

도시지역 유출해석 및 우수저류시설 설계

- 구례군 설계사례를 중심으로 -



유 창 열
(주)동아기술공사
수자원부상무
y-cr8680@hitel.net



임 수 미
(주)유현E&C 대표이사
lsm8680@hanmail.net

1. 서론

홍수기 강우발생으로 인한 유출량을 우수관로 또는 유역에서 부담하지 못해 발생하는 것이 침수피해이다. 이러한 침수피해를 방지하기 위해 상습침수지역에 대하여 강우발생에 따른 유출해석을 시행, 기존 우수관거의 통수능과 유역의 침수심을 분석하고 최적 우수저류시설(저류지 등)의 설계용량을 산정하는 과정을 진행하게 된다.

본 과업의 세부적인 목적은 전라남도 구례군 구례읍 시가지 5일시장 주변 저지대 침수피해지역을 홍수로부터 예방하기 위한 시설로 지하저류지를 계획하고, 저류된 빗물을 대체 수자원으로 활용하는 것을 목적으로 현상태 및 저류지 설치 후의 사업지구 침수심 및 범람현황을 분석하는 것이다.

세부적인 과업내용은 강우분석, 유출분석(도시유출모델, SWMM), 저류지 규모산정이다.

과업의 공간적 범위는 전라남도 구례군 구례읍 봉동리 일원으로 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 대상유역 현황도

2. 강우분석

2.1 강우관측소 및 강우자료

강우분석을 시행하기 위한 시강우자료를 20개년이상 보유하고 있는 우량관측소를 조사한 결과 순천기상청의 자료를 활용하여 분석하는 것으로 결정하였다.

(표-1) 강우관측소 현황

관측소	관측소 위치	관할관서	관측 개시일	시우량 자료				비고
				보유기간	보유년수	결측년수	실보유년수	
순천	전남 순천 주암	기상청	1971.06.01	1971-2008	38	2	36	

2.2 확률강우량 분석

임의지속시간에 대한 환산계수를 적용하여 8개 확률분포형에 대한 확률강우량을 FARD 2006 프로그램을 사용하여 분석하였으며, 확률가중모멘트법으로 매개변수를 적용하였다. 검토결과중 Gumbel 확률분포형을 채택하였다.

(표-2) 순천 관측소

재현기간 (년)	지속시간(min)							
	10	60	120	180	360	720	1080	1440
20	24.10	77.30	119.60	141.80	183.50	228.90	253.60	283.20
30	25.70	82.90	128.80	152.70	196.80	244.40	270.30	302.10
50	27.60	90.00	140.40	166.30	213.40	263.70	291.20	325.70
80	29.30	96.40	151.00	178.80	228.70	281.40	310.30	347.20
100	30.10	99.50	156.00	184.70	235.90	289.80	319.30	357.50
200	32.70	108.90	171.50	203.00	258.20	315.80	347.30	389.10

2.3 강우의 시간적 분포

- 강우의 시간적 분포는 Huff의 2·3분위법, Yen-Chow 분포, 강우강도에 의한 방법을 적용
- 순천 관측소 Huff 3분위 방법을 채택
- 관측소별로 최빈구간으로 나타난 분위의 50% 확률 분포형 적용

$$\text{기본식: } Y = C_0 + C_1X + C_2X^2 + C_3X^3 + C_4X^4 + C_5X^5 + C_6X^6$$

여기에서, Y: 무차원 강우량 (%)

x: 무차원 강우지속시간 (%)

$C_0, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$: 상수

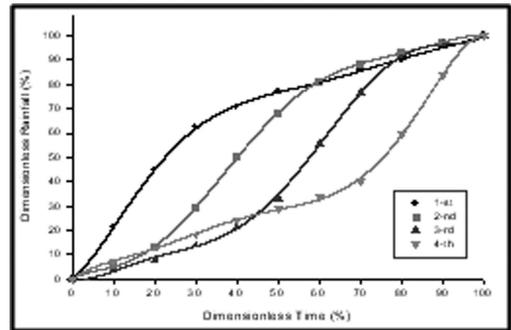
(표-3) Huff의 누가강우 분포

관측소	분위	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0
순천 (3분위)	1	0.0	21.1	44.7	62.5	70.6	76.9	81.0	85.6	90.0	95.3	100.0
	2	0.0	5.3	13.3	29.2	50.2	68.2	81.0	88.6	93.0	97.1	100.0
	3	0.0	3.7	8.1	14.1	21.5	33.3	55.7	76.7	90.9	96.6	100.0
	4	0.0	6.9	13.7	18.1	24.0	28.8	33.7	40.3	59.5	83.7	100.0

주) 지역별 설계강우의 시간적 분포(건교부, 2000)

(표-4) Huff의 누가분포의 회귀계수(6차식)

분위 계수	C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6
1분위	-0.0271281	1.3577788	0.1228050	-0.0055255	0.0000934	-0.0000007	2.08742E-09
순천 2분위	0.0316954	0.8994424	-0.0830079	0.0055104	-0.0001160	0.0000010	-3.21977E-09
천 3분위	0.0636605	-0.3074171	0.1076035	-0.0056558	0.00013222	-1.31439E-06	4.63235E-09
4분위	-0.1183252	1.2921395	-0.0870605	0.0043007	-9.84021E-05	1.02046E-06	-3.82353E-09



(그림 2) HUFF 누가분포도

3. 유출해석

3.1 도시유출 해석모형(SWMM 모형)

도시유역에서의 홍수량 산정을 위하여 국내에서 사용하고 있는 모형은 합리식, RRL, ILLUDAS, SWMM 모형 등이다. 이 중 합리식과 RRL 모형은 적용이 간편하다는 이점으로 널리 사용되고 있으나, 설계자의 주관에 따라 유출량 계산에 큰 차이를 나타낼 수 있다. 한편, ILLUDAS 모형은 지표면의 양상과 배수관로의 계통을 고려할 수 있으므로, 앞의 두 모형보다는 정확한 계산을 기대할 수 있다. 그러나, 배수관망이 각종 수리구조물을 포함하고 있는 경우에는 정확한 유출량을 산정하기 어렵다. 또한 관거에서의 흐름을 등류로 해석하기 때문에 관로내 수심의 변화와 배수영향을 고려할 수 없는 한계가 있다.

도시구역에서의 홍수량을 산정하는 모형들 중 SWMM (Storm Water Management Model) 모형은 1971년 미국 EPA의 지원아래 Metcalf & Eddy사가 Florida 대학 및 WRE (Water Resources Engineers)와의 공동연구로 도시구역 하수시스템 내의 유량과 수질을 모의할 수 있도록 개발하였다. 1981년에는 SWMM 모형 내의 TRANSPORT 블록을 확장, 보완하기 위해 수공구조물의 월류, 배수, 압력류 등의 계산이 가능하도록 EXTRAN 블록을 모형에 포함시켜 보완하였다(Huber and Dickinson, 1988). SWMM 모형은 도시구역 내에서 발생하는 유출, 오염물질에 대한 지표면 및 지표하 흐름, 배수 관망에서의 유출량 추적, 저류량 산정, 오염물질의 처리와 비용계산 등을 종합적으로 모의할 수 있다. <표 5>에서 도시유출 해석모형을 비교하였다.

[표-5] 도시유출 해석모형의 비교

모델	개발자	모의기간	매개변수	수질모의	적용구역	선정
HEC-1	US Army corps of Engineers	single event	distributed	불가	urban/nonurban	
ILLUDAS	Illinois State Water Survey	single event	distributed	불가	urban	
HSPF	US EPA	continuous event	distributed	가능	urban/nonurban	
AGNPS	US Army corps of Engineers	single event	distributed	가능	rural	
STORM	US Army corps of Engineers	continuous simulation	distributed	가능	urban/nonurban	
SWMM	US EPA	single/continuous event	distributed	가능	urban/nonurban	○

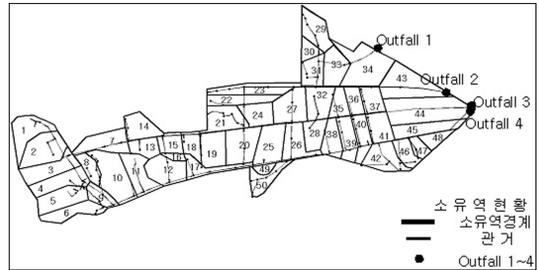
3.2 대상구역

대상구역은 연 2회 정도 침수가 발생하는 지역으로 지방하천인 서시천의 배수영향과 하수관거의 통수능부족의 영향으로 침수피해가 발생하고 있다. <그림 3>은 대상구역의 침수피해현황 사진이다.



<그림 3> 전경 및 침수피해사진

<그림 4>는 대상구역의 소유역 및 하수관거 현황을 도시한 것이다. 대상구역의 홍수량과 침수심 산정을 위하여 50개의 소유역으로 분할하였다.



<그림 4> 대상구역의 소유역 및 하수관거 현황

3.4 서시천 홍수위 계산

본 과업지구는 지방하천인 서시천의 배수영향으로 침수피해가 발생하므로 서시천의 홍수위 분석이 중요하다. 그러나 서시천의 하천기본계획의 수립년도가 1980년 10월로 많은 시간이 경과되어 홍수량을 재산정하여 적용하였으나 중형단자로는 서시천의 기본계획자료를 이용하였으므로 차후 중형단자량을 실시하여 보완하여야 할 것으로 판단되며 또한 하류에 섬진강이 흐르고 있고 본 과업구간이 섬진강의 배수영향을 받는 곳으로 섬진강의 홍수위는 섬진강기본계획(2003년 10월)의 홍수량 및 중형단자료를 이용하여 계산, 섬진강의 시간별홍수위를 하류단으로 서시천의 시간별수위를 계산하여 본 지역의 SWMM하류단경계조건으로 적용하였으며 계산과정 및 계산결과는 4. 모의결과에 수록하였다.

3.5 모의 시나리오

50년빈도에 대한 강우지속시간 60분, 120분, 180분, 300분에 대하여 다음과 같은 2가지 시나리오로 모의하였다.

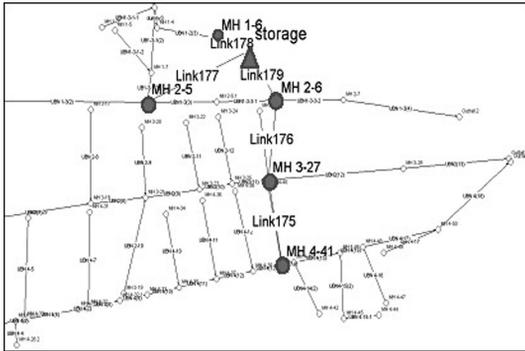
[표-6] 모의시나리오

시나리오	내용
case 1	현 상태
case 2	저류지 설치 및 유도관 설치

case 2는 <그림 5>와 같이 유도관을 설치하였으며 저류지는 평면 면적이 4500㎡이며 바닥고는 EL. 24.00m, 지반고는 EL. 29.5m로 계획하였다. 유도관의 제원은 <표 7>과 같다.

<표-7> 유도관 제원

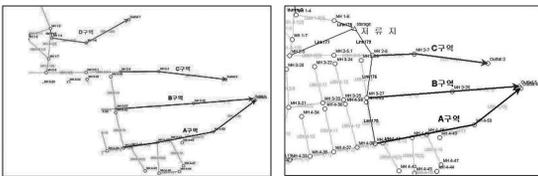
유도관명	연결 맨홀이름		관로연장(m)	관저고(EL.m)		지반고(EL.m)		관로규격			
	상류	하류		상류	하류	상류	하류	관종	직경(m)	폭(m)	높이(m)
Link175	MH4-41	MH3-27	99.00	27.05	26.43	29.20	28.90	BOX	-	1.50	2.00
Link176	MH3-27	MH2-6	90.00	26.43	25.51	28.90	28.60	BOX	-	2.00	2.00
Link177	MH2-5	storage	145.12	28.30	25.00	30.00	29.50	원형	0.80	-	-
Link178	MH1-6	storage	40.28	28.60	25.00	30.3	29.50	원형	0.80	-	-
Link179	MH2-6	storage	45.00	25.51	25.00	28.60	29.50	BOX	-	2.00	2.00



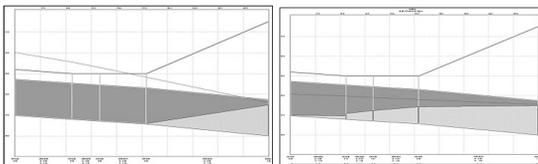
<그림 5> 저류 및 유도관 설치(case 2)

4. 모의 결과

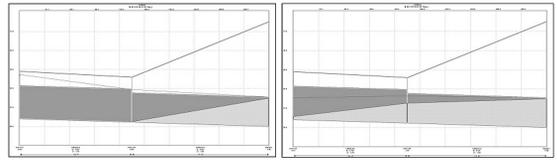
4.1 모의결과 정리



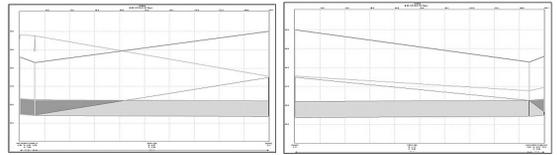
<그림 6> 저류지 설치전 · 후 구역구분 평면도



<그림 7> 저류지 설치전 · 후(A구역) 종단도

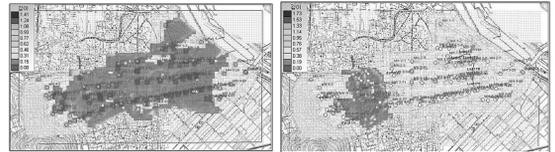


<그림 8> 저류지 설치전 · 후(B구역) 종단도



<그림 9> 저류지 설치전 · 후(C구역) 종단도

4.1.3 저류지 설치전,후 SWMM 결과정리



<그림 10> 저류지 설치전 · 후 침수심도

4.2 홍수량

현상태에서 4개의 토구에서의 침투홍수량은 <표 8>과 같다.

<표-8> 저류지 설치전 · 후 침투홍수량

빈도(년)	강우지속시간	침투홍수량(㎡/sec)				
		Outfall1	Outfall2	Outfall3	Outfall4	계
30	60min	1,100	1,132	5,317	7,744	15,293
	120min	0,994	1,111	4,855	6,925	13,885
	180min	0,790	1,055	3,641	5,591	11,077
	300min	0,679	0,247	1,057	4,761	6,744

빈도(년)	강우지속시간	침투홍수량(㎡/sec)				
		Outfall1	Outfall2	Outfall3	Outfall4	계
30	60min	0,00	0,00	0,00	3,236	3,236
	120min	0,00	0,782	5,109	3,368	9,259
	180min	0,00	0,511	2,205	2,357	5,073
	300min	0,00	0,00	0,00	1,936	1,936

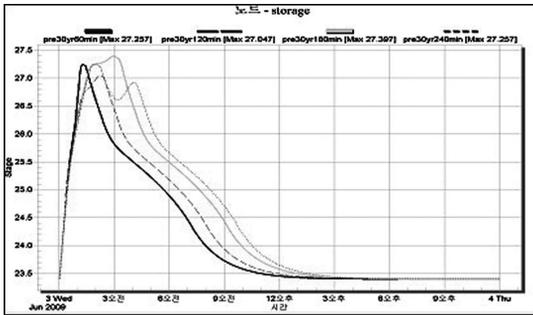
4.3 저류지 침투수위 및 저감효과

실제 소요의 저류지구도를 산정한 결과 총저류량 20,000㎡ 정도가 필요한 것으로 산정되었으나 지형여건, 예산 등을 고려하여 14,000㎡의 규모를 채택하였으며, 저류지 침투수위와 모의 결과도는 <표 9>, <그림 10>과 같고

저류지 설치로 인한 침두유출량 저감효과는 <표 10>과 같다.

[표-9] 저류지 침두수위

빈도 (년)	강우지속 시간	침두수위 (E.L. m)	총저류량 (m³)	비고
30	60min	27.257	13,510	저류지 바닥고 23.40m
	120min	27.047	12,740	
	180min	27.397	14,000	
	300min	27.257	13,510	



<그림 4.3-1> 저류지 모의 결과도

[표-10] 저류지 설치로 인한 저감효과

빈도	강우 지속시간	침두홍수량(m³/s)		침두저감율 (%)	저류지 최대수심(m)	총 저류량 (m³)	비고
		설치전	설치후				
30년	60min	15,293	3,236	78.83	3,857	13,510	평피기동포함
	120min	13,885	9,259	33.32	3,647	12,740	
	180min	11,077	5,073	54.20	3,997	14,000	
	300min	6,744	1,936	71.29	3,857	13,510	

5. 결론

50년빈도로 모의결과 저류지의 홍수유출량은 지속시간 60min에서 최대로 나타났으며 저류지의 경우 지속시간 180min에서 최고수위 E.L.27.887m(저류용량 17,500m³)이 필요한 것으로 분석되었다. 30년빈도로 모의결과 지속 시간 180min에서 최고수위 E.L.27.397m(저류용량 14,000m³)이 필요한 것으로 분석되었다.

저류지를 설치하였을 경우 과거 침수지역의 대부분이 침수피해가 발생하지 않은 것으로 분석되었으나 시가지 상단에서 일부 침수피해가 발생하는 것으로 나타났으며 이곳의 침수는 종단경사의 급격한 변화로 발생하는 것으로 우수관을 개수한다면 침수피해를 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

저류지의 설계빈도는 50년빈도(우수유출 저감시설의 종류·구조·설치 및 유지관리 기준,소방방재청)로 설계하도록 규정되어 있으나 금번 예산규모에 맞추어 30년빈도로 우선 설치하고 우수저류지의 운영결과에 따라 50년 빈도로 증설을 검토하는 것으로 계획하였다.

참고문헌

1. 도시 하천 유출 해석 모형의 특성 비교 - 도시 홍수 재해 관리 기술 연구사업단 (1차년도기술보고서, 2004)
2. 도시 유역 홍수 유출 저감 시설 설계 기준 - 도시 홍수 재해 관리 기술 연구사업단 (1차년도기술보고서, 2004)
3. 서시천 외 8개 하천 정비 기본 계획 - 전라남도(1989)
4. 섬진강수계 하천 정비 기본 계획(보완)(섬진강,오천,보성강) - 건설교통부 익산지방국토관리청(2003)
5. 수자원 설계실무 - 정중호, 윤용남(구미서관, 2007)
6. 하천설계기준·해설 - 한국수자원학회(2009)
7. 구례읍 우수저류시설 설치사업 타당성 검토보고서 - 구례군 (2009)
8. 구례읍 우수저류시설 설치사업 기본 및 실시설계 보고서 - 구례군(2009)