

# 침투형 집수정의 우수유출 저감효과 분석을 위한 실시간 계측

이종국\*, 허정호\*\*, ○박상구\*\*\*

## 1. 서 론

강우에 대한 도시유역의 유출반응은 미개발지역에 대한 유출과는 차이가 많다. 같은 강우에 대해서도 도시유역에서는 도달속도가 빨라져 침투유량은 더 높아지게 되며 유출량도 역시 커지게 된다. 이것은 도시와 미개발지역의 수문학적 차이에 의한 것으로 불투수지역의 비율과 인공적인 배수시설의 존재가 그 주된 이유이다. 최근 들어 도시홍수로 인한 피해가 빈번하자 도시수문학적인 문제점들을 유출량의 합리적인 조절을 통하여 피해를 경감하려는 여러 가지 방법을 모색하게 되었다. 그 중에서 가장 활발하게 도입되고 있는 시설이 우수유출억제시설이다(심재현, 1999).

우수유출억제수단은 크게 두 가지로 볼 수 있는데 근본적으로 우량을 직접 조절하는 방법과 일단 유출로 전환된 우수유출량을 줄이거나 시간적인 배분을 달리 하여 우수유출의 집중을 피하는 방법이다. 우량을 직접적으로 조절하려는 노력은 아직 실험단계의 수준을 벗어나지 못하고 있으나, 유출량의 저감이나 지체를 유도하는 우수유출억제시설은 외국의 경우 빠른 속도로 활성화되고 있다(Sabourin & Associates, 1999).

이러한 우수유출 저감시설 가운데서도 우수유출을 줄이면서 동시에 귀중한 지하수 자원을 확보할 수 있는 다목적 기능의 시설로 침투방법이 이용되고 있다. 침투형 우수유출저감시설의 특징은 일정부분의 유출량을 침투기능을 갖는 수리학적 구조물을 통하여 지하로 함양시키는 방법이다. 따라서 시설의 설치에 침투되는 양과 질의 문제를 동시에 살펴야 하며 침투되는 양과 질은 현장 여건에 절대적으로 좌우되기 때문에 현장의 상태를 있는 그대로 측정할 수 있는 현장계측의 도입이 절실하다.

또한 최근의 도시유역의 강우사상은 단속적이고 집중적인 성향을 지니고 있으므로 지금과 같은 인력에 의한 계측으로는 그 한계성을 드러낼 수 밖에 없다. 따라서 현장계측의 방법도 언제나 측정이 가능하고 원격지에서 모든 상황을 감시·자동제어 할 수 있는 실시간 현장계측이어야 그 효과를 바르게 측정할 수 있다. 결과적으로 실시간 현장계측은 자연스럽게 계측되는 강우-유출량의 관계를 실시간으로 살펴 볼 수 있기 때문에 측정되는 자료의 품질관리문제 또한 해결할 수 있다.

---

\* (주)데이타피씨에스 대표

\*\* (주)데이타피씨에스 과장

\*\*\* (주)데이타피씨에스

본 논문의 목적은 최근 국내에서 시행되고 있는 우수유출 저감시설의 대표적인 응용방법으로 대두되고 있는 침투형 집수정의 효과를 정량적으로 파악하기 위한 효과적인 실시간 현장계측의 방법을 제시하기 위함이다. 아울러 앞으로 이러한 실시간 현장계측의 방법을 이용하여 불투수유역 비가 매우 높은 도시화 유역에서 침단의 통신방식을 이용하여 시간과 위치에 관계없이 동시에 다수의 점에서 실시간 현장계측이 가능한 시스템을 제안하여 향후 도시홍수방재시스템으로 전환될 수 있는 새로운 방법을 제안하고자 한다.

## 2. 침투형 집수정의 우수저감 효과

심각한 도시홍수문제의 피해가 국내에서 빠르게 증가하고 있는 실정이다. 예를 들면, 1999년 의정부지역의 난개발로 인한 서울 중랑천의 범람위기는 도시화로 인한 홍수피해로 평가되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 선진국에서는 이미 70~80년대부터 홍수 등의 재해예방과 하천의 건전화 방지를 위하여 공공시설은 물론 주택이나 아파트 같은 사유시설까지도 우수유출 저감시설을 법적으로 제도화하고 있는 실정이다. 우수유출 저감시설은 우수가 지표면을 흐르거나 배수시설로 흐를 때 지하로 스며들게하는 침투형 시설과 우수를 일시적으로 한 곳에 저장하고 있다가 홍수가 지난 후 방류하는 저류형 시설로 구분할 수 있다. 침투형 시설은 공원이나 녹지 등을 이용하여 침투율을 증가시키는 방법과 도로나 주차장 같은 불투수면을 투수성이 높은 재료를 이용하여 침투가 가능하도록 하는 방법이다. 또한 빗물이 수로로 흘릴 경우 지하로 스며들도록 유도하는 시설에는 침투 트렌치, 침투통, 침투측구 등이 있다. 저류형 시설은 우수를 소규모 단위로 처리하는 지역 내 저류형(on-site)과 유역 내 분할된 일정 소유역의 출구나 유역출구에 우수지, 저류지 등을 설치하여 유출수를 저장하는 지역 외 저류형이 있다(방기성, 1999). 한편 도시화 진전이 급속하여 적합한 우수유출 저감시설을 설치할 수 없는 국내의 현실을 고려할 때 신설도로변의 측구에 침투집수정을 설치하여 우수유출의 저감효과와 지하수 함양의 목적을 동시에 성취하고자 행자부 방재연구소를 중심으로 활발한 도입이 추진되고 있다(심재현, 1999).

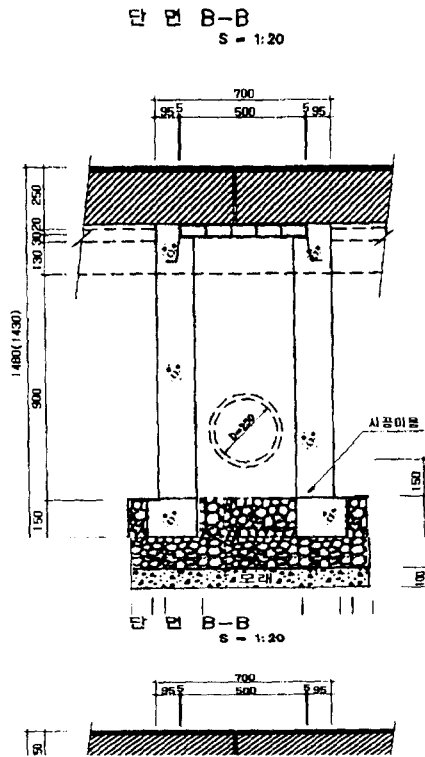
침투집수정의 효과를 분석하기 위해서 방재연구소는 1999년에 청주의 신설도로변에 침투집수정을 설치하여 이미 그 효과를 입증한 사례가 있다(방재연구소 보고서, 1999, 여 등, 1999). 이러한 침투집수정의 효과가 신설도로에 본격적으로 설치될 경우 전체적으로 달성할 수 있는 우수유출 저감률이 전체유출량의 10~15%에 이르고 침투된 양은 지하수의 직접적 함양이라는 긍정적인 효과까지 거두고 있다. 이러한 결과에 고무되어 방재연구소에서는 1999년도에 선정된 4개시범지역에서의 침투집수정 설치운영과 더불어 2000년에는 종합적인 강우유출-저감시설의 효과를 분석하기 위하여 시범지역을 선정하고 본격적인 연구를 진행하고 있다.

## 3. 우수유출 저감효과의 측정방법

앞서 언급 했듯이 침투집수정을 이용한 우수유출 저감효과의 측정을 위해서는 실시간 현장계측

이 중요하다. 따라서 이러한 실시간 현장계측의 목적을 우선적으로 달성하여야 하며 동시에 실시간계측은 도로변에 위치하여 운영되어야 함으로 측정이 자동화되어 무인원격으로 운영될 수 있는 제반성능을 갖추어야 한다. 일반적으로 침투집수정의 효과를 계측하기 위한 방법은 다음과 같다.

침투집수정의 효과는 동일조건의 유입량 조건을 갖춘 2개의 집수정에 한쪽은 저면에 침투시설을 <그림 1> 과 같이 설치하고 동시에 유입량에 대한 유출량의 변화를 계측한다. 유출량의 변화는 두 집수정의 저면의 수위변화를 측정하기 위한 압력식 수위계를 이용하여 측정한다.

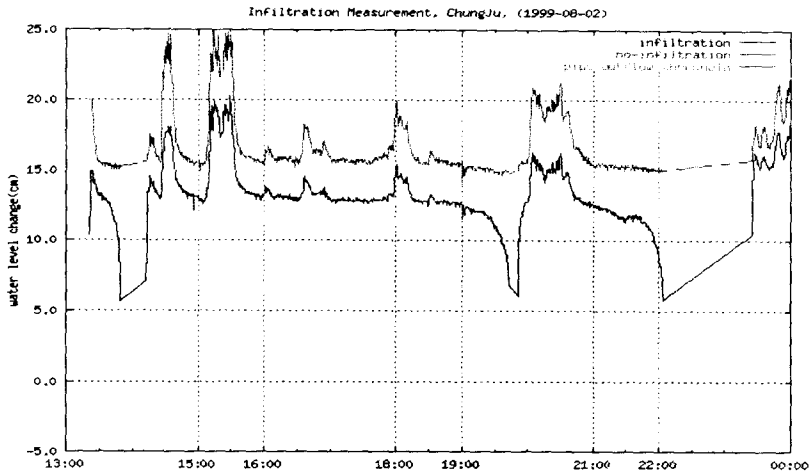


<그림 1> 침투집수정(침투통)의 단면도

따라서 강우강도에 따른 우수유출량의 변화는 일반집수정에서 계측한 수위의 변화로 측정할 수 있고, 침투집수정에서의 수위변화는 침투량의 변화를 뺀 순 유출량이라고 할 수 있다. <그림 2>는 1999년 8월2일 홍수기간에 청주 시범지역에서 계측된 내용으로서 이와 같은 내용을 잘 보여주고 있다.

앞에서와 같은 측정방식은 침투량의 변화를 간접적인 방법으로 계측하는 것이나 보다 직접적인 침투량을 측정하기 위해서는 강우량과 간극수압의 변화를 동시에 계측하여야 보다 신뢰성 있는 침투량의 변화를 감지할 수 있을 것이다. 또한 지역적 편중이 심한 강우패턴을 유출량의 변화와 직접적으로 상관 짓기 위해서는 현장에서 강우량을 동시에 측정해야할 필요성이 있다. 도시유

출의 특색은 침투도달시간이 짧고 침투유량이 크게 형성되므로 현장에서 강우량 측정이 절실하며 강우의 측정빈도도 조밀하게 하여 강우에 따른 유출량의 변화를 실제적으로 파악할 수 있어야 한다. <그림 2>는 이와 같은 필요를 잘 보여 주고 있으며 방재연구소 1999년도 보고서에서는 5분강우 지속시간이 쓰인 예가 있다(방재연구소, 1999).



<그림 2> 일반집수정과 침투집수정의 수위(1999년 8월 2일)

침투집수정을 통하여 측정되는 침투량은 간접적인 비교에 의해서 얻어지지만 자중의 침투량의 변화를 침투의 좀 더 실시간으로 파악하여 위해서는 일반적으로 연약지반 계측시 사용되는 간극수압의 변화를 측정할 필요가 있다. 간극수압은 지하수위보다 높은 지중에 침투시설의 최저면보단 깊게 설치하고 지하수위 보다는 적어도 3m 상단에 설치되어 수압의 변화를 보는 것이 바람직하다(U.S. EPA 보고서, 1998).

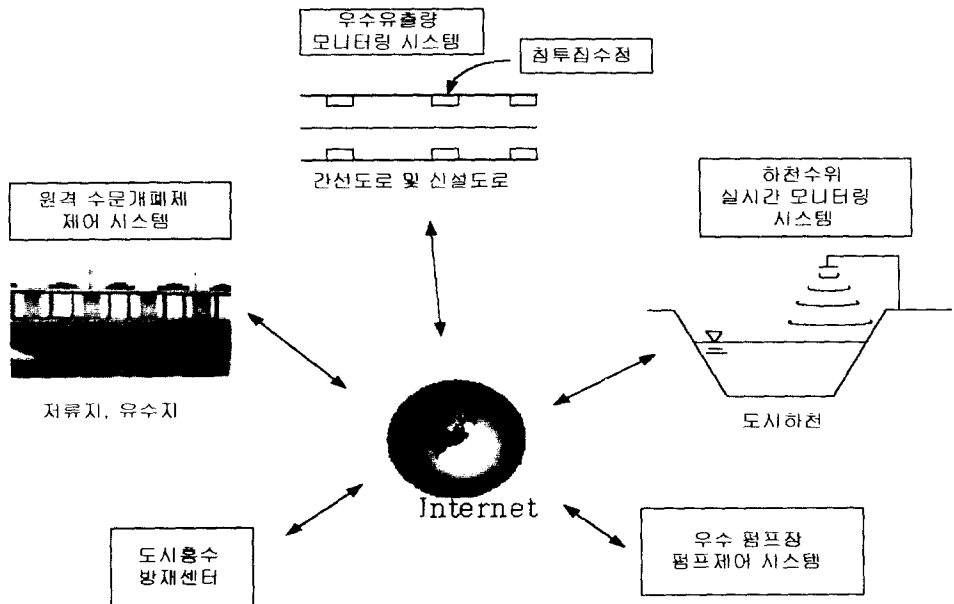
여기서 제시된 우수유출의 저감효과를 측정하기 위한 물리량으로 수위, 간극수압 그리고 강우량이 선정되었고 수위측정과 간극수압 측정용으로는 2개의 압력식 수위계와 강우센서로는 전도형 우량계가 쓰인다. 실시간 기록을 위해서는 원격지의 요구에 실시간으로 응답하면서 압력식 수위계, 전도형 우량계의 값을 자동으로 기록할 수 있는 실시간 계측기가 필요하다. 따라서 계측기를 선정할 때에는 위와 같은 기능을 갖춘 계측기의 선택이 바람직하며 열악한 현장에서 원활한 통신을 위해서는 낙뢰 등의 피해가 없는 PCS무선데이터 통신이 바람직할 것이다.

#### 4. 우수유출 저감시설의 계측을 포함하는 도시홍수 방재시스템의 제안

근래 들어 빈번히 발생한 경기북부와 한강유역의 홍수는 신도시의 개발로 인한 도시유출증가의

영향이 하류지역의 홍수피해를 어떻게 증대시켰는지를 잘 보여주고 있다. 특히 의정부 지역의 불투수 면적의 증가는 중랑천의 빈번한 범람위기를 가져오고 있으며, 조만간 이와 같은 일은 탄천상류의 수지·용인지역의 난개발로 인하여 똑같은 현상이 탄천하류에서 진행될 것이라는 사실에는 의심의 여지가 없다. 따라서 이와 같은 도시홍수의 피해를 경감할 수 있는 우수유출 저감시설의 확충과 관련한 구체적인 방법이 하루속히 제시되어야 한다.

이러한 구체적인 방법의 일환으로 필자는 다음과 같은 도시유출 모니터링의 방법 및 방재기능을 제안하고자 한다. 도시홍수의 증가로 인한 근본문제중의 하나는 방재적 측면에서 도시홍수의 양상이 실시간으로 파악되지 않고 있다는 것이다. 현재까지 홍수조절에 관한 정보는 대하천을 중심으로 구성되어 있으며 도시화의 영향으로 인한 도시홍수에 대한 실시간 상황파악의 기능은 마련되지 않고 있는 실정이다. 따라서 홍수피해도 난개발이 진행되고 있는 지역에 빈번히 발생하고 있으며, 정량적 파악이 불가능함으로 적절한 대책을 강구할 수도 없다. 이러한 실시간 도시홍수의 상황파악을 위하여 본 논문에서 제시한 우수유출의 저감효과를 측정하는 시설을 전체 개발지역에 설치하여 모니터링을 수행한다면 저렴한 비용과 효과적인 방법으로 도시홍수의 실시간 파악뿐만 아니라 도시화로 인한 영향을 정량적인 판단 또한 가능하며 누적된 자료는 향후 미개발지역의 개발시 아주 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이다. 뿐만 아니라 이러한 실시간 계측시스템은 인터넷과 무선데이터 통신이라는 기존의 시스템을 이용하여 매우 쉽고 저렴하게 도시홍수 방재센터를 설립할 수 있고 이 기구에서는 실시간으로 유역내의 우수지의 수문조작, 펌프장 가동 등 종합적인 도시홍수예방대책으로 전환될 수 있다. <그림 3>은 이와 같은 개념을 그림으로 나타낸 것이다.



<그림 3> PCS 인터넷 무선망을 이용한 도시홍수 방재망 개념도

## 5. 결론

도시홍수피해를 경감하는 방안의 하나로 제시된 침투형 집수정의 저감효과를 정량적으로 계측하기 위한 실시간 현장계측방법과 구체적인 예가 제시되었다. 아울러 전반적인 도시홍수 모니터링 시스템의 구축과 이에 근거한 도시홍수 방재시스템에 대한 방법도 제시되었다. 도시홍수의 특색은 앞서 언급하였듯이 빈번하게 일어나고 있는 이상강우 현상이나 집중호우 그리고 도시개발로 인한 불투수 면적의 증가에 의한 것이므로 그 양상을 이론적으로나 수치모델을 이용하여 파악하기에는 어려움이 많다. 따라서 이러한 도시홍수의 양상을 쉽게 파악할 수 있는 도시형 모니터링 시설은 기왕의 집수정과 신설도로의 침투집수정에 설치하여 평상시 우수유출저감의 효과를 정량적으로 파악하고 홍수시 홍수양상의 파악에 적극적으로 활용한다면 경제적이고 손쉬운 방법으로 도시홍수 방재시스템을 구축할 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- 방기성, 1999, 중앙정부의 우수유출 저감시설의 도입방안, 수자원학회지 VOL.32 NO.4 pp 26~32
- 심재현, 1999, 우수유출억제시설 설치에 의한 재해경감효과, 방재연구, 제1권, 제1호, pp 33~41
- 이종국, 1999, 우수유출 저감시설을 통한 치수방재효과의 실시간 측정기법, 수자원학회지 VOL.32 NO.4 pp 32~43
- 여운광, 이종국, 심재현, 김종수, 1999, 도시우수유출 저감을 위한 침투형 맨홀의 효과분석, 대한토목학회 논문집, 심사완료
- 행정자치부 국립방재연구소, 1999, 우수유출 억제효과의 정량화를 위한 현장계측 및 분석
- Sabourin & Associates Inc., Evaluation of roadside ditches and other related stormwater management practices, Internet document, <http://www.ifsa.com/html/mtrca.htm>
- U.S EPA, 1998, Guidance on Storm Water Drainage Wells, Internet document, <http://www.epa.gov/r5water/storm/toc.htm>