-5>와 같으며 유출분석 결과를 요약하여 정리하면 다음 <표 3.2-6>과 같다.

<표 3.2-5>

월별 유출량

지점명	구 분		월 별 유 출 량												계
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
장성천 하 구	유출량	m^3/sec	0.09	0.08	0.10	0.17	0.19	0.36	0.94	1.80	0.91	0.20	0.08	0.14	5.06
		백만 m^3	0.23	0.21	0.25	0.45	0.49	0.94	2.43	4.66	2.37	0.53	0.41	0.37	13.34

<표 3.2-6>

유출분석 결과

지 점 명	수자원총량 (백만 m^3)	유 출 량(백만 m^3)			유출율 (%)	손실량 (백만 m^3)	비 고
		홍수기	평상시	계			
장성천 하구	25.35	10.40 (78.0%)	2.94 (22.0%)	13.34	53.0	12.01	

나. 유황분석

하천의 갈수량은 하천이 갖는 고유유량으로써 하천유역이 자연상태일 때를 기준으로 산정하며, 우리나라에서는 하천의 이수계획 및 하천 관리계획을 목적으로 주로 평균갈수량과 기준갈수량이 이용되고 있으며 분석유황은 <표 3.2-7>과 같으며 상세 내용은 부록에 수록하였다. 또한 평균갈수량은 자연 상태에서 관측한 유량자료를 매년마다 크기순으로 나열하여 355일을 유지할 수 있는 갈수량 계열을 평균한 값을 말하며, 기준갈수량은 10년빈도 갈수량을 의미하지만 현재 국내의 실무에서는 10개년 제 1위에 해당하는 갈수량을 이용하게 된다.

<표 3.2-7>

장성천 하구지점 유황

(단위 : m^3/sec)

지 점 명	유역면적 (km^2)	갈수량 (Q355)	평수량 (Q185)	풍수량 (Q95)	비 고
장성천 하구	22.89	0.025	0.250	0.659	

<표 3.2-8>

평균 및 기준 갈수량

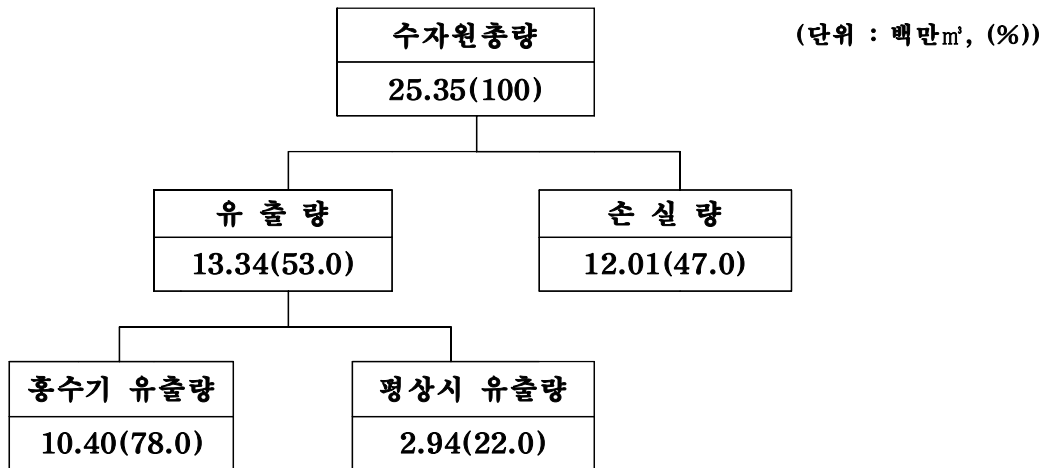
(단위 : m^3/sec)

지 점 명	유역면적(km^2)	평균 갈수량	기준갈수량	비 고
장성천 하구	22.89	0.025	0.014	

다. 수자원 총량

장성천 유역의 수자원 총량은 유역의 면적강우량과 유출량 자료를 이용하여 산정

하였다. 본 유역의 수자원 총량은 25.35백만 m^3 이며 유출량은 13.34백만 m^3 , 손실량 12.01백만 m^3 으로 산정되었으며 전체 유출량 중 78.0%에 해당하는 10.40백만 m^3 은 홍수기인 6~9월에 유출되고 있으며 평상시 유출량은 2.94백만 m^3 (22.0%)으로 나타났다.



<그림 3.2-7> 수자원 총량 및 유출량 모식도

3.2.5 과거 주요 홍수사상

홍성관측소 일강우자료를 분석하여 1일 최대, 2일 최대, 연속 최대 및 연 최대 강우량을 산정하였다. 1일 최대 강우량은 324.0mm(1995.8.8), 2일 최대 강우량은 499.5mm(1995.8.23~8.24), 3일 최대 강우량은 1995년 8월 23일부터 25일까지 3일간 581.0mm의 강우가 발생한 것으로 나타났다.

또한 최대 연 강우량은 1998년의 1,901.0mm로서 우리나라 연평균강우량의 약 1.5배에 해당하는 많은 양의 강우가 발생하였다. 홍성관측소의 주요 강우관측기록을 5순위까지 정리하여 나타내면 다음 <표 3.2-9>과 같다.

<표 3.2-9>

홍성관측소 주요 강우관측기록

순위	1일 최대		2일 최대		3일 최대		연최대강우량		비고
	발생일	강우량(mm)	발생기간	강우량(mm)	발생기간	강우량(mm)	년도	강우량(mm)	
1	1995. 8. 8	324.0	1995. 8.23 ~ 8.24	499.5	1995. 8.23 ~ 8.25	581.0	1998	1,901.0	
2	1999. 8. 2	249.0	1999. 8. 2 ~ 8. 3	328.0	1999. 8. 1 ~ 8. 3	338.0	1995	1,574.4	
3	1981. 7.11	221.6	1992. 8.26 ~ 8.27	279.0	2000. 8.23 ~ 8.26	337.0	1970	1,557.9	
4	1992. 8.26	221.0	2000. 8.25 ~ 8.26	271.0	1992. 8.25 ~ 8.27	294.0	1999	1,469.2	
5	1989. 8.21	209.0	1998. 8. 8 ~ 8. 9	236.0	1998. 8. 8 ~ 8.10	249.0	1987	1,393.6	

3.3 하도의 특성

3.3.1 하도의 특성인자

가. 하도의 기능과 영향 요인

하도는 하천의 유수가 소통하는 토지공간으로서 통상 제방 또는 하안과 하상으로 둘러싸인 부분을 의미한다. 하도는 기본적으로 계획홍수량 이하의 유량을 안전하게 소통시킬 수 있고 유사에 대해 안정된 하상을 유지할 수 있어야 하며 아울러 하천 이용도의 증진, 자연환경의 보전, 하천 인접지역 토지이용의 효율성을 증대시킬 수 있는 기능이 요구된다.

그러나 하도는 자연적 요인 또는 인위적인 구조물 등으로 인해 그 기능에 영향을 받고 있으며, 물의 흐름에 따른 유사의 이동으로 시간과 공간적으로 끊임없이 변화하는 특성이 있으므로 하천을 개수하여 하도가 목적인 바 적절한 기능을 발휘하도록 계획하기 위해서는 이러한 하도의 변동특성과 이에 영향을 미치는 요인을 파악하는 것이 우선되어야 한다.

하도의 기능과 변동특성에 영향을 미치는 주요 요인은 다음과 같다.

1) 하도의 평면형

물의 흐름은 직진하려는 성향을 가지고 있다. 따라서 현저하게 굴곡된 하도는 흐름에 지장을 초래하여 수위상승을 야기하는 등 홍수소통에 지장을 초래하고 아울러 소류력에 의해 하안이 세굴되어 붕괴를 유발한다. 이에 비해 지나치게 직선화된 하도는 홍수소통 능력은 증가하지만 소류력의 증가도 유발하여 하상의 과도한 세굴을 일으킬 수 있다.

2) 하도의 종단 특성

하상경사가 클 경우 흐름에너지를 적게 소모하여 유속이 증가하므로써 같은 단면에서 더 많은 유량을 흐르게 할 수 있다. 그러나 하도의 유속이 클수록 하상의 세굴이 심해지고 이로 인해 하류에서는 많은 퇴적이 일어나게 된다.

3) 하도의 횡단형

하도의 횡단형은 통수단면의 크기와 형태를 의미한다. 하도에 있어 단면 확대부와 축소부는 유속에 영향을 미쳐 궁극적으로 수위 변화와 하상의 세굴 또는 퇴적의 요인으로 작용한다.

4) 하상 구성재료

하상의 구성재료는 하도의 조도계수와 관련하여 유속에 영향을 미치며 특히 세굴과 퇴적을 결정하는 물리적 특성이므로 하천의 흐름 특성과 더불어 하상변동을

결정하는 기본 인자가 된다.

5) 하도내 수공구조물

하도에 설치된 구조물 특히 횡단하는 구조물은 홍수위와 하상의 변동에 큰 영향을 미친다. 하폭을 제한하거나 홍수위 보다 낮게 설치된 교량은 홍수시 하도의 소통능력을 감소시켜 수위의 급격한 상승과 상류로의 배수위 상승을 유발한 바, 낙차공, 취수보 등 하도를 횡단하여 하상에 설치된 구조물은 수위상승뿐만 아니라 구조물 주위의 하상세굴, 유사퇴적 등 하상변동의 주요한 요인이 된다.

나. 장성천의 주요 하도특성

금회 과업의 측량성과 및 현지조사에 의해 파악한 장성천의 주요 하도 특성은 <표 3.3-1>과 같다.

<표 3.3-1> 장성천의 하도특성

구 간 (측점 No.)	하도연장 (m)	평균하폭 (m)	하상경사	하천횡단 주요구조물	비 고
방수로 ~ 구룡1낙차공(상) (11+195 ~ 10+177)	218	50.0	1/78	-	
구룡1낙차공(하)~장성1교 (10+177 ~ 6+16)	961	42.0	1/860	교 량 : 1개소 보 : 1개소	
정성1교 ~ 거야보(상) (6+16 ~ 3+50)	566	47.9	1/832	교 량 : 1개소 보 : 1개소	
거야보(하) ~ 장성천하구 (3+00 ~ 0+00)	600	45.8	1/600	교 량 : 1개소	

<표 3.3-1>의 장성천 하도특성은 홍양저수지 하류에 위치한 장성천상류부는 임야로 둘러싸여 하상경사가 급하나 중·하류부로는 다소 완만한 하상경사를 유지하며 삼교천으로 유입된다.

3.3.2 하도의 평면형

금회 장성천 과업구간의 하도평면형을 살펴보면 과업시점부인 홍양저수지에서 장성1교를 지나 S자형의 완만한 사행을 하면서 유로를 형성하고 있으며 중·하류부는 금마뜰로 삼교천 주변과 연결되어 대규모 농경지를 이루고 이들 농경지 사이를 관류하여 삼교천으로 유입된다.

3.3.3 하도의 횡단형

하도의 횡단형은 일정한 단면적에 대하여 최대로 유량을 소통시킬 수 있어야 한다. 하도의 통수기능을 최대로 하되 이에 따른 소요비용을 최소로 하기 위해서 하도단면은 가능한 한 주어진 단면적에 대하여 윤변이 작게되는 것을 채택하여야 하며, 하도

제3장 하천의 개황에 관한 사항

가 복단면으로 형성된 경우 제방사면 하단의 세굴방지 기능과 아울러 우리나라와 같이 매년마다 하천에 흐르는 최소유량과 최대유량의 비, 즉 하상계수가 큰 하천특성에서는 하천부지의 효율적인 이용과 갈수시 유로를 유지하는데 유리한 장점이 있지만 홍수시 고수부지로 인한 통수단면의 감소로 수위상승과 홍수배제지체의 원인이 되어 치수적으로 불리하다. 이러한 측면에서 볼 때 하도단면은 복단면보다 단면이 유리하나 단면형의 결정은 저수시 하도관리와 홍수시 제방의 안전성 등을 고려하여 결정하여야 한다.

따라서, 유량의 변화가 큰 대규모 하천에서는 일반적으로 복단면의 형태가 불가피하나, 금회 조사구간의 경우 기본적으로는 사다리꼴형의 단단면 형태를 이루고 있으며 상류부에서 유송되어온 토사가 일부 퇴적되어 있는 것으로 조사되었다. 하도단면의 크기와 형상은 하천횡단측량 성과를 기본으로 현장조사를 통하여 보완하여 수리계산시 하도 횡단면의 수리학적 특성을 반영하였다.

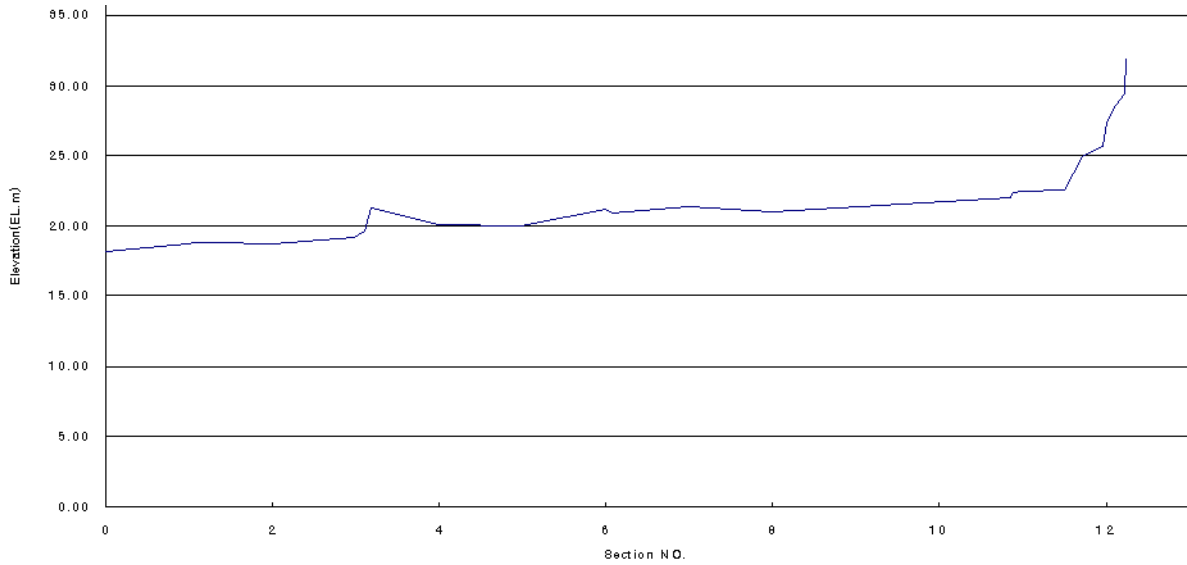
3.3.4 하상변동 양상

금회 조사구간의 하상변동은 자연적인 요인과 인위적인 요인 등에 의하여 규정되며, 금회 실시한 중 횡단측량 성과에 대하여 검토한 결과, 보로인한 퇴적으로 인하여 보의 직상류부등에서 약간의 하상저하를 보이고 있으나 과업구간 전체적으로는 하상저하를 보이고 있는 구간은 없는 것으로 조사되었다.

표 332

장성천 최심하상고 조사 현황

측 점	하구로부터 의 거리(m)	최 심 하상고 (EL.m)	비 고	측 점	하구로부터 의 거리(m)	최 심 하상고 (EL.m)	비 고
0	0.	18.20	하 구	7	1,400	21.40	
1	200	18.70		8	1,600	21.00	
1+14	214	18.80	서구교	10+173	2,173	22.00	구룡용수로교
1+61	261	18.80	장성천교(공사중)	10+177	2,177	22.30	구룡낙차공
2	400	18.70		11	2,200	22.50	
3	600	19.20		11+100	2,300	22.54	
3+19	619	18.60		11+145	2,345	24.96	
3+38	638	21.30	거야보	11+195	2,395	25.60	
4	800	20.10		12	2,400	27.30	
5	1000	20.00		12+20	2,420	28.30	
6	1200	21.20		12+47	2,447	29.34	
6+16	1216	20.88	장성1교	12+50	2,450	31.90	



<그림 3.3-1> 장성천 종단 특성

3.4 하천사업의 연혁 및 피해현황

3.4.1 하천사업의 연혁

우리나라의 하천개수사업은 을축년 대홍수(1925년)을 계기로 본격적으로 착수되기에 이르렀다. 하천개수는 전후 복구기였던 1954년~1961년과 이후 제1차~제4차 경제개발 5개년 계획추진(1982년~1986년)으로 본격적으로 이루어졌으며 80년대 중반 대홍수를 겪으면서 「삼교천 하천정비기본계획 1986, 충청남도」 「수해상습지 2단계 기본계획조사 1987, 건교부」 및 「삼교천 하천정비기본계획(보완) 1994, 건교부」, 「삼교천, 효교천 하천정비기본계획 1996, 충청남도」에 의해 삼교천 수계전반의 하천에 하천개수사업이 2003년말 현재까지 진행되고 있다.

금회 과업의 성과를 분석한 결과 기개수연장(완성제방기준) 2,167m이고, 미개수연장((신설+미완성)제방기준) 1,929m로 조사되었다. 따라서 완성제방기준에 적합한 개수율은 52.9%에 불과하므로 하천정비기본계획에 부합되는 하천개수가 조속히 이루어져야 할 것으로 판단된다.

<표 3.4-1>

하천개수 실적

하 천	요개수 (m)	기 개 수				미 개 수				비 고
		완성제방기준		(완성+미완성) 제방기준		(신설+미완성) 제방기준		신설제방기준		
		연장 (m)	비율 (%)	연장 (m)	비율 (%)	연장 (m)	비율 (%)	연장 (m)	비율 (%)	
장성천	4,096	2,167	52.9	3,177	77.6	1,929	47.1	919	22.4	

3.4.2 수해 및 가뭄피해 현황

가. 홍수현황

1) 수해발생 원인

한반도의 강수형태는 기온 변화와 더불어 강수형태 역시 변화가 나타나고있으며 여름철의 대표적인 장마전선이 약화되고, 장마종료후 대류성 폭풍우를 동반한 산발적이고 국지적인 소나기성 강수가 주를 이루고 특히 1990년 후반에 급격히 증가하는 경향이 나타나고 있다.

수해발생현황을 장성천 유역으로 국한하여 조사하는 것은 현실적으로 불가능하여 최근 10년간의 「재해연보(1993~2002)」의 기록을 토대로 홍성군의 수해발생 상황에 대하여 조사하였다.

우리나라의 과거 주요 호우 및 태풍피해 상황을 살펴보면 최근의 게릴라성 집중호우와 태풍 등 자연적인 요인에 기인하고 있으나 도시화에 따른 무분별한 개발, 산림의 훼손, 하천부지 점용 및 하천선형 변경 등의 인위적 요인도 간과할 수 없다.

2) 과거 수해발생 현황

우리나라는 대륙과 해양의 경계에 있으며, 삼면이 바다로 둘러싸인 지리적인 특성과 대륙성 및 해양성 기후의 교점에 위치하고 있는 관계로 풍수해의 가능성이 많은 Monsoon 기후지대내에 속하여 특히 6월~9월에 북서쪽에서 내려오는 기류와 남서쪽 중국 양자강 부근에서 발생한 고온다습한 기류가 우리나라에서 기류의 상승작용으로 빈번한 수해가 발생하고, 적도 부근의 태평양에서 발생한 태풍이 북동진할 경우 홍수 피해가 심하게 발생하게 된다.

특히 우리나라의 강우특성상 연평균강수량(1,283mm)의 2/3가 6월~9월 사이에 집중적으로 내려 피해를 가중시키고 있는 실정이며, 특히 최근2-3년간에 걸친 국지적 게릴라성 집중호우로 많은 피해가 발생하고 있다.

홍성군의 최근 10년(1993년~2002년)의 풍수해 현황은 '95년 호우발생시 이재민 201명, 침수면적 5,685.8ha등 피해액 규모로 217억원('2002년 가격기준)의 피해가 발생한 것으로 조사되었으며 가장 최근인 2002년에는 집중호우 및 태풍의 영향으로 침수피해 32.30ha가 발생했으며 약 157억원의 피해를 입은 것으로 나타났다.

홍성군의 최근 10년간 수해 발생 현황을 살펴보면 다음 <표 3.4-2>와 같다.

<표 3.4-2>

최근 10년간 홍수피해 현황

구분 연도	사망 (인)	이재민 (인)	침수면적 (ha)	피 해 액 (천원)					비고 (순위)
				계	건물	농경지	공공시설	기타	
1993	-	39	-	42,586 (56,963)	1,000	-	-	41,586	
1994	-	-	-	-	-	-	-	-	
1995	-	201	5,685.8	17,427,436 (21,679,730)	141,163	1,884,413	15,087,004	314,856	
1996	-	1	-	489,766 (590,363)	2,420	-	-	487,346	
1997	-	73	1,190.60	1,547,700 (1,795,951)	3,000	49,236	1,430,828	64,636	
1998	-	4	569.5	3,785,957 (3,915,058)	10,000	305,997	3,396,804	73,156	
1999	-	22	648.9	1,850,043 (1,953,645)	54,000	2,678	1,633,702	159,663	
2000	-	15	153.0	3,193,584 (3,305,040)	94,500	53,455	2,064,861	980,768	
2001	-	-	32.3	15,504,691 (15,745,013)	-	-	-	15,504,691	
2002	-	11	29.72	7,728,668 (7,728,668)	81,000	2,673	6,127,395	1,517,600	
합 계	-	366	8,309.82	51,570,431 (56,770,433)	387,083	2,298,452	29,740,594	19,144,302	

주]() : 2002년 가격기준

나. 가뭄현황

1) 정 의

가뭄이란 장기간의 강우부족으로 사용할 물이 없을 때를 말하며 미 기상국(U.S. Weather Breau)은 “어느 지역의 동 식물 생육에 저해를 가져올 수 있을 정도로 강수의 부족이 매우 심각하게 장기간 지속되거나 생활용수와 수력발전에 필요한 용수를 정상적으로 확보하지 못한 상태”로 정의하고 있다.

2) 종 류

가뭄은 기상학적 가뭄, 기후학적 가뭄, 대기가뭄, 농업가뭄 및 수문학적 가뭄으로 구분할 수 있으며, 이러한 가뭄현상은 독립적으로 발생하는 것이 아니라 서로 상관성을 가지고 발생한다. 즉, 기상학적 가뭄이 오래 지속되면 토양수분을 고갈시켜 농업가뭄을

제2장 하천의 개황에 관한 사항

발생시키며 하천이나 저수지의 수량을 감소시키므로 수문학적 가뭄으로 이어지게 된다.

① 기상학적 가뭄

주어진 기간의 강수량이나 무강수 지속일수 등으로 정의하는 가뭄

② 기후학적 가뭄

월별 또는 일별 강수량을 동일기간의 누년평균치의 백분율로 표시하는 가뭄

③ 대기가뭄

기온, 바람 및 습도 등으로 정의하는 가뭄

④ 농업가뭄

농작물 생육에 직접 관계되는 토양수분으로 표시하는 가뭄

⑤ 수문학적 가뭄

하천, 저수지, 지하수 등 가용수자원량으로 정의하는 가뭄

3) 가뭄발생 현황

지역 주민과 관련 기관에 대한 조사 결과 최근 10여년간 장성천 유역은 가뭄으로 용수 공급에 어려움을 겪은 적이 없는 것으로 조사 되었으며 이는 용수수요량이 크지 않고 농업용수는 농업기반공사에서 운영하는 저수지 및 취입보 시설 등 관계 시설로부터 공급받고 있는데 따른 것으로 파악되었다.

3.5 하천의 이용현황

3.5.1 유수의 이용현황

장성천 유역에 대하여 생활용수, 공업용수, 농업용수로 구분하여 용수이용 현황을 조사한 바 연간 총 사용량은 $1,064.31 \times 10^3 \text{m}^3/\text{년}$ 으로 조사되었으며 각 목적별 용수이용현황은 다음과 같다.

가. 생활용수

장성천 유역내에는 광역상수도 또는 지방상수도과 같은 급수시설의 혜택을 받고있는 지역은 없는 것으로 조사되었으며, 대부분 간이상수도 시설이나 소규모 급수시설 및 자가 Pump 시설을 통하여 생활용수를 이용하는 미급수지역으로 조사되었다.

생활용수 산정기준

$$\text{생활용수 이용량} = \text{상수도 급수량} + \text{미급수지역 이용량}$$

- ⊙ 상수도 급수량 = (급수인구 × 단위급수량) + 기타용수 수요량
- ⊙ 미급수지역 이용량 = 미급수인구 × 미급수지역 단위급수량

생활용수는 급수방식에 따라 급수지역(상수도 급수대상지역)과 미급수지역(미급수 대상지역)으로 구분하여 다음과 같은 산정기준을 토대로 생활용수 이용량을 산정한다.

장성천 유역의 생활용수는 간이상수도 및 개인 정호를 이용하고 있으며, 유역내 인구는 2,592인으로 연간 이용량은 $143.08 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{년}$ 로 산정되었다. 이상의 내용을 정리하면 다음 <표 3.5-1>과 같다.

<표 3.5-1>

생활용수 이용량

하천명	인 구 (인)			단위급수량 (ℓ/인·일)	이용량 ($10^3 \text{ m}^3/\text{년}$)	비 고
	유역전체	간이급수지역	미급수지역			
장성천	2,592	205	2,387	250 (139)	143.08	

주] · 단위급수량의 ()내 수치는 미급수지역 단위용수량

· 미급수 지역 단위용량은 수자원 장기 종합계획 「2001. 건교부」 자료를 적용

나. 공업용수

공업용수란 제조업체에서 제품생산 및 산업시설의 유지관리를 목적으로 사용되는 모든 종류의 용수를 의미하는 것으로서 실질적으로 공업용수 사용량은 업종별로 상이하며, 동일 업종에서도 공장의 규모, 가동율, 재 이용수의 비율 등 경제환경의 변화에 따라 큰 편차가 심하여 정량적으로 공업용수 수요를 파악하는 것은 매우 어려운 일이다.

따라서, 제조업체 등록현황조사 및 현지조사를 실시하고 부지면적당 원단위는 「수자원 장기 종합계획 2001, 건교부」 자료를 적용하였으며, 장성천 유역내에는 2002년 말 현재 1개업체가 입주하고 있으며 공업용수 이용 현황은 <표 3.5-2>와 같다.

<표 3.5-2>

공업용수 이용 현황

하천명	업체수 (개소)	종업원수 (인)	일사용량 (m^3 /일)	연사용량 ($10^3 m^3$ /년)	비 고
장성천	1	37	902	329.23	

다. 농업용수

농업용수는 물 순환과정 중 강우를 효율적으로 활용하는 등 자연과 밀접한 관계를 유지함은 물론 농작물에 필요한 수원확보로 증산효과를 수반하며, 저류된 수원은 증발, 침투 및 관개용수로 소비된 후 하천으로 복원된다.

장성천 유역내 농업용수 이용현황을 조사한 결과 저수지, 양수장, 취입보를 통하여 용수원으로 관개하고 있는 것으로 조사되었으며, 농업용수 이용량을 산정하기 위하여 「수자원개발 종합계획 2001.7 건교부」에서 제시한 금강유역의 연평균용수심을 적용하여 장성천 유역의 농업용수 이용량을 산정하였다.

수리시설물을 통하여 지표수를 용수원으로 관개하고 있는 관개면적은 50.8ha이며, 농업용수 이용량은 $592 \times 10^3 m^3$ /년으로 산정되었으며 농업용수 이용현황은 다음<표3.5-3>와 같다.

<표 3.5-3>

농업용수 이용현황

하 천 명	관 개 면 적 (ha)				연간 사용량 $10^3 m^3$ /년	비 고
	저수지	양수장	보	계		
장 성 천	34.0	12.6	4.2	50.8	592	

3.5.2 용도지역 구분 및 토지이용현황

홍성군의 도시계획 구역내 용도지역구분 및 토지이용현황을 조사한 결과, 계획구역면적 $28,649 \times 10^3 m^2$ 중 주거지역 $4,849 \times 10^3 m^2$ (16.9%), 상업지역이 $458 \times 10^3 m^2$ (1.6%), 공업지역 $211 \times 10^3 m^2$ (0.7%), 녹지지역 $23,131 \times 10^3 m^2$ (80.8%)로 조사되었으며, 이상의 내용을 정리하면 <표 3.5-4>과 같다.

<표 3.5-4>

용도지역별 토지이용현황

(단위: $10^3 m^2$)

구 분	계획구역 면적	주거지역	상업지역	공업지역	녹지지역	비 고
홍성군	28,649	4,849	458	211	23,131	
홍성읍지역	15,583	2,840	259	118	12,366	
광천읍지역	9,400	1,545	160	93	7,602	
갈산면지역	1,933	247	17	-	1,669	
서부면지역	1,733	217	22	-	1,503	

자료] 「홍성군통계연보 2002, 홍성군」

3.5.3 관광, 위락 공간이용현황

장성천은 홍성군 홍성읍 구룡리와 홍동면 효학리의 5개리, 금마면 장성리 외 3개리 일원에 위치하고 있으며 유역면적은 22.89km²의 비교적 소규모 하천유역으로서 유역의 대부분이 임야 14.39km²로 장성천 유역면적의 62.9%를 차지하고 있으며 특이할만한 공원이나 관광지 등의 위락공간은 없는 것으로 조사되었다.

3.6 하천의 환경현황

하천은 자연과 사회와의 사이에 위치하는 자연물로서 생활, 공업, 농업 용수등을 공급하고 수상 교통로로 이용할 수 있는 이수기능, 홍수시 유수의 원활한 소통으로 시민의 생명과 재산을 보호하는 치수기능 및 「자연보전기능, 친수기능, 공간기능」으로 대별되는 환경기능을 갖추고 있으며, 본 과업과 관련한 하천환경 정비방향 설정을 위하여 오염원조사, 하천수질·저질조사, 하천 생태조사 등을 다음과 같이 조사하였다.

□ 오염원 조사

금회 과업 하천에 유입되는 생활계, 축산계, 산업계 오염원 및 토지이용시 농지에 살포된 비료, 토양 개량물질 및 산림의 유기물질 등으로 구분되는 비점오염원에 대하여 조사 분석하여 수환경계획수립을 위한 기초자료로 활용하였다.

□ 하천수질·저질조사

금회 과업 대상인 장성천 분류에 대하여 수질조사는 3개지점을 선정하여 2회에 걸쳐 조사·분석하였으며, 조사·분석된 결과를 이용하여 수환경계획 수립과 장래수질 예측시 활용하였다.

□ 하천생태조사

식생의 구조와 상태는 그 지역의 자연생태 및 환경적 가치를 판단할 수 있는 중요 지표로서 사용되고 있다.

하천정비기본계획 수립시 하천환경의 보전과 평가를 위해 유역에 대한 생태현황의 문헌조사 후 하천 수역, 경계역, 하안역, 인접역에 대하여 하천수변에 대한 현장조사를 실시하였으며, 조사된 결과는 하천환경분야 평가의 기초자료로 활용될 수 있도록 하기 위하여 하천의 경관, 환경기초시설, 생태군락지, 동·식물현황 등을 조사하였다.

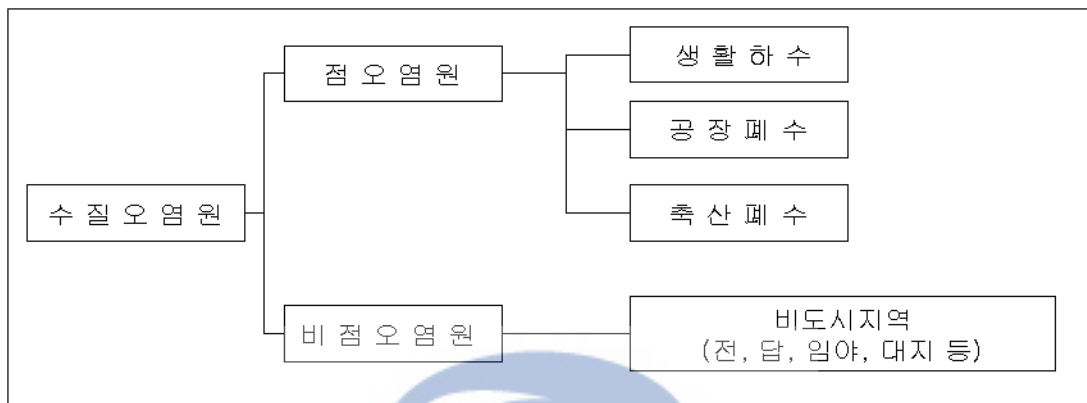
3.6.1 유역의 오염원 현황

가. 오염원 현황

수계에 오염물질을 유발하는 오염원은 점오염원과 비점오염원으로 크게 대별될 수 있다. 점오염원은 주로 가정하수와 공장 폐수, 축산 폐수로 구성되며 이들의 배출특성은 일정한 지점에서 일정한 양이 지속적으로 발생하고 하루중의 시간별로는 차이가

제3장 하천의 개황에 관한 사항

있으나 일평균적으로 볼 때 일간 배출량 변화는 강우시나 비강우시 변동폭이 적다. 이에 비해 비점오염원은 넓은 지역에 분포하는 오염물질로써 주로 강우시 지표면 유출수와 함께 배출되는 오염물질로서 농지에 살포된 비료 및 농약, 토양침식물, 축산 유출물, 교통오염물질, 도시지역의 먼지와 쓰레기, 자연 동식물의 잔여물등이 그 오염원이다. 특히 비점오염원은 지역과 시기에 따라 오염물의 배출양상이 다르고 인위적 조절이 어려운 기상조건, 지형, 지질등에 영향을 받는다.



<그림 3.6-1> 수질오염원의 분류

따라서 본 과업에서는 수질 오염원에 크게 영향을 미치는 점오염원으로 인구, 가축을 선정하였으며 비점오염원으로 토지 이용(전, 답, 임야, 대지, 기타 등)에 대한 지목을 구분하여 오염원에 대한 조사를 실시한 바 유역 내 오염원종별로 인구는 2,592명, 축산은 젓소 323마리, 한우 1,303마리, 돼지 9,146마리, 가금 197,450마리로 조사되었으며, 토지는 임야가 14.39km²로 전체유역면적 중 62.9%를 차지하고 있다.

<표 3.6-1>

오염원

구분	인구(인)		축산(마리)				토지(km ²)					비고
	시가	비시가	젓소	한우	돼지	가금	전	답	임야	대지	기타	
장성천	-	2,592	323	1,303	9,146	197,450	2.38	5.29	14.39	0.27	0.56	

자료] 홍성군 농림과, 홍성읍 및 금마면 사무소 (2002년 12월말 기준)

나. 오염부하량 선정

하천의 오염실태 또는 오염정도를 수질(BOD,SS 등)로 표현한다면 부하량은 각 오염원에서의 시간의 개념(1일당 발생된 오염물질량 등)으로 나타내는 것이기 때문에 하천 수질개선을 위한 감소량 산정이나 환경기초 시설계획 등에 중요한 기초자료로 활용된다.

조사된 대상하천에 대한 오염원 분포실태는 기존자료의 분석을 통하여 얻어진 오염

원별(인구, 축산, 산업, 양식장, 토지 등) 원단위를 고려하여 현재의 오염부하량을 산정하였으며 생활하수, 축산폐수, 및 토양 이용에 대한 오염원별 원 단위는 「오염 총량관리계획수립지침 1999. 환경부」 공장폐수 오염원별 원단위는 「폐수배출시설 표준 원단위 조사연구 I, II, III, 1997~1999, 국립환경연구원」에서 제시된 값을 적용하였다.

- 생활하수에 의한 오염부하량

$$\text{오염부하량} = \{\sum(\text{시가지 인구} \times \text{원단위}) + \sum(\text{비시가지 인구} \times \text{원단위})\}$$

- 축산폐수에 의한 오염부하량

$$\text{오염부하량 (분뇨를 포함하는 총 발생오염부하량)} = \text{발생원단위} \times \text{가축수}$$

- 토지이용에 의한 오염부하량

$$\text{오염부하량} = \sum(\text{지목별 토지이용면적} \times \text{원단위})$$

<표 3.6-2> 오염원별 오염부하량 원단위(BOD기준)

구 분		오염원별 오염 부하량 원 단 위			비 고
		BOD	T-N	T-P	
인 구 (g/인·일)	시 가	50	10.5	1.2	
	비 시 가	49	13.2	1.5	
축 산 (g/두·일)	젖 소	556	161.8	56.6	
	한 우	528	116.8	36.1	
	돼 지	109	27.7	12.2	
	가 금	5	1.1	0.4	
토 지 (kg/km ² ·일)	전 답	1.6	9.44	0.24	
		2.3	6.56	0.61	
	임 야	1.0	2.20	0.14	
	대 지	85.9	13.69	2.10	
	기 타	1.0	0.06	0.03	

자료] 「오염총량관리계획 수립지침 1999. 환경부」

<표 3.6-3> 오염원별 오염 부하량

하 천	오염원별	오염원별 오염부하량(kg/일)			비 고
		BOD	T-N	T-P	
장 성 천	인 구	127.01 (3.8%)	34.21 (3.9%)	3.89 (1.4%)	
	축 산	2,851.74 (85.0%)	674.99 (77.8%)	255.88 (92.0%)	
	공 장	321.11 (9.6%)	65.85 (7.6%)	12.00 (4.3%)	
	토 지	54.12 (1.6%)	92.56 (10.7%)	6.40 (2.3%)	
	계	3,353.97 (100%)	867.61 (100%)	278.16 (100%)	

제2장 하천의 개황에 관한 사항

상기<표 3.6-1>에 나타난 바와 같이 유역내 총 오염 발생부하량은 (BOD기준) 3,353.97kgBOD/day이며 축산에 의한 오염 발생 부하량이 2,851.74kgBOD/day로 85.0%를 차지하고 있다.

3.6.2 하천 오염도 현황

우리나라는 수역별, 항목별로 수질환경기준이 설정되어 있는데, 수역별로는 하천, 호소로 구분하고 항목별로는 생활환경기준인 수소이온농도지수(pH), 생물학적산소요구량(BOD), 화학적산소요구량(COD), 부유물질량(SS), 용존산소량(DO), 대장균군수(count of coliform group), 총질소 (T-N), 총인(T-P)등 8개 항목과 사람의 건강보호 기준인 카드뮴(Cd), 비소(As), 시안(CN), 수은(Hg), 유기인, 납(Pb), 6가크롬(CR+6), 폴리염화비페닐(PCB, polychlorinated biphenyl), 음이온계면활성제 (anionic surfatants) 등 9개 항목으로 구분하고 있다. 또한 5개 등급(I ~ V)으로 구분하여 각각 기준을 차등 설정하여 관리하고 있다. 이상에서 설명한 하천수질 환경기준은 <표 3.6-4>와 같다.

가. 수질 및 저질 조사

장성천 과업구간내 수질 및 저질현황을 파악하기 위하여 조사대상지점 3개소에 대하여 수질조사 2회, 저질조사 1회를 실시하였으며 조사대상지점 위치는 다음 <그림 3.6-2>와 같다.

건설교통부

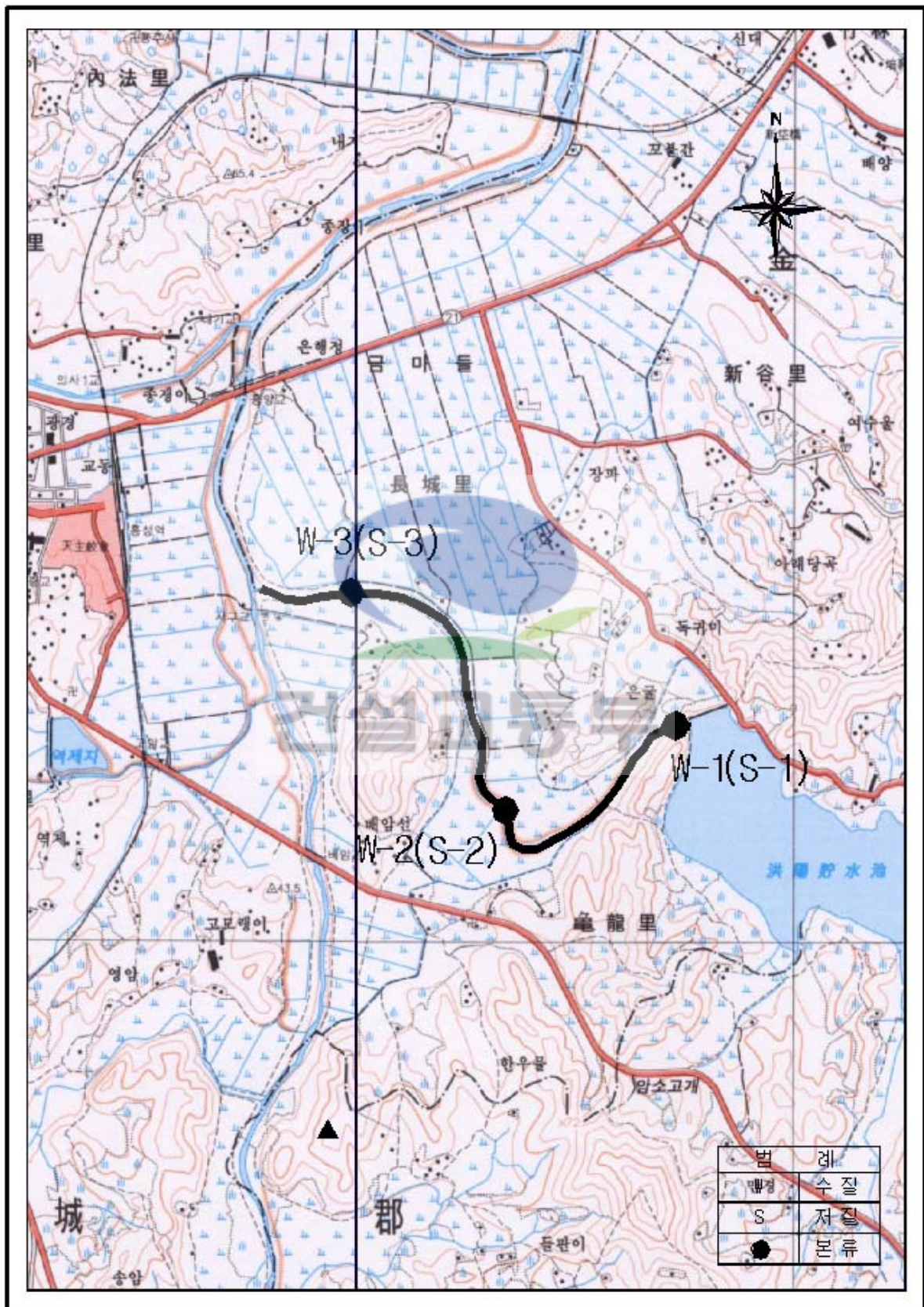
<표 3.6-4>

하천수질 환경기준

구 분	등 급	이용목적별 적용대상	기 준				
			수소이온 농도 지수 (pH)	생물학적 산소요구량 (BOD)(mg/ ℓ)	부유물질량 (SS)(mg/ ℓ)	용존산소량 (DO)(mg/ ℓ)	대장균군수 (MPN/100ml)
생 활 환경	I	상수원수 1급 자연환경보전	6.5~8.5	1이하	25이하	7.5이상	50이하
	II	상수원수 2급 수산용수 1급 수 영 용 수	6.5~8.5	3이하	25이하	5이상	1,000이하
	III	상수원수 3급 수산용수 2급 공업용수 1급	6.5~8.5	6이하	25이하	5이상	5,000이하
	IV	공업용수 2급 농 업 용 수	6.0~8.5	8이하	100이하	2이상	-
	V	공업용수 3급 생활환경보전	6.0~8.5	10이하	쓰레기등이 떠있지 아니할 것.	2이상	-
사 람 의 건 강 보 호	전 수 역	카드뮴(Cd) : 0.01mg/ ℓ 이하, 비소(As) : 0.05mg/ ℓ 이하, 시안(CN) : 검출되어서는 안됨, 수은(Hg) : 검출되어서는 안됨, 유기인 : 검출되어서는 안됨, 납(Pb) : 0.1mg/ ℓ 이하, 6가크롬(Cr-6) : 0.05mg/ ℓ 이하, 포리크로리네이트드 비페닐(PCB) : 검출되어서는 안됨, 음이온 계면활성제(ABS) : 0.5mg/ ℓ 이하					
비 고 :							
1. 상수원수 3급 : 전처리등을 거친 고도의 정수 처리후 사용 2. 공업용수 1급 : 침전등에의한 통상의 정수처 리후 사용 3. 공업용수 2급 : 약품처리등 고도의 정수처리 후 사용 4. 공업용수 3급 : 특수한 정수처리후 사용 5. 생활환경보전 : 국민의 일상생활에 불쾌감을 주지 아니할 정도 1. 수산용수 1급 : 빈부수성수역의 수산생물용 2. 수산용수 2급 : 중부수성수역의 수산생물용 3. 자연환경보전 : 자연경관 등의 환경보전 4. 상수원수 1급 : 여과등에 의한 간이정수처리후 사용 5. 상수원수 2급 : 침전여과 등에 의한 일반적 정수처리후 사용							

자료] “환경정책기본법” 제10조 2항의 규정에 의한 동법시행령 제2조의 별표

수질 및 저질조사지점 위치도



<그림 3.6-2> 수질 및 저질조사지점 위치도

1) 하천수질 분석

하천은 치수 및 이수기능 외에 환경기능이 매우 중요한 측면으로 평가되고 있으므로 하천의 유효한 이용을 위해서는 하천수질의 보전 및 개선이 불가결한 문제이다. 따라서, 본 계획대상 하천의 수질을 파악하기 위하여 <그림 3.6-2>와 같이 장성천의 주요 지점을 3개소 선정하여 2회에 걸쳐 수질분석을 실시하였다.

① 조사항목

조사항목은 pH, BOD, COD, DO, SS, T-P, T-N, 대장균수, Cr^{+6} , 수온, 유량 등을 포함하여 13개 항목을 선정하였다.

<표 3.6-5>

하천수질 측정항목 및 분석방법

측정항목	분 석 방 법	측 정 원 리
pH	직 접 측 정 법	pH는 수소이온농도를 그 역수의 상용대수로 나타낸 값을 말하며 보통 유리전극과 비교전극으로 된 pH Meter를 사용하는데 양전극간에 생성되는 기전력의 차를 이용하여 측정
수온	직 접 측 정 법 (유리제 수온막대온도계)	유리제 수온 막대온도계를 이용하여 측정하고자 하는 수중에 직접 담고 일정온도가 유지된 후 온도계의 눈금을 직접 읽음
DO	직 접 측 정 법 (극막전극법)	시료중의 용존산소가 격막을 통과하여 적극의 표면에서 산화, 환원반응을 일으키고 이때 산소의 농도에 비례하여 전류가 흐르게 되는데 이 전류량으로부터 용존산소량을 측정
BOD	20℃ 5일 배양법	시료를 20℃에서 5일간 저장하여 두었을 때 시료중의 호기성미생물의 증식과 호흡작용에 의하여 소비되는 용존산소의 양으로 측정
COD	산성 100℃ KMnO_4 법	시료를 황산산성으로하여 과망간산칼륨 일정과량을 넣고 30분간 수욕상에서 가열반응시킨 다음 소비된 과망간산칼륨량으로부터 이에 상당하는 산소의 양을 측정
SS	유리섬유여지법 (중 량 법)	미리 무게를 단 유리섬유여지(GF/C)를 여과기에 부착하여 일정량의 시료를 여과시킨 다음 항량으로 건조하여 무게를 달아 여과 전·후의 GF/C 여지의 무게차를 산출하여 부유물질의 양을 측정
T-P	흡 광 광 도 법 (아스코르빈산 환원법)	유기물을 산화 분해하여 모든 인 화합물을 인산염 형태로 변화시킨 다음 인산염을 아스코르빈산환원하여 880nm에서 흡광도 측정
T-N	흡 광 광 도 법 (자외선법)	질소화합물을 알칼리성 과황산칼륨의 존재하에 120℃에서 유기물과 함께 분해하여 질산이온으로 산화시킨 다음 220nm에서 흡광도 측정
Cr^{+6}	원자흡광광도계	전처리한 시료적당량을 취하여 원자흡광광도계의 파장 357.9nm에서 측정
Cd	원자흡광광도법	전처리한 시료 적당량을 취하여 원자흡광광도계의 파장 228.8nm에서 측정
Hg	디티존법	수은을 황산산성에서 디티존 상염화탄소로 일차 추출하고 브롬화칼륨 존재하에 황산산성에서 역추출하여 방해성분과 분리한 다음 알칼리성에서 디티존사염화 탄소로 수은을 추출하여 파장 490nm에서 측정
chl-a	분광광도 측정법	아세톤 용액으로 클로로필 색소를 추출하여 추출액의 흡광도를 663,645,630,750nm에서 측정하여 클로로필 -a량을 계산한다.
대장균군	최적확수 시험법	시료를 유당이 포함된 배지에 배양할 때 대장균군이 증식하면서 가스를 생성하는데 이때의 양성 시험관수를 확률적인 수치인 최적확수로 표시하는 방법

제2장 하천의 개황에 관한 사항

② 분석방법

수질분석을 위한 시료채취와 각 항목별 분석방법은 수질오염공정시험방법에 준하여 현장 및 실험실 분석을 실시하였으며 분석방법은 앞의 <표 3.6-5>의 내용과 같다.

③ 조사범위

○ 시간적 범위

수질조사는 계절별로 조사가 될 수 있도록 과업기간내 적절히 조사시기를 조절하였으며 시료채취는 2회에 걸쳐 실시하였으며 그 내용은 다음과 같다.

- 1차 : 2003년 9월 16일

- 2차 : 2003년 11월 14일

○ 공간적 범위

본 계획대상 하천인 장성천의 수질을 파악하기 위하여 <그림 3.6-2>와 같이 하천의 3개 지점을 선정하여 2회 측정하고 수질분석을 실시하였다.

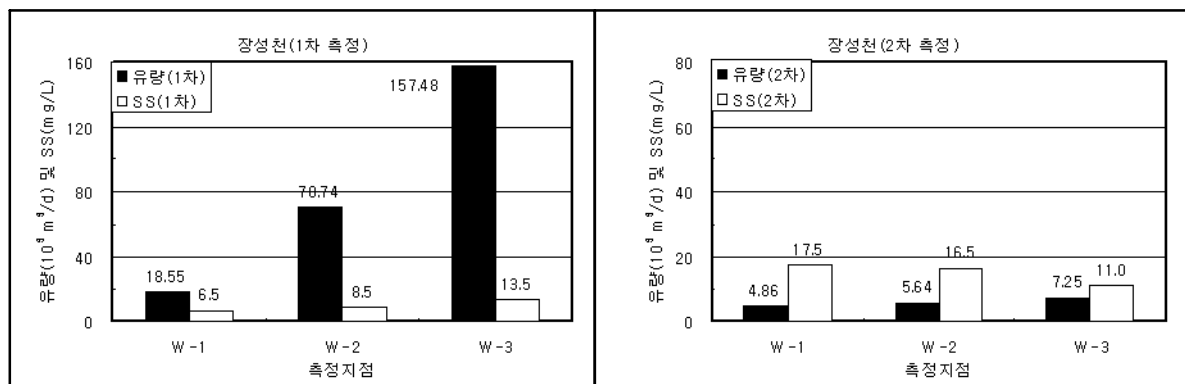
<표 3.6-6>

하천수질측정 위치

구 분	수 질 측 정 위 치	비 고
W - 1	홍성군 금마면 장성리 저수지 방수로 하류 (No.11+00)	
W - 2	홍성군 금마면 장성리 장성 1교 지점 (No. 6+16)	
W - 3	홍성군 홍성읍 구룡리 서구교 지점 (No. 1+14)	

○ 하천의 유량은 하류로 갈수록 증가하며 2차 측정시는 갈수기 기간으로 1차 측정보다 약 3.8~21.7배 감소하여 하천의 유량이 현저히 낮음을 보이고 있음.

○ 하천 유량의 증감에 따른 SS의 농도의 변화는 1차 측정시에는 증가하고 있으나 갈수기시인 2차 측정시에는 오히려 떨어지는 양상을 보이고 있음.



④ 수질분석 결과

본 장성천 수질측정 지점에 대한 수질분석을 실시한 후 하천수질 환경기준과 비교

분석한 결과 수소이온농도지수(pH)는 전 조사지점에 대하여 각각 7.1~8.0로 나타나 하천수질 I 등급 수준을 유지하고 있으며, DO또한 8.5~9.8mg/ℓ로 하천수질 I 등급 이내로 분석되었으며, BOD는 1.0~2.6mg/ℓ로 하천수질 II 등급을 보이고 있으나 SS는 6.5~17.5mg/ℓ, 대장균군수 2~17 MPN/100mℓ로 각각 하천수질 I 등급을 나타내고 있으며 유량은 0.056~1.823m³/sec로 측정되었다.

이상과 같이 검토한 조사지점별 항목별 수질분석 결과의 차이가 발생하는 것은 조사시기, 조사지점의 유량 등의 원인요소와 해당지점 인근의 생활하수 및 축산폐수의 유입으로 인한 영향으로 판단되며 조사지점별 항목별 하천수질 분석결과는 다음 <표 3.6-7>과 같다.

<표 3.6-7> 조사지점별 항목별 하천수질 측정결과

하천명	지점번호	회차	유량 (m³/sec)	수온 (℃)	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P	대장균군수 (MPN/ 100mℓ)
장성천	W-1 (본류)	1회	0.216	23.3	8.0	8.7	1.5	3.4	6.5	2.865	0.171	2
		2회	0.056	10.4	7.4	9.8	1.0	2.7	17.6	2.800	0.060	17
		평균	0.136	16.9	7.7	9.3	1.3	3.1	12.0	2.833	0.116	10
	W-2 (본류)	1회	0.819	23.4	7.3	8.5	2.2	4.8	8.5	3.970	0.263	7
		2회	0.065	9.6	7.1	9.1	1.3	2.9	16.5	1.869	0.043	6
		평균	0.442	16.5	7.2	8.8	1.8	3.9	12.5	2.920	0.153	7
	W-3 (본류)	1회	1.823	24.7	7.2	8.5	2.2	4.4	13.5	3.857	0.240	14
		2회	0.084	9.3	7.4	9.3	2.6	4.5	11.0	2.032	0.063	3
		평균	0.954	17.0	7.3	8.9	2.4	4.5	12.3	2.945	0.152	9

주] Cd, Cr+6, Hg, 클로로필-a 등은 불검출

2) 하천저질 분석

본 장성천의 저질현황을 파악하기 위하여 수질측정지점과 동일한 지점에서 저질을 채취하여 저질분석을 실시하였다.

① 조사항목

조사항목은 카드뮴(Cd), 납(Pb), 수은(Hg), 강열감량, 총 고형물(TS), 휘발성고형물(VS) 등 총 9개 항목을 선정하여 조사하였다.

제2장 하천의 개황에 관한 사항

<표 3.6-8>

하천저질 측정항목 및 분석방법

항목	측정기기	분석방법	측 정 원 리
T-N	흡광 광도계	환원증류- 킬달법 (합산법)	시료를 데발다 합금을 넣고 알칼리성으로 증류하여 시료중의 무기질소를 암모니아로 환원유출시키고 나머지 잔류 시료중의 유기질소를 킬달 분해한 다음 증류하여 암모니아를 유출시켜 각각의 암모니아 성질의 양을 구하고 이들을 합하여 총질소를 정량하는 방법
T-P	흡광 광도계	아스코르 빈산 환원법	전처리한 시료에 모리브덴산암모늄 아스코르 빈산 혼액을 넣어 발생된 용액을 파장 710 또는 880 nm에서 측정
COD	COD water -bath	알카리성 100℃에서 KMnO ₄ 법	시료를 알칼리성으로 하여 과망간산칼륨 일정량을 넣고 60분간 수욕상에서 가열반응시키고 요오드화칼륨 및 황산을 넣어 남아있는 과망간산칼륨에 의하여 유제된 요오드의 양으로부터 산소의 양을 측정
카드뮴 (Cd)	원자흡광 광도계	원자흡광 광도법	전처리한 시료적당량을 취하여 원자흡광광도계의 파장 228.8nm에서 측정
납 (Pb)	원자흡광 광도계	원자흡광 광도법	전처리한 시료적당량을 취하여 원자흡광광도계의 파장 283.3nm에서 측정
수은 (Hg)	흡광광도계	디티존법	수은을 황산산성에서 디티존사염화탄소로 일차 추출하고 브롬화칼륨 존재하에 환산산성에서 역추출하여 방해성분과 분리한 다음 알카리성 디티존 사염화탄소로 수은을 추출하여 파장 490nm에서 측정
강열감량	건조기, 사기도가니	건조중량법	시료적당량을 사기도가니에 넣고 600±25℃에서 질산암모늄용액을 가하여 전기로에서 강열한 후 방냉하여 도가니의 전,후 무게차를 이용하여 정량하는 방법
총고형물 (TS)	건조기, 사기도가니	건조중량법	시료적당량을 사기도가니에 넣고 105±5℃에서 1시간 건조시킨 뒤 황산데시케이터 안에서 방냉하여 도가니의 전, 후 무게타를 이용하여 정량
휘발성고 형물 (VS)	전기로, 사기도가니	건조중량법	시료적당량을 사기도가니에 넣고 600±25℃에서 질산암모늄용액을 가하여 전기로에서 강열한후 방냉하여 도가니의 전 후 무게차를 이용하여 정량하는 방법

② 분석방법

저질시료의 채취 및 분석은 토양오염공정시험방법에 준하여 실시하였으며, 일부 항목의 분석은 폐기물오염공정시험방법 및 수질오염공정시험방법에 준하여 분석을 실

시하였으며 분석방법은 앞의 <표 3.6-8>의 내용과 같다.

③ 조사범위

○ 시간적 범위

저질조사를 위한 시료채취는 3개 지점에 대하여 1회(2003년 9월 16일)에 걸쳐 실시하였으며 그 내용은 다음과 같다.

○ 공간적 범위

하천저질 조사범위는 수질측정지점과 동일한 지점에서 시료를 채취하였다.

④ 저질분석 결과

본 장성천 저질분석 지점에 대한 저질분석 결과, T-N은 1,102.9~2,950.3mg/kg, T-P는 0.001~0.003mg/kg, COD는 1,474.2~2,787.8mg/kg, Pb는 0.660~0.785mg/kg, 강열감량은 18.8~21.6% 총 고형물은 (TS)는 75.8~81.4%, 휘발성 고형물(VS)은 0.2~0.5% 조사 지점별 항목별 하천저질 분석결과는 다음 <표 3.6-9>와 같다.

<표 3.6-9> 조사지점별 항목별 하천저질 측정결과. (단위:mg/kg)

구 분	T-N	T-P	COD	Pb	Cd	강열감량 (%)	TS(%)	VS
S-1지점	2,950.3	0.001	2,787.8	0.705	0.130	24.8	75.8	0.5
S-2지점	2,020.5	0.003	1,474.2	0.660	0.055	18.8	81.4	0.2
S-3 점	1,102.9	0.001	1,976.3	0.785	0.075	21.6	78.6	0.2

주] Hg는 불검출

나. 혐오시설 및 수질사고 현황

1) 폐수배출시설 현황

홍성군에 등록 되어있는 환경 오염물질 배출 시설은 대기 80개소, 수질 108개소, 소음 및 진동 104개소의 사업장이 분포하는 것으로 조사되었다.

<표 3.6-10> 오염원 분포현황

구 분	계	종별 환경오염물질 배출시설					비 고
		1종	2종	3종	4종	5종	
대 기	80	-	4	2	11	63	
수 질	108	-	-	1	3	104	
소음 · 진동	104	-	-	-	-	-	

자료] 「홍성군 통계연보(2002. 홍성군)」

2) 수질사고현황

산업규모가 확대됨에 따라 유류, 유독물 등의 생산과 사용이 급증하면서 취급부주의와 수송차량 전복사고 등으로 오염물질이 하천에 유입되는 사고와 산업체 등에서 폐유, 폐유기용제 등이 다량 함유된 액상폐기물을 하천에 무단 방류하거나, 하수처리장 등 환경기초시설의 고장, 파손 및 운영요원의 부주의 등에 의하여 다량의 오폐수가 하천으로 유출되면서 수질오염사고가 발생하고 있다.

또한, 하천의 수온상승으로 인한 용존산소 부족과 초기 강우에 의한 하상퇴적물 뒤집힘 현상 등 자연현상에 의한 수환경 변화로 물고기 폐사 사고 등이 발생하고 있는 실정이다.

그러나 본 사업 구간인 장성천에서 발생한 수질오염 사고사례에 대하여 현지조사와 현지 주민의견 등을 통하여 살펴본 결과, 장성천 유역내에는 혐오시설이 없는 것으로 나타났으며 하천수질사고는 발생하지 않은 것으로 조사되었다.

3.6.3 하천의 수변환경 및 생태환경

가. 조사개요

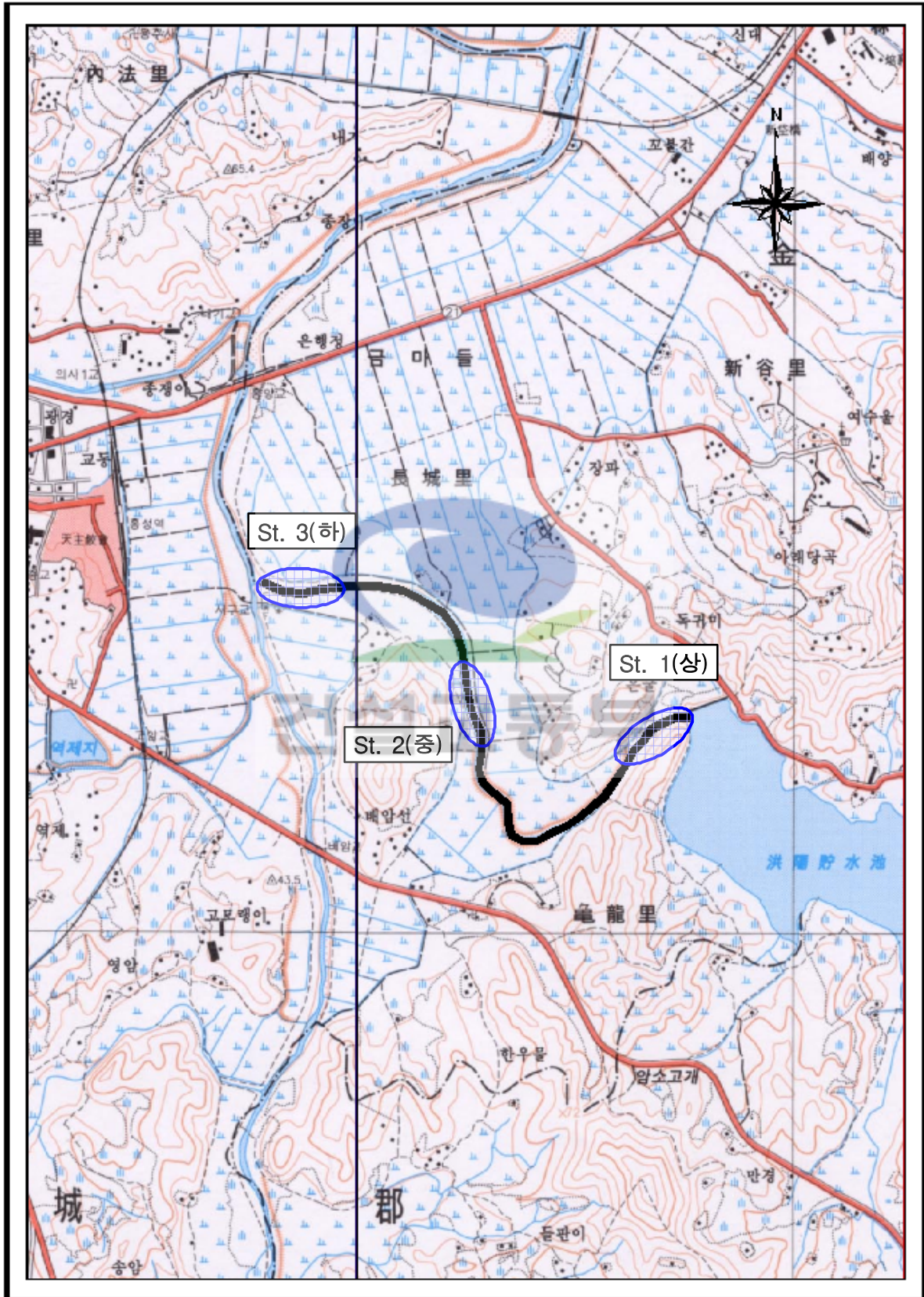
현지조사전 「제2차 전국자연환경조사(1997~2001), 환경부」 자료를 참고하고 홍성군 홍성읍 및 금마면 일원에 위치한 지방2급 하천인 장성천의 지역특성 및 하천특성 등을 고려하여 하천변의 식물상과 식생, 어류 및 저서성대형무척추동물, 조류 등을 대상으로 현지조사를 실시하였으며 조사일정, 조사지점 및 조사방법에 대하여 정리하면 다음 <표 3.6-11>과 같다.

<표 3.6-11>

동. 식물상 현지조사개요

항 목	조 사 내 용	
조사시기	· 2003. 9. 15 ~ 2003. 9. 17 (육수동 · 식물상) · 2002. 10. 8 ~ 2003. 10. 9 (육상동 · 식물상)	
조사지점	St. 1 ~ St. 3	구룡1낙차공 지점 ~ 장성1교 지점 ~ 서구교 지점
조사방법	하천식생	· 조사지점 반경 약 300m 이내의 지역을 도보로 이동하면서 수생 및 수변식물 및 하천 식생분포, 군락 단면도 등을 조사하고 A. engler (1964)의 분류체계에 분류
	저 서 무척추 동 물	· Surber net와 뜰채를 이용해 무작위로 채집한 후, 현장에서 10%의 formalin으로 고정시킨 후, 도감(윤, 1995)을 이용해 동정 분류
	어 류	· 투망(망폭 8×8mm), 족대(망목 3×3mm)를 이용해 채집한 후, 10% formalin으로 고정시킨 후, 검색표(김 1997)를 이용하여 동정 · 분류
	조 류	· 도로 및 농로 등을 따라 도보로 이동하면서 육안 및 쌍안경 등을 이용해 관찰한 종류와 울음소리를 들어 확인한 종의 전 개 체수를 기록.
결과정리	· 지점별 종 목록 작성 및 종 분포 현황 기술	

수변환경 및 생태환경 조사위치도



<그림 3.6-3> 수변환경 및 생태환경 조사위치도

나. 조사방법

1) 육상 동 식물상

① 식물상조사

식물상 조사는 현지조사시 관찰된 소산식물을 중심으로 기록하였으며, 얻어진 자료는 Engler(1964)의 분류체계에 따라 양치식물, 나자식물, 단자엽식물, 쌍자엽식물 순으로 배열하고 학명과 국명은 「대한식물도감」을 참고하였다.

② 생활형

식물체의 휴면아 위치에 따른 생활형의 구분이 가장 널리 적용되고 있는 Raunkiaer(1934) 방식에 따랐다. 식물상에 대한 생활형의 분석은 조사지역의 대기후적 환경요소와 밀접한 상관관계를 가지므로 조사지역이 하천의 끊임없는 서식환경 변화와 인간활동의 영향 등에 의해 나타나는 환경조건을 규명하기 위해 출현종의 생활형에 대한 분석을 실시하였다.

생활형은 지상식물(phanerophytes), 지표식물(chamaephytes), 반지중식물(hemicryptophytes), 지중식물(geophytes), 일년생식물(therophytes), 수생식물(hydrophytes)로 구분할 수 있는데 수생식물은 Sculthorpe(1967)의 방법에 따라 뿌리나 줄기의 일부가 물속에 있고 나머지 대부분은 수면위에 나와 있는 정수성 수생식물(emergent hydrophytes), 물 밑바닥에 뿌리나 지하경이 있고 가늘고 긴 잎자로 또는 줄기로 수면에 있을 띄우는 부엽성 수생식물(floating-leaved hydrophytes), 뿌리, 줄기, 잎 등 식물체 전체가 물속에서 생활하는 침수성 수생식물(submerged hydrophytes), 뿌리가 바닥에 고착되어 있지 않아 수면에 떠다니는 부엽성 수생식물(free-floating hydrophytes)로 세분하여 생활형을 조사하였다.

③ 귀화구분

조사지역에서 나타나는 식물의 귀화구분은 그 지역의 자연에 대한 고유성을 판단할 수 있으며, 그에 따른 생태계에 대한 교란정도를 간접적으로 판단할 수 있는데 일반적으로 귀화식물은 그 지역 고유의 자연환경이 파괴된 입지, 즉 고유식물이 생육하기 어려운 환경조건으로 변해버린 황폐지에 침투하여 번성하고 귀화식물이 흔하게 관찰된다는 것은 그 만큼 그 지역고유의 환경과 식생이 파괴되었음을 의미한다. 귀화구분에 따른 식생의 교란정도는 전체 식물상에 대한 귀화식물의 비율(귀화율=귀화종수/전체 출현종수)로서 간접적으로 정량화할 수 있다.

④ 식생조사

과업구간내의 각 조사지점에서 하천변 식생구조를 파악하기 위하여 2차적으로 발달한 식물 군락을 대상으로 식생조사시 가장 널리 사용되고 있는 Z-M method(Braun-blanquet, 1964)을 이용하였으며 주요 구간은 하천의 단면에 따라 군락이 어떤 양상으로 분포하는지를 군락단면도를 작성하여 식물의 서식지 입지환경을 분석하였다.

⑤ 조류조사

조류현장조사는 선조사법(line transect method)을 이용하여 대상사업지역 주변의 임야부, 경작지, 대상하천 인근을 따라 300m와 가시지역에서 육안 또는 쌍안경으로 종을 확인하였고 산림지역에서는 울음소리로 종을 추정하고 현지 확인중인 개체수를 기록하였다.

2) 육수 동물상

① 양서·파충류

양서류 및 파충류는 대상하천 제방변 잡초지 및 농경지 주변 웅덩이등을 도보로 이동하면서 성체를 관찰하였고 인근 주변들에 의한 탐문조사를 병행하였다.

② 어류

어류 채집은 족대(망목 3×3mm) 및 투망(망목 5×5mm, 8×8mm) 등의 채집 용구를 사용하는데 채집 이외의 방법으로는 직접 서식상태를 육안으로 관찰하거나, 인근 주민을 대상으로 청문 그리고 문헌조사 등을 통하여 종의 서식을 확인한다. 채집된 어류는 채집 즉시 현장에서 10% 중성 포르말린 용액으로 고정한 다음 실험실로 운반하여 분류하고 확인하였다.

③ 저서성 대형무척추동물

저서생물의 채집은 지점별로 Dredge와 Collector를 사용하여 채취한 후 지름 1mm 체를 이용하여 정량시료를 얻었고, Hand-net, Hard bottom scraper를 사용하여 얻어진 시료들을 정성시료로 사용하였다.

채집된 재료는 Kahle's 용액으로 고정하여 실험실에서 「한국동식물도감」(동물편-새우류, 동물편-연체동물 1, 2)에 준하여 해부현미경 ×40, ×80 또는 광학현미경 하에서 분류한 후 80% Alcohol에 고정하여 보관하였다.

저서생물의 많은 분류군을 차지하는 수서곤충은 유숙이 다른 3개소를 정하여 Surber식 정량 net(50×50cm, mesh size:500μm)로 채집한 후 90% alcohol로 현장에서 고정하였고, 실험실에서 「한국동식물도감(수서곤충편)」에 준하여 해부현미경

제2장 하천의 개황에 관한 사항

×40, ×80 하에서 동정분류를 한 후 Kahle's solution 또는 Glycerol-acetone에 영구 액침 표본하였으며, Kawai(1985), Yoon(1988)등을 참고로 분류, 확인 및 개체수를 계수하였다.

우점종은 개체수를 고려하여 2종씩 선정하였으며, 우점도 지수는 Naughton's dominance index(DI)에 의하여 산출하였다(McNaughton, 1967). 종 다양도는 Shannon-Wiener Function(H')(Shannon & Wiener, 1949)을 따랐으며, 균등도는 Pielou(1975)의 식에 의해 산정하였다.

다. 조사결과

1) 육상 동 식물상

① 식물상

본 장성천 주변지역내에서 관찰된 식물종군은 24과 51속 50종 9변종으로 총 59종이 조사되었다.

조사결과 나타난 식물상은 쇠뜨기, 메귀리, 줄, 미국개기장 바랭이, 물억새, 억새, 갈풀, 갈대, 방동사리, 머느리배꼽, 쭉, 민들레 등 총59종류가 조사되었으며, 특히 하상의 유수역에는 달뿌리풀 등의 벼과 식물과 고마리등의 습생식물, 환삼덩굴 같은 하원식물이 주로 분포하고 있다. 제방부를 중심으로 아카시아나무, 갯버들, 버드나무, 족제비 싸리 등의 목본류가 조사되었으며 출현종 중 소리쟁이, 메귀리, 다닥랭이, 토끼풀, 달맞이꽃, 개망초, 도꼬마리 등 13종의 귀화식물이 분포하고 특별히 보호를 요하는 식물상의 분포는 없는 것으로 조사되었다.

이상의 조사지역내 출현종 목록을 요약하여 정리하면 다음 <표 3.6-12>~ <표 3.6-13>의 내용과 같다.

<표 3.6-12>

조사지역내 관속식물 목록

분류군 항 목		과 (Family)	속 (Genus)	종 류				
				종 (Species)	변종 (Variety)	품종 (Forma)	아종 (Subs.)	총계
숙새아문강		1	1	1	-	-	-	1
피자식물강	쌍자엽식물	19	32	32	6	-	-	38
	단자엽식물	4	18	17	3	-	-	20
총 계		24	51	50	9	-	-	59

자료] 「홍성천외 3개 하천정비 기본계획 사전환경성검토서 2003.3 충청남도」

<표 3.6-13>

조사지점별 출현종 목록

하천명	출 현 종	비 고
장성천	쇠뜨기, 메귀리, 줄, 미국개기장, 바랭이 우산잔디, 물억개, 억새, 개피, 갈풀, 갈대, 달뿌리풀, 강아지풀, 돌피, 솔새, 부들, 팽이사초, 방동사니, 세모고랭이, 닭의장풀, 골풀, 청미래덩쿨, 버드나무, 갯버들, 환삼덩굴, 여뀌, 고마리, 소리쟁이, 머느리배꼽, 줄명아주, 명아주, 개비름, 쇠비름, 붕어마름, 애기똥풀, 다닥냉이, 황새냉이, 돌콩, 새콩, 족제비싸리, 아카시아, 자귀나무, 토끼풀, 마름, 여뀌바늘, 달맞이꽃, 미나리, 박주가리, 물닭개비, 들깨풀, 까마중, 쑥, 도깨비바늘, 미국가막사리, 망초, 개망초, 왕고들빼게, 민들레, 서양민들레	59종

<표 3.6-14>

조사지역의 귀화식물 목록

과명	학 명	국명	생활형
마디풀과	Rumex crispus L.	소리쟁이	H
벼과	Avena fatua L.	메귀리	Th
십자화과	Lepidium apetalum WILLD	다닥냉이	Th
	Thlaspi arvense L.	말냉이	Th
장미과	potentilla paradoxa NUTT	개소시랑개비	Th
콩과	Robinia pseudo- acacia L.	아카시나무	M
	Trifolium repens L.	토끼풀	Ch
바늘꽃과	Oenothera odorata JACQ.	달맞이꽃	H
국화과	Erigeron annuus (L.)PERS	개망초	Th
	Erigeron canadensis L.	망초	Th
	Bidens frondosa L.	미국가막사리	Th
	Xanthium strumarium L.	도꼬마리	Th
	Taraxacum officinale WEBER	서양민들레	H

주] Raumgiaer 생활형(M : 교목, N : 관목 G : 지중식물, Th : 일년생식물 H : 반지중식물, HH : 근생수생식물, CH : 지표식물)

제2장 하천의 개황에 관한 사항

② 조 류

장성천 일원의 분포조류는 아래의 <표 3.6-15>와 같이 총 10종 51개체로 관찰되었으며, 본 조사지역에 대한 현지조사시 확인된 조류는 멧비둘기(*Streptopelia orientalis orientalis*), 붉은머리오목눈이(*Paradoxornis webbiana fulvicauda*), 까치(*Pica pica sericea*), 참새(*Passer montanus dybowskii*) 순으로 우점하고 있으며, 기타 수조류로는 쇠백로(*Egretta garzetta garzetta*), 중대백로(*Egretta alba modesta*) 등의 백로류가 관찰되었다. 그 외 경작지 및 농촌마을 산림지역 등에 주로 서식하는 멧비둘기 (*Streptopelia orientalis orientalis*), 붉은머리오목눈이(*Paradoxornis webbiana fulvicauda*), 딱새(*Phoenicurus aureus aureus*), 참새(*Passer montanus dybowskii*), 까치(*Pica pica sericea*) 등이 관찰되었다.

<표 3.6-15>

장성천 지역의 조류 목록

학 명	국 명	조사지역 (장 성 천)	비 고
<i>Egretta alba modesta</i>	중대백로	5	
<i>Egretta garzetta garzetta</i>	쇠 백 로	1	
<i>Butorides striatus amurensis</i>	검은 땡기 해오라기	1	
<i>Moracilla cinerea robusta</i>	노랑할미새	1	
<i>Phasianus colchicus karpowi</i>	평	1	
<i>Streptopelia orientalis orientalis</i>	멧비둘기	13	
<i>Paradoxornis webbiana fulvicauda</i>	붉은머리오목눈이	12	
<i>Phoenicurus aureus aureus</i>	딱 새	1	
<i>Passer montanus dybowskii</i>	참 새	6	
<i>Pica pica sericea</i>	까 치	10	
총 종 수	-	10	
총 개체수	-	51	

2) 육수 동물상

① 양서, 파충류

장성천 일원의 분포하는 양서류 및 파충류는 <표3.6-16>과 같이 총 2종으로 조사 되었으며 장성천 지역의 양서, 파충류 목록은 다음과 같다.

<표 3.6-16>

조사지역의 양서, 파충류 목록

학 명	국 명	조사지역 (장 성 천)	비 고
<i>Rana nigromaculata</i>	참개구리	+	◎
<i>Hyla arborea japonica</i>	청개구리	+	◎
관찰 및 탐문된 종 수		2	

주] + : 5개체 이하, ++ : 5~20, +++ : 20개체 이상, ◎ : 탐문조사

② 저서동물 및 어류

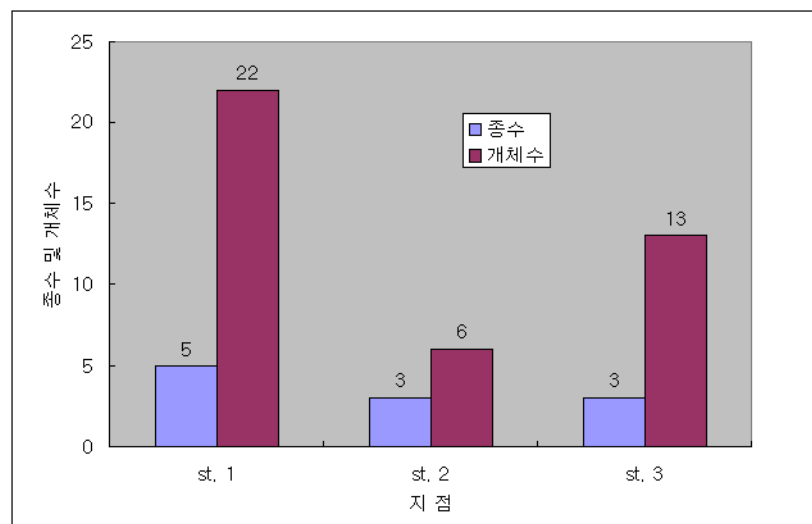
본 수역에서 채집된 저서동물 및 어류는 각각 9종 48개체, 8종 39개체가 조사, 확인되었으며 저서동물의 우점종으로는 깔다구류 및 실지렁이로 주로 중류에 걸쳐 분포하고 있으며 어류의 경우 조사 지점 1의 경우에는 비교적 수질이 양호한 환경에서 서식하는 버들치, 갈겨리 등의 어종이 조사되었고 지점 2,3에서는 어류가 다소 빈약하게 나타나고 있으며 버들치, 갈겨리 등은 출현하지 않은 것으로 판단할 때 상류에 비하여 수질이 다소 악화된 현상이라 사료된다. 대상하천의 상·하류부 및 지천의 조사에 있어 하천유역에 서식하는 출현종의 조사는 하천조사와 병행하였으며 조사된 종 중에서 환경부 보호종은 없는 것으로 나타났다.

조사지역의 저서동물 및 어류목록을 정리하면 다음 <표 3.6-17>과 같다.

<표 3.6-17>

장성천에 서식하는 저서동물 및 어류의 종조성

출 현 종		ST. 1(상)	St. 2(중)	St. 3(하)
저서동물	꼬마하루살이(<i>Baetis thermicus</i>)	1	2	2
	줄날도래(<i>Hydropsyche</i> sp.)	3		3
	꼬마줄날도래(<i>Cheumatopsyche breilineata</i>)		4	1
	갈다구(<i>Chironomidae</i>)		11	
	참거머리(<i>Hirudo nipponica</i>)	2	3	2
	거머리(<i>Hirudo</i> sp.)		1	
	실지렁이(<i>Limnodrilus socialis</i>)		6	2
	외돌이물달팽이(<i>Physa acuta</i>)	2		
	물달팽이(<i>Radix auricularia coreana</i>)	1		2
어 류	피라미(<i>Zacco platypus</i>)	12		2
	붕어(<i>Carassius carassius</i>)	1	2	
	참붕어(<i>Pseudorasbora parva</i>)	2		9
	버들치(<i>Rhynohocy oxycephalus</i>)	4		
	갈겨니(<i>Zacco remmincki</i>)	3		
	배가사리(<i>Microphysogobio longidorsalis</i>)		3	
	참물개(<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>)			2
	송사리(<i>Odontobutis platycephala</i>)		1	



<그림 3.6-4> 장성천에 서식하는 어류의 종수 및 개체수

③ 동·식물 플랑크톤

- 부착조류

장성천에 서식하는 부착조류는 18종이 출현하고 있는 것으로 조사되었으며, 이들 부착조류의 분류군별 출현빈도를 살펴보면 규조류가 13종으로 가장 많이 출현하였으며, 녹조류 4종, 남조류 1종의 순으로 나타났다. 우점종으로는 *Navicula cryptocephala*가 상류 및 하류 지점에서 나타났으며 *Navicula pupula*는 중류지점에서 우점하고 있는 것으로 조사되었다.

<표 3.6-18> 장성천에 서식하는 부착조류의 종조성

학명/정점	St. 1(상)	St. 2(중)	St. (하)
Family Oscillatoriaceae <i>Oscillatoria limosa</i>		*	*
Family Thalassiosiraceae <i>Cyclotella</i> sp. <i>Melosira varians</i> Agardh	*	*	*
Family Araphidinideae <i>Synedra acus</i> Kützing <i>Synedra ulna</i> Ehrenberg	*	*	*
Family Achnanthaceae <i>Achnanthes convergens</i> H. <i>Cymbella affinis</i> Kützing <i>Cymbella minuta</i> H. <i>Cymbella tumida</i> (Br.) <i>Navicula cryptocephala</i> Kützing <i>Navicula pupula</i> Kützing	*	*	*
Family Nitzschiaceae <i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow <i>Nitzschia palea</i> (K.) W. Smith <i>Nitzschia fonticola</i> Grunow	*	*	*

제2장 하천의 개황에 관한 사항

<표 3.6-18> 계속 장성천에 서식하는 부착조류의 종조성

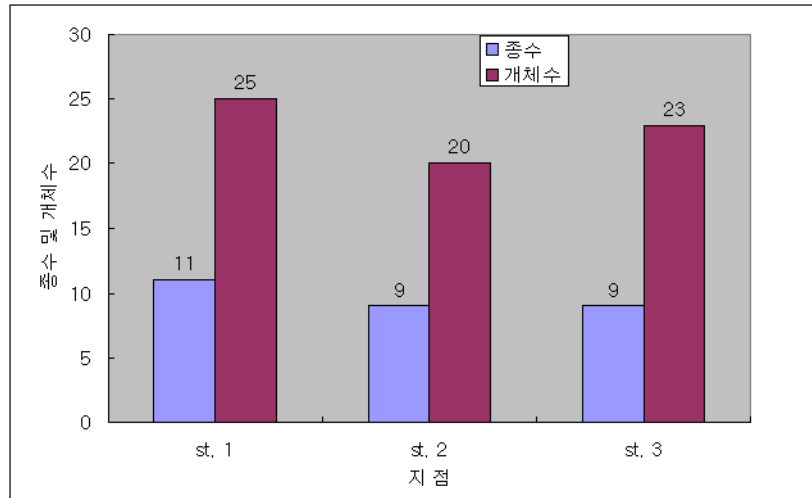
학명/정점	St. 1(상)	St. 2(중)	St. (하)
Family Coelastraceae <i>Coelastrum astroideum</i> De-Not.		*	*
Family Scenedesmaceae <i>Scenedesmus acutus</i> Meyen <i>Scenedesmus armatus</i> Chodat		*	*
Family Zygnemataceae <i>Spirogyra</i> sp.	*		

- 동물성 플랑크톤

장성천에 서식하는 동물성 플랑크톤은 14종 68개체/m²로 나타났으며 상류지역에서 11종 25개체/m²로 가장 많이 출현하였고 우점종으로는 *Cyclops* sp2.로 조사 되었다.

<표 3.6-18> 장성천에 서식하는 동물플랑크톤의 종조성

학명/정점	St.1(상)	St.2(중)	St.3(하)
Peridiniidae 과(科) <i>Peridinium</i> sp. <i>Ceratium hirundinella</i>	2 1	3 1	2 3
Euglenidae 연두벌레과(科) <i>Euglena acus</i> <i>Euglena</i> sp. <i>Trachelomonas</i> sp.	2 3	2 3	5 4
Philodidae 거머리꿀윤충과(科) <i>Philodina reseola</i>	2	3	
Trichocercidae 쥐꼬리윤충과(科) <i>Trichocerca</i> sp.	1		2
Brachionidae 방패윤충과(科) <i>Keratella cochlearis</i> var. <i>tecta</i> f. <i>micracantha</i>	2	1	
Euchlannidae 장삼윤충과(科) <i>Monostyla</i> sp.	2		
Testudinellidae 과(科) <i>Pompholyx complanata</i>	1		2
Bosminidae 코끼리물벼룩과(科) <i>Bosmina</i> sp.	3		1
Cyclopinae 칼날물벼룩아과(亞科) <i>Cyclops</i> sp1. <i>Cyclops</i> sp2.	4 3	2 4	1 3
Harpacticidae과(科) <i>Canthocamptus staphylinus</i>		1	



<그림 3.6-5> 장성천에 서식하는 동물성 플랑크톤의 종수 및 개체수



제 4장 하천의 종합적인 정비방향



4.1 하천의 종합적인 보전 및 이용에 관한 기본방향 설정

4.2 홍수처리 계획의 기본방향

4.3 유수의 합리적인 이용에 관한 기본방향

4.4 하천환경 관리에 관한 기본방향

4.5 바람직한 하천모습 설정

제 4 장 하천의 종합적인 정비방향

대상하천 유역의 수자원개발 및 이용과 하천유역의 기능 극대화와 역기능을 최소화함으로써 하천과 주변 시민의 생활이 자연스럽게 조화를 이룰 수 있도록 각종 관련계획의 기본방침 및 관련사항 설정과 그 내용에 따라 합리적이고 체계적인 하천유역 개발관리가 가능하도록 과업하천 유역에 대하여 종합적인 정비방향을 다음과 같이 설정하였다.

4.1 하천의 종합적인 보전 및 이용에 관한 기본방향 설정

가. 장성천의 장·단기적인 청사진 제시

- 단기적인 개발 목표가 아니라 유역 전체의 관점에서 궁극적으로 하천이 갖추어야 할 모습 설정
- 홍수를 안전하게 소통시켜 홍수로 인한 재해예방
- 지역주민의 의견을 수렴하여 지역주민이 바라는 하천상 수립

나. 다음 세대를 고려한 하천개발

- 장기적인 관점에서 바람직한 하천모습을 달성할 수 있도록 목표를 설정 및 지속적인 추진
- 하천은 현재의 우리와 다음세대도 함께 향유해야 할 소중한 자연자원이므로 현재 예측 불가능한 미래의 하천정비 방법에 대한 유보적이고 환충적인 계획 수립
- 다음 세대를 고려한 하천개발은 지속적인 개발(Sustainable Development) 개념과 상통

다. 치수 및 이수적 측면을 만족하는 환경정비

- 하천의 고유기능은 치수, 이수, 환경이라는 3대 기능을 갖고 있으므로 전체적으로 조화를 이루는 계획 수립
- 하천환경관리는 치수기능을 확보함과 동시에 장기적인 관점에서 하천환경을 보존하고 창조하는 계획이어야 함.

라. 관개용수의 안정적인 공급

- 하천 상류에 위치한 저수지로부터 관개기 관개용수 공급수로의 기능 수행

마. 장성천 고유의 자연적, 공간적 특성의 보존 및 향상

- 하천은 자연성이 풍부하고 수변 및 수중에는 다양한 생태계가 서식하는 곳으로 하천 그 자체로 자연성을 느끼는 공간이다.

제4장 하천의 종합적인 정비방향

- 과거의 하천정비 방법은 편리성, 비용, 안전성 등으로 인공적인 재료를 이용하여 정비하였으나 하천정비 공법을 자연적인 재료를 활용하여 정비함으로서 자연성을 더욱 풍부하게 하여야 한다.
- 물과 동 식물이 어울려 있는 생태계가 상·하류로 길게 연결된 공간적 개방성은 하천만의 특징으로 고유 특징을 살려 시설물을 설치한다.

바. 지역사회의 역사, 문화적 특성과 조화

- 하천은 지역의 발전과 밀접한 관계를 갖고 있으며, 문화에도 큰 영향을 미치므로 장성천이 지역사회역사, 문화적 측면과 조화를 이뤄 바람직한 기능을 할 수 있도록 정비하여야 한다.

사. 지역주민과 함께 하는 하천정비

- 지역주민의 의견을 수렴하여 주민이 바라는 하천상을 만들고 하천유지관리에 있어서도 시민 모두가 참여하여 좋은 하천 환경을 만들 수 있도록 유도하여야 함.
- 하천은 지역주민의 생활공간으로서의 역할을 수행하여야 하며 가능하다면 친수환경 조성으로 주민의 휴식공간으로 최대한 활용되어야 함.

아. 지속적인 연구와 정비 및 유지관리 수행

- 자연하천 환경은 다양한 분야의 여러 요소가 결합되어 있어 종합적인 이해와 하천 환경기능 제고를 위해서는 체계적인 연구와 자료 축적이 있어야 한다.
- 시설물의 유지관리 및 정비의 보완을 위해서는 하천관리자의 지속적인 관심과 투자가 있어야 한다.

<표 4.1-1>

체계적인 기본방향

기 본 방 향	세 부 사 항
1) 하도정비 ○ 치수적 측면 - 계획홍수 소동에 충분한 통수능력 제고 - 하도 개수후에도 안정 하도 유지 - 자연유로 특성에 맞는 하도정비 - 저수로부터 제방까지 자연성 천이를 고려한 단계적 정비를 실시하되 자연성 회복 및 경제성을 고려하여 저수로의 자연성 회복을 우선 ○ 이수적 측면 - 기득수리권 보장	- 하도정비시 홍수의 유실방지를 위한 충분한 크기의 사석 이용 - 자연형 하천복원 검토 - 자연성 회복을 고려 자연형 호안 검토 - 기존 취수보, 양수장의 고유기능을 저해하지 않은 계획
2) 생태, 환경정비 ○ 하천의 자연성 최대한 보전 ○ 자연 생태계를 배려한 하천시설물 설치(자연형 재료 활용)	○ 어류 및 조류서식처 확보 - 낙차공 부근 자연 생태계를 배려한 자연재활용
3) 유지관리 ○ 행정기관과 주민이 함께 참여하여 관리 ○ 환경기능을 향상시킬 수 있는 새로운 기법 도입 ○ 지속적인 시설보수 및 관리	○ 기본방향 설정 ○ 운영관리 계획 수립

4.2 홍수처리 계획의 기본방향

홍수피해를 최소화하고 방지하기 위한 방안으로는 상류에 홍수조절용댐 건설, 유로 변경 및 하천개수사업 등 여러 가지 방안이 있으나 인구증가와 더불어 지역개발이 지속적으로 이루어지고 있어 피해규모는 상대적으로 증가하고 있는 추세이다.

본 장성천 유역은 유역면적이 작고 유로연장이 짧아 유역특성상 홍수조절용 댐이나 유로변경 등의 계획을 통한 홍수조절은 경제성측면 등을 고려할 때 적절하지 못한 방법이며 하천개수사업을 통하여 홍수소통을 원활하게 하고 그로 인한 홍수피해를 예방하는 치수계획을 수립하는 것이 바람직할 것이다.

장성천에서의 장래 수자원개발 관련계획은 현재까지는 없는 것으로 조사되었으며 치수측면에서 볼 때 금회 조사구간 주변은 지형적인 여건상 큰 도시지역은 없으며, 불완전개수는 되어있으나 본 계획에서 수립된 개수계획에 의하여 홍수처리 계획을 완료하면 계획빈도 강우로 인한 홍수피해는 발생하지 않을 것으로 판단된다.

4.3 유수의 합리적인 이용에 관한 기본방향

장성천 유역은 과거 가뭄으로 인해 심각한 물 부족 현상이 일어나 피해를 입은적이 없었던 것으로 확인되어 이수계획은 수립하지 않았다.

장성천 유역의 용수공급계통을 살펴보면 다음과 같다.

1) 생활용수

2002년 기준으로 장성천 유역내에서 상수도에 의해 생활용수를 공급받는 지역은 없으며 수원은 지하수이고 기타 지역 역시 지하수를 수원으로 하는 간이급수시설 등에 의해 생활용수를 공급받고 있다. 수원은 유역내 지하수로 하천 및 지표수에 의한 생활용수 수급계획은 없다.

2) 공업용수

현재 장성천 유역내에는 1개의 제조업체가 있으나 가까운 장래에 공업단지나 농공단지 계획이 없는 것으로 조사되어 공업용수 사용 양상은 가까운 장래에는 변화가 없을 것으로 예측된다.

3) 농업용수

장성천 유역내에서의 농업용수공급은 홍양저수지 상류지역에서는 자체 시설 및 취입보 등으로 소규모 농경지의 농업용수를 공급하고 있고 홍양저수지 하류지역은 농업기반공사가 관리하여 운영되는 저수지 및 취입보에 의해 농업용수를 공급받고 있어 농업용수 수급에는 문제가 없는 것으로 조사되었다.

이상에서 알 수 있듯이 공업용수이용은 거의 없으며, 농업용수 또한 수급에는 문제가 없는 것으로 조사되어 향후 도시계획 등 지역개발여건이 조성되지 않는 한 용수수급에는 별 문제가 없을 것으로 판단된다. 과거 이 지역에 심각한 물 부족이 없었던 것은 생·공용수 이용량이 크지 않고 수원으로 하천수에 비해 상대적으로 공급이 안정적인 농업용 보 및 지하수 이용에 기인하는 것으로, 향후 도시계획 등 지역발전계획이 수립될 경우 지역개발과 관련하여 용수공급을 위한 기반조성이 이루어져야 할 것이다.

4.4 하천환경관리에 관한 기본방향

하천은 크게 치수 및 이수기능을 비롯하여 환경기능을 가지고 있다. 환경기능으로서의 하천환경은 넓은 의미로는 하천에 있어서 물과 공간으로 구성된 하천의 존재 그 자체의 모습으로 정의되며, 좁은 의미로는 하천에 있어서 자연보전, 친수 및 공간활용 등에 관한 정비 및 관리적 측면을 지적하여 일컫는 말이다.

하천환경은 이수 및 치수와 더불어 지역사회의 생활양식, 문화, 예술, 풍속, 신앙 등 인간생활사와 깊은 관계를 맺어 왔던 요소로서 일반적으로 관리적인 측면에서 크게 하천 수환경과 하천 공간환경으로 나눌 수 있다.

하천 수환경은 수량요소와 수질요소로 구성되며, 경제성장과 생활수준의 향상에 따른 수자원의 고도이용, 지구온난화에 따른 이상갈수, 하천수질의 악화 및 돌발수질사고 등에 대비한 안정적인 환경용수 확보와 수질개선을 필요로 한다. 수환경의 개선은 양호한 수변경관 및 친수공간의 보전과 창출에 기여할 뿐만 아니라 생태계의 보호 및 보전에 중요하다.

하천 공간환경은 open space로서 주민에게 평온한 휴식의 공간을 제공하고, 쾌적한 지역환경 형성에 중요한 역할을 하고 있다. 또한 도시하천에서는 재해차단대, 대피공간, 긴급수송로 등의 방재기능을 가지며 하천과 그 주변에 귀중한 자연환경을 가진다. 따라서, 하천공간은 경관, 활동, 방재, 자연환경 및 역사환경의 중요한 장이 되고 있다.

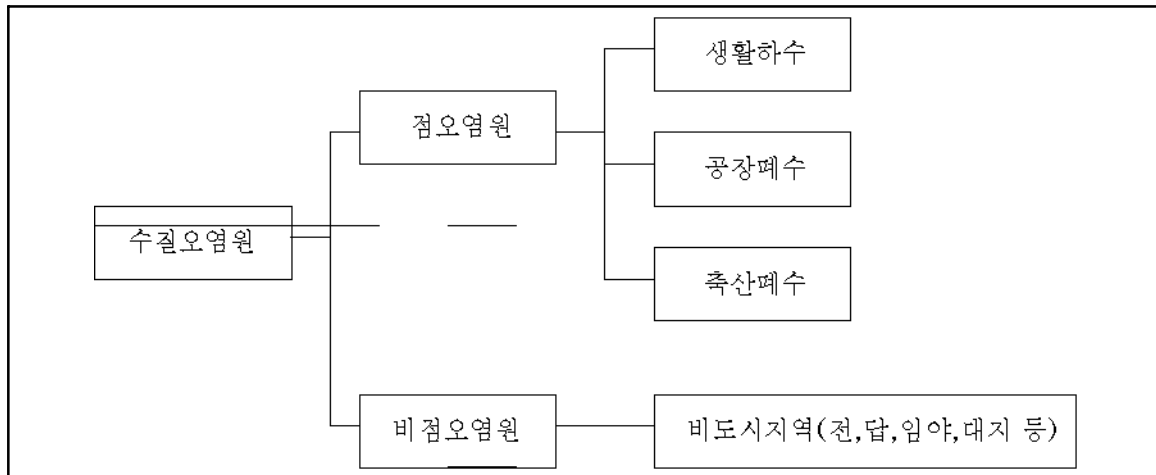
하천의 환경관리는 이러한 하천환경의 제반기능을 극대화시키고 그 역기능을 최대한 억제하기 위하여 하천 및 하천구역에 실시되는 조직적인 제반활동으로서 하천관리를 수행하는 요소 중에서 이수 및 치수관리와 더불어 필수 불가결한 일부분을 구성한다.

하천환경관리의 기본적인 방침으로는 하천의 3대 기능인 이수, 치수 및 하천환경기능이 조화를 이룰 수 있도록 하고, 하천을 이루는 수량, 수질 등 수환경과 하천공간환경에 대한 상호 동등하고 유기적인 정비관리가 필요하며, 장기적이고 광역적인 관점에서 지역여건을 고려한 하천공간의 적절한 보전 및 활용이 있어야 할 뿐만 아니라, 자연생태계의 보전, 어류 등의 보호에 중점을 두어 수행하되 본류와 지천, 하천상 하류간의 연속성을 확보하여 하천 생태계의 단절을 방지하도록 하여야 한다.

4.4.1 장래 수질예측

오염원은 점오염원과 비점오염원으로 분류되며 점오염원은 인구, 축산(한우, 젓소, 돼지, 가금, 기타), 산업(폐수배출업소)으로 분류되고, 비점오염원은 토지이용(저, 답, 임야, 대지, 기타) 등이다. 따라서 본 사업구간인 장성천 유역에 분포하는 오염원을 조사하기 위하여 오염원분류체계에 따라 점오염원인 인구, 축산, 산업(폐수배출업소)과 비점오염원인 토지이용에 따라 오염원을 조사대상으로 선정하였다.

제4장 하천의 종합적인 정비방향



<그림 4.4-1> 수질오염원의 분류

가. 오염원 현황 및 장래추이

1) 생활하수 발생량

가) 인구 추정

장성천 유역의 장래인구는 「홍성군 수도정비 기본계획 2002. 홍성군」의 장래 인구 추정결과의 증감비율을 유역내에 적용하여 오염부하량 및 오수량 산정의 기초자료로 활용하였으며 이에대한 세부내용은 부록에 수록하였다.

장성천 유역의 계획빈도별 인구추정 결과는 다음과 같다.

<표 4.4-1> 계획연도별 인구현황 및 추이분석 (단위 : 명)

구 분	2002년	2006년	2011년	2016년	비 고
홍동면,금마면	9,853	9,050	8,200	8,223	
장성천 유역	2,592	2,362	2,118	2,123	

자료] 「홍성군 수도정비 기본계획 2002. 홍성군」

나) 생활하수에 의한 오염물질 발생량 추정

인구에 의한 발생원단위는 「오염총량관리계획 수립지침(환경부고시 1999-143 호) 1999. 환경부」에 제시된 원단위를 적용하였다.

<표 4.4-2> 인구에 의한 발생원단위

구 분		BOD	T-N	T-P	비 고
인 구 (g/인·일)	시 가	50	10.5	1.2	
	비 시 가	49	13.2	1.5	

<표 4.4-3>

인구에 의한 발생부하량

(단위 : kg/일)

구 분	2002년	2006년	2011년	2016년	비 고
인 구(인)	2,592	2,362	2,118	2,123	
BOD	127.01	115.74	103.78	104.03	
T-N	34.21	31.18	27.96	28.02	
T-P	3.89	3.54	3.18	3.18	

2) 축산폐수 발생량

가) 가축사육 추이

축사에서 발생하는 폐수는 발생량에 비해 유기물부하량이 높기 때문에 처리가 불충분한 상태로 하천에 방류되면 수역의 부영양화 등을 초래할 수 있다. 따라서 홍서천 유역에서의 축산폐수 발생량을 추정하기 위하여 가축사육에 대한 추이는 「농업전망 2000」에서 제시한 축종별 연평균 증가율을 고려하여 장래 가축사육 두수를 추정하였다.

<표 4.4-4>

가축현황 및 추이

(단위 : 마리)

구 분	한 우	젖 소	돼 지	닭	비 고
2002년	1,303	323	9,146	197,450	
2006년	1,392	331	9,560	202,426	
2011년	1,541	344	10,251	210,719	
2016년	1,689	357	10,941	219,012	

나) 축산폐수에 따른 오염물질 발생량 추정

오염부하량 발생량은 「오염총량 관리계획 수립지침(환경부고시 1999-143호) 1999. 환경부」에 제시된 원단위를 적용하여 산출하였다.

<표 4.4-5>

축산폐수 발생 원단위

구 분		젖 소	한 우	돼 지	가 금
축 산 (g/두·일)	BOD	556	528	109	5
	T-N	161.8	116.8	27.7	1.1
	T-P	56.6	36.1	12.2	0.4

제4장 하천의 종합적인 정비방향

<표 4.4-6>

가축에 의한 발생 부하량

(단위 : kg/일)

구 분	2002년	2006년	2011년	2016년	비 고
BOD	2,851.74	2,973.25	3,175.78	3,378.30	
T-N	674.99	703.64	751.38	799.12	
T-P	255.88	266.59	284.45	302.30	

3) 공장폐수

가) 공장현황

장성천 유역의 공장현황은 행정기관의 자료를 바탕으로 현지조사에 의해 보완하여 파악하였으며 장성천 유역내에는 홍양지구내에 1개소 업체가 있는 것으로 조사되었으며, 장래 공업단지나 농공단지등의 계획이 없는 것으로 조사되어 향후에도 수질에 있어서 공장폐수에 의한 영향은 크지 않을것으로 예측된다.

<표 4.4-7>

업종별 공장현황

하 천 명	지 구 명	업 종	업 체 수	용수수요량(m³/일)
장 성 천	홍 양	섬유제품	1	902
	계		1	902

나) 공장폐수 발생량 추정

공장폐수 발생량 추정은 유사업종별 공장부지면적에 「수자원장기종합계획 2001. 건교부」의 업종별 공장부지 면적당 원단위를 적용하여 5.4.1항에서 추정한 공업용수 수요량에 「폐수배출시설 표준원단위 조사연구(Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ) 1997~1999. 국립환경연구원」의 원단위자료를 적용하여 오염물질 발생량을 추정하였다.

<표 4.4-8>

폐수배출에 의한 발생원단위

표 준 산 업 분 류	발생 원단위 (mg/ℓ)			표준산업 분류코드
	BOD	T-N	T-P	
곡물 가공시설	560	32.5	6.6	1512
동물사료 제조시설	560	32.5	6.6	1531
국수 및 유사식품 제조시설	2,050	99.7	17.2	1544
두부 및 유사식품 제조시설	730	40.2	7.8	15494
소주, 탁주, 청주, 과일주 제조시설	407	25.6	5.6	1551
석제품 제조시설	80	-	-	2696
달리 분류되지 않은 비철금속 제련	10	-	1.2	27219
기타 섬유제품 제조 가공시설	356	73.0	13.2	1720

자료] 「폐수배출시설 표준원단위 조사연구(Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ) 1997~1999. 국립환경연구원」

<표 4.4-9> 공장폐수배출에 의한 발생부하량 (단위 : kg/일)

구 분	2002년	2006년	2011년	2016년
BOD	321.11	321.11	321.11	321.11
T-N	65.85	65.85	65.85	65.85
T-P	12.00	12.00	12.00	12.00

4) 비점오염원 추정

가) 토지이용현황 및 장래 추이

토지이용변화는 인구변화에 따른 국가의 정책 및 경제적·사회적 여건 등에 따라 변화하므로 장래 그 이용을 정확하게 예측하기는 매우 어렵기 때문에 최근 5년간의 홍성군 통계연보상의 토지이용 변화에 따른 증감율을 적용하였으며 이에 대한 상세내용은 부록에 수록하였다.

<표 4.4-10> 토지이용 현황 및 추이 (단위 : km²)

구 분	전	답	임 야	대 지	기 타	비 고
2002년	2.38	5.29	14.39	0.27	0.56	
2006년	2.33	5.23	14.31	0.28	0.59	
2011년	2.25	5.13	14.17	0.29	0.64	
2016년	2.16	5.04	14.03	0.31	0.70	

나) 토지이용에 따른 오염물질 발생량 추정

오염부하량 발생량은 「오염총량 관리계획 수립지침(환경부고시 99-143호) 1999. 환경부」에 제시된 원단위를 적용하여 산출하였다.

<표 4.4-11> 토지이용에 의한 오염부하량 원단위

구 분		전	답	임 야	대 지	기 타
토지이용 (kg/km²일)	BOD	1.6	2.3	1.0	85.9	1.0
	T-N	9.4	6.6	2.2	13.7	0.1
	T-P	0.2	0.6	0.1	2.1	0.0

제4장 하천의 종합적인 정비방향

<표 4.4-12>

토지이용에 의한 발생 부하량

(단위 : kg/일)

구 분	2002년	2006년	2011년	2016년
BOD	54.12	54.61	55.43	56.25
T-N	92.56	91.64	90.12	88.59
T-P	6.40	6.36	6.29	6.22

5) 오염물질 발생량

대상하천에서의 유역내에서 발생하는 오염물질을 상기에서 예측한 각각의 증감요인을 고려하여 <표 4.4-13>과 같이 오염원별 발생량을 추정하였다.

<표 4.4-13>

오염원별 오염물질 발생량

구 분	홍 성 천 (kg/일)			비 고
	BOD	T-N	T-P	
2002년	3,357.97	867.61	278.16	
2006년	3,464.71	892.30	288.49	
2011년	3,656.10	935.30	305.91	
2016년	3,859.69	981.58	323.71	

나. 오염물질 배출량 추정

오염물질 발생량은 유역내 오염원을 조사하여 발생원단위를 적용하여 산정한 값이고 오염물질 배출량은 발생하는 오염물질이 배출경로에 따라 저감시설 등을 거치면서 오염농도를 줄여 실제 유역내로 유입되는 양을 말하는 것으로 배출량산정을 위하여 유역내 실측조사자료와 「환경부고시 1993-143호의 오염총량 관리계획 수립지침 1999. 환경부」에서 제시한 오염원별 배출부하량 산정공식을 적용하였으며 오염물질 발생량 및 오염물질 배출량에 대한 상세한 내용은 부록에 수록하였다.

장성천의 경우 전체유역면적 22.89km²중 임야가 14.39km²로 62.9%를 차지하고 있는 농경지하천으로 앞서 언급한 바와같이 장성천 유역내에는 개발계획이 수립되어 있지 않아 장래에도 오염물질을 유발하는 오염원에 큰 변동이 없을 것으로 향후 오염물질 배출량에는 큰 변화가 없을것으로 예측 되었다.

<표 4.4-14>

오염물질 배출량

구 분	장 성 천 (kg/일)			비 고
	BOD	T-N	T-P	
2002년	197.16	122.38	14.63	
2006년	190.93	120.30	14.42	
2011년	185.07	118.34	14.26	
2016년	187.27	119.09	14.41	

다. 수질변화 예측

장성천에 대하여 오염기여율을 산정한 결과 BOD 2.63%, 총 질소 5.20%, 총 인 2.24%로 예측되었다. 예측결과로 볼 때 총 질소의 기여율이 높게 나타났으며, 이는 축산계수에 의한 영향이 크기 때문인 것으로 판단된다.

그러나 향후 유역내 유입오염부하량 증가에 따른 발생오염물질의 삭감계획을 수립·시행하여야 할 것으로 판단된다.

<표 4.4-15>

오염부하량 및 오염기여율 예측

구 분	유입 오염 부하량 (kg/일)			현재의 하천 부하량 (kg/일)			오염 기여율 (%)		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
장 성 천	197.16	122.38	14.63	5.18	6.36	0.33	2.63	5.20	2.24

주] 오염기여율 산정지점 : W-3지점

라. 수질관리대책

장성천 유역의 지속적으로 수질을 보호하기 위한 대책으로는 오염발생원 처리 대책, 주변의 환경정비, 수질의 상시측정 및 감시대책 등이 있다.

① 유역내 오염발생원 관리 대책

본 사업대상 하천의 오염원은 비점오염원인 하천주변의 토양 및 주변지역 부락의 오수유출로 인한 오염원으로 각각의 주변지역에 대한 지리학적인 자료와 오염부하량을 고려하여 소규모의 오수처리시설 등을 계획하여 하천으로의 유입을 차단해야 한다.

이를 위해서는 이 지역에 대해 환경기초시설 설치계획을 수립하여 하천의 오염을 예방하여야 하나 본 사업대상 하천유역에는 하수처리 시설이 미비하여 하수처리가 안되는 실정으로 사업대상 하천의 해당 자치단체 및 중앙정부에서 적극적으로 검토하여 향후 본 사업대상 하천 및 삼교천수계의 수질 및 수자원을 보호하여

야 할 것이다.

② 비점오염원 관리대책

사업대상 하천인 장성천 비점오염원의 유입으로 인한 수질악화를 초래할 수 있으므로 비점오염을 관리하기 위한 계획을 수립 시행하여야 할 것이다.

비점오염원 관리요령은 아래와 같다.

- 강우시 비점오염물질화 되는 오염물질의 발생을 줄이기 위하여 나대지에 식생 조성, 오수발생량 저감, 환경친화적 경작실시, 축산분뇨·축사관리 철저, 사업장의 원료·생산품 보관 철저 및 건설공사장의 철저한 관리 등의 노력을 기울여야 한다.
- 거리·도로, 하천바닥, 지붕, 주차장, 광장 등 지표면상의 오염물질은 주기적-특히, 강우전 및 겨울철에 내린 눈이 녹기전-으로 제거하여 비점오염물질로 유출되지 않도록 한다.
- 강우유출수의 하천 직접 유입은 지표면상의 오염물질을 바로 하천에 유입시키게 하므로 강우-특히, 초기강우(10mm)-를 저류하거나 지하로 침투하도록 한다. 강우유출수의 하천 직접 유입 억제는 홍수예방, 소하천의 건천화 방지 차원에서도 중요하다.
- 강우유출수의 하천유입부 등에 저류시설, 침투시설 등 적절한 비점오염물질 저감시설을 설치하여 초기 강우유출수내의 오염물질을 제거한다.

③ 기타 관리대책

현재 장성천의 목표수질은 삼교천 목표수질을 적용할 경우 “수역별 환경기준 적용등급 및 달성기준”은 II등급을 적용하고 있으며 수질조사결과 II등급의 수질 현황을 보이고 있다.

유역내 오염배출에 대한 사전예방을 위해 장성천은 물론 삼교천수계에 대한 철저한 수질관리를 하여야하며 지속적인 수질개선을 위해서는 다음과 같은 오염물질 발생량의 삭감계획이 필요하다.

- 재래식 화장실의 개선, 단독정화조 및 오수처리시설의 관리
- 장래 하수처리장의 설치
- 하천내 정화시설 공법 도입

4.4.2 수환경

수환경 개선 및 보전을 위해서는 깨끗한 수량과 수질을 목표한 대로 확보할 수 있어야 하며 하천의 정상적인 기능을 유지할 수 있는 수량의 확보는 물론 오염된 하천 수질을 개선하기 위해 장기적으로 수계 전체를 일괄하여 개선할 수 있도록 추진하여

야 한다.

가. 목표수질

효과적인 하천 수환경관리를 위해서는 하천유량과 수질의 관리목표를 설정하여 지속적이고 항구적인 수환경 개선방향을 수립하여야 한다. 장성천 유역은 자체의 관리목표치가 설정되어 있지 않지만 장성천이 유입되는 삼교천의 관리목표치가 있으므로 지류하천으로서 본류의 수질관리 목표치 달성 및 유지를 위한 지류자체의 수질관리가 필요하다.

① 수질의 관리목표

하천은 갈수시의 유량확보와 더불어 수질오염을 방지하며 하천의 정상적인 기능을 유지할 수 있는 적정한 하천유량이 필요하다. 장성천의 경우 수질관리목표가 설정되어 있지 않아 본류인 삼교천의 목표수질을 감안하여 수질관리를 하여야 한다.

수질의 관리목표는 “환경통계연감”(환경부,1996)의 하천의 수질목표 적용등급과 하천수 수질환경기준 적용등급을 기준으로 설정하였으며 그 내용은 다음 <표 4.4-16>와 같다. 또한, 하천의 이용시 요구되는 수질기준은 다음 <표 4.4-17>, <표 4.4-18>과 같다.

<표 4.4-16>

수질목표 적용등급

수 계	수 역 명	수 역 구 간	적용등급
삼 교 천	삼교천본류 I	발원지 ~ 무한천 합류점전	II

자료] 환경통계연감(환경부,1996)

② 생태계측면 목표수질

육수 생태계 보전을 위한 요구수질은 피라미가 서식할 수 있을 정도의 수질을 유지하여야 하며, 이를 위한 수질은, BOD기준 5mg/ℓ 이하의 수질로써 하천수질 환경기준 III등급 정도의 수질 확보가 요구되며, 현재의 수질이 II등급이므로 양호한 수질 및 우수한 생태적 수질이 지속될 수 있도록 하여야 한다.

<표 4.4-17>

수질등급별 특성과 지표어종

구 분	I 등급	II 등급	III 등급	IV 등급
BOD	1 ppm	3 ppm	6 ppm	8 ppm
물의 색깔	수정같이 맑다	비교적 맑다	황갈색	먹 물
물의 냄새	없 다	없 다	없 다	고약한 냄새
지표 어종	버들치 등	피라미	붕어, 메기 등	실지렁이 물고기는 없다.

자료] 하천환경관리기법의 비교연구, 1991

제4장 하천의 종합적인 정비방향

하천공간의 수생동·식물은 수질정화 및 수변경관측면에서 중요하며 특히 조류, 어류의 생식환경 조성과 관련하여 수생동·식물과 수질오염의 관계를 정립하였다.

추수식물은 DO 7.4~11.6mg/ℓ, BOD 0.7~3.6mg/ℓ, COD 1.6~9.3mg/ℓ의 수질범위에서 생식하며, 수생식물과 수질의 관계에 있어 곤충류, 갑각류, 패류, 수서곤충류, 어류 등이 다양하게 존재하는 DO 5ppm, BOD 5ppm 정도가 적합하며, 이는 수질 환경기준 2등급을 만족해야 한다.

<표 4.4-18> 유기물질에 따른 수생동·식물과 수질오염의 정도

구 분	부패수성	β 중 폐수성	α 중 폐수성	강 폐수성
DO	10 ppm	5 ppm	2 ppm	2 ppm
BOD	3 ppm	5 ppm	8 ppm	10 ppm
황화수소	없 다	없 다	냄새가 나지 않음	강렬한 냄새
물의 색깔	100/cc	10만 이하/cc	10만 이상/cc	100만 이상/cc
물의 냄새	· 수초 빈약 · 부착미생물 다양	· 수초, 부착조류 등 다양	· 수초, 부착조류 대량발생	· 수초는 없고 부착조류 출현
지표 어종	· 어류, 곤충 등 다양	· 어류, 곤충 갑각류, 패류 다양	· 갑각류, 패류 곤충, 잉어, 붕어 메기, 미꾸라지 등	· 실지렁이 · 소수의 곤충 등 빈약

자료] 하천환경관리기법의 비교연구, 1991

③ 경관측면 목표수질

경관측면에서 본 목표수질은 다음과 같으며, 이는 하천수질 환경기준과 비교하면 Ⅲ등급 정도의 수질확보가 필요하다.

<표 4.4-19> 경관측면의 목표수질

구 분	SS	투시도	BOD	증발잔유물	색 도	탁 도
수 질	25mg/ℓ 이하	20cm 이상	5mg/ℓ 이하	200mg/ℓ		
물의 색	20mg/ℓ 이하	20cm 이상	5mg/ℓ 이하		25도이하	10도이하
물의냄새	25mg/ℓ 이하		6mg/ℓ 이하			20도이하

④ 친수환경측면 목표수질

수환경 관점에서 본 하천의 이미지에 대한 수질을 보면 산책, 관찰, 물놀이 등을 고려한 하천환경정비 차원에서 요구되는 수질기준을 세부적으로 표현한 결과는 다음과 같다.

<표 4.4-20>

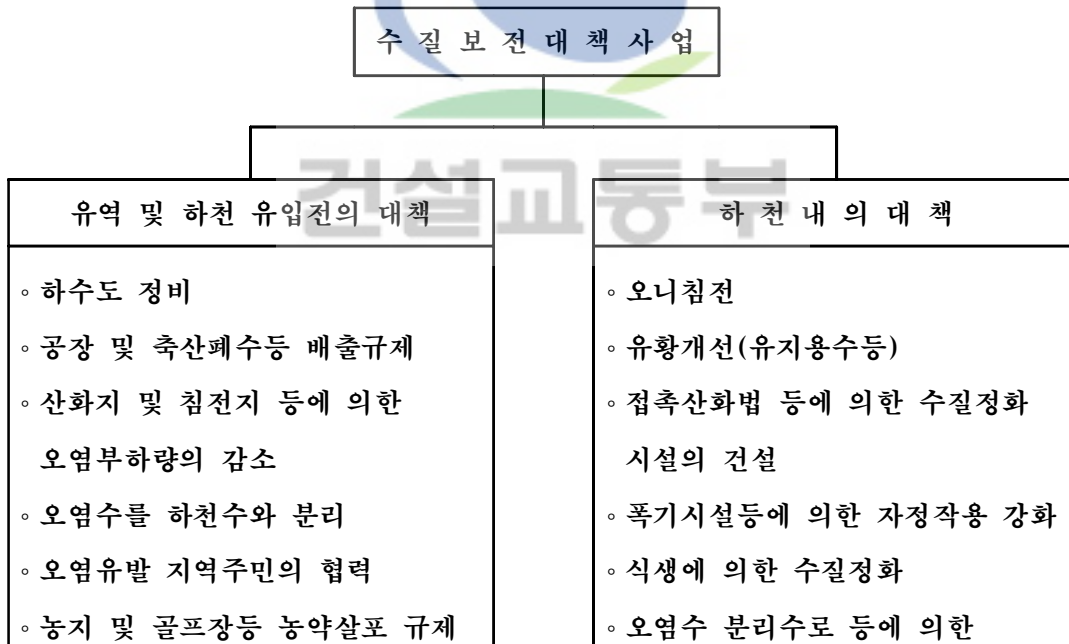
친수환경 측면 목표수질

기능내용	기본조건	이용형태별 수질 (BOD 기준)	비고
1. 물의 존재에 의한 안락감 (즐거움)	불쾌감을 주지 않는 것	물놀이, 산책 : 5mg/ℓ 이하 곤충감상 : 2mg/ℓ 이하 강변놀이, 관찰 : 10mg/ℓ 이하	
2. 물과 접촉하여 즐긴다. (물놀이, 강놀이)	비불쾌감, 생물학적 안전성		
3. 물에 들어가 즐긴다. (수영, 수중 Recreation)	(2)의 높은 수준의 상태		
4. 수생생물을 즐긴다. (납시, 채취)	(3)의 조건과 친수성 생태계		

주] 국제 수환경 기술개발 심포지움 (1992, 한국수도연구소)

나. 하천수질 개선방안

유역내 유입되는 오·폐수에 대한 배출기준의 강화, 환경기초시설의 신·증설, 토양오염방지과 하수도 정비 등을 하천 유입전 대책과 하천의 수리적 특성과 물리적 특성을 이용한 정화, 화학적 물질을 투입한 정화, 그리고 생물의 생리특성을 이용한 생물학적 정화법인 하천내의 대책으로 구분할 수 있다.



<그림 4.4-2> 하천수질보전대책

① 유역 및 하천 유입전의 대책

본 대책은 유역내에서의 오염부하량의 배출억제 및 발생한 하수의 하천직접 유입을 차단함으로써 하천 수질을 보전하고자 하는 대책으로써 기본적으로는 하수처리장 등의 계획이 주를 이룬다.

오염원은 크게 점오염원과 비점오염원으로 구분할 수 있는데 하천의 경우 도심지나 취락지를 관류하는 경우에는 각종 생활하수에 의한 직접방류로 인한 하천의 하수도화를 방지하기 위해 하수분류관거의 설치와 차집처리시설의 운영을 실시하여야 하며 농경지를 관류하거나 유역내 축사가 있는 경우 비점오염원(토사, 비료, 농약, 가축분뇨, 병원균 등)이 유출시 함께 섞여 하천으로 흘러드는 것을 방지하기 위해 가축분뇨를 함부로 버리거나 야적하지 않도록 지도하며 소단위 가축폐수 공동처리시설의 설치, 이용을 유도한다든지 비료와 종약 사용량의 감소방안을 유도한다. 또한 하천내 쓰레기, 발전자제품, 폐타이어, 폐기농산물 등의 불법투기를 단속, 규제하고 행정지도하여야 한다.

가) 점오염원 유입방지대책

㉠ 생활하수의 유입방지대책

생활하수의 유입방지를 위해서는 차집관거를 설치하고 하수처리장을 설치하여야 한다. 하수처리구역의 경우 하수처리장의 용량확장과 적절한 유지·관리가 필요하고 비하수처리구역에서 발생하는 오염발생원 정화를 위해 간이하수처리시설의 설치를 통한 유입방지 대책이 필요하며 지속적으로 생활하수로 인한 하천오염에 관하여 관심을 가지고 관찰해 나가며 문제 발생시 대책을 강구하여야 함이 바람직하다.

㉡ 공장폐수 유입방지대책

환경기초시설(폐수, 하수처리장, 분뇨처리장)의 방류수 수질에 대한 배출허용기준 강화 및 환경기초시설의 고도처리를 통한 처리수의 재활용 방안을 도입토록 유도한다. 또한 자유입지업체에 대한 지속적인 관찰 및 관리가 필요하며 문제발생이 예상될 시 공장 폐수처리장의 설치계획을 단계적, 지속적, 체계적으로 수립되어야 할 것이다.

㉢ 축산폐수 유입방지대책

축산폐수는 하천으로 유입시 생활하수 및 공장폐수보다 발생량에 비해 오염부하량을 많이 발생시키는 특성을 지니고 있다. 따라서 축산분뇨의 처리는 전량 수거처리 후 방류하여야 한다. 상기의 축산 분뇨처리를 위하여 소규모의 축산분뇨처리장 시설을 중기 개발계획으로 추진하여야 하며 한편 축산농가의 하천오염에 대한 인식부족으로 인하여 축산분뇨의 무단투기 및 방류가 발생될 수 있으므로 대민홍보를 통한 하천오염 유발 행위를 억제하도록 유도하여야 할 것이다.

나) 비점오염원

비점오염원은 하천변을 따라 형성된 농경지 등에서 살포된 비료, 농약, 축산분뇨, 퇴비가 우기시에 하천내로 유입되어 오염을 발생시키는 것으로 상시 유입보다는 불규칙적으로 유입되어 하천오염을 발생시키는 오염원을 말한다. 비점오염원의 대부분은 차집이 곤란하므로 현재로서는 하천유입을 방지할 방법이 없으며 지역주민의 하천오염에 대한 인식을 높여 비점오염원의 사용자제를 유도하며 비점오염원 유입지점 하천변에 갈대, 부들 등의 수질정화 기능이 있는 정수식물을 식재하여 비점오염원을 정화하여 수질오염도 저감효과를 높여야 할 것이다.

② 하천내의 대책

하천내에서의 수질개선방안에는 하상퇴적물의 준설, 희석용수의 도입, 하천내 오염물질의 저감등이 있으며 이들의 구체적인 처리방법 및 특징을 알아보면 다음과 같다.

<표 4.4-21>

하천정화기법 구분

구분	처리방법	설치장소		
		하도	고수부지	유수계
생물학적 방법	식물정화 접촉산화	○	○ ○	○ ○
화학적 방법	중화처리	○	○	○
물리+생물학적 방법	무폭기식 자갈접촉산화		○	○
	폭기식 자갈 접촉산화		○	○
	산화지(라군)		○	○
	토양침투		○	○
물리적 방법	준설	○		
	토양침투법	○	○	○
	DCF법	○	○	○
	보	○		
	정화용수 도입(도수)	○		
	수중폭기	○	○	○
	박충류	○		
	Micro-strainer	○	○	○

가) 오염된 하상 퇴적물의 준설

하천내에 유입된 오염물질중 침전성 고형물질은 중력에 의하여 자연히 하천 바닥에 가라앉게 되는데 그 양과 위치는 유속에 크게 영향을 받는다. 즉 유속이 완만한 지역에 많은 양이 침전되는데 이렇게 퇴적된 고형물질을 하상퇴적물(sediments, 저질)이라고 한다. 퇴적물은 정체된 수역과 오염물질이 유입된 직하류 부근에 가장 많으며 입도 또한 크다. 하천에서의 침전시간은 호소나 해안에 비해 하천의 수심이 얕기 때문에 대체로 짧다. 아울러 홍수 등의 큰 유량에 의해 씻겨지기도 하는 등 그 변화가 크다. 퇴적물은 과류와 인위적인 작용으로 수중으로 부상하는데 이때 퇴적물의 오염물질이 용출된다. 홍수시는 하상에 퇴적되었던 퇴적물이 유출되면서 발생하는 퇴적물에 의한 오염도 증가보다는 물이 빠지면서 퇴적물이 호안등에 그대로 남아 악취발생 및 미관저하를 초래할 수도 있다. 따라서 퇴적물이 많이 퇴적되어 있는 경우는 그 퇴적물을 준설하여야 할 것이나 준설방법은 하상 퇴적물의 형태, 퇴적량 등을 고려하여 바스켓 준설기 또는 펌프식 준설기를 사용할 수 있다. 준설방법이 잘못 택해졌을 때에는 준설기간동안 수중 생태계의 큰 혼란이 일어날 수 있으며, 펌프식 준설은 상대적으로 그 혼란이 적으며 많은 준설 예에서 수질에 큰 영향이 있었다고 보고되지는 않고 있다.

나) 정화용수의 도입

하천의 상시 유량이 부족하면 많은 양의 오염물질 유입을 저감하여도 수질이 바라는 만큼 개선되지 않을 수도 있다. 이 경우에는 하천의 상시 유량을 증가시키는 방법을 적용하는 것이 좋은데 도입방안은 다음과 같은 것이 있다.

- ☐ 상류지역의 유량조절용 댐 건설
- ☐ 타 수계로부터의 용수 인입
- ☐ 처리장 방류수의 인입 수계

다) 역간접촉산화법

조의 하부에서 폭기를 하는 폭기식 역가접촉산화법과 폭기가 없는 무폭기식 역간접 접촉산화법으로 구분되는 역간접촉산화법의 원리는 하천의 자정능력을 이용하여 정화의 매개체인 하상면(생물막)을 다층으로 증가시키고 다층사이에 하천수를 유하시켜 오염물질이 자갈 표면이나 자갈사이의 공극에 형성된 미생물에 접촉침전, 흡착 및 생물막에 의한 분해작용을 이용하며 개선점으로 생물막 증가에 따른 공극폐쇄, 악취방지등을 들 수 있다. 역간접촉산화법의 장단점은 다음 <표 4.4-22>과 같다.

<표 4.4-22>

역간접촉산화법

장 점	단 점	비고
· 이 · 치수상 장애가 적다. · 홍수의 영향을 적게 받는다. · 2차 오염의 발생이 적다. · 유지관리가 간편하다. · 지하설치고 상부부지 활용 가능하다. · 지하설치로 미관상 저해요인 없다. · 처리효율이 크다.	· 넓은 부지가 소요된다 · 유입수 농도(BOD:20mg/ℓ 이상)가 높은 경우 처리 효율이 감소 된다. · 퇴적 슬러지의 제거가 곤란하다 · 쓰레기, 낙엽, 수초 등에 의해 공극 폐쇄의 위험성이 있다. · 2~3m의 높은 수두가 필요하다.	

라) Biomedia에 의한 접촉산화

자갈이 깔려있는 하상에서 수심이 얇을 경우에는 하천수가 하류로 유하하면서 수로의 오염물질이 자갈표면에 형성된 미생물 막에 의해 흡착, 분해되거나 침전, 여과되므로 도중에 하수의 유입이 없으면 하류로 내려 갈수록 수질이 개선된다.

이와 같은 하천자체의 오염물질 정화작용에 착안하여 인공적으로 이런 기능을 촉진 시키기 위하여 유수가 접촉하는 하상면을 넓게 하고 조약돌이나 플라스틱 충전체로서 하상의 비표면적을 증대시키는 방법으로 하천수로 자체에 충전체를 설치하거나 하천수를 우회시켜 별도로 처리할 수 있으며 하천의 복개도 가능하나 산소의 공급과 각종 정화생물의 서식을 위하여 복개는 가능한 한 앓는 것이 좋을 것이다. 하천은 BOD20mg/ℓ 이내로 너무 심하게 오염되지 않아야 하고 용존산소가 충분하며 수온이 13℃ 이상이 될 것이 권장된다.

<표 4.4-23>

Biomedia에 의한 접촉산화

장 점	단 점	비고
· 에너지가 불필요 · 치수 및 이수상의 장애가 적음 · 소규모단지 및 농업배수 처리에 적합 · 시설투자비 저렴 · 지하 설치시 상부 부지 활용가능 · 유지관리가 간편 · 지하설치는 미관상 저해요인 없음 · 2차공해 방생이 적음 · 처리효율이 비교적 큼	· 유입수의 오염도가 높을 경우, 처리율 저하 · 유입수량변화에 대한 적응도 낮음 · 분리 불가능한 퇴적 슬러지의 제거 곤란 · 쓰레기, 낙엽, 수초 등에 의한 공극 폐쇄 우려	

마) 산화지

산화지란 생물학적으로 하수를 처리할 수 있는 지의 총칭으로서 안정지 또는 lagoon이라고도 불린다. 이 방법은 하수의 생물학적 처리 방법인 활성슬러지법, 살수여상법과 더불어 가장 기본적인 도시하수처리법으로 원래 개발되었다. 산화기구는 지에서 성장하고 있는 조류에 의한 광합성이나 혹은 자연 폭기에 의하여 수중으로 용해된 산소를 이용하여 호기성 세균이 수중의 유기물을 분해시키는 것이다. 산화지는 별다른 기계시설이 필요없으며 그 정화과정이 생물학적 처리방법중 가장 간단하고 또한 유지관리도 간편하다. 산화지에는 때때로 처리효율을 증대시키기 위하여 어류를 키우거나 수생식물을 재배하기도 한다. 산화지를 호기성으로 유지하기 위해서는 수심을 1.5m이하로 하여야 한다.

수심과 체류시간에 따라 정화효과가 크게 달라지며 침전시설이나 폭기시설 설치 등의 유무에 따라서도 정화효과가 크게 달라지고 동일한 시설에서도 유입수의 수질과 수온 등에 의해서도 효율이 달라진다.

<표 4.4-24>

산 화 지

장	점	단	점	비고
· 통상, 기계설비가 불필요	· 처리과정이 간단	· 정화속도가 늦으며 넓은 부지 필요	· 처리수중에 섞인 조류 제거 곤란	
· 유지관리가 용이	· 유량변화에 쉽게 적응	· 동절기에는 효과 저하	· 효율의 변화가 크며 효율도 불량	
· 지형에 따라 지의 모양을 쉽게 변형시킬 수 있음	· 조경, 수생식물 서식장 또는 양어장으로 활용 가능	· 악취발생 등 2차 공해 우려	· 적용사례가 적음	
· 시설의 추가, 변경 응용이 가능				

바) 강중폭기

호기성 상태에서 수중미생물에 의한 산소소비속도는 일반적으로 하천수의 오염도에 비례한다. 따라서 오염이 진행되고 있는 하천에서는 공급에 비해 소비가 크기 때문에 용존산소의 공급이 있어야만 평형상태에 도달하게 된다. 이어서 오염이 계속 진행되어 용존 산소 농도가 “0”의 상태가 되면 물고기 뿐만 아니라 모든 호기성 식물이 사멸되어 죽은 하천이 된다. 이와 같은 상태로 수일이 지나게 되면 혐기성 상태로 되어서 메탄가스(CH₄), 염화수소(H₂S)등이 발생하여 냄새가 난다.

강중폭기는 이와같은 하천내 문제점을 방지하기 위해 오염된 하천에 산소를 공급하여 저정작용을 촉진시키고 호기성 상태를 유지시키므로써 정화하는 방법이다. 우리나라에서는 중랑천과 소양강에 적용된 바 있다.

<표 4.4-25>

강 중 폭 기

장 점	단 점	비고
· 시설 및 process간단 · 설치비 저렴 · 간단히 적절한 용존산소 농도 유지 가능 · 수류에 방해가 적도록 설치가능 · 분수 등의 방법으로 할 경우, 경관 조성 가능 · 하천수의 상, 하층간 혼합 · 회석 효과 · 유지관리 간편 · 혐기성 상태 예방 · 3차 처리 대안으로 가능	· 오염물질제거의 단일목적으로는 부적합 · 오염이 심한 하천에는 효과 없음 · 수류 및 선박의 운행에 지장 초래 · 적정수심 필요(3-6m) · 오염이 심할 경우, DO의 유지가 단거리에서만 가능 · 침전된 하상저질의 부상으로 하류의 수질오염 초래 · 결빙기 가동 불가능 · 사용실적이 적고 수질환경기준 도달이 불확실	

사) 하안 여과

하안여과는 복류정화법이라도 하는데 이는 복류수를 인위적으로 끌어올려 하천수에 가하여 회석 정화함과 동시에, 지하 침투속도를 빠르게 함으로써 침투정도에 따른 정화를 기대하는 방법이다. 이 방법의 원리는 모래입자 표면에 형성된 미생물막에 의한 생물학적 분해와 여과에 의해 제거되는 완속여과법과 거의 흡사하다. 복류정화법에 의한 처리의 경우, 확보가능한 취수량과 여과가능한 복류량에 대하여 충분히 조사해 두는 것이 좋다.

강물은 강둑에서 완속 모래여과시설에 의해서 인공적으로 여과되는데 물리적 여과보다는 생물학적 처리가 보다 더 중요한 요소이다. 특히 모래여과 시설은 4℃ 이상에서 질산염을 생물학적 산화에 의해 제거한다. 그러나 산소가 부족하거나 수온이 낮거나 또는 방해물질이 있는 경우는 질산염의 산화율이 떨어지는데 이는 복류정화법의 목적이 음용수 공급이 아니라면 크게 걱정하지 않아도 될 것 같다.

하천수질개선사업으로서의 기대효과는 계량화하기 어려우나 하천수질을 수직 집수정의 수질과 비교하여 보면 매우 큰 수질개선효과를 알 수 있다. 수직집수정에 의한 이와 같은 정화효과는 집수정의 심도, 투수층의 특성(입도, 공극율 등), 취수량 등에 따라 크게 차이가 난다.

제4장 하천의 종합적인 정비방향

<표 4.4-26>

하 안 여 과

장 점	단 점	비고
· BOD제거율이 매우 높음 · 수류에 장애가 없고 홍수시 문제점 발생하지 않음 · 시설이 간편하고 유지관리가 간편 · 수량확보가 용이 · 운전 및 중지가 자유로움	· 하천수의 직접 정화방법이 아님 · 취수량이 투수층의 특성과 맞지 않을 경우 폐쇄 · 다량의 취수 불가 · 오염물질의 분리제거 불가 · 채수층의 수질오염 · 넓고 깊은 채수층을 필요로 함	

아) 보 또는 침전지

많은 하천에는 상수도 또는 농업용수 확보를 위하여 보가 설치되어 있으며 유하되는 물은 보에 의해 차단되어 유속이 저하되면서 침전작용이 보다 활발하게 일어난다. 물이 보를 넘어 흐르게 되면 하류에서 물결이 부서져 포말이 생겨 재폭기에 의한 산소가 공급된다. 보 상류에 침전된 퇴적물을 수시로 제거함으로서 퇴적물내 유기물질의 분해에 의한 용존산소 소모 및 혐기성 분해를 막을 수 있다.

<표 4.4-27>

보 또는 침전지

장 점	단 점	비고
· 이수 및 치수목적에 대한 부수효과로서 수질개선 효과가 나타남 · 시설비 저렴 · 유지관리 간편 · 하상안정에 도움 · 친수성 위락공간으로 활용가능	· 심층부에 침전퇴적된 하상저질이 홍수시 유출되어 하류부의 수질 오염 초래 가능 · 하천내 오염물질 총량에 대한 삭감효과는 없음 · 하상고가 높아짐으로서 하천의 통수능력 저하 · 홍수시 유속의 증가로 하상, 둔치 제방 등의 파손 위험 · 상류부의 부유물 및 낙차부의 거품발생으로 인한 2차 공해문제와 미관 저하	

자) 토양 트렌치 법

토양 트렌치법은 피목토양의 호기성 조건을 유지하도록 하며, 지표면30cm 아래에 직경 약 10cm의 배수관 (도관)을 수평으로 매설하여 오·폐수를 주입하고 배수관의 이음부를 통하여 흘러나온 오폐수가 토양의 공극사이를 침투하는 과정에서 처리되는 공법이다. 배수관의 이음부를 통해 주위 토양 속으로 주입된 오·폐수는 일부 증발되고 일부는 주위 식물에 의해 흡수될 것이며 나머지는 불포화층을 통과하는 과정에서 정화되어 지하수에 합류된다. 일본에서는 미국 등지에서 사용하여 오던 방법을 약간 개조하여 토양트렌치법을 시공하고 있는데 트렌치의 바닥에 불투수막(차수관)을 설치하는 것이 한 예이며, 이 밖에도 도관 주위의 자갈층과 트렌치 바닥층 사이에 모래를 채우는 등의 개조된 방법을 이용하고 있다.

우리나라에서도 관리가 매우 용이하고 운영비가 거의 들지 않는다는 장점에서

소규모 하수처리시설로 이용되고 있는데 학교나 독립시설의 하수처리에 종종 적용되고 있다. 특히 이러한 시설은 호소 유역의 인구밀도가 낮은 지역에서 호소수 정화방안의 하나로 권장된 만하나 지하수 오염이 우려되기도 한다.

차) 식생정화기법

하천 식생은 목본 식물, 초본류 뿐만 아니라 하천만이 가지는 독특한 환경에서 자랄 수 있는 많은 습지 식물들을 포함하고 있다. 더욱이 최근 하천의 환경기능이 강조되면서 이 하천 식생대의 조성, 관리 및 이용에 대한 관심이 급증하고 있다. 이에 여러 하천환경에서 나타나는 식생들의 패턴과 기능을 아는 것은 하천 생태계를 재생하는데 있어 필수적인 자료이자 사후 관리 및 모니터링에 있어서도 매우 중요한 요소라 할 수 있다. 특히 하천에 나타나는 습지 식물들은 생태계 재생에 있어서 가장 기초적인 재료이며 생산성의 지표로 사용되고 있다.

습지 식물이라 하면 일반적으로 관다발이 있는 고등 식물로 수중에서 생육하는 식물을 말한다. 이들은 수중에서의 생활 습성에 따라 크게 부유식물, 정수식물, 및 침수 식물로 구분한다. 이런 습지 식물들은 하천내에서 수변관 수중에서 영양물질들의 보유, 제거, 이용등에 기여하여 큰 효과를 가져옴으로써 수질에 영향을 미친다. 습지 식물들 가운데 물정화 기능이 있는 것으로 보고된 종들은 <표 4.4-28>과 같으며 수변식생대에 의한 오염물질 제거효과는 <표4.4-29>과 같다.

<표 4.4-28>

수처리에 이용되는 습지식물

구 분	일 반 명	학 명
부유식물 (free-floating plants)	부레옥잠 물개구리밥류 줄개구리밥류 생이가래 울피아	Eichhomia crassipes Azolla caroliniana Azolla ficuloides Spirodela polyrhiza Lemna trscula Lemna obscura Lemna mimnor Lemna gibba Salvinia natans Wolofia sp
정수식물 (emergent plants)	부들(cattail) 갈대(reed) 골풀(rush) 매자기(bulrush) 사초(scdge)	Typha sp Phragmites communis Juncus sp Scirpus sp Carex sp
침수식물 (snbmergcd plants)	가래(pondwood) 물수세미 Water weed 붕어마름(coontail) 어항마름(fanwort)	Potatnogeton sp Mynophylum sp Elidea sp Ceratophylum demersum Cabomba carolinana

제4장 하천의 종합적인 정비방향

<표 4.4-29>

수변 색생대의 오염물질 제거 효과

오염물질	제거율(%)	비 고
BOD5	70 ~ 96	
부유물질	60 ~ 90	
질 소	40 ~ 90	
인	계 절 적	

다. 하천관리유량 확보계획

하천 관리유량 확보는 하천수질 및 하천경관유지를 위하여도 매우 중요한 요소이다. 그러나 자연하천에서의 수량확보 방안도 특히 갈수기 확보한다는 것은 현실적으로 매우 어려운 문제로 유역내댐(저수지)를 설치하는 방안과 하류부 수량이 풍부한 지점에서 상류로 양수하여 확보하는 방안 및 도수하여 확보하는 방안 등이 있다.

1) 하천환경수량 설정기준

유역의 도시화에 따른 수질의 악화, 수량 감소 및 하천변 쓰레기 투기 등으로 친수성이 저하되고 있는 반면, 생활수준의 향상과 여가시간의 증대에 따른 위락공원으로서의 사회적 요구가 증가함에 따라 풍부한 수량과 깨끗한 수질을 요구하고 있으며, 친수성과 경관을 배려한 하천환경 조성이 필요함에 따라 하천의 친수공원화, 시민과 친숙한 수변녹화의 창출을 유흥개선의 기본방침으로 설정하여야 할 것이다. 또한 한강 수계의 친환경정비계획을 어류, 수생식물, 수변경관 및 친수활동 등 4가지 측면에서 검토하였다.

가) 어류에서 본 수량

하천에는 하천수에 의존한 다양한 동·식물이 서식하며, 각각 특유의 생태계를 형성하고 있으므로 어류서식에 필요한 목표유량 설정을 위하여

- ☐ 어류의 생식 실태 파악
 - ☐ 지표어종 선정
 - ☐ 지표어종의 수리적 요소(수심 · 유속)설정등이 필요하며,
하천공사 측면에서는
 - ☐ 하도의 확폭, 직선화와 수심이 작은 여울 및 연못의 손실
 - ☐ 호안설비 및 제거에 의한 어류의 토피장소 감소
- 등이 어류생식 조건의 악화를 초래한다.

나) 수생식물에서 본 수량

하천공간에서 서식하는 수생식물은 조류 및 어류의 생식환경을 형성함과 동시에 수질 정화 및 하천경관 개선에 중요한 요소이다. 수생식물이 생식하는 지형은 가급적 완만 할수록 좋으며, 하상재료로는 모래섞인 흙이 적합하다.

다) 경관에서 본 수량

양호한 하천 경관을 유지하며 필요한 유량을 설정하는 데는 대상 장소의 흐름 특성을 파악하고 목표로 해야 할 하천경관 이미지를 정하며, 흐름요소의 변동과 관측시점에서의 관계를 확실히 하여 적당한 흐름의 규모를 결정한다.

라) 친수활동에서 본 수량

하천에서 수량에 관계되는 친수활동은 물놀이, 배타기, 낚시 등으로 각각 적당한 수심 및 유속이 필요하며, 이용대상 연령층에 따라 범위에 차이가 난다. 이장에서 검토한 설정기준별에 대한 적당한 범위는 다음 <표 4.4-30>과 같다.

<표 4.4-30>

목표유량 설정기준

구 분	유 속 (m/sec)	수 심 (cm)	기 타
어류에서 본 수량	0.05~0.3	3~30	지표어종 : 피라미, 잉어 붕어류
수생식물에서 본 수량	0.1~0.45	60~90	지표식물 : 갈대, 줄, 마름류
경관에서 본 수량	0.2~0.4	하상재료가 보이지 않을 정도의 수심	수 면 폭 : $W/B > 0.2$ (W:수면폭, B:하천폭)
친수활동에서 본 수량	0.1~0.5	30~50	-

2) 하천환경수량의 확보

유역의 도시화와 같은 유역환경 변화로 홍수기의 침투유량 증가와 갈수기의 유출량 감소를 가져와 유황개선이 절실히 요구된다. 이러한 유량을 침투유량의 감소와 갈수기 유출량을 증가시켜 유역의 수해방지 및 풍부한 수량을 확보할 수 있는 대책을 수립하여야 하며 풍부한 수량의 수환경 측면에서의 수변경관과 친수 활동 등 놀이 공간으로서의 하천기능을 회복할 것이다. 따라서 유황이 불안정한 상태로 유황개선을 위한 대책으로는 다음과 같은 방법들이 있다.

- ☐ 상류에 댐을 건설하여 홍수시 초과유출량을 저류하였다가 유하시키는 방법
- ☐ 타유역에서 도로를 변경하여 확보하는 방법
- ☐ 지하수를 개발하여 수량을 확보하는 방법

제4장 하천의 종합적인 정비방향

- ☐ 상류에서 지하 침투량을 증가시켜서 유역내의 함수량을 증대시키는 방법
- ☐ 가정오수의 처리에 의하여 하천에 유량을 증가시키는 방법
- ☐ 유로내의 고정보 및 가동보를 설치하여 수량을 확보하는 방법

이러한 수량확보 계획중 선택기준은 지역적인 특성, 사업에 소요되는 비용, 사업 후 유지관리의 용이성, 기술적 가능성, 주변환경과의 조화 및 영향 등 종합적으로 비교·분석하여야 하며 삼교천 수계내에 설치 가능한 수량확보 계획의 선정은 홍수기의 침투유량 감소효과는 미미하지만 갈수기의 유량확보 관점에서 수변경관 창출이 가능하도록 기존보를 하천개수 계획에 맞추어 재 설치를 통한 유량확보 방법을 선택하여 하천환경 수량을 확보함이 적절한 것으로 판단된다. 또한 지속적인 산림녹화로 수원지의 함수능력을 증대할 수 있도록 단계적 계획을 수립하여 지속적으로 시행하여야 할 것으로 판단되며 그 외의 기타 방법은 삼교천 수계내 환경여건 변화와 경제적 여건에 따라 적절히 검토하여 적용해야 할 것이다.

상기 방법에 대한 장·단점을 비교하면 다음 <표4.4-31>와 같다.

<표4.4-31>

하천환경 수량확보 방법 비교

구 분	장 점	단 점
댐 건설	· 안정적인 수량확보 · 유지관리 용이	· 건설비용 과다 · 후보지 확보 곤란 · 주변환경 변화가능
유로 변경	· 타사업과 연계가능	· 건설비용 과다 · 수원확보 곤란 · 유지관리비 과다
지하수 개발	· 사업 기간이 짧음	· 건설비용 과다 · 유지관리비 과다 · 이용수량 한정
수원지 함수능력 증대	· 유지관리비 저렴 · 산림녹화와 연계가능 · 토사 유출방지 효과	· 효과 과소 · 장기적 투자가 필요함
가정오수 처리이용	· 지천 건천화 방지	· 건설비용이 크다 · 유지관리 곤란
보의 설치	· 하천의 건천화 방지 · 유지관리 저렴 · 물놀이 공간의 확보	· 고정보는 수위상승의 요인

본 장성천 본류의 경우 하천의 정상적 기능 및 상태를 유지하기 위해 추가적으로 환경보전유량을 확보할 필요는 없으며 본 과업의 각 지류 하천 하류지점에 대하여 자연상태의 평균갈수량을 하천관리유량으로 확보하도록 하고 수량 및 수면확보를 위한 보의 설치를 계획하고 장기적인 수량관리는 상류측 용수수요증가에 따른 유황변화를 지속적으로 관찰하여 신규 수자원개발시 하류보장 방류수량 결정에

참고토록 하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

라. 장성천의 수질개선 방안

하천수질관리는 현재 오염상태에서 미래에 이르는 오염물질의 평가 및 예측을 통하여 효과적인 수질 개선책이 강구되어야 하며 기초적으로 환경기초시설의 지속적인 정비와 확충을 통한 관거에서의 누수방지, 미하수처리 구역에서 발생하는 하수의 하천 및 호소내 직접 유입 방지 등을 통한 수질개선 대책이 요구된다. 상류와 연계된 수질개선 방안으로 수계·내외적인 방안 및 정책적인 방안으로 <표 4.4-32>과 같은 방법을 포함 오염 발생원의 저감방안이 수립되어야 할 것으로 판단한다.

<표 4.4-32>

하천의 수질개선방안

구분	수질개선 대책	세부내용
수계 내적 방안	수생식물 식생방안	· 수질정화 능력이 있는 수생식물 식생 방안이 있다. 수생식물의 자연정화 기능을 활용한 정화법으로 부레옥잠, 부평초 등의 수생식물을 이용하거나 습지의 갈대밭을 이용하여 오염부하의 삭감
	접촉산화법에 의한 수질정화	· 하천의 자정능력을 이용한 방안으로 정화의 매개체인 하상면(생물막)을 이용하여 오염부하의 삭감
수계 외적 방안	발생원 대책	· 하수처리시설의 개선 - 분뇨처리시설의 확충 - 가정 발생하수의 적정처리 및 정화조 성능 향상 - 마을 하수도 설치 - 하수관거 정비 및 하수처리장의 설치 및 고도처리 · 축산폐수 - 처리시스템의 개선 및 적정처리방안 유도 - 소단위 가축폐수 공동처리시설의 설치, 이용을 유도 · 공장폐수 - 산업폐수처리 시설의 확충 - 폐수발생량 삭감 방안 및 지속적인 지도계몽 · 영업오수 - 유흥업소 발생오수의 적정처리 관리
	주변환경의 정비	· 도로 등의 퇴적물 관리 - 강우 발생시 노면 등의 퇴적물 직접 유입방지 · 주변공간의 관리 - 환경친화적 경관 보전 및 주변 녹화
정책적 방안	상 수 원 보호구역 관리	· 상수원 보호구역 관리 - 생활주변으로부터의 오염물질 삭감 유도 (음식물 쓰레기, 세제, 식용유 등) - 유입하천 및 상류의 수질보전 · 상수원 보호를 위한 토지이용규제

제4장 하천의 종합적인 정비방향

<표 4.4-32> 계속

하천의 수질개선방안

구분	수질개선 대책	세부내용
계몽 홍보 방안	계몽, 홍보를 통한 환경보전 활동	· 하천수질 보전을 위한 지속적 홍보 및 교육 · 하천 휴식제를 통한 자연생태계 보전 · 상수원 지역 주민에 대한 환경 친화적 농업화 유도 · 환경보전형 소득 증대사업 지원 · 하천내 쓰레기, 발전자제품, 폐타이어, 폐기농산물, 폐비닐 등의 불법투기를 단속, 구제하고 행정지도 · 유역내 축사가 있는 경우 비점오염원이 유출시 함께 섞여 하천으로 흘러드는 것을 방지하기 위해 가축분뇨를 함부로 버리거나 야적하지 않도록 지도

1) 장성천 본류 수질 개선 방안

이 구간은 금회 수질조사 및 장래수질 예측에 의해서 환경부 목표 수질 II등급을 약간 상회하고 있는 구간으로 따라서 다음 <표 4.4-33>과 같은 수질개선 방안이 요구된다.

<표 4.4-33>

장성천 수질개선 방안

구 분	수질개선 대책	세 부 내 용
장 성 천 수질개선 방 안	유량 확보	· 건천화 방지 - 오염심화 하천에 대한 소단위 마을 하수도 건설 - 우수의 효율적인 관리 방안
	오염원 조사	· 수질조사 - 장기적인 조사를 통한 오염원 처리방안 필요 - 비점오염원 관리대책
	자연하천의 보전	· 친수환경 시설물 도입 - 제방, 고수부지, 호안 등에 대한 자연형 공법 도입 - 자연정화 능력 향상을 위한 여울 조성
	오염원 관리강화	· 주변 오염원 관리강화 - 하천부지 점용허가시 유기농화 유도 - 시가지의 오수 및 산업폐수의 발생시설의 관리 강화
	주변경관의 관리	· 제방도로 등의 관리 - 노면등의 퇴적물 관리 · 주변공간의 관리 - 고수부지의 환경 친화적 시설물 도입
	하천 정화기법 도입	· 식생을 이용한 정화방법 도입

2) 지류하천의 수질개선 방안

수질개선을 위한 하천 유입전 대책으로 오염 발생원의 철저한 관리를 통하여 오염수의 하천 유입 방지가 필요하며, 본류 하천 목표수질 II등급을 유지를 위하여 유입지천에 대하여 대규모 하수처리장의 설치보다는 농촌 마을의 생활환경 개선과

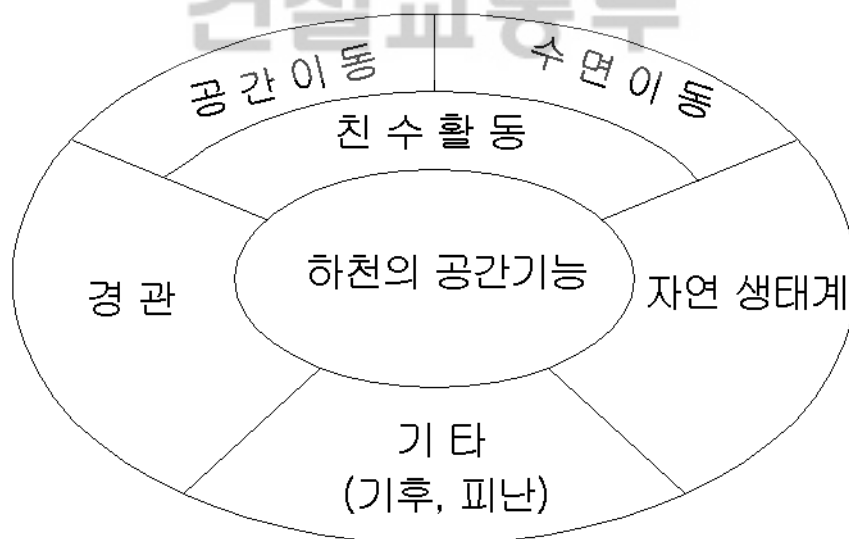
더불어 하천 건천화를 방지하도록 부락단위의 마을 하수도 설치를 계획 및 하천내 대책으로 식생정화 및 여울조성과 함께 수질개선을 다음과 같은 사항이 선행되어야 한다.

- ☐ 축산 사육농가 : 규제미만의 축산 농가뿐 아니라 신고·허가 대상의 축산농가에 대하여 축산폐수처리 공동처리시설을 설치하여 관리하며 발생하는 분·뇨의 분리처리를 통한 퇴비화 및 토질개량제로 활용
- ☐ 하수처리구역의 확대 : 비하수처리구역에서 발생되어 하천에 유입되는 생활하수 등의 유입 근절을 위하여 소규모 단위의 처리시설 설치

4.4.3 공간 환경

가. 개 요

하천공간이란 하천의 수량 및 수질과 더불어 화천화경을 형성하는 3대 요소의 하나로써, 하천이나 호소의 수면을 포함한 그 주변 하천부지와 섬, 댐 및 제방 등 하천을 주체로한 모든 공간을 의미한다. 이러한 하천공간은 자연의 입자에서는 지형의 일부이고, 하천생태계의 서식처이지만 인간 사회의 입장에서는 그 밖에 친수 및 경관의 기능을 가지고 있다. 즉, 하천공간의 기능은 다음 <그림 4.4-3>에 나타낸 바와 같이 친수활동, 경관 및 자연 생태계 등 각 요소가 서로 유기적으로 관련되어 있다.



<그림 4.4-3> 하천공간의 기능

나. 하천공간 정비 계획

경제사회의 발전에 따라 사람들의 가치관도 다양해지고 높아짐으로써 그 지역의 풍토를 형성하는 수변공간에 대해서 치수, 이수적 측면뿐만 아니라 사회여건 변화에

제4장 하천의 종합적인 정비방향

따라 환경재로서의 공간 형성을 기대하게 된다. 따라서 하천공간 정비는 수변경관을 자연생태공간과 조화를 이루어 하천이용자의 접근이 용이하도록 하천 공간정비계획을 수립하였다.

1) 하천공간 정비방향

인간의 활동공간인 하천주변의 쾌적한 환경조성과 자연적인 하천조성을 위한 환경기능 등을 종합적으로 고려한 정비방향은 다음과 같다.

<표 4.4-34>

정비방향

구분	정비방향
하천매력 유지	- 하도의 형태, 하상재료 등에 유의하며 하천에 서식하는 동·식물의 서식환경을 고려
자연과 조화	- 하천의 자연유지 및 복원력의 한계를 감안한 계획
자연재료의 사용	- 자연석, 식생 등 자연재료를 이용하며 콘크리트 제품 도입시 자연에 가까운 형태 도입
다양한 수변공간 창출	- 친수공간을 창출하며 하천형태 및 흐름의 상황을 고려한 다양한 수변환경 조성

2) 기능별 하천구간 구분

하천은 지속적이며 선형적인 특성과 그 위치 및 구간에 따라 다양한 특성을 갖고 있으며, 그 기능 또한 다르다. 일반적으로 크게 하천구간은 자연하천구간, 전원하천구간, 도시하천구간으로 구분되며 기능별 구간을 구분하고 그 정비방향을 설정하였다.

<표 4.4-35>

기능별 구간 구분

구분	대상구역	비고
자연하천구간	· 급류계곡 및 산지 등 자연생태가 그대로 유지되는 구간 · 자연생태계의 보존 및 재생이 필요한 구간	
전원하천구간	· 전·답을 이용한 지역주민의 생활이 전개되는 곳 · 수변에 있어서 하천생태계를 배려하면서 인간생활과 조화를 이루고 자연경관의 보존 및 향상이 필요한 구간	해당
도시하천구간	· 도시주변으로 문화역사를 포함하여 인문·사회적 측면에서 도시하천 경관을 보전하고 도시내 주요한 자여능로서 그 역할이 중요한 지역	

3) 하천공간 구간 구분

수분, 식생, 양생동물 서식과 하천의 생태계 수리특성 등 자연적인 특성과 토지이용현황, 인구밀도, 교통 등 사회적인 특성, 장래 개발계획 등을 고려할 때 하천

에서의 공간구간은 <표 4.4-36>와 같이 5개 유형으로 구분되며 이와 같은 기능을 종합적으로 고려하여 하천공간구간을 구분한다.

<표 4.4-36>

하천공간 구간 구분

형태	구간구분	내 용	비고
A	인공정비 구간	운동시설, 위락시설, 수상시설, 편익시설등 인공시설을 중심으로 적극적으로 정비하는 구간이다.	
B	시설이용구간	인공정비구간과 같이 인공적 시설이 중심이 되지만, 특히 하천의 자연환경이 뛰어난 부분에 대해서는 자연적 위락시설 문화시설도 고려한다.	
C	정비·자연구간	인공적 이용과 자연적 이용이 공존하는 구간이며, 산책로, 휴식시설 등 적정 이용이 고려된다.	
D	자연이용구간	초원, 자연학습장, 자연관광로 등의 자연적인 시설을 중심으로 정비한다. 인공시설도 일부 고려한다.	
E	자연보전구간	자연생태계 및 자연경관의 보전을 목적으로 한 구간이며, 사람의 적극적인 이용을 도모하기 위한 시설을 원칙적으로 도입하지 않는 것으로 한다.	

자료]하천환경관리 지침(1996, 건설교통부)

① 구간별 기능공간 허용여부

각 기능별 기능공간 배치의 허용가능성 여부를 나타내는 구간별 기능공간 허용 기준은 다음과 같다.

<표 4.4-37>

구간별 기능공간 허용 여부

기능공간 구간	자연생태공간	학습공간	수상레저공간	휴식공간	운동공간		놀이공간	
					광역	근린	광역	근린
인공정비구간	○	○	○	○	○	○	○	○
시설이용구간	○	○	○	○	△	○	△	○
정비자연구간	○	○	△	△	△	○	△	○
자연이용구간	○	○	△	△	△	○	×	×
자연보전구간	○	△	△	×	×	×	×	×

주) 범례 ○:허용, △:선택적 허용, ×:불허

② 수목식재 계획

- 고수부지의 성격에 맞는 특성을 부여하고 개성적인 환경 조성
- 인접 자연환경과의 조화를 최대한 고려하여 자연스러운 연계성 강조

제4장 하천의 종합적인 정비방향

- 쾌적한 옥외환경의 조성을 위한 식재계획
- 홍수시의 침수를 고려한 수중 및 시설의 선택 등을 고려하여 당해 하천지역 특성을 고려한 계획
- ③ 구간별 기능공간 배치기준

하천 공간 정비 방향을 살리면서 주변의 지형적 특성을 고려하여 하천에 대한 모니터링, 상위계획과의 조정 등이 포함된 각종 기능시설의 배치계획을 위해서는 수계전체를 종합적으로 고려한 구간구분의 설정이 필요하며 각 구간별 기능공간 배치 기준은 다음과 같다.

<표 4.4-38>

기능공간 배치기준

공간 구분	기능 및 성격	배 치 기 준	도 입 시 설
자연 생태 공간	-자연보존	-주변녹지와 연계성 고려 -야생동물은 은신처 제공, 수림밀집 및 습지 -수질이 양호한 지역 -주거지와 원거리에 배치	-안내판, 설명판, 보호책
학습 공간	-교육체험공간 -생태계에 의한 자연학습	-자연생태이며 동식물 관찰이 용이한 곳 -야생식물의 자생 등 주변경관이 뛰어난 곳 -사적지, 문화재 인접지	-생태공원 -자연형하수처리
운동 공간	-체력증진 -공동체의식 고취	-접근로 고려 -자연상태의 면적확보 구간 -침수빈도가 낮은 곳, 경관적인 측면 고려	-체력단련시설 등
휴게 공간	-하천에 대한 위락 및 정서적 만족감 고취	-자연상태의 면적확보 구간 -주변경관 체험 -교목식재 -수질이 양호한 곳	-피크닉 -산책로, 자전거로 -환경조형물 -파고라, 벤치

다. 하천공간 정비구간 설정

「하천공간 정비기법 개발조사연구(1996.건교부)」에서는 하천에서의 5개 환경항목에 자연성과 인공성에 따른 가정을 부여하여 평가하는 하천평가기준<표 4.4-41>와 하천환경평가 점수별 구역구분기준 <표 4.4-42>을 제시하고 있다.

1) 하천위락개발 잠재력 평가

1974년 미 농무성 산하의 토양보존국(Soil conservation Service, Technical Release #25)에서 개수로의 설계를 위한 「가이드라인」에서 제시한 일반적인 하천위락 목적의 개발에 대한 기준을 적용하였으며, 평점은 각 항목별 배점(M)×등급(R)으로 산정하였다.

<표 4.4-39> 하천의 위락개발 잠재력 평가를 위한 하천 및 부근지역의 평가표

주요 요소	배점 (M)	등 급 (R)				비고
		우 수(4)	양 호(3)	보 통(2)	불 량(1)	
수 질	4	오염없음 대장균수 200/100ml이하	pH 6.5~8.3 대장균수 200이하	pH 8.3~9 pH 5.6~5 대장균수 600~800	pH 9이상 pH 5이하 대장균수 800이상	절대 항목
경관(비스타 하천 부근의 자연경관 및 시각적 모습)	4	우수	양호	보통	불량	"
유 량	4	· 웅덩이와 여울 · 유량변화 거의 없음	약간변화	중간정도 변화	주요 이용기간 에 유량부족	"
하천변 식생	3	나무숲이나 30cm정도의 관목이 10~20% 정도의 수관형성	풀이나 작은 관목들이 10~20%정도의 수관형성	풀, 관목으로 덮혀있는 개활지	풀로만 덮여 있음	
이용자들로 부터의 소요거리	3	반시간 이하	1/2~3/4시간	3/4~1시간	1시간 이상	
도로에서의 거리	2	3miles (5km)이내	3~5miles (5~8km)	5~10miles (8~16km)	10miles (16km)이상	
평상시의 하천 폭	2	20ft(6m)이상	11~19ft (3~6m)	6~10ft (2~3m)	6ft(2m)이하	
구 분		평 점				
개발잠재력 높음		67~88				
개발잠재력 중간		45~66				
개발잠재력 낮음		45 이하				

주] 상기표에서 절대항목중 1개 항목이라도 판정결과가 “불량”이면 위락개발 가능성이 없음
 자료] “하천환경정비 기법 개발 기초조사 연구, (‘92,건설부)”

제4장 하천의 종합적인 정비방향

<표 4.4-40>

장성천에서의 위락개발 잠재력 평가표

주요 요소	기 준	평 점	비고
수 질	수소이온농도 : 7.2~8.0 대장균수 : $0.2 \sim 1.7 \times 10^2$ MPN/100l	12	
경 관	보 통	8	
유 량	보 통	8	
하천변 식생	양 호	9	
이용자들로부터의 거리	양 호	9	
도로에서의 거리	우 수	8	
평상시 하천폭	양 호	6	
계		60	
평 가	개발잠재력 중간		

2) 하천 환경 평가

금회 조사대상 하천의 수리적 특성, 주변여건, 자연적 특성, 이용성 등을 고려하여 하천평가기준에 따라 하천환경성평가를 실시하여 하천공간구간을 설정하였으며 장성천에서의 하천환경성 평가 결과는 <표 4.4-41>와 같다.

<표 4.4-41>

하천환경 평가 기준

환경항목	구 분	기 준	점 수
야 생 성	자연지역	· 녹색지역도(환경처,1991)에서 1~3등급은	30
	반자연지역	개발지역으로 4~8등급은 반자연지역으로	20
	(농경지포함)	9~10등급은 자연지역으로 간주	
	개발지역(인공호안, 도로, 인공화지역)	· 국립공원/상수원 보호구역과 특별히 보전할 필요가 있는 수충 및 수변생태계 서식처의 경우 (천연기념물, 희귀종등) 20점이상 부여	10
수 질 (수중생태계 포함)	1급수(1ppm이하)	· 최근 3년간 해당하천의 대부분 구간에서 월 평균 수질이 연중으로 기준이하인 경우 (단, 전체기간중 1~2개월만 특별히 기준이상인 경우 기준이하로 고려) 해당 수질등급으로 간주	25
	2급수(1~3ppm)		20
	3급수(3~6ppm)		15
	4급수(6~10ppm)		5
	5급수(10~100ppm) 하,폐수(100ppm이상)		1
친 수 성 (자연,경관,지질 및 지형상 특별성, 수변/수상위락 활동 등)	높 음	· 자연경관, 지질 및 지형상 특별성,수변/수상 위락활동을 종합적으로 고려하여 판정	20
	보 통		10
	낮 음		3

<표 4.4-41> 계속

하천환경 평가 기준

환경항목	구 분	기 준	점 수
물의 흐름	자연	· 자연적인 물의 흐름 유지	10
	보통	· 물의 흐름유지, 소규모의 제방, 도로절개지 등, 반인공하천	6
	인공	· 댐, 대규모 제방, 수로준설 등 인공하천	1
기 타 (자연과 지역 사회의 관계 등 기타 특별히 고려 하여야 할 사항)	있음	· 낙동강 하회마을, 삼교천변 공주/부여, 백제 유적지등 전통적으로 하천과 지역사회와의 관계가 이어져 오는 경우 “있음”으로 간주(국가 문화제)	12~15
	보통	· 전국적으로 잘 알려져 있지 않으나 지역적으로 알려져 하천과 지역사회 관계가 있는 경우 “보통”으로 간주 (지방문화제)	1~11
	없음	· 전혀 없는 경우 “없음”으로 간주	1
계			16~100

주] 평가자는 하천환경 평가시 상기기준을 고려하되, 각 항목별 점수에 대해서는 어느 정도 유연성을 가질 수 있음.

자료] “하천공간 정비기법, 개발조사·연구”(1996,건설교통부)

<표 4.4-42>

하천환경 평가 점수별 구역구분 기준

형 태	구 간	하천환경가중 시스템 점수	비 고
A	인공정비 구간	20점 이하	
B	시설이용 구간	21~40	
C	정비자연 구간	41~60	
D	자연이용 구간	61~80	
E	자연보존 구간	81점 이상	

주] 가중점수치가 21~60점이고 정비자연구간과 시설이용구간을 특별히 구분할 필요가 없는 경우 하나의 구간으로 취급

제4장 하천의 종합적인 정비방향

<표 4.4-43>

장성천에서의 하천 환경성 평가 결과

환경항목	장 성 천		비 고
	기 준	점 수	
야 생 성	반자연지역	20	
수 질	Ⅱ 급수	20	
천 수 성	낮 음	3	
물의 흐름	보 통	6	
기 타	보 통	1	
계		50	
평 가	정비자연 구간		

4.5 바람직한 하천모습 설정

4.5.1 하천환경상의 문제점

구 분	문 제 점	비고
수질오염	· 오수 등 오염수의 차집 관로 전무 · 산업 및 축산 폐수처리시설 미흡 · 생활하수 직접 하천으로 방류 · 오염물(쓰레기 및 폐기물 등) 하천변에 산재 · 개별 오수 및 농업 용수 직접 하천 유입	
저질오염	· 취수보에 의한 오염수 정체 · 하천 유속의 완만으로 자정능력 상실	
생태환경	· 하천 훼손에 의한 하중도, WAND와 같은 다공질 공간 파괴 · 인위적 구조물 (석축, 취수보 등)에 의한 생태통로 단절 · 직강화로 생태계 다양성 훼손 · 하천수 오염으로 인한 동·식물 자생력 저하	
생활환경	· 하천수 오염으로 인해 하천 친화력 저하 · 수질오염으로 주변 생활환경 파괴 · 비위생적인 생활로 주민 건강에 악영향(해충 발생)	

가. 근원적인 문제점

1) 우선개발 - 후대책 수립의 문제

가) 토지이용을 우선한 개발정책으로 효율적 환경보전 불가능

나) 환경부, 산업자원부, 건교부, 농림부, 홍성군 등 유역의 개발 및 관리 주체가 일원화되지 못하여 혼선, 훼손, 중복투자, 일관된 유역개발 및 관리 불가능

2) 본류인 삼교천 수질등급 문제

수질Ⅱ등급 유지(장성천은 Ⅱ등급 수질로도 충분함. 농업용수 기준 : Ⅳ등급)

3) 하천관리 및 정비사업의 불합리성

가) 하천등급별 소관부처별 정비방법별로 단일목적만을 추구하는 정비

(예 : 수해복구, 치수사업 → 홍수소통만을 고려한 직강화)

나) 소하천은 시·군, 지방하천은 시·도, 국가하천은 건교부가 하천관리청임.

다) 환경정비가 소하천→지방하천→국가하천의 순으로 시행하여야 하나 역순으로 시행됨.

라) 동일하천구간(국가하천, 지방하천)의 하천관리청과 유지관리 기관이 서로 달라 효율적 관리 불능(예 : 공작물 설치 및 토석채취, 유지보수 →유지관리기관, 계획수립, 인허가 승인 →하천관리청)

나. 분야별 문제점

1) 치수분야

가) 계획홍수의 제방월류

나) 수충부의 침식우려 구간

다) 취수보에 의한 수위 상승

라) 이동상에서의 유사 과다 생산부

2) 이수분야

가) 수질오염에 의한 농업용수 오염

나) 하상 저질 퇴적에 의한 취수기능 저하

3) 하천환경분야

가) 수환경

- 처리장이 없어 오염 물질의 직유입
- 지천 오염 및 개별 오염원 산재
- 유역을 통합 관리할 수 있는 수질 감시망 부재
- 농약 사용에 의한 수질 오염
- 비점오염원에 의한 수질 오염

나) 생태환경

- 하천의ダイ나믹한 공간 구조 열악
- 하천내 각종 공사시행에 의한 수생식물 등의 훼손

제4장 하천의 종합적인 정비방향

- 생태 통로의 단절(취수보, 비환경적 호안)
- 콘크리트 BLOCK의 추이대 파괴
- 치수적으로 불안정한 호안부
- 수질오염 및 쓰레기 산재

다) 환경관리

- 낚시 행위, 쓰레기 투하, 농약, 기름유출 등 비점오염
- 강우시 주변 생활권역에서 오·폐수 무단 방류
- 유역내 수림대의 획일화(침엽수 중심의 치산)
- 쓰레기 처리 및 쓰레기, 폐기물 등 투하 문제
- 인허가 및 하천환경 관리상의 문제점



4.5.2 하천 환경상의 문제점 요약 및 바람직한 하천환경 개선 방향

분야		문제점	개선방향
치수분야		· 계획 홍수의 제방 월류 · 수충부의 유실우려 구간 · 병목현상에 의한 수위상승 지역 · 취수보에 의한 수위 상승 · 이동상에서의 유사 과다 생산부	· 보축(완경사 제방 등 검토) · 자연형 호안 및 다공질 밑다짐 · 병목부제거 및 선형조정 · 취수보 개량 · 하상고정 또는 유속감세 기능부여
	이수분야	· 취수보 재검토 지역 · 하천유지 용수 확보가 필요한 구간	· 취수보 철거 및 개량 · 수량 확보 계획 수립
하천환경분야	수환경	· 오수 등 오염수의 차집관로 전무 · 지천 오염 및 개별 오염원 대책 · 유역을 통합 관리할 수 있는 수질 감시망 부재 · 농약 사용에 의한 수질 오염	· 대형수생식물 POND 계획 → 상수수질 개선 · 하천환경 관리지침 제시 및 개별 오염정화 계획 수립 · 유역 통합 수질관리 통합 System 구축 · 수질 및 MONITORING 체계 구축 · 하천 환경관리 계획에 포함 (저감 방안 수립)
	생태환경	· 하천의 Dynamic한 공간 구조 열악 · 하천내의 각종 공사시행에 의한 수생물 등의 훼손 · 생태 통로의 단절 (취수보, 비환경호안) · SKY LINE의 부재 · BLOCK호안에 의한 ECOTONE 단절	· 여울·웅덩이의 조화된 공간구조 형성 · WAND 다공질 공간의 형성 · 완만한 물 가장자리 확보 · 훼손 부분의 식생 및 생명력 있는 강으로의 복원 · 취수보의 개량 →양수장, 도수로화 · 어도설치 (자연형, 다기능) · 생태통로 확보 · 생태호안계획(ECOTONE복원) · SKY LINE의 제도화 건의 · 은제(Hidden levee)검토
	환경관리	· 낚시 행위, 쓰레기 투하, 비점오염 (농약, 기름유출) · 수림대의 확일화(침엽수 중심의 치산)	· 하천 환경 관리 지침 제시 · 잠재자연식생 파악하여 수림대 조성 · 중·장기적 치산 방향 제시

제 5장 하천공사 시행에 관한 사항



- 5.1 기본홍수량 및 계획홍수량
- 5.2 안정하상 유지
- 5.3 계획 홍수위
- 5.4 용수수요량 갈수량과 물수지
- 5.5 기존시설물 능력 검토
- 5.6 하천시설물 설치 방향
- 5.7 사전환경성 검토와 관련한 사항
- 5.8 경제성 분석

제 5 장 하천공사 시행에 관한 사항

5.1 기본 홍수량 및 계획 홍수량

홍수방어계획은 하천유역에서 발생하는 홍수유출로부터 인명과 재산을 보호하기 위한 치수대책을 수립하는 것으로서 홍수유출분석의 정확도는 유역내에 필요한 수문관측자료의 정확도에 기인하고 있다.

홍수량은 유역내에 설치된 수위, 유량관측자료로부터 구하는 직접법이 가장 정확도를 기할 수 있으나, 본 과업구간내에는 수위-유량관측자료가 없는 실정으로 강우량 및 유역의 형상특성으로부터 산정하는 간접방법을 이용하였으며 본 과업구간의 주요지점에 대한 계획홍수량을 결정하고 계획홍수량이 원활하게 소통될 수 있도록 하도 및 치수시설물계획을 포함한 홍수처리계획을 수립하였다.

5.1.1 홍수량 산정지점

홍수방어계획의 기준이 되는 홍수량은 하천의 본류와 지류의 유역특성이 반영될 수 있는 지류의 합류점 전·후, 하천구조물 및 수위관측소 지점 등을 선정하나 본 장성천은 유역면적이 작고 유로가 단일화되어 있어 홍수특성을 정확히 파악할 수 있도록 하천구조물 3개 지점을 홍수량 산정지점으로 선정하였다.

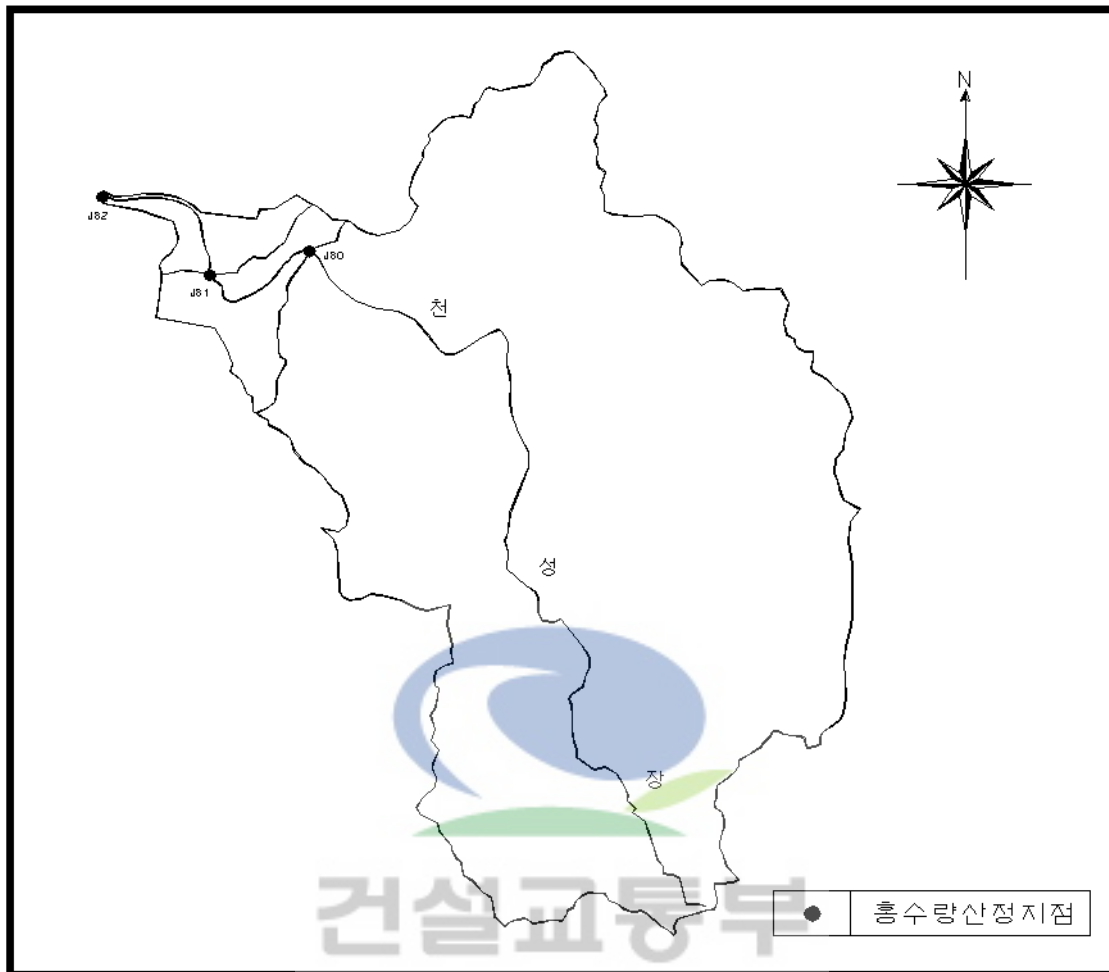
홍수량 산정지점의 특성을 요약하여 정리하면 다음 <표 5.1-1>과 같으며 홍수량 산정지점을 도시하면 다음 <그림 5.1-1>과 같다.

<표 5.1-1>

홍수량 산정지점

산정지점	부 호	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	비 고
과 업 시 점	JS0	21.47	8.03	
장성1교 지점	JS1	22.35	9.13	
장성천 하구	JS2	22.89	10.43	

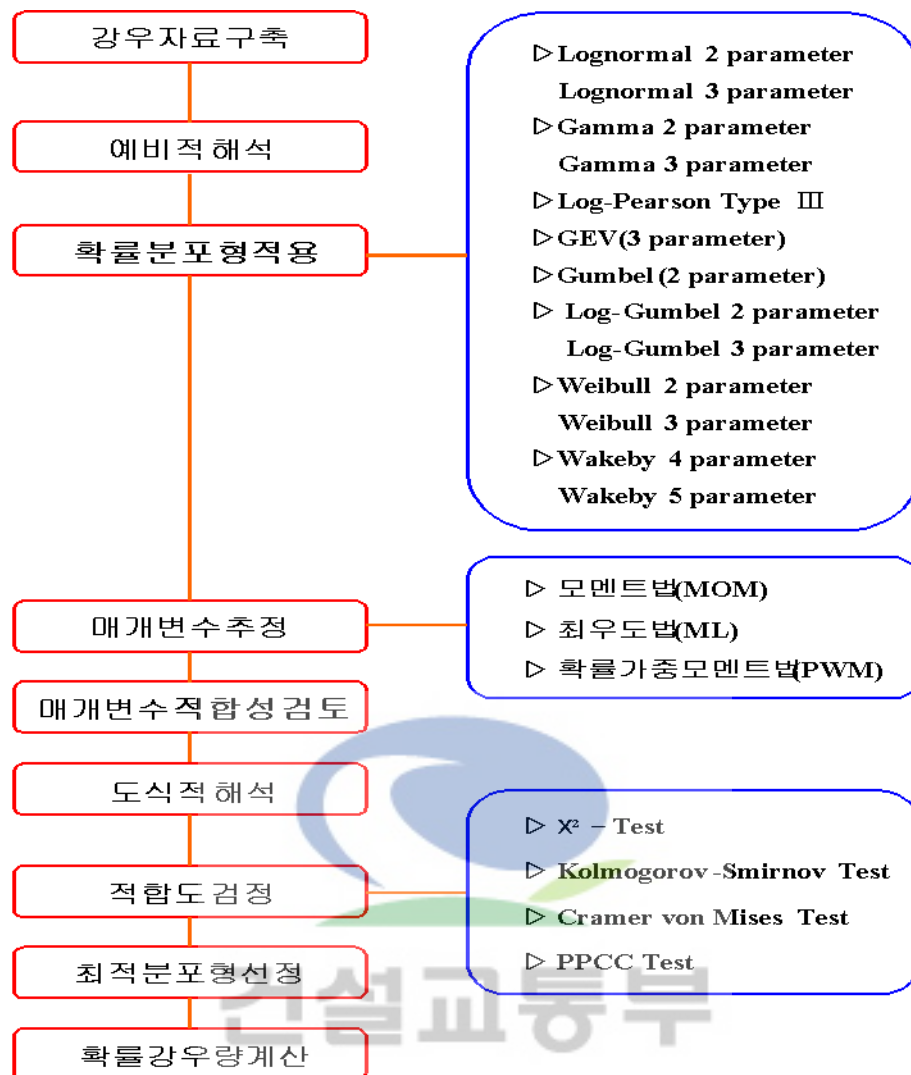
홍수량 산정지점 위치도



<그림 5.1-1> 홍수량 산정지점 위치도

5.1.2 강우분석 및 확률강우량

강우현상은 기상 및 지형적인 자연요소에 의하여 시시각각 변화하기 때문에 이를 정확하게 예측하거나 파악하기는 매우 어렵다. 따라서, 수문학적인 강우해석이란 과거 해당지점의 관측자료를 근거로 통계학적인 기법을 이용하고 있는 실정이며 다음 <그림 5.1-2>와 같이 강우빈도해석 절차에 의해 빈도해석을 실시하고, 적합도 검정 기법에 의하여 최적분포형을 선정한 후 지속시간별 확률강우량을 산정하여야하며 따라서 본과업에서는 중·소규모 하천정비 기본계획과 수공구조물설계등에 활용토록 하여 종합적이고 효율적인 치수정책과 수자원 관리기법을 제시한 「한국 확률강우량도 작성,2000,건교부」 자료를 다음과 같이 소개하고 분석자료를 이용하여 산정하였다.



<그림 5.1-2> 강우빈도 해석 절차

가. 빈도분석 방법

1) 과거의 빈도분석 방법

수문자료 시계열의 빈도분석은 그 중요성 때문에 연최대치 및 연최소치 계열과 부분기간치 계열(비연최대치 혹은 최소치계열)을 수문통계학적으로 분석하는 전통적인 방법이 이용되어 왔으나 분석방법에 대한 문제점이 계속 제기되어 왔다.

전통적인 방법에서 사용되어온 확률분포형에는 대수정규(LN2, LN3)분포, 극치 I형(EV1) 및 III형(EV3) 분포, Pearson Type III(PE3)분포, Log-Pearson Type III(LP3)분포 등 많은 분포형이 있으며 분포형의 매개변수를 추정하는 방법으로는 주로 모멘트법(method of moment) 또는 최우도법(method of maximum likelihood) 등이 사용되어 왔다.

최근에 제기된 수문시계열의 빈도분석 방법의 문제점은 “분포형이 본래의 자료 계열을 얼마나 잘 재현하는가”와 “불리한 조건에서 얼마나 계열을 잘 예측하는가”로 대별할 수 있다. 즉, 임의지역내에 위치한 여러 지점의 연 시계열을 빈도 분석한 결과로 얻은 적정분포형을 사용하여 연시계열을 Monte Carlo 방법으로 임의 발생시킨 자료의 통계학적 특성치와 원자료의 특성치간에는 상당한 편차를 보이는 것으로 지적되고 있다. 특히, 전통적인 방법중에서 2매개변수 분포형(EV1, LN2 등)보다 3매개변수 분포형(PE3, LP3, EV3 등)이 원자료 계열을 잘 재현시킬 수 있는 유연성을 보이는 것으로 지적되고 있다.(WMO, 1989)

전통적인 빈도분석 방법에서는 적합도 검정(goodness of fit test)을 통하여 적정분포형을 선정하지만, 선정된 분포형이 모집단의 분포형과 동일하다는 가정을 미리 해야하는데 실제로 모집단의 분포를 사전에 알 수 없다는 모순을 가지고 있다. 따라서, 분포형이나 매개변수 추정방법의 선택기준은 단순한 적합도 검정 결과가 아니라 분포형 가정을 잘못했거나 자료에 오류가 있더라도 원자료의 특성을 얼마나 잘 대표하는가(robustness)에 초점을 맞추어야 한다는 것이다.(WMO, 1989)

분포형을 원자료 계열에 적합(fitting)시킬 때 매개변수를 추정하는 방법으로 전통적인 빈도분석 방법에서는 모멘트법을 주로 사용해 왔으며, 이 방법은 3매개변수 확률분포형의 경우 큰 편이(bias)를 보일 뿐 아니라 방법 자체가 비효율적인 것으로 알려져 있으며, 최우도법은 모멘트법 보다는 통계적으로 효율적이거나 가정분포가 모집단 분포와 동일한 조건에서만 바람직한 결과를 기대할 수 있고 매개변수를 추정하는 계산과정이 매우 복잡하여 실무에서는 드물게 사용되어 왔다.

즉, 전통적인 빈도분석 방법에서 사용되어온 확률분포형 가운데 2매개변수 분포는 적절하지 못하며, 매개변수의 추정방법으로 사용되어온 모멘트법과 최우도법도 신뢰도 측면에서 여러 가지 문제가 있다는 것이다.

2) 최근의 빈도분석 방법

빈도분석을 위한 확률분포형의 매개변수 결정을 위해 최근에 소개된 확률가중 모멘트법(probability weighted moment method, PWM : Greenwood, 1979)이나 PWM의 일종인 L-moment법(Hosking, 1990)을 사용하면 모멘트법이나 최우도법의 단점을 보완할 수 있어서 편이되지 않게 매개변수를 추정할 수 있는 것으로 알려져 있다.

PWM법은 일반 모멘트법이 변수값과 변수의 평균치와의 차를 모멘트 차수에

따라 누승하여 모멘트를 산정하는데 반하여, 각 변수값을 크기순으로 나열하고 각 점의 발생확률을 모멘트 차수에 따라 누승하여 모멘트를 산정하는 방법이다.

L-Moment법은 일종의 PWM 방법으로서 차수가 다른 몇 개의 PWM법을 선형으로 가정하여 편이가 제거된 모멘트를 구하는 방법으로 통계학적 효율성 측면에서는 PWM법과 동일하나 L-moment비를 사용함으로써 일반 모멘트법과 유사한 L-변동계수, L-왜곡도, L-첨도 등을 적용할 수 있는 장점이 있다.

수문시계열의 빈도분석은 지점별로 각각 수행하는 것 보다는 어느 정도 수문학적 동질성을 가지고 있는 유역단위로 실시하는 것이 통계학적으로 유리하다. 즉, 자료의 지점간 차이에서 오는 분산의 증가보다는 자료갯수의 증가로 인한 분산의 감소가 훨씬 크므로 전체적인 분산이 감소되어 분석결과의 정확도가 크게 개선되기 때문이다. 따라서, 지역빈도 분석방법(regional frequency analysis)의 빈도분석 결과의 정확도를 개선할 수 있는 가장 현실적인 방법이라 할 수 있으며, 이 방법에서는 동질성을 가지는 임의 유역내에 여러지점의 수문시계열에 적합한 지점별 확률분포형을 구하여 각 지점 및 지역단위의 빈도수문량을 추정하게 된다. 이와 같은 지점 및 지역빈도분석법(at-site/regional method)의 우월성은 Lettenmaier & Potter(1985)등 여러 연구자들에 의해 입증된 바 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이 수문시계열의 빈도분석 방법으로 L-moment법을 사용한 지역빈도 분석방법으로 L-moment법을 사용한 지역빈도 분석방법이 전통적인 방법에 비하여 우수하며, 미국(Vogel & Fennessey, 1993)과 호주(Vogel, 1993)등에서는 이미 실무에 적용하고 있으며 국내에서도 최근 들어 점차 적용을 확대하고 있다.

본 장성천 유역의 확률강우량 분석에는 행정자치부 산하 국립방재연구소에서 개발한 “FARD2002” 프로그램을 이용하였으며, 본 프로그램에서의 매개변수 추정에는 모멘트법, 최우도법 및 확률가중모멘트법을 이용하고 있으며 적용된 분포형은 2 Parameter Gamma(GAM2), 3 Parameter Gamma(GAM3), Generalized Extreme value(GEV), Gumbel(GUM), 2 Parameter Log Gumbel(LGU2), 3 Parameter Log Gumbel(LGU3), 2 Parameter Log normal(LN2), 3 Parameter Log normal(LN3), Log-Pearson Type III(LP3), 2 Parameter Weibull(WBU2), 3 Parameter Weibull(WBU3), 4 Parameter Wakeby(WKB4), 5 Parameter Wakeby(WKB5) 등이 이용되고 있다.

한편, 본 과업에서는 “FARD2002” 프로그램에서 제공하는 매개변수 추정방법

인 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법 중 확률가중모멘트법에 의한 결과를 채택하였다. 「한국 확률 강우량도 작성 2000.6 건교부」

나. 적합성 검증

지속시간별 확률강우량 산정을 위하여 GAM2, GAM3, GEV, GUM, LGU2, LGU3 LN2, LN3, LP3, WBU2, WBU3, WKB4, WKB5 분포형별 매개변수는 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법으로 산정하였고, 지속시간 강우량 자료가 어떤 분포형에 적합한가를 판단하기 위하여 χ^2 -Test, Kolmogorov-Smirnov Test, Cramer von mises Test 및 PPCC Test를 실시하였으며 매개변수 추정방법으로 선정된 확률가중모멘트법에 의한 K-S Test, χ^2 -Test의 결과를 검토하여 확률분포형을 선정하였다.

다. 지속시간별 확률강우량 산정

하천의 수공구조물 및 배수시설물 계획은 타당한 규모의 강우량을 선정하여 홍수량을 결정하고, 그 홍수를 대상으로 하도정비 및 계획, 내수처리 계획 및 시설규모 결정을 하고 있다. 계획홍수의 규모를 결정하기 위해서는 유역내 또는 인근의 우량 관측소의 강우기록을 수집하여 통계처리를 실시한 후 확률강우량을 산정하고, 산정된 강우량을 토대로 유역내 유출특성을 감안하여 확률홍수량을 산정하는 것이 일반적인 방법이다.

설정된 재현기간에 해당하는 강우사상을 산정하기 위해서는 해당지역의 강우사상을 대표할 수 있는 지점의 연최대치 강우기록으로부터 지속시간별 매년 최대치 자료를 추출하는 작업이 선행되어야 한다. 따라서, 본 과업에서는 2000년 건설교통부에서 제시한 「한국 확률강우량도 2000.6 건교부」 자료를 이용하여 지속시간(30분, 60분, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간)별로 확률강우량을 산정하였다.

지속시간별 확률강우량 산정은 전술한 바와 같이 국립방재연구소 “FARD2002” 프로그램을 이용하여 확률분포형별 매개변수를 추정하였고, 지속시간별 강우량자료가 어느 분포형에 적합한가 적합성 검정(goodness of fit test)을 실시하여 각 지속시간별 적정확률분포형을 채택하였다.

이상의 방법을 이용하여 분단위 및 시간단위 강우량 자료를 이용한 지속시간별 빈도별 확률강우량 산정결과를 요약하여 정리하면 아래와 같으며 산정결과는 다음 <표 5.1-2>와 같다.

◆ 지속시간별 확률강우량 산정

- 강우지속시간 : 30분, 60분, 2시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간
- 매개변수추정 : 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법(채택)
- 산정확률분포형 : Gumbel분포외 12가지 분포
- 확률분포형의 적합도 검정
 - χ^2 검정, K-S검정, Cramer Von Mises검정 등 3개 방법
- 분석프로그램 : FARD2002 (국립방재연구소)
- 한국확률강우량도(2000.6 건교부), 강우자료에 의한 확률강우량 산정 비교

<표 5.1-2>

지속시간별 빈도별 확률강우량 산정 결과

재현기간 (년)	지속시간별 확률강우량(mm)							비 고
	30분	60분	2시간	3시간	6시간	12시간	24시간	
20	49.0	74.0	100.5	125.8	173.0	222.0	264.0	
30	53.5	80.9	109.4	137.7	190.0	243.4	291.2	
50	57.0	86.0	116.0	146.5	203.8	260.0	312.5	
80	60.0	90.4	121.7	154.0	213.8	274.5	329.5	
100	63.0	95.0	128.0	162.0	224.5	289.5	344.0	

자료] 「한국 확률강우량도 2000.6 건교부」

라. 강우의 시간적 분포

유출량을 산정함에 있어서 단위도법 등을 이용하는 경우에는 시간별 강우량의 산정과 이 산정치를 어떤 모형으로 분포시킬 것인가 하는 문제가 발생하게 되는데, 본 과업에서는 실무에서 가장 많이 적용하고 있는 강우의 시간 분포방법으로 Mononobe(物部) 방법과 Huff 분포 방법에 대하여 검토하였다.

계획강우량은 강우지속시간별, 재현기간별 확률강우량으로서 강우의 시간적 분포가 유출량 산정에 있어서 중요한 요소로 고려될 수 있다. 국내의 경우 강우의 시간적 분포에 관한 연구가 다소 미흡한 실정이며 대부분 설계실무에서 Mononobe 공식에 의한 결과를 전진형(advanced type), 중앙집중형(centered type) 및 지연형(delayed type) 등으로 배열하여 유출계산을 실시한 후 최대의 첨두유출량을 나타내는 분포를 해당유역에 적합한 시간분포로 택하고 있는 실정이다. 그러나, 많은 홍수유출량 산정 자료를 검토하여 보면 Mononobe 방법에 의한 첨두유출량은 대체로 크게 나타나는 결점이 있다.

따라서, 강우의 시간분포에 있어서 보다 나은 정확성 확보를 위해 통계적 처리 등을 통한 연구가 진행되어 왔으며, 그 대표적인 예로 Keifer-Chu, Yen-Chow, Huff 및 Pilgrim-Cordery 방법 등을 열거할 수 있는데, 국내 실무에 많이 적용되

고 있으며 「지역별 설계강우의 시간적 분포, 2000. 6, 건설교통부」에서 Huff 분포를 이용하여 강우자료에 대한 시간분포를 이미 조사, 연구한 자료가 있으므로 본 과업에서는 Huff 분포 방법을 이용하여 설계 우량주상도를 작성하였다.

Mononobe(物部) 공식과 Huff 분포에 대한 이론적인 내용을 요약하여 정리하면 다음과 같다.

1) Mononobe 강우분포 공식

확률계산된 계획강우량을 다음 식과 같은 Mononobe 강우분포 공식에 의하여 시간별 강우량을 구하고 이를 중앙집중분포로 배치하는 방법이다.

$$R_t = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{T}\right)^n \times T$$

여기서, R_t : T 시간의 누가강우량(mm)

R_{24} : 24시간의 강우량(mm)

T : 지속시간

n : Mononobe지수

2) Huff의 시간분포 방법

1967년 Huff는 미국 Illinois주의 강우기록을 통계학적으로 분석하여 강우의 시간적 분포특성을 나타내는 무차원 시간분포 곡선을 제시하였다. 이 방법은 강우의 지속시간을 4등분하여 각 구간의 강우량 가운데 제일 큰 값이 속해있는 구간을 택하고, 그 구간의 명칭에 따라 몇구간 호우라 칭하는데 강우시점에서 1/4구간에서 발생하면 제1구간 호우(first-quartile storm), 2/4구간에서 발생하면 제2구간 호우(second-quartile storm), 3/4구간에서 발생하면 제3구간 호우(third-quartile storm), 강우의 종점에서 발생하면 제4구간 호우(fourth-quartile storm)로 분류한다.

이상과 같이 분류된 4개 유형의 호우에 대해서 시간별 누가강우량을 총 누가지속시간과 총 강우량의 백분율로 다음과 같이 표시하였다.

$$PT_i = \frac{T_i}{T_o} \times 100(\%), \quad PR_i = \frac{R_i}{R_o} \times 100(\%)$$

여기서, PT_i : 임의시간에서 누가강우시간 백분율

T_i : 강우시점에서 i 번째 강우의 종점시간

T_o : 총 강우지속시간

PR_i : 임의시간 T_i 에서의 누가강우 백분율

R_i : 임의시간 T_i 에서의 누가강우량

R_o : 총 강우량

이와같이 무차원 누가곡선을 이용하여 각 유형에 속하는 호우를 100% 단위로 하여 빈도확률의 무차원 누가곡선으로 작성하게 된다. 따라서, 적절한 구간호우를 선정하고 선정된 무차원 누가곡선을 이용하여 우량주상도를 작성할 수 있다.

건설교통부에서 발간한 “지역별 설계강우의 시간적 분포(2000. 6)”의 내용을 살펴보면, 전국 69개 우량관측지점에 대하여 제1구간에서 제4구간 호우까지 확률별로 10%에서 90%까지 제시되어 있으며 J.V. Bonta와 A.R. Rao(1989)는 관측지점에서의 무차원 누가곡선을 설정하고 인접 유역면적에의 적용성에도 문제가 없음을 제시한 바 있다. 따라서 본 과업에서는 상기의 연구결과 중 전국 69개 우량관측지점중 본 대상유역의 강우적용 지점인 서산측후소 지점을 선정하여 무차원 누가지속시간과 누가강우량의 관계를 작성하였으며 4개의 구간호우값 중 발생빈도가 큰 구간의 확률곡선중에서 50%에 해당하는 누가곡선이 통계해석상 중앙값(medium)으로 볼 수 있으므로 확률곡선 50% 값을 해당 구간에서의 무차원 누가 곡선값으로 사용하여 강우를 분포시켜 검토하였다.

서산측후소의 31개년(1968~1999)간 811개의 호우사상을 통계처리하여 지속시간별, 구간별로 분류한 값은 다음 <표 5.1-3>과 같다.

<표 5.1-3> 지속시간별, 구간별 호우발생수(서산지점)

지속시간	1구간	2구간	3구간	4구간	비 고
Total	215	202	220	174	
~ 6hr	82	62	59	54	
7hr ~ 12hr	65	47	50	54	
13hr ~ 18hr	19	53	51	30	
19hr ~ 24hr	18	22	24	18	
25hr ~	31	18	36	18	
X > Mean	71	85	83	48	
X ≤ Mean	144	117	137	126	

자료] 「지역별 설계 강우의 시간적 분포」(2000. 6, 건설교통부)

또한, 각 분위별 강우량을 배분하는 방법을 간략히 기술하면 다음과 같다.

① 누가우량 배분율의 다항식 모형

과업지점의 기왕 강우자료로부터 첨두위치에 따라 4가지로 분류하고 각 첨두 위치마다 평균적인 누가우량을 구해서 이를 다음과 같은 다항식으로 나타낸다.

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

$$DR = C_0 + \sum C_1 \cdot X_i$$

$$X_i = \frac{T}{TD} \times 100$$

여기서, T : 강우지속 기간중의 임의 경과시간(분)

TD : 총 강우지속시간(분)

X_i : 강우지속시간의 비(%)

DR : 누가우량의 배분율

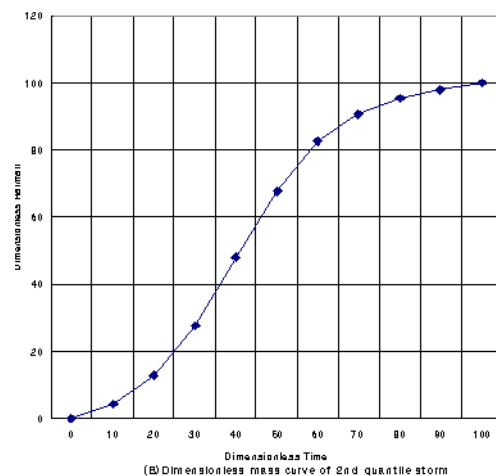
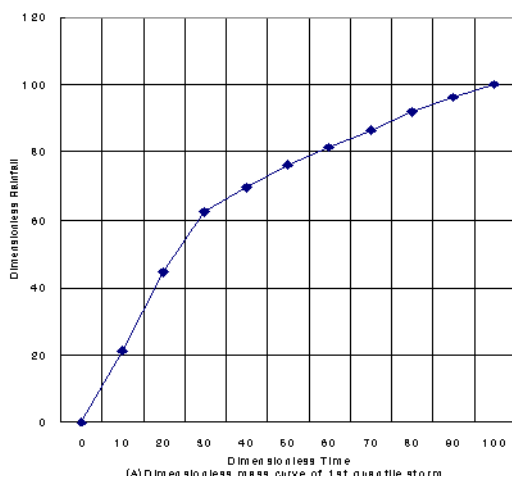
C_0, C_1 : 다항식의 회귀계수

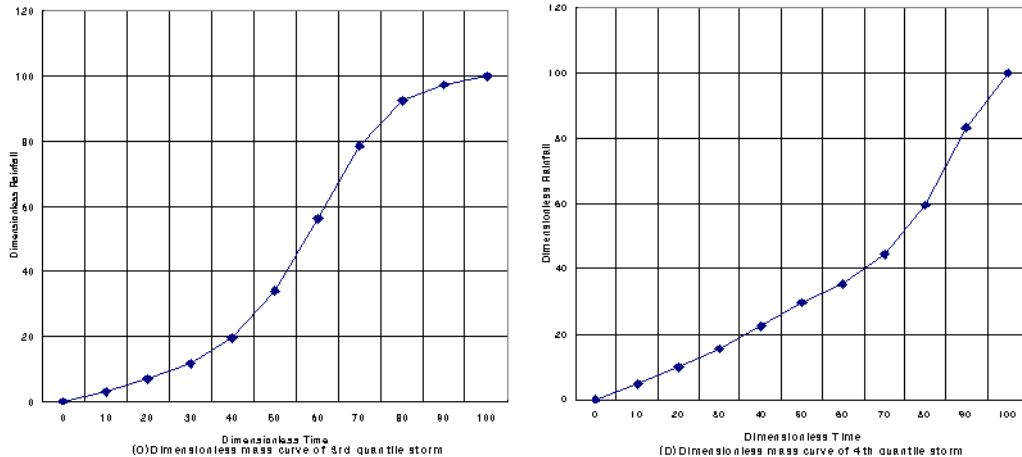
본 과업에서 누가우량 배분율에 대한 다항식은 회귀분석을 실시하여 편차가 가장 작게 발생하는 차수의 식을 채택하되, 과업지구의 강우관측기록에 대한 분위별 누가우량 곡선의 종거 및 누가우량 곡선은 다음 <표 5.1-4> 및 <그림 5.1-3>과 같으며 건설교통부의 연구성과 자료를 그대로 이용하였다.

<표 5.1-4> Huff분포 분위별 누가우량곡선의 종거(50%)

누가배분율(%) 분 위	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
제1분위	0.0	21.1	44.6	62.3	69.7	76.4	81.5	86.5	92.0	96.3	100.0
제2분위	0.0	4.4	12.6	27.5	48.2	67.8	82.5	90.5	95.2	97.9	100.0
제3분위	0.0	3.1	7.0	12.0	19.8	34.0	56.2	78.7	92.3	97.3	100.0
제4분위	0.0	4.8	9.8	15.4	22.4	29.7	35.5	44.3	59.4	83.2	100.0

자료] “지역별 설계강우의 시간적 분포” (2000.6, 건설교통부)





<그림 5.1-3> Huff 분포에 의한 무차원 누가곡선(서산지방)

② 표준우량 주상도 작성

지속시간의 구간 수는 다음 식으로 표시할 수 있다.

$$N = \frac{TD}{t} \quad (N: \text{지속시간축의 구간 수}, TD: \text{강우의 지속시간}, t: \text{단위시간}$$

(분))

③ 강우지속시간비의 결정

$$X(i) = \frac{t \times i}{TD} \times 100 \quad (i = 1, 2, 3, 4, \dots, N)$$

④ 누가우량 배분율의 결정

$$DR(i) = C_0 + C_1 \cdot X(i) + C_2 \cdot X(i)^2 + C_3 \cdot X(i)^3 + \dots + C_n \cdot X(i)^n$$

여기서, i : 지속시간의 구간순위

$DR(i)$: i 번째 구간의 강우량 배분율(%)

⑤ 우량주상도의 종거결정

$$HR(i) = DR(i) - DR(i-1)$$

이상의 강우분포 산정방법을 이용하여 재현기간별 강우지속시간 60분, 120분 및 180분에 해당하는 강우량을 10분단위로 분포시키면 다음 <표 5.1-5>~<표 5.1-7>과 같다.

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

<표 5.1-5> 강우량의 시간별 분포(Huff-2, 강우지속시간 60분)

지속시간 (분)	재현기간별 강우량의 시간별 분포(mm)				
	20년	30년	50년	80년	100년
10	6.5	7.1	7.6	8.0	8.4
20	19.0	20.7	22.0	23.1	24.2
30	24.7	27.0	28.7	30.2	31.7
40	15.4	16.9	17.9	18.8	19.8
50	5.5	6.0	6.4	6.7	7.0
60	2.9	3.2	3.4	3.6	3.9
계	74.0	80.9	86.0	90.4	95.0

<표 5.1-6> 강우량의 시간별 분포(Huff-2, 강우지속시간 120분)

지속시간 (분)	재현기간별 강우량의 시간별 분포(mm)				
	20년	30년	50년	80년	100년
10	3.7	4.3	4.6	4.8	5.1
20	5.0	5.4	5.7	6.1	6.3
30	10.4	11.3	12.0	12.5	13.2
40	15.3	16.6	17.6	18.5	19.5
50	17.4	18.9	20.0	21.0	22.1
60	16.2	17.6	18.7	19.6	20.6
70	12.7	13.8	14.6	15.3	16.1
80	8.3	9.0	9.6	10.0	10.6
90	4.7	5.1	5.4	5.6	5.9
100	2.8	3.0	3.2	3.4	3.5
110	2.4	2.7	2.8	3.0	3.1
120	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
계	100.5	109.4	116.0	121.7	128.0

<표 5.1-7> 강우량의 시간별 분포(Huff-2, 강우지속시간 180분)

지속시간 (분)	재현기간별 강우량의 시간별 분포(mm)				
	20년	30년	50년	80년	100년
10	3.6	4.0	4.2	4.4	4.7
20	2.8	3.0	3.2	3.4	3.5
30	4.7	5.2	5.5	5.8	6.1
40	7.8	8.6	9.1	9.6	10.1
50	11.0	12.0	12.8	13.4	14.1
60	13.3	14.6	15.5	16.3	17.1
70	14.5	15.8	16.8	17.7	18.6
80	14.4	15.7	16.7	17.6	18.5
90	13.2	14.4	15.3	16.1	17.0
100	11.2	12.2	13.0	13.7	14.4
110	8.7	9.6	10.2	10.7	11.3
120	6.3	6.9	7.4	7.7	8.1
130	4.3	4.7	5.0	5.2	5.5
140	2.9	3.1	3.3	3.5	3.7
150	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8
160	2.0	2.2	2.4	2.5	2.6
170	1.9	2.1	2.3	2.4	2.5
180	1.0	1.2	1.3	1.3	1.4
계	125.8	137.7	146.5	154.0	162.0

5.1.3 강우-유출 분석

가. 유효강우량 분석

1) 유효우량의 산정 방법

지상에 도달한 강우량 중 일부는 흙의 표면을 통하여 침투하고, 그 초과분은 흙의 표면으로 흘러 유출을 형성하게 되는데 이와 같이 강우량으로부터 침투에 의한 손실을 제한 값, 즉 유출에 직접적으로 기여하는 강우량을 유효강우(effective rainfall)라고 한다.

유효강우량 산정방법에는 여러 가지가 있으나 주로 사용되고 있는 방법은 ϕ -지표법(ϕ -index method), W-지표법(w-index method) 및 NRCS방법(Natural Resources Conservation Service method) 등이 있으며, 본 과업에서는 유효강우량 산정에 가장 많이 사용되고 있고 유역의 지형적 특성, 토양특성 및 식생피복 상태 등을 가장 잘 반영하며 다른 방법에 비하여 합리적인 방법으로 평가받고 있는 NRCS방법을 이용하여 유효강우량을 산정하였다.

NRCS 방법에서는 유효강우의 크기에 직접적으로 영향을 미치는 인자로서 유역을 형성하고 있는 토양의 종류와 토지이용 혹은 식생피복의 종류, 처리상태((vegetal cover)cover treatment) 및 토양의 수문학적 조건(hydrologic condition) 등을 고려하여 이들 인자들이 식생유출에 미치는 영향을 양적으로 표시하고자 하였으며 따라서 강우가 있기 이전의 선행토양함수조건(Antecedent soil Moisture Condition ; AMC)을 고려하였다.

2) 수문학적 토양군의 분류

임의 유역의 토양특성은 강우로 인한 유출과정에 직접적인 영향을 미친다. 즉, 토양의 성질에 따라 침투능이 상이하므로 총우량 중 직접 유출로 유하하는 유효우량의 크기도 다를 수 밖에 없다. 그런데 토양의 성질을 양적으로 표시하기란 매우 힘든 일이므로 NRCS는 토양의 침투능을 기준으로 다음과 같이 4개의 토양군으로 분류하고 있다.

다음 <표 5.1-8>과 에서 알 수 있는 바와 같이 토양군은 침투능의 크기가 큰 순서대로 A, B, C, D 로 분류하며 유출율은 이의 역순이다.

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

<표 5.1-8>

토양군의 분류

토 양 군	토 양 의 성 질
TYPE A	낮은 유출율(Low runoff potential) 침투율이 대단히 크며 자갈이 있는 부양질, 배수 매우 양호(high infiltration rate)
TYPE B	침투율이 대체로 크고 (Moderate infiltration rate) 돌 및 자갈이 섞인 사질토, 배수 대체로 양호
TYPE C	침투율이 대체로 작고 세사질 토양층, 배수 대체로 불량
TYPE D	높은 유출율 (High runoff potential) 침투율이 대단히 작고 점토질 종류의 토양으로 거의 불투수성, 배수 대단히 불량

장성천 유역의 토양에 대한 성질은 1971년 농촌진흥청 식물환경연구소에서 발간한 개략토양도(S=1:50,000)를 이용하였으며 토양명칭별 성질을 고려하여 4개 토양군으로 분류하였으며 그 내용은 다음 <표 5.1-9>와 같다

<표 5.1-9>

토양종별 분포 현황

토양군	토양 부호	토 양 명 및 성 질	비 고
A	Mab Mma	암쇄토, 구릉산성암, 배수매우양호, 사양질 내지 식양질 암쇄토, 구릉, 변성퇴적암 및 편암 배수 매우양호 내지 양호, 식양질	
B	Rab Raa	적황색토 및 암쇄토, 저구릉산성암, 배수양호, 식양질 내지 사양질 적 황색토, 저구릉, 홍적 및 산성암, 배수양호, 식질 내지 식양질	
C	Rxa Apb	회색토 및 충적토 저구릉 곡간 배수 불량 내지 약간 양호 식양질 내지 식질 적 황색토, 홍적, 배수 약간 양호 내지 양호 식양질 내지 식질	
D	Ro	암석노출지	

자료] 「개략토양도」 (1971, 농촌진흥청 식물환경연구소)

3) 유역의 토지이용상태, 처리상태 및 토양의 수문학적 조건

총우량과 유효우량의 관계는 유역의 토양종류 뿐만 아니라 유역의 토지이용상태 (혹은 식생피복형)와 그의 처리상태에 따라서도 크게 좌우된다. NRCS는 주로 농경지역에 대해 토지이용상태, 처리상태 및 토양의 수문학적 조건 등을 <표 5.1-12>에서와 같이 여러가지로 분류하였고 불투수 지역(도시 유역)에 대해서는 아래 <표 5.1-11>에서와 같이 불투수면적의 백분율로 분류하였으며 이들 토양형,

토지이용, 처리상태 및 토양조건에 따라 총우량으로부터 직접유출(혹은 유효우량)의 잠재력을 표시하는 유출곡선지수 CN(Runoff Curve Number)을 제시하였다. (단, 논의 경우 토양군의 구분없이 AMCⅡ는 78적용 「하천정비기본계획수립업무처리요령, 건교부」)

<표 5.1-10>

불투수지역의 유출곡선지수(AMC-Ⅱ 조건)

불투수면적 백분율(%)	100	90	80	70	60	55	50	45	40	35	30이하
Curve No.	98.0	97.5	97.0	96.5	96.0	95.0	94.0	93.0	92.5	91.0	90.0

<표 5.1-11>

도시지역의 토양형별 유출곡선지수 CN(AMC-Ⅱ, $I_a=0.2S$)

피복상태	평균불투수율 (%)	토양형				비고
		A	B	C	D	
<완전히 개발된 도시지역>						
(식생처리 됨)						
개활지(잔디, 공원, 골프장, 묘지등)						
나쁜상태(초지 피복률이 50% 이하)		68	79	86	89	
보통상태(초지 피복률이 50~75%)		49	69	79	84	
양호한상태(초지 피복률이 75%이상)		39	61	74	80	
불투수 지역 :						
포장된 주차장, 지붕, 접근로(도로 경계선을 포함하지 않음)		98	98	98	98	
도로와 길 :						
포장된 곡선길과 우수거(도로경계선 을 포함하지 않음)		98	98	98	98	
포장길, 배수로(도로 경계선을 포함)		83	89	92	93	
자갈길(도로 경계선을 포함)		76	85	89	91	
흙 길(도로 경계선을 포함)		72	82	87	89	
도시지역:						
상업 및 사무실지역	85	89	92	94	95	
공업지역	72	81	88	91	93	
주거지역(구획지 크기에 따라) :						
150평 이하	65	77	85	90	92	
300평	38	61	75	83	87	
400평	30	57	72	81	86	
600평	25	54	70	80	85	
1,220평	20	51	68	79	84	
1,440평	12	46	65	77	82	
<개발중인 도시지역>						
		77	86	91	94	

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

<표 5.1-12> 농경지역 및 삼림지역의 토양형별 유출곡선지수 CN(AMC-II, $I_a=0.2S$)

식생피복 및 토지이용상태	피복처리상태	토 양 의 수문학적 조	토 양 형				비 고
			A	B	C	D	
휴경지(fallow) 이랑 경작지 (row crops)	경사경작(straight row)	-	77	86	91	94	
	경사경작	배수나쁨	72	81	88	91	
	경사경작	배수 좋음	67	78	85	89	
	등고선 경작(contoured)	배수나쁨	70	79	84	88	
	등고선 경작	배수 좋음	65	75	82	86	
	등고선, 테라스 경작	배수나쁨	66	74	80	82	
	등고선, 테라스 경작	배수 좋음	62	71	78	81	
	조밀 경작지 (small grains)	경사경작	65	76	84	88	
	경사경작	배수 좋음	63	75	83	87	
	등고선 경작	배수나쁨	63	74	82	85	
목초지(pasture) 또는 목장(range)	등고선 경작	배수 좋음	61	73	81	84	
	등고선, 테라스 경작	배수나쁨	61	72	79	82	
	등고선, 테라스 경작	배수 좋음	59	70	78	81	
		배수나쁨	68	79	86	89	
		배수 보통	49	69	79	84	
		배수 좋음	39	61	74	80	
	등고선 경작	배수나쁨	47	67	81	88	
	등고선 경작	배수 보통	25	59	75	83	
	등고선 경작	배수 좋음	6	35	70	79	
	초지(meadow)	배수 좋음	30	58	71	78	
삼림(woods)		배수나쁨	45	66	77	83	
		배수 보통	36	60	73	79	
		배수 좋음	25	55	70	77	
관목숲(forests)	매우 덩성덩성	배수 좋음	25	55	70	77	
농가(farmsteads)		-	56	75	86	91	
		-	59	74	82	86	

4) 유역의 선행토양함수조건

총우량과 유효강우량간의 관계분석에 있어서 5일 혹은 30일 선행강수량은 한 유역의 선행토양함수조건을 대변하는 지표로 흔히 사용된다. 즉, 동일한 강수가 내릴 경우 선행강수량이 많으면 유역 토양의 습윤도가 높으므로 유출율, 즉 유효우량은 상대적으로 많아질 것이나 선행강수량이 적을 경우에는 침투손실이 커지므로 유효우량은 적어져서 유출율은 낮아지게 된다.

NRCS에서 기준으로 삼고 있는 선행토양함수조건(Antecedent soil Moisture Condition, AMC)은 각 경우에 대하여 다음과 같은 3가지 조건으로 구분하고 있다.

- AMC-I : 유역의 토양은 대체로 건조상태로 있어서 유출율이 대단히 낮은 상

태 (Lowest runoff potential)

- AMC-Ⅱ : 유출율이 보통인 상태(Average runoff potential)
- AMC-Ⅲ : 유역의 토양이 수분으로 거의 포화되어 있어서 유출률이 대단히 높은 상태 (Highest runoff potential)

위의 3개의 선행토양 함수조건은 5일 선행강수량의 크기에 의하여 유역의 습윤 정도를 분류하는 기준이 되며 NRCS에서 사용하고 있는 선행강수량의 크기는 다음 <표 5.1-13>와 같다.

<표 5.1-13> 선행토양 함수조건 분류

AMC Group	5일 선행강수량		비 고
	비 성 수 기	성 수 기	
I	$P5 < 13$	$P5 < 36$	
Ⅱ	$13 < P5 < 28$	$36 < P5 < 53$	
Ⅲ	$P5 > 28$	$P5 > 53$	

또한, 선행토양함수조건에 대한 AMC-Ⅱ 조건으로부터 다른 AMC 조건으로의 유출곡선지수 변환은 다음 <표 5.1-14>의 내용에 따라 변환할 수 있다.

<표 5.1-14> AMC-Ⅱ에 대한 AMC-Ⅰ 및 AMC-Ⅲ조건 CN값

CNⅡ	CNⅠ	CNⅢ	CNⅡ	CNⅠ	CNⅢ	CNⅡ	CNⅠ	CNⅢ	CNⅡ	CNⅠ	CNⅢ
100	100	100	81	64	92	62	42	79	43	25	63
99	97	100	80	63	91	61	41	78	42	24	62
98	94	99	79	62	91	60	40	78	41	23	61
97	91	99	78	60	90	59	39	77	40	22	60
96	89	99	77	59	89	58	38	76	39	21	59
95	87	98	76	58	89	57	37	75	38	21	58
94	85	98	75	57	88	56	36	75	37	20	57
93	83	98	74	55	88	55	35	74	36	19	56
92	81	97	73	54	87	54	34	73	35	18	55
91	80	97	72	53	86	53	33	72	34	18	54
90	78	96	71	52	86	52	32	71	33	17	53
89	76	96	70	51	85	51	31	70	32	16	52
88	75	95	69	50	84	50	31	70	31	16	51
87	73	95	68	48	84	49	30	69	30	15	50
86	72	94	67	47	83	48	29	68	25	12	43
85	70	94	66	46	82	47	28	67	20	9	37
84	68	93	65	45	82	46	27	66	15	6	30
83	67	93	64	44	81	45	26	65	10	4	22
82	66	92	63	43	80	44	25	64	5	2	13

5) NRCS 방법(Natural Resources Conservation Service method)

유효강우량은 유출량에 직접적으로 기여하는 강우량으로 NRCS의 방법에서는 총우량과 유효우량간의 관계를 다음 식으로 표시하였다.

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S} \dots\dots\dots ①$$

여기서, P : 호우별 총우량(mm)

I_a : 강우초기의 손실(mm)

S : 유역의 최대잠재보유수량과 초기손실의 합(mm)

Q : 직접유출량에 해당하는 유효우량(mm)

식①의 초기손실 (I_a)은 유출이 시작되기 전에 생기는 차단, 침투, 지역저류 등을 포함하며 최대 잠재보유수량(potential maximum retention) S 와는 다음의 관계를 가진다.

$$I_a = 0.2 \cdot S \dots\dots\dots ②$$

식②를 식①에 대입하면 다음과 같은 총우량-유효우량 관계식을 얻는다.

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \dots\dots\dots ③$$

또한, 식③의 S 는 선행토양함수조건에 따라 다른데 AMC-I에 대한 S 는 AMC-II에 대한 S 보다 크나 AMC-III에 대한 S 는 AMC-II에 대한 S 값보다 작다.

유역의 잠재보유수량의 크기를 표시하는 S 는 유역의 토지이용 및 처리상태 등의 이른바 수문학적 토양-피복형(hydrologic soil cover complex)의 성질을 대변하는 것으로서 유출능력을 표시하는 유출곡선지수 CN(runoff curve number)이라는 변수를 다음과 같이 S 의 함수로 정의함으로서 유출에 미치는 S 의 효과를 간접적으로 고려하게 된다.

$$CN = \frac{25,400}{S + 254} \text{ 혹은 } S = \frac{25,400}{CN} - 254$$

본 장성천 유역의 토양에 대한 성질은 1971년 농촌진흥청 식물환경연구소에서 발간한 개략토양도(1/50,000)를 이용하였으며, 토양별 성질을 고려하여 4개의 토양군으로 분류하고, 토지이용상태(토지이용도)를 고려하여 유역 평균유출지수(CN)를 산정하였다.

<표 5.1-15>

유출지수(CN) 산정결과

지점명	부호	유역면적(km ²)	유로연장(km)	AMC-Ⅱ	AMC-Ⅲ	비고
과업시점	JS0	21.47	8.03	67.1	82	
장성 1교지점	JS1	22.35	9.13	67.3	83	
장성천 하구	JS2	22.89	10.43	67.5	83	

6) 유효강우량 산정

이상에서 설명한 유효강우량 산정방법 및 그 절차에 의하여 홍수량 산정지점별로 재현기반별 강우지속시간에 대하여 유효강우량을 산정하였으며, Huff 4분위법에 의한 강우량의 시간분포에 따라 지속시간 60분, 120분 및 180분에 대한 유효우량을 산정하였으며 그 내용은 다음 <표 5.1-16>과 같다.

<표 5.1-16>

재현기간별 지속시간별 빈도별 유효우량 산정 결과(Huff-2)

산정지점	지속시간(분)	강우량	빈도별 총우량 및 유효우량(mm)					비고
			20	30	50	80	100	
JS0	60	총우량	74.0	80.9	86.0	90.4	95.0	
		유효우량	33.3	38.8	42.9	46.5	50.4	
		유효율(%)	45.0	47.9	49.9	51.5	53.0	
	120	총우량	100.5	109.4	116.0	121.7	128.0	
		유효우량	55.0	62.7	68.4	73.5	79.1	
		유효율(%)	54.7	57.3	59.0	60.4	69.8	
	180	총우량	125.8	137.7	146.5	154.0	162.0	
		유효우량	77.1	87.8	95.9	102.7	110.1	
		유효율(%)	61.3	63.8	65.4	66.7	68.0	
JS1	60	총우량	74.0	80.9	86.0	90.4	95.0	
		유효우량	35.0	40.6	44.8	48.5	52.4	
		유효율(%)	47.3	50.1	52.1	53.6	55.1	
	120	총우량	100.5	100.4	116.0	121.7	128.0	
		유효우량	57.1	64.9	70.7	75.8	81.5	
		유효율(%)	56.8	59.3	61.0	62.3	63.7	
	180	총우량	125.8	137.0	146.5	154.0	162.0	
		유효우량	79.5	89.7	98.5	105.4	112.9	
		유효율(%)	63.2	65.5	67.2	68.4	69.7	
JS2	60	총우량	74.0	80.9	86.0	90.4	95.0	
		유효우량	35.0	40.6	44.8	48.5	52.4	
		유효율(%)	47.3	50.1	52.1	53.6	55.1	
	120	총우량	100.5	100.4	116.0	121.7	128.0	
		유효우량	57.1	64.9	70.7	75.8	81.5	
		유효율(%)	56.8	59.3	61.0	62.3	63.7	
	180	총우량	125.8	137.0	146.5	154.0	162.0	
		유효우량	79.5	89.7	98.5	105.4	112.9	
		유효율(%)	63.2	65.5	67.2	68.4	69.7	

위의 <표 5.1-16>에서 보는 바와 같이 주요 지점별 재현기간별 유효우량을 산정한 결과, 재현기간과 강우지속시간이 증가할수록 유효강우량은 증가하는 것으로 나타났다. 장성천 하구지점(JS3)의 경우 강우지속시간 120분의 경우 80년 빈도 총우량(121.7mm)에 대한 유효우량은 총우량의 62.3%인 75.8mm로 산정되었다.

나. 강우-유출 분석

하천유역의 홍수유출량을 정확하게 산정하기 위해서는 실측 강우량과 이에 해당하는 유출량의 자료로부터 검증된 강우-유출모형을 적용하여야 한다. 그러나 본 과업 구간인 장성천 유역내에는 유량관측소가 없어 관측자료의 분석에 의한 홍수시 유출량을 산정할 수가 없는 실정이다. 따라서, 홍수유출량 분석은 강우량을 토대로 산정하는 방법을 채택하였으며, 유출량 자료가 없을 경우 사용 가능한 강우-유출모형중 가장 보편적이고 많이 이용되고 있으며, 본 과업지구의 수문특성을 고려할 때 적용 타당한 것으로 판단되는 Clark의 유역추적법, SCS 무차원 단위도법 및 중안(中安)의 종합단위도법 등 3가지 방법을 이용하여 장성천 유역의 홍수유출량을 산정하였으며 상기 홍수유출량 산정 모형의 특성을 개략적으로 살펴보면 다음과 같다.

1) 단위도 기본이론

1시간 단위도는 소유역에 1시간동안 단위 초과강우량(1mm 혹은 1inch)이 균등하게 내릴 때 이로 인한 해당 소유역에서의 유출로 정의되며, 지속시간이 1시간이 아닌 단위유량도도 생각할 수 있으며, 본 과업에서는 지속시간 10분단위로 단위도를 산정하였다. 초과우량 주상도는 다음 식을 사용하여 해당 소유역의 유출량으로 변환된다.

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i (U(j) \times X(i-j+1))$$

여기서, $Q(i)$ 는 i 번째 계산 시간간격에 해당하는 시간이 경과한 시점의 소유역 유출량이고 $U(j)$ 는 단위도 j 번째 종거값이며, $X(i)$ 는 계산 시간간격 i 에서의 평균 유효강우량을 나타낸다.

이 식은 2가지 중요한 가정을 근거로 하고 있는데 첫째, 단위도는 소유역의 특성을 나타내며 호우사상에는 무관하다는 것이며, 둘째는 발생시각이 서로 다른 초과강우들로부터의 유출은 선형적으로 중첩하여 구할 수 있다는 것이다.

2) 합성단위도

① Clark 유역추적법

이 방법은 유역내의 강우가 유로의 일지점에 유집하기까지는 집중저류현상이 있

는 바 유역내 도달시간권의 강우를 유입으로 보고 이것을 저류계수로 추적하여 특정 지점의 유출량을 구하는 방법이다.

도달시간과 저류상수는 실측 수문자료에 의해서 결정하여야 하나, 본 유역은 그러한 수문자료가 전무하므로 도달시간을 부득이 Kraven(new)식을 이용하여 구하였고, 저류상수는 도달시간과의 일반적인 관계식인 $K = \alpha T_c$ ($\alpha=1.0$ 적용)에 의해 결정하였다.

저류방정식과 연속방정식으로부터 단위도 유도의 기본방정식은 다음과 같다.

$$\frac{I_1 + I_2}{2} - \frac{O_1 + O_2}{2} = \frac{k}{t}(O_2 - O_1) \dots\dots\dots \text{(기본식)}$$

여기서, I_1 : t_1 시간의 유입량
 O_1 : t_2 시간의 유입량
 I_2 : t_1 시간의 유출량
 O_2 : t_2 시간의 유출량
 k : 저류상수
 t : 시 간

상기 기본식에서

$$k_1 = \frac{2k}{t} + 1, \quad k_2 = \frac{2k}{t} - 1 \text{ 로 하면}$$

$$O_2 = \frac{I_1 + I_2 + O_1 k_2}{k_1} \dots\dots\dots (1)$$

한편, Muskingum 홍수추적법에 의하면

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1 \dots\dots\dots (2)$$

상기 식에서,

$$C_0 = \frac{-(kx - 0.5 \Delta t)}{k - kx + 0.5 \Delta t}, \quad C_1 = \frac{(kx + 0.5 \Delta t)}{k - kx + 0.5 \Delta t}, \quad C_2 = \frac{(k - kx - 0.5 \Delta t)}{k - kx + 0.5 \Delta t}$$

가상 저수지에서 $x=0$ 이고, $k = \alpha \cdot T_c$ 관계에서

$$C_0 = C_1 = \frac{\Delta t}{2\alpha T_c + \Delta t}$$

위 식에서 $C_0 + C_1 = CI$ 로 두면

$$\begin{aligned}
 CI &= \frac{\Delta t}{2\alpha T_c + \Delta t} = \frac{2t}{2k + t} \\
 &= \frac{2}{\frac{2k}{t} + 1} = \frac{2}{k_1} \dots\dots\dots (3)
 \end{aligned}$$

또한, $CI + C_2 = 1$ 이므로

$$\begin{aligned}
 C_2 &= 1 - CI = 1 - \frac{2}{k_1} = \frac{k_1 - 2}{k_1} \\
 &= \frac{\frac{2k + t}{t} - 2}{\frac{2k + t}{t}} = \frac{\frac{2k - t}{t}}{\frac{2k + t}{t}} \\
 &= \frac{k_2}{k_1}
 \end{aligned}$$

식(1)에서,

$$\begin{aligned}
 O_2 &= \frac{I_1 + I_2 + O_1 k_2}{k_1} \\
 &= \frac{I_1 + I_2}{k_1} + \frac{k_2}{k_1} O_1
 \end{aligned}$$

위 식에 식(2) 및 식(3)을 대입하면

$$O_2 = \frac{CI}{2} (I_1 + I_2) + C_2 O_1 \dots\dots\dots (4)$$

따라서 상기 식(4)의 결과로 단위도를 유도하여 각 빈도별 유출량을 산정하였다.

② SCS 무차원 합성단위도

1972년에 미 농무성의 토양보전국(SCS)에서 개발한 SCS 무차원 합성단위도의 입력자료는 한 개의 매개변수로 되어있다. 이는 t_g (SCS LAG)로 유효강우 유량의 무게중심에서 단위도의 첨두유량 발생시점까지의 시간(hr)이며, 첨두유량과 첨두시간은 다음 식(5), (6)에 의해 계산된다.

$$t_p = 0.5 t_r + t_g \dots\dots\dots (5)$$

$$Q_p = \frac{484 \times AREA}{t_p} = \frac{0.208 \times AREA}{t_p} \dots\dots (6)$$

여기서, t_p 는 단위도의 첨두시간(hr)이며, t_r 은 초과강우량의 지속시간 즉, 계산 시간간격, Q_p 는 단위도의 첨두유량(f_t^3/sec or m^3/sec)이며 AREA는 소유역의 면

적($mile^2$ or km^2)이다. 다른 계산시간 간격의 단위도와 첨두유량은 SCS무차원 단위도로부터 보간법으로 구하며, SCS무차원 단위도의 시간별 증거는 <표 5.1-17>와 같다.

또한, SCS(1975)에서는 유역면적이 작은 경우(약 $2,000acre=8.09372km^2$ 이하)에서 t_g 를 결정하기 위한 공식을 제안하고 있다.

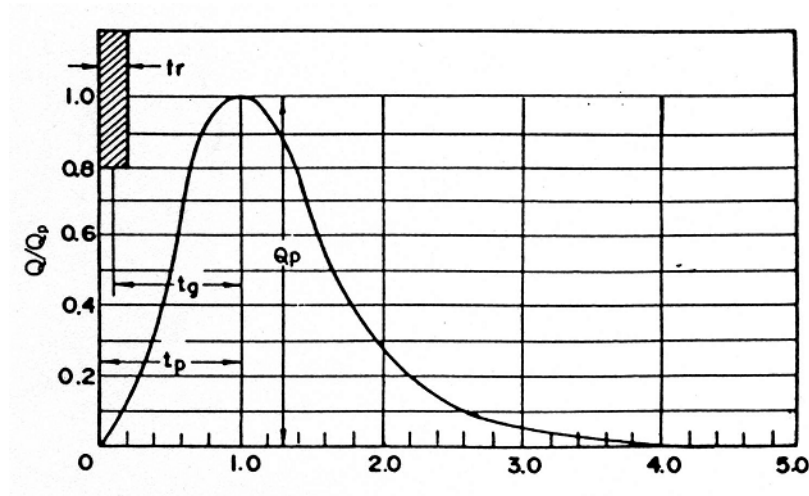
$$t_g = \frac{L^{0.8}(S+1)^{0.7}}{1,900 Y^{0.5}}$$

여기서, L 은 하천연장(ft), S 는 SCS의 유효수량산정법에서 지표층의 최대잠재저류량(inch)으로서 $S=(1000/CN)-10$ 의 관계를 가짐.(CN은 유출지수), Y 는 유역평균경사(%)임.

<표 5.1-17>

SCS 무차원단위도의 시간별증거

t/tp	Q/Qp	t/tp	Q/Qp	t/tp	Q/Qp	t/tp	Q/Qp
0.0	0.000	0.9	0.990	1.8	0.390	3.4	0.029
0.1	0.030	1.0	1.000	1.9	0.330	3.6	0.021
0.2	0.100	1.1	0.990	2.0	0.280	3.8	0.015
0.3	0.190	1.2	0.930	2.2	0.207	4.0	0.011
0.4	0.310	1.3	0.860	2.4	0.147	4.5	0.005
0.5	0.470	1.4	0.780	2.6	0.107	5.0	0.000
0.6	0.660	1.5	0.680	2.8	0.077		
0.7	0.820	1.6	0.560	3.0	0.055		
0.8	0.930	1.7	0.460	3.2	0.040		



<그림 5.1-4> SCS 무차원단위도

③ 中安(Nakayasu)종합단위도

中安(Nakayasu) 종합단위도법은 무차원 수문곡선(dimensionless hydrograph)으로 특정 지속기간의 단위유량도를 합성하는 방법으로 수문자료가 없는 산지유역에서 유출량을 추산할 경우에 적용되며, W.W.Hormer 및 F.L.Flynt가 실측자료로서 유도한 식을 일본의 中安(Nakayasu)씨가 일본하천에 도입하여 만든 식으로 일반적으로 우리나라 하천에 적용성이 큰 방법이다.

○ 단위도형

· 상승곡선 $0 < t < t_p$ 일 때: $\frac{Q}{Q_p} = \left(\frac{t}{t_p}\right)^{2.4}$

$t_p < t < t_k$ 일 때 $\left(1 > \frac{Q}{Q_p} \geq 0.3\right)$: $\frac{Q}{Q_p} = 0.3 \frac{t-t_p}{t_k}$

· 감수곡선 $t_k < t \leq 1.5t_k$ 일 때 $\left(0.3 > \frac{Q}{Q_p} \geq 0.3^2\right)$: $\frac{Q}{Q_p} = 0.3 \frac{t-t_p+0.5t_k}{1.5t_k}$

$1.5t_k < t$ 일 때 $\left(0.3^2 > \frac{Q}{Q_p}\right)$: $\frac{Q}{Q_p} = 0.3 \frac{t-t_p+1.5t_k}{2t_k}$

○ 단위도의 최대유량

$$Q_p = \frac{0.2778AR_0}{0.3t_p + t_k}$$

○ 유역특성계수

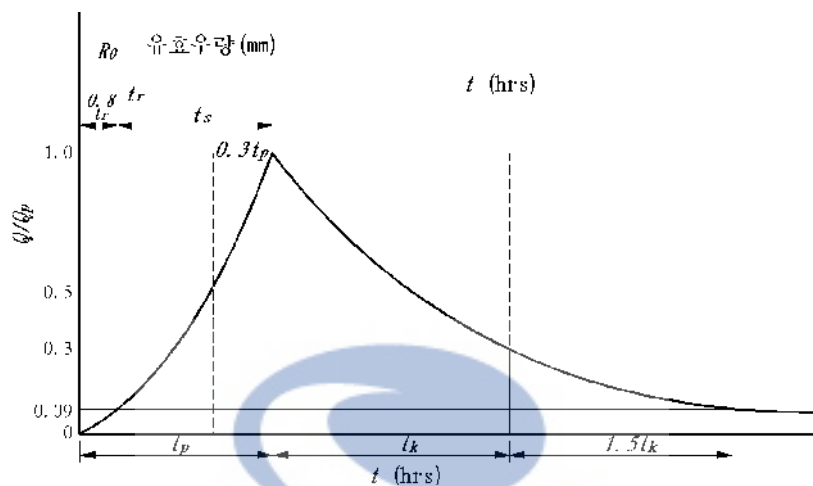
$$L < 15\text{km일 때 } t_g = 0.21 L^{0.7} \text{ (hr)}$$

$$L > 15\text{km일 때 } t_g = 0.4 + 0.0587 L \text{ (hr)}$$

$$t_k = 0.47(A \times L)^{0.25}$$

여기서, A : 유역면적(km²) L : 유로연장 (km)

R : 유효우량(mm) Q : 최대유량 (m³/sec)



<그림 5.1-5> 중안(Nakayasu)의 종합단위도

5.1.4 기본·계획홍수량

가. 기본홍수량 산정

1) 설계빈도의 설정

「하천설계기준(2002, 한국수자원학회)」의 “16.2.3 수문설계의 선택기준 및 일관성”에 따르면 “수문학적 설계규모의 판단 기준은 수문설계자의 공학적 판단과 경험을 바탕으로 결정하는 것이 바람직하며, 극한 수문사상에 대한 추정한계치나 대소 수공구조물 설계치를 결정하기 위해서는 이러한 공학적 판단과 함께 내용년한을 초과하지 않는 설계기간에 발생할 위험도를 평가하고, 연평균 비용을 최소화 할 수 있는 재현기간에 대한 치수경제분석, 그리고 설계자의 설계나 현장 경험과 구조물 종류, 중요도, 홍수지역의 개발 정도에 바탕을 둔 표준설계기준을 판단하여 결정한다.”라고 규정하고 있다.

수공구조물의 설계빈도 기준으로 하고 있는 대표적인 예로, 주요 구간의 국가하천 200년이상 국가하천 100~200년 지방1급하천 80년~200년, 지방2급하천 50~200년 빈도를 규정하고 있다. 그러나 최종 수문학적 설계치는 공학적 판단과 설계

자의 경험에 따라 결정되어야 하고 이것을 분석하기 위해서는 설계강우와 홍수량의 위험도 분석, 치수경제성 분석 그리고 경험과 표준기준에 따라 결정하여야 한다. 이와 같이 하천유역의 치수를 위한 설계빈도는 해당지역의 사회적, 경제적 중요도에 따라 결정하는 것을 원칙으로 한다.

본 과업대상지구인 홍양 저수지 하류 구간의 장성천은 본류하천과 삼교천 주변 농경지인 금마뜰과 관련되어 농경지에 커다란 피해를 유발할 수 있다. 따라서, 최근 집중호우 등 기상이변현상으로 빈도를 상향하는 추세인 점 및 금마뜰의 농경지 피해 면적 등을 고려할 때 설계자의 공학적 판단 및 지역사회에 미치는 하천의 중요도 등을 종합적으로 판단하여 재현기간을 80년으로 설정하였다.

2) 임계지속시간 및 유출모형별 유출량 산정

가) 임계지속시간

설계강우를 결정할 때 강우지속시간의 결정은 해당지역의 유역특성, 강우지속 특성 등에 따라 결정해야 하는 중요한 사항인데, 이 때 사용되는 설계강우의 적절한 지속시간을 임계지속시간이라 한다.

그러나, 국내의 수공구조물 설계시 적용되고 있는 설계강우량은 수공구조물의 규모 및 강우특성 등이 고려되지 않고 단순히 1일 또는 2일최대 강우 Mononobe 공식을 이용하여 시간분포시켜 적용하고 있는 실정이다. 이는 유역면적이 크고 홍수도달시간이 장시간 소요되는 경우에는 비교적 타당한 방법으로 판단되나 이에 대한 명확한 연구성과 없는 상태에서 과거의 경험을 토대로 적용해 오고 있는 실정이다.

설계강우로부터 예측되는 유역의 침투유출 및 유출수문곡선은 강우의 지속시간에 따라 변하고, 그에 따라 계획하는 수공구조물에 미치는 영향은 매우 다르므로 수공구조물 또는 배수시스템에 가장 큰 부하를 가져오는 지속시간을 산정할 필요가 있으므로 그에 해당하는 임계지속시간을 산정하는 것이 합리적이라고 할 수 있다.

본 과업에서는 이와 같은 점을 고려하여 Clark 유역추적법, Nakayasu 중합단위도법 및 NRCS 무차원단위도법을 이용하여 홍수량 산정지점별로 강우지속시간에 대하여 재현기간별 침투유출량의 시간적 변화를 고려하여 침투유출량이 발생하는 임계지속시간을 결정하였다.

나) 침투유출량과 임계지속시간 산정 결과

각 홍수량 산정지점별 침투유출량 및 임계지속시간 산정결과, 각 유출모형별

침투유출량은 NRCS와 Clark방법이 서로 큰 차이가 없고 Nakayasu방법이 다소 적게 나타났으며 대체적으로 NRCS, Clark, Nakayasu방법 순으로 홍수유출량이 크게 산정되었다. NRCS 방법은 미국의 유출특성에 맞게 개발된 공식으로서 우리나라 유역의 특성과는 다소 차이가 있는 것으로 알려져 있으며, Nakayasu방법은 중규모 이상의 유역에 적용성이 큰 유출모형으로서 본 장성천 유역과 같이 소규모의 유역에 적용시 유출량이 작게 산정되는 특징이 있다.

따라서 NRCS방법과 Nakayasu방법으로 산정한 침투홍수량의 중간값을 나타내고 있고 유역의 특성인자를 입력자료로 사용하여 하도내 저류특성을 고려할 수 있는 Clark 유역추적법으로 산정한 임계지속시간에 대한 침투홍수량을 장성천 홍수유출량의 결과 값으로 채택하였다. 홍수량 산정방법별로 각 산정지점에 대한 침투홍수량 산정결과는 다음 <표 5.1-20>과 같다.

<표 5.1-20>

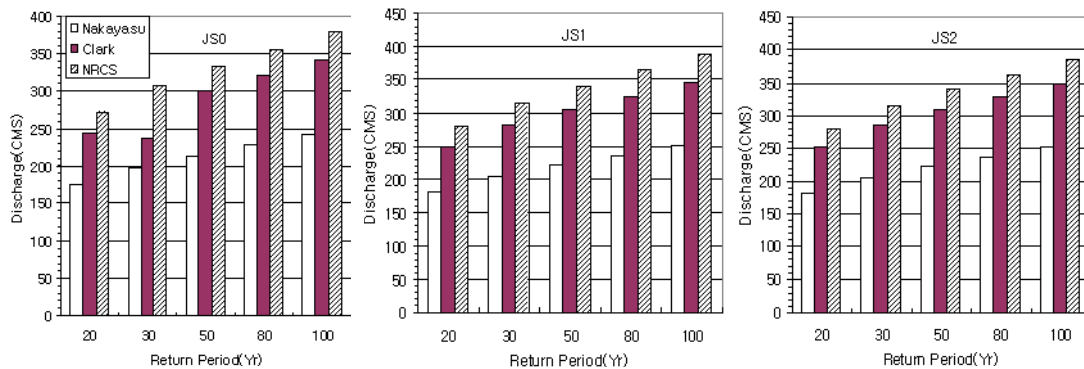
재현기간별 침투홍수량 산정 결과

산정지점	부 호	유역면적 (km ²)	홍수유출 모형	재현기간별 침투홍수량(m ³ /sec)				
				20	30	50	80	100
과업시점	JS0	21.47	Clark	245.0	237.4	299.9	320.1	340.4
			Nakayasu	174.5	197.0	213.8	228.3	242.9
			NRCS	271.6	306.6	332.8	355.5	378.8
장성1교	JS1	22.35	Clark	250.6	282.0	305.6	325.7	346.0
			Nakayasu	181.2	204.1	221.4	236.2	251.2
			NRCS	280.1	315.1	341.4	363.8	387.7
장성천하구	JS2	22.89	Clark	253.6	285.2	309.0	329.3	350.2
			Nakayasu	182.0	205.1	222.4	237.2	252.2
			NRCS	280.1	315.1	341.4	363.8	387.7

이상과 같이 장성천의 각 홍수량 산정지점에 대하여 유출모형별, 강우분포 방법별, 재현기간별로 기본홍수량을 산정한 결과, 홍수유출모형은 Clark 유역추적법의 산정값이 다른 모형의 중간값을 나타내고 있고, 강우분포형은 Huff-2분위를 적용할 경우 홍수량이 Huff-3분위에 비하여 다소 크고 임계지속시간이 짧은 것을 감안하여 본 장성천의 기본홍수량은 Huff-2분위의 강우분포를 이용한 Clark 유역추적법에 의해 산정된 홍수량을 채택하는 것이 가장 합리적인 것으로 판단된다.

장성천 홍수량 산정지점별로 각 홍수유출 모형에 대한 재현기간별 침투홍수량의 변화를 강우분포 방법별로 나타내면 다음 <그림 5.1-6>과 같다.

제5장 하천공사 시행에 관한 사항



(Huff-2분위 강우분포 적용)

<그림 5.1-6> 지점별, 유출모형별, 빈도별 첨두홍수량 변화도

다) 기본홍수량

장성천 유역에 대한 홍수유출량을 유출모형별, 강우지속시간별로 조건을 부여하여 산정한 결과, 설계빈도 80년에 대한 장성천 과업시점(JS0)에서의 첨두홍수량은 $320\text{m}^3/\text{sec}$, 장성천하구(JS3)은 $330\text{m}^3/\text{sec}$ 로 산정되었다.

이상의 장성천 기본홍수량 산정결과를 주요 재현기간별로 요약하여 정리하면 다음 <표 5.1-19>와 같다.

<표 5.1-19>

기본홍수량 산정 결과

산정지점	부 호	유역 면적 (km^2)	유로 연장 (km)	재현기간별 첨두홍수량(m^3/sec)				비 고
				30년	50년	80년	100년	
과업시점	JS0	21.47	8.03	277	300	320	341	
장성1교지점	JS1	22.35	9.13	282	306	326	346	
장성천 하구	JS3	22.89	10.43	286	309	330	350	

나. 계획홍수량 산정

계획홍수량이란 “하천유역개발계획, 홍수방어(조절)계획, 이수계획, 내수배제계획 그리고 하천환경계획 등 각종 계획에 맞추어 이미 산정된 기본홍수를 종합적으로 분석하여 합리적으로 배분하거나 조절할 수 있도록 계획기준점이나 하천시설 설치지점, 지류와 본류의 합류점 등에서 하천개발계획을 위해 책정된 홍수량”으로 정의하고 있다.

즉, 계획대상하천의 치수상 기준이 되며 하도가 부담하여야 할 홍수량으로 계획대상 하천의 상류에 댐, 조절지 등과 같은 홍수조절 시설물 등이 설치되어 있거나 계획이 있을 경우 이들에 대한 홍수조절 효과를 고려한 홍수량을 의미한다.

본 과업대상 하천인 장성천의 상류에는 홍수조절을 부담할 시설물이 없으므로 기본 홍수 전량을 하도부담 계획홍수량으로 취하였다.

장성천의 기본홍수량 및 계획홍수량을 살펴보면 다음 <표 5.1-20>과 같다.

<표 5.1-20>

기본홍수량 및 계획홍수량

산 정 지 점		부 호	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	첨두홍수량(m ³ /sec)		비 고
					기 본	계 획	
장 성 천	과 업 시 점	JS0	21.47	8.03	320	320	
	장성1교지점	JS1	22.35	9.13	326	326	
	장성천 하구	JS3	22.89	10.43	330	330	

다. 하천수량 관리계획

1) 하천관리유량

하천관리유량은 하천유지유량에 기준점 하류에서 유수의 점용을 위하여 필요한 이수유량을 더한 유량이며, 적절한 하천관리를 위하여 설정하는 유량으로 하천의 제반 기능을 충족시킬 수 있도록 하천에 흘러야 하는 유량이다.

「하천설계기준(2002. 한국수자원학회)」에서는 하천관리유량 및 하천유지유량에 대하여 다음과 같이 정의하고 있다.

$$\begin{aligned}
 \boxed{\text{하천유지유량}} &= \boxed{\text{평균갈수량, 환경보전유량중 최대값}} \\
 \boxed{\text{하천관리유량}} &= \boxed{\text{하천유지유량}} + \boxed{\text{이 수 유 량}}
 \end{aligned}$$

2) 갈수량

일반적으로 갈수량이란 과거에 발생한 최대갈수량과 빈도해석에 의한 갈수량, 평균갈수량, 기준갈수량 및 10년빈도 갈수량이 있다. 현재 우리나라 하천설계기준에서는 과거 자연상태에서 관측한 유량자료를 매년마다 크기순으로 나열하여 355일을 유지할 수 있는 갈수량 계열을 평균한 값을 평균갈수량, 10년빈도 갈수량을 기준갈수량으로 적용하고 있다.

장성천 유역내에는 유량관측자료를 보유하고 있지 않아 인근에 있는 수촌수위표 유황자료를 이용하여 비유량법으로 유황분석한 결과 갈수량은 0.025m³/sec로 앞의 3.2.4절에서 이미 분석하였으며 그 내용을 정리하면 다음 <표 5.1-21>과 같다.

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

<표 5.1-21>

장성천 유황분석

(단위 : m^3/sec)

지 점 명	유역면적(km^2)	갈수량	평수량 (Q185)	풍수량 (Q 95)	비 고
장성천 하구	22.89	0.025	0.250	0.659	

3) 환경보전유량

환경보전유량이란 하천주운, 어업, 하천경관, 염해의 방지, 하구막힘 방지, 하천 관리시설의 보호, 지하수위의 유지, 동 식물의 생태보호 및 하천수질보전 등을 종합적으로 고려하여 하천환경보전을 위하여 설정하여야 할 유량이다.

장성천에 대한 환경보전유량의 결정을 위해서는 다음의 내용을 검토하여야 한다.

가) 하천주운

장성천은 하천주운을 위한 교통수단으로 이용되고 있지 않으므로 하천주운을 위한 별도의 유량확보가 필요하지 않다.

나) 염해의 방지

장성천은 삼교천의 제1지류이며, 삼교천 방조제로부터 약 42.2km 상류에 위치하고 있으므로 염수로 인한 피해는 없어 염해방지를 위한 별도의 유량확보는 필요하지 않다.

다) 하천관리시설의 보호

하천수위가 낮아지면 각종 용수의 취수가 불가능해지므로 취수를 위한 시설을 설치하거나 취수가 가능한 수위를 유지하여야 하나, 금회 과업구간에는 하천수위가 낮아져 취수가 불가능하거나 파손될 시설물은 없으며, 다만 토사의 퇴적 및 세굴에 의한 시설물의 기능이 부분적으로 저하될 수 있으나 이는 하천시설물의 관리측면에서 대처함이 바람직할 것으로 판단되며 이로 인한 별도의 유지유량을 확보하는 것은 필요하지 않다.

라) 수질보전

하천은 이수, 치수 및 환경기능이 주요한 기능으로서 하천의 효율적인 이용을 위해서는 하천의 수질 보전 및 개선이 지속적으로 요구된다. 본 과업대상 하천인 장성천은 하천의 규모와 주변 환경 등을 고려할 때 수질보전을 위하여 하천수량을 증가시키는 방안은 수량확보의 한계가 있어 오염물질 발생 억제 및 환경기초시설의 확충 등을 통하여 오염물질의 하천유입을 근본적으로 감소시키도록 하는 것이 바람직하며 장성천은 대부분 산지와 농경지 그리고 일부 가옥들로 이루어져

있어 하천수 오염에 영향을 미칠 오염원은 없는 것으로 조사되었다.

마) 어 업

어업은 해당지역이나 서식어종에 따라 확보하여야 할 유량이 다르나 수질, 유속, 수심 등을 고려할 필요가 있으며, 특히 하구둑이나 보 등의 하천구조물이 설치되어 있는 곳에서는 서식어종이 충분히 상·하류로 이동할 수 있는 최소유량을 확보하여야 한다.

그러나 본 장성천에는 어업권이 설정되어 있지 않아 어업을 위한 유량 확보는 불필요한 것으로 사료된다.

바) 경관을 고려한 유량

하천경관의 특징은 흐르는 물의 존재, 자연성 풍부, 시·공간적 변화, 수평적 경관, 개방적·인문사회적·역사적 보유성 등 매우 다양하며 수면을 중심으로 한 수로경관과 하천주변을 중심으로 한 주변경관으로 크게 구분되며 하천유수 관리 측면에서 수로경관이라 한다.

경관은 하천이 시각적으로 만족을 줄 정도의 유량과 수질이 요구되며 경관적 기능에서 문제는 시각적 만족을 줄 수 있는 유량, 수심, 수면폭의 결정이며 최소한의 경관유지유량은 수면폭(B)과 하천폭(W)의 비(B/W)가 0.2이상, 즉 $B/W \geq 0.2$ 이면 된다. (「하천유지유량 산정 요령」, (1997, 건설교통부))

그러나 갈수시 경관보전유량의 확보는 매우 어려운 실정이며, 경관보전유량 자체가 하천수질문제와 직결되는 사항이므로 수질보전유량이 확보된다면 별도의 경관보전유량은 필요하지 않은 것으로 판단된다.

<표 5.1-22>

하천경관 대상

구 분	대 상	비 고
수 면 경 관	물의 흐름, 하도, 하상, 사주, 하구둑, 하상정지공, 수위탑, 선박, 야생조류 등	
수 제 경 관	호안, 비탈면출공, 수제, 수문, 갑문, 수생식물	
고수부지경관	수목, 화초, 운동장, 천막	
주 변 경 관	건물, 철탑, 굴뚝, 식물	
조 망 점	정자, 전망대, 관광지	
기 타	교량, 하천시설물 등	

4) 하천유지유량 결정

하천유지유량은 자연상태하에서의 평균갈수량과 환경보전유량을 비교·검토하여 큰 값으로 결정한다. 장성천은 산지와 농경지를 관류하는 하천으로서 대규모 오염원은 없으며, 일부 산재되어 있는 소규모 오염원은 오수정화시설 설치 및 축산 폐수처리시설 등의 대책을 마련한다면 큰 문제는 없을 것으로 판단되며, 수질보전을 위한 유량확보 문제가 제기될 수 있으나 하수 및 축산 폐수처리시설 설치의 독려와 지속적인 홍보를 한다면 현재 및 장래 수질오염으로 인한 환경보전유량은 별도로 지정하지 않아도 될 것이다.

또한, 본 장성천유역 상류부에 위치한 소류지의 의무방류량은 관개기의 관개용수로만 배분되어 있어 현재로서는 더 이상의 하천유지용수 확보가 곤란하며,

- ① 일반 하천유지유량을 고시하게 되면 향후에 발생하는 최소한의 신규 용수수요량의 공급에도 통제를 받게 되는 문제점이 발생하며
- ② 특히, 「하천법 제20조 (하천유지유량)」에서 기본계획시 하천유지유량을 고시하지 않도록 규정하고 있고
- ③ 건설교통부에서 기준지점(하천유수의 상황을 대표할 수 있는 주요 지점)을 설정하여 하천유지유량을 별도로 고시하고 있다.

이상의 내용들을 종합적으로 고려할 때 현시점에서는 장성천의 하천유지유량을 고려할 필요가 없는 것으로 판단된다.

5.2 안정하상 유지

하천유향 및 하상재료의 인위적인 변화, 하도내 구조물에 의한 장기적인 하상변동효과를 예측하고 분석하는 것은 하천계획 및 관리면에서 중요한 사항이다. 예를들어 상류에 댐을 축조하는 경우 하류하천의 하상변동은 피할 수 없으며 하천의 한 지점에서 유로변경이나 대량취수 등으로 유향을 변경시키는 경우 그 지점의 상·하류는 계속적인 하상변동이 발생하게 된다.

이러한 하상변동은 단기적인 면에서는 하천에서의 취수, 배수, 주운 등 하천관리에 직접적인 영향을 주며 장기적인 면에서는 하천구조물의 안정, 홍수위 변화, 지하수 변화, 홍수터와 같은 하천부지의 변화 등 하천 및 유역관리에 광범위한 영향을 주고있다.

금회 과업에서는 하상변동에 의한 하도의 종단적 변화가 제방, 호안, 교각, 보 등 하천구조물의 안정성과 기능에 미치는 영향을 파악하고 적절한 유지관리대책을 수립하여 향후 하천공사시행의 지침을 마련하고자 장성천의 장기하상변동을 예측하였다.

5.2.1 하상재료 입도 분석

금회 과업구간에 대하여 평형 하상의 산정과 하상재료의 구성상태를 파악하기 위하여 약 1.0km마다 대표 하상시료를 채취하여 입도분석을 실시하였으며 하상재료 입도 분석결과 상류부가 Silt 4.8%, 모래 95.2%, 자갈 0.0%, 중류부는 Silt 3.9%, 모래 96.1%, 자갈 0.0%, 하류부는 Silt 5.8%, 모래 94.2%, 자갈 0.0% 로 분포되어 있는 것으로 분석되었으며 실험결과는 <표 5.2-1> 및 <표 5.2-2>와 같다.

<표 5.2-1>

하 상 구 성 물 질

하천명	채취지점 (No.)	구 성 비 (%)			비 고
		Silt	모 래	자 갈	
장성천	0+00	5.8	94.2	0.0	
	5+00	3.9	96.1	0.0	
	10+00	4.8	95.2	0.0	

<표 5.2-2>

하 상 구 성 물 질

하천명	채취지점 (No.)	누가거리 (km)	통과백분율에 대한 평균입경(mm)			비 중 (Gs)
			D_{25}	D_{50}	D_{75}	
장성천	0+00	0	0.233	0.388	0.603	2.63
	5+00	1.0	0.327	0.488	0.833	2.64
	10+00	2.0	0.553	1.125	1.769	2.66

5.2.2 유사량

유사량 조사방법은 1)유사량 실측, 2)저수지나 DAM에서 유사량 조사, 3)인공적 하상굴착등의 방법을 통하여 상류로부터 유입되어 하류로 유송되는 유사량과의 상관관계에 의한 조사방법을 들수 있는데, 이들 방법이 가장 확실하고 타당한 방법이다.

이론적으로는 기발표된 유사량 산정공식(Einstein, Brown, Toffaleti식)을 사용할 수 있지만 이론식은 실제 우리나라 하천에서의 적용에 많은 문제점이 있는것으로 알려져 있다. 이론공식의 사용은 상기 1)~3)의 방법에 의한 실측을 통하여 적용성을 확인하고 정도를 높이는 과정이 필요하다 하겠다.

하천에 있어서 유사량 분석은 댐 및 저수지 퇴적등의 하상변동에 관련된 모든조사, 분석 및 연구에 있어서 대단히 중요하다. 토사이동 유수의 특성뿐만 아니라 지표면 또는 하상의 입도등에 크게 좌우되는데 유사량에 대한 분석을 위해서는 유사이동 형태 및 유사의 특성에 대한 연구가 필요하며 유사운송 하천의 수리조건과 관련하여 분

석하여야 한다.

현재 우리나라 하천에 대한 유사량에 대한 측정자료는 상당히 미미하며 거의 대부분이 유량 실측자료이고, 유사량 측정자료는 거의 전무하다. 과거 4대강유역 조사 사업기간동안 각 수계상의 주요, 수위표 지상에서의 토사유출 특성을 파악하기 위하여 부분적으로 유사량을 측정하여 왔으나 정리된 자료는 거의 없는 실정이다.

본 과업에서의 유사량산정은 「삼교천 하천정비 기본계획(보완)(1994.3. 건설부)」에서의 연평균비유사량($251\text{m}^3/\text{년}/\text{km}^2$)으로 적용하여 장성천의 연간유사량을 산정하였으며 연간 비유사량을 $251\text{m}^3/\text{년}/\text{km}^2$ 으로 적용할 때 장성천의 연간 유사량은 약 $5,745.39\text{m}^3/\text{년}$ 으로 추정되었다.

따라서 장성천에서는 유사량 측정자료는 전무한 실정이므로 향후 장성천의 주요 지점에 대하여 유사량 측정이 이루어지도록 하여 장래 치수 대책의 기본 자료로 활용될 수 있도록 하여야 할 것이다.



5.2.3 장래 하상변동 예측 및 계획 하상고

가. 개 요

“안정유로”는 일반적으로 종단형상 및 평면형상에 대하여 모두 변동이 없는 이상적인 유로를 의미하지만 유량이 변하는 일반적인 유로에서는 존재할 수 없다. 유로의 어느 단면에 있어서 전 유사량이 일정하고 세굴 및 퇴적이 발생하지 않는 경우를 동적인 안정유로라고 하며, 이 때의 종단형상을 동적평형경사라고 한다. 이와 반대로 유로단면상의 모든 사력이 한계소류력 이하에 있을 경우도 유로의 변동은 발생하지 않으므로 한계소류력 상태에 있는 경우를 정적인 안정유로라고 하며 이 때의 종단형상을 정적평형경사라고 한다.

하상의 평형경사는 하상에 대하여 외력으로 작용하는 소류력과 내력으로 저항하는 하상물질의 마찰력이 평형이 되어 상류로부터 유송되는 토사량이 동일한 상태의 경사를 말한다. 따라서 하상을 형성하고 있는 물질의 입도와 그 혼합비는 소류력을 일으키는 요소가 되므로 주어진 수면경사와 수심에 대응하여 하상이 어떤 일정한 입경, 혼합비를 가진 하상물질로 구성되었을 때 하상은 안정한 상태를 유지하며 어떤 일정한 입경, 혼합비에서 이탈되었을 때 하상은 불안정한 상태가 된다.

나. 평형하상경사 산정

하상변동 예측은 하천에 가해지는 자연적 혹은 인공적인 변화에 하천의 하도, 하상경사, 유로 등이 어떻게 변화할 것인가를 예측하는 것으로서 하천의 직강화, 하도개수, 제방축조, 골재채취 등을 시행하기 전에 그 영향을 사전에 검토해 볼 수 있는 최소한의 방법이라 할 수 있다.

본 분석에서는 장성천의 하상변동을 예측하기 위하여 국내 하천실무에서 일반적으로 사용하고 있는 안예공식과 구보공식이 이용되어왔으며, 본 과업에서는 구보공식의 하상평형경사 이론식에 의하여 산정된 각측점별 평형하상고와 현재 최심하상고와의 비교는 <표 5.2-3> 및 <그림 5.2-1>에서 보는 바와 같다.

안예공식은 계산의 기점이 현재 평형상태에 있는 어느 한 지점으로부터 시작하나 그 상·하류 어느 지점에 위치하고 있는 또다른 평형상태에 있는 지점은 고려되지 않는 반면, 구보공식은 상·하류의 2개 평형상태에 있는 2지점을 기준으로 하여 그 구간내에서의 평형하상경사를 구하는 공식으로서 본 과업지구와 같이 여러곳에 보가 위치되어 있는 하천에서 이용하기에 적합한 공식이다.

본 과업에서는 구보공식으로 산정한 평형 하상고를 채택하였으며 산정식을 간략하게 요약하면 다음과 같다.

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

◎ 구보의 평형하상경사 산정식

$$i = K d_s^{\frac{3}{2}} B$$

$$K = \frac{H}{\sum_{\chi} d_s^{\frac{3}{2}} B \Delta \chi}$$

여기서, i : 평형하상경사
 d_s : 하상구성 물질의 입경(mm)

$$d_s = \frac{d_{25} \cdot d_{50}}{d_{75}}$$

B : 하폭(m)

$\Delta \chi$: 측점간 거리(m)

H : 평균하상상태 있는 상·하류 2개지점간의 하상고차(m)

L : 평형하상상태에 있는 상·하류 2개지점간의 거리(m)

<표 5.2-3>

최심하상고 및 평형하상고

하 천	측 점 (No.)	구간거리 (m)	누가거리 (m)	최심하상고 (EL.m)	평형하상고 (EL.m)	비고
장 성 천	NO.0	0	0	18.20	18.20	
	NO.1	200	200	18.70	18.57	
	+14	14	214	18.29	18.58	
	+61	47	261	17.80	18.63	
	NO.2	139	400	18.70	18.80	
	NO.3	200	600	19.20	19.05	
	+38	38	638	21.30	21.30	
	NO.4	162	800	20.10	21.40	
	NO.5	200	1,000	20.00	21.54	
	NO.6	200	1,200	21.20	21.68	
	+16	16	1,216	20.88	21.69	
	NO.7	184	1,400	21.40	21.80	
	NO.8	200	1,600	21.00	21.93	
	NO.9	200	1,800	20.70	22.06	
	NO.10	200	2,000	21.00	22.17	
	+173	173	2,173	21.90	22.30	
	+177	4	2,177	22.60	22.60	
	NO.11	23	2,200	22.50	22.90	
	+100	100	2,300	23.54	24.21	
	+145	45	2,345	24.96	24.93	
	+195	50	2,395	25.60	25.60	
	NO.12	5	2,400	27.30	27.30	
	+20	20	2,420	28.30	28.30	
	+47	27	2,447	29.34	29.34	
	+50	3	2,450	31.90	31.90	

다. 골재채취계획

하천의 골재는 자연하천에서의 토사의 이동에 의한 만곡부 등에서 퇴적현상으로 생성되며 건설재료원으로 활용되고 있다. 일반적으로 골재분포상태 및 채취가능량은 현지조사, 평형하상고 계산 결과, 하상재료 입도분석 결과 및 하천구조물에 미치는 영향 등을 종합적으로 고려하여 「골재채취 업무편람(1995. 8, 건설교통부)」을 기준으로 각 단면별 횡단형으로부터 산정한다.

<표 5.2-4> 하천부속물 및 하천공작물의 보호구역

시설물 종류		시설물로부터의 거리(km)			비 고
		대 하 천	중 하 천	소 하 천	
		계획홍수량 5,000m ³ /sec 이상	계획홍수량 1,000m ³ /sec 이상	계획홍수량 1,000m ³ /sec 미만	
하 천 부속물	제 방	50	30	20	
	제방비탈면의 보호 및 유수 조절시설(호안, 수제공)	30	20	10	
	바닥다짐(상고공)	200	150	100	
하 천 공작물	교 량	300	200	150	
	취수시설 및 기타시설물	300	200	150	
	수위관측소	500	300	250	

하상에서의 골재분포는 홍수의 하도부담 능력과 유수량, 하상의 세굴 및 퇴적현상을 판단하는데 중요한 요소이므로 골재채취 가능량은 평형하상고 계산 결과 및 교량 제방·하천구조물 등에 미치는 영향, 「골재채취 업무편람」에서 제시한 제한 규정 및 현지조사와 측량성과 등을 종합적으로 고려하여 검토하였다.

장성천은 삼교천으로 유입되는 제1지류로써 대체적으로 하상경사가 완만하나 고수부지가 조성되어 있지 않은 단단면 형태의 횡단형을 구성하고 있으며 과업구간내에 하천횡단 구조물 등이 설치되어 있어 하천시설물 보호구역 등을 제외할 경우 골재채취가 현실적으로 부적합한 것으로 판단되어 본 장성천에서는 골재채취 계획을 수립하지 않았다.

5.3 계획홍수위 및 횡단형

5.3.1 기점홍수위 및 조도계수

수위는 하천의 흐름이 상류(常流, subcritical flow)일 때는 하류의 영향을 받고, 하류(射流, hypercritical)일 때는 상류의 영향을 받는다. 따라서, 수위계산은 하류 또는 상류측 전 단면의 수위를 경계조건으로 갖게 되는데 이때의 수위를 기점수위(起點水位)라고 한다.

하도 전지점의 홍수위를 계산하기 위해서는 기점수위로서 기점홍수위를 경계조건으로 부여할 필요가 있다. 일반적으로 중·대하천 하류에 설치된 감조수위 관측소의 자료를 이용하여 추정 한 하구의 계획홍수위를 기점수위로 하거나 또는 본류에 의해 지류가 배수영향을 받는 지류합류점에서는 본류의 계획홍수위를 기점수위로 결정한다.

금회 과업구간의 기점수위는 본류하천인 삽교천 합류점(장성천 하구)의 계획홍수위를 적용하였으며 「삽교천·효교천 하천정비 기본계획 (1996.12. 충청남도)」 보고서에 수록된 장성천하구지점(삽교천측점 NO. 13+40)의 삽교천 빈도별 계획 홍수위는 다음 <표 5.3-1>과 같다.

<표 5.3-1>

빈도별 기점홍수위

지 점	빈도별 홍수위(EL.m)					비 고
	20년	30년	50년	80년	100년	
장성천 하구	23.17	23.42	23.69	23.92	24.03	삽교천 NO. 13+40

나. 조도계수

“조도계수”란 흐름에 대한 하도의 저항정도를 나타내는 수치로서 하상의 형상, 하상의 변동, 유사량, 식물의 식생여부, 인위적인 하상굴착, 하도간의 편류 및 사수역의 발생 등 여러 가지 복합적인 요소에 의하여 변화하며 동일 하천, 동일 구간의 경우에도 경년적으로 변화하는 것으로서 정도가 높은 값을 구하는 것은 상당히 어려운 문제이다.

따라서, 이러한 조도계수를 구하기 위한 추정방법으로는

- ① 하도 상황 및 하상재료에 의한 추정
- ② 홍수-유량곡선에 의한 추정
- ③ 홍수흔적 조사를 통한 부등류계산에 의한 추정 등이 있다.

금회 과업대상하천인 장성천의 조도계수는 현지조사, 측량성과 및 현지 주민들의 의견을 참고로 한 기왕홍수위 등을 종합적으로 고려하였으며 특히, 현지조사시 확인

된 장성천은 상·하류의 하천형상이나 하도내 식생 및 하상재료 등이 큰 차이를 보이고 있지 않음을 감안하고 「하천설계기준(2002, 한국수자원학회)」의 적용기준을 참고하여 장성천의 조도계수는 0.030~0.036 으로 적용하였다.

「하천설계기준」의 하천 및 수로의 조도계수 적용기준을 살펴보면 다음 <표 5.3-2>와 같고 장성천의 구간별 조도계수 적용 내용은 다음 <표 5.3-4>와 같으며 본 검토에서 채택된 조도계수는 홍수위 계산에 적용하였다.

<표 5.3-2> 하천 및 수로의 조도계수 적용기준

하천 형태	하천 및 수로의 상황	조도계수(n) 범위	비 고
인 공 수 로 개 수 하	· 콘크리트 인공수로	0.014~0.020	(평균치)
	· 나선형(spiral) 반관 수로	0.021~0.030	
	· 양안에 돌붙임이 적은 수로	0.025	
	· 암반을 굴착하여 방치한 하상	0.035~0.050	
	· 다듬은 암반 하상	0.025~0.040	(평균치)
	· 점토성 하상, 세굴이 일어나지 않을 정도의 유속	0.016~0.022	
	· 사질 Loam, 점토질 Loam	0.020	
	· Drag line 굴착, 잡초없음	0.025~0.033	
자 연 하 천	· 평야의 소하천, 잡초 없음	0.025~0.033	
	· 평야의 소하천, 잡초와 관목 있음	0.030~0.040	
	· 평야의 소하천, 잡초 많음. 잔자갈 하상	0.040~0.055	
	· 산지하천, 골재, 호박돌	0.030~0.050	
	· 산지유로, 호박돌, 큰 호박돌	0.040 이상	
	· 큰 하천, 점토, 사질 하상, 사행 적음	0.018~0.035	
	· 큰 하천, 자갈하상	0.025~0.040	

자료] 「하천설계기준」 (2002, 한국수자원학회)

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

<표 5.3-3>

하도상태에 따른 조도계수

수로형식(자연하천)과 그 설명	최소치	표준치	최대치
A. 소하천(홍수시 수면폭 100ft 미만)			
a. 평지하천			
1. 깨끗하고 직선적이고 만수위이며 균열이나 깊은 여울이 없음	0.015	0.030	0.033
2. 위와 같으나 돌과 잡초가 있음	0.030	0.035	0.040
3. 잡초는 없으나 사행, 약간의 잡초와 돌이 있음	0.033	0.040	0.045
4. 위와 같으나 약간의 잡초와 돌이 있음	0.035	0.045	0.055
5. 위와 같으나 저수위이고 경사와 단면의 효과가 적음	0.040	0.048	0.050
6. 4.와 같으나 돌이 많다	0.045	0.050	0.060
7. 완류구간으로 잡초나 깊은 여울이 있음	0.050	0.070	0.080
8. 잡초 밀생구간으로 깊은 여울 하생초나 입목이 많은 여수로	0.075	0.100	0.150
b. 산지하천으로 수로에 식물이 없으며, 보통 급한 경사의 하안과 고수시 물에 잠기는 하안에 의하여 나무나 잡초가 있는 경우			
1. 바닥은 자갈과 약간의 조약돌, 큰호박돌	0.030	0.040	0.050
2. 바닥은 큰호박돌이 혼합한 호박돌로 됨	0.040	0.050	0.070
B. 범람평야			
a. 목초로서 관목이 없다			
1. 짧은 풀	0.025	0.030	0.035
2. 큰 풀	0.030	0.035	0.050
b. 경작지			
1. 농작물이 없다	0.020	0.030	0.040
2. 성숙한 농작물이 열을 이룬다	0.025	0.035	0.045
3. 성숙한 농작물이 밭을 피복한다	0.030	0.040	0.050

<표 5.3-3> 계속

하도상태에 따른 조도계수

수로형식(자연하천)과 그 설명	최소치	표준치	최대치
c. 관 목			
1. 약간의 관목과 잡초가 번식함	0.035	0.050	0.070
2. 관목이나 수목이 적음, 겨울철	0.035	0.050	0.060
3. 위와 같은 여름철	0.040	0.060	0.080
4. 관목이 중정도 밀생함, 겨울철	0.045	0.070	0.110
5. 위와 같은 여름철	0.070	0.100	0.160
d. 수 목			
1. 밀생한 버드나무가 직립함, 여름철	0.110	0.150	0.200
2. 개간지로서 나무자른 그루터기가 있고 발아가 없다	0.030	0.040	0.050
3. 위와 같으나 발아됨	0.050	0.060	0.080
4. 밀생한 수목, 약간의 넘어진 나무, 하생초는 홍수위가 도달하는 경우	0.080	0.100	0.120
5. 위와 같으나 홍수위가 나뭇가지까지 도달하는 경우	0.100	0.120	0.160
C. 본류로 (홍수시 수면폭이 100ft이상) 하안의 저항이 효과적이지 아니므로 소하천의 동일한 경우보다 값이 더 작다.			
a. 큰호박돌이나 관목이 없는 규칙적 단면	0.025	...	0.060
b. 불규칙하고 거치른 단면	0.035	...	0.100

주) 자료출처 : 개수로 수리학(최영박, 이순탁, 1990. 야정문화사)

<표 5.3-4>

주요구간별 조도계수

하 천	구 간	측점(No.)	조도계수	
			개수 전	개수 후
장 성 천	장성천~장성1교	0+00~6+16	0.034	0.034
	정성1교(상)~구룡용수로교(하)	7+00~8+00	0.034	0.030
	구룡용수로교(하류)~구룡낙차공(상)	9+00~10+150	0.036	0.030
	구룡낙차공(상)~방수로	10+150~11+100	0.036	0.036

5.3.2 하도정비계획

하도는 하천의 유수가 소통하는 토지공간을 말하며 통상 제방 또는 하안과 하상으로 둘러싸인 부분을 가르킨다.

하도계획은 이미 결정된 계획홍수량을 안전하게 유하시키기 위해 하상굴착, 제방축조, 또는 유수를 유도할 수 있는 수제와 제방 등에 의해 하도 통수 단면적을 증대시키거나, 하도법선을 수정하거나 첩수로(Short cut)를 건설하여 홍수소통을 원활히 할 목적으로 하천 특성, 하천주변의 토지이용 상황, 하천개발과 자연환경과의 조화, 홍수와 유사피해 경감, 그리고 공사비 등을 비교·검토하고 구체적으로 하천시설물 계획을 세우는 것이다.

하도계획을 다음과 같은 방법에 의해 수행할 수 있도록 절차를 제시하였으며, 본 과업에서도 적용 수행하였다.

가. 평면계획

- ① 결정된 계획홍수량을 안전하게 소통할 수 있는 하폭, 저수로 등에 대한 하도평면형을 결정하고, 하도법선, 지류 합류점의 형상과 처리, 홍수소통능력이 부족할 경우에 방수로나 첩수로와 같은 대안 제시
- ② 하도의 노선 선정
- ③ 하도법선 결정
- ④ 저수로 법선 결정
- ⑤ 지류의 합류점 형상 결정
- ⑥ 수충부, 습지, 사수역등의 보전

나. 종단계획

- ① 계획홍수량을 안전하게 소통할 수 있고 유수에 대해 안정된 하도가 유지될 수 있도록 하상변동을 예측하여 하도종단형, 계획하상경사 및 계획하상고를 결정한다. 하도종단형은 하상유지가 필요한 구간, 이수와 치수, 그리고 하천환경, 경제성 등을 종합적으로 판단하여 결정한다.
- ② 중소하천에서 하천환경관리 측면을 고려하여 단순히 홍수를 소통하는 단면보다는 생태계 보호, 어류의 서식처 제공, 그리고 하천경관을 유지하기 위해 하상 자체에 여울과 웅덩이를 설치하는 자연스러운 하도 종단형을 설치하는 방안을 강구.
- ③ ①, ②항을 충분히 고려하여 자연하도와 인공하도의 문제를 해결하여 최종적으로 안정된 하도(평형하천, Stream in equilibrium)가 될 수 있도록 설계.

다. 횡단계획

- ① 계획횡단형은 계획홍수량, 하도상황 하천부지 이용계획, 유지관리의 난이도 등을 고려하여 결정(단단면, 복단면, 복복단면의 결정)
- ② 계획하폭은 현재의 하천부지 및 하도와 하천이용계획 등에 대해 고려하고 하도 전체를 검토하여 결정하여야 하나 대체적으로 하도계획을 수립할 때 계획홍수량 크기별 계획하폭이나 현재 국내에 제시된 경험공식을 참고하여 결정.
- ③ 저수로 수로폭 및 홍수터 높이는 하도의 유지, 홍수터의 침수빈도 및 홍수터 이용계획을 고려하여 결정
- ④ 만곡부의 횡단형은 하도면적이 감소될 수 있으므로 유효하폭보다 10~20%정도 확대 등 평면형상에 대한 충분한 검토후 결정
- ⑤ 하상변동을 충분히 예측하고 하상변동을 억제하여 안정하도를 유지할 수 있는 횡단면형 결정

5.3.3 빈도별 홍수위

본 장성천의 빈도별 홍수위 계산은 앞에서 언급한 바와 같이 빈도별 홍수량, 기점 홍수위, 조도계수 및 계획하폭에 기초를 두어 개수전과 개수후로 구분하여 부등류 계산법 중 자연하천에 적용성이 큰 표준축차계산법(standard step method)에 의하여 전산처리 하였으며, 각 측정점별 빈도별 홍수위는 개수전 후에 대하여 20년, 30년, 50년, 80년, 100년 빈도로 계산하였다.

홍수위 계산을 위한 전산프로그램은 미 육군공병단 수문연구소(Hydrologic Engineering Center)에서 개발한 HEC-RAS Model을 사용하였으며, 본 Model은 기존의 HEC-II Model의 보완형으로 부등류 상태의 수리계산용 프로그램이다.

장성천의 빈도별 홍수위 계산에 적용한 표준축차계산법(standard step method)의 이론적 근거를 간략하게 살펴보면 다음과 같다.

가. 표준축차계산법(standard step method)

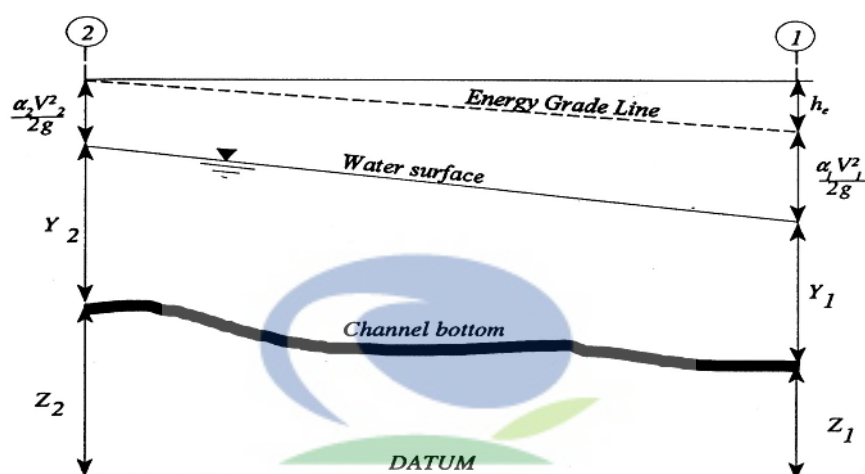
개수로(open channel)의 흐름상태가 부등류인 경우, 기본방정식은 다음과 같은 편미분방정식으로 유도된다.

○ 기본방정식

$$-i + \frac{\partial h}{\partial X} + \frac{\partial h}{\partial X} \left(\alpha \frac{V^2}{2g} \right) + \frac{V^3}{C^2 A^2 R} = 0 \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}, \quad h = y \cdot \cos \theta$$

여기서, i : 하상경사
 h : 수위(EL.m)
 V : 유속(m/sec)
 g : 중력가속도(m/sec²)
 A : 통수단면적(m²)
 P : 윤변(m)
 R : 경심(m)(A/P)
 α : 에너지보정계수($\alpha \approx 1.0$)



<그림 5.3-1> 표준축차계산법 모식도

위의 <그림 5.3-1>에서 단면①에 Bernoulli 정리를 적용하여 정리하면 식(1)은 다음과 같이 변경할 수 있다.

$$Z_2 + Y_2 + \alpha \frac{V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \alpha \frac{V_1^2}{2g} + h_l \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{여기서, } h_l = \left(\frac{n_1^2 V_1^2}{R_1^3} + \frac{n_2^2 V_2^2}{R_2^3} \right) \cdot \frac{\Delta S}{2}$$

또한, 식(2)에서 $H_2 = Z_2 + Y_2$, $H_1 = Z_1 + Y_1$ 로 놓으면

$$H_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g} = H_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g} + h_l \dots \dots \dots (3)$$

따라서, $\Delta H = H_1 - H_2$

$$= \alpha \frac{1}{2g} (V_2^2 - V_1^2) - h_l \dots \dots \dots (4)$$

연속방정식($Q = AV$)과 Energy 보정계수($\alpha = 1.0$)를 식(4)에 적용하여 정리하면

식(5)와 같이 유도된다. 즉,

$$\begin{aligned}\Delta H &= H_1 - H_2 \\ &= \alpha \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right) - \left(n_1^2 \cdot \frac{V_1^2}{R_1^{4/3}} - n_2^2 \cdot \frac{V_2^2}{R_2^{4/3}} \right) \cdot \frac{\Delta S}{2} \\ &= \alpha \frac{Q^2}{2g} \left(\frac{1}{A_2^2} - \frac{1}{A_1^2} \right) - \left(\frac{1}{R_1^{4/3} \cdot A_1^2} - \frac{1}{R_2^{4/3} \cdot A_2^2} \right) \cdot n^2 \cdot Q^2 \cdot \frac{\Delta S}{2} \quad \dots (5)\end{aligned}$$

여기서, ΔS 는 하류로부터 상류방향으로 측차계산하기 위한 구간거리이다. 전산 Program에서는 개량 Euler 방식을 사용하여 계산하고 측차해석을 수행하는데 있어서 수학적으로 분연속지배가 발생하는 경우 다음 단면으로 수행하기가 불가능하다. 이때에는 F_r (Froude number)수가 1.0이 되는 경우 조건을 주어서 다음 단면의 홍수위를 계산한다.

나. 교각에 의한 수위상승

교각에 의한 수위상승고의 계산방법은 d'Aubuisson, Yarnell, Rchbock, Nagler, Weisbach등의 실험식이 있으나 Yarnell공식에 의한 계산이 정확도가 높아 본 검토에서는 Yarnell공식을 사용하여 수위상승고를 계산하였으며 이론은 다음과 같다.

○ Yarnell 방정식(1934)

$$H = 2K \cdot (K + 10 \cdot \omega - 0.6) \cdot (\alpha + 15 \cdot \alpha^4) \cdot \frac{V_3^2}{2g}$$

여기서, H : 교량 상·하류 수위차

K : 교각 형태계수

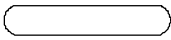
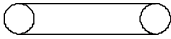
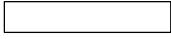
ω : 교량으로부터 하류 수심에 대한 속도수두비

α : 구조물면적/총 횡단면적

V : 교량으로부터 하류부의 유속

<표 5.3-5>

교각 형상계수

구 분	교 각 형 태	계 수(K)
· 반 원 형		0.90
· 연결되어 있는 두개의 원주		0.95
· 연결되어 있지 않은 두개의 원주		1.05
· 90°의 사각형		1.25

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

본 과업의 홍수통과 등의 압축류 흐름계산시 운동에너지 보정계수 α 는 실제로 1.0~1.1의 범위내이나 배수위 계산의 간편성을 위하여 보정계수(α)는 1.0으로 채택하였으며 NBM(Normal Bridge Method)와 SBM(Special Bridge Method) 등을 적용하기 위해 6단면 또는 4단면으로 세분화하여 교각으로 인한 압축류의 흐름을 모의하였다.

다. 손실계수

흐름의 확대에 의한 손실은 일반적으로 단면축소에 의한 손실보다 상당히 크며, 짧고 갑작스런 천이에 의한 손실은 점진적인 천이에 의한 손실보다 크다. 천이손실은 계수를 단면사이의 속도수두차의 절대치와 곱함으로서 계산된다. 만일, 교량을 통과하는 단면확대 및 단면축소를 고려하기 위해서 계수의 값을 다시 정의한다면, 새로운 값은 속도수두의 변화를 계산하게 되는 단면자료 이전의 NC 기록에 입력된다.

<표 5.3-6>

단면 축소 및 확대 계수

구 분	Contraction	Expansion
천이손실 계산 안함	0.0	0.0
점진적 차이	0.1	0.3
교량 단면	0.3	0.5
급격한 차이	0.6	0.8

라. 유의사항

홍수위 계산시에 유의하여야 할 사항은 다음과 같다.

- 보 및 낙차공 등 하천의 횡단구조물로 인하여 지배단면이 발생할 수 있는 지점은 한계수심을 계산하여 구조물 하류지점의 홍수위가 그 구조물의 한계 수심보다 낮을 경우에는 그 구조물의 각 빈도별 한계수심을 기준수위로 취하여 상류부로 배수위 계산을 행하였고, 하류부의 계산홍수위가 그 구조물의 한계수심보다 높을 경우에는 그대로 배수위 계산을 진행하였다.
- 교량 등 하천 횡단구조물로 인한 수위상승을 감안하였다.
- 하도에서 유량 소통에 영향을 주지 않는 사수역을 제거하였다.
- 개수후 빈도별 홍수위는 개수전과 동일하게 산정하되 개수 계획지구 등은 상하류를 감안한 후, 중·횡단계획에 의하여 배수위 계산을 행하였다.

마. 빈도별 홍수위 산정 결과

이상에서 검토한 홍수위 계산 이론, 전산프로그램 및 검토시 유의사항 등을 고려

하여 장성천의 개수전·후의 빈도별 홍수위 계산 결과는 다음 <표 5.3-7>과 같으며 자연적 또는 인위적인 하상 급변지점에서 발생한 다소의 요철수위는 상·하류 지점의 홍수위를 감안, 조정하여 산정하였다.

표 5.3-7 빈도별 홍수위 산정 결과

하천	측점 (No.)	누가 거리 (m)	개수전 홍수위 (EL.m)					개수후 홍수위 (EL.m)					비 고
			20년	30년	50년	80년	100년	20년	30년	50년	80년	100년	
장성천	NO.0	0	23.22	23.42	23.69	23.92	24.03	23.22	23.42	23.69	23.92	24.03	
	NO.1	200	23.14	23.34	23.60	23.83	23.94	23.33	23.54	23.80	24.02	24.14	
	+14	214	23.23	23.43	23.71	23.95	24.07	23.34	23.54	23.81	24.03	24.14	서 구 교
	+61	261	23.28	23.50	23.78	24.02	24.14	23.36	23.57	23.83	24.05	24.17	장성천교
	NO.2	400	23.31	23.52	23.80	24.04	24.16	23.44	23.65	23.91	24.13	24.24	
	NO.3	600	23.55	23.77	24.04	24.26	24.39	23.55	23.77	24.02	24.23	24.35	
	+38	638	23.29	23.56	23.88	24.14	24.27	23.62	23.84	24.09	24.29	24.42	거 야 보
	NO.4	800	24.00	24.20	24.40	24.59	24.71	23.93	24.15	24.37	24.57	24.69	
	NO.5	1,000	24.40	24.62	24.80	24.97	25.10	24.31	24.53	24.73	24.91	25.04	
	NO.6	1,200	24.54	24.76	24.94	25.11	25.24	24.69	24.91	25.08	25.25	25.38	
	+16	1,216	24.70	24.92	25.09	25.25	25.38	24.72	24.94	25.11	25.28	25.41	장성1교
	NO.7	1,400	24.94	25.16	25.33	25.48	25.61	24.93	25.15	25.32	25.49	25.62	
	NO.8	1,600	25.38	25.60	25.77	25.91	26.04	25.15	25.38	25.55	25.71	25.84	
	NO.9	1,800	25.79	26.03	26.20	26.35	26.48	25.29	25.52	25.70	25.87	26.01	
	NO.10	2,000	26.02	26.25	26.41	26.55	26.67	25.43	25.66	25.84	26.02	26.19	
	+173	2,173	26.98	27.28	27.48	27.63	27.79	25.55	25.78	25.97	26.16	26.34	구룡용수로교
	+177	2,177	26.95	27.26	27.45	27.61	27.76	25.58	25.81	26.00	26.18	26.36	구룡낙차공
	NO.11	2,200	26.95	27.26	27.46	27.62	27.77	25.78	25.98	26.15	26.32	26.47	
	+100	2,300	27.04	27.33	27.53	27.68	27.83	26.61	26.73	26.82	26.89	26.96	
	+145	2,345	26.99	27.29	27.49	27.65	27.80	26.99	27.13	27.23	27.30	27.39	
	+195	2,395	27.42	27.58	27.68	27.76	27.86	27.42	27.58	27.68	27.76	27.86	
	NO.12	2,400	29.52	29.70	29.82	29.93	30.03	29.52	29.70	29.82	29.93	30.03	
	+20	2,420	30.38	30.56	30.68	30.78	30.88	30.22	30.45	30.59	30.72	30.85	
	+47	2,447	31.17	31.46	31.63	31.79	31.95	31.17	31.46	31.63	31.79	31.95	
	+50	2,450	33.64	33.75	33.82	33.89	33.96	33.64	33.75	33.82	33.89	33.96	

5.3.4 계획홍수위 및 계획하폭

가. 계획하폭

계획하폭은 현 지형, 연안토지 이용현황, 장래 도시개발 계획, 유로의 형상 및 하천의 종단경사 등과 계획홍수량을 고려하여 유속 및 소류력에 문제가 없도록 계획하여야 한다. 본 과업구간의 계획하폭은 현 상하류의 지형특성, 기개수 제방구간의 현 하폭 및 법선, 하천구조물의 유지관리, 축제공사비, 유속, 소류력의 수리특성 등 하폭결정에 영향을 미치는 각 요소들을 종합적으로 고려하고 「하천설계기준(2002. 한국수자원학회)」의 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭, 대하천 하폭결정공식, 중 소하천 하폭결정공식 등을 이용하여 검토한 후 하폭을 결정하였고 제방이 없는 지역(NO.10+173~NO.10+145)에 대해서는 하천구역 경계선을 설정하여 하천변에 각종 건축물이 들어서지 못하도록 제한하였다.

참고로 「하천설계기준(2002. 한국수자원학회)」에서 제시한 계획홍수량의 크기에 따른 계획하폭(<표 5.3-8>), 중 소하천 하폭공식 등의 내용을 살펴보면 다음과 같다.

<표 5.3-8>

계획홍수량 크기에 따른 계획하폭

계획홍수량 (m ³ /sec)	계획하폭 (m)	계획홍수량 (m ³ /sec)	계획하폭 (m)
300	40~60	1,500	120~170
500	60~80	2,000	160~220
800	80~110	3,000	220~300
1,000	90~120	5,000	350~450
5,000 이상	계획홍수량을 안전하게 소통하고 안정하도를 유지할 수 있도록 적절하게 결정하되 기존에 발표된 경험공식을 참고한다.		

자료] 「하천설계기준」(2002, 한국수자원학회)

▶ 중 소하천 계획하폭 결정 공식

$$B = 1.303 \frac{A^{0.318}}{S^{0.5}} \dots\dots\dots \text{중부지방(경기, 강원, 충남·북)} \dots\dots \textcircled{1}$$

여기서, B : 계획하폭(m)

S : 하상경사

A : 유역면적(km²)

▶ 소하천 계획하폭 결정 공식

계획홍수량과 하폭(계획홍수량이 300m³/sec이하 일 때)

$$B = 1.235 Q^{0.6376} \dots\dots\dots ②$$

여기서, B 는 계획하폭(m), Q 는 계획홍수량(m^3/sec)

계획홍수량과 유역면적

$$B = 8.794 A^{0.5603} \dots\dots\dots ③$$

여기서, B 는 계획하폭(m), A 는 유역면적(km^2)

또한, 각 측점간의 계획하폭 및 제방법선은 현지주민의 의견과 현지여건을 최대한 반영하였으며 다음의 사항들을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

- ① 제방법선은 가급적 현 유로의 방향을 고려하되 직선형과 곡선형이 조화가 되도록 계획
- ② 곡선 유로부의 하폭은 직선 유로부보다 약 10~20% 정도 증가시켜서 제방법선 계획
- ③ 기성제가 없는 구간에서는 양안의 법선을 가급적 평행으로 하여 하폭이 급변하지 않도록 계획
- ④ 양안의 하천개수가 완료된 하천구간으로서 다소 하폭이 넓은 구간은 가급적 현 하폭을 그대로 유지하도록 계획
- ⑤ 본류와 합류되는 지류의 하구지점의 하폭은 유수의 와류현상과 현지여건 등을 고려
- ⑥ 각 측점간 평균유속은 가급적 3.5m/sec 이내가 되도록 하천중단계획과 병행하여 계획

장성천의 계획하폭 결정은 중 소하천 및 소하천 계획하폭 공식을 이용하여 산정한 결과값과 현지 주민의 의견 및 현지 여건을 최대한 반영하여 검토하였다.

<표 5.3-9>

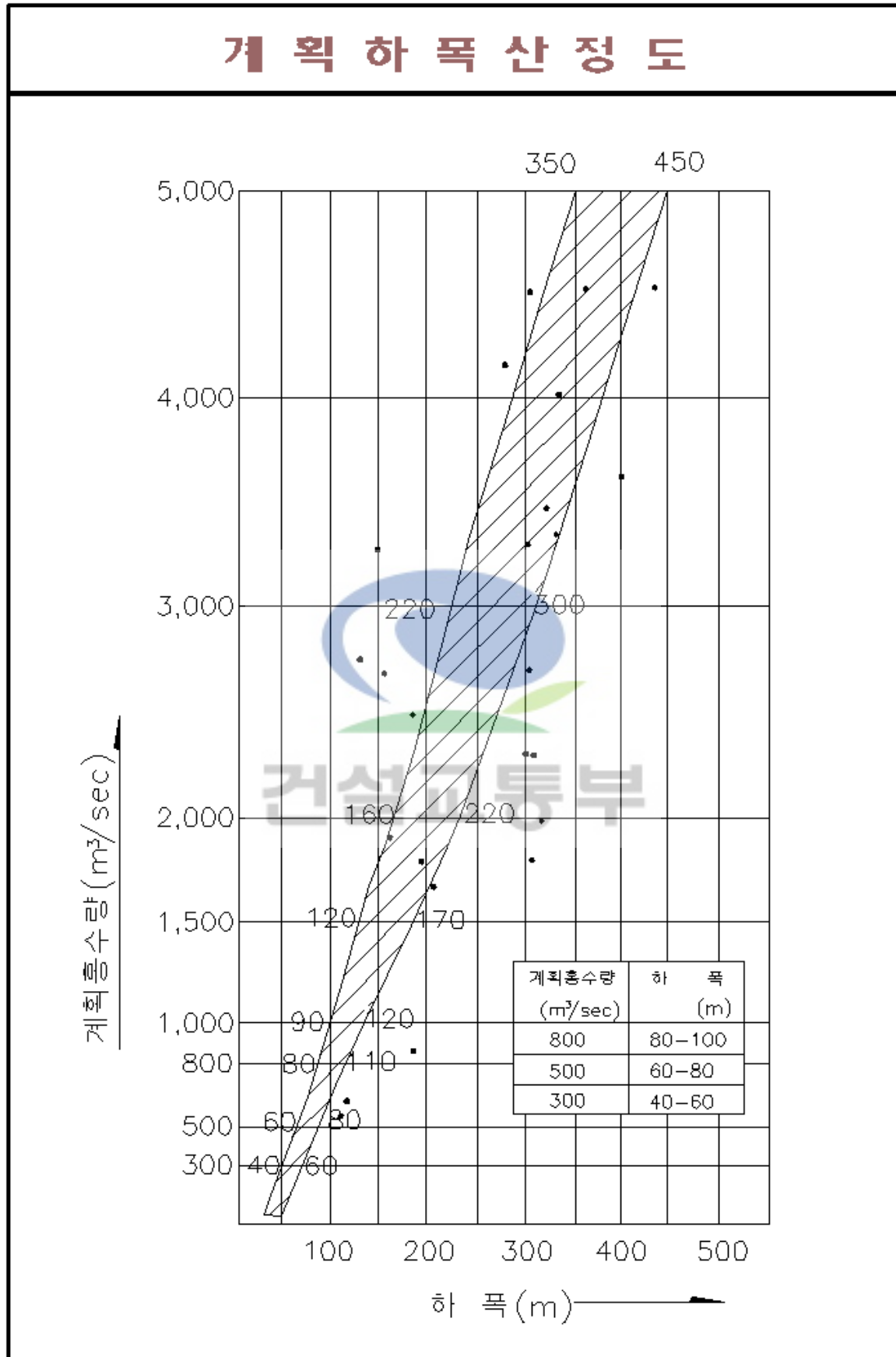
구간별 계획하폭

하천	구 간	계 획 홍수량 (m^3/sec)	하 폭(m)				현재 (m)	계 획 (m)
			설계 기준	공식①	공식②	공식③		
장 성 천	하구~장성1교(하) (No.0+00~No.6+00)	330	40~60	71	50	51	40.00 ~52.9	49.5 ~52.9
	장성1교~구룡낙차공(상) (No.6+16~No.11+00)	326	40~60	54	49	50	26.00 ~57.2	50.0 ~68.5
	구룡낙차공(상)~방수로 (No.11+100~No.11+145)	320	40~60	-	49	49	53.5 ~58.9	60.5 ~66.5

※ 공식 ① : $B = 1.303 \times A^{0.318} / \sqrt{I}$ (중부지방)

공식 ② : $B = 1.235 \times Q^{0.6376}$

공식 ③ : $B = 8.794 \times A^{0.5603}$



<그림 5.3-1> 계획 하폭 산정도

나. 계획홍수위, 계획하폭 및 시설제방고

계획홍수위는 계획홍수량 결정사항과 마찬가지로 하천공사의 사업효과 분석결과에 의하여 결정하여야 하나 우리나라에서는 일반적으로 하천등급별 치수대상 규모와 해당 하천의 중요도 및 현지여건 등을 감안한 계획하폭, 조도계수 및 하천법선의 선형 등 복합적인 요소에 의하여 추정된 빈도별 홍수위를 토대로 결정하고 있다.

따라서, 본 장성천의 계획홍수위는 앞 절에서 산정한 빈도별 홍수위 중 계획홍수량 규모에 해당하는 80년빈도 홍수위를 계획홍수위로 결정하였다.

한편, 계획홍수위는 계획홍수량과 상·하류의 하도를 감안한 종 횡단형과 관계하여 하천연안 토지의 지반고 등을 고려하여 산정하여야 하며 계획홍수위를 높게 설정하면 내수배제, 지류에 대한 홍수처리 등의 문제가 야기될 수 있고 과도한 굴입하도를 계획할 경우에는 용수의 취수확보에 문제가 있으므로 이러한 문제점 등을 고려하여 결정된 금회 과업구간의 측점별 계획홍수위, 계획하폭 및 시설제방고는 다음 <표 5.3-10>과 같다.



계획홍수위, 계획하폭 및 기설제방고

5.4 용수 수요량, 갈수량과 물수지

5.4.1 용수수요량 추정

우리나라의 수자원특성은 홍수기에 연강수량의 2/3가 집중되고 대수층이 빈약하여 하천유황이 계절에 따라 불규칙하므로 연중 이용 가능한 하천수량은 소량에 불과하나 경제발전과 국민생활수준의 향상으로 용수수요는 급속도로 증가하는 추세에 있다.

따라서 장래 필요로 할 용수수요를 정량적으로 정확히 파악해서 적절한 공급방안을 수립하기 위하여 과업대상하천의 지점별 갈수량을 산정하고, 장래 본류 및 지류의 용수사용실태예측을 통한 물수지 분석을 실시하여 장래에 유역의 안정된 용수수급계획을 수립한다.

일반적으로 유역내의 용수수요량은 크게 분류하여 생활용수, 공업용수, 농업용수로 분류할 수 있으며 이중 생활용수 및 공업용수는 계절적 변화율이 작으나 농업용수는 계절별로 용수수요량이 크게 변화하며 또한 기상상태에 절대적으로 영향을 받아 기상상태가 좋을때는 신규용수가 적게 소요되나 그렇지 못할 경우에는 용수가 막대하게 소요된다.

따라서 장래 용수수요추정의 기초자료로 활용하기 위해 장성천 유역내의 관련 자료의 수집, 분석 및 현장조사를 통하여 용수사용실태를 조사, 분석하여 생·공·농의 용수수요량을 추정하였다.

용수수요량 산정 지점도



<그림 5.4-1> 용수수요량 산정 지점도

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

가. 생활용수 수요량 추정

생활용수의 수요량 예측은 상수도 급수지역과 미급수지역으로 나누어 산정하며 과거와 목표연도의 인구, 상수도 보급률, 1일 1인 평균 급수량을 바탕으로 필요수량을 다음과 같이 산정하였다.

· 급수지역 생활용수량 = 인구 × 상수도보급율 × 단위급수량

· 미급수지역 생활용수량 = 인구 × (1-상수도보급율) × 미급수지역 단위급수량

미급수 지역의 생활용수수요는 유역내 미급수지역 인구에 「수자원 장기종합계획, 2001.7, 건교부」에서 제시한 미급수지역 단위급수량 139ℓ/인/일을 적용하여 산정하였으며 생활용수 수요량의 대상연도는 「홍성군 수도정비 기본계획, 2002. 12, 홍성군」의 목표년도 2006년, 2011, 및 2016년으로 설정하고 이에 대한 상세한 내용은 부록에 수록하였다.

<표 5.4-1>

생활용수 수요량

하 천	지구명	용 수 수 요 량 (m³/sec)				비 고
		2002년	2006년	2011년	2016년	
장 성 천	홍 양	0.0041	0.0038	0.0042	0.0056	
	장 성	0.0004	0.0004	0.0004	0.0006	
	계	0.0045	0.0042	0.0047	0.0062	

나. 공업용수 수요량 추정

공업용수 수요량은 용수공급방법별 및 업종별, 기타 여러요건이 큰 차이가 있어 개개의 이수현황을 정확히 조사한다는 것은 어려운 실정이다.

공업용수 원단위는 부지면적, 종업원수, 생산액에 따른 원단위 등이 있으나, 종업원수나 생산액 등에 따른 공업용수 원단위는 경제상황에 따라 변화가 심하기 때문에 예측하기 곤란한 반면, 부지면적은 변하는 것이 아니고 장래의 공단계획을 수립함에 있어서 예측이 가능하다는 점에서 공업용수 원단위의 기준으로 많이 사용되고 있다. 따라서 공업용수 수요량은 유역내 공장현황과 공단조성계획을 고려하여 업종별 공장 부지 면적에 공업용수 원단위를 적용하여 추정하였다.

<표 5.4-2>

업종별 농업용수 원단위(부지면적 기준)

(단위 : $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{년}$)

업종분류	목표년도				비고
	2001년	2006년	2011년	2016년	
음식료품	11.72	11.85	11.98	12.11	
섬유의복	11.37	11.60	11.85	12.09	
목재종이	5.95	5.85	5.76	5.66	
석유화학	4.97	5.05	5.12	5.19	
비금속소재	3.74	3.69	3.63	3.58	
철강	6.36	5.95	5.54	5.13	
기계	2.96	2.84	2.75	2.67	
전기전자	5.71	5.90	6.09	6.28	
운송장비	3.70	3.61	3.52	3.43	
기타제조업	2.00	1.95	1.90	1.85	
평균	5.64	5.49	5.43	5.30	

자료] 「수자원 장기종합계획 (2001.7, 건교부)」

금회 과업에서 유역내의 기업체 현황조사는 행정기관의 자료를 참조하고 현지조사를 실시한 바 홍양지구에 소규모 섬유업체 1개소가 있으며 장래 유역내에는 공업단지나 농공단지 등 개발계획이 없는 것으로 조사되었다.

<표 5.4-3>

공업용수 수요량 추정

하천	지구명	용수수요량 (m^3/sec)				비고
		2002년	2006년	2011년	2016년	
장성천	홍양	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	
	장성	-	-	-	-	
	계	0.0104	0.0104	0.0104	0.0104	

다. 농업용수 수요량 추정

농업용수 수요량 추정은 저수지, 보, 집수암거, 양수장 등 수리시설에 의하여 지표수를 취수원으로 관개하고있는 농경지를 대상으로 하였으며 장성천은 삼교천 주변과 인접되어 경지정리된 농경지가 분포하고 있으며 가까운 장래에 경지면적의 증감요인은 없을 것으로 예상된다.

첨두소요수량 산정을 위한 원단위는 「농어촌 용수수요량조사 종합보고서 1999,

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

농림부」 및 농업기반공사 홍성지사 자료를 적용하였으며 유역내 관개면적현황은 전술한 3.5.1항과 같으며 지구별 침투수요량 산정결과는 <표 5.4-3>과 같으며 세부내용은 부록에 수록하였다.

<표 5.4-3>

농업용수 침투수요량 산정

하 천	지구명	용 수 수 요 량 (m³/sec)				비 고
		2002년	2006년	2011년	2016년	
장 성 천	홍양	0.0353	0.0353	0.0353	0.0353	
	장성	-	-	-		
	계	0.0353	0.0353	0.0353	0.0353	

라. 회수수 산정

장성천 유역에서 발생하여 하천으로 유입되는 각종 용수의 회수수는 유역내 용수 수요량에 용수별 회수율을 적용하여 산정하였다. 용수별 회수율은 일관된 산식으로 산정할 수 없는 성질이지만 본 과업에서는 일반적으로 적용하고 있는 값으로 생활용수 및 공업용수는 65%, 농업용수 회수율은 35%를 적용하였다.

표 5.4-4

장성천 유역 회수수 집계표

단위 m³

년도별	지구명	회 수 수				비 고
		생활용수	공업용수	농업용수	계	
2002년	홍양	0.0027	0.0068	0.0123	0.0218	
	장성	0.0003	0.	0	0.0003	
	계	0.0030	0.0068	0.0123	0.0221	
2006년	홍양	0.0025	0.0068	0.0123	0.0216	
	장성	0.0002	0	0	0.0002	
	계	0.0027	0.0068	0.0123	0.0218	
2011년	홍양	0.0028	0.0068	0.0123	0.0219	
	장성	0.0003	0	0	0.0003	
	계	0.0031	0.0068	0.0123	0.0222	
2016년	홍양	0.0036	0.0068	0.0123	0.0227	
	장성	0.0004	0	0	0.0004	
	계	0.0040	0.0068	0.0123	0.0231	

5.4.2 갈수량과 물수지 분석

수자원개발의 목적은 계절별, 지역별 용수수급상의 불균형을 적기에 해소하여 장래 예상되는 물 수요를 충족시킬 수 있도록 하는 것으로서 물수지 분석은 장래 예상되는 용수수요와 공급 가능량을 대비하여 하천유역의 물부족시기 및 부족량을 판단하고 물 부족시 수자원 개발시기 및 규모를 결정하는 수단이 된다.

물수지분석은 용수수요량의 총량, 용수수요의 연중 시기별 분포 및 장래 수요증가량과 불규칙한 자연유하량을 비교·검토하는 것이다.

자연유하량이란 용수수요가 전혀 없는 상태의 하천유량을 의미하며 이는 실측유량에 순물소모량을 더하여 얻을 수 있다. 순물소모량이란 용수수요량에서 생·공·농업용수의 회수수를 공제한 값으로 이상의 산정방법을 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$\textcircled{\bullet} \text{ 자연유하량} = \text{실측유량} + \text{순물소모량} \text{ ----- } \textcircled{1}$$

$$\textcircled{\bullet} \text{ 장래의 물부족량} = \text{Dam 개발을 고려한 장래의 자연유하량}$$

$$- \text{장래 순물소모량} - \text{장래의 유지용수} \text{ ---- } \textcircled{2}$$

상기 식에서 장래의 물부족량이 (-)값인 경우는 물부족이 되며, (+)값인 경우는 물부족이 없다고 본다. 이미 상술한 바와 같이 자연유하량이란 산정지점의 갈수량에 상류부의 순물소모량(생·공·업용수의 합)을 가산하여 산정한다.

갈수지 물수지 분석은 2002년 현재 및 장래(2006년, 2011년, 2016년)를 대상으로 실시하였으며 장성천 유역에서의 물수지 분석결과 장래 물부족은 발생하지 않는 것으로 분석되었으며 이러한 결과는 장성천 자체 지표수를 수원으로 사용하기 보다는 비교적 공급이 안정적인 저수지 공급에 의해 용수를 공급받기 때문으로 이러한 현상이 향후 지속될 것으로 분석되어 비교적 용수수급이 원활할 것으로 전망된다.

각 목표연도별 주요지점별 분석결과는 다음 <표 5.4-5>와 같으며 물수지 모식도는 <그림 5.4-2>~<그림 5.4-4>와 같다.

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

표 5.4-5

물수지분석 결과

단위 m³

분석 년도	지구명	자연유량 (갈수시)	용 수 량		회 수 수		갈수량
			계	누계	계	누계	
2002	홍양	0.5754	0.0457	0.0457	0.0218	0.0218	0.0552
	장성	0.0375	-	0.0457	0.0003	0.0221	0.0139
2006	홍양	0.5754	0.0457	0.0457	0.0216	0.0216	0.5513
	장성	0.0375	-	0.0457	0.0002	0.0218	0.5513
2011	홍양	0.5754	0.0457	0.0457	0.0219	0.0219	0.5513
	장성	0.0375	-	0.0457	0.0003	0.0222	0.0140
2016	홍양	0.5754	0.0457	0.0457	0.0227	0.0227	0.5524
	장성	0.0375	-	0.0457	0.0004	0.0231	0.0149

물수지 모식도 2002

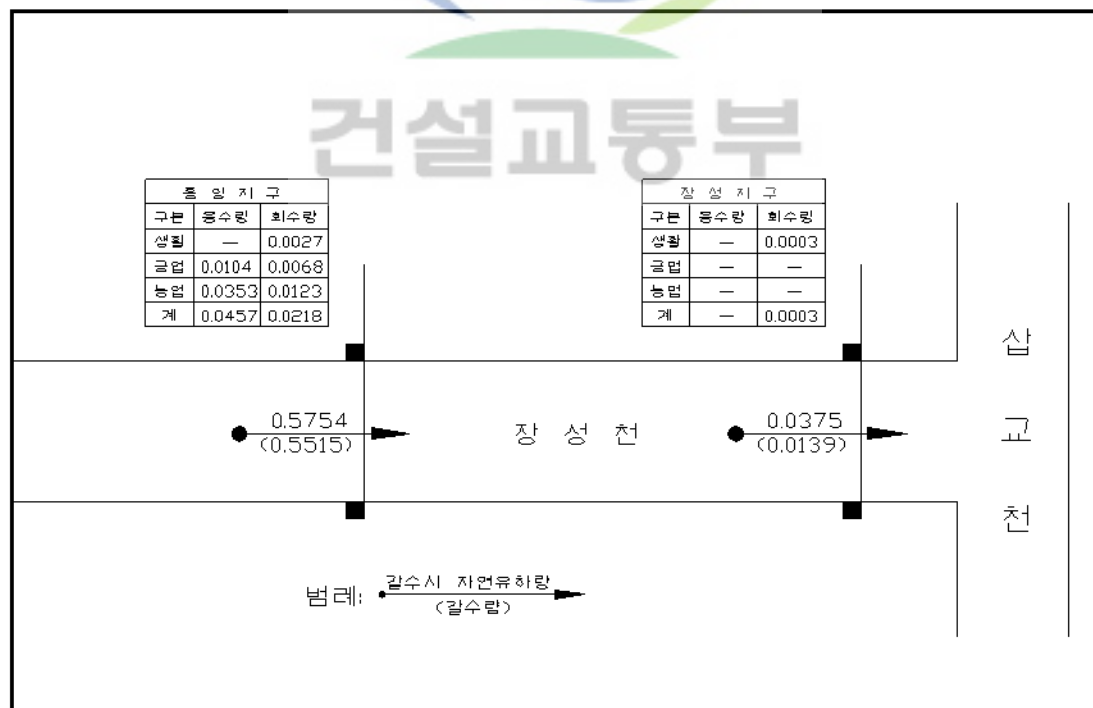


그림 5.4-2 물수지 모식도 2002

물수지 모식도 2005

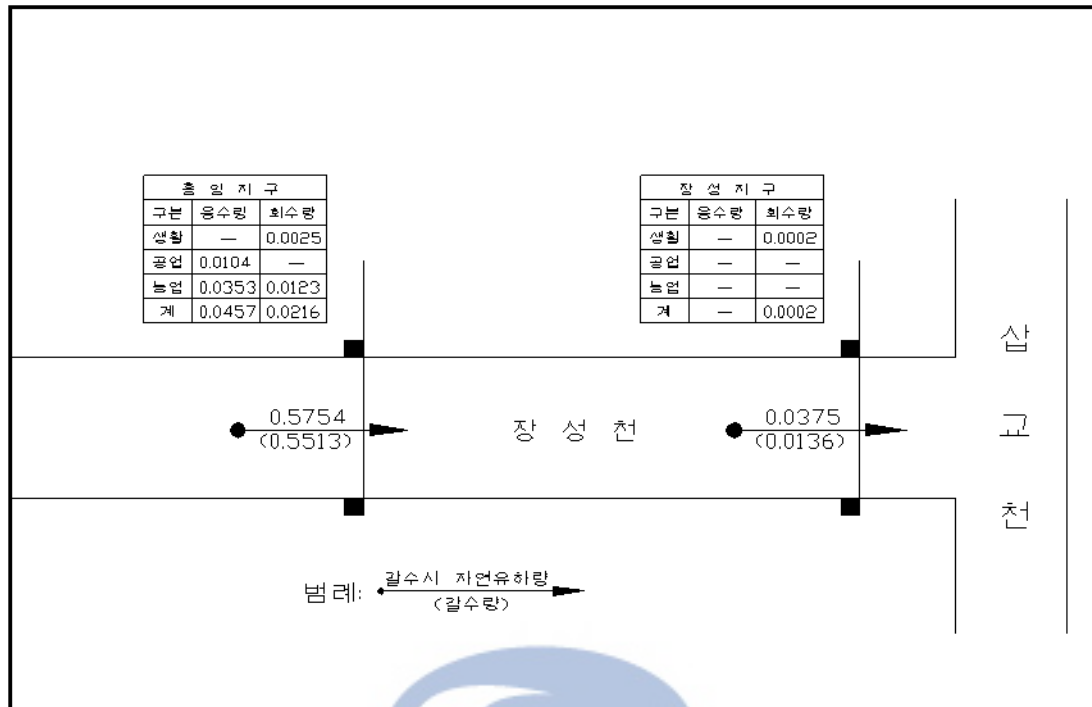


그림 5.4-3 물수지 모식도 2005

물수지 모식도 2011

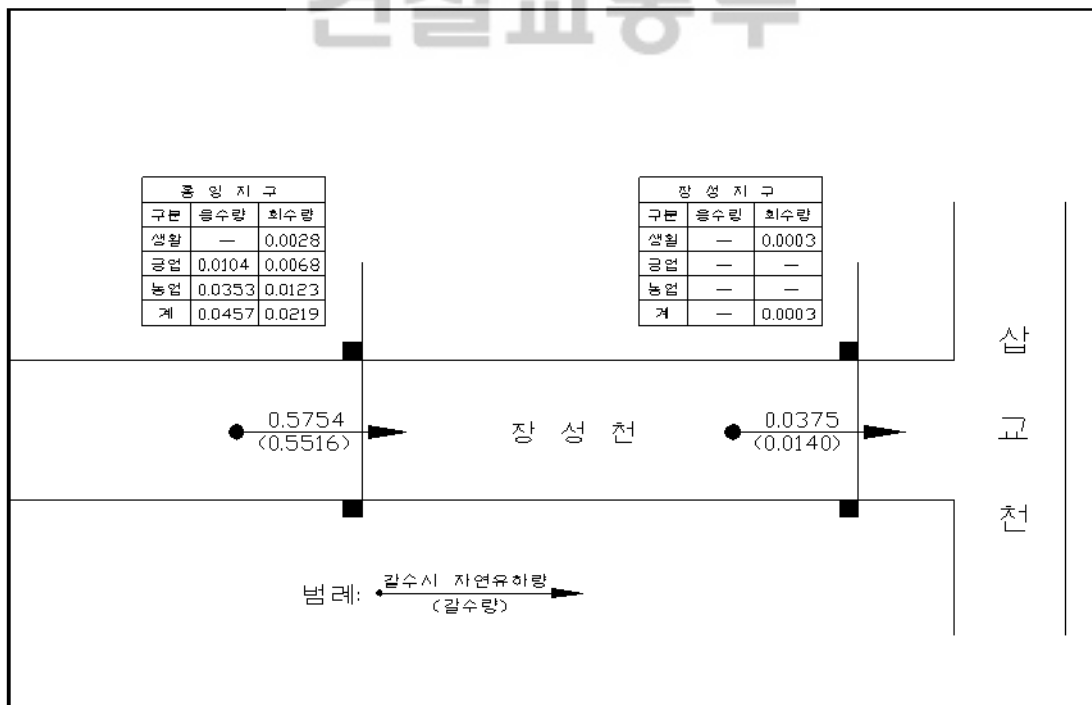


그림 5.4-4 물수지 모식도 2011

물수지 모식도 2015

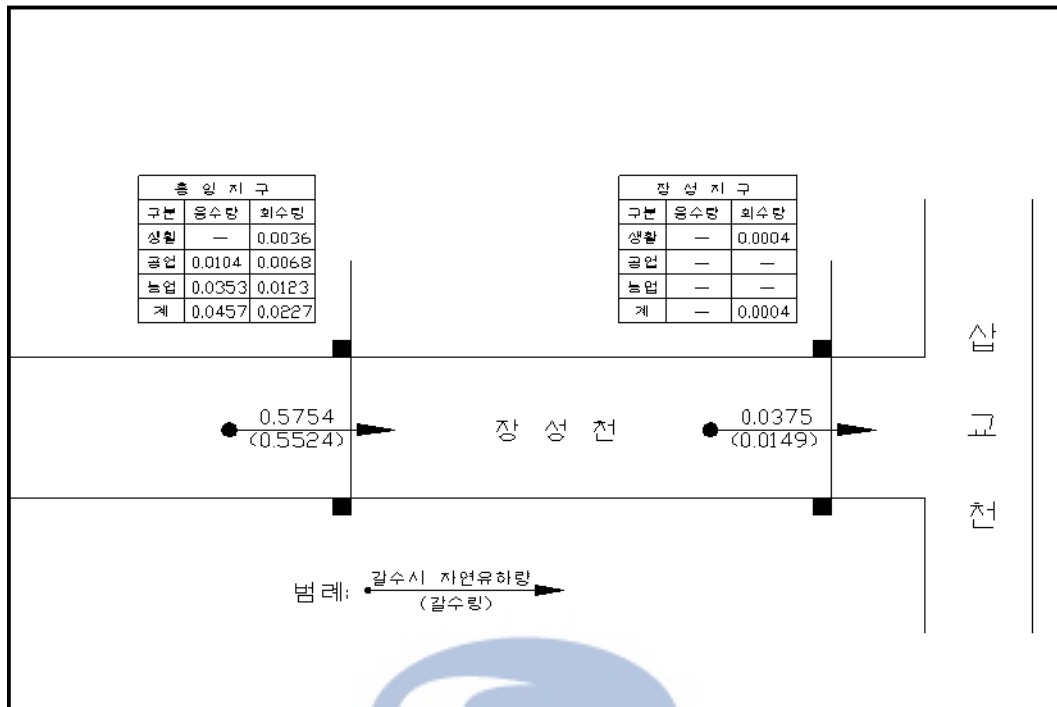


그림 5.4-5 물수지 모식도 2015

5.5 기존 시설물 능력검토

장성천의 금회 과업구간내에 설치되어 있는 치수시설물, 이수시설물 및 기타 시설물 등 기존 시설물에 대하여 주요 제원과 위치 등을 관리관서의 자료와 현지조사를 통하여 조사하고, 하천대장 및 부록 도서에 수록하였으며 그 명칭 및 위치는 본 보고서 부도편에 표시하였다.

과업구간내 기존 시설물 현황을 살펴보면 치수시설물 중 제방 4,096m, 고수호안 908m 및 배수시설물 7개소가 설치되어 있다. 또한 이수시설물은 취수보가 1개소 및 용수로교 1개소가 있으며 기타 시설물로는 교량이 3개소가 설치되어 있는 것으로 조사되었으며 이들 주요 시설물 현황을 요약하여 정리하면 다음 <표 5.5-1>과 같다.

표 5.5-1 기존 시설물 현황

구간 하천	치 수 시 설 물					
	제방 (m)	고수호안 (m)	배수문 (개 소)	배수암거 (개 소)	배수통관 (개 소)	낙차공 (개 소)
장성천	4,096	908	-	1	6	1

구간 하천	이수시설물			기타시설물	
	양수장 (개소)	용수로교 (개소)	취입보 (개소)	교 량 (개소)	종단교 (개소)
장성천	-	1	1	3	-

본 과업구간내의 제방, 배수시설물, 교량 등의 시설물 능력검토를 실시함에 있어 제방은 계획제방고, 여유고, 비탈경사 및 제정폭, 호안은 소류력, 배수시설물은 통수단면적, 교량은 연장 및 여유고 등을 「하천설계기준 2002. 한국수자원학회」에서 제시한 검토기준을 적용하여 각 시설물의 능력을 검토하였다.

5.5.1 제 방

1) 제 방

- 제방고는 홍수시 제방을 월류하여 농경지 및 가옥 등에 극심한 피해가 발생하는 것을 방지하기 위하여 충분한 단면과 높이 이상으로 축조하여야 하므로 본 장성천의 계획홍수위에 여유고(0.6m이상)를 가산한 값을 계획제방표고로 하여 기존 제방표고와 비교·검토하였다.
- 제방은 기초지반의 토질특성, 고수시의 침윤선 등을 감안하여 침투수에 대하여 안전한 비탈면을 확보하여야 하는데 이를 위해서는 토사로 제방을 축조할 경우 최소한 1:3.0 이상의 비탈경사를 원칙(단, 비탈덮기를 설치할 경우, 지형적인

어려움 등 제방 특성 등을 검토하여 1:2 또는 이보다 급하게 설치 할 수 있음)으로 하나 금회 장성천 비탈 경사는 기성제와의 관련 및 하도형상이 사행하천으로 수충부에 대한 호안검토 등 비탈덮기를 설치함으로써 제·내외지 모두 1:2.0을 기준으로 검토하였다.

- 독마루 폭은 침투수에 대한 제체의 안전과 향후 제방의 이용, 중요도 및 토질 조건 등의 특성을 종합적으로 고려하여 결정하여야 하는 것으로 「하천설계기준, 2002, 한국수자원학회」에 의한 홍수규모별 독마루 폭을 기준으로 검토하였다.

2) 호 안

- 호안은 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 제방을 보호하기 위하여 제방 앞비탈에 설치하는 구조물로서 설치위치에 따라 고수호안, 저수호안 및 제방호안으로 분류되며, 최근에는 치수뿐만 아니라 환경적 측면이 고려된 환경호안을 자연형 하천조성사업과 연계하여 적극적으로 검토하고 있는 실정이다.

호안의 공법 및 재료의 선택에 있어서 중요한 것은 소류력과 내구성인데 일반적으로 소류력은 유수가 운반에 작용하는 마찰력으로서 호안재료의 충분한 중량 및 안전성이 요구되며 금회 과업에서는 Schoklitsch가 발표한 호안재료에 대한 허용소류력을 적용하여 검토하였으며 수로내의 소류력 계산식과 미국 해안침식국이 발표한 호안의 중량 및 Schoklitch가 발표한 각종 호안에 대한 허용소류력은 다음 <표 5.5-2>와 같다.

$$T = WRI = \frac{W}{C^2} V^2$$

$$G = \frac{\pi \times \gamma \times V^6}{48 g^3 Y^6 (S_r - 1)^3 (\cos \alpha - \sin \alpha)^3}$$

여기서,

T : 소류력(kg/m²)

W : 물의 단위중량(1,000kg/m³)

R : 경심(m)

I : 수면경사 또는 에너지경사

V : 평균유속(m/sec)

C : Chezy 유속계수 ($V = C\sqrt{RI}$)

G : 호안공의 안전중량(ton)

γ : 호안공의 단위체적중량(ton/m³)

$S_r - 1$: 호안공의 비중

g : 중력가속도 (9.8 m/sec²)

α : 호안법면각

Y : Isbash 정수(파물힌돌 : 1.20, 노출된 돌 : 0.86)

표 5.5-2

허용소류력

호안의 종류	허용소류력(kg/m ²)	비 고
◦ 평 때	2.0	
◦ 바자(책공)안의 굽은 자갈	1.0	
◦ 바자(책공)안의 자갈	1.5	
◦ 바자(유수에 병행 혹은 비스듬할 때)	5.0	
◦ 쇠호안	7.0	
◦ 돌붙임(비탈 1:1, 두께 0.3m)	16.0	
◦ 큰 사석	24.0	
◦ 공적석공	60.0	
◦ 콘크리트 벽	60.0	
◦ 틀공	150.0까지	

또한, 현재까지 발표되어 있는 소류력 및 허용평균유속에 따른 호안설계기준은 다음 <표 5.5-3>과 같다.

표 5.5-3

수면경사 에너지경사 에 따른 비탈덮기 높이 기준

수 면 경 사	비탈덮기의 수직높이	
	비 수 충 부	수 충 부
1/5,000 ~ 1/2,500	0.35 H	H
1/2,500 ~ 1/1,500	0.45 H	H
1/1,500 ~ 1/600	0.65 H	H
1/400 이상	H	H
1/200 이상	독마루높이	독마루높이

주)H는 계획하상고에서 계획홍수위까지의 높이임.

장성천은 소규모의 산지하천으로 지역특성을 고려하여 기성제 및 호안에 대하여 검토한 결과 대부분 하천개수 사업이 이루어져 있으나 삼교천 본류 영향으로 하류 약 500m 구간은 여유고가 부족한 것으로 보측계획을 검토하였고 상류 장성제 844m 구간은 하폭이 부족하여 호안 계획과 함께 확폭계획을 수립하고 수충부 기성제 구간에 대해서는 호안계획이 필요한 것으로 판단된다.

표 5.5-4

기성제 검토결과

하천	제방명	구 간 (No.)	안별	연장(m)	비 고
장 성 천	계			4,096	
	구룡제	0+00~2+98	좌	498	여유고부족
		2+98~9+70	좌	1,372	만족
	장성제	0+00~2+112	우	512	여유고부족
		2+112~6+107	우	795	만족
		6+107~10+151	우	844	하폭부족
		11+125~12+00	우	75	여유고부족

5.5.2 배수시설

가. 검토기준

본 과업구간내에 설치되어 있는 기존 배수시설물(배수문, 배수암거, 배수통관)의 구조물 통수단면적과 금회 산정한 소요 통수단면적을 비교하여 통수단면의 과부족여부를 판단하였으며 농경지 지역과 도시 및 산지지역으로 구분하여 아래의 공식을 이용하여 배수시설물의 능력을 검토하였다.

$$\begin{aligned} \circ \quad a &= \frac{0.2778 \times f \times R_n \times A}{T_n \times V} \times \alpha \dots\dots\dots (\text{농경지 배수지역}) \\ \circ \quad a &= \frac{0.2778 \times f \times r \times A}{V} \times \alpha \dots\dots\dots (\text{도시지역 및 산지}) \end{aligned}$$

여기서, a : 통수단면적(m^2)

R_n, r : 강우강도식에 의한 계획강우량

f : 유출계수

T_n : 배제시간(hr), (12시간 적용)

A : 집수면적(km^2)

V : 유속(m/sec) - (농경지 지역 2.0, 도시 및 산지지역 2.5)

α : 여유율(20%)

나. 검토 결과

이상과 같이 장성천 배수시설물 6개소에 대하여 배수능력을 검토한 결과 모두가 현 단면으로 충분한 것으로 나타났다.

각 배수시설물에 대한 배수능력 검토 결과는 다음 <표 5.5-5>와 같다.

표 5.5-5

배수시설물 능력검토 결과

하천명	배수시설물명	측점 (No.)	안별	구조물 제원			단면검토(m ²)			비고
				BorD(m)	H(m)	련	현단면	소요단면	과부족	
장성천	장성1배수통관	4+103	우	0.60	-	1	0.28	0.08	충분	
	구룡1배수통관	4+177	좌	1.0	-	1	0.79	0.15	충분	
	구룡2배수통관	5+99	좌	0.80	-	1	0.50	0.25	충분	
	장성2배수통관	6+126	우	0.60	-	1	0.28	0.18	충분	
	구룡3배수통관	7+39	좌	0.60	-	1	0.28	0.13	충분	
	장성3배수통관	9+18	우	0.60	-	1	0.28	0.10	충분	

5.5.3 하상유지시설

하상유지시설은 하상경사를 완화시키고 하천의 종단과 횡단형상을 유지하기 위해 하천을 횡단하여 설치하는 구조물이다. 하상유지시설은 낙차의 정도에 따라 대공(낙차가 없거나 50cm 이하)과 낙차공(낙차가 50cm 이상)으로 분류한다.

하상유지시설은 주위에서 발생하는 국부세굴을 방지할 수 있어야 하는데, 세굴은 하상유지시설 직하류에서 발생할 뿐만 아니라 구조물의 돌출에 의해 소용돌이가 발생하여 하상유지시설 직상류에도 국부적으로 세굴이 발생하여 구조물의 안전을 위협할 수 있다. 따라서 세굴에 견디고 하상변동이 현저한 홍수시에도 구조물이 안전할 수 있도록 하상유지시설 본체 상하류에 바닥보호공을 설치하는 것이 바람직하다. 급회과업구간내에는 하상유지시설(낙차공)이 설치되어 있지 않지만 향후 지형여건 등이 변하여 하상유지시설 등의 설치가 필요할 경우 다음과 같은 기준을 검토하여 적절하게 보강·설치되어야 한다.

가. 설치위치

하상유지공은 직선적이고 평상시와 홍수시의 흐름방향이 일치하는 위치에 설치한다.

나. 종단배치

하상유지공의 종단배치는 다음과 같은 점을 고려하여 결정한다.

- ① 하상유지공의 독마루 높이는 상류측의 수위가 안전한 범위내에 들어오도록 해야한다.
- ② 하상유지공은 유지해야 하는 하상고를 확보할 수 있도록 배치해야 한다.
- ③ 하상유지공을 연속적으로 설치할 경우 설치간격은 다음과 같이 구한다.
 - 하폭이 좁은 경우

$$L = h/(S-S_o)$$

- 하폭이 넓은 경우

$$L = (1.5 \sim 2.0) \times b$$

여기서, L : 하상유지공의 간격

S : 현재의 하상경사

S_o : 계획하상경사

다. 본 체

① 구 조

낙차공의 경우 일반적으로 콘크리트 구조로 만들며, 대공의 경우에는 영구적인 콘크리트 구조보다는 하상변동에 쉽게 대응할 수 있는 굴요성 구조가 바람직 하다.

② 낙 차

낙차공 본체의 낙차는 가능한 2m 이내로 한다.

③ 차수벽

차수벽은 상하류 수위차에 의해 발생하는 양압력과 파이핑 작용을 감소시키기 위해 본체 하부에 설치하는 것으로, 굴요성 구조나 기초지반이 견고하여 파이핑 작용을 무시할 수 있을 때에는 설치할 필요가 없으나, 차수벽을 설치할 경우 깊이는 차수벽 간격의 1/2 이내로 하며, 1/2 이상의 길이가 되는 경우에는 물받이를 늘린다.

라. 물받이

① 길 이

물받이는 세굴을 방지할 수 있는 길이로 설치하여야 하며, 낙차의 2~3배 또는 하류측 바닥보호공 길이의 1/3 정도로 한다.

② 두 께

물받이의 두께는 양압력에 견딜 수 있는 중량을 가지도록 설치하며 최소두께는 35cm로 한다.

마. 바닥보호공

바닥보호공은 일반적으로 굴요성 구조로 하며, 콘크리트 물받이의 하류측에는 조도가 큰 순서부터 배치하여 하상재료와 잘 융합되도록 하며, 설치범위는 하상유지공에 의한 영향이 없어지는 범위까지로 하고, 상류측 바닥보호공의 길이는 하류측 바

탁보호공의 길이의 1/3~1/2정도로 한다.

5.5.4 교량 등 기타 시설물

가. 검토기준(여유고 및 경간장)

하천을 횡단하는 교량의 높이는 충분한 여유고를 확보하여야 하며, 유수 소통에 지장이 없도록 계획하폭에 맞는 교량길이가 필요하다. 여유고 또는 경간장이 부족한 교량은 홍수시 홍수소통에 지장을 초래하여 그로 인한 수위상승으로 홍수피해를 가중시키는 요인이 되므로 이에 대한 검토와 조치가 필요하다. 「하천설계기준」에서는 계획홍수량에 대한 교량의 여유고에 대한 기준을 다음과 같이 제시하고 있다.

<표 5.5-6> 계획 홍수량에 따른 교량하부 여유고

계획홍수량(m^3/sec)	여 유 고(m)	비 고
200 미만	0.6 이상	
200 ~ 500 미만	0.8 이상	
500 ~ 2,000 미만	1.0 이상	
2,000 ~ 5,000 미만	1.2 이상	
5,000 ~ 10,000 미만	1.5 이상	

자료] 「하천설계기준 2002, 한국수자원학회」

「하천설계기준」에 따르면 교량의 여유고는 <표 5.5-6>에서 정한 제방의 여유고 이상으로 교량의 형하고가 제방보다 낮아서는 안된다. 이때 교량의 형하고는 교량자체의 기능유지를 위해 교대에서 교량상부를 받치고 있는 교좌장치 하단부의 높이를 기준으로 한다.

- 1) 경간장은 산간협곡이라든지 그 밖의 하천의 상황, 지형의 상황 등에 의해 치수상 지장이 없다고 인정되는 경우를 제외하고는 다음식에서 구한 값 이상으로 한다. 단, 그 값이 70m를 넘는 경우에는 70m까지 줄일 수 있다.

$$L = 20 + 0.005Q \text{ ----- (1)}$$

여기서, L은 경간장(m)이고, Q는 계획홍수량(m^3/sec)이다.

- 2) 다음의 각 항목에 해당하는 교량의 경간장은 하천관리상 특별히 지장이 없는 한 1)항의 규정에 관계없이 다음의 값으로 한다.

- 가) 계획홍수량이 $500m^3/sec$ 미만이고 하천폭이 30m미만인 하천의 경우 12.5m 이상

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

- 나) 계획홍수량이 500m³/sec미만이고 하천폭이 30m이상인 하천의 경우 15m 이상
- 다) 계획홍수량이 500m³/sec~2,000m³/sec인 하천의 경우 20m 이상
- 라) 주운을 고려할 경우에는 주운에 필요한 최소경간장 이상

3) 단, 하천의 상황 및 지형학적 특성상 1), 2)에서 제시된 경간장 확보가 어려운 경우 치수에 지장이 없다면 교각설치에 따른 하천폭 감소율(설치된 교각폭의 합계/하천폭)이 5%를 초과하지 않는 범위내에서 경간장을 조정할 수 있다.

나. 검토결과

장성천 과업구간에는 총 4개의 교량이 설치되어있으며 이러한 기준에 따라 기존 교량에 대하여 검토결과 장성천교는 대전지방국토관리청에서 공사중에 있는 홍성우회도로 교량으로 상기조건을 모두 만족하고 있으며 서구교, 장성1교, 구룡용수로교는 여유고 및 하폭이 미달되므로 상·하류와 관련하여 교량구조물 기준에 적합하도록 개수가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

경간장에 대해서는 사업시행시 교각설치 폭에 따라 상기 3)항을 검토하여 적정하게 조정이 있어야 할 것이다.

기존교량의 능력검토결과는 다음 <표 5.5-7>과 같다.

표 5.5-7

기존 교량 능력검토 결과

하천명	교량명	측 점 (No.)	Clearance 검 토				하 폭 검 토			비 고
			계 획 홍수위 (EL.m)	상부구조 하단표고 (EL.m)	여유고 (m)	과부족 (m)	현하폭 (m)	계 획 하 폭 (m)	과부족	
장 성 천	서구교	1+14	24.02	23.09	0.8	-1.73	40.0	50.0	-10.0	-
	장성천교	1+61	24.05	26.19	0.8	충분	52.9	52.9	-	공사중
	장성1교	6+16	25.28	25.53	0.8	-0.55	40.0	50.0	-10.0	
	구룡용수로교	10+173	26.16	26.30	0.8	-0.66	57.2	57.2	-	

5.6 하천시설물 설치 방향

하도란 제방 또는 하상과 하안으로 둘러싸인 공간으로서 하도계획은 계획홍수량 및 유하물 등을 안전하게 유하시킬수 있고 유송토사에 대하여 안정된 하상을 유지함과 동시에 그 기능은 지속적이고 안정되도록 계획되어야 한다.

본 과업대상 하천인 장성천은 삼교천의 제1지류로서 대부분 산지로 둘러싸인 소규모 지역의 농경지를 관류하는 하천으로서 하천시설물 설치에는 큰 문제가 없는 것으로 판단되며 현지조사 결과와 수리 수문분석 결과를 토대로 기성제 구간, 제방보강 구간 및 개수계획 구간으로 구분하여 하천계획을 수립하였으며 다음의 사항들을 종합적으로 고려하여 제방, 호안 및 배수시설물 등을 계획하였다.

- 개수를 요하는 계획구역은 현지조사와 수문 및 수리학적인 검토에 의하여 설정
- 조사측량을 통하여 작성된 축척 1/1,500 지형현황도와 현 상 하류의 지형조건 등을 고려하여 홍수소통이 원활하도록 계획법선 설정
- 하도의 안정을 기하기 위하여 하상의 중단형 계획시 평형하상 및 경사를 고려함과 동시에 유속은 가급적 3.5m/sec 이내가 되도록 계획하여야 한다.

5.6.1 제방 및 호안

가. 제 방

제방은 하천의 종류, 유황, 축조재료, 제방의 중요도, 타목적 겸용여부, 홍수의 지속시간 등 여러 가지 요소를 고려하여 결정하여야 하며, 계획홍수량 유하시 침윤 및 월류에 대해 안전해야 한다.

금회 과업구간에 대한 제방표준단면 결정을 위하여 제방구조, 둑마루폭, 여유고, 비탈경사, 소단(턱)에 대해 검토한 내용은 다음과 같다.

1) 제방의 구조

하천제방은 특수한 경우를 제외하고는 대부분 토제로 축조하나, 인구밀집지역인 시가지를 관류하는 경우 등은 도시의 기능과 아울러 제방용지 취득의 문제점, 하천환경보전 측면, 타목적겸용(강변도로), 경제성 등에 대해서도 충분히 검토하고 특수제인 흙벽(Parapet) 혹은 옹벽공(석축)구조 등도 고려해서 제방의 구조를 선택하여야 한다.

금회 과업구간인 장성천 본류의 기성제는 토제로 축조된 상태이며 현재 금회 계획지구는 하천변이 농경지인 관계로 용지취득의 문제나 기타 특수제를 계획하여야 할 필요성이 없으므로 토제로 계획하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

2) 둑마루폭(제정폭)

제방의 둑마루폭은 제체의 안정과 향후 타목적 겸용여부, 중요성 등에 의하여 결정하여야 하는 것으로 현재 우리나라에서의 일반적인 실시 예는 대하천에서는 5m~7m, 중소하천에서는 3m~4m 정도를 취하고 있다.

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

따라서 본 계획에서의 독마루폭은 기성제의 독마루폭 및 “하천설계기준”에 의한 계획홍수량에 따른 독마루폭 및 현재이용상태 등을 고려하여 3.0m로 계획하였다. 그러나 금회 결정한 독마루폭은 표준으로 취한 값이므로 제방이용목적, 해당 지역의 특성에 따라 차후 사업시행시에 적절한 검토가 있어야 할 것이다.

표 5.6-1 계획홍수량에 따른 독마루폭

계획홍수량 (m ³ /sec)	독 마 루 폭 (m)	예 외 규 정
500 미만	3.0 이상	계획홍수량이 100m ³ /sec 미만이고 제방고가 0.3~1.2m의 소하천에서는 3.0m이하라도 좋다. 즉, 50m ³ /sec 미만일때는 2.0m 이상, 50~100m ³ /sec 일때는
500 이상 ~ 2,000 미만	4.0 이상	
2,000 이상 ~ 5,000 미만	5.0 이상	
5,000 이상 ~ 10,000 미만	6.0 이상	
10,000 이상	7.0 이상	

주] 「하천설계기준 (2002, 한국수자원학회)」

표 5.6-2 계 획 독 마 루 폭

하 천	구 간	측 점	독마루폭
장 성 천	장성천하구 ~ 과업시점	No. 0+00 ~ No. 12+50	3.0 m

3) 제방 여유고

제방 여유고는 기본적으로 계획홍수위에 해당하는 홍수, 즉 계획홍수량을 월류시키지 않기 위한 여유로서 홍수시 풍랑, 도수 등에 의하여 발생하는 일시적인 수위상승이나 하천 횡단구조물의 축조로 인한 영향 등에 대한 여유 및 홍수시 재해 대책사업을 실시할 경우의 안전, 하상변동으로 인한 수위상승 등 여러 가지 요소를 포함하는 것으로 제방안전과 직결되는 중요한 사항이다.

엄밀히 말하면 제방 여유고는 개개의 하천 각 구간 특성에 따라 정하여야 하는 것으로서 대단히 복잡한 과정을 요구한다.

본 과업에서는 전술한 바와 같이 주변지역의 지형특성상 하도내 급격한 수위상승은 발생하지 않을 것이므로 여유고 결정에 있어 특별히 고려해야 할 사항은 없는 것으로 판단하였다. 따라서 제방고가 대부분 1.0m이상으로써 개수계획 지구의 제방 여유고를 “하천설계기준”에 의하여 계획홍수량에 따라 0.8m로 결정하였다. 참고로 “하천설계기준”에 의한 계획홍수량별 여유고는 다음 <표 5.6-3>과 같다.

표 5.6-3

계획홍수량별 여유고

계획홍수량(m^3/sec)	여유고(m)	예 외 규 정
200 미만	0.6 이상	굴입하도에서는 “지형상황 등에 의해 치수상
200 ~ 500 미만	0.8 이상	지장이 없는 높이” 를 해당구간에 적용하는데
500 ~ 2,000 미만	1.0 이상	· 계획홍수량이 $500m^3/sec$ 미만의 경우는 규정대로 적용
2,000 ~ 5,000 미만	1.2 이상	· 계획홍수량이 $500m^3/sec$ 이상일 때는 1.0m 이상
5,000 ~ 10,000 미만	1.5 이상	· 계획홍수량이 $50m^3/sec$ 이하이고 제방고가 1.0m 이하
10,000 이상	2.0 이상	인 소하천에서는 0.3m 이상이면 적당함.

자료] 「하천설계기준」 (2002, 한국수자원학회)

표 5.6-4

여유고 계획

하 천	구 간	여 유 고	비 고
장성천	장성천 하구 ~ 과업시점 (NO.0+00 ~ NO.12+50)	0.8m	

4) 제방 비탈경사

제방 비탈경사는 기초지반의 토질, 홍수시 침윤선 등에 대하여 절대로 안전해야 하는 것으로서, 일반적으로 소규모 제방에서는 1 : 1.5 의 경사를 가진 곳도 있지만 활동이나 비탈면 붕괴 등의 현상이 많이 발생하므로 토사로 제방을 축조할 경우에는 최소 1 : 2.0 이상으로 계획하도록 추천하고 있으나, 비탈덮기를 설치한 경우 및 지형적인 어려움 등 제방 특성을 검토하여 1:2 또는 이보다 급하게 설치할 수 있다.

따라서 금회 장성천 개수 계획지구에 대한 비탈경사는 기성제와의 연관성과 하도의 형상이 사행하천으로 수충부에 대한 비탈덮기를 계획함으로써 제·내외지 모두 1:2.0을 기준으로 검토하였다. 그러나 사업시행시 지형여건이 변화 및 축재 재료에 따른 사면안정성 검토결과에 따라 개수구간의 특성, 축조재료 및 지반의 토질상태(축재재료에 따른 사면 안정검토 결과)에 따라 필요시 비탈경사를 조정하여야 할 것이다.

이상의 검토결과 결정된 제방의 표준단면은 <그림 5.6-1>과 같고, 축재 및 호안 계획지구는 <표 5.6-5>와 같다.

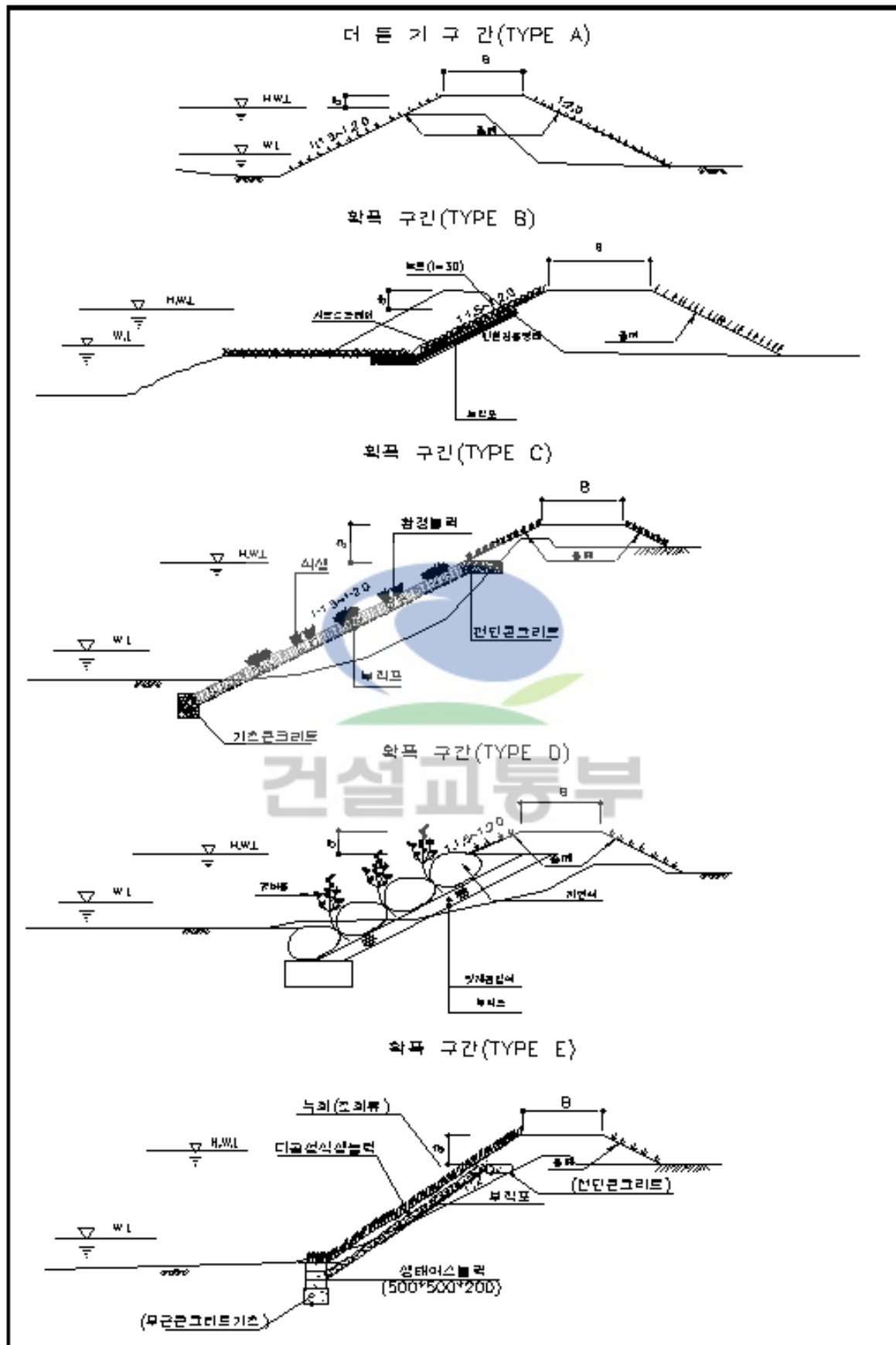
제5장 하천공사 시행에 관한 사항

표 5.6-4

제방 및 호안계획 지구

하 천	지구명	시설물 번 호	좌 · 우 안 별	시설물명	계 획		비 고
					구간(No.)	연장(m)	
장 성 천	장성	제①	우	축제 및 고수호안	6+107 ~ 10+151	844	
	-	-	우	축제 및 고수호안	11+125 ~ 12+00	75	
	합계	2개 지구		축제 및 고수호안		919	
	보축	보축①	우	보축	0+00 ~ 2+98	498	
	보축	보축②	좌	보축	0+00 ~ 2+112	512	
	합 계	3개 지구		보축		1,010	





<그림 5.6-1> 제방 표준도

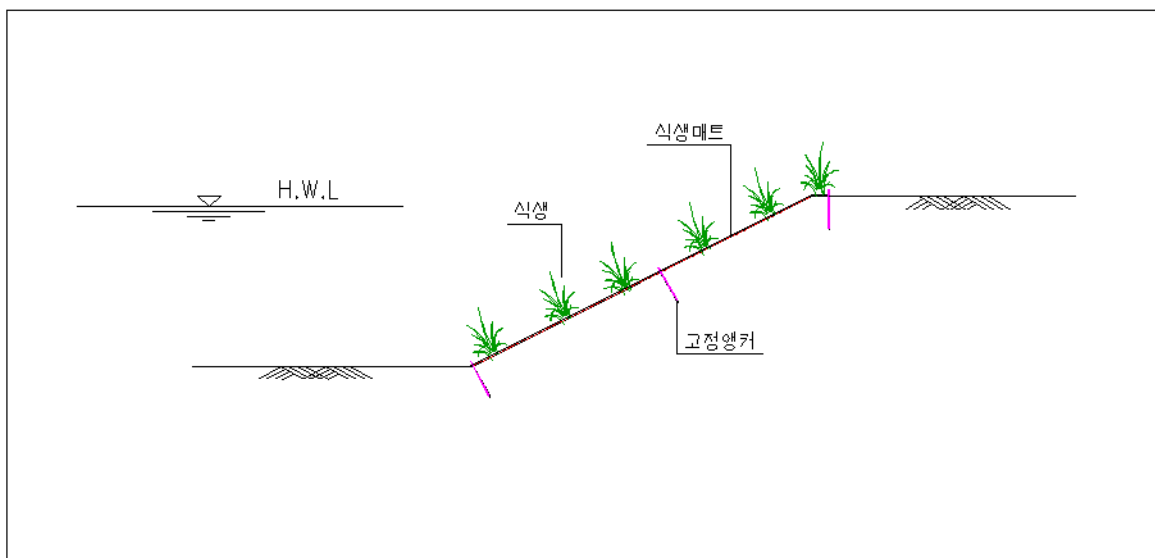
나. 호안공

일반적으로 호안은 제방 또는 하안을 유수에 의한 파괴와 침식으로부터 직접 보호하기 위해 제방 앞비탈에 설치하는 하천 시설물이다.

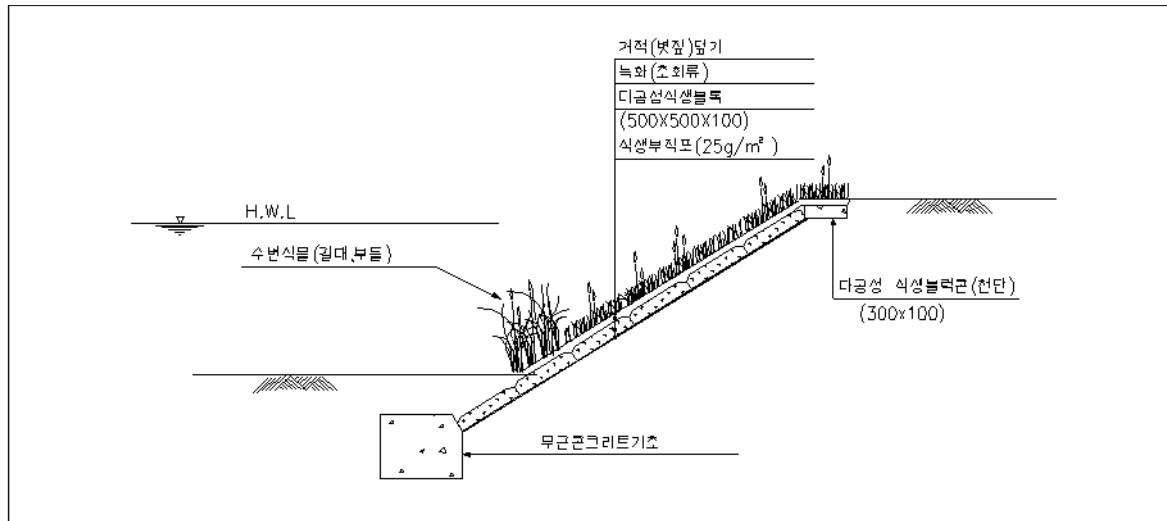
호안의 종류는 고수호안, 저수호안, 제방호안으로 대별되며 고수호안은 홍수시 앞비탈을 보호하기 위해 설치하고, 저수호안은 저수로에 발생하는 난류를 방지하고 고수부지의 세굴을 방지하기 위해 저수로의 하안을 설치하는데 일반적으로 홍수시에는 수중에 잠기므로 세굴에 대한 배려가 필요하다.

또한 제방호안은 제방을 직접 보호하기 위해 설치하는 것으로 저수로가 제방에 접해 있는 경우 홍수시 수충부로 되는 요안부(凹岸部), 과거에 파괴되었던 부분, 급류 하천, 고수부지가 없는 부분 등에 설치한다.

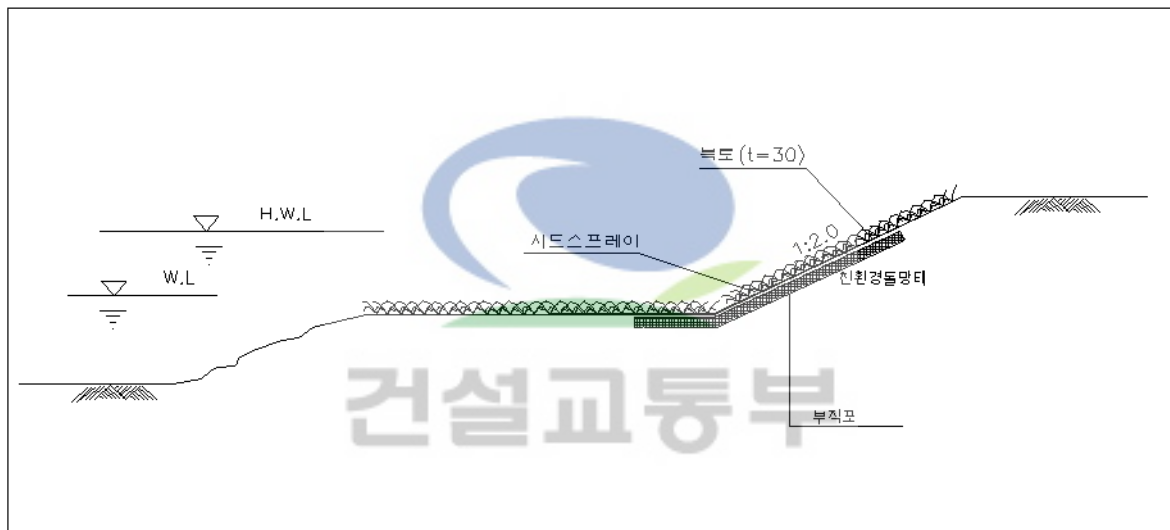
호안공법은 목적한 기능에 대한 적합성과 아울러 경제성, 당해지구의 특성, 시공성, 재료구득의 용이성 및 기존 호안과의 연계성 등을 고려하여 선정하여야 하나, 근래에는 환경 및 수변생태계 보전 측면에서 경제적으로 다소 불리하더라도 자연형 호안을 설치하는 추세에 있다. 금회 계획에서 고수호안공의 종류로 하천의 수리특성, 현 하상의 구성재료 및 기 시행된 호안의 종류, 호안의 재료 등을 감안하고 기존 하도내 식생을 유지할 수 있는 형식을 검토하여 <그림 5.6-2>~<그림 5.6-7>과 같이 제시한 바 사업시행시 해당 지자체 및 주민들의 의견을 수렴하여 최종 결정하되, 하천환경과 유수의 소류력과 같은 수리특성 등을 면밀히 검토하여 적용공법을 결정하여야 한다.



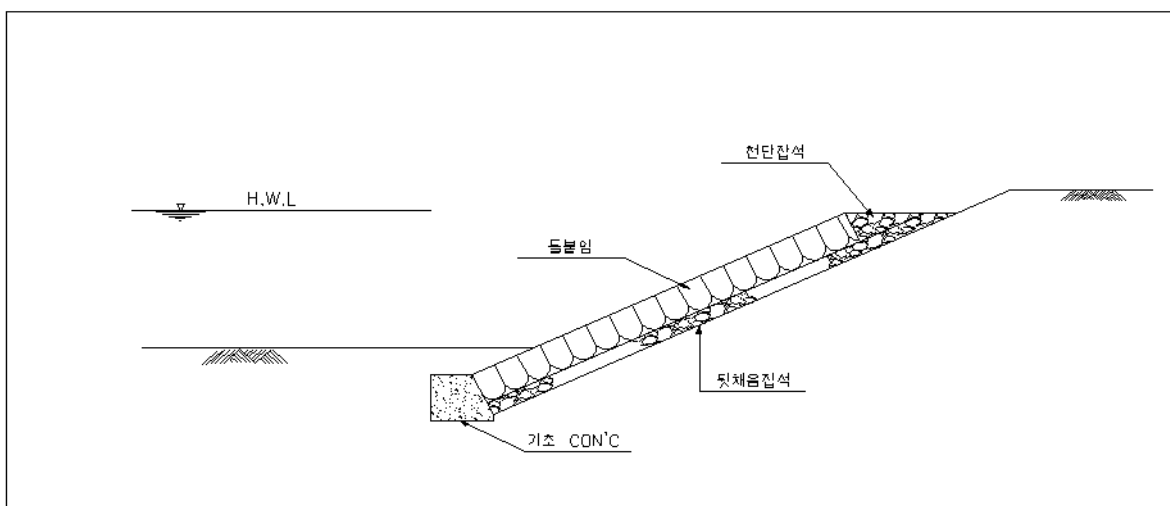
<그림 5.6-2> 고수호안 TYPE 1 식생호안



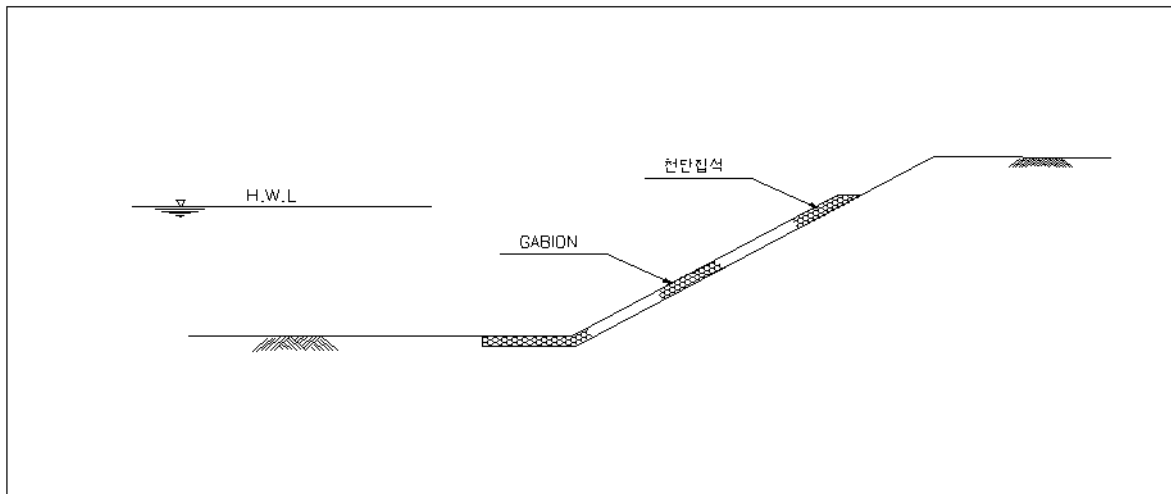
<그림 5.6-3> 고수호안 TYPE 2 다공성 식생블럭 호안



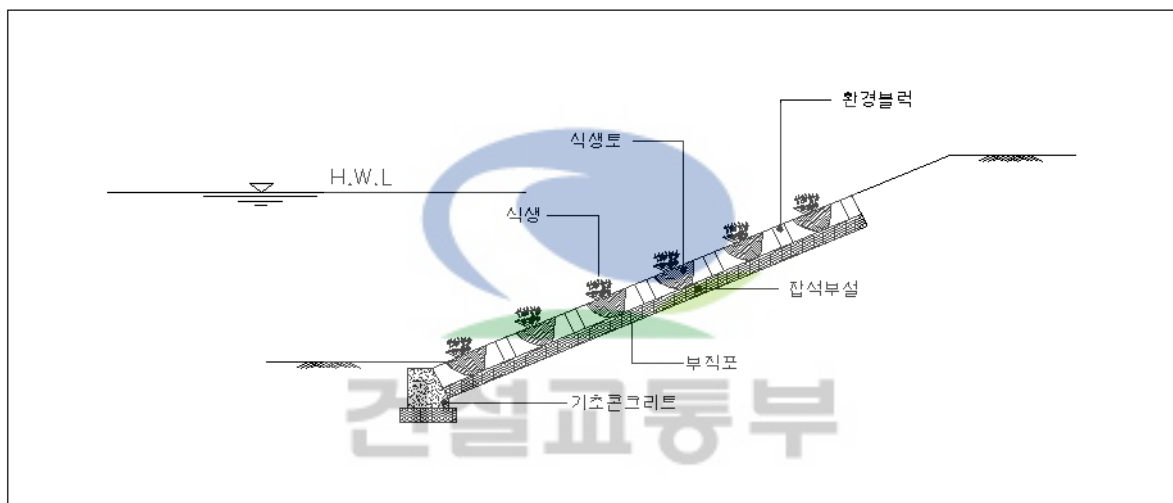
<그림 5.6-4> 고수호안 TYPE 3 친환경돌망태 호안



<그림 5.6-5> 고수호안 TYPE 4 돌붙임 호안



<그림 5.6-6> 고수호안 TYPE 5 GABION호안



<그림 5.6-7> 고수호안 TYPE 6 환경블럭 호안

5.6.2 배수시설물 계획

본 과업구간내 개수계획지구 중 배수시설이 필요한 지역에 대해서는 농경지 배수지역과 고지배수지역으로 구분하여 “5.5.2” 항과 같은 방법으로 배수시설의 규모와 위치등을 재검토하고 최소규모는 $\varnothing 800\text{mm}$ 로 하여 단면결정은 가급적 「하천구조물 표준도」의 표준규격을 활용하되 기존시설물 규모를 참고하여 계획하였으며 계획시설물 개요는 <표 5.6-6>과 같다.

그러나 금회 과업에서 결정된 단면에 대해서는 추후 사업시행시 해당지역의 지형에 대한 충분한 조사를 통해 현장여건에 맞는 배제시간 및 배제유속 등을 면밀히 검토한 후 시행토록 하여야 할 것이다.

표 5.6-6

계획 배수시설물 배수문 통관

하천	지구명	시설문명	좌·우 안·별	측 점 (NO.)	계획규모 $B(m) \times H(m) \times \text{런}$ $D(m/m) \times \text{런}$	비 고
장 성 천	장 성	문 1-1 문 1-2	우 우	6+126 9+18	$\phi 800 \times 1\text{런}$ $\phi 800 \times 1\text{런}$	
	보축 ①	문 1 문 2	좌 좌	0+101 1+127	$\phi 800 \times 1\text{런}$ $\phi 800 \times 1\text{런}$	
	보축 ②	문 3 문 4	우 우	0+101 1+106	$\phi 800 \times 1\text{런}$ $\phi 800 \times 1\text{런}$	

5.6.3 내수처리계획

내수침수는 제내지의 홍수배제를 위해 설치된 배수시설(배수문, 배수암거, 배수통관 등) 표고 이상으로 하천수위가 상승하였을 때, 호우가 발생하면 내수가 미쳐 빠져나가지 못하여 침수가 발생하며, 때로는 배수시설의 소요단면이 부족하거나 유지상태가 불량하여 발생하기도 한다.

내수침수에 대한 대책은 우선적으로 배수시설이 소요 용량을 확보하도록 하여야 하며, 외수위로 인해 제내지의 홍수가 신속하게 배제되지 못하여 침수가 발생하는 경우는 외수위를 신속히 저하시킬 수 있는 하천개수사업을 실시하거나 외수위에 관계없이 내수를 배제할 수 있는 시설 즉, 배수펌프장 및 유수지 등의 시설을 설치하는 방법 등이 있다.

내수침수는 하천개수에 따라 외수침수지역이었던 일부지역에서 발생한다. 그 원인은 제내제의 내수배제를 위해 설치된 배수문 표고 이상 하천수위가 상승하였을 때 호우가 발생하면 내수가 미쳐 빠져나가지 못하여 침수가 생기기 때문이며 때로는 배수문의 소요단면이 부족하거나 유지상태가 불량하여 발생한다. 본 과업구간인 장성천에서의 하류부 저지대는 본류하천인 삼교천으로 배제되어 별도의 배수 펌프장 계획이나 배수시설계획은 수립하지 않고 중·상류지역은 지형여건상 하천주변의 농경지가 낮은 저지대는 없어 기존배수시설에 대하여 능력검토결과 신속한 홍수배제에 지장을 초래하는 요인들을 제거하도록 하천개수사업을 통해 외수위의 신속한 저하를 도모하고 아울러 배수시설의 신설 및 확장 등으로 외수위 저하에 따른 신속한 내수배제가 가능하도록 하였다.

5.6.4 기타하천공사 계획

가. 교 량

본 과업구간내 4개 교량 중 서구교 및 장성1교는 하폭이 부족하여 홍수시 수위상승을 초래하므로 교량개수가 필요한 것으로 나타났다.

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

따라서 하천폭 부족으로 인하여 신설이 필요한 교량계획개요는 <표 5.6-7>과 같으며 교량폭원은 사업시행시 이용목적에 따라 적절한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

표 5.6-7

교량계획개요

하 천	시설물명	측점 (NO)	기존규모 B(m)×L(m)	계획규모 B(m)×L(m)	비고
장성천	서구교	1+14	4.0×40.0	4.0×50.0	
	장성1교	6+16	4.0×40.0	4.0×50.0	

나. 보 및 낙차공

보 및 낙차공은 종단경사를 완화하여 흐름을 제어하고, 하상세굴을 방지하기 위하여 설치되며, 경우에 따라서는 취수목적을 위한 하천 횡단시설물이다. 이에 따라 보 및 낙차공은 하천 상·하류의 연속성을 단절함으로써 어류의 상·하류 이동을 저해하게 된다. 따라서 향후 사업시행시 현지여건변화로 불필요한 보가 발생할시 철거토록하고 시설물 상태가 불량하여 재가설이 필요한 경우 완만한 경사의 돌보 등으로 계획하여 하천주변을 포함한 하천경관이나 하천생태계의 서식환경 및 어류의 이동을 배려하는 시설물을 배치하고 적절한 구조와 재질을 선택해야 할 것이다.

장성천의 과업구간내 하천개수계획으로 인하여 확장 및 신설이 필요한 보 및 낙차공은 없으며 따라서 기존 보 및 낙차공에 대해서는 생태계보전을 위하여 어족의 소상이 용이하도록 “5.6.4의 다”항목에서 기술한 바와 같이 적절한 어도설치가 검토되어야 한다.

다. 수질개선시설물 계획

1) 생물 주 서식공간 조성

① Biotope 조성

소생물권의 일종인 Biotope은 생태적 가치(생물서식의 호조건)가 집약적으로 형성된 곳을 의미하며 일물적이고 생태적 특성이 빈약한 공간에 설치된다.

위 치	지천 합류부	상 류	중 류	하 류
도입시설	· 여울기능의 거석, 사석 · 미나리팡 · 수생식물재 호안	· 사석에 의한 요철 형성 부에 잡석, 거석, 수생식물, 갯버들 등 다양한 자연재 도입	· 천연 돌쌈지와 갯버들 도입	· 천연 돌쌈지와 갯버들 도입
도입사유	· 오염수 잔류 정화 (미나리) · 폭기 작용에 의한 정화 · 오염수의 영양물질에 의한 다양한 생물 번식	· 밋밋한 수층부하 상구조의 다공질화 · 수제기능, 주요생물서식 공간화	· 수제기능 · 다양한 세굴 유도 · 자생식물 + 도입 갯버들에 의한 그늘막 형성	· 수제기능 · 다양한 세굴 유도 · 자생식물 + 도입 갯버들에 의한 그늘막 형성
예상효과	· 수질정화 및 생물서식 거점 · 종다양성	· 수중생물의 주서식, 산란, 은신처 · 다양한 생물종의 번식	· 수중 생물 서식처 · 수서곤충, 무척추동물의 번식처 · 어류 은신처	· 수중 생물 서식처 · 수서곤충, 무척추동물의 번식처 · 어류 은신처

② Biotope에 적용될 식물종

구 분	Biotop	WAND	비 고
도 입 식물종	· 달뿌리풀 · 버드나무 · 미나리 · 갯버들 · 입지에 따라 적합한 종 도입	· 갯버들 · 버드나무 · 싸리류 · 노랑꽃창포 · 세모고랭이 · 애기부들	· 약 1개년전에 재배원(농원)을 선정 · 싸리류, 버드나무류는 가지생육이 활발하도록 관리 필요
기 능	· 생물서식기능 · 수질정화	· 생물서식기능 · 수질정화기능 · 친수 및 경관개선 기능	
효 과	· 생물의 서식기능을 개선하고 수질정화가 가능함	· 새울서식 거점으로 변화되며 친수조건 개선 · 경관개선	

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

③ 어도형식에 알맞은 어류의 예

- 계단식 어도 : 피라미, 갈겨니, 누치, 참마자 등(갈겨니는 2m정도까지 Jump)
- 사면어도 : 장어, 모래무지, 돌마자 등
- 수평어도 : 왕종개, 동사리, 꾸구리, 통사리, 자가사리 등의 각종 치어
- 뽕철 소상 어류(바다→하천) :
 - 은어, 황어, 뱀장어(회유성 어류) 등
 - 하천에 산란

④ 어도의 기본 형상

어 도 종 류		주 요 어 류 종	이 동 특 성
명 칭	기 본 형 상		
① 계단식		갈겨니, 피라미, 송어, 산천어, 끄리, 살치, 강준치, 황어, 누치, 참마자	물살을 이용하여 튀어오름, 갈겨니는 2.0m까지 Jump
② 도류벽식		장어	구부러진 형상을 좋아하는 어종으로 기어올라감
③ 경사면식		피라미, 장어, 모래무지, 돌마자 등	'강한 물살에도 잘견딤'
④ 수로식		대부분의 전어종	자연 하천의 유로특성을 이용 하천에서의 이동처럼 자연스러운 이동
⑤ 갑문식		왕종개, 동사리, 꾸구리, 통사리, 자가사리, 각종 치어	튀어오르지 못하는 담수 어종

어 도 종 류		주 요 어 류 종	이 동 특 성
명 칭	기 본 형 상		
⑥ 잠공식		미꾸리, 장어, 송사리, 모래무지, 통가리, 가물치	Hole을 좋아하는 어종
복합식	①~⑥의 복합상		

2) 어도 형식의 결정

어도형식은 수리적으로 지배를 받는 여러 요인과 기하학적 요인, 어류의 특성에 따라 결정하여야 하나 하천내의 어류는 종다양성이 확보되어야 한다는 전제하에 대부분의 어류가 상·하류로 이동할 수 있는 구조이어야 한다.

종래에 설치된 어도는 대부분 계단식 어도로 일부 종만이 적정 유량과 수심이 확보되었을 경우에만 이동할 수 있는 현실이며, 이에 대한 보완연구가 진행되는 과정에 있다.

따라서 종래의 어도 문제점을 보완하고 자연형 재료를 활용하여 어류가 이질감을 느끼지 않는 구조로 설계한 1개 어도를 시범적으로 설치하여 모니터링한 후 이를 보완하여 동일한 형식의 어도를 설치하는 것이 바람직하다.

5.7 사전환경성 검토와 관련한 사항

5.7.1 자연환경 및 생활환경에 미치는 영향예측 및 저감대책

가. 자연환경분야

1) 지형지질

현 황

○ 지형

장성천은 유역 중심으로 북서쪽 퇴피산(EL.136m)을 분수령으로 하여 동쪽으로 예산군과 군계로하는 조룡산(EL.339.4m)을 유역계로 하고 남서쪽으로 박속고개를 거쳐 삼교천 우안으로 유입된다.

유역내 지형은 장성천변에는 경지정리된 농경지가 분포되어 있고, 전체유역면적 중 62.9%가 임야인 전원하천으로 유역의 분수계를 이루는 표고 약20~400m의 산지가 감싼 형태로 이루어짐.

○ 지질

장성천 유역의 지질은 화강편마암, 월현리층, 덕정리편마암 및 충적층으로 구성되며 덕정리편마암이 유역 전역에 분포하는 반면 충적층은 하상경사가 완만한 장성천변을 중심으로 하천변에 분포한다.

영향예측

- 본 하천정비에 포함된 제방 및 호안정비, 저수로정비, 배수시설, 교량개수 등 공사단계시 지형변형 및 강우 등에 의한 토사유출의 영향이 예상됨.
- 하천정비사업을 시행함으로써 다음과 같은 긍정적인 효과가 기대됨.
 - 홍수로 인한 하천 연안의 인가와 농지 보호
 - 하도사면의 포락을 방지하여 생물서식공간의 안전 확보
 - 하천 흐름을 개선하여 오염물질의 퇴적 감소 및 수질개선효과 기대

저감방안

- 계획홍수량에 따라 제방여유고 차등 적용
- 제방경사는 토제의 경우 1 : 2.0 으로 계획
- 통수능 개선위주로 제방증고 최소화
- 생태계를 고려한 자연형 호안 계획
- 제정폭 3.0m 계획하여 하천내 유지관리
- 수로개선
- 배수시설물, 교량등 확장 및 신설에 따른 가배수로 설치
- 시공시 우기를 피해 시공
- 하천개수사업과 병행한 수질개선 방안강구

2) 동식물상분야

현 황

- 장성천 지역에서 나타난 동식물상을 보면 식물 24과 51속 50종 9변종으로 총 59 분류군, 조류 10종 51개체, 양서·파충류 1종, 어류 8종 39개체, 저서동물 9종 48개체, 동·식물 플랑크톤은 각각 14종 68개체 및 18종으로 조사됨.
- 장성천에서 우점하는 식물은 수변부에는 쇠뜨기, 억새, 줄, 개피, 고마리, 소리쟁이 등이 많이 나타나고 하상에는 달뿌리풀, 물억새, 고마리 등이 분포하고 있으며, 출현종 중 소리쟁이, 메귀리, 다닥랭이, 토끼풀, 달맞이꽃, 개망초, 도꼬마리 등 13종의 귀화식물이 분포하고 특별히 보호를 요하는 식물상의 분포는 없는 것으로 조사되었으며 일부 농로의 확보를 위해 연중 주기적으로 절취가 되어지고 있는 실정임.
- 동물상은 하천이 대부분 농경지를 관통하기 때문에 매우 빈약.

영향예측

- 조류 및 양서·파충류
 - 본 하천정비는 하상을 원형보전하고, 전체하천 구간중 수해피해가 예상되는 농경지, 주거지 분포지역 등 일부 구간에서만 부분적인 제방보축 위주의 하천정비를 시행하여 동물 서식에 큰 영향을 미치지 않음.
- 어류
 - 공사시 하천내 토사유입에 따른 서식처 이동

저감방안

- 가배수로, 간이침사지 설치하여 부유토사유입을 사전 방지
- 각 구간별 공사강도 및 공사시기 조절
- 고수부지 전면에 저수호안 설치를 지양하여 인위적으로 저수로를 고정하지 않고 자연적인 흐름에 의해 저수로가 형성되도록 함.
- 하천의 호안은 현지여건을 고려하여 자연호안과 자연석, 친환경돌망태 등의 자연형 호안공법 적용
- 기존 최심하상유지, 하도내 낙차공의 단차를 낮추어 하천 단절요인 극복

3) 수리·수문분야

현 황

- 장성천 현황
 - 유로연장 : 10.43km
 - 유역면적 : 22.89km²
 - 유황(m³/sec) : 갈수량-0.025, 평수량-0.250, 풍수량-0.659

영향예측 및 저감방안

- 계획홍수량 : 320 ~ 330m³/sec
- 계획하폭 : 49.5 ~ 68.5m
- 제내지 배수처리를 위한 배수구조물 설치
- 호안은 고수호안과 저수호안으로 구분하여 제방보호를 위해 꼭 필요한 구간에만 설치
- 계획홍수위량에 따라 0.8m 의 까지 제방여유고 확보
- 홍수위 상승 방지 및 원활한 홍수배제 도모

나. 생활환경분야

1) 토지이용

현 황

- 전, 답, 임야가 주류를 이루고 있음.

영향예측

- 사업시행(확폭 및 수로개선)으로 인한 편입토지 발생

저감방안

- 보축의 경우 제방증고를 최대한 억제하여 편입토지 최소화
- 폐천부지를 하천구역으로 편입하여 생태서식공간 활용방안 검토
- 편입토지는 “공공용지 취득 및 손실보상에 관한 특례법”, “토지 수용법”에 따라 소유주의 의견을 충분히 수렴하여 적절한 보상을 시행

2) 수 질

현 황

- 지표수질
BOD 1.0~2.6mg/ℓ (Ⅱ등급), DO 8.5~9.8mg/ℓ (Ⅰ등급)
- 하천저질
- Cd : 0.075~0.130mg/kg, Vs : 0.2~0.5(%)

영향예측

- 장성천은 비시가화지역으로 큰 수질변동은 없을 것으로 예상되며 현재 수질이 양호한 상태로 향후 수질이 악화되지 않도록 철저한 감시·감독이 요구됨.
- 치수사업 공사시 수질오탁 및 공사인원에 의한 오수발생량이 예상됨.

저감방안

- 갈수기시 사업시행 - 물막이공 설치
- 가배수로 및 침사지 설치 - 현장사무소 부지내에 단독정화조 설치
- 장성천 수질개선대책수립(축산폐수, 생활하수, 공장폐수, 비점오염관리 등)

3) 폐기물

현 황

- 분뇨발생량 및 처리현황(홍성군)
- 분뇨발생량 : 66m³/일
- 분뇨처리량 : 66m³/일
- 처리율 : 100%

영향예측

- 공사시 생활폐기물, 분뇨, 폐유발생, 건설폐기물 발생

저감방안

- 공사인부의 생활폐기물은 분리수거 및 매립, 소각
- 폐유는 임시 보관시설에 보관 후 처리업체에 위탁처리
- 교량 등 구조물 철거 및 개수에 따른 건설폐기물은 “건설폐재 배출사업자의 재활용지침”에 의거 최대한 재활용토록 함.

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

5.7.2 기타 환경성검토에 필요한 당해 지역의 특성

가. 환경기준

<표 5.7-1>

사업구간 인근에 적용되는 환경기준

구 분		환경기준	비고
대기, 수질, 소음·진동		· 환경정책기본법의 제기준(대기, 하천, 소음·진동)	
수역 기준 ¹⁾	하천	· 삼교천 본류 I (발원지~무한천합류점전) : II등급	
폐수 ²⁾	홍성군	· “청정” 지역 : - · “가” 지역 : 홍성읍, 금마, 결성, 서부, 갈산, 홍북, 동동, 장곡면 · “나” 지역 : “청정”· “가” 지역을 제외한 전역	

자료] 1. 환경통계연감 1999, 환경부

2. 배출허용기준(폐수)적용을 위한 지역지정 규정(환경부 고시 제1999-187호)

5.8 경제성 분석

5.8.1 자산 및 피해액 조사

본 조사의 목적은 과업구간내 홍수범람지구에 대하여 가옥, 가계재산, 농작물, 농경지, 기타 제반 자산 및 피해액 등을 조사·분석하여 하천개수에 대한 경제성 및 적정투자규모를 분석함으로써 하천개수시 투자우선순위와 합리적인 치수사업의 기본 방향을 제시하는데 있다.

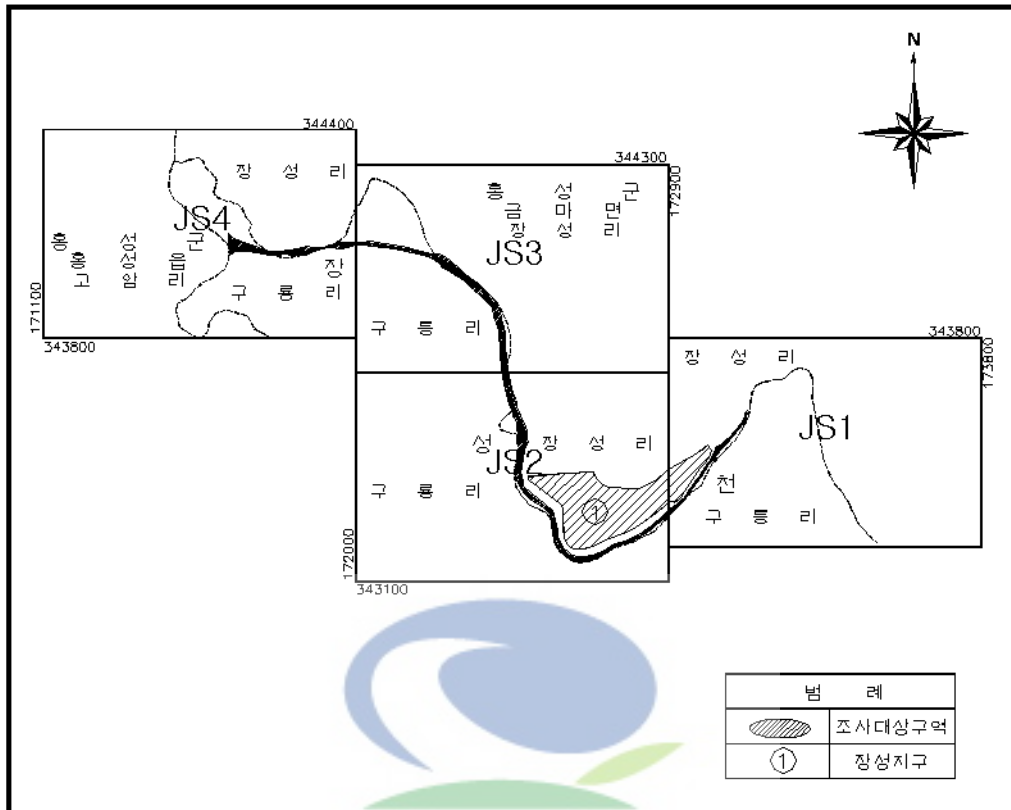
조사대상지구는 하천개수 계획지구로서 다음 <표 5.8-1>과 같으며 조사지구 위치는 다음 <그림 5.8-1>과 같다.

<표 5.8-1>

치수경제성 조사대상지구

하천명	지구명	위 치			좌·우 안 별	축 제 번 호	부도번호	축제 연장 (m)	조사 면적 (ha)	비고
		시·군	읍·면	동·리						
장성천	장성	홍성	금마	장성	우	제①	JS1~JS2	844	6.02	

치수경제성 조사지구 위치도



<그림 5.8-1> 치수경제성 조사지구 위치도

가. 치수경제성의 개념

치수사업은 홍수피해를 방지하고, 친수환경을 조성하며, 용수를 공급하는 것이 목적이다. 이 중에서도 특히 하천개수 사업은 홍수피해의 방지가 주요 목적이라 할 수 있다. 치수사업의 특성은 다음과 같이 몇가지로 요약할 수 있다.

1) 공공재적 성격

치수사업은 공공의 이익을 목적으로 한다는 점에서 다른 사회기반 시설과 마찬가지로 공공재적 성격을 갖는다. 공공재의 일반적 특성으로는 비경합성(non-rivalry)과 비배제성(non-excludability)을 들 수 있다. 여기서, 비경합성이란 어떤 사람의 소비가 다른 사람의 소비 가능성을 줄이지 않는 성격을 말하며, 비배제성이란 대가를 치르지 않은 사람의 소비를 배제할 수 없는 특성을 말한다.

이러한 일반적 특성에 근거하여 하천개수사업이 갖는 공공재적 특성을 살펴보면 비경합성 관점에서는 제방 축조를 통한 홍수방지 효과는 대상 재산 및 인명에 동일한 효과를 나타내며, 비배제성 관점에서는 면세자나 체납자에게만 사업효과를 보지 못하게 하는 방법이 없다는 것이 다른 공공재와는 다른 특성이라 할 수 있

다. 이처럼 하천개수 사업은 다른 사회간접자본에 비해 공공재적 성격이 훨씬 더 강하다. 특히, 비경합성이 훨씬 강하다고 할 수 있다.

다음 <그림 5.8-2>는 수자원 사업과 대표적인 공공재인 교통시설의 공공재적 특성을 비교한 것이다. 가로축은 경합성을 세로축은 배제성을 기준으로 하였다. 그림에서 알 수 있는 것은 경합성이 크고, 배제성이 클수록 공공성이 적음을 의미한다. 즉, 그림에서 보는바와 같이 하천개수 사업은 다른 수자원 사업이나 교통시설에 비해 공공성이 매우 크다는 것을 알 수 있다. 하천개수사업이 갖는 공공재적 성격을 다른 공공재와 비교하여 설명하기 위한 대표적인 예로서 지방도나 국도를 들 수 있다. 지방도나 국도의 경우 요금을 징수하지 않는다는 점에서 배제성이 작기 때문에 하천개수사업과 마찬가지로 공공성이 크지만 시설을 이용할 수 있는 용량이 한정되기 때문에 치수사업에 비해 경합성이 크다고 볼 수 있다.



<그림 5.8-2> 수자원과 교통시설의 공공재적 특성 비교

2) 편익발생의 불가측성 및 비계량성

① 불가측성

하천개수사업의 또다른 특성으로서 사업의 효과를 정확하게 예측하거나 계량화하기 어렵다는 것을 들 수 있다. 일반적으로 도로나 철도와 같은 교통시설이나 전기·통신시설등은 시설을 사용함으로써 편익이 발생하는 사용편익이기 때문에 편익의 발생 시기나 규모를 어느정도 예측할 수 있다. 그러나 하천개수사업은 그 목적이 주로 홍수라는 자연재해를 방지하기 위한 것이며, 사업으로 인해 얻어지는 편익도 자연재해 방지로부터 얻어지는 것이 때문에 사업으로 인한 편익의 발생시기나 규모를 확인하기 어렵다.

② 비계량성

하천개수사업은 그 편익의 규모가 인명보호나 각종 시설물 또는 농작물등의 침수방지 정도로 나타난다. 그런데 인명손실은 시장가격이 존재하지 않기 때문에 화폐단위로 측정하기 곤란하다. 교통시설에서도 사고방지 효과에 따른 인명손실

을 고려할 수 있으나 다른 편익에 비해 그 비중이 작은 편이다. 또한 시설물이나 농작물도 시장가격은 존재하지만 침수정도에 따른 피해액을 산정하기는 어려운 것이 현실이다.

3) 파급효과의 광범위성

하천개수사업의 직접적인 효과는 해당시설의 배후지역에서 발생하지만 그 파급 효과는 사업대상지역뿐만 아니라 하류지역에 이르기까지 매우 광범위한 지역에서 발생한다는 것이 다른 공공사업과의 차이점이라 할 수 있다. 더구나 하천개수사업의 목적이 홍수방지이지만 홍수는 다수의 개수지구들을 포괄하는 광범위한 지역에서 발생하기 때문에 사업대상지구의 경제성을 판단하기 위한 범위를 설정하기도 곤란하다. 이처럼 하천개수사업은 도로와 같은 교통시설과는 달리 파급효과가 크며, 이를 측정하기 어렵다는 것이 특징이다.

4) 시설 수명의 반영구성

제방과 같은 하천시설은 최소한의 유지관리만 해주면 자연물적 성격을 유지하기 때문에 다른 사업에 비해 시설의 내구연한이 매우 길다는 것도 특징이다. 또한, 유지관리의 내용면에서도 도로나 철도와 같은 교통시설의 경우 시설의 기능을 유지하기 위해서는 지속적인 관리와 재투자가 필요한 반면 하천개수사업에서는 유지관리의 대부분이 구조물 자체의 자연물적 형상을 유지시키기 위한 것이라는 점도 다른 점이다.

5.8.2 투자 효율 분석

가. 경제성 분석 이론

일반적으로 국가의 투자사업은 그 종류가 매우 다양하기 때문에 한정된 재원을 합리적으로 이들 사업에 투자하기 위해서는 사업별 투자우선순위를 정하는 객관적인 기준이 필요하다. 따라서, 어떤 기준에 의해 사업별 경제성과 투자효과를 분석하고 우선순위를 정하여 정부정책을 추진하게 된다. 이러한 관점에서 경제성 분석은 국가 경제적 관점에서 사업의 타당성과 효율성을 평가하여 투자우선순위를 결정하는 객관적이고 합리적인 기준이라 할 수 있다. 필요에 따라서는 경제성 분석에 사용된 각종 추정치의 오차를 보완하기 위해 주요 변수들의 변화가 경제성에 미치는 영향을 검토하는 민감도 분석을 실시하기도 한다.

경제성 분석은 편익과 비용을 동일한 가치로 환산하여 비교한다. 즉, 사업분석기간의 총편익과 총비용을 현재 가치화하거나 연평균 편익과 연평균 비용을 기준으로

한다. 연평균 편익과 연평균 비용은 사업기간 내에 발생하는 편익과 비용을 기준년도의 가치로 환산한 후 모두 더하여 사업기간으로 나누어 산정한 연평균 가격을 의미한다.

1) 경제성 분석 지표

일반적으로 경제성 분석의 지표로는 사업기간에 따른 할인율이 적용된 총비용과 총편익의 차인 순현재가치(NPV, Net Present Value), 할인된 총편익과 총비용의 비율인 비용편익비(B/C, Benefit/Cost Ratio), 할인된 총비용과 총편익이 같아지는 내부수익율(IRR, Internal Rate of Return)등이 사용된다. 이 외에는 평균수익율(ARR, Average Rate of Return)이나 반환기간 산정법(PB, Pay Back period) 등이 있다. 그러나 평균수익율은 편익과 비용의 미래가치를 할인하지 않기 때문에 자금의 시간적 가치를 설명하지 못한다. 또한, 반환기간 산정법은 투자액을 얼마나 빨리 절대가치의 화폐로 회수할 수 있는가를 추정하는 방법이지만 미래의 잠재적 이익을 무시하기 때문에 이 방법 역시 자금의 시간적 가치를 반영하지 못한다.

가) 순현재가치

NPV(=B-C)는 대상사업이 정해진 기간내에 가져다주는 편익과 비용의 차이에 관심을 두는 지표이다. 즉, 투자사업으로부터 장래에 발생할 편익과 비용의 차인 순편익을 현재가치화하여 합산한 것으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$NPV = \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{k=1}^n \frac{NB_k}{(1+r)^k} \quad \text{---- (1)}$$

여기서, B_k 는 k 년차에 발생하는 편익, C_k 는 k 년차에 발생하는 비용, NB_k 는 k 년차에 발생하는 순편익 ($= B_k - C_k$), n 은 분석기간, r 은 할인율이다.

잔존가치를 편익과 별도로 고려하는 경우에는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$NPV = \sum_{k=1}^n \left[\frac{NB_k}{(1+r)^k} + \frac{S_n}{(1+r)^n} \right] \quad \text{----- (2)}$$

여기서, S_n 은 잔존가치이다.

이 지표는 상대적인 기준이 아니기 때문에 경합되는 사업간의 우선순위를 결정할 때 혼란을 초래할 우려가 있다. 그러나 순편익은 규모가 비슷한 시설물을 서로 비교할 때 편리하며, 수자원개발 사업과 같이 자원개발의 여지가 제한된 경우에 유용한 척도가 된다.

또한, 위의 식에서 알 수 있듯이 현가를 계산하기 위해서는 할인율을 적절하게 결정하여야 한다. 때문에, 시장이자율이 안정되어 사회적 할인율에 대한 신뢰도가 높고, 초기 투자비에 대한 조달능력이 충분한 상황에서 유용하게 이용되는 분석기법이다. 일반적으로 순현재가가 0보다 작거나 같으면 사업안을 기각하는 것이 원칙이다. 예산에 대한 제약이 없을 경우 가장 높은 순현재가를 나타내는 사업이 가장 높은 우선순위를 가진다. 예산이 제약받을 경우라도 예산내에서 가장 높은 순현재가를 보이는 사업이 가장 높이 평가된다

따라서, 대형 투자자본이 정부와 같은 공익기관에 의해 보증되고, 그 이자율도 사업초기에 확정금리로 정해지는 공공사업의 투자평가에 가장 적합한 방법으로서 선진국에서도 일반적으로 활용될 정도로 신뢰성이 높다.

나) 비용편익비

B/C는 NPV와 비슷한 단일계산 분석으로서 정해진 기간내에 분석대상사업에 투입된 비용대비 편익의 비율에 관심을 두는 지표이다. B/C는 투자사업으로 인하여 발생하는 편익의 연평균 현재가치를 비용의 연평균 현재가치로 나눈 것을 말하며, 이 비율이 클수록 투자효과가 크다. B/C는 투자자본의 효율성을 나타내며, 모든 조건이 동일할 경우 비용편익비가 높은 사업이 선택된다. 식으로는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$B / C = \sum_{k=1}^n \frac{B_k}{(1+r)^k} / \sum_{k=1}^n \frac{C_k}{(1+r)^k} \text{-----} (3)$$

이 기법은 단순히 편익과 비용의 절대규모에 관심을 두기 때문에 투자규모가 큰 사업이 유리하게 나타나는 NPV의 문제점을 피하고 여러 가지 사업을 객관적인 입장에서 비교할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 즉, 사업에 투자한 자본의 규모를 고려한 상태에서 편익의 크기를 확인할 수 있다. 예를들어 두 개의 사업이 NPV가 같은 경우라도 두 사업의 투자규모가 다르다면 규모가 작은 사업이 규모가 큰 사업에 비해 B/C가 크게 산정되기 때문에 두 사업에 대한 투자우선순위를 판단할 수 있다.

따라서, B/C는 초기 투자비에 대한 부담이 있는 상태에서 여러 가지 투자대안이 있을 경우 각각에 대한 우선순위를 평가할 때 사용하는 기법으로서 단일한 투자대안에 대한 평가결과는 항상 NPV와 같다. 다만 이 기법은 비용과 편익의 항목 선정에 따라 그 값이 변할 수 있기 때문에 사업의 성격이 다른 대안들을 비교할 경우 그 결과가 자의적으로 변화할 수 있다는 문제가 있다. 또한, 실제비용과

편익의 크기가 표현되지 않기 때문에 B/C 하나만으로는 분석이 충분치 못하다. 사업규모를 결정할 때 NPV와 B/C는 사업의 규모가 증가되면 어느 정도까지는 증가시킬 수 있으며, 이 경우 NPV가 최대가 되는 곳에서 사업규모를 결정할 수 있다.

다) 내부 수익률

IRR(B=C)은 비용편익비가 1이 되는 할인율을 의미하며, 순현재가로 평가할 때는 순현재가가 0이 되도록 하는 할인율을 말한다. 식으로는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \frac{B_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n} = \sum_{k=1}^n \frac{NB_k}{(1+r)^k} = 0 \quad \text{----- (4)}$$

이는 대상 사업이 정해진 기간내에 가져다주는 수익률과 시장 이자율과의 비교 평가를 위해 사용되는 기법이다. 즉, 사업으로 인하여 발생하는 편익의 연평균 현재가치와 비용의 연평균 현재가치가 같아지는 할인율로서 허용최소 수익률을 초과할 경우 사업의 타당성이 있는 것으로 판단한다. 이 방법에서는 할인율이 최소투자 수익률과 같을 경우 비용편익비가 1보다 작으면 사업계획을 기각하는 것이 원칙이다.

이 방법은 순현재가나 비용편익비를 구하는데 어떤 할인율을 적용해야 할지 불분명하거나 어려운 점이 많을 때 적용한다. 그러나 사업규모에 대한 정보가 반영되지 못하기 때문에 IRR만으로는 투자 우선순위를 결정할 수 없다. 예를 들어 시장이자율이 불안정하여 정해진 기간동안 8~10% 사이에서 불규칙하게 변한다고 할 때 NPV와 B/C를 계산하기 위해 할인율을 현재의 시장 이자율인 9%를 사용했다면 그 결과를 신뢰할 수 없다. 따라서 이 경우에는 IRR을 계산해서 그 값이 10% 이상 나올 경우 사업의 타당성이 있으나 그렇지 않은 경우에는 구체적인 재검토가 필요하다고 할 수 있다. 따라서 IRR은 NPV나 B/C를 통해 사업의 타당성이 인정되지만 시장이자율이 불안정하여 그 결과를 확신할 수 없는 경우에 사용한다.

이 기법은 경우에 따라 한 개 이상의 값이 도출될 수도 있기 때문에 세가지 방법중 가장 신뢰성이 떨어진다. 따라서, 이 기법은 NPV나 B/C를 통해 타당성이 검증된 사업에 대해 보완적으로 평가하는 기법이라 할 수 있다. 분석과정에서 비용과 편익을 할인하는데 사용되는 이자율에 대한 논쟁을 피할 수 있다는 것이 장점이다. 내부 수익률은 국제 금융기관에서 차관공여를 위한 평가지표로 널리 이

용된다.

라) 지표별 장·단점

일반적인 경제성 평가 방법으로는 비용편익비와 순현재가 분석방법이 사용된다. 그러나 실제비용과 편익의 크기를 알 수 없기 때문에 비용편익비 하나만으로는 분석이 충분치 못하다. 또한, 비용편익비와 순현재가는 사업규모를 순현재가가 최대가 되는 곳에서 사업규모를 결정할 수 있다. 사업의 내부수익율이 사업의 평가에 이용된 수익률보다 작을 경우 사업을 기각한다.

내부수익율은 비용편익비나 순현재가를 산정하는데 있어 어떤 할인율을 적용해야 할지 불분명한 경우에 적용한다. 그러나 이 방법은 사업규모에 대한 정보가 반영되지 않기 때문에 내부수익율 만으로는 투자우선순위를 평가할 수 없다는 것이 단점이다. 이러한 각 경제성 분석방법별 특징과 장단점을 정리하면 다음 <표 5.8-2>와 같다.

<표 5.8-2>

분석지표별 특징 및 장·단점

구 분	특 징 및 장 점	단 점
NPV	○적용이 용이 ○유사한 규모의 대안 평가시 이용 ○방법별 경제성 분석결과가 다를 경우 NPV를 우선 적용	○사업규모가 클수록 NPV가 크게 산정 ○자본 투자의 효율성을 모름
B/C	○적용이 용이 ○유사한 규모의 대안 평가시 이용	○사업규모의 상대적 비교 곤란 ○편익이 늦게 발생하는 사업은 B/C가 작게 나타남.
IRR	○사업의 예상수익을 판단가능 ○NPV나 B/C 산정시 할인율이 불분명할 경우 적용	○사업기간이 짧으면 수익성이 과장됨 ○편익이 늦게 발생하는 사업은 불리한 결과 발생

대부분의 공공사업들은 사회복지를 향상시키기 위해 계획되지만 편익을 계량화하고 평가하기 어려운 경우가 많다. 편익과 비용의 상황에 따른 경제성 분석 지표들의 목표는 다음 <표 5.8-3>과 같이 요약 정리할 수 있다.

<표 5.8-3>

상황별 경제성 분석방법

상황 및 목표	순 현재 가	내부할인율	비용 편익비
편익고정 · 비용 최소화	최대편익	최대 내부할인율	최대 비용편익비
비용고정 · 편익 최대화	최소비용	최대 내부할인율	최대 비용편익비
편익 및 비용 가변적	최대(편익-비용)	최대 내부할인율	최대 비용편익비
예산한정 · 대안의 등급	자본 수지법(Capital budgeting Method)		

마) 하천개수 사업에의 적용

어떤 국가 사업계획의 입안과 평가는 다음과 같은 몇 가지 기본 가정과 원칙에 따라 이루어져야 한다. 우선, 모든 계획은 국가가 계속 성장할 것이라는 기대하에 사업에서 생산된 모든 재화는 장래 수요를 충족시키기 위해 소요될 것으로 가정하며, 입안과정에서 투자비의 조달능력은 고려하지 않는다.

또한, 모든 계획은 유·무형의 편익과 비용을 고려해야 하며, 다른 국가계획들과 상치되지 않아야 한다. 유형의 편익은 사업비용보다 커야 하며, 중심사업에 대한 타당 투자액은 그 사업의 편익이나 가장 경제적인 고려가 없는 한 편익과 비용의 차가 최대일 때의 규모로 결정한다. 중심사업에 추가되는 각 용도의 편익은 최소한 각 용도의 비용보다 커야 하며, 총 사업비는 사업목적별 타당 투자액의 합계보다 적어야 한다.

하천개수사업도 이러한 일반적인 원칙에 따라 수행된다. 즉, 가장 경제적이고 바람직한 개발규모는 편익과 비용의 차가 가장 클 때이며, 이때 최종 증가부분에 대한 편익증분과 비용증분은 같아진다. 비용편익비가 가장 크다고 해서 그 규모가 최적개발규모는 아니다. 즉, 편익의 증가분이 비용의 증가분을 초과한다면 그 증가부분을 경제적으로 이용하지 못하는 결과가 되기 때문이다. 하천개수사업과 같이 막대한 사업비가 소요되는 사업의 경우에는 이러한 점이 더욱 중요하다.

또한, 최적개발규모는 총 편익이 총비용과 같아지는 점까지 연장되어서는 안된다. 즉, 비용의 증분이 편익의 증분보다 클 경우가 있기 때문이다. 최적규모에 대해서도 사업 전체에 대한 면밀한 경제성 검토가 이루어져야 한다.

2) 이자율 및 할인율

전술한 분석방법들에 의해 사업의 타당성을 판단하기 위해서는 산정된 편익과 비용을 비교해야 한다. 그러나 대부분의 공공투자 사업은 편익과 비용이 동시에 발생하지 않는다. 즉, 비용은 사업초기에, 편익은 사업 종료후 장기간에 걸쳐 발생된다. 이러한 시간변화에 따른 문제점을 해결하기 위해서는 미래의 비용과 편익을 하나의 적절한 이자율로 할인하여야 한다.

이자율이란 어떤 특정기간 동안의 투자에서 발생하는 수익과 투자액과의 비를 말한다. 즉 자금의 시간적 가치를 측정하는 수단으로서 자본의 기회비용이라 할 수 있다. 투자사업의 타당성을 평가할 때에는 이러한 이자율의 개념이 미래의 편익과 비용을 현재가치로 환산하는 할인율이라는 개념으로 적용된다.

공공투자의 경우 투자효과는 사업종료후 장기간에 걸쳐 나타나기 때문에 각 기

간마다 비용과 편익의 가치가 다르다. 따라서, 비용과 편익을 동일한 관점에서 비교하기 위해서는 이들을 모두 현재가치로 환산하여야 한다. 미래에 발생하는 편익과 비용을 현재의 가치로 환산하는 수단으로 할인율을 사용한다.

이 때, 어떤 할인율을 적용하느냐에 따라 투자사업의 타당성이 평가되기 때문에 적절한 할인율을 결정하는 것은 매우 중요하다. 특히, 하천개수사업과 같이 비용은 사업초기에 투입되고, 편익은 사업종료후 장기간에 걸쳐 지속적으로 발생하는 경우 할인율에 따라 사업의 경제성이 달라지게 된다.

할인율은 국가마다 다르다. 개발도상국은 8~10%, 선진국은 6% 내외이다. 우리나라의 경우 댐 시설기준에서는 8~10%, 다목적댐 타당성조사에서는 8~12%, 예비 타당성조사에서는 7.5%를 각각 제시하고 있어 명확하게 정립되어 있지 않은 실정이다. 현재 할인율은 중앙은행의 장기대출 이자율을 참고하여 관계당국과 협의하여 결정하며, 관례적으로 8~10%를 적용하도록 하고 있다.

따라서, 본 장성천 개수사업의 치수경제성 평가에서는 할인율 8%를 적용하여 분석하였다.

3) 내구연한 및 잔존가치

사업의 경제성을 평가할 때에는 그 사업의 효과가 얼마나 지속될 것인가 하는 것을 판단해야 한다. 이때 사업의 효과는 구조물이 제기능을 다하는가의 여부로 판단하는데 이는 구조물의 수명을 기준으로 한다. 구조물의 수명은 물리적 수명과 경제적 수명으로 구분된다. 물리적 수명이란 시설물이 노후되어 원래의 기능을 수행하지 못하게 될 때까지의 기간을 말하며, 경제적 수명(또는 내구연한)은 시설물의 경제적 가치가 낮아져 쓸모없게 될 때까지의 기간을 말한다.

공공투자의 경제성 분석에서는 시설물의 내구연한을 기준으로 사업분석 기간을 결정해야 하며, 물리적 수명이 남은 시설물은 잔존가치로 평가하여 편익으로 고려해야 한다. 내구연한이 다른 여러 가지 설비와 시설물이 복합되어 있는 경우에는 분석기간중에 수명이 끝나는 설비와 시설물에 대해서는 대체투자비를 계산해 주어야 한다.

미국에서는 특별한 경우를 제외하고는 댐이나 저수지의 내구연한은 50~100년으로 하고 있다. 우리나라의 경우 댐건설 및 주변지역 지원등에 관한 법률 시행령 제27조(상각액) 별표 3에서 사업목적별 내구연한을 다음 <표 5.8-4>와 같이 제시하고 있다.

<표 5.8-4>

감 가 상 각 율

용 도 별	감가상각율(%)	내구연한	잔존가치(%)
발 전	2.00	45	10.0
생공용수	2.00	45	10.0
농업용수	1.82	55	0.0
홍수조절	1.25	80	0.0

4) 편익

일반적으로 편익은 계량편익(tangible benefits)과 비계량편익(intangible benefits) 또는 직접편익(direct benefits)과 간접편익(indirect benefits)으로 구분할 수 있다. 계량편익은 그 가치를 금전적으로 나타낼 수 있는 유형의 편익을 말하며, 농산물의 증산이나 농경지나 건물의 홍수피해 방지액 등을 들 수 있다. 비계량 편익은 금전적으로 평가하기 어려운 무형의 편익을 말하며, 홍수로 인한 인명피해나 주변 환경의 개선효과 등을 들 수 있다. 비계량 편익은 대부분 시장가격이 없기 때문에 정확한 금전적 평가가 어려우나 최근 여러 가지 계량화 기법들이 개발되고 있다.

직접편익은 사업의 효과를 바로 나타낸 것이며, 간접편익은 직접 편익으로 인하여 발생하는 2차 편익을 말한다. 하천개수사업의 경우 직접편익은 개수사업의 효과가 미치는 지역에서 개수사업으로 인해 절감되는 홍수피해액을 말한다. 좀 더 구체적으로는 하천개수로 인해 홍수로부터 보호되는 대지, 가옥, 농경지, 건물등의 피해와 각종 내용물의 손실피해 등을 들 수 있다.

간접편익은 개수사업으로 인해 증대되는 자산이용 고도화와 같은 경제 사회적 활동의 이익을 말하며, 준설비용의 감소액이나 지가상승액, 각종 구조물의 피해 복구비등을 들 수 있다. 사업의 목적에 따라 상대적인 비중이 다르기 때문에 직접편익과 간접편익을 명확하게 구분하기 어려우나 하천개수 사업으로 인해 발생하는 편익들을 직접편익과 간접편익으로 구분해 보면 다음 <표 5.8-5>와 같다.

<표 5.8-5>

하천개수사업의 편익

구 분	편익의 종류 및 내용
직접 편익	인명, 농작물, 가옥, 농경지, 공공시설물, 기타시설물, 하천시설물의 복구 등
간접 편익	자산이용 고도화, 지가상승, 홍수관리비용 절감, 토지이용 증가, 준설비용 감소, 비상계획비용 감소 등

간접편익은 홍수피해 지역의 주민들을 대상으로 하는 인터뷰나 시장분석등을 통해 추정할 수 있으나 평가절차가 복잡하기 때문에 직접편익의 일정비율로 개략 추정하기도 한다. 미국에서는 홍수조절에 대한 간접편익은 직접편익의 5~20%를 적용한다. 또한, 뉴잉글랜드-뉴욕 통합위원회에서는 1938년 대홍수 후의 조사 자료를 근거로 직접 피해에 대한 간접피해의 비율을 공업 1.2, 도시 1.5, 지방 0.2, 도로·철도 1.0으로 각각 제안하고 있다.

5) 비 용

하천개수사업의 경제성 평가에 필요한 비용 항목은 제방 및 부대시설에 대한 공사비, 용지보상비, 기타 관리비 및 예비비로 구분할 수 있다. 공사비는 주요 구조물의 공사수량에 각 공종별 단가를 곱하여 개략 산정한다. 상업비 산정시 누락된 부분들은 관리비 및 예비비에 반영한다. 용지보상비는 현장조사 결과와 1/5,000 지형도상에서 계획홍수위를 기준으로 토지 및 지장물건등을 구분하여 산정한다. 보상비 산정시 누락된 항목들은 예비 보상비로 15% 정도를 계상하는 것이 일반적이다. 기타 관리비 및 예비비는 댐의 경우 유지관리 및 개·보수비는 공사비의 0.5%로 하고, 예비비는 총 공사비의 10%로 산정한다. 보상관리비는 용지보상의 1%와 이설도로 공사비의 2%를 포함한 것으로 산정한다. 총 사업비에는 조사 설계 시공 감리등의 비용과 건설기간중의 이자도 고려해야 한다. 구체적인 공정계획이 없을 경우 건설기간의 1/2에 대하여 단리법으로 건설기간의 이자를 산정한다.

나. 치수경제성 평가

1) 비용(공사비) 산정

장성천 개수사업에 따른 개수지구별 공사비 산정 결과 총 공사비는 약 1,444백만원으로 산정되었으며 각 지구별 공사비 산정 내용은 다음 <표 5.8-6>과 같다.

<표 5.8-6> 지구별 공사비 산정 결과 (단위:백만원, 유지관리비는 백만원/년)

지구명	축제공	호안공	구조물공	부대공	제잡비	용지보상비	총공사비	유지관리비
장성	94.2	721.4	3.4	81.9	450.5	93.4	1,444.8	24.1
계	94.2	721.4	3.4	81.9	450.5	93.4	1,444.8	24.1

2) 편익 산정

「치수사업 경제성 분석 개선방안 연구」에서 제시한 편익 산정방법에 따라 80년 빈도 홍수발생시 침수면적에 대한 인명보호, 이재민, 농작물, 건물, 농경지, 공

제5장 하천공사 시행에 관한 사항

공시설물 및 기타 피해방지 편익을 산정하였으며 그 내용은 다음 <표 5.8-7>과 같다.

<표 5.8-7> 지구별 편익 산정 결과 (단위:백만원)

지구명	침수면적 (ha)	인명보호	이재민	농작물	건물	농경지	공 공 시설물	기 타	합 계
장성	6.02	1.7	0.42	8.1	1.3	60.9	96.2	88.9	257.5
계	6.02	1.7	0.42	8.1	1.3	60.9	96.2	88.9	257.5

5.8.3 적정투자규모 및 투자우선순위

가. 적정 투자규모

상기에서 산정된 비용과 편익 산정결과를 토대로 사업기간에 따른 할인율이 적용된 총비용과 총편익의 차인 순현재가치(NPV, Net Present Value), 할인된 총편익과 총비용의 비율인 비용편익비(B/C, Benefit/Cost Ratio), 할인된 총비용과 총편익이 같아지는 내부수익율(IRR, Internal Rate of Return)을 산정하였으며 산정결과는 다음 <표 5.8-8>과 같다.

<표 5.8-8> 지구별 경제성 분석 결과

지구명	비용(백만원)		편익(백만원)		B/C	NPV (백만원)	IRR (%)	비 고
	총비용	현재가치	총편익	현재가치				
장성	2,408	1,538	12,884	3,035	1.97	1497	11.9	
계	2,408	1,538	12,884	3,035	-	-	-	

나. 투자우선순위

투자우선순위를 결정함에 있어서 계획지구에 대한 일관성 지표, 효율성 지표 및 형평성 지표를 반영한 통합지표를 산정하였으며, 통합지표의 수치가 큰 지구가 투자우선순위의 상위에 해당한다. 계획지구별 투자우선순위 산정결과는 다음 <표 5.8-9>와 같다.

<표 5.8-9> 치수사업 투자우선순위(통합지표)

지구명	좌·우	물 량		B/C	IRR (%)	사업효과 (ha)	통합지표
		제방(m)	배수문(개소)				
장성	우	844	2	1.97	11.9	6.02	1.95

본 장성천 하천정비 기본계획의 치수사업 경제성 평가를 수행함에 있어 「하천정비 기본계획수립 및 하천대장작성 지침서」 p.75의 지침에 의하여 「치수사업 경제성분석 개선방안 연구 (2001. 2, 건설교통부)」의 평가방법을 이용하여 산정하였으며 분석방법에 대한 내용이 방대하여 본 보고서에 수록하지 못하므로 분석이론, 분석방법, 각종 계수값 또는 적용지표 등에 대한 내용은 「치수사업 경제성분석 개선방안 연구」 보고서를 참고하도록 한다.

5.8.4 단기 및 중장기 투자계획

장성천 유역의 홍수피해유형은 삼교천 제1지류로써 외수범람피해와 중·상류부 유제부 구간의 내수침수피해로 대별된다. 이중 하류구간의 피해는 삼교천에 접한 농경지를 대상으로 발생하며 그 발생빈도는 크므로 우선적으로 보축계획에 맞추어 축제보강이 시행되어야 할 것이다.

또한 중·상류부의 침수피해는 장성천의 입지특성과 지형조건에 의해 발생하며 홍수의 신속한 배제와 제방축조를 위주로하는 하천개수사업시 계획지구에 포함되는 교량에 대해서는 교량기준에 부합되도록 개수하여야하며 교량 Clearance 부족한 교량에 대해서는 단계적으로 교량가설공사 시행이 이루어져 홍수소통에 지장이 없도록 하여야 할 것이다.

건설교통부

제 6장

기타 하천의 환경보전과
적절한 이용에 관한 사항



6.1 고수부지 현황 및 보전방안

6.2 폐천부지 현황 및 활용방안

6.3 하천의 보전 및 관리측면

제 6 장 기타 하천의 환경보전과 적절한 이용에 관한 사항

6.1 고수부지 현황 및 보전방안

일반적으로 하천의 고수부지는 주민들을 위한 체육시설, 주차장, 자연학습장 및 휴식을 위한 공원시설로 활용되거나, 주민 이용도가 낮은 지역의 경우 농경지 등으로 개발하여 활용되고 있다.

본 장성천 과업구간의 고수부지 현황을 현지조사와 지형현황측량, 하천 중·횡단 측량성과를 이용하여 파악한 결과 고수부지는 없는 것으로 조사되었으며 금회 하천정비 기본계획에서도 하폭이 좁아 고수부지를 조성하지 않는 것으로 계획하였다.

6.2 폐천부지 현황 및 활용방안

폐천부지 조사는 기개수구간의 제내지측 토지로서 지목이 “천”인 국·공유지 토지와 미개수지구의 하천부지로서, 현재 농경지 및 타 용도로 이용하고 있거나 활용가능한 토지를 대상으로, 금회 과업시 수리 수문사항 및 하천현황을 고려하여 개수계획된 지구의 장래 제내지로 편입되는 토지중 폐천화하여도 문제가 없는 토지를 대상으로 기존 폐천부지와 신생 폐천부지로 구분하여 조사하였다.

6.2.1 기존 및 신생 폐천부지

장래 하천부지 활용측면에서 현 하천에서 멀리 떨어진 지목이 “천”인 하천부지는 모두 기존 폐천부지로 설정하였으며, 하천개수계획에 의해 하천부지에서 제외되는 토지는 모두 신생 폐천부지로 설정하였다.

그러나 조사결과 장성천의 기존폐천부지는 없는 것으로 조사되었으며 금회 과업에서 계획된 개수계획으로 발생하는 신생폐천부지 또한 없는 것으로 조사되었다.

6.2.2 경지정리 사업 조사

2002년 12월 현재 장성천 유역내 경지정리사업 완료지구 및 계획지구 조사는 충청남도청 기반조성과, 홍성군 및 농업기반공사에서 자료를 수집하였으며 완료지구중 과업구간내 하천연안에 위치한 지구는 현지조사를 통하여 확인, 보완하였다.

금회 과업하천 유역내 경지정리 계획지구는 없는 것으로 조사되었으며, 완료지구는 9개지구 494.0ha로 유역내 완료지구에 대한 현황은 <표 6.2-2>와 같다. (완료지구 위치도는 별책 경지정리조사도 1/25,000도 참조)

<표 6.2-2>

경지정리 완료지구 현황

하천명	지구명	소재지			경지정리면적 (ha)	비고
		시·군	읍·면	동·리		
장 성 천	홍 양	홍성	금마	장성	29.0	홍성군
	효 학	홍성	홍동	효학	41.0	홍성군
	수 란	홍성	홍동	수란	98.0	홍성군
	반 교	홍성	홍동	신기	38.0	홍성군
	와 야	홍성	금마	송암	85.0	홍성군
	금 당	홍성	홍동	금당	47.0	홍성군
	대 영	홍성	홍동	대영	136.0	홍성군
	뒷 굴	홍성	금마	용흥	4.0	홍성군
	신 기	홍성	홍동	신기	16.0	홍성군
	계	9 지구			494.0	

6.3 하천의 보전 및 관리측면

6.3.1 치수적 측면

가. 하도관리

1) 하도관리의 목적과 방향

하도가 본연의 기능을 할 수 있도록 유지관리를 하는 행위를 하도관리라고하며 치수방재의 하도관리는 홍수시 유역으로부터 발생된 홍수 유출량과 유사 등을 하도를 통하여 유역 밖으로 안전하게 배제시킴으로써 홍수로 인한 재해를 방지하는 것을 의미한다.

하도관리의 방향 중 홍수시 하도관리는 수리기하학적 하도관리와 토사수리학적 하도관리로 구분할 수 있다. 수리기하학적 하도관리는 유역의 홍수 유출량을 안전하게 배제할 수 있는 하도단면, 수로경사, 수로형태의 유지에 관한 것이며, 토사수리학적 하도관리는 홍수시 유역에서 발생된 토사유출량의 안전한 소통과 홍수량에 대한 하천의 동적반응으로 나타나는 유사 운송에 관련된 안정하도, 하상구성 토사, 제방, 호안, 수공구조물 등의 관리에 관한 것이다.

2) 홍수시 하도관리

가) 수리기하학적 하도관리

① 홍수량

홍수량의 규모는 하도관리에 있어서 중요한 지배인자이므로 치수방재측면에

서 침투홍수량을 안전하게 소통시키는 계획과 더불어 침투홍수량 자체를 저감시키는 방안을 계획할 필요가 있다. 침투홍수량을 저감시키는 가장 확실한 방법은 유역의 홍수 지체시간과 기저시간을 늘리거나 유출율을 감소시키는 것이다. 즉, 유역에 홍수조절용 저수지를 건설하거나 유역의 자연녹지를 증대시킴으로써 침투유량을 낮추고 기저시간을 늘릴 수 있으며, 이렇게 유역의 저류능이 증대하면 안정된 유황을 유지하는데 기여할 수 있다.

② 통수능

하도의 통수능을 향상시키기 위해서는 조도계수를 낮추거나 유수단면적 및 경심을 증대시키는 방안을 생각할 수 있다. 일반적으로 수위의 변동에 따라 유수단면적과 조도계수가 변하므로, 통수능 조절은 수위조절을 통하여 달성될 수 있다. 이를 위하여 하도내 식물의 제거, 하상의 평탄화, 하도준설, 수위유지 시설의 건설 등이 사용될 수 있으나, 이 경우 예상되는 하천환경에 미치는 영향을 고려하여 적절한 계획을 수립하여야 한다.

③ 하도단면

하도단면은 일정한 단면적에 대하여 최대의 유량을 소통시킬 수 있어야 한다. 하도단면 형상에는 단단면과 복단면이 있으며, 복단면은 홍수시 제방의 안정성이나 저수로부의 하상변동 국한, 그리고 저수시 고수부지의 활용에 유리한 단면형이다. 하도의 통수기능을 최대화 하고 건설비를 최소화 하기 위해서 하도단면은 가능한 한 주어진 단면적에 대하여 윤변이 작게 되는 것을 택하여야 한다. 이런 측면에서 볼 때 하도단면은 복단면보다 단단면을 채택하는 것이 유리하나 단면형의 결정은 저수시 하도관리와 홍수시 제방의 안전성 등을 고려하여 결정되어야 할 것이다.

따라서, 유량의 변화가 큰 대규모 하천에서는 일반적으로 복단면이 불가피하다. 이 경우 복단면의 유수단면적이 최대가 되도록 홍수터의 높이를 가능한 한 낮추는 것이 유리하나, 고수부지의 높이를 너무 낮추면 고수부지의 침수빈도가 증가하여 이용성이 떨어지므로, 고수부지의 높이는 그 이용계획을 고려하여 결정하여야 한다.

④ 수로경사

일반적으로 수로경사는 하폭이 좁아질수록 커지고 하류에서 상류로 갈수록 커지는 경향이 있다. 따라서, 동일 유량인 경우 하류보다는 상류의 통수능이 크다. 홍수시 하도경사는 수면경사에 중요한 영향을 미치므로 상하류간의 하도

경사에 급변점이 형성되지 않도록 하상관리에 유의하여야 한다. 하도경사의 급변점은 하천 내에서의 개발행위에 의하여 발생할 수 있다. 즉, 하상골재의 채취, 제방법선의 변경 또는 하폭의 급격한 변동으로 유발될 수 있으므로, 홍수 전에 하도내에서 이러한 점이 없는지를 확인하여야 한다. 이러한 문제가 발생되었을 경우에는 그 지점 상하류 하도의 안정에 어떤 영향을 미칠 것인지를 분석하여 대처하여야 한다.

⑤ 하천수계 형태

하천수계의 구조 또는 형상은 유역의 지표면 경사, 지형 및 지세, 지질구조, 지각운동 등과 같은 인자에 따라 달라지며, 유역의 홍수특성 결정에 중요한 요인으로 작용한다. 즉, 하천수계 형태는 홍수시 유출수문곡선의 침투유량과 홍수도달시간에 영향을 미치므로, 홍수시 하도관리에 있어 유역 특성인자로서의 하천형태를 충분히 고려하여야 한다. 하천수계의 형태는 수지상, 평행상, 익상, 결자상, 직각상, 방사상 및 환상으로 분류할 수 있으나, 대부분의 실제 하천은 이와같은 여러 형상이 복합적으로 나타나고 있다. 수지상의 하천에 비하여, 방사상의 하천형태가 유역의 출구에서 침투유량이 크게 나타난다. 유역에서 하천수계 형상을 변경시킬 사유가 발생할 경우에는 이러한 점을 고려하여 유출수문곡선의 침투유량이 작고 홍수도달시간이 가급적 큰 하천수계 형태가 되도록 하는 것이 바람직하다. 특히, 어떤 지역에서 홍수시 상습적인 침수가 발생할 때, 홍수량 배제를 위하여 유로를 변경시켜야 하는 경우에는 이와 같은 점을 충분히 검토하여야 한다,

나) 토사수리학적 하도관리

① 하상구성 토사와 하상형태

하천에서 하상구성 토사의 입도분포는 상류로부터 하류로 내려갈수록 세립화되고, 하천횡단면의 유심부로 갈수록 조립화되는 것이 일반적인 경향이다. 따라서, 하상을 구성하는 토사의 관리는 이러한 자연생태에 근접하게 하여야 할 것이다. 유사운송은 유역특성, 하도의 수리학적 특성, 수문학적 특성 및 토사의 특성에 따라 달라진다.

상류에서 하류로 감에 따라, 그리고 하도사행의 정도 및 하폭의 크기에 따라 하상구성 토사의 입도특성이 달라지므로, 홍수시 하도안정 및 유지관리를 위하여 국부적이거나 대규모적인 하상구성토사의 입도분포 특성변동이 발생되지 않도록 하천개발 행위에 유의하여야 한다. 하상형태는 흐름특성과 유사특성에 다

라 좌우되며, 유사특성으로서 하상구성토사의 입경이 중요하다.

홍수시 하상형태가 수면변동과 조도계수에 크게 영향을 미치므로, 하도개수 혹은 하도내의 골재 채취시에는 적절한 흐름이 유지될 수 있도록 하상구성 토사의 입도분포를 조절하여야 한다.

② 안정하도

안정하도는 동적 평형상태의 하도를 말한다. 즉, 홍수시 하도의 세굴과 토사의 퇴적이 평형을 이루는 상태가 되도록 하도를 설계할 필요가 있다.

일반적으로 하도가 세굴되는 과정을 보면, 하상과 사면이 만나는 부분의 사면측으로부터 시작되어 사면부로 진행되면서 하상을 넓히는 작용을 한다. 중국에는 사면의 붕괴가 일어나면서 사면 전체가 제내지쪽으로 후퇴하는 형상이 된다.

토사 수리학적으로 세굴이 가장 잘 발생될 수 있는 하도단면은 유심부 하상과 사면의 하상 부근에 집중되어 있다. 이 부분의 대한 보호시설이 필요하며, 홍수가 끝난 후 이 부분의 하상변동 여부를 조사하고 다음의 홍수에 대비하여야 한다.

다) 하상변동과 하상유지

① 하상단면 변동

하도의 측면에서 볼 때 가능한 한 주흐름의 편기현상이 일어나지 않는 것이 좋으나 이는 하도형태에 따라 달라질 것이다. 침두홍수량의 통과를 전후한 하상의 거동을 보면, 중수부에서는 감수부보다 급격한 하상변동이 있고 감수부에서는 세굴보다 퇴적이 많다. 댐 지점의 하상변동을 보면 댐의 상류부에서는 계속적인 토사의 퇴적현상이 발생되고, 댐의 하류부에서는 하상저하가 진행된다. 이는 하상이 동적 평형상태에 도달 할 때까지 진행 될 것이다. 이러한 예비지식을 알고 하천의 댐 건설지점 선정시 혹은 댐 상류지역의 하도관리시에는 하상유지를 위한 충분한 대책을 강구하여야 한다.

② 하상구성 토사의 변동

하상구성 토사의 입도분포 변동은 하천에 어떤 충격이 가해진 결과로 나타난 반응이므로 하천수계 전체에 걸친 하천감시를 위한 간편한 판단기준이 될 수 있다. 일반적으로 하상구성 토사는 상류에서 하류로 내려갈수록 세립화되는 경향을 나타낸다. 홍수시 하도 내의 하상구성 토사의 입도분포는 크게 변화될 수

제6장 기타 하천의 환경보전과 적절한 이용에 관한 사항

있는데, 홍수전 조립화 하도가 홍수후 세립화 상태가 되었다면 반드시 그 원인을 규명하여 대비책을 강구하여야 할 것이다.

③ 준 설

하도의 특성을 유지시키는 방법으로써 가장 대표적인 것이 하도준설이란 할 수 있다. 기계적 준설이란, 어떤 종류의 Bucket이나 Dipper로 저질토를 퍼올리고, 토사운반선을 운용하여 준설토를 사토장까지 운반하는 것을 말한다. 수리학적 준설이라, 저질토를 흡입하여 사토장까지 관로를 통하여 운반하는 것을 말한다. 이러한 준설은 상류에서 하류방향으로 진행하고, 준설지역의 하상은 평탄하게 정비하여 하도특성의 불연속화를 최대로 억제하여야 한다. 준설된 토사는 그 오염여부를 고려하여 처리계획에 따라 운용되어야 한다.

나. 하천시설물 유지관리

장래 장성천에서 시행되는 모든 행위는 하천관계법령과 하천시설기준 및 본 기본계획서에 의하여 이루어져야 하나 본 계획에서 검토되지 않은 하천공사 및 공작물설치 등의 필요성이 발생될 경우와 평상시 하천을 유지보수할 경우를 대비하여 주요관리기준을 다음과 같이 설정하였다.

1) 제방 유지관리

- 제방의 구조는 “5.6 하천시설물 설치방향” 절에 기술한 제방의 표준단면란에 기술한 수치보다 그 규모가 적으면 안된다.
- 제방에 도로를 설치할 경우
 - 제방의 정규단면을 손상시키지 않는 범위내에서 도로의 최저기층은 제방 정규단면 위에 설치한다.
 - 평상시 및 홍수시 하천순시가 가능하여 방재활동에 지장을 주지 않아야 한다.
 - 장래 하천공사에 지장을 주지 않아야 하며 하천경관을 고려하여 계획한다.
- 제방에 구조물을 설치할 경우
 - 제방을 관통하는 구조물은 법선에 직각방향을 원칙으로 한다.
 - 독마루에는 지지구조물을 설치하는 것을 지양하고 설치 구조물 수량을 최소화 한다.
- 제방의 독마루 및 비탈면의 유지와 제체의 균열이나 누수방지를 위하여 계속적으로 유지관리를 하여야 하며, 독마루로 중형 차량이 통행시 쇄석을 깔아

요철을 방지한다.

2) 호안 유지관리

가) 호안설치시 유의사항

- 호안계획시 고려사항
 - 사용재료확보 용이성
 - 시공성 및 경제성
 - 내구성, 내마모성
 - 조도 및 세굴에 대한 굴요성 (Flexibility)
 - 가능한 환경적 측면을 고려한 호안 선정
- 고수호안설치 상단은 계획홍수위까지를 원칙으로 한다.
- 장성천은 급류 및 준급류 하천으로서 밑다짐 폭은 하천설계기준을 참고하여 결정하되 최소 4.0m 이상이 필요하다.

<표 6.3-1>

유속에 따른 밑다짐폭 기준

구 분	홍 수 시 단 면 평 균 유 속 (m/sec)		
	2.0 미만	2.0 ~ 4.0	4.0 이상
밑 다 짐 폭 (m)	2 ~ 10	4 ~ 12	6.0 이상

주] 자료 : 하천설계기준 (2002. 한국수자원학회)

- 호안기초 깊이는 <표 6.3-2>를 참고하여 결정하되 1.0m 이상 설치하는 것을 원칙으로 한다.

<표 6.3-2>

홍수시 일시적 세굴깊이

(단위 : m)

하 상 재 료	홍 수 시 하 안 의 유 속		
	3 m/sec 이상	3~2 m/sec	2 m/sec 미만
조약돌 이상의 입경	1.0	0.5	-
자갈 정도의 입경	1.5	1.0	0.5
잔자갈 정도의 입경	-	1.5	1.0

3) 내배수처리 시설물 유지관리

유수지, 펌프장 및 토출구, 배수문과 배수관거 등의 내배수 처리시설 중 배수문의 유지관리상의 문제점들과 이를 고려한 개선 및 적정 운영관리 방안들에 대해 기술하면 다음과 같다.

가) 설치시 유의사항

- 설치위치
 - 수충부나 연약지반이 아닌 안정된 지반
 - 퇴적과 세굴이 없는 곳
 - 하폭이 안정된 곳
 - 하천횡단 구조물 지점은 가급적 피한다.
 - 취, 배수가 양호한 곳
 - 제방안전에 지장을 주지 않는 곳
- 규모결정은 배수목적 배후지의 중요도 등을 고려하여 결정하되 신설 배수문 능력검토란의 공식을 참고한다.

나) 유지관리시 주의 사항

- 수문개폐시의 조작실수나 수문고장으로 인한 위험과 시간지체에 따른 위험
- 관리소홀과 노후로 인한 배수불량 및 방수기능의 저하
- 수문위치가 지역개발이나 설계실수로 인해 제내지쪽에 위치하게 되어 구조적인 모순을 내포하며 차수면에서 안전도가 저하되는 경우
- 토사퇴적으로 인한 유효 통수단면의 축소로 발생하는 침수위험
- 배수경사의 불량으로 자연유하가 불가능해져 발생하는 침수위험
- 수문의 작동불량시 혹은 누수시에 제내지쪽에 직접적인 외수침수 발생

다) 유지관리시 개선사항

배수문의 유지관리상의 개선되어야 하는 운영방안은 다음과 같다.

- 2중 수문의 설치
- 수문의 위치 이전
- 신속한 수문개폐와 외수위를 고려한 수문개폐
- 유효통수단면의 확보
- 전동수문을 설치하여 수문의 신속 개폐가 가능하도록 할 것

6.3.2 환경적 측면

가. 수질관리

1) 수질지표

수질관리를 위한 수질지표는 생물학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 용존산소량, 부유물질, 탁도, 중금속, 악취 등이다. 이러한 수질지표를 정기적으로 관측하여 수질관리 목표에 유의하고 상류에서 하류로의 수질관리 계통유

지와 하천의 자정작용을 고려하여 정량적인 하도내 수질관리를 하여야 한다.

2) 하천의 자정작용과 오염물질 부하량 감시

저수 및 갈수시 하천의 자정작용은 유역의 오염부하량을 감당할 수 없을 때 문제가 되므로, 유역으로부터의 오염물질 배출을 감시하여야 한다. 또한, 하천의 자정능력 제고를 위하여 하도내에 퇴적되어 있는 오염물질을 준설하는 것이 필요할 때도 있다. 유역으로부터 배출되는 생활하수량은 유역의 도시화가 진행됨에 따라 급증하고 있으며, 하천의 수질오염에 가장 큰 원인이 되고 있다. 생활하수가 하천으로 유입되는 것을 근본적으로 차단하기 위하여 유역의 주요지점에 하수처리장을 건설하고, 각 가정으로부터 발생하는 하수의 질과 양을 개선하기 위한 환경의식의 생활화가 필요하다. 각종 산업시설물로부터 폐수처리 시설을 갖추거나 산업단지별 폐수 종합처리장을 건설하고, 이의 적절한 가동이 이루어지는지 지속적으로 감시한다.

나. 폐기물 관리

유수에 의한 유하퇴적 폐기물은 홍수시 유역으로부터 하도로 유입되어 홍수가 끝난 후 하도내에 퇴적되는 경우가 많다. 하도내 폐기물은 홍수시 유수의 정상적인 흐름을 방해할 뿐만 아니라 하천의 각종 수공구조물의 기능을 저하시키거나 마비시킬 수도 있다.

홍수가 끝난 후 저수로, 고수부지 및 제방사면과 하천의 주요 수공구조물 주위에 퇴적된 각종 폐기물을 수거하여 처리하여야 한다. 인위적 폐기물은 하도내의 친수공간을 이용하는 이용객들에 의해 투기된 것들이 많다. 따라서 이에 대한 적절한 단속을 필요로 하며 하천을 이용하는 이용객의 하천환경 의식을 제고하는 것도 필요하다. 하천 환경보전은 우리의 생활환경 보전에 있어 가장 중요한 분야라고 할 수 있으므로 이를 위한 적극적인 투자와 지속적인 관심을 기울여야 한다.

다. 생태계 보전

하천의 생태계는 하천이 살아 있는 유기체와 같은 기능을 유지하기 위하여 반드시 필요한 구성요소이다. 자연적인 하천생태계는 하천정비 사업과 같은 하천개발 활동에 의하여 많은 교란이 발생되며, 하천개발 후 정착된 하천생태계조차도 수질악화에 의하여 파괴되는 경우가 많다. 하천생태계 보전을 위한 하도관리는 하천정서의 함양과 친수성 제고를 위하여 반드시 필요하다. 하천생태계는 수생생태계와 수변생태계로 구분되는데, 수생생태계의 경우 하도의 만족부를 없애고 직선화시키면 약 50%정도가 감소될 수도 있다.

제6장 기타 하천의 환경보전과 적절한 이용에 관한 사항

수변생태계는 고수부지 활용에 따른 인간의 접근성 난이도에 따라 크게 달라진다. 따라서, 하도내 생태계 보전을 위해서는 수질개선이 선행되어야 하고, 고수부지의 활용공간도 반드시 필요한 하천구간으로 제한할 필요가 있다.

하천생태계 보전은 전 하도에 대하여 하천개발과 생태계 조사가 일관성있게 지속적으로 이루어져야 한다. 한번 파괴된 하천생태계를 다시 회복시키기 위해서는 다른 환경요인 보다 훨씬 많은 비용과 노력이 필요하다는 인식을 가져야 한다. 하천에 있어서 인간과 인간의 활동도 하나의 생태환경을 구성하는 인자이기 때문에 하천생태계의 파괴는 결과적으로 인간의 생존환경을 위협하는 작용으로 인간에게 되돌아올 수 밖에 없다는 사실을 유념하여야 한다.

라. 하천환경 유지관리계획

치수·이수상 문제점이 제기되지 않도록 하는 자연환경의 보전 및 복원을 통하여 유역주민이 쾌적하고 안전한 이용이 미래까지 확보되도록 하기 위해 유지관리계획을 수립한다.

1) 유지관리계획지침

- 하천환경유지관리계획을 수립한다.
- 정기적인 유지관리와 비정기적인 유지관리 대상을 구분하여 관리한다.

2) 자연환경의 보전 및 재생에 관한 유지관리

자연보전 지구에 대해서는 인위적 관리는 행하지 않고 자연 경쟁력에 의해 생태계가 유지되도록 한다. 그러나 자연환경변이의 동향에 대해서는 환경역기능 식물 제조, 순기능 식물의 식재 등 인위적 관리를 실시한다.

6.4 타계획과의 조정

본계획과 관련하여 과업구간내로 유입되는 검토대상하천(지류:소하천 이상등급)은 없는 것으로 조사되었다.

제 7장 효 과 분 석



7.1 종합적인 효과분석

7.2 건의사항

7.3 결 론

7.4 지방 2급 하천의 지정과 구간 조정

제 7 장 효 과 분 석

7.1 종합적인 효과분석

7.1.1 기본사항

- 상·하류의 일관성 있는 계획을 수립하여 수계전체의 종합적인 개발을 도모하였다.
- 하안을 보호하고 하도의 안정을 유지하도록 계획하였다.
- 하천환경이 개선될 수 있도록 하천환경 관리계획을 수립하였다.
- 치수계획의 규모는 전체적인 시야에서 중요도 및 안전도를 고려하여 기술적이며 경제적인 관점에서 결정하였다.
- 상위계획 및 관련계획을 최대한 고려하여 계획하였다.

7.1.2 종합적인 효과분석

금회 과업구간중 축제 및 호안 919m, 보 축 1,010m, 교량 3개소를 계획하여 홍수 피해로부터 보호될 수 있도록 하였으며, 또한, 내수배제가 불량한 지구에 대해서는 배수시설물(배수암거, 통관) 6개소를 설치하여 외수위 저하시 내수배제의 원활을 기하였다.

본 장성천에 대한 치수사업 효과를 종합하여 정리하면 다음 <표 7.2-1>과 같다.

<표 7.2-1>

치수사업 효과

하천명	계획시설물				비 고
	축제 및 호안 (m)	보 축 (m)	배수시설 (개소)	교량 (개소)	
장성천	919	1,010	6	3	

또한, 하천환경보전 측면에서 하천시설물 설치시에 친수성이 있는 자연형 하천에 근접하도록 자연하천의 생태와 경관이 유지되고 상·하류의 생물적 연속성과 자연형 공법을 적극 활용하여 계획하였으며 현재의 수질을 유지 또는 개선할 수 있는 기본방향을 제시하였다.

7.2 건 의 사 항

유역개발 및 효율적인 하천관리를 위하여 다음사항을 건의함.

가. 금후에 실시되는 모든 하천 시설물의 공사는 본 하천정비 기본계획에 입각하여 수계전체를 일관하여 공사를 실시하므로서 효율적인 하천관리 및 개발과 홍수피

해를 극소화시킨다.

- 나. 장성천을 횡단하는 서구교, 장성1교 및 구룡용수로교는 홍수시 홍수소통 원활 및 교량의 구조적 안정을 위하여 재가설 및 확장이 요망되며, 충분한 경간장과 여유고를 확보토록 하여야 함.
- 다. 수질오염방지를 위하여 오수 및 가정쓰레기투기, 축산폐수 등이 하천으로 유입되지 않도록 지역주민에 대한 계몽과 철저한 관리가 요망됨.
- 라. 소규모 부락단위 하수처리 시설, 분뇨처리시설의 확충, 소단위 축산폐수 공동처리시설의 설치 및 이용, 산업폐수처리시설의 등의 환경기초시설 설치요망.
- 마. 치수 및 이수역의 기본자료와 효율적인 하천관리를 위하여 실측수문 자료 확보가 요구되므로 수위관측소 설치와 아울러 지속적인 유량측정이 요망됨.
- 바. 장성천 유역면적은 22.89km²(하천연장:5.40km)로 지정(충남 제266호 1966.7.29)되어있으나, 금회조사결과 경지정리사업 및 하천개수공사등으로 하천연장이 변경되어 유역면적은 22.89km²(하천연장 : 2.45km)로 조정하여야 할 것이다.
- 사. 금회 과업에서 매설된 표석은 하천공사의 기준점이므로 망실이나 훼손방지를 위하여 적절한 관리가 요망됨.

7.3 결 론

금회 하천정비 기본계획을 통하여 무계획적으로 일관성이 결여된 구간을 합리적이고 일관성있게 수립하였으며 본 계획의 주요내용은 다음과 같다.

가. 치수측면

1) 개수계획

- 축제 및 호안 : 919.0m(축제 844.0m, 호안 75.0m)
- 배수시설계획 : 6개소
- 교량시설계획 : 2개소
- 취입보계획 : -개소

2) 기존시설물 유지보수

- 보축 : 2개지구(L=1,010m)
- 교량 Clearance 부족 : 1개소

나. 환경보전측면

- 현재 장성천의 수질은 다소 양호한 편이며 생태계 현황은 비교적 양호한 것으로 조사, 분석되었다. 향후 현재의 수질을 보전 및 개선하기 위한 지속적인 주민 홍보 및 지도단속이 필요할 것으로 사료되며, 향후 마을하수도 계획이 수립

될 경우 수질개선 효과가 기대된다.

다. 유지관리 측면

- 지속적인 하천의 유지관리는 상기 치수측면과 환경보전 측면을 동시에 만족시킬 수 있는 사전조치로서 최소 1년에 1회에 걸쳐 하천 수로내 쓰레기 제거 및 제방사면의 잡초제거, 하천시설물 보수 등이 꾸준히 시행될 수 있는 제도를 마련하여야 할 것이다.

라. 생태조사 결과의 반영방안

- 공사시 대상하천 외부의 식생훼손의 최소화를 위한 관리 감독.
- 토사유출로 인한 하천생태계에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 필요시 간이 침사지, 오탁방지막등을 하천상황을 고려하여 설치.
- 사업시행시 강우로 인한 토사유출로 대상수계에 미치는 영향을 최소화하기 위하여 가능한한 우기를 피하여 공사시행.
- 하천의 호안은 현지여건을 고려하여 식생호안, 돌붙임, 자연석 및 친환경돌망태등의 자연형호안공법을 도입하여 친자연적하천을 유지함.
- 가능한 어류의 산란기를 피하여 공사를 시행토록하며 조사된 종들이 국지회유성 어종으로 상,하류 이동이 원활하도록 어도설치.
- 향후 자연형 하천공사의 중요한 지침이 되며 유지관리 기준으로 활용되도록 모니터링을 실시하여 효과적인 결과를 도출토록 함.

7.4 지방 2급 하천의 지정 및 구간 조정

7.4.1 지방 2급 하천의 지정 및 구간 조정의 기본개념

지방2급 하천의 지정 및 구간 조정은 공공의 복리증진에 기여함을 우선으로 하는 하천법의 취지에 따라야 하며, 현재와 같이 산업발달의 증가로 하천의 이용도가 높아짐에 따라 하천법의 기본목적 및 사회적인 공익성을 기본개념으로 하여 지방2급 하천의 지정 및 구간이 조정되어야 한다. 본 과업에서는 수리, 수문 및 하천공학적인 사항과 현재까지 있었던 하천행정자료를 근거로 하여 조정기준을 정하고자 한다.

가. 하천행정자료

- 수계별 하천현황
- 시도별 하천현황
- 시도별 지방2급 하천 현황

나. 기술적인 사항의 기준

정략적 기준으로 구간을 조정하는 것은 하천연안의 중요도를 고려할 때 불합리한 것으로 판단되어 현장조사시 하천의 규모와 주변여건 및 향후 하천연안의 발전정도를 종합판단하고 기술자의 경험적 기준에 의하여 조정구간을 선정 후 발주청과 협의하여 구간조정을 실시하였으며 향후 충남도에서의 지방 2급하천구간 설정을 위한 명확한 기준을 마련해야 할 것이다.

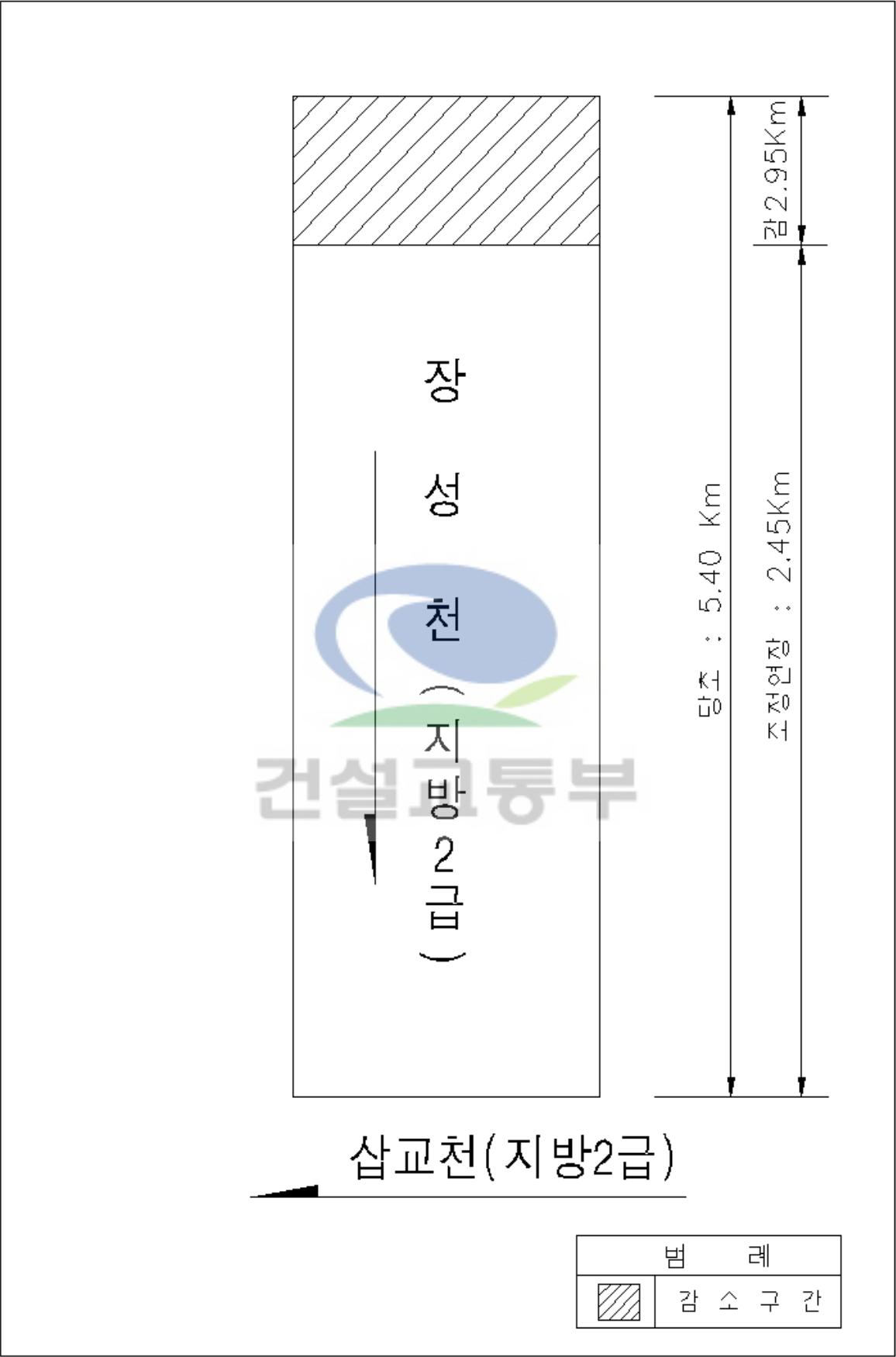
7.4.2 구간 조정

하천에 대한 구간조정은 기 시행된 개수구간을 고려하면서 고시된 하천구간이 인위적 또는 자연적으로 하천의 역할을 하지 못하는 구간 및 법정하천으로 관리가 필요한 구간에 대하여 실시하였다. 따라서 현재 지방 2급하천으로 기 고시된 대상하천의 유역면적 및 유로연장, 하천연장은 경지정리사업 및 하천개수공사등으로 실제와 차이가 있으며, 따라서 이에대한 조정이 필요하며 장성천 하천구간 조정내역은 <표 7.4-1>과 같다.

<표 7.4-1>

장성천(지방 2급) 하천구간 조정내역

구 분 하천명	고시연장 (km)	조 정 내 용		증감 (km)	비 고
		연장 (km)	위 치		
			시점		
장 성 천	5.40 (충남226호 '66.7.29)	2.45	충남.홍성.금마.장성. 산 26-1번지선 홍양저수지	충남.홍성.금마 삼교천(지방2급) 합류점	- 2.95



<그림 7.4-1> 장성천 지방 2급 하천구간 조정도

관 계 기 관 협 의 자 료



부

도



▣ 평 면 도

▣ 종단면도

▣ 횡단면도