

Excel을 이용한 횡방향 빗물받이 유입부의 설계

Design of Transverse Grate Inlets using Excel Program

김정수^{*}, 김재권^{**}, 김종우^{***}, 윤세의^{****}
Jung Soo Kim, Jae Kwon Kim, Jong Woo Kim, Sei Eui Yoon

요 지

간선도로의 유입부 설계에는 도로 표면에 떨어진 강우만을 고려하여 빗물받이 간격, 형태 등을 결정하고 있으나, 현실적으로는 간선도로와 연결된 급경사 국지도로에서 횡방향 빗물받이 유입부로 유입되지 않는 유량이 간선도로의 침수를 가중시키고 있는 실정이다. 이러한 점들을 고려할 때, 침수피해에 의한 시민들의 재산을 보호하고, 불편을 덜어주기 위해 급경사 국지도로의 합리적인 배수시설이 필요하다. 그러므로 국지도로 조건에 따른 횡유입부의 설치간격, 적정크기 및 관리 방안을 마련하여 빗물 배제 능력을 향상시킴으로써 도시 홍수피해의 경감대책을 수립하여야 한다. 따라서 본 연구에서는 합리식을 이용하여 우수유출량을 계산하고, 횡유입부의 차집효율 실험을 통하여 산정된 국지도로의 단위 폭(1m)당 차집유량을 이용하여 횡유입부의 설계 방법을 제시하였으며, Excel을 이용하여 간략하게 프로그램화 하였다. 제시된 설계방법은 실무에서 국지도로 경사의 변화를 고려한 횡방향부의 설계에 사용가능하리라 판단된다.

핵심용어 : 횡방향 유입부 설계, 우수유출량, 단위 폭(1m)당 차집유량

1. 서 론

도시 지역에서의 빗물은 도로를 통해 이동되고 배수된다. 도로의 배수시설은 도로면의 안정을 확보하기 위한 목적 뿐만 아니라 도로 이외 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 야기할 수 있다. 대규모 도로의 침수에는 여러 가지 이유가 있겠지만, 간선도로와 연결되어 있는 급경사 국지도로에 설치되어 있는 횡유입부가 빗물을 원활하게 배수하지 못함으로써 야기되는 경우가 많다.

간선도로 유입부 설계에는 도로 표면에 떨어진 강우만을 고려하여 빗물받이 간격, 형태, 규모 등을 결정하고 있으나(환경부 2005), 현실적으로 간선도로와 연결된 급경사 국지도로에서 횡유입부가 없는 경우나 횡유입부가 존재 하더라도 막힘 등에 의해서 그 기능을 상실할 경우 간선도로로 유입되는 빗물을 배제하지 못하여 간선도로의 침수피해와 차량소통의 방해를 일으키는 원인이 된다(그림 1). 이러한 점을 고려할 때, 침수피해에 의한 시민들의 재산을 보호하고 불편을 덜어주기 위해 급경사 국지도로의 합리적인 배수시설이 필요하며, 이런 배수시설로 부각되는 횡유입부의 차집효율을 분석할 필요가 있다.

* 정회원·경기대학교 대학원 토목공학과 박사과정 E-mail : hydroguy@naver.com

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

*** 정회원·경북대학교 건설공학부 연구교수 E-mail : jw-kim@knu.ac.kr

**** 정회원·경기대학교 토목환경공학부 토목공학과 교수 E-mail : syooon@kyonggi.ac.kr

본 연구에서는 합리식을 이용하여 우수유출량을 계산하고, 횡유입부의 차집효율 실험을 통하여 산정된 급경사 국지도로의 단위 폭(1m)당 차집유량을 이용하여 횡유입부의 설계 방법을 제시하였으며, Excel을 이용하여 간략하게 프로그램화 하였다. 제시된 설계방법은 설무에서 국지도로 경사의 변화를 고려한 횡방향 빗물받이 유입부의 설계에 사용가능하리라 판단된다.



그림 1. 횡유입부가 없는 경우 국지도로에서 간선도로로 빗물 유입 현황

2. 우수유출량 및 차집유량 계산

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 2와 같다. 기존의 유출계수에 대한 자료들을 바탕으로 도로에서의 유출계수로 0.9를 채택하였다(서울시, 2002).

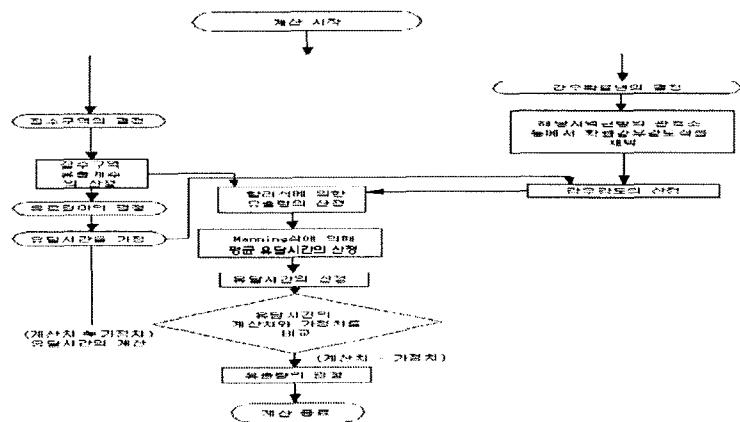


그림 2. 우수유출량의 산정순서

3. 횡유입부의 차집유량 산정

간선도로와 연결되어 있는 급경사 국지도로에 설치되어 있는 횡방향 빗물받이 유입부의 차집효율 분석과 횡유입부의 단위 폭당 차집유량을 결정하기 위하여 도로의 종경사를 2, 4, 6, 8, 10%, 유량은 2~24ℓ/s, 횡방향 빗물받이 유입구의 종방향 길이는 20, 30, 40, 50cm, 형태(TYPE I, II) 등을 변화시키며 총 250회의 실험을 실시하였다. 실험결과로부터 횡방향 빗물받이의 종방향 길이 별 단위 폭(1m)당 차집유량 산정결과는 그림 3과 같다(윤세의, 2007).

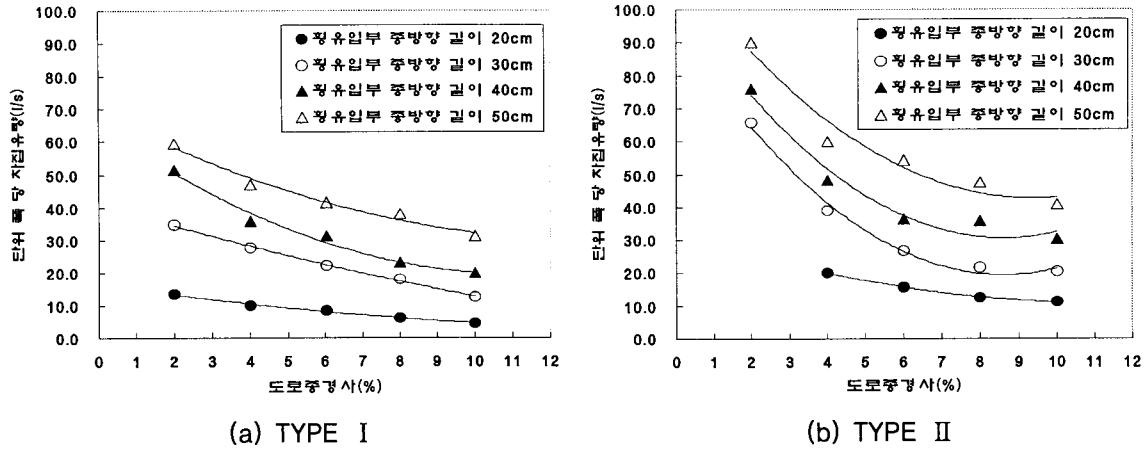


그림 3. 횡유입부의 단위 폭(1m)당 차집유량

4. 횡방향 빗물받이 유입구 설계

국내의 횡방향 빗물받이 유입구의 설치 간격은 도로의 경사 및 첨두 유출량에 관계없이 개략적으로 설치되어 있으므로, 기존의 설계 방법은 비효율적으로 판단된다. 그러므로 본 연구에서 횡방향 빗물받이 유입구의 차집효율 실험에 의하여 산정된 횡방향 빗물받이의 단위 폭(1m)당 차집유량을 고려하여 적정 횡방향 빗물받이 유입구의 설계(예)를 제시하고자 한다.

횡방향 빗물받이 유입구의 설계(예)를 제시하기 위한 설계 조건은 표 1과 같으며, 표 1의 설계 조건은 횡방향 빗물받이의 단위 폭(1m)당 차집유량 실험 시 적용하였던 조건과 동일하게 적용하였다.

표 1. 횡방향 빗물받이 유입구 설계 조건

계산 조건						
도로 폭 (m)	도로연장 (m)	도로종경사 (%)	집수면적 (ha)	유입부길이 (cm)	단위 폭(1m)당 차집유량 (l/sec)	유입부형태
3	400	4.0	4	40	48.4	TYPE II

4.1 횡방향 빗물받이 유입구의 적정 설치 간격 결정

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

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

여기서, C 는 유출계수(0.9)이고, I 는 강우강도(228.7mm/hr), A 는 유역면적(4ha)이다.

도로의 종경사가 4%이고, 횡방향 빗물받이 유입구의 종방향 길이가 40cm이고, 유입구의 형태가 TYPE II 일 때, 그림 3(b)에서 단위 폭당 차집유량은 48.4l/sec이다. 설계조건에 따라서 횡방향

빗물받이 유입구의 실제 차집유량은 $145.2\ell/\text{sec}$ 가 된다. 따라서 합리식을 이용하여 산정된 우수유출량과 횡방향 빗물받이 유입구의 실제 차집유량을 이용하여 설치하여야 하는 횡방향 빗물받이 유입구의 개수를 산정한다.

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

여기서, N_i 는 횡방향 빗물받이 유입구의 개수, Q_u 는 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_s 는 횡방향 빗물받이의 설치 간격이다.

식(1)~(3)을 이용하여 횡방향 빗물받이를 균등 배치하면, 횡방향 빗물받이 한 개가 차집할 수 있는 유역면적과 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 0.25ha 가 되고, 이 유역에서 유출되는 유출량은 합리식에 의하여 $174\ell/\text{sec}$ 가 된다. 그러나 도로의 종경사가 4%이고, 횡방향 빗물받이 유입구의 종방향 길이가 40cm 이고, 유입구의 형태가 TYPE II 일 때, 횡방향 빗물받이 유입구의 실제 차집유량은 $145.2\ell/\text{sec}$ 이므로, 한 유역에서 유출되는 우수유출량이 횡방향 빗물받이 유입구 한 개가 차집할 수 있는 차집유량보다 크므로 설치 간격을 더 줄여야 한다. 위의 방법으로 설치 간격을 1m 씩 줄여가면서 반복계산 한다. 계산 결과 설치 간격이 20m 일 때, 한 유역에서 유출되는 우수유출량을 100% 차집할 수 있다.

또한, 현장조건에 따라서 $40\times50\text{cm}$ 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.

4.2 EXCEL을 이용한 횡방향 빗물받이 유입구 설계

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

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

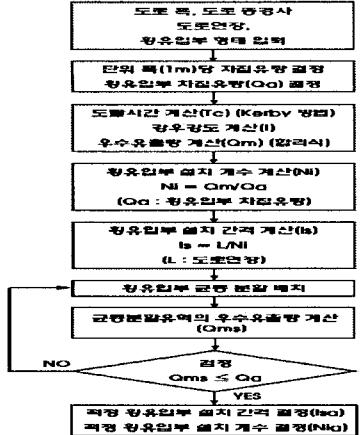


그림 4. 횡유입부 설치간격 계산방법

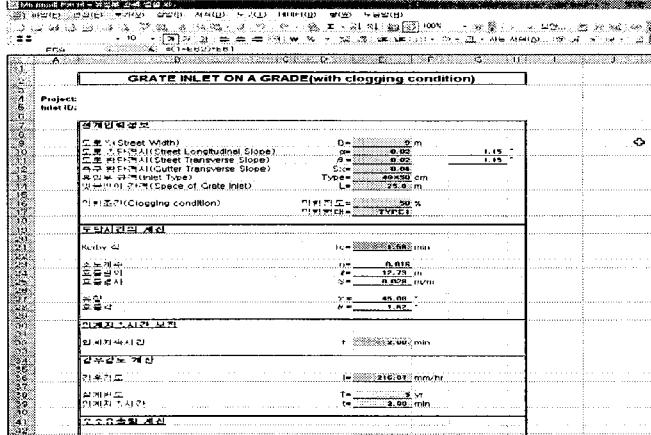


그림 5. Excel을 이용한 방법

5. 결 론

본 연구에서는 합리식을 이용하여 우수유출량을 계산하고, 횡방향 빗물받이 차집효율 실험을 통하여 산정된 횡방향 빗물받이의 종방향 길이별(20, 30, 40, 50cm) 단위 폭(1m)당 차집유량을 이용하여 횡방향 빗물받이 유입부의 설계 방법을 제시하였으며, Excel을 이용하여 간략하게 프로그램화 하였다.

횡방향 빗물받이 유입구의 설계 시, 제시된 설계방법을 이용하여 국지도로로 유입되는 유출수를 100% 차집할 수 있도록 횡방향 빗물받이 유입구의 적정 설치 간격을 결정할 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.

Excel을 이용한 설계방법은 실무에서 국지도로 경사의 변화를 고려한 횡방향 빗물받이 유입부의 설계에 사용 가능하리라 판단된다.

감 사 의 글

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

참 고 문 헌

1. 건설교통부(2003). 도로배수시설 설계 및 유지관리 지침.
2. 윤세의, 이종태, 김정수, 김재권(2007). 급경사 국지도로에서 횡유입부 차집효율 분석에 관한 실험적 연구, 대한토목학회논문집, 제 27권, 제 1B호, pp.37-44.
4. 서울특별시(2002). 상습침수 해소를 위한 하수도시설기준 재검토.
5. 환경부(2005) 하수도시설기준, 한국상하수도협회.
6. Urban Drainage and Flood Control District(2001). Urban Storm Drainage Criteria Manual.