



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0054573
(43) 공개일자 2020년05월20일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>C04B 18/08</i> (2006.01) <i>C04B 24/18</i> (2006.01)
 <i>C04B 24/26</i> (2006.01) <i>C04B 28/06</i> (2006.01)
 <i>C04B 7/02</i> (2006.01) <i>C04B 103/30</i> (2006.01)
 <i>C04B 111/34</i> (2006.01) <i>C04B 111/70</i> (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>C04B 18/08</i> (2013.01)
 <i>C04B 24/18</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2018-0138009
 (22) 출원일자 2018년11월12일
 심사청구일자 2018년11월12일</p> | <p>(71) 출원인
 한국세라믹기술원
 경상남도 진주시 소호로 101 (충무공동, 부속건물 세라믹소재종합지원센터)</p> <p>(72) 발명자
 추용식
 경기도 광명시 디지털로 64 한신아파트 110동 405호</p> <p>서성관
 서울특별시 동작구 노량진로28길 32-4, 201호</p> <p>김유
 경상남도 함안군 칠원읍 갈티길 18-3 대동아파트 103동 1303호</p> <p>(74) 대리인
 정남진</p> |
|--|---|

전체 청구항 수 : 총 3 항

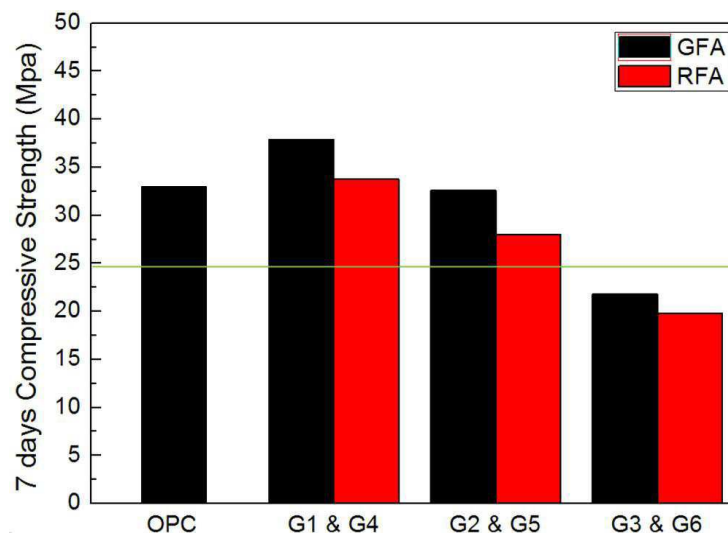
(54) 발명의 명칭 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물

(57) 요약

본 발명은 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 화력발전소에서 발생하는 플라이애시를 분쇄하여(GFA; Ground Fly Ash) 입자 에너지를 상승시킨 후 무수축 그라우트용 혼화제로 적용하도록 하여 유동성 개선, 내구성 증진 및 강도 발현과 함께 시멘트를 대체할 수 있는 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물에 관한 것이다.

본 발명의 바람직한 일 실시예는 보통 포틀랜드 시멘트에 분쇄한 플라이애시를 10~20중량% 대체한 혼합물 100중량부에, 물 35~45중량부, 잔골재 50~65중량부, 감수제 0.5~1중량부, calcium sulfo-aluminate 4~6중량부, ethylene-vinyl acetate 0.5~2 중량부를 혼합하여 이루어진다.

대표도 - 도6c



(52) CPC특허분류

C04B 24/2623 (2013.01)

C04B 28/065 (2013.01)

C04B 7/02 (2013.01)

C04B 2103/302 (2013.01)

C04B 2111/34 (2013.01)

C04B 2111/70 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 18RDRP-B103390-06

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 국토교통기술지역특성화

연구과제명 산업부산 애쉬의 활성분체 제조기술 및 활성분체와 세라믹섬유를 복합 사용한 모르타르 콘
크리트 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국세라믹기술원

연구기간 2015.09.18 ~ 2019.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

보통 포틀랜드 시멘트에 분쇄한 플라이애시를 10~20중량% 대체한 혼합물 100중량부에,

물 35~45중량부,

잔골재 50~65중량부,

감수제 0.5~1중량부,

calcium sulfo-aluminate 4~6중량부,

ethylene-vinyl acetate 0.5~2 중량부를 혼합하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

플라이애시는 $6500\sim 7500\text{cm}^2/\text{g}$ 로 분쇄되는 것을 특징으로 하는 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

감수제는 리그닌설폰산염계, 나프탈린설폰산염계, 멜라민설폰산염계 및 폴리칼복실산염계 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 화력발전소에서 발생하는 플라이애시를 분쇄하여(GFA; Ground Fly Ash) 입자 에너지를 상승시킨 후 무수축 그라우트용 혼화제로 적용하도록 하여 유동성 개선, 내구성 증진 및 강도 발현과 함께 시멘트를 대체할 수 있는 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 시설물의 노후 및 신규 설치로 그라우트 시장 규모가 점차 확대되고 있다. 한국의 그라우트 시장 규모는 7천억 원을 상회하고 있으며, 재료 시장 역시 1천억 원 이상을 상회하는 수준이다.

[0003] 그라우트는 기계류의 기초 또는 교량의 받침대 및 이음 부위, 각종 구조물의 긴급보수 등에 사용된다. 그리고 하부 콘크리트 구조체간의 공극을 완전히 충전시켜 상부 구조물과 하부 구조물을 일체화함으로써 상부의 하중을 하부로 분산 전달시키기 위한 시멘트계 재료이다. 또한, 지반 굴착 전 토질의 성질을 개선하고자 지표면 또는 땅 속에 그라우팅을 하는 등 단시간에 경화하여 고강도를 필요로 하는 경우에 주로 사용된다. 따라서 이에 적합한 유동성 개선(workability), 건조수축량(shrinkage) 감소, 조기강도(high-early strength) 발현, 경화기간(setting time) 조절 등의 조건을 만족해야 한다.

[0004] 일반적으로 무수축 그라우트는 상기 조건의 만족을 위해 고로슬래그, 플라이애시, 실리카흙, 탈황석고 및 벤토나이트 등을 혼합사용하기도 하였지만, 유동성 개선, 내구성 증진 및 강도 발현 등의 충분한 효과를 나타내기에 는 어려운 문제점이 있었다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술로는 특허등록 제1709239호 "산업부산물을 이용한 지반 차수용 친환경 무기계 그라

우트 조성물"(특허문헌 1)이 있다. 상기 배경기술에서는 '칼슘알루미네이트 비정질화물 분말 50~90중량%, 탄산나트륨 4~30중량%, 무수석고 0.1~20중량%로 구성되는 무기계 광물 급결제 5~20중량%, 플라이애시 15~50중량%를 5~30분간 건비빔한 분체에 물 40~65 중량%를 혼입하여 제조한 공통 A현탁액과; 정제 플라이애시 35~45중량%, 시멘트 5~20중량%를 5~30분간 건비빔한 분체에 물 40~60중량%를 혼입하여 제조한 급결 B현탁액; 및 정제 플라이애시 35~45중량%, 시멘트 5~20중량%, 계면활성제 0.01~0.5중량%를 5~30분간 건비빔한 분체에 물 40~59중량%를 혼입하여 제조한 완결 B현탁액으로 이루어져 현탁액 인발식주입 그라우트 공법에 적용 가능한 2액형 3토조 교반장치를 통해 2샷 또는 1.5샷이 가능한 것을 특징으로 하는 산업부산물을 이용한 지반 차수용 친환경 무기계 그라우트 조성물'을 제안한다.

[0006] 그러나 상기 배경기술은 플라이애시를 혼합하도록 하였으나, 분말도가 정해지지 않아 유동성 개선, 내구성 증진 및 강도 발현등의 효과가 나타나지 않는 문제점이 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 특허등록 제1709239호 "산업부산물을 이용한 지반 차수용 친환경 무기계 그라우트 조성물"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 화력발전소에서 발생하는 플라이애시를 분쇄하여(GFA; Ground Fly Ash) 입자 에너지를 상승시킨 후 무수축 그라우트용 혼화제로 적용하도록 하여 유동성 개선, 내구성 증진 및 강도 발현과 함께 시멘트를 대체할 수 있도록 하여 환경오염 문제 및 자원의 효율적 이용, 시멘트 대체로 인한 기존 고화재의 고비용 문제를 해결하여 경제적인 뿐만 아니라 시멘트 대체 치환에 따른 원가절감이 가능한 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 보통 포틀랜드 시멘트에 분쇄한 플라이애시를 10~20중량% 대체한 혼합물 100중량부에, 물 35~45중량부, 잔골재 50~65중량부, 감수제 0.5~1중량부, calcium sulfo-aluminate 4~6중량부, ethylene-vinyl acetate 0.5~2 중량부를 혼합하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물을 제공하고자 한다.

[0010] 또한, 플라이애시는 $6500\sim7500\text{cm}^2/\text{g}$ 로 분쇄되는 것을 특징으로 하는 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물을 제공하고자 한다.

[0011] 또한, 감수제는 리그닌설폰산염계, 나프탈린설폰산염계, 멜라민설폰산염계 및 폴리칼복실산염계 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물을 제공하고자 한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명의 분쇄 플라이애시를 혼화제로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물은 화력발전소에서 발생하는 플라이애시를 분쇄하여(GFA; Ground Fly Ash) 입자 에너지를 상승시킨 후 무수축 그라우트용 혼화제로 적용하도록 하여 유동성 개선, 내구성 증진 및 강도 발현과 함께 시멘트를 대체할 수 있도록 하여 환경오염 문제 및 자원의 효율적 이용, 시멘트 대체로 인한 기존 고화재의 고비용 문제를 해결하여 경제적인 뿐만 아니라 시멘트 대체 치환에 따른 원가절감이 가능한 매우 유용한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0013] 본 명세서에서 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 것이며, 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 첨부한 도면에 기재된 사항에만 한정되어서 해석되어서는 아니 된다.

도 1은 플로우 실험을 도시한 도이다.

도 2는 GFA 및 RFA 함량에 따른 유하 시간 측정값을 도시한 그래프이다.

도 3은 GFA 및 RFA 함량에 따른 무수축 그라우트 조성물의 응결 시험 결과값을 도시한 그래프이다.

도 4는 무수축 그라우트 조성물의 블리딩 실험 사진이다.

도 5는 무수축 그라우트 조성물의 양생일에 따른 길이 변화를 도시한 그래프이다.

도 6은 무수축 그라우트 조성물의 양생일에 따른 압축강도 실험 결과를 1일, 3일, 7일 순서대로 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 아래에서 본 발명은 첨부된 도면에 제시된 실시 예를 참조하여 상세하게 설명이 되지만 제시된 실시 예는 본 발명의 명확한 이해를 위한 예시적인 것으로 본 발명은 이에 제한되지 않는다.
- [0015] 이하 바람직한 실시예에 따라 본 발명의 기술적 구성을 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0016] 본 발명은 보통 포트랜드 시멘트에 분쇄한 플라이애시를 10~20중량% 대체한 혼합물 100중량부에, 잔골재 50~65중량부, calcium sulfo-aluminate 4~6중량부, EVA 0.5~2 중량부, 물 35~45중량부, 감수제 0.5~1중량부를 혼합하여 이루어진다.
- [0017] 본 발명에서는 그라우트의 강도 발현, 내구성 증진 등을 위해 플라이애시를 무수축 그라우트에 적용하였다.
- [0018] 플라이애시는 포졸란 반응 촉진, 내구성 증진 등을 목적으로 OPC에 대체하여 사용하며, OPC 10중량% 미만으로 대체하여 혼합시에는 유동성이 좋지 않을 뿐만 아니라 압축강도 발현, 내구성 증진이나 응결시간감소와 같은 효과가 나타나지 않으며, 20중량%를 초과하여 대체하여 혼합시에는 강도가 낮아지기 때문에 OPC에 10~20중량%를 대체하여 혼합하는 것이 바람직하다.
- [0019] 본 발명에서는 플라이애시를 분쇄하여 입자 에너지를 상승시킨 후, 무수축 그라우트용 혼화제로 사용하도록 하는데, 분쇄는 균일한 분말도를 갖도록 하며 바람직하게는 $6500\sim7500\text{cm}^2/\text{g}$ 로 분쇄되도록 하는데, 분쇄된 플라이애시는 구상의 형상을 갖고 있어 볼 베어링 효과를 발휘하여 페이스트의 유동성 증대에 기여한다.
- [0020] $6500\text{cm}^2/\text{g}$ 미만으로 분쇄시에는 수화작용이 느려 초기강도가 높게 나타나지 않고, $7500\text{cm}^2/\text{g}$ 를 초과하면 발열량이 높아지기 때문에, 플라이애시는 $6500\sim7500\text{cm}^2/\text{g}$ 로 분쇄되도록 하는 것이 바람직하다.
- [0021] 플라이애시는 화력발전소 등에서 분탄을 연소시킬때 불연 부분이 용융상태로 부유하는 것을 냉각 고화시켜 채취한 미분탄재를 사용할 수 있다. 상기 플라이애시는 KS L 5405 규격에 준하는 밀도가 $1.95\text{g}/\text{cm}^3$ 이상이고, 비표면적이 $30,000\text{g}/\text{cm}^3$ 이상인 것을 사용할 수 있다. 또한 플라이애시는 표면이 매끈한 구형입자이기 때문에 볼 베어링 작용을 하여 콘크리트 위커빌리티, 즉 유동성을 좋게 하고, 콘크리트 속에서 물에 녹아 있는 수산화칼슘과 상온에서 천천히 화합하여 불용성 화합물을 생성시킴으로써 수화열 저감, 장기강도 및 수밀성을 증대시킬 수 있다.
- [0022] 물은 상기 OPC 및 OPC를 일부 대체한 분쇄 플라이애시 혼합물 100중량부를 기준으로, 35~45중량부 혼합되며, 물의 함량은 강도 및 유동성 측면에서 최적 범위로 선택적으로 조절할 수 있는 것이다.
- [0023] 잔골재는 상기 OPC 및 OPC를 일부 대체한 분쇄 플라이애시 혼합물 100중량부를 기준으로 50~65중량부 혼합되는 것이 바람직하다.
- [0024] 잔골재는 일반적으로 콘크리트용으로 알려진 것을 사용할 수 있으며, KS F 2526 규격에 준하는 입경 0.15 내지 5.0mm, 절대건조밀도 $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ 이상, 흡수율 3%이하, 안정성 10%이하인 것을 사용할 수 있으며, 잔골재는 유동성 및 재료분리저감 측면에서 상기 함량 범위로 한정하는 것이 타당하다.
- [0025] 감수제는 상기 OPC 및 OPC를 일부 대체한 분쇄 플라이애시 혼합물 100중량부를 기준으로 0.5~1중량부를 혼합하는 것이 바람직하다.
- [0026] 감수제는 리그닌설폰산염계, 나프탈린설폰산염계, 멜라민설폰산염계 및 폴리칼복실산염계 등 공지의 다양한 감수제를 사용할 수 있으며, 시멘트의 분산성 및 단위수량 저감을 위해 어떠한 화학 구조의 것도 포함할 수 있다.

예를 들어 폴리카르본산 수해에 에틸렌옥사이드와 같은 비이온성 계면활성제를 가교결합시킨 구조의 PC계 고성능 AE 감수제 일 수 있다.

- [0027] 대표적으로 리그닌설폰산을 첨가할 경우 수중에서 설폰산 음이온과 칼슘 양이온으로 전리하여 강한 음이온활성을 나타내고 응집상태의 입자 사이에 물과 공기를 유통시켜 시멘트에 유동성을 부여하게 된다.
- [0028] 0.5중량부 이하로 구성될 경우에는 시멘트의 입자를 효과적으로 분산시킬 수 없으며, 1중량부이상 구성될 경우에는 경제성 저하 및 구성비 대비 효과가 제대로 발휘되지 않기 때문에, 0.5~1중량부 로 구성되는 것이 바람직하다.
- [0029] AE 감수제는 일반적으로 2개 이상의 상 혹은 다른 물질의 계면에 흡착하여 계면의 성질을 현저하게 변화시키는 물질을 말하며, 기본적인 분자구조는 2개의 동일구조, 즉 물에 잘 녹지 않은 소수기와 물에 잘 녹는 친수기로 구성되어 있으며, 수용액 중 친수기 이온의 전기적 성질에 따라 음이온계, 양이온계, 비이온계로 분류된다.
- [0030] 음이온계 AE 감수제는 시판되고 있는 AE 감수제의 대부분을 이루고 있으며, 화학적 주성분은 수지산염, 황산에스테르, 설퍼네이트계가 있고, 양 이온계 AE 감수제는 친수기가 양이온을 띤 것으로서 AE제로는 사용되고 있지 않다. 또한 비이온계 AE 감수제는 수용액에서 이온으로 해리하지 않으나 분자 자체가 계면활성 작용을 하는 것으로서 에테르계, 에스테르계가 사용되고 있다. AE 감수제는 콘크리트 중의 시멘트 입자를 분산시켜 단위수량을 감소시키거나, 콘크리트 중에 미세기포를 연행시키면서 작업성을 향상시키는 한편 분산효과에 의해 단위수량을 감소시킬 수 있는 혼화제이다. AE 감수제는 콘크리트의 응결, 초기경화의 속도에 따라 각각 표준형, 지연형, 촉진형으로 분류되며, 그 화학적 조성에 따라 리그닌설폰산염계, 알킬아릴설폰산계, 폴리옥시에틸렌계, 알킬아릴 에테르계, 옥시칼본산계, 멜라민설폰산계 및 폴리칼본산계 등을 사용할 수 있다.
- [0031] 고성능감수제는 일반적인 감수제의 기능을 더욱 향상시켜 시멘트 입자를 효과적으로 분산시켜 응결지연, 지나친 공기연행, 강도저하 등의 악영향 없이 높은 첨가율로 사용하여 단위수량을 대폭 감소시킬 수 있는 혼화제를 말한다.
- [0032] 칼슘 설퍼 알루미네이트(CSA; calcium sulfo-aluminate)는 건조 수축 방지 및 초기강도 특성을 향상시키고자 혼합하는 것으로, 상기 OPC 및 OPC를 일부 대체한 분쇄 플라이애시 혼합물 100중량부를 기준으로, 4~6중량부 혼합되는 것이 바람직하다.
- [0033] CSA(calcium sulfo aluminate)계 시멘트의 대표적인 광물질은 에트링가이트(ettringite)이고 이는 석회석, 석고, 명반석이 반응하여 생성된 결정체이다. CSA계 시멘트의 생산과정 중 85%의 에트링가이트는 생산초기에 형성되기 때문에 장기간의 안정성을 가지고 있다.
- [0034] CSA 시멘트의 사용은 모르타르, 콘크리트, 복합시멘트를 막론하고 제품의 응결시간을 촉진시키고 초기강도를 높여주며 후기강도에 영향을 주지 않는다. 그외 첨가량에 따라 수축, 팽창 등 성능에 보수작용을 할 수도 있으며, 이러한 CSA 시멘트의 뛰어난 성능으로 인해 응결시간이 빠르고 초기강도가 높은 조건을 필요로 하는 제품에 많이 사용된다.
- [0035] 따라서, 4중량부 미만으로 혼합시에는 초기강도 발현이 제대로 이루어지지 않고, 6중량부를 초과하여 혼합시에는 경제성이 떨어지기 때문에 4~6중량부 혼합되는 것이 바람직하다.
- [0036] 에틸렌 비닐 에서테이트(EVA; ethylene-vinyl acetate)는 블리딩 방지 및 재료분리 저항성 등을 향상시키도록 혼합하며, 상기 OPC 및 OPC를 일부 대체한 분쇄 플라이애시 혼합물 100중량부를 기준으로, 0.5~2 중량부 혼합하는 것이 바람직하다.
- [0037] 0.5 중량부 미만으로 혼합시에는 블리딩 방지 효과 등이 나타나지 않고, 2중량부를 초과하여 혼합시에는 상용성 및 경제성이 저하되기 때문에 0.5~2중량부 혼합되는 것이 바람직하다.
- [0038] 플라이애시는 $7,000\text{cm}^2/\text{g}$ 수준으로 분쇄하였으며, 분쇄 및 분쇄하지 않은 플라이애시를 각각 OPC(보통포틀랜드 시멘트)에 10, 20, 30중량% 비율로 대체하여 혼합물을 만들고 상호 비교하였다.
- [0039] 그라우트 배합 원료는 블리딩 방지 및 재료분리 저항성 등을 향상시키고자 EVA 및 감수제를 첨가하였으며, CSA를 첨가하여 건조 수축 방지 및 초기강도 특성을 향상시키고자 하였다.
- [0040] 작업성의 분석평가를 위한 플로 및 유하 시간 시험에서는 분쇄하지 않은 플라이애시 30중량%를 적용한 배합비를 제외하고 모두 성능 기준을 만족하는 결과가 도출되었다.

- [0041] 응결 및 블리딩 시험은 분쇄한 플라이애시와 분쇄하지 않은 플라이애시의 결과값에 큰 차이가 없었으나, 플라이애시 함량이 높을수록 응결 시간이 감소하는 경향을 나타내었다.
- [0042] 길이 변화율은 혼화재를 첨가하지 않은 그라우트가 가장 큰 비율로 수축하였으나, 0.0005%로 아주 경미한 수준의 변화율임을 확인할 수 있었다. 분쇄한 플라이애시 10, 20중량%를 적용한 두 가지 그라우트 조성물은 압축강도 특성에서 재령이 증가할수록 혼화재를 첨가하지 않은 그라우트 압축강도 수준을 상회하거나 높은 수준의 강도값을 확보하였다.
- [0043] 따라서, 본 발명에서는 화력발전소에서 발생하는 플라이애시를 분쇄하여(이하 GFA(Ground Fly Ash)) 입자 에너지를 상승시킨 후 무수축 그라우트용 혼화재로 적용하였으며, 분쇄하지 않은 플라이애시(이하 RFA(Raw Fly Ash))와 비교 실험하여 최적의 무수축 그라우트 조성물을 구성하도록 하였다.
- [0044] <실험 예>
- [0045] 본 발명에서는 KS F 4044에 따라 무수축 그라우트의 유하시간, flow, 응결 시간, 블리딩률, 길이변화율 및 압축강도를 실험하였다.
- [0046] 활성분체 무수축 그라우트의 주원료로 OPC(ordinary portland cement), calcium sulfo-aluminate(이하 CSA), 플라이애시(GFA 또는 RFA)를 사용하였다. 잔골재는 6호사를 사용하였으며, 첨가제로 감수제 및 ethylene-vinyl acetate(이하 EVA)를 사용하였다.
- [0047] 그라우트의 경화 촉진 및 초기 강도 증진과 경화 시 발생하는 건조 수축을 방지하기 위하여 CSA를 사용하였다. 활성 분체는 진동밀(Vibration mill)을 사용하여 분말도 $5,000\text{cm}^2/\text{g}$ 수준으로 분쇄하여 사용하였으며, GFA 및 RFA는 포졸란 반응 촉진, 내구성 증진 등을 목적으로 사용하였다. 시멘트 단위수량 감소, 유동성 개선, 블리딩 방지, 충전성 개선 및 재료분리 저항성을 목적으로 수용성 폴리머 EVA 및 액상 감수제를 첨가제로 사용하였다.
- [0048] 표 1은 GFA를 사용한 무수축 그라우트의 배합설계 조건이다. GFA 및 RFA는 시멘트를 대체하여 10중량%, 20중량% 및 30중량%를 사용하여 혼합물을 제조하였다.
- [0049] 상기 혼합물 100중량부를 기준으로 잔골재는 분체 대비 61중량부, CSA는 5중량부를 추가혼합하였고 유동성 개선, 단위수량 감소 등을 위한 EVA는 1중량부, 감수제는 0.8중량부를 혼합하였다.

표 1

No.	혼합물(중량%)			SANDM	CSA	EVA	감수제	Mixed Water
	OPC	GFA	RFA					
Ref	100	-	-	61	5	1	0.8	39
G1	90	10	-					
G2	80	20	-					
G3	70	30	-					
G4	90	-	10					
G5	80	-	20					
G6	70	-	30					

- [0051] 분쇄 플라이애시(GFA)를 이용한 무수축 그라우트 반죽을 실시하기 전, 개량을 완료한 분체 및 잔골재는 충분히 혼합하였다. 이후 혼합수와 감수제를 충분히 혼합한 뒤 KS F 4044 규격에 준하여 온도 20 ± 2 , 습도 $45\pm 20\%$ 환경의 실험실에서 공시체를 제작하였다.
- [0052] 1. 슬러리 특성
- [0053] 표 2는 분쇄 플라이애시(GFA) 및 미분쇄 플라이애시(RFA) 함량에 따른 플로 측정값이다.
- [0054] 도 1은 플로우 실험을 도시한 도이다.
- [0055] 혼합을 완료한 그라우트 조성물은 도 1(b)에서와 같이, flow 테이블 위 중앙에 위치한 flow cone에 채운 뒤, 표면을 고르게 하고 즉시 flow cone을 제거하여 실험을 진행하였다. 시험은 총 2회 실시하였으며, 평균값을 측정값으로 하였다.
- [0056] 모든 그라우트 배합 조건에서 도 1(a)에서와 같이, 재료분리 현상 없이 flow table의 최대 지름을 초과한 플로

값을 얻었으며, 이는 무수축 그라우트 성능 기준(225mm 이상)을 만족하는 결과였다.

[0057] 이는 플라이애시의 불 배어링 작용, 재료분리 현상이 일어나지 않는 최적 배합비 도출, 즉 적정량의 혼합수 비율과 첨가제의 영향으로 추정되었다. 하지만 플로우 시험에서는 GFA 및 RFA의 함량에 따른 유동성 특성분석에 어려움이 있어, 유동특성 분석이 용이한 유하 시간 실험을 추가 수행하였다.

표 2

[0058] Flow of Non-Shrinkage Grout (Flow Table Method)

No.	Ref	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Flow	255 over						

[0059] 도 2는 GFA 및 RFA 함량에 따른 유하 시간 측정값을 나타낸 것이다.

[0060] 유하 시험 할때기는 제시한 규격에 따라 높이 조절 게이지를 조정하였으며, 유하 시간 실험은 그라우트 혼합 완료 후 1분 이내에 실시하였다. Flow table test와 마찬가지로 2회의 시험 결과 평균값을 측정값으로 하였다.

[0061] Ref는 유하 시간 실험으로 44초의 측정값을 얻었으며, 이는 무수축 그라우트 성능 기준(60초 이내)을 만족하였다. 배합조건 G1, G2, G3 및 G4의 유하 시간은 Ref의 유하 시간에 대비하여, 큰 차이를 나타내지 않았다.

[0062] 배합조건 G5은 Ref 유하 시간 대비 10초가 증가하였다. G6은 Ref 유하 시간 대비 27초가 증가한 71초의 측정값을 얻었으며, 유하 시험 성능 기준을 초과하는 것을 확인할 수 있었다.

[0063] GFA와 RFA 함량에 따른 유하 시험의 결과는 서로 상반되는 경향을 나타내었다. 일반적으로 플라이애시는 화학혼화제의 부착능이 뛰어나며, 이에 따라 플라이애시 사용 시에는 그만큼 시멘트 유동특성 개선에 기여하지 못하여 작업성이 하락하는 경향이 있다. 특히 본 발명에서는 화학혼화제 함량이 일반 모르타르(0.1~0.5%)와 비교하여 매우 높은 수준이었다.

[0064] 본 발명에서도 플라이애시 함량 증가(G4-G6)에 따라 유하시간이 증가, 즉 작업성이 하락하는 결과를 나타내었다. 하지만 G1-G3은 유하 시간에 큰 차이가 없었으며, 이는 분쇄 플라이애시의 부피가 미분쇄 플라이애시보다 상대적으로 증가하여 동일 부피의 그라우트 내에서 시멘트 함량이 줄어들기 때문이며, 따라서, 수화반응할 수 있는 시멘트량이 감소하게 된다.

[0065] 2. 슬러리 경화 특성

[0066] GFA 및 RFA 함량에 따른 Non-Shrinkage Grout의 응결 시험 결과값을 도 3에 나타내었다.

[0067] 그라우트 응결 시험은 초결용 침이 밀판의 윗면에서 1mm인 곳에 멈추는 때를 초결 시간으로 하였으며, 5분 간격으로 측정값을 기록하였다. 또한, 종결용 침이 그라우트 표면에서 흔적을 남기지 않게 되었을 때를 종결 시간으로 하였으며, 15분 간격으로 측정값을 기록하였다.

[0068] Setting Time은 모든 배합 조건에서 무수축 그라우트 성능 기준(초결 1hr이상, 종결 10hr 이내)을 만족하는 것을 확인할 수 있었다. Setting Time은 GFA 및 RFA 함량이 증가할수록 초결과 종결 시간이 근소하게 감소하는 현상이 발생되었다. GFA와 RFA의 함량에 따른 Setting Time은 큰 차이를 보이지 않았으나, RFA 혼합 그라우트는 GFA 혼합 시와 대비하여 초결 및 종결 시간이 소폭 감소되는 특성이 발생되었다. 이는 상기에서 언급한 다량의 화학혼화제 투입 및 동일부피 그라우트 내에서 플라이애시 함량 증가에 의한 시멘트량 감소의 결과이다.

[0069] 도 4는 무수축 그라우트 조성물의 블리딩 실험 사진이다.

[0070] 시험 용기는 지름 약 50mm, 높이 500mm 이상이 되는 폴리에틸렌 실린더를 사용하였다. 배합조건에 따라 혼합된 그라우트 조성물을 약 200mm까지 채운 후 블리딩 수의 증발을 막기 위해서 parafilm으로 입구를 봉쇄하였다.

[0071] 측정 개시 후 3시간 경과 시에 블리딩으로 인해 발생한 물을 뽑아 용량 측정을 실시해야 하나, 모든 배합 조건에서 블리딩은 전혀 발생치 않았다.

[0072] 3. 길이 변화 시험 및 압축 강도

[0073] 길이 변화 시험 및 압축 강도 시험을 위해 40x40x160mm 공시체 성형용 몰드를 사용하여 표 1의 배합 조건으로 공시체를 제조하였다.

[0074] 길이 변화 및 압축 강도 시험 공시체는 시험체 성형 후 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$, 습도 60% 이상의 항온항습기에서 24시간 경과 후 탈형하였다. 이 후 길이 변화 시험 공시체는 측정 후 항온항습기에서 양생하였으며, 압축 강도 시험 공시체는 온도 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ 의 항온 수조에서 양생하였다.

[0075] 도 5는 무수축 그라우트 조성물의 양생일에 따른 길이 변화를 도시한 그래프이다.

[0076] 도 5에서 알 수 있는 바와 같이, 14일 양생 시편은 $\text{Ref}=143\mu\text{m}$, $\text{G1}=131\mu\text{m}$, $\text{G2}=126\mu\text{m}$, $\text{G3}=100\mu\text{m}$, $\text{G4}=130\mu\text{m}$, $\text{G5}=130\mu\text{m}$ 및 $\text{G6}=98\mu\text{m}$ 수준으로 수축하였다. 이에 GFA 및 RFA의 함량이 증가할수록 길이 변화율은 감소하는 경향을 관찰하였으며, Ref의 최대 길이 변화율도 0.0005%에 불과한 것으로 확인되었다.

[0077] 이는 일반적인 모르타르의 양생일에 따른 길이 변화와 비교하였을 때, 매우 우수한 결과값이 도출된 것을 확인하였다.

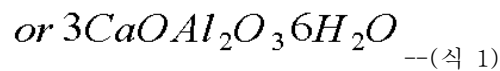
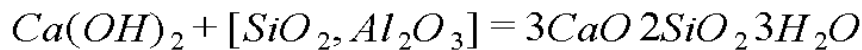
[0078] 이와 같이, 길이 변화율이 매우 낮은 이유는 길이 변화에 영향을 미치는 시멘트가 플라이애시의 대체로 인해 감소하였기 때문이며, CSA 수화반응으로 발생하는 팽창효과로 시멘트 건조수축이 그라우트 시편의 길이 변화를 대부분 상쇄한다.

[0079] 도 6은 무수축 그라우트 조성물의 양생일에 따른 압축강도 실험 결과를 1일, 3일, 7일 순서대로 도시한 그래프이다.

[0080] 배합 조건 G3 및 G6은 압축 강도 성능 기준에 대부분 미달되는 것으로 확인되었다.

[0081] 이는 플라이애시가 시멘트 대체 혼화재로 과다 첨가되어, 그라우트가 조기 강도를 발현하지 못한 것으로 판단되었다. 플라이애시를 혼화재로 적용 시, 함량 증가에 따라 압축강도가 점차 감소하였으며, RFA를 적용한 그라우트는 모든 재령에서 Ref 및 GFA를 적용한 그라우트보다 낮은 강도가 발현되었다.

[0082] 하지만 배합 조건 G1 그라우트는 재령 3일부터 Ref와 유사한 압축 강도를 발현하였으며, 재령 7일부터는 G1, G2의 두 가지 배합 조건이 Ref보다 유사하거나 높은 강도가 발현된 것이 확인되었다. 이는 플라이애시의 포졸란 반응으로 인한 강도 발현의 영향으로 판단되었으며, GFA가 RFA와 상대적으로 아래와 식 1과 같은 포졸란 반응을 더 활발히 일으켰기 때문이다.



[0083]

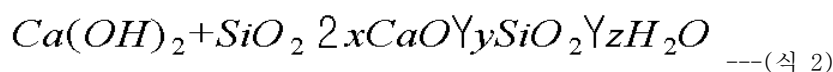
[0084] 4. 기공률

표 3

[0085]

기공률 (%)			
G1	10.59	G4	11.83
G2	12.04	G5	12.64
G3	11.93	G6	15.59

[0086] 28일 재령으로, GFA를 첨가한 무수축 그라우트 조성물이 RFA를 첨가한 그라우트 조성물과 대비하여 보다 낮은 기공률을 나타내는 것을 확인하였다. 이는 GFA 그라우트 경화체가 RFA 그라우트 경화체보다 더욱 치밀한 미세구조라는 것을 확인할 수 있으며, 이는 시멘트의 수화에 의해 생성되는 수산화칼슘 등으로 수경성을 가지게 되는 플라이애시의 포졸란 반응으로 인한 것이며, GFA 그라우트 조성물이 RFA 그라우트 조성물보다 더욱 활발한 포졸란 반응을 일으키기 때문이다.



[0087]

[0088] (식 2)의 포졸란 반응식을 통하여 C-S-H(Calcium Silicate hydrate)를 생성하여 기공률을 감소시켜 강도증진에 기여한 것이다.

[0089] 5. 결 론

- [0090] 본 발명에서는 환경오염 문제 및 자원의 효율적 이용, 시멘트 대체로 인한 경제성 확보 등을 위하여 플라이애시를 무수축 그라우트의 혼화재로 적용하였다. 이에 플라이애시 적용 비율을 각각 달리하여 7가지 배합비로 플로, 유하 시간, 응결, 블리딩, 길이 변화율, 압축 강도 실험을 실시하였다.
- [0091] 1) 유동성(workability) 평가를 위해 진행한 Flow Table Test는 모든 배합조건에서 무수축 그라우트 성능 기준을 모두 만족하였다. 유동특성의 경향을 파악하기 위해 추가 수행한 유하 시간 실험에서는 GFA가 첨가된 그라우트는 유하시간에 큰 차이가 없는 반면, RFA가 첨가된 그라우트는 함량이 증가할수록 유하 시간이 증가하는 것을 확인하였다.
- [0092] 2) GFA 무수축 그라우트의 슬러리 경화 특성은 모든 배합 조건에서 블리딩이 발생하지 않았다. 플라이애시 함량이 높을수록 응결 시간은 감소되는 것으로 확인되었으며, RFA보다 GFA를 혼화재로 적용하였을 때 응결 시간이 근소하게 지연되었다. 또한, GFA 무수축 그라우트의 슬러리 경화 특성은 모든 배합 조건에서 성능 기준에 부합하였다.
- [0093] 3) 그라우트 혼화재로 적용한 플라이애시 함량이 높아질수록 길이 변화율은 소폭 감소하는 경향을 보였으며, 이것은 건조 수축에 영향을 미치는 시멘트의 양이 감소하였기 때문으로 판단되었다.
- [0094] 표 1의 배합 조건 중 가장 큰 길이 변화율을 보인 것은 플라이애시를 첨가하지 않은 Ref이며, 0.0005% 수준이었다.
- [0095] 4) GFA를 10중량%, 20중량%를 적용한 두 가지 그라우트(G1, G2)는 압축강도 특성에서 재령이 증가할수록 Ref와 대비하여, 강도 수준을 상회하거나 더 높은 수준의 강도값을 확보하였다.
- [0096] 상기 결과를 바탕으로, GFA가 첨가된 무수축 그라우트 배합 G1 및 G2는 성능 기준을 모두 만족한다. 특히 압축 강도 특성에서 Ref와 대비하였을 때, 활성도가 100%를 상회하는 것을 확인하였다.
- [0097] 따라서 무수축 그라우트의 유동성 개선 및 강도 발현과 함께 시멘트를 대체할 수 있는 혼화재로는 플라이애시를 첨가한 배합 조건 G1, G2가 가장 효율적인 것으로 사료되었다.
- [0098] 상기와 같은 본 발명의 분쇄 플라이애시를 혼화재로 적용한 활성 분체 무수축 그라우트 조성물은 화력발전소에서 발생하는 플라이애시를 분쇄하여(GFA; Ground Fly Ash) 입자 에너지를 상승시킨 후 무수축 그라우트용 혼화재로 적용하도록 하여 유동성 개선, 내구성 증진 및 강도 발현과 함께 시멘트를 대체할 수 있도록 하여 환경오염 문제 및 자원의 효율적 이용, 시멘트 대체로 인한 기존 고화재의 고비용 문제를 해결하여 경제적인 뿐만 아니라 시멘트 대체 치환에 따른 원가절감이 가능한 매우 유용한 효과가 있다.
- [0099] 지금까지 본 발명은 제시된 실시 예를 참조하여 상세하게 설명이 되었지만 이 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 제시된 실시 예를 참조하여 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변형 및 수정 발명을 만들 수 있을 것이다. 본 발명은 이와 같은 변형 및 수정 발명에 의하여 제한되지 않으며 다만 아래에 첨부된 청구범위에 의하여 제한된다.

도면

도면1

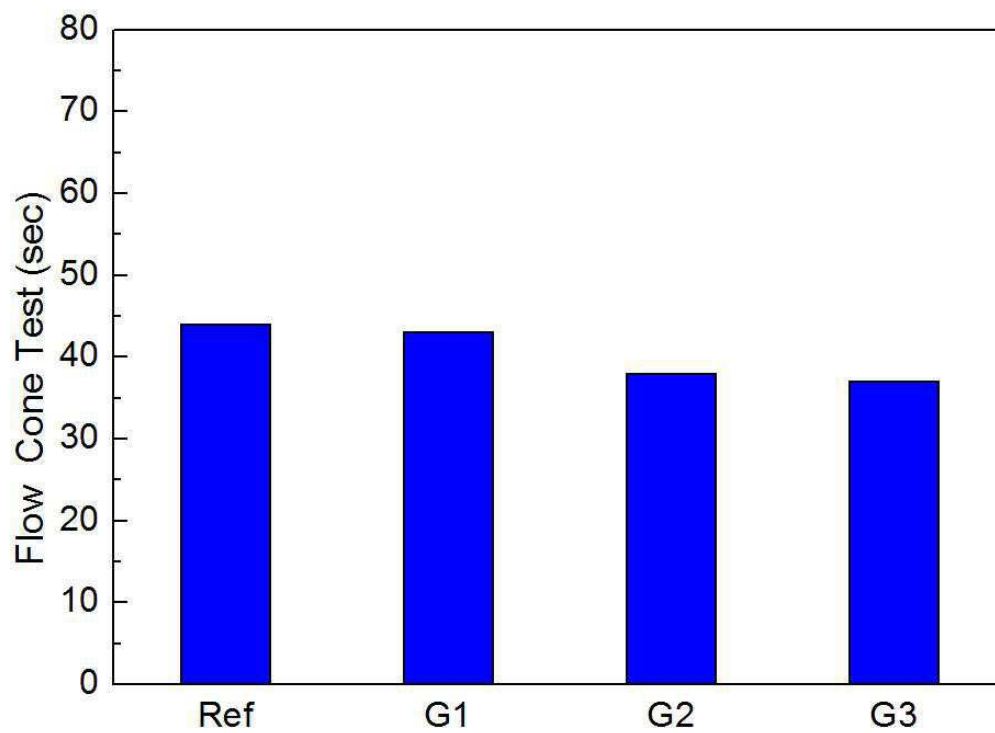


(a) Flow Table Test

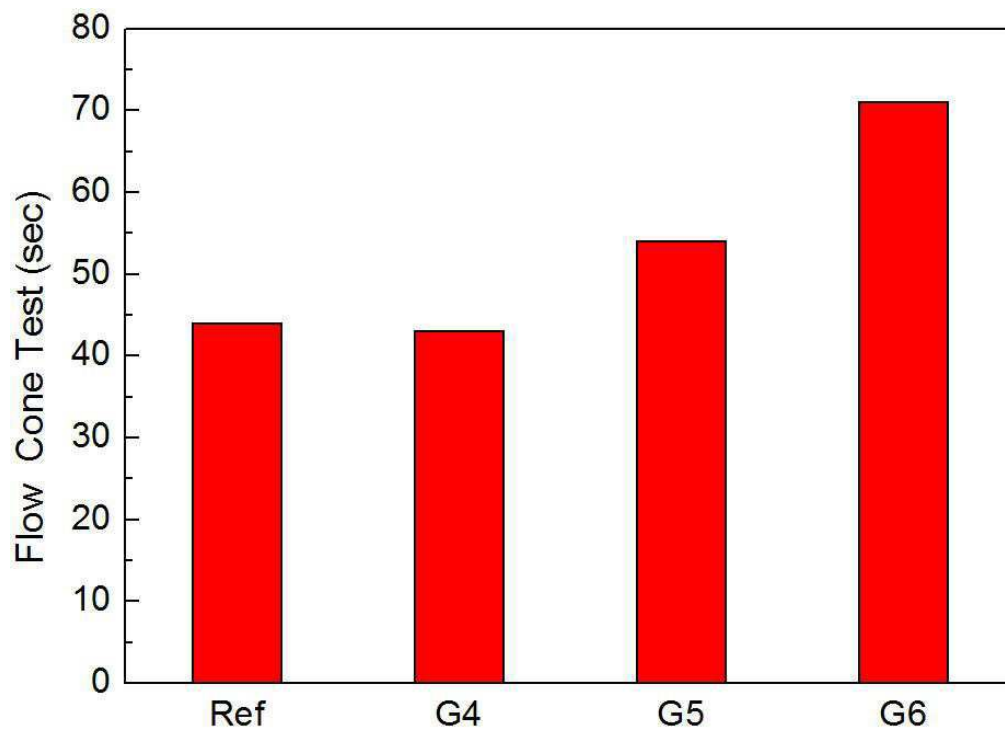


(b) Flow Cone Test

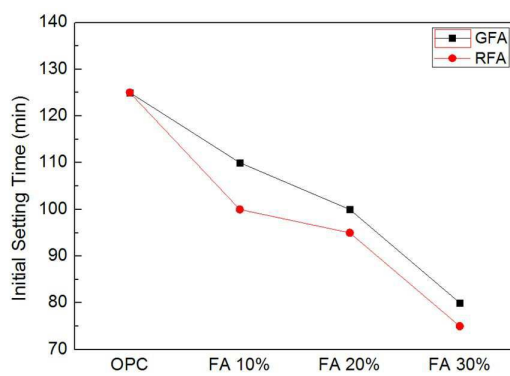
도면2a



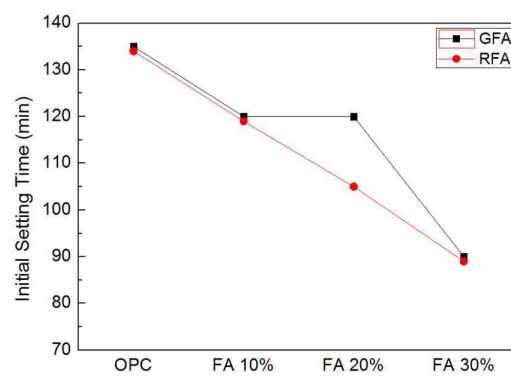
도면2b



도면3

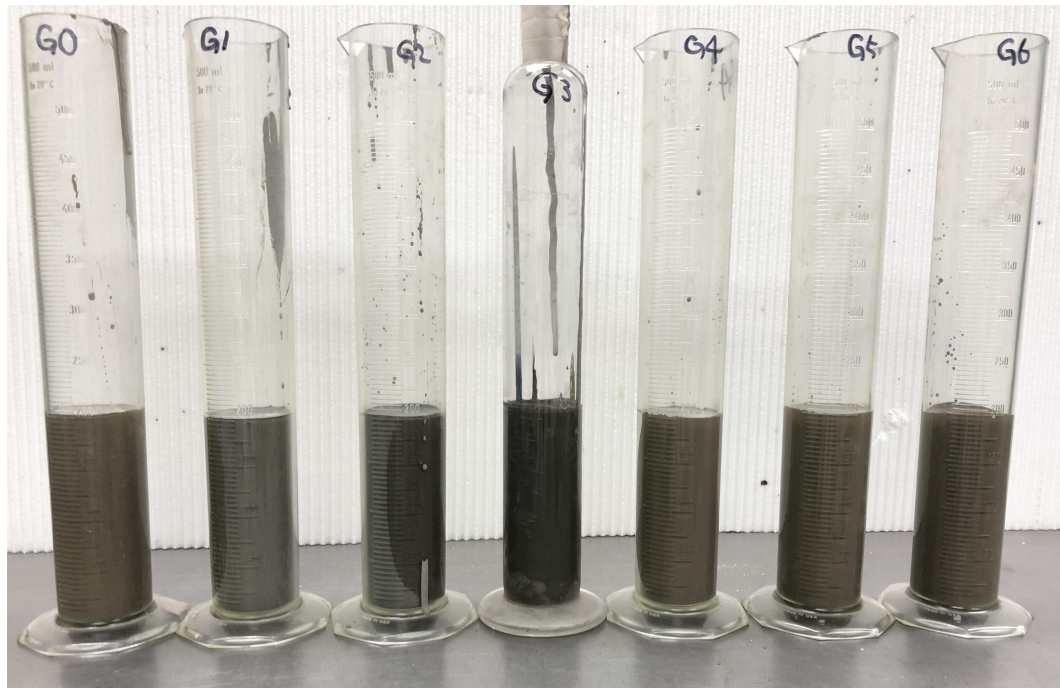


(a) Initial Setting Time

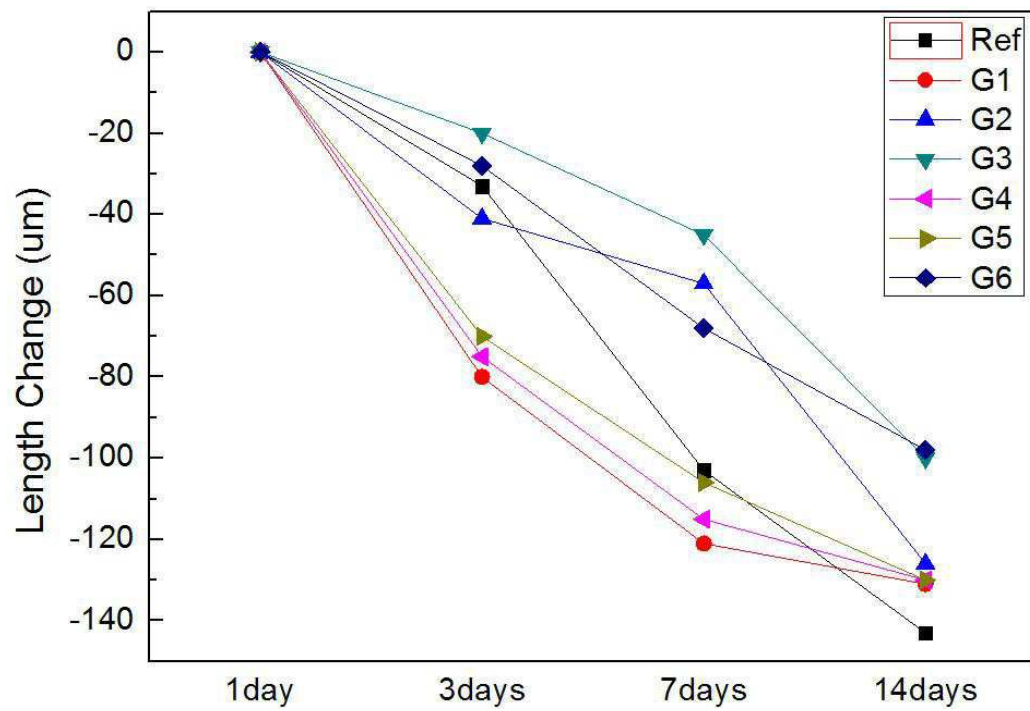


(b) Final Setting Time

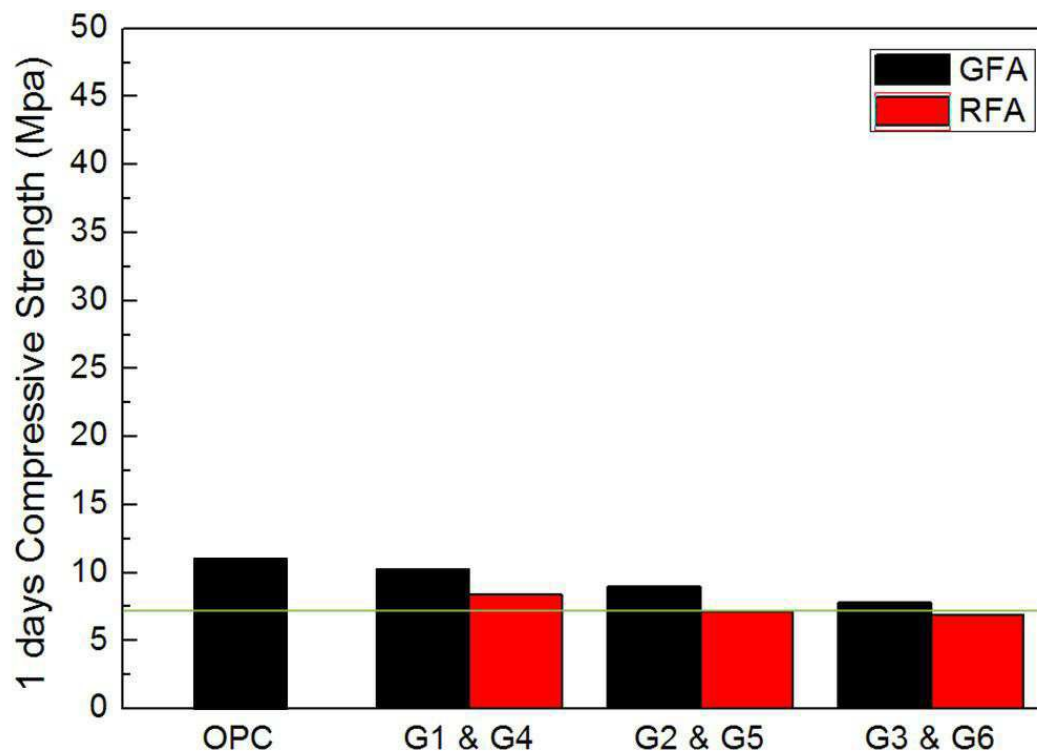
도면4



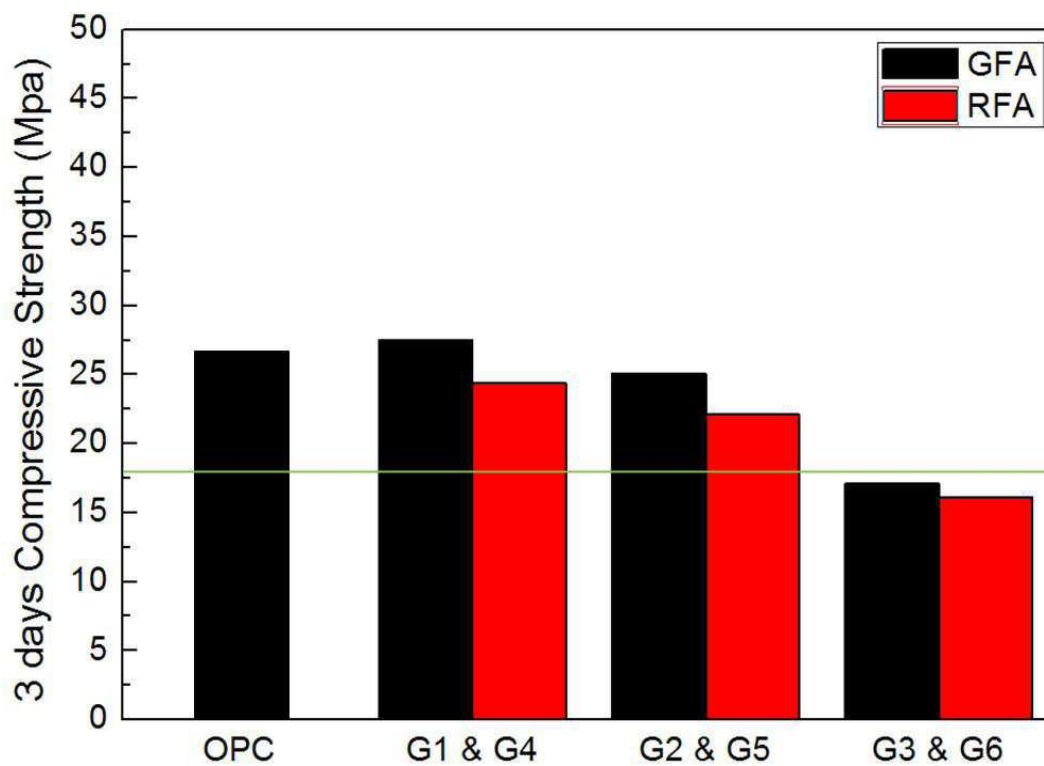
도면5



도면6a



도면6b



도면6c

