

## 위험도 기반 지역별 정규 CSOs 곡선 설계에 관한 연구

### A Study on the Risk - based Local Normal CSOs Curve Designs

조 덕 준\*

Jo, Deok Jun

#### Abstract

This paper presents a systematic approach for the economical design of stormwater quality control systems. For the design of runoff quality control system (RQCS), the rainfall-runoff process requires the local rainfall data recorded continuously. In this study the rainfall probability distribution is assumed to follow an exponential decay function. Applying the exponential decay function, the normalized curves are derived to explain the non-exceedance probability distributions. The optimal curves for the determination of the RQCS size are derived based on the overflow risk. Comparison of the optimal capture volume and peak runoff rate to those computed by an urban rainfall-runoff model (ILLUDAS) demonstrates that the optimal CSOs(Combined Sewer Overflows) curves derived in this study can be utilized for the design of stormwater quality control systems in Korea avoiding an excessive computational effort based on over flow risks.

**keywords** : CSOs, Runoff Quality Control, Frequency Distribution, Runoff Capture Rate, Risk

#### 요 지

본 연구에서는 강우로 인한 유출 유량의 수질 조절 시스템의 경제적인 설계절차를 제시하였다. 유출수의 수질 조절 시스템 계획을 위해서는 전 기간치의 국지 연속강우기록에 대한 강우-유출 과정의 모의를 하여야 한다. 본 연구에서 강우의 확률분포는 지수감소함수를 따른다고 가정하여 적용함으로써 비 초과확률 분포를 설명할 수 있는 정규 곡선을 유도하였다. 또한 유출수의 수질 조절시스템의 저류용량 및 유량 결정을 위하여 월류 위험도를 기반으로 최적곡선을 유도하였다. 최적 저류용량 및 유량의 적용성을 강우-유출 모형인 ILLUDAS에 의한 분석결과와 비교하였으며 본 연구에서와 같이 최적 CSOs(Combined Sewer Overflows)을 지역별로 유도하게 되면 강우로 인한 유출 유량의 수질 조절시스템을 적은 노력과 시간으로 위험도를 기반으로 계획에 이용 될 수 있을 것으로 기대된다.

**핵심용어** : 월류량, 초기우수조절, 빈도분포, 포착율, 위험도

#### 1. 서 론

경제의 급속한 성장과 도시의 팽창은 많은 긍정적 요소와 함께 환경적 측면에서의 역효과를 초래하기도 한다. 특히, 강우 유출과 함께 유역내 오염원의 하천 유입

은 하천환경의 저해 요인이 되고 있다. 따라서 유출 오염원의 예측 및 조절 시스템의 지속적인 연구와 개발은 하천환경관리 측면에서 중요 과제라고 할 수 있다. 만약 이러한 조절시스템이 없다면 도시하천은 갈수록 오염되어 도시지역주민의 삶의 질은 매우 낙후될 것이다.

\* 동서대학교 · 건축토목시스템공학부 · 전임강사  
Full-Time Lecturer., Dept. of Civil Engrg., Dongseo Univ., Busan, Korea  
(e-mail: water21c@gdsu.dongseo.ac.kr)

전통적으로 강우의 유출 조절 시스템 연구는 주로 극한사상에 한정되어 왔다. 우수지의 저류량은 특정 규모의 확률강우량을 기준으로 결정되어 왔다. 이러한 방법은 홍수 조절시스템에 적용될 수는 있으나 호우 때마다 발생하는 수질오염원 관리 시스템에 적용은 바람직하지 않다. Guo and Urbonas(1996)의 연구에 의하면 전체 강우사상 중에서 5%미만의 강우사상만이 2년 빈도를 초과하며, 10년 빈도 강우량을 초과하는 경우는 1% 미만에 불과하다는 분석결과를 보면 알 수 있다.

또 다른 연구로는 하수관거의 초기세척에 필요한 작은 규모의 유출에 기여하는 초기강우량을 기준으로 수질조절저류지의 규모결정이 제안된바 있다.(U.S. EPA 1983, 1986) 이러한 연구는 합류식 관로의 건기 오수로 인한 오염의 빗물 세척수 유출처리를 위하여 제시된 것으로 유역 지표에 산재한 비점오염원 등의 유출 조절 시스템으로는 적절하다고 볼 수 없다고 판단된다.

비교적 최근에는 강우사상의 분포를 조사 분석하여 투수지역의 유출량 조절을 위한 제어곡선을 유도한 바 있으며(Guo and Hughes 2001) 연속강우사상에 대하여 월류 위험도를 기반으로 유출 및 유출률의 제어곡선을 미국 도시유역에서 유도한바 있다. 이러한 연구들은 연속강우사상을 대상으로 비교적 간단하게 월류량을 산정할 수 있는 대안으로 제시되었다.

본 연구는 대안으로 제시된 접근법의 일환으로 국내 38년간 관측된 연속강우사상을 분석하여 강우사상의 발생도수와 평균적인 유출규모를 유추하여 비점오염원의 제어 시스템 설계를 위한 유출고 및 유출율을 위험도를 기반으로 산정하는 절차를 제시하였다.

## 2. 강우의 생기 분포

유출량 예측 및 조절시스템 계획을 위하여 많은 강우분석모형이 개발되었으나 강우기록의 극한값을 이용하는 경우가 대부분이었다. 최근에 Adams and Papa(2000), Guo and Urbonas(2002)는 유출량의 수질조절시스템 설계를 위하여 전 기간치의 연속강우자료를 분석하면서 강우의 분리기준으로 IETD(inter event time definitions)을 도입하였다.

IETD는 연속된 강우사상을 각각의 독립된 사상으로 분리하기 위하여 정의되는 최소 무강우 지속시간을 의미하며 이를 기준으로 강우사상의 발생도수를 산정하게 된다.

IETD의 결정방법에는 Autocorrelation분석, 변동계수분석(Nix, 1994), 연평균 강우발생 개수의 변화율 분석(Heaney et al., 1997; Nix, 1994)등이 있다. 이들 방법으

로 정확한 결과를 얻기는 어려우나 IETD가 3~6시간과 10~12시간 범위에서 선정할 수 있다. 강우의 생기분포 특성만을 고려할 때 IETD는 10시간을 초과하는 경우가 많으나 도시지역의 IETD를 6시간 이하로 제안한 연구 결과(Adams et al., 1986; U.S. EPA, 1986)에 따라서 결정하였다. 서울지역의 38년간의 시 강우 자료에 대하여 IETD 1~6시간에 대한 통계특성을 분석하여 Table 1에 정리하였다. Table 1에서 강우발생 개수의 변화율은 3시간이후부터 감소율이 작아지므로 IETD는 3~6시간 범위에서 결정할 수 있으며, 변동계수분석결과 1에 근접한 경우는 4시간임을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 기준 IETD를 4시간으로 결정하였다. 한편, 1회 평균 강우량은 기준 IETD로 강우사상을 분류하여 전체강우량을 발생도수로 나눈 것으로 IETD에 따라 발생도수가 변하므로 평균도 다르게 된다. IETD가 증가하면 강우의 발생 횟수는 감소하고 평균강우량은 증가하는 것을 알 수 있다.

IETD 4시간으로 38년간의 강우사상을 분리한 결과 강우발생도수는 2,430회로 나타났다. 이는 강우 발생확률이 일 년에 약64회라는 것을 의미한다. 강우량에 따른 발생빈도와 누가 강우량에 따른 발생빈도에 대한 강우발생분포를 Figs. 1 과 2에 나타내었다.

Figs. 1 과 2에서와 같이 소규모 강우사상이 대부분이며 빈도곡선은 강우량 증가에 따라 감소하는 경향이 있다. 서울지역의 이러한 경향은 미국의 도시유역에 적용한 결과(Guo and Urbonas, 2002)와 유사하였다.

본 연구에서는 강우빈도분포의 모형화를 위해 제안된 지수분포, 포아송분포 및 감마분포 등에서 매개변수가 하나이고 적용이 간단한 지수감소함수(Bedient and Huber, 1992)를 적용하였다. 지수분포에 적용을 위한 매개변수는 평균 강우량으로 지수분포는 Eq. (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$f(D) = \frac{1}{D_m} e^{-D/D_m} \quad (1)$$

여기서,  $f(D)$ 는 강우량  $D$ 의 빈도,  $D_m$ 은 평균 강우량이다. 누가확률분포는 비 초과확률로서 다음과 같은 포외송 함수로 나타낼 수 있다.

$$P_D(0 \leq d \leq D) = 1 - e^{-D/D_m} \quad (2)$$

여기에 대응하는 초과확률은 다음 Eq. (3)으로 표시할 수 있을 것이다.

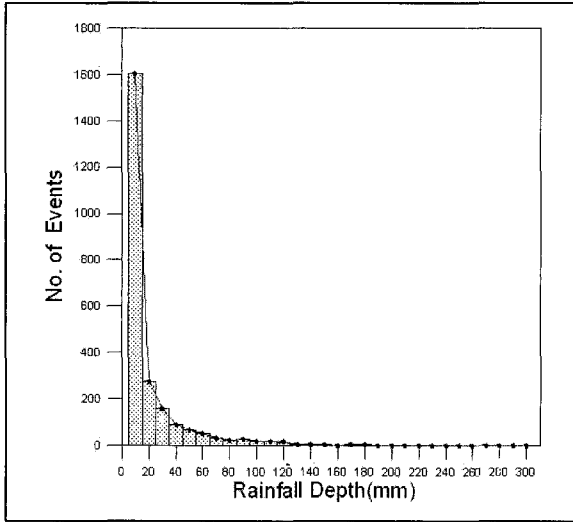


Fig. 1. Rainfall Depth Distribution

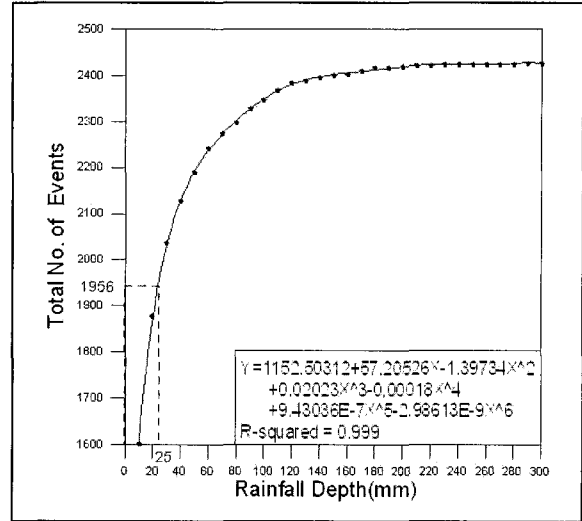


Fig. 2. Accumulative Rainfall Depth Distribution

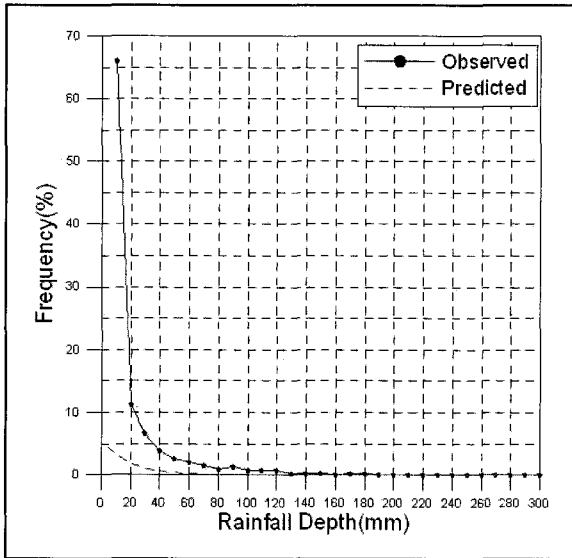


Fig. 3. Frequency distributions of rainfall event-depths

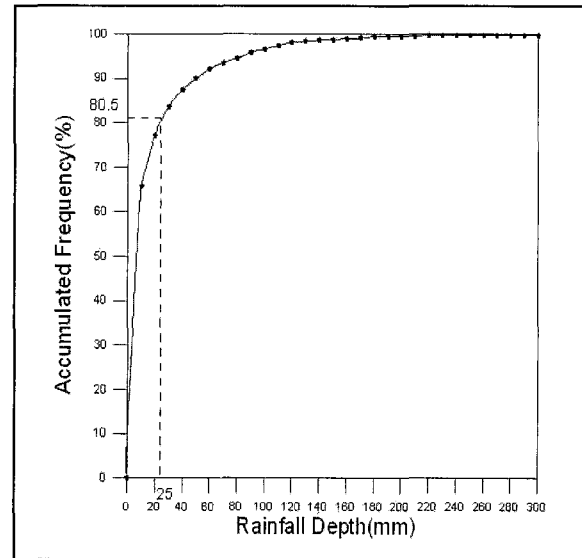


Fig. 4. Accumulative Frequency Distribution

$$P_D(D \leq d \leq \infty) = e^{-D/D_m} \quad (3)$$

Eq. (2)와 Eq. (3)은 유출량의 수질제어 시스템에서 지류 또는 월류 되는 강우-유출의 비율을 의미한다고 할 수 있을 것이다. 본 연구에서 분석된 연속강우사상의 발생확률 및 누가확률 분포를 모형예측결과와 장기 관측결과를 비교하여 Figs. 3 과 4에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 지수분포는 관측결과와 비교할 때 유사한 경향을 갖고 있다.

### 3. 평균 유출고 및 유출량

연속강우사상으로부터 월류 위험도를 기반으로 최적 유출용적의 결정을 위하여 강우-유출을 선형으로 가정

하면 유역에서의 유출고는 Eq. (4)와 같이 표현할 수 있다.

$$V_o = C(D - D_i) \quad (4)$$

여기서  $V_o$ =유출고(mm),  $C$ =합리식의 유출계수,  $D$ =설계강우량(mm),  $D_i$ =초기 유출고(mm)이다. 본 연구에서 초기 유출고는 2.5mm를 적용하였다.(Driscoll et al., 1989) Eq. (4)를 Eq. (2)에 대입하면 다음 Eq. (5)을 얻을 수 있다.

$$C_V = P_D(0 \leq V \leq V_o) = 1 - ke^{-V_o/CD_m} \quad (5)$$

여기서  $C_V$ =유출고 비율,  $P_D$ =비초과확률,  $k$ 는 상수로

서  $D_i$ 와  $D_m$ 로부터 다음과 같이 산정된다.

$$k = e^{-D_i/D_m} \quad (6)$$

본 연구의  $k$ 값은 0.864로 산정되었다. Eq. (5)는 평균 강우량, 유출계수 및 초기 유출고에 의하여 정규화된 합성 유출 포착량을 의미한다. Fig. 5는 Eq. (5)에 의하여 예측된 포착율과 38년간의 연속 시간 강우 기록으로부터 서울의 한 소유역(BW2)에서 분석된 결과를 비교한 것이다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 Eq. (5)에 의한 예측결과는 장기연속강우의 분석결과와 비교적 유사한 것을 알 수 있다. Fig. 6은 강우의 독립성 구분을 위한 IETD를 1시간에서 24시간까지 증가시키면서 1회 평균 강우량을 분석한 결과이다. Fig. 6에서와 같이 일반적으로 IETD가 증가하면 강우지속시간도 증가하여 1회 평균 강우량도 증가한다. 본 연구와 같이 IETD 4시간을 적용하면 1회 평균 강우량( $D_m$ )은 17.08mm임을 알 수 있다. 유출용적은 물론 유출량에 대하여도 장기간의 강우관측기록으로부터 유출유량곡선을 유도할 수 있다. 이러한 기법은 자료 처리에 많은 시간과 노력이 필요하므로 본 연구와 같이 모형화 하는 것이 매우 유리할 수 있다. 월류 위험도는 Eq. (5)로부터 Eq. (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_e = P_D(V_o \leq V \leq \infty) = ke^{-V_o/CD_m} \quad (7)$$

여기서  $R_e$ =잠재 월류 위험도로서 Eq. (7)에서 보는 바와 같이 월류 위험도는 조절지 용적이 증가하면 감소하

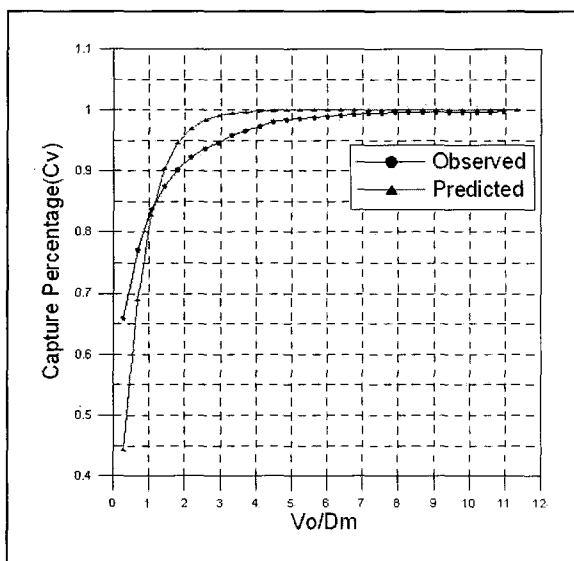


Fig. 5. Comparison of Runoff Capture rates

게 된다는 것을 알 수 있다.

월류 조절 시스템은 기본적으로 저류지와 유도수로로 구성된다. 위험도 기반 설계를 위해서는 저류지와 유도수로는 일관된 위험도에 기초하여 결정되어야 한다. 이러한 접근은 최근 미국에서 유도수로 규격결정을 주요 강우사상의 1-3%를 적용하였다.

본 연구에서 위험도에 따른 유량은 결정된 강우사상에 합리식에 기초하여 결정하였다.

$$Q_o = 1/360 CIA \quad (8)$$

$$I = \frac{D}{T_c} \quad (9)$$

여기서  $Q_o$ =유량(cms),  $A$ =유역면적(ha),  $D$ =강우깊이(mm),  $T_c$ =지속시간(hr) 그리고  $I$ =강우강도(mm/hr)이다. Eq. (9)을 Eq. (8)에 대입하면 Eq. (10)을 유도할 수 있다.

$$D = 360 \frac{T_c Q_o}{CA} \quad (10)$$

Eq. (10)을 이용하면 저류지와 일관된 위험도를 기반으로 유도수로의 유량 산정이 가능한 정규곡선의 유도가 가능하다. Eq. (10)을 Eq. (2)에 대입하여 유출량의 정규곡선인 Eq. (11)을 얻는다.

$$C_Q = P_D(0 \leq V \leq V_o) = 1 - e^{-360T_c Q_o / CAD_m} \quad (11)$$

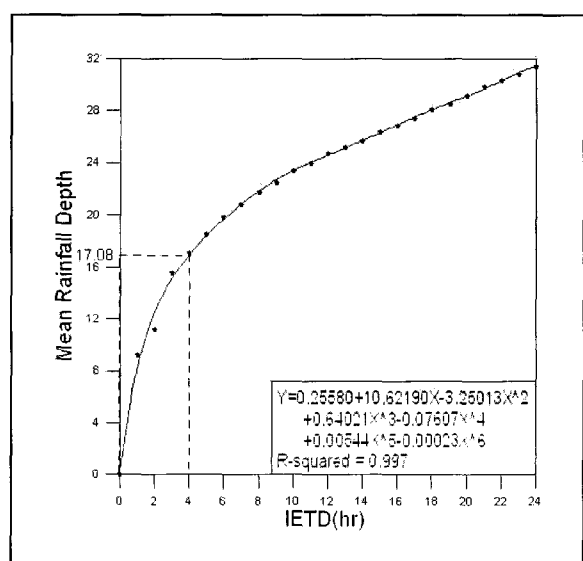


Fig. 6. Mean Rainfall Depth vs IETD

여기서,  $C_Q$ =유출량의 비율이다. Eq. (11)은 유도수로의 통수능 결정을 유출유량곡선이다. Eq. (5)의 유출고 백분율과 Eq. (11)의 유출량 백분율을 동일하게 놓으면 ( $C_V = C_Q$ ) 저류지와 유도수로는 일관된 월류 위험도로 설계될 수 있다.

비교를 위하여 도시구역 강우-유출 모형의 하나인 ILLUDAS를 이용 유출고와 유출량을 계산하였다. ILLUDAS 모형은 영국도로연구소(British Road Research Laboratory)에서 RRL 방법을 보완 우수관로 시스템의 설계나 평가 또는 유수지 등의 수문곡선 계산을 위해 개발된 모형이다. 따라서 RRL방법과 기본 해석개념이 동일하나 유역면적을 불투수지역 외에 투수지역 및 간접연결 불투수지역의 유출을 고려한다. 기본 해석방법은 다음과 같다.

$$Q_i = 0.2778 \sum_{i=1}^n R_i A_i \quad (12)$$

여기서  $Q_i$  는 시간구간  $i$ 에서의 유입수문곡선 종거,  $R_i$  는 우량주상도 종거,  $A_i$ 는 유역면적이다. ILLUDAS 적용을 위한 강우량은 IETD 4시간의 최적포착 강우량 및 평균지속시간을 Huff(KICT, 2000) 모형과 등 시간으로 시간분포 시켰으며 소유역은 3가지로 구분하였다. 관망 시스템은 대표유역을 선정하여 구성하였다.

#### 4. 적용

본 연구에서 제시된 절차에 따라 국내도시구역에 연속강우기록으로부터 월류량 산정을 위하여 유역면적 114.5ha, 유출계수 0.65인 서울 은평구에 위치한 난지치리구역의 불광 배수구역 내에 포함된 불광 2 (BW2) 배수분구를 선정하였으며 유역 개황은 다음 Table 2와 같다.

우수거는 주로 원형관과 일부 암거로 되어 있으며 유역 위치도 및 관망모식도는 다음과 같다(Figs. 7과 8).

IETD 4시간의 평균 강우 17.08mm와 유출계수 등을 이용하면 Eq. (5)로 부터 유출고의 비초과 확률은 Eq. (13)와 같이 유도할 수 있다.

$$C_V = P(0 \leq d \leq D) = 1 - 0.864e^{-0.0901 V_o} \quad (13)$$

유사한 방법으로 Eq. (11)에 적용 유량에 대한 비초과 확률은 Eq. (14)과 같다.

$$C_Q = P(0 \leq d \leq D) = 1 - e^{-2.3841 Q_o} \quad (14)$$

비초과 확률 80%에 대하여 유출고( $V_o$ )와 유출량( $Q_o$ )을 계산하면 16.24mm와 0.675cms를 얻는다. 즉, 유역 저류용적과 유도수로의 유량은 동일한 포착비율에

Table 2. Summary of Study Area

Name of Area	Total Area (ha)	Urban Area (ha)	Grassed Area (ha)	Length of Drainage(km)			No. of Culverts
				Pipe	Box	U-Type	
BW 2	108.81	77.3	31.51	16.21	0.75	1.01	624EA

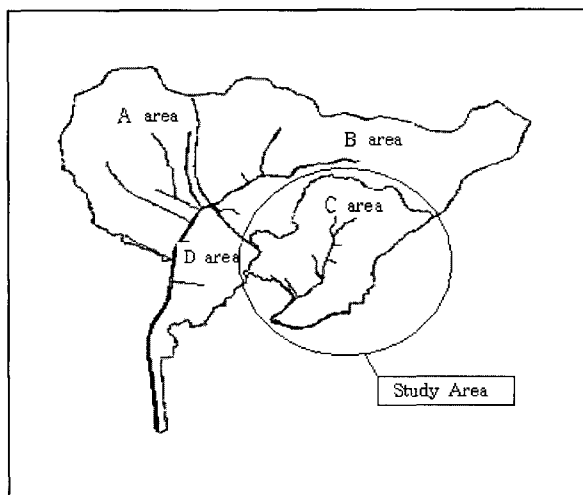


Fig. 7. Location of Study Area

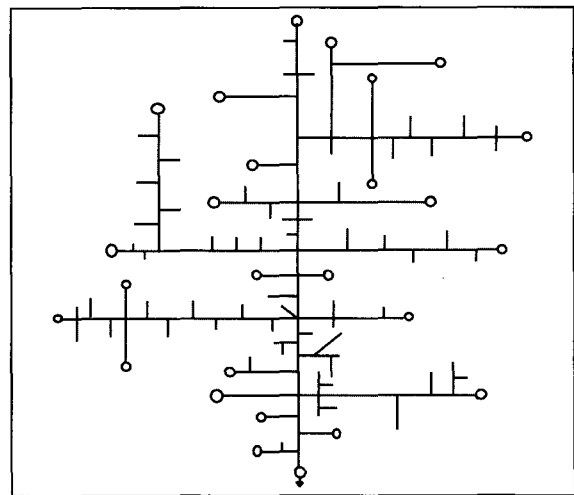


Fig. 8. Drainage diagram of Study Area

대하여 일관되도록 계산할 수 있다. 포착비는  $V_o/D_m$ 의 값에 따라 일정하게 증가하는 경향을 갖는다. Eq. (13)에 의하여 생성되는 유출 용적 곡선을 대상유역에 적용하면 Fig. 9와 같이 나타난다.

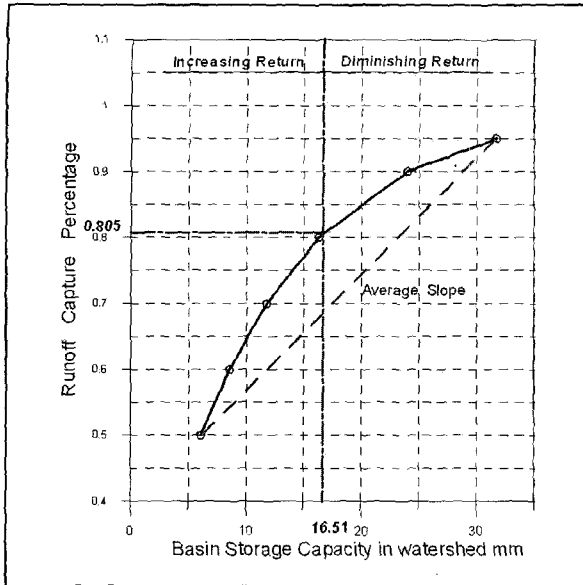


Fig. 9. Runoff Capture rates for  $C=0.65$ ,  $D_m=17.08$

포착범위 50~95%에서 유역의 저류량은 유출고 범주 6.1~31.6mm에서 결정됨을 알 수 있다. 최적 설계 저류고는 Fig. 9에서 보는 바와 같이 평균만곡(average return)과 비교하면 6.1~16.51 mm의 범위는 굴곡 증가부(increasing return)로 경사가 급하고 16.51~31.6mm에서는 굴곡 감소부(diminishing return)로 평균굴곡 경사보다 완만함을 알 수 있다. 결국 대상유역의 설계 유출고는 평균만곡과 같게 되는 포착곡선의 기울기에 해당되는 탄젠트 값인 16.51mm를 선정하게 된다. 최적 저류지 결정을 위하여 적용범위의 평균만곡은 Eq. (15)와 같이 표현할 수 있다.

$$S_a = k(e^{-V_1/CD_m} - e^{-V_2/CD_m})/dV \quad (15)$$

여기서  $S_a$  = 평균만곡,  $dV$  = 하한( $V_1$ )과 상한( $V_2$ )의 차

이다. 포착곡선의 탄젠트는 Eq. (5)의 1차미분과 같게 되므로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_o = \frac{k}{CD_m} e^{-V_o/CD_m} \quad (16)$$

여기서  $S_o$  = 포착곡선의 기울기인 탄젠트(tangent)값이다. 이제 Eq. (15)와 Eq. (16)을 같게 놓으면 저류 용량은 Eq. (17)으로 결정하게 된다.

$$V_o = -CD_m \ln \left\{ \frac{CD_m}{dV} \left[ e^{-V_1/CD_m} - e^{-V_2/CD_m} \right] \right\} \quad (17)$$

대상유역의  $V_1 = 6.13$  과  $V_2 = 31.6$ 에서의 평균만곡( $S_a$ )은 0.0176이며 Eq. (17)에 의하여 최적 저류고  $V_o$ 는 16.51mm이다. 포착율은 Fig. 9에서와 같이 80.5%이며 저류용적( $m^3$ )은 녹지면적을 제외하여 환산하였다. 또한 일관된 포착율 80.5%에서의 유량은 0.68cms로 결정된다.

ILLUDAS 모형의 모의를 위한 강우량은 Fig. 2와 Fig. 4에서 80.5%에 해당되는 25mm를 평균지속시간 8hr에 대하여 10분 간격으로 Huff와 등분포 시켰으며 AMC는 3조건으로 손실은 2.5mm 단, 녹지지역은 5mm를 적용하였다. 80.5%는 년 평균 강우발생횟수 약 64회 중 약51.47회의 강우량(38년간 2430회중 1956회)을 포착하는 것에 해당된다. Table 3은 분석된 유출고 및 유출량에 대한 결과를 요약한 것이다.

Table 3은 최적 포착율 80.5%에 대한 결과로서 Runoff Capture Design과 ILLUDAS의 결과가 비교적 근사함을 알 수 있다. 다만 ILLUDAS에서 강우분포를 Huff로 분포시킬 경우 유출유량이 크게 산정되었는데 이는 Runoff Capture Design에서 평균강우강도를 적용하였기 때문으로 판단된다. 따라서 평균강우강도로 등분포 시킨 ILLUDAS 결과와 유사한 것을 알 수 있다.

근소한 결과의 차이는 합리식과 강우-유출모형의 분석원리에 의한 것으로 판단되며 대체적으로 유사한 결과로 나타났다.

Table 3. Runoff Capture Design for BW(2) area in Seoul City

Classification	Runoff Capture Design	ILLUDAS Model	
		Mean Distribution	Huff Distribution
Capture (%)	80.5	80.5	80.5
Capture-Volume(mm)	16.51	(15.7)	(17.0)
( $m^3$ )	12,760	12,136	13,159
Runoff Peak (cms)	0.68	0.50	1.51

## 5. 결 론

연속강우와 함께 도시유역 비점오염원을 동반하는 CSOs의 유출고 및 유량을 비초과확률 개념을 이용하여 최적 포착율의 결정 및 동일한 위험도를 기반으로 산정하기 위한 절차를 제시하였다.

본 모형은 도시유역에서 발생하는 과거의 강우사상을 분석하여 유출되는 오염원을 조절하기 위한 설계에 적용 가능할 것으로 판단된다.

본 연구방법을 적용하면 연속강우에 대하여 CSOs의 처리를 위한 저류지 및 저류지로의 유도수로 계획을 위한 경우에는 비교적 간단하게 최적의 저류고 및 유출량을 동일한 위험도를 기반으로 산정이 가능하다.

본 모형은 합리식 적용이 가능한 소유역에 적용함이 적합하며 자연유역과 같이 유역면적이 큰 경우는 별도의 검증과정이 필요하다.

지속적인 연구과제로 가정된 지수함수가 유역에 따라서 정확도가 낮아질 수 있으므로 매개변수의 보완 또는 광범위하게 적용 가능한 함수의 개발과 IETD의 경우 도시유역에서 유역 및 유출특성을 고려하여 분구별 최적의 값을 산정하는 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2005년도 동서대학교 학술연구조성비로 지원되었습니다.

## 참 고 문 헌

Adams, B.J. and Papa, F. (2000). *Urban Stormwater Management Planning with Analytical Probabilistic Models*. John Wiley & Sons, INC. U.S.A

Adams, B.J., Fraser, H.G., Howard, C.D.D. and Hanafy, M.S. (1986). "Meteorological Data Analysis for Urban Drainage System Design," *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 112, No. 5, pp. 827-848.

Bedient, P.B., and Huber, W.C. (1992). *Hydrology and Floodplain Analysis*, 2nd Ed., Addison Wesley, New York.

Driscoll, E.D., Palhegyi, G.E., Strecker, E.W., and Shelley, P.E. (1989). *Analysis of storm events characteristics for selected rainfall gauges throughout the United States*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Guo, J.C.Y., and Hughes, W. (2001). "Storage volume and overflow risk for infiltration basin design." *J. Irrig. Drain. Eng.*, 127(3), pp. 170-175.

Guo, J.C.Y., and Urbonas, R.B. (1996). "Maximized detention volume determined by runoff capture ratio." *Journal of Water Resour. Plan. Manage.*, 122(1), pp. 33-39.

Guo, J.C.Y., and Urbonas, R.B. (2002). "Runoff Capture and Delivery Curves for Storm-Water Quality Control Designs" *Journal of Water Resour. Plan. Manage.*, 128(3), pp. 208-215.

Heaney, J.P., Huber, W.C., Medina, M.A., Jr., Murphy, M.P., Nix, S.J., and Hasan, S.M. (1977). *Nationwide Assessment of Combined Sewer Overflows and Urban Stormwater Discharges: Vol. II, Cost Assessment*, U.S. EPA-600/2-77-064, Korea Institute of Construction Technology (KICT, 2000) *Analysis of Temporal Variation for Determining the Local Design Rainfall*, pp. 61~66.

Nix, S.J. (1994). *Urban Stormwater Modeling and Simulation*, Lewis Publishers, Boca Raton, FL

U.S. EPA. (1983). *Results of the nationwide urban runoff program, final report*, NTIS No. PB84-185545, Washington, D.C.

U.S. EPA. (1986). *Methodology for analysis of detention basins for control of urban runoff quality*, EPA440/5-87-001, Washington, D.C.

(논문번호:05-124/접수:2005.09.05/심사완료:2006.06.12)

