

서울특별시 호우유출 저감시설 시험사업

조원철 (연세대학교 공과대학 사회환경·건축공학부 교수)

1. 도시지역의 호우유출 특성과 호우 관리

도시지역에서의 호우는 도시의 열섬효과와 대기오염물질 증가 등에 의해서 국지성이 강한 강우강도의 증가를 분명하게 보이고 있다. 또한, 도시화에 따른 불투수면의 증가와 더불어 지표면과 관거(수로)의 정비로 유출특성의 변화를 분명하게 보인다. 특히, 지류관거의 개량과 재개발로 인해서 침투유량이 지류관거로부터 합류점으로서의 동시도달이 보다 빈번히 발생하게 되며, 전반적으로 홍수도달(유집/유하)시간의 단축, 침투유량 발생시간의 단축, 침투유량의 증가, 총유출량의 증가, 침투량의 감소에 따른 지하수 함량의 감소, 지표유출수와 지하유출수의 수질악화 등의 문제가 발생하고 있다.

도시화는 하천의 자연평형상태를 전복시키며 건설현장의 침식은 국지적인 유사량을 증가시킬 수 있다. 불투수층의 증가와 수리학적 통수능의 증대는 지역적으로(가끔은 매우 크게) 침투유출량의 증가를 가져오며 하천에 대한 영향은 유역의 도시화 비율에 따라 증가한다. 유량과 유사량의 증가는 도시배수 체계의 적절히 설계된 요소들, 예를 들어 지체유역과 건설 중 현장침식제어 수단들에 의하여 감소될 수 있다. 만일 증가량이 감소되지 않는다면, 자연하천은 증가된 부하량을 수용하기 위하여 제방이나 하상침식을 통한 수로확장을 하게 된다. 따라서, 추가적인 유사량을 발생시키게 된다.

전체 호우제어 체계는 표면유출경로, 도랑, 수로, 개울, 지체저류, 홍수터, 대규모 하류부 저류/처리시설, 자연저류 지역 등과 같은 매우 다양한 물리적인

요소들로 구성된다.

도시 호우 관리의 시작은 우수 유입구와 관거의 관리(정비)에서 부터이다. 상류부(골목길)에서의 빠른 배출이 중류부와 하류부에서의 범람을 유발할 수 있다. 상류부의 관거 정비시 통수능을 무조건 증가시켜 빨리 배출시키는 것이 능사는 아니다.

단일하수관거 설계 개념으로 구성된 각종 설계지침들에 대한, 현실적 필요성과 기술적 진보에 맞추어 대폭적인 수정이 요구되며, 하천종합 계획에서 강조되는 “자연과 함께하는 설계(自然親和的 設計 : designing with nature)” 개념이 널리 인식되어 실행화 되는 추세에 따른 자연 배수로의 보전과 개선에 관한 개념의 강조, 친자연적 하천계획/설계의 개념은 하천이용자의 관점이 아니라 하천생태계 자체의 관점에 기초해야 할 것이다.

도시유출수를 받는 水體(하천수, 만 또는 연안수)에 대한 수질상의 영향(역효과)에 대한 평가와 그 영향의 경감이 갖는 중요성이 증대되고 있는 점과 수질기준의 강화가 호우 제어의 중요한 요소가 되고 있는 점을 반드시 고려해야 할 것이다.

호우 유출의 제어를 위한 방안으로, 총량적 제어를 위해서는 침투시설(작은 연못, 침투통 등)을 학교, 공원, 도로, 운동장 등에 설치할 수 있겠으며 시간적 제어, 즉 침투유량의 제어를 위해서는 건축법과 소방법 등을 개정하여 개인주택은 물론 공동주택단지(특히 재개발단지)에 내린 강우량을 2~3시간 동안 저류하였다가 방류하던지 사용할 수 있도록 하는 저류시설과 기존의 소방용 저류조를 활용하는 방안을 시도할 수 있겠다.

현행의 표준 개념 기준 설계, 즉 재현기간(발생 빈도) 기준의 설계 규모 기준을 위험도 개념 기준 설계로 개선해야 할 것이다.

방재적인 면에서 볼 때, 도시화로 인한 호우 유출 양상을 개발 이전의 상태로 유지함으로써 균형적인 수문순환 형태를 유지하여 홍수방어 기능과 환경보전 기능을 가지는 호우 유출 저감시설물의 설치가 요구된다.

2. 서울시의 호우유출 저감시설 시험사업

본 시험사업은 서울 시정개발 연구원에서 '98 기본연구과제로 시행한 「우수유출 저감시설기준에 관한 연구」에 따라 호우유출 저감시설을 운동장 및 공원 등에 시범 설치하여 저감효과 및 타당성을 연구·검토하며, 대규모 개발사업과 공공 도시 계획사업 등에 저변 확대 실시할 수 있도록 연구하는 것이다.

도시화에 수반하는 개발행위로 인하여 홍수피해가 급증하고 있는 추세에 대응하여 서울시는 하천정비, 하수관거 및 우수지 증설 등으로 치수대책을 지속적으로 마련하고 있으나, 1998년 8월에 발생한 집중호우와 같은 극한현상에 대해서는 그 한계를 분명하게 나타내고 있다. 따라서 호우발생지역에서 우수를 처리하여 유출량을 저감하는 적극적인 대책을 강구하게 되었다. 이러한 대책을 효과적으로 시행하기 위한 본 과업의 주요 사업내용은 다음과 같다.

(1) 호우유출 저감시설 기준(설정 및 적용)연구의 내용 검토 및 보완

- ① 호우유출 저감시설기준(안), 관련법 개정(안), 조례 제정(안), 서울시 침수현황과 대책 내용에 대하여 검토.
- ② 시범 설치하여 획득된 자료를 분석하여 1) 항에서 검토된 사항의 문제점 및 개선방안을 도출.
- ③ 호우 유출 저감 사업을 활성화시키고 각종 도시 계획 사업과 지역개발 사업 등 공공 사업 및 민간 사업에 호우유출 저감시설의 설치를 의무화할 수 있는 관계법 개(안), 조례 제정(안), 호우

유출 저감시설기준(안) 등을 마련.

(2) 시범지구의 호우유출 억제 및 저감의 효율성 분석 검토

- ① 호우유출 저감시설 설치 후 현장 실험과 정성 및 정량적 (수리·수문)으로 분석하여 호우유출 억제 및 저감의 효율성을 분석·검토.
 - 현장 실험은 투수율 시험과 적정 유지관리 시스템 실험 등을 실시하며, 상세한 내용은 시범사업 계획서에 따름.
 - 시범구역의 침투홍수량과 도달시간의 변화에 대한 수문학적 분석을 실시.
- ② 인접한 하천 및 하수관거에 미치는 영향을 분석.

(3) 기존시설 및 개발지에 따른 호우유출 저감방안 검토

- ① 시범 설치사업에서 얻은 결과와 외국사례를 토대로 하여 기존 도시시설인 운동장, 공원, 주차장, 도로 등으로 인한 홍수유출량과 침투유출량 저감방안에 적합한 저감시설 설치기준을 마련.
- ② 이를 더욱 확장하여 서울시 및 각 자치구에서 관장하는 소규모 건설공사, 건축물 및 공공시설물 등을 대상으로 쉽게 적용할 수 있는 유출저감 시설 모형을 제시.

(4) 시설물의 유지관리 및 확대실시 방안 강구

- ① 시범 지구에 설치한 호우유출 저감시설을 효율적으로 운영·유지·관리.
- ② 향후 확대 실시될 시설물에 대한 효율적 유지·관리 방안을 강구.

(5) 외국의 호우 유출량 저감방안 사례조사

- ① 전체 호우 유출량을 경감하고 침투홍수량을 완화시킬 수 있는 여러 가지 시설을 외국의 설치사례를 중심으로 조사.
- ② 호우 유출수에 포함된 여러 가지 오염물질을 제거하는 시설물과 관련 시설물들의 운영방법과 특성에 대하여 조사.

- ③ 호우 유출시에 야기되는 토사문제를 처리하기 위한 선진 외국의 관련시설 사례를 조사하여 운영상의 효과와 문제점 등에 대해 조사함으로써 향후 국내에 관련시설의 적용시 참고자료로 활용.
- ④ 외국과 국내의 호우유출량 저감시설의 관계법령 현황을 조사하고, 단지 개발시 호우유출 시설의 의무화를 위한 관련제도를 조사.

3. 호우 유출 저감 시설

3.1 호우 유출 저감 시설의 구분

일반적으로 호우 유출량 저감 시설은 도시구역에서 유출되는 우수를 일정시설에 일시적으로 저장하였다가 홍수가 지난 후 방류하는 저류형 시설과 우수가 지표면을 흐르거나 배수로로 흐를 때 지하로 스며들게 하는 침투형 시설로 크게 분류할 수 있다.

저류형 시설은 다시, 빗물이 떨어지는 지점에서 소규모 단위로 처리하는 지역내 저류(on-site)와 유역내 분할된 일정 소유역의 출구나 유역 출구에 우수지, 저류지 등을 설치하여 유출수를 저장하는 지역의 저류(off-site)로 다시 세분된다. 지역내 저류 시설로는 공원, 학교 운동장, 광장과 같은 공공시설에 저류 시설을 설치하는 경우와 공동주택의 경우, 동과 동 사이, 주차장 등에 저류형 시설을 설치할 수 있으며, 단독주택의 경우에도 지상화단이나 우수관거로 유입되기 이전에 소규모 저류효과를 나타낼 수 있는 시설들로 각각 구분할 수 있다. 또한, 이런 시설물들은 빗물이 흐르거나 저장 시에 지하로의 침투도 함께 유도하여 저류와 침투

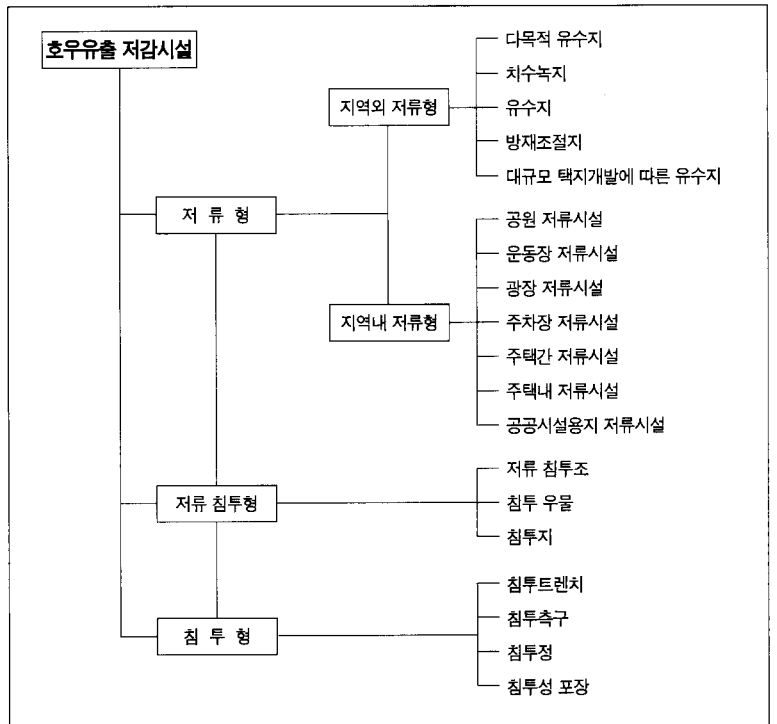
를 복합적으로 유도하는 방향으로 발전되고 있다.

미국이나 유럽과 같이 땅이 넓은 지역에서는 우수지, 저류지와 같은 지역의 저류시설이 많이 발달되어 있으며, 일본의 경우에는 지역의 저류시설도 함께 활용하지만 단지의 토지가 고가이므로 침투형 시설물과 지역내 저류시설을 최대한 활용하고 있다.

침투형 시설물은 기존의 침투가능 지역 즉, 집앞의 뜰, 공원, 녹지 등을 이용하여 침투율을 증진시키는 방법과 보도, 주차장 등 기존의 불투수면을 지속적인 침투를 보장하기 위한 구조개선과 표면을 투수성 재료로 포장하여 침투가 가능토록 하는 방법들이 있다. 또한, 우수관거로 유입된 빗물이 수로를 따라 흐를 때, 지하로 침투가 최대로 발생할 수 있도록 유도하는 침투 트렌치, 침투측구, 침투통 등의 시설물이 있다. 이를 정리하면 표 1.과 같다.

앞에서 언급한 호우 유출량 저감 시설을 개발하여 활용하고 있는 나라마다 지역적, 사회적 차이로 인해 약간의 차이가 있다. 미국이나 유럽은 저류형 시설에

표 1. 호우유출 저감시설의 분류



해당하는 유수지, 저류지를 홍수량 조절을 위해 많이 활용하고 있으며, 유수지에 저장된 빗물도 저수지 바닥과 저수지 제방벽을 통해 최대한 지하로 침투를 유도하고 있다. 또한, 도시유역의 초기 호우 유출수에서 문제가 되는 여러 가지 오염물질을 제거하기 위하여 유수지와 저류지내에 수생식물을 식생시켜 수질문제를 해결하고 있다.

일본의 경우는 미국이나 유럽에서 유수지나 저류지의 기능을 담당하는 시설을 방재 조절지 혹은 방재 조정지라는 이름으로 부르고 있으며, 수질개선 뿐만 아니라 도시 유역과 물과 트인 공간을 갖고 있는 이런 시설물을 생물이 서식할 수 있는 공간으로 개발하여 시민들의 휴식공간으로 활용하고 있다.

3.2 호우 유출 저감 시설의 기대 효과

호우 유출 저감 시설을 통하여 얻을 수 있는 기대 효과는 다음과 같다.

가) 지하수의 함량과 수자원의 확보

호우 유출 저감 시설을 설치함으로써 지표면의 우수를 지하로 침투시킬 수 있기 때문에 지하수의 함량이 높아지며, 따라서 수자원을 확보할 수 있다. 아울러 전체 유출총량면에서 감소효과를 기대할 수 있으며, 침투홍수량 측면에서도 설치전과 비교하여 발생시각이 지체되고 그 양이 감소됨으로 인하여 홍수시 도시유역에서의 피해 경감을 기대할 수 있다.

나) 침수지역의 해소 및 하천의 혼탁방지

상습적으로 침수되는 지역에 대하여 호우 유출 저감 시설을 설치하여 우수를 침투, 저류시킬 수 있기 때문에 침수 지역에 대한 대책으로 활용될 수 있다. 한편, 지하수의 함량이 높아짐으로써 오염물의 농도가 낮아짐으로 인하여 하류부 하천으로 유입시 기존의 불투수면에 의한 유출에 비해 하천의 혼탁을 방지할 수 있다.

다) 평상시의 하천 유량의 감소방지 및 혼탁방지
갈수시에도 지하침투 시설 및 저류 시설을 이용하

여 하류부 하천으로 우수를 계속적으로 공급할 수 있음으로 인하여 평상시 뿐만 아니라 갈수시에도 하천 유량을 충분히 확보할 수 있을 뿐만 아니라, 유출량이 확보됨으로 인하여 오염 방지에도 유리하다.

라) 지반침하의 방지

설계시 침투시설 및 저류시설을 설치하여 이를 통한 우수 배수량을 확보함으로써 지하 수위의 저하로 인한 지반 침하를 미연에 방지할 수 있다.

마) 식생고갈 방지

갈수시에도 지하수를 확보함으로써 지하수의 고갈로 인한 식생의 고갈을 방지할 수 있다.

바) 바닷물의 역침투에 의한 염수화 방지

바다에 인접한 유역의 경우 지하수가 고갈되면 인접한 바다로부터의 해수유입이 진행되며, 따라서 염수화 현상이 발생한다. 호우 유출 저감 시설을 설치함으로써 일정량의 지하수위가 확보되며, 따라서 바닷물의 역침투에 의한 염수화를 방지할 수 있다.

사) 용지, 부지내의 수처리 시설 규모의 확대 방지

호우 유출 저감 시설을 설치함으로써 유역이 침수되는 것을 사전에 방지할 수 있으며 저류시설을 이용하여 사용가능한 물을 확보함으로써 용지, 부지 내에 별도의 수처리시설을 만들지 않고도 수공급을 원활하게 할 수 있다.

4. 호우 유출 저감 시설의 기능

4.1 호우 저류 시설

호우 저류형 시설은 저류나 침투 등에 의한 유출량의 조절 방법에 따른 기술적 분류와 설치 위치에 따른 입지적 분류가 있다.

기술적 분류는 유입된 빗물을 지하로 침투시키는 것을 주목적으로 하는 함량지가 있고, 모아진 빗물을 저류하여 채워지면 다음 단계의 저류지로 유통시키며

저장된 빗물만 방류구를 통해 서서히 하류로 방류하는 우수지가 있다. 그리고, 유입되는 빗물을 저장하여 하류로 천천히 방류하는 저류지가 있는데 저류지는 다른 저류형 시설과 연계되지 않는다는 것이 우수지와와의 차이라 할 수 있다. 또한 이런 우수지와 저류지는 저수지 바닥과 저수지 제방을 통해 침투를 유도하므로 통상 함양지의 기능도 함께 가지고 있다.

호우저류시설을 입지적으로 분류하면 통상 유역의 말단부에 설치되어 유역으로부터 유입된 우수를 조절할 목적으로 설치된 지역외(우수지/펌프장/방재조절지)저류와 도시유역 내에 내린 강우가 우수관거, 우수지 및 하천으로 유입하기 전에 물을 일시적으로 저류시켜 유출을 억제하는 지역내 저류시설로 분류한다.

1) 기술적 분류

그림 1.은 빗물이 유입되어 처리되는 관점에 의해 저류방식의 분류를 나타내고 있다. 실제의 저류능력은 기술적인 형상의 함수가 아니라 유역의 침투능 및 침투정도, 토양종류 및 기존 지하수위와 같은 기능적

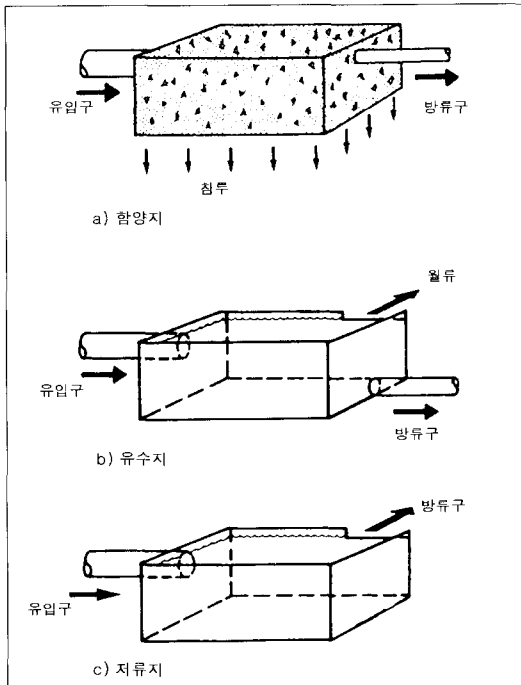


그림 1. 저류방식에 따른 분류

인 면과 밀접한 관계가 있다. 기능적인 측면에서 아래와 같이 세 가지 형태의 유형으로 분류할 수 있다.

- ① 함양지(Recharge basins) : 함양지는 지표밑으로 침투를 활성화시키는 시설로서 저류공간은 자연 지표면이나 지하에 설치되는데, 지하에 설치될 경우, 인공으로 만든 거친 자갈이나 쇄석 등을 넣어 침투를 효율적으로 촉진시킬 수 있도록 다공성 매질로 구성된다.
- ② 우수지(Detention basins) : 우수지는 일시적으로 호우유출수를 저류하고, 이를 조절하여 첨두홍수량을 경감하며, 첨두홍수량 발생후에 하류로 방류한다. 경제적인 이유로 인해 우수지 규모를 최대 홍수사상으로 설계하지 않는다. 하수관거의 설계의 경우에는, 일반적으로 유역에 과부하가 걸리는 재현기간에 대하여 정의한다.
- ③ 저류지(Retention basins) : 저류지는 기본적으로 전통적인 침사지와 비슷한 기능을 한다. 강우시 유역은 추가적인 유출을 받게되고, 일시적으로 이를 저류하며, 조절된 양으로 이를 방류한다. 함양지와 우수지 시설과 비교해 볼 때, 저류지는 바닥에 방류구가 없다. 부가적인 목적 중의 하나는 부유사와 호우유출시 관련된 오염물을 분리하는 것이다.

2) 입지적 위치에 의한 분류

호우 저류형 시설물의 설치 위치에 따라 지역의 저류, 지역내 저류로 분류할 수 있다.

가) 지역외 저류시설

① 전용조절지

지역외 저류는 유출하는 우수를 임의 유역 출구지점에 집수·저류·억제하기 위하여 설치되는 시설물로서 다목적 우수지, 치수 녹지 및 방재 조절지 등을 들 수 있으며, 이러한 저류시설은 호우유출량을 일괄적으로 처리하기 때문에 저류 가능량이 많아지고, 배수과정에서 기술적으로 신뢰성이나 안전도가 높은 유출 억제방법이라 할 수 있다.

② 겸용 조절지

투가 일어나는데, 대부분은 옆으로, 나머지는 아랫방향으로 침투가 된다. 계속하여 유입되는 빗물이 증가하여 이 모든 시설이 채워지면 기존의 우배수관거로 유입되어 하류로 흘러간다. 다시말해, 이러한 지하침투 공법은 빗물을 지표 또는 지표부근의 흠속으로 분산, 침투시켜서 유역 밖으로의 호우 유출을 최소한으로 제어하는 기법으로 지하수 함량을 촉진하여 지하생태계에도 좋은 효과가 있어 환경을 고려한 기법이라 할 수 있다. 그림 2.에서는 침투통, 침투 트렌치, U자 침투구와 우수 관거와의 관계를 보여 주고 있으며, 그림 3.에서는 침투통과 지하 침투 트렌치, 침투 우수관거의 설치 형태에 대하여 나타내고 있다.

2) 침투시설의 설계시 고려 사항

침투시설의 설치 가능성을 검토하기 위해 계획지의 지형, 지질 및 토양의 기초조사 자료를 수집하여야 한다. 기초 조사가 이루어진 후 배치 계획을 세우고 시설의 설치유형을 선택하도록 한다.

가) 침투 시설의 배치 계획

침투 시설의 설치하는 시설이 갖는 침투 기능 뿐만 아니라 저류 기능도 함께 갖도록 이용형태 및 지반의 침투 능력에 따라 유기적으로 각종 침투 능력을 조합시

키고 있다.

나) 침투 시설의 설치형태 선택

침투 처리 시설의 우수 처리 능력은 개발유역의 침투능력에 의해 크게 좌우되고 부가적으로 설치방법에 의해서도 유출 억제 효과를 보다 높일 수가 있다.

최근에 들어서는 저류시설, 침투시설 각각에 대한 유출억제 효과보다는 이러한 시설을 조합시켜 보다 많은 우수량의 유출을 억제하고 있다. 표 2.는 유출억제시설의 설치형태를 나타내고 있다.

표 2. 이외에도 침투시설 설치형태로는 침투포장을 들 수 있다. 침투 시설의 설계시 투수성 포장에는 토사의 유출 방지를 방지할 수 있도록 설계하는 것이 필요하다. 투수성 포장의 포장 두께는 통과 교통량(운하중)에 의해서 결정하는 것을 원칙으로 하지만 유출율의 저감이 유역 개발에 크게 영향을 미치는 경우에는 유출 억제 효과면에서 포장 두께를 결정할 수도 있다.

3) 침투법

침투법은 지표의 불포화층의 얇은 위치에서 우수를 침투·확산시켜 지표면 유출을 억제하거나 저류에 의하여 유출시간을 지연시키고자 하는 방법으로 침투측구, 침투통, 투수성 포장 및 침투 트렌치로 세분된다.

표 2. 호우유출억제시설의 설치형태

형태	설치방법	비 고	총저류량의 고려방법
I	침투시설 단독	각 집수구역마다 침투시설을 설치하고, 침투 시설로부터의 유출수를 하수관거에 의해 접수 구역외로 방출한다.	침투시설내의 저류량
II	침투시설 단독	하수관거로부터 공원내 등에 나누어 설치된 침투시설에 인도하여 처리한다.	
III	침투시설 + 지역내 저류	침투시설로부터 월류되는 물은 지역내 저류 시설에 저류하고, 재침투시설로 침투처리한다.	지역내 저류시설의 저류량과 침투시설내의 저류량을 합한다.
IV	침투시설 + 지역내 저류	침투시설로부터 월류되는 물을 지역내 저류 시설에 저류하고, 재침투시설로 침투처리한다.	
V	지역내 저류 + 침투시설	지역내 저류시설로 우수를 조절하고 침투시설로 처리한다.	지역내 저류시설의 저류량과 침투시설내의 저류량을 합할 수 없다.
VI	침투시설 + 유역출구 조정지	침투시설로부터의 유출수를 유역출구에 설치된 조정지로 조정한다.	침투시설로부터의 방출량이 유역출구 조정지의 유입량이 된다.

가) 저지수로

지붕에서 흘러내린 빗물은 침투형 시설물이 설치된 우수관거로 유입하기 전에 풀이 난, 저지수로를 흘려 저류 효과와 침투 및 수질 개선 효과를 도모한다.

나) 침투측구

측구저면을 쇄석으로 충전하여 집수한 우수를 그 저면에서 불포화대 혹은 포화대를 통해 분산시

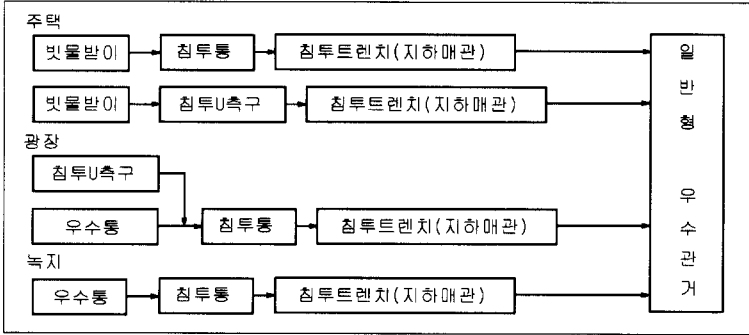


그림 4. 침투시설의 배치계획도

키는 시설이다.

다) 침투통

침투통은 통의 저면에 모래, 쇄석을 충전하여 채운 구조를 말한다. 집수한 통 저면에서 불포화대 혹은 포화대를 통하여 분산 침투시키는 시설이다. 상부구조는 택지형, U형 및 도로암거형 등이 있으며 상부는 뚜껑 및 덮개를 설치한다.

최근에 들어서는 저류 시설, 침투 시설 각각에 대한 유출 억제 효과보다는 이러한 시설을 조합시켜 보다 많은 우수량의 유출을 억제하고 있다. 그림 4.에서는 유출 억제 시설의 설치형태를 나타내고 있다.

라) 침투 트렌치

주로 건물 주변의 녹지, 광장 등에 침투통과 조합하여 설치하고 있다. 굴입한 도랑에 쇄석을 충전하고 침투통과 연결되는 침투관을 설치해서 우수를 도입, 쇄석의 측면 및 저면에서 불포화대 혹은 포화대를 통과해 지중으로 분산시키는 시설이다.

마) 투수성 포장

포장된 곳을 통과해 우수를 직접 도로로 침투시켜, 지중에 분산침투하는 기능을 가지며, 보도 및 자동차 통행이 적은 접근로, 주차장 등에 이용하고, 표층, 노반의 공극은 설계저류량으로 할 수 있다.

4) 우물법

우물법에 의한 시설에는 건식우물법과 습식우물법

이 있는데, 우물내에 지하수가 있는 경우를 습식우물법, 지하수가 없는 경우를 건식우물법이라고 한다. 우물에 우수주입은 펌프를 사용한 압입방식과 중력에 의해 자연주입시키는 방식이 있는데 압입방식의 경우는 주입배수량이 대량이거나 강우시만 간헐적으로 사용되는 단점이 있으므로 주로 자연주

입방식이 사용되고 있다. 우물법은 지하수위가 낮은 장소에 적합한 방법으로 주입수에 포함된 부유물질에 의해 우물내부의 막힘에 대한 문제점을 가지고 있다. 따라서 어떤 우물이라도 비가 그친 후 1주일에서 1개월 사이에 한번은 우물을 건조시켜 막힘의 문제가 되는 퇴적물을 제거하여야 한다.

5) 쇄석공극 저류법

쇄석공극 저류는 쇄석 등의 공극을 우수의 저류공간으로 이용하는 저류 효과와 침투 효과를 동시에 가지는 방법이다. 쇄석공극 저류는 땅 속에 쇄석구(트렌치), 쇄석조를 설치하여 쇄석간의 공극에 우수를 유입시키고 그 상부는 녹지나 운동장으로 이용하는 것이다. 이와 같은 쇄석공극 저류에 필요한 경비는 다른 저류 시설, 침투 시설과 비교해서 일반적으로 저렴하며, 시설 계획 규모의 융통성이 크다. 따라서, 다른 공법과 시설을 조합하여 유기적인 우수 유출 억제 기능의 일환이 되도록 계획하는 것이 좋은 방법이라 하겠다.

5. 외국의 호우 유출 저감 시설 사례

선진 외국에서는 일찌기 도시지역에 개발로 인해 증가되는 호우 유출량을 처리하기 위해 각종 호우 유출억제 시설(저류시설 및 침투시설 등)을 실용화하고 있다. 일본에서 활용하고 있는 여러 종류의 우수침투 시설과 우수저류시설에 대해 설치현황과 관련 시설의 운영상태에 대해 소개한다.

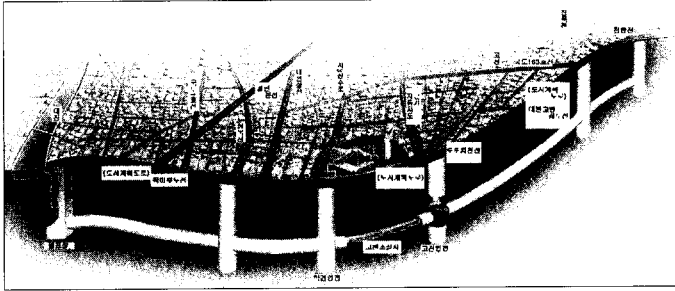


그림 5. 네와가와(寝屋川) 북부 지하하천

일본의 경우 강우특성상 태풍을 동반한 집중호우가 빈번한데다 도시개발에 따른 호우유출량의 증가로 인하여 많은 지역에서 침수발생이 빈발하고 있다. 이에 대한 대처방안으로 빗물이 떨어지는 그 지점에서 이를 처리하는 방법이 치수사업의 근간을 이루고 있다.

1) 지하하천

일본에서는 처음에 저류시설로서 지하하천을 개발하였으나, 최근에는 수계를 서로 연결하는 지하하천을 개발함으로써 도시화에 따른 우수유출수를 대규모 하천으로 운송하고 갈수시에는 이를 재이용할 수 있

는 장치를 마련하고 있다. 그림 5.에서는 현재 다단계에 걸쳐 시공중에 있는 八尾市の 寝屋川 지하하천에 대한 개략도를 나타내고 있다.

2) 주차장저류, 공원저류 및 학교 운동장 저류시설

그림 6.은 文眞市에 설치된 주차장 저류시설을 나타내고 있다. 평상시에는 주차장으로 활용되다가 우수시에 저류능력을 갖도록 설계되어 있다. 大阪市 부근의 八尾市에 있는 공원에 저류시설을 설치한 사례로서 그림 7.에서는 공원저류를 나타내고 있는데, 평상시에는 공원으로 사용되다가 우수시에 저류 기능을 갖도록 되어 있다.

유아의 보호를 위하여 저류 깊이는 30cm 높이를 기본으로 하고 있다. 공원내 우수가 저류되어 가득채워 지는 경우 월류되는 양은 그림 8.과 같은 우수방류 시설에 의해 하루로 방류된다.

그림 9.는 운동장 저류시설의 모습으로 평상시와 저류된 모습을 각각 나타내고 있다. 그림에서와 같이



그림 6. 주차장저류(文眞市)

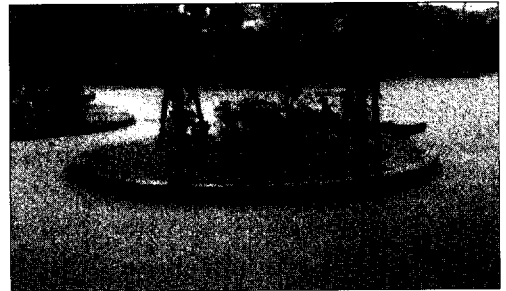
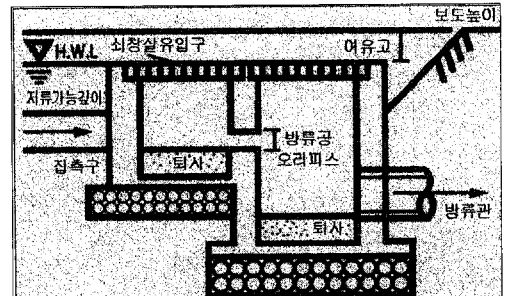


그림 7. 공원저류(八尾市)



그림 8. 운동장의 저류시설에 설치된 방류제어시설



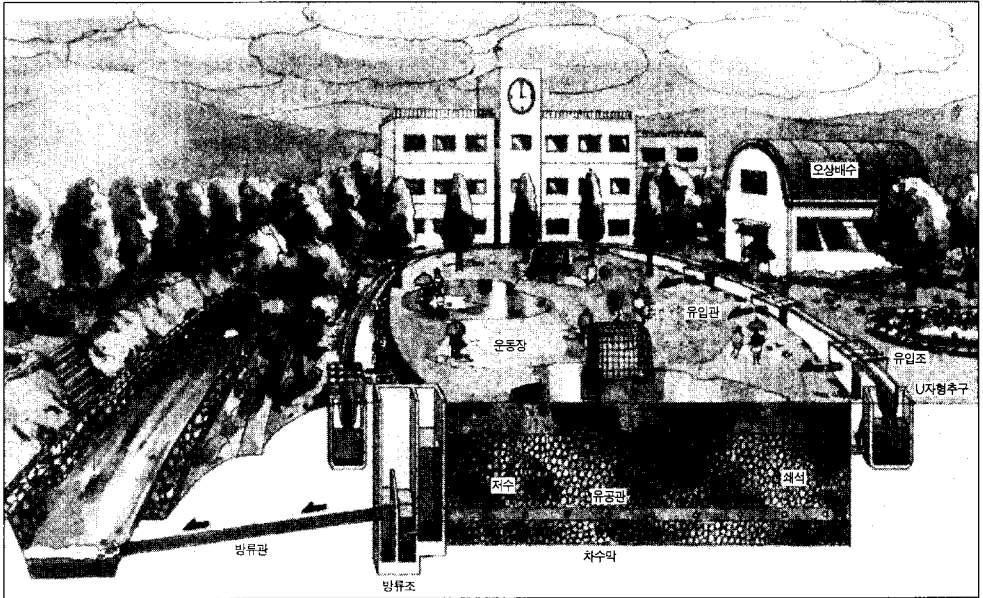


그림 12. 학교운동장 지하에 설치된 쇄석저류시설

의 모니터링에 의해서 수심을 변화시키고, 수문·석조·개목을 설치하여 습지와 식재를 통한 개량 사업을 시행하여 생물이 자연적으로 군집하도록 하고 있다.

6) 지하쇄석 저류 장치

고오베시 근교에 있는 초등학교 운동장 지하에 그림 12.와 같은 쇄석저류조를 설치하여, 강우시에는 주변으로 내리는 빗물을 저장하여 호우 유출량을 줄임으로써 하류부에 홍수부하를 경감시키며 비가 그치면 이 저장된 빗물을 일정량 양수하여 단지내 소하천의 유지유량으로 사용하고 있다. 이로써 단지내 소하천의 건천화를 방지할 수 있으며 이렇게 확보된 물을 사용함으로써 친수공간 확보가 가능하며, 하천을 따라 주변에 여러 가지의 이벤트 공원을 조성하여 물과 푸름을 조화시켜 주민이 자연스럽게 물과 가까워질 수 있도록 유도하고 있다. 또한 상류부에 생태공원을 하천 주변에 조성하여 자연과 함께 더불어 공부할 수 있는 자연 학습장으로 활용하고 있다. 이런 시설은 친수적인 면과 이수적인 면, 특히 심미적인 면을 모두 만족케 하는 시설이라 할 수 있다.

6. 저감 시설의 계획에 필요한 원칙

호우 유출 저감 시설을 계획할 때 원칙적으로 다음을 고려해야 할 것이다.

- ① 저감시설이 필요한가? 만일 그렇다면 이에 대한 적절한 규정은 무엇인가? 그 지역의 조례나 정책이 제시하는 용량은 얼마인가?
- ② 설계 방류 빈도는 얼마인가? 방류빈도에 따른 위험도 또는 신뢰도는 어느 정도인가?
- ③ 적절한 저감시설의 종류는 무엇인가? 현지 저류 또는 침투시설이 필요한가? 아니면 보다 큰 지역적인 저류 또는 침투시설이 필요한가?
- ④ 고안된 저감시설이 침식/유사조절, 유출수질 향상, 매력적이면서도 안전한 공원조성, 지하수함양, 그리고 그 밖의 다목적 사용을 위한 고려 사항을 어떻게 수용할 것인가?
- ⑤ 저감시설이 어떻게 지역배수체계에 적합하게 할 것인가? 예로서, 현지저류가 하류의 침투유량을 감소시키기는 커녕 오히려 악화시키지는 않는지?
- ⑥ 만일 저수지가 필요하다면 설계 고려 사항과 지

반공학적 평가, 설계홍수에 대한 여수로의 용량 분석, 여유고, 위험도 분석 등의 관련연구가 필요한지?

7. 맺는 말

이상에서 서술한 연구사업은 신설운동장(축구장, 농구장, 및 정구장)에 침투통과 침투측구를 중심으로 설치하여 그 효과를 측정하는 중이다. 서울시의 도시공간상의 특성을 고려할 때, 좁은 공간에서는 저류기능 보다는 침투기능을 최대로 활용하는 것이 바람직한 것으로 판단된다. 처음으로 하는 사업이라 여러 가지 고려하여야 할 사항들이 정리되고 있다. 모든 것을 한꺼번에 시행할 수는 없는 것이기 때문에 우선 순위를 설정하여 차례로 본 연구사업을 시행해가고 있다.

도시호우 관리의 관점에서 볼 때 모두에서 서술한 것처럼 도시지역의 호우 유출 특성과 새로운 호우 관리개념을 합리적으로 설정하여 단일 하수관거 설계개

념으로 구성된 각종 설계지침들에 대한, 현실적 필요성과 기술적 진보에 맞추어 대폭적인 수정을 하여 하천이용자의 관점이 아니라 하천 생태계 자체의 관점에 기초해서 자연친화적인 설계 개념이 실행화 되도록 해야 할 것이다. 또한 도시유출수를 받는 水體(하천수, 만 또는 연안수)에 대한 수질상의 영향(역효과) 평가를 반드시 고려해야 할 것이다.

호우 유출의 총량적 제어를 위한 침투시설(연못, 침투통 등)과 시간적 제어, 즉 침투유량의 제어를 위한 시설과 운영기법을 개발하여야 할 것이며, 이를 위해서는 건축법과 소방법 등을 개정하여 개인주택은 물론 공동주택단지(특히 재개발단지)에 내린 강우량을 2~3시간 동안 저류하였다가 방류하던지, 사용할 수 있도록 하는 저류시설과 기존의 소방용 저류조를 활용하는 방안을 시도할 수 있겠다. 나아가서 현행의 표준개념기준설계, 즉 재현기간(발생빈도) 기준의 설계규모 기준을 위험도 개념기준설계로 개선해야 할 것이다. ●