



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년06월16일
(11) 등록번호 10-1748119
(24) 등록일자 2017년06월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C04B 12/00 (2006.01) C04B 18/08 (2006.01)
C04B 28/00 (2006.01) C04B 40/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C04B 12/005 (2013.01)
C04B 18/08 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0038561

(22) 출원일자 2016년03월30일

심사청구일자 2016년03월30일

(56) 선행기술조사문헌

KR101399952 B1*

JP2016026999 A

KR1020150006855 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

김규용

대전광역시 서구 둔산로 201, 604동 103호 (둔산 3동, 국화한신아파트)

유재철

서울특별시 동작구 상도로 53길 8, 308동 902호(상도동 431, 삼성레미안 3차)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인세원

전체 청구항 수 : 총 1 항

심사관 : 류동언

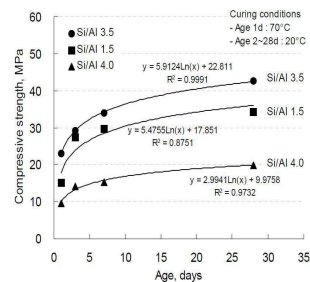
(54) 발명의 명칭 2차 제품 생산을 위한 플라이애시 지오폐리머 모르타르의 배합 및 양생 설계 방법

(57) 요약

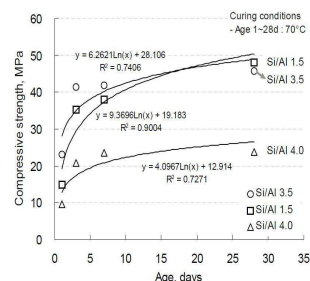
본 발명은 블록 등의 2차 제품 생산을 위한 플라이애시 지오폐리머 모르타르의 배합 및 양생 설계 방법에 관한 것으로서, 구체적으로는 플라이애시 원재료의 비정질 Si/Al몰비 분석 및 목표 지오폐리머의 Si/Al몰비에 따라 알칼리활성화제의 종류, 투입량 및 배합수량을 결정하고, 지오폐리머의 강도 발현 특성을 고려하여 2차 제품 출고

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



(a) 제령 1일까지 70°C 양생 후, 20°C 양생 조건



(b) 제령 28일까지 70°C 양생 조건

예정일에 따라 양생방법을 결정할 수 있도록 한 것이다.

본 발명은 『플라이애시 원재료에 알칼리활성화제와 물을 첨가하여 혼합한 지오폴리머 조성물로 2차 제품을 생산하기 위한 재료 배합과 양생 방법을 결정하기 위한 것으로서, (a) 플라이애시에서 비정질 실리카 함량과 비정질 알루미늄 함량을 분석하여 원재료 비정질 Si/Al몰비를 도출하는 단계; (b) 지오폴리머의 Si/Al몰비를 설정하고, 상기 목표 지오폴리머의 Si/Al몰비의 지오폴리머를 제조하기 위해 알칼리활성화제를 채택하는 단계; (c) 상기 목표 지오폴리머의 Si/Al몰비와 상기 원재료 비정질 Si/Al몰비의 차에 따라 상기 알칼리활성화제 투입량을 산정하는 단계; (d) 목표 물 함량을 설정하고, 상기 알칼리활성화제 내 함수율과 상기 알칼리활성화제 투입량을 기초로 산정한 알칼리활성화제의 함수량을 도출하여, 배합수량을 산정하는 단계; (e) 상기 플라이애시, 알칼리활성화제 및 물이 혼합된 지오폴리머 조성물의 30~40wt%를 잔골재로 치환하여 혼합하는 단계; 및 (f) 2차 제품 출고 예정일에 따라 양생 방법을 결정하는 단계; 를 포함하는 2차 제품 생산을 위한 플라이애시 지오폴리머 모르타르의 배합 및 양생 설계 방법』을 제공한다.

상기 (a)~(d)단계는 등록특허 10-1399952의 내용을 바탕으로 하고 있다. 또한, 지오폴리머 제조시 플라이애시, 알칼리활성화제, 비빔수의 양은 Geopolymer 배합비율 계산을 위한 프로그램(C-2012-001621)을 활용하여 도출하였다.

(52) CPC특허분류

C04B 28/006 (2013.01)

C04B 40/02 (2013.01)

(72) 발명자

이보경

전라북도 전주시 덕진구 들사평 1길 25-1 (덕진동 1가 1430-28)

최경철

대전광역시 유성구 문화원로 118-1, 1006호 (봉명동 641-9 ACETOWN2)

김홍섭

충남 논산시 양촌면 황산별로 441-6(인천리 276-1)

윤민호

대전광역시 유성구 봉명서로 51-16, 202호 (봉명동 1031-8)

이상규

충북 제천시 원뜰로 14, 101동 1302호 (천남동 9-10 코아루아파트)

황의철

대전광역시 동구 성남로 15, 112동 1204호 (성남동 528 스마트뷰아파트)

손민재

경기도 용인시 기흥구 흥덕3로 20, 1208동 1803호 (영덕동 1069 흥덕마을신동아파밀리에)

서원우

대전광역시 유성구 지족로190번길 16, 206동 706호 (지족동 1042 새미래숲아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 E6150012001033000000000000

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국지질자원연구원

연구사업명 폐금속·유용자원재활용기술개발사업

연구과제명 지오폴리머 모르타르의 실용화 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 충남대학교 산학협력단

연구기간 2014.05.01 ~ 2016.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

플라이애시 원재료에 알칼리활성화제와 물을 첨가하여 혼합한 지오폐리머 모르타르의 조성물로 2차 제품을 생산하기 위한 재료 배합과 양생 방법을 결정하기 위한 것으로서,

- (a) 플라이애시에서 비정질 실리카 함량과 비정질 알루미늄 함량을 분석하여 원재료 비정질 Si/Al몰비를 도출하는 단계;
- (b) 목표 지오폐리머의 Si/Al몰비를 1.5~3.5 범위 내에서 설정하고, 상기 목표 Si/Al몰비의 지오폐리머를 제조하기 위해 알칼리활성화제를 채택하는 단계;
- (c) 상기 목표 지오폐리머의 Si/Al몰비와 상기 원재료 비정질 Si/Al몰비의 차에 따라 상기 알칼리활성화제 투입량을 산정하는 단계;
- (d) 목표 물 함량을 설정하고, 상기 알칼리활성화제 내 함수율과 상기 알칼리활성화제 투입량을 기초로 산정한 알칼리활성화제의 함수율을 도출하여, 배합수량을 산정하는 단계;
- (e) 상기 플라이애시, 알칼리활성화제 및 물이 혼합된 지오폐리머 조성물의 30~40wt%를 잔골재로 치환하여 혼합하는 단계; 및
- (f) 2차 제품 출고 예정일에 따라 양생 방법을 결정하되, 2차 제품 출고 예정일이 재령 3일~28일 범위 이내인 경우에는 양생온도 60~80℃를 유지하는 방법을 채택하고, 2차 제품 출고 예정일이 재령 28일 경과 후인 경우에는 재령 1일까지 양생온도 60~80℃를 유지하다가 재령 2일~28일에서는 상온 양생을 실시하는 방법을 채택하는 것을 특징으로 하는 2차 제품 생산을 위한 플라이애시 지오폐리머 모르타르의 배합 및 양생 설계 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 블록 등의 2차 제품 생산을 위한 플라이애시 지오폐리머 모르타르의 배합 및 양생 설계 방법에 관한 것으로서, 구체적으로는 플라이애시 원재료의 비정질 Si/Al몰비 분석 및 목표 비정질 Si/Al몰비에 따라 알칼리활성화제의 종류, 투입량 및 배합수량을 결정하고, 지오폐리머의 강도 발현 특성을 고려하여 2차 제품 출고 예정일에 따라 양생방법을 결정할 수 있도록 한 것이다.

배경 기술

- [0002] 지오폐리머는 알루미늄 실리케이트 원료와 알칼리활성화제의 화학 반응만으로 저온에서 경화되는 소재이다. 지오폐리머는 산업부산물인 플라이애시에서 얻을 수 있고, 생산 시 소성 과정이 필요 없기 때문에 포틀랜드 시멘트와 비교할 때 생산에 필요한 에너지 소모량이 훨씬 적을 뿐만 아니라 이산화탄소 배출량도 80% 이상 감축할 수 있어 친환경적인 재료로 각광받고 있다.
- [0003] 지오폐리머는 비소성 무기결합재라는 넓은 의미로 혼용되고 있으나, 정확하게 정의하면 알칼리활성화제와 반응

시켜 제조되는 무기결합재 중에서 포졸란 특성을 가지는 원료로 제조되는 것으로서 비정질 특성을 갖는 재료를 의미한다. 즉, 플라이애시, 바텀애시, 메타카올린, 소다석회 유리질 시멘트, 천연 포졸란, 연탄재 등이 지오폴리머의 원료가 될 수 있다.

- [0004] 다만, 위와 같은 지오폴리머 원료의 종류, 원료에 포함된 광물의 종류와 함량, 원료 입자의 크기와 형태, 원료의 보관상태 등에 따라 알칼리에 대한 반응성이 다르게 나타나고, 알칼리활성화제의 종류, 농도 등에 의해서도 지오폴리머의 물성이 다양하게 나타나므로 지오폴리머의 특성에 영향을 미치는 인자의 상호 작용 및 효과에 대한 많은 연구 자료의 축적이 필요하다.
- [0005] 등록특허 10-1399952 "지오폴리머 배합 설계방법"은 지오폴리머의 특성에 영향을 미치는 인자들에 대한 분석 결과를 기초로 표준화된 지오폴리머 배합 설계 방법을 제공하기 위한 것으로서, 아래와 같은 특허청구범위를 제공한다.
- [0006] [청구항 1]
- [0007] 알루미노 실리케이트 성분이 포함된 기본원료와, 알칼리활성화제 및 물을 혼합하여 제조되는 지오폴리머의 배합 비율을 결정하기 위한 것으로서,
- [0008] 상기 기본원료와 알칼리활성화제를 선택하여 화학조성을 분석하는 원료분석단계;
- [0009] 상기 기본원료, 알칼리활성화제 및 물의 단위 무게당 Si, Al, Na 및 H에 대한 각각의 몰수(mole)를 산출하는 기본산출단계;
- [0010] 최종적으로 제조되는 지오폴리머 내 Si/Al 몰비(mole ratio) 및 Na/Al 몰비를 포함하여 지오폴리머의 특성을 결정하는 주요 인자들에 대한 기준값을 설정하는 타겟설정단계; 및
- [0011] 상기 기본산출단계에서 산출된 결과를 기초로, 상기 기본원료, 알칼리활성화제 및 물을 배합한 혼합물에서 상기 타겟설정단계에서 설정된 주요 인자의 기준값을 만족시킬 수 있도록 상기 기본원료, 알칼리활성화제 및 물에 대한 각각의 배합비를 산출하는 배합비산출단계;를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 지오폴리머 배합 설계 방법.
- [0012] 위의 청구범위를 통해 파악되는 기술내용은 지오폴리머 배합 설계를 위해 기본원료와 알칼리활성화제를 분석하여 물의 단위 무게당 Si, Al, Na 및 H에 대한 각각의 몰수(mole)를 산출하고, 비정질 Si/Al몰비 및 Na/Al몰비를 포함하는 주요 인자들에 대한 기준값을 설정한 후 상기 기준값을 만족시키도록 기본원료, 알칼리활성화제 및 물의 배합비를 산출한다는 것이다.
- [0013] 다만, 위의 등록특허 10-1399952는 원료분석결과와 기준값에 따라 알칼리활성화제를 적용한 후 잔골재 치환에 따른 지오폴리머 모르타르의 강도 발현에 대해서는 구체적으로 제시되어 있지 않다.
- [0014] 등록특허 10-1535275 "폐석탄재를 이용한 지오폴리머 조성물 및 이의 제조방법"은 폐석탄재를 원재료로 한 지오폴리머 조성물에 한정된 내용이며, 등록특허 10-1121983 "바닥재의 지오폴리머 반응을 이용한 친환경 예코벽돌의 제조방법"은 다양한 원재료에 따라 가변적으로 적용할 수 있는 지오폴리머 조성물의 변화 및 목표 강도와 출고 예정일에 따른 벽돌 양생방법이 구체적으로 제시되어 있지 않다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0015] (특허문헌 0001) 1. 등록특허 10-1399952 "지오폴리머 배합 설계방법"
- (특허문헌 0002) 2. 등록특허 10-1535275 "폐석탄재를 이용한 지오폴리머 조성물 및 이의 제조방법"
- (특허문헌 0003) 3. 등록특허 10-1121983 "바닥재의 지오폴리머 반응을 이용한 친환경 예코벽돌의 제조방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0016] 본 발명은 플라이애시를 원재료로 한 지오폴리머 조성물로 블록 등의 2차 제품을 생산하기 위한 지오폴리머 모

르타르의 배합 및 양생 설계 방법을 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0017] 본 발명은 『플라이애시 원재료에 알칼리활성화제와 물을 첨가하여 혼합한 지오폐리머 모르타르 조성물로 2차 제품을 생산하기 위한 재료 배합과 양생 방법을 결정하기 위한 것으로서, (a) 플라이애시에서 비정질 실리카 함량과 비정질 알루미늄 함량을 분석하여 원재료 비정질 Si/Al몰비를 도출하는 단계; (b) 목표 비정질 Si/Al몰비를 설정하고, 상기 목표 비정질 Si/Al몰비의 지오폐리머를 제조하기 위해 알칼리활성화제를 채택하는 단계; (c) 상기 목표 비정질 Si/Al몰비와 상기 원재료 비정질 Si/Al몰비의 차에 따라 상기 알칼리활성화제 투입량을 산정하는 단계; (d) 목표 물 함량을 설정하고, 상기 알칼리활성화제 내 함수율과 상기 알칼리활성화제 투입량을 기초로 산정한 알칼리활성화제의 함수량을 도출하여, 배합수량을 산정하는 단계; (e) 상기 플라이애시, 알칼리활성화제 및 물이 혼합된 지오폐리머 조성물의 30~40wt%를 잔골재로 치환하여 혼합하는 단계; 및 (f) 2차 제품 출고 예정일에 따라 양생 방법을 결정하는 단계; 를 포함하는 2차 제품 생산을 위한 플라이애시 지오폐리머 모르타르의 배합 및 양생 설계 방법』을 제공한다. 상기 (a)~(d)단계는 등록특허 10-1399952의 내용을 바탕으로 하고 있다.

[0018] 또한, 본 발명은 『상기 (d)단계 이후, (e) 상기 플라이애시, 알칼리활성화제 및 물이 혼합된 지오폐리머 조성물의 30~40wt%를 잔골재로 치환하여 혼합하는 단계; 를 더 포함하여 실시하는 것을 특징으로 하는 2차 제품 생산을 위한 플라이애시 지오폐리머 모르타르 배합 및 양생 설계 방법』을 함께 제공한다.

[0019] 또한, 본 발명은 『상기 (f)단계는, 2차 제품 출고 예정일이 재령 3일~28일 범위 이내인 경우에는 양생온도 60~80℃를 유지하는 방법을 채택하고, 2차 제품 출고 예정일이 재령 28일 경과 후인 경우에는 재령 1일까지 양생온도 60~80℃를 유지하다가 재령 2일~28일에서는 상온 양생을 실시하는 방법을 채택하는 것을 특징으로 하는 2차 제품 생산을 위한 플라이애시 지오폐리머 모르타르 배합 및 양생 설계 방법』을 함께 제공한다.

발명의 효과

[0020] 본 발명은 플라이애시를 원재료로 한 지오폐리머 조성물로 블록 등의 2차 제품을 생산하기 위한 지오폐리머 모르타르의 배합 및 양생 설계 방법을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0021] [도 1]은 지오폐리머의 Si/Al몰비에 따른 압축강도 측정결과를 나타낸 것이다.

[도 2]는 재령 28일 압축강도 대비 재령 1, 3, 7, 28일의 압축강도 발현율을 나타낸 것이다.

[도 3]은 잔골재 치환율에 따른 지오폐리머 모르타르의 재령 28일 압축강도 발현 경향을 그래프로 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 발명은 『플라이애시 원재료에 알칼리활성화제와 물을 첨가하여 혼합한 지오폐리머 조성물로 2차 제품을 생산하기 위한 재료 배합과 양생 방법을 결정하기 위한 것으로서, (a) 플라이애시에서 비정질 실리카 함량과 비정질 알루미늄 함량을 분석하여 원재료 비정질 Si/Al몰비를 도출하는 단계; (b) 지오폐리머의 Si/Al몰비를 설정하고, 상기 목표 Si/Al몰비의 지오폐리머를 제조하기 위해 알칼리활성화제를 채택하는 단계; (c) 상기 목표 Si/Al몰비와 상기 원재료 비정질 Si/Al몰비의 차에 따라 상기 알칼리활성화제 투입량을 산정하는 단계; (d) 목표 물 함량을 설정하고, 상기 알칼리활성화제 내 함수율과 상기 알칼리활성화제 투입량을 기초로 산정한 알칼리활성화제의 함수량을 도출하여, 배합수량을 산정하는 단계; (e) 상기 플라이애시, 알칼리활성화제 및 물이 혼합된 지오폐리머 조성물의 30~40wt%를 잔골재로 치환하여 혼합하는 단계; 및 (f) 2차 제품 출고 예정일에 따라 양생 방법을 결정하는 단계; 를 포함하는 2차 제품 생산을 위한 플라이애시 지오폐리머 모르타르의 배합 및 양생 설계 방법』을 제공한다.

[0023] 이하에서는 구체적 시험예와 함께 본 발명을 각 단계별로 설명하기로 한다.

[0024] 1. (a)단계

[0025] 상기 (a)단계는 플라이애시에서 비정질 실리카 함량과 비정질 알루미늄 함량을 분석하여 원재료 비정질 Si/Al몰비(비정질 실리카와 비정질 알루미늄의 몰비)를 도출하는 단계이다.

[0026] 플라이애시는 발전소 등의 미분탄 보일러의 연도 가스로부터 집진기로 채취한 포졸란(pozzolan) 물질이다. 플라이애시는 어디에서 채취된 것이든, 화학 성분은 대체로 일치하지만, 화학성분비 및 비정질 화학성분비는 채취 장소에 따라 다소 차이가 있을 수 있다.

[0027] 아래의 [표 1]은 밀도 2.2g/cm³, 분말도 3,000cm³/g인 플라이애시(Fly ash)의 화학 성분을 나타낸 것이다. [표 1]의 화학 성분은 비정질과 결정질이 혼재된 상태의 성분별 중량비이다.

[0028] [표 1]

구분	화학성분비(wt%)										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	LOI
Fly ash	58.38	20.50	6.48	4.58	1.52	1.40	1.14	0.46	1.05	0.06	4.43

[0029]

[0030] 아래 [표 2]는 Fly ash의 비정질(고체 물질로, 균일한 조성은 가지고 있으나, 원자 배열이 액체와 같이 흐트러져 있어 규칙적인 격자 상으로 되어 있지 않은 상태의 물질) 성분분석 결과를 나타낸 표이다.

[0031] [표 2]

구분	화학성분비(wt%)										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	Si/Al
Fly ash	38.47	11.32	3.88	4.52	1.52	1.40	1.14	0.46	1.05	0.06	2.88

[0032]

[0033] Fly ash의 비정질 실리카(SiO₂)의 함량은 38.47wt%, 비정질 알루미늄(Al₂O₃) 함량은 11.32wt%로 나타났다. 이를 기초로 산출한 비정질 Si/Al몰비는 2.88로 도출되었다.

[0034] 2. (b)단계

[0035] 본 (b)단계는 목표 Si/Al몰비를 설정하고, 상기 목표 Si/Al몰비의 지오폴리머를 제조하기 위해 알칼리활성화제를 채택하는 단계이다.

[0036] 한편, 상기 목표 Si/Al몰비는 1.5~3.5 범위 내에서 결정하는 것이 좋다. 이에 대한 구체적인 이유는 후술하기로 한다.

[0037] 3. (c)단계

[0038] 본 (c)단계는 상기 목표 Si/Al몰비와 상기 원재료 비정질 Si/Al몰비의 차에 따라 상기 알칼리활성화제 투입량을 산정하는 단계이다. 알칼리활성제의 성분은 Al₂O₃, Na₂O, SiO₂ 및 H₂O로 정리할 수 있으며, 이 4가지 성분들로부터 비정질 Si/Al몰비, 비정질 Na/Al몰비 및 물 함량 등을 도출할 수 있다.

[0039] 본 단계에서는 목표 Si/Al몰비를 역산하여, 플라이애시 원재료에 부족한 Al₂O₃ 또는 SiO₂량을 도출하고, 비정질 Na/Al몰비를 고려하면서, 목표 비정질 Si/Al몰비 달성을 위한 알칼리활성화제 투입량을 산정할 수 있다.

[0040] 4. (d)단계

[0041] 본 (d)단계는 목표 물 함량을 설정하고, 상기 알칼리활성화제 내 함수율과 상기 알칼리활성화제 투입량을 기초로 산정한 알칼리활성화제의 함수량을 도출하여, 배합수량을 산정하는 단계이다. 지오폴리머 조성물의 물 함량은 작업시간, 경화시간 등을 고려하여 20~25wt% 범위에서 정하는 것이 바람직하다.

[0042] 본 (d)단계까지는 지오폴리머 페이스트(Geopolymer Paste) 조성물의 배합설계 과정이며, 지오폴리머 페이스트는 중합반응에 의해 경화된다.

[0043] 상기 (a)~(d)단계는 등록특허 10-1399952의 내용을 바탕으로 하고 있다. 또한, 지오폴리머 제조시 플라이애시, 알칼리활성화제, 비빔수의 양은 Geopolymer 배합비를 계산하기 위한 프로그램(C-2012-001621)을 활용하여 도출하였다.

[0044] 5. (e)단계

[0045] 이와 같은 지오폴리머 페이스트의 일부를 잔골재로 치환함으로써 경제성을 높일 수 있다. 즉, 상기 플라이애시, 알칼리활성화제 및 물이 혼합된 지오폴리머 조성물의 일부를 잔골재로 치환하여 혼합하는 (e)단계를 실시함으로써 지오폴리머 모르타르(Geopolymer Mortar) 조성물을 형성시킬 수 있다.

[0046] 단, 상기 지오폴리머 페이스트와 지오폴리머 모르타르의 개념은 일반적인 시멘트 페이스트와 모르타르의 개념과 다르게 이해되어야 한다. 시멘트 페이스트의 경우 시멘트의 수화 작용으로 응결, 경화가 일어나 강도가 발현되고, 시멘트 페이스트로 골재를 접합한 것이 모르타르(잔골재 결합) 또는 콘크리트(잔골재 및 굵은골재 결합)이다. 따라서, 시멘트 모르타르 또는 콘크리트 조성물에서는 잔골재 또는 굵은골재의 함량이 2/3가량을 차지한다(중량 기준).

[0047] 이에 반해 지오폴리머 페이스트는 중합반응에 의해 강도가 발현된다. 지오폴리머 페이스트의 일부를 잔골재로 치환한 경우, 조성물에 잔골재가 포함된 것 자체에 근거하여 지오폴리머 모르타르라는 용어를 사용할 수는 있지만 이 경우 지오폴리머가 잔골재의 결합재 역할을 한다고 보기는 어렵다.

[0048]

[0049] 본 발명이 제공하는 (e)단계는 플라이애시, 알칼리활성화제 및 물이 혼합된 지오폴리머 조성물(즉, 지오폴리머 페이스트)의 30~40wt%를 잔골재로 치환하여 혼합하는 단계로서, 상기 지오폴리머 페이스트의 30~40wt%를 잔골재로 치환하는 구체적인 이유에 대해서는 후술하기로 한다.

[0050] 5. (f)단계

[0051] 본 (f)단계는 2차 제품 출고 예정일에 따라 양생 방법을 결정하는 단계이다.

[0052] 구체적으로, 지오폴리머의 Si/Al몰비가 1.5~3.5 범위 내에 있는 경우, 2차 제품 출고 예정일이 재령 3일~28일 범위 이내이면 양생온도 60~80℃를 유지하는 방법을 채택하고, 2차 제품 출고 예정일이 재령 28일 경과 후이면 재령 1일까지 양생온도 60~80℃를 유지하다가 재령 2일~28일에서는 상온 양생을 실시하는 방법을 채택한다.

[0053] 본 단계는 2차 제품 출고일 및 재령별 압축강도 발현 추이에 따라 경제적인 양생 방법을 제공하기 위한 것이다.

[0054] [도 1]은 지오폴리머의 Si/Al몰비에 따른 압축강도 측정결과를 나타낸 것이고, 아래의 [표 3]은 지오폴리머의 Si/Al몰비에 따른 압축강도 측정결과 및 표준편차를 정리한 것이다.

[0055] [표 3]

구분	양생방법	비정질 Si/Al몰비	압축강도(표준편차) (MPa)			
			재령1일	재령3일	재령7일	재령28일
실시예 1	재령 1일까지 70℃ 양생 후 재령 28일까지 상온(20℃) 양생	1.5	15.0 (0.8)	27.4 (2.9)	29.7 (3.6)	34.2 (2.0)
실시예 2		3.5	23.0 (1.0)	29.2 (3.0)	34.0 (2.3)	42.7 (5.6)
실시예 3		4.0	9.5 (0.0)	14.3 (0.1)	15.3 (0.1)	19.9 (1.9)
실시예 4	재령 28일까지 70℃ 양생	1.5	15.0 (0.8)	35.4 (6.2)	38.0 (0.5)	48.1 (6.1)
실시예 5		3.5	23.0 (1.0)	41.5 (1.9)	42.0 (0.5)	45.8 (3.8)
실시예 6		4.0	9.5 (0.0)	20.8 (0.9)	23.6 (0.4)	23.9 (0.8)

[0056]

[0057] 실시예 1(NaAlO_2 와 NaOH 의 혼합물을 알칼리자극제로 적용)은 재령 1, 3, 7, 28일에서 압축강도가 각각 15.0, 27.4, 29.7, 34.2MPa로 측정되었다.

[0058] 실시예 2(Na_2SiO_3 와 NaOH 의 혼합물을 알칼리자극제로 적용)는 재령 1, 3, 7, 28일에서 압축강도가 각각 23.0, 29.2, 34.0, 42.7MPa로 측정되었다.

[0059] 실시예 3(Na_2SiO_3 와 NaOH 의 혼합물을 알칼리자극제로 적용)은 재령 1, 3, 7, 28일에서 압축강도가 각각 9.5, 14.3, 15.3, 19.9MPa로 측정되었다.

- [0060] 실시예 4(NaAlO_2 와 NaOH 의 혼합물을 알칼리자극제로 적용)는 재령 1, 3, 7, 28일에서 압축강도가 각각 15.0, 35.4, 38.0, 48.1MPa로 측정되었다.
- [0061] 실시예 5(Na_2SiO_3 와 NaOH 의 혼합물을 알칼리자극제로 적용)는 재령 1, 3, 7, 28일에서 압축강도가 각각 23.0, 41.5, 42.0, 45.8MPa로 측정되었다.
- [0062] 실시예 6(Na_2SiO_3 와 NaOH 의 혼합물을 알칼리자극제로 적용)은 재령 1, 3, 7, 28일에서 압축강도가 각각 9.5, 20.8, 23.6, 23.9MPa로 측정되었다.
- [0063] [도 2]는 재령 28일 압축강도 대비 재령 1, 3, 7, 28일의 압축강도 발현율을 나타낸 것이다.
- [0064] 실시예 1에서는 재령 3일까지 압축강도가 급속히 향상되어 재령 28일 대비 재령 3일 압축강도 발현율은 약 80%이며, 재령 7일의 압축강도 발현율은 약 87%로 나타났다.
- [0065] 실시예 2에서도 재령 3일까지 압축강도가 급속히 향상되어 재령 28일 대비 재령 3일 압축강도 발현율이 약 68% 재령 7일의 압축강도 발현율은 약 80%로 나타났다.
- [0066] 실시예 3은 재령 28일 압축강도가 19.9MPa로 실시예 1,2에 비해 압축강도가 크게 저하된다. 한편, 재령 3일까지 압축강도가 급속히 향상되어 재령 28일 대비 재령 3일의 압축강도 발현율이 약 72%이며, 재령 7일의 압축강도 발현율은 약 77%로 나타났다.
- [0067] 실시예 4에서는 재령 3일까지 압축강도가 급속히 향상되어 재령 28일 대비 재령 3일 압축강도 발현율은 약 73%이며, 재령 7일의 압축강도 발현율은 약 79%로 나타났다. 단, 실시예 4의 재령 3일 압축강도가 실시예 1의 재령 28일 압축강도보다 커 재령 3일 후 블록 등 2차 제품의 조기 출고가 가능하다.
- [0068] 실시예 5에서도 재령 3일까지 압축강도가 급속히 향상되어 재령 28일 대비 재령 3일 압축강도 발현율은 약 91%이며, 재령 7일 압축강도 발현율은 약 92%로 나타났다. 따라서 이 경우에도 재령 3일 후 2차 제품의 조기 출고가 가능하다.
- [0069] 실시예 6은 재령 28일 압축강도가 23.9MPa로 실시예 4, 5에 비해 압축강도가 크게 저하된다. 한편, 재령 3일까지 압축강도가 급속히 향상되어 재령 28일 대비 재령 3일의 압축강도 발현율이 약 87%이며, 재령 7일 압축강도 발현율은 약 99%로 나타났다.
- [0070] 이상의 시험결과를 정리해 보면, 지오폐의 Si/Al 몰비가 4.0일 때 양생방법과 재령에 관계없이 압축강도가 저하됨을 알 수 있다.
- [0071] 지오폐의 Si/Al 몰비가 1.5~3.5 범위 내에 있는 경우는 공통적으로 재령 28일까지 양생온도 70℃를 유지하면 재령 3일까지 압축강도가 급속히 상승하여, 이 때의 재령 3일 압축강도가, 재령 1일까지 70℃ 양생 후 재령 28일까지 상온(실시예들에서는 20℃) 양생할 때의 재령 28일 압축강도와 유사하게 발현된다(상회 또는 근접).
- [0072] 이에 따라 2차 제품 출고 예정일이 재령 3일~28일 범위 이내이면 양생온도 70℃를 유지하여 압축강도가 조기에 발현되도록 하고, 2차 제품 출고 예정일이 재령 28일 경과 후이면 재령 1일까지 양생온도 70℃를 유지하다가 재령 2일~28일에서는 상온 양생을 실시함으로써 양생에 소요되는 에너지 비용을 절감시킬 수 있다.
- [0073] 전술한 (e)단계를 부연설명하면 다음과 같다.
- [0074] (e)단계는 상기 플라이애시, 알칼리활성화제 및 물이 혼합된 지오폐 조성물의 30~40wt%를 잔골재로 치환하여 혼합하는 단계이다.
- [0075] 전술한 바와 같이 지오폐 조성물(페이스트)의 일부를 잔골재로 치환하여 적용한 것은 지오폐 모르타르라 칭할 수 있으나, 지오폐 모르타르에서 잔골재는 강도 발현을 위한 골재의 역할보다는 경계성을 고려한 채움재로 볼 수 있다.
- [0076] 아래의 [표 4]는 Fly ash를 원재료로 하고, 알칼리활성화제 첨가에 따라 비정질 Si/Al 몰비를 1.5로 맞춘 지오폐 조성물(페이스트)의 일부를 잔골재로 치환해 가며 재령별 압축강도를 실험한 결과를 정리한 표이다. 양생 방법은 재령 1일까지는 70℃ 양생, 재령 2일 이후부터 재령 28일까지는 상온(20℃) 양생을 실시하는 방법을 채택하였다.

[0077] [표 4]

구분	압축강도(표준편차) (MPa)			
	재령1일	재령3일	재령7일	재령28일
0wt% 치환	15.0 (0.8)	27.4 (2.9)	29.7 (3.6)	34.2 (2.0)
20wt% 치환	14.4 (0.5)	14.5 (0.1)	18.1 (1.8)	23.7 (0.8)
30wt% 치환	14.6 (0.4)	14.9 (0.5)	21.4 (2.3)	26.4 (0.3)
40wt% 치환	13.8 (0.2)	14.8 (1.0)	22.0 (0.7)	26.1 (0.8)

[0078]

[0079]

위의 [표 4]에서 파악되듯이 지오폴리머 조성물(페이스트)의 일부를 잔골재로 치환하면 압축강도가 저하된다.

[0080]

[도 3]에 도시된 바와 같이 지오폴리머 조성물(페이스트)의 20wt%를 잔골재로 치환하는 경우 재령별 압축강도가 급속히 저하되는데, 이는 잔골재가 지오폴리머 조성물의 이물질로 작용하기 때문인 것으로 생각된다. 다만, 지오폴리머 조성물(페이스트)의 20~30wt%를 잔골재로 치환할 때에는 재령별 압축강도가 다소 회복세를 보이며, 이는 잔골재량이 많아지면서 잔골재가 골재의 역할도 어느 정도 수행한 것으로 보인다. 지오폴리머 조성물(페이스트)의 40wt%를 잔골재로 치환할 때에는 다시 재령별 압축강도가 저하되며, 이는 지오폴리머가 잔골재에 대한 결합재로 작용하는 것이 아니기 때문인 것으로 추측된다.

[0081]

결국, 지오폴리머 조성물의 일부를 잔골재로 치환할 때 재령별 압축강도가 저하되는 것은 마찬가지이나, 그 안에서도 압축강도가 다소나마 회복되는 영역이 있으며, 압축강도 발현 추이와 잔골재 치환 적용으로 인한 경제성을 고려할 때, 지오폴리머 조성물의 30~40wt%를 잔골재로 치환하여 혼합할 때 압축강도 손실이 가장 적다.

[0082]

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

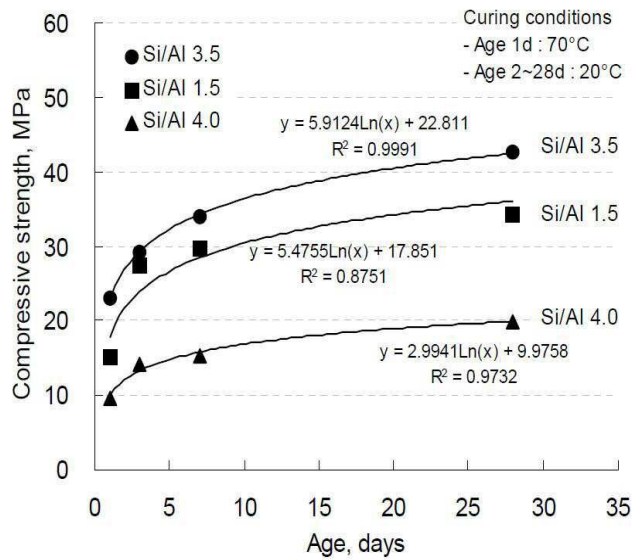
부호의 설명

[0083]

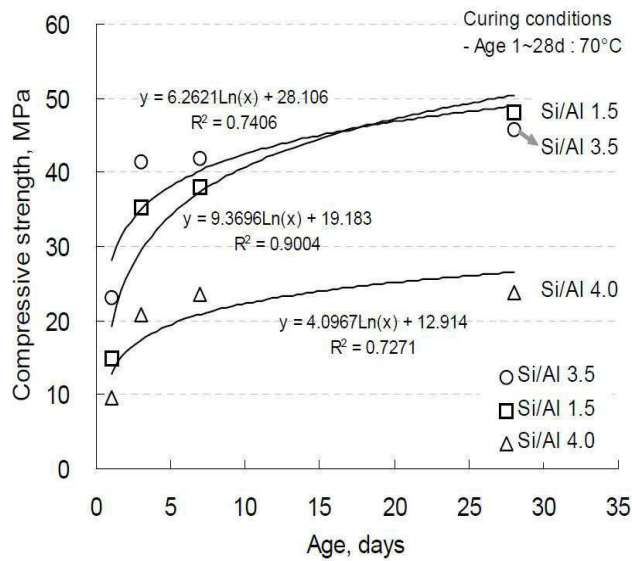
해당 없음

도면

도면1

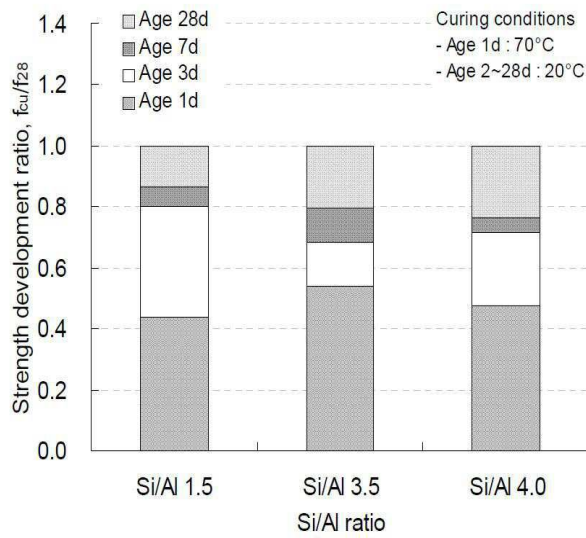


(a) 재령 1일까지 70°C 양생 후, 20°C 양생 조건

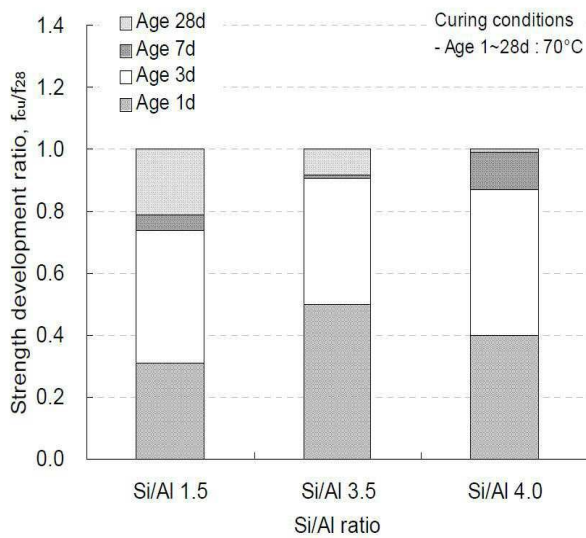


(b) 재령 28일까지 70°C 양생 조건

도면2



(a) 재령 1일까지 70°C 양생 후, 20°C 양생 조건



(b) 재령 28일까지 70°C 양생 조건

도면3

