

친환경 수로 조성을 위한 다공성 황토블록 개발

Development of Porous Loess Block for the Environment friendly Canal Construction

김 채 수 · 엄 대 호 · 한 경 수 · 전 택 기* 최 경 영 · 성 현 제,**
Kim, Chae-Soo · Um, Dae-Ho · Han, Kyung Soo · Jun teak ki, Choi, Kyoung-Young · Sung, Hyun-Je
은 재 기 · 양 영 철,** 김 선 주***
Eun, Jae-Ki · Yang, Young-Chul, Kim, Sun-Joo

Abstract

According to development and urbanization of country, environment and ecosystem were ignored during the past thirty years. So that, canal which had been developed by concrete, is remained as the space where life can not alive any longer.

Therefore, in this study We developed porous loess block for the environment-friendly canal construction. It is focused on both scenery and hydraulic

Porous Loess Blocks developed in this study deliver a vegetation's distribution and improve soil properties and hydraulic safety of bank.

I. 서 론

현재까지 농업용 배수로는 토양안정과 경사면 보호 및 통수 기능 확보라는 측면을 최우선으로 중요시하여 콘크리트 라이닝, 콘크리트 개거, 자연석 찰쌓기, 콘크리트 블록 등을 이용하여 시공하여 왔다.

이와 같은 토목구조물은 자연경관을 해칠 뿐만 아니라 생태계의 파괴를 야기하고, 특히 배수로의 제방에 기존의 콘크리트 제품으로 시공된 경우 식물의 정착이 어렵고 물고기나 수서곤충 등의 생육환경이 조성되기 어려워 매우 단조로운 환경이 조성되며, 이에 따라서 수로의 물이 자연정화 작용을 거치지 못하므로 수

질오염도 가속화되고 있는 실정이다.

이를 해결하기 위한 여러 가지 방안이 모색되었는데, 아직까지 친환경적인 배수로 조성에 대하여 특별한 대안을 제시하지 못하고 있으며, 현재 소하천 등에 적용되고 있는 일부의 친환경적 하천공법을 적용한 사례가 있을 뿐이다.

그 사례를 보면, 자연재료와 식생을 위주로 한 유럽식의 하천공법과 콘크리트 유공블록을 이용한 하천공법 및 다공성 콘크리트 블록을 이용한 하천공법 등이 있다.

그 중 자연재료와 식생을 위주로 한 유럽식의 하천공법은 일부에 도입되었으나 우기가 여름에 집중되는 우리나라의 기후에서는 제방의 보호 기능이 취약하여 적용상의 문제점이 대두

* 농업기반공사 농어촌연구원 (kcs@karico.co.kr)

** (주)자연과환경

*** 건국대, 생명환경과학대학

키워드 : porous loess block, environment friendly canal

되고 있는 실정이다. 종래의 콘크리트 호안블록에 일부 공간을 형성하여 식물이 식재될 수 있도록 한 콘크리트 유공블록을 이용한 공법의 경우에는 개구된 부분에 제한적으로 식물이 생육 가능하였으나 개구된 부분에서 토양 유실에 의한 세굴이 이루어져 제방의 안정성을 저해하는 문제점이 대두되고 있는 실정이다.

그리고 최근에 이르러 개발된 다공성 콘크리트 식재블록을 이용한 공법의 경우에는 물과 공기가 투과될 수 있고 식물의 뿌리가 내려 정착될 수 있으므로 생태적으로 다양한 환경이 조성될 수 있는 장점을 가지고 있었다. 그러나 기존의 콘크리트 호안블록들이 가지고 있는 국부적인 세굴 및 블록 이탈에 의한 제방붕괴의 가능성을 완벽하게 해결하지는 못하고 있기 때문에 각각의 블록을 일체화시켜 안정성을 확보해야 하는 문제점이 일부 대두되고 있는 실정이다. 또한, 골재의 결합재로서 시멘트를 사용하고 있기 때문에 중화시키는 등의 노력을 통하여 어느 정도 중성에 가깝도록 하고는 있으나, 결국 콘크리트의 범주 안에 있어 자연의 흙보다는 생태계에 불리할 수 밖에 없으며 완벽한 개념의 환경생태복원의 목표를 달성하기에 어려움이 있는 실정이다.

그리고, 상기의 구조적인 문제점 외에도 위의 공법들을 적용한 경우에는 시공후 시간이 지나면 수로의 바닥부에서 수초가 과다하게 자라나서 배수로의 통수능력을 저하시키는 문제점 또한 해결하지 못하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구의 목적은 자연소재인 황토를 주성분으로 하는 황토페이스트를 제조하고 이를 골재의 결합재로 사용함으로써 자연생태 환경과 가까운 기반을 조성코자 한다. 또한 사용골재의 입도를 변경하여 제조한 다공성 황토블록을 선별 시공함으로써 수로의 사면부에는 식물의 생육을 가능하게 하여 친환경적인 경관 및 기능을 확보하고 바닥부에는 통수, 통기는 가능하면서도 식물의 생육을 억제함으로써 통수기능을 확보할 뿐만 아니라 와이어 또는 철선으로 사면부 및 바닥부의 블록 모두를 일체

화 시공함으로써 구조적인 안정성 또한 확보할 수 있는 다공성 황토블록을 이용한 배수로의 시공단면을 제공하는데 있다.

II. 재료 및 방법

본 연구의 다공성 황토블록은 시멘트나 콘크리트를 사용하지 않고 식물의 생육에 적합하도록 중성에 가까운 pH를 지니는 황토 바인더를 이용하여 제조하는 것이다. 사면부에 시공되는 제품은 '친환경적인 경관 및' 기능을 갖추기 위하여 20~25mm 입도의 골재를 사용하여 식물의 정착이 가능하도록 설계하였다. 바닥부에 시공되는 제품은 배수로의 통수 기능을 확보하기 위하여 8~13mm 입도의 골재를 사용하여 식물의 과다한 번식을 억제할 수 있도록 하면서 통수, 통기가 가능하게 하여 배면의 토양환경 개선에 기여하도록 설계·제조하였다. 이 제품들은 와이어로 일체화 시공하도록 설계하여 배수로의 수리학적 안정성을 부여하였다. 또한, 식재부를 지니는 생태옹벽 블록과 물고기 및 수서곤충의 서식지를 제공할 수 있는 생태어소블록 등은 친환경적인 경관 및 기능 확보 뿐만 아니라, 수리학적 안정성이 크게 요구되는 수충부에 적합하도록 아연도 강봉으로 일체화 시공하도록 설계·제조하였다. 그리고 황토기초블록은 기초콘크리트를 대신할 수 있도록 강도를 배가시킨 황토모르타르블록으로 제조하여 철근으로 일체화 시공이 가능하도록 설계·제조하였다.

본 연구의 다공성 황토블록은 Table 1에 나타낸 바와 같이 배합하여 제조하고 그 물성을 비교 분석하였다.

본 연구에서 개발한 친환경 배수로 조성을 위한 다공성 황토블록은 사면부와 바닥부로 구분된다.

배수로의 사면부는 식물의 생육이 가능하도록 제조된 다공성 황토블록을 시공하여 친환경적인 경관 및 기능을 확보하고, 바닥부에는 통

Table 1. Composition of applied materials

No	Classification Title	Combination material	Material				Remarks
			Aggregate	Water	Admixture	Chemical admixture	
1	Cement concrete	Portland cement	Coarse fine	Common	-	Super plasticizer	Mix proportion :250 slump:18%
2	Loess mortar (foundation block)	Slaked lime	Fine	Common	Blast slag, Plastic Loess	Super plasticizer	Loess:10%
3	Loess water penetration concrete (block for slope)	Slaked lime	Coarse (20~25mm)	Common	Blast slag, Plastic Loess	Super plasticizer	% of void:20% Loess:10%
4	Loess water penetration concrete (block for foundation)	Slaked lime	Coarse (8~13mm)	Common	Blast slag, Plastic Loess	Super plasticizer	Loess:10%

수, 통기가 가능하도록 하여 친환경적이면서도 식물의 생육을 억제할 수 있도록 제조된 다공성 황토블록을 시공하여 배수로의 통수기능을 확보하였다. 사면부와 바닥부의 다공성 황토블록은 와이어나 철선을 끼워 전체를 일체화시키거나 사면부와 바닥부의 다공성 황토블록을 와이어나 철선을 끼우고 이들 교차부분에 황토기초블록을 적용하여 최종적으로 일체화시켜 수리학적인 안정성을 확보하고, 무근 콘크리트 기초 타설 및 양생공정을 생략할 수 있도록 구성된 친환경적인 농업용 배수로 단면을 제공한다.

사면부에 시공되는 다공성 황토블록은 자연 건조된 황토를 900~1,400℃ 범위에서 가열하면서 고온 소성시킨 직후 급냉시켜 활성화시킨 다음 분쇄한 소성황토를 10~30중량%, 고로 슬래그를 50~70중량%, 소석회를 15~30중량%, 무수석고를 3~6중량%로 혼합하여 황토 페이스트를 만들고, 입경이 20~25 mm의 범위로 된 골재와 상기 황토 페이스트를 무게비 3~5:1로 넣고 상기 황토 페이스트에 대하여 25~32중량%의 물과 0.5~2중량%의 혼화제(고성능 감수제와 유동화제)를 첨가하고 혼합한 재료를 사용하여 진동 압축방법을 통하여 제조한 것을 특징으로 하고 일정 크기의 상호 연결공극을 지녀 식생의 도입이 가능한 농업용 배수로 다공성 황토블록이다.

바닥부에 시공되는 다공성 황토블록은 상기

와 같은 황토 페이스트를 만들고, 입경이 5~13mm의 범위로 된 골재와 황토 페이스트를 같은 배합 및 방법으로 제조하여 비교적 작은 크기의 상호 연결공극을 지녀 통수 및 통기가 가능하도록 하여 생태적으로 유리하면서도 식생의 도입은 억제할 수 있는 농업용 배수로 다공성 황토블록이다.

상기의 두 종류의 다공성 황토블록은 블록의 측면에서 상하 방향으로 관통하는 구멍을 가지도록 제작하여 이 구멍에 와이어나 철선을 끼움으로써 블록 상호간의 연결을 통한 일체화를 이룰 수 있는 구조로 되는 것을 특징으로 한다.

그리고 사면부의 구조적 안정을 목적으로 개발한 황토기초블록은 상기와 같은 황토 페이스트를 만들고, 모래와 같은 잔골재와 상기 황토 페이스트를 무게비 2.5~3.5:1로 넣고 상기 황토 페이스트에 대하여 25~32중량%의 물과 0.5~2중량%의 혼화제(고성능 감수제와 유동화제)를 첨가하고 혼합한 재료를 사용하여 진동압축방법을 통하여 제조한 것을 특징으로 한 무근 콘크리트 기초를 대신할 수 있는 황토 모르타르 블록이다.

여기서, 황토기초블록은 수로 사면부의 다공성 황토블록과 바닥부의 다공성 황토블록을 상호 연결할 수 있도록 역 T자 형태를 지니는 블록으로 제조하며, 또한, 무근 콘크리트 기초를 대체할 수 있도록 측면에 철근을 끼울 수 있는 구멍을 성형하도록 제작한다. 황토기초블록은

돌출부가 수로 사면부와 바닥부의 다공성 황토블록이 맞닿는 부분을 상호 지지하도록 시공되며, 블록의 측면에서 좌우를 관통하는 구멍은 블록끼리를 완료한 후 철근을 좌우로 끼웠을 때 잘 끼워지도록 왼쪽의 구멍이 오른쪽의 구멍보다 약간 크게 성형한다.

궁극적으로 상기의 블록 제품들을 조합하여 구성하는 다양한 배수로의 시공단면을 제공하여 친환경 배수로가 조성될 수 있도록 하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

가. 개발된 황토블록의 특징

1) 사면 안정용 블록(다공성 황토블록)

천연황토를 사용하여 제조한 친환경적인 소재로 개발한 제품으로 철선을 끼워 블록 상하간을 연결하여 일체화시킬 수 있도록 측면에 구멍이 형성되어 있고, 제품의 윗면에는 홈이

형성되어 있어서 시공후 복토를 함으로써 자연스럽게 식생의 도입이 가능하며, 제조시 사용하는 골재는 입도를 변화시킴으로써 식생의 조절이 가능하다.

2) 사면 안정용 블록(황토 지오그린셀)

천연황토를 사용하여 제조한 친환경적인 소재로 개발한 제품으로 사면부에 시공하여 사면의 안정성을 확보하도록 제조된 I형 호안블록으로써 복토나 녹화시공을 통하여 식생의 도입

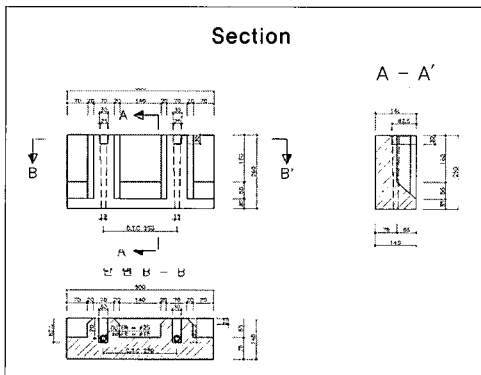


Fig. 1. Drawing and construction photo of porous loess block

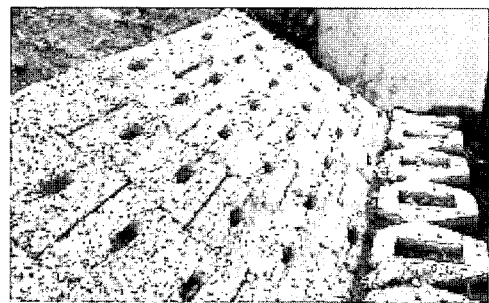
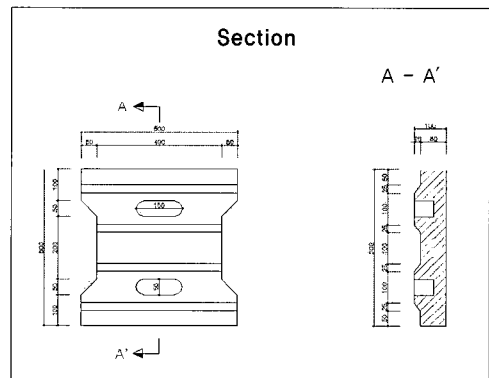


Fig. 2. Drawing and construction photo of Loess Geo-green cell

이 가능하며, 기존의 자연형 하천에 시공되었던 지오그린셀을 시멘트를 사용하지 않고 천연 황토를 사용한 황토바인더를 사용하여 보다 친환경적으로 개발되었다.

3) 수층부 안정용 블록

(지오그린 황토용벽/어소블록)

천연황토를 사용하여 제조한 친환경적인 소재로 개발한 제품으로 물의 흐름이 빠른 수층

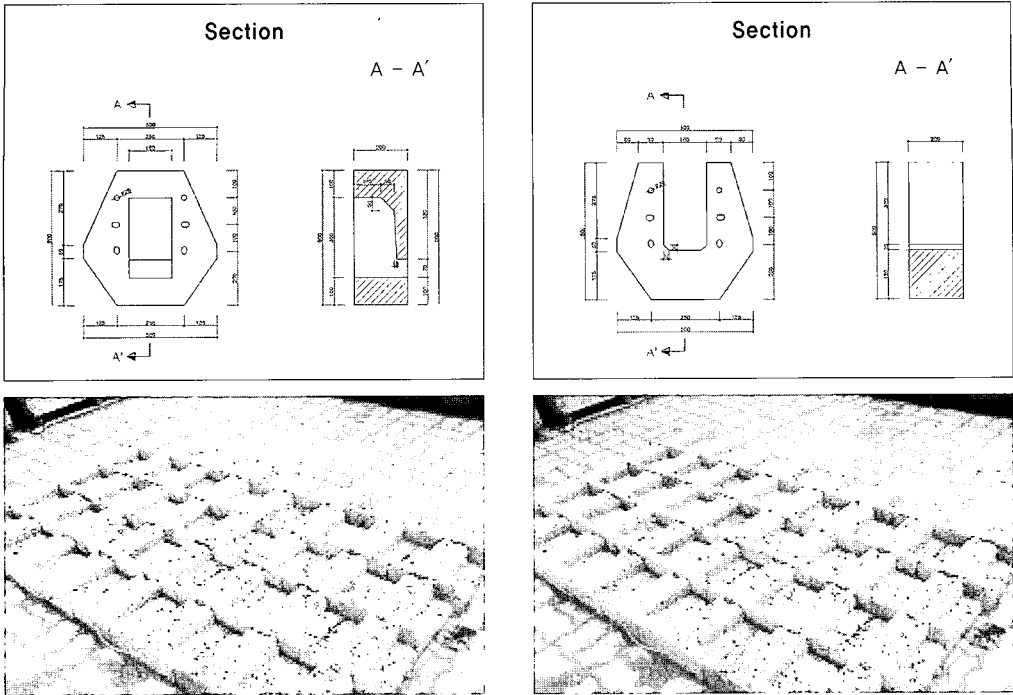


Fig. 3. Drawing and construction photo of Geo-green Loess retaining

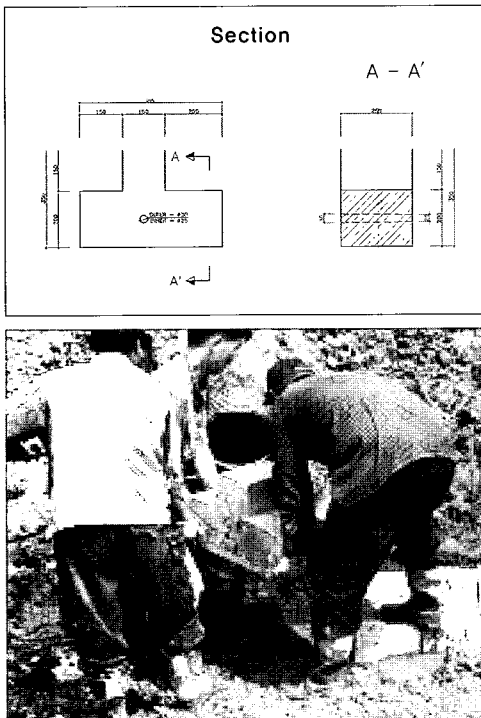


Fig. 4. Drawing and construction photo of Loess foundation block

부의 안정성을 확보 가능하도록 제조된 제품으로 쌓기 후 아연도 강봉으로 전체를 일체화시켜 수리적인 안정성을 확보하고, 바닥부에 시공되는 황토어소블록은 어소공간을 확보하도록 하였다.

4) 기초 대응 블록(황토 기초블록)

천연황토를 사용하여 제조한 친환경적인 소재로 개발한 제품으로 시공시 반드시 들어갈 수밖에 없었던 무근 콘크리트 기초를 대신할 수 있도록 개발된 제품으로 측면부에 구멍을 형성하여 철근을 끼움으로써 전체를 일체화시켜 무근 콘크리트 기초 타설공정을 생략할 수 있다.

5) 세굴방지용 황토수질정화블록

천연황토를 사용하여 제조한 친환경적인 소재로 개발한 제품으로 천연황토를 사용하고 다공질의 재질로 제조된 제품으로 조합 시공시 형성되는 간극으로 물의 흐름이 생기게 하여 다공질의 표면 및 내부 공극에서 서식하는 미

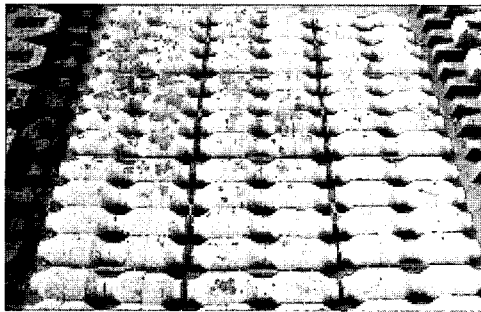
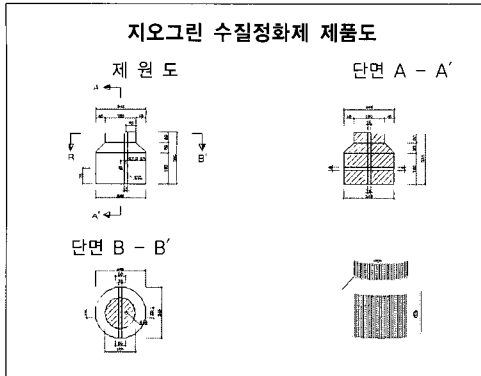


Fig. 5. Drawing and construction photo of Loess water quality cleanup block

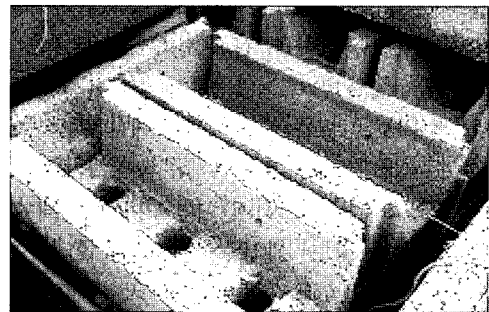
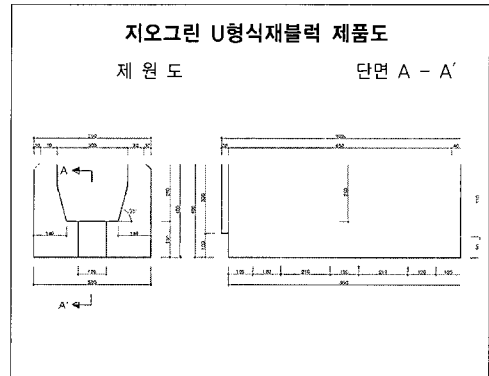


Fig. 6. Drawing and construction photo of Loess boundary plant block

생물에 의한 효과와 다공질 표면에서의 자연포기 효과에 의한 수질정화를 꾀할 수 있다.

6) 천단용 다공성 황토경계식재블록(U형 황토경계식재블록)

천연황토를 사용하여 제조함으로써 친환경적인 소재로 개발한 제품으로 사면부와 도로부의 경계에 시공하여 친환경적인 경관 조성용 경계블록으로의 역할을 하면서도 호안블록의 천단

콘크리트를 대신할 수 있다.

나. 황토블록의 재료시험 결과

시공재료의 형태별로 각 재료에 대하여 시험을 실시한 결과는 다음의 Table 3에 나타낸 바와 같이 황토투수콘크리트 재료가 기존의 시멘트 콘크리트 재료에 비교하여 강도는 약간 떨어지나 보통 호안용 블록에 요구되는 수준

Table 2. Properties of products developed

Product name	Size (mm)	Weight (kg/EA)	Aggregate distribution (mm)	% of void (%)	Compressive strength(kg/cm ²)
Loess geo-green cell	500*500*100	35	20~25	over 20	over 100
Geo-green Loess retaining block	500*500*200	50	8~13	over 15	over 150
Porous loess block A type	500*250*140	30	8~13	over 15	over 150
Porous loess block B type	500*250*140	30	20~25	over 20	over 100
Loess foundation block	500*250*350	60	fine	-	over 200
Loess water quality cleanup block	300*300*300	30	8~13	over 15	over 150
Loess boundary plant block	1000*500*400	300	8~13	over 15	over 150

Table 3. Physical Properties of Applied Materials

Classification		Test results				
No	Title	Compressive strength (kgf/cm ²)	Unit weight (kg/m ³)	Water absorption ratio (%)	% of void, hydraulic conductivity (% , cm/s)	pH
1	Cement concrete	210	1885	5.5	-	13.2
2	Loess mortar (foundation block)	200	2251	5.8	-	9.2
3	Loess water penetration concrete (block for slope)	155	1835	4.5	22.5%, 2.1cm/s	9.0
4	Loess water penetration concrete (foundation block)	180	1927	4.8	15.5%, 1.2cm/s	9.0

(100kgf/cm², 일본 에코콘크리트연합회 기준) 이상을 나타냄을 알 수 있었다. 그리고 재료의 pH도 중성에 가까운 값을 나타내는 것으로 보아 식물의 생육에 적절한 조건을 제공해 주므로써 보다 친환경적인 기반을 제공할 수 있을 것으로 판단되었다. 또한, 통수 및 통기가 가능하여 배면의 토양환경 개선에도 기여할 수 있을 것으로 판단되었다.

IV. 결론

본 연구에서는 배수로의 특성 및 시공재료의 요구특성을 파악하여, 이에 부합하는 성능을 지니며 생태적으로 유리한 기능을 가지는 시공 재료를 개발하였으며, 개발된 재료의 시험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 다공성 황토블록의 강도는 보통 호안용 블록에서 요구되는 수준(100kgf/cm², 일본 에코콘크리트연합회 기준) 이상으로 적합한 적용성을 지니는 것으로 판단된다.
2. 다공성 황토블록은 pH가 중성에 가까운 값을 나타내어 식물의 생육에 적절한 조건을 제공하므로써 보다 친환경적인 기반을 제공할 수 있으면서도 통수 및 통기가 가능하여 배면의 토양환경 개선에도 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문에서는 모니터링에 대한 연구 결과가 정리되지 않아 포함시키지 않았지만, 향후 지속적인 모니터링을 통하여 본 공법을 개선발전시켜 나간다면 현장 적용시 문제점을 최소화할 수 있을 것이라 판단된다.

본 논문은 2000. 8 ~ 2002. 8까지 수행한 농림기술개발사업 "친환경적 공법을 이용한 용배수로 개보수 기술개발" 연구 결과의 일부임

참고문헌

1. 엄대호 외, 농어촌연구원, 2002, 유지관리측면을 고려한 친환경 용수시설 설치 공법 개발에 관한 연구 최종보고서.
2. 농업기반공사 농어촌연구원, 2000, 친환경적 경지정리기법 개발연구사업 최종 보고서.
3. 자연과 환경, 1999, 환경생태복원시스템.