

# 막힘 현상을 고려한 도로의 격자형 빗물받이 유입구 설계

## Design of Street Grate Inlets with Consideration of Clogging Condition

장석진\*, 송주일\*\*, 김정수\*\*\*, 윤세의\*\*\*\*

Suk Jin Jang, Il Ju Song, Jung Soo Kim, Sei Eui Yoon

### 요 지

도로 조건에 따른 빗물받이 유입구의 설치간격, 적정크기 및 관리 방안을 마련하여야 하며, 빗물받이 설계 시, 빗물받이 유입구의 통수능력을 저하시키는 빗물받이 유입구의 막힘 현상을 고려한 빗물받이 유입구의 합리적인 설계와 관리 방안을 마련하여 빗물 배제 능력을 향상시킴으로써 도시 홍수피해의 경감대책을 수립하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 합리식을 이용하여 우수유출량을 계산하고, 빗물받이 차집효율 실험을 통하여 산정된 빗물받이 규격별 차집유입량 경험식을 이용하여 빗물받이의 차집유입량을 산정하였다. 막힘 현상을 고려한 빗물받이 유입구의 차집효율 분석 실험을 실시하여 제시되어진 막힘 계수를 이용하여 빗물받이 유입구의 막힘 현상을 고려한 도로의 격자형 빗물받이 유입구의 설계 방법을 제시하였으며, Excel을 이용하여 간략하게 프로그램화 하였다. 제시된 설계방법은 실무에서 도로 조건의 변화와 빗물받이의 막힘 현상을 고려한 빗물받이 유입부의 설계에 사용 가능하다고 판단된다.

**핵심용어 : Excel을 이용한 유입부 설계, 우수 유출량, 차집 유입량, 막힘 계수**

### 1. 서 론

도로 배수시설은 측구, 도수로, 집수정, 배수관, 배수암거와 도시 계획도로에 설치되는 빗물받이, 맨홀 등으로 구성된다. 이러한 도로의 배수시설은 강우, 용설로 인해 노면이나 인접지대에서 도로에 유입하는 지표수, 인접지대로부터 침투해오는 지하수, 지하수면에서 상승하는 물 등으로 인한 도로의 약화를 방지하고, 도로 노면에 물이 체류할 때 일어나는 교통의 정체, 미끄러짐 사고 등을 방지하는 등의 도로 기능을 유지하도록 해야 한다. 도로의 배수는 신속한 노면배수와 침투수의 차단, 침투된 물의 지하배수, 도로 인접지로부터의 배수처리 등을 하여야 한다(건설교통부, 2003).

그러므로 도로 조건에 따른 빗물받이 유입구의 설치간격, 적정크기 및 관리 방안을 마련하여야 하며, 빗물받이 설계 시, 빗물받이 유입구의 통수능력을 저하시키는 빗물받이 유입구의 막힘 현상을 고려한 빗물받이 유입구의 합리적인 설계와 관리 방안을 마련하여 빗물 배제 능력을 향상시킴으로써 도시 홍수피해의 경감대책을 수립하여야 한다.

본 연구에서는 합리식을 이용하여 우수유출량을 계산하고, 빗물받이 차집효율 실험을 통하여 산정된 빗물받이 규격별 차집유입량 경험식을 이용하여 빗물받이의 차집유입량을 산정하였다. 막힘 현상을 고려한 빗물받이 유입구의 차집효율 분석 실험을 실시하여 제시되어진 막힘 계수를 이용하여 빗물받이 유입구의 막힘 현상을 고려한 도로의 격자형 빗물받이 유입구의 설계 방법을 제

\* 정회원경기대학교 토목환경공학부 토목공학과 석사과정-E-mail : forget1771@hanmail.net

\*\* 정회원경기대학교 토목환경공학부 토목공학과 석사과정-E-mail : toyou012@hanmail.net

\*\*\* 정회원경기대학교 토목환경공학부 토목공학과 박사과정-E-mail : hydroguy@naver.com

\*\*\*\* 정회원경기대학교 토목환경공학부 토목공학과 교수-E-mail : syoon@kyonggi.ac.kr

사하였으며, 실무에서 도로 조건의 변화와 빗물받이 막힘 현상을 고려한 빗물받이 유입부의 설계에 직접 사용할 수 있는 Excel을 이용하여 프로그램화 하였다.

## 2. 우수유출량 및 차집유량 계산

### 2.1 우수유출량 산정

도로 배수시설의 배수능력을 결정하기 위해서는 먼저 배수시설의 목표 유량, 즉 설계유출량을 결정해야 한다. 그러므로 도로 시설물의 적정 규모 및 위치를 결정하기 전에 우수유출량을 먼저 산정해야 하며, 합리식에 의한 우수유출량의 산정순서는 그림 1과 같다. 기존의 유출계수에 대한 자료들을 바탕으로 도로에서의 유출계수로 0.9를 채택하였다(서울시, 2002).

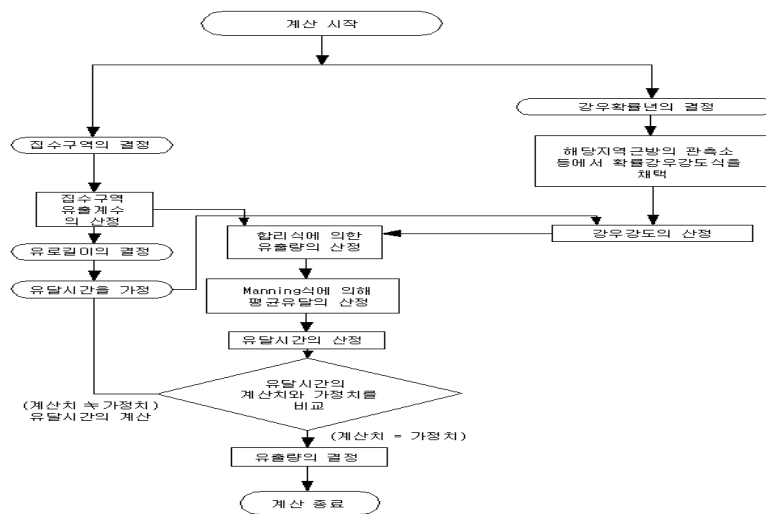


그림 1. 우수유출량의 산정순서

### 2.2 유입부 규모에 따른 차집유량 산정

빗물받이 규격과 측구의 종·횡단 경사에 따른 차집능력을 알아보기 위하여 유입부의 크기를 30×40cm, 40×50cm 및 40×100cm으로 변화시켰으며, 도로의 종경사 0, 2, 5, 7%일 때 횡경사를 4, 7, 10%로 변화시켰으며, 유량을 4~15ℓ/s로 변화시키면서 차집효율에 대한 실험하였다. 실험결과로부터 회귀분석한 빗물받이 규격별 차집유량 산정식은 표 2와 같다(도시홍수재해관리기술연구사업단, 2006).

표 2. 빗물받이 규격별 차집유입량 산정 회귀식

빗물받이 규격	산정 회귀식	비고
30×40cm	$Q_i = 2.265 Q_m^{0.849} S_x^{0.2430} S_L^{-0.00642}$	
40×50cm	$Q_i = 1.486 Q_m^{0.899} S_x^{0.1240} S_L^{-0.02780}$	
40×100cm	$Q_i = 1.240 Q_m^{0.968} S_x^{0.0646} S_L^{-0.00363}$	

### 2.3 막힘계수 산정

단일 최상대 유입구의 막힘 계수를 산정하기 위하여 Colorado Department of Transportation (1990), Urban Drainage and Flood Control District(1969), Clark County Regional Flood Control District(1990)에서는 식 (1)을 제안하였다(Guo, 2000).

$$Q_a = (1 - C_o)Q_i \quad (1)$$

여기서,  $Q_a$ 는 실제 차집유량,  $C_o$ 는 막힘 계수,  $Q_i$ 는 막힘이 없을 때의 차집유량이다.

경사지에서 빗물받이의 차집능력은 빗물받이 유입구의 길이에 비례하므로 막힘계수는 식 (2)와 같이 경사지에서 빗물받이 유입구의 길이 산정에 적용할 수 있다(Urban Drainage and Flood Control District, 2001).

$$L_e = (1 - C_o)L \quad (2)$$

여기서,  $L_e$ 는 유입구의 유효 길이이다.

표 3. 도로종경사와 측구횡경사 변화에 따른 막힘계수(막힘정도 50%)

막힘면적비(%)	도로종경사(%)	측 구 횡 경 사(%)		
		4	6	8
50 (TYPE I)	2	0.257	0.305	0.320
	4	0.251	0.351	0.413
	6	0.369	0.542	0.650
50 (TYPE II)	2	0.078	0.086	0.094
	4	0.270	0.166	0.212
	6	0.110	0.129	0.282

(TYPE I :연석방향막힘, TYPE II :흐름방향막힘)

표 3은 식 (1)을 이용하여 도로의 종경사 및 측구의 횡경사의 변화와 빗물받이 유입구의 막힘 정도가 50%일 경우의 TYPE I 과 TYPE II에 대한 막힘 계수를 실측한 결과이다. 빗물받이 유입구의 설계 시, 유송 잡물에 의한 빗물받이 유입구 막힘의 영향을 고려하여야 하므로 빗물받이 유입구의 막힘 정도가 50%일 경우에 도로의 종경사와 측구의 횡경사 변화를 고려한 막힘 계수는 0.25 ~ 0.65의 값을 사용할 수 있으리라 판단된다(윤세의, 2006).

### 3. 빗물받이 유입구 설계

본 연구에서는 막힘 현상을 고려한 빗물받이 유입구의 설계(예)를 제시하기 위하여 빗물받이 유입구의 적정 설치 간격 결정과 유입구의 적정 규모 결정의 두 가지 방법을 택하여 설계하였다. 설계 조건은 표 4와 같으며, 표 4의 설계 조건은 막힘계수 산정 실험 시 적용하였던 조건과 동일하게 적용하였다.

표 4. 유입부 설계 조건

계 산 조 건							계 산 결 과		
도로폭 (m)	빗물받이 설치간격 (m)	종단 경사 (%)	횡단 경사 (%)	측구 경사 (%)	면적 (ha)	유입부 규격 (cm)	임계지속 시간 (min)	우수유출량 (ℓ/sec)	차집유량 (ℓ/sec)
3차선 (9m)	25	2.0	2.0	4.0	0.0225	40×50	2.00	12.2	10.53

#### 3.1 유입구의 적정 설치 간격 결정

표 4의 유입부의 설계 조건에 따라서 도로 폭 9m, 빗물받이 유입구의 설치 간격 25m일 때, 합리식인 식 (3)을 이용하여 우수유출량( $Q_m$ )은 12.2ℓ/sec로 계산되어진다.

$$Q_m = \frac{1}{360} CIA \quad (3)$$

여기서, C는 유출계수(0.9)이고, I는 강우강도(217.0mm/hr), A는 유역면적(0.0225ha)이다. 식 (3)에 의해서 결정된 우수유출량에 대한 빗물받이의 차집유량은 식 (4)에 의해서 10.53ℓ/sec로 계산되었다(서울시, 2002).

$$Q_i = 1.468 Q_m^{0.899} S_x^{0.124} S_L^{-0.0278} (\text{유입부 } 40 \times 50 \text{cm}) \quad (4)$$

여기서,  $S_x$ 는 측구의 횡경사(m/m)이고,  $S_L$ 은 도로의 종경사(m/m)이다.

막힘을 고려하였을 경우의 빗물받이의 실제 차집유량은 식 (1)을 이용하여 계산하면 7.90ℓ/sec이다. 계산에 이용된 막힘계수  $C_0$ 는 표 3에서 도로의 종경사 2%이고, 측구의 횡경사 4%일 때, TYPE I의 조건을 만족하는 0.25의 값을 적용하였다.

도로 폭이 9m, 빗물받이 유입구의 설치간격이 25m인 설계조건에서 빗물받이 유입구가 50% 막혔을 때, 빗물받이 유입구의 실제 차집유량은 7.90ℓ/sec가 된다. 그러므로 막힘을 고려하여 계산된 실제 차집유량을 차집하기 위해서는 빗물받이 유입구의 설치 간격을 1m 단위로 줄여가면서 위의 계산을 반복한 계산결과는 설치간격이 18m일 때, 차집유량은 7.84ℓ/sec가 된다. 따라서 최초의 설치간격에서 7m의 간격을 줄여서 빗물받이 유입구를 18m 간격으로 설치하여야 한다고 판단된다.

### 3.2 유입구의 적정 규모 결정

막힘을 고려할 경우, 식 (2)와 같이 경사지에서 빗물받이 유입구의 유효길이를 산정하면 37.5cm로 계산된다. 여기서, 계산에 이용된 빗물받이 유입구의 길이는 50cm이고, 막힘계수는 0.25이다. 계산된 빗물받이 유입구의 유효길이는 실제 빗물받이 유입구의 길이보다 25%정도 줄어든다. 그러므로 빗물받이 유입구의 길이가 25% 늘어난 40×62.5cm의 격자형 유입구를 설치하여야 한다고 판단된다.

### 3.3 EXCEL을 이용한 유입구 설계

도로의 격자형 빗물받이 유입구의 설계 과정을 EXCEL을 이용하여 간략하게 프로그램화 하였으며, 이 EXCEL 프로그램을 이용하여 간편하게 빗물받이 유입구를 설계할 수 있도록 하였다.

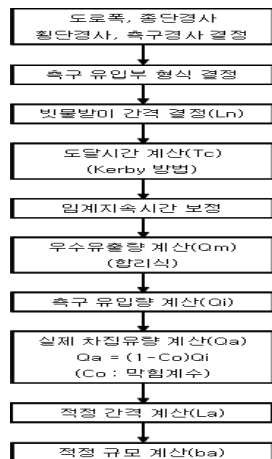


그림 4. 빗물받이 설치간격 계산방법

GRATE INLET ON A GRADE(with clogging condition)			
Project:			
Inlet ID:			
<b>설계입력정보</b>			
도로폭 (Street Width)	B=	3	m
도로 종단경사 (Street Longitudinal Slope)	α=	0.02	1.15 %
도로 횡단경사 (Street Transverse Slope)	β=	0.02	1.15 %
측구 횡단경사 (Gutter Transverse Slope)	S=	0.08	
유입부 규격 (Inlet Type)	Type=	400x50	cm
빗물받이 간격 (Space of Grate Inlet)	L=	25.0	m
막힘조건 (Clogging condition)	막힘계수 =	0.25	
	막힘정해 =	1.771	
<b>도달시간의 계산</b>			
Kerby 식	Tc=	1.58	min
저도계수	n=	0.015	
측구 깊이	F=	12.75	m
흐름경사	S=	0.029	m/m
유할	γ=	45.00	°
흐름각	θ=	1.62	°
<b>임계지속시간 보정</b>			
임계지속시간	t <sub>c</sub>	2.00	min
<b>강우강도 계산</b>			
강우강도	I=	216.87	mm/hr
설계빈도	T=	5	yr
임계지속시간	t <sub>c</sub>	2.00	min
<b>우수유출량 계산</b>			

그림 5. Excel을 이용한 방법

그림 4는 빗물받이 유입구의 설계방법을 흐름도(flow chart)로써 나타낸 것이고, 그림 5는 EXCEL을 이용하여 도로의 격자형 빗물받이 유입구 설계를 하는 예를 나타내고 있다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 합리식을 이용하여 우수유출량을 계산하고, 빗물받이 차집효율 실험을 통하여 산정된 빗물받이 규격별 차집유입량 경험식을 이용하여 빗물받이의 차집유입량을 산정하였다. 막힘 현상을 고려한 빗물받이 유입구의 차집효율 분석 실험을 실시하여 제시되어진 막힘 계수를 이용하여 빗물받이 유입구의 막힘 현상을 고려한 도로의 격자형 빗물받이 유입구의 설계 방법을 제시하였으며, EXCEL을 이용하여 간략하게 프로그램화 하였다.

막힘 현상을 고려한 빗물받이 유입구의 설계 시, 유입구의 적정 설치 간격을 결정하는 방법과 유입구의 적정 규모를 결정하는 방법의 두 결과를 비교하였다. 유입구의 설치 간격을 감소시켜서 빗물받이 유입구를 설치하는 것 보다는 유입구의 적정 규모 결정 방법에 따라 유입구의 길이를 증가시켜서 유입구를 설치하는 것이 더욱 경제적이라고 판단된다. 또한, 제시된 설계방법은 실무에서 도로 조건의 변화와 빗물받이 막힘현상을 고려한 도로의 격자형 빗물받이 유입구 설계에 사용 가능하다고 판단된다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연CO1-01)에 의한 도시홍수재해관리기술연구사업단의 연구 성과입니다.

#### 참 고 문 헌

1. 건설교통부(2003). 도로배수시설 설계 및 유지관리 지침.
2. 김정수, 권인섭, 윤세의, 이종태(2006). 도시지역에서 빗물받이의 막힘계수 산정에 관한 실험적 연구, 대한토목학회논문집, 제 26권, 제 2B호, pp.179-186.
3. 도시홍수재해관리기술연구사업단(2005). 도시하천의 배수시설 설계 기술 I, FFC04-02.
4. 서울특별시(2002). 상습침수 해소를 위한 하수도시설기준 재검토.
5. 환경부(2005) 하수도시설기준, 한국상하수도협회.
6. Clark County Regional Flood Control District(1990). Hydrologic Criteria and Drainage Design Manual.
7. Colorado Department of Transportation(1990). Hydraulic Design Criteria for Highways. Denver, Colorado.
8. Federal Highway Administration(2001). Urban Drainage Design Manual, Hydraulic Engineering Circular No. 22, FHWA-NHI-01-021.
9. Guo, J. C. Y.(1997). Street Hydraulics and Inlet Sizing Using computer model UDINLET, Water Resources Publications
10. Guo, J. C. Y.(2000). Design of grate inlets with a clogging factor, Advances in Environmental Research, Vol. 4, No. 3, pp. 181-186.
11. Urban Drainage and Flood Control District(2001). Urban Storm Drainage Criteria Manual.