

급경사 국지도로에서의 횡유입부 설계 방법

The Design Method of Transverse Grate Inlets on Steep Local Road

김재권* · 김정수** · 이준호* · 윤세의***

Kim, Jea Kwon · Kim, Jung Soo · Lee, Joon Ho · Yoon, Sei Eui

Abstract

The type, the length, and the install space of the grate inlets in main street were designed with the consideration of discharge calculated with street surface rainfall. However, the discharge that was not intercepted at transverse grate inlets in steep local roads increases inundation areas around main street. Therefore, it is necessary to analyze the flow characteristics and interception capacity at transverse grate inlets in steep local roads. Hydraulic experimental apparatus which can be changed the longitudinal slopes(2~10%) of street, the size(20~50cm) and the types(TYPE I, II) of grate inlet was installed for this study. The range of the experimental discharges were from 2 l/sec to 24 l/sec. The interception discharges of transverse grate inlets per unit width changing the longitudinal slope of steep local road were calculated by the hydraulic experimental results. The design method of transverse grate inlets was developed by the interception discharges per unit width. This design method was applied to decide the space and size of transverse grate inlets.

key words : Transverse grade inlet, Steep local road, Design method

1. 서 론

도시 지역에서의 빗물은 도로를 통해 이동하고 배수된다. 도로의 배수시설은 도로면의 안정을 확보하기 위한 목적뿐만 아니라 도로 이외의 지역에 흐르는 유출수의 배수를 위한 기능도 포함되어 있다(건설교통부, 2003). 그러나 도로면에 설치되어 있는 빗물받이 등과 같은 하수도 시설에서 빗물이 원활하게 배수되지 않아 노면수가 정체되고, 이 노면수가 인근 주택가로 유입되어 침수피해를 가중시키고 있다. 대규모 도로의 침수에는 여러 가지 이유가 있겠지만, 간선도로와 연결되어 있는 급경사 소규모 도로들에 설치되어 있는 횡 유입부의 빗물이 원활하게 배수되지 못함으로써 야기되는 경우가 많다.

간선도로의 유입부 설계에는 도로 표면에 떨어진 강우만을 고려하여 빗물받이 간격, 형태 등을 결정하고 있으나(환경부, 2006), 현실적으로는 간선도로와 연결된 급경사 국지도로에서 횡유입부로 유입되지 않는 유량이 간선도로의 침수를 가중시키고 있는 실정이다. 이러한 점들을 고려할 때, 침수피해에 의한 시민들의 재산을 보호하고 불편을 덜어주기 위해 급경사 국지도로의 합리적인 배수시설이 필요하며, 이런 배수시설로 부각되는 횡유입부의 차집효율을 분석할 필요가 있다.

본 연구에서는 횡유입부의 현장조사를 실시하여 수리인자들을 실측함으로써 실험장치의 제작과 효율적인 실험조건을 선정하였다. 선정된 실험조건인 도로 종경사(2~10%), 실험 유량(2~24 l/sec) 및 빗물받이 유입구의 형태(TYPE I, II)를 변화시키면서 실험을 실시하여 도시지역 국지도로에서 횡방향으로 설치되어 있는 빗물받이 유입구의 차집효율을 분석하고 횡유입부의 단위 폭 당 유량을 제시하였다. 또한 이를 이용하여 횡 유입구 설계(예)를 제시하였다.

* 정희원 · 경기대학교 대학원 토목공학과 석사과정 E-mail: ilovekwon@hanmail.net

** 정희원 · 경기대학교 대학원 토목공학과 박사과정

*** 정희원 · 경기대학교 토목 · 환경공학부 교수

2. 수리실험

본 연구에서는 급경사 국지도로에서 횡유입부의 일반적인 설계를 위하여 횡방향 빗물받이 유입구의 차집 효율의 분석과 횡유입부의 단위 폭 당 차집유량을 산정하기 위하여 실험 장치를 제작하였다. 실험장소가 실외라는 사항을 고려하여 폭 1.2m, 길이 10m의 철판로 틀을 제작하고 길이 방향으로 보강대와 격자목(1.5×1.5cm)을 조밀하게 설치하여 휨을 최대한 방지하였다. 그 위에 처짐과 휨이 적은 방수합판을 깔고, 아스팔트의 조도(약 0.016)와 유사한 아스팔트 싱글로 도로 노면을 제작하여 실험 수로를 설치하였다. 본 연구에 사용된 빗물받이 유입부의 크기는 40×50cm를 선택하고, 빗물받이의 위치는 흐름이 정류 상태를 유지하기 위하여 실험수로 상류로부터 8m 떨어진 지점에 설치하였다. 실험수로는 그림 1과 같다.

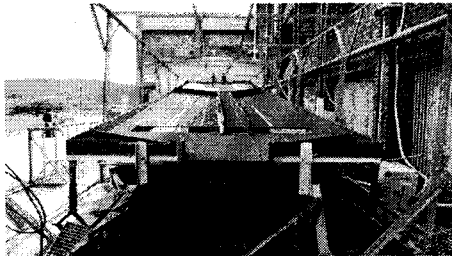


그림 1. 실험수로의 전경

표 1. 수리실험 조건

유입부 폭 (cm)	유입구 길이 (cm)	도로 종경사 (%)	유량 (l/s)	표면 조도계수
120	20	2 ~ 10	2 ~ 24	0.016
25	30, 40, 50			

횡유입부의 최대 차집유량과 그에 따른 효율을 분석하기 위하여 도로 경사 및 유량, 빗물받이 유입부의 형태 및 규모를 변화시키며 실험을 실시하였다. 여기서 도로종경사는 2~10%로 하였으며, 실험 유량은 대상 지역의 침투유출량을 고려하여 2~24 l/sec로 결정하였다. 이 때, 최대 유량은 유역면적이 1ha이고, 재현기간은 5년 빈도, 도달시간은 Kerby식을 제시한 합리식을 이용하여 단위 폭당 유량으로 계산하면 100 l/sec 정도로 계산되어지므로 이에 대한 최대 실험유량으로 24 l/sec를 결정한 것이다. 또한 횡유입부의 종방향 길이는 일반적으로 급경사 국지도로에 설치되고 있는 20, 30, 40, 50cm로 정하였다. 도로종경사 변화에 따른 횡유입부의 차집효율 및 단위 폭 당 차집유량을 산정하기 위하여 횡유입부의 폭을 25cm로 축소하고, 횡유입부의 종방향 길이는 30, 40, 50cm로 변화시키면서 실험을 실시하였다(표1).

3. 실험결과

그림 2는 횡방향 빗물받이 유입부의 길이가 20~50cm로 변화하고, 도로종경사가 2%~10%로 변화할 때, 급경사 국지도로에 설치된 횡방향 빗물받이가 도시 유역으로부터 유입되는 유량을 100% 차집 할 수 있는 빗물받이 유입부의 단위 폭당 차집유량을 보여주고 있다. 이는 실험수로의 유입부 폭 120cm와 25cm인 차집유량의 결과를 단위 폭당 차집 유량으로 환산하여 나타낸 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이, TYPE I의 유입부보다 TYPE II의 유입부가 차집할 수 있는 단위 폭당 유량이 더 많을 것을 알 수 있다(윤세의, 2006).

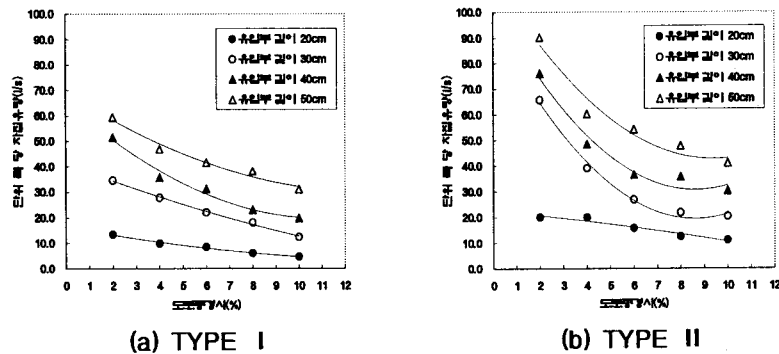


그림 2. 단위 폭당 차집유량

4. 횡방향 빗물받이 유입구의 설계(예)

국내의 횡방향 빗물받이 유입구의 설치 간격은 도로의 경사 및 침투 유출량에 관계없이 개략적으로 설치되어 있으므로, 기존의 설계 및 시공 방법은 비효율적으로 판단된다. 따라서 본 연구에서 산정된 급경사 국지도로에서의 횡방향 빗물받이의 단위 폭당 차집유량을 고려하여 적정 횡방향 빗물받이 유입구의 설계(예)를 제시하고자 한다.

횡방향 빗물받이 유입구의 설계(예)를 제시하기 위한 설계 조건은 표 2와 같으며, 표 2의 설계 조건은 횡방향 빗물받이의 단위 폭당 차집유량 실험 시 적용하였던 조건과 동일하게 적용하였다.

표 2. 횡유입부 설계 조건

계 산 조 건							계 산 결 과			
도로폭 (m)	도로연장 (m)	종단경사 (%)	집수면적 (ha)	유입부규모 (cm)	단위폭당차집유량 (ℓ/sec)	유입부형태	도달시간 (min)	우수유출량 (ℓ/sec)	설치개수 (개)	설치간격 (m)
3	400	4.0	4	40	48.4	TYPEII	1.61	2286	16	25m

Kerby식에 의해 산정된 도달시간(tc), 서울지역의 강우강도 식을 이용하여 계산된 강우강도(I)와 유입부의 설계 조건을 이용하여 우수유출량(Qm)을 계산한다.

$$Q_m = \frac{1}{360} CIA = 2286 \text{ l/sec} \quad (1)$$

여기서, C는 유출계수(0.9)이고, I는 강우강도(228.7mm/hr), A는 유역면적(4ha)이다.

도로의 종경사가 4%이고, 횡방향 빗물받이 유입구의 종방향 길이가 40cm이고, 유입구의 형태가 TYPEII 일 때, 그림 2(b)에서 단위 폭당 차집유량은 48.4 ℓ/sec이다. 설계조건에 따라서 횡방향 빗물받이 유입구의 실제 차집유량은 145.2 ℓ/sec가 된다. 따라서 합리식을 이용하여 산정된 우수유출량과 횡방향 빗물받이 유입구의 실제 차집유량을 이용하여 설치하여야하는 횡방향 빗물받이 유입구의 개수를 산정한다.

$$N_i = \frac{Q_m}{Q_a} = 16 \text{ 개} \quad (2)$$

여기서, N_i는 횡방향 빗물받이 유입구의 개수, Q_a는 횡방향 빗물받이 유입구의 실제 차집유량이다.

또한, 식(2)에 의해서 산정된 유입구의 개수와 도로의 총연장을 이용하여 횡방향 빗물받이 유입구의 설치 간격을 결정한다.

$$I_s = \frac{L}{N_i} = 25 \text{ m} \quad (3)$$

여기서, I_s는 횡방향 빗물받이의 설치 간격이다.

식(1)~(3)을 이용하여 횡방향 빗물받이를 균등 배치하면, 횡방향 빗물받이 한 개가 차집할 수 있는 유역 면적과 도달시간이 감소하며, 강우강도가 증가하게 된다. 따라서 유역의 하류단에서의 우수유출량보다 분할된 유역에서의 우수유출량이 크게 산정되고, 식(3)에서 계산된 횡방향 빗물받이 유입구의 설치 간격은 최대치가 되므로 횡방향 빗물받이 유입구의 설치 간격을 감소시켜야 한다.

따라서, 식(3)에서 계산된 횡방향 빗물받이 유입구의 설치간격으로 횡방향 빗물받이를 균등 배치하여 설치하게 되면, 전체 유역은 16개 유역으로 분할된다. 이 때, 횡방향 빗물받이 유입구 한 개당 차집할 수 있는

유역면적은 0.25ha가 되고, 이 유역에서 유출되는 유출량은 합리식에 의하여 174ℓ/sec가 된다. 그러나 도로의 종경사가 4%이고, 횡방향 빗물받이 유입구의 종방향 길이가 40cm이고, 유입구의 형태가 TYPEⅡ일 때, 횡방향 빗물받이 유입구의 실제 차집유량은 145.2ℓ/sec이므로, 한 유역에서 유출되는 우수유출량이 횡방향 빗물받이 유입구 한 개가 차집할 수 있는 차집유량보다 크므로 설치 간격을 더 줄여야 한다. 위의 방법으로 설치 간격을 1m씩 줄여가면서 반복계산 한다. 계산 결과 설치 간격이 20m일 때, 한 유역에서 유출되는 우수 유출량을 100% 차집할 수 있다.

또한, 현장조건에 따라서 40×50cm 규모의 횡방향 빗물받이 유입구의 설치가 어려울 경우에는 설치 간격을 줄이고 횡방향 빗물받이 유입구의 길이를 감소시킬 수 도 있으며, 지형에 따라서 균등배치가 불가능할 경우에는 지점 유량을 산정하여 단독으로 계산할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 횡유입부의 효율적인 설계 및 관리방안을 제시하기 위하여 간선도로와 연결되어 있는 급경사 국지도로에 설치되어 있는 횡방향 빗물받이 유입부의 차집효율 분석과 횡유입부의 단위 폭당 차집유량을 결정하기 위하여 횡유입부의 설계 실태를 조사하고, 현장조사를 실시하여 수리인자를 실측하여 실험장치의 제작과 효율적인 실험조건을 선정하였다. 횡방향 빗물받이 유입구 규모에 따른 차집효율을 분석하기 위하여 도로 종경사(2~10%), 유량(2~24ℓ/sec), 빗물받이 유입구의 규모 및 형태(TYPEⅠ, TYPEⅡ)를 변화시키면서 실험을 실시하였다. 상기 현장조사와 실험을 통하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

1) 횡방향 빗물받이 유입구의 설치 형태가 TYPEⅡ의 경우보다 TYPEⅠ의 경우일 때가 차집효율이 현저하게 감소하고 있음을 알 수 있었다. 이는 횡유입부는 전방차집이 대부분이므로 쇄살의 형태가 흐름방향을 막고 있는 TYPEⅠ의 유입부는 TYPEⅡ의 유입부보다 물의 튀 현상(splash-over)이 크게 발생되기 때문이라 판단된다. 따라서 횡방향 빗물받이 유입구의 차집효율을 고려한 결과, TYPEⅠ의 형태보다 TYPEⅡ의 형태를 설치하는 것이 더 적절하다고 판단된다.

2) 도시지역 급경사 국지도로의 종경사 변화에 따른 횡방향 빗물받이 유입부의 단위 폭당 차집유량을 산정하였다.

3) 횡유입부의 설계시 단위 폭당 차집유량을 이용하여 적절한 횡유입부의 규모 및 간격을 결정 할 수가 있었다. 이에 따라 현장에서 시공시 이를 적용할 수 있을 것이라 판단된다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 강재수. (1998) 도로계획과 설계, 도서출판 엔지니어즈.
2. 건설교통부. (2003) 도로배수시설 설계 및 유지관리 지침.
3. 윤세의, 김정수, 김재권, 한정석, (2006). "급경사 국지도로에서 횡유입부의 차집능력 분석", 대한토목학회 정기학술대회 논문집, pp.319-322
4. 환경부. (2005) 하수도시설기준.
5. Guo, J. C. Y. (2000). "Design of Grate Inlets with a Clogging Factor", Advances in Environmental Research, Vol. 4, No. 3, pp. 181-186
6. UD&FCD (2001). Urban Storm Drainage Criteria Manual, Urban Drainage and Flood Control District