

횡유입부의 차집효율 분석

An Analysis of Interception Efficiency at Transverse Grate Inlets

김재권*, 김정수**, 이준호***, 윤세의****

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

요 지

간선도로의 유입부 설계에는 도로 표면에 떨어진 강우만을 고려하여 빗물받이 간격, 형태 등을 결정하고 있으나, 현실적으로는 간선도로와 연결된 소규모 도로에서 횡유입부로 유입되지 않는 유량이 간선도로의 침수를 가중시키고 있는 실정이다. 이러한 점들을 고려할 때, 침수피해에 의한 시민들의 재산 보호와 불편을 덜어주기 위해 소규모 도로의 합리적인 배수시설이 필요하며, 이런 배수시설로 부각되는 횡유입부의 차집효율을 분석할 필요가 있다. 본 연구에서는 횡유입부의 설계 실태를 조사하고, 현장조사를 실시하여 수리인자들을 실측하여, 실험장치의 제작과 효율적인 실험조건을 선정하였다. 도로에서 횡방향으로 설치되어 있는 빗물받이 유입구의 규모에 따른 가능 최대 차집유량과 그에 따른 효율을 분석하기 위하여 도로 종경사(2~11.5%), 유량(1.5~24l/sec), 빗물받이 유입구의 규모 및 형태(TYPE I, TYPE II)를 변화시키면서 실험을 실시하였다. 실측 자료를 분석한 결과, 도로의 종경사가 6%이상 이 되면, 횡유입부의 차집효율이 급히 감소되는 것을 알 수 있었으며, 빗물받이 유입구 TYPE I의 형태가 TYPE II의 경우보다 차집효율이 현저하게 감소하고 있음을 알 수 있었다.

핵심용어 : 횡유입부, 차집효율, 도시유출, 수리실험

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. 그러나 도로변에 설치되어 있는 빗물받이 등과 같은 하수도 시설에서 빗물이 원활하게 배수되지 않아 노면수가 정체되고, 이 노면수가 인근 주택가로 유입되어 침수피해를 가중시키고 있다. 정체된 노면수는 교통체증과 미끄럼에 의한 사고의 원인이 되며, 포장체 내에 박리현상과 포트홀 현상을 발생시켜 도로의 파손을 야기한다. 또한 도로지역의 침수는 지하철과 같은 지하공간에 설치된 구조물에 치명적인 영향을 야기할 수 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.

홍수피해 방지 및 도로면의 안정을 유지하기 위하여 필요한 배수능력은 계획도로의 종류, 규모, 교통량 및 연도상황을 충분히 고려하여 선정함과 아울러 개개의 배수시설에 대해서도 배수목적, 배수시설의 입지 조건, 계획유량을 초과할 때 주변지역에 미치는 영향의 정도와 경제성을 고

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

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

*** 정회원경기대학교 토목환경공학부 토목공학과 박사과정-E-mail : sof814@paran.com

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

려하여 배수시설의 규모를 결정해야 한다. 이러한 배수시설의 규모를 결정함에 있어서 대부분이 산지인 국내의 지형을 감안하면 외국에서 제시된 일반적인 빗물배제 방식을 그대로 적용하는 것은 부적절하다. 더욱이 급경사 횡 유입부에 관한 사항은 연구된 바가 전무한 실정이다. 따라서 도로의 경사의 변화와 횡 유입부 형태에 따른 차집효율을 실험을 통해 검토하여 급경사 도로의 횡 유입부의 합리적인 설치방안을 제시함으로써 도시 하수관거의 빗물배제 능력을 향상시켜 홍수피해를 경감시켜야 한다.

본 연구에서는 횡유입부의 설계 실태를 조사하고, 현장조사를 실시하여 수리인자들을 실측함으로써 실험장치의 제작과 효율적인 실험조건을 선정하였다. 선정된 실험조건인 도로 종경사(2~11.5%) 및 실험 유량(1.5~24l/sec), 빗물받이 유입구 규모 및 형태(TYPE I, II)를 변화시키면서 실험을 실시하여 도로에서 횡방향으로 설치되어 있는 빗물받이 유입구의 규모에 따른 차집유량과 차집효율을 분석하였다.

2. 현장조사 및 대상구간의 측량

본 연구에서의 효율적인 실험장치 제작과 실험 조건 등을 선정하기 위하여 수원시 연무동, 서울시 이문 1동, 경기대학교 교내에서 현장조사를 실시하였다. 각 대상구간에 설치되어 있는 횡유입구는 국내 표준규격인 40×50cm의 쇠살대 유입구를 횡으로 연결한 구조이며, 도로 폭을 고려하여 설치되었다. 하지만 횡방향 빗물받이 유입구의 간격이 노면의 경사 및 간격, 침투 유출량에 관계없이 개략적으로 설치되어 있어서 비효율적으로 판단된다. 그림 1은 횡방향 빗물받이 유입구의 설치 형태이며, 그림 2는 선정된 구간을 측량하는 모습이다.



(a) 수원시 연무동



(b) 서울시 이문동

그림 1. 횡방향 빗물받이 유입구



그림 2. 수원시 연무동의 지형자료 및 횡유입구의 측량

3. 수리실험

3.1 실험수로의 제작

본 연구에서는 횡방향 빗물받이 유입구의 차집효율을 분석하기 위하여 측량성과를 바탕으로

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. 실험수로에는 다양한 경사를 재현할 수 있도록 유압잭 및 경사조절 스프링 장치를 설치하고, 보강대 및 조임쇠(C-clamp)를 이용하여 실험 수로를 고정하였다. 도로의 연석부분으로 해당하는 곳은 물의 흐름에 방해가 되지 않는 높이 20cm의 매끄러운 재질의 방수합판을 부착하여 실험수로로부터의 측방유출은 없도록 하였다. 본 연구에 사용된 빗물받이 유입부의 크기는 120×50cm를 선택하고, 빗물받이의 위치는 흐름의 정류 상태를 유지하기 위하여 실험수로 상류로부터 8m 떨어진 지점에 설치하였다. 실험수로는 그림 3과 같다.



그림 3. 실험수로의 전경

실험 수로의 수리량인 유속은 1차원 디지털 유속계(MiniAir2)를 이용하여 최심부 유속을 측정하였다. 유속은 차집효율에 가장 직접적인 영향을 미치므로 유입구로부터 상류쪽으로 50cm 떨어진 지점에서 측정되었다. 실험수로에 설치한 빗물받이의 차집유량 및 월류유량을 측정하기 위하여 차집 유량은 250×150×40cm의 수조를, 월류유량은 80×90×50cm의 수조를 빗물받이와 실험수로 하단에 설치하여 차집유량과 월류유량을 측정하였다.

3.2 실험 조건

도로에서 횡방향으로 설치되어 있는 빗물받이 유입구의 규모에 따른 가능최대 차집유량과 그에 따른 효율을 분석하기 위하여 측량성과를 바탕으로 도로경사 및 유량, 빗물받이 유입구의 규모, 형태를 변화시키며 실험을 실시하였다. 여기서 도로경사는 2~11.5%로 하였으며, 실험 유량은 대상유역의 첨두유출량을 고려하여 1.5~24ℓ/sec로 결정하였다. 또한 빗물받이 유입구의 규모는 20cm로 정하였고, 빗물받이 유입구의 형태는 2종의 국내 표준규격인 40×50cm의 쇠살대 유입구(grate inlet)를 사용하고, 횡방향 유입구의 조건을 고려하여 3개를 연이어 설치하였다. 각각의 경우는 Type I 유입구와 Type II로 나누어 실험을 실시하였다(표 1~2).

표 1. 수리실험 조건

유입부 크기(cm)	유입구의 규모(cm)	종경사(%)	유량(ℓ/s)	표면조도계수
120×50	20	2 ~ 11.5	1.5 ~ 24	0.016

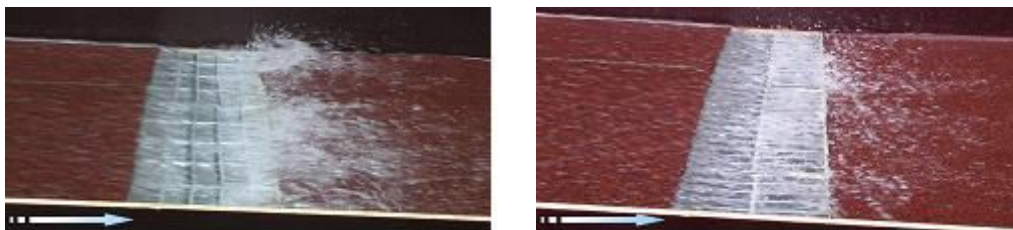
표 2. 유입부의 형태 및 제원

유입부의 형태	유입부의 제원		
	규격 (cm)	순면적 (mm ²)	순간격 (mm×mm)
Type I	120×20	177600	35×92.5
Type II	120×20	179400	92×25

4. 실험 결과 및 분석

도로에서 횡방향으로 설치되어 있는 빗물받이 유입구의 규모에 따른 가능최대 차집유량과 차집 효율을 분석하기 위하여 앞 절에서 제시한 수리실험 조건을 이용하여 실험을 실시하였다.

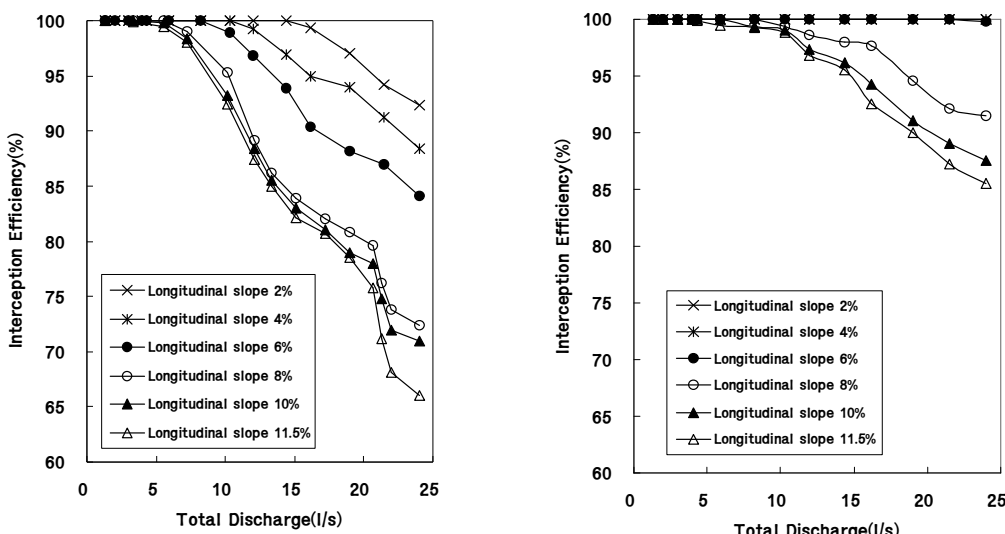
그림 4는 도로의 종경사가 11.5%이고, 유량이 19ℓ/sec에서의 빗물받이 유입구의 2가지 형태에 따른 횡유입구의 흐름상태를 나타낸 것으로 TYPE I 인 경우에는 물의 튀 현상(splash-over)이 큰 것을 알 수 있다. 그림 5는 도로의 종경사와 유량의 변화에 따른 차집효율을 분석한 결과를 나타낸 것이다.



(a) Type I

(b) Type II

그림 4. 빗물받이 규모 20cm에서의 흐름



(a) Type I

(b) Type II

그림 5. 유입구의 크기 20cm의 차집효율

실험 결과로부터 도로의 종경사가 6%이상이 되면, 횡유입부의 차집효율이 급히 감소되는 것을 알 수 있었다. 이는 횡유입부의 경우 도로 종경사가 6%부터 유속이 큰 폭으로 상승하고, 그에 따라 물이 튀어 넘는 현상(splash-over)이 도로 종경사가 6%미만 일 때 보다 크게 발생하기 때문이라 판단된다. 또한 빗물받이 유입구 TYPE I의 형태가 TYPE II의 경우보다 차집효율이 현저하게 감소하고 있음을 알 수 있었다. 이는 횡유입부는 전방 차집유량이 대부분이므로, 쇄살의 형태가 흐름방향을 막고 있는 TYPE I 유입부는 TYPE II의 유입부보다 수막현상 및 물의 튼 현상이 크게 발생하기 때문이라 판단된다. 따라서, 횡방향 빗물받이 유입구의 특성상 Type II의 형태가 적절할 것으로 판단된다.

횡방향 빗물받이 유입구의 차집효율은 유입구의 크기에 영향이 크므로, 유입구 크기의 변화에 따른 유입구의 차집효율에 관한 분석이 필요하며, 이러한 결과를 이용하여 안전율을 고려한 횡방향 빗물받이 유입구의 합리적인 규모를 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 간선도로와 연결되어 있는 소규모 도로에 설치되어 있는 횡유입구의 규모에 따른 가능최대 차집유량과 차집효율을 분석하기 위하여, 도로경사 및 유량, 빗물받이 유입구의 규모, 형태를 변화시키며 실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 도로의 종경사가 6%이상이 되면, 횡유입부의 차집효율이 급히 감소한다. 이는 도로의 종경사가 6%부터 유속이 큰 폭으로 상승하고, 그에 따라 물의 튼 현상(splash-over)현상이 커지기 때문이라 판단된다.

2. 빗물받이 유입구의 설치 형태가 TYPE II의 경우보다 TYPE I의 경우일 때가 차집효율이 현저하게 감소하고 있음을 알 수 있었다. 이는 횡유입부는 전방 차집유량이 대부분이므로, 쇄살의 형태가 흐름방향을 막고 있는 TYPE I 유입부는 TYPE II의 유입부보다 수막현상 및 물의 튼 현상이 크게 발생되기 때문이라 판단된다.

3. 횡방향 빗물받이 유입구의 차집효율을 고려한 결과, TYPE I의 형태보다 TYPE II의 형태를 설치하는 것이 더 적절하다고 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(2001). 도로설계편람(II).
2. 환경부(1998). 하수도시설기준.
3. Federal Highway Administration(1984). Drainage of Highway Pavement, HEC 12, FHWA-TS-84-202
4. Guo, J. C. Y.(2000). "Street storm water conveyance capacity" , Journal of Irrigation and Drainage Engineering, Vol. 126, No. 2, pp. 119-123
5. UD&FCD(2001). Urban Storm Drainage Criteria Manual, Urban Drainage and Flood Control District