



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0102912
(43) 공개일자 2013년09월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 18/16 (2006.01) C04B 18/04 (2006.01)
C04B 14/28 (2006.01) B28B 3/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0024110
(22) 출원일자 2012년03월08일
심사청구일자 2012년03월08일
(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
김영익
대전광역시 서구 둔산3동 가람아파트 16-102
성찬용
대전광역시 서구 만년동 강변아파트 106-1102
(74) 대리인
특허법인 웰-엘엔케이

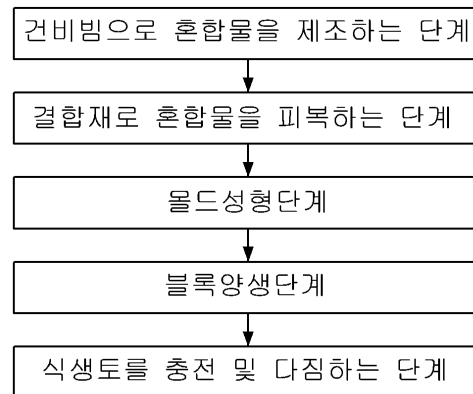
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 우수침투형 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 보дона 광장, 주차장 등의 포장에 적용되는 우수침투형 식생 포러스 하이브리드폴리머 블록 및 그 제조방법에 관한 것으로, 더 상세하게는 굵은골재와 잔골재 및 충전재를 울소타입의 불포화 폴리에스터 수지로 결합되도록 배합하고 이를 블록으로 형성하여 투수성을 향상시키되 상기 굵은골재로는 폐콘크리트를 재생한 재생골재를 사용하고, 충전재로는 탄산칼슘이나 플라이애쉬 또는 고로 슬래그를 사용하여 투수성을 향상시키면서 강도와 동결융해저항성의 저하를 방지할 수 있으며, 블록 중앙에는 식생공간을 형성하여 우수배출과 더불어 식생이 가능하도록 하는 친환경적인 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록 및 그 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도14



특허청구의 범위

청구항 1

우수를 침투시키는 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록에 있어서,

굵은 골재인 페콘크리트를 재생한 재생골재 69~72 중량%와, 잔골재인 모래 12~15 중량%와, 충전재인 플라이애쉬 또는 고로슬래그 또는 탄산칼슘 7~9 중량%를 건비빔하여 혼합물을 제조하고, 상기 혼합물에 결합재인 올소타입의 불포화 폴리에스터수지 6~9중량%를 투입하여 믹서로 혼합해 결합재가 혼합물을 피복하도록 하고, 결합재가 피복된 혼합물은 성형몰드에 타설하여 진동 다짐한 후 탈형하여 양생을 통해 제조되어 공극률이 9~22%이고, 강도가 19~25MPa이고, 우수 침투량이 14.5mm/hr 인 투수성재질로 내측에는 다수의 식생공간(21)이 형성된 본체부(20)와;

상기 식생공간(21)에 충전되는 식생토(30);로 구성되는 것을 특징으로 하는 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 식생공간(21)은 상하로 관통된 식생구(211) 또는 상부만 개구된 식생홈(212)으로 형성되어 내부에 식생토(30)가 충전되는 것을 특징으로 하는 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 식생공간(21)은 상광하협의 원뿔대 또는 다각뿔대로 형성하는 것을 특징으로 하는 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 식생공간(21)에 충전되는 식생토(30)는 $12\sim15\text{kgf} \cdot \text{cm}/\text{cm}^3$ 의 다짐에너지로 다짐이 이루어지는 것을 특징으로 하는 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록.

청구항 5

굵은 골재인 페콘크리트를 재생한 재생골재 69~72 중량%와, 잔골재인 모래 12~15 중량%와, 충전재인 플라이애쉬 또는 고로슬래그 또는 탄산칼슘 7~9 중량%를 건비빔하여 혼합물을 제조하는 혼합물 제조단계와;

상기 혼합물에 결합재인 올소타입의 불포화 폴리에스터수지 6~9중량%를 투입하여 믹서로 혼합해 결합재가 혼합물을 피복하게 하는 혼합물 피복단계와;

결합재가 피복된 혼합물을 성형몰드에 타설하고 진동다짐하는 몰드성형단계와;

상기 몰드에서 성형물을 탈형하고 이를 양생하여 공극률이 9~22%이고, 강도가 19~25MPa이고, 우수 침투량이 14.5mm/hr 이고 내측에 식생공간이 형성된 블록을 제조하는 블록양생단계와;

상기 양생된 블록의 식생공간에 식생토를 충전시킨 다음 $12\sim15\text{kgf} \cdot \text{cm}/\text{cm}^3$ 의 다짐에너지로 다짐하는 폴리머 블록 내의 식생공간에 식생토를 충전 및 다짐하는 단계;로 이루어지는 것을 특징으로 하는 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 보도나 광장, 주차장 등의 포장에 적용되는 우수침투형 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록 및 그

제조방법에 관한 것으로, 더 상세하게는 굵은골재와 잔골재 및 충전재를 울소타입의 불포화 폴리에스터 수지로 결합되도록 배합하고 이를 블록으로 형성하여 투수성을 향상시키되 상기 굵은골재로는 폐콘크리트를 재생한 재생골재를 사용하고, 충전재로는 탄산칼슘이나 플라이애쉬 또는 고로 슬래그를 사용하여 투수성을 향상시키면서 강도와 동결융해저항성의 저하를 방지할 수 있으며, 블록 중앙에는 식생공간을 형성하여 우수배출과 더불어 식생이 가능하도록 하는 친환경적인 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 우리나라 대부분의 도로 포장에 아스팔트 콘크리트와 시멘트 콘크리트 등의 불투수성 포장 재료에 의한 전면포장으로 호우 시 포장면에서 배수구를 통한 우수가 그대로 하천에 유입된다. 이와 같이 우수의 직접 유출에 의하여 도시 하천의 홍수량이 증가되어 저지대 및 하류지역에서 홍수 피해가 빈번하게 발생하지만, 침투수 부족으로 인하여 지하수는 점차 고갈되는 문제가 대두되고 있으며, 지중 미생물의 서식이나 가로수의 생육을 저해하는 등 자연 생태계 보호차원에서의 문제가 제기되고 있다.

[0003] 따라서 최근에는 홍수에 의한 침수 피해를 방지하고 지하수자원을 확보하기 위하여 기존 불투수성 시멘트 콘크리트 및 아스팔트 포장을 크게 개선한 투수 및 배수성 포장에 관심이 높아짐에 따라 투수성 콘크리트나 투수성 아스팔트를 사용한 차도, 보도, 광장 및 주차장 등의 시공사례가 증가하고 있으며, 포러스 콘크리트를 활용한 투수 블록 제품 등의 개발에 관한 연구가 많이 진행되고 있다.

[0004] Chindaprasirt et al.은 포러스 콘크리트의 제조를 위한 최적조건을 찾기 위하여 시멘트 페이스트의 특성 및 진동 및 다짐에 따른 포러스 콘크리트의 특성에 관한 연구를 하였으며, Kim et al. and Park et al.은 골재 형태 및 시멘트 페이스트의 흐름에 따른 포러스 콘크리트의 역학적 특성 및 흡수특성에 관한 연구를 수행하였다. Park, et al.은 골재의 입도 및 페이스트-골재비(P/G)에 따른 포러스 콘크리트의 수질정화 특성을 평가하였으며, 포러스 콘크리트가 T-P 및 T-N의 저감에 효과가 있음을 제시하였다.

[0005] 그러나 기존의 투수성 시멘트 콘크리트 및 아스팔트 포장의 경우 결합재의 낮은 결합력으로 인하여 겨울철 동결융해의 반복 작용시 균열 및 골재의 탈락 등에 기인한 부분 침하 및 파괴 등이 빈번하게 발생하며, 장기적으로 내구성이 크게 저하되는 문제점을 내포하고 있다.

[0006] 또한, 최근 도시재개발사업 및 사회기반시설 확충 등으로 약 3,900만톤의 건설폐기물이 발생되고 있으며, 이 중 폐콘크리트가 2,400만톤을 차지하고 있지만, 재생설비 부족 및 품질확보의 미흡 등으로 폐콘크리트의 90% 이상이 노반재 등으로 사용되고 있다.

[0007] 따라서 상기 폐콘크리트를 재활용하여 사용할 수 있는 사용처를 제공하면서 친환경적인 식생구조를 갖도록 하여 환경을 보호할 수 있는 도로 포장수단에 대한 연구가 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이에 본 발명의 우수침투형 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록 및 그 제조방법은,

[0009] 폐콘크리트를 재활용한 재생골재와 모래와 충전재의 혼합물에 결합제로 불포화 폴리에스터수지를 사용하여 결합시키고 이를 블록으로 제조함으로써 다공성에 의해 투수성이 향상되면서 우수한 강도를 제공할 수 있는 블록의 제공을 목적으로 한다.

[0010] 특히 본 발명은 블록의 중간부분에 식생구 또는 식생홈을 형성하여 식생토를 충전시킴에 의해 우수에 의한 식생토의 유실을 최소화하면서 식생이 이루어지도록 하는 투수성향상기능과 식생기능을 동시에 제공하는 하이브리드 블록을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 과제를 해소하기 위한 본 발명의 우수침투형 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록은,

[0012] 우수를 침투시키는 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록에 있어서, 굵은 골재인 페콘크리트를 재생한 재생골재 69~72 중량%와, 잔골재인 모래 12~15 중량%와, 충전재인 플라이애쉬 또는 고로슬래그 또는 탄산칼슘 7~9 중량%를 건비빔하여 혼합물을 제조하고, 상기 혼합물에 결합재인 올소타입의 불포화 폴리에스터수지 6~9중량%를 투입하여 믹서로 혼합해 결합재가 혼합물을 피복하도록 하고, 결합재가 피복된 혼합물은 성형몰드에 타설하여 진동 다짐한 후 탈형하여 양생을 통해 제조되어 공극률이 9~22%이고, 강도가 19~25MPa이고, 우수 침투량이 14.5mm/hr 인 투수성체질로 내측에는 다수의 식생공간이 형성된 본체부와; 상기 식생공간에 충전되는 식생토;로 구성된다.

[0013] 또한, 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록 제조방법은,

[0014] 굵은 골재인 페콘크리트를 재생한 재생골재 69~72 중량%와, 잔골재인 모래 12~15 중량%와, 충전재인 플라이애쉬 또는 고로슬래그 또는 탄산칼슘 7~9 중량%를 건비빔하여 혼합물을 제조하는 혼합물 제조단계와; 상기 혼합물에 결합재인 올소타입의 불포화 폴리에스터수지 6~9중량%를 투입하여 믹서로 혼합해 결합재가 혼합물을 피복하게 하는 혼합물 피복단계와; 결합재가 피복된 혼합물을 성형몰드에 타설하고 진동다짐하는 몰드성형단계와; 상기 몰드에서 성형물을 탈형하고 이를 양생하여 공극률이 9~22%이고, 강도가 19~25MPa이고, 우수 침투량이 14.5mm/hr 이고 내측에 식생공간이 형성된 블록을 제조하는 블록양생단계와; 상기 양생된 블록의 식생공간에 식생토를 충전시킨 다음 $12\sim15\text{kgf} \cdot \text{cm}/\text{cm}^3$ 의 다짐에너지로 다짐하는 폴리머 블록 내의 식생공간에 식생토를 충전 및 다짐하는 단계;로 이루어진다.

발명의 효과

[0015] 상기 해결수단에 의한 본 발명의 우수침투형 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록 및 제조방법은,

[0016] 굵은 골재로 페콘크리트를 재활용한 재생골재를 사용하고, 충전재로는 산업폐기물 또는 부산물인 플라이애쉬 또는 고로슬래그분말을 사용하여 폐기되는 자원을 재활용하였으며, 결합재로 불포화 폴리에스터수지를 사용해 제조하므로써 투수성을 향상시키면서 우수한 강도를 갖는 블록의 제공이 가능하게 되었다.

[0017] 또한, 본 발명은 블록 중간부분에 형성된 식생공간인 식생구 또는 식생홈에는 식생토가 충전되어 식생이 이루어 지도록 하고, 호우시 식생구 또는 식생홈에 의해 식생토가 지지되어 우수에 의해 쓸려 유실되는 것을 방지해 식물이 안정적으로 성장할 수 있게 하는 등 식생기능과 우수배출기능을 동시에 제공하는 복합적인 블록의 제공이 가능하게 되었다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 폴리머블록의 본체부를 제조하는 과정을 도시한 블록도.

도 2는 결합재량 및 충전재에 따른 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 공극률을 나타낸 그래프.

도 3은 충전재 및 결합재량에 따른 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 압축강도를 나타낸 그래프.

도 4는 충전재 및 결합재량에 따른 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 압축강도와 공극률의 관계를 나타낸 그래프.

도 5는 충전재 및 결합재량에 따른 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 휨강도를 나타낸 그래프.

도 6은 충전재에 따른 포장용 폴리머 블록의 투수계수를 나타낸 그래프.

도 7은 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 압축강도와 투수계수의 관계를 나타낸 그래프.

도 8은 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 투수계수와 공극률의 관계를 나타낸 그래프.

도 9 및 도 10은 강우에 따른 누가침투량 및 누가표면유출량을 나타낸 그래프.

도 11a 내지 도 11c는 충전재 종류 및 결합재량에 따른 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 동결융해에 대한 중량 변화를 나타낸 그래프.

도 12a 내지 도 12d는 본 발명의 실시예에 따른 식생 포러스 하이브리드 폴리머블록을 도시한 사시도 및 설치단면도.

도 13은 본 발명의 실시예에 따른 식생 포러스 하이브리드 폴리머블록의 다른 예를 도시한 단면도.

도 14는 본 발명의 다른 실시예에 따른 식생 포러스 하이브리드 폴리머블록의 제조과정을 도시한 블록도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 그러나 첨부된 도면은 본 발명의 기술적 사상의 내용과 범위를 쉽게 설명하기 위한 예시일 뿐, 이에 의해 본 발명의 기술적 범위가 한정되거나 변경되는 것은 아니다. 또한 이러한 예시에 기초하여 본 발명의 기술적 사상의 범위 안에서 다양한 변형과 변경이 가능함은 당업자에게는 당연할 것이다.

[0020] 본 발명에 따른 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록은, 굵은골재와, 잔골재, 충전재를 건비빔하여 혼합물을 제조하고, 이에 결합재를 투입하여 혼합물에 결합재가 피복되도록 하여 이를 성형몰드에 타설해 탈형 후 양생하여 제조되어 공극률이 9~22%이고, 강도가 19~25MPa이고, 우수 침투량이 14.5mm/hr 를 갖는다.

[0021] 1. 재료선정

[0022] 상기 굵은골재로는 폐콘크리트를 활용하여 생산된 재생골재(경기도 I사)를 사용하고, 잔골재는 강에서 채취한 모래를 사용하고, 충전재로는 탄산칼슘, 화력발전소에서 부산되는 플라이애쉬, 고로에서 용융상태의 슬래그를 급냉화하여 입상화한 고로슬래그 등의 미분말을 사용하여 산업폐기물을 재활용하였다. 또한, 결합재로는 메틸에틸케톤 프록사이드가 55% 함유된 DMP 용액을 개시제로 사용하는 올소타입의 불포화 폴리에스터 수지를 사용하였다.

[0023] 상기 결합재와, 굵은골재 및 잔골재와, 충전재의 물리적 특성은 하기 표 1 내지 표3에 나타내었다.

[0024] [표 1]

Specific gravity at 20℃	Viscosity at 20℃ (poise)	Styrene content (%)	Acid value
1.12	3.5	37.2	26.5

[0025]

[0026] [표 2]

Type	Size (mm)	Bulk density (kg/m ³)	Specific gravity (20℃)	Absorption ratio (%)	Fineness modulus
coarse	5 ~ 10	1,597	2.64	1.28	6.84
Fine	0.15 ~ 5	1,675	2.62	0.87	2.66

[0027]

[0028] [표 3]

Type	Specific gravity (20℃)	Specific surface (cm ² /g)	Grain size (mm)	Color
CaCO ₃	2.92	3,150	< 0.15	White
Fly ash	2.39	3,152	< 0.15	Gray
Blast furnace slag	2.92	4,401	< 0.15	White

[0029]

[0030] 2. 배합설계

[0031] 본 발명의 하이브리드 폴리머 블록 또는 콘크리트는 일반 콘크리트와는 달리 투수를 위한 많은 연속적인 공극을 가지며, 우선시 우수를 실시간으로 투수시키기 위해서 투수계수와 공극률을 크게 할 필요가 있다. 그러나 투수성을 증가시키기 위한 투수계수와 공극률의 증가는 폴리머 블록의 강도 저하를 초래할 수 있으므로 강도를 저하시키지 않으면서 우수성을 향상시킬 수 있는 적합한 배합이 필요하다.

[0032] 이에 본 발명은 우수성 아스팔트 포장의 공극률 기준 8%와 투수계수 기준인 1×10^{-2} cm/s 를 만족할 수 있도록 배합하였다. 결합재량은 충전재의 종류에 따른 특성을 분석하기 위하여 충전재의 종류에 관계없이 동일량을 사용하였으며, 결합재량에 따른 강도 및 공극률을 평가하기 위하여 6~9%의 결합재량을 사용하였다. 굵은골재 및 잔골재는 연속공극을 가질 수 있도록 일반 콘크리트에 비하여 굵은골재의 비율을 높이고 잔골재의 비율은 감소시켰으며, 충전재는 결합재와의 페이스트 형성으로 골재를 피복할 수 있는 체적을 확보할 수 있도록 전체 중량의 8%를 사용하였다.

[0033] 상기 내용을 기준으로 하기 표 4에 나타난 바와같이 본 발명의 범위내에서 다양한 혼합비로 혼합이 이루어지도록 하였다.

[0034] [표 4]

(Unit : wt.%)

Mix type	Binder	Aggregate		Filler			Remark
	Unsaturated polyester resin	Coarse	Fine	CaCO ₃	Fly ash	Blast furnace slag	
PC-CA	6	72	14	8	—	—	mix type for block
	7	71	14	8	—	—	
	8	70	14	8	—	—	
	9	69	14	8	—	—	
PC-FA	6	72	14	—	8	—	
	7	71	14	—	8	—	
	8	70	14	—	8	—	
	9	69	14	—	8	—	
PC-BS	6	72	14	—	—	8	
	7	71	14	—	—	8	
	8	70	14	—	—	8	
	9	69	14	—	—	8	

[0035]

[0036] PC : 포러스 폴리머 콘크리트,

[0037] CA: 탄산칼슘, FA : 플라이애쉬, BS : 고로 슬래그

[0038] 3. 제조방법

[0039] 상기 혼합비를 갖는 재료를 이용한 블록제조는 도 1을 참조한 바와같이 굵은골재와 잔골재와 충전재를 건비빔하여 혼합물을 제조하는 혼합물 제조단계와, 상기 혼합물에 결합재를 투입하여 3분간 고속믹서기로 혼합해 결합재가 혼합물을 피복하게 하는 혼합물 피복단계와; 결합재가 피복된 혼합물을 성형몰드에 타설하여 진동다짐하는 몰드성형단계와; 상기 몰드에서 성형물을 탈형하고 이를 양생하여 공극률이 9~22%이고, 강도가 19~25MPa이고, 우수 침투량이 14.5mm/hr 인 블록을 제조하는 블록양생단계;를 통해 이루어진다.

[0040] 4. 각종 측정시험

[0041] 1) 공극률시험

[0042] 상기 표 4의 배합비율로 제조된 블록을 이용하여 공극률 시험을 실시하였다.

[0043] 시험방법으로는 일본 에코콘크리트연구위원회의 포러스 콘크리트의 공극률 시험방법(안) 중 용적법에 의하여 측정하였으며, 다음 [수학식1]에 의하여 산출하였다.

[0044] [수학식1]

$$V_0 = \left[1 - \frac{(W_2 - W_1)}{V} \right] \times 100$$

[0045]

[0046] (V_0 = 공극률(%),

[0047] W_1 = 수중에서의 공시체 중량(g)

[0048] W_2 = 기건 양생한 공시체의 중량(g),

- [0049] $V = \text{공시체의 체적}(\text{cm}^3)$)
- [0050] 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 공극은 우수 등이 관통하여야 하므로 연속적으로 이루어져야 하는 반면에 연속성만을 위하여 공극이 일직선상으로 형성될 경우 포러스 구조의 결합력이 약하여 블록 상부의 하중에 의해 폴리머 블록이 파괴될 수 있기 때문에 적절한 공극 형성이 중요하다.
- [0051] 도 2는 결합재량 및 충전재에 따른 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 공극률을 보여준다. 충전재의 종류에 관계없이 KS F 2385(투수성 아스팔트 혼합물)에서 규정하고 있는 공극률 8% 이상을 모두 상회하는 것으로 나타났으며, 결합재량이 증가할수록 공극률은 감소하는 경향을 나타내었다.
- [0052] 충전재에 따른 공극률에서, PC-BA 배합의 공극률은 결합재에 따라 9~18%의 범위를 나타내어 PC-CA 및 PC-FA의 공극률 11~21% 및 11~22% 보다 다소 낮게 나타났다.
- [0053] 폴리머 블록의 공극률은 사용된 굵은골재 및 잔골재의 입도 및 배합에 의해 좌우 될 뿐만 아니라 결합재와의 결합으로 페이스트를 형성하는 충전재의 사용량 및 비표면적에 크게 좌우된다. 충전재의 사용량 및 비표면적이 크면 페이스트의 점성이 증가하여 골재의 피복 두께 증가에 의한 공극률의 감소를 가져올 수 있으며, 반면에 충전재의 사용량 및 비표면적이 작은 경우에는 페이스트 점성의 감소로 골재의 피복 두께 감소에 의한 공극률의 증가를 가져오게 된다. 따라서 비표면적이 큰 고로슬래그 미분말을 충전재로 사용한 폴리머 콘크리트의 배합이 상대적으로 비표면적이 작은 플라이 애쉬나 탄산칼슘을 충전재로 사용한 폴리머 콘크리트의 배합에 비하여 페이스트(결합재+충전재)의 점성이 커서 골재의 피복 두께를 증가시켰을 뿐만 아니라 피복 두께의 증가에 의한 골재와 골재의 맞물림으로 공극이 감소한 것으로 판단된다.
- [0054] 한편, 결합재량에 따른 공극률은 충전재에 관계없이 결합재량이 증가할수록 감소하는 경향을 나타내었다. 충전재에 따른 9%의 결합재량을 사용한 배합에서의 공극률은 9~11%의 범위를 나타내어 투수 포장에서 규정하고 있는 공극률 기준 8%를 약간 상회하는 것으로 나타났다. 또한 9%의 결합재량을 사용한 배합에서는 진동 다짐 시간이 길어질 경우 페이스트가 하부로 흘러내려 공시체 하단이 막히는 현상이 일부 발생되어 제작시 주의가 요구되며, 공극률 측면에서 폴리머 블록 제조시 9% 이내로 결합재를 하는 것이 바람직하다.
- [0055] **2) 강도시험**
- [0056] 압축강도시험은 $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 의 공시체를 제작하여 재령 7일에 KS F 2481(폴리에스터 레진 콘크리트의 압축강도시험방법)에 규정된 방법에 준하여 130kgf/s의 속도로 하중을 재하하였다.
- [0057] 또한, 휨강도 시험은 $60 \times 60 \times 240\text{mm}$ 의 공시체를 제작하여 KS F 2482(폴리에스터 레진 콘크리트의 휨강도 시험방법)에 규정된 방법에 준하여 5kgf/s의 속도로 하중을 재하하였다.
- [0058] 압축강도는 골재의 종류, 배합조건 등에 따라 다르며, 블록의 역학적 성질을 나타내는 대표적인 것 중의 하나이다. 또한 압축강도는 배합설계의 기준이 될 뿐만 아니라 인장강도, 휨강도, 탄성계수 및 내구성 등을 추정할 수 있고, 타설시 거푸집의 제거 시기 등을 결정할 수 있는 기준이 된다. 폴리머 블록의 강도는 포러스 구조 특성상 결합재 및 골재의 미세 구조에 의하여 강도를 발현하는 일반 블록과는 달리 골재와 골재의 맞물림 결합에 의하여 강도 특성이 좌우되는 것으로 알려져 있다.
- [0059] 도 3은 충전재 및 결합재량에 따른 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 압축강도를 보여준다. 충전재의 종류에 관계없이 PC-CA, PC-FA, PC-BS 배합 모두에서 결합재량이 증가할수록 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 충전재 종류에 관계없이 결합재량 6%에서는 18.2~18.9MPa의 압축강도를 나타내어 투수 포장을 위한 블록의 압축강도 기준인 18MPa를 약간 상회하였다. 또한 충전재 종류에 관계없이 결합재량 9%에서는 23.2~24.8MPa를 나타내어 압축강도 기준인 18MPa를 크게 상회하여 압축강도 측면에서는 결합재량을 증가시키는 것이 매우 유리함을 알 수 있다.
- [0060] 이는 공극률시험과 마찬가지로 결합재량이 증가함에 따라 페이스트(결합재+충전재) 량 및 점성이 증가하여 골재의 피복 두께를 증가시켰을 뿐만 아니라 피복 두께의 증가에 의한 골재와 골재의 맞물림 효과가 증가하였기 때문이다.

[0061] 반면에 공극률 시험결과에서 보는 바와 같이 9% 이상의 결합재량은 공극률을 크게 감소시켜 투수 포장 적용 시 투수성이 저하되는 단점을 내포하고 있기 때문에 공극률과 압축강도를 동시에 만족시킬 수 있는 7~8%의 결합재량이 투수 포장을 위한 포러스 폴리머 콘크리트의 배합에 적절한 것으로 판단된다.

[0062] 충전재 종류에 따른 PC-CA, PC-FA, PC-BS의 압축강도는 결합재량에 관계없이 고로슬래그 미분말을 사용한 PC-BS 배합에서 가장 높은 압축강도를 나타내었으며, 탄산칼슘과 플라이 애쉬를 사용한 PC-CA 및 PC-FA 배합에서는 유사한 압축강도를 나타내었다. 이러한 결과는 사용된 충전재 중 고로 슬래그 미분말의 비표면적이 탄산칼슘 및 플라이 애쉬에 비하여 크기 때문에 페이스트에 의한 골재의 피복두께가 크게 증가하여 골재와 골재의 결합력이 증가하였기 때문이다. 특히 산업폐기물 및 부산물인 고로슬래그 미분말 및 플라이 애쉬를 충전재로 사용한 폴리머 블록 배합의 압축강도가 탄산칼슘을 충전재로 사용한 폴리머 블록의 압축강도와 거의 유사하거나 약간 크기 때문에 친환경 및 경제적 측면에서 폴리머 블록 제조시 이들의 활용성이 기대된다.

[0063] 도 4는 충전재 및 결합재량에 따른 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 압축강도와 공극률의 관계를 보여준다. 충전재의 종류 및 결합재량에 관계없이 압축강도가 증가할수록 공극률은 감소하는 것으로 나타났다. 압축강도가 증가하기 위해서는 골재의 피복 두께를 증가시켜야 하는 반면에 공극률을 증가시키기 위해서는 골재의 피복 두께를 감소시켜야 하는 상반관계가 있음을 알 수 있다.

[0064] 도 5는 충전재 및 결합재량에 따른 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 휨강도를 보여준다. 압축강도 시험결과와 마찬가지로 충전재 종류에 관계없이 결합재량이 증가함에 따라 휨강도가 증가하는 경향을 나타내었으며, PC-BS 배합이 다른 배합에 비하여 높은 휨강도를 나타내었다. 결합재를 시멘트로 한 포러스 시멘트 블록의 경우 시멘트의 낮은 결합력으로 인하여 압축강도에 비하여 휨강도가 크게 저하되는 반면에, 불포화 폴리에스터 수지를 결합재로 한 포러스 폴리머 블록에서는 결합재의 높은 결합력에 의하여 압축강도 뿐만 아니라 휨강도 특성이 매우 우수한 것을 알 수 있다.

[0065] 3) 투수계수 시험

[0066] 포러스 폴리머 블록의 투수계수는 일본 에코콘크리트연구위원회의 포러스 콘크리트의 투수계수 시험방법(안)에 준하여 투수계수를 측정하였으며, Darcy법칙에 근거하여 [수학식 2] 에 의하여 산출하였다.

[0067] [수학식 2]

$$K = \frac{HQ}{Ah(t_2 - t_1)}$$

[0068]

[0069] (K = 투수계수(cm/s))

[0070] H = 시료 높이(cm)

[0071] A = 단면적(cm²)

[0072] h = 수위차(cm)

[0073] Q = (t₂-t₁) 시간내에 통과한 수량(cm³))

[0074] 도 6은 충전재에 따른 포장용 포러스 폴리머 블록의 투수계수를 나타낸 것이다. PC-CA, PC-FA 및 PC-BS 배합에서 결합재량에 따른 포러스 폴리머 블록의 투수계수는 각각 4.8×10^{-2} cm/s ~ 4.4×10^{-1} cm/s, 2.7×10^{-2} cm/s ~ 3.1×10^{-1} cm/s 및 1.8×10^{-2} cm/s ~ 2.9×10^{-1} cm/s 로 나타났으며, 결합재량이 증가할수록 투수계수가 감소하는 경향을 나타내었다. 또한, 공극률의 시험결과와 마찬가지로 PC-BS 배합의 투수계수가 PC-CA 및 PC-FA 배합의 투수계수에 비하여 다소 감소하는 경향을 나타내었으나, 충전재 종류 및 결합재량에 관계없이 모든 배합에서 투수성 아스팔트 혼합물의 투수계수 기준인 1.0×10^{-2} cm/s를 상회하는 것으로 나타났다.

[0075] 도 7은 투수 포장을 위한 포러스 폴리머 블록의 압축강도와 투수계수의 관계를 보여준다. 압축강도가 증가함에

따라 투수계수는 감소하는 경향을 나타내어 상반관계가 있음을 알 수 있다. 압축강도와 투수계수의 상관계수는 $R^2=0.87$ 로 높은 유의성을 가지는 것으로 나타났으며, 다음 [수학식 3]으로 표현되었다.

[0076] [수학식 3]

$$y = -0.056x + 1.375 \quad (R^2=0.87)$$

[0078] (여기서, y = 투수계수, x = 압축강도)

[0079] 압축강도가 증가하기 위해서는 페이스트(결합재+충전재)에 의한 골재의 피복 두께가 증가되어야 하는 반면에 투수 포장 특성상 우수를 실시간으로 침투시키기 위해 요구되는 투수계수는 골재의 피복 두께를 감소시켜 일정 규모 이상의 공극을 형성하여야 한다. 따라서 상반관계의 압축강도와 투수계수 조건을 만족시키는 최적배합을 도출하는 것이 필요하다.

[0080] 도 7에서 보는 바와 같이 모든 배합조건에서 투수성 포장을 위한 압축강도 기준 18 MPa와 투수계수 기준 1×10^{-2} cm/s을 만족하는 것으로 나타났으나, 실내시험과는 달리 현장 적용시 품질 저하 및 장기 사용하에서 공극 막힘 및 내구성 저하 등의 문제가 발생될 수 있기 때문에 도 7의 경계조건을 만족하는 배합이 최적배합으로 고려될 수 있다.

[0081] 도 8은 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 투수계수와 공극률의 관계를 보여준다. 투수계수 및 공극률은 모두 폴리머 블록의 공극크기와 공극수와 관계되기 때문에 투수계수가 증가함에 따라 공극률 또한 증가하는 경향을 나타내었다. 투수계수와 공극률의 상관계수 $R^2=0.84$ 로 높은 유의성을 가지는 것으로 나타났으며, 다음 [수학식 4]으로 표현되었다.

[0082] [수학식 4]

$$y = 27.43x + 10.78 \quad (R^2=0.84)$$

[0084] (여기서, y = 공극률, x = 투수계수)

[0085] 도 8에서 보는 바와 같이 모든 배합에서 투수성 포장을 위한 공극률 기준 8%와 투수계수 기준 1×10^{-2} cm/s을 만족하는 것으로 나타났으나, 현장 적용 후 사용중에 차량 및 보행자의 통행에 의해 공극 막힘 현상이 발생할 수 있기 때문에 도 8의 경계조건을 최적배합 조건으로 제안할 수 있다.

[0086] 4) 유출 침투 특성평가

[0087] 투수 블록 포장에 의한 우수 유출 저감 특성을 평가하기 위하여 투수 포장체에 대한 투수 모형 실험을 실시하였다. 투수 모형 실험체는 노상층, 자갈층, 모래층 및 투수성 폴리머 블록으로 형성된 투수 포장체, 다양한 강우 강도 재현을 위한 강우모사장치, 포장체 상부 및 하부에서의 실시간 강우량 및 우수 침투량 산정을 위하여 포장체 하부에 설치된 수조로 구성되었다. 투수 포장체 모형의 제원에서 포장 높이는 차도용 블록 포장 기준에 준하여 노상층 20cm, 자갈층 20cm, 모래층 3cm 및 투수성 폴리머 블록 두께는 8cm로 하였으며, 모래층의 유실방지를 위하여 자갈층과 모래층 사이에 섬유 쉬트를 설치하였다. 투수 포장 단면은 1.80m×0.90m의 크기로 하였으며, 투수 블록의 형상에 따른 우수 침투 효과를 평가하기 위하여 전단면 투수 블록과 부분단면 투수 블록을 사용하여 포장 단면을 구성하였다. 강우모사장치는 저수조, 모터펌프, 유량계, 압력계 및 분사노즐로 구성되었으며, 압력계 및 조절밸브에 의하여 다양한 강우강도를 재현할 수 있을 뿐만 아니라 강우포장 단면에 전체적으로 강우를 공급할 수 있도록 분사노즐을 분산 배치하였다. 강우 및 침투량은 수조를 이용하여 직접 측정하였다.

[0088] 강우강도 100mm/hr에 대한 투수성 폴리머 블록 포장에서의 실시간 우수-유출 특성을 평가하기 위하여 수리 모형 실험을 실시하였다.

[0089] 인공강우 지속시간은 총 720분(12시간)이며, 강우에 따른 실시간 침투량 및 표면유출량이 측정되었으며, 도 9 및 도 10은 강우에 따른 누가침투량 및 누가표면유출량을 보여준다.

- [0090] 강우가 시작되면서 동시에 강우가 포장체 상부 투수성 폴리머 블록을 통과하여 하부지반으로 침투되었으며, 하부지반을 통과한 강우가 침투량 수조에 도달하는데는 약 3분이 소요되었다. 강우가 지속되면서 침투속도 및 침투량이 점점 증가하는 경향을 나타내었다. 초기 강우시점 60분에서의 침투량은 14.5mm/hr를 나타내었으며, 강우 지속시간이 180분 도달하면서 시간에 따른 침투량이 거의 일정한 수준을 나타내었다. 한편, 투수 블록 포장체에서 초기표면유출은 강우 시작점으로부터 2시간 15분이 경과한 후 발생하였으며, 이후에는 표면 유출이 크게 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 강우지속 시간 360분이 경과하면서 침투량과 유출량이 거의 동일한 수준에 도달하였으며, 이후에는 유출량이 침투량을 초과하는 것으로 나타났다.
- [0091] 이러한 결과는 강우 초기에는 상부 포장체인 투수 블록에 의한 투수가 원활히 이루어져 침투량이 증가하였으나 강우가 지속됨에 따라 상대적으로 투수계수가 낮은 하부지반에서 포화가 발생하면서 포장체 전체의 투수성이 크게 감소하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 강우가 지속되면서 포화된 하부포장체에 의하여 강우가 역류하면서 표면 유출량이 크게 증가하는 것으로 판단된다.
- [0092] **5) 동결융해 저항성 시험**
- [0093] 동결융해저항성 시험은 60×60×240mm의 공시체를 제작하여 재령 7일에 KS F 2456 (급속 동결융해에 대한 콘크리트의 저항 시험방법)에 준하여 수중 급속 동결융해시험을 하였으며, 이때 공시체의 온도는 동결시 -18℃, 융해시 4℃가 되게 하였고 동결융해의 1사이클은 4시간이 소요되었다. 시험동안 매 50 사이클 간격으로 중량변화율을 측정하였고, 동결융해의 반복이 300 사이클이 되었을 때 시험을 완료하였다.
- [0094] 일반적으로 동결융해가 반복적으로 작용하는 경우 콘크리트에 발생하는 스케일링이나 팽아웃 현상으로 인해 콘크리트의 표면 탈락을 발생시킴으로서 질량이 감소하게 된다. 또한 콘크리트 내 수분의 동결 및 융해의 반복에 의해 체적 팽창이 발생하면서 콘크리트 내부의 밀도가 감소하여 상대동탄성계수의 감소 및 내구성 저하가 나타나는 것으로 알려져 있다.
- [0095] 반면에 포러스 콘크리트 및 투수 콘크리트의 경우 일반 콘크리트와 달리 골재와 골재의 결합에 의해 이루어지기 때문에 동결융해 작용시 일반 콘크리트와는 다른 메카니즘을 가지는 것으로 알려져 있다. 포러스 콘크리트는 포러스 구조로 인하여 콘크리트 내부에 많은 물을 항상 포함하게 되며, 동결시 물의 팽창에 의해 골재와 골재의 결합력 감소로 인하여 골재 탈락 및 파괴가 발생되어지며, 일반 콘크리트에 비하여 동결융해에 대한 저항성이 낮은 것으로 보고되고 있다.
- [0096] 한편, 동결융해저항성은 동탄성계수 측정에 의한 상대동탄성계수를 구하여 내구성 지수로 평가하지만 포러스 콘크리트의 경우 많은 공극으로 인하여 동탄성계수의 측정이 곤란할 뿐만 아니라 정확도가 떨어지기 때문에 본 실험에서는 동결융해사이클에 따른 중량변화 및 골재 탈락 등의 외관을 관찰하여 동결융해에 대한 내구성을 평가하였다.
- [0097] 도 11a 내지 도 11c는 충전재 종류 및 결합재량에 따른 투수 포장을 위한 폴리머 블록의 동결융해에 대한 중량변화를 나타낸 그래프이다.
- [0098] PC-CA 배합(도 11a)에서 결합재량에 따른 동결융해 300 사이클 후 포러스 폴리머 블록의 중량 감소율은 1.1~2.9%로서, 결합재량에 관계없이 중량 감소 및 폴리머 블록 표면의 변화가 거의 없는 것으로 나타났다.
- [0099] 또한 산업폐기물 및 부산물인 플라이 애쉬 및 고로 슬래그 미분말을 충전재로 사용한 PC-FA(도 11b) 및 PC-BS(도 11c) 배합에서 결합재량에 따른 동결융해 300 사이클 후 폴리머 블록의 중량 감소율은 각각 1.1~3.6% 및 0.9~3.8% 범위로서 PC-CA 배합의 중량 변화와 거의 유사한 경향을 나타내었다.
- [0100] 시멘트 포러스 콘크리트 블록의 경우 동결융해시 결합재인 시멘트의 낮은 부착력으로 인하여 골재와 골재의 결합력 감소로 골재 탈락 및 내구성 저하가 두드러지게 발생하는 반면에 포러스 폴리머 콘크리트 블록은 부착특성이 우수한 불포화폴리에스터 수지의 사용으로 골재와 골재와의 부착이 매우 우수하여, 동결융해 300 사이클이 경과한 후에도 골재 탈락 등의 내구성 저하 현상이 발생되지 않은 것으로 판단된다.
- [0101] 또한, 충전재 종류에 관계없이 모든 배합에서 동결융해저항성이 모두 우수하게 나타난 것은 폴리머 블록의 동결융해저항성이 사용된 골재 또는 충전재 보다는 사용된 결합재의 부착성능에 크게 좌우되기 때문이다. 또한 결합재량에 관계없이 모든 배합에서 4% 이내의 중량변화를 나타낸 것은 결합재로 사용된 불포화 폴리에스터 수지의

결합력에 의한 골재의 부착력이 포러스 폴리머 콘크리트 내부에서 물의 동결융해시 수축 및 팽창력 보다 크기 때문이다.

- [0102] 이와같이 투수성과 강도 및 동결융해저항성을 고려하여 본 발명의 하이브리드 폴리머 블록은 굵은 골재인 페콘크리트를 재생한 재생골재 69~72 중량%와, 잔골재인 모래 12~15 중량%와, 충전재인 플라이애쉬 또는 고로슬래그 또는 탄산칼슘 7~9 중량%과, 결합재인 올소타입의 불포화 폴리에스터수지 6~9중량%의 비율로 혼합하여 공극률이 9~22%이고, 강도가 19~25MPa이고, 우수 침투량이 14.5mm/hr 인 블록 또는 포장체를 제공하는 것이 바람직하다.
- [0103] 한편, 본 발명에 따른 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록은 상술된 투수층으로 형성하되, 내측에 하나 또는 다수의 식생공간을 형성하고, 상기 식생공간에는 식생토를 충전시켜 식물의 성장이 이루어지도록 할 수 있다.
- [0104] 도 12a를 참조한 바와같이 본 발명에 따른 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록(10)은 우수를 지면으로 침투시키는 본체부(20) 내측에 식생공간(21)이 형성된다.
- [0105] 상기 본체부(20)는 굵은 골재인 페콘크리트를 재생한 재생골재 69~72 중량%와, 잔골재인 모래 12~15 중량%와, 충전재인 플라이애쉬 또는 고로슬래그 또는 탄산칼슘 7~9 중량%, 결합재인 올소타입의 불포화 폴리에스터수지 6~9중량%으로 조성된다.
- [0106] 이러한 본체부에 형성되는 식생공간(21)은 도 12b를 참조한 바와같이 상하로 관통된 식생구(211)일 수 있으며, 도 12c를 참조한 바와같이 상부만 개구된 식생홈(212)일 수 있다. 상기 식생공간(21)은 블록에 하나만 형성하거나 도 12d와 같이 다수개가 형성되도록 할 수 있다.
- [0107] 이 때 상기 식생홈(212)과 식생구(211)는 원기둥 또는 다각기둥의 형태로 형성할 수 있으며, 이외에 도 13a에 도시된 바와같이 상광하협형의 원뿔대로 형태의 식생홈(212) 또는 도 13b에 도시된 바와같이 상광하협형의 원뿔대 형태로 관통된 식생구(211)로 형성할 수 있다.
- [0108] 이와같이 형성된 식생공간에는 식생토를 충전하여 식물의 성장이 이루어지도록 한다.
- [0109] 상기 충전되는 식생토(30)는 식물의 씨앗이 포함되고 각종 영양분이 포함된 통상적인 식생토를 사용할 수 있고, 상부면에는 식생매트가 덮을 수 있는 구조를 가질 수 있으며, 충전후 다짐을 하여 블록 이송과정 또는 설치과정에서 식생토가 분리되는 것을 방지할 수 있다.
- [0110] 상기 식생토의 다짐은 12~15 kgf · cm/cm³의 다짐에너지로 이루어진다. 상기 12kgf · cm/cm³이하일 경우에는 다짐력이 약해 식생토의 결합력 저하고 쉽게 블록에서 이탈될 수 있으며, 15kgf · cm/cm³이상일 경우에는 강력한 다짐에 의해 뿌리성장에 저해될 수 있으므로 상기 범위내로 다짐이 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0111] 아울러 상기 식생공간(21)이 상광하협형의 원뿔대 또는 다각뿔대 형태로 형성하는 것은 본체부와 식생공간에 다짐된 식생토와의 접촉면적을 증가시켜 이송과정에서 식생토의 탈거를 방지하기 위한 것이다. 또한, 식생공간을 식생홈의 형태로 형성하면 우천시에도 식생토가 우수에 쓸려 내려가는 것을 방지할 수 있다. 즉, 식생토의 투수량보다 본체부의 투수량을 더 높게 형성하여 우수가 본체부를 통해 신속하게 배수되므로 식생홈에 우수가 고이지 않게 해 식생토의 유실을 방지할 수 있는 것이다.
- [0112] 상기 식생공간이 형성된 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록의 제조방법은, 도 14를 참조한 바와같이 혼합물 제조단계가 이루어진다. 본 단계는 굵은 골재인 페콘크리트를 재생한 재생골재 69~72 중량%와, 잔골재인 모래 12~15 중량%와, 충전재인 플라이애쉬 또는 고로슬래그 또는 탄산칼슘 7~9 중량%를 건비빔하여 혼합물을 제조하는 단계이다.
- [0113] 다음으로는 혼합물 피복단계가 수행된다. 상기 혼합물 피복단계는 혼합물에 결합재인 올소타입의 불포화 폴리에스터수지 6~9중량%를 투입하여 믹서로 혼합해 결합재가 혼합물을 피복하게 하는 단계이다.
- [0114] 피복단계가 수행되면 몰드성형단계가 수행된다. 상기 결합재가 피복된 혼합물을 성형몰드에 타설하고 진공다짐으로 몰드성형이 이루어지도록 하는 것이다. 이때 상기 몰드성형에 의해 성형물에는 식생공간이 형성된다.

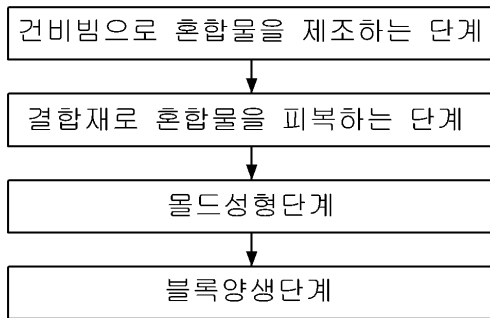
- [0115] 상기 몰드성형이 완료되면 블록양생단계가 수행된다. 일단 성형몰드에서 성형물을 탈형하고 이를 양생시킴으로써 공극률이 9~22%이고, 강도가 19~25MPa이고, 우수 침투량이 14.5mm/hr 인 폴리머 블록의 본체부가 제조된다.
- [0116] 다음으로 상기 본체부에 형성된 식생공간에 식생토를 충전시키고 $12\sim15\text{kgf} \cdot \text{cm}/\text{cm}^3$ 의 다짐에너지로 다짐이 이루어지는 식생토 충전 및 다짐단계가 수행되어 식생 포러스 하이브리드 폴리머 블록을 제조한다.

부호의 설명

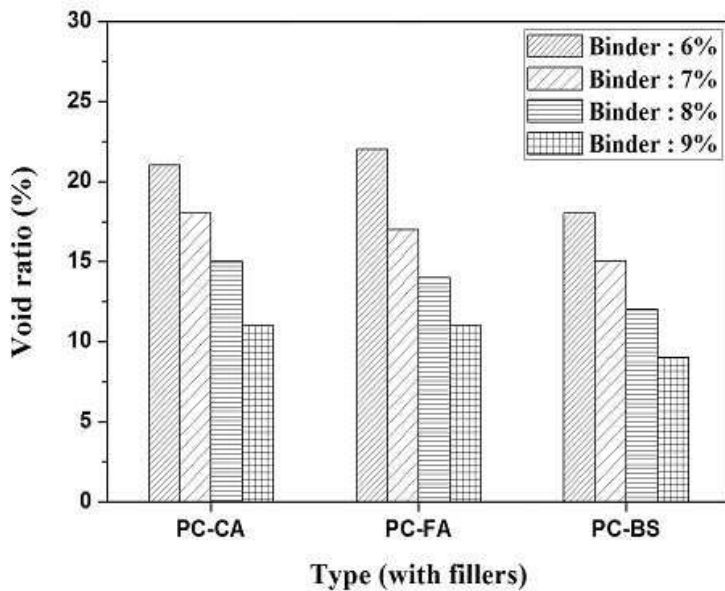
- [0117] 10 : 폴리머 블록
 20 : 본체부
 21 : 식생공간
 211 : 식생구 212 : 식생홈
 30 : 식생토

도면

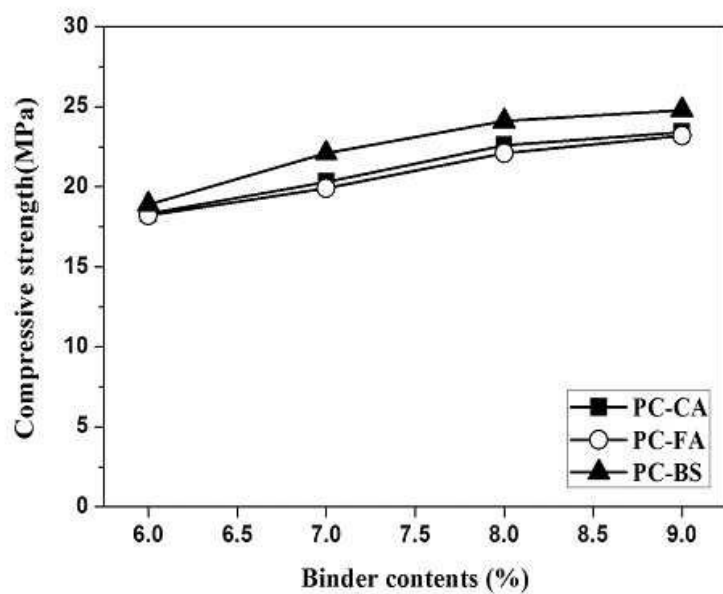
도면1



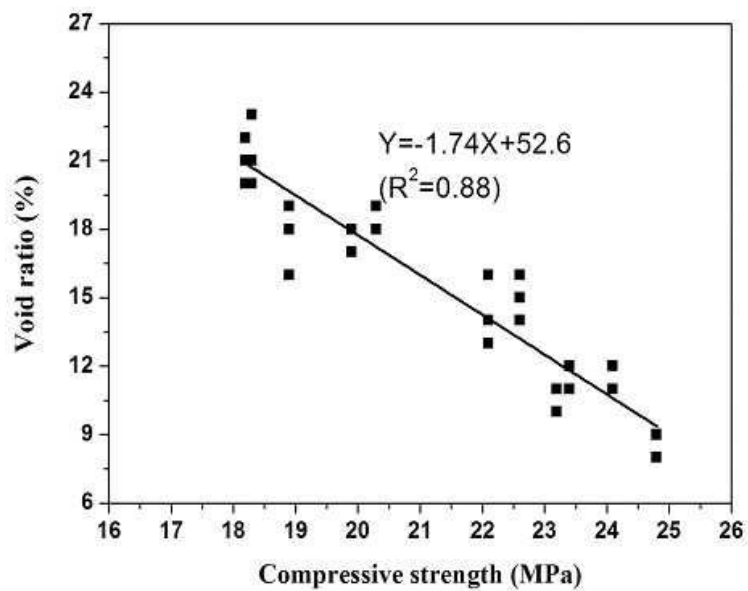
도면2



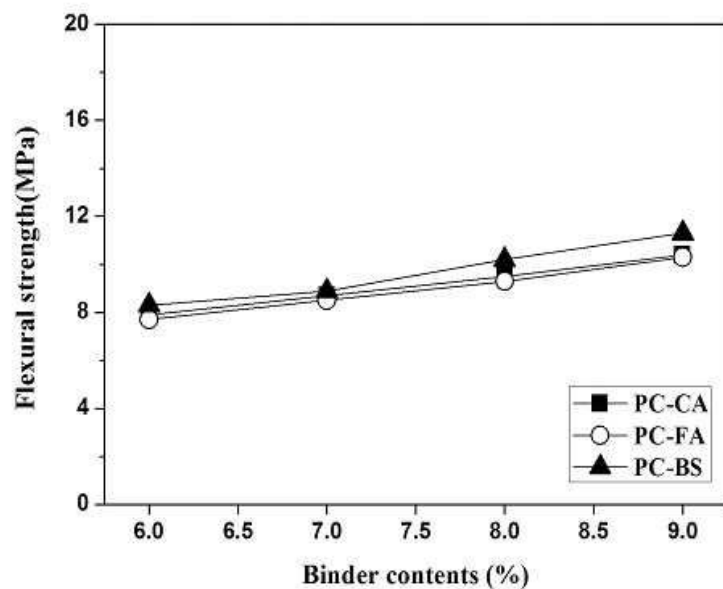
도면3



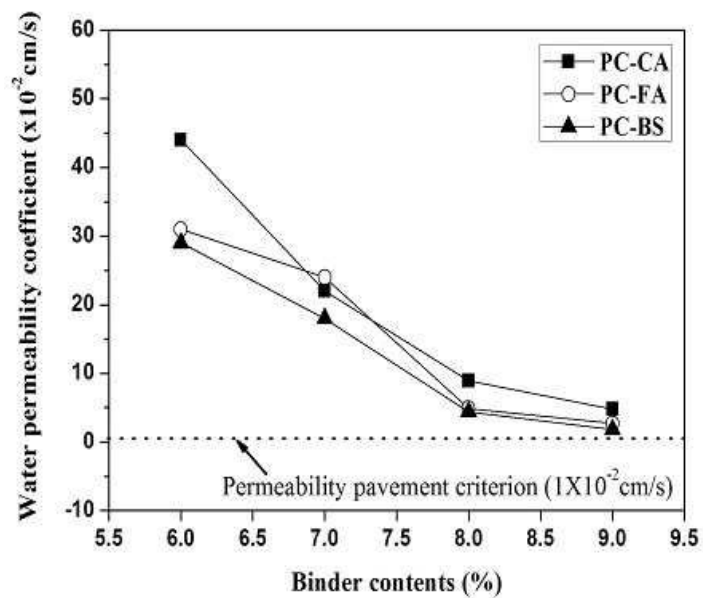
도면4



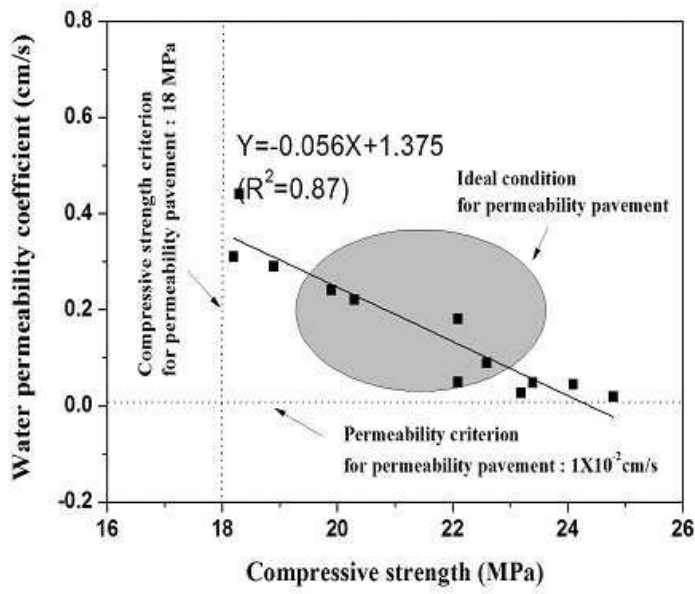
도면5



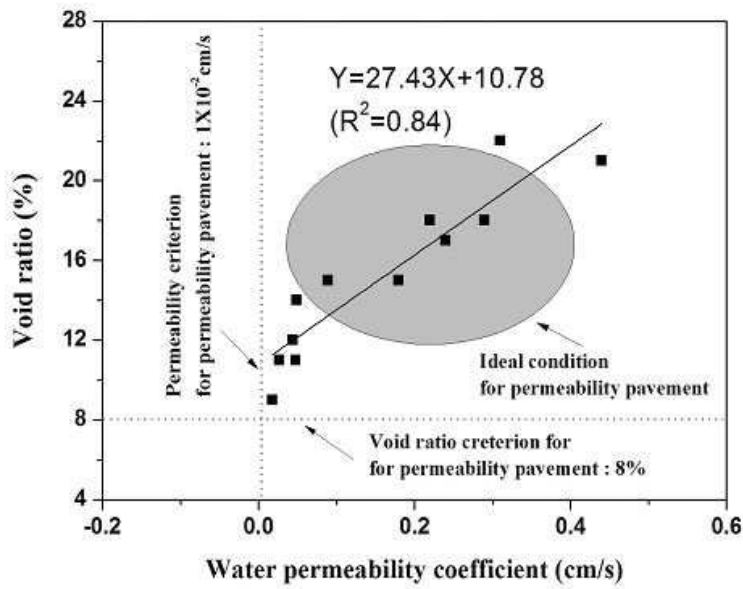
도면6



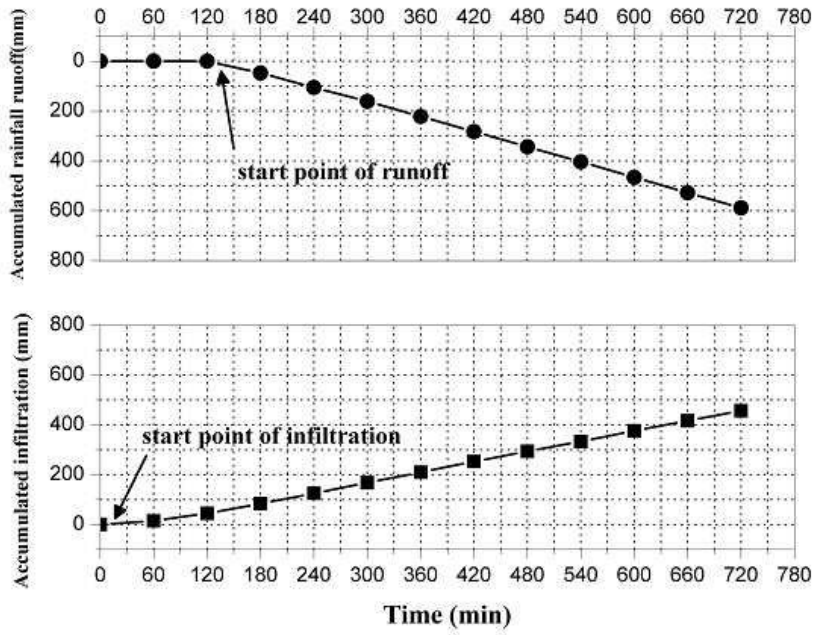
도면7



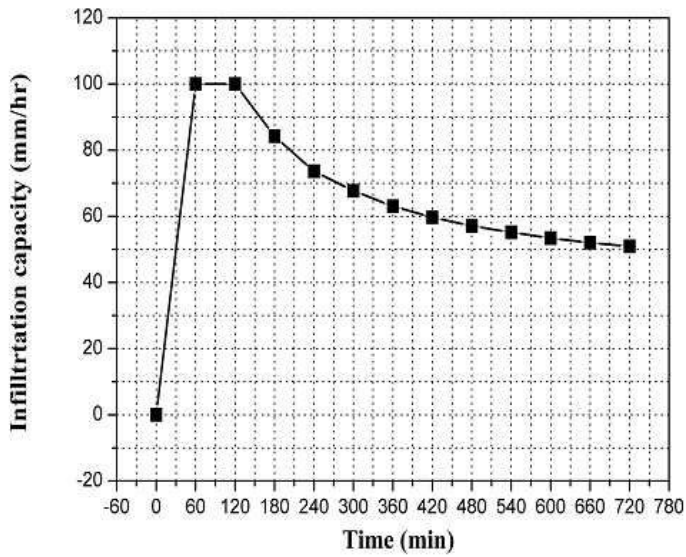
도면8



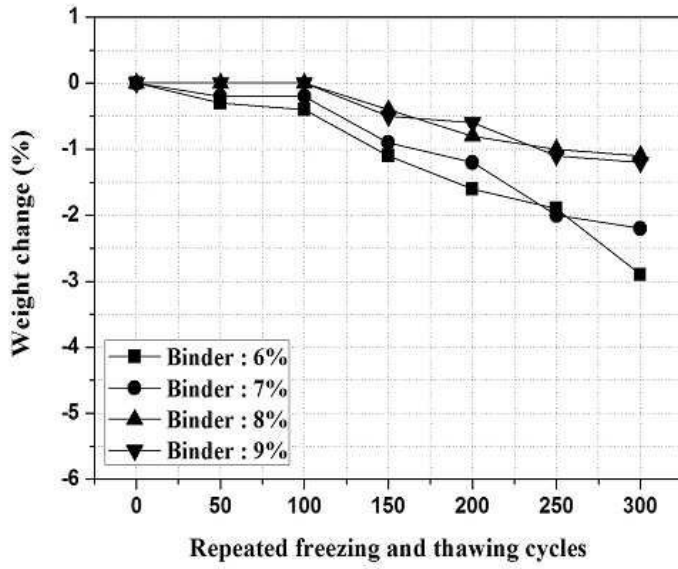
도면9



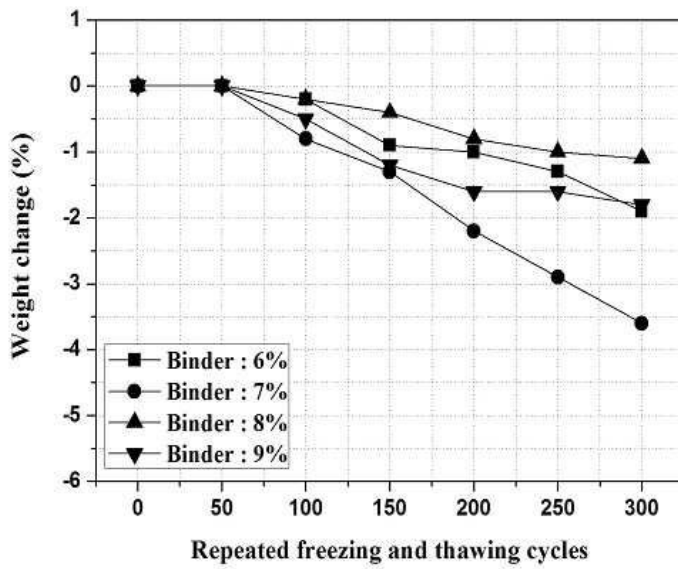
도면10



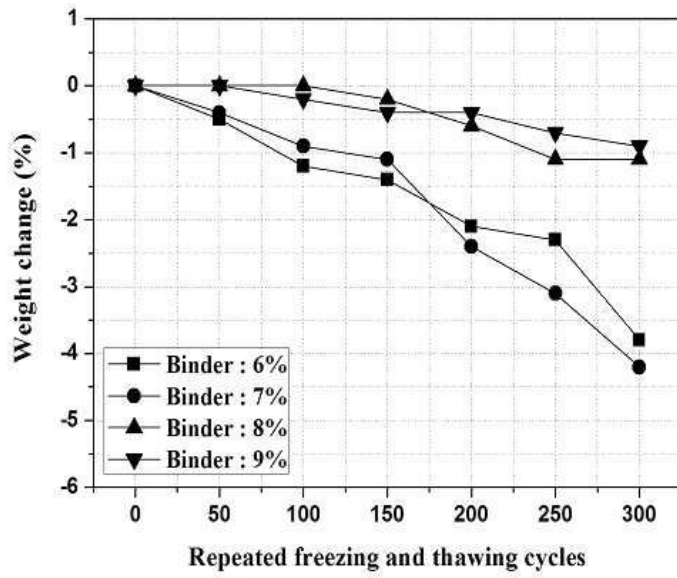
도면11a



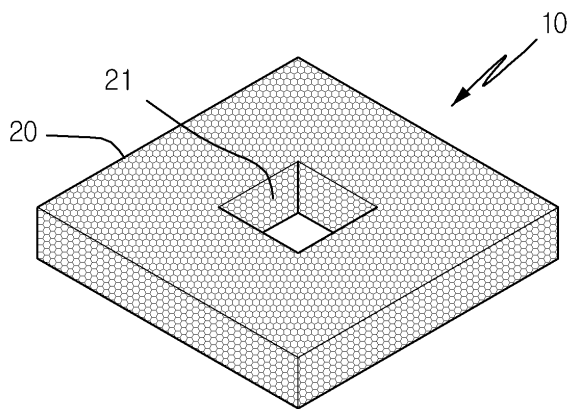
도면11b



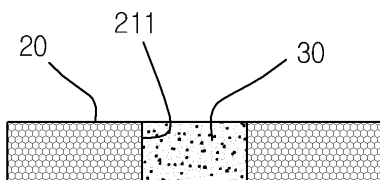
도면11c



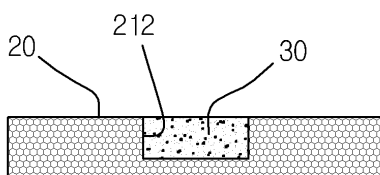
도면12a



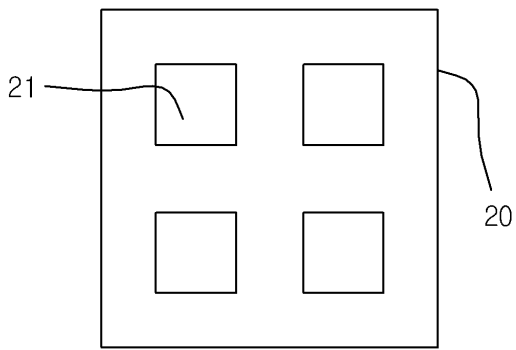
도면12b



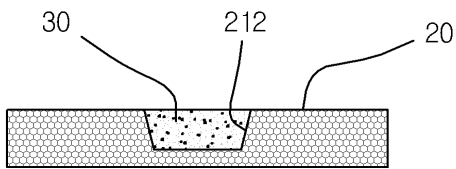
도면12c



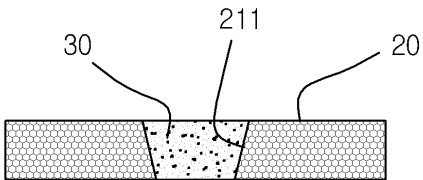
도면12d



도면13a



도면13b



도면14

