



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0005019

(43) 공개일자 2015년01월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C04B 18/12 (2006.01) C04B 14/04 (2006.01)

C04B 22/06 (2006.01) C04B 20/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0078171

(22) 출원일자 2013년07월04일

심사청구일자 2013년07월04일

(71) 출원인

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)

(72) 발명자

황규홍

경상남도 진주시 진주대로 1317, 111동 1202호(이현동, 이현하이클래스웰가아파트)

박상욱

경상남도 진주시 가호로44번길 7, 105동 1404호(호탄동, 대동아파트)

이행련

경상남도 창원시 의창구 외동반림로266번길 5-9 (용호동)

(74) 대리인

특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 7 항

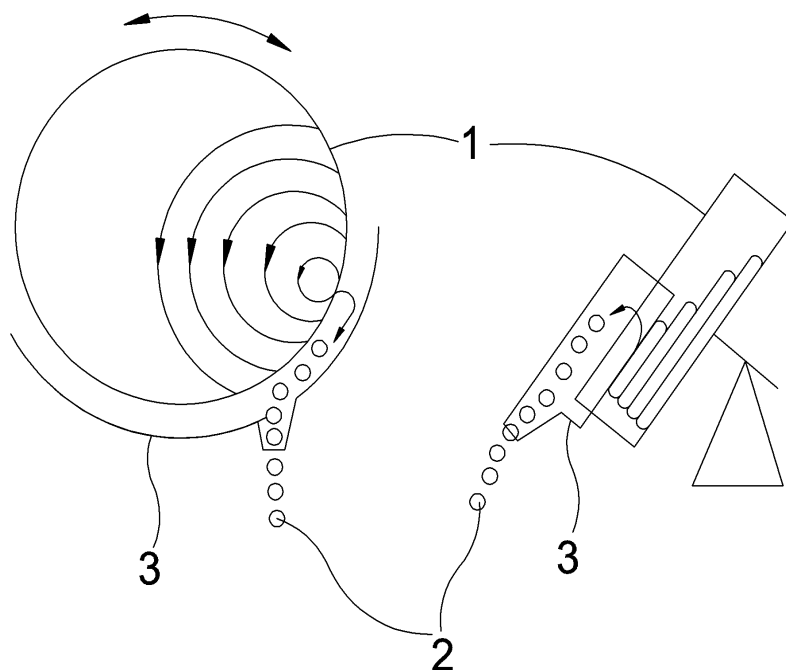
(54) 발명의 명칭 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물에 관한 것으로서, 물유리와 가성 소다인 수산화나트륨(NaOH)/수산화칼륨(KOH) 혼합물의 지오폴리머 결합을 활용하여 낮은 품질의 골재 사용에 따른 콘크리트의 강도 저하 특성을 개선하기 위한 것으로, 물유리의 경화유도제로 강알칼리성의 수산화나트륨

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH) 단일, 또는 혼합 수용액을 사용함으로써 내수성을 향상시키도록 한 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물 및 그 제조방법에 관한 것이다.

또한 석탄화력발전소나 소각로에서 배출되는 바텀애쉬(바닥재)가 경량이지만 입도가 불균질하고 특히 미립분이 많아 골재로 활용하기가 어려운 점을 감안하여, 강도가 높은 지오폴리머 결합을 인공골재의 제조에 적용하되, 경화유도제로 강알칼리성의 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH)의 적용으로 내수성을 향상시킴과 동시에 흡수율을 개선하여 도로 기층포장용 골재에 활용함으로써, 현재 천연골재의 고갈에 따른 건설자재의 부족에 대처할 수 있을 뿐만 아니라, 폐기물 매립에 따른 환경오염의 방지와 폐기물을 재활용함으로써 국토의 손실과 자원의 낭비를 해소할 수 있는 효과가 있다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2012-0705
부처명	중소기업청
연구관리전문기관	공학연구원
연구사업명	산학연 컨소시엄 사업
연구과제명	무기질 슬러지를 이용한 건설용 골재 제조기술 개발
기 여 율	1/1
주관기관	중소기업청
연구기간	2012.06.01 ~ 2013.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

70~90중량%의 무기질 슬러지 미립자, 10~30중량%의 물유리를 기본 조성으로 하되, 물/미분말 비가 20~90%의 범위에서 습식혼합할 때 상기 슬러지 내의 무기질 미립자가 응집되어 강도가 향상되도록 하기 위해, 경화유도제로써 강알칼리성의 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH)과 물유리가 0.5~2:1로 섞인 혼합수를 사용하는 것을 특징으로 하는 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 무기질 미립자는 페콘크리트 슬러지나 바텀애쉬 슬러지로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 70~90중량% 함유하는 것을 특징으로 하는 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 인공골재 조성물은 메타카올린, 플라이애쉬, 실리카 흙 중의 하나 이상을 바텀애쉬나 페콘크리트의 무기질 슬러지 원료에 0~50중량%로 첨가 치환하여 성형성을 향상시키도록 한 것을 특징으로 하는 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물.

청구항 4

제1항에 있어서,

결합제인 물유리의 내수성 향상을 위해 pH 14 이상의 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH)의 강알칼리 수용액을 8~12몰 사용하는 것을 특징으로 하는 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물.

청구항 5

제4항에 있어서,

무기질 슬러지 미립자와 혼련하여 인공골재를 형성하는 물유리/강알칼리 혼합수에서 물유리/수산화나트륨(NaOH)의 0.5~2.0의 비율로 조정하여 강도 및 경화시간을 조절할 수 있도록 한 것을 특징으로 하는 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 경화유도제로 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH)을 혼합한 혼합 수용액을 사용하는 것을 특징으로 하는 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물.

청구항 7

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항의 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재의 제조방법에 있어서,

무기질 슬러지 미립자를 포함하는 인공골재 조성물을 구형의 형상으로 성형하기 위해 일정 각도로 기울어진 파이프 내에 혼합수를 미립자로 분사하여, 상기 회전용기 내의 무기질 슬러지 미립자와 물유리가 혼련되어 눈 덩어리가 뭉쳐지듯이 구형 입자로 형성되도록 하는 것을 특징으로 하는 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 인공골재의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은 미립의 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 상세히는 매립처리되고 있는 폐콘크리트 슬러지나 바텀애쉬 등 220메시 이하의 무기질 폐기물 미립자를 열처리 없이 상온 경화시켜 인공골재로 제조하기 위해, 상기 무기질 미립자를 액체상의 물유리와 강알칼리성의 경화유도제로 상온경화시켜 순환골재 수준의 도로기층 포장용 인공골재로 활용하도록 한 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

일반적으로, 석탄 화력발전소에서 부산물로 발생하는 바텀애쉬(바닥재)는 연소로 내에서 석탄연료의 소결에 의해 입자가 형성된 상태에서 보일러 하부로 낙하되며, 낙하되어 고형화된 물질을 매립지까지 이송하기 위해 분쇄기를 사용하여 25mm 이하의 입도로 분쇄시킨 것이다. 이와 같이 분쇄기에 의해 파쇄된 바텀애쉬는 1~10mm 정도의 입경 범위로 구성되며, 총 석탄회 발생량의 10~15% 정도가 발생하지만 재활용이 어려워 석탄회 처리장(회사장)에서 주로 매립 처리되고 있다. 과거 국토의 이용률이 높았던 시기에는 상기 파쇄된 바텀애쉬의 회 처리가 다소 용이하였으나, 최근 높은 경제성장률로 인한 급격한 공장부지의 증가와 토지비의 상승으로 발전소 설비 면적의 3~4배를 필요로 하는 처리장(회사장)을 구하기가 상대적으로 어려워지고 있는 것이 현실이다.

[0003]

따라서, 재활용률이 약 90%를 넘는 플라이애쉬의 경우와 같이 바텀애쉬의 활용방안에 대해서도 연구소나 학계에서 꾸준한 연구를 수행할 필요성이 제기되고 있다. 이러한 바텀애쉬를 골재로 사용한 예는 입도분리를 통해 자연산 및 인공골재의 일부를 대체하거나(한국 공개특허공보 공개번호 10-1997-074706호), 열병합 발전소의 바텀애쉬를 경량건자재의 제조에 일부 사용한 것(한국 공개특허공보 공개번호 10-1997-061815호)과, 플라이애쉬, 석고, 탄산칼슘 및 석회 등과 혼합하여 고압으로 압출하여 벽돌제품을 생산(미국 등록특허 등록번호 5,358,760)하는 등의 예가 있었다.

[0004]

그러나 대부분의 바텀애쉬는 1mm 이하의 미립분이 30~60% 이상이 되는 등 골재로써의 품질이 낮아 발전소 주변의 노반 성토재로써 소량 사용되는 외에는 거의 대부분이 발전소 주변 처리장(회사장)에 단순 폐기 매립되거나, 내륙 또는 해안 매립지에 천연골재와 혼합하여 매립되는 실정에 있다. 따라서 회 처리장 용지확보의 어려움은 물론이고, 환경오염의 문제를 야기하는 바텀애쉬나 폐콘크리트 슬러지 등에 대한 처리가 문제로 되고 있다.

[0005]

또한 일반적인 콘크리트는 시멘트, 골재(조골재, 세골재), 물 및 혼화재를 사용하여 표준 시방서의 배합에 따라 제조한다. 이러한 콘크리트에서 사용되는 골재는 천연의 골재를 분급하여 사용하는데, 천연골재의 국내 생산이 감소함에 따라 석산골재와 같이 주로 암석을 분쇄하여 사용하지만 석산골재도 환경훼손이라는 점에서 그 개발이 점차 어려워지고 있는 실정에 있다.

[0006]

본 출원인도 이러한 천연골재의 부족 문제를 해결하기 위하여 바텀애쉬를 사용한 고강도 콘크리트 조성물에 관한 방안을 특허출원하여 특허등록(등록번호 제10-1222212호)된바 있다. 상기 특허등록된 공보에 제시된 기술은 콘크리트 혼합물 1m³의 단위중량 중 바텀애쉬를 전처리 없이 65~85중량% 사용하고, 일반 포틀랜드시멘트를 15~35중량% 사용하는 것을 기본 조성으로 하되, 물/시멘트 비가 40~60%의 범위에서 습식혼합할 때 바텀애쉬 내의 미립자가 응집되어 강도가 향상되도록 하기 위하여, 수성 에멀전 유화제를 보조결합제로 첨가하는 바텀애쉬 콘크리트 조성물에 대한 것이다.

[0007]

상기 공보에 개시된 바와 같은 바텀애쉬를 사용한 콘크리트 조성물의 경우, 매립처리되기 전의 바텀애쉬를 미리 분급하여 입도분포를 조정하는 경우 품질은 높지 않지만 그 실효성이 있다. 그러나 분급처리하는 경우 활용이 더 어려운 220mesh 이하의 슬러지 미립자가 30% 이상 발생하므로 매립량은 줄겠지만 미립자가 많아 연약 지반화되는 등의 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008]

(특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제10-0860542호

(특허문헌 0002) 한국 등록특허공보 제10-1187409호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 상기한 바와 같은 제반 문제점을 개선하기 위해 안출된 것으로서, 그 목적은 점차 고갈되어 가고 있는 천연 또는 석산 골재를 대체하는 방안의 일환으로써, 폐콘크리트 처리 과정에서 발생하는 슬러지나 석탄화력 발전소에서 석탄을 연소시킨 후 발생하는 회분 중 노벽이나 과열기 및 예열기 등에 부착되어 자중에 의해 보일러 바닥에 떨어지는 바텀애쉬(bottom ash) 슬러지 등을 매립처리하는 대신에, 강알칼리성 경화유도제에 의해 물유리와 함께 경화시켜 인공골재로 재활용하도록 하되, 특히 폐콘크리트 슬러지나 바텀애쉬를 콘크리트 배합용 인공골재로 만들어 발전소 주변에 폐기, 매립되어 있는 자원을 재활용하고, 천연골재의 사용을 경감시킬 수 있는 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐리머 결합의 인공골재 조성물 및 그 제조방법을 제공함에 있다.
- [0010] 즉 본 발명은 폐콘크리트 슬러지나 바텀애쉬 슬러지를 분급처리하여 재활용하는 과정에서 남는 미립자 슬러지를 고가의 열처리 대신 상온에서 무기 결합시켜 인공골재(굵은 골재 또는 잔골재)로 재활용하기 위한 것으로, 저비용으로 종래의 순환골재와 동일하거나 보다 품질이 좋은 골재 제품을 생산할 수 있는 바텀애쉬 등 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐리머 결합의 인공골재 조성물 및 그 제조방법을 제공하기 위한 것이다.
- [0011] 또한, 본 발명의 다른 목적은 매립되어 있는 바텀애쉬를 도로기층 포장용 골재로 대량 사용하여 환경문제가 심화되고 있는 매립지 문제를 해결함으로써, 화력발전소에 의한 전기 생산이 원활하게 이루어지도록 한 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐리머 결합의 인공골재 조성물 및 그 제조방법을 제공함에 있다.
- [0012] 또한 무기질 슬러지 미립자를 무기 결합시킬 때 일반 포틀랜드 시멘트로는 요구되는 골재강도(800~1500kg/cm²)의 달성이 어려우므로 고강도가 가능한 액체상의 물유리를 적용하되, 그 내수성이 낮은 문제를 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH) 등 강알칼리를 이용하여 무기결합(지오폐리머 결합)시켜 인공골재의 경화시간을 단축시킬 수 있는 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐리머 결합의 인공골재 조성물 및 그 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위해 본 발명의 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐리머 결합의 인공골재 조성물은, 70~90중량%의 무기질 슬러지 미립자, 10~30중량%의 물유리를 기본 조성으로 하되, 물/미분말 비가 20~90%의 범위에서 습식혼합할 때 상기 슬러지 내의 무기질 미립자가 응집되어 강도가 향상되도록 하기 위해, 경화유도제로써 강알칼리성의 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH)과 물유리가 0.5~2:1로 섞인 혼합수를 사용하는 것을 특징으로 하고 있다.
- [0014] 또 상기 무기질 미립자는 폐콘크리트 슬러지나 바텀애쉬 슬러지로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 70~90중량% 함유하는 것이 바람직하다.
- [0015] 또 상기 인공골재 조성물은 메타카올린, 플라이애쉬, 실리카 흙 중의 하나 이상을 바텀애쉬나 폐콘크리트의 무기질 슬러지 원료에 0~50중량%로 첨가 치환하여 성형성을 향상시키도록 하는 것이 바람직하다.
- [0016] 또 결합제인 물유리의 내수성 향상을 위해 pH 14 이상의 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH)의 강알칼리 수용액을 8~12몰 사용하는 것이 바람직하다.
- [0017] 또 무기질 슬러지 미립자와 혼련하여 인공골재를 형성하는 물유리/강알칼리 혼합수에서 물유리/수산화나트륨(NaOH)의 0.5~2.0의 비율로 조정하여 강도 및 경화시간을 조절할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.
- [0018] 또 상기 경화유도제로 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH)을 혼합한 혼합 수용액을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0019] 또 상기 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐리머 결합의 인공골재의 제조방법에 있어서, 무기질 슬러지 미립자를 포함하는 인공골재 조성물을 구형의 형상으로 성형하기 위해 일정 각도로 기울어진 과립기 내에 혼합수를 미립으로 분사하여, 상기 회전용기 내의 무기질 슬러지 미립자와 물유리가 혼련되어 눈 덩어리가 뭉쳐지듯이 구형 입자로 형성되도록 하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명의 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐리머 결합의 인공골재 조성물 및 그 제조방법에 의하면, 석탄

화력 발전소의 회 처리장에 약 1000만톤 이상이 매립되어 있는 바텀애쉬를 슬러지로 사용하여 인공골재를 대량 생산함으로써 폐기물을 재활용하는 효과가 얻어진다.

[0021] 또한, 본 발명에 따른 폐콘크리트 폐기물을 이용한 지오폐합의 인공골재 조성물 및 그 제조 방법에 의하면, 폐콘크리트 처리량의 8~12% 정도 발생하는 슬러지 미립자를 사용함으로써 고갈되어 가는 천연 골재를 대체할 수 있는 효과도 있다.

[0022] 또한, 본 발명에 따른 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐합의 인공골재 조성물 및 그 제조방법에 의하면, 경화유도제인 가성소다/물유리 비율을 제어함으로써, 인공골재의 물성을 향상시킬 수 있으며, 혼화제 첨가에 의해 인공골재 수요자의 요구에 따르는 색감 및 물성을 갖는 인공골재 제품을 공급할 수 있는 효과도 있다.

[0023] 또한, 본 발명에 따른 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐합의 인공골재 조성물 및 그 제조방법에 의하면, 물에 미리 경화유도제로 가성소다인 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH)을 혼합하여 일차 제조된 골재에 침적시킴으로써 치밀화와 동시에 압축강도를 향상시키고 인공골재의 응고시간을 단축시킬 수 있는 효과도 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 220메시 이하로 분급된 바텀애쉬 미립자의 입도분포 그래프

도 2는 폐콘크리트 슬러지 미립자의 입도분포 그래프

도 3은 본 발명에 따른 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐합의 인공골재 조성물을 혼련하여 제조하는 과정의 정면도 및 측면도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하, 본 발명에 따른 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐합의 인공골재 조성물의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위하여 제공되는 것이다.

[0026] 본 발명은 폐콘크리트 슬러지 또는 석탄화력 발전소 회 처리장에 매립되어 있는 바텀애쉬를 성토재 등으로 재활용하기 위해 분급처리할 때 발생하여 재매립될 수밖에 없는 미립자 슬러지 등을 인공골재용 원료로 사용하도록 한 것으로서, 상기 미립자 슬러지에 물유리와 가성소다 혼합수를 혼합하여 구형으로 성형한 후, 이를 지오폐합 결합으로 처리하여 내수성을 향상시키는 방법으로 인공골재 조성물을 구성하도록 한 것이다.

[0027] 이러한 본 발명의 인공골재에 사용된 바텀애쉬 등의 슬러지 및 혼화제의 물리적 특성을 요약하면 다음의 표 1과 같다. 매립되어 있는 바텀애쉬 및 폐콘리트 슬러지의 입도분포를 첨부한 도 1 및 도 2에 도시하였는데, 일반 자연사(모래)에 비해 특히 1mm 이하의 미립분이 너무 많아 그대로는 일반 콘크리트로 사용이 어려워 이러한 과한 미립분을 고려한 특별한 활용설계가 필요함을 알 수 있다.

표 1

[0028] 인공골재 제조용 슬러지 및 혼화제의 물리적 성질.

성분명	비중 (g/cm ³)	흡수율(%)	분말도 (cm ² /g)
석산골재	2.57	1.43	-
바텀애쉬	2.03	8.12	-
폐콘크리트슬러지	2.57	-	-
플라이애쉬	2.65	-	4,830
활성고령토	2.83	-	5,580

[0029] 다음의 표 2는 바텀애쉬 및 폐콘크리트의 화학성분을 석산골재와 비교하여 나타낸 것으로 화학성분상에 골재나 콘크리트에 유해한 성분이 포함되어 있지 않으며, 플라이애쉬의 경우와 매우 유사한 결과를 나타내었다. 이는 바텀애쉬의 주성분이 5~7% 함유된 미연탄분과 함께 플라이애쉬와 마찬가지로 주로 Al₂O₃ 와 SiO₂로 이루어져 있

음을 나타낸다.

표 2

콘크리트용 골재 및 혼화제의 화학 성분

성분명	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃	강열감량
석산골재	55.90	17.31	8.72	6.80	4.83	5.01	-	3.30
바텀애쉬	48.20	22.90	14.77	7.63	1.60	0.35	0.50	6.50
폐콘크리트 슬러지	27.63	22.5	0.62	42.53	6.5	-	0.6	34.5
플라이애쉬	57.47	24.16	7.58	4.32	1.21	1.21	3.16	-
활성고령토	32.26	16.57	4.11	0.63	5.47	-	0.53	-

즉, 본 발명자들이 물리, 화학적 분석을 통해 바텀애쉬나 폐콘크리트 슬러지를 평가하여 본 결과, 성분면에서 건설재료로 활용하는데 무리가 없는 것이 확인되었다. 다만 도 1 및 도 2에서 볼 수 있듯이 일반 자연사(모래)에 비해 특히 1mm 이하의 미립분이 너무 많아 이를 고려한 활용설계가 필요함을 알 수 있다. 따라서 본 발명에서는 처리장(회사장)에 매립되어 있는 바텀애쉬 슬러지나 폐콘크리트 슬러지 등의 미립 슬러지를 사용하여 상온에서 구형으로 경화시킴으로써 이를 범용 콘크리트의 인공골재로 사용하는 것이 경제성 면에서 제일 활용가능성이 크다고 판단하였다.

즉 바텀애쉬나 폐콘크리트 슬러지에 포함된 미분말은 상기 표 2에서 보듯이 SiO₂와 Al₂O₃가 풍부하게 함유되어 있어 이를 약간만 가용성 처리하면 알칼리 환경 하에서 경화시킬 수 있다. 따라서, 본 발명에서는 액상 알칼리 고화제를 사용하여 미분말을 경화시키는 것이 바람직하다.

본 발명에서 상기 액상알칼리 고화제는 pH 13.0~14.0의 강알칼리성을 갖도록 8~12 몰(mole) 수산화나트륨(NaOH) 수용액으로 제조하되, 가용성 실리카를 추가 공급할 수 있도록 약간의 물유리를 혼합하여 사용할 수 있다.

상기 물유리는 이산화규소와 알칼리를 용해한 규산알칼리염의 수용액을 말하며, 대표적으로 규산나트륨 수용액(2SiO₂ · Na₂O · xH₂O) 및 규산칼리 수용액 등이 있으며, 물유리는 경화유도제로 사용하는 가성소다인 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH) 양에 대하여 0.5~2.0 몰비의 범위에서 혼합하는 것이 좋다. 이러한 물유리는 바텀애쉬 분말의 활성화를 유도할 뿐만 아니라, 물에 잘 녹는 성질을 가져 바텀애쉬 미분말의 경화시간을 단축시킬 수도 있다. 상기 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH)은 상기한 바와 같이 각각을 경화유도제로 사용할 수 있으나, 상기 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH)을 혼합한 혼합 수용액을 경화유도제로 사용할 수도 있다.

또한, 본 발명에서는 바텀애쉬 양의 0~50%를 활성고령토나 플라이애쉬, 폐콘크리트 슬러지로 치환하여 사용할 수 있는데, 이러한 미립 폐기물을 추가 첨가함으로써 성형성을 개선하고 콘크리트의 강도를 향상시킬 수 있다.

본 발명의 실시예에서는 바텀애쉬를 콘크리트 배합용 골재로 사용하여 이 재료가 콘크리트에 혼입되었을 때, 콘크리트 강도 및 내구성 등 품질확보 상에 유해한 영향을 미치는지를 검토하여 모래 대체재로서의 활용성 유무에 대해 평가하였다. 그 결과, 통상의 시멘트 콘크리트에서 모래 대신 바텀애쉬 잔골재만을 사용하는 경우에는 충분한 강도를 얻을 수 없었으나, 가성소다인 수산화나트륨(NaOH)과 물유리를 경화제로 사용한 인공골재를 사용하는 경우 강도 면에서 기존의 일반 콘크리트와 비슷한 강도를 나타내었다. 또한, 바텀애쉬 미립자에 활성고령토를 혼합한 경우, 바텀애쉬 미립자만을 사용한 경우에 비해 강도가 크게 향상되는 것을 확인할 수 있었다(실례 1 참조).

상기와 같은 결과를 통해, 본 발명에 따른 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물이 포장재나 구조용 콘크리트에 활용될 수 있을 정도로 높은 강도를 가지며, 이에 따라 건설자원으로 활용하는데 문제가 없음을 확인하였다.

나아가, 본 발명은 바텀애쉬나 폐콘크리트 슬러지 미분말 70~90 중량%를 액상알칼리 고화제가 혼합된 물유리와 혼합하는 단계; 및 구형의 잔골재 형상으로 성형하여 60~80℃에서 24시간 이상 경화시키는 단계를 포함하는 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물의 제조방법을 제공한다.

[0039] 따라서 본 발명에 따른 지오폴리머 결합의 인공골재 조성물은 시멘트와 같은 다량의 온실가스 배출 물질을 전혀 포함하지 않고 제조됨으로써 친환경적이고 인체에 무해하다는 장점이 있으며, 바텀애쉬나 폐콘크리트 슬러지 미립자를 콘크리트용 잔골재에 적용하여 강도나 내구성 측면에서 천연골재를 사용한 콘크리트와 거의 동등하거나 그 이상의 강도나 내구성을 갖는 콘크리트 조성물을 제공할 수 있다. 또한, 기존제품에 비하여 환경보존이 가능하고 경량으로 하안 및 해양 구조물이나 바이오블록 등에 적용할 수 있는 콘크리트 조성물을 제공할 수 있다.

[0040] 이하, 본 발명을 실시예 및 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0041] <실시예>

[0042] 지오폴리머 결합의 인공골재 및 콘크리트 조성물의 제조

[0043] 먼저 본 발명자들은 하기의 표 3의 조성비로 배합하여 인공골재 조성물 1-1 내지 1-4를 1~5mm 크기로 제조하였으며 이렇게 제조된 인공골재를 표 4의 배합표에 따라 모르타르 시험편으로 제작하였다.

표 3

[0044] 지오폴리머 인공골재 조성물의 배합(kg)

실시예	바텀애쉬 미립자	폐콘크리트 슬러지	활성 고령토	NaOH	물유리	감수제	W/P (%)
1-1	790	-	-	62	147	0.5	28.6
1-2	602	-	188	62	147	0.5	25.2
1-3	395	395	-	62	147	0.5	27.5
1-4	-	602	188	62	147	0.5	35.0

[0045] *감수제(파워콘-1000) 첨가량 = 바텀애쉬 양에 대한 중량%

표 4

[0046] 지오폴리머 인공골재 콘크리트의 배합(kg)

실시예	모래	바텀애쉬 인공골재	폐콘크리트 슬러지 인공골재	시멘트	감수제	W/P(%)	비고
2-1	790	-	-	322	0.2	46.0	표준사
2-2	-	790	-	322	0.5	57.5	골재 1-1
2-3	-	790	-	322	0.5	52.8	골재 1-2
2-4	-	790	-	322	0.5	52.8	골재 1-3
2-5	-	-	790	322	0.5	54.2	골재 1-4

[0047] * 감수제(파워콘-1000) 첨가량 = 바텀애쉬 양에 대한 중량%

[0048] <1-1> 실시예 2-1의 조성물 제조

[0049] 모래로 주문진 표준사와 포틀랜드 시멘트를 2.45:1로 혼합된 조성을 표준 콘크리트 모르타르의 조성으로 하였다 (실시예 2-1). 여기에 혼합수를 시멘트 중량의 46%로 섞어 습식 혼련하여 모르타르 시험편을 제작하였다. 상기 모르타르를 성형하여 제작된 시험편을 25℃에서 상압 양생하였더니 7일 압축강도가 약 387Kgf/cm², 28일 압축강도가 약 471Kgf/cm² 로 나타났으며, 이를 다른 실시예와 비교 확인하였다.

[0050] <1-2> 실시예 2-2의 조성물 제조

[0051] 상기 실시예 <1-1>에서 표준사 대신 바텀애쉬 인공골재를 치환하여 실시예 2-2의 조성물을 제조하고 상온 양생하였더니 혼련에 필요한 수분량이 10% 이상 필요한 것으로 나타났다. 그 결과, 28일 압축강도가 약 160Kgf/cm² 으로 나타나 천연모래를 사용한 실시예 1에 비해 많이 낮아진 것을 확인하였다.

[0052]

<1-3> 실시예 3의 조성물 제조

[0053]

상기 실시예 <1-2>에서 골재 제조시 활성고령토가 24% 사용된 바텀애쉬 인공골재를 치환하여 실시예 2-3의 조성물을 제조하고 상온 양생하였더니 혼련에 필요한 수분양이 5% 정도 추가로 필요한 것으로 나타났다. 그 결과 28일 압축강도가 약 245Kgf/cm² 인 모르타르를 제작할 수 있었으며, 이로부터 활성고령토를 사용하는 경우에는, 실시예 2-2와 비교하여 강도가 증가하였으며, 모래와 포틀랜드 시멘트를 사용하는 경우(실시예 2-1)와 비교하여 절반 이상의 압축강도를 갖는 것을 확인하였다.

[0054]

<1-4> 실시예 4의 조성물 제조

[0055]

상기 실시예 <1-3>에서 바텀애쉬와 페콘크리트 슬러지를 혼합하여 제조한 인공골재로 치환하여 실시예 2-4의 조성물을 제조하였다. 그 결과, 28일 압축강도가 약 226Kgf/cm² 으로 나타나 바텀애쉬 조성의 인공골재에 페콘크리트 슬러지의 첨가가 강도 증진에 비교적 효과적임을 확인하였다.

[0056]

<1-5> 실시예 5의 조성물 제조

[0057]

상기 실시예 <1-4>에서 골재 제조시 페콘크리트 슬러지 만으로 제조된 인공골재를 치환하여 실시예 2-5의 조성물을 제조하고 상온 양생하였다. 그 결과, 혼입되는 물의 양이 약간 증가하였지만 모르타르의 28일 압축강도가 약 190Kgf/cm² 으로 나타나, 성토재용 잔골재로 사용 가능함을 확인하였다. 이를 통해 슬러지에 활성고령토를 첨가하는 경우 인공골재를 사용한 저급 콘크리트의 강도를 증진시킬 수 있음을 확인하였다.

[0058]

이상의 결과를 종합하여 보면, 기존의 콘크리트 조성물 중의 잔골재로 모래 대신 바텀애쉬를 직접 사용하는 경우 미분이 많이 함유되어 있어 압축강도의 저하를 가져오지만, 이러한 미분이 많은 점을 고려하여, 포틀랜드 시멘트 대신 가성소다인 수산화나트륨(NaOH)이나 수산화칼륨(KOH)과 물유리를 첨가함으로써, 바텀애쉬 미분말이 알루미늄실리케이트 결합을 하는 인공골재로 제조하여 사용하는 경우, 압축강도 값이 기존제품보다는 저하되지만, 성토재용 잔골재로는 충분히 높은 강도 값을 보여줄 수 있다. 또한, 여기에 활성고령토를 더 첨가하는 경우 더욱 높은 강도를 얻을 수 있었다.

[0059]

따라서 본 발명에서는 지금까지 전량 폐기되어 매립되고 있는 바텀애쉬나 페콘크리트 슬러지를 시멘트를 사용하지 않으면서 바이오 블록이나 일반 콘크리트 벽돌제품 등의 인공골재로 활용할 수 있음을 확인하였다.

[0060]

다음은 상기한 바와 같이 조성되는 인공골재 조성물을 제조하는 제조방법을 설명하도록 한다.

[0061]

페콘크리트 슬러지나 바텀애쉬 슬러지 중에서 선택되는 하나 이상의 무기질 슬러지 미립자를 포함하는 인공골재 조성물을 구형의 형상으로 성형하기 위해, 도 3에 도시한 바와 같이, 일정 각도로 기울어져 회전하는 과립기(3)의 회전용기(1) 내에 콘크리트 강화제와 물이 혼합된 혼합수를 미립으로 분사하여, 상기 회전용기(1) 내의 무기질 슬러지 미립자가 혼련되어 눈덩어리가 뭉쳐지듯이 구형 입자(2)로 형성되도록 함으로써 본 발명의 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐리머 결합의 인공골재를 제조하도록 한다. 즉 슬러지와 함께 강알칼리 혼합수를 분사하여 습해진 페콘크리트 슬러지나 바텀애쉬 슬러지 미립자에 회전 운동을 가하여 전동에 의한 치밀한 구형 입자로 성형한 인공골재를 제조하게 된다.

[0062]

다른 방법으로 페콘크리트 슬러지나 바텀애쉬 슬러지 중에서 선택되는 하나 이상의 무기질 슬러지 미립자를 포함하는 인공골재 조성물을 구형의 형상으로 성형하기 위해, 상기 인공골재를 성형할 때 무기질 슬러지 미립자에 혼합수가 습식혼합되어 형성된 페이스트를 압출한 후, 상기 압출에 의한 압출물을 절단하고, 절단된 다수의 압출물을 회전용기에서 계속 회전시켜 구형으로 성형하여 인공골재를 제조하게 된다.

[0063]

본 발명의 콘크리트 슬러지나 바텀애쉬 슬러지 미립자를 이용한 인공골재 조성물은 상기한 비교예 1 내지 4와 비교되는 실시예 1 내지 5의 인공골재 시편에서 알 수 있듯이, 일반 순환골재를 사용한 콘크리트와 비교하여 그 성능의 차이가 크게 없고, 단위 부피당의 무게가 자연산 골재보다 가벼우므로 도로포장재나, 바이오블록, 건물 바닥재 콘크리트 등으로 사용하면 상대적인 하중의 경감을 얻을 수 있는 이점이 있다.

[0064]

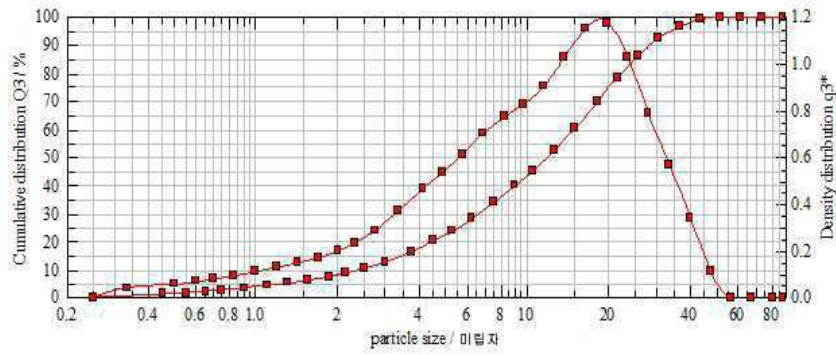
이상과 같이 본 발명에 따른 무기질 슬러지 폐기물을 이용한 지오폐리머 결합의 인공골재 조성물에 대해서 예시한 도면을 참조로 하여 설명하였으나, 본 명세서에 개시된 실시예와 도면에 의해 본 발명이 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술사상의 범위 내에서 당업자에 의해 다양한 변형이 이루어질 수 있음은 물론이다.

부호의 설명

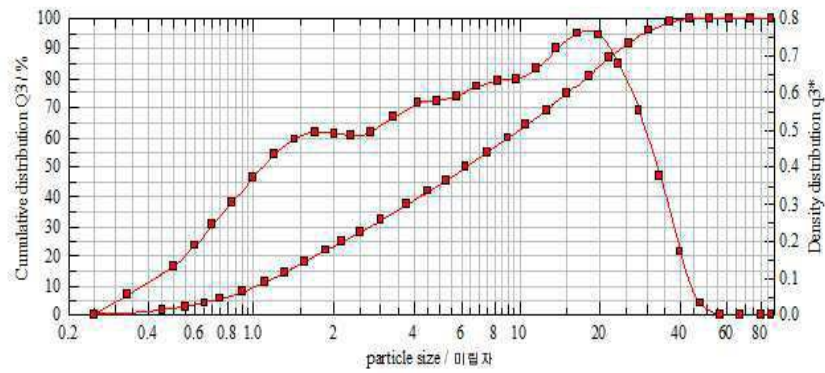
- 1 : 회전용기 2 : 구형 입자
3 : 과립기

도면

도면1



도면2



도면3

