



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년01월15일
(11) 등록번호 10-1222212
(24) 등록일자 2013년01월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C04B 18/06 (2006.01) C04B 14/28 (2006.01)

C04B 24/24 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0082796

(22) 출원일자 2011년08월19일

심사청구일자 2011년08월19일

(56) 선행기술조사문헌

KR1019980048042 A*

KR101014171 B1

KR1020050001983 A

KR100860542 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)

(72) 발명자

황규홍

경상남도 진주시 이현동 1180, 이현웰가아파트 111-1202호

김민철

경상남도 진주시 상평동 42-7번지

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 충정

전체 청구항 수 : 총 7 항

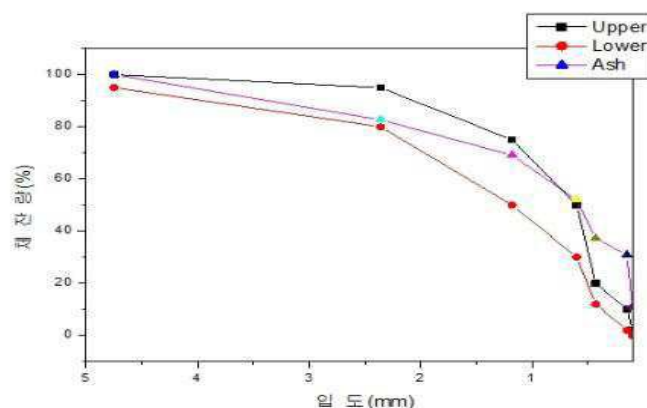
심사관 : 신상훈

(54) 발명의 명칭 바텀애쉬를 주골재로 이용한 콘크리트 조성물 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 바텀애쉬를 주골재로 이용한 콘크리트 조성물 및 이의 제조방법에 대한 것으로, 보다 구체적으로, 콘크리트 혼합물 1m³의 단위 중량을 기준으로, 무분급 바텀애쉬 65~85 중량% 및 시멘트 15~35 중량%를 포함하고, 상기 시멘트는 고분자 수지유화제가 물 중량 대비 1~30 중량%로 첨가된 혼합수에 물/시멘트의 혼합비가 40~60 중량%로 습식 혼합되어 있는 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 주골재로 이용한 콘크리트 조성물 및 이의 제조방법에 대한 것이다. 본 발명의 콘크리트 조성물은 바텀애쉬를 콘크리트 배합용 주골재로 사용하고, 바텀애쉬의 사용으로 인해 저하될 수 있는 강도를 보강 및 향상시킬 수 있도록 고분자 수지유화제를 사용함으로써 기존에 사용되던 자연산 골재를 바텀애쉬로 대체할 수 있어 생산원가를 절감할 수 있으며, 기존의 자연산 골재를 사용한 콘크리트와 동등하거나 그 이상의 강도를 가짐으로써 우수한 강도 및 내구성을 확보할 수 있어 기존제품과 유사하거나 더 높은 압축강도를 나타내는 친환경 콘크리트 제품을 제공할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

이범진

경상남도 진주시 말티고개로 113, 초전대림아파트
101동 1407호 (초전동)

서권덕

경상남도 진주시 이반성면 진마대로2498번길 10-12

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 03-2010-0369

부처명 산학협동재단

연구사업명 산학협동재단 학술연구비

연구과제명 비시멘트계 바텀애쉬 콘크리트 블록 개발

주관기관 산학협동재단

연구기간 2010.06.01 ~ 2011.05.31

특허청구의 범위

청구항 1

콘크리트 혼합물 1m³의 단위 중량을 기준으로,

무분급 바텀애쉬 65~85 중량% 및 메타카올린, 실리카흙 또는 탄산칼슘 중 하나 이상이 시멘트와 1:99~25:75의 중량비로 혼합된 혼합물 15~35 중량%를 포함하고,

상기 시멘트는 고분자 수지유화제가 물 중량 대비 1~30 중량%로 첨가된 혼합수에 물/ 시멘트의 혼합비가 40~60 중량%로 습식 혼합되어 있는 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 이용한 콘크리트 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 무분급 바텀애쉬를 재생골재 또는 채석골재로 30~50 중량%까지 치환하여 첨가하는 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 이용한 콘크리트 조성물.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 고분자 수지 유화제는 폴리아크릴계 유화제, 스타이렌 부타디엔 라텍스 유화제 및 비닐아세테이트계 유화제로 이루어진 군 중에서 선택되는 하나 이상을 미리 물에 첨가하고 용해하여 시멘트 양생 중 함께 경화되는 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 이용한 콘크리트 조성물.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 고분자 수지 유화제는 유화제 총 중량 대비 40 중량% 이상의 고형물을 함유하는 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 이용한 콘크리트 조성물.

청구항 6

콘크리트 혼합물 1 m³의 단위 중량을 기준으로,

무분급 바텀애쉬 65~85 중량% 및 메타카올린, 실리카흙 또는 탄산칼슘 중 하나 이상이 시멘트와 1:99~25:75의 중량비로 혼합된 혼합물 15~35 중량%를 고분자 수지 유화제가 첨가된 물과 혼합한 다음, 경화시키는 단계를 포함하는 바텀애쉬를 이용한 콘크리트 조성물의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 고분자 수지유화제는 물 중량 대비 1~30 중량%로 첨가하는 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 이용한 콘크리트 조성물의 제조방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 고분자 수지 유화제는 폴리아크릴계 유화제, 스타이렌 부타디엔 라텍스 유화제 및 비닐아세테이트계 유화제로 이루어진 군 중에서 선택되는 하나 이상인 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 이용한 콘크리트 조성물의 제조

방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 석탄 화력발전소나 소각로 등에서 배출되는 석탄회의 일종인 바텀애쉬를 주골재로 사용한 폴리머 콘크리트 조성물 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 석탄회(ash, 애쉬)란 석탄의 유기성 가연 성분이 연소된 후에 남는 잔류 광물질을 말한다. 석탄회의 대부분이 화력발전소에서 발생하고 있으며 그 이외에도 폐기물 소각로와 열병합 발전소 및 기타 산업현장에서도 연소공정으로 인하여 발생시키고 있다. 애쉬는 연소물의 잔재물이라는 점에서 곧 무기물질(예, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3)로서 재활용이 가능한 재료에 속한다. 그러나 연소공정을 거치는 관계로 항상 미연탄분(Unburnt Carbon)이 부수적으로 함유되어 있다는 점이 기술적으로 응용하는데 문제가 되고 있다.

[0003] 이러한 석탄회는 입자의 크기에 따라 크게 두 가지로 구분되는데, 입자의 크기가 $100\mu\text{m}$ 이하일 때는 플라이애쉬(fly ash, 비회)이고 그 이상일 때는 바텀애쉬(bottom ash, 바닥재 혹은 저회)로 취급된다. 플라이애쉬는 입자가 가벼워 분산되어 날아다니다가 연소가스와 함께 집진기에 의해 채취되고, 바텀애쉬는 입자가 무거워 연소로의 하부로 떨어지게 된다. 이들 석탄회는 연소설비 내에서 포집되는 위치가 다르기 때문에 소결 상태, 밀도, 입자의 크기 등 물성이 다르게 나타나게 된다. 또한 플라이애쉬는 발전설비의 향상에 따라 그 품질도 향상되어 현재는 90%이상이 콘크리트의 혼화재와 시멘트 원료로 재활용되고 있다.

[0004] 반면, 연소로 내에서 소결에 의해 입자가 형성된 상태에서 보일러 하부로 낙하하여 냉각수에 의해 고형화된 바텀애쉬는 매립지까지의 이송을 위하여 분쇄기를 사용하여 25mm이하의 입도로 분쇄된다. 일반적으로 분쇄기에 의해 파쇄된 바텀애쉬는 대부분 1~10mm 정도의 입경 범위를 갖고 있으며 총 석탄회 발생량의 10~15% 정도가 발생한다. 이 바텀애쉬는 발전소에 부가로 설치된 석탄회 처리장(회사장)에서 주로 매립처리 되었는데, 과거 국토의 이용률이 높았던 시기에는 회처리가 다소 용이하였으나, 최근 높은 경제 성장률로 인한 급격한 공장부지의 증가와 토지 값 상승으로 발전소 설비 면적의 3~4배를 필요로 하는 회사장을 구하기란 상대적으로 어려워지고 있는 것이 현실이다.

[0005] 이렇게 환경보존과 자원의 재활용이 강조되는 시점에서 이러한 바텀애쉬의 국내외 연구사례로 석탄회를 이용한 인공지반 축조기술, 석탄회, 오징어 쓰레기 및 톱밥을 이용한 양질의 비료생산에 대한연구, 바텀애쉬를 적용한 도로용 콘크리트 개발, 고탄소 석탄회를 이용한 수처리제 개발, 석탄회의 농업적 이용 등 현재 바텀 애쉬 분야의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 또한, 바텀애쉬를 골재로 사용한 예는 자연산 및 인공골재의 일부를 대체하거나(대한민국공개특허 제1997-074706호), 열 병합 발전소의 바텀애쉬를 경량건자재의 제조에 일부 사용한 것(대한민국공개특허 제1997-061815호)과 플라이애쉬, 석고, 탄산칼슘 및 석회 등과 혼합하여 고압으로 압출하여 벽돌제품을 생산하는 예 등이 있다(미국특허 제5,358,760호).

[0006] 그러나 대부분의 바텀애쉬는 골재로써의 품질이 낮아 발전소 주변의 노반 성토재로써 소량 사용되는 외에는 거의 대부분이 발전소 주변 회사장에 단순 폐기 매립되거나, 내륙 또는 해안 매립지에 플라이애쉬와 혼합하여 매립되는 실정이다. 따라서 회처리장 용지확보의 어려움은 물론이고, 환경오염의 문제를 야기하는 바텀애쉬에 대한 처리가 문제로 되고 있다.

[0007] 한편, 최근에는 바텀애쉬를 이용하여 고강도의 콘크리트를 제조하는 기술 개발에 많은 연구자들의 관심이 증가하고 있는데, 특히 대한민국공개특허 제2005-0001983호 및 제2005-0082083호에는 바텀애쉬를 사용한 고강도 콘크리트 제조에 대한 내용이 개시되어 있으나, 이들 문헌에 개시된 기술은 바텀애쉬를 전처리 없이 그대로 사용한 것이 아니라 분급된 바텀애쉬를 사용한 것으로서 분급처리하는 별도의 과정이 필요하며, 대규모로 콘크리트를 일관 생산하기 위한 방법이 개시되어 있지 않다.

[0008] 또한, 현재 알려진 기술에 의하면, 바텀애쉬 만을 골재로 사용하여 일반 콘크리트와 동일한 압축강도 등 제반 물성을 가진 제품을 생산하는데는 많은 어려움이 존재하는데, 특히 화력발전소의 매립장에 매립된 바텀애쉬는 이송과정에서 미분이 많아지는 등 그 크기가 다양하고 함수비가 18~35%로서 불특정의 함수비를 갖는 등 바텀애

쉬를 대규모로 사용하는 콘크리트의 골재로 적용하기에는 한계가 있기 때문이다.

[0009] 따라서 바텀애쉬를 특별한 전처리 없이 바로 콘크리트 제조에 사용하여 고강도의 콘크리트를 제조하는 기술이 개발될 경우, 건설업계의 큰 경제적 효과를 유도할 수 있을 것이다.

[0010]

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 이에 본 발명자들은 상기 종래 문제점들을 해결하기 위하여, 주골재로 폐기물인 바텀애쉬를 사용하였을 경우, 일반 공재를 사용하였을 경우와 동등하거나 그 이상의 강도를 가지며, 압축강도도 우수한 콘크리트 조성물을 제공할 수 있는 최적의 조건을 확립함으로써 본 발명을 완성하였다.

[0012] 따라서 본 발명의 목적은 콘크리트 혼합물 1m^3 의 단위 중량을 기준으로, 무분급 바텀애쉬 65~85 중량% 및 시멘트 15~35 중량%를 포함하고, 상기 시멘트는 고분자 수지유화제가 물 중량 대비 1~30 중량%로 첨가된 혼합수에 물/ 시멘트의 혼합비가 40~60 중량%로 습식 혼합되어 있는 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 주골재로 이용한 콘크리트 조성물을 제공하는 것이다.

[0013] 또한 본 발명의 다른 목적은 콘크리트 혼합물 1m^3 의 단위 중량을 기준으로 무분급 바텀애쉬 65~85 중량% 및 시멘트 15~35 중량%를 고분자 수지 유화제가 첨가된 물과 혼합한 다음, 경화시키는 단계를 포함하는 바텀애쉬를 주골재로 이용한 콘크리트 조성물의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 콘크리트 혼합물 1m^3 의 단위 중량을 기준으로, 무분급 바텀애쉬 65~85 중량% 및 시멘트 15~35 중량%를 포함하고, 상기 시멘트는 고분자 수지유화제가 물 중량 대비 1~30 중량%로 첨가된 혼합수에 물/ 시멘트의 혼합비가 40~60 중량%로 습식 혼합되어 있는 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 주골재로 이용한 콘크리트 조성물을 제공한다.

[0015] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 무분급 바텀애쉬는 재생골재 또는 쇄석골재로 30~50 중량%까지 치환하여 첨가할 수 있다.

[0016] 본 발명의 일실시예에 있어서, 메타카올린, 실리카흙 또는 탄산칼슘 중 하나 이상을 상기 시멘트 중량 대비 1~25 중량%로 치환하여 시멘트의 사용량을 감소시킬 수 있다.

[0017] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 고분자 수지 유화제는 폴리아크릴계 유화제, 스타이렌 부타디엔 라텍스 유화제 및 비닐아세테이트계 유화제로 이루어진 군 중에서 선택되는 하나 이상을 미리 물에 첨가하고 용해하여 시멘트 양생 중 함께 경화될 수 있다.

[0018] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 고분자 수지 유화제는 유화제 총 중량 대비 40 중량% 이상의 고형물을 함유할 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명은 콘크리트 혼합물 1m^3 의 단위 중량을 기준으로 무분급 바텀애쉬 65~85 중량% 및 시멘트 15~35 중량%를 고분자 수지 유화제가 첨가된 물과 혼합한 다음, 경화시키는 단계를 포함하는 바텀애쉬를 주골재로 이용한 콘크리트 조성물의 제조방법을 제공한다.

[0020] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 고분자 수지유화제는 물 중량 대비 1~30 중량%로 첨가할 수 있다.

[0021] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 고분자 수지 유화제는 폴리아크릴계 유화제, 스타이렌 부타디엔 라텍스 유화제 및 비닐아세테이트계 유화제로 이루어진 군 중에서 선택될 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명에 따른 바텀애쉬를 주골재로 이용한 콘크리트 조성물 및 이의 제조방법은 석탄화력발전소의 회처리장에 미립되어 있는 바텀애쉬를 콘크리트의 제조에 사용함으로써 폐기물을 재활용할 수 있는 효과가 있으며, 또한 바텀애쉬를 골재로 사용하기 때문에 고갈되어 가는 천연 골재를 대체할 수 있는 효과도 있다.
- [0023] 또한, 본 발명에 따른 방법은 콘크리트 제조시 물과 시멘트의 비를 최적화함으로써 콘크리트의 물성을 향상시킬 수 있고, 콘크리트의 수요자 요구에 부합하는 색감 및 물성을 갖는 콘크리트 제품을 제공할 수 있는 효과가 있다.
- [0024] 또한, 본 발명의 콘크리트 조성물 제조 시 고분자 유화제를 미리 물과 혼합하여 사용함으로써 워커빌리티 및 압축강도를 향상시킬 수 있으며, 콘크리트 응고시간을 단축시킬 수 있어 건축업체에 경제성 및 효율성을 증진시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 본 발명에서 사용한 바텀애쉬 잔골재의 입도분포를 나타낸 것으로, 천연 모래에 비해 1mm 이하의 미분말이 특히 많이 함유되어 있음을 보여주고 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명은 바텀애쉬를 주골재로 활용한 콘크리트 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 일반 골재를 이용한 콘크리트와 동등하거나 그 이상의 강도를 가지며 콘크리트를 제조하기 위해 미립분이 많은 바텀애쉬를 별도의 입도 분급처리 없이 그대로 골재로 사용한 것으로서, 콘크리트 혼합물 1m³의 단위 중량을 기준으로, 무분급 바텀애쉬 65~85 중량% 및 시멘트 15~35 중량%를 포함하고, 상기 시멘트는 고분자 수지유화제가 물 중량 대비 1~30 중량%로 첨가된 혼합수에 물/ 시멘트의 혼합비가 40~60 중량%로 습식 혼합되어 있는 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 주골재로 이용한 콘크리트 조성물을 제공함에 그 특징이 있다.
- [0027] 현재 건축 산업에서 사용하는 골재들인 천연 또는 석산골재는 재료 확보를 위해 많은 비용이 발생하고 있고, 점점 골재들의 자원이 고갈되어 가고 있어 이를 대체할 수 있는 새로운 골재들의 개발이 시급한 실정이다.
- [0028] 또한, 최근의 구조물은 점차 대형화 및 초고층화되고 있는 추세이며, 그로 인해 구조물의 하중이 크게 되어 지반 침하 등의 문제가 유발되고 있어 구조물 자체를 가능한 한 경량화시키려고 노력하고 있다. 바텀애쉬는 포집 후 급격한 냉각이나 인위적 분쇄에 의해 입자가 형성되므로 모래와 유사한 형상을 나타내며, 또한 다공질 입자로 되어 있어 구조물을 경량화할 수 있다는 구조적 특징을 가지고 있다. 이러한 관점에서 볼 때 바텀애쉬를 콘크리트의 골재 대체체로 활용한다면 그 가치는 매우 높게 나타나게 될 것으로 기대된다.
- [0029] 이에 본 발명자들은 석탄발전소에서 석탄을 연소시킨 후 발생하는 회분 중 노벽이나 과열기 및 예열기 등에 부착되어 자중에 의해 바닥에 떨어지는 회인 바텀애쉬(bottom ash)를 콘크리트 제조에 사용할 수 있는 방법을 고안하였다.
- [0030] 종래 바텀애쉬를 콘크리트 제조에 활용하기 위해 사용한 방법들의 경우에는 모두 바텀애쉬의 입도분포를 조정하여 사용하였으며, 따라서 이러한 전처리로 인해 부가의 비용이 발생하는 문제점이 있고, 특히 매립장에 매립된 바텀애쉬는 이송과정에서 미분이 많아지는 등 그 크기가 다양하고 함수비도 18~35%로서 불특정 함수비를 갖는 등 바텀애쉬를 대규모로 골재 대체하여 사용하기에는 한계가 있었다.
- [0031] 한편, 본 발명에 따른 콘크리트 제조시 사용하는 바텀애쉬는 분급처리와 같은 별도의 전처리 과정 없이 무분급 바텀애쉬 자체를 콘크리트 제조에 사용할 수 있는 특징이 있으며, 무분급 바텀애쉬 자체를 주골재로 사용하여도 콘크리트의 물성이 우수할 수 있는 제조 공정을 확립하였다.
- [0032] 즉, 무분급 바텀애쉬의 사용으로 인해 바텀애쉬 내에 미립자 함유량이 많아 저하될 수 있는 강도의 보강을 위해 고분자 수지유화제를 콘크리트 제조에 함께 사용함으로써 감수 효과와 동시에 결합력을 증진시켜 압축강도와 워커빌리티를 향상시킬 수 있고 콘크리트의 응고시간을 단축시킬 수 있다.
- [0033] 따라서 본 발명에서 제공하는 바텀애쉬를 주골재로 이용한 콘크리트 조성물은 콘크리트 혼합물 1m³의 단위 중량을 기준으로, 무분급 바텀애쉬를 65~85 중량%로 포함할 수 있으며, 시멘트 역시 콘크리트 혼합물 1m³의 단위 중량을 기준으로 15~35 중량%의 함량으로 포함될 수 있다.

- [0034] 본 발명에서 사용할 수 있는 상기 무분급 바텀애쉬는 불특정 입도분포를 갖는 자연 상태, 즉 인위적인 처리공정을 가하지 않은 바텀애쉬를 말하며, 본 발명의 콘크리트 조성물 제조를 위한 주골재로 사용할 수 있다.
- [0035] 한편, 바텀애쉬가 콘크리트용 골재로 활용되기 위해서는 적절한 경도와 용도에 따라 적당한 무게를 가져야 하고, 물리적 및 화학적으로 유해하지 않아야 하며, 입형이 입방체 또는 원형에 가까워야 하고, 결합 페이스트와 부착강도가 커야 하고, 깨끗하며 유해물이 포함되어 있지 않아야 하는 등과 같은 골재에 요구되는 일반적 특성을 만족해야 한다.
- [0036] 따라서 본 발명에서 사용하는 바텀애쉬가 골재로 활용될 수 있는지의 여부를 파악하기 위하여 바텀애쉬를 포함한 콘크리트용 골재 및 혼화제에 대한 물리적, 화학적 특성에 대해 조사하였다.
- [0037] 조사 결과, 화력발전소에서 발생되고 있는 일반 폐기물인 바텀애쉬의 입도 분포를 조사한 바에 의하면, 건설재료로 사용하기에 무리가 없는 것이 확인되었으나, 다만, 일반 콘크리트용 자연사의 상하한 입도분포와 비교하여 보면 일반 자연사(모래)에 비해 특히 1mm 이하의 미립분이 너무 많아 콘크리트 배합을 위한 특정 설계가 필요함을 알 수 있었다(도 1 참조).
- [0038] 또한, 바텀애쉬의 주요 화학성분으로는 실리카(SiO_2), 알루미늄(Al_2O_3), 산화철(Fe_2O_3), 산화칼슘(CaO), 산화마그네슘(MgO), 산화나트륨(Na_2O), 산화칼륨(K_2O) 등을 포함한다. 이 중에서도 실리카(SiO_2)와 알루미늄(Al_2O_3)의 함량이 바텀애쉬의 화학성분들의 80% 이상을 차지하는 것으로 나타났으며, 이 외에도 산화칼슘(CaO) 및 산화철(Fe_2O_3)도 많이 포함되어 있는 것으로 나타났다. 또한, 바텀애쉬가 포함하고 있는 화학성분은 콘크리트에 유해한 성분이 포함되어 있지 않다는 것을 알 수 있었고, 플라이애쉬와 매우 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과는 바텀애쉬의 주성분이 12~18중량%로 함유된 미연탄분과 함께 플라이애쉬와 마찬가지로 주로 실리카(SiO_2)와 알루미늄(Al_2O_3)로 이루어져 있음을 나타낸다.
- [0039] 본 발명의 일실시예에서는 콘크리트용 골재 및 혼화제의 화학성분을 분석한 결과를 표 2에 나타내었으며, 이는 일실시예일 뿐, 화학성분 상의 조성을 특별히 한정하는 것은 아니다.
- [0040] 또한, 본 발명에서는 무분급 바텀애쉬에 함유된 많은 미립자로 인한 강도 저하를 방지하기 위해 고농도의 에멀전 유화제, 즉, 고분자 수지유화제를 사용하여 강도 저하를 방지하였다는 점에 특징이 있는데, 상기 고분자 수지유화제는 물 중량 대비 1~30중량%로 물에 혼합하여 사용할 수 있고, 바람직하게는 고분자 수지유화제를 물 중량 대비 1~30 중량%로 물에 첨가하여 혼합수를 제조한 후, 상기 혼합수를 시멘트와 혼합할 수 있다.
- [0041] 또한 본 발명의 상기 시멘트는 콘크리트 혼합물 1m^3 의 단위 중량을 기준으로 15~35 중량%로 포함될 수 있는데, 이때 상기 시멘트는 고분자 수지유화제가 물 중량 대비 1~30 중량%로 첨가된 혼합수에 물/ 시멘트의 혼합비가 40~60 중량%로 습식 혼합된 것일 수 있다.
- [0042] 특히, 상기 물/시멘트의 혼합비는 콘크리트의 강도 측면에서 40~60 중량%로 혼합하는 것이 바람직한데, 물/시멘트의 혼합비가 40 중량% 미만이면, 물의 함량이 부족하여 건축 재료들이 잘 혼합된 슬러리 형태의 조성물을 제조하기 어려운 문제점이 있으며, 반면 60 중량%를 초과하게 되면 물의 함량이 너무 많아지게 되어 콘크리트의 강도가 낮은 문제점이 발생할 수 있기 때문에 상기 범위 내에서 혼합하는 것이 바람직하다.
- [0043] 또한, 본 발명에 따른 상기 콘크리트 조성물의 경우, 시멘트 사용량을 감소시키면서 동시에 고강도의 콘크리트를 유지할 수 있도록 메타카올린, 실리카흙 또는 탄산칼슘 중 하나 이상을 상기 시멘트 중량 대비 1~30 중량%로 치환하여 사용할 수 있다.
- [0044] 본 발명의 일실시예에서는 메타카올린을 시멘트 중량 대비 30중량%까지 치환시켜 첨가하였을 경우, 첨가량에 따라 강도가 지속적으로 증진되는 것으로 나타났다.
- [0045] 따라서 메타카올린, 실리카흙 및 탄산칼슘과 같은 혼화제를 시멘트 중량 대비 1~30 중량%로 첨가할 경우, 콘크리트의 강도를 더욱 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다. 나아가 본 발명에서는 무분급 바텀애쉬의 사용으로 인해 콘크리트의 강도가 저하될 수 있는 문제점을 극복하기 위해 고분자 수지 유화제를 사용한 특징이 있는데, 본 발명에서 사용할 수 있는 상기 고분자 수지 유화제는 폴리아크릴계 유화제, 스타이렌 부타디엔 라텍스 유화제 및 비닐아세테이트계 유화제로 이루어진 군 중에서 선택되는 하나 이상을 사용할 수 있고, 선택된 고분자 수지 유화제는 미리 물에 첨가하여 용해한 다음 콘크리트 혼합물과 습식 혼련하여 시멘트 양생 중 함께 경화될 수 있다.

- [0046] 또한, 상기 고분자 수지 유화제는 유화제 총 중량 대비 40 중량% 이상의 고형물을 함유한 것을 사용할 수 있으며, 상기 폴리아크릴계 유화제를 사용할 경우 높은 점성도를 갖도록 감수제를 혼합수 대비 0.1~1중량%로 추가로 첨가할 수 있고, 상기 스타이렌부타디엔계 유화제를 사용할 경우에는 상기 유화제 첨가로 매우 빠른 결합력 증진을 보일 수 있어 너무 빠른 경화를 지연시킬 수 있는 지연제를 혼합수 대비 0.1~1중량%로 추가로 첨가할 수 있다.
- [0047] 나아가 본 발명은 폐기물이며 미분이 많이 함유된 바텀애쉬를 주골재로하여 강도가 우수한 콘크리트 조성물을 제조하는 방법을 제공할 수 있는데, 바람직하게 상기 콘크리트 조성물의 제조방법은, 콘크리트 혼합물 1m³의 단위 중량을 기준으로 무분급 바텀애쉬 65~85 중량% 및 시멘트 15~35 중량%을 고분자 수지 유화제가 첨가된 물과 혼합시킨 다음, 경화시키는 단계를 포함할 수 있다.
- [0048] 상기 방법에서 고분자 수지유화제는 물 중량 대비 1~30 중량%로 첨가할 수 있으며, 상기 고분자 수지 유화제는 폴리아크릴계 유화제, 스타이렌 부타디엔 라텍스 유화제 및 비닐아세테이트계 유화제로 이루어진 군 중에서 선택될 수 있다.
- [0049] 따라서 본 발명에서 제공하는 바텀애쉬를 주골재로 사용한 콘크리트 조성물 및 이의 제조방법은 폐기물로 버려지는 바텀애쉬를 건축재료로 사용하여 대량의 콘크리트를 생산할 수 있는 장점이 있으며, 고갈되어가는 천연골재를 대체할 수 있는 장점도 있고, 강도나 내구성 측면에서 천연골재를 사용한 콘크리트와 거의 동등하거나 그 이상의 강도나 내구성을 갖는 효과가 있다.
- [0050] 또한, 바텀애쉬는 단위 부피당의 무게가 가벼워 도로포장이나 바이오블럭, 건물의 바닥재 콘크리트 등 다양한 건설자원으로 활용할 수 있다.
- [0051] 나아가 본 발명에 따른 무분급 바텀애쉬는 복층용 포장재를 위한 콘크리트 제조에도 활용할 수 있는데, 주골재인 바텀애쉬를 5mm 체가름하여 5mm이상의 바텀애쉬는 기층용 콘크리트의 제조에 사용할 수 있고, 5mm이하의 표층용 콘크리트 제조에 사용하여, 복층용 콘크리트 포장재, 또는 블록 콘크리트를 제조할 수 있다.
- [0052] 또한, 종래 사용되고 있는 포장재에 비해 개선된 포장재를 위해 콘크리트용 칼라 색소를 1m³의 단위 중량 대비 2~7중량%의 양으로 첨가하여 콘크리트를 제조할 수 있다.
- [0053]
- [0054] 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.

[0055] <실시예 1>

[0056] 바텀애쉬 골재를 주골재로 한 콘크리트 조성물의 제조

[0057] <1-1> 콘크리트 제조를 위한 재료들의 특성 분석

[0058] 본 발명자들은 주골재로 바텀애쉬를 사용하여 고강도의 콘크리트를 제조하기에 앞서 바텀애쉬를 삼천포화력 발전소의 회사장에서 야적되어 있는 것을 그대로 채취하여 사용하였고, 물리적 특성을 측정하여 그 결과를 하기 표 1에 기재하였다. 또한, XRF를 이용하여 바텀애쉬의 화학성분을 측정하였고, 그 결과를 하기 표 2에 기재하였다. 또한, 이때 상기 분석은 바텀애쉬 뿐만 아니라 콘크리트 제조를 위해 사용하는 성분들인 포틀랜드시멘트, 플라이애쉬, 석산골재, 메타카울린, 실리카흙 및 활성고령토에 대해서도 함께 분석하였다.

표 1

[0059] 콘크리트용 골재 및 혼화제의 물리적 특성 분석

성분명	비중 (g/cm ³)	흡수율(%)	분말도 (cm ² /g)	압축강도 (Kgf/cm ²)		
				3일	7일	28일
포틀랜드시멘트	3.15	-	3,450	210	262	348
바텀애쉬	2.03	8.12	-	-	-	-

플라이애시	2.65	-	4,830	-	-	-
석산골재	2.57	1.43	-	-	-	-
메타카올린	2.83	-	5,580	-	-	-
실리카흙	2.16	-	200,000	-	-	-

표 2

[0060]

콘크리트용 골재 및 혼화제의 화학적 성분 분석(중량%)

성분명	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	SO ₃	Ig. loss
포틀랜드시멘트	20.70	4.49	2.90	64.33	3.76	0.86	-	-
바텀애쉬	52.20	28.90	9.77	4.83	0.30	1.38	3.60	34.50
플라이애쉬	57.47	24.16	7.58	4.32	1.21	1.21	3.16	-
석산골재	55.90	17.31	8.72	6.80	4.83	5.01	-	3.30
활성고령토	32.26	16.57	4.11	0.63	5.47	-	0.53	-

[0061]

나아가 본 발명자들은 바텀애쉬를 콘크리트 제조의 주골재로 사용가능하지 확인하기 위하여 입도 분포를 측정하였고, 그 결과를 도 1에 나타내었다.

[0062]

분석 결과, 바텀애쉬의 화학성분은 SiO₂와 Al₂O₃의 전체함량이 80% 이상을 차지하고 있는 것으로 나타났고, 그 뒤로 CaO와 Fe₂O₃가 많이 포함되어 있음을 알 수 있었다. 또한, 바텀애쉬의 입도 분포 측정 결과, 이를 일반 콘크리트용 자연사의 상하한 입도분포와 비교하여 보면 일반 자연사(모래)에 비해 특히 1mm 이하의 미립분이 너무 많아 일반 콘크리트에는 사용이 어려워 이를 고려한 특별한 배합설계가 필요함을 알 수 있었다.

[0063]

화학성분을 분석한 결과에 의하면, 바텀애쉬를 포함한 콘크리트 재료의 경우 콘크리트에 유해한 성분이 포함되어 있지 않으며, 특히 바텀애쉬는 플라이애쉬의 경우와 매우 유사한 화학성분 결과를 나타내었다. 이는 바텀애쉬의 주성분이 12~18 중량% 함유된 미연탄분과 함께 플라이애쉬와 마찬가지로 주로 Al₂O₃ 와 SiO₂의 화학성분으로 이루어져 있기 때문인 것으로 판단된다.

[0064]

이러한 결과를 종합적으로 분석한 결과, 본 발명자들은 바텀애쉬를 건설재료로 사용하는데 큰 무리가 없다는 것을 확인할 수 있었다.

[0065]

<1-2> 분급 바텀애쉬를 사용한 콘크리트 제조

[0066]

하기 표 3에 나타난 바와 같이, 240Kgf/cm² 기준의 압축강도를 갖는 일반 시멘트 콘크리트(레미콘) 공시체를 제조하여 바텀애쉬가 천연 골재(쇄석 및 모래)를 실제로 대체 가능한지를 조사하였다. 이때 수경성 주결합재로는 일반 포틀랜드시멘트를 사용하였고, 시멘트는 경화제의 강도발현을 위한 것으로 밀도 3.15(kg/m³)의 1종 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 물/시멘트비(W/C)는 슬럼프 12cm를 기준으로 40~60중량% 범위가 되도록 하기 표 3과 같이 첨가하였다. 혼화제로는 포졸란 물질로 메타카올린과 탄산칼슘으로 이루어진 제지슬러지를 사용하였으며, 바텀애쉬 콘크리트 슬러리의 유동성을 확보하기 위하여 (주)금륜의 나프탈렌계 고성능감수제를 사용하였다. 콘크리트의 제조는 먼저 하기 표 3에 기재된 각 성분을 각 배합비별로 측정하여 건식으로 혼합한 다음, 슬럼프 12cm의 물/시멘트 비에 맞춰 물을 첨가한 다음 습식으로 혼련한 후 공시체를 제조하였다. 양생은 공기 중에서 24시간 행하였으며 탈형 후 온도가 조절된 저수조에 담가 28일 후 압축강도를 측정하였다.

표 3

[0067]

분급 바텀애쉬 콘크리트 공시체 강도비교

제조예	쇄석골재 (kg)	잔골재 (kg)	시멘트 (kg)	혼화제 (kg)	물 (kg)	압축강도 7일(kg/cm ²)	압축강도 28일(kg/cm ²)	비 고
1	1019	811	312	0	186	177.5	262.4	잔골재로 강모래 사용

2	1019	811	312	0	186	120.0	173.5	제조예 1의 강모래 함량(무게)을 모두 바텀애쉬로 치환
3	1002	798	328	0	196	110.5	165.2	제조예 2에서 시멘트의 양을 늘림
4	986	785	343	0	206	101.0	154	제조예 2에서 시멘트의 양을 늘림
5	1019	772	312	0	186	141.9	206	제조예 1에서 강모래가 차지하는 부피를 바텀애쉬가 용적으로 치환함 (50% 용적치환)
6	1019	648	312	0	186	156.2	232.1	제조예 1에서 강모래가 차지하는 부피를 바텀애쉬가 용적으로 치환함 (100% 용적치환)
7	1019	811	304	7.8	186	119.5	179.9	FLY 2.5%치환
8	1019	811	298	15.6	186	119.5	191.5	FLY 5.0%치환
9	1019	811	298	23.4	186	130.0	188	FLY 7.5%치환
10	1019	811	281	31.2	186	120.1	182.4	FLY 10%치환
11	1019	811	304	7.8	186	144.3	175.9	M.K 2.5%치환
12	1019	811	298	15.6	186	119.0	184.2	M.K 5.0%치환
13	1019	811	281	31.2	186	137.5	211.3	M.K 10%치환
14	1019	811	265	46.8	186	136.8	210	M.K 20%치환
15	1019	811	250	62.4	186	137.4	212.3	M.K 30%치환

[0068] 상기 표 3과 같은 조성 및 함량으로 제조된 각 콘크리트에 대한 압축강도 분석 결과, 조골재인 쇄석골재는 그대로 두고 5mm 이하로 분급한 바텀애쉬를 통상 잔골재로 사용하는 강모래를 전부 중량%로 치환한 공시체를 제조하였는데(제조예 2), 이 경우 일반 강모래를 사용한 공시체(제조예 1)에 비해 강도가 65% 정도로 크게 저하되는 것으로 나타났는데, 이는 바텀애쉬가 미분을 많이 함유하여 시멘트 결합이 충분하지 못하기 때문이지만 단순히 시멘트의 사용량을 늘리면, 제조예 3 및 4와 같이 도리어 강도의 저하가 일어났다. 이는 바텀애쉬의 밀도가 낮아, 즉 경량이기 때문에 모래와 비교하여 같은 중량을 첨가하면 콘크리트내에서 차지하는 부피가 크게 증가하여 치밀화가 어렵기 때문으로 사료된다.

[0069] 또한, 무게가 가벼운 바텀애쉬의 경우 중량치환보다 용적비치환이 합당함을 알 수 있으며, 중량으로 환산하면 2/3가량의 첨가가 배합량으로 가장 적합함을 알 수 있었다. 또한 시멘트의 첨가량 증가는 오히려 강도가 저하되었으며, 추가 혼화제로 플라이애쉬(FLY)는 시멘트 중량 대비 5중량%, 메타카울린(M.K)은 30중량%에서 가장 강도가 높게 나타났다.

[0070] 또한, 무게가 가벼워 콘크리트 내에서 부피를 많이 차지하는 바텀애쉬의 첨가량을 줄인 공시체를 제작하였는데(제조예 5 및 6), 이 경우 바텀애쉬의 첨가량을 감소시킬수록 강도가 크게 증가하는데, 단순히 겉보기밀도만 고려한 제조예 5보다 충진밀도를 고려하여 바텀애쉬 첨가량을 2/3 이하로 더 줄인 제조예 6의 경우 강도가 크게 향상되었음을 알 수 있었다. 즉 미분이 많이 포함된 바텀애쉬 콘크리트의 강도를 개선하기 위하여는 잔골재 바텀애쉬의 배합량을 천연 세골재의 용적비에 맞추어 줄여 첨가함으로서 물성을 증진시킬 수 있음을 알 수 있었으며, 상기 용적비라 함은 콘크리트 중 세골재(잔골재)가 차지하는 부피를 충진밀도(Tap density)를 고려하여 조정한 것이다.

[0071] 또한, 콘크리트의 강도 저하를 혼화제 첨가로 상쇄시켜 보고자 레미콘에서 많이 사용하는 플라이애쉬와 메타카울린을 첨가하여 콘크리트의 강도를 분석해 보았는데, 플라이애쉬(fly)의 경우 5% 첨가한 제조예 8에서 최대 강도를 보였지만 강도 증진 효과는 크게 일어나지 않았다. 반면 메타카울린의 경우 30% 첨가시까지 계속 증가하여 미분이 많은 골재의 경우 메타카울린 혼화제가 어느 정도 효과가 있음을 확인하였다. 그러나 용적배합을 하지 않는 경우 혼화제로 메타카울린을 첨가하여도 기준(일반) 콘크리트의 80% 정도의 강도밖에 발현시킬 수 있었다.

[0072] <1-3> 무분급 바텀애쉬를 사용한 콘크리트 제조

[0073] 앞서 제조한 콘크리트의 경우 분급 바텀애쉬를 사용하였는데, 분급 바텀애쉬의 경우 경제적인 비용이 상승되는 문제점이 있어 하기 표 4와 같이 무분급 바텀애쉬 콘크리트 시편을 제작하여 물과 시멘트의 비를 조절하고 혼화제로 메타카올린과 탄산칼슘의 혼입으로 인한 강도를 비교해 보았다.

표 4

[0074] 무분급 바텀애쉬 콘크리트 공시체 강도비교

제조예	바텀 애쉬(kg)	시멘트 (kg)	혼화제 (kg)	물 (kg)	시멘트/ 골재비C/(S+a)	W/C (중량%)	압축강도 28일 (kg/cm ²)	비 고 (중량%)
16	1246	350	0	246	0.281	70%	100.9	
17	1235	350	0	210	0.283	60%	110.5	
18	1247	350	0	176	0.281	50%	119.8	
19	1245	350	0	140	0.281	40%	112.7	
20	1212	333	17	176	0.275	53%	123.1	M.K 5%
21	1246	314	36	176	0.252	56%	125.7	M.K 10%
22	1233	297	53	176	0.241	59%	147.8	M.K 15%
23	1285	278	72	176	0.216	63%	150	M.K 20%
24	1246	261	89	176	0.209	67%	148	M.K 25%
25	1255	333	17	176	0.265	53%	107.2	CaCo 5%
26	1234	314	36	176	0.254	56%	113.5	CaCo 10%
27	1222	297	53	176	0.243	59%	116.4	CaCo 15%
28	1271	278	72	176	0.219	63%	110.8	CaCo 20%
29	1265	261	89	176	0.206	67%	98.6	CaCo 25%

[0075] 상기 표 4에서 M.K의 %는 시멘트 중량을 기준으로 한 중량%를 나타낸 것이고, CaCo 또한 시멘트 중량을 기준으로 한 중량%를 나타낸 것이다.

[0076] 제조 결과, 바텀애쉬를 조골재와 세골재(잔골재)의 혼합물로 분급처리하지 않고 그대로 주골재로 콘크리트 배합하여 표 4와 같은 공시체를 제작하는 경우 제조예 16 에서 보듯이 강도가 많이 낮아짐을 볼 수 있었다. 또한 메타카올린과 제지슬리지를 혼화제로 첨가하여 보았을 때, 제지슬리지의 경우 10% 첨가한 경우 강도가 최대인 것으로 나타났지만, 강도 증진 효과는 크게 일어나지 않았다. 반면 메타카올린의 경우 20% 첨가한 경우에서도 계속 증가하여 미분이 많은 골재의 경우 메타카올린 혼화제가 어느 정도 효과가 있음을 확인하였다. 하지만 일반 콘크리트의 60% 밖에 강도가 발현되지 않아 도로 포장용 콘크리트 등에 활용하려면 새로운 결합방식이 필요함을 알 수 있다. 또한, 물과 시멘트의 혼합비는 50 중량%일 경우가 가장 높은 강도를 갖는 것으로 나타났으나, 시공성으로는 60%가 가장 적당한 것으로 나타났다. 또한 무분급 바텀애쉬 공시체에서 메타카올린은 시멘트 중량 대비 15 중량%를 사용한 경우에 가장 높은 강도를 보였고, 탄산칼슘은 시멘트 중량 대비 10 중량%를 사용한 경우에 가장 높은 강도를 보였으며, 특히 탄산칼슘은 시멘트 중량 대비 10 중량%를 초과하여 첨가할 경우 오히려 강도가 저하되는 것으로 나타났다.

<1-4> 수지별 첨가량에 따른 바텀애쉬를 사용한 콘크리트 제조

[0078] 상기 실시예 <1-3>에서 살펴본 바와 같이 무분급 바텀애쉬를 사용하여 제조한 콘크리트의 압축강도를 더욱 향상시키기 위해 시멘트 결합에 폴리머 라텍스 수지 결합을 추가하여 콘크리트를 제조하였는데, 본 발명에서는 (주)금강페인트에서 냄새 등 작업성을 개선한 스타이렌 부타디엔 라텍스 수지 1종(SBR 수지 III), Polyacryl계 수지 3종(MMA 수지 I, II, IV)과 Vinyl Acetate 계 수지 1종(EVA 수지 V)을 사용하였으며, 그 특성을 하기 표 5에 나타내었다. 또한, 이러한 수지결합이 바텀애쉬 골재와의 친화성, 즉 결합강도를 향상시킬 수 있는지의 여부를 알아보기 위하여 바텀애쉬를 이용한 바텀애쉬모르타르를 제조할 때 각각의 수지를 시멘트 함량에 대해 5~30% 첨가한 혼합수를 배합후 시편을 제작하여 28일 강도를 측정하였고, 그 결과를 표 6에 나타내었다.

표 5

[0079]

사용한 폴리머 라텍스 수지의 일반 특성

수지	주모노머	안정제	고형분 함량(%)	pH	브룩필드 점도(cps)	비중 (g/cm ³)	유화제 특징	필름형성 온도(℃)
I	MMA I	BA	44.8	9.2	171	1.02	반응성 유화제	10
II	MMA II	BA, 2EHA	44.8	8.8	28	1.05	비이온	0
IV	MMA IV	2EHA	47.3	9.0	100	1.01	음이온	-18
III	SBR III	SM, 2EHA	44.8	9.2	171	1.02	음이온	-13
V	EVA V		44.9	5.0	1200	1.06	음이온	0

표 6

[0080]

각 수지별 첨가량에 따른 바텀애쉬를 사용하여 제조한 콘크리트의 강도비교분석

제조예	바텀 애쉬(kg)	시멘트 (kg)	혼화제 (kg)	혼합수 (kg)	C/(S+a)	w/c (중량%)	압축강도 28일(kg/cm ²)	비 고 (중량%)
30	1245	350	0	200	0.281	57%	104	수지 I 5%
31	1243	350	0	200	0.282	57%	111.4	수지 I 10%
32	1213	350	0	200	0.289	57%	107.7	수지 I 20%
33	1243	350	0	200	0.282	57%	123.7	수지 I 30%
34	1285	350	0	210	0.272	60%	105.4	수지 II 5%
35	1262	350	0	210	0.277	60%	109.1	수지 II 10%
36	1264	350	0	210	0.277	60%	104.2	수지 II 20%
37	1248	350	0	210	0.280	60%	122.9	수지 II 30%
38	1246	350	0	205	0.281	59%	99.5	수지 III 5%
39	1245	350	0	205	0.281	59%	90.1	수지 III 10%
40	1245	350	0	205	0.281	59%	60.8	수지 III 20%
41	1250	350	0	205	0.280	59%	52.2	수지 III 30%
42	1246	350	0	190	0.281	54%	145.5	수지 IV 5%
43	1198	350	0	190	0.292	54%	177.8	수지 IV 10%
44	1246	350	0	190	0.281	54%	181.3	수지 IV 20%
45	1245	350	0	190	0.281	54%	184.5	수지 IV 30%
46	1265	350	0	205	0.277	59%	126.8	수지 V 5%
47	1244	350	0	205	0.281	59%	135.1	수지 V 10%
48	1222	350	0	205	0.286	59%	157.8	수지 V 20%
49	1255	350	0	205	0.279	59%	146.8	수지 V 30%

[0081]

상기 표 6에 나타난 바와 같이, 무분급 바텀애쉬 콘크리트에서 워커빌리티를 기준으로 각 수지별 혼합수량에 따른 압축강도의 측정 결과, 아크릴계 수지IV는 사용하는 물 중량 대비 30중량%로 첨가한 경우, 다른 수지를 사용한 것에 비해 압축 강도가 현저하게 우수한 것으로 나타났다. 한편, 범용으로 사용되는 고무계 수지III(SBR 계)는 오히려 강도 저하가 일어났다.

[0082]

<1-5> 메타카울린 치환율에 따른 수지결합 바텀애쉬 콘크리트의 제조

[0083]

상기 실시예 <1-4>를 통해 아크릴계 수지IV이 다른 종류의 수지에 비해 압출강도가 높다는 사실을 통해 이번 실험에서는 아크릴계 수지IV를 10중량%로 함유한 혼합수와 혼화제를 사용하며, 골재(재생골재 또는 쇄석골재)의 치환율을 달리하여 콘크리트를 제조하였고, 제조된 콘크리트의 강도 분석을 통해 21MPa 이상 또는 24MPa 이상의 요구치를 얻어낼 수 있는 최적의 배합량을 조사하였고, 그 결과를 하기 표 7 및 표 8에 나타내었다.

표 7

[0084]

메타카올린 치환율에 따른 수지결합 바텀애쉬 콘크리트 강도 분석

제조예	바텀 애쉬 (kg)	시멘트 (kg)	M.K 치환율 (%)	수지IV10% 혼합수(kg)	C/(S+a)	w/c (중량%)	압축강도 28일(kg/cm ²)	비 고
50	1198	350	0%	190	0.292	54%	177.8	기준
51	1250	332.5	5%	190	0.266	57%	198.8	
52	1245	315	10%	190	0.253	60%	218.1	
53	1246	297.5	15%	190	0.239	64%	217.8	
54	1245	280	20%	190	0.225	68%	220	
55	1241	262.5	25%	190	0.212	72%	223	
56	1262	245	30%	190	0.194	78%	222.8	

표 8

[0085]

조골재 치환율에 따른 수지결합 바텀애쉬 콘크리트 강도 분석

제조예	바텀애쉬 (kg)	시멘트 (kg)	골재 치환율(%)	수지IV10% 혼합수(kg)	w/c (중량%)	압축강도 28일(kg/cm ²)	치환골재 종류
57	1161	350	0%	190	54%	177.8	기준
58	1231	350	10%	185	53%	199	재생골재
59	960	350	25%	177	51%	201	재생골재
60	652	350	50%	164	47%	230	재생골재
61	372	350	75%	151	43%	235.4	재생골재
62	1135	350	10%	184	53%	205.7	쇄석골재
63	956	350	25%	177	51%	262	쇄석골재
64	668	350	50%	164	47%	283.1	쇄석골재
65	374	350	75%	150	43%	308	쇄석골재

[0086]

분석 결과, 메타카올린을 치환하는 경우, 표 7에 나타난 바와 같이, 메타카올린을 최소 10중량%로 첨가할 때, 21MPa 이상의 압축강도가 나타나는 것으로 조사되었고, 표 8에 나타난 바와 같이 쇄석골재를 25% 이상의 용적비 치환율로 적용할 경우, 24MPa 이상의 압축강도를 나타내는 것으로 조사되었다.

[0087]

이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

도면1

