



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0164909
(43) 공개일자 2023년12월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C04B 28/00 (2006.01) C04B 22/06 (2006.01)
C04B 22/10 (2006.01) C04B 40/00 (2006.01)
C04B 40/02 (2006.01) C04B 7/24 (2006.01)
C04B 111/10 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C04B 28/006 (2013.01)
C04B 22/064 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0064629

(22) 출원일자 2022년05월26일

심사청구일자 2022년05월26일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

오재은

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

송해민

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인

제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 바텀애시를 이용한 결합재 조성물 및 그의 경화체 제조방법

(57) 요약

바텀애시를 이용한 결합재 조성물 및 그의 경화체 제조방법이 개시된다.

이 중에서 결합재 조성물의 경화체 제조방법은 바텀애시 100중량부에 대하여 소석회 16 내지 44중량부와 소다회 8 내지 22중량부를 건 혼합하는 건 혼합 단계와, 바텀애시, 소석회 및 상기 소다회가 혼합된 결합재 조성물에 물을 혼합하여 페이스트를 생성하는 페이스트 단계와, 페이스트 단계에서 생성된 페이스트를 기 설정된 형상으로 성형하는 성형 단계와, 성형 단계에서 성형된 페이스트를 경화체로 양생하는 양생 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C04B 22/10 (2013.01)

C04B 40/0032 (2013.01)

C04B 40/02 (2013.01)

C04B 7/243 (2013.01)

C04B 2111/1037 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711137639
과제번호	2021R1A4A1030867
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	탄소중립형 고성능 무시멘트 콘크리트 및 구조적용 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2021.06.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

바텀애시 100중량부에 대하여 소석회 16 내지 44중량부와, 소다회 8 내지 22중량부를 포함하는,
바텀애시를 이용한 결합재 조성물.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
CIE 색도계에 의한 70.1 내지 78.2 명도값을 가지는,
바텀애시를 이용한 결합재 조성물.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 바텀애시 100중량부에 대하여 고로슬래그 11 내지 25중량부를 더 포함하는,
바텀애시를 이용한 결합재 조성물.

청구항 4

제 1 항에 있어서
상기 바텀애시 100중량부에 대하여 플라이애시 11 내지 25중량부를 더 포함하는,
바텀애시를 이용한 결합재 조성물.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 바텀애시는
평균 입경이 $36\mu\text{m}$ 내지 $245\mu\text{m}$ 인 분말 형태로 제공되는,
바텀애시를 이용한 결합재 조성물.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 바텀애시는
전체 100중량부에 대하여, SiO_2 45.0 내지 55.0중량부, Al_2O_3 15.0 내지 25.0중량부, Fe_2O_3 8.0 내지 15.0중량부, CaO 5.0 내지 7.0중량부, MgO 2.0중량부 이하 및 기타 성분 7.0중량부 이하인,
바텀애시를 이용한 결합재 조성물.

청구항 7

제 3 항에 있어서,
상기 고로슬래그는
평균 입경이 $12\mu\text{m}$ 내지 $32\mu\text{m}$ 인 분말 형태로 제공되는,
바텀애시를 이용한 결합재 조성물.

청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 플라이애시는

평균 입경이 $8\mu\text{m}$ 내지 $28\mu\text{m}$ 인 분말 형태로 제공되는,

바텀애시를 이용한 결합재 조성물.

청구항 9

바텀애시 100중량부에 대하여 소석회 16 내지 44중량부와 소다회 8 내지 22중량부를 건 혼합하는 건 혼합 단계;

상기 바텀애시, 상기 소석회 및 상기 소다회가 혼합된 결합재 조성물에 물을 혼합하여 페이스트를 생성하는 페이스트 단계;

상기 페이스트 단계에서 생성된 페이스트를 기 설정된 형상으로 성형하는 성형 단계; 및

상기 성형 단계에서 성형된 페이스트를 경화체로 양생하는 양생 단계를 포함하는,

바텀애시를 이용한 결합재 조성물의 경화체 제조방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 경화체는

CIE 색도계에 의한 70.1 내지 78.2 명도값을 가지는,

바텀애시를 이용한 결합재 조성물의 경화체 제조방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 페이스트 단계는

상기 결합재 조성물 100중량부에 대하여, 20 내지 40중량부로 구성된 물을 공급하는,

바텀애시를 이용한 결합재 조성물의 경화체 제조방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 건 혼합 단계에서는,

상기 바텀애시 100중량부에 대하여 고로슬래그 11 내지 25중량부가 더 포함되는,

바텀애시를 이용한 결합재 조성물의 경화체 제조방법.

청구항 13

제 9 항에 있어서,

상기 건 혼합 단계에서는,

상기 바텀애시 100중량부에 대하여 플라이애시 11 내지 25중량부가 더 포함되는,

바텀애시를 이용한 결합재 조성물의 경화체 제조방법.

청구항 14

제 9 항에 있어서,

상기 양생 단계는

상기 페이스트를 85℃ 내지 95℃에서 20 내지 28시간 동안 양생하는,
바텀애시를 이용한 결합재 조성물의 경화체 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 바텀애시를 이용한 결합재 조성물 및 그의 경화체 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 화력발전소의 연소과정에서 석탄회(CCPs: Coal Combustion Products)가 발생한다. 석탄회는 화력발전소에서 석탄을 미분기로 분쇄하여 보일러 내로 주입한 후 연소되고 남은 애시(Ash)이다. 석탄회는 입자 크기에 따라 플라이애시(Fly Ash)와, 바텀애시(Bottom Ash)로 나누어질 수 있다.

[0003] 석탄회 중에서 플라이애시(Fly ash, 비산재)는 시멘트 원료 및 콘크리트 혼화재로 등으로 대부분 소비되고 있으나, 석탄회 발생량 중 15~25% 정도를 차지하는 바텀애시(Bottom ash, 바닥재)는 대부분 매립 처분되어 막대한 처리비용에 따른 경제적 손실과 매립지 증가에 따른 국토의 효율적 활용을 저해하는 요인으로 작용한다.

[0004] 바텀애시는 플라이애시와 비교해서, 입경이 크고 반응성이 낮기 때문에 사용성이 제한되지만, 바텀애시가 콘크리트 잔골재로 사용되거나, 플라이애시처럼 알칼리 활성화제를 사용하여 경화체로 사용하는 방법이 종종 사용되기도 한다. 하지만, 여전히 바텀애시는 플라이애시에 비해서 재활용률이 낮은 편이다.

[0005] 특히, 바텀애시의 색상은 일반적으로 갈색에서 검정색에 가까운 어두운 색이므로, 바텀애시를 포함하는 건축 및 토목 재료(시멘트 벽돌, 콘크리트 패널 등)의 미관성을 저해할 수 있다. 이에 바텀애시의 미관성에 대한 연구가 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 실시예들은 백색의 조성물이 필요한 다양한 분야에 활용 가능한 바텀애시를 이용한 결합재 조성물 및 그의 제조방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 측면에 따르면, 바텀애시 100중량부에 대하여 소석회 16 내지 44중량부와, 소다회 8 내지 22중량부를 포함하는 바텀애시를 이용한 결합재 조성물이 제공될 수 있다.

[0008] 이 결합재 조성물은 CIE 색도계에 의한 70.1 내지 78.2 명도값을 가질 수 있다.

[0009] 또한, 결합재 조성물은 상기 바텀애시 100중량부에 대하여 고로슬래그 11 내지 25중량부를 더 포함할 수 있다.

[0010] 또한, 결합재 조성물은 상기 바텀애시 100중량부에 대하여 플라이애시 11 내지 25중량부를 더 포함할 수 있다.

[0011] 또한, 상기 바텀애시는 평균 입경이 36 μ m 내지 245 μ m 인 분말 형태로 제공될 수 있다.

[0012] 또한, 상기 바텀애시는 전체 100중량부에 대하여, SiO₂ 45.0 내지 55.0중량부, Al₂O₃ 15.0 내지 25.0중량부, Fe₂O₃ 8.0 내지 15.0중량부, CaO 5.0 내지 7.0중량부, MgO 2.0중량부 이하 및 기타 성분 7.0% 중량부 이하일 수 있다.

[0013] 또한, 상기 고로슬래그는 평균 입경이 12 μ m 내지 32 μ m 인 분말 형태로 제공될 수 있다.

[0014] 또한, 상기 플라이애시는 평균 입경이 8 μ m 내지 28 μ m 인 분말 형태로 제공될 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 측면에 따르면, 바텀애시 100중량부에 대하여 소석회 16 내지 44중량부와 소다회 8 내지 22중량부를 건 혼합하는 건 혼합 단계; 상기 바텀애시, 상기 소석회 및 상기 소다회가 혼합된 결합재 조성물에 물을 혼합하여 페이스트를 생성하는 페이스트 단계; 상기 페이스트 단계에서 생성된 페이스트를 기 설정된 형상으로 성

형하는 성형 단계; 및 상기 성형 단계에서 성형된 페이스트를 경화체로 양생하는 양생 단계를 포함하는 바텀에시를 이용한 결합재 조성물의 경화체 제조방법이 제공될 수 있다.

[0016] 상기 경화체는 CIE 색도계에 의한 70.1 내지 78.2 명도값을 가질 수 있다.

[0017] 상기 페이스트 단계는 상기 결합재 조성물 100중량부에 대하여, 20 내지 40중량부로 구성된 물을 공급할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 건 혼합 단계에서는 상기 바텀에시 100중량부에 대하여 고로슬래그 11 내지 25중량부가 더 포함될 수 있다.

[0019] 또한, 상기 건 혼합 단계에서는 상기 바텀에시 100중량부에 대하여 플라이애시 11 내지 25중량부가 더 포함될 수 있다.

[0020] 또한, 상기 양생 단계는 상기 페이스트를 85℃ 내지 95℃에서 20 내지 28시간 동안 양생할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 실시예들은 바텀에시를 이용하여 백색의 조성물이 필요한 다양한 분야에 활용 가능한 결합재 조성물을 제조함으로써, 바텀에시의 재활용률을 높일 수 있다는 이점이 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 실시예들은 결합재 조성물을 원하는 형태로 성형할 수 있으므로, 백색 벽돌, 아파트 외벽 미장 등 다양한 백색 건축 및 토목 경화체로 적용이 가능하다는 이점이 있다.

[0023] 또한, 본 발명의 실시예들은 바텀에시를 원재료로 사용하므로, 결합재 조성물을 저가로 제조할 수 있고, 백색도가 우수한 무시멘트 바인더로서 제공할 수 있다는 이점이 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 실시예들은 결합재 조성물에서 바텀에시 입도, 고로슬래그 미분말 첨가량 및 플라이애시 분말 첨가량을 다르게 함으로써, 다양한 색상 발현 및 강도 발현이 구현될 수 있다는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 결합재 조성물을 도시한 구성도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 결합재 조성물의 경화체 제조방법을 도시한 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라, 실시예 1 내지 9의 표면 및 단면을 도시한 사진이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라, 실시예 1 내지 9의 바텀에시 입도를 도시한 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라, 실시예 1 내지 9의 압축강도를 도시한 그래프이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라, 실시예 1 내지 9의 명도값을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하에서는 본 발명의 사상을 구현하기 위한 구체적인 실시예에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명하도록 한다.

[0027] 아울러 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

[0028] 또한, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '연결', '지지', '접속', '공급', '전달', '접촉'된다고 언급된 때에는 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결, 지지, 접속, 공급, 전달, 접촉될 수도 있지만 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0029] 본 명세서에서 사용된 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로 본 발명을 한정하려는 의도로 사용된 것은 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함한다.

[0030] 또한, 본 명세서에서 상측, 하측, 측면 등의 표현은 도면에 도시를 기준으로 설명한 것이며 해당 대상의 방향이 변경되면 다르게 표현될 수 있음을 미리 밝혀둔다. 마찬가지로 이유로 첨부 도면에 있어서 일부 구성요소는 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시되었으며, 각 구성요소의 크기는 실제 크기를 전적으로 반영하는 것이 아니다.

- [0031] 또한, 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 이와 같은 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 이 용어들은 하나의 구성요소들을 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0032] 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [0033] 도 1 내지 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 바텀애시를 이용한 결합재 조성물은, 분말 형태의 바텀애시, 소석회($\text{Ca}(\text{OH})_2$) 및 소다회(Na_2CO_3)를 혼합되어 제공될 수 있다. 결합재 조성물은 소석회 및 소다회의 비율에 따라, 백색에 가까운 색상을 갖는 조성물을 제공할 수 있다.
- [0034] 이러한 결합재 조성물은 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 소석회 분말 16 내지 44중량부와, 소다회 분말 8 내지 22중량부를 포함하여 구성될 수 있다. 보다 바람직하게는, 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 소석회 분말 16.7 내지 44.4중량부 및 소다회 분말 8.3 내지 22.2중량부를 포함하여 구성될 수 있다. 이들 바텀애시 분말, 소석회 및 소다회는 건 혼합에 의하여 전체 분포가 균일하게 혼합될 수 있다.
- [0035] 본 실시예에서, 바텀애시는 전체 100중량부에 대하여, SiO_2 45.0-55.0중량부, Al_2O_3 15.0-25.0중량부, Fe_2O_3 8.0~15.0중량부, CaO 5.0-7.0중량부, MgO 2.0중량부 이하, 그리고 기타 성분 7.0중량부 이하로 구성될 수 있다. 물론, 바텀애시는 발생 시기나 환경에 따라 일부 성상은 변경될 수 있다.
- [0036] 소석회($\text{Ca}(\text{OH})_2$)는 생석회를 물로 소화해서 얻어지는 수산화칼슘에서 소성되지 않은 탄산석회 입자를 체로 골라낸 표백분으로 제공될 수 있고, 소다회(Na_2CO_3)는 침강시 응집 또는 가교작용 촉진시키는 기능을 제공할 수 있다. 소석회가 16중량부 미만이거나 소다회가 8.3중량부 미만이면, 조성물이 충분한 강도가 나타나지 않을 수 있고, 소석회가 44중량부 초과하거나 소다회가 22중량부를 초과하면, 두 분말의 가격이 증가하므로 경제적으로 불리할 수 있다.
- [0037] 특히, 소석회는 바텀애시 입자를 알칼리 활성화시키기 때문에, 16 중량부미만의 소석회가 사용되면 낮은 알칼리 반응성으로 인해 조성물의 충분한 강도가 나타나지 않을 수 있다. 또한, 소다회는 소석회의 용해성을 높이는 작용을 하므로, 8 중량부 미만의 소다회가 사용되면 소석회의 알칼리 반응성을 충분히 야기할 수 없기 때문에, 마찬가지로 낮은 알칼리 반응성으로 인해 조성물의 충분한 강도가 나타나지 않을 수 있다.
- [0038] 반면에 소석회가 44 중량부 초과로 사용되거나 소다회가 22 중량부 초과로 사용된다면, 개발 조성물에 포함된 바텀애시의 양이 상대적으로 적어지므로 반응할 수 있는 바텀애시의 Alumino-silicate 물질의 공급 저하로 오히려 개발 조성물의 강도 발현이 억제된다. 게다가, 본 개발 조성물의 가격은 두 알칼리 활성화 분말이 결정하기 때문에 두 알칼리 활성화 분말의 과도한 사용으로 오히려 개발 조성물 제품 단가를 감소시킬 수 있다.
- [0039] 바텀애시는 10 μm 이상 1,000 μm 의 입경을 가지는 분말 형태로 제공될 수 있다. 바텀애시의 평균 입경이 36 μm 내지 245 μm 일 수 있다. 본 실시예에서, 바텀애시의 평균입경은 245.73 μm 일 수 있다.
- [0040] 결합재 조성물은 고로슬래그 11 내지 25중량부를 더 포함할 수 있다. 예컨대, 결합재 조성물은 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 소석회 분말 16 내지 44중량부와, 소다회 분말 8 내지 22중량부, 고로슬래그 11 내지 25중량부를 포함하여 구성될 수 있다. 보다 자세하게, 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 소석회 분말 16.7 내지 44.4중량부, 소다회 분말 8.3 내지 22.2중량부 및 고로슬래그 11.1 내지 25.0 중량부를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0041] 고로슬래그가 25중량부 초과이면, 결합재 조성물을 이용한 경화체의 제조시, 경화체의 강도가 필요 이상으로 증가될 수 있다. 고로슬래그는 입경이 1 μm 이상 100 μm 인 미분말일 수 있다. 그리고 고로슬래그의 평균 입경은 12 μm 내지 32 μm 일 수 있다. 본 실시예에서, 고로슬래그의 평균입경은 22.00 μm 일 수 있다.
- [0042] 또한, 결합재 조성물은 플라이애시 11 내지 25중량부를 더 포함할 수 있다. 예컨대, 결합재 조성물은 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 소석회 분말 16 내지 44중량부와, 소다회 분말 8 내지 22중량부와, 플라이애시 11 내지 25중량부를 포함하여 구성될 수 있다. 보다 자세하게, 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 소석회 분말 16.7 내지 44.4중량부, 소다회 분말 8.3 내지 22.2중량부 및 플라이애시 11.1 내지 25.0 중량부를 포함하여 구성될 수 있다.
- [0043] 플라이애시가 25중량부 초과이면, 결합재 조성물을 이용한 경화체의 제조시, 경화체에 대한 명도값이 필요 이하

로 낮아질 수 있다. 플라이애시는 11중량부가 첨가되었을 때의 실시예 8과, 25 중량부가 첨가되었을 때의 실시예 9를 비교하면, 명도 값(도 6 참고)이 70.1에서 57.0으로 크게 감소하게 되어 본 발명의 목적인 백색 경화체가 더 이상 아니게 된다. 하지만 강도 값(도 5 참고)은 11.4 MPa에서 19.0 MPa로 크게 증가되기 때문에, 만약 19.0 MPa 이상의 충분한 강도 발현이 가능한 백색이 아닌 경화체 제조를 목표로한다면, 25 중량부 초과 플라이애시 사용이 고려될 수 있다.

- [0044] 고로슬래그는 11중량부가 첨가되었을 때의 실시예 6과, 25 중량부가 첨가되었을 때의 실시예 7을 비교하면, 강도 값(도 5 참고)은 8.7 MPa에서 11.2 MPa로 소량 증가하였지만, 명도 값(도 6 참고)은 74.4에서 75.8로 거의 변하지 않았다. 따라서, 25 중량부 초과 고로슬래그 사용은, 경화체의 색상에는 큰 영향을 주지 않지만, 강도를 소량 증가시킬 수 있다. 만약 백색 경화체 제조 시 11.2 MPa 이상의 강도가 요구된다면, 25 중량부 초과 고로슬래그 첨가가 고려될 수 있지만, 전체 결합재에 대한 바텀애시 구성비율이 감소되는 것을 감안한다면, 바텀애시 보다 비싼 고로슬래그의 단가로 인해서 최종 제품 단가는 감소될 수 있다.
- [0045] 플라이애시의 입경은 1 μm 이상 100 μm 인 미분말일 수 있다. 그리고 플라이애시의 평균 입경은 8 μm 내지 28 μm 일 수 있다. 본 실시예에서, 플라이애시의 평균입경은 18.28 μm 일 수 있다.
- [0046] 결합재 조성물은 백색 건축 또는 토목에 사용되는 경화체에 적용될 수 있다. 이 경화체는 바텀애시를 이용한 결합재 조성물의 경화체 제조방법(10)을 통해 제조될 수 있다.
- [0047] 도 2를 참고하면, 본 발명에 따른 경화체 제조방법(10)은, 건 혼합 단계(S100), 페이스트 단계(S200), 성형 단계(S300) 및 양생 단계(S400)를 포함할 수 있다.
- [0048] 상기 건 혼합 단계(S100)에서는, 바텀애시, 소석회 및 소다회를 포함하는 결합재 조성물이 제공되어 균일하게 혼합될 수 있다. 결합재 조성물은 바텀애시 100중량부에 대하여 소석회 16 내지 44중량부와 소다회 8 내지 22중량부로 구성될 수 있다. 결합재 조성물의 균일한 혼합을 위해, 믹서기 또는 교반기와 같은 기계적 장치가 사용될 수 있다.
- [0049] 상기 페이스트 단계(S200)에서는, 건 혼합 단계(S100)에서 균일하게 혼합된 결합재 조성물에 물을 첨가할 수 있다. 물을 첨가된 결합재 조성물은 페이스트(paste) 상태로 전환될 수 있다.
- [0050] 상기 페이스트 단계(S200)에서 첨가되는 물은, 건 혼합 단계(S100)에서 혼합된 바텀애시 결합재(혼합분말) 100중량부에 대하여 20 내지 40 중량부일 수 있다. 이 물이 바텀애시 결합재에 첨가되는 비율은 통상의 시멘트에 사용되는 물의 첨가되는 비율과 대응될 수 있다.
- [0051] 상기 성형 단계(S300)에서는, 페이스트 단계(S200)에서 생성된 페이스트가 기 설정된 특정 형태로 성형될 수 있다. 성형 단계(S300)에서 페이스트는 통상의 시멘트와 유사한 점도를 나타내므로, 시멘트를 이용한 성형에도 적용될 수 있다. 페이스트가 시멘트에 적용될 때, 페이스트는 건축용 또는 토목용에 사용되는 다양한 형태의 자재로 성형될 수 있다.
- [0052] 상기 양생 단계(S400)에서는, 성형 단계(S300)에서 성형된 페이스트를 85℃ 내지 95℃에서, 20 내지 28시간 동안 양생 기간을 거쳐 경화체로 제조될 수 있다. 본 실시예에서 성형된 페이스트는 건조실 내 90℃의 온도하에서 24시간 동안 양생될 수 있다. 온도가 85℃ 미만이면, 경화체에 잔여하는 수분의 건조가 전부 이뤄지지 않아서 경화체의 압축강도가 저하될 수 있다. 온도가 95℃ 초과이면, 경화체의 표면에 균열이 발생될 수 있다.
- [0053] 이하, 실시예를 통해 본 발명을 보다 상세하게 설명하기로 한다. 표 1은 실시예 1 내지 9의 혼합분말 성분을 정리한 표이다.

[0054] [표 1]

	혼합분말 [중량부]				
	바텀애시	고로슬래그 미분말	플라이애시	소석회	소다회
실시예 1	100.0	0.0	0.0	44.4	22.2
실시예 2	100.0	0.0	0.0	28.6	14.3
실시예 3	100.0	0.0	0.0	16.7	8.3
실시예 4	100.0	0.0	0.0	28.6	14.3
실시예 5	100.0	0.0	0.0	28.6	14.3
실시예 6	100.0	11.1	0.0	31.7	15.9
실시예 7	100.0	25.0	0.0	35.7	17.9
실시예 8	100.0	0.0	11.1	31.7	15.9
실시예 9	100.0	0.0	25.0	35.7	17.9

[0055]

[0056] **실시예 1**

[0057] 실시예 1에서는 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 소석회 44.4중량부와 소다회 22.2중량부가 건 혼합될 수 있다. 그리고 혼합분말인 결합재 조성물 100중량부에 대하여, 물 30중량부를 혼합하여 결합재 조성물을 페이스트 상태로 만들고, 직경 2.54cm, 높이 2.54cm인 원통형의 시편으로 성형한 후, 90℃의 온도로 24시간 동안 양생하였다.

[0058] **실시예 2**

[0059] 실시예 2에서는 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 소석회 28.6중량부와 소다회 14.3중량부가 건 혼합될 수 있다. 그리고 혼합분말인 결합재 조성물 100중량부에 대하여, 물 30중량부를 혼합하여 결합재 조성물을 페이스트 상태로 만들고, 직경 2.54cm, 높이 2.54cm인 원통형의 시편으로 성형한 후 90℃의 온도로 24시간 동안 양생하였다.

[0060] **실시예 3**

[0061] 실시예 3에서는 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 소석회 16.7중량부와 소다회 8.3중량부를 건 혼합될 수 있다. 그리고 혼합분말인 결합재 조성물 100중량부에 대하여, 물 30중량부를 혼합하여 결합재 조성물을 페이스트 상태로 만들고, 직경 2.54cm, 높이 2.54cm인 원통형의 시편으로 성형한 후 90℃의 온도로 24시간 동안 양생하였다.

[0062] **실시예 4**

[0063] 실시예 4에서는 바텀애시를 10분간 분쇄한 후, 분쇄한 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 소석회 28.6중량부와 소다회 14.3중량부가 건 혼합될 수 있다. 그리고 혼합분말인 결합재 조성물 100중량부에 대하여, 물 30중량부를 혼합하여 결합재 조성물을 페이스트 상태로 만들고, 직경 2.54cm, 높이 2.54cm인 원통형의 시편으로 성형한 후 90℃의 온도로 24시간 동안 양생하였다.

[0064] 실시예 4는 실시예 2와 동일하나, 통상의 분쇄기에 의해 10분간 분쇄된 바텀애시가 사용되었다. 10분간의 분쇄에 의해, 바텀애시는 10 μm 이상 1,000 μm의 입경을 가질 수 있고, 바텀애시의 평균입경은 202.63 μm일 수 있다.

[0065] **실시예 5**

[0066] 실시예 5에서는 바텀애시를 60분간 분쇄한 후, 분쇄한 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 소석회 16.7중량부와 소다회 8.3중량부가 건 혼합될 수 있다. 그리고 물을 혼합물 100중량부에 대하여 30중량부를 혼합하여 결합재 조성물을 페이스트 상태로 만들고, 직경 2.54cm, 높이 2.54cm인 원통형의 시편으로 성형한 후 90℃의 온도로 24시간 동안 양생하였다.

[0067] 실시예 5는 실시예 2와 동일하나, 통상의 분쇄기에 의해 60분간 분쇄된 바텀애시가 사용되었다. 10분간의 분쇄에 의해, 바텀애시는 1 μm 이상 100 μm의 입경을 가질 수 있고, 바텀애시의 평균입경은 36.04 μm일 수 있다.

[0068] **실시예 6**

[0069] 실시예 6에서는 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 고로슬래그 미분말 11.1중량부, 소석회 31.7중량부, 및 소다회 15.9중량부가 건 혼합될 수 있다. 그리고 물을 혼합물 100중량부에 대하여 30중량부를 혼합하여 결합재 조성물을 페이스트 상태로 만들고, 직경 2.54cm, 높이 2.54cm인 원통형의 시편으로 성형한 후 90℃의 온도로 24시간 동안 양생하였다.

[0070] **실시예 7**

[0071] 실시예 7에서는 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 고로슬래그 미분말 25.0 중량부, 소석회 35.7중량부, 및 소다회 17.9중량부가 건 혼합될 수 있다. 그리고 물을 혼합물 100중량부에 대하여 30중량부를 혼합하여 결합재 조성물을 페이스트 상태로 만들고, 직경 2.54cm, 높이 2.54cm인 원통형의 시편으로 성형한 후 90℃의 온도로 24시간 동안 양생하였다.

[0072] **실시예 8**

[0073] 실시예 8에서는 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 플라이애시 11.1중량부, 소석회 31.7중량부, 및 소다회 15.9중량부가 건 혼합될 수 있다. 그리고 물을 혼합물 100중량부에 대하여 30중량부를 혼합하여 결합재 조성물을 페이스트 상태로 만들고, 직경 2.54cm, 높이 2.54cm인 원통형의 시편으로 성형한 후 90℃의 온도로 24시간 동안 양생하였다. 실시예 8은 실시예 6과 동일하나 고로슬래그를 플라이애시로 변경하였다

[0074] **실시예 9**

[0075] 실시예 9에서는 바텀애시 분말 100중량부에 대하여 플라이애시 250 중량부, 소석회 35.7중량부, 및 소다회 17.9중량부가 건 혼합될 수 있다. 그리고 물을 혼합물 100중량부에 대하여 30중량부를 혼합하여 결합재 조성물을 페이스트 상태로 만들고, 직경 2.54cm, 높이 2.54cm인 원통형의 시편으로 성형한 후 90℃의 온도로 24시간 동안 양생하였다. 실시예 9는 실시예 7과 동일하나 고로슬래그를 플라이애시로 변경하였다.

[0076] 현재까지 국내외에서 발표된 연구 중에서 바텀애시에 대해서 소석회와 소다회를 사용하여 경화시킨 연구 내용은 없지만, 바텀애시와 유사한 화학적 특성을 갖는 플라이애시에 대해서 소석회와 소다회를 사용하여 경화시킨 국제 연구결과들이 참고될 수 있다.(연구 (1): 2015, Cement and Concrete Research, Microstructural and strength improvements through the use of Na_2CO_3 in a cementless $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -activated Class F fly ash system, 연구 (2): 2017, Construction and Building Materials, Synthesis of structural binder for red brick production based on red mud and fly ash activated using $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and Na_2CO_3 , 연구 (3): 2018, Construction and Building Materials, The temperature-dependent action of sugar in the retardation and strength improvement of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - Na_2CO_3 -activated fly ash systems through calcium complexation)

[0077] 상기 연구 (1)의 국제연구결과에서는, Fly ash : $\text{Ca}(\text{OH})_2$: Na_2CO_3 = 158.8 : 37.0 : 10.6 = 100.0 : 23.3 : 6.7 인 고강도 결합재 조성물의 비율이 도출되었다. 상기 연구 (2)의 국제연구결과에서는, Fly ash : $\text{Ca}(\text{OH})_2$: Na_2CO_3 = 73.5 : 21.5 : 5.0 = 100.0 : 29.3 : 6.8 인 고강도 결합재 조성물의 비율이 도출되었다. 상기 연구 (3)의 국제연구결과에서는, Fly ash : $\text{Ca}(\text{OH})_2$: Na_2CO_3 = 70.0 : 20.0 : 11.0 = 100.0 : 28.6 : 15.7 인 고강도 결합재 조성물의 비율이 도출되었다.

[0078] 플라이애시 100 중량부 기준 소석회 23.3에서 29.3 중량부와 소다회 6.7에서 15.7 중량부가 사용되었을 때 충분한 알칼리 환경 조성으로 인해 플라이애시 포함 결합재의 가장 높은 강도 발현이 가능하였다. 이러한 알칼리 조성을 고려하였을 때 본 발명에 사용된 결합재 조성물의 비율은 실시예 1에서 실시예 3을 보았을 때, 바텀애시 100중량부 기준 소석회 16.7에서 44.4 중량부 및 소다회 8.3에서 22.2 중량부를 사용하기 때문에 가장 바텀애시의 강도 발현을 극대화시킬 수 있는 조성비율로 사용되었다. 또한, 실시예 4와 실시예 5는 이러한 바텀애시 입도를 조정한 기술을 제시하였고, 실시예 6과 실시예 7은 고로슬래그 첨가를 한 기술을 제시하였으며, 실시예 8과 실시예 9는 플라이애시를 첨가한 기술을 제시하였다.

[0079] 이하, 실시예 1 내지 9의 시험편에 대해서, 각 실시예에 따른 시험편의 강도시험 및 명도시험을 실시한 결과에 대하여 설명하기로 한다.

[0080] 1) 강도시험

- [0081] 강도시험에서는 실시예 1 내지 9의 시험편에 대해서, 양생일별로 압축강도가 측정되었다. 각 실시예별로 3개 시험편의 압축강도를 측정하여 그 평균값이 산정되었다. 시험기로는 시멘트 모르타르용 압축강도 테스트기가 사용되었다. 0.4mm/min의 변위 제어 속도로 시험이 측정되었다.
- [0082] 도 6을 참고하면, 실시예 1 내지 3에서, 3일을 기준으로 하여 바텀애시 결합재는 소석회 및 소다회의 비율에 따라, 4.9 내지 9.4 MPa 정도의 압축강도를 나타내는 것이 확인되었다. 실시예 1 내지 3 중에서, 상대적으로 소석회의 비율이 높은 실시예 1은 9.4 MPa의 최대 압축강도를 나타내었고, 상대적으로 소석회의 비율이 낮은 실시예 3은 4.9 MPa의 최소 압축강도를 나타내었다.
- [0083] 그리고 실시예 2의 결합재가 3일을 기준으로 하여 5.3 MPa의 압축 강도를 나타낸 반면에, 실시예 1 내지 3에 비하여 바텀애시의 입경이 상대적으로 작은 실시예 4 및 5는 각각 12.5 및 27.3 MPa 정도의 높은 압축 강도를 나타내었다.
- [0084] 또한, 고로슬래그가 추가된 실시예 6 및 7은 3일을 기준으로 하여 각각 8.7 및 11.2 MPa 정도의 압축 강도를 나타내었고, 플라이애시가 추가된 실시예 8 및 9는 각각 11.4 및 19.0 MPa 정도의 압축 강도를 나타내었다. 고로슬래그 또는 플라이애시가 바텀애시 결합재에 추가될 때, 강도가 증가될 수 있음이 확인되었다.
- [0085] 상기의 강도시험을 통해, 바텀애시의 입경을 조절하거나 고로슬래그 및 플라이애시의 첨가량이 변경되면, 본 발명에 따른 바텀애시 결합재의 압축강도가 조절될 수 있음이 확인되었다.
- [0086] 2) 명도시험
- [0087] 명도시험에서는 실시예 1 내지 9의 시험편의 명도값이 양생 3일차에 측정되었다. 이때, 각 실시예별로 3개 시험편의 명도를 측정하여 그 평균값이 산정되었다. 시험기는 CIE 색도계(CIELAB :International Commission on Illumination L*a*b*)가 사용되었다. 명도 측정은 각 시험편들을 상온에서 3시간 동안 건조 후 진행함으로써, 표면수로 젖어 있는 샘플의 색도측정오차를 방지하였다. 본 실시예에서 명도값(L 값)은 0에 가까울수록 어둡고, 100에 가까울수록 밝음을 나타낸다. 본 실시예에서, 결합재 조성물 및 경화체는, CIE 색도계에 의한 70.1 내지 78.2 명도값을 가질 수 있다.
- [0088] 도 5를 참고하면, 바텀애시 결합재는 소석회 및 소다회의 비율이 상이한 실시예 1 내지 3는, 3일 기준으로 74.8 내지 78.2 정도의 명도값을 나타내는 것을 알 수 있다. 원재료로 사용되는 바텀애시의 명도 값은 36.7 정도로 측정되었는데, 원재료로 사용되는 바텀애시의 명도 값이 36.7인 것을 고려할 때, 본 발명의 바텀애시 결합재의 색도(명도)는 사용한 원재료에 비해 밝은 색상이 다량 발현되었음을 확인할 수 있었다.
- [0089] 그리고 실시예 2의 결합재가 대략 77.9 정도의 명도 값을 나타내었다. 실시예 1 내지 3에 비하여 바텀애시의 입경이 상대적으로 작은 실시예 4 및 5는 각각 73.9 및 57.1 정도의 명도 값을 나타내었는 바, 바텀애시의 입경이 작아지면, 바텀애시 결합재의 명도 값이 크게 감소하는 것으로 확인되었다.
- [0090] 또한, 고로슬래그가 바텀애시 결합재에 추가된 실시예 6 및 7은, 바텀애시 결합재의 명도 값이 크게 변화하지 않는 것으로 확인되었지만, 플라이애시가 바텀애시 결합재에 추가된 실시예 8 및 9는, 바텀애시 결합재의 명도 값이 하락하는 것으로 확인되었다.
- [0091] 이를 통해, 본 발명에 따른 바텀애시 결합재의 명도 값이 바텀애시의 입경에 의해 조절되거나, 바텀애시 결합재에 대한 플라이애시의 첨가량을 변경하여 조절될 수 있음이 확인되었다. 또한, 바텀애시 결합재에 대한 고로슬래그의 첨가는, 바텀애시 결합재의 명도 값을 유지한 상태에서, 압축강도를 증가시킬 수 있음이 확인되었다.
- [0092] 상술한 바와 같이, 본 발명은 심미성이 높은 백색 건축 토목용 경화체를 사용하기 위해서, 단순히 결합재 조성물에 물을 혼합하여 90℃에서 24시간 정도로 양생하는 것만으로 가능하며, 발현되는 강도와 색도는 바텀애시의 입경, 고로슬래그 및 플라이애시의 첨가량을 변경하여 조절할 수 있으며, 어두운 색상의 바텀애시를 다량 활용하여 백색 결합재 조성물의 구현이 가능하므로, 산업폐기물인 바텀애시에 대한 재활용의 새로운 방식을 제공하는 동시에, 바텀애시의 재활용률을 높일 수 있다는 등의 우수한 장점을 갖는다.
- [0093] 이상에서 설명된 실시예는 본 기술 사상의 일부 예를 설명한 것에 불과하고, 본 기술 사상의 범위는 설명된 실시예에 한정되는 것은 아니며, 이 분야의 통상의 기술자에 의하여 본 기술 사상의 범위 내에서의 다양한 변경, 변형 또는 치환이 가능할 것이고, 그와 같은 실시는 모두 본 기술 사상의 범위에 속하는 것으로 보아야 한다.

부호의 설명

[0094]

10 : 결합재 조성물의 경화체 제조방법

S110 : 건 혼합 단계

S120 : 페이스트 단계

S130 : 성형 단계

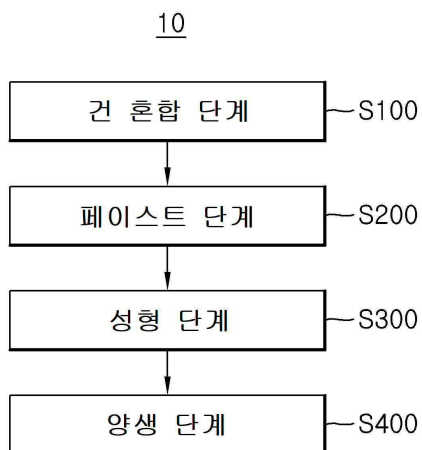
S140 : 양생 단계

도면

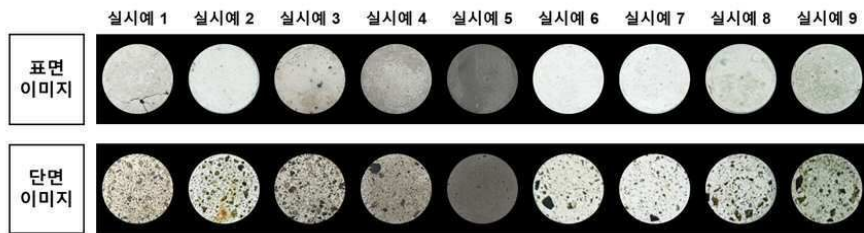
도면1



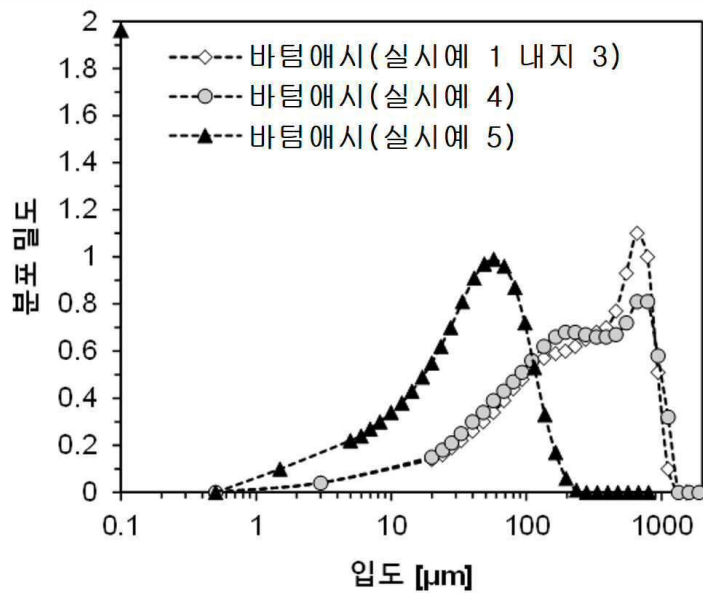
도면2



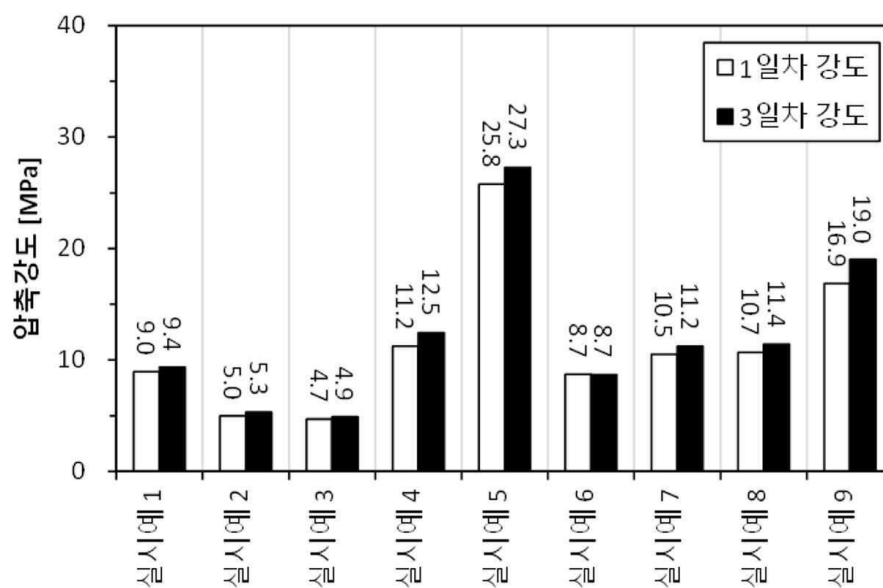
도면3



도면4



도면5



도면6

