(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0094987
(43) 공개일자 2025년06월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 14/46 (2006.01) *C04B 20/10* (2006.01)
C04B 28/02 (2006.01) *C04B 103/30* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C04B 14/4668 (2013.01)
C04B 20/1014 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0185573
(22) 출원일자 2023년12월19일
심사청구일자 2023년12월19일

(71) 출원인
건양대학교산학협력단
충청남도 논산시 대학로 121 (내동)
(72) 발명자
허광희
대전광역시 서구 관저북로 52, 108동 103호
송기창
대전광역시 유성구 전민로 18
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 플러스

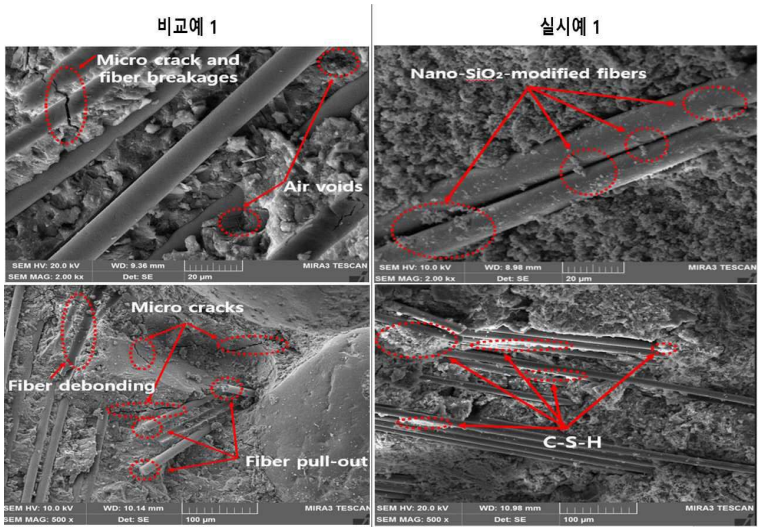
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **표면이 개질 된 현무암 섬유를 포함하는 시멘트 모르타르 조성물 및 현무암 섬유 표면의 개질 방법**

(57) 요 약

본 개시는 표면이 개질 된 현무암 섬유를 포함하는 시멘트 모르타르 조성물 및 현무암 섬유 표면의 개질방법에 관한 것이다. 상세하게는 실리카 나노입자로 현무암 섬유의 표면을 개질함으로써, 시멘트, 물 및 골재를 포함하는 시멘트 매트릭스의 수화생성물과 상기 실리카가 반응하여 칼슘실리케이트 수화물(C-S-H) 겔을 형성하게 되고, 현무암 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 결합력이 향상되어 내구성이 증가한 시멘트 모르타르 조성물을 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
C04B 20/1066 (2013.01)
C04B 28/02 (2013.01)
C04B 2103/302 (2013.01)
(72) 발명자
박종건
전라북도 익산시 무왕로21길 64, 504동 904호

서동주
전라북도 완주군 봉동읍 제내신촌1길 56-84

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345362276
과제번호	2018R1A6A1A03025542
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축
연구과제명	생체적 재난대응 위한 시설물의 감재기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	건양대학교
연구기간	2018.06.01 ~ 2027.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

시멘트, 골재 및 물을 포함하는 시멘트 매트릭스; 및

표면이 실리카 전구체와 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제를 포함하여 실리카 나노입자로 개질된 현무암 섬유를 포함하는, 시멘트 모르타르 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 시멘트 모르타르 조성물은 시멘트 100 중량부에 대하여, 골재 100 내지 300 중량부, 물 20 내지 70 중량부 및 표면이 개질된 현무암 섬유를 1 내지 20 중량부로 포함하는 것인, 시멘트 모르타르 조성물.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 시멘트 매트릭스는 시멘트 100 중량부에 대하여 0.1 내지 5 중량부의 고성능 감수제를 추가로 포함하는 것인, 시멘트 모르타르 조성물.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 현무암 섬유 표면의 실리카 나노입자는 시멘트 매트릭스의 수화생성물과 반응하여, 칼슘실리케이트 수화물(C-S-H) 겔을 형성하는 것인, 시멘트 모르타르 조성물.

청구항 5

제1항에 있어서

상기 표면이 실리카 전구체 및 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제를 포함하여 실리카 나노입자로 개질된 현무암 섬유는,

현무암 섬유를 과산화수소수로 전처리하는 단계;

물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매, 염기성 촉매 및 실리카 전구체를 혼합하여 실리카 졸을 제조하는 단계;

실리카 졸에 가교제 및 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제를 혼합하여 실리카 용액을 제조하는 단계;

전처리 된 현무암 섬유를 실리카 용액에 침지하여 섬유의 표면을 실리카 나노입자로 개질하는 단계;

를 포함하여 제조된 것인, 시멘트 모르타르 조성물.

청구항 6

제1항 또는 제5항에 있어서,

상기 실리카 전구체는 테트라메틸 오실리케이트(Tetramethyl Orthosilicate), 테트라에틸 오실리케이트(Tetraethyl Orthosilicate), 테트라프로필 오실리케이트(Tetrapropyl Orthosilicate) 또는 테트라부틸 오실리케이트(Tetrabutyl Orthosilicate)에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것인, 시멘트 모르타르 조성물.

청구항 7

제1항 또는 제5항에 있어서,

상기 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제는 3-글리시독시프로필트리메톡시실란(glycidoxypropyltrimethoxysilane), 3-아크릴옥시프로필트리메톡시실란((3-acryloxypropyl)trimethoxysilane), 메타크릴옥시프로필트리메톡시실란(methacryloxypropyltrimethoxysilane), 3-이소시아네이토프로필트리에톡시실란(3-isocyanatopropyltriethoxysilane), 3-메르캅토프로필트리에톡시실란(3-mercaptopropyltriethoxysilane), 3-메르캅토프로필트리메톡시실란(3-mercaptopropyltrimethoxysilane), 메틸트리에톡시실란(methyltriethoxysilane), 메틸트리메톡시실란(methyltrimethoxysilane), 비닐트리에톡시실란(vinyltriethoxysilane), 3-아미노프로필트리에톡시실란(3-aminopropyltriethoxysilane), 또는 3-아미노프로필트리메톡시실란(3-aminopropyl trimethoxysilane)에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것인, 시멘트 모르타르 조성물.

청구항 8

현무암 섬유를 과산화수소수로 전처리하는 단계;

물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매, 염기성 촉매 및 실리카 전구체를 혼합하여 실리카 졸을 제조하는 단계;

실리카 졸에 가교제 및 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제를 혼합하여 실리카 용액을 제조하는 단계;

전처리 된 현무암 섬유를 실리카 용액에 침지하여 섬유의 표면을 실리카 나노입자로 개질하는 단계;를 포함하는, 현무암 섬유 표면의 개질방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 실리카 전구체는 테트라메틸 오실리케이트(Tetramethyl Orthosilicate), 테트라에틸 오실리케이트(Tetraethyl Orthosilicate), 테트라프로필 오실리케이트(Tetrapropyl Orthosilicate) 또는 테트라부틸 오실리케이트(Tetrabutyl Orthosilicate)에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것인, 현무암 섬유 표면의 개질방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 염기성 촉매는 암모니아 수용액, 수산화나트륨 또는 수산화칼륨에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것인, 현무암 섬유 표면의 개질방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 반응성 기를 갖는 실란계 커플링제는 3-글리시독시프로필트리메톡시실란(glycidoxypropyltrimethoxysilane), 3-아크릴옥시프로필트리메톡시실란((3-acryloxypropyl)trimethoxysilane), 메타크릴옥시프로필트리메톡시실란(methacryloxypropyltrimethoxysilane), 3-이소시아네이토프로필트리에톡시실란(3-isocyanatopropyltriethoxysilane), 3-메르캅토프로필트리에톡시실란(3-mercaptopropyltriethoxysilane), 3-메르캅토프로필트리메톡시실란(3-mercaptopropyltrimethoxysilane), 메틸트리에톡시실란(methyltriethoxysilane), 메틸트리메톡시실란(methyltrimethoxysilane), 비닐트리에톡시실란(vinyltriethoxysilane), 3-아미노프로필트리에톡시실란(3-aminopropyltriethoxysilane), 또는 3-아미노프로필트리메톡시실란(3-aminopropyl trimethoxysilane)에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것인, 현무암 섬유 표면의 개질방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 가교제는 유기산 또는 무기산에서 선택되는 어느 한 종류 이상의 것을 포함하는 것인, 현무암 섬유 표면의 개질방법.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 실란계 커플링제는 실리카 전구체에 대해 0.1 내지 3의 몰 비로 투입되는 것인, 현무암 섬유 표면의 개질방법.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 실리카 졸은 실리카 전구체, 물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매 및 염기성 촉매가 1 : 20 내지 50 : 0.5 내지 1의 몰 비로 혼합되어 제조되는 것인, 현무암 섬유 표면의 개질방법.

청구항 15

제8항에 있어서,

상기 전처리 단계 이전에 현무암 섬유를 물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매에 침지하여 불순물을 제거하는 단계를 추가로 포함하는, 현무암 섬유 표면의 개질방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 시멘트, 골재 및 물을 포함하는 시멘트 매트릭스와 표면이 실리카 나노입자로 개질된 현무암 섬유를 포함하는 시멘트 모르타르 조성물 및 현무암 섬유 표면의 개질방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 건설 구조용 재료로 널리 사용되는 시멘트계 복합체는 압축강도가 매우 크고 내구성이 우수하지만, 휨 강도 및 균열에 대한 저항성이 작아서 외부 하중을 받을 때 쉽게 취성적으로 파괴될 수 있다는 단점을 가진다. 이와 같은 단점을 보완하기 위하여 시멘트계 복합체를 섬유로 강화하기 위한 연구개발이 지속되고 있으며, 섬유가 강화된 시멘트계 복합체는 종래보다 향상된 휨 강도와 인성, 균열에 대한 저항성을 나타낼 수 있다.

[0003] 섬유로는 일반적으로 탄소섬유(carbon fiber), 강섬유(steel fiber) 및 유리섬유(glass fiber)와 같은 무기계 섬유와 폴리비닐알코올(polyvinyl alcohol), 폴리프로필렌(polypropylene) 및 폴리에스터(polyethylene)와 같은 유기계 섬유를 사용한다. 특히 상기 섬유 중 현무암 섬유(basalt fiber)는 현무암을 1500 ℃에서 녹여 제조한 직경 9 내지 20 ㎛ 크기의 모노 필라멘트로 만든 무기섬유로, 다른 무기섬유보다 열에 대한 안정성이 우수하며 난연성, 내화학성 및 내부식성의 장점을 가진다. 또한 구성성분이 현무암 그대로이기 때문에, 폐기 시 환경 저해 요인이 없어서 친환경적이다는 장점을 가진다.

[0004] 다만, 종래의 현무암 섬유는 표면이 매끄럽고 비표면적이 작아 시멘트 매트릭스와의 계면 결합력이 충분치 못하기 때문에, 현무암 섬유로 강화된 시멘트 모르타르(Mortar)는 균열 발생 시 섬유가 인발되거나 파단 될 수 있다는 단점을 가진다. 따라서 현무암 섬유로 강화된 시멘트 모르타르를 제조하기 위해서는, 상기와 같은 현무암 섬유의 약한 계면 결합력을 개선하는 것이 시급히 필요로 되는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 개시는 시멘트 매트릭스와의 계면 결합력을 증가시킬 수 있는, 현무암 섬유 표면의 개질방법 및 표면이 개질된 현무암 섬유를 제공하고자 한다.

[0006] 또한 본 개시는 표면이 개질 된 현무암 섬유를 포함하여, 현무암 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 계면 결합력이 증가되어 우수한 내구성을 갖는 시멘트 모르타르 조성물을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 개시의 시멘트 모르타르 조성물은 시멘트, 골재 및 물을 포함하는 시멘트 매트릭스; 및 표면이 실리카 전구

체와 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제를 포함하여 실리카 나노입자로 개질된 현무암 섬유를 포함한다.

[0008] 일 실시예에 있어서, 상기 시멘트 모르타르 조성물은 시멘트 100 중량부에 대하여, 골재 100 내지 300 중량부, 물 20 내지 70 중량부 및 표면이 개질된 현무암 섬유를 1 내지 20 중량부로 포함하는 것일 수 있다.

[0009] 일 실시예에 있어서, 상기 시멘트 매트릭스는 시멘트 100 중량부에 대하여 0.1 내지 5 중량부의 고성능 감수제를 추가로 포함하는 것일 수 있다.

[0010] 일 실시예에 있어서, 상기 현무암 섬유 표면의 실리카 나노입자는 시멘트 매트릭스의 수화생성물과 반응하여, 칼슘실리케이트 수화물(C-S-H) 겔을 형성하는 것일 수 있다.

[0011] 일 실시예에 있어서, 상기 표면이 실리카 나노입자로 개질된 현무암 섬유는 하기 현무암 섬유 표면의 개질방법에 따라 제조된 것일 수 있으며, 본 개시의 현무암 섬유 표면의 개질방법은 현무암 섬유를 과산화수소수로 전처리하는 단계; 물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매, 염기성 촉매 및 실리카 전구체를 혼합하여 실리카 졸을 제조하는 단계; 실리카 졸에 가교제 및 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제를 혼합하여 실리카 용액을 제조하는 단계; 전처리 된 현무암 섬유를 실리카 용액에 침지하여 섬유의 표면을 실리카 나노입자로 개질하는 단계;를 포함한다.

[0012] 일 실시예에 있어서, 상기 실리카 전구체는 테트라메틸 오실리케이트(Tetramethyl Orthosilicate), 테트라에틸 오실리케이트(Tetraethyl Orthosilicate), 테트라프로필 오실리케이트(Tetrapropyl Orthosilicate) 또는 테트라부틸 오실리케이트(Tetrabutyl Orthosilicate)에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것일 수 있다.

[0013] 일 실시예에 있어서, 상기 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제는 3-글리시독시프로필트리메톡시실란(glycidoxypropyltrimethoxysilane), 3-아크릴옥시프로필트리메톡시실란((3-acryloxypropyl)trimethoxysilane), 메타크릴옥시프로필트리메톡시실란(methacryloxypropyltrimethoxysilane), 3-이소시아네이토프로필트리에톡시실란(3-isocyanatopropyltriethoxysilane), 3-메르캅토프로필트리에톡시실란(3-mercaptopropyltriethoxysilane), 3-메르캅토프로필트리메톡시실란(3-mercaptopropyltrimethoxysilane), 메틸트리에톡시실란(methyltriethoxysilane), 메틸트리메톡시실란(methyltrimethoxysilane), 비닐트리에톡시실란(vinyltriethoxysilane), 3-아미노프로필트리에톡시실란(3-aminopropyltriethoxysilane), 또는 3-아미노프로필트리메톡시실란(3-aminopropyl trimethoxysilane)에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것일 수 있다.

[0014] 일 실시예에 있어서, 상기 염기성 촉매는 암모니아 수용액, 수산화나트륨 또는 수산화칼륨에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것일 수 있다.

[0015] 일 실시예에 있어서, 상기 가교제는 유기산 또는 무기산에서 선택되는 어느 한 종류 이상의 것을 포함하는 것일 수 있다.

[0016] 일 실시예에 있어서, 상기 실란계 커플링제는 실리카 전구체에 대해 0.1 내지 3의 몰 비로 투입되는 것일 수 있다.

[0017] 일 실시예에 있어서, 상기 실리카 졸은 실리카 전구체, 물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매 및 염기성 촉매가 1 : 20 내지 50 : 0.5 내지 1의 몰 비로 혼합되어 제조되는 것일 수 있다.

[0018] 일 실시예에 있어서, 상기 전처리 단계 이전에 현무암 섬유를 물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매에 침지하여 불순물을 제거하는 단계를 추가로 포함하는 것일 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 개시는 시멘트 매트릭스와의 계면 결합력을 증가시킨, 현무암 섬유 표면의 개질방법 및 표면이 개질 된 현무암 섬유를 제공할 수 있다.

[0020] 또한 본 개시는 표면이 개질 된 현무암 섬유를 포함하여, 현무암 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 계면 결합력이 증가되어 우수한 내구성을 가지는 시멘트 모르타르 조성물을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 실시예 1에서 현무암 섬유가 중앙에 매입되고 배합된 시멘트 매트릭스가 채워진 목재 형틀을 나타낸 이미지이다.

도 2는 시험예 1의 인발시험을 위한 시편의 개요도를 나타낸 이미지이다.

도 3은 비교예 1에 포함된 개질되지 않은 현무암 섬유와 실시예 1에 포함된 제조예의 표면이 개질 된 현무암 섬유를 관찰한 SEM 이미지이다.

도 4는 시험예 1의 인발시험 후의 비교예 1과 실시예 1를 관찰한 SEM 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하 본 개시의 표면이 개질 된 현무암 섬유를 포함하는 시멘트 모르타르 조성물 및 현무암 섬유 표면의 개질방법에 대하여 상세히 설명한다. 그러나, 이는 예시적인 것에 불과하고 본 개시가 예시적으로 설명된 구체적인 실시 형태로 제한되는 것은 아니다.

[0023] 본 개시에서 사용되는 용어는 본 개시의 기능을 고려하면서 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어들을 선택하였으나, 이는 관련 분야에 종사하는 기술자의 의도 또는 판례, 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가질 수 있다.

[0024] 본 개시 및 특허청구범위에서 “포함하다” 또는 “가지다” 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 또는 구성요소가 존재함을 의미하는 것이고, 특별히 한정하지 않는 한, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 부가될 가능성을 배제하는 것은 아니다.

[0025] 본 개시 및 특허청구범위에서 사용하는 단수의 표현은 문맥상 명백하게 단수인 것으로 특정하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 또한, 복수의 표현은 문맥상 명백하게 복수인 것으로 특정하지 않는 한, 단수의 표현을 포함한다.

[0026] 또한, 본 개시에서 사용되는 수치 범위는 하한치와 상한치와 그 범위 내에서의 모든 값, 정의되는 범위의 형태와 폭에서 논리적으로 유도되는 증분, 이중 한정된 모든 값 및 서로 다른 형태로 한정된 수치 범위의 상한 및 하한의 모든 가능한 조합을 포함한다. 본 개시에서 특별한 정의가 없는 한 실험 오차 또는 값의 반올림으로 인해 발생할 가능성이 있는 수치범위 외의 값 역시 정의된 수치범위에 포함된다.

[0027] 본 개시 및 특허청구범위에서 사용되는 정도의 용어 "약" 등은 허용오차가 존재할 때 허용오차를 포괄하는 의미로 사용된 것이다.

[0028] 본 출원인은 현무암 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 결합력을 향상시킨 시멘트 모르타르 조성물을 제조하고자, 현무암 섬유의 표면을 개질하기 위한 심도 깊고 다양한 연구를 수행한 결과, 현무암 섬유의 표면을 실리카 나노입자로 개질함으로써 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 계면 결합력을 현저히 향상시킬 수 있음을 확인하여 본 발명을 고안하게 되었다.

[0029] 상세하게는, 실리카 전구체로부터 제조되는 실리카 졸에 가교제와 반응성 기를 갖는 실란계 커플링제를 투입하여 실리카 용액을 제조하고, 상기 실리카 용액에 전처리 되어 활성 실란올 기(Si-OH)를 가지는 현무암 섬유를 침지하여, 실리카 나노입자들이 섬유 표면에 형성되어 표면이 개질 된 현무암 섬유를 제조할 수 있다. 상기 실리카 나노입자로부터 현무암 섬유의 표면은 친수성 유기층을 나타내고 거칠기가 향상될 수 있으며, 현무암 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 결합력이 증가될 수 있다. 상세하게는 시멘트, 골재 및 물을 포함하는 시멘트 매트릭스와 실리카 나노입자 간에 칼슘실리케이트 수화물(C-S-H) 겔이 형성되어, 결합력 및 내구성이 향상된 시멘트 모르타르 조성물을 제조할 수 있음을 확인하여, 본 개시의 시멘트 모르타르 조성물을 완성하기에 이르렀다.

[0030] 상술한 바와 같이 본 개시의 시멘트 모르타르 조성물은, 시멘트, 골재 및 물을 포함하는 시멘트 매트릭스; 및 표면이 실리카 전구체와 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제를 포함하여 실리카 나노입자로 개질된 현무암 섬유를 포함한다.

[0031] 일 실시예에 있어서, 상기 현무암 섬유는 현무암을 고온의 환경에서 용융하여 방사한 섬유로, CaO, SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, SO_3, MgO 등의 무기물을 구성성분으로 할 수 있다. 반드시 이에 제한하는 것은 아니지만 사용되는 현무암 섬유는 일정 직경 크기 이상인 것이 파단을 방지하기에 바람직할 수 있으며, 상세하게는 현무암 섬유의 평균 직경은 10 내지는 20㎛일 수 있다. 또한 상기 현무암 섬유는 필요에 따라 그 길이를 조절할 수 있으며, 단섬유보다는 장섬유 형태인 것이 제조되는 시멘트 모르타르 조성물의 내구성을 높이기에 바람직할 수 있다.

[0032] 일 실시예에 있어서, 상기 시멘트는 포틀랜드 시멘트일 수 있으나, 본 개시에 따라 현무암 섬유와의 부착강도가 향상되는 물성을 달성할 수 있는 시멘트라면 반드시 이에 제한하는 것은 아니며, 포틀랜드 시멘트 이외에도 수

경성 시멘트, 기경성 시멘트, 특수 시멘트 등 건축 및 토목 분야에서 통상적으로 사용되는 시멘트면 족할 수 있다.

[0033] 일 실시예에서, 상기 골재는 잔골재, 굵은 골재 또는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 잔골재는 건축, 토목 분야에서 콘크리트나 모르타르 등의 잔골재로 사용되는 다양한 것들이 사용될 수 있으며, 일 예로 모래 등일 수 있다. 잔골재의 비중은 일 예로 2.0 내지 3.5 g/cm^{3}일 수 있으나 반드시 이에 제한하는 것은 아니다. 또한, 굵은 골재는 건축, 토목 분야에서 콘크리트나 모르타르 등의 굵은 골재로 사용되는 다양한 것들이 사용될 수 있으며, 일 예로 자갈 등일 수 있다. 굵은 골재의 비중은 일 예로 2.0 내지 3.5 3.5 g/cm^{3}일 수 있으나 반드시 이에만 제한하는 것은 아니다.

[0034] 일 실시예에 있어서, 상기 시멘트 모르타르 조성물은 시멘트 100 중량부에 대하여, 골재 100 내지 300 중량부, 물 20 내지 70 중량부 및 표면이 개질된 현무암 섬유를 1 내지 20 중량부로 포함하는 것일 수 있다. 상세하게는, 시멘트 100 중량부에 대하여, 골재는 100 중량부 이상, 150 중량부 이상, 300 중량부 이하, 250 중량부 이하 또는 상기 수치 범위 사이의 값일 수 있으며, 물은 20 중량부 이상, 30 중량부 이상, 70 중량부 이하, 60 중량부 이하, 또는 상기 수치 범위 사이의 값일 수 있다. 또한 시멘트 100 중량부에 대하여, 표면이 개질 된 현무암 섬유를 1 내지 20 중량부, 5 내지 20 중량부, 10 내지 20 중량부, 1 내지 15 중량부, 1 내지 10 중량부 또는 상기 수치 범위 사이의 값으로 포함할 수 있다. 상기 조성비에서 시멘트 모르타르 조성물은 시멘트 매트릭스와 표면이 개질 된 현무암 섬유가 혼합되기에 작업성이 가장 적절할 수 있으며, 높은 내구성을 나타내기에 바람직할 수 있다.

[0035] 일 실시예에 있어서, 시멘트 매트릭스에 추가로 종래의 건축 및 토목 분야에서 통상적으로 사용되는 혼화제를 포함할 수 있으며, 상기 혼화제로는 공기연행제(AE제), 감수제, AE감수제, 발포제 등이 있을 수 있다. 이외에도 공지된 다양한 종류의 혼화제가 사용될 수 있으며, 고성능 감수제의 일 예로 폴리카르복실산계 고성능 감수제를 사용할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 상기 시멘트 매트릭스는 시멘트 100 중량부에 대하여 0.1 내지 5 중량부의 고성능 감수제를 추가로 포함하는 것일 수 있으며, 고성능 감수제를 포함하여 시멘트 매트릭스의 수분 함량을 적절하게 조절하는 것일 수 있다.

[0036] 일 실시예에 있어서, 상기 현무암 섬유 표면의 실리카 나노입자는 시멘트 매트릭스의 수화생성물과 반응하여, 칼슘실리케이트 수화물(C-S-H) 겔을 형성하는 것일 수 있다. 상세하게는 시멘트 매트릭스의 수화생성물인 수산화칼슘과 실리카 나노입자가 반응하여 칼슘실리케이트 수화물 겔을 형성할 수 있으며, 상기 겔로 인해 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 결합력이 현저하게 향상되고 수화생성물 간의 치밀화를 유도하여 섬유 간의 미세균열, 공극 및 섬유의 이탈을 방지할 수 있다.

[0037] 일 실시예에 있어서, 상기 현무암 섬유 표면에 형성되는 실리카 나노입자의 평균 직경은 1 내지 50nm일 수 있으며 상세하게는 1nm 이상, 5nm 이상, 10nm 이상, 50nm 이하, 30nm 이하, 20nm 이하 또는 상기 수치 범위 사이의 값일 일 수 있다. 상기와 같이 나노 크기의 평균 직경을 가지는 실리카 입자는 시멘트 매트릭스와의 접촉면적을 증가시킬 수 있으며, 이로부터 칼슘실리케이트 수화물 겔의 형성이 증가하여 시멘트 매트릭스와 현무암 섬유 간의 결합력이 향상될 수 있다.

[0038] 본 개시의 시멘트 모르타르 조성물은 종래의 개질되지 않은 현무암 섬유를 포함하는 시멘트 모르타르와 비교하여, 실리카 입자가 표면에 형성되어 표면이 개질 된 현무암 섬유를 포함하고 상기 실리카 나노입자로 인하여 시멘트 매트릭스와의 계면 부착 강도가 현저히 증가하여 내구성이 증가된 것일 수 있다. 부착강도는 ASTM D4018 또는 이와 동등한 시험 방법으로부터 섬유의 인발시험을 수행하여 계산될 수 있으며, 표면이 개질 되지 않은 현무암 섬유와 비교하였을 때 최소 20% 이상, 좋게는 40% 이상, 더 좋게는 50% 이상 부착 강도가 향상되어 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 계면이 우수한 결합력을 나타낼 수 있다.

[0039] 일 실시예에 있어서, 상기 표면이 실리카 전구체 및 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제를 포함하여 실리카 나노입자로 개질 된 현무암 섬유는, 현무암 섬유를 과산화수소수로 전처리하는 단계; 물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매, 염기성 촉매 및 실리카 전구체를 혼합하여 실리카 졸을 제조하는 단계; 실리카 졸에 가교제 및 반응성기를 갖는 실란계 커플링제를 혼합하여 실리카 용액을 제조하는 단계; 전처리 된 현무암 섬유를 실리카 용액에 침지하여 섬유의 표면을 실리카 나노입자로 개질하는 단계;를 포함하여 제조된 것일 수 있다.

[0040] 이하 하기에서, 상기 표면이 실리카 나노입자로 개질된 현무암 섬유 표면의 개질방법에 대하여 상세하게 설명한다.

[0041] 본 개시의 현무암 섬유 표면의 개질방법은 현무암 섬유를 과산화수소수로 전처리하는 단계; 물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매, 염기성 촉매 및 실리카 전구체를 혼합하여 실리카 졸을 제조하는 단계; 실리카 졸에 가교제 및 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제를 혼합하여 실리카 용액을 제조하는 단계; 전처리 된 현무암 섬유를 실리카 용액에 침지하여 섬유의 표면을 실리카 나노입자로 개질하는 단계;를 포함한다.

[0042] 상기 현무암 섬유 표면의 개질방법은 전처리 단계 이전에 현무암 섬유를 물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매에 침지하여 불순물을 제거하는 단계를 추가로 포함할 수 있으며, 침지 이후 건조되는 것일 수 있다. 반드시 이에 제한하는 것은 아니지만, 침지는 1회 이상 수행하여 불순물을 제거할 수 있으며, 건조 온도는 30 내지 100℃인 것이 효과적일 수 있다. 일 예로는 현무암 섬유는 에탄올과 물에 각각 1회씩 침지하여 불순물을 제거한 뒤 60℃의 온도로 건조한 것일 수 있다. 불순물 제거 단계를 포함함으로써, 실리카 입자의 형성을 증가시키고 섬유 표면과 실리카 입자의 결합력을 높일 수 있다.

[0043] 또한 전처리 단계의 수행 순서는 실리카 졸 및 실리카 용액을 형성하는 단계 이전으로만 국한되는 것은 아니며, 상기 현무암 섬유의 전처리는 실리카 용액에 현무암 섬유를 침지하기 전에 수행되면 무방하다.

[0044] 일 실시예에 있어서, 상기 과산화수소수는 10 내지 50 중량% 농도의 희석된 것이 적절할 수 있으며, 80 내지 200℃ 온도 조건에서 현무암 섬유를 과산화수소수에 침지하는 것일 수 있다. 상기와 같이 전처리 되어 섬유 표면에 실란올 기가 형성된 현무암 섬유를, 실리카 전구체 및 실란계 커플링제를 포함하여 제조한 실리카 용액에 침지함으로써, 실란올 기를 가지는 현무암 섬유와 실리카 입자가 반응하여 보다 강하고 용이하게 결합할 수 있다.

[0045] 실리카 졸 제조 단계에서, 바람직하게는 염기성 촉매, 물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매를 우선적으로 혼합한 뒤 실리카 전구체를 투입하여 혼합하는 것일 수 있다. 상기와 같은 혼합 순서는 혼합물의 분산성을 높여 우수한 반응 효율을 나타낼 수 있으며, 또한 약 30 내지 60℃의 저온 조건에서 실리카 졸이 성장될 때 실리카 입자들 간의 응집을 억제할 수 있어 바람직할 수 있다.

[0046] 일 실시예에 있어서, 상기 실리카 전구체는 테트라메틸 오실리케이트(Tetramethyl Orthosilicate), 테트라에틸 오실리케이트(Tetraethyl Orthosilicate), 테트라프로필 오실리케이트(Tetrapropyl Orthosilicate) 또는 테트라부틸 오실리케이트(Tetrabutyl Orthosilicate)에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것일 수 있다. 또한 일 실시예에 있어서, 알코올은 메탄올, 에탄올, 프로판올, 이소프로판올, t-부탄올 또는 n-부탄올에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것일 수 있다. 또한 일 실시예에 있어서, 상기 염기성 촉매는 암모니아 수용액, 수산화나트륨 또는 수산화칼륨에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것일 수 있다.

[0047] 비제한적이지만 일 실시예에 있어서 상기 실리카 졸은 실리카 전구체, 물 또는 알코올에서 선택되는 한 종류 이상의 용매 및 염기성 촉매가 1 : 20 내지 50 : 0.5 내지 1의 몰 비로 혼합되어 제조되는 것이, 실리카 입자를 나노 크기로 제조하기에 바람직할 수 있다. 상세하게는, 실리카 전구체에 대하여 상기 용매는 20 내지 50, 30 내지 50, 20 내지 40, 25 내지 45, 30 내지 40 또는 상기 수치 범위 사이 값의 몰 비로 혼합될 수 있으며, 염기성 촉매는 0.5 내지 1, 0.6 내지 1, 0.5 내지 0.8, 0.6 내지 0.8 또는 상기 수치 범위 사이 값의 몰 비로 혼합될 수 있다. 좋게는 1 : 30 내지 40 : 0.7 내지 0.8의 몰 비로 혼합되는 것이 실리카 나노 입자를 안정적이게 졸 형상으로 형성하는데 가장 효과적일 수 있다.

[0048] 상기 실리카 졸에 가교제 및 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제를 혼합하여 실리카 용액을 제조할 수 있으며, 상기 가교제 및 실란계 커플링제는 실리카 졸에 포함된 실리카 입자를 개질시켜, 현무암 섬유 표면과 실리카 입자 간의 가교를 촉진하는 역할을 할 수 있다. 상세하게는, 가교제 조건 하에서 상기 실란계 커플링제의 실란올 기는 실리카 졸에 포함된 실리카 입자들의 실란올 기와 축합반응하며, 현무암 섬유 표면에 형성되기 용이하도록 실리카 입자의 표면을 개질한 실리카 용액을 제조하는 것일 수 있다.

[0049] 일 실시예에 있어서, 상기 가교제는 유기산 또는 무기산에서 선택되는 어느 한 종류의 이상의 것을 포함하는 것일 수 있다. 상세하게는 질산, 황산, 아세트산 등 일 수 있다. 또한 상기 가교제의 함량은 실리카 졸의 pH가 약 4 내지 6이 되도록 투입하는 것일 수 있으며, 상기와 같은 산성 pH 조건에서 실란계 커플링제의 가수분해 반응을 촉진함으로써, 실란계 커플링제의 실란올 기를 최대화시켜 실리카 입자의 실란올 기와 효과적으로 축합반응하게 할 수 있다.

[0050] 또한 실란계 커플링제는 반응성 기로 비닐기, 에폭시기, 메타크릴록시기, 아미노기, 알콕시기 등을 가질 수 있으며, 일 실시예에 있어서 상기 반응성 기를 가지는 실란계 커플링제는 3-글리시독시프로필트리메톡시실란(3-glycidoxypropyl trimethoxysilane), 3-아크릴옥시프로필트리메톡시실란(3-acryloxypropyl trimethoxysilane),

메타크릴옥시프로필트리메톡시실란(methacryloxypropytrimethoxysilane), 3-이소시아네이토프로필트리에톡시실란(3-isocyanatopropyl triethoxysilane), 3-메르캅토프로필트리에톡시실란(3-mercaptopropyl triethoxysilane), 3-메르캅토프로필트리메톡시실란(3-mercaptopropyl trimethoxysilane), 메틸트리에톡시실란(methyltriethoxysilane), 메틸트리메톡시실란(methyltrimethoxysilane), 비닐트리에톡시실란(vinyltriethoxysilane), 3-아미노프로필트리에톡시실란(3-aminopropyl triethoxysilane), 또는 3-아미노프로필트리메톡시실란(3-aminopropyl trimethoxysilane)에서 선택되는 한 종류 이상의 것을 포함하는 것일 수 있다.

[0051] 일 실시예에 있어서, 상기 실란계 커플링제는 실리카 전구체에 대해 0.1 내지 3의 몰 비로 투입되는 것일 수 있으며, 상세하게는 0.1 이상, 1 이상, 1.5 이상, 3 이하, 2.5 이하 또는 상기 수치 범위 사이의 값의 몰 비로 투입되는 것일 수 있다. 바람직하게는 실리카 전구체에 대하여 1.5 내지 2.5 몰 비로 투입되는 것이, 실란계 커플링제가 가지는 실란올 기가 실리카 졸에 포함된 실리카 입자가 가지는 실란올 기에 충분하게 대응하여 반응할 수 있다. 또한, 상기 실란계 커플링제는 가교제를 투입하여 실라카 졸의 pH를 조절한 후에 투입되는 것일 수 있으며, 50 내지 100℃의 온도 조건에서 투입된 가교제, 실란계 커플링제 및 실리카 졸의 실리카 입자의 반응이 활발하게 수행될 수 있다.

[0052] 이와 같이 개질된 실리카 입자를 포함하는 실리카 용액에 과산화수소수로 전처리 되어 실란올 기를 가지는 현무암 섬유를 침지함으로써, 실리카 입자가 현무암 섬유와 반응하여 섬유의 표면에 형성될 수 있으며, 표면이 개질된 현무암 섬유는 표면이 친수성 유기층을 나타낼 수 있어 시멘트 매트릭스와의 결합력이 증가할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 전처리 된 현무암 섬유는 약 30 내지 60℃의 온도 조건에서 실리카 용액에 침지가 이루어질 때 실리카 나노입자가 섬유 표면에 안정적으로 분산되어 형성될 수 있다. 또한 침지 이후 개질된 현무암 섬유의 건조를 수행할 수 있으며, 반드시 이에 제한하는 것은 아니지만 건조 온도는 50 내지 100℃의 온도일 수 있다.

[0053] 이하에서는, 구체적인 실시예를 참조하여 본 개시에 대해 추가적으로 설명한다. 이하의 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 첨부된 특허청구범위를 제한하는 것이 아니며, 본 발명의 범주 및 기술사상 범위 내에서 실시예에 대한 다양한 변경 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속하는 것도 당연한 것이다.

[0054] **[제조예: 표면이 개질 된 현무암 섬유의 제조]**

[0055] 실리카 졸을 제조하기 위해 하기의 TEOS, EtOH, H_2O 및 NH_4OH를 1 : 9.47 : 27.85 : 0.75의 몰 비로 사용하였다. 먼저, 29 중량% 농도의 암모니아수(NH_4OH), 99.5 중량% 농도의 에탄올(EtOH) 및 증류수를 혼합하여 10분간 교반한 다음, 실리카 전구체인 99.0 중량% 농도의 테트라에틸 오실리케이트(TEOS)를 첨가하여 45℃에서 3시간 동안 교반하여 실리카 졸을 제조하였다.

[0056] 제조된 실리카 졸에 60 중량% 농도의 질산을 투입하여 pH 5가 되도록 조절한 후, 98.0 중량% 농도의 3-글리시독시프로필트리메톡시실란(GPTMS)를 TEOS : GPTMS = 1 : 2의 몰 비가 되도록 첨가하고, 75 ℃에서 12시간 동안 교반하여 실리카 용액을 제조하였다.

[0057] 또한, 현무암 섬유(KV-13, Kamenny Vek)를 에탄올과 증류수에 각각 30분씩 침지하여 불순물을 제거하고 60℃의 오븐에서 건조한 다음, 125℃인 30 중량% 농도 과산화수소수(H_2O_2)에 1시간 동안 침지하고 80℃의 오븐에서 건조하여 전처리를 완료하였다. 전처리 된 현무암 섬유를 상기 제조한 실리카 용액에 45℃ 조건에서 1시간 동안 침지시킨 후 80℃의 오븐에서 건조하여 표면이 개질 된 현무암 섬유를 제조하였다.

[0058] **[실시예 1]**

[0059] 시멘트 매트릭스를 하기와 같이 배합하였다. 먼저 물시멘트비(W/C)는 0.44로 설정하였고, 배합 비율은 시멘트 : 표준사 : 배합수= 1 : 2 : 0.44의 중량비로 하였다. 시멘트는 한국 KS L 5201에 규정된 1종 보통 포틀랜드 시멘트(분말도 3,860 cm^2/g)를 사용하였으며, 잔골재로 비중이 2.65이며 직경이 약 2mm인 강릉시 주문진읍 향호리산 표준사를 사용하였다. 또한 시멘트 질량의 0.7 중량%의 폴리카르복실산계 고성능 감수제(Flowmix 3000E)를 혼합하여 시멘트 매트릭스를 배합하였다.

[0060] 도 1과 같이 20mm X 20mm X 20mm 형태의 목재 형틀 중앙에 제조예의 표면이 개질 된 현무암 섬유의 단일섬유가 매입되도록 하여 고정한 뒤, 섬유가 덮일 때까지 혼합한 시멘트 매트릭스를 채우고 고르게 분포되도록 다졌다. 그 후 형틀에 시멘트 매트릭스를 끝까지 채우고 충분히 다져질 때까지 진동시켰다. 1일 동안 경화시킨 후 탈형하여 시멘트 모르타르의 중앙에 현무암 섬유가 매입된 시멘트 모르타르를 완성하였다.

[0061] **[비교예 1]**

[0062] 현무암 섬유(KV-13)를 표면을 개질하지 않은 채 사용한 것을 제외하고는, 실시예1과 동일하게 제조하였다.

[0063] **[시험예 1: 계면 부착 강도 시험]**

[0064] 실시예 1 및 비교예 1의 현무암 섬유의 인발시험을 ASTM D4018(2017)의 시험방법에 따라 진행하였으며, 100cN 용량의 로드셀에 지그를 부착하고 섬유인장시험기(C41.103, MTS)를 이용하여 단일섬유의 인발하중과 변위를 측정하였다. 시멘트 모르타르에 매입된 현무암 섬유의 단일섬유를 고정하기 위해, 도 2와 같은 시편을 설치하기 위해서 인발시험 장치 상부의 이동단과 하부의 고정단을 지그 그립에 연결하고 양면테이프를 부착하였다. 인발시험 시 인발속도는 1.0 mm/min의 정도로 제어하였고, 인발시험은 실시예 1 및 비교예 1를 온도 23.2±0.4℃ 및 상대습도 51±4%의 환경 챔버에서 보관하며 각각 재령(양생 기간) 3일, 7일 및 28일 차에 수행하였다.

[0065] 섬유 계면 부착강도는 섬유에 최대 하중에 도달하였을 때 최대 인발 하중을 섬유의 매입길이로부터 산정하였으며, 하기의 식 1로 계산하였다.

수학식 1

[0066] $$\tau_{max} = \frac{P_{max}}{\pi \times d \times L}$$

[0067] (τ_{max}는 계면 부착강도(MPa), P_{max}는 최대 인발하중(N), d는 단일섬유의 직경 (mm)이며, L은 시멘트 매트릭스에 매입된 섬유의 길이(mm)이다.)

[0068] 섬유 계면 부착강도는 각 실험 변수별 5개의 동일한 시편 중 최댓값 및 최솟값을 제외하고 나머지 3개의 시편에 대하여 평균값으로 계산하였으며, 현무암 단일섬유의 평균 직경은 전자현미경으로 5회 측정하여 약 100㎛인 것을 확인하였다. 이와 같이 인발시험을 수행하여 식 1을 통해 도출한 시험예 1의 섬유 계면 부착강도의 결과를 하기의 표 1에 나타냈다.

[0069] **[시험예 2: SEM 이미지 분석]**

[0070] TESCAN사의 MIRA LMH 고분해능 SEM(Scanning Electron Microscope)을 사용하였으며, 아르곤(Ar) 가스 하에서 비교예 1과 실시예 1에 포함된 개질 전, 후의 현무암 섬유 및 인발시험 후의 비교예 1과 실시예 1를 백금으로 코팅한 뒤 관찰한 SEM 이미지를 도 3 내지 도 4에 나타냈다.

[0071] 이하, 시험예 1 및 시험예 2에서의 실시예 1과 비교예 1의 시험결과를 평가하였다.

[0072] 먼저 하기 표 1을 참조하여 시험예 1의 섬유 계면 부착강도를 평가하면, 표면이 개질되지 않은 현무암 섬유를 포함하여 제조한 비교예 1은 각각 재령 3일, 7일 및 28일에서의 평균 계면 부착강도가 0.46 MPa, 1.32 MPa 및 1.78 MPa였다. 반면에, 제조예의 표면이 개질 된 현무암 섬유를 포함하여 제조한 실시예 1은 각각 0.7 MPa, 1.90 MPa 및 2.37 MPa로 비교예 1에 비하여 평균 계면 부착강도가 상당히 증가하였다. 이는 비교예 1에 비하여 실시예 1이 약 52.2%, 43.9% 및 33.1%만큼 계면 부착성능이 향상된 결과를 나타내는 것으로, 실시예 1은 실리카 나노입자로 현무암 섬유의 표면을 개질함으로써 섬유와 시멘트 매트릭스 간의 계면 결합력이 증가하였다는 것을 확인하였다.

표 1

재령	시편	최대 인발하중(N)	시멘트 매트릭스에 매입된 섬유의 길이 (mm)	계면부착강도 (MPa)
3일	비교예1	2.90	0.70	0.46
	실시예1	4.42	1.35	0.70
7일	비교예1	8.30	1.36	1.32
	실시예1	11.9	1.40	1.90
28일	비교예1	11.2	1.52	1.78
	실시예1	14.9	2.19	2.37

[0073]

[0074] 다음으로 하기 도 3 및 도 4를 참고하여 시험예 2의 SEM 이미지 분석 결과를 평가하였다. 먼저 도 3은 비교예 1에 사용된 개질 전의 현무암 섬유와 실시예 1에 사용된 제조예의 표면이 개질 된 현무암 섬유의 SEM 이미지를 비교한 것으로, 개질 전의 현무암 섬유는 표면이 매끄러운 것에 반해 제조예의 개질 된 현무암 섬유의 표면은 거친 표면을 나타내며 실리카 나노입자들이 표면에 형성된 것을 확인하였다.

[0075] 도 4는 비교예 1 및 실시예 1을 시험예 1의 인발시험을 수행한 이후 촬영한 SEM 이미지를 비교한 것이다. 비교예 1의 경우, 개질되지 않은 현무암 섬유는 시멘트 매트릭스와 결합력이 약하기 때문에 섬유의 표면이 여전히 깨끗하고 매끄러운 것을 알 수 있으며, 미세균열(Micro crack)이나 공극(Air boid)들이 형성된 것을 확인할 수 있었다. 또한, 섬유의 계면 결합력이 미비하여 섬유의 뽑힘(pull-out)이나 디본딩(debonding)으로 인한 이탈이 섬유와 시멘트 매트릭스 간에 발생함을 확인하였다.

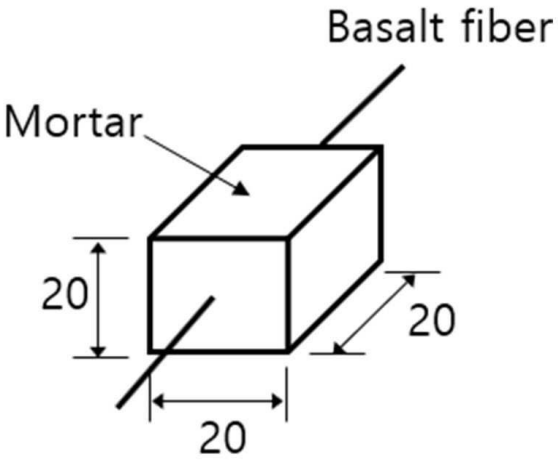
[0076] 반면에 도 4에서 실시예 1의 경우, 개질된 현무암 섬유 표면에는 크고 작은 실리카 나노입자가 거친 형상으로 상당히 균일하게 분포되어 있었으며, 실리카 나노입자가 시멘트 매트릭스로부터 형성되는 수화생성물과 반응하여 칼슘실리케이트 수화물(calcium silicate hydrate, C-S-H) 겔을 생성하는 것을 확인하였다. 또한, 상기 겔의 양이 증가하며 수화생성물의 치밀화를 일으켜 미세균열이나 공극들이 비교예 1과 비교하여 다소 감소한 것을 확인하였다. 따라서, 이와 같은 실시예 1의 시멘트 모르타르는 비교예 1과 비교하였을 때, 개질 현무암 섬유를 사용함으로써 C-S-H 겔을 생성하여 더 우수한 계면 결합력 및 내구성을 나타냄을 알 수 있었다.

[0077] 상기 시험예들의 평가 결과로부터 본 개시의 시멘트 모르타르 조성물은 본 개시의 현무암 섬유의 표면 개질방법을 따라, 실리카 전구체 및 실란계 커플링제를 포함하여 실리카 나노입자로 개질된 현무암 섬유를 포함함으로써, 종래와 달리 시멘트 매트릭스와 섬유 간의 계면 결합력을 향상시켜 다공성을 감소시키고 내구성을 향상시킨 시멘트 모르타르를 제공할 수 있음을 확인할 수 있다.

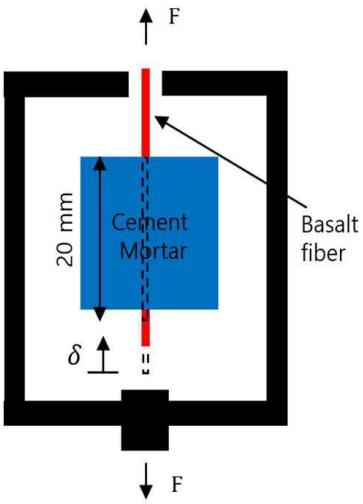
[0078] 이상 본 개시의 실시예를 설명하였으나, 본 개시는 상기 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 실시될 수 있으며, 본 개시가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

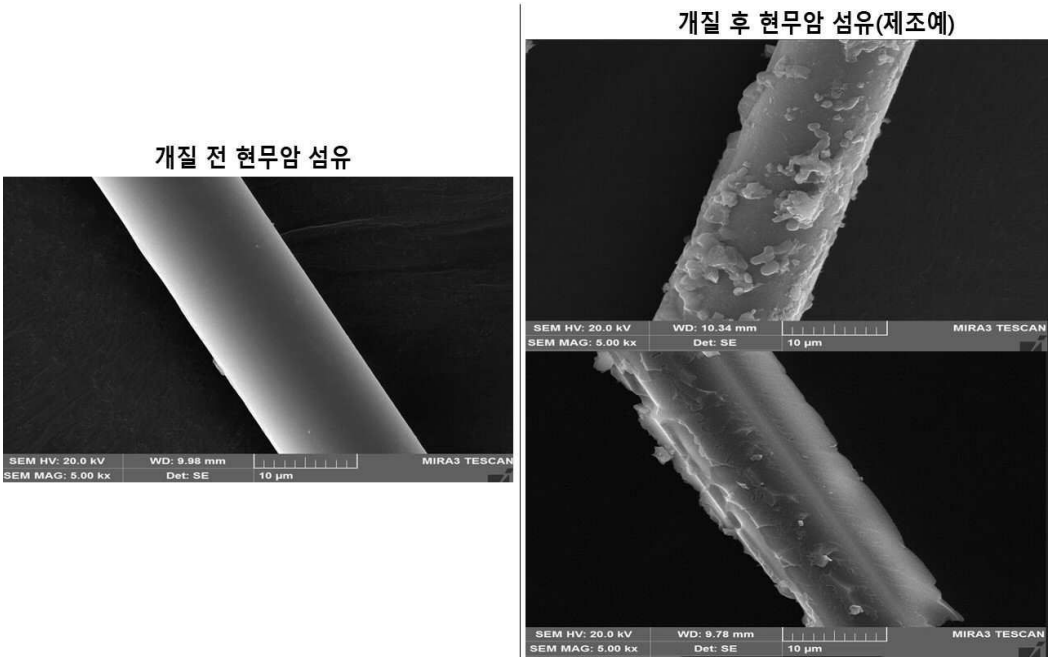
도면1


Basalt fiber
Mortar
20
20
20

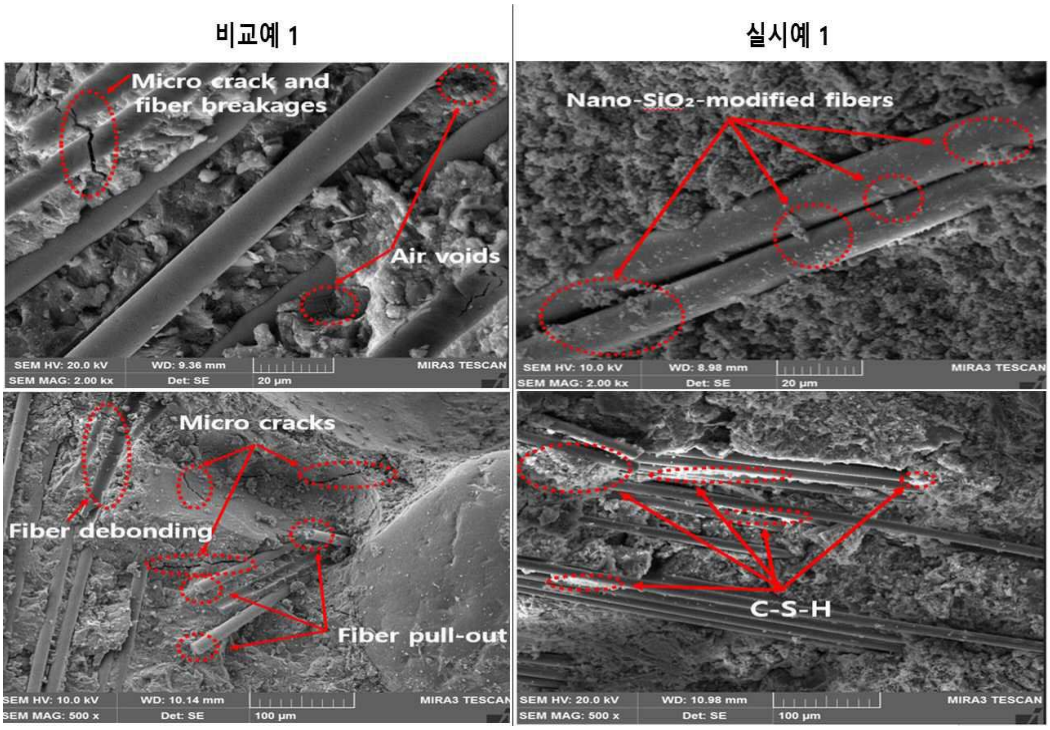
도면2


F
20 mm
Cement
Mortar
Basalt
fiber
δ
F

도면3


개질 전 현무암 섬유
SEM HV: 20.0 kV
WD: 9.98 mm
MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 5.00 kx
Det: SE
10 μm
개질 후 현무암 섬유(제조예)
SEM HV: 20.0 kV
WD: 10.34 mm
MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 5.00 kx
Det: SE
10 μm
SEM HV: 20.0 kV
WD: 9.78 mm
MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 5.00 kx
Det: SE
10 μm

도면4


비교예 1
Micro crack and fiber breakages
Air voids
SEM HV: 20.0 kV
WD: 9.36 mm
MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 2.00 kx
Det: SE
20 μm
Micro cracks
Fiber debonding
Fiber pull-out
SEM HV: 10.0 kV
WD: 10.14 mm
MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 500 x
Det: SE
100 μm
실시예 1
Nano-SiO2-modified fibers
SEM HV: 10.0 kV
WD: 8.98 mm
MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 2.00 kx
Det: SE
20 μm
C-S-H
SEM HV: 20.0 kV
WD: 10.98 mm
MIRA3 TESCAN
SEM MAG: 500 x
Det: SE
100 μm