



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0036584
(43) 공개일자 2017년04월03일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 18/04 (2006.01) B28B 11/24 (2006.01)
B28C 5/00 (2006.01) C04B 18/08 (2006.01)
C04B 7/153 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C04B 18/0409 (2013.01)
B28B 11/24 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-0174959
(22) 출원일자 2015년12월09일
심사청구일자 2015년12월09일
- (30) 우선권주장
1020150135239 2015년09월24일 대한민국(KR)

- (71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
- (72) 발명자
이우진
서울시 중구 청구로 64, 109동604호 (신당동, 청구e편한세상)
- 추현욱
서울특별시 성북구 인촌로 44, 704호 (안암동3가, 중앙제일오피스텔)
- (74) 대리인
특허법인남춘

전체 청구항 수 : 총 6 항

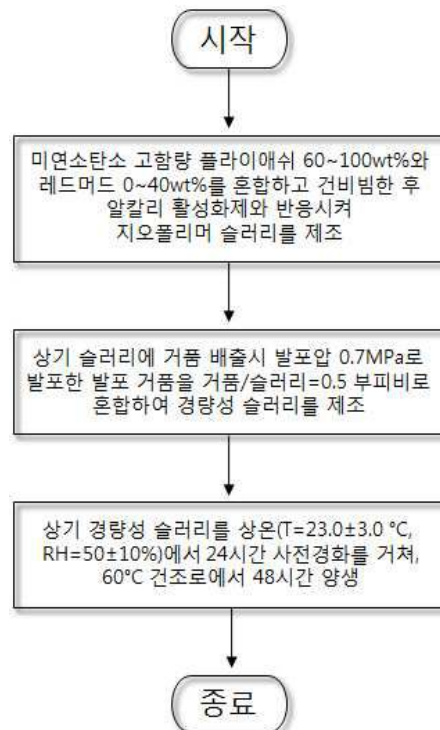
(54) 발명의 명칭 레드머드와 미연소탄소 고품량 플라이애쉬를 이용한 경량 지오폐리머 경화체 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 경량 지오폐리머 경화체 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 미연소탄소 고품량 플라이애쉬와, 레드머드와, 상기 미연소탄소 고품량 플라이애쉬 및 상기 레드머드와 중합반응하는 알칼리 활성화제를 포함하는 지오폐리머 슬러리와, 발포제에 의해 형성되는 발포거품을 구비하며, 상기 미연소탄소 고품량 플라이애쉬는 다공질성 미

(뒷면에 계속)

대표도 - 도4



연소탄소를 6 내지 21% 함유하고, 상기 알칼리 활성화제는 수산화나트륨 수용액과 규산나트륨수용액을 중량비 1 : 1로 혼합하여 형성되며 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬 및 상기 레드머드와 중합반응하며, 상기 발포제는 동물성 계면활성제계 발포제로 구성하여 시멘트 및 콘크리트 혼화제로 사용할 수 없었던 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 지오폐리머 바인더의 제조에 활용할 수 있으므로 화력발전소의 부산물 처리에 소요되는 비용을 절감하고 그로 인한 환경문제를 개선할 수 있고, 또한, 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 사용한 경화체에 적합한 고압 발포기술을 이용하면서도 경량성 경화체를 제작시 발생하는 단점인 기포의 소포로 인한 체적감소 및 밀도증가를 상기 레드머드의 활용에 의해 방지할 수 있고 기존의 경량 시멘트 콘크리트에 비하여 건조 수축 면에서 우수한 효과를 얻을 수 있으며, 산업부산물인 레드머드의 처리에 소요되는 비용을 절감하고 그로 인한 환경문제를 개선할 수 있으며, 시멘트 제조 시 발생하는 이산화탄소를 경감시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류

B28C 5/003 (2013.01)

C04B 18/08 (2013.01)

C04B 7/1535 (2013.01)

이동건

서울시 송파구 충민로4길 19, 502동1402호(장지동, 송파파인타운아파트)

(72) 발명자

임상형

서울시 성동구 뚝섬로3길 8, 101동 1301호 (성수동1가, 현대그린아파트)

이주형

경기도 의왕시 평의길 48, 106동 1701호(포일동, 위브호수마을1단지)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C02129110100417359

부처명 경기지방중소기업청

연구관리전문기관 (사)한국산학연합회

연구사업명 산학연 도약기술개발사업

연구과제명 미연소탄소 고함량의 플라이애쉬를 이용한 친환경 지오폐리머 제품 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2014.08.01 ~ 2015.07.31

명세서

청구범위

청구항 1

미연소탄소 고함량 플라이애쉬와, 레드머드와, 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬 및 상기 레드머드와 중합반응하는 알칼리 활성화제를 포함하는 지오폐리머 슬러리와,

발포제에 의해 형성되는 발포거품을 구비하며,

상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬는 다공질성 미연소탄소를 6 내지 21% 함유하고,

상기 레드머드는 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬와 건비빔되며,

상기 알칼리 활성화제는 수산화나트륨 수용액과 규산나트륨수용액을 중량비 1 : 1로 혼합하여 형성되며 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬 및 상기 레드머드와 중합반응하며,

상기 발포제는 동물성 계면활성제계 발포제인 것을 특징으로 하는 레드머드와 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 이용한 경량 지오폐리머 경화체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 발포거품은 동물성 계면활성제계 발포제를 0.7MPa로 발포하여 형성되며, 고압발포후의 부피가 상기 지오폐리머 슬러리의 부피에 대하여 0.5 : 1의 부피비를 갖는 것을 특징으로 하는 레드머드와 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 이용한 경량 지오폐리머 경화체.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 지오폐리머 슬러리에 함유된 실리콘과 알루미늄의 몰비(Si/Al 몰비)는 0.98 내지 1.59의 범위인 것을 특징으로 하는 레드머드와 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 이용한 경량 지오폐리머 경화체.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 레드머드는 상기 지오폐리머 슬러리에 대하여 10 ~ 40 중량%인 것을 특징으로 하는 레드머드와 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 이용한 경량 지오폐리머 경화체.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 계면활성제계 발포제의 농도는 0.5 ~ 2.0%인 것을 특징으로 하는 레드머드와 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 이용한 경량 지오폐리머 경화체.

청구항 6

다공질성 미연소탄소를 6 내지 21% 함유하는 미연소탄소 고함량 플라이애쉬와, 레드머드를 혼합한 후 건비빔하는 단계와,

수산화나트륨수용액과 규산나트륨 수용액을 중량비 1 : 1로 혼합한 알칼리 활성화제를 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬와 상기 레드머드의 혼합물에 첨가하여 중합반응시켜 지오폴리머 슬러리를 제조하는 단계와,

동물성 계면활성제계 발포제를 0.7MPa로 발포하여 형성된 발포거품을 상기 지오폴리머 슬러리에 혼합하는 단계와,

상기 발포거품을 포함하는 상기 지오폴리머 슬러리를 상온에서 24시간 사전경화시킨 후 건조로에서 48시간 양생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 레드머드와 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 이용한 경량 지오폴리머 경화체의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 경량 지오폴리머 경화제 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 화력발전소 부산물인 미연소탄소 고함량 플라이애쉬에 알루미늄 제련소 부산물인 레드머드를 첨가하고 발포기술을 이용하여 고압발포된 기포가 소멸하는 것을 방지하고 경량 콘크리트의 체적감소 문제를 해결할 수 있는 경량 지오폴리머 경화제 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 기존의 탄소 의존형 경제 패러다임에서 벗어나서, 저탄소 녹색성장과 저탄소 사회 구현을 위한 여러 가지 방안이 모색되고 있으며, 여러 세부적인 시행 사항 중 하나로, 석탄 화력발전소에 대한 규제도 따를 전망이며, 이는 화력발전소의 SO_x 및 NO_x 발생 저감을 위해 버너 교체 및 보일러 연소 온도 저감 등을 골자로 할 것으로 보인다. 이러한 석탄 화력 발전 방식의 변화는 플라이애쉬의 품질에 직접적인 영향을 미치게 되며, 기존의 플라이애쉬에 비하여 미연소탄소 함유량이 높은 플라이애쉬(이하 미연소탄소 고함량 플라이애쉬)를 대량 배출할 것으로 예상된다.

[0003] 현재, 플라이애쉬 재활용은 약 65%가 시멘트 및 콘크리트 혼화제로 사용되고 있으나, 미연소탄소 고함량 플라이애쉬의 경우 강도 저하 등의 이유로 시멘트 콘크리트 혼화제로 사용이 불가하다. 따라서 미연소탄소 고함량의 플라이애쉬는 대부분 매립되는 실정이며, 이러한 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 활용할 수 있는 방법이 절실한 상황이다.

[0004] 또한, 최근 시멘트 소비가 지속적으로 증가하고 있으며, 세계적으로 시멘트의 제조량은 해마다 약 3% 증가하고 있으며, 국내 대부분의 건설현장에서도 포틀랜드 시멘트를 사용하고 있다. 포틀랜드 시멘트 제작 시 다량의 이산화탄소가 배출되며, 전 세계에서 배출되는 총 이산화탄소량의 약 5%를 차지한다. 이산화탄소는 지구온난화의 주 원인 중 하나이며, 전 세계적으로 이산화탄소 발생량 감소를 위한 노력을 기울이고 있다.

[0005] 이러한 노력 중 하나가 포틀랜드 시멘트를 대체할 수 있는 바인더를 찾는 것이며, 1970년대부터 활발하게 연구되고 있는 지오폴리머(geopolymer)도 이 중 하나이다.

[0006] 지오폴리머는 비결정 알루미늄 규산염(amorphous aluminosilicate) 물질에 수용성 알칼리 활성화제(alkali activator)를 혼합하여, 중합반응(geopolymerization)을 유도하고 분자들이 재배열 되면서 강도를 발현한다.

[0007] 지오폴리머 제품의 강도는 바인더(binder)의 종류, 사전양생 유무, 양생조건, 알칼리 활성화제 종류 등에 큰 영향을 받는다.

[0008] 지오폴리머에 관한 기술개발은 메타카올린(metacolin), 미연소탄소 저??량 플라이애쉬, 고로슬래그 등을 위주로 이루어져 왔다.

[0009] 한편, 레드머드는 보오크사이트를 원료로 하여 Bayer 공정(수산화나트륨을 용해하여 알루미늄분을 추출)을 통해 알루미늄을 채취하고 발생하는 잔류물이다. 이 공정을 통해 수산화 알루미늄 1톤을 생산하는데 약 2톤의 레드머드가 발생하며, 전 세계적으로 연간 약 1.2억톤 정도 발생되고 있다.

[0010] 레드머드는 보오크사이트 정련 과정에서 강염기성의 수산화나트륨을 사용하여 발생하므로, pH 10-13 정도의 강염기성을 띄는 슬러리 형태의 물질로 배출되고 있기 때문에 2001년 이후 육상 직매립이 제한되고 있다. 현재 우

리나라에서는 알루미늄 제련을 시작한 1993년 이후 점차 레드머드 발생량이 증가하여 연간 약 20만톤 이상이 발생되고 있으나 재활용율은 15% 이하로 재활용율이 낮은 산업부산물이다. 이와 같이 낮은 재활용률과 유해성으로 인하여 레드머드를 적재하는데 있어 많은 문제가 발생하고 있으며, 레드머드의 궁극적인 처리 없이는 레드머드로 인한 환경재난이 언제 발생할지 모르는 상황이다.

[0011] 따라서, 산업발전으로 인해 해마다 증가하는 부산물 발생을 해결하기 위한 경제적이고 효율적인 재활용 기술개발이 시급한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 한국특허 10-1337759(무기결합재 조성물)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상기와 같은 산업부산물 재활용상의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 시멘트 바인더를 사용하지 않고, 점차 발생량이 증가하는 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 지오폐리머 바인더로 재활용하는 경량 지오폐리머 경화체를 제공하는 것이다.

[0014] 또한, 본 발명의 다른 목적은 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 사용한 경화체에 적합한 고압발포기술을 이용하면서도 경량성 경화체를 제작시 발생하는 단점인 기포의 소포로 인한 체적감소 및 밀도증가를 방지할 수 있고 건조수축율이 낮은 경량 지오폐리머 경화체 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 경량 지오폐리머 경화체는 미연소탄소 고함량 플라이애쉬와, 레드머드와, 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬 및 상기 레드머드와 중합반응하는 알칼리 활성화제를 포함하는 지오폐리머 슬러리와, 발포제에 의해 형성되는 발포거품을 구비하며, 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬는 다공질성 미연소탄소를 6 내지 21% 함유하고, 상기 레드머드는 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬와 건비빔되며, 상기 알칼리 활성화제는 수산화나트륨 수용액과 규산나트륨수용액을 중량비 1 : 1로 혼합하여 형성되며 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬 및 상기 레드머드와 중합반응하며, 상기 발포제는 동물성 계면활성제계 발포제인 것을 특징으로 한다.

[0016] 여기서, 상기 발포거품은 동물성 계면활성제계 발포제를 0.7MPa로 발포하여 형성되며, 고압발포후의 부피가 상기 지오폐리머 슬러리의 부피에 대하여 0.5 : 1의 부피비를 갖는 것을 특징으로 한다.

[0017] 여기서, 상기 지오폐리머 슬러리에 함유된 실리콘과 알루미늄의 몰비(Si/Al 몰비)는 0.98 내지 1.59의 범위인 것을 특징으로 한다.

[0018] 여기서, 상기 레드머드는 상기 지오폐리머 슬러리에 대하여 10 ~ 40 중량%인 것을 특징으로 한다.

[0019] 여기서, 상기 계면활성제계 발포제의 농도는 0.5 ~ 2.0%인 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 본 발명에 의한 경량 지오폐리머 경화체의 제조방법은, 다공질성 미연소탄소를 6 내지 21% 함유하는 미연소탄소 고함량 플라이애쉬와, 레드머드를 혼합한 후 건비빔하는 단계와, 수산화나트륨과 규산나트륨을 중량비 1 : 1로 혼합한 알칼리 활성화제를 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬와 상기 레드머드의 혼합물에 첨가하여 중합반응시켜 지오폐리머 슬러리를 제조하는 단계와, 동물성 계면활성제계 발포제를 0.7MPa로 발포하여 형성된 발포거품을 상기 지오폐리머 슬러리에 혼합하는 단계와, 상기 발포거품을 포함하는 상기 지오폐리머 슬러리를 상온에서 24시간 사전경화시킨 후 건조로에서 48시간 양생시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0021] 상술한 구성을 가지는 본 발명의 경량 지오폐리머 경화체 및 그 제조 방법에 의하면, 시멘트 및 콘크리트 혼화제로 사용할 수 없었던 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 지오폐리머 바인더의 제조에 활용할 수 있으므로 화력

발전소의 부산물 처리에 소요되는 비용을 절감하고 그로 인한 환경문제를 개선할 수 있다.

[0022] 또한, 미연소탄소 고함량 플라이애쉬를 사용한 경화체에 적합한 고압발포기술을 이용하면서도 경량성 경화체를 제작시 발생하는 단점인 기포의 소포로 인한 체적감소 및 밀도증가를 상기 레드머드의 활용에 의해 방지할 수 있고 기존의 경량 시멘트 콘크리트에 비하여 건조 수축 면에서 우수한 효과를 얻을 수 있다.

[0023] 또한, 산업부산물인 레드머드의 처리에 소요되는 비용을 절감하고 그로 인한 환경문제를 개선할 수 있으며, 시멘트 제조 시 발생하는 이산화탄소를 경감시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 플라이애쉬의 입도분포곡선을 나타내는 도면이고,
 도 2는 플라이애쉬의 SEM 사진을 나타내는 도면이며,
 도 3은 본 발명의 알칼리 활성화제의 중합반응을 설명하기 위한 도면이고,
 도 4는 본 발명에 의한 경량 지오폐리머 경화체의 제조방법을 나타내는 도면이고,
 도 5는 본 발명의 지오폐리머 슬러리의 Si/Al(몰비)에 따른 지오폐리머 조성물의 압축강도를 나타내는 도면이고,
 도 6은 본 발명의 레드머드 농도에 따른 지오폐리머 조성물의 압축강도를 나타내는 도면이고,
 도 7은 본 발명의 레드머드 함량에 따른 경량 지오폐리머 조성물의 압축강도 및 밀도를 나타내는 도면이고,
 도 8은 본 발명의 레드머드 함량에 따른 경량 지오폐리머 조성물의 체적 변화를 나타내는 도면이고,
 도 9는 본 발명의 발포제 농도에 따른 경량 지오폐리머 조성물의 압축강도 및 밀도를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하에서는, 본 발명에 의한 경량 지오폐리머 경화체 및 그 제조 방법에 대하여 첨부된 도면을 참조하여 실시예로써 상세하게 설명한다.

[0026] 본 발명에 따른 경량 지오폐리머 경화체는 미연소탄소 고함량 플라이애쉬와, 레드머드와, 알칼리 활성화제를 포함하는 지오폐리머 슬러리를 포함하며, 상기 지오폐리머 슬러리에는 별도로 형성된 고압발포된 발포거품이 혼합된다.

[0027] 지오폐리머는 알루미늄 규산염 광물과 알칼리 활성화제 반응에 의해 삼차원적인 구조의 물질인 폴리시알레이트(polysialate, Si-O-Al), 폴리시알레이트 실록소(polysialate-siloxo, Si-O-Al-O-Si-O), 폴리시알레이트 다이실록소(polysialate-disiloxo, Si-O-Al-O-Si-O-Si-O)의 결합을 갖는다.

[0028] 상기 지오폐리머는, 도 3에 나타난 바와 같이, 두 개의 단계로 나눌 수 있으며, 순차적으로 일어나는 것이 아니라 거의 동시에 발생한다. 1) 알루미늄 규산염 광물의 용해 및 재배열이 발생, 2) 용해된 알루미늄 규산염 광물이 고알칼리 용액 상태에서 중합 반응하여 경화된다.

[0029] 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬는 화력발전소에서 유연탄을 미분탄형 연소기에서 연소하고 발생하는 부산물로서, 도1의 입도분포곡선으로부터 구한 평균입경(D₅₀)이 12μm정도 이며 도2에서 보는 바와 같이 입자의 크기가 20μm 이하의 구형의 비결정질 알루미늄 규산염, 유리질(cenosphere) 등으로 구성되어 있다.

[0030] 본 발명의 상기 지오폐리머 슬러리에 있어서, 상기 플라이애쉬는 입자크기가 50μm 정도의 다공질성 미연소탄소가 다량 포함되어 있는 것을 예로 한다. 또한, 상기 플라이애쉬는 미연소탄소를 6% ~ 21% 정도로 다량 포함하고 있어 ASTM C618 기준에 의해 시멘트 콘크리트 혼화제로 사용할 수 없는 플라이애쉬를 대상으로 한다.

[0031] 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬의 화학적 성분은 [표 1]과 같다.

표 1

화학 성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	MgO	P ₂ O ₅	TiO ₂	L.O.I
중량%	42.05	20.06	7.27	4.73	1.52	1.13	0.53	1.17	0.60	1.27	19.20

- [0033] 또한, 상기 알칼리 활성화제는 중합반응에 사용하기 24시간 이전에 수산화나트륨(NaOH)을 적정한 물농도로 제작하여 규산나트륨(sodium silicate, 9~10% Na₂O, 28~30 SiO₂)과 중량비 1:1로 혼합하여 충분한 냉각을 거친 후 사용한다.
- [0034] 본 실시예에 있어서, 상기 경량 지오폐리머 경화체에 기포를 형성하기 위해서 계면활성제계 발포제를 고압으로 발포하여 거품을 지오폐리머 슬러리에 혼합하는 선발포(pre-foaming)방식을 사용한다.
- [0035] 본 발명에서 사용하는 계면활성제계 발포제는 동물성 발포제이며, 발포압은 거품 배출시 0.7MPa로 한다.
- [0036] 일반적으로 선발포 방식은 작업의 편의와 경화체 내에 기포 분포가 상대적으로 양호하다는 이유로 사용되고 있으나, 시멘트 콘크리트와 지오폐리머 같은 경화체에 선발포 방식을 이용해 경량화 하는 경우 소포의 확률이 높아지는 단점이 있다. 상기와 같은 단점을 보완하기 위해 제품제작 시에는 고압증기양생을 사용하고, 현장에서는 소포로 인한 체적 감소량 만큼의 추가물량을 투입하고 있다.
- [0037] 본 발명에서는 소포로 인한 체적감소와 밀도 증가를 방지하기 위해 레드머드를 첨가하여 이러한 단점을 보완한다.
- [0038] 레드머드의 주 성분은 표 2에 나타낸 바와 같이 제이산화철(Fe₂O₃)을 주성분으로 하여 붉은 색을 띄며 pH가 10.97로 강염기성 물질이다.

표 2

화학 성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	MgO	P ₂ O ₅	TiO ₂	L.O.I
중량%	18.3	21.6	29.45	2.76	12.02	0.03	-	-	0.13	6.26	9.1

- [0040] 또한 상기 레드머드의 첨가는 알칼리 활성화제를 넣기 전 플라이애쉬와 레드머드를 건비빔하여 사용하는 것으로 한다.
- [0041] 한편, 도 4는 본 발명에 의한 상기 경량 지오폐리머 경화체의 제조방법을 나타내는 도면이다. 도 4에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 경량 지오폐리머 경화체의 제조방법은, 우선 지오폐리머 슬러리를 제조한다. 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬와, 상기 레드머드를 혼합한 후 건비빔한 후, 상기 알칼리 활성화제를 상기 미연소탄소 고함량 플라이애쉬와 상기 레드머드의 혼합물에 첨가하여 중합반응시켜 상기 지오폐리머 슬러리를 제조한다.
- [0042] 그런 다음, 상기 지오폐리머 슬러리에 동물성 계면활성제계 발포제를 0.7MPa로 발포하여 상기 슬러리 내에 발포 거품을 형성한다.
- [0043] 그런 다음, 상기 발포거품을 포함하는 상기 지오폐리머 슬러리를 상온에서 사전경화시킨 후 건조로에서 48시간 양생시켜 상기 경량지오폐리머 경화체를 완성한다.
- [0044] 상기 경량 지오폐리머 경화체를 제조하기 위한 상기 지오폐리머 슬러리에 있어서 국내에서 발생하는 미연소탄소 고함량 플라이애쉬, 수산화나트륨, 규산나트륨, 레드머드 및 물의 배합비율을 [표 3] 내지 [표 6]에 나타낸 바와 같이 변화시켜가면서 지오폐리머 제조 실험을 수행하였다.
- [0045] 상술한 바와 같이, 플라이애쉬는 화력발전소의 부산물로서 공정에 사용되는 석탄의 종류, 연소기 온도, 환경에 따라 발전소, 발생날짜 등에 따라 각기 다른 화학적 조성을 가지며, 레드머드 또한 보오크사이트(광물)로부터 알루미늄을 추출하고 발생하는 부산물로서 사용된 보오크사이트의 순도, 공정과정의 pH 등에 따라 제련소, 발생날짜 등에 따라 각기 다른 화학적 조성을 갖는다.
- [0046] 이에 따라 플라이애쉬와 레드머드와 수산화나트륨(NaOH)과 규산나트륨(Na₂SiO₃)의 혼합물인 상기 지오폐리머 슬러리는 중량비가 일정하더라도 사용된 재료(원료)의 순도 혹은 화학적 조성에 따라 모두 다른 강도와 특성을 갖게 된다.

표 3

[0047]

구분	슬러리의 Si/Al(몰비)에 따른 지오폴리머 조성물 및 배합비율(중량 %)				
			플라이애쉬(중량 %)	레드머드(중량 %)	Si/Al(몰비)
	실시예1	90	10	0.98	
실시예2	90	10	1.08		
실시예3	90	10	1.19		
실시예4	90	10	1.32		
실시예5	90	10	1.45		
실시예6	90	10	1.59		

[0048]

표 3은 슬러리의 Si/Al(몰비)에 따른 지오폴리머 제품의 강도를 파악하기 위해 본 발명에 따른 레드머드를 혼합한 플라이애쉬 지오폴리머 조성물의 실시 예이다. 플라이애쉬와 레드머드의 중량비를 90 : 10으로 고정하고 알칼리 활성화제의 농도를 변화시켜 지오폴리머 슬러리를 제작하였고, 50×50×50mm 큐브몰드에 주입하여, 상온(T=23.0±3.0 ℃, RH=50±10%)에서 24시간 사전경화를 거쳐, 60℃ 건조로에서 48시간 양생시켜 3일 강도를 측정하였다.

[0049]

측정 결과, 도 5에 나타난 바와 같이, 상기 지오폴리머 슬러리에 함유되어 있는 실리콘/알루미늄(Si/Al)의 몰비가 0.98부터 점차 증가하기 시작하여 1.32 ~ 1.59의 범위에서 급격한 강도 증진효과가 있었으며, 약 1.45에서 29.6MPa로 가장 큰 강도를 나타냄을 알 수 있다.

표 4

[0050]

구분	레드머드 농도에 따른 지오폴리머 조성물 및 배합비율				
			플라이애쉬(중량 %)	레드머드(중량 %)	Si/Al(몰비)
	실시예1	100	0	1.52	
실시예2	90	10	1.45		
실시예3	80	20	1.38		
실시예4	60	40	1.36		

[0051]

표 4는 레드머드 함량에 따른 지오폴리머 제품의 강도를 파악하기 위해 본 발명에 따른 레드머드를 서로 다른 중량비로 혼합한 플라이애쉬 지오폴리머 조성물의 실시예이다.

[0052]

상기 표 3에 나타난 바와 같이, 가장 큰 강도를 보인 실시예 5와 동일한 물농도의 알칼리 활성화제를 동일한 량으로 배합하고, 상기과 동일한 방식으로 양생하여 3일 강도를 측정하고, 그 결과를 도 6에 나타내었다.

[0053]

도 6에 나타난 바와 같이, 상기 레드머드의 함량 0%(Si/Al 몰비 약 1.5)에서 최대강도를 나타냈으며 레드머드 함량이 높아질수록 Si/Al 몰비가 감소하여 강도 또한 33.8MPa에서 레드머드 함량 40%시 15.6MPa로 약 55% 감소하였다.

표 5

[0054]

구분	레드머드 함량에 따른 경량 지오폴리머 조성물 및 배합비율				
			플라이애쉬(중량 %)	레드머드(중량 %)	발포제 농도(중량 %)
	실시예1	100	0	2.0	
실시예2	90	10	2.0		
실시예3	80	20	2.0		
실시예4	60	40	2.0		

[0055] 표 5는 상기 레드머드의 함량에 따른 경량 지오폴리머 제품의 강도를 파악하기 위해 상기 레드머드를 서로 다른 중량비로 혼합한 것을 나타낸 실시예이다.

[0056] 여기서, 상기 발포제 농도는 2.0%로, 상기 지오폐리머 슬러리와 고압발포된 발포거품의 비율은 1 : 0.5의 부피 비로 고정하였으며, 실험 과정은 상술한 실험예의 내용과 같으며, 그 결과를 도 7에 나타낸다.

[0057] 도 7에 나타낸 바와 같이, 상기 레드머드가 첨가되지 않은 경량 지오폴리머 조성물의 경우 약 33%의 체적 감소를 보이는데 반해, 상기 레드머드가 첨가된 경우 상기 레드머드의 함량에 따라 약 2%(레드머드 함량 40%)에서 3%(레드머드 함량 10%)로 매우 낮은 체적 감소를 보였다.

[0058] 또한, 고압 발포 거품을 혼합한 경우, 레드머드 함량이 증가함에 따라 강도는 17.1 MPa(레드머드 함량 0%)에서 0.4 MPa(레드머드 함량 40%)로 감소하였고, 밀도는 1.51 g/cm³(레드머드 함량 0%)에서 1.05 g/cm³(레드머드 함량 40%)로 감소하였다. 상기 레드머드 함량이 과도할 경우 압축강도의 저하가 크므로 그 사용이 부적절하지만, 약 10%의 레드머드 혼합으로도 체적감소는 방지할 수 있기 때문에 상기 경량 지오폐리머 경화체에 요구되는 강도에 따라 상기 레드머드의 혼합량을 조절하여 사용할 수 있다.

II 6

[0059]

구분	발포제 농도에 따른 경량 지오폐리머 조성물 및 배합비율				
			플라이애쉬 (중량 %)	레드머드 (중량 %)	발포제 농도 (중량 %)
	실시예1	90	10	0.0	
실시예2	90	10	0.5		
실시예3	90	10	1.0		
실시예4	90	10	2.0		

[0060] 표 6은 발포제 농도에 따른 경량 지오폐리머 제품의 강도를 파악하기 위해 본 발명에 따른 발포제 농도를 달리 하여 생성한 고압 발포 거품을 혼합한 경량 플라이애쉬 지오폐리머 조성물의 실시예이다.

[0061] 실험과정은 상술한 실험의 내용과 같으므로 중복된 설명은 생략한다. 상기 발포제 농도에 따른 압축강도는 도 9에 나타난 바와 같이 발포제 농도가 0%에서 0.5%, 1.0%로 증가함에 따라 감소하였다가 2.0%에서 약 50% 증가한 12.4 MPa로 측정되었다. 밀도 또한 비슷한 양상을 띄었으나 2.0%에서 약 6% 증가한 1.41 g/cm³으로 측정되었다.

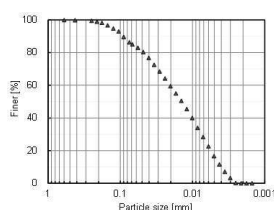
[0062] 본 발명에 따른 레드머드와 미연소탄소 고탍량 플라이애쉬를 이용한 경량 지오폴리머 경화체는 기존의 선발포 방식의 단점인 체적감소와 밀도 증가를 보완하였으며, 다량 발생하는 미연소탄소 고탍량 플라이애쉬와 레드머드의 재활용률을 높이는데 기여할 수 있다. 또한 생산 시 이산화탄소를 다량 발생시키는 시멘트의 대체제로써 활용이 가능하여 경량기포블록, 슬라브 바닥재 등에 이용될 수 있다.

[0063] 또한, 레드머드 함량이 높은 경량성 지오폐리머의 경우 강도가 낮은 대신 유동성이 좋아 저장도 고유동화재 (CLSM, controlled low strength material)에 이용될 수 있다.

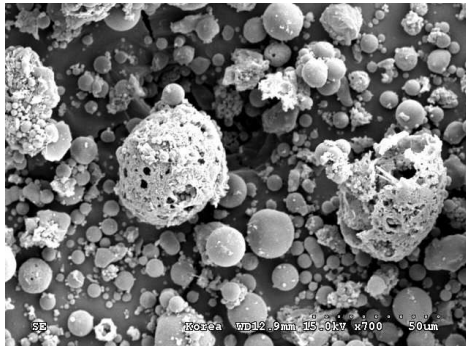
[0064] 비록 본 발명의 몇몇 실시예들이 도시되고 설명되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 당업자라면 본 발명의 원칙이나 정신에서 벗어나지 않으면서 본 실시예를 변형할 수 있음을 알 수 있을 것이다. 발명의 범위는 첨부된 청구항과 그 균등물에 의해 정해질 것이다.

도면

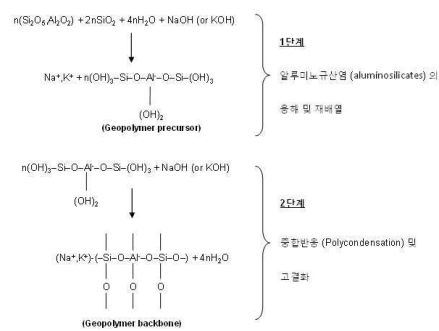
도면1



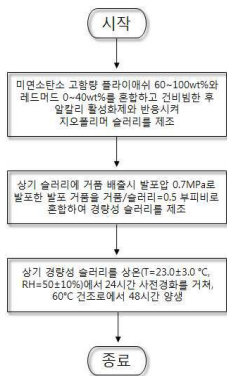
도면2



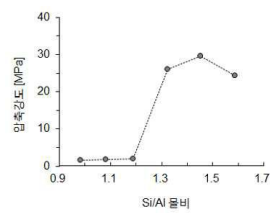
도면3



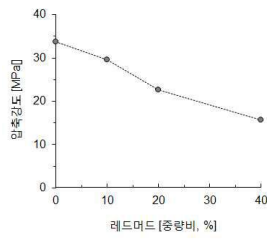
도면4



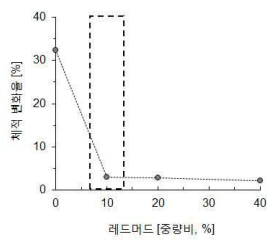
도면5



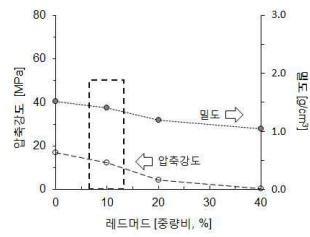
도면6



도면7



도면8



도면9

