



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0123856
(43) 공개일자 2024년08월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C04B 20/10 (2006.01) B01J 2/00 (2018.01)
C04B 14/02 (2006.01) C04B 14/12 (2006.01)
C04B 14/16 (2006.01) C04B 18/08 (2006.01)
C04B 18/14 (2006.01) C04B 20/12 (2006.01)
C09K 5/06 (2006.01) C04B 103/00 (2006.01)
C04B 111/00 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C04B 20/1007 (2013.01)
B01J 2/003 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0015911

(22) 출원일자 2023년02월07일

심사청구일자 2023년02월07일

(71) 출원인

인천대학교 산학협력단

인천광역시 연수구 갯벌로 27, 인천대학교 이노베이션센터(송도동)

(72) 발명자

허중완

인천광역시 연수구 송도문화로28번길 28 송도글로벌캠퍼스푸르지오 110동 2202호

헤이더 무하마드 지산

인천광역시 연수구 아카데미로 119, 기숙사 (송도동)

(74) 대리인

수안특허법인

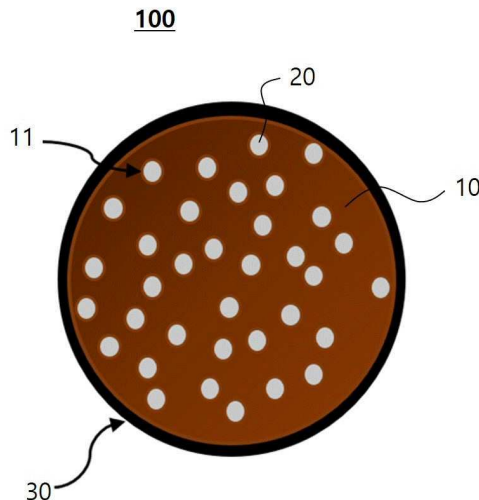
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 상변이물질 충전된 경량골재, 이의 제조방법, 및 이를 포함하는 상변이물질을 이용한 열저장 콘크리트

(57) 요약

본 발명은 미세기공이 형성된 다공성의 경량골재와 상기 경량골재의 미세기공에 충전되는 나노-상변이물질 및 상기 경량골재에 코팅되는 코팅부를 포함하는 PCM 충전된 경량골재와 이의 제조방법, 및 이를 포함하는 PCM을 이용한 열저장 콘크리트로서, 본 발명에서는 상변이물질에 다중벽 탄소나노튜브를 조합 및 혼합하여 경량골재의 미세기공에 함침시킨 PCM 충전된 경량골재를 콘크리트 제조시 일반골재의 일정 체적비를 치환하여 적용시킴으로써 고체-액체 상전이 동안 열에너지를 흡수하고 방출되는 잠열을 저장하여 눈을 녹임으로써 콘크리트에 사용하는 제설제의 사용량을 줄일 수 있다. 또한, 이러한 잠열 특성을 활용하여 내부 온도 변화의 시간 지연으로 인한 콘크리트의 동결/해동 주기를 줄일 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C04B 14/026 (2013.01)
C04B 14/12 (2013.01)
C04B 14/16 (2013.01)
C04B 18/08 (2013.01)
C04B 18/141 (2013.01)
C04B 20/1037 (2013.01)
C04B 20/123 (2013.01)
C09K 5/06 (2013.01)
C04B 2103/0071 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415173604
과제번호	20015240
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	소재부품기술개발(R&D)
연구과제명	마이크로 상변화물질(PCM) 제조기술 및 이를 이용한 난방에너지 절감용 발열 콘크리
트 개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)대하맨텍
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

다공성 구조를 가지는 경량골재,
상기 경량골재의 다공에 충전된 나노-상변이물질, 및
상기 경량골재 표면에 방수코팅부를 포함하는 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재.

청구항 2

제 1항에 있어서,
상기 경량골재는 지름이 5 내지 25mm인 굵은 골재인 것인 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재.

청구항 3

제 1항에 있어서,
상기 경량골재는 그 체적 대비 5% 내지 10%의 미세기공을 포함하는 다공성 구조를 가지는 것인 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재.

청구항 4

제 1항에 있어서,
상기 경량골재는 화산력, 경석, 현무암 중에서 선택되는 1종 이상의 천연골재;
점토, 혈암을 고온으로 소성시켜 팽창 발포시킨 팽창점토, 팽창혈암 중에서 선택되는 인공골재; 및
석탄재나 슬래그를 급랭하여 만든 팽창 슬래그 중에서 선택되는 1종 또는 2종 이상의 조합인 것인 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재.

청구항 5

제 1항에 있어서,
상기 나노-상변이물질은 액상의 상변이물질에 탄소나노튜브를 분산시킨 것인 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재.

청구항 6

제 5항에 있어서,
상기 상변이물질은 상변화 온도 범위가 20 내지 30℃인 파라핀계 왁스; 및
상변화 온도 범위가 -6 내지 6℃인 탄소수 10~15의 유기계 알칸(Alkane) 중에서 선택되는 어느 하나인 것인 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 탄소나노튜브는 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT)인 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 방수코팅부는 열전도율이 $0.2 \sim 0.4[\text{W/m} \cdot \text{K}]$ 인 고전도성 에폭시 수지, 또는

상기 에폭시 수지에 흑연 분말을 혼합한 혼합액을 경화시킨 것인 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재.

청구항 9

다중벽 탄소나노튜브를 상변이물질(PCM)에 분산시켜 나노-상변이물질(nano-PCM)을 제조하는 단계,

상기 나노-상변이물질을 다공성 경량골재의 다공에 함침시키는 단계, 및

상기 경량골재의 표면을 방수코팅시키는 단계를 포함하는 PCM 충전된 경량골재의 제조방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 나노-상변이물질(nano-PCM)은 탄소나노튜브를 물에 분산시키는 단계,

상기 물에 분산된 탄소나노튜브를 액상의 상변이물질에 첨가하고 초음파 처리시켜 현탁액 상태로 분산시킨 것인 제조방법.

청구항 11

제 9항에 있어서,

상기 나노-상변이물질을 다공성 경량골재의 다공에 함침시키는 단계는:

상기 다공성 경량골재의 미세기공에 포함된 이물질을 제거하는 제거공정;

상기 나노-상변이물질에 다공성 경량골재를 투입하여 상기 다공성 경량골재의 미세기공에 상기 상변이물질이 함침시키는 함침공정; 및

상기 나노-상변이물질이 함침된 경량골재를 냉각시키는 냉각공정을 포함하여 이루어지는 것인 제조방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 경량골재의 미세기공에 나노-상변이물질의 함침 공정은 진공함침법을 이용하는 것인 제조방법.

청구항 13

제 11항에 있어서,

상기 경량골재의 미세기공에 나노-상변이물질의 함침 공정에서는 가압공정을 병행하여 나노-상변이물질의 함침

효율을 높이는 것인 제조방법.

청구항 14

제1항에 따른 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재를 총 콘크리트 체적 대비 70 내지 80%의 배합비로 일반 골재 대용으로 포함되는 것을 특징으로 하는 PCM을 이용한 열저장 콘크리트.

청구항 15

제 14항에 있어서,

상기 열저장 콘크리트는 배합시 별도의 탄소나노튜브를 더 포함하는 것인 PCM을 이용한 열저장 콘크리트.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 상변이물질 충전된 경량골재, 이의 제조방법, 및 이를 포함하는 상변이물질을 이용한 열저장 콘크리트에 관한 것으로, 상세하게는 콘크리트에 배합되는 경량골재에 상변이물질(PCM)과 다중벽 탄소 나노튜브(MWCNT)를 첨가하여 상변이물질 충전된 경량골재를 제조하고, 이를 일반골재를 대체하여 열 효율 및 열 피로 저항을 개선하여 눈 제거와 콘크리트 내구성을 증가시킨 PCM을 이용한 열저장 콘크리트에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로, 도로건설시 사용되는 도로포장방법으로서 기초가 되는 노반 및 두께 2 내지 10cm상의 표층을 가진 아스팔트 포장 또는 노반과 그 위의 콘크리트판으로 이루어지는 시멘트 콘크리트 포장이 주로 이루어지고 있다.

[0004] 교통 하중을 직접 전달하는 부분으로서 이에 적합한 강도 및 균열 저항성을 가져야 하는 것은 물론, 빗물 등의 수분에 노출되어 있는 관계로 방수 성능을 가질 것이 요구되며, 특히 염화물 이온의 침투에 의해 철근이 부식되는 것을 방지하기 위하여 낮은 염소이온 투수성을 가질 것이 요구된다.

[0005] 이러한 교면 포장 방법으로는 종래로부터 일반 콘크리트 포장방법이나 아스콘 포장방법이 알려져 널리 사용되어 왔다.

[0006] 이러한 아스콘 포장은 시공 후 5년이 되기 전에 주행트랙을 따라 가끔 소성변형이 생겨서 심각한 주행문제를 발생시키거나, 소성변형 문제는 없다 하더라도 시간의 흐름과 함께 포장 재료가 점차 노화되어 결국에는 심한 균열을 발생시켜 주기적으로 유지보수를 하여야 하는 문제점이 있다.

[0007] 이에, 상기 유지보수에 따른 비용을 최소화하기 위해 아스콘을 이용하여 포장한 도로의 소성변형을 최소화하고, 장시간 동안 노화되지 않으면서, 쉽게 박리되지 않도록 하는 아스콘 조성물을 개발하는 것이 요구되고 있다.

[0008] 아스팔트 조성물과 관련한 종래기술로서 대한민국특허공개 제10-2016-0106070호에 아스팔트 및 중합체 블렌드를 포함하는 아스팔트 조성물이 개시되어 있다.

[0009] 특히, 2000년 이후 속경성 시멘트와 폴리머로 콘크리트의 성능을 개선한 개질콘크리트가 개발되었으며, 짧은 경화시간과 높은 투수저항성, 동결융해저항성 등으로 인하여 콘크리트 도로구조물의 보수재료로 널리 사용되고 있다.

[0010] 그러나 상기 개질콘크리트는 다량의 라텍스를 포함하므로 비용이 고가이고, 열반사율이 높아 동절기 초기결빙에 대한 예방효과가 종래 아스팔트 콘크리트보다 미비하며, 열흡수율이 낮아 우리나라와 같이 외기온도변화(일교차, 4계절)가 심한 환경에서는 온도응력으로 인하여 균열, 표면박리, 탈락(포트홀) 등이 발생한다는 문제점이 있다.

- [0011] 특히, 겨울에 눈이 내리는 동안 눈을 녹이고 안전한 교통 흐름을 조장하기 위한 조치로 제설제를 사용하고 있으나 제설제의 과도한 사용은 옥시염화칼슘을 형성하여 콘크리트의 미세균열을 유발하게 되고 보강재의 부식 및 콘크리트 기공 용액과의 화학적 상호작용을 촉진시켜 콘크리트 포장의 내구성을 저하시키는 문제가 있다.
- [0012] 따라서, 극한 기후에서 콘크리트의 동결을 방지하고 콘크리트에 쌓인 눈을 빨리 녹여 제설제 사용을 감소시키는 콘크리트 제조 방안이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명의 목적은 상변이물질을 다중벽 탄소나노튜브와 미리 혼합하여 현탁액 상태로 제조하고, 이를 경량골재의 미세기공에 함침시켜 에너지 흡수 및 방출이 용이한 상변이물질이 함침된 경량골재와 이의 제조방법을 제공하는 데 있다.
- [0015] 또한, 본 발명의 다른 목적은 상기 특성을 가지는 상변이물질이 함침된 경량골재를 일반골재 대신 일정 함량으로 치환시켜 대용함으로써 콘크리트에 상변이물질을 이용하여 열 에너지를 흡수하고 방출되는 잠열을 이용하여 콘크리트 동결을 방지하고 열 효율 및 열 피로 저항을 개선한 PCM을 이용한 열저장 콘크리트를 제공하는 데도 있다.

과제의 해결 수단

- [0016] 본 발명의 목적을 달성하기 위한 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재는 다공성 구조를 가지는 경량골재, 상기 경량골재의 다공에 충전된 나노-상변이물질, 및 상기 경량골재 표면에 방수코팅부를 포함하는 구조를 가질 수 있다.
- [0017] 상기 경량골재는 지름이 5 내지 25mm인 굵은 골재가 바람직하다.
- [0018] 본 발명에서는 상기 경량골재로서 그 체적 대비 5% 내지 10%의 미세기공을 포함하는 다공성 구조를 가지는 것이 바람직하게 사용될 수 있다.
- [0019] 이러한 경량골재는 화산력, 경석, 현무암 중에서 선택되는 1종 이상의 천연골재; 점토, 혈암을 고온으로 소성시켜 팽창 발포시킨 팽창점토, 팽창혈암 중에서 선택되는 인공골재; 및 석탄재나 슬래그를 급랭하여 만든 팽창 슬래그 중에서 선택되는 1종 또는 2종 이상을 조합하여 사용될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 나노-상변이물질은 액상의 상변이물질에 탄소나노튜브를 분산시킨 것일 수 있다.
- [0021] 상기 상변이물질은 상변화 온도 범위가 20 내지 30℃인 파라핀계 왁스; 및 상변화 온도 범위가 -6 내지 6℃인 탄소수 10~15의 유기계 알칸(Alkane) 중에서 선택되는 어느 하나가 바람직하게 이용될 수 있다.
- [0022] 또한 상기 탄소나노튜브는 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT)가 바람직하게 이용될 수 있다.
- [0023] 또한 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재에 형성되는 상기 방수코팅부는 열전도율이 0.2 ~ 0.4[W/m · K]인 고전도성 에폭시 수지, 또는 상기 에폭시 수지에 흑연 분말을 혼합한 혼합액을 경화시킨 것일 수 있다.
- [0025] 이러한 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재는 다중벽 탄소나노튜브를 상변이물질(PCM)에 분산시켜 나노-상변이물질(nano-PCM)을 제조하는 단계, 상기 나노-상변이물질을 다공성 경량골재의 다공에 함침시키는 단계, 및 상기 경량골재의 표면을 방수코팅시키는 단계를 포함하여 제조될 수 있다.
- [0026] 또한 본 발명에 따른 상기 나노-상변이물질(nano-PCM)은 탄소나노튜브를 물에 분산시키는 단계, 및 상기 물에 분산된 탄소나노튜브를 액상의 상변이물질에 첨가하고 초음파 처리시켜 현탁액 상태로 분산시켜 제조될 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 나노-상변이물질을 다공성 경량골재의 다공에 함침시키는 단계는: 상기 다공성 경량골재의 미세기공에 포함된 이물질을 제거하는 제거공정; 상기 나노-상변이물질에 다공성 경량골재를 투입하여 상기 다공성 경량골재의 미세기공에 상기 상변이물질이 함침시키는 함침공정; 및 상기 나노-상변이물질이 함침된 경량골재를 냉

각시키는 냉각공정을 포함하여 이루어질 수 있다.

[0028] 상기 경량골재의 미세기공에 나노-상변이물질의 함침 공정은 진공함침법을 이용하는 것이 바람직하다.

[0029] 또한 선택적으로 상기 경량골재의 미세기공에 나노-상변이물질의 함침 공정에서는 가압공정을 병행하여 나노-상변이물질의 함침효율을 높일 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명에서는 상기 상변이물질(PCM) 충전된 경량골재를 총 콘크리트 체적 대비 70 내지 80%의 배합비로 일반 골재 대용으로 포함시킨 PCM을 이용한 열저장 콘크리트를 제공한다.

[0032] 선택적으로, 본 발명에 따른 상기 열저장 콘크리트는 배합시 별도의 탄소나노튜브를 더 포함하여 콘크리트 외부의 열을 유지할 수 있다.

발명의 효과

[0033] 본 발명에서는 열전도도가 낮은 상변이물질의 단점을 보완하기 위하여 높은 열전도도를 가지는 다중벽 탄소나노튜브를 분산시킨 나노-상변이물질(nano-PCM)을 이용함으로써 사용되는 상변이물질의 열전도도를 향상시킬 수 있도록 하였다.

[0034] 또한, 본 발명에서는 상기 나노-상변이물질(nano-PCM)을 다공성 구조를 가지는 경량골재의 미세기공에 함침시킨 다음, 상기 경량골재의 표면을 고전도성 에폭시 수지를 이용하여 방수 코팅시킴으로써 내부에 포함된 나노-상변이물질(nano-PCM)의 누수를 방지할 수 있어 열 효율을 높일 수 있는 효과를 가진다.

[0035] 이러한 본 발명에 따른 상변이물질이 함침된 경량골재를 콘크리트 제조시, 일반골재의 일정 체적비를 치환하여 적용시킴으로써 고체-액체 상전이 동안 열에너지를 흡수하고 방출되는 잠열을 저장하여 눈을 녹임으로써 콘크리트에 사용하는 제설제의 사용량을 줄일 수 있다. 또한, 이러한 잠열 특성을 활용하여 내부 온도 변화의 시간 지연으로 인한 콘크리트의 동결/해동 주기를 줄일 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0036] 도 1은 본 발명에 따른 상변이물질 충전된 경량골재(100)의 구조이고,

도 2는 본 발명에 따른 미세기공을 포함하는 다공성 경량골재의 구조이고,

도 3은 본 발명에 따른 진공함침장치를 이용하여 경량골재에 나노-상변이물질을 함침하는 함침공정을 나타낸 것이고,

도 4는 본 발명에 따른 PCM을 이용한 열저장 콘크리트의 구조를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0037] 이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시 예를 상세히 설명하기로 한다.

[0039] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것을 달성하는 방법은 첨부된 도면과 함께 상세하게 후술 되어 있는 실시 예를 참조하면 명확해질 것이다.

[0040] 그러나, 본 발명은 이하에 개시되는 실시 예들에 의해 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0041] 또한, 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기술 등이 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있다고 판단되는 경우 그에 관한 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0042] 본 발명은 상변이물질 충전된 경량골재, 이의 제조방법, 및 이를 포함하는 상변이물질을 이용한 열저장 콘크리트에 관한 것이다.

[0043] 본 발명에 따른 상변이물질(phase change materials, 이하 'PCM' 이라 함) 충전된 경량골재(100)를 나타낸 다

음 도 1을 참조하면, 다공성 구조를 가지는 경량골재(10), 상기 경량골재의 다공(11)에 충전된 나노-상변이물질(20), 및 상기 경량골재 표면에 방수코팅부(30)를 포함하는 구조를 가질 수 있다.

[0044] 본 발명에 다른 상기 경량골재는 지름이 5 내지 25mm인 굵은 골재로서, 다음 도 2에 나타난 바와 같이 그 체적 대비 5% 내지 10%의 미세기공(11)을 포함하는 다공성 구조를 가지는 것이 콘크리트의 골재로서 필요한 압축강도를 확보하기 바람직하게 사용될 수 있다. 상기 경량골재에 포함된 미세기공(11)의 체적비가 5% 미만인 경우 열저장 능력이 작아 효율성이 떨어지고, 10%를 초과하는 경우 열저장 능력은 우수하나 강성이 떨어져 요구되는 압축강도의 확보가 어려울 수 있다. 상기 미세기공(11)의 크기에 따라 함침되는 상변이물질의 함량을 조절할 수 있다.

[0045] 이러한 본 발명에 따른 경량골재는 화산력, 경석, 현무암 중에서 선택되는 1종 이상의 천연골재; 점토, 혈암을 고온으로 소성시켜 팽창 발포시킨 팽창점토, 팽창혈암 중에서 선택되는 인공골재; 및 공업부산물인 석탄재나 슬래그를 급랭하여 만든 팽창 슬래그 중에서 선택되는 1종이거나 또는 이들 중에서 선택된 2종 이상을 조합하여 필요한 압축강도 구현을 위해 사용될 수도 있다.

[0046] 또한 본 발명에 따른 경량골재의 미세기공에는 나노-상변이물질(20)이 함침되는 것이 바람직하다. 본 발명에서 '나노-상변이물질'은 액상의 상변이물질에 탄소나노튜브를 분산시킨 것을 포함하는 의미이다.

[0047] 상기 상변이물질은 고체-액체로 상전이 될 때 열에너지를 흡수 또는 방출하는 상태변화가 이루어지는 물질로서, 외부 온도가 상승하게 되면 용해되면서 외부 온도의 상승을 억제하고 반대로 외부 온도가 하강하게 되면 응고되어 온도의 하강을 억제할 수 있다.

[0048] 본 발명에서는 콘크리트 구조물에 대하여 열적으로 완충이 요구되는 온도 범위가 대략 상온인 경우, 상기 상변이물질은 상변화 온도 범위가 20℃ 내지 30℃ 인 파라핀계 왁스가 바람직하게 사용될 수 있고, 열적으로 완충이 요구되는 온도 범위가 대략 0℃ 인 경우, 상기 상변이물질은 상변화 온도 범위가 -6℃ 내지 6℃ 인 유기계열의 고순도 알칸(Alkane)이 바람직하게 사용될 수 있다.

[0049] 상기 고순도 알칸은 분자를 이루는 탄소의 개수의 조절을 통해 융점이 다양하게 변경되어 열적으로 완충이 요구되는 콘크리트 구조물의 온도 범위에 따라 선택적으로 사용할 수 있다. 예를 들어, 4℃ 내지 6℃의 상변화 온도 범위, 198g/mol 분자량과 236kJ/kg의 높은 잠열량을 보유한 테트라데칸(tetradecane, $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_{12}\text{CH}_3$), -6℃ 내지 -4℃의 상변화 온도 범위를 가지는 트라이데칸(tridecane, $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_{11}\text{CH}_3$), 10.0℃ 내지 16.8℃의 상변화 온도 범위를 가지는 펜타데칸(pentadecane, $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_{13}\text{CH}_3$) 등이 있다.

[0050] 본 발명에서는 상기 고순도 알칸을 단독으로 사용하거나, 또는 서로 다른 비율로 조합하여 다양한 범위의 상변화 온도를 가지도록 적용할 수도 있다.

[0051] 본 발명의 상기 상변이물질에 분산되는 탄소나노튜브는 탄소 6개가 육각형을 이룬 흑연면이 관 모양으로 연결되어 있는 분자 사슬로 높은 열전도율을 가지는 것으로, 여러 겹의 그래핀으로 구성된 다중벽 탄소나노튜브가 바람직하게 이용될 수 있다.

[0052] 또한, 본 발명에서는 경량골재의 미세기공에 상기 나노-상변이물질을 함침시킨 다음, 상기 경량골재의 표면을 열전도율이 높은 에폭시 수지를 이용하여 코팅시킨 방수코팅부(30)를 포함한다. 상기 방수코팅부(30)는 경량골재의 미세기공에 함침된 상기 상변이물질이 유출되는 것을 방지하는 역할을 한다.

[0053] 상기 방수코팅부(30)는 열전도율이 0.2 ~ 0.4[W/m·K]인 고전도성 에폭시 수지, 또는 상기 에폭시 수지에 흑연 분말을 혼합한 혼합액을 경화시킨 것이 바람직하다.

[0054] 본 발명에 따른 PCM 충전된 경량골재(100)는 다중벽 탄소나노튜브를 상변이물질(PCM)에 분산시켜 나노-상변이물질(nano-PCM)을 제조하는 단계, 상기 나노-상변이물질을 다공성 경량골재의 다공에 함침시키는 단계, 및 상기 경량골재의 표면을 방수코팅시키는 단계를 포함하는 과정을 거쳐 제조될 수 있다.

[0055] 첫번째 단계인 상기 나노-상변이물질(nano-PCM)은 탄소나노튜브를 물에 분산시키는 단계, 및 상기 물에 분산된 탄소나노튜브를 액상의 상변이물질에 첨가하고 초음파 처리시켜 현탁액 상태로 분산시키는 과정을 거칠 수 있다.

- [0056] 본 발명에서는 상변이물질의 열전도율이 낮아 열효율이 감소되는 문제를 열전도성이 높은 다중벽 탄소나노튜브를 첨가하여 열전도성을 향상시킬 수 있다. 또한, 초음파 처리 과정을 거쳐 상변화물질에 다중벽 탄소나노튜브가 고르게 분산될 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
- [0057] 두번째 단계는 상기 제조된 나노-상변이물질(nano-PCM)을 다공성 경량골재의 다공(미세기공)에 함침시키는 과정이다. 본 발명에서는 경량골재에 상기 상변이물질의 함침은 진공함침법을 이용하는 것이 바람직하다. 상기 진공함침법은 다음 도 3에 나타난 바와 같이, 진공함침장치(40)에 경량골재(10)를 투입하고 흡출함으로써 경량골재(10)의 미세기공(11)에 포함된 기체나 수분 및 이물질들을 제거하여 나노-상변이물질(20)이 상기 미세기공에 원활하게 함침될 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
- [0058] 구체적으로는, 다공성 경량골재의 미세기공에 포함된 이물질을 제거하는 제거공정; 상기 나노-상변이물질에 다공성 경량골재를 투입하여 상기 다공성 경량골재의 미세기공에 상기 상변이물질이 함침시키는 함침공정; 및 상기 나노-상변이물질이 함침된 경량골재를 냉각시키는 냉각공정을 포함하여 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0059] 상기 제거공정에서는 경량골재(10)의 미세기공들(11)에 있는 이물질을 제거할 수 있다.
- [0060] 상기 함침공정에서는 상기 나노-상변이물질(20)이 저장된 저장소에 상기 제거공정을 마친 상기 경량골재(10)를 투입하여 상기 나노-상변이물질(20)이 상기 미세기공에 충전될 수 있도록 한다. 이때, 상기 나노-상변이물질(20)이 저장된 저장소의 압력을 증가시켜 상기 나노-상변이물질(20)이 경량골재의 미세기공들에 더욱 치밀하게 충전될 수 있도록 일정한 압력을 가하는 가압공정을 동시에 수행하여 함침효율을 높이는 것도 바람직하다.
- [0061] 상기 나노-상변이물질이 함침된 경량골재는 냉각공정을 통해 미세기공들에 상기 나노-상변이물질(20)이 함침된 상태로 경화되어 다음에 수행되는 방수코팅부의 코팅공정 이전까지 상기 나노-상변이물질(20)이 유출되는 것을 방지할 수 있다.
- [0062] 세번째 단계는 나노-상변이물질이 함침된 상기 경량골재의 표면을 방수코팅시키는 과정을 거친다.
- [0063] 상기 방수코팅 공정은 상기 나노-상변이물질이 함침된 경량골재(10)의 외부에 코팅하여 함침된 상기 나노-상변이물질(20)이 유출되는 것을 방지하는 역할을 하는데, 본 발명에서는 에폭시 수지 또는, 여기에 흑연분말을 혼합한 코팅액을 경량골재(10)의 외부에 막형태로 덮어씌우고 경화시킴으로써 형성할 수 있다. 상기 코팅부의 에폭시 수지는 액상의 상태에서 고체로 경화되고 수지 중 비교적 열전도율($0.3[W/m \cdot K]$)이 우수한 합성수지를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0064] 본 발명에서는 상기 과정으로 제조된 나노-상변이물질 함침된 경량골재를 총 콘크리트 체적 대비 70 내지 80%의 배합비로 일반 골재 대용으로 포함시켜 상변이물질을 이용한 열저장 콘크리트를 제조할 수 있다. 이러한 나노-상변이물질 함침된 경량골재(100)의 배합비는 콘크리트에 요구되는 열저장 능력과 범위, 콘크리트 강도와 내구성을 고려하여 정할 수 있다.
- [0065] 본 발명에 따른 상기 콘크리트에는 스티렌-이소프렌-스티렌, 스티렌-부타디엔-스티렌, 자외선흡수제, 변형방지제, 충전제, 나노세라믹 입자, 페타이어 분말, 고무노화방지제, 실란화합물, 안정제, 성능개선제, 파이버, 부작증진제, 및 산화방지제 등을 포함할 수 있다.
- [0066] 또한, 본 발명의 PCM을 이용한 열저장 콘크리트에는 물, 시멘트, 각종 첨가제 및 혼화제 등을 포함할 수 있으며, 상기 시멘트, 첨가제, 혼화제 등은 열저장 콘크리트에 사용되는 통상의 물질을 소정의 용도에 적합한 함량대로 사용할 수 있음은 물론이다.
- [0067] 또한, 본 발명에서는 경량골재에 다중벽 탄소나노튜브를 첨가하는 것 외에도, 콘크리트는 배합시 별도의 탄소나노튜브를 더 포함하여 경량골재 외부에서도 콘크리트에 균일한 열 흐름을 유지할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
- [0068] 결과적으로 본 발명에 따른 PCM을 이용한 열저장 콘크리트(200)를 나타낸 다음 도 4를 참조하면 콘크리트(201), 나노-상변이물질이 함침된 경량골재(100), 탄소나노튜브(202)를 포함할 수 있다.
- [0069] 본 발명의 PCM을 이용한 열저장 콘크리트는 건설 산업이 스마트하고 지속 가능한 인프라로 이동함에 따라 에너지 수요를 충족하기 위한 기술로 나노 재료의 첨가는 열 흐름을 개선할 뿐만 아니라 상 변화 재료의 열 피로도 개선하므로 용융 및 동결 주기의 수가 증가할 수 있다.
- [0070] 따라서, 나노 PCM 골재를 추가하면 극한 기후에서 단단한 포장 도로를 더 따뜻하게 만들어 에너지, 건설 및 유지 관리 비용을 절약할 수 있으므로 건설 및 건축 부문에서 저온에서 열 조절을 유지할 수 있는 콘크리트를 제

공할 수 있다.

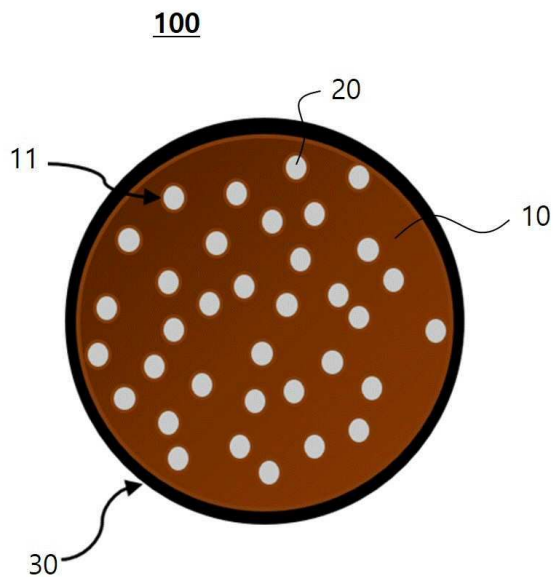
[0071] 이상의 본 발명은 도면에 도시된 실시 예(들)를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형이 이루어질 수 있으며, 상기 설명된 실시예(들)의 전부 또는 일부가 선택적으로 조합되어 구성될 수도 있다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해여야 할 것이다.

부호의 설명

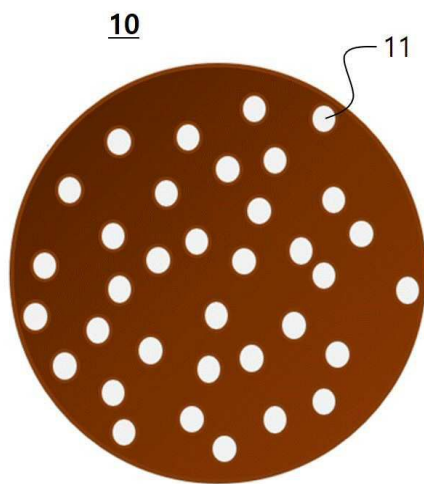
[0073] 10 : 경량골재 콘크리트 11 : 미세기공
20 : 미세기공 30 : 방수코팅부
40 : 진공함침장치
100 : 나노-상변이물질 함침된 경량골재
200 : PCM을 이용한 열저장 콘크리트
201 : 콘크리트 202 : 탄소나노튜브

도면

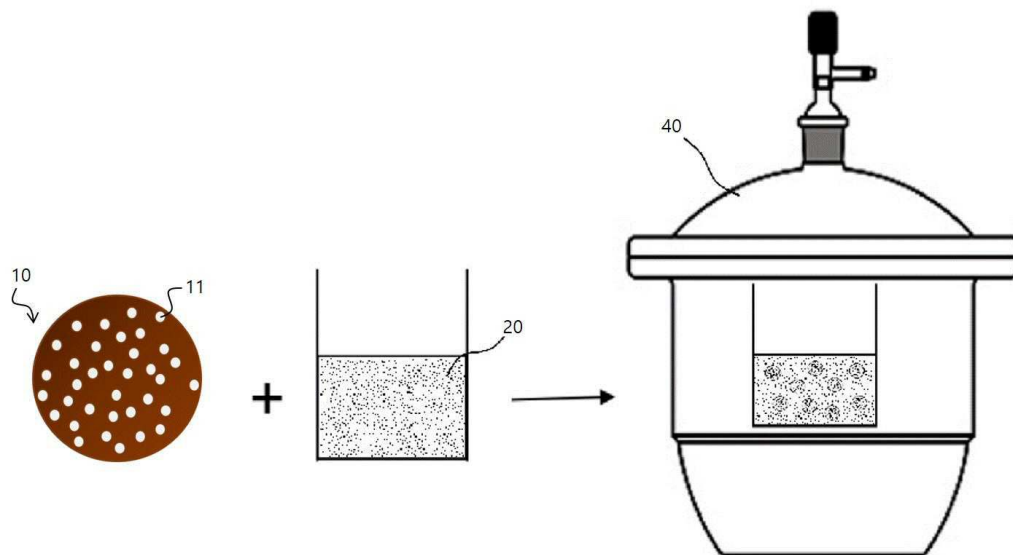
도면1



도면2



도면3



도면4

200

