도시지역 펌프장 설계를 위한 유효우량을 이용한 유입량 산정

Estimation of Discharge using Effective Rainfall for Design of Pumping Station in Urban Area

최병규*, 박창렬**, 강태호***, 김강모****

Byung Kyu Choi, Chang Yeol Park, Tae Ho Kang, Kang Mo Kim

요 지

최근 도시화가 진행됨에 따라 경작지, 녹지대 등의 우수저류기능이 건물이나 포장에 의해 감소하게 되어 하수관거나 하천으로 유입되는 홍수유출량이 증가하고, 홍수도달시간은 단축됨에 따라 첨두유출량도 빠르게 증가되고 있다.

일반적으로 도시유역의 홍수배제를 위한 시설중의 하나인 우수배제펌프장 설계시 우수유출량 산정에 있어서 「하수도 시설기준」에 제시되어 있는 합리식에 근거하여 산정하고 있다. 펌프장 설계시 합리식에 근거한 유입량 산정결과 일반적으로 과대한 결과가 도출되어 이에 대한 개선이 요구되고 있으나 아직 진부한 실정이다. 이러한 문제점을 조금이나 개선하고자 기존의 방법을 개선 유출계수(C) 대신 GIS를 이용한 유출곡선지수(CN)를 이용 유효강우량을 산정한 후, 이를 유역에 적용하여 유출에 기여하는 홍수량을 산정 기존 방법과의 비교 검토를 수행한 결과 CN을 이용한 유효강우량에 의한 유출이 C를 이용한 유출보다 첨두유출량이 작게 산정되었다. 유역의 특성을 현실적으로 반영한 결과 기존 합리식에 의거 도시지역 펌프장의 설계시 보다 합리적이며 경제적인 것으로 판단되었다.

핵심용어 : 도시화, 첨두유출량, 합리식, 유출계수, 유출곡선지수, 홍수량

1. 서론

최근 도시화가 진행됨에 따라 경작지, 녹지대 등의 우수저류기능이 건물이나 포장에 의해 감소하여 하수관거나 하천으로 유입되는 홍수유출량이 증가하고, 홍수도달시간은 단축됨으로 인하여 첨두유출량도 빠르게 증가되고 있다. 우수유출량 산정에 있어서는 「하수도 시설기준」따라 합리식에 근거하여 산정있으나, 산정결과 일반적으로 과대한 결과가 도출되어 이에 대한 개선이 요구된다. 또한, 합리식에 의해서 추정된 홍수량의 정확성에 대해서도 아무도 논의할 수 없는 실정이다. 이러한 원인은 우리나라 홍수량 자료의 축적부족 등의 문제도 있지만 실제로는 홍수량 추정개념에 대한 해석이 적절치 않았기 때문이기도 하다. 따라서 김해 안동지구 펌프장 설계를 실험유역으로하여 이러한 문제점을 조금이나 개선하고자 기존의 방법을 개선 유출계수(C) 대신 GIS를 이용한 유출곡선지수(CN)를 이용 유효강우량을 산정한 후, 이를 유역에 적용하여 유출에 기여하는 홍수량을 산정 기존 방법과 비교 검토를 수행하였다.

* 정회원 · (주)삼안 수력부 부사장 · E-mail : bkchoi@samaneng.com
** 정회원 · (주)삼안 수력부 상무이사 · E-mail : cypark@samaneng.com
*** 정회원 · (주)삼안 수력부 이사 · E-mail : thkang@samaneng.com
**** 정회원 · (주)삼안 수력부 대리 · E-mail : kmkim1@samaneng.com

2. 김해 안동지구 펌프장 설계에 적용

2.1 대상유역

본 연구의 대상 위치는 행정구역상 경상남도 김해시 안동/불암동 일원에 위치하고 있으며 남해 고속도로가 배수유역의 남쪽을 동서방향으로 통과하고, 국도 14호선이 유역의 중앙을 동서로 관통하고 있다. 국도 14호선을 중심으로 안동지구 공업단지가 조성되어 있으며 안동공단내 국도 14호선을 따라 부산·김해 경전철(3공구)이 시공중에 있고, 2010년 개통 예정에 있다. 본 연구의 사업 위치도 및 위성사진은 그림 1, 2와 같다.

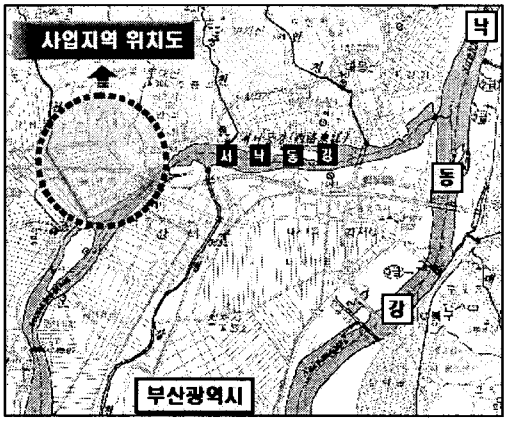

그림 1. 김해시 안동지구 위치도

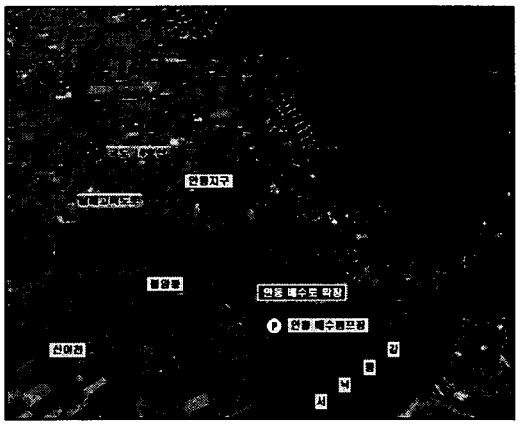

그림 2. 김해시 안동지구 위성사진

2.2 설계기준 설정

2.2.1 도달시간

유입시간은 최소단위 배수유역의 사면거리, 경사 등 사면특성을 고려하여 「하수도 시설기준」(2005, 환경부)에서 제시한 실무기준을 적용하여 10분으로 하였다. 유하시간은 관거의 구간거리와 계획유량에 따른 유속으로 구한 구간별 유하시간의 합으로 지선, 간선관거 및 배수로구간에서 관내 평균유속을 2.0m/s~2.5m/s로 가정하여 유하시간을 산정하였으며 그 결과 25분으로 계산되었다. 최종적으로 도달시간은 유입시간과 유하시간의 합으로 35분으로 결정하였다.

2.2.2 강우강도

김해시 주변 기상청 관할 관측소중 부산관측소와 밀양관측소의 2006년까지의 강우자료를 분석 검토한 결과 2004년도에 수행한 「김해시 하수도 정비 기본계획(변경)」(2004.12)에서 산정된 값(Talbot 형)이 다소 크게 나타났다. 따라서, 본 연구에서는 최근의 이상강우 및 방재적인 측면을 감안하고, 지역특성에 따른 하수도 정비사업의 연계성 및 상위 관련계획 등을 종합적으로 검토하여 2004년에 기 수립된 강우강도 결과를 반영하는 것으로 계획하였다.

표 1. 강우강도식(김해시 하수도 정비 기본계획(변경), 2004. 12)

빈 도	5년	10년	20년	30년
강우강도식	$\frac{6,081.86}{t+36.08}$	$\frac{7,272.87}{t+35.57}$	$\frac{8,405.21}{t+34.76}$	$\frac{9,021.12}{t+33.97}$

2.2.3 설계빈도

과거 김해시 주변의 호우기록치 분석에서 인접 부산관측소의 과거 1시간 최대 강우량 89mm와 강우강도 결정시 산정한 20년빈도 강우강도 88.7mm/hr와 규모가 유사하여 이상홍수에 의한 침수피해를 어느정도 줄일 수 있을 것으로 판단되며, 또한 최근 개정된 「하천설계기준」(2005, 한국수자원학회)에서는 내수배제시설의 설계빈도를 20년빈도 이상을 권장하고 있다. 따라서, 본 연구에서는 과거 김해시 주변의 호우사상과 상위계획에서 적용한 설계빈도 등을 종합적으로 검토한 결과 안정성 및 방재적인 측면을 고려하여 설계빈도를 20년빈도로 결정하였다.

2.2.4 유출계수

유출계수는 유역의 피복특성에 따라 결정하게 되며, 여러 종류의 피복특성이 혼재되어 있을 경우 각 소유역에 관하여 유출계수를 산출한 후 통합 유출계수를 산정하였다. 따라서, 본 연구 유역을 33개 소유역으로 나누어 통합 유출계수를 산정한 결과 0.827의 값을 얻을 수 있었다.

표 2. 소유역별 유출계수

번호	유역 면적	C	번호	유역 면적	C	번호	유역 면적	C	번호	유역 면적	C
1	36.60	0.825	10	15.60	0.850	19	18.20	0.850	28	5.50	0.800
2	7.60	0.800	11	18.20	0.850	20	2.10	0.850	29	0.50	0.825
3	1.20	0.870	12	20.70	0.850	21	4.20	0.850	30	6.50	0.850
4	54.20	0.820	13	7.90	0.850	22	0.40	0.850	31	6.50	0.850
5	3.50	0.825	14	2.90	0.850	23	5.00	0.800	32	1.40	0.850
6	11.10	0.850	15	11.10	0.850	24	4.10	0.800	33	16.10	0.750
7	8.40	0.825	16	7.50	0.850	25	7.20	0.800	평균		0.827
8	35.50	0.780	17	3.70	0.850	26	4.80	0.825	합계	364.20	
9	27.50	0.850	18	2.00	0.850	27	6.50	0.800			

2.2.5 유효우량

유효우량은 유역의 손실을 대변할 수 있는 객관적인 방법 중 유역을 구성하고 있는 토양의 종류, 토지이용상태 및 선행토양 함수조건 등을 고려함으로써 비교적 객관성이 높은 SCS 유효우량 산정방법을 사용하였다. 유역의 수문학적 특성 분석을 위하여 1/5,000 수치지형도로부터 DEM (Digital Elevation Model) 및 GIS 레이어를 구축한 후 각각의 유역에 대한 지형학적 특성을 추출한 결과를 토대로 토지이용상태별 토양형에 따라 AMC TypeⅡ 조건의 CN을 산정하였다. 산정한 결과 CN값은 80.8이고 그림 3 ~ 5 및 표 3에 나타내었다.

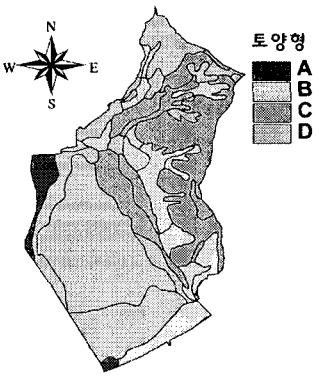

그림 3. 토양도

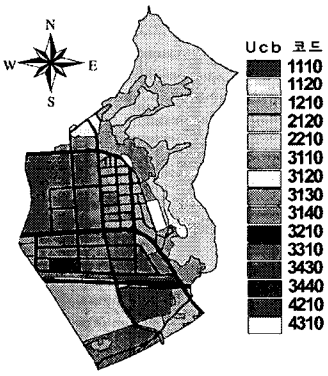

그림 4. 토지이용도

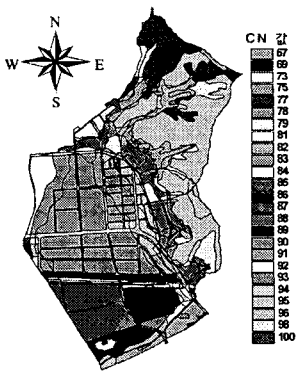

그림 5. CN값

표 3. 유출곡선지수(Curve Numver)산정

토지 이용 상태	A		B		C		D		합 계	
	면적 (ha)	CN	면적 (ha)	CN	면적 (ha)	CN	면적 (ha)	CN	면적 (ha)	CN
논	0.0	67	0.9	78	2.7	85	7.0	89	10.6	87.1
밭	0.0	63	9.7	75	11.1	83	3.9	87	24.7	80.5
임야	0.0	36	18.9	60	82.1	73	34.7	79	135.7	72.7
주거상업지	1.1	51	27.4	68	19.7	79	13.9	84	62.1	74.8
도로	1.0	83	2.8	89	8.6	92	19.3	93	31.7	92.1
공업지	9.2	81	0.0	88	5.5	91	82.6	93	97.3	91.7
습지	0.0	100	0.8	100	0.9	100	0.4	100	2.1	100.0
계	11.3		60.5		130.6		161.8		364.2	80.8

2.2.6 강우의 시간분포 및 지속시간

강우의 시간분포는 Mononobe, 교호블럭방법, Huff, Yen & Chow방법 등을 비교 검토한 결과 방재적인 측면과 안전성 측면을 고려하여 첨두홍수량이 좀더 크게 산정되는 교호블럭방법을 시간분포형으로 채택하였고 설계강우의 지속시간은 소하천 시설기준의 내수배제시설계획 기준과 서울특별시 빗물펌프장 수문설계기준에서 제시하는 2시간을 강우지속시간으로 하였다. 그 결과는 표 3과 같다.

표 4. 강우시간분포(20년빈도)

시간	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
강우량(mm)	1.05	1.20	1.39	1.63	1.93	2.33	2.86	3.60	4.67	6.29	8.94	13.68
시간	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
강우량(mm)	17.62	10.93	7.44	5.39	4.08	3.20	2.58	2.12	1.77	1.50	1.29	1.12

3. 우수유출량 산정

앞 장에서 산정한 설계기준 값을 이용 합리식과 R.R.L 모형을 이용하여 우수유출량을 산정하였다. 설계기준 값 중 유출계수(0.827), 강우강도(강우지속기간 35분, 재현기간 20년빈도 : 120.49㎜/hr) 및 유역면적(364.2ha)을 사용 합리식을 이용 유출량이 100.8 m^3/s으로 산정되었다.

R.R.L 모형 적용을 위하여 위에서 산정한 설계기준 값 중 CN값을 이용하여 유효우량 산정 후 면적을 곱하여 유출량을 산정한 결과 표 5, 그림 6 및 그림 7과 같다.

표 5. R.R.L 모형의 유출량 산정

시간 (분)	홍수량 (㎥/s)	용량 (㎥)	누가용량 (㎥)	시간 (분)	홍수량 (㎥/s)	용량 (㎥)	누가용량 (㎥)	시간 (분)	홍수량 (㎥/s)	용량 (㎥)	누가용량 (㎥)
5	0.00	0.02	0.02	45	84.55	25,366.23	60,813.20	85	23.74	7123.16	196,489.10
10	0.01	4.14	4.16	50	89.22	26,764.68	87,577.88	90	19.68	5902.56	202,391.70
15	0.43	128.92	133.08	55	84.64	25,392.10	112,970.00	95	16.54	4962.43	207,354.10
20	2.27	680.31	813.39	60	75.45	22,634.96	135,604.90	100	12.77	3830.77	211,184.90
25	6.70	2,010.59	2823.98	65	64.92	19,476.18	155,081.10	105	8.09	2426.26	213,611.10
30	15.55	4,664.27	7488.26	70	48.11	14,432.66	169,513.80	110	4.94	1482.48	215,093.60
35	32.64	9,791.53	17,279.79	75	36.93	11,078.34	180,592.10	115	2.72	814.9	215,908.50
40	60.56	18,167.18	35,446.97	80	29.25	8773.82	189,365.90	120	1.43	429.83	216,338.30

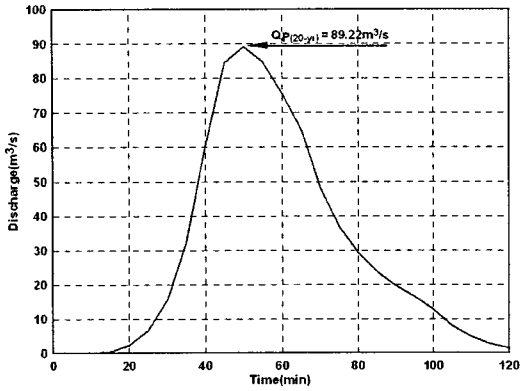

그림 6. 유출량 수문곡선

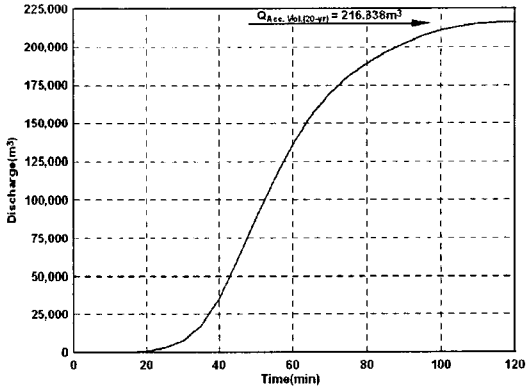

그림 7. 유출량 누적용량곡선

표 5. 합리식과 R.R.L 모형의 첨두 유출량 비교

구 분	합리식	R.R.L 모형
첨두유출량(m^3/s)	100.8	89.22

합리식과 R.R.L 모형의 첨두 유출량을 비교한 결과 합리식이 R.R.L 모형의 첨두유출량 보다 13%정도 크게 산정된 것으로 나타났다. 따라서 CN을 적용하여 유효우량으로 산정 후 R.R.L 모형을 이용하여 총 유출량을 산정하는 것이 각 소유역의 특성을 합리식보다 현실적으로 반영한 것으로서 바람직한 것으로 판단된다.

4. 결 론

우수유출량 산정에 있어서 합리식에 근거하여 유입량을 산정결과 일반적으로 과대한 결과가 도출되는 것으로 나타났다. 이러한 문제점을 개선하고자 기존의 방법을 개선하여 유출계수(C) 대신 GIS를 이용한 유출곡선지수(CN)를 이용 유효강우량을 산정한 후, 이를 유역에 적용하여 유출에 기여하는 홍수량을 산정하였으며, 이러한 방법과 기존 방법과 비교 검토한 결과 CN값을 이용한 방법이 바람직하다고 할 수 있다.

향후 도시유역 및 우수배제시설 설계를 위한 좀더 정확한 유출량 산정을 위하여, 전체 유역을 특성이 비슷한 소유역으로 나누어 그 소유역에 대한 CN값을 산정하여 소유역별 유출량을 산정하고, 관망추적을 통하여 총유출량을 산정에 대한 연구 수행이 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. 정종호, 윤용남(2004), 수자원설계실무
2. 김해시(2004), 하수도정비 기본계획 변경(안)
3. 한국건설기술연구원(1984), 미계측 유역의 홍수유출 특성에 관한 비교연구-합리식을 중심으로
4. 윤용남(2004), 공업수문학.
5. ASCE(1969), Design and Construction of Sanitary and Stom Sewers