

Beat The Traffic-3D에
관하여

미국의 경우 직장에서 가까운 곳에 위치한 곳의 주택 가격이 높아서 이에 부담을 느낀 많은 근로자들이 교외로 이주를 하게 되었다. 이로 인해 출·퇴근 시간의 교통정체는 큰 문제가 되고 있고, 이와 같은 원거리 통근자들(super commuters)은 교통 정보에 크게 의존을 하고 있으며, 일반적으로 출근하기 전 이른 아침에 TV를 통해 교통 정보를 수집하고 있다. 따라서 TV 시청률은 오전 시간대에 꾸준히 증가를 해왔고, 미국의 각 방송국에서의 교통 리포터는 중요한 역할을 담당하게 되었다.

이에 미국의 캘리포니아 소프트웨어 회사에서는 방송과 인터넷을 통해 3차원으로 도로의 운행 정보를 검색할 수 있는 'Beat The Traffic-3D'를 개발하였다.

일반적으로 통근자들을 위한 교통정보는 크게 TV와 인터넷

을 통한 교통 정보로 구분할 수 있다. TV의 경우 많은 사람들이 이용할 수 있는 장점이 있지만, 짧은 방송시간의 제약으로 상세한 정보를 제공받을 수 없는 반면에, 인터넷을 통한 정보제공은 상세한 정보를 제공할 수 있지만, 아직 대중적이지 않아 여러 이용자가 사용하지 않는 단점이 있다. 이를 보완하기 위해 개발된 'Beat The Traffic-3D'는 TV를 통해 위성영상에 수치 도로망도를 덧씌워 현재의 교통상태를 파악할 수 있도록 되어 있으며, 인터넷을 통해서도 상세한 교통정보를 표출할 수 있도록 구성되어 있다.

'Beat The Traffic-3D'는 도로 network에 대해 실시간으로 지체 정보를 제공함으로써, 시간과 연료 손실을 줄이고 생산성을 증대시키기 위해 개발된 3차원의 개별화된 교통 server이다. 이 시스템은 크게 두 부분으로 구성되어 있다. 방송 부분(broad component)은 특정 시간에 대량의 유용한 정보를 선택하여, 방송으로 빠르고 효과적인 정보를 전송하여 표출한다. 데이터

부분(underlying component)은 데이터 베이스 구동형으로 광범위한 지역의 다양한 곳으로부터 실시간으로 데이터를 취득하고 가공한다. 이 데이터들은 다음 4가지 특성을 갖는다.

- 광범위한 지역에서 실시간으로 올라오는 다른 형식의 데이터를 동일한 형식으로 통합 후 각 도로구간 속도를 측정하기 위해 수치 도로망으로 지도 제작
- 데이터베이스를 이용하여 다수의 사용자와 다양한 형태의 사용자들(통근자, 방송 관계자)을 위해 서버 측면에서 정보 가공
- 교통조건에 따른 최단 경로 검색을 위한 지도 정보의 사용
- 각각의 도로 구간에서 자동적으로 관측된 속도 자료 및 추세를 저장하고, 이 자료들을 이용하여 발생할 수 있는 혼잡을 예측

이 시스템은 DOT(Department of Transportation, 교통국)와 단속기관 등의 공공기관을 포함하여 여러 곳으로부터 교통량,

기술동향

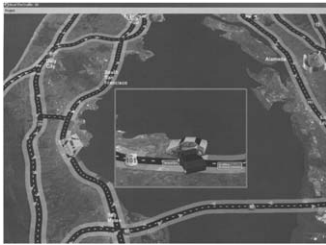


그림1. 방송용 Beat The Traffic-3D

속도 및 사고 자료 데이터를 제공받고 있다. 이러한 자료 확보는 기존의 시스템과 차별화되었으며, 사용자에게 좀 더 분석적이며, 광범위한 정보를 제공할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

3차원 시각화 부분(3D visualization component)

그림1은 TV 방송용, 그림2는 인터넷 사용자를 위한 'Beat The Traffic-3D' 시스템이다. 이 장면은 위성영상을 기본으로, 그 위에 도로망도를 구현하여 각 도로구간에 실시간 관측된 교통 정보와 예측된 교통 정보를 애니메이션 형태로 제공한 것이다. 이 시스템은 교통상황을 현실처럼 재현할 수 있으며, 각 도로 구간의 통행 속도에 따

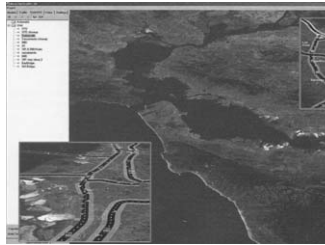


그림2. 인터넷용 Beat The Traffic-3D

라 색으로 다르게 표시하였으며, 정체가 발생하는 지역에서는 어떠한 이유로 정체가 발생하였는지를 애니메이션으로 표출하였다. 또 도로상 차량의 흐름은 삼각형으로 표시하였다.

혼잡 예측

이 'Beat The Traffic-3D' 시스템을 개발한 캘리포니아 소프트웨어社は 도로의 속도센서와 다른 속도 감지기로부터 지속적으로 많은 양의 데이터를 효과적으로 저장하는 기법을 개발하였다. 이는 시계열 예측모형을 갖는 저장된 데이터와 기본 위성 지도를 기반으로 하는 도로 구간 데이터가 조합될 때, 사용자는 출발지부터 목적지까지의 통행시간에 대한 정보를 취득할 수 있다. 또, 이 시

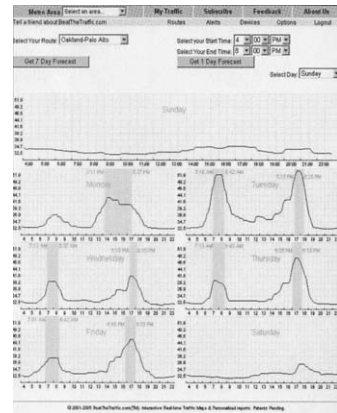


그림3. 일주일간의 혼잡 예측 모형

스템은 그림3과 같이 일주일간의 혼잡 예측 모형을 제시하였으며, 이 혼잡 예측모형은 그림1, 그림2와 같이 3차원 시각화 교통류 표출 시스템의 어느 지점에서든 검색이 가능하도록 되어 있다.☞

- 자료 : Traffic Technology International, 2005. 6/7월호
- 자료 제공 : 윤덕근(도로연구부 연구원)
- dkyun@kict.re.kr

단열성 폐비닐 골재를 활용한 도로 동상방지재

일반적으로 도로의 동상방지층 재료는 천연골재나 쇠석 등을 이용하고 있으나 최근에는

기술동향

골재의 부족분을 감안할 때 새로운 대체재료의 개발이 요구된다. 폐비닐이나 페스티로폼, 폐타이어 등은 경량이고, 단열 효과가 높으며 국가적으로도 재활용을 장려하는 산업부산물로 이러한 것들을 도로나 철도, 공항 포장체 하부의 동상방지층으로 포설할 경우 동상방지 효과로 인한 구조물의 내구성 향상을 기대할 수 있다.

현재 스웨덴, 핀란드, 노르웨이 등과 같은 북유럽 동토지역에서는 폐자재를 활용한 동상방지재의 개발이 진행되어 실질적으로 현장 도로에 적극적으로 활용되고 있다.

스웨덴에서는 나무껍질, 플라스틱 조각, 스티로폼 등의 재료를 동상방지재로 활용하면서 겨울철에 발생하는 동상량을 장기간 예측하여 동상방지 효과 및 동상량 감소정도를 분석하였고, 재료에 따른 동상방지층의 포설두께를 제안하였다. 실제 스웨덴 북부지역에서는 70km 연장의 도로포장체에 두께 10cm의 스티로폼(polystyrene foam)을 동상방지층에 포설하

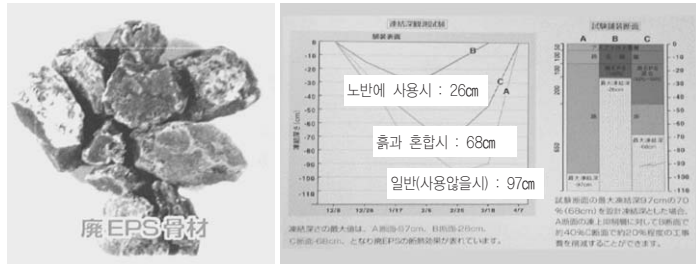


그림1. 일본 공업기술연구센터에서 개발한 폐EPS 골재

였으며, 그 결과 동결심도가 현저히 감소하여 약 50%정도의 시공 및 유지관리 비용감소가 발생한 것으로 보고되었다. 또한 일본 이와테현(2002)에서는 그림1과 같이 폐EPS를 용융하여 자갈모양으로 만든 후 동상방지용 노반재로 활용하였다. 이 폐EPS 골재는 경량이면서 열전도율이 뛰어나 겨울철 동상방지재로 우수한 효과를 나타냈다(일반노상토 97cm → 폐EPS 포설 26cm).

국내에서는 한국건설기술연구원 지반연구부 동토연구팀에서 경기도 김포 도로현장에 농촌에서 버려진 폐비닐을 용융하여 제작한 폐비닐 골재를 동상방지층에 포설한 후 동결심도 감소효과 및 지지력을 평가하여 폐비닐 골재의 현장 활용

성을 평가하였다(2004).

폐비닐 골재의 주재료인 폐비닐은 흙 등의 이물질을 포함하고 있으며 이물질은 전체무게의 약 50%이며, 흙은 30%, 물은 약 19%, 기타 물질이 약 1%로 구성되어 있다. 이와 같이 폐비닐 골재는 이물질의 제거 및 세척과정을 거치지 않기 때문에 생산단가를 줄일 수 있어 경제적으로 효용성이 높은 것으로 평가되었다.

폐비닐 골재의 생산은 선별과정, 투입과정, 용융과정, 냉각과정, 절단과정으로 구성되며, 생산과정을 통해 골재 내부에 발포성 공극을 형성하게 된다.

폐비닐 골재의 공극형성으로 골재의 단열성은 증진되며, 실제 열전도실험을 통해 얻어진 폐비닐 골재는 일반골재에 비

기술동향

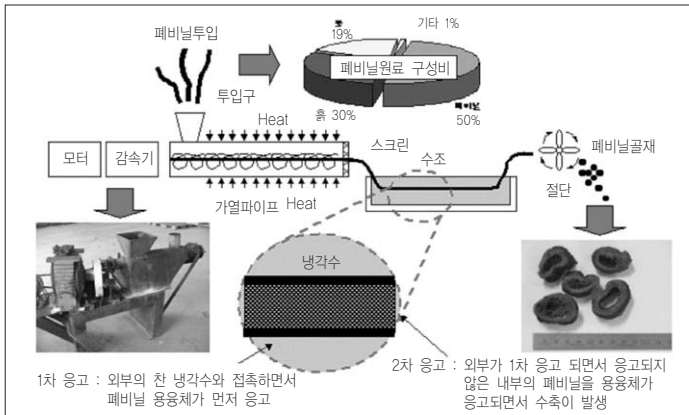


그림2. 페비닐 골재의 생산과정 및 내부 공극 형성 원리

해 19배 이상 단열성이 우수한 것으로 판명되었다.

실제 도로포장에 대한 현장 적용을 통해 페비닐 골재 동상 방지재는 약 80%의 동상방지절감효과를 나타냈으며, 지지력도 기존의 도로품질 기준을 만족하였다. 또한 약 30%의 공사비 절감효과를 얻을 수 있어 경제적으로도 우수한 재료임이 입증되었다.

따라서 이 단열골재를 도로의 동상방지층에 포설할 경우, 동상방지 및 융해침하에 의한 피해를 방지하여 도로의 수명연장과 복구비의 절감효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

- 자료 : 1. 건설교통부(2005), "페비닐 골재를 활용한 도로포장 동상방지에 관한 실용화 연구"
- 자료 제공 : 홍승서(지반연구부 연구원)
- sshong@kict.re.kr



그림3. 페비닐 골재를 도로포장에 활용하는 모습(경기도 김포)

MUSIC, 수환경을 고려한 도시계획 검증모형

수환경 측면에서 쾌적하고 지속가능한 도시 환경을 유지하기 위해서는 도시화로 인한 홍수량 증가 및 갈수량 감소, 수질 악화 등이 최소화되도록 해야하며, 이를 위해서는 홍수 및 오염 저감을 위한 시설들이 도시 계획 단계에서 적절히 배치되어야 한다. 도시 물순환 및 수환경의 해석을 위해서는 가장 많은 오염원이 방출되는 시기인 홍수기의 오염물 발생특성에 대한 이해가 전제되어야 한다. 홍수 관리 측면에서는 유역단위의 접근법이 효과적이며, 홍수로 인한 오염물의 이동을 이해하기 위해서는 다학제적 접근법이 요구된다. MUSIC (Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualisation)은 이러한 요구를 충족시킬만한 수문모형으로 도시 홍수의 양과 질을 모의할 수 있을 뿐 아니라 도시계획이 수환경 측면에서 적절하게 이루어졌는지 판

기술동향

단할 수 있는 정책결정지원 기능도 함께 갖추었다. 2001년 호주의 CRCCH(the Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology)에서 개발되었으며, 2005년에 Life Cycle Costing 모듈, 우수 저장 탱크 및 침투 저류지 해석 노드를 추가한 버전 3이 발표되었다. 해석 가능한 유역 면적은 0.01~100km²로 매우 작은 유역에서 비교적 큰 유역까지 가능하며, 모의시 시간 간격은 유역의 스케일에 따라서 6분에서 24시간까지 조절가능하다.

MUSIC의 구성

모형 구성은 도시 강우-유출(Urban Runoff Generation), 도시 오염물 부하 관계(Urban Pollutant Load Relationships), 홍수 영향 저감 시설(Stormwater Treatment Measures)에 대한 부분으로 크게 나눌 수 있다. 도시 강우-유출은 Chiew와 McMahan(1997)이 개발한 모형을 통해 모의되는데, 그 개념을 간략히 살펴보면, 그림1에서 보듯이 지표면은 불투수지역과 투수지역으로 나뉘고 투수지역은 두 부분의 토양 수분층

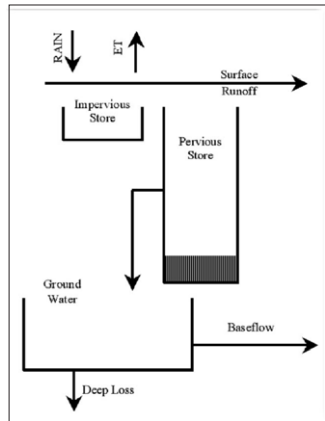


그림1. 강우-유출 모듈의 개념도

을 통해 해석된다. 오염물질 발생량은 그림2와 같이 측정을 통해 얻어진 토지이용별 특성치를 이용하여 계산되며, TSS, TP, TN에 대해 모의할 수 있다. 또한 여러 가지 홍수 영향 저감 시설 설치시의 홍수량 및 수질 조절 효과를 모의할 수 있는데, 버전 3.0.1에서 모의 가능한 시설은 완충지대(Buffer Strip), 식생습지(Vegetated Swale), 습지(Wetlands), 생태적 저류 시스템(Bioretention System), 침투 시스템(Infiltration System), 연못(Pond), 우수 저장고(Rainwater Tank), 침 사지(Sedimentation basin), 오염물 트랩(Gross Pollutant Trap), 일반 오

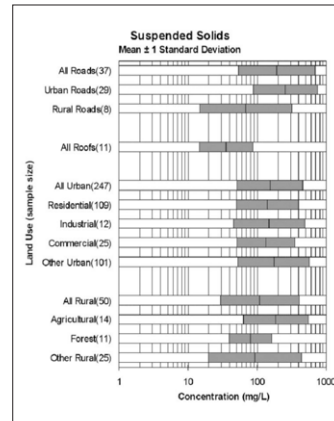


그림2. 토지이용에 따른 부유물질 농도분포

염물 처리 시설(Generic Treatment Node) 등이다. 이러한 여러 가지 홍수 영향 저감 시설들을 통합적으로 모의하는 MUSIC의 내부모듈을 Universal Stormwater Treatment Model(이하 USTM)이라 하며, 이 USTM은 1차 Kinematic Decay Model로 구성되어 있다.

MUSIC의 인터페이스 및 활용

모형은 그림3에서 보듯이 아이콘에 기반한 인터페이스를 취하고 있는데, 사용자는 각각의 아이콘을 조합하여 적절한 수자원 관리 계획을 표현하고 이를 단일 강우 사상에 대해 모

기술동향



그림3. MUSIC의 인터페이스

의하거나 장기 연속 모의를 할 수 있다. 결과로는 유출이나 오염물질 총량 및 농도에 대한 시계열 자료를 그래프를 통해 확인할 수 있고, 그림4와 같이 누가 확률 그래프를 수질기준에 대해 비교하여 도시 계획이 수환경 측면에서 적절하게 수립되었는지 판단할 수 있다.

국내 적용시 주의점

MUSIC은 집중형(Lumped)에 기반한 모형이어서 국내 적용시 각 세부 모듈의 매개변수 사용에 대한 세심한 주의가 요망된다. 모형의 구조적 측면에서도 호주와 우리나라의 특성을 잘 파악한 후 적용할 필요가 있는데, 한 예로 호주는 대부분 하수 시스템이 분류식으로 되어 있어 모형 적용시 국내의 합류

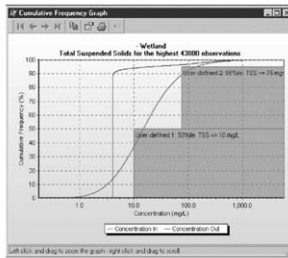


그림4. 누가 확률 그래프 Output

식 하수관을 반영할 수 없다는 점을 들 수 있다. 하지만 완충지대(Buffer Strip), 식생습지(Vegetated Swale), 등 국내 도시 계획에 적용된 바 없는 시설에 대한 영향 평가가 가능한 점과 버전 3에서 추가된 Life Cycle Costing 모듈을 통해 홍수 저감 시설의 경제적 효용을 평가할 수 있다는 점은 MUSIC 모형의 매력이다. 명료한 개념모형과 간편한 인터페이스로 손쉽게 도시수자원 계획을 평가할 수 있는 점은 MUSIC의 최대 장점이라 할 수 있으며, 향후 도시 물순환 해석 연구에 많은 도움이 될 것으로 예상된다.☺

- 자료 : 1. CRCCH(2005) "MUSIC User guide"
- 2. Fletcher, T. D., Wong, T. H. F., Duncan, H. P., Coleman, J. R., and Jenkins, G. A.(2001), "Managing impacts of urbanisation on receiving waters: a

decision suport framework*

- 자료 제공 : 노성진(수자원연구부 연구원)
- sjnoh@kict.re.kr

우수저류 및 침투시설의 계획 및 설계기술 동향

최근 도시 내 불투수층 면적의 증가로 인한 용수 부족, 침수 피해, 하천 건천화, 열섬현상과 같은 도시 환경적 문제를 해소하기 위해 빗물을 저장하고 침투시키는 우수저류 침투기술에 대한 관심이 급증하고 있다. 이에 따라 정부 및 일부 지자체를 중심으로 공공청사, 학교, 공동주택단지 등에 시설도입이 점차 확산되고 있다.

우수저류 침투시설을 설치할 경우에는 대상 건축물과 지역의 용도, 목표로 하는 기능에 따라 시설 조합을 결정하여 개략적으로 시스템을 설정하고 도입 시스템의 이수·치수·환경보호 기능을 평가하여 도입 여부를 검토하여야 한다. 그러나 현재 우리나라의 우수저류침투 시설의 도입 경향을 살펴보면 대부분이 용수확보를 위해 빗물 저장조만을 설치하고 있는

기술동향

수준이다. 이는 아직까지 국내 실정에 맞는 계획/설계기술이 보급되지 못한 연유도 있겠으나 일부 지자체의 건축허가 심의 시 가산점을 얻기 위한 구색 갖추기에 급급한 것도 큰 이유라고 하겠다. 물론 경우에 따라서는 빗물 저장조만으로도 목표 기능을 만족할 수도 있으나 도시 내 물순환, 에너지 순환에 대한 우수저류침투시설의 효과를 충분히 검토하지 않고 단순히 대지 면적이나 집수면적에 일정비율을 곱하여 규모를 결정하는 것은 우수저류 침투시설의 많은 장점들을 간과하고 단순히 이수차원의 용수 확보만 지나치게 강조하는 게 아닌가 하는 의구심이 든다.

본고에서는 우수저류 및 침투시설의 도입 시에 활용 가능한 계획/설계 모형들을 소개하고 이들의 장단점을 제시하여 국내 실정에 맞는 계획 및 설계 기술들을 정리해보고자 한다.

활용 가능한 국내외 계획/설계 모형

계획/설계 모형은 우수저류

침투시설 설치를 통해 불투수층 면적 증가로 인한 도시 물 및 에너지 순환 체계의 왜곡을 얼마만큼 해소할 수 있는지 이·치수·환경보호 측면의 효과를 평가할 수 있어야 한다. 따라서 대상 지역의 물수지 및 에너지 수지를 모의할 수 있어야 하며, 모형 내에 도입하고자 하는 우수저류침투시설을 반영할 수 있어야 한다. 현재까지 활용 가능한 국내외 개발 모형은 아래 표와 같다.

모형의 장단점

표1의 모형들은 대상 지역의

규모, 적용 시설의 종류, 모의 목적에 따라 활용성에 다소 차이가 있으며, 각 모형의 장단점은 아래 표와 같다.





WEP 모형은 기타 모형에 비해 상대적으로 복잡한 3차원 분포형 모형이므로 개별 건축물이나 공동주택단지를 대상으로 하기보다는 하천 지역의 우수저류침투시설의 효과 평가에 적합하다. SHER 모형은 WEP와 마찬가지로 구역단위 물수지 분석이 가능하나, 입력자료 구축이 WEP에 비해 간단하므로 적용이 간편하다. MUSIC 모형은 다양한 우수배수 시스템의

표1. 적용 가능한 국내외 모형

모델명	개발 국가	주요 활용용도	고려 가능한 우수저류침투시설
WEP (Water and Energy transfer Processes)	일본 (토목연구소)	대상구역 물질수지 분석	조절지(POND), 침투 트렌치, 기타 시설은 환산 후 적용
SHER (Similar Hydrologic Element Response)	일본 (건설성)	대상구역 물수지 분석	저류시설, 침투시설
MUSIC (the Model for Urban Stormwater Improvement Conceptualisation)	호주 (CRC)	우수배수시설 효과평가	완충지, 식생습지, 습지, 생태저류 시스템, 연못, 침사지, GPTs, 기타 처리시스템
미정	한국(KICT) /독일(TU-Berlin)	우수저류침투 시설 계획/설계	우수저류시설, 침투시설, 빗물받이, 침전저류조, 오리피스배출구 등

기술동향

표2. 모형들의 장단점

모형 구분	WEP	SHER	MUSIC	미정 (KICT, TU-Berlin)
모의 화면				
장점	<ul style="list-style-type: none"> · 장래 변화를 예측하여 물순환계 회복 목적으로 활용 · Mesh 기반으로 Mesh 내 토지이용 변화 고려 가능 · 물순환 뿐만 아니라 1차원 열수지도 모의 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 도시 구역의 현황 재현 및 장래 예측에 적합 · 면적 증가뿐만 아니라 토양 조성에 의한 침투능 감소 영향 모의 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 습지, 원충지, 연못, 생태저류시설, 침사지 등 다양한 우수배수 시스템의 용량설계 및 수질개선 효과 모의 가능 · 우수저류침투시설 도입 시 개략 적지분석에 적합 	<ul style="list-style-type: none"> · 공동주택단지 우수저류침투시설 계획/설계에 적합 · 개별시설의 이·치수 적효과뿐만 아니라 시설운영시 원격제어를 통한 유지관리 방안 고려 · 용도별, 요일별, 시간별 사용수량 산정가능
단점	<ul style="list-style-type: none"> · 모형이 복잡하여 입력자료 구축에 많은 시간 소요 · 조절지, 침투트렌치 이외 시설의 경우 환산 적용 필요 	<ul style="list-style-type: none"> · 일본어 윈도우즈 체계하에 서만 구동됨. · Excel 버전으로 연속 5년간의 연산만 가능 · 유역을 구성하는 세부블록은 12개까지만 가능 	<ul style="list-style-type: none"> · 중간유출 이후의 지하로의 침투는 손실량으로 봄. · 배수 시스템 위주로 연산이 수행되어 장래 증발량 등의 물순환 모의 불가 	<ul style="list-style-type: none"> · 개별 시설용량을 수작업으로 입력(향후 보완예정). · 적용범위가 개별 건축물, 공동주택단지로 제한적임.

효과분석이 가능할 뿐만 아니라 수질개선 효과도 모의가 가능하므로 우수저류침투시설의 환경보호 기능평가에 활용성이 높다.

한국건설기술연구원과 독일 베를린공대에서 공동 개발한 모형은 공동주택단지 우수저류침투시설의 계획/설계에 적합한 모형으로, 정확한 사용수량

의 예측과 원격제어를 통한 유지관리도 고려할 수 있는 것이 특징이다.

맺음말

상기 모형들은 우수저류침투시설의 계획/설계 시 적용대상에 따라 활용도가 높을 것으로 기대되며, 국내 실정에 맞는 계획/설계기술의 지속적인 개발

과 보급이 수반된다면 향후 왜곡된 도시 물 순환 및 에너지 순환 체계를 회복하는 데 있어 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.☞

- 자료 : 1. PWRI(2002) "WEP Manual"
- 2. CRCCH(2005) "MUSIC User guide"
- 3. 일본 건설성, "SHER Manual"
- 자료 제공 : 김이호(건설환경연구부 수석연구원)
- rhkim@kict.re.kr, tome4u@kict.re.kr