(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0092073
(43) 공개일자 2023년06월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 22/00 (2006.01) *C04B 24/38* (2006.01)
C04B 28/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C04B 22/004 (2013.01)
C04B 24/38 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0180676
(22) 출원일자 2021년12월16일
심사청구일자 2021년12월16일

(71) 출원인
원광대학교산학협력단
전라북도 익산시 익산대로 460 (신동)
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
최세진
경기도 성남시 분당구 양현로 138,
이매진흥@809-601
고혜민
전북 익산시 고봉로 34길 5-2, 105도오 701호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
조성광

전체 청구항 수 : 총 4 항

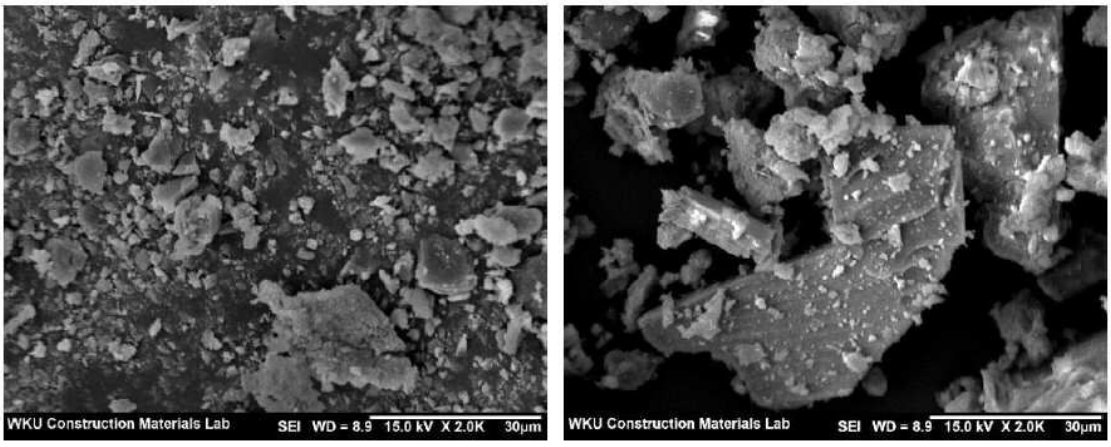
(54) 발명의 명칭 **카테콜 기능성 키토산 폴리머를 포함한 모르타르 조성물**

(57) 요 약

본 발명은 생체모사 고분자로 알려진 카테콜 기능성 키토산 폴리머를 시멘트 가 혼합되어 기계적 특성과 내구성이 향상된 모르타르 조성물에 관한 것이다.

본 발명은 「시멘트, 잔골재 및 배합수를 포함하는 모르타르 조성물로서, 상기 배합수에는 카테콜 기능성 키토산 폴리머(catechol-functionalized chitosan polymer : CCP) 용액이 2.5~10 wt% 포함된 것을 특징으로 하는 CCP를 포함한 모르타르 조성물」을 제공한다.

대 표 도 - 도6



(a) (b)

(52) CPC특허분류
C04B 28/02 (2013.01)
C04B 40/0032 (2013.01)
C04B 2111/00068 (2013.01)
C04B 2201/50 (2013.01)
(72) 발명자
정원석
대전광역시 유성구 죽동로 321 금성백조예미지 103-2302
배성호
전라남도 목포시 교육로 81 (상동, 엔젤어린이집)
김지환
인천광역시 서구 서곶로 818, 106동 1604호 (당하동, 당하탑스빌아파트)
이재인
충남 보령시 남포면 봉덕삼현길 241-1
방은지
충남 서천군 마산면 가양길36번길 19

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345312793
과제번호 2019R1I1A3A01049510
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공학 개인기초연구지원사업
연구과제명 철강슬래그잔골재 및 PCC(Powder Compacted Capsule)를 사용한 high-sustainable 콘크리트 제조 및 자기치유 특성에 관한 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 원광대학교
연구기간 2019.06.01 ~ 2024.05.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711119566
과제번호 2020R1A4A3079595
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 기초연구실지원사업
연구과제명 생체모방 자가회복형 나노소재 건설기술 융복합 연구실
기 여 율 1/2
과제수행기관명 원광대학교
연구기간 2020.07.01 ~ 2023.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

시멘트, 잔골재 및 배합수를 포함하는 모르타르 조성물로서,

상기 배합수에는 카테콜 기능성 키토산 폴리머(catechol-functionalized chitosan polymer : CCP) 용액이 2.5~10 wt% 포함된 것을 특징으로 하는 CCP를 포함한 모르타르 조성물.

청구항 2

제1항에서,

상기 카테콜 기능성 키토산 폴리머 용액은 물 1,000 mL 당 CCP 450~550 mg이 용해된 것을 특징으로 하는 CCP를 포함한 모르타르 조성물.

청구항 3

제1항 또는 제2항에서,

상기 시멘트는 단위체적 1㎥ 당 320~350 kg 혼합되고,

상기 잔골재는 단위체적 1㎥ 당 700~750 kg 혼합되며,

상기 배합수는 물-시멘트비 45~50 wt%에 따라 혼합된 것을 특징으로 하는 CCP를 포함한 모르타르 조성물.

청구항 4

제3항에서,

모르타르 플로우 173~181 mm

재령 28일 압축강도 45 MPa 이상 및

촉진 탄산화 깊이 1.2 mm 이하의 물성이 발현되는 것을 특징으로 하는 CCP를 포함한 모르타르 조성물.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 생체모사 고분자로 알려진 카테콜 기능성 키토산 폴리머를 시멘트 가 혼합되어 기계적 특성과 내구성이 향상된 모르타르 조성물에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 콘크리트는 저비용, 우수한 압축강도, 높은 내구성 등 많은 장점으로 인해 건설현장에서 널리 사용되는 재료이지만, 현재에도 콘크리트 성능 향상을 통해 콘크리트 구조물의 유지관리에 소요되는 시간과 비용을 줄이기 위한 많은 노력이 투여되고 있다.

[0004] 최근 기능성 고분자 재료를 혼합하여 시멘트 복합재료의 기계적 물성과 내구성을 향상시키는 연구가 이루어진 바 있다(A. M. Mohamed, M. A. M. Ariffim, H. Smaoui, M. H. Osman, Performance evaluation of concrete with Arabic gum biopolymer, Mater. Today: Proc. 39 (2021) 983-987, H. M. Mohesson, W. A. Abbas, Effect

of biopolymer alginate on some properties of concrete, J. Eng. 26 (2020) 121-131, D. Shanmugavel, T. Selvaraj, R. Ramadoss, S. Raneric, Interaction of a viscous biopolymer from cactus extract with cement paste to produce sustainable concrete, Constr. Build. Mater. 257 (2020) 119585. 등)

[0005] Mohamed 외 연구진들은 아라빅검 바이오폴리머를 콘크리트에 적용하여 콘크리트의 물성을 평가하고, 그 결과 콘크리트가 일반 콘크리트보다 기계적 성능이 더 우수하다고 보고했다. Mohesson 외 연구진들은 콘크리트의 압축강도와 인장강도를 증가시키는 바이오폴리머 알지네이트를 혼합한 콘크리트의 특성을 분석하였다. 또한 Shanmugavel 외 연구진들은 선인장에서 추출된 바이오 폴리머를 시멘트 페이스트에 적용하여 콘크리트의 점도와 내구성을 모두 증가시켰다고 보고하였다.

[0006] 일반적으로 고분자 재료를 사용하여 콘크리트의 기계적 성능이나 내약품성을 향상시키기 위한 대부분의 연구는 모르타르나 콘크리트에 일반 수지나 에폭시를 혼합하여 사용하였다. 그러나 종래에 시멘트 모르타르나 콘크리트에 생체모사 폴리머를 적용하는데 특별히 초점을 맞춘 연구는 이루어진 바 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 1. 등록특허 10-1680527 "한천이 혼입된 모르타르의 제조방법"

(특허문헌 0002) 2. 공개특허 10-2018-0083756 "콘크리트 강도 증진용 결합제 및 이를 포함하는 폴리머 시멘트 복합체 조성물"

비특허문헌

[0009] (비특허문헌 0001) 1. A. M. Mohamed, M. A. M. Ariffim, H. Smaoui, M. H. Osman, Performance evaluation of concrete with Arabic gum biopolymer, Mater. Today: Proc. 39 (2021) 983-987

(비특허문헌 0002) 2. H. M. Mohesson, W. A. Abbas, Effect of biopolymer alginate on some properties of concrete, J. Eng. 26 (2020) 121-131.

(비특허문헌 0003) 3. D. Shanmugavel, T. Selvaraj, R. Ramadoss, S. Raneric, Interaction of a viscous biopolymer from cactus extract with cement paste to produce sustainable concrete, Constr. Build. Mater. 257 (2020) 119585.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 고분자 재료인 카테콜 기능성 키토산 폴리머를 이용하여 모르타르 조성물의 기계적 특성과 내구성을 향상시킬 수 있는 조건과 그에 따라 발현되는 모르타르의 물성적 특징을 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명은 「시멘트, 잔골재 및 배합수를 포함하는 모르타르 조성물로서, 상기 배합수에는 카테콜 기능성 키토산 폴리머(catechol-functionalized chitosan polymer : CCP) 용액이 2.5~10 wt% 포함된 것을 특징으로 하는 CCP를 포함한 모르타르 조성물」을 제공한다.

[0014] 상기 카테콜 기능성 키토산 폴리머 용액은 물 1,000 mL 당 CCP 450~550 mg이 용해된 것을 적용할 수 있다.

[0016] 상기 시멘트는 단위체적 1㎥ 당 320~350 kg 혼합되고, 상기 잔골재는 단위체적 1㎥ 당 700~750 kg 혼합되며, 상기 배합수는 물-시멘트비 45~50 wt%에 따라 혼합되도록 배합할 수 있으며,

[0017] 이에 상기 모르타르 조성물은 모르타르 플로우 173~181 ㎜, 재령 28일 압축강도 45 MPa 이상 및 촉진 탄산화 깊이 1.2 ㎜ 이하의 물성이 발현되도록 할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 전술한 본 발명에 따르면,

[0020] 카테콜 기능성 폴리머 용액을 배합수에 포함시킴으로서, 모르타르 조성물의 압축강도와 탄산화 저항성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] [도 1]은 SEM 분석 장비를 촬영한 사진이다.

[도 2]는 Cat-Chit 중합체 및 카테콜의 가능한 교차 연결 경로를 나타낸 것이다.

[도 3]은 CCP 생성물(a), 생성물의 UV-vis 스펙트럼(b)과 ^{1}H-NMR(c)을 나타낸 것이다.

[도 4]는 Cat-Chit(검은선) 및 Ca(OH)2와 반응한 Cat-Chit(붉은선)의 FT-IR 스펙트럼과, 칼슘-Cat-Chit의 예상 구조를 나타낸 것이다.

[도 5]는 CCP(a)와 칼슘-CCP(b) 형태의 SEM 사진이다.

[도 6]은 대조 시험체(a)와 CPW10(b)의 재령 28일 압축강도 시험 후 SEM 사진이다.

[도 7]은 시험예별 모르타르 플로우 시험 결과를 나타낸 그래프이다.

[도 8]은 시험예별 압축강도 시험 결과를 나타낸 그래프이다.

[도 9]는 시험예별 촉진 탄산화 깊이 시험 결과를 나타낸 그래프이다.

[도 10]은 탄산화 깊이와 압축 강도의 관계를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 발명에서는 생체모사 고분자로 잘 알려진 카테콜 기능화 키토산(Cat-Chit)을 합성하여 시멘트 모르타르에 대한 적용성을 검토하였다. 키토산은 갑각류에서 많이 발견되는 키틴을 탈아세틸화하여 얻는 것으로, 낮은 독성, 생분해성, 항종양 활성, 항균 활성, 면역성 강화 능력 등의 다양한 유익한 특성이 있어 바이오, 의학 분야에서 조직 접착제, 약물 전달 시스템 등으로 활용된다. 그러나 수용액에서 키토산의 용해도가 낮아 그 활용 범위에 제약이 따르므로, 이러한 문제 극복을 위해 키토산계 유도체들은 3,4-다이하이드록시 하이드로신남산과 아민이 혼합된 아미드 형태로 합성된다. 키토산 중추 내 카테콜 그룹은 키토산의 용해도뿐만 아니라 조직에 대한 부착력도 증가시킨다.

[0024] 최근 수십 년간 생체 의학 분야에서 카테콜 기능화 키토산(Cat-Chit)이 응용되어 왔으며, Cat-Chit 폴리머(CCP)가 여러 나노입자를 사용하여 수정(modify)되어 왔다. 최근 CCP는 이러한 결과를 바탕으로 다용도 소재로서의 우수한 성능으로 큰 주목을 받고 있다. 따라서 본 발명에서는 CCP의 시멘트 모르타르에 대한 적용성을 검토하였다.

[0025] 이를 위해 CCP를 합성하여 시멘트 모르타르에 혼합하고 이에 따른 모르타르 플로우, 압축강도 및 촉진 탄산화 깊이를 평가하였다. 또한, 합성된 CCP와 일부 혼합 시험예를 분석하기 위해 주사 전자 현미경(SEM) 이미지를 촬영하였다.

[0027] 이하에서 사용되는 약어는 다음과 같다.

[0028] (1) Cat-Chit : 카테콜 기능성 키토산(catechol-functionalized chitosan)

[0029] (2) CCP : 카테콜 기능성 키토산 폴리머(Cat-Chit polymer)

[0030] (3) HCA : 하이드로카페인산(hydrocaffeic acid)

[0031] (4) EDC : 에틸-3-(3-디메틸아미노프로필) 카르보디이미드 염산염(ethyl-3-(3-dimethylaminopropyl)carbodiimide hydrochloride)

[0032] (5) CPW : CCP 용액(CCP dissolved water)

[0033] (6) DDW : 이중 증류수(Double distilled water)

[0035] **1. CCP 합성**

[0037] 본 발명에서 사용된 CCP는 앞서 보고된 방법에 따라 합성되었다(J. H. Ryu, J. S. Choi, E. S. Park, M. R. Eom, S. G. Jo, M. S. Lee, S. K. Kwon, Chitosan oral patches inspired by mussel adhesion, J. Control. Release. 317 (2020) 57-66.).

[0038] 키토산(중분자량, 탈아세틸화 정도 75~85 %)과 HCA는 Sigma-Aldrich로부터 구입하였고, EDC는 TCI에서 구입했으며, 에탄올은 Fisher Scientific에서 구입하였다. 위의 물질들은 모두 정제 없이 사용되었다. Spectrum Laboratories, Inc.에서 투석막(Spectra/Por MWCO: 12-14 kDa)을 구입하여 초순수를 얻기 위해 Milipore 정수 시스템에서 Q-Grad 1 정화 카트리지를 사용하여 물을 증류하였다.

[0039] 먼저 키토산(500 mg)을 5 N HCl 용액(2.5 mL) 및 DDW(23 mL) 혼합수에 용해시켜 키토산 용액을 제조하였다. 그 다음, 에탄올(2.5 mL)에 용해된 HCA(590 mg)를 용해시킨 용액과 에탄올(10 mL)에 용해된 EDC(625 mg)를 용해시킨 용액을 상기 키토산 용액에 천천히 첨가한 혼합 용액을 제조하였다.

[0040] 포화 NaOH 용액을 사용하여 상기 혼합 용액의 pH를 5.0으로 조정하고, 반응 혼합물을 실온에서 12시간 동안 교반하였다. 다음으로, 5 N HCl 용액을 사용하여 혼합물의 pH를 다시 5.0으로 조정하였다. 이후 투석막을 통해 반응 후 잔류물이 투석액으로 빠져나가도록 하였는데, 구체적으로 2일 동안 상기 잔류물이 투석막을 통해 투석막 외부의 10 mM NaCl 용액으로 이동하여 제거되도록 하고, 이후 6시간 마다 투석막 외부 용액을 DDW로 4번 교체하면서 잔류물을 제거하였다.

[0041] 마지막으로 상기 혼합 용액을 -20° C 냉장고에서 동결하고 동결건조시켰다. 위와 같이 잔류물을 제거한 상태로 동결건조함으로써 CCP 합성이 완료된다.

[0042] 합성된 CCP를 DDW에 용해시킨 Cat-Chit 용액의 흡광도는 Genesys 180 UV-vis 분광광도계(Thermo Fisher, Waltham, 미국 MA)를 사용하여 분석하였다. 또한, 핵자기공명(NMR) 분광법을 수행하기 위해 Cat-Chit를 D_2O에 용해하였다. 그런 다음 500 MHz Jeol을 사용하여 ^{1}H-NMR 스펙트럼을 기록하였다.

[0043] Cat-Chit와 시멘트 모르타르의 기초 성분과의 상호작용을 조사하기 위해 Cat-Chit 40 mg을 상온에서 12시간 동안 $Ca(OH)_2$ 용액(296 mg/40 mL)과 반응시킨 후 고체 잔류물을 제거하고 동결건조시켰다. 칼슘과 CCP의 상호작용은 위 과정을 통해 수득한 갈색 고체(칼슘과 Cat-Chit의 반응 생성물)를 이용하여 푸리에변환적외선(FT-IR)으로 분석하였다. 분석에는 중적외선(400-4000 cm-1) 범위 Nicolet iS5 FT-IR 분광계(Thermo Scientific)를 사용하고 1 cm^{-1}의 분해능에서 400~4000 cm^{-1}의 투과 대역에서 스펙트럼을 수집하였다.

[0045] **2. 시멘트 모르타르의 준비 및 측정**

[0047] CCP가 적용된 시멘트 모르타르의 특성 시험을 위해서는 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다. 아래 [표 1]은 사용된 보통 포틀랜드 시멘트의 화학적 조성을 나타낸 것이다. 잔골재는 비중 2.6, 조립율 2.45인 자연사(대한민국 남원 채취)를 사용하였다.

[0048] [표 1]

Components	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O
Cement	17.43	6.50	3.57	64.40	2.55	1.17

[0049]

[0050] [표 2]

Mix	CPW (%)	W/C (%)	Water (kg/m^3)	Cement (kg/m^3)	Sand (kg/m^3)	CPW (CCP Solution) (kg/m^3)
Control	0					0
CPW2.5	2.5					4.25
CPW5.0	5.0	50	170	340	739	8.50
CPW7.5	7.5					12.75
CPW10	10					17.00

[0051]

[0052] 위의 [표 2]는 본 발명에서 검토된 시험예와 각 시험예의 배합비를 나타낸 것이다. 물-시멘트비는 50 wt%로 고정하고 CCP 500 mg을 물 1,000mL에 녹인 CCP 용액(이하, 'CPW')을 배합수에 0 wt%, 2.5 wt%, 5.0 wt%, 7.5 wt% 및 10.0 wt%의 비율로 혼합하였다. 이하, 편의상 각 시험예에는 CPW의 양을 나타내는 접미사를 붙인다. 예를 들어, 시험예 CPW 2.5에는 배합수 내에 2.5 wt%의 CPW가 포함되어 있다.

[0053] 각 시험예들은 기계 믹서로 혼합하였다. 각 시험예별로 혼합하여 제조된 시멘트 모르타르로 50 mm 정육면체 시험체를 제작하여 압축 강도를 시험하였으며, 촉진 탄산화 시험을 위하여 40×40×160 mm 시험체를 준비하였다. 각 시험체는 몰드 투입 24시간 후에 탈형하여 20℃ 물에서 양생하였다. 시멘트 모르타르 조성물의 플로우 및 압축강도는 KS L 5105에 따라 측정하였다. 촉진 탄산화 시험은 KS F 2584에 따라 촉진 탄산화 챔버 내에서 탄산화 과정 진행 후 페놀프탈레인 용액을 사용하여 각 시험체의 탄산화 깊이를 측정하였다.

[0054] 일부 시험체는 [도 1]로 첨부된 SERON Tech의 AIS1800C를 사용하여 SEM 분석을 수행하였다.

[0056] **3. 시험 결과 분석**

[0058] (1) CCP 분석

[0059] 전술한 바와 같이 CCP는 키토산과 HCA를 사용하여 EDC를 통해 합성되었다([도 2] 참조). CCP의 카테콜 그룹은 UV-vis 스펙트럼과 ^1H NMR 스펙트럼에 의해 확인되었다([도 3] 참조). UV-vis 스펙트럼에서는 카테콜 결합에 해당하는 흡수 최대값 280 nm의 피크가 나타났다. 또한 카테콜의 방향족 양성자는 ^1H NMR 스펙트럼에서 약 6.87 ppm으로 나타났다. 주목할 점은, CCP는 산화되기 쉽기 때문에 카테콜에서 퀴논으로 부분적으로 산화되었다. 반응성이 높은 종인 이 퀴논은 [도 2]에 나타난 바와 같이 3,4-디하이드록시페닐알라닌(데히드로-DOPA) 분체 또는 탈수-DOPA 치수로 변환되었다. UV-vis 스펙트럼을 기반으로 합성된 CCP는 약 330 nm에서 피크를 나타내었으며 이는 dehydro-DOPA에 해당한다. 또한, 350 nm에서 넓은 피크의 존재는 dehydro-DOPA 이량체에 기인할 수 있다. 합성된 CCP의 구조는 [도 3]의 (a)에 나타난 바와 같이 생성물을 밝은 갈색으로 변화시켰고, Cat-Chit 단독 시료에 비해 용해도가 감소했다.

[0060] CCP와 시멘트 모르타르의 상호작용 메커니즘을 이해하기 위해 CCP가 $Ca(OH)^2$(소석회)와 반응하도록 한 후 FT-IR

을 사용하여 CCP의 작용기 변화를 비교하였다([도 4] 참조). 약 3,444 cm^{-1}의 피크는 CCP의 하이드록시 및 아미노그룹에 해당하고, 약 1,633 cm^{-1}의 또 다른 피크는 아미드의 카르보닐에 해당한다([도 4]의 검은 선). 이에 반해 $Ca(OH)_2$를 반응한 폴리머는 하이드록시 및 수산화물과의 반응으로 약 3,444 cm^{-1}에서 흡수가 상당히 감소하였고, Ca-O 결합을 대표하는 피크가 872 및 710 cm^{-1}에서 나타났다([도 4]의 붉은선). 이러한 관찰은 CCP와 $Ca(OH)_2$ 사이에 교차 연결 또는 킬레이트화 과정과 같은 상호 작용이 있음을 강력하게 시사한다.

[0062] (2) SEM 분석

[0063] [도 5]의 (a)와 (b)는 각각 CCP와 칼슘-CCP의 형태를 나타내는 SEM 이미지이다. CCP 표면과 대조적으로, 칼슘-CCP 내 칼슘 양이온은 원형 광물로 명확하게 검출되었다.

[0064] [도 6]의 (a)와 (b)는 각각 재령 28일 압축 강도 테스트 후 대조 시험체(control)와 CPW10의 SEM 이미지를 보여준다. [도 6]에 나타난 바와 같이 CPW10의 표면은 대조 시험체 표면보다 밀도가 높았으며, CCP로 보이는 물질이 관찰되었다.

[0066] (3) 모르타르 플로우

[0067] [도 7]은 CPW의 양을 달리함에 따른 모르타르 플로우의 변화를 보여준다. 대조 시험체(control)의 모르타르 플로우가 약 186 mm로 가장 크고, CPW가 혼합된 모르타르 플로우가 모두 173~181 mm로 대조 시험체(control)에 비해 약간 낮았다. 전반적으로, CCP 유무에 따라 모르타르 플로우에 유의미한 차이는 없었으며, 이는 CCP의 혼입이 시멘트 모르타르의 유동성에 유의한 영향을 미치지 않았음을 의미한다.

[0069] (4) 압축강도

[0070] [도 8]은 CPW 혼입량에 따른 시험체의 압축 강도 변화를 보여준다. 재령 7일 대조 시험체(CPW가 포함되지 않은 것)의 압축 강도는 약 39.4 MPa인 것으로 확인되었다. CPW를 추가할 때 CPW7.5 시험체의 재령 7일 압축 강도는 약 41.0 MPa로 가장 높았고, 이는 대조 시험체 보다 약 4% 상승한 것이다.

[0071] 이런 추세는 재령 28일 압축강도 시험에서 더욱 두드러졌다. 즉, 대조 시험체의 재령 28일 압축강도는 약 41.4 MPa였지만 CPW를 포함하는 모든 시험체의 압축 강도는 44.0~49.8 MPa 범위에 있어 대조 시험체보다 상대적으로 높은 압축 강도가 발현되었다. 특히 CPW7.5 시험체에서는 재령 28일 압축강도가 49.8 MPa로 대조 시험체보다 약 20.2% 상승하였다.

[0072] 종래의 연구 자료와 상호 작용 메커니즘에 대한 자체 연구에 따르면 CCP의 히드록실 또는 아미노기는 $Ca(OH)_2$의 존재와 같은 특정 기본 조건에서 가교 또는 킬레이트화에 참여하는 것으로 보인다. 이러한 프로세스는 고농축 폴리머의 여러 기능 그룹을 통해 견고하게 만들 수 있다. 따라서 위의 시험 결과는 일반 시스템보다 모르타르 조성물에 칼슘-CCP 가교 또는 킬레이트 복합체를 포함할 때 압축강도가 유의하게 더 높음을 보여준다.

[0073] 또한, 배합수의 2.5~7.5 wt%에 CPW가 함유된 경우 CPW 비율이 증가함에 따라 압축강도가 증가하였고, CPW10은 CPW7.5에 비해 압축강도가 감소하였다. 이것은 고농도에서 일반적으로 발생하고 압축 강도를 감소시킬 것으로 예상되는 부(-) 응집 때문일 것으로 사료된다.

[0074] 따라서 적절한 양의 CCP와 시멘트 모르타르를 혼합하면 시멘트 모르타르의 기계적 물성을 효과적으로 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 위 시험에서는CPW7.5 시험예가 가장 효과적인 것으로 나타났다.

[0076] (5) 촉진 탄산화 깊이

[0077] [도 9]는 열화 촉진 28일 후의 탄산화 깊이를 보여준다. 대조 시험체(control)의 탄산화 깊이는 약 1.36 mm로 CPW가 포함된 모든 혼합물의 탄산화 깊이보다 깊었다. CPW0에서 CPW7.5까지는 CPW 비율이 증가할수록 탄산화 깊이는 감소하였다.

[0078] 특히 CPW7.5의 탄산화 깊이는 약 1.14 ㎜로 대조 시험체보다 약 16% 낮았으며, 이는 모든 검체의 탄산화 깊이 중 가장 낮은 수치이다. 압축강도 시험결과와 연계하여 검토해 보면 시멘트 매트릭스의 밀도가 높아짐에 따라 압축강도는 증가하였고 탄산화 깊이는 감소하였다. 즉 모르타르 내에 CCP를 적절한 포함시킬 때 압축 강도와 같은 기계적 특성뿐만 아니라 탄산화 저항성을 효과적으로 개선한다는 것을 의미한다.

[0079] 또한 [도 10]에 나타난 압축강도와 탄산화 깊이의 상관관계에 따르면, 이 상관관계는 재령 7일 압축강도보다 28일 압축강도에서 더욱 주의적으로 나타난다.

[0081] 위의 내용을 정리하면 다음과 같다.

[0082] (1) CPW 함량에 따른 슬럼프 플로우의 유의미한 변화는 없었다.

[0083] (2) CPW7.5의 재령 7일 압축강도가 약 41.0MPa로 가장 높았고, 이는 대조 시험체보다 약 4% 상승한 수치이다. 재령 28일 압축강도 역시 CPW7.5에서 가장 높았고, 이는 대조 시험체보다는 약 20% 상승한 수치이다.

[0084] (3) 대조 시험체의 탄산화 깊이는 약 1.36㎜로 CPW가 포함된 모든 혼합물의 탄산화 깊이보다 높았다. 따라서 CCP를 적절히 통합하면 압축강도 등 시멘트 모르타르의 기계적 특성뿐만 아니라 탄산화 저항성도 효과적으로 개선됨을 알 수 있다.

[0086] 본 발명은 상기에서 언급한 바와 같이 시험예와 관련하여 설명되었으나, 본 발명의 요지를 벗어남이 없는 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능하며, 다양한 분야에서 사용 가능하다. 따라서 본 발명의 청구범위는 이전 발명의 진정한 범위 내에 속하는 수정 및 변형을 포함한다.

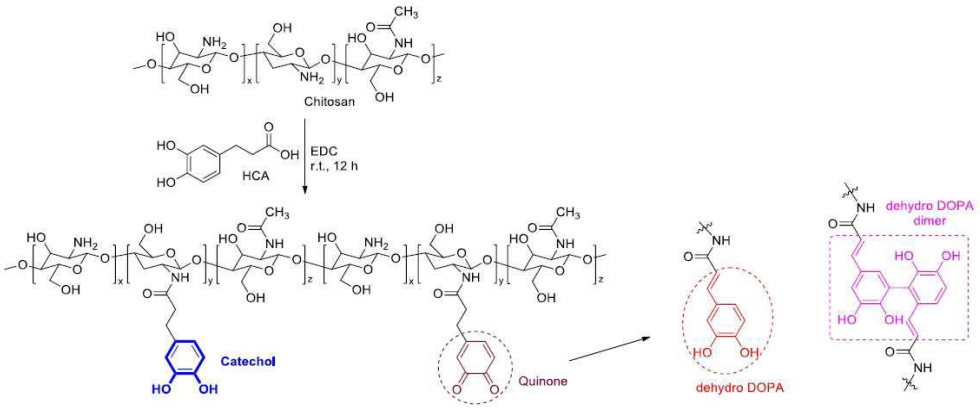
부호의 설명

[0088] 해당 없음

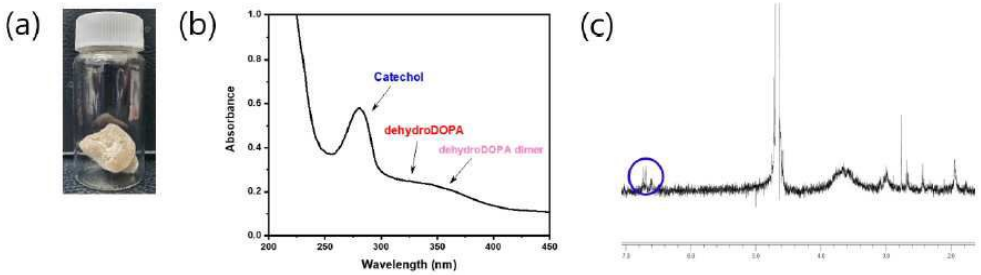
도면

도면1

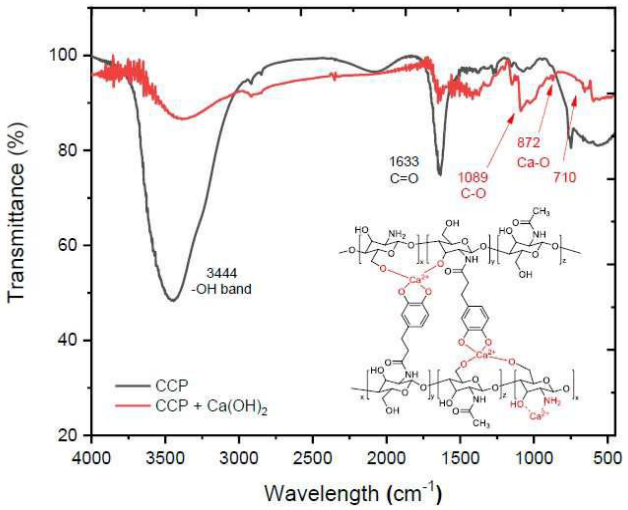
도면2


Chitosan
HCA
EDC
r.t., 12 h
Catechol
Quinone
dehydro DOPA
dehydro DOPA dimer

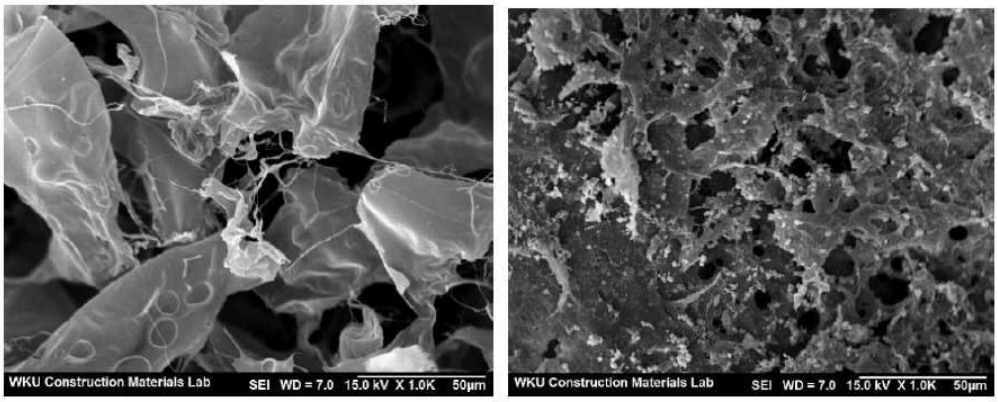
도면3


(a)
(b)
(c)
Absorbance
Wavelength (nm)
Catechol
dehydroDOPA
dehydroDOPA dimer

도면4

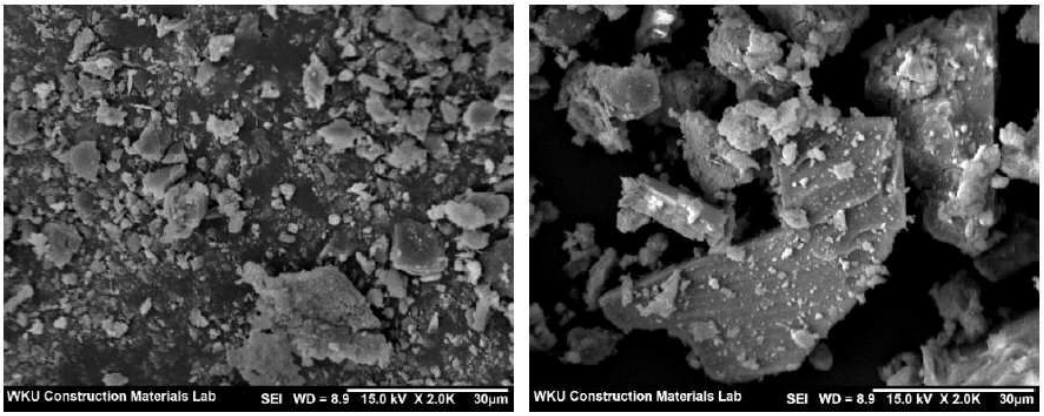

Transmittance (%)
Wavelength (cm-1)
3444
-OH band
1633
C=O
1089
C-O
872
Ca-O
710
CCP
CCP + Ca(OH)2

도면5


WKU Construction Materials Lab SEI WD = 7.0 15.0 kV X 1.0K 50μm
WKU Construction Materials Lab SEI WD = 7.0 15.0 kV X 1.0K 50μm

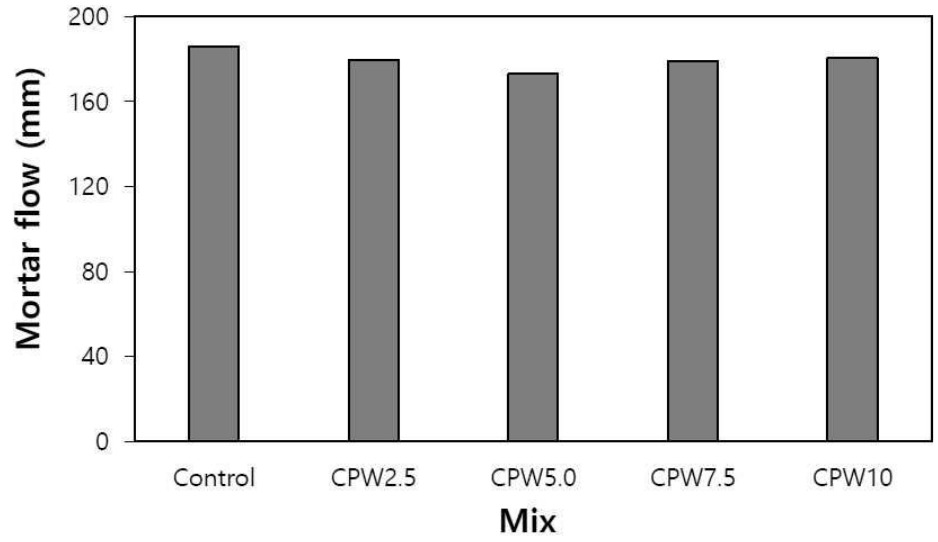
(a) (b)

도면6

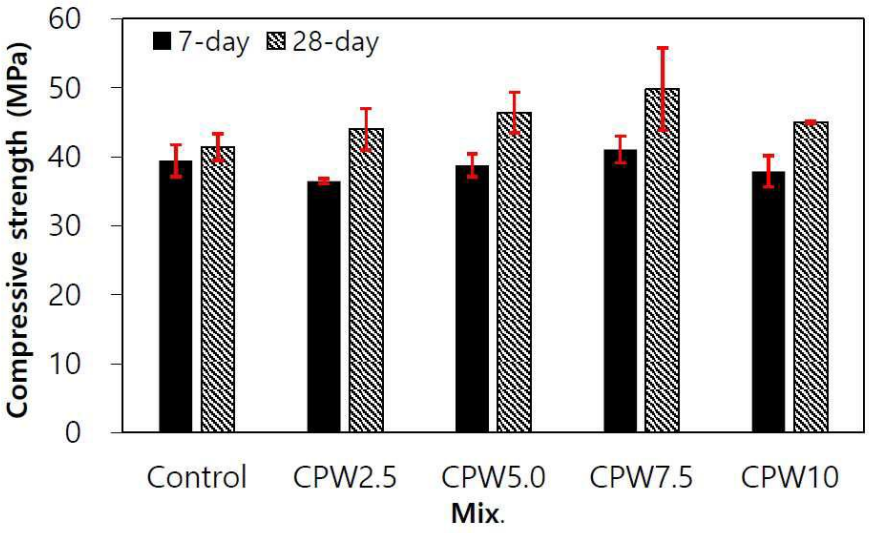

WKU Construction Materials Lab SEI WD = 8.9 15.0 kV X 2.0K 30μm
WKU Construction Materials Lab SEI WD = 8.9 15.0 kV X 2.0K 30μm

(a) (b)

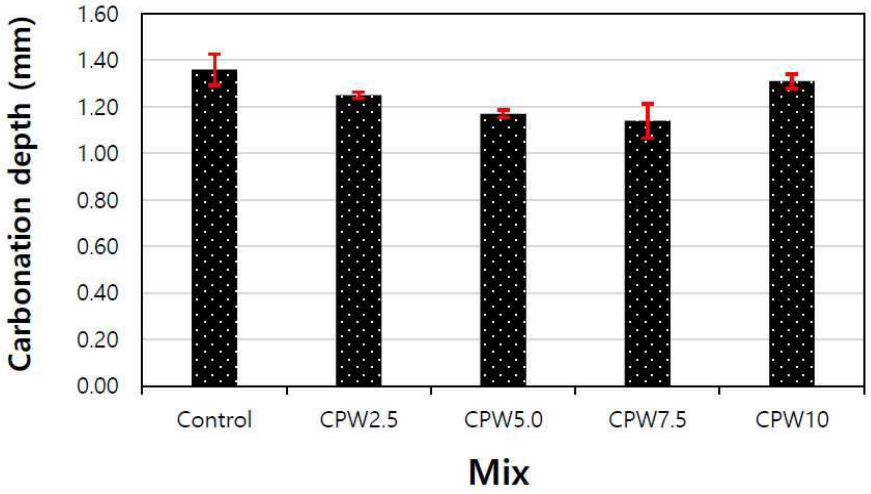
도면7


Mortar flow (mm)
200
160
120
80
40
0
Control
CPW2.5
CPW5.0
CPW7.5
CPW10
Mix

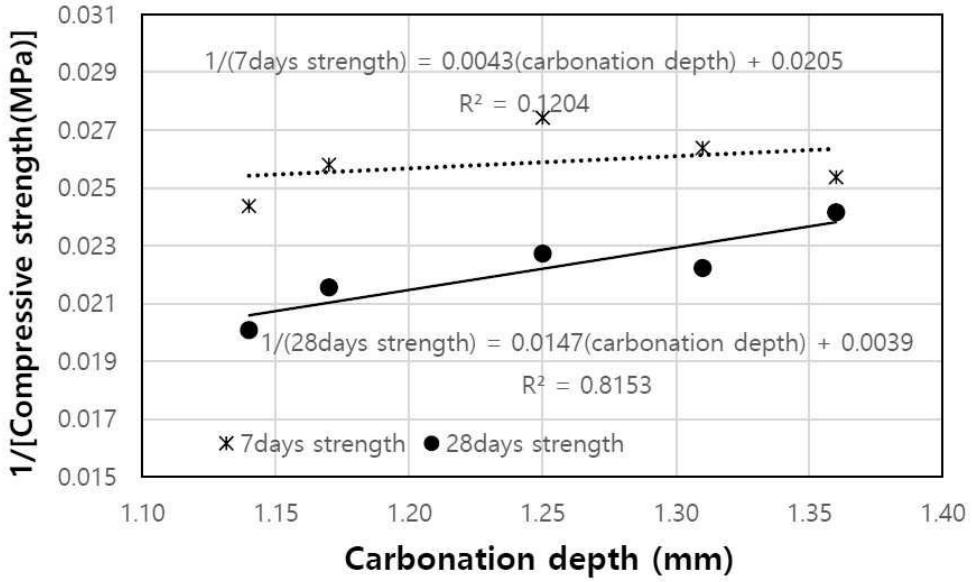
도면8


Compressive strength (MPa)
60
50
40
30
20
10
0
7-day
28-day
Control
CPW2.5
CPW5.0
CPW7.5
CPW10
Mix.

도면9


Carbonation depth (mm)
1.60
1.40
1.20
1.00
0.80
0.60
0.40
0.20
0.00
Control
CPW2.5
CPW5.0
CPW7.5
CPW10
Mix

도면10


1/[Compressive strength(MPa)]
0.031
0.029
0.027
0.025
0.023
0.021
0.019
0.017
0.015
1/(7days strength) = 0.0043(carbonation depth) + 0.0205
R² = 0.1204
1/(28days strength) = 0.0147(carbonation depth) + 0.0039
R² = 0.8153
7days strength
28days strength
1.10
1.15
1.20
1.25
1.30
1.35
1.40
Carbonation depth (mm)