

종합설계 보고서

C조 김 종 혁 20201967

목 차

1. 서론
 - 1.1 목적 · 필요성
 - 1.2 문헌고찰 · 연구동향
2. 이론적 배경
 - 2.1 암거
 - 2.2 교량
 - 2.3 댐
3. 설계 · 분석
 - 3.1 지역빈도해석 · 확률 강우량
 - 3.2 계획 홍수량
 - 3.3 홍수위 안정성 검토
 - 3.4 구조물 분석 · 정리
4. 결론
참고문헌

한밭대학교 건설환경공학과

1. 서론

인류는 일찍이 하천을 중심으로 경제를 부흥시키고 삶의 질은 향상 시켜왔으며, 정부는 물과 함께하는 국토 재창조를 목표로 주기적으로 반복되는 가뭄과 물 부족 현상을 해결하고, 홍수피해를 예방하면서 하천을 지역경제 활성화와 국가발전의 거점으로 활용하고자 노력하였다(한국수자원학회, 2009).

하지만 기후변화로 인하여 국지성 집중호우의 발생빈도 및 강우량이 증가하고 있어 각 지역 지자체의 홍수방어 대책수립에도 불구하고 기록적 강수에 의한 홍수피해가 빈번히 발생하고 있다. 우리나라의 5대 강 중 하나인 금강의 최근 20년간 홍수피해 현황을 살펴보면 공공시설 등 각종 시설 피해규모가 증가하는 것으로 조사되었으며, 과거에는 실제적으로 커다란 재앙을 불러일으켰던 댐 파괴가 발생된 바 있고, 향후 발생할 가능성은 상존하고있는 상황이다.

댐 붕괴시 붕괴부를 통해 일시에 유출되는 대규모 저수유량으로부터 야기되는 폭발적인 파괴력은 댐 하류부에서 거주하는 인명 및 재산피해에 막대한 손실을 초래할 수 있다. 다행히 전체 기존 댐 가운데 금세기 동안에 파괴되는 비율이 설계나 시공적인 면에서 기술적인 향상으로 인해 줄어들고 있으나, 최근의 기상이변에 따라 댐 붕괴, 제방붕괴 등에 따른 홍수해석의 필요성이 크게 대두되고 있다(Douglas and Richard, 1971).

본 보고서에서는 첫 번째 빈도별 확률강우량 산정, 설계 홍수량 산정, 계획 홍수위 검토를 진행하고 둘째 교량의 길이·폭 교량통로 폭 등 교량의 구조물제원을 계획 및 설계하여 여러해석 프로그램과 각각의 식을 적용하였고, 수공구조물의 대상은 앞선 설계보고서를 작성한 부분에 대해서 결과를 요약하였다. 설계방법들은 각각의 수공구조물에 대하여 알맞은 방법을 사용하였으며 대표적으로 HEC-RAS, HEC-HMS 등을 사용하여 문제를 해결하였다.

수공구조물은 크게 소규모, 중규모, 대규모 수공구조물로 분류하고 있으며 본 연구에서는 대규모 수공구조물을 주로 이용한다. 여기서 대규모 수공구조물이란 대대적으로 파괴되었을 경우에 막대한 인명손실과 광범위한 피해가 초래되는 경우로서 다목적 댐이나 조정지, 대하천 제방, 여수로 대규모 관개수로, 하구언과 같은 것을 말한다(이종석, 2018b).

또한 세부적으로 수지상 유역의 강우 유출과정을 모의하여 광범위한 문제를 풀기 위해 지리적 면적의 넓은 범위에 적용시킬 수 있도록 고안되었으며, 지리적 면적에는 작은 도시나 자연유역 유출에 대한 홍수 수문학과 큰 하천유역의 급수가 포함되어 교량설계에 용이한 HEC-RAS를 통하여 홍수량 산정을 하여 설계를 진행하였다. 그리고 홍수위 검토를 위해 사용하는 HEC-RAS는 미 육군공병단에서 2005년 3월에 발표한 다중작업환경에서 대화식으로 사용하여 홍수위를 검토하기 위해 고안된 소프트웨어 통합시스템으로 해석성분, 자료 저장 및 관리성능, 그래프와 출력기능을 분리하여 사용자가 그래픽을 통해 컴퓨터와 정보를 교환하는 작업환경으로 구성되었고 이를 통하여 정확하게 교량 등을 설계할 수 있을 것이다. 이처럼 HEC-HMS 모형을 적용하고, HEC-RAS 모형과 연계하여 하천에서의 종, 횡 단면에 대한 수면곡선, 각종 수리학적 특성치, 지형 및 수면 곡선의 3차원 표현 등을 나타냄으로써 홍수에 대한 전반적인 사항을 알 수 있다. 그리하여 설계 홍수량을 결정하였고 그 제원 현황에 맞추어 알맞은 치수와 규정을 적용하여 교량을 설계하여 하였다.

1.1 목적 · 필요성

가. 하천기본계획의 목표

하천기본계획은 특정 지역의 하천 및 수자원을 효율적으로 관리하고 보전하기 위한 계획이다. 이 계획의 주요 목표는 다음과 같다.

첫째. 수자원 보전과 관리: 하천기본계획은 수자원을 효율적으로 관리하고 보존하기 위한 목표를 가지고 있다. 이는 수문학적 조절, 물의 질 개선, 물의 양 증가 등을 통해 이루어진다.

둘째. 홍수 피해 방지: 계절별로 발생하는 폭우, 태풍 등으로 인한 홍수 피해를 최소화하기 위한 목적을 가지고 있고 적절한 홍수 예측 및 대응을 통해 인명과 재산을 보호한다.

셋째. 물생태계 보전: 하천 기본계획은 물의 순환을 유지하고, 서식지를 보호하여 물생태계를 유지하고 보전하는 목표를 가지고 있다. 이는 생태학적 균형을 유지하고 수생생물의 다양성을 유지하는 데 중점을 둔다.

넷째. 물의 질 개선: 하천의 물의 질을 개선하고 오염을 방지하기 위한 정책을 수립하고 산업 및 농업 활동으로 인한 오염을 줄이고 깨끗한 물을 제공하는 것이 목표한다.

다섯째. 물의 공급 보장: 주변 지역의 물 공급을 안정적으로 보장하고, 물의 부족 문제를 해결하기 위한 목적을 가지고 있다.

여섯째. 환경 보호 및 경관 개선: 하천 기본계획은 자연환경을 보호하고, 주변 지역의 경관을 개선하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 주변 환경의 향상을 추구한다.

일곱째. 지속가능한 개발: 하천 기본계획은 자연과 인간이 조화롭게 공존할 수 있는 지속가능한 개발을 지원하고 이는 경제적 발전과 환경 보전의 균형을 유지하는 것을 의미합니다.

여덟째. 사회적 참여와 협력: 지역사회와의 소통과 협력을 통해 계획의 효과를 극대화하고 지속적인 관리를 실현한다. 사회적 참여를 통해 지역 주민들의 의견을 수렴하고 반영합니다.

이러한 목표들을 통해 하천기본계획은 지역의 수자원을 지속적으로 보전하고 관리하여 안전하고 지속 가능한 물 환경을 조성하는데 기여합니다.

1.2 문헌고찰 · 연구동향

가. 하천의 개황에 관한 사항

(1) 유역의 특성 등 일반현황

1) 유역의 개황

증산천은 부여군 초촌면과 부여읍 경계부에서 발원하여 동남쪽으로 유하하다 석성면 증산리 4번 국도변에서 지방2급하천인 정각천을 우안에서 합류하고 유하하다가 석성천으로 유입되는 금강의 제2지류인 지방2급하천이다. 증산천 유역의 서남쪽으로는 현내천 유역과 분수계를 이루고 북쪽으로는 가증천유역과 분수계를 이루고 있으며, 동경 126°58' ~ 127°03', 북위 36°13' ~ 36°18' 범위에 위치하고 행정구역상 부여군 석성면 증산리, 정각리, 초촌면 신암리의 2개면 3개리로 구성되어 있다.

증산천의 유역면적은 15.91 km², 유로연장 8.22 km이며, 평균고도 EL. 68.39 m, 평균경사 26.25 %인 지방2급하천으로 평균하상경사는 하류부(No.0 ~ No.22+42)에서 1/308, 중류부(No.22+42 ~ No.45)에서는 1/192, 상류부(No.45 ~ No.67+61)에서는 1/121로 비교적 완만한 경사를 이루고 있다. 유역 면적 15.91 km² 중 석성면이 10.05 km²(63.17 %), 초촌면이 5.86 km²(36.83 %)를 차지하고 있으며, 석성면의 행정구역 면적 30.58 km² 중 32. %, 초촌면의 행정구역 면적 27.98 km² 중 20.9 %를 점하고 있는 것으로 조사되었다. 유역의 토지이용현황은 유역면적 15.91 km² 중 임야 면적이 10.41 km²로 65.4 %를 점하고 있으며 경작지로는 밭 면적 1.10 km², 논 면적 3.72 km²로 증산천의 과업구간내 유역특성을

살펴보면 하천양안을 따라 농경지가 광범위하게 분포하고 있다. 증산천내 하천현황은 우안측으로 지방2급하천인 정각천과 소하천인 증락천이 좌안측으로는 소하천인 신보천이 증산천 하구로부터 1.20 km, 3.65 km, 4.25 km지점에서 각각 유입되어 남쪽으로 유하하다 지방2급하천인 석성천으로 유입되고 석성천은 금강으로 유입되어지고 있으며 증산천은 부여군에서 현재 “증산재해위험지구 개선사업 실시설계”에 의한 개선사업을 진행중에 있는 것으로 조사되었다.

2) 유역의 평면 특성

유역의 평면특성은 하천을 이해하고 유역의 수문 사항을 분석하는데 있어서 매우중요한 요소로 유역면적 유로연장 유역평균폭 형상계수를 조사하였다. 유역의 형상계수는 유역의 형태를 나타내는 무차원 단위의 수치로써 형상계수가 에 가까울수록 유역의 형상은 정방형에 근접하며 형상계수가 클수록 유출의 1.0집중성향이 매우 크므로 첨두홍수량이 크게 발생된다 반면 형상계수가 작으면 유 .출의 집중 성향도 약해지며 따라서 첨두홍수량이 비교적 적게 나타날 것으로 예측할 수 있다.증산천 유역의 평균폭은 1.94 km, 0.24 유역형상계수는 유로연장에 비해 폭이 비교적 좁은 유역으로 본천이 유역의 중앙을 관통하는 수지상의 형상으로 이루고 있는것으로 조사되었다.

표 1.2.1 유역특성인자

하천명	주요지점	부 호	유역면적 $A(km^2)$	유로연장 $L(km)$	유역 평균폭 $A/L(km)$	유 역 형상계수
증산천	증산천 하구	JS0	15.91	8.22	1.94	0.24
	정각천 합류전(지방2급)	JS1	9.96	6.97	1.43	0.20
	증락천 합류전(소하천)	JS2	7.77	4.61	1.69	0.37
	신보천 합류전(소하천)	JS3	4.83	4.02	1.2	0.3
	신암교 지점	JS4	3.87	3.16	1.22	0.39
	증산 7교지점	JS5	2.96	2.06	1.44	0.7
	과업시점	JS6	0.55	1.32	0.48	0.42

3) 유역의 입체적 특성

유역의 입체적 특성 인자들은 하천의 유출 특성 특히 홍수의 도달시간을 결정하는 중요한 요소이다. 고도별 누가 면적 및 구성비는 표고별 면적 분포는 고도에 따라 변하는 강우 증발 식생 수문 사항 등에 영향을 미치는 요인으로 본 과업에서는 소프트웨어인 GIS Arcview를 사용하였고 고도 자료는 NGIS의 1:25,000 지형도를 기본으로 하였다. 수치지형도를 토대로 TIN(Triangulated Irregular Network) DEM(Digital Elevation Model)을 구축하였으며 수치지형도의 수많은 레이어 중 주곡선 계곡선 및 표고점 레이어를 ,추출하여 고도모형 구성을 위한 자료로 이용하였다. TIN은 고도값이 변하는 지점을 연속적인 삼각형의 형태로 복잡한 지형 및 단순한 지형을 잘 묘사하고 도로 및 하천 등의 선형 형상들을 삼각형의 모서리로 정확히 표현할 수 있으나 처리과정이 DEM에 비하여 비효율적이며 시간이 많이 들고 DEM은 격자 형태의 고도 자료로서 다른 형식의 자료보다 단순하고 효율적이지만 지형을 자세히 묘사하려면 자료의 크기가 급격히 증가하며 선형 형상을 완벽히 반영하지 못하는 단점이 있다. 본 과업에서는 넓은 유역에 대해 효과적인 DEM을 토대로 주요 지점별 표고별 누가 면적 및 구성비를 산정하였다 금회 과업하천의 유역특성을 보면 EL.100m이하가 대부분을 차지하고 있는 것으로 조사되었으며 금강본류를 중심으로 하천 하류부 양안에 걸쳐 평야지대가 광범위하게 분포하고 있으며 유역 경계를 따라 유역의 분수계를 이루는 낮은 산지로 둘러싸인 분지의 형상을 띠고 있다 정각천의 고도별 누가면적 및 구성비는 표 과 같다.

표 1.2.2 고도별 누가 면적 및 구성비

하천명	구 분	표고별 면적분포 (EL.m)					
		250이상	200이상	150이상	100이상	50이상	0 이상
증산천	누가면적(km^2)	0	0.02	0.70	3.79	9.29	15.91
	비율(%)	0	0.13	4.40	23.82	58.39	100.00

(2) 강우·기상 등 자연조건

본 과업 증산천 유역 내에는 기상관측소가 없어 기상현황을 파악하기 위하여 유역 인근에 위치한 부여 기상관측소의 개년 34 (1973 ~ 2006년)의 관측 기록을 수집하여 분석 하였으며 결과는 다음과 같다.

- ① 기온: 분석기간 중 최고기온은 1994년 7월에 기록한 37.7 °C이고 최저기온은 1981년 1월 에 기록한 -22.1°C 이다.
- ② 상대습도 및 증발량: 연평균 상대습도는 75.3 %, 1,070.2 연평균 증발량은 mm로 조사되었다.
- ③ 풍속: 분석 기간 중 연평균 풍속은 1.2 m/s 이고 최대풍속은 1999년8월 3일 발생하였으며 풍향 풍 속은 SE, 19.6 m/s . 로 나타났다.
- ④ 천기일수: 연평균 강수일수는 127일, 적설일수 20일 결빙일수 122일로 나타났다.
- ⑤ 연평균강수량: 1,331.3mm로 6~9월 사이의 882.5mm가 내려 연평균 강우량의 약 66.29 % 의 강우가 집중하며 10~5월 기간에 448.8mm가 내려 연평균 강우량의 33.71 %가 내리는 것으로 조사되었다.

표 1.2.3 기상현황

구 분	기 온(°C)			풍속(m/s)		상대습도	증발량	강수량	천기일수(일)		
	평균	최고	최저	평균	최대				강수	적설	결빙
1월	-2.1	17.8	-22.1	1.1	10.5	74.1	79	28.8	11	8	29
2월	0.1	19.5	-16.6	1.3	11.8	70.7	44.3	34.2	9	4	25
3월	5	23.2	-12.5	1.4	10.5	68.5	79.4	51.5	9	1	20
4월	11.7	30.0	-5.5	1.6	13	67.0	113.3	95.4	9	-	4
5월	17.1	33.3	0.4	1.4	12	70.4	140.8	100.6	9	-	-
6월	21.7	34.7	6.8	1.2	11.8	75.7	135.6	171.9	11	-	-
7월	25	37.7	13	1.3	9.5	81.9	123.6	304.4	16	-	-
8월	25.3	37.0	11.4	1.2	19.6	80.6	130.7	270.8	14	-	-
9월	20.2	34.1	3.2	1.1	11.5	78.2	102.5	135.4	9	-	-
10월	13.3	30.5	-3.6	1.0	11	75.8	80.8	56.7	7	-	-
11월	6.4	24.2	-11.2	1.0	10.4	75.5	47	51.9	10	1	14
12월	0.4	18.2	-17.6	1.0	13.0	76.2	36.1	29.7	12	6	28
전년	12	37.7	-22.1	1.2	19.6	74.5	1,070.1	1,331.3	127	20	122

(3) 하천의 수질 및 상태

과업대상 하천의 하류부에서 회에 걸친 수질측정 조사결과는 표 1.2.4 과 같이 조사되었으며 하천정비 기본계획에서 산정한 저수량과 측정유량을 비교한 결과 측정 시 유량이 저수량 이하인 것으로 나타났다.

표 1.2.4 하천수질 및 유량조사결과

하천명	항 목	측정회차	저수량
-----	-----	------	-----

		1차	2차	3차	4차	평균	(m^3/s)
증산천	BOD	5.2	4.8	4.0	3.6	4.400	
	T-N	3.889	3.862	3.888	3.875	3.879	
	T-P	0.227	0.227	0.211	0.204	0.216	
	유량	29.5	29.5	60.8	96.6	54.700	0.106

1) 과업하천의 목표수질

과업하천의 목표수질은 표1.2.5 에서 제시한 바와 같이 과업하천의 최종 합류수계 금강수계의 중권역별 목표수질(Ⅱ ~ Ⅲ 등급)을 감안하고, 현재 수질현황과 장래의 바람직한 하천모습을 고려하여 하류부 기준으로 등급으로 설정하였다.

표 1.2.5 목표수질 설정(BOD)

하천명	목표수질 등급설정	BOD(mg/L)
증산천	Ⅱ	3

2) 수질관리 목표기준시기 및 삭감대상 오염물질

과업하천의 수질관리 목표기준시기는 2021년으로 결정 되었고 삭감대상 오염물질은 오염총량관리 기본계획의 대상오염물질인 BOD를 적용하였다.

3) 하천 수질현황 조사

하천의 수질조사지점에서의 채수는 하천 수위가 일시적으로 증가되는 기간을 피하고 하천 유량이 비교적 안정된 평상 유출시를 선택하여 계절적 특성을 파악할 수 있도록 총 4회에 걸쳐 실시하였다.
(*1차 : 2007.2.27.(겨울) , *2차 : 2007.5.22.(봄), *3차 : 2007.7.25.(여름철), 4차 : 2007.9.10.(가을))
조사항목은 현장분석을 통해 수온, pH, DO (3개항목)이고 실험실 분석은 BOD, COD, SS, 총대장균군, T-N, T-P, ABS, PCB, Cd, Hg, Cr+6, As, CN, Pb, Cu, Zn(16개 항목)

표 1.2.6 지표수질 항목별 조사방법

분석 항목	기기명	분석 방법	분석항목	기기명	분석 방법
pH	pH-Meter	전극측정Z법	CN	UV	피리딘피라졸론법
BOD	BOD Incuvator	20℃ 5일간	As	UV	디에틸디티오카르바민 산은법
유량	유속계	현장측정	Hg	UV	디티존법
DO	DO-Meter	현장측정	Pb	UV	디티존법
SS	여과기	유리섬유여지	Cr+6	UV	디페닐카르바지드법
대정균군수	B.G.L.B 발효관	최적확수법	PCB	GC	GC법
Cd	UV	디티존법	ABS	UV	메틸렌블루법
유기인	GC	GC법	T-N	UV	흡광광도법
COD	COD Water Bath	산성 KMnO4법	T-P	UV	아르코르빈산환원법

4) 하천수질 분석결과

증산천의 4차에 걸친 지표수질 조사결과와 하천수질환경기준은 다음 표1.2.7 ~ 9와 같다.

표 1.2.7 지표수질 분석결과

항목 지점	수온 (℃)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	총대장균군	T-N	T-P	ABS
----------	-----------	----	---------------	---------------	--------------	-------	-----	-----	-----

1차	W-1	7.2	7.09	0.8	1.2	1.0	200	1.202	0.043	0.02
	W-2	7.4	7.31	2.2	3.2	2.4	900	2.984	0.120	0.07
	W-3	7.5	7.38	5.2	7.0	5.0	1300	3.889	0.227	0.12
2차	W-1	21.6	7.11	1.0	1.6	1.0	300	1.196	0.041	0.03
	W-2	21.8	7.27	2.0	3.4	2.2	700	2.969	0.113	0.08
	W-3	21.9	7.32	4.8	6.6	4.6	1100	3.862	0.222	0.1
3차	W-1	24.7	7.15	1.2	1.6	1.2	400	1.208	0.039	0.03
	W-2	24.9	7.31	2.6	3.2	2.6	900	2.974	0.109	0.09
	W-3	25	7.37	4.0	5.8	4.0	1400	3.888	0.211	0.12
4차	W-1	23.9	7.11	1.4	1.8	1.20	300	1.197	0.036	0.02
	W-2	24.1	7.24	2.4	3.0	2.80	800	2.962	0.103	0.07
	W-3	24.2	7.32	3.6	4.8	4.20	1200	3.875	0.204	0.1
환경기준		-	-	I a-IV	-	I a-Ⅲ	I b-Ⅲ	-	-	기준만족

표 1.2.8 하천수질 환경기준(생활환경기준)

등 급		상태 (캐릭터)	수소이온 농도	생물화학적 산소요구량	부유물질량 (mg/L)	용존 산소량	대장균군	
							총 대장균군	분원성 대장균군
매우 좋음	Ia		6.5~8.5	1 이하	25 이하	7.5 이상	50 이하	10 이하
좋음	Ib		6.5~8.5	2 이하	25 이하	5.0 이상	500 이하	100 이하
약간 좋음	II		6.5~8.5	3 이하	25 이하	5.0 이상	1,000이하	200 이하
보통	III		6.5~8.5	5 이하	25 이하	5.0 이상	5,000이하	1,000이하
약간 나쁨	IV		6.0~8.5	8 이하	100 이하	2.0 이상	-	-
나쁨	V		6.0~8.5	10 이하	부유물이 없을것	2.0 이상	-	-
매우 나쁨	VI		-	10 초과	-	2.0 미만	-	-

표 1.2.8 하천수질 환경기준(생활환경기준)

항 목	기 준 값	비고
카드뮴(Cd)	0.005 이하	
비소(As)	0.05 이하	
시안(CN)	검출되어서는 안됨(검출한계 0.01)	
수은(Hg)	검출되어서는 안됨(검출한계 0.001)	
유기인	검출되어서는 안됨(검출한계 0.0005)	

폴리크로리네이트비페닐(PCB)	검출되어서는 안됨(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	2009.1.1. 시행
안티몬	0.02 이하	2009.1.1. 시행

(4) 수해 및 가뭄의 피해현황

1) 수해 피해현황

① 우리나라 수해피해 현황은 우리나라는 대륙성 기후권에 속하여 하절기인 6~9월 사이에 집중호우와 태풍의 영향으로 막대한 인명 손실과 재산 피해가 매년 발생하고 있으며 피해액도 증가하고 있다 우리나라의 주요 호우 및 태풍 피해 10위 중 6개가 최근 10년에 발생되었는가, 그 원인은 도시화로 재산의 집중과 무분별한 개발로 인한 유출 증가와 기상 이변 ,으로 인한 집중 호우 등에 기인하는 것으로 판단되며 과거 우리나라의 주요 호우 및 수해현황내용은 표1.2.2 와 같다.

표 1.2.9 수해발생현황(전국 상위 10위)

순위	피해내용	주요 피해지역	이재민 (인)	인명피해 (인)	재산피해 (백만원)
1	태풍RUSA	전 국	20,676	246	5,147,900
2	집중호우	전 국	24,531	324	1,246,819
3	집중호우 태풍	전국	25,327	67	1,070,443
4	집중호우	전국	2,975	16	920,000
5	집중호우	서울,경기 강원,충북	187,265	179	730,622
6	태 풍(THELMA)	남해,동해	99,498	345	596,573
7	집중호우 태풍(JANIS)	경기,강원, 충남,충북	24,146	65	548,415
8	집중호우	중부	50,472	167	502,354
9	집중호우	서울,경기 강원,인천	16,933	29	497,945
10	호 우	충남,충북,전남, 전북,경남,경북	54,041	178	430,559

② 부여군 홍수피해 현황은 우리나라는 금회 과업하천이 위치하고 있는 부여군은 우리나라 중앙의 서 해안에 위치하여 내륙보다는 겨울에는 덜 춥고 여름에는 시원하다 연평균 강수량은 내륙보다 약간 작지 . 만 큰 차이는 없으며 여름철에는 서해안에서 불어오는 남서풍에 의해 습도가 높고 겨울철에는 북서풍에 의한 지형적인 영향으로 눈이 자주 오는 편이다 우리나라 다른 지역과 마찬가지로 여름철(6~9월) 에 집 중호우와 태풍 등에 의하여 재해가 발생되고 있다 본 과업하천이 위치하고 있는 부여군의 경우, 「재해연 보 행정자치부, 2005」 따르면 최근 10년간 (1996~2005년) 홍수로 인한 연평균 피해액은 약 11,758백만원 (2005년도 가격기준, 이하 동일)의 홍수피해를 입는 것으로 조사되었다. 홍수피해내용을 살펴보면 총 피

해액 중 공공시설 피해액 20.97% 건물, 농경지, 농작물 등 기타 피해액 79.03 % 등으로 조사되었으며 최근 10개년 중에는 2004년에 85,667백만원의 피해가 발생하여 가장 피해가 심했던 것으로 나타났다.

2) 가뭄피해 현황

② 가뭄의 피해현황은 일반적으로 가뭄은 상당히 큰 지역에서 식물 동물 인간들에게 해로운 영향을 주는 장기간 수분이 부족한 상황을 말한다. 통상적으로 가뭄피해는 다음과 같다.

과거의 가뭄피해는 조선조시대 기록을 보면 약 년마다 한번 꼴인 89회로 가뭄피해를 입었으며 특히 1594년 1671년 1697년 전국적인 가뭄으로 인한 대흉작이 발생 되었던 것으로 기록되어 있다 또한 최근 40년 동안 한반도에서는 5 ~ 8년마다 극심한 가뭄을 경험하였고 90년 이후는 1 ~2년마다 전국 또는 지역에 따라 크고 작은가뭄이 발생하고 있다. 1960년대 이후에 발생한 주요가뭄기간은 '67 ~ 68년의 호남 및 영남지역에 극심했던 가뭄과 76 ~ 77년, 81 ~ 82 , 년 87 ~ 88년의 영남지방가뭄 그리고 94 ~ 95년의 영 호남 지역 및 중부 일부지역에서 발생했던 것으로 기록되어 있다. 가뭄면적이 가장 크게 발생된 1968년의 경우 3개월 지속기간 과우일수 빈도는 50년 빈도로 그 당시 화폐가치로 약 7,009억원의 피해가 발생했으며 약 56억원의 가뭄 대책비가 소요되었다 한편 가뭄이 가장 심했던 1968년의 경우 저수율도 4%로 약 년 빈도에 해당하여 농번기의 가뭄은 그 해 이른 봄부터 예고되는 것으로 평가 될 수 있다 80년대 이후부터는 10년 빈도 미만의 가뭄에서도 일천억원 이상의 가뭄 피해가 발생되어 가뭄관리의 중요성을 잘 보여주고 있다.

본 과업대상 유역도 상기 가뭄기간에 가뭄피해를 입은 것으로 추정되나 가뭄에 대한 체계적인 조사 분석이 이루어지지 않아 가뭄사상별 수문 기상특성 및 가뭄기간 별 피해유형별 피해액 등을 분석하기가 불가능한 실정이므로 부득이 『수자원종합정보(2006, 건설교통부)』의 피해현황을 조사하였으나 부여군의 가뭄 피해현황은 없는 것으로 조사되었다.

(5) 하천수의 이용현황

하천의 유수이용실태 조사범위는 금회 [금강수계 지방 2급 하천정비기본계획 및 대장성성용역 ④지구]의 과업하천인 증산천, 염창천, 봉두천, 현내천, 정각천, 증산천, 북고천, 하황천, 지토천, 사동천, 계양천의 11개 과업하천이 위치하는 부여군 부여읍 석성면 초촌면 장암면 임촌면 세도면의 읍 개면을 기준으로 유수이용실태를 조사하였다.

1) 생활용수

현재 부여군은 금강계통 광역상수도를 공급받아 부여읍, 규암, 석성, 은산, 구룡, 홍산, 장암, 세도면 지역에 용수를 공급하고 있다. 부여군 상수도는 2001년말 한국수자원공사에서 백마강을 취수원으로 하는 석성정 수장의 정수 Q=15,200 m³/일의 일의 용수를 공급받아, 부여읍을 비롯하여 7개면 (규암, 은산, 구룡, 홍산, 석성, 장암, 세도)에 상수도를 공급하고 있으며 기존 홍산정수장 (Q=15,200 m³/일)은 정수시설의 노후 및 추가시설 등의 부담으로 2001년 11월 이후 폐쇄하여 홍산면 지역의 자체용수 공급지역을 광역급수지역으로 전환하였다. 과업하천인 증산천의 생활용수는 대부분 상수도 급수를 받고 있으며, 일부 지역 간이상수도나 자기급수에 의해 용수를 이용하고 있으나 이용현황은 미미한 것으로 조사 되었다.

표 1.2.10 부여군 상수도 이용현황

읍·면	인구(인)		보급률 (%)	시설용량 (m ³ /일)	급수량 (m ³ /일)	1인1일 급수량 (lpcd)
	총인구	급수인구				

부여군	81,850	42,291	52	16,500	16,333	386
부여읍	26,477	23,741	90	11,100	10,275	433
석성면	3,959	2,984	75	900	893	299
초촌면	3,015	-	-	-	-	-
장암면	3,598	1,069	30	400	258	241
임천면	3,897	-	-	-	-	-
세도면	4,522	3,276	72	700	581	177

표 1.2.11 간이상수도 및 소규모 급수시설 현황

읍·면	리·동	시설명	취 소 용 량	급수현황		수원	급수 방식	설치 년도	구 분	비 고
				세대(호)	인구(인)					
부여읍	염차1리	군석	30	5	12	용천수	양수	1980	소규모	염창천
	송곡1리	송삼	35	20	70	용천수	양수	1976	소규모	증산천
	상금1리	보각	30	10	25	용천수	양수	1979	소규모	증산천
초촌면	신암2리	신보	20	8	20	계곡수	자연유하	1980	소규모	증산천
장암면	북고리	-	30	10	30	계곡수	자연유하	1978	소규모	북고천
세도면	청포1리	-	40	25	80	지하수	양수	1986	소규모	계양천

표 1.2.12 부여군 상수도 이용현황

구분 하천명	생활용수 이용량(m^3 /일)		
	계	상수도	미급수
증산천	504	286	218

2) 공업용수

금회 과업구간내 공업단지는 『부여군 통계연보 (2006, 부여군)』 및 현장조사를 토대로 검토하였으며 유역내에 계획된 공단이나 하천수를 공업용수로 사용할 계획은 없는 것으로 조사되었다.

3) 농업용수

일반적으로 농업용수는 주수원공인 저수지나 양수장으로부터 취수한다 저수지는 수해지인 관개지구 보다 상류에 위치하여 유역으로부터 유출량을 저류하고 용수를 공급하며 양수장은 하천으로부터 직접 취수하여 용수를 공급하는 기능을 가지고 있기 때문에 하천의 유황에 따라 영향을 받게 된다 주수원 공의 용수공급능력이 부족할 경우에는 관정이나 보 등 보조수원공을 설치하여 용수를 공급하기도 한다. 농업용수는 수요량이 년중 일정하지 않고 대략 4 ~ 10월중에 발생하는 수요이다.

농업용수 산정은 유역내에 설치되어 있는 농업용수 취수시설물을 조사하여 취수실적을 이용하는 방법 과 유역내 경지면적을 조사하여 단위용수량을 곱하여 산정하는 방법이 있다 농업용수 취수시설물을 조사하여 취수실적을 이용하는 방법은 수원공인 저수지 관정 및 보에서 직접 취수하는 농업용수 이 용 현황은 실제 취수되는 취수량자료가 없어 조사방법의 한계성과 이로부터 조사된 용수수요량을 장 래 계획시 적용하는데 신뢰성이 결여될 수 있으므로 본 과업에서는 유역내 경지면적을 조사하여 단 위 용수량을 곱하여 산정하는 방법을 이용하여 농업용수 수요량을 산정하였다 시설물별 관개면적 현 황은 표 1.2.13 ~ 14와 같다.

표 1.2.13 시설물별 관개면적 현황

하천명	관개면적(ha)			
	소계	보	저수지	관정
증산천	219	219	-	-

표 1.2.14 농업용수 이용현황

하천명	경지면적(ha)				농업용수(천 m^3 /년)			
	계	수리답	수리불안전	관개전	계	수리답	수리불안전	관개전
증산천	1,510	1,066	390	54	1,752	1,378	327	47

(6) 하천유역의 지형·지물 등을 파악하기 위한 측량기준점에 관한 사항

하천정비기본계획 수립시 측량 목적에 따른 조사측량의 종류는 표 1.2.15와 같고 종·횡단 측량의 범위는 표 1.2.16과 같다.

표 1.2.15 하천정비기본계획 조사측량 계획

측량자 업명	측량의 종류	목 적
계획용 기본도 작성 (지형 현황 측량)	평판측량 사진측량	계획책정
골조측량	삼각측량 다각측량 (도근측량)	기준점의 좌표설치
종단 측량	수준측량	하도계획, 하천개수계획 수립
횡단측량	횡단측량 수심측량	하도계획, 하천개수계획 수립

표 1.2.16 하천정비기본계획 조사측량 범위

하 폭	종단측량	횡단측량				
	하천유심의 직각방향간격	하천유심의 직각방향간격	무제부		유제부	
			제내지	제외지	제내지	제외지
5 - 50	50 내외	50 내외	계획홍수위 이상까지	전 부	50 이상	전 부
50 - 200	100 내외	100 내외			100 이상	
200 - 500	200 내외	200 내외			200 이상	
500이상	500 내외	500 내외			300 이상	

1) 관련규정

- ① 공공측량성과 심사 업무처리 규정
- ② 공공측량표준작업규정
- ③ 공공측량의 작업규정세부기준
- ④ GPS에 의한 기준점 측량작업규정
- ⑤ 수치지도작성 작업규칙

2) 법규

- ① 하천법 제14조(하천대장)
- ② 하천법 제17조(하천정비기본계획)
- ③ 하천법 시행령 제17조(하천정비시행계획의 수립)

본 과업시 하천정비기본계획 및 하천대장의 작성을 위해 상기 관련기준 및 법규에 의거하여 하천 조사측량 계획을 수립하고 실시하였다 또한 하천조사측량을 실시하기 전에 공공측량 작업규정에 대한 승인을 받은 후 공공측량의 작업규정 세부기준에 의거 측량을 실시하고 측량성과를 제출하여 측량성과의 정확도 및 심사는 건설교통부의 공공측량성과 심사업무처리규정에 의거 국토지리정보원에서 시행 또는 (위임받은 대한측량협회) 하는 심사를 득하였다.

본 과업수행시 하천대장 및 수리계산의 정확성을 기하기 위하여 기본계획의 일반적인 측량보다 세밀하게 측량을 실시하였으며 지형현황측량은 1:1,200으로 측량하였고, 종·횡단 측점 간격은 현하 폭의 3배 이내가 되도록 50 ~ 100 m 간격으로 시행하였으며 부도작성은 관리가 용이하게 1 : 1,200으로 축도하였다.

3) 수준 및 종단측량

종단 및 횡단 측량을 위한 수준점은 국토지리정보원에서 기 매설한 기본 수준점 성과를 이용하여 조사구간의 좌우 양안을 폐합시키고 좌우 양안에서 각각 왕복측량을 실시하였고 국토지리정보원의 기본 수준점 성과는 표 1.2.17 과 같다.

표 1.2.17 기본수준점

등 급	수준점 번호	수준점 위치	표고(EL.m)
2	10-02-02-01	충남 부여군 규암면 외리 3구 마을회관내	7.960

계획하폭 중앙선의 측점간 거리는 하천설계기준에서 정하고 있는 간격을 고려하되 100 m 간격을 기준으로 기본수준점 성과를 이용하여 하천 양안을 따라 유심의 직각방향으로 선점한 측점을 따라 왕복측량을 실시하고 보 낙차공 및 교량 등 하천횡단 구조물이 설치되어 있는 지점에 대하여 추가 측점을 설치하고 그 표고를 측정하였다.금회 실시한 종단측량 성과는 종축척 1:200, 횡축척 1:2,00으로 작도하였고 본 보고서에는 적절하게 축도하여 수록하였다. 또한 차후 측량의 기준점이 될 수 있도록 금회 조사구간에 대하여 표석을 매설하되 유제부는 제방 천단에 무제부는 지형이 허용하는 범위 내에서 최소한 계획홍수위 보다 높은 지점에 매설하였다 화강암으로 제작된 표석의 각면에 수준점 충청남도 2007 하천정비 를 음각하고 수준점이라 써진 면이 남쪽을 향하고 상면이 수평이 되도록 매설하였다 표석 성과는 표 1.2.18와 같고 매설위치는 부도에 표시하였다.

표 1.2.18 표석 성과

하천명	표석 번호	안별	측점 (No.)	위치	좌 표		표고 (EL.m)	부 도
					종좌표(X)	횡좌표(Y)		
증산천	증산1	우	0-1	부여군 석성면 증산리	202,487.315	303,749.986	12.162	증산1
	증산2	우	5+1	부여군 석성면 증산리	202,135.713	304,069.570	12.155	증산2
	증산3	우	10+2	부여군 석성면 증산리	201,645.481	304,212.210	11.753	증산3
	증산4	좌	14+95	부여군 석성면 증산리	201,482.987	304,615.652	12.139	증산4
	증산5	우	19+97	부여군 석성면 증산리	201,369.422	305,095.210	12.636	증산5

증산6	좌	25+3	부여군 석성면 증산리	201,234.470	305,577.708	14.259	증산6
증산7	우	29+93	부여군 석성면 증산리	201,234.610	306,056.282	16.237	증산7
증산8	좌	35+15	부여군 석성면 증산리	201,103.599	306,552.522	18.223	증산8
증산9	우	40+1	부여군 석성면 증산리	200,847.058	306,951.698	21.326	증산8
증산10	우	44+97	부여군 초촌면 신암리	200,571.101	307,364.480	24.912	증산9
증산11	우	50+10	부여군 초촌면 신암리	200,248.249	307,760.380	30.079	증산10
증산12	좌	54+99	부여군 초촌면 신암리	199,834.894	307,922.337	32.538	증산11
증산13	좌	60+9	부여군 초촌면 신암리	199,458.726	308,264.376	36.388	증산12
증산14	좌	64+87	부여군 초촌면 신암리	199,046.168	308,493.326	40.538	증산12
증산15	우	70+2	부여군 초촌면 신암리	198,738.066	308,862.428	45.137	증산13
증산16	좌	71+30	부여군 초촌면 신암리	198,670.399	308,979.626	47.931	

다. 제방·댐·저류지·홍수조절지·방수로 등 홍수방어시설의 홍수방어계획

(1) 홍수처리계획의 기본방향

홍수방어계획은 하천홍수에 의해 발생하는 수해를 방지 또는 경감하기 위하여 어떤 계획기준점에서 계획수립에 기본이 되는 계획홍수량을 설정하고 해당지역을 홍수피해로부터 방어 할 수 있도록 홍수조절 및 방어계획을 수립하고 그 치수대책을 책정하는 것이다. 현재까지 제시된 하도 내에서의 홍수방어와 하도 내를 유하할 홍수량의 조절 등의 치수대책을 도표화하면 그림1.2.1 과 같다.

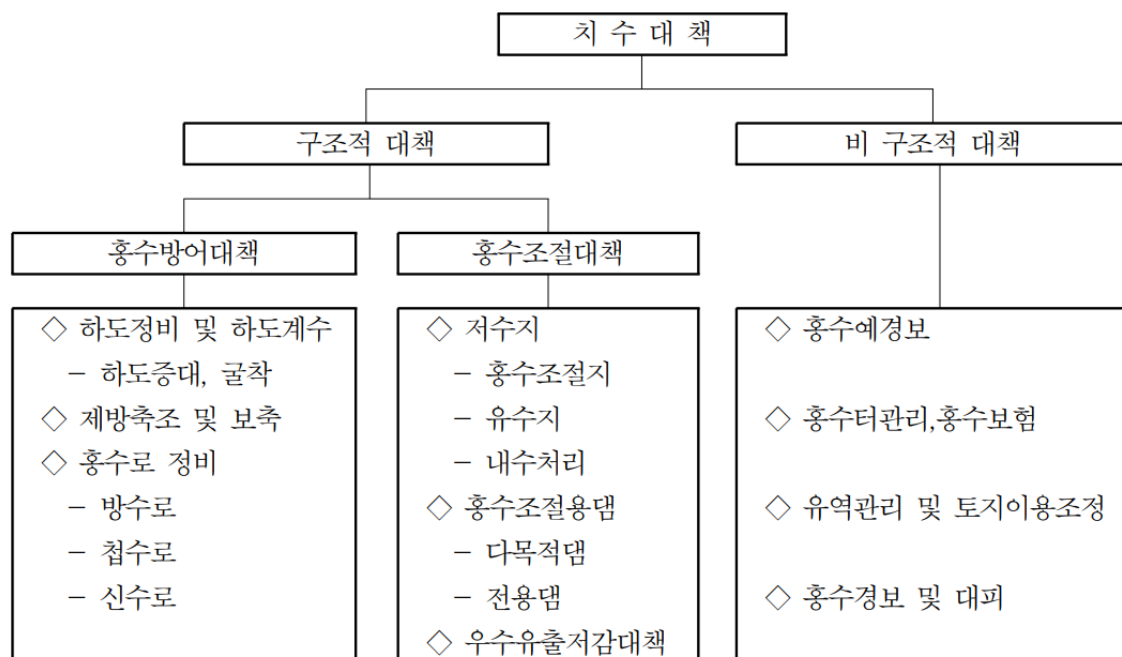


그림 1.2.1 치수대책

치수측면에서의 홍수처리계획은 과다한 유출로부터 인명 및 재산을 보호하기 위하여 각종 구조적 및 비구조적 홍수방어 계획을 수립하는 것으로 유역상황에 맞도록 기본방향을 설정해야 한다.

구조적인 대책에는 제방축조, 하도정비, 방수로, 유수지, 홍수조절용 댐 등이 있으며 비구조적 대책에는 토지이용계획, 홍수예경보, 건물의 내홍수화, 수방조직, 효율적 운영 등이 있다.

금회 과업하천은 홍수지속시간이 짧고 제내지 농경지가 비교적 협소하여 홍수를 저류하기 위한 공간이 없는 것으로 조사되었으며 홍수조절기능이 있는 저수지나 댐 ,이 없으므로 홍수 유출량 전량을 하

도가 부담하는 하천개수사업을 중심으로 치수계획을 수립하여 홍수소통을 원활하게 하고 홍수로부터 피해를 줄이도록 하였다.

홍수처리계획의 기본방향 설정시 검토사항은 다음과 같다.

- ① 확률강우량 유출계수 등 홍수량 산정인자 및 치수계획 빈도의 적정성을 검토하고 계획홍수 규모를 설정한다.
- ② 획일적인 축제계획은 경제성 등이 부족할 수 있으므로 해당구역을 보상 주민이주포함하고 천변저류지로 활용하는 방안 등 다양한 대안을 설정하고 이에 대한 장단점을 면밀히 검토하여 최적 대안을 선정한다.
- ③ 홍수량 및 홍수위 증가로 기존제방의 승상이 필요한 경우 획일적인 보축계획의 수립은 향후 보축공사의 시공성 경제성 등을 감안하여 천변저류지 홍수조절지하도 확폭 방안 등을 우선적으로 검토 반영하여 늘어난 홍수량과 홍수위를 처리한다.
- ④ 해당 유역내 신설 배수문은 내수배제가 원활하도록 충분한 통수단면적을 확보토록 계획하고 기존 배수문의 수문 및 수리학적 통수능력을 재검토하여 통수능력이 부족한 시설물에 대해서는 확장 계획을 수립하였다.
- ⑤ 과업구간 내에 위치한 교량의 홍수소통 지장여부에 관한 문제를 검토하여 시설물에 대한 유지관리 방안을 제시하고 향후 설치될 교량에 대해서는 설계의 기본자료를 제공한다.
- ⑥ 보 및 낙차공에 대해서는 수위 상승을 검토하여 동 시설물로 인해 홍수가 기성제를 월류 또는 파괴 등의 여부를 검토하여 금후에 설치될 시설물에 대하여는 설계의 기본자료로 제공하였다.

라. 토지이용계획 등에 따른 홍수방어계획

토지이용계획은 환경과 안전을 고려하여 지역의 토지를 효율적으로 이용하고 발전시키는 계획입니다. 홍수방어계획은 이러한 토지이용계획의 일부로, 특히 홍수와 같은 자연재해에 대한 대응을 포함한다.

- ① 침수 위험이 있는 지역의 제한: 토지이용계획에서는 침수 위험이 있는 지역에 대한 토지이용을 제한하고, 주택 건설이나 상업 시설 등을 적절히 관리한다.
- ② 하천 및 수문의 유지와 관리: 토지이용계획은 하천, 호수, 댐 등 수문 시설의 유지와 관리를 고려하여 홍수 발생 시의 수문 조절을 가능하게 한다.
- ③ 침수 예방 시설의 설치: 홍수방어를 위해 침수 예방 시설을 설치하고, 이를 효율적으로 관리하여 홍수로 인한 피해를 최소화 한다.
- ④ 침수 위험이 낮은 지역에 주거 및 상업용 건물 유치: 토지이용계획은 침수 위험이 낮은 지역에는 주거 및 상업용 건물을 유치하고, 이를 통해 침수 피해를 최소화 한다.
- ⑤ 침수 예경보 시스템의 구축: 토지이용계획은 침수 예경보 시스템을 구축하여 주민들에게 빠르게 경보를 제공한다.
- ⑥ 침수 대피 시설의 마련: 홍수 발생 시 주민들을 대피시킬 수 있는 안전한 시설과 대피 경로를 마련한다.
- ⑦ 지속적인 감시와 모니터링: 지속적으로 지역의 홍수 위험을 감시하고, 홍수방어시설 및 시스템의 작동 상태를 모니터링하여 필요 시 조치를 취한다.
- ⑧ 교육과 훈련: 지역 주민들에게 홍수 대비 및 대응에 대한 교육을 제공하고, 훈련을 실시하여 대응능력을 향상시킨다.
- ⑨ 정보 제공 및 응급 대응: 홍수 발생 시 주민들에게 즉각적인 정보를 제공하고, 응급 상황에 빠르게 대응한다.
- ⑩ 재난 복구 및 복원 계획: 홍수로 인한 피해를 최소화하기 위해 발생 후에도 신속하게 복구 작업을

진행하고 피해자들을 지원합니다.

토지이용계획과 홍수방어계획은 서로 협력하여 지역의 안전과 발전을 도모합니다. 이는 효과적인 자연 재해 대응을 위해 중요한 요소이다.

마. 토지이용계획 등에 따른 홍수방어계획

홍수방어계획의 연차별 시행방안은 지속적으로 계획을 갱신하고 효과적으로 실행하기 위한 명확한 로드맵을 제공한다. 아래는 연차별 시행방안의 예시이다.

(1) 1년차: 계획 수립과 기본 구축

- ① 팀 구성: 홍수방어팀을 구성하고, 역할과 책임을 분명히 합니다. 각 구성원의 역할에 대한 교육 및 훈련을 실시한다.
- ② 위험 지역 분석: 지역의 지리적, 기상학적 특성을 분석하여 침수 위험 지역을 식별합니다. 이를 기반으로 대응 전략을 수립한다.
- ③ 토지 이용계획 검토: 기존의 토지 이용계획을 검토하고, 홍수방어를 위한 조치를 포함하여 필요한 수정사항을 도출한다.
- ④ 조기 경보 시스템 구축: 홍수 조기 경보 시스템을 설치하고 관리하기 위한 시설과 장비를 확보한다.
- ⑤ 교육 및 훈련: 지역 주민들에게 홍수 대비와 대응에 대한 교육을 제공하고, 홍수 대응 훈련을 실시한다.

(2) 2년차: 시행과 대응능력 강화

- ① 침수 예경보 시스템 강화: 조기 경보 시스템의 성능을 평가하고 필요한 경우 업그레이드 및 보완을 진행합니다.
- ② 침수 위험 지역 개선: 침수 위험 지역에 대한 조치를 취하여 피해를 최소화하는 방안을 구체화합니다. 이를 위해 댐, 제방 등의 시설을 검토하고 보강한다.
- ③ 재난 대응 훈련 강화: 홍수 발생 시 대응하는 팀의 능력을 향상시키기 위한 훈련을 지속적으로 실시한다.
- ④ 정보 제공 및 응급 대응 능력 강화: 홍수 발생 시 주민들에게 정확하고 신속한 정보를 제공하고, 응급 상황에 대응하는 능력을 강화한다.

(3) 3년차: 성과 평가와 조정

- ① 성과 평가: 홍수 대응의 성과를 평가하고, 계획의 효과를 분석합니다. 특히 실제 홍수 발생 시의 대응 능력을 검토한다.
- ② 계획 수정 및 조정: 성과 평가를 기반으로 계획을 조정하고, 필요한 수정사항을 반영하여 대응 능력을 강화한다.
- ③ 피드백 수렴: 주민들과 지역 사회 피드백을 수렴하고 홍수방어계획의 개선점을 도출하여 적용한다.
- ④ 추가 자원 확보: 필요한 경우 자원을 확보하여 대응 능력을 강화하고, 홍수 위험을 최소화한다.

이와 같은 연차별 시행방안은 계획을 효과적으로 실행하고 지속적으로 발전시키기 위한 기본적인 가이드라인입니다. 이러한 단계는 지역의 특성과 상황에 따라 유동적으로 조정 될 수 있다.

바. 하천공사의 시행에 관한 사항

(1) 계획홍수량 및 홍수량의 배분에 관한사항

계획홍수량이란 기본홍수량이 결정되면 기술적인 면과 경제적인 면을 고려하여 종합적으로 하도 및 홍수조절용구조물에 배분하여 하도계획의 기본이 되게 정한 홍수를 말한다.

본 계획에서는 하천의 중요도 및 수계의 일관된 치수계획 등을 고려하여 증산천 하류부구간은 100년 빈도를 중.상류부구간은 80년빈도를 기본홍수량으로 결정하였으며 유역내 홍수조절 시설물이 없으므로 기본홍수량을 계획홍수량으로 채택하였다.

표 1.2.19 기본 및 계획홍수량

하천명	산정지점	부 호	유역면적 (km^2)	유로연장 (km)	홍수량(m^3/s)		비홍수량 ($m^3/s/km^2$)
					기본	계획	
증산천	증산천하구	JS0	15.91	8.22	224	224	14
	정각천	JS1	9.96	6.97	148	148	15
	합류전(지방2급)						
	증락천 합류전(소하천)	JS2	7.77	4.61	133	133	17
	신보천 합류전(소하천)	JS3	4.83	4.02	96	96	20
	신암교 지점	JS4	3.87	3.16	78	78	20
	증산 7교지점	JS5	2.96	2.06	67	67	23
	과업시점	JS6	0.55	1.32	13	13	24

표 1.2.20 계획홍수량 비교 및 검토

구분	하천명	유역면적 (km^2)	유로연장 (km)	계획홍수량 (m^3/s)	비홍수량 ($m^3/s/km^2$)	계획빈도	비고
과업하천	증산천	15.91	8.22	224	14	80, 100	34개년
인근 하천	칠산천	43.83	14.38	435	10	50	23개년
	장성천	19.99	7.90	275	14	50	31개년
	라궁천	8.19	5.16	153	19	50	33개년, 38개년
	왕암천	24.51	12.10	444	18	50	33개년

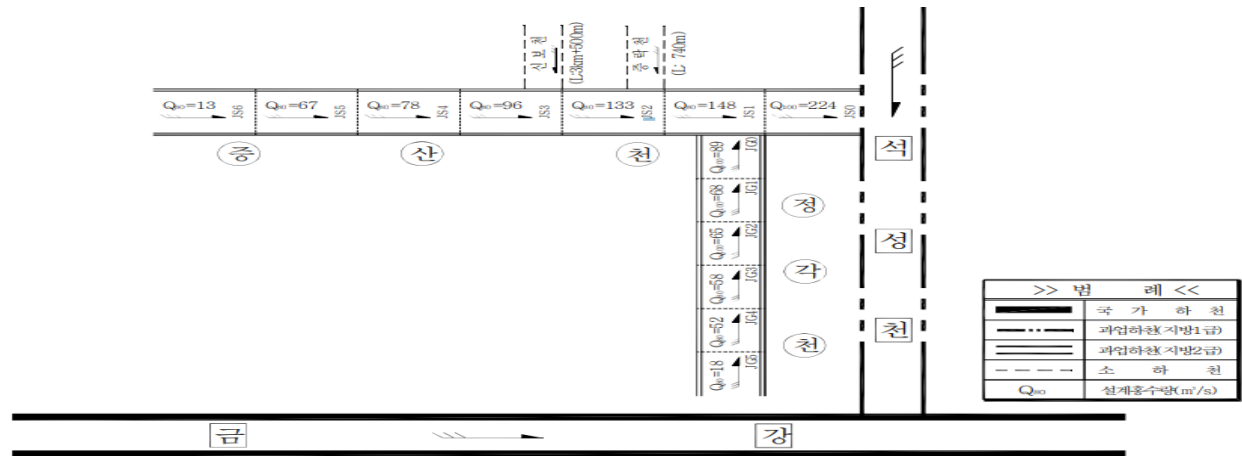


그림 1.2.2 계획홍수량 배분도

(2) 계획홍수위

금회 과업 수립시 홍수위 계산을 위한 기점홍수위는 기수립된 석성천 하천정비 기본계획의 계획홍수위를 토대로 채택하였다.

표 1.2.21 계획홍수위

하천명	측점	거리(m)	누가거리(m)	계획홍수량(m^3/s)	계획홍수위(EL.m)	하폭(m)		기설제방고(EL.m)		비고
						기존	계획	좌안	우안	
석성천	0	0	0	1,445	9.60	590	590	9.36	10.26	금강본류 합류점
	생략									
	20	200	3,400	1,365	10.49	150	180	10.05	8.05	
	+100	100	3,500	1,365	10.51	180	195	9.93	7.99	증산천 합류지점
	21	200	3,600	1,365	10.53	210	210	9.80	7.93	
	생략									

(3) 계획 하폭 및 그 경계

본 과업에서 계획하폭 산정은 현재의 하천부지 유로의 형태 현재의 제내지 현황 하천의 종단경사 및 계획홍수량 등과 하천설계기준에서 제시된 계획하폭기준 및 기발표된 경험공식을 토대로 산정한 계산치와 현 하폭을 고려하여 결정하였다. 증소하천의 계획하폭 공식에 의한 계산하폭은 대하천과 소하천의 계획하폭 공식보다 계산하폭이 다소 크게 산정되었으며 대하천과 소하천의 계획하폭 공식에 의한 계산하폭은 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭의 범위에 있는 것으로 검토되었다 따라서 본 과업에서 계획하폭의 결정은 계획홍수량 크기에 따른 계획하폭을 산정하여 계획하폭 결정을 위한 기준값으로 설정하였고 현하폭이 계산하폭보다 큰 경우에는 현하폭을 계획하폭으로 결정하였고 현하폭이 계산하폭보다 작은 경우에는 현지형 조건이 가능한 범위내에서 계획하폭을 결정하였다.

2. 이론적 배경

하천기본계획 수립을 하기 위해서는 그 유역의 우량 관측소에서 측정된 최소 30년 이상의 강우기록을 필요로 한다. 이들 우량자료는 강우(강도)특성분석에 활용하게 되는데 주로 빈도해석을 통한 확률강우량 도출이 이루어지는데 이는 RFAHD(2020)을 활용한다.이에 대한 강우분석이 끝나면 이를 토대로 하여 재현기간별 유출해석을 통해 홍수량을 산정하게 되는데 이는 HEC-HMS를 활용한다. 이것을 통해 산정된 확률 홍수량을 계획홍수량으로 하는 홍수위 분석에서는 HEC-RAS를 활용한다. 따라서 하천의 시설물 암거,교량,댐 중 교량의 수면분포곡선을 해석하여 하천기본계획의 수공 실무에 적용시키고자 한다.

표 2.1 수공실무의 개관



2.1 암거

암거(culvert)는 도로 시설(roadway system) 전체를 통해 호우 유출의 통수능과 관리를 위해 모두 필요하다. 암거의 흐름은 입구 통제와 출구 통제의 두 가지 흐름 통제를 받는다. 입구 통제를 받는 흐름은 암거 설치 경사가 비교적 급하고, 사류인 빠른 유속의 작은 수심을 갖으며, 통제단면은 암거 벽의 상류 끝(입구)인 입구에 있다. 출구 통제를 받는 흐름은 암거 설치가 비교적 완만하고, 상류인 느린 유속의 큰 수심을 갖으며, 통제단면은 암거 벽의 하류 끝인 출구에 있다. 또한 출구통제의 경우 하류수심은 한계수심이거나 이보다 큰 수심을 갖는다.

암거의 다양한 단면 형상은 폐쇄 도수로와 개거로 이용된다. 가장 일반적인 폐쇄 도수로 형상은 관 아치형, 상자(사각)형, 원형, 타원형 등이다. 형상 선정은 축조의 비용, 상류 수면의 표고, 도로제체의 높이, 수리학적 성능에 기초하게 된다. 암거의 재료 선정은 구조적 강도, 수리학적 조도, 내구성, 시공성에 좌우된다. 가장 일반적으로 사용되는 암거재료는 (철근과 무근의) 콘크리트와 파형 금속(알루미늄과 강철), 플라스틱(고밀도 폴리에틸렌, 또는 폴리비닐 염화물)이 있다. 미래에도 계속적으로 개발될 암거 재료는 플라스틱, 섬유유리, 합성재료 등 다양한 형식의 재료 포함될 수 있을 것이다. 일반적으로 사용되는 암거의 입구형상은 돌출 암거 몸통, 현장타설 콘크리트 상부벽, 제체경사형 연귀단 암거가 있으며, 이들을 표준 입구형식이라 한다. 수리학적 성능, 구조적 안정성, 미적 정서, 침식 통제, 제체 보유력은 다양한 입구형상의 선정에 고려 사항이다.

2.1.1 HEC-RAS

HEC-RAS(Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) 모형 v5.0은 미육군공병단【US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center ; (USACE, 2022)에서 2008년 3월과 2016년 2월에 각각 발표한 다중작업환경(multi-tasking environment)의 대화식으로 사용하기 위해 고안된 소프트웨어 통합시스템(integrated system of software)이다. 이 시스템은 분석구성요소, 자료저장과 관리 성능, 그래프와 출력기능을 분리하여 사용자가 그래픽을 통해 컴퓨터와 정보를 교환하는 작업환경(graphical user interface, GUI)으로 구성되었다. HEC-RAS v4.0의 경우, 정상류 수면 곡선 계산(steady flow water surface profile computations), 부정류 모의(unsteady flow simulation), 이동상 유상이송 계산(movable boundary sediment transport computations), 수질분석(water quality analysis) 4가지 1차원 하천분석요소(river analysis components)로 구성되었다. 또한, v5.0의 경우는 상세 2차원 수로모의(detailed 2D channel modeling)를 비롯해 상세 2차원 수로와 홍수터 모의(detailed 2D channel and floodplain modeling) 등의 다양한 분석요소가 추가되었다. (이종석, 2022a)

2.1.2 RFAHD

RFAHD(Regional Frequency Analysis for Hydrological Data)란 기존에 널리 쓰이던 FARD 프로그램의 업그레이드 버전으로, 수문자료의 지역빈도해석, 지점빈도해석을 수행할 수 있는 프로그램이다. 이 수문자료빈도해석 프로그램은 홍수량 산정 표준지침 (환경부, 2019)에서 제시된 지역빈도해석 방법을 추가하여 새로이 제시된 지침에 대응할 수 있도록 개발된 프로그램이다. 기존 FARD2013의 지점빈도해석 모듈을 유지하면서 지역빈도해석 기능을 추가하였다. 또한 강우강도식의 유도와 지역구분 관련 GUI를 추가하여 사용자 편의성을 증대시켰다. (환경부, 2020)

2.1.3 HEC-HMS

HEC-HMS(Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System)은 미육군공병단에서 수지상 유역의 강우 유출과정을 모의하여 광범위한 문제를 풀기 위해 지리적 면적의 넓은 범위에 적용시킬 수 있도록 고안되었다. 지리적 면적에는 작은 도시나 자연유역 유출에 대한 홍수수문학과 큰 하천유역의 급수가 포함된다. 이 프로그램에 의해 만들어진 수문곡선들은 물의 유용성, 도시배수, 홍수예보, 장래 도시화 영향, 홍수터 조절, 습지수문학, 체계조작의 연구를 위한 다른 기술 수단과 직접 또는 연결시켜서 사용할 수 있다(USCE, 2008a, b).

2.1.4 CulvertMaster

CulvertMaster는 Haestard(2004)와 Bently(2013)에서 개발한 소프트웨어 도구이다. 이 프로그램을 통해 암거의 설계와 분석을 수행할 수 있다.

2.2 교량

2.2.1 RFAHD 활용

RFAHD는 기존에 널리 쓰이던 FARD 프로그램의 업그레이드 버전으로, 수문자료의 지역빈도해석, 지점빈도해석을 수행할 수 있는 프로그램입니다. 환경부(2019a)의 지침은 수장기 계획 등 수장원 관련 개발 계획의 수립을 위한 수공 실무에서 기상청 또는 국토교통부 등 우량관측소 우량자료를 수집하여 지역빈도해석을 통해 최적 확률 분포형을 GEV 분포로 제시하였다. 이 최적분포를 이용하여 확률강우량을 산정하고 Huff 4분위법의 3분위 시간분포자료를 구한다.

2.2.2 HEC-HMS 활용

HEC-HMS는 미육군공병단에서 2009년 8월에 발표한 수지상 유역의 강수-유출과정을 모의하기 위해 개발된 홍수량 산정용 프로그램이다. HEC-HMS는 수지상 유역의 강우 유출과정을 모의하여 광범위한 문제를 풀기 위해 지리적 면적의 넓은 범위에 적용시킬 수 있도록 고안되었다. 지리적 면적에는 작은 도시나 자연유역 유출에 대한 홍수수문학과 큰 하천유역의 급수가 포함된다. 이 프로그램에 의해 만들어진 수문곡선들은 물의 유용성, 도시배수, 홍수예보, 장래 도시화 영향, 홍수터 조절, 습지수문학, 체계조작의 연구를 위한 다른 기술 수단과 직접 또는 연결시켜서 사용할 수 있다.

2.2.3 HEC-RAS 활용

HEC-RAS는 미육군공병단에서 2008년3월, 2016년2월에 발표한 다중작업환경에서 대화식으로 사용하기 위해 고안된 소프트웨어 통합시스템이다. HEC-RAS 시스템은 해석성분, 자료저장과 관리 성능, 그래프와 출력 기능을 분리하여 사용자가 그래픽을 통해 컴퓨터와 정보를 교환하는 작업환경으로 구성되었다. 또한 HEC-RAS 시스템은 정상류 수면곡선 계산, 이동상 유사이송 계산, 수질해석 4가지, 1차원 하천해석

요소로 구성되었다.

2.2.4 하천시설 해석

하천과 강 위에 설치되는 교량의 모의는 수공기술자를 어려운 수공학 문제로 궁지에 처하게 한다. 교량의 교대와 교각에 의해 발생하는 흐름 수축은 교량의 하류측면유선의 확대와 상류 측면의 축소로 인해 추가적으로 에너지 손실을 상승시킨다. 교량에 의한 흐름 수축은 갑자기 이루어지는 것으로 이로 인해 발생하는 에너지 손실은 심각할 것이며, 에너지 방법은 이와 같은 교량을 통한 수면곡선을 계산하는 데 필요할 것이다.

2.2.5 횡단면 위치

통상적으로 교량의 구조물에 의해 발생하는 에너지 손실을 계산하기 위해 4개의 단면이 필요하다.

첫 번째 단면으로는 흐름이 구조물에 의해 영향을 받지 않으므로 구조물로부터 충분히 하류에 위치해 있다. 확대거리는 유속과 유량의 크기, 수축의 형상, 수축의 정도에 따라 변한다. 여기에 확장비가 선정되면 확장거리의 하류 끝에 대한 거리는 평균장애물 길이의 확장비를 곱해서 구한다. 평균장애물 길이는 교량의 두 접근제방에 의해 만들어지는 홍수터 폭의 총 수축의 반으로 정의한다.

표 2.2.1 확장비의 범위

b/B	S=1ft/mile	$n_o/n_c=1$	$n_o/n_c=2$	$n_o/n_c=4$
0.10	0.00018	1.4 ~ 3.6	1.3 ~ 3.0	1.2 ~ 2.1
	0.0009	1.0 ~ 2.5	0.8 ~ 2.0	0.8 ~ 2.0
	0.0018	1.0 ~ 2.2	0.8 ~ 2.0	0.8 ~ 2.0
0.25	0.00018	1.6 ~ 3.0	1.4 ~ 2.5	1.2 ~ 2.0
	0.0009	1.5 ~ 2.5	1.3 ~ 2.0	1.3 ~ 2.0
	0.0018	1.5 ~ 2.0	1.3 ~ 2.0	1.3 ~ 2.0
0.50	0.00018	1.4 ~ 2.6	1.3 ~ 1.9	1.2 ~ 1.4
	0.0009	1.3 ~ 2.1	1.2 ~ 1.6	1.0 ~ 1.4
	0.0018	1.3 ~ 2.0	1.2 ~ 1.5	1.0 ~ 1.4

2.2.6 교량의 에너지 손실

HEC-RAS를 활용하여 교량을 설치 하였을 때 교량의 구조물에 의해 발생하는 에너지 손실 은 세 개의 부분에서 계산이 된다. 첫 번째 부분은 흐름의 확대가 발생하는 구조물 바로 하류 구간에서 발생하는 손실이고, 두 번째는 여러 가지 방법으로 계산할 수 있는 구조물 자체에서 발생하는 손실이고, 세 번째는 흐름이 개방 통로를 통해 수축되는 구조물 바로 상류구간에서 발생하는 손실이다.

2.2.7 저수위 흐름

교량에서의 흐름은 흐름이 개수로 상태로 교량 통로를 통과할 때 발생하는 것으로, 저수위 흐름은 수면이 교량 통로 부분에서 상판 밑면이 수면과 떨어진 연직표고 차 위의 가장 높은 점 아래를 말한다. 저수위 흐름은 흐름이 상류 또는 사류에 따라 A,B,C 등급으로 분류되고 폐색부를 발생한다. A급 흐름은 교량을 통해 완전한 상류상태이고, C급 흐름은 완전한 사류 상태이고, B급 흐름은 교량 수축에 의해 폐색될 때 발생한다. 만약 교량이 적절하게 설계되었다면 B급 흐름은 발생하지 않는다.

보통 교량 단면의 흐름은 A급 흐름이 일반적이며 교량 단면을 통과하는 흐름의 에너지 손실은 에너지 방법, 운동량 방법과 Yarnell 방법 등에 의해 계산할 수 있다.

2.2.8 흐름 폐색

A급 흐름에 대한 저수위 흐름 계산은 교량 단면에서의 흐름이 폐색되는지 여부를 검토하는 것을 포함

한다. 이는 에너지 방정식이나 운동량 방정식을 사용하여 수행할 수 있다.

에너지 방정식을 이용한 에너지 접근법에서 폐색이 발생되지 않을 조건을 검증하는데 있어서 식 1.을 사용한다.

$$z_2 + h_2 + \alpha_2 \frac{V^2}{2g} > z_{BR} + E_c \quad \text{식 1.}$$

(z =수로바닥의 표고, α =에너지 보정계수, V =평균유속, g =중력가속도, E =비에너지)

2.2.9 저수위 흐름 수면 계산

에너지 방법에 의한 저수위의 수면계산은 자연수로의 점변류 수면곡선 계산에서 사용하고 있는 표준축차법과 매우 비슷하며, 식 2.을 사용한다.

$$z_1 + h_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} - \frac{1}{2} \Delta x S_{f_1} = z_2 + h_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \frac{1}{2} \Delta x S_{f_2} + h_e \quad \text{식 2.}$$

(z =수평기준면에서의 수로바닥 표고, α =에너지 보정계수, V =평균유속, g =중력가속도
 Δx =상·하류단면 사이의 거리, S_f =마찰경사, h_e =와손실)

2.2.10 계획 홍수량 산정

결정된 설계강우를 사용하여 강우-유출관계를 나타내는 홍수수문곡선으로부터 설계홍수량을 산정하는 경우, 설계홍수량을 추정하는 방법에는 두가지가 있다. 그 첫째는 어떤 수공구조물을 설계하거나 하도계획, 내수처리계획 및 홍수방어계획 등을 수립할 때 충분히 관측된 홍수량 자료가 있을 때는 간단히 순간 최대홍수량을 9단계 빈도 해석과정에 의하여 해당지점의 계획홍수량을 산정한다. 또 하나는 기준에 따라 이미 결정한 설계강우를 가지고 강우-유출관계를 나타내는 적당한 홍수유출모형을 이용해서 홍수수문곡선을 계산하는 방법이다.

이들 모형은 도시지역 소규모 배수구역에 대한 설계홍수량을 산정할 경우에는 합리식 또는 수정합리식, 영국도로연구소 방법, SWMM 모형, ILLUDAS 모형등이 사용된다. 중소규모 자연하천유역의 설계홍수량은 단위유량도법, Snyder의 합성단위 유량도법, SCS 합성단위 유량도법 등을 사용한다. 대규모 하천유역의 설계홍수량은 1차적으로 하천유역을 적절히 분할하고, 그 분할된 소유역별로 설계홍수 수문곡선을 계산하며, 이들 결과를 기초로 홍수추적에 의해 설계기준지점의 설계홍수수문곡선을 합성하여 산정한다.

2.3 댐

설계를 위한 빈도 해석, 유출량 산정, 홍수위 검토 등의 실행에는 각각 용도에 따른 프로그램을 사용하는데, 임의지속기간 강우자료를 이용하여 RFAHD2020에 의한 확률강우량을 산정하고, HEC-HMS에 의한 계획 홍수량을 산정하고, 계획홍수량에 대해 HEC-RAS를 이용하여 교량설계와 수리적 안정성을 검토한다. 이들 프로그램의 개념을 소개하면 다음과 같다.

2.3.1 댐

댐이란 하천의 흐름을 막아 그 저수(貯水)를 생활용수, 공업용수, 농업용수, 환경개선용수, 발전(發電), 홍수조절, 주운(舟運), 그 밖의 용도로 이용하기 위한 높이 15미터 이상의 공작물을 말하며, 여수로(餘水路)·보조댐과 그 밖에 댐과 일체가 되어 그 효용을 다하게 하는 시설이나 공작물을 포함한다. 댐 건설의 목적은 용수공급, 홍수조절, 수력발전, 친수공간 확보 등 댐의 규모와 관계없이 하나 또는 여러 개의 목적을 가지며 이를 위해 적절하게 건설되어야 한다. 또한 하천은 국유로서 하천공작물의 하나인 댐은 건

설주체가 누구이던 간에 그 기능이 공공이익에 기여해야 한다. (KDS 54 00 00)

2.3.2 여수로

구조중 여수로(spill way)는 댐의 계획된 저류공간 내에 저류시킬 수 없는 잉여수(surplus water)또는 홍수류를 방류시키기 위한 댐의 저류와 계획된 저류(storage)와 지체(detention, 이들 초과되는 흐름을 전환 시스템으로 보내 우회시키기 위한 것이다. 여수로의 안전은 아주 중요하며, 그 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않는다. 여수로는 댐의 파괴가 부적정한 여수로의 설계 또는 불충분한 용량의 결정에 원인해온 것을 감안하면 수리학적뿐만 아니라 구조적으로도 적절해야만 한다. 설정된 유입설계 홍수량에 eogs 여수로 용량과 저류 용량의 최적인 조합을 결정하기 위해서는 수문, 수리학적 기능과 설계, 비용, 환경적 기능이 고려되어야 한다. 이러한 관점에서 여수로는 댐을 위한 안전밸브로 생각할 수 있다. (이종석, 2022)

3. 설계 · 분석

3.1 지역빈도해석·확률 강우량

1. 수행사항:

(1) 각 소유역의 50년 빈도 확률강우량 산정 【홍수량 산정 표준지침(환경부, 2019a), RFAHD(수문자료 지역빈도해석)(2020) 적용】: 총 10곳의 우량관측소

1) 홍수량 산정표준지침(환경부, 2019a)과 RFAHD(수문자료지역빈도해석)(2020) 적용 확률 강우량 산정:

(가) RFAHD의 메인 메뉴 “강우자료”를 클릭 후→그림 예2.1 지도형상의 ‘지역번호’를 다음과 같이 연결 후 클릭한다.

→ 유역 내·외: Precipitation=지역15(지점=10124130), Infiltration=지역9(지점=10014210), Percolation=지역23(지점=20011216), Groundwater=지역24(지점=20044070), Runoff=지역20(지점=20024160), Evaporation=지역7(지점=10034130), Transpiration=지역17(지점=13021106), Interception=지역21(지점=20074010), Hydrocycle=지역12(지점=20084060), Watercycle=지역14(지점=30114030)【홍수량 산정표준지침(이하 ‘표준지침’으로 칭함)·부록(부록Ⅱ. 지역빈도해석; Ⅱ-3. 지역빈도해석 Huff 4분위법 무차원누가곡선)(환경부, 2019a)】

(나) ‘내장 강우자료 적용’을 클릭하면, 그림 예2.1과 같이 ‘내장 강우자료 적용’ 클릭→영역이 초기화됩니다. 진행하시겠습니까? ‘예(Y)’ 클릭

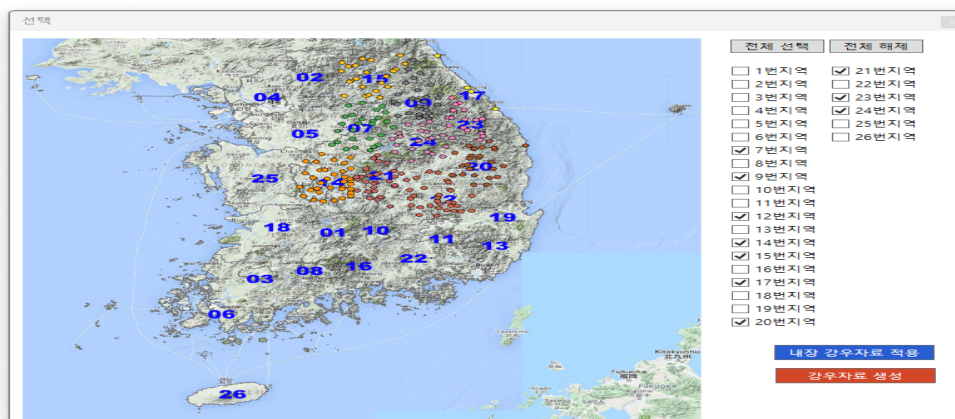


그림 예2.1 강우자료의 선택과 입력

(다) “재현기간”을 클릭→‘2, 5, 10, 20, 50, 80, 100, 200’: 과제 문제에서 요구한 필요기간 선택 후 ‘확인’ 클릭⇒“분석”을 클릭하면⇒‘실행중’(약간의 시간 소요)⇒‘분석 완료’ 출현⇒‘Close’ 클릭; 계산 완료
 (라) ‘빈도해석 결과(기본통계량, …, 확률수문량)’ 8개 아이콘 활성화

2) 분석결과 정리(최적의 확률분포=GEV)

(가) 우량관측소별 재현기간-지속기간-확률강우량

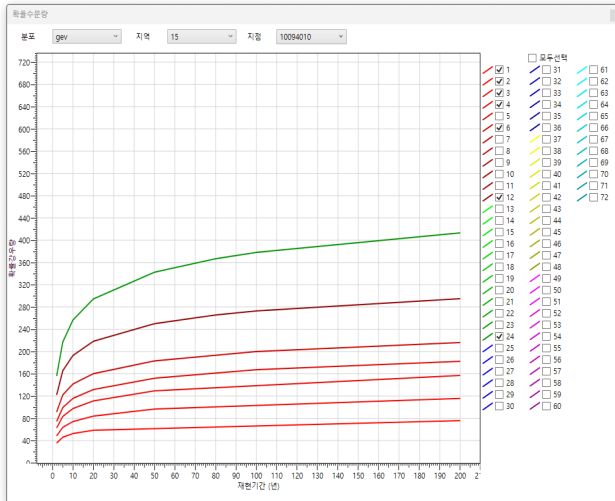


그림 예2.2(a) Precipitation 우량관측소

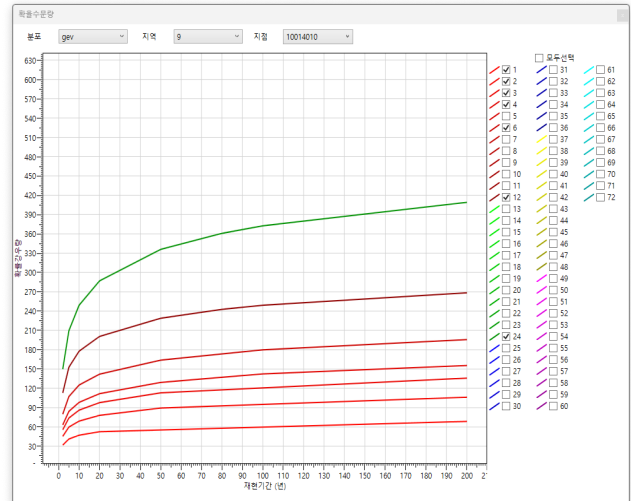


그림 예2.2(b) Infiltration 우량관측소

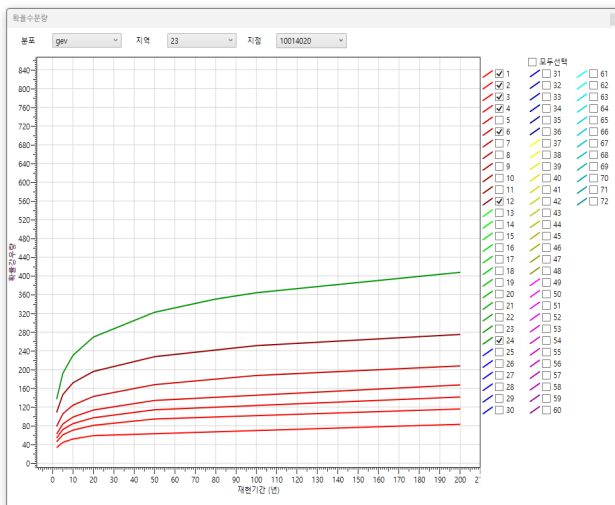


그림 예2.2(c) Percolation 우량관측소

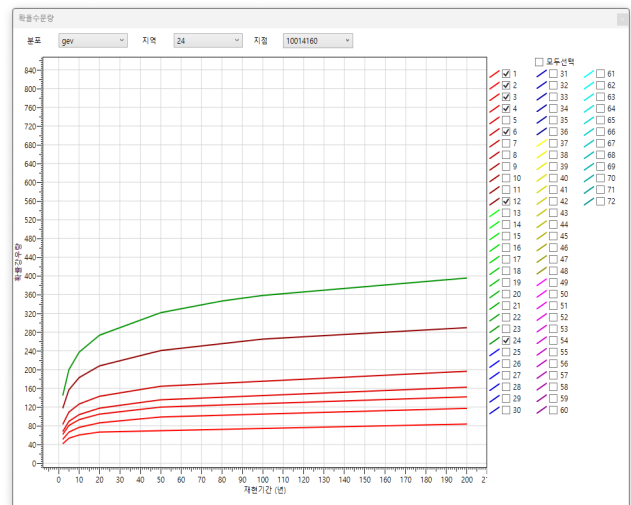


그림 예2.2(d) Groundwater 우량관측소

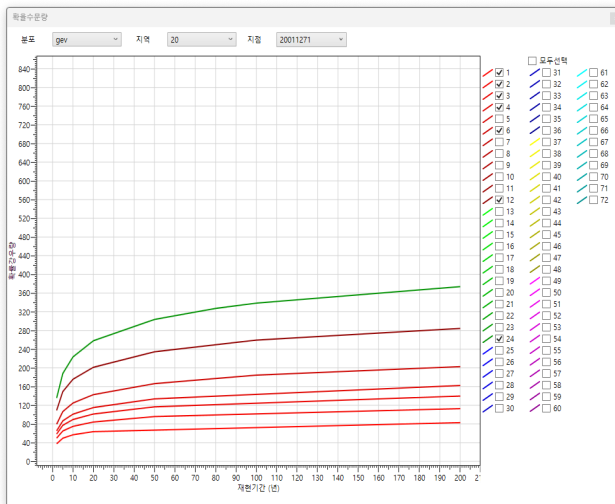


그림 예2.2(e) Runoff 우량관측소

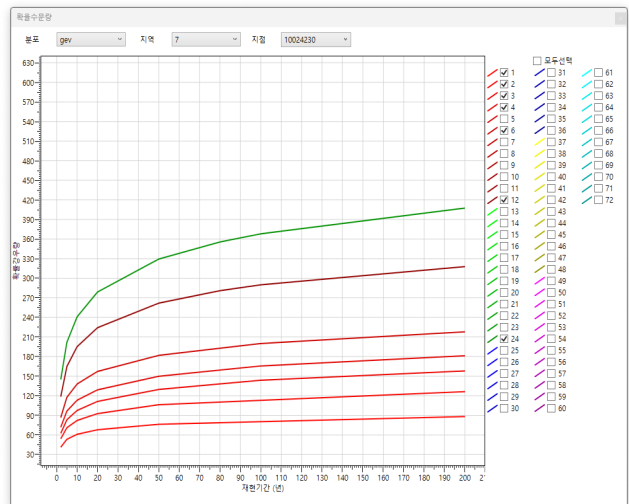


그림 예2.2(f) Evaporation 우량관측소

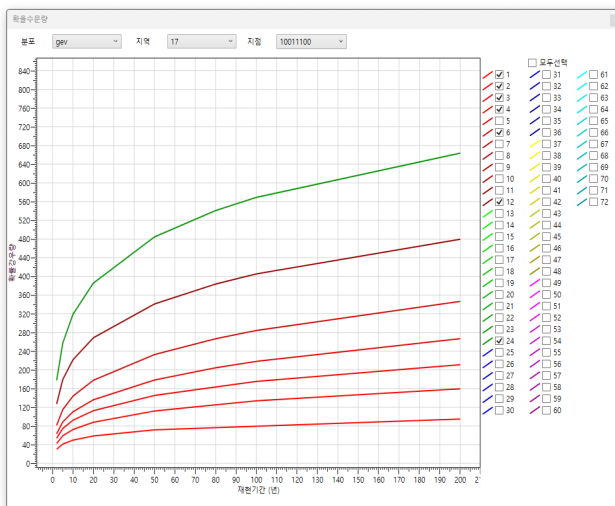


그림 예2.2(g) Transpiration 우량관측소

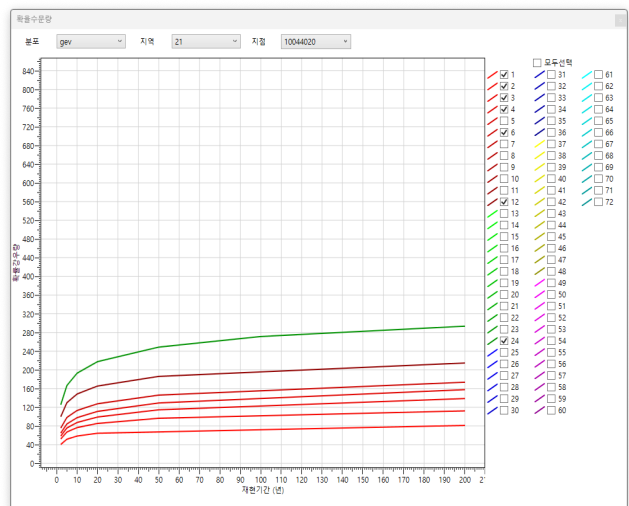


그림 예2.2(h) Interception 우량관측소

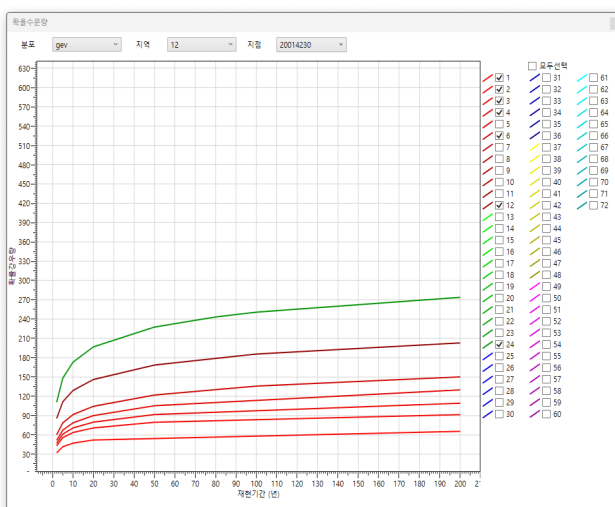


그림 예2.2(i) Hydrocycle 우량관측소

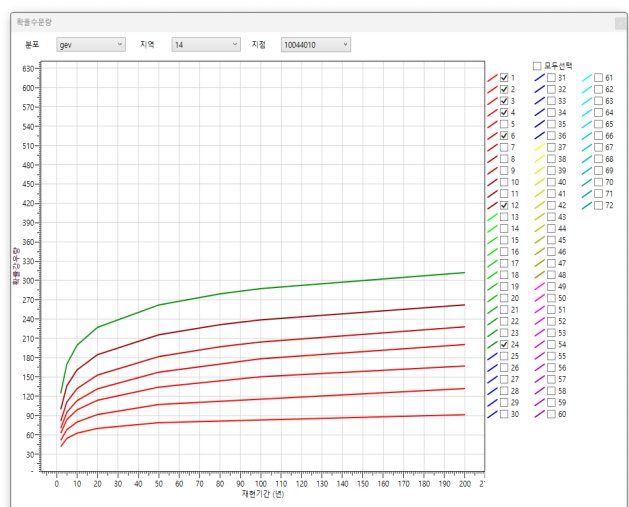


그림 예2.2(j) Watercycle 우량관측소

3) 우량관측소별 50년 빈도-매시간(24시간) 확률강우량

시간 지점	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
(a)	82.9	112.4	134.6	158	170.9	184.7	199.1	212.4	226	237.3	248.8	257.7	265.4	272.9	280	287.4	295.7	301.8	309.1	317.9	326.2	334.6	345	354.8
(b)	66.5	90.9	110.1	125.5	138.9	154.1	165.6	175.5	186.3	198.4	206	212.5	220.2	228.9	237.1	246.2	256.3	263.6	270	275	280	285.8	294.3	301
(c)	69.8	94.8	115.6	132.7	150.8	166.9	177.8	189.1	201.2	209.9	220.3	230.3	238.8	247.9	254.2	262.2	272.7	282.5	289.1	296.9	305.8	315.3	326.4	336.7
(d)	59.2	83.9	100.8	115.1	127.1	136.7	146.3	154	160.8	167.6	176.1	185.7	193.8	198.9	202.2	205.3	208.7	212.4	218.3	223.5	228.8	235.6	243.2	248.6
(e)	61.8	81.9	105.4	118.8	127.2	134.7	144.4	151.6	160.2	168.3	172.6	176.8	181.1	185.3	190.1	195.9	201.6	207.2	213.1	216.9	221.1	223.1	225.3	230
(f)	80.7	108.6	131.1	143.6	158.6	169.8	179.9	193.1	207.5	221.6	230.3	237.9	246.1	254.6	261.7	267.5	271.5	274	276.2	279.6	281.5	283.9	288.7	292.4
(g)	69.9	112.3	145.9	173.3	192.9	208.8	223.9	235.1	245.7	255.9	267	279	288.9	299.5	311.6	324.7	336.7	346.2	355.3	364.8	372.1	379.2	390	398.2
(h)	60.3	82.6	99.6	112.7	124	133.5	143.9	152.7	161.3	168.7	173.5	179.4	184.9	191.4	196.1	200.6	204	207.5	212	216	221.2	226.9	231.8	236
(i)	55.2	78.3	93.6	106.7	115.8	124.9	132.2	139.1	145.2	151.1	154.9	159.8	163.1	168.1	174.6	180.5	187.6	193.4	198.7	202.4	206.5	209.2	211.7	214
(j)	71.5	100.9	119.4	138.2	155.3	166.1	179.5	188.5	197.8	207.6	216	222.3	228.7	234.3	237.5	239.7	242	244.1	247.4	250	250.6	252.6	255.9	261.7
비고	(a)=Precipitation 우량관측소(지역15, 지점=10124130), (b)=Infiltration 우량관측소(지역9, 지점=10014210), (c)=Percolation 우량관측소(지역23, 지점=20011216), (d)=Groundwater 우량관측소(지역24, 지점=20044070), (e)=Runoff 우량관측소(지역20, 지점=20024160), (f)=Evaporation 우량관측소(지역7, 지점=10034130), (g)=Transpiration 우량관측소(지역17, 지점=13021106), (h)=Interception 우량관측소(지역21, 지점=20074010), (i)=Hydrocycle 우량관측소(지역12, 지점=20084060), (j)=Watercycle 우량관측소(지역14, 지점=30114030)																							

4) Huff 무차원곡선 이용(시간분포=3분위)(50년-24시간) 누가확률강우량·우량주상도 산정

(가) 표준지침 【Ⅱ-3. 지역빈도해석 Huff 4분위법 무차원누가곡선(지속기간 (누가)백분율- 강우량 (누가)백분율(이하 ‘Huff 무차원곡선’으로 칭함))의 Huff 무차원곡선 표 예2.7 이용

표 예2.7 (군집)지역별 Huff 무차원곡선(3분위 중 50% 초과확률값) 이용

(a) 유역 내 관측소인 Precipitation(지역=15)의 Huff 4분위 분포별 누가우량

분위	누가우량(%)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1분위	0.0	8.8	33.0	54.1	61.9	71.7	78.6	86.8	91.9	97.2	100.0
2분위	0.0	2.3	9.9	24.3	43.0	64.5	74.4	83.3	92.9	97.1	100.0
3분위	0.0	2.8	10.8	18.0	27.5	36.1	53.0	76.0	89.8	95.9	100.0
4분위	0.0	2.2	7.5	14.5	22.0	30.4	37.5	46.8	61.7	86.5	100.0

(b) 무차원 지속기간($(t_i/T)100(\%)$)별 누가우량(R_{t_i})

(R_{t_i}/R_T) 100(%) (t_i/T) 100(%)	(a)		(b)		(c)		(d)		(e)		(f)		(g)	
	3분위 (%)	R_{t_i} (mm)	3분위 (%)	R_{t_i} (mm)	3분위 (%)	R_{t_i} (mm)	3분위 (%)	R_{t_i} (mm)	3분위 (%)	R_{t_i} (mm)	3분위 (%)	R_{t_i} (mm)	3분위 (%)	R_{t_i} (mm)
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	2.8	35.5	2.9	30.1	2.5	33.7	2.0	24.9	1.8	23.0	2.5	29.2	1.4	39.8
20	10.8	71.0	8.1	60.2	8.3	67.3	7.3	49.7	6.5	46.0	8.3	58.5	5.3	79.6
30	18.0	106.4	14.6	90.3	13.0	101.0	13.6	74.6	12.8	69.0	13.0	87.7	12.2	119.5
40	27.5	141.9	23.9	120.4	21.0	134.7	22.0	99.4	22.0	92.0	21.0	117.0	20.7	159.3
50	36.1	177.4	38.6	150.5	33.3	168.4	34.7	124.3	34.6	115.0	33.3	146.2	36.7	199.1
60	53.0	212.9	52.8	180.6	56.0	202.0	51.5	149.2	55.9	138.0	56.0	175.4	54.2	238.9
70	76.0	248.4	70.8	210.7	75.4	235.7	73.5	174.0	76.9	161.0	75.4	204.7	76.3	278.7
80	89.8	283.8	88.6	240.8	90.5	269.4	87.3	198.9	90.3	184.0	90.5	233.9	91.3	318.6
90	95.9	319.3	95.6	270.9	96.6	303.0	95.9	223.7	96.8	207.0	96.6	263.2	97.8	358.4
100	100.0	354.8	100.0	301.0	100.0	336.7	100.0	248.6	100.0	230.0	100.0	292.4	100.0	398.2
(R_{t_i}/R_T) 100(%) (t_i/T) 100(%)	(h)		(i)		(j)									
	3분위 (%)	R_{t_i} (mm)	3분위 (%)	R_{t_i} (mm)	3분위 (%)	R_{t_i} (mm)								
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0								
10	2.1	23.6	2.5	21.4	2.0	26.2								
20	7.6	47.2	9.1	42.8	6.4	52.3								
30	13.3	70.8	17.2	64.2	13.7	78.5								
40	19.9	94.4	24.7	85.6	20.7	104.7								
50	34.8	118.0	33.3	107.0	33.9	130.9								
60	55.0	141.6	51.2	128.4	51.3	157.0								
70	73.9	165.2	75.8	149.8	74.4	183.2								
80	90.0	188.8	91.8	171.2	89.3	209.4								
90	96.3	212.4	96.3	192.6	96.0	235.5								
100	100.0	236.0	100.0	214.0	100.0	261.7								

(나) 24시간 누가확률강우량·우량주상도와 Huff 3분위 분포곡선·무차원 다항식 유도

가) 표 예2.7을 이용해 그림 예2.3로부터 Huff 3분위 분포곡선·무차원 다항식 표 예7.1.5 유도

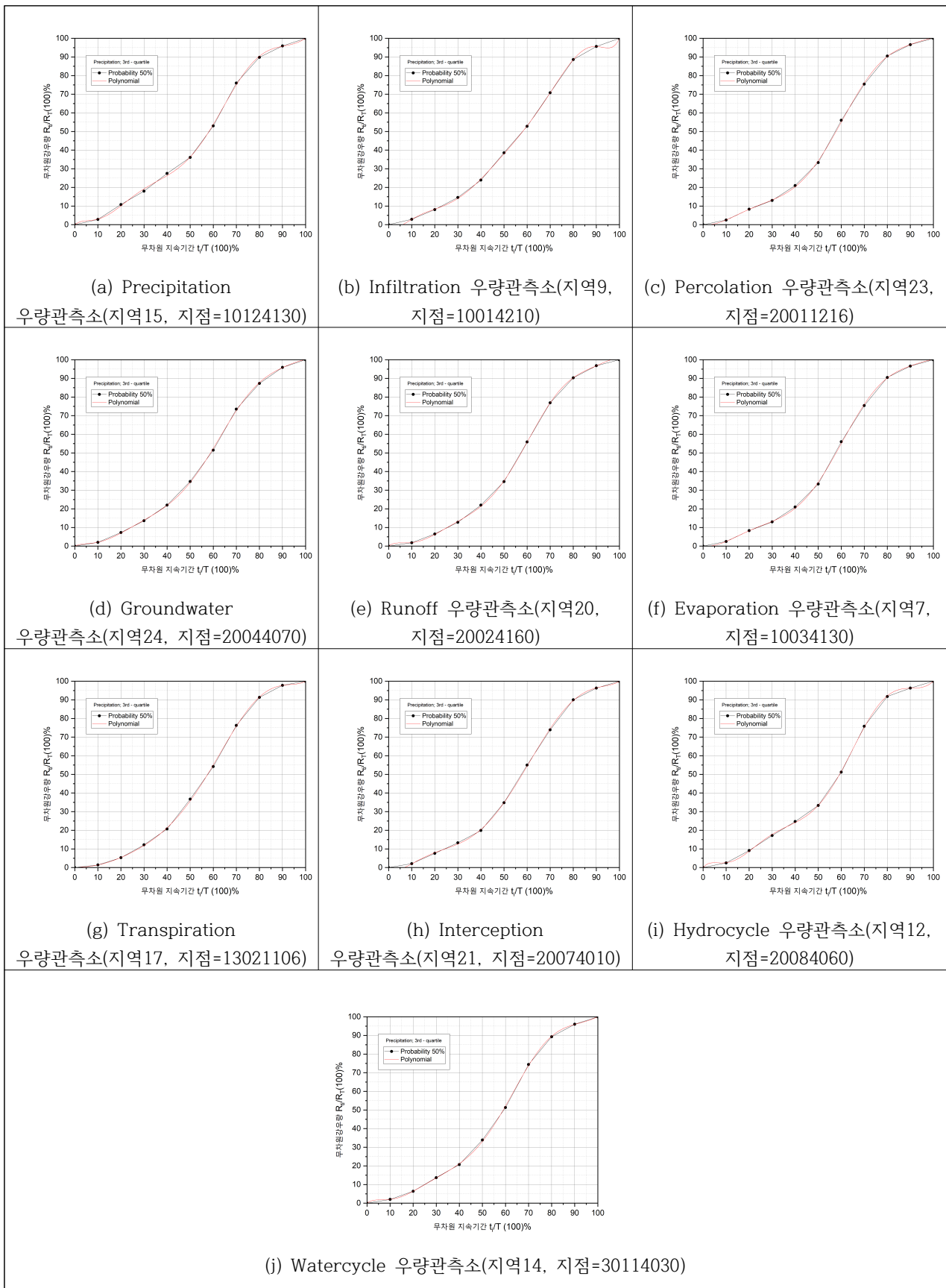


그림 예2.3 Huff 3분위 분포곡선·무차원 다항식 유도

표 예2.8 Huff 3분위 분포곡선·무차원 다항식 유도와 24시간 누가확률강우량 산정

관측소 \ 내용	다항식의 계수	다항식
(a)=Precipitation 우량관측소	$C_0=-2.40E-002$, $C_1=1.02805808$ $C_2=-2.01E-001$, $C_3=1.93E-002$ $C_4=-8.05E-004$, $C_5=1.73E-005$ $C_6=-1.99E-007$, $C_7=1.16E-009$ $C_8=-2.71E-012$	$y_{ti}=-2.40E-002+1.02805808x_{ti}-(2.01E-001)x_{ti}^2+(1.93E-002)x_{ti}^3-(8.05E-004)x_{ti}^4+(1.73E-005)x_{ti}^5-(1.99E-007)x_{ti}^6+(1.16E-009)x_{ti}^7-(2.71E-012)x_{ti}^8$
(b)=Infiltration 우량관측소	$C_0=7.12E-003$, $C_1=-1.21551726$ $C_2=3.18E-001$, $C_3=-2.48E-002$ $C_4=9.82E-004$, $C_5=-2.13E-005$ $C_6=2.59E-007$, $C_7=-1.64E-009$ $C_8=4.26E-012$,	$y_{ti}=7.12E-003-1.21551726x_{ti}+(3.18E-001)x_{ti}^2-(2.48E-002)x_{ti}^3+(9.82E-004)x_{ti}^4-(2.13E-005)x_{ti}^5+(2.59E-007)x_{ti}^6-(1.64E-009)x_{ti}^7+(4.26E-012)x_{ti}^8$
(c)=Percolation 우량관측소	$C_0=3.31E-004$, $C_1=-7.91E-002$ $C_2=3.06E-002$, $C_3=1.48E-003$ $C_4=-1.75E-004$, $C_5=5.74E-006$ $C_6=-8.45E-008$, $C_7=5.83E-010$ $C_8=-1.54E-012$	$y_{ti}=3.31E-004-(7.91E-002)x_{ti}+(3.06E-002)x_{ti}^2+(1.48E-003)x_{ti}^3-(1.75E-004)x_{ti}^4+(5.74E-006)x_{ti}^5-(8.45E-008)x_{ti}^6+(5.83E-010)x_{ti}^7-(1.54E-012)x_{ti}^8$
(d)=Groundwater 우량관측소	$C_0=-1.10E-002$, $C_1=5.98E-001$ $C_2=-1.14E-001$, $C_3=1.14E-002$ $C_4=-4.90E-004$, $C_5=1.10E-005$ $C_6=-1.33E-007$, $C_7=8.13E-010$ $C_8=-1.98E-012$	$y_{ti}=-1.10E-002+(5.98E-001)x_{ti}-(1.14E-001)x_{ti}^2+(1.14E-002)x_{ti}^3-(4.90E-004)x_{ti}^4+(1.10E-005)x_{ti}^5-(1.33E-007)x_{ti}^6+(8.13E-010)x_{ti}^7-(1.98E-012)x_{ti}^8$
(e)=Runoff 우량관측소	$C_0=-7.05E-003$, $C_1=9.81E-001$ $C_2=-2.03E-001$, $C_3=1.87E-002$ $C_4=-7.88E-004$, $C_5=1.78E-005$ $C_6=-2.17E-007$, $C_7=1.35E-009$ $C_8=-3.37E-012$	$y_{ti}=-7.05E-003+(9.81E-001)x_{ti}-(2.03E-001)x_{ti}^2+(1.87E-002)x_{ti}^3-(7.88E-004)x_{ti}^4+(1.78E-005)x_{ti}^5-(2.17E-007)x_{ti}^6+(1.35E-009)x_{ti}^7-(3.37E-012)x_{ti}^8$

(f)=Evaporation 우량관측소	$C_0=3.31E-004$, $C_1=-7.91E-002$ $C_2=3.06E-002$, $C_3=1.48E-003$ $C_4=-1.75E-004$, $C_5=5.74E-006$ $C_6=-8.45E-008$, $C_7=5.83E-010$ $C_8=-1.54E-012$	$y_{ti}=3.31E-004-(7.91E-002)x_{ti}+(3.06E-002)x_{ti}^2+(1.48E-003)x_{ti}^3-(1.75E-004)x_{ti}^4+(5.74E-006)x_{ti}^5-(8.45E-008)x_{ti}^6+(5.83E-010)x_{ti}^7-(1.54E-012)x_{ti}^8$
(g)=Transpiration 우량관측소	$C_0=1.75E-003$, $C_1=7.71E-002$ $C_2=-6.18E-003$, $C_3=1.96E-003$ $C_4=-9.36E-005$, $C_5=2.22E-006$ $C_6=-2.61E-008$, $C_7=1.42E-010$ $C_8=-2.74E-013$	$y_{ti}=1.75E-003+(7.71E-002)x_{ti}-(6.18E-003)x_{ti}^2+(1.96E-003)x_{ti}^3-(9.36E-005)x_{ti}^4+(2.22E-006)x_{ti}^5-(2.61E-008)x_{ti}^6+(1.42E-010)x_{ti}^7-(2.74E-013)x_{ti}^8$
(h)=Interception 우량관측소	$C_0=1.40E-002$, $C_1=-8.68E-001$ $C_2=1.89E-001$, $C_3=-1.10E-002$ $C_4=3.18E-004$, $C_5=-4.85E-006$ $C_6=4.16E-008$, $C_7=-1.98E-010$ $C_8=4.20E-013$	$y_{ti}=1.40E-002-(8.68E-001)x_{ti}+(1.89E-001)x_{ti}^2-(1.10E-002)x_{ti}^3+(3.18E-004)x_{ti}^4-(4.85E-006)x_{ti}^5+(4.16E-008)x_{ti}^6-(1.98E-010)x_{ti}^7+(4.20E-013)x_{ti}^8$
(i)=Hydrocycle 우량관측소	$C_0=-1.23E-002$, $C_1=1.48526981$ $C_2=-3.04E-001$, $C_3=2.68E-002$ $C_4=-1.07E-003$, $C_5=2.24E-005$ $C_6=-2.52E-007$, $C_7=1.44E-009$ $C_8=-3.30E-012$	$y_{ti}=-1.23E-002+1.48526981x_{ti}-(3.04E-001)x_{ti}^2+(2.68E-002)x_{ti}^3-(1.07E-003)x_{ti}^4+(2.24E-005)x_{ti}^5-(2.52E-007)x_{ti}^6+(1.44E-009)x_{ti}^7-(3.30E-012)x_{ti}^8$
(j)=Watercycle 우량관측소	$C_0=-1.25E-003$, $C_1=9.39E-001$ $C_2=-1.85E-001$, $C_3=1.65E-002$ $C_4=-6.68E-004$, $C_5=1.44E-005$ $C_6=-1.66E-007$, $C_7=9.84E-010$ $C_8=-2.32E-012$	$y_{ti}=-1.25E-003+(9.39E-001)x_{ti}-(1.85E-001)x_{ti}^2+(1.65E-002)x_{ti}^3-(6.68E-004)x_{ti}^4+(1.44E-005)x_{ti}^5-(1.66E-007)x_{ti}^6+(9.84E-010)x_{ti}^7-(2.32E-012)x_{ti}^8$
비고	· 다항식: $y_{ti} = C_0 + C_1x_{ti} + \dots + C_nx_{ti}^n$ · x_{ti}=(임의)지속기간(t_i)(누가지속기간 T) 백분율=$(t_i/T)100(\%)$ · y_{ti}=(임의시간)강우량(R_{t_i})(누가강우량 R_T)백분율=$(R_{t_i}/R_T)100(\%)$	

(b) 강우량 관측소별 Huff 3분위 분포의 24시간 누가확률강우량

관측소		(a)=a우량관측소 (지역15, 지점=10124130)			(b)=b우량관측소 (지역9, 지점=10014210)			(c)=c우량관측소 (지역23, 지점=20011216)		
시간										
시간 (h)	(t/T) 100(%)	(R _t /R _T) 100(%)	R _t	I _t	(R _t /R _T) 100(%)	R _t	I _t	(R _t /R _T) 100(%)	R _t	I _t
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	4.17	1.9	6.7	6.7	0.0	0.0	0.0	0.3	1.0	1.0
2	8.33	2.5	8.9	2.2	1.6	4.8	4.8	1.7	5.7	4.7
3	12.50	4.1	14.5	5.6	4.5	13.5	8.7	3.9	13.1	7.4
4	16.67	7.1	25.2	10.7	6.8	20.5	7.0	6.3	21.2	8.1
5	20.83	10.9	38.7	13.5	8.7	26.2	5.7	8.7	29.3	8.1
6	25.00	14.9	52.9	14.2	10.7	32.2	6.0	10.8	36.4	7.1
7	29.17	18.6	66.0	13.1	13.5	40.6	8.4	12.8	43.1	6.7
8	33.33	21.7	77.0	11.0	17.1	51.5	10.9	15.1	50.8	7.7
9	37.50	24.6	87.3	10.3	21.5	64.7	13.2	18.1	60.9	10.1
10	41.67	27.6	97.9	10.6	26.7	80.4	15.7	22.1	74.4	13.5
11	45.83	31.4	111.4	13.5	32.2	96.9	16.5	27.5	92.6	18.2
12	50.00	36.3	128.8	17.4	38.1	114.7	17.8	34.3	115.5	22.9
13	54.17	42.7	151.5	22.7	44.1	132.7	18.0	42.4	142.8	27.3
14	58.33	50.4	178.8	27.3	50.4	151.7	19.0	51.3	172.7	29.9
15	62.50	59.1	209.7	30.9	57.2	172.2	20.5	60.6	204.0	31.3
16	66.67	68.1	241.6	31.9	64.5	194.1	21.9	69.5	234.0	30.0
17	70.83	76.6	271.8	30.2	72.4	217.9	23.8	77.6	261.3	27.3
18	75.00	84.0	298.0	26.2	80.2	241.4	23.5	84.3	283.8	22.5
19	79.17	89.5	317.5	19.5	87.3	262.8	21.4	89.4	301.0	17.2
20	83.33	93.1	330.3	12.8	92.7	279.0	16.2	93.0	313.1	12.1
21	87.50	95.0	337.1	6.8	95.3	286.9	7.9	95.5	321.5	8.4
22	91.67	96.1	341.0	3.9	95.4	287.2	0.3	97.4	327.9	6.4
23	95.83	97.5	345.9	4.9	94.9	285.6	-1.6	99.0	333.3	5.4
24	100.00	100.0	354.8	8.9	100.0	301.0	15.4	100.0	336.7	3.4

관측소		(d)=d우량관측소 (지역24, 지점=20044070)			(e)=e우량관측소 (지역20, 지점=20024160)			(f)=f우량관측소 (지역7, 지점=10034130)		
시간										
시간 (h)	(t/T) 100(%)	(R _t /R _T) 100(%)	R _t	I _t	(R _t /R _T) 100(%)	R _t	I _t	(R _t /R _T) 100(%)	R _t	I _t
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	4.17	1.2	3.0	3.0	1.7	3.9	3.9	0.3	0.9	0.9
2	8.33	1.7	4.2	1.2	1.7	3.9	0.0	1.7	5.0	4.1
3	12.50	2.9	7.2	3.0	2.4	5.5	1.6	3.9	11.4	6.4
4	16.67	5.0	12.4	5.2	4.2	9.7	4.2	6.3	18.4	7.0
5	20.83	7.6	18.9	6.5	6.8	15.6	5.9	8.7	25.4	7.0
6	25.00	10.5	26.1	7.2	9.7	22.3	6.7	10.8	31.6	6.2
7	29.17	13.4	33.3	7.2	12.7	29.2	6.9	12.8	37.4	5.8
8	33.33	16.4	40.8	7.5	15.7	36.1	6.9	15.1	44.2	6.8
9	37.50	19.7	49.0	8.2	19.0	43.7	7.6	18.1	52.9	8.7
10	41.67	23.5	58.4	9.4	23.2	53.4	9.7	22.1	64.6	11.7
11	45.83	28.3	70.4	12.0	28.4	65.3	11.9	27.5	80.4	15.8
12	50.00	34.2	85.0	14.6	35.1	80.7	15.4	34.3	100.3	19.9
13	54.17	41.2	102.4	17.4	43.0	98.9	18.2	42.4	124.0	23.7
14	58.33	49.1	122.1	19.7	52.0	119.6	20.7	51.3	150.0	26.0
15	62.50	57.6	143.2	21.1	61.3	141.0	21.4	60.6	177.2	27.2
16	66.67	66.2	164.6	21.4	70.4	161.9	20.9	69.5	203.2	26.0
17	70.83	74.1	184.2	19.6	78.4	180.3	18.4	77.6	226.9	23.7
18	75.00	81.1	201.6	17.4	84.8	195.0	14.7	84.3	246.5	19.6
19	79.17	86.8	215.8	14.2	89.6	206.1	11.1	89.4	261.4	14.9
20	83.33	91.1	226.5	10.7	92.9	213.7	7.6	93.0	271.9	10.5
21	87.50	94.2	234.2	7.7	95.4	219.4	5.7	95.5	279.2	7.3
22	91.67	96.7	240.4	6.2	97.7	224.7	5.3	97.4	284.8	5.6
23	95.83	98.7	245.4	5.0	99.8	229.5	4.8	99.0	289.5	4.7
24	100.00	100.0	248.6	3.2	100.0	230.0	0.5	100.0	292.4	2.9

관측소		(g)=g우량관측소 (지역17, 지점=13021106)			(h)=h우량관측소 (지역21, 지점=20074010)			(i)=i우량관측소 (지역12, 지점=20084060)		
시간		(R_t/R_T) 100(%)	R_t	I_t	(R_t/R_T) 100(%)	R_t	I_t	(R_t/R_T) 100(%)	R_t	I_t
시간	(t/T)									
(h)	100(%)									
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	4.17	0.3	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	8.33	1.0	4.0	2.8	0.9	2.1	2.1	2.5	5.4	5.4
3	12.50	2.1	8.4	4.4	3.7	8.7	6.6	3.3	7.1	1.7
4	16.67	3.8	15.1	6.7	6.2	14.6	5.9	5.8	12.4	5.3
5	20.83	5.9	23.5	8.4	8.4	19.8	5.2	9.6	20.5	8.1
6	25.00	8.3	33.1	9.6	10.2	24.1	4.3	13.6	29.1	8.6
7	29.17	11.2	44.6	11.5	12.2	28.8	4.7	17.2	36.8	7.7
8	33.33	14.6	58.1	13.5	14.6	34.5	5.7	20.1	43.0	6.2
9	37.50	18.6	74.1	16.0	18.0	42.5	8.0	22.6	48.4	5.4
10	41.67	23.4	93.2	19.1	22.4	52.9	10.4	25.2	53.9	5.5
11	45.83	29.1	115.9	22.7	28.0	66.1	13.2	28.6	61.2	7.3
12	50.00	35.8	142.6	26.7	34.8	82.1	16.0	33.4	71.5	10.3
13	54.17	43.3	172.4	29.8	42.6	100.5	18.4	39.8	85.2	13.7
14	58.33	51.6	205.5	33.1	50.9	120.1	19.6	48.0	102.7	17.5
15	62.50	60.3	240.1	34.6	59.6	140.7	20.6	57.5	123.1	20.4
16	66.67	69.1	275.2	35.1	68.2	161.0	20.3	67.5	144.5	21.4
17	70.83	77.4	308.2	33.0	76.1	179.6	18.6	77.1	165.0	20.5
18	75.00	84.7	337.3	29.1	83.0	195.9	16.3	85.2	182.3	17.3
19	79.17	90.6	360.8	23.5	88.7	209.3	13.4	91.2	195.2	12.9
20	83.33	94.7	377.1	16.3	92.8	219.0	9.7	94.7	202.7	7.5
21	87.50	97.1	386.7	9.6	95.4	225.1	6.1	96.0	205.4	2.7
22	91.67	98.0	390.2	3.5	96.9	228.7	3.6	96.3	206.1	0.7
23	95.83	98.5	392.2	2.0	98.0	231.3	2.6	97.0	207.6	1.5
24	100.00	100.0	398.2	6.0	100.0	236.0	4.7	100.0	214.0	6.4
관측소		(j)=j우량관측소 (지역14, 지점=30114030)								
시간		(R_t/R_T) 100(%)	R_t	I_t						
시간	(t/T)									
(h)	100(%)									
0	0.0	0.0	0.0	0.0						
1	4.17	0.0	0.0	0.0						
2	8.33	1.8	4.7	4.7						
3	12.50	2.6	6.8	2.1						
4	16.67	4.4	11.5	4.7						
5	20.83	7.0	18.3	6.8						
6	25.00	10.0	26.2	7.9						
7	29.17	12.9	33.8	7.6						
8	33.33	15.9	41.6	7.8						
9	37.50	19.1	50.0	8.4						
10	41.67	22.7	59.4	9.4						
11	45.83	27.3	71.4	12.0						
12	50.00	33.1	86.6	15.2						
13	54.17	40.3	105.5	18.9						
14	58.33	48.6	127.2	21.7						
15	62.50	57.6	150.7	23.5						
16	66.67	66.8	174.8	24.1						
17	70.83	75.5	197.6	22.8						
18	75.00	82.9	216.9	19.3						
19	79.17	88.6	231.9	15.0						
20	83.33	92.6	242.3	10.4						
21	87.50	95.0	248.6	6.3						
22	91.67	96.5	252.5	3.9						
23	95.83	98.0	256.5	4.0						
24	100.00	100.0	261.7	5.2						

표 예2.9 강우강도식(전대수 다항식형) 유도
(a)=Precipitation 우량관측소(지역15, 지점=10124130)

재현기간	a	b	c	d	e	f	g	결정계수
2	3.802	-0.936	0.568	-0.402	0.151	-0.029	0.002	0.999853
5	4.062	-0.968	0.712	-0.526	0.196	-0.036	0.003	0.999758
10	4.195	-0.964	0.773	-0.590	0.219	-0.039	0.003	0.999660
20	4.302	-0.950	0.815	-0.641	0.237	-0.041	0.003	0.999514
50	4.419	-0.921	0.853	-0.696	0.256	-0.043	0.003	0.999214
80	4.471	-0.903	0.867	-0.720	0.264	-0.043	0.003	0.999000
100	4.495	-0.893	0.873	-0.731	0.268	-0.043	0.002	0.998880
200	4.561	-0.862	0.885	-0.761	0.277	-0.044	0.002	0.998429

(b)=Infiltration 우량관측소(지역9, 지점=10014210)

재현기간	a	b	c	d	e	f	g	결정계수
2	3.577	-0.597	-0.171	0.223	-0.100	0.019	-0.001	0.999177
5	3.837	-0.741	0.262	-0.179	0.068	-0.013	0.001	0.999017
10	3.971	-0.852	0.600	-0.491	0.196	-0.037	0.003	0.998897
20	4.081	-0.965	0.944	-0.809	0.326	-0.061	0.004	0.998740
50	4.201	-1.116	1.405	-1.237	0.499	-0.093	0.006	0.998447
80	4.255	-1.194	1.645	-1.458	0.589	-0.110	0.008	0.998251
100	4.279	-1.231	1.759	-1.564	0.632	-0.118	0.008	0.998145
200	4.348	-1.347	2.115	-1.894	0.765	-0.142	0.010	0.997763

(c)=Percolation 우량관측소(지역23, 지점=20011216)

재현기간	a	b	c	d	e	f	g	결정계수
2	3.528	-0.443	-0.382	0.377	-0.149	0.026	-0.002	0.999957
5	3.812	-0.608	0.020	0.031	-0.013	0.001	0.000	0.999908
10	3.967	-0.775	0.457	-0.360	0.144	-0.028	0.002	0.999800
20	4.098	-0.961	0.950	-0.805	0.324	-0.062	0.004	0.999605
50	4.249	-1.227	1.662	-1.450	0.586	-0.110	0.008	0.999168
80	4.319	-1.370	2.048	-1.801	0.729	-0.137	0.010	0.998849

(d)=Groundwater 우량관측소(지역24, 지점=20044070)

재현기간	a	b	c	d	e	f	g	결정계수
2	3.502	-0.476	-0.341	0.302	-0.111	0.017	-0.001	0.999848
5	3.753	-0.529	-0.139	0.110	-0.032	0.002	0.000	0.999846
10	3.877	-0.560	0.009	-0.030	0.023	-0.007	0.001	0.999850
20	3.976	-0.590	0.158	-0.171	0.077	-0.016	0.001	0.999812
50	4.082	-0.628	0.359	-0.360	0.149	-0.028	0.002	0.999645
80	4.128	-0.649	0.465	-0.459	0.186	-0.034	0.002	0.999489

(e)=Runoff 우량관측소(지역20, 지점=20024160)

재현기간	a	b	c	d	e	f	g	결정계수
2	3.475	-0.767	0.531	-0.517	0.218	-0.043	0.003	0.999864
5	3.751	-0.815	0.614	-0.568	0.235	-0.046	0.003	0.999882
10	3.890	-0.867	0.754	-0.684	0.281	-0.054	0.004	0.999894
20	4.001	-0.927	0.925	-0.831	0.339	-0.065	0.005	0.999892
50	4.122	-1.014	1.183	-1.054	0.427	-0.082	0.006	0.999852
80	4.176	-1.061	1.325	-1.179	0.477	-0.091	0.007	0.999812

(f)=Evaporation 우량관측소(지역7, 지점=10034130)

재현기간	a	b	c	d	e	f	g	결정계수
2	3.769	-0.244	-1.074	0.971	-0.390	0.072	-0.005	0.999918
5	4.030	-0.250	-1.028	0.948	-0.385	0.071	-0.005	0.999870
10	4.164	-0.281	-0.889	0.812	-0.326	0.060	-0.004	0.999794
20	4.272	-0.322	-0.711	0.630	-0.247	0.044	-0.003	0.999673
50	4.390	-0.385	-0.436	0.348	-0.122	0.019	-0.001	0.999426
80	4.442	-0.421	-0.283	0.188	-0.051	0.005	0.000	0.999254

(g)=Transpiration 우량관측소(지역17, 지점=13021106)

재현기간	a	b	c	d	e	f	g	결정계수
2	3.381	-0.597	0.524	-0.637	0.321	-0.072	0.006	0.999910
5	3.694	-0.684	0.815	-0.923	0.447	-0.098	0.008	0.999875
10	3.880	-0.783	1.153	-1.236	0.576	-0.122	0.010	0.999881
20	4.046	-0.901	1.558	-1.607	0.724	-0.150	0.012	0.999874
50	4.248	-1.081	2.174	-2.166	0.946	-0.191	0.014	0.999799
80	4.346	-1.182	2.520	-2.478	1.069	-0.213	0.016	0.999719

(h)=Interception 우량관측소(지역21, 지점=20074010)

재현기간	a	b	c	d	e	f	g	결정계수
2	3.526	-0.410	-0.536	0.440	-0.144	0.019	-0.001	0.999847
5	3.773	-0.494	-0.312	0.255	-0.076	0.007	0.000	0.999821
10	3.897	-0.590	-0.023	0.001	0.022	-0.010	0.001	0.999780
20	3.995	-0.701	0.315	-0.300	0.138	-0.030	0.002	0.999719
50	4.101	-0.861	0.810	-0.743	0.310	-0.061	0.004	0.999604
80	4.147	-0.948	1.080	-0.985	0.404	-0.077	0.006	0.999529

(i)=Hydrocycle 우량관측소(지역12, 지점=20084060)

재현기간	a	b	c	d	e	f	g	결정계수
2	3.426	-0.197	-0.797	0.553	-0.173	0.024	-0.001	0.999904
5	3.682	-0.336	-0.400	0.180	-0.015	-0.006	0.001	0.999900
10	3.808	-0.440	-0.103	-0.078	0.086	-0.025	0.002	0.999874
20	3.907	-0.547	0.199	-0.333	0.184	-0.043	0.004	0.999832
50	4.012	-0.693	0.610	-0.672	0.309	-0.065	0.005	0.999750
80	4.058	-0.770	0.826	-0.847	0.374	-0.076	0.006	0.999696

(j)=Watercycle 우량관측소(지역14, 지점=30114030)

재현기간	a	b	c	d	e	f	g	결정계수
2	3.632	-0.526	-0.374	0.376	-0.150	0.026	-0.002	0.999843
5	3.903	-0.483	-0.472	0.505	-0.221	0.043	-0.003	0.999747
10	4.040	-0.466	-0.456	0.506	-0.232	0.047	-0.004	0.999602
20	4.151	-0.455	-0.404	0.469	-0.228	0.049	-0.004	0.999390
50	4.272	-0.445	-0.301	0.385	-0.208	0.048	-0.004	0.998997
80	4.326	-0.442	-0.238	0.330	-0.192	0.047	-0.004	0.998742

$$\Rightarrow \therefore \ln I = a + b \ln(t_h) + c [\ln(t_h)]^2 + d [\ln(t_h)]^3 + e [\ln(t_h)]^4 + f [\ln(t_h)]^5 + g [\ln(t_h)]^6$$

여기서 t_h =강우지속기간(h)이고, a, b, c, d, e, f, n=회귀상수이다.

3.2 계획홍수량 결정

1. [풀이]의 기술·작업·세부설명 순서에 따른 기호를 다음과 같이 정한다.

2. 기술순서는 다음과 같다.

- (1) HEC-HMS 작업전개: ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦ 전체 소개
- (2) HEC-HMS 세부작업: ①, ②, ③, ④, ⑤까지 세부설명
- (3) HEC-HMS 마무리 작업: ⑥ 세부설명
- (4) HEC-HMS 결과 보기: ⑦ 세부 설명

3. 작업순서는 다음과 같다.

- ① 새 작업 (Project) 만들기
- ② 유역 모델(Basin Model) 구성

- ③ 기상학 모델 (Meteorologic Model) 구성
- ④ 통제사항(Control Specified) 정의
- ⑤ 시간계열자료(Time-Series Data) 또는 대응 자료 입력
- ⑥ 계산(Compute) 수행
- ⑦ 결과(Results) 보기

① 생략

② 4) 그림 예2.6: CAD를 이용한 유역도 작성방법

a) 유역경계와 유로를 구분하여 작성하고, 이를 각각 .pdf 파일로 출력

b) "Rea Converter Standard"(.pdf 파일을 .shp 파일로 변환해주는) 프로그램을 이용하여 유역경계와 유로 .pdf를 .shp 파일로 변환

c) Desktop(Basin Models) 창에 커서 위치시키고 마우스 오른쪽 버튼 누른 후

→그림 예2.6(a)와 같이 “Background Layer”클릭→ ‘Add...’클릭→”.shp” 파일을 찾는 창이 나타나면 미리 저장해둔 폴더에서 해당 '.shp'파일(boundary.shp.waterline.shp순)을 불러오면■그림 예2.6(d)와 같이 유역도 작성

d) Background Maps에서 원하는 shp 파일을 선택한 후 Draw Properties 클릭→ 유역경계와 유로의 색상과 스타일 변환 가능

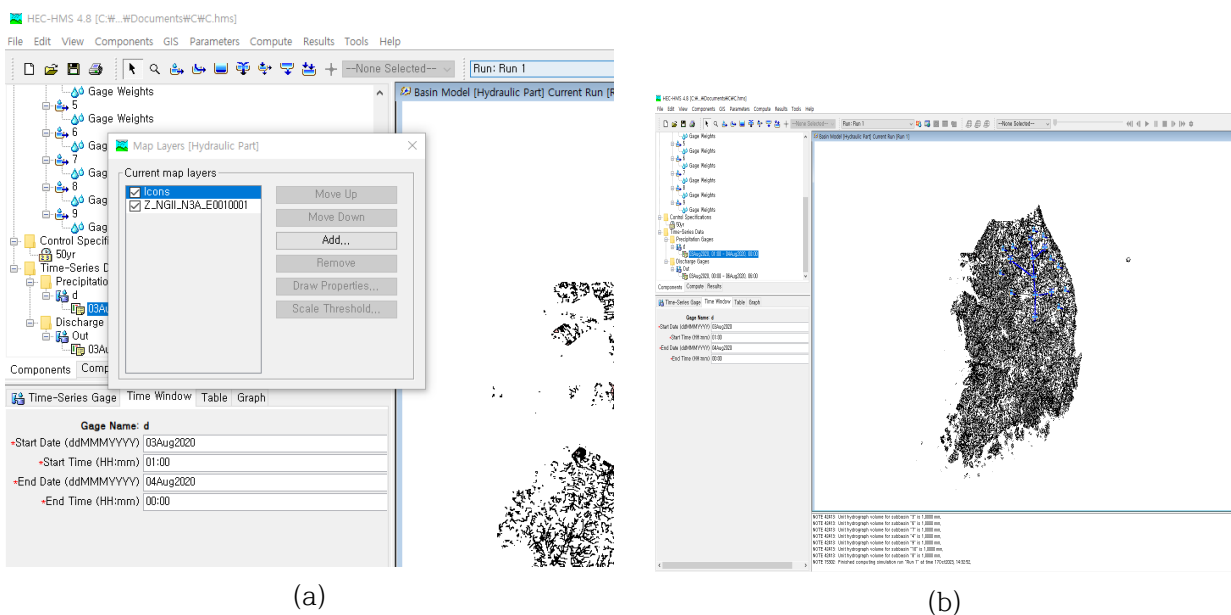


그림 예2.6 유역 모델(유역도 작성) 구성-2

e) 그림 예2.7과 같은 유역경계와 유로 작성 완료

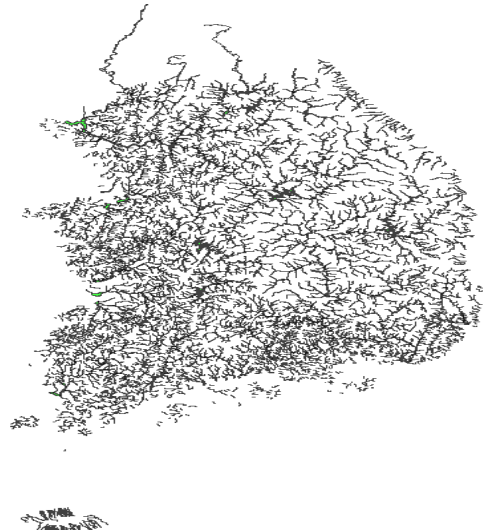


그림 예2.7 유역 모델(유역경계·유로 작성) 구성-3

- ② 유역 모델(Basin Model) 구성 : 유역 모델 구성 -4
- ② 5) Basin Model Manager: KJH 클릭
- ② 6) 소유역(Subbasin) 생성
- ② 7) Name →Hankook 입력 → Create 클릭
- ② 유역 모델(Basin Model) 구성
- ② 8) 소유역(Subbasin) 만들기: 버튼키 누르고 적당 위치에 클릭→생성
[+자 표시(커서) 없앨 때: 누름
- ② 9) 나머지 2개 소유역(Subbasin) :같은 요령으로 생성
- ② 10) 구간(reach) 만들기: 버튼키 클릭 후 마우스 적당 위치에 놓고 오른쪽을 누른 후 일정 길이만큼 당겨 위치시킨 후 왼쪽 클릭 →Create A New Reach Element: Name→Daedoo 입력
- ② 11) 이름: Name →Daedoo 입력, 완료 결과
- ② 12) 합류점(Junction) 만들기: 키 클릭(이름: Name →Daemun입력) ←소유역, 구간과 동일 요령
- ② 유역 모델(Basin Model) 구성: 그림 예2.8 유역 모델 구성-8

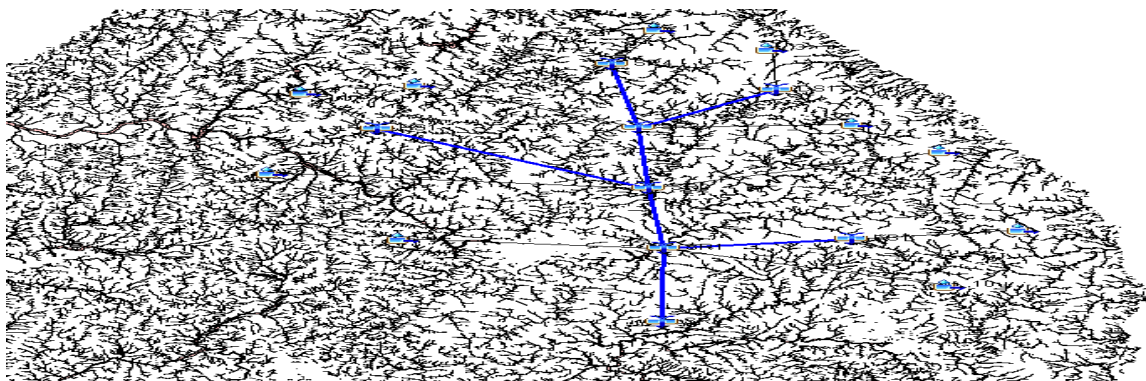


그림 예2.8 유역 모델 구성-8

- ② 13) 요소(Element) 연결: 각 요소에 마우스를 올려놓고 오른쪽 버튼 클릭→Connect Downstream이 나타나면 클릭
- ② 14) 왼쪽 버튼 후 누르고 연결시키려는 요소(Element)까지 끌어와 그 요소 위에 놓고 왼쪽 마우스 클릭
- ② 15) 입력 완료 결과■ 작업한 유역 모델 저장: 또는

② 유역 모델(Basin Model) 구성: 그림 예2.8 유역 모델(작성된 유역도)구성-8

② 16) 그림 예2.9(a): 소유역(Subbasin) 자료입력: 소유역 Hankook(Daehan, Minkook 등 일) → 유역면적, 유출곡선지수, 합성단위도, 지체시간 등

② 17) 그림 예2.9(b): 손실(Loss), 유출곡선지수, 불투수성

② 18) 그림 예2.9(c): 단위도 변화(Transform), 지체시간

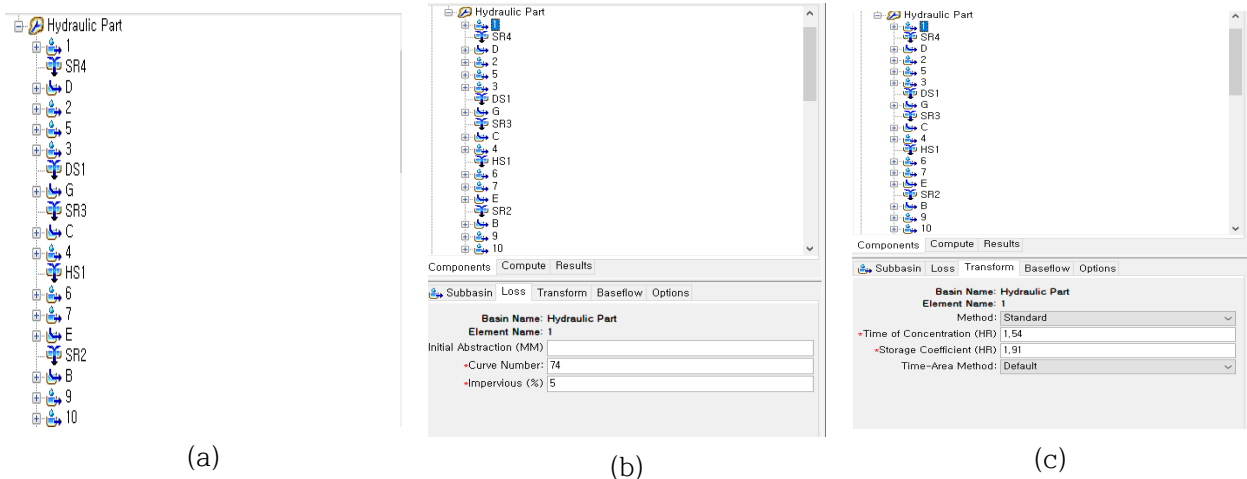


그림 예2.9 유역 모델 구성-7

② 유역 모델(Basin Model) 구성: 그림 예2.10 유역 모델 구성-8

② 19) 그림 예2.10(a): 구간(Reach), 합류부(Junction) 자료입력: Daedoo, Daemun→추적방법 (Routing method), 저류·가중상수 K, x

② 20) 그림 예2.10(b): 추적방법(Routing method), 저류·가중상수 K, x

② 21) 합류부(Junction) →연결지점(출구: Daemun)

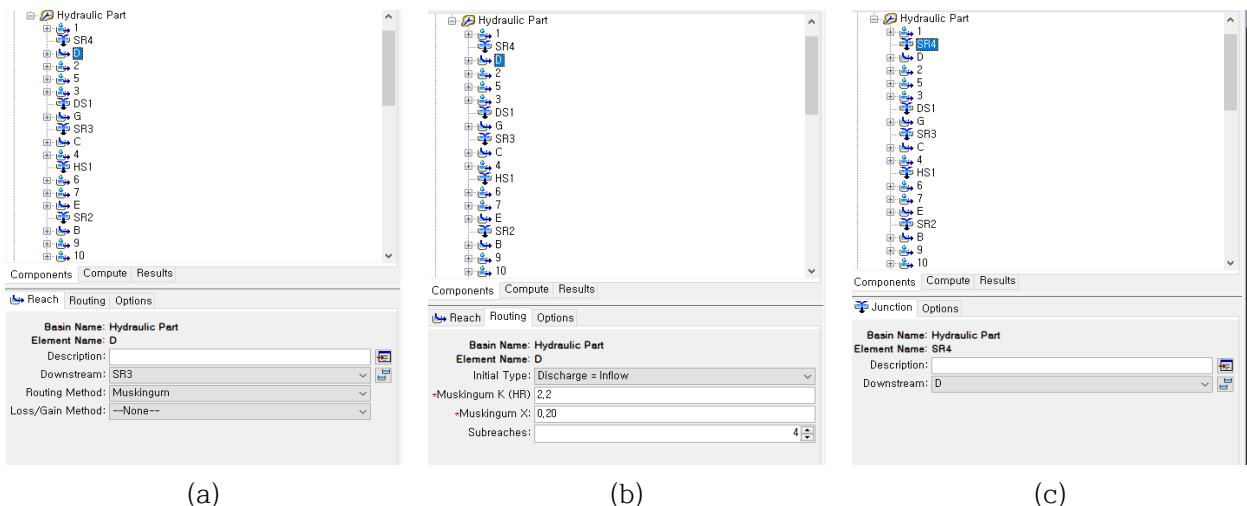


그림 예2.10 유역 모델 구성-8

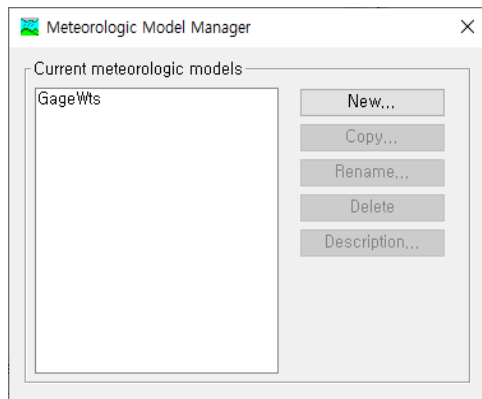
③ 기상학 모델(Meteorologic Model) 구성(Components→Meteorologic Model Manager):

그림 예2.11 기상학 모델 구성-1

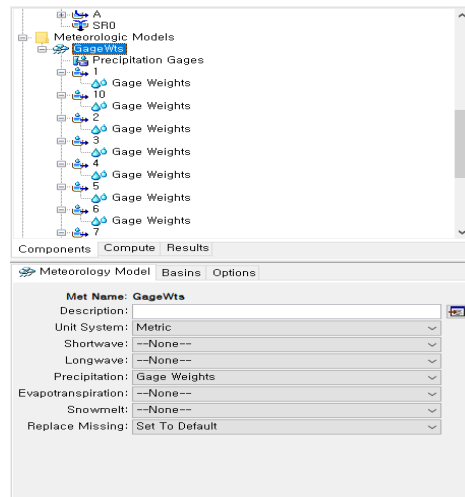
③ 1) 그림 예2.11(a): Components→Meteorologic Model Manager 버튼 클릭→Meteorologic Models 생성

③ 2) Meteorologic Models 클릭 →Met 1 생성 → Met1 클릭: Meteorology Model 나타남

■ 특정 우량주상도(Specified hyetograph) 선택



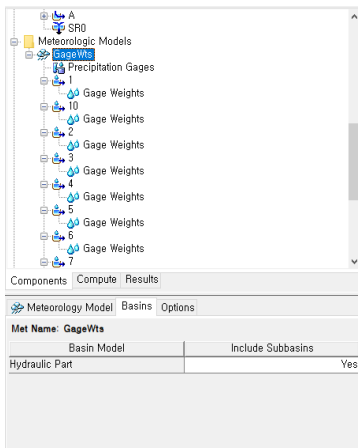
(a)



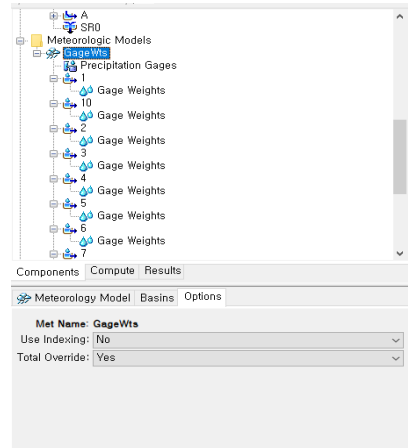
(b)

그림 예2.11 기상학 모델 구성-1

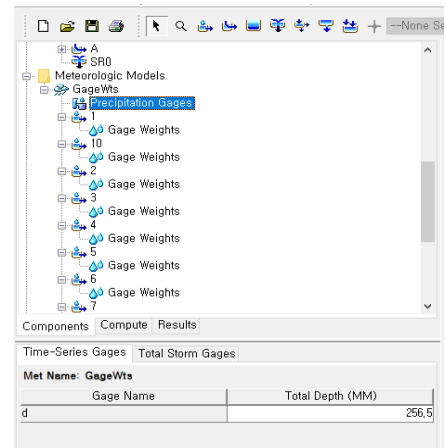
- ③ 기상학 모델(Meteorologic Model) 구성 : 그림 예2.12 기상학 모델 구성 -2
- ③ 3) 그림 예2.12(c): Met 1: Component Editor, Basin → Include Subbasins ☒ Yes 선택
- ③ 4) 그림 예2.12(d): Met 1: Component Editor, Options → Replace Missing ☒ Yes 선택
Total Override ☒ No 선택
- ③ 5) 그림 예2.12(e): Met 1 클릭 → Specified Hyetograph 나타남
[Subbasin ← Time-Series Data 구성 후 추가로 Gage 선택]



(c)



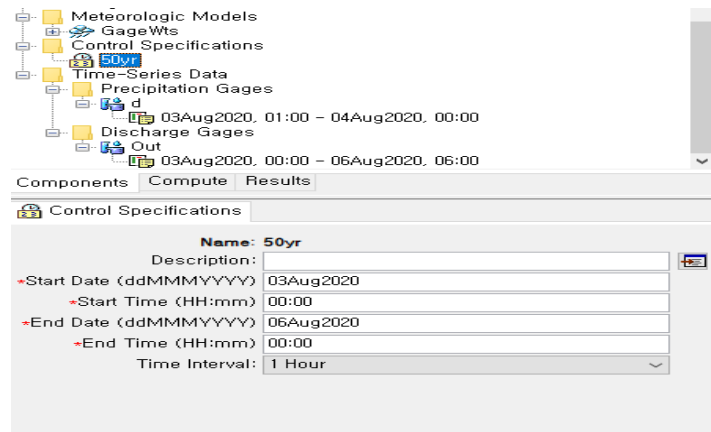
(d)



(e)

그림 예2.12 기상학 모델 구성-2

- ④ 통제사항(Control Specified) 정의(Component → Control Specified Manager): 그림 예 2.13 통제사항 정의-1
- ④ 1) 그림 예2.13(c): Component → Control Specified Manager 클릭
- ④ 2) 그림 예2.13(d): Create A New Control Specification: Name → 100yr 입력 → Create 클릭
- ④ 3) 그림 예2.13(e): Control Specified Manager 클릭 → 50yr 나타남



(e)

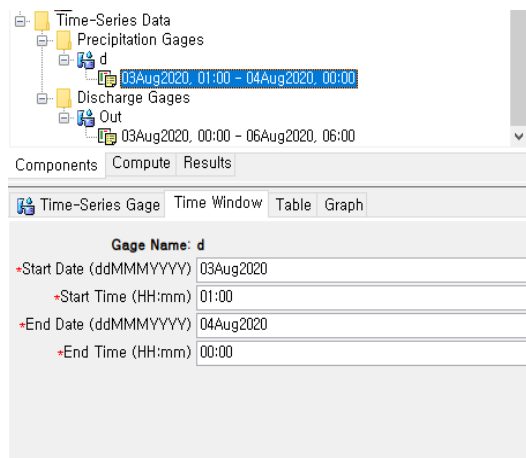
그림 예2.13 통제사항 정의-1

④ 통제사항(Control Specified) 정의: 그림 예2.14 통제사항 정의-2

④ 4) Control Specifications 클릭 → 100yr가 나타남(100년 빈도 24시간 확률강우량)

④ 5) 그림 예2.14(a): 100yr: Components Editor → Control Specifications → Date, Time 입력

■ Start Date : 038월2020, Start Time: 01:00, End date: 048월2020(실제)(←04082020; 원안), End Time: 00:00 입력, Time Interval: 1 Hour 선택

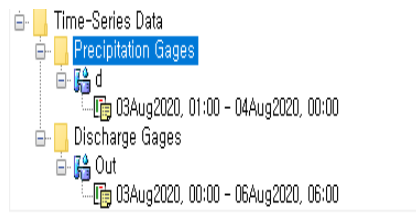


(a)

그림 예2.14 통제사항 정의-2

⑤ 시간계열자료(Time-Series Data) 보통 대응자료(Paired Data) 입력(Components → Time-Series Data Manager)(Components → Paired Data Manager): 그림 예2.15 시간계열 자료 입력 -1

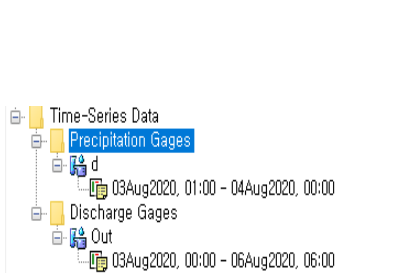
⑤ 1) 그림 예2.15(a): Components → Time-Series Data Manager 클릭 → Data Type: Precipitation Gage ■ New 클릭



(a)

그림 예2.15 시간계열자료 입력-1

⑤ 시간계열자료(Time-Series Data) 또는 대응자료(Paired Data) 입력: 그림 예2.16 시간계열자료 입력-2



(a)

(b)

(c)

그림 예2.16 시간계열자료 입력-2

⑤ 4) 그림 예2.17(a): Time-Series Data 입력 완료

⑤ 5) 그림 예2.17(a): d 클릭 →Components Editor: Time-Series Gage 자료 입력

⑤ 6) Components Editor:Time Window →강우 시작·종료 일자·시간, 변경■

⑤ 시간계열자료(Time-Series Data) 보통 대응 자료(Paired Data) 입력: 그림 예2.17 시간계열자료 입력-3

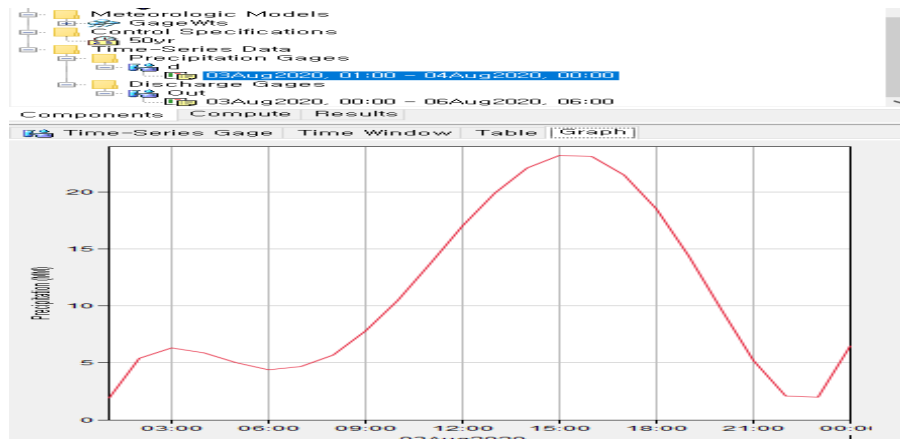
Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
03Aug2020, 01:00	1.9
03Aug2020, 02:00	5.4
03Aug2020, 03:00	6.3
03Aug2020, 04:00	5.9
03Aug2020, 05:00	5.0
03Aug2020, 06:00	4.4
03Aug2020, 07:00	4.7
03Aug2020, 08:00	5.7
03Aug2020, 09:00	7.6
03Aug2020, 10:00	10.5
03Aug2020, 11:00	13.7
03Aug2020, 12:00	17.0
03Aug2020, 13:00	19.9
03Aug2020, 14:00	22.1
03Aug2020, 15:00	23.2
03Aug2020, 16:00	23.1
03Aug2020, 17:00	21.5
03Aug2020, 18:00	18.5
03Aug2020, 19:00	14.4
03Aug2020, 20:00	9.7
03Aug2020, 21:00	5.2
03Aug2020, 22:00	2.1
03Aug2020, 23:00	2.0
04Aug2020, 00:00	6.5

(a)

그림 예2.17 시간계열자료 입력-3

⑤ 7) Table: 지속기간 24시간인 1시간 단위 확률강우량 입력■

⑤ 8) 그림 예2.18(a): Graph



(a)

그림 예2.18 시간계열자료 입력-4

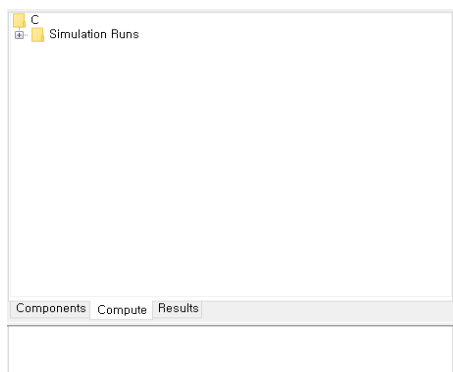
(3) HEC-HMS 마무리 작업: ⑥ 세부 설명

⑥ 1) 그림 예2.19(a): 계산(Compute) 수행(Compute→Simulation Run)(소유역 기상관측소 지정): 마무리 작업-1

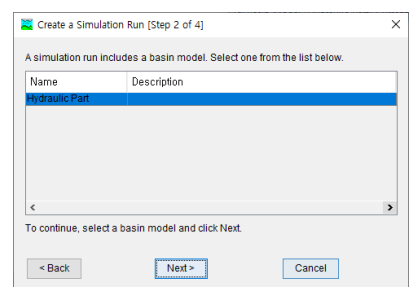
[(2)③ 기상학 모델(Meteorologic Model): 소유역→ 기상관측소 지정]

⑥ 2) 그림 예2.19(b): Components Editor→ Compute 클릭 ← 계산 수행준비 완료

⑥ 3) 그림 예2.19(c): 메인 메뉴: Compute: Create Simulation Run 클릭



(a)



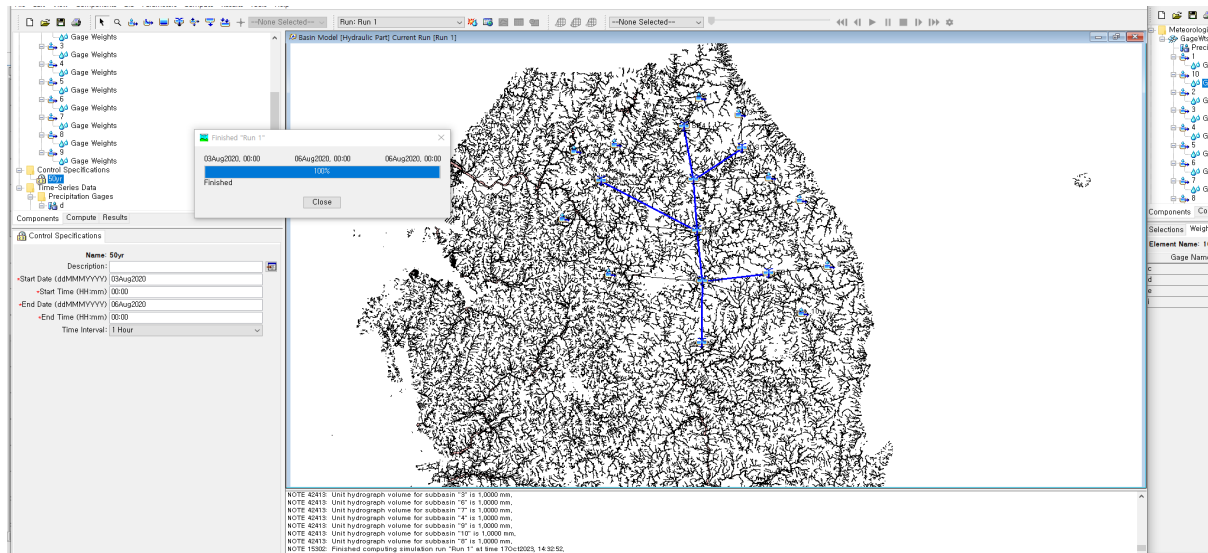
(b)

그림 예2.19 마무리 작업-1

⑥ 계산(Compute) 수행(Compute→Simulation Run)

⑥ 4) Create A simulatuon Run: 메시지에 따라 작업내용 일치 시 Next 클릭

⑥ 5) 위에 마우스 놓고 오른쪽 버튼 클릭→ Compute 클릭■ 계산 수행



(a)

그림 예2.20 완료-1

(4) HEC-HMS 결과 보기: ⑦ 세부 설명

⑦ 결과(Results) 보기 (Results→Global Summary Table): 그림 예2.21 설계홍수량 산정

⑦ 1) 계산완료(Finished Computing "Run 1") →Close 클릭

⑦ 2) Results →Global Summary Results(Element Graph·Summary Table 등)

⑦ 결과(Results) 보기(Results→ Global Summary Table): 그림 예2.21 설계홍수량 산정

Global Summary Results for Run "Run 1"

Project: C Simulation Run: Run 1

Start of Run: 03Aug2020, 00:00 Basin Model: Hydraulic Part
End of Run: 06Aug2020, 00:00 Meteorologic Model: GageWts
Compute Time: 17Oct2023, 14:29:39 Control Specifications: 50yr

Show Elements: All Elements Volume Units: (M) MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
1	72	285.7	03Aug2020, 14:00	163.11
SR4	72	285.7	03Aug2020, 14:00	163.11
D	72	270.4	03Aug2020, 16:00	162.28
2	71	351.1	03Aug2020, 14:00	186.77
5	43	257.7	03Aug2020, 14:00	230.52
3	40	232.1	03Aug2020, 14:00	221.07
DS1	40	232.1	03Aug2020, 14:00	221.07
G	40	230.1	03Aug2020, 15:00	220.62
SR3	226	1026.5	03Aug2020, 14:00	193.28
C	226	990.0	03Aug2020, 16:00	192.61
4	70	337.8	03Aug2020, 14:00	193.26
HS1	70	337.8	03Aug2020, 14:00	193.26
6	149	948.0	03Aug2020, 14:00	258.69
7	135	754.5	03Aug2020, 15:00	252.71
E	70	318.4	03Aug2020, 16:00	192.39
SR2	580	2849.3	03Aug2020, 15:00	223.55
B	580	2698.7	03Aug2020, 17:00	222.73
9	148	749.0	03Aug2020, 15:00	228.46
10	77	408.6	03Aug2020, 14:00	233.54
8	70	361.1	03Aug2020, 15:00	231.15
KS1	70	361.1	03Aug2020, 15:00	231.15
F	70	332.1	03Aug2020, 17:00	229.89
SR1	875	4019.2	03Aug2020, 16:00	225.22
A	875	3852.0	03Aug2020, 17:00	224.62
SR0	875	3852.0	03Aug2020, 17:00	224.62

(a)

그림 예2.21 설계홍수량 산정

(5) 계획홍수량 결정

교량설계 시 교량이 설치되는 지점으로 흘러들어가는 유출량은 SR1과 SR4의 첨두유출량으로 그 양은 각각 $4019.2\text{m}^3/\text{s}$ 와 $285.7\text{m}^3/\text{s}$ 이다.

3.3 교량 설계

1. 횡단면 자료입력

- (1) HEC-RAS(v5.0)를 이용하여 수면곡선을 계산하기 위해서는 그림 설계1.3.1(이종석, 2018a)와 같이 입력되어야 한다.

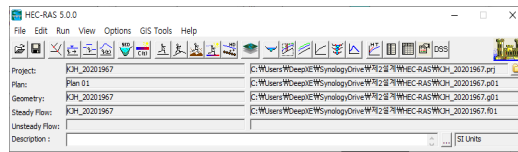


그림 설계1.3.1 자료입력 작업 후 HEC-RAS의 계산 수행결과

1) 추가로 필요한 횡단면 자료 입력

① 새 단면 추가(Add a new Cross Section)

- 가. 새 횡단면이 자료집합에 추가될 때 가정값(default value)이 수축과 확대계수값은 0.1, 0.3이 나타난다.

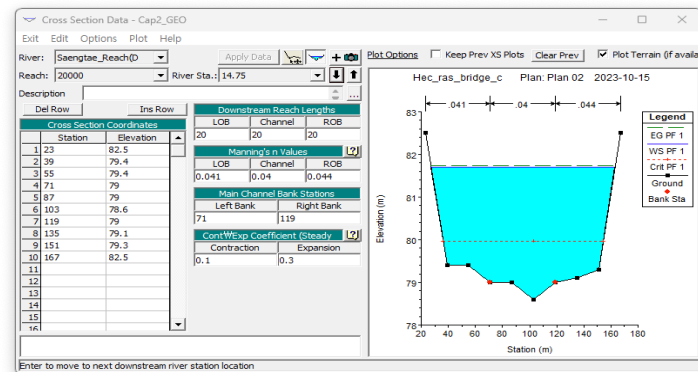
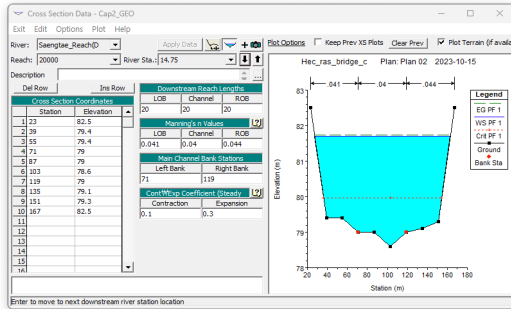


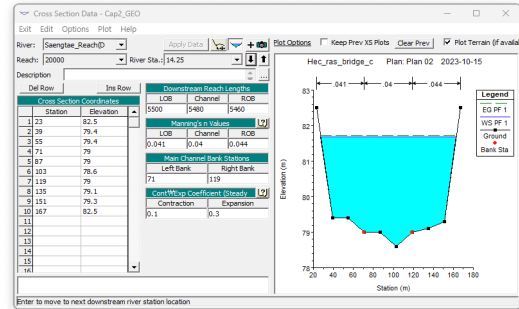
그림 설계1.3.2 횡단면 자료 편집기

② 모형에 횡단면을 추가한다.

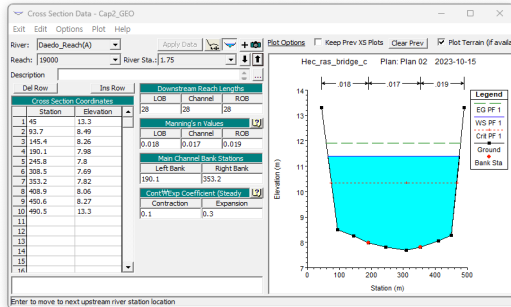
- 가. 입력이 완료된 Saengtae Reach의 추가단면 No. 14.75와 No. 14.25와 Daedo Reach의 추가단면 No. 1.75, No. 1.25는 그림 설계1.3.3와 같이 나타난다.



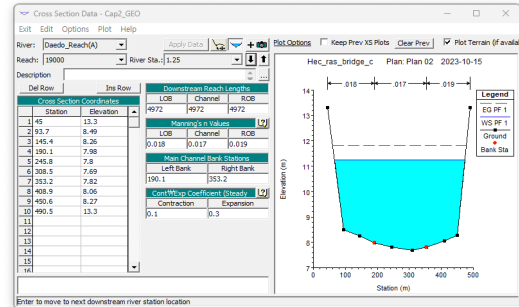
(a) 추가 단면 14.75



(b) 추가 단면 14.25



(c) 추가 단면 1.75



(d) 추가 단면 1.25

그림 설계1.3.3 추가 횡단면 자료 입력 결과

(2) 새 파일 작성

- 1) 다음과 같이 수계도 작성과 지형자료를 입력한다.
- 2) 수계도 작성: [예제5.9](이종석, 2018a)에서 설명한 내용을 응용하여 그림 설계1.3.4와 같이 수계도를 작성한다[“새 작업(New Project)”부터 “수리 계산(Hydraulic Calculations)”까지 수행(표 예5.9.5 참조(이종석, 2018a))]
- 3) 각 단면의 지형자료 입력: 주어진 조건을 이용하여 표 예5.10.1~5와 같이 지형자료를 구축하고, 이를 입력한다(이종석, 2018a).

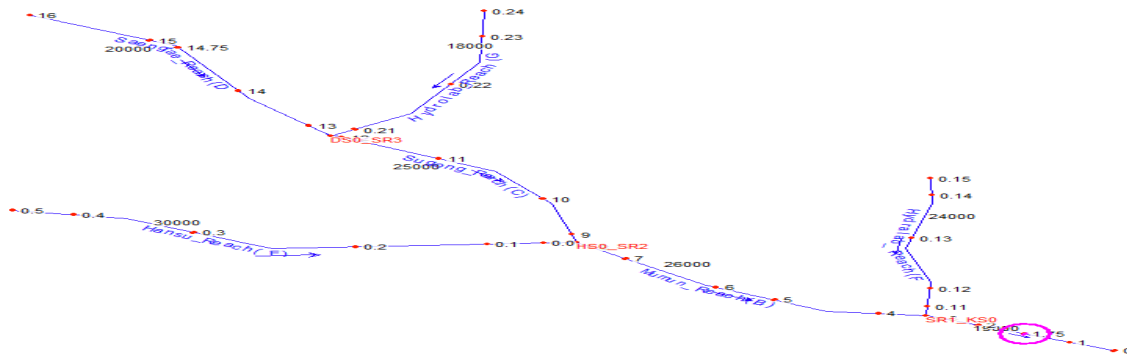


그림 설계1.3.4 수계도

2. 교량자료 입력

(1) 입력 교량자료의 계산

- 1) 수로구간 내 측정별 종횡단면자료.특성 등의 자료입력을 상세한 도면은 그림 설계1.3.5, 그림 설계1.3.6과 같다.

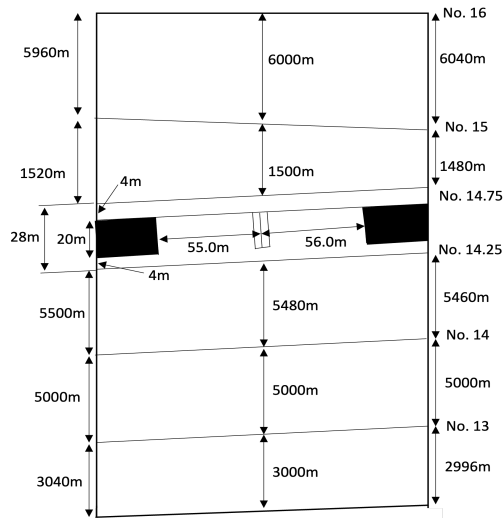


그림 설계1.3.5 (a) 입력자료 정리용 측점별 상세도 (Saengtae Reach)

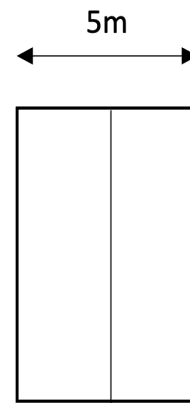


그림 설계1.3.6 (a) Pier 상세도 (Saengtae Reach)

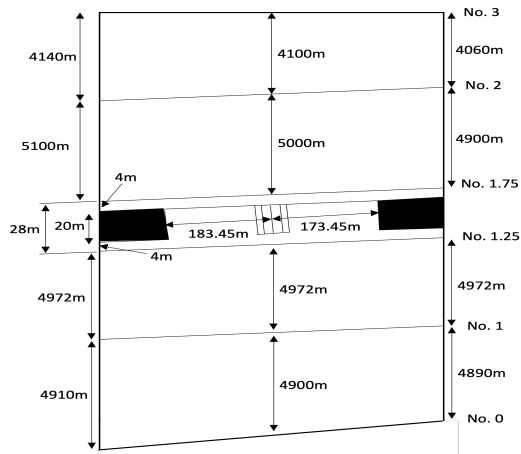


그림 설계1.3.5 (b) 입력자료 정리용 측점별 상세도 (Daedo Reach)

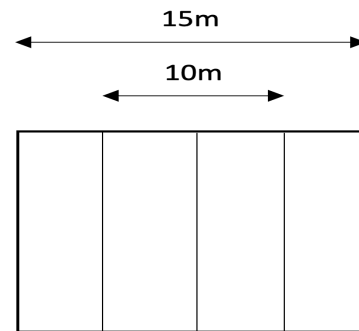


그림 설계1.3.6 (b) Pier 상세도 (Daedo Reach)

(2) 계산된 자료의 입력

1) 모형에 교량자료를 추가하기 위해 다음과 같이 작업한다(USACE, 2016b).

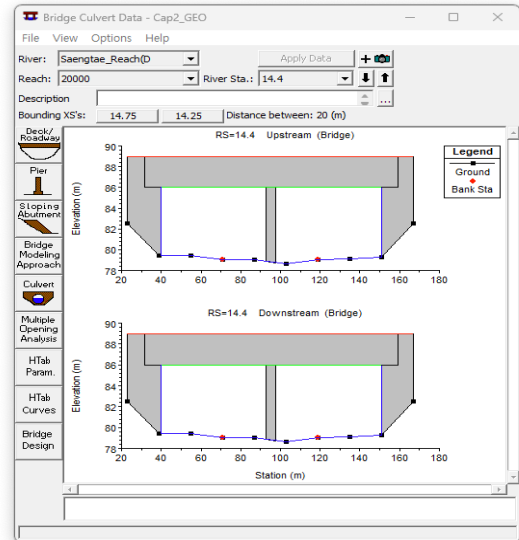
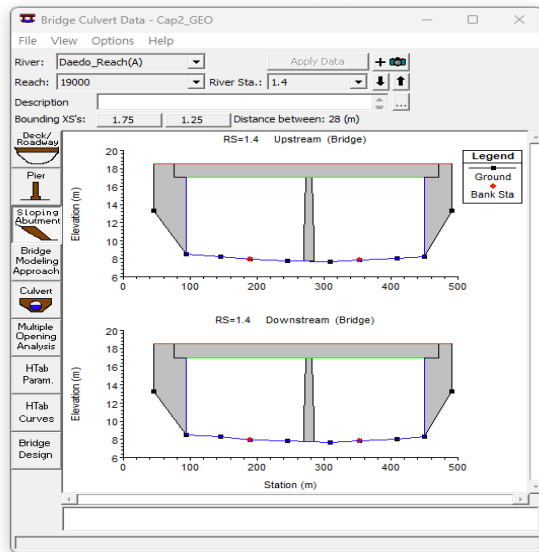


그림 설계1.3.7 교량·암거 자료 편집기

가. 교량을 위치시킬 하천(River)과 구간(Reach)을 선택한다.

나. 다음 사항을 새 교량에 대한 필요자료로 입력한다.

. 교량 상판(Bridge Deck), (필요시) 경사 교대(Sloping Abutments), 교각(Piers), 교량분석 필요자료

라. 계산된 HEC-RAS 입력자료 중 교량 상판(Bridge Deck)(과 도로)(Roadway) 자료는 그림 xxx과 같이 교량단면(BR) BU와 BD 자료가 필요한데 그 입력자료는 표 xxx와 같다. 여기서 'BU, BD'의 'High Chord'는 상부구조(=슬래브 + 거더)의 위면 표고 (Deck)[교량 상부구조 위면 표고(Deck; =High Chord)], 'Low Chord'는 상부구조의 아래면 표고(Waterway Opening, Underneath part of bridge)[교량 상부구조 아래면 표고(Low chord; Waterway opening, Underneath part of bridge)]를 입력한다.

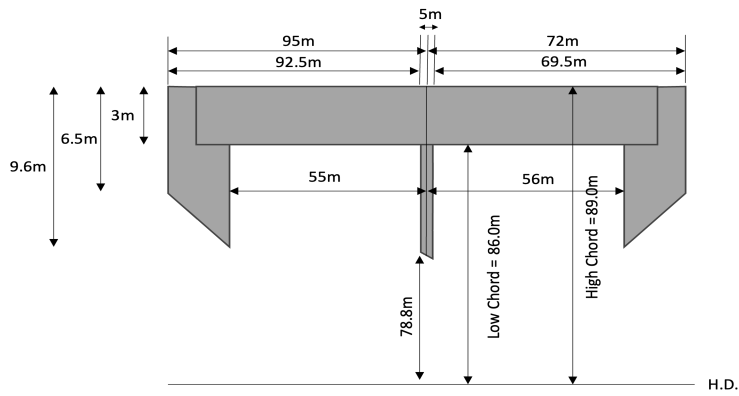


그림 설계1.3.8 (a) 교량단면(BR)과 상세자료 (Saengtae Reach)

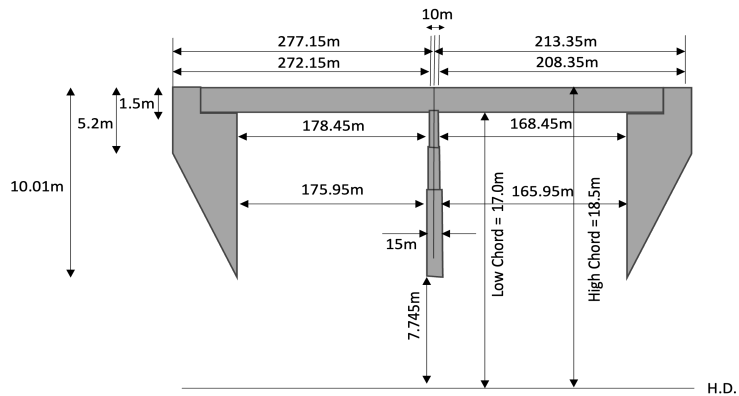


그림 설계1.3.8 (b) 교량단면(BR)과 상세자료 (Daedo Reach)

Deck/Roadway Data Editor

Distance	Width	Weir Coef
3	14	2.6

Clear Del Row Ins Row Copy US to DS

Upstream			Downstream		
Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1 23.	89.	86.	23.	89.	86.
2 40.	89.	86.	40.	89.	86.
3 40.	89.	86.	40.	89.	86.
4 95.	89.	86.	95.	89.	86.
5 150.	89.	86.	150.	89.	86.
6 150.	89.	86.	150.	89.	86.
7 167.	89.	86.	167.	89.	86.
8 167.	89.	86.	167.	89.	86.

U.S Embankment SS: 0 D.S Embankment SS: 0

Weir Data
Max Submergence: 0.98 Min Weir Flow El:

Weir Crest Shape
☒ Broad Crested
☐ Ogee

OK Cancel

Enter distance between upstream cross section and deck/roadway, (m)

Pier Data Editor

Add Copy Delete Pier # 1

Del Row Centerline Station Upstream 95
Ins Row Centerline Station Downstream 95

Floating Pier Debris
All On ... All Off ... ☐ Apply floating debris to this pier
Set Wd/Ht for all ... Debris Width:
Debris Height:

Upstream		Downstream	
Pier Width	Elevation	Pier Width	Elevation
1 5.	78.8	5.	75.8
2 5.	86.	5.	86.
3			
4			
5			

OK Cancel Help Copy Up to Down

Select the Pier to Edit

표 설계1.3.2 (a) 교량단면(BR) BU, BDI 입력자료] (Saengtae Reach)

Deck/Roadway Data Editor

Distance	Width	Weir Coef
4	20	2.6

Clear Del Row Ins Row Copy US to DS

Upstream			Downstream		
Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1 75.7	18.5	17.	75.7	18.5	17.
2 308.5	18.5	17.	308.5	18.5	17.
3 470.55	18.5	17.	470.55	18.5	17.
4					
5					
6					
7					
8					

U.S Embankment SS: 0 D.S Embankment SS: 0

Weir Data
Max Submergence: 0.98 Min Weir Flow El:

Weir Crest Shape
☒ Broad Crested
☐ Ogee

OK Cancel

Enter distance between upstream cross section and deck/roadway, (m)

Pier Data Editor

Add Copy Delete Pier # 1

Del Row Centerline Station Upstream 277.15
Ins Row Centerline Station Downstream 277.15

Floating Pier Debris
All On ... All Off ... ☐ Apply floating debris to this pier
Set Wd/Ht for all ... Debris Width:
Debris Height:

Upstream		Downstream	
Pier Width	Elevation	Pier Width	Elevation
1 15.	7.745	15.	7.745
2 15.	10.	15.	10.
3 10.	17.	10.	17.
4			
5			

OK Cancel Help Copy Up to Down

Select the Pier to Edit

표 설계1.3.2 (b) 교량단면(BR) BU, BDI 입력자료] (Daedo Reach)

2) 교량 상판(Bridge Deck).도로(Roadway): 교량 상판 편집기(Deck/Roadway Data Editor)는 교량 상

판(Bridge Deck), 도로 제방(Road Embankment)과 수직 교대(Vertical Abutment)로 인해 구획되는 부분을 표현하는 데 사용된다. 상판 편집기에 입력된 정보는 다음과 같이 구성된다.

Deck/Roadway Data Editor

Distance
14
Width
2.6
Weir Coef

Clear
Del Row
Ins Row
Copy US to DS

Upstream			Downstream		
Station	high chord	low chord	Station	high chord	low chord
1	0.	68.2	0.	68.2	64.77
2	170.	68.2	170.	68.2	64.77
3	170.	68.2	170.	68.2	67.6
4	220.	68.2	220.	68.2	67.6
5	220.	68.2	220.	68.2	64.77
6	400.	68.2	400.	68.2	64.77
7					

U.S Embankment SS
0
D.S Embankment SS
0

Weir Data

Max Submergence:
0.98
Min Weir Flow El:

Weir Crest Shape
☒ Broad Crested
☐ Ogee

OK
Cancel

Enter distance between upstream cross section and deck/roadway. (m)

표 설계1.3.3 교량 상판·도로 자료 편집기

- 가. 거리(Distance): 거리 칸에는 그림 설계1.3.9와 같이 교량의 상류에 접한 횡단면과 교량상판의 상류측면 간의 거리(Upstream distance)를 미터(m, 또는 feet) 단위로 입력한다.
나. 폭(Width): 폭 칸에는 표 설계1.3.3과 같이 하천을 따르는 교량의 폭(Bridge Width)을 미터(m)(또는 feet) 단위로 입력한다.
다. 웨어계수(Weir Coefficient): 웨어계수는 표준웨어공식에서 교량 상판(Bridge Deck) 위를 흐르는 웨어에 사용되는 계수이다.

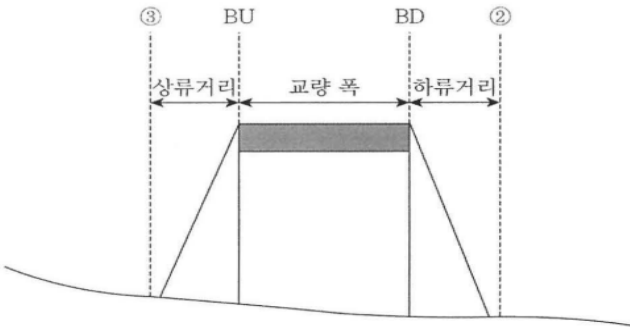


그림 설계1.3.9 상·하류의 이격 거리와 교량의 폭

3. 유량자료와 경계조건 입력

(1) 유량자료: (정상류 조건)의 유량 $Q=250m^3/s$
(2) 경계조건: No. 1 지점의 아는 값 수면고(Known Water Surface Elevation)=66.30m

4. 계산결과 분석·검토

(1) 계산 결과 Saengtae Reach와 Daedo Reach의 종방향 수면곡선은 그림 설계1.3.11와 같이 나타났다.

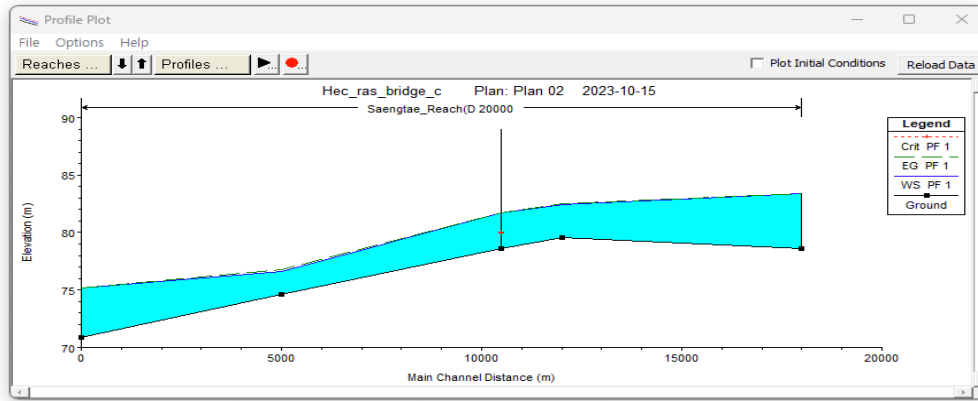


그림 설계1.3.10 계산 결과 Saengtae Reach의 종방향 수면곡선

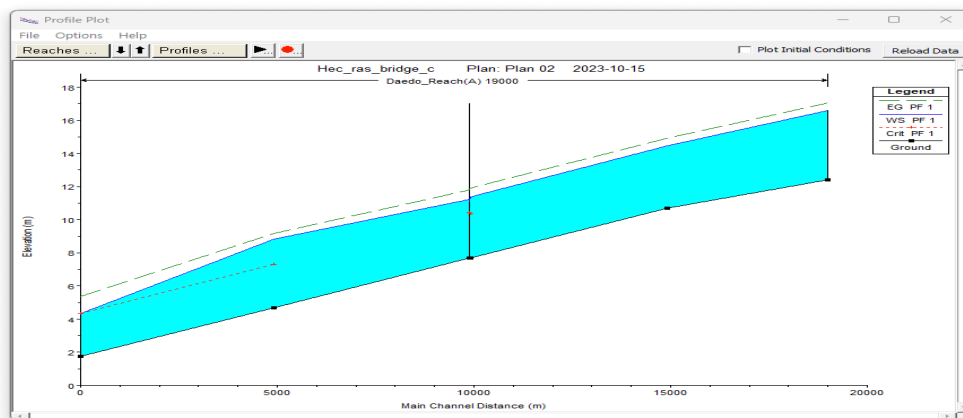


그림 설계1.3.11 계산 결과 Daedo Reach의 종방향 수면곡선

그림 설계1.3.10과 같이 교량설치에 따른 No. 13~No. 16까지의 종방향 수면곡선은 교량 설치 이후에도 별다른 배수영향 없이 통수가 원활히 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 이는 교량 설계 시 교량의 표고를 하천의 지형측량에 대한 표고보다 더 높게 설정하여 통수능을 최대화하였기 때문인 것으로 보인다. 마찬가지로 그림 설계1.3.11 역시 No. 0~No. 3까지의 종방향 수면곡선은 교량 설치 이후에도 별다른 배수영향이 없음을 확인하였으나, 구조물 설치에 따른 약간의 Water Drop이 나타남을 확인하였다. 이들 결과를 표준형 자료 출력표(Standard Table 1)로 나타내면 표 설계1.3.7와 같다.

Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: Plan 02 River: Daedo Reach(A) Reach: 19000 Profile: PF 1												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
19000	3	PF 1	4019.20	12.40	16.61		17.05	0.000477	3.27	1389.32	398.53	0.52
19000	2	PF 1	4019.20	10.69	14.48		14.93	0.000566	3.34	1390.42	445.50	0.56
19000	1.75	PF 1	4019.20	7.69	11.39	10.34	11.90	0.000646	3.51	1295.73	411.01	0.59
19000	1.4	Bridge										
19000	1.25	PF 1	4019.20	7.69	11.24		11.80	0.000754	3.68	1233.52	408.26	0.63
19000	1	PF 1	4019.20	4.69	8.81	7.32	9.16	0.000378	2.89	1571.35	461.90	0.46
19000	0	PF 1	4019.20	1.75	4.32	4.32	5.35	0.002272	5.11	929.62	456.49	1.04

표 설계1.3.7 계산 결과 표준형 자료 출력표

또한 이들 결과의 주요 횡단면[No. 5, No. 3.75, No. 3.4[BU(=BR U)], No. 3.4[BD(=BR D)], No. 3.3, No.1]을 횡단면 자료 출력(Cross-Section Output)으로 나타내면 표 설계1.3.7과 같다.

Cross Section Output									
File Type Options Help									
River:	[Saengtae_Reach#D]			Profile:	[PF 1]				
Reach:	[20000]			RS:	[1] [Plan: Plan02]				
Plan: Plan02 Saengtae_Reach#D 20000 RS: 1 Profile: PF 1									
E.G. Elev (m)	83.42	Element	Left OB	Channel	Right OB				
Left Elevation (m)	0.51	W.S. n-val	0.041	0.040	0.044				
W.S. Elev (m)	83.41	Reach Len. (m)	5960.00	6000.00	6040.00				
Chl W.S. (m)	81.49	Flow Area (m ²)	170.86	218.06	177.36				
E.G. Slope (m/m)	0.00071	Area (m ²)	170.86	218.06	177.36				
Q Total (m ³ /s)	285.70	Flow (m ³ /s)	86.36	125.74	79.60				
Top Width (m)	144.00	Top Width (m)	46.00	46.00	46.00				
Wet Total (m)	0.50	Avg. Wet. (m)	0.47	0.58	0.45				
Max Ch Depth (m)	4.31	Max Ch Depth (m)	3.56	4.34	3.69				
Comp. Total (m ³ /s)	23979.9	Comp. (m ³ /s)	9554.9	14915.6	9464.4				
Length (m)	3000.00	Length (m)	49.21	46.01	49.21				
Max Ch Depth (m)	79.60	Shear (N/m ²)	2.41	3.15	2.50				
Alpha	1.94	Stream Power (N/m.s)	1.13	1.82	1.12				
Frict Loss (m)	0.34	Cum Volume (1000 m ³)	2176.35	3061.09	2291.69				
C.B.E. Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m ²)	776.87	855.69	774.51				
Errors, Warnings and Notes									
The cross-section and points had to be extended vertically for the computed water surface.									
The conveyance ratio (leftstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections.									
The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m), between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.									
Enter to move to next downstream river station location									

(a) No.16의 출력결과

Cross Section Output									
File Type Options Help									
River:	[Saengtae_Reach#D]			Profile:	[PF 1]				
Reach:	[20000]			RS:	[15]				
Saengtae_Reach#D 20000 RS: 15 Profile: PF 1									
E.G. Elev (m)	82.40	Element	Left OB	Channel	Right OB				
Left Elevation (m)	0.01	W.S. n-val	0.041	0.040	0.044				
W.S. Elev (m)	82.43	Reach Len. (m)	1500.00	1500.00	1480.00				
Chl W.S. (m)	81.49	Flow Area (m ²)	76.68	122.91	84.49				
E.G. Slope (m/m)	0.000598	Area (m ²)	76.68	122.91	84.49				
Q Total (m ³ /s)	285.70	Flow (m ³ /s)	70.55	140.59	74.55				
Top Width (m)	133.0	Top Width (m)	45.46	46.00	42.64				
Wet Total (m)	1.00	Avg. Wet. (m)	0.50	1.14	0.88				
Max Ch Depth (m)	2.81	Max Ch Depth (m)	1.81	2.86	1.89				
Comp. Total (m ³ /s)	11895.1	Comp. (m ³ /s)	2885.7	5790.4	3049.7				
Length (m)	1499.99	Length (m)	6.56	49.01	61.82				
Max Ch Depth (m)	79.60	Shear (N/m ²)	10.81	15.01	11.63				
Alpha	1.00	Stream Power (W/m.s)	5.69	17.17	9.39				
Frict Loss (m)	0.74	Cum Volume (1000 m ³)	149.61	2091.36	1505.00				
C.B.E. Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m ²)	327.29	567.70	352.19				
Errors, Warnings and Notes									
The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m), between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.									
Enter to move to next downstream river station location									

(b) No.15의 출력결과

Cross Section Output									
File Type Options Help									
River:	[Saengtae_Reach#D]			Profile:	[PF 1]				
Reach:	[20000]			RS:	[14.75]				
Plan: Plan02 Saengtae_Reach#D 20000 RS: 14.75 Profile: PF 1									
E.G. Elev (m)	81.74	Element	Left OB	Channel	Right OB				
Left Elevation (m)	0.04	W.S. n-val	0.041	0.040	0.044				
W.S. Elev (m)	81.69	Reach Len. (m)	1500.00	1500.00	1480.00				
Chl W.S. (m)	79.67	Flow Area (m ²)	90.30	135.73	96.55				
E.G. Slope (m/m)	0.00042	Area (m ²)	90.30	135.73	96.55				
Q Total (m ³ /s)	285.70	Flow (m ³ /s)	72.35	138.21	74.24				
Top Width (m)	115.41	Top Width (m)	43.84	46.00	43.97				
Wet Total (m)	0.89	Avg. Wet. (m)	0.80	1.02	0.78				
Max Ch Depth (m)	3.09	Max Ch Depth (m)	2.06	2.83	2.29				
Comp. Total (m ³ /s)	14743.4	Comp. (m ³ /s)	3046.7	6796.4	3651.7				
Length (m)	3.00	Length (m)	44.97	46.01	44.21				
Alpha	79.60	Shear (N/m ²)	8.33	11.90	8.89				
Frict Loss (m)	1.05	Stream Power (N/m.s)	6.67	11.71	6.93				
C.B.E. Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m ³)	1296.30	1854.48	1271.16				
C.B.E. Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m ²)	441.70	655.70	427.07				
Errors, Warnings and Notes									
The cross-section and points had to be extended vertically for the computed water surface.									
The conveyance ratio (leftstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections.									
The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m), between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.									
Enter to move to next downstream river station location									

(c) No.14.75의 출력결과

Cross Section Output									
File Type Options Help									
River:	[Saengtae_Reach#D]			Profile:	[PF 1]				
Reach:	[20000]			RS:	[14.4 BU]				
Plan: Plan02 Saengtae_Reach#D 20000 RS: 14.4 BU Profile: PF 1									
E.G. Elev (m)	81.73	Element	Left OB	Channel	Right OB				
Left Elevation (m)	0.06	W.S. n-val	0.041	0.040	0.044				
W.S. Elev (m)	81.69	Reach Len. (m)	14.00	14.00	14.00				
Chl W.S. (m)	80.61	Flow Area (m ²)	73.83	120.58	81.71				
E.G. Slope (m/m)	0.000578	Area (m ²)	73.83	120.58	81.71				
Q Total (m ³ /s)	285.70	Flow (m ³ /s)	73.83	120.58	79.53				
Top Width (m)	156.00	Top Width (m)	31.00	43.00	32.00				
Wet Total (m)	1.00	Wet Total (m)	0.50	1.00	0.50				
Max Ch Depth (m)	2.08	Max Ch Depth (m)	2.38	2.80	2.55				
Comp. Total (m ³ /s)	11882.1	Comp. (m ³ /s)	3602.8	5511.9	3207.4				
Length (m)	24.00	Length (m)	31.38	46.77	26.38				
Max Ch Depth (m)	79.60	Shear (N/m ²)	12.58	14.02	13.47				
Alpha	1.00	Stream Power (N/m.s)	12.58	14.02	13.47				
Frict Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m ³)	1296.30	1854.48	1271.16				
C.B.E. Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m ²)	441.70	655.70	426.98				
Errors, Warnings and Notes									
The cross-section and points had to be extended vertically for the computed water surface.									
The conveyance ratio (leftstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections.									
The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m), between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.									
Enter to move to next downstream river station location									

(d) No.14.4 BU의 출력결과

Cross Section Output									
File Type Options Help									
River	Saengtae_Reach#D			Profile	PF 1				
Reach	20000			RS	14.4 BD				
Plan: Plan02 Saengtae_Reach#D 20000 RS: 14.4 BD Profile: PF 1									
E.G. Elev (m)	81.73	Element	Left OB	Channel	Right OB				
Left Elevation (m)	0.06	W.S. n-val	0.041	0.040	0.044				
W.S. Elev (m)	81.67	Reach Len. (m)	31.00	31.00	31.00				
Chl W.S. (m)	80.61	Flow Area (m ²)	75.57	120.21	81.44				
E.G. Slope (m/m)	0.000598	Area (m ²)	75.57	120.21	81.44				
Q Total (m ³ /s)	285.70	Flow (m ³ /s)	75.57	120.21	79.51				
Top Width (m)	156.00	Top Width (m)	31.00	43.00	32.00				
Wet Total (m)	1.00	Wet Total (m)	0.50	1.00	0.50				
Chl Top Depth (m)	0.67	Depth (m)	2.37	2.60	2.55				
Conc. Total (m/s)	188.63	Conc. (m/s)	206.42	146.81	4.00				
Length (m)	1.00	Intersect (m)	33.27	26.75	34.27				
Max Chl D (m)	75.50	Shoal (m)	12.67	14.13	13.57				
Max Chl D (m)	75.50	Flow Power (m/s)	15.88	22.88	22.88				
Friction Loss	0.00	Conc Volume (1000 m ³)	2267.02	1862.11	1388.75				
Conc (m/s)	0.00	Conc (m/s)	2267.02	1862.11	1388.75				
Reaches, overflows and bridges									
Error to move to next downstream river station layout									

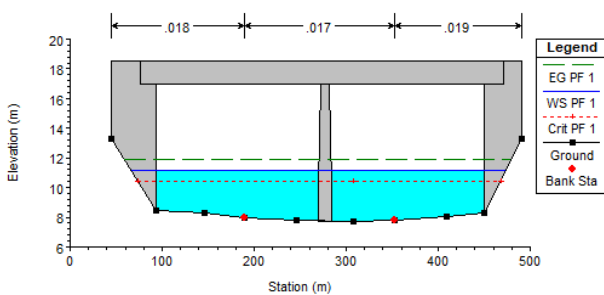
Cross Section Output									
File Type Options Help									
River:	Daedo_Reach(A)	Profile:	PF 1						
Reach:	20000	RS:	1	Plan:	Plan 02				
Cross Section Data									
	Profile	Left Bank	Channel	Right Bank					
E.S. Elev. (m)	9.34	9.34	9.34	9.34					
Left Bank	9.34	9.34	9.34	9.34					
Right Bank	9.34	9.34	9.34	9.34					
Channel	9.34	9.34	9.34	9.34					
Flow Area (m ²)	455.40	455.40	455.40	455.40					
Top Width (m)	455.40	455.40	455.40	455.40					
Flow Velocity (m/s)	2.00	2.00	2.00	2.00					
Top Width (m)	149.10	149.10	149.10	149.10					
Flow Area (m ²)	2.97	2.97	2.97	2.97					
Top Width (m)	4.12	4.12	4.12	4.12					
Flow Area (m ²)	5535.2	5535.2	5535.2	5535.2					
Length (m)	4899.80	4899.80	4899.80	4899.80					
Flow Area (m ²)	11.27	11.27	11.27	11.27					
Flow Velocity (m/s)	26.97	26.97	26.97	26.97					
Flow Area (m ²)	1746.27	1746.27	1746.27	1746.27					
Flow Velocity (m/s)	721.61	721.61	721.61	721.61					
Errors, Warnings and Notes									
Warning: The cross section end points had to be extended vertically for the computed water surface.									
Warning: The velocity head has changed by more than 0.5 ft (0.15 m). This may indicate the need for additional cross sections.									
Warning: The conveyance ratio (Upstream conveyance divided by downstream conveyance) is less than 0.7 or greater than 1.4. This may indicate the need for additional cross sections.									
Warning: The errors has exceeded 1.0 ft (0.3 m), between the current and previous cross section. This may indicate a need to move the next downstream cross section.									

(g) No.1의 출력결과

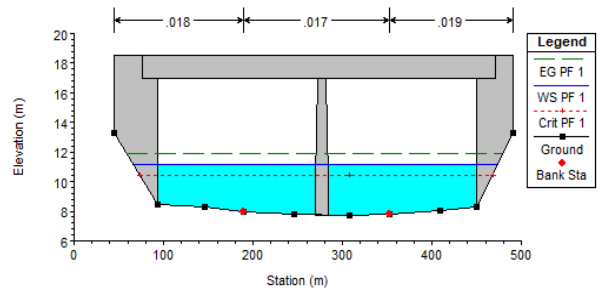
표 설계1.3.9 계산 결과의 Daedo Reach의 주요 횡단면 자료 출력

표 설계1.3.8, 1.3.9와 같이 각 단면에 출력값은 에너지 선과 한계수면고, 수면의 표고, 속도수두, 총유량, 수면폭, 에너지 보정계수 등이 계산·출력되고, 소단면 좌우측 홍수터와 주수로에 대한 조도계수값, 유수단면적, 평균유속, 통수능, 율변 등의 흐름특성이 출력된다. 여기서 각 단면 간 중간 측점이 존재치 않아 에너지 손실이 크게 도출되었다는 경고 메시지가 출력되었다.

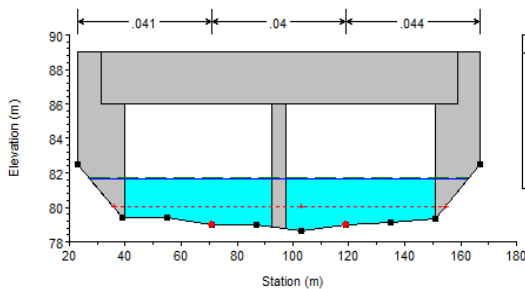
또한, 설치된 교량의 수위 분석결과에 대한 상세도를 보이면, 다음 그림 설계1.3.12와 같다.



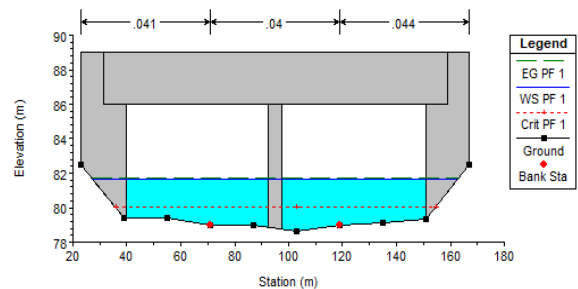
(a) Daedo Reach 교량의 상류부 수위



(b) Daedo Reach 교량의 하류부 수위



(c) Saengtae Reach 교량의 상류부 수위



(d) Saengtae Reach 교량의 하류부 수위

그림 설계1.3.12 교량 설치 이후 교량 수위 분석 결과도

수위 분석결과, 각 Reach에 설치된 모든 교량의 상류부와 하류부에서 교량의 Low Chord보다 수위가 아래에 위치해 있음을 확인할 수 있었고, Daedo Reach와 Saengtae Reach의 50년 빈도의 홍수량이 각각 4019.20m³/s와 285.70m³/s로 도출되었다.

하천설계기준(KDS 51 50 00)(국토교통부, 2018) 중 하천제방(KDS 51 50 05)(국토교통부, 2018)에 따라 Daedo Reach의 경우 계획홍수량이 2000m³/s이상 5000m³/s미만인 경우이므로 교량이 설치된 지점에서의 상류부와 하류부의 Energy grade elevation이 각각 11.88m와 11.86m으로 Low Chord로부터 떨어진 거리가 각각 5.12m, 5.14m로 다리밑 공간이 1.2m 이상 확보되었으므로 안전축으로 설계가 진행되었다.(또한, Saengtae Reach의 경우에는 계획 홍수량이 200m³/s이상 500m³/s미만인 경우로 교량이 설치된 지점에서의 상류부와 하류부의 Energy grade elevation이 둘다 81.73m로 Low Chord로부터 떨어진 거리가 4.27m로 다리밑 공간이 0.8m 이상 확보되었으므로 안전축으로 설계가 진행되었다.

최종적으로, HEC-RAS의 최종 결과에 대한 표준형 자료 출력표(Standard Table)를 보이면 다음 그림 16과 같다.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
19000	3	PF 1	4019.20	12.40	16.61		17.05	0.000477	3.27	1389.32	398.53	0.52
19000	2	PF 1	4019.20	10.69	14.48		14.93	0.000566	3.34	1390.42	445.50	0.56
19000	1.75	PF 1	4019.20	7.69	11.39	10.34	11.90	0.000646	3.51	1295.73	411.01	0.59
19000	1.4	Bridge										
19000	1.25	PF 1	4019.20	7.69	11.24		11.80	0.000754	3.68	1233.52	408.26	0.63
19000	1	PF 1	4019.20	4.69	8.81	7.32	9.16	0.000378	2.89	1571.35	461.90	0.46
19000	0	PF 1	4019.20	1.75	4.32	4.32	5.35	0.002272	5.11	929.62	456.49	1.04

(a) Daedo Reach

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
20000	16	PF 1	285.70	78.60	83.41		83.42	0.000071	0.58	566.18	144.00	0.09
20000	15	PF 1	285.70	79.60	82.43		82.48	0.000598	1.14	286.58	133.10	0.23
20000	14.75	PF 1	285.70	78.60	81.69	79.97	81.74	0.000415	1.02	322.48	135.81	0.19
20000	14.4	Bridge										
20000	14.25	PF 1	285.70	78.60	81.68		81.72	0.000424	1.03	320.20	135.64	0.20
20000	14	PF 1	285.70	74.60	76.58		76.74	0.003128	2.00	167.01	117.96	0.49
20000	13	PF 1	285.70	70.90	75.14		75.16	0.000108	0.65	511.59	153.00	0.10

(b) Saengtae Reach

그림 설계1.3.13 교량 설치 이후, 교량 설치된 각 Reach별 표준형 자료 출력결과

참고문헌

1. 국토교통부(2018). 하천설계기준(KDS 51 00 00; 2018), 하천 제방(KDS 51 50 05; 2018), 유량 조사(KDS 51 12 20; 2018), 설계수문량(KDS 51 14 10; 2018), 콘크리트교 설계기준(극한강도설계법) (KDS 24 14 20; 2018) 국가건설기준센터(<http://www.kcsc.re.kr>).
2. 이종석(2019), 수공설계(제2판), 도서출판 씨아이알
3. 이종석(2022a), 수리학 및 실험(제4판), 도서출판 씨아이알
4. 이종석(2022b), 하천공학(제4판), 도서출판 씨아이알, p.623-638, 673-675, 676-687.
5. 환경부(2019), 홍수량 산정 표준지침(http://www.wamis.go.kr/wsc/wsc_fldstand.do).
6. 환경부(2020), 강우빈도해석 프로그램 개발보고서(http://www.wamis.go.kr/wsc/wsc_fldstand.do).
7. 환경부(2022), 댐설계기준(KDS 54 00 00; 2022), 댐 설계계획(KDS 54 10 15; 2022), 댐 여수로(KDS 54 20 15; 2022), 국가건설기준센터(<https://www.kcsc.re.kr>).
8. 환경부(2023), 국가수자원관리 종합정보시스템(WAMIS)(http://www.wamis.go.kr/wsc/wsc_fldstand.do)
9. 충청남도(2007), 증산천 하천정비기본계획(국가수자원관리종합정보시스템; <http://www.wamis.go.kr/>).
10. 한국수자원학회(2009), 하천설계기준 해설(<http://www.kwra.or.kr>)
11. Chow, V. T., Maidment, D. R., and Mays, L. W.(1988), Applied Hydrology, McGraw-Hill International Editions, p.423-426.
12. Huff, F.A.(1967), "Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms", Water Resour. Res., Vol. 3, No. 4, pp.1007-1019.
13. USACE(2016)(US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center), HEC-RAS(River Analysis System), Application Guide v5.0.
14. USACE(2022)(US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center), HEC-HMS(Hydrologic Modeling System), Application Guide v4.8.
15. Douglas H. Hamilton and Richard L. Meehan(1971) Ground Rupture in the Baldwin Hills.