# 구수천 하천기본계획

2012. 12

충청남도

충 청 남 도 고 시
제 2012-472호
도 보 제 2187호
(2012년 12월 31일)

# 구 수 천
# 하 천 기 본 계 획

2012. 12

충 청 남 도

# 제 출 문

충청남도지사 귀하

2011년 10월 24일 귀 도와 당사간에 계약 체결한 「구수천 하천기본계획 및 시설관리대장작성 용역」을 과업지시서에 의거하여 최선의 노력과 신중한 기술적 판단에 의하여 성실히 수행, 완료하였기에 그 결과를 본 보고서에 수록하여 제출합니다.

2012. 12

충청남도 천안시 서북구 봉정로 218
(주) 우일엔지니어링
대표이사 손 선 익 (인)

# 목 차

장 목 차 ····· i

표 목 차 ····· vii

그림목차 ····· xix

제 1 장 계획의 개요 ····· 1-1

1.1 계획수립의 목적 ····· 1-1

1.1.1 하천기본계획 ····· 1-1

1.1.2 하천시설관리대장 ····· 1-1

1.2 계획수립의 범위 ····· 1-1

1.3 계획수립의 주요내용 ····· 1-3

1.3.1 하천기본계획수립을 위한 기초조사 ····· 1-3

1.3.2 하천측량 ····· 1-3

1.3.3 하천기본계획 수립 ····· 1-3

제 2 장 유역 및 하천특성 조사 ····· 2-1

2.1 일반현황 ····· 2-1

2.1.1 유역의 일반현황 ····· 2-1

2.1.2 유역의 자연현황 ····· 2-15

2.1.3 유역의 사회・역사・문화적 현황 ····· 2-24

2.1.4 유역현황의 분석 ····· 2-26

2.2 수문조사 ····· 2-27

2.2.1 수문관측소 ····· 2-27

2.2.2 기상 ····· 2-29

2.2.3 강수 ····· 2-31

2.2.4 유출 및 수자원 부존량 ····· 2-33

2.3 하도특성조사 ····· 2-46
2.3.1 하도특성인자 ····· 2-46
2.3.2 하도의 평면형 ····· 2-47
2.3.3 하도의 횡단형 ····· 2-49
2.3.4 하도의 종단형 ····· 2-50
2.4 하천사업의 연혁 및 피해현황 ····· 2-51
2.4.1 하천사업의 연혁 ····· 2-51
2.4.2 하천시설물 현황 ····· 2-52
2.4.3 저수지 및 배수펌프장 연혁 ····· 2-52
2.4.4 수해 및 가뭄피해 현황 ····· 2-52
2.5 하천의 이용현황 ····· 2-58
2.5.1 용수이용현황 ····· 2-58
2.5.2 토지이용현황 ····· 2-60
2.5.3 공간이용현황 ····· 2-61
2.6 하천의 환경현황 ····· 2-61
2.6.1 하천의 오염원 조사 ····· 2-62
2.6.2 유역의 오염부하량 산정 ····· 2-68
2.6.3 하천의 생태환경 ····· 2-72
2.7 타 계획과의 조정 ····· 2-118
2.7.1 관련계획 검토 ····· 2-118

**제 3 장 하천측량 ····· 3-1**
3.1 지형측량 ····· 3-1
3.1.1 삼각 및 도근측량 ····· 3-1
3.1.2 수준측량 ····· 3-2
3.1.3 지형현황도 작성 ····· 3-3
3.2 종단측량 ····· 3-3
3.3 횡단측량 ····· 3-3
3.4 지적도 복사 및 축도 ····· 3-3
3.5 표석매설 ····· 3-4

**제 4 장 홍수량 및 홍수위 산정 ····· 4-1**
4.1 기본홍수량 및 계획홍수량 산정 ····· 4-1
4.1.1 기본방향 ····· 4-1
4.1.2 홍수량 산정지점 ····· 4-3
4.1.3 강우분석 ····· 4-4
4.1.4 면적확률강우량 산정 ····· 4-30
4.1.5 강위의 시간분포 결정 ····· 4-38
4.1.6 유효우량 산정 ····· 4-41
4.1.7 도달시간 산정 ····· 4-50
4.1.8 홍수량 산정 ····· 4-53
4.1.9 기본홍수량 및 계획홍수량 결정 ····· 4-71
4.2 홍수위 산정 ····· 4-75
4.2.1 기점홍수위 및 조도계수 산정 ····· 4-75
4.2.2 하도정비계획 ····· 4-78
4.2.3 재현기간별 홍수위 산정 ····· 4-82
4.2.4 계획홍수위 산정 ····· 4-88

**제 5 장 하상변동분석 ····· 5-1**
5.1 하상재료 조사 ····· 5-1
5.1.1 조사방법 ····· 5-1
5.1.2 조사지점과 시료채취 ····· 5-1
5.2 하천유사량 조사 ····· 5-5
5.2.1 하천유사량 측정 ····· 5-5
5.2.2 하천유사량 공식 ····· 5-7
5.3 하상변동 및 하도안정분석 ····· 5-10
5.3.1 정적 평형하상 산정모형 ····· 5-11
5.3.2 동적 평형하상 산정모형의 선정 ····· 5-11
5.3.3 HEC-RAS 4.0에 의한 하상변동예측 ····· 5-12
5.3.4 장기하상변동 예측결과 ····· 5-16

**제 6 장 용수수요량 예측 및 물수지 분석 ····· 6-1**
6.1 수자원부존량 산정 ····· 6-1
6.2 용수수요량 예측 ····· 6-2
6.2.1 용수수요량 산정 지점 ····· 6-2
6.2.2 생활용수 수요량 추정 ····· 6-3
6.2.3 공업용수 수요량 추정 ····· 6-7
6.2.4 농업용수 수요량 추정 ····· 6-7
6.3 물수지 분석 ····· 6-11
6.3.1 갈수량 ····· 6-11
6.3.2 물수지 분석 ····· 6-11
6.4 용수수급 계획 ····· 6-15
6.4.1 유수이용 실태조사 ····· 6-15
6.4.2 용수수급 계획 ····· 6-18

**제 7 장 하천의 종합적인 정비방향 설정 ····· 7-1**
7.1 종합정비 기본방향 ····· 7-1
7.1.1 치수측면 ····· 7-3
7.1.2 이수측면 ····· 7-4
7.1.3 환경측면 ····· 7-4
7.2 바람직한 하천모습의 설정 ····· 7-6
7.2.1 기본방향 설정 ····· 7-6
7.2.2 하천의 유지관리계획 ····· 7-6
7.3 홍수처리계획의 기본방향 ····· 7-9
7.4 유수의 합리적인 이용에 관한 기본방향 ····· 7-10
7.4.1 생활용수 ····· 7-11
7.4.2 공업용수 ····· 7-11
7.4.3 농업용수 ····· 7-11
7.4.4 하천유지용수 확보방안 ····· 7-12
7.5 하천환경관리에 관한 기본방향 ····· 7-14
7.5.1 하천환경관리 기본방향 ····· 7-14
7.5.2 하천환경관리 기본목표 ····· 7-16

**제 8 장 하천의 정비·이용·보전에 관한 사항 ····· 8-1**
8.1 하천의 지구별 관리계획 수립 ····· 8-1
8.1.1 하천공간관리 ····· 8-1
8.1.2 공간정비계획 ····· 8-7
8.1.3 공종별 세부적인 정비기법 ····· 8-10
8.2 하도계획 ····· 8-14
8.2.1 일반사항 ····· 8-14
8.2.2 평면계획 ····· 8-15
8.2.3 종단계획 ····· 8-18
8.2.4 횡단계획 ····· 8-18
8.2.5 특이구간에 대한 대책 ····· 8-21
8.3 하천시설물 계획 ····· 8-22
8.3.1 하천종단 시설물 현황 ····· 8-22
8.3.2 하천종단 시설물의 능력검토 및 설치방향 ····· 8-22
8.4 치수경제성 분석 ····· 8-67
8.4.1 목적과 범위 ····· 8-67
8.4.2 치수사업의 편익산정 ····· 8-69
8.4.3 치수경제성 분석 ····· 8-87

**제 9 장 하천의 환경에 관한 사항 ····· 9-1**
9.1 수환경의 보전계획 ····· 9-1
9.1.1 기본방향 ····· 9-1
9.1.2 수환경 보전계획 목표설정 ····· 9-1
9.1.3 수량확보대책 ····· 9-7
9.1.4 수질개선대책 ····· 9-7
9.2 환경영향 검토 ····· 9-13
9.2.1 환경영향예측 및 저감대책 ····· 9-13
9.2.2 환경성검토에 필요한 유역의 특성 ····· 9-18

**제 10 장 하천의 유지관리에 관한 사항 ····· 10-1**
10.1 고수부지현황 및 이용방안 ····· 10-1
10.2 폐천부지 현황 및 이용방안 ····· 10-1
10.3 골재활용가능량 조사 ····· 10-3
10.4 하도유지관리계획 ····· 10-3
10.4.1 치수적 측면 ····· 10-3
10.4.2 이수적 측면 ····· 10-7
10.4.3 환경적 측면 ····· 10-8
10.5 기타 ····· 10-10
10.5.1 개요 ····· 10-10
10.5.2 계획연장의 조정 ····· 10-10
10.5.3 유역면적 조정 ····· 10-11

**제 11 장 효과분석 및 결론 ····· 11-1**
11.1 효과분석 ····· 11-1
11.1.1 기본사항 ····· 11-1
11.1.2 종합적인 효과분석 ····· 11-1
11.2 결론 및 건의사항 ····· 11-4

▣ 참 고 문 헌 ····· 11-5

# 표 목 차

<표 1.2-1> 계획수립의 대상 및 범위 ····· 1-1

<표 2.1-1> 수계구성 현황 ····· 2-4
<표 2.1-2> 하천밀도 ····· 2-4
<표 2.1-3> 기초 유역특성 ····· 2-6
<표 2.1-4> 유역면적, 유로연장, 유역평균폭 및 형상계수 ····· 2-7
<표 2.1-5> 표고별 누가면적 및 구성비 ····· 2-8
<표 2.1-6> 표고별 누가면적비 ····· 2-9
<표 2.1-7> 구수천 유역 누가면적 고도비 및 면적-고도곡선(Hypsometric Curve) ····· 2-11
<표 2.1-8> 경사별 누가면적비 ····· 2-11
<표 2.1-9> 주요지점별 평균표고 및 평균경사 ····· 2-12
<표 2.1-10> 구수천 유역의 방향성 ····· 2-13
<표 2.1-11> 합·분류지점 하천구간 경계설정 현황 ····· 2-14
<표 2.1-12> 지질형별 면적구성비 ····· 2-15
<표 2.1-13> 토양의 수문학적 토양군으로의 분류기준 ····· 2-17
<표 2.1-14> 분류방법에 따른 우리나라 대면적 분포 토양의 수문학적 토양유형 ····· 2-18
<표 2.1-15> 정밀토양도 토양형의 수문학적 분류 ····· 2-19
<표 2.1-16> 구수천 유역의 토양형별 구성현황 ····· 2-20
<표 2.1-17> 수문학적 토양군 구성비 ····· 2-20
<표 2.1-18> 토지이용현황 ····· 2-22
<표 2.1-19> 소유권별 임야면적 ····· 2-23
<표 2.1-20> 행정구역별 편입 및 점유비율 ····· 2-24
<표 2.1-21> 행정구역별 인구 및 세대현황 ····· 2-24
<표 2.1-22> 구수천 유역 현황분석 ····· 2-26
<표 2.2-1> 기상관측소 현황 ····· 2-27
<표 2.2-2> 우량관측소 현황 ····· 2-27
<표 2.2-3> 수위관측소 현황 ····· 2-28
<표 2.2-4> 기상특성분석(서산기상대) ····· 2-29

<표 2.2-5> 월별 강수량(홍성관측소) ····· 2-31
<표 2.2-5> 월별 강수량(홍성관측소)(계속) ····· 2-32
<표 2.2-6> 유출량 산정모형 비교 ····· 2-34
<표 2.2-7> 유출특성계수 ····· 2-35
<표 2.2-8> 월별 보정계수 ····· 2-35
<표 2.2-9> Kajiyama 공식에 의한 월평균 유출고 및 유출율 ····· 2-41
<표 2.2-10> Tank모형에 의한 월평균 유출고 및 유출율 ····· 2-42
<표 2.2-11> 유출량 비교 ····· 2-43
<표 2.2-12> 구수천 유역의 유황분석 ····· 2-43
<표 2.2-13> 평균갈수량 및 기준갈수량 ····· 2-45
<표 2.2-14> 갈수량 계열 빈도해석결과 ····· 2-45
<표 2.3-1> 하천밀도 ····· 2-47
<표 2.3-2> 만곡부 현황 ····· 2-48
<표 2.3-3> 구간별 대표횡단 및 현황(하류부) ····· 2-49
<표 2.3-4> 구간별 대표횡단 및 현황(중류부) ····· 2-49
<표 2.3-5> 구간별 대표횡단 및 현황(상류부) ····· 2-50
<표 2.3-6> 하천별 계획대상구간의 하상경사 ····· 2-50
<표 2.4-1> 하천개수현황 ····· 2-52
<표 2.4-2> 기왕 최대강우기록 ····· 2-53
<표 2.4-3> 기왕 최대강우기록 ····· 2-54
<표 2.4-4> 자연재해위험지구 지정현황 ····· 2-55
<표 2.5-1> 생활용수 이용현황 ····· 2-58
<표 2.5-2> 홍성군 용도별 시설현황 ····· 2-58
<표 2.5-3> 수원별 현황 ····· 2-59
<표 2.5-4> 관개면적별 농업용수량 원단위 ····· 2-59
<표 2.5-5> 수리시설 및 방조제 현황 ····· 2-59
<표 2.5-6> 용도지역별 토지이용현황 ····· 2-60
<표 2.5-7> 도시계획지역 지정현황단위 ····· 2-60
<표 2.6-1> 조사지점 위치 ····· 2-62
<표 2.6-2> 측정지점별 하천수질 등급 ····· 2-64
<표 2.6-3> 하천수질 조사결과 ····· 2-64

<표 2.6-4> 하천저질 조사결과 ····· 2-65
<표 2.6-5> 하천공사표준시방서에 의한 오염퇴적물의 항목별 기준 ····· 2-65
<표 2.6-6> 하천수질 환경기준 ····· 2-66
<표 2.6-7> 생활계 발생부하량 ····· 2-68
<표 2.6-8> 축산계 발생부하원단위 ····· 2-68
<표 2.6-9> 축산계 발생부하량 ····· 2-69
<표 2.6-10> 토지계 지목별 연평균 발생부하원단위 ····· 2-69
<표 2.6-11> 토지계 발생부하량 ····· 2-69
<표 2.6-12> 생활계 배출부하량 ····· 2-70
<표 2.6-13> 축산계 배출부하량 ····· 2-70
<표 2.6-14> 토지계 배출부하량 ····· 2-71
<표 2.6-15> 구수천 유역 발생·배출부하량 비교 ····· 2-71
<표 2.6-16> 조사지역의 소산식물목록 집계표 ····· 2-75
<표 2.6-17> 조사지역 소산식물의 생활형 비교·분석 ····· 2-75
<표 2.6-18> 습성식물 조사목록(현지조사) ····· 2-76
<표 2.6-18> 습성식물 조사목록(현지조사)(계속) ····· 2-77
<표 2.6-19> 조사지역의 노거수 현황 ····· 2-78
<표 2.6-20> 식물구계학적 특정식물의 등급평가기준 ····· 2-79
<표 2.6-21> 식물구계학적 특정종 평가표(현지조사) ····· 2-79
<표 2.6-22> 식물구계학적 특정종 조사목록(현지조사) ····· 2-79
<표 2.6-23> 귀화식물 조사목록(현지조사) ····· 2-80
<표 2.6-24> 조사지역의 주요식생의 분포현황 ····· 2-82
<표 2.6-25> 주요식생의 식생보전등급 평가결과 ····· 2-90
<표 2.6-26> 조사지역의 육상동물상목록 집계표 ····· 2-91
<표 2.6-27> 조사지역의 포유류 조사목록(현지조사) ····· 2-92
<표 2.6-28> 양서·파충류 조사목록(현지조사) ····· 2-93
<표 2.6-28> 양서·파충류 조사목록(현지조사)(계속) ····· 2-94
<표 2.6-29> 조류의 생활형별(life form) 현황 ····· 2-95
<표 2.6-30> 조류의 분류군별(Order) 현황 ····· 2-95
<표 2.6-31> 조류의 군집분석표(현지조사) ····· 2-96
<표 2.6-32> 조류 조사목록(현지조사) ····· 2-97

<표 2.6-33> 육상곤충류의 분류군별(Order) 현황 ····· 2-98
<표 2.6-34> 육상곤충류 조사목록(현지조사) ····· 2-98
<표 2.6-34> 육상곤충류 조사목록(현지조사)(계속) ····· 2-99
<표 2.6-35> 조사지역의 육수동물상 목록집계표 ····· 2-101
<표 2.6-36> 육수동물상 조사지점의 하천현황 ····· 2-101
<표 2.6-37> 담수어류의 분류군별(Order) 현황 ····· 2-102
<표 2.6-38> 지점별 담수어류 조사표(현지조사) ····· 2-103
<표 2.6-39> 지점별 담수어류 조사표(현지조사) ····· 2-103
<표 2.6-40> 조사된 저서성 대형무척추동물의 분류군별 현황 ····· 2-104
<표 2.6-41> 저서성 대형무척추동물의 군집분석표(현지조사) ····· 2-105
<표 2.6-42> 저서성 대형무척추동물 조사표(현지조사) ····· 2-105
<표 2.6-42> 저서성 대형무척추동물 조사표(현지조사)(계속) ····· 2-106
<표 2.6-43> ESB의 구간에 따른 환경질, 오수생물계열 평가표 ····· 2-108
<표 2.6-44> 특정야생동·식물(법정보호종) 현황 ····· 2-108
<표 2.6-45> 환경부의 하천자연도 등급구분(안) ····· 2-112
<표 2.6-46> 하천자연도 세부 평가항목 ····· 2-113
<표 2.6-46> 하천자연도 세부 평가항목(계속) ····· 2-114
<표 2.6-47> 하천자연도 등급별 하천관리방향 ····· 2-115
<표 2.6-48> 구수천의 하천자연도 평가결과 ····· 2-115
<표 2.6-48> 구수천의 하천자연도 평가결과(계속) ····· 2-115
<표 2.6-49> IBI에 따른 수환경 평가 ····· 2-117
<표 2.6-50> 한국오수생물지수(KSI)에 따른 수환경평가 ····· 2-117
<표 2.7-1> 타 계획과의 조정 및 관련기관 협의사항 ····· 2-118
<표 2.7-2> 타 계획과의 조정 및 관련기관 협의사항(2020년 홍성군 기본계획) ····· 2-119
<표 2.7-3> 반월천 계획의 범위 ····· 2-120
<표 2.7-4> 지속시간별 빈도별 확률강우량 ····· 2-121
<표 2.7-5> 반월천 빈도별 홍수량 ····· 2-121
<표 2.7-6> 계획목표연도 ····· 2-123

<표 3.1-1> 조사측량 현황 ····· 3-1
<표 3.1-2> 위성측량 기준점 성과 ····· 3-1

<표 3.1-3> 도근점 현황 ····· 3-2
<표 3.1-4> 국토지리정보원 기본수준점 현황 ····· 3-2
<표 3.5-1> 표석성과표 ····· 3-4

<표 4.1-1> 홍수량 산정절차 세부항목 ····· 4-2
<표 4.1-2> 홍수량 산정지점 ····· 4-3
<표 4.1-3> 시강우량 보유 현황 ····· 4-5
<표 4.1-4> 고정시간 - 임의시간 환산계수 ····· 4-6
<표 4.1-5> 주요 지속기간별 고정시간 연최대강우량(서산) ····· 4-7
<표 4.1-5> 주요 지속기간별 고정시간 연최대강우량(서산)(계속) ····· 4-8
<표 4.1-6> 주요 지속기간별 임의시간 연최대강우량(서산) ····· 4-8
<표 4.1-6> 주요 지속기간별 임의시간 연최대강우량(서산)(계속) ····· 4-9
<표 4.1-7> 기본적인 통계값 ····· 4-10
<표 4.1-8> 강우량자료의 무작위성 검정 ····· 4-10
<표 4.1-9> 확률분포형의 확률밀도함수 또는 누가분포함수 ····· 4-16
<표 4.1-10> 확률분포형의 확률변수 적합성 조건 ····· 4-20
<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대)(60분) ····· 4-21
<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대)(2시간)(계속) ····· 4-21
<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대)(6시간)(계속) ····· 4-21
<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대)(9시간)(계속) ····· 4-22
<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대)(12시간)(계속) ····· 4-22
<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대)(24시간)(계속) ····· 4-22
<표 4.1-12> 검정을 위한 한계치 ····· 4-24
<표 4.1-13> Kolmogorov-SmirNov 검정을 위한 한계치 ····· 4-25
<표 4.1-14> 확률가중 모멘트법 적합도 검정결과(서산기상대) ····· 4-28
<표 4.1-14> 확률가중 모멘트법 적합도 검정결과(서산기상대)(계속) ····· 4-29
<표 4.1-15> 상위계획 최적확률분포형 비교 ····· 4-30
<표 4.1-16> 주요 지속기간별 확률강우량 산정(서산) ····· 4-31
<표 4.1-17> 채택분포형 및 자료년수 ····· 4-31
<표 4.1-18> 기 수립계획과의 확률강우량 비교 ····· 4-32
<표 4.1-19> 강우강도식(단기-120분) ····· 4-34

<표 4.1-20> 강우강도식(장기-120분) ····· 4-35
<표 4.1-21> Huff 방법의 분위별 설계강우의 무차원 누가분포 ····· 4-39
<표 4.1-22> 서산 우량관측소의 강우지속기간별 최빈분위 ····· 4-39
<표 4.1-23> Huff 회귀상수 ····· 4-40
<표 4.1-24> 삼각형과 사라리꼴 무차원 특성상수 ····· 4-41
<표 4.1-25> 수문학적 토양형의 분류 ····· 4-42
<표 4.1-26> 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수(AMC-II) ····· 4-43
<표 4.1-27> 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수(AMC-II)(NRCS Landuse Table) ····· 4-44
<표 4.1-28> 도시지역의 유출곡선지수(AMC-II) ····· 4-45
<표 4.1-29> 도시지역의 유출곡선지수(AMC-II)(NRCS Landuse Table) ····· 4-46
<표 4.1-30> WMS에서 제공하는 NRCS 토지이용 분류(AMC-II) ····· 4-46
<표 4.1-31> AMC 조건별 선행강수량의 크기 ····· 4-47
<표 4.1-32> 서산관측소 5일 선행강우 조사결과 ····· 4-47
<표 4.1-32> 서산관측소 5일 선행강우 조사결과(계속) ····· 4-48
<표 4.1-33> 홍수량 산정지점별 유출곡선지수(CN) ····· 4-50
<표 4.1-34> 도달시간 산정 ····· 4-53
<표 4.1-35> 평균유속 산정 ····· 4-53
<표 4.1-36> 저류상수(K)결정 ····· 4-58
<표 4.1-37> NRCS 무차원단위도의 시간별 종거 ····· 4-60
<표 4.1-38> 대표유역 Snyder 매개변수 관계식 및 상관계수 ····· 4-63
<표 4.1-39> 홍수량 산정지점별 임계지속기간 결정(80년빈도) ····· 4-65
<표 4.1-40> 빈도별 홍수량 산정결과 ····· 4-67
<표 4.1-41> 유역별 100년 빈도 홍수량 경험식 ····· 4-70
<표 4.1-42> 비홍수량 및 경험공식 비교 · 검토 ····· 4-71
<표 4.1-43> 하천의 설계빈도 ····· 4-72
<표 4.1-44> 기본 및 계획홍수량 결정 ····· 4-73
<표 4.1-45> 구수천 인근 하천과의 비홍수량 비교 ····· 4-74
<표 4.2-1> 기점홍수위 산정 ····· 4-75
<표 4.2-2> 자연하천의 조도계수(Ⅰ) ····· 4-76
<표 4.2-3> 자연하천의 조도계수(Ⅱ) ····· 4-77
<표 4.2-4> 구간별 조도계수 ····· 4-77

<표 4.2-5> 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭 ····· 4-80
<표 4.2-6> 계획하폭 ····· 4-82
<표 4.2-7> 구수천 빈도별 홍수위 ····· 4-86
<표 4.2-7> 구수천 빈도별 홍수위(계속) ····· 4-87
<표 4.2-7> 구수천 빈도별 홍수위(계속) ····· 4-88
<표 4.2-8> 구수천 계획홍수위, 계획하폭 및 기설제방고 ····· 4-89
<표 4.2-8> 구수천 계획홍수위, 계획하폭 및 기설제방고(계속) ····· 4-90
<표 4.2-8> 구수천 계획홍수위, 계획하폭 및 기설제방고(계속) ····· 4-91

<표 5.1-1> 하상재료 조사지점 ····· 5-4
<표 5.1-2> 입도분석 결과 ····· 5-4
<표 5.2-1> 각 유사량 공식의 적정 적용한계 ····· 5-7
<표 5.2-2> 유사량 산정경험공식 ····· 5-8
<표 5.2-3> 유량규모에 따른 경험공식별 유사량 ····· 5-9
<표 5.3-1> 평형하상고 산정 방법 ····· 5-10
<표 5.3-2> 구수천 평형하상고 예측 ····· 5-16
<표 5.3-2> 구수천 평형하상고 예측(계속) ····· 5-17
<표 5.3-2> 구수천 평형하상고 예측(계속) ····· 5-18

<표 6.1-1> 수자원 부존량 ····· 6-1
<표 6.2-1> 용수량 산정지점 ····· 6-2
<표 6.2-2> 생활용수 이용현황 ····· 6-4
<표 6.2-3> 과거 인구추이 ····· 6-5
<표 6.2-4> 지구별 장래 인구추정 ····· 6-5
<표 6.2-5> 행정구역별 생활용수 급수보급율 및 단위급수량 ····· 6-6
<표 6.2-6> 지구별 장래 급수 및 미급수 인구 ····· 6-6
<표 6.2-7> 지구별 생활용수 수요량 ····· 6-6
<표 6.2-8> 수원공별 관개면적 현황 ····· 6-8
<표 6.2-9> 관개면적별 농업용수량 원단위 ····· 6-8
<표 6.2-10> 유역내 장래 경작지별 면적추이 ····· 6-9
<표 6.2-10> 유역내 장래 경작지별 면적추이(계속) ····· 6-9

<표 6.2-11> 지구별 농업용수량 ····· 6-10
<표 6.2-11> 지구별 농업용수량(계속) ····· 6-10
<표 6.2-12> 지구별 농업용수 수요량 ····· 6-10
<표 6.2-12> 지구별 농업용수 수요량(계속) ····· 6-10
<표 6.2-13> 장래 농업용수 연간 사용량 및 수요량 ····· 6-11
<표 6.3-1> 유황분석 ····· 6-11
<표 6.3-2> 갈수량과 물수지 ····· 6-12
<표 6.4-1> 생활용수 이용현황 ····· 6-15
<표 6.4-2> 홍성군 용도별 시설현황 ····· 6-16
<표 6.4-3> 수원별 현황 ····· 6-16
<표 6.4-4> 관개면적별 농업용수량 원단위 ····· 6-17
<표 6.4-5> 수리시설 및 방조제 현황 ····· 6-17

<표 7.1-1> 하천유역의 종합계획의 구성 ····· 7-2
<표 7.4-1> 하천유지용수 확보방안 비교 ····· 7-13
<표 7.5-1> 하천공간의 구역구분 기준내용 ····· 7-14

<표 8.1-1> 하천공간관리 기본방향 ····· 8-1
<표 8.1-2> 공간지구 구분형태 ····· 8-4
<표 8.1-3> 하천환경 평가기준 ····· 8-4
<표 8.1-3> 하천환경 평가기준(계속) ····· 8-5
<표 8.1-4> 하천환경 평가점수별 구역구분 기준 ····· 8-5
<표 8.1-5> 하천환경성 평가결과 ····· 8-6
<표 8.1-6> 하천지구 현황 ····· 8-8
<표 8.1-7> 공간 지구구분 및 시설계획 ····· 8-8
<표 8.1-8> 제방 및 호안정비 ····· 8-10
<표 8.1-9> 자연형 환경 호안공법 ····· 8-11
<표 8.1-10> 보 및 낙차공 정비 ····· 8-12
<표 8.1.-11> 여울과 소의 특징 ····· 8-13
<표 8.1-12> 수생식물의 분류 ····· 8-13
<표 8.1-12> 수생식물의 분류(계속) ····· 8-14

<표 8.2-1> 하도계획 결정시 기술적 결정하상 및 기본방향 ····· 8-15
<표 8.2-2> 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭 ····· 8-19
<표 8.2-3> 구간별 계획하폭 ····· 8-20
<표 8.3-1> 하천종단 시설물 현황 ····· 8-22
<표 8.3-2> 기존 제방 현황 ····· 8-23
<표 8.3-3> 기성제 여유고 검토 ····· 8-23
<표 8.3-4> 계획홍수량에 따른 둑마루폭 ····· 8-24
<표 8.3-5> 구간별 둑마루폭 ····· 8-24
<표 8.3-6> 계획홍수량에 따른 여유고 ····· 8-25
<표 8.3-7> 구간별 기준 여유고 ····· 8-25
<표 8.3-8> 비탈경사 ····· 8-25
<표 8.3-9> 환경을 고려한 호안공법 ····· 8-27
<표 8.3-10> 허용소류력 ····· 8-27
<표 8.3-11> 소류력에 대한 안전성(하안공법) Schiechtl(1986) ····· 8-28
<표 8.3-12> 유속에 대한 안전성(하안공법) ····· 8-28
<표 8.3-13> 제방 축제계획 ····· 8-31
<표 8.3-14> 제방 보축계획 ····· 8-31
<표 8.3-15> 제방 확폭계획 ····· 8-31
<표 8.3-16> 제방 축제계획(형산1지구) ····· 8-32
<표 8.3-17> 제방 축제계획(형산2지구) ····· 8-33
<표 8.3-18> 제방 보축계획(보축1지구) ····· 8-34
<표 8.3-19> 제방 보축계획(보축2지구) ····· 8-35
<표 8.3-20> 제방 보축계획(보축3지구) ····· 8-36
<표 8.3-21> 제방 보축계획(보축4지구) ····· 8-37
<표 8.3-22> 제방 보축계획(보축5지구) ····· 8-38
<표 8.3-23> 확폭계획(확폭1지구) ····· 8-39
<표 8.3-24> 확폭계획(확폭2지구) ····· 8-40
<표 8.3-25> 확폭계획(확폭3지구) ····· 8-41
<표 8.3-26> 30년빈도 확률강우강도식 ····· 8-43
<표 8.3-27> 배수시설물별 능력검토 결과 ····· 8-43
<표 8.3-27> 배수시설물별 능력검토 결과(계속) ····· 8-44

<표 8.3-28> 배수시설물 계획 ····· 8-45
<표 8.3-29> 계획홍수량에 따른 여유고 ····· 8-46
<표 8.3-30> 계획홍수량에 따른 경간장 ····· 8-47
<표 8.3-31> 교량 능력검토결과 ····· 8-47
<표 8.3-32> 교량 신설계획 ····· 8-48
<표 8.3-33> 교량 현황 ····· 8-48
<표 8.3-33> 교량 현황(계속) ····· 8-49
<표 8.3-34> 보 및 낙차공 제원 및 설치현황 ····· 8-50
<표 8.3-35> 낙차공 설치계획 ····· 8-51
<표 8.3-36> 낙차공 현황 ····· 8-51
<표 8.3-36> 낙차공 현황(계속) ····· 8-52
<표 8.3-36> 낙차공 현황(계속) ····· 8-53
<표 8.3-37> 담수어류의 분류군별(Order) 현황 ····· 8-54
<표 8.3-38> 지점별 담수어류 조사표(현지조사) ····· 8-54
<표 8.3-39> 주요 어종의 생태적 요구조건 ····· 8-55
<표 8.3-40> 대표종의 수리적 생태조건 ····· 8-56
<표 8.3-40> 대표종의 수리적 생태조건 (계속) ····· 8-57
<표 8.3-41> 어도의 분류 ····· 8-59
<표 8.3-42> 어도의 분류 어도의 형식별 장·단점 ····· 8-60
<표 8.3-43> 표준모형의 어도형식별 제원 ····· 8-63
<표 8.3-44> 상황별 어도형식 선정 기준표 ····· 8-64
<표 8.4-1> 조사 대상지구 ····· 8-67
<표 8.4-1> 조사 대상지구(계속) ····· 8-68
<표 8.4-2> 다차원법의 편익항목 ····· 8-69
<표 8.4-3> 지역특성에 따른 대상자산 ····· 8-70
<표 8.4-4> 단위 직접피해의 대상자산과 피해액 산정방법 ····· 8-72
<표 8.4-5> 홍성군 건축연면적별 가구수비 ····· 8-73
<표 8.4-6> 건축형태별 건축단가 ····· 8-73
<표 8.4-7> 연도별 건설업 Deflator 보정지수 ····· 8-74
<표 8.4-8> 도시분류별 가정용품 평가액 ····· 8-75
<표 8.4-9> 년도별 소비자물가지수 ····· 8-75

<표 8.4-10> 농작물별 전국 평균 생산비(2011년 기준) ····· 8-76
<표 8.4-11> 사업체별 항목 및 사업체 1인당 자산 ····· 8-77
<표 8.4-12> 침수심별 건물피해율 ····· 8-80
<표 8.4-13> 침수심별 건물내용물 피해율 ····· 8-80
<표 8.4-14> 침수심별 농경지 피해율 ····· 8-81
<표 8.4-15> 침수심별 농작물 피해율 ····· 8-81
<표 8.4-16> 침수심별 유형자산·재고자산 피해율 ····· 8-82
<표 8.4-17> 단위침수면적당 손실인명수 ····· 8-83
<표 8.4-18> 단위침수면적당 발생 이재민수 ····· 8-83
<표 8.4-19> 치수경제성분석 대상지구의 홍수규모별 예상피해액 ····· 8-85
<표 8.4-19> 치수경제성분석 대상지구의 홍수규모별 예상피해액(계속) ····· 8-86
<표 8.4-20> 경제성 분석기법의 특징 ····· 8-90
<표 8.4-21> 치수경제성분석 대상지구의 홍수규모별 치수경제성 분석결과 ····· 8-91
<표 8.4-21> 치수경제성분석 대상지구의 홍수규모별 치수경제성 분석결과(계속) ····· 8-92
<표 8.4-22> 평가기준의 요약 ····· 8-94
<표 8.4-23> 생태자연도 등급기준 ····· 8-96
<표 8.4-24> 지역낙후도 선정지표 ····· 8-97
<표 8.4-25> 지구별 가중치 산정결과 ····· 8-99
<표 8.4-26> 지구별 투자우선순위 평가결과 ····· 8-99
<표 8.4-27> 소요사업비 ····· 8-100

<표 9.1-1> 대표어종과 대리어종의 일람표 ····· 9-3
<표 9.1-2> 대표어종의 서식처 수리 조건 ····· 9-3
<표 9.1-2> 대표어종의 서식처 수리 조건(계속) ····· 9-4
<표 9.1-3> 생태계를 고려한 하천유지용수량 산정기준 ····· 9-5
<표 9.1-4> 하천경관을 고려한 하천유지유량 산정기준 ····· 9-5
<표 9.1-5> 유속에 따른 흐름의 느낌상태 ····· 9-6
<표 9.1-6> 목표수질(BOD) 설정 ····· 9-7
<표 9.1-7> 수질등급별 특성과 지표어종 ····· 9-7
<표 9.1-8> 구수천 유역의 수질개선대책 ····· 9-8
<표 9.1-9> 구수천 유역의 오염물질군별 수질관리개선방안 ····· 9-9

<표 9.1-10> 수질개선대책 ····· 9-10
<표 9.2-1> 환경관련 지구·지역 지정현황 ····· 9-18

<표 10.2-1> 폐천부지 이용현황 및 활용방안 ····· 10-2
<표 10.2-2> 폐천부지 활용방안 ····· 10-2
<표 10.5-1> 하천기본계획 수립구간 ····· 10-10
<표 10.5-2> 하천기본계획 수립구간 ····· 10-11

<표 11.1-1> 제방보강에 의한 사업효과 ····· 11-2
<표 11.1-2> 기존시설물 개량 및 유지보수계획 ····· 11-2
<표 11.1-3> 사업내용별 소요사업비 현황 ····· 11-2

# 그림목차

<그림 1.2-1> 계획수립구간의 위치도 ····· 1-2

<그림 2.1-1> 구수천 유역도 ····· 2-2
<그림 2.1-2> 구수천 수계모식도 ····· 2-3
<그림 2.1-3> 소유역 분할도 ····· 2-7
<그림 2.1-4> 상대면적-상대고도곡선(hypsometric curve) ····· 2-10
<그림 2.1-5> 구수천 표고분포도 및 경사분포도 ····· 2-12
<그림 2.1-6> 유역의 방향성 분포도 ····· 2-13
<그림 2.1-7> 합·분류지점 하천구간 경계설정 현황도 ····· 2-14
<그림 2.1-8> 구수천 지질도 ····· 2-16
<그림 2.1-9> 분류방법별 수문학적 토양유형 분포 ····· 2-17
<그림 2.1-10> 구수천 유역내 토양분포 ····· 2-21
<그림 2.1-11> 구수천 유역의 수문학적 토양군 분류 ····· 2-21
<그림 2.1-12> 구수천 유역의 토지이용현황 ····· 2-23
<그림 2.1-13> 구수천 유역 행정구역도 ····· 2-25
<그림 2.2-1> 수문관측소 위치도 ····· 2-28
<그림 2.2-2> 월별 강수량(서산기상대) ····· 2-30
<그림 2.2-3> 연도별 강수량(홍성관측소) ····· 2-32
<그림 2.2-4> 탱크모형의 구조 ····· 2-37
<그림 2.2-5> 강우량에 따른 탱크의 거동 ····· 2-38
<그림 2.2-6> 구수천 유황곡선 ····· 2-44
<그림 2.3-1> 하상표고도 ····· 2-51
<그림 2.4-1> 기왕최대 단일호우 주상도 ····· 2-54
<그림 2.4-2> 자연재해위험지구 위치도 ····· 2-56
<그림 2.6-1> 수질·저질조사 위치도 ····· 2-63
<그림 2.6-2> 조사지역의 생태조사 현황도(1/5,000지형도) ····· 2-73
<그림 2.6-3> 조사지역의 경관, 주요식생 및 식물상 현황 ····· 2-74
<그림 2.6-4> 조사지역의 식물구계, 식물군계 현황 ····· 2-81

<그림 2.6-5> 조사지역의 현존식생도, 녹지자연도, 식생보전등급도(1/5,000지형도) I ····· 2-83
<그림 2.6-6> 조사지역의 현존식생도, 녹지자연도, 식생보전등급도(1/5,000지형도) II ····· 2-84
<그림 2.6-7> 조사지역의 현존식생도, 녹지자연도, 식생보전등급도(1/5,000지형도) III ····· 2-85
<그림 2.6-8> 조사지역의 현존식생도, 녹지자연도, 식생보전등급도(1/5,000지형도) IV ····· 2-86
<그림 2.6-9> 조류의 우점종군 현황(현지조사) ····· 2-95
<그림 2.6-10> 조사지역의 동물상 현황 ····· 2-106
<그림 2.6-10> 조사지역의 동물상 현황(계속) ····· 2-107
<그림 2.6-11> 문헌자료의 특정야생동물(법정보호종) 현황 ····· 2-109
<그림 2.6-12> 생태·자연도(1/25,000지형도) ····· 2-110
<그림 2.6-13> 구수천의 하천자연도 ····· 2-116

<그림 4.1-1> 홍수량 산정지점 ····· 4-3
<그림 4.1-2> Thiessen망도 ····· 4-5
<그림 4.1-3> 고정시간-임의시간 환산 관계곡선 ····· 4-7
<그림 4.1-4> 빈도해석 흐름도 ····· 4-11
<그림 4.1-5> I-D-F곡선(단기간) ····· 4-36
<그림 4.1-6> I-D-F곡선(장기간) ····· 4-36
<그림 4.1-7> I-D-F곡선(전기간) ····· 4-37
<그림 4.1-8> Huff 방법의 무차원 누가곡선 ····· 4-39
<그림 4.1-9> Clark 단위도의 개념 ····· 4-54
<그림 4.1-10> 유역 형상에 따른 합성 도달시간-누가면적 ····· 4-59
<그림 4.1-11> NRCS 무차원단위도 ····· 4-60
<그림 4.1-12> Snyder 합성단위도 ····· 4-63
<그림 4.1-13> 산정방법별 첨두홍수량 변화 ····· 4-66
<그림 4.1-13> 산정방법별 첨두홍수량 변화(계속) ····· 4-67
<그림 4.1-14> 홍수수문곡선(80년빈도) ····· 4-68
<그림 4.1-14> 홍수수문곡선(80년빈도)(계속) ····· 4-69
<그림 4.1-15> 계획홍수량 배분도 ····· 4-73
<그림 4.2-1> 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭 산정도 ····· 4-81
<그림 4.2-2> 부등류 계산 ····· 4-84

<그림 5.1-1> 하상재료 조사지점 위치도 ····· 5-3
<그림 5.3-1> HEC-RAS 4.0 모형에서의 지형자료 입력화면의 예 ····· 5-12
<그림 5.3-2> HEC-RAS 4.0 모형에서의 하상토 자료 입력화면의 예 ····· 5-12
<그림 5.3-3> HEC-RAS 4.0 모형에서의 유량자료 및 수온자료 입력화면의 예 ····· 5-13
<그림 5.3-4> HEC-RAS 4.0 모형 흐름도 ····· 5-15
<그림 5.3-5> 평형하상고 ····· 5-19

<그림 6.1-1> 유출량 모식도 ····· 6-1
<그림 6.2-1> 용수량 산정지점 위치도 ····· 6-2
<그림 6.3-1> 물수지 모식도(2010년) ····· 6-13
<그림 6.3-2> 물수지 모식도(2015년) ····· 6-13
<그림 6.3-3> 물수지 모식도(2020년) ····· 6-14
<그림 6.3-4> 물수지 모식도(2025년) ····· 6-14
<그림 6.4-1> 용수공급관리 대책방안 ····· 6-18

<그림 7.1-1> 하천의 기능별 고려사항 ····· 7-1

<그림 8.1-1> 공간정비계획의 흐름도 ····· 8-2
<그림 8.1-2> 공간지구 구분 주요 전경 ····· 8-6
<그림 8-1-3> 하천지구 구분도 ····· 8-9
<그림 8.3-1> 제방 표준단면도 ····· 8-29
<그림 8.3-2> 호안 표준단면도 ····· 8-30
<그림 8.3-3> 어도의 형식별 일반도 ····· 8-61
<그림 8.3-4> 어도의 입구가 적정한 예 ····· 8-65
<그림 8.3-5> 부적정한 어도의 위치 ····· 8-66
<그림 8.4-1> 치수경제성 조사위치도 ····· 8-68
<그림 8.4-2> 다차원법의 개념도(일반자산 피해액의 산정방법) ····· 8-70
<그림 8.4-3> 침수편입율 산정을 위한 공간정보의 중첩 ····· 8-79
<그림 8.4-4> 하천개수사업에 대한 연평균 피해경감기대액 산정 ····· 8-87
<그림 8.4-5> 제방의 비용 ····· 8-88
<그림 8.4-6> AHP기법의 분석과정 ····· 8-93

<그림 8.4-7> 치수사업 투자우선순위 결정을 위한 계층도 ····· 8-94
<그림 8.4-8> 사전가중치의 부여 ····· 8-98

<그림 9.1-1> 어류서식처를 고려한 하천유지유량 설정순서 ····· 9-2

# 1

# 계획수립의 개요

1.1 계획수립의 목적

1.2 계획수립의 범위

1.3 계획수립의 주요내용

# 제 1 장 계획의 개요

## 1.1 계획수립의 목적

### 1.1.1 하천기본계획

국토의 중심지와 서해안권 개발여건으로 날로 변모 발전하는 도시환 추세에 있어 이에 대응하는 하천의 관리운영상의 미비점 보완이 가장 시급한 당면과제로 부각됨에 따라 하천의 효율적인 이용과 일관된 개수계획을 수립하기 위하여 하천법 제25조 및 같은법 시행령 제24조 규정에 의거 구수천 지방하천 구간에 대한 하천의 관리, 이용, 보전, 개발, 치수경제 및 하천환경에 관련된 사항을 종합적이고 체계적인 조사·분석을 통한 하천기본계획을 수립하여 수자원종합개발지침으로 활용하고자 한다.

### 1.1.2 하천시설관리대장

하천자산의 효율적인 유지관리를 위하여 하천법 제15조 및 같은법 시행규칙 제8조의 규정에 의거 수계 하천시설 및 현황의 보존 및 이용실태를 종합적으로 정리·대장화 함으로써 일관된 관리를 도모하고 하천사용의 이익증진을 위한 기본자료로 제공하고자 한다.

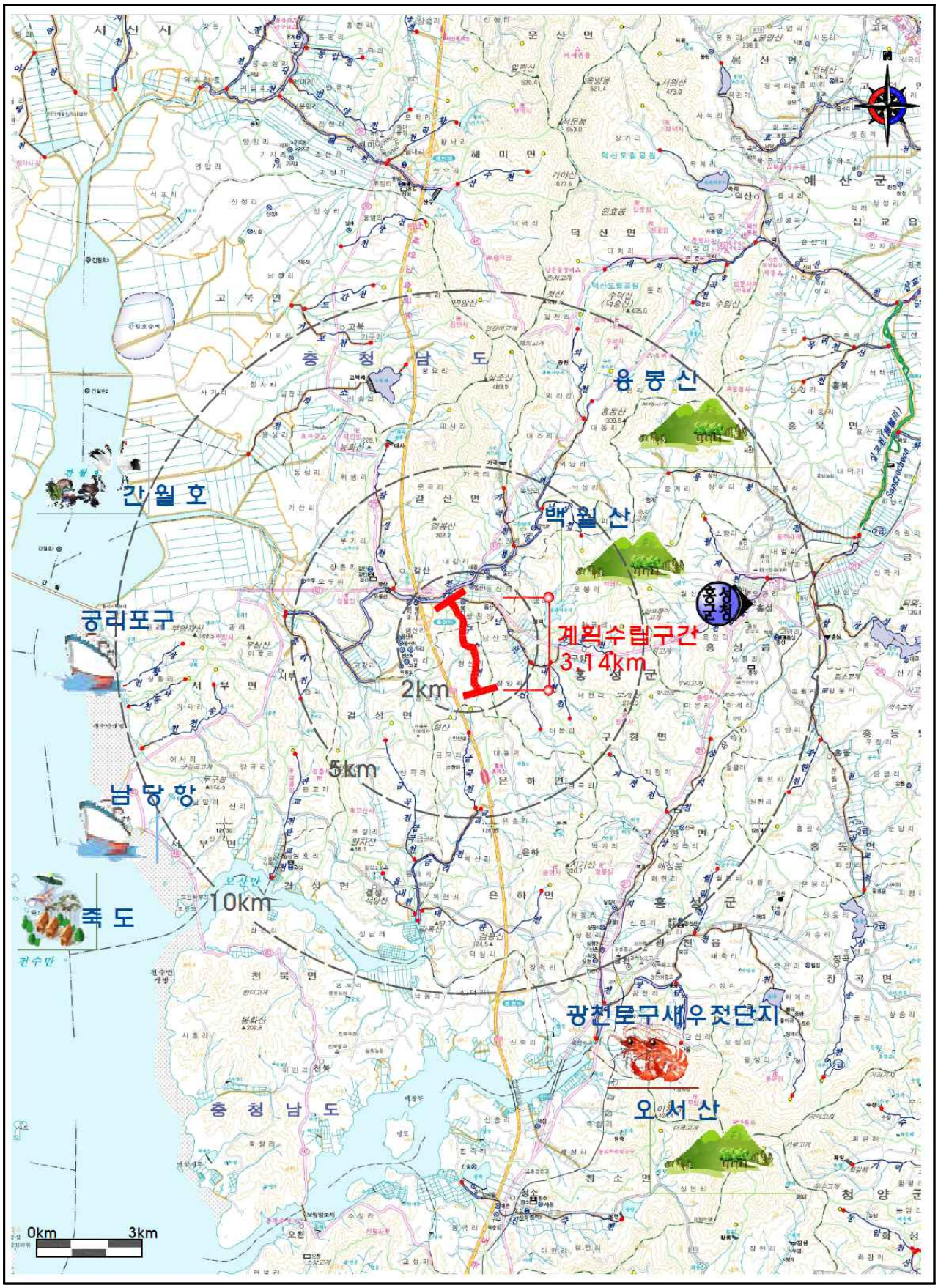
## 1.2 계획수립의 범위

본 계획은 지방하천인 구수천 3.14㎞ 구간에 대해 하천기본계획을 수립하는 것으로써 계획수립의 대상 및 범위는 <표 1.2-1>과 같다.

**<표 1.2-1> 계획수립의 대상 및 범위**

| 구분 | 수계명 | 하천명 | 하천의 구간 | | 유역 면적 (㎢) | 당초 연장 (㎞) | 측량 연장 (㎞) | 수립 연장 (㎞) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 시 점 | 종 점 | | | | |
| 지방 하천 | 금강 서해권 | 구수천 | 충청남도 홍성군 결성면 형산리 44-1 구수동마을 앞 | 충청남도 홍성군 결산면 남산천(지방) 합류점 | 3.66 | 3.10 | 3.14 | 3.14 |

【주】 지방1급' 및 '지방2급' 하천의 명칭은 하천법 개정(2008.4)을 통하여 '지방하천'으로 통합됨.




<그림 1.2-1> 계획수립구간의 위치도

## 1.3 계획수립의 주요내용

### 1.3.1 하천기본계획수립을 위한 기초조사

1) 유역의 개황

2) 하천 및 수계현황

3) 지형 및 유역의 특성

4) 하천환경현황

### 1.3.2 하천측량

1) 지형측량

2) 종단측량

3) 횡단측량

4) 지적도 복사 및 축도

5) 표석매설

### 1.3.3 하천기본계획 수립

#### 1) 유역 및 하천특성 조사

① 일반현황

② 수문조사

③ 하도특성조사

④ 하천사업의 연혁 및 피해현황

⑤ 하천의 이용현황

⑥ 하천의 환경현화

⑦ 타 계획과의 조정

#### 2) 홍수량 및 홍수위 산정

① 기본홍수량 및 계획홍수량 산정

② 홍수위 산정

#### 3) 하상변동 분석

① 하상재료 조사

② 하천유사량 조사

③ 하상변동 및 하도안정 분석

### 4) 용수수요량 예측 및 물수지 분석

① 수자원부존량 산정

② 용수수요량 예측

④ 물수지 분석

⑤ 용수수급 계획

### 5) 하천의 종합적인 정비방향 설정

① 종합정비 기본방향

② 홍수처리계획의 기본방향

③ 유수의 합리적인 이용에 관한 기본방향

④ 하천환경관리에 관한 기본방향

### 6) 하천의 정비·이용·보전에 관한 사항

① 하천의 지구별 관리계획 수립

② 하도계획

③ 하천시설물 계획

④ 치수경제성 분석

### 7) 하천의 환경에 관한 사항

① 수환경 보전계획

② 환경영향 검토

### 8) 하천의 유지관리에 관한 사항

① 고수부지현황 및 이용방안

② 폐천부지현황 및 이용방안

③ 하도 유지관리계획

④ 기타

### 9) 효과분석 및 결론

① 효과분석

② 결론 및 건의사항

# 2

# 유역 및 하천특성 조사


2.1 일반현황

2.2 수문조사

2.3 하도특성조사

2.4 하천사업의 연혁 및 피해현황

2.5 하천의 이용현황

2.6 하천의 환경현황

2.7 타 계획과의 조정

# 제 2 장 유역 및 하천특성 조사

하천기본계획의 수립은 이수, 치수 환경측면을 서로 연관성 있게 계획하여 유역의 홍수와 갈수피해를 경감시키고, 유수와 유로의 이용도를 향상시키며 유역의 수자원개발 및 이용을 위해 각종 관련자료 등을 참고하고 계획수립 하천의 자연, 사회, 문화, 경제적 조건을 고려하여 이루어져야 한다. 따라서 구수천 유역에 대한 체계적이고, 효율적인 계획을 위해서 충분한 조사, 검토는 필수사항이라 할 수 있다. 이에 따라 구수천 유역의 일반현황, 수문조사, 하도특성조사, 하천사업의 연혁 및 피해현황, 하천의 이용현황, 하천의 환경현황, 관련계획 등을 체계적으로 조사하여 정리하였다.

## 2.1 일반현황

### 2.1.1 유역의 일반현황

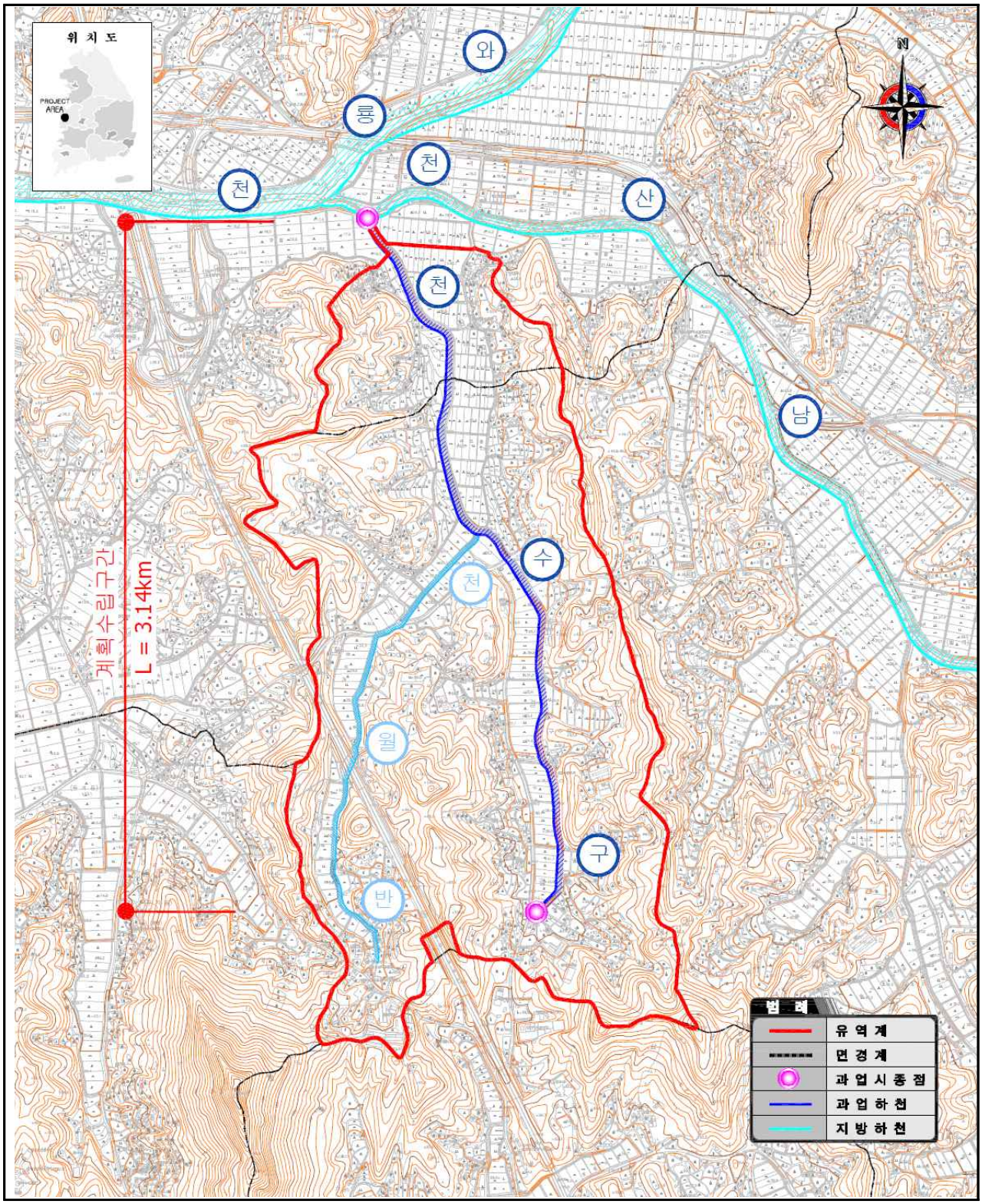
#### 가. 유역의 개황

와룡천의 제2지류인 구수천은 와룡천의 하구인 간월호와 약 12.0㎞ 상류 지점의 좌안측으로 유입하는 지방하천이다. 유역의 남북 길이는 약 3.8㎞, 동서로는 약 1.8㎞로 유역의 형상은 장방형을 이루고 있으며, 충청남도 중서부에 해당하는 동경 126°34′08″~126°34′37″, 북위 36°35′51″~ 36°34′20″에 위치하고 있다. 동으로는 와룡천의 지류인 남산천 유역과 접하고 서로는 서산시 부석면 간월도리와 홍성군 서부면 궁리로 이어지는 서산A지구 방조제로 조성된 간월호로 유입되고 있다.

구수천은 충청남도 홍성군 갈산면 쌍천리, 결성면 형산리로 2개면과 2개리로 편입되어 있다. 또한 큰 산, 큰 하천은 없으며 지기산(智基山)·은하봉(銀河峰) 등이 기복하는 동부는 해발고도 250~300m 산지를 이루고, 기타 대분부분의 지역은 150m 내외의 구릉지이다.

토지이용현황은 전체 유역면적 3.66㎢ 중 논이 1.08㎢로 29.51%, 밭이 0.44㎢로 12.02%, 임야는 1.63㎢로 44.54% 주거지의 면적이 0.46㎢로 12.57%를 각각 차지하고 있으며 유역의 평균고도는 EL.50.68m이고, 평균경사는 8.21°를 나타내고 있다.

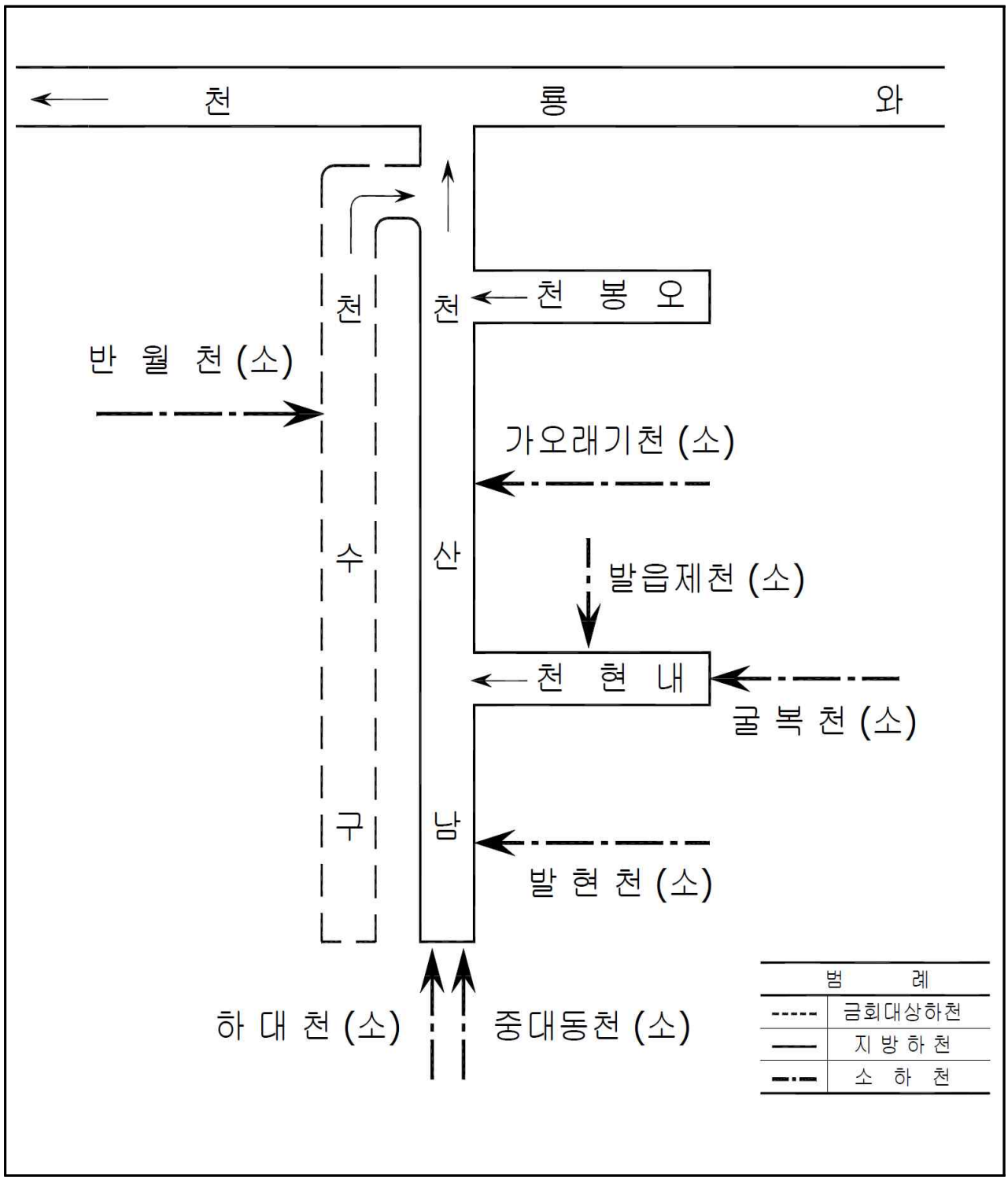
구수천 유역에 가장 인접한 서산 기상관측소의 최근 30년간(1981~2010년)의 기록에 의한 연평균 기온은 11.9℃, 최고기온 17.3℃, 최저기온 7.2℃이며, 유역내에 위치한 홍성 우량관측소 지점의 최근 46년간(1966~2011년)의 관측자료에 의해 추정한 유역의 연평균강수량은 1,156㎜로 우리나라 연평균강수량 1,245㎜[수자원장기종합계획(2006.7, 국토해양부)]보다 약 7.1% 적은 것으로 나타났다.




<그림 2.1-1> 구수천 유역도

## 나. 수계의 구성

와룡천의 제2지류인 구수천 수계는 소하천(반월천) 1개소로 구성되어 있으며, 구수천 수계의 구성은 <표 2.1-1>과 같고, 수계모식도는 <그림 2.1-2>와 같다.




<그림 2.1-2> 구수천 수계모식도

### <표 2.1-1> 수계구성 현황

| 하천명 | 수계명 | 지류 | | | | 구간 | | 하천연장(㎞) | 유역면적(㎢) | 유로연장(㎞) | 하천등급 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 본류 | 제1 | 제2 | 제3 | 시점 | 종점 | | | | |
| 구수천 | 금강서해권 | 와룡천 | 남산천 | - | - | 충남 홍성군 구항면 황곡리 | 충남 홍성군 갈산면 쌍천리 | 6.0 | 17.57 | 7.23 | 지방 |
| | | 와룡천 | 남산천 | 구수천 | - | 충남 홍성군 결성 형산리 구수동마을 앞 | 충남 홍성군 갈산면 와룡천(지방) 합류점 | 3.1 | 4.68 | 3.10 | 지방 |
| | | 와룡천 | 남산천 | 내현천 | - | 충남 홍성군 구항면 내현리 | 충남 홍성군 구항면 남산천(지방) 합류점 | 2.4 | 10.16 | 2.40 | 지방 |
| | | 와룡천 | 남산천 | 내현천 | 오봉천 | 충남 홍성군 구항면 오봉리 | 충남 홍성군 구항면 남산천(지방) 합류점 | 2.4 | 6.99 | 3.12 | 지방 |

【주】 자료 : 「와룡천, 남산천 하천정비기본계획(1992. 12, 충청남도)」,한국하천일람(2010.12.31 기준)

한편, 하천밀도(River Density)는 유역내 지천의 많고 적음을 표시하는 것으로 본류와 지류의 총 하천연장을 유역면적으로 나눈 값으로 구한다. 또한, 수계빈도(stream frequency)는 총하천수를 유역면적으로 나눈 값으로 정의된다.

이에 따라 하천밀도가 높다는 것은 유역의 단위면적당 평균하천길이가 길다는 것을 의미하므로 유역에 내리는 호우에 대한 유출응답이 빨라서 배수가 양호함을 의미하며, 하천밀도가 낮으면 유출응답이 느려서 배수가 불량해짐을 의미한다.

구수천 유역의 하천밀도는 0.91로 산정되어 하천밀도가 조밀한 편으로 나타났으며, 수계빈도는 0.55/km²로 유역면적에 비해 하천수는 적은 것으로 조사되었다. 구수천 수계내의 하천밀도 및 유역특성인자는 <표 2.1-2>와 같다.

### <표 2.1-2> 하천밀도

| 하천명 | 하천등급 | 유역면적(km²) | 유로연장(km) | | 하천밀도(km/km²) | 수계빈도(개/km²) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 본 류 | 본류+지류 | | | |
| 구수천 | 지방하천 | 3.66 | 3.14 | 3.32 | 0.91 | 0.55 | - |

【주】 하천밀도 = 본류 및 지류의 총유로연장 / 유역면적

## 다. 유역의 특성인자

### (1) 기초 유역특성 조사

유역의 특성은 강우-유출 모형을 이용한 수리·수문현상을 분석함에 있어 중요한 기초자료가 된다. 본 계획에서는 하천특성 및 유역특성으로 분류하여 분석하였으며, 그 결과는 <표 2.1-3>과 같다.

#### 가) 하천특성

- 최원유로연장(Basin Length, $L_b$(km)) : 본류 하천을 따라 유역 출구점으로부터 유역 분수계에 이르는 최대거리
- 하천 총 길이(Total Stream Length, $L_t$(km) : 주어진 배수유역에서의 모든 하천길이의 총합
- 주하천길이(Length of the Main Stream, $L_c$(km)) : 가장 높은 차수의 하천 길이

#### 나) 유역 특성

- 유역면적(Drainage Area, $A_w$($km^2$)) : 유역의 평면상 면적을 말하는 것으로, 어느 한 지점을 동일한 유출점으로 갖는 지표면의 범위
- 유역둘레(Basin Perimeter, $L_p$(km)) : 수평면상으로 투영된 주어진 차수의 유역의 경계를 따라 측정한 길이
- 유역평균폭(Effective Basin Width, $R_b$(km)) : 유로연장에 대한 유역면적의 비
- 형상계수(Form Factor, $R_f$) : 유로연장의 제곱에 대한 유역면적의 비
- 형상인자(Shape Factor, $R_s$) : 유역면적과 동일한 면적을 가지는 원의직경에 대한 유역의 주 하천 길이의 비
- 단일형상계수(Unit Shape Factor, $R_u$) : 유역면적 제곱근의 유로연장 비
- 원형비(Circularity Ratio, $R_c$) : 유역둘레와 동일한 길이의 지름을 갖는 원면적에 대한 유역면적의 비
- 세장률(Elongation Ratio, $R_e$) : 유로연장에 대한 유역면적과 동일한 면적을 가진 원의직경의 비
- 수계밀도(Drainage Density, D) : 유역면적에 대한 유역내 하천 총길이의 비, 단위면적당 하천길이
- 수계빈도(Channel-Segment Freguency, $C_f$) : 유역면적에 대한 유역 내 하천수의

비, 단위면적당 하천수

- 수계유지상수(Constant of Channel Maintenance, C) : 유역내 하천총길이에 대한 유역면적의 비, 수계 밀도의 역수
- 섬세비(Finess Ratio, $R_i$) : 유역둘레에 대한 유로연장의 비
- 유역기복(Watershed Relief, H) : 유역분수계의 최고점과 출구점의 표고차
- 기복비(Relief Ratio, $R_h$) : 유로연장에 대한 유역기복의 비
- 상대기복(Relative Relief, $R_p$) : 유역둘레에 대한 유역기복의 비
- 기복수(Ruggendness Number, $R_n$) : 유역기복과 수계밀도의 곱

**<표 2.1-3> 기초 유역특성**

| 구 분 | | | 기초 유역특성 | 구 분 | | 기초 유역특성 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 하천특성 | 하천유로 (km) | 유로연장 ($L_b$) | 3.32 | 유역특성 | 형상인자 ($R_f$) | 1.46 |
| | | 하천 총길이($L_t$) | 5.14 | | 형상계수 ($R_s$) | 0.37 |
| | | 주하천길이($L_c$) | 3.14 | | 단일형상계수($R_u$) | 1.65 |
| | 표고 (EL.m) | 출 구 점 | 15.67 | | 원 형 비 ($R_c$) | 4.14 |
| | | 시 작 점 | 44.95 | | 세 장 률 ($R_e$) | 0.68 |
| 유역특성 | 면적 ($km^2$) | 유역전체 | 3.66 | | 수계밀도 (D) | 0.86 |
| | | 좌 안 | 2.30 | | 수계빈도 ($C_f$) | 1.09 |
| | | 우 안 | 1.36 | | 수계유지상수(C) | 1.16 |
| | 둘레길이 ($L_p$, km) | | 10.62 | | 섬 세 비($R_i$) | 0.30 |
| | 표고 (EL.m) | 최 고 | 120.39 | | 기 복 비($R_h$) | 9.28 |
| | | 출 구 | 15.67 | | 상대기복($R_p$) | 2.76 |
| | 평균폭 ($R_b$, km) | | 1.31 | | 기 복 수($R_n$) | 25.18 |

### 라. 유역의 특성인자

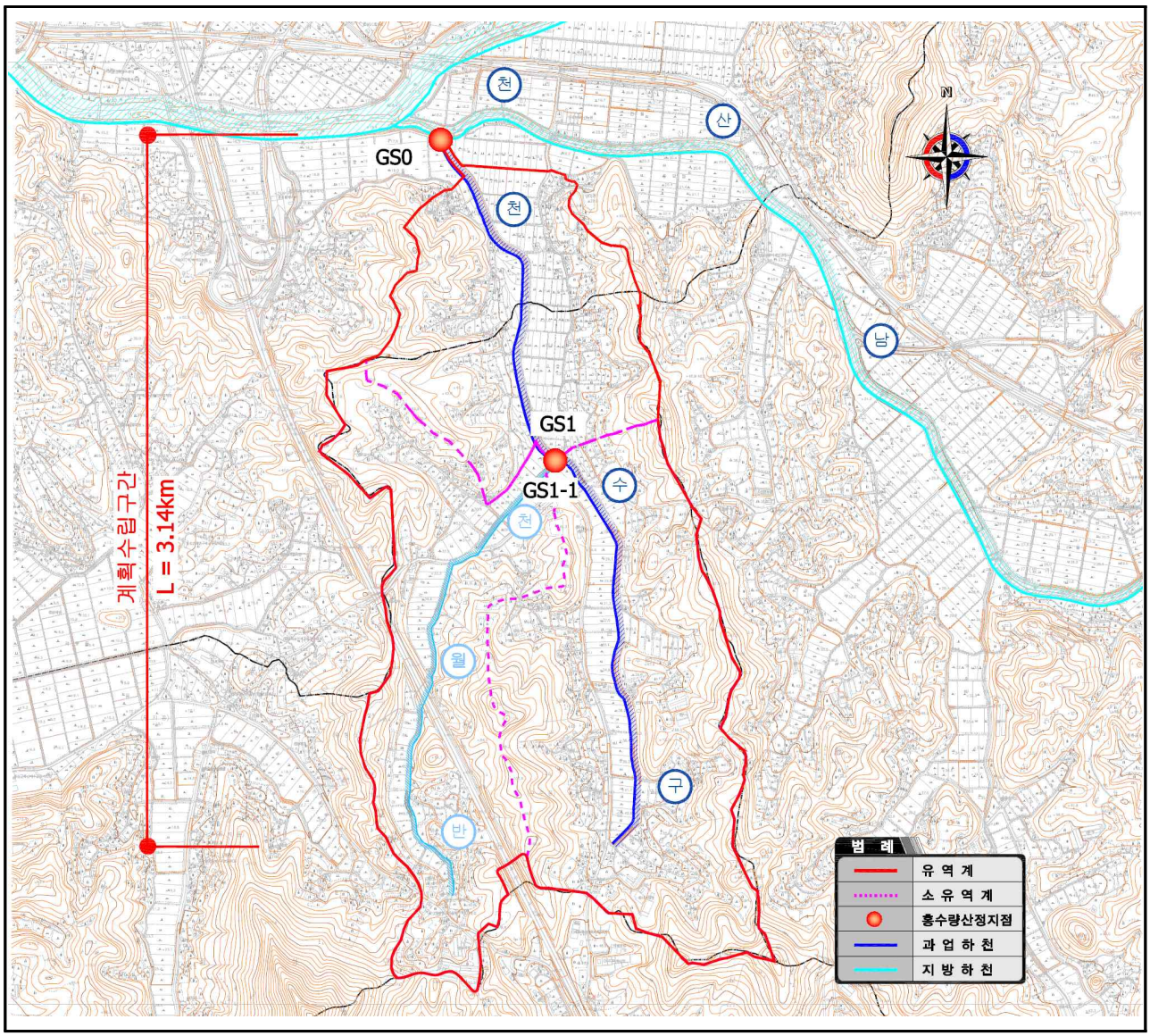
#### 1) 유역의 평면특성

유역면적(A) 및 유로연장(L)은 가장 기본적인 유역 특성인자이며, 유역면적(A)은 수치지형도 등을 이용하여 유역구분, 토지이용 및 피복형태에 따라 유역을 산정하게 되며, 유로연장은 유역출구로부터 본류하천을 따라 지도상에 표시된 하천 시작점까지의 거리이며, 통상 1:25,000(소유역은 1:5,000) 지형도나 수치지도에서 산출하며, 이를 토대로 유역면적을 본류의 유로연장으로 나눈 유역평균폭(A/L)과 유역의 평균폭을 본류의 유로연장으로 나눈 형상계수($A/L^2$)를 추가적으로 산정할 수 있다. 구수천 유역의 형상계수는 0.37로 길고 좁은 유역으로 조사되었다.

본 구수천의 주요지점 및 하천 합류전 지점에 대하여 산정된 지점별 유역면적, 유로연장, 유역평균폭 및 형상계수는 <표 2.1-4>와 같다.

### <표 2.1-4> 유역면적, 유로연장, 유역평균폭 및 형상계수

| 하천명 | 부호 | 산정지점명 | 유역면적 (㎢) | 유로연장 (㎞) | 평균폭 (A/L) | 형상계수 ($A/L^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 구수천 | GS0 | 구수천 하구 | 3.66 | 3.14 | 1.16 | 0.37 |
| | GS1 | 반월천 합류후 | 2.68 | 2.12 | 1.27 | 0.60 |
| | GS2 | 반월천 합류전 | 1.52 | 1.72 | 0.88 | 0.51 |




<그림 2.1-3> 소유역 분할도

### 2) 표고별 누가면적 및 구성비

지표면 표고분포는 하천유역내 지형의 입체적 특성을 분석하는 방법 중 하나로 지표면 경사도와 밀접한 관계를 가지고 있다. 특히, 유출과정에 직접적으로 관여하는데, 일반적으로 지표면 표고변화가 클수록 지표면 경사가 증가하여 도달시간이 짧아지므로 첨두유출량이 커지는 경향이 있다.

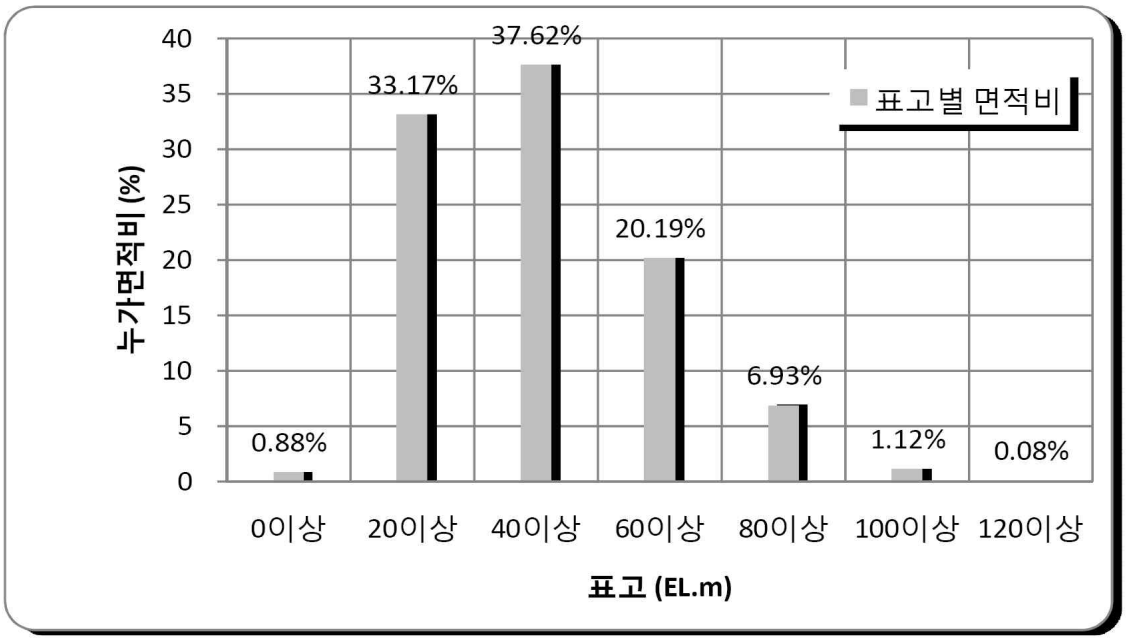
표고별 면적분포는 고도에 따라 변하는 강우, 증발, 식생 등의 영향을 검토할 수 있는 기초자료로 구수천 유역의 평균표고는 EL. 50.68m로 표고별로는 EL. 20~70m 사이의 면적이 3.06㎢로 구수천 유역면적의 83.95%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 유역내 주요지점을 기준으로 산정한 표고별 누가면적과 그 구성비는 <표 2.1-5>, <표 2.1-6> 및 <그림 2.1-4>과 같다

**<표 2.1-5> 표고별 누가면적 및 구성비**

| 표고(EL.m) | 면적(㎢) | | 면적비(%) | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 표고별 | 누가 | 표고별 | 누가 | |
| 10 ~ 20 | 0.03 | 0.88 | 3.66 | 100.00 | 유역평균표고 |
| 20 ~ 30 | 0.53 | 14.59 | 3.63 | 99.12 | 50.68 |
| 30 ~ 40 | 0.68 | 18.57 | 3.10 | 84.53 | |
| 40 ~ 50 | 0.67 | 18.40 | 2.42 | 65.95 | |
| 50 ~ 60 | 0.70 | 19.23 | 1.74 | 47.56 | |
| 60 ~ 70 | 0.48 | 13.16 | 1.04 | 28.33 | |
| 70 ~ 80 | 0.26 | 7.04 | 0.56 | 15.17 | |
| 80 ~ 90 | 0.17 | 4.58 | 0.30 | 8.14 | |
| 90 ~ 100 | 0.09 | 2.35 | 0.13 | 3.55 | |
| 100 ~ 110 | 0.03 | 0.87 | 0.04 | 1.20 | |
| 110 ~ 120 | 0.01 | 0.26 | 0.01 | 0.34 | |
| 120 ~ 130 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 0.08 | |
| 130 ~ 140 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.03 | |

〈표 2.1-6〉 표고별 누가면적비

| 하천명 | 주요지점명 | 부호 | 구분 | 표고(EL.m) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | >120 | >100 | >80 | >60 | >40 | >20 | >0 |
| 구수천 | 구수천 하구 | GS0 | 면 적(㎢) | 0.00 | 0.04 | 0.30 | 1.04 | 2.42 | 3.63 | 3.66 |
| | | | 구성비(%) | 0.08 | 1.20 | 8.14 | 28.33 | 65.95 | 99.12 | 100.00 |
| | 반월천 합류후 | GS1 | 면 적(㎢) | 0.00 | 0.04 | 0.30 | 0.99 | 2.11 | 2.68 | 2.68 |
| | | | 구성비(%) | 0.11 | 1.65 | 11.12 | 36.88 | 78.61 | 100.00 | 100.00 |
| | 반월천 합류전 | GS2 | 면 적(㎢) | 0.00 | 0.04 | 0.22 | 0.57 | 1.18 | 1.52 | 1.52 |
| | | | 구성비(%) | 0.19 | 2.34 | 14.26 | 37.55 | 77.20 | 100.00 | 100.00 |

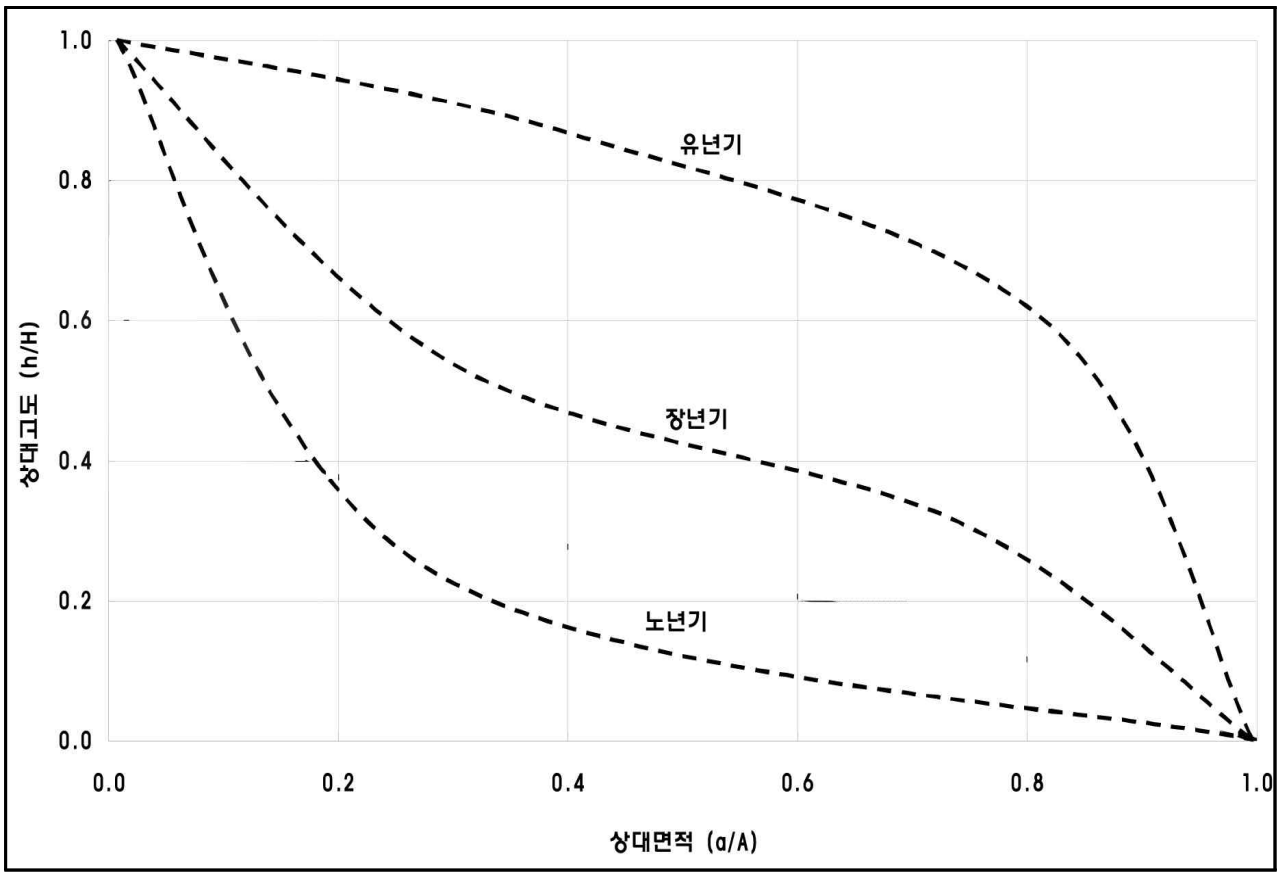



하천유로는 장기간에 걸친 자연적 요인과 인위적 요인으로 세굴, 운송, 퇴적작용에 의해 형성되며, 평형하상이 이루어질 때까지 변화가 계속되며, 하상의 지형발달과정에 따라 유년기, 장년기, 노년기로 분류된다.

- 유년기 : 하천에서 하상의 원표면이 침식면에 비해 넓게 남아 있어 하상침식이 평형상태가 될 때까지 계속 진행되는 하천
- 장년기 : 하천의 침식작용이 충분히 진행되어 하상이 평형상태에 도달되었을 때의 하천
- 노년기 : 하천의 침식이 계속 진행되어 하상의 기복이 감소해서 준평원에 가까운 단계를 형성하는 하천

상기와 같은 과정을 하식윤회(河蝕輪廻, fluvial cycle)라 하며 현재의 하천의 발달정도를 판단할 수 있는 방법으로는 대표적인 방법으로 면적-고도곡선(hypsometric curve)이 있다.

하천의 지형은 자연현상인 침식이나 풍화작용 등에 의해서 점차 그 모양이 변화하여 유년기→장년기→노년기 지형으로 변화하게 되는데 노년기는 침식이 더욱 진행되어 대부분의 기복이 사라지고 준평원에 가까운 지형적 특징을 보이게 된다. 산의 정상은 점차 깎여 낮은 기복으로 변하고, 하천의 연안에는 토사가 두껍게 퇴적되어 유수의 일부가 이 속으로 침투해서 지하수가 된다. 하천은 유량이 작은 사행하천으로 되고 오랜 세월이 경과하면 지표는 기복이 작은 준평원으로 변화되어 간다. 그리고 기후조건에 따라 약간은 다르지만 일반적으로 개개 유역의 강수량은 표고에 비례하여 증가한다.

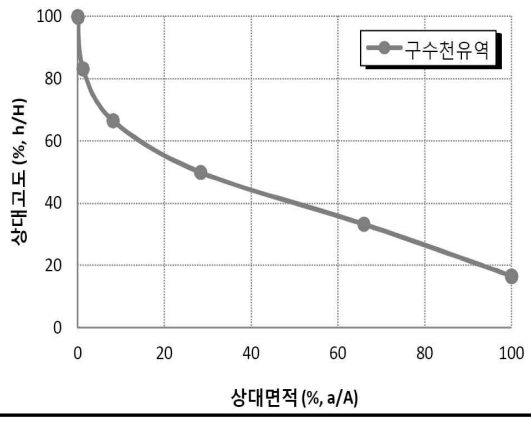



<그림 2.1-4> 상대면적-상대고도곡선(hypsometric curve)

본 구수천을 대상으로 면적-고도곡선을 분석한 결과, 구수천은 장년기에서 노년기로 접어드는 특성을 나타내고 있는 것으로 조사되었다. 누가면적 및 고도비, 면적-고도곡선도는 <표 2.1-7>과 같다.

<표 2.1-7> 구수천 유역 누가면적 고도비 및 면적-고도곡선(Hypsometric Curve)

| 구 수 천 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 표고 (h) (EL.m) | 상대 표고 (m) | 고도비 (h/H) (%) | 면 적 (km²) | 면적비 (a/A) (%) |
| 140.25 | 120.39 | 100.00 | 0.00 | 0.00 |
| 140.00 | 120.14 | 99.79 | 0.00 | 0.08 |
| 120.00 | 100.14 | 83.18 | 0.04 | 1.20 |
| 100.00 | 80.14 | 66.57 | 0.30 | 8.14 |
| 80.00 | 60.14 | 49.95 | 1.04 | 28.33 |
| 60.00 | 40.14 | 33.34 | 2.42 | 65.95 |
| 40.00 | 20.14 | 16.73 | 3.66 | 99.96 |
| 19.87 | 19.87 | 16.50 | 3.66 | 100.00 |

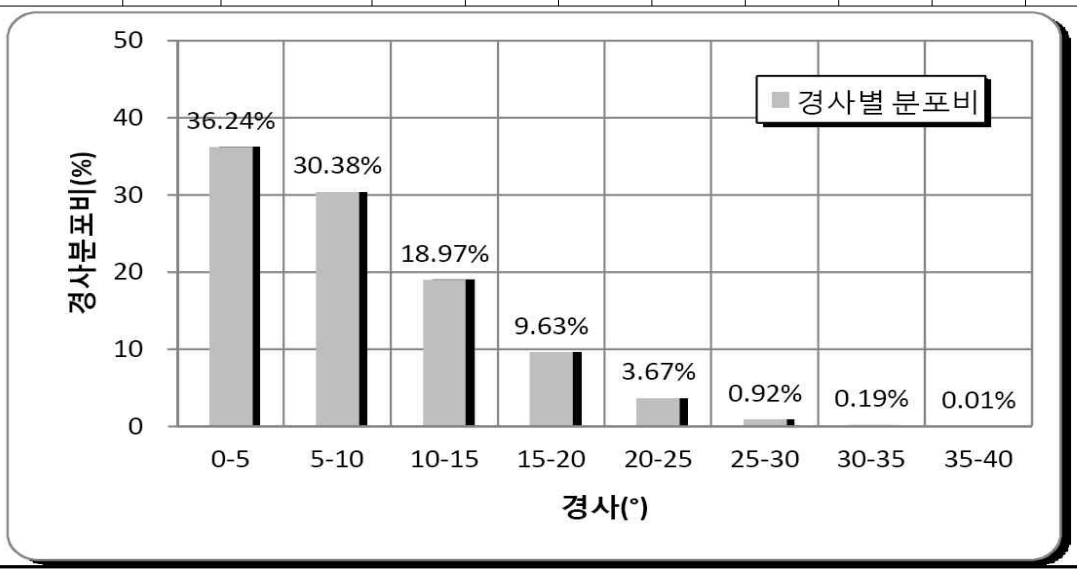



### 3) 경사별 누가면적 및 구성비

유역경사는 홍수의 도달시간 및 집중성향에 영향을 미치는 요인으로 구수천 유역경사 분포를 살펴보면 0~10°의 경사를 가지는 유역이 66.62%, 정도 나타나는 것으로 조사되었다. 유역 경사분포도를 나타낸 결과는 <표 2.1-8>와 같다.

<표 2.1-8> 경사별 누가면적비

| 하천명 | 주요지점명 | 부호 | 구분 | 경사(°) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | >35 | >30 | >25 | >20 | >15 | >10 | >5 | >0 |
| 구수천 | 구수천하구 | GS0 | 면 적(㎢) | 0.00 | 0.01 | 0.04 | 0.18 | 0.53 | 1.22 | 2.34 | 3.66 |
| | | | 구성비(%) | 0.01 | 0.20 | 1.11 | 4.78 | 14.41 | 33.38 | 36.76 | 10.00 |
| | 반월천합류후 | GS1 | 면 적(㎢) | 0.00 | 0.01 | 0.04 | 0.15 | 0.44 | 0.99 | 1.81 | 2.68 |
| | | | 구성비(%) | 0.01 | 0.25 | 1.38 | 5.76 | 16.50 | 37.10 | 67.47 | 100.00 |
| | 반월천합류전 | GS2 | 면 적(㎢) | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.09 | 0.28 | 0.61 | 1.06 | 1.52 |
| | | | 구성비(%) | 0.01 | 0.27 | 1.37 | 6.22 | 18.11 | 39.99 | 69.74 | 100.00 |

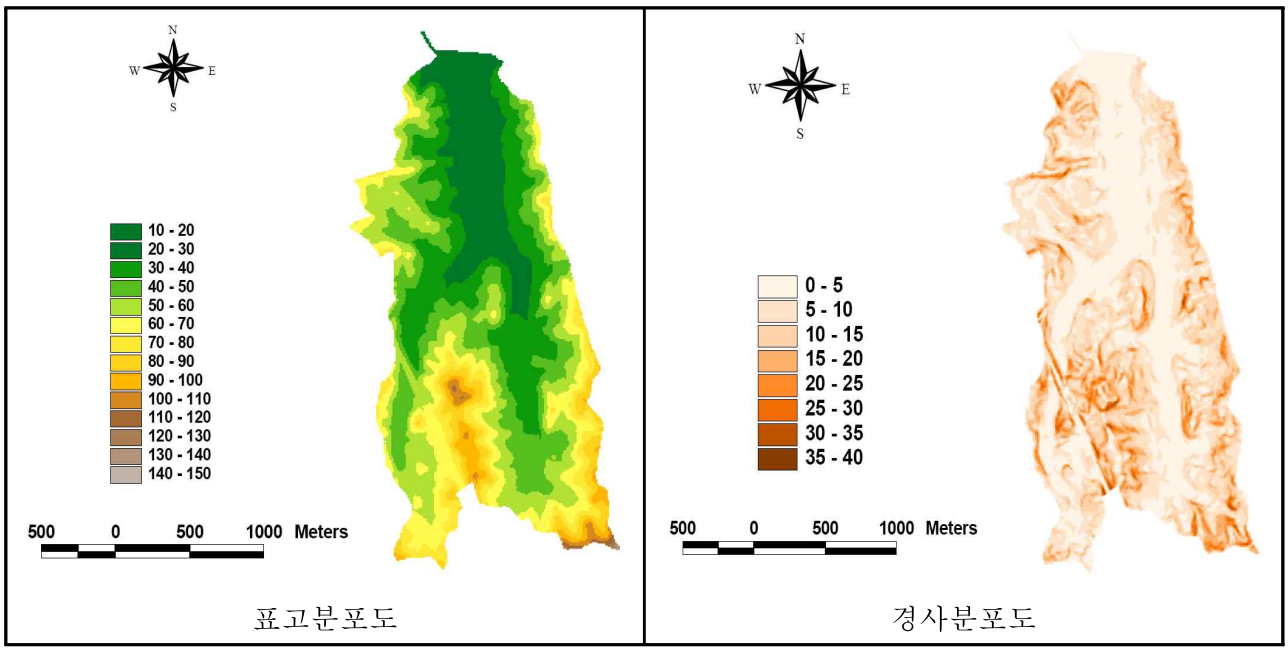


### 4) 유역의 평균고도 및 평균경사

유역의 평균고도 및 평균경사는 유역 지표면의 특성을 나타내는 것으로 유출, 토사의 침식 등과 관계가 깊은 인자로 유역특성을 파악하는데 있어 중요하다. 구수천 유역의 경우 평균고도는 EL.50.68m, 평균경사는 8.21%로써 대체로 완만한 경사를 나타내고 있는 것으로 나타났다. 유역의 평균고도 및 평균경사의 분포를 나타낸 결과는 <표 2.1-9> 및 <그림 2.1-5>과 같다.

**<표 2.1-9> 주요지점별 평균표고 및 평균경사**

| 하천명 | 주요지점명 | 부호 | 평균표고 (El.m) | 평균경사 (°) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 구수천 하구 | GS0 | 50.68 | 8.21 | |
| | 반월천 합류후 | GS1 | 56.25 | 8.79 | |
| | 반월처 합류전 | GS2 | 55.23 | 8.56 | |



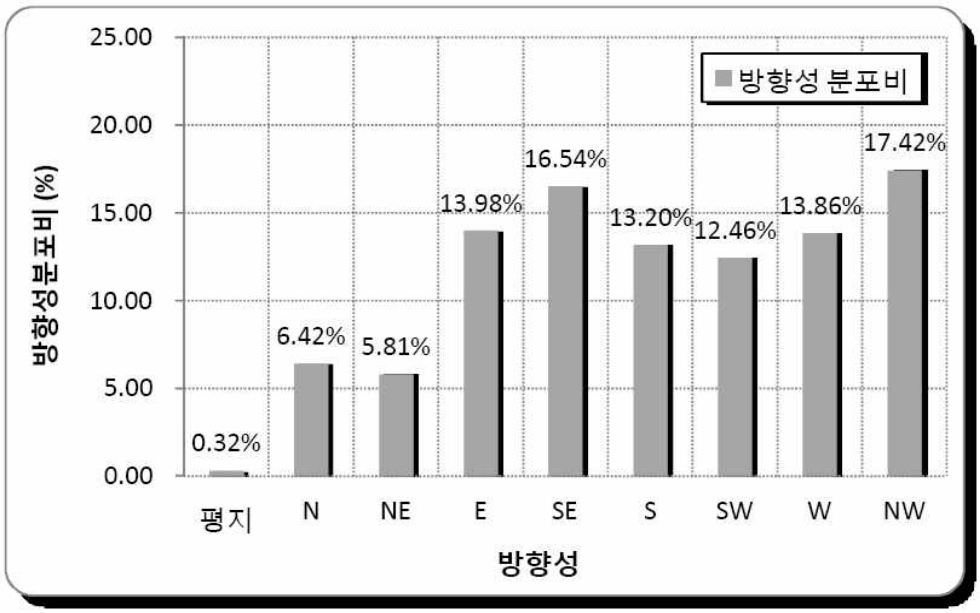

**<그림 2.1-5> 구수천 표고분포도 및 경사분포도**

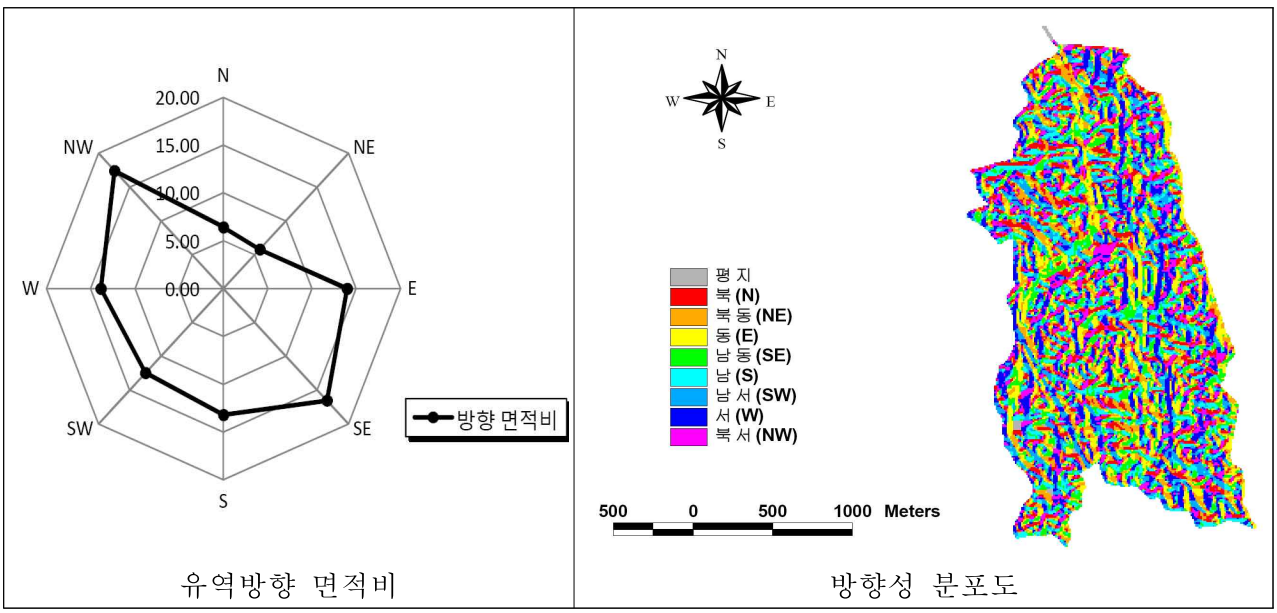
### 5) 방향성

유역의 방향성은 유수의 흐름 및 하천의 흐름방향에 영향을 미치는 요인으로 구수천 유역은 동(E)방향이 13.98%, 남동(SE) 방향이 16.54%, 북서(NW)방향이 17.42% 주로 북서(NW) 및 남동(SE)방향을 띄는 것으로 분석되었고, 유역의 방향성 결과는 <표 2.1-10>와 같다.

## <표 2.1-10> 구수천 유역의 방향성

| 하천명 | 주요 지점명 | 부 호 | 구분 | 방 향 성 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 평지 | N | NE | E | SE | S | SW | W | NW |
| 구수천 | 구수천 하구 | GS0 | 면적(km²) | 0.01 | 0.24 | 0.21 | 0.51 | 0.60 | 0.48 | 0.46 | 0.51 | 0.64 |
| | | | 구성비(%) | 0.32 | 6.42 | 5.81 | 13.98 | 16.54 | 13.20 | 12.46 | 13.86 | 17.42 |
| | 반월천 합류후 | GS1 | 면적(km²) | 0.01 | 0.17 | 0.15 | 0.38 | 0.46 | 0.35 | 0.32 | 0.37 | 0.47 |
| | | | 구성비(%) | 0.28 | 6.29 | 5.70 | 14.01 | 17.25 | 13.22 | 11.89 | 13.69 | 17.67 |
| | 반월천 합류전 | GS2 | 면적(km²) | 0.00 | 0.09 | 0.09 | 0.20 | 0.27 | 0.20 | 0.18 | 0.20 | 0.28 |
| | | | 구성비(%) | 0.00 | 6.21 | 5.82 | 13.22 | 17.76 | 13.17 | 12.05 | 13.27 | 18.48 |




<그림 2.1-6> 유역의 방향성 분포도

### 마. 합·분류지점의 하천구간 경계 설정 현황

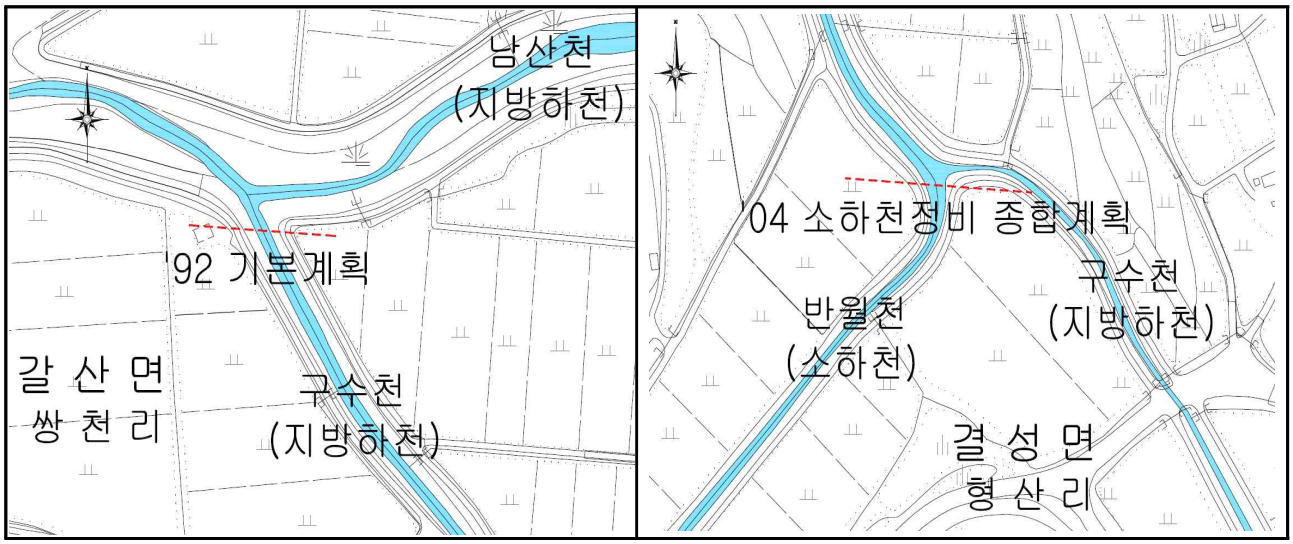
구수천은 남산천(지방하천)으로 유입하는 하천으로 하천법 제7조 제7항 및 같은법 시행령 제5조의 규정에 의한 하천관리청의 관리가 용이하도록 하천구간 경계를 설정하였다. 하천구간의 경계설정은 과거 하천구역 설정현황, 합류부 지점의 지형특성 및 시설물 설치현황 등을 참조하되, 다음과 같은 기준으로 설정하였다.

1) 유제부는 지류의 형상으로 곡선을 나타내기 직전 제방의 제내지측 최외곽선을 연결한 직선으로 하였으며, 이러한 경계선이 제방과 만나는 지점에서 제방을 직각으로 가로지르는 선까지를 본류의 구역으로 하였다.
2) 무제부는 본류하천의 계획홍수위선과 지표가 만나는 선을 기준으로 하였으며, 경계설정 방식은 유제부와 동일하게 적용하였다.
3) 남산천(지방하천)과의 경계는 기 고시된 결과를 따랐다.

남산천에 합류되는 지방하천에 대한 경계는 <표 2.1-11> <그림 2.1-7>과 같이 설정하였고, 부도에도 표시하여 구수천의 하천구간을 알기 쉽도록 하였다.

**<표 2.1-11> 합 · 분류지점 하천구간 경계설정 현황**

| 하천명 | 등급 | 행정구역 | 좌표 | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | X | Y | |
| 남산천 | 지방하천 | 홍성군 갈산면 쌍천리 | 161412.0174 | 444452.0197 | |
| 반월천 | 소하천 | 홍성군 결성면 형산리 | 161722.4504 | 443591.0762 | |




【주】「남산천 하천정비기본계획(1992. 12, 충청남도)」
(a) 구수천-남산천 경계설정

【주】「소하천정비종합계획(2004. 12, 홍성군)」
(b) 구수천-반월천 경계설정

**<그림 2.1-7> 합 · 분류지점 하천구간 경계설정 현황도**

## 2.1.2 유역의 자연현황

### 가. 지 형

구수천에 대한 지형특성을 살펴보면 구수천 유역은 충청남도 홍성군 갈산면 쌍천리, 결성면 형산리로 2개면과 2개리로 편입되어 있다. 또한 큰 산, 큰 하천은 없으며 지기산(智基山)·은하봉(銀河峰) 등이 기복하는 동부는 해발고도 250~300m 산지를 이루고, 기타 대분부분의 지역은 150m 내외의 구릉지이다.

토지이용현황은 전체 유역면적 3.66㎢ 중 논이 1.08㎢로 29.51%, 밭이 0.44㎢로 12.02%, 임야는 1.63㎢로 44.54% 도시 및 주거지의 면적이 0.46㎢로 12.57%를 각각 차지하고 있으며 유역의 평균고도는 EL.50.68m이고, 평균경사는 8.21°로 유역의 형상이 다소 급한 농경지 하천의 특성을 띠고 있다. 구수천은 결성면 형산리에서 남쪽으로 유하하다가 지방하천인 와룡천의 제1지류 남산천으로 유입한다.

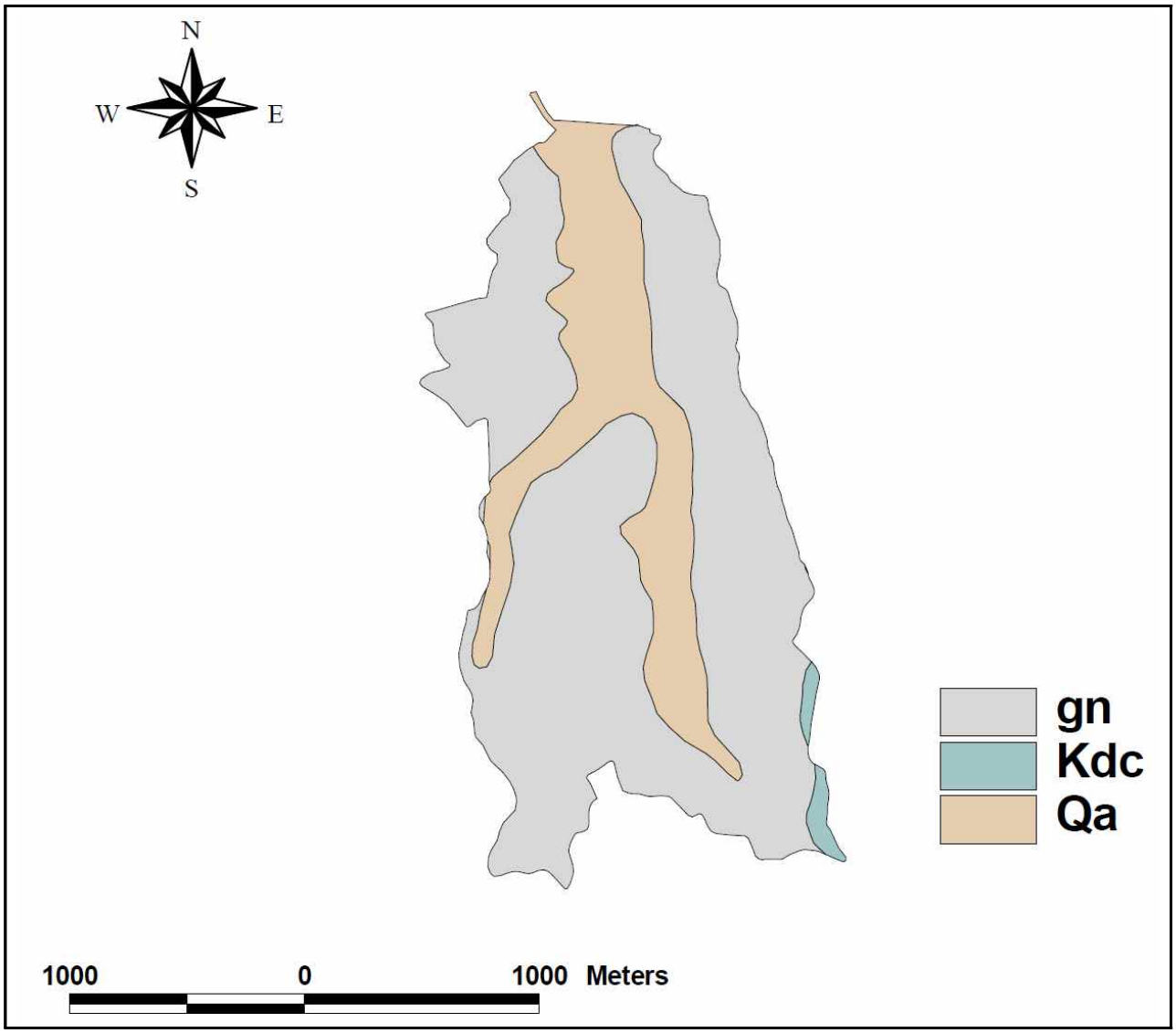
### 나. 지 질

구수천 유역의 지질구조는 gn이 2.72㎢(74.28%), Qa 0.90㎢(24.48%), Kdc 0.05㎢(1.24%)의 지질층이 차지하고 있다. 지질별로는 유역전체로는 화강편마암, 주입편마암, 복영편마암이 대부분을 차지하는 것으로 나타났다. 구수천 유역에 분포되어 있는 지질형별 면적구성비는 <표 2.1-12>과 같고, 지질도는 <그림 2.1-8>와 같다.

**<표 2.1-12> 지질형별 면적구성비**

| 층서명 (약어) | 시대 | 지층명 | 대표암석 | 면적 (㎢) | 비율 (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| gn | 미상 | 화강편마암, 주입편마암, 복영편마암 | 화강편마암, 주입편마암, 복영편마암 | 2.72 | 74.28% |
| Kdc | 중생대 백악기 | 경상계 불국사통 장곡리섬록암 | 장곡리섬록암 | 0.05 | 1.24% |
| Qa | 신생대 제4기 | 제4계 충적층 | 역, 사, 점토 | 0.90 | 24.48% |

【주】 자료 : 한국지질자원연구원 (http://geoinfo.kigam.re.kr/)




<그림 2.1-8> 구수천 지질도

## 다. 토양

유역의 토양특성은 강우로 인한 유출과정에 직접적인 영향을 미치는 인자로, 토양의 성질에 따라 침투능이 상이하여 총 강우량 중 직접유출에 기여하는 유효우량의 크기에 영향을 주는 중요한 인자이다.

우리나라 토양에 대한 수문학적 토양유형을 분류하고자 하는 시도는 여러 차례 있어 왔으며, 대표적인 시도가 정정화 등(1995)이 분류한 수문학적 토양군이다. 이는 토양의 침투투수특성에 대한 실측자료가 부족한 우리나라의 실정을 감안하여 토성속, 배수등급, 불투수층, 투수성의 4가지 토양특성을 분류특성으로 하여 각각에 1~4점 범위로 점수를 매긴 후 합산한 점수를 기준으로 수문학적 토양유형을 분류하는 것이다.

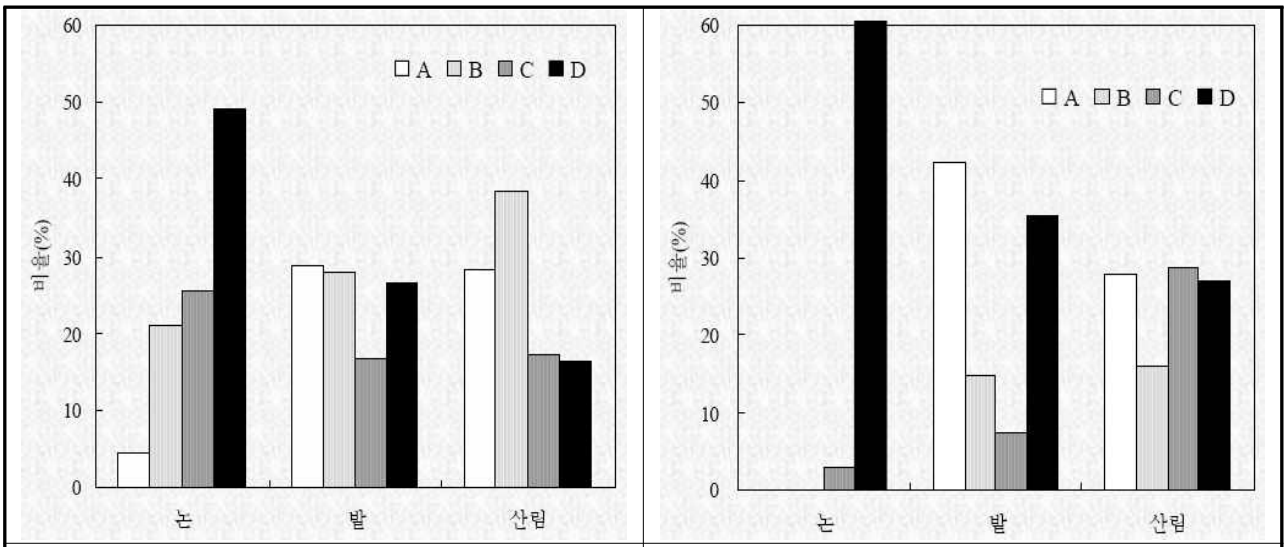
〈표 2.1-13〉 토양의 수문학적 토양군으로의 분류기준

| 흙의 특성 | 흙의 특성에 따른 점수 | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 토성속 | 사질(사력질) - 자갈이 많은 사양질(역질) | 사양질 - 미사사양질 | 식양질 - 자갈이 많은 사양질(식양질) | 미사식양질 - 식질 |
| 배수등급 | 매우양호 | 약간양호 | 약간불량 | 불량 |
| 투수성(cm/hr) | 매우빠름, 빠름 ( > 12 ) | 약간빠름 ( 12~6 ) | 약간느림 ( 6~0.5 ) | 느림, 매우느림 ( < 0.5 ) |
| 투수저해토층의 유무및출현깊이(cm) | 존재하지 않음 | 100~50 | 50~25 | 25 이하 |
| 토양수문군 | TYPE A ( > 13 ) | TYPE B ( 12~11 ) | TYPE C ( 10~8 ) | TYPE D ( < 7 ) |

【주】 자료 : 하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)」

또한 농업과학기술원 토양관리과의 정강호 등(2007)은 토양의 한계침투속도에 따라 수문학적 토양유형을 분류하고자 하는 시도를 하였으며, 새로운 방법으로 분류할 때 기존의 방법과 어떠한 차이가 있는지를 비교·검토하였다.

정정화 등(1995)의 분류와 정강호 등(2007)의 분류를 비교하여 보면, 논토양은 대부분 D유형에 포함되어 크게 구별되었다. 밭토양은 A, D유형이 증가하고 B, C유형이 감소하였으며 산림토양은 B유형이 감소하고 C, D유형이 증가하였다.




(가) 1995년 분류 (정정화 등) (나) 2007년 분류 (정강호 등)

〈그림 2.1-9〉 분류방법별 수문학적 토양유형 분포

## <표 2.1-14> 분류방법에 따른 우리나라 대면적 분포 토양의 수문학적 토양유형

| 토지이용 | 분류방법 | A | B | C | D |
|---|---|---|---|---|---|
| 논 | 정정화 등 (1995년) | 강서, 고천, 남계, 월곡, 매곡, 가천 | 석천, 사촌, 규암 | 지산, 만경, 칠곡, 용지, 행곡, 함평, 신흥, 금곡, 임곡, 칠곡, 남평 | 전북, 평택, 광할, 포승, 옥천, 유가, 예천, 화동, 함창, 가곡, 부용, 호암, 춘포, 양곡, 포리 |
| | 정강호 등 (2007년) | | | | 강서 등 |
| 밭 | 정정화 등 (1995년) | 삼각, 지곡, 수암, 예산, 중동, 상주, 송산, 덕천, 뇌곡, 황룡 | 아산, 오산, 봉산, 반호, 호계, 도계, 용계, 태화, 안룡, 백산, 우곡, 대곡, 송정, 석토, 귀산 | 금곡 | 전남, 장원, 각화, 연곡 |
| | 정강호 등 (2007년) | 삼각, 지곡, 수암, 예산, 중동, 상주, 송산, 덕천, 뇌곡, 황룡, 안룡, 우곡, 백산, 대곡 | 아산, 오산, 봉산, 반호, 호계, 도계, 용계, 태화 | 송정, 귀산 | 전남, 장원, 각화, 연곡, 석토, 금곡 |
| 임야 | 정정화 등 (1995년) | 송산, 삼각, 외산, 수암, 청산, 오대, 행산, 관악 | 오산, 아산, 고산, 봉산, 마산, 태화, 과림, 덕산, 석토 | 장성, 대산, 무등, 대구 | |
| | 정강호 등 (2007년) | 송산, 삼각, 외산, 수암, 과림 | 오산, 아산, 고산, 봉산, 마산, 태화, 청산 | 장성, 대산 | 오대, 행산, 관악, 덕산, 무등, 대구, 석토 |

【주】 1) 전체면적의 75% 이상을 차지하는 토양을 대면적 토양으로 규정하였음
2) 자료 : 「유출율 추정을 위한 토양수문군의 분류 (한국농공학회지, 37권 6호, 1995, 정정화 등)
「투수속도 실측자료를 이용한 수문학적 토양유형의 분류 (농업과학기술원, 2007, 정강호 등)」

## <표 2.1-15> 정밀토양도 토양형의 수문학적 분류

| Hydrologic group | Soils series pertinent | 토양의 성질 |
|---|---|---|
| TYPE A | 임자, 가파, 갈곡, 감산, 강정, 과림, 과천, 괴산, 구좌, 금악, 금천, 나리, 낙동, 낙산, 남계, 남양, 녹전, 뇌곡, 다인, 단북, 대곡, 대흘, 덕계, 덕천, 도동, 도산, 동귀, 마지, 명지, 무릉, 무이, 미악, 미탄, 백산, 병악, 본량, 비천, 사라, 삼각, 상주, 성산, 성인, 소택지, 송산, 수암, 신기, 안룡, 알봉, 애월, 연대, 영락, 영일, 예산, 오라, 온평, 외산, 우곡, 운곡, 운봉, 울릉, 울산, 원곡, 원지, 월령, 월산, 월정, 의성, 이도, 이산, 이원, 일평, 임동, 임산, 입석, 적악, 주곡, 주천, 중동, 지곡, 진천, 차항, 창곡, 청심, 추계, 토계, 표선, 풍천, 하사, 한림, 해리, 향목, 홍문, 홍천, 화봉, 황룡 | 낮은 유출율(Low runoff Potential), 침투율이 대단히 크며, 자갈이 있는 부양질, 배수매우 양호 (high infiltration rate) |
| TYPE B | 고산, 군산, 규암, 근산, 김녕, 나산, 낙서, 남원, 노로, 녹산, 논고, 논산, 도계, 마산, 망실, 매곡, 반호, 범평, 봉산, 삼각, 신정, 아산, 안덕, 안룡, 오산, 용계, 용당, 용흥, 우도, 운곡, 유원, 유천, 유하, 의귀, 이목, 이현, 장산, 정방, 죽암, 청룡, 청산, 초정, 태화, 호계, 화순 | 침투율이 대체로 크고 (Moderate infiltration rate), 돌 및 자갈이 섞인 사질토, 배수 대체로 양호 |
| TYPE C | 각화, 공산, 교래, 구곡, 구엄, 귀산, 금지, 금진, 낙천, 남곡, 남평, 단성, 대산, 도천, 동암, 동흥, 모산, 미산, 민악, 백령, 부여, 북평, 사두, 산청, 송당, 송악, 송정, 시례, 신엄, 신현, 아라, 완산, 인성, 장성, 장천, 정읍, 제주, 제천, 중문, 진곡, 천곡, 청산, 추산, 토산, 평창, 하모, 한경, 행원, 흑석, 흑악 | 침투율이 대체로 작고, 대체로 사질토 토양층, 배수대체로 불량 |
| TYPE D | 가곡, 가천, 가포, 각화, 간석소택지, 간석지, 갈전, 감곡, 감천, 강동, 강릉, 강서, 강진, 경산, 고령, 고천, 고평, 고흥, 공덕, 공성, 관악, 광산, 광석지, 광포, 광활, 구포, 극락, 금곡, 금서, 김제, 김해, 남산, 다평, 달동, 달천, 대구, 대본, 대원, 대정, 대평, 대흥, 덕곡, 덕산, 덕평, 덕하, 도곡, 도전, 동송, 동호, 등귀, 마곡, 마령, 만경, 만성, 매곡, 매봉, 매산, 무등, 문경, 문포, 물금, 미원, 반곡, 반산, 반천, 방곡, 방기, 백구, 백수, 복내, 복천, 봉계, 봉곡, 봉남, 봉림, 부곡, 부용, 비곡, 사동, 사촌, 산계, 산방, 삼암, 서탄, 석계, 석천, 석토, 수계, 수북, 승주, 신답, 신불, 신평, 신흥, 심천, 아곡, 악양, 안계, 안미, 암석노출지, 암석지, 압곡, 양곡, 여수, 연곡, 연천, 염포, 영동, 영산, 영월, 예곡, 예천, 오대, 오천, 오평, 옥계, 옥동, 옥천, 왕산, 용강, 용곡, 용수, 용암지, 용지, 용호, 우지, 우평, 운교, 월곡, 월평, 위미, 유가, 유계, 유곡, 유현, 율곡, 율포, 은곡, 음성, 이천, 이호, 인제, 임곡, 장계, 장원, 장유, 장파, 장호, 저동, 저수지, 전남, 전북, 점곡, 정동, 정자, 조천, 종곡, 죽곡, 중엄지산, 진도, 진목, 창평, 천부, 천평, 철원, 청계, 청원, 청풍, 초계, 초봉, 춘도, 춘천, 춘포, 칠곡, 칠원, 태산, 태안, 토평, 통천, 특곡, 파주, 판곡, 평대, 평안, 평전, 평택, 평해, 포곡, 포두, 포리, 포승, 하빈, 하원, 하정, 하천범람지, 하해범람지, 학곡, 학산, 학성, 학포, 함창, 함평, 해안, 해척, 행곡, 행산, 향호, 호남, 화동, 화산, 화수, 회곡, 효천, 흥평 | 높은 유출율(high runoff potential), 침투율이 대단히 작은 점토질 종류의 토양으로 거의 불투성, 배수 대단히 불량 |

【주】 자료 : 수문해석을 위한 토양수리특성과 토양전자지도의 활용(2007, 농업과학기술원)

### <표 2.1-16> 구수천 유역의 토양형별 구성현황

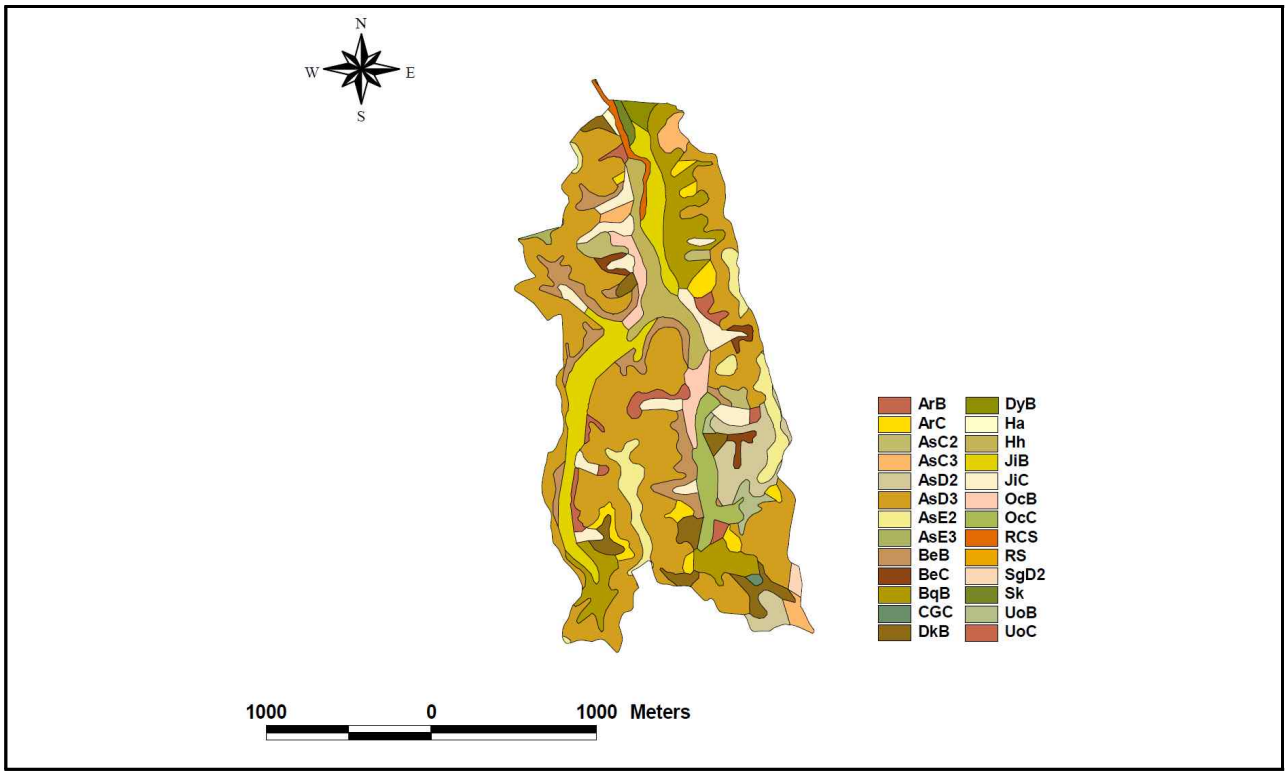
| 토양명 | 토양통명 | 수문학적토양군 | 면적(㎢) | 비율(%) |
|---|---|---|---|---|
| ArB | 안룡 | B | 0.02 | 0.45% |
| ArC | 안룡 | B | 0.10 | 2.73% |
| AsC2 | 아산 | B | 0.05 | 1.39% |
| AsC3 | 아산 | B | 0.06 | 1.72% |
| AsD2 | 아산 | B | 0.17 | 4.64% |
| AsD3 | 아산 | B | 1.43 | 39.05% |
| AsE2 | 아산 | B | 0.16 | 4.50% |
| AsE3 | 아산 | B | 0.01 | 0.20% |
| BeB | 백산 | B | 0.21 | 5.82% |
| BeC | 백산 | B | 0.04 | 1.00% |
| BqB | 부곡 | D | 0.31 | 8.44% |
| CGC | 칠곡 | C | 0.00 | 0.13% |
| DkB | 대곡 | D | 0.12 | 3.39% |
| DyB | 덕평 | D | 0.02 | 0.56% |
| Ha | 함창 | D | 0.01 | 0.17% |
| Hh | 함창 | D | 0.14 | 3.85% |
| JiB | 지산 | D | 0.29 | 7.93% |
| JiC | 지산 | D | 0.18 | 4.79% |
| OcB | 옥천 | D | 0.08 | 2.29% |
| OcC | 옥천 | D | 0.10 | 2.73% |
| RCS | 하천범람지 | B | 0.03 | 0.80% |
| RS | 하천범람지 | B | 0.00 | 0.00% |
| SgD2 | 삼각 | A | 0.01 | 0.32% |
| Sk | 수계 | D | 0.01 | 0.38% |
| UoB | 우곡 | B | 0.03 | 0.86% |
| UoC | 우곡 | B | 0.07 | 1.86% |

【주】 자료 : 수문해석을 위한 토양수리특성과 토양전자지도의 활용(2007, 농업과학기술원)

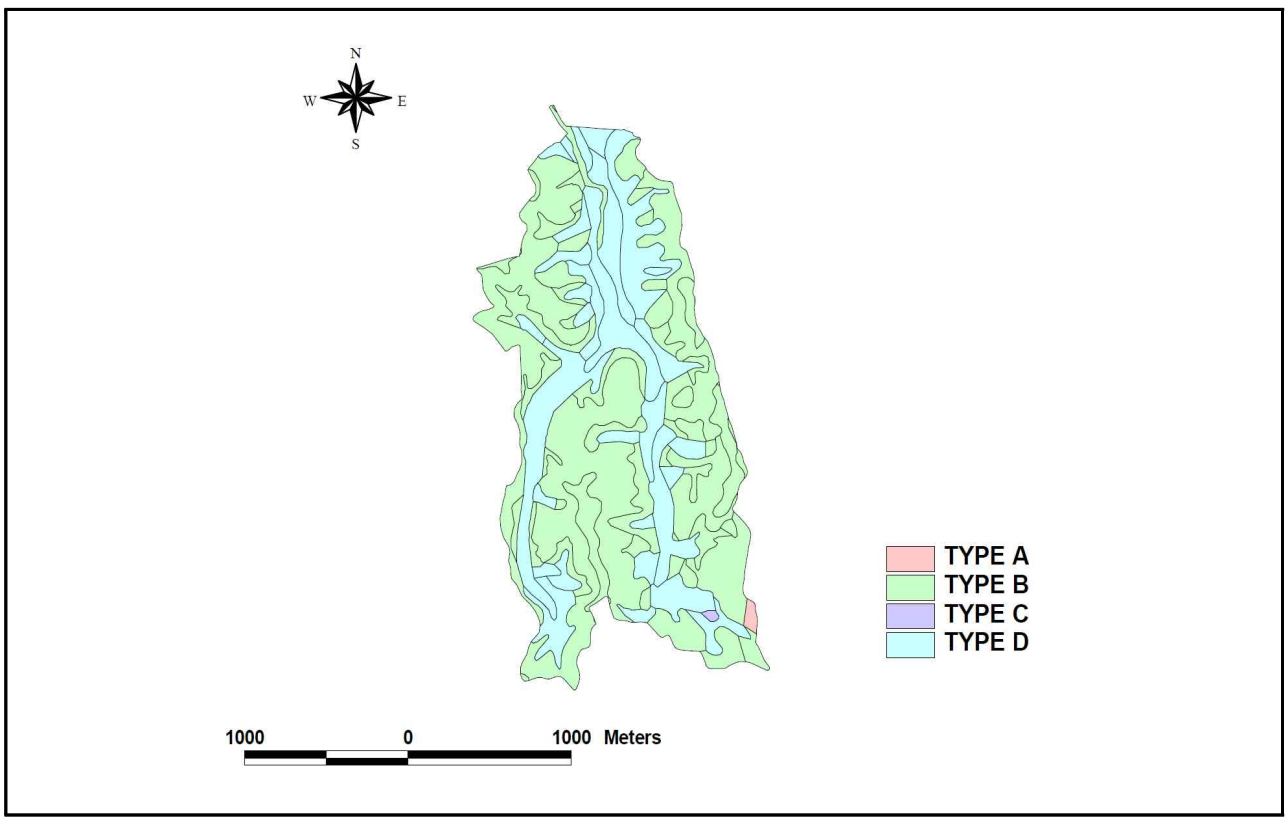
구수천 유역은 전 유역에 걸쳐 표토의 토성이 배수가 양호한 양토로 구성된 'B'군 토양통이 65.02%를 차지하고, 그 외 'A'군과 'C'군 'D'군 토양통이 34.98%를 차지하는 것으로 나타났으며, 토양군 구성비는 <표 2.1-17> 및 <그림 2.1-10>과 같다.

### <표 2.1-17> 수문학적 토양군 구성비

| 구 분 | | 수문학적 토양군 | | | | 합 계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | TYPE A | TYPE B | TYPE C | TYPE D | |
| 구수천 | 면 적(㎢) | 0.01 | 2.38 | 0.00 | 1.26 | 3,66 |
| | 비 율(%) | 0.32% | 65.02% | 0.13% | 34.53% | 100.00 |




<그림 2.1-10> 구수천 유역내 토양분포




<그림 2.1-11> 구수천 유역의 수문학적 토양군 분류

### 라. 토지이용현황

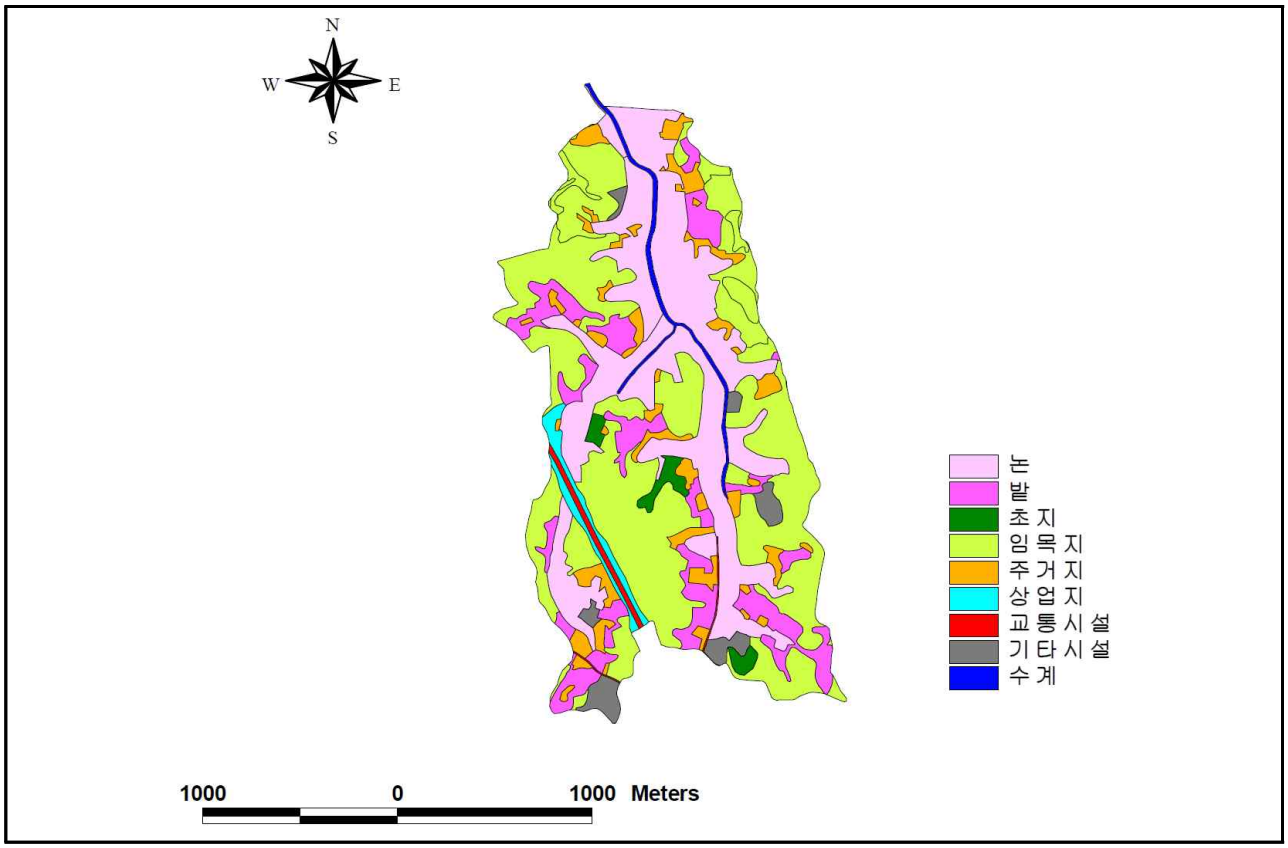
구수천 유역의 토지이용현황은 국토지리정보원에서 제작한 수치토지이용도(1:25,000)를 이용하여 파악하였다. 수치토지이용도는 토지이용을 크게 대분류, 중분류, 소분류로 구분하고 대분류는 농지, 임지, 도시 및 주거지, 수계 등 4가지, 중분류는 14가지, 소분류는 38가지의 토지이용체계로 분류하였다.

구수천 유역의 토지이용현황은 중분류를 기준으로 하되, 수계는 대분류 기준을 적용하였으며 상기 기준에 의하여 구수천 유역의 토지이용현황을 분석한 결과, 대략적으로 임목지가 44.54%를 차지하며, 주거지 12.57%, 농경지 41.53%, 수계 1.37%로 나타났다. 세부적인 토지이용현황 분석결과는 <표 2.1-18> 및 <그림 2.1-12>과 같다.

**<표 2.1-18> 토지이용현황**

| 토지이용분류 | | 세 부 내 용 | 면적 (㎢) | 비율 (%) |
|---|---|---|---|---|
| 대분류 | 중분류 | | | |
| 농지 | 논 | 경지정리답, 미경지정리답 | 1.08 | 29.51% |
| | 밭 | 보통-특수작물, 과수원-기타 | 0.44 | 12.02% |
| 임지 | 임목 | 침엽수림, 활엽수림, 혼합수림 | 0.05 | 1.37% |
| | 초지 | 자연초지, 인공초지 | 1.58 | 43.17% |
| | 기타 | 골프장, 공원묘지, 유원지, 암벽 및 석산 | 0.00 | 0.00% |
| 도시 및 주거지 | 공공시설 | 발전시설, 처리장, 교육-군사시설, 공공용지 | 0.26 | 7.10% |
| | 공업지역 | 공업시설, 공업나지-기타 | 0.07 | 1.91% |
| | 교통시설 | 도로, 철로 및 주변지역, 공항, 항만 | 0.03 | 0.82% |
| | 주거지역 | 일반주택지, 고층주택지 | 0.00 | 0.00% |
| | 상업지역 | 상업-업무지, 나대지 및 인공녹지 | 0.00 | 0.00% |
| | 기타 | 양어장-양식장, 채광지역, 매립지, 광천지, 가축사육시설 | 0.10 | 2.73% |
| 수계 | 습지 | 갯벌, 염전, 하천, 호소, 댐, 백사장 | 0.05 | 1.37% |
| | 하천 | | | |
| | 호소 | | | |
| | 기타 | | | |
| 계 | | | 3.66 | 100.00 |

【주】 세부내용은 수치토지이용도상 구분되는 소분류 내용임.




<그림 2.1-12> 구수천 유역의 토지이용현황

## 마. 임상현황

일반적으로 소유권별 임야면적은 지자체의 통계자료를 이용하여 파악하여야 하나, 자료가 군단위로 제시됨에 따라 현실적으로 구수천 유역내의 소유권별 임야면적을 조사하는 데는 어려움이 따른다. 따라서, 구수천 유역이 편입되어 있는 홍성군의 소유권별 임야면적을 조사한 바, <표 2.1-19>와 같이 국유림이 전체 임야면적의 2.96%인 580ha, 공유림은 3.01%인 590ha, 사유림이 94.04%인 18,445ha를 차지하고 있으며, 사유림이 전체 임야면적의 90% 이상을 차지하는 것으로 나타났다.

<표 2.1-19> 소유권별 임야 면적

| 행정구역 | 임야면적 (ha) | 국유림(ha) | | | 공유림(ha) | | | 사유림 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 소계 | 산림청 | 타부서 | 소계 | 도유림 | 군유림 | (㎢) |
| 홍성군 | 19,615 | 580 | 416 | 164 | 590 | - | 590 | 18,445 |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보

## 2.1.3 유역의 사회·역사·문화적 현황

### 가. 행정구역 및 인구

구수천 유역의 인구는 홍성군 통계연보(2011년 통계자료 기준)를 기초자료로 행정구역별 편입 면적비를 적용하여 추정하였다. 유역내에는 홍성군의 결성면, 갈산면 2개면 편입되는 것으로 나타났으며, 6,329세대 14,484명이 거주하는 것으로 조사되었다.

**<표 2.1-20> 행정구역별 편입 및 점유비율**

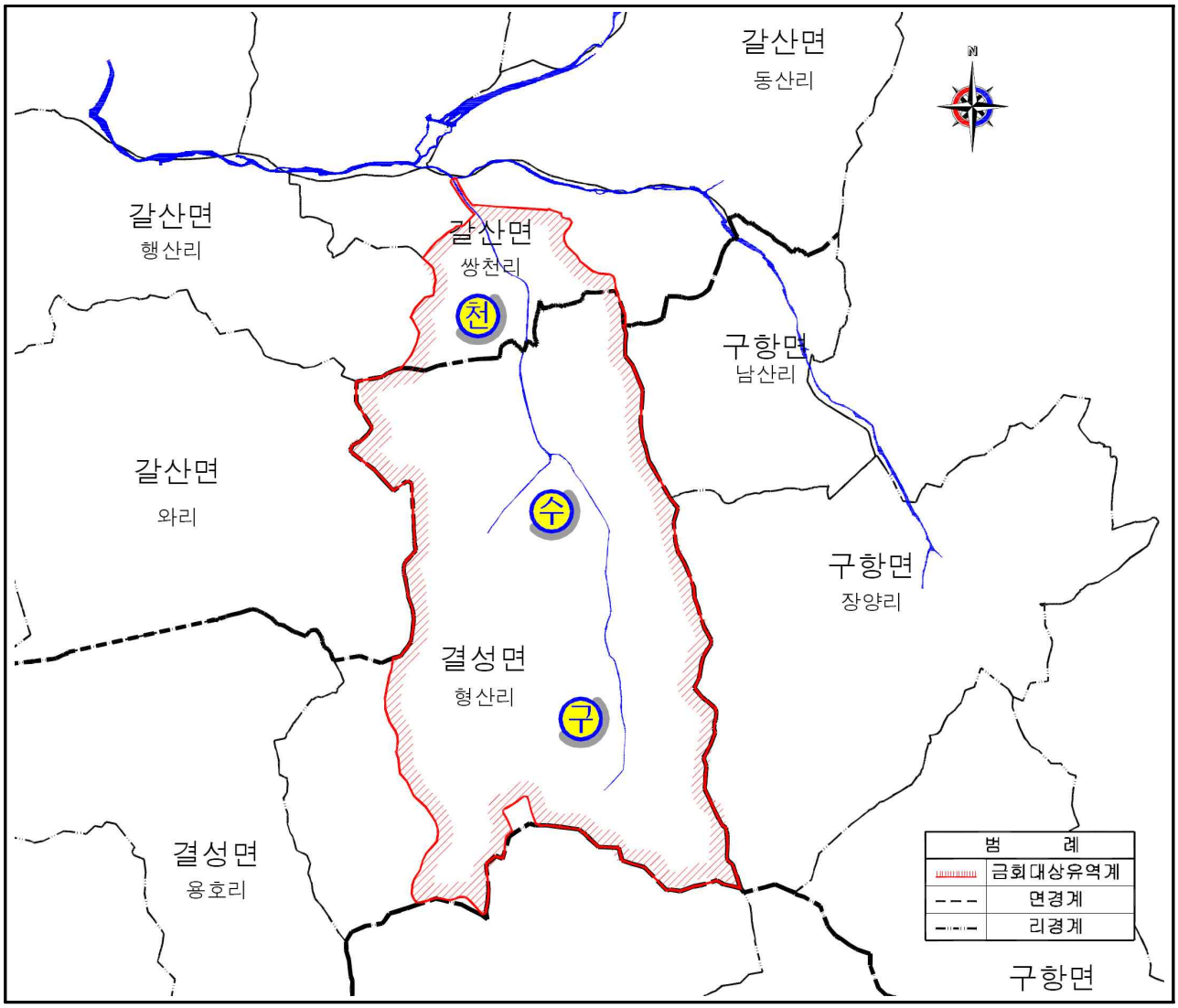
| 하천명 | 시・군 | 읍면 | 면적 (㎢) | 편입면적 (㎢) | 편입면적비 (%) | 유역내비율 (%) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 홍성군 | 결성면 | 29.15 | 3.22 | 11.05 | 87.98 | |
| | | 갈산면 | 54.35 | 0.44 | 0.81 | 12.02 | |
| 계 | 1개군 | 2개면 | - | 3.66 | 11.86 | 100.00 | |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보

**<표 2.1-21> 행정구역별 인구 및 세대현황**

| 하천명 | 시・군 | 읍면 | 세대수 | 인구 | | | 인구밀도 (인/㎢) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 계 | 남자 | 여자 | | |
| 구수천 | 홍성군 | 결성면 | 1,181 | 2,617 | 1,303 | 1,314 | 87.86 | |
| | | 갈산면 | 1,865 | 4,306 | 2,172 | 2,134 | 77.53 | |
| 계 | 1개군 | 2개면 | 6,329 | 14,484 | 8,486 | 7,098 | - | |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보




〈그림 2.1-13〉 구수천 유역 행정구역도

## 나. 하천의 문화현황

홍성군의 문화재를 국가지정문화재, 지방지장문화재 등으로 구분하여 조사한 결과 홍성군의 문화재는 총 52점으로 국가지정문화재 9점, 지방지정문화재 24점으로 분포하는 것으로 조사되었다. 구수천 유역내 문화재는 없는 것으로 조사되었으며 홍성군 문화재 현황은 부록에 수록하였다.

### 2.1.4 유역현황의 분석

구수천은 농경지, 및 산지 하천의 특성을 나타내고 있는 하천으로 구간별로 현황에 적합한 계획수립이 필요할 것으로 판단된다. 또한 치수·이수·환경계획 수립시 구간별로 상·하류가 연계될 수 있도록 상호보완적인 계획수립이 필요하며, 이외에도 유역의 자연환경 및 문화적 현황을 감안하여 문화·관광적 측면까지도 고려한 하천기본계획수립이 필요할 것으로 판단된다.

**<표 2.1-22> 구수천 유역 현황분석**

| 구분 | 현황분석 | 비고 |
|---|---|---|
| 일반 현황 | · 총 1개소의 반월소하천으로 수계가 구성되어 있음<br>· 유역형상계수가 상류(0.60)에서 하류(0.37) 하류로 갈수록 장방형에 근접함<br>· 상대면적-상대고도곡선(hypsometric curve)으로 지질학적 발달과정을 판단한 결과 구수천 유역은 장년기에서 노년기로 진행하는 과정에 있음 | |
| 자연 현황 | · 유역의 상류는 우안은 산지로 형성되어 있으며 좌안은 경작지로 구성되어 있음<br>· 유역의 하류는 간월호로 유입되는 지방하천 와룡천의 1지류인 지방하천인 남산천으로 유입되며 양안으로는 농경지가 형성되어 있음.<br>· 유역의 대부분은 넓은 농경지가 발달<br>· 표토의 토성이 배수가 양호한 양토로 구성된 'B'군 토양통이 65.02%<br>· 유역내 농경지가 41.53%로 차지하고 있으며, 초지는 43.17%로 대부분 농경지 및 초지로 구성 | |
| 사회 역사 문화적 현황 | · 구수천유역은 갈산면 쌍천리, 결성면 형산리 2개의 면 2개의 리로 구성<br>· 유역내 인구는 결성면 2,617명 갈산면 1,865명으로 추정됨<br>· 유역내에는 문화재가 없는 것으로 조사되었음 | |

## 2.2 수문조사

### 2.2.1 수문관측소

#### 가. 기상관측소

구수천 유역내에는 기상관측소가 없으며, 유역인근에 서산관측소가 구수천 유역 중심으로부터 24.53㎞ 떨어진 거리에 위치하고 있다. 관측소의 현황은 <표 2.2-1>과 같다.

**<표 2.2-1> 기상관측소 현황**

| 관측소명 | 수계명 | 전송 방법 | 관측 방법 | 위치 | | | 관측 개시일 | 해발고 (m) | 관할 기관 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 주소 | 경도 | 위도 | | | |
| 서산 | 금강 서해권 | TM | 전도형 | 충남 서산시 수석동 188번지 서산기상대 | 126-29-45 | 36-46-25 | 1968-01-01 | 25.2 | 기상청 |

【주】 자료 : 한국수문조사연보(2010, 국토해양부)

#### 나. 우량관측소

구수천 유역내 우량관측소는 1968년 관측을 개시한 국토해양부 관할 서산관측소가 위치하고 있으며, 유역의 중심에서 반경 30㎞ 이내에는 국토해양부 3개소, 기상청 관할 관측소 1개소의 우량관측소가 위치하고 있다.

**<표 2.2-2> 우량관측소 현황**

| 관측 소명 | 수계명 | 위 치 | | | 관측 개시일 | 해발고 (El.m) | 관리 기관 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 주소 | 경도 | 위도 | | | |
| 서산 | 금강 서해권 | 충남 서산시 수석동 188번지 서산기상대 | 126-29-45 | 36-46-25 | 1968-01-01 | 25.2 | 기상청 |
| 홍성 | 삽교천 | 충남 홍성군 홍성읍 오관리 홍성초등학교 | 126-39-26 | 36-35-59 | 1918-07-01 | 30.0 | 국토 해양부 |
| 예산 | 삽교천 | 충남 예산군 오가면 역탑리 예산국도유지 | 126-47-52 | 36-41-23 | 1933-09-01 | 50.0 | 국토 해양부 |
| 덕산 | 삽교천 | 충남 예산군 덕산면 신평리 덕산면사무소 | 126-39-55 | 36-42-05 | 1957-03-01 | 20.0 | 국토 해양부 |

【주】 자료 : 한국수문조사연보(2010, 국토해양부)

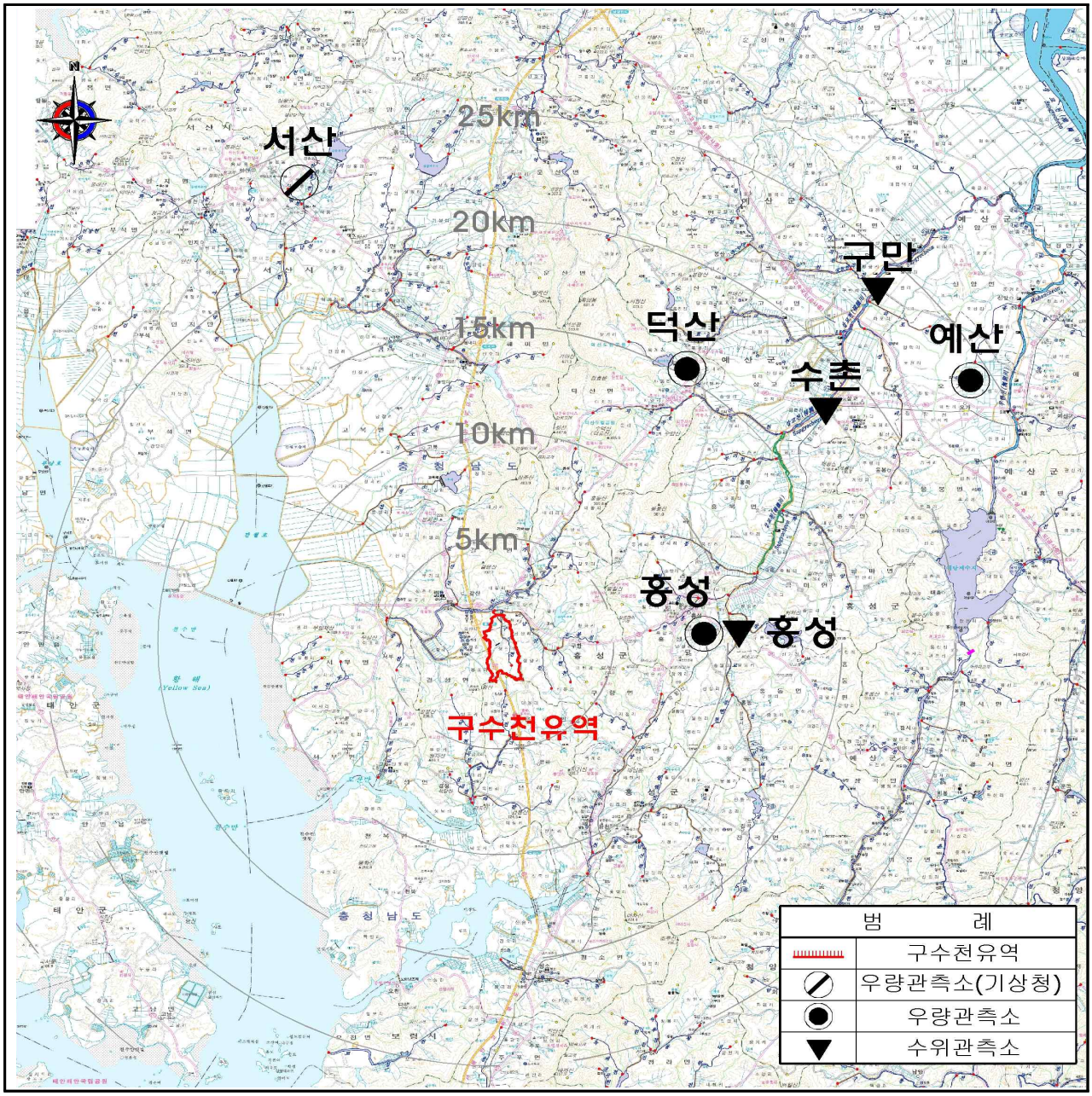
#### 다. 수위관측소

구수천 유역 인근지역의 수위관측소를 살펴본 결과 수촌, 홍성, 구만 수위관측소가 설치되어 있으며, 구수천에 유역 인근에 홍성관측소 관측개시일을 1962년 7월 1일부터 현재까지의 수위관측기록을 보유하고 있으며, 그 현황은 <표 2.2-3>과 같다.

〈표 2.2-3〉 수위관측소 현황

| 관측소명 | 관리 기관 | 유역 면적 (㎢) | 하구로부터의 거리(㎞) | 관측 개시일 | 위치 | 경도 | 위도 | 영점표고 (El.m) | 수준표고 (El.m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 수촌 | 국토 해양부 | 159.70 | 31.7 | 1945. 01. 01 | 충남 예산군 삽교읍 두리 충위대교 | 126-43-51 | 36-41-12 | 5,898 | 14,509 |
| 홍성 | 국토 해양부 | 72.20 | 44.9 | 1962. 07. 01 | 충남 홍성군 홍성읍 고암리 입암교 | 126-41-08 | 36-35-33 | 19,814 | 25,597 |
| 구만 | 국토 해양부 | 355.90 | 25.6 | 1962. 07. 01 | 충남 예산군 고덕면 구만리 구만교 | 126-15-18 | 36-44-10 | 1,585 | 9,545 |

【주】 자료 : 한국수문조사연보(2010, 국토해양부)




〈그림 2.2-1〉 수문관측소 위치도

## 2.2.2 기상

한반도 중서부에 위치하고 있는 구수천 유역의 기상특성은 유역인근에 위치한 국토해양부에서 운영하는 홍성관측소가 존재하나 기온, 상대습도, 풍속 등의 관측자료가 없는 바 유역인근에 위치한 서산기상대의 1968~2011년간의 기상자료를 수집하여 분석하였으며, 그 결과는 <표 2.2-4> 및 <그림 2.2-2>와 같다.

**<표 2.2-4> 기상특성분석(서산기상대)** (관측기간 : 1968~2011년)

| 구분 | 기온(℃) | | | 강수량 (mm) | 증발량 (mm) | 상대습도 (%) | 바람(m/sec) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 평균 | 최고 | 최저 | | | | 평균 (m/s) | 최대 풍속 | 순간 최대 풍속 | 나타난 날 |
| 1월 | -2.0 | 17.7 | -18.7 | 28.7 | 29.8 | 72.4 | 2.3 | 15.3 | 21.4 | 1972.01.21 |
| 2월 | -0.4 | 19.3 | -17.1 | 29.9 | 36.2 | 70.9 | 2.5 | 15.5 | 23.4 | 1994.02.09 |
| 3월 | 4.3 | 21.7 | -9.8 | 45.2 | 62.9 | 69.3 | 2.8 | 20.2 | 31.2 | 1977.03.24 |
| 4월 | 10.8 | 29.8 | -4.7 | 81.1 | 85.8 | 68.6 | 2.9 | 16.7 | 25.4 | 1997.04.29 |
| 5월 | 16.3 | 31.4 | 2.1 | 103.3 | 108.1 | 72.1 | 2.7 | 18.3 | 25.0 | 1974.05.31 |
| 6월 | 20.9 | 33.6 | 8.0 | 137.1 | 104.0 | 77.0 | 2.3 | 16.7 | 24.1 | 1996.06.29 |
| 7월 | 24.3 | 37.3 | 13.7 | 278.8 | 89.7 | 84.1 | 2.6 | 17.0 | 22.4 | 2009.07.14 |
| 8월 | 25.0 | 37.1 | 13.7 | 274.2 | 99.1 | 82.4 | 2.3 | 22.5 | 33.6 | 2000.08.31 |
| 9월 | 20.3 | 32.9 | 4.1 | 150.4 | 81.2 | 79.0 | 2.0 | 27.3 | 41.4 | 2010.09.02 |
| 10월 | 13.9 | 30.7 | -1.9 | 55.6 | 65.8 | 75.2 | 1.9 | 15.7 | 25.8 | 1976.10.30 |
| 11월 | 7.1 | 23.7 | -8.2 | 51.4 | 38.1 | 74.3 | 2.2 | 16.8 | 30.5 | 1988.11.12 |
| 12월 | 0.9 | 18.9 | -15.6 | 30.9 | 29.5 | 73.5 | 2.3 | 17.0 | 25.1 | 1976.12.18 |
| 전년 | 11.8 | 37.3 | -18.7 | 1,266.5 | 69.2 | 74.9 | 2.4 | 18.2 | 27.4 | - |

【주】 자료 : 기상청

### 가. 기온

기온은 <표 2.2-4>에서 보는 것과 같이 월별로 평균, 최고, 최저로 구분하여 분석하였으며, 서산기상대의 연평균기온은 약 11.8℃, 최고기온은 37.3℃, 최저기온은 -18.7℃를 나타내었다.

### 나. 상대습도

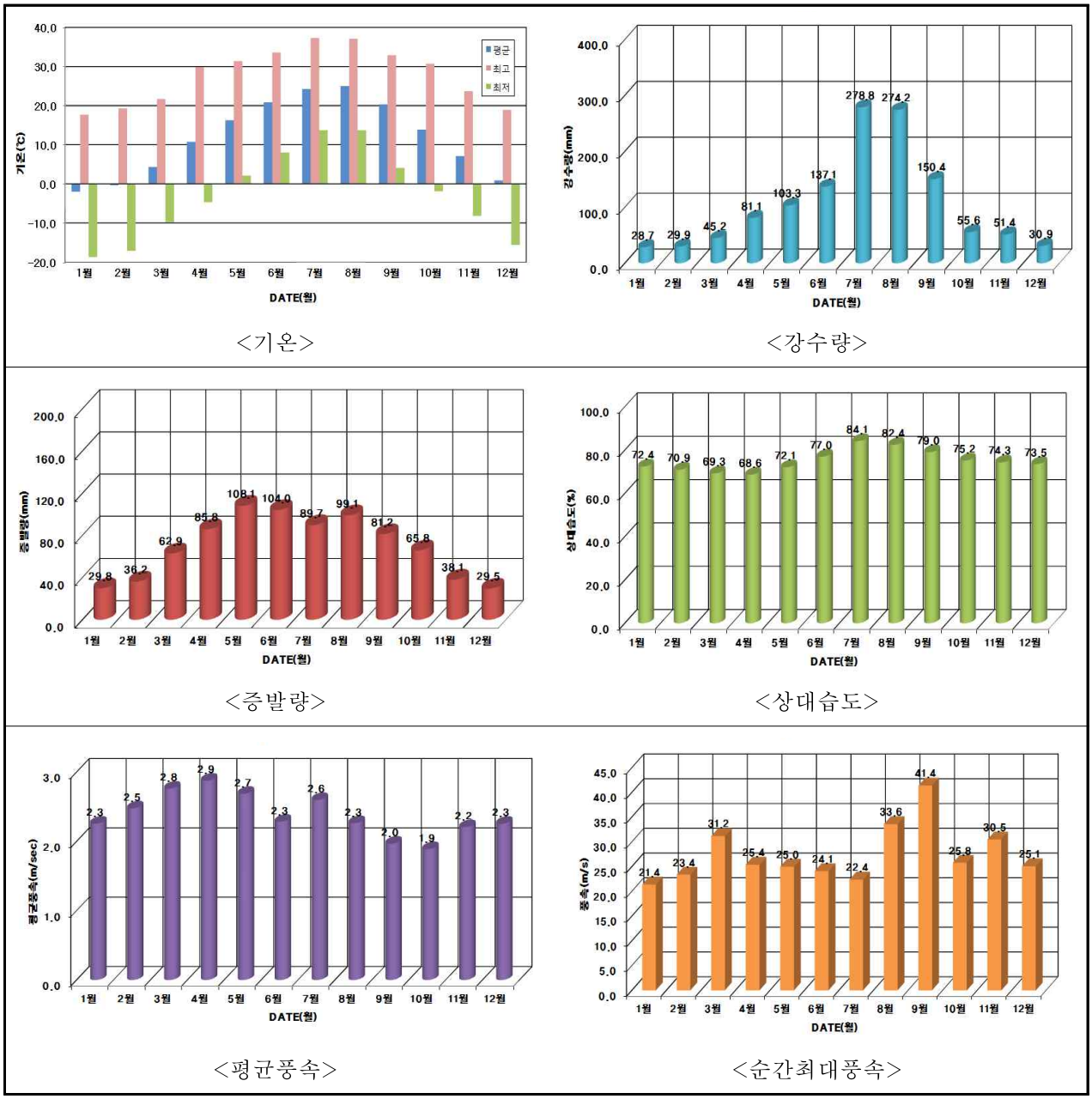
연평균 상대습도는 74.9%이며, 우기인 7월에는 84.1%로 연중 습도가 가장 높은 것으로 나타났고, 봄철인 4월에 68.6%로 가장 낮게 나타났으며, 전반적으로 우기인 7~9월의 상대습도가 비교적 높고, 2~4월에 낮은 계절적인 편차를 보였다.

### 다. 강수일수

연평균 강수일수는 97일로 6월, 7월, 8월인 여름에 주로 장마와 태풍의 영향을 받아 강우가 집중되어 강우일수가 가장 많은 것으로 나타났다.

### 라. 풍속

연평균 풍속은 2.4m/sec로 나타났으며, 관측일부터 순간최대풍속은 2010년 9월 2일에 기록된 41.4m/sec로 나타났다.




<기온> <강수량>

<증발량> <상대습도>

<평균풍속> <순간최대풍속>

<그림 2.2-2> 월별 강수량 (서산기상대)

### 2.2.3 강수

하천유역에 대한 수문특성을 분석하고, 계획수문량을 결정하기 위해서는 장기간의 수문관측기록이 필요하다. 구수천 유역내에는 국토해양부 관할 홍성관측소가 위치하고 있으며, 2010년을 기준으로 1965년부터 2011년까지 47개년의 강우관측자료를 보유하고 있다. 그러나, 보유한 관측 자료중 1965년 동안 동절기(1월, 2월, 3월, 11월, 12월)의 강수기록이 결측되어 있다. 따라서 전기간의 강우량이 관측된 1966~2011년(46개년) 기간의 자료를 이용하여 산정된 연평균 강수량 1,156.0㎜를 구수천 유역의 연평균 강수량으로 채택하였다.

또한, 1966~2011년 자료를 살펴보면, 장마와 태풍같은 홍수기(6월, 7월, 8월, 9월) 기간의 강우량이 평균 810.0㎜로 전체 강우의 약 70%를 차지하고 있어, 강우의 계절적 편중이 심한 것을 볼 수 있다.

**<표 2.2-5> 월별 강수량 (홍성관측소)** **( 단위 : ㎜ )**

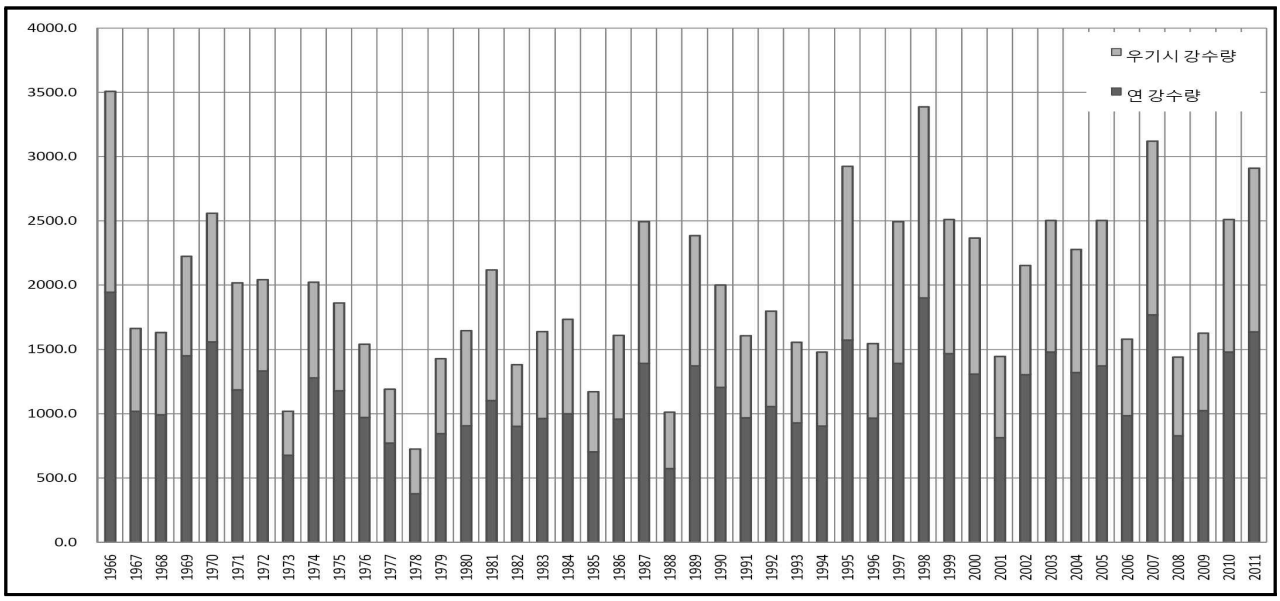
| 구분(년) | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 전년 | 우기 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1966 | 6.7 | 39.3 | 77.0 | 35.9 | 81.3 | 180.7 | 1,040.2 | 137.0 | 204.8 | 70.1 | 53.1 | 20.8 | 1946.9 | 1562.7 |
| 1967 | 12.2 | 39.6 | 68.5 | 92.0 | 57.0 | 91.3 | 180.6 | 187.3 | 187.1 | 38.5 | 60.5 | 4.6 | 1019.2 | 646.3 |
| 1968 | 10.9 | 16.2 | 48.2 | 28.1 | 58.5 | 68.2 | 207.0 | 227.4 | 136.5 | 135.7 | 46.1 | 11.4 | 994.2 | 639.1 |
| 1969 | 105.5 | 59.9 | 26.1 | 208.1 | 162.9 | 10.9 | 283.9 | 323.7 | 155.1 | 46.4 | 43.4 | 25.0 | 1450.9 | 773.6 |
| 1970 | 9.1 | 68.5 | 3.2 | 78.3 | 126.8 | 110.9 | 276.8 | 236.3 | 379.7 | 231.3 | 22.1 | 15.3 | 1558.3 | 1003.7 |
| 1971 | 53.4 | 43.3 | 60.4 | 62.6 | 108.1 | 217.1 | 368.4 | 152.1 | 95.8 | 3.0 | 11.9 | 11.0 | 1187.1 | 833.4 |
| 1972 | 76.5 | 33.0 | 153.9 | 31.4 | 131.3 | 37.1 | 248.5 | 266.1 | 158.3 | 34.1 | 149.5 | 14.2 | 1333.9 | 710.0 |
| 1973 | 62.6 | 14.2 | 0.0 | 132.0 | 93.5 | 94.5 | 80.0 | 108.8 | 59.5 | 31.9 | 0.0 | 0.0 | 677.0 | 342.8 |
| 1974 | 10.7 | 20.9 | 50.4 | 213.1 | 146.2 | 96.8 | 384.4 | 221.9 | 41.1 | 50.5 | 11.1 | 33.3 | 1280.4 | 744.2 |
| 1975 | 10.4 | 11.0 | 109.3 | 145.9 | 99.2 | 40.2 | 284.9 | 236.6 | 122.3 | 47.9 | 19.2 | 52.2 | 1179.1 | 684.0 |
| 1976 | 9.5 | 94.9 | 8.7 | 106.2 | 27.0 | 75.5 | 146.7 | 327.3 | 21.1 | 93.0 | 37.0 | 24.0 | 970.9 | 570.6 |
| 1977 | 0.6 | 0.0 | 17.7 | 227.8 | 108.0 | 77.1 | 231.1 | 106.7 | 3.4 | 0.6 | 0.1 | 0.0 | 773.1 | 418.3 |
| 1978 | 0.0 | 0.0 | 22.4 | 7.6 | 0.0 | 188.0 | 108.0 | 50.0 | 2.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 379.0 | 348.0 |
| 1979 | 15.0 | 195.0 | 0.0 | 20.0 | 25.0 | 204.0 | 94.0 | 277.0 | 8.0 | 5.0 | 0.0 | 4.0 | 847.0 | 583.0 |
| 1980 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 110.0 | 0.0 | 123.0 | 385.5 | 195.0 | 37.0 | 43.2 | 13.7 | 0.0 | 907.4 | 740.5 |
| 1981 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 25.2 | 15.9 | 100.3 | 556.3 | 222.2 | 139.2 | 32.6 | 10.8 | 0.0 | 1102.5 | 1018.0 |
| 1982 | 0.0 | 3.0 | 37.0 | 21.0 | 161.2 | 6.8 | 230.1 | 215.6 | 29.0 | 39.1 | 159.2 | 0.0 | 902.0 | 481.5 |
| 1983 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 132.2 | 88.6 | 70.6 | 229.2 | 199.6 | 177.7 | 32.3 | 33.5 | 0.0 | 963.7 | 677.1 |
| 1984 | 0.0 | 23.1 | 1.5 | 70.0 | 70.5 | 114.0 | 208.0 | 207.8 | 205.5 | 20.5 | 45.5 | 33.0 | 999.4 | 735.3 |
| 1985 | 0.0 | 0.0 | 31.5 | 81.5 | 77.5 | 15.5 | 84.6 | 101.6 | 267.8 | 33.5 | 0.0 | 10.0 | 703.5 | 469.5 |
| 1986 | 0.0 | 0.0 | 30.2 | 41.2 | 116.6 | 75.2 | 262.9 | 161.0 | 154.5 | 58.0 | 23.7 | 34.5 | 957.8 | 653.6 |
| 1987 | 73.5 | 28.4 | 29.8 | 47.5 | 56.8 | 55.4 | 517.3 | 494.9 | 33.0 | 27.5 | 29.5 | 0.0 | 1393.6 | 1100.6 |

【주】 자료 : 한국수문조사연보(해당년도)

<표 2.2-5> 월별 강수량 (홍성관측소)(계속) ( 단위 : ㎜ )

| 구분(년) | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 전년 | 우기 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1988 | 17.1 | 2.8 | 47.9 | 21.5 | 5.0 | 9.9 | 351.4 | 47.0 | 32.0 | 0.0 | 17.8 | 21.0 | 573.4 | 440.3 |
| 1989 | 66.6 | 43.0 | 69.5 | 30.0 | 47.6 | 237.4 | 173.6 | 310.0 | 293.0 | 44.5 | 46.0 | 12.0 | 1373.2 | 1014.0 |
| 1990 | 21.3 | 63.0 | 52.4 | 115.9 | 103.8 | 289.2 | 184.5 | 172.8 | 149.7 | 1.3 | 50.3 | 3.1 | 1207.3 | 796.2 |
| 1991 | 1.6 | 12.0 | 16.6 | 46.7 | 169.4 | 75.5 | 183.0 | 109.3 | 271.0 | 17.0 | 23.0 | 43.0 | 968.1 | 638.8 |
| 1992 | 16.5 | 37.0 | 22.9 | 61.0 | 55.0 | 59.5 | 85.3 | 494.5 | 101.1 | 21.5 | 45.0 | 58.3 | 1057.6 | 740.4 |
| 1993 | 5.5 | 59.1 | 15.5 | 38.0 | 43.8 | 116.3 | 350.0 | 64.5 | 96.0 | 39.5 | 76.2 | 25.5 | 929.9 | 626.8 |
| 1994 | 16.5 | 4.0 | 19.1 | 6.5 | 84.5 | 108.0 | 96.0 | 343.5 | 29.5 | 162.5 | 23.5 | 11.0 | 904.6 | 577.0 |
| 1995 | 19.0 | 2.0 | 23.5 | 55.5 | 54.0 | 26.0 | 102.5 | 1,197.5 | 26.5 | 33.0 | 25.0 | 10.0 | 1574.5 | 1352.5 |
| 1996 | 3.9 | 1.2 | 101.8 | 39.0 | 16.5 | 253.5 | 228.0 | 84.0 | 13.0 | 137.0 | 81.8 | 7.5 | 967.2 | 578.5 |
| 1997 | 73.5 | 28.4 | 29.8 | 47.5 | 56.8 | 55.4 | 517.3 | 494.9 | 33.0 | 27.5 | 29.5 | 0.0 | 1393.6 | 1100.6 |
| 1998 | 2.0 | 48.5 | 41.5 | 127.0 | 82.0 | 259.5 | 316.0 | 571.5 | 341.0 | 38.0 | 63.0 | 12.0 | 1902.0 | 1488.0 |
| 1999 | 12.2 | 6.8 | 47.3 | 91.0 | 136.0 | 176.0 | 159.0 | 350.0 | 358.0 | 100.0 | 16.0 | 16.9 | 1469.2 | 1043.0 |
| 2000 | 50.4 | 1.0 | 4.3 | 39.0 | 60.0 | 189.0 | 92.0 | 549.0 | 230.0 | 42.0 | 34.0 | 17.4 | 1308.1 | 1060.0 |
| 2001 | 58.1 | 13.7 | 13.1 | 17.0 | 17.0 | 205.0 | 219.0 | 195.0 | 13.0 | 44.0 | 8.0 | 12.1 | 815.0 | 632.0 |
| 2002 | 31.0 | 3.0 | 25.0 | 130.0 | 145.0 | 75.0 | 246.0 | 497.0 | 31.0 | 49.0 | 12.0 | 61.0 | 1305.0 | 849.0 |
| 2003 | 18.7 | 56.1 | 27.1 | 180.0 | 105.0 | 284.0 | 314.0 | 270.0 | 157.0 | 18.0 | 50.0 | 0.2 | 1480.1 | 1025.0 |
| 2004 | 35.0 | 31.0 | 30.0 | 72.0 | 140.0 | 201.0 | 339.0 | 168.0 | 251.0 | 2.0 | 52.0 | 0.0 | 1321.0 | 959.0 |
| 2005 | 4.0 | 10.0 | 32.0 | 57.0 | 61.0 | 132.0 | 328.0 | 238.0 | 433.0 | 24.0 | 26.0 | 28.0 | 1373.0 | 1131.0 |
| 2006 | 33.0 | 21.0 | 6.0 | 97.0 | 112.0 | 152.0 | 422.0 | 13.0 | 10.0 | 18.0 | 56.0 | 45.0 | 985.0 | 597.0 |
| 2007 | 12.0 | 21.0 | 132.0 | 37.0 | 111.0 | 107.0 | 276.0 | 593.0 | 377.0 | 42.0 | 25.0 | 36.0 | 1769.0 | 1353.0 |
| 2008 | 30.0 | 12.0 | 39.0 | 46.0 | 79.0 | 117.0 | 306.0 | 134.0 | 56.0 | 7.0 | 2.0 | 1.0 | 829.0 | 613.0 |
| 2009 | 9.0 | 18.0 | 69.0 | 40.0 | 149.0 | 16.0 | 393.0 | 178.0 | 16.0 | 23.0 | 74.0 | 40.0 | 1025.0 | 603.0 |
| 2010 | 47.0 | 51.0 | 85.0 | 44.0 | 149.0 | 36.0 | 316.0 | 363.0 | 316.0 | 23.0 | 20.0 | 30.0 | 1480.0 | 1031.0 |
| 2011 | 3.0 | 48.0 | 26.0 | 118.0 | 89.0 | 334.0 | 733.0 | 152.0 | 54.0 | 20.0 | 49.0 | 11.0 | 1637.0 | 1273.0 |
| 평균 | 22.7 | 27.9 | 38.1 | 75.5 | 84.4 | 121.0 | 285.6 | 266.2 | 137.1 | 43.7 | 36.4 | 17.3 | 1,156.0 | 810.0 |

【주】 자료 : 한국수문조사연보(해당년도)




<그림 2.2-3> 연도별 강수량(홍성관측소)

## 2.2.4 유출 및 수자원 부존량

### 가. 수위

구수천 유역내에는 수위관측을 위한 설비가 없는 미계측 하천으로 수위기록이 전무한 실정으로 수자원개발계획 및 하천관리이용에 정확한 수문자료를 제공하기 위해서는 유역내에나 인근 하천에 대표될 수 있는 지점에 수위관측소을 신설하고 유량관측을 실시할 것을 건의한다.

한편, 유역평균 유출량 산정은 실측수문자료를 이용하여 작성한 수위-유량곡선과 관측하천수위로부터 산정하여야 한다. 그러나, 중·소하천 유역에서는 실측된 수문자료가 없는 경우가 많고 본 구수천 유역 또한 미계측 유역으로서 하류하천인 「남산천 하천정비기본계획(1992. 12, 충청남도) 」에서도 채택한 수위관측소가 없는 실정으로 본 유역의 유출량 산정은 비유량법이나 강우-유출모형으로부터 간접적으로 산정하였다.

### 나. 유출

#### 1) 개요

유역의 장기유출을 산정하기 위한 일반적인 방법으로는 실측자료(유량측정)를 이용하는 방법, Tank모형 등 유출모형에 의한 방법, 기존의 경험식인 Kajiyama 유출고 공식을 이용하는 방법 및 비유량법 등이 있다.

본 계획에서의 유출분석은 유역내에 수위관측소가 없는 관계로 관측소 자료를 이용하여, Kajiyama 유출고 공식에 의한 방법과 일본의 Sugawara가 개발한 Tank모형에 의해 유출을 분석하였다.

#### 2) 유출량 산정방법

홍성관측소의 실측자료 사용이 어려운 것으로 판단해서 본 계획에서는 미계측 유역에서 장기 유출량 산정시 이용되는 모형들을 조사하여 특성을 비교한 후, 비교적 타당한 결과를 보여줄 것으로 판단되는 Tank모형과 Kajiyama모형을 이용하여 구수천 유역의 유출특성을 분석하였다. <표 2.2-6>은 유출량 산정모형의 특성을 비교한 결과를 나타내고 있다.

<표 2.2-6> 유출량 산정모형 비교

| 내 용 | Kajiyama | Tank | 비유량법 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| (1) 미계측유역의 적용성 여부 | ◎ | ◎ | ○ | ◎ : 우수<br>○ : 양호<br>△ : 보통<br>× : 불량 |
| (2) 유역특성의 반영 여부 | × | ○ | × | |
| (3) 적용자료의 다양성 (일강우, 일증발량) | △ | ○ | × | |
| (4) 최적 매개변수 산정의 용이성 | △ | × | × | |
| (5) 유출결과의 질 (일유출 또는 월유출) | △ | ○ | × | |
| (6) 모형의 적용 및 개선의 용이성 | △ | △ | △ | |
| (7) 기수립된 자료의 축적 여부 | ○ | ○ | ○ | |

### 가) Kajiyama(梶山)의 유출고 공식

이 공식은 우리나라에서 농업용 저수지 및 다목적 댐의 저수용량 결정에 가장 많이 이용하였던 월별 유출량 추정공식이다. 이 공식은 1929년에 당시 조선총독부의 토목기사였던 가지야마가 1916년에서 1926년까지 약 10년간 73개 지점의 강수량과 유출량 자료를 정리하고, 그 중 자료가 정확하다고 판단되는 25개 지점의 수문자료를 분석하여 만든 경험식이다. 가지야마 공식은 다음과 같다.

#### (1) Kajiyama의 유출고 공식(梶山의 공식)

$$Q_i = C \cdot A$$

$$C = \sqrt{R^2 + (K \cdot f + a)^2} - K \cdot f \pm E$$

여기서

Qi : 월별 유출량(㎥/s)

C : 월별 유출고(㎜)

A : 유역면적

R : 우량 관측소의 월별강우량(㎜)

K : 극한 손실고(138.6㎜)

a : 최소 유출고(10.2㎜)

f : 유역의 상황에 의하여 변화하는 계수

<표 2.2-7> 유출특성계수(f)

| 유 역 특 성 | 특성계수 (f) | 비고 |
|---|---|---|
| 경작지 및 임야가 많고, 경사 완만하여 손실우량 과대 | 1.4 | |
| 경작지 및 임야가 많고, 경사 완만하여 손실우량 대 | 1.2 | |
| 경작지 및 임야가 많고, 경사 완만하여 손실우량 중 | 1.0 | |
| 경작지 및 임야가 적고, 경사 급하여 손실우량 소 | 0.8 | |
| 경작지 및 임야가 적고, 경사 급하여 손실우량 최소 | 0.6 | |

<표 2.2-8> 월별 보정계수(E)

| 강우량 (mm) | 월별 강우량별 보정유량 (E, mm) | | | | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1월 | 2월 | 4월 | 5월 | 6월 | 9월 | 10월 | |
| 0 | -2.5 | -2.5 | 5.0 | - | -2.0 | 6.0 | 7.0 | 3월, 7월, 8월, 11월, 12월의 보정유량은 0 |
| 10 | -2.0 | -2.0 | 5.5 | - | -3.0 | 6.4 | 6.3 | |
| 20 | -1.5 | -1.5 | 6.0 | - | -4.0 | 6.8 | 5.6 | |
| 30 | -1.0 | -1.0 | 6.5 | - | -6.0 | 7.2 | 4.9 | |
| 50 | - | - | 7.5 | - | -9.0 | 8.0 | 3.5 | |
| 70 | - | - | 8.5 | -2.4 | -12.0 | 8.8 | 2.1 | |
| 80 | - | - | 9.0 | -3.6 | -17.0 | 9.2 | 1.4 | |
| 100 | - | - | 10.0 | -6.0 | -20.0 | 10.0 | - | |
| 150 | - | - | 5.0 | -12.0 | -26.0 | 11.0 | - | |
| 200 | - | - | - | -6.0 | -30.0 | 12.0 | - | |
| 250 | - | - | - | - | -22.5 | 9.0 | - | |
| 300 | - | - | - | - | -15.0 | 6.0 | - | |

【주】 E : 각 월마다 강우량에 의해 변화하는 보정계수

이 공식은 다음과 같은 가정하에서 만들어졌다.

- 조사대상 하천에서의 유출률은 40~70%이고 평균 55%이다.
- 유역내의 연평균 유출고는 550㎜이며, 이때 f값은 유역의 상황에 따라 변화하는 것으로 유출량이 큰 유역에서 f는 1보다 작은 값, 유출량이 작은 유역에서는 f는 1보다 큰 값을 사용한다.
- 비가 오지 않는 달이라도 최소 유출고(a)인 기저유출은 10.2㎜로 항상 같다.
- 강수가 많을 때에 유역에서의 최대 손실한도(K)는 138.6㎜이다.
- 월별 및 월강수량의 다소에 따라 월별 보정치 E를 변화시킨다.

### 나) TANK모형을 이용한 유출량 추정

Tank모형은 Sugawara가 제안한 모형으로 유역을 오리피스 유출공을 가진 몇 개의 저류형 탱크(가상용기, Tank)를 조합하여 강수량을 유량으로 환산하는 유출모형으로 모형의 유출기구가 수문현상을 비선형적으로 잘 재현하기 때문에 수문자료가 충분하지 않은 지역에서 보편적인 방법으로 유효성을 인정받고 있다. 또한, 최근 국가수자원계획의 최상위 계획인 「수자원장기종합계획(2000. 12, 국토해양부 & 한국수자원공사)」에서도 이수계획 수립을 위한 강우-유출해석시 직렬4단 Tank모형을 적용한 바 있다.

#### (1) Tank모형의 구조

강우는 탱크모형 최상단의 탱크에 주입되며, 2단 이하의 탱크는 바로 위 탱크의 바닥면의 침투공에서 물을 받는다. 각 탱크내의 물의 일부는 측면의 공에서 외부로 유출하고, 일부는 바닥면의 공에서 아래의 탱크로 주입되며, 각 단의 탱크 측면 유출공에서의 유출의 합이 하천유량이 된다.

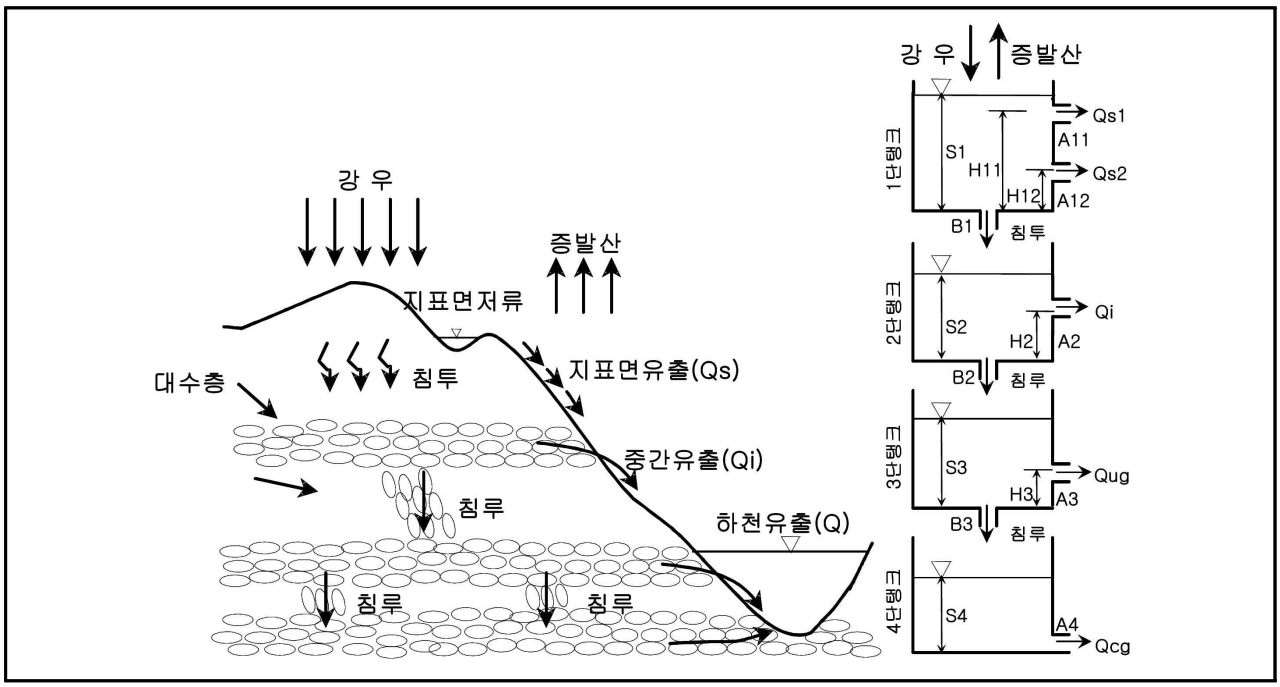
<그림 2.2-4>의 Tank모형은 유역의 대수층 구조에 대응한다는 개념을 가지고 있으며, 강우는 순차적으로 지하로 침투하고 각 대수층에서 각각 유출해서 하천의 유량이 되며, 직렬 탱크모형을 유역의 유출현상에 대응시켜서 생각하면 다음과 같다.

유역에 강우가 내리면 지표에 내린 강우는 지표면 저류, 침투, 증발산 등 초기손실이 발생하고 지표면 유출이 시작되며, <그림 2.2-4>의 1단 탱크 아래쪽의 유출공이 바닥에서 조금 위쪽으로 붙어 있는 것은 이 초기손실에 대응하고, 만약 강우가 계속되면 지표면 유출은 점점 증가한다. 이것은 1단 탱크 위쪽의 유출공에서의 유출을 나타내며 지표면 유출(Qs)에 해당하며,지면에 내린 강우의 일부는 지표하로 침투해 가며, 1단 탱크의 바닥면에 붙어있는 침투공에 대응한다.

지표면에서 침투한 강우가 지표하 불투수층에 도달하면 다시 지표면으로 유출되는데 이와 같은 유출은 2단 탱크의 측면의 유출공을 통한 유출에 대응하며 이를 중간유출(Qi)이라 한다. 침투한 강우는 다시 깊이 침루해 안정한 지하수 유출로서 갈수시에 완만하게 하천으로 유출하며, 이것은 3단 및 4단 탱크의 측면 유출공에 대응하는 지하수 유출로 여기서 3단 탱크는 비피압 지하수 유출(자유지하수, Qug), 4단 탱크는 피압 지하수 유출(Qcg)에 대응한다. 이런 과정을 통하여 유역의 하천 유출량은 각 탱크에서의 유출량의 합으로 산정된다.

갈수유출 계산의 경우에는 통상 4단의 탱크모형으로 13~16개의 매개변수를 이용하고, 또한 하도를 고려하는 경우에는 별도로 하도 탱크모형을 작성하게 되므로 3~5개

정도의 매개변수가 증가되며, 탱크모형은 홍수유출계산에도 적용되는데 이 경우에는 갈수의 경우와 달리 일반적으로 반응이 빠른 유출성분이 지배하므로 비피압 대수층에서의 유출까지 고려하는 3단의 탱크모형을 이용한다.

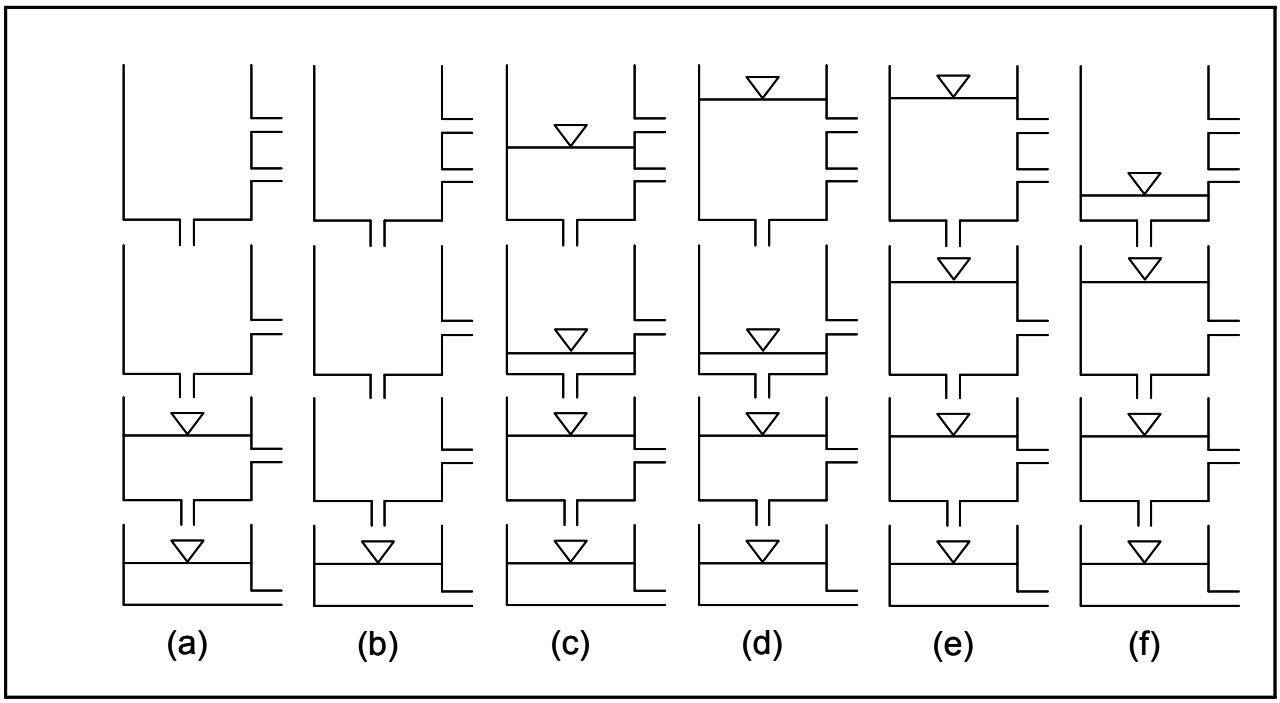



**<그림 2.2-4> 탱크모형의 구조**

수문현상에 따른 탱크모형내의 각 탱크의 거동은 <그림 2.2-5>과 같으며, 장기간 강우가 없으면 1단 및 2단 탱크는 비어 있게 되어 탱크모형은 <그림 2.2-5>의 (a) 또는 (b)과 같이 된다.

이와 같은 조건에서는 하천은 안정된 지하수유출에 의해 지배되며, <그림 2.2-5> (a)의 경우 하천유출은 매우 완만하게 감소하고, <그림 2.2-5> (b)의 경우는 거의 일정하다. <그림 2.2-5>의 (a) 또는 (b)의 조건에서 짧은 기간에 비교적 큰 집중호우가 발생하면 탱크모형은 <그림 2.2-5>의 (c) 또는 (d)의 상태로 변화되며, 이 경우에는 모형이 <그림 2.2-5>의 (a) 또는 (b)과 같이 안정한 상태가 되기 전 짧은 기간에 큰 유출이 발생한다. 이와 같은 유출의 대부분은 1단 탱크의 지표유출이고 2단 탱크의 유출은 매우 적거나 전혀 없다. 장기간에 집중호우가 발생하면 탱크모형은 <그림 2.2-5> (e)와 같은 상태가 되고 호우가 끝나면 1단 탱크에 저류된 물은 빨리 유출되고, 탱크모형은 <그림 2.2-5> (f)의 상태가 되며, 이 경우 2단 탱크의 유출은 유출수문곡선에서 전형적인 감수곡선을 형성하면서 완만하게 감소할 것이다.

Tank모형은 4단 탱크를 제외하고 각 탱크의 바닥에서 어느 정도 위에 여러개의 유출공을 놓음으로써 비선형 구조를 갖기 때문에 대부분의 유출수문곡선을 재현할 수 있다.




<그림 2.2-5> 강우량에 따른 탱크의 거동

이상과 같이 기술된 Tank모형은 일강우량 및 증발량을 입력자료로 하여 일유출량을 분석하는데 적용되며, Tank모형에서 강우량의 초기손실량은 초기손실의 영향이 모형의 비선형 구조에 포함되어 있기 때문에 필요하지 않다. 탱크에서 유출량 및 침투량 계산은 4단 Tank모형을 예로보면 다음과 같다.

① 제1단 탱크

- t일의 저류고

$$h_1(t) = h_1(t-1) - Q_{s1}(t-1) - Q_{s2}(t-1) - I_1(t-1) + R(t)$$

- t일의 유출량

$$Q_{s1}(t) = A_{11} \times (h_1(t) - h_{11})$$

$$Q_{s2}(t) = A_{12} \times (h_1(t) - h_{12})$$

- t일의 침투량

$$I_1(t) = B_1 \times h_1(t)$$

② 제2단 탱크

• t일의 저류고

$$h_2(t) = h_2(t-1) - Q_i(t-1) - I_2(t-1) + I_1(t)$$

• t일의 유출량

$$Q_i = A_2 \times (h_2(t) - H_2)$$

• t일의 침투량

$$I_2(t) = B_2 \times h_2(t)$$

③ 제3단 탱크

• t일의 저류고

$$h_3(t) = h_3(t-1) - Q_{ug}(t-1) - I_3(t-1) + I_2(t)$$

• t일의 유출량

$$Q_{ug} = A_3 \times (h_3(t) - H_3)$$

• t일의 침투량

$$I_3(t) = B_3 \times h_3(t)$$

④ 제4단 탱크

• t일의 저류고

$$h_4(t) = h_4(t-1) - Q_{cg}(t-1) + I_3(t)$$

• t일의 유출량

$$Q_{cg} = A_4 \times h_4(t)$$

⑤ 전체의 유출량

$$Q(t) = \frac{A}{86.4} \times (Q_{s1}(t) + Q_{s2}(t) + Q_i(t) + Q_{ug}(t) + Q_{cg}(t))$$

여기서

$Q(t)$ : 하천유출량($m^3/s$)

$A$ : 유역면적 ($km^2$)

$Q_i$ : 각 탱크의 유출공에 대한 유출고(mm/day)

$I_i$ : 각 탱크의 침투공에 대한 침투고(mm/day)

$H_i$ : 각 탱크의 유출공의 높이(mm)

$A_i$ : 각 탱크의 유출공 계수 (hr-1, day-1)

$B_i$ : 각 탱크의 침투공 계수 (hr-1, day-1)

$h_i$ : 각 탱크의 저류고 (㎜)

증발산량을 고려하는 경우의 계산과정은 기본적으로는 위와 같으며, 증발산은 단기유출 해석에서는 대상으로 하지 않고 장기유출 해석의 경우에만 고려하며, 위 식들에 의해 유출량을 산정하는 과정을 기술하면 다음과 같다.

① 매일의 저류잔고에 강우량(또는 바로 위 단의 탱크에서의 침투량)을 더하고, 증발산량을 감하여 새로운 저류고를 구하며, 증발산량을 감하는 경우, 기본적으로는 최상단의 탱크에서 증발산을 감한다.
단, 최상단의 탱크저류고가 증발산량보다 적을 경우는, 최상단의 탱크 저류고를 영(0)으로 하고 그 부족량을 제2단 탱크의 저류고에서 감하고, 그래도 부족한 경우에는 그 부족량을 다음 단 탱크에서 감하며, 이하 탱크에서는 동일한 방법으로 수행한다.

② ①에서 구한 저류고에서 유출량과 침투량을 계산하며, 계산방식은 위에서 언급한 식과 같다.

③ ①에서 구한 저류고에서 ②에서 구한 유출량과 침투량과의 합을 감해서 저류잔고를 계산한다.

④ 유역유출고는 ②에서 구한 각 탱크의 유출량 합으로 계산한다.
여기서, 계산된 유역유출량은 ㎜/day 단위이므로 유량단위(㎥/s)로 환산한다.

### 3) 유출분석결과

#### 가) Kajiyama 월유출고 공식

Kajiyama 공식의 f값은 유역의 유출특성에 관계되는 계수로 0.6~1.4 범위의 값이 제시되며, 구수천 유역의 손실우량이 보통일 것으로 판단되어 f값을 1.0로 적용하였으며, 연평균 유출율은 59.04%이며, 연평균 유출량은 $2.5\times10^6$ ㎥/년으로 나타났다.

<표 2.2-9> Kajiyama 공식에 의한 월평균 유출고 및 유출율

| 월 | 월평균 (mm) | f(유역의유출특성상수)에 따른 유출고(mm) | | | | | | 유출율 (%) | 월별유출량 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 0.8 | 0.6 | 채택 | | 백만㎥ | ㎥/s |
| 1월 | 22.68 | 11.33 | 11.74 | 12.29 | 13.05 | 14.17 | 12.29 | 54.19% | 0.04 | 0.01 |
| 2월 | 27.91 | 12.97 | 13.55 | 14.29 | 15.29 | 16.70 | 14.29 | 51.19% | 0.05 | 0.02 |
| 3월 | 38.09 | 16.37 | 17.23 | 18.34 | 19.84 | 21.97 | 18.34 | 48.15% | 0.07 | 0.03 |
| 4월 | 75.53 | 36.24 | 38.58 | 41.52 | 45.29 | 50.29 | 41.52 | 54.97% | 0.15 | 0.06 |
| 5월 | 84.42 | 27.70 | 30.42 | 33.89 | 38.39 | 44.41 | 33.89 | 40.14% | 0.12 | 0.04 |
| 6월 | 121.03 | 36.64 | 41.16 | 46.61 | 53.28 | 61.60 | 46.61 | 38.51% | 0.17 | 0.07 |
| 7월 | 285.63 | 168.75 | 179.65 | 191.95 | 205.92 | 221.87 | 191.95 | 67.20% | 0.70 | 0.26 |
| 8월 | 266.20 | 157.35 | 167.21 | 178.40 | 191.18 | 205.89 | 178.40 | 67.02% | 0.65 | 0.24 |
| 9월 | 137.09 | 78.18 | 83.46 | 89.61 | 96.85 | 105.49 | 89.61 | 65.36% | 0.33 | 0.13 |
| 10월 | 43.66 | 23.55 | 24.63 | 26.01 | 27.80 | 30.25 | 26.01 | 59.56% | 0.10 | 0.04 |
| 11월 | 36.43 | 15.77 | 16.53 | 17.53 | 18.88 | 20.80 | 17.53 | 48.12% | 0.06 | 0.02 |
| 12월 | 17.29 | 11.60 | 11.82 | 12.11 | 12.52 | 13.15 | 12.11 | 70.03% | 0.04 | 0.01 |
| 계 | 1155.97 | 596.47 | 635.99 | 682.54 | 738.29 | 806.60 | 682.54 | 59.04% | 2.50 | 0.94 |

### 나) Tank모형

Tank모형에의 각 탱크별 매개변수는 실측유출량 자료를 토대로 결정하는 것이 타당하나, 구수천 유역내에는 매개변수를 결정하는데 활용할 수 있는 신뢰도 높은 실측 유출량자료가 없으므로 '수자원장기종합계획(2006, 국토해양부)'에서 제시한 대청댐 지역의 값을 적용하였다.

강우자료는 구수천 유역 인근 홍성관측소의 강우관측 자료중에서 동절기가 결측된 1965년을 제외한 46개년(1966~2011년) 일자료를 사용하였다. 홍성유역의 수자원 총량은 $4.23\times10^{6}$㎥/년이고, 연편균 유출율은 56.88%며, 연평균 유출량은 $2.41\times10^{6}$㎥/년으로 나타났다.

<표 2.2-10> Tank모형에 의한 월평균 유출고 및 유출율

| 월별 | 월평균강우량 (㎜) | 유출고 (㎜) | 유출율 (%) | 월별유출량 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 백만㎥ | ㎥/s |
| 1월 | 22.68 | 11.72 | 51.68% | 0.04 | 0.01 |
| 2월 | 27.91 | 12.97 | 46.47% | 0.05 | 0.02 |
| 3월 | 38.09 | 17.57 | 46.13% | 0.06 | 0.02 |
| 4월 | 75.53 | 32.36 | 42.85% | 0.12 | 0.05 |
| 5월 | 84.42 | 42.00 | 49.75% | 0.15 | 0.06 |
| 6월 | 121.03 | 48.44 | 40.02% | 0.18 | 0.07 |
| 7월 | 285.63 | 163.52 | 57.25% | 0.60 | 0.22 |
| 8월 | 266.20 | 155.82 | 58.53% | 0.57 | 0.21 |
| 9월 | 137.09 | 108.24 | 78.96% | 0.40 | 0.15 |
| 10월 | 43.66 | 34.13 | 78.18% | 0.12 | 0.04 |
| 11월 | 36.43 | 17.57 | 48.23% | 0.06 | 0.02 |
| 12월 | 17.29 | 13.15 | 76.07% | 0.05 | 0.02 |
| 연간 | 1155.97 | 657.51 | 56.88% | 2.41 | 0.91 |

### 다) 분석 결과의 채택

Kajiyama 월 유출고 공식 및 Tank모형에 의한 유출분석결과, 구수천 하구의 연평균 강우량 1,155.97㎜ 대비 유출율을 살펴보면, Kajiyama 공식은 59.04%이고 Tank모형은 56.88%로 산정되었다. 이는 '수자원장기종합계획(2006, 국토해양부)' 상의 우리나라 전국 평균 유출율 58.3% 및 금강 유역의 평균 유출율 57.4%와도 유사한 것으로 판단된다.

그러나 Kajiyama 월유출고 공식의 경우 비가 오지 않는 달이라도 기저유출은 10.2㎜로 항상 같다는 가정하에 개발된 경험식으로서 모형의 적합성이 검증되지 않았고, 월별 유출량 산정을 위한 공식이므로 일별자료의 분석에는 적합하지 않은 것으로 판단되는 바, 구수천 유역의 장기유출량은 Tank모형에 의한 결과를 채택하였다.

<표 2.2-11> 유출량 비교

| 구분 / 하천 | 유역 면적 (㎢) | 연평균 강우량 (㎜) | 수자원 총량 (백만㎥/년) | 유출량 (백만㎥/년) | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Kajiyama | Tank | |
| 구수천 | 3.66 | 1155.97 | 4.23 | 2.50 (59.04%) | 2.41 (56.88%) | Tank 채택 |

【주】( ) : 유출률

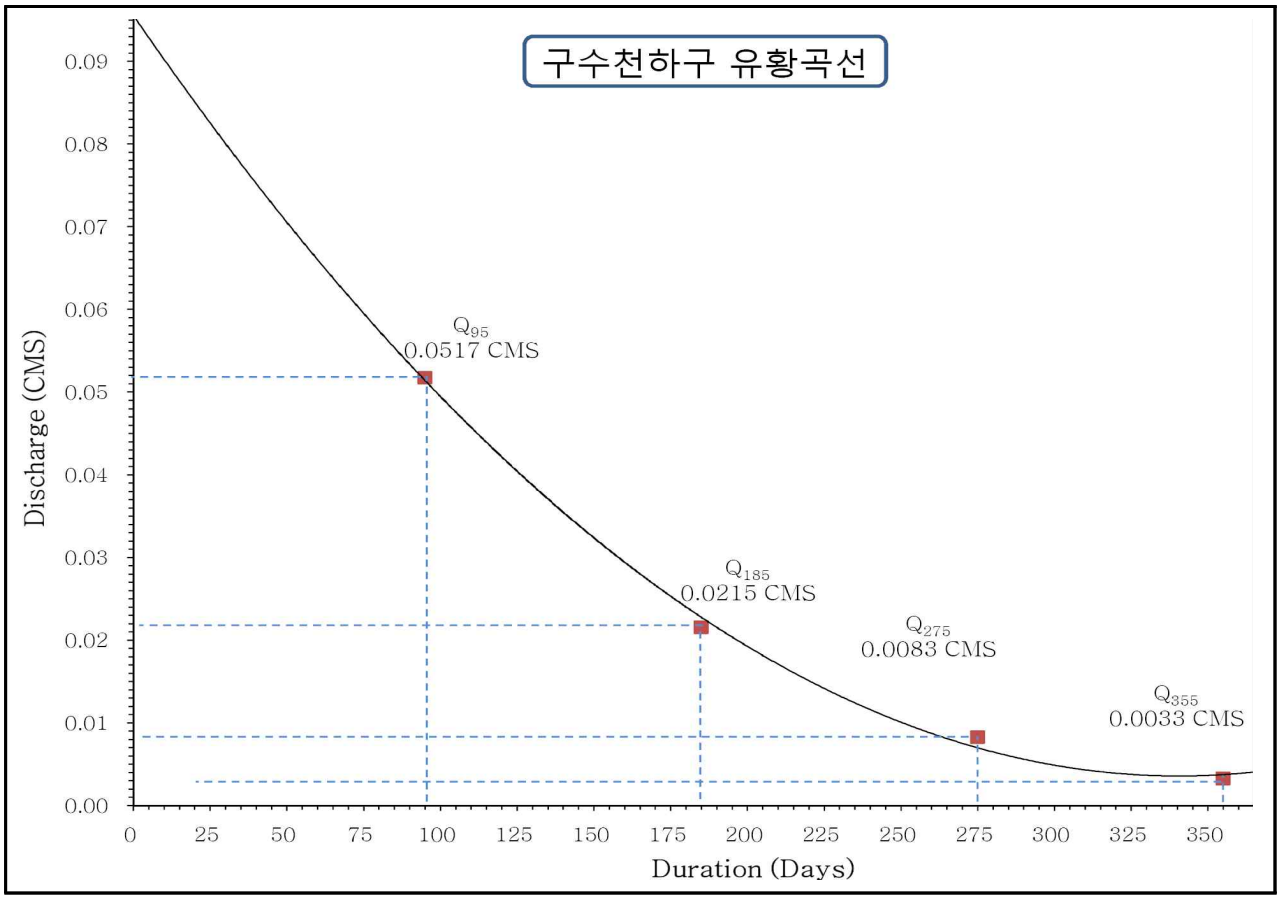
## 다. 유황분석

하천수계상 어떤 지점에서의 가용한 하천유량의 규모와 변동성을 평가하기 위한 수단으로 유황분석(Flow Duration Analysis)이 필요하며, 이를 통하여 유황곡선(Flow Duration Curve)을 작성한다. 유황 분석방법은 해당 지점에서의 매년 일별 유출량자료를 사용하여 산출된 갈수량, 저수량, 평수량, 풍수량의 평균값을 산정하고 이의 회귀곡선식을 산출하여 도시하는 방법을 주로 사용한다. 여기서, 갈수량, 저수량, 평수량, 풍수량은 각각 연중 355일, 275일, 185일, 95일 이상 지속되는 유량으로 정의된다.

구수천 유역의 유황분석결과 풍수량 0.0517㎥/sec, 평수량 0.0215㎥/sec, 저수량 0.0083㎥/sec 및 갈수량 0.0033 ㎥/sec로 산정되었다. 유역내 주요지점의 유황은 구수천 하구지점의 분석 결과를 토대로 비유량법을 적용하여 산정하였으며, 그 결과는 <표 2.2-12> 및 <그림 2.2-6>과 같다.

<표 2.2-12> 구수천 유역의 유황 분석

| 산정지점 | 연평균 강우량 (㎜) | 면적 (㎢) | 유황(㎥/sec) | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 풍수량 (Q95) | 평수량 (Q185) | 저수량 (Q275) | 갈수량 (Q355) | |
| 구수천 하구 | 1155.97 | 3.66 | 0.0517 | 0.0215 | 0.0083 | 0.0033 | |
| 반월천 합류 | | 2.68 | 0.0379 | 0.0158 | 0.0060 | 0.0024 | |




<그림 2.2-6> 구수천 유황곡선

### 라. 평균 및 기준갈수량

하천의 갈수량은 하천이 갖는 고유유량으로서 하천유역이 자연상태일 때를 기준으로 산정하며, 우리나라에서는 하천의 이수계획 및 환경관리 계획을 목적으로 주로 평균갈수량과 기준갈수량이 이용되고 있다.

#### 1) 평균갈수량 및 기준갈수량의 의미

평균갈수량은 자연상태의 하천에서 갈수시에도 흘렀다고 볼 수 있는 유량을 말하며, 하천의 건천화 방지 등의 자연하천이 갖고 있는 최소한의 기능을 수행하도록 하도에 흐르게 보장해주어야 할 유량이다.

유역의 이수측면에서 기준이 되는 평균갈수량은 과거 자연상태에서 관측한 유량자료를 매년마다 크기순으로 나열하여 355일을 유지할 수 있는 갈수량 계열을 평균한 값으로 산정하며, 보통 이 값은 3가지 갈수량(평균갈수량, 기준갈수량, 10년 빈도 7일 갈수량)중 가장 큰 값을 갖게 된다.

기준갈수량은 10년 빈도 갈수량을 의미하며, 현재 실무에서는 10개년 제1위에 해당하는 갈수량을 이용하고 있다. 10년 빈도 7일 갈수량은 미국 등에서 갈수량을 결정할 때 이용하는 방법으로 7일간의 연속유량을 구하여 평균한 후 가장 작은 평균유량을 그해의 최저 7일 갈수량으로 하고, 이 최소치 계열의 10년 빈도 갈수량을 말한다. 통상 이 갈수량은 2가지 갈수량(평균갈수량, 기준갈수량)보다 작은 값을 가진다.

### 2) 기준갈수량의 산정

본 계획에서는 갈수량 계열의 빈도해석에 의해 산정한 기준갈수량을 하천의 이수계획과 환경관리계획의 기준으로 사용하였다. 기준갈수량 결정을 위한 빈도해석은 Normal 분포, 2변수 Log-Normal 분포, 3변수 Log-Normal 분포, 2변수 Gamma 분포, Pearson Type-Ⅲ 분포, Log-Pearson Type-Ⅲ 분포, Gumbel 분포, 극치 분포, 극치 Wakeby 분포 등 9가지 분포형을 사용하였고, 각 확률분포형의 매개변수는 L-Moment법을 이용하여 추정하였으며, 각각의 확률분포에 대한 적합도 검정은 유의수준 1% 및 5%에 대해 Kolmogorov-Smirnov검정, $\chi^2$검정을 실시하였다. 이상의 갈수량 계열에 대한 빈도해석 결과 적정 확률분포형으로 Gamma 분포를 채택하였고, 추정된 기준갈수량은 <표 2.2-13>와 같으며, 구수천의 평균갈수량은 0.0033㎥/sec 기준갈수량은 0.0005㎥/sec로 분석되었다.

**<표 2.2-13> 평균 갈수량 및 기준 갈수량** (단위 : ㎥/sec)

| 지 점 | 유역면적(㎢) | 평균갈수량 | 기준갈수량 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 구수천하구 | 3.66 | 0.0033 | 0.0005 | |

**<표 2.2-14> 갈수량 계열 빈도해석 결과**

| YEAR | NOR | LN2 | LN3 | GAM | PE3 | LP3 | GUM | GEV | WAK |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5년 | 0.0009 | 0.0004 | 0.0009 | 0.0009 | 0.0009 | 0.0005 | 0.0009 | 0.0009 | 0.0006 |
| 10년 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0005 | 0.0001 | 0.0002 | 0.0002 | 0.0001 | 0.0002 |
| 20년 | 0.0010 | 0.0001 | 0.0008 | 0.0003 | 0.0008 | 0.0001 | 0.0003 | 0.0008 | 0.0005 |
| 30년 | 0.0015 | 0.0001 | 0.0012 | 0.0002 | 0.0012 | 0.0000 | 0.0006 | 0.0012 | 0.0007 |

향후 수자원 이용 및 관리계획 수립을 위한 신뢰성 있는 분석을 위해 구수천 인근에 설치된 홍성 수위관측소의 수위관측기록을 보완하고 지속적으로 유량을 측정하여 유황은 물론 이수계획의 기본이 되는 평균 및 기준 갈수량을 검정 혹은 재결정하여야 할 것이다.

## 2.3 하도특성조사

### 2.3.1 하도특성인자

하도란 하천의 구성요소로 물과 토사를 소통시키는 제방을 포함한 수로를 의미한다. 따라서, 근본적으로 하도는 수로를 통하여 배제되는 유량의 시·공간적인 변화와 하상구성 토사 및 유역으로부터 유입되는 유사의 운송특성에 의하여 규정된다. 즉, 수로의 평면적인 형상, 저수로, 홍수터 등과 같은 수로의 형상은 물과 토사의 상호작용에 의하여 빚어진 결과라 할 수 있다. 하도의 주된 기능은 유역에 내린 강우 유출량을 안전하게 배제시키는 것이며, 더불어 유역으로부터 토사 등을 유출시키는 통로가 되는 것이다.

하도의 종류에는 하도망 구성여부에 따라 단일하도와 복합하도로 구분되며 하도형성의 인위성 여부에 따라 자연하도와 인공하도로 구분된다. 단일하도는 수로의 합류점은 있으나 분류점이 없는 하도계통을 말하고 복합하도는 이들이 동일 하도계통에 수로의 합류점과 분류점이 공존하는 하도계통을 의미한다. 대부분의 하도는 단일하도로 되어 있으나 델타가 형성된 하구나 폭이 넓은 대규모 하천에서 섬이 있는 경우 또는, 평야지역을 관류하는 하천에서는 복합하도가 많다.

자연하도는 수로의 형태가 인위적인 요인에 의하여 강제되지 않는 것으로서, 흐름에 의하여 운송가능한 비점성 토사로 이루어진 충적하도의 경우 유로의 평면적 형상에 따라 사행하도와 직선하도로 구분할 수 있다. 대부분의 하도는 사행하도이나 하도를 짧은 구간으로 나누어 보면 사행하도의 흐름을 무시할 수 있으므로 직선하도로 볼 수 있다.

하도경사의 완급은 흐름특성을 좌우하는 중요한 요인이 되므로 하도경사에 따라서 급경사 하도와 완경사 하도로 구분한다. 대부분의 자연하도 형태는 제방에 의하여 제한을 받고 있으며 하천개발에 의하여 하도의 단면형상 및 하도경사 등이 인위적으로 조절되고 있으므로 인공적 자연하도라고 보는 것이 타당하다. 인공하도는 지반을 굴착하여 만들어지는 경우가 대부분이며 이러한 예로는 주운을 목적으로 한 운하, 홍수시 홍수량 배제를 위한 배수로 또는 관개배수로 등이 있다.

이상과 같은 하도는 유량, 하도경사, 유사량, 하상과 제방의 유수에 대한 저항, 지형 및 지질 그리고 인간의 각종 활동 등에 따라 그 특성이 달라진다. 이들 인자는 상호간에 관계를 맺으면서 어떤 하도의 특성을 규정짓게 되고 각 인자의 중요도에 따라 하도의 물리적 특성을 달리하게 된다.

### 가. 하천밀도

하천밀도(River density)는 유역 내 수계의 발달정도를 정량적으로 나타내는 수치로서 본류와 지류를 포함한 전체 하천의 총길이를 유역면적으로 나눈 값으로 유역에 내린 강수를 배제할 수 있는 배수체계의 효율성을 가늠할 수 있는 척도이며, 하천밀도가 큰 경우 유역반응시간이 짧아진다. 본 계획에서는 구수천의 유역면적과 1/5,000 수치지형도 및 GIS를 이용한 유역특성분석에서 산정된 하천의 총연장을 참고하여 <표 2.3-1>과 같이 하천밀도를 산정하였다.

**<표 2.3-1> 하천밀도**

| 하 천 명 | 유역면적(A) ($km^2$) | 하천총연장(L) (km) | 하천밀도(L/A) ($km/km^2$) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 구 수 천 | 3.66 | 3.14 | 0.86 | |

【주】 하천밀도(D) = 하천본류와 지류의 총연장($\Sigma$L) / 유역면적(A)

## 2.3.2 하도의 평면형

### 가. 하도의 만곡부 현황

유수는 중력의 법칙에 의해서 최단거리, 최급경사(최급유속)를 선정하여 두 점간의 직선유로를 이루고자 하는 경향이 있다.

그러나 실제의 하천은 직선류를 이루는 일이 적고 완연한 사행유로를 형성하는데 이는 지반의 불균질, 돌기한 암반, 수중 장애물 등과 아래와 같은 요인들에 의해 만곡이 시작되면 凹부에서는 원심력에 의해 하안이 침식되고 凸부에서는 유속이 감소하여 토사의 퇴적현상을 일으켜 곡선유로로 변하게 된다.

- ○지반의 불균질 : 좌우 양안의 지반이 불균질이어서 한쪽의 하안이 연약한 경우에는 홍수시에 유수에 의하여 한쪽의 하안만이 현저히 침식되어서 만곡이 발생하게 된다.
- ○돌기한 암반 : 한쪽의 하안이 견고하고 특히 돌기한 암반이 존재하는 경우에는 유수는 이것과 충돌하여 그 방향을 전환하고 반대측의 하안을 침식하여 만곡이 발생하게 된다.
- ○수중의 장애물 : 유로의 한쪽에 거대한 적석, 표착한 수목 등과 같은 장애물이 있는 경우에는 유수는 이것과 충돌하여 그 방향을 전환하고 다른 쪽의 하안을 침식하게 되어서 유로를 만곡시킨다.

연발생적인 하천의 형상은 수많은 세월을 거치면서 형성된 것으로서 일반적으로 하도의 평면형은 자연하천의 사행특성을 다루는 수리 기하학적 평면을 나타내고 있다. 만곡은 자연하천의 보편적 현상이며 인공수로의 경우 자연하천보다는 완만하지만 만곡이 불가피한 경우가 많으며, 만곡부 바깥 쪽의 홍수위 상승문제를 야기시키며, 만곡부 바깥의 제방 세굴과 수면교란 영향으로 인한 피해 전파문제, 수충과 유속 감소로 인한 에너지 손실문제가 발생한다. 본 구수천의 만곡부 현황은 <표 2.3.-2>와 같다.

**<표 2.3-2> 만곡부 현황**

| 구 간 | 사행연장(m) | 곡률반경(m) | 구 간 | 사행연장(m) | 곡률반경(m) |
|---|---|---|---|---|---|
| NO.0+78.2～NO.0+94.5 | 16.3 | 80 | NO.16+12.3～NO.16+21.4 | 9.1 | 60 |
| NO.1+99.2～NO.2+25.6 | 26.4 | 80 | NO.18+34.9～NO.19+9.1 | 74.2 | 120 |
| NO.4+40.3～NO.4+97.7 | 57.4 | 80 | NO.20+67.9～NO.20+91.1 | 23.8 | 120 |
| NO.5+49.4～NO.6+40.7 | 91.3 | 80 | NO.22+43.6～NO.22+78.9 | 35.3 | 80 |
| NO.8+35.5～NO.8+84.7 | 49.2 | 200 | NO.23+37.4～NO.23+98.1 | 60.7 | 120 |
| NO.9+48.8～NO.10+34.2 | 8.54 | 200 | NO.24+42.4～NO.24+87.0 | 44.6 | 60 |
| NO.10+97.7～NO.11+6.9 | 9.2 | 100 | NO.24+88.3～NO.25+8.0 | 19.7 | 30 |
| NO.13+18.0～NO.13+70.1 | 52.0 | 100 | NO.25+70.1～NO.25+88.3 | 18.2 | 120 |
| NO.14+9.5～NO.14+30.8 | 21.3 | 30 | NO.26+77.7～NO.26+94.5 | 16.8 | 80 |
| NO.14+41.8～NO.14+78.5 | 36.7 | 60 | NO.27+5.3～NO.27+27.4 | 22.1 | 80 |
| NO.14+97.5～NO.15+26.6 | 29.1 | 60 | NO.28+18.0～NO.28+43.0 | 25.0 | 120 |
| NO.15+58.8～NO.15.73.2 | 14.4 | 60 | NO.29+98.1～NO.30+19.7 | 21.6 | 30 |

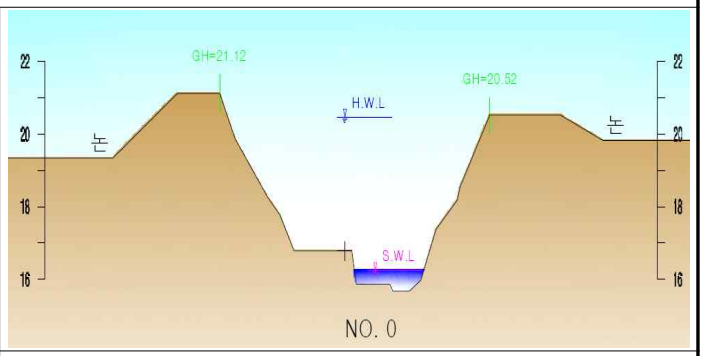
### 나. 하도의 평면적 변화

본 구수천의 평면적 변화를 살펴보기 위하여 1910～1920년에 제작된 지형도와 현제의 수치지형도를 이용하여 유로의 평면적 변화를 검토하였다. 검토과정에서 좌표상 오차 여부, 과거지형도 상에서 하천지형을 정확하게 판단하여야 하는 점 등을 고려할 때 유로의 변동 현황을 세밀하게 파악하는데 있어 한계는 있으나, 구수천 유역의 하도변동에 대한 정성적인 판단은 가능 할 것으로 판단된다. 또한 구수천 유역의 경우 과거의 유로와 현재의 유로는 크게 변하지 않은 것으로 조사되었다.

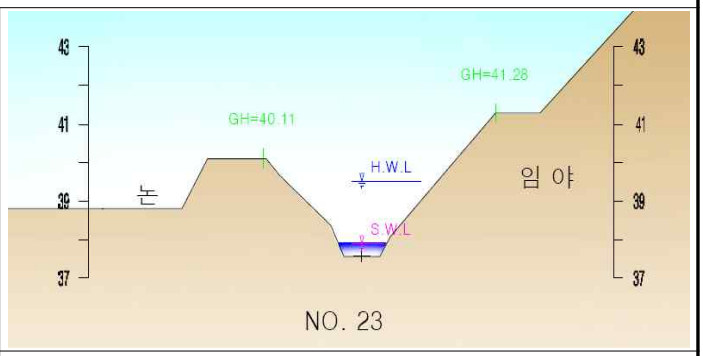
### 2.3.3 하도의 횡단형

하도의 횡단면 결정은 안정하상유지 및 하천환경을 보전하고 유지하는 입장에서 호안이나 하상유지공 등과 같은 하천시설물에 의해 하상이나 단면형상이 변화될 수 있다는 점을 고려하여 저수시의 하도관리와 홍수시의 제방안정성 등을 고려하여 결정하여야 한다. 본 구수천은 전구간이 대부분 자연적인 형태를 나타내고 있는 전원하천이다. 하류부와 중류부는 양안이 유제부로 되어 있으며, 배후지가 넓고 농경지로 사용하고 있으며, 상류부는 좌안이 유제부로 농경지로 사용하고 있다.

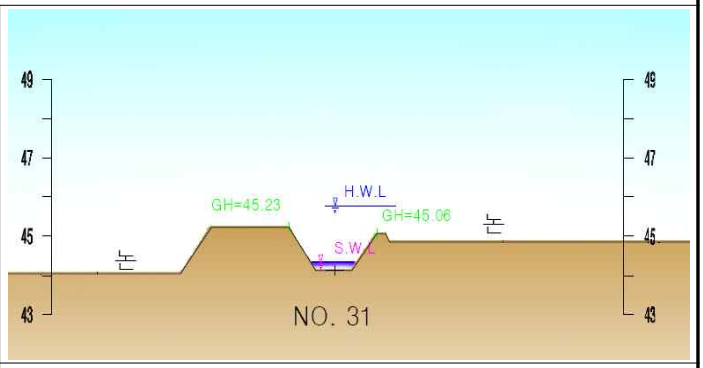
**<표 2.3-3> 구간별 대표 횡단 및 현황(하류부)**

| 하류부 : 남산천 합류부 ~ 형산교 (No. 0 ~ No. 12) | |
|---|---|
| |  <br>- 양안 농경지가 형성되어 있으며 양안 모두 완성제방의 형태로 구성되어 있음. |

**<표 2.3-4> 구간별 대표 횡단 및 현황(중류부)**

| 중류부 : 형산교 ~ BOX 4교 (No. 12 ~ No. 23) | |
|---|---|
| |  <br>- 양안의 대부분이 논경지이며 좌안측은 완성제방의 형태이며 우안은 일부구간 임야가 형성되어 있음. |

〈표 2.3-5〉 구간별 대표 횡단 및 현황(상류부)

| 상류부 : BOX 4교 ~ 계획시점 (No. 23 ~ No. 31+37.4) | |
|---|---|
| |  <br>- 양안의 대부분이 논경지이며 좌안측은 완성제방의 형태이며 우안은 일부구간 임야가 형성되어 있음. |

## 2.3.4 하도의 종단형

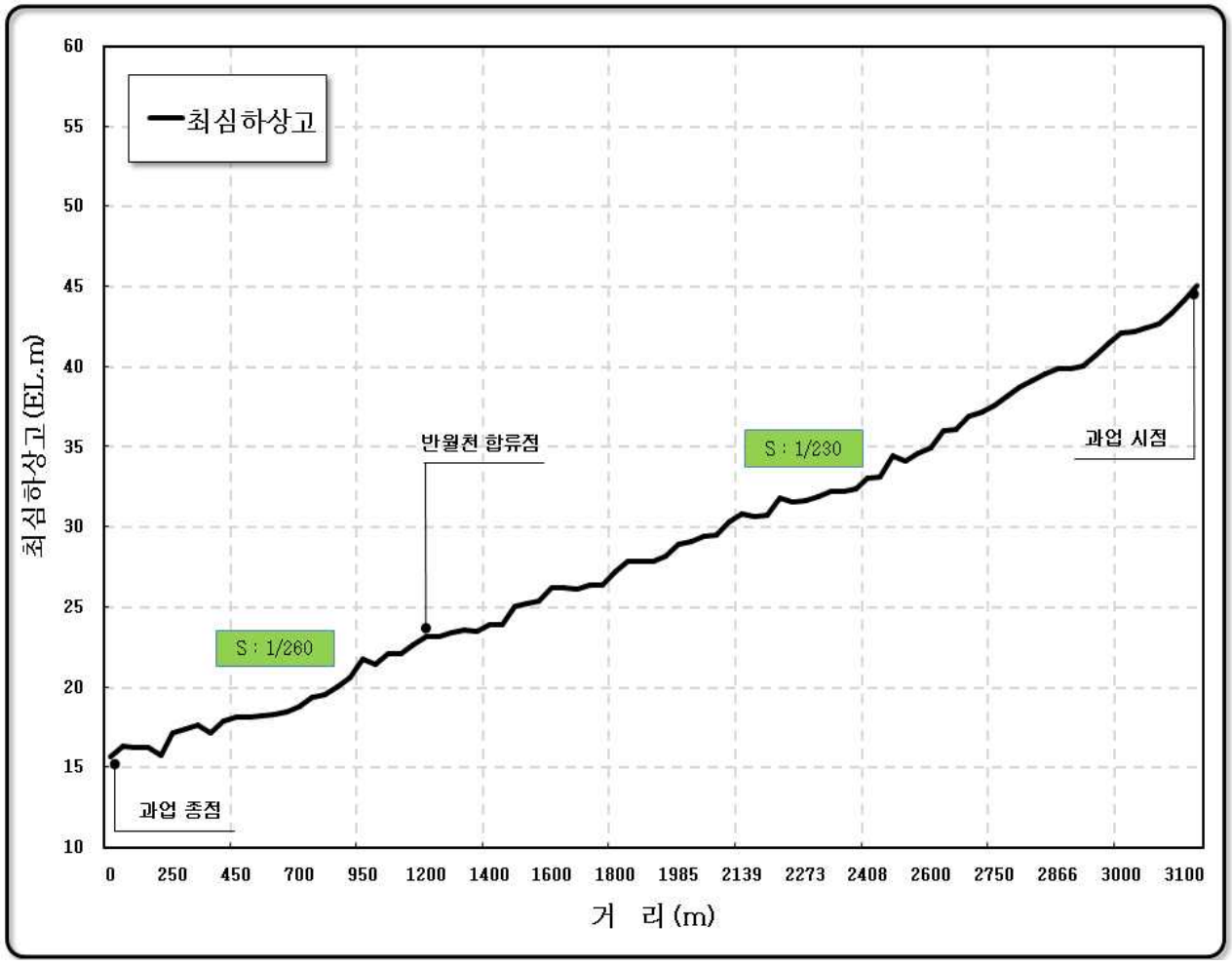
### 가. 하상경사 및 하상변동 양상

하상경사는 유출, 세굴, 퇴적 및 사행 등에 직접적인 영향을 주는 요소로, 하상경사가 급한 경우 흐름에너지를 적게 소모하므로 유속이 증가하여 같은 단면에서 더 많은 유량이 흐르게 되며, 유속의 증가로 인해 하상의 세굴이 많이 된다. 일반적인 자연하천에서는 상류구간의 하상경사가 크고 유속 또한 빨라 하상세굴 현상이 많이 일어나고 하류는 이와 반대로 하상경사가 완만하여 유속이 느리며 퇴적현상이 일어난다.

구수천의 하상경사는 종단측량성과의 최심하상고를 이용하여 산정하였으며, 분석결과 구수천하구(No.0)부터 구수천의 지류인 반월천(No.14+37)까지는 1/260, 반월천합류부터 구수천시점부(No.31+37)까지 1/230의 하상경사를 나타냈다. 구수천은 하상경사가 1/200으로 급류하천의 특성을 보이는 것으로 나타났다.

〈표 2.3-6〉 하천별 계획대상 구간의 하상경사

| 하천명 | 산정구간 | 측 점 | 하상경사 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 계획종점 ~ 반월천 합류점 | NO.0+00 ~ NO.14+37 | 1/260 | |
| | 반월천 합류점 ~ 계획시점 | NO.14+37 ~ NO.31+40 | 1/230 | |




<그림 2.3-1> 하상표고도

## 2.4 하천사업의 연혁 및 피해현황

### 2.4.1 하천사업의 연혁

우리나라의 하천개수사업은 을축년 대홍수(1925년)를 계기로 본격적으로 착수되기에 이르렀다. 일관된 하천개수사업을 실시하기 위해서는 하천기본계획에 의한 하천개수계획이 수립되어야 한다. 지금까지 구수천의 하천개수사업은 계획적이고 종합적인 개수보다는 과거 홍수흔적, 하상경사 등의 자료를 토대로 대부분의 구간이 경지정리사업과 병행하여 시행되는 치수사업으로 하천개수가 이루어진 실정이다.

하천개수현황은 하천일람에 근거하여 관계기관 조사결과 등을 반영하여 조사한 결과, 구수천의 완전개수율은 67.0%, 불완전 개수율은 28.0%, 미개수율은 5.0%로 조사되었다. 구수천은 대부분 구간이 농지개간에 의한 하천정비가 이루어졌으나 하천설계기준에서 제시하고 있는 제방규모에 미달하여 하천기본계획의 필요성이 있는 것으로 조사되었다.

<표 2.4-1> 하천개수현황

| 하천명 | 요개수연장 (㎞) | 완전개수 | | 불완전개수 | | 미개수 | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 연장 (㎞) | 비율 (%) | 연장 (㎞) | 비율 (%) | 연장 (㎞) | 비율 (%) | |
| 구수천 | 4,725 | 3,159 | 67% | 1,341 | 28% | 225 | 5% | - |

【주】 ① 요개수-하천의 좌·우안에 제방을 설치하였거나 설치할 필요가 있는 구간에 대한 연장으로서 완전개수·불완전개수 구간의 연장을 합한 값임.
② 완전개수-완성제방(계획홍수량에 대한 구조적 안정성이 확보된 제방)의 연장. 즉, 하천설계 기준에서 정한 필요한 홍수여유고와 단면을 가진 제방의 연장을 나타냄.
③ 불완전개수-제방은 있으나 완성제방에 미달하여 단면의 보강이 필요한 제방의 연장.
④ 미개수-향후 제방을 설치하여야 할 필요가 있는 구간의 연장을 나타냄.

## 2.4.2 하천시설물 현황

본 구수천은 과거 하천전반에 대한 일관된 개수계획이 수립된 바는 없고, 주로 경지정리와 병행하여 부분적인 하천개수를 시행하였을 뿐 하천을 일괄하여 개수계획을 수립한 적은 없다. 따라서 이들 치수사업의 실적에 대한 과거 모든 기록상의 자료 수집은 불가능한 상태이다.

## 2.4.3 저수지 및 배수펌프장 연혁

본 구수천 유역내 홍수시 내수침수를 방지하기 위한 저수지 및 배수펌프장은 존재하지 않는 것으로 조사되었다.

## 2.4.4 수해 및 가뭄피해 현황

### 가. 과거 주요 호우사상

#### 1) 기황 홍수량

본 구수천 유역에는 수위-유량 관측자료가 없어 구수천 유역의 지배관측소인 서산관측소의 강우자료를 이용하여 홍수규모를 간접적으로 파악하였으며, 서선관측소의 단위시간별 최대강우량을 1~3위까지 표시하면 다음과 표와 같다.

### <표 2.4-2> 기왕 최대강우기록

| 항목 구분 | 강 우 기 록 (mm) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 순위 | 1시간 | 2시간 | 3시간 | 6시간 | 12시간 | 24시간 |
| 서선관측소 단위시간별 최대강우량 | 1위 | 73.00 (1978.7.11) | 120.50 (2010.7.23) | 138.00 (2010.7.23) | 151.71 (1995.8.23) | 251.70 (1999.8.02) | 358.90 (1999.8.02) |
| | 2위 | 54.50 (2001.7.29) | 83.80 (2001.7.29) | 103.30 (1978.7.11) | 151.70 (1998.8.08) | 221.40 (1995.8.23) | 317.10 (1995.8.23) |
| | 3위 | 38.10 (2010.8.18) | 63.50 (1978.7.11) | 97.00 (2001.7.29) | 134.70 (1979.7.11) | 220.80 (1974.7.08) | 252.90 (1974.7.08) |
| 금 회 분 석 확률 강우량 | 20년 | 72.40 | 96.00 | 115.70 | 153.80 | 217.00 | 275.10 |
| | 30년 | 77.50 | 102.60 | 123.60 | 164.10 | 232.60 | 296.20 |
| | 50년 | 83.90 | 110.80 | 133.50 | 176.90 | 252.10 | 322.60 |
| | 80년 | 89.70 | 118.30 | 142.60 | 188.50 | 269.90 | 346.60 |
| | 100년 | 92.50 | 121.90 | 146.80 | 194.10 | 278.40 | 358.10 |
| | 200년 | 101.10 | 133.10 | 160.10 | 211.30 | 304.70 | 393.50 |

상기와 같이 지속기간별 기왕최대강우와 금회 분석한 20~200년빈도 확률강우량과 비교해 본 결과 서산관측소의 경우 기왕최대호우는 단기간 강우시에는 약 50년빈도에 해당하며, 6시간 이상의 장기간 강우시에는 200년빈도를 상회하는 것으로 나타났다.

구수천 유역이 위치하는 홍성군의 수해현황 <표 2.4-2>에서 보는 바와 같이 가장 큰 피해가 발생했던 1999년, 1995년, 1974년에 서산관측소의 기왕강우가 크게 발생했던 것을 볼 수 있다.

따라서, 금회 수문분석시 단일호우사상으로 가장 피해가 크게 발생되었던 서산관측소 1999년, 1995년, 1974년 산정하여 "제4장 홍수량 산정"에서 홍수량의 적정성 및 계획빈도의 적정성을 판단하고자 한다. 금회 선정한 기왕최대호우 사상은 <표 2.4-3>과 같다.

▸기왕 홍우의 단일 호우 사상

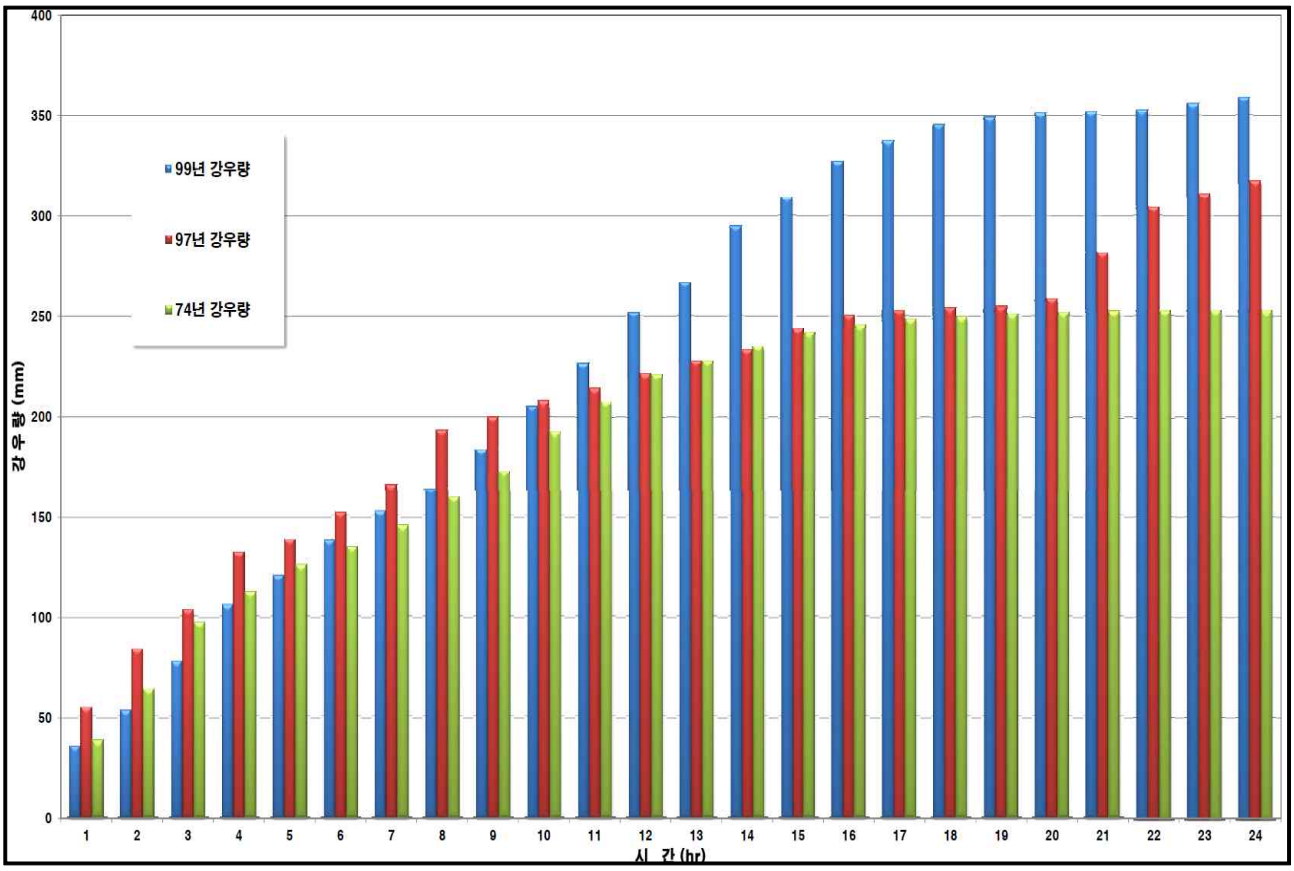
→ 1999년 : 8월 02일 ~ 03일 (일최대 : 358.9mm, 시간최대 : 35.3mm)

→ 1995년 : 8월 23일 ~ 24일 (일최대 : 317.1mm, 시간최대 : 54.5mm)

→ 1974년 : 7월 08일 ~ 09일 (일최대 : 252.9mm, 시간최대 : 38.1mm)

<표 2.4-3> 기왕 최대강우 기록

| 관측소 | 시간 / 년도 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 서 산 | 1999년 | 35.3 | 53.1 | 77.6 | 105.6 | 120.2 | 137.8 | 152.4 | 164.1 | 183.4 | 205.2 | 226.4 | 251.7 |
| | 1997년 | 54.5 | 83.8 | 103.3 | 131.9 | 138.3 | 151.7 | 166.0 | 193.2 | 199.6 | 207.6 | 214.0 | 221.4 |
| | 1974년 | 38.1 | 63.5 | 97.0 | 112.0 | 125.4 | 134.7 | 145.0 | 159.4 | 172.8 | 192.4 | 207.4 | 220.8 |
| 관측소 | 시간 / 년도 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 서 산 | 1999년 | 266.8 | 294.8 | 309.5 | 326.9 | 337.2 | 345.5 | 349.2 | 351.3 | 351.9 | 352.5 | 355.7 | 358.9 |
| | 1997년 | 227.8 | 233.1 | 243.9 | 250.3 | 252.9 | 254.0 | 254.8 | 258.8 | 281.7 | 304.5 | 310.8 | 317.1 |
| | 1974년 | 227.7 | 235.0 | 242.0 | 245.6 | 248.6 | 249.6 | 251.2 | 251.8 | 252.3 | 252.7 | 252.8 | 252.9 |




<그림 2.4-1> 기왕최대 단일호우 주상도

## 나. 수해발생 원인 및 현황

### 1) 과거 수해발생 현황

구수천 유역이 속한 홍성군의 최근 10년간(2000~2011년) 풍수해에 의한 피해현황은 소방방재청에서 발행한 재해연보 및 홍성군 통계연보를 통해 조사하였으며, 피해현황을 조사한 결과, 홍성군의 경우 2010년 평균 피해액은 8,079,436천원로 조사되었다 수해기록이 행정구역별로 집계가 이루어지기 때문에 특정유역의 정확한 수해피해액의 파악은 곤란하며, 정확한 구분이 어려운 실정임을 감안해야 할 것이다.

#### 가) 2002년 태풍 루사 홍수피해 분석

태풍 루사(RUSA)의 영향으로 본 구수천인 구수천 유역과 인접한 홍성관측소에서 8월27일~9월 1일에 걸쳐 호우가 관측되었으나, 시간최대 7.0mm, 일최대 53.0mm로 계획빈도에 크게 미치지 못하였으며, 그로 인한 홍수피해는 없었던 것으로 나타났다.

#### 나) 2003년 태풍 매미 홍수피해 분석

태풍 매미는 주로, 동·남해안과 부산, 대구, 경남·경북지역 및 강원중·남부지역에서 막대한 홍수피해가 발생하였으나 본 구수천 유역과 인접한 홍성관측소에서는 시간최대 7mm, 일최대 24mm로 관측되어 계획빈도에 크게 미치지 못하였으며, 그로 인한 홍수피해는 없었던 것으로 나타났다

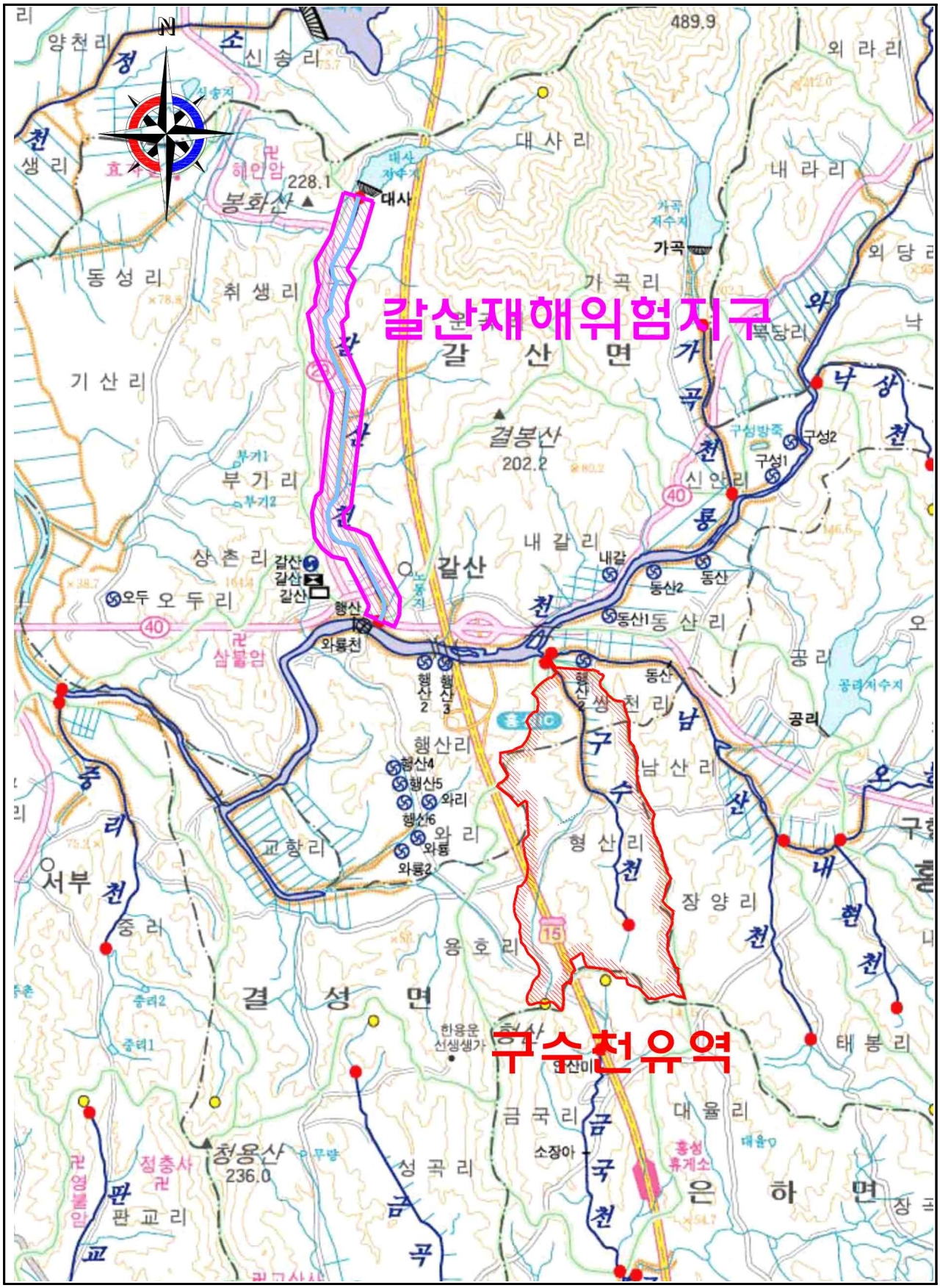
## 다. 홍수피해 취약지역 조사

자연재해위험지구는 내수와 외수침수가 빈번히 발생하는 지역을 대상으로 지방자치단체의 건의에 의해 행정안전부에서 지정하는 위험지역이다. 홍성군에는 1개소의 자연재해위험지구가 지정되어 있으며 구수천 유역내에는 지정되어 있는 곳이 없는 것으로 조사되었다. 자세한 내용은 <표 2.4-4>와 같다.

**<표 2.4-4> 자연재해위험지구 지정현황**

| 재 해 유형별 | 지구명 | 시설명 | 지정일자 | 위 치 | 지정사유 | 위험요인 | 추진상황 | 시실관리 기관 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 침수 위험 | 갈산재해 위험지구 | 갈산천 | 2006.03.15 | 충청남도 홍성군 갈산면 | 상습침수 | 상습침수 | 정비중 (응급조치완료) | 홍성군 |

【주】 자료 : 국가재난정보센터




〈그림 2.4-2〉 자연재해위험지구 위치도

## 라. 가뭄피해 현황

전국적으로 '60년 이후에 발생한 주요 가뭄현황으로는 '67~'68년 영·호남지역 가뭄, '76~'77년, '81~'82년, '87~'88년의 영남지역 가뭄, '94~'95년의 영·호남지역 및 중부 일부지역 가뭄 그리고 90년만의 최악의 알려진 2001년 중부지역의 봄가뭄 등이 있다.

60년 이후 발생한 가뭄에 대한 통계자료가 없고 가뭄사상별로 조직적인 조사분석이 이루어지지 않아 가뭄별 수문, 기상특성 및 가뭄기간별 피해유형별 피해액을 분석하기가 곤란하며 광범위한 지역에 발생하는 가뭄사상을 한정된 소규모 하천유역에서 가뭄실태를 분석한다는 것은 사실상 불가능한 실정이다.

따라서 본 계획에서는 기조사 자료를 이용하여 전국적인 가뭄실태를 파악하였다. 「가뭄기록조사 (1995, 국토해양부)」에 의하면 과거 대규모 가뭄피해가 발생한 년도는 '67~'68, '76~'77, '81~'82, '87~'88, '94~'95의 총 5회로서 자료보유 년도가 30년~40년임을 감안하면 전국적 또는 국지적인 가뭄 발생빈도는 약 7년 정도임을 알 수 있다.

과거 주요가뭄은 1967년~1968년, 1976년~1977년, 1981년~1982년, 1987년~1988년, 1994년~1995년 사이에 발생하였으며 공간적인 편차를 살펴보면 1968년 7월의 가뭄은 중부지방과 호남지방을 중심으로 극심하였으며, 1977년 10월에는 전국적으로 극심한 가뭄이 발생하였다. 또한 1982년 10월에는 중부지방과 영남지방에 극심한 가뭄이 발생하였으며, 1988년 12월에는 서해안 일대 및 전국적인 가뭄이 발생하였다. 1994년 8월에는 낙동강 유역 및 중부지방에서 극심한 가뭄이 발생하였으며, 1995년 7월에는 전라도 지역에 극심한 가뭄이 발생하였고 전국적으로도 가뭄이 발생하였다.

과거의 가뭄피해는 조선시대 기록을 보면 약 5년에 한번 꼴로 발생한 것으로 전해지고 있으며 특히 1594년, 1671년, 1697년은 전국적인 가뭄으로 인하여 대흉작이 발생되었던 것으로 기록되어 있다. 20세기에 들어서는 연강수량이 적었던 해가 24회였으며, 여름철에 강수량이 적어 가뭄으로 인한 농작물 피해가 발생하였던 해는 35회에 이른다. 이는 연강수량이 평년수준이라 하더라도 여름철의 강우분포가 극히 불규칙했음을 말해주는 것이라 할 수 있다.

피해규모를 살펴보면 1939년의 가뭄피해는 전국적인 규모였고 1967~1968년과 1994~1995년의 2년간에 걸친 연속적인 가뭄은 주로 영·호남 지방에서 발생하였지만 충청지방에서도 많이 발생하였고, 1982년이 가장 극심하였고 1994~1995년에도 대체적으로 피해가 컸던 것으로 나타나고 있다.

# 2.5 하천의 이용현황

## 2.5.1 용수이용현황

본 구수천 유역의 용수이용현황은 유역내에 거주하는 인구가 단위면적당 차지하는 비율이 낮을 뿐만 아니라 공단지역이 차지하는 비율은 거의 없으며 반면에 농지면적이 커서 농업용수가 차지하는 비율이 비교적 높은 것으로 조사되었다.

### 가. 생활용수

홍성군 내의 용수공급은 2010년말 현재 보령댐 광역상수도 시설을 보유하고 있고 총 인구 89,603명중 55,252명이 급수해택을 받고 있으며, 급수보급율이 62%, 1인 1일 평균 급수량은 351ℓ이다. 본 구수천 유역이 속한 행정구역인 홍성군 갈산면 쌍천리와 결성면 형산리는 미급수 지역이며 수원별 상수도 현황은 <표 2.5-1>와 같다.

**<표 2.5-1> 생활용수 이용현황**

| 행정구역 | 급 수 구 역 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 총인구 | 급 수 인 구 | 보급률 (%) | 급수량 (㎥/일) | 시설용량 (㎥/일) | 1일1인당 급수량(ℓ) | 급 수 전 수 |
| 2005 | 91,432 | 46,092 | 50 | 14,350 | 14,690 | 319 | 7,330 |
| 2006 | 90,242 | 54,057 | 60 | 21,880 | 14,529 | 307 | 7,754 |
| 2007 | 89,539 | 55,513 | 62 | 14,350 | 10,648 | 203 | 8,160 |
| 2008 | 89,231 | 57,107 | 64 | 14,350 | 11,322 | 198 | 8,841 |
| 2009 | 88,865 | 52,459 | 59 | 16,979 | 16,979 | 324 | 9,650 |
| 2010 | 89,603 | 55,252 | 62 | 19,370 | 19,370 | 351 | 10,397 |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보

**<표 2.5-2> 홍성군 용도별 시설현황**

| 구분 | 계 | 생활용수 | 농업용수 | 생활·농업용수 |
|---|---|---|---|---|
| | 시설수 | 시설수 | 시설수 | 시설수 |
| 계 | 158 | 158 | - | - |
| 마을상수도 | 102 | 102 | - | - |
| 소규모급수시설 | 56 | 56 | - | - |

【주】 자료 :「홍성군 수도정비 기본계획(변경)(2010)」

**<표 2.5-3> 수원별 현황**

| 구 분 | | 계 | 수 원 | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 지하수 | 용천수 | 계곡수 | 해수 | |
| 계 | 시설수(개소) | 158 | 143 | 11 | 3 | 1 | |
| | 비 율(%) | 100 | 90.5 | 7.0 | 1.9 | 0.6 | |
| 마을상수도 | 시설수(개소) | 102 | 100 | 2 | - | - | |
| | 비 율(%) | 100 | 98.0 | 2.0 | - | - | |
| 소규모 급수시설 | 시설수(개소) | 56 | 43 | 9 | 3 | 1 | |
| | 비 율(%) | 100 | 76.8 | 16.0 | 5.4 | 1.8 | |

【주】 자료 :「홍성군 수도정비 기본계획(변경)(2010)」

## 나. 농업용수

본 구수천 유역에서는 「수자원장기종합계획(2006. 국토해양부)」상에 수록된 단위용수량 자료를 이용하여 농업용수량을 산정하였다. 농업용수량 산정을 위해 사용된 단위용수량 자료는 <표 2.5-4>와 같으며 조사된 저수지, 양수장, 보의 현황은 <표 2.5-5>와 같다.

**<표 2.5-4> 관개면적별 농업용수량 원단위** (단위 : mm/년)

| 구분 | 홍성군 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 결성면 형산리 | | | 갈산면 쌍천리 | | |
| | 안전 | 불안전 | 관계전 | 안전 | 불안전 | 관계전 |
| 2010 | 725.29 | 117.86 | 127.08 | 323.22 | 525.52 | 56.63 |
| 2015 | 765.08 | 94.73 | 171.14 | 340.95 | 42.21 | 76.27 |
| 2020 | 796.08 | 77.32 | 161.34 | 354.76 | 34.46 | 71.90 |
| 2025 | 818.15 | 65.73 | 152.10 | 364.60 | 29.29 | 67.78 |

주】 1) 수자원장기종합계획(2006, 국토해양부) 부록에서 제시한 농업용수량과 재배면적을 이용하여 산출.
2)「하천정비기본계획수립 및 하천대장작성지침(2008. 12, 국토해양부)」에서 제시한 수리불안전답의 단위용수량은 수리안전답의 70%적용

**<표 2.5-5> 수리시설 및 방조제 현황** (단위 : 개소/ha)

| 구분 | 저수지 | 양배수장 | 집수암거 | 취입보 | 방조제 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 국가 | 도 | 군 | 민간 관리자 |
| 홍성군 | 45 | 37 | 12 | 52 | - | - | 10 | - |
| 결성면 | 3 | 2 | - | 1 | - | - | 3 | - |
| 갈산면 | 4 | 12 | 2 | 7 | - | - | - | - |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보

### 다. 공업용수

본 구수천 유역내의 공업용수 이용량을 파악하기 위해 통계연보 및 행정기관의 자료와 현장답사를 토대로 조사한 결과, 공업용수를 고려할 만한 대단위 산업단지 및 농공단지가 없으며 향후에도 단지계획이 없는 것으로 조사되었는 바, 본 구수천 유역의 공업용수는 없는 것으로 간주하였다.

## 2.5.2 토지이용현황

### 가. 용도지역별 도시계획현황

용도지역 구분이란, 토지의 경제적이며 효율적인 이용과 공공의 복리증진을 도모하기 위해 계획적으로 토지의 자연적 조건에 따라 구분한 토지의 이용구분을 의미한다.

**<표 2.5-6> 용도지역별 토지이용현황**

| 구 분 | | 합 계 | 농경지 | | | | 목 장 용 지 | 임야 | 대 지 | 기타 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 소 계 | 전 | 답 | 과수원 | | | | |
| 홍성군 | 면적(㎢) | 443.9 | 386.0 | 59.6 | 101.7 | 3.1 | 4.3 | 203.1 | 14.2 | 57.9 |
| | 비율(%) | 100.0 | 87.0 | 13.4 | 22.9 | 0.7 | 1.0 | 45.8 | 3.2 | 13.0 |
| 결성면 | 면적(㎢) | 29.1 | 25.6 | 4.6 | 7.2 | 0.0 | 0.4 | 12.7 | 0.7 | 3.5 |
| | 비율(%) | 100.0 | 88.0 | 15.8 | 24.7 | 0.0 | 1.4 | 43.6 | 2.4 | 12.0 |
| 갈산면 | 면적(㎢) | 54.3 | 45.5 | 5.0 | 15.1 | 0.1 | 0.3 | 24.0 | 1.0 | 8.8 |
| | 비율(%) | 100.0 | 83.8 | 9.2 | 27.8 | 0.2 | 0.6 | 44.2 | 1.8 | 16.2 |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보
기타 : 도로, 구거, 공장용지, 학교용지, 잡종지, 주차장, 창고용지 등

**<표 2.5-7> 도시계획지역 지정현황** 단위 : 천, ㎡

| 구 분 | 합 계 | 주거지역 | 상업지역 | 공업지역 | 녹지지역 | 개발제한구역 | 용도미지정구역 | 기타 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 홍성군 | 10.146 | 212 | 16 | 474 | 456 | - | 1,019 | 7,696 |
| (%) | (100.0) | (2.1) | (0.2) | (4.7) | (4.5) | - | (10.0) | (78.5) |
| 결성면 | 793 | 6 | - | - | 52 | - | 41 | 694 |
| (%) | (100.0) | (0.8) | - | - | (6.6) | - | (5.2) | (87.5) |
| 갈산면 | 2,107 | 4 | 1 | 461 | 71 | - | 635 | 935 |
| (%) | (100.0) | (0.2) | (0.0) | (21.9) | (3.4) | - | (30.1) | (44.4) |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보
기타 : 관리지역, 농림지역, 자연환경지역 등

### 2.5.3 공간이용현황

구수천 유역내의 관광지 및 위락지의 현황은 홍성군청에서 보유하고 있는 자료와 현지 조사를 토대로 조사한 결과, 본 계획 구간과 관련하여 대규모의 관광지나 위락시설은 없는 것으로 조사되었다.

## 2.6 하천의 환경현황

하천은 자연과 사회와의 사이에 위치하는 자연물로서 생활, 공업, 농업용수 등을 공급하고 수상교통로로 이용할 수 있는 이수기능, 홍수시 유수의 원활한 소통으로 시민의 생명과 재산을 보호하는 치수기능 및 「자연보전기능, 친수기능, 공간기능」으로 대별되는 환경기능을 갖추고 있으며, 본 계획과 관련한 하천환경정비방향 설정을 위하여 오염원조사, 하천 수질·저질조사, 하천 수변·생태조사 등을 다음과 같이 조사하였다.

□ 오염원 조사

구수천에 유입되는 생활계, 축산계, 산업계 오염원 및 토지이용시 농지에 살포된 비료, 토량 개량물질 및 산림의 유기물질 등으로 구분되는 비점오염원에 대하여 조사·분석하여 수환경 계획수립을 위한 기초자료로 활용하였다.

□ 하천수질·저질조사

구수천에 대하여 수질조사는 3지점을 선정하여 현장조사 2개 항목, 실험실 분석 11개 항목을 3회에 걸쳐 조사·분석하였으며, 또한 하천 저질조사(2지점)는 1회를 실시하였으며, 유량조사(하천수질조사 지점과 동일지점)를 계절별로 실시하였으며, 조사·분석된 결과를 이용하여 장래수질예측을 통한 수환경계획 수립에 활용하였다.

□ 하천수변·생태조사(River Corridor Survey)

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 기초자료 활용될 수 있도록 하기 위하여 하천의 수변·경관특성, 생태군락지, 환경기초시설, 수질오염 현황 등을 작성하였다.

## 2.6.1 하천의 오염원 조사

### 가. 수질 및 저질조사

하천들의 수환경 및 유역환경의 특성과 문제점을 도출하고 기본적인 관리방안을 제시하기 위해 수질을 조사하고 분석하고, 본 구수천내 조사된 수질자료는 장래 하천수질 파악의 자료가 된다. 수질조사지점은 유역의 변화점을 고려하여 중요하다고 판단되는 구수천 4개지점을 선정하여 조사하였다.

#### 1) 조사기간

하천의 기준지점 및 추가지점에서의 채수는 하천 수위가 일시적으로 증가되는 기간을 피하여 하천 유량이 비교적 안정된 평상 유출시를 선택하여 계절적 특성을 파악할 수 있도록 5회에 걸쳐 실시하였다.

#### 가) 채수일자

□ 1차 : 2011년 11월 17일
□ 2차 : 2012년 05월 08일
□ 3차 : 2012년 05월 29일
□ 4차 : 2012년 06월 15일
□ 5차 : 2012년 06월 26일

#### 나) 조사방법

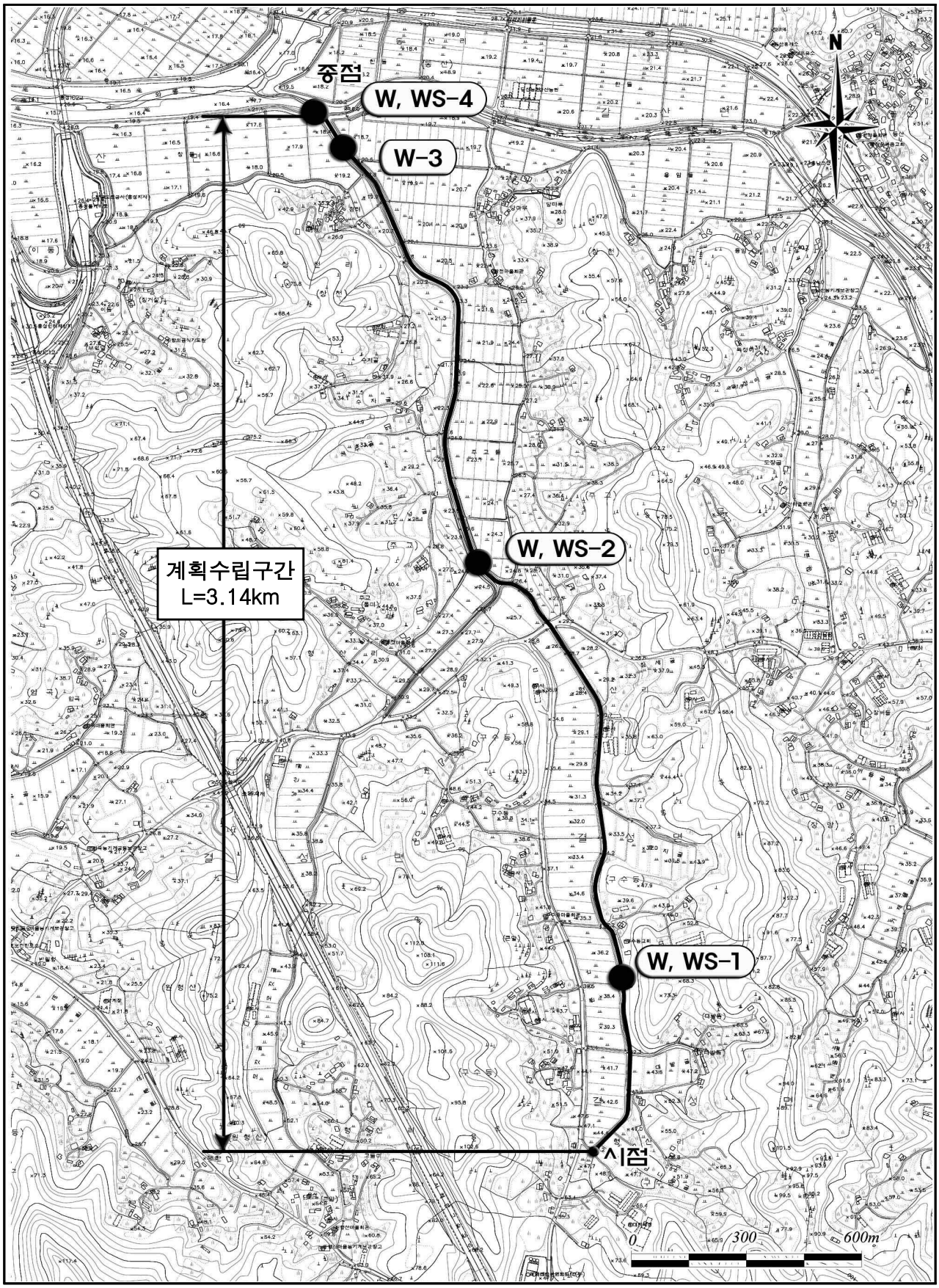
□ 하천수질 : 수질오염공정시험기준
□ 하천저질 : 토양오염공정시험기준

#### 2) 조사지점

하천수질 및 하천저질 현황을 파악하기 위하여 <표 2.6-1> 및 <그림 2.6-1>과 같이 조사지점을 선정하여 분석하였음

**<표 2.6-1> 조사지점 위치**

| 구 분 | 지점번호 | 조 사 지 점 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 하천수질 | W - 1 | 홍성군 갈산면 백야로 68번길 135번지 남남동측 300m지점 | 구수천 |
| | W - 2 | 홍성군 갈산면 수교리 마을버스 정류장 하류 200m지점 | 구수천 |
| | W - 3 | 홍성군 갈산면 행산리 행산2양수장 동측 20m지점 | 구수천 |
| | W - 4 | 홍성군 갈산면 행산리 행산2양수장 북북서측 50m지점 | 남산천 |
| 하천저질 | WS - 1 | 홍성군 갈산면 백야로 68번길 135번지 남남동측 300m지점 | 구수천 |
| | WS - 2 | 홍성군 갈산면 수교리 마을버스 정류장 하류 200m지점 | 구수천 |
| | WS - 3 | 홍성군 갈산면 행산리 행산2양수장 북북서측 50m지점 | 구수천 |




〈그림 2.6-1〉 수질·저질조사 위치도

### 3) 조사결과

#### 가) 하천수질

- 구수천의 하천수질 현황을 파악하기 위하여 4개 지점을 선정하여 조사하였으며, 구수천의 하천수질 현황은 다음과 같이 조사됨
- 한편, 환경성검토협의회 의견을 반영하기 위하여 W-3지점에서 3회 추가조사를 실시하였음
- W-3지점에서 다른 지점에 비해 수질등급이 낮은 것은 조사시기가 5월말에서 6월로 가뭄으로 인한 유량부족에 기인한 것으로 판단됨

**<표 2.6-2> 측정지점별 하천수질 등급**

| 구 분 | W-1 | W-2 | W-3 | W-4 |
|---|---|---|---|---|
| 1차조사 | 보통(III)등급 | 약간좋음(II)등급 | - | 약간좋음(II)등급 |
| 2차조사 | 약간나쁨(IV)등급 | 보통(III)등급 | - | 보통(III)등급 |
| 3차조사 | - | - | 나쁨(V)등급 | - |
| 4차조사 | - | - | 매우나쁨(VI)등급 | - |
| 5차조사 | - | - | 약간나쁨(IV)등급 | - |

**<표 2.6-3> 하천수질 조사결과**

| 지 점 / 항 목 | W - 1 | | W - 2 | | W - 3 | | | W - 4 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1차 | 2차 | 1차 | 2차 | 3차 | 4차 | 5차 | 1차 | 2차 |
| 수온(℃) | 11.5 | 24.0 | 11.8 | 25.0 | 25.0 | 27.5 | 26.0 | 11.0 | 24.0 |
| pH(-) | 7.5 | 6.5 | 7.6 | 7.4 | 6.7 | 7.0 | 7.4 | 7.7 | 6.6 |
| DO(mg/L) | 8.2 | 9.8 | 8.9 | 9.3 | 7.2 | 6.9 | 6.5 | 8.5 | 10.1 |
| BOD(mg/L) | 3.9 | 4.1 | 2.7 | 3.8 | 5.7 | 6.4 | 4.5 | 2.1 | 4.1 |
| COD(mg/L) | 6.8 | 7.4 | 3.4 | 6.8 | 9.2 | 12.0 | 8.5 | 3.2 | 6.5 |
| SS(mg/L) | 9.5 | 4.0 | 1.5 | 3.0 | 7.5 | 5.0 | 2.0 | 3.5 | 9.0 |
| T-N(mg/L) | 8.550 | 7.058 | 5.320 | 8.526 | 7.840 | 9.980 | 7.625 | 6.490 | 6.120 |
| T-P(mg/L) | 0.072 | 0.060 | 0.048 | 0.056 | 0.066 | 0.059 | 0.071 | 0.051 | 0.080 |
| Chl-a(mg/㎥) | 1.2 | 3.1 | 1.8 | 2.7 | 2.5 | 2.2 | 2.4 | 1.6 | 2.3 |
| 총대장균군 (MPN/100ml) | 1,100 | 1,400 | 890 | 200 | 250 | 280 | 520 | 780 | 390 |
| 유량(㎥/day) | 520.99 | 181.44 | 2,441.66 | 224.64 | 38.02 | 25.92 | 69.98 | 18,242.93 | 13,214.02 |

【주】 Hg, Cd, As, Cr6+, CN, Pb은 불검출(검출한계이하)

### 나) 하천저질

- 구수천의 3개 지점에서 하천저질 현황을 조사한 결과, 「토양오염 우려기준」 2지역(하천)의 환경기준을 만족하는 것으로 조사됨
- 또한, COD와 강열감량은 「하천공사표준시방서에 의한 오염퇴적물의 항목별 기준」에 적합한 것으로 조사됨

**<표 2.6-4> 하천저질 조사결과**

| 항 목 \ 지 점 | | WS - 1 | WS - 2 | WS - 4 | 환경기준 |
|---|---|---|---|---|---|
| pH | (-) | 5.9 | 6.1 | 6.2 | - |
| COD | (mg/kg) | 4,913.8 | 4,438.5 | 3,229.0 | 20,000~40,000 |
| Pb | (mg/kg) | 26.000 | 17.667 | 14.667 | 400 |
| Cd | (mg/kg) | 1.033 | 0.467 | 0.400 | 10 |
| As | (mg/kg) | 1.067 | 0.733 | 0.867 | 50 |
| Cr6+ | (mg/kg) | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 15 |
| Hg | (mg/kg) | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 10 |
| Cu | (mg/kg) | 13.967 | 16.233 | 12.900 | 500 |
| CN | (mg/kg) | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 2 |
| Zn | (mg/kg) | 185.900 | 84.113 | 73.810 | 600 |
| 총고형물질 | ( % ) | 80.2 | 74.0 | 77.4 | - |
| 휘발성고형물질 | ( % ) | 1.9 | 1.3 | 1.0 | - |
| 강열감량 | ( % ) | 21.7 | 27.3 | 23.7 | 10.0~20.0% 이상 |

【주】 불검출 : 검출한계이하

**<표 2.6-5> 하천공사표준시방서에 의한 오염퇴적물의 항목별 기준**

| 항 목 | 기 준 치 |
|---|---|
| 화학적산소요구량 (COD) | 20,000~40,000㎎/㎏ |
| 강열감량 (I.L) | 10.0~20.0% 이상 |
| 총질소 (T-N) | 1,600~3,000㎎/㎏ 이상 |
| 총인 (T-P) | 700~1,000㎎/㎏ |
| 황화물 | 1.0㎎/㎏ 이상 |

【주】 자료 : 한국수자원학회, 하천공사표준시방서, 2007

## <표 2.6-6> 하천수질 환경기준

(1) 사람의 건강보호 기준

| 항 목 | 기준값(㎎/L) |
|---|---|
| 카드뮴(Cd) | 0.005 이하 |
| 비소(As) | 0.05 이하 |
| 시안(CN) | 검출되어서는 안 됨(검출한계 0.01) |
| 수은(Hg) | 검출되어서는 안 됨(검출한계 0.001) |
| 유기인 | 검출되어서는 안 됨(검출한계 0.0005) |
| 폴리크로리네이티드비페닐(PCB) | 검출되어서는 안 됨(검출한계 0.0005) |
| 납(Pb) | 0.05 이하 |
| 6가크롬(Cr6+) | 0.05 이하 |
| 음이온계면활성제(ABS) | 0.5 이하 |
| 사염화탄소 | 0.004 이하 |
| 1,2-디클로로에탄 | 0.03 이하 |
| 테트라클로로에틸렌(PCE) | 0.04 이하 |
| 디클로로메탄 | 0.02 이하 |
| 벤젠 | 0.01 이하 |
| 클로로포름 | 0.08 이하 |
| 디에틸헥실프탈레이트(DEHP) | 0.008 이하 |
| 안티몬 | 0.02 이하 |

(2) 생활환경 기준

| 등 급 | | 상태 (캐릭터) | 기 준 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 수소이온 농도 (pH) | 생물 화학적 산소 요구량 (BOD) (㎎/L) | 화학적 산소 요구량 (COD) (㎎/L) | 부 유 물질량 (SS) (㎎/L) | 용존 산소량 (DO) (㎎/L) | 총인 (T-P) (㎎/L) | 대장균군 (군수/100mL) | |
| | | | | | | | | | 총 대장균군 | 분원성 대장균군 |
| 매우 좋음 | Ia | | 6.5~8.5 | 1 이하 | 2 이하 | 25 이하 | 7.5 이상 | 0.02 이하 | 50 이하 | 10 이하 |
| 좋음 | Ib | | 6.5~8.5 | 2 이하 | 4 이하 | 25 이하 | 5.0 이상 | 0.04 이하 | 500 이하 | 100 이하 |
| 약간 좋음 | II | | 6.5~8.5 | 3 이하 | 5 이하 | 25 이하 | 5.0 이상 | 0.1 이하 | 1,000 이하 | 200 이하 |

| 등 급 | | 상태 (캐릭터) | 기 준 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 수소이온 농도 (pH) | 생물 화학적 산소 요구량 (BOD) (㎎/L) | 화학적 산소 요구량 (COD) (㎎/L) | 부 유 물질량 (SS) (㎎/L) | 용존 산소량 (DO) (㎎/L) | 총인 (T-P) (㎎/L) | 대장균군 (군수/100mL) | |
| | | | | | | | | | 총 대장균군 | 분원성 대장균군 |
| 보통 | III | | 6.5~8.5 | 5 이하 | 7 이하 | 25 이하 | 5.0 이상 | 0.2 이하 | 5,000 이하 | 1,000 이하 |
| 약간 나쁨 | IV | | 6.0~8.5 | 8 이하 | 9 이하 | 100 이하 | 2.0 이상 | 0.3 이하 | - | - |
| 나쁨 | V | | 6.0~8.5 | 10 이하 | 11 이하 | 쓰레기 등이 떠있지 아니할 것 | 2.0 이상 | 0.5 이하 | - | - |
| 매우 나쁨 | VI | | - | 10 초과 | 11 초과 | - | 2.0 미만 | 0.5 초과 | - | - |

비고

1. 등급별 수질 및 수생태계 상태

가. 매우 좋음 : 용존산소가 풍부하고 오염물질이 없는 청정상태의 생태계로 여과·살균 등 간단한 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음.

나. 좋음 : 용존산소가 많은 편이고 오염물질이 거의 없는 청정상태에 근접한 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수로 사용할 수 있음.

다. 약간 좋음 : 약간의 오염물질은 있으나 용존산소가 많은 상태의 다소 좋은 생태계로 여과·침전·살균 등 일반적인 정수처리 후 생활용수 또는 수영용수로 사용할 수 있음.

라. 보통 : 보통의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 일반 생태계로 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 생활용수로 이용하거나 일반적 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.

마. 약간 나쁨 : 상당량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 농업용수로 사용하거나, 여과, 침전, 활성탄 투입, 살균 등 고도의 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.

바. 나쁨 : 다량의 오염물질로 인하여 용존산소가 소모되는 생태계로 산책 등 국민의 일상생활에 불쾌감을 유발하지 아니하며, 활성탄 투입, 역삼투압 공법 등 특수한 정수처리 후 공업용수로 사용할 수 있음.

사. 매우 나쁨 : 용존산소가 거의 없는 오염된 물로 물고기가 살기 어려움.

아. 용수는 당해 등급보다 낮은 등급의 용도로 사용할 수 있음.

자. 수소이온농도(pH) 등 각 기준항목에 대한 오염도 현황, 용수처리방법 등을 종합적으로 검토하여 그에 맞는 처리방법에 따라 용수를 처리하는 경우에는 당해 등급보다 높은 등급의 용도로도 사용할 수 있음.

## 2.6.2 유역의 오염부하량 산정

### 가. 오염부하량 산정방법

#### 1) 오·폐수발생 유량

##### 가) 생활계

생활계 오수발생유량은 가정인구에 의한 오수발생유량과 영업인구에 의한 오수발생유량으로 나눌 수 있으며, 각각의 오수발생유량은 분뇨발생유량과 잡배수발생유량으로 구분되고, 이 때 총 오수발생유량은 가정인구 오수발생유량과 영업인구 오수발생유량을 합하여 산정한다. 구수천 유역의 생활계 발생부하량은 다음과 같다.

<표 2.6-7> 생활계 발생부하량 (kg/일)

| 소유역 | 년도 | 발 생 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $BOD_5$ | T-N | T-P |
| 구수천 유역 | 2010년 | 16.4 | 4.4 | 0.5 |
| | 2015년 | 160 | 4.3 | 0.5 |
| | 2020년 | 15.5 | 4.1 | 0.5 |
| | 2025년 | 13.4 | 3.6 | 0.4 |

##### 나) 축산계

축산계 발생부하량은 축종별 사육두수에 대하여 고형물과 폐수로 나누어 각각의 발생부하원단위를 곱하여 산정한 결과 연도별 변화는 미미한 것으로 검토되었다.

<표 2.6-8> 축산계 발생부하원단위 (단위 : g/두/일)

| 항 목 | 구 분 | 젖소 | 한우 | 말 | 돼지 | 양·사슴 | 개 | 가금 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $BOD_5$ | 합 계 | 556 | 528 | 259 | 109 | 10 | 18 | 5.2 |
| | 폐 수 | 117 | 67 | 30 | 32 | 3 | 4 | 0 |
| | 고형물 | 439 | 461 | 229 | 77 | 7 | 14 | 5.2 |
| T-N | 합 계 | 161.8 | 116.8 | 77.6 | 27.7 | 5.8 | 8.4 | 1.1 |
| | 폐 수 | 63.5 | 40.0 | 26.7 | 14.9 | 4.2 | 5.4 | 0 |
| | 고형물 | 98.3 | 76.8 | 50.9 | 12.8 | 1.6 | 3.0 | 1.1 |
| T-P | 합 계 | 56.7 | 36.1 | 24.0 | 12.2 | 0.9 | 1.6 | 0.4 |
| | 폐 수 | 10.7 | 3.5 | 2.3 | 3.3 | 0.2 | 0.3 | 0 |
| | 고형물 | 46.0 | 32.6 | 21.7 | 8.9 | 0.7 | 1.3 | 0.4 |

<표 2.6-9> 축산계 발생부하량 (kg/일)

| 소유역 | 년도 | 발 생 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $BOD_5$ | T-N | T-P |
| 구수천 유역 | 2010년 | 997.0 | 232.4 | 88.4 |
| | 2015년 | 997.7 | 233.4 | 88.8 |
| | 2020년 | 997.7 | 233.4 | 88.8 |
| | 2025년 | 997.7 | 233.4 | 88.8 |

### 다) 토지계

토지계 발생부하량은 각 지목별 면적과 지목별 연평균 발생부하원단위를 적용하여 일별 발생부하량을 산정하였다.

<표 2.6-10> 토지계 지목별 연평균발생부하원단위 (단위 : kg/㎢·일)

| 지 목 | $BOD_5$ | T-N | T-P |
|---|---|---|---|
| 전 | 1.59 | 9.44 | 0.24 |
| 답 | 2.30 | 6.56 | 0.61 |
| 임야 | 0.93 | 2.20 | 0.14 |
| 대지 | 85.90 | 13.69 | 2.10 |
| 기타 | 0.960 | 0.759 | 0.027 |

【주】 1. “전”은 지목별 면적 중 전과 과수원을 포함
2. “대지“는 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 철도용지, 체육용지(골프장 제외), 유원지, 종교용지, 사적지를 포함
3. “기타”는 광천지, 염전, 제방, 구거, 유지, 수도용지, 공원, 묘지, 잡종지, 목장용지를 포함

<표 2.6-11> 토지계 발생부하량 (kg/일)

| 소유역 | 년도 | 발 생 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $BOD_5$ | T-N | T-P |
| 구수천 유역 | 2010년 | 37.7 | 23.7 | 1.9 |
| | 2015년 | 37.7 | 23.7 | 1.9 |
| | 2020년 | 37.8 | 23.8 | 2.0 |
| | 2025년 | 37.9 | 23.8 | 2.0 |

## 나. 배출유량 및 배출부하량

오·폐수배출유량 및 배출부하량은 『국립환경과학원, 수계오염총량관리기술지침, 2008.9』에서 제시하는 산정방법에 따라 산정하였다.

### 1) 오·폐수 배출유량

#### 가) 생활계

생활계 오수배출유량은 환경기초시설의 처리구역과 미처리구역으로 구분하여 조사하거나 산정하였다.

**<표 2.6-12> 생활계 배출부하량** (kg/일)

| 소유역 | 년도 | 배출부하량 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $BOD_5$ | T-N | T-P |
| 구수천 유역 | 2010년 | 4.1 | 4.4 | 0.5 |
| | 2015년 | 4.0 | 4.3 | 0.5 |
| | 2020년 | 3.9 | 4.1 | 0.5 |
| | 2025년 | 3.4 | 3.6 | 0.4 |

#### 나) 축산계

축산계 배출부하량은 점오염원과 비점오염원으로 구분하여 각각의 개별배출부하량과 가축분뇨공공 및 공동처리시설의 배출부하량을 합하여 산정하였다.

**<표 2.6-13> 축산계 배출부하량** (kg/일)

| 소유역 | 년도 | 배출부하량 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $BOD_5$ | T-N | T-P |
| 구수천 유역 | 2010년 | 83.8 | 52.3 | 6.2 |
| | 2015년 | 83.7 | 52.4 | 6.3 |
| | 2020년 | 83.7 | 52.4 | 6.3 |
| | 2025년 | 83.7 | 52.4 | 6.3 |

#### 다) 토지계

-토지계 배출부하량은 지목별 발생부하량과 관거배출부하량 및 공공하수처리시설 배출부하량으로 구분하여 산정

-지목별배출부하량은 발생부하량과 동일하며, 산정방법은 각 지목별 면적과 지목별 연평균 발생부하원단위 및 강우배출비를 적용하여 월별 발생부하량을 산정

-관거배출부하량은 차집구역으로부터 유효강우시 토지유출수가 오·폐수처리시설에 연결된 관거에 침투되어 누수, 월류를 통해 배출되는 양을 말하며, 관거유입량에 누수부하비와 월류부하비를 각각 곱하여 산정

-공공하수처리시설에 의한 토지계 배출부하량은 강우시 산정된 배출부하량에서 생활계에의한 배출부하량을 감한량으로 산정

**<표 2.6-14> 토지계 배출부하량** (kg/일)

| 소유역 | 년도 | 배출부하량 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $BOD_5$ | T-N | T-P |
| 구수천 유역 | 2010년 | 37.7 | 23.7 | 1.9 |
| | 2015년 | 37.7 | 23.7 | 1.9 |
| | 2020년 | 37.8 | 23.8 | 2.0 |
| | 2025년 | 37.9 | 23.8 | 2.0 |

### 2) 구수천 유역 발생·배출부하량

구수천 유역의 발생 및 배출부하량을 예측 연도별로 비교한 결과 축산계는 2010년에서 2015년에 다소 감소하고 그 이후 2025년까지는 일정하며, 토지계는 대지 면적 증가로 부하량이 증가하고, 생활계는 거의 변화가 없으며, 전체적으로 BOD 배출부하량이 2010년에 비해 2025년에 0.2kg/일이 증가하는 것으로 산정됨

오염원 그룹별로 배출부하량을 비교하면 축산계가 가장 많은 비중을 차지하며, 토지계, 생활계 순으로 배출되는 것으로 조사되었고, 산업계, 양식계, 매립계는 오염원이 없어 배출부하량이 없는 것으로 조사되었음

**<표 2.6-15> 구수천 유역 발생·배출부하량 비교**

| 소유역 | 년도 | 발생부하량 | | | 배출부하량 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $BOD_5$ | T-N | T-P | $BOD_5$ | T-N | T-P |
| 구수천 유역 | 2010년 | 1,051.1 | 260.7 | 90.8 | 125.5 | 76.1 | 8.7 |
| | 2015년 | 1,051.4 | 261.5 | 91.2 | 125.4 | 80.5 | 8.7 |
| | 2020년 | 1,051.0 | 261.4 | 91.2 | 122.5 | 80.5 | 8.7 |
| | 2025년 | 1,049.0 | 260.8 | 91.2 | 125.0 | 79.9 | 8.6 |

## 2.6.3 하천의 생태환경

### 가. 육상, 육수식물

#### (1) 식물상(flora)

##### (가) 소산식물의 분포현황

###### ① 현지조사 집계

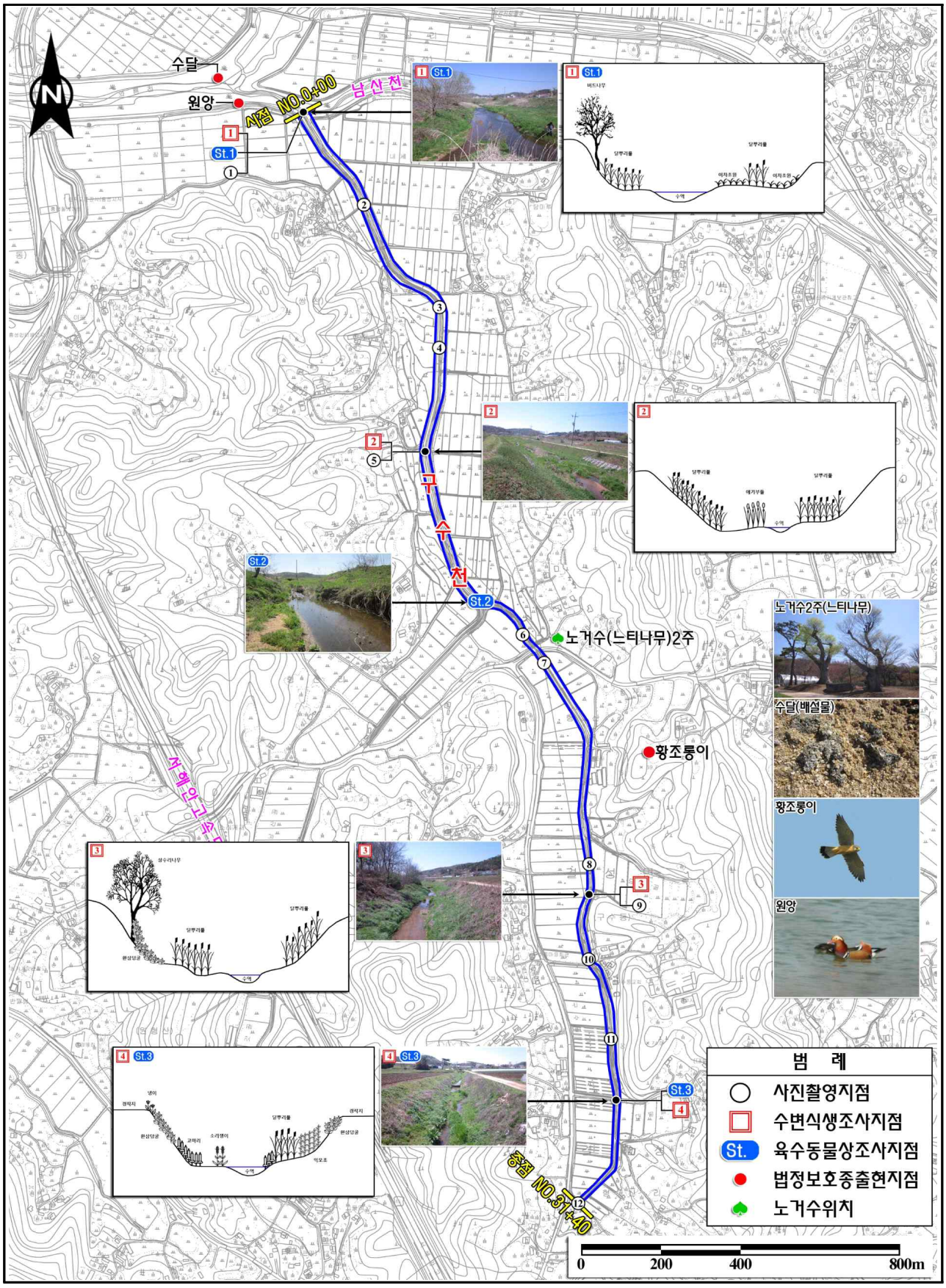
- 현장조사는 구수천과 주변지역(이하, “조사지역”) 토지의 다양한 물리적 타입 즉, 산림, 하천, (폐)전답(田畓) 등을 고려하여 도보로 이동하면서 실시하였음
- 식물상 조사결과, 본 조사지역의 식물상은 62과 149종 1아종 20변종 등 총 170분류군이 구분, 정리, 집계되었으며, 조사지역의 소산식물목록은 <동·식물상 부록>에 별도로 기재, 반영하였음

###### ② 소산식물목록의 정리 방향

- 식물의 순서를 배열하는 분류법식(分類法式)은 가급적 해부학적인 특징을 반영하는 Engler의 분류체계(Melchior 1954, 1964)에 따랐으며, 조사된 각각의 출현종은 생활형(Raunkiaer 1934), 식물구계학적특정종(국립환경과학원 2006), 한국특산종(환경부 2005), 귀화종(박 2001, 박 등 2002, 국립환경연구원 2004), 식재종, 원예종, 재배종 등으로 구분하여 정리, 작성하였음
- 특히, 조사범위에 출현하는 모든 분류군(eg, 노상, 노방, 노변, 경작지, 하천, 산림지역의 출현종, 그리고 식재종, 원예종, 재배종 등)을 집계하였음
- 따라서, 본 조사지역은 식생의 발달이 양호하지 않은 입지임에도 불구하고 현지조사 출현종이 상당히 많이 조사, 집계되었음을 밝혀둠

###### ③ 소산식물의 생활형 분석

- 자연생태계에서 식물의 생활형(life form)은 서식환경의 상호작용, 또는 공존식물의 직접적인 종간 및 개체간 경쟁 등에 좌우되며, 특히 식물군집의 종조성(floristic composition) 뿐만 아니라, 다양한 환경요소에 대한 군집반응 정보를 제공하고 있음. 따라서, 본 조사지역 소산식물의 생활형을 한반도, Raunkiaer(1934), 남한의 표준 생활형 스펙트럼과 비교하였음
- 특히, 조사지역의 소산식물을 남한의 생활형스펙트럼과 비교하면 대형지상식물(M), 소형지상식물(N), 지중식물(G), 지표식물(Ch)은 다소 낮게 분석되었으며, 반지중식물(H), 일년생식물(Th)은 높게 구분, 분석되었음




<그림 2.6-2> 조사지역의 생태조사 현황도(1/5,000지형도)

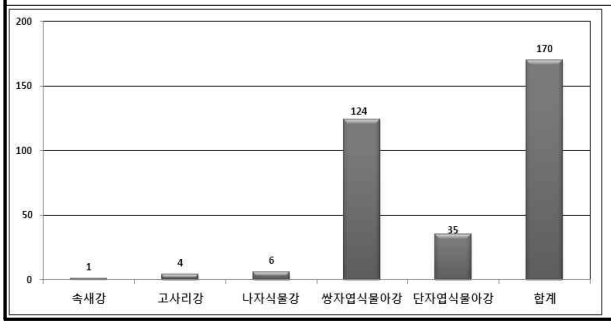
| | | |
|---|---|---|
| | | |
| ① 구수천 시점부 (남산천 합류부) 현황 | ② 구수천 제외지 하천식생 현황 | ③ 구수천 제외지 하천식생 현황 |
| | | |
| ④ 구수천 제외지 하천식생 현황 | ⑤ 구수천 제외지 하천식생 현황 | ⑥ 구수천 제외지 하천식생 현황 |
| | | |
| ⑦ 구수천 제외지 하천식생 현황 | ⑧ 구수천 제외지 하천식생 현황 | ⑨ 구수천 제외지 하천식생 현황 |
| | | |
| ⑩ 구수천 제외지 하천식생 현황 | ⑪ 구수천 제외지에 분포하는 솜대식재림 현황 | ⑫ 구수천 종점부 현황 |
| | | |
| 광대나물 (Lamium amplexicaule L.) | 조팝나무(Spiraea prunifolia var. simplicifloa Nakai) | 흰민들레 (Taraxacum coreanum Nakai) |

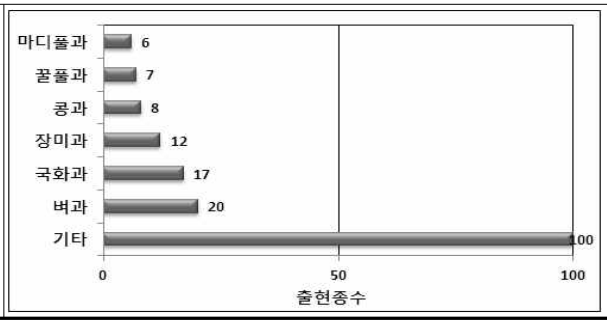
**<그림 2.6-3> 조사지역의 경관, 주요식생 및 식물상 현황**

## <표 2.6-16> 조사지역의 소산식물목록 집계표

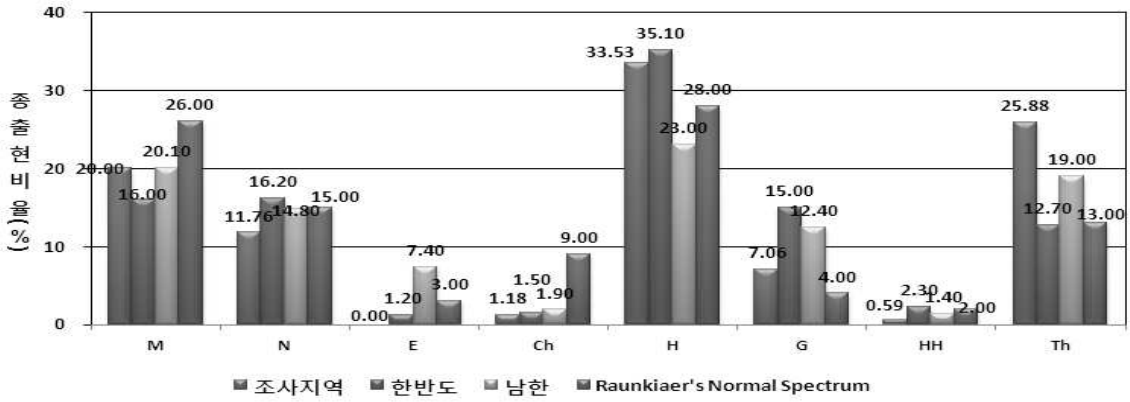
| 분류군 \ 체계 | 과 (Family) | 종 (Species) | 아종(Sub species) | 변종 (Variety) | 품종 (Forma) | 소계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 속새강 | 1 | 1 | - | - | - | 1 |
| 고사리강 | 3 | 3 | - | 1 | - | 4 |
| 나자식물강 | 3 | 6 | - | - | - | 6 |
| 피자식물강 | 55 | 139 | 1 | 19 | - | 159 |
| 쌍자엽식물아강 | 47 | 111 | 1 | 12 | - | 124 |
| 단자엽식물아강 | 8 | 28 | - | 7 | - | 35 |
| 합 계 | 62 | 149 | 1 | 20 | - | 170 |

○ 분류군별 현황(↓)




## <표 2.6-17> 조사지역 소산식물의 생활형 비교, 분석




| 생활형(life form) | | 출현종수 | 구성비(%) | 한반도(%) | 남한(%) | RNS(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| M | 대형지상식물 | 34 | 20.00 | 16.00 | 20.10 | 26.00 |
| N | 소형지상식물 | 20 | 11.76 | 16.20 | 14.80 | 15.00 |
| E | 착생식물 | - | - | 1.20 | 7.40 | 3.00 |
| Ch | 지표식물 | 2 | 1.18 | 1.50 | 1.90 | 9.00 |
| H | 반지중식물 | 57 | 33.53 | 35.10 | 23.00 | 28.00 |
| G | 지중식물 | 12 | 7.06 | 15.00 | 12.40 | 4.00 |
| HH | 근생·수생식물 | 1 | 0.59 | 2.30 | 1.40 | 2.00 |
| Th | 일년생식물 | 44 | 25.88 | 12.70 | 19.00 | 13.00 |
| 합 계 | | 170 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |

【주】 RNS : Raunkiaer's Normal Spectrum

자료 : Raunkaier, C. 1934. The Life Form of Plants and Statistical Plant Geography. Clarendon Press, Oxford.

### (나) 습성식물 분포 현황

- 현장조사는 조사지역의 남산천, 구수천, (폐)경작지 등에서 실시하였음
- 식물상 조사결과(총 170분류군), 조사지역의 습성식물은 총 12과 20분류군이 구분, 정리, 집계되었음
- 한편, 습성식물 중 정수식물이 16분류군, 하변식물이 4분류군으로 정리되었음

**<표 2.6-18> 습성식물 조사목록(현지조사)**

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | 생활형 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| Family Salicaceae | 버드나무과 | | | |
| Salix glandulosa Seem. | 왕버들 | * | M | 하변 |
| Salix gracilistyla Miq. | 갯버들 | * | N | 하변 |
| Salix koreensis Anderss | 버드나무 | * | M | 하변 |
| Family Polygonaceae | 마디풀과 | | | |
| Persicaria hydropiper (L.) Spach. | 여뀌 | * | Th | 정수 |
| Persicaria sieboldi Ohki | 미꾸리낚시 | * | Th | 정수 |
| Persicaria thunbergii H. Gross | 고마리 | * | Th | 정수 |
| Family Ranunculaceae | 미나리아재비과 | | | |
| Ranunculus chinensis Bunge | 젓가락나물 | * | Th | 정수 |
| Ranunculus sceleratus L. | 개구리자리 | * | Th | 정수 |
| Family Cruciferae | 십자화과 | | | |
| Capsella flexuosa With. | 황새냉이 | * | Th | 정수 |
| Family Aceraceae | 단풍나무과 | | | |
| Acer ginnala Max. | 신나무 | * | M | 하변 |
| Family Umbelliferae | 산형과 | | | |
| Oenanthe javanica (Bl.) DC. | 미나리 | * | H | 정수 |
| Family Scrophulariaceae | 현삼과 | | | |
| Pseudolysimachion undulata Wall. | 물칭개나물 | * | H | 정수 |
| Family Compositae | 국화과 | | | |
| Bidens frondosa L. | 미국가막사리 | * | Th | 정수 |
| Family Typhaceae | 부들과 | | | |
| Typha angustata Bory et Chaub. | 애기부들 | * | HH | 정수 |

<표 2.6-18> 습성식물 조사목록(현지조사)(계속)

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | 생활형 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| Family Gramineae | 벼과 | | | |
| Echinochloa crus-galli (L.) Beauv. | 돌피 | * | Th | 정수 |
| Imperata cylindrica var. koenigii Durand et Schinz | 띠 | * | H | 정수 |
| Miscanthus sacchariflorus Benth. | 물억새 | * | H | 정수 |
| Phragmites japonica Steud. | 달뿌리풀 | * | G | 정수 |
| Family Cyperaceae | 사초과 | | | |
| Carex dispalata Boott | 삿갓사초 | * | H | 정수 |
| Family Juncaceae | 골풀과 | | | |
| Juncus effusus var. decipiens Buchen. | 골풀 | * | H | 정수 |

【주】 1. 생활형(life form) : M ; 대형지상식물(교목), N ; 소형지상식물(관목), H ; 반지중식물, G ; 지중식물, Th ; 일년생식물, HH : 근생·수생식물
2. 정수 : 정수식물, 하변 : 하변식물
3. 습성식물은 식물학전공자들의 주관적인 연구 자료에 따라 구분된 식물종군은 가급적 반영하지 않았으며, "수생식물정보자원은행(http://aqua.ajou.ac.kr)"과 "하천식물자료집(환경부G-7연구사업, 2002. 75p.)" 등을 참고하여 구분하였음. 특히, 본 조사자는 토지의 물리적 환경이나 매질 등을 고려하여 조사범위에 자생하는 일부 식물종을 선별적으로 습성식물군에 반영하였음을 밝혀둠

### (다) 특정야생식물

#### ① 환경부지정 멸종위기야생식물

- 식물상 조사결과(총 170분류군), 본 구수천에는 멸종위기의 보호야생식물이 자생하지 않았음
- 특히, 본 구수천의 일부 구간은 콘크리트 옹벽, 수중보 등의 인공구조물이 조성되어 있으며, 제외지는 대부분 (폐)경작지로 활용되고 있는 바, 보호야생식물의 자생 가능성은 매우 낮을 것으로 사료됨

#### ② 보호수, 노거수

- 조사결과, 본 구수천에는 보호수는 분포하지 않았음
- 다만, 구수천과 약 50m이격되어 노거수(느티나무 2주)가 분포하고 있으나, 조사지역의 노거수는 조경녹지내에 식재된 수목으로 조사되었음

<표 2.6-19> 조사지역의 노거수 현황

| 구 분 | 노거수 |
|---|---|
| 소재지 | 충남 홍성군 결성면 형산리 |
| 수종 | 느티나무 2주 |
| 수고 | 약 12~13m |
| 흉고둘레 | 약 300~350㎝ |
| 이격거리 | 구수천과 약 50m 이격 |

### (라) 특징있는 식물

#### ① 희귀식물

- 희귀식물의 자생여부는 “산림보호법” 제18조 2항의 “자생식물 및 산림유전자원보호구역 관리요령(산림청예규 제588호)”의 산림청지정 희귀식물 대상종(389분류군), 후보종(182분류군)”을 참조, 구분하였음
- 식물상 조사결과(총 170분류군), 본 조사지역에는 희귀식물이 자생하지 않았음

#### ② 한국특산식물

- 한국특산종(총 515분류군)의 구분은 식물학전공자들의 주관적인 연구 자료에 따라 구분된 식물종군은 가급적 반영하지 않았고, “한국고유종생물도감(환경부 2005)” 등의 자료를 근거하여 구분하였음
- 식물상 조사결과(총 170분류군), 개나리(Forsythia koreana Nakai. 식재종), 흰민들레(Taraxacum coreanum Nakai) 등 총 2분류군이 구분, 집계되었음

#### ③ 식물구계학적특정식물

- 식물구계학적특정종은 서로 다른 지역의 환경을 서로 다르게 표현해 주고, 서로 유사한 지역의 환경은 서로 유사하게 표현해 주는데 이용되는 분류군이며, 그 분포지역의 범위에 따라 5등급(Ⅰ~Ⅴ)으로 구분하여 총 1,120분류군이 구분, 정리되었음(환경부 2006)
- 식물상 조사결과(총 170분류군), 조사지역에서는 총 5과 5분류군이 정리되었고, 식재종(2분류군)을 제외한 배점은 총 6점이 산정되었음
- 특히, 배점이 낮은 사유는 조사지역은 식생의 발달이 양호하지 않으며, 전형적인 물리적 교란지역이기 때문이라고 사료됨

<표 2.6-20> 식물구계학적특정식물의 등급평가기준

| 등 급 | 분 포 역 |
|---|---|
| Ⅴ | 국내에서 고립되어 분포하거나 불연속적으로 분포하는 분류군 |
| Ⅳ | 북방계 또는 남방계 식물로서 일반적으로 1개의 아구에 분포하는 분류군 |
| Ⅲ | 북방계 또는 남방계 식물로서 일반적으로 2개의 아구에 분포하는 분류군 |
| Ⅱ | 비교적 전국적으로 분포하나 일반적으로 1,000m 이상 지역에 분포하는 분류군 |
| Ⅰ | 북방계 또는 남방계 식물로서 일반적으로 3개 아구에 분포하는 분류군 |

<표 2.6-21> 식물구계학적특정종 평가표(현지조사)

| 등급구분 | 평가점수 | 자생종/식재종 | 점수집계 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| Ⅴ | 10 | - / - | - / - | - / - |
| Ⅳ | 8 | - / - | - / - | - / - |
| Ⅲ | 6 | - / (1) | - / (6) | - / (식재종) |
| Ⅱ | 4 | - / - | - / - | - / - |
| Ⅰ | 2 | 3 / (1) | 6 / (2) | - / (식재종) |
| 합 계 | | 3 / (2) | 6 / (8) | - / (식재종) |

<표 2.6-22> 식물구계학적특정종 조사목록(현지조사)

| 학 명<br>(Scientific name) | 국 명<br>(Common name) | 현지조사 | 생활형 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| Family Pinaceae<br>Pinus koraiensis S. et Z. | 소나무과<br>잣나무 | * | M | Ⅰ,식재종 |
| Family Salicaceae<br>Salix glandulosa Seem. | 버드나무과<br>왕버들 | * | M | Ⅰ |
| Family Betulaceae<br>Alnus hirsuta (Spach.) Rupr. | 자작나무과<br>물오리나무 | * | M | Ⅰ |
| Family Fagaceae<br>Quercus variabilis Bl. | 참나무과<br>굴참나무 | * | M | Ⅰ |
| Family Aceraceae<br>Acer palmatum Thunb. | 단풍나무과<br>단풍나무 | * | M | Ⅲ,식재종 |

【주】 1. 생활형(life form) : M ; 대형지상식물(교목)
2. Ⅰ(2점),Ⅱ(4점),Ⅲ(6점),Ⅳ(8점),Ⅴ(10점) : 각각 Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ,Ⅴ등급의 식물구계학적특정종

### (마) 기타

#### ① 식재종 현황

- 식물상 조사결과(총 170분류군), 본 조사지역의 식재종(원예종, 재배종 포함)은 총 18분류군이 구분, 정리, 집계되었음
- 따라서, 본 조사지역에 자생하는 식물은 총 158분류군으로 정리되었음

### ② 귀화식물

- 식물상 조사결과(총 170분류군), 본 조사지역의 귀화식물은 총 7과 16분류군(소산식물의 9.41%)이 정리, 집계되었음.
- 따라서, 조사된 귀화식물 총 16분류군을 남한 전역에서 보고된 287분류군(박 2001, 박 등 2002, 국립환경연구원 2004)과 비교하면, 본 조사지역의 도시화지수(UI)는 5.57%로 산출, 구분되었음
- 한편, 조사된 귀화식물 중 “환경부령 제332호(2009)”의 “환경부지정 생태계교란야생동·식물”은 돼지풀(Ambrosia artemisiifolia var. elatior Descourtils) 1분류군이 조사되었음

**<표 2.6-23> 귀화식물 조사목록(현지조사)**

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | 생활형 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| Family Polygonaceae | 마디풀과 | | | |
| Rumex crispus L. | 소리쟁이 | * | H | |
| Family Rosaceae | 장미과 | | | |
| Potentilla paradoxa Nutt. | 개소시랑개비 | * | H | |
| Family Leguminosae | 콩과 | | | |
| Amorpha fruticosa L. | 족제비싸리 | * | N | 식재종 |
| Astragalus sinicus L. | 자운영 | * | H | |
| Robinia pseudo-acacia L. | 아까시나무 | * | M | 식재종 |
| Trifolium repens L. | 토끼풀 | * | Ch | |
| Family Onagraceae | 바늘꽃과 | | | |
| Oenothera odorata Jacq. | 달맞이꽃 | * | H | |
| Family Scrophulariaceae | 현삼과 | | | |
| Veronica persica Poir. | 큰개불알풀 | * | Th | |
| Family Compositae | 국화과 | | | |
| Ambrosia artemisiifolia var. elatior Descourtils | 돼지풀 | * | Th | 위외 |
| Bidens frondosa L. | 미국가막사리 | * | Th | |
| Erigeron annuas (L.) Pers. | 개망초 | * | Th | |
| Erigeron canadensis L. | 망초 | * | Th | |
| Sonchus oleraceus L. | 방가지똥 | * | Th | |
| Taraxacum officinale Weber | 서양민들레 | * | H | |
| Xanthium strumarium L. | 도꼬마리 | * | Th | |
| Family Gramineae | 벼과 | | | |
| Dactylis glomerata L. | 오리새 | * | H | |

【주】 1. 생활형(life form) : M ; 대형지상식물(교목), N ; 소형지상식물(관목), H ; 반지중식물, Ch ; 지표식물, Th ; 일년생식물
2. 위외 : “환경부지정 생태계교란야생동·식물”(환경부령 제332호). 2009. 환경부.

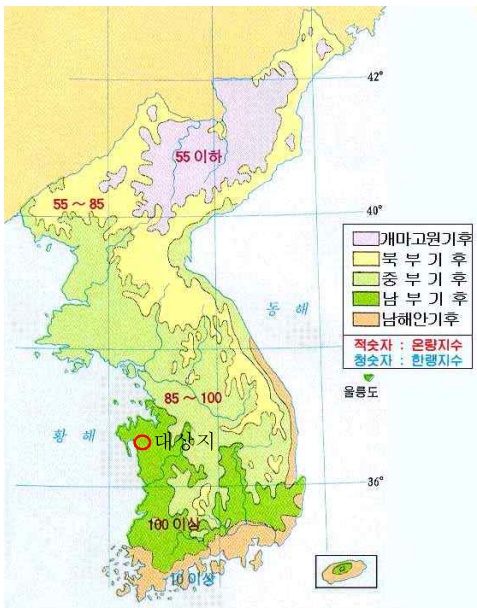
## (2) 현존식생(actual vegetation)

### (가) 조사지역의 주요식생 현황

#### ① 식물군계와 구계 현황

- 본 조사지역은 행정구역상 충남 홍성군 결성면 일원에 위치하고 있음. 따라서, 식물의 분포특성을 고려한 식물구계(植物區系) 구분에 의하면 한반도(韓半島) 남부아구(南部亞區)에 속함(이와 임 1978)
- 우점하는 식물의 생활형(life form)이나 군락을 구성하는 생활형의 조합에 의한 식물군계(植物群系)로 구분하면 온량지수(WI) 100℃·month의 냉온대남부(冷溫帶南部)에 위치하고 있음
- 따라서, 본 조사지역의 주요산림대는 개서어나무대(Carpinus tschonoskii zonation)에 해당함(Yim and Kira 1975)

한반도 식물구계 구분




한반도 온량지수

<그림 2.6-4> 조사지역의 식물구계, 식물군계 현황

#### ② 주요식생의 배분 현황

- 본 구수천(3.14㎞)은 충청남도 홍성군 결성면 일원의 남산천 합류부에서 형산리 일원이며, 사업의 주요내용은 구수천 하천정비기본계획 등이 계획되었음
- 구수천은 시점부에는 남산천과 합류하고 있으며, 종점부에는 주거지 등을 관류하

는 하천으로 주변에는 넓은 경작지대, 주거지 등이 분포하고 있음

- 특히, 구수천 제외지의 하천식생은 우점하는 달뿌리풀군락을 비롯하여 갯버들군락, 버드나무군락 등이 분포하고 있음
- 또한, 구수천 제방부에는 일부 아까시나무식재림, 족제비싸리식재림 등의 조림식생이 분포하고 있으며, 구수천 주변의 산림에는 소나무군락, 상수리나무나무군락 등이 이차림(Ⅰ)이 분포하고 있음
- 한편, 구수천 일부 구간은 초본식물이 혼생분포하는 이차초원(키낮은 초본식물)이 넓게 분포하고 있으며, 제외지 일부 구간에는 정수역을 이루고 있음
- 특히, 구수천 하도의 제내·외지는 주가지, 경작지, 수중보, 교량 등과 같은 다양한 물리적인 교란요인이 분포하여 자연식생은 전혀 분포하지 않으며, 종조성적 특징은 불량한 것으로 조사되었음

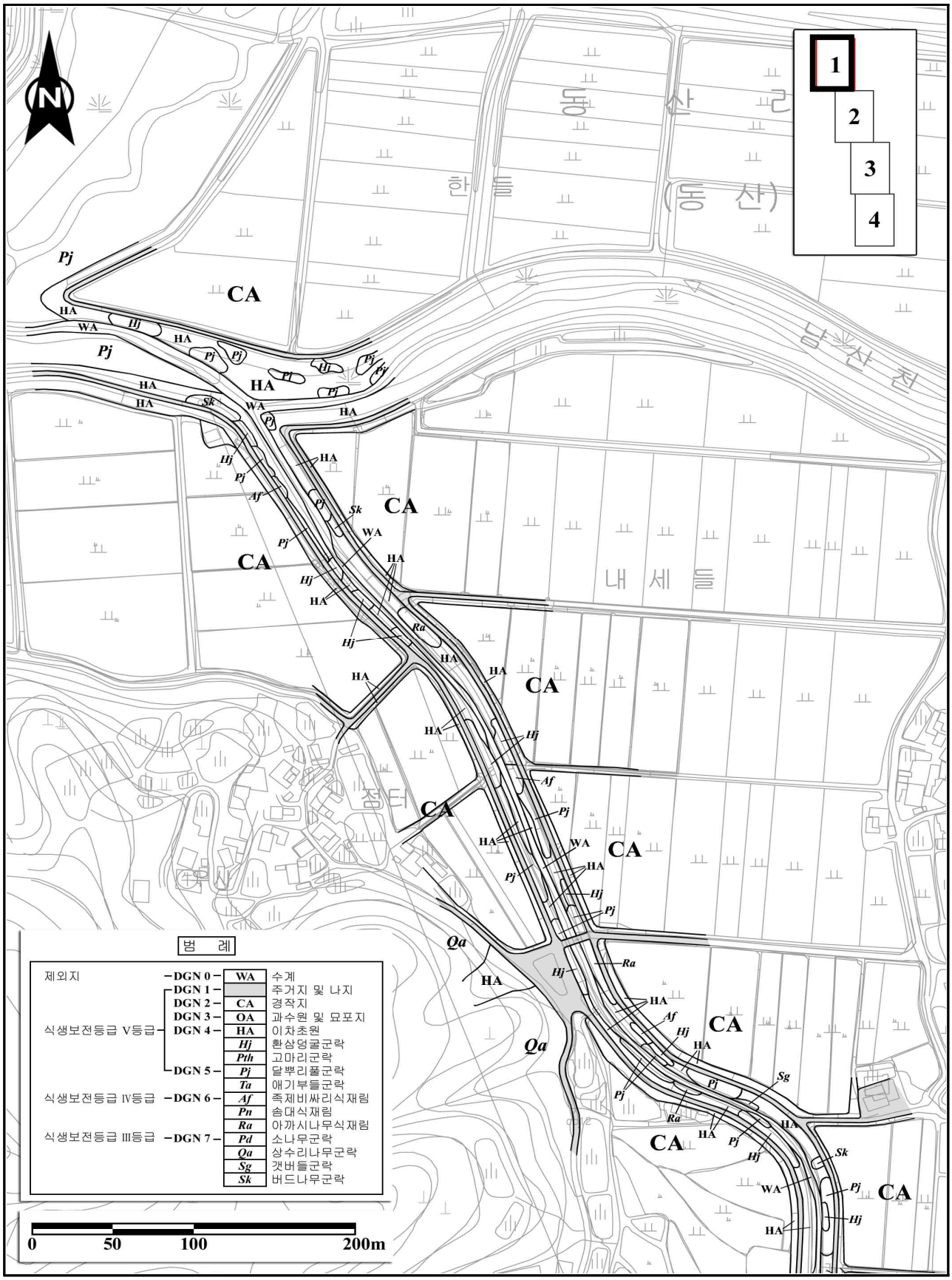
**<표 2.6-24> 조사지역의 주요식생의 분포현황**

| DGN | 식생보전 등급 | 해당식생형 | 주요분포역 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 제외지 | 수역 | 구수천 하도의 유심선, 수체 | - |
| 1 | Ⅴ | 주거지 및 나지 | 구수천 제내지 | - |
| 2 | Ⅴ | 경작지 | 구수천 제내·외지 | - |
| 3 | Ⅴ | 과수원 및 묘포지 | 구수천 제내·외지 | - |
| 4 | Ⅴ | 이차초원(키낮은초원) | 구수천 제내·외지 | - |
| | | 환삼덩굴군락 | 구수천 제외지 | - |
| | | 고마리군락 | 구수천 제외지 | - |
| 5 | Ⅴ | 달뿌리풀군락 | 구수천 제외지 | 저층습원식생 |
| | | 애기부들군락 | 구수천 제외지 | 〃 |
| 6 | Ⅳ | 족제비싸리식재림 | 구수천 제내·외지 | 식재림 |
| | | 솜대식재림 | 구수천 제내지 | 〃 |
| | | 아까시나무식재림 | 구수천 제내·외지 | 〃 |
| 7 | Ⅲ | 소나무군락 | 구수천 제내지 | 산지침엽수림 |
| | | 상수리나무군락 | 구수천 제내·외지 | 산지활엽수림 |
| | | 갯버들군락 | 구수천 제외지 | 하변림 |
| | | 버드나무군락 | 구수천 제외지 | 〃 |

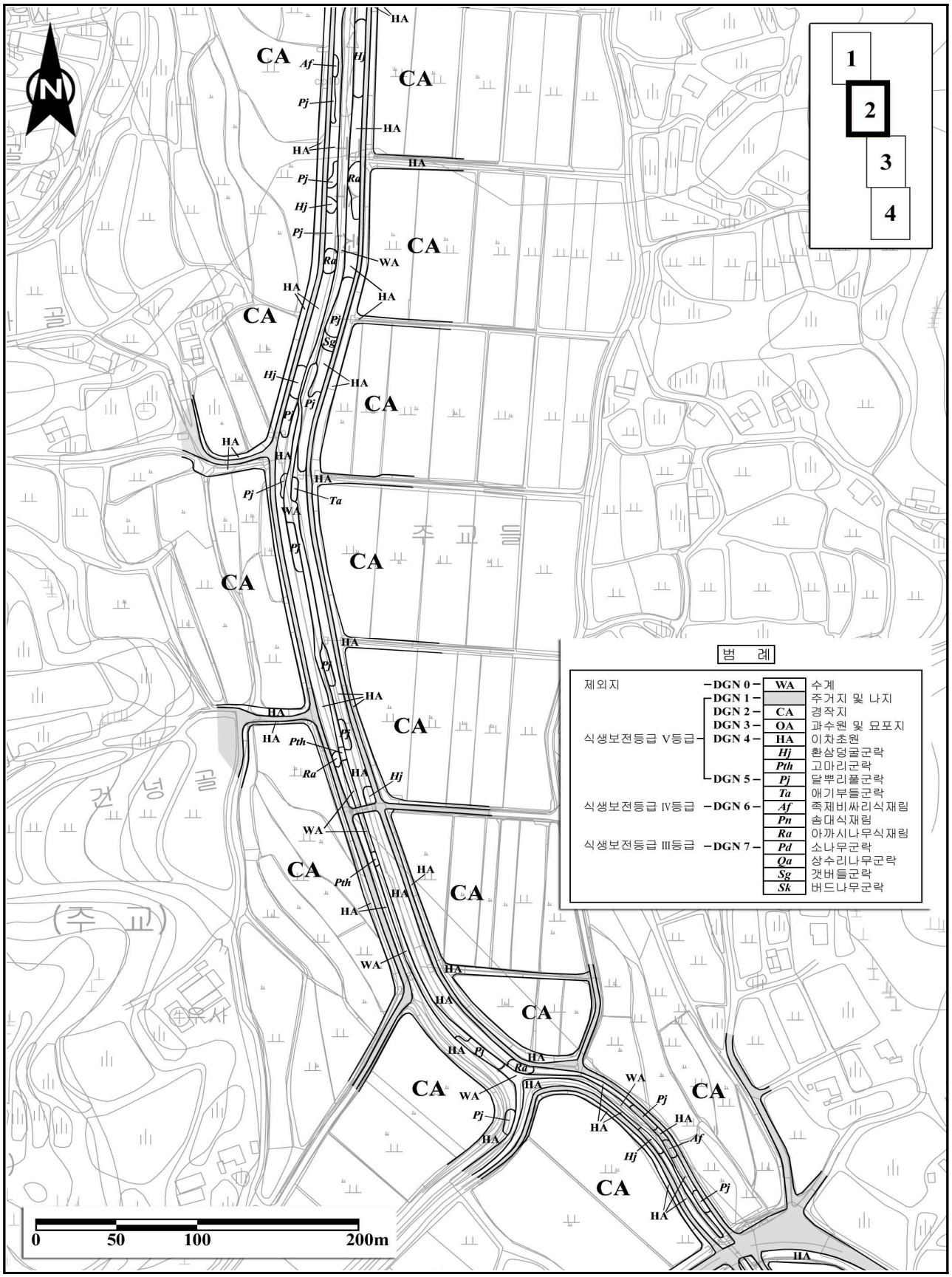
【주】 1. 현존식생도는 현장에서 상관(physiognomy)적으로 분석, 구분하여 작성되는 바, 식생전공자의 상관에 따라 식생배분과 그 분포역이 다소 차이가 있을 수도 있음

2. 식생단위(또는 군락단위)의 분류와 현존식생도 식물군락의 범례는 환경부(2006)의 전국자연환경조사지침(pp. 81-113)"을 참조하였으며, 그리고 식생보전등급의 평가기준은 "자연환경조사방법 및등급분류기준등에관한규정(환경부훈령 제822호, 2009)"을 따랐음을 밝혀둠

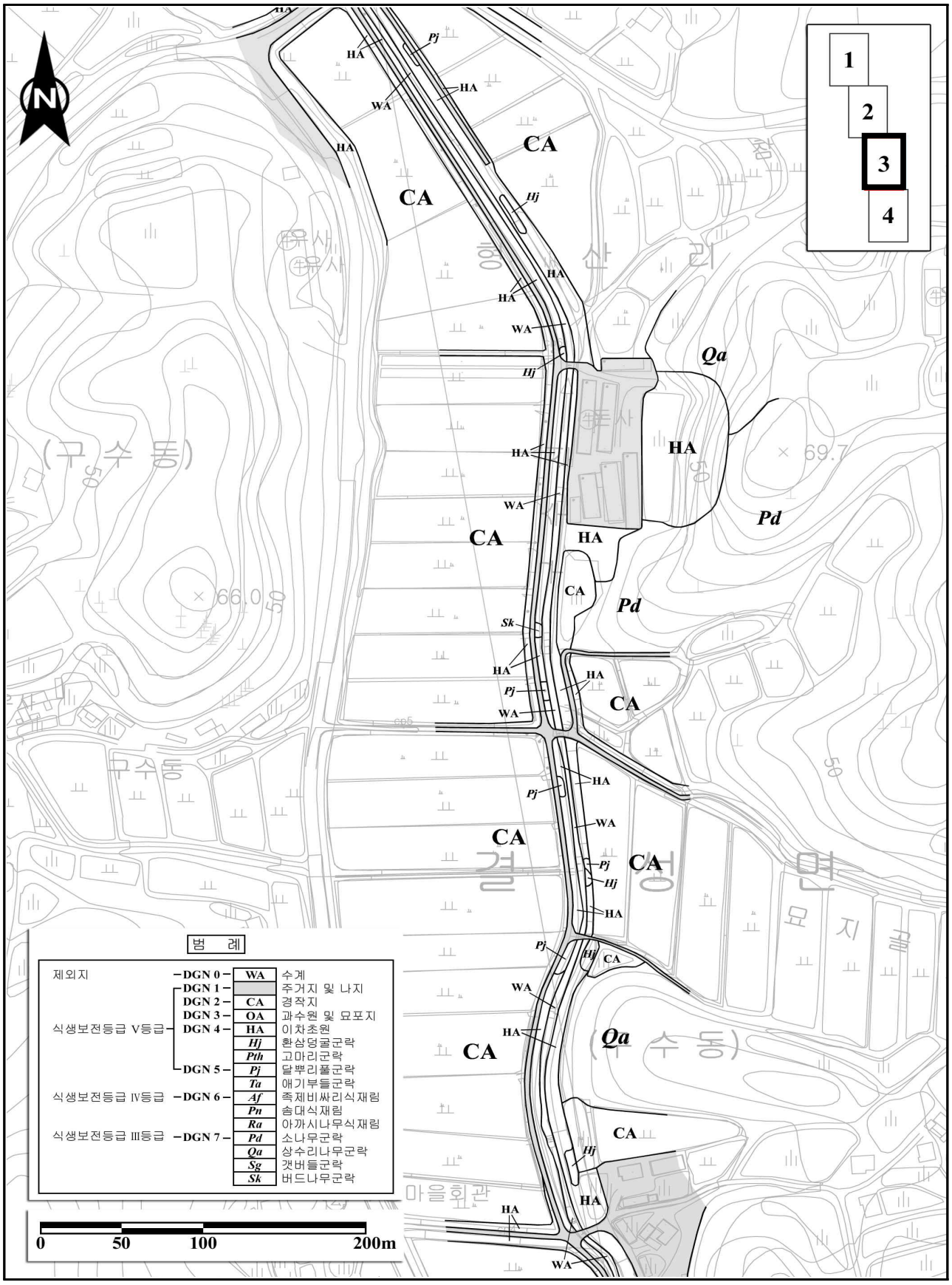
3. 솜대는 벼과(Gramineae)의 대형추수식물일지라도 우리나라의 대나무류는 조릿대를 제외하고 대부분 일본이나 중국으로부터 도입, 식재, 관리되어온 수종인 바, 본 조사에서는 편의상 식재림(plantation)으로 구분하였음



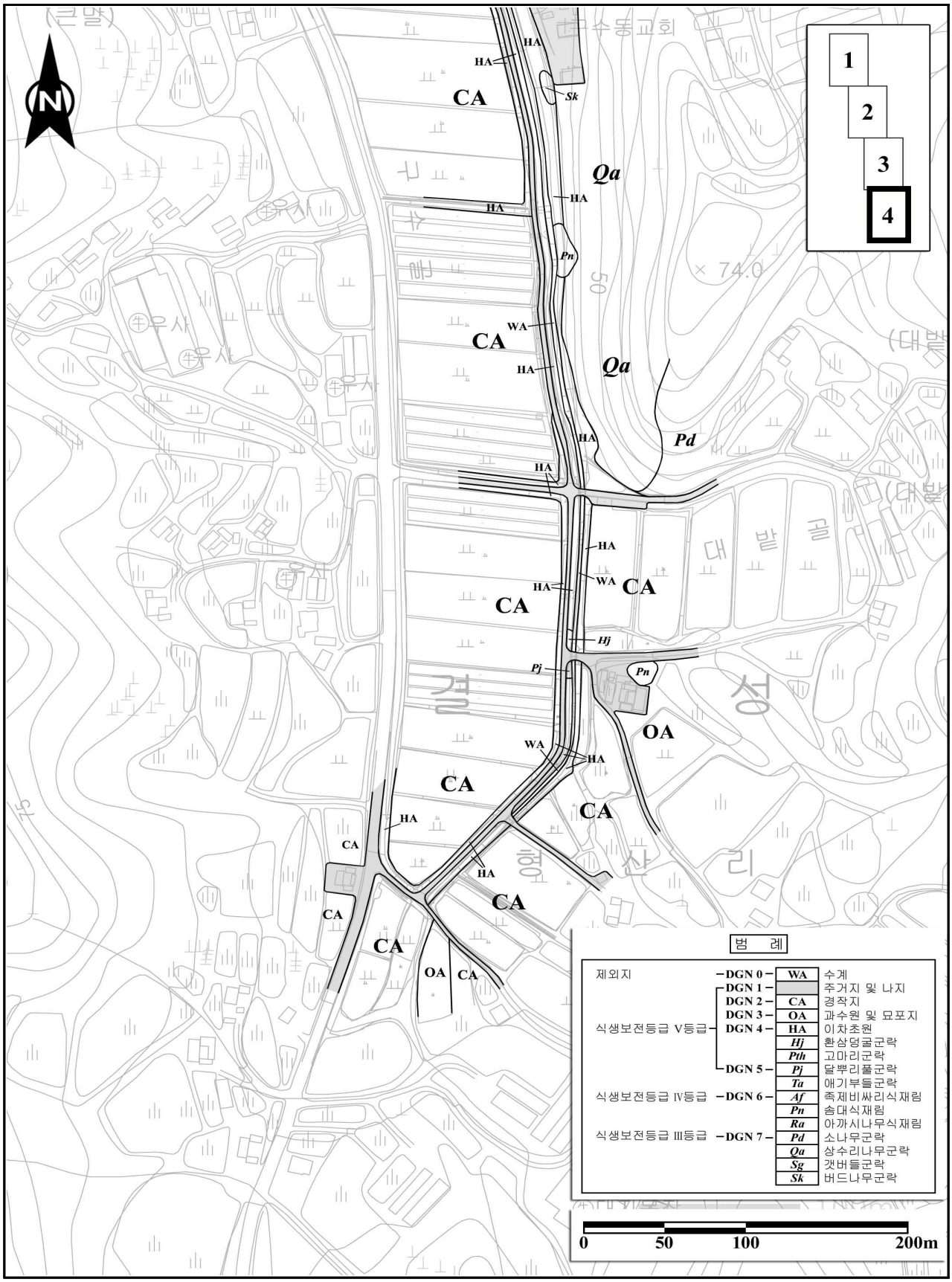

<그림 2.6-5> 조사지역의 현존식생도, 녹지자연도, 식생보전등급도(1/5,000지형도) I




<그림 2.6-6> 조사지역의 현존식생도, 녹지자연도, 식생보전등급도(1/5,000지형도) II




〈그림 2.6-7〉 조사지역의 현존식생도, 녹지자연도, 식생보전등급도(1/5,000지형도)III




<그림 2.6-8> 조사지역의 현존식생도, 녹지자연도, 식생보전등급도(1/5,000지형도)Ⅳ

### ③ 주요식물군락의 종조성적 특징

- **주요식생 유형**

  -식생조사결과, 본 구수천의 하천식생은 키낮은 초본군락, 추수식물군락, 목본성 식물군락 등으로 유형화되었음

  -특히, 키낮은 초본군락은 다양한 초본식물이 혼생하는 이차초원, 환삼덩굴군락, 고마리군락 등 4개의 유형, 추수식물군락은 달뿌리풀군락, 애기부들군락 등 2개의 유형, 목본성식물군락은 족제비싸리식재림, 아까시나무식재림, 갯버들군락, 버드나무군락, 소나무군락, 상수리나무군락 등 6개의 유형으로 구분, 정리되었음

- **달뿌리풀군락의 분포현황**

  -달뿌리풀군락은 한반도를 포함한 동북아시아 온대림의 하천 상류역을 대표하는 식생단위에 속하며, 유역적으로 하천 상류역의 분포 중심지이나 중류역에서도 하상구배가 비교적 높아 하상의 지형변화가 높은 구간에서도 흔히 생육함. 생육입지의 하천 유속은 보통, 빠르거나, 매우 빠르며, 자갈을 다량 포함하는 사질지 또는 순사질지에 생육함. 수분조건은 과습에서 약건에 이르기까지 다양하며, 지상줄기의 마디로 개체군의 세력을 넓혀가는 번식전략을 가지고 있음

  -본 구수천 제외지에 우점하고 있으며, 식생고는 0.5~1.8m 이고, 식피율은 약 70~95% 정도로 조사되었음

  -한편, 군락의 가장자리와 제방과 인접하는 입지에서는 칡, 쑥, 고마리, 미국가막사리, 돌피, 환삼덩굴, 여뀌, 망초, 달맞이꽃 등이 출현하였음

- **버드나무군락, 갯버들군락의 분포현황**

  -하천의 호안을 따라 산생, 분포하는 초본식생의 입지는 하상이 모래나 자갈 또는 모래와 자갈이 혼재된 불안정하고 빈영양상태의 입지이지만, 어느 정도 안정화가 이루어지면, 버드나무류(Salix sps.)가 관목림이나 교목림을 형성하고 있음

  -특히, 하변림을 구성하는 버드나무군락은 상관적으로 볼 때, 관목성과 교목성의 군락으로 구분되어지며, 일반적으로 버드나무군락의 초본층은 홍수시 수위 변화에 격심한 교란을 받기 때문에 종조성은 일정하지 않으며, 대부분 인접하는 식물군락의 초본식물류가 출현하는 경우가 많음

  -본 구수천에서는 구수천 수변부, 제방부 일대에서 (아)교목상으로 분포하고 있으며, 버드나무를 우점으로, 갯버들, 아까시나무, 족제비싸리 등이 출현하고 있음

-또한, 하층에는 달뿌리풀, 환삼덩굴, 쑥, 망초, 토끼풀, 점나도나물, 강아지풀, 미나리, 돌피, 소리쟁이, 달맞이꽃 등이 출현하고 있음

- **키낮은 초본식생**

-본 군락은 구수천 제외지에 전반적으로 분포하고 있으며, 우점하는 환삼덩굴, 쑥, 망초 등을 비롯하여 여뀌, 돌피, 소리쟁이, 미국가막사리, 강아지풀 등이 출현하고 있음

-한편, 본 구수천의 제방부와 제내·외지 등에는 환삼덩굴, 쑥류, 소리쟁이, 여뀌류, 강아지풀, 달맞이꽃, 사초류 등이 식생(군락)단위를 부여할 수 없는 바, 초본식물군락(키낮은초원)으로 구분하였음

- **기타식생**

-전술한 식생 이외에도 본 구수천 및 주변지역에는 환삼덩굴군락, 고마리군락 등의 키낮은 초본식생, 족제비싸리식재림, 아까시나무식재림, 솜대식재림, 상수리나무군락, 소나무군락 등의 목본식물군락이 분포하고 있음

### (3) 녹지자연도(DGN)

#### (가) 녹지자연도 사정결과

##### ① 구수천(중점조사지역)

- 구수천에 편입되는 식생을 녹지자연도등급 사정기준에 따라 녹지자연도등급을 판정하였음
- 사정결과, 구수천은 DGN 0, 1, 2, 4, 5, 6, 7등급으로 구분되었음

##### ② 조사지역(광역조사지역)

- 구수천 주변지역은 DGN 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7등급으로 구분되었음

#### (나) 조사지역 식생의 녹지자연도 등급 판정사유

##### ① 녹지자연도 0, 1, 2, 3등급

- 수역, 주거지 및 나지, 전답(논, 밭), 과수원 및 묘포지의 식생형에 적용하였음
- 토지의 이용현황에 따른 녹지자연도등급을 사정하였음

##### ② 녹지자연도 4등급

- 이차초원(폐전답, 분묘 등의 입지)에 해당됨
- 가을철 식물의 생활사(life cycle)가 끝나는 시기를 기준하여 식생고 1m 이하의 초본식생지역에 해당되며, 특별한 상관우점종군이 구분되지 않은 초본식물군락임

③ 녹지자연도 5등급

- 가을철 식물의 생활사(life cycle)가 끝나는 시기를 기준하여 식생고 2m 전후의 대형추수식물이 군생하거나 군반을 형성하는 초본식생지역에 적용하였음

④ 녹지자연도 6등급

- 수관층은 식재수종이 우점하고 있음
- 특히, 군락의 층위구조가 단순하며, 다양한 물리적 교란을 받아서 자연성이 매우 낮았음. 따라서, 주요사정요소는 인위적인 간섭, 식생의 낮은 자연성과 생물량, 특히 불량한 종조성적 특징 등을 반영하였음
- 사정결과, 족제비싸리식재림, 솜대식재림, 아까시나무식재림 등 총 3개 식물군락이 구분되었음

⑤ 녹지자연도 7등급

- 수관층은 자생수종이 우점하고 있음
- 본 등급의 식생은 대부분 과거에 어떤 물리적 교란의 영향을 받은 이후, 자연상태로 방치되어온 천이도중단계의 이차림(secondary forest), 또는 비록 식재림(plantation)일지라도 조림기원이 약 40년을 상회하고, 자연성과 종조성적 특징이 양호한 산림식생에 적용되었음
- 특히, 본 구수천의 제외지에 분포하고 있는 버드나무군락, 갯버들군락 등은 경작지 및 이차초원(폐경작지)으로 인하여 군락의 종조성의 불량한 것으로 조사되었음
- 사정결과, 소나무군락, 상수리나무군락, 갯버들군락, 버드나무군락 등 총 4개 식물군락이 구분되었음

### (4) 특정식물군락

#### (가) 식생보전등급의 평가배경

- 식생자원의 자연성평가(naturalness)는 1984년 일본에서 도입된 녹지자연도등급 사정기준 즉, 植生自然度區分槪要および全國集計(日本環境廳 1976)를 반영한 자료이며, 일본에서의 토지이용은 Ⅰ～Ⅵ으로 구분되어 있음
- 녹지자연도등급의 사정기준(1986년 고시) 중 DGN 7, 8, 9등급은 해당식생의 자연성과 종조성적 특징을 고려하지 않고, 단순히 수령에 의존한 바, 현재 20여년이 경과되었음에도 불구하고 어떤 입지에 대한 녹지의 자연성과 식생평가기준으로써의 가치부여는 의미가 없다고 판단됨

• 따라서, 어떤 입지에 성립하는 현존식생의 식생보전등급(Vegetation Conservation Classification : VCC) 부여는 해당입지 식생자원의 자연성평가와 식생의 정적, 동적진단을 할 수 있는 주요한 척도라고 판단되어 식생보전등급을 평가하였음. 특히, 평가결과는 어떤 입지의 개발과 보전을 판단할 수 있는 주요한 척도라고 사료됨

### (나) 식생보전등급의 평가결과

• 본 조사지역 주요식생의 배분현황과 종조성적 특징을 비교, 검토한 바, 주요식생은 식생보전Ⅲ,Ⅳ,Ⅴ등급으로 평가, 구분되었음

• 특히, 주요습원의 진단종군(species group of diagnostics)을 이루는 특이식물(eg., 물이끼류, 진퍼리새, 통발류, 끈끈이주걱, 이삭귀개, 땅귀개 등), 그리고 주요습원임을 진단하는데 핵심요소로 널리 알려진 이탄층(泥炭層, peat layer)과 사초기둥(tussock)이 자생하거나 발달하는 특수한 입지는 분포하지 않았음

• 한편, 생태적 최적성의 분포특성을 갖는 특이식생(암벽지식생, 석회암지식생, 전석지식생 등)은 성립하거나 분포하지 않았음

**<표 2.6-25> 주요식생의 식생보전등급 평가결과**

| 식생보전등급 기준(2009) | | 조사지역의 적용식생 |
|---|---|---|
| Ⅰ | • 극상림 또는 그와 유사한 자연림<br>• 특수한 입지에 형성된 자연식생<자연초원, 특이식생><br>• 평균수령 50년 이상 식생<br>• DGN 9등급, 10등급 | • 분포하지 않음<br>• 한편, 생태적 최적성의 분포특성을 갖는 특이식생(암벽지식생, 석회암지식생, 전석지식생 등)과 주요습원은 성립하거나 분포하지 않았음 |
| Ⅱ | • 자연식생에 가까울 정도로 회복된 삼림식생<br>• 계층구조가 안정되고, 종조성의 대부분이 잠재자연식생을 반영<br>• DGN 8등급의 이차장령림(Ⅱ) | • 분포하지 않음 |
| Ⅲ | • 교란 이후 회복단계에 들어섰거나 교란이 지속되고 있는 삼림식생<br>• DGN 7등급의 이차림(Ⅰ) | • 소나무군락, 상수리나무군락, 갯버들군락, 버드나무군락 등 총 4개 식물군락이 구분되었음<br>• 본 조사지역의 이차림(Ⅰ)은 DGN 7등급으로 사정, 평가하였음 |
| Ⅳ | • 인위적으로 조림된 식재림<br>• DGN 6등급 | • 족제비싸리식재림, 솜대식재림, 아까시나무식재림 등 총 3개 식물군락이 구분되었음<br>• 본 조사지역의 조림식생은 DGN 6등급으로 사정, 평가하였음 |
| Ⅴ | • 비교적 녹지가 많은 주택지<br>• 과수원, 묘포장, 논, 밭<br>• 2차적으로 형성된 초원식생<br>• DGN 1,2,3,4,5등급 | • 주거지 및 나지, 경작지, 과수원 및 묘포지, 이차초원(키낮은초원, 키큰초원) 등<br>• 본 조사지역의 DGN 1,2,3,4,5등급 녹지가 해당됨 |

## 나. 육상동물

- 조사결과, 본 구수천과 주변지역(이하, “조사지역”)의 육상동물상은 <표 2.6-26>과 같이 정리되었으며, 각 분류군별 조사목록은 본문에 기재, 반영하였음
- 한편, 지역주민들에 대한 탐문조사를 실시하였고, 객관적이고 타당성이 높은 정보만을 선별하여 조사결과에 반영하였음
- 특히, 특정야생동물(“문화재보호법 제7조”의 문화재청지정 천연기념물, “야생동·식물보호법 제2조”의 환경부지정 멸종위기야생동물)에 대한 문헌조사는 조사지역과 인접하는 지역의 환경부 문헌자료(‘07전국자연환경조사 갈산지역의 자연환경, 이하 “갈산 일대의 동물상”)를 선정, 반영하였음

**<표 2.6-26> 조사지역의 육상동물상목록 집계표**

| 구 분 / 분류군 | 현 지 조 사 | | 비고 |
|---|---|---|---|
| | 출현종수 | 주요 출현종 | |
| 포유류 | 6과 7종 | 두더지, 고라니, 고양이 등 | 탐문조사포함 |
| 양서류 | 3과 4종 | 무당개구리, 옴개구리 등 | 탐문조사포함 |
| 파충류 | 1과 2종 | 누룩뱀, 유혈목이 | 탐문조사포함 |
| 조 류 | 15과 20종 | 황조롱이, 박새류 | |
| 육상곤충류 | 15과 32종 | 노린재류, 딱정벌레류, 벌류 등 | |

### (1) 포유류

#### (가) 서식환경의 고찰

- 조사지역은 홍성군 결성면 형산리 51-26일원에서 발원하여 북측의 남산천에 합류하는 하천으로 주변으로 경작지의 분포역이 넓으며, 주거지, 도로 등 인위적 교란요소가 인접하여 분포하고 있음
- 특히, 동적 분류군이 서식할 수 있는 산림은 구수천 동측과 서측으로 경작지에 의해 공간적으로 이격되어 구릉성 산림이 분포하고 있음
- 따라서, 본 구수천은 산림과 연결성이 결여되는 바, 이동성이 큰 일부 동적분류군이 하도 제내지와 주변의 경작지에서 활동영역을 갖는 것으로 판단됨

#### (나) 현지조사(분포상황)

- 조사결과, 조사지역의 포유류는 두더지(굴), 너구리, 고라니, 수달(이하, 배설물), 고양이, 집쥐, 등줄쥐(이하, 성체목측) 등 총 6과 7종이 서식하는 것으로 조사, 전언, 집계되었음

- 확인된 포유류는 공간적으로 이격된 동측과 서측의 구릉성 산림과 넓은 경작지 등에서 확인되었으며, 주거지 일대에서는 집쥐, 고양이가 확인되었음
- 탐문조사는 지역주민을 대상으로 실시하였으며 조사결과, 너구리, 고양이, 고라니, 집쥐 등이 서식, 전언되었음.
- 야생동물의 서식흔적을 검토한 바, 제내지의 경작지와 제외지에서 서식흔적이 다수 확인되었으며, 이동성이 큰 대형포유류(고라니, 너구리 등)의 경우 제내지와 공간적으로 이격된 산림을 중심으로 이동 및 먹이활동을 하는 것으로 판단됨
- 또한, 제외지에서 소형포유류(집쥐, 등줄쥐 등)의 서식 및 먹이활동을 하는 것으로 판단됨

### (다) 특정야생동물

- 현지조사결과, 구수천의 유입하천인 남산천 수변부에서 수달(문화재청지정 천연기념물 330호, 환경부지정 멸종위기 Ⅰ급) 1종이 확인되었음
- 문헌조사(“갈산 일대의 동물상”)에서는 삵 1종이 서식, 보고되었음

**<표 2.6-27> 조사지역의 포유류 조사목록(현지조사)**

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Order Insectivora | 식충목 | | |
| Family Talpidae | 두더지과 | | |
| Talpa robusta coreana Thomas | 두더지 | *(T) | |
| Order Carnivora | 식육목 | | |
| Family Canidae | 개과 | | |
| Nyctereutes procyonoides koreensis Mori | 너구리 | *(S,Q) | |
| Family Mustelidae | 족제비과 | | |
| Lutra lutra lutra Linnaeus | 수달 | *(S) | 멸I,천 |
| Family Felidae | 고양이과 | | |
| Felis catus | 고양이 | *(V,Q) | 야생화 |
| Order Artiodactyla | 우제목 | | |
| Family Cervidae | 사슴과 | | |
| Hydropotes inermis argynopus Heude | 고라니 | *(S,Q) | |
| Order Rodentia | 설치목 | | |
| Family Muridae | 쥐과 | | |
| Rattus norvegicus caraco Pallas | 집쥐 | *(V,Q) | |
| Apodemus agrarius coreae Thomas | 등줄쥐 | *(V) | |
| 출현종수 | | 6과 7종 | |

【주】1. T : 굴흔적(tunnel), S : 배설물(scat), Q : 청문조사(questionnaire method), V : 성체목측(view), D : 사체(dead body)
2 천 : 문화재청지정 천연기념물, 멸Ⅰ : 환경부지정 멸종위기 등급종

### (2) 양서·파충류

#### (가) 서식환경의 고찰

- 구수천 주변에는 도로, 주거지 등의 교란요소가 인접하여 분포함에 따라, 이동성이 낮은 양서·파충류는 제한적으로 서식, 분포 할 것으로 판단됨
- 다만, 구수천 제내지에는 산림, 경작지 등의 본 분류군이 선호하는 미소서식처(microhabitat)가 분포하는 바, 산림과 산림임연부, 주변 경작지 등을 중심으로 일부 분류군이 서식, 이동 할 것으로 판단됨

#### (나) 현지조사(분포상황)

- 조사결과, 본 조사지역의 양서류는 무당개구리, 옴개구리(이하, 성체목측), 청개구리, 참개구리(이하, 탐문조사)등 총 3과 4종, 그리고 파충류는 누룩뱀, 유혈목이(이하, 탐문조사) 등 총 1과 2종이 서식, 전언, 집계되었음
- 확인된 양서류는 경작지 및 제외지에서 무당개구리, 옴개구리의 성체를 목견하였으며, 탐문조사를 통해 청개구리, 참개구리 등의 서식이 전언되었음
- 한편, 파충류는 탐문조사를 통해 누룩뱀, 유혈목이의 서식이 전언되었음
- 본 구수천의 제내·외지에 본 분류군이 선호하는 미소석처의 분포역이 넓어 양서류의 개체수가 높게 확인되었음

#### (다) 특정야생동물

- 현지조사결과, 조사지역의 특정야생동물(문화재정지정 천연기념물, 환경부지정 멸종위기야생동물)은 확인되지 않았음
- 한편, 문헌조사(“갈산 일대의 동물상”)에서는 특정야생동물(문화재청지정 천연기념물, 환경부지정 멸종위기종)은 조사, 보고되지 않았음

**<표 2.6-28> 양서·파충류 조사목록(현지조사)**

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Class Amphibia | 양서강 | | |
| Order Salientia | 무미(개구리)목 | | |
| Family Discoglossidae | 무당개구리과 | | |
| Bombina orientalis (Boulenger) | 무당개구리 | *(V) | |
| Family Hylidae | 청개구리과 | | |
| Hyla japonica Gűnther | 청개구리 | *(Q) | |
| Family Ranidae | 개구리과 | | |
| Rana nigromaculata Hallowell | 참개구리 | *(Q) | |
| Rana rugosa Schlegel | 옴개구리 | *(V) | |
| 출현종수 | | 3과 4종 | |

<표 2.6-28> 양서·파충류 조사목록(현지조사)(계속)

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Class Reptilia | 파충강 | | |
| Order Squamata | 유린목 | | |
| Family Colubridae | 뱀과 | | |
| Elaphe dione (Pallas) | 누룩뱀 | *(Q) | |
| Rhabdophis tigrinus lateralis (Berthold) | 유혈목이 | *(Q) | |
| 출현종수 | | 1과 2종 | |

【주】 V : 성체목측(View), Q : 청문조사(questionnaire method)

### (3) 조류

#### (가) 서식환경의 고찰

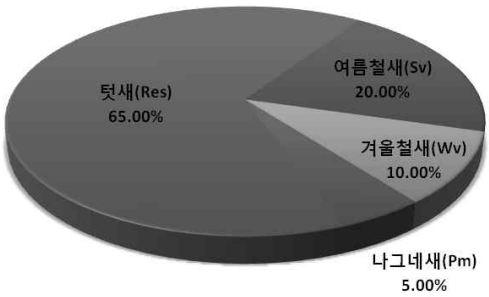
- 본 구수천은 제내·외지에는 은신처로 수변식생이 분포하고 있지만 인접하여, 주거지, 도로, 경작지 등 교란요소가 넓게 분포하고 있음
- 따라서, 대부분 인위적 교란에 적응탄력성이 높은 텃새류의 종다양성과 우점도가 높을 것으로 사료되며, 제외지에 일부 수조류가 이동, 도래 할 것으로 판단됨

#### (나) 현지조사(분포상황)

- 조사결과, 본 조사지역의 조류상은 총 15과 20종 115개체가 서식, 도래, 집계되었으며, 군집분석결과 다양도지수(H′)는 2.51, 종풍부도지수(RI)가 4.00, 그리고 균등도지수(E)는 0.58로 분석되었음
- 한편, 조사된 조류상 중 우점종군(상위 5%)은 참새(24개체, 20.87%), 박새(19개체, 16.52%), 붉은머리오목눈이(17개체, 14.78%), 흰뺨검둥오리, 멧비둘기(8개체, 6.96%), 직박구리(6개체, 5.22%) 등의 순으로 구분되었음
- 조사된 조류상을 분류군(Order)별로 구분하면, 참새목이 10종(50.00%)으로 가장 다양하게 조사되었으며, 그 다음은 황새목, 기러기목이 3종(15.00%), 그리고 매목, 도요목, 비둘기목, 딱다구리목 등이 각각 1종(5.00%)으로 구분되었음
- 또한, 조사된 조류의 이동유형에 따른 생활형(life form)별로 구분하면, 텃새(Res)가 13종(65.00%), 여름철새(Sv)가 4종(20.00%), 겨울철새(Wv) 2종(10.00%), 나그네새(Pm) 1종(5.00%)으로 구분되었음
- 조사결과, 조사지역에서 확인된 종들은 군집성 소형텃새류와 인위적 교란요소에 적응탄력성이 높은 소형텃새류가 우점하여 나타났으며, 제외지에서 일부 수조류가 확인되었으나, 개체수는 적게 확인되었음. 이는, 수계의 하폭과 수폭이 좁고, 수심이 얕아 수조류의 집단 활동지로서 부적합하기 때문인 것으로 판단됨

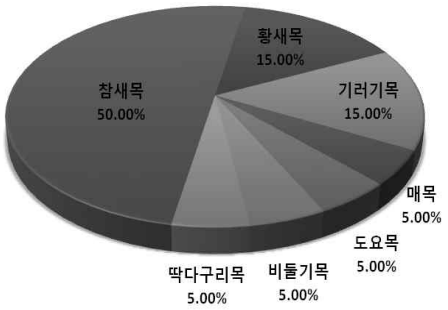
<표 2.6-29> 조류의 생활형별(life form) 현황

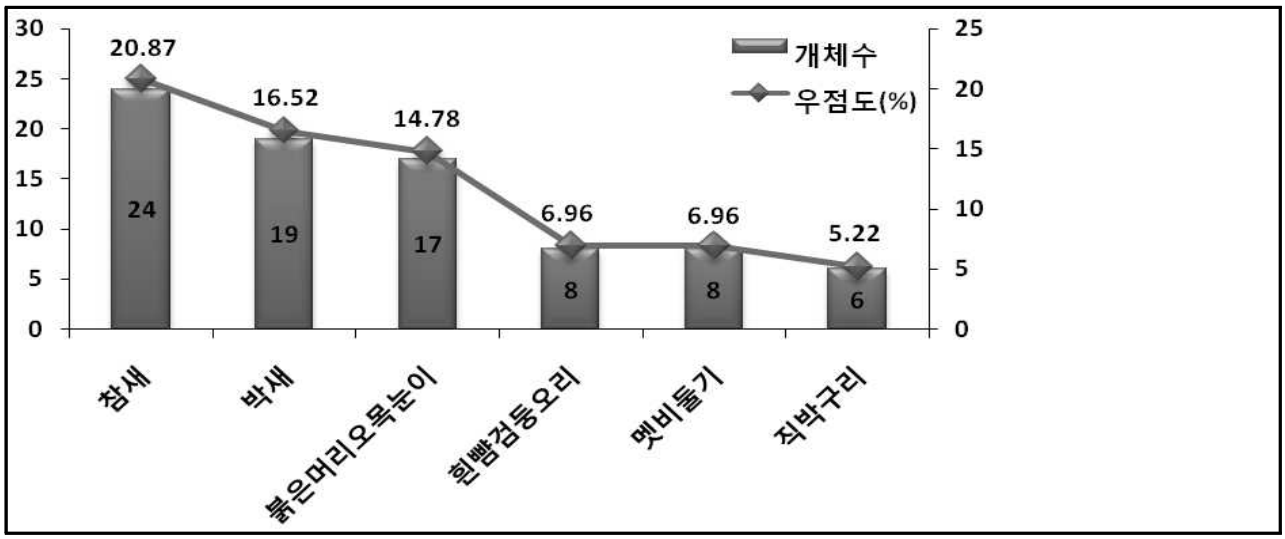
| 국 명 (Common name) | 종수 | 비율(%) |
|---|---|---|
| 텃새(Res) | 13 | 65.00 |
| 여름철새(Sv) | 4 | 20.00 |
| 겨울철새(Wv) | 2 | 10.00 |
| 나그네새(Pm) | 1 | 5.00 |
| 합계 | 20 | 100.00 |




<표 2.6-30> 조류의 분류군별(Order) 현황

| 국 명 (Common name) | 학 명 (Scientific name) | 종수 | 비율(%) |
|---|---|---|---|
| 참새목 | Passeriformes | 10 | 50.00 |
| 황새목 | Ciconiiformes | 3 | 15.00 |
| 기러기목 | Anseriforms | 3 | 15.00 |
| 매목 | Falconiformes | 1 | 5.00 |
| 도요목 | Charadriiformes | 1 | 5.00 |
| 비둘기목 | Columbiforea | 1 | 5.00 |
| 딱다구리목 | Piciformes | 1 | 5.00 |
| 합 계 | | 20 | 100.00 |




<그림 2.6-9> 조류의 우점종군 현황(현지조사)

<표 2.6-31> 조류의 군집분석표(현지조사)

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | 우점도(%) | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| Ardea cinerea jouyi Clark | 왜가리 | 1 | 0.87 | Sv |
| Egretta alba modesta (Gray) | 중대백로 | 4 | 3.48 | Sv |
| Egretta alba alba | 대백로 | 2 | 1.74 | Wv |
| Aix galericulata (Linnaeus) | 원앙 | 2 | 1.74 | Res,천 |
| Anas poecilorhyncha zonorhyncha Swinhoe | 흰뺨검둥오리 | 8 | 6.96 | Res |
| Anas crecca crecca Linnaeus | 쇠오리 | 2 | 1.74 | Wv |
| Falco tinnunculus interstinctus Horsfield | 황조롱이 | 1 | 0.87 | Res,천 |
| Tringa hypoleucos Linnaeus | 깝작도요 | 1 | 0.87 | Pm |
| Streptopelia orientalis orientalis (Layham) | 멧비둘기 | 8 | 6.96 | Res |
| Dendrocopos kizuki ijimae (Taka-Tsukasa) | 쇠딱다구리 | 1 | 0.87 | Res |
| Hirunda rustica gutturalis Scopoli | 제비 | 4 | 3.48 | Sv |
| Hypsipetes amaurotis hensoni Stejneger | 직박구리 | 6 | 5.22 | Res |
| Phoenicurus auroreus auroreus (Pallas) | 딱새 | 2 | 1.74 | Res |
| Paradoxomis webbiana fulvicauda (Campbell) | 붉은머리오목눈이 | 17 | 14.78 | Res |
| Aegithalos caudatus msgnus (Clark) | 오목눈이 | 2 | 1.74 | Res |
| Parus palustris hellmayri (Bianchi) | 쇠박새 | 5 | 4.35 | Res |
| Parus major minor Temminck & Schlegel | 박새 | 19 | 16.52 | Res |
| Passer montanus dybowskii Domaniewski | 참새 | 24 | 20.87 | Res |
| Sturnus cineraceus Temminck | 찌르레기 | 2 | 1.74 | Sv |
| Pica pica sericea Gould | 까치 | 4 | 3.48 | Res |
| 출 현 종 수 | | 20 | | |
| 출 현 개 체 수 | | 115 | | |
| 다 양 성 지 수 | | 2.51 | | |
| 종 풍 부 도 | | 4.00 | | |
| 균 등 도 | | 0.58 | | |

【주】 1. Res : 텃새, Sv : 여름철새, Wv : 겨울철새, Pm : 나그네새
2. 천 : 문화재청지정 천연기념물, 멸Ⅰ,Ⅱ : 환경부지정 멸종위기 등급종

### (다) 특정야생동물

- 현지조사결과, 구수천의 유입하천인 남산천 수계에서 원앙(문화재청지정 천연기념물 327호)과 구수천 주변 경작지 상공에서 황조롱이(문화재청지정 천연기념물 323-8호)등 2종이 확인되었음
- 한편, 문헌조사(“갈산 일대의 동물상”)에서는 황조롱이(문화재청지정 천연기념물 제323-8호), 붉은배새매(천연기념물 323-2호) 등 총 2종이 보고되었음

## <표 2.6-32> 조류 조사목록(현지조사)

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Order Ciconiiformes | 황새목 | | |
| Family Ardeidae | 백로과 | | |
| Ardea cinerea jouyi Clark | 왜가리 | * | Sv |
| Egretta alba modesta (Gray) | 쇠백로 | * | Sv |
| Egretta alba alba | 대백로 | * | Wv |
| Order Anseriforms | 기러기목 | | |
| Family Anatidae | 오리과 | | |
| Aix galericulata (Linnaeus) | 원앙 | * | Res,천 |
| Anas poecilorhyncha zonorhyncha Swinhoe | 흰뺨검둥오리 | * | Res |
| Anas crecca crecca Linnaeus | 쇠오리 | * | Wv |
| Order Falconiformes | 매목 | | |
| Family Falconidae | 매과 | | |
| Falco tinnunculus interstinctus Horsfield | 황조롱이 | * | Res,천 |
| Order Charadriiformes | 도요목 | | |
| Family Scolpacidae | 도요과 | | |
| Tringa hypoleucos Linnaeus | 깝작도요 | * | Pm |
| Order Piciformes | 딱다구리목 | | |
| Family Picidae | 딱다구리과 | | |
| Dendrocopos kizuki ijimae (Taka-Tsukasa) | 쇠딱다구리 | * | Res |
| Order Passeriformes | 참새목 | | |
| Family Hirundinidae | 제비과 | | |
| Hirunda rustica gutturalis Scopoli | 제비 | * | Sv |
| Family Pycnonotidae | 직박구리과 | | |
| Hypsipetes amaurotis hensoni Stejneger | 직박구리 | * | Res |
| Family Turdidae | 지빠귀과 | | |
| Phoenicurus auroreus auroreus (Pallas) | 딱새 | * | Res |
| Family Panurrdae | 붉은머리오목눈이과 | | |
| Paradoxomis webbiana fulvicauda (Campbell) | 붉은머리오목눈이 | * | Res |
| Family Aegithalidae | 오목눈이과 | | |
| Aegithalos caudatus msgnus (Clark) | 오목눈이 | * | Res |
| Family Paridae | 박새과 | | |
| Parus palustris hellmayri (Bianchi) | 쇠박새 | * | Res |
| Parus major minor Temminck et Schlegel | 박새 | * | Res |
| Family Ploceidae | 참새과 | | |
| Passer montanus dybowskii Domaniewski | 참새 | * | Res |
| Family Sturnidae | 찌르레기과 | | |
| Sturnus cineraceus Temminck | 찌르레기 | * | Sv |
| Family Corvidae | 까마귀과 | | |
| Pica pica sericea Gould | 까치 | * | Res |
| Sturnus cineraceus Temminck | 찌르레기 | * | Sv |
| Family Corvidae | 까마귀과 | | |
| Pica pica sericea Gould | 까치 | * | Res |
| 출 현 종 수 | | 15과 20종 | |

【주】 1. Res : 텃새, Sv : 여름철새, Wv : 겨울철새, Pm : 나그네새
2. 천 : 문화재청지정 천연기념물, 멸Ⅰ,Ⅱ : 환경부지정 멸종위기 등급종

### (4) 육상곤충류

#### (가) 서식환경의 고찰

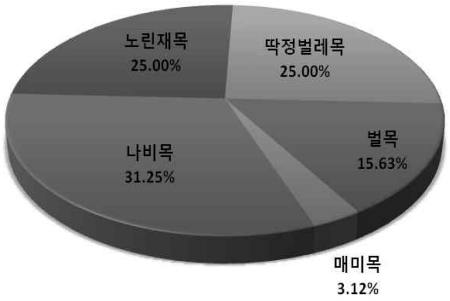
- 본 구수천은 주변으로 산림이 분포하나, 구수천과 공간적으로 이격되어 있으며, 제내지는 주거지, 경작지, 도로 등의 교란요소가 인접함에 따라 비교적 흔히 관찰되는, 노린재류, 딱정벌레류, 나비류 등의 육상곤충류가 우점 할 것으로 판단됨

#### (나) 현지조사(분포상황)

- 본 구수천에서 확인된 육상곤충류는 노린재목, 딱정벌레목, 벌목, 나비목 등 총 15과 32종이 조사, 집계되었음
- 분류군별 출현현황을 살펴보면, 나비목 10종(31.25%), 노린재목, 딱정벌레목 8종(25.00%), 벌목 5종(15.63%), 매미목 1종(3.12%)로 구분되었음
- 확인된 육상곤충류는 대부분 주변에서 흔히 관찰되는 종이 다수 확인되었으며, 수계의 분포로 인해 일부 수서생활을 하는 수서곤충이 확인되었음

**<표 2.6-33> 육상곤충류의 분류군별(Order) 현황**

| 국 명 (Common name) | 학 명 (Scientific name) | 종수 | 비율(%) |
|---|---|---|---|
| 나비목 | Lepidoptera | 10 | 31.25 |
| 노린재목 | Hemiptera | 8 | 25.00 |
| 딱정벌레목 | Coleoptera | 8 | 25.00 |
| 벌목 | Hymenoptera | 5 | 15.63 |
| 매미목 | Homoptera | 1 | 3.12 |
| 합 계 | | 32 | 100 |




**<표 2.6-34> 육상곤충류 조사목록 (현지조사)**

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Order Hemiptera | 노린재목 | | |
| Family Miridae | 장님노린재과 | | |
| Adelphocoris triannulatus (Stal) | 설상무늬장님노린재 | * | |
| Lygocoris (Apolygus) lucorum (Meyer-Dur) | 초록장님노린재 | * | |
| Family Lygaeidae | 긴노린재과 | | |
| Nysius plebejus Distant | 애긴노린재 | * | |
| Pachygrontha antennata (Uhler) | 더듬이긴노린재 | * | |
| Family Alydidae | 호리허리노린재과 | | |
| Riptortus clavatus (Thunberg) | 톱다리개미허리노린재 | * | |

<표 2.6-34> 육상곤충류 조사목록 (현지조사)(계속)

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Family Pentatomidae | 노린재과 | | |
| Carbula putoni (Jakovlev) | 가시노린재 | * | |
| Eysarcoris aeneus (Scopoli) | 가시점둥글노린재 | * | |
| Nezara antennata Scotta | 풀색노린재 | * | |
| Order Homoptera | 매미목 | | |
| Family Cicadellidae | 매미충과 | | |
| Bothrogonia japonica Ishihara 3 | 끝검은말매미충 | * | |
| Order Coleoptera | 딱정벌레목 | | |
| Family Melolonthidae | 검정풍뎅이과 | | |
| Ectinohoplia rufipes (Motschulsky) | 주황긴다리풍뎅이 | * | |
| Gastroserica herzi (Heyden) | 줄우단풍뎅이 | * | |
| Family Coccinellidae | 무당벌레과 | | |
| Harmonia axyridis (Pallas) | 무당벌레 | * | |
| Propylea japonica (Thunberg) | 꼬마남생이무당벌레 | * | |
| Family Cerambycidae | 하늘소과 | | |
| Agapanthia pilicornis (Fabricius) | 남색초원하늘소 | * | |
| Moechotypa diphysis (Pascoe) | 털두꺼비하늘소 | * | |
| Family Chrysomelidae | 잎벌레과 | | |
| Agelastica coerulea Baly | 오리나무잎벌레 | * | |
| Plagiodera versicolora (Laicharting) | 버들꼬마잎벌레 | * | |
| Order Hymenoptera | 벌목 | | |
| Family Formcidae | 개미과 | | |
| Camponutus japonicus Mayr | 일본왕개미 | * | |
| Formica (Serviformica) japonoca Motschulsky | 곰개미 | * | |
| Family Vespidae | 말벌과 | | |
| Parapolybia varia Fabricius | 뱀허물쌍살벌 | * | |
| Vespa crabro flavofasciata Cameron | 말벌 | * | |
| Vespa mandarinia Smith | 장수말벌 | * | |
| Order Lepidoptera. | 나비목 | | |
| Family Hesperiidae | 팔랑나비과 | | |
| Daimio tethys Ménétriès | 왕자팔랑나비 | * | |
| Polytremis pellucida Murray | 산팔랑나비 | * | |
| Family Pieridae | 흰나비과 | | |
| Colias erate Esper | 노랑나비 | * | |
| Pieris (Artogeia) melete Ménétriès | 큰줄흰나비 | * | |
| Pieris (Artogeia) rapae Linné | 배추흰나비 | * | |
| Family Lycaenidae | 부전나비과 | | |
| Celastrina argiolus Linné | 푸른부전나비 | * | |
| Everes argiades Pallas | 암먹부전나비 | * | |
| Family Nymphalidae | 네발나비과 | | |
| Kaniska canace Linné | 청띠신선나비 | * | |
| Neptis sappho Pallas | 애기세줄나비 | * | |
| Polygonia c-aureum Linné | 네발나비 | * | |
| 출현종수 | | 15과 32종 | |

### (다) 특정야생동물

- 현지조사결과, 조사지역의 특정야생동물(문화재정지정 천연기념물, 환경부지정 멸종위기야생동물)은 확인되지 않았음
- 한편, 문헌조사(“갈산 일대의 동물상”)에서는 특정야생동물의 서식여부가 보고되지 않았음

## (5) 주요서식지와 이동로

- 조사지역을 도보로 이동하면서 성체목견과 서식흔적 확인 등의 직·간접 조사결과, 본 구수천에는 개체군의 밀도가 높은 주요서식지와 주요이동로는 조사되지 않았음
- 한편, 본 구수천인 구수천에서 수달의 배설물이 확인되지 않았으며, 구수천의 유입하천인 북측 남산천 수변부에서 수달 배설물이 확인되었음.
- 수달의 생태적 특성을 고려할 경우 구수천인 구수천으로의 이동 가능성을 배제 할 수 없으나 하폭과 수폭이 좁고 수심이 얕은 구수천으로 수달의 이동 및 먹이활동 가능성은 미약할 것으로 판단됨

# 다. 육수동물

- 구수천은 홍성군 결성면 형산리 51-26일원에서 발원하여 북측의 남산천에 합류하는 소하천으로 주변으로 경작지의 분포역이 넓으며, 주거지, 도로 등 인위적 교란요소가 인접하여 분포하고 있음.
- 하상은 주로 자갈과 모래, silt로 이루어져 있으며, 하폭과 수폭이 좁고 수심이 얕은 수환경을 나타내고 있음
- 또한, 구수천 양안은 자연형호안으로 달뿌리풀 군락 등의 수변식생이 선상으로 분포함
- 조사결과, 구수천과 주변지역(이하, “조사지역”)의 육수동물상은 <표 2.6-35>과 같이 정리되었으며, 각 분류군별 조사목록은 본문에 기재, 반영하였음
- 한편, 본 계획시행에 따른 영향을 고려하여 조사지역 북측 시점부와 중점부, 종점부 등 3개지점을 선정하고 현장조사를 실시하였음.
- 특히, 특정야생동물(“문화재보호법 제7조”의 문화재청지정 천연기념물, “야생동·식물보호법 제2조”의 환경부지정 멸종위기야생동물)에 대한 문헌조사는 조사지역과 인접하는 지역의 환경부 문헌자료(‘07전국자연환경조사 갈산지역의 자연환경, 이하 “갈산 일대의 동물상”)를 선정, 반영하였음

### <표 2.6-35> 조사지역의 육수동물상목록 집계표

| 구 분 / 분류군 | 현 지 조 사 | | 비고 |
|---|---|---|---|
| | 출현종수 | 주요 출현종 | |
| 담수어류 | 5과 6종 | 메기, 붕어, 참붕어, 밀어 등 | |
| 저서성대형무척추동물 | 10과 13종 | 하루살이류, 잠자리류 등 | |

### <표 2.6-36> 육수동물상 조사지점의 하천 현황

| 조사지점 | Site.1 | |
|---|---|---|
| 하천유형 | 평지천 | |
| 하폭,유폭,수심 | 25m, 1m, 10~30㎝ | |
| 탁도 | 다소 맑음 | |
| 하상구조 | 자갈, 모래 | |
| 유역토지이용 | 경작지 | |
| 제방 | 자연제방 | |

| 조사지점 | Site.2 | |
|---|---|---|
| 하천유형 | 평지천 | |
| 하폭,유폭,수심 | 25m, 2~3m, 10~15㎝ | |
| 탁도 | 다소 맑음 | |
| 하상구조 | 모래,silt | |
| 유역토지이용 | 도로, 경작지 | |
| 제방 | 자연제방 | |

| 조사지점 | Site.3 | |
|---|---|---|
| 하천유형 | 평지천 | |
| 하폭,유폭,수심 | 15~20m, 50~70cm, 10~30㎝ | |
| 탁도 | 탁함 | |
| 하상구조 | silt | |
| 유역토지이용 | 도로, 경작지 | |
| 제방 | 자연제방 | |

### (1) 담수어류

#### (가) 일반적인 생태특성 고찰

- 담수어류는 강이나 하천이라는 연계된 그물망을 이용하여 이동하는 특성을 갖으며, 상류와 중류, 하류 등 하도특성에 따라 서식하는 분류군으로 다양함
- 또한, 어류는 홍수와 가뭄 등 계절에 따른 수환경의 변화에 영향을 많이 받으며, 각 종마다 고유한 먹이원과 서식환경, 그리고 생리특성상 물속의 용존산소와 오염물질, 부니질 등에 직접적으로 영향을 받고 있음

#### (나) 현지조사(분포상황)

- 현지조사결과, 구수천에서 확인된 담수어류는 메기, 참붕어, 밀어 등 총 5과 6종이 조사, 집계되었으며, 분류군별로 구분하면 잉어과 3종(49.99%), 그 밖에 미꾸리과, 메기과, 망둑어과 1종(16.67%)으로 구분되었음
- 조사지점별 출현현황으로는 St.1에서 붕어, 메기, 미꾸리, 참붕어 등 3과 5종, St.2에서 밀어, 미꾸리, 붕어, 동사리 등 3과 4종, St.3에서 붕어, 동사리 등 2과 2종으로 조사, 집계되었음
- 한편, 구수천은 하폭과 수폭이 협소하고 수량이 적었으며, 주변의 경작지와 도로에 의해 (비)점오염원의 유입으로 하상이 오염되어 있음. 따라서, 어류가 서식하기 다소 부적합한 환경으로 오염에 내성이 강한 어류가 우점하여 확인되었음

**<표 2.6-37> 담수어류의 분류군별(Order) 현황**

| 국 명 (Common name) | 학 명 (Scientific name) | 종수 | 비율(%) |
|---|---|---|---|
| 잉어과 | Cyprinidae | 2 | 33.32 |
| 미꾸리과 | Cobitidae | 1 | 16.67 |
| 메기과 | Siluridae | 1 | 16.67 |
| 동사리과 | Odontobutidae | 1 | 16.67 |
| 망둑어과 | Gobiidae | 1 | 16.67 |
| 합 계 | | 6 | 100 |

<표 2.6-38> 지점별 담수어류 조사표(현지조사)

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | St.1 | St.2 | St.3 | 합계 | |
| Carassius auratus (Linnaeus) | 붕어 | 3 | 2 | 2 | 7 | |
| Pseudorasbora parva (Temminck et Schlegel) | 참붕어 | 3 | | | 3 | |
| Misgurnus anguillicaudatus (Cantor) | 미꾸리 | 2 | 1 | | 3 | |
| Silurus asotus (Linnaeus) | 메기 | 1 | | | 1 | |
| Odontobutis platycephala Iwata et Jeon | 동사리 | 1 | 1 | 1 | 3 | 한특 |
| Rhinogobius brunneus (Temminck et Schlegel) | 밀어 | | 1 | | 1 | |
| 출현종수 | | 5 | 4 | 2 | 6 | |
| 출현개체수 | | 10 | 5 | 3 | 18 | |

【주】 한특 : 한국고유종

<표 2.6-39> 지점별 담수어류 조사표(현지조사)

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Order Cypriniformes | 잉어목 | | |
| Family Cyprinidae | 잉어과 | | |
| Carassius auratus (Linnaeus) | 붕어 | * | |
| Pseudorasbora parva (Temminck et Schlegel) | 참붕어 | * | |
| Family Cobitidae | 미꾸리과 | | |
| Misgurnus anguillicaudatus (Cantor) | 미꾸리 | * | |
| Order Siluriformes | 메기목 | | |
| Family Siluridae | 메기과 | | |
| Silurus asotus (Linnaeus) | 메기 | * | |
| Family Odontobutidae | 동사리과 | | |
| Odontobutis platycephala Iwata et Jeon | 동사리 | * | 한특 |
| Order Perciformes | 농어목 | | |
| Family Gobiidae | 망둑어과 | | |
| Rhinogobius brunneus (Temminck et Schlegel) | 밀어 | * | |
| 출현종수 | | 5과 6종 | |

【주】 한특 : 한국고유종

### (다) 특정야생동물

- 현지조사결과, 조사지역의 특정야생동물(문화재정지정 천연기념물, 환경부지정 멸종위기야생동물)은 확인되지 않았음
- 한편, 문헌조사(“갈산 일대의 동물상”)에서는 서식여부가 보고되지 않았음

## (2) 저서성 대형무척추동물

### (가) 일반적인 생태특성 고찰

- 저서성 대형무척추동물은 서식환경에 따라 종류가 다양하게 적응·분화하였으며, 대부분 일부 혹은 전부를 수중에서 보내는 수서곤충류임

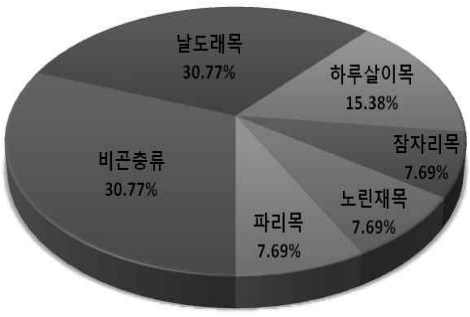
- 특히, 수서곤충은 크기와 종류가 다양하고, 개체수 또한 풍부하여 담수생태계에 있어서 중요한 생태적지위(niche)에 위치하며, 자연환경평가의 지표로도 이용할 수 있는 유용한 분류군임

### (나) 현지조사(분포상황)

- 조사결과, 본 조사지역의 저서성 대형무척추동물은 총 10과 13종 140개체가 조사, 집계되었으며, 우점종과 아우점종은 각각 왼돌이물달팽이와 개똥하루살이로 구분되었음
- 조사된 대형무척추동물을 분류군(Order)별로 구분하면, 비곤충류가 3종(49.99%), 곤충류는 하루살이목, 딱정벌레목, 파리목이 각각 1종(16.67%)으로 구분되었음
- 군집분석을 실시한 결과, 우점도지수(DI)는 0.64, 종다양도지수(H′)가 1.53, 종풍부도지수(RI)는 1.62, 균등도지수(E)는 0.85로 분석되었음
- 각 지점별 출현현황으로는 St.1에서 5과 7종, St.2에서 4과 5종, St.3에서 4과 4종으로 조사, 집계되었으며, 지점별 군집분석 결과 St.1에서 우점도지수 0.54, 다양도지수 1.65, 풍부도지수 1.47, 균등도지수 0.59, St.2에서 우점도지수 0.71, 다양도지수 1.28, 풍부도지수 1.13, 균등도지수 0.55, St.3에서 우점도지수 0.91, 다양도지수 0.71, 풍부도지수 0.78, 균등도지수 0.35로 분석되었음
- 특히, 조사지점의 수환경을 검토한 바, 도로, 영농활동 등의 물리적 교란의 영향을 지속적으로 받는 것으로 판단되고, 단순한 수변식생, 하상 등 미소서식처의 분포가 미약하여 종다양성이 낮은 것으로 판단됨

**<표 2.6-40> 조사된 저서성 대형무척추동물의 분류군별 현황**

| 국 명 (Common name) | 학 명 (Scientific name) | 종수 | 비율(%) |
|---|---|---|---|
| 비곤충류 | Non-insecta | 4 | 30.77 |
| 날도래목 | Trichoptera | 4 | 30.77 |
| 하루살이목 | Ephemeroptera | 2 | 15.38 |
| 잠자리목 | Odonata | 1 | 7.69 |
| 노린재목 | Hemiptera | 1 | 7.69 |
| 파리목 | Diptera | 1 | 7.69 |
| 합 계 | | 13 | 100 |



### <표 2.6-41> 저서성 대형무척추동물의 군집분석표(현지조사)

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | | | | Qi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | St.1 | St.2 | St.3 | 합계 | |
| Dugesia japonica Ichikawz et Kawakatsu | 플라나리아 | 1 | | | 1 | 3 |
| Radix auricularia (Linnaeus) | 물달팽이 | | 5 | | 5 | 1 |
| Physa acuta Draparnaud | 왼돌이물달팽이 | 9 | | 37 | 46 | 1 |
| Hippeutis cantori (Benson) | 수정또아리물달팽이 | | 6 | | 6 | 2 |
| Baetis fuscatus Linnaeus | 개똥하루살이 | 21 | 18 | | 39 | 2 |
| Cloeon dipterum (Linnaeus) | 연못하루살이 | | 4 | 6 | 10 | 2 |
| Platycnemis phillopoda Djakonov | 방울실잠자리 | | | 1 | 1 | 3 |
| Notonecta triguttata Motschulsky | 송장헤엄치게 | | 1 | | 1 | 2 |
| Tipula KUb | 각다귀 KUb | 1 | | | 1 | 3 |
| Cheumatopsyche brevilineata Iwata | 꼬마줄날도래 | 7 | | | 7 | 3 |
| Hydropsyche kozhantschikovi Martynov | 줄날도래 | 9 | | | 9 | 4 |
| Hydropsyche orientalris Martynov | 동양줄날도래 | 11 | | | 11 | 4 |
| Goerodes KUb | 네모집날도래 KUb | | | 3 | 3 | 3 |
| 출현종수 | | 7 | 5 | 4 | 13 | |
| 출현개체수 | | 59 | 34 | 47 | 140 | |
| 우점도 | | 0.54 | 0.71 | 0.91 | 0.61 | |
| 다양성지수 | | 1.65 | 1.28 | 0.71 | 1.91 | |
| 종풍부도 | | 1.47 | 1.13 | 0.78 | 2.43 | |
| 균등도 | | 0.59 | 0.55 | 0.35 | 0.52 | |

【주】 Qi : 개별 종의 환경질 등급(환경질 score 4 : very clean, 환경질 score 3 : clean, 환경질 score 2 : polluted, 환경질 score 1 : very polluted)Qi : 개별 종의 환경질 등급(환경질 score 4 : very clean, 환경질 score 3 : clean, 환경질 score 2 : polluted, 환경질 score 1 : very polluted)

### <표 2.6-42> 저서성 대형무척추동물 조사표(현지조사)

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | Qi |
|---|---|---|---|
| Order Tricladida<br>Family Planariidae<br>Dugesia japonica Ichikawz et Kawakatsu | 삼기장목<br>플라나리아과<br>플라나리아 | * | 3 |
| Order Basommatophora<br>Family Lymnaeidae<br>Radix auricularia (Linnaeus) | 기안목<br>물달팽이과<br>물달팽이 | * | 1 |
| Family Physidae<br>Physa acuta Draparnaud | 왼돌이물달팽이과<br>왼돌이물달팽이 | * | 1 |
| Family Planorbidae<br>Hippeutis cantori (Benson) | 또아리물달팽이과<br>수정또아리물달팽이 | * | 2 |

〈표 2.6-42〉 저서성 대형무척추동물 조사표(현지조사)(계속)

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | Qi |
|---|---|---|---|
| Order Ephemeroptera | 하루살이목 | | |
| Family Baetidae | 꼬마하루살이과 | | |
| Baetis fuscatus Linnaeus | 개똥하루살이 | * | 2 |
| Cloeon dipterum (Linnaeus) | 연못하루살이 | * | 2 |
| Order Odonata | 잠자리목 | | |
| Family Platycnemididae | 방울실잠자리과 | | |
| Platycnemis phillopoda Djakonov | 방울실잠자리 | * | 3 |
| Order Hemiptera | 노린재목 | | |
| Family Notonectidae | 송장헤엄치게과 | | |
| Notonecta triguttata Motschulsky | 송장헤엄치게 | * | 2 |
| Order Diptera | 파리목 | | |
| Family Tipulidae | 각다귀과 | | |
| Tipula KUb | 각다귀 KUb | * | 3 |
| Order Trichoptera | 날도래목 | | |
| Family Hydropsychidae | 줄날도래과 | | |
| Cheumatopsyche brevilineata Iwata | 꼬마줄날도래 | * | 4 |
| Hydropsyche orientalris Martynov | 동양줄날도래 | * | 4 |
| Hydropsyche KUa | 줄날도래 | * | 3 |
| Family Lepidostomatidae | 네모집날도래과 | | |
| Lepidostoma KUb | 네모집날도래 KUb | * | 3 |
| 출현종수 | | 10과 13종 | |

【주】 Qi : 개별 종의 환경질 등급(환경질 score 4 : very clean, 환경질 score 3 : clean, 환경질 score 2 : polluted, 환경질 score 1 : very polluted)

### (다) 특정야생동물

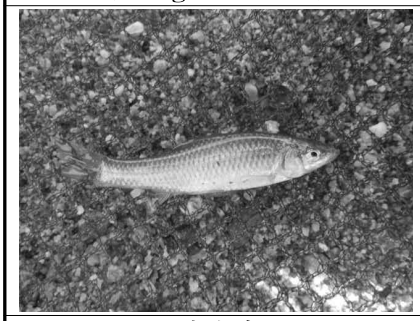
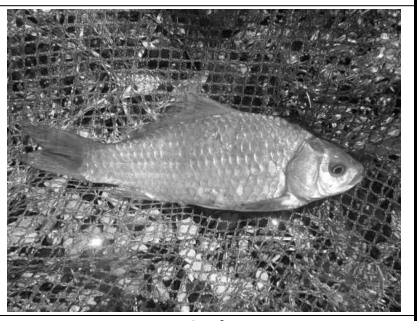
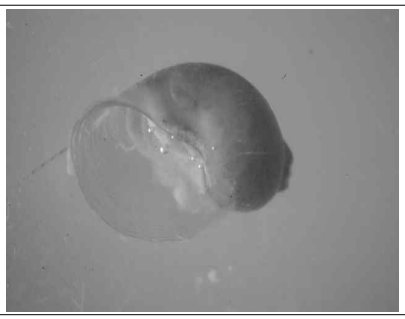
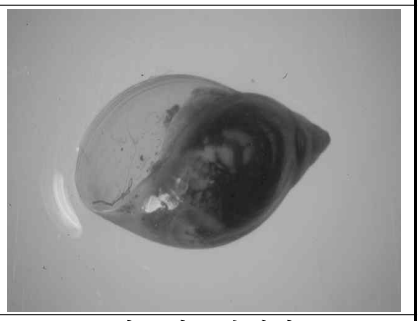
- 현지조사결과, 조사지역의 특정야생동물(문화재정지정 천연기념물, 환경부지정 멸종위기야생동물)은 확인되지 않았음
- 한편, 문헌조사(“갈산 일대의 동물상”)에서는 특정야생동물의 서식여부가 보고되지 않았음

수달(*Lutra lutra lutra*) 배설물

고라니(*Hydropotes inermis argynopus*)배설물

황조롱이(*Falco tinnunculus interstinctus*)

〈그림 2.6-10〉 조사지역의 동물상 현황

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| 원앙<br>(*Aix galericulata*) | 쇠박새<br>(*Parus palustris hellmayri*) | 찌르레기<br>(*Sturnus cineraceus*) |
|  | |  |
| 참붕어<br>(*Pseudorasbora parva*) | 메기<br>(*Silurus asotus*) | 붕어<br>(*Carassius auratus*) |
| |  |  |
| 개똥하루살이<br>(*Baetis fuscatus*) | 물달팽이<br>(*Radix auricularia*) | 왼돌이물달팽이<br>(*Physa acuta*) |

**<그림 2.6-10> 조사지역의 동물상 현황(계속)**

### (3) 생활환경

- 각 조사지점의 생물학적 수질계급과 오수생물계열은 저서동물의 생태점수(ESB)를 이용하여 판정하였으며, 판정결과 Site.1은 “불량”, Site.2와 site.3은 “매우불량”으로 평가되었음
- 이와 같은 사유는 구수천 수계가 하폭과 수폭이 좁고 수심이 얕아 수량이 풍부하지 않았으며, 하상이 자갈, 모래, silt 등으로 이루어진 단순한 수환경을 나타내 종다양도가 낮게 나타났기 때문으로 판단됨

<표 2.6-43> ESB의 구간에 따른 환경질, 오수생물계열 평가표

| 조사지점 | ESB | 환경질의 평가 | | | 오수생물계열 판정 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 환경상태 | 지역구분 | 수질등급 | |
| Site.1 | 20 | 불량 | 우선개선수역 | Ⅲ | α-중부수성 |
| Site.2 | 9 | 매우불량 | 최우선개선수역 | Ⅳ~Ⅴ | 강부수성 |
| Site.3 | 9 | 매우불량 | 최우선개선수역 | Ⅳ~Ⅴ | 강부수성 |

### 라. 특정야생동·식물

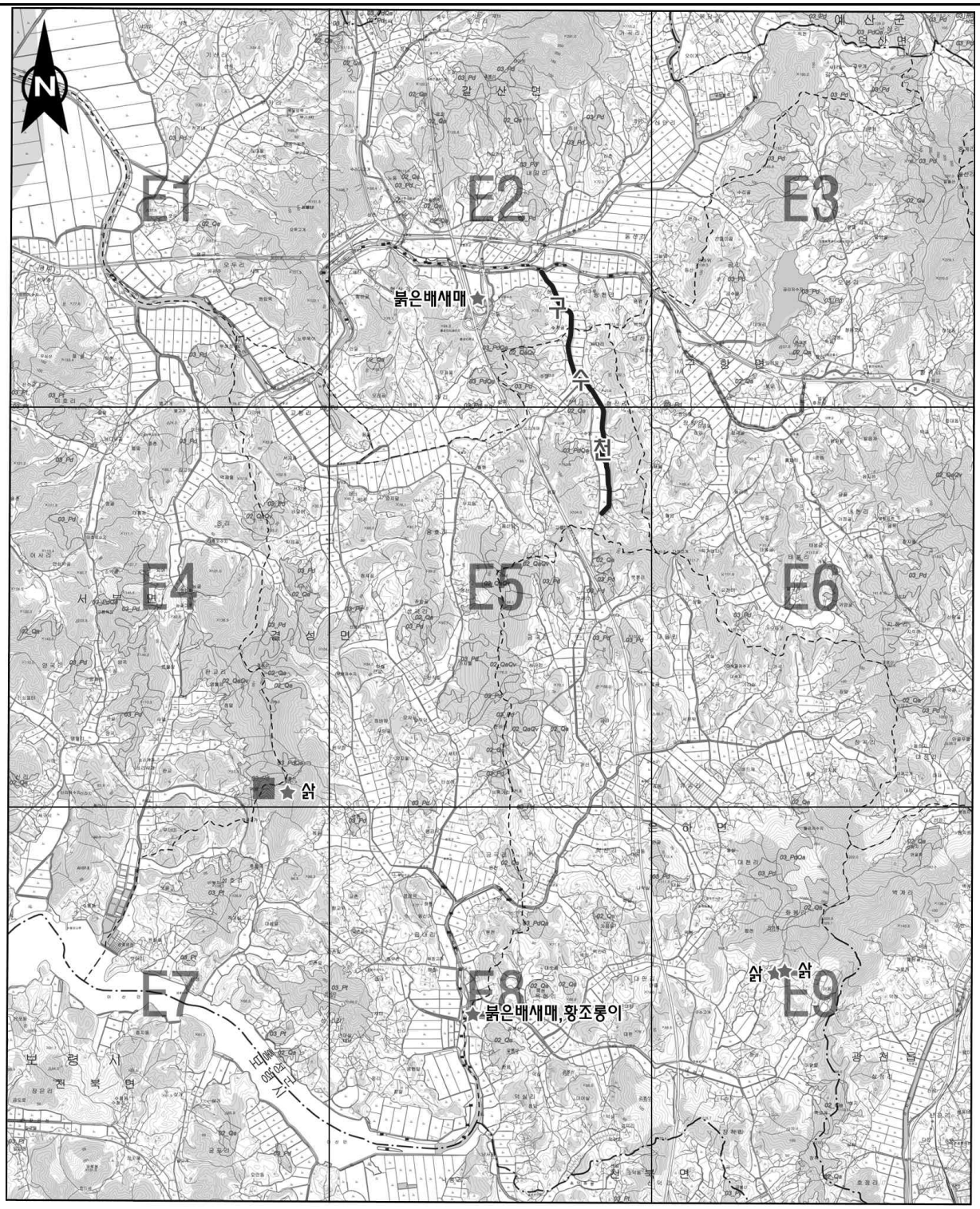
- 현지조사결과, 구수천의 유입하천인 남산천 수변부에서 수달(문화재청지정 천연기념물 330호, 환경부지정 멸종위기Ⅰ급)의 배설물과 남산천 수계에서 원앙(천연기념물 327호), 구수천 주변 경작지 상공에서 황조롱이(천연기념물 323-8호) 등 3종이 조사, 집계되었음
- 한편, 문헌조사(“갈산 일대의 동물상”)에서는 삵(환경부지정 멸종위기Ⅱ급), 황조롱이(문화재청지정 천연기념물 제323-8호), 붉은배새매(천연기념물 323-2호) 등 총 3종이 보고되었음

<표 2.6-44> 특정야생동·식물(법정보호종) 현황

| 구분 / 분류군 | 대 상 종 | 천연 기념물 | 멸종위기종 | | 주요서식환경 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 멸Ⅰ급 | 멸Ⅱ급 | | |
| 식물 | - | | | | - | |
| 포유류 | ▷수달 | √ | √ | | ▷전역(수계) | ● |
| | ▷삵 | | | √ | ▷전역(양호한 산림) | ○ |
| 양서류 | - | | | | - | |
| 파충류 | - | | | | - | |
| 조류 | ▷원앙 | √ | | | ▷전역(텃새) | ● |
| | ▷황조롱이 | √ | | | ▷전역(텃새) | ●,○ |
| | ▷붉은배새매 | √ | | | ▷구릉, 숲(여름철새) | ○ |
| 육상곤충류 | - | | | | - | |
| 담수어류 | - | | | | - | |
| 저서성대형무척추동물 | - | | | | - | |

【주】 1. ● : 현지조사 분포종, ○ : 문헌조사 분포종
2. 천 : “문화재보호법 제7조”의 문화재청지정 천연기념물, 멸 : “야생동·식물보호법 제2조”의 환경부지정 멸종위기야생동물

자료 : 환경부. 2008. ‘07전국자연환경조사 갈산지역의 자연환경-“갈산 일대의 동물상”.

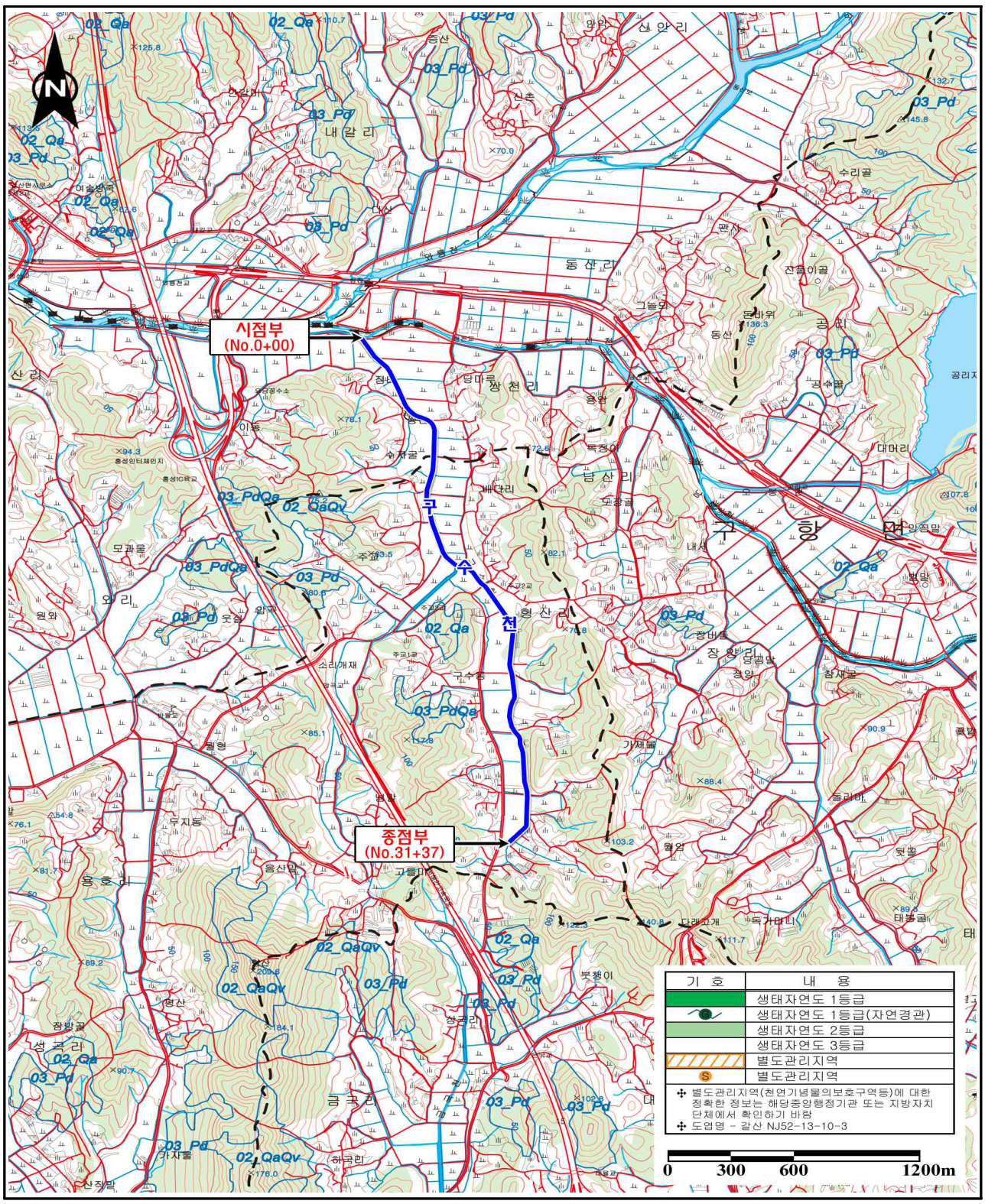



문헌자료 : '07 제3차 전국자연환경조사 - 갈산의 자연환경. 2008. 환경부.

<그림 2.6-11> 문헌자료의 특정야생동물(법정보호종) 현황

## 마. 생태·자연도

- 본 구수천은 생태·자연도 2, 3등급으로 고시되었으며, 보전가치가 높은 생태·자연도 1등급지역은 분포하지 않았음




<그림 2.6-12> 생태·자연도(1/25,000지형도)

## 바. 하천건강성 평가

### (1) 하천자연도 평가

#### (가) 배경과 정의

##### ① 배경 및 목적

- 우리나라의 하천 관리는 70년대까지도 홍수 예방(치수)과 용수의 확보(이수)에 중점이 있었음. 그러나 급격한 공업화와 도시화의 진전으로 하천수의 오염이 진전됨과 동시에 하천공간이 황폐화됨으로써 하천관리는 시민들의 쾌적한 삶과 관계하여 하천의 수질이 주요한 환경관리 대상이 되었음
- 그에 따라 1980년대 들어서는 수질개선 사업과 병행하여 친수성을 고려한 하천환경 개선사업으로서 하천환경계획이 이행되거나 입안되었으며, 특히 하천의 수량, 수질, 공간의 종합적 관리를 목적으로 하천개발과 하천정비과정을 거치고 있음
- 한편, 선진국에서는 최근 들어 이러한 인공적이고 획일적인 하천 정비로 인한 문제점들이 노출되면서 인공화된 하천을 원래의 자연스러운 하천상태로 되돌리고자 하는 사회적, 기술적 대안들이 다각적으로 모색되고 시험 적용되기에 이르렀으며, 일부 선진국에서는 이미 하천의 생태적 복원 운동과 복원기법이 전국적으로 시행되고 있으며, 스위스의 하천의 '재생', 독일의 '하천의 재자연화', 일본의 '다자연형 하천 가꾸기'등이 대표적 사례임
- 따라서, 국내에서도 '자연형 하천 공법'이라는 이름으로 하천의 생태적 복원이 연구되고 있으며 그러한 맥락에서 하천 자연도 평가 작업이 이루어지고 있음

##### ② 정의

- 하천자연도평가란 인간이 손을 대지 않은 원래의 자연하천을 하천의 바람직한 모습으로 보고 대상 하천이 얼마나 원자연하천에 가까운지(자연도)를 평가하여 등급화하는 작업임
- 하천자연도는 조사나 평가대상하천이 인위적 간섭의 어떤 물리적인 교란을 어느 정도 받았는지, 비록 물리적 교란을 받았을지라도 어느 정도 자연성이 유지되고 있는지, 또는 교란정도에 따라 하천의 고유한 잠재자연성이 어느 정도의 상태에 있는지를 평가하는 것임

#### (나) 하천자연도 평가

##### ① 하천관리방안 수립

- 구수천의 하천자연도를 평가하였으며, 하천자연도 평가결과를 토대로 조사구간의 하천관리방향을 보전구간, 복원구간, 친수구간 등으로 구분하였음

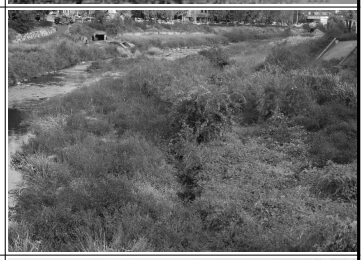
##### ② 하천자연도 등급 구분

• 하천자연도등급은 “생태하천 만들기 10개년 계획(2006~2015), 환경부, 2007”에 제시된 “하천자연도 등급구분(안)”의 등급을 포함하는 5개 등급으로 적용하였음

### ③하천자연도 평가항목 기준

• 하천자연도 평가를 위한 세부 항목별 평가기준은 “하천자연도평가 지침(한국수자원공사, 2003)”을 참고로 하였으며, 구수천의 총 연장길이, 규모 등을 고려하여 약 0.5㎞ 구간 단위로 평가를 실시하였음

**<표 2.6-45> 환경부의 하천자연도 등급구분(안)**

| 하천자연도 | 구별기준 | 식생 및 하도 특성 | 하천예시 |
|---|---|---|---|
| 1등급 | 자연하천<br>(비정비하천) | • 하도가 정비되지 않은 구불구불한 “사행하천”<br>• 자연적으로 형성된 다양한 식생군락의 존재 | |
| 2등급 | 자연형하천<br>(복원하천) | • 하도를 일부 정비하였으나, 사행 형태를 유지<br>• 인위적 식생이 자연적 식생으로 천이 |  |
| 3등급 | 자연천이하천<br>자연적>인위적 | • 하도 일부를 직강화했으나, 저수로 대부분이 사행<br>• 인위적 작용으로 식생 일부 훼손 | |
| 4등급 | 비자연형하천<br>자연적<인위적 | • 하도의 사행하천 대부분이 훼손<br>• 인위적 작용으로 식생이 많이 훼손 | |
| 5등급 | 인공하천 | • 하천, 저수로 대부분이 직강화<br>• 콘크리트 등 불투수성 재료로 인하여 식생 차단 | |

【주】 자료 : 생태하천 만들기 10개년 계획(2006~2015). 2007. 환경부

## <표 2.6-46> 하천자연도 세부 평가항목

| 구분 | 항목 | | 평가지표 및 점수배분 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 하천의 형태 | 1 | 수로의 굴곡 | 하천(제방선형)의 종방향 사행 개소수(중심각 60도이하) | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 7개소이상 | 5-6개소 | 3-4개소 | 1-2개소 | 없음 |
| | 2 | 종·횡 사주 | 종·횡방향 사주의 개소수(토사이동으로 형성된 사주) | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 7개소이상 | 5-6개소 | 3-4개소 | 1-2개소 | 없음 |
| | 3 | 흐름의 다양성 | 여울과 소의 존재에 따라 종방향과 횡방향으로 물흐름의 다양성 | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 매우 큼 | 큼 | 적당한 | 경미 | 없음 |
| | 4 | 하상재료 | 하상에 분포하고 있는 대표적인 하상재료의 구성(지배적인 하상재료) | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 대부분호박돌 | 호박돌과 자갈혼재 | 모래, 실트 또는 점토가 50%이상 | 대부분 실트 점토 | 대부분 모래 |
| | 5 | 저수로 폭다양성 | 자연적인 현상에 의한 저수로의 수면폭의 다양성 | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 매우 큼 | 큼 | 적당 | 경미 | 없음 |
| | 6 | 저수로 호안공 | 저수로 호안공의 종류 및 인공화정도 | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 호안공이 없는 자연상태 | 목재등 자연소재 +인공식생호안 | 사석, 석축등 +인공식생호안 | 사석 또는 석축호안, 투수성호안 | 콘크리트등 불투수성 호안 |
| | 7 | 제방호안재료 | 제방 호안재료의 인공화정도 | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 인공제방이 없는 경우 | 인공흙제방 (자연식생, 잔디식재) | 사석쌓기, 자연형호안블럭에 인공식생 포함 | 사석쌓기, 자연형 호안블럭 등 투수성 제방 | 호안블럭, 콘크리트 등 불투수성 제방 |
| 하천의 환경 | 8 | 저수로 변식생 | 저수로변 식생유무와 식물군락의 유형 | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 자연적으로 형성된 다양한 식생군락 (보전필요) | 자연적인 침식으로 식생이 없는 경우 (토사노출) | 자연적인 잡초, 관목 등이 혼합 | 인위적으로 식생을 조성 | 호안공등으로 식생이 차단 |
| | 9 | 홍수로 식생 | 홍수로(고수부지=둔치)의 식생 및 식물군락의 형성의 자유로운 상태 | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 자연적으로 형성된 다양한식생군락 (보전필요) | 자연적인 침식으로 식생이 없는 경우 (모래톱) | 자연적 식생과 인위적 식생이 공존하는 경우 | 인위적으로 식생을 조성한 공원, 잔디밭 등 | 인위적으로 식생을 제거한 경우 |
| | 10 | 제내지 수변구역토지 이용 | 지배적인 토지이용의 인공화정도(하천제방에서 제내지측으로 500m이내 구간) | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 자연홍수터로 초지나 관목림 | 경작지 (논, 밭,과수원) | 경작지, 시가지, 주거지 혼재 | 1/2정도 시가지, 주거지 | 1/2 이상 시가지, 주거지 |
| | 11 | 제외지 홍수터 이용 | 제외지 홍수터(둔치=고수부지)의 인공화 정도 | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 인공식생, 인공구조물이 없는 자연상태 | 경작지 또는 인공식생 | 인공식생 또는 자연식생 혼재 | 1/2정도 공원시설, 운동장시설 | 주차장 등 불투수성 인공구조물 |

〈표 2.6-46〉 하천자연도 세부 평가항목(계속)

| 구분 | 항목 | | 평가지표 및 점수배분 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 하천의 환경 | 12 | 횡방향 인공구조물 | 어류 등의 이동을 방해하는 인공구조물의 존재 및 방해정도 | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 횡단구조물 없음 | 우회보가 있는 경우 또는 경사수로형 돌보 | 어류 이동이 가능한 어도가 설치된 보 | 보의 높이 0.3-0.4m, 어류이동 어려움 | 어류이동 완전차단 |
| | 13 | 수질 (BOD) | BOD 수질등급에 의한 분류/물색에 의한 분류(홍수 등 특정기간이 아닌 경우) | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 1등급(수정처럼 맑음) | 2등급(비교적 맑음) | 3등급 (황갈색, 바닥녹조) | 4등급(흑갈색, 바닥이 안보임) | 5등급(먹물색, 악취) |
| | 14 | 수면폭/ 하천폭 비 | 수면폭에 대한 하천폭의 %(흐름이 안정된 저수로 수면폭 대 하천제방폭 비) | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | 20% 이상 | 20 ~ 10% | 10 ~ 5% | 5 ~ 1 % | 1%이하 |

【주】 자료 : 하천자연도 평가 지침. 2003. 한국수자원공사

### (다) 하천자연도 평가결과

- 본 구수천은 하천의 폭이 좁아 하천자연도 평가시 좌·우안을 구분하지 않고 하천자연도 등급을 사정하였음
- 하천자연도 평가결과, 구수천 구수천의 하천자연도는 3등급~4등급으로 평가되었음
- 특히, 본 구수천의 제외지는 대부분은 경작지를 관류하는 하천이며, 하천의 폭은 좁아 하천의 형태 및 하천의 환경 평가항목에서 낮게 평가되었음

### (라) 하천자연도 등급별 하천관리방향

- 하천자연도 평가결과, 구수천은 3등급~4등급으로 판정되었으며, 5등급은 분포하지 않았음
- 따라서, 3등급 구간은, 인위적으로 교란되었거나 하천의 원형이 상실된 구간을 중심으로 자연하천의 모습을 반영할 수 있도록 복원할 수 있도록 계획을 수립하고 친수공간 조성시 수변식생 훼손을 최소화 하는 자연친화적 정비를 통해 사업시행 이전의 하천자연도 등급을 유지토록 함
- 4등급 구간은 인위적교란이 강한 입지이며, 친수시설의 도입 등을 통해 유역주민들과 생태탐방객들이 이용할 수 있도록 계획함

### <표 2.6-47> 하천자연도 등급별 하천관리방향

| 하천자연도 등급 | | 하천관리방안 |
|---|---|---|
| 1등급 | 자연하천 | 보전 |
| 2등급 | 자연형하천 | 보전, 복원 |
| 3등급 | 자연천이하천<br>자연적>인위적 | 복원, 친수 |
| 4등급 | 비자연형하천<br>자연적<인위적 | 친수 |
| 5등급 | 인공하천 | 친수 |

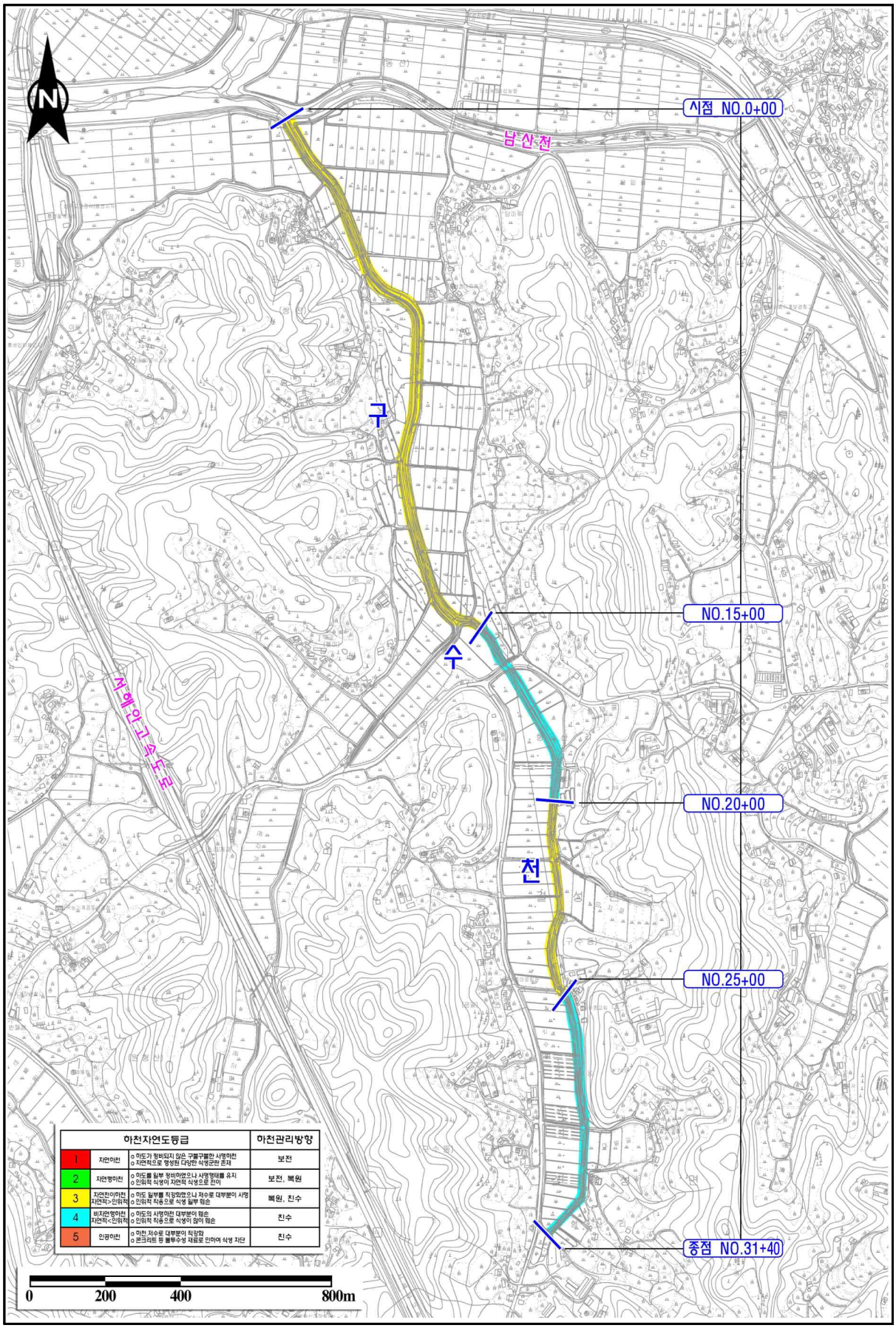
### <표 2.6-48> 구수천(구수천)의 하천자연도 평가결과

| 하천명 | 하천의 형태 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 부분 합계 | 부분 평균 |
| | 수로의 굴곡 | 종횡사주 | 흐름의 다양성 | 하상재료 | 저수로 폭다양성 | 저수로 호안공 | 제방호안 재료 | | |
| 구수천① | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 27 | 3.9 |
| 구수천② | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 27 | 3.9 |
| 구수천③ | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 27 | 3.9 |
| 구수천④ | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 29 | 4.1 |
| 구수천⑤ | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 27 | 3.9 |
| 구수천⑥ | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 28 | 4.0 |

### <표 2.6-48> 구수천(구수천)의 하천자연도 평가결과(계속)

| 하천명 | 하천의 환경 | | | | | | | | | 전체 평균 | 하천 자연도 등급 | 용도 구분 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 부분 합계 | 부분 평균 | | | |
| | 저수로변 식생 | 홍수로 식생 | 제내지 수변구역 토지이용 | 제외지 홍수터 이용 | 횡방향 인공구조물 | 수질 (BOD) | 수변폭/ 하천폭비 | | | | | |
| 구수천① | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 16 | 2.3 | 3.1 | 3등급 | 복원, 친수 |
| 구수천② | 3 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 16 | 2.3 | 3.1 | 3등급 | 복원, 친수 |
| 구수천③ | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 20 | 2.9 | 3.4 | 3등급 | 복원, 친수 |
| 구수천④ | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 21 | 3.0 | 3.6 | 4등급 | 친수 |
| 구수천⑤ | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 3 | 21 | 3.0 | 3.4 | 3등급 | 복원, 친수 |
| 구수천⑥ | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 2 | 4 | 22 | 3.1 | 3.6 | 4등급 | 친수 |

【주】 점수는 각 항목을 평균값을 기준으로 선정함(1등급 : 〉 2.5점, 2등급 : 2.6점~3.0점, 3등급 : 3.1점~3.5점, 4등급 : 3.6점~4.0점, 5등급 : 4.1점 이상)




〈그림 2.6-13〉 구수천의 하천자연도

### (2) IBI(어류생물지수)

- 담수어류를 이용한 IBI 건강성 평가를 실시하였으며, 각 조사지점의 평가결과, 본 구수천의 각 조사지점은 C(보통)~D(불량) 등급으로 평가되었음
- 구수천은 하폭과 수폭이 협소하고 유수량이 저조하며, 주변의 경작지, 도로 등에 의한 (비)점오염원의 지속적인 유입으로 불량한 수환경을 보이고 있음
- 따라서, 현지조사시 출현종 및 개체수는 빈약하였으며, 대부분 오염원에 내성이 강한 종이 조사되어 평가지수는 낮게 분석되었음

**<표 2.6-49> IBI에 따른 수환경 평가**

| 조사지점 | IBI 모델값 | 등급 | 상태 |
|---|---|---|---|
| Site.1 | 35 | D | 불량 |
| Site.2 | 35 | D | 불량 |
| Site.3 | 40 | C | 불량 |

### (3) KSI(한국오수생물지수)

- 하천 환경에서 매우 중요한 수환경의 척도가 될 수 있는 저서성대형무척추동물의 한국오수생물지수(KSI)의 지표생물군을 이용하여 생물등급과 환경상태를 평가, 판정하였음
- 각 조사지점의 평가결과, Site.1, Site.2는 B(양호), Site.3은 D(불량) 등급으로 평가되었음
- 한편, Site.1, Site.2의 경우 종다양도는 다소 낮은 것으로 조사되었으나 평가결과 B(양호) 등급으로 판정되었음. 이와 같은 판정결과는, 구수천 수계는 하폭과 수폭이 좁고 하상이 자갈, 모래, silt 등으로 구성되어 단순한 수환경을 나타내나 하루살이류, 날도래류 등의 출현비율이 높은 조사결과가 반영된 것으로 판단됨
- 특히, Site.3의 경우 D(불량) 등급으로 판정되었으며, 이는 조사지점이 지속적인 물리적 교란의 영향을 받아 오탁계급치가 비교적 높은 왼돌이물달팽이가 우점하여 출현하였기 때문으로 판단됨

**<표 2.6-50> 한국오수생물지수(KSI)에 따른 수환경 평가**

| 조사지점 | KSI | 등급 | 상태 |
|---|---|---|---|
| Site.1 | 71.56 | B | 양호 |
| Site.2 | 72.48 | B | 양호 |
| Site.3 | 19.48 | D | 불량 |

## 2.7 타 계획과의 조정

본 하천기본계획은 구수천의 치수 및 환경계획의 근간을 수립함으로서 향후 하천정비사업시행시 본 계획에서 설정된 하천개발 방향으로 문제없이 시행되어져야 하므로 기 수립된 타 계획과의 연계성 파악이 선행되어져야 한다. 따라서 본 계획을 기수립 또는 수립중인 사업과 조정하여 계획을 수립함으로서 향후 사업 시행단계에서의 문제점을 사전에 예방하고자 타 계획을 조사하였으며 조사 범위는 본 계획과 직접적인 연관성이 있는 사업으로 국한하였다.

**<표 2.7-1> 타 계획과의 조정 및 관련기관 협의 사항**

| 구분 | 타 계획과의 조정 및 협의내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 2020년 홍성군 기본계획 | • 구수천은 홍성군 갈산면, 결성면에 해당하며 「2020년 홍성군 기본계획(2007, 7)」군 기본계획을 반영하여 기본계획을 수립 | |
| 소하천 정비종합계획 | • 구수천에 유입되는 반월천(소하천) 조사하여 수록하였으며, 반월천(소하천) 시·종점을 반영하여 계획구간을 결정<br>• 홍수량 산정시 소하천의 유역특성을 고려하여 산정<br>• 추후 본 대상하천인 구수천의 계획홍수위와 홍수위 결정 | |
| 와룡천 남산천 하천정비 기본계획 | • 계획대상 하천의 본류하천으로 유역 특성을 고려하여 기본계획 수립<br>• 계획홍수위를 반영하여 기점 홍수위 결정 | |
| 홍성군 수도정비기본계획 | • 구수천의 용수수요량 산정시 장래 급수보급계획 및 급수원단위, 공업용수, 관관용수 등을 반영하여 기본계획수립 | |

### 2.7.1 관련계획 검토

#### 가. 2020년 홍성군 기본계획

##### 1) 계획의 배경 및 목적

###### 가) 계획의 배경

○ 제4차 국토종합계획과 제3차 충청남도종합계획 수립 등 국토 및 도시 관련정책의 변화에 따라 도시발전 전략 및 공간구조 개편등의 변화 필요성 대두

○ 종전 도시지역은 「도시계획법」을 적용하고 비도시지역은「국토이용관리법」을적용하여관리하였으나「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 의거 도시지역과 비도시 지역을 통합, 관리 할 수 있는 관리체계 구축 필요

○「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」의 시행에 따라 확대된 기본계획구역 관리, 선계획-후개발 체계의 개발방식 수용을 위한 종합계획 수립의 필요성 대두

### 나) 계획수립의 목적

○2020년을 향한 홍성군의 도시기능과 위상을 정립하고 지방화 시대에 부응하는 미래상과 발전방향 제시

○국토종합계획, 도종합계획 등 상위계획 지침을 발전시켜, 도시관리계획 및 개발계획의 지침 마련

○국내외적 여건변화에 맞춰 도시경쟁력을 향상시키기 위한 도시공간구조 재편성

## 2) 계획의 범위

### 가) 공간적 범위

○위치 : 충청남도 홍성군 행정구역 전역

○면적 : 443.806㎢ (약 134백만평)

○행정구역과 불일치한 기존 홍성읍 도시기본계획 구역을 도시의 효율적 관리를 위하여 본 군 기본계획 수립시 행정구역과 일치시킴

**<표 2.7-2> 타 계획과의 조정 및 관련기관 협의 사항**

| 구분 | 기정(㎢) | 변경(㎢) | 변경후(㎢) | 변경사항 |
|---|---|---|---|---|
| 군기본계획 구역 | 25.52 | 증)418.286 | 443.806 | 도시의 효율적 관리를 위하여 행정구역과 일치 |

### 나) 시간적 범위

○계획기준년도 : 2005년

○계획목표년도 : 2020년

## 나. 홍성군 소하천정비 종합계획(2004.12)

### 1) 계획의 목적 및 범위

#### 가) 목적

소하천은 법정하천의 원천적 수원으로서 그동안 법제도 미비와 투자재원의 부족으로 유지관리가 미비하여 수해발생의 주 요인이 되어 왔으며 날로 발전하는 시세확충에 따른 환경오염이 심화되어 있어 소하천정비법 제6조 및 같은법 시행령 제4조 규정에 의거 대상 하천에 대한 소하천의 관리, 이용, 개발, 치수경제 및 재해예방과 수질보전 등을 종합적으로 체계있는 조사분석을 통하여 정비조합계획을 수립함으로서 재해를 예방하고 향후 소하천정비의 방향이 되는 지침으로 활용되어 홍성군민의 문화 및 정서함양 등 삶의 질을 향상시키고 아울러 생활환경의 개선에 기여하고자 함.

#### 나) 범위

본 계획의 당초 대상하천은 홍성군 관내 155개 198.753km 이었으나, 소하천 시설기준 상의 소하천 지정기준에 따라 평균 하폭 2m이상, 총 연장 500m이상인 하천에 대해 조사측량 및 분석결과, 시·군과의 경계, 저수지 등인 점을 감안하여 대상 하천 구간을 조정하고, 현재 경지정리 구역과 경지정리 예정구역은 하천관리상 제외시켜 본 종합계획 대상하천을 확정한 바, 홍성읍 소색골천 등 총 141개의 하천으로서 하천연장이 190,218m이며 본 유입되는 반월천은 다음과 같다.

**<표 2.7-3> 반월천 계획의 범위**

| 행정구역 | 수 계 명 | | 구 간 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 번 호 | 소하천명 | 시 점 | 종 점 | 연 장(m) |
| 결성면 | 8 - 3 | 반 월 천 | 용호리 397 | 교항리 493-1 | 2,100 |

### 2) 반월천 현황

반월천은 지방하천인 구수천에 유입되는 소하천으로 행정구역은 결성면 용호리에 속한다. 유로연장 및 유역면적은 각각 L=2.31㎞, A=1.14㎢이며, 유역형은 수지상이다.계획구간은 하구로부터 L=2.100㎞이다. 하천주변 농경지 현황은 주로 논으로 구성된다. 호안구조물은 전무하며 하상구성재료는 가는 모래질로 구성되어 있다.

### 3) 확률강우량 산정 및 홍수량 산정

임의시간으로 환산하여 본 산정한 결과 서산기상대의 적정 분포형은 대체적으로 편차가 적고, 비교적 안정된 형태를 갖는 GEV분포형을 전 강우에 채택하였다.

**<표 2.7-4> 지속시간별 빈도별 확률강우량**

| 관측소 | 지속시간 | 산정방법 | 지속시간별 빈도별 확률강우량 (mm) | | | | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 10년 | 20년 | 30년 | 50년 | 80년 | 100년 | 200년 | |
| 서산기상대 | 10MIN | GEV | 20.7 | 22.1 | 22.8 | 23.5 | 24.2 | 24.4 | 25.1 | |
| | 1 HR | | 63.8 | 75.9 | 83.5 | 93.6 | 103.5 | 108.4 | 124.8 | |
| | 2 HR | | 85.0 | 97.4 | 104.6 | 113.6 | 122.0 | 126.0 | 138.5 | |
| | 3 HR | | 101.8 | 114.5 | 121.5 | 130.0 | 137.6 | 141.1 | 151.6 | |
| | 4 HR | | 118.2 | 133.3 | 141.7 | 151.9 | 161.0 | 165.2 | 178.0 | |
| | 6 HR | | 137.8 | 153.0 | 161.1 | 170.6 | 178.7 | 182.4 | 193.2 | |
| | 9 HR | | 166.7 | 185.1 | 194.9 | 206.2 | 215.9 | 220.2 | 232.8 | |
| | 12 HR | | 197.8 | 225.2 | 240.4 | 258.9 | 275.3 | 282.9 | 305.9 | |
| | 15 HR | | 219.4 | 254.1 | 273.9 | 298.7 | 321.3 | 332.0 | 365.1 | |
| | 18 HR | | 231.3 | 267.5 | 288.3 | 314.0 | 337.5 | 348.5 | 382.6 | |
| | 24 HR | | 250.8 | 292.0 | 315.8 | 345.6 | 373.0 | 386.0 | 426.5 | |

본 홍성지역의 강우자료를 분석한 강우강도를 이용한 합리식을 채택하였으며, 유역면적이 2.5㎢이상인 하천은 소하천시설기준(1999.6, 행정자치부) Page 100에 언급한 바와 같이 국내 유역에 비교적 적합한 방법으로 추천된 유역추적법으로 산정한 홍수량을 계획홍수량으로 채택하였으며 채택 빈도년은 소하천임을 감안하여 일반적인 구간의 소하천은 소하천 최소빈도인 30년빈도를 채택하였다.

**<표 2.7-5> 반월천 빈도별 홍수량**

| 소하천명 | 산정지점 | 유역면적 (㎢) | 유로연장 (㎞) | 산정방법 | 빈도별 홍수량(㎥/sec) | | | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 10년 | 20년 | 30년 | 50년 | 80년 | 100년 | |
| 반월천 | BW-0 | 1.14 | 2.31 | 합리식 | 20.6 | 23.7 | 25.5 | 27.5 | 29.3 | 30.1 | |
| | BW-1 | 0.75 | 1.81 | | 13.8 | 15.9 | 17.0 | 18.3 | 19.5 | 20.0 | |
| | BW-2 | 0.29 | 0.79 | | 5.7 | 6.5 | 6.9 | 7.4 | 7.9 | 8.1 | |

## 다. 와룡천 남산천 하천기본계획 (1992.12)

### 1) 계획의 목적 및 범위

#### 가) 계획의 목적

국토의 중심지의 서해안권 개발 여건으로 날로 변모 발전하는 도시화 추세에 있어 이에 대응하는 하천의 관리 운영상의 미비점 보완이 가장 시급한 당면과제로 부각됨에 따라 하천의 효율적인 이용과 일관된 개수계획을 수립하기 위하여 하천법 제 15조 및 같은법 시행령 제11조의 규정에 의거 와룡천, 남산천 구간에 대한 하천의 관리. 이용, 보전 개발 및 치수경제에 관련된 사항을 종합적으로 일관성 있게 조사분석하여 하천정비기본계획을 수립하여 수자원 종합계발 지침 확립에 기여하고자 함.

#### 나) 계획의 범위

(1) 와룡천 : 14.3㎞

○ 시점 : 충남 홍성군 갈산면 오두리(지방하천 종점)

○ 종점 : 충남 홍성군 갈산면 오두리(서산A지구 담수호 합류점)

(1) 남산천 : 6.0㎞

○ 시점 : 충남 홍성군 구항면 황곡리

○ 종점 : 충남 홍성군 갈산면 쌍천리(와룡천 합류점)

## 라. 홍성군 수도정비 기본계획 변경 (2010.8)

### 1) 계획의 목적

본 계획은 홍성군의 생활수준 향상 및 급수구역 확대에 따른 상수도 수요량의 증가에 능동적으로 대처하기 위한 안정적인 상수원 확보, 생산시설의 적기확장, 적정처리시설 계획, 급·배수시설의 정비계획 등을 수립하여 군민에게 위생적으로 안전한 물을 안정적, 경제적으로 공급하고 공중위생의 향상과 생활환경의 개선 등을 위한 수도정비 기본계획을 수행하는데 그 목적이 있다.

### 2) 계획의 범위

본 계획은 홍성군 상수도시설 전반에 걸쳐 검토 분석하고 상수도 장기 발전계획의 일환으로 수도정비 기본계획을 수립하여 급수수요량 파악, 기존시설물 정비계획,

생산시설의 확장계획 및 급·배수시설의 정비계획과 효과적인 유지관리 계획 등 전반적인 정비계획 및 종합계획을 수립한다.

### 가) 계획구역

본 계획의 계획구역은 홍성군 전체 행정구역 443.94㎢중 홍북면의 충청남도 도청이전지 6.27㎢를 제외한 437.67㎢를 대상구역으로 하였다.

또한 도청이전지 수용지역을 제외한 홍북면에 대한 수도계획은 도청이전신도시 수도정비 기본계획(2009.9, 충청남도)에서 배수지(신도시 배수지용량 산정시 홍북면 인구에 의한 수요량 반영) 신설계획을 수립하였으며, 홍성군에서는 배수관로 이후의 계획을 수립토록 한다.

### 나) 계획목표연도

본 계획에서는 수도정비기본계획 수립지침(2006. 5, 환경부)에 의거

- 기본계획 수립예정년도를 기준으로 20년 후를 원칙으로 하고,
- 목표연도는 5년단위로 4단계의 시행단계로 구분하여 계획수립

**<표 2.7-6> 계획목표연도**

| 구분 | 년도 | 시 행 년 도 |
|---|---|---|
| 제 1 단계 | 2010년 | 2008년~2010년 |
| 제 2 단계 | 2015년 | 2011년~2015년 |
| 제 3 단계 | 2020년 | 2016년~2020년 |
| 제 4 단계 | 2025년 | 2021년~2025년 |

# 3

# 하천측량


3.1 지형현황

3.2 종단측량

3.3 횡단측량

3.4 지적도 복사 및 축도

3.5 표석매설

# 제 3 장 하천측량

하천기본계획 수립에 필요한 기본자료를 얻기 위하여 구수천 3.14km에 대하여 하천 양안 구역의 지형, 지물의 위치 및 그 현황을 상세히 파악할 수 있도록 공공작업측량 규정(국립지리원 내규 제51호) 및 수치지도작성 작업내규(국립지리원 내규 제71호)와 측량법 및 같은 법 시행령에 의하여 지형측량 및 종·횡단측량을 실시하였다.

## 3.1 지형측량

### 3.1.1 삼각 및 도근 측량

국토지리정보원 위성측량 기준점의 성과 <표 3.1-2>을 이용하여 도근측량의 기준점이 될 수 있도록 도근점을 표시하고, 이 도근점을 이용하여 평판측량의 기준점이 되는 도근측량을 실시하였다. 도근점은 평판 및 도근측량에 편리한 지점을 선정하여 실시하였으며, 지형측량 및 종·횡단측량을 조사내용은 <표 3.1-1>과 같고 지형측량을 위해 사용한 도근점 현황은 <표 3.1-3>과 같다.

**<표 3.1-1> 조사측량 현황**

| 하 천 명 | 발주연장(㎞) | 실시연장(㎞) | 증 감(㎞) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 구 수 천 | 3.10 | 3.14 | ▲ 0.04 | |

**<표 3.1-2> 위성측량 기준점 성과**

| 번호 | 기준점 명칭 | ITRF2000 (m) | GRS80타원체 | | | 표고(m) H1 : ARP H2 :금속표 | 소재지 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 위 도 (도-분-초) 경 도 (도-분-초) 타원체고 (m) | 평면직각좌표 (m) | 투영 원점 | | |
| 8 | CHYG (청양) | X=-3,076,700.351 Y=4,112,486.553 Z=3,769,348.628 | 위도=36° 27′ 32.0470″ 경도=126° 48′ 05.3814″ 타원체고=136.466 m | X=428,984.225 Y=182,206.299 | 중부 | H1=112.708 H2=107.746 | 청양군청 |
| 37 | SEOS (서산) | X=-3,042,060.371 Y=4,111,978.754 Z=3,797,578.723 | 위도=36° 46′ 35.0728″ 경도=126° 29′ 39.1288″ 타원체고=52.264 m | X=464,319.158 Y=154,846.463 | 중부 | H1=29.752 H2=24.896 | 서산기상대 |

<표 3.1-3> 도근점 현황

| 점번호 | 위 치 (군.면.리.) | 좌 표 | | 표 고 (EL. m) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 종좌표(X) | 횡좌표(Y) | | |
| CP01 | 홍성군 결성면 형산리 | 441,638.080 | 162,108.006 | 46.244 | GPS성과 |
| CP02 | 홍성군 결성면 형산리 | 441,828.943 | 162,202.032 | 42.039 | GPS성과 |
| CP03 | 홍성군 결성면 형산리 | 442,064.755 | 162,184.552 | 39.293 | GPS성과 |
| CP04 | 홍성군 결성면 형산리 | 442,248.073 | 162,096.806 | 36.947 | GPS성과 |
| CP05 | 홍성군 결성면 형산리 | 442,580.665 | 162,033.506 | 33.295 | GPS성과 |
| CP06 | 홍성군 결성면 형산리 | 442,828.545 | 162,125.503 | 31.247 | GPS성과 |
| CP07 | 홍성군 결성면 형산리 | 443,080.763 | 162,011.814 | 29.633 | GPS성과 |
| CP08 | 홍성군 결성면 형산리 | 443,353.808 | 161,763.041 | 26.630 | GPS성과 |
| CP09 | 홍성군 결성면 형산리 | 443,600.405 | 161,716.855 | 25.351 | GPS성과 |
| CP010 | 홍성군 갈산면 쌍천리 | 443,832.421 | 161,747.982 | 23.768 | GPS성과 |
| CP011 | 홍성군 갈산면 쌍천리 | 444,107.951 | 161,623.027 | 22.585 | GPS성과 |
| CP012 | 홍성군 갈산면 쌍천리 | 443,983.761 | 161,615.971 | 23.193 | GPS성과 |
| CP013 | 홍성군 갈산면 쌍천리 | 444,338.659 | 161,468.029 | 20.781 | GPS성과 |
| CP014 | 홍성군 갈산면 쌍천리 | 444,455.844 | 161,388.012 | 21.781 | GPS성과 |

### 3.1.2 수준측량

지형측량 및 종·횡단 측량을 하기 위한 수준측량은 국립지리정보원의 기설수준점 성과를 이용하여 조사 구간내 모든 기준점에 대하여 왕복측량을 실시하였으며, 국립지리정보원의 수준점 성과는 <표 3.1-4>과 같다.

<표 3.1-4> 국토지리정보원 기본수준점 현황

| 수준점 번호 | 표고 (m) | 고시 | 위 치 | 도엽명 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 38-03-00 | 24.73 | 2007. 11 | 홍성군 갈사면 갈산로 135 | 홍성 | |
| 12-00-31-11 | 16.50 | 2009. 12 | 홍성군 갈산면 행산리 329-2 | 홍성 | |

### 3.1.3 지형현황도 작성

지형현황도는 하천기본계획의 기초자료로 활용될 수 있도록 1/1,000 축척으로 작성하였으며, 가능한 지형·지물에 대한 정보를 상세하게 표기하였다.

지형현황측량의 기준은 사전에 조사한 삼각 및 도근측량 성과를 이용하였으며, 하천양안을 따라 유제부는 제내지 100m 이상, 무제부는 홍수위선 이상까지 지목, 지번, 지물 및 지목의 형상, 평면위치, 주요 하천구조물의 위치 및 고저를 상세하게 측량하여 지형현황도를 작성하였다.

## 3.2 종단측량

국토지리정보원의 기준수준점 성과를 이용하여 구수천의 좌·우 양안을 따라 왕복측량을 실시하였으며, 매 1.0㎞ 마다 매설한 기준점(표석)의 성과를 측정하여 지형현황도에 수록하였다. 또한 배수문, 취수보, 교량 등 중요한 하천부속물에 대하여 그 표고를 측정하였고, 일제관측수위를 측정하여 종단도에 표시하였다.

## 3.3 횡단측량

종단측점을 따라 하천유심의 직각방향으로 횡단측량을 실시하되 무제부에서는 가급적 기왕홍수위선 이상까지, 유제부에서 제외지는 전부, 제내지는 100m까지를 원칙으로 하고 현지형을 고려 가·감하여 실시하였다.

횡단측량 간격은 종단거리 100m를 원칙으로 실시하되, 하폭을 감안하여 50m 간격의 종단측점을 추가하여 실시하였으며, 교량, 보 등 주요 하천횡단 구조물지점도 측점을 추가하였다. 또한 각 횡단형에서의 점간 거리는 20m를 원칙으로 하되 지형의 변화가 급한 구간은 추가지점을 측량하여 상세하고 완전한 횡단면도를 작성할 수 있도록 하였다.

## 3.4 지적도 복사 및 축도

지적도는 홍성군 종합민원실로부터 한국토지정보시스템(KLIS; Korea Land Information System)의 데이터를 협조받아 활용하였으며, 연속지적데이터 형태와 각 도곽별로 작성하였다. 지적도의 축척은 1/1,000으로 하였으며, 그 성과를 부도편에 수록하였다.

## 3.5 표석매설

추후 하천조사의 측량기준점이 될 수 있도록 종단거리 매 1.0㎞ 마다 좌·우 양안에 표석을 매설하였으며 유제부는 제방둑마루에, 무제부는 지형이 허용하는 범위내에서 가능한 한 계획홍수위선 이상에 손괴되지 않도록 매설하였다.

표석은 화강암으로 제작하여 각 면에 '충청남도', '하천기본계획', '2011년', '수준점'을 음각하였다. 상세한 위치 및 성과는 본 보고서 부도에 수록하였으며, 표석성과는 <표 3.5-1>과 같다.

**<표 3.5-1> 표석성과표**

| 하천명 | 표석번호 | 매설위치 | | | | | | 표고(EL.m) | 매설연도 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 시군 | 읍면 | 동리 | 측점 | X | Y | | | |
| 구수천 | 표석1 | 홍성 | 갈산 | 쌍천 | NO.0+00 | 444,438.364 | 161,401.046 | 19.911 | 2011년 | |
| | 표석2 | 홍성 | 결성 | 형산 | NO.10+00 | 443,588.838 | 161,705.967 | 25.293 | 〃 | |
| | 표석3 | 홍성 | 결성 | 형산 | NO.19+00 | 442,827.259 | 162,148.654 | 31.572 | 〃 | |
| | 표석4 | 홍성 | 결성 | 형산 | NO.31+51 | 441,621.550 | 162,117.882 | 46.409 | 〃 | |

# 4

# 홍수량 및 홍수위 산정

4.1 기본홍수량 및 계획홍수량 산정

4.2 홍수위 산정

# 제 4 장 홍수량 및 홍수위 산정

## 4.1 기본홍수량 및 계획홍수량 산정

### 4.1.1 기본방향

우리나라는 지리적인 특성과 우기에 연강우량의 2/3가 집중되는 강우의 특성으로 인하여 매년 막대한 홍수피해가 발생되고 있다. 또한 경제가 발전하고 도시지역이 확장되면서 산림 및 녹지지역이 감소되어 유출이 증가하게 되었으며, 하천구역 잠식으로 인한 하도의 통수능 감소 등으로 홍수피해가 증가하는 추세이다.

본 계획에서는 구수천 유역의 지형적 특성, 기상 및 수문특성을 반영한 홍수량을 산정하고 이를 각종 치수시설물에 적절히 분담토록 계획하였다. 하천개수계획은 하도분담 홍수량을 토대로 하천별, 지구별로 수립하였고, 안정하도 유지를 위한 방안, 하천유지관리 및 유역의 홍수분담을 고려한 하천구역 설정 등 종합적인 치수계획이 되도록 하였다. 본 계획에서 수립한 홍수처리계획의 주요내용은 다음과 같다.

① 기본 및 계획홍수량은 해당하천의 지역적 특성 및 중요도, 토지이용현황, 하천설계기준에서 제시한 하천의 중요도와 계획규모, 치수경제성 분석 결과 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

② 하천별 계획홍수량을 토대로 계획홍수위를 산정하였다. 계획홍수위 이하인 지역으로 홍수시 피해가 발생할 것으로 예측되는 지역은 지역특성에 적합한 홍수방어계획을 수립하였다.

③ 제방의 홍수방어능력을 검토하고 제방의 관리상태를 고려하여 보강계획을 수립하였다.

④ 하도내 과도한 퇴적으로 인하여 유수의 흐름을 방해하고 피해가 예상되는 보 등의 구조물 구간은 해당구조물 상류의 퇴적 및 하류의 세굴을 방지할 수 있도록 구조물 개선 계획을 수립하였다.

⑤ 교량, 보, 배수시설 등은 시설물상태, 규모의 적정성, 시설물 상·하류에 미치는 영향 등을 검토하여 개선이 필요한 경우 보강 또는 신설토록 하였고, 기능을 상실한 시설물은 철거토록 하였다.

⑥ 무제부 구간 중 계획홍수위 이하인 토지의 구역으로 배후 농경지가 협소하여 치수사업효과가 미미한 지역은 유역의 홍수분담능력 증대 방안으로 제방축조계획에서 제외하고 계획하폭 내의 토지를 대상으로 하천구역으로 통합 지정하여 관리토록 제시하거나 치수경제성 검토 후 사업시행여부를 결정하였다.

### <표 4.1-1> 홍수량 산정절차 세부항목

| 검토항목 | 세부사항 (본 산정) |
|---|---|
| 홍수량 산정지점 | • 산정지점 : 3개소(구수천 하구 GS0, 반월천 합류전 GS2 합류후 GS1) |
| 강우자료 수집 | • 서산관측소(기상청) : 1968 ~ 2011년 (44개년)<br>• 매시강우량(지속시간 최대) |
| 확률강우량 | • 매개변수 추정방법 : 확률가중모멘트법, 최적 확률분포형 Gumbel 채택 |
| 면적확률강우량 | • 유역면적유역면적이 3.66km²으로 기준면적인 25.9 km²보다 작아 면적우량환산계수(ARF ; Areal Reduction Factor, 2000, 국토해양부)를 적용하지 않음. |
| 강우강도식 유도 | • 단·장기간 강우강도식 : 단기: Talbot , 장기:Sherman형 채택 |
| 강우위 시간분포 | • 계획에서는 Huff(1967)4분위법 및 Yen & Chow방법을 적용하여 설계강우의 시간분포와 강우의 지속기간에 따른 첨두홍수량 변화를 검토 |
| 유효우량 산정 | • NRCS방법 (AMC-Ⅲ적용)<br>- 정밀토양도 + 토지이용현황 + 수치지형도 활용 |
| 홍수도달시간 | • 홍수도달시간 채택은 유역 및 하도 특성, 홍수파 유속과의 간접적인 비교 등을 비교 검토해본 결과 Kraven-Ⅱ 공식이 적정한 것으로 판단되어 이를 이용하여 홍수량을 산정 |
| 계획빈도설정 | • 계획홍수위는 재현기간별 개수후 홍수위 중에서 계획빈도로 채택된 바 있는 80년 빈도의 홍수위를 채택 |

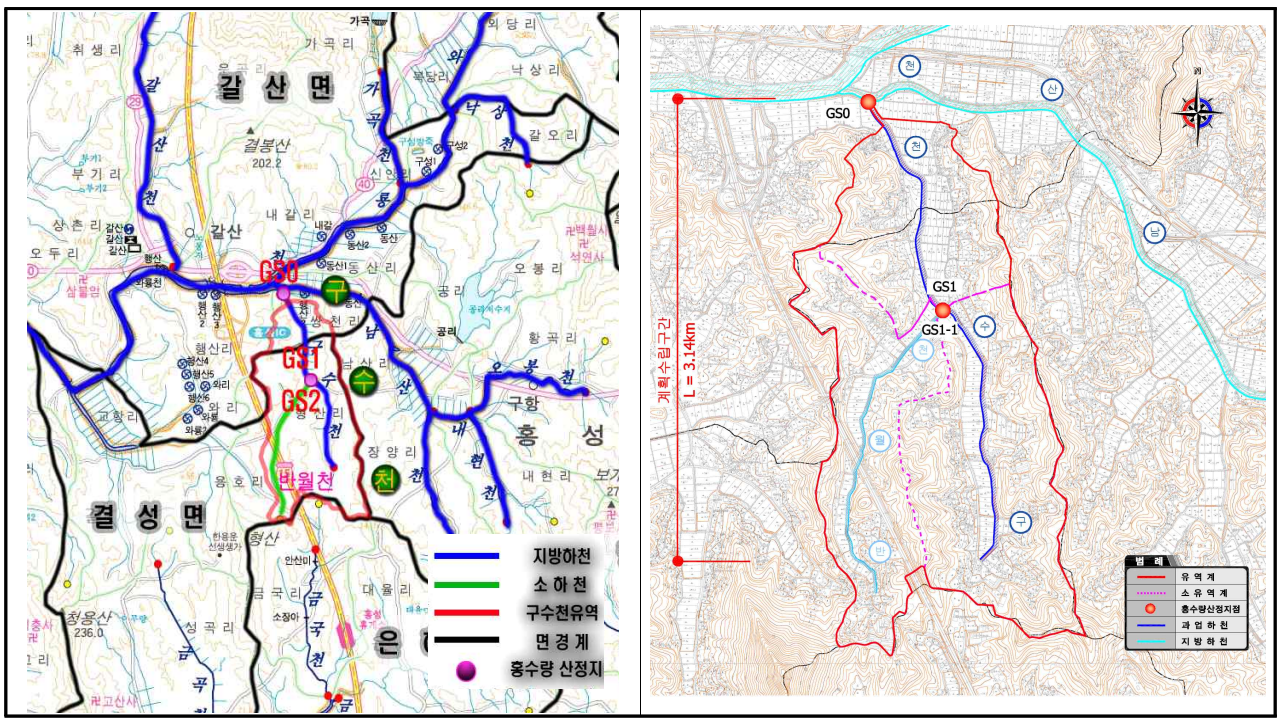
### 4.1.2 홍수량 산정지점

홍수량 산정지점은 유역 상하류의 홍수량 변화를 파악할 수 있을 정도의 구간 설정, 유역면적 등 면적 분할, 지류합류전 및 주요구조물 지점 등을 고려하여 선정하여야 하며 또한, 수면곡선 계산에 주로 사용되고 있는 부등류계산 모형과 관련하여 선정하는 것이 필요하다. 부등류계산 모형에서는 일정구간에 대하여 홍수량을 동일하게 적용하며, 이와 같이 일정구간의 하류부의 홍수량을 일정구간 전체에 적용함으로써 일정구간에 대하여 평균적인 의미와 아울러 홍수량 산정의 불확실성 등을 감안하는 것이다.

이와 같은 기준에 따라 구수천 유역의 홍수량 산정지점을 선정한 결과, 본 홍수량 산정지점은 3개로 결정하였으며, 구체적인 내용은 <표 4.1-2> 및 <그림 4.1-1>과 같다.

**<표 4.1-2> 홍수량 산정지점**

| 하천명 | 산정 지점 | 지점 번호 | 유역면적 A(km²) | 유로연장 L(km) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 계획종점(남산천 합류전) | GS0 | 3.66 | 3.14 | |
| | 반월천 합류후 | GS1 | 2.68 | 2.12 | |
| | 반월천 합류전 | GS2 | 1.52 | 1.72 | |




**<그림 4.1-1> 홍수량 산정지점**

### 4.1.3 강우분석

#### 가. 우량관측소 선정

일반적으로 빈도해석을 위한 강우자료는 기록년수에 따른 표본의 수(sample size)가 충분히 많고 자료의 신뢰도를 갖추고 있어야 모집단을 대표할 수 있다고 할 수 있다. 국내의 강우량 측정은 기상자료 측정 및 제공 기관인 기상청과 국토해양부, 한국수자원공사, 한국농어촌공사 등에서 수행하고 있다. 기상청 관할의 관측소는 비교적 충분한 기록년수와 신뢰도가 높은 시강우 자료를 보유하고 있으나 국토해양부와 한국수자원공사의 경우 일우량은 상당한 양으로 관측·보존되어 있으나 시간단위 강우량 자료는 자료년수가 짧고 결측치가 많으며 기록지 판독에 따른 오차로 신뢰도가 떨어지는 단점을 지니고 있다. 최근에는 첨두홍수량이 최대가 되는 강우지속기간인 임계지속기간(critical duration)을 고려하여야 하며, 이를 위해서는 빈도해석에 충분한 시간강우량 자료의 확보가 필수적이다.

본 구수천 유역내 및 인근의 우량관측소를 조사한 결과 기상청에서 관리하는 서산, 보령관측소 등의 2개소, 국토해양부에서 관리하는 관측소 1개소가 있으나 국토해양부 우량관측소는 앞에 기술한 바와 같이 시우량 자료의 측정년수 및 보유기간이 짧아 시간분포 특성의 잘못된 정보를 제공할 가능성이 있어 금번 수문분석에서 제외하였다.

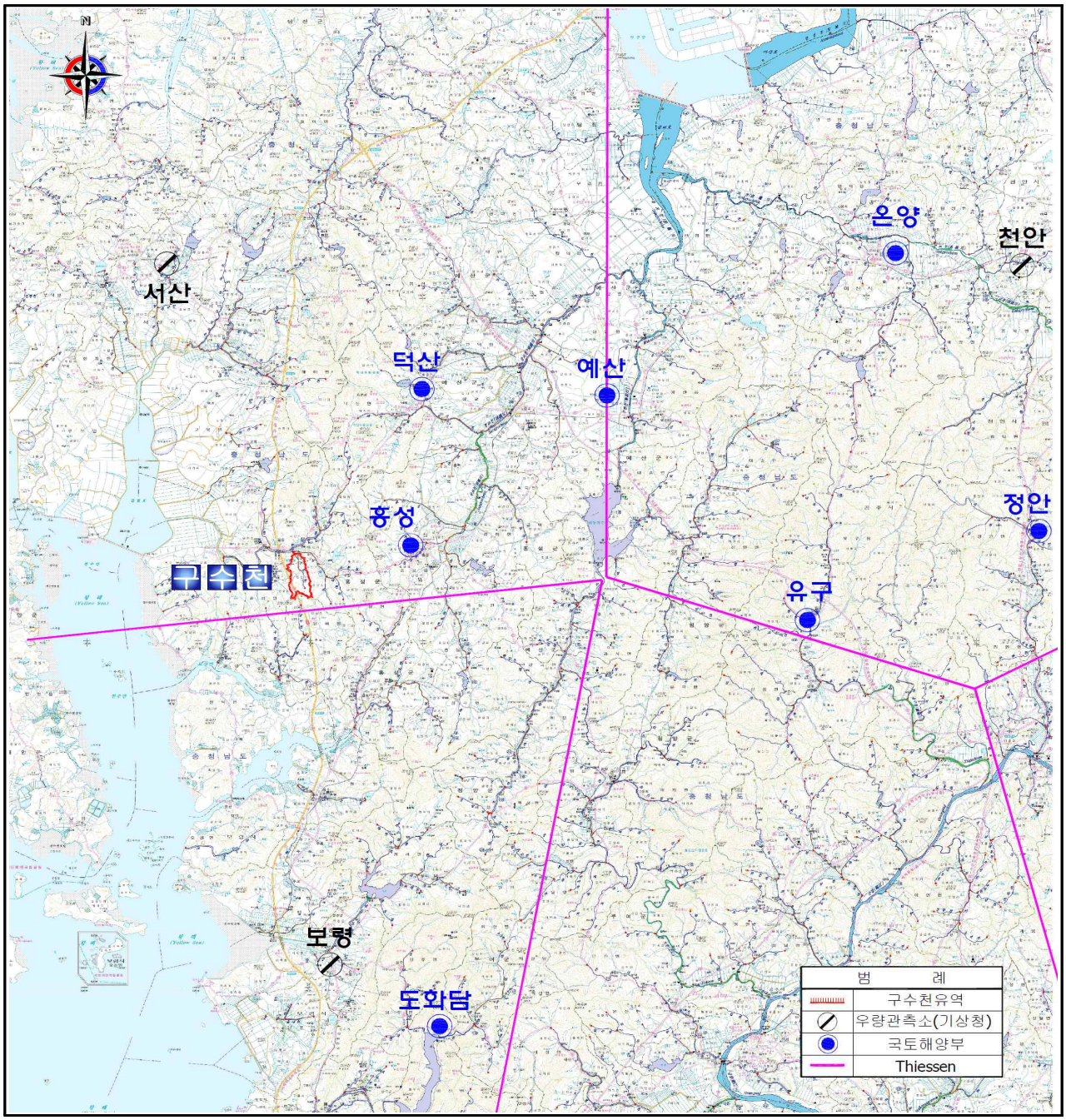
일반적으로 빈도해석 분석시 자료의 기록기간은 원칙적으로 필요한 설계년보다 많은 기록년수가 필요하다. 그러나 현재 관측된 강우자료는 이 조건을 만족시켜 주지 못하기 때문에 통계학적으로 기록년수 30년 이상의 자료를 이용토록 하고 있으므로 계획유역 인근에 있는 국토해양부 및 한국수자원공사 관측소는 기록년수가 짧아 활용하지 못하였으며, 기상청 관할의 강우관측기록을 이용하여 수문분석을 수행하였다.

본 계획에는 Thiessen-Network상 <그림 4.1-2>에서 나타난 것과 같이 서산관측소가 본 계획유역에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 최근 이상강우 사상의 발생빈도 및 강우사상 경향의 반영 가능성을 고려하고 상당기간의 시우량 보유현황 등을 고려하여 최종 서산 관측소를 본 수문분석을 위한 대상관측소로 선정하였다.

한편, 선정된 서산관측소의 관측개시년도는 1968년으로 강우분석에 필요한 시우량자료를 보유하고 있는 기간은 44개년(1968~2011년)으로 이는 우리나라의 강우 빈도해석시 최소 관측년수의 기준으로 권장되고 있는 30개년을 충족시키므로 기본적인 신뢰도를 충분히 확보할 수 있는 조건을 갖추고 있다.

〈표 4.1-3〉 시강우량 보유 현황

| 관측소명 | 시강우량 관측기간 | 시우량 보유연수 (~2011) | 관리기관 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 서산 | 1968년 1월 | 44 | 기상청 | 채택 |
| 홍성 | 1970년 5월 | 26 | 국토해양부 | |
| 예산 | 1979년 5월 | 25 | 국토해양부 | |
| 덕산 | 1982년 5월 | 24 | 국토해양부 | |




〈그림 4.1-2〉 Thiessen망도

## 나. 강우자료의 수집 및 결정

### 1) 고정시간 강우자료의 수집

과거에는 설계강우의 지속기간을 대표 지속기간 하나로 결정하였으므로 수집 대상 강우량자료가 아주 간단하였지만, 최근에는 첨두홍수량 또는 저류용량을 최대로 하는 강우지속기간인 임계지속기간(critical duration) 개념이 도입되어 최대한 많은 지속기간의 강우량자료를 수집하여야 한다.

또한, 수문분석에 필요한 강우량자료는 1시간, 1일 등 고정시간 강우량이 아닌 60분, 1440분 등 임의시간 강우량자료이므로, 자기기록지 등에서 임의시간 강우량자료를 직접 수집하여야 하나 현실적으로 곤란한 경우가 많으므로, 대안으로 시우량(clock-hour rainfalls) 자료를 임의시간 강우량자료로 변환하는 방법을 주로 사용하고 있다.

이에 따라 먼저 지속기간별 시우량자료를 수집하여야 하며, 본 계획에서는 10분, 1시간~24시간까지는 1시간 간격으로 수집하였다.

### 2) 임의시간 강우량 자료의 수집

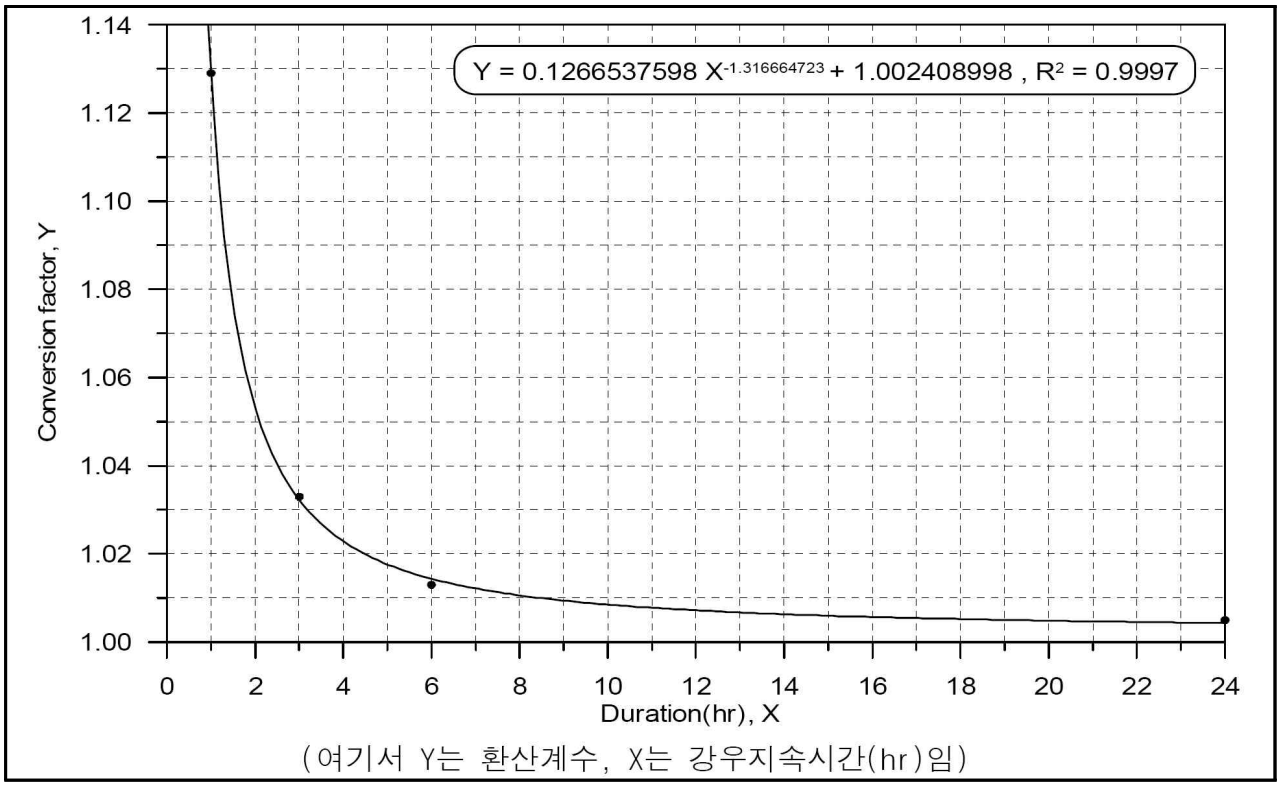
강우 빈도해석에 필요한 강우량자료는 임의시간 강우량자료이므로 임의시간 강우량자료의 수집이 곤란한 경우에는 수집된 시간단위의 고정시간 강우량자료인 시우량자료를 분단위의 임의시간 강우량자료로 변환하여 사용하여야 한다.

이와 같이 시우량자료를 임의시간 강우량자료로 변환할 수 있는 방법으로 「확률강우량도 개선 및 보완연구 (국토해양부, 2011)」에서는 고정시간 강우량자료를 임의시간 강우량자료로 변환하는 지속시간별 환산계수를 <표 4.1-4>과 같이 제시하였다.

**<표 4.1-4> 고정시간 - 임의시간 환산계수**

| 고정시간 | 임의시간 | 환 산 계 수 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 1 시 간 | 60 분 | 1.136 | |
| 3 시 간 | 180 분 | 1.001 | |
| 6 시 간 | 360 분 | 1.012 | |
| 12 시간 | 720 분 | 1,005 | |
| 24 시간 | 1,440 분 | 1.003 | |

【주】 자료 : 「확률강우량도 개선 및 보완연구 (2011. 국토해양부)」




<그림 4.1-3> 고정시간 - 임의시간 환산 관계곡선

<표 4.1-5> 주요 지속기간별 고정시간 연최대강우량(서산) (단위 : mm)

| 년도 | 고정시간 연최대강우량(mm) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10분 | 60분 | 2시간 | 3시간 | 4시간 | 6시간 | 9시간 | 12시간 | 15시간 | 18시간 | 24시간 |
| 1968 | 15.2 | 45.7 | 50.8 | 65.0 | 83.5 | 106.2 | 134.8 | 141.4 | 150.1 | 151.6 | 151.7 |
| 1969 | 13.2 | 45.9 | 47.4 | 53.1 | 54.3 | 54.3 | 58.2 | 60.0 | 74.9 | 77.2 | 77.2 |
| 1970 | 16.8 | 52.3 | 70.3 | 92.0 | 103.8 | 132.4 | 161.3 | 181.6 | 192.5 | 194.5 | 236.1 |
| 1971 | 12.3 | 31.7 | 38.6 | 44.4 | 44.4 | 65.5 | 75.0 | 89.2 | 102.0 | 108.6 | 110.8 |
| 1972 | 13.0 | 48.8 | 62.0 | 92.2 | 109.7 | 122.9 | 135.7 | 173.8 | 181.6 | 199.1 | 228.5 |
| 1973 | 20.8 | 40.0 | 42.8 | 46.7 | 47.1 | 47.2 | 47.2 | 49.8 | 49.9 | 50.2 | 67.4 |
| 1974 | 16.3 | 42.0 | 63.5 | 97.0 | 112.0 | 134.7 | 172.8 | 220.8 | 242.0 | 249.6 | 252.9 |
| 1975 | 18.6 | 37.8 | 42.2 | 48.1 | 53.0 | 57.8 | 58.1 | 58.1 | 58.1 | 58.1 | 58.1 |
| 1976 | 10.6 | 20.4 | 28.8 | 37.4 | 43.5 | 52.1 | 66.1 | 71.4 | 74.4 | 74.7 | 79.6 |
| 1977 | 15.4 | 37.6 | 48.2 | 72.2 | 84.0 | 89.2 | 107.9 | 111.0 | 111.0 | 113.6 | 113.6 |
| 1978 | 20.0 | 79.0 | 95.8 | 109.0 | 123.1 | 138.3 | 143.6 | 155.3 | 162.0 | 162.5 | 162.6 |
| 1979 | 10.0 | 33.5 | 52.4 | 65.0 | 74.3 | 75.6 | 76.3 | 76.3 | 77.7 | 85.4 | 96.0 |
| 1980 | 20.0 | 40.7 | 51.8 | 61.6 | 72.1 | 85.4 | 89.5 | 101.6 | 114.1 | 121.3 | 121.5 |
| 1981 | 18.0 | 40.6 | 54.5 | 60.2 | 60.2 | 82.3 | 99.5 | 121.0 | 130.8 | 133.8 | 142.1 |
| 1982 | 16.0 | 43.4 | 53.6 | 64.9 | 68.0 | 113.0 | 150.9 | 159.8 | 172.0 | 177.3 | 178.3 |
| 1983 | 14.5 | 31.1 | 47.5 | 66.4 | 74.3 | 77.5 | 111.3 | 114.1 | 115.4 | 127.4 | 135.5 |
| 1984 | 14.0 | 34.7 | 45.2 | 60.4 | 73.0 | 98.6 | 120.6 | 167.3 | 195.9 | 199.6 | 210.9 |
| 1985 | 13.5 | 31.0 | 34.9 | 47.7 | 60.7 | 72.7 | 116.4 | 122.7 | 134.4 | 150.4 | 175.8 |
| 1986 | 17.0 | 33.0 | 35.8 | 42.6 | 51.4 | 56.0 | 66.4 | 68.0 | 69.3 | 70.9 | 75.5 |

【주】 지속기간 10분 및 60분은 기상청에서 제공하는 임의시간 연최대강우량 자료

### <표 4.1-5> 주요 지속기간별 고정시간 연최대강우량(서산)(계속)

(단위 : mm)

| 년도 | 고정시간 연최대강우량(mm) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10분 | 60분 | 2시간 | 3시간 | 4시간 | 6시간 | 9시간 | 12시간 | 15시간 | 18시간 | 24시간 |
| 1987 | 15.5 | 33.6 | 50.8 | 64.8 | 74.0 | 81.7 | 93.0 | 97.0 | 116.8 | 123.6 | 158.8 |
| 1988 | 13.0 | 20.7 | 24.3 | 28.4 | 37.6 | 41.9 | 50.2 | 61.2 | 62.8 | 63.0 | 63.0 |
| 1989 | 9.7 | 30.5 | 42.4 | 52.4 | 57.8 | 73.3 | 83.8 | 89.8 | 102.8 | 122.4 | 152.5 |
| 1990 | 23.5 | 55.3 | 61.1 | 67.4 | 95.6 | 107.6 | 122.4 | 127.3 | 129.9 | 131.0 | 133.7 |
| 1991 | 17.7 | 29.0 | 41.5 | 47.5 | 64.6 | 88.7 | 125.3 | 156.3 | 168.4 | 175.1 | 177.1 |
| 1992 | 17.0 | 42.0 | 55.2 | 65.0 | 76.7 | 105.5 | 133.0 | 170.8 | 196.0 | 202.7 | 206.8 |
| 1993 | 10.7 | 24.3 | 36.9 | 43.1 | 51.2 | 58.3 | 61.3 | 78.4 | 89.2 | 89.7 | 89.7 |
| 1994 | 18.6 | 51.7 | 54.5 | 56.4 | 76.5 | 82.1 | 91.8 | 111.2 | 113.0 | 141.1 | 152.3 |
| 1995 | 18.6 | 60.1 | 83.8 | 103.3 | 131.9 | 151.7 | 199.6 | 221.4 | 243.9 | 254.0 | 317.1 |
| 1996 | 9.9 | 17.0 | 24.8 | 36.9 | 45.7 | 65.6 | 78.1 | 83.0 | 84.5 | 84.6 | 85.3 |
| 1997 | 14.2 | 50.0 | 77.2 | 99.7 | 106.1 | 128.5 | 151.0 | 172.2 | 180.7 | 182.8 | 183.3 |
| 1998 | 19.5 | 57.5 | 78.1 | 102.4 | 127.1 | 142.3 | 150.0 | 153.5 | 153.5 | 153.5 | 156.0 |
| 1999 | 10.1 | 37.5 | 53.1 | 77.6 | 105.6 | 137.8 | 183.4 | 251.7 | 309.5 | 345.5 | 358.9 |
| 2000 | 13.0 | 32.0 | 50.0 | 75.0 | 89.5 | 119.5 | 134.0 | 148.3 | 158.3 | 167.8 | 186.0 |
| 2001 | 17.0 | 80.0 | 100.6 | 106.1 | 109.3 | 111.3 | 116.6 | 120.8 | 120.9 | 120.9 | 120.9 |
| 2002 | 19.0 | 62.5 | 82.5 | 85.5 | 88.0 | 100.0 | 122.5 | 139.5 | 167.0 | 175.5 | 218.0 |
| 2003 | 19.5 | 51.5 | 54.5 | 63.5 | 73.0 | 104.0 | 140.0 | 160.5 | 168.5 | 171.0 | 173.0 |
| 2004 | 14.5 | 42.9 | 49.5 | 63.5 | 77.0 | 97.0 | 104.0 | 107.5 | 113.0 | 118.5 | 127.0 |
| 2005 | 16.5 | 38.0 | 47.0 | 60.5 | 73.0 | 86.0 | 108.9 | 110.5 | 110.5 | 110.5 | 110.5 |
| 2006 | 17.0 | 32.0 | 40.5 | 52.0 | 58.5 | 85.0 | 110.5 | 118.0 | 121.5 | 124.5 | 133.5 |
| 2007 | 15.0 | 34.0 | 52.0 | 76.0 | 88.0 | 100.0 | 119.0 | 124.0 | 124.5 | 124.7 | 125.0 |
| 2008 | 10.0 | 43.5 | 57.5 | 61.5 | 62.5 | 65.5 | 73.5 | 92.0 | 108.5 | 108.5 | 110.5 |
| 2009 | 14.5 | 33.5 | 38.0 | 46.5 | 53.5 | 71.0 | 94.5 | 113.5 | 119.0 | 121.5 | 122.0 |
| 2010 | 24.0 | 99.5 | 120.5 | 138.0 | 138.0 | 138.0 | 146.0 | 164.5 | 165.5 | 186.5 | 220.5 |
| 2011 | 15.5 | 61.0 | 74.0 | 88.5 | 98.0 | 16.5 | 129.5 | 129.5 | 142.0 | 143.5 | 166.5 |

【주】 지속기간 10분 및 60분은 기상청에서 제공하는 임의시간 연최대강우량 자료

### <표 4.1-6> 주요 지속기간별 임의시간 연최대강우량(서산)

(단위 : mm)

| 년도 | 임의지속시간 연최대강우량(mm) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10분 | 60분 | 2시간 | 3시간 | 4시간 | 6시간 | 9시간 | 12시간 | 15시간 | 18시간 | 24시간 |
| 1968 | 15.2 | 45.7 | 53.4 | 65.1 | 85.2 | 107.5 | 135.7 | 142.1 | 150.8 | 152.2 | 152.3 |
| 1969 | 13.2 | 45.9 | 51.9 | 53.2 | 55.4 | 55.4 | 58.6 | 60.3 | 75.2 | 77.5 | 77.5 |
| 1970 | 16.8 | 52.3 | 73.9 | 92.1 | 105.9 | 134.0 | 162.4 | 182.5 | 193.4 | 195.3 | 236.8 |
| 1971 | 12.3 | 31.7 | 40.6 | 44.4 | 45.3 | 66.3 | 75.5 | 89.6 | 102.5 | 109.0 | 111.1 |
| 1972 | 13.0 | 48.8 | 65.2 | 92.3 | 111.9 | 124.4 | 136.6 | 174.7 | 182.4 | 199.9 | 229.2 |
| 1973 | 20.8 | 40.0 | 45.2 | 46.7 | 48.0 | 48.0 | 48.0 | 50.0 | 50.1 | 50.4 | 67.6 |
| 1974 | 16.3 | 42.0 | 66.7 | 97.1 | 114.2 | 136.3 | 174.0 | 221.9 | 243.1 | 250.6 | 253.7 |
| 1975 | 18.6 | 37.8 | 44.4 | 48.1 | 54.1 | 58.5 | 58.7 | 58.7 | 58.7 | 58.7 | 58.7 |
| 1976 | 10.6 | 20.4 | 30.3 | 37.4 | 44.4 | 52.7 | 66.6 | 71.8 | 74.7 | 75.0 | 79.8 |
| 1977 | 15.4 | 37.6 | 50.7 | 72.3 | 85.7 | 90.3 | 108.7 | 111.6 | 111.6 | 114.1 | 114.1 |
| 1978 | 20.0 | 79.0 | 100.7 | 109.1 | 125.6 | 140.0 | 144.6 | 156.1 | 162.7 | 163.1 | 163.1 |
| 1979 | 10.0 | 33.5 | 55.1 | 65.1 | 75.8 | 76.8 | 76.8 | 76.8 | 78.0 | 85.7 | 96.3 |
| 1980 | 20.0 | 40.7 | 54.4 | 61.7 | 73.5 | 86.4 | 90.3 | 102.1 | 114.6 | 121.8 | 122.0 |

<표 4.1-6> 주요 지속기간별 임의시간 연최대강우량(서산)(계속) (단위 : mm)

| 년도 | 임의지속시간 연최대강우량(mm) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 10분 | 60분 | 2시간 | 3시간 | 4시간 | 6시간 | 9시간 | 12시간 | 15시간 | 18시간 | 24시간 |
| 1981 | 18.0 | 40.6 | 57.3 | 60.3 | 61.4 | 83.3 | 100.2 | 121.6 | 131.4 | 134.3 | 142.5 |
| 1982 | 16.0 | 43.4 | 56.3 | 65.0 | 69.4 | 114.4 | 152.0 | 160.6 | 172.8 | 178.0 | 178.9 |
| 1983 | 14.5 | 31.1 | 49.9 | 66.5 | 75.8 | 78.4 | 112.1 | 114.7 | 115.9 | 127.9 | 136.0 |
| 1984 | 14.0 | 34.7 | 47.5 | 60.5 | 74.5 | 99.8 | 121.4 | 168.1 | 196.8 | 200.4 | 211.5 |
| 1985 | 13.5 | 31.0 | 36.7 | 47.7 | 61.9 | 73.6 | 117.2 | 123.3 | 135.0 | 151.0 | 176.3 |
| 1986 | 17.0 | 33.0 | 37.6 | 42.6 | 52.4 | 56.7 | 66.9 | 68.3 | 69.6 | 71.2 | 75.7 |
| 1987 | 15.5 | 33.6 | 53.4 | 64.9 | 75.5 | 82.7 | 93.7 | 97.5 | 117.3 | 124.1 | 159.3 |
| 1988 | 13.0 | 20.7 | 25.5 | 28.4 | 38.4 | 42.4 | 50.6 | 61.5 | 63.1 | 63.3 | 63.3 |
| 1989 | 9.7 | 30.5 | 44.6 | 52.5 | 59.0 | 74.2 | 84.4 | 90.2 | 103.3 | 122.9 | 153.0 |
| 1990 | 23.5 | 55.3 | 76.0 | 76.0 | 97.5 | 108.9 | 123.3 | 127.9 | 130.5 | 131.5 | 134.1 |
| 1991 | 17.7 | 29.0 | 43.6 | 47.5 | 65.9 | 89.8 | 126.2 | 157.1 | 169.2 | 175.8 | 177.6 |
| 1992 | 17.0 | 42.0 | 58.0 | 65.1 | 78.2 | 106.8 | 133.9 | 171.7 | 196.9 | 203.5 | 207.4 |
| 1993 | 10.7 | 24.3 | 38.8 | 43.1 | 52.2 | 59.0 | 61.7 | 78.8 | 89.6 | 90.1 | 90.1 |
| 1994 | 18.6 | 51.7 | 57.3 | 57.3 | 78.0 | 83.1 | 92.4 | 111.8 | 113.5 | 141.7 | 152.8 |
| 1995 | 18.6 | 60.1 | 88.1 | 103.4 | 134.5 | 153.5 | 201.0 | 222.5 | 245.0 | 255.0 | 318.1 |
| 1996 | 9.9 | 17.0 | 26.1 | 36.9 | 46.6 | 66.4 | 78.6 | 83.4 | 84.9 | 85.0 | 85.6 |
| 1997 | 14.2 | 50.0 | 81.1 | 99.8 | 108.2 | 130.0 | 152.1 | 173.1 | 181.5 | 183.6 | 183.9 |
| 1998 | 19.5 | 57.5 | 82.1 | 102.5 | 129.6 | 144.0 | 151.0 | 154.4 | 154.4 | 154.4 | 156.5 |
| 1999 | 10.1 | 37.5 | 55.8 | 77.7 | 107.7 | 139.5 | 184.7 | 253.0 | 310.9 | 346.9 | 360.0 |
| 2000 | 13.0 | 32.0 | 52.5 | 75.1 | 91.3 | 120.9 | 134.9 | 149.0 | 159.0 | 168.5 | 186.6 |
| 2001 | 17.0 | 80.0 | 105.7 | 106.2 | 111.5 | 112.6 | 117.4 | 121.4 | 121.5 | 121.5 | 121.5 |
| 2002 | 19.0 | 62.5 | 86.7 | 86.7 | 89.8 | 101.2 | 123.4 | 140.2 | 167.8 | 176.2 | 218.7 |
| 2003 | 19.5 | 51.5 | 57.3 | 63.6 | 74.5 | 105.2 | 141.0 | 161.3 | 169.3 | 171.7 | 173.5 |
| 2004 | 14.5 | 42.9 | 52.0 | 63.6 | 78.5 | 98.2 | 104.7 | 108.0 | 113.5 | 119.0 | 127.4 |
| 2005 | 16.5 | 38.0 | 49.4 | 60.6 | 74.5 | 87.0 | 109.7 | 111.1 | 111.1 | 111.1 | 111.1 |
| 2006 | 17.0 | 32.0 | 42.6 | 52.1 | 59.7 | 86.0 | 111.3 | 118.6 | 122.0 | 125.0 | 133.9 |
| 2007 | 15.0 | 34.0 | 54.7 | 76.1 | 89.8 | 101.2 | 119.8 | 124.6 | 125.1 | 125.2 | 125.5 |
| 2008 | 10.0 | 43.5 | 60.4 | 61.6 | 63.8 | 66.3 | 74.0 | 92.5 | 109.0 | 109.0 | 110.8 |
| 2009 | 14.5 | 33.5 | 39.9 | 46.5 | 54.6 | 71.9 | 95.2 | 114.1 | 119.5 | 122.0 | 122.4 |
| 2010 | 24.0 | 99.5 | 126.6 | 138.1 | 140.8 | 140.8 | 147.0 | 165.3 | 166.3 | 187.2 | 221.2 |
| 2011 | 15.5 | 61.0 | 77.8 | 88.6 | 100.0 | 117.9 | 130.6 | 130.6 | 142.6 | 144.1 | 167.0 |

### 3) 예비적 해석

#### 가) 기본적인 통계값

자료가 가지는 특성들을 파악하기 위해서 기본통계량인 평균(mean), 표준편차(standard deviation), 변동계수(coefficient of variance), 왜곡도계수(coefficient of skewness)를 산정하였으며, 기본 통계값은 <표 4.1-7>과 같다.

<표 4.1-7> 기본적인 통계값

| 관측소명 | 지속기간 (분) | 평_균 (X) | 표준편차 (S) | 변동계수 ($C_v$) | 왜곡도 계수 ($C_s$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 서 산 | 10 | 15.7 | 3.6 | 0.228 | 0.168 |
| | 60 | 42.9 | 16.2 | 0.377 | 1.392 |
| | 120 | 54.9 | 19.8 | 0.361 | 1.274 |
| | 180 | 67.9 | 23.2 | 0.341 | 0.851 |
| | 240 | 78.4 | 25.8 | 0.329 | 0.568 |
| | 360 | 93.6 | 29.1 | 0.311 | 0.187 |
| | 540 | 111.7 | 36.6 | 0.328 | 0.183 |
| | 720 | 126.0 | 46.0 | 0.365 | 0.572 |
| | 900 | 135.9 | 53.0 | 0.390 | 0.951 |
| | 1080 | 142.0 | 57.1 | 0.402 | 1.131 |
| | 1440 | 152.8 | 64.2 | 0.420 | 1.068 |

### 나) 무작위성 검정

빈도해석을 실시하기 전에 대상 자료를 도시하여 자료의 경향을 파악하고, 표본자료에 대한 무작위성(randomness)을 검정하였다.

각 자료의 무작위성의 검정은 Anderson의 Correlogram Test, Run Test, Spearman의 Rank Correlation Coefficient Test, TuringPoint Test의 4가지 방법을 적용하여 유의수준 5 %(0.05)에 대한 무작위성을 검토한 결과 서산의 대부분의 자료계열이 계산된 통계값이 검정통계값 보다 작아 무작위성을 가지는 것으로 검토되었다.

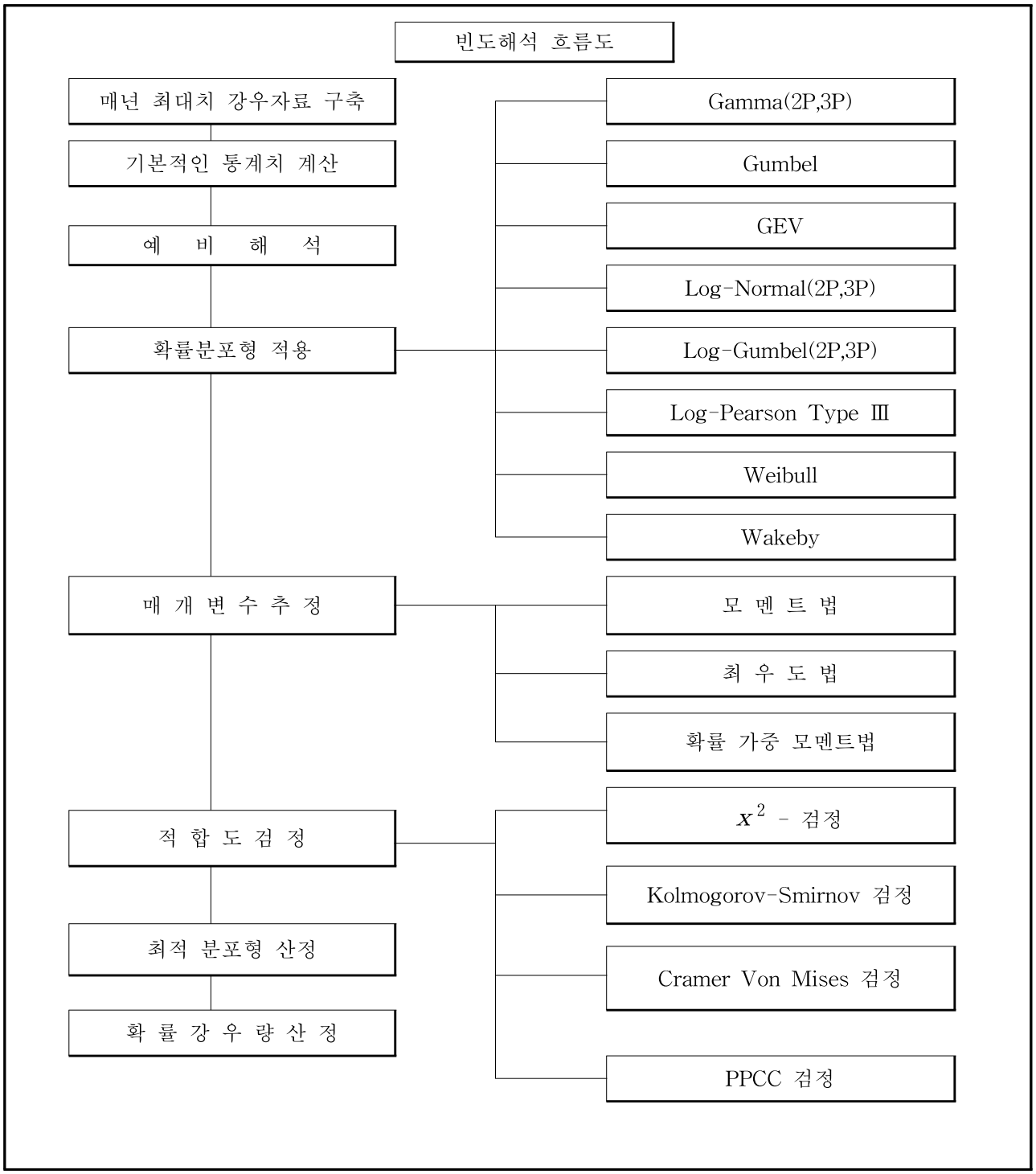
<표 4.1-8> 강우량자료의 무작위성 검정

| 서 산 기 상 대 | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 지 속 기 간 | Correlogram (Anderson) | Run Test | Spearman | Turing Point |
| 10분 | X | O | O | O |
| 60분 | O | O | O | O |
| 120분 | O | O | O | O |
| 180분 | O | O | O | O |
| 360분 | O | O | O | O |
| 540분 | X | O | O | O |
| 720분 | X | O | O | O |
| 900분 | O | O | O | O |
| 1080분 | O | O | O | O |
| 1440분 | O | O | O | O |

【주】 ○ 표기는 계산된 통계값이 검정통계값보다 작아 무작위성이 있음

## 다. 지점 빈도해석

본 계획에서는 「하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)」 및 「하천정비기본계획 수립 및 하천대장작성 지침(2008. 12, 국토해양부)」에 의거하여 유역 인근에 위치한 기상청 관할 서산기상대의 연최대치 강우자료를 수집하여 이를 이용하여 분석하였다.




〈그림 4.1-4〉 빈도해석 흐름도

### 1) 확률분포형

모집단의 특성을 잘 나타내는 최적확률분포형을 선택하기 위하여 8가지 확률분포형을 대상자료에 적용하고 매개변수 추정 및 적합도 검정을 실시하였으며, 확률분포형에 대한 확률밀도함수 또는 누가분포함수는 다음과 같다.

#### 가) Gamma 분포

연최대치 홍수량, 연 유출량, 계절별 유출량 등 수문자료의 해석에 널리 사용되어 오고 있는 분포로 3개의 매개변수를 갖는 Gamma 분포의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(x) = \frac{1}{|\alpha|\Gamma(\beta)}\left[\frac{x - x_0}{\alpha}\right]^{\beta-1} \exp\left[\frac{x - x_0}{-\alpha}\right]$$

여기서,

$\alpha$ : 규모 매개변수(scale parameter)

$\beta$ : 형상 매개변수(shape parameter)

$x_0$ : 위치 매개변수(location parameter)

$\alpha$가 양수일 때는 $x_0 \le x < \infty$, 음수일 때의 범위는 $-\infty < x \le x_0$이며, $\beta > 0$이다. 만약에 위치 매개변수 $x_0 = 0$이면 2변수 Gamma(Gam-2)분포가 된다.

#### 나) GEV분포

홍수나 가뭄 같은 수문사상의 빈도해석에 많이 사용되는 분포함수로서 형상 매개변수 $\beta$에 따라 3가지 형태로 구분될 수 있는데, 누가분포함수와 확률밀도함수는 다음의 식과 같다.

$$F(x) = \exp\left[-\left(1 - \frac{\beta(x - x_0)}{\alpha}\right)^{(1/\beta)}\right]$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha}\left[1 - \left(\frac{\beta(x - x_0)}{\alpha}\right)\right]^{(1/\beta)-1} \cdot F(x)$$

여기서,

α : 규모 매개변수(scale parameter), β : 형상 매개변수(shape parameter)

$x_0$ : 위치 매개변수(location parameter)

β가 음수이면 하한 경계치를 갖는 GEV-2 분포이고(Frechet 분포 또는 Log-Gumbel 분포라고도 함), β가 양수이면 상한 경계치를 갖는 GEV-3 분포(Weibull분포라고도 함)이며, β가 0이면 GEV-1(Gumbel분포)분포가 된다.

### 다) Gumbel 분포

극치 수문현상의 적용에 널리 사용되고 있는 GEV-1분포 또는 Gumbel 분포의 누가분포함수와 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$F(x) = \exp\left\{-\exp\left[-\frac{(x-x_0)}{\alpha}\right]\right\}$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha}\exp\left\{-\frac{(x-x_0)}{\alpha} - \exp\left[-\frac{(x-x_0)}{\alpha}\right]\right\}, \quad -\infty < x < \infty$$

여기서,

α : 규모 매개변수(scale parameter) (α>0)

$x_0$ : 위치 매개변수(location parameter)

### 라) Log-Gumbel 분포

Log-Gumbel 분포는 Frechet 분포로도 알려져 있으며, GEV-2 분포가 이에 해당된다. 3개의 매개변수를 갖는 Log-Gumbel 분포의 누가분포함수 및 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$F(x) = \exp\left[-\left(\frac{\theta - x_0}{x - x_0}\right)^{\beta}\right]$$

$$f(x) = \frac{\beta}{(x-x_0)}\left(\frac{\theta - x_0}{x - x_0}\right)^{\beta} \cdot F(x) \ , \ \beta > 0, \ x_o < x < \infty$$

여기서,

$x_0$ : 위치 매개변수(location parameter) ($x_0 < \theta$)

$\beta$ : 형상 매개변수(location parameter)

상기 식에서 $x_0$ = 0이면 2변수 Log-Gumbel 분포가 된다.

### 마) Log-Normal 분포

수문자료 해석에 널리 사용되고 있는 3개의 매개변수를 갖는 Log-Normal 분포의 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(x-x_0)\sigma_y}\exp\left[-\frac{1}{2}\left[\frac{1n(x-x))-\mu_y}{\sigma_y}\right]^2\right],\ x_0 < x < \infty$$

여기서,

$Y = \ln(x - x_0)$

$\mu_y$ = Y의 평균(규모 매개변수)

$\sigma_y$ = Y의 표준편차(형상 매개변수)

$x_0$ = 위치 매개변수(location parameter)

따라서, Y는 2개의 매개변수를 갖는 정규분포가 된다.

상기 식에서 $x_0$ = 0이면 2변수 Log-Normal 분포가 된다.

### 바) Log-Pearson Type Ⅲ 분포

Log-Pearson Type Ⅲ 분포는 미국에서 홍수자료 해석에 특히 많이 적용되고 있으며, 미국수자원평의회(U.S. Water Resources Council)보고서(IACWD, 1982)에서 추천하고 있는 분포로 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$f(x) = \frac{1}{|\alpha|\Gamma(\beta)x}\left[\frac{1n(x)-y_0}{\alpha}\right]^{\beta-1}\exp\left[-\frac{1n(x)-y_0}{\alpha}\right]$$

여기서,

α : 규모 매개변수(scale parameter)

β : 형상 매개변수(shape parameter)

$y_0$ : 위치 매개변수(location parameter)

Log-Pearson Type Ⅲ 분포는 규모 매개변수 α가 양수이면 하한경계값($e_y \leq x < \infty$)을 갖고 양으로 왜곡된(positively skewed)분포가 되며, 음수이면 상한경계값($0 < x \leq e_y$)을 갖고 형상 매개변수와 규모 매개변수의 값에 따라 양 또는 음으로 왜곡된 분포가 된다.

또한 Log-Pearson Type Ⅲ분포는 3변수 Gamma 분포와 Log-normal 분포와 상관관계가 있다. 즉, 확률변량 Y=ln(X)라고 하면 Y는 3개의 매개변수 α,β, $x_0$를 갖는 Gamma 분포가 되며, 확률변량 Y의 왜도계수가 0이면 X는 Log-normal 분포이고 Y는 정규분포가 된다.

### 사) Weibull 분포

지역홍수빈도해석에 자주 이용되는 분포로 GEV-3분포와 밀접한 관계를 갖고 있다. 3개의 매개변수를 갖는 Weibull 분포의 누가분포함수와 확률밀도함수는 다음과 같다.

$$F(x) = 1 - \exp\left\{-\left[\frac{x - x_0}{\alpha}\right]^{\beta}\right\} \quad , \; x \geq x_o$$

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha}\left[\frac{x - x_0}{\alpha}\right]^{\beta-1} \exp\left\{-\left[\frac{x - x_0}{\alpha}\right]^{\beta}\right\}, \; x_0 \leq x < \infty$$

여기서,

α : 규모 매개변수(scale parameter)

β : 형상 매개변수(shape parameter)

$x_0$ : 위치 매개변수(location parameter)

3변수 Weibull 분포는 β = 1이면 지수분포(exponential distributin)가 된다.

또한, $x_0$ = 0인 경우 2변수 Weibull 분포가 된다.

〈표 4.1-9〉 확률분포형의 확률밀도함수 또는 누가분포함수

| 확률분포형 | 확률밀도함수 또는 누가분포함수 |
|---|---|
| Gamma | $f(x)=\frac{1}{\lvert\alpha\rvert\Gamma(\beta)}\left[\frac{x-x_0}{\alpha}\right]^{\beta-1}\exp\left[-\frac{x-x_0}{\alpha}\right]$ |
| GEV (General Extreme Value) | $f(x)=\frac{1}{\alpha}\left[1-\frac{\beta(x-x_0)}{\alpha}\right]^{\frac{1}{\beta}-1}\exp\left[-\left(1-\frac{\beta(x-x_0)}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\beta}}\right]$<br>$F(x)=\exp\left[-\left(1-\frac{\beta(x-x_0)}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\beta}}\right]$ |
| GUM (Gumbel) | $f(x)=\frac{1}{\alpha}\exp\left[-\frac{(x-x_0)}{\alpha}-\exp\left[-\frac{(x-x_0)}{\alpha}\right]\right]$<br>$F(x)=\exp\left\{\exp\left[-\frac{(x-x_0)}{\alpha}\right]\right\}$ |
| Log-Gumbel | $F(x)=\exp\left[-\left(\frac{\theta-x_0}{x-x_0}\right)^{\beta}\right], f(x)=\frac{\beta}{(x-x_0)}\left[\frac{\theta-x_0}{x-x_0}\right]^{\beta}\cdot F(x)$ |
| Log-NORmal | $f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}(x-x_0)\sigma_y}\exp\left[-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x-x_0)-\mu_y}{\sigma_y}\right]^2\right]$ |
| LP-Ⅲ (Log-Pearson type Ⅲ) | $f(x)=\frac{1}{\lvert\alpha\rvert\Gamma(\beta)x}\left[\frac{\ln(x)-y_0}{\alpha}\right]^{\beta-1}\exp\left[-\frac{\ln(x)-y_0}{\alpha}\right]$ |
| Wakeby | $x=m+a[1-(1-F)^b]-c[1-(1-F)^{-d}]$ |
| Weibull | $f(x)=\frac{\beta}{\alpha}\left[\frac{x-x_0}{\alpha}\right]^{\beta-1}\exp\left[-\left[\frac{x-x_0}{\alpha}\right]^{\beta}\right]$ $f(x)=1-\exp\left[-\left[\frac{x-x_0}{\alpha}\right]^{\beta}\right]$ |

### 2) 확률분포함수의 매개변수 추정 방법

확률분포형의 특성을 나타내는 매개변수를 추정하는 방법에는 모멘트법(Method of Moments), 최우도법(Method of Maximum Likelihood), 확률가중모멘트법(Method of Probability Weighted Moments)이 있다.

본 계획에서 적용대상으로 한 분포형의 매개변수를 추정하기 위하여 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법을 사용하여 계산한 후 왜곡특성이 적으며, 본 계획에서 사용한 관측소들의 강우기록이 비교적 짧아 자료수의 영향이 적고 안정적인 확률가중모멘트법에 의해 추정된 결과치를 채택하였다.

### 가) 모멘트법(Method of Moments)

모멘트법은 1902년 Karl Pearson에 의해 개발되었으며, 그는 확률분포의 매개변수에 관한 우량 추정치(good estimate)는 원점에 대한 확률밀도함수의 모멘트와 표본자료의 모멘트가 서로 같을 때의 값들이라고 가정하였다. 각각 가상적인 질량(mass)으로 규정된 자료치가 자료치의 상대적 발생도수($1/n$)와 같고 이러한 질량계가 원점 $x=0$에 관해서 회전한다고 가정하면, 그 때 원점에 대한 각 관측치 $x_i$의 1차 모멘트는 각 관측치의 모멘트 팔길이 $x_i$와 그 것의 질량 $1/n$의 곱이며, 전 자료에 걸친 이들 모멘트의 합은 (식 4.1-9)와 같이 표본의 평균이 된다.

$$\sum_{i=1}^{n}\frac{x_i}{n}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}x_i=\bar{x} \quad \cdots\cdots \text{(식 4.1-9)}$$

이것은 물체의 도심과 같으며, 이에 대응되는 확률밀도함수의 도심은 (식 4.1-10)과 같다.

$$\mu=\int_{-\infty}^{\infty}xf(x)dx \quad \cdots\cdots \text{(식 4.1-10)}$$

마찬가지로 확률분포의 2차, 3차 모멘트로 표본의 2차, 3차 모멘트와 같게 놓음으로써 확률분포의 매개변수를 결정할 수 있다. Pearson은 원래 원점에 관한 모멘트만 고려하였지만, 후에는 확률분포의 제 2, 제 3의 매개변수를 결정하기 위하여 일반적으로 2차 중앙모멘트로서 분산 $\sigma^2=E[(x-\mu)^2]$를, 표준화된 3차 중앙모멘트로서 왜곡도계수 $\gamma=E[(x-\mu)^3]/\sigma^3$을 사용하게 되었다.

### 나) 최우도법(method of likelihood)

최우도법은 R.A. Fisher에 의해 개발되었으며(1922), 그는 확률분포의 매개변수에 대한 최적치는 관측된 표본의 값이 발생할 결합확률 또는 우도(likelihood)를 최대화하는 값이어야 한다고 생각하였다.

표본공간은 길이 dx인 구간으로 나누어져 있고, 관측치 $x_1$, $x_2$, ···, $x_n$이 독립이고 균등분포인 표본이 주어져 있다고 가정하면, $X=x_i$에 대한 확률밀도의 값은 $f(x_i)$이

고, $x_i$를 포함하는 구간 내에서 확률변수가 발생할 확률은 $f(x_i)dx$ 가 된다.

관측치들은 서로 독립적이기 때문에 관측치들이 발생할 결합확률은

$f(x_1)dx \cdot f(x_2)dx \cdot \cdots f(x_n)dx = [\prod_{i=1}^{n} f(x_i)]dx^n$ 으로 주어지며, 관측된 표본의 결합확률을 최대화하는 것은 우도함수(likelihood function)를 최대화하는 것과 같으며, 우도함수는 (식 4.1-11)과 같다.

$$L = \prod_{i=1}^{n} f(x_i) \quad \cdots\cdots \text{(식 4.1-11)}$$

대부분의 확률밀도함수는 지수함수이므로 우도함수 대신 (식 4.1-12)와 같은 대수우도함수(log-likelihood function)를 사용하는 것이 훨씬 편리하다.

$$\log L = \sum_{i=1}^{n} \log[f(x_i)] \quad \cdots\cdots \text{(식 4.1-12)}$$

최우도법은 표본크기가 충분히 클 때 가장 효율적인 방법으로 평가되지만 수렴성에 있어서 문제가 발생할 수 있으며, 표본의 크기가 작을 때 일반적으로 잘 일치하지 않는 결과를 얻게 된다.

### 다) 확률가중모멘트법(Probability weighted moment method)

누가 확률밀도함수 F(X)를 갖는 확률변수 X에 대한 확률가중모멘트(PWM)의 일반식은 다음식과 같이 주어진다. (Greenwood 등, 1979 : Landwehr 등, 1979)

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

여기서, p, r, s는 정수이고, $M_{P,0,0}$이면 원점에 대한 기존의 P차 모멘트와 동일한 값을 나타낸다. (즉, $M_{P,0,0}$ = E[XP])

매개변수추정에 있어서 특별히 관심의 대상이 되는것은 p=1, s 또는 r이 0 또는 음이 아닌 정수일 때이다. 모집단의 확률가중모멘트는 다음식과 같이 두가지 형태로 나타낼 수 있다.

$$M_{1,r,o} = E[XF^{r}(x)] \equiv Br, p = 1,\ r, s = 0$$

$$M_{1,o,s} = E[X\{1-F(X)\}^{s}] \equiv Bs',\ p = 1, r = o,\ s$$

상기 식 중 어느 확률가중모멘트를 사용할 것인가 선택은 선정된 분포형에 따라 매개변수 추정에 편리한 것을 사용한다.

상기식에 정의된 모집단 확률가중모멘트에 대한 각각의 불편확률가중모멘트(Unbiased PWM)는 다음식과 같이 주어진다.(Hosking, 1986)

$$\widehat{B_r} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} X_j \frac{(j-1)(j-2)\cdots(j-r)}{(N-1)(N-2)\cdots(N-r)}, r > 1$$

$$\widehat{B_s}' = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} Xj \frac{(N-1)!(N-s-1)!}{(N-j-s)!(N-1)!}, s \geq 0$$

여기서,

$\widehat{B_0} = \widehat{B_0}' = \overline{X}$,

$\overline{X}$ : 표본자료의 평균

$X_1 \leq X_2 \leq \cdots \leq X_N$인 순서 통계량

일반적으로 확률가중모멘트는 일반적인 모멘트 보다 작은 자료수에 의한 영향을 덜 받으며, 안정적이고(robustic), 극대 강우사상이 포함된 자료계열에도 큰 왜곡 특성이 나타나지 않으며, 간단한 장점을 가지고 있다.

### 라) 매개변수 적합도 검토

본 계획에서는 모멘트법, 최우도법, 확률가중모멘트법으로 매개변수를 추정하고, 추정된 모수가 각 확률분포형의 확률변수 범위 및 모수적합성 조건을 만족하는지 조사하였다.

각 확률분포형의 확률변수 범위 및 모수 적합성 조건은 <표 4.1-9>와 같다.

<표 4.1-10> 확률분포형의 확률변수 적합성 조건

| 확률분포형 | 확률분포형의 모수 적합성 조건 |
|---|---|
| Gamma | $\alpha > 0$ 일 때, $0 \leqq x < \infty$<br>$\alpha < 0$ 일 때, $-\infty < x \leqq x_0$ , $\beta > 0$ |
| GEV | $\beta = 0$ 일 때, GEV - 1 : $-\infty < x < \infty$<br>$\beta < 0$ 일 때, GEV - 2 : $x_0 + \alpha/\beta < x < \infty$<br>$\beta > 0$ 일 때, GEV - 3 : $-\infty < x < x_0 + \alpha/\beta$ |
| GUM | $\alpha > 0$, $-\infty < x < \infty$ |
| Log-Gumbel | $\Theta > x_0$, $\beta > 0$, $\infty > x > x_0$ |
| Log-NORmal | $x_0 < x < \infty$ |
| LP-Ⅲ | $\alpha \geqq 0$ 일 때, $\exp(y_0) \leqq x < \infty$<br>$\alpha < 0$ 일 때,, $-\infty < x \leqq \exp(y_0)$ |
| Weibull | $x_0 \leqq x < \infty$ , $\alpha > 0$, $\beta > 0$ |
| Wakeby | $b + d > 0$ 또는 $b = cd = d = 0$<br>$ab = 0$ 이면 $b = 0$, $cd = 0$ 이면 $d = 0$<br>$cd \geq 0$, $ab + cd \geq 0$, $b > -1$ 이고 $d < 1$ |

모수 추정 방법 중 모멘트법은 고차모멘트로 갈수록 부정확해지는 단점이 있고, 최우도법은 표본 크기가 충분히 클 때 가장 효율적인 방법으로 평가되지만, 수렴성에 문제가 발생할 수 있으며 표본의 크기가 작을 때 일반적으로 잘 일치하지 않는 결과를 얻을 수 있다.

또한, 모멘트법에 의하여 매개변수를 추정할 경우 최우도법이나 확률가중모멘트법으로 매개변수를 추정할 때보다 상대오차가 크고, 자료개수가 적을 경우 확률가중모멘트법이 최우도법보다 매개변수 추정에 적합하다고 알려져 있으므로 매개변수 추정방법별로 차이가 없을 경우에는 확률가중모멘트법에 의하여 추정된 분포형을 최적확률분포형으로 선정하였다.

본 분석한 기상청 관할 서산기상대의 확률분포형별 매개변수 추정치 적합성 검토결과는 <표 4.1-11>과 같다.

<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대) (60분)

| 확률분포형 | 강우지속기간 (60분) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 모멘트법 | | | | 최우도법 | | | | 확률가중모멘트법 | | | |
| | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 |
| GAM2 | 0.00 | 7.16 | 7.67 | O | 0.00 | 6.22 | 8.82 | O | 0.00 | 6.54 | 8.40 | O |
| GAM3 | 28.83 | 15.08 | 1.73 | X | 16.47 | 9.51 | 4.04 | O | 26.51 | 13.84 | 2.05 | X |
| GEV | 45.92 | 15.04 | -0.02 | O | 46.13 | 14.74 | -0.02 | O | 45.41 | 14.00 | -0.09 | O |
| GUM | 45.99 | 15.46 | 0.00 | O | 46.29 | 14.71 | 0.00 | O | 46.15 | 15.20 | 0.00 | O |
| LGU2 | 0.00 | 46.13 | 4.50 | O | 0.00 | 43.88 | 3.03 | O | 0.00 | 44.66 | - | O |
| LGU3 | -650.27 | 45.92 | 46.35 | O | 0.00 | 0.00 | - | X | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X |
| LN2 | 0.00 | 3.95 | 0.35 | O | 0.00 | 3.95 | 0.34 | O | 0.00 | 3.92 | 0.34 | O |
| LN3 | 5.71 | 3.82 | 0.39 | O | 4.41 | 3.85 | 0.37 | O | 15.20 | 3.57 | 0.48 | O |
| LP3 | -4.08 | 0.02 | 552.81 | O | -1.37 | 0.02 | 249.73 | O | 1.43 | 0.05 | 56.02 | O |
| WBU2 | 0.00 | 61.48 | 3.02 | O | 0.00 | 61.53 | 2.88 | O | 0.00 | 61.27 | 3.26 | O |
| WBU3 | 28.5 | 28.80 | 1.35 | X | 49.55 | 4.65 | 0.39 | X | 28.98 | 28.21 | 1.33 | X |

<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대) (2시간) (계속)

| 확률분포형 | 강우지속기간 (2시간) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 모멘트법 | | | | 최우도법 | | | | 확률가중모멘트법 | | | |
| | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 |
| GAM2 | 0.00 | 7.19 | 7.66 | O | 0.00 | 6.27 | 8.77 | O | 0.00 | 6.61 | 8.33 | O |
| GAM3 | 28.30 | 14.79 | 1.81 | X | 16.43 | 9.57 | 4.03 | O | 26.20 | 13.78 | 2.09 | X |
| GEV | 46.04 | 15.17 | -0.02 | O | 46.20 | 14.81 | -0.02 | O | 45.50 | 14.14 | -0.09 | O |
| GUM | 46.10 | 15.51 | 0.00 | O | 46.37 | 14.81 | 0.00 | O | 46.22 | 15.30 | 0.00 | O |
| LGU2 | 0.00 | 46.24 | 4.49 | O | 0.00 | 43.94 | 3.02 | O | 0.00 | 44.72 | 3.93 | O |
| LGU3 | -831.85 | 46.04 | 57.92 | O | 0.00 | 0.00 | - | X | 0.00 | 0.00 | - | X |
| LN2 | 0.00 | 3.95 | 0.35 | O | 0.00 | 3.95 | 0.34 | O | 0.00 | 3.93 | 0.34 | O |
| LN3 | 4.68 | 3.85 | 0.38 | O | 4.21 | 3.86 | 0.37 | O | 14.65 | 3.59 | 0.47 | O |
| LP3 | -6.65 | 0.01 | 956.76 | O | -1.71 | 0.02 | 280.90 | O | 1.36 | 0.04 | 58.50 | O |
| WBU2 | 0.00 | 61.63 | 3.02 | O | 0.00 | 61.68 | 2.88 | O | 0.00 | 61.43 | 3.24 | O |
| WBU3 | 28.19 | 29.35 | 1.37 | X | 40.51 | 15.28 | 0.83 | X | 28.79 | 28.60 | 1.34 | X |

<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대) (6시간) (계속)

| 확률분포형 | 강우지속기간 (6시간) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 모멘트법 | | | | 최우도법 | | | | 확률가중모멘트법 | | | |
| | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 |
| GAM2 | 0.00 | 9.07 | 10.32 | O | 0.00 | 9.31 | 10.06 | O | 0.00 | 9.85 | 9.50 | O |
| GAM3 | -167.15 | 3.26 | 80.06 | O | -5.85 | 8.69 | 11.45 | O | -103.99 | 4.58 | 43.20 | O |
| GEV | 82.53 | 28.09 | 0.22 | O | 82.21 | 27.01 | 0.19 | O | 81.45 | 28.36 | 0.17 | O |
| GUM | 80.53 | 22.73 | 0.00 | O | 79.55 | 25.46 | 0.00 | O | 79.56 | 24.40 | 0.00 | O |
| LGU2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 75.33 | 3.04 | O | 0.00 | 77.28 | 4.17 | O |
| LGU3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X |
| LN2 | 0.00 | 4.49 | 0.30 | O | 0.00 | 4.49 | 0.33 | O | 0.00 | 4.52 | 0.32 | O |
| LN3 | -373.73 | 6.15 | 0.06 | O | -103.30 | 5.27 | 0.15 | O | -202.11 | 5.68 | 0.10 | O |
| LP3 | 5.40 | -0.13 | 7.28 | O | 0.00 | 0.00 | - | X | 3.16 | 0.09 | 15.41 | O |
| WBU2 | 0.00 | 103.98 | 3.57 | O | 0.00 | 104.12 | 3.61 | O | 0.00 | 104.12 | 3.48 | O |
| WBU3 | 14.84 | 88.33 | 2.94 | O | 234.87 | -146.79 | -5.44 | X | 19.77 | 83.11 | 2.67 | O |

<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대) (9시간) (계속)

| 확률분포형 | 강우지속기간 (9시간) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 모멘트법 | | | | 최우도법 | | | | 확률가중모멘트법 | | | |
| | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 |
| GAM2 | 0.00 | 12.01 | 9.30 | O | 0.00 | 12.66 | 8.82 | O | 0.00 | 12.84 | 8.70 | O |
| GAM3 | -223.94 | 4.00 | 84.00 | O | -96.57 | 6.36 | 32.74 | O | -516.63 | 2.22 | 283.00 | O |
| GEV | 97.73 | 35.32 | 0.22 | O | 97.81 | 34.70 | 0.22 | O | 97.29 | 36.34 | 0.22 | O |
| GUM | 95.19 | 28.55 | 0.00 | O | 93.86 | 32.73 | 0.00 | O | 94.13 | 30.39 | 0.00 | O |
| LGU2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 87.77 | 2.74 | O | 0.00 | 91.20 | 4.01 | O |
| LGU3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X |
| LN2 | 0.00 | 4.66 | 0.32 | O | 0.00 | 4.66 | 0.35 | O | 0.00 | 4.71 | 0.34 | O |
| LN3 | -489.73 | 6.40 | 0.06 | O | -269.40 | 5.94 | 0.10 | O | -828.86 | 6.85 | 0.04 | O |
| LP3 | 5.56 | -0.14 | 6.30 | O | 0.00 | 0.00 | - | X | 3.76 | 0.15 | 6.07 | O |
| WBU2 | 0.00 | 124.37 | 3.36 | O | 0.00 | 124.45 | 3.40 | O | 0.00 | 124.46 | 3.32 | O |
| WBU3 | 12.27 | 111.39 | 2.96 | O | 312.12 | -203.98 | -5.95 | X | 5.51 | 118.65 | 3.13 | O |

<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대) (12시간) (계속)

| 확률분포형 | 강우지속기간 (12시간) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 모멘트법 | | | | 최우도법 | | | | 확률가중모멘트법 | | | |
| | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 |
| GAM2 | 0.00 | 16.79 | 7.51 | O | 0.00 | 16.70 | 7.55 | O | 0.00 | 17.47 | 7.22 | O |
| GAM3 | -8.86 | 15.69 | 8.60 | O | 16.05 | 19.77 | 5.56 | O | -37.64 | 13.26 | 12.35 | O |
| GEV | 106.70 | 40.78 | 0.12 | O | 106.63 | 39.77 | 0.10 | O | 106.04 | 41.38 | 0.10 | O |
| GUM | 105.33 | 35.87 | 0.00 | O | 104.46 | 38.44 | 0.00 | O | 104.37 | 37.54 | 0.00 | O |
| LGU2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 97.08 | 2.62 | O | 0.00 | 100.51 | 3.69 | O |
| LGU3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X |
| LN2 | 0.00 | 4.77 | 0.35 | O | 0.00 | 4.77 | 0.38 | O | 0.00 | 4.80 | 0.37 | O |
| LN3 | -118.24 | 5.48 | 0.19 | O | -53.16 | 5.16 | 0.25 | O | -116.80 | 5.47 | 0.19 | O |
| LP3 | 6.29 | -0.10 | 15.91 | O | 6.46 | -0.08 | 20.10 | O | 3.23 | 0.10 | 15.76 | O |
| WBU2 | 0.00 | 141.17 | 2.99 | O | 0.00 | 141.32 | 2.97 | O | 0.00 | 141.15 | 3.00 | O |
| WBU3 | 34.37 | 103.50 | 2.09 | O | 117.36 | 10.21 | 0.06 | X | 30.51 | 107.87 | 2.18 | O |

<표 4.1-11> 매개변수추정치 적합성 결과(서산기상대) (24시간) (계속)

| 확률분포형 | 강우지속기간 (24시간) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 모멘트법 | | | | 최우도법 | | | | 확률가중모멘트법 | | | |
| | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 | XLO | XSC | XSH | 판정 |
| GAM2 | 0.00 | 27.00 | 5.66 | O | 0.00 | 24.84 | 6.15 | O | 0.00 | 26.59 | 5.75 | O |
| GAM3 | 52.01 | 40.94 | 2.46 | O | 42.30 | 38.67 | 2.86 | O | 25.42 | 32.55 | 3.91 | O |
| GEV | 124.03 | 50.91 | 0.01 | O | 123.88 | 49.40 | -0.01 | O | 123.15 | 50.86 | -0.01 | O |
| GUM | 123.87 | 50.08 | 0.00 | O | 124.04 | 49.43 | 0.00 | O | 123.47 | 50.77 | 0.00 | O |
| LGU2 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 114.05 | 2.46 | O | 0.00 | 117.83 | 3.34 | O |
| LGU3 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X | 0.00 | 0.00 | 0.00 | X |
| LN2 | 0.00 | 4.95 | 0.40 | O | 0.00 | 4.95 | 0.41 | O | 0.00 | 4.96 | 0.42 | O |
| LN3 | -34.64 | 5.18 | 0.33 | O | -9.41 | 5.02 | 0.39 | O | -31.24 | 5.16 | 0.34 | O |
| LP3 | 0.00 | 0.23 | 0.00 | X | 10.75 | -0.03 | 197.79 | O | 1.53 | 0.05 | 65.44 | O |
| WBU2 | 0.00 | 172.10 | 2.55 | O | 0.00 | 172.33 | 2.53 | O | 0.00 | 171.90 | 2.65 | O |
| WBU3 | 58.00 | 105.01 | 1.5 | O | 53.85 | 109.84 | 1.57 | O | 50.52 | 114.32 | 1.64 | O |

### 3) 적합도 검정

적정 확률분포형의 결정은 관측된 수문자료군이 앞에서 살펴본 이론적 확률분포형 중 어느 분포에 적합한가를 판단하는 방법에는 두 가지가 있다. 첫째 방법은 관측치와 그의 누가확률을 직선적으로 도시할 수 있도록 만든 특수방안지인 확률지를 사용하는 방법이다.

이 방법에서는 자료치의 크기별 누가발생확률을 계산하고 적절한 확률지상에 도시한 후 이들 관계가 직선에 가깝게 나타나는가를 판별하여 그 분포형을 알 수 있게 된다. 또 다른 방법으로 자료군의 계급구간별 빈도를 계산하여 상대도수 분포도를 작성한 후 이를 이론적 확률분포의 밀도함수와 정량적으로 비교하는 이른바 적합도 검정을 실시하는 방법이다.

#### 가) $\chi^2$-검정

$\chi^2$-검정은 자료치를 크기에 의해 m개의 계급구간으로 나누고 이론값과 자료값의 절대도수를 비교하는 방법으로 $\chi^2$-검정의 통계량 q는 다음 식과 같다.

$$q = \sum_{j=1}^{m} \frac{(n_j - e_j)^2}{e_j}$$

여기서,

$n_j$ : 관측자료의 j번째 구간의 표본 관측도수

$e_j (= np_j)$ : 확률분포의 j번째 구간의 이론도수

m : 계급구간의 수

$p_j$는 구간 내 특정 기각치를 만족하는 모의변수확률로 유의수준 α에 대해 귀무가설이 $q \geq K$로 기각된다고 하면 $p(q \geq K ; q \sim \chi^2 (k-1)) = \alpha$로 정의되며, 여기서 $K = \chi^2 (k-1)$이며, 각 계급구간을 나눈 후 결정된다. 일반적으로 계급구간은 등간격으로 하는데 관측예상수는 5이상 이어야한다. 계산된 통계량 $\chi^2$가 $\chi^2 < \chi^2_{1-\alpha v}$의 관계를 가지면 가정된 분포는 유의수준 α로 적합성이 인정되며, 그렇지 못하면 기각된다.

$\chi^2_{1-\alpha v}$는 자유도가 v(=m-1)일 때 유의수준 α로 가정한 분포의 적합성을 인정하는 $\chi^2$의 한계치이다.

<표 4.1-12> $\chi^2$ 검정을 위한 한계치

| 자유도(υ) | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 유의수준 (1%) | $\chi^2_{0.99}$ | 6.63 | 9.21 | 11.3 | 13.3 | 15.1 | 16.8 | 18.5 | 20.1 | 21.7 | 23.2 | |
| 유의수준 (5%) | $\chi^2_{0.95}$ | 3.84 | 5.99 | 7.81 | 9.49 | 11.1 | 12.6 | 14.1 | 15.5 | 16.9 | 18.3 | 금 회 적 용 |
| 유의수준 (10%) | $\chi^2_{0.90}$ | 2.71 | 4.61 | 6.25 | 7.78 | 9.24 | 10.6 | 12.0 | 13.4 | 14.7 | 16.0 | |

### 나) Kolmogorov-Smirnov 검정

Kolmogorov-Smirnov 검정은 표본자료의 누가분포함수와 가정된 이론확률분포의 누가분포함수를 비교하여 양자의 최대편차로 정의되며, 그 표본의 크기와 유의수준에 따라 결정되는 한계편차보다 적어야 적합성이 인정된다.

$$q = \mathrm{Max}|\hat{F}_r(x) - F_0(x)|$$

여기서,

$\hat{F}_r(x)$ : F(x)의 경험적 이론확률분포의 누가분포함수

$F_0(x)$ : 표본자료의 누가분포함수로 다음과 같이 정의된다.

$$F_0(x) = \frac{m}{n},\ x_m \le x < x_{m+1}$$

q는 $\hat{F}_r(x)$와 $F_0(x)$ 차의 최대값으로 정의되며 n의 크기에 따라 좌우되는 확률변수로서 주어진 유의수준 α로서 적합성을 검정하고자 할 때 q가 다음 식으로 정의되는 한계치 $q^\alpha$와 비교하게 된다.

$$P(q \le q^\alpha) = 1 - \alpha$$

여기서, 유의수준 α = P (q > c | $H_0$) ≒ 1 - $e^{2nc^2}$으로 정의되는데 최대편차 q가 한계치 $q^\alpha$보다 작으면 가정된 분포는 유의수준 α로서 그 적합성이 인정된다. 여기서

$H_0 : F(x) \equiv F_0(x)$, $H_1 : F(x) \neq F_0(x)$로 $H_0$가 참이면 q는 0에 근접하게 되고 $H_1$이 참이면 $F(x) - F_0(x)$에 근접하게 된다. 특히, 가설 $H_0$가 인정되려면 $q > \sqrt{-\frac{1}{2n} \ln \frac{\alpha}{2}}$ 이어야 한다.

**<표 4.1-13> Kolmogorov-SmirNov 검정을 위한 한계치**

| 수문자료의 수(n) | | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | ∞ | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 유의수준 (1%) | $D_n^{0.01}$ | 0.404 | 0.352 | 0.320 | 0.290 | 0.270 | 0.250 | 0.230 | 0.210 | 0.190 | 0.180 | $\frac{1.63}{\sqrt{n}}$ | |
| 유의수준 (5%) | $D_n^{0.05}$ | 0.338 | 0.294 | 0.264 | 0.242 | 0.230 | 0.210 | 0.190 | 0.170 | 0.160 | 0.150 | $\frac{1.36}{\sqrt{n}}$ | 금 회 적 용 |
| 유의수준 (10%) | $D_n^{0.10}$ | 0.304 | 0.264 | 0.240 | 0.220 | 0.210 | | | | | | $\frac{1.22}{\sqrt{n}}$ | |

### 다) Cramer Von Mises 검정

Cramer Von Mises 검정은 표본자료 $X_1$, $X_2$, …, $X_N$가 누가분포함수 $F_X(x; \hat{\theta})$으로 정의된 확률분포형을 모집단으로 갖는다는 가정을 검정하는데 사용된다. 여기서 $\hat{\theta}$는 표본자료의 크기가 N인 자료에서 추정된 매개변수 집단이다. 검정통계량 W는 다음과 같이 계산된다(Thompson, 1966).

$$W = \frac{1}{12N} + \sum_{i=1}^{N} \left[ F_X(x_i; \hat{\theta}) - \frac{2i-1}{2N} \right]^2$$

여기서,

$F_{X_i}(x_i; \hat{\theta})$ : 크기순으로 배열된 $x_i$위치에서 계산된 누가분포함수

다음 조건식을 만족한다면, 적용한 분포형을 유의수준 α에서 기각할 수 없다.

$$W \leq W_{1-\alpha}(N)$$

여기서,

$W_{1-\alpha}(N)$ : N과 α의 함수

한편, 표본자료가 충분히 커서, $N \geq 20/\sqrt{\alpha}$인 경우 통계량 $W_{1-\alpha}(N)$은 α의 함수가 된다(Anderson과 Darling, 1952).

### 라) Probability Plot Correlation Coefficient (PPCC 검정)

PPCC 검정은 Filliben(1975)에 의해 처음으로 제안되어 대상 표본자료가 정규분포인가를 판단하는데 좋은 것으로 알려져 있으며, 일반적으로 2개의 매개변수를 갖는 분포형에도 적용이 가능하다(Vogel, 1986).

Chowdhury 등(1991)은 GEV 분포형에 대하여도 PPCC test를 적용하여, 검정통계량을 다음과 같이 제시였다.

$$\rho_c = \frac{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})\,(M_i - \overline{M})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}(X_i - \overline{X})^2 \sum_{i=1}^{N}(M_i - \overline{M})^2}}$$

여기서,

$M_i$ : $\Phi^{-1}(m_i)$,

$\Phi^{-1}(\cdot)$ : 각 확률분포형의 누가분포함수의 역함수

또한, $m_i$는 누가분포함수의 중간값으로 Filliben은 다음과 같이 제안하였다.

$$m_i = 1-(0.5)^{1/N} \quad i = 1$$

$$m_i = \frac{(i - 0.3175)}{(N + 0.365)} \quad i = 2, \ldots, N-1$$

$$m_i = (0.5)^{1/N} \quad i = N$$

표본자료가 가정한 확률분포형이라는 가설은 다음 조건일 경우에 만족한다.

$$\rho_c > r_\alpha(N)$$

유의수준(significance leve), 자료의 크기에 따른 검정통계량을 유도하는 과정은 다음과 같다.(Vogel 과 McMartin, 1991)

㉠ 결정된 분포형에 따른 매개변수에 대하여 표본크기 10, 15, 20, ... , 500 등의 자료를 100,000개 모의 발생시킨다.

㉡ ㉠에서 얻어진 각 자료에 대하여 $M_i$를 계산한다.

㉢ PPCC test 검정통계량 r값을 계산한다. 100,000개의 r값이 계산되며, 경험적인 표본과정을 통하여 q번째 값을 구한다.

$$r_q = r_{(100,000q)}$$

여기서, $r_q$는 r분포의 q번째 quantile이며,$r_{(100,000q)}$는 100,000개 모의발생된 자료의 값 중에서 100,000q번째로 큰 값을 나타낸다. 결과적으로 q는 유의수준을 나타낸다.

㉣ 위의 방법에 따라 $r_q$를 자료의 크기에 따라 계산할 수 있으며, 이를 통하여 유의수준별로 회귀분석을 이용하여 식으로 나타낼 수도 있고 표로 나타낼 수도 있다.

### 마) 적합도 검정결과

매개변수 추정방법은 확률강우량 산정에 있어서 매우 중요하며, 매개변수 추정방법에 따라 적정 확률분포형이 달라질 수 있고 동일한 확률분포형일지라도 매개변수 추정방법에 따라 확률강우량에도 많은 차이가 나타날 수 있다.

각 매개변수추정 방법에 대해 살펴보면 모멘트법은 그 이론이 간단하여 기존의 하천기본계획에 널리 이용되어 왔으며 현재까지 가장 오래된 방법이나, 편의되고 비효율성을 나타내고 있으며, 특히 매개변수가 3개 이상인 분포형의 경우 그 정도가 심한 것으로 알려져 있다.

최근 우리나라의 수문자료와 같이 자료의 수가 적은 경우에도 매우 효율적인 확률가중모멘트법이 개발되었으며, 이는 모멘트법과 같이 적용이 쉬운 반면에 편의되지 않고 최우도법과 마찬가지로 효율적이다.

국토해양부에서 발행한 '확률강우량도 개선 및 보완 연구 (2011.11 국토해양부)'에서도 확률가중 모멘트법이 보다 안정적인 결과를 얻을 수 있는 것으로 알려져 추천되고 있으며, 극대 강우사상이 포함된 자료계열에도 큰 왜곡 특성이 나타나지 않는 것으로 나타나 확률가중모멘트법을 매개변수 추정방법으로 결정하였으며, 이를 통해 확률분포형의 적합도 검정을 실시하였다.

확률 분포형의 적합도 검정은 $x^2$-검정, K-S(Kolmogorov-Smirnov)검정, CVM(Cramer

von Mises)검정 및 PPCC(Probability Plot Correlation Coefficient)검정 방법 사용하였다.

적합도 검정결과는 <표 4.1-14>과 같으며 판정결과가 적정하면 OK, 하지 않으면 NG로 나타내었다.

서산기상대 강우자료의 빈도해석 결과, 매개변수 적합성 검토와 유의수준 5 %에서 GAM2, GUM 분포형만 확률가중모멘트법의 적합도 검정을 모두 만족하는 것으로 나타났고, 확률분포형 채택은 '확률강우량도 개선 및 보완 연구 (2011.11 국토해양부)'에서 서산관측소의 적정확률분포형으로 Gumbel 분포를 채택하였으며, 구수천유역 주변관측소의 적정 확률강우분포형으로 Gumbel 분포가 우세하여 최종적으로 Gumbel 분포를 채택하였다.

**<표 4.1-14> 확률가중 모멘트법 적합도 검정결과(서산기상대)**

| 확률분포형 | 검정방법 | 확률가중모멘트법 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 60분 | | | 2시간 | | | 6시간 | | | 9시간 | | | 12시간 | | | 24시간 | | |
| | | 검정 | 표값 | 판정 | 검정 | 표값 | 판정 | 검정 | 표값 | 판정 | 검정 | 표값 | 판정 | 검정 | 표값 | 판정 | 검정 | 표값 | 판정 |
| GAM2 | $X^2$ | 4.41 | 7.81 | O | 7.14 | 7.81 | O | 1.46 | 7.81 | O | 2.82 | 7.81 | O | 2.14 | 7.81 | O | 0.09 | 7.81 | O |
| | K-S | 0.10 | 0.18 | O | 0.15 | 0.18 | O | 0.05 | 0.18 | O | 0.07 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O |
| | CVM | 0.08 | 0.46 | O | 0.13 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O | 0.07 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O | 0.02 | 0.46 | O |
| | PPCC | 0.98 | 0.97 | O | 0.98 | 0.97 | O | 0.99 | 0.98 | O | 0.99 | 0.98 | O | 0.99 | 0.98 | O | 0.99 | 0.97 | X |
| GAM3 | $X^2$ | NG | | | NG | | | 0.77 | 5.99 | O | 1.68 | 5.99 | O | 2.14 | 5.99 | O | 0.09 | 5.99 | O |
| | K-S | | | | | | | 0.06 | 0.18 | O | 0.07 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O |
| | CVM | | | | | | | 0.03 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O |
| | PPCC | | | | | | | 0.99 | 0.98 | O | 0.97 | 0.98 | X | 0.99 | 0.98 | O | 0.99 | 0.97 | O |
| GEV | $X^2$ | 6.46 | 5.99 | X | 4.82 | 5.99 | O | 1.00 | 5.99 | O | 1.27 | 5.99 | O | 0.46 | 5.99 | O | 1.00 | 5.99 | O |
| | K-S | 0.08 | 0.18 | O | 0.10 | 0.18 | O | 0.05 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O | 0.05 | 0.18 | O |
| | CVM | 0.05 | 0.46 | O | 0.07 | 0.46 | O | 0.02 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O | 0.02 | 0.46 | O |
| | PPCC | 0.99 | 0.99 | X | 0.99 | 1.00 | X | 0.99 | 0.95 | O | 1.00 | 0.95 | O | 0.99 | 0.95 | O | 0.99 | 0.94 | O |
| GUM | $X^2$ | 5.36 | 7.81 | O | 3.18 | 7.81 | O | 0.73 | 7.81 | O | 5.36 | 7.81 | O | 2.09 | 7.81 | O | 1.00 | 7.81 | O |
| | K-S | 0.08 | 0.18 | O | 0.13 | 0.18 | O | 0.07 | 0.18 | O | 0.10 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O | 0.05 | 0.18 | O |
| | CVM | 0.05 | 0.46 | O | 0.09 | 0.46 | O | 0.06 | 0.46 | O | 0.13 | 0.46 | O | 0.05 | 0.46 | O | 0.02 | 0.46 | O |
| | PPCC | 0.99 | 0.96 | O | 0.99 | 0.96 | O | 0.97 | 0.96 | O | 0.98 | 0.96 | O | 0.99 | 0.96 | O | 1.00 | 0.96 | O |
| LGU2 | $X^2$ | 2.09 | 7.81 | O | 7.27 | 7.81 | O | 7.82 | 7.81 | X | 12.73 | 7.81 | X | 7.27 | 7.81 | O | 4.00 | 7.81 | O |
| | K-S | 0.07 | 0.18 | O | 0.10 | 0.18 | O | 0.13 | 0.18 | O | 0.17 | 0.18 | O | 0.13 | 0.18 | O | 0.13 | 0.18 | O |
| | CVM | 0.08 | 0.46 | O | 0.10 | 0.46 | O | 0.25 | 0.46 | O | 0.43 | 0.46 | O | 0.28 | 0.46 | O | 0.22 | 0.46 | O |
| | PPCC | 0.99 | 0.96 | O | 0.98 | 0.96 | O | 0.91 | 0.98 | X | 0.92 | 0.98 | X | 0.95 | 0.97 | X | 0.97 | 0.96 | O |
| LGU3 | $X^2$ | NG | | | NG | | | NG | | | NG | | | NG | | | NG | | |
| | K-S | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CVM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PPCC | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| LN2 | $X^2$ | 4.00 | 7.81 | O | 6.73 | 7.81 | O | 2.09 | 7.81 | O | 6.73 | 7.81 | O | 5.09 | 7.81 | O | 1.27 | 7.81 | O |
| | K-S | 0.09 | 0.18 | O | 0.10 | 0.18 | O | 0.08 | 0.18 | O | 0.10 | 0.18 | O | 0.08 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O |
| | CVM | 0.06 | 0.46 | O | 0.09 | 0.46 | O | 0.05 | 0.46 | O | 0.08 | 0.46 | O | 0.05 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O |
| | PPCC | 0.95 | 0.97 | X | 0.95 | 0.97 | X | 0.99 | 0.97 | O | 0.99 | 0.97 | O | 0.98 | 0.97 | O | 0.97 | 0.97 | X |
| LN3 | $X^2$ | 6.46 | 5.99 | X | 4.82 | 5.99 | O | 1.27 | 5.99 | O | 1.27 | 5.99 | O | 1.00 | 5.99 | O | 1.27 | 5.99 | O |
| | K-S | 0.08 | 0.18 | O | 0.10 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O | 0.07 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O | 0.05 | 0.18 | O |
| | CVM | 0.05 | 0.46 | O | 0.08 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O | 0.02 | 0.46 | O |
| | PPCC | 0.95 | 0.97 | X | 0.95 | 0.97 | X | 0.99 | 0.97 | O | 0.99 | 0.97 | O | 0.98 | 0.97 | O | 0.97 | 0.97 | X |

〈표 4.1-14〉 확률가중 모멘트법 적합도 검정결과(서산기상대) (계속)

| 확률분포형 | 검정방법 | 확률가중모멘트법 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 60분 | | | 2시간 | | | 6시간 | | | 9시간 | | | 12시간 | | | 24시간 | | |
| | | 검정 | 표값 | 판정 | 검정 | 표값 | 판정 | 검정 | 표값 | 판정 | 검정 | 표값 | 판정 | 검정 | 표값 | 판정 | 검정 | 표값 | 판정 |
| LP3 | $X^2$ | 4.41 | 5.99 | O | 11.23 | 5.99 | X | 2.59 | 5.99 | O | 8.05 | 5.99 | X | 2.36 | 5.99 | O | 0.55 | 5.99 | O |
| | K-S | 0.08 | 0.18 | O | 0.11 | 0.18 | O | 0.09 | 0.18 | O | 0.15 | 0.18 | O | 0.10 | 0.18 | O | 0.07 | 0.18 | O |
| | CVM | 0.05 | 0.46 | O | 0.08 | 0.46 | O | 0.09 | 0.46 | O | 0.27 | 0.46 | O | 0.12 | 0.46 | O | 0.05 | 0.46 | O |
| | PPCC | NG | | | NG | | | NG | | | NG | | | NG | | | NG | | |
| WBU2 | $X^2$ | 7.00 | 7.81 | O | 16.82 | 7.81 | X | 0.46 | 7.81 | O | 0.46 | 7.81 | O | 4.27 | 7.81 | O | 2.09 | 7.81 | O |
| | K-S | 0.14 | 0.18 | O | 0.20 | 0.18 | X | 0.08 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O | 0.08 | 0.18 | O | 0.09 | 0.18 | O |
| | CVM | 0.17 | 0.46 | O | 0.26 | 0.46 | O | 0.04 | 0.46 | O | 0.02 | 0.46 | O | 0.04 | 0.46 | O | 0.05 | 0.46 | O |
| | PPCC | 0.95 | 0.70 | O | 0.95 | 0.70 | O | 0.99 | 0.74 | O | 1.00 | 0.74 | O | 0.99 | 0.73 | O | 0.98 | 0.71 | O |
| WBU3 | $X^2$ | NG | | | NG | | | 0.46 | 5.99 | O | 0.46 | 5.99 | O | 1.55 | 5.99 | O | 1.00 | 5.99 | O |
| | K-S | | | | | | | 0.06 | 0.18 | O | 0.06 | 0.18 | O | 0.07 | 0.18 | O | 0.07 | 0.18 | O |
| | CVM | | | | | | | 0.02 | 0.46 | O | 0.02 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O | 0.03 | 0.46 | O |
| | PPCC | | | | | | | 0.99 | 0.74 | O | 1.00 | 0.74 | O | 0.99 | 0.73 | O | 0.99 | 0.71 | O |

### 바) 적정 확률분포형 선정

현재 확률강우량 산정에 있어서 최적 확률분포형을 채택하는 것이 가장 어려운 문제이며, 확률분포형에 따른 확률강우량의 차이가 비교적 크기 때문에 최적 확률분포형의 채택이 매우 중요하다.

기존 $\chi^2$ 검정, K-S 검정의 경우 통상 대부분의 확률분포형이 이들 검정을 통과하므로 채택 대상으로 남는 확률분포형이 많고, 확률분포의 전구간에 걸쳐 적합성을 검토하여 단지 기각 여부만을 판단하는 방법이므로 검정통계량이 작다고 보다 나은 확률분포형을 의미하는 것은 아니며 또한, 이들 검정의 결과가 서로 상이한 경우가 많다.

이를 보완하기 위하여 도입된 PPCC 검정은 도시위치공식의 부정확성 문제를 그대로 내포하고 있으며, Robustness 검정은 재현기간별로 오른쪽 꼬리 부분에 대한 집중적인 검정을 실시하는 등의 많은 장점을 지닌 반면 종종 가장 작은 확률강우량을 나타내는 확률분포형을 제시하고 있어서 현실적인 채택이 곤란한 경우가 발생하고 있다.

또한, 실제 많은 강우지속기간별 또는 지점별 빈도해석의 검정 결과에서 최적 확률분포형이 다르게 나타날 경우 확률분포형을 달리 채택하는 것도 가능하나 가급적 일치시키는 것이 비교적 합리적이다. 하지만, 이러한 경우 대부분 강우지속기간별 또는 지점별 검정 결과의 일관성이 없으므로 하나의 최적 확률분포형을 채택하기가 매우 곤란하다.

이와 같이 적합도 검정 방법을 모두 적용하여도 최적 확률분포형을 채택하기 어려운 경우가 많으므로, 주관에 의하여 가장 큰 값 또는 평균값을 주는 확률분포형을 임의로 채택하거나 「확률강우량도 개선 및 보완 연구 (2011.11 국토해양부)」에서 채택된 Gumbel 분포(Gumbel-Chow 방법)를 채택하고 있는 실정이다.

한편, 미국은 Log-Pearson Type-Ⅲ 분포를 주로 채택하고 있는 반면 우리나라는 매우 많은 확률분포형을 대상으로 하고 있으나 최종 채택은 매우 주관적인 실정이다.

결론적으로 우리나라는 미국에서 주로 채택하고 있는 Log-Pearson Type-Ⅲ 분포가 자료 부족 등으로 수렴되지 않는 경우가 많으므로 특수한 경우를 제외하고는 국토해양부에서 추천하고 있는 Gumbel 분포를 최적 확률분포형으로 채택하는 것이 현실적으로 가장 무난한 방안으로 판단된다.

또한, 전술한 적합도 검정 결과를 살펴보면 주요 지속기간별로 적정 분포형이 다소 다르게 나타나고 있으나 대체적으로 Gamma 분포(GAM2)와 Gumbel 분포(GUM)가 주요 지속기간의 적정 분포형으로 판단되고, 두 분포의 재현기간 및 지속기간별 확률강우량을 비교하면 Gumbel 분포에 의한 값이 다소 크게 산정되고 있다.

따라서, 본 보고서에서는 「확률강우량도 개선 및 보완 연구 (2011.11 국토해양부)」 및 상위계획에서 채택하였으며, 공학적으로 안전측으로 판단되는 Gumbel 분포를 전 지속기간에 대한 최적 확률분포형으로 채택하였다.

**<표 4.1-15> 상위계획 최적확률분포형 비교**

| 관측소 | 구 분 | 분 석 년 | 자료수 | 채 택<br>최적확률분포형 |
|---|---|---|---|---|
| 서 산 | 확률강우량도 개선 및 보완 연구<br>(2011.11 국토해양부)' | 1969년 ~ 2010년 | 43개 | Gumbel 분포 |
| | 본 분석 | 1968년 ~ 2011년 | 44개 | Gumbel 분포 |

## 4.1.4 면적확률강우량 산정

### 가. 빈도해석에 의한 확률강루량 산정

매개변수 추정 방법은 확률가중모멘트법, 최적 확률분포형은 Gumbel 분포를 채택하여 산출된 주요 지속기간별 확률강우량은 <표 4.1-16>와 같다.

〈표 4.1-16〉 주요 지속기간별 확률강우량 산정(서산) (단위: ㎜)

| 구분 | 10분 | 60분 | 120분 | 180분 | 240분 | 360분 | 540분 | 720분 | 900분 | 1080분 | 1440분 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2년 | 15.0 | 40.3 | 54.3 | 66.0 | 75.5 | 89.6 | 106.0 | 118.7 | 127.5 | 133.1 | 142.5 |
| 10년 | 20.7 | 63.5 | 84.4 | 102.0 | 116.2 | 136.1 | 163.6 | 189.7 | 207.1 | 217.6 | 238.4 |
| 20년 | 22.8 | 72.4 | 96.0 | 115.7 | 131.8 | 153.8 | 185.7 | 217.0 | 237.5 | 249.8 | 275.1 |
| 30년 | 24.0 | 77.5 | 102.6 | 123.6 | 140.8 | 164.1 | 198.4 | 232.6 | 255.0 | 268.4 | 296.2 |
| 50년 | 25.6 | 83.9 | 110.8 | 133.5 | 152.0 | 176.9 | 214.2 | 252.1 | 276.9 | 291.6 | 322.6 |
| 80년 | 27.0 | 89.7 | 118.3 | 142.6 | 162.3 | 188.5 | 228.7 | 269.9 | 297.0 | 312.8 | 346.6 |
| 100년 | 27.7 | 92.5 | 121.9 | 146.8 | 167.1 | 194.1 | 235.5 | 278.4 | 306.4 | 322.9 | 358.1 |
| 200년 | 29.7 | 101.1 | 133.1 | 160.1 | 182.2 | 211.3 | 256.9 | 304.7 | 335.8 | 354.1 | 393.5 |

본 산정된 확률강우량의 적정성 검토를 위하여 '확률강우량도 개선 및 보완연구(2011, 국토해양부)'에서 산정한 관측소의 확률강우량과 비교하였다. '확률강우량도 개선 및 보완연구 (2011, 국토해양부)'에서 산정된 확률강우량을 비교한 결과, 지속기간 24기간에서 본 산정된 확률강우량이 2.0~2.2㎜ 증가하였다. 또한 지속기간 360분, 540분, 1080분, 1440분에서는 감소하는 것으로 나타났으며, 나머지 지속기간에서는 확률강우량이 증가하는 것으로 검토되었다.

이는 확률강우량 분석시 사용된 강우자료의 형태, 자료년수 및 관측소 등이 상이하여 발생한 것으로 나타났다. 본 계획에서는 일부 지속기간에서 작은 값을 보이고 있지만, 전체적으로 큰 값을 나타내며, 최근 강우자료(1968~2011년)를 반영하여 산정된 본 확률강우량을 채택하였다.

〈표 4.1-17〉 채택분포형 및 자료년수

| 구 분 | 자료년수 | 채택분포형 | 관측소 | 자료형태 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 확률강우량도 개선 및 보완연구 (2011, 국토해양부) | 1968~2010 | Gumbel | 서산 | 시강우 | |
| 본 산정 | 1968~2011 | Gumbel | 서산 | 분강우 | |

〈표 4.1-18〉 기수립계획과의 확률강우량 비교 (단위: ㎜)

| 재현기간 | 구분 | 10분 | 60분 | 120분 | 180분 | 240분 | 360분 | 540분 | 720분 | 900분 | 1080분 | 1440분 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20년 | ① | 22.0 | 70.4 | 95.3 | 113.5 | 129.2 | 156.1 | 188.9 | 215.2 | 236.3 | 253.4 | 278.8 | |
| | ② | 22.8 | 72.4 | 96.0 | 115.7 | 131.8 | 153.8 | 185.7 | 217.0 | 237.5 | 249.8 | 275.1 | |
| | ②-① | (+)0.8 | (+)2.0 | (+)0.7 | (+)2.2 | (+)2.6 | (-)2.3 | (-)3.2 | (+)1.8 | (+)1.2 | (-)3.6 | (-)3.7 | |
| 30년 | ① | 23.2 | 75.3 | 101.9 | 121.2 | 137.8 | 166.5 | 201.9 | 230.4 | 253.7 | 272.8 | 301.4 | |
| | ② | 24.0 | 77.5 | 102.6 | 123.6 | 140.8 | 164.1 | 198.4 | 232.6 | 255.0 | 268.4 | 296.2 | |
| | ②-① | (+)0.8 | (+)2.2 | (+)0.7 | (+)2.4 | (+)3.0 | (-)2.4 | (-)3.5 | (+)2.2 | (+)1.3 | (-)4.4 | (-)5.2 | |
| 50년 | ① | 24.5 | 81.4 | 109.9 | 130.7 | 148.7 | 179.9 | 218.7 | 250.0 | 275.5 | 296.3 | 327.2 | |
| | ② | 25.6 | 83.9 | 110.8 | 133.5 | 152.0 | 176.9 | 214.2 | 252.1 | 276.9 | 291.6 | 322.6 | |
| | ②-① | (+)1.1 | (+)2.5 | (+)0.9 | (+)2.8 | (+)3.3 | (-)3.0 | (-)4.5 | (+)2.1 | (+)1.4 | (-)4.7 | (-)4.6 | |
| 80년 | ① | 25.8 | 87.1 | 117.4 | 139.5 | 158.6 | 192.0 | 233.6 | 267.4 | 295.1 | 317.7 | 351.6 | |
| | ② | 27.0 | 89.7 | 118.3 | 142.6 | 162.3 | 188.5 | 228.7 | 269.9 | 297.0 | 312.8 | 346.6 | |
| | ②-① | (+)1.2 | (+)2.6 | (+)0.9 | (+)3.1 | (+)3.7 | (-)3.5 | (-)4.9 | (+)2.5 | (+)1.9 | (-)4.9 | (-)5.0 | |
| 100년 | ① | 26.4 | 89.8 | 120.9 | 143.5 | 163.2 | 197.5 | 240.6 | 275.8 | 304.6 | 328.3 | 363.9 | |
| | ② | 27.7 | 92.5 | 121.9 | 146.8 | 167.1 | 194.1 | 235.5 | 278.4 | 306.4 | 322.9 | 358.1 | |
| | ②-① | (+)1.3 | (+)2.7 | (+)1.0 | (+)3.3 | (+)3.9 | (-)3.4 | (-)5.1 | (+)2.6 | (+)1.8 | (-)5.4 | (-)5.8 | |
| 200년 | ① | 28.2 | 98.1 | 132.0 | 156.4 | 177.7 | 215.1 | 262.5 | 301.6 | 333.8 | 360.4 | 400.5 | |
| | ② | 29.7 | 101.1 | 133.1 | 160.1 | 182.2 | 211.3 | 256.9 | 304.7 | 335.8 | 354.1 | 393.5 | |
| | ②-① | (+)1.5 | (+)3.0 | (+)1.1 | (+)3.7 | (+)4.5 | (-)3.8 | (-)5.6 | (+)3.1 | (+)2.0 | (-)6.3 | (-)7.0 | |

【주】 ① : 확률강우량도 개선 및 보완 연구 (2011, 국토해양부)
② : 본산정

## 나. 강우강도식 유도

확률강우강도식은 강우강도-지속기간-재현기간 관계를 나타내는 식으로서 확률강우량을 강우강도로 변환시킨 후 최소자승법을 이용하여 재현기간별 강우강도-지속시간 관계식을 구하며, 산정된 강우강도식 중 결정계수가 높고 입력자료와 계산결과와의 편차가 작은 식을 그 지점의 확률강우강도식으로 채택하였다.

본 계획에서 적용한 강우강도식은 우리나라에서 적용도가 높은 다음 4가지 유형의 경험공식이다.

- Talbot형 $I = \frac{a}{t+b}$
- Sherman형 $I = \frac{a}{t^b}$
- Japanese형 $I = \frac{a}{\sqrt{t}+b}$
- General형 $I = \frac{a}{t^n+b}$
- 전대수다항식

$$\ln(I) = a + b\ln(t) + c(\ln(t)^2) + d(\ln(t)^3) + e(\ln(t)^4) + f(\ln(t)^5) + g(\ln(t))^6 \cdots \text{(식 4.1-20)}$$

여기서, $I$는 강우강도(㎜/hr), $a,b,c,d,e,f,g,n$은 지역상수, $t$는 강우지속기간(min)이다.

전대수다항식의 경우 강우강도식을 지속기간별로 단기간, 장기간으로 구분하여 작성할 필요 없이 전 지속기간에 걸쳐 하나의 곡선식으로 표현이 가능하며, 지속기간 전반에 걸쳐 정확도 높은 곡선식을 작성할 수 있어 '확률강우량도 개선 및 보완연구 (국토해양부, 2011.11)'에서 이를 사용하도록 추천되고 있다. 그러나 전대수 다항식의 경우 시단위 강우를 이용하여 강우강도식을 유도할 경우 지속기간이 짧을 경우 확률강우량의 역전현상이 발생하여, 이를 제외한 4가지 형태의 강우강도식을 이용하여 검토하였다.

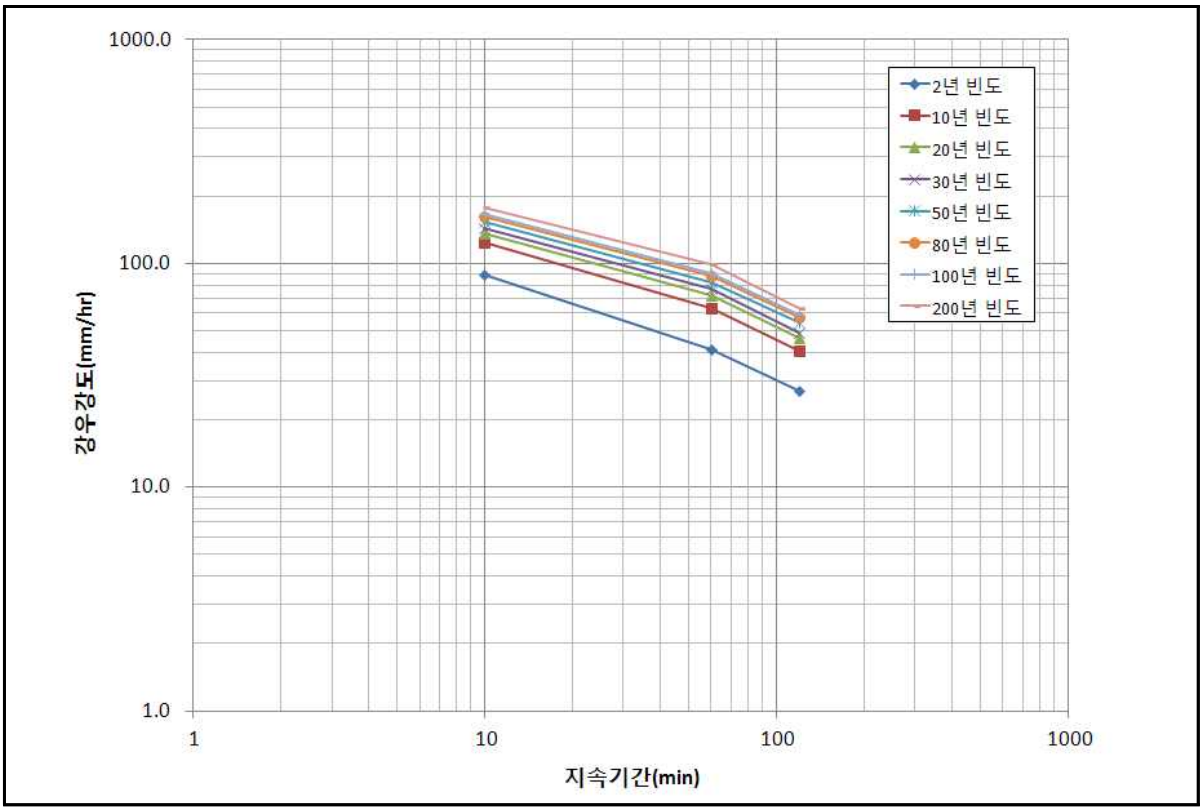
본 계획에서는 상기와 같은 4가지 형태의 강우강도식 중 상관계수가 높고 원 자료와의 편차가 작은 강우강도식을 채택하였다. 그 결과 서산관측소 지점의 강우강도식은 단기간(120분미만)에서는 Talbot, 장기간(120분이상)에서는 Sherman형이 적합한 것으로 나타났다. 서산관측소 지점에서 채택된 강우강도식의 계수는 <표 4.1-19>~<표 4.1-20>와 같고 재현기간별 I-D-F 곡선은 <그림 4.1-5>~<그림 4.1-7>과 같다.

## <표 4.1-19> 강우강도식 (단기-120분)

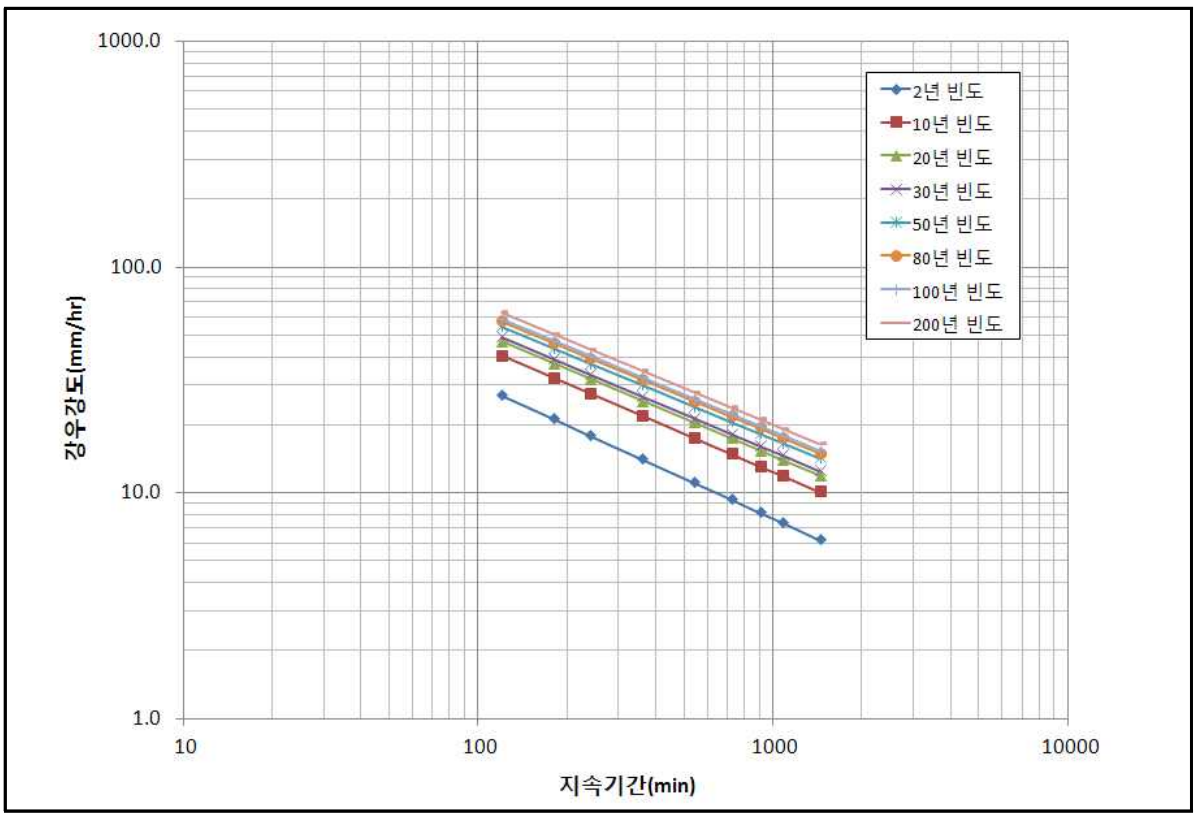
| 재현기간 (년) | 구 분 | | Talbot $\frac{a}{t+b}$ | Sherman $\frac{a}{t^b}$ | Japanese $\frac{a}{\sqrt{t}+b}$ | General $\frac{a}{t^b+c}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 변수 | a | 3,875.89 | 283.70 | 299.89 | 642.31 |
| | | b | 33.35 | 0.49 | 0.13 | 2.71 |
| | | c | - | - | - | 0.64 |
| | 결정계수 | | 0.99808 | 0.99191 | 0.99315 | 0.99754 |
| | 표준오차 | | 1.47 | 3.03 | 2.78 | 1.67 |
| 10 | 변수 | a | 6,538.05 | 346.24 | 501.75 | 1,200.75 |
| | | b | 42.90 | 0.44 | 0.80 | 4.98 |
| | | c | - | - | - | 0.66 |
| | 결정계수 | | 1.00000 | 0.97431 | 0.97951 | 0.99017 |
| | 표준오차 | | 0.04 | 6.90 | 6.16 | 4.27 |
| 20 | 변수 | a | 7,600.17 | 370.28 | 581.76 | 1,422.90 |
| | | b | 45.69 | 0.42 | 1.00 | 5.63 |
| | | c | - | - | - | 0.67 |
| | 결정계수 | | 0.99983 | 0.96727 | 0.97375 | 0.98672 |
| | 표준오차 | | 0.60 | 8.42 | 7.54 | 5.36 |
| 30 | 변수 | a | 8,214.42 | 384.22 | 627.93 | 1,552.13 |
| | | b | 47.10 | 0.42 | 1.10 | 5.96 |
| | | c | - | - | - | 0.67 |
| | 결정계수 | | 0.99958 | 0.96330 | 0.97042 | 0.98469 |
| | 표준오차 | | 0.99 | 9.29 | 8.34 | 6.00 |
| 50 | 변수 | a | 8,980.75 | 402.09 | 685.44 | 1,726.86 |
| | | b | 48.65 | 0.41 | 1.20 | 6.40 |
| | | c | - | - | - | 0.67 |
| | 결정계수 | | 0.99909 | 0.95812 | 0.96591 | 0.98196 |
| | 표준오차 | | 1.54 | 10.44 | 9.42 | 6.85 |
| 80 | 변수 | a | 9,681.20 | 419.25 | 738.03 | 1,870.84 |
| | | b | 49.86 | 0.40 | 1.28 | 6.67 |
| | | c | - | - | - | 0.67197 |
| | 결정계수 | | 0.99866 | 0.95436 | 0.96266 | 0.97989 |
| | 표준오차 | | 1.96 | 11.40 | 10.31 | 7.57 |
| 100 | 변수 | a | 10,006.48 | 428.55 | 762.48 | 1,947.57 |
| | | b | 50.27 | 0.40 | 1.31 | 6.82 |
| | | c | - | - | - | 0.67 |
| | 결정계수 | | 0.99841 | 0.95265 | 0.96111 | 0.97895 |
| | 표준오차 | | 2.18 | 11.88 | 10.77 | 7.92 |
| 200 | 변수 | a | 11,036.32 | 455.19 | 839.74 | 2,169.64 |
| | | b | 51.67 | 0.40 | 1.41 | 7.18 |
| | | c | - | - | - | 0.68 |
| | 결정계수 | | 0.99765 | 0.94758 | 0.95656 | 0.97607 |
| | 표준오차 | | 2.82 | 13.33 | 12.14 | 9.01 |

## <표 4.1-20> 강우강도식 (장기-120분)

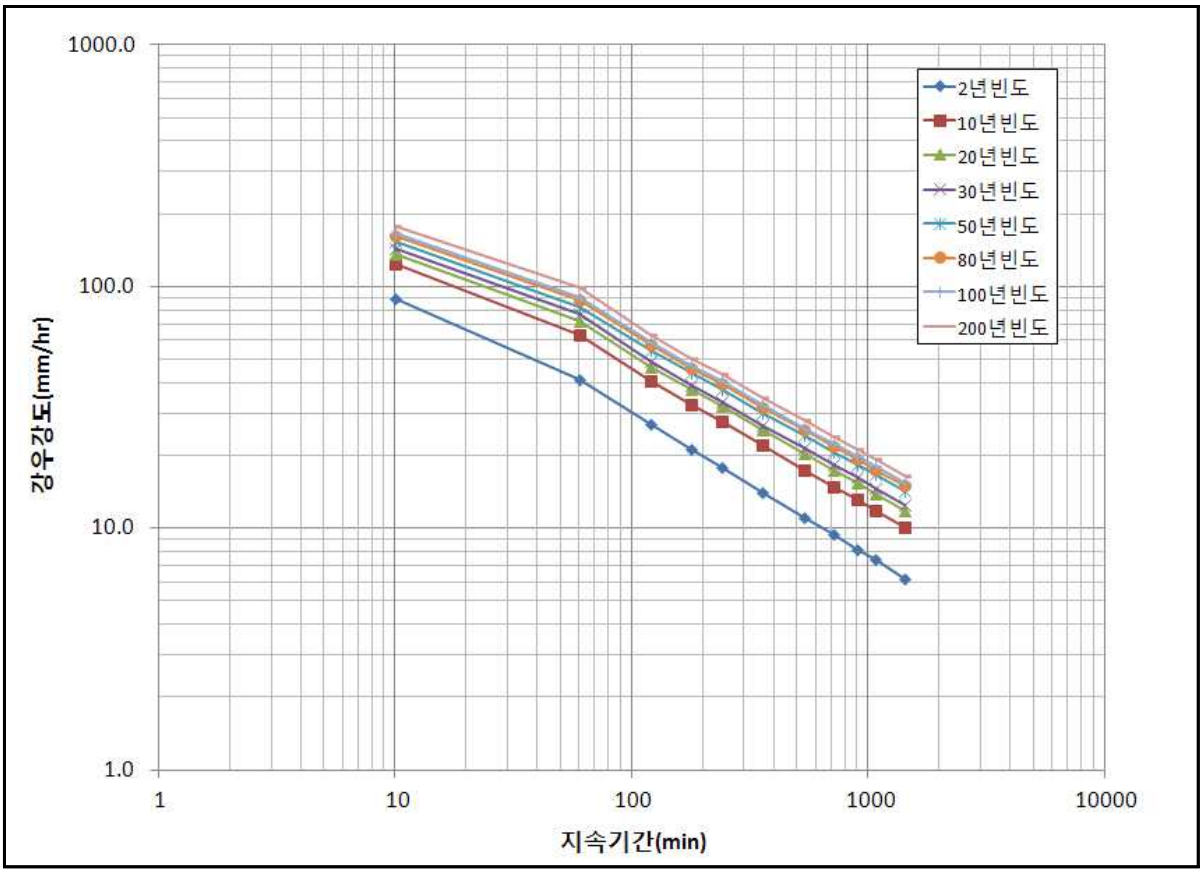
| 재현기간 (년) | 구 분 | | Talbot $\frac{a}{t+b}$ | Sherman $\frac{a}{t^b}$ | Japanese $\frac{a}{\sqrt{t}+b}$ | General $\frac{a}{t^b+c}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 변수 | a | 9861.40 | 455.04 | 229.09 | 1741.51 |
| | | b | 279.28 | 0.59 | -2.67 | 28.52 |
| | | c | - | - | - | 0.76 |
| | 결정계수 | | 0.99328 | 0.99135 | 0.98484 | 0.99967 |
| | 표준오차 | | 1.49 | 1.69 | 2.24 | 0.33 |
| 10 | 변수 | a | 16367.73 | 593.10 | 380.12 | 2256.49 |
| | | b | 314.91 | 0.56 | -1.83 | 24.04 |
| | | c | - | - | - | 0.73 |
| | 결정계수 | | 0.98342 | 0.99727 | 0.99518 | 0.99851 |
| | 표준오차 | | 3.53 | 1.43 | 1.90 | 1.06 |
| 20 | 변수 | a | 18851.62 | 649.91 | 437.85 | 2484.33 |
| | | b | 322.37 | 0.55 | -1.65 | 23.39 |
| | | c | - | - | - | 0.72 |
| | 결정계수 | | 0.98051 | 0.99796 | 0.99646 | 0.99772 |
| | 표준오차 | | 4.32 | 1.40 | 1.84 | 1.48 |
| 30 | 변수 | a | 20280.50 | 683.43 | 471.02 | 2590.29 |
| | | b | 325.87 | 0.55 | -1.56 | 22.73 |
| | | c | - | - | - | 0.72 |
| | 결정계수 | | 0.97924 | 0.99818 | 0.99690 | 0.99740 |
| | 표준오차 | | 4.75 | 1.41 | 1.84 | 1.68 |
| 50 | 변수 | a | 22073.66 | 724.28 | 512.63 | 2756.40 |
| | | b | 330.04 | 0.54 | -1.46 | 22.46 |
| | | c | - | - | - | 0.72 |
| | 결정계수 | | 0.97781 | 0.99832 | 0.99726 | 0.99695 |
| | 표준오차 | | 5.29 | 1.46 | 1.86 | 1.96 |
| 80 | 변수 | a | 23710.11 | 762.65 | 550.64 | 2905.83 |
| | | b | 333.09 | 0.54 | -1.39 | 22.19 |
| | | c | - | - | - | 0.71 |
| | 결정계수 | | 0.97655 | 0.99840 | 0.99751 | 0.99653 |
| | 표준오차 | | 5.80 | 1.52 | 1.89 | 2.23 |
| 100 | 변수 | a | 24486.56 | 780.28 | 568.68 | 2963.52 |
| | | b | 334.55 | 0.54 | -1.36 | 21.94 |
| | | c | - | - | - | 0.71 |
| | 결정계수 | | 0.97596 | 0.99846 | 0.99765 | 0.99636 |
| | 표준오차 | | 6.04 | 1.53 | 1.89 | 2.35 |
| 200 | 변수 | a | 26891.46 | 837.21 | 624.54 | 3169.72 |
| | | b | 338.15 | 0.54 | -1.27 | 21.48 |
| | | c | - | - | - | 0.71 |
| | 결정계수 | | 0.97441 | 0.99851 | 0.99788 | 0.99585 |
| | 표준오차 | | 6.78 | 1.64 | 1.95 | 2.73 |




<그림 4.1-5> I-D-F곡선(단기간)




<그림 4.1-6> I-D-F곡선(장기간)




<그림 4.1-7> I-D-F곡선(전기간)

## 다. 면적확률강우량 산정

강우가 유역 전반에 걸쳐 균일한 경우는 거의 없으므로 일정한 강우지속기간 동안 강우량은 호우중심으로부터 멀어질수록 감소하며, 면적강우량은 유역에 내린 총강우량을 유역면적으로 나눈 등가 우량깊이를 의미하므로 호우중심으로부터 면적이 증가함에 따라 면적강우량은 점점 작아지게 된다. 이와 같이 공간분포 및 이동 등에 의하여 강우가 유역 전반에 걸쳐 동일한 형태로 발생하지 않으므로 유역의 면적강우량은 관측소의 지점강우량보다 당연히 낮아지게 된다.

상기 빈도해석에 의해 산정된 확률강우량의 평균은 단지 지점확률강우량일 뿐이며 이는 동시간 강우에 의한 감소가 전혀 고려되지 못하므로 면적확률강우량에 비하여 과다 산정된다. 또한, 면적이 증가할수록 이러한 차이가 커지므로 유역면적이 25.9 $km^2$(10 $mi^2$) 이상인 경우에는 적절한 방법으로 면적확률강우량을 산정하여 사용하여야 한다.

따라서, 본 계획에서는 유역에 영향을 주는 우량관측소의 Thiessen 망도를 작성하여 조사한 결과 기상청 관할 서산기상대의 지배를 받는 것으로 검토되어, 서산기상대의 Thiessen 면적비를 이용하여 유역의 지점 평균강우량을 산정후 적용하였다.

또한 본 계획에서도 면적확률강우량을 산정하여 사용하여야 하나 유역면적이 3.66km²으로 기준면적인 25.9km²보다 작아 면적우량환산계수(ARF ; Areal Reduction Factor, 2000, 국토해양부)를 적용하지 않았다.

### 4.1.5 강위의 시간분포 결정

확률강우량과 같은 설계강우는 시간분포를 알 수 없으므로 인위적으로 분포시키는 방법을 적용하게 된다. 기존 설계강우 시간분포 방법에는 MoNoNobe 방법, Huff 방법, Keifer & Chu 방법, Pilgrim & Cordery 방법, Yen & Chow 방법, 교호블록 방법(alternating block method) 등이 있으며, 현재 우리나라에서는 Huff 방법이 주로 사용되고 있다.

본 계획에서는 Huff(1967)4분위법 및 Yen & Chow방법을 적용하여 설계강우의 시간분포와 강우의 지속기간에 따른 첨두홍수량 변화를 검토하였다.

#### 가. Huff 4분위법

Huff방법은 강우기록의 통계학적 분석을 통하여 제시된 무차원 누가곡선으로 강우를 분포시키는 방법이다. 무차원 누가곡선은 실제 강우기록의 누가강우량 곡선에서 강우량의 최대부위의 위치가 처음 1/4 구간이면 1분위 호우, 2/4 구간이면 2분위 호우, 3/4 구간이면 3분위 호우, 마지막 4/4 구간이면 4분위 호우로 구분하여 작성하게 된다.

우리나라의 경우 기존 「지역적 설계 강우의 시간적 분포(국토해양부, 2000)」의 무차원 누가곡선을 이용하여 누가강우량의 분포를 결정할 수 있으며, 동 보고서에서는 Huff 방법의 분위 채택시 지역별 강우지속기간별 분석 결과에서 발생회수가 가장 많은 최빈분위를 권장하고 있다.

본 계획에서는 우선 서산 우량관측소에서 보유하고 있는 시우량자료 44개년(1968～2011년) 자료를 기분석된 「지역적 설계 강우의 시간적 분포(국토해양부, 2000)」에서와 동일한 방법으로 무차원 누가곡선으로 분포시켰으며. 또한 전지속기간에 대하여 평균강우강도보다 큰 중호우에 대한 최빈구간인 제2분위의 호우를 채택하였으며, 제2분위 호우의 무차원 누가확률곡선에서 가장 유용한 값을 제공한다할 수 있는 50% 누가확률을 채택하였다.

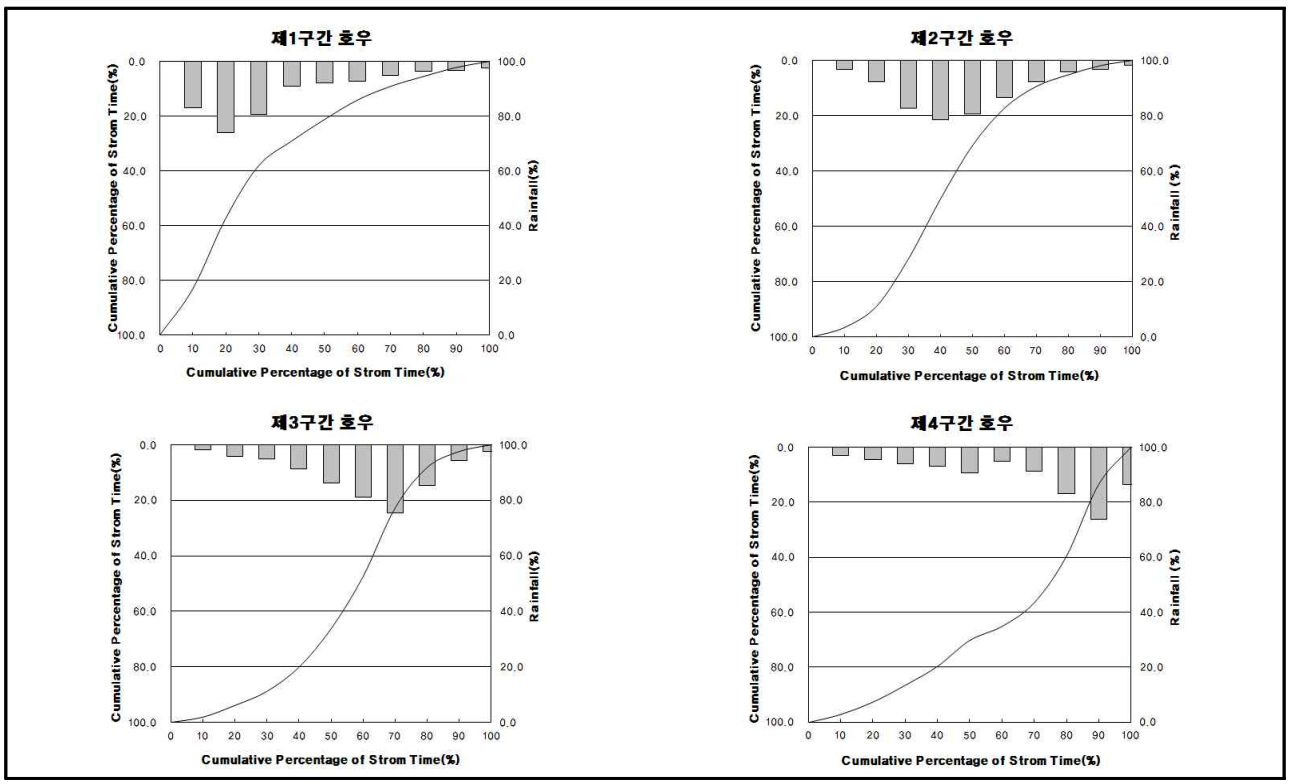
서산 우량관측소의 본 분석된 분위별 설계강우의 누가분포(50%) 및 강우지속기간별 최빈분위는 <표 4.1-22>과 같다.

〈표 4.1-21〉 Huff 방법의 분위별 설계강우의 무차원 누가분포 (단위 : %)

| 구 분 | | 강우지속기간(%) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| 누가 강우량 (%) | 1분위 | 0.0 | 11.7 | 37.7 | 54.6 | 67.2 | 72.5 | 80.5 | 90.5 | 95.1 | 98.1 | 100.0 |
| | 2분위 | 0.0 | 3.5 | 13.3 | 30.2 | 53.5 | 72.6 | 84.4 | 90.6 | 95.2 | 98.3 | 100.0 |
| | 3분위 | 0.0 | 2.2 | 6.3 | 12.8 | 23.8 | 39.5 | 61.8 | 81.6 | 94.1 | 98.2 | 100.0 |
| | 4분위 | 0.0 | 2.2 | 7.5 | 13.3 | 18.5 | 26.7 | 36.2 | 46.9 | 70.4 | 90.9 | 100.0 |

〈표 4.1-22〉 서산 우량관측소의 강우지속기간별 최빈분위

| 지속 기간 (hr) | 서산 관측소 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1분위 | 2분위 | 3분위 | 4분위 | 총계 |
| 전기간 | 196 | 316 | 274 | 157 | 943 |
| 0-6 | 18 | 29 | 23 | 11 | 81 |
| 7-12 | 51 | 82 | 66 | 38 | 237 |
| 13-18 | 36 | 83 | 84 | 40 | 243 |
| 19-24 | 37 | 58 | 36 | 34 | 165 |
| 25이상 | 54 | 64 | 65 | 34 | 217 |
| 중호우 | 65 | 139 | 119 | 63 | 386 |




〈그림 4.1-8〉 Huff 방법의 무차원 누가곡선

일반적으로 무차원 누가곡선은 상기 표와 같이 10% 간격으로 작성되어 있으므로 유출해석을 하기 위하여 지속기간을 10개 보다 적거나 많게 나눌 경우에는 주어진 자료를 이용한 회귀방정식을 작성하여 적용하여야 하며, 서산 우량관측소의 자료를 회귀분석한 결과는 상관계수가 가장 크게 산정된 6차다항식을 적용하였다.

<표 4.1-23> Huff 회귀상수

| 분위 / 상수 | 1분위 | 2분위 | 3분위 | 4분위 |
|---|---|---|---|---|
| A0 | -0.102838334463 | 0.043603459196 | 0.090209793472 | -0.158905797090 |
| A1 | 0.377301110481 | 0.546156039447 | -0.557378788001 | 1.036310502647 |
| A2 | 0.208137285051 | -0.063901078283 | 0.113893552817 | -0.116463672431 |
| A3 | -0.008533448168 | 0.005096602477 | -0.005556038752 | 0.006370330281 |
| A4 | 0.000146914404 | -0.000110732686 | 0.000126587073 | -0.000142527212 |
| A5 | -0.000001177489 | 0.000000976310 | -0.000001240545 | 0.000001417930 |
| A6 | 0.000000003598 | -0.000000003102 | 0.000000004319 | -0.000000005136 |
| 상관도(R) | 0.99979 | 0.99999 | 0.99985 | 0.99974 |
| 본채택 | | ◉ | | |

【주】 회귀식: $Y = A_0 + A_1X + A_2X^2 + A_3X^3 + A_4X^4 + A_5X^5 + A_6X^6$
(X, Y : 무차원 강우지속기간(%) 및 누가강우량(%))

## 나. Yen & Chow 방법

모멘트를 이용한 통계학적 분석 방법으로 강우의 시간적 분포를 삼각형과 사다리꼴 우량 주상도로 단순화하고 호우는 무강우가 없는 연속 강우로 정의하여, 무차원 사각형 혹은 사다리꼴 우량 주상도를 결정하였다.

### 1) 강우깊이 결정

지점별로 해석된 I.D.F관계에서 재현기간과 지속기간에 따른 강우깊이를 결정하였다.

### 2) 우량주상도의 특성변수 결정

무차원 특성변수를 이용하여 우량주상도의 특성변수를 계산하며, 본 채택 서산기상대의 특성변수는 <표 4.1-24>과 같다.

**<표 4.1-24> 삼각형과 사라리꼴 무차원 특성상수**

| 관측소명 | 총호우수 | 삼각형분포(A°) | | | 사다리꼴분포 | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 전체 | 중호우 | 경호우 | a° | b° | c° | h° | |
| 서 산 | 1,474 | 0.45 | 0.47 | 0.44 | 0.3 | 0.39 | 0.31 | 1.63 | 금 회 적 용 |

【주】 자료 :「1999년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서, 지역적설계강우의 시간적분포」

### 3) 강우분포형 채택

Huff 및 Yen & Chow 방법을 적용하여 분포시킨 설계강우량에 의한 홍수량 산정시 두 방법은 대동소이하나 Yen&Chow 방법이 작게 산정되는 것으로 검토되어 본 계획에서는 Huff의 4분위 중 중호우에 대한 최다 발생분위인 제2분위형의 강우 분포를 선택하였다.

## 4.1.6 유효우량 산정

홍수량 산정을 위해서는 강우-유출 모형에 입력되는 유효우량의 시간적 분포를 표현하는 유효우량주상도를 총우량주상도로부터 작성하여야 한다. 이와 같이 유효우량주상도를 작성하는 방법에는 일정비법, 일정손실률법, 초기손실-일정손실률법, 침투곡선법, NRCS 방법 및 유출 실측자료로부터 유도하는 방법 등이 있으며, 우리나라 하천실무에 많이 사용되고 있는 미국자연자원 보존국 NRCS(Natural Resources Conservation Service) 방법이 주로 사용되고 있다.

## 가. NRCS 방법

NRCS 방법은 미국자연자원 보존국에서 유출량자료가 없는 경우에도 유역의 토양특성과 식생피복상태 등에 대한 자료만으로 유효우량을 산정할 수 있도록 개발한 방법이며, NRCS 방법은 유역의 유출특성 조건에 따른 강우량과 유출량의 관계를 미리 설정하여 사용하는 방법으로 미계측유역의 유효우량 산정에 널리 사용되고 있다.

### 1) 토양형별 면적 구분

우리나라의 경우 토양형별 면적 구분에는 농촌진흥청의 개략토양도 또는 정밀토양도를 사용하고 있으며, 본 계획에서는 정밀토양도를 이용하였다.

수문학적 토양형은 <표 4.1-25>와 같이 A, B, C, D의 4개 형태로 분류되며 토양형별 침투능의 크기는 A, B, C, D 순이나 유출률은 D, C, B, A 순이다.

**<표 4.1-25> 수문학적 토양형의 분류**

| 토 양 형 | 토 양 의 성 질 |
|---|---|
| Type A | 침투율이 대단히 크고, 자갈이 있는 토양 |
| Type B | 침투율이 대체로 크고, 자갈이 섞인 사질토 |
| Type C | 침투율이 대체로 작고, 세사질 토양층 |
| Type D | 침투율이 대단히 작고, 점토질 토양층 |

### 2) 토양형-피복형별 면적 구분 및 평균 유출곡선지수 산정

토양도상의 토양형별 면적 구분을 지형도상에 중첩시킨 후, 자연지역 및 도시지역에 대하여 <표 4.1-26>~<표 4.1-30>과 같은 기준에 따라 지형도상의 피복형별을 구분하여 동일 토양형-피복형별 면적으로 구분한다.

## <표 4.1-26> 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수(AMC-II)

| 토지이용상태 | 피 복 처 리 상 태 | 토 양 의 수 문 학 적 조 건 | 토 양 형 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A | B | C | D |
| 휴경지(fallow) | 경사 경작 | — | 77 | 86 | 91 | 94 |
| 이랑경작지 (row crops) | 경사 경작 | 배수나쁨 | 72 | 81 | 88 | 91 |
| | 경사 경작 | 배수좋음 | 67 | 78 | 85 | 89 |
| | 등고선 경작 | 배수나쁨 | 70 | 79 | 84 | 88 |
| | 등고선 경작 | 배수좋음 | 65 | 75 | 82 | 86 |
| | 등고선 및 테라스 경작 | 배수나쁨 | 66 | 74 | 80 | 82 |
| | 등고선 및 테라스 경작 | 배수좋음 | 62 | 71 | 78 | 81 |
| 조밀경작지 (small grains) | 경사 경작 | 배수나쁨 | 65 | 76 | 84 | 88 |
| | 경사 경작 | 배수좋음 | 63 | 75 | 83 | 87 |
| | 등고선 경작 | 배수나쁨 | 63 | 74 | 82 | 85 |
| | 등고선 경작 | 배수좋음 | 61 | 73 | 81 | 84 |
| | 등고선 및 테라스 경작 | 배수나쁨 | 61 | 72 | 79 | 82 |
| | 등고선 및 테라스 경작 | 배수좋음 | 59 | 70 | 78 | 81 |
| 콩과식물 (close-seeded legumes) 윤번초지 (rotation meadow) | 경사 경작 | 배수나쁨 | 66 | 77 | 85 | 89 |
| | 경사 경작 | 배수좋음 | 58 | 72 | 81 | 85 |
| | 등고선 경작 | 배수나쁨 | 64 | 75 | 83 | 85 |
| | 등고선 경작 | 배수좋음 | 55 | 69 | 78 | 83 |
| | 등고선 및 테라스 경작 | 배수나쁨 | 63 | 73 | 80 | 83 |
| | 등고선 및 테라스 경작 | 배수좋음 | 51 | 67 | 76 | 80 |
| 목초지(pasture) 또는 목 장(range) | | 배수나쁨 | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | | 배수보통 | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | | 배수좋음 | 39 | 61 | 74 | 80 |
| | 등고선 경작 | 배수나쁨 | 47 | 67 | 81 | 88 |
| | 등고선 경작 | 배수보통 | 25 | 59 | 75 | 83 |
| | 등고선 경작 | 배수좋음 | 6 | 35 | 70 | 79 |
| 초지(meadow) | | 배수좋음 | 30 | 58 | 71 | 78 |
| 삼림(woods) | | 배수나쁨 | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | | 배수보통 | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | | 배수좋음 | 25 | 55 | 70 | 77 |
| 관목(forests) | 매우 듬성듬성 | — | 56 | 75 | 86 | 91 |
| 농가(farmsteads) | | — | 59 | 74 | 82 | 86 |

【주】 자료 : 「하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)」

<표 4.1-27> 농경지역 및 삼림지역의 유출곡선지수(AMC-II)(NRCS Landuse Table)

| Description | CN | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| "Brush - brush, weed, and grass - Poor" | 48 | 67 | 77 | 83 |
| "Brush - brush, weed, and grass - Fair" | 35 | 56 | 70 | 77 |
| "Brush - brush, weed, and grass - Good" | 30 | 48 | 65 | 73 |
| "Woods-grass combination - orchard - Poor" | 57 | 73 | 82 | 86 |
| "Woods-grass combination - orchard - Fair" | 43 | 65 | 76 | 82 |
| "Woods-grass combination - orchard - Good" | 32 | 58 | 72 | 79 |
| "Woods - Good" | 30 | 55 | 70 | 77 |
| "Farmsteads - buildings, lanes, surrounding lots" | 76 | 85 | 90 | 93 |
| "Cultivated agr. - fallow - crop residue(CR) - Poor" | 74 | 83 | 88 | 90 |
| "Cultivated agr. - fallow - crop residue(CR) - Good" | 71 | 80 | 87 | 90 |
| "Cultivated agr. - row - SR + CR - Poor" | 64 | 75 | 82 | 85 |
| "Cultivated agr. - row - SR + CR - Good" | 69 | 78 | 83 | 87 |
| "Cultivated agr. - row - C + CR - Poor" | 69 | 78 | 83 | 87 |
| "Cultivated agr. - row - C + CR - Good" | 65 | 73 | 79 | 81 |
| "Cultivated agr. - row - C&T + CR - Poor" | 61 | 70 | 77 | 80 |
| "Cultivated agr. - row - C&T + CR - Good" | 64 | 75 | 83 | 87 |
| "Cultivated agr. - small grain - SR + CR - Poor" | 60 | 72 | 80 | 84 |
| "Cultivated agr. - small grain - SR + CR - Good" | 62 | 73 | 81 | 84 |
| "Cultivated agr. - small grain - C + CR - Poor" | 60 | 72 | 80 | 83 |
| "Cultivated agr. - small grain - C + CR - Good" | 60 | 71 | 78 | 81 |
| "Cultivated agr. - small grain - C&T + CR - Poor" | 58 | 69 | 77 | 80 |
| "Cultivated agr. - small grain - C&T + CR - Good" | 66 | 77 | 85 | 89 |
| "Cultivated agr. - close-seeded - SR - Poor" | 58 | 72 | 81 | 85 |
| "Cultivated agr. - close-seeded - SR - Good" | 64 | 75 | 83 | 85 |
| "Cultivated agr. - legumes/rotation - C - Poor" | 64 | 75 | 83 | 85 |
| "Cultivated agr. - legumes/rotation - C - Good" | 55 | 69 | 78 | 83 |
| "Cultivated agr. - meadow - C&T - Poor" | 63 | 73 | 80 | 83 |
| "Cultivated agr. - meadow - C&T - Good" | 51 | 67 | 76 | 80 |
| "Arid range - herbaceous(grass,weeds,etc.) - Poor" | 0 | 80 | 87 | 93 |
| "Arid range - herbaceous(grass,weeds,etc.) - Fair" | 0 | 71 | 81 | 89 |
| "Arid range - herbaceous(grass,weeds,etc.) - Good" | 0 | 62 | 74 | 85 |
| "Arid range - Oak-aspen (mountain brush) - Poor" | 0 | 66 | 74 | 79 |
| "Arid range - Oak-aspen (mountain brush) - Fair" | 0 | 48 | 57 | 63 |
| "Arid range - Oak-aspen (mountain brush) - Good" | 0 | 30 | 41 | 48 |
| "Arid range - PiNon-juniper (grass understory) - Poor" | 0 | 75 | 85 | 89 |
| "Arid range - PiNon-juniper (grass understory) - Fair" | 0 | 58 | 73 | 80 |
| "Arid range - PiNon-juniper (grass understory) - Good" | 0 | 41 | 61 | 71 |
| "Arid range - Sagebrush with grass understory - Poor" | 0 | 67 | 80 | 85 |
| "Arid range - Sagebrush with grass understory - Fair" | 0 | 51 | 63 | 70 |
| "Arid range - Sagebrush with grass understory - Good" | 0 | 35 | 47 | 55 |
| "Arid range - Desert shrub - Poor" | 63 | 77 | 85 | 88 |
| "Arid range - Desert shrub - Fair" | 55 | 72 | 81 | 86 |
| "Arid range - Desert shrub - Good" | 49 | 68 | 79 | 84 |

【주】 하천설계기준에는 누락되어 있으나 NRCS Landuse table에 포함되어 있음

## <표 4.1-28> 도시지역의 유출곡선지수(AMC-II)

| 피 복 상 태 | 평 균 불투수율 (%) | 토 양 형 | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | A | B | C | D |
| <완전히 개발된 도시지역> | | | | | |
| (식생처리됨) | | | | | |
| 개활지(잔디, 공원, 골프장, 묘지 등) : | | | | | |
| 나쁜상태(초지 피복률이 50%이하) | | 68 | 79 | 86 | 89 |
| 보통상태(초지 피복률이 50-75%) | | 49 | 69 | 79 | 84 |
| 양호한 상태(초지 피복률이 75%이상) | | 39 | 61 | 74 | 80 |
| 불투수지역 : | | | | | |
| 포장된 주차장, 지붕, 접근로(도로 경계선을 포함하지 않음) | | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 도로와 길 : | | | | | |
| 포장된 곡선길과 우수거(도로경계선을 포함하지 않음) | | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 포장길 : 배수로(도로경계선을 포함) | | 83 | 89 | 92 | 93 |
| 자갈길(도로경계선을 포함) | | 76 | 85 | 89 | 91 |
| 흙 길(도로경계선을 포함) | | 72 | 52 | 87 | 89 |
| 도시지역 : | | | | | |
| 상업 및 사무실지역 | 85 | 89 | 92 | 94 | 95 |
| 공업지역 | 72 | 81 | 88 | 91 | 93 |
| 주거지역(구획지 크기에 따라) : | | | | | |
| 150평이하 | 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 |
| 2,450평 | 12 | 46 | 65 | 77 | 82 |
| <개발중인 도시지역> | | 77 | 86 | 91 | 94 |

【주】 자료 : 「하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)」

<표 4.1-29> 도시지역의 유출곡선지수(AMC-II)(NRCS Landuse Table)

| Description | CN | | | |
|---|---|---|---|---|
| | A | B | C | D |
| "Western desert urban, natural desert landscape" | 63 | 77 | 85 | 88 |
| "Western desert urban, artificial desert landscape" | 96 | 96 | 96 | 96 |

【주】 하천설계기준에는 누락되어 있으나 NRCS Landuse table에는 포함되어 있음

<표 4.1-30> WMS에서 제공하는 NRCS 토지이용 분류(AMC-II)

| Landsat 영상 | WMS Attribute | Description | CN | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | A | B | C | D |
| 수 역 | 1 | River & Reservoir | 98 | 98 | 98 | 98 |
| 시가지 | 2 | Urban Area | 77 | 86 | 91 | 94 |
| 나대지 | 3 | Barren | 49 | 69 | 79 | 84 |
| 초 지 | 5 | Grassland | 68 | 79 | 86 | 89 |
| 산 림 | 6 | Forest | 57 | 73 | 82 | 86 |
| 논 | 7 | Cultivated Agr.1 | 66 | 74 | 80 | 82 |
| 밭 | 8 | Cultivated Agr.2 | 62 | 71 | 78 | 81 |

한편, 이와 같이 산정된 평균 유출곡선지수(CN)는 후술되는 AMC-Ⅱ 조건의 CNⅡ이며 필요시에는 조정하여 사용하게 된다.

### 3) 선행토양함수조건에 따른 유출곡선지수의 조정

총강수량과 유효우량간의 관계분석에서 5일 혹은 30일 선행강수량은 한 유역의 선행토양함수조건을 대변하는 지표로 사용되고 있고, NRCS에서는 <표 4.1-31>과 같이 선행토양함수조건(Antecedent soil Moisture Condition, AMC)을 성수기(growing season)와 비성수기(dormant season)로 나누어 3가지 조건을 부여하였다.

여기서, AMC-I은 유출률이 대단히 낮은 상태, AMC-Ⅱ는 유출률이 보통인 상태, AMC-Ⅲ는 유출률이 대단히 높은 상태이다.

<표 4.1-31> AMC 조건별 선행강수량의 크기

| AMC 조건 | 5일 선행강수량, $P_5$(mm) | |
|---|---|---|
| | 비성수기(dormant season) | 성수기(growing season) |
| Ⅰ | $P_5 < 12.70$ | $P_5 < 35.56$ |
| Ⅱ | $12.70 < P_5 < 27.94$ | $35.56 < P_5 < 53.34$ |
| Ⅲ | $P_5 > 27.94$ | $P_5 > 53.34$ |

AMC-Ⅱ 조건으로 산정된 CNⅡ 값은 AMC 조건에 따라 조정이 필요하며 AMC-Ⅰ 조건의 CNⅠ이나 AMC-Ⅲ 조건의 CNⅢ로의 변환은 다음 공식을 사용한다.

$$CN\,I = \frac{4.2\,CN\,II}{10 - 0.058\,CN\,II}$$

$$CN\,III = \frac{23\,CN\,II}{10 + 0.13\,CN\,II}$$

본 계획에서는 서산기상대의 선행토양함수 조건이 AMC-Ⅲ 조건이 대부분이고, 최근의 이상기후 및 치수 안정성 등을 고려해 볼 때 계획하천의 토양이 선행강우에 의해 충분하게 포화된 상태인 AMC-Ⅲ 조건을 설계기준으로 적용하는 것이 적정할 것으로 판단된다.

<표 4.1-32> 서산관측소 5일 선행강우 조사결과

| 연도 | 최대 일우량 | 5일 선행강우량 (mm) | AMC 조건 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 1973 | 50.2 | 17.70 | AMC - I | |
| 1974 | 15.1 | 25.80 | AMC - I | |
| 1975 | 58.1 | 14.30 | AMC - I | |
| 1976 | 79.1 | 3.6 | AMC - I | |
| 1977 | 110.7 | 22.60 | AMC - I | |
| 1978 | 136.5 | 110.90 | AMC -Ⅲ | |
| 1979 | 80.7 | 82.60 | AMC -Ⅲ | |

<표 4.1-32> 서산관측소 5일 선행강우 조사결과(계속)

| 연도 | 최대 일우량 | 5일 선행강우량 (mm) | AMC 조건 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 1980 | 92.3 | - | AMC - I | |
| 1981 | 109.8 | 5.80 | AMC - I | |
| 1982 | 124.9 | 67.60 | AMC -Ⅲ | |
| 1983 | 134.5 | - | AMC - I | |
| 1984 | 179.1 | 120.40 | AMC -Ⅲ | |
| 1985 | 124.8 | 105.40 | AMC -Ⅲ | |
| 1986 | 68.3 | 80.70 | AMC -Ⅲ | |
| 1987 | 125.2 | 34.90 | AMC - I | |
| 1988 | 61.1 | 47.50 | AMC -Ⅱ | |
| 1989 | 108.7 | 30.90 | AMC - I | |
| 1990 | 129.7 | 22.80 | AMC - I | |
| 1991 | 118.8 | 80.00 | AMC -Ⅲ | |
| 1992 | 160.5 | 60.20 | AMC -Ⅲ | |
| 1993 | 77.8 | 61.20 | AMC -Ⅲ | |
| 1994 | 148.5 | 12.10 | AMC - I | |
| 1995 | 236.1 | 116.20 | AMC -Ⅲ | |
| 1996 | 85.0 | 12.0 | AMC - I | |
| 1997 | 155.7 | 31.80 | AMC - I | |
| 1998 | 152.0 | 70.40 | AMC -Ⅲ | |
| 1999 | 274.5 | 136.90 | AMC -Ⅲ | |
| 2000 | 164.0 | 206.60 | AMC -Ⅲ | |
| 2001 | 120.9 | 66.00 | AMC -Ⅲ | |
| 2002 | 140.0 | 12.0 | AMC - I | |
| 2003 | 171.5 | 22.00 | AMC - I | |
| 2004 | 125.5 | 40.5 | AMC -Ⅱ | |
| 2005 | 110.5 | - | AMC - I | |
| 2006 | 112.0 | 60.5 | AMC -Ⅲ | |
| 2007 | 119.5 | - | AMC - I | |
| 2008 | 108.5 | 67.0 | AMC -Ⅲ | |
| 2009 | 114.5 | 88.0 | AMC -Ⅲ | |
| 2010 | 177.0 | 52.2 | AMC -Ⅱ | |
| 2011 | 150.5 | 57.0 | AMC -Ⅱ | |

### 4) 총우량-유효우량 관계 모형에 의한 유효우량 산정

총우량 P는 직접유출량(유효우량) Q, 초기손실(initial loss) $I_a$, 유출이 시작된 후에도 유출로 나타나지 않는 강우 부분인 실제보유수량(actual retention) F 등 3가지 성분으로 분리할 수 있으며 실제보유수량은 주로 침투로 구성되는 총손실이다.

유출이 시작된 후 우량 P가 증가함에 따라 Q와 F는 증가하며 F는 최대잠재보유수량 S에 도달하며, 유출이 시작된 후 총우량 P와 실제보유수량 F는 다음과 같이 표현된다.

$$P = (P - I_a), \quad F = (P - I_a) - Q$$

실제보유수량 F와 최대잠재보유수량 S의 비는 직접유출량 Q와 총강우량의 비와 같다는 비례가정을 도입($P \rightarrow \infty$일 경우 양변이 모두 1에 수렴)하고 실제 적용에 있어서는 초기손실을 제외한 상기 식들을 이용하여 변형하고 직접유출량 Q에 관하여 정리하면 다음과 같이 표현된다.

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

$$Q = 0 \qquad P < I_a$$

여기서

P는 호우별 총우량(mm), $I_a$는 초기손실(mm), S는 유역의 최대잠재보유수량(mm), Q는 직접유출량에 해당하는 유효우량(mm)이다.

유출이 시작되기 전에 생기는 차단, 지면저류, 침투 등에 의한 초기손실 $I_a$가 0.2S의 관계를 가진다고 가정하면 상기 식은 다음과 같이 표현되며 이것이 최종 NRCS 방법의 총강우량-유효우량 관계 모형이다.

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

$$Q = 0 \qquad P < 0.2S]$$

수문학적 토양-피복형의 성질을 대변하는 유출곡선지수 CN을 다음과 같이 S의 함수의 변수로 정의함으로써 유출에 미치는 S의 효과를 간접적으로 고려하게 되며, 결국 CN값은 S값을 결정하는데 적용됨을 알 수 있다.

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

### 나. NRCS 방법 적용을 위한 유출곡선지수(CN) 산출

상기와 같은 방법으로 구수천 유역의 홍수량산정지점별 CN값을 산정하였으며, <표 4.1-33>와 같다. CN값 산정결과 정정화 등(1995)의 기준으로 수문학적 토양군을 분류한 경우에는 AMC-Ⅲ 조건하에 86.35~87.35의 값을 보인반면, 정강호 등(2007)의 기준으로 토양형을 분류한 경우에는 동일한 AMC-Ⅲ 조건하에서 85.67~86.62으로 약 0.73~0.86 정도 차이를 보였다.

정강호 (2007)등의 토양분류 기준으로 산정한 CN값이 더 큰 값을 보이는 이유는 대부분의 논 토양 및 상당수의 산림토양이 새로운 분류에서 D유형으로 분류되기 때문이다.

따라서, 본 계획에서의 유출곡선지수(CN)는 정강호(2007) 등이 분류한 수문학적 토양군을 이용하여 산출한 AMC-Ⅲ 조건하의 CN값을 채택하였다.

**<표 4.1-33> 홍수량 산정지점별 유출곡선지수(CN)**

| 하천명 | 산정지점 | 지점번호 | 유역면적 A(km²) | 정정화 등(1995년) | | | 정강호 등(2007년) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | CN Ⅰ | CN Ⅱ | CN Ⅲ | CN Ⅰ | CN Ⅱ | CN Ⅲ |
| 구수천 | 계획종점(하구) | GS0 | 3.66 | 55.78 | 75.02 | 87.35 | 54.17 | 73.79 | 86.62 |
| | 반월천 합류후 | GS1 | 2.68 | 55.35 | 74.69 | 87.16 | 53.65 | 73.38 | 86.37 |
| | 반월천 합류전 | GS2 | 1.52 | 53.97 | 73.63 | 86.53 | 52.20 | 72.22 | 85.67 |
| | 채 택 | | | | | | | | ◎ |

## 4.1.7 도달시간 산정

도달시간은 강우가 해당 유역에 발생하였을 때 유역의 최상류 원점에서 최하류부까지 강우가 도달하는데 소요되는 시간이라고 정의할 수 있다.

홍수 도달시간은 수년간의 관측치를 통한 강우강도에 따른 홍수 도달시간의 산정이란 작업이 선행되어야 하나, 우리나라의 경우 대하천 유역에 대해서도 아직은 실측 자료가 완전하게 확보되지 못한 상태이기 때문에 외국의 실험에 의한 경험식을 사용하고 있다.

따라서, 본 계획 유역의 도달 시간은 경험식에 의하여 산정하였으며, 산정 결과의 객관성을 확보하기 위하여 알려진 공식 중 많이 사용되고 있는 다음의 6가지 공식을 적용하였다.

## 가. 도달시간 산정공식

### 1) Kraven－Ⅰ식

자연 하천의 중하류부( $S$<1/200)에 적용되는 공식으로 다음과 같다.

$$t_c = 0.444\frac{L}{S^{0.515}}$$

여기서

$t_c$ : 홍수 도달시간(min)

L : 하도길이(km)

S : 하도경사(m/m)

### 2) Kraven－Ⅱ식

자연하천의 경사별 유속을 적용하고 모든 경사에 대해 적용 가능하다.

$$t_c = \frac{L}{3.6V}$$

(S≤1/200 : V=2.1m/s, 1/200<S<1/100 : V=3.0m/s, S≥1/100 : V=3.5m/s)

여기서

$t_c$ : 홍수도달시간(min)

L : 하도길이(km), V : 하도경사별 평균유속(m/s)

### 3) Rziha식

자연 하천의 상류부(S ≥ 1/200)에 적용되는 공식으로 다음과 같다.

$$t_c = 0.833\frac{L}{S^{0.6}}$$

여기서,

$t_c$ : 홍수 도달시간(min)

L : 하도길이(km)

S : 하도경사(m/m)

### 4) Kirpich식

1940년 Kirpich가 미국 서부 Tennesse지역의 급경사 농경지 및 산지 지역의 실측 자료를 기초로 제안한 경험 공식으로 다음과 같이 나타내어진다.

$$t_c = 3.976 \frac{L^{0.77}}{S_0^{0.385}}$$

여기서

$t_c$ : 홍수 도달시간(min)

L : 하도길이(km)

$S_0$ : 하도경사(m/m)

### 5) NRCS 지체시간공식

주로 농경지 유역에 적용하는 방법으로 다음과 같다.

$$t_c = \frac{[100 L^{0.8}\{(1000/CN) - 9.0\}^{0.7}]}{1900 S_a^{0.5}}$$

여기서

$t_c$ : 홍수 도달시간(min)

L : 하도길이(km)

$S_a$ : 유역평균경사(%), CN : NRCS 유출곡선지수

### 6) 산정 결과

본 구수천에 대해 산정지점별 홍수도달시간 산정은 상기 6가지 경험공식을 적용하여 산정해본 결과 산정방법별로 큰 차이를 보이고 있으며, 결과는 <표 4.1-34>과 같다.

각 공식에 의한 도달시간 및 유속을 비교한 결과 Rziha, Kirpich, NRCS-lag공식에 의한 결과는 지나치게 유속이 작게 산정되었으며, Kraven I 공식에 의한 유속은 일반적인

홍수파의 유속보다 큰 것으로 산정되어 일반적인 홍수파의 유속에 근접한 결과를 보여주고 있는 KravenⅡ공식에 의해 산정한 도달시간을 채택하였다.

도달시간 산정방법의 적정성 여부를 판단하기 위해 KravenⅡ공식에 의해 산정된 도달시간을 사용하여 홍수량을 산정한 후 Hec-Ras를 이용하여 홍수위를 계산하는 과정에서 산정된 구간별 평균유속 및 도달시간을 도달시간 산정공식의 결과와 비교하였다.

**<표 4.1-34> 도달시간 산정**

| 하천명 | 지점부호 | 유로연장 (km) | 하상경사 (1/S) | 도달시간(hr) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Kraven Ⅰ | KravenⅡ | Rziha | Kirpich | NRCS-lag | Hec-Ras |
| 구수천 | GS0 | 3.16 | 32 | 0.19 | 0.28 | 0.51 | 0..91 | 0.90 | 0.29 |
| | GS1 | 2.12 | 60 | 0.13 | 0.17 | 0.34 | 0.57 | 0.51 | 0.17 |
| | GS2 | 1.72 | 49 | 0.09 | 0.14 | 0.25 | 0.45 | 0.45 | |
| | 금 회 적 용 | | | | ◎ | | | | |

**<표 4.1-35> 평균유속 산정**

| 하천명 | 지점부호 | 유로연장 (km) | 하상경사 (1/S) | 평균유속(m/s) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Kraven Ⅰ | KravenⅡ | Rziha | Kirpich | NRCS-lag | Hec-Ras |
| 구수천 | GS0 | 3.16 | 32 | 4.53 | 3.10 | 1.73 | 0.97 | 0.97 | 3.00 |
| | GS1 | 2.12 | 60 | 4.54 | 3.49 | 1.71 | 1.03 | 1.15 | 3.09 |
| | GS2 | 1.72 | 49 | 5.07 | 3.50 | 1.94 | 1.06 | 1.07 | |
| | 금 회 적 용 | | | | ◎ | | | | |

## 4.1.8 홍수량 산정

### 가. 홍수량 산정 방법

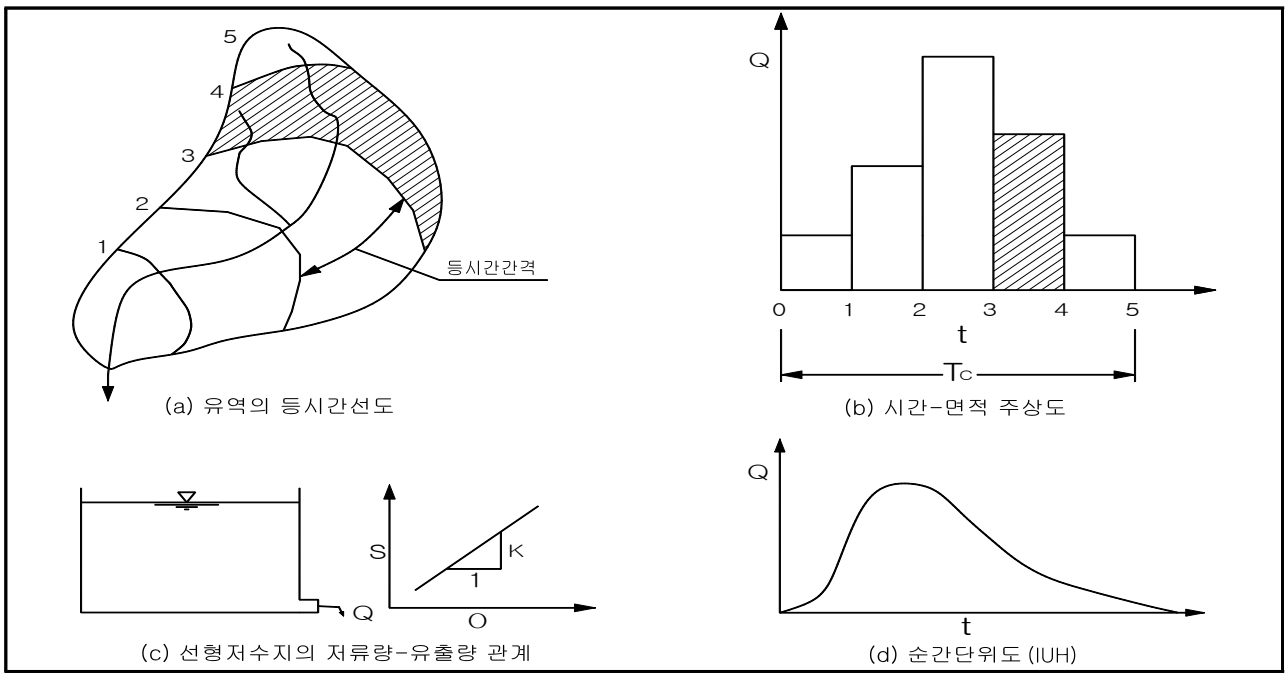
홍수량 산정 방법은 홍수량자료 빈도해석 방법과 강우-유출 방법으로 대별되며, 연최대 홍수량 자료계열을 빈도해석하여 재현기간별 홍수량을 산정하는 직접적인 방법이 가장 신뢰성있는 방법이나, 본 구수천 유역과 같은 미계측 유역의 경우에는 상대적으로 풍부한 강우-유출 방법을 사용하게 된다.

본 계획에서는 실무에서 적용성이 높은 강우-유출 방법인 Clark 방법, NRCS 방법, SNYDER 방법을 채택하고 이를 미국 육군공병단에서 개발한 HEC-1 모형을 통하여 적용하였다.

### 1) Clark 방법

#### 가) Clark 단위도의 기본 개념

Clark 단위도 또는 Clark 유역추적법(area routing method)의 기본 개념은 <그림 4.1-9>와 같이 해당 유역은 선형수로(linear channel)와 유역 출구에 위치한 선형저수지(linear reservoir)로 구성되어 있다고 가정하고, 선형수로에 의한 유출의 전이효과(translation)와 선형저수지에 의한 유역의 저류효과(attenuation)를 고려하는 순간단위도(IUH)를 작성하는 것이다.




<그림 4.1-9> Clark 단위도의 개념

선형수로에 의한 유출의 전이효과는 유역 전반에 순간적으로 내린 단위유효우량인 순간단위유효우량으로 인한 유출을 시간-면적곡선을 이용한 단순전이에 의해 계산함으로써 고려하며 이와 같이 계산된 선형수로의 출력은 선형저수지의 유입수문곡선이 된다.

선형저수지에 의한 유역의 저류효과는 유입수문곡선에 대하여 유역과 동등한 저류특성을 갖는 선형저수지(S=KO)의 홍수추적을 실시함으로써 고려하며 이와 같이 계산된 선형저수지의 출력은 유역의 순간단위도(IUH)가 된다.

Clark 방법은 유출의 전이효과뿐만 아니라 유역의 저류효과도 고려하여 실제 유출의 물리적인 현상을 보다 구체적으로 기술할 수 있으므로 자연유역에 적용하기 적합한 방법이다.

### 나) Clark 단위도의 작성 절차

홍수 도달시간이 동일한 점을 연결하는 등시간선(isochrone)을 그려 전체 유역을 몇 개의 소유역으로 분할한 뒤, 유역출구점의 유출량에 기여하는 시간구간별 누가면적을 표현하는 시간-면적주상도(time-area histogram, TAH)를 작성한다.

유역출구 선형저수지로의 매시간 구간별 유입량은 도달시간 구간별 면적상에 내린 단위유효우량(1cm)을 유량으로 환산한 값으로, 단위유효우량이 유역전반에 걸쳐 순간적으로 내린다면 선형저수지로 등시간구간 동안의 유입수문곡선 종거는 다음과 같이 계산된다.

$$I_i = \frac{A_i \times 10^6}{\Delta t \times 3{,}600 \times 100} = 2.778\frac{A_i}{\Delta t}$$

여기서

$I_i$ : i번째 시간구간의 유입량($m^3/sec$)

$A_i$ : i번째 시간구간에 포함되는 유역면적($km^2$)

유역출구에 위치한 선형저수지의 저류량-유출량의 관계를 선형성 가정(S=KO)에 따라 저류방정식을 변형하면 다음과 같이 표시된다.

$$\frac{I_1 + I_2}{2}\Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2}\Delta t = K(O_2 - O_1)$$

변형된 저류방정식을 $O_2$에 관해 풀면 다음과 같이 정리되며, 계수 $m_o$, $m_1$, $m_2$는 저류상수 K와 시간간격 $\Delta t$를 결정하면 산정 가능하다.

$$O_2 = m_o I_2 + m_1 I_1 + m_2 O_1$$

여기서

$m_o = m_1 = \frac{0.5\Delta t}{K + 0.5\Delta t}$

$m_2 = \frac{K - 0.5\Delta t}{K + 0.5\Delta t}$ 이다.

상기 저류방정식의 적용에 있어서 도달시간-누가면적곡선으로부터 작성되는 시간-면적주상도의 경우에는 추적기간 Δt의 시점 및 종점 유입량이 동일( $I_1 = I_2$)하므로 다음과 같이 재정리되며, 이를 이용하여 유입수문곡선을 추적기간별로 축차 추적함으로써 유역출구점의 순간단위도(IUH)의 종거를 결정할 수 있다.

$$O_2 = (m_0 + m_1)I + m_2 O_1$$

순간단위도(IUH)를 이용하여 필요한 지속기간의 단위도를 작성하기 위해서는 t 시간만큼 오른쪽으로 지체시켜 2개의 IUH의 t 시간 간격 종거를 매 시각 평균하여 지속기간 t 시간 단위도를 작성하는 정수배방법에 의한 단위도의 지속기간 변환 방법을 주로 적용한다.

### 다) Clark 단위도 매개변수 산정 방법

Clark 방법은 도달시간(집중시간) $T_c$와 저류상수 K를 입력인자로 하는 2 매개변수 합성단위도 방법이며, 도달시간은 후술되는 경험공식을 이용하고, 저류상수는 다음과 같은 경험공식을 이용하여 결정하고 있다.

#### (1) Clark 공식

$$K = C\frac{L}{\sqrt{S}}$$

#### (2) Linsley 공식

$$K = \frac{bL\sqrt{A}}{\sqrt{S}}$$

여기서

K : 저류상수(hr)　　L : 유로연장(km)

A : 유역면적($km^2$)　　S : 평균경사(%)

C : 0.5~1.4 범위의 상수　　b : 0.01~0.03 범위의 상수

#### (3) Russel 공식(「Flood RuNoff Analysis(USACE, 1994)」)

$K = \alpha T_c$

여기서

K : 저류상수(hr)

α : 도시지역(developed catchments)은 1.1~2.1,

자연지역(rural catchments)은 1.5~2.8

산림지역(forested catchments)은 8.0~12.0 범위를 가지는 계수, $T_c$ : 도달시간(hr)

### (4) Sabol 공식(「Flood RuNoff Analysis(USACE, 1994)」)

$$K = \frac{T_c}{1.46 - 0.0867 \frac{L^2}{A}}$$

여기서

K : 저류상수(hr)

$T_c$ : 도달시간(hr),

L : 유로연장(km)

A : 유역면적($km^2$)

### (5) Hec-1 제안식

$$0.1 \leq \frac{K}{T_c + K} \leq 0.7$$ (0.1 : 급경사유역, 0.7 : 완경사유역)

여기서,

K : 저류상수(hr)

$T_c$ : 도달시간(hr)

0.1 : 급경사유역

0.7 : 완경사유역

본 계획에서는 저류상수(K)를 결정하기 위해 상기와 같은 경험공식을 비교검토 하였으나, 위의 경험식들 중 Clark, Linsley, Russel 공식의 계수인 c, b, a 등은 저류상수 K의 결정에 높은 민감도를 가짐에도 불구하고 위 계수들을 결정하는 객관적인 자료가 분명하지 않아 이를 대부분 임의적으로 결정하는 문제점이 있다.

따라서, 본 검토에서는 객관적으로 판단할 수 있는 기준인 Peters(1993)의 저류상수(K)의 대략적인 범위를 만족하고 유역의 특성인자를 많이 포함하고 있는 Sabol공식이 가장 합리적인 방법으로 판단하여 이를 적용하여 홍수량을 산정하였다. 산정결과는 <표 4.1-36>와 같다.

**<표 4.1-36> 저류상수(K)결정** (단위 : hr)

| 하천명 | 산정지점 | 도달시간(hr) | 저류상수 K(hr) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Clark | Linsley | Russel | Sabol | Peters(1993) | | | 채택 |
| | | | | | | | 급경사(0.7Tc) | 중간(1.0Tc) | 완만(1.5Tc) | |
| 구수천 | GS0 | 38.63 | 0.79 | 0.03 | 1.38 | 0.53 | 0.45 | 0.64 | 0.97 | Sabol |
| | GS1 | 31.78 | 0.51 | 0.02 | 1.14 | 0.40 | 0.37 | 0.53 | 0.79 | Sabol |
| | GS2 | 29.87 | 0.41 | 0.01 | 1.07 | 0.39 | 00.35 | 0.50 | 0.75 | Sabol |

【주】 자료 : 1)「홍수량 산정 지침서(국토해양부 2005. 4)」
2) 도달시간(hr)은 본 채택한 Kraven-Ⅱ공식으로 산정한 도달시간임

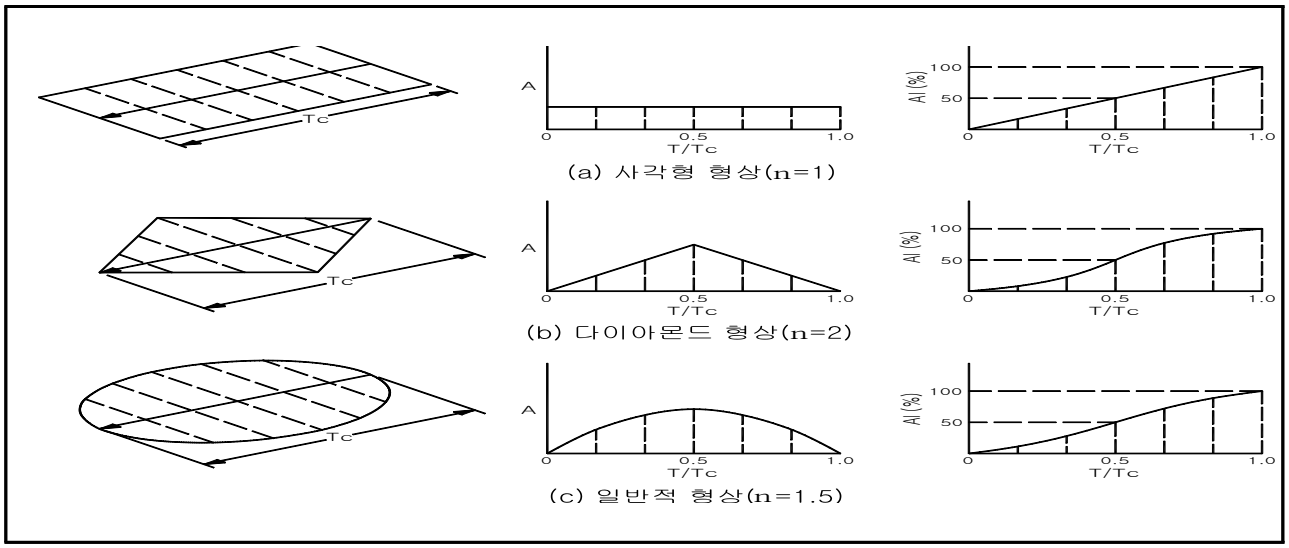
한편, Clark 단위도의 매개변수는 다음과 같은 제한 조건을 만족시켜야 하므로 계산된 매개변수의 적정성을 검토하는 것이 필요하다.

$$T_c \geq 1.03\Delta t$$

$$K \geq 0.52\Delta t$$

### 라) 합성 도달시간-누가면적 방법

Clark 유역추적법에 있어서 대표적인 유역형상에 따른 합성 도달시간-누가면적 관계는 <그림 4.1-10>과 같이 나타난다.




<그림 4.1-10> 유역 형상에 따른 합성 도달시간-누가면적

일반적인 유역 형상(n=1.5)에서 유도된 합성 도달시간-누가면적 곡선은 다음과 같은 형태로 표현된다.

$$AI = 1.414T^{1.5} \qquad 0.0 \le T < 0.5$$

$$1 - AI = 1.414(1-T)^{1.5} \qquad 0.5 \le T \le 1.0$$

여기서

AI : 유역면적에 대한 누가면적비

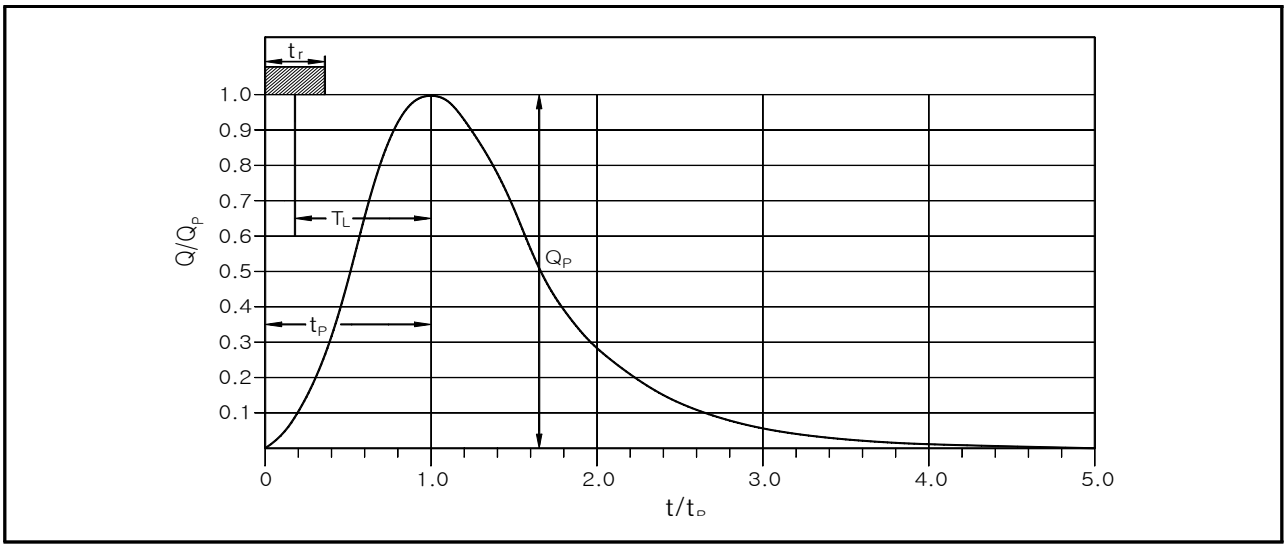
T : 도달시간에 대한 시간비

합성 도달시간-누가면적 방법을 채택하면 번거로운 구적기 작업이 대폭 감소하게 되는 장점을 가진다. 또한, 구적기로 도달시간-누가면적을 직접 산정한 결과와 합성 도달시간-누가면적 방법을 이용하여 산정한 결과의 비교와 도달시간 산정의 불확실성 등을 종합적으로 고려한다면 합성 도달시간-누가면적 방법을 사용하여도 충분히 무방할 것으로 판단된다.

## 2) NRCS 방법

### 가) NRCS 단위도 작성 방법

미국 토양보존국(Soil Conservation Service, NRCS)에서 고안한 NRCS 방법은 다음과 같은 <그림 4.1-11> 및 <표 4.1-37>과 같은 무차원 단위도(dimensionless unit hydrogra -ph)의 이용에 근거를 두고 있다.




<그림 4.1-11> NRCS 무차원단위도

<표 4.1-37> NRCS 무차원단위도의 시간별 종거

| $t/t_p$ | $Q/Q_p$ | $t/t_p$ | $Q/Q_p$ | $t/t_p$ | $Q/Q_p$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.000 | 1.1 | 0.990 | 2.4 | 0.147 |
| 0.1 | 0.030 | 1.2 | 0.930 | 2.6 | 0.107 |
| 0.2 | 0.100 | 1.3 | 0.860 | 2.8 | 0.077 |
| 0.3 | 0.190 | 1.4 | 0.780 | 3.0 | 0.055 |
| 0.4 | 0.310 | 1.5 | 0.680 | 3.2 | 0.040 |
| 0.5 | 0.470 | 1.6 | 0.560 | 3.4 | 0.029 |
| 0.6 | 0.660 | 1.7 | 0.460 | 3.6 | 0.021 |
| 0.7 | 0.820 | 1.8 | 0.390 | 3.8 | 0.015 |
| 0.8 | 0.930 | 1.9 | 0.330 | 3.0 | 0.011 |
| 0.9 | 0.990 | 2.0 | 0.280 | 3.5 | 0.005 |
| 1.0 | 1.000 | 2.2 | 0.207 | 5.0 | 0.000 |

NRCS 방법은 단위도의 첨두유량 $Q_P$와 첨두유량의 발생시간 $t_P$를 다음과 같이 결정한 후, 주어진 무차원단위도를 사용하여 합성단위도를 작성하는 방법이다.

$$t_P = \frac{1}{2} t_r + T_L$$

$$Q_P = \frac{2.083 A}{t_P}$$

여기서,

$t_P$ : 강우시작부터 첨두유량까지 시간(hr)

$t_r$ : 강우지속기간(hr)

$T_L$ : 우량 질량중심으로부터 첨두유량까지의 시간인 유역 지체시간(hr)

$Q_P$ : 1cm 유효우량시 첨두유량($m^3$/sec)

A : 유역면적($km^2$)

### 나) NRCS 단위도 매개변수 산정 방법

NRCS 방법은 지체시간 $T_L$을 입력인자로 하는 매개변수 합성단위도 방법이며, 지체시간은 다음과 같은 경험공식을 이용하여 결정하고 있다.

$T_L = 0.6\,T_c$ : NRCS(1985)

$T_L = 0.706\,T_c$ : MHCuen(1974)

$T_L = \frac{L^{0.8}(2540 - 22.86CN)^{0.7}}{14104CN^{0.7}S^{0.5}}$ : $8km^2$이하에 적용 가능

여기서

$T_L$ : 지체시간(hr)

$T_c$ : 도달시간(hr)

L : 총유로장(km)

CN : 유출곡선지수

S : 무차원 유역경사

### 3) Snyder 방법

Snyder는 미국 애팔래치아산맥(Appalachian)지역에서 유역면적 30~30,000$km^2$인 유역을 대상으로 단위도를 유역특성의 항으로 정의하였다.

이 방법은 지속시간 $t_n$시간인 단위도를 합성하기 위해 첨두홍수량의 발생시각($T_{PR}$, hrs) 및 크기($Q_{PR}$, $m^3$/s)와 유출 기저시간의 길이($t_r$, day)를 각각 다음 식으로 계산하기 위해 사용한다.

$$T_{PR} = t_P + \frac{1}{4}(t_R - t_r),\ t_P = C_t(L \cdot L_C)^{0.3},\ t_R = t_P/5.5(hr)$$

여기서,

L 및 $L_C$는 각각 유역의 본류연장(km), 유역출구 지점으로부터 유역중심에서 본류에 내린 수선의 교차점까지의 거리(km)이고 $C_t$는 유역특성 상수로서 1.4~1.7의 값을 가지는 것으로 알려져 있다.

$$Q_P = C_P \times \frac{2.75A}{t_P},\ T_R = 3 + 3\left[\frac{t_{PR}}{24}\right](day)$$

여기서,

A는 유역면적($km^2$)

$C_P$는 유역특성변수로서 애팔래치아산맥(Appalachian) 지역에서는 0.4~0.8의 값을 가지는 것으로 알려져 있다.

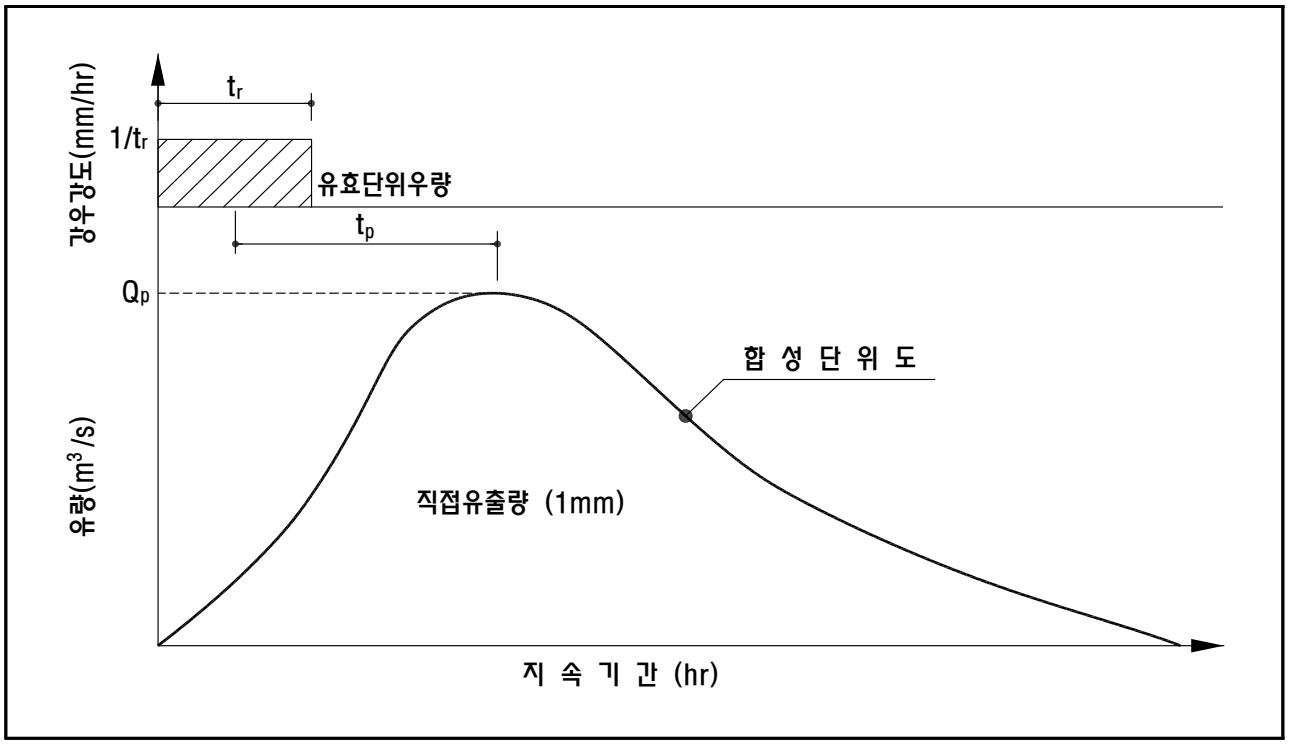
Snyder의 합성단위유량도는 결국 3점을 매끈하게 연결하되 스케치가 된 단위도 아래의 면적이 1mm의 직접 유출고가 되도록 하여야 한다.

미국 육군 공병단에서는 Snyder방법에서 3점을 사용해서 단위도를 스케치할 때 발생하는 주관적인 오차를 줄이기 위해 다음과 같은 경험식을 제안하여 4개점을 추가함으로써 보다 더 객관적인 스케치가 가능하도록 하였다.

$$W_{50} = 2.14 \times \left(\frac{Q_P}{A}\right)^{-1.08},\quad W_{75} = 1.22 \times \left(\frac{Q_P}{A}\right)^{-1.08}$$

여기서,

$W_{50}$와 $W_{75}$는 각각 첨두홍수량의 50%, 75%가 되는 유량에 해당하는 단위도의 시간폭(hrs)이다.




<그림 4.1-12> Snyder 합성단위도

유역별로 분할된 Snyder공식에 대하여 1989년 한국건설기술연구원에서 우리나라의 대표단위유량도의 합성을 위해 연구한 「설계홍수량 산정을 위한 단위유량도의 합성방법개발(1989, 한국건설기술연구원)」을 통해 유역별 단위유량도를 대표할 수 있는 대표단위유량도의 산정을 위해 우리나라 5개 유역내의 지체시간($t_p$)과 유역 지형인자($L \cdot L_C$)와의 관계를 도출하고, 전체유역의 대표단위유량도를 산정하였으며 <표 4.1-38>과 같다. 본 Snyder 매개변수는 금강유역의 관계식을 적용하였다.

<표 4.1-38> 대표유역 Snyder 매개변수 관계식 및 상관계수

| 유 역 명 | 관 계 식 | 상관계수 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 한 강 | $t_P = 0.5478(L \cdot L_C)^{0.3747}$ | $R = 0.7315$ | |
| 낙 동 강 | $t_P = 0.6958(L \cdot L_C)^{0.3355}$ | $R = 0.7783$ | |
| 금 강 | $t_P = 0.3183(L \cdot L_C)^{0.4173}$ | $R = 0.5422$ | 본적용 |
| 섬 진 강 | $t_P = 0.2607(L \cdot L_C)^{0.4493}$ | $R = 0.7241$ | |
| 영 산 강 | $t_P = 0.00397(L \cdot L_C)^{1.0662}$ | $R = 0.9265$ | |
| 전 체 | $t_P = 0.4964(L \cdot L_C)^{0.3789}$ | $R = 0.8046$ | |

Snyder 단위도법의 유역특성변수인 $C_P$(Peaking Coefficient)를 추정하는 방법 중에서 가장 대표적인 방법은 미공병단 Tulsa District $C_P$ 공식과 유역면적과 유역불투수율을 이용하여 구하는 Denver $C_P$ 공식이 있으며 다음과 같다.

- 미공병단 Tulsa District $C_P$ 공식

$$C_P = \frac{q_P \times T_L}{640}, \quad q_P = \frac{380}{T_L^{0.92}}$$

- Denver $C_P$ 공식

$$C_P = P \times C_t \times \left(\frac{A}{2.59}\right)^{0.15}$$

여기서,

TL : 지체시간(hr)

A : 유역면적($km^2$)

P, Ct : 유역특성인자

본 계획에서는 유역면적과 유역의 불투수율을 이용하여 산정하는 방법인 Denver $C_P$ 공식을 적용하여 $C_P$값을 산정하였다.

## 나. 임계지속기간 결정 및 빈도별 홍수량 산정

### 1) 임계지속기간 결정

홍수량 산정 방법별로 산정된 매개변수를 이용하여 홍수량 산정지점별로 빈도별 홍수량을 산정함에 있어서 설계강우의 지속기간에 대하여 살펴보면 과거에는 유역면적, 강우특성, 홍수유출 형태 및 설계대상 구조물의 종류 등을 고려하여 결정하였으나, 최근에는 임계지속기간(critical duration) 개념이 도입되어 이를 채택하는 추세이며 댐, 저수지 등 대규모 저류시설에 의한 홍수량 조절이 없는 하천의 경우에는 첨두홍수량이 최대가 되는 강우지속기간을 임계지속기간으로 결정하여야 한다.

임계지속기간 결정은 홍수량 산정방법별 홍수량 산정지점별 재현기간별로 강우지속기간을 10분~1440분까지 10분 간격으로 설정하여 홍수량을 산정한 후, 첨두홍수량이 최대가 되는 강우지속기간을 임계지속기간(critical duration)으로 결정하기로 하였다.

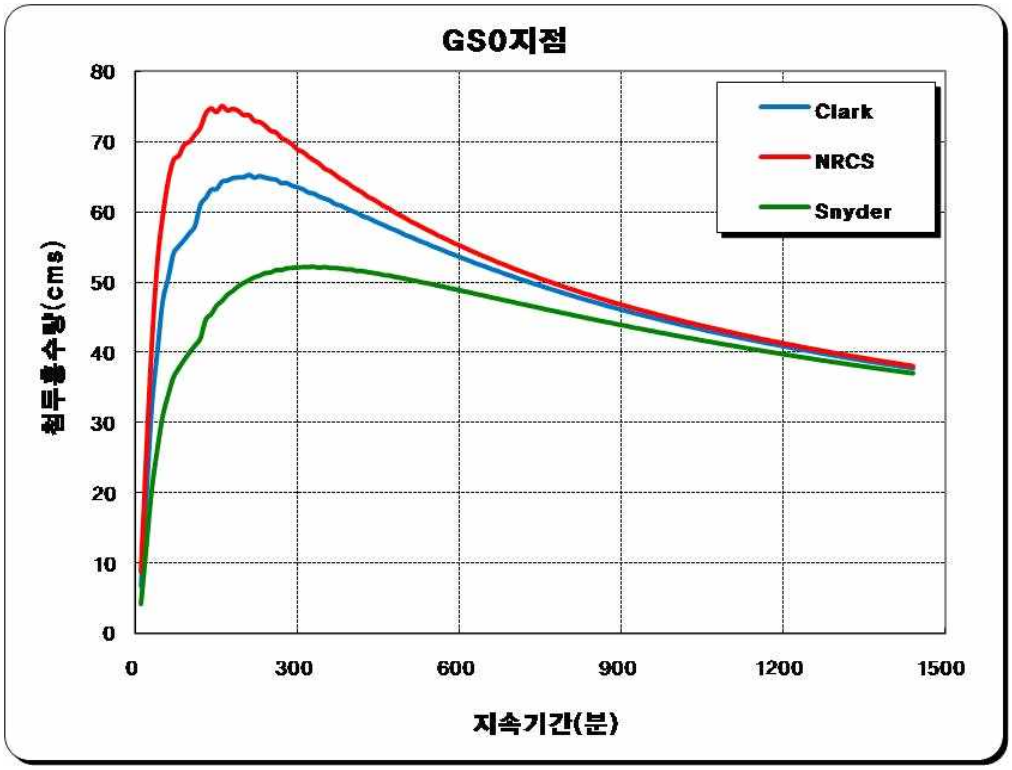
한편, 설계강우의 시간분포 방법으로 채택한 Huff 방법 및 Yen&Chow법을 적용하여

홍수량 산정방법별 80년 빈도 첨두홍수량을 비교한 결과는 <표 4.1-39>과 같고, 본 채택한 Huff-2분위 적용시 임계지속기간이 160~210분으로 산정되었다.

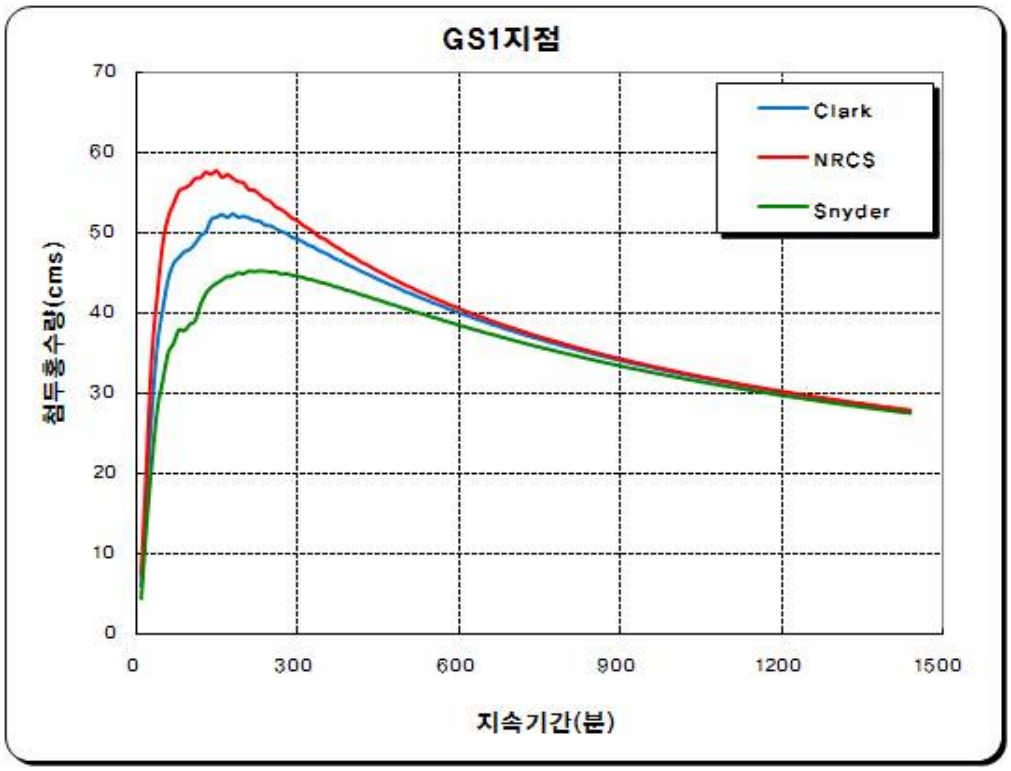
**<표 4.1-39> 홍수량 산정지점별 임계지속기간 결정(80년빈도)**

| 산정 지점 | 산정 방법 | 구 분 | Huff 분위 | | | | Yen & Chow | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1분위 | 2분위 | 3분위 | 4분위 | 전방위 | 중방위 | 후방위 |
| 구수천 GS0 | Clark | 첨두홍수량($m^3/s$) | 60.02 | 65.26 | 72.51 | 75.24 | 55.17 | 60.96 | 65.84 |
| | | 임계지속기간(분) | 290.00 | 210.00 | 190.00 | 250.00 | 140.00 | 170.00 | 160.00 |
| | NRCS | 첨두홍수량($m^3/s$) | 68.94 | 75.09 | 83.25 | 86.49 | 63.20 | 70.19 | 75.59 |
| | | 임계지속기간(분) | 240.00 | 160.00 | 170.00 | 190.00 | 70.00 | 130.00 | 130.00 |
| | Snyder | 첨두홍수량($m^3/s$) | 48.21 | 52.20 | 57.95 | 60.10 | 44.39 | 48.81 | 52.80 |
| | | 임계지속기간(분) | 490.00 | 330.00 | 300.00 | 360.00 | 230.00 | 260.00 | 250.00 |
| 구수천 GS1 | Clark | 첨두홍수량($m^3/s$) | 47.86 | 52.21 | 58.19 | 60.72 | 43.92 | 48.70 | 52.80 |
| | | 임계지속기간(분) | 230.00 | 180.00 | 170.00 | 200.00 | 130.00 | 140.00 | 130.00 |
| | NRCS | 첨두홍수량($m^3/s$) | 52.94 | 57.80 | 64.48 | 67.43 | 49.48 | 54.26 | 57.73 |
| | | 임계지속기간(분) | 210.00 | 150.00 | 130.00 | 160.00 | 70.00 | 80.00 | 140.00 |
| | Snyder | 첨두홍수량($m^3/s$) | 41.56 | 45.23 | 50.58 | 52.98 | 38.18 | 42.22 | 46.02 |
| | | 임계지속기간(분) | 340.00 | 230.00 | 220.00 | 240.00 | 160.00 | 170.00 | 180.00 |
| 구수천 GS2 | Clark | 첨두홍수량($m^3/s$) | 26.95 | 29.44 | 32.96 | 34.57 | 24.67 | 27.48 | 29.87 |
| | | 임계지속기간(분) | 240.00 | 160.00 | 170.00 | 200.00 | 140.00 | 130.00 | 130.00 |
| | NRCS | 첨두홍수량($m^3/s$) | 29.81 | 32.66 | 36.48 | 38.49 | 27.88 | 30.59 | 32.78 |
| | | 임계지속기간(분) | 220.00 | 130.00 | 130.00 | 160.00 | 80.00 | 80.00 | 140.00 |
| | Snyder | 첨두홍수량($m^3/s$) | 27.50 | 30.14 | 33.90 | 35.63 | 25.31 | 28.06 | 30.78 |
| | | 임계지속기간(분) | 220.00 | 150.00 | 150.00 | 220.00 | 80.00 | 140.00 | 140.00 |
| 본 채택 | | | | ◎ | | | | | |

본 임계지속기간 결정은 구수천하천인 구수천에 홍수량이 가장 크게 발생할 때의 강우지속기간을 결정하였으며, 이에 임계지속시간은 210분으로 결정되었다.

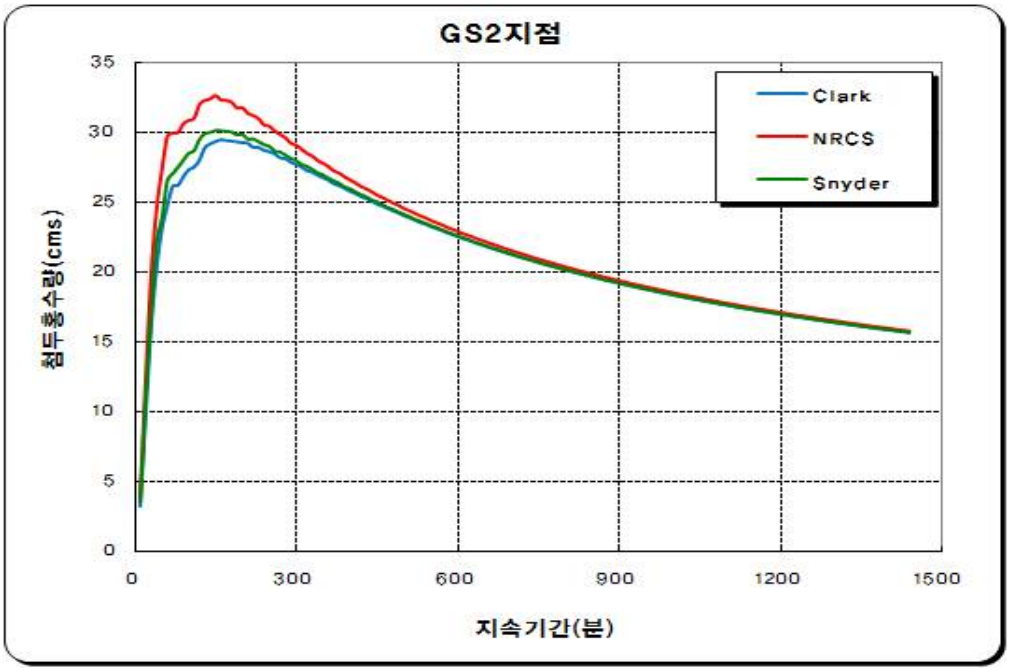



GSO 산정방법별 첨두홍수량 변화




GS2 산정방법별 첨두홍수량 변화

〈그림 4.1-13〉 산정방법별 첨두홍수량 변화




GS2 산정방법별 첨두홍수량 변화

**<그림 4.1-13> 산정방법별 첨두홍수량 변화 (계속)**

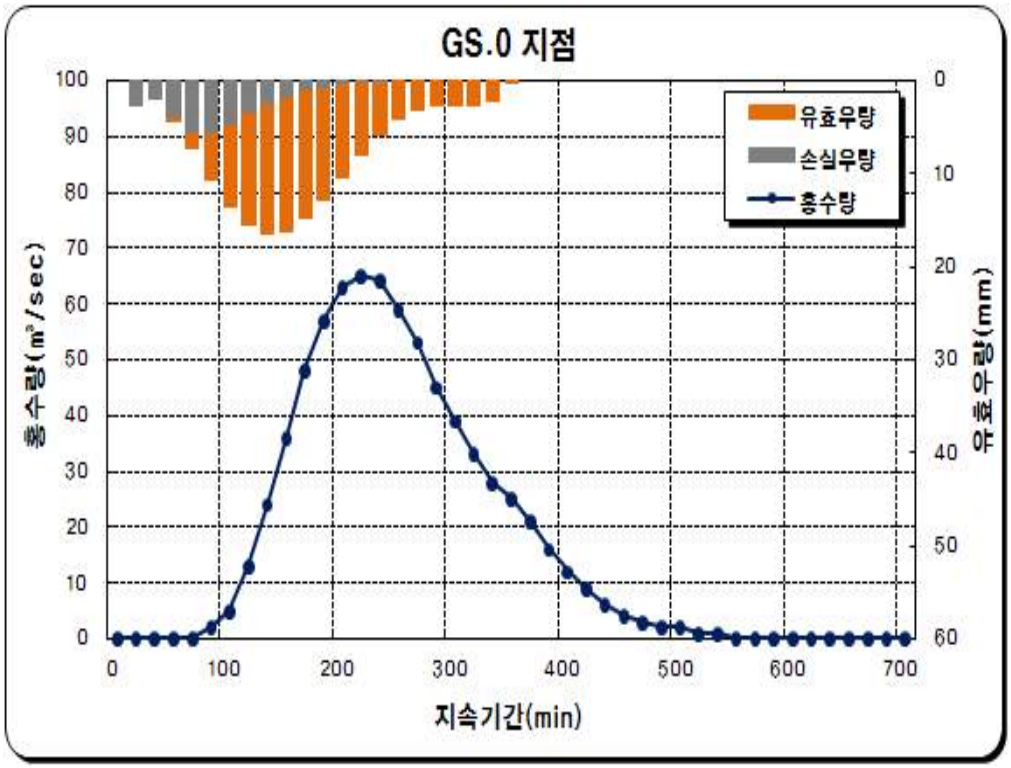
### 2) 빈도별 홍수량 산정

임계지속기간을 채택한 빈도별 홍수량 산정결과는 <표 4.1-40>와 같고, 유역의 물리적 특성의 표현 등에서 가장 합리적으로 판단되는 Clark 방법을 최종 채택하였다.

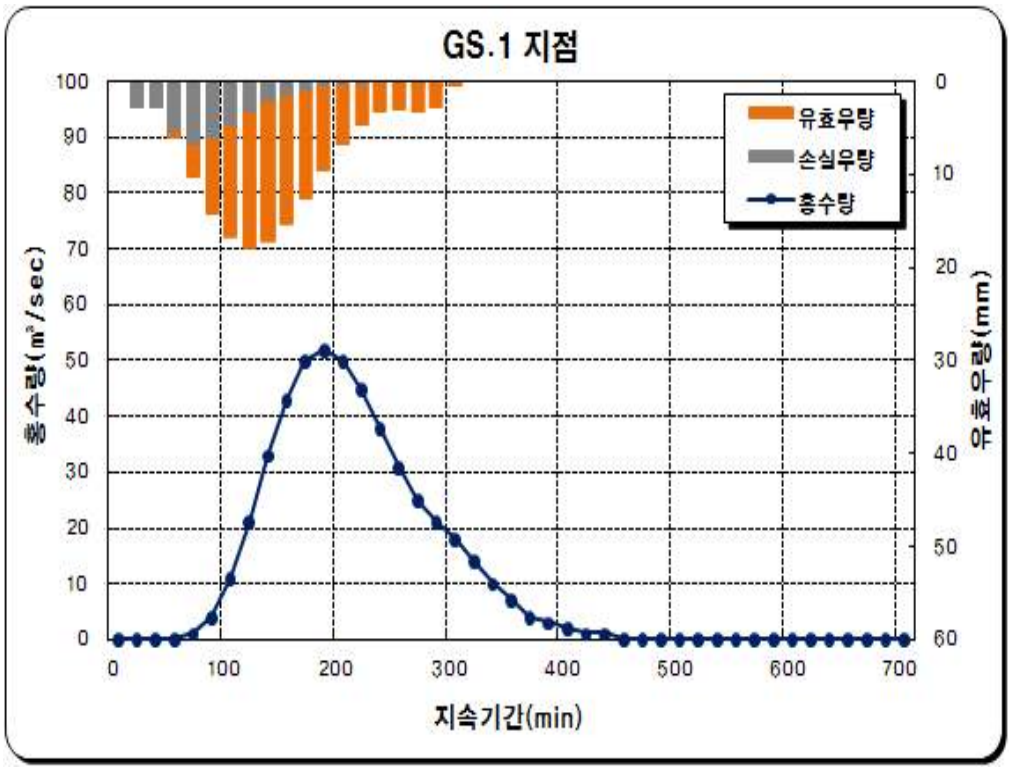
한편, 확률홍수량 산정시 재현기간은 계획홍수량 결정, 향후 목적별 사용 등을 고려하여 20년, 30년, 50년, 80년, 100년, 200년 등의 6개 재현기간을 적용하였다.

**<표 4.1-40> 빈도별 홍수량 산정결과**

| 하천명 | 산정지점 | 산정방법 | 빈도별 홍수량($m^3/s$) | | | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 20년 | 30년 | 50년 | 80년 | 100년 | 200년 | |
| 구수천 | GS0 | Clark | 53.51 | 56.95 | 59.82 | 65.26 | 67.16 | 73.04 | 채 택 |
| | A=3.66$km^2$ | NRCS | 60.72 | 64.86 | 68.50 | 75.09 | 77.40 | 84.54 | |
| | L=3.14km | Snyder | 34.15 | 35.86 | 37.20 | 52.20 | 40.94 | 43.83 | |
| | GS1 | Clark | 42.40 | 45.26 | 47.72 | 52.21 | 53.78 | 58.78 | 채 택 |
| | A=2.68$km^2$ | NRCS | 46.43 | 49.79 | 52.65 | 57.80 | 59.62 | 65.40 | |
| | L=2.12km | Snyder | 28.97 | 30.56 | 31.82 | 45.23 | 35.25 | 37.96 | |
| | GS2 | Clark | 23.83 | 25.48 | 26.88 | 29.44 | 30.37 | 33.22 | 채 택 |
| | A=1.52$km^2$ | NRCS | 26.16 | 28.09 | 29.72 | 32.66 | 33.75 | 37.09 | |
| | L=1.72km | Snyder | 18.91 | 20.04 | 20.97 | 30.14 | 23.41 | 25.37 | |

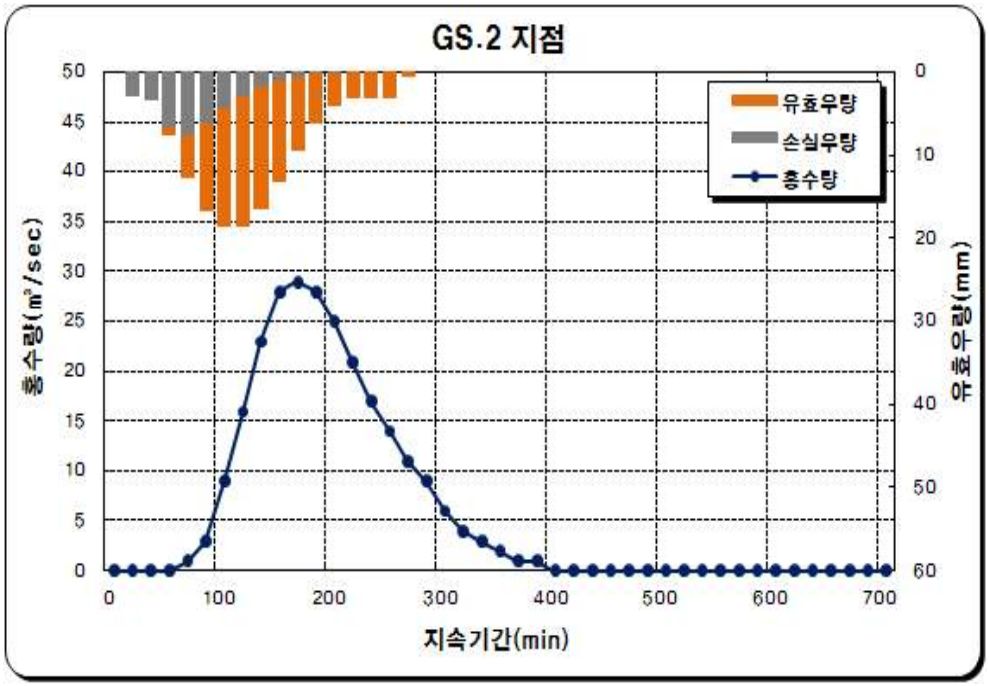



산정지점 GS0




산정지점 GS1

〈그림 4.1-14〉 홍수수문곡선(80년빈도)




산정지점 GS2

**<그림 4.1-14> 홍수수문곡선(80년빈도) (계속)**

## 다. 홍수량 적정성 검토

통계적으로 해석하기에 신뢰할만하다고 판단되는 실측홍수량 자료가 가용될 경우에는 반드시 빈도해석기법을 이용하여 홍수량을 산정하고 강우-유출 모의방법과 비교하여 강우-유출 모의 결과의 타당성을 비교·검토하여야 한다.

본 계획에서는 비첨두홍수량 및 홍수량경험식 등을 이용하여 본 산정 홍수량의 적정성을 판단하였으며, 또한 강우 및 유출특성이 비슷한 인근 하천의 홍수량과 비교·검토를 수행하였다.

### 1) 비첨두홍수량

비첨두홍수량 추정식은 「사전재해영향성검토협의실무, 2007, 한국방재협회」 및 「설계홍수추정 지침서, 1993, 건설부」에서 제시한 산정공식이 있으며, 다음과 같다.

#### 가) 사전재해영향성검토 협의 실무 제시 비첨두홍수량

$$q = -1.9662 \cdot \ln(A) + 16.1655 \quad (A \leq 50\text{km}^2)$$

$$q = -1.4390 \cdot \ln(A) + 13.7354 \quad (A > 50\text{km}^2)$$

여기서,

q : 비첨두홍수량($m^3/s/km^2$),

A : 유역면적($km^2$)

### 나) 설계홍수추정 지침서 제시 비첨두홍수량

$$q = \frac{11.25}{A^{0.25}}$$

여기서,

q : 비첨두홍수량($m^3/s/km^2$),

A : 유역면적($km^2$)

건설부(1993년)에 의하면 상기 식으로 계산되는 비홍수량과 빈도별 홍수량의 관계는 2년빈도의 경우 0.9, 10년빈도의 경우 1.71, 50년빈도 2.55, 100년빈도 2.93을 환산계수로 하여 홍수량을 추정하도록 제안한 바 있다.

## 2) 홍수량 경험식

현재 가용한 신뢰성 있는 홍수량 빈도해석 자료로는 김남원과 원유승(2004)이 유량환산이 가능한 지점인 한강 17개, 낙동강 18개, 금강 8개, 섬진-영산강 13개 지점 등 모두 56개 지점에 지역빈도 분석을 수행하여 <표 4.1-41>과 같은 유역별 80년 빈도 홍수량 경험식을 제시하였다. 본 산정한 80년 빈도 홍수량을 경험식과 비교·검토해 보았다.

**<표 4.1-41> 유역별 100년 빈도 홍수량 경험식**

| 구 분 | 관 계 식 | 결정계수 | 적용범위 ($km^2$) |
|---|---|---|---|
| 한강 유역 | $Q = 34.732\,A^{0.7074}$ | $R^2 = 0.9430$ | $100 \le A \le 20{,}000$ |
| 낙동강 유역 | $Q = 45.547\,A^{0.6026}$ | $R^2 = 0.9501$ | $100 \le A \le 20{,}000$ |
| 금강 유역 | $Q = 63.094\,A^{0.5883}$ | $R^2 = 0.8876$ | $100 \le A \le 10{,}000$ |
| 섬진-영산강 유역 | $Q = 43.269\,A^{0.6414}$ | $R^2 = 0.5575$ | $100 \le A \le 4{,}000$ |

【주】 자료 : 1)「하천정비기본계획수립 및 하천대장작성 지침(2004. 12, 국토해양부)」
2)「유역종합치수계획 수립용역 홍수량 산정지침서(2005. 4, 국토해양부)」

<표 4.1-42> 비홍수량 및 경험공식 비교 · 검토

| 구 분 | | | 구수천 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 유역면적(km²) | | | 3.66<br>(GS0) | ( ): 산정지점 |
| 비첨두홍수량<br>(m³/s/km²) | 공식1 | | 16.61 | 사전재해실무지침서 |
| | 공식2 | | 8.13 | 설계홍수추정지침서 |
| | 금 회 | | 18.00 | |
| 첨두홍수량<br>(m³/s) | 80년 | 경험식 | 135 | 금강유역 경험식 |
| | | 금 회 | 65.26 | 80년빈도 홍수량 |

비첨두홍수량 산정공식을 이용하여 산정한 비홍수량과 본 80년 빈도 비홍수량을 비교·분석해본결과 본 산정한 비홍수량이 비첨두홍수량 산정공식과 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다.

또한 경험공식을 이용한 80년 빈도 홍수량과 비교한 결과 본 산정한 홍수량이 작게 산정된 것으로 검토되었다. 이는 기발표된 100년 빈도 첨두홍수량의 적용 면적 범위가 100≤A(유역면적㎢)≤10,000인 유역으로 비교적 큰 대규모 유역으로부터 유도된 것에 반해 본 구수천하천의 유역면적은 3.66㎢의 중소규모유역으로서 유출특성이 다른 이유인 것으로 판단된다.

## 4.1.9 기본홍수량 및 계획홍수량 결정

### 가. 설계빈도의 결정

「하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)」 계획편의 수문설계의 선택기준 및 일관성 기준에 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 내구년한을 초과하지 않는 설계기간에 발생할 위험도를 평가하고, 연평균 비용을 최소화 할 수 있는 재현기간에 대한 치수경제분석, 설계자의 설계 및 현장 경험과 구조물 종류, 중요도, 홍수지역의 개발 정도에 바탕을 둔 표준설계기준을 판단하여 결정한다."라고 규정하고 있다.

수공구조물의 설계빈도에 대한 기준의 대표적인 예를 살펴보면, 도시 배수시설이나 농업용 배수시설은 5~50년, 하천제방 중 농경지 제방은 50~100년, 도시하천제방은 50~200년으로 규정하고 있다.

하지만, 최종 수문학적 채택은 공학적 판단과 설계자의 경험에 따라 결정되어야 하고 이를 위해서는 설계강우 및 홍수량의 위험도 분석, 치수경제성 분석 그리고 경험과 표준기준 등을 종합적으로 참고하여야 한다.

한편, 「하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)」에서 제시되고 있는 하천의 계획빈도 채택의 일반적인 기준은 <표 4.1-43>와 같다.

**<표 4.1-43> 하천의 설계빈도**

| 하천 중요도 | 적용 하천 범위 | 계획빈도 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| A 급 | 국가하천 주요구간 | 200년 이상 | |
| B 급 | 국 가 하 천 | 100~200년 | |
| C 급 | 지 방 하 천 | 80~200년 | |
| D 급 | 지 방 하 천 | 50~200년 | |

본 구수천은 지방하천이며 상기와 같은 기준에 의하면 하천중요도나 홍수피해 측면 등에서 중간 정도이나, 최근 문제가 되었던 태풍 매미, 루사 등의 집중호우를 종합적으로 감안하였다.

### 나. 기본홍수량 및 계획홍수량

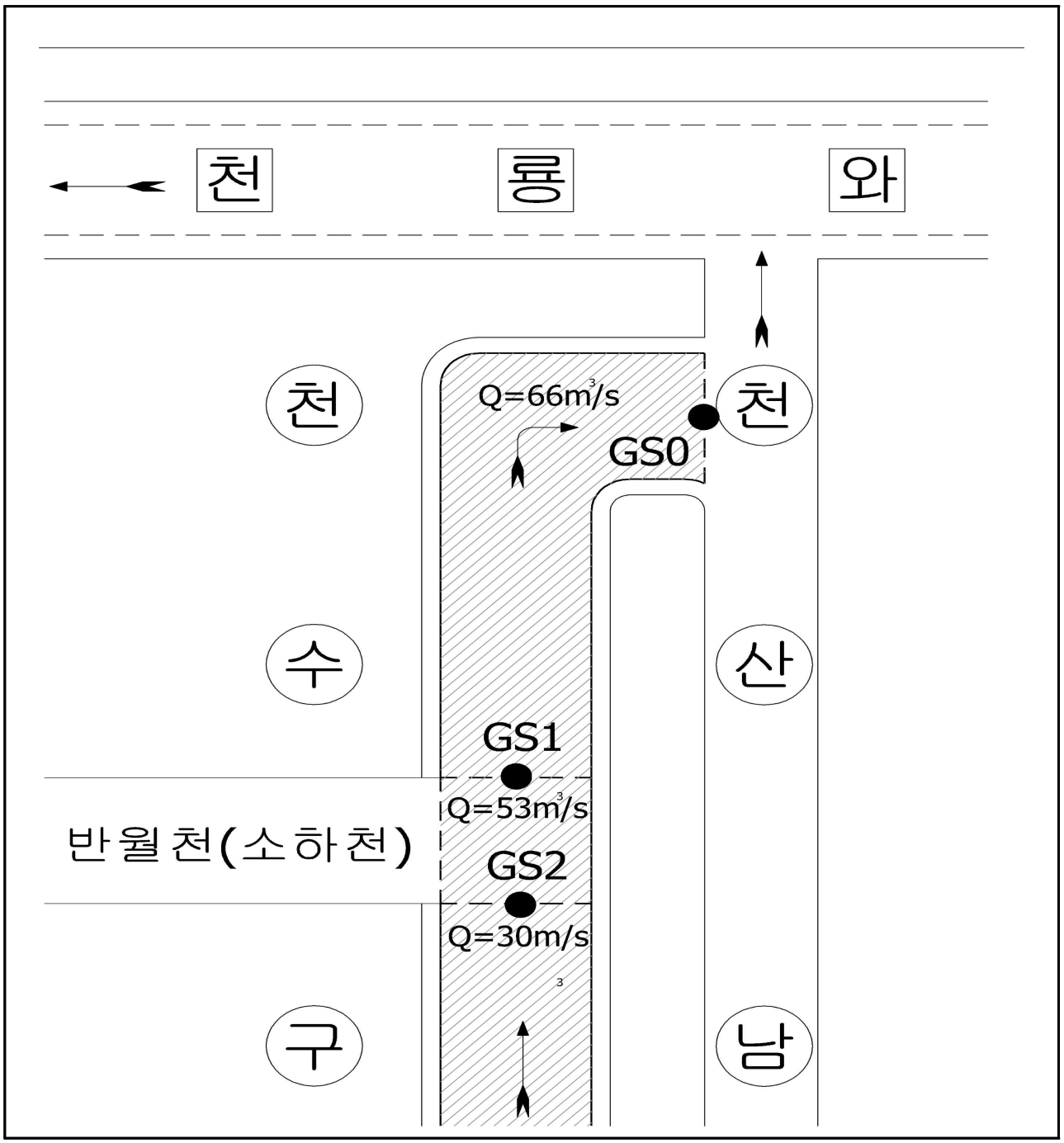
기본홍수량은 댐 및 유역변경 등과 같은 인위적인 개발이 없는 자연상태에서 흘러내리는 홍수량 중 홍수조절이나 유역개발의 기본이 되는 홍수량으로 정의되며, 댐 및 유역변경 등을 무시하고 산정된 확률홍수량의 특정 재현기간 중에서 계획기준점이나 계획시설물에 따라 결정하게 된다.

계획홍수량은 댐 및 유역변경 등과 같은 인위적인 개발을 고려한 후 하도가 부담하여야 하는 홍수량으로 정의되며, 기 산정된 기본홍수량을 유역개발계획, 홍수방어계획, 내수배제계획 및 하천환경관리계획 등과 같은 각종 계획에 맞추어 종합적으로 분석한 후, 기본홍수량을 합리적으로 배분하거나 조절할 수 있도록 채택하여야 하며, 댐 및 유역변경 등을 고려하여 산정된 확률홍수량의 특정 재현기간을 기준으로 계획기준점이나 계획시설물에 따라 결정하게 된다.

본 구수천의 경우 계획홍수량 결정시 고려하여야 하는 홍수조절이 가능한 저류시설이나 유역변경 등이 전무하므로 80년 빈도 기본홍수량을 계획홍수량으로 채택하였다.

〈표 4.1-44〉 기본 및 계획홍수량 결정

| 하천명 | 산정 지점 | 유 역 면 적 A(km²) | 유 로 연 장 L(km) | 홍수량 (m³/sec) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 기 본 | 계 획 | |
| 구수천 | GS0 | 3.66 | 3.14 | 66 | 66 | 80년 |
| | GS1 | 2.68 | 2.12 | 53 | 53 | 〃 |
| | GS2 | 1.52 | 1.72 | 30 | 30 | 〃 |




〈그림 4.1-15〉 계획홍수량 배분도

### 다. 비홍수량 비교 · 검토

본 산정한 구수천의 홍수량의 적정성을 확인하기 위하여 구수천의 인근 하천에서 산정한 비홍수량 자료와 비교하였다.

비홍수량(比洪水量, Specific flood)이라 함은 유역의 홍수량(㎥/sec)을 유역면적(㎢)으로 나눈 값으로서 비유량(比流量, Specific ischarge)라고도 하며, 유역면적이 서로 다른 유역의 유출율을 비교하는데 편리하게 사용된다.

<표 4.1-45>는 구수천의 본류하천인 남산천에서 산정한 비홍수량 자료를 비교·검토한 것인데, 표와 같이 본 산정한 구수천의 비홍수량은 18.0(구수천하구, GS0) ~ 19.7 ㎥/sec/㎢(반월천 합류전, GS2)의 범위를 가졌으며, 인근 하천의 비홍수량은 하천별로 다른 값을 가지고 있는 것으로 나타났다. 이는 비홍수량이 유역면적, 강우량, 강우분포, 유효우량, 도달시간, 형상계수, 기타인자 등 여러 가지 인자에 따라 다른 값을 갖게 되기 때문으로 판단된다.

**<표 4.1-45> 구수천 인근 하천과의 비홍수량 비교**

| 하천명<br>하천등급 | 기본계획<br>수립시기 | 적용강우<br>관측소 | 홍수량<br>산정방법 | 계획<br>빈도 | 홍수량산정지점 | | 유역<br>면적<br>(㎢) | 계획<br>홍수량<br>(㎥/sec) | 비홍수량<br>(㎥/sec<br>/㎢) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 부호 | 산정지점 | | | |
| 남산천<br>(지방) | 1992.12 | 서산(기상청) | NAKAYASU<br>(종합단위도법) | 50년 | N1 | 가리뜸 지점 | 2.39 | 35 | 14.6 |
| | | | | | N2 | 빌리들 지점 | 6.15 | 100 | 16.3 |
| | | | | | N3 | 참새들 지점 | 10.58 | 160 | 15.1 |
| | | | | | N4 | 오봉천 합류전 | 15.38 | 195 | 12.7 |
| | | | | | N5 | 오봉천 합류후 | 19.87 | 240 | 12.1 |
| | | | | | N6 | 와룡천 합류전 | 21.64 | 240 | 11.1 |
| 오봉천 | 2005.06 | 서산(기상청) | Clark<br>유역추적법 | 80년 | OB1 | 오봉천 하구 | 4.38 | 65 | 14.8 |
| | | | | | OB2 | 새마을 공리교 | 4.36 | 61 | 14.0 |
| | | | | | OB3 | 계획시점 | 4.16 | 60 | 14.4 |
| 구수천 | 금 회 | 서산(기상청) | Clark<br>유역추적법 | 80년 | GS1 | 구수천 하구 | 3.66 | 66 | 18.0 |
| | | | | | GS2 | 반월천 하류전 | 2.68 | 53 | 19.7 |
| | | | | | GS3 | 반월천 하류후 | 1.52 | 30 | 19.7 |

## 4.2 홍수위 산정

### 4.2.1 기점홍수위 및 조도계수 산정

#### 가. 기점홍수위 산정

하천개수공사의 기준이 되는 홍수위 계산 방법은 부등류해석과 부정류해석으로 대별 할 수 있으며, 두 가지 방법 모두 하류단 경계조건의 입력이 필수적이다. 부등류해석에는 통상 기점수위라고 불리는 하나의 수위만을 입력자료로 사용하며 부정류해석에는 수위수문곡선을 입력자료로 사용한다.

하천설계기준에서 제시한 기점홍수위 결정방법은 다음과 같다.

- ○ 하구 계획홍수위 또는 배수효과가 있는 지천에서는 본류의 계획홍수위
- ○ 수공구조물에 의해 한계수심이 발생한 경우는 그 점의 한계수심 또는 설계홍수위
- ○ 하도가 급확대, 단락, 만곡 또는 교각에 의해 수위변화가 일어나는 곳은 손실수두를 더하여 계산한 수위
- ○ 사수역이 발생하는 곳은 유수단면적에서 사수역을 빼고 계산한 수위
- ○ 과거에 발생한 최대홍수위, 흔적홍수위 또는 기존 제방이나 방조제의 설계홍수위
- ○ 수리모형실험에 의해 추정한 수위
- ○ 조위의 영향을 받는 경우 조위분석을 통한 상류에 최대수위상승을 유발시킬 수 있는 조위 등을 적용하여 기점홍수위를 산정한다.

본 구수천은 하류 지방하천인 남산천으로 유입하고 있으므로 본 홍수위 분석시 계획하천의 빈도별 기점수위는 「와룡천, 남산천 하천정비기본계획(1992. 12, 충청남도)」의 빈도별 홍수위를 적용하였다. 단, 「와룡천, 남산천 하천정비기본계획(1992. 12, 충청남도)」에서 200년 빈도의 홍수위는 제시되지 않아 200년빈도의 기점수위는 선형 보간하여 적용하였다. 본 구수천의 기점홍수위는 <표 4.2-1>과 같다.

**<표 4.2-1> 기점홍수위 산정**

| 구 분 | | 빈도별 기점홍수위(EL.m) | | | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 20년 | 30년 | 50년 | 80년 | 100년 | 200년 | |
| 구수천 | 남산천 홍수위 | 20.03 | 20.17 | 20.33 | 20.47 | 20.54 | 20.77 | |

【주】 자료 : 「와룡천, 남산천 하천정비기본계획 (1992. 12, 충청남도)」

## 나. 조도계수 산정

조도계수란 수로의 윤활 상태를 나타내는 수리적인 인자로서 이 조도계수의 크기에 따라 동일한 통수단면적과 경사를 갖고 있는 수로라 하더라도 통수능에 차이가 있으며, 일반적으로 Manning 조도계수를 의미한다.

하천에 있어서 조도계수는 수로 표면의 조도, 수로내 식생정도, 하도의 선형, 하도의 종·횡단적 하상변화, 인위적인 하상굴착 및 개수, 하상저하 및 상승, 유사량 및 유량의 규모 등 많은 요인에 의해서 변화되며 동일 하천, 동일 구간은 물론 경년적으로도 변화되는 것으로서 정도가 높은 값을 구하는 것은 상당히 어려운 문제이다.조도계수의 일반적인 산정방법은

① 하도상황 및 하상재료에 의한 추정

② 수위-유량곡선(Rating curve)에 의한 추정

③ 홍수 흔적 조사를 실시하여 부등류 계산에 의한 추정 등이 있다.

본 계획에서는 하천설계기준에서 제시한 <표 4.2-2>의 하천상태에 따른 조도계수 범위를 기초로 하여 하천구간별 하상상태 및 하상구성재료 조사결과와 과거 홍수흔적, 수로표면조건에 따른 조도계수 (Chow, 1959)등을 고려하여 결정하였으며, 그 결과는 <표 4.2-3>와 같다.

**<표 4.2-2> 자연하천의 조도계수(Ⅰ)**

| 하천의 상태 | 최소값 | 중간값 | 최대값 |
|---|---|---|---|
| 1. 소하천: 홍수시 수면폭이 30m 이하 | | | |
| (1) 평지하천 | | | |
| ① 깨끗한 직선수로이며, 수위가 높고, 깊은 소(pool)가 없는 경우 | 0.025 | 0.030 | 0.033 |
| ② ①과 같으나 잡초와 돌이 더 많은 경우 | 0.030 | 0.035 | 0.040 |
| ③ 하상에 만곡이 없고 약간의 소과 여울이 있는 경우 | 0.033 | 0.040 | 0.045 |
| ④ ③과 같으나 잡초와 돌이 더 많은 경우 | 0.035 | 0.045 | 0.050 |
| ⑤ ④와 같으나 수위가 낮고, 영향을 없는 경사와 단면이 많은 경우 | 0.040 | 0.048 | 0.055 |
| ⑥ ④와 같으나 ④보다 돌이 더 많은 경우 | 0.045 | 0.050 | 0.060 |
| ⑦ 유속이 느린 구간으로 잡초가 많으며 깊은 소가 경우 | 0.050 | 0.070 | 0.080 |
| ⑧ 잡초 매우 많은 구간, 깊은 소가 존재, 수목과 덤불이 무성한 경우 | 0.075 | 0.100 | 0.150 |
| (2) 산지하천 : 하도내는 식생이 없고 하안은 급경사이며 고수위시 잠기는 하안에는 식생이 있음 | | | |
| ① 하상바닥이 자갈, 작은 호박돌과 약간의 호박돌로 구성된 경우 | 0.030 | 0.040 | 0.050 |
| ② 하상바닥이 작은 호박돌과 호박돌로 구성된 경우 | 0.040 | 0.050 | 0.070 |
| 2. 대하천: 홍수시 수면폭이 30m 이상 (하안의 유효저항이 작아 소하천보다 약간 작음) | | | |
| ① 단면이 일정하고 호박돌이나 덤불이 없는 경우 | 0.025 | - | 0.060 |
| ② 단면이 불규칙하고 거친 심한 경우 | 0.035 | - | 0.100 |

【주】 자료 : 「Open Channel Hydraulics(Chow, 1959)」

<표 4.2-3> 자연하천의 조도계수(II)

| 하천의 상태 | 조도계수 범위 |
|---|---|
| 평야부 소하천, 잡초없음 | 0.025~0.033 |
| 평야부 소하천, 잡초와 관목 있음 | 0.030~0.040 |
| 평야부 소하천, 잡초 많음, 잔자갈 하상 | 0.040~0.055 |
| 산지하천, 바닥이 골재와 호박돌 | 0.030~0.050 |
| 산지하천, 바닥이 호박돌과 큰 호박돌 | 0.040~0.070 |
| 대하천, 점토와 사질하상, 사행이 적음 | 0.018~0.035 |
| 대하천, 자갈하상 | 0.020~0.040 |

【주】 자료 : 「하천설계기준·해설(한국수자원학회, 2009)」

본 계획에서는 부등류계산으로 조도계수를 역산하는 방법은 역산을 위한 자료가 충분치 못하여 하도형상 및 하상재료에 의하여 조도계수를 추정하는 방법을 채택하였으며, 구수천의 하상물질의 구성재료와 하상형태 등을 종합적으로 고려하여 결정한 결과는 <표 4.2-4>와 같다.

<표 4.2-4> 구간별 조도계수

| 구분 / 하천명 | 구간 (No.) | 조도계수 | | 하도특성 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 개수전 | 개수후 | 하상재질 | 호안 | 사행 | 식생 | 경사 |
| 구수천 | 계획시점~14+33 | 0.033 | 0.033 | 사질하상 잔자갈 | 식생호안 | 적음 | 보통 | 완만 |
| | 14+33~계획종점 | 0.033 | 0.033 | 사질하상 잔자갈 | 식생호안 | 보통 | 보통 | 완만 |

본 계획에 적용한 조도계수는 여러 차례 현장조사 결과를 토대로 현 하도상황 및 식생 정도 등을 고려하여 <표 4.2-4>와 같이 결정하였고, 개수전 및 개수후 조도계수를 동일하게 적용하였다.

### 4.2.2 하도정비계획

하도는 하천의 유수가 소통하는 공간으로 제방(levee) 또는 하안(bank)과 하상(river bed)으로 둘러싸인 부분이다. 하도정비계획은 계획홍수량 이하의 유량을 안전하게 소통할 수 있고 유송토사에 대해 안정된 하상을 유지할 수 있도록 하고 또한, 토지이용도 증진, 자연환경 보전, 그리고 하천 인접지역 토지이용의 효율성을 증대시킬 수 있도록 평면계획, 종단계획, 횡단계획 등을 수립하여야 한다.

#### 가. 평면계획

평면계획은 계획홍수량을 안전하게 소통시킬 수 있는 하도노선 선정, 제방법선 결정, 저수로법선 결정, 지류 합류점 계획, 신설 하천 계획 등을 결정하는 계획이다. 지금까지는 하천의 치수기능만을 유지할 목적으로 홍수소통 및 통수단면적의 확보를 위하여 하도를 직선화 및 확폭하는 경우가 많았으나, 이는 흐름의 형태를 단순화하고 하상재료 및 수심을 균일하게 하여 여울과 소 등 어류의 서식과 산란장의 저해, 자정능력 감소, 저수로변 식생상태의 단순화 등 하천환경의 변화를 초래한다.

따라서, 하구부가 아닌 구간에서는 하도를 가급적 직선화하지 않고, 가능한 자연형태의 선형을 유지하고, 하천정비가 필요한 곳에는 원래 하천의 연장과 비슷하게 하는 하도 평면계획을 수립하여 자연형 하천이 되도록 계획한다.

#### 나. 종단계획

종단계획은 계획홍수량을 안전하게 소통할 수 있고, 유수에 대해 안정하도가 유지될 수 있도록 계획하상경사 및 계획하상고를 결정하는 계획이다. 계획하상경사는 장래의 하상유지, 공사비 절감 측면에서 기존 평균하상경사를 따라 결정하는 것이 원칙이므로 현황 조사를 최대한 반영한다. 하지만, 첩수로 건설과 같이 부분적으로 하상을 변경하는 경우에는 구수천 전후의 하상변화를 감안하여 결정하고, 전체적으로 하상을 변경하는 경우에는 장래의 안정하도를 충분히 고려하여 결정한다.

계획하상경사는 상류에서 하류로 내려가면서 급경사에서 완경사로 점변시키도록 계획하여 연속성을 부여함으로써 지점별 소류력이 거의 평형을 이루게 되어 하상세굴 및 퇴적현상이 일어나지 않는 안정하도가 되도록 계획한다. 계획하상경사의 변화점은 기존 주요 구조물, 암반 노출지점, 지천 합류점, 지형 변화, 계획하폭 변화 등을 고려하여 결정하며, 짧은 구간으로 세분하는 것은 지양한다. 하상경사가 급하여 하상경사를 낮추어 세굴에 의한 하상저하 등을 방지할 필요가 있는 경우에는 낙차공과 같은 하상유지공 신설을 계획한다.

## 다, 횡단계획

### 1) 계획 횡단형

하도계획시 횡단형은 하상변동을 충분히 예측하고 하상변동을 억제하여 안정하도를 유지할 수 있도록 결정하여야 하며, 본 계획에서는 현하도의 이용형태 및 현황 등 여러 제반조건을 고려하여 단단면 또는 복단면으로 계획하였으며, 비탈경사는 기존 호안 조성상태가 양호하고, 호안의 안정성 및 하천의 접근성 등을 고려하여 현 비탈경사를 유지하는 것으로 계획하였으며, 기존 비탈경사가 1:2 미만의 경우 1:2 이상으로 계획하였다.

### 2) 계획하폭

#### 가) 계획(계산) 하폭 결정 기준

계획하폭은 현 지형, 연안토지 이용현황, 장래 도시개발계획, 유로의 형상 및 하천의 종단경사 등과 계획홍수량을 고려하여 유속 및 소류력에 문제점이 없도록 결정하여야 한다. 본 구수천의 계획하폭 결정시에는 계획홍수량, 현 하천 상·하류의 지형특성, 기개수 제방구간의 현 하폭 및 법선, 하천구조물 유지관리, 축제공사비, 유속, 소류력 등 수리특성을 고려하였고, 또한 「하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)」의 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭, 기 발표된 중부지방의 경험공식, 소하천 계획하폭 결정공식 등을 종합적으로 비교・검토하여 본 구수천 구수천은 대부분이 마을이 분포된 농경지를 관류하는 전형적인 농경지 및 산지하천 구간으로 80년 빈도로 결정하였다. 계획하폭과 하도법선을 결정함에 있어서는 다음 사항을 종합적으로 고려하였다.

① 제방법선은 가급적 현 유로의 방향을 고려하되 직선형과 곡선형이 조화가 되도록 계획한다.
② 하도 법선은 가능한 흐름에 대해 원활한 형상이 되게 정하며, 현 하도가 충분한 하폭을 갖고 있는 구간 일지라도 사수역에 의한 유수효과를 고려한다면 사수역을 포함하는 하폭을 확보하여야 한다.
③ 또한 홍수 시 유수방향과 수충 위치를 검토하여 흐름에 대한 저항을 최소화하면서 유하할 수 있게 정한다.
④ 제방이 설치된 하도 상류단에서 상류유역의 홍수유출량이 하도로 안전하게 유입될 수 있도록 배후지 지반고가 충분히 높은 지점, 도로, 산 등을 따라 선형을 정한다.

본 계획의 계획하폭 및 제방법선은 하천에 인근하여 발생되는 폐천부지의 발생을 지양하여 장래에 하천사업 시행시 치수시설의 안정적 확보, 하천환경, 홍수시 첨두유량의 감소효과를 위한 저류지 확보 등, 향후 하천측면에서 활용할 수 있도록 하천구역으로 관리하고자 기존의 하천부지를 최대한 하천구역으로 편입시키고, 하천관리 구간을 두어 홍수시에는 홍수터 및 유수지 역할을 할 수 있도록 계획하였다.

참고로 하천설계기준의 유량규모에 따른 계획하폭은 다음 <표 4.2-5>와 같고 경험공식을 기술하면 다음과 같다.

**<표 4.2-5> 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭**

| 계 획 홍 수 량 ($m^3/s$) | 하 폭 (m) | 비 고 |
|---|---|---|
| 300 | 40 ~ 60 | |
| 500 | 60 ~ 80 | |
| 800 | 80 ~ 110 | |
| 1,000 | 90 ~ 120 | |
| 2,000 | 160 ~ 220 | |
| 5,000 | 350 ~ 450 | |
| 5,000 이상 | 계획홍수량을 안전하게 소통하고 안정하도를 유지할 수 있도록 적절히 결정 하되 기존에 발표된 경험공식을 참고한다. | |

【주】 자료 : 하천설계기준·해설 (2009. 한국수자원학회)」 P.264

### 나) 기타 계획하폭 공식

① 대하천 공식 [자료 :「하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)」 P.264]

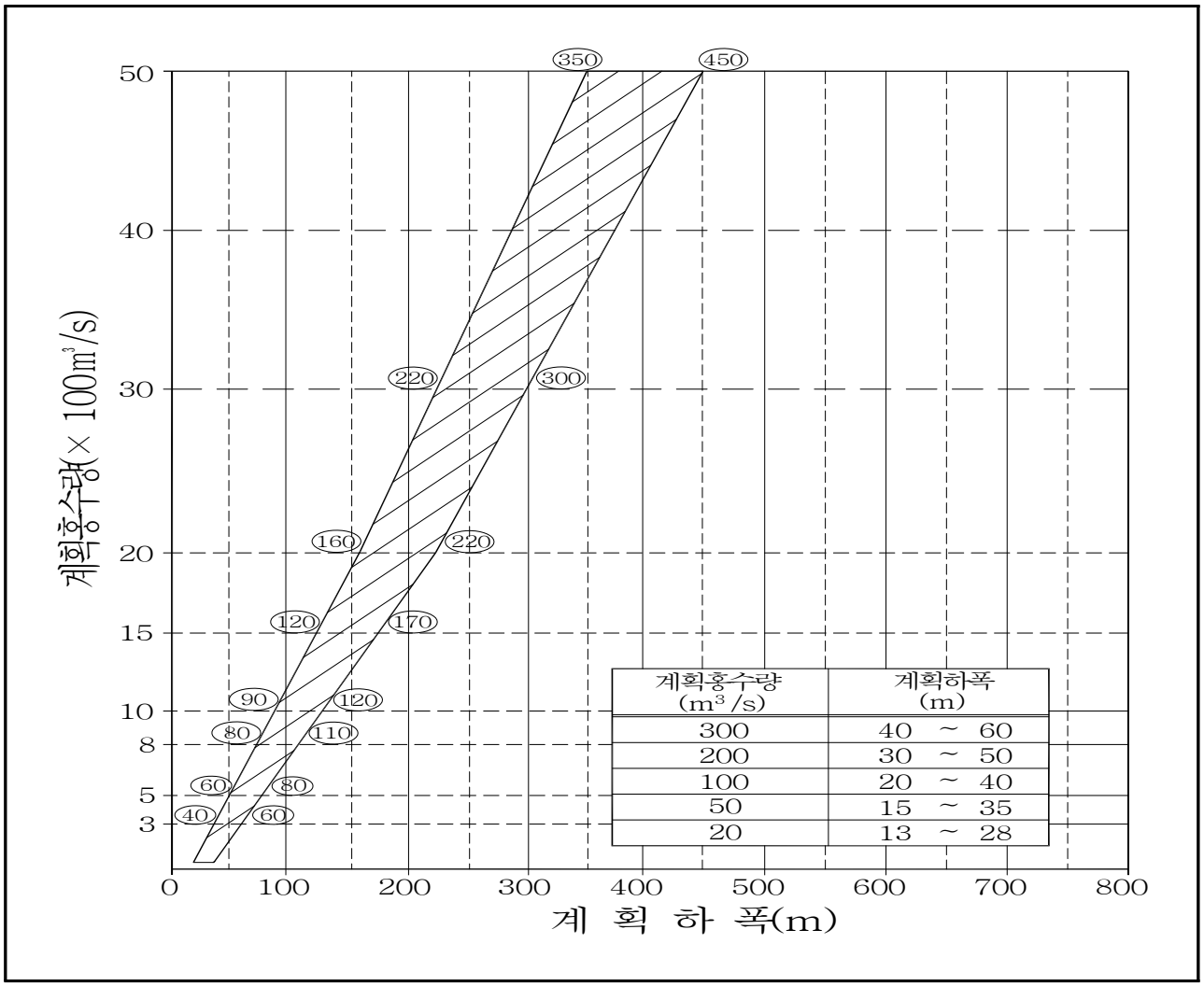
$$B = \alpha Q^{0.73}$$

여기서,

B : 계획 하폭(m)

$\alpha$ : 하상경사에 따른 계수($\alpha$=1.09)

Q : 계획홍수량($m^3/s$)




**<그림 4.2-1> 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭 산정도**

② 중소하천 공식(본적용 : 남부지방 공식)

$$B = 1.698\frac{A^{0.318}}{\sqrt{I}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \text{남부지방(영남, 호남)}$$

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

여기서,

B : 계획하폭(m)

Q : 계획홍수량($m^3/s$)

I : 하상경사(m/m)

A : 유역면적($km^2$) [자료 : 「하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)」 P.264]

③ 소하천의 계획하폭 결정공식

$B = 1.235\,Q^{0.6376}$ (계획홍수량이 300m³/s 이하)

$B = 8.794\,A^{0.5603}$ (유역면적이 10km² 이하일 때)

여기서

B : 계획하폭(m)

Q : 계획홍수량(m³/s)

A : 유역면적(km²), [자료 :「소하천시설기준(1996. 행정자치부)」 P.161]

**<표 4.2-6> 계획하폭**

| 하천 | 구 간 (No.) | 유 역 면 적 (km²) | 계 획 홍수량 (m³/s) | 계 획 하 폭 (m) | | | | | 금 회 적 용 (m) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 현하폭 ① | 대하천 공식② | 중소 하천 공식③ | ④소하천공식 | | | |
| | | | | | | | 홍수량 기준 | 면적 기준 | | |
| 구수천 | 계획시점 ~ 14+33 | 2.68 | 30 | 6 ~ 18 | 13 | 17 | 11 | 15 | 11 ~ 20 | |
| | 14+33 ~ 계획종점 | 3.66 | 66 | 14 ~ 21 | 23 | 28 | 18 | 18 | 15 ~ 26 | |

## 4.2.3 재현기간별 홍수위 산정

상기 재현기간별 홍수량, 기점홍수위, 조도계수 등을 모형의 주요 입력인자로 하여 재현기간별 홍수위를 개수전과 개수후로 산정한다. 여기서, 개수후 단면은 초기하폭을 토대로 시행착오 방법을 통하여 채택되는 계획하폭에 따른 단면이며, 채택된 계획하폭은 후술되는 계획홍수위에 기술되어 있다.

홍수위 계산 방법에는 부등류 및 부정류 계산 등이 있으며 일반적으로 하도내에서 홍수는 시간에 따라 비교적 완만하게 변화하기 때문에 주로 부등류 계산 방법을 이용한다.

부등류 계산은 시간별 수위수문곡선을 계산할 수 없는 단점을 가지고 있지만 일반 자연하천에서는 대부분 적용 가능하며, 부등류 계산은 표준축차법(standard step method)을 주로 채택하고 있다.

표준축차법은 <그림 4.2-2>에 나타낸 바와 같이 수위를 알고있는 기지단면에서 일정 거리 떨어진 임의단면의 수위를 가정한 후, 가정 수위가 BerNoulli 방정식을 이용하여 계산된 수위와 일치되도록 시행착오법으로 결정하고 이를 축차적으로 연결해 나가는 방법이다.

$$H_1 = H_2 + h_L$$

$$H_1 = h_1 + \frac{\alpha V_1^2}{2g}$$

$$H_2 = h_2 + \frac{\alpha V_2^2}{2g}$$

$$h_1 = z_1 + y_1 = z_2 + S_0 \Delta x + y_1$$

$$h_2 = z_2 + y_2$$

$$h_L = \overline{S_f} \Delta x = \frac{1}{2}(S_{f1} + S_{f2}) \Delta x = \frac{1}{2}\left(n_1^2 V_1^2 / R_{h1}^{4/3} + n_2^2 V_2^2 / R_{h2}^{4/3}\right) \Delta x$$

여기서,

첨자 1 : 수위를 알고 있는 단면

첨자 2 : 수위를 계산하는 단면

$H_1$, $H_2$ : 기준면으로부터 전수두

$h_1$, $h_2$ : 기준면으로부터 수위

$V_1$, $V_2$ : 유속

$\alpha_1$, $\alpha_2$ : 에너지보정계수

g : 중력가속도

$\Delta x$ : 구간거리

$h_L$ : 마찰손실수두

$\overline{S_f}$ : 평균 마찰경사이다.

한편, 대부분의 자연하천은 저수로와 홍수터(둔치)로 구성되어 있으며, 홍수시 에너지보정계수와 마찰특성은 저수로와 좌우 홍수터가 서로 다르므로 이를 고려하여 수면곡선을 계산하여야 하며 에너지보정계수 및 마찰경사는 다음과 같이 계산한다.

$$\alpha = \frac{A^2}{K^3} \sum \left( \frac{K_i^2}{A_i^2} \right), \qquad S_f = \frac{Q^2}{K^2}$$

여기서,

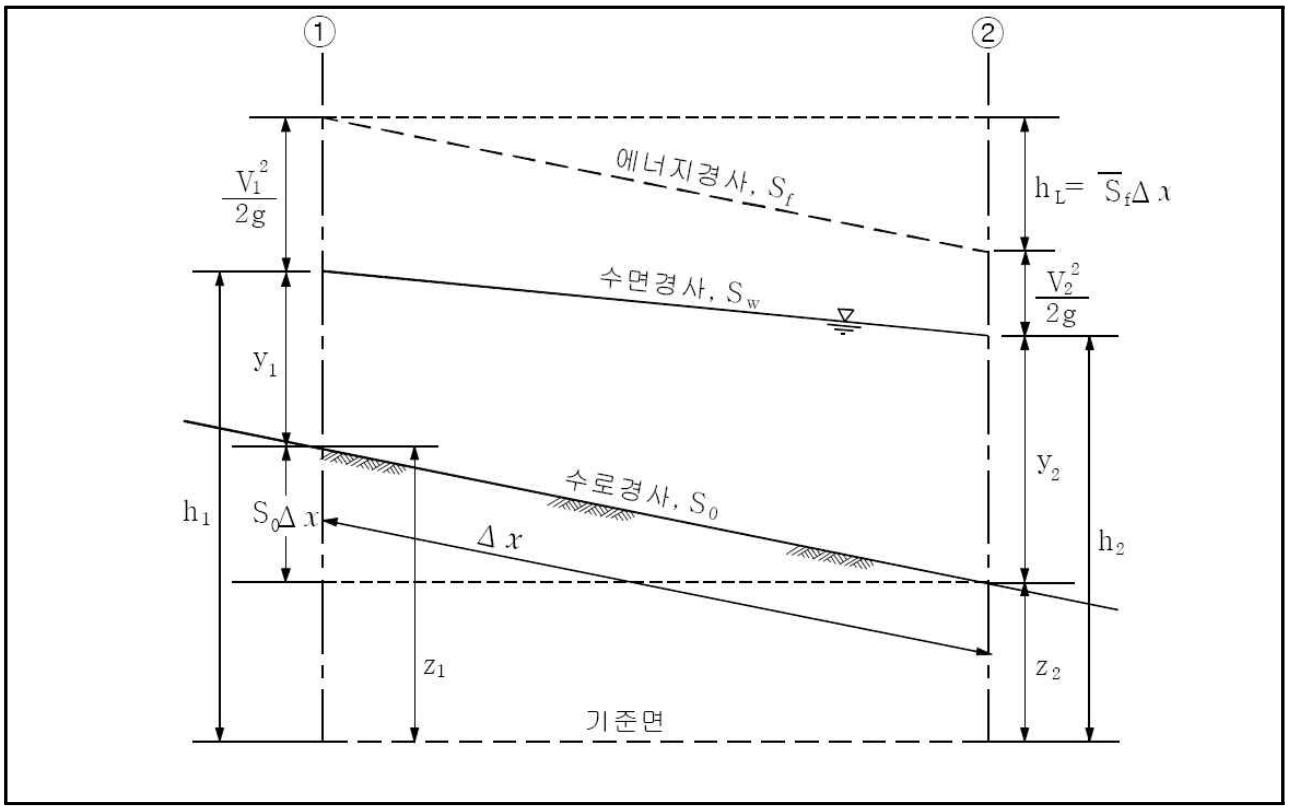
α : 에너지보정계수

$S_f$ : 마찰경사

A : 소단면 면적($A_i$)의 합

K : 소단면 통수능($K_i$)의 합

Q : 소단면 유량($Q_i$)의 합




**<그림 4.2-2> 부등류 계산**

현재 부등류 계산 모형 중 HEC-RAS(river analysis system) 모형이 가장 많이 사용되고 있으므로 본 계획에서도 이를 채택하였다. HEC-RAS 모형을 사용할 경우 가장 유의해야 되는 부분은 하상경사가 급한 경우 또는 수공구조물에 의해 지배단면이 발생할 경우 사류가 발생하게 되는 것을 처리하는 방안이다.

HEC-RAS 이전 모형인 HEC-2 모형의 경우에는 전체 하도구간에서 상류(subcritical flow)와 사류(supercritical flow)가 공존하는 혼합류(mixed flow)이어서 구간 중간에 지배단면이 나타나는 경우, 지배단면에서 사류가 발생하여 상·하류의 수위는 서로 영향을 미치

지 않는 단절이 발생하는 것으로 간주한다. 이에 따라 지배단면의 한계수심을 기점수위로 하고 지배단면 상류방향으로 계산과 하류방향으로 계산을 구분하여 실시하여야 하므로 복잡하게 되며 지배단면 하류의 경우에는 계산방향이 바뀌게 된다.

HEC-RAS 모형에서는 상류단과 하류단에 모두 경계조건을 입력한 후 혼합류(mixed flow)로 처리하면 한 번에 계산할 수 있으며 구체적인 계산방법은 다음과 같다.

- 하류단에서 상류단으로 상류(subcritical) 수면곡선을 계산하고, 사류가 발생되는 지점은 한계수심(critical depth)이 발생하는 것으로 간주하고, 이 지점은 차후 분석에 사용하기 위하여 표시하여 둔다.
- 상류단에서 하류단으로 사류(supercritical) 수면곡선을 계산하기 위해서는 추가적으로 하류단 경계조건과 동일한 방법으로 상류단 경계조건을 입력하여야 한다. 사류계산 방법은 사류를 채택하는 것이 타당한 지를 검토하여 타당하면 사류계산을 계속하고, 반대의 경우에는 그 지점부터 상류계산에서 미리 계산된 다음 한계수심이 발생하는 하류 지점까지는 상류계산 결과를 채택하여 내려가서 다음 한계수심에서 사류계산을 다시 시작하는 방식을 채택한다.
- 상류단 경계조건이 사류조건이면 상류단 경계조건의 비력(specific force)을 이미 계산된 상류상태의 수면곡선의 비력과 비교한 후, 사류조건이 크면 상류단을 지배단면으로 채택하여 상류단부터 하류로 사류계산을 수행한다. 사류계산 수행시에는 상류상태와 사류상태의 계산값이 동시에 유효한 단면까지 사류 수면곡선을 계산하여 내려가서 상류와 사류 중에서 더 큰 비력을 가지는 계산값을 채택한다. 사류 계산값의 비력이 더 큰 경우에는 하류로 사류계산을 계속 수행하여 가면서 비력을 비교하여 채택하는 과정을 반복하며, 상류 계산값의 비력이 더 큰 경우에는 다음 한계수심이 발생하는 단면까지 내려가서 이와 같은 과정을 반복한다.

일반하천의 경우 혼합류계산의 수면곡선이 상류계산의 수면곡선과 달라지는 것은 상류계산의 한계수심 발생 지점 수위가 사류로 변환되어 약간 낮아지는 경우만 발생하는 것으로 나타났다.

따라서, 상류계산에 의한 홍수위가 사류계산에 의한 홍수위보다 높으므로 상대적으로 설계 안전측이며 또한, 수면곡선의 연속성도 상류계산에 의한 수면곡선이 보다 양호하므로 상류계산 결과를 채택하기로 하였으며, 그 결과는 <표 4.2-7>과 같다.

## <표 4.2-7> 구수천 빈도별 홍수위

| 측점 (No) | 누가거리 (m) | 빈도별 홍수위 (EL.m) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 개 수 전 | | | | | | 개 수 후 | | | | | |
| | | 20년 | 30년 | 50년 | 80년 | 100년 | 200년 | 20년 | 30년 | 50년 | 80년 | 100년 | 200년 |
| 0+0 | 0 | 20.03 | 20.17 | 20.33 | 20.47 | 20.54 | 20.77 | 20.03 | 20.17 | 20.33 | 20.47 | 20.54 | 20.77 |
| 0+50 | 50 | 20.05 | 20.19 | 20.35 | 20.49 | 20.56 | 20.79 | 20.04 | 20.18 | 20.34 | 20.48 | 20.55 | 20.78 |
| 1+0 | 100 | 20.07 | 20.21 | 20.37 | 20.51 | 20.58 | 20.81 | 20.08 | 20.23 | 20.39 | 20.53 | 20.60 | 20.83 |
| 1+50 | 150 | 20.17 | 20.31 | 20.47 | 20.62 | 20.69 | 20.91 | 20.11 | 20.25 | 20.42 | 20.56 | 20.63 | 20.86 |
| 2+0 | 200 | 20.24 | 20.39 | 20.55 | 20.70 | 20.77 | 20.99 | 20.14 | 20.28 | 20.45 | 20.59 | 20.66 | 20.90 |
| 2+50 | 250 | 20.30 | 20.45 | 20.61 | 20.75 | 20.82 | 21.04 | 20.15 | 20.29 | 20.46 | 20.60 | 20.68 | 20.91 |
| 3+0 | 300 | 20.36 | 20.50 | 20.66 | 20.80 | 20.87 | 21.09 | 20.16 | 20.30 | 20.46 | 20.61 | 20.68 | 20.91 |
| 3+50 | 350 | 20.39 | 20.53 | 20.69 | 20.84 | 20.91 | 21.13 | 20.20 | 20.34 | 20.50 | 20.65 | 20.72 | 20.95 |
| 3+92 | 393 | 20.60 | 20.74 | 20.90 | 21.05 | 21.12 | 21.33 | 20.46 | 20.60 | 20.77 | 20.91 | 20.98 | 21.20 |
| 4+0 | 400 | 20.63 | 20.77 | 20.93 | 21.08 | 21.15 | 21.36 | 20.47 | 20.61 | 20.77 | 20.91 | 20.98 | 21.20 |
| 4+50 | 450 | 20.84 | 20.97 | 21.12 | 21.26 | 21.32 | 21.52 | 20.55 | 20.66 | 20.80 | 20.92 | 20.98 | 21.17 |
| 5+0 | 500 | 21.04 | 21.17 | 21.31 | 21.44 | 21.50 | 21.69 | 21.03 | 21.15 | 21.29 | 21.42 | 21.48 | 21.66 |
| 5+50 | 550 | 21.31 | 21.43 | 21.58 | 21.71 | 21.76 | 21.94 | 21.31 | 21.43 | 21.57 | 21.70 | 21.75 | 21.92 |
| 6+0 | 600 | 21.48 | 21.60 | 21.75 | 21.89 | 21.94 | 22.13 | 21.48 | 21.60 | 21.75 | 21.88 | 21.93 | 22.11 |
| 6+50 | 650 | 21.54 | 21.66 | 21.81 | 21.94 | 22.00 | 22.18 | 21.53 | 21.66 | 21.81 | 21.94 | 21.99 | 22.17 |
| 7+0 | 700 | 21.64 | 21.76 | 21.90 | 22.03 | 22.09 | 22.26 | 21.64 | 21.76 | 21.90 | 22.03 | 22.08 | 22.25 |
| 7+50 | 750 | 21.90 | 22.01 | 22.14 | 22.26 | 22.31 | 22.47 | 21.90 | 22.01 | 22.14 | 22.26 | 22.31 | 22.47 |
| 8+0 | 800 | 22.20 | 22.31 | 22.44 | 22.55 | 22.61 | 22.77 | 22.20 | 22.31 | 22.44 | 22.56 | 22.60 | 22.76 |
| 8+50 | 850 | 22.54 | 22.65 | 22.78 | 22.89 | 22.94 | 23.09 | 22.54 | 22.65 | 22.78 | 22.89 | 22.94 | 23.09 |
| 9+0 | 900 | 22.77 | 22.87 | 22.99 | 23.09 | 23.12 | 23.25 | 22.77 | 22.87 | 22.99 | 23.09 | 23.12 | 23.25 |
| 9+50 | 950 | 23.53 | 23.61 | 23.72 | 23.81 | 23.85 | 23.98 | 23.53 | 23.61 | 23.72 | 23.81 | 23.85 | 23.98 |
| 10+0 | 1,000 | 24.18 | 24.28 | 24.41 | 24.52 | 24.57 | 24.72 | 24.18 | 24.28 | 24.41 | 24.52 | 24.57 | 24.72 |
| 10+50 | 1,050 | 24.23 | 24.34 | 24.47 | 24.58 | 24.63 | 24.79 | 24.23 | 24.34 | 24.47 | 24.58 | 24.63 | 24.79 |
| 11+0 | 1,100 | 24.40 | 24.50 | 24.63 | 24.74 | 24.79 | 24.94 | 24.40 | 24.50 | 24.63 | 24.74 | 24.79 | 24.94 |
| 11+50 | 1,150 | 24.55 | 24.65 | 24.77 | 24.88 | 24.93 | 25.08 | 24.55 | 24.65 | 24.77 | 24.88 | 24.93 | 25.08 |
| 12+0 | 1,200 | 24.90 | 24.98 | 25.09 | 25.18 | 25.22 | 25.35 | 24.90 | 24.98 | 25.09 | 25.18 | 25.22 | 25.35 |
| 12+16 | 1,217 | 25.47 | 25.58 | 25.71 | 25.82 | 25.87 | 26.00 | 25.24 | 25.34 | 25.47 | 25.59 | 25.63 | 25.76 |
| 12+50 | 1,250 | 25.64 | 25.74 | 25.86 | 25.98 | 26.03 | 26.17 | 25.53 | 25.63 | 25.77 | 25.87 | 25.92 | 26.06 |
| 13+0 | 1,300 | 25.84 | 25.94 | 26.06 | 26.17 | 26.22 | 26.36 | 25.79 | 25.89 | 26.01 | 26.12 | 26.16 | 26.30 |
| 13+50 | 1,350 | 26.19 | 26.29 | 26.41 | 26.52 | 26.57 | 26.72 | 26.19 | 26.30 | 26.42 | 26.53 | 26.57 | 26.72 |
| 14+0 | 1,400 | 26.40 | 26.51 | 26.63 | 26.75 | 26.80 | 26.96 | 26.39 | 26.50 | 26.63 | 26.75 | 26.80 | 26.96 |
| 14+9 | 1,409 | 26.64 | 26.76 | 26.90 | 27.03 | 27.08 | 27.25 | 26.53 | 26.65 | 26.79 | 26.92 | 26.97 | 27.15 |
| 14+50 | 1,450 | 26.82 | 26.92 | 27.04 | 27.12 | 27.16 | 27.29 | 26.53 | 26.65 | 26.79 | 26.92 | 26.97 | 27.15 |

## <표 4.2-7> 구수천 빈도별 홍수위(계속)

| 측점 (No) | 누가 거리 (m) | 빈도별 홍수위 (EL.m) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 개수전 | | | | | | 개수후 | | | | | |
| | | 20년 | 30년 | 50년 | 80년 | 100년 | 200년 | 20년 | 30년 | 50년 | 80년 | 100년 | 200년 |
| 15+0 | 1,500 | 27.05 | 27.12 | 27.20 | 27.23 | 27.26 | 27.34 | 26.59 | 26.70 | 26.84 | 26.96 | 27.01 | 27.18 |
| 15+50 | 1,550 | 27.55 | 27.64 | 27.76 | 27.86 | 27.91 | 28.04 | 26.74 | 26.84 | 26.96 | 27.07 | 27.11 | 27.26 |
| 16+0 | 1,600 | 27.78 | 27.85 | 27.94 | 28.02 | 28.05 | 28.14 | 27.12 | 27.18 | 27.25 | 27.32 | 27.33 | 27.42 |
| 16+15 | 1,615 | 28.28 | 28.41 | 28.56 | 28.70 | 28.76 | 28.96 | 27.49 | 27.56 | 27.65 | 27.74 | 27.76 | 27.87 |
| 16+50 | 1,650 | 28.47 | 28.61 | 28.78 | 28.94 | 29.01 | 29.22 | 27.49 | 27.57 | 27.67 | 27.77 | 27.79 | 27.90 |
| 17+0 | 1,700 | 28.52 | 28.65 | 28.82 | 28.97 | 29.04 | 29.25 | 28.17 | 28.25 | 28.34 | 28.44 | 28.46 | 28.57 |
| 17+50 | 1,750 | 28.53 | 28.66 | 28.82 | 28.98 | 29.04 | 29.26 | 28.56 | 28.64 | 28.74 | 28.85 | 28.87 | 28.98 |
| 18+0 | 1,800 | 28.71 | 28.79 | 28.90 | 29.01 | 29.05 | 29.21 | 28.71 | 28.79 | 28.90 | 29.03 | 29.05 | 29.21 |
| 18+50 | 1,850 | 29.50 | 29.58 | 29.70 | 29.81 | 29.85 | 29.98 | 29.50 | 29.58 | 29.70 | 29.83 | 29.85 | 29.98 |
| 18+97 | 1,897 | 30.44 | 30.63 | 30.82 | 30.97 | 31.03 | 31.26 | 30.05 | 30.15 | 30.26 | 30.38 | 30.41 | 30.54 |
| 19+0 | 1,900 | 30.59 | 30.79 | 31.00 | 31.18 | 31.26 | 31.51 | 30.05 | 30.15 | 30.26 | 30.38 | 30.41 | 30.54 |
| 19+50 | 1,950 | 30.65 | 30.85 | 31.06 | 31.23 | 31.31 | 31.56 | 30.15 | 30.24 | 30.36 | 30.47 | 30.50 | 30.63 |
| 19+85 | 1,985 | 30.80 | 30.89 | 31.09 | 31.26 | 31.34 | 31.60 | 30.80 | 30.87 | 30.95 | 31.04 | 31.06 | 31.15 |
| 20+0 | 2,000 | 30.86 | 30.95 | 31.13 | 31.30 | 31.37 | 31.62 | 30.87 | 30.93 | 31.02 | 31.11 | 31.13 | 31.23 |
| 20+50 | 2,050 | 31.00 | 31.08 | 31.23 | 31.38 | 31.44 | 31.67 | 31.00 | 31.07 | 31.16 | 31.25 | 31.27 | 31.38 |
| 20+80 | 2,080 | 31.69 | 31.77 | 31.86 | 31.94 | 31.97 | 32.08 | 31.69 | 31.77 | 31.86 | 31.95 | 31.97 | 32.08 |
| 21+0 | 2,100 | 31.71 | 31.79 | 31.89 | 31.97 | 32.01 | 32.12 | 31.71 | 31.79 | 31.89 | 31.99 | 32.01 | 32.12 |
| 21+39 | 2,139 | 32.99 | 33.22 | 33.42 | 33.55 | 33.61 | 33.59 | 32.13 | 32.22 | 32.33 | 32.44 | 32.46 | 32.59 |
| 21+50 | 2,150 | 33.23 | 33.47 | 33.69 | 33.86 | 33.93 | 34.01 | 32.33 | 32.40 | 32.49 | 32.58 | 32.60 | 32.70 |
| 22+0 | 2,200 | 33.30 | 33.52 | 33.74 | 33.90 | 33.97 | 34.05 | 32.90 | 32.99 | 33.09 | 33.20 | 33.23 | 33.35 |
| 22+29 | 2,229 | 33.59 | 33.65 | 33.78 | 33.93 | 34.00 | 34.09 | 33.51 | 33.58 | 33.66 | 33.74 | 33.75 | 33.85 |
| 22+50 | 2,250 | 33.71 | 33.77 | 33.89 | 34.02 | 34.08 | 34.18 | 33.57 | 33.64 | 33.72 | 33.81 | 33.83 | 33.93 |
| 22+73 | 2,273 | 33.93 | 34.04 | 34.20 | 34.37 | 34.45 | 34.59 | 33.67 | 33.75 | 33.84 | 33.93 | 33.96 | 34.07 |
| 23+0 | 2,300 | 34.21 | 34.35 | 34.54 | 34.73 | 34.82 | 35.01 | 34.06 | 34.12 | 34.19 | 34.27 | 34.29 | 34.37 |
| 23+25 | 2,323 | 34.24 | 34.37 | 34.56 | 34.75 | 34.84 | 35.04 | 34.06 | 34.12 | 34.19 | 34.27 | 34.29 | 34.37 |
| 23+50 | 2,350 | 34.28 | 34.41 | 34.59 | 34.77 | 34.85 | 35.05 | 34.14 | 34.21 | 34.28 | 34.36 | 34.38 | 34.46 |
| 24+0 | 2,400 | 34.52 | 34.63 | 34.78 | 34.93 | 35.01 | 35.19 | 34.47 | 34.55 | 34.65 | 34.75 | 34.77 | 34.88 |
| 24+8 | 2,408 | 34.92 | 34.99 | 35.06 | 35.13 | 35.16 | 35.25 | 34.92 | 34.99 | 35.06 | 35.14 | 35.16 | 35.25 |
| 24+50 | 2,450 | 35.07 | 35.14 | 35.22 | 35.30 | 35.33 | 35.43 | 35.07 | 35.14 | 35.22 | 35.31 | 35.33 | 35.43 |
| 24+77 | 2,472 | 36.58 | 36.86 | 37.05 | 37.20 | 37.26 | 37.30 | 35.45 | 35.52 | 35.59 | 35.68 | 35.69 | 35.79 |
| 25+0 | 2,500 | 36.91 | 37.17 | 37.38 | 37.55 | 37.63 | 37.75 | 35.71 | 35.78 | 35.87 | 35.96 | 35.98 | 36.08 |
| 25+50 | 2,550 | 36.92 | 37.18 | 37.39 | 37.56 | 37.64 | 37.76 | 36.34 | 36.41 | 36.49 | 36.57 | 36.59 | 36.68 |
| 26+0 | 2,600 | 36.97 | 37.21 | 37.42 | 37.58 | 37.66 | 37.78 | 36.71 | 36.78 | 36.86 | 36.95 | 36.96 | 37.06 |

<표 4.2-7> 구수천 빈도별 홍수위(계속)

| 측점 (No) | 누가 거리 (m) | 빈도별 홍수위 (EL.m) | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 개수전 | | | | | | 개수후 | | | | | |
| | | 20년 | 30년 | 50년 | 80년 | 100년 | 200년 | 20년 | 30년 | 50년 | 80년 | 100년 | 200년 |
| 26+49 | 2,649 | 37.83 | 37.89 | 37.97 | 38.03 | 38.06 | 38.14 | 37.83 | 37.89 | 37.97 | 38.04 | 38.06 | 38.14 |
| 26+50 | 2,650 | 37.87 | 37.93 | 38.00 | 38.07 | 38.10 | 38.18 | 37.87 | 37.93 | 38.00 | 38.08 | 38.10 | 38.18 |
| 26+81 | 2,681 | 38.71 | 38.78 | 38.86 | 38.92 | 38.95 | 39.05 | 38.71 | 38.78 | 38.86 | 38.93 | 38.95 | 39.05 |
| 27+0 | 2,700 | 38.86 | 38.93 | 39.01 | 39.08 | 39.11 | 39.21 | 38.86 | 38.93 | 39.01 | 39.09 | 39.11 | 39.21 |
| 27+50 | 2,750 | 39.26 | 39.33 | 39.42 | 39.50 | 39.53 | 39.64 | 39.26 | 39.33 | 39.42 | 39.51 | 39.53 | 39.64 |
| 27+81 | 2,781 | 40.20 | 40.27 | 40.36 | 40.44 | 40.47 | 40.57 | 40.19 | 40.26 | 40.35 | 40.43 | 40.45 | 40.56 |
| 28+0 | 2,800 | 40.23 | 40.31 | 40.39 | 40.46 | 40.50 | 40.60 | 40.18 | 40.25 | 40.35 | 40.43 | 40.45 | 40.55 |
| 28+37 | 2,837 | 41.83 | 41.79 | 42.03 | 42.24 | 42.34 | 42.63 | 40.73 | 40.82 | 40.93 | 41.05 | 41.08 | 41.22 |
| 28+50 | 2,850 | 42.13 | 42.17 | 42.43 | 42.67 | 42.78 | 43.10 | 40.82 | 40.90 | 40.99 | 41.09 | 41.11 | 41.22 |
| 28+66 | 2,866 | 42.14 | 42.19 | 42.45 | 42.69 | 42.79 | 43.12 | 41.83 | 41.91 | 42.01 | 42.10 | 42.13 | 42.23 |
| 29+0 | 2,900 | 42.32 | 42.39 | 42.61 | 42.82 | 42.92 | 43.23 | 41.92 | 42.01 | 42.11 | 42.21 | 42.24 | 42.35 |
| 29+45 | 2,945 | 42.75 | 42.86 | 43.12 | 43.38 | 43.49 | 43.84 | 42.13 | 42.23 | 42.35 | 42.47 | 42.50 | 42.63 |
| 29+50 | 2,950 | 42.90 | 43.07 | 43.39 | 43.68 | 43.81 | 44.19 | 42.30 | 42.39 | 42.52 | 42.62 | 42.65 | 42.78 |
| 29+79 | 2,979 | 43.32 | 43.38 | 43.51 | 43.76 | 43.88 | 44.26 | 43.27 | 43.34 | 43.49 | 43.51 | 43.53 | 43.64 |
| 30+0 | 3,000 | 43.67 | 43.73 | 43.81 | 43.88 | 43.91 | 44.06 | 43.28 | 43.35 | 43.43 | 43.51 | 43.53 | 43.62 |
| 30+48 | 3,048 | 44.46 | 44.54 | 44.64 | 44.72 | 44.76 | 44.88 | 44.19 | 44.28 | 44.38 | 44.48 | 44.50 | 44.61 |
| 30+50 | 3,050 | 44.71 | 44.77 | 44.86 | 44.94 | 44.97 | 45.08 | 44.20 | 44.29 | 44.40 | 44.50 | 44.52 | 44.63 |
| 30+66 | 3,066 | 45.57 | 45.71 | 45.88 | 46.02 | 46.07 | 46.36 | 44.32 | 44.41 | 44.52 | 44.63 | 44.66 | 44.78 |
| 30+97 | 3,097 | 45.84 | 46.01 | 46.22 | 46.40 | 46.48 | 46.80 | 45.38 | 45.47 | 45.57 | 45.67 | 45.70 | 45.81 |
| 31+0 | 3,100 | 45.90 | 46.06 | 46.26 | 46.44 | 46.52 | 46.83 | 45.47 | 45.56 | 45.66 | 45.77 | 45.80 | 45.91 |
| 31+40 | 3,140 | 46.58 | 46.68 | 46.81 | 46.92 | 46.98 | 47.14 | 46.58 | 46.68 | 46.81 | 46.95 | 46.98 | 47.14 |

### 4.2.4 계획홍수위 산정

#### 가. 계획홍수위 산정

계획홍수위는 재현기간별 개수후 홍수위 중에서 계획빈도로 채택된 바 있는 80년 빈도의 홍수위를 채택하면 된다. 하지만 추가적으로 계획홍수위는 최종적으로 제방고를 결정하는데 사용되므로 홍수위의 요철구간을 평활화(smoothing)하는 과정을 도입하여 조정하여야 하며, 이와 같이 조정된 홍수위를 최종 계획홍수위로 결정하였다.

또한, 계획하폭은 경험공식을 이용한 초기 계획하폭을 홍수위, 종단도 및 구수천의 주변 현하폭 등을 고려하여 제반 조건에 부합되도록 재조정하여 최종 계획하폭으로 결정하였다. 이와 같이 결정된 본 구수천 각각의 최종 계획홍수위 및 계획하폭은 <표 4.2-8>과 같고, 동 표에는 기설 제방고도 함께 나타내어 후술되는 제방계획에서 채택되는 여유고를 기준으로 제방 증고 필요 여부를 판단할 수 있도록 하였다.

**<표 4.2-8> 구수천 계획홍수위, 계획하폭 및 기설제방고**

| 측 점 (No.) | 거 리 (m) | | 계 획 홍수량 ($m^3/s$) | 홍수위 (EL.m) | 기설제방고 (EL.m) | | 하 폭 (m) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 구 간 | 누 가 | | 계획 | 좌안 | 우안 | 현재 | 계획 | |
| 0+0 | 0 | - | 66 | 20.47 | 21.12 | 20.52 | 19 | | |
| 0+50 | 50 | 50 | 66 | 20.48 | 20.55 | 20.40 | 19 | | |
| 1+0 | 50 | 100 | 66 | 20.53 | 20.70 | 20.30 | 18 | | |
| 1+50 | 50 | 150 | 66 | 20.56 | 20.80 | 20.53 | 17 | | |
| 2+0 | 50 | 200 | 66 | 20.59 | 20.94 | 20.87 | 17 | | |
| 2+50 | 50 | 250 | 66 | 20.60 | 21.05 | 20.78 | 17 | | |
| 3+0 | 50 | 300 | 66 | 20.61 | 21.66 | 21.40 | 18 | | |
| 3+50 | 50 | 350 | 66 | 20.65 | 21.91 | 21.65 | 17 | | |
| 3+92 | 4.5 | 393 | 66 | 20.91 | 22.60 | 22.60 | 17 | | 교량 |
| 4+0 | 7.5 | 400 | 66 | 20.91 | 22.20 | 21.98 | 17 | | |
| 4+50 | 50 | 450 | 66 | 20.92 | 22.39 | 22.69 | 16 | | |
| 5+0 | 50 | 500 | 66 | 21.42 | 22.31 | 22.50 | 18 | | |
| 5+50 | 50 | 550 | 66 | 21.70 | 23.13 | 23.10 | 17 | | |
| 6+0 | 50 | 600 | 66 | 21.88 | 23.38 | 23.64 | 18 | | |
| 6+50 | 50 | 650 | 66 | 21.94 | 23.63 | 24.02 | 19 | | |
| 7+0 | 50 | 700 | 66 | 22.03 | 23.73 | 23.84 | 19 | | |
| 7+50 | 50 | 750 | 66 | 22.26 | 23.97 | 24.31 | 18 | | |
| 8+0 | 50 | 800 | 66 | 22.56 | 24.35 | 24.69 | 19 | | |
| 8+50 | 50 | 850 | 66 | 22.89 | 24.63 | 24.91 | 20 | | |
| 9+0 | 50 | 900 | 66 | 23.09 | 25.01 | 25.21 | 19 | | |
| 9+50 | 50 | 950 | 66 | 23.81 | 25.20 | 25.21 | 18 | | |
| 10+0 | 50 | 1,000 | 66 | 24.52 | 25.12 | 25.32 | 18 | | |
| 10+50 | 50 | 1,050 | 66 | 24.58 | 25.23 | 25.34 | 18 | | |
| 11+0 | 50 | 1,100 | 66 | 24.74 | 25.60 | 25.40 | 18 | | |
| 11+50 | 50 | 1,150 | 66 | 24.88 | 25.84 | 25.68 | 17 | | |
| 12+0 | 50 | 1,200 | 66 | 25.18 | 26.18 | 26.26 | 17 | | |
| 12+16 | 4 | 1,217 | 66 | 25.59 | 26.77 | 26.77 | 14 | | 교량 |
| 12+50 | 33.5 | 1,250 | 66 | 25.87 | 26.58 | 26.58 | 17 | | |
| 13+0 | 50 | 1,300 | 66 | 26.12 | 26.82 | 26.77 | 17 | | |
| 13+50 | 50 | 1,350 | 66 | 26.53 | 27.04 | 27.35 | 17 | | |

## <표 4.2-8> 구수천 계획홍수위, 계획하폭 및 기설제방고(계속)

| 측 점 (No.) | 거 리 (m) | | 계 획 홍수량 ($m^3/s$) | 홍수위 (EL.m) | 기설제방고 (EL.m) | | 하 폭 (m) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 구 간 | 누 가 | | 계획 | 좌안 | 우안 | 현재 | 계획 | |
| 14+0 | 50 | 1,400 | 66 | 26.75 | 27.32 | 27.60 | 20 | | |
| 14+9 | 2 | 1,409 | 30 | 26.92 | 27.42 | 27.64 | 18 | | 낙차공 |
| 14+50 | 41 | 1,450 | 30 | 26.94 | 27.30 | 26.95 | 10 | 15 | |
| 15+0 | 50 | 1,500 | 30 | 26.96 | 27.76 | 27.65 | 9 | 15 | |
| 15+50 | 50 | 1,550 | 30 | 27.07 | 27.75 | 28.12 | 9 | 15 | |
| 16+0 | 50 | 1,600 | 30 | 27.32 | 29.03 | 29.03 | 6 | 15 | |
| 16+15 | 11 | 1,615 | 30 | 27.74 | 29.23 | 29.23 | 5 | 14 | BOX교 |
| 16+50 | 35 | 1,650 | 30 | 27.77 | 29.03 | 28.49 | 12 | | |
| 17+0 | 50 | 1,700 | 30 | 28.44 | 29.28 | 29.50 | 13 | | |
| 17+50 | 50 | 1,750 | 30 | 28.85 | 29.79 | 29.91 | 13 | | |
| 18+0 | 50 | 1,800 | 30 | 29.03 | 30.40 | 30.53 | 13 | | |
| 18+50 | 50 | 1,850 | 30 | 29.83 | 30.95 | 30.76 | 13 | | |
| 18+97 | 4 | 1,897 | 30 | 30.38 | 30.85 | 30.85 | 4 | 12 | BOX교 |
| 19+0 | 3 | 1,900 | 30 | 30.44 | 31.07 | 31.47 | 10 | | |
| 19+50 | 50 | 1,950 | 30 | 30.47 | 31.71 | 31.60 | 14 | | |
| 19+85 | 2 | 1,985 | 30 | 31.04 | 31.93 | 31.82 | 12 | | 낙차공 |
| 20+0 | 15 | 2,000 | 30 | 31.11 | 32.16 | 32.66 | 15 | | |
| 20+50 | 50 | 2,050 | 30 | 31.25 | 32.61 | 32.44 | 11 | | |
| 20+80 | 2 | 2,080 | 30 | 31.95 | 32.99 | 32.76 | 12 | | 낙차공 |
| 21+0 | 20 | 2,100 | 30 | 31.99 | 33.06 | 33.69 | 14 | | |
| 21+39 | 4 | 2,139 | 30 | 32.44 | 33.30 | 33.30 | 4 | 12 | BOX교 |
| 21+50 | 11 | 2,150 | 30 | 32.58 | 33.49 | 34.01 | 13 | | |
| 22+0 | 50 | 2,200 | 30 | 33.20 | 33.61 | 34.10 | 13 | | |
| 22+29 | 2 | 2,229 | 30 | 33.74 | 33.79 | 34.12 | 12 | | 낙차공 |
| 22+50 | 21 | 2,250 | 30 | 33.81 | 34.13 | 34.09 | 11 | | |
| 22+73 | 4 | 2,273 | 30 | 33.93 | 34.10 | 34.10 | 4 | 10 | BOX교 |
| 23+0 | 27 | 2,300 | 30 | 34.27 | 34.70 | 35.71 | 16 | | |
| 23+25 | 2 | 2,323 | 30 | 34.27 | 34.93 | 36.06 | 15 | | 낙차공 |
| 23+50 | 27 | 2,350 | 30 | 34.36 | 35.29 | 36.05 | 15 | | |
| 24+0 | 50 | 2,400 | 30 | 34.75 | 35.96 | 35.87 | 15 | | |
| 24+8 | 2 | 2,408 | 30 | 35.14 | 36.05 | 37.76 | 18 | | 낙차공 |
| 24+50 | 42 | 2,450 | 30 | 35.31 | 36.64 | 37.96 | 15 | | |
| 24+77 | 7 | 2,472 | 30 | 35.68 | 37.01 | 37.01 | 4 | 10 | BOX교 |
| 25+0 | 28 | 2,500 | 30 | 35.96 | 36.89 | 38.93 | 16 | | |
| 25+50 | 50 | 2,550 | 30 | 36.57 | 37.36 | 37.77 | 13 | | |
| 26+0 | 50 | 2,600 | 30 | 36.95 | 37.98 | 38.53 | 14 | | |
| 26+49 | 2 | 2,649 | 30 | 38.04 | 38.87 | 40.32 | 17 | | 낙차공 |
| 26+50 | 1 | 2,650 | 30 | 38.08 | 38.87 | 40.35 | 17 | | |
| 26+81 | 2 | 2,681 | 30 | 38.93 | 39.53 | 39.90 | 14 | | 낙차공 |

<표 4.2-8> 구수천 계획홍수위, 계획하폭 및 기설제방고(계속)

| 측 점 (No.) | 거 리 (m) | | 계 획 홍수량 ($m^3/s$) | 홍수위 (EL.m) | 기설제방고 (EL.m) | | 하 폭 (m) | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 구 간 | 누 가 | | 계획 | 좌안 | 우안 | 현재 | 계획 | |
| 27+0 | 19 | 2,700 | 30 | 39.09 | 39.67 | 40.48 | 13 | | |
| 27+50 | 50 | 2,750 | 30 | 39.51 | 40.11 | 41.28 | 13 | | |
| 27+81 | 2 | 2,781 | 30 | 40.43 | 40.59 | 41.35 | 11 | | 낙차공 |
| 28+0 | 19 | 2,800 | 30 | 40.43 | 40.96 | 40.34 | 8 | | |
| 28+37 | 6 | 2,837 | 30 | 41.05 | 41.61 | 41.61 | 3 | 10 | BOX교 |
| 28+50 | 13 | 2,850 | 30 | 41.09 | 41.57 | 41.89 | 9 | 9 | |
| 28+66 | 2 | 2,866 | 30 | 42.10 | 41.67 | 41.89 | 8 | 10 | 낙차공 |
| 29+0 | 34 | 2,900 | 30 | 42.21 | 41.93 | 41.82 | 9 | 10 | |
| 29+45 | 6 | 2,945 | 30 | 42.47 | 42.56 | 42.56 | 3 | 8 | BOX교 |
| 29+50 | 5 | 2,950 | 30 | 42.62 | 42.56 | 43.15 | 8 | 10 | |
| 29+79 | 2 | 2,979 | 30 | 43.51 | 43.16 | 43.44 | 9 | 10 | 낙차공 |
| 30+0 | 21 | 3,000 | 30 | 43.51 | 43.63 | 43.50 | 7 | 10 | |
| 30+48 | 2 | 3,048 | 30 | 44.48 | 44.34 | 44.63 | 8 | 10 | 낙차공 |
| 30+50 | 2 | 3,050 | 30 | 44.50 | 44.57 | 44.63 | 7 | 10 | |
| 30+66 | 6 | 3,066 | 30 | 44.63 | 44.69 | 44.69 | 3 | 8 | BOX교 |
| 30+97 | 2 | 3,097 | 30 | 45.67 | 45.23 | 44.83 | 5 | 10 | 낙차공 |
| 31+0 | 3 | 3,100 | 30 | 45.77 | 45.23 | 45.06 | 4 | 10 | |
| 31+40 | 40 | 3,140 | 30 | 46.95 | 46.02 | 46.02 | 3 | | |

# 5

# 하상변동분석

5.1 하상재료 조사

5.2 하천유사량 조사

5.3 하상변동 및 하도안정분석

# 제 5 장 하상변동분석

## 5.1 하상재료 조사

하상재료 조사는 하상의 특성분석, 특히 조도계수의 산정, 상류 유역의 침식과 하천의 유사이송 특성, 유사량 공식과 하상변동 모형의 적용, 하천 서식처와 같은 하천환경의 조사 등에 필수적인 사항으로 현장에서 적절한 방법으로 시료를 채취하고 실험실에서 분석한 후 그 결과를 체계적으로 정리하는 사항으로 구분하며 자갈이상, 모래, 실트이하로 나누어 각기 시료채취방법과 분석방법을 달리하여 실시한다.

### 5.1.1 조사방법

모래는 현장시료를 채취하여 체분석으로 조사하고, 실트이하 재료는 현장시료를 채취하여 침강속도분석을 사용하고, 자갈이상 재료는 격자틀을 이용하여 조사하며, 격자틀 방법은 일정한 크기의 눈금 망으로 된 사각형 틀을 이용하여 하상에 임의로 놓고 사진을 찍어 그 격자망의 눈금에 걸리는 자갈들의 입경을 분석하는 방법이다.

하상재료 조사는 하천측량시 병행하는 것이 효율적이며 하천조도, 유사이송, 하상변동, 하도 설계 등에 관련되는 하상재료의 입경분포, 비중, 침강속도, 현장토의 겉보기 단위 중량과 공극률 등을 측정한다. 하천유역 전체의 하상재료 상태를 전반적으로 조사하기 위해서는 항공사진 등을 이용할 수 있다.

### 5.1.2 조사지점과 시료채취

#### 가. 조사지점의 선정

하상재료 조사는 원칙적으로 하천의 종단방향은 1.0km 간격, 한 단면에 대해 4개 지점 이상에서 시료를 채취하며 하상변동 조사시 모든 하천 측량 단면에서 하상재료 시료를 채취하는 것이 기본이다. 하상재료의 입경별 분류는 일반 토질시험 기준에 준하여 시행한다. 시료채취시 사주, 여울이나 웅덩이 등 국부적으로 하상재료변화가 심한 구역은 피하며 가급적 그 구역에서 보편적으로 있는 하상재료를 선택한다.

## 나. 시료채취 기준

시료채취 기준은 「하천설계기준(2009, 한국수자원학회)」에서 다음과 같이 제시하였다.

① 한 번에 채취하는 시료의 양은 공식 $0.082D_b1.5$로 산정되며 여기서 $D_b$는 시료 중 최대 입자의 중간축 직경(mm)이다.

② 시료채취는 표면시료만 채취하면 안되며 충분히 깊은 부분까지 채취해야 한다.

③ 저수지의 유입부 퇴적구역, 댐 직하류, 지류의 합류점 등 하상재료의 변화가 심할 것으로 예상되는 구간에서는 실제 상황에 따라 채취 간격을 조정한다.

④ 조사 횟수는 원칙적으로는 3년에 1회 실시하지만 저수지의 퇴사나 댐 하류 하상저하 등으로 심한 하상변동이 예상되는 지점은 연 1회 정도 실시한다.

⑤ 격자의 눈금은 통상 10cm 정도가 적합하나 조사 하천의 하상재료 특성에 맞추어 선정한다.

⑥ 격자틀을 기준으로 하는 채취 횟수(격자틀을 하상에 놓는 횟수)는 하상과 하상재료 입경의 크기에 따라 조절하되, 한 하천 지점에서 최소 10번이 적합하다.

## 다. 실험실 분석

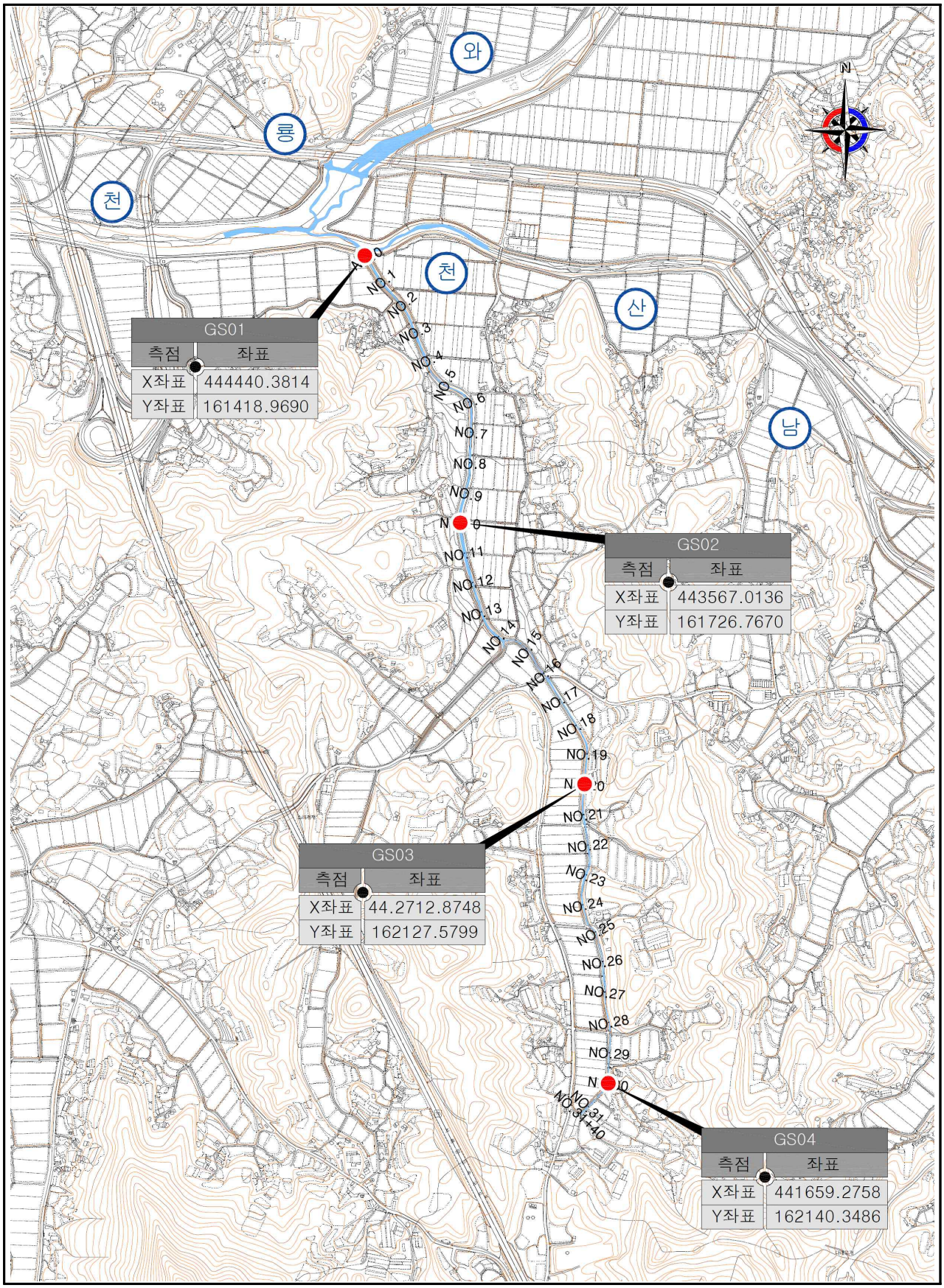
현장에서 채취한 하상재료 시료의 입경분포를 분석하기 위하여 모래는 KSF(2504), 자갈은 KSF(2503)에 따른다. 또한 미립 토사에 대해서는 KSF(2308)의 시험법에 따라 측정하며 현장에서 채취한 하상재료의 침강속도는 입자 형상과 비중이 보통의 하상재료와 특별히 다른 경우 실험실에서 실측하여 결정한다.

격자틀에 의한 입경분포 분석은 사진 상 격자점에 걸린 자갈의 단축을 기준으로 할 수 있다. 그러나 이러한 분석은 중량비로 하는 모래의 입경분포분석과 다르므로 상호 비교를 위해서는 격자틀에 의한 결과를 적절한 방법으로 보정하여야 한다.

실험실에서 입자의 침강속도를 실측하기 위해서는 높이와 직경이 충분히 큰 실린더에 물을 넣고 적절한 장치를 이용하여 물속에서 시료를 낙하시켜 카메라나 육안으로 일정 거리를 침강하는데 걸리는 시간을 재서 측정하며 실측이 어려운 경우의 하상재료의 침강속도는 경험식이나 도표를 이용하여 산정할 수 있다.

본 구수천에 대한 평형 하상경사 산정과 하상재료의 상태를 파악하기 위하여 약 1.0km 간격으로 총 4개소에 대하여 하상 시료를 채취한 후 입도 분석을 실시하였다.

하상재료 조사지점은 사주, 여울이나 웅덩이 등 국부적으로 하상재료 변화가 심한 구역을 피하여 하천의 종단방향으로 최대 1.0km가 넘지 않도록 그 지점을 선정하였으며, 본 선정된 위치는 <표 5.1-1> 및 <그림 5.1-1>과 같다.




〈그림 5.1-1〉 하상재료 조사지점 위치도

## <표 5.1-1> 하상재료 조사지점

| 하천명 | 측 점 (No.) | 거 리 (m) | | 좌 표 | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 구 간 | 누 가 | X | Y | |
| 구수천 | NO.0+0 | 0 | 0 | 161418.9690 | 444440.3814 | |
| | NO.10+0 | 1,000 | 1,000 | 161726.7670 | 443567.0136 | |
| | NO.20+0 | 1,000 | 2,000 | 162127.5799 | 442712.8748 | |
| | NO.30+0 | 1,000 | 3,000 | 162140.3486 | 441659.2758 | |

## <표 5.1-2> 입도분석 결과

| 구 분 | | 단위 | 시료채취지점(No.) 구수천 | | | | 체번호 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 0+00 | 10+00 | 20+00 | 30+00 | |
| 누 가 통과율 (%) | 50.8 | mm | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | |
| | 38.1 | mm | 100.00 | 98.00 | 96.90 | 97.10 | |
| | 25.4 | mm | 99.90 | 93.80 | 89.40 | 92.30 | |
| | 19.1 | mm | 99.90 | 93.80 | 89.40 | 92.30 | |
| | 9.52 | mm | 94.30 | 87.20 | 81.10 | 85.30 | |
| | 4.76 | mm | 84.20 | 77.30 | 68.20 | 71.80 | No.4 |
| | 2.0 | mm | 63.80 | 61.30 | 51.20 | 47.80 | No.10 |
| | 0.841 | mm | 45.40 | 40.60 | 25.60 | 32.00 | No.20 |
| | 0.420 | mm | 23.70 | 19.60 | 12.40 | 14.00 | No.40 |
| | 0.250 | mm | 14.60 | 5.20 | 7.20 | 8.30 | No.60 |
| | 0.149 | mm | 4.60 | 4.40 | 3.50 | 3.60 | No.100 |
| | 0.105 | mm | 4.60 | 4.40 | 3.50 | 3.60 | No.140 |
| | 0.074 | mm | 0.80 | 2.40 | 2.50 | 0.20 | No.200 |
| 평균입경(Dm) | | mm | 5.63 | 7.78 | 9.96 | 8.59 | |
| 평균입경통과율(Pm) | | % | 88.00 | 83.00 | 82.00 | 81.50 | |
| λ | | - | 0.14 | 0.20 | 0.22 | 0.23 | |
| λ·Dm | | - | 0.77 | 1.59 | 2.19 | 1.95 | |
| D10 | | mm | 0.20 | 0.30 | 0.33 | 0.29 | |
| D30 | | mm | 0.60 | 0.59 | 0.98 | 0.78 | |
| D60 | | mm | 1.67 | 1.89 | 3.13 | 3.11 | |
| 균등계수(Cu) | | - | 8.49 | 6.37 | 9.48 | 10.65 | |
| 곡률계수(Cc) | | - | 1.10 | 0.62 | 0.92 | 0.67 | |
| 통일분류 | | - | SW | SW | SW | SW | |

【주】 1) Dm(mm) : 평균입경(Dm=D10+D20+D30+…+D90+D100)/10, Pm : 평균입경통과율(%)
λ: (100-Pm)/Pm
2) 입경가적곡선은 부록에 수록하였음

## 5.2 하천유사량 조사

하천유사량 조사는 하상변동 예측, 저수지 퇴사량 추정, 유사 유출량 추정, 기타 하도 계획과 설계를 위해 수행하며, 주요 하천 지점에서 유량 조사와 같이 주기적으로 수행하여야 하며 유사량 조사 방법은 크게 유사량 실측에 의한 방법과 유사량 공식을 이용한 방법으로 구분한다.

하천유사량은 유량과 마찬가지로 충적하천의 기본적인 자료이고, 유사량 조사는 유사량을 산정하는 방법(유사량 공식)의 개발과 보정을 위해 필요하다. 하천에서 유사량을 실측하여 입경별 유량-유사량 관계 곡선을 정하는 방법은 가장 확실한 방법이나 측정비용과 노력이 많이 소요된다. 해당하천 구간의 흐름, 유사, 하천기하 자료를 유사량 공식에 대입하여 유사량을 산정하여 입경별 유량-유사량 관계를 구하는 방법은 실측에 비해 훨씬 간편하고 저렴하나, 유사량 공식에 의한 산정결과가 아직 충분한 신뢰를 주지 못하기 때문에 신중히 적용하여야 한다.

### 5.2.1 하천유사량 측정

하천유사는 편의상 하상에서 구르고 미끄러지며 튀어오르고 가라앉고를 반복하여 이송하는 소류사와 하천의 난류에 의해 떠가는 부유사로 나누어지며 이 두 양의 합이 그 하천 단면의 총유사량이 되며 소류사량 조사는 소류력과 소류사량의 관계 등 흐름 특성과 소류사 이송 특성을 파악하기 위하여 수행하며 부유사량 조사는 유량과 부유사량 등 흐름 특성과 부유사 이송 특성을 파악하기 위하여 수행한다.

#### 가. 소류사량의 조사

소류사 채취기는 측정 하천의 특성과 측정 목적에 따라 적절한 것을 선정하여 사용하며 소류사량 측정시 수온, 수심, 수면경사, 유속, 유량 등 수리량과 하천기하 특성, 하상재료 특성을 같이 조사한다. 소류사 조사 단면은 소류사 채취의 용이성은 물론 수리량 측정의 용이성을 감안하여 선정하며 측정횟수는 평수시 동일 유량 조건에서 한 지점에서 원칙적으로 10회 이상, 홍수시에는 횡단방향으로 최소한 2점 이상 선정하여 여러 회에 걸쳐 측정한다.

소류사량 조사는 굵은 모래나 자갈 하천과 같은 부유사에 비해 소류사가 지배적인 하천에서 적절한 소류사 채취기를 이용하여 소류사를 채취한 후 실험실에서 농도와 입경 분포를 분석한다. 측정된 소류사량 자료는 유량규모, 혹은 소류력 규모별로 무차원 소류사량-소류력 관계식을 이용하여 정리하여 소류사량-소류력 관계곡선을 구한다.

## 나. 부유사량 조사

부유사 채취는 점적분 채취와 수심적분 채취로 구분되며 일반적으로 한 하천 단면의 부유사량 조사만을 목적으로 하는 경우 수심적분 방법을 채택한다. 부유사량 측정 시 수온, 수심, 수면경사, 유속, 유량 등 수리량과 하천기하 특성, 하상재료 특성을 같이 조사하며 하상 가까이에서는 부유사 채취기로 인해 하상이 교란되기 때문에 부유사 채취기는 하상에 10cm 이내로 접근하면 안된다.

부유사 조사 단면은 부유사 채취의 용이성은 물론 수리량 측정의 용이성을 감안하여 선정하고 측정횟수는 횡단 방향으로 최소한 3점 이상 선정하여 여러 번 측정한다. 부유사량 조사는 실트나 가는 모래 하천과 같이 소류사에 비해 부유사가 지배적인 하천에서 적절한 부유사 채취기를 이용하여 부유사를 채취한 후 실험실에서 분석하며 부유사 채취는 측선상의 한 점에서 부유사를 시간 평균하여 측정하는 점적분 채취와 채취기를 일정속도로 측선 상에서 오르내리면서 부유사를 수심 평균하여 측정하는 수심적분 채취로 구분한다. 시료는 실험실에서 적절한 방법으로 농도와 입경 분포를 분석한다.

## 다. 총유사량 조사

하천의 총유사량은 소류사가 지배적인 하천, 부유사가 지배적인 하천 및 소류사와 부유사가 같이 있는 하천으로 구분하여 수행한다. 자갈 하천 등 소류사가 지배적인 하천에서는 측정된 소류사량을 그 하천 단면의 총 유사량으로 보며, 진흙 하천 등 부유사가 지배적인 하천 또는 하상토 유사에 비해 세류사가 지배적인 하천에서는 실측 부유사량을 보정하여 그 하천 단면의 총유사량으로 본다. 모래 하천 등 소류사와 부유사가 같이 있는 하천에서 총 유사량의 추정은 소류사와 부유사의 합에 의한 방법, 인공적인 난류 수로에 의한 방법 그리고 부유사 측정치의 보정에 의한 방법이 있다.

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

인공적인 난류 수로에 의한 방법은 하천 한 구간에 인공적인 협착부를 만들어 유속을 증가시켜 모든 유사가 부유사 형태로 이송하게 만든 다음 부유사 채취기로 바닥부터 수면까지 시료를 채취하여 총 유사량을 측정하는 것이며, 부유사 측정치의 보정에 의한 방법은 부유사 채취기로 하상 가까이 시료를 채취한 다음 이 시료와 흐름 특성 자료를 이용하여 적절한 방법으로 총유사량을 산정하는 것이다. 이러한 방법에 의한 총유사량 산정을 위해서 미국에서 이용되는 수정 아인슈타인 절차 등을 이용할 수 있다.

### 5.2.2 하천유사량 공식

하천에 있어서 유사량 분석은 댐 및 저수지추적 등의 하상변동에 관계된 모든 조사, 분석 및 연구에 있어서 대단히 중요하다.

토사이동은 유수의 특성뿐만 아니라 지표면 또는 하상의 입도 등에 크게 좌우되는데 유사량에 대한 분석을 위해서 유사이동 형태 및 유사의 특성에 대한 연구가 필요하며, 유사이송 하천의 수리조건과 관계하여 분석하여야 하며, 구수천 유역에는 유사량 측정자료가 전무한 상태로 기왕자료와의 비교는 불가능하여 본 조사시 유사량에 대한 검토는 유사량 추정공식을 적용하였다.

지금까지 개발되어 문헌에 소개된 유사량 공식은 수십 개나 되며 각 유사량 공식에 따라 산정되는 결과는 극단적인 차이가 나는 등 공식의 신뢰성에 여러 문제점들이 있다.

따라서 본 계획에서는 우효섭과 류권규가 정리한 가이드 프로그램(Guide Program)을 사용하여 유사량을 추정하였으며 프로그램상의 9개의 유사량 공식 중 Engelund & Hansen (1967), Ackers & White(1973), Yang(1973, 1979), Rijn(1984) 등 5개 공식을 이용하여 유사량 산정을 실시하였다.

**<표 5.2-1> 각 유사량 공식의 적정 적용한계**

| 공 식 명 | 유 량(q) ($m^3/s/m$) | 수심d (m) | 중앙입경 $D_{50}$(mm) | Fr 수 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| Einstein | | | | | 산정결과 불량 |
| Colby | > 5일 때 과대산정 | > 5일 때 과대산정 | 0.1 ~ 0.8 | | 중소하천에 이용 |
| Engelund & Hansen | | | | | 전체범위에 양호, 중소하천에 적합 |
| Toffaleti | | | | | 산정결과 불량 |
| Shen & Hung | | | | | 산정결과 불량 |
| Ackers & White | | | 작을 때 분산커짐 | ≤ 0.8에만 이용 | 중소하천에 적합 |
| Yang(1973, 1979) | > 5일 때 과대산정 | > 5일 때 과대산정 | 작을 때 분산커짐 | | 중소하천에 이용 |
| Ranga Raju | | | | | 산정결과 불량 |
| Raju | < 0.2 일 때 과대산정 | < 0.3 일 때 과대산정 | > 1.0 일 때 과대산정 | < 0.9 에만 이용 | 중규모이상 하천에 적합 |

【주】 자료 :「하천유사량 산정방법의 선정기준 개발 (1989. 12, 한국건설기술연구원)」

## 가. 유사량 산정 적용식

본 구수천 유역의 유사량 산정을 위해 실측자료나 적용 가능한 경험공식이 없으므로 다음과 같이 기발표된 경험공식을 이용하여 유사량을 산정하였다.

### 1) 「댐시설기준(1993,국토해양부)」의한 소규모유역의 연간비유사량 추정공식

$$Y_r = 8{,}668 \times A^{-0.896}$$

여기서,

$Y_r$ : 비유사량(ton/km²/yr)

A : 유역면적(km²)

### 2) 기발표된 경험공식

- Engelund & Hansen(1967) 공식
- Ackers & White(1973) 공식
- Yang(1973, 1979)공식
- Rijn(1984)공식

**<표 5.2-2> 유사량 산정경험공식**

| 유사량 산정방법 | | 경 험 공 식 |
|---|---|---|
| Engelund & Hansen (1967) | | $q_t = 0.05\gamma_s V^2 \frac{(dS)^{3/2}}{D_{50}\sqrt{g}(s-1)^2}$, $Q_t = q_t \times B$, $C_t = \frac{Q_t}{Q}$ |
| Ackers & White (1973) | | $C_t = G_{gr}\frac{sD_{35}}{d}(\frac{V}{u_*})^n$, $Q_t = C_t Q$ |
| Yang | 1973 | $\log C_t = 5.435 - 0.286 \log\frac{wD_{50}}{\upsilon} - 0.457\log\frac{u_*}{w}$ $+(1.799 - 0.409\log\frac{wD_{50}}{\upsilon} - 0.314\log\frac{u_*}{w})$, $Q_t = C_t \times 10^{-6} \times Q$ |
| | 1979 | $\log C_t = 5.165 - 0.153\log\frac{wD_{50}}{\upsilon} - 0.297\log\frac{u_*}{w}$ $+(1.780 - 0.360\log\frac{wD_{50}}{\upsilon} - 0.480\log\frac{u_*}{w})\log\frac{VS}{w}$ , $Q_t = C_t \times 10^{-6} \times Q$ |
| Rijn (1984) | | $q_t = q_b + q_s$, $q_b = 0.053\frac{T^{2.1}}{D_*^{0.3}} \times \sqrt{(s-1)gD_{50}^3}$ $q_s\int C\,u\,dy = F\,V\,d\,C_a$ ; $0.3 \le z' \le 3$ 또는 $0.01 \le a/d \le 0.1$, $Q_t = q_t \times B$ |

【주】 $q_t$ : 단위유사량, $Q_t$ : 총 유사량, $C_t$: : 유사농도, $\gamma_s$ : 토사비중
$D_{35}$, $D_{50}$ : 유효입경, g : 중력가속도(9.8m/s²), B : 폭, $G_{gr}$ : 무차원유사량
s : 에너지경사, V : 평균유속, $u_*$ : 전단속도, n : Ackers & White 계수
$\omega$ : 침강속도, T : 수온, $D_*$ : 무차원입경, F : 부유사보정계수

## 나. 유사량 산정결과

채취한 하상재료를 이용하여 각 경험공식별 유량규모에 따른 유사량을 <표 5.2-3>과 같이 산정하였다. <표 5.2-2>에 따르면 중소규모의 하천인 구수천에 적용할 수 있는 유사량 공식은 Engelund & Hansen, Ackers & White, Yang의 공식이다.

본 계획에서는 기존 연구성과에서의 각 공식의 평가의견 및 계획대상 하천의 하상재료 특성 등을 종합적으로 고려할 때, 국내에서 일반적으로 사용되고 있으며 유사량 산정결과가 비교적 양호하다고 알려진 공식 중 유사총량뿐만 아니라 유사의 입경분포 계산이 가능하고, 타 방법에 비해 안정적으로 예측된 Yang(1979)의 공식으로 산정한 유사량을 채택하였으며, 유량-유사량 관계를 유도하여 장기하상변동 모의에 적용하였다.

**<표 5.2-3> 유량규모에 따른 경험공식별 유사량**

| 산 정 방 법 | | | 추 정 유 사 량 | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 비유사량 (ton/yr/km²) | 유사량 (ton/yr) | |
| ① 연간비유사량 추정공식(1993) | | | 740.56 | 2,710.44 | |
| ② 경험공식 | Engelund&Hansen(1967) | | 3,143.87 | 12,064.30 | |
| | Ackers&White(1973) | | 262.21 | 2,524.09 | |
| | Yang | 1973 공식 | 1,038.40 | 1,038.40 | |
| | | 1979 공식 | 1,508.37 | 8,095.80 | 적용 |
| | Rijn(1984) | | 635.40 | 13,547.80 | |

## 다. 금회 적용

본 구수천 유역에 유사량을 산정해본 결과 각 방법 간에 유사량 산정값이 각각 최대 약 6배, 24배, 17배의 차이를 보이고 있는 것으로 나타났다.

본 계획에서는 기존 연구성과에서의 각 공식의 평가의견 및 구수천의 하상재료 특성 등을 종합적으로 고려할 때, 국내에서 일반적으로 사용되고 있으며 유사량 산정결과가 비교적 양호하다고 알려진 공식 중 유사총량뿐만 아니라 유사의 입경분포 계산이 가능하고, 타 방법에 비해 안정적으로 예측된 Yang(1979)의 공식으로 산정한 유사량을 채택하였으며, 유량-유사량 관계를 유도하여 장기하상변동 모의에 적용하였다.

## 5.3 하상변동 및 하도안정분석

하도에 있어 평형하상은 정적 평형상태와 동적 평형상태로 구분되는데, 정적 평형상태는 일체의 세굴 및 퇴적이 발생하지 않는 상태를 의미하며 동적 평형상태는 상류로부터 유입되어 퇴적되는 토사량과 그 구간에서 하류로 세굴되는 토사량이 평형을 이루어 국부적인 하상변동이 야기되지 않는 상태를 말한다.

이러한 평형하상을 이룰 수 있는 하천의 평형하상고를 산정하는 방법으로는 <표 5.3-1>에서 보는 바와 같이 정적인 모형의 경우 아끼코이치(安藝皎一) 공식과 구보마사시(久寶雅史) 공식 등이 있으며, 동적평형 하상의 모의가 가능한 모형으로는 1차원 모형으로 HRC-6, GSTARS 등이 있고, 2차원 해석방법으로는 TABS2 및 SEDIMENT-41 등이 있다.

본 구수천은 보 및 낙차공이 상당구간에 존재하고 있으므로 하상구성물질 입경과 하폭의 함수로서 산정되는 구보마시시 공식과 동적 평형상태를 모의할수 있고 실무에서도 많이 적용되는 미육군공병단의 HEC-RAS모형에 HEC-6모형이 탑재된 HEC-RAS 4.0을 이용하여 평형하상고를 산정하였으며, 모형을 약술하면 다음과 같다.

**<표 5.3-1> 평형하상고 산정 방법**

| 구 분 | 종 류 | 산 정 방 법 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 정적모형 | 1차원 해석 | Aki-Koich(安藝皎一)<br>Mononobe(物部)<br>Kubo-Masasi(久寶雅史) | 본 검토 |
| 동적모형 | 1차원 해석 | HEC - 6<br>STARS, GSTARS<br>IALLUVIAL<br>CHARIMA<br>UUSWR | 본 검토<br>(HEC-RAS 4.0) |
| | 2차원 해석 | TABS 2<br>RESSED TWODSR<br>SEDIMENT - 41 | |

### 5.3.1 정적 평형하상 산정모형

#### 가. 구보마사시(久寶雅史)공식

$$i_0 = k d_s^{\frac{3}{2}} B$$

$$k = \frac{H}{\sum_0^L d_s^{\frac{3}{2}} B \triangle X}$$

여기서, i0 : 평형하상경사

ds : 하상구성물질의 입경 (m) ( $d_s = \frac{d_{25} \times d_{50}}{d_{75}}$ )

B : 하폭 (m)

X : 측점간거리

H : 평형하상 상태에 있는 상, 하류 2개 지점간의 하상고차 (m)

L : 평형하상 상태에 있는 상, 하류 2개 지점간의 거리 (m)

구보마시시(久寶雅史)공식은 하상구성물질의 입경과 하폭의 함수로서 상하류의 2개 평형상태에 있는 지점을 기준으로 하여 그 구간내에서의 평형하상경사를 구하는 식이다.

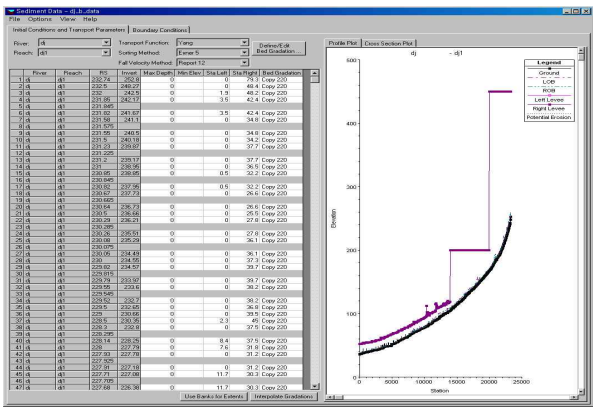
### 5.3.2 동적 평형하상 산정모형의 선정

동적 평형하상 산정 모형은 1차원 해석 및 2차원 해석 방법 등 여러 모형이 개발 발표되었으나 본 계획에서는 1차원 해석모형으로 미 육군공병단에 의해 개발되어 발표된 HEC-RAS 4.0 모형을 이용하여 장래 하상변동 상태를 추정하였다. HEC-RAS 4.0 모형은 기존의 HEC-RAS 모형에 장기하상변동의 모의가 가능한 HEC-6모형을 탑재한 것으로, HEC-6모형의 기본가정 및 계산방식 등은 동일하고 입력자료 및 계산처리가 GUI형태로 되어 사용자의 적용성이 향상되었다. 기존의 HEC-6모형은 DOS 운영체제의 프로그램으로 모델의 적용 단위계가 US단위계로 단위변환 등 사용성에 여러 가지 문제점이 있었으나, 본 장기하상변동 모의에 적용한 HEC-RAS 4.0 모형은 HEC-RAS상에 장기하상모의를 할 수 있는 툴이 탑재되어 있어 실무자에게 보다 친숙한 환경을 제공해 준다. 입력자료는 기존 HEC-6모형 구동시 필요한 자료와 동일하며, HEC-RAS 4.0 모형에 의한 하상변동 예측 과정을 다음절에 수록하였다.

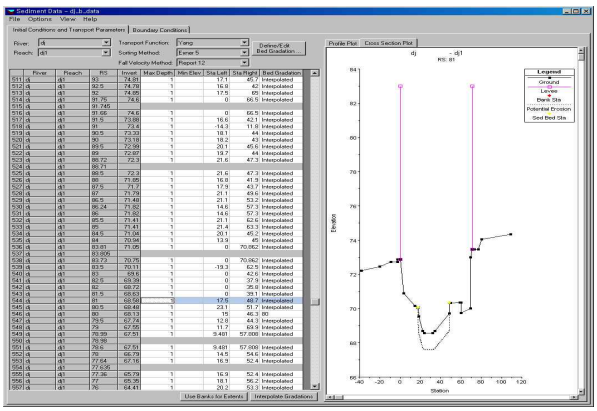
### 5.3.3 HEC-RAS 4.0에 의한 하상변동 예측

#### 가. 자료의 수집 및 분석

● 하천의 횡단자료를 수집한다. 몇 개년의 자료가 있는 경우 동일 도면에 표시하여 하상의 실제 변동 상태를 분석하며, 이중에서 실제 모형에서 적용할 단면을 결정한다. 모형에 적용할 단면의 간격은 하상변동 상태를 고려하고, 이때 이동상 부분의 범위도 결정하여야 한다. HEC-RAS 4.0 모형에서의 지형자료입력 화면은 <그림 5.3-1>과 같다.



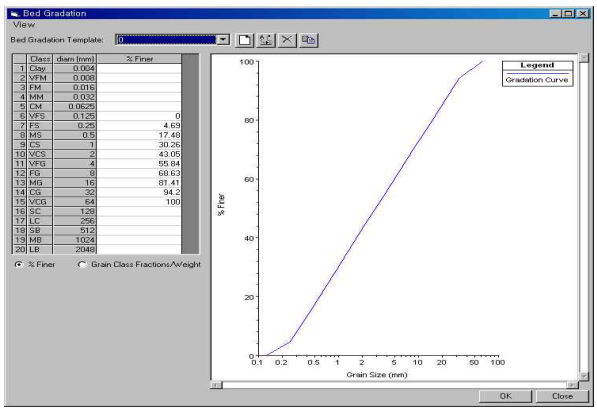
a. 하천의 이동상 부분 범위를 설정(종단)



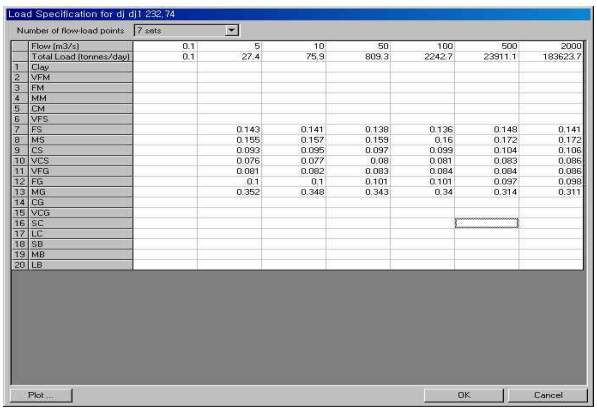
b. 하천의 이동상 부분 범위를 설정(횡단)

<그림 5.3-1> HEC-RAS 4.0 모형에서의 지형자료 입력화면의 예

● 하상토 자료를 수집한다. 수집된 자료를 거리에 따라 입경별로 도시하여 하상토 입경분포를 검토하여 자료의 이상유무를 보완한다. HEC-RAS 4.0 모형에서의 체분석결과 및 입경별 유사량 분포입력 화면은 <그림 5.3-2>와 같다.



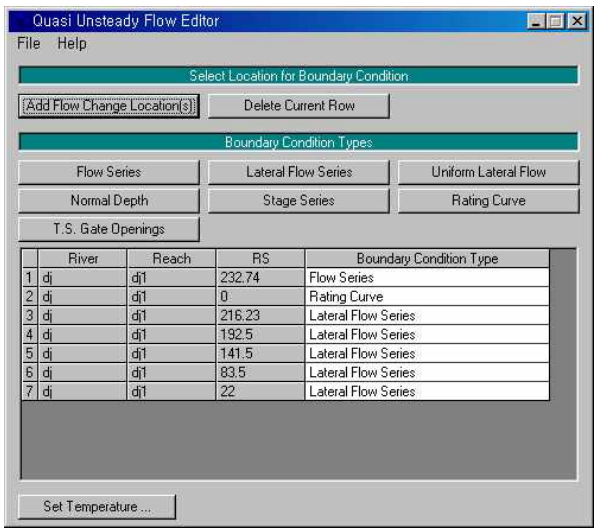
a. 시료체취 지점의 입도분석 결과 입력화면



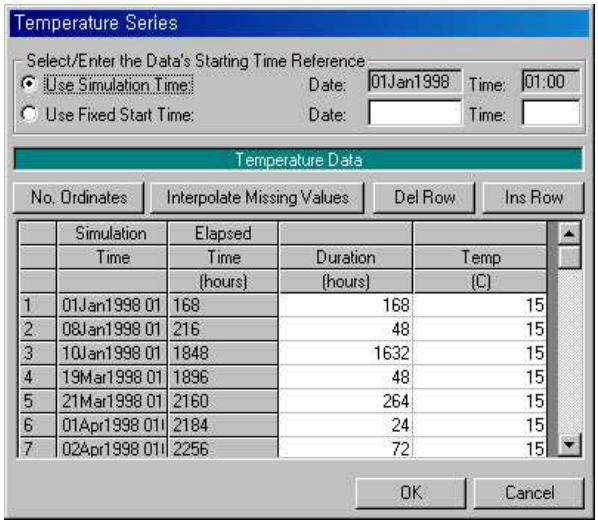
b. 입경별 유사량 분포 입력화면

<그림 5.3-2> HEC-RAS 4.0 모형에서의 하상토 자료 입력화면의 예

- 일수위 자료와 댐 방류량, 수위-유량 곡선 등을 수집하여, 이상치 및 결측자료 등을 검토하여 보완한다.
- 수온 자료를 수집한다. HEC-RAS 4.0 모형에서의 유량자료의 입력 및 수온자료의 입력은 <그림 5.3-3>과 같다.




a. 유량자료 입력화면




b. 수온자료 입력화면

**<그림 5.3-3> HEC-RAS 4.0 모형에서의 유량자료 및 수온자료 입력화면의 예**

- 유량 실측치가 없을 경우 구수천의 유입유량과 유입유사량을 추정한다. 구수천의 유입유량을 적합하게 추정할 수 있는 다른 대안이 없을 경우 비유량법을 이용할 수 있다
- 이러한 자료 수집 활동과 동시에 실제로 대상하천구간을 답사하여 하천의 상황을 관찰하고, 기록자료에 나타나지 않은 상황(하상토 입경분포의 이상유무등)을 검토할 필요가 있다.

## 나. 고정상 모형보정

- 하천단면의 횡단 자료를 전산 파일에 입력한다.
- 실측 수문자료를 분석하여 모형보정용 유량을 결정한다. 유량은 최소, 만제, 최대 유량을 산정한다.
- Manning 계수 n값을 가정하여 선정된 유량별로 수위를 계산한다.
- 계산 수위와 실측 수위를 비교하여 하천단면의 이상유무를 조사하여 이를 보정한 후 수위를 재산정한다.

- 하천단면에 이상이 없을 경우, 실측수위에 가장 가까운 수위가 산정되는 최적의 n값을 발견할 때까지 과정 ③~④를 반복한다. 이때 n값이 원래 지닌 물리적 의미를 벗어나지 않도록 하여야 한다.
- 계산된 수위를 유량별로 거리에 따라 도시하여 이상 유무를 검토한다.

### 다. 이동상 모형보정

- 하상토 자료, 구수천 유사량 등을 입력한다. 구수천 유사량 실측자료가 없을 경우에는 적합한 유사량 공식을 이용하여 계산한다. 이때 구수천의 유사량을 계산하는 유사량 공식은 본류의 유사량 공식과 일치시켜야 한다.
- 적합한 유사량 공식을 선정한다. 유사량 공식을 선정하는데는 대상 하천의 수리적, 유사적 특성을 고려하여야 한다.
- 선정된 모형보정용 유량에 대해 계산간격 1, 2, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 50일등으로 각 5개씩의 막대 수문곡선을 만들어 하상변동을 계산한다.
- 하상변동이 큰 단면을 몇 개 선정하여 하상변동량을 계산시간(일)에 대해 도시하여 각 유량별 안정계산 간격을 결정한다.
- 이상치를 보이는 단면을 검토한다.
- 각 유량별로 안정계산 간격을 결정한 뒤 이를 대수지상에 나타낸다.

### 라 하상변동의 계산

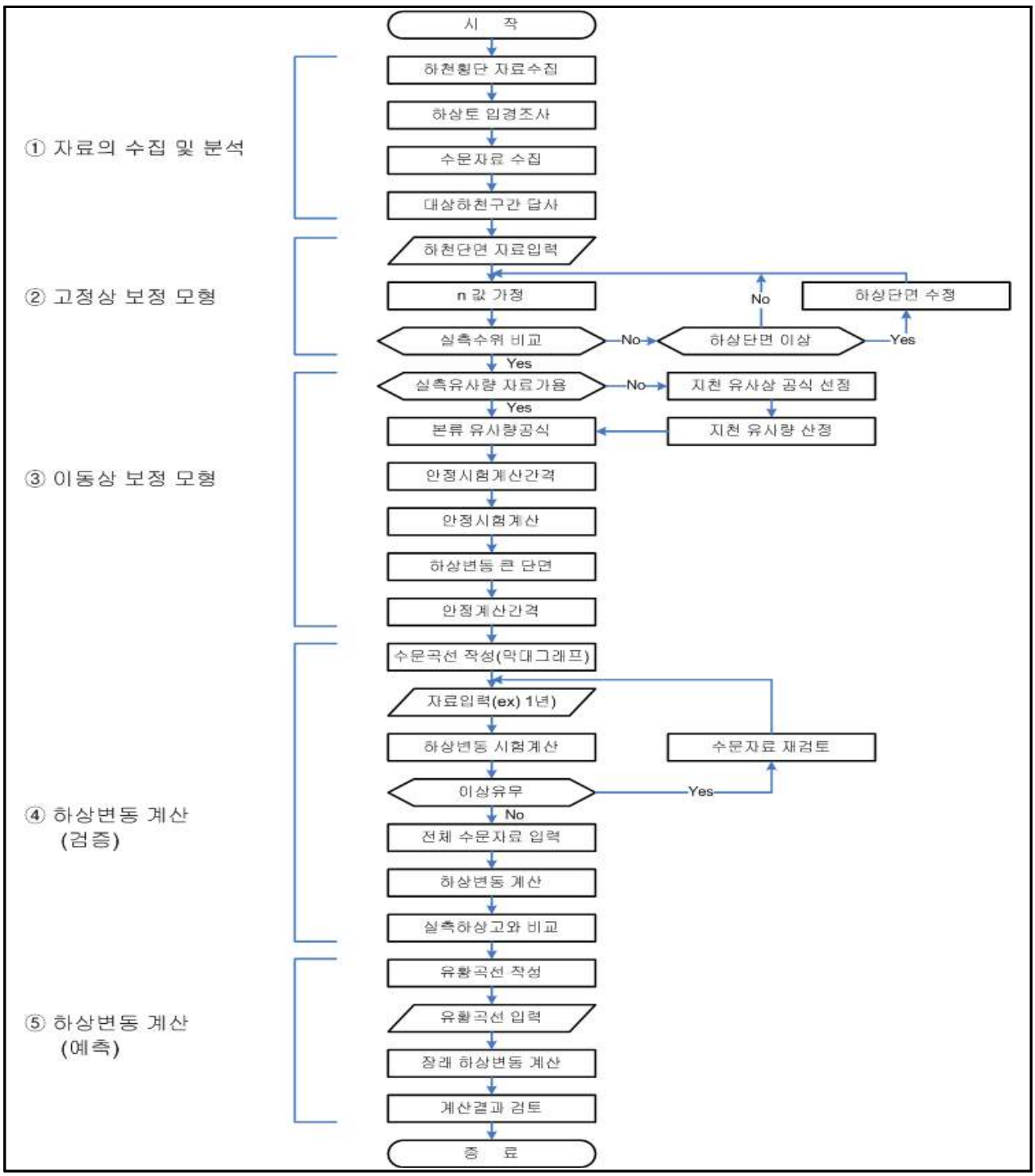
- 실제 수문 곡선을 앞서 선정된 안정계산 간격에 따라 분할하여 막대 수문곡선으로 변화한다.
- 1년 정도의 수문자료를 입력하여 시험계산을 한 뒤 계산치의 이상유무를 검토한다.
- 전체 수문자료를 입력한 뒤 실제 하상변동을 계산한다.
- 계산값을 실측 하상고와 비교하여 실측하상고에 근접할 때까지 유량 및 유사량을 수정하여 반복 실행시킨다.

### 마. 추후 하상변동의 예측

- 현 계획에서 실시한 실측 횡단자료를 전산파일에 입력한다.
- 하상변동 계산에서 실측하상고에 근접시킨 유사량 및 수문자료등 제반자료를 실측 횡단자료와 조합한다.

• 입력된 수문자료는 장래에도 동일하게 발생한다고 가정하므로 조합하여 실행된 하상변동은 수문 입력 기간이 장래예측 기간이 된다.

상기의 HEC-RAS 4.0 모형상의 HEC-6 모듈 실행을 흐름도로 작성하면 <그림 5.3-4>와 같다.




<그림 5.3-4> HEC-RAS 4.0 모형 흐름도

### 5.3.4 장기하상변동 예측결과

본 구수천에 대해 평형하상은 구보마사시(久寶雅史) 공식에 의한 방법과 최근 10년간의 유량자료를 이용하여 HEC-RAS 4.0 모형에 의해 산정하였다.

일정 구간내에서 일체의 세굴 및 퇴적현상이 발생하지 않는 정적인 평형하상을 산정하는 구보마사시(久寶雅史) 공식은 신뢰도 및 공식 구성상의 타당성이 미흡하므로, 본 장기하상변동 검토는 HEC-RAS 4.0 모형을 기준으로 하되 구보마시시 공식에 의해산정된 값은 비교치로 제시하였다.

HEC-RAS 4.0 모형은 개수계획을 반영한 구수천의 장기하상 변동을 모의한 결과를 안정하상으로 채택하였고, 이러한 결과는 향후 장기간의 유황이 과거와 같은 성향을 띠고, 장래에 하상변동에 영향을 주는 하도의 물리적인 인자들의 변화는 없는 것으로 가정한 것으로 향후 하천개수 사업시 이러한 가정에 따른 적용의 한계를 고려하여야 할 것이다.

이러한 한계로 인하여 본 계획에서 산정한 평형하상고는 향후 예상되는 변화의 정성적인 예측이라는 측면으로만 받아들이는 것이 바람직하며, 지속적으로 분석에 필요한 기본자료의 확충에 의해 보완하여야 할 것이다.

HEC-RAS 4.0 모형에 의해 추정한 평형하상고는 <표 5.3-2>와 같다.

**<표 5.3-2> 구수천 평형하상고 예측**

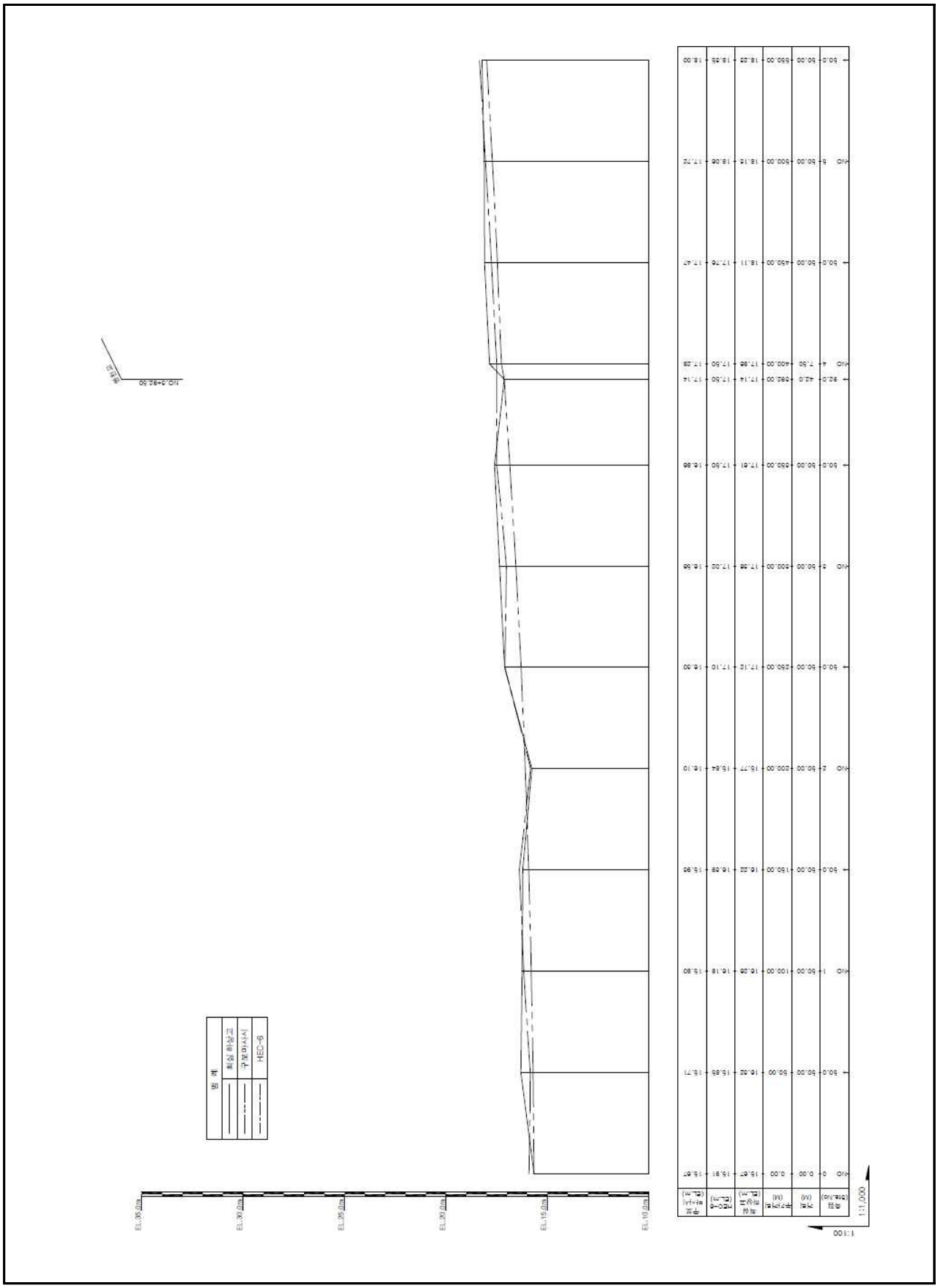
| 하천명 | 측점 (No.) | 거리(m) | | 최심하상고 (EL.m) | 평형하상고(EL.m) | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 구간 | 누가 | | Kubo | HEC-6 | 채택 | |
| 구수천 | 0+0 | 0 | 0 | 15.67 | 15.67 | 15.91 | 15.91 | |
| | 0+50 | 50 | 50 | 16.32 | 15.71 | 15.85 | 15.85 | |
| | 1+0 | 50 | 100 | 16.26 | 15.80 | 16.18 | 16.18 | |
| | 1+50 | 50 | 150 | 16.22 | 15.93 | 16.39 | 16.39 | |
| | 2+0 | 50 | 200 | 15.77 | 16.10 | 15.84 | 15.84 | |
| | 2+50 | 50 | 250 | 17.12 | 16.30 | 17.10 | 17.10 | |
| | 3+0 | 50 | 300 | 17.36 | 16.56 | 17.02 | 17.02 | |
| | 3+50 | 50 | 350 | 17.61 | 16.86 | 17.50 | 17.50 | |
| | 3+92 | 42 | 393 | 17.14 | 17.14 | 17.50 | 17.50 | |
| | 4+0 | 8 | 400 | 17.86 | 17.28 | 17.50 | 17.50 | |
| | 4+50 | 50 | 450 | 18.11 | 17.47 | 17.76 | 17.76 | |
| | 5+0 | 50 | 500 | 18.13 | 17.72 | 18.06 | 18.06 | |
| | 5+50 | 50 | 550 | 18.23 | 18.00 | 18.35 | 18.35 | |
| | 6+0 | 50 | 600 | 18.31 | 18.31 | 18.59 | 18.59 | |
| | 6+50 | 50 | 650 | 18.48 | 18.57 | 18.88 | 18.88 | |
| | 7+0 | 50 | 700 | 18.76 | 18.87 | 18.75 | 18.75 | |
| | 7+50 | 50 | 750 | 19.35 | 19.17 | 19.32 | 19.32 | |

## <표 5.3-2> 구수천 평형하상고 예측(계속)

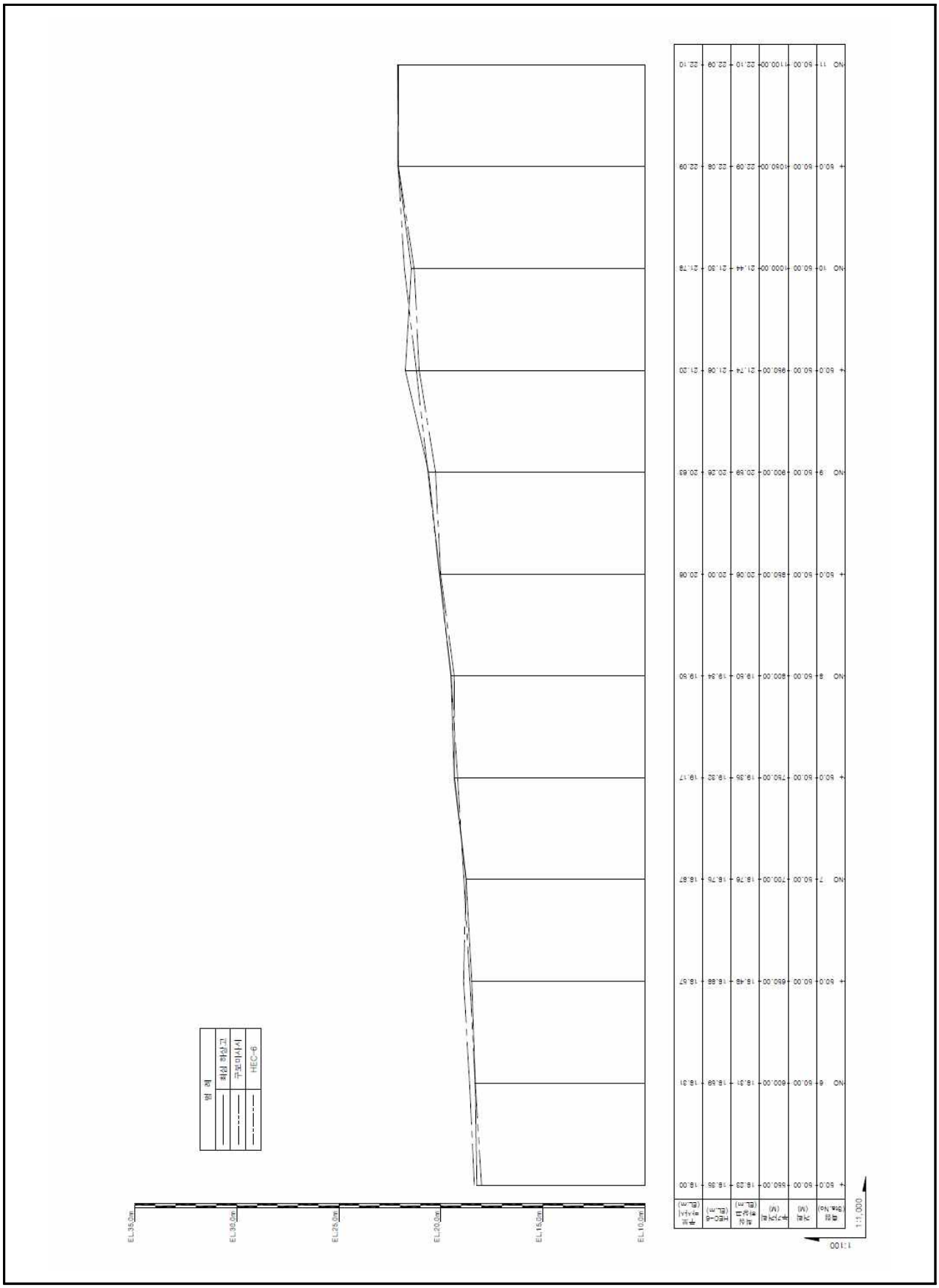
| 하천명 | 측점 (No.) | 거리(m) | | 최심하상고 (EL.m) | 평형하상고(EL.m) | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 구간 | 누가 | | Kubo | HEC-6 | 채택 | |
| 구수천 | 8+0 | 50 | 800 | 19.50 | 19.50 | 19.34 | 19.34 | |
| | 8+50 | 50 | 850 | 20.06 | 20.06 | 20.00 | 20.00 | |
| | 9+0 | 50 | 900 | 20.59 | 20.63 | 20.26 | 20.26 | |
| | 9+50 | 50 | 950 | 21.74 | 21.20 | 21.06 | 21.06 | |
| | 10+0 | 50 | 1,000 | 21.44 | 21.78 | 21.30 | 21.30 | |
| | 10+50 | 50 | 1,050 | 22.09 | 22.09 | 22.08 | 22.08 | |
| | 11+0 | 50 | 1,100 | 22.10 | 22.10 | 22.09 | 22.09 | |
| | 11+50 | 50 | 1,150 | 22.65 | 22.65 | 22.64 | 22.64 | |
| | 12+0 | 50 | 1,200 | 23.13 | 23.13 | 22.78 | 22.78 | |
| | 12+16 | 16 | 1,217 | 23.16 | 23.16 | 22.92 | 22.92 | |
| | 12+50 | 34 | 1,250 | 23.38 | 23.21 | 23.16 | 23.16 | |
| | 13+0 | 50 | 1,300 | 23.57 | 23.34 | 23.54 | 23.54 | |
| | 13+50 | 50 | 1,350 | 23.49 | 23.53 | 23.54 | 23.54 | |
| | 14+0 | 50 | 1,400 | 23.90 | 23.75 | 23.65 | 23.65 | |
| | 14+9 | 9 | 1,409 | 23.93 | 23.93 | 23.92 | 23.92 | |
| | 14+50 | 41 | 1,450 | 25.07 | 24.47 | 25.08 | 25.08 | |
| | 15+0 | 50 | 1,500 | 25.22 | 24.96 | 25.21 | 25.21 | |
| | 15+50 | 50 | 1,550 | 25.38 | 25.53 | 25.40 | 25.40 | |
| | 16+0 | 50 | 1,600 | 26.23 | 26.02 | 25.78 | 25.78 | |
| | 16+15 | 15 | 1,615 | 26.23 | 26.23 | 26.25 | 26.25 | |
| | 16+50 | 35 | 1,650 | 26.09 | 26.23 | 26.09 | 26.09 | |
| | 17+0 | 50 | 1,700 | 26.35 | 26.23 | 26.35 | 26.35 | |
| | 17+50 | 50 | 1,750 | 26.39 | 26.24 | 26.40 | 26.40 | |
| | 18+0 | 50 | 1,800 | 27.17 | 26.86 | 27.00 | 27.00 | |
| | 18+50 | 50 | 1,850 | 27.82 | 27.49 | 27.27 | 27.27 | |
| | 18+97 | 47 | 1,897 | 27.85 | 27.82 | 27.82 | 27.82 | |
| | 19+0 | 3 | 1,900 | 27.87 | 27.87 | 27.80 | 27.80 | |
| | 19+50 | 50 | 1,950 | 28.20 | 28.03 | 28.20 | 28.20 | |
| | 19+85 | 35 | 1,985 | 28.90 | 28.20 | 29.23 | 29.23 | |
| | 20+0 | 15 | 2,000 | 29.06 | 28.43 | 29.28 | 29.28 | |
| | 20+50 | 50 | 2,050 | 29.40 | 28.75 | 29.40 | 29.40 | |
| | 20+80 | 30 | 2,080 | 29.53 | 29.40 | 29.55 | 29.55 | |
| | 21+0 | 20 | 2,100 | 30.29 | 29.93 | 30.28 | 30.28 | |
| | 21+39 | 39 | 2,139 | 30.80 | 30.29 | 30.74 | 30.74 | |
| | 21+50 | 11 | 2,150 | 30.69 | 30.40 | 30.69 | 30.69 | |
| | 22+0 | 50 | 2,200 | 30.71 | 30.56 | 30.79 | 30.79 | |
| | 22+29 | 29 | 2,229 | 31.83 | 30.71 | 31.88 | 31.88 | |
| | 22+50 | 21 | 2,250 | 31.57 | 31.23 | 31.62 | 31.62 | |

## <표 5.3-2> 구수천 평형하상고 예측(계속)

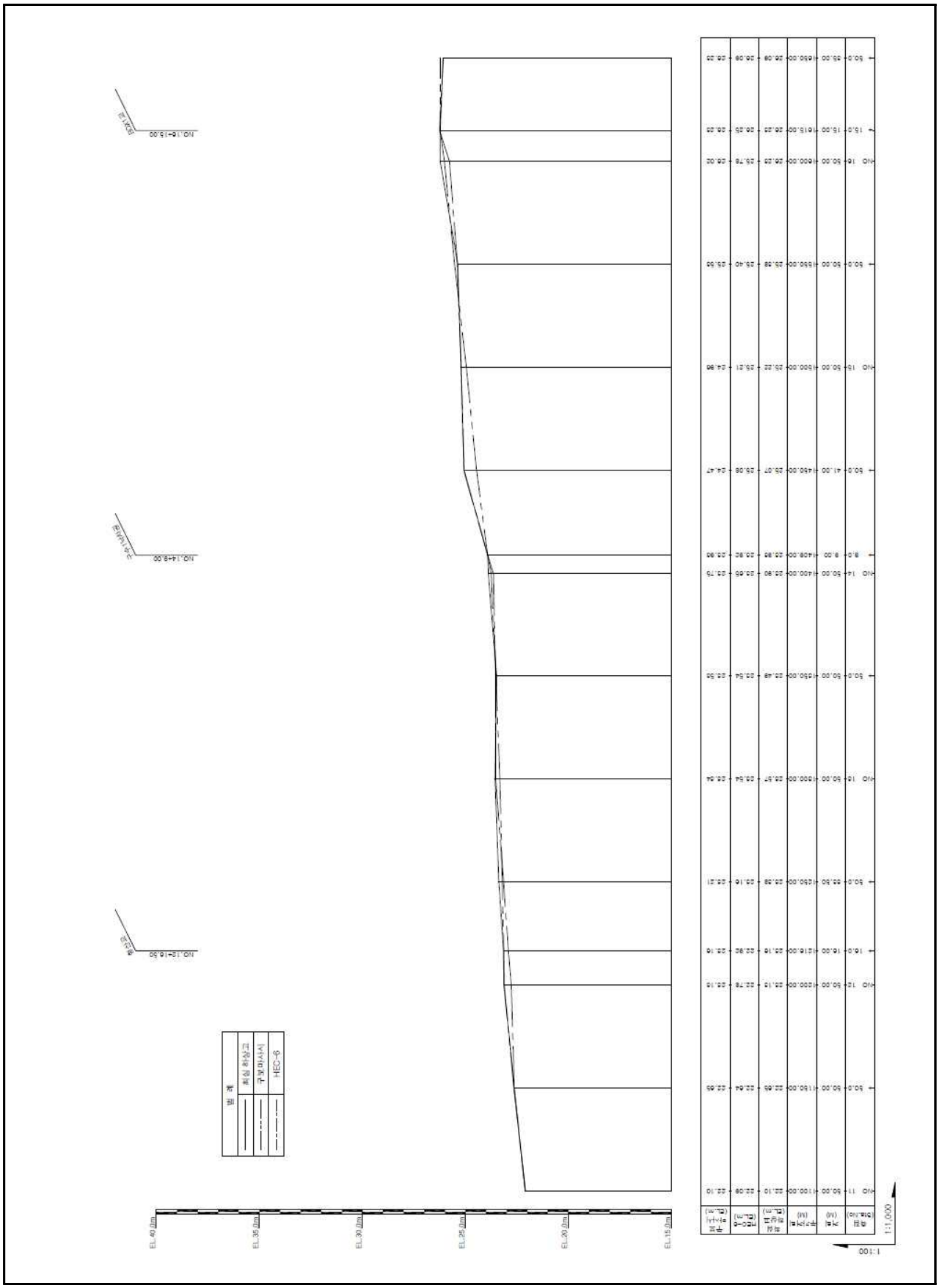
| 하천명 | 측점 (No.) | 거리(m) | | 최심하상고 (EL.m) | 평형하상고(EL.m) | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 구간 | 누가 | | Kubo | HEC-6 | 채택 | |
| 구수천 | 22+73 | 23 | 2,273 | 31.60 | 31.57 | 31.60 | 31.60 | |
| | 23+0 | 27 | 2,300 | 31.91 | 31.70 | 31.99 | 31.99 | |
| | 23+25 | 25 | 2,323 | 32.25 | 31.91 | 32.34 | 32.34 | |
| | 23+50 | 25 | 2,350 | 32.25 | 32.06 | 32.48 | 32.48 | |
| | 24+0 | 50 | 2,400 | 32.37 | 32.20 | 32.74 | 32.74 | |
| | 24+8 | 8 | 2,408 | 33.06 | 32.37 | 33.49 | 33.49 | |
| | 24+50 | 42 | 2,450 | 33.10 | 32.84 | 33.56 | 33.56 | |
| | 24+77 | 27 | 2,472 | 34.41 | 33.10 | 34.41 | 34.41 | |
| | 25+0 | 23 | 2,500 | 34.08 | 33.38 | 34.14 | 34.14 | |
| | 25+50 | 50 | 2,550 | 34.57 | 33.76 | 34.61 | 34.61 | |
| | 26+0 | 50 | 2,600 | 34.93 | 34.12 | 34.70 | 34.70 | |
| | 26+49 | 49 | 2,649 | 36.02 | 34.57 | 36.49 | 36.49 | |
| | 26+50 | 1 | 2,650 | 36.05 | 35.32 | 36.40 | 36.40 | |
| | 26+81 | 31 | 2,681 | 36.90 | 36.02 | 37.36 | 37.36 | |
| | 27+0 | 19 | 2,700 | 37.18 | 36.44 | 37.20 | 37.20 | |
| | 27+50 | 50 | 2,750 | 37.58 | 36.82 | 37.41 | 37.41 | |
| | 27+81 | 31 | 2,781 | 38.15 | 37.18 | 38.18 | 38.18 | |
| | 28+0 | 19 | 2,800 | 38.68 | 38.11 | 38.67 | 38.67 | |
| | 28+37 | 37 | 2,837 | 39.11 | 38.65 | 39.11 | 39.11 | |
| | 28+50 | 13 | 2,850 | 39.57 | 38.84 | 38.90 | 38.90 | |
| | 28+66 | 11 | 2,866 | 39.85 | 39.11 | 40.02 | 40.02 | |
| | 29+0 | 39 | 2,900 | 39.90 | 39.55 | 40.20 | 40.20 | |
| | 29+45 | 45 | 2,945 | 40.06 | 39.85 | 40.06 | 40.06 | |
| | 29+50 | 5 | 2,950 | 40.69 | 39.93 | 40.37 | 40.37 | |
| | 29+79 | 29 | 2,979 | 41.45 | 40.06 | 41.49 | 41.49 | |
| | 30+0 | 21 | 3,000 | 42.12 | 40.77 | 41.81 | 41.81 | |
| | 30+48 | 48 | 3,048 | 42.17 | 41.45 | 42.65 | 42.65 | |
| | 30+50 | 2 | 3,050 | 42.43 | 42.28 | 42.65 | 42.65 | |
| | 30+66 | 16 | 3,066 | 42.69 | 42.67 | 42.69 | 42.69 | |
| | 30+97 | 31 | 3,097 | 43.34 | 41.45 | 43.84 | 43.84 | |
| | 31+0 | 3 | 3,100 | 44.13 | 42.28 | 43.83 | 43.83 | |
| | 31+40 | 40 | 3,140 | 45.02 | 42.67 | 44.12 | 44.12 | |



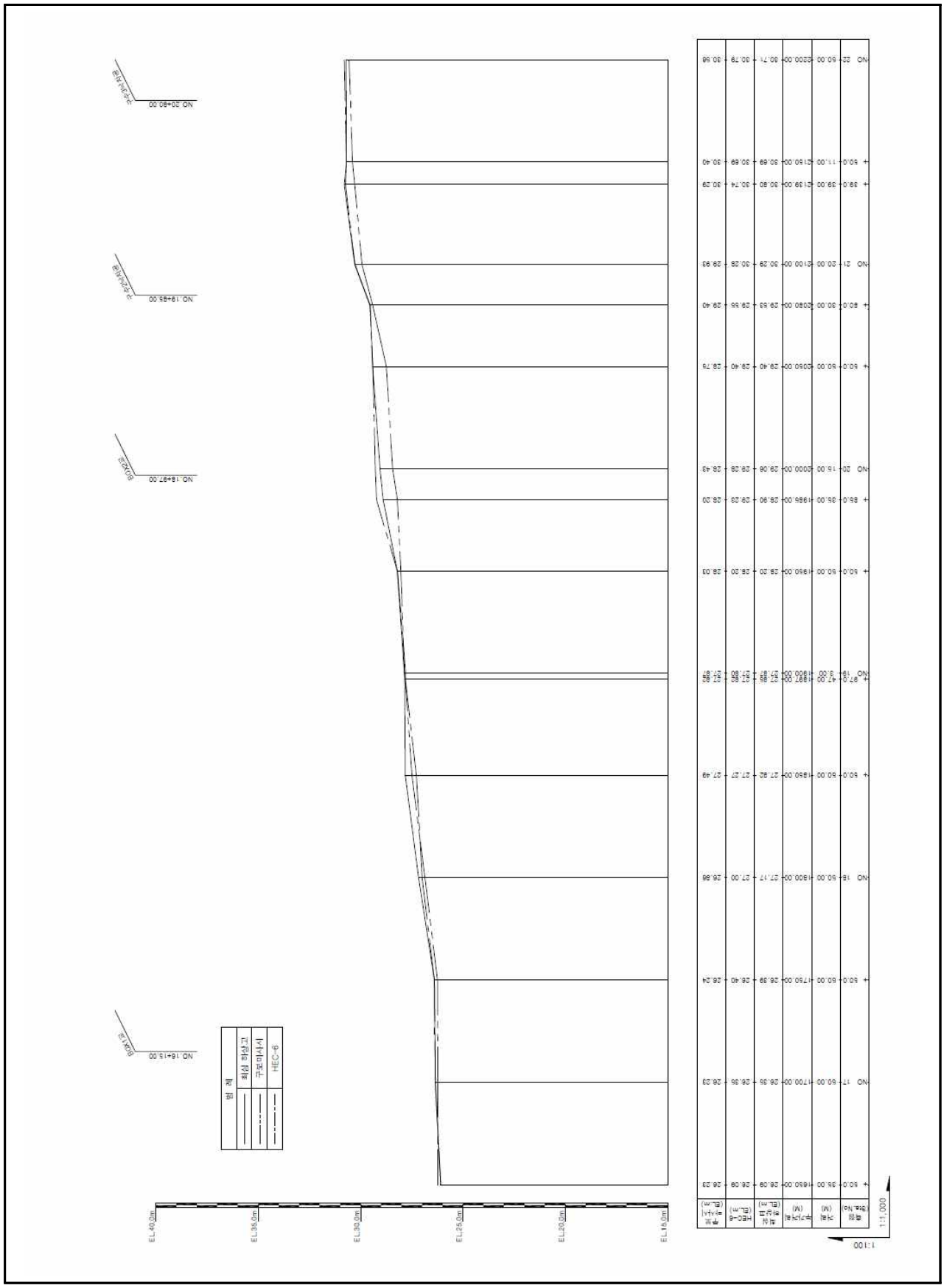
<그림 5.3-5> 평형하상고(1)



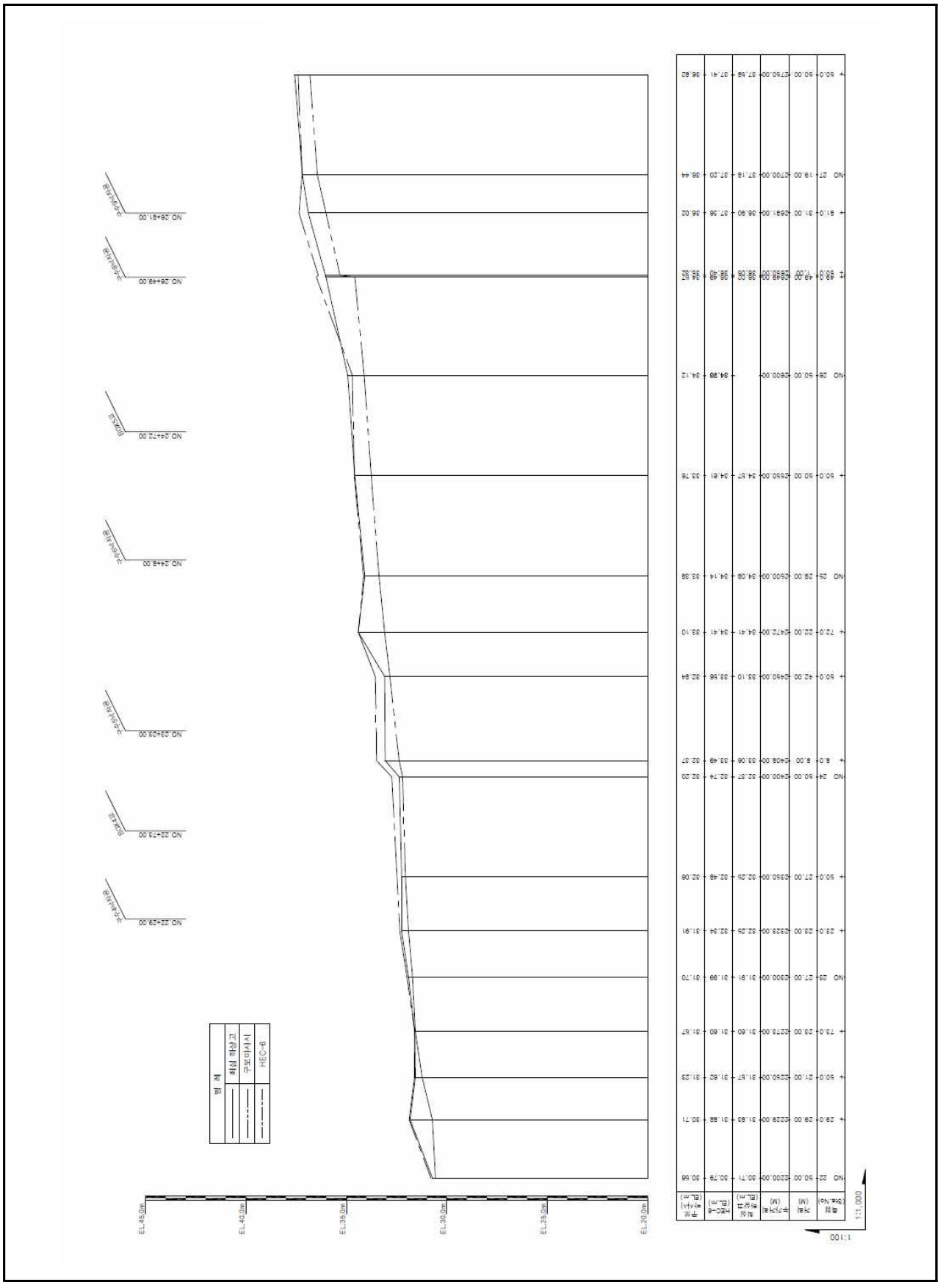

〈그림 5.3-5〉 평형하상고(2)



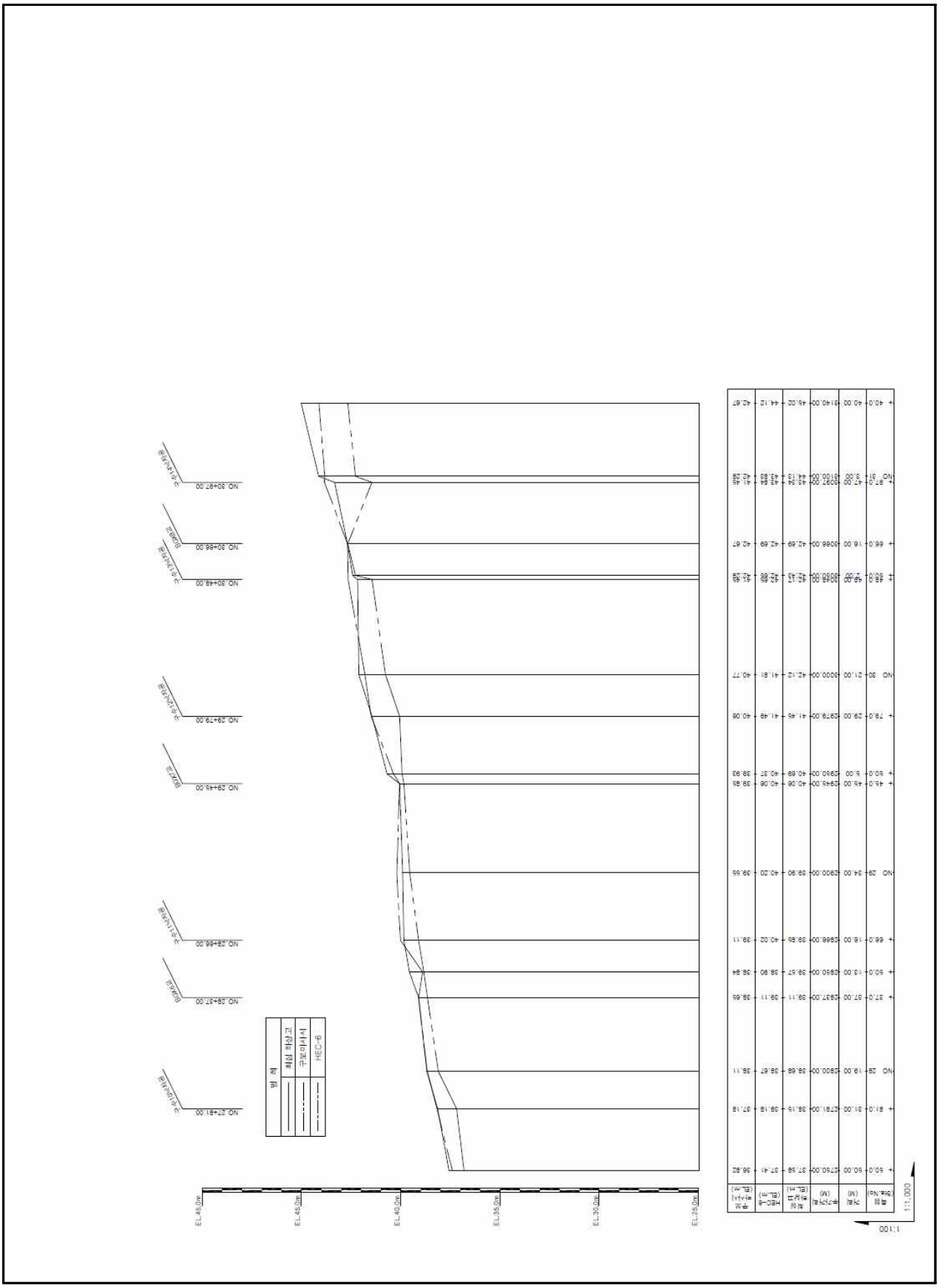
<그림 5.3-5> 평형하상고(3)




<그림 5.3-5> 평형하상고(4)



<그림 5.3-5> 평형하상고(5)



<그림 5.3-5> 평형하상고(6)

# 6

# 용수수요량 예측 및 물수지 분석


6.1 수자원부존량 산정

6.2 용수수요량 예측

6.3 물수지 분석

6.4 용수수급 계획

# 제 6 장 용수수요량 예측 및 물수지 분석

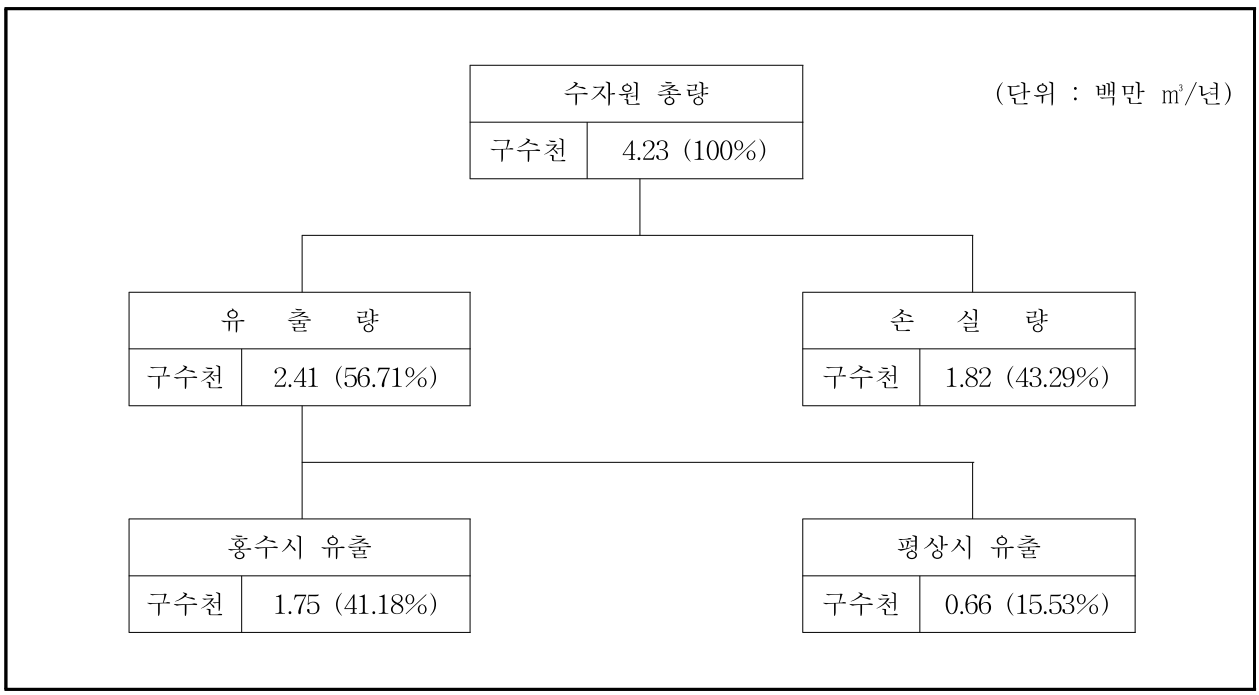
## 6.1 수자원부존량 산정

수자원부존량은 강수총량에서 증발산 등으로 손실되는 양을 제외한 양으로 직접유출량에 해당된다. 본 계획에서는 TANK모형에 의한 유출분석을 실시하여 수자원부존량을 산정하였다. 그 결과 구수천의 수자원총량은 4.23×백만㎥/년이고 연평균유출량은 2.41백만㎥/년으로 분석되었다.

**<표 6.1-1> 수자원부존량**

| 하천명 | 유 역 면 적 (㎢) | 연평균 강우량 (㎜) | 수자원 총 량 (백만㎥/년) | 손실량 (백만㎥/년) | 유 출 량(백만㎥/년) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 계 | 홍수시 유 출 | 평상시 유 출 |
| 구수천 | 3.66 | 1,155.97 | 4.23 (100%) | 1.82 (43.29%) | 2.41 (56.71%) | 1.75 (41.18%) | 0.66 (15.53%) |

본 구수천 유역의 유출량 모식도는 다음과 같다.




**<그림 6.1-1> 유출량 모식도**

# 6.2 용수수요량 예측

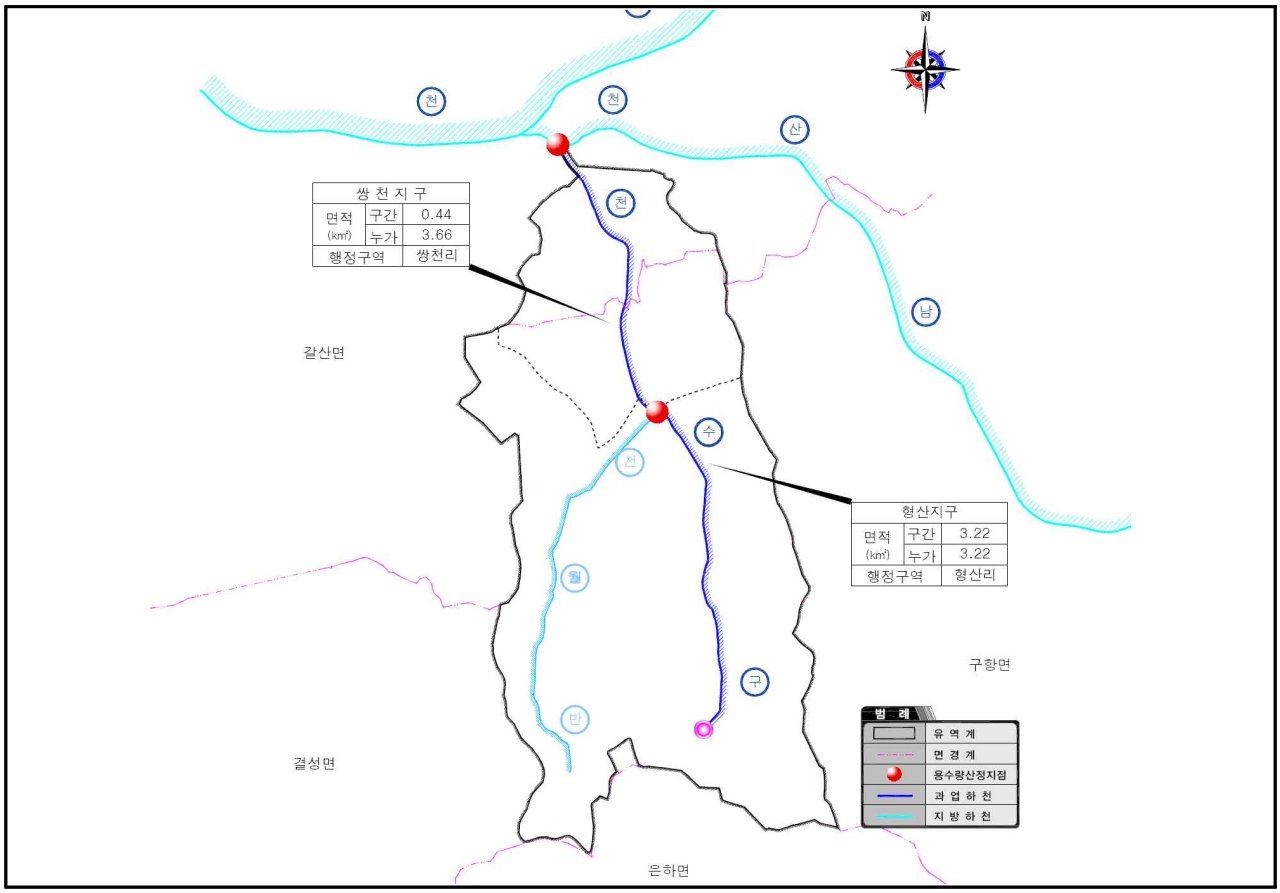
## 6.2.1 용수수요량 산정 지점

일반적으로 하천에서의 용수수요는 크게 생활용수, 공업용수, 농업용수로 분류할 수 있으며, 유역내의 용수수요량 산정을 위한 지구 구분이 먼저 결정되어야 한다. 본 구수천 유역내의 용수수요량 산정을 위하여 <표 6.2-1>과 같이 상류에서 하류방향으로 지류합류점, 토지이용현황 및 행정구역경계 등을 고려하여 용수수요량 산정 지점을 선정하고 그에 따른 지구별 용수수요량을 추정하였다.

### <표 6.2-1> 용수량 산정지점

| 하천명 | 지구명 | 면 적(km²) | | 행 정 구 역 | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 구 간 | 누 가 | 시·군 | 읍·면 | 동·리 | |
| 구수천 | 형산 | 3.22 | 3.22 | 홍성 | 결성면 | 형산리 | |
| | 쌍리 | 0.44 | 3.66 | | 갈산면 | 쌍천리 | |

【주】 1) 행정구역의 동·리는 법정구역임
2) 자료 : 2011 홍성통계연보




<그림 6.2-1> 용수량 산정지점 위치도

### 6.2.2 생활용수 수요량 추정

생활용수의 수요량은 인간의 생활을 구성하는 문명의 발달과 경제적 성장이 계속될수록 소비량은 증가하는 경향을 갖고 있으며 도시규모, 경제, 상업 및 공장구성, 기상, 물 값 등의 다양한 요인에 의해 좌우된다. 이러한 요인들을 고려한 생활용수 수요량의 추정은 각 요인별 자료수집의 어려움, 상관성 분석의 어려움, 장기간의 분석기간 등으로 인해 매우 어렵기 때문에 과거 도시의 물사용량을 해당년도 인구로 나눈 단위급수량 추이를 분석하여 장래 목표년도의 단위급수량을 산정한 후 장래 인구를 곱하여 생활용수를 추정하게 된다.

생활용수 수요량의 추정은 상수도 급수지역과 미급수지역으로 구분하고 「2011 홍성통계연보」를 바탕으로 추정한 목표연도의 인구, 상수도 보급률, 1일 1인당 평균급수량을 바탕으로 산정한다. 미급수 지역의 생활용수 수요량은 「수자원장기종합계획(2006. 9, 국토해양부)」에서 제시한 1인 1일당 급수량 215ℓpcd를 미급수지역 인구에 적용하여 다음과 같은 방법으로 산정한다.

■ 상수도 급수구역과 미급수구역, 기타급수구역으로 구분하여 산정

■ 생활용수 수요량 = (급수구역 + 미급수지역) 수요량 + 기타급수량

○ 급수지역 수요량 = [해당지역의 총인구 × 급수보급율 × 단위급수량]

○ 미급수지역 수요량 = [해당지역의 총인구 × (1－급수보급율)
× 간이급수지역 단위급수량(215ℓ)]

○ 기타급수 수요량 = 생활용·기타용 지하수

#### 가. 현황

홍성군 내의 용수공급은 2010년말 현재 보령댐 광역상수도 시설을 보유하고 있고 총 인구 89,603명중 55,252명이 급수해택을 받고 있으며, 급수보급율이 62%, 1인 1일 평균 급수량은 351ℓ이다.

본 구수천 유역이 속한 행정구역인 홍성군 갈산면 쌍천리와 결성면 형산리는 미급수 지역이며 대부분 소규모 급수시설에 의존하거나 자가급수시설을 설치하여 생활용수로 사용하고 있으며, 수원별 상수도 현황은 <표 6.2-2>와 같다.

<표 6.2-2> 생활용수 이용현황

| 연도 (년) | 급 수 구 역 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 총인구 | 급 수 인 구 | 보급률 (%) | 급수량 (㎥/일) | 시설용량 (㎥/일) | 1일1인당 급수량(ℓ) | 급 수 전 수 |
| 2005 | 91,432 | 46,092 | 50 | 14,350 | 14,690 | 319 | 7,330 |
| 2006 | 90,242 | 54,057 | 60 | 21,880 | 14,529 | 307 | 7,754 |
| 2007 | 89,539 | 55,513 | 62 | 14,350 | 10,648 | 203 | 8,160 |
| 2008 | 89,231 | 57,107 | 64 | 14,350 | 11,322 | 198 | 8,841 |
| 2009 | 88,865 | 52,459 | 59 | 16,979 | 16,979 | 324 | 9,650 |
| 2010 | 89,603 | 55,252 | 62 | 19,370 | 19,370 | 351 | 10,397 |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보

## 나. 목표년도별 장래인구 추정

생활용수 수요를 추정함에 있어 장래인구 추정을 가장 합리적으로 산정하기 위해서 계획대상 지역의 시·군 통계연보를 참고하여 과거 인구자료를 수집·조사하고 통계적 방법에 의한 자연적 인구 증감을 예측하여 각 도시의 주변여건변화 및 지역적, 사회적 특성 등 제반요인을 고려하여 장래인구를 추정한다.

인구증가는 자연적 및 사회적 요인으로 구분할 수 있으며 자연적 요인은 출생률과 사망률의 차이로, 사회적 요인은 전입과 전출의 차이로 나타난다. 인구추정은 이와 같이 자연적 및 사회적 요인을 고려하여 과거 시계열자료를 기준으로 장래인구를 추정하고 여기에 기존 관련 계획에서 수립된 계획인구를 고려하여 산출한다.

구수천 유역의 인구추정은 과거 추이분석에 의한 인구추정방법 중 통계학적 방법을 통하여 추정을 하였으며, 통계학적 방법 중 등차급수법 및 등비급수법, 최소자승법을 분석하였다. 인구추정을 위해 「2011 홍성통계연보」를 참고로 하여 장래인구를 추정하였으며, 구수천 유역의 대표 행정구역 과거 인구추이와 지구별 장래 인구추정은 <표 6.2-3>과 <표 6.2-4>와 같다.

<표 6.2-3> 과거 인구추이 (단위 : 인)

| 행정구역 | | | 2003년 | 2004년 | 2005년 | 2006년 | 2007년 | 2008년 | 2009년 | 2010년 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 홍성군 | | | 94,658 | 91,223 | 90,931 | 90,242 | 89,539 | 89,231 | 88,865 | 89,603 |
| 갈산면 | 쌍천리 | | 143 | 139 | 145 | 148 | 142 | 145 | 144 | 137 |
| 결성면 | 형산리 | 원형산 | 176 | 174 | 161 | 149 | 146 | 145 | 149 | 146 |
| | | 구수동 | 119 | 115 | 123 | 109 | 106 | 99 | 101 | 102 |
| | | 주교 | 80 | 78 | 86 | 88 | 80 | 80 | 86 | 94 |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보

<표 6.2-4> 지구별 장래 인구추정

| 하천명 | 구분 / 지구명 | 장래인구(명) 2010년 | 2015년 | 2020년 | 2025년 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 쌍천 | 77 | 73 | 67 | 59 | |
| | 형산 | 402 | 377 | 344 | 303 | |
| | 계 | 479 | 450 | 411 | 362 | |

### 다. 원단위 분석

상수도 원단위는 국민생활수준이 향상될수록 초기에는 비례하여 증가하는 것이 일반적인 현상이므로 매년 증가되는 것이 원칙이나 선진 외국의 대도시에서는 근년에 이르러 단위급수량이 감소 또는 증가율이 매우 둔화되는 현상을 나타내고 있다. 이러한 현상은 선진화 될수록 국민의식이 높아지고 이에 따라 자원절약, 절수의식이 점차 높아지고 있는 경향을 나타낸다. 일반적으로 급수보급율 및 단위급수량은 장래 상수도 수요량을 추정함에 있어서 신중히 결정되어야 하는 인자들이며 이들은 도시의 특성, 경제, 사회조건 등에 따라 크게 변화하나 인구 규모면에서 보면 비슷한 경향을 나타내고 있다.

과거자료의 추세를 이용하여 추정하는 경우 시·군의 상수도 급수량은 그 양이 비교적 적고 정책 및 사업시행과 같은 인위적인 행위에 의하여 상수도 원단위의 변화폭이 크기 때문에 시·군단위로 장래 수요량을 추정하는 것은 신중한 검토가 필요하다.

본 계획에서는 「홍성군 수도정비기본계획 변경보고서(2008. 8, 홍성군)」에서 제시한 자료를 바탕으로 장래 급수보급율과 단위급수량을 산정하였다. 또한 미급수지역 생활용수 수요량은 「수자원장기종합계획(2006. 9, 국토해양부)」에서 적용한 미급수지역 단위급수량 215ℓ/인/일을 적용하여 산정하였다.

<표 6.2-5> 행정구역별 생활용수 급수보급율 및 단위급수량

| 하천명 | 행정구역 | 급수보급율(%) | | | | 단위급수량(ℓpcd) | | | | 미급수(ℓpcd) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2010년 | 2015년 | 2020년 | 2025년 | 2010년 | 2015년 | 2020년 | 2025년 | | |
| 구수천 | 홍성군 | 63.8 | 74.2 | 80.9 | 85.0 | 310 | 310 | 310 | 310 | 215 | |

【주】 자료 : 홍성군 수도정비기본계획 변경보고서(2008. 8, 홍성군)

<표 6.2-6> 지구별 장래 급수 및 미급수 인구 (인)

| 하천명 | 지구명 | 2010년 | | | 2015년 | | | 2020년 | | | 2025년 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 상수도 | 자가급수 | 계 | 상수도 | 자가급수 | 계 | 상수도 | 자가급수 | 계 | 상수도 | 자가급수 | 계 |
| 구수천 | 쌍천 | 35 | 20 | 55 | 39 | 13 | 52 | 39 | 9 | 48 | 37 | 6 | 43 |
| | 형산 | 183 | 104 | 287 | 202 | 70 | 272 | 201 | 48 | 249 | 187 | 33 | 220 |
| | 계 | 218 | 124 | 342 | 240 | 84 | 324 | 240 | 57 | 297 | 224 | 39 | 263 |

【주】 자료 : 지구별 인구는 행정구역별 편입면적비 적용

## 라. 생활수요량 추정

본 구수천 유역의 장래 생활용수 수요량은 전술한 장래추정인구에 급수보급율 및 단위급수량을 곱하여 추정하였으며 미급수지역 생활용수 수요량은 「수자원장기종합계획(2006. 9, 국토해양부)」에서 적용한 미급수지역 단위급수량 215ℓ/인/일을 적용하여 산정하였다. 지구별 생활용수 수요량은 <표 6.2-7>과 같다.

<표 6.2-7> 지구별 생활용수 수요량 (㎥/일)

| 하천명 | 지구명 | 2010년 | | | 2015년 | | | 2020년 | | | 2025년 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 상수도 | 자가급수 | 계 | 상수도 | 자가급수 | 계 | 상수도 | 자가급수 | 계 | 상수도 | 자가급수 | 계 |
| 구수천 | 쌍천 | 10.9 | 4.3 | 15.2 | 12.0 | 2.9 | 14.9 | 12.0 | 2.0 | 14.1 | 11.3 | 1.4 | 12.8 |
| | 형산 | 56.8 | 22.3 | 79.2 | 62.6 | 15.1 | 77.7 | 62.4 | 10.2 | 72.7 | 58.0 | 7.1 | 65.1 |
| | 계 | 67.7 | 26.7 | 94.4 | 74.6 | 18.0 | 92.6 | 74.5 | 12.2 | 86.7 | 69.4 | 8.5 | 77.9 |

【주】 자료 : 지구별 인구는 행정구역별 편입면적비 적용

### 6.2.3 공업용수 수요량 추정

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

■ 공업용수 수요량 = 공장부지 면적(또는 제조업 출하액) × 공업용수 원단위

장래 공업용수 수요추정방법으로는 일반적으로 계획입지에 대하여 외삽법과 공업용수 원단위 적용법이 있다. 외삽법은 과거 공업용수 사용량의 연도별 변화추이를 통계처리하여 최적합 회귀식을 구한 후 장래 목표년도의 공업용수 수요를 추정하는 방법이며 원단위 적용법은 장래년도에 따라 산정된 원단위를 적용하는 방법이다.

본 구수천 유역내의 공업용수 이용량을 파악하기 위해 통계연보 및 행정기관의 자료와 현장답사를 토대로 조사한 결과, 공업용수를 고려할 만한 대단위 산업단지 및 농공단지가 없으며 향후에도 단지계획이 없는 것으로 조사되었는 바, 본 구수천 유역의 공업용수 수요량은 추정하지 않았다.

### 6.2.4 농업용수 수요량 추정

농업용수는 물순환 과정 중 물을 자연 그대로 이용하는 특징을 가지고 있으며 농업 고유의 기능 이외에 자연을 보전하고, 호우시 저류 또는 정체시켜 홍수를 조절하고 침투된 물을 다시 하천으로 환원시켜 생활 및 공업용수 등의 공급원으로 사용된다. 농업용수는 수리시설물로부터 공급되는 농업용수의 사용량 및 공급계통을 파악해야 하지만 현실적으로 한계가 있어 농업용수의 정확한 추정은 어려움이 있다.

본 계획에서는 농업용수량의 대부분을 차지하고 있는 답작지와 관개전에 한정하여 다음과 같이 농업용수를 산정하였으며, 추정 원단위는 「수자원장기종합계획(2006. 9, 국토해양부)」에서 제시한 단위용수량을 적용하였다.

■ 농업용수 수요량 = 수리안전답 면적 × 수리답 단위용수량
+ 수리불안전답 면적 × 수리불안답 단위용수량
+ 관개전 면적 × 관개전 단위용수량

## 가. 농업용수 수요현황

본 구수천 유역내에는 현재 수리시설물에 의해 31ha의 농경지가 관개되고 있다. 물수지상 영향을 줄 수 있는 보는 유역내 14개소이며, 유역내 총 관개면적은 취수보에 의하여 농업용수를 해결하고 있으며, 지구별 수원공별 관개면적은 <표 6.2-8>과 같다.

**<표 6.2-8> 수원공별 관개면적 현황** (단위 : 개소/ha)

| 구분 | 저수지 | 양배수장 | 집수암거 | 취입보 | 소계 | 방조제 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 국가 | 도 | 군 | 민간 관리자 |
| 홍성군 | 45 | 37 | 12 | 52 | 146 | - | - | 10 | - |
| 결성면 | 3 | 2 | - | 1 | 6 | - | - | 3 | - |
| 갈산면 | 4 | 12 | 2 | 7 | 25 | - | - | - | - |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보

## 나. 단위용수량

구수천 유역의 단위용수량은 '수자원장기종합계획(2006, 국토해양부)'상에 제시된 홍성군 지역의 단위용수량을 적용하였으며, 적용결과는 <표 6.2-9>와 같다.

**<표 6.2-9> 관개면적별 농업용수량 원단위** (단위 : mm/년)

| 구분 | 결성면 형산리 | | | | | | 갈산면 쌍천리 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 안전 | | 불안전 | | 관계전 | | 안전 | | 불안전 | | 관계전 | |
| | ㎜/년 | m/day | ㎜/년 | m/day | ㎜/년 | m/day | ㎜/년 | m/day | ㎜/년 | m/day | ㎜/년 | m/day |
| 2010 | 725.29 | 0.0020 | 117.86 | 0.0003 | 127.08 | 0.0003 | 323.22 | 0.0009 | 525.52 | 0.0014 | 56.63 | 0.0002 |
| 2015 | 765.08 | 0.0021 | 94.73 | 0.0003 | 171.14 | 0.0005 | 340.95 | 0.0009 | 42.21 | 0.0001 | 76.27 | 0.0002 |
| 2020 | 796.08 | 0.0022 | 77.32 | 0.0002 | 161.34 | 0.0004 | 354.76 | 0.0010 | 34.46 | 0.0001 | 71.9 | 0.0002 |
| 2025 | 818.15 | 0.0022 | 65.73 | 0.0002 | 152.1 | 0.0004 | 364.6 | 0.0010 | 29.29 | 0.0001 | 67.78 | 0.0002 |

주】 1) 수자원장기종합계획(2006. 9, 국토해양부) 부록에서 제시한 농업용수량과 재배면적을 이용하여 산출.
2)「하천정비기본계획수립 및 하천대장작성지침(2008. 12, 국토해양부)」에서 제시한 수리불안전답의 단위용수량은 수리안전답의 70%적용

## 다. 장래 경지면적 전망

장래 경지면적은 정부의 정책, 지역여건 등에 따라 변화하기 때문에 단순히 과거 경지면적의 추이에 의해 추정하는 것은 한계가 있다. 따라서 본 계획에서는 수리시설물에 의해 지표수를 취수원으로 관개하는 농경지를 파악하고 경지에 대한 장래 수리답율과 관개전율은 「수자원장기종합계획(2006. 9, 국토해양부)」에서 제시한 행정구역별 값을 유역내 지구별로 적용하였다.

**<표 6.2-10> 유역내 장래 경작지별 면적추이** (단위 : ha)

| 하천명 | 지구명 | 2010년 | | | | | 2015년 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 계 | 답 | | | 관개전 | 계 | 답 | | | 관개전 |
| | | | 계 | 안전 | 불안전 | | | 계 | 안전 | 불안전 | |
| 구수천 | 형상 | 96.95 | 70.12 | 56.10 | 14.02 | 26.83 | 106.58 | 70.45 | 59.18 | 11.27 | 36.13 |
| | 쌍천 | 43.20 | 31.25 | 25.00 | 6.25 | 11.96 | 47.49 | 31.39 | 26.37 | 5.02 | 16.10 |
| 계 | | 140.15 | 101.37 | 81.10 | 20.27 | 38.78 | 154.07 | 101.84 | 85.55 | 16.29 | 52.23 |

**<표 6.2-10> 유역내 장래 경작지별 면적추이(계속)** (단위 : ha)

| 하천명 | 지구명 | 2020년 | | | | | 2025년 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 계 | 답 | | | 관개전 | 계 | 답 | | | 관개전 |
| | | | 계 | 안전 | 불안전 | | | 계 | 안전 | 불안전 | |
| 구수천 | 형상 | 104.83 | 70.77 | 61.57 | 9.20 | 34.06 | 103.21 | 71.10 | 63.28 | 7.82 | 32.11 |
| | 쌍천 | 46.72 | 31.54 | 27.44 | 4.10 | 15.18 | 45.99 | 31.69 | 28.20 | 3.49 | 14.31 |
| 계 | | 151.55 | 102.31 | 89.01 | 13.30 | 49.24 | 149.20 | 102.79 | 91.48 | 11.31 | 46.42 |

【주】 하천수 관개면적은 취수보, 집수암거, 양수장의 관개면적을 합산한 값임
관개면적 = 수리답면적 + 관개전면적

## 라. 농업용수 수요량 산정

본 구수천 유역의 농업용수 수요현황은 저수지 및 양수장, 보 집수암거, 도수로 등 이용시설에 의하여 지표수를 용수원으로 관개하고 있는 농경지를 대상으로 하였으며 저수지, 양수장, 보 집수암거 등에 대한 수원공별 관개면적 조사는 지역 통계연보와 한국농어촌공사, 현장조사 등을 통하여 검토하였다.

### <표 6.2-11> 지구별 농업용수량

(단위 : 천㎥/일)

| 하천명 | 지구명 | 2010년 | | | | | 2015년 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 계 | 답 | | | 관개전 | 계 | 답 | | | 관개전 |
| | | | 계 | 안전 | 불안전 | | | 계 | 안전 | 불안전 | |
| 구수천 | 형상 | 970.23 | 843.15 | 725.29 | 117.86 | 127.08 | 1030.95 | 859.81 | 765.08 | 94.73 | 171.14 |
| | 쌍천 | 432.37 | 375.74 | 323.22 | 52.52 | 56.63 | 459.43 | 383.16 | 340.95 | 42.21 | 76.27 |
| 계 | | 1,402.60 | 1,218.89 | 1,048.51 | 170.39 | 183.71 | 1,490.38 | 1,242.97 | 1,106.03 | 136.94 | 247.41 |

### <표 6.2-11> 지구별 농업용수량(계속)

(단위 : 천㎥/일)

| 하천명 | 지구명 | 2020년 | | | | | 2025년 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 계 | 답 | | | 관개전 | 계 | 답 | | | 관개전 |
| | | | 계 | 안전 | 불안전 | | | 계 | 안전 | 불안전 | |
| 구수천 | 형상 | 1034.74 | 873.40 | 796.08 | 77.32 | 161.34 | 1035.98 | 883.88 | 818.15 | 65.73 | 152.10 |
| | 쌍천 | 461.12 | 389.22 | 354.76 | 34.46 | 71.90 | 461.67 | 393.89 | 364.60 | 29.29 | 67.78 |
| 계 | | 1,495.86 | 1,262.62 | 1,150.84 | 111.78 | 233.24 | 1,497.65 | 1,277.77 | 1,182.75 | 95.02 | 219.88 |

### <표 6.2-12> 지구별 농업용수 수요량

(단위 : ㎥/sec)

| 하천명 | 지구명 | 2010년 | | | | | 2015년 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 계 | 답 | | | 관개전 | 계 | 답 | | | 관개전 |
| | | | 계 | 안전 | 불안전 | | | 계 | 안전 | 불안전 | |
| 구수천 | 형상 | 0.0309 | 0.0268 | 0.0230 | 0.0038 | 0.0041 | 0.0329 | 0.0274 | 0.0243 | 0.0031 | 0.0055 |
| | 쌍천 | 0.0138 | 0.0120 | 0.0103 | 0.0017 | 0.0018 | 0.0148 | 0.0123 | 0.0109 | 0.0014 | 0.0025 |
| 계 | | 0.0447 | 0.0388 | 0.0333 | 0.0055 | 0.0059 | 0.0477 | 0.0397 | 0.0352 | 0.0045 | 0.0080 |

### <표 6.2-12> 지구별 농업용수 수요량(계속)

(단위 : ㎥/sec)

| 하천명 | 지구명 | 2010년 | | | | | 2015년 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 계 | 답 | | | 관개전 | 계 | 답 | | | 관개전 |
| | | | 계 | 안전 | 불안전 | | | 계 | 안전 | 불안전 | |
| 구수천 | 형상 | 0.0309 | 0.0268 | 0.0230 | 0.0038 | 0.0041 | 0.0329 | 0.0274 | 0.0243 | 0.0031 | 0.0055 |
| | 쌍천 | 0.0138 | 0.0120 | 0.0103 | 0.0017 | 0.0018 | 0.0148 | 0.0123 | 0.0109 | 0.0014 | 0.0025 |
| 계 | | 0.0447 | 0.0388 | 0.0333 | 0.0055 | 0.0059 | 0.0477 | 0.0397 | 0.0352 | 0.0045 | 0.0080 |

<표 6.2-13> 장래 농업용수 연간 사용량 및 수요량

| 하천명 | 지구 | 년도 | 농업용수 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 년간사용량($10^3$㎥/년) | | | | | 수요량 (㎥/s) |
| | | | 계 | 답 | | | 관개전 | |
| | | | | 소계 | 수리답 | 수리 불안전답 | | |
| 구수천 | 형상 | 2010년 | 970.23 | 843.15 | 725.29 | 117.86 | 127.08 | 0.03090 |
| | | 2015년 | 1,030.95 | 859.81 | 765.08 | 94.73 | 171.14 | 0.03290 |
| | | 2020년 | 1,034.74 | 873.40 | 796.08 | 77.32 | 161.34 | 0.03300 |
| | | 2025년 | 1,035.98 | 883.88 | 818.15 | 65.73 | 152.10 | 0.03300 |
| | 쌍천 | 2010년 | 432.37 | 375.74 | 323.22 | 52.52 | 56.63 | 0.01380 |
| | | 2015년 | 459.43 | 383.16 | 340.95 | 42.21 | 76.27 | 0.01480 |
| | | 2020년 | 461.12 | 389.22 | 354.76 | 34.46 | 71.90 | 0.01470 |
| | | 2025년 | 461.67 | 393.89 | 364.60 | 29.29 | 67.78 | 0.01480 |
| 계 | | 2010년 | 1,402.60 | 1,218.89 | 1,048.51 | 170.39 | 183.71 | 0.04470 |
| | | 2015년 | 1,490.38 | 1,242.97 | 1,106.03 | 136.94 | 247.41 | 0.04770 |
| | | 2020년 | 1,495.86 | 1,262.62 | 1,150.84 | 111.78 | 233.24 | 0.04770 |
| | | 2025년 | 1,497.65 | 1,277.77 | 1,182.75 | 95.02 | 219.88 | 0.04780 |

## 6.3 물수지 분석

### 6.3.1 갈수량

구수천 하구의 유황은 Tank 모형에 의한 모의결과를 적용하였으며, 갈수빈도 해석 결과 중 10년 빈도에 해당하는 값을 기준갈수량으로 결정하였다.

<표 6.3-1> 유황분석

| 지점명 | 유역면적 ($km^2$) | 풍수량 (Q95) | 평수량 (Q185) | 저수량 (Q275) | 갈수량 (Q355) | 기준갈수량 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 3.66 | 0.0517 | 0.0215 | 0.0083 | 0.0033 | 0.0005 |

### 6.3.2 물수지분석

물수지 분석은 구수천 유역에 대한 안정된 용수공급을 위해 유역내의 장래 용수수요와 공급 기준년도의 자연유량을 비교함으로서 유역내의 본류 및 지류에서의 물수지를 예측하고, 공급 기준년의 물부족량을 해결하기 위해 댐의 개발규모, 시기 및 위치 등을 결정하는 작업이다. 즉, 물수지 분석은 용수수요의 총량 및 장래 수요증가량과 갈수시 자연유하량을

비교 검토하여 물부족 여부를 검토하는 것으로 갈수시에도 하천의 정상적인 기능을 유지하기 위한 유지유량의 확보방안을 수립하기 위해 실시하는 것이다.

물수지 분석은 하천 및 지표수를 수원으로 하는 용수수요의 총량, 용수수요의 연중 시간별 분포 및 장래 수요증가량과 불규칙한 자연유하량을 비교 검토하는 것으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

■ [자연 유하량] = [실측유량] + [순 물소모량]

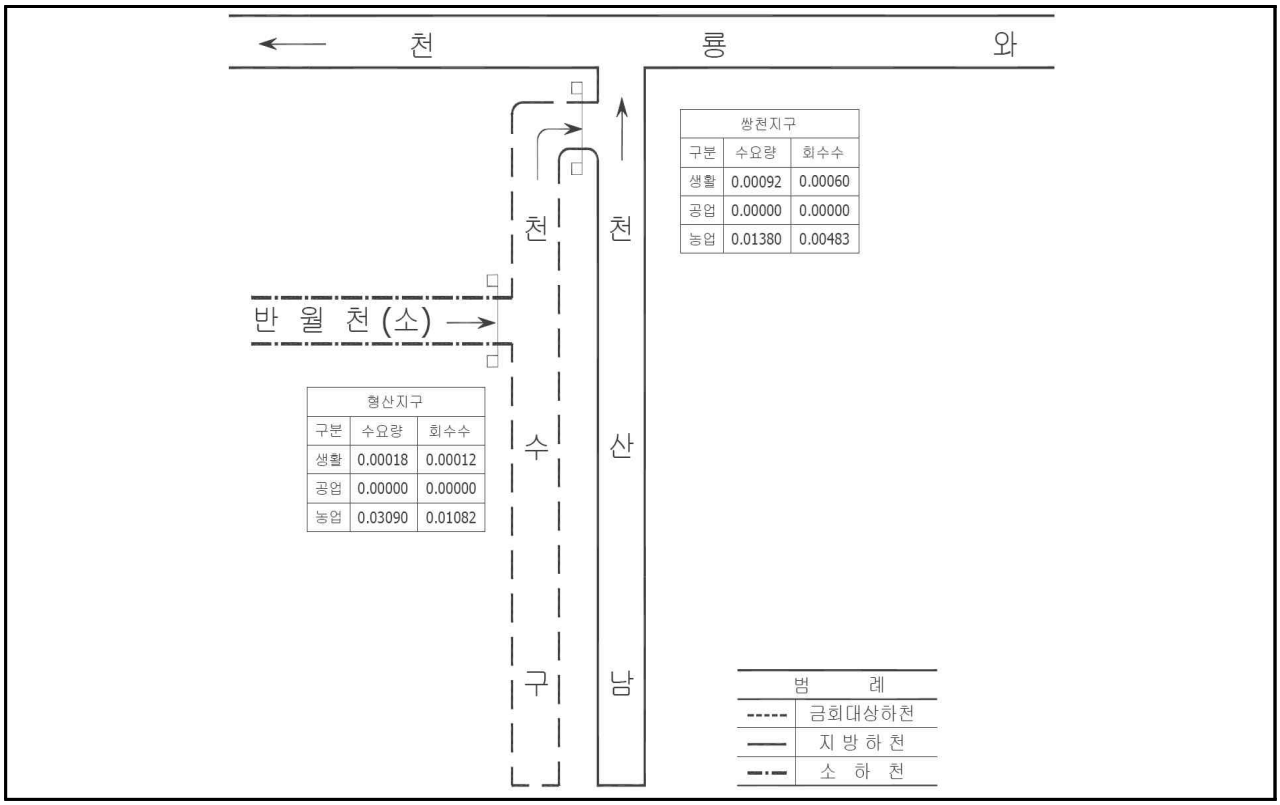
■ [장래의 물 부족량] = [댐 개발을 고려한 장래의 자연유하량]
- [장래의 순 물소모량] - [장래의 유지용수]

여기서 자연유하량이란 용수수요 및 회수가 전혀 없는 상태의 하천유량을 의미하며 실측유량에 순물소모량을 더하여 산정한다. 또한 순물소모량이란 용수 수요량에서 농업용수 및 생·공업용수의 회수수를 제외한 값이다.

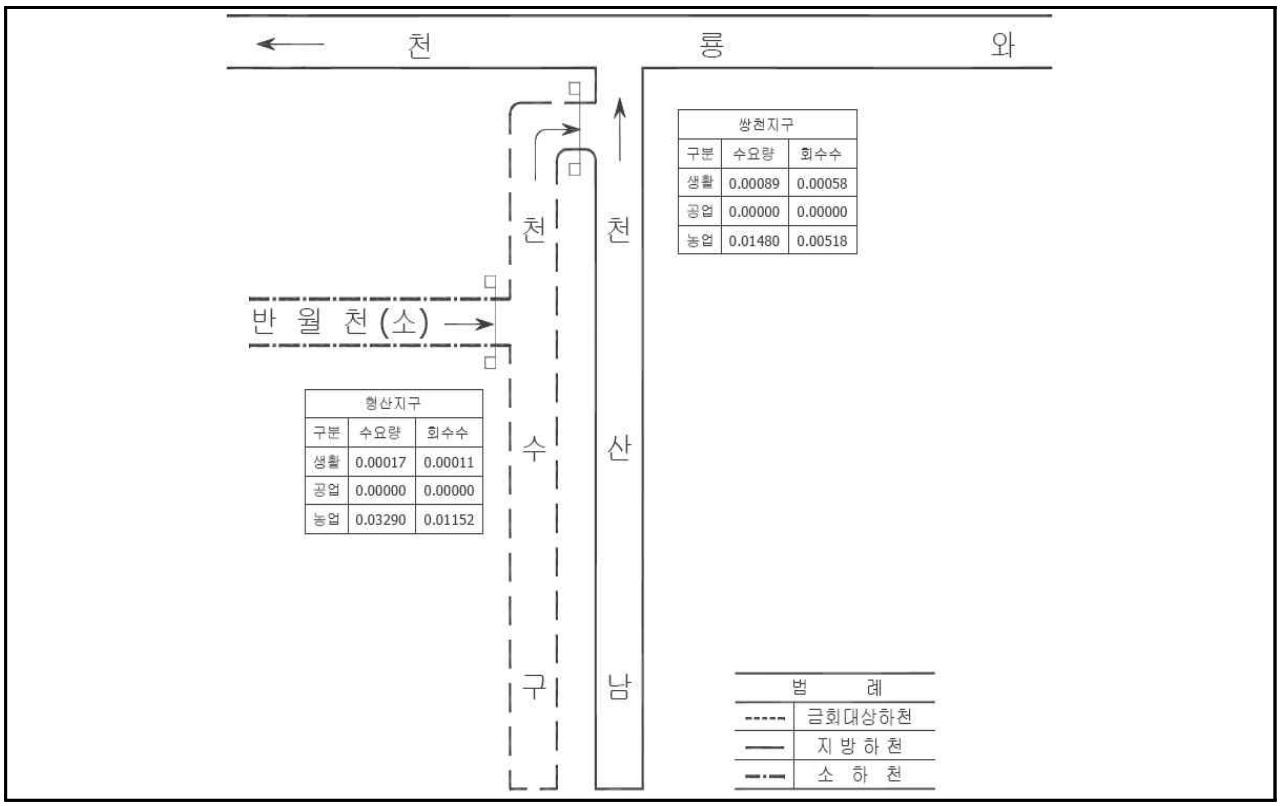
본 구수천에서 물수지 분석은 구수천 2개 지구로 구분하여 실시하였다. 용수공급원이 유역 외의 경우 회수수만을 고려하였다. 산정된 기준갈수량을 비유량으로 하여 기준지점의 기준갈수량을 산정하여 갈수시 자연유하량으로 결정하였으며, 이에 따른 본 구수천 유역의 목표년도별 갈수시 물수지 분석결과는 다음과 같다. 물수지 분석결과, 구수천은 전 지구가 물부족이 발생하지 않는 것으로 나타났다.

**<표 6.3-2> 갈수량과 물수지** (단위 : ㎥/sec)

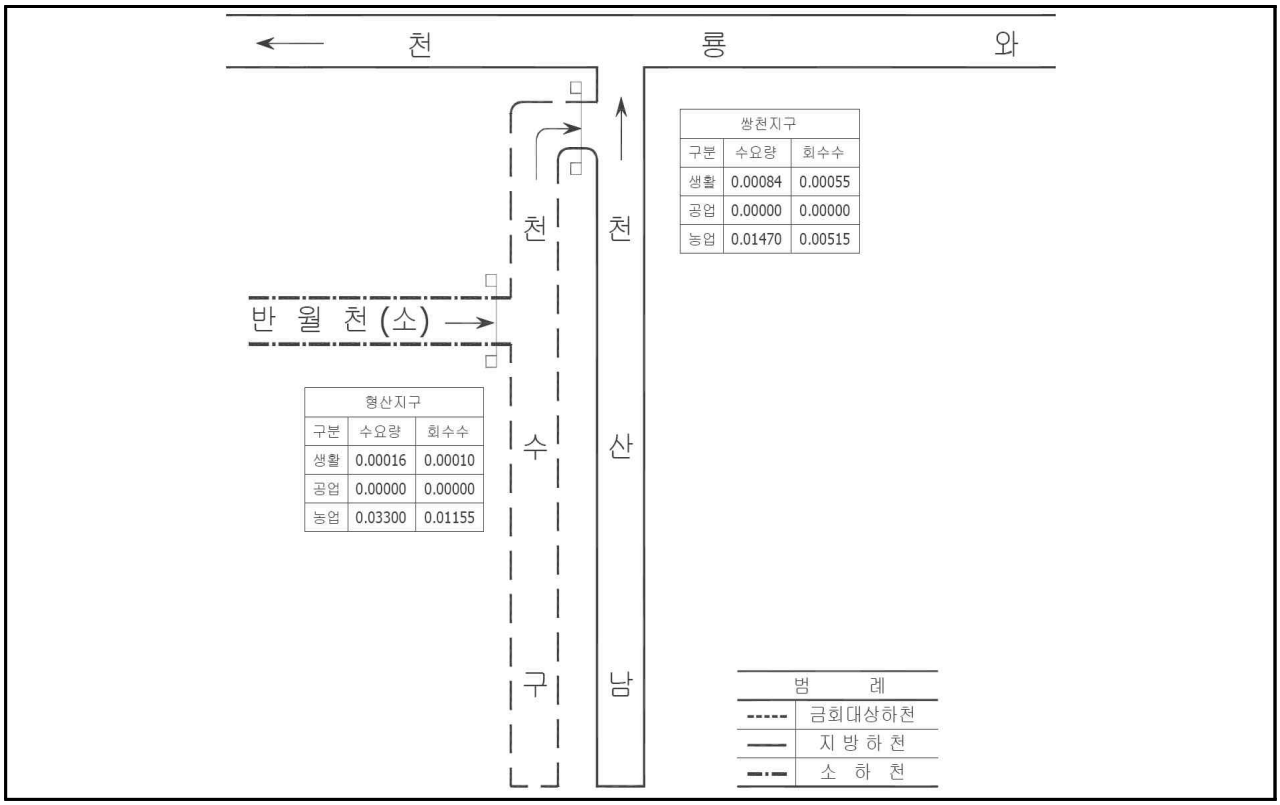
| 년도별 | 지구명 | 갈수시 자연 유하량 | 수요량 | | | | | 회수수 | | | | | 갈수량 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 생활 | 공업 | 농업 | 계 | 누계 | 생활 | 공업 | 농업 | 계 | 누계 | |
| 2010년 | 형상 | 0.03171 | 0.00018 | 0.00000 | 0.03090 | 0.03108 | 0.03108 | 0.00012 | 0.00000 | 0.01082 | 0.01093 | 0.01093 | 0.05186 |
| | 쌍천 | 0.03604 | 0.00092 | 0.00000 | 0.01380 | 0.01472 | 0.04580 | 0.00060 | 0.00000 | 0.00483 | 0.00543 | 0.01636 | 0.06548 |
| 2015년 | 형상 | 0.03171 | 0.00017 | 0.00000 | 0.03290 | 0.03307 | 0.03307 | 0.00011 | 0.00000 | 0.01152 | 0.01163 | 0.01163 | 0.05315 |
| | 쌍천 | 0.03604 | 0.00089 | 0.00000 | 0.01480 | 0.01569 | 0.04876 | 0.00058 | 0.00000 | 0.00518 | 0.00576 | 0.01738 | 0.06742 |
| 2020년 | 형상 | 0.03171 | 0.00016 | 0.00000 | 0.03300 | 0.03316 | 0.03316 | 0.00010 | 0.00000 | 0.01155 | 0.01165 | 0.01165 | 0.05321 |
| | 쌍천 | 0.03604 | 0.00084 | 0.00000 | 0.01470 | 0.01554 | 0.04870 | 0.00055 | 0.00000 | 0.00515 | 0.00569 | 0.01735 | 0.06740 |
| 2025년 | 형상 | 0.03171 | 0.00015 | 0.00000 | 0.03300 | 0.03315 | 0.03315 | 0.00010 | 0.00000 | 0.01155 | 0.01165 | 0.01165 | 0.05321 |
| | 쌍천 | 0.03604 | 0.00075 | 0.00000 | 0.01480 | 0.01555 | 0.04870 | 0.00049 | 0.00000 | 0.00518 | 0.00567 | 0.01732 | 0.06743 |



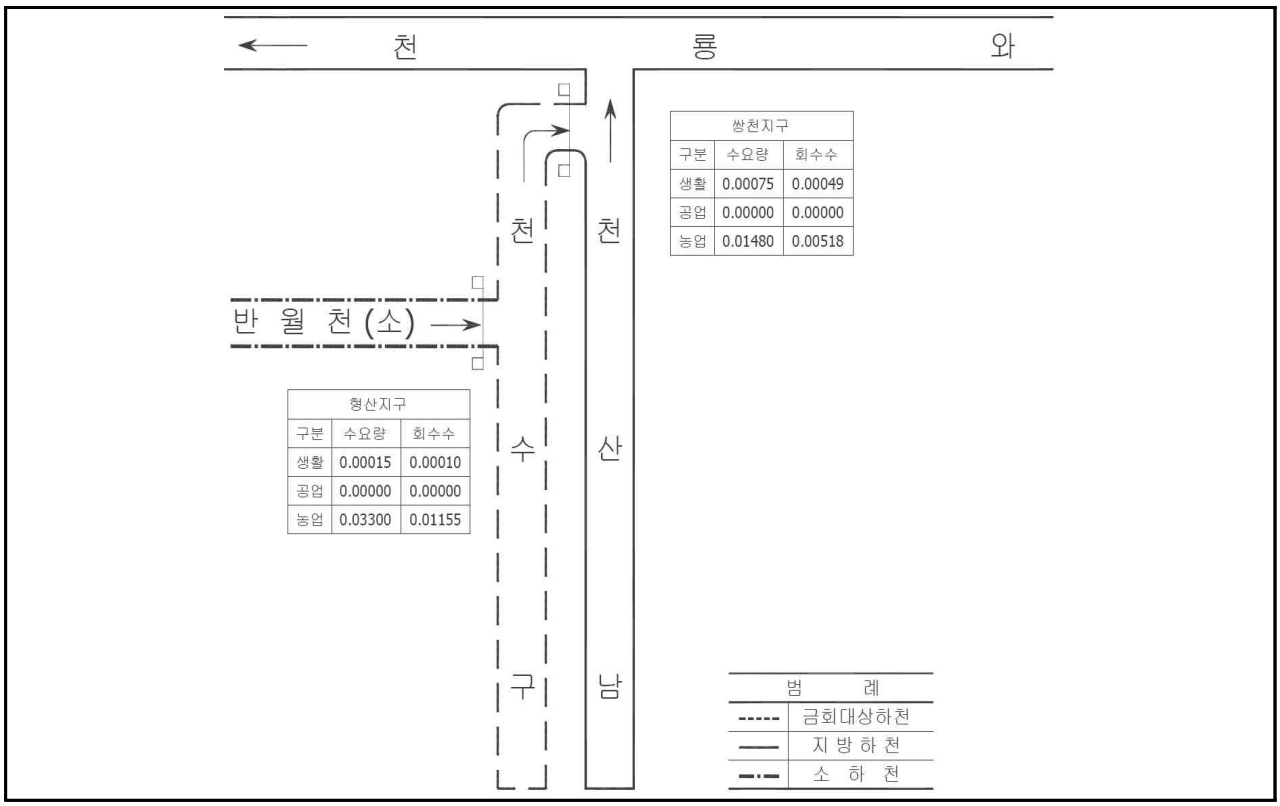

<그림 6.3-1> 물수지 모식도(2010년)




<그림 6.3-2> 물수지 모식도(2015년)




<그림 6.3-3> 물수지 모식도(2020년)




<그림 6.3-4> 물수지 모식도(2025년)

## 6.4 용수수급 계획

### 6.4.1 유수이용 실태조사

우리나라의 수문조사는 유역개발과 홍수관리에 중점을 두고 이뤄져 왔다. 그러나 1994년과 1995년에 걸친 남부지방의 가뭄과 최근에 발생하고 있는 이상 가뭄을 겪으면서 갈수관리, 저수관리에 대한 필요성이 대두되었고, 이러한 갈수관리를 위해서는 갈수기의 하천유량과 하천에서 취수하고 있는 취수량에 대한 파악이 시급한 과제로 부각되었다.

용수이용현황은 크게 상수도를 이용하는 생활용수 및 공업용수와 암정을 개발하여 지하수를 사용하는 공업용수 및 농업용수로 나눌 수 있으며, 용수이용 현황조사는 「홍성군 통계연보(2011, 홍성군)」,「홍성군 수도정비기본계획 변경(2010. 8, 홍성군)」 및 「수자원 장기종합계획(2006, 국토해양부)」 및 지자체 및 관련기관 자료 등을 이용하여 검토하였다.

본 구수천 유역의 용수이용현황은 유역내에 거주하는 인구가 단위면적당 차지하는 비율이 낮을 뿐만 아니라 공단지역이 차지하는 비율은 거의 없으며 반면에 농지면적이 커서 농업용수가 차지하는 비율이 비교적 높은 것으로 조사되었다.

#### 가. 생활용수

홍성군 내의 용수공급은 2010년말 현재 보령댐 광역상수도 시설을 보유하고 있고 총 인구 89,603명중 55,252명이 급수해택을 받고 있으며, 급수보급율이 62%, 1인 1일 평균 급수량은 351ℓ이다.

본 구수천 유역이 속한 행정구역인 홍성군 갈산면 쌍천리와 결성면 형산리는 미급수 지역이며 수원별 상수도 현황은 <표 6.4-1>과 같다.

**<표 6.4-1> 생활용수 이용현황**

| 연도 (년) | 급 수 구 역 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 총인구 | 급 수 인 구 | 보급률 (%) | 급수량 ($m^3$/일) | 시설용량 ($m^3$/일) | 1일1인당 급수량(ℓ) | 급 수 전 수 |
| 2005 | 91,432 | 46,092 | 50 | 14,350 | 14,690 | 319 | 7,330 |
| 2006 | 90,242 | 54,057 | 60 | 21,880 | 14,529 | 307 | 7,754 |
| 2007 | 89,539 | 55,513 | 62 | 14,350 | 10,648 | 203 | 8,160 |
| 2008 | 89,231 | 57,107 | 64 | 14,350 | 11,322 | 198 | 8,841 |
| 2009 | 88,865 | 52,459 | 59 | 16,979 | 16,979 | 324 | 9,650 |
| 2010 | 89,603 | 55,252 | 62 | 19,370 | 19,370 | 351 | 10,397 |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보

<표 6.4-2> 홍성군 용도별 시설현황

| 구분 | 계 | 생활용수 | 농업용수 | 생활·농업용수 |
|---|---|---|---|---|
| | 시설수 | 시설수 | 시설수 | 시설수 |
| 계 | 158 | 158 | - | - |
| 마을상수도 | 102 | 102 | - | - |
| 소규모급수시설 | 56 | 56 | - | - |

【주】 자료 :「홍성군 수도정비 기본계획(변경)(2010)」

<표 6.4-3> 수원별 현황

| 구 분 | | 계 | 수 원 | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 지하수 | 용천수 | 계곡수 | 해수 | |
| 계 | 시설수(개소) | 158 | 143 | 11 | 3 | 1 | |
| | 비 율(%) | 100 | 90.5 | 7.0 | 1.9 | 0.6 | |
| 마을상수도 | 시설수(개소) | 102 | 100 | 2 | - | - | |
| | 비 율(%) | 100 | 98.0 | 2.0 | - | - | |
| 소규모 급수시설 | 시설수(개소) | 56 | 43 | 9 | 3 | 1 | |
| | 비 율(%) | 100 | 76.8 | 16.0 | 5.4 | 1.8 | |

【주】 자료 :「홍성군 수도정비 기본계획(변경)(2010)」

## 나. 농업용수

작물이 성장하기 위해서는 토양 속의 물을 흡수하여야 하므로 토양 속의 물이 부족하게 된다. 이때, 부족한 양의 물을 보충하는데 소요되는 물의 양을 관개용수량이라고 하며, 순전히 경지 안에서 소요되는 관개용수량을 순용수량이라 한다.

또한 용수원으로부터 경작지까지 물을 끌어오는 도중 손실되는 수로 손실량과 물 관리상 손실되는 조작 손실량을 순용수량에 더한 것을 조정 용수량이라 하고, 농경지 단위면적당 필요한 용수량을 단위용수량이라고 한다.

단위용수량은 경작지 종류별로는 수리안전답과 수리불안전답, 관개전으로 구분하며 기상관측소중 다년간의 기상자료를 보유하고 있는 관측소를 선정, 각 측후소별 기상자료를 분석하여 단위용수량을 산정하여야 한다.

본 구수천 유역에서는 「수자원장기종합계획(2011. 국토해양부)」상에 수록된 단위용수량 자료를 이용하여 농업용수량을 산정하였다. 농업용수량 산정을 위해 사용된 단위용수량 자료는 <표 6.4-4>와 같으며 조사된 저수지, 양수장, 보의 현황은 <표 6.4-5>와 같다.

<표 6.4-4> 관개면적별 농업용수량 원단위 (단위 : ㎜/년)

| 연도 (년) | 홍성군 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 결성면 형산리 | | | 갈산면 쌍천리 | | |
| | 안전 | 불안전 | 관계전 | 안전 | 불안전 | 관계전 |
| 2010 | 725.29 | 117.86 | 127.08 | 323.22 | 525.52 | 56.63 |
| 2015 | 765.08 | 94.73 | 171.14 | 340.95 | 42.21 | 76.27 |
| 2020 | 796.08 | 77.32 | 161.34 | 354.76 | 34.46 | 71.90 |
| 2025 | 818.15 | 65.73 | 152.10 | 364.60 | 29.29 | 67.78 |

주】 1) 수자원장기종합계획(2011, 국토해양부) 부록에서 제시한 농업용수량과 재배면적을 이용하여 산출.
2)「하천정비기본계획수립 및 하천대장작성지침(2008. 12, 국토해양부)」에서 제시한 수리불안전답의 단위용수량은 수리안전답의 70%적용

<표 6.4-5> 수리시설 및 방조제 현황 (단위 : 개소/ha)

| 구분 | 저수지 | 양배수장 | 집수암거 | 취입보 | 방조제 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 국가 | 도 | 군 | 민간 관리자 |
| 홍성군 | 45 | 37 | 12 | 52 | - | - | 10 | - |
| 결성면 | 3 | 2 | - | 1 | - | - | 3 | - |
| 갈산면 | 4 | 12 | 2 | 7 | - | - | - | - |

【주】 자료 : 2011 홍성통계연보

## 다. 공업용수

공업용수 수요량은 용수공급 방법별, 업종별 기타 여러 요건이 큰 차이가 있어 개개의 이수현황을 정확히 조사한다는 것은 어려운 실정이다. 현재 대부분은 지하수와 정호를 이용하며 점차 이용량이 축소되고 산재되어 있는 업체가 공업단지 등으로 이전되면서 공업용수도, 광역상수도 등에 의해 공급될 전망이다.

본 구수천 유역내의 공업용수 이용량을 파악하기 위해 통계연보 및 행정기관의 자료와 현장답사를 토대로 조사한 결과, 공업용수를 고려할 만한 대단위 산업단지 및 농공단지가 없으며 향후에도 단지계획이 없는 것으로 조사되었는 바, 본 구수천 유역의 공업용수는 없는 것으로 간주하였다.

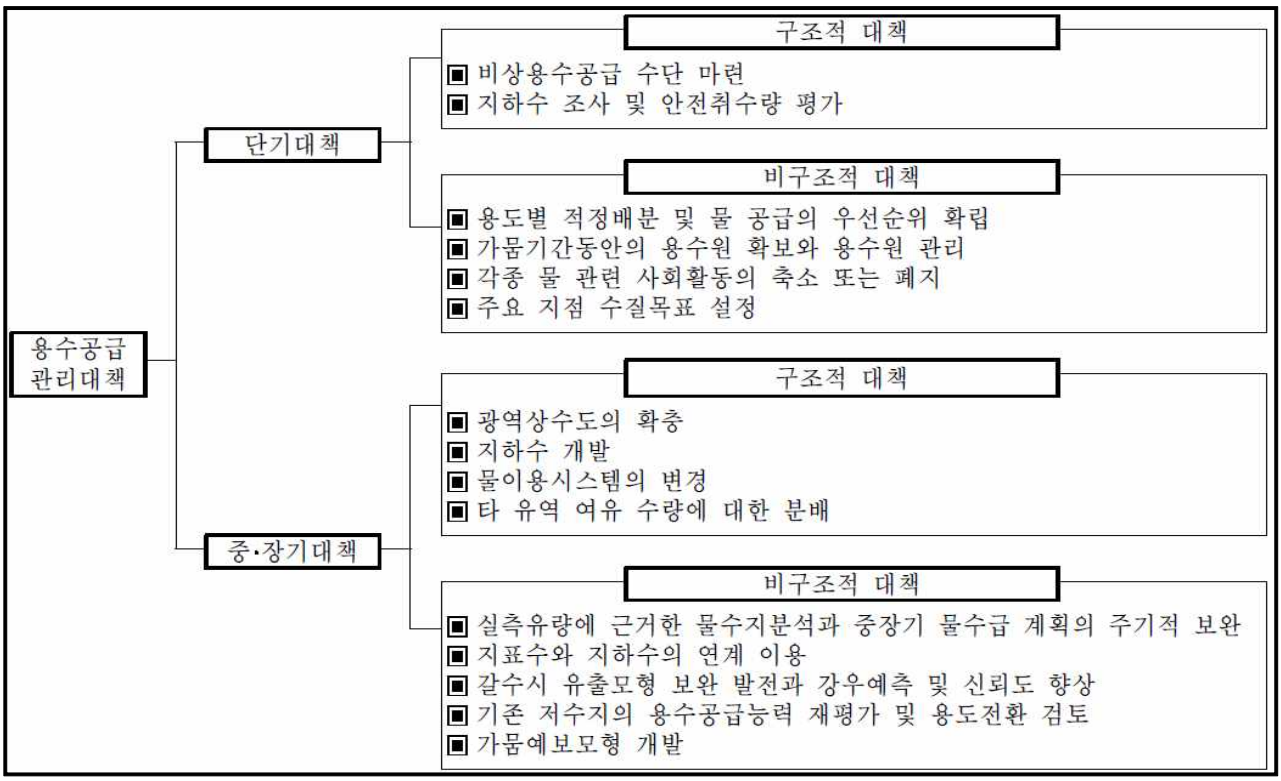
## 6.4.2 용수수급 계획

일반적으로 우리나라의 가뭄은 3, 4월의 본격적인 영농기 이전에 발생하는 경우가 많으며, 구수천 유역 또한 월별 강우량 기록이 11월~2월의 겨울철 강우량이 가장 적고 6월부터 9월까지의 월평균 강우량이 100mm 이상으로 나타나 비영농기인 3월~4월의 유황이 악화될 가능성이 높다.

물수지 분석결과 구수천 유역에는 현재 및 장래에 물 부족이 발생하지 않는 것으로 나타나 용수수요량 확보를 위한 댐(저수지, 소류지) 건설 및 지하수 개발 등의 용수수급계획은 수립하지 않았으나, 예측한 사항 이외의 과업이 발생하여 물 부족이 예상될 경우에 수량확보 및 관리대책 등의 이수관리시스템에 대한 지속적인 개발 및 보완과 해당 지자체와 한국농어촌공사와의 협조체제를 구축하여 물부족에 대비하도록 한다.

### 가. 용수수급 방안

물부족에 대한 용수공급의 안정성을 확보하기 위하여 <그림 6.4-1>과 같이 갈수해의 용수공급부족을 대비한 용수공급관리대책에 대하여 단기 및 중·장기적으로 분리하여 대책을 마련한다면 보다 원활한 용수공급이 확보될 것으로 기대된다.




<그림 6.4-1> 용수공급관리 대책방안

## 나. 갈수대책

### 1) 종합적인 갈수대책

갈수대책에 관한 각종 시책을 종합적 혹은 계획적으로 실시하기 위해서는, 지역마다 갈수대책을 종합적으로 책정할 필요가 있다. 종합적인 갈수대책에 있어서는 시설계획과 같은 구조물적 대책과 갈수조정과 같은 비구조물적 대책을 강구함과 함께, 공급측면 뿐만 아니라 수요측면에서도 각종의 대책을 수립하도록 한다.

### 2) 갈수 대책댐

이상갈수시의 기존의 댐용량으로 부족한 수량은 갈수조정과 갈수대책용량으로 보충한다. 10년 빈도의 갈수까지는 계획대로 취수제한 없이 물을 공급하지만, 그 이상의 갈수대책으로서는 갈수조정을 통하여 취수를 제한하면서 물공급을 가능하게 위한 저수용량을 설정하도록 한다.

### 3) 갈수조정

#### 가) 갈수조정 내용

단지 물이용이 곤란하게 되었을 때의 수리권자 상호간의 조정뿐만 아니라, 미리 댐의 저수상황, 하천의 유황, 기상상황을 종합적으로 고려하여 사전에 대응하도록 한다.

#### 나) 갈수조정 협의회

갈수가 예상되는 하천에서는 하천관리청과 수리권자로 이루어진 갈수조정 협의회와 같은 조직을 구성할 필요가 있다. 갈수조정은 수리자간의 협의로 이루어지지만 협의가 성립하지 않는 경우에는 하천관리청이 필요한 알선 및 조정하도록 한다.

#### 다) 갈수조정 규칙

갈수조정에 있어서는 취수제한의 개시시기, 제한율, 각종 댐의 운용방법 등의 갈수조정의 규칙을 확립하도록 한다. 갈수조정의 취수제한율은 용수나 수리권의 종류에 관계없이 일정하게 적용되기도 하나, 일반적으로 생활용수가 농업용수나 공업용수보다 작게 적용된다.

#### 라) 댐군(群)의 연계

기존시설의 유효활용에 의한 긴급대책으로서는 댐군의 연계활용을 이용하도록 한다.

#### 마) 수요관리

송배수관의 누수방지, 절수형 기기의 보급, 요금 및 가격설정 방식을 통하여 수요를 줄이는 방안을 강구하도록 한다.

# 7

# 하천의 종합적인 정비방향 설정


7.1 종합정비의 기본방향

7.2 바람직한 하천모습 설정

7.3 홍수처리계획의 기본방향

7.4 유수의 합리적인 이용에 관한 기본방향

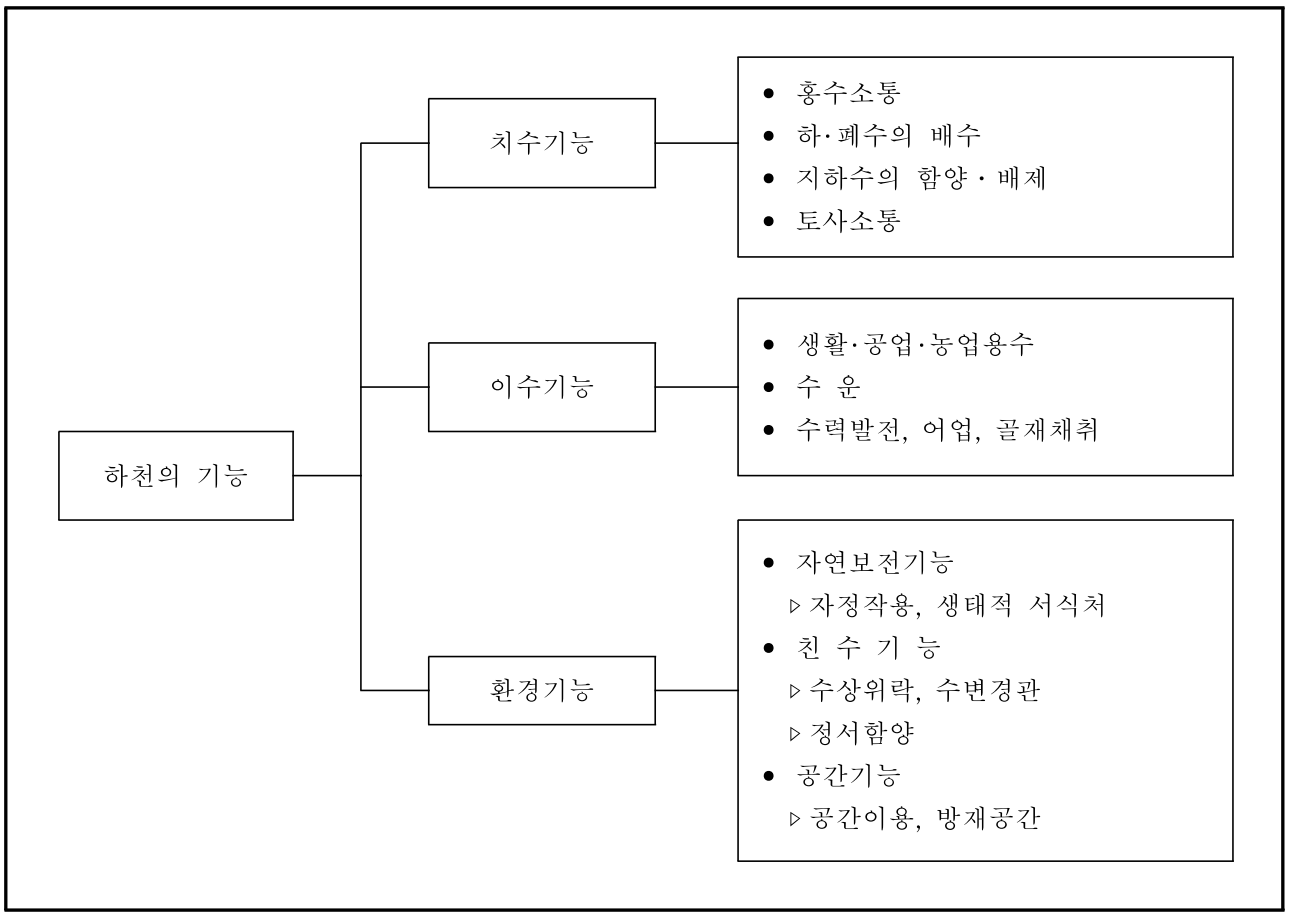
7.5 하천환경관리에 관한 기본방향

# 제 7 장 하천의 종합적인 정비방향 설정

## 7.1 종합정비 기본방향

하천의 종합적인 관리방향은 궁극적으로 유역의 수자원을 개발, 이용하고 하천환경을 보전하기 위하여, 하천의 순기능을 극대화하고 역기능을 최소화하여 하천과 지역주민의 생활이 자연스럽게 조화를 이룰 수 있도록 설정되어야 한다.

본 구수천은 수자원 개발 및 이용과 하천유역의 기능 극대화와 역기능을 최소화함으로서 합리적이고 체계적인 하천유역 개발이 수립되도록 계획하였다. 따라서 본 계획에서는 구수천 유역의 이·치수 및 환경기능 즉, 수환경과 공간 환경을 서로 연관성 있게 계획하여 체계적인 하천유역 개발이 가능하도록 각종 조사, 분석된 자료 등을 참고하여 종합적인 정비방향을 설정하였다.




<그림 7.1-1> 하천의 기능별 고려사항

하천유역종합계획은 대상 하천유역과 시행하고자 하는 사업 목적에 따라서 전체 하천유역에 대한 일관된 수계의 유지 관리, 이수·치수·환경 등의 기능, 그리고 관련대책 등에 대해서도 고려하여 수립하여야 한다. 하천유역의 종합계획의 구성은 다음과 같다.

**<표 7.1-1> 하천유역의 종합계획의 구성**

| 구분 | 계획 | 내용 | 참고조건 및 계획 |
|---|---|---|---|
| 대상에 따른 구분 | 유역계획 | 하천측면에서 본 유역의 적절한 모습 설정 (유역구분과 평가) | 유역내 자연적·사회적 조건, 유역정비계획 유역계획 |
| | 유출계획 | 유출기구(현황, 하천과 유역변화가 미치는 영향)의 평가와 조절, 치수·이수기능의 평가와 유출수의 유도계획 | 유역계획, 광역계획(이수용) |
| | 유사계획 | 유출토사의 억제·조절시스템 (토사유출기구, 유사영향) | 적정 하도 및 연안조건의 확보 |
| | 환경계획 | 적절한 자연환경 보전 및 하천공간, 수질 수량의 유지개선 | 사회조건의 변화, 수환경의 변화, 생식조건의 변화 |
| 사업목적에 따른 구분 | 홍수방어 계획 | 기본홍수(계획의 기본이 되는 홍수수문곡선)의 설정, 홍수방어 효과를 확보하기 위한 대책의 수립 | 사회적, 경제적 조건 |
| | 이수계획 | 유수의 정상적 기능유지를 위한 하천관리 유량설정, 각종 이수계획의 기본적인 설정 | 사회발정과 요청사항의 다양성을 조정 |
| | 하천환경 관리계획 | 하천환경, 수환경의 기본설정, 환경 유지개선을 위한 시책 책정 | 도시발전<br>하천경관의 유지관리 |
| | 하도계획 | 홍수량 소통, 안정사항 설계. 합류점 처리 | 하도개수에 따른 문제점<br>하도계획, 지류 합류계획 |
| | 하구처리 계획 | 홍수량 소통, 하구막힘 및 처리대책 | 하구막힘으로 인한 문제점 처리공법 |
| | 내수배제 계획 | 내수문제 설정, 내수처리 방식, 내수처리 대책의 설정 | 도시화와 수분특성 변화<br>도시지역 침수 피해 증가 |
| | 유사조절 계획 | 토사재해 방지, 유출도사 조정 | 산지개발과 보전, 토사생산, 토석류, 고지개발, 저수지 퇴사방지 수원지 보전 |
| | 침하방지 계획 | 침하로 인한 피해방지 및 경감 | 가옥, 공공시설, 경지(직접), 하천매립(간접) |

본 구수천은 대부분 농경지 및 산지로 형성되어 있다. 또한, 대부분의 하천의 수질이 Ⅲ~Ⅳ등급으로 매우 악화 되어 있어 수질보존측면에서 오염원에 따른 근본적인 하천수질 보존대책이 요구되며, 이를 수행하기 위해 본 계획에서는 하천자원개발 및 보전측면에 주안점을 두어 다음과 같이 기본방향을 설정하였다.

- 자연하천고유의 매력 유지
- 자연과 조화를 이룬 정비
- 수계에 일관성 있는 계획수립
- 홍수의 원활한 소통을 위한 소요하폭 확보
- 합리적인 하천구역 및 연안구역 설정
- 하천 자원의 합리적이고 적극적인 개발
- 침수 지역보호를 위한 제방축조
- 하천 연안의 포락방지를 위한 저수호안 설치

### 7.1.1 치수측면

하천을 효율적으로 보전하고 이용의 극대화하기 위하여 하천의 종합적인 정비기본계획이 필요하다. 따라서 본 조사에서는 이와 같은 관점에서 종합적인 계획을 구상하였으며 우선 치수측면에서 볼 때 다음과 같은 계획을 구상하였다.

우리나라는 먼 옛날로부터 태풍 및 집중호우로 인하여 발생되는 막대한 홍수피해를 방지하고자 지금까지 여러 방안이 모색되어 왔으나 인구증가와 경제활동의 극대로 그 피해도 상대적으로 증가일로에 있는 추세이다.

일반적으로 홍수방어 및 조절대책으로 채택하고 있는 방안으로서는 상류부에 홍수조절능력을 갖춘 홍수조절댐을 축조하는 안, 유로변경을 계획하는 안, 하천개수 및 하도정비를 계획하는 안을 들 수 있다.

구수천 유역내에는 지형여건상 홍수조절을 위한 댐개발 적지 및 유로변경에 의한 홍수감세를 도모할 수 있는 구간이 없는바, 본 계획에서는 유역으로부터의 홍수유출 전량을 하도가 부담하는 하도 개수사업을 중심으로 하는 치수계획을 수립하여 홍수소통을 원활하게 하고 홍수로부터 피해를 줄이도록 치수계획을 수립하였다.

본 조사에서는 구수천에 대한 전반적인 홍수방지능력에 관한 검토를 실시하여 하천개수계획에 대한 기본계획과 유지관리를 위한 보수계획을 구상하였다.

### 7.1.2 이수측면

본 구수천 유역내에는 큰 시가지가 없으며, 도시개발계획이 수립되어 있지 않아 장래에도 이와 같은 현상은 지속될 것으로 예상된다.

본 계획에서는 위에서 기술한 내용으로 대상유역에 대하여 각 용수별로 2025년 까지의 장래 수요전망을 예측하고 해당 년도에 따라 물수지분석을 통하여 기준값 수량과 비교하여 용수수급 전망을 시도하였다.

본 물수지분석 결과 구수천은 장래에도 물부족은 없는 것으로 검토되었으며, 유역내에 큰 물수요가 발생하지 않는다면 현재의 생활, 농업용수 사용에 따른 물부족 문제는 없을 것으로 검토되었다.

### 7.1.3 환경측면

하천환경이란 하천의 물과 그 주변공간으로 구성된 하천의 존재 그 자체로서 인간의 생활환경 형성에 깊이 관련되어 있는 것이라 말할 수 있다. 또한, 치수 및 이수기능 외에 하천환경기능이 매우 중요한 측면으로 평가되고 있으며 하천의 효율적인 이용을 위해서는 하천환경보전 및 개선이 필수 불가결한 문제이다.

따라서, 하천환경관리란 치수측면과 이수측면에서의 관리도 포함될 수 있지만 크게 자연보전기능, 공간기능, 그리고 친수기능으로 구분되며 이로 인한 하천경관 등을 배려하는 정비 및 관리측면을 말한다.

본 구수천은 전구간이 일부 농경지 및 산지를 관류하는 하천으로 역사·문화 등이 우수한 지구는 없으며, 일부구간 취락지가 형성되어 있으나 자연친화적인 주민이용시설은 없는 것으로 조사되었다.

하천개수 사업과 동시에 제방이 축제되어 제내지를 보호하고 있고, 일부 산과 접한 부분은 곡류하천을 형성하고 있다. 또한, 호안은 일부구간 돌망태 이며, 대부분의 호안은 존재하지 않는 것으로 조사 되었다.

본 구수천들은 전형적인 전원하천으로 인공적인 시설보다는 친환경적인 자연소재 등을 이용한 친환경 공법을 적용하여 자연형 하천으로의 복원 및 보전에 하천정비 및 관리방향을 설정하였으며, 하천환경관리는 차후 별도로 세부계획을 수립하여 유지관리 해야 할 것으로 사료된다.

## 가. 기본 전제조건

1) 홍수관리기능(치수, 이수에 지장을 주지 않는 범위) 유지

2) 인간과 동·식물이 공존(생태적 안정성)하는 우호적 공간 조성

3) 하구부 구간의 생태적 환경 수용능력을 감안한 친수공간 제공

4) 지속적 유지, 보수 및 관리기능 필요

## 나. 하천환경보전계획

1) 생태계의 다양성 창출 : 자연이 갖는 다양성을 존중하여 자연생태계를 유지

가) 구수천 내 고유의 생태기반 조성

나) 어류 등 동물의 이동통로 확보

다) 조류, 어류, 곤충 등의 서식환경 조성

라) 하천 추이대의 부활

2) 다양한 하천의 속성구현 : 하천의 사행을 고려하여 불규칙하게 넓히거나 좁혀 굴곡을 주며 하안의 급·완류부를 조성하여 자연하천의 "역동성"을 유지

가) 하천의 사행특성 활용

나) 흐름의 다양화

다) 수변 및 수심의 다양화

3) 물과 녹음의 어우러진 공간 형성 : 물과 녹음의 Network화로 생물서식처 확보 및 경관연출, 대기과열 저감

가) 주변녹지와 연계

나) 제방녹지의 활용

다) 기존 식생의 보전 및 활용

4) 호감가는 경관 연출 및 적절한 이용체계 수립 : 주변과 조화되는 경관 및 하천의 자연스러운 경관을 연출하고 이용체계를 수립

가) 적절한 접근과 이용규제로 적합한 식생 조성

나) 하천경관에 적합한 식생 조성

다) 중점시설구간의 설정

## 7.2 바람직한 하천모습의 설정

하천은 유역내 강우에 대한 반응인 홍수유출을 소통시키는 통로의 기능뿐만 아니라, 생물이 살아가는데 필요한 물을 제공하는 서식처의 기능도 가지고 있다. 이렇듯 중요한 하천이 제 기능을 수행하도록 하천정비사업이 치수와 환경이 조화를 이루어야 하며 또한 과거 치수위주의 개수사업으로 훼손된 자연정화 기능의 회복도 또한 중요한 정비방향으로 대두되고 있는 실정으로 본 계획에서는 치수·이수는 물론 하천환경이 조화를 이루는 바람직한 하천을 위하여 다음과 같은 정비 방향을 설정하였다.

### 7.2.1 기본방향 설정

#### 가. 치수기능 강화

치수능력증대 계획으로는 상류에 홍수조절용댐 및 홍수터조성, 유역변경과 하도의 능력증대로 구분된다. 본 계획에서는 유역변경, 홍수조절용댐 및 홍수터조성은 지형이나 현지여건상 불가능하나 하천의 유수가 소통하는 토지공간으로 통상 제방 또는 하안과 하상으로 둘러싸인 하도는 결정된 계획홍수량을 안전하게 유하시켜야 하므로 하도의 능력증대계획으로 여유고가 부족한 구간에는 보축계획 및 확폭계획을 수립하며 하도정비를 실시하고, 교량여유고가 부족한 교량은 재 가설하는 것으로 계획을 수립하였으며, 기타 노후 및 통수능력이 부족한 배수시설물은 신설 또는 보강하는 것으로 계획하였다.

#### 나. 이수

하천의 이수유량은 유지유량과 관리유량이 있으며 하천유지유량은 자연상태하에서 평균갈수량과 환경보전유량 중 큰 값을 말하며, 연중 유지하여야 할 유량이다. 본 계획에서는 '10장 하천의 유지관리에 관한 사항'에서 수질보전을 고려한 필요유량, 경관을 고려한 필요유량, 친수활동을 고려한 필요유량 등으로 검토하였으며, 하천관리유량은 정상적인 하천기능과 생태적, 환경적기능을 위하여 평균갈수량 정도가 필요하고 적정규모의 수량확보방안에 대해 검토하였다.

### 7.2.2 하천의 유지관리계획

하천의 생태기능을 유지·복원하고 수환경 및 공간환경을 쾌적하고 아름답게 유지하기 위하여 유지관리 계획이 요구된다. 본 계획에서는 자연환경과 경관을 보존하고 생태계기능을 복원·유지하며 계획 시설을 효과적으로 활용할 수 있는 유지관리 계획을 수립하였다.

## 가. 유지유량 관리계획

- 하천내 각 중요지점별로 수위표를 설치하고 유지유량을 유지할 수 있도록 정기적인 수위측정을 실시한다.
- 수계별로 통합적인 물관리 시스템을 구축하여 용수 및 갈수로 인하여 하천의 수위저하가 예상될 경우 즉각적인 대처방안을 시행할 수 있는 시스템을 구축한다.
- 갈수시 수량 확보 및 관리대책 등의 이수관리시스템을 개발하고 관련기관의 협조체제를 반드시 구축한다.
- 지속적인 유지유량의 필요성 홍보 및 계몽활동 등을 통하여 갈수시 하천수량의 무분별한 사용을 규제한다.

## 나. 수질관리계획

### 1) 직접적 방법

- 하수도 미보급 지역의 마을단위 혹은 개별 하수처리시설은 조속히 설치하도록 한다.
- 수질정화시설을 운영하여 수계 내 수질을 유지하고 나아가 개선토록 한다.
- 점용허가 된 하천부지 내에서 허용치 이상의 오염수 및 오염원이 직접 하천으로 유입 될 수 있는 행위를 금지하고 감독한다.

### 2) 간접적 방법

- 수질감시체계 수립
- 수질사고 대책수립 : 수질사고를 대비한 장비 및 기자재 보유 및 사전훈련 실시로 돌발적인 수질사고대비, 또는 정기적 오염물질 제거
- 관리자와 주민홍보를 통한 수질오염을 유발하는 활동금지

## 다. 공간환경 관리계획

### 1) 제외지(하천부지) 유지관리

- 불법적 하천부지의 점용 및 이용 방지
- 하천부지내의 불법점용 활동 감시
- 하천부지의 허가된 점용목적 외의 불법이용에 대한 감독
- 하천환경의 자연성 유지 및 회복에 기여하는 하천공사 실시

### 2) 하천시설물 관리계획

- 하천환경의 자연성 유지나 계속적 개선을 위하여 허가 공작물의 설치, 관리에 대하여 시설관리자의 지도감독 강화
- 하천 내(제외지) 구조물 설치 시 홍수시를 감안한 수리검토를 반드시 시행하고 수리·수문적인 문제를 야기 시키지 않는 구조물 설계가 이루어지도록 함.
- 하천 내 시설물은 가급적 친환경적 소재를 이용하여 설계
- 안전 관리계획
  - 위험지구의 점검 및 장비 정기 점검
  - 이용자를 위한 이정표를 설치하고 진입로 정보 표기

## 라. 생태계 관리계획

- 자연보호운동의 일환으로 하천생태계 보호운동 및 계몽교육 강화
- 하천이 살아야 주위 환경이 산다는 하천 애호사상을 지역주민에게 홍보
- 수초 및 자생식물군락에 명칭 및 식물에 대한 정보를 알리는 표지판을 설치하고 훼손되지 않도록 별도관리
- 하천생태계를 고려한 하천정비 기법의 개발

## 마. 기타

- 치수 및 이수를 위한 하천사업을 실시하거나 하천을 점용하는 구조물 등을 설치하는 사업을 시행할 경우 하천의 경관과 자연성 유지에 최우선의 비중을 두어 시행할 것.
- 악취 및 해충 서식을 방지하기 위해 하천내 오물의 즉각적 처리
- 쓰레기 소각시 발생하는 매연 등을 감안하여 소각장을 설치할 경우 하천으로부터 일정거리 유지
- 쓰레기 매립장소는 유출수의 토양오염 및 인근하천으로의 유입 등을 고려하여 위치선정 시 하천으로부터 일정거리유지
- 주민들과 늘 가까이 있는 하천이라는 인식을 고취시키고 하천에서 발생하는 환경 사고 및 재해 사고를 직접 신고할 수 있는 홈페이지를 개설하여 시민의 관심 및 참여의식을 유도할 수 있도록 할 것.

## 7.3 홍수처리계획의 기본방향

홍수처리계획이라 함은 유역내에서 장래 발생 가능한 계획규모의 홍수가 하도 및 인근 지역에 피해를 유발하지 않도록 적절히 관리하기 위한 일련의 계획을 말한다.

우리나라는 연 강수량의 2/3가 여름철에 집중되어 수자원관리 및 치수측면에서 매우 불리하며 최근 발생되고 있는 홍수피해 양상을 보면 피해구간은 점점 감소하고 있는 반면, 피해규모는 더욱 증가하는 추세에 있다. 이러한 원인으로는 계획규모를 초과하는 호우와 이에 대응하는 하천시설물의 능력부족에 따른 원인도 있겠으나, 지역개발에 따른 하천공간의 잠식, 하류지역의 홍수소통 능력을 고려하지 않은 상류유역의 개발에 따른 유역관리상의 문제 등 전반적으로 유역종합치수개념의 부재에 그 원인이 있는 것으로 판단된다. 일반적으로 홍수방어대책은 구조물적 대책과 비구조물적 대책으로 구분할 수 있다. 구조물적 대책으로는 제방, 방수로 등에 의한 하천정비 및 개수, 홍수조절지 및 유수지, 그리고 상류부에 홍수조절용 댐을 건설하는 방법이 있으며, 비구조물적 대책으로는 유역관리, 홍수예경보, 홍수터관리 등이있다. 구수천 유역의 대부분이 홍수조절을 위한 댐이나, 첨두홍수를 저감시킬 수 있는 적합한 지역은 거의 없는 실정이다. 따라서 본 계획에서는 계획 유역내에서 발생하는 계획홍수량을 하도가 부담하는 것으로 기본방향을 설정하였으며, 수리·수문 검토 및 분석을 통해 하천정비 및 개수계획(제방축조 및 하도굴착) 수립 등 치수적인 안전성을 확보할 수 있는 대책을 수립하였다. 또한 기존에 홍수터 기능을 갖는 하천변 부지는 가능한 한 보전하여 장래 계획홍수량을 초과하는 이상 홍수 발생 시에 대비토록 하였다. 금번 계획에서 결정한 세부적인 홍수처리계획은 다음과 같다.

첫 째 : 본 구수천 유역이 위치한 홍성군의 과거 37년간 인구추이 및 토지이용현황을 보면 인구는 점차적으로 감소하고 있고, 토지이용상황도 거의 과거와 변화가 없는 것으로 나타났으며, 유역내 관련자료 조사결과 별른 유역개발계획도 없는 것으로 나타났다. 따라서 본 구수천 유역에서는 장래에도 유역개발 등에 따른 유출량 증가는 크지 않을 것으로 예측되며 하천의 빈도별 홍수량은 임계지속시간을 고려하여 산정하였으며, 기본 및 계획홍수량은 해당하천의 지역적 특성 및 중요도, 연안토지이용현황, 하천설계기준의 하천의 중요도와 계획규모, 치수경제성 분석 결과 등을 종합적으로 고려하여 결정하였다.

둘 째 : 최근의 유역상황을 반영하여 확률강우량을 산정하였고, 홍수 분석을 통해 홍수량 산정인자(유출계수, 조도계수 등) 및 계획홍수 규모를 재검토 하여 계획에 반영하였다.

셋 째 : 미개수 지구에 대해 계획홍수량의 원활한 소통 및 외수침수에 따른 피해가 발생하지 않도록 제방신설계획을 수립하고, 계획제방고보다 낮거나 단면이 부족한 기성제 구간에 대하여는 보축계획을 수립하였으며, 하도내 과도하게 퇴적되어 홍수소통에 방해가 되는 지역은 하도정비계획을 수립하였다.

넷 째 : 획일적인 축제 계획은 경제성 등이 부족할 수 있으므로 해당구역을 보상(주민 이주포함)하는 방안 등 다양한 대안을 설정하고 이에 대한 장단점을 면밀히 검토하여 최적 대안을 선정

다섯째 : 교량, 보, 낙차공, 배수시설 등은 시설물상태, 규모의 적정성, 시설물 상·하류에 미치는 영향 등을 검토하여 개선이 필요한 경우 보강 또는 신설토록 하였고, 기능이 없는 시설물은 철거토록 하였다.

여섯째 : 구수천내에 위치한 전체교량에 대해 홍수소통 가능여부 및 소요기준을 만족하는지 검토하고 동 시설물에 대한 유지관리방안을 제시함과 동시에 이후에 설치될 교량에 대한 설계의 기본자료를 제공하였다.

## 7.4 유수의 합리적인 이용에 관한 기본방향

본 계획에서는 구수천 유역에서의 유수의 수요와 이용 상황에 대하여 검토하고 장래예측을 통하여 용수수요를 전망함으로써 물수급에 대비할 수 있도록 하였다. 또한 지점별 갈수량을 산정, 현재 및 장래 구수천 유역내 용수사용실태 예측을 통한 물수지분석을 실시하여 대상유역 용수수급 현황을 파악하고 장래 안정된 용수수급 계획을 수립하여 유수의 합리적으로 이용될 수 있도록 장래수요량을 제시하였다.

이수계획은 이수뿐만 아니라 치수와 환경 측면을 고려하여 조화롭게 수립되어야 한다. 이수계획은 갈수시에 하천을 적절하게 관리하기 위해 하천유역의 주요지점에서 유수의 정상적인 기능과 상태를 유지하는데 필요한 유량을 설정하고, 장래 하천유역 개발과 사회경제 발달에 따른 용수수요 예측과 공급, 그리고 수자원 이용의 극대화를 위한 정확한 개발수량의 산정을 목표로 하며, 수자원 부존량의 산정, 용수수급 현황의 파악, 용수수요량의 산정 및 예측, 물수지 분석의 절차에 따라 수립하였다.

특히, 용수에 대한 장래의 예측은 아래와 같이 장·단기로 구분하여 장래의 수요량을 추정하게 된다.

① 단기 수요예측의 추정은 현재의 수요증가 추세와 구체적으로 결정된 각종 용수수요와 공급계획을 바탕으로 비교적 정확하게 예측하여야 한다.

② 장기 수요예측은 장래의 인구, 산업구조 및 물 사용형태 등에 대한 정책을 반영하여

추정함으로써 정확도가 떨어질 수도 있으므로 단기 수요예측을 함께 이용하는 것이 좋다. 다목적 댐이나 이수용 저수지에서의 수요예측은 계획하고 건설하는 기간을 포함하여 최소한 20년 이상을 내다보고 시행한다.

### 7.4.1 생활용수

생활용수 수요량은 전술한 용수이용량 산정시와 같은 방법으로 장래추정인구에 급수보급율 및 단위급수량을 곱하여 추정하였다. 또한 미급수 이용량은 장래추정인구에 미보급율(1－보급율)을 곱하고 미급수지역 단위급수량인 215ℓ/인/일를 곱하여 산정하였다.

### 7.4.2 공업용수

문헌자료조사(「홍성군 통계연보(2011, 홍성군)」)및 현장조사를 토대로 검토하였으며 유역내에 계획된 공단이나 하천수를 공업용수로 사용할 계획은 없는 것으로 조사되었다.

### 7.4.3 농업용수

농업용수 수요량은 수리안전답, 수리불안전답, 관개전으로 분류하여 추정한 장래 목표년도별 경지면적에 단위용수량을 곱하여 산정한 논·밭용수와 가축사육두수 및 축종별 단위용수량을 이용한 축산용수를 추정하여 산정하였다.

본 계획에서는 구수천 유역에서의 용수수요와 이용 상황에 대하여 검토하고 장래 수요예측을 통하여 용수수요를 전망함으로써 물수급에 대비할 수 있도록 하였다. 또한 지점별 갈수량을 산정하여 현재 및 장래 구수천의 용수수요 예측을 통한 물수지분석을 실시하여 대상유역의 용수수급현황을 파악하고 안정된 용수수급계획을 수립하여 유수의 합리적인 이용이 될 수 있도록 장래 수요량을 제시하였다.

유역의 갈수기 하천수질을 개선하기 위한 환경개선용수 확보 및 하천내 수질보전 및 정화 방법과 오염원의 하천유입 차단 등 유역차원의 대책이 요구되며, 환경개선용수 확보 방안으로는 유역내 유량을 일정하게 공급할 수 있는 시설물 도입이 요구되나, 상류부의 저류시설물 또는 타유역 도수, 가압시설물 등의 도입이 현실적으로 어려운 상황인 바, 궁극적인 목표 즉, 수질개선 및 수량 확보를 위한 대안으로 오·폐수 고도처리시설 등에 의한 오염원의 하천유입 차단 및 각종 시설물의 구조적인 개선을 통한 유역내 함수능력 증대방안을 강구함은 물론 이를 위한 직접적인 투자가 요망된다.

상기한 내용과 관련된 구수천 유역의 하천수량 확보방안은 다음과 같다.

### 7.4.4 하천유지용수 확보방안

#### 가. 단기대책

① 하수처리시설이 되어 있지 않는 중상류 및 지류지역에 소규모 하수처리시설을 도입하여 재처리수를 하천으로 방류함으로서, 하천수를 확보하도록 한다.

② 농업용수 및 하천유지유량의 안정적인 공급을 위해 하천내에 암정을 설치하여 복류수를 취수, 하천으로 방류하도록 한다.

③ 경제적이며 시공이 간단한 가동보(고무댐) 등을 설치하여 평상시 하천수량을 확보하도록 하며 홍수시에는 바람을 빼내 원래의 하천을 유지하도록 한다.

#### 나. 장기대책

① 지하수 함양을 위한 침투율 증가

② 유량확보용 저수지(소류지) 건설(재개발)

③ 향후 지하수실태를 조사하여 종합적인 용수확보대책 수립 등

## <표 7.4-1> 하천유지용수 확보방안 비교

| 구 분 | 개 요 | 장 점 | 단 점 | 적용 |
|---|---|---|---|---|
| 타유역에서의 도 수 | • 인근의 유량이 풍부한 유역에서 도수로 등을 이용하여 유량공급 | • 타사업과 연계가능 | • 건설비용 과다<br>• 수원확보 곤란<br>• 유지관리비 과다 | 불리 |
| 재처리수 이 용 | • 가정오수와 가축분뇨를 차집하여 소규모처리시설을 이용하여 처리 후 하천에 방류하여 유량공급<br>• 식생대를 통과한 처리수 이용 | • 지천 건천화 방지 | • 건설비용 과다<br>• 유지관리비 과다 | 적합 |
| 저수지(소류지) 재개발 | • 저수지(소류지)의 저수용량 확충 및 불용용량 활용 (펌핑 및 방류관시설계획) | • 기존시설 활용<br>• 최대규모 개발<br>• 건설비 저렴 | • 관련부처간 유수사용 협의 필요<br>• 신규 수몰지발생 부담 | 적합 |
| 지하수 개 발 | • 관정을 파 동력을 이용하여 물을 퍼올려서 유량공급<br>• 하천내(둔치)에 암정을 개발하여 복류수를 취수하여 유량공급 | • 사업기간이 짧음 | • 건설비용 과다<br>• 유지관리비 과다<br>• 수량 제한적 | 가능 |
| 저류시설 댐 | • 홍수시 초과 유출량을 댐에 저류하였다가 갈수시 공급 | • 안정적인 수원확보<br>• 유지관리용이 | • 건설비용 과다<br>• 건설적지확보곤란<br>• 환경피해 | 불리 |
| 저류시설 지하댐 | • 수맥이 있는 지하에 물막이 벽을 설치하여 지하수를 가두고 필요시 양수하여 유량공급<br>• 하천내 차수벽을 설치하여 지하수위를 상승시켜 유량공급 | • 안정적인 수질확보<br>• 건설비용 저렴 | • 유지관리비 과다 | 불리 |
| 수원지 함 양 능력증대 | • 보 등의 저류시설 및 수목 등에 의해 지하침투량을 증가시켜 갈수량을 확보하는 방안 | • 유지관리비 저렴<br>• 산림녹화와 연계가능<br>• 토사유출방지효과 | • 효과가 미미함<br>• 장기적인 투자 요구 | 가능 |
| 가동보 (고무댐등) 설치 | • 평상시에는 흐르는 물을 저장하고, 홍수시에는 바람을 빼내 원래의 하천을 유지시킴 | • 도시하천의 건천화방지<br>• 홍수 및 비홍수기에 탄력적인 하천이용<br>• 친환경적인 수변공간 조성 | • 고무댐의 경우 내구성증대 요구<br>• 높이의 제한<br>• 유지관리 필요 | 적합 |
| 분류하수관거 설 치 | • 추후 설치될 하수관로를 우수와 하수를 분리하여 우수를 하천으로 유도하여 흐르게 하는 방안 | • 하천 건천화 방지<br>• 하천수질개선 | • 강우시 오염물질이 하천으로 유입하게 됨에 따라 오염 가중<br>• 건설비 과다 | 불리 |

## 7.5 하천환경관리에 관한 기본방향

과거 하천개발의 주된 목적은 제방축조 및 내수처리사업을 통해 수해로부터 지역주민과 자산을 보호하는 치수기능과, 각종 이수사업을 통해 필요한 용수를 안정적으로 확보하는 이수기능 확보에 있었다. 이러한 하천개발의 방향은 국가경제가 발전하고 지역 주민들의 생활수준이 향상되면서 나타나는 다양한 기대를 만족시키지 못할 뿐만 아니라, 하천이 갖는 자연성 및 친수공간으로서의 기능을 상실하고 우수 및 하수의 배제만을 위한 공간으로 전락되어 최근 많은 지적의 대상이 되고 있다.

본 계획에서는 수질자정작용이나 생태계 서식처로의 자연보전측면과 수변경관, 정서함양 등의 친수측면, 그리고 방재 공간, 지리 및 지역분할기능 등의 공간측면을 고려하여 하천환경이 개선되고 유지될 수 있도록 기본방향을 설정하였다.

**<표 7.5-1> 하천공간의 구역구분 기준내용**

| 이용형 | 지 구 별 | 하천공간의 구역구분 기준내용 |
|---|---|---|
| 인공적 공 간 | 보전지구 | 생태계, 역사·문화, 경관이 우수하여 인위적인 정비없이 보전이 필요한 구역 및 일상적인 유지관리가 필요한 지구 |
| ↕ | 복원지구 | 직강화, 콘크리트호안, 복개 등 하천정비로 인해 파괴된 생태계, 역사·문화, 경관의 복원 또는 개선이 필요한 지구 |
| 자연적 공 간 | 친수지구 | 인구 밀집지역 및 도심지에 인접한 구역으로 산책로, 생태공원, 체험학습장 등을 자연 친화적 주민이용시설 조성이 필요한 지구 |

### 7.5.1 하천환경관리 기본방향

하천환경은 「물과 주변 공간으로 구성된 하천 그 자체로서 하천수량, 하천수질, 그리고 하천공간의 3대 요소로 구성되어짐」이라 정의되며, 하천환경관리의 기본이념은 물과 공간이 통합된 하천 그 자체로서 인간생활에 윤택함과 안락함을 줄 수 있어야 한다. 따라서 기본방향은 이수 및 치수관리와 더불어 자연보전기능, 친수기능, 공간기능으로 구분되는 환경기능의 관리로 다음과 같은 궁극적인 목적을 가지고 시행되어야 한다.

### 가. 하천이 갖는 자연성 유지 및 하천생태계의 보전과 복원

하천은 인간과 가장 가까이 있는 친숙한 자연의 하나이며, 인간과 하천과의 관계는 지속될 수 밖에 없다. 이러한 지속가능한 개발의 개념에 부합되도록 관리하며, 또한 하천 본래의 역할 또는 기능이 상실되지 않는 하천환경관리를 위해 하천이 갖는 자연성을 최대한 살려야 한다. 특히 폐천부지, 우각호, 배후습지, 홍수터 공간의 하도습지 등을 생태계 서식지 및 홍수저류 공간으로 보존하고 복원하여 다양한 동식물이 서식할 수 있도록 하여야 한다.

### 나. 하천기능(이수, 치수 및 환경)간의 조화

하천은 이수, 치수 및 환경의 3가지 기능을 가지고 있으며 하천공사를 시행함에 있어 이수 및 치수기능을 저해하지 않으므로 환경기능과 조화를 이루도록 한다. 즉, 치수, 이수기능에 하천환경기능이 서로 조화를 이루도록 주민들의 합의 속에 관리되어야 한다.

### 다. 수환경과 하천공간과의 일체화된 정비 및 유지관리

하천은 물과 그 주변공간으로 구성되어 있으므로 지역주민의 적극적인 활용이 기대될 수 있도록 수환경과 공간관리를 동일 개념으로 유지관리 한다.

### 라. 주민과 지역사회의 요구에 부응하는 하천환경의 정비

지역사회의 생활환경과 밀접한 관련이 있는 하천환경은 하천유역의 토지이용과 생산활동 등의 변화와 함께 달라지므로 주민과 지역여건을 고려한 하천환경관리가 이루어지도록 한다.

### 마. 생태적 안정성 유지

인간과 동·식물이 공존하는 우호적 공간을 조성하여야 한다.

### 바. 생태적 환경수용능력을 감안한 친수성 회복

하천의 생태적 환경수용능력 범위 안에서 쾌적하고 시원한 휴식공간 제공 및 제방과 접근로 설치 등을 통한 하천변으로의 접근성, 활동성 및 안정성 등 하천의 친수이용측면에서도 배려가 있어야 한다. 또한 인간의 정신 생활면에서 하천 공간계획을 고려하여 다양한 형태의 문화예술의 장과 건강을 위한 휴식공간을 제공하는 생활속의 하천으로 활성화가 이루어지도록 해야 한다.

### 사. 하천환경관리계획에 의한 체계적이고 합리적인 정비

하천환경의 보전과 창조를 위해 체계적이고 합리적인 관리계획을 수립하여야 하며, 지속적 유지, 보수 및 관리기능(자원봉사활동 및 생태교육의 실천적 프로그램 제공)이 필요하다.

### 아. 하천환경 정비사업의 적극적인 추진

하천환경에 대한 의식을 고취시키며 하천이 갖는 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 하천환경 정비사업을 시행하여야 한다.

## 7.5.2 하천환경관리 기본목표

### 가. 생태계의 다양성 창출

자연이 갖는 다양성을 존중하여 자연생태계를 유지하고, 하천 고유의 생태기반을 조성하여 조류, 어류, 곤충 등의 서식환경을 조성함으로써 하천 추이대를 부활시킨다.

### 나. 다이나믹한 하천의 속성구현

하천의 특징인 사행을 고려하여 불규칙하게 넓히거나 좁혀 굴곡을 주며 하안의 급·완류를 조성하여 자연하천의 역동성을 유지시킨다.

### 다. 하천의 사행특성 활용

유속의 다양화와 수변 및 수심의 다양화를 통한 하천의 자정능력을 증대시킨다.

### 라. 물과 녹음의 Network 형성

물과 녹음을 Network화함으로서 동, 식물의 이동통로를 확보 주변녹지와 연계 제방녹지의 활용과 기존 식생을 보전 및 활용한다.

### 마. 호감가는 경관 연출 및 적절한 이용체계 수립

주변과 조화되는 경관 및 하천의 자연스러운 경관을 연출하고 이용체계를 수립하며 적절한 접근과 이용규제로 하천경관에 적합한 식생을 조성한다.

### 바. 중점시설구간의 설정

수변위락활동 제공(수변 산책로, 자전거 도로, 수변경관, 조망), 자연관찰공간 제공(풍부한 자연생태계를 관찰할 수 있도록 유도)

### 사. 하천수질 개선

하수도 정비 및 하수처리장 건설, 농·축산 폐수 유입 억제를 위한 개별처리장 확충 및 공동 간이 처리시설을 도입하여 생활하수 및 각종 오·폐수의 하천 유입을 차단한다.

### 아. 인근 지역주민의 자발적 참여 유도

하천환경은 지역사회의 생활환경과 밀접한 관련을 가지고 있다는 지역주민의 의식을 유도한다.

# 8

# 하천의 정비·이용·보전에 관한 사항

8.1 하천의 지구별 관리계획 수립

8.2 하도계획

8.3 하천시설물 계획

8.4 치수경제성 분석

# 제 8 장 하천의 정비·이용·보전에 관한 사항

## 8.1 하천의 지구별 관리계획 수립

본 구수천 유역의 기존 공간정비현황을 살펴보면 하천변이 대부분 농경지 및 임야 등으로 이루어져 있는 것으로 조사되었다. 호안시설물로는 일부구간에 설치되어 있으나 오래되어 부분적으로 파손된 흔적이 나타나 있어 정비가 필요한 것으로 나타났다.

### 8.1.1 하천공간관리

#### 가. 하천공간관리의 기본방향

하천은 열린 공간으로 하천을 둘러싸고 있는 지역특성별 고유의 매력을 지니고 있으며, 인간의 하천에 대한 다양한 기대에 부응되는 하천 공간 조성을 위한 정비는 지역 특성과 생활환경에 따라 달리 설정되어야 한다. 본 계획에서는 인간의 활동공간인 하천주변의 쾌적한 환경조성과 자연적인 하천조성을 위한 환경기능 등을 종합적으로 고려한 하천공간관리 기본방향을 다음과 같이 설정하였다.

**<표 8.1-1> 하천공간관리 기본방향**

| 기 본 방 향 | 주 요 정 비 사 항 |
|---|---|
| ■ 자연하천 고유의 매력 유지 | ■ 하도의 형태 유지, 지질조건, 하상재료 특성 등에 유의<br>■ 침식, 운반, 퇴적 등 하천작용 기능 고려<br>■ 동·식물의 습성과 서식조건 고려 |
| ■ 자연과 조화를 이루는 정비 | ■ 필요한 곳의 최소한 재가설을 원칙으로 정비<br>■ 자연복원력 한도 내의 정비<br>■ 하천의 자연유지 및 회복에 대한 타당성 검토 |
| ■ 개소별 특성에 맞는 다양한 자연재료와 환경정비공법의 조화 | ■ 식생 등 자연재료에 의한 공법의 우선 제시<br>■ 콘크리트 재료일 경우 다공질의 형상이나 자연에 가까운 형태를 최대한 도입 |
| ■ 다양한 수변 공간 창출 | ■ 하천의 형태, 흐름 상태에 알맞은 수변환경 조성<br>■ 하천의 자연성을 최대한 살린 친수 공간 창출 |
| ■ 하천의 연속성 고려 | ■ 상·하류부 및 주변 지천의 연속성을 고려한 계획 및 정비로 생태계 단절 방지<br>■ 도시하천의 경우 훼손된 하천환경 복원방안 검토 |

## 나. 하천공간정비목표

본 계획의 하천공간정비목표를 다음 3가지로 선정하였으며, 하천공간정비계획의 흐름은 <그림 8.1-1>과 같이 추진하도록 한다.

- 이·치수에 대한 안정성 확보

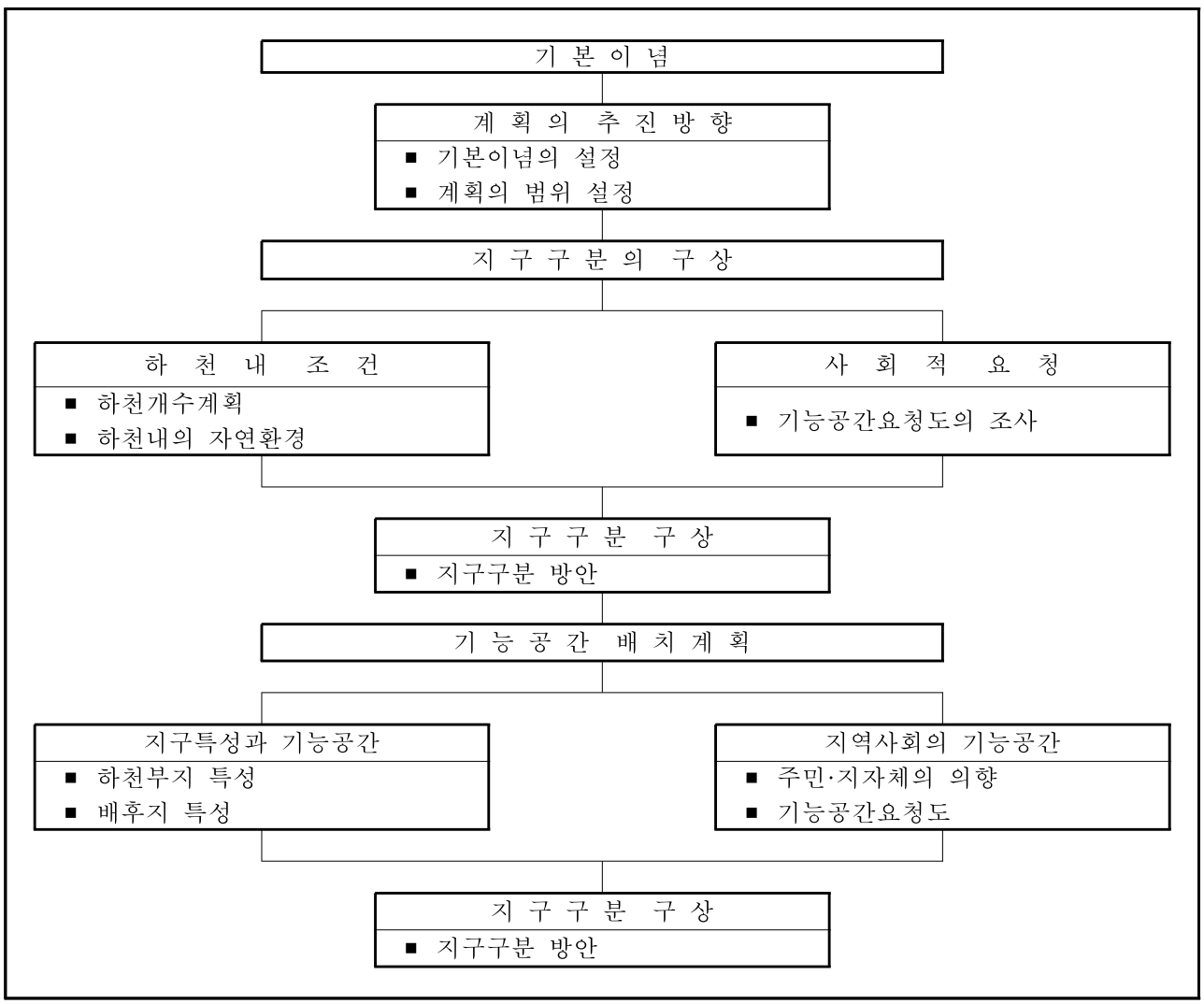
  하천환경정비와 조화되는 치수·이수기능에 대한 안정성 확보

- 하천의 친수기능 향상

  지역주민의 생활환경 개선을 위한 수변경관, 정서함양 등 하천에 친수기능을 향상시킬 수 있는 정비방안 강구

- 지속적인 관리방안 강구

  하천변의 개발과 이용에 따른 하천의 환경기능 강화를 위해 자연 상태 유지를 위한 지속적인 관리방안 강구




**<그림 8.1-1> 공간정비계획의 흐름도**

## 다. 하천의 지구 구분

본 구수천에 대한 일관된 하천관리 및 이에 따른 적절한 시설물 배치계획을 위하여 계획하천에 대한 기능별 및 관리목적에 따른 지구를 다음과 같이 설정하였다.

### 1) 기능에 따른 지구 구분

하천은 연속적이고, 선형적이며 그 위치 및 구간에 따라 다양한 하도 및 생태계특성을 가지고 있는 바, 하천의 기능에 따라 자연하천, 전원하천, 도시하천으로 구간을 구분할 수 있으며, 각각의 하천 특성을 고려한 정비가 필요하다.

본 구수천은 농경지를 관류하는 전원하천의 특성을 갖추고 있어 다양한 하천 본래의 구조와 기능 유지를 위한 하천유지관리가 요구된다. 구수천 하천의 현 상태에서 계획빈도에 대한 치수적 안정성을 확보하고 자연경관이 보전될 수 있는 계획을 수립하는 등 각 구간별 특성을 고려하여 계획을 수립하였다. 하천의 기능에 따른 분류는 다음과 같다.

#### 가) 자연하천

급류 및 계곡 산지 등 자연 상태가 그대로 유지되는 구간으로 하천생태계와 하천경관의 보전이 필요한 구간

#### 나) 전원하천

유역을 대상으로 전답을 이용한 지역주민의 활동이 전개되는 곳으로 수변에 있어서 하천 생태계를 배려하면서 인간생활과 조화를 이루고 자연경관보전 및 향상이 필요한 구간

#### 다) 도시하천

지역주민생활의 중심이 되는 도시주변으로 문화, 역사를 포함하여 인문, 사회적 측면에서 도시하천 경관을 보전하고 하천이 도시 내 중요한 자연으로서 그 역할이 필요한 구간

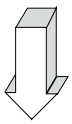
### 2) 하천 관리 목적에 따른 지구 구분

본 계획의 하천공간관리를 위한 지구 구분은 유역의 식생, 야생동물, 하천생태계, 수리특성 등을 고려한 자연적 특성과 토지이용현황, 인구밀도, 교통 등의 사회적 특성, 장래 유역개발계획 등을 고려하여 구분하여야 한다.

이에 따라 하천의 환경기능이 이수, 치수기능과 조화를 이루고, 유역차원의 하천환경관리를 위해 「유역종합치수계획 및 하천기본계획 수립지침(2008 12, 국토해양부)」을 참고

하여 <표 8.1-2>와 같이 지구 구분을 위한 기준을 설정하고, 해당 하천의 기초조사를 토대로 구체적으로 지구를 구분한 후, 하천의 3대 기능을 고려하여 공간환경정비방향을 설정하였다.

**<표 8.1-2> 공간지구 구분 형태**

| 하 천 지 구 | 공간계 | 내 용 | 정 비 방 향 |
|---|---|---|---|
| 친 수 지 구 | 인공계 공 간 | 인구 밀집지역 및 도심지에 인접한 지구로 산책로, 생태공원, 체험학습장 등 자연친화적 주민이용시설 조성이 중점적으로 필요한 지구 | 수질, 수량 등 수환경을 개선하고, 하천의 생태기능 저해요인을 최소화하며, 친수 및 경관의 질적 향상을 유도할 수 있도록 친수공간이 조성될 수 있는 방안 수립 |
| 복 원 지 구 |  | 직강화, 콘크리트호안, 복개 등으로 인해 파괴된 생태계, 역사·문화, 경관의 복원 또는 개선이 중점적으로 필요한 지구 | 하도지형, 생태환경, 하천경관, 하천문화 등을 예전의 하천 상태를 조사하여 이와 유사하도록 복원될 수 있도록 복원 방안 수립 |
| 보 전 지 구 | 자연계 공 간 | 생태계, 역사·문화, 경관이 우수하여 인위적인 정비 없이 보전이 필요하고 일상적인 유지관리가 중점적으로 필요한 지구 | 하천의 생태환경, 하천 경관, 하천의 역사 및 문화 등을 보전 및 관리 방안 수립 |

### 3) 하천환경 평가기준

'하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)'에서 제시한 지구별 하천환경 평가기준 및 하천환경 평가 점수별 지구구분 기준은 <표 8.1-3>, <표 8.1-4>와 같으며, 평가항목 및 가중점수는 해당 하천의 여건에 따라 합리적으로 조정할 수 있다. 평가 기준에 의한 하천의 공간지구 구분을 실시한 결과는 <표 8.1-5>와 같다.

**<표 8.1-3> 하천환경 평가 기준**

| 환 경 항 목 | 구 분 | 점수 | 기 준 |
|---|---|---|---|
| 야 생 성 | 자연지역 | 30 | ○ 녹색자연도에서 1~3등급 개발지역으로, 4~8등급은 반자연지역으로, 9~10등급은 자연지역으로 간주 |
| | 반자연지역 (농경지포함) | 20 | |
| | 개발지역 (인공호안, 도로, 기타 인공화지역) | 10 | ○ 국립공원·상수원보호구역과 특별히 보전할 필요가 있는 수중 및 수변생태계 서식처의 경우 (천연기념물, 희귀종등) 25점이상 부여 |

### <표 8.1-3> 하천환경 평가 기준(계속)

| 환 경 항 목 | 구 분 | 점수 | 기 준 |
|---|---|---|---|
| 수 질<br>(수중생태계 포함,BOD기준) | 1급수(1ppm 이하)<br>2급수(1 ~ 3ppm)<br>3급수(3 ~ 6ppm)<br>4급수(6 ~ 8ppm)<br>5급수(10ppm이상)<br>하·폐수(100ppm이상) | 25<br>20<br>15<br>10<br>5<br>1 | ○최근 3년간 해당하천의 대부분 구간에서 월평균 수질이 연중으로 기준이하인 경우(단 전체 기간중 1~2개월만 특별히 기준 이상인 경우 기준이하로 고려) 해당 수질등급으로 간주 |
| 친 수 성<br>(자연경관, 지질 및 지형상 특별성, 수변·수상, 위락활동) | 높 음<br>보 통<br>낮 음 | 20<br>10<br>3 | ○자연경관, 지질 및 지형상 특별성, 수변·수상, 위락활동 등을 종합적으로 고려하여 판정 |
| 물의 흐름 | 자 연<br>보 통<br>인 공 | 10<br>6<br>1 | ○자연적인 물의 흐름 유지<br>○물의 흐름 유지, 소규모의 제방, 도로 절개지등 반 인공 하천<br>○댐, 대규모 제방, 수로준설등 인공하천 |
| 기 타<br>(하천과 지역사회 관계 등 기타 특별히 고려하여야 할 사항) | 있 음<br>보 통<br>없 음 | 12 ~ 15<br>1 ~ 11<br>- | ○낙동강 하회마을, 금강변 공주, 부여 백제 유적지등 전통적으로 하천과 지역사회와 관계가 이어져오는 경우 “있음”으로 간주(국가 문화재)<br>○전국적으로 잘 알려져 있지 않으나 지역적으로 알려져 하천과 지역사회 관계가 있는 경우 “보통”으로 간주(지방 문화재)<br>○전혀 없는 경우는 “없음”으로 간주 |
| 계 | | 16~100 | |

【주】 자료 : 하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)

### <표 8.1-4> 하천환경 평가 점수별 구역구분 기준

| 구 역 | 평 가 점 수 | 비 고 |
|---|---|---|
| 자연보전구역 | 81점 이상 | |
| 정비·자연구역 | 41 ~ 80 | |
| 정 비 구 역 | 40점 이하 | |

【주】 자료 : 하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)

### 4) 하천환경성에 따른 구간 설정

본 구수천의 수리적 특성, 주변여건, 자연적 특성, 이용성 등을 고려하여 몇 개의 소구간으로 나누어 하천평가기준 및 개발가능성 등에 따라 구간별 하천환경성 평가를 실시하여 지구을 설정하였다.

**<표 8.1-5> 하천환경성 평가결과**

| 하천 | 구 간 | 구분 | 야생성 | 수 질 | 친수성 | 물의흐름 | 기 타 | 계 | 평 가 | 정비계획 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 구수천 | NO. 0+00 ~ NO. 31+40 | 기준 | 자연지역 | 1급수 | 보통 | 자연 | 없음 | 76 | 정비·자연구역 | 복원지구 |
| | | 점수 | 30 | 25 | 10 | 10 | 1 | | | |

구 수 천 - 복 원 지 구 (NO. 12+15)

구 수 천 - 복 원 지 구 (NO. 18+95)

**<그림 8.1-2> 공간지구 구분 주요 전경**

## 8.1.2 구수천의 공간정비계획

### 가. 공간정비계획

본 구수천 유역의 기존 공간정비현황을 살펴보면 전형적인 전원하천으로 하천변이 대부분 농경지를 관류하며, 민가 및 비닐하우스 등이 산재해 있다. 하천내의 호안시설물로는 일부구간이 돌망태 이며, 호안은 존재하지 않는 것으로 조사 되었다.

따라서, 하폭이 협소하거나 제방이 낮아 치수적으로 불안전한 구간은 하폭의 확장 및 보축을 계획하여 치수적으로 안전할 수 있도록 하였다. 또한, 수변조사 및 생태계 조사 사항에 의거하여 계획 하천 구간에 대하여 하천공간을 지구로 구분하여 하천경관을 자연에 가깝게 조성하고, 식생 등 자연재료에 의한 공법을 계획하였으며, 상·하류부 및 주변지천의 연속성을 고려한 계획 및 정비로 생태계 단절을 방지하도록 하였으며 하천별 세부적인 내용은 <표 8.1-6> 하천구역 현황에서 제시하였다.

공간정비계획과 관련하여 연속체로서 특성과 하천 생태계의 역동적인 구조와 기능을 고려한 공간정비 계획을 수립하기 위하여 짧은 정비구간으로 나누는 것은 생태적으로 바람직하지 않은 결과를 초래할 우려가 있으므로 각 하천별 구간에 대하여 복원지구 및 보전지구, 자연지구로 관리지구를 설정하여 사업실시와 동시에 지속적 유지관리가 이루어질 수 있도록 하였다.

- 공간정비계획의 목표와 방법

- 공간정비계획의 목표
  - 하천개수를 완료하여 치수적 안전과 자연형 하천의 조화
  - 현재의 수질을 개선하기 위한 하천 내 개선방안 수립
  - 자연형 호안 공법을 이용한 자연형 하천의 조성
  - 기존의 자연생태계 보존 및 생물서식환경 개선
- 공간정비 계획의 방법
  - 하천개수시 자연형 호안을 이용하여 환경친화적으로 개선
  - 수질오염원의 제거 : 제외지 농경지의 경작행위 금지, 제내지 농경지의 친환경 농업유도, 갈대 및 수변식물 식재
  - 생태환경 개선 : 기존의 갈대군락지와 연계하여 갈대, 수생식물 및 야생초화류식재
  - 하천 구간 내 기존 취수보 및 낙차보 개량 등으로 환경개선
  - 산지 밑의 소규모 경작지는 하천부지로 확보 : 습지조성하여 생물서식처 조성 및 자정기능 증대

<표 8.1-6> 하천지구 현황

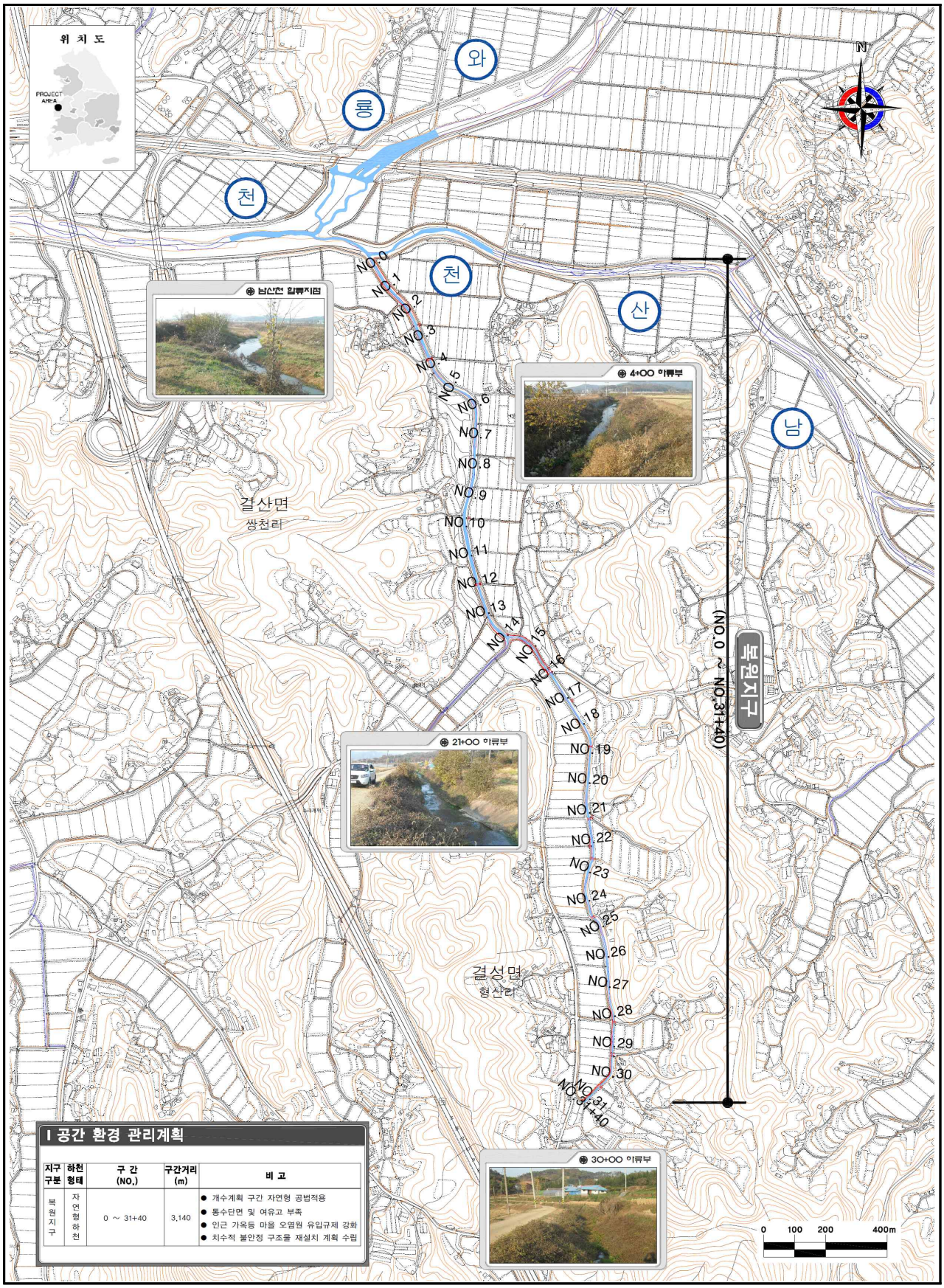
| 하천명 | 지구구분 | 측 점 | 연 장 (m) | 구 역 현 황 |
|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 복원지구 | NO. 0+00 ~ NO. 31+40 | 3,140 | - 좌안에 경지정리된 농경지가 대부분이며 우안의 대부분은 산지 및 경작지로 구성되어있음.<br>- 좌안은 제방도로로 이용되고 있음<br>- 반월천(소하천)이 합류함<br>- 하폭이 협소하며, 호안이 일부 불량함<br>- 하상경사는1/200, 하폭은 4~20m |

## 나. 구간별 하천공간정비계획

본 구수천은 상류부는 미정비된 구간이 존재하고 하도 및 제방은 초본류 위주로 피복된 구간이 다수이며 과거 농지정리에 의한 하천이 직강화된 전형적인 농경지를 관류하는 하천 형태로 치수적으로 불안정한 구간이 다소 존재하는 것으로 분석되어 전구간 “복원지구”으로 설정하여 자연적인 보전과 인공적인 시설물 설치를 공존하게 함으로써 하천의 복원 및 개선이 중점적으로 이루어질 수 있도록 하천기본계획을 수립할 계획이다.

<표 8.1-7> 공간 지구구분 및 시설계획

| 하천명 | 지구구분 | | 측 점 | 연 장 (m) | 정비 방향 및 시설계획 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 기능별 | 공간 | | | |
| 구수천 | 자연형 하 천 | 복원 | NO.0+00 ~ NO.31+40 | 3,140 | - 개수계획시 편입가능한 부지의 확인을 통한 하천부지 확보<br>- 개수계획구간에 대하여 자연형 공법 적용<br>- 인근 가옥 등 마을의 오염원 유입 규제 강화, 수환경 시설물도입<br>- 제내지 농경지의 친환경 농업 유도<br>- 기존 보, 낙차공을 환경친화적으로 개량<br>- 여울 및 소를 조성하고, 수생식물을 식재 |




**Ⅰ 공간 환경 관리계획**

| 지구 구분 | 하천 형태 | 구 간 (NO.) | 구간거리 (m) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 복원지구 | 자연형 하천 | 0 ~ 31+40 | 3,140 | ● 개수계획 구간 자연형 공법적용<br>● 통수단면 및 여유고 부족<br>● 인근 가옥등 마을 오염원 유입규제 강화<br>● 치수적 불안정 구조물 재설치 계획 수립 |

<그림 8-1-3> 하천지구 구분도

### 8.1.3 공종별 세부적인 정비기법

지구구분을 통한 종적인 공간정비와 하도특성 및 수리특성을 고려하여 계획홍수량을 원활하게 배제할 수 있는 통수단면 확보 및 하천부지의 정비 등 횡적인 공간정비사업을 시행하기 위한 각 공종별 세부내용은 다음과 같다.

#### 가. 제방 및 호안

제방 및 호안은 홍수로부터 제내측을 보호하기 위한 시설로, 계획홍수량을 안전하게 소통시키고, 홍수시 세굴 및 붕괴 등이 발생하지 않도록 구조적인 안정성이 확보되어야 한다. 또한, 제방축조시 하천환경에 대한 충격이 최소화되도록 제방법선은 자연지형을 최대한 고려하여야 하며, 제방경사도 완경사로 하여 생태계 연속성의 단절을 경감시켜야 한다. 호안의 경우 콘크리트 블록 등 인공적인 재료보다는 식생을 포함하는 자연재료를 이용하고 하천 생태계의 다양한 서식환경이 조성될 수 있도록 계획한다.

**<표 8.1-8> 제방 및 호안정비**

| 구 분 | 유 의 사 항 | 비 고 |
|---|---|---|
| 평면계획 | ○ 현재의 하도형상과 물길을 존치하도록 계획하여야 하며, 하도평면을 복원할 경우 주변 토지이용을 고려하여 계획을 수립하여야 한다.<br>○ 저수로 법선은 인위적으로 계획하지 않고 자연상태 저수로 평면형, 제방보호를 위해 필요한 고수부지폭, 저수로 안정도 등을 고려하여 최대한 현재지형을 보존토록 계획하여야 한다. | |
| 종단계획 | ○ 지류하천 및 행정구역간의 경계구간에서 호안 및 고수부지 등의 연속성이 유지되도록 계획하여야 한다.<br>○ 계획하상경사는 하상안정과 통수단면 확보를 위한 하상경사로 설정한다. | |
| 횡단계획 | ○ 계획횡단형은 일률적으로 복단면으로 하지 않고 현재 횡단형상을 고려하여 계획하여야 한다.<br>○ 통수단면 확보를 위해 하도굴착이 필요한 곳은 현 하도특성(사주, 여울과 소)을 고려하고, 저수로 굴착이 아닌 고수부지 굴착으로 계획한다. | |

호안은 치수적 안정성이 확보되는 한도 내에서 되도록 식생 등 자연재료를 이용하여야 하며, 자연형 환경공법을 적용하여 운영 중인 하천의 결과를 토대로 선정한 본 구수천에 적용 가능한 호안공법을 살펴보면 <표 8.1-9>와 같다.

## <표 8.1-9> 자연형 환경 호안공법

| 호안공법명 | 특 징 | 적 용 범 위 | 사 용 재 료 |
|---|---|---|---|
| 자연석을 이용한 자연형 호안 | ○ 자연석 배치에 따른 다양한 자연경관 창출<br>○ 시공 및 재료의 확보용이<br>○ 수변으로의 접근 용이<br>○ 밑다짐용 사석에 공극이 많아 수생생물의 서식처 제공 | ○ 급류부, 준급류부에 적용가능 | ○ 암버럭, 잡석, 호박돌,자갈, 밑다짐용 잡석, 자연석, 깬잡석, 저면매트, 배면매트, 수변식물 |
| 돌망태를 이용한 자연형 호안 | ○ 세굴 및 침식에 강함<br>○ 돌망태에 의한 호안 보호기능 증대<br>○ 돌망태에 의한 하상 인근의 세굴 저감효과 증대<br>○ 수질정화 효과 기대 | ○ 유속이 빠른 급류부에 시공가능<br>○ 수충부, 비수충부에 적용가능 | ○ 밑다짐용 사석, 망석 돌망태, 호박돌, 깬잡석, 암버럭, 저면매트, 배면매트, 깬잡석, 체가름 잡석, 피복토, 앙카매트, 수변식물 |
| 나무와 가지를 이용한 자연형 호안 | ○ 친수적인 수변공간 확보<br>○ 수중생태계 - 추이대 - 육상생태계의 연계성 확보<br>○ 세굴과 침식에 비교적 강함, 수변 접근용이 | ○ 수충부, 비수충부에 적용가능<br>○ 급류부, 준급류부에 적용가능 | ○ 앙카매트, 피복토, 풀, 나뭇가지, 사석, 수변식물, 배면매트, 체가름 잡석, 깬잡석 나무말뚝, 자연석 |
| 나무말뚝과 잡석을 이용한 자연형 호안 | ○ 자연적인 울타리 형식으로 동식물의 서식에 도움<br>○ 호박돌과 자갈을 이용한 자연적인 환경공간 창출<br>○ PC-T형 말뚝으로 인한 공간활용 극대화 | ○ 급류부, 준급류부에 적용가능 | ○ 양질의 복토, 깬잡석, 나무말뚝, 배면매트, 체가름 잡석, 수변식물, 콘크리트 블록, 잔디, 호박돌 및 자갈, PC-T형 말뚝 |
| 나무소재를 이용한 자연형 호안 | ○ 돌망태에 의한 구조적 안정성 증대<br>○ 나무침상틀과 자연석에의 자연미와 인공미의 조화<br>○ 유속완화 효과 증대<br>○ 세굴 및 침식에 강함<br>○ 수질정화효과 기대 | ○ 급류부, 준급류부에 적용가능 | ○ 나무침상 틀, 자연석, 배면매트, 밑다짐용사석, 수변식물, 체가름, 잡석, 호 박돌 및 자갈, 수변식물, 피복토 |

### 나. 보 및 낙차공

낙차공은 하상경사를 완화하여 흐름을 제어하고 하상세굴을 방지하기 위해 설치하며, 보는 취수목적을 위해 설치된 하천횡단 시설물이다.

그러나 보 및 낙차공은 하천의 상·하류의 연속성을 단절함으로서 어류의 상·하류이동을 저해하게 되므로 하천주변을 포함한 하천경관이나 하천생태계의 서식환경 및 어류의 이동을 배려하여 시설물을 배치하고 적절한 구조와 재질을 선택하여야 한다.

**<표 8.1-10> 보 및 낙차공 정비**

| 구 분 | 유 의 사 항 | 비고 |
|---|---|---|
| 평면계획 | ○ 하천횡단 시설물인 고정보나 낙차공은 가급적 횡단 시설물 전체가 어도화 되도록 계획하는 것이 바람직하다.<br>○ 횡단 전체 어도의 설치가 곤란한 가동보의 경우에 있어서는 낙차식 등 적절한 어도의 배치 및 구조를 계획한다. | |
| 횡단계획 | ○ 갈수시에도 일정유량이 유지되도록 하는 구조로 설계하여 어류의 이동이 가능하도록 한다. | |
| 종단계획 | ○ 유량확보에 도움을 주며, 수분유지기간을 늘려 습지 조성을 활성화 시키는 역할로 계획한다.<br>○ 보 및 낙차공에 의해 소의 조성이 가능하도록 하고 갈수시에도 어류가 피난할 수 있는 수심이 확보 되도록 계획한다. | |
| 재 료 | ○ 나무, 거석, 기타 친자연적 재료를 사용하여 다공질 구조를 형성시킴으로서, 어류의 서식처와 수질정화의 기능 및 중도, 여울, 웅덩이의 자연형성을 유도한다. | |

### 다. 여울 및 소

유속이 빠른 여울(瀨)은 폭기작용을 통하여 용존산소량을 증가시키고, 유속이 빠른 구간에 정착되는 부착조류 등에 의해 특정 수생생물의 먹이를 제공하며, 유속이 느린 소(沼)는 각종 영양물질과 부착조류 등이 풍부하여 어류를 비롯한 수생생물의 서식처를 제공하고, 홍수시는 물론 가뭄시에도 어류의 피난처를 제공하기도 한다.

특히, 여울과 소의 연속구조를 조성하여 하도의 안정성 확보에 대한 효과를 높일 수 있으며, 하상형태와 하천생태계에 따른 여울과 소의 특징은 다음 <표 8.1-11>과 같다.

<표 8.1.-11> 여울과 소의 특징

| 하상형태 | | 소 | 여 울 | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 평여울 | 빠른 여울 | |
| 수 심 | | 깊다 | 얕다 | 얕다 | |
| 수 면 | | 파랑이 생기지 않음 | 무늬결 파랑이 생성 | 거품이 있는 파랑 생성 | |
| 유 속 | | 느리다 | 빠르다 | 매우 빠르다 | |
| 저니질 | | 모래 | 작은 자갈과 박혀있는 돌 | 굵은 자갈과 하상에 노출된 돌 | |
| 하천 생태계 | 어류 | 대형 어류 및 치어류 | 중형 어류 | 소형 어류 | |
| | 곤충 | 서식수는 적다 | 날도래류가 특히 많다 | 날도래류가 많다 | |
| | 기타 | 조개류, 침수 식물 | 조류 | 조류 | |

### 라. 수생식물 식재

수생식물은 수질정화 기능 및 생물의 서식처 및 피난처를 제공하여 종의 다양성을 유지하고, 친수공간을 조성하며 유속을 완화시켜 제방의 안정성 증가 등의 역할을 한다.

저수호안의 수생식물 식재 시 호안의 위치, 하천 폭 및 유속 등을 충분히 고려하여 역효과 및 부작용을 방지하여야 하며, 대표적인 수생식물의 분류 현황은 <표 8.1-12>와 같다.

<표 8.1-12> 수생식물의 분류

| 구 분 (수 심) | 특 성 | 종 류 |
|---|---|---|
| 정수(추수)식물 (0~30cm) | - 흙 중에 근경을 신장시키고 줄기와 엽병을 수면보다 위로 추출해서 대기 중에 잎을 전개시킴. 대부분의 정수식물은 지하수위가 높은 진연안대로부터 상부연안대의 습지에도 많이 생육.<br>- 연안대의 식생은 가능한 한 다양한 식물종으로 구성되는 것이 바람직함. 그러나, 호안의 역할, 생태학적 기능 및 수변경관 형성 등으로 보아 골격이 되는 중요한 식물은 상기의 대형정수식물, 특히 갈대, 줄, 큰부들류 등이 있음. | - 대형 정수식물, 갈대, 줄,큰부들류, 큰고랭이<br>- 소형 정수식물 송이고랭이, 올방개, 세모고랭이,올챙이고랭이, 물옥잠, 물 냉이, 물수세미 |

<표 8.1-12> 수생식물의 분류(계속)

| 구 분 (수 심) | 특 성 | 종 류 |
|---|---|---|
| 부엽식물 (약 30~60cm) | - 수면하의 저니 중에 근경을 내리고 줄기와 엽병을 수면까지 신장시켜 잎을 수면위로 드러나게 하는 식물.<br>- 부엽식물은 침수식물과 함께 어류의 산란 및 치어의 생육장소 조장을 형성하는 외에 연안수역의 경관구성요소로서도 중요하며, 호수의 오탁·부영양화에 대해서 침수식물보다는 일반적으로 저항력이 있으며 부영양화 진행초기에는 마름, 노랑어리연꽃 등이 오히려 크게 번식, 배의 운행이나 보트놀이에 장해가 되는 등 해초화되는 경우도 있음. | - 마름류 마름, 큰잎마름, 애기말름, 노랑어리 연꽃, 어리연꽃, 수련, 순채 |
| 침수식물 (약 45~190cm) | - 저토 중에 근경을 내리고 줄기, 잎 모두 수중에서 생활한다. 꽃은 수면위로 나와서 개화하는 식물이 많음.<br>- 경엽과 종자는 물새의 먹이가 되며, 호수의 투명도 저하에 대해서는 약하고 부영양화가 심해지면 급속히 감소함. | - 말즘, 넓은 잎말, 대가래, 말, 솔잎가래, 이삭물수세미, 검정말, 나사말 |
| 부엽식물 | - 물 위에 자유롭게 떠서 사는 식물 | - 개구리밥, 생이가래, 자라풀 |

## 8.2 하도계획

### 8.2.1 일반사항

현 하도의 홍수소통능력 검토에서 일부 하천구간에서 통수능력이 부족한 곳이 나타날 경우 치수대책의 측면에서 하도계획이 수립되어야 하며, 하도계획은 기본적으로 자연의 하도기능과 특성을 살리는 홍수방어계획이 필요하며 크게 ① 평면계획, ② 종단계획, ③ 횡단계획의 과정으로 구성된다.

하도계획은 치수상 안전한 하도계획을 기본으로 하며 자연이 가진 다양성을 반영하고 아름다운 강변과 물순환을 보존하고 창출할 수 있어야 할 뿐만 아니라 하천변 생태계와 상호연계가 고려되어야 하며, 장기적으로 안정하도가 되도록 하며 하도사행이나 여울과 소의 회복·창조 등을 통해 생물의 다양한 생식, 생육환경을 확보해야 한다. 다음은 하도계획 결정시 기술적 결정사항 및 기본방향은 다음의 <표 8.2-1>과 같다.

<표 8.2-1> 하도계획 결정시 기술적 결정하상 및 기본방향

| 항목 | 기술적 결정사항 | 관련 기본방향 |
|---|---|---|
| 개수구간설정 | ①개수구간 이용 방향(보강, 보존, 복원 등) | • 획일화 된 하도계획이 아닌, 구간별 하도계획의 주목적을 뚜렷이 설정한다.<br>• 하천보강계획, 자연친화적 하천계획, 또는 복원·보존계획 등 구간에 적합한 계획을 세운다. |
| | ②댐, 유수지 | • 하도 내 저류에 관계되는 기존 및 신설 계획으로 최대한 저류량을 확보할 수 있도록 한다. |
| | ③신설하천 | • 치수 목적상 불가피한 경우에 한하여 고려하도록 한다. |
| 평면형상 | ①제방 법선 | • 치수상 안전한 제방법선을 결정하여야 한다.<br>• 현재 및 과거의 하천모양을 우선 한다.<br>• 활용 가능한 모든 부지를 확보하도록 한다.<br>• 홍수터, 습지 등은 적극적으로 보존 및 확보하도록 한다. |
| | ②저수로 법선 | • 지금까지의 저수로법선 결정 방식과 새로운 개념인 하안방어선을 병용하여 저수로법선을 정하도록 한다.<br>• 하안방어선의 적용은 현재의 저수로 평면형상을 감안하여 제방방어에 필요한 고수부지폭, 저수로 안정화를 고려하여 하안침식방지가 필요한 장소를 설정한다. |
| 횡단형상 | ①계획횡단형 | • 계획횡단형을 처음부터 복단면으로 설정하지 말고 현재의 횡단형상을 최대한 살리도록 한다.<br>• 하도단면확보를 위해 하도굴착이 필요한 장소에서는 현재의 사주특성의 보전을 고려하여, 저수로 확폭이 아닌 일부 고수부지의 굴착에 의한 복복단면화를 선택할 경우도 있다. |
| | ②저수로폭과 고수부지 높이 | • 고수부지의 침수빈도를 처음부터 설정한 것이 아니고 현재의 횡단형상을 최대한 살리는 것이 기본이 된다.<br>• 침수빈도가 높아서 고수부지 유지관리에 문제가 발생하는 경우에는 하도단면확보 방법과 병행하여 개별적으로 검토할 필요가 있다. |
| 종단형상 | ①계획하상경사 | • 하상안정을 고려하면서 하도단면확보를 도모하기 위한 기준으로 하상경사를 설정하여야 한다. |
| | ②계획하상고 | • 특히 하상저하 경향이 있는 하천이나 하상변동량이 큰 하천에서는 하천공작물의 영향 등을 고려하며, 교각이나 호안을 설치할 경우에는 시설물의 설계 기준이 되는 하상고를 설정할 필요가 있다. |

## 8.2.2 평면계획

하도의 평면계획은 계획홍수량을 안전하게 소통할 수 있는 하폭, 저수로 등을 기준으로 결정하고, 계획하도가 처리할 수 있는 홍수소통능력이 부족할 경우에는 첩수로나 방수로와 같은 신설 하천을 건설하는 방안을 검토하여야 하며, 특히 하천개수공사는 현 하천의 지형특성, 토지이용현황, 용지취득, 치수경제성 등을 종합적으로 고려해야 한다.

본 구수천의 평면계획은 기본적으로 현 하천의 평면형을 그대로 유지토록 하였으며, 통수능이 부족한 구간은 보축계획을 수립하고, 하폭이 부족한 일부 구간에 대해서는 확폭을 하여 유수가 원활히 배제될 수 있도록 계획하였다. 개수계획은 현 하천의 평면형을 최대한 유지하면서 상하류에 비해 하폭이 부족한 구간은 확폭 및 축제 계획을 수립하였고, 여유고가 부족한 구간은 보축 계획을 수립하였다.

## 가. 하도의 노선 선정

(1) 하천개수가 필요한 하도는 현 하도를 중심으로 노선을 선정하고 홍수소통능력을 고려하여 별도의 방수로나 첩수로 등 신설 하천을 건설하는 노선과 비교·검토하여 최적으로 유지 관리할 수 있는 하도를 선정한다.

(2) 하천개수공사는 현 하천의 지형형성 상태, 토지이용 형태, 용지취득의 어려움, 치수경제성 등을 감안하여 현 하도를 중심으로 실시된다. 그러나 현 하도의 사행이나 굴곡이 심한 하천 또는 현 하도 주변에 대규모 생활단지가 형성되어 치수상 문제점이 발생하는 하천에서는 종합치수대책을 수립하여 방수로나 첩수로 등과 같은 신설 하천을 건설하여 홍수소통능력을 확대하는 방안을 검토하여 결정한다.

(3) 현 하도 이용방안과 인근 기존도로 및 철도 또는 계획도로를 이용하여 신설 하천을 건설하는 방안을 조합하여 몇 개의 대안을 설정하고 각각에 대하여 지형, 지질상의 합리성, 현재 및 장래의 토지이용, 행정구역, 용배수로 계통, 지하수위의 영향, 내수처리대책, 구수천 상하류에 미치는 영향, 치수경제성, 하천경관, 그리고 개수후의 유지관리 등을 감안하여 최적 하도 노선을 선정하여야 한다.

(4) 하도개수노선을 선정할 때는 주로 다음과 같은 사항을 검토하여 결정한다.

- 하도 법선형은 만곡이 적고 될 수 있는 한 원만한 곡선으로 한다.
- 자연스럽게 제방의 역할을 할 수 있는 구간에서는 될 수 있는 한 그 상태를 유지한다.
- 제방이 설치된 하도 상류단에서 상류유역의 홍수유출량이 하도로 안전하게 유입될 수 있도록 배후지 지반고가 충분히 높은 지점, 도로, 산 등을 따라 법선을 정한다.
- 급류하천에서 배후지의 토지이용에 지장을 초래하지 않는다면 될 수 있는 한 놀둑을 설치한다.

## 나. 제방법선

제방의 선형은 하천연안의 토지이용, 홍수시의 유황, 현재 및 장래의 하도유지, 하천부지 이용계획, 공사비 등을 검토하여 가능한 한 흐름에 대해 원활한 형상이 되게 정하며 다음 사항을 종합적으로 검토한다.

(1) 현 하도가 충분한 하폭을 가지고 있는 구간일지라도 일반적으로 사수역에 의한 유수효과를 고려하여 가능한 한 사수역을 포함하는 하폭을 확보하는 것이 바람직하다.
(2) 홍수 시 유수방향과 수충위치를 검토하여 흐름에 대한 저항을 최소화하면서 유하할 수 있게 정한다. 소하천의 경우 극단적인 S자 곡선형을 피하고 전체적으로 평활한 형상으로 한다.
(3) 수충부 위치는 현 상태의 하도, 배후지의 지형 및 지질의 상황, 토지이용 상태 등을 고려하여 정하되 가능하면 수충부가 생기지 않도록 한다.
(4) 곡선부에서는 만곡내측의 법선을 후퇴시켜 하폭을 넓게 하여 수충을 완화하는 것이 바람직하다.

위 사항들을 고려하여 제방의 선형은 기본적으로 현재 자연적으로 형성되어 있는 유로를 그대로 유지하는 것을 원칙으로 한다.

## 다. 지류의 합류점 형상

지류는 본류에 원활하게 합류시키는 것이 좋다. 그렇게 하기 위해서는 본래의 합류형상을 최대한 유지하고 인위적인 변화를 가하고자 할 때는 합류점 전후에서 홍수소통을 안전하게 할 수 있고 하상의 세굴 퇴적을 막을 수 있도록 수리모형실험 등을 통해 최적 합류형상을 결정하여야 한다.

지류 계획홍수량이 본류 계획홍수량에 비하여 극히 작고 본류에 대한 합류영향이 작을 때에는 본류 법선을 중심으로 하는 합류형상으로 한다.

## 라. 수충부, 습지, 사수역 등의 보전

수충부, 습지, 사수역 부분 등 폐천 가능성이 있을 경우에도 그 기능을 보전하도록 계획을 수립하여야 한다.

### 8.2.3 종단계획

하도 종단형은 하상유지가 필요한 구간, 이수와 치수, 그리고 하천환경, 경제성 등을 종합적으로 판단하여 결정한다. 중소하천에서 단순히 홍수를 소통하는 단면보다는 생태계 보호, 어류의 서식처 제공, 그리고 하천경관을 유지하기 위해 하상 자체에 여울과 웅덩이를 설치하는 등 자연스러운 하도 종단형을 결정하여야 한다.

#### 가. 종단계획시의 일반적 유의사항

하도의 안정을 위해서는 개수 전 구간을 일률적으로 동일한 경사로 무리하게 계획하기보다 현재의 하도 경사를 중시하여 매 구간마다 경사를 달리하고, 특히 하상의 안정에 효과를 발휘하는 암반상이나 바닥보호공은 고정점으로 간주하는 계획이 되도록 한다.

#### 나. 계획하상경사

하천에서 하상경사는 상류에서 하류로 연속하여 급경사 하상에서 완경사 하상이 될 수 있도록 점변시키는 것으로 한다. 이렇게 함으로써 각 지점의 소류력이 거의 평형을 이루고, 하상세굴 및 퇴적현상이 일어나지 않거나, 일어나도 하상변화에 큰 지장을 주지 않는 안정하도가 되도록 한다.

#### 다. 계획하상고

계획하상고는 계획하상경사, 계획횡단형과 관련시켜 제내지 지반고를 고려하여 결정하되, 하도 주변의 지하수위, 취수위, 지류 하상고, 암반 노출지점 하상고, 기존에 설치된 중요 구조물의 바닥높이, 하상유속 등을 충분히 감안한다. 경사가 급한 하천에서 하상경사를 낮추어 안정하게 하고자 할 때는 낙차공과 같은 하상유지공을 설치한다.

### 8.2.4 횡단계획

#### 가. 횡단형 계획

하도계획시 계획횡단형은 계획홍수량의 소통능력, 하도상황, 농경지나 둔치 및 홍수터와 같은 하천부지 이용계획, 하천환경관리를 위한 하천공간계획, 그리고 유지관리의 난이도 등을 고려하여 결정하여야 한다. 우리나라의 하천은 일반적으로 홍수량은 크고 상대적으로 갈수량은 작아서 하도를 유지하는데 상당한 어려움이 많다. 특히 매년마다 하천에서 흐르는 최소유량과 최대유량의 비, 즉 하상계수가 대단히 크므로 안정된 하도로 설계하기

위해서 복단면 또는 복복단면 홍수량은 것이 바람직하다. 그러나 개수하고자 하는 하천이 급류하천 및 평지하천과 같이 넓은 하도 내에 몇 개의 유로가 생성되어 흐름이 발생하고, 이 유로가 소통하는 홍수량에 따라 변동 할 유로가 저수로와 홍수터를 명확히 구분하여 설정하는 것이 하도의 유지관리나 하천부지 이용측면에서 곤란한 경우가 많다. 그리고 계획홍수량이 작은 하천에서는 고수부지를 이용 할 수 있는 공간이 거의 없으므로 계획횡단형을 단단면 홍수량으로 하는 것이 일반적이다. 즉, 하도의 횡단계획에서는 단순히 홍수소통만을 고려하는 것보다는 안정된 하상이 유지될 수 있도록 하는 것이 무엇보다 중요하며, 하천환경을 보전하고 유지하는 입장에서 호안이나 하상유지공 등과 같은 하천시설물에 의해 하상이나 단면형상이 변화될 수 있다는 점을 고려할 필요가 있다.

### 나. 계획하폭

계획하폭은 계획홍수량 및 현 하폭 등을 기준으로 결정하되, 전반적인 하천의 종단경사, 지형, 지질, 연안의 토지이용현황, 유로형상 등 제반요인을 감안하여 계획함을 원칙으로 한다. 본 계획에서의 계획하폭 산정은 하천설계기준상의 계획하폭 및 기 발표된 하폭공식을 토대로 산정한 계산치와 현 하폭, 개수후의 하천구조물 유지관리, 공사비, 홍수위 등 종합적인 요인을 고려하고 유속 및 소류력 등 수리특성 등을 참고하여 결정하였다. 하천설계기준·해설상의 계획홍수량에 따른 계획하폭 및 기타 계획하폭 공식은 다음과 같다.

**<표 8.2-2> 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭**

| 계획홍수량 ($m^3$/sec) | 하 폭 (m) | 비 고 |
|---|---|---|
| 300 | 40 ~ 60 | 계획홍수량의 안정소통과 안정 하도 유지를 위하여 적절히 결정하되 기 발표된 경험공식을 참고할 것 (계획홍수량이 5,000이상인 경우) |
| 500 | 60 ~ 80 | |
| 800 | 80 ~ 110 | |
| 1,000 | 90 ~ 120 | |
| 2,000 | 160 ~ 220 | |
| 5,000 | 350 ~ 450 | |

【주】 자료 : 하천설계기준 · 해설(2009, 한국수자원학회)

#### 1) 중부지방(경기, 강원, 충남북)의 중소하천 계획하폭공식

$$B = 1.303 \frac{A^{0.318}}{S^{0.5}} \quad \cdots\cdots (8\text{-}1)$$

여기서 B = 계획하폭(m), S = 하상경사, A = 유역면적($km^2$), Q = 계획홍수량($m^3$/sec)

### 2) 소하천의 계획하폭 결정공식(유역면적 10$km^2$ 이하)

$$B = 1.235 \times Q^{0.6376} \quad \cdots\cdots (8\text{-}2)$$

$$B = 8.794 \times A^{0.5603} \quad \cdots\cdots (8\text{-}3)$$

여기서 B = 계획하폭(m), A = 유역면적($km^2$), Q = 계획홍수량($m^3$/sec)

한편, 각 측점간의 계획하폭의 제방법선을 결정함에 있어서는 다음 사항을 고려하였다.

- 제방법선은 가급적 현 유로의 방향을 고려하여 직선형과 조화가 되도록 계획하였다.
- 곡선유로부는 직선부의 하폭보다 10%정도 여유 있게 제방법선을 계획하였다.
- 기성제가 있는 구간에서는 양안의 법선을 가급적 평행으로 하여 하폭의 급변을 피하였다.
- 양안의 하천개수가 완료된 하천구간으로서 다소 하폭이 넓은 구간은 가급적 현 하폭을 그대로 유지한다.
- 본류에 합류되는 지류의 하구지점에 대한 하폭은 유수의 와류현상과 현지여건 등을 고려하여 다소 넓게 계획하였다.
- 각 측점간의 평균유속은 가급적 적게 되도록 하천종단을 고려하여 계획하였다.

상기 사항을 고려하여 본 계획하천의 계획하폭은 하류부는 15~20m, 상류부는 12m로 결정하였으며, 현하폭 및 계산하폭은 <표 8.2-3>과 같다.

**<표 8.2-3> 구간별 계획하폭**

| 하천명 | 측 점 | 계획 홍수량 ($m^3$/sec) | 유역 면적 ($km^2$) | 하상 경사 | 현하폭 (m) | 하폭계산(m) | | | 본 계획하폭 (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 설계기준 ① | 중소하천 ② | 소하천 ③ | |
| 구수천 | 0+00 ~ 14+09 | 66.0 | 3.66 | 0.0094 | 17~20 | 20 | 18 | 20 | 20 |
| | 14+09 ~ 31+40 | 31.0 | 2.68 | 0.0135 | 4~15 | 15 | 11 | 15 | 15 |

【주】 ① : 하천설계기준(중소하천공식:중부지방) ② : 소하천공식(면적 10㎢이하일 경우, 유량기준)
③ : 소하천공식(면적 10㎢이하일 경우, 면적기준)

## 8.2.5 특이구간에 대한 대책

### 가. 하천현황조사

하천현황조사는 구수천의 하천측량 현황도면을 이용하여 도보로 이동하면서 문제점을 파악하고 탐문조사를 병행하여 합리적인 하천계획 수립을 위한 기초자료로 활용하였다.

### 나. 하도정비계획

하천현황조사결과 하폭이 급확대, 급축소 되거나 하사이 종단적으로 급변하여 유속과 수위의 변화가 다른 지점과 현저한 지점에 발생하는 특이구간은 없었으며, 지역주민의 의견수렴과 관할기관(홍성군), 하천관리청의 의견을 최종적으로 수렴하여 하도정비계획의 기본방향을 다음과 같이 마련하였다.

#### 1) 통수단면 부족, 여유고 부족구간

▣ 무제부 구간 : 제방축제

▣ 기성제 구간 : 단면보강

▣ 강화된 하천설계기준 적용 : 최소둑마루폭 4.0m 이상 ,하상밑다짐 설치
교행공간 확보

#### 2) 지목이 “천”인 구간 및 제방축조시 경제성이 없는 구간

▣ 토지를 매입하여 구하도 복원 ⇒ 저류공간 확보 및 추이대 조성

#### 3) 하천만곡부 및 협착부

▣ 적정하폭으로 단면확장 ⇒ 통수능 증대, 수충완화

#### 4) 호안미설치 구간

▣ 고수호안 설치

#### 5) 하천시설물 계획(교량, 보, 낙차공)

▣ 불필요한 시설물은 철거 계획 수립

▣ 교량 ⇒ 여유고 및 경간장이 부족한 교량은 지형여건을 고려하여 재설치

▣ 보 및 낙차공 ⇒ 어도 설치로 생태통로 확보

## 8.3 하천시설물 계획

### 8.3.1 하천종단 시설물 현황

본 구수천의 치수시설물, 이수시설물 및 기타 시설물 등 하천종단 시설물에 대해 주요 제원과 위치 등을 관련기관 자료 및 현장답사를 통해 조사하였다. 본 계획에서는 하천의 주요시설물인 제방 및 호안시설, 배수문, 교량 등에 대하여 치수적 측면에서 검토하였으며, 조사된 하천종단 시설물 현황은 <표 8.3-1>과 같다.

**<표 8.3-1> 하천종단 시설물 현황**

| 구분 / 하천 | 치수시설물 | | | | | | 이수시설물 | | 교량 (개소) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 제방 (m) | 호안 (m) | 낙차공 (개소) | 배수시설(개수) | | | 보 (개소) | 저수지 | |
| | | | | 합계 | 암거 | 통관 | | | |
| 구수천 | 4,725 | - | 14 | 34 | 3 | 31 | - | - | 10 |

### 8.3.2 하천종단 시설물의 능력검토 및 설치방향

#### 가. 제방

##### 1) 능력검토

제방은 홍수시 유수의 원활한 소통을 유지시키기 위한 가장 중요한 하천의 치수시설물로 하천을 따라 토사로 축조하는 것이 일반적이며, 본 구수천 하천 제방의 경우 우안 제방의 대부분이 임야와 겸하고 있으며, 좌안은 완성제방의 형태로 형성되어있다.

따라서 본 기설제방의 능력검토에서는 홍수량 및 홍수위에 따른 “하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)” 상의 여유고에 관한 내용을 검토하였다.

본 구수천내 총 4,725m의 기존제방에 대한 능력을 검토한 결과, 일부의 구간에서 기성제 보강이 필요할 것으로 검토되었으며, 그 사유로서 통수단면이 부족하고, 여유고 및 제방폭 등이 부족하여 축제 및 하폭, 보축을 계획하였다. 구수천의 기존 제방현황은 <표 8.3-2>, 기성제 여유고 검토는 <표 8.3-3>과 같다.

<표 8.3-2> 기존 제방 현황

| 하 천 명 | 제 방 명 | 측 점 (No.) | 연장 (m) | 안별 | 제방폭 (m) | 호안TYPE | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 구수좌안1제 | 0+00 ~ 14+10 | 1,435 | 좌 | 3.0~5.0 | - | |
| | 구수좌안2제 | 14+30 ~ 31+40 | 1,690 | 좌 | 3.0~5.0 | - | |
| | 구수우안1제 | 0+00 ~ 16+15 | 1,600 | 우 | 3.0~5.0 | - | |

<표 8.3-3> 기성제 여유고 검토

| 하천명 | 제방명 | 측 점 (No.) | 연장 (m) | 안별 | 계획홍수량 ($m^3$/sec) | 계획홍수위 (EL.m) | 기설제방고 (EL.m) | 여유고 (m) | 과부족 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 구수좌안1제 | 0+00 ~ 14+09 | 1,435 | 좌 | 66 | 20.47~26.92 | 21.12~27.42 | 0.6 | -1.1~1.9 |
| | 구수좌안2제 | 14+30 ~ 31+40 | 1,690 | 좌 | 30 | 26.94~46.95 | 27.30~46.02 | 0.6 | -1.1~1.9 |
| | 구수우안1제 | 0+00 ~ 16+15 | 1,600 | 우 | 30 | 20.47~27.74 | 20.52~29.23 | 0.6 | -0.21~2.1 |

### 2) 제방 및 호안 설치기준

개수구수천에 대한 제방표준단면은 하천의 종류, 축제재료, 토질상황, 제방의 중요도, 타목적 겸용여부, 홍수의 지속시간 등 여러 가지 요소를 고려하고 침윤 및 활동, 홍수월류량에 대해서도 안전하도록 결정하여야 한다.

제방의 제정폭, 여유고, 비탈경사, 소단(턱)에 대하여 검토한 내용은 다음과 같다.

#### 가) 제방의 구조

하천제방은 특수한 경우를 제외하고는 거의 대부분이 토사로 축조되나, 밀집 주거지를 관류하는 경우 등은 시가지 기능과 아울러 제방용지 구득의 난이도, 하천환경보전 측면, 타목적 겸용(강변 도로), 경제성 등에 대해서도 충분히 검토하여야 한다.

#### 나) 둑마루폭

제방의 둑마루폭은 제체의 안정과 제방의 중요도, 제내지 상황, 사회·경제적 여건, 둑마루의 이용성 등을 고려하여 결정하고 유량규모에 얽매이지 않도록 유의해야 하며, 또한 둑마루폭은 제방면에 미치는 영향이 크므로 충분한 검토를 행하여야 한다. 또한, 하

천설계기준에 제시된 계획홍수량에 따른 둑마루폭 기준인<표 8.3-4>를 토대로 해야 한다. 본 계획에서는 계획홍수량에 따른 둑마루폭의 기준, 본류의 배수영향을 고려하여 5.0m ~ 4.0m 이상의 제정폭을 표준으로 취하였으며, 차후 사업시행시 제방이용목적, 개수지구의 특성에 따라 적절한 고려가 있어야 한다.

**<표 8.3-4> 계획홍수량에 따른 둑마루폭**

| 계 획 홍 수 량 ($m^3$/sec) | 제 정 폭 (m) | 비고 |
|---|---|---|
| 200 미만 | 4.0 | 적용 |
| 200 이상 ~ 5,000 미만 | 5.0 | |
| 5,000 이상 ~ 10,000 미만 | 6.0 | |
| 10,000 이상 | 4.0 | |

【주】 자료 : 하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)

**<표 8.3-5> 구간별 둑마루폭**

| 하 천 명 | 구 간 | 계획홍수량($m^3$/sec) | 둑마루폭(m) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 구수천 | No.0 ~ No.31+40 | 30 ~ 66 | 4.0m 이상 | |

【주】 축제 및 보축계획 구간을 제외한 구간중 둑마루폭이 부족한 일부구간은 향후 주변지역의 여건, 주민의 이용성 증가가 요구될 시 본 제시한 기준에 따라 둑마루폭을 확보해야 한다.

### 다) 제방여유고

제방여유고는 계획홍수량을 안전하게 소통시키기 위해서 하천에서 발생할 수 있는 여러 가지 불확실한 요소들에 대한 안전값으로 주어지는 여분의 제방의 높이를 말하며, 기본적으로 계획홍수위에 대하여 월류시키지 않기 위한 여유로서 홍수시 홍수위와 풍랑, 도수 등에 의하여 발생하는 일반적인 수위상승과 홍수 등의 재해대책 작업을 실시할 경우의 안전, 하상변동으로 인한 수위상승시 발생하는 여러 가지 요소를 포함하는 것으로 제방안전과 직결되는 사항이다.

따라서 여유고는 개개의 하천구간에 따라 정하여야 하는 것으로 “하천설계기준”상에 정한 기준에 적합하여야 하며 “하천설계기준”에 의한 유량규모별 제방여유고는 <표 8.3-6>과 같다.

<표 8.3-6> 계획홍수량에 따른 여유고

| 계획홍수량($m^3$/sec) | 여유고(m) | 계획홍수량($m^3$/sec) | 여유고(m) |
|---|---|---|---|
| 200 미만 | 0.6 이상 | 2,000 이상~5,000 미만 | 1.2 이상 |
| 200 이상~500 미만 | 0.8 이상 | 5,000 이상~10,000 미만 | 1.5 이상 |
| 500 이상~2,000 미만 | 1.0 이상 | 10,000 이상 | 2.0 이상 |

【주】 자료 : 하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)

<표 8.3-7> 구간별 기준 여유고

| 하 천 명 | 구 간 | 계획홍수량($m^3$/sec) | 여유고(m) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 구수천 | No.0 ~ No.31+40 | 30 ~ 66 | 0.6m 이상 | |

### 라) 제방비탈경사

제방비탈경사는 기초지반의 토질, 제방의 활동, 고수시 침윤선 등에 대하여 절대로 안전해야 한다. 우리나라에서는 일반 소규모의 제방 등에서는 1:2.0의 경사를 가진 것이 있지만 홍수시 하천의 침투와 우수침투에 따라 흘러내리는 비탈면붕괴 등의 현상이 많이 발생하므로 토사로 제방을 축조할 경우 최소 1:3.0 이상의 값을 취하는 것이 바람직하다.

본 계획에서는 하천규모에 따른 치수적안전과 토지이용상황 및 하천환경영향 상하류간의 일관성 등을 고려하여 구간에 따라 1:1.0 ~ 1:2.0 이상으로 계획하였다. 추후 사업시행시에는 개수시의 특성, 축조재료 및 방법, 토지의 이용, 하천환경측면, 지반의 토질상태, 장래 도시계획에 따라 합리적인 비탈경사를 결정해야 할 것이다.

<표 8.3-8> 비탈경사

| 하 천 명 | 지 구 명 | 안별 | 측 점 (No.) | 비 탈 경 사 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 구수좌안1제 | 좌 | 0+00~14+09 | 1 : 1.0~2.0 | |
| | 구수좌안2제 | 좌 | 14+30~31+40 | 1 : 1.0~2.0 | |
| | 구수우안1제 | 우 | 0+00~16+00 | 1 : 1.0~2.0 | |

### 마) 호안

호안은 제방 또는 하안의 비탈면 및 비탈끝을 유수에 의한 침식으로부터 보호하기 위해 제방 앞비탈에 설치하는 하천구조물로 고수호안, 저수호안 및 제방호안으로 구별되며 고수호안은 하천이 복단면일 경우 고수부지 위의 앞비탈을 보호하기 위해 설치한다. 저수호안은 저수로에 발생하는 난류를 방지하고 고수부지의 세굴을 방지하기 위해 저수로의 하안에 설치하며, 일반적으로 홍수시에는 수중에 잠기므로 세굴에 대한 배려가 필요하다. 제방호안은 단단면하도인 경우, 혹은 복단면하도의 경우에도 고수부 폭이 좁고, 제방과 저수로 하안을 일체로 해서 보호해야 하는 경우에 설치하는 것으로 고수호안과 저수호안이 일체화된 것을 말한다.

호안고는 기존 제방의 호안고와 하상경사, 토질 등에 따라 결정하여야 하며 에너지 경사에 따른 호안고는 하천설계기준에서 제시된 내용을 참조하였다. 일반적으로 호안공은 사업의 규모, 경제성, 당해 지구의 특성, 과거의 실례와 경험, 시공성, 내구성, 재료구득의 용이성 등을 고려하여 돌망태, 콘크리트 블록 붙임, 석축 등을 주로 시공하였으나, 근년에 환경 및 생태계 보전측면에서의 호안에 대한 관심이 증대되고 있다는 추세로 경제성 측면에서는 다소 불리하더라도 생태계 및 하천고유의 환경성 등을 고려하여 자연형 호안을 채택함이 바람직한 것으로 사료된다. 수리특성, 환경적 측면 및 치수적 측면, 특히 호안의 허용소류력을 고려하여 유속이 완만한 지역에 식생호안 등 자연형 호안을 계획하고, 유속이 급한 지역에 대하여는 자연석을 활용한 호안, 제내측이 제방겸 도로로 이용되는 지구에 대하여는 제방편입용지가 적게 들고 통수단면을 확보할 수 있는 공법을 채택하도록 하되 재료의 구득, 현지여건상 공법 적용의 불합리, 시공성 등의 문제가 있을 경우 다른 공법의 사용도 가능할 것이다.

여기서 호안기초부는 실시단계에서 소류력 및 현지여건을 고려해 밑다짐공 등의 보강방법을 고려하여야 한다. 또한, 수충부 등 제방안전 확보가 필요한 구간에 대해서는 실시단계에서 면밀히 검토하여 둑마루까지 호안을 연장설치하여야 할 것이며, 공사후 친환경 호안의 기능수행 결과를 지속적으로 관찰(Monitoring)함이 필요하다고 사료된다.

또한, 최근 친자연적이며 친환경적 호안공법 및 다양한 제품이 시공되고 있으며, 향후 실시설계 단계에서 호안공법 및 제품에 대하여 유속, 소류력 등에 대해 신뢰할 만한 시험소에서 안정성 시험를 실시하고 검토된 공법 및 제품에 한하여 시공될 수 있도록 하여야 한다.

환경을 고려한 호안공법에 대한 내용은 <표 8.3-9>와 같고 허용소류력과 하안공법에서 소류력에 대한 안정성과 유속에 대한 안정성은 <표 8.3-10> ~ <표 8.3-12>와 같다.

**<표 8.3-9> 환경을 고려한 호안공법**

| 환경구분 | 종 류 | 설치위치 | 이 용 목 적 | 주 변 현 황 |
|---|---|---|---|---|
| 친 수 성 | 계단 Block | 고수호안,<br>저수호안,<br>제방호안 | 관람석, 저수계단, 제방계단,<br>친수계단, 선착장 겸용,<br>경관보전 | 주거지역, 공원, 관광지,<br>고수부지 유, 무 |
| 생 태 계 | 어소 Block<br>식생호안 | 저 수 부<br>수 중 | 어업보전, 자연식생보전,<br>야생조류 보호 | 어업보호,<br>친수목적 경관보전 |
| 자연경관<br>보 전 | Con'c 나무수림,<br>방틀, 자연석,<br>모자이크 | 제방 및<br>고수부지 | 녹화 및 조경에 의한<br>경관 창출 | 공원, 관광지,<br>경관 보호지, 생태보전지 |

**<표 8.3-10> 허용소류력** (단위:kg/m² )

| 호 안 의 종 류 | 허 용 소 류 력 | 비 고 |
|---|---|---|
| 1) 평떼 | 2.0 | |
| 2) 바자안의 굵은 모래 | 1.0 | |
| 3) 바자안의 자갈 | 1.5 | |
| 4) 바자 (流水에 竝行 혹은 비스듬할 때) | 5.0 | |
| 5) 섶 호안 | 4.0 | |
| 6) 돌붙임 (비탈 1:1, 두께 0.3m) | 16.0 | |
| 7) 큰사석 | 24.0 | |
| 8) 돌쌓기 (메쌓기) | 60.0 | |
| 9) 콘크리트벽 | 60.0 | |
| 10) 방틀공 | 150.0 까지 | |

<표 8.3-11> 소류력에 대한 안전성(하안공법) Schiechtl(1986)

| 공 법 의 종 류 | 시공직후 | 시공후 1년 | 시공후 2년 | 시공후 3년 |
|---|---|---|---|---|
| 초 본 류 (목 초 류) | 10N/m² | 30N/m² | 30N/m² | 30N/m² |
| 버 드 나 무 가 지 덮 기 | 50N/m² | 150N/m² | 300N/m² | 300N/m² |
| 돌붓기 및 버드나무삽목 | 75N/m² | 100N/m² | 300N/m² | 350N/m² |

【주】 자료 : 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발(2권) (환경부, 건설기술연구원)

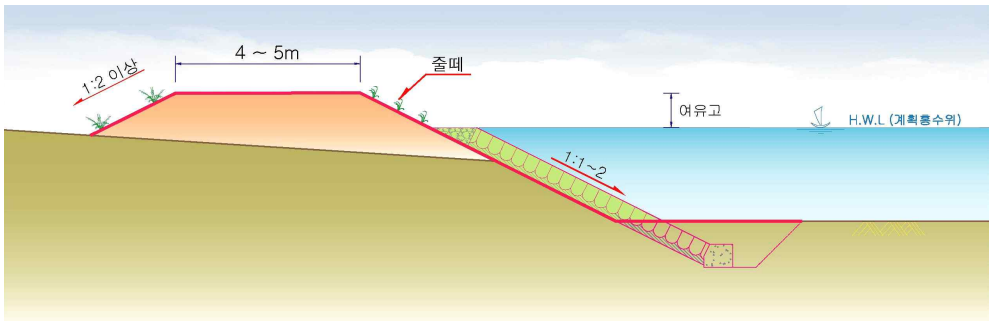
<표 8.3-12> 유속에 대한 안전성(하안공법)

| 공 법 의 종 류 | 최고 허용 유속 | 비 고 |
|---|---|---|
| 목 초 류 파 종 | 1.8m/s | |
| 모 래 및 목 초 류 | 3.7m/s | |
| 코 아 롤 및 갈 대 류 | 2m/s | |
| 무 생 명 의 섶 단 | 2.5~3m/s | |
| 생 명 의 섶 단 | 3~3.5m/s | |
| 버 드 나 무 삽 목 및 쇄 석 | 3~5m/s | |

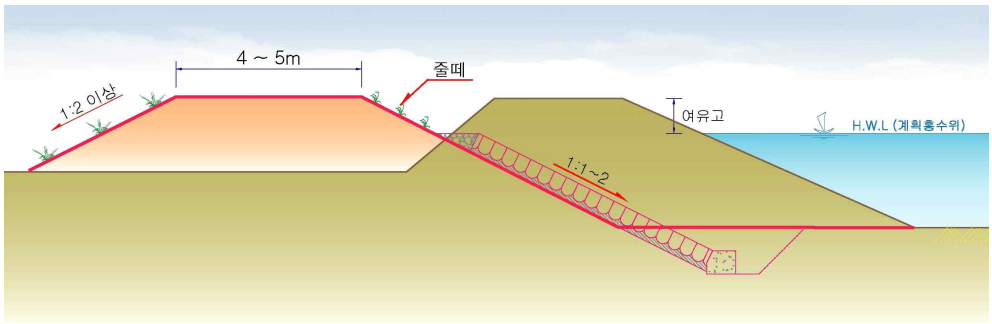
【주】 자료 : 국내 여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발(2권) (환경부, 건설기술연구원)

### 바) 제방표준단면

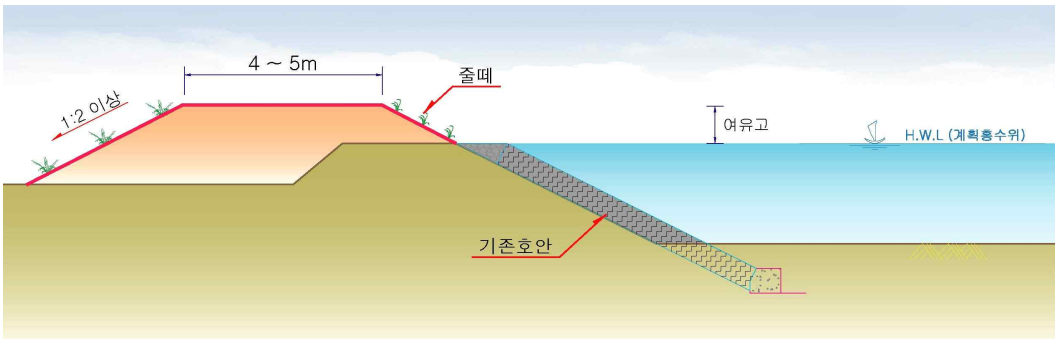
상기에서 검토한 내용과 현재 제방의 이용상황, 개수지구의 특성 등을 고려하여 표준단면 및 호안의 종류를 제시하였으며, 차후 사업시행시 개수지구의 특성, 축제재료 및 방법, 호안의 종류, 재료 구득의 용이성, 지반의 지질상태 등에 따라 통수단면에 문제가 없는 범위내에서 적절히 조정해야 할 것이다. 제방표준단면도 및 호안표준단면도는 <그림 8.3-1> ~ <그림 8.3-2>와 같다.



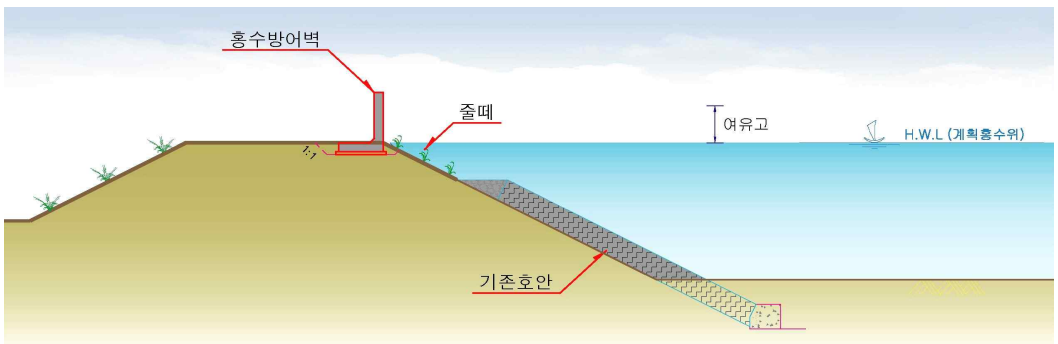

TYPE - A (**축제**)




TYPE - B (**확폭**)

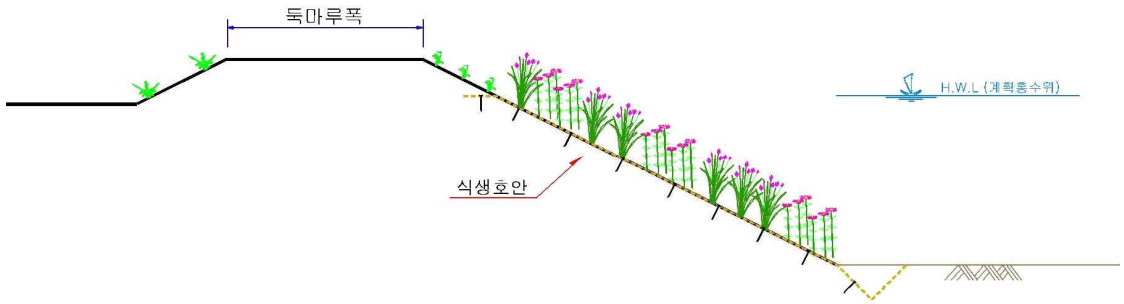



TYPE - C (**보축**)

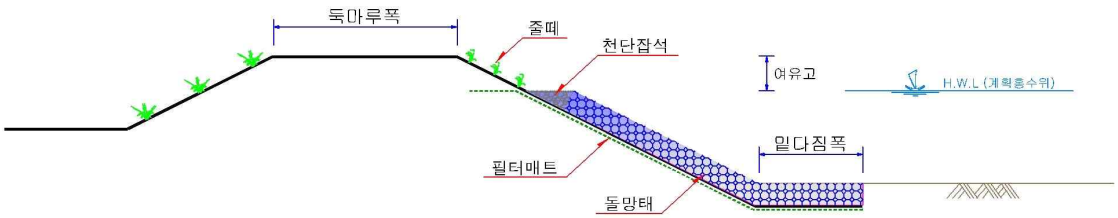



TYPE - D (**홍수방어벽**)

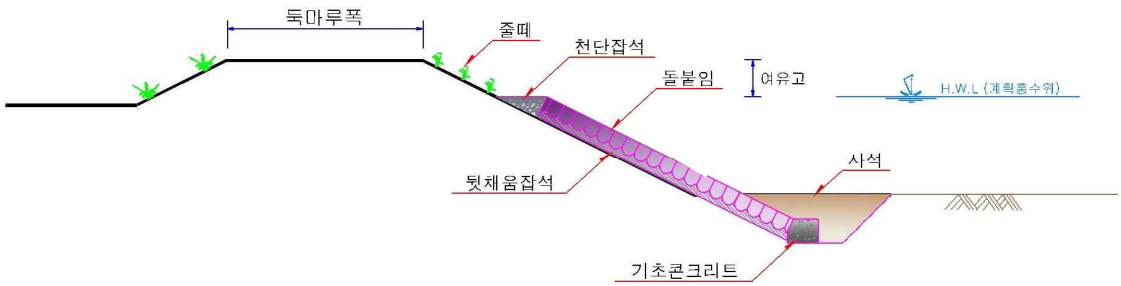
**<그림 8.3-1> 제방 표준 단면도**



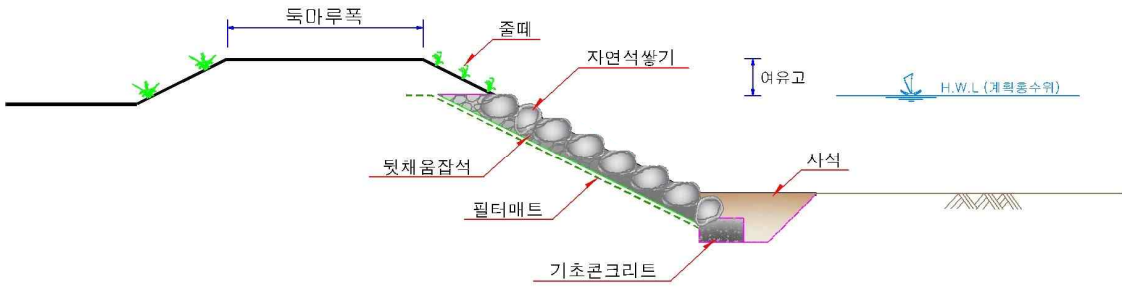

TYPE - E (식생호안)




TYPE - F (돌망태)




TYPE - G (돌붙임)




TYPE - H (자연석쌓기)

〈그림 8.3-2〉 호안 표준 단면도

### 3) 설치방향

홍수시 하천연안의 홍수피해와 월류방지 및 홍수소통 능력 증대를 목적으로 축조하는 구조물로서, 제방 미설치구간 및 여유고 부족구간에 대하여는 개수계획을 수립하였다. 또한, 평균유속에 의한 소류력을 산정하여 호안의 공종을 결정시 참고할 수 있도록 하였다. 본 구수천의 축제, 보축 및 확폭을 지구별 표준단면은 <표 8.3-13> ~<표 8.3-15>와 같다.

**<표 8.3-13> 제방 축제 계획**

| 지 구 명 | 연장 (m) | 안별 | 측 점 (No.) | 계 획 홍수량 (㎥/sec) | 제방 | | | | 호안 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 둑마루폭 (m) | 여유고 (m) | 제내지 | 제외지 | 최대 소류력 (kg/㎡) | 추천형식 |
| 형산1지구 | 100 | 우 | No.28+37～No.29+45 | 30 | 4.0 | 0.6 | 1:2.0 | 1:1.0 | 12.80 | A, E, G |
| 형산2지구 | 125 | 우 | No.30+20～No.31+40 | 30 | 4.0 | 0.6 | 1:2.0 | 1:1.0 | 12.44 | A, E, G |

**<표 8.3-14> 제방 보축 계획**

| 지 구 명 | 연장 (m) | 안별 | 측 점 (No.) | 계 획 홍수량 (㎥/sec) | 제방 | | | | 호안 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 둑마루폭 (m) | 여유고 (m) | 제내지 | 제외지 | 최대 소류력 (kg/㎡) | 추천형식 |
| 보축1지구 | 200 | 좌 | No.0+50～No.2+50 | 66 | 4.0 | 0.6 | 1:20 | 1:20 | 1.91 | C, E, F |
| 보축2지구 | 260 | 우 | No.0+00～No.2+50 | 66 | 4.0 | 0.6 | 1:20 | 1:20 | 1.91 | C, E, F |
| 보축3지구 | 85 | 좌 | No.13+50～No.14+20 | 30～66 | 4.0 | 0.6 | 1:20 | 1:20 | 4.91 | C, E, F |
| 보축4지구 | 70 | 좌 | No.22+00～No.22+73 | 30 | 4.0 | 0.6 | 1:20 | 1:20 | 3.79 | C, E, G |
| 보축5지구 | 56 | 좌 | No.27+81～No.28+37 | 30 | 4.0 | 0.6 | 1:20 | 1:20 | 12.33 | C, E, G |

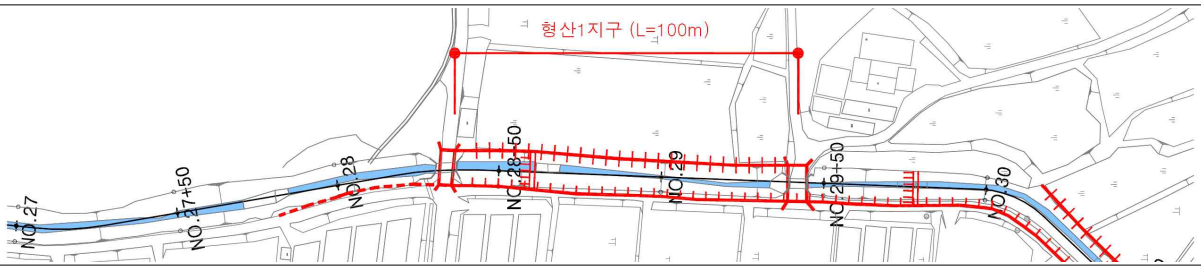
**<표 8.3-15> 제방 확폭 계획**

| 지 구 명 | 연장 (m) | 안별 | 측 점 (No.) | 계 획 홍수량 (㎥/sec) | 제방 | | | | 호안 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 둑마루폭 (m) | 여유고 (m) | 제내지 | 제외지 | 최대 소류력 (kg/㎡) | 추천형식 |
| 확폭1지구 | 175 | 좌 | No.14+40～No.16+00 | 30 | 4.0 | 0.6 | 1:2.0 | 1:2.0 | 10.33 | B, E, F |
| 확폭2지구 | 200 | 우 | No.14+09～No.16+00 | 30 | 4.0 | 0.6 | 1:2.0 | 1:2.0 | 10.33 | B, E, F |
| 확폭3지구 | 295 | 좌 | No.28+37～No.31+40 | 30 | 4.0 | 0.6 | 1:2.0 | 1:1.0 | 12.80 | B, E, G |

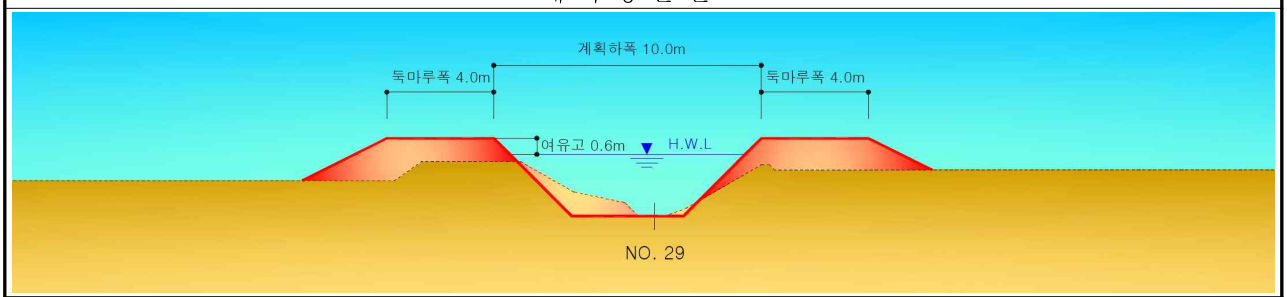
## <표 8.3-16> 제방 축제 계획 (형산1지구)

| | | |
|---|---|---|
| 개 요 (수리·수문) | 하 천 명 | 구수천 |
| | 행 정 구 역 | 흥성군 결성면 형산리 일원 |
| | 안 별 , 연 장 | 우안 : 형산1지구 No.28+37 ~ No.29+45 (L=100m) |
| | 하천공간구분 | 복원지구 |
| | 계획홍수량 | 30㎥/s |
| | 계획하폭 | 8m ~ 10m |
| | 계획홍수위 | EL.41.05 ~ EL.42.56 |
| | 유 속 | 1.49m/sec ~ 3.04m/sec |
| | 소 류 력 | 12.80kg/㎡ |
| | 여 유 고 | 0.6m |
| 현황 및 특징 | • 하상경사 1/90으로 다소 완만한 경사를 이루고 있으며, 현하폭은 3m~9m임<br>• 우안의 일부구간을 제외하고 전반적으로 계획하폭 및 계획제방고가 부족한 상태임<br>• 제내지가 협소하고 하폭이 좁은 소규모하천의 형태로서 경사가 급하여 낙차공 구조물이 밀집되어 있음 | |
| 토지이용현황 | • 농경지(논)으로 이용됨 | |
| 검 토 결 과 | • 계획하폭 및 여유고 부족구간에 제방축제를 계획수립함. | |

계 획 현 황 도




계 획 횡 단 면 도

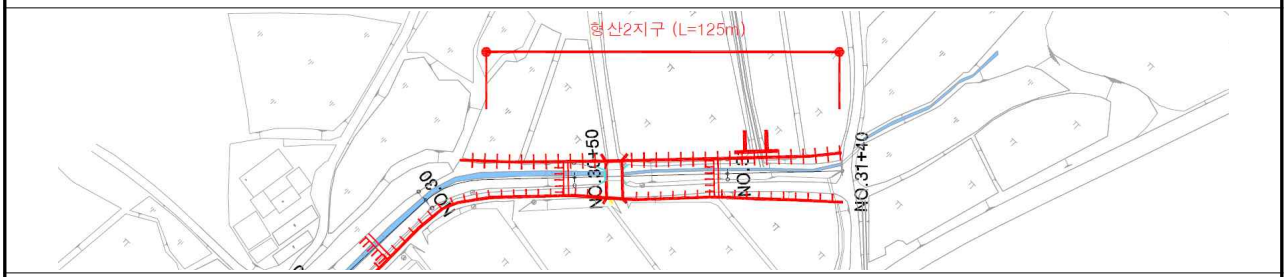



현 장 사 진

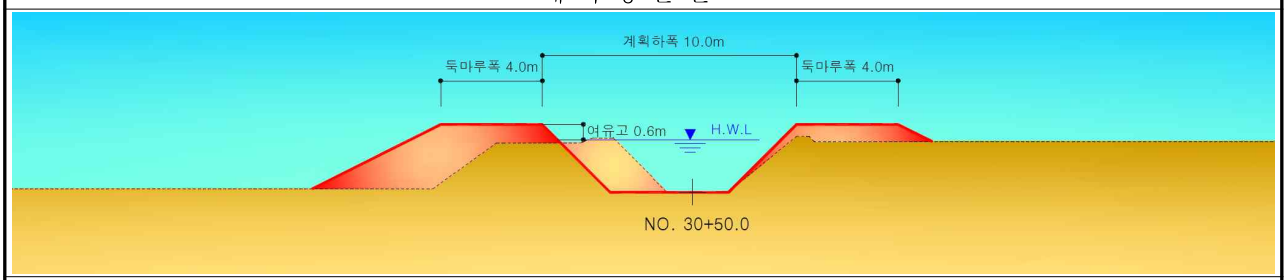
## <표 8.3-17> 제방 축제 계획 (형산2지구)

| | | |
|---|---|---|
| 개 요 (수리·수문) | 하 천 명 | 구수천 |
| | 행 정 구 역 | 홍성군 결성면 형산리 일원 |
| | 안 별 , 연 장 | 우안 : 형산2지구 No.30+20 ~ No.31+40 (L=125m) |
| | 하천공간구분 | 복원지구 |
| | 계획홍수량 | 30㎥/s |
| | 계획하폭 | 8m ~ 10m |
| | 계획홍수위 | EL.43.51 ~ EL.46.95 |
| | 유 속 | 2.30m/sec ~ 4.33m/sec |
| | 소 류 력 | 12.44kg/㎡ |
| | 여 유 고 | 0.6m |
| 현황 및 특징 | • 하상경사 1/90으로 다소 완만한 경사를 이루고 있으며, 현하폭은 3m~9m임<br>• 우안의 일부구간을 제외하고 전반적으로 계획하폭 및 계획제방고가 부족한 상태임<br>• 제내지가 협소하고 하폭이 좁은 소규모하천의 형태로서 경사가 급하여 낙차공 구조물이 밀집되어 있음 | |
| 토지이용현황 | • 농경지(논) 및 비닐하우스로 이용함 | |
| 검 토 결 과 | • 계획하폭 및 여유고 부족구간에 제방축제를 계획수립함. | |

계 획 현 황 도




계 획 횡 단 면 도

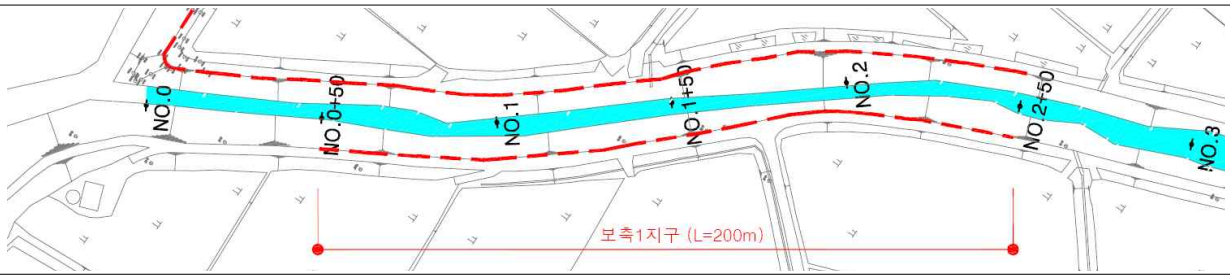



현 장 사 진

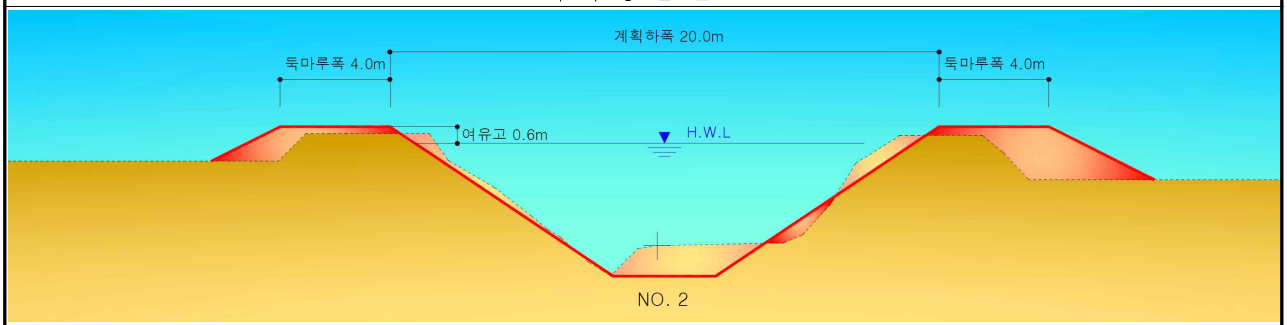
## <표 8.3-18> 제방 보축 계획 (보축1지구)

| | | |
|---|---|---|
| 개 요 (수리·수문) | 하 천 명 | 구수천 |
| | 행 정 구 역 | 홍성군 갈산면 쌍천리 일원 |
| | 안 별 , 연 장 | 우안 : 보축1지구 No.0+50 ~ No.2+50 (L=200m) |
| | 하 천 공 간 구 분 | 복원지구 |
| | 계 획 홍 수 량 | 66㎥/s |
| | 계 획 하 폭 | - |
| | 계 획 홍 수 위 | EL.20.48 ~ EL.20.60 |
| | 유 속 | 1.36m/sec ~ 2.04m/sec |
| | 소 류 력 | 1.91kg/㎡ |
| | 여 유 고 | 0.6m |
| 현황 및 특징 | • 하상경사 1/200으로 다소 완만한 경사를 이루고 있으며, 현하폭은 17m~19m임<br>• 전반적으로 계획하폭 및 계획제방고가 부족한 상태임 | |
| 토지이용현황 | • 농경지(논)로 이용함 | |
| 검 토 결 과 | • 계획하폭 및 여유고 부족구간에 보축를 계획수립함. | |

계 획 현 황 도




계 획 횡 단 면 도

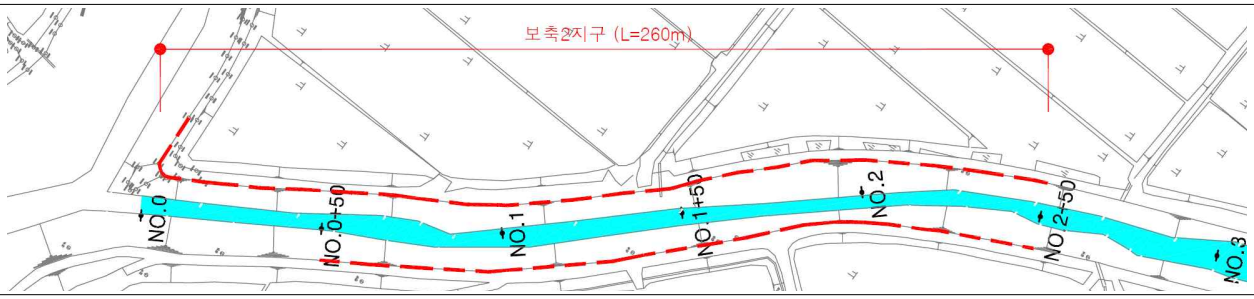



현 장 사 진

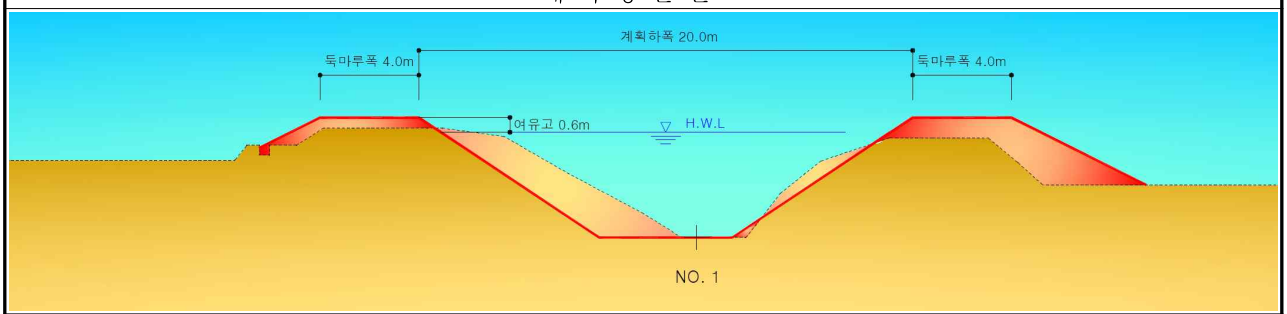
## <표 8.3-19> 제방 보축 계획 (보축2지구)

| | | |
|---|---|---|
| 개 요 (수리 · 수문) | 하 천 명 | 구수천 |
| | 행 정 구 역 | 홍성군 갈산면 쌍천리 일원 |
| | 안 별 , 연 장 | 우안 : 보축2지구 No.0+00 ~ No.2+50 (L=260m) |
| | 하 천 공 간 구 분 | 복원지구 |
| | 계 획 홍 수 량 | 66㎥/s |
| | 계 획 하 폭 | - |
| | 계 획 홍 수 위 | EL.20.47 ~ EL.20.60 |
| | 유 속 | 1.15m/sec ~ 2.04m/sec |
| | 소 류 력 | 1.91kg/㎡ |
| | 여 유 고 | 0.6m |
| 현황 및 특징 | • 하상경사 1/200으로 다소 완만한 경사를 이루고 있으며, 현하폭은 17m~19m임<br>• 전반적으로 계획하폭 및 계획제방고가 부족한 상태임 | |
| 토지이용현황 | • 농경지(논)로 이용함 | |
| 검 토 결 과 | • 계획하폭 및 여유고 부족구간에 보축를 계획수립함. | |

계 획 현 황 도




계 획 횡 단 면 도

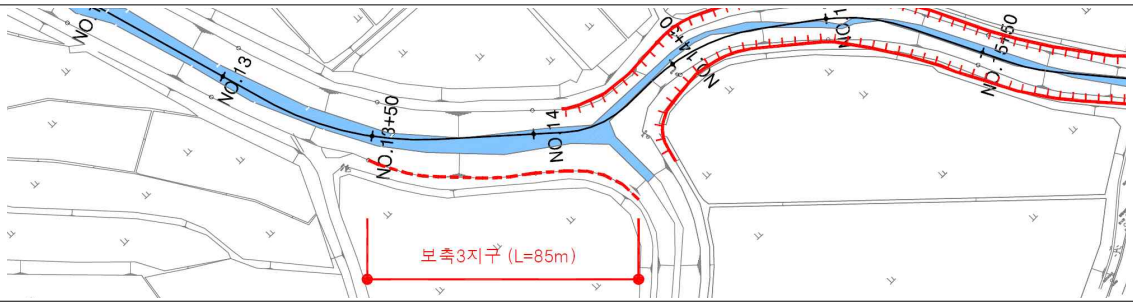



현 장 사 진

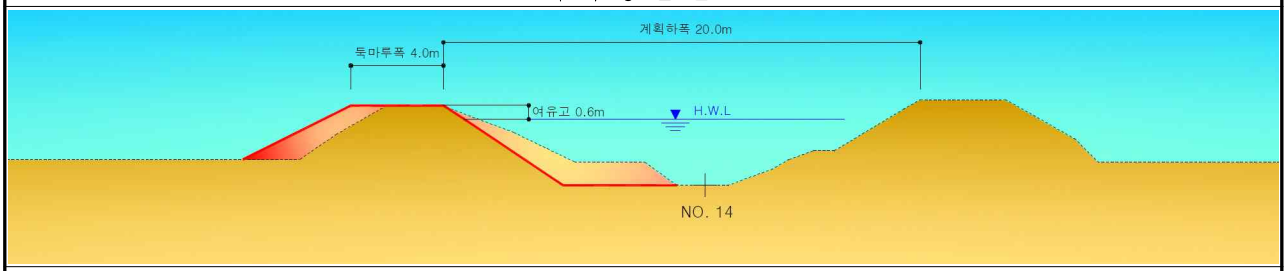
## <표 8.3-20> 제방 보축 계획 (보축3지구)

| | | |
|---|---|---|
| 개 요 (수리·수문) | 하 천 명 | 구수천 |
| | 행 정 구 역 | 홍성군 결성면 형산리 일원 |
| | 안 별 , 연 장 | 우안 : 보축3지구 No.13+50 ~ No.14+20 (L=85m) |
| | 하 천 공 간 구 분 | 복원지구 |
| | 계 획 홍 수 량 | 30㎥/s ~ 66㎥/s |
| | 계 획 하 폭 | - |
| | 계 획 홍 수 위 | EL.26.53 ~ EL.26.94 |
| | 유 속 | 0.77m/sec ~ 2.47m/sec |
| | 소 류 력 | 4.91kg/㎡ |
| | 여 유 고 | 0.6m |
| 현황 및 특징 | • 하상경사 1/200으로 다소 완만한 경사를 이루고 있으며, 현하폭은 10m~20m임<br>• 전반적으로 계획하폭 및 계획제방고가 부족한 상태임<br>• 반월천이 합류되는 지점임 | |
| 토지이용현황 | • 농경지(논)로 이용함 | |
| 검 토 결 과 | • 계획하폭 및 여유고 부족구간에 보축를 계획수립함. | |

계 획 현 황 도




계 획 횡 단 면 도

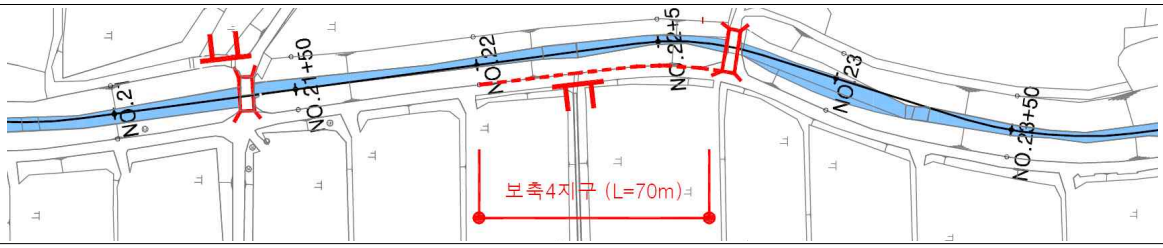



현 장 사 진

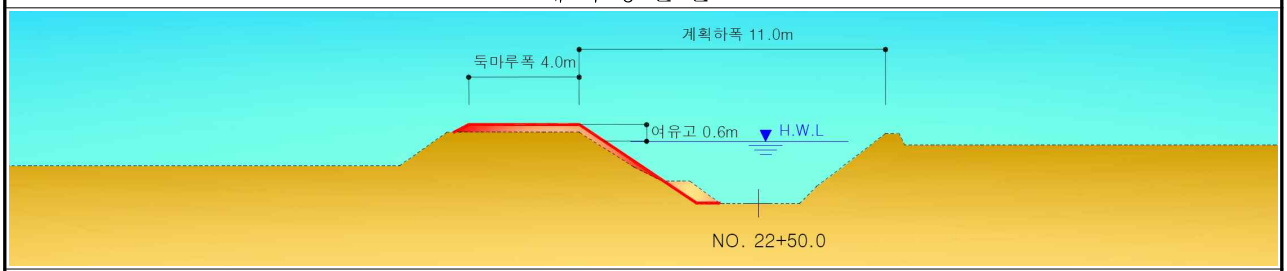
## <표 8.3-21> 제방 보축 계획 (보축4지구)

| | | |
|---|---|---|
| 개 요 (수리 · 수문) | 하 천 명 | 구수천 |
| | 행 정 구 역 | 홍성군 결성면 형산리 일원 |
| | 안 별 , 연 장 | 우안 : 보축4지구 No.22+00 ~ No.22+73 (L=70m) |
| | 하 천 공 간 구 분 | 복원지구 |
| | 계 획 홍 수 량 | 30㎥/s |
| | 계 획 하 폭 | - |
| | 계 획 홍 수 위 | EL.33.20 ~ EL.33.93 |
| | 유 속 | 1.35m/sec ~ 2.62m/sec |
| | 소 류 력 | 3.79kg/㎡ |
| | 여 유 고 | 0.6m |
| 현황 및 특징 | • 하상경사 1/90으로 다소 완만한 경사를 이루고 있으며, 현하폭은 4m~13m임<br>• 전반적으로 계획하폭 및 계획제방고가 부족한 상태임 | |
| 토지이용현황 | • 농경지(논)로 이용함 | |
| 검 토 결 과 | • 계획하폭 및 여유고 부족구간에 보축를 계획수립함. | |

계 획 현 황 도




계 획 횡 단 면 도

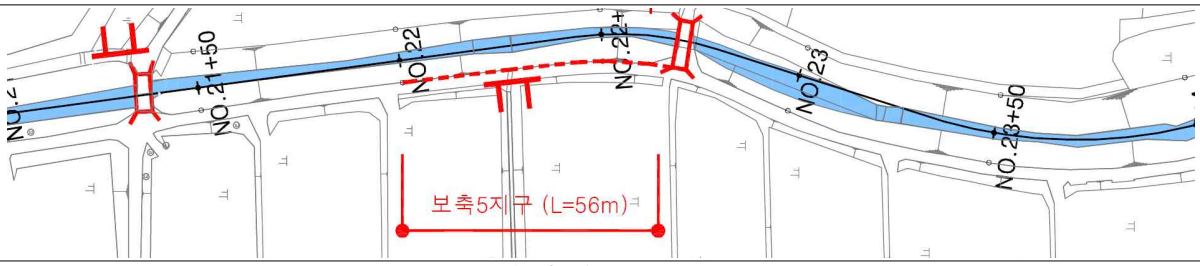



현 장 사 진

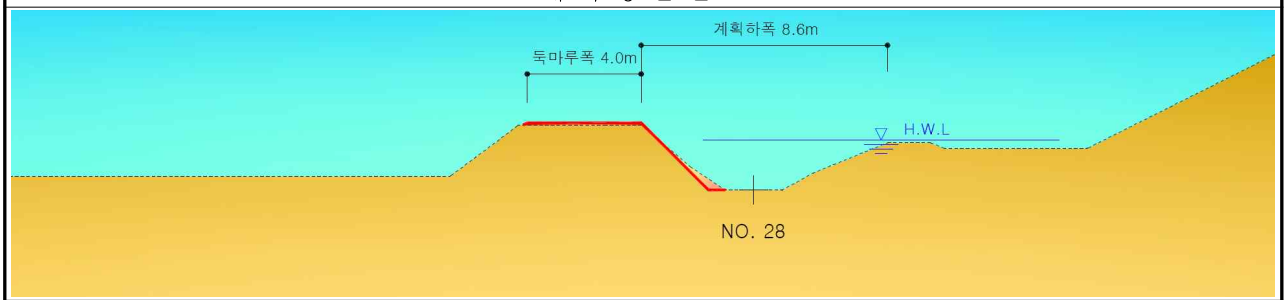
## <표 8.3-22> 제방 보축 계획 (보축5지구)

| | | |
|---|---|---|
| 개 요 (수리·수문) | 하 천 명 | 구수천 |
| | 행 정 구 역 | 홍성군 결성면 형산리 일원 |
| | 안 별 , 연 장 | 우안 : 보축5지구 No.27+81 ~ No.28+37 (L=56m) |
| | 하천공간구분 | 복원지구 |
| | 계획홍수량 | 30㎥/s |
| | 계 획 하 폭 | - |
| | 계획홍수위 | EL.40.43 ~ EL.41.05 |
| | 유 속 | 2.22m/sec ~ 3.34m/sec |
| | 소 류 력 | 12.33kg/㎡ |
| | 여 유 고 | 0.6m |
| 현황 및 특징 | • 하상경사 1/90으로 완만한 경사를 이루고 있으며, 현하폭은 3m~11m임<br>• 전반적으로 계획하폭 및 계획제방고가 부족한 상태임 | |
| 토지이용현황 | • 농경지(논) 및 비닐하우스로 이용함 | |
| 검 토 결 과 | • 계획하폭 및 여유고 부족구간에 보축를 계획수립함. | |

계 획 현 황 도




계 획 횡 단 면 도

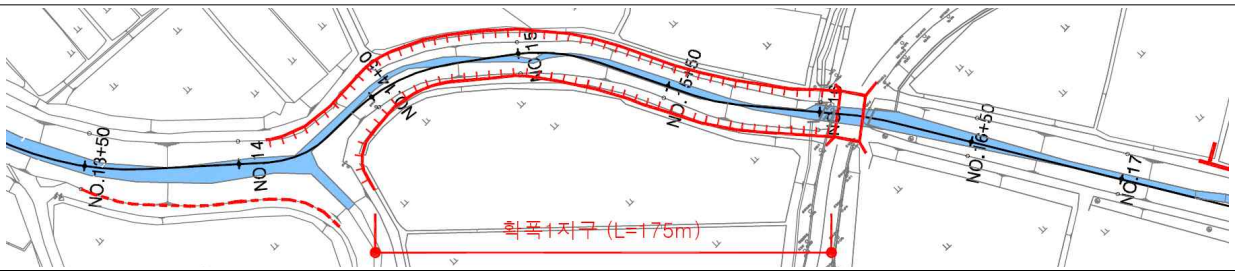



현 장 사 진

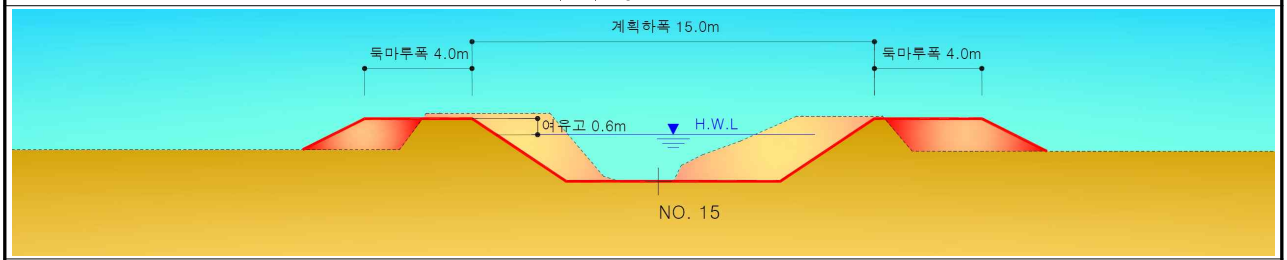
## <표 8.3-23> 확폭계획 (확폭1지구)

| | | |
|---|---|---|
| 개요 (수리·수문) | 하천명 | 구수천 |
| | 행정구역 | 홍성군 결성면 형산리 일원 |
| | 안별, 연장 | 우안 : 확폭1지구 No.14+40 ~ No.16+00 (L=175m) |
| | 하천공간구분 | 복원지구 |
| | 계획홍수량 | 30㎥/s |
| | 계획하폭 | 15m |
| | 계획홍수위 | EL.26.94 ~ EL.27.32 |
| | 유속 | 2.36m/sec ~ 3.39m/sec |
| | 소류력 | 10.33kg/㎡ |
| | 여유고 | 0.6m |
| 현황 및 특징 | • 하상경사 1/90으로 완만한 경사를 이루고 있으며, 현하폭은 6m~9m임<br>• 전반적으로 계획하폭 및 계획제방고가 부족한 상태임 | |
| 토지이용현황 | • 농경지(논)로 이용함 | |
| 검토결과 | • 계획하폭 및 여유고 부족구간에 보축를 계획수립함. | |

계 획 현 황 도




계 획 횡 단 면 도

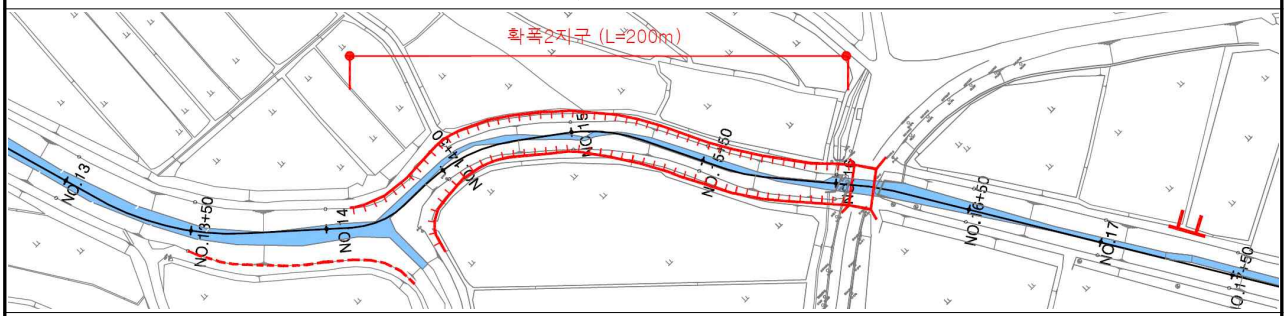



현 장 사 진

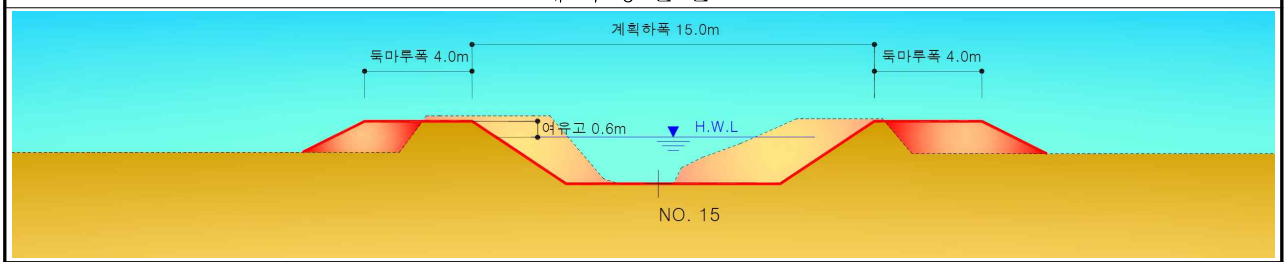
## <표 8.3-24> 확폭계획 (확폭2지구)

| | | |
|---|---|---|
| 개요 (수리·수문) | 하천명 | 구수천 |
| | 행정구역 | 홍성군 결성면 형산리 일원 |
| | 안별, 연장 | 우안 : 확폭2지구 No.14+09 ~ No.16+00 (L=200m) |
| | 하천공간구분 | 복원지구 |
| | 계획홍수량 | 30㎥/s |
| | 계획하폭 | 15m |
| | 계획홍수위 | EL.26.75 ~ EL.27.32 |
| | 유속 | 0.77m/sec ~ 3.39m/sec |
| | 소류력 | 10.33kg/㎡ |
| | 여유고 | 0.6m |
| 현황 및 특징 | • 하상경사 1/90으로 완만한 경사를 이루고 있으며, 현하폭은 6m~9m임<br>• 전반적으로 계획하폭 및 계획제방고가 부족한 상태임 | |
| 토지이용현황 | • 농경지(논)로 이용함 | |
| 검토결과 | • 계획하폭 및 여유고 부족구간에 보축를 계획수립함. | |

계 획 현 황 도




계 획 횡 단 면 도

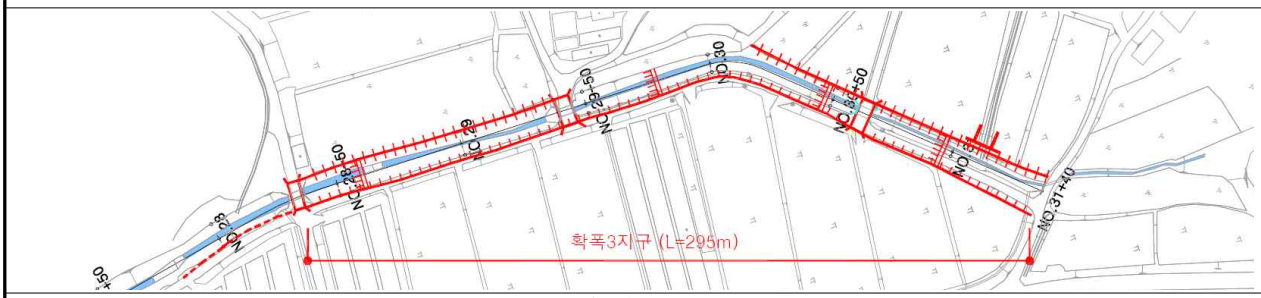



현 장 사 진

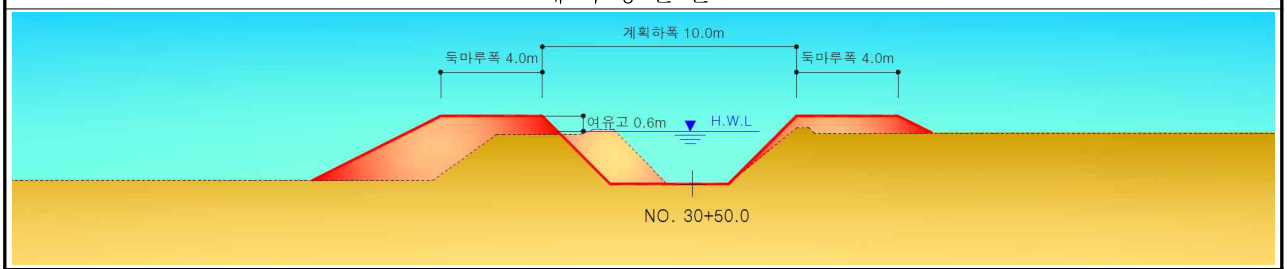
## <표 8.3-25> 확폭계획 (확폭3지구)

| | | |
|---|---|---|
| 개 요 (수리·수문) | 하 천 명 | 구수천 |
| | 행 정 구 역 | 홍성군 결성면 형산리 일원 |
| | 안 별 , 연 장 | 우안 : 확폭3지구 No.28+37 ~ No.31+40 (L=295m) |
| | 하천공간구분 | 복원지구 |
| | 계획홍수량 | 30㎥/s |
| | 계획하폭 | 8m ~ 10m |
| | 계획홍수위 | EL.41.05 ~ EL.46.95 |
| | 유 속 | 1.49m/sec ~ 4.33m/sec |
| | 소 류 력 | 12.80kg/㎡ |
| | 여 유 고 | 0.6m |
| 현황 및 특징 | • 하상경사 1/90으로 완만한 경사를 이루고 있으며, 현하폭은 6m~9m임<br>• 전반적으로 계획하폭 및 계획제방고가 부족한 상태임 | |
| 토지이용현황 | • 농경지(논)로 이용함 | |
| 검 토 결 과 | • 계획하폭 및 여유고 부족구간에 보축를 계획수립함. | |

계 획 현 황 도




계 획 횡 단 면 도




현 장 사 진

## 나. 배수시설물

### 1) 능력검토

본 구수천내에 위치한 배수시설에 대하여 통수단면, 노후화정도, 문비설치 필요여부 등을 검토하여 보강계획을 수립하였다. 통수단면 검토는 배수유역을 농경지와 도시 및 산지지역으로 구분하여, 농경지 지역은 배제유속 2.0m/s으로 6시간 강우를 6시간동안 배제시키는 것으로 하였으며, 주거지 및 산지는 배제유속 2.5m/s으로 1시간 강우를 전량 배제시키는 것으로 하여 검토하였으며, 설계강우의 빈도는 치수안전도를 고려하여 30년으로 채택하였다.

#### 가) 현단면 결정

배수시설의 자료를 조사하여 결정하되 현지조사를 통하여 확인하였다.

#### 나) 배수유역결정

1/5,000 수치지형도와 본 항공측량 성과에 의하여 집수면적을 산정하였으며, 현지조사를 통하여 보완하였다.

#### 다) 능력검토방식 결정

내수배제계획 수립시 필연적으로 수리·수문자료 및 배수계획에 필요한 지형 평면도에 의하여 행하여야 하나, 본 계획에서는 상기와 같은 기존 자료가 없으므로 다음과 같은 일반적인 방법을 사용하여 검토하였다.

- 담수량을 고려하여 담수시간내에 배제하는 방법
- 최대유량을 대상으로 전량 배제하는 방법

이상 2개의 방식을 사용하여 각 배수지구별 소요단면을 결정한 후 현단면과 비교하여 과부족을 결정함으로써 그 단면의 능력을 검토하였으며 적용한 식은 다음과 같다.

$$Q = 0.2778 \cdot C \cdot I \cdot A \quad \cdots\cdots (8\text{-}4)$$

여기서

Q : 배제대상 유량($m^3/s$)

I : 본 산정한 강우강도식에 의한 강우량(보령을 지배관측소로 채택)

C : 유출계수

A : 집수면적($km^2$)

〈표 8.3-26〉 30년빈도 확률강우강도식

| 관측소명 | 경계시간 | 30년빈도 | |
|---|---|---|---|
| | | 단기 | 장기 |
| 서산 | 240분 | $I = \frac{8214.42}{(t+47.10)}$ | $I = \frac{683.43}{(t)^{0.55}}$ |

## 2) 검토결과

본 단면이 부족하게 조사된 배수시설(암거, 통관)의 요증설 규모는 가급적 “하천 구조물 표준도”를 활용하되, 장래 사업시행을 고려하여 기존 시설물의 규모를 참조하여 결정하였다. 이상의 방법으로 처리된 본 구수천내 기존 배수시설(암거, 통관) 총 34개소의 능력검토결과에 의한 통수단면이 부족한 배수시설은 4개소와 필요한 배수시설 1개소로 조사되었다.

증설 단면에 대해서는 추후 사업 시행시 해당 지역의 여건에 맞는 배제시간, 배제유속 등을 재검토하여 반영하여야 할 것이며, 홍수위보다 지반고가 낮은 지역의 배수시설물중 문비가 없는 시설물은 문비를 보강하여 설치하여야 할 것이다.

〈표 8.3-27〉 배수시설물별 능력검토 결과

| 하천 | 구조물 명칭 | 측점 | 규격 | 안별 | 계획홍수량 | | | | 소요단면 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 유역면적 | 유출계수 | 배제량 | 유속 | 소요단면 | 현단면 | 과부족 |
| 구수천 | 제1 배수통관 | 2+67 | Ø600 | 좌 | 0.05 | 0.68 | 0.32 | 2.50 | 0.13 | 0.28 | 충분 |
| | 제2 배수통관 | 4+00 | Ø600 | 좌 | 0.01 | 0.75 | 0.08 | 2.50 | 0.03 | 0.28 | 충분 |
| | 제3 배수통관 | 4+40 | Ø800 | 좌 | 0.13 | 0.71 | 0.89 | 2.50 | 0.35 | 0.50 | 충분 |
| | 제4 배수통관 | 6+59 | Ø1000 | 좌 | 0.04 | 0.75 | 0.29 | 2.00 | 0.15 | 0.79 | 충분 |
| | 제5 배수통관 | 8+50 | Ø800 | 좌 | 0.02 | 0.70 | 0.13 | 2.50 | 0.05 | 0.50 | 충분 |
| | 제6 배수통관 | 9+82 | Ø900 | 좌 | 0.09 | 0.74 | 0.65 | 2.50 | 0.26 | 0.64 | 충분 |
| | 제7 배수통관 | 12+62 | Ø900 | 좌 | 0.08 | 0.74 | 0.55 | 2.50 | 0.22 | 0.64 | 충분 |
| | 제8 배수통관 | 13+28 | Ø500 | 좌 | 0.05 | 0.63 | 0.29 | 2.00 | 0.15 | 0.20 | 충분 |
| | 제9 배수통관 | 15+34 | Ø600 | 좌 | 0.01 | 0.75 | 0.05 | 2.00 | 0.02 | 0.28 | 충분 |
| | 제10 배수통관 | 15+97 | Ø900 | 좌 | 0.01 | 0.75 | 0.05 | 2.00 | 0.03 | 0.64 | 충분 |
| | 제11 배수통관 | 15+98 | Ø900 | 좌 | 0.14 | 0.72 | 0.94 | 2.50 | 0.38 | 0.64 | 충분 |

<표 8.3-27> 배수시설물별 능력검토 결과(계속)

| 하천 | 구조물 명칭 | 측점 | 규격 | 안별 | 계획홍수량 | | | | 소요단면 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 유역면적 | 유출계수 | 배제량 | 유속 | 소요단면 | 현단면 | 과부족 |
| 구수천 | 제12 배수통관 | 18+85 | Ø800 | 좌 | 0.04 | 0.75 | 0.28 | 2.00 | 0.14 | 0.50 | 충분 |
| | 제13 배수통관 | 22+27 | Ø900 | 좌 | 0.25 | 0.67 | 1.58 | 2.00 | 0.79 | 0.64 | 부족 |
| | 제14 배수통관 | 26+48 | Ø600 | 좌 | 0.02 | 0.75 | 0.13 | 2.00 | 0.06 | 0.28 | 충분 |
| | 제15 배수암거 | 28+26 | 1×1@1 | 좌 | 0.10 | 0.68 | 0.63 | 2.00 | 0.31 | 1.00 | 충분 |
| | 제16 배수암거 | 31+33 | 1×1@1 | 좌 | 0.02 | 0.72 | 0.14 | 2.50 | 0.06 | 1.00 | 충분 |
| | 제17 배수암거 | 31+40 | 2×1@1 | 좌 | 0.12 | 0.56 | 0.61 | 2.50 | 0.24 | 2.00 | 충분 |
| | 제18 - | 31+11.0 | 0.8×0.7@1 | 우 | 0.17 | 0.70 | 1.13 | 2.50 | 0.45 | 0.56 | 충분 |
| | 제19 배수통관 | 29+37 | Ø600 | 우 | 0.06 | 0.68 | 0.40 | 2.50 | 0.16 | 0.28 | 충분 |
| | 제20 배수통관 | 28+34 | Ø1000 | 우 | 0.02 | 0.74 | 0.12 | 2.00 | 0.06 | 0.79 | 충분 |
| | 제21 배수통관 | 28+10 | Ø900 | 우 | 0.10 | 0.71 | 0.67 | 2.50 | 0.27 | 0.64 | 충분 |
| | 제22 배수통관 | 24+70 | Ø600 | 우 | 0.06 | 0.57 | 0.31 | 2.50 | 0.12 | 0.28 | 충분 |
| | 제23 배수통관 | 24+64 | Ø800 | 우 | 0.05 | 0.66 | 0.29 | 2.50 | 0.12 | 0.50 | 충분 |
| | 제24 배수통관 | 21+33 | Ø600 | 우 | 0.10 | 0.75 | 0.67 | 2.50 | 0.27 | 0.28 | 충분 |
| | 제25 배수통관 | 21+20 | Ø600 | 우 | 0.06 | 0.74 | 0.41 | 2.50 | 0.16 | 0.28 | 충분 |
| | 제26 배수통관 | 17+29 | Ø500 | 우 | 0.09 | 0.67 | 0.59 | 2.50 | 0.24 | 0.20 | 부족 |
| | 제27 배수통관 | 16+24 | Ø900 | 우 | 0.06 | 0.73 | 0.40 | 2.50 | 0.16 | 0.64 | 충분 |
| | 제28 배수통관 | 16+00 | Ø900 | 우 | 0.09 | 0.74 | 0.59 | 2.50 | 0.24 | 0.64 | 충분 |
| | 제29 배수통관 | 13+28 | Ø600 | 우 | 0.02 | 0.75 | 0.11 | 2.00 | 0.05 | 0.28 | 충분 |
| | 제30 배수통관 | 11+00 | Ø800 | 우 | 0.08 | 0.73 | 0.54 | 2.00 | 0.27 | 0.50 | 충분 |
| | 제31 배수통관 | 9+87 | Ø600 | 우 | 0.11 | 0.70 | 0.74 | 2.00 | 0.37 | 0.28 | 부족 |
| | 제32 배수통관 | 7+77 | Ø600 | 우 | 0.03 | 0.70 | 0.22 | 2.00 | 0.11 | 0.28 | 충분 |
| | 제33 배수통관 | 6+71 | Ø600 | 우 | 0.05 | 0.68 | 0.30 | 2.50 | 0.12 | 0.28 | 충분 |
| | 제34 배수통관 | 2+67 | Ø600 | 우 | 0.08 | 0.70 | 0.52 | 2.00 | 0.26 | 0.28 | 충분 |
| | 제35 배수통관 | 1+50 | Ø600 | 우 | 0.04 | 0.71 | 0.26 | 2.00 | 0.13 | 0.28 | 충분 |

### 3) 설치방향

본 구수천내 제방축조에 따른 배수시설이 필요한 지역에 대해서는 농경지 배수지역, 산지 및 주거밀집 지역으로 구분하여 기존배수시설물 능력검토와 같은 방법으로 신설배수문 규모를 결정하였으며, 배수시설규모는 계산된 소요단면적에 20% 여유를 가산하여 계획규모를 결정하였다. 또한, 가급적 “하천구조물 표준도”의 표준규격을 적용하였으며, 본 배수시설계획은<표 8.3-28>과 같다.

상기와 같이 결정된 배수시설 규모에 대하여 추후 사업시행시 당해지역의 현지조사를 통하여 배수체계 등을 재조사하고, 토지이용상태가 변화되었거나, 장래 도시화가 예상되는 지역에 대해서는 그 규모를 재검토하여야 할 것이다. 또한, 배수시설 능력검토결과 충분할지라도 유지관리를 위하여 배수통관 직경을 Φ1000mm이상으로 설치하는 것을 고려해야 할 것이다.

**<표 8.3-28> 배수시설물 계획**

| 하 천 | 계획배수시설 | 측점 (No.) | 안별 | 집수면적 ($km^2$) | 단면검토($m^2$) | | 구조물계획 B(m)×H(m)×련 D(mm)×련 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 소요 | 계획 | | |
| 구수천 | 13배수통관 | 22+27 | 좌 | 0.25 | 0.85 | 1.13 | D1200 | 재가설 |
| | 26배수통관 | 17+29 | 우 | 0.09 | 0.25 | 0.50 | D1000 | 재가설 |
| | 31배수통관 | 9+87 | 우 | 0.11 | 0.40 | 0.50 | D1000 | 재가설 |

## 다. 교량

### 1) 검토기준

#### 가) 여유고

교량은 하천횡단 구조물로서 유수에 안전하기 위해서는 홍수위에 대하여 충분한 여유고를 확보하여야 하며, 유수소통에 지장이 없도록 계획하폭 및 계획홍수량에 대응하는 교량 연장이 필요하다. 따라서 본 계획에서는 교량 BEAM 하단 표고와의 여유(Clearance)와 계획하폭 및 계획홍수량과 경간장과의 상관관계 등을 검토하여 적정성 여부를 평가하였다. 하천설계기준에서 제시한 검토기준은 다음과 같다.

**<표 8.3-29> 계획홍수량에 따른 여유고**

| 계획홍수량($m^3/s$) | 여유고(m) | 비 고 |
|---|---|---|
| 200 미만 | 0.6 이상 | |
| 200 이상 ~ 500 미만 | 0.8 이상 | |
| 500 ~ 2,000 미만 | 1.0 이상 | |
| 2,000 이상 ~ 5,000 미만 | 1.2 이상 | |
| 5,000 이상 ~ 10,000 미만 | 1.5 이상 | |
| 10,000 이상 | 2.0 이상 | |

【주】 자료: 하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)

### 나) 경간장

교량의 길이는 하천폭 이상이어야 하고 경간장은 산간 협착부라든지 그 외 하천의 상황, 지형의 상황 등에 따라 치수상 지장이 없다고 인정되는 경우를 제외하고는 다음 식으로 얻어지는 값 이상으로 한다. 단, 그 값이 70m를 넘는 경우에는 70m로 한다.

$$L = 20 + 0.005Q$$

여기서, L : 경간장(m). Q : 계획홍수량($m^3/s$)

그러나 하천관리상 큰 지장을 줄 우려가 없다고 인정될 때는 상기식의 규정에 관계없이 교량의 경간장은 다음 값 이상으로 할 수 있다.

① 계획홍수량이 500$m^3/s$ 미만이고 하폭이 30m미만인 하천 : 12.5m이상

② 계획홍수량이 500$m^3/s$ 미만이고 하폭이 30m이상인 하천 : 15m이상

③ 계획홍수량이 500 ~2000$m^3/s$인 하천 : 20m이상

④ 주운을 고려해야 할 경우는 주운에 필요한 최소 경간장 이상

또한, 하천의 상황 및 지형학적 특성상 상기 기준에서 제시된 경간장 확보가 어려운 경우, 치수에 지장이 없다면 교각 설치에 따른 하천폭 감소율(설치된 교각폭의 합계/설계홍수위에 있어서의 수면의 폭)이 5%를 초과하지 않는 범위내에서 경간장을 조정할 수 있다.

<표 8.3-30> 계획홍수량에 따른 경간장

| 계획홍수량($m^3/s$) | 경간장(m) | 비 고 |
|---|---|---|
| 500 미만, 하천폭 30m 미만일 경우 | 12.5 이상 | |
| 500 미만, 하천폭 30m 이상인 경우 | 15.0 이상 | |
| 500 이상 ~ 2,000 미만 | 20.0 이상 | |
| 2000 이상 | L=20+0.005Q(70m 이하) | L:경간장(m) |
| 주운을 고려해야 할 경우 | 주운에 필요한 최소 경간장 이상 | Q:계획홍수량($m^3/s$) |

【주】 자료: 하천설계기준·해설(2009, 한국수자원학회)

### 2) 검토결과

상기 기준에 대한 교량능력을 검토한 결과 구수천 하천의 검토대상 총 10개 교량 중 계획하폭 대비 교량연장이 부족한 교량은 10개소, 경간장이 부족한 교량이 10개소, 여유고가 부족한 교량은 10개소로 검토되었다. 교량 능력검토 결과는 <표 8.3-31>과 같다.

<표 8.3-31> 교량 능력검토 결과

| 하 천 | 교량명 | 측점 | 제원 | | 여유고 검토 | | | | 경간장 | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 기존 연장 | 계획 연장 | 계획 홍수위 | 교량저고 | | 과부족 | 현황 | 기준 | 과부족 | |
| | | | | | | 현황 | 기준 | | | | | |
| 구수천 | 쌍천교 | 3+92 | 18.0 | 19 | 20.92 | 22.58 | 0.8 | 충분 | 9.0 | 12.5 | 부족 | |
| | 형산교 | 12+16 | 14.0 | 19 | 25.82 | 26.59 | 0.8 | 부족 | 7.0 | 12.5 | 부족 | |
| | BOX1교 | 16+15 | 10.0 | 14 | 27.73 | 26.14 | 0.8 | 부족 | 10.0 | 12.5 | 부족 | |
| | BOX2교 | 18+97 | 4.0 | 12 | 30.34 | 30.73 | 0.8 | 부족 | 4.0 | 12.5 | 부족 | |
| | BOX3교 | 21+39 | 4.0 | 12 | 32.78 | 33.47 | 0.8 | 부족 | 4.0 | 12.5 | 부족 | |
| | BOX4교 | 22+73 | 3.0 | 12 | 33.88 | 34.10 | 0.8 | 부족 | 3.0 | 12.5 | 부족 | |
| | BOX5교 | 24+77 | 7.0 | 12 | 35.65 | 34.18 | 0.8 | 부족 | 7.0 | 12.5 | 부족 | |
| | BOX6교 | 28+37 | 6.0 | 10 | 41.05 | 41.06 | 0.8 | 부족 | 6.0 | 12.5 | 부족 | |
| | BOX7교 | 29+45 | 6.0 | 10 | 41.92 | 42.56 | 0.8 | 부족 | 6.0 | 12.5 | 부족 | |
| | BOX8교 | 30+66 | 5.0 | 10 | 44.50 | 44.68 | 0.8 | 부족 | 5.0 | 12.5 | 부족 | |

### 3) 설치방향

본 구수천에 설치된 기존 교량에 대한 능력 검토 결과를 근거하여 통수 단면이 부족한 교량 및 교량 여유고가 부족한 교량은 원칙적으로 신설하는 것으로 계획하였으며, 현장조사 및 주민의견 등을 반영하여 본 계획에서 수립한 교량 신설계획은 다음 <표 8.3-32>와 같고, 교량 현황은 다음 <표 8.3-33>과 같다.

**<표 8.3-32> 교량 신설 계획**

| 하천명 | 교 량 명 | 측 점 (No.) | 시설물 계획 | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 연장 (m) | 교량계획저고 (EL.m) | 사유 | |
| 구수천 | 쌍천교 | 3+92 | 19 | 21.72 | 경간장 및 여유고 부족 | 재가설 |
| | 형산교 | 12+16 | 19 | 26.62 | 경간장 및 여유고 부족 | 재가설 |
| | BOX1교 | 16+15 | 14 | 28.53 | 경간장 및 여유고 부족 | 재가설 |
| | BOX2교 | 18+97 | 12 | 31.14 | 경간장 및 여유고 부족 | 재가설 |
| | BOX3교 | 21+39 | 12 | 33.58 | 경간장 및 여유고 부족 | 재가설 |
| | BOX4교 | 22+73 | 12 | 34.68 | 경간장 및 여유고 부족 | 재가설 |
| | BOX5교 | 24+77 | 12 | 36.45 | 경간장 및 여유고 부족 | 재가설 |
| | BOX6교 | 28+37 | 10 | 41.85 | 경간장 및 여유고 부족 | 재가설 |
| | BOX7교 | 29+45 | 10 | 42.72 | 경간장 및 여유고 부족 | 재가설 |
| | BOX8교 | 30+66 | 10 | 45.30 | 경간장 및 여유고 부족 | 재가설 |

**<표 8.3-33> 교량 현황**

| 구조물명 | 측 점 (No.) | 현황 | 상태 | 정비방향 |
|---|---|---|---|---|
| 쌍천교 | 3+92 | | 통수단면 부족<br>여유고 부족 | 재가설 |
| 형산교 | 12+16 | | 통수단면 부족<br>여유고 부족 | 재가설 |
| BOX1교 | 16+15 | | 통수단면 부족<br>여유고 부족 | 재가설 |

## <표 8.3-33> 교량 현황(계속)

| 구조물명 | 측 점 (No.) | 현황 | 상태 | 정비방향 |
|---|---|---|---|---|
| BOX2교 | 18+97 | | 통수단면 부족<br>여유고 부족 | 재가설 |
| BOX3교 | 21+39 | | 통수단면 부족<br>여유고 부족 | 재가설 |
| BOX4교 | 22+73 | | 통수단면 부족<br>여유고 부족 | 재가설 |
| BOX5교 | 24+77 | | 통수단면 부족<br>여유고 부족 | 재가설 |
| BOX6교 | 28+37 | | 통수단면 부족<br>여유고 부족 | 재가설 |
| BOX7교 | 29+45 | | 통수단면 부족<br>여유고 부족 | 재가설 |
| BOX8교 | 30+66 | | 통수단면 부족<br>여유고 부족 | 재가설 |

## 라. 보 및 낙차공

### 1) 능력검토

본 구수천에는 보 시설이 없으며 낙차공 14개소가 설치되어 있으며 낙차공에 대하여 능력 검토를 실시하여 구조물 상태가 불량하거나 통수단면이 부족한 구조물은 재설치하여 구조물의 사용 목적에 부합되도록 하여 치수상 문제가 발생하지 않도록 하였다. 능력검토는 수리계산을 실시하여 여유고가 부족하거나 통수단면이 부족한 단면에 대하여는 평면계획에 의거하여 확장토록 하였다.

또한, 재설치되는 보 및 낙차공에는 어도 표준도를 참조하여 어도 설치 계획을 수립하여 어류의 이동이 가능하도록 하였다.

**<표 8.3-34> 보 및 낙차공 제원 및 설치현황**

| 하천명 | 시설물명 | 측 점 (No.) | 형식 | 제 원 L(m)×Bm)×H(m) | 어 도 유·무 | 노 후 상 태 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 구수1낙차공 | 14+09 | - | 8.0×1.0 | 무 | 양호 | |
| | 구수2낙차공 | 19+85 | - | 4.0×3.5×1.5 | 〃 | 〃 | |
| | 구수3낙차공 | 20+80 | - | 3.5×3.5×1.2 | 〃 | 〃 | |
| | 구수4낙차공 | 22+29 | - | 3.6×3.6×1.0 | 〃 | 〃 | |
| | 구수5낙차공 | 23+25 | - | 3.6×3.6×1.0 | 〃 | 〃 | |
| | 구수6낙차공 | 24+08 | - | 3.5×4.2×1.0 | 〃 | 〃 | |
| | 구수7낙차공 | 24+64 | - | - | 〃 | 유실 | |
| | 구수8낙차공 | 26+49 | - | 3.6×4.0×1.0 | 〃 | 양호 | |
| | 구수9낙차공 | 26+81 | - | 4.5×4.0×1.0 | 〃 | 〃 | |
| | 구수10낙차공 | 27+81 | - | 4.0×4.0×1.0 | 〃 | 〃 | |
| | 구수11낙차공 | 28+66 | - | 3.6×2.0×1.0 | 〃 | 〃 | |
| | 구수12낙차공 | 29+79 | - | 3.6×2.0×1.0 | 〃 | 〃 | |
| | 구수13낙차공 | 30+48 | - | 3.0×2.0×1.0 | 〃 | 〃 | |
| | 구수14낙차공 | 30+97 | - | 3.0×2.0×1.0 | 〃 | 〃 | |

### 2) 설치방향

본 구수천내에 설치된 14개소중 1개소는 노후에 의한 유실로 기능을 상실하여 철거를 계획하였으며, 확폭 및 축제 계획지구에 위치되어 계획하폭 대비 연장이 부족하여 4개소는 개축을 계획하였다. 나머지 9개소에 대해서는 존치하는 것으로 계획하였다.

## <표 8.3-35> 낙차공 설치계획

| 하천명 | 측 점 (No.) | 시 설 물 명 | 제 원 L(m)×B(m)×H(m) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 구수천 | 24+64 | 구수7낙차공 | - | 철거 |
| | 28+66 | 구수11낙차공 | 10.0×2.0×1.0 | 재가설 |
| | 29+79 | 구수12낙차공 | 10.0×2.0×1.0 | 재가설 |
| | 30+48 | 구수13낙차공 | 10.0×2.0×1.0 | 재가설 |
| | 30+97 | 구수14낙차공 | 10.0×2.0×1.0 | 재가설 |

## <표 8.3-36> 낙차공 현황

| 구조물명 | 측 점 (No.) | 제원(m) | | | 상태 | 정비방향 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | L | H | | |
| 구수1낙차공 | 14+09 | - | 8.0 | 1.0 | 상태양호 | 존치 |
| | | | | | | |
| 구수2낙차공 | 19+85 | 4.0 | 3.5 | 1.5 | 날개벽 손실은 있으나 상태양호 | 존치 |
| | | | | | | |
| 구수3낙차공 | 20+80 | 3.5 | 3.5 | 1.2 | 상태양호 | 존치 |
| | | | | | | |
| 구수4낙차공 | 22+29 | 3.6 | 3.6 | 1.0 | 상태양호 | 존치 |
| | | | | | | |
| 구수5낙차공 | 23+25 | 3.6 | 3.6 | 1.0 | 상태양호 | 존치 |
| | | | | | | |

## <표 8.3-36> 낙차공 현황(계속)

| 구조물명 | 측 점 (No.) | 제원 | | | 상태 | 정비방향 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | L | H | | |
| 구수6낙차공 | 24+08 | 3.5 | 4.2 | 1.0 | 상태양호 | 존치 |
| | | | | | | |
| 구수7낙차공 | 24+64 | - | - | - | 퇴적유발로 인한 구조물 파괴되어 철거 | 철거 |
| | | | | | | |
| 구수8낙차공 | 26+49 | 3.6 | 4.0 | 1.0 | 상태양호 | 존치 |
| | | | | | | |
| 구수9낙차공 | 26+81 | 4.5 | 4.0 | 1.0 | 상태양호 | 존치 |
| | | | | | | |
| 구수10낙차공 | 27+81 | 4.0 | 4.0 | 1.0 | 상태양호 | 존치 |
| | | | | | | |
| 구수11낙차공 | 28+66 | 3.6 | 2.0 | 1.0 | 형산1지구에 및 확폭3지구에 위치하여 재가설 필요 | 재가설 |
| | | | | | | |
| 구수12낙차공 | 29+79 | 3.6 | 2.0 | 1.0 | 확폭3지구에 위치하여 재가설 필요 | 재가설 |
| | | | | | | |

<표 8.3-36> 낙차공 현황(계속)

| 구조물명 | 측 점 (No.) | 제원 | | | 상태 | 정비방향 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | L | H | | |
| 구수13낙차공 | 30+48 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 형산2지구 및 확폭3지구에 위치하여 재가설 필요 | 재가설 |
| | | | | | | |
| 구수14낙차공 | 30+97 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 형산2지구 및 확폭3지구에 위치하여 재가설 필요 | 재가설 |
| | | | | | | |

### 3) 어 도

하천에서 어종의 보존이나 어류분포의 확산을 조장할 수 있도록 어류의 이동통로를 인위적으로 개설한 하천생태환경 수공시설물을 어도라고 하는데, 본 구수천 유역은 하폭이 좁고 유량이 적어 어도계획은 현실적으로 어려우나 홍수상황이나 하상변동으로 인한 변화를 고려하여 기본방향을 제시하고자 한다.

#### 가) 어류의 생태 특성

▪ 하천의 어류를 분류하는 방법은 계통분류법과 생태학적 분류법으로 크게 나눌 수 있다. 계통분류법은 전통적인 생물분류법으로 진화상의 친인척 관계를 바탕으로 속,과,목 등으로 표시하며, 생태학적 분류법은 어류의 생활방식에 착안한 것으로 유영어와 저생어, 육식어, 조식어, 잡식어 등과 같이 분류한다.

#### (1) 현지조사(분포현황)

- 현지조사결과, 구수천에서 확인된 담수어류는 메기, 참붕어, 밀어 등 총 5과 6종이 조사, 집계되었으며, 분류군별로 구분하면 잉어과 3종(49.99%), 그 밖에 미꾸리과, 메기과, 망둑어과 1종(16.67%)으로 구분되었다
- 조사지점별 출현현황으로는 St.1에서 붕어, 메기, 미꾸리, 참붕어 등 3과 5종, St.2에서 밀어, 미꾸리, 붕어, 동사리 등 3과 4종, St.3에서 붕어, 동사리 등 2과 2종으로 조사, 집계되었다.

- 한편, 구수천은 하폭과 수폭이 협소하고 수량이 적었으며, 주변의 경작지와 도로에 의해 (비)점오염원의 유입으로 하상이 오염되어 있음. 따라서, 어류가 서식하기 다소 부적합한 환경으로 오염에 내성이 강한 어류가 우점하여 확인되었다.

**<표 8.3-37> 담수 어류의 분류군별(Order) 현황**

| 국 명 (Common name) | 학 명 (Scientific name) | 종수 | 비율(%) |
|---|---|---|---|
| 잉어과 | Cyprinidae | 2 | 33.32 |
| 미꾸리과 | Cobitidae | 1 | 16.67 |
| 메기과 | Siluridae | 1 | 16.67 |
| 동사리과 | Odontobutidae | 1 | 16.67 |
| 망둑어과 | Gobiidae | 1 | 16.67 |
| 합 계 | | 6 | 100 |

**<표 8.3-38> 지점별 담수어류 조사표(현지조사)**

| 학 명 (Scientific name) | 국 명 (Common name) | 현지조사 | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | St.1 | St.2 | St.3 | 합계 | |
| *Carassius auratus* (Linnaeus) | 붕어 | 3 | 2 | 2 | 7 | |
| *Pseudorasbora parva* (Temminck et Schlegel) | 참붕어 | 3 | | | 3 | |
| *Misgurnus anguillicaudatus* (Cantor) | 미꾸리 | 2 | 1 | | 3 | |
| *Silurus asotus* (Linnaeus) | 메기 | 1 | | | 1 | |
| *Odontobutis platycephala* Iwata et Jeon | 동사리 | 1 | 1 | 1 | 3 | 한특 |
| *Rhinogobius brunneus* (Temminck et Schlegel) | 밀어 | | 1 | | 1 | |
| 출 현 종 수 | | 5 | 4 | 2 | 6 | |
| 출 현 개 체 수 | | 10 | 5 | 3 | 18 | |

- 대표어종의 서식 환경은 「하천관리를 위한 어종 서식처 구조에 관한 조사」내용을 토대로 살본 결과 붕어의 생태적 요구조건은 수질3등급 수온 30℃이하, 월동장소는 돌, 뻘 , BOD는 5~10ppm 으로 나타났으며, 주요어족의 생태적 요구조건은 다음과 같다.

## <표 8.3-39> 주요 어종의 생태적 요구조건

| 대표 대리종 | 구역 | 표리 | 순위 | 수질 | 수온 | DO | 산란처 | 치어기 | 성장기 | 동면기 | 월동장소 | BOD (ppm) | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 산천어 | 열 | 리 | 110 | 1 | 20℃- | 9ppm+ | 민여울 | 3~11월 | 3~11월 | 12~2월 | 바위밑,소 | 0~2.5 | 7.0 |
| 독중개 | 열 | 표 | 59 | 1 | 20℃- | 9ppm+ | 바위 | 6~11월 | 4~11월 | 12~3월 | 바위밑,소 | 0~2.5 | 7.0 |
| 열목어 | 열 | 리 | 113 | 1 | 20℃- | 9ppm+ | 민여울 | 5~11월 | 3~11월 | 12~2월 | 바위밑,소 | 0~2.5 | 7.0 |
| 버들치 | 버 | 표 | 4 | 1 | 20℃- | 9ppm+ | 민여울 | 5~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 0~2.5 | 7.0 |
| 금강 모치 | 버 | 리 | 36 | 1 | 20℃- | 9ppm+ | 민여울 | 6~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 0~2.5 | 7.0 |
| 종개 | 버 | 리 | 37 | 1 | 20℃- | 5ppm+ | 민여울 | 6~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 0~2.5 | 7.0 |
| 버들개 | 버 | 리 | 39 | 1 | 20℃- | 5ppm+ | 민여울 | 5~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 0~2.5 | 7.0 |
| 갈겨니 | 갈 | 표 | 3 | 2 | 25℃- | 5ppm+ | 민여울 | 7~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 0~2.5 | 6.5~7.5 |
| 참마자 | 갈 | 리 | 20 | 2 | 25℃- | 5ppm+ | 민여울 | 7~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 2.5~5 | 7.0 |
| 쉬리 | 갈 | 리 | 21 | 2 | 25℃- | 5ppm+ | 민여울 | 7~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 2.5~5 | 7.0 |
| 꺽지 | 갈 | 리 | 28 | 2 | 25℃- | 5ppm+ | 돌 | 7~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 2.5~5 | 7.0 |
| 통가리 | 갈 | 리 | 41 | 2 | 25℃- | 5ppm+ | 돌 | 7~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 2.5~5 | 7.0 |
| 은어 | 갈 | 리 | 42 | 2 | 25℃- | 5ppm+ | 돌,자갈 | 11~4월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 2.5~5 | 7.0 |
| 피라미 | 피 | 표 | 1 | 2 | 25℃- | 3ppm+ | 민여울 | 7~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 2.5~5 | 7.0 |
| 붕어 | 붕 | 표 | 2 | 3 | 30℃- | 2ppm+ | 여울,수초 | 6~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,뻘 | 2.5~5 | 7.0 |
| 참붕어 | 붕 | 리 | 12 | 3 | 30℃- | 2ppm+ | 돌,수초 | 6~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 돌,소,바위밑 | 5~10 | 7.0 |
| 잉어 | 붕 | 리 | 40 | 3 | 30℃- | 2ppm+ | 여울,수초 | 6~10월 | 4~10월 | 11~3월 | 수초,소 | 5~10 | 6~7 |
| 검정 망둑 | 웅 | 리 | 43 | 3 | 30℃- | 2ppm+ | 민여울 | 7~11월 | 4~11월 | 11~3월 | 돌,바위밑 | 5~10 | 7~8 |

【주】 자료: 하천관리를 위한 어류서식처 구조에 관한 조사

- 대표종인 붕어의 서식지 수리조건으로써 수심은 산란기 5~6월 (10~20cm) 치어기 여름~가을 (10~50cm), 성어기, 봄~가을(30~cm) 유속은 산란기 5~10cm/s, 치어기 10~20cm/s, 성장기 20~30cm/s 정도가 필요하다.

**<표 8.3-40> 대표종의 수리적 생태조건**

| 요항 / 이름 | 수심(cm) | | | 유속 (cm/sec) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 산란 | 치어 | 성어 | 산란 | 치어 | 성장 |
| 산천어 | 9~10<br>(20~40) | 봄~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(30~ ) | 10~40 | *20~40 | 30~120 |
| 둑중개 | 4~5<br>(20~30) | 봄~가을<br>(20~ ) | 봄~가을<br>(30~ ) | *10~30 | 20~50 | 30~120 |
| 열묵어 | 3~4<br>(10~20) | 봄~가을<br>(20~30) | 봄~가을<br>(30~ ) | *10~30 | 20~50 | 30~120 |
| 버들치 | 4~5<br>(10~20) | 여름~가을<br>(20~30) | 봄~가을<br>(30~50) | *10~30 | 20~40 | 30~120 |
| 버들개 | 4~5<br>(10~20) | 여름~가을<br>(20~30) | 봄~가을<br>(30~ ) | *10~30 | 20~30 | 30~100 |
| 금강모치 | 4~5<br>(10~30) | 여름~가을<br>(20~30) | 봄~가을<br>(30~ ) | *10~20 | 20~30 | 30~100 |
| 종개 | 4~5<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(20~ ) | *10~20 | 10~20 | 30~80 |
| 갈겨니 | 5~7<br>(5~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(20~50) | 5~10 | 20~30 | 30~80 |
| 참마자 | 5~7<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(20~40) | 5~10 | 20~30 | 30~70 |
| 쉬리 | 5~7<br>(10~30) | 여름~가을<br>(20~30) | 봄~가을<br>(20~50) | 10~20 | 20~30 | 30~80 |
| 꺽지 | 5~6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(20~50) | 봄~가을<br>(30~100) | 10~20 | 20~30 | 30~80 |
| 통가리 | 5~6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(20~50) | 봄~가을<br>(30~ ) | 10~20 | 20~30 | 30~80 |
| 은어 | 9~10<br>(30~60) | 가을~겨울<br>(50~ ) | 봄~여름<br>(20~50) | 10~30 | 30~40 | 30~50 |
| 배가사리 | 5~6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(20~50) | 봄~가을<br>(30~50) | 10~20 | 30~40 | 30~60 |
| 자가사리 | 6~8<br>(5~30) | 여름~가을<br>(20~50) | 봄~가을<br>(30~50) | 10~20 | 20~30 | 30~80 |
| 피라미 | 4~5<br>(10~20) | 여름~가을<br>(10~30) | 봄~가을<br>(20~50) | 10~10 | 10~20 | 30~60 |
| 돌마자 | 6~8<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(20~50) | 5~10 | 10~10 | 30~60 |
| 긴몰개 | 5~6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~30) | 봄~가을<br>(20~50) | 10~20 | 20~30 | 30~50 |
| 돌고기 | 5~6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~30) | 봄~가을<br>(20~50) | 10~20 | 20~30 | 30~50 |

【주】 자료: 하천관리를 위한 어류서식처 구조에 관한 조사

<표 8.3-40> 대표종의 수리적 생태조건 (계속)

| 요항 / 이름 | 수심(㎝) | | | 유속 (㎝/sec) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 산란 | 치어 | 성어 | 산란 | 치어 | 성장 |
| 모래무지 | 5~6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~30) | 봄~가을<br>(20~50) | 5~10 | 10~20 | 30~50 |
| 동사리 | 4~5<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(20~50) | 10~20 | 20~30 | 30~50 |
| 누치 | 5<br>(20~70) | 여름~가을<br>(10~50) | 봄~가을<br>(30~ ) | 10~20 | 20~30 | 30~50 |
| 끄리 | 5~6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~50) | 봄~가을<br>(30~) | 10~20 | 20~30 | 30~50 |
| 붕어 | 5~6<br>(20~50) | 여름~가을<br>(10~40) | 봄~가을<br>(30~ ) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 참붕어 | 5~6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(30~50) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 왜몰개 | 5~6<br>(10~20) | 여름~가을<br>(10~30) | 봄~가을<br>(20~50) | 5~20 | 10~15 | 20~30 |
| 치리 | 6~7<br>(20~40) | 여름~가을<br>(20~60) | 봄~가을<br>(30~100) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 송사리 | 5~7<br>(10~20) | 여름~가을<br>(5~50) | 봄~가을<br>(30~50) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 잉어 | 5~6<br>(20~40) | 여름~가을<br>(10~50) | 봄~가을<br>(30~100) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 밀어 | 5~7<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(30~50) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 꾹저구 | 5~7<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(20~50) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 웅어 | 4~5<br>(10~30) | 가을~겨울<br>(30~ ) | 봄~여름<br>(30~ ) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 검정망둑 | 5~7<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~50) | 봄~가을<br>(30~50) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |

【주】 자료: 하천관리를 위한 어류서식처 구조에 관한 조사

### 나) 어도의 조건

- 소상하는 성질이 있는 어류가 어도입구 이외의 장소에 모여들지 않아야 한다.
- 어도의 입구에 모인 모든 소상하는 어류가 신속하게 어도에 들어갈 수 있어야 한다.
- 어도 내에 진입한 모든 소상하는 어류가 신속하고·쉽고·안전하게 어도를 소상할 수 있어야 한다.
- 어도 통과 후에 소상하는 어류어가 안전하고 신속하게 하천상류로 소상할 수 있어야 한다.
- 어류의 손상이나 피로를 피할 수 있어야 한다.
- 구조가 간단하고 견고하며, 유지관리가 쉽고 비용이 절감될 수 있어야 한다.

### 다) 어도의 위치

어도가 홍수시에 수리시설물이나 제방에 영향을 주지 않아야 하며, 어도 입출구가 퇴적되어 막히는 일이 없어야 한다. 어도 입구가 하천의 유심과 연결되어 가뭄 때에도 수로가 단절되지 않아야 한다.

#### (1) 어도의 입구

어도는 물고기가 모이는 곳, 다시 말해 물고기의 길에 설치해야 한다. 물고기는 주로 하천의 가장자리로 이동하므로 어도의 입구는 저수로의 가장자리가 좋다. 어도는 저수로의 양쪽 가장자리에 설치하는 것이 좋으나, 한 쪽에만 설치해야 되는 경우 퇴적되는 곳을 피하고 수로가 유지될 수 있는 곳에 설치해야 한다.

기존 수리시설물에 어도를 추가하는 경우는 위의 원칙에 어류가 모이는 곳을 조사하여 현재 모이는 곳에 어도 입구를 설치하는 것이 어류의 어도이용에 유리하다.

#### (2) 어도의 출구

어도의 출구는 퇴적되는 장소에 설치하지 말아야 하며, 어도를 통과하여 소상한 물고기가 어도 출구에서 나와 목적하는 상류로 올라갈 수 있도록 출구 근처에는 취수구나 배사문 등이 없어야 한다. 취수구가 있으면 어렵게 올라온 물고기가 취수구를 통하여 다른 곳으로 갈 수 있고, 배수문을 열면 배사문으로 다시 끌려 내려갈 수 있기 때문이다.

### 라) 어도 내의 유속

어도 내의 통수 유속은 소상의욕을 느낄 수 없이 느리지 않는 한 느린 것이 좋으나, 우리나라의 하천유황을 감안하여 0.5~1.0m/s 정도의 유속분포를 갖도록 조성하는 것이 바람직하다. 유속은 격벽 중심의 중간수심에서 측정하는 것을 대표값으로 한다.

### 마) 어도 유량의 결정

어도의 유량은 많은 것이 좋으나 대상하천의 유량, 취수조건, 대상 물고기의 종류 등 여러가지 조건을 고려해서 설정한다. 어도의 유량이 많을수록 좋다고 어도의 폭을 과다하게 설치하여 물을 많이 보내면 주민들이 물 사용을 위하여 어도 출구(유입부)를 막고 어도로 물을 보내지 않을 수 있어, 가능하면 취수하고 남는 물을 모두 어도로 보낸다는 기본개념으로 설계하는 것이 좋다.

### 바) 수위변동 검토

#### (1) 어도 입구

어도 입구의 수위는 현재 하천의 수위를 기준으로 설계하고 있으나, 장래의 하천 하상변화를 예측하여 미리 저하 가능한 수위까지 어도입구를 맞추어 시공하는 것이 바람직하다.

#### (2) 어도 출구

수리시설물 상류의 수위는 수시로 변하므로 어도로 유입하는 물의 양도 수시로 변화한다. 수위가 변화하면 어도로 유입하는 물의 양이 달라지고, 이에 따라 유속도 변화한다. 유속이 변화하면 이용하는 물고기들에게도 영향을 주게 된다. 이런 수위변화에 영향을 최소화하기 위하여 어도 출구(물의 유입부)의 수위는 수리시설물의 설계 취수위를 기준으로 하고 수위변화에 대응할 수 있는 어도 형식을 사용하는 것도 좋다. 그러나 어도 형식에 따라서는 수리변화에 대응할 수 없는 것도 있으므로 이 경우에는 어도 출구부의 통수량을 조절할 수 있도록 설계하는 것이 좋다.

### 사) 어도의 종류

국내 하천에 적용 가능한 어도의 종류는 크게 Pool형식, 수로형식, 조작형식으로 분류되며 각 어도별 특징은 <표 8.3-41> 및 <표 8.3-42>와 같다.

**<표 8.3-41> 어도의 분류**

| 어도구분 | 어 도 명 칭 | 주 요 특 징 |
|---|---|---|
| Pool형식 | 전면월류식 어도 : 계단식어도(노치, 잠공형)<br>부분월류식어도 : 아이스하버식어도, 버티컬슬롯식어도 | 풀이 계단식으로 연속되어 있음 |
| 수로형식 | 데닐(Denil)식 어도, 도벽식 어도, 인공하도식 어도 | 낙차가 없이 연속된 유로형상 |
| 조작형식 | 리프트/엘리베이터식 어도, 갑문식 어도, Fish pump식 어도 | 시설이 인위적인 조작으로 작동 |
| 기타 | 암거식(Dulvert), 혼합식(병용식), 복합식(Hybrid) | |

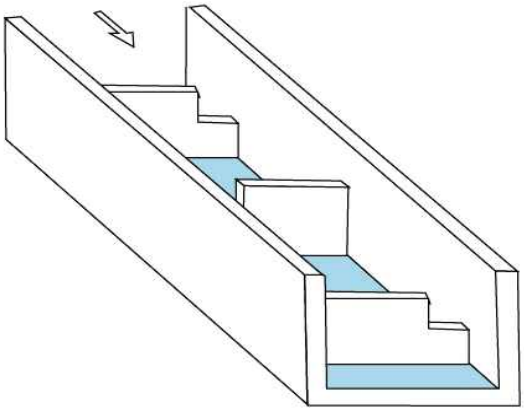
【주】 자료 : 하천에서의 수산자원 보호를 위한 어도시설 표준설계·시공 등 표준모형개발 및 운영·관리제도 연구 (2004, 해양수산부)

## <표 8.3-42> 어도의 분류 어도의 형식별 장·단점

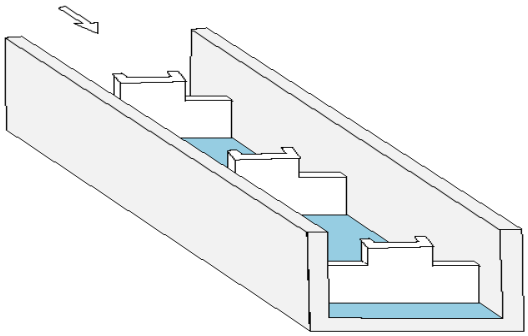
| 구 분 | 장 점 | 단 점 |
|---|---|---|
| 계단식 | · 구조가 간단하고 시공이 간편.<br>· 시공비 저렴하고 유지관리 용이. | · 어도 내 유황이 고르지 못하고,풀내 순환류 발생, 도약력, 유영력이 좋은 물고기만 이용<br>· 국내에 적용된 실적은 다수이나 정상적으로 운영되는 곳이 거의 없음 |
| 버티컬 슬롯식 | · 좁은 장소에 설치 가능. | · 구조가 매우 복잡하고, 공사비가 많이 듬.<br>· 어도내 수심 20cm이상일 경우 수리시설물에 배출되는 수량이 많아 용수손실이 큼<br>· 다양한 물고기가 이용하기 어렵고, 폭이 좁아 동시에 많은 물고기가 이용이 곤란함<br>· 경사 1/25 이상으로 완만하게 하지 않을 경우 빠른 유속으로 어류 이동이 제한됨 |
| 아이스 하버식 | · 거의 모든 어종 이용가능.<br>· 어도 내의 유황이 고르며,<br>· 도약에 필요한 충분한 수심과 거리를 제공.<br>· 소상중인 물고기가 쉴 휴식공간을 따로 둘 필요가 없음.<br>· 시공용이, 고강도, 짧은공기 및 블록간 결속으로 구조적 안정성(조립식). | · 계단식 보다는 구조가 복잡하여 현장시공이 어려움.<br>· 현장타설 시공시 공기가 길고, 압축강도 저하의 문제가 발생함.<br>· 현장타설 시공시 구조가 복잡한 만큼 정밀시공이 어렵고, 약간의 오차에도 유황에 영향을 미쳐 어류소상에 문제가 발생함. |
| 인 공 하도식 | · 모든 어종이 이용할 수 있음 | · 설치 장소가 제약적이며, 연장이 길어 공사비가 타 방법에 비해 많이 소요됨. |
| 도벽식 | · 구조가 간편하여 시공이 쉬움 | · 유속이 빨라 적당한 수심을 확보하기 어려움<br>· 어도내 수심 20cm 이상의 경우 수리시설물 배출수량이 많아 용수손실이 큼<br>· 어도내의 유속이 고르지 못함 |
| 데닐식 | · 좁은 장소에 설치 가능. | · 구조가 매우 복잡하고, 공사비가 많이 듦<br>· 다양한 물고기가 이용하기 어렵고, 폭이 좁아 동시에 많은 물고기 이용이 곤란함<br>· 소상중인 물고기가 쉴 장소가 없음 |

【주】 자료 : 하천에서의 수산자원 보호를 위한 어도시설 표준설계·시공 등 표준모형개발 및 운영·관리제도 연구 (2004, 해양수산부)

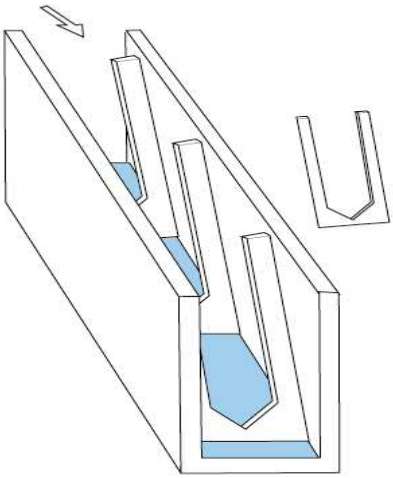
어도 형식별 일반도



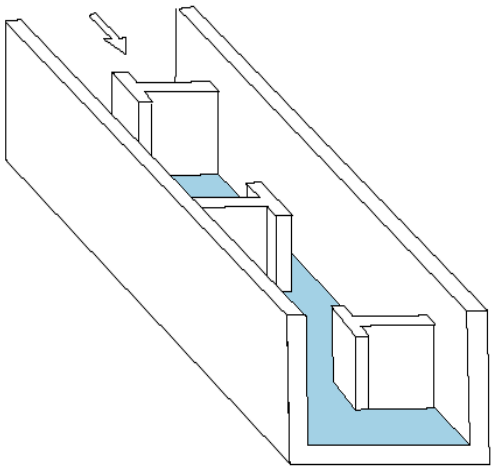
전면월류형 풀타입어도(계단식)



아이스하버(IDe harbor)식



데닐식어도



도벽식어도

인공하도식

【주】 자료 : 하천에서의 수산자원 보호를 위한 어도시설 표준설계·시공 등 표준모형개발 및 운영·관리제도 연구 (2004, 해양수산부)

〈그림 8.3-3〉 어도의 형식별 일반도

### 아) 어도 표준 모형의 선정

① 모든 어도의 기울기는 1/20보다 완만하게 계획하여야 하며 특히 버티컬슬롯식 어도의 경우는 수리적인 특성을 감안하여 1/25의 기울기로 모형을 제시한다.

② 어도의 폭은 하천과 유로의 규모 및 유량을 고려하여 선정하고 어도의 형식별로 어도 내부의 수심과 유하 수량에 따라 조성하는 것을 기본으로 한다. 제시된 기본형의 어도 폭을 크게 하기보다는 기본형의 어도를 2~3개 설치하는 것이 바람직하다.

③ 인공하도식과 조작형식 어도 등은 하천에서 일반적으로 조성되기 어려운 경우라고 보아 표준모형을 제시하지 않는다. 이러한 형태의 어도는 전문가의 설계참여가 요구된다.

④ 어도의 출구부는 표준모형의 격벽구조에 따라 조성하며, 출구부에 낙차가 발생하거나 유속이 빨라지지 않도록 유의한다. 또한 어도 입구부에도 낙차가 발생하지 않도록 하류의 수위 아래까지 충분히 길게 한다.

⑤ 어도는 매우 세밀한 시공을 요구하는 시설물이라는 점을 상기하고 물고기의 몸이 닿을 수 있는 지점의 마무리를 적절하게 해야 한다.

⑥ 도벽식과 버티칼슬롯식을 제외한 표준모형 어도의 격벽에는 잠공을 설치하는 것으로 한다.

⑦ 본 표준모형에서는 계단식, 아이스하버식, 버티컬슬롯식, 도벽식 어도를 기본형으로 제시하며, 각 형식에서의 변형된 어도 또는 새로운 형식의 어도는 시험설치 후 물고기의 이용효율을 조사하는 시험과정을 거쳐 표준모형에 포함하는 것으로 한다.

⑧ 어도를 설치하기 위해서는 정해진 업무 흐름에 따라 진행하도록 하며, 어도설치를 위한 하천환경조사 및 기본계획의 수립을 원칙으로 한다. 이에 대한 세부적인용은 본 보고서에 수록된 어도의 문제점 및 개선점을 참고하고 수계별 전체 계획을 사전에 조사 수립하는 것이 타당하다고 본다.

⑨ 표준모형에 제시된 어도의 제원은 다음과 같다.

<표 8.3-43> 표준모형의 어도형식별 제원

| 형식 \ 제원 | | 어도폭 (m) | 단위경간 (m) | 측벽높이 (m) | 격벽높이 (m) | 수심 (m) | 기울기 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 계단식 | 수평+잠공 | 2.0 | 2.0 | 1.1 | 0.7 | 0.7 | 1/20 |
| | 경사+잠공 | 2.0 | 2.0 | 1.1 | 0.6 ~ 0.7 | 0.65 | 〃 |
| | 노치+잠공 | 2.0 | 2.0 | 1.1 | 0.7 | 0.7 | 〃 |
| 아이스하버식 | 잠공 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 0.6 : 월류부<br>1.0 : 비월류부 | 0.6 | 〃 |
| 버티컬슬롯식 | - | 2.0 | 2.5 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 1/25 |
| 도 벽 식 | - | 1.0 | 1.0 | 0.5 | 0.4 | 0.2 | 1/20 |

### 자) 어도의 형식 선정

어도 형식을 결정하기 위해서는 모든 어종이 유역력에 관계없이 모두 이용할 수 있어야 하고, 우위가 변해도 어도 기능 유지가 가능해야 하며, 유지관리가 용이하여야 하고, 경관 등을 고려하여야 한다. 일반적으로 어도 선정 기준은 다음 <표 8.3-44>와 같이 서식어종의 다양성 및 유영력, 수리시설물의 길이, 유량 및 낙차, 공사비 및 유지관리비 등을 고려하여 각 항목별 세부기준에 따라 각각의 어도형식별 배점을 산정하여 채택한다.

본 계획에서는 여러 가지 조건에서 타 형식에 비해 비교적 유리한 것으로 나타난 아이스하버식으로 선정하였다. 또한 보 및 낙차공의 재가설시에 현장 여건을 충분히 고려하여 상·하류의 생태적 연결을 위한 어도를 설치하여야 한다.

<표 8.3-44> 상황별 어도형식 선정 기준표

| 고려사항 \ 어도형식 | | 도벽식 | 계단식 | 아이스 하버식 | 버티컬 슬롯식 |
|---|---|---|---|---|---|
| 이용어종의 다양성 | | 1 | 2 | 3 | 3 |
| 대상어종의 유영력 | 강한어종 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| | 약한어종 | 1 | 3 | 4 | 1 |
| 수리시설물의 길이 | 10m이하 | 4 | 3 | 1 | 1 |
| | 10~100m | 2 | 3 | 3 | 2 |
| | 100m이상 | 1 | 3 | 4 | 3 |
| 어도의 유량 | 부족할 때 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| | 충분할 때 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| 수리시설물의 상하류 낙차(수위차) | 1m이하 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| | 1~5m | 1 | 3 | 4 | 3 |
| | 5~20m | 1 | 2 | 3 | 2 |
| 상류 수위 변동폭 | 클 때 | 3 | 1 | 2 | 4 |
| | 적을 때 | 2 | 3 | 4 | 2 |
| 어도의 공사비 | | 4 | 3 | 3 | 2 |
| 어도의 유지관리비 | | 4 | 3 | 3 | 2 |
| 휴식 풀(pool)의 필요성 | | 2 | 3 | 4 | 2 |

【주】 자료 : 하천에서의 수산자원 보호를 위한 어도시설 표준설계·시공 등 표준모형개발 및 운영·관리제도 연구 (2004, 해양수산부)

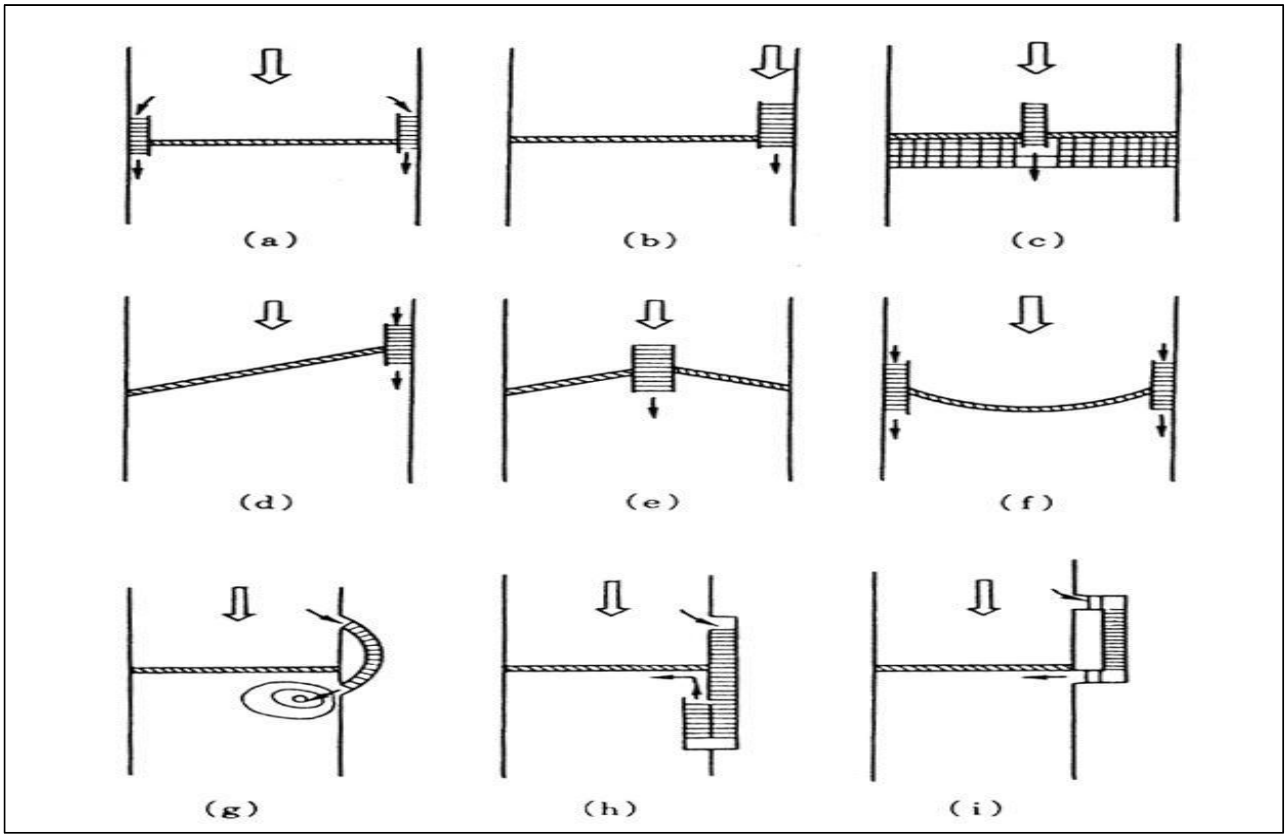
### 차) 어도의 위치 선정

과거에는 어도의 규모가 클수록 어류의 소상환경이 양호하다는 생각이 지배적이었으나, 어도는 규모보다는 어류의 이동경로에 어도를 설치할 때 어류의 소상효과가 크게 나타나게 된다. 따라서 효율적인 어도의 설계를 위해서는 취수보나 낙차공 직하류의 하천 흐름을 파악하여 어류의 일반적인 거동특성을 조사해야 한다.

다음은 어류의 일반적인 거동 특성을 요약한 것이다.

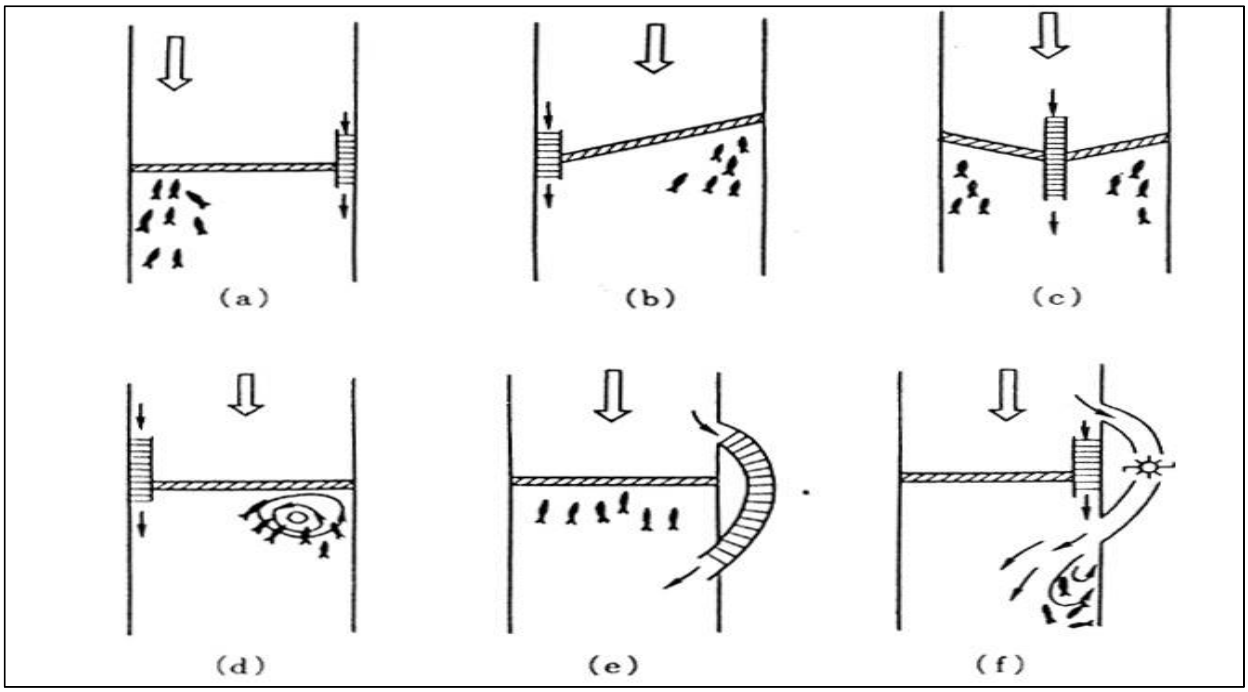
- 소상어는 흐름에 대하여 정방향의 주행특성을 가지고 있으며 일반적으로 양쪽 하안부를 통하여 이동
- 강한 흐름을 피하고 유수의 경계면을 통하여 이동
- 조용하고 일률적인 흐름에서는 비교적 빠른 흐름으로 이동
- 복잡한 난류, 기포 등의 흐름에서는 조용한 흐름으로 이동

다음 <그림 8.3-4>와 <그림 8.3-5>는 어도설치 위치의 적정한 예와 부적정한 예를 나타내고 있다.




**<그림 8.3-4> 어도의 입구가 적정한 예**

<그림 8.3-5>의 (a)는 장애물에 연하여 좌, 우안 어느 쪽으로 이동하여도 좌, 우 양안에 어도가 위치하여 소상 가능한 환경을 제공할 수 있다. (b)는 주 흐름상에 어도가 위치하고 있고, (c)는 어도가 중앙에 위치하고 있지만 직하류 하상 보호공의 중앙부를 낮게 하여 중앙부에 주 흐름이 생기고 어도의 입구가 보축 하류에 있어 어도를 찾을 수 있다. (d), (e), (f)는 어류의 이동특성 결과 어도 입구로 모일 수밖에 없다. (g), (h), (i)는 어도를 우회시킨 경우로 어느 경우도 어도의 입구를 구조물의 직하류에 위치시켜 어류의 소상여건을 개선한 예이다.




<그림 8.3-5> 부적정한 어도의 위치

<그림 8.3-5>의 (a)는 주 흐름의 반대방향에 어도가 설치되었으며, 그림 (b), (c)는 구조물의 직하류 도수나 단차를 피하며, 상류로 이동함에 따라 어도가 없는 좌안 또는 양안으로 고기가 모이게 된다. (d)는 어도가 위치한 반대편에 깊은 순환류가 발생되어 고기가 체류되는 형태이고, (e)는 어도 입구를 찾지 못한 고기가 구조물 직하류에 모여 있으며, (f)는 발전 방류되는 강한 흐름에 의한 측면의 순환류에 고기가 체류되어 있는 형태로, 대체로 상기 서술한 (a)~(f)의 기본적인 어류특성을 따르지 않는 어도의 형태이다.

어도 위치의 최우선 조건은 어류의 유도 및 진입이 용이하여야 한다. 그러나, 어도의 위치는 하도형상 및 월류상황 그리고 어도의 형식에 따라서 조금씩 달라지게 되므로 어도의 형식과 설치지점의 현지여건을 조사하여 소상어가 모이는 장소에 어도 입구를 설치하여야 하며 어도 입구에 집어장소가 형성되지 않을 경우에는 어도 입구에 유도설비를 만드는 방안도 있다.

한편, 하천의 흐름은 매년의 홍수상황 및 하상변동 등으로 변화될 것으로 판단되어 장래 사업 시행시에는 금번 계획된 내용을 기준으로 시설물관리자, 지역주민의 의견을 반영하여 보다 심도 있는 어도의 형식 및 설치위치 등을 재검토하도록 한다.

## 8.4 치수경제성 분석

홍수피해를 경감하기 위한 치수대책은 여러 가지가 있으나 국가의 재원은 한정되어 있으므로 투자규모를 최적화하고 사업의 타당성과 우선순위를 정하는 객관적인 기준이 필요하다. 치수경제성 분석은 치수사업에 의한 효과를 나타내는 편익과 사업시행 및 유지·관리비용을 평가하는 것으로 홍수피해 대상지역에서 치수사업의 실시 유무에 따른 예상 홍수피해액을 산출하여 그 차이를 편익으로 하고 산정한 사업비를 비용으로 하여 비교하는 경제성 분석이다.

본 계획에서는 「치수사업 경제성분석 방법 연구(2004,건설교통부)」에서 제시한 다차원 홍수피해 산정방법(MD-FDA;Multi-Dimensional Flood Damage Analysis)에 의거하여 치수경제성 분석을 실시하였다.

### 8.4.1 목적과 범위

#### 가. 목적

본 조사는 개수지구의 가옥, 가계 자산, 기타 제반 자산 및 피해액 등을 조사 분석하여 경제성평가 지표를 산정하여 적정 투자규모와 경제성을 평가하고, 동일수계내의 여러 사업지구에 대한 투자 우선순위를 결정하여 합리적인 치수사업을 수행할 수 있도록 기본 방향을 제시하는데 그 목적이 있다.

#### 나. 조사범위

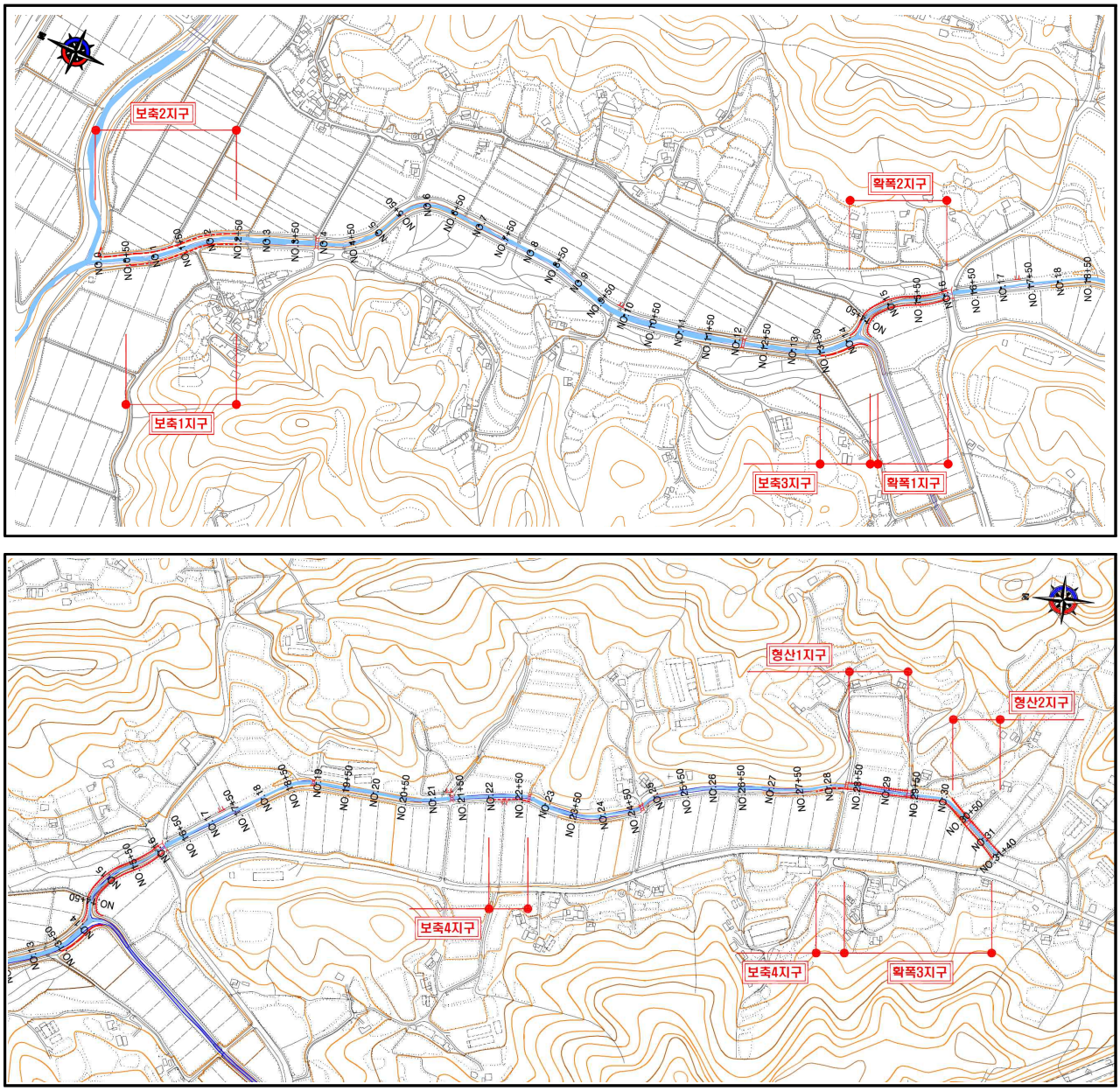
본 구수천내 홍수범람지구 중 하천별로 미개수지역을 대상으로 실시하였으며, 치수 경제성 분석의 대상 지구는 <표 8.4-1> 및 <그림 8.4-1>과 같다.

**<표 8.4-1> 조사 대상지구**

| 하천명 | 지구명 | 안별 | 위 치 | | | 구간 (No.) | 사업구분 | 연장 (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 시·군 | 읍·면 | 리 | | | |
| 구수천 | 보축1 | 좌 | 홍성 | 갈산 | 쌍천 | 0+50～2+50 | 보축 | 200 |
| | 보축2 | 우 | 홍성 | 갈산 | 쌍천 | 0+00～2+50 | | 260 |
| | 보축3 | 좌 | 홍성 | 결성 | 형산 | 13+50～14+20 | | 85 |
| | 보축4 | 좌 | 홍성 | 결성 | 형산 | 22+00～22+73 | | 70 |
| | 보축5 | 좌 | 홍성 | 결성 | 형산 | 27+81～28+37 | | 56 |

〈표 8.4-1〉 조사 대상지구(계속)

| 하천명 | 지구명 | 안별 | 위 치 | | | 구간 (No.) | 사업구분 | 연장 (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 시·군 | 읍·면 | 리 | | | |
| 구수천 | 확폭1 | 좌 | 홍성 | 결성 | 형산 | 14+40～16+00 | 확폭 | 175 |
| | 확폭2 | 우 | 홍성 | 결성 | 형산 | 14+09～16+00 | | 200 |
| | 확폭3 | 우 | 홍성 | 결성 | 형산 | 28+37～31+37 | | 295 |
| | 형산1 | 우 | 홍성 | 결성 | 형산 | 28+37～29+45 | 확폭+축제 | 100 |
| | 형산2 | 우 | 홍성 | 결성 | 형산 | 30+20～31+40 | | 125 |




〈그림 8.4-1〉 치수경제성 조사위치도

## 8.4.2 치수사업의 편익산정

치수사업에서 경제성 분석은 사업시행에 따른 홍수피해감소효과를 편익으로 간주하여 분석하는 방법이다. 치수사업 시행에 따른 경제적 효과는 홍수로 인한 직접·간접적인 침수피해감소효과와 치수안전도 향상에 따른 토지이용의 고도화 등의 간접적인 효과가 있다. 그러나, 치수사업의 간접적인 효과는 금액으로 계량화하는 것이 매우 어렵고 그 합리적인 적용기준이 없으므로 다차원법에서는 사업시행 전·후의 직접피해액을 자산피해와 인명피해로 구분하여 산정함으로써 치수사업의 편익을 결정하도록 하였다.

**<표 8.4-2> 다차원법의 편익항목**

| 편익분류 | | 편익내용 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 직접피해 절감편익 | 자산피해 절감편익 | ○주거지역(건물+가정용품) 피해경감<br>○농업지역(농경지+농작물) 피해경감<br>○산업지역(유형자산+재고자산) 피해경감 | |
| | | ○공공시설물 피해경감 | |
| | 인명피해 경감편익 | ○인명 손실 경감<br>○이재민 경감 | |

다차원법에서 직접피해액 항목은 크게 인명피해액, 건물피해액, 건물내용물피해액, 농경지피해액, 농작물피해액, 사업소유형·재고자산피해액, 공공시설물피해액의 7가지로 분류된다. 이 중 인명피해액과 공공시설물피해액을 제외한 5가지 피해액은 일반자산의 평가액을 근거로 산정하며 피해복구 후 같은 장소에서 다시 생활을 시작하기 위해서 가옥이나 가재등을 재조달하는 경우가 많기 때문에 실제로 지출하는 피해액에 가까운 재조달가격 또는 복구비를 근거로 직접적인 피해액을 산정한다.

<표 8.4-2>의 편익항목 중 일반자산에 해당하는 주거지역, 농업지역, 산업지역과 공공시설물 피해경감액은 다차원법에서 새로운 방법을 제시하였으나, 인명피해액은 다차원법에서도 기존의 개선법과 동일한 방법을 적용한다.

### 가. 다차원 홍수피해 산정방법의 기본구상

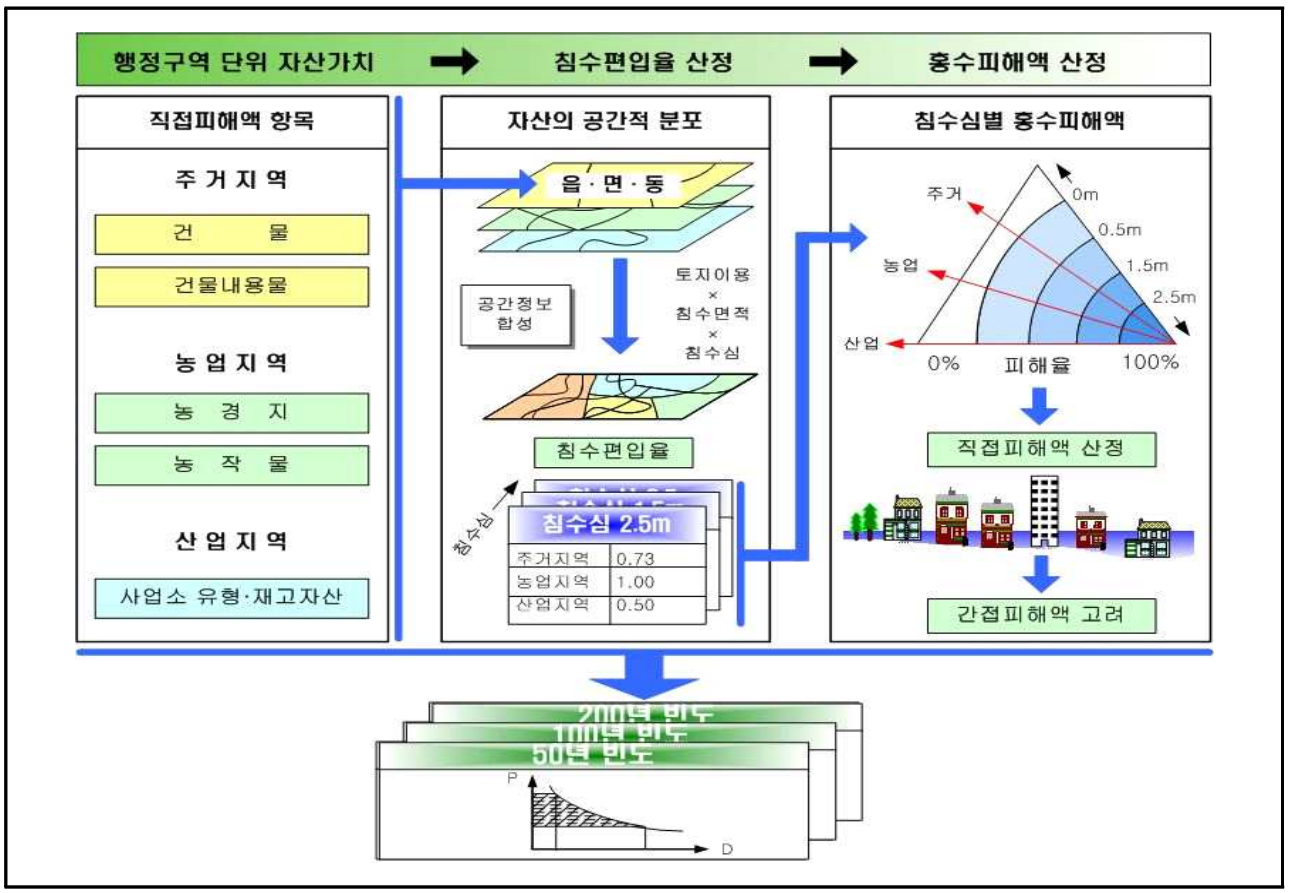
공공시설물은 과거 피해자료로 부터 일반자산피해액과의 관계를 도출하여 공공토목시설의 피해액·일반자산피해액에 대한 비율을 이용하여 산정하였으며, 간접피해액은 제외하였다. 다차원 홍수피해 산정방법의 일반적인 개념도는 <그림 8.4-2>와 같다.

### 1) 일반 자산피해액 산정의 대상자산

직접피해산정의 대상자산은 인간이 생존이나 생활을 하기위한 거주지나 농업, 제조업 그리고 서비스업 등 경제활동을 영위하기 위하여 축적해온 동산 및 부동산 등을 그 대상으로 한다. 즉, 건물, 건물내용물, 농경지, 농작물, 사업소유형·재고자산이 이에 해당하며 공공시설물과 대비되는 개념에서 일반자산으로 구분한다.

**<표 8.4-3> 지역특성에 따른 대상자산**

| 지 역 특 성 | 대 상 자 산 |
|---|---|
| 주 거 지 역 | · 건물 : 일반세대의 주거용 건물<br>· 건물내용물 : 일반세대의 주거용 가정용품 |
| 농 업 지 역 | · 농경지 : 전·답<br>· 농작물 : 홍수시에 있어서의 대표작물 |
| 산 업 지 역 | · 사업소유형·재고자산 : 사업소자산 중 토지를 제외한 생산설비나 재고자산 |




**<그림 8.4-2> 다차원법의 개념도(일반자산 피해액의 산정방법)**

### 2) 일반 자산피해액 산정의 기본단위

홍수피해지역의 범위가 홍수피해액에 미치는 영향을 구체적으로 측정하기 위하여 홍수지역의 범위를 행정구역상의 '읍·면·동' 단위로 설정하였다. 물론 '읍·면·동'보다 더 작은 단위로 지역의 범위를 설정하는 것이 피해액 산정결과의 정확도를 훨씬 높일수 있지만, 피해액 산정방식이 가져야할 합리적인 특성들인 정확성(precision), 가능성(feasibility), 편의성(convenience), 그리고 단순성(simplicity) 등을 최대한 조화롭게 만족시켜줄 수 있는 현실적인 단위는 '읍·면·동'이라고 판단하였기 때문에 '읍·면·동'을 선택하였다.

### 3) 일반 자산피해액 산정의 입력자료

직접피해액의 구체적 산정을 위해서는 다음과 같은 자료가 있어야 한다.

① 직접피해 대상자산 자료
② 침수심-피해율 관계
③ 해당지역의 침수심 자료

그러므로, 직접피해액 산정식으로 실제 홍수피해액을 산정하기 위해서는, ①과 ②의 정보를 사전에 준비하여 위의 관계를 미리 설정해두고, 실제 특정한 홍수가 발생하게 되면 ③의 정보를 설정한 관계에 대입함으로써 실제 홍수피해액을 산정하게 된다.

## 나. 행정구역별 자산조사

행정구역별 대상 자산조사는 통계연보를 이용하여 계획유역이 속한 행정구역 전체의 대상 자산을 조사하였다.

조사대상자산은 주거특성, 농업특성 및 산업특성으로 분류하였으며 단위 직접피해의 대상자산과 피해액 산정방법은 <표 8.4-4>와 같다.

<표 8.4-4> 단위 직접피해의 대상자산과 피해액 산정방법

| 지역특성 | | 세분류 | 자 료 | 산 정 방 법 |
|---|---|---|---|---|
| 주거특성 | 건물 | 단 독 | ①건축형태별 건축연면적 주택수<br>②건축형태별 건축단가<br>③아파트, 연립주택의 층수<br>④읍면동별 건축형태별 주택수 | 해당 읍면동의 평균건물연면적에 건축단가를 곱해서 산정<br>(①×②×④, ③은 고려사항) |
| | | 아파트 | | |
| | | 연 립 | | |
| | 건물 내용물 | | ①가정용품 보급률 및 평균가격<br>②지역별 가정용품 평가액<br>③읍면동별 세대수 | 세대수에 1세대당 평가단가를 곱하여 산정<br>(②×③, ①은 고려사항) |
| 농업특성 | 농경지 | 전 | ①매몰,유실에 의한 피해액<br>②읍면동별 전,답 면적 | 매몰이나 유실이 발생하였을 경우 피해액을 바로 산정(①×②) |
| | | 답 | | |
| | 농작물 | 전 | ①단위면적당 농작물평가단가<br>②읍면동별 전, 답 면적<br>③읍면동별 경작작물의 종류 | 논면적, 밭면적에 시군구별 단위면적당 농작물평가단가를 곱하여 농작물자산을 산정(①×②, ③은 고려사항) |
| | | 답 | | |
| 산업특성 | 유형 자산(액) | | ①산업분류별 1인종사자수당 사업체 유형·재고자산액<br>②읍면동별 산업분류별 종사자수 | 산업대분류마다 종업자수에 1인당 평가단가를 곱하고 사업소 유형고정자산·재고자산을 산정(①×②) |
| | 재고 자산(액) | | | |

【주】 자료 : 피해액 산정에 관한 세부사항은 부록 제10장 참조

### 1) 주거특성

#### 가) 건물자산

건물자산 가치는 (식 8.4-1)과 같이 해당 읍면동의 건축연면적에 건축단가를 곱해서 가옥자산을 산정한다.

건물자산가치(원) = 단위면적별 건축형태별 건축단가(원/㎡)
× 건축형태별연면적비율(㎡/개소)
× 가구수(개소)
× 기준년건설업Deflator.....(식 8.4-1)

여기서, 건축형태별 연면적은 해당 읍면동의 시군 통계연보를 근거로 평수별 가구수에 관한 자료를 바탕으로 산정하며, 치수사업 경제성분석방법 연구, (2004 건설교통부)에서 제시한 전국평균 건축연면적별 가구수비는지역적 특성을 반영하지 못하므로 인구주택 총조사 2010년도 각 시군의 자료를 바탕으로 재산정하였음

### <표 8.4-5> 홍성군 건축연면적별 가구수비

| 평수 / 주택형태 | 7평 미만 | 7 - 9 평 | 9 -14평 | 14-19평 | 19-29평 | 29-39평 | 39-49평 | 49-69평 | 69-99평 | 계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 평균 | 5.0 | 8.0 | 11.5 | 16.5 | 24.0 | 34.0 | 44.0 | 59.0 | 84.0 | |
| 단독주택 | 0.0028 | 0.0357 | 0.1006 | 0.3700 | 0.3211 | 0.0803 | 0.0594 | 0.0150 | 0.0151 | 1.00 |
| 아파트 | - | 0.0554 | 0.4263 | 0.4344 | 0.0102 | 0.0589 | 0.0147 | 0.0001 | - | 1.00 |
| 연립주택 | 0.0014 | 0.0056 | 0.2227 | 0.4762 | 0.1751 | 0.0868 | 0.0308 | 0.0014 | - | 1.00 |
| 다세대주택 | - | 0.0577 | 0.1749 | 0.5227 | 0.1853 | 0.0577 | 0.0009 | 0.0009 | - | 1.00 |
| 비거주용건물내주택 | 0.0797 | 0.1311 | 0.1105 | 0.2159 | 0.1440 | 0.1440 | 0.1311 | 0.0283 | 0.0154 | 1.00 |

【주】 자료 : 인구주택총조사 (2010, 통계청)

단위면적별 건축형태별 건축단가는 '건물신축 단가표(2000, 한국감정원)'를 기준으로 <표 8.4-6>에 제시하였다. 시군구별 별도의 건축단가 자료가 있을 경우 그 자료를 사용할 수 있다. 본 계획에서는 아파트의 경우 철근콘크리트조, 단독주택은 블록조, 연립주택은 연와석조, 다세대주택은 블록조로 가정하여 적용하였다.

### <표 8.4-6> 건축형태별 건축단가

(단위 : 원/㎡)

| 주택형태 / 주택구조 | 단독주택 | 아파트 | 연립주택 | 다세대주택 | 비거주용 건물내 |
|---|---|---|---|---|---|
| 철근콘크리트조 | 722,822 | 566,001 | 566,001 | 722,822 | 537,593 |
| 철골조 | - | - | - | - | 483,143 |
| 연와석조 | 683,124 | 489,288 | 489,288 | 683,124 | 450,002 |
| 목조 | 512,604 | - | - | 512,604 | 431,919 |
| 목골모르타르조 | 378,972 | - | - | 378,972 | 190,691 |
| 토벽조 | 378,972 | - | - | 378,972 | 190,691 |
| 블록조 | 508,428 | - | - | 508,428 | 409,187 |
| 간이목골모르타르조 | 378,972 | - | - | 378,972 | 190,691 |

【주】 1.건물신축단가표(2000, 한국감정원)
2.건축구조별로 구분하는 것은 사실상 불가능하므로 철근콘크리트조를 적용

건물자산가치를 사업평가 기준년에 맞추어 산정하기 위해 경제통계에 있어서 금액으로 표시된 통계량에서 물가상승에 의한 명목적 증가분을 제거하기 위하여 제수(除數)의 형태로 쓰이는 <표 8.4-7>의 기준년 건설업 디플레이터(deflator)를 보정지수로 이용하였다.

<표 8.4-7> 연도별 건설업 Deflator 보정지수

| 년도 | Deflator | 1997년기준환산 | 년도 | Deflator | 1997년기준환산 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1997 | 73.60 | 100.00 | 2006 | 103.00 | 139.95 |
| 1998 | 76.30 | 103.67 | 2007 | 107.90 | 146.60 |
| 1999 | 75.50 | 102.58 | 2008 | 120.20 | 163.32 |
| 2000 | 77.20 | 104.89 | 2009 | 122.30 | 166.17 |
| 2001 | 80.70 | 109.65 | 2010 | 127.10 | 172.69 |
| 2002 | 84.60 | 114.95 | 2011 | 134.70 | 183.02 |
| 2003 | 90.50 | 122.96 | | | |
| 2004 | 86.90 | 118.07 | | | |
| 2005 | 100.00 | 135.87 | | | |

【주】 한국은행, 특히 건설업 Deflator지수는 지출GDP항목 중 건설투자 항목을 이용

### 나) 건물내용물

건물내용물 자산가치는 (식 8.4-2)에 의해 산정한다.

건물내용물자산가치(원) = 가정용품평가액(원/세대수) × 세대수
× 소비자물가지수.....(식 8.4-2)

여기서, 가정용품 평가액은 통계청에서 작성한 '국부통계조사보고서(1999, 통계청)'의 1997년말 가정용품보급률 및 평균가격으로부터 각 가정용품 항목별 보급률과 평균가격을 곱하고 전체를 합하여 산정하며, 기초수량이 되는 세대수는 해당년 시군통계연보의 읍면동 자료를 이용할 수 있다. 일반적으로 가정용품 평가액은 평균값 또는 대표값을 이용하는 것이 편리하다. 이 값은 지역적 특성 및 소득수준 등에 따라 달라지기 때문에 다차원법에서는 '치수사업 경제성분석 개선방안연구(2001, 건설교통부)'에서 제시한 도시분류 구분을 이용하여 <표 8.4-8>과 같이 도시 분류별로 최대평가액에서부터 최소평가액까지 등간격으로 차등을 두어 제시하였다. 본분석에서는 구수천 유역의 특성을 고려하여 농촌지역의 평가액을 적용하였으며, 특정 통계년도의 건물내용물 자산가치는 사업평가 기준년 소비자물가지수를 이용하여 조정하였다.

<표 8.4-8> 도시분류별 가정용품 평가액

| 평가액 \ 도시유형 | 대도시 | 중소도시 | 전원도시 | 농촌지역 | 산간지역 |
|---|---|---|---|---|---|
| 가정용품평가액(원/세대) | 27,402,902 | 22,329,401 | 17,255,900 | 12,182,399 | 7,108,898 |

【주】 치수사업경제성분석방법연구 (2004,건설교통부)

<표 8.4-9> 년도별 소비자물가지수

| 년도 | 소비자물가지수 | 2002년환산 |
|---|---|---|
| 2002 | 77.1 | 100.00 |
| 2003 | 79.9 | 103.66 |
| 2004 | 83.0 | 107.71 |
| 2005 | 85.7 | 111.16 |
| 2006 | 87.9 | 114.01 |
| 2007 | 90.1 | 116.85 |
| 2008 | 94.5 | 122.61 |
| 2009 | 97.1 | 125.95 |
| 2010 | 100.0 | 129.76 |
| 2011 | 104.1 | 135.08 |

【주】 자료 : 통계청홈페이지 http://kosis.nso.go.kr
소비자물가지수(충청남도)자료

### 2) 농업특성

농업특성은 각각의 읍면동 단위에 주어진 전 혹은 답으로 구체화되고, 전·답의 면적이나 해당농작물로 측정된다. 전국의 읍면동 전답의 면적과 농작물은 각 지역의 시·군 통계연보로 부터 과거 몇 년간의 자료를 수집할 수 있다.

#### 가) 농경지

전답별 경지면적은 해당지역의 시·군통계연보로 부터 과거 몇 년간의 자료를 수집한다. 농경지는 침수되어도 어느 침수심까지는 피해가 거의 발생하지 않으며, 매몰이나 유실이 발생하였을 경우 피해액을 바로 산정한다.

#### 나) 농작물

논과 밭면적에 시군구별 단위면적당 농작물 평가단가를 곱하여 (식 8.4-3)과 같이 농작물 자산가치를 산정한다.

농작물자산가치 = 단위면적당농작물평가단가(원/ha)
× 농작물작부면적(ha)
× 소비자물가지수.....(식 8.4-3)

농작물 자산에 대한 평가에서 전, 답의 대표작물 및 특수농작물에 대한 생산량은 논의 경우는 벼의 수확량(생산량), 밭의 경우는 주요한 작물의 수확량으로 하되 군별 통계자료에 의한 곡종별 작물통계에 의거하여 최근 5개년간의 자료중 최대 및 최소 수확량을 제외한 3개년간의 값에 대한 수확량 평균치를 평년작으로 하여 적용한다.

단위면적당 농작물 평가단가는 <표 8.4-10>에 나타낸 바와 같이 통계청의 '농산물 생산비통계(2008)'에서 제시된 값을 적용하여 (식 8.4-4)에 의해 산정하였다.

$$\text{단위면적당농작물평가단가 } c = \frac{\sum P_i \cdot x_i}{\sum A_i} \quad \text{.....(식 8.4-4)}$$

여기서, $i$ : 해당지역의홍수기논·밭작물종 $P$ : 가격
$x$ : 평년수확량 $A$ : 작부면적

**<표 8.4-10> 농작물별 전국 평균 생산비 (2011년 기준)**

| 농작물 | 10a당 생산비 | 비고 | 농작물 | 10a당 생산비 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 논벼 | 628,522 | 1ha=100a | 양파 | 1,508,709 | |
| 겉보리 | 322,367 | | 고추 | 2,062,704 | |
| 쌀보리 | 316,729 | | 참깨 | 458,226 | |
| 마늘 | 2,295,367 | | | | |

【주】 자료 : 농산물 생산비 조사 (2011, 통계청)

기초수량이 되는 농작물 작부면적은 해당년도의 홍성군 통계연보의 읍면동 자료를 이용하여야 하나, 현재 시군통계연보에 농작물수확량(생산량)은 시군단위 및 읍면동단위로 지역별로 서로 상이하게 제시되어 있다. 따라서, 농작물수확량을 읍면동단위로 전환하기 위해 시군별 작부면적에 대한 해당 읍면동의 작부면적에 대한 비율을 사용하여 읍면동단위의 농작물수확량을 산정하였다.

### 다) 산업특성

산업특성은 (식 8.4-5)와 같이 산업 대분류마다 종업자수에 1인당 평가단가를 곱하여 사업소 유형고정자산 및 재고자산을 산정하였다.

산업지역자산가치(원) =

산업분류별사업체1인당유형자산및재고자산평가액(원/인)

× 사업체별종사자수(인)

× 소비자물가지수.....(식 8.4-5)

산업분류별 사업체1인당 유형자산 및 재고자산평가액은 통계청의 '국부통계조사보고서(1999, 통계청)'에서 제시한 산업별 사업체유형고정자산 및 재고자산을 산업분류별 종사수로 나누어 산정하였으며, 지역별 편차를 감안하여 시도별로 구분하여 적용한다.

이때 기초수량이 되는 사업체별 종사자수는 해당년 시군통계연보의 읍면동 자료를 이용할 수 있다. '국부통계조사보고서(1999, 통계청)'에서 제시하는 산업대분류와 시군통계연보의 사업체별 종사자수 데이터 항목이 상이하므로, <표 8.4-11>에 의해 표준화하며, 시도별 산업분류별 사업체 1인당 종사자의 유형자산, 재고자산은 '국부통계조사보고서(1999, 통계청)'에서 제시한 충청남도 지역의 값을 사용하였고, 소비자 물가지수를 적용하여 본 분석 기준년인 2011년 가치로 환산하였다.

**<표 8.4-11> 사업체별 항목 및 사업체 1인당 자산**

| 산업대분류 「국부통계조사보고서」 | 홍성군 통계연보 종사자수데이터항목 | 충청남도(천원) | |
|---|---|---|---|
| | | 유형자산 | 재고자산 |
| A.농업,수렵업 및 임업 | 농업 및 임업 | 3,394,217 | 608,642 |
| B.어업 | 어업 | 2,853,541 | 503,301 |
| C.광업 | 광업 | 107,740 | 14,053 |
| D.제조업 | 제조업 | 419,694 | 40,810 |
| E.전기,가스 및 수도사업 | 전기,가스 및 수도사업 | 2,119,874 | 4,700 |
| F.건설업 | 건설업 | 22,768 | 7,208 |
| G.도·소매 및 소비자용품수리업 | 도매 및 소매업 | 27,774 | 33,209 |
| H.숙박 및 음식점업 | 숙박 및 음식점업 | 37,566 | 316 |
| I.운수,창고 및 통신업 | 운수업 | 60,317 | 2,494 |
| | 출판,영상,방송통신 및 정보서비스업 | | |
| J.금융 및 보험업 | 금융 및 보험업 | 36,972 | 2,370 |
| K.부동산,임대 및 사업서비스업 | 부동산 및 임대업 | 21,784 | 1,810 |
| | 전문,과학 및 기술서비스업 | | |
| | 사업시설관리 및 사업지원서비스업 | | |
| L.공공행정,국방 및 사회보장행정 | 공공행정,국방 및 사회보장행정 | 0 | 0 |
| M.교육서비스업 | 교육서비스업 | 100,652 | 91 |
| N.보건및사회복지사업 | 보건 및 사회복지사업 | 35,978 | 1,269 |
| O.기타공공,사회 및 개인서비스업 | 예술, 스포츠 및 여가관련서비스업 | 40,505 | 244 |
| | 기타공공,수리 및 개인서비스업 | | |

【주】 자료 : 국부통계조사보고서(1999, 통계청), 치수사업경제성분석방법연구 (2004,건설교통부)
홍성군 통계연보 (2011, 홍성군)

## 다. 침수편입율 산정

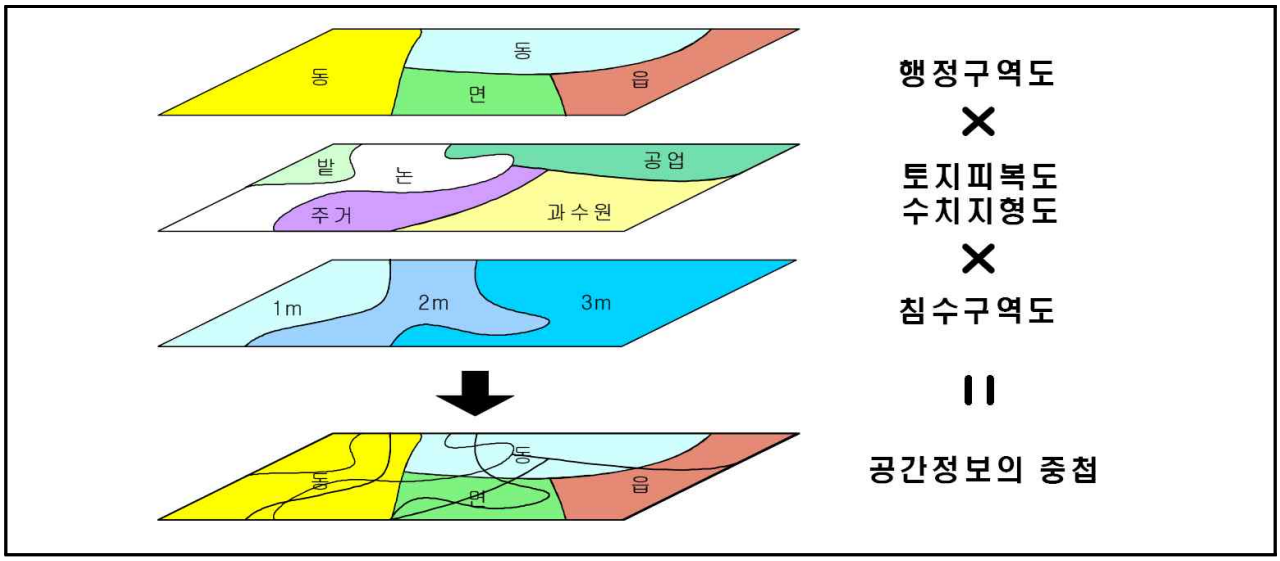
### 1) 공간정보 자료의 활용

다차원법에서는 피해지역의 읍·면·동단위의 행정구역, 침수구역 및 침수심, 토지이용상태 등의 공간정보를 지리정보시스템(GIS : GeographicalInformationSystem)과 연계하여 행정구역내에서도 침수피해지역의 침수심에 따라 주거지역, 농업지역, 산업지역별로 침수편입율을 산정한다.

본 계획에서는 국립지리원의 1/5,000의 수치토지이용도를 이용하여 주거지역, 농업지역, 산업지역 및 기타지역으로 구분하였으며, 농업지역 중 답작지는 38가지의 소분류 중 경지정리답(code1110), 미경지정리답(code1120)을 전답지는 보통-특용작물(code1210), 과수원-기타(code1220)등을 대상으로 구분하였으며, 주거지역은 일반주택지(code3110) 및 고층주택지(code3120), 공공용지(code3440)을 대상으로 구분하였다. 또한, 산업지역은 공업시설(code3310), 공업나지-기타(code3320)를 대상으로 구분하였으며, 나머지는 기타로 구분하였다.

### 2) 침수편입율의 산정

침수편입율이란 행정구역내에서 주거, 산업, 농업 등 지역특성요소의 총자산가치를 실제침수된 부분에 대한 자산가치로 환산하기 위해 지역특성요소별로 지리요소인 공간객체들의 위치(position)정보를 침수심별로 중첩하여 전체에 대한 비율로 나타낸 것이다. 따라서, 침수편입율은 행정구역별로 산정되며 주거, 산업, 농업의 세가지 지역특성 요소들이 각각 편입되는 침수심별로 산정되고 침수심별 편입율의 합은 1이 된다. <그림 8.4-3>은 침수편입율을 산정하기 위하여 공간정보를 중첩하는 개념을 나타내고 있다. 이러한 침수편입율은 지역특성 요소의 공간적 분포만을 고려하는 것이기 때문에 도형자료의 개수나 면적이 행정구역내의 통계자료와 반드시 일치할 필요는 없다.




<그림 8.4-3> 침수편입율 산정을 위한 공간정보의 중첩

### 라. 침수피해액 산정

침수피해액은 대상지역의 항목별 자산액에 침수편입율과 침수피해율을 곱하여 산출한다. 단, 공공시설물 등의 피해에 관해서는 공공시설물 자산으로부터의 직접적인 추계가 곤란하기 때문에 일반자산피해액과의 관계로부터 산정한다.

#### 1) 주거특성과 침수심에 따른 피해액

##### 가) 건물피해액 산정

건물피해액은 (식 8.4-6)과 같이 등지반고별 별 건물자산액에 추정침수심 등에 따르는 피해율을 곱해서 산출한다. 다만 자산피해율은 주거형태와는 무관하나 층수는 고려한다는 가정하에 <표 8.4-12>에서 제시한 건물피해율에 의하여 산정한다. 이 때 고층주택(아파트,연립주택)등에서는 침수대상건물내의 전가구가 피해를 받는 것으로 잘못 산정되어 피해를 과다하게 평가할 가능성이 있다. 일반적으로 침수심이 수미터 이내인 것을 감안하여 3층이상 부분을 무시하여 건물자산을 건물평균계수(평균층수)등을 이용해서 보정하는 것이 바람직하다.

건물피해액 = 건물자산가치(원)
× 주거지역침수편입율
× 침수심별건물침수피해율.....(식 8.4-6)

<표 8.4-12> 침수심별 건물피해율 (단위 : %)

| 침수심 | 0m~0.5m | 0.5m~1.0m | 1.0m~2.0m | 2.0m~3.0m | 3.0m이상 |
|---|---|---|---|---|---|
| 단독주택 | 14.50 | 32.60 | 50.80 | 92.80 | 100.00 |
| 아파트 | 1.15 | 2.36 | 3.57 | 6.37 | 6.85 |
| 연립주택 | 3.40 | 7.02 | 10.66 | 19.06 | 20.50 |

【주】 1. $n_1$=아파트층수, $n_2$=연립주택층수
2. 하천설계기준(건설교통부,2000)
・소파 : 홍수피해로 인한 경미한 파괴로 사용에 별지장이 없는 경우
・반파 : 홍수피해로 인하여 주요구조(기둥, 벽체, 지붕)에 대한 수리를 요하는 경우
・전파 : 홍수피해로 파괴되어 그 형태는 있으나 개축하지 않고는 사용이 불가능한 경우
・유실 : 홍수로 인한 주택이 완전 유실되어 그 형태가 없는 경우
3. 아파트와 연립주택의 층수 및 지하공간을 고려

### 나) 건물내용물 피해액산정

건물내용물의 피해액은 (식 8.4-7)과 같이 각 별 건물내용물 자산액에 추정침수심 등에 따르는 피해율을 곱해서 산출하는데 주거형태와 무관하고 자산의 피해율은 모두 같다는 가정하에 <표 8.4-13>의 건물내용물 피해율에 의하여 산정한다.

건물내용물피해액 = 건물내용물자산액
× 주거지역침수편입율
× 침수심별건물내용물침수피해율.....(식 8.4-7)

<표 8.4-13> 침수심별 건물내용물 피해율 (단위 : %)

| 침수심 | 0m~0.5m | 0.5m~1.0m | 1.0m~2.0m | 2.0m~3.0m | 3.0m이상 |
|---|---|---|---|---|---|
| 피해율 | 14.5 | 32.6 | 50.8 | 92.8 | 100 |

【주】 1. 침수심별 피해율은 일본의 계수를 인용하여 산정
2. 아파트와 연립주택의 층수를 고려

## 2) 농업특성과 침수심에 따른 피해액

### 가) 농경지 피해액 산정

논과 밭의 침수심에 따른 피해는 동일한 기준을 적용하였는데, 농경지피해의 경계선을 침수심 1m로 정하였다. 침수심이 1m이상인 경우에 농경지매몰 및 유실에 의한 피해가 발생하는 것으로 하고, 그 피해액은 통상적으로 책정되는 농경지의 매몰이나 유실에

따른 피해액의 평균값을 사용한다. 농경지 피해액은 (식 8.4-8)에 따라 산정하며, <표 8.4-14>는 농경지와 피해율을 나타내고 있다.

농경지피해액 = 매몰, 유실의 평균피해액(원)
× 농업지역침수편입율(면적)
× 침수심별농경지침수피해율.....(식 8.4-8)

**<표 8.4-14> 침수심별 농경지 피해율**

| 침수심 / 피해율 | | 1m 이하 | 1m 이상 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 피 해 내 용 | | 침 수 | 매몰, 유실 | • 매몰과 유실의 평균값을 사용 |
| 농경지 | 논 | 0% | 100% | • 매몰 : 매몰면적(㎡)×0.1(m)×2,940원/㎥<br>• 유실 : 유실면적(㎡)×0.2(m)×5,660원/㎥ |
| | 밭 | 0% | 100% | |

【주】 자연재해조사 및 복구계획수립 지침(2003, 중앙재해대책본부)

### 나) 농작물피해액

침수심 1 m이하 에서는 논이나 밭이 침수되기는 하지만 매몰 및 유실 등의 농경지 피해액은 발생하지 않는다고 가정하여 농작물 피해액만 적용하며, 침수심별 농작물 피해율은 <표 8.4-15>와 같고, 농작물 피해액 산정식은 (식 8.4-9)와 같다.

농작물피해액 = 농작물자산가치
× 농업지역침수편입율
× 침수심별농작물피해율.....(식 8.4-9)

**<표 8.4-15> 침수심별 농작물 피해율**

| 침수심 / 피해율 | | 1m이하 | | | | | 1m이상 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 농작물 | 침수시간 | 1일이하 | 1~2 | 3~4 | 5~6 | 7일이상 | |
| | 논 | 14% | 27% | 47% | 77% | 95% | 100% |
| | 밭 | 35% | 51% | 67% | 81% | 95% | 100% |

【주】 농업재해피해조사보고요령, 농작물피해율산정기준 참조

### 다) 산업특성과 침수심에 따른 피해액

읍면동의 산업특성과 침수심에 따른 피해는 <표 8.4-16>과 같이 유형자산의 피해, 재고자산의 피해 두가지 형태로 구분하여 사업체 유형고정자산·재고자산액에 침수심에 맞는 피해율을 곱하여 산정한다.

유형·재고자산피해액 = 유형·재고자산가치(원)
× 산업지역침수편입율
×침수심별유형·재고자산침수피해율.....(식 8.4-10)

**<표 8.4-16> 침수심별 유형자산·재고자산 피해율**

| 침수심 / 피해율(%) | 0m~0.5m | 0.5m~1.0m | 1.0m~2.0m | 2.0m~3.0m | 3.0m이상 |
|---|---|---|---|---|---|
| 유형자산 | 23.2 | 45.3 | 78.9 | 96.6 | 100 |
| 재고자산 | 12.8 | 26.7 | 58.6 | 89.7 | 100 |

【주】 침수심별 피해율은 일본의 계수를 인용

## 마. 총피해액 산정

앞에서 산정한 주거지역, 농업지역, 산업지역에 대한 일반자산 피해액에 인명/이재민피해액 및 공공시설물피해액을 더하여 총피해액을 계산한다.

### 1) 인명피해액

### 가) 인명손실

인명피해 손실추정방법은 (식 8.4-11)과 같이 침수면적당 손실인명수 즉 손실 원단위를 이용하여 계산하며, 여기서 손실원단위는 1998년 불변가격으로 1인당 사망 2억5천, 부상 2천만원을 적용하며, '98년대비 분석기준년의 국민소득증가율을 적용하여 보정한다.

인명손실액 = 침수면적당손실인명수(명/ha)
× 손실원단위(원/명)
× 침수면적(ha).....(식 8.4-11)

또한, 단위침수면적당 손실인명수는 과거 30년간의 자료로부터 산정하며, 그 결과는 <표 8.4-17>과 같다.

**<표 8.4-17> 단위침수면적당 손실인명수** (단위:명/ha)

| 구분 | 대도시 | 중소도시 | 전원도시 | 농촌지역 | 산간지역 |
|---|---|---|---|---|---|
| 사망 | 0.004 | 0.004 | 0.001 | 0.002 | 0.002 |
| 부상 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.001 | 0.002 |

【주】 자료 : 치수사업 경제성분석방법 연구 (2004, 건설교통부)

### 나) 이재민피해 손실

이재민피해손실액추정방법은 인명손실추정방법과 같이 침수면적당 이재민발생추정결과를 이용하여 산정하며 그 방법은 (식 8.4-12)와 같다.

이재민피해액 = 침수면적기준이재민발생추정결과(명)
× 대피일수(10일적용)
× 일평균국민소득(원/명・일).....(식 8.4-12)

여기서, 대피일수는 최근 10년간의 재해연보를 참고하여 평균 10일로 산정하였으며, 일평균 국민소득은 분석기준년의 1인당 일평균국민소득을 적용하여 산출한다. 침수면적당 발생이재민수는 과거 30년간의 자료를 평균한 <표 8.4-18>을 기준으로 한다.

**<표 8.4-18> 단위침수면적당 발생 이재민수** (단위:명/ha)

| 구분 | 대도시 | 중소도시 | 전원도시 | 농촌지역 | 산간지역 |
|---|---|---|---|---|---|
| 이재민수 | 1.85 | 1.17 | 0.27 | 0.37 | 0.98 |

### 2) 일반자산피해액

일반자산피해액은 건물, 건물내용물, 농경지, 농작물, 사업체유형자산 및 재고자산피해액을 전술한 방법에 의해 구하여 (식 8.4-13)과 같이 산정한다.

$$\text{일반자산피해액} = \sum_{i=1}^{n} [RD_i(\text{건물, 건물내용물, 침수심}) + AD_i(\text{농경지, 농작물, 침수심}) + ID_i(\text{사업체유형·재고자산, 침수심})] \quad \text{.....(식 8.4-13)}$$

여기서, $RD_i(\cdot)$, $AD_i(\cdot)$, $ID_i(\cdot)$:거주, 농업, 산업지역 피해액 함수

n : 해당읍면동갯수

$RD_i(\cdot)$, $AD_i(\cdot)$, $ID_i(\cdot)$는 침수심-피해액함수이나 현재로서는 함수를 도출할 수 있는 자료가 거의 없는 실정이다. 따라서, 다차원 피해산정방법에서 제시한 방법에 따라 거주, 농업, 산업지역 일반자산 피해항목별 자산을 조사하고, 여기에 침수심에 따른 피해율을 곱하는 것으로 피해액함수를 나타내었다.

### 3) 공공시설물피해액

침수지역내 공공시설물의 피해액을 직접 산정하는 것이 거의 불가능한 경우에는 일반자산피해액에 대한 공공토목시설의 피해액비율을 사용하는 것이 일반적이다. 다차원법에서는 일본의 일반자산피해액에 대한 공공시설물의 피해액비율을 적용하는 것으로 하여 일반자산피해액의 1.694배를 적용하였다.

이상의 절차에 의해 직접피해액은 다음과 같이 계산된다.

직접피해액 = 일반자산피해액 + 공공시설물피해액 + 인명피해액

= 1.694 × 일반자산피해액 + 인명피해액.....(식 8.4-14)

### 4) 유량규모별 피해액

상기한 절차에 의해 산정한 치수경제성분석 대상지구의 홍수규모별 예상피해액을 정리하면 <표 8.4-19>와 같다.

## <표 8.4-19> 치수경제성분석 대상지구의 홍수규모별 예상피해액

| 지구명 | 유량 규모 | 계 (백만원) | 일반자산(백만원) | | | | 인명 (백만원) | 공공시설 (백만원) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 주거지역 | 농업지역 | 산업지역 | 소계 | | | |
| 보축1 | 20년 | 177 | - | 63 | - | 63 | 6.55 | 106 | |
| | 30년 | 187 | - | 66 | - | 66 | 6.99 | 112 | |
| | 50년 | 197 | - | 70 | - | 70 | 7.86 | 118 | |
| | 80년 | 217 | - | 77 | - | 77 | 8.74 | 130 | |
| | 100년 | 227 | - | 80 | - | 80 | 9.61 | 135 | |
| | 200년 | 236 | - | 84 | - | 84 | 10.05 | 141 | |
| 보축2 | 20년 | 90 | - | 34 | - | 34 | 3.50 | 57 | |
| | 30년 | 95 | - | 36 | - | 36 | 3.73 | 60 | |
| | 50년 | 100 | - | 37 | - | 37 | 4.20 | 63 | |
| | 80년 | 110 | - | 41 | - | 41 | 4.66 | 69 | |
| | 100년 | 115 | - | 43 | - | 43 | 5.13 | 72 | |
| | 200년 | 120 | - | 45 | - | 45 | 5.36 | 75 | |
| 보축3 | 20년 | 13 | - | 5 | - | 5 | 0.49 | 8 | |
| | 30년 | 13 | - | 5 | - | 5 | 0.52 | 8 | |
| | 50년 | 14 | - | 5 | - | 5 | 0.59 | 9 | |
| | 80년 | 15 | - | 6 | - | 6 | 0.65 | 10 | |
| | 100년 | 47 | - | 18 | - | 18 | 0.72 | 30 | |
| | 200년 | 17 | - | 6 | - | 6 | 0.75 | 11 | |
| 보축4 | 20년 | 19 | - | 7 | - | 7 | 0.73 | 12 | |
| | 30년 | 20 | - | 7 | - | 7 | 0.78 | 12 | |
| | 50년 | 21 | - | 7 | - | 7 | 0.88 | 13 | |
| | 80년 | 23 | - | 10 | - | 10 | 0.98 | 14 | |
| | 100년 | 31 | - | 11 | - | 11 | 1.07 | 19 | |
| | 200년 | 25 | - | 9 | - | 9 | 1.12 | 16 | |
| 보축5 | 20년 | 11 | - | 4 | - | 4 | 0.42 | 7 | |
| | 30년 | 11 | - | 4 | - | 4 | 0.45 | 7 | |
| | 50년 | 12 | - | 5 | - | 5 | 0.51 | 8 | |
| | 80년 | 13 | - | 5 | - | 5 | 0.56 | 8 | |
| | 100년 | 7 | - | 3 | - | 3 | 0.62 | 5 | |
| | 200년 | 14 | - | 5 | - | 5 | 0.65 | 9 | |

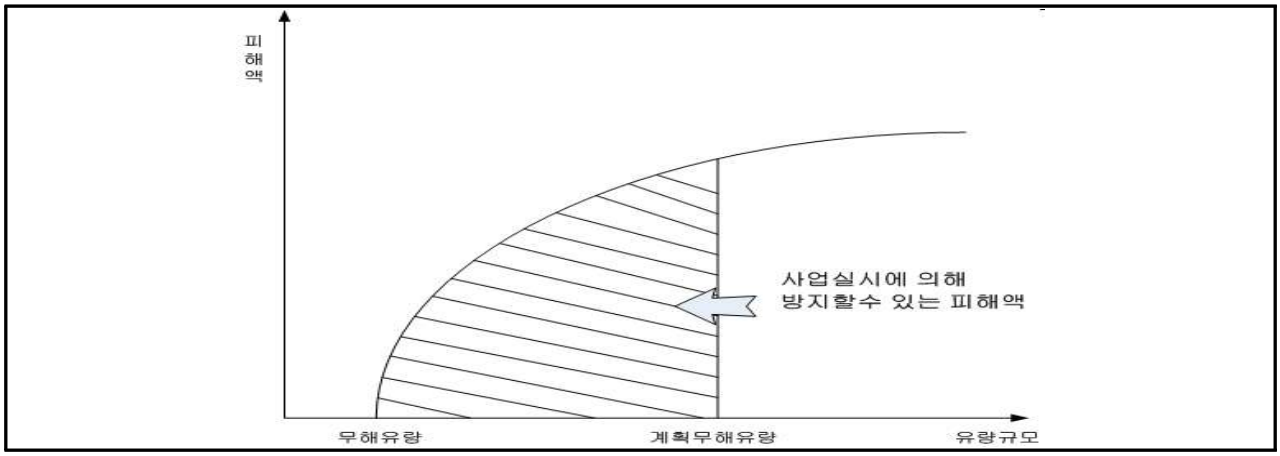
<표 8.4-19> 치수경제성분석 대상지구의 홍수규모별 예상피해액(계속)

| 지구명 | 유량 규모 | 계 (백만원) | 일반자산(백만원) | | | | 인명 (백만원) | 공공시설 (백만원) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 주거지역 | 농업지역 | 산업지역 | 소계 | | | |
| 확폭1 | 20년 | 13 | - | 5 | - | 5 | 0.51 | 8 | |
| | 30년 | 14 | - | 4 | - | 4 | 0.55 | 9 | |
| | 50년 | 15 | - | 5 | - | 5 | 0.62 | 9 | |
| | 80년 | 16 | - | 6 | - | 6 | 0.68 | 10 | |
| | 100년 | 17 | - | 6 | - | 6 | 0.00 | 11 | |
| | 200년 | 18 | - | 7 | - | 7 | 000 | 11 | |
| 확폭2 | 20년 | 16 | - | 6 | - | 6 | 0.62 | 10 | |
| | 30년 | 17 | - | 7 | - | 7 | 0.66 | 11 | |
| | 50년 | 18 | - | 7 | - | 7 | 0.75 | 11 | |
| | 80년 | 20 | - | 7 | - | 7 | 0.83 | 12 | |
| | 100년 | 20 | - | 7 | - | 7 | 0.00 | 13 | |
| | 200년 | 21 | - | 8 | - | 8 | 0.00 | 13 | |
| 확폭3 | 20년 | 26 | - | 9 | - | 9 | 1.00 | 16 | |
| | 30년 | 27 | - | 10 | - | 10 | 1.07 | 17 | |
| | 50년 | 29 | - | 11 | - | 11 | 1.20 | 18 | |
| | 80년 | 32 | - | 12 | - | 12 | 1.34 | 20 | |
| | 100년 | 33 | - | 12 | - | 12 | 0.00 | 21 | |
| | 200년 | 34 | - | 13 | - | 13 | 0.00 | 22 | |
| 형산1 | 20년 | 4 | - | 2 | - | 2 | 0.16 | 3 | |
| | 30년 | 4 | - | 2 | - | 2 | 0.17 | 3 | |
| | 50년 | 5 | - | 2 | - | 2 | 0.19 | 3 | |
| | 80년 | 5 | - | 2 | - | 2 | 0.21 | 3 | |
| | 100년 | 5 | - | 2 | - | 2 | 0.00 | 3 | |
| | 200년 | 6 | - | 2 | - | 2 | 0.00 | 3 | |
| 형산2 | 20년 | 2 | - | - | - | - | 0.06 | 1 | |
| | 30년 | 2 | - | - | - | - | 0.07 | 1 | |
| | 50년 | 2 | - | - | - | - | 0.08 | 1 | |
| | 80년 | 2 | - | - | - | - | 0.08 | 1 | |
| | 100년 | 2 | - | - | - | - | 0.09 | 1 | |
| | 200년 | 2 | - | - | - | - | 0.10 | 1 | |

## 8.4.3 치수경제성 분석

### 가. 편익의 산정

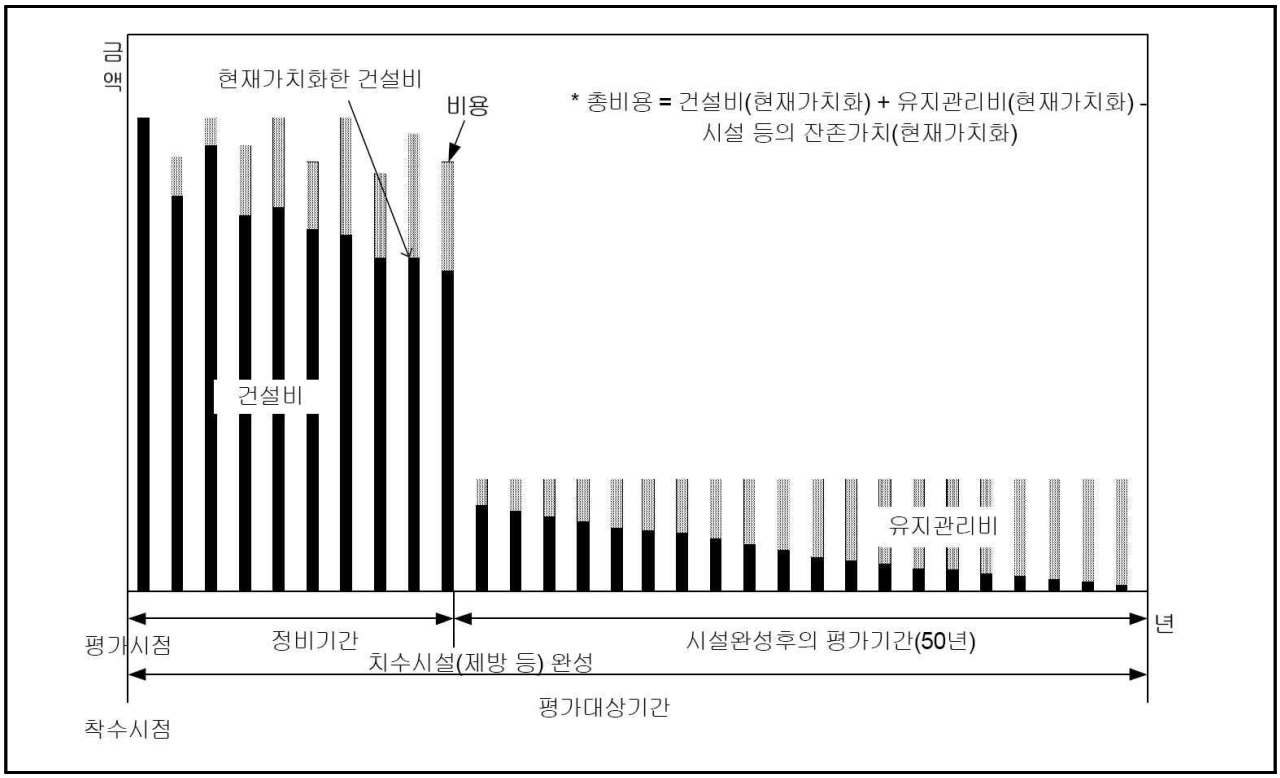
치수사업의 편익은 사업을 실시하지 않을 경우와 실시할 경우의 피해액 차이로 평가하며, 사업평가기간에 있어서의 총 편익을 대상으로 하게 된다. 하천개수사업 등의 평가에서는 원칙적으로 현재의 하도상태에서 사업의 경제성을 평가하며, 치수사업의 편익은 사업실시 유무에 따른 피해액을 근거로 <그림 8.4-4>와 같이 편익을 산정한다.




**<그림 8.4-4> 하천개수사업에 대한 연평균피해경감기대액 산정**

### 나. 비용의 산정

치수사업의 비용 산정은 치수시설의 완성에 필요한 사업비 및 평가대상기간내의 유지관리비를 대상으로 하며 시설의 건설비, 용지비, 보상비 및 유지관리비 등으로 구분된다. 이중 건설비, 용지비, 보상비는 시설을 완성하기까지 소요되는 비용이고, 유지관리비는 시설완성후 그 수명을 고려한 평가기간 동안 소요되는 비용이다. 치수사업에 투자되는 비용중 평가대상기간이 끝나는 시점에 있어서 잔존가치를 평가할 수 있을 경우 비용에서 제외한다. 본 계획에서구조물의 잔존가치는 개선법과 동일하게 반영하여 축제공은 사업비 기준 80%, 호안공은 20%, 보상비는 100%를 잔존가치로 보고 초기 투자 사업비에서 시설물의 잔존가치를 차감한 순 사업비의 2%를 연평균 유지관리비로 적용하였다.




<그림 8.4-5> 제방의 비용

## 다. 경제성 평가

### 1) 편익·비용분석의 평가기준

여러 가지 투자계획 중에서 하나를 선택하거나 또는 최적규모로 결정된 시설에 대한 경제성 평가를 위해서는 일반적인 기준이 필요하다. 이러한 기준을 평가기준(evaluation criteria), 평가지표(evaluation indicator) 또는 투자기준(investment criteria)이라고도 하며, 순현가(NPV; net present value), 편익·비용비(B/C; benefit-cost ratio), 내부수익율(IRR; internal rate of return)의 세 가지가 주로 이용되고 있다.

#### 가) 순현가(NPV; Net Present Value)

NPV(=B-C)는 대상사업이 정해진 기간 내에 가져다주는 편익과 비용의 차이에 관심을 두는 지표이다. 즉, 투자사업으로부터 장래에 발생할 편익과 비용의 차인 순편익을 현재가치화하여 합산한 것이며, 이 지표는 상대적인 기준이 아니기 때문에 경합되는 사업간의 우선순위를 결정할 때 혼란을 초래할 우려가 있다. 그러나, 순편익은 규모가 비슷한 시설물을 서로 비교할 때 편리하며, 수자원 개발사업과 같이 자원개발의 여지가 제한된 경우에 유용한 척도가 된다.

### 나) 비용편익비(B/C; Benefit/Cost Ratio)

B/C는 NPV와 비슷한 단일계산 분석으로서 정해진 기간 내에 분석대상사업에 투입된 비용대비 편익의 비율에 관심을 두는 지표이다. B/C는 투자사업으로 인하여 발생되는 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. 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.

### 다) 내부수익율(IRR; Internal Rate of Return)

IRR(B=C)은 비용편익비가 '1'이 되는 할인율을 의미하며, 순현가로 평가할 때는 순현가가 '0'이 되도록 하는 할인율을 말한다. 이는 대상 사업이 정해진 기간 내에 가져다주는 수익률과 시장 이자율과의 비교평가를 위해 사용되는 기법이다.

## 2) 평가기준의 비교검토

순현가(NPV)분석은 모든 타당한 경제적 자료를 단일 계산화하여 심사나 순위매김이 가능토록 하여준다. 적절한 할인율에 의해 순편익 흐름내의 미래가를 현재가로 계산한다. 일반적으로 순현가가 '0'보다 작거나 같으면 사업안을 기각하는 것이 원칙이다. 그리고 사업의 예산에 대한 제약이 없을 경우 가장 높은 순현가를 나타내는 사업이 가장 먼저 우선순위 결정을 받게 된다. 또한 예산이 제약될 경우라도 예산집행제약 내에서 가장 높은 순현가를 보이는 사업이 가장 높이 평가된다.

편익·비용비율(B/C ratio)분석은 통상적인 평가방법으로 순현가 분석과 같이 단일계산 분석법이다. 그런데 편익·비용비율 분석 하나만으로는 분석이 충분치 못하다. 왜냐하면 실제비용과 편익의 크기가 나타나 있지 않기 때문이다. 타당한 사업규모의 결정에서 순현가와 편익·비용비율은 사업 규모의 증가에 따라 어느 규모까지는 증가시킬 수 있다. 이 경우 사업규모를 순현가가 최대가 되는 곳에서 사업규모를 결정할 수 있다.

내부수익률(IRR)을 이용하여 결정하는 방법은 사업의 내부수익률이 사업평가에 이용된 수익률보다 작을 경우 사업을 기각하는 것이다. 이 방법은 NPV나 B/C비율을 구하는데 어떤 할인율을 적용해야 할지 불분명하거나 어려운 점이 많을 때 이용되기도 하나, 사업규모에 대한 정보가 반영되지 못하므로 투자의 우선순위를 결정하는 평가에는 독립적으로 이용이 불가능하다. 경제성 평가기법의 각 방법별 장단점을 비교하면 <표 8.4-20>과 같다.

<표 8.4-20> 경제성 분석기법의 특징

| 방법 | 특징 및 장점 | 단점 |
|---|---|---|
| 순현가 (NPV) | · 적용이 쉽다.<br>· 결과나 규모가 유사한 대안을 평가할 때 이용된다.<br>· 각 방법의 경제성 분석결과가 다를 경우 이 분석 결과를 우선으로 한다. | · 투자사업이 클수록 크게 나타난다.<br>· 자본투자의 효율성이 드러나지 않는다. |
| 편익·비용비 (B/C ratio) | · 적용이 쉽다.<br>· 결과나 규모가 유사한 대안을 평가할 때 이용된다. | · 사업규모의 상대적 비교가 어렵다.<br>· 편익이 늦게 발생하는 사업의 경우 낮게 나타난다. |
| 내부수익률 (IRR) | · 투자사업의 예상수익률을 판단할 수 있다.<br>· NPV나 B/C 적용시 할인율이 불분명할 경우 이용된다. | · 짧은 사업의 수익성이 과장되기 쉽다.<br>· 편익발생이 늦은 사업의 경우 불리한 결과가 발생한다. |

### 라. 치수경제성분석 결과

치수사업에 대한 경제성평가는 총비용과 그 투자에 대한 총편익을 비교한다. 총비용과 총편익의 비교 방법은 앞에서 제시된 평가기준(evaluation criteria)으로써 순현가(NPV ; Net Present Value), 편익·비용비(B/C ; Benefit-Cost ratio), 내부수익율(IRR ; Internal Rate of Return)의 세 가지를 이용한다.

동일치수사업에 대해서는 일반적으로 편익·비용비 기준에 의한 평가로 경제성 평가를 실시한다.

치수시설물의 건설 및 유지관리에 필요한 총비용과 치수사업에 의해 야기되는 총편익(피해 경감)을 할인율을 이용해서 현재가치화하여 비교한다.

본 분석에서는 '치수사업 경제성분석 방법 연구(2004, 건설교통부)'에서 제시한 치수사업의 할인율 6%를 적용하고, 분석기간은 50년으로 설정하였다. 경제성 분석결과는 <표 8.4-21>과 같다.

<표 8.4-21> 치수경제성분석 대상지구의 홍수규모별 치수경제성 분석결과

| 지구명 | 유량 규모 | 비용의 현재가치 (백만원) | 편익의 현재가치 (백만원) | B/C | NPV (백만원) | IRR (%) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 보축1 | 20년 | 149 | 384 | 2.570 | 235 | 10.78% | |
| | 30년 | 166 | 491 | 2.960 | 325 | 12.58% | |
| | 50년 | 194 | 601 | 3.100 | 407 | 13.27% | |
| | 80년 | 215 | 682 | 3.160 | 466 | 13.57% | |
| | 100년 | 236 | 732 | 3.110 | 496 | 13.31% | |
| | 200년 | 246 | 783 | 3.180 | 537 | 13.67% | |
| 보축2 | 20년 | 239 | 205 | 0.860 | -34 | 0.47% | |
| | 30년 | 280 | 262 | 0.940 | -18 | 1.33% | |
| | 50년 | 325 | 321 | 0.990 | -4 | 1.81% | |
| | 80년 | 357 | 364 | 1.020 | 7 | 2.09% | |
| | 100년 | 394 | 390 | 0.990 | -3 | 1.85% | |
| | 200년 | 412 | 418 | 1.010 | 6 | 2.04% | |
| 보축3 | 20년 | 65 | 29 | 0.440 | -37 | - | |
| | 30년 | 77 | 37 | 0.480 | -40 | - | |
| | 50년 | 92 | 45 | 0.490 | -47 | - | |
| | 80년 | 103 | 51 | 0.500 | -52 | - | |
| | 100년 | 117 | 56 | 0.480 | -61 | - | |
| | 200년 | 125 | 62 | 0.500 | -63 | - | |
| 보축4 | 20년 | 2,083 | 29 | 0.010 | -2,054 | - | |
| | 30년 | 2,209 | 37 | 0.020 | -2,172 | - | |
| | 50년 | 2,336 | 45 | 0.020 | -2,291 | - | |
| | 80년 | 2,461 | 51 | 0.020 | -2,410 | - | |
| | 100년 | 2,590 | 56 | 0.020 | -2,534 | - | |
| | 200년 | 2,824 | 62 | 0.020 | -2,762 | - | |
| 보축5 | 20년 | 1,379 | 29 | 0.020 | -1,350 | - | |
| | 30년 | 1,463 | 37 | 0.030 | -1,426 | - | |
| | 50년 | 1,547 | 45 | 0.030 | -1,502 | - | |
| | 80년 | 1,630 | 51 | 0.030 | -1,579 | - | |
| | 100년 | 1,717 | 56 | 0.030 | -1,661 | - | |
| | 200년 | 1,872 | 62 | 0.030 | -1,810 | - | |
| 확폭1 | 20년 | 2,885 | 43 | 0.010 | -2,842 | - | |
| | 30년 | 3,054 | 55 | 0.020 | -2,999 | - | |
| | 50년 | 3,265 | 67 | 0.020 | -3,198 | - | |
| | 80년 | 3,450 | 76 | 0.020 | -3,374 | - | |
| | 100년 | 3,638 | 82 | 0.020 | -3,556 | - | |
| | 200년 | 3,953 | 88 | 0.020 | -3,864 | - | |

<표 8.4-21> 치수경제성분석 대상지구의 홍수규모별 치수경제성 분석결과(계속)

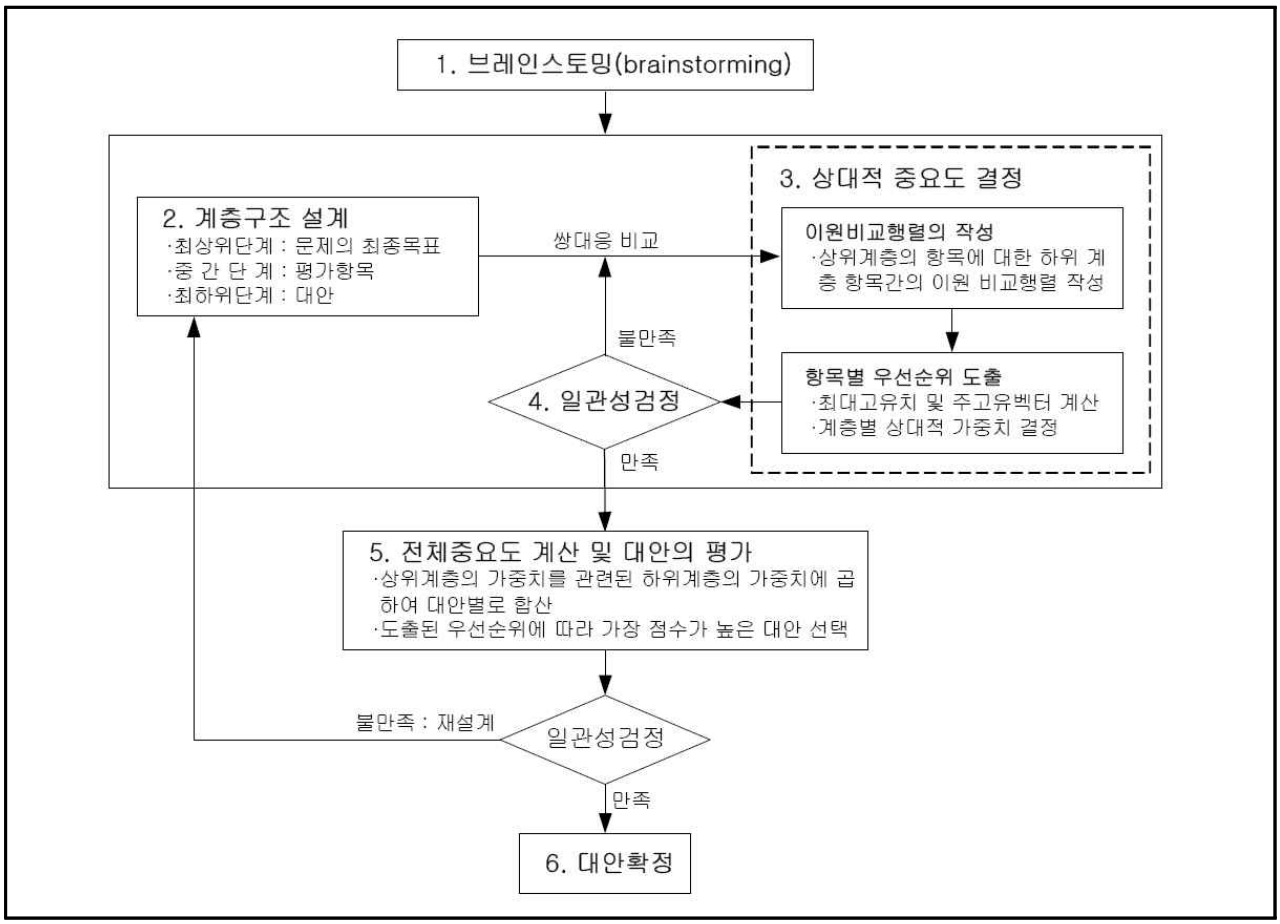
| 지구명 | 유량 규모 | 비용의 현재가치 (백만원) | 편익의 현재가치 (백만원) | B/C | NPV (백만원) | IRR (%) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 확폭2 | 20년 | 3,723 | 32 | 0.010 | -3,691 | - | |
| | 30년 | 3,939 | 39 | 0.010 | -3,899 | - | |
| | 50년 | 4,184 | 47 | 0.010 | -4,137 | - | |
| | 80년 | 4,411 | 53 | 0.010 | -4,358 | - | |
| | 100년 | 4,642 | 57 | 0.010 | -4,585 | - | |
| | 200년 | 5,051 | 60 | 0.010 | -4,991 | - | |
| 확폭3 | 20년 | 3,876 | 30 | 0.010 | -3,846 | - | |
| | 30년 | 4,100 | 38 | 0.010 | -4,062 | - | |
| | 50년 | 4,387 | 47 | 0.010 | -4,340 | - | |
| | 80년 | 4,636 | 53 | 0.010 | -4,583 | - | |
| | 100년 | 4,888 | 28 | 0.010 | -4,859 | - | |
| | 200년 | 5,307 | 31 | 0.010 | -5,276 | - | |
| 형산1 | 20년 | 3,657 | 30 | 0.010 | -3,627 | - | |
| | 30년 | 3,870 | 38 | 0.010 | -3,832 | - | |
| | 50년 | 4,096 | 47 | 0.010 | -4,049 | - | |
| | 80년 | 4,313 | 53 | 0.010 | -4,260 | - | |
| | 100년 | 4,532 | 28 | 0.010 | -4,504 | - | |
| | 200년 | 4,937 | 31 | 0.010 | -4,906 | - | |
| 형산2 | 20년 | 2,329 | 30 | 0.010 | -2,299 | - | |
| | 30년 | 2,470 | 38 | 0.020 | -2,431 | - | |
| | 50년 | 2,624 | 47 | 0.020 | -2,577 | - | |
| | 80년 | 2,769 | 53 | 0.020 | -2,715 | - | |
| | 100년 | 2,917 | 28 | 0.010 | -2,889 | - | |
| | 200년 | 3,177 | 31 | 0.010 | -3,146 | - | |

## 마. 투자우선순위 결정

본 투자우선 순위 결정은 '치수사업 경제성분석 방법 연구(2004, 건설교통부)' 에서 제시한 다기준의사결정법(Multi-Criteria Decision Marking) 중 계층화 분석과정(AHP : Analytic Hierarchy Process) 기법을 이용하여 분석하였으며, 자세한 내용은 다음과 같다.

### 1) AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법

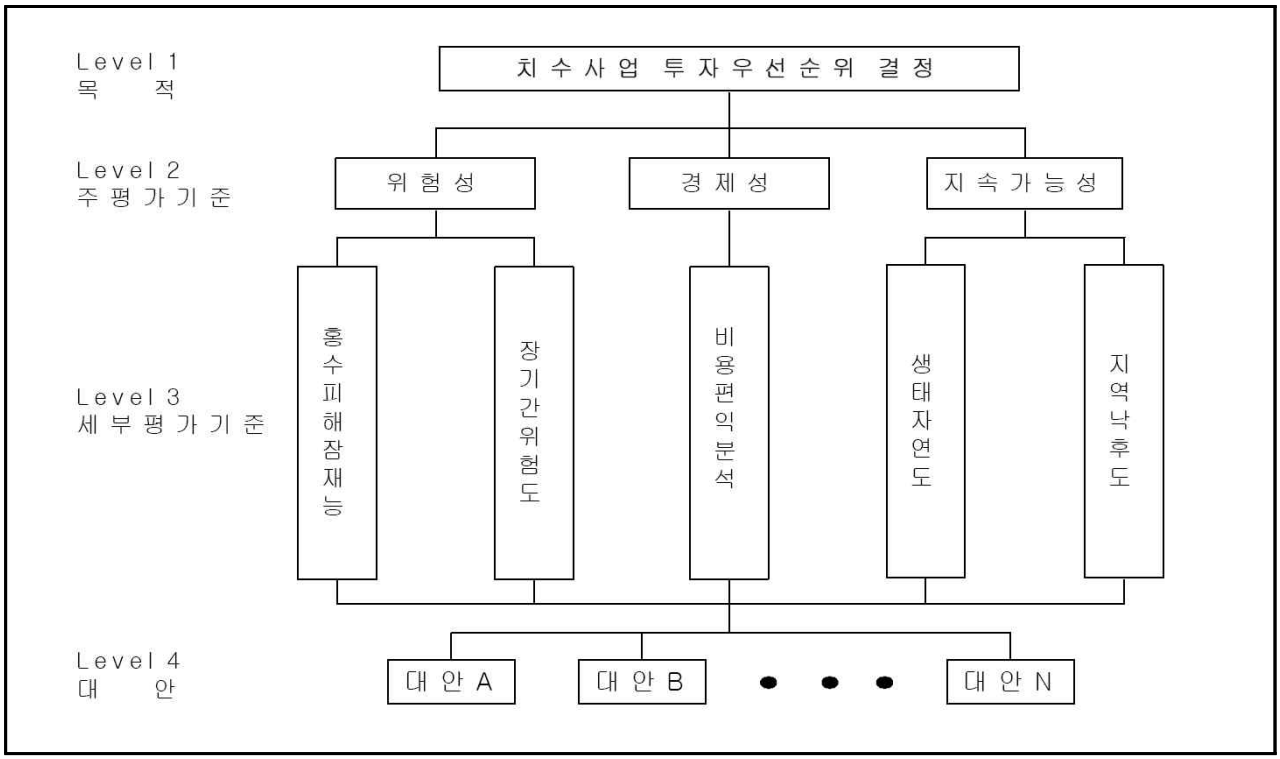
AHP는 의사결정의 전 과정을 다수의 계층(level)으로 설계한 후, 계층별 기준 및 대안들의 중요도를 서로 비교하는 쌍대응비교법(paired comparisons method)에 의해 단계별로 평가함으로써 최종적인 의사결정에 이르는 것을 지원하는 다기준의사결정기법의 하나로, 1970년대 초 Thomas L. Saaty에 의해 개발되었으며, 분석과정은 <그림 8.4-6>과 같다.




**<그림 8.4-6> AHP기법의 분석과정**

### 2) AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법의 평가기준

AHP 기법은 3개의 주평가 기준과 5개의 세부평가기준으로 구분하여 평가한다. 주평가기준은 경제성, 위험성, 지속가능성으로 분류하며, 경제성 기준은 B/C를 위험성 기준은 홍수피해잠재능(PFD : Potential Flood Damage)과 장기간 위험도(long term risk)를 세부평가기준으로 선정하였다. 또한 지속가능성 기준에서는 생태자연도와 지역낙후도를 세부평가기준으로 선정하였으며 AHP 기법에 의한 투자우선순위 계층도는 <그림 8.4-7>과 같고 세부적인 평가기준은 <표 8.4-22>와 같다.




〈그림 8.4-7〉 치수사업 투자우선순위 결정을 위한 계층도

〈표 8.4-22〉 평가기준의 요약

| 주평가기준 | 세부평가기준 | 설 명 |
|---|---|---|
| 1. 경제성 | 1. 비용·편익 분석 | • 사업의 경제적 비용과 효과를 분석<br>• 비용편익분석이 높다는 것은 경제적 효율성이 높다는 것을 의미 |
| 2. 위험성 | 1. 홍수피해 잠재능 | • 지역간 잠재적 홍수피해 취약정도를 평가<br>• 홍수피해 잠재능이 높은 지역은 홍수로 인해 피해를 받을 수 있는 가능성이 높은 지역을 의미 |
| | 2. 장기간 위험도 | • 홍수방어능력 평가로서 어떤 특정 기간 동안 목표수위를 한번 이상 초과할 확률로 평가<br>• 위험도가 높을수록 범람의 위험이 높은 지역 |
| 3. 지속가능성 | 1. 생태자연도 | • 생태적 지속가능성을 평가하기 위한 지표로서 하천의 자연성와 주변생태적 가치를 평가 |
| | 2. 지역낙후도 | • 사회적 지속가능성을 평가하기 위한 지표로서 각 지역의 낙후도를 상대 평가<br>• 지역균형개발 측면에서의 사업의 필요성 |

### 가) 경제성

경제성 항목은 전통적으로 가장 중요하게 취급되는 평가기준으로 사업들의 비용과 효과를 분석하여, 투자의 최적화를 기하고 우선순위를 정할 객관적인 기준의 하나이다. 본 분석에서 경제성 항목은 편익・비용비(B/C)를 이용하여 분석하였다.

### 나) 위험성

수자원 사업과 같은 대규모 투자사업은 1차적으로 경제적 효율성이 판단 기준이 되지만 공공성이 강한 측면으로 인해 형평성을 고려하지 않을 수 없다. 즉, 홍수로 인한 피해의 가능성이 높은 지역에 대해서는 지리적 위치나 경제적 또는 정치적 능력에 상관없이 기본적으로 국가가 보장해 주어야 할 안전은 확보되어야 한다는 것이다. 이에 본 계획에서는 투자우선순위 결정 시 홍수피해 밀도가 높은 피해 중심지역을 고려하기 위하여 홍수피해잠재능과 장기간위험도를 세부평가 기준으로 선정하였다.

#### (1) 홍수피해잠재능

'수자원장기종합계획(2000.12, 건설교통부)'에서 사용된 홍수피해잠재능을 이용하여 분석하였다.

#### (2) 장기간 위험도

장기간 위험도는 특정기간 $n$동안 정해진 용량을 한 번 이상 초과할 확률로 정의되며, 장기간 위험도 산정식은 아래와 같다.

$$R = 1-[1-P(X \geq x_{Capacity})]^n$$

여기서 $P(X \geq x_{Capacity})$는 확률변수 $X$(최대수위 또는 유량)가 특정용량를 초과할 확률을 가리키고, $R$은 $n$기간 동안 특정용량를 초과하는 사상 $X$가 한 번 이상 발생할 확률을 나타낸다.

### 다) 지속가능성

수자원 관리에서의 지속가능성이란 생태적 지속성, 사회적 지속성, 경제적 지속성으로 나눌 수 있다. 본 계획에서는 생태적 지속가능성을 평가하기위한 항목으로 환경부의 생태자연도 등급을 이용하였으며, 사회적 지속가능성의 평가를 위해서는 한국개발연구원(KDI, Korea Development Institute)에서 예비타당성 평가를 위해 개발한 지역낙후도

지수를 이용하였다. 그러나 경제적 지속성은 경제성 기준과 그 내용이 중복되기 때문에 지속가능성 기준에서는 생략하였다.

### (1) 생태자연도

생태자연도는 일정지역에 대하여 자연경관 및 생물상의 희귀성, 고유성, 풍부성 및 지역대표성을 고려하여 각각의 생태계(산림, 하천, 도시, 농지, 호소, 해양)에 대한 가치를 등급화 한 것으로 '자연환경보전법'에 따라 1~3등급으로 구분하여 1/25,000축척의 지도에 그 분포상황을 주제도로 표현한 것이다. 생태자연도의 구분기준은 <표 8.4-23>과 같다.

**<표 8.4-23> 생태자연도 등급기준**

| 생태자연도 등급 | 기 준 (자연환경보전법 제 34조) |
|---|---|
| 1등급 | • 멸종위기야생종·식물 또는 보호야생동·식물의 주된 서식지·도래지 및 주요 이동통로가 되는 지역<br>• 생태계가 특히 우수하거나 경관이 수려한 지역<br>• 생물의 지리적 분포한계에 위치하는 생태계 지역 또는 주요식생의 유형을 대표하는 지역<br>• 생물다양성이 특히 풍부한 지역<br>• 자연원시림 또는 이에 가까운 산림 및 고산초원<br>• 자연상태 또는 이에 가까운 하천·호소·강하구·갯벌 및 해양 |
| 2등급 | • 1등급 기준에 준하는 지역으로서 장차 보전의 가치가 있는 지역<br>• 1등급 권역의 외부지역 |
| 3등급 | • 1등급 권역, 2등급 권역 및 별도관리지역으로 분류된 지역외의 지역<br>• 개발 또는 이용의 대상이 되는 지역 |
| 별도관리지역 | • 산림법 제67조제1항의 규정에 의한 천연보호림<br>• 자연공원법 제2조제1항의 규정에 의한 자연공원<br>• 문화재보호법 제6조의 규정에 의하여 천연기념물로 지정된 지역<br>• 조수보호 및 수렵에 관한 법률 제4조제1항의 규정에 의한 조수보호구<br>• 국토이용관리법시행령 제7조제2호의 규정에 의한 수산자원보전 |

【주】 자료 : 제2차 자연환경종합 GIS-DB 구축사업 완료보고서(2002, 환경부)

### (2) 지역낙후도

지역낙후도는 국토의 균형적 발전을 고려하기 위한 기준으로, 본 계획에서는 한국개발연구원(KDI)에서 예비타당성 평가를 위해 개발한 지역낙후도 지수를 이용하였다. 지역낙후도의 산정지표는 <표 8.4-24>와 같다.

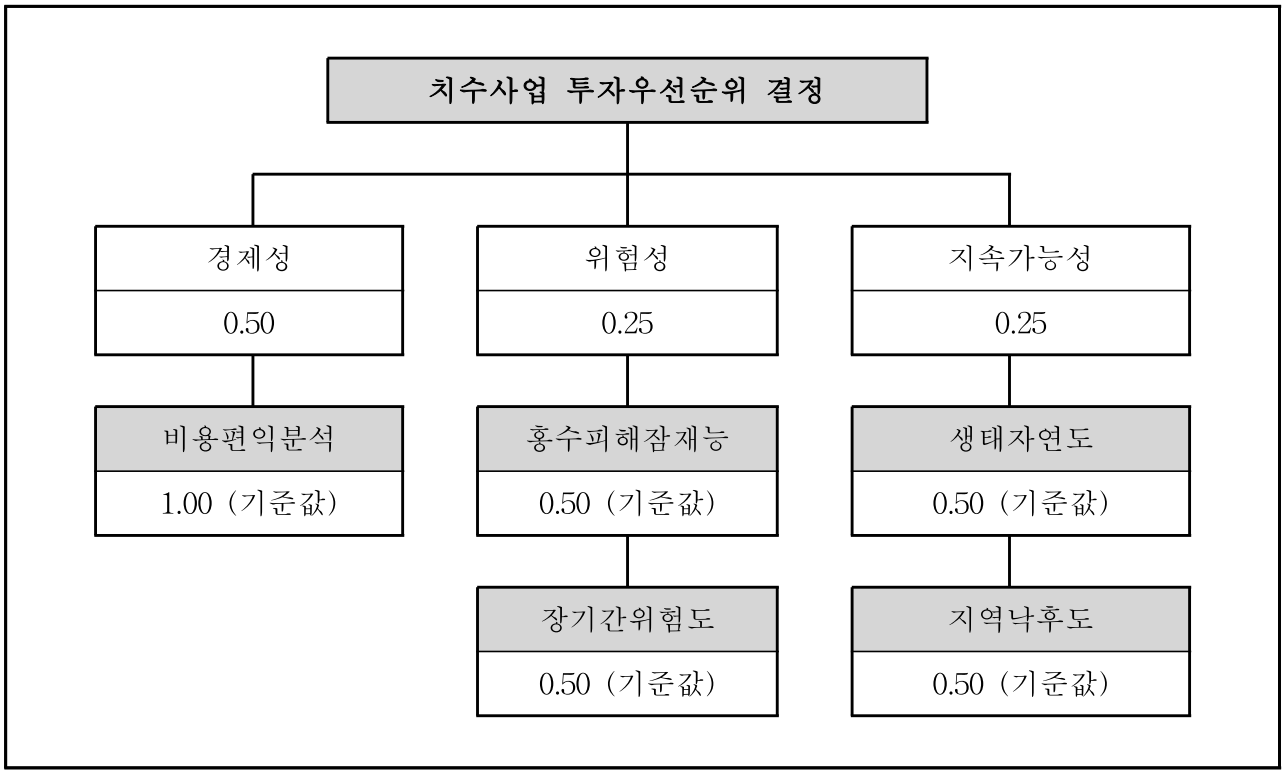
<표 8.4-24> 지역낙후도 선정지표

| 부 문 | 지표항목 | 측 정 방 법 | 자 료 출 처 |
|---|---|---|---|
| 인 구 | 인구증가율 | 최근 5년간 연평균 인구증가율 | 통계청, 시·군·구 주요통계지표 |
| 산 업 | 제 조 업 종사자비율 | (제조업종사자수/인구)×100 | 각 시도, 사업체 기초통계조사 보고서 |
| 지 역 기반시설 | 도 로 율 | (법정도로연장/행정구역면적)×100 | 통계청, 시·군·구 주요통계지표 |
| 교 통 | 승 용 차 등록대수 | (승용차등록대수/인구)×100 | 통계청, 시·군·구 주요통계지표 |
| 보건·사회보장 | 인 구 당 의 사 수 | (의사 수/인구)×100 | 통계청, 시·군·구 주요통계지표 |
| | 노 령 화 지 수 | (65세이상/0-14세 인구)×100 | 통계청, 시·군·구 주요통계지표 |
| 행·재정·기 타 | 재정자립도 | (지방세＋세외수입/일반회계 세입총계)×100 ; 최근 3년간 평균 | 행정자치부, 지방재정연감 |
| | 도 시 적 토지이용 비 율 | 지목상(대지＋공장용지＋학교용지)/ 행정구역 면적] ×100 | 한국감정원, 지적통계연보 |

【주】 자료 : 수자원(댐)부문사업의 예비타당성조사 표준지침 연구(제3판)(2003, 한국개발연구원)

### 3) 가중치의 산정

각 항목별 가중치는 기존의 연구사례 등을 종합적으로 고려하여 경제성과 위험성 및 지속가능성에 대해 각각 0.5 : 0.25 : 0.25씩 가중치를 부여하였다. 또한 위험성의 세부기준인 홍수피해 잠재능과 장기간 위험도는 각각 위험의 효율성과 위험의 형평성을 나타낸다고 할 수 있어 이 두 가지 기준의 중요도에 대한 차별성을 명확하게 구분하기 어려워 동일하게 부여하였다. 지속가능성의 세부기준인 생태자연도와 지역낙후도는 각각 생태적 지속성과 사회적 지속성을 나타내는 기준으로 각각 동일하게 가중치를 부여하였다. 최종적으로 결정된 각 항목별 가중치는 <그림 8.4-8>과 같다.




<그림 8.4-8> 사전가중치의 부여

### 4) 투자우선순위 선정

본 구수천내 개수계획에 대해 상기의 방법에 의해 산정한 AHP(Analytic Hierarchy Process) 기법을 이용하여 투자우선순위를 결정하였다. AHP 방법의 각 항목별 지수는 경제성 지표의 경우 본 분석한 B/C를 이용하여 분석하였고, 장기간 위험도는 본 대상계획 빈도인 80년의 연초과확률을 이용한 장기위험도를 산정하였다. 또한 생태자연도는 환경부의 국토환경지도를 이용하여 분석하였고, 지역낙후도는 한국개발연구원(KDI, Korea Development Institute)에서 예비타당성 평가을 위해 개발한 지역낙후도 지수를 이용하였다.

투자우선순위 산정결과 <표 8.4-25> 및 <표 8.4-26>에서 보는 바와 같이 본 대상사업이 동일한 지역에 위치하여 대부분의 항목이 동일하게 산정되었으며, B/C만 다른 것으로 나타났다. 따라서 사업의 투자우선순위는 경제성지표인 B/C에 의해서 결정되었다.

### <표 8.4-25> 지구별 가중치 산정결과

| 지구명 | 연장 (m) | 사업비 (백만원) | 경제성 B/C | 위험성 | | 지속가능성 | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 홍수피해 잠재능 | 장기간 위험도 | 생태 자연도 | 지역 낙후도 | |
| 보축1 | 200 | 129 | 3.100 | 0.4908 | 0.634 | 3등급 | -0.680 | 080년 |
| 보축2 | 260 | 218 | 0.990 | 0.4908 | 0.634 | 3등급 | -0.680 | " |
| 보축3 | 85 | 61 | 0.490 | 0.4908 | 0.634 | 3등급 | -0.680 | " |
| 보축4 | 70 | 2,389 | 0.020 | 0.4908 | 0.634 | 3등급 | -0.680 | " |
| 보축5 | 56 | 1,574 | 0.030 | 0.4908 | 0.634 | 3등급 | -0.680 | " |
| 화폭1 | 175 | 1,813 | 0.020 | 0.4908 | 0.634 | 3등급 | -0.680 | " |
| 확폭2 | 200 | 3,302 | 0.010 | 0.4908 | 0.634 | 3등급 | -0.680 | " |
| 확폭3 | 295 | 3,403 | 0.010 | 0.4908 | 0.634 | 3등급 | -0.680 | " |
| 형산1 | 100 | 3,132 | 0.010 | 0.4908 | 0.634 | 3등급 | -0.680 | " |
| 형산2 | 125 | 1,607 | 0.020 | 0.4908 | 0.634 | 3등급 | -0.680 | " |

### <표 8.4-26> 지구별 투자우선순위 평가결과

| 지구명 | 경제성 지표 B/C (0.5) | 위험성지수 | | 지속가능성지수 | | 합계 | 투자 우선 순위 | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 홍수피해 잠재능 (0.125) | 장기간 위험도 (0.125) | 생 태 자연도 (0.125) | 자 역 낙후도 (0.125) | | | |
| 보축1 | 0.303 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 0.652 | 1 | |
| 보축2 | 0.273 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 0.636 | 2 | |
| 보축3 | 0.242 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 0.621 | 3 | |
| 보축4 | 0.121 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 0.561 | 5 | |
| 보축5 | 0.212 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 0.606 | 4 | |
| 화폭1 | 0.121 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 0.561 | 6 | |
| 확폭2 | 0.030 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 0.515 | 9 | |
| 확폭3 | 0.030 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 0.515 | 8 | |
| 형산1 | 0.030 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 0.515 | 10 | |
| 형산2 | 0.121 | 1.00 | 1.000 | 1.00 | 1.000 | 0.561 | 7 | |

구수천의 경우, 산지가 많아 배후지면적이 협소한 지형 특성으로 인해 지구별 편익이 낮게 산정되어, 이로 인해 B/C가 1보다 작아 경제성이 없는 것으로 나타났다.

그러나, 치수사업의 시행은 공공의 이익 및 국민의 생명보전과 관련이 있음을 고려할 때 그 시행여부를 경제성지표로만 판단하여 사업성이 충족되는 지구만에 대해서만 시행하는 것은 바람직하지 못한 것으로 판단되는 바, 향후 치수사업 시행 시 본 분석자료를 기초로 하되, 현장여건에 부합하도록 변화된 여건을 반영하여 재검토 하여야 한다. 또한, 본 사업지구 선정시 제외된 지구도 향후 사업여건의 변화 및 주민들의 요구에 의해 사업시행이 필요할 수 있으므로, 치수사업 시행시 사업계획에서 제외된 지구들에 대해서도 변화된 여건 등을 감안하고, 특히 지역주민들의 의견을 충분히 수렴하여 사업시행에 대해 재검토 하여야 할 것이다.

### 5) 단기 및 중장기 투자계획

치수사업 수립시 초기 단계로서 적정 투자규모 및 투자 우선순위를 결정하여 하천 계획 수립시 반영하여야 하며 사업의 시급성과 중요도에 따라 단계적으로 수립하여 실행하여야 한다.

단기계획으로 피해가 우려되는 우선 지구의 개수계획을 수립하여 하천공사를 시행토록 하며 단계적으로 배수 구조물의 용량 개선과 교량 능력 검토에서 나타난 문제점들을 보수·개축시 조치할 수 있도록 하여야 한다.

장기적으로는 하천 구조물을 포함한 하천 시설물의 데이타베이스화 등을 통한 체계적인 관리가 될 수 있도록 하고, 하천 환경의 조사, 연구를 통한 지속적인 관심으로 수환경 관리 대책을 수립 시행함으로서 이·치수를 비롯하여 하천 환경을 포함한 종합적인 관리가 될 수 있도록 계획을 수립해야 할 것이다.

본 구수천의 개수계획에 필요한 사업비 및 유지보수에 포함되는 구조물 계획에 소요되는 사업비 총 금액은 18,605백만원으로 추정된다.

**<표 8.4-27> 소요사업비**

| 하천명 | 계 획 시 설 물 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 축제공 | 호안공 | 구조물공 | 보상비 | 기타 | 총사업비 |
| 구수천 | 460 | 244 | 8,366 | 63 | 9,469 | 18,605 |

【주】 자료 : 소요사업비 자세한 내용은 부록 10장 참조

# 9

# 하천의 환경에 관한 사항

9.1 수환경의 보전계획

9.2 환경영향검토

# 제 9 장 하천의 환경에 관한 사항

## 9.1 수환경의 보전계획

### 9.1.1 기본방향

수환경 보전의 기본방향은 하천수의 수량 및 수질을 종합적으로 관리할 수 있는 기본구상, 하천시설물 관리, 수환경 개선사업 실시에 관한 기본적인 사항 등을 설정하는 것을 말하며, 하천유지유량의 유지·관리, 하천자정 기능의 증진, 기타 수량확보 및 수질개선 등과 관계되는 사항에 대한 기본방향을 설정해야 하며, 이를 위하여 오염원의 유입차단을 위한 계획, 수량확보계획, 수질정화계획 등에 대한 일반현황과 계획을 설정하였다.

### 9.1.2 수환경 보전계획 목표설정

수환경 보전을 위한 계획의 목표는 크게 수량 및 수질에 대한 목표설정으로 대별된다. 수량에 대한 목표는 친수성, 경관, 생태계 측면 등 각각에 대해 필요한 유량을 파악하고, 확보방안 등을 고려하여 하천의 정상적인 기능을 유지할 수 있도록 설정하는 하천유지유량을 목표로 설정해야 한다.

수질에 대한 목표는 지역의 상황을 고려하여 환경부가 고시한 목표수질 등을 파악하고 또한 일반적인 하천기준에 적합한 특히 생태계 서식에 적합한 공간과 물놀이 등 친수측면을 고려해야 하며, 이를 위하여 현재의 수질현황 및 장래수질을 예측하여 각종 하천 수질개선을 위한 방안 및 대책을 수립해야 한다.

#### 가. 수량관리

##### 1) 수량관리 목표설정

우리나라는 홍수기와 비홍수기의 구별이 뚜렷이 되는 관계로 하천은 홍수와 갈수의 위험이 상존하고 있으며, 하천수질을 보호하는 문제와 함께 하천수량 및 홍수조절, 계절적 수량관리, 물의 이용문제 등 전반적인 관리체계가 종합적으로 검토되어야 한다.

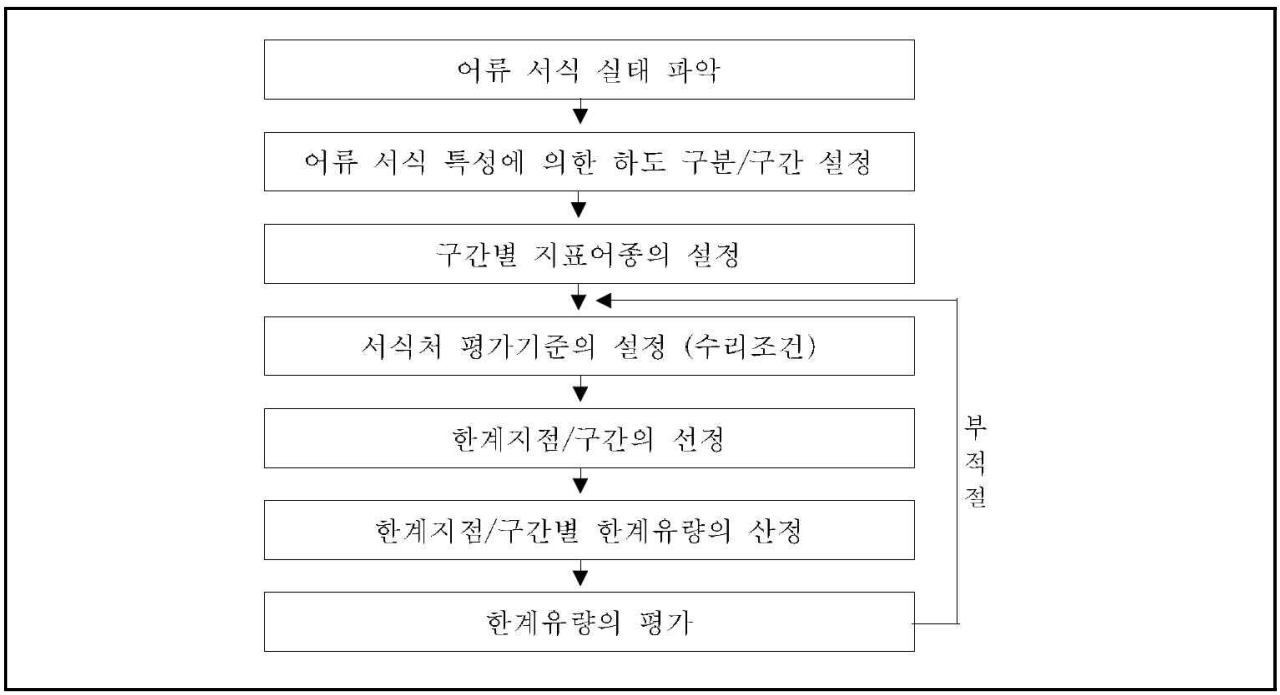
또한 연간 강수량의 약 70~80%가 우기인 6월~9월 사이에 집중적으로 내리는 강수량의 조절이 불가능하다고 본다면, 저수관리를 통한 적정 수량의 확보 및 관리방안이 필요할 것으로 예상된다.

### 2) 하천유지유량 적용기준

하천유지유량은 하천의 유지관리상 주요한 지점에서 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 필요한 유량으로 자연적인 요인인 평균갈수량과 인위적인 요인인 환경보전유량 중에서 값이 큰 유량을 설정하며, 이는 하천의 정상적인 기능 및 상태를 유지하기 위하여 수요와 공급의 두가지 측면을 만족하는 유량을 말한다.

#### 가) 하천생태계를 고려한 필요유량

하천유지유량과 관련하여 하천 생태계의 대표 생물종으로서 어류를 선택한다. 그 이유는 기본적으로 어류는 하천생태계 중에서 고등동물이며 먹이연쇄의 상위에 있고, 인간의 친수활동이나 하천 여가활동과 밀접한 관계가 있으며, 생태학적으로 수생곤충이나 기타 하천에서 서식하는 작은 동물은 어류와 관계가 밀접하고, 사회적으로 어류의 존재 및 복원 여부는 하천 생태계의 중요한 지표로 여겨지고 있으나, 본 구수천의 생태현황조사시 적은 종수가 조사되었고, 논농사를 짓는 구간을 흐르는 하천으로 금회 구수천은 대표종을 선정하는데 무리가 있어 대표어종을 선정하지 않았다. <그림 9.1-1>은 어류 서식처를 고려한 하천유지유량 설정순서를 나타내었으며, <표 9.1-1>~<표 9.1-2>는 대표어종과 대리어종 일람표와 대표어종의 서식처 수리조건을 나타내었다.




【주】 자료 : 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용(1995.5, 한국수자원공사)

**<그림 9.1-1> 어류서식처를 고려한 하천유지유량 설정순서**

## <표 9.1-1> 대표어종과 대리어종의 일람표

| 구분 / 어종 | 대표 어종 | 대 리 어 종 | 하 천 유 형 (생태적 분포) |
|---|---|---|---|
| 열 어 목 | 독중개(59) | 열목어(110), 산천어(113) | 산지 계류형 |
| 버 들 치 | 버들치( 4) | 금강모치(36), 종개(37), 버들개(39) | 산지 계류형 |
| 갈 겨 니 | 갈겨니( 3) | 참마자(20), 쉬리(21), 꺽지(28), 퉁가리(41), 은어(42), 배가사리(44), 자가사리(45) | 중간 계류형 |
| 피 라 미 | 피라미( 1) | 돌마자(5), 긴몰개(10), 돌고기(11), 모래무지(13), 동사리(16), 누치(22), 끄리(31) | 중 류 형 |
| 붕 어 | 붕 어( 2) | 참붕어(8), 왜몰개(12), 치리(15), 송사리(24), 잉어(40) | 평지 하류형 |
| 웅 어 | 밀 어(14) | 꾹적(34), 웅어(35), 검정망둑(43) | 기수 구역형 |

【주】( )안의 숫자는 우리나라에서 출현빈도에 따른 민물고기 서열임.

## <표 9.1-2> 대표어종의 서식처 수리 조건

| 항목 / 이름 | 수 심 (㎝) | | | 유 속 (㎝/sec) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 산 란 | 치 어 | 성 어 | 산 란 | 치 어 | 성 어 |
| 산 천 어 | 9~10 (20~40) | 봄~가을 (10~20) | 봄~가을 (30~100) | 10~40 | *20~40 | 30~120 |
| 둑 중 개 | 4 ~ 5 (20~30) | 봄~가을 (20~30) | 봄~가을 (30~60) | *10~30 | 20~50 | 30~120 |
| 열 목 어 | 3 ~ 4 (20~30) | 봄~가을 (20~30) | 봄~가을 (30~120) | *10~30 | 20~50 | 30~120 |
| 버 들 치 | 4 ~ 5 (10~20) | 여름~가을 (20~30) | 봄~가을 (30~50) | *10~30 | 20~40 | 30~120 |
| 버 들 개 | 4 ~ 5 (10~20) | 여름~가을 (20~30) | 봄~가을 (30~50) | *10~30 | 20~30 | 30~100 |
| 금강모치 | 4 ~ 5 (10~30) | 여름~가을 (20~30) | 봄~가을 (30~80) | *10~20 | 20~30 | 30~100 |
| 종 개 | 4 ~ 5 (10~30) | 여름~가을 (10~20) | 봄~가을 (20~60) | *10~20 | 10~20 | 30~100 |
| 갈 겨 니 | 5 ~ 7 (5~30) | 여름~가을 (10~20) | 봄~가을 (20~50) | 5~10 | 20~30 | 30~80 |
| 참 마 자 | 5 ~ 7 (10~30) | 여름~가을 (10~20) | 봄~가을 (20~40) | 5~10 | 20~30 | 30~70 |
| 쉬 리 | 5 ~ 7 (10~30) | 여름~가을 (20~30) | 봄~가을 (20~50) | 10~20 | 20~30 | 30~80 |
| 꺽 지 | 5 ~ 6 (10~30) | 여름~가을 (20~50) | 봄~가을 (30~100) | 10~20 | 20~30 | 30~80 |
| 퉁 가 리 | 5 ~ 6 (10~30) | 여름~가을 (20~50) | 봄~가을 (30~100) | 10~20 | 20~30 | 30~80 |
| 은 어 | 9 ~ 10 (30~60) | 가을~겨울 (50~150) | 봄~여름 (20~50) | 10~30 | 30~40 | 30~50 |
| 배가사리 | 5 ~ 6 (10~30) | 여름~가을 (20~50) | 봄~가을 (30~50) | 10~20 | 30~40 | 30~60 |

## <표 9.1-2> 대표어종의 서식처 수리 조건(계속)

| 항목 / 이름 | 수심 (cm) | | | 유속 (cm/sec) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 산란 | 치어 | 성어 | 산란 | 치어 | 성어 |
| 자가사리 | 6 ~ 8<br>(5~30) | 여름~가을<br>(20~50) | 봄~가을<br>(30~50) | 10~20 | 20~30 | 30~80 |
| 피라미 | 4 ~ 5<br>(10~20) | 여름~가을<br>(10~30) | 봄~가을<br>(20~50) | 10~10 | 10~20 | 30~60 |
| 돌마자 | 6 ~ 8<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(20~50) | 5~10 | 10~10 | 30~60 |
| 모래무지 | 5 ~ 6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~30) | 봄~가을<br>(20~50) | 5~10 | 10~20 | 30~50 |
| 동사리 | 4 ~ 5<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(20~50) | 10~20 | 20~30 | 30~50 |
| 긴몰개 | 5 ~ 6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~30) | 봄~가을<br>(20~50) | 10~20 | 20~30 | 30~50 |
| 돌고기 | 5 ~ 6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~30) | 봄~가을<br>(20~50) | 10~20 | 20~30 | 30~50 |
| 누치 | 5<br>(20~70) | 여름~가을<br>(10~50) | 봄~가을<br>(30~200) | 10~20 | 20~30 | 30~50 |
| 끄리 | 5 ~ 6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~50) | 봄~가을<br>(30~200) | 10~20 | 20~30 | 30~50 |
| 붕어 | 5 ~ 6<br>(20~50) | 여름~가을<br>(10~40) | 봄~가을<br>(30~200) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 참붕어 | 5 ~ 6<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(30~50) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 왜몰개 | 5 ~ 6<br>(10~20) | 여름~가을<br>(10~30) | 봄~가을<br>(20~50) | 5~20 | 10~15 | 20~30 |
| 치리 | 6 ~ 7<br>(20~40) | 여름~가을<br>(20~60) | 봄~가을<br>(30~100) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 송사리 | 5 ~ 7<br>(10~20) | 여름~가을<br>(5~50) | 봄~가을<br>(30~50) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 잉어 | 5 ~ 6<br>(20~40) | 여름~가을<br>(10~50) | 봄~가을<br>(30~100) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 밀어 | 5 ~ 7<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(30~50) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 꾹저구 | 5 ~ 7<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~20) | 봄~가을<br>(20~50) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 웅어 | 4 ~ 5<br>(10~30) | 가을~겨울<br>(30~200) | 봄~여름<br>(30~200) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |
| 검정망둑 | 5 ~ 7<br>(10~30) | 여름~가을<br>(10~50) | 봄~가을<br>(30~50) | 5~10 | 10~20 | 20~30 |

【주】 1. *는 추정치임 2. 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용(1995.5, 한국수자원공사, p209)

어류서식 환경은 여울과 웅덩이 등의 하천상태, 어류와 관련된 유속, 수심, 하상재료, 어류의 이동, 하천수질조건으로 수온, 용존산소, pH, 생물화학적 산소요구량등이 고려되어야 하나 여기서는 수량과 가장 관계가 있는 유속과 수심조건만 고려하여 유지유량을 산정하였으며 생태계를 고려한 하천유지용수량 산정기준은 다음과 같다.

**<표 9.1-3> 생태계를 고려한 하천유지용수량 산정기준**

| 구분 | 유지용수량 산정기준 | 비고 |
|---|---|---|
| 수면폭 | 하천경관에 필요한 수면폭을 적용한다. | |
| 유속 | 어느 정도 흐름을 확보할 수 있는 0.2m/sec를 적용한다. | |
| 수심 | 피라미 등이 살 수 있도록 최소 0.1m는 보장이 필요하다. | |

### 나) 하천경관을 고려한 필요유량

하천경관을 고려한 필요유량이란 하천의 주요지점에서 경관을 유지하고 하천변에 접근하는 사람으로 하여금 정서적으로 풍부하고 안정된 심적 감정을 갖도록 하는 유량으로 한국건설기술연구원과 일본 건설성등에서 제시한 수면폭(W)과 하폭(B)의 비 (W/B ≥0.2)를 기준으로 결정하였으며, 하천경관을 고려한 하천유지용수량 산정기준은 다음과 같다.

**<표 9.1-4> 하천경관을 고려한 하천유지유량 산정기준**

| 구 분 | 유지용수량 산정기준 | 비 고 |
|---|---|---|
| 수면폭 | 유량이 많고 적음에 대한 느낌은 수면이 차지하는 비율등 대상간의 비율과 대상공간의 점용률에 의한다. 이때 공간비율의 지표로써 수면폭(W)과 하천폭(B)의비(W/B)를 들 수있다. 유량감을 느낄 수 있는 최소비율은 하천폭의 20%이다. | |
| 유속 | 삼성동의 도시지역을 관류하는 하천같은 경우 느긋한 흐름의 경관이 바람직하며 어느 정도의 흐름을 느낄 수 있는 0.2m/sec의 유속이 적당하다. | |
| 수심 | 평균수심으로 0.1m를 확보한다. | |

【주】 자료 : 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용(1995.5, 한국수자원공사)

### 3) 하천유지유량

하천마다의 상류 또는 하류에 어울리는 이미지가 다르기 때문에 경관에서 본 적절한 유속 또는 최저한의 유속을 제시하기는 곤란하다. 일반적으로 유속의 크기에 따른 흐름의 느낌 상태는 <표 9.1-5>와 같다. 따라서 대표어종의 최소유속 요구조건인 0.3m/sec 이상으로, 최소한 흐르는 모습을 알 수 있을 정도로 설정하였다.

**<표 9.1-5> 유속에 따른 흐름의 느낌 상태**

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

## 나. 수질관리

### 1) 수질관리 목표설정

환경정책기본법 제10조(환경기준의 설정)는 “정부는 국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경을 조성하기 위하여 환경기준을 설정하여야 하며 환경여건의 변화에 따라 그 적정성이 유지되도록 하여야 한다.”라고 정의되어 있으며, 환경부 고시 제 2006-227호(중권역 수질 및 수생태계 목표기준과 달성기간)에 명시된 하천의 적용등급을 고려한 계획대상 하천의 목표 수질을 금국천 환경부 수질기준은 없으나, 중권역명인 부남 방조제는 약간 좋음(Ⅱ)등급으로 설정되어 있는 바 주위 상황 및 구수천의 장래 물 사용 용도를 고려한 장래 목표수질을 다음 <표 9.1-6>과 같이 설정하였다.

수환경보전을 위한 생태계측면의 요구수질은 지표어종의 관찰이 가능할 수 있게끔 유지될 필요가 있으며, 요구수질은 BOD 기준 3mg/ℓ이하의 수질 확보가 요구된다.

<표 9.1-6> 목표수질(BOD) 설정 (단위:㎎/ℓ)

| 하천명 | 설정 기준 | | | 구 간 | 자 료 분 석 결 과 | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 금회분석자료 | | 과거(환경부) 분석자료 | | |
| | 환경부 | 장래목표 | 수질등급 | | 분석결과 | 수질등급 | 분석결과 | 수질등급 | |
| 구수천 | 2.00 | 2.00 | Ⅰb | 전구간 | 3.14 | Ⅲ | - | - | |

<표 9.1-7> 수질등급별 특성과 지표어종

| 구 분 | 1 등급 | 2 등급 | 3 등급 | 4 등급 |
|---|---|---|---|---|
| B O D | 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 등 | 붕어, 메기 등 | 실지렁이<br>물고기는 없다 |

【주】 자료 : 하천환경관리기법의 비교연구, 1991

### 9.1.3 수량확보 대책

친수유량, 건천화방지유량은 큰 범위에서 하천유지용수로 볼 수 있으며 하천자체유역에서 자연적인 공급능력을 초과할 경우 하천유지유량은 하나의 이상적인 의미에 지나지 않아 유지관리에 현실성이 결여될 수 있기 때문에 하수처리수 재이용, 가동보설치에 의한 수량확보 등과 같은 유량조절시설에 의해 추가공급할 수 있는 가능성을 고려하여 하천유지유량을 확보하도록 하여야 한다.

구수천 유역의 하천유지유량 확보방안은 낙차공을 유지 및 시설보수하여 수량을 확보하는 방안이 도입이 필요할 것이다.

### 9.1.4 수질개선대책

하천수질관리는 현재 오염상태에서 미래에 이르는 오염물질의 평가 및 예측을 통하여 효과적인 수질 개선책이 강구되어야 하며 1차적으로 관련계획인 홍성군의 하수도 및 마을하수도 등의 기초적인 환경기초시설의 지속적인 정비 및 확충을 통한 관거에서의 누출방지, 비점오염원 관리(가축분뇨처리장 및 가축분뇨자원화), 위해성관리(산업폐수), 하수

관거 정비 및 신설, 하수고도처리, 분뇨 처리장 계획 등을 조사하였으며, 미하수처리 구역에서 발생하는 하수의 하천 및 호소내 직접 유입 방지 등을 통한 수질개선대책이 요구되는 실정으로 상류와 연계된 수질개선 방안으로 수계·내외적인 방안 및 정책적인 방안으로 <표 9.1-8>과 같은 방법을 통한 오염 발생원의 저감방안이 수립되어야 할 것으로 판단한다.

**<표 9.1-8> 구수천 유역의 수질개선대책**

| 구 분 | 수질개선 대책 | 세 부 내 용 |
|---|---|---|
| 수계 외적 방안 | 발생원 대책 | · 하수처리시설 신설 및 확충 등 검토<br>- 가정 발생하수의 적정처리 및 정화조 성능 향상<br>- 하수처리의 고도처리<br>· 마을하수 처리계획(홍성군)<br>· 가축분뇨<br>- 처리시스템의 개선 및 적정처리방안 유도<br>· 공장폐수<br>- 폐수발생량 삭감 방안 및 지속적인 지도 계몽<br>· 영업오수(각 지류하천 등)<br>- 음식점 등의 오수처리의 철저한 관리 |
| | 직 접 정 화 | · 하천수역의 관리<br>- 생태계 관리를 통한 자연정화 유도 |
| | 주변환경의 정비 | · 도로 등의 관리<br>- 노면등의 퇴적물 관리<br>· 주변공간의 관리<br>- 환경친화적 경관 보전 및 주변녹화 |
| 수계 내적 방안 | 식생 보호 및 준 설 | · 하천의 자정작용 유도(하도내 식생군락 등 보호)<br>· 지속적인 저질조사 불필요 |
| 정책적 방안 | 환경기준 적용 | · 엄격한 환경기준 적용<br>- 각각의 오염원 배출허용기준 적용 철저 |
| | 계획하천의 관리 | · 계획하천의 관리<br>- 반월천 등 오염이 심한 유입지천 배출오염물질 삭감 유도<br>(음식물쓰레기, 세제, 식용유 등) |
| 계몽 홍보 방안 | 계몽, 홍보를 통한 환경보전활동 | · 하천수질 보전을 위한 지속적 홍보 및 교육(주민설명회 등)<br>· 하천수의 보전/생태계 보전 |

구수천의 실질적인 오염원으로서는 생활계(주거인구, 영업인구, 대지), 축산계 그리고 토지계(전, 답)으로 구분할 수 있다. 이중 구수천 유역의 경우 주거 및 축산활동지역과 농경지 지역으로 구분됨에 따라 구수천유역의 오염물질군을 생활·축산계 오염원과 토지계 오염원으로 구분하여 수질관리개선방안을 제시하였다.

**<표 9.1-9> 구수천 유역의 오염물질군별 수질관리개선방안**

| 구 분 | 오염원 형태 | 오염 주요인 | 수질관리개선방안 |
|---|---|---|---|
| 생활·축산계 오염원 | 생활계 (점·비점오염원) | · 가정쓰레기<br>· 주방세제<br>· 가정오수 | · 하수처리시설 신설 및 확충 등 검토<br>- 가정 발생하수의 적정처리 및 정화조 성능 향상<br>· 유역중 주거지 밀집지역에 마을하수처리시설 설치하여 관리<br>· 쓰레기가 하천에 무단 투기되는 것을 방지(분리수거 및 무단투기 방지 홍보)<br>- 하천내 음식쓰레기 등 투기 금지<br>· 가정 및 영업오수(각 지류하천 등)<br>- 음식점 등의 오수처리의 철저한 관리 |
| | 축산계 (점오염원) | · 축산 분뇨 | · 가축분뇨 처리시스템의 개선 및 적정처리방안 유도<br>· 현재 하천 제내지에 위치하는 축사의 가축분뇨가 강우시 하천으로 직접 유입되는 것을 억제<br>· 가축사육시설 및 오폐수 배출업소는 하천양안으로부터 일정구간 위치제한 |
| 토지계 오염원 | 전·답 (비점오염원) | · 농약 및 비료 | · 도로 등의 관리<br>- 노면 등의 퇴적물 관리<br>· 비료사용량 감소와 유기농업으로 지도 계몽<br>- 농약 살포량 감소 유도<br>- 친환경 농법 및 친환경 유기농자재 사용 장려 |

## 가. 본류 수질개선방안

장래수질예측에서와 같이 하천수질등급 Ⅲ등급 상태의 수질을 장래에도 유지하는 것으로 분석되었다. 따라서 금회 하천목표수질을 유지하기 위해서 장래에 수질개선 대책이 다음 <표 9.1-10>과 같이 제시하고자 한다.

**<표 9.1-10> 수질개선 대책**

| 구 분 | 수질개선 대책 | 세 부 내 용 |
|---|---|---|
| 전 구간 | 하천유지 유량 확보 | · 건천화 방지<br>- 자연적 수량 확보를 위한 산림녹화 및 관리<br>- 기존에 유량확보를 위해 설치된 보 중 보의 기능을 극대화 시킬 필요가 있으며, 생태통로 기능 강화(예, 미설치된 보에 어도 설치 등) |
| | 오염원 조사 | · 장기적인 수질조사<br>- BOD, T-N, T-P 조사를 통한 오염원 처리방안 강구<br>- 생활계, 축산계, 공업계 유입폐수에 대한 총량조사 |
| | 수질보전 | · 수질보전계획<br>- 자연적 가치가 높은 하중도, 여울 및 소 보호<br>- 하천 주변에서의 취사행위 금지<br>- 식생이 밀집되어 있는 구간은 생물의 서식처가 파괴되는 것을 차단함<br>- 하천 유지 유량 및 수질개선을 위해서 하천제외지에 수질정화 방법 도입(예, 자리코를 이용한 수질정화방법 도입) |
| | 오염원 관리강화 | · 주변 오염원 관리강화<br>- 적정시비와 농경지로부터 하천으로 유입되는 토사의 유출을 최소화하기 위한 완충지대의 조성<br>- 수변부에 간이 위락시설의 설치를 규제하고 가능한 제방을 중심으로 하천 반대방향으로 설치토록 유도<br>- 쓰레기가 하천에 무단 투기되는 것을 방지<br>- 현재 하천 제내지에 위치하는 축사의 가축분뇨가 강우시 하천으로 직접 유입되는 것을 억제함 |
| | 주변경관의 관리 | · 하천변 도로 등의 관리<br>- 제방 겸용 도로의 노면 퇴적물의 철저한 관리 |

## 나. 지류 수질개선방안

하천 주변에 농경지가 대부분 조성되어 있어 농사철에 일시적으로 농경지로부터의 다량의 영양염을 함유한 배출수가 유입될 수 있음.

수질은 계절적인 영향으로 나쁜 상태의 수질을 나타낼 수도 있으며, 하도내 식생밀집지역이 여러 구간에서 조사되어 자정작용이 일어나는 것으로 나타남.

## 다. 소규모 축산농가 수질개선방안

### (1) 축산분뇨 처리방법 비교

- 축산분뇨처리 시설비를 기준으로 축산분뇨 처리방법별 비용을 비교하면 토양침투법, 저장액비법(500~1,000두), 산화구법, 활성오니법, 살수여상법의 순으로 시설비가 낮게 나타나고 있음.
- 활성오니법과 살수여상법의 운영에는 유지관리비가 많이 들어가며, 토양침투법이나 산화구법은 지역특성에 따라 사용할 수 있는 국부적인 방법이므로 일반적으로 돼지 1,000두 미만의 경우에는 저장액비법을 사용하는 것이 경제적인 것으로 나타났음.
- 분처리방법으로는 매입처분법보다 퇴비화법이 경제적이나, 분처리방법의 선정시에는 악취 발생 우려, 분의 수요 여부를 고려해야 할 것임.

### (2) 영세 양축농가의 축산분뇨 처리방법

- 저장액비화방법, 퇴비화방법, 토양침투방법, 살수여상방법, 매립처분방법, 산화구방법 등 6가지 처리방법의 가축분뇨정화시설 설치
- 양축농가의 입장에서는 처리방법의 선택에 시설비가 큰 영향을 미치게 되는데, 6가지 표준처리방법은 비용부담이 크고 유지관리가 비교적 까다롭기 때문에 실제로 적용하기가 어려운 형편임.
- 영세양축농가에 적절한 축산분뇨 관리방법으로 분뇨를 저장하였다가 경지에 살포하는 것을 목적으로 하는 분뇨탱크, 일종의 저장액비화방법인 간이저장조, 그리고 미생물의 활동을 이용한 톱밥 발효돈사 등이 있음.
- 이외에 영세양축농가가 사용할 수 있는 축산분뇨 처리방법으로는 퇴비화방법을 들 수 있음.

- 현재 소규모양축농가(법규제규모 이하 양축농가)에서 많이 사용하고 있는 축산분뇨 처리방법은 간이저장조이며, 양돈농가의 경우 톱밥발효돈사를 설치하는 농가가 점차 늘어나고 있음.
- 영세양축가의 축산분뇨처리시설 설치비용은 퇴비사 설치비용이 가장 낮고, 다음이 간이저장조의 순으로 나타났으며, 톱밥발효돈사의 경우 축함개조 및 신축에 따른 추가비용 때문에 설치비용이 가장 높게 나타나고 있음.
- 축사신·개축에 대한 표준설계도가 제시되지 않고 있어 축사시설면적이 동일하더라도 축사구조나 톱밥발효상의 형태에 따라 톱밥발효돈사의 설치비용이 큰 차이를 나타내고 있음.
- 한편, 뇨처리방법이나 분처리방법은 뇨폐수나 축분에 대한 개별적인처리만을 대상으로 하기 때문에 실제로 양축가는 분처리비용과 뇨처리비용을 동시에 부담해야 하는데, 이 경우 양축가의 축산분뇨 처리비는 앞에서 개별적으로 제시한 비용보다 높아지게 됨.
- 최근에 기술이 보급되어 부분적으로 사용하고 있는 톱밥발효돈사의 경우 분이나 뇨의 개별적인 처리방법보다 비용은 다소 많이 들지만 축산분뇨를 가장 효과적으로 처리할 수 있는 방법임.
- 그러나 축사의 표준적인 설치기준, 톱밥발효상의 관리문제 등이 아직 확립되지 않은 상태이다. 비용측면에서 영세양축농가가 우선적으로 설치해야 할 축산분뇨 처리시설은 퇴비함이며, 퇴비사 설치사업과 함께 간이저장조, 톱밥발효돈사 설치를 유도해야 할 것으로 판단됨.
- 특히 축산분뇨를 엄격히 관리할 필요가 있는 상수보호구역, 상수원보호 특별대책지역 등에는 톱밥발효돈사 설치를 권장함.

### (3) 구수천 유역 축산농가 수질저감방안

- 소규모 축산농가에 대한 계몽 등에 의한 수질저감
- 시설 미비시 경제성이 있는 처리시설 교체 및 신축 지원
- 신규 축산농가 설치시 하천과 이격된 건축 허가

## 9.2 환경영향 검토

### 9.2.1 환경영향예측 및 저감대책

#### 가. 수환경(수질)

##### 1) 환경영향예측

본 사업시행으로 인해 하천에 미치는 영향을 QUAL2E 모델을 이용하여 2025년까지 하였으며, 구수천 전구간은 하수미처리구역으로 장래에 현재와 비슷한 BOD농도가 예상됨.

##### 2) 저감방안

###### 가) 공사시기 조절

- 단계적 공사실시 또는 어류의 산란기를 제외한 기간을 선택하여 공사실시
- 강우시 절,성토 사면 비닐덮개 및 도수로 설치
- 오탁 방지막 설치

###### 나) 하천 수질개선방안

- 생태학적 보전가치가 높은 구간은 식생밀집지역 보전 및 수초대 조성, 오염원 관리 강화, 자리코 등을 이용한 하천수질 정화

#### 나. 토지환경(지형·지질)

##### 1) 사업시행을 인한 영향예측

###### 가) 지형변화

구수천 하천정비사업시행시 지형변화는 불가피하며 「구수천 하천정비기본계획」의 하천별 개수계획시 본 사업의 목적에 부합되는 범위에서 그 변형을 최소화하기 위하여 기존 하천의 자연선형을 최대한 활용하였고, 직강화는 계획하지 않았으므로 개발계획에 따른 지형의 변화는 크지 않을 것으로 예상된다.

###### 나) 호안 및 제방축조에 의한 사면발생

구수천 하천정비기본계획에 따른 공사의 시기, 사용재료 등에 의한 사면발생 및 사면붕괴, 세굴이 예상되므로 사면 안정성 검토를 통한 경사면의 조절 및 성토재의 선정등 대상지구별로 적절한 공법을 선정하여 사면 발생에 따른 문제점을 해결하여야 할 것으로 판단된다.

### 2) 저감방안

#### 가) 토량이동에 의한 환경상의 악영향 저감방안

토량이동에 따른 토사유출 및 비산·먼지 발생을 최소화하기 위하여 발생되는 토량을 외부로 이동시 대상지구 입구에 세륜세차시설을 설치하며, 진입로와 그 인접지역에 살수차량을 배치하여 주기적인 살수를 통하여 환경오염 발생을 최소화토록 하고 또한 본 개발계획시 하천하류로 부유토사 유출을 억제하기 위하여 과다한 토공작업은 수량이 적은 갈수기를 이용하여 실시하며, 강우시는 공사의 일시중지 등을 통하여 저감토록 함.

#### 나) 호안 및 제방설치 계획

- 제방선형 - 하천선형을 유지한 곡선 형태
- 제방형식 - 제방여유고 0.6, 둑마루폭 4.0~5.0m, 비탈경사 1~2.0

#### 다) 환경호안

친수환경과 조화를 이룰수 있는 자연석 이용호안, 식생블럭을 이용한 호안, 자연초지이용 등의 호안을 설치

## 다. 자연생태환경

### 1) 사업시행으로 인한 영향예측

#### 가) 식물상

본 계획은 하천정비기본계획으로 직접적인 시행은 없으며 하천의 이용 및 정비사업시 다음과 같은 영향이 예측됨.

##### (1) 공사시

공사차량 운행으로 발생하는 분진, 매연 및 각종 오염물질은 주변식물에 점착되어 엽육조직을 손상시키고, 증산, 광합성 등을 방해하여 식물의 생산성을 저하시킬 것으로 예상됨.

##### (2) 운영시

공사시행시 하천변 식생은 훼손이 예상되나 개발계획 이후 본래의 식생훼복이 가능할 것으로 사료되며 제내·외지의 큰 변화는 없을 것으로 판단됨.

### 나) 육상동물상

#### (1) 공사시

차량과 작업장비 등에 의한 소음으로 인해 공사구간 주변의 서식지 이용률은 저하되고 종다양도 또한 감소할 것으로 예상됨. 그리고 공사시 발생되는 토사의 하천으로의 유입은 육수생태계의 교란을 일으켜 야생동물의 먹이자원인 어류 및 수서 곤충류의 감소가 일어나 도래율의 감소가 일어날 것으로 판단됨.

#### (2) 운영시

하천생태계의 복원으로 어류의 이동통로 확보가 가능하며, 하천생태계의 보전과 조화를 이룬 정비계획의 수립시 동·식물의 생태변화는 미약할 것으로 판단됨

### 다) 육수동물상

#### (1) 공사시

하천내로의 토사유입은 수중 부유물질의 농도 및 탁도를 증가시켜 하천내 1차 생산력을 감소시킴으로서 환경변화에 내성이 약한 날도래류 및 하루살이류 등의 종들의 개체군 감소가 예상되며, 반면 뻘이나 모래 등에 서식하는 일부 복족류와 변화환경에 비교적 빨리 적응하는 종들의 개체군은 상대적으로 증가할 것으로 예상됨.

한편, 수중의 탁도증가는 어류의 먹이활동 장애와 호흡장애 등을 초래할 수 있으며, 먹이사슬에 따라 저서성무척추동물 중 수서곤충류를 주 먹이원으로 하는 식충성 어류 개체군의 감소 및 내성도가 높은 어종의 참붕어, 피라미 등의 우점화가 예상됨.

## 2) 저감방안

### 가) 식물상

-우기시의 공사로 인하여 발생되는 많은 양의 부유물질과 비점오염원이 일시적으로 하천에 유입되는 것을 방지하기 위하여, 가배수로 및 침사지를 설치하도록 할 계획임.

-공사 중 공사장비 운영에 따라 발생되는 입자성 또는 비산먼지 등은 하천생태의 비점오염원으로서 작용하기 때문에 살수차를 이용하여 먼지입자를 최소화 하도록 할 계획임.

-하천생태계에 미치는 영향을 최소화하도록 하기 위하여 가능한 한 자연형 하천공법을 적용토록 할 것이며, 호안 및 제방공사시 자연재료를 이용한 식생호안, 생태블럭 등 여러가지 친자연적하천공법을 적용하여 하천변, 둔치 및 제방 등을 친자연적으로 조성토록 할 계획임.

### 나) 육상동물상

-사업시행시 하안의 식생훼손을 최소화하고, 공사시 하천의 직강화 및 하천호안의 콘크리트화를 지양하며, 자연형 하천공법을 적용토록 함.

-조류의 번식기인 4~8월 동안에는 심한 소음이 발생되는 공사를 지양하며, 저소음·저진동 공법으로 수행함.

-하천에서의 조류서식지관리를 위하여 하안식생을 보완하고 둔치는 덤불이나 식생군락을 보전하여 명금류나 맹금류의 서식지 또는 휴식지를 제공해 주도록 함.

-공사는 단계적으로 시행하여 하천을 주서식지로 이용하는 오리류, 도요·물떼새류, 백로류 등이 서식가능한 대체서식지를 확보함으로써, 종 및 개체수의 감소를 최소화할 것임.

### 다) 육수동물상

-공사시 구간별로 공사가 진행되어 일부 토사가 하천으로 유출될 수 있으므로 하천내 서식 생물 종 보호를 위해 제방공사시 가배수로와 침사지를 설치하여 하천내로의 토사유입을 최대한 방지토록 계획함.

-일부 어류의 이동에 필요한 어도 등의 시설물이 설치되어 있지 않아 산란기 및 계절적인 어류의 이동에 제한을 줄 것으로 예상되는바, 이에 어도 등 어류의 이동에 필요한 구조물을 설치하도록 계획함.

-어도의 설치시 본 구수천에서 출현한 어류 중 하천의 표층 및 중층을 유영하며 서식하고, 산란을 위해 하천의 상류부에 형성된 여울부로 소상하는 종 들인 잉어, 붕어, 피라미 등 대부분의 출현 어류들에 있어 상류부로 소상하기 위해 어도 등의 시설물이 필요한 대표적인 어류로 사료됨.

-어도의 설치시 고려해야할 사항으로는 어도의 경사면의 경사도로써, 어도를 통해 유하하는 유량과 어도를 이용해서 소상하는 어류의 종류 및 크기를 고려해서 결정해야함.

-어도의 이용 어류의 다양성을 고려하여 어도의 경사는 1/10 ~ 1/20 이하의 경사(건설교통부)로 하여 다양한 어류의 이동을 가능케 하여야 함.

-하천의 하상 구성물 특히 여울부, 여울과 소가 접하는 부분을 구성하고 있는 자갈과 모래는 어류 및 저서성 대형무척추동물의 주요한 서식처 및 산란지로 이용되고 있는 바 하상의 자갈 및 모래를 훼손하지 않도록 하상 준설 및 골재 채취 등의 공사는 지양하고 제방을 보완하는 등 하천의 자연성을 유지시키는 하천정비계획을 수립함.

-본 조사수계에 서식하는 대부분 어종들의 산란기는 3~6월로서 산란을 위해 상류의

여울 지역으로 소상하기 때문에 이 시기에는 수역에 직접적인 영향을 줄 수 있는 제방공사는 가급적 피하도록 함.

-생물 서식환경을 개선하여 다양한 생물들이 서식할 수 있도록 친자연적인 호안공법을 실시하여, 하천내 인공적인 여울구간을 조성하여 어류 및 저서성 대형무척추동물의 서식공간을 다양화하도록 함.

-홍수기나 우기시에는 대량의 비점오염원이 하천으로 유입되므로 가급적 공사를 지양하고 관련 부대장비나 시설 등은 하천변에서 이격하여 관리함.

-공사시 시멘트 타설로 인해 발생되는 물질이 하천에 유입되면, 수중생물에 커다란 영향을 미치게 되므로, 시멘트 누출방지를 위해 레미콘 차량을 이용하여 pile 또는 거푸집을 투입하고, 연결부위나 이음새부분을 완전 밀봉해 시멘트의 누출을 원천적으로 차단하도록 함.

## 라. 생활환경(친환경적 자원순환)

### 1) 사업시행으로 인한 영향예측

#### 가) 공사시

- 공사인부에 의한 생활폐기물 및 분뇨발생
- 공사중 투입장비에 의해서 발생하는 폐유류의 양에 대하여는 정확한 예측은 어려우나 대표적인 건설장비인 불도우저의 경우 1시간 작업당 평균 0.153ℓ의 폐유발생이 예상되며, 기타장비에 의한 발생량 또는 비슷한 수준으로 간주 할 때에 전체 발생량은 약 122.4ℓ/월 정도로 예측됨.

### 2) 저감방안

#### 가) 공사시

- 사업장내에 분리수거함을 설치하고 철저한 사전교육을 통해 수거한 후 재활용 가능한 폐기물은 전량 재활용하고, 기타 폐기물은 해당 행정구역 폐기물 조례에 의거하여 최종처분토록 함.
- 장비의 오일 교환 및 세척은 가능한 지정된 곳에서 실시하며, 기계의 고장수리 등 불가피하게 발생되는 폐유는 관리의 효율화를 위해 현장사무소 주변에 폐유저장소를 설치함.

## 9.2.2 환경성 검토에 필요한 유역의 특성

### 가. 환경관련지구·지역 지정현황 등

본 구수천에 포함한 환경관련 지구 및 지역 즉, 상수원보호구역, 시·도 생태계보전지역 지정, 자연환경보전지역 지정, 상수원 특별대책지역 지정, 야생동·식물 보호구역, 수변구역 등 구수천 유역에 포함되는 지구·지역은 없는 것으로 조사되었다.

**<표 9.2-1> 환경관련 지구·지역 지정 현황**

| No. | 환경관련지역 | 근거법령 | 홍성군 해당여부 | 사업시행시 영향여부 |
|---|---|---|---|---|
| ① | 대기보전 특별대책지역 | 환경정책기본법 | × | - |
| ② | 대기환경규제지역 | 대기환경보전법 | × | - |
| ③ | 고체연료사용 금지지역 | 대기환경보전법 (청정연료 등의 사용에 관한 고시) | × | 하천기본계획으로 연료사용계획 없음 |
| ④ | 저황유 공급·사용지역 | | ○ | |
| ⑤ | 상수원수질보전 특별대책지역 | 환경정책기본법 | × | - |
| ⑥ | 상수원보호구역 | 수도법 | × | 계획하천과 수계가 다름 |
| ⑦ | 수변구역 | 금강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률 | × | - |
| ⑧ | 수질오염 총량규제지역 | | × | - |
| ⑨ | 습지보호지역 | 습지보전법 | × | - |
| ⑩ | 습지지역 | 습지보전법 (국가습지보전사업관리단) | ○ | 유역 내에 습지지역이 위치하지 않음 |
| ⑪ | 생태·경관 보전지역 | 자연환경보전법 | × | 계획하천과 무관함 |
| ⑫ | 야생동·식물 보호구역 | 야생·동식물보호법 | ○ | 유역 및 인근에 야생동·식물보호구역 없음 |
| ⑬ | 수산자원보호구역 | 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 | × | 천수만 일대 수산자원 보호구역은 해제됨 |
| ⑭ | 백두대간보호지역 | 백두대간 보호에 관한 법률 | × | - |
| ⑮ | 국·도·군립공원 | 자연공원법 | × | 유역내에 위치하지 않음 |
| ⑯ | 생태자연도 | 자연환경보전법 | ○ | 유역 일부 생태자연도 1등급 권역(영향 없음) |

## 나. 환경피해유발 시설물

구수천 유역내 환경에 큰 영향을 미치는 폐수배출시설, 지방산업단지 등 환경피해유발 시설물은 조사되지 않았다.

## 다. 주요 보호대상 시설물

구수천 유역에서 취수하여 정수장을 거친 후 용수를 공급하고 있는 취수장, 정수장은 없는 것으로 조사되었다.

## 라. 환경기초시설

구수천 유역에 위치하는 하수종말처리시설, 위생처리장, 폐기물 매립시설, 소각시설 등은 조사되지 않았다.

# 10

# 하천의 유지관리에 관한 사항


10.1 고수부지현황 및 이용방안

10.2 폐천부지현황 및 이용방안

10.3 골재 활용가능량 조사

10.4 하도 유지관리계획

10.5 기타

# 제 10 장 하천의 유지관리에 관한 사항

## 10.1 고수부지현황 및 이용방안

일반적으로 하천의 고수부지는 인근주민을 위한 체육시설, 주차장, 자연학습장 및 휴식을 위한 공원시설 등으로 활용되는 예가 있으나, 주민 이용도가 낮은 지역의 경우 불법 경작지 등으로 이용되기도 한다. 본 계획하천 구간의 고수부지이용 현황을 현지조사와 지형현황측량, 하천 종·횡단측량 성과를 이용하여 파악하였다. 본 계획하천은 대부분 단단면의 형태로 고수부지가 존재하지 않으며 일부퇴적구간에 약간의 고수부지가 존재하는 실정이고 고수부지중 일부는 경작지로 사용되어지고 일부는 홍수터 사용되고 있다. 고수부지의 연장 및 면적이 협소하여 홍수터로서의 역할외에 특별히 다른 이용방안이 없는 관계로 별도의 고수부지 계획은 수립하지 않았다.

## 10.2 폐천부지 현황 및 이용방안

폐천부지 조사는 기개수구간의 제내지측 토지로서 지목이 천 인 국·공유지 토지와 미개수지구의 하천부지로서, 현재 농경지 및 타 용도로 이용하고 있거나 활용 가능한 토지를 대상으로 본 계획시 수리·수문사항 및 하천현황을 고려하여 개수계획된 지구의 장래 제내지로 편입되는 토지중 폐천화하여도 문제가 없는 토지를 대상으로 기존 폐천부지와 신생 폐천부지로 구분하여 조사하였다.

### 가. 기존 폐천부지

본 조사한 폐천화가 가능한 제내측 토지는 2필지 2,532㎡로 나타났다. 이 중 제방이나 하도 등에 직접 연하여 있는 토지는 장래 지구온난화에 따른 기상이변 등의 문제가 발생할 경우 하천의 확장 등을 고려하여 하천구역으로 지정, 보전하도록하였다.

### 나. 신생 폐천부지

본 구수천에 위치한 신생 폐천부지는 지목이 모두 “천”이며, 이 부지 중 일부는 매각에 의한 사유화를 불허하고, 국유지로 존치하여, 향후 계획빈도 이상의 초과홍수 발생시 및 유역의 개발로 인한 홍수량의 증가시 방재공간 등으로 활용하도록 보전하였다. 또한, 홍수소통에 지장이 없는 계획홍수위 이상의 도로(지방도)이용 구간 토지 및 일부 취락지구는 해당 지자체에 처분(양여)토록 하였다. 폐천부지의 활용방안에 관한 사항은 <표 10.2-1> ~<표 10.2-2>에 상세히 나타내었다.

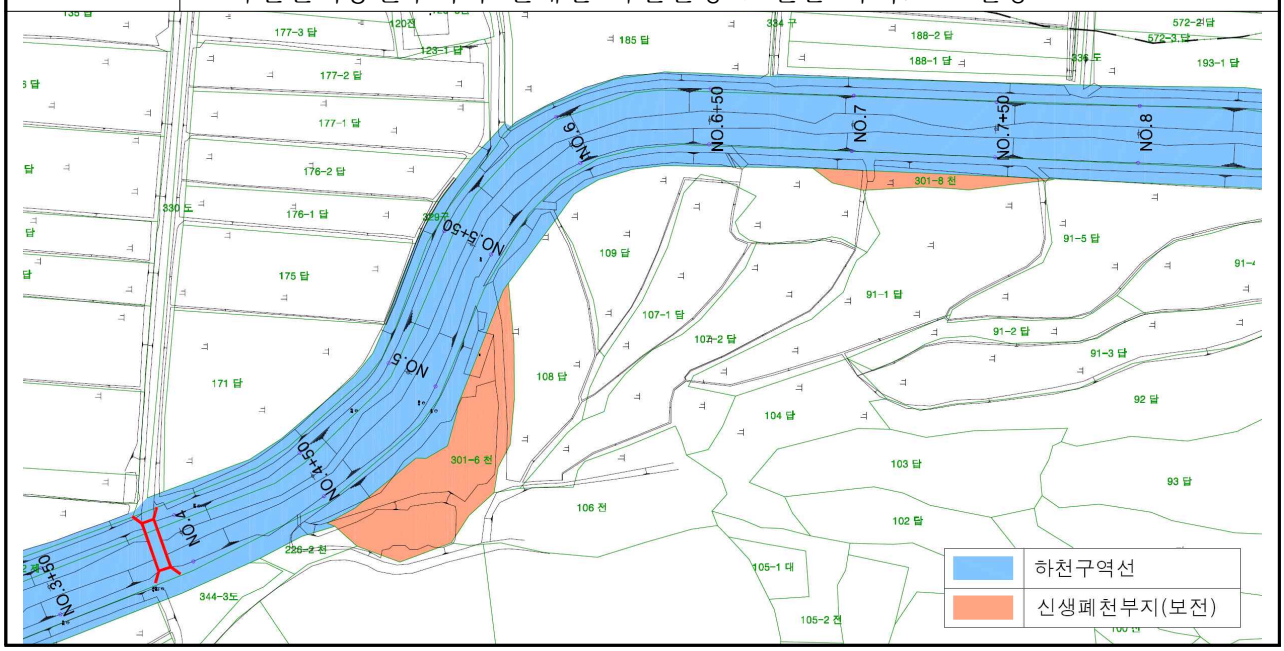
## <표 10.2-1> 폐천부지 이용현황 및 활용방안

(단위: ㎡)

| 하천 | 토지소재지 | | | | 이용현황 | | | | 활용방안 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 시·군 | 읍·면 | 동·리 | | 농경지 | 도로 | 건물 | 기타 | 보전 | 처분(양여) | 계 |
| 구수천 | 홍성 | 갈산 | 쌍천 | 필지 | 2 | | | | 2 | | |
| | | | | 면적 | 2,532 | | | | 2,532 | | |
| | | 결성 | 형산 | 필지 | | | | | | | |
| | | | | 면적 | | | | | | | |
| | 계 | | | 필지 | 2 | | | | 2 | | |
| | | | | 면적 | 2,532 | | | | 2,532 | | |

## <표 10.2-2> 폐천부지 활용방안

| 일 반 현 황 | | | 하천기본계획 현황 | | 구역별 관리계획 |
|---|---|---|---|---|---|
| 하 천 명 | | 구수천 | 기본계획 | - | ① 농림지역 (보존) |
| 제 방 명 | | 구수좌안1제 | 대표 측점 (No.) | No.5+00 | |
| 행정구역 | | 갈산면 쌍천리 | 계획홍수량 ($m^3/s$) | 66 | |
| 안 별 | | 좌 | 계획홍수위 (EL.m) | 21.42 | |
| 규모 | 필지 | 2 | 기설제방고 (EL.m) | 22.31 | |
| | 면적 ($m^2$) | 2,532 | 공간 환경계획 | 복원 지구 | |
| 관리계획 | | ○ 구수좌안1제 뒷 비탈로 현상태 보전을 통한 치수적 활용<br>○ 하천관리공간구역과 연계한 하천환경 보전을 목적으로 활용 | | | |



## 10.3 골재 활용가능량 조사

하천재료는 골재로써의 가치외에 치수안전도, 생태계 보전, 수환경 개선 등의 가치가 상존하므로 골재채취는 제한된 공간에서 하도유지·보전 측면에서 가능한 제한된 범위내에서 이루어져야 한다. 또한, 하천관리청은 골재채취 인·허가시 검토항목, 분석기법, 채취심도, 하천구조물로부터의 이격거리, 상하류에의 하상변동 영향, 수환경 및 생태계에 미치는 영향 등을 검토하고 골재채취시 고려하여야 할 사항을 수록한다.

본 구수천에 하천의 골재 매장량 및 분포상태를 정확히 파악하기 위해서는 계획 대상구간에 대한 정밀한 시추조사 및 시험굴조사, 품질시험이 실시되어야 하나 조사 자료가 전무하여 현장조사 및 측량성과와 본 분석된 평형하상고를 기준으로 검토한 결과, 대부분의 구간에서 하천형상이 단단면으로 되어 있고 농업용수공급을 위한 시설(보, 낙차공) 및 교량이 다수 위치하고 있어 골재채취량이 없을 것으로 판단되어 본 계획에서 별도의 골재채취계획은 수립하지 않았다.

## 10.4 하도 유지관리계획

### 10.4.1 치수적 측면

#### 가. 하도관리

##### 1) 하도관리의 목적과 방향

하도관리의 정의는 하도가 본연의 기능을 할 수 있도록 유지관리를 하는 행위로 정의되며, 치수·방재개념의 하도관리는 홍수시 유역으로부터 발생된 홍수 유출량과 유사 등을 하도를 통하여 유역 밖으로 안전하게 배제시킴으로써 홍수로 인한 하도의 재해를 방지하는 것을 의미한다. 홍수시 하도관리는 수리기하학적 하도관리와 토사수리학적 하도관리로 구분할 수 있다. 수리기하학적 하도관리는 유역의 홍수 유출량을 안전하게 배제할 수 있는 하도단면, 수로경사, 수로형태의 유지에 관한 사항이며, 토사수리학적 하도관리는 홍수시 유역에서 발생된 토사유출량의 안전한 소통과 홍수량에 대한 하천의 동적반응으로 나타나는 유사의 운송에 관련된 안정하도, 하상구성 토사, 제방, 호안, 수공구조물 등의 관리에 관한 것으로 나눌 수 있다.

### 2) 홍수시 하도관리

#### 가) 홍수량

홍수량의 규모는 하도관리에 있어서 중요한 지배인자이므로 치수방재 측면에서 첨두홍수량을 안전하게 소통시키는 계획과 더불어 첨두홍수량 자체를 저감시키는 방안을 계획할 필요가 있다. 첨두홍수량을 저감시키는 가장 확실한 방법은 유역의 홍수 지체시간과 기저시간을 늘리거나 유출률을 감소시키는 것이다. 즉, 유역에 홍수조절용 저수지를 건설하거나 유역의 자연녹지를 증대시킴으로써 첨두홍수량을 낮추고 기저시간을 늘릴 수 있으며, 이렇게 유역의 저류능이 증대하면 안정된 유황을 유지하는데 기여할 수 있다.

#### 나) 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 하천 환경에 미치는 영향을 고려하여 적정한 계획을 수립하여야 한다.

#### 다) 하도단면

하도단면은 일정한 단면적에 대하여 최대로 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 최대로 하고 건설비를 최소로 하기 위해서는 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.

### 라) 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 하도경사에 급변점이 형성되지 않도록 하상관리에 유의하여야 한다. 하도경사의 급변점은 하천 내에서의 개발행위에 의하여 발생될 수 있다. 즉, 하상골재의 채취, 제방법선의 변경 또는 하폭의 급격한 변동으로 유발될 수 있으므로 홍수전에 하도내에서 이러한 점이 없는지를 확인하여야 한다. 이러한 문제가 발생되었을 경우에는 그 지점 상·하류 하도의 안정에 어떤 영향을 미칠 것인지를 분석하여 대처하여야 한다.

### 마) 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 첨두유량과 홍수도달시간에 영향을 미치므로 홍수시 하도관리에 있어 유역 특성인자로서의 하천형태를 충분히 고려하여야 한다. 하천수계의 형태는 수지상, 평행상, 익상, 격자상, 직각상, 방사상 및 환상으로 분류 할 수 있으나 대부분의 실제 하천은 이와 같은 여러 형상이 복합적으로 나타나고 있다. 수지상의 하천에 비하여 방사상의 하천형태가 유역의 출구에서 첨두유량이 크게 나타난다. 유역에서 하천수계 형상을 변경시킬 사유가 발생할 경우에는 이러한 점을 고려하여 유출수문 곡선의 첨두유량이 작고 홍수 도달시간이 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.

### 바) 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 하상구성토사의 입도특성이 달라지므로 홍수시 하도안정 및 유지관리를 위하여 국부적이거나 대규모적인 하상구성토사의 입도분포 특성 등이 발생되지 않도록 하천개발 행위에 유의하

여야 한다. 하상형태는 흐름특성과 유사특성에 따라 좌우되며, 유사특성으로서 하상구성 토사의 입경이 중요하다. 홍수시 하상형태가 수면변동과 조도계수에 크게 영향을 미치므로 하도개수 혹은 하도내의 골재 채취시에는 적절한 흐름이 유지될 수 있도록 하상구성 토사의 입도분포를 조절하여야 한다.

### 사) 안정하도

안정하도는 동적 평형상태의 하도를 말한다. 즉, 홍수시 하도의 세굴과 토사의 퇴적이 평형이 이루는 상태가 되도록 하도를 설계할 필요가 있다.

일반적으로 하도가 세굴되는 과정을 보면, 하상과 사면이 만나는 부분의 사면측으로부터 시작되어 사면부로 진행되면서 하상을 넓히는 작용을 한다. 종국에는 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 부분에 대한 보호시설이 필요하며, 홍수가 끝난 후 이 부분의 하상변동 여부를 조사하고 다음의 홍수에 대비하여야 한다.

### 아) 하상변동과 하상유지

#### (1) 하상단면 변동

하도의 측면에서 볼 때 가능한 한 주흐름의 편기현상이 일어나지 않는 것이 좋으나 이는 하도형태에 따라 달라질 것이다. 첨두홍수량의 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 도달할 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 판단 기준이 될 수 있다. 일반적으로 하상구성 토사는 상류에서 하류로 내려갈수록 세립화되는 경향을 나타낸다. 홍수시 하도내의 하상구성 토사의 입도분포는 크게 변화될 수 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 하도준설이라 할 수 있다. 기계적 준설이란, 어떤 종류의 Bucket이나 Dipper로 저질토를 퍼 올리고, 토사운반선을 운용하여 준설토를 사토장까지 운반하는 것을 말한다. 수리학적 준설이란, 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 운용 되어야 한다.

### 나. 하도관리하천시설물 유지관리

장래 구수천 유역에서의 모든 행위는 하천관계법령과 하천시설기준 및 본 기본계획에 의하여 이루어져야 하나 본 계획에서 검토되지 않은 하천공사 및 공작물설치 등의 필요성이 발생될 경우와 평상시 하천을 유지·보수할 경우를 대비하여 주요 관리기준은 전절인 『8.3 하천시설물 계획』과 같이 산정하였다.

## 10.4.2 이수적 측면

### 가. 하천유지유량 관리

하천유지유량은 하천이 이수 및 환경 측면에서 정상적인 기능을 유지하기 위하여 필요한 최소의 유량을 말한다. 갈수시 하천의 주요 기능은 흐름의 유지와 하천 환경보전에 있다고 할 수 있다. 흐름의 유지측면에서는 계속적인 유량공급으로 건천화되지 않아야 하며, 하천 환경보전에 관해서는 주운과 같은 하상교통기능, 하천수공 구조물의 기능유지, 하천 제내지의 지하수위 유지, 하천생태계 보호, 하천의 친수성 유지 등의 하천의 주요기능이 하천의 유지 유량 결정시 고려되어야 한다. 하천의 기능유지에 있어서 하천생태계와 친수성 유지를 위해서는 많은 유량을 필요로 하므로 수자원 이용이라는 이수적 측면과 서로 배치되는 점이 있다. 우리나라 대부분의 하천은 오염으로 인해 하천 이수기능 유지에 필요한 유량보다 하천 환경 기능 유지에 필요한 유량이 증가하는 추세에 있다.

따라서 하천유지유량은 유역으로부터 유입되는 오염부하량을 줄임으로써 최소화시킬 수 있다. 이는 수질의 개선에 필요한 유량을 최소화시킴으로써 하천수공 구조물의 기능 유지를 위한 물의 확보만을 고려하여 하천유지유량을 결정할 수 있게 해줄 것이다.

## 10.4.3 환경적 측면

### 가. 수질 관리

#### 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 계통유지와 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 유역이 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 발생되는 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 하천 생태계마저도 수질악화에 의하여 파괴되는 경우가 많다. 하천생태계 보전을 위한 하도관리는 하천정서의 함양과 친수성 제고를 위하여 반드시 필요하다. 하천생태계는 수생생태계와 수변생태계로 구분되는데, 수생생태계의 경우 하도의 만곡부를 없애고 직선화시키면 약 50% 정도가 감소될 수도 있다.

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 일관성 있게 지속적으로 이루어져야 한다. 한번 파괴된 하천생태계를 다시 회복시키기 위해서는 다른 환경요인보다 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 유지관리 계획을 수립한다.

### 1) 유지관리 계획지침

- 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 식물제초, 순기능 식물의 식재 등 인위적 관리를 실시한다.

### 3) 하천의 모니터링 계획

하천환경의 개선 및 복원은 인위적인 노력에 의해서는 한계가 있으므로 구조적인 문제를 해결하는 방법에 대해서도 연구와 노력이 필요하며, 아울러 구수천 유역의 특성에 맞는 하천환경개선방안이 수립될 수 있도록 다양한 계획을 시험실시하고, 지속적인 모니터링의 결과를 토대로 보완해 나가야 할 것이다.

## 10.5 기타

### 10.5.1 개 요

지방하천의 구간조정은 공공의 복리증진에 기여함을 우선으로 하는 하천법의 취지에 따라야 하며 현재와 같이 산업발달의 증가로 하천의 이용도가 높아짐에 따라 하천법의 기본목적 및 사회적인 공익성을 기본개념으로 하여 하천구간이 조정되어야 한다. 본 조사에서는 수문, 수리 및 하천공학적인 사항과 현재까지 있었던 하천행정자료를 근거로 하여 조정기준을 정하였다. 또한, 정량적 기준으로 구간을 조정하는 것은 하천연안의 중요도를 고려할 때 불합리한 것으로 판단되어 현장조사 시 하천의 규모와 주변여건 및 향후 하천연안의 발전정도를 종합판단하고 기술자의 경험적 기준에 의하여 조정구간을 선정 후 구간조정을 실시하였다.

### 10.5.2 계획연장의 조정

본 구수천은 지방하천으로 본 실시한 조사 및 계획에 의거하여 인위적 또는 자연적으로 하천의 역할을 하지 못하는 구간과 법정하천으로 관리가 필요한 구간에 대하여 실시하였다. 기 고시된 하천열람상의 구수천 하천연장은 3.10㎞ 이였으나 본 하천측량 성과 및 현장조사를 통해 자연적인 하천과 인공수로의 경계까지 법정하천으로써 관리가 필요하다고 판단되어 계획연장을 조정하였으며, 결과는 다음 <표 10.5-1>과 같다.

**<표 10.5-1> 하천기본계획 수립구간**

| 하천명 | 본계획 수립구간 | | 고 시 | | 본계획 연장 (㎞) | 증·감 (㎞) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 시 점 | 종 점 | 고시번호 및년월일 | 연장 (㎞) | | |
| 구수천 | 충남 홍성군 결성 형산리 구수부락 앞 | 충남 홍성군 갈산면 와룡천(지방) 합류점 | 충남247호 (1966.09.20) | 3.10 | 3.14 | △0.04 |

### 10.5.3 유역면적 조정

하천은 독립된 하나의 개체가 아닌 “하천에 문제가 발생하면 지류하천에 직접적인 영향을 미치는” 연계성이 강한 자원이므로 일정 기준 이상의 하천은 법정하천으로 고시하여 관리할 필요가 있다. 그러므로 본 구수천에 대한 구간조정은 기고시된 하천구간이 인위적 또는 자연적으로 하천의 역할을 담당하고 있는 구간과 법정하천으로 관리가 필요한 구간에 대하여 실시하였다.

본 구수천의 유역계 결정을 위하여 유역내 개발계획(도로등), 배수체계 및 국립지리정보원에서 발행하는 연도별 지형도(1:5,000) 등을 조사하였다. 본 구수천은 서해안 고속국도 개통후 배수체계를 반영하여 유역을 설정하였다. 배수체계를 반영한 결과 유역면적이 4.68㎢에서 3.66㎢로 1.02㎢ 감소한 것으로 나타났다.

**<표 10.5-2> 하천기본계획 수립구간**

| 구 분 | 유역면적(㎢) | 비 고 |
|---|---|---|
| 한국하천일람(2010.12 국토해양부, 한간홍수통제소) | 4.68 | |
| 구수천 하천기본계획 및 하천시설관리대장작성(본) | 3.66 | (-)1.02 |
| 변경내용 | • 서해안 고속국도 개통후 배수체계 반영 | |

# 11

# 효과분석 및 결론

11.1 효과분석

11.2 결론 및 건의사항

# 제 11 장 효과분석 및 결론

## 11.1 효과분석

### 11.1.1 기본사항

① 유역의 변화된 수문량과 지형적 특성을 감안한 상·하류의 일관성 있는 하천정비 및 보전계획을 수립하였다.

② 하안을 보호하고 하도의 안정을 유지하도록 계획하였다.

③ 하천의 이수 및 치수, 생태 환경을 고려하여 보전, 복원, 친수지구를 구분하고 하천정비 및 관리방향을 설정하였다.

④ 확폭을 통한 홍수위저감 효과와 계획제방고의 관계를 고려하여 축제계획고를 최적화함으로써 하천연안 토지의 손실을 최소화 할 수 있도록 하였다.

⑤ 하천환경 보전 및 개선을 위하여 수계내 자연환경현황을 조사하고, 하천환경 관리계획을 수환경, 공간환경으로 구분하여 계획하였다.

⑥ 치수계획의 규모는 방재측면의 안정성, 환경적 측면, 본류를 포함한 홍수특성, 과거 홍수피해양상 등을 종합적으로 고려하고, 수계를 일관한 계획이 될 수 있도록 기술적, 경제적, 환경적 관점에서 결정하였다.

⑦ 관련된 타계획과의 연관성을 최대한 고려하여 계획하였다.

### 11.1.2 종합적인 효과분석

#### 가. 치수효과

① 구수천의 치수계획은 전구간에 대해 80년 빈도 홍수량을 기준으로 수립하였으며, 구수천 유역에서 발생하는 홍수량을 하도가 전량 부담할 수 있도록 정비계획을 수립하였다.

② 홍수위에 대한 여유고가 부족한 구간, 계획하폭 대비 현하폭이 협소한 구간을 대상으로 총 10개 지구에 대해 개수계획을 수립하였다.

③ 개수계획은 확폭 및 축제 2개 지구 225 m, 확폭 3개 지구 670 m, 기존제방 보강 5개 지구 671 m 등 총 10개 지구, 1,566 m에 대한 계획을 수립하였다.

④ 또한, 하천설계기준에 부합하지 않은 기존시설물에 대한 개량 및 유지보수 계획은 다음과 같다.

○ 배수시설 신설 및 정비 : 6개소 (배수통관: 6개소)

○ 교량 정비 : 개축 10개소

○ 취수보 및 낙차공 정비 : 철거 1개소, 개축 7개소

⑤ 상기와 같은 계획을 통하여 농경지 31.12 ha,를 홍수피해로부터 보호토록 하였으며, 이에 따른 총공사비는 18,605.2백만원이 소요되는 것으로 검토되었다.

**<표 11.1-1> 제방보강에 의한 사업효과**

| 하 천 | 계획 빈도 | 제방보강(m) | | | | | 사업효과 | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 확폭 및 축제 | 확폭 | 보축 | 고수 호안 | 소계 | 농지 보호 (ha) | 주거지 보호 (ha) | |
| 구수천 | 80년 | 225 | 670 | 671 | - | 1,566 | 32.12 | - | |

**<표 11.1-2> 기존시설물 개량 및 유지보수 계획**

| 하 천 | 계획 빈도 | 구조물보강(개소) | | | | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 배수시설 | | 교량 | | | 보・낙차공 | | |
| | | 통문 | 통관 | 신설 | 개축 | 철거 | 개축 | 철거 | |
| 구수천 | 50년 | - | 6 | - | 10 | - | 7 | 1 | |

**<표 11.1-3> 사업내용별 소요사업비 현황** (단위 : 백만원)

| 구 분 | 축제공 | 호안공 | 구조물공 | 보상비 | 기타 | 계 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 확폭 및 축제 (2개지구, L=225m) | 25. | 15 | 2,516 | 1 | 2,429 | 4,987 |
| 확폭 (3개지구, L=670m) | 323 | 133 | 4,156 | 2 | 4,382 | 8,997 |
| 보축 (5개지구, L=671m) | 111 | 95 | 1,693 | 62 | 2657 | 4,620 |
| 계 | 460 | 244 | 8,366 | 64 | 9,469 | 18,605 |

【주】 소요사업비 중 기타는 부대공, 제경비 등을 합한 항목임.

## 나. 이수효과

구수천에 대한 유출 및 유황분석을 통하여 수자원부존량 및 평균갈수량 등 주요 지표유량을 제시하여 향후 이수계획에 활용될 수 있도록 하였고, 하천환경관리에 필요한 유량을 제시하였다.

## 다. 하천환경 보전과 이용에 관한 효과

하천환경의 순기능과 역기능을 종합 검토하고 지역사회 하천환경의 중요한 기초자료를 제공하며, 향후 관련계획 수립시 생태계 조건 등 환경조건을 고려할 수 있도록 중요한 환경요소를 제시하였다. 아울러, 장래 지역환경을 예측하고 단계적인 수질개선 및 유지가 가능하도록 수질관리계획을 수립하였다.

구간별로 하천의 기능을 구분하고 하천부지의 효율적인 이용을 통한 공간이용계획과 자연보전계획을 수립하였으며, 장래 수질예측 및 수질보전을 위한 계획을 수립함으로써 하천환경정비 세부계획의 기본방향을 제시하였다.

## 11.2 결론 및 건의사항

① 현재 구수천은 하천기본계획 미수립 하천으로 지금까지 일관된 개수계획을 토대로 하천정비를 실시하지 못함으로써 재해위험이 상존하므로 금회 계획 대상지구에 대한 치수사업을 조속히 시행하여 치수안전도를 제고하여야 할 것이다.

② 향후에 실시되는 모든 하천 구조물(제방 및 호안, 배수구조물, 교량, 낙차공 등)의 공사는 금회 수립한 하천기본계획에 부합되도록 시행되어야 한다. 또한 수계 전체를 일관한 사업이 될 수 있도록 공사를 실시함으로써 효율적이고 경제적인 개발과 함께 홍수피해를 최소화하여야 한다.

③ 향후에 건설되는 낙차공는 구수천에 서식하는 어종들의 상·하류간 소통을 유도하기 위하여 어도기능을 갖는 시설물로 계획하여야 한다.

④ 향후에 건설되는 교량은 하천기본계획에서 제시한 계획하폭 및 교량의 설계기준에 의한 충분한 여유고를 확보토록 관계기관과의 긴밀한 협조와 통제가 필요하다.

⑤ 구수천의 평균수질은 BOD를 기준으로 할 때 3.14㎎/ℓ로 Ⅲ등급에 해당하므로 생활하수, 가축분뇨 및 산업폐수 등의 적극적인 규제, 비점오염원의 차단 등을 통하여 목표 수질인 Ⅰb등급 이상을 유지할 수 있도록 하여야 한다.

⑥ 하천환경개선을 위하여 친환경적 호안공법을 적절히 활용함으로써 친수성과 하천생태계를 보전토록 하여야 한다.

⑦ 유역내 대규모 개발시 수질저하 방지 및 관리수량 확보계획의 수립이 필요하다.

⑧ 본 매설된 표석은 하천계획 및 개수 공사시 기준이 되므로 망실 또는 훼손되지 않도록 적절한 관리가 필요하다.

⑨ 본 계획에서 제시한 사항들은 하천의 관리, 이용, 보전, 개발 및 치수 측면에서 수계를 일관하여 종합적으로 분석 검토한 결과로 향후 사업추진시 이에 근거하여 대상구간의 특성을 면밀히 검토하고 유관기관과 주민의견을 충분히 수렴하여 세부적인 실시계획을 수립한 후 시행하여야 할 것이다.

# 참 고 문 헌


1) 국토해양부(2006.7), 수자원장기종합계획

2) 충청남도(1992.12), 와룡천, 남산천 하천정비기본계획

3) 홍성군(2004.12), 소하천 정비종합계획 보고서

4) 홍성군(2011), 홍성통계연보

5) 국토해양부(2010), 한국수문조사연보

6) 국토해양부(2008), 하천정비 기본계획 수립 및 하천대장작성 지침

7) 기상청(2011), 기상연보

8) 홍성군(2010), 홍성군 수도정비 기본계획 (변경) 보고서

9) 한국수자원학회(2009), 하천설계기준·해설

10) 해양수산부(2004), 하천에서의 수산자원 보호를 위한 어도시설 표준설계·시공 등 표준모형개발 및 운영·관리제도 연구

11) 한국수자원학회(2007), 하천공사 표준시방서

12) 국토해양부(2004), 치수사업 경제성분석 방법 연구. 다차원 홍수피해산정방법

13) 국토해양부(2001), 치수사업 경제성분석 개선방안 연구

14) 국토해양부(2004), 치수사업 경제성분석 방법 연구

15) 국토해양부 한강홍수통제소 (2010.12.31 기준) 한국하천일람

16) 통계청(2010), 인구주택총조사

17) 한국은행 경제통계시스템

18) 한국감정원(2000), 건물신축 단가표

19) 통계청(1999), 국부통계조사보고서

20) 통계청(2010), 국내 국제통계

21) 통계청(2010), 농산물 생산비조사

22) 통계청(2010), 인구 주택총조사 보고서

23) 농업과학기술원(2007), 수문해석을 위한 토양수리특성과 토양전자지도의 활용

24) 한국농공학회지 (37권 6호 1995) 유출율 추정을 위한 토양수문군의 분류

25) 농업과학기술원(2007), 투수속도 실측자료를 이용한 수문학적 토양유형의 분류

26) 환경부, 국내여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발(2권)

27) 한국건설기술연구원, 하천관리를 위한 어종 서식처 구조에 관한 조사보고서
28) 국토해양부(2000.6), 한국확률강우량도 작성. 1999년도 수자원관리기법개발연구 조사 보고서
29) 국토해양부(2000.6), 지역적 설계강우의 시간적 분포. 1999년도 수자원관리기법 개발연구조사 보고서
30) 정종호, 윤용남 (2007), 수자원설계실무. 구미서관
31) 한국건설기술연구원(1989), 하천유사량 산정방법의 선정기준 개발
32) 농업재해 피해조사보고 요령, 농작물 피해율 산정기준
33) 환경부(2002), 제2차 자연환경 종합 GIS-DB 구축사업 완료보고서
34) 환경부(2008), 제3차 07 전국자연환경조사
35) 환경부(2002), 하천식물자료집 (환경부 G-7 연구사업)
36) 환경부(2006), 전국자연환경 조사지침
37) 환경부(2007), 생태하천 만들기 10개년 계획 (2006~2015)
38) 한국개발연구원(2003), 수자원 (댐) 부문사업의 예비 타당성조사 표준지침 연구(제3판)
39) 국토해양부(1993), 댐시설기준 소규모 유역의 연간비유량 추정공식
40) 국토해양부(2011), 확률강우량도 개선 및 보완연구
41) 국토해양부(1999), 수자원관리 기법 개발 연구조사 보고서
42) 한국수자원공사(2003), 하천자연도 평가지침
43) 한국수자원공사(1995), 하천유지유량 결정방법의 개발 및 적용
44) 한국건설기술연구원(1991), 하천환경관리기법의 비교연구