(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0064654
(43) 공개일자 2023년05월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 14/30 (2006.01) *B28B 1/14* (2006.01)
C04B 20/00 (2006.01) *C04B 22/04* (2006.01)
C04B 24/36 (2006.01) *C04B 28/02* (2006.01)
C04B 40/00 (2006.01) *C04B 7/24* (2006.01)
C09K 5/02 (2006.01) *C04B 103/00* (2006.01)
C04B 103/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C04B 14/308 (2013.01)
B28B 1/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0149489
(22) 출원일자 2021년11월03일
심사청구일자 2021년11월03일

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
주영훈
서울특별시 금천구 금하로 750 관악우방아파트 105동 1901호
허종완
인천광역시 연수구 송도문화로28번길 28 송도글로벌캠퍼스푸르지오 110동 2202호
(74) 대리인
수안특허법인

전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 바인더, 골재, 및 혼화재를 포함하는 발열 콘크리트에 있어서, 상기 혼화재로서 마이크로캡슐화시킨 액상의 상변화물질을 포함하고, 및 상기 골재의 일부를 자철광 골재로 치환시켜 사용하는 것을 특징으로 하는 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트에 관한 것으로, 본 발명에 따르면 콘크리트 배합 시 골재를 자철광 골재로 일부 치환함으로써 별도의 물리적 다짐 공정 없이도 자철광 골재 자체의 자중으로 자기-다짐(self-compacting)이 가능할뿐만 아니라 발열 콘크리트의 열전도성을 극대화시킬 수 있다.

대 표 도 - 도2



(a) 실시예 1



(b) 비교예 1



(c) 비교예 1 압축강도 시험 중

(52) CPC특허분류
C04B 20/0076 (2013.01)
C04B 22/04 (2013.01)
C04B 24/36 (2013.01)
C04B 28/021 (2013.01)
C04B 40/0032 (2013.01)
C04B 7/24 (2013.01)
C09K 5/02 (2013.01)
C04B 2103/0071 (2013.01)
C04B 2103/32 (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 콘크리트 개발
기 여 율 1/1
과제수행기관명 (주)대하맨텍
연구기간 2021.04.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

바인더, 골재, 및 혼화재를 포함하는 발열 콘크리트 조성물에 있어서,

상기 혼화재로서 마이크로캡슐화시킨 액상의 상변화물질을 포함하고, 및

상기 골재의 일부를 자철광 골재로 치환시켜 사용하는 것을 특징으로 하는 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 마이크로캡슐은 1 내지 1000㎛ 범위의 크기를 갖는 것인 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 액상의 상변화물질은 유기 파라핀계 물질인 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 자철광 골재는 전체 골재 중 30 내지 100체적비로 치환되는 것인 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 바인더는 시멘트 60~75중량%, 플라이 애시 20~30중량%, 및 실리카 품 0.1~10중량%로 포함되는 것인 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 바인더는 전체 콘크리트 중 10~20중량%로 포함되는 것인 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 골재는 입경 4~10mm이고, 최대 크기는 10mm를 초과하지 않는 굵은 골재, 및

최대 크기가 4mm를 초과하지 않는 잔골재를 포함하는 것인 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 골재는 전체 조성물 중 60~80중량%로 포함되는 것인 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 혼화재로는 자기-다짐(self-compacting)이 가능한 초가소제 (Superplasticizers) 및 입자크기 5mm 이하의 철 분말을 포함하며,

전체 조성물 중 0.1~10중량%로 포함되는 것인 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물.

청구항 10

상변화물질(PCM)을 마이크로캡슐로 코팅시켜 마이크로캡슐화시킨 PCM을 제조하는 단계,

1차 건비빔에서 자철광 골재를 포함하는 골재와 시멘트를 투입하는 단계,

여기에 상기 마이크로캡슐화시킨 PCM, 물, 및 혼화제를 2차 비빔으로 투입하는 단계, 및

투입된 각 성분들을 타설 및 자기-다짐 단계를 포함하는 제1항에 따른 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트의 제조방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 자기-다짐(self-compacting) 단계는 자철광 골재 자체의 자중만으로 이루어지는 것으로, 별도의 물리적 다짐 공정이 필요치 않은 것을 특징으로 하는 제조방법.

청구항 12

제 11항에 있어서,

상기 자철광 골재의 자기-다짐으로 별도의 물리적 다짐 공정이 필요치 않아 마이크로캡슐화시킨 상변화물질의 표면 강도를 저하시키지 않는 것을 특징으로 하는 제조방법.

청구항 13

제10항에 따른 방법으로 제조된 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 PCM 물질과 자철광 골재를 활용한 발열 콘크리트 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 기존 PCM 기반 발열 콘크리트에 자철광 골재를 일정 비율 치환하여 사용함으로써 그 열전도도를 높이고, 자중만으로 충전이 가능한 자기다짐 콘크리트의 효과를 활용하여 PCM 물질을 둘러싼 마이크로캡슐의 손상을 최소화하여 PCM의 축열 및 발열 성능을 향상시킬 수 있는 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 지구 온난화로 인하여 폭염, 폭설, 태풍 등 이상기후 현상이 세계 곳곳에 나타남에 따라 높은 화석연료 비중과 제조업 중심의 산업구조를 가진 우리나라도 최근 30년 사이 온도가 1.4℃ 상승하는 등 국제사회는 기후변화 문제의 심각성을 인식하고 있다.

[0003] 이를 해결하기 위해 2015년 파리협정을 채택하였고 지구온도 상승을 1.5℃ 이내로 억제하시 위하여 2050년까지 탄소 순 배출량이 0이 되는 탄소중립 사회로의 전환을 추진하는 2050 탄소중립 정책을 전 세계적으로 채택하고 있다.

[0004] 또한, 2020년 부로 제로에너지건축을 단계적으로 의무화를 통해 건축물의 에너지 효율을 극대화하여 건축물 에너지 소비를 최소화하는 방안이 시행되었다. 제로에너지건축이란 고단열·고기밀 공법으로 외부 기온의 영향을 최대한 줄이고 고효율 설비 및 조명을 설치해 에너지 효율을 극대화하며 신재생에너지 설비를 설치해 에너지를 생산함으로써 건축물 에너지 소비를 최소화하는 것을 말한다.

[0005] 한편, 토목 분야에서 겨울철 도로 노면의 블랙 아이스는 교통사고 등 다양한 문제를 유발한다. 특히, 터널의 진·출입 부, 주변 지형지물에 의해서 항상 그늘져 있는 도로 구간의 경우 겨울철 쌓인 눈은 자연적으로 제거되는데 오랜 시간이 걸리고 제설작업을 위해서는 직접 인력과 장비 등이 투입되어야 하기 때문에 비용적 측면에서도 문제가 많다. 인적, 물적 자원이 소요되는 만큼 주요 도로 외에 상대적으로 교통량이 적거나, 외곽지역에 위치하는 취약 지점은 관리가 쉽지 않은 현실이다.

[0006] 이러한 문제를 해결하기 위해 도로포장 아래 열선을 설치하거나 자동 제설장치를 설치하는 등 다양한 노력이 있지만 근본적으로 문제를 해결할 수 있는 방법이 될 수 없으며, 시설의 유지보수 비용이 높거나 제설제로 인한 도로 포장에 피해를 유발할 수 있는 단점이 있다. 따라서, 인력 및 부수적인 장비 없이 노면 동결 및 블랙 아이스를 효과적으로 제거할 수 있으면서 경제성과 유지보수 측면에서의 우위를 갖는 발열 콘크리트의 개발이 필요하다.

[0007] 보통 콘크리트에 상변화물질(Phase Change Materail, PCM)을 포함시켜 축열 및 발열 성능을 향상시켜 사용하고 있다. 콘크리트에 혼입된 PCM의 축열 및 발열 성능의 극대화를 위해서는 콘크리트 내부의 PCM이 외부 환경(온도)에 대하여 빠르게 반응할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 외부의 열에너지를 손실 없이 콘크리트 내부로 전달하여 PCM의 상변화 과정을 유도하며, 상변화 과정에서 발생하는 열에너지의 방출을 외부로 손실 없이 전달할 수 있어야 한다. 그러나 일반적으로 사용되는 보통 콘크리트의 열전도도는 약 1.43W/m.k(철: 86W/m.k, 구리: 657W/m.k)로서 매우 낮은 수준이기 때문에 열에너지의 손실이 매우 크다. 이러한 열에너지의 손실은 자연스럽게 PCM의 성능 효율의 저하로 이어진다.

[0008] 따라서 콘크리트 복합체의 열전도도를 올릴 수 있다면 PCM의 성능을 효과적으로 향상시킬 수 있기 때문에 이에 대한 문제 해결 방법이 시급한 실정이다.

[0009] 자철광을 콘크리트에 사용한 선행기술을 살피면, 한국등록특허 10-0533795에서는 일반시멘트 또는 슬라그 시멘트 30~60wt%, 200메쉬 이하의 자철광 분말 3~15wt%, 슬래그 미분말 5~20wt%, 실리카 충진재 27~55wt%, 폴리머 4~15wt%, 스테아린산염 0.5~3.0wt%, 고성능 유동화제 0.2~1.0wt%을 포함하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 구조물의 항균성 표면 보호재 조성물을 제시하였다.

[0010] 상기 특허에서는 부착강도가 우수하고, 물 투수계수 및 습기투과성이 낮은 콘크리트 구조물의 표면 보호재 조성물을 제공하며, 이를 통해 중성화 진행, 염화물 침투 및 화학적 부식으로 인하여 피해가 발생된 구조물을 신속하게 보수 및 억제하는 데 목적이 있으며, 200메쉬 이하의 자철광 분말은 미세전류를 방출함으로서 곰팡이나 각종 균류의 서식을 방지하는 효과가 있을 뿐만 아니라 경도가 높기 때문에 마모 및 표면경도를 높이기 위한 목적으로 사용되었다.

[0011] 한국 등록특허 10-0670422에서는 철관 코팅재 제조방법에 있어서, 채취한 모래를 10㎜ 이하로 분쇄하는 제1공정과; 채취한 자철광석 Fe3O4 (은,동,연,아연을 미량 포함)을 25㎜ 이하로 분쇄하는 제2공정과; 압축강도가 180-600 kg/㎠ 이고 콘크리트 단위 중량이 2300-3100 kg/㎥의 조건을 충족시키도록, 시멘트 280-618 kg/㎥와, 상기 제1공정을 통해 구비된 모래 0-1750 kg/㎥와, 상기 제2공정을 통해 구비된 자철광석 Fe3O4 (은, 동, 연, 아연을 미량 포함) 100-2215 kg/㎥와, 물 113-275 kg/㎥와, 혼화제 4.7-9.13 kg을 구비하여 혼합하는 제3공정으로 이루어진 것을 특징으로 하는 철관 코팅재 제조방법을 제시하였다.

[0012] 상기 특허에서는 자철광석을 코팅재에 혼합시킴으로 코팅재의 비중을 높여서 철관의 부력을 방지시키는 것은 물론, 자철광석의 특성상 흡수율이 적고 산화되지 않으므로 물속에서 장기간 경과되어도 녹이 슬지 않으며, 이에 따라 코팅재 및 철관의 내구성을 향상시킬 수 있도록 하였다.

[0013] 한편, 마이크로 캡슐화된 PCM은 충격 및 전단에 취약하여 콘크리트의 배합 과정(특히 다짐)에서 손상이 발생할 가능성이 크다. 마이크로캡슐의 손상은 PCM 성능을 감소시키기 때문에 마이크로캡슐의 손상을 최소화 할 수 있는 콘크리트 복합체를 제조할 수 있는 방법이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0014] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-0533795

(특허문헌 0002) 한국등록특허 10-0670422

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 이에 본 발명에서는 발열 콘크리트에 포함되는 상변화물질(PCM)의 축열 성능을 유지할 수 있도록 상기 PCM 물질을 마이크로캡슐화하여 액상 형태의 PCM 물질의 유출을 방지하고, 마이크로캡슐화시킨 PCM 물질을 포함하여 콘크리트 배합 시 골재의 일부를 자철광 골재로 치환함으로써 별도의 물리적 다짐 공정 없이도 자철광 골재 자체의 자중으로 자기-다짐(self-compacting)이 가능할뿐만 아니라 발열 콘크리트의 열전도성을 극대화시킬 수 있는 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트를 제공하는 데 그 목적이 있다.

[0016] 또한, 본 발명은 상기 특징을 가지는 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트의 제조방법을 제공하는 데도 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0017] 본 발명의 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물은 바인더, 골재, 및 혼화재를 포함하는 발열 콘크리트 조성물에 있어서, 상기 혼화재로서 마이크로캡슐화시킨 액상의 상변화물질을 포함하고, 및 상기 골재의 일부를 자철광 골재로 치환시켜 사용하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 마이크로캡슐은 1 내지 1000㎛ 범위의 크기를 갖는 것이 바람직하다.

[0019] 상기 액상의 상변화물질은 유기 파라핀계 물질이 바람직하게 이용될 수 있다.

[0020] 상기 자철광 골재는 전체 골재 중 30 내지 100체적비로 치환되는 것일 수 있다.

[0021] 상기 바인더는 시멘트 60~75중량%, 플라이 애시 20~30중량%, 및 실리카 품 0.1~10중량%로 포함되는 것일 수 있다.

[0022] 상기 바인더는 전체 콘크리트 중 10~20중량%로 포함되는 것이 바람직하다.

[0023] 상기 골재는 입경 4~10㎜이고, 최대 크기는 10㎜를 초과하지 않는 굵은 골재, 및 최대 크기가 4㎜를 초과하지 않는 잔골재를 포함하는 것일 수 있다.

[0024] 상기 골재는 전체 조성물 중 60~80중량%로 포함되는 것이 바람직하다.

[0025] 상기 혼화재로는 자기-다짐(self-compacting)이 가능한 초가소제 (Superplasticizers) 및 입자크기 5㎜ 이하의

철 분말을 포함하며, 전체 조성물 중 0.1~10중량%로 포함되는 것이 바람직하다.

[0027] 또한, 본 발명의 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트의 제조방법은 상변화물질(PCM)을 마이크로캡슐로 코팅시켜 마이크로캡슐화시킨 PCM을 제조하는 단계, 1차 건비빔에서 자철광 골재를 포함하는 골재와 시멘트를 투입하는 단계, 여기에 상기 마이크로캡슐화시킨 PCM, 물, 및 혼화제를 2차 비빔으로 투입하는 단계, 및 투입된 각 성분들을 타설 및 자기-다짐 단계를 거쳐 제조될 수 있다.

[0028] 상기 자기-다짐(self-compacting) 단계는 자철광 골재 자체의 자중만으로 이루어지는 것으로, 별도의 물리적 다짐 공정이 필요치 않은 것을 특징으로 한다.

[0029] 상기 자철광 골재의 자기-다짐으로 별도의 물리적 다짐 공정이 필요치 않아 마이크로캡슐화시킨 상변화물질의 표면 강도를 저하시키지 않는 것을 특징을 가진다.

[0031] 또한 본 발명은 상기 방법으로 제조된 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트를 제공한다.

발명의 효과

[0032] 본 발명에 따르면, 상변화물질(PCM)을 마이크로캡슐화하여 액상의 PCM 물질의 유출을 방지하고 콘크리트 배합 시 골재의 일부를 자철광 골재로 치환함으로써 발열 콘크리트의 열전도성을 극대화하여 발열 콘크리트의 발열 성능을 최대화할 수 있으며, PCM 물질과 자철광 골재를 활용한 콘크리트는 상변화 물질의 축열 및 발열 성능을 통해 건축물 내부의 온도차를 줄임으로써 건축물의 에너지 효율을 최대화할 수 있다.

[0033] 또한, 일반 골재에 비해 무게가 많이 나가는 자철광 골재의 높은 자중과 자기다짐(Self-compacting) 효과를 얻기 위한 자기다짐 콘크리트 배합설계를 통해 콘크리트 배합 시 다짐 과정을 생략하여 콘크리트 내부 PCM 물질을 담고 있는 마이크로캡슐의 손상을 방지하여 발열 콘크리트의 성능향상이 가능하고, 노동 집약적 과정인 다짐 작업을 생략할 수 있기 때문에 타설 속도를 향상 시킬 수 있으며, 공기 절감과 함께 공사비 절감이 가능하다.

[0034] 또한, 토목 분야에서는 터널 또는 공항의 활주로 등 겨울철 블랙 아이스에 취약한 지점의 도로포장에 적용하여 별다른 블랙 아이스 제거작업 없이 자체적인 발열성능으로 블랙아이스 발생을 효과적으로 방지할 수 있으며, 기존에 해당 문제를 해결하기 위해 투입되었던 인력 및 장비를 최소화할 수 있으므로 장기적 관점에서 경제성을 확보할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트의 제조 과정을 나타낸 것이고,

도 2(a)와 2(b)는 실시예 1과 비교예 1에 따라 각각 제조된 콘크리트 양생이 끝난 뒤 균열에서 나오는 PCM 물질이 새어나오는지를 육안으로 확인한 결과이고, 2(c)는 비교예 1의 압축강도 시험중 사진이며,

도 3(a)와 (b)는 각각 실시예 1과 비교예 1에 따라 제조된 콘크리트를 압축강도 실험을 진행한 후의 시편 단면을 주사전자현미경 사진이고,

도 4는 콘크리트에 배합되기 전 순수한 마이크로캡슐화된 상변화물질의 SEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 이하에서 본 발명을 더욱 상세하게 설명하면 다음과 같다.

[0037] 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다.

[0038] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 단수 형태는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 경우 "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급한 형상들, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재를 특정하는 것이며, 하나 이상의 다른 형상, 숫자, 동작, 부재, 요소 및/또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다.

[0040] 본 발명은 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 및 이의 제조방법을 제공하며, 구체적으로는 바인더, 골재, 및 혼화재를 포함하는 발열 콘크리트에 있어서, 상기 혼화재로서 마이크로캡슐화시킨 액상의 상변화 물질을 포함하고, 및 골재의 일부를 자철광 골재로 치환시켜 사용한 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물을 제공한다.

[0041] 본 발명에 따른 고열전도 PCM 발열 콘크리트 조성물은 바인더, 골재, 및 혼화재를 포함하는 구성으로 이루어질 수 있으며, 이하에서 각 구성을 상세 설명한다.

[0042] 1. 바인더(Binder)

[0043] 상기 바인더는 발열 콘크리트에서 결합재 역할을 수행하는 것으로 다음과 같은 성분을 포함할 수 있다.

[0044] (1) 시멘트 (Cement)

[0045] 일반 목적 시멘트를 사용하며 플라이 애시, 고로 슬래그 및 화학 혼합물과 함께 사용할 수 있는 표준 시멘트를 사용한다.

[0047] (2) 플라이 애시 (Fly Ash)

[0048] 시멘트 바인더 대체물로 사용되며 콘크리트의 유동성 촉진과 압축강도의 증진을 고려하여 사용한다.

[0050] (3) 실리카 품 (Silica fume)

[0051] 실리카 품을 혼입하여 콘크리트의 압축강도를 증가시킬 수 있다. 실리카 품은 높은 초기강도를 얻을 수 있으며 블리딩 가능성을 낮추고 콘크리트의 투과성을 낮추는데 도움이 된다.

표 1

[0052]

	Concentration (wt.%)						
	Ca	Si	Fe	Al	Mg	S	K
Cement	72.26	12.04	4.068	3.64	2.83	2.052	1.29
Silica Fume	0.72	89.69	1.39	0.2741	1.03	0.361	1.81

[0053] 상기 표 1과 같은 구성 성분을 가지는 본 발명에 따른 바인더는 시멘트 60~75중량%, 플라이 애시 20~30중량%, 및 실리카 품 0.1~10중량%로 포함되는 것이 바람직하며, 이러한 조성으로 된 바인더는 전체 고열전도 PCM 발열 콘크리트 중에 10~20중량%로 포함되는 것이 바람직하다.

[0055] 2. 골재 (Aggregate)

[0056] 본 발명에서는 골재로서 일반적으로 사용되는 굵은 골재와 잔골재를 포함하며, 상기 굵은 골재와 잔골재의 일부를 자철광 골재로 치환하여 열전도 특성을 향상시키고자 한 데 특징이 있다.

[0057] (1) 굵은 골재(Coarse Aggregate)

[0058] KS F 2527의 표준에 적합한 골재를 사용하며, 4~10㎜의 크기를 가지는 비교적 굵은 골재가 바람직하나, 굵은 골재의 최대 사이즈는 10㎜를 초과하지 않는다.

[0060] (2) 잔골재 (Fine Aggregate)

[0061] KS F 2527의 표준에 적합한 골재로서 4㎜ 미만의 표준사를 사용하는 것이 바람직하며, 잔골재의 최대 사이즈는 4㎜를 초과하지 않는다.

[0063] (3) 자철광 골재

[0064] 본 발명에 따른 자철광 골재도 4㎜ 미만의 자철광 잔골재, 4~10㎜의 자철광 굵은 골재로 분류할 수 있으며 굵은 골재를 치환할 경우 그 입경은 10㎜를 초과하지 않으며, 잔골재를 치환할 경우 4㎜를 초과하지 않는다.

[0065] 또한, 상기 굵은 골재 또는 잔골재의 치환에 의한 열전도 증가 효과를 기대하기 위해서는 자철광 골재의 체적비가 최소 30% 이상이 바람직하며, 최대 100%까지 치환이 가능하다.

[0066] 또한, 상기 골재는 전체 고열전도 PCM 발열 콘크리트 중에 60~80중량%로 포함되는 것이 바람직하다.

[0068] 3) 혼화제 (Adimixtures)

[0069] 본 발명에 따른 혼화제는 콘크리트 배합 효과를 높이기 위하여 첨가될 수 있으며, 구체적으로는 다음과 같다.

[0070] (1) SP (Superplasticizers)

[0071] SP는 자기다짐(Self-compacting) 효과를 얻기 위하여 필수적으로 첨가되어야 하며, 콘크리트의 작업성을 개선시키고 배합 시 물의 함량을 효과적으로 감소시켜 콘크리트의 유동성을 유지하면서 재료 분리현상을 방지할 수 있다.

[0073] (2) 마이크로캡슐화된 상변화물질(PCM, Phase Change Materials)

[0074] 본 발명에 따른 상변화물질은 일정 온도 범위 내에서 상변화 반응이 발생하여 열에너지를 흡수 및 방출할 수 있는 것으로, 유기 파라핀계 상변화물질이 바람직하다. 상변화 반응이 발생하는 온도 범위는 PCM 제조 공정에서 조정할 수 있으며, 적용 범위에 맞는 상변화 온도를 선택하여 사용한다.

[0075] 본 발명에서는 특별히 PCM 입자를 얇은 고체 껍질(마이크로캡슐)로 코팅한 마이크로캡슐화된 상변화물질을 사용하여 상변화 동안 PCM의 유실을 방지하고, 단위 부피당 더 큰 표면적을 통해 높은 PCM 성능을 향상 시킬 수 있을 뿐만 아니라 PCM 물질이 콘크리트 외부로 유출되는 것을 방지할 수 있다. 또한, 온도변화에 의한 PCM의 상변화 과정에서 발생하는 팽창 및 수축에 의한 부피 변화를 최소화 할 수 있어 콘크리트 내부에 균열이 발생하는 것을 막을 수 있다.

[0076] 이러한 마이크로캡슐은 일반적으로 1㎛ 내지 1000㎛ 범위의 크기를 갖는 천연 및 합성 중합체를 말한다.

[0077] 따라서, 본 발명에서는 상기 마이크로캡슐을 이용하여 유기 파라핀계 상변화물질을 코팅시켜 사용하는 것이 바람직하다. 액상 형태로 존재하는 PCM 물질을 콘크리트에 배합하기 위해서는 PCM은 적절한 가공과정을 거쳐야 한다. 그 방법 중 마이크로캡슐이 보편적으로 활용되고 있다.

[0078] 상기 상변화물질(PCM)은 트리데칸, 테트라데칸, 펜타데칸, n-헥사데칸, 옥타데칸 및 에이코산으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 1종 이상의 파라핀 알칸 계열의 물질이 바람직하다.

[0079]

[0080] (3) 철 분말 (Steel Powder)

[0081] 본 발명에서는 필요에 따라서 입자크기 5㎜ 이하의 철 분말을 함께 첨가하면 열전도도를 더욱 증가시킬 수 있다. 하지만, 작업 성능 및 강도에 영향을 미칠 수 있으므로 이를 고려하여 첨가 여부를 결정해야 한다.

[0082] 상기 성분을 포함하는 혼화재는 전체 발열 콘크리트 조성물 중 0.1~10중량%로 포함되는 것이 바람직하다.

[0084] 본 발명에 따른 자철광 골재를 활용한 고열전도 PCM 발열 콘크리트의 제조 과정은 다음 도 1에 나타낸 바와 같이, 콘크리트 제조(100)와 PCM 전처리(200)로 구분된다.

[0085] PCM 전처리(200)는 PCM을 혼합물로써 첨가하기 위해 PCM을 준비하는 (210)하는 단계, 및 상기 준비된 PCM을 마이크로캡슐로 코팅시켜 마이크로캡슐화(210)하는 단계를 거친다.

[0086] 또한, 상기 콘크리트 제조(100)는 1차 건비빔(110)에서 일정비율 치환된 자철광 골재를 포함하는 골재와 시멘트를 투입하는 단계, 여기에 상기 PCM 전처리 과정(200)을 통해 준비한 마이크로캡슐 PCM과 물, 혼화제를 2차 투입 비빔(120)으로 투입하는 단계, 및 타설/자기-다짐 단계를 거쳐 이루어진다.

[0087] 통상 콘크리트 배합시 점성이 강한 콘크리트가 철근 사이에 잘 들어가도록 진동기 등을 사용하여 별도의 다짐 공정을 사용한다.

[0088] 그러나, 본 발명과 같이 골재의 일부를 자중이 많이 나가는 자철광 골재를 사용하는 경우 별도의 다짐 공정을 필요치 않고, 상기 자철광 골재 자체의 자기-다짐(self-compacting)만으로도 상기 다짐 효과를 발휘할 수 있다.

[0089] 또한, 발열 콘크리트의 축열 성능 향상을 위해 통상 첨가되는 마이크로캡슐화된 PCM은 콘크리트의 배합 과정, 특히 다짐 공정에서 충격이나 전단에 취약하여 상기 PCM을 감싸고 있는 마이크로캡슐이 찢어지거나 깨지는 등의 손상이 발생하는 문제가 있다.

[0090] 그러나, 본 발명에서는 별동의 다짐 공정이 필요치 않기 때문에 마이크로캡슐의 손상 문제를 해결할 수 있어 PCM의 축열 성능을 유지할 수 있고, 발열 특성이 우수한 콘크리트 제조가 가능한 효과를 가진다.

[0091] 또한, 본 발명에서는 콘크리트 배합에서 굵은 골재 및 잔골재를 일정 비율 자철광 골재로 치환함으로써 발열 콘크리트의 열전도도를 향상시킬 수 있다. 일반 골재의 열전도도가 1.3~2.8 W/m.k.이고 일반 시멘트는 1.2 W/m.k인 반면에 자철광 골재는 6~23W/m.k 수준으로 일반 골재에 비해서 약 6~10배의 열전도도를 갖는다. 열전도도가 높은 자철광 골재를 일정비율 치환하여 콘크리트를 배합하면 발열 콘크리트의 열전도도를 향상시킬 수 있으며, 자철광 골재를 90% 치환하였을 때 일반 콘크리트 대비 열전도도는 최대 2.5배 증가한다. 자철광 골재를 활용한 발열 콘크리트는 높은 열전도도를 갖는 특성을 통해 PCM 물질의 성능을 향상시킬 수 있다.

[0092] 뿐만 아니라, 본 발명과 같이 PCM 물질을 혼입한 발열 콘크리트를 노면 동결 및 블랙 아이스 취약 구간에 적용함으로써 자체 발열 효과를 통해 이를 효과적으로 해결할 수 있다. 또한, 겨울철 노면 동결 및 블랙 아이스 발생 시 별도의 인력 및 제설 장비가 필요하지 않기 때문에 경제적 우위를 갖고 있으며, 반영구적으로 사용할 수 있다.

[0094] 이하에서 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이하의 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 또한, 이하의 실시예에서는 특정 화합물을 이용하여 예시하였으나, 이들의 균등물을 사용한 경우에 있어서도 동등 유사한 정도의 효과를 발휘할 수 있음은 당업자에게 자명하다.

[0096] **실시예 1 및 비교예 1**

[0097] 다음 표 2와 같은 배합표로 된 각 조성을 혼합하여 발열 콘크리트를 제조하였다. 다음 실시예 1에서는 굵은 골재를 자철광 굵은 골재로 100% 치환한 콘크리트 배합표로발열 콘크리트를 제조하였고, 비교예 1에서는 종래와 같이 자철광 골재를 사용하지 않고 굵은 골재를 사용하였다.

[0098] 콘크리트 배합은 1차 건비빔에서 일정비율 치환된 자철광 골재를 포함하는 골재와 시멘트를 투입한 다음, 마이크로캡슐화된 PCM과 물, 혼화제를 첨가하여 진행하였다.

[0099] 또한, 상기 실시예 1의 배합시에는 별도의 다짐 공정없이 진행하였고, 비교예 1의 경우 통상의 콘크리트 배합에서 사용되는 다짐기를 이용하여 타설 및 다짐 공정을 진행하였다.

표 2

[0100]

배합 구분	배합표 (kg/m^3)							혼화재 $B \times \%$	
	바인더			골재			물		
	시멘트	플라이 애시	실리카 품	자철광 골재(1)	굵은 골재	잔골재(2)		마이크로캡슐화된 PCM(3)	초가소제
실시예 1	340	121.4	24.3	1117.3	-	874.4	218.6	10.0	1.0
비교예 1	340	121.4	24.3	-	1117.3	874.4	218.6	10.0	1.0

(1) : 입자크기 4~10mm인 자철광 굵은 골재
(2) : 입자크기 4mm 미만인 모래
(3) : (주)대하맨택의 마이크로캡슐화된 PCM

[0102] **실험예 1 : 다짐 공정에 따른 마이크로캡슐화된 PCM 물질의 보존 여부 확인**

[0103] 상기 실시예 1과 비교예 1에 따라 제조된 콘크리트에서 자철광 골재의 치환 유무에 따라 충격이나 전단에 취약한 마이크로캡슐이 손상되지 않고, 마이크로캡슐 속에 보존된 PCM이 누수되지 않고 안정하게 보존되고 있는지를 확인하기 위하여, 콘크리트 양생이 끝난 뒤 균열에서 나오는 PCM 물질이 새어나오는지를 육안으로 확인하였으며 그 결과를 다음 도 2(a) 내지 2(c)에 나타내었다.

[0105] 다짐 과정 없이 제작된 본 발명 실시예 1에 따른 다음 도 2 (a)의 사진에서 볼 수 있듯, 시편이 건조상태임을 확인할 수 있고, PCM 물질은 기름이기 때문에 타설 및 양생과정에서 마이크로캡슐의 파괴에 의해 PCM 물질이 유출되었다면 시편 표면이 기름에 의해 젖어있거나, 양생 중 오일이 물 위로 떠올라야 한다. 그러나 그러한 현상이 없는 것으로 미루어보아 시편의 타설 및 양생 과정에서 마이크로캡슐의 파괴나 손상이 없는 것을 확인하였다.

[0107] 그러나, 비교예 1과 같이 다짐기를 이용하여 별도의 다짐 공정을 거친 경우 도 2 (b)와 같이 외력이 작용하여 콘크리트의 파괴 또는 균열이 발생하였을 경우 내부 마이크로캡슐이 파괴되어 PCM 물질이 외부로 유출되어 PCM 물질로 인해 표면이 젖어있음을 확인할 수 있다.

[0109] 또한, 도 2 (c) 는 상기 비교예 1의 시편의 압축강도 실험 중의 사진으로 외력에 의해 콘크리트 내부의 마이크로 캡슐이 파괴되면서 외부로 PCM 물질이 유출되고 있음을 확인하였다.

[0110] 본 실험의 결과를 통해 타설 중 다짐과 같은 외력을 받지 않는 조건에서 안정적으로 PCM 컨테이너 역할을 하는 마이크로캡슐이 파손되지 않는 것을 확인할 수 있으며, 자철광 골재가 배합된 콘크리트에서 자기다짐 효과를 통해 콘크리트 타설 과정의 외력을 최소화 한다면 마이크로캡슐의 파손을 방지할 수 있음을 확인하였다.

[0112] **실험예 2 : 마이크로캡슐화된 PCM 물질의 보존 여부 확인**

[0113] 상기 실시예 1과 비교예 1에 따라 제조된 콘크리트를 압축강도 실험을 진행한 후의 시편 단면을 주사전자현미경으로 촬영하여 마이크로캡슐화된 PCM 물질이 잘 보존되고 있는지를 확인하였으며, 그 결과를 다음 도 3(a)와 (b)에 각각 나타내었다.

[0115] 다음 도 3(a)와 같이 본 발명 실시예 1에 따라 제조된 시편에서는 구 형태의 구멍이 다수 존재함을 확인할 수 있으며, 이는 기존에 마이크로캡슐화된 PCM이 있던 자리를 의미하며 콘크리트 타설 및 양생 과정에서 마이크로캡슐화된 PCM이 파괴되지 않고 정상적으로 구형을 유지하고 있음을 확인하였다.

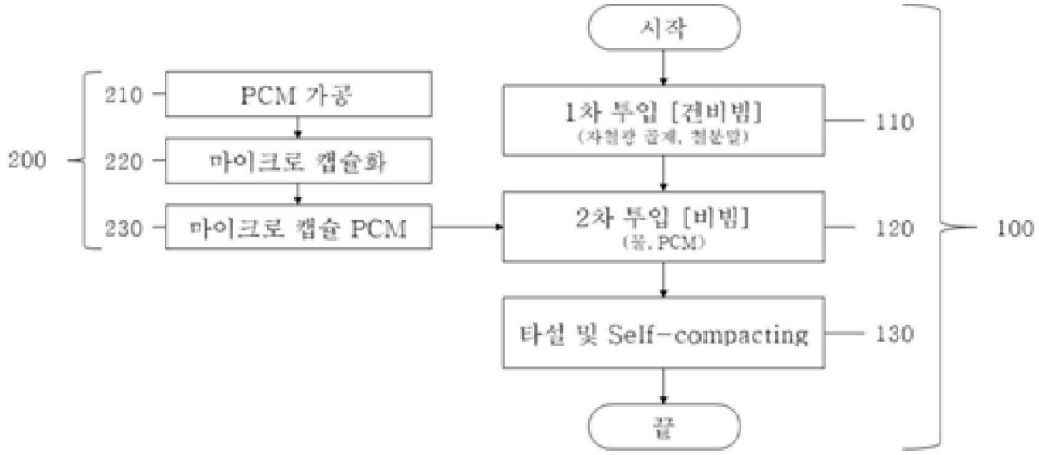
[0116] 이는 다음 도 4에서와 같이 콘크리트에 배합되기 전 순수한 마이크로캡슐화된 상변화물질의 SEM 사진이 구형의 모습을 유지하고 있는 것과 비교했을 때, 그 형태를 잘 유지하고 있음을 확인할 수 있다.

[0117] 그러나, 비교예 1에 따른 도 3(b)에서는 마이크로캡슐화된 상변화물질이 타설 및 양생 중 파괴되어 구형의 모습은 확인할 수 없고, 통상의 마이크로캡슐화된 상변화물질이 파괴된 단면 형상임을 확인하였다.

[0119] 이상에서와 같이 본 발명에서는 충격이나 전단에 취약한 마이크로캡슐이 콘크리트 타설 시 다짐 과정에서 손상되지 않도록, 자철광 골재의 무거운 자중을 활용하고, 골재의 크기와 W/C, 혼화제 등의 활용을 통해 자기 다짐(Self compacting) 효과를 기대할 수 있다. 자기 다짐 콘크리트의 배합조건에서 본 발명의 발열 콘크리트는 다짐의 과정을 생략할 수 있으므로 다짐 과정에서 발생하는 마이크로캡슐의 손상을 최소화할 수 있다.

도면

도면1

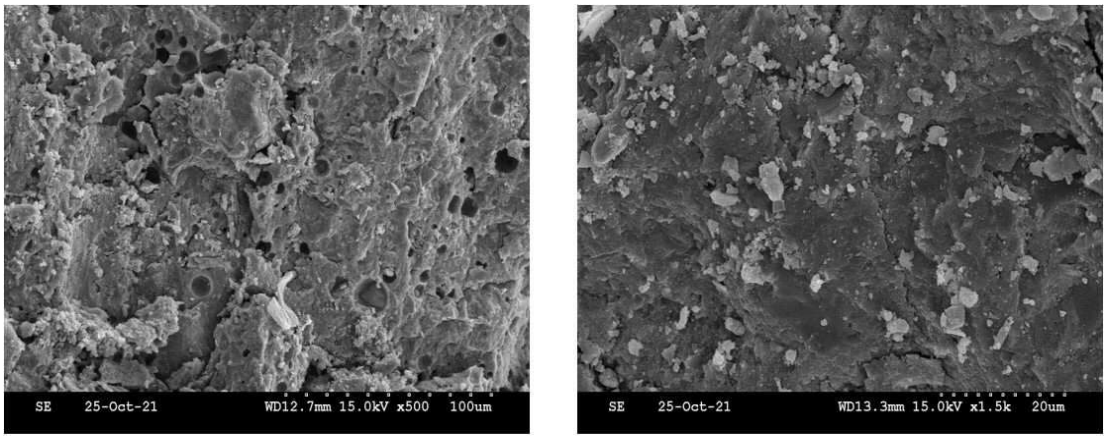


도면2



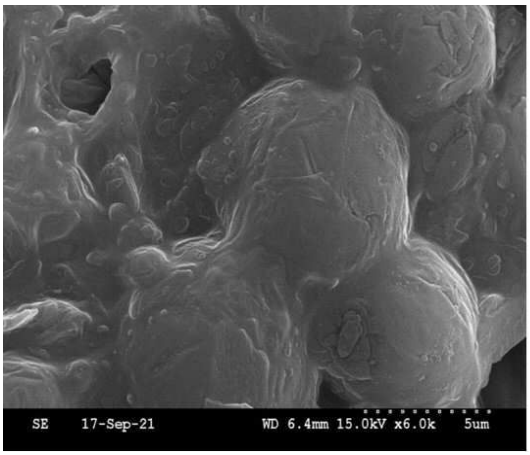
(a) 실시예 1　　(b) 비교예 1　　(c) 비교예 1 압축강도 시험 중

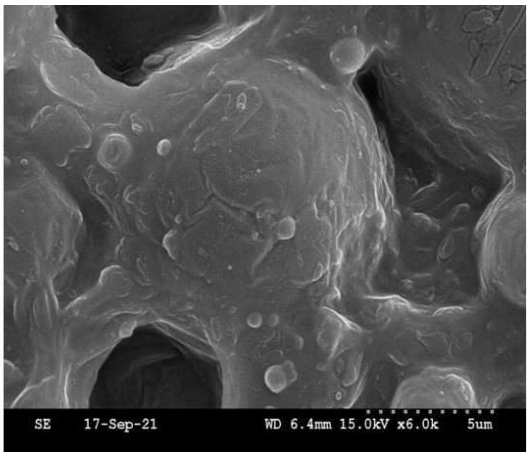
도면3



(a) 마이크로캡슐이 포함된 콘크리트 단면　　(b) 마이크로 캡슐이 없는 콘크리트 단면

도면4


SE 17-Sep-21 WD 6.4mm 15.0kV x6.0k 5um


SE 17-Sep-21 WD 6.4mm 15.0kV x6.0k 5um