

CSOs 제어를 위한 기준강우 및 차집 용량 산정

이정호¹, 주진걸¹, 김종훈^{1*}

Standard-Rainfall and Capacity of Intercepting Sewer to Control CSOs

Jung-Ho Lee¹, Jin-Gul Joo² and Joong-Hoon Kim^{3*}

요약 하천으로 유입되는 합류식월류수(Combined Sewer Overflows, CSOs)는 하천의 수질 오염에 영향을 끼치게 되며 월류량은 차집관거의 설계용량에 따라서 결정되어진다. 따라서 차집관거의 기준 용량은 강우 유출의 특성 및 수질을 고려하여 합리적으로 결정되어야한다. 그러나 국내의 차집관거 기준 용량은 일괄적으로 시간최대오수량의 3배로 책정되어있으며, 강우-유출의 특성을 고려하지 않은 채 모든 지역에 대하여 균일하게 적용되어왔다. 따라서 본 연구에서는 강우-유출 특성을 고려하여 강우 데이터에 대한 통계적 분석을 통하여 차집관거의 기준 용량을 결정하기 위한 기준 강우를 산정하였다. 서울지역의 평균개념의 확률강우량을 통하여 산정된 기준강우의 지속시간은 4hr이며 강우량은 재현기간 1.5년에 해당하는 6.76mm로 산정되었다. 또한 산정된 기준 강우를 적용하여 강우-유출 특성 분석은 SWMM을 이용하였으며 이를 통하여 CSOs를 계산하였다.

Abstract The combined sewer overflows(COSs) which enters to river are involved with water pollution of rivers. Therefore, the standard capacity should be decided in proper standard considering water pollution density and characteristic of outflow. But in domestic, the standard capacity is not considered the characteristics of rainfall-outflows and is applied uniformly in all areas. The standard is triple of a maximum amount of sewage per one hour ; 3Q. The outflow of 3Q enters to sewage treatment plant and the overflows enter to river. In this study, a standard rainfall is estimated to determine the capacity of intercepting sewer by statistical analysis of rainfall data and it is considered about the regional characteristic of the rainfall-outflow. The standard rainfall is analyzed through the data of Seoul. In the result the standard rainfall was 6.76mm of 4hr duration. The rainfall-outflows and CSOs are analyzed using SWMM(Storm Water Management Model)

Key Words : CSOs, Intercepting Sewer, Standard Rainfall

1. 서론

국내 하수관거 시설은 최근에 건설된 일부 신시가지 제외하고는 대부분이 합류식으로 신속한 우수배제에 의한 침수방지 목적으로 건설되었기 때문에 우기에 우수배제 및 하천수 수질오염 등 많은 문제점을 야기하고 있다. 도시지역의 합류식 하수관거는 강우로 인한 초기유출과 함께 지표면의 비점오염원을 이송시키며 생활우수 등과

혼합되어 하천으로 방류되어 하천수를 오염시키는 한편, 낮은 농도의 오수가 차집관로를 통하여 하수처리장으로 유입되어 처리효율을 저하시키게 된다. 현재 합류식 하수관거 우수토실의 하천 방류 기준은 시간최대오수량의 3배 초과량으로 지역적 강우-유출 특성이 고려되지 못하는 우수량만을 기준으로 일괄적으로 적용되고 있다. 즉, 하천 방류량과 하수처리장으로의 차집유량의 적절한 구분을 위하여 하수관거에서의 강우-유출 특성에 의한 월류수(Combined Sewer Overflows, CSOs) 제어를 위해서는 우수토실에서의 차집유량의 기준 설정에 관한 연구가 필요하다.

국내의 경우 하수도정비 기본계획(2002. 서울시)[1] 및 도심지 합류식 하수관거 월류수 및 분류식 우수관거 우

이 논문 또는 저서는 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2006-311-D00885).

¹고려대학교 건축사회환경공학과

*교신저자: 김종훈(jaykim@korea.ac.kr)

수유출 기초조사 연구(2002. 환경관리공단)[2] 등을 통하여 CSOs 관련 기초조사가 진행되어 왔으나 강우-유출 특성을 고려한 차집관거 용량 설정을 통한 CSOs 제어에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 국외의 경우 Loganathan 등(1984, 1985)은 지속적인 확률밀도함수를 이용하여 도시 지역의 유출 조절을 위한 초과 저류지의 확률분포를 유도하였으며[3-4], Behera 등(1999)은 도시호우에 대하여 배수시스템에서의 유입량, 방류량 및 저수지 용량에 대하여 확률적 해석방법을 적용하여 각 유출 조절시설에 대한 최적규모를 결정하였다[5]. 또한 Guo 등(2002)은 위험도를 고려하여 연속강우사상을 확률밀도함수로 정의하고 유출저류곡선 및 유출유량곡선의 정규화를 위한 연구를 통하여 초기강우의 유출용적과 유출량 산정방법을 제시하였다[6].

본 연구에서는 CSOs 발생량을 결정하게 되는 차집관거 용량 기준 설정을 위하여 과거 연속강우사상으로부터 평균강우 개념을 도입하여 기준이 되는 강우 사상을 도출하였다. 평균강우란 과거 강우자료에 대한 통계분석을 통하여 차집관거 용량 설정을 위한 평균적인 기준강우 규모를 설정한 것이다. 또한 본 연구에서는 도출된 기준강우 적용 시 기 시설된 차집관거에서의 CSOs 발생량을 모의하여 기존 설계용량의 적정성을 검토하였다.

2. 연구방법

2.1 기존 차집관거 용량 기준

합류식 하수관거가 보급된 지역에서 차집관거의 역할은 첫째, 청천시 발생하수량을 전량 차집하여 하수처리장으로 수송처리하여 방류하며 둘째, 우천 시 계획차집량을 차집하여 처리장으로 수송처리하며, 계획차집량을 초과하는 우수 는 우수토실을 통하여 공공수역으로 방류한다. 현행 차집관거의 용량 기준은 시간최대오수량(1Q)의 3배(3Q)로 설정되어 있으며 서울시의 경우 서울시 하수도정비 기본계획(1984)에서 제시된 지표에 의하여 계획하수량을 결정하고 이에 따라 차집관거를 설계하였다[7].

다음은 시간최대 오수량 및 차집량 결정식이다.

$$\text{시간최대오수량} = (\text{일평균 오수량 원단위} \times \text{침투계수} \times \text{계획인구}) / \text{면적} \quad (1)$$

$$\text{지하수량} = (\text{지하수 원단위} \times \text{계획인구}) / \text{면적} \quad (2)$$

$$\text{합류식지역 차집량} = \text{시간최대 오수량} \times 3 + \text{지하수량} \quad (3)$$

$$\text{분류식지역 차집량} = \text{시간최대 오수량} + \text{지하수량} \quad (4)$$

다음의 그림 1은 합류식 하수관거의 고정오리피스 우수토실을 나타낸다.

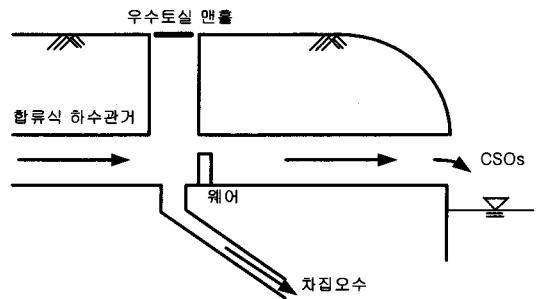


그림 1. 고정 오리피스 우수토실

현행 차집관거 용량 기준은 지역적 강우-유출 특성을 고려하지 않고 일률적으로 적용되고 있으며 따라서, 우천 시 하수처리장의 유입유량 및 수질 변화폭이 커져서 처리장의 수질관리 및 처리시설의 적정규모 산정이 어렵다. 또한, 일부 강우-유출을 고려하는 경우에도 강우의 연속성에 대한 확률적 분석보다는 최대치에 대한 분석에 국한하여 시설의 과다계획으로 인하여 예산이 낭비되고 있다.

2.2 기준강우 산정 방법

CSOs를 제어하기 위한 차집관거 용량 기준은 강우 특성별 초기우수 유출특성을 고려하여 설정되어야 한다. 따라서, 본 연구에서는 강우사상에 대한 통계적 분석을 통하여 차집관거 용량 기준에 적합한 평균강우 개념의 기준강우를 설정하여 대표적 도시유출 해석 모형인 SWMM(Storm Water Management Model)을 이용하여 CSOs 발생량을 모의하였다.

SWMM을 통한 차집관거의 유출 해석에 있어서 강우자료에 대한 분석이 선행되어야 하는데 기존의 확률홍수량 개념에 의한 강우의 분석은 최대치 분석을 위한 것으로 CSOs 제어를 위한 설계기준상 적합하지 않다. 따라서 본 연구에서는 일반적인 확률홍수량 산정과는 다른 평균강우 개념의 확률강우량을 산정하여 CSOs 제어를 위한 기준강우를 설정하였으며 지역별 유출 해석을 통하여 그림 2와 같은 절차로 CSOs 발생량을 모의하였다.

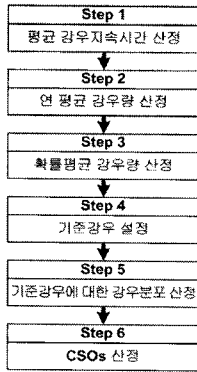


그림 2. 기준강우 설정 및 CSOs 모의 절차

(1) 평균 강우지속시간 산정

본 연구에서는 연속적으로 발생한 모든 강우사상을 각각의 강우사상으로 분류하여 지속시간을 산정하고 모든 강우사상에 대한 강우지속시간의 총합을 총 강우사상 개수로 나누어 평균 강우지속시간을 산정한다. 또한, 도시지역 강우의 초기손실을 고려하여 모든 강우사상 중에서 2.5mm 이하의 강우사상은 계산에서 제외하였다[8].

(2) 연평균 강우량 산정

기준강우 산정을 위하여 평균 강우지속시간에 따른 연평균 강우량을 산정한다. 즉, 과거 강우자료를 토대로 평균 강우지속시간별 강우 발생 총량을 산정하여 총 강우사상 개수로 나누어 평균 강우지속시간에 대한 연평균 강우량을 산정한다.

$$R_{Mean_i} = \frac{\sum_{j=1}^N R_j}{\sum_{j=1}^N i} \quad (5)$$

여기서 i 는 연도, j 는 평균 강우지속시간의 강우시상 개수, R_{Mean_i} 는 i 년도 평균 강우지속시간에 해당하는 연평균 강우량(mm), R_j 는 j 번째 강우사상의 총강우량(mm)을 나타낸다.

(3) 확률평균 강우량 산정

산출된 평균 강우지속시간에 대한 연평균 강우량 자료를 이용하여 빈도해석을 통한 확률평균강우량을 산정한다. 확률평균강우량 산정을 위해서는 강우자료 빈도해석에 주로 사용되고 있는 확률분포형인 Log-Normal분포, Gamma분포, Log-Pearson Type-III분포, Gumbel분포, GEV(generalized extreme value)분포 등을 사용한다. 매개변수 추정방법(MOM, ML, PWM)별 및 확률분포형별로 추

정된 매개변수값에 대하여 Chi-Square(χ^2) 검정, K-S 검정, PPCC 검정 및 Robustness 검정 등을 통하여 적합성 조건을 검토한다.

(4) 기준강우 설정

평균 강우지속시간에 따른 모든 강우사상에 대하여 재현기간별 분포 양상을 분석하여 적정 재현기간을 채택한다. 즉, 재현기간별 확률평균강우량 범위내에 속하는 강우사상 개수를 분석하여 적정 재현기간을 채택하여 차집관거 용량 기준 마련을 위한 기준강우를 설정한다.

(5) 평균 강우지속시간 강우분포

채택된 재현기간에 따른 확률평균강우량은 차집관거 용량 기준 설정을 위한 대표적 강우 총량을 뜻하며, 해당 강우사상은 지역적 강우특성을 고려하여 평균 강우지속시간에 따른 강우분포를 가져야 한다. 본 연구에서는 건설교통부(2000)의 지역적 설계강우의 시간적 분포[9]에 따른 Huff 4분위법을 이용하여 확률평균강우량을 분포시켰다.

(6) CSOs 산정

확률평균강우량을 적용하여 지역적 유출특성을 고려한 차집관거 유출량을 모의함으로써 현행 차집관거 용량 기준 CSOs 발생량을 추정한다. 이때, 기준강우에 따른 유출량은 사실상 차집관거 용량 기준에 대한 최소 설계 기준을 뜻한다. 본 연구에서는 유출량 모의를 위하여 대표적 도시지역 유출 해석 모형인 SWMM을 이용하였다. 1971년 Metcalf and Eddy사에서 개발된 SWMM은 kinematic wave equation과 dynamic equation 등의 다양한 수리해석 모듈을 포함하고 유역의 유출 해석 및 관거내의 흐름에 대한 홍수추적 등이 가능하다.

3. 적용 및 결과

본 연구에서는 차집관거 용량 기준 설정을 위하여 일반적인 강우량 최대치계열에 의한 확률강우량과는 다른 평균 개념 확률평균강우량을 산정하여 SWMM을 통한 차집관거 유출 해석 및 CSOs 발생량을 산정하였다. 대상지역은 서울시 난지치리구역내 불광배수구역이며 강우 분석은 기상청에서 관측된 서울지역 1961~2005년(45년) 강우자료를 이용하였다. 본 연구의 대상지역은 난지치리구역의 불광 배수구역내 16개 배수분구중 갈현, 불광, 대조 등 3개 배수분구 21개 토구로 구성되어 있다.

다음의 표 1 및 그림 3은 배수분구별 현황 및 대상유역의 개략적인 관망도를 나타낸다.

표 1. 배수분구 현황

배수 분구	유역면적 (ha)	불투수 면적비율	관거현황(km)				관거 개수
			원형관	압거	차집관거	U형측구	
갈 현	158.60	75%	33.59	3.19	0.65	0.24	1107개
불 광	239.20	76%	32.80	1.36	2.16	1.67	1256개
대 조	70.10	81%	24.58	2.75	2.17	0.33	642개

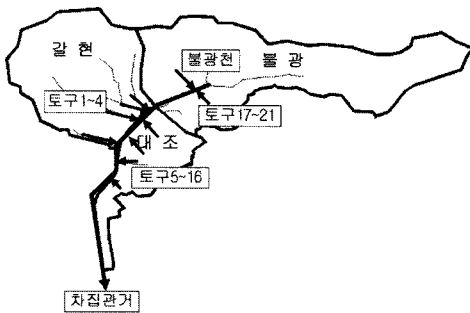


그림 3. 유역 및 관망도

3.1 기준강우 산정

기상청 산하 서울측우소의 45개년(1961~2005년) 강우 자료를 분석한 결과 평균 강우지속시간은 4시간으로 산정되었으며 4시간 단위 강우사상을 이용하여 연평균 강우량을 산정하였다. 4시간 지속 평균강우량에 대한 확률 특성은 다음 표 2와 같다.

표 2. 평균강우량 확률특성

평균	표준편차	변동계수	왜곡도	왜곡도	최대치	최소치
\bar{x}	S	Cv	a	계수 Cs	Max.	Min.
7.71	1.76	0.23	4899.75	0.90	12.347	4.94

표 3. 확률평균강우량(강우지속시간 4hr)

재현기간(년)	확률평균 강우량(mm)	재현기간별 분포갯수	강우사상 누가갯수	재현기간별 분포비율(%)	강우사상 누가비율(%)
1	3.20	10,904	10,904	52.51	52.51
1.5	6.76	3,687	14,591	17.75	70.26
2	7.41	449	15,040	2.17	72.43
2.5	7.84	245	15,285	1.18	73.61
3	8.16	188	15,473	0.90	74.51
5	9.00	384	15,857	1.85	76.36
10	10.06	451	16,308	2.17	78.53
20	11.07	398	16,706	1.92	80.45
30	11.65	187	16,893	0.90	81.35
50	11.65	197	17,090	0.95	82.30
80	12.38	231	17,321	1.11	83.41
100	13.05	54	17,375	0.26	83.67
100이상	13.36	3391	20,766	16.33	100.00
합 계		20,766		100.00	

또한 지속시간 4시간에 대한 45개년 각 연평균 강우량을 산출하여 빈도해석을 실시하였고, K-S test 및 Chi-Square test 등을 통하여 확률분포형은 Gumbel 분포를 채택하였다. 또한, 평균 강우지속시간(4hr)에 따른 모든 강우사상에 대하여 재현기간별 확률평균강우량 범위내의 분포양상을 분석하였다. 다음의 표 3은 재현기간별 확률평균강우량 및 강우사상 분포에 대한 분석 결과이며, 그림 4는 재현기간별 강우사상 개수의 누가비율을 나타낸다.

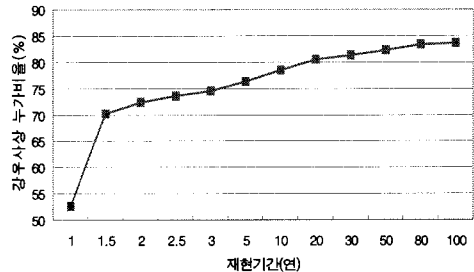


그림 4. 재현기간별 강우사상의 누가비율

이상의 결과에서 강우지속시간 4시간 강우사상을 모두 분석한 결과 전체 강우사상의 70% 이상이 재현기간 1.5년의 확률평균강우량(6.76mm) 이하에 분포하고 있으며 강우사상 누가비율이 1.5년에서 변곡점을 이루고 있음을 알 수

표 4. Huff 4분위법에 의한 기준강우 강우분포

시 간 (min)	강우량 (mm)	시 간 (min)	강우량 (mm)	시 간 (min)	강우량 (mm)	시 간 (min)	강우량 (mm)
10	0.267	70	0.495	130	0.381	190	0.103
20	0.205	80	0.535	140	0.311	200	0.107
30	0.220	90	0.549	150	0.243	210	0.117
40	0.279	100	0.537	160	0.184	220	0.119
50	0.356	110	0.501	170	0.140	230	0.095
60	0.433	120	0.447	180	0.113	240	0.019

있다. 따라서 본 연구에서는 차집관거 용량 기준 설정 및 CSOs 발생량 산출을 위한 기준강우빈도로 재현기간 1.5년의 확률평균강우량인 6.76mm를 채택하였다. 또한, 확률평균강우량 6.76mm에 대하여 Huff 4분위법을 적용하여 강우 지속시간 4시간에 대하여 10분 간격으로 분포시켰으며 시간분포된 강우데이터는 다음 표 4와 같다.

3.2 차집관거 용량 설정 및 CSOs 산정

Huff 4분위법에 의하여 시간분포시킨 기준강우주상도를 적용하여 차집관거와 연결되는 토구에서의 유출 수문곡선을 산출하여 기존의 계획차집용량과 비교하였다.

다음의 표 5는 기존 차집관거 용량에 대한 기준강우 적용시 CSOs 발생 침투유량을 나타내며 그림 5는 대표적 3개 토구(1, 4, 14번 토구)에서의 유출 수문곡선을 보여주고 있다.

표 5. Huff 4분위법에 의한 기준강우 강우분포

(단위: m^3/sec)

배수분구	차집관거 연결토구	1Q ⁽¹⁾	3Q ⁽²⁾	CSOs 침투유량	배수분구	차집관거 연결토구	1Q ⁽¹⁾	3Q ⁽²⁾	CSOs 침투유량
갈 현	1	0.0265	0.0795	0.2455	대 조	12	0.0010	0.0030	0.0190
	2	0.0079	0.0237	0.0329		13	0.0379	0.1139	0.1460
	3	0.1782	0.5346	0.6142		14	0.0176	0.0528	0.0776
	4	0.0644	0.1933	0.5214		15	0.0028	0.0086	0.0049
대 조	5	0.0044	0.0132	0.0134		16	0.0568	0.1706	0.0789
	6	0.0226	0.0678	0.0716		17	0.0087	0.0262	0.8367
	7	0.0138	0.0413	0.0478	18	0.0334	0.1003	0.1184	
	8	0.0114	0.0343	0.0414	19	0.0086	0.0258	0.0366	
	9	0.0263	0.0789	0.1023	20	0.0154	0.0461	0.0614	
	10	0.0607	0.1822	0.2067	21	0.0922	0.2768	0.1743	
	11	0.0063	0.0189	0.0173					

(1) : 시간최대오수량, (2) : 기존 차집관거 설계용량

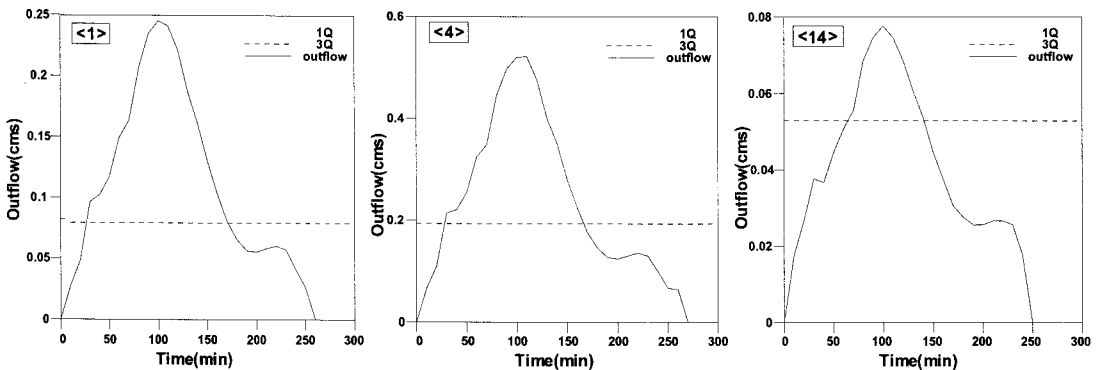


그림 5. 차집관거 유출수문곡선

이상의 결과는 1회 기준강우(지속시간 4hr)에 대하여 발생하는 침두유량을 현재 설계기준에 의한 차집관거 침두유량(3Q)와 비교한 것으로 급회 산정된 우천시 강우사상을 기준으로 할 때 상당량이 차집되지 못하고 하천으로 직접 방류되고 있음을 알 수 있다.

다음의 표 6은 도구별 차집관거의 계획 차집용량에 따른 침두유량(3Q)과 우기에 발생하는 CSOs 침두유량 및 STP(Sewage Treatment Plant)에서의 처리용량을 비교하였다.

본 연구에서 선정된 기준강우에 의하여 유출량을 모의한 결과 현행 설계용량(3Q)에 의하면 불광 배수분구의 17번 도구에서 최대 4891.44m³의 CSOs가 발생되고 침두유량은 3Q에 비하여 최대 0.8105m³/sec가 초과되는 것으로 나타났다. 즉, 현행 3Q의 차집관거 용량은 1.5년 빈도의 확률평균강우량을 표준화한 기준강우에 의한 유출량을 상당량 차집하지 못하고 하천으로 방류되는 것으로 분석되었다. 따라서 현행 차집용량 기준인 3Q는 기준강우와 유출 관계를 고려하여 재검토가 필요할 것으로 판단된다.

기준 3Q 기준으로 하천에 방류되는 CSOs 용량을 Q_b로 설계하는 경우에는 차집용량이 크게 증가되어야 한다. 즉, 차집관거의 용량과 하수처리장의 처리규모가 재검토되어야 하며, 경제적인 요소를 고려한다면 기존의 도구에 초과용량의 저류시설이나 간이처리시설이 추가되어야 한다. 이때, 처리용량 산출을 위한 1회 강우사상(4시간)에 대한 처

리용적을 V₁(m³/회)이라 하면 일평균 처리용량규모 V₂는 다음 식에 의하여 산출된다.

$$V_2 = V_1 \times \frac{N_R}{N_D} \quad (6)$$

여기서, N_R은 강우사상 발생 횟수를 나타내며 N_D는 강우사상 발생 일수를 나타낸다. 본 연구에서 적용된 서울지역 45개년 강우자료에 의하면 N_R은 총 2968회이며 N_D는 총 6799일로 산정되었다.

4. 결론

강우-유출시 차집되지 않는 초과 유량은 하천 등으로 방류되는데 이러한 하천유입 유량은 지표면의 오염원 및 생활 오수내 오염부유물 등을 포함하므로 하천 수질을 저하시키게 된다. 하천으로 방류되는 CSOs를 결정짓는 차집 유량은 시간최대오수량(1Q)의 3배(3Q)로 지역적 강우-유출 특성을 고려하지 않고 오수량을 기준으로 일률적으로 적용되고 있으므로 용량 기준에 대한 적정성 검토가 필요한 실정이다.

표 6. 차집관거 CSOs 침두유량 및 STP 처리용량

배수분구	차집관거	3Q (m ³ /sec)	QD ⁽¹⁾ (m ³ /sec)	QD-3Q (m ³ /sec)	CSOs 발생량(m ³)		STP 처리용량(m ³)	
					강우 1회	일평균	강우 1회	일평균
갈 현	1	0.0795	0.2455	0.1660	747.78	326.43	1765.35	770.64
	2	0.0237	0.0329	0.0092	24.76	10.81	270.36	118.02
	3	0.5346	0.6142	0.0796	140.26	61.23	5505.72	2403.44
	4	0.1933	0.5214	0.3281	1407.67	614.50	3873.11	1690.75
대 조	5	0.0132	0.0134	0.0002	0.15	0.06	119.01	51.95
	6	0.0678	0.0716	0.0038	3.75	1.64	619.44	270.41
	7	0.0413	0.0478	0.0065	11.40	4.98	408.89	178.49
	8	0.0343	0.0414	0.0071	13.68	5.97	348.34	152.06
	9	0.0789	0.1023	0.0234	50.92	22.23	846.12	369.36
	10	0.1822	0.2067	0.0245	38.46	16.79	1817.70	793.49
	11	0.0189	0.0173	-0.0016	0.00	0.00	158.38	69.14
	12	0.0030	0.0190	0.0160	84.10	36.71	126.00	55.00
	13	0.1139	0.1460	0.0321	75.85	33.15	1251.75	546.43
	14	0.0528	0.0776	0.0248	66.23	28.91	621.24	271.19
	15	0.0086	0.0049	-0.0037	0.00	0.00	37.72	16.47
	16	0.1706	0.0789	-0.0917	0.00	0.00	988.65	431.58
불 광	17	0.0262	0.8367	0.8105	4891.44	2135.28	5287.19	2308.04
	18	0.1003	0.1184	0.0181	33.05	14.43	1028.85	449.13
	19	0.0258	0.0366	0.0108	30.98	13.53	302.04	131.85
	20	0.0461	0.0614	0.0153	35.46	15.48	505.13	220.51
	21	0.2768	0.1743	-0.1025	0.00	0.00	1892.21	826.01

(1) : 기준강우 적용시 CSOs 침두유량

본 연구에서는 평균개념의 확률평균강우량을 분석하여 차집관거 용량 검토를 위한 기준강우를 산정하였다. 또한, 기준강우에 대하여 서울시 불광배수구역내 21개 차집관거에 대하여 유출량을 모의한 결과 현행 설계기준(3Q)에서 대부분의 차집관거가 기준강우 유출량을 처리하지 못하여 하천으로 방류시키는 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구에서 제시한 평균개념의 확률평균강우량은 과거의 연속강우사상으로부터 평균적인 하나의 강우사상을 나타냄으로써 차집관거에서 CSOs 방류를 결정짓는 웨어의 규격 설정의 기준이 될 수 있다.

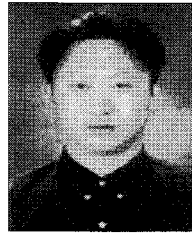
추후 연구되어야 할 사항은 기준강우 설정을 위한 강우분석 과정에서 강우의 독립성을 고려하여 강우사상을 구분하는 IETD(Inter Event Time Definition)에 관한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] 서울특별시, “하수도정비기본계획 보고서”, 2002.
- [2] 환경관리공단, “도심지 합류식 하수관거 월류수 및 분류식 우수관거 우수유출 기초조사 연구”, 2002.
- [3] Loganathan, G. V. and Delleur, J. W., "Effects of Urbanization on Overflows and Pollution Loadings from Storm Sewer Overflows: A Derived Distribution Approach", Water Resources Research, Vol. 20, No. 7, pp. 857-865, 1984.
- [4] Loganathan, G. V., Delleur, J. W. and Segarra, R. I., "Planning Detention Storage for Stormwater Management", Journal of Resources Planning and Management, Vol. 111, No. 4, pp. 382-398, 1985.
- [5] Behera, P. K., Papa, F. and Adams, B. J., "Optimization of regional storm water management system", Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 125, No. 2, pp. 107-114, 1999.
- [6] Guo, Y. and Urbonas, R. B., "Runoff Capture and Delivery Curves for Storm-Water Quality Control Designs", Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 128, No. 3, pp. 208-215, 2002.
- [7] 서울특별시, “하수관거조사 및 정비기본계획 보고서”, 1998.
- [8] Chow, V. T., Maidment, D. R. and Mays, L. W., "Applied hydrology", McGraw-Hill, pp. 140-155, 1988.
- [9] 건설교통부, “지역적 설계 강우의 시간적 분포”, 2000.

이 정 호(Jung-Ho Lee)

[정회원]



- 2001년 2월 : 고려대학교 토목환경공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 고려대학교 토목환경공학과 (공학석사)
- 2005년 8월 : 고려대학교 토목공학과 (공학박사수료)

<관심분야>
수공학, 수자원시스템공학

주 진 걸(Jin-Gul Joo)

[정회원]

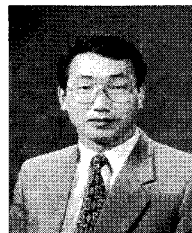


- 2003년 8월 : 고려대학교 토목환경공학과 (공학사)
- 2005년 8월 : 고려대학교 토목환경공학과 (공학석사)
- 2007년 8월 : 고려대학교 토목공학과 (공학박사수료)

<관심분야>
수공학, 수자원시스템공학

김 중 훈(Joong-Hoon Kim)

[정회원]



- 1984년 2월 : 고려대학교 토목공학과 (공학사)
- 1986년 12월 : 미국 Virginia tech. (공학석사)
- 1992년 2월 : 미국 University of Texas at Austin (공학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 고려대학교 건축사회환경공학과 교수

<관심분야>
수리학, 수자원시스템공학