



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0109135
(43) 공개일자 2022년08월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C04B 20/02 (2006.01) C04B 18/16 (2006.01)
C04B 20/00 (2006.01) C04B 20/10 (2006.01)
C04B 20/12 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C04B 20/023 (2013.01)
C04B 18/165 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0012433

(22) 출원일자 2021년01월28일

심사청구일자 2021년01월28일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

한양대학교 에리카산학협력단

경기도 안산시 상록구 한양대학로 55

(72) 발명자

김규용

대전광역시 서구 둔산로 201 국화아파트 604동 803호

남정수

대전광역시 서구 도안동로 177 113동 403호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

조성광

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 폐유리 잔골재 표면 개질 방법 및 표면개질 폐유리 잔골재

(57) 요약

본 발명은 폐유리 잔골재에 의한 알칼리-실리카 반응 및 골재-매트릭스 간 슬립 현상을 저감시킬 수 있는 폐유리 잔골재 표면 개질 방법 및 그 방법에 의해 제조되어 표면에 C-S-H 결정질이 코팅된 표면개질 폐유리 잔골재에 관한 것이다.

본 발명은 「(a) 폐유리 잔골재를 NaOH 수용액에 침지하여 표면의 비정질 실리카 성분을 알칼리실리케이트 겔로 변환시키는 단계; 및 (b) 상기 (a)단계를 거친 폐유리 잔골재를 과포화 상태의 CaO 수용액에 침지하여 표면에 생성된 알칼리실리케이트 겔을 C-S-H 결정질로 개질시키는 단계; 를 포함하는 폐유리 잔골재 표면 개질 방법」을 제공한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

C04B 20/0076 (2013.01)

C04B 20/1066 (2013.01)

C04B 20/12 (2013.01)

(72) 발명자

최경철

천안시 서북구 불당 25로 8, 307동 2703호

이상규

충북 제천시 원뜰로 14 코아루 1차 아파트 101동 1302호

황의철

전주시 덕진구 만성동로 47 만성동 시티프라디움아파트 108동 1605호

손민재

대전광역시 유성구 대학로 75번길 12-8 수오피스텔 508호

서동균

대전 유성구 대학로 76번길 21, 씨앤유빌딩 602호

유하민

대전광역시 서구 신갈마로 211번길 77, 대호빌라나동 301호

이예찬

대전 대덕구 아리랑로 211 107동 501호 (영진아파트, 법동)

이한승

경기도 안산시 상록구 감골로 83 신우아파트 601동 1501호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711065940

과제번호 2015R1A5A1037548

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 (재)한국연구재단

연구사업명 이공분야기초연구사업/선도연구센터지원사업/이공분야(S/ERC)

연구과제명 건설구조물 내구성 혁신 연구센터

기 여 율 1/1

과제수행기관명 한양대학교 에리카 산학협력단

연구기간 2015.08.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 폐유리 잔골재를 NaOH 수용액에 침지하여 표면의 비정질 실리카 성분을 알칼리실리케이트 겔로 변환시키는 단계; 및
- (b) 상기 (a)단계를 거친 폐유리 잔골재를 과포화 상태의 CaO 수용액에 침지하여 표면에 생성된 알칼리실리케이트 겔을 C-S-H 결정질로 개질시키는 단계; 를 포함하는 폐유리 잔골재 표면 개질 방법.

청구항 2

제1항에서,

상기 (a)단계는 폐유리 잔골재를 75~85℃, NaOH 1몰(M) 수용액에 침지하는 것을 특징으로 하는 폐유리 잔골재 표면 개질 방법.

청구항 3

제1항에서,

상기 (b)단계는 상기 (a)단계를 거친 폐유리 잔골재를 75~85℃, CaO 22밀리몰(mM) 이상의 수용액에 침지하는 것을 특징으로 하는 폐유리 잔골재 표면 개질 방법.

청구항 4

제1항에서,

상기 폐유리 잔골재는 Cr₂O₃, NiO 및 CuO 성분을 함유한 것을 특징으로 하는 폐유리 잔골재 표면 개질 방법.

청구항 5

제1항에서,

상기 폐유리 잔골재는 입경 0.3~5mm인 것을 특징으로 하는 폐유리 잔골재 표면 개질 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항의 방법에 의해 표면에 C-S-H 결정질이 코팅된 표면개질 폐유리 잔골재.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 폐유리 잔골재에 의한 알칼리-실리카 반응 및 골재-매트릭스 간 슬립 현상을 저감시킬 수 있는 폐유리 잔골재 표면 개질 방법 및 그 방법에 의해 제조되어 표면에 C-S-H 결정질이 코팅된 표면개질 폐유리 잔골재에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0003] 콘크리트 또는 모르타르 중 알칼리 이온(Na^+ , K^+ , Ca^{2+})이 골재 중의 반응성 실리카 성분(SiO_2)과 결합하여 팽창성 알칼리-실리카 겔이 형성되고, 콘크리트 내부에 팽창압을 발생시켜 구조물에 균열을 발생시키는 현상을 알칼리-실리카 반응(Alkali-Silica Reaction, ASR)이라 한다. [도 1]은 알칼리 실리카 반응 메커니즘 모식도([도 1]의 (a) 내지 (c)) 및 피해사례 사진([도 1]의 (d) 내지 (e))이다.
- [0004] 특히, 주성분이 SiO_2 인 폐유리 골재를 콘크리트(또는 모르타르)에 적용할 경우 위와 같은 알칼리-실리카 반응의 저감대책을 마련할 필요가 있다.
- [0006] 또한, 폐유리 골재는 유리의 매끄러운 표면 특성에 의해 매트릭스와 골재 간의 부착력이 저하될 우려가 있으며, 이에 따라 매트릭스와 골재의 부착력 감소로 인해 폐유리 골재가 적용된 콘크리트(모르타르)의 성능저하 가능성이 있다. [도 2]는 이와 같은 골재-매트릭스 간 슬립(Slip) 현상 발생 모식도이다.
- [0007] 이에, 폐유리 골재와 매트릭스의 부착력을 높이기 위한 유리 표면 특성 개선 대책을 마련할 필요가 있다.
- [0009] 즉, 폐유리 골재 적용 시 상기 알칼리-실리카 반응과 슬립 현상을 함께 방지(또는 저감)할 수 있는 기술 대책이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 1. 등록특허 10-1131853 "바텀애쉬와 폐유리를 사용한 경량골재 제조 및 코팅방법"
- (특허문헌 0002) 2. 등록특허 10-1367506 "알칼리-실리카 반응억제 폐유리 골재 혼입 콘크리트 조성물, 그 조성물의 제조방법, 그 조성물을 포함하는 콘크리트 구조물"
- (특허문헌 0003) 3. 등록특허 10-1737077 "폐유리를 활용한 콘크리트의 제조 방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 주성분이 SiO_2 인 폐유리 골재를 콘크리트(또는 모르타르)에 적용할 경우 발생하는 알칼리-실리카 반응과, 폐유리 골재의 매끄러운 표면 특성에 콘크리트(또는 모르타르) 매트릭스와 골재 간의 부착력이 저하됨으로써 발생하는 슬립(Slip) 현상을 함께 저감시킬 수 있는 기술 대책을 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명은 「(a) 폐유리 잔골재를 NaOH 수용액에 침지하여 표면의 비정질 실리카 성분을 알칼리실리케이트 겔로 변환시키는 단계; 및 (b) 상기 (a)단계를 거친 폐유리 잔골재를 과포화 상태의 CaO 수용액에 침지하여 표면에 생성된 알칼리실리케이트 겔을 C-S-H 결정질로 개질시키는 단계; 를 포함하는 폐유리 잔골재 표면 개질 방법」을 제공한다.
- [0016] 구체적으로, 상기 (a)단계에서는 폐유리 잔골재를 $75\sim 85^\circ\text{C}$, NaOH 1몰(M) 수용액에 침지시키고, 상기 (b)단계에서는 상기 (a)단계를 거친 폐유리 잔골재를 $75\sim 85^\circ\text{C}$, CaO 22밀리몰(mM) 이상의 수용액에 침지시킬 수 있다.

[0018] 또한, 상기 페유리 잔골재는 Cr_2O_3 , NiO 및 CuO 성분을 함유하여 녹색 또는 갈색으로 착색된 것을 선별 적용할 수 있다. 또한, 상기 페유리 잔골재는 입경 0.3~5mm인 것을 선별 적용하는 것이 바람직하다.

[0020] 또한, 본 발명은 위의 방법에 따라, 표면에 C-S-H 결정질이 코팅된 표면개질 페유리 잔골재를 함께 제공한다.

발명의 효과

[0022] 전술한 본 발명에 따르면 다음의 효과가 있다.

[0023] 1. 페유리 골재의 표면에 C-S-H 결정질이 코팅되도록 하는 개질 처리를 함으로써, 콘크리트(또는 모르타르)의 내구성을 저하시키는 알칼리-실리카 반응과, 콘크리트(또는 모르타르)의 압축강도 및 휨강도를 저하시키는 슬립 현상 발생을 방지할 수 있다.

[0024] 2. 유리 착색을 위한 금속성분(Cr_2O_3 , NiO 및 CuO)이 함유된 페유리 골재 이용으로 알칼리-실리카 반응에 의한 부피팽창을 최소화시킬 수 있다.

[0025] 3. 폐기물로 취급되어 온 페유리를 콘크리트(또는 모르타르)의 골재 자원으로 활용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] [도 1]은 알칼리 실리카 반응 메커니즘 모식도 및 피해사례 사진이다.

[도 2]는 골재-매트릭스 간 슬립(Slip) 현상 발생 모식도이다.

[도 3]은 본 발명에 따른 페유리 잔골재 표면 개질 방법의 개략적 흐름도이다.

[도 4]는 표면개질 전 페유리 잔골재 표면의 SEM 사진 및 EDS 분석 그래프이다.

[도 5]는 표면개질 후 페유리 잔골재 표면의 SEM 사진 및 EDS 분석 그래프이다.

[도 6]은 천연 잔골재, 표면개질 전·후 페유리 잔골재 표면의 SEM 사진이다.

[도 7]은 모르타르 시험체의 휨 강도 시험 방법 모식도 및 휨 강도 측정 시험장치 사진이다.

[도 8]은 모르타르 시험체의 압축 강도 시험 방법 모식도 및 압축 강도 측정 시험장치 사진이다.

[도 9]는 알칼리-실리카 반응 시험을 위한 시험체, 길이 변화 측정기 및 시험 과정의 사진이다.

[도 10] 및 [도 11]은 잔골재 종류에 따른 모르타르 시험체의 역학적 특성을 나타낸 그래프이다.

[도 12]는 천연 잔골재와 페유리 잔골재(표면개질 전·후)의 파괴 거동이 나타난 SEM 사진이다.

[도 13] 및 [도 14]는 잔골재 종류에 따른 알칼리-실리카 반응에 의한 재령별 팽창률 변화를 나타낸 그래프이다.

[도 15]는 잔골재 조건에 따른 모르타르별 단면 SEM 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명은 「(a) 페유리 잔골재를 NaOH 수용액에 침지하여 표면의 비정질 실리카 성분을 알칼리실리케이트 겔로 변환시키는 단계; 및 (b) 상기 (a)단계를 거친 페유리 잔골재를 과포화 상태의 CaO 수용액에 침지하여 표면에 생성된 알칼리실리케이트 겔을 C-S-H(Calcium Silicate Hydrate) 결정질로 개질시키는 단계; 를 포함하는 페유리 잔골재 표면 개질 방법」을 제공한다.

[0029] 콘크리트(또는 모르타르) 조성물의 잔골재로 적용되는 페유리 잔골재는 잔골재 표준 입도 분포 곡선에 따라 입도 분포가 이루어지도록 입경 5mm 이하로 파쇄된 것을 적용하는 것이 바람직하다. 다만, 본 발명에 따른 표면개질 방법은 입경 0.3~5mm인 페유리 잔골재를 선별하여 적용하는 것이 바람직하다. 입경 0.3mm 미만으로 분말

상태에 가까운 폐유리 잔골재를 NaOH 수용액에 침지시킬 경우, 그 과소한 입경 때문에 폐유리가 모두 용해되어 주변의 입경이 큰 폐유리 잔골재에 달라붙는 덩어리 뭉침 현상이 발생할 수 있기 때문이다.

[0031] [도 3]은 본 발명에 따른 폐유리 잔골재 표면 개질 방법의 개략적 흐름도이다.

[0032] 상기 (a)단계에서는 폐유리 잔골재를 75~85℃, NaOH 1몰(M) 수용액에 침지시킨다. NaOH 수용액의 농도가 1M 보다 낮을 경우, 폐유리 잔골재의 비정질 실리카 성분이 충분히 용해되지 않을 가능성이 있으며, 1M 보다 높을 경우, 폐유리 잔골재의 실리카 성분이 과도하게 용해될 가능성이 있다.

[0033] 상기 (b)단계에서는 상기 (a)단계를 거친 폐유리 잔골재를 75~85℃, CaO 22밀리몰(mM) 이상의 수용액에 침지시킬 수 있다. CaO의 물 용해도는 1.19g/L로서, 21mM이다. 상기 NaOH 수용액에 침지된 폐유리 잔골재 표면에 알칼리 실리케이트 겔(비정질 실리카 성분이 용해된 것)에 C-S-H 결정이 형성되려면 Ca^{2+} 이온이 충분한 과포화 상태가 되어야 한다. 따라서, CaO 수용액은 22mM 이상의 과포화 상태로 설정하는 것이 바람직하다. 폐유리 잔골재를 CaO 수용액에 침지시키는 상기 (b)단계에서는 부수적으로 폐유리 잔골재의 소독 효과를 함께 얻을 수 있다.

[0034] 상기 NaOH 수용액과 CaO 수용액의 온도조건은 폐유리 잔골재의 Si와 Na^+ 이온의 알칼리-실리카 반응을 촉진하기 위하여 75~85℃로 설정하는 것이 바람직하다. 상온에서는 알칼리-실리카 반응이 매우 천천히 발생하기 때문에, 표면 개질까지 소요되는 시간이 과다 소요되어 경제성 및 효율성이 저하된다.

[0036] 또한, 상기 폐유리 잔골재는 Cr_2O_3 , NiO 및 CuO 성분을 함유하여 녹색 또는 갈색으로 착색된 것을 선별 적용할 수 있다. 이에 관한 상세 내용은 후술하기로 한다.

[0038] 또한, 본 발명은 위의 방법에 따라, 표면에 C-S-H 결정질이 코팅된 표면개질 폐유리 잔골재를 함께 제공한다. 이러한 폐유리 잔골재는 모르타르 또는 콘크리트 조성물에 적용되는 천연 잔골재의 전부 또는 일부를 대체하여 압축강도, 휨강도 등의 물성이 더욱 향상되도록 함으로써 폐기물로 취급되어 온 폐유리를 자원화할 수 있다.

[0040] 이하에서는 구체적인 시험예와 함께 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.

[0042] 1. 시험 전 분석 내용

[0044] [도 4]는 표면개질 전 폐유리 잔골재 표면의 SEM 사진 및 EDS 분석 그래프이다. [도 4]의 (a) 및 (b)는 폐유리 잔골재 SEM 사진으로서, 폐유리 잔골재의 매끈한 표면을 확인할 수 있다. [도 4]의 (c)는 폐유리 잔골재의 EDS 분석 그래프로써, O 성분이 60wt% 이상인 것이 확인된다.

[0046] [도 5]는 표면개질 후 폐유리 잔골재 표면의 SEM 사진 및 EDS 분석 그래프이다. [도 5]의 (a) 및 (b)는 표면개질 후 폐유리 잔골재 SEM 사진으로서, 거친 표면으로 개질된 상태를 확인할 수 있다. [도 5]의 (c)는 폐유리 잔골재의 EDS 분석 그래프로써, 여전히 O 성분의 함량이 높으나, Si 함량비가 증가하고, Ca 함량비 또한 증가하였음이 확인된다.

[0048] [도 6]은 천연 잔골재와 표면개질 전·후 폐유리 잔골재의 SEM 사진을 비교한 것으로서, 폐유리 잔골재의 표면개질 후 표면상태가 천연 잔골재와 유사하게 된 것으로 확인된다.

[0050] 아래 [표 1]은 이하 시험에 사용된 천연 잔골재와 폐유리 잔골재(개질 전·후)의 물리적 특성을 나타낸 것이다.

표 1

Type	Density(g/cm ³)	Absorption(%)	Stability	Fineness modulus
NS	2.54	1.6	1.5	2.54
GS	2.45	0.4	1.4	2.75
CGS	2.49	0.6	1.4	2.75

[0051]

[0053]

아래 [표 2]는 폐유리 잔골재의 화학 조성을 나타낸 것이다. 폐유리 골재의 착색 상태(흰색, 녹색, 갈색)에 약간의 차이가 존재하므로, 이러한 차이점이 콘크리트(또는 모르타르) 조성물의 물성 발현에 영향을 미치는지 여부를 여러 가지 시험을 통해 확인해 보았다.

표 2

Color of GS	Chemical composition										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	Cr ₂ O ₃	NiO	CuO
White	64.35	3.95	0.394	13.596	0.729	9.931	0.889	0.200	0	0	0
Green	65.93	4.09	0.648	12.949	1.428	11.674	1.157	0.086	0.207	0.009	0.008
Brown	66.98	4.25	0.626	11.393	1.392	11.727	1.231	0.044	0.042	0.007	0.006

[0054]

[0056]

2. 시험 방법

[0058]

아래 [표 3]은 천연 잔골재(이하 'NS'), 폐유리 잔골재(이하 'GS') 및 표면 개질 후의 폐유리 잔골재(이하 'CGS')의 특성 파악(모르타르 경화체의 휨강도, 압축강도, 파괴거동 및 알칼리-실리카 반응)을 위한 시험예를 정리한 것이다.

[0059]

상기 GS 및 CGS는 착색 상태에 따라 흰색(W), 녹색(G) 및 갈색(B)으로 분류하였고, 흰색, 녹색, 갈색을 동일 비율로 혼합한 시료(Mixed)에 대한 시험도 함께 진행하였다. 다만, 상기 흰색(W)은 착색되지 않은 투명 상태를 의미하며, 이하에서 착색상태 표기가 별도로 되어 있지 않은 GS, CGS는 각각 GS-W, CGS-W를 의미하는 것이다.

표 3

Specimen type*		W/B	Fine aggregate type				Properties
			NS	White	Green	Brown	
NS		0.5	100	-	-	-	- Compressive strength - Flexural strength - Fracture behavior - Alkali-Silica reaction
GS	Mixed		-	33.33	33.33	33.33	
	W		-	100	-	-	
	G		-	-	100	-	
	B		-	-	-	100	
CGS	Mixed		-	33.33	33.33	33.33	
	W		-	100	-	-	
	G		-	-	100	-	
	B		-	-	-	100	

* NS : Natural sand mixed specimen, GS : Waste glass sand mixed specimen, CGS : Coated waste glass sand mixed specimen

[0060]

[0062] 휨 강도 시험은 [도 7]에 나타난 바와 같이 모르타르 시험체를 횡 배치하고, 50N/s의 재하속도로 하중을 가하였다. 압축 강도 시험은 [도 8]에 나타난 바와 같이 모르타르 시험체를 종 배치하고 2,400N/s의 재하속도로 하중을 가하였다(ISO 679). 잔골재 유형별 모르타르 시험체는 40×40×160mm 크기로 제작하였다.

[0064] 시험예별 알칼리-실리카 반응(ASR) 평가는 ASTM C 1260에 따라, 양 단부에 스티드를 삽입한 모르타르 시험체를 25.4×25.4×254mm 크기로 제작한 채령 1일 모르타르 시험체를 80℃, 1노르말(N)의 NaOH 용액에 침지시키고 길이 변화 측정기로 24시간 마다 길이 변화값을 측정하는 방식으로 진행하였다. [도 9]는 알칼리-실리카 반응 시험을 위한 시험체, 길이 변화 측정기 및 시험 과정의 사진이다.

[0066] 3. 시험 결과

[0068] (1) 역학적 특성

[0069] [도 10] 및 [도 11]은 잔골재 종류에 따른 모르타르 시험체의 역학적 특성을 나타낸 그래프이다. 이하에서는 각 모르타르 시험체를 잔골재 종류에 따라 명명한다.

[0070] [도 10]에서, GS 시험체는 NS 시험체에 비해 압축강도 및 휨강도가 크게 감소하는 것이 확인된다. 이는 GS의 매끄러운 표면으로 인해 잔골재와 매트릭스 간의 접착력이 저하되는 슬립 현상이 발생하기 때문인 것으로 추정된다.

[0071] 반면, CGS 시험체는 NS 시험체에 비해 압축강도 및 휨강도가 동등 이상(오히려 상승) 발현되므로, 상기 CGS는 표면이 거칠어져 상기 슬립 현상 문제는 완전히 해소된 것으로 사료된다.

[0072] 한편, [도 11]에 나타난 바와 같이, 폐유리 골재의 착색 상태(색상)에 따른 역학적 특성 변화는 그 경향성이 뚜렷하게 나타나지 않았다. 단지 모든 착색 상태에서 CGS 시험체는 NS 시험체에 비해 동등 이상의 압축강도 및 휨강도가 발현되는 점이 다시 확인된다.

[0074] (2) 파괴 거동

[0075] [도 12]는 천연 잔골재와 폐유리 잔골재(표면개질 전·후)의 파괴 거동이 나타난 SEM 사진이다. GS 시험체는 NS 시험체와 달리 골재가 파괴되지 않고, 슬립 현상 발생하는 것이 확인되는 반면, CGS 시험체는 NS 시험체와 유사하게 골재가 파괴되는 거동이 확인된다.

[0077] (3) 알칼리-실리카 반응

[0078] [도 13] 및 [도 14]는 잔골재 종류에 따른 알칼리-실리카 반응에 의한 채령별 팽창률 변화를 나타낸 그래프이다.

[0079] [도 13]에서는 GS는 표면에 코팅이 되어 있지 않아, Na 이온에 직접 노출되어 비정질 실리카 성분이 Na 이온과 결합하여 알칼리 실리케이트 겔을 형성하고, 겔이 수분을 흡수하면서 팽창이 진행되는 것이 확인된다.

[0080] 반면, CGS 시험체는 폐유리 골재 표면에 C-S-H 결정이 코팅되어 있어, 폐유리가 Na 이온에 직접 노출되지 않기 때문에, 알칼리 실리케이트 겔 형성 및 팽창이 GS 시험체에 비해 크게 감소하는 경향을 확인할 수 있다.

[0081] 다만, [도 14]에 나타난 바와 같이 GS-G, GS-B 시험체의 경우, NS 시험체에 비해 ASR 팽창률이 오히려 낮게 측정되었다. 이는 색 발현을 위해 첨가된 금속 성분(Cr₂O₃, NiO, CuO)의 영향으로 판단된다. 금속 성분이 첨가되지 않은 GS-W 시험체의 경우 약 1.0%의 높은 ASR 팽창률이 나타나는 것과 대조된다.

[0082] [도 15]는 잔골재 조건에 따른 모르타르별 단면 SEM 사진이다. GS-W 시험체에서는 알칼리-실리카 반응에 의한

모르타르 팽창에 의해 폐유리 골재에 많은 미세균열이 관찰되고, CGS-W 시험체에서는 폐유리 골재 일부 구간에 미세균열이 관찰되며, CGS-B 시험체에서는 폐유리 골재의 미세균열이 관찰되지 않는다.

[0084] 이상의 시험 결과를 정리하면 다음과 같다.

[0086] 첫째, GS 시험체는 NS 시험체에 비해 압축강도와 휨강도가 크게 저하되었다. 이는 GS의 매끄러운 표면으로 인해 슬립 현상이 발생하기 때문이다. 반면, 표면 개질이 이루어진 CGS는 표면이 C-S-H 결정으로 코팅되어 슬립 현상이 발생하지 않아 NS 시험체와 동등 이상의 압축강도 및 휨강도가 발현된다.

[0088] 둘째, GS-G, GS-B는 색 발현으로 인해 첨가된 금속성분(Cr_2O_3 , NiO , CuO)으로 인해 NS 시험체에 비해 낮은 ASR 팽창률이 나타났다. GS-W 시험체는 ASR 팽창률이 가장 높게 나타났으며, 모르타르의 단면 SEM 사진에서도 폐유리 골재에 많은 미세균열이 확인된다. 반면, CGS 시험체는 표면에 존재하는 C-S-H 결정 코팅에 의해 GS 시험체에 비해 ASR 팽창률이 크게 감소한다.

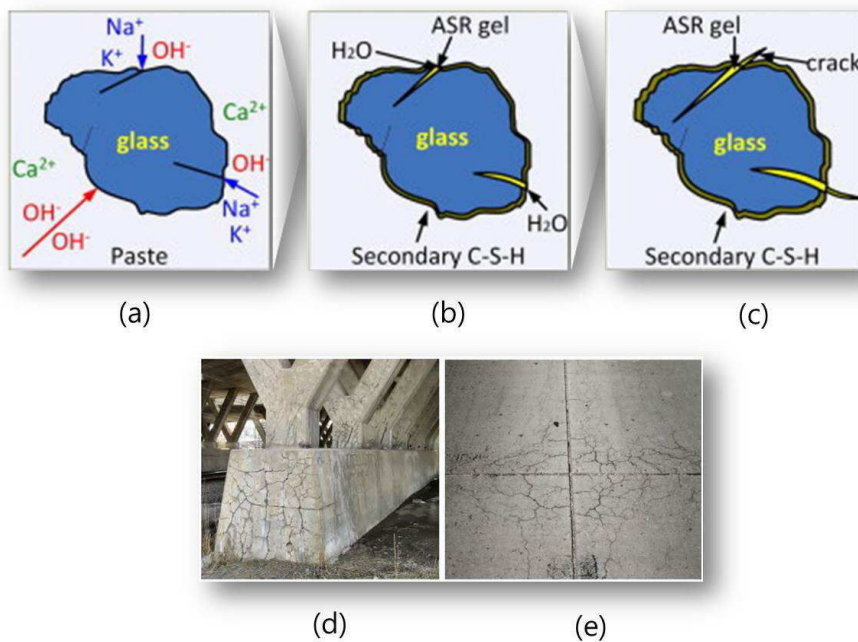
[0090] 이상에서 시험예들을 통해 본 발명의 물성 및 효과를 검토하였으나, 본 발명은 상기의 시험예들에만 한정되는 것은 아니라 할 것이며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다소간의 변형 및 변경이 가능하다고 할 것이다.

부호의 설명

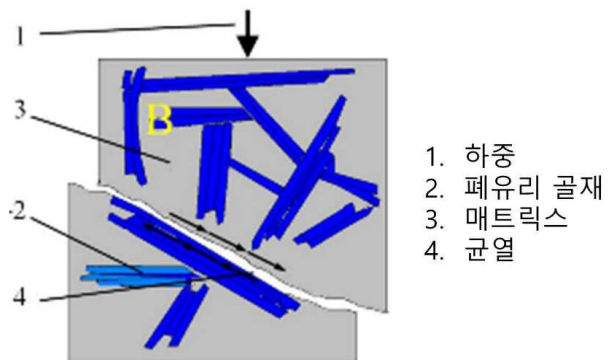
[0092] 해당 없음

도면

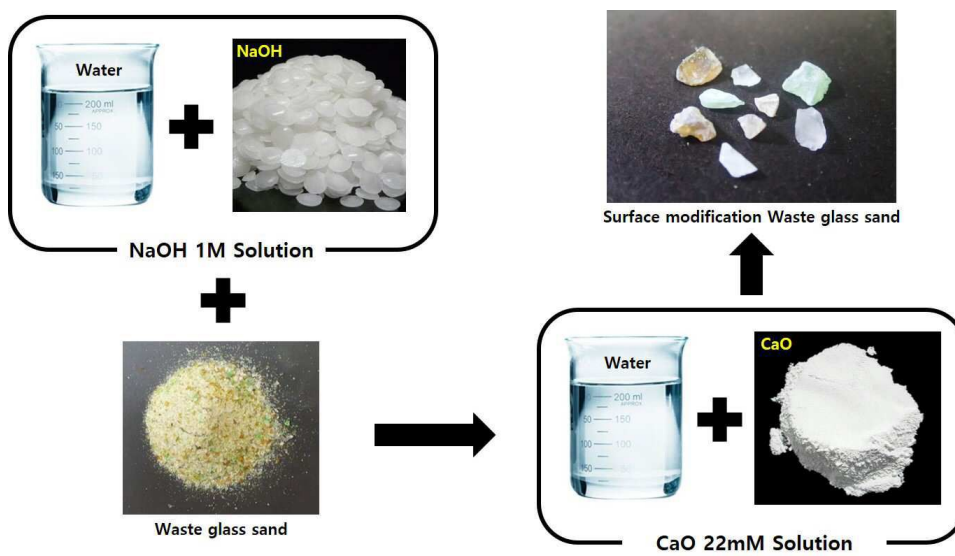
도면1



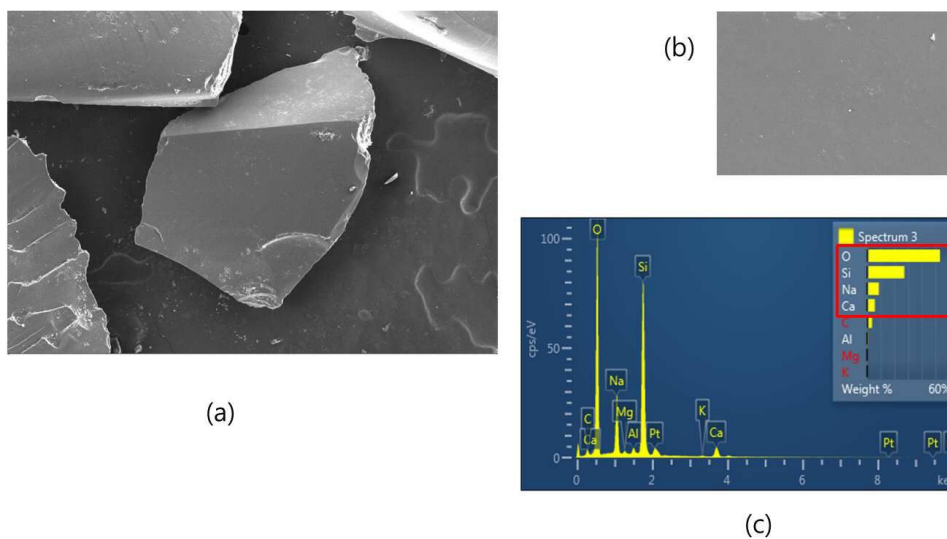
도면2



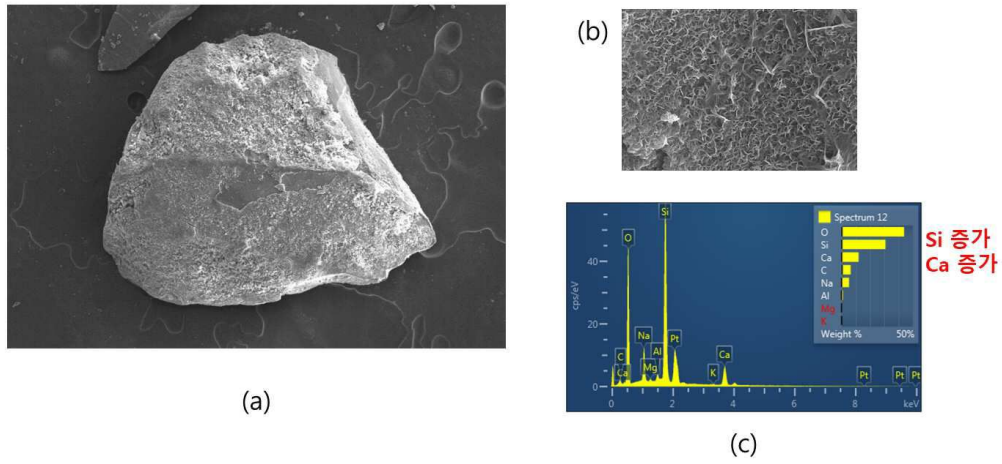
도면3



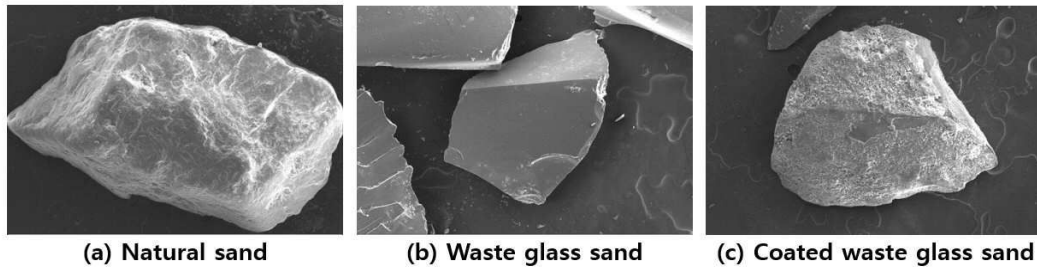
도면4



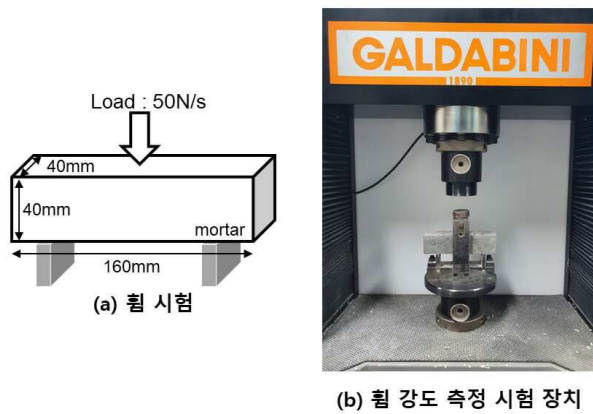
도면5



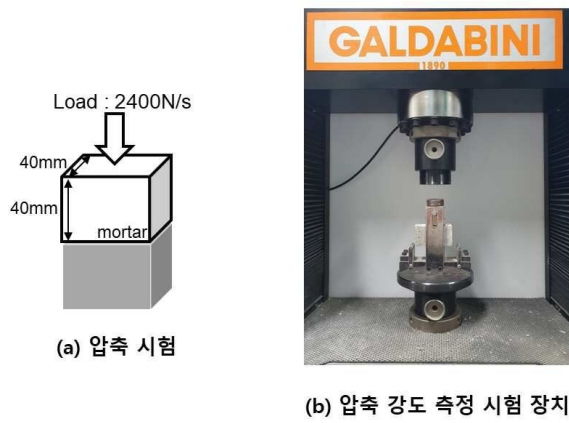
도면6



도면7



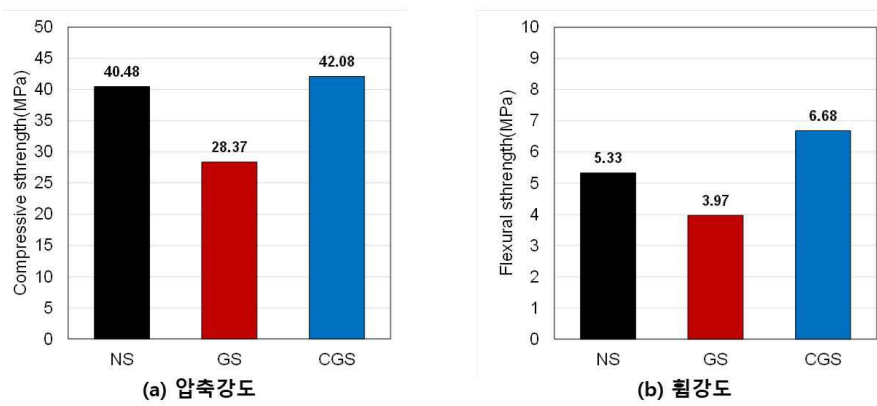
도면8



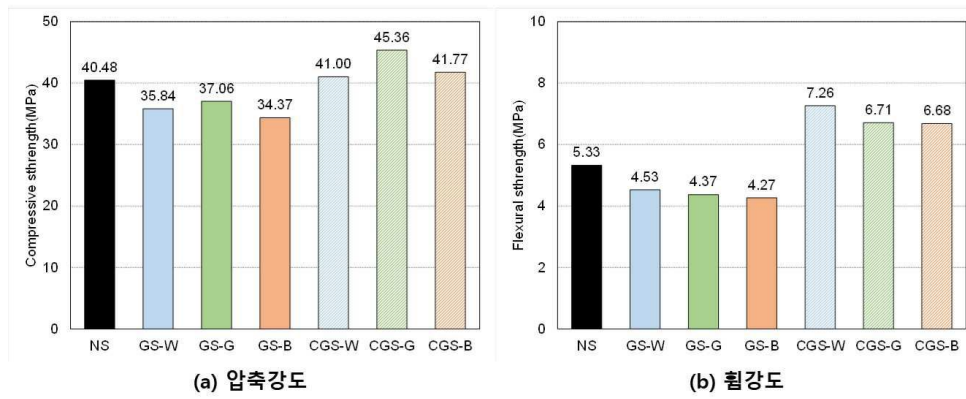
도면9



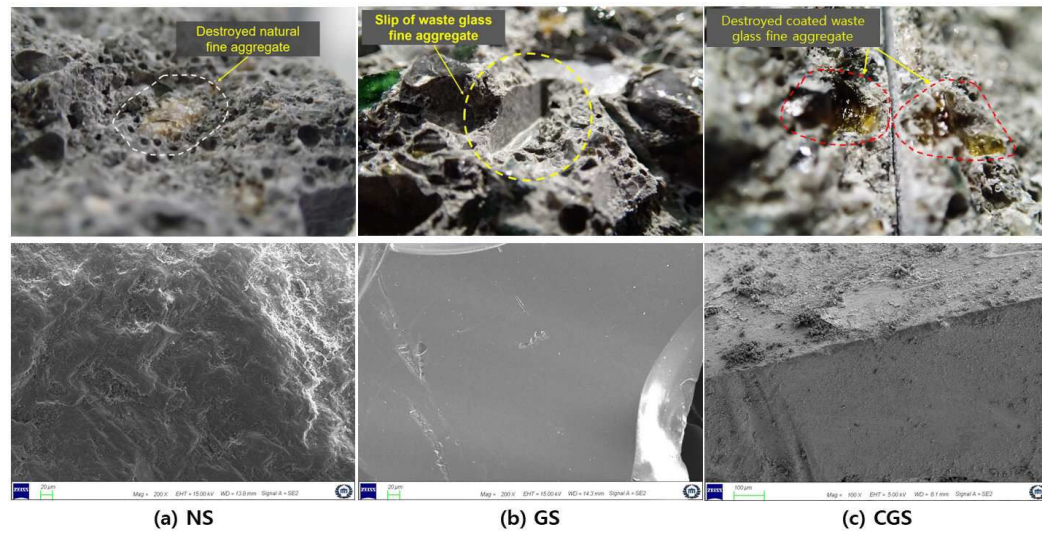
도면10



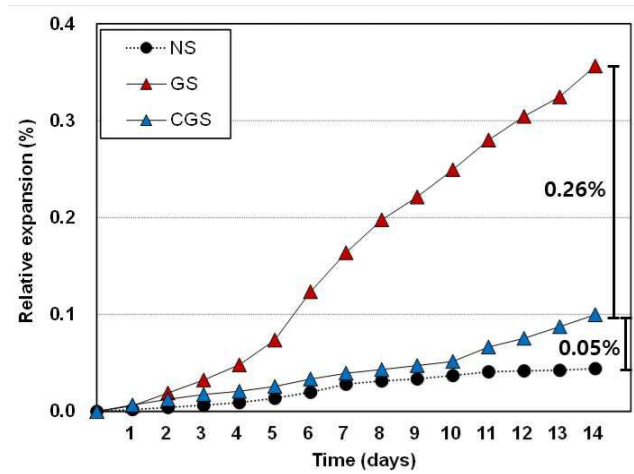
도면11



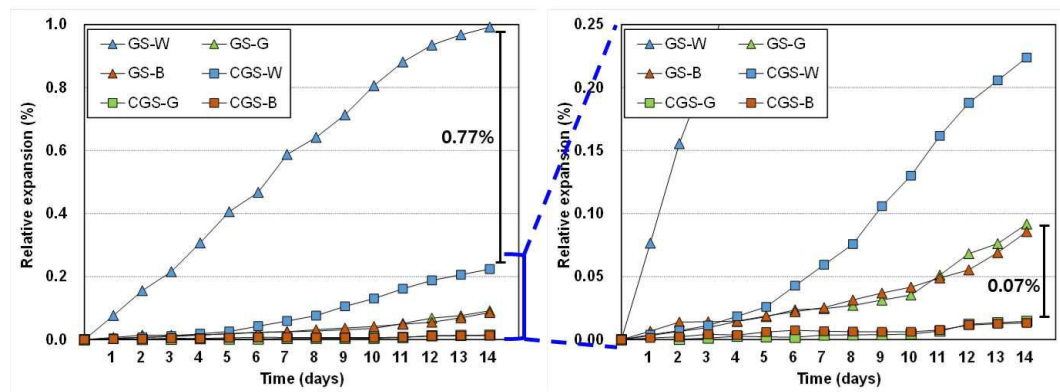
도면12



도면13



도면14



도면15

