(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년06월29일
(11) 등록번호 10-1043932
(24) 등록일자 2011년06월17일

(51) Int. Cl.
C04B 18/08 (2006.01) *C04B 28/26* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0075913
(22) 출원일자 2009년08월17일
심사청구일자 2009년08월17일
(65) 공개번호 10-2011-0018223
(43) 공개일자 2011년02월23일
(56) 선행기술조사문헌
KR100855686 B1
KR1020070047029 A
KR100883644 B1
US20080066655 A1
전체 청구항 수 : 총 9 항

(73) 특허권자
한국건설기술연구원
경기도 고양시 일산구 대화동 2311-1
(72) 발명자
강수태
경기도 고양시 덕양구 토당동 298번지 한라비발디 아파트 102-501
고경택
경기도 파주시 교하읍 와동리 동문2차아파트 207동 501호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
송세근

심사관 : 신상훈

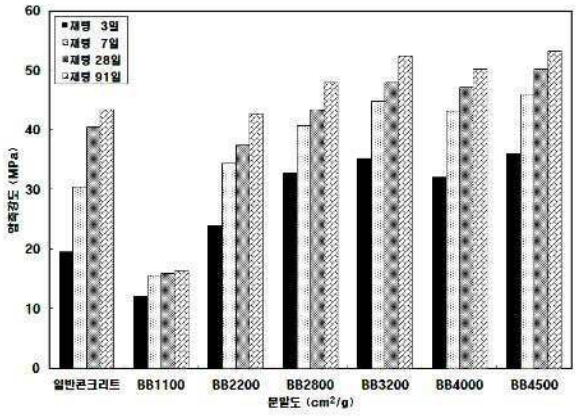
(54) 바텀애쉬를 포함하는 비소성 결합재 및 이를 이용한 콘크리트 조성물

(57) 요 약

본 발명은 바텀애쉬를 포함하는 비소성 결합재 및 이를 이용한 콘크리트 조성물에 관한 것으로, 그 목적하는 바는 제조 시 이산화탄소를 다량으로 배출하고 에너지가 많이 소모되는 소성공정이 필요한 시멘트를 완전히 대체할 수 있는 친환경적인 결합재 및 이를 배합한 콘크리트 조성물을 제공하고자 하는데 있다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 결합재는 바텀애쉬, 알칼리성 무기질 재료 및 소듐실리케이트로 구성되며, 상기 바텀애쉬와 나머지 결합재인 알칼리성 무기질 재료 및 소듐실리케이트가 중량비로 70:30 ~ 80:20이고, 상기 알칼리성 무기질 재료와 소듐실리케이트가 중량비로 80:20 ~ 20:80인 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자

류금성

경기도 고양시 일산동구 중산동 1800번지 하늘마을 511동 805호

박정준

경기도 파주시 교하읍 와동리 교하1차 월드메르디앙1차아파트 105-907

강현진

경기 안산시 단원구 선부동 961 (8/2) 군자주공아파트 502-303

이장화

경기도 고양시 일산서구 주엽동 강선마을 벽산아파트 102-903

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2008-0405-1-2

부처명 지식경제부

연구관리전문기관

연구사업명 산업기술연구회협동연구사업

연구과제명 시멘트 ZERO 콘크리트 개발 및 활용(2차년도)

기여율

주관기관 산업기술연구회

연구기간 2007년 10월 10일~2012년 10월 09일

특허청구의 범위

청구항 1

바텀애쉬, 알칼리성 무기질 재료 및 소듐실리케이트로 구성되며, 상기 바텀애쉬와 나머지 결합재인 알칼리성 무기질 재료 및 소듐실리케이트가 중량비로 70:30 ~ 80:20이고, 상기 알칼리성 무기질 재료와 소듐실리케이트가 중량비로 80:20 ~ 20:80인 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 포함하는 비소성 결합재.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 바텀애쉬는 분말도가 2,000 ~ 4,000cm^2/g인 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 포함하는 비소성 결합재.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 바텀애쉬의 분말도는 3,000~3,500cm^2/g인 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 포함하는 비소성 결합재.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 알칼리성 무기질 재료는 6 내지 16M 범위의 수산화나트륨, 수산화칼륨, 탄산나트륨 중 어느 하나이거나 이들의 혼합물인 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 포함하는 비소성 결합재.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 소듐실리케이트는 SiO_2와 Na_2O의 몰비가 1.0 내지 3.5인 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 포함하는 비소성 결합재.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 소듐실리케이트는 SiO_2와 Na_2O의 몰비가 2.8~3.2인 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 포함하는 비소성 결합재.

청구항 7

잔골재, 굵은골재, 물 및 결합재를 포함하는 콘크리트 조성물에 있어서,

상기 결합재가 상기 제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항의 비소성 결합재인 것을 특징으로 하는 콘크리트 조성물.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 물은 상기 결합재에 대해 중량비로 20% 이내로 적용하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 조성물.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 물은 상기 결합재에 대해 중량비로 10 ~ 20%로 적용하는 것을 특징으로 하는 콘크리트 조성물.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 바텀애쉬를 포함하는 비소성 결합재 및 이러한 비소성 결합재를 사용하는 콘크리트 조성물에 관한 것으로, 보다 상세하게는 시멘트 대신에 적정비율의 바텀애쉬, 나트륨계 또는/및 칼륨계의 알칼리성 무기질 재료 및 소듐실리케이트로 구성된 소성가공이 필요가 없고 친환경적인 결합재와, 이러한 결합재를 사용하는 콘크리트 조성물에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 시멘트는 산업의 근대화 과정에서 가장 중요하고 널리 사용되어 온 건설용 구조재료로서 도로, 교량, 터널, 항만, 주택, 건물 등 각종 사회간접자본(SOC)의 건설에 있어 기본이 되는 재료이다. 특히 20세기에 들어서 산업구조의 고도화에 따른 건설기술도 진보해왔으며, 이에 맞추어 20세기 초부터 본격적으로 생산되기 시작한 보통포틀랜드시멘트는 그 생산량도 크게 증가하여 현재 15억 톤 정도를 생산하고 있으며, 이용기술도 획기적으로 발전하여 왔다. 그리고 향후 산업구조의 고도화 및 사회구조의 다양화에 의해 수반되는 정보화 시대, 창조지향 시대를 향한 SOC의 확충을 위해 초고층건물, 심도 지하구조물, 거대교량, 해상공항 및 수중 도시 등 건설 프로젝트가 계획되는 등 시멘트의 수요는 꾸준히 증가할 것으로 예측된다.

[0003] 이와 같이 시멘트는 그 동안 SOC 건설에 중요한 역할을 해왔음에도 불구하고 최근 들어 자연 및 지구환경에 대한 부정적인 재료로 인식되는 경향이 높아지고 있다. 특히 시멘트는 석회석 등을 사용할 뿐만 아니라 소성과정, 즉 클링커 제조 시 고온(약 1,500℃)상태에서 제조됨으로써 이 과정에서 시멘트 1톤을 생산하는데 0.7~1.0톤의 이산화탄소 가스를 배출하여 전 세계 온실가스 배출량의 7~8%를 차지할 정도로 심각한 실정이다. 우리나라에서 시멘트 생산량은 연간 약 6,300만 톤으로 약 5,670만 톤의 이산화탄소를 배출하여 철강산업에 이어 두 번째로 많이 배출하고 있다.

[0004] 한편 세계 국가들은 1992년 브라질 리오에서 지구온난화 방지를 위한 기후변화 협약이 채택된 이후 지구온난화 문제가 인류 공동과제로 인식되었고, 세계 각국은 일찍부터 이에 대응방안을 마련하였다. 특히, 1997년 일본 교토에서 기후변화협약에 관한 교토의정서가 채택된 이후, 2005년 교토의정사가 발효됨에 따라 세계 38개국의 선진국은 온실가스 감축의무를 준수해야 한다. 교토의정서에 따르면 제 1차 공약기간(2008년~2012년)에 1990년도 배출량 대비 평균 5.2%를 감축해야 하는 어려운 과제를 안고 있다. 최근 2008년 7월에는 일본 도야코에서 열린 G8 정상회담에서 각국 정상들은 2050년까지 배출가스를 현재의 50%로 감축하는 방안을 검토하고 있다. 이렇게 강도 높은 온실가스 감축노력은 우리나라도 예외는 아니며, 2013년부터 온실가스를 감축해야 하는 2차 의무이행 대상국에 편입될 것이 확실시됨에 따라 정부차원에서 강력한 대책이 필요한 실정이다. 우리나라는 2004년 기준 4억 6210만 톤의 이산화탄소를 배출하여 세계에서 10위를 차지하고 있으며, 특히 이산화탄소의 배출량 증가율은 중국에 이어 세계에서 2번째로 이산화탄소 배출 정도가 심각한 실정이다.

[0005] 이런 상황에 맞추어 국내 모든 산업분야에 걸쳐 온실가스를 감축하기 위해 많은 설비투자, 기술 개발 등 노력을 하고 있으며, 마찬가지로 시멘트 산업에서도 설비효율을 높이고 생산과정에서 유연탄 대신 대체연료의 사용을 늘리어 생산하거나 플라이애시, 고로슬래그 등의 혼합시멘트를 사용하는 등 이산화탄소를 저감하고자 노력하고 있다. 그러나 이런 방법으로는 시멘트 수요량이 매년 2.5~5.8% 정도 증가가 예상되는 상황에 있어서 시멘트 생산 시 배출되는 이산화탄소를 획기적으로 저감시킬 수 없기 때문에 보다 강력한 대책이 강구되어야 할 것이다.

[0006] 한편 화력발전소에서 발생하는 플라이애쉬와 제철소의 부산물인 고로슬래그는 시멘트 원료, 콘크리트용 혼화재료 등으로 50% 정도가 활용되고 있지만, 나머지는 해안 및 육상 매립에 의해 처리되고 있어 매립지확보를 위한 경제적 부담뿐만 아니라 매립 시 발생되는 침출수와 미세 분말로 구성된 석탄회의 분진 침출에 의해 많은 환경문제를 유발하고 있다. 특히, 석탄 화력발전소에서 부산물로 발생하는 석탄회는 집진하는 장소에 따라 플라이애쉬(Fly-ash)와 바텀애쉬(Bottom-Ash)로 구분되는데, 플라이애쉬는 연소과정에서 생성된 석탄회 중에서 미세한 크기의 입자로 연소가스와 함께 연소로를 통과하여 배출되며 총 석탄회 발생량의 80 내지 85%를 차지하고, 바텀애쉬는 연소로 내에서 보일러 하부로 낙하하여 고형화 된 물질을 분쇄기를 사용하여 25㎜이하의 입도로 분쇄시킨 것으로 총 석탄회 발생량의 15 내지 20% 정도가 발생되는 것인데, 상기한 바와 같이 플라이애쉬의 경우는 그

재활용방안이 다각도로 연구 및 사용이 되나, 바텀애쉬의 경우 아직 그 재활용방안에 대한 연구 및 사용이 미비하다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 이에 본 발명자들은 바텀애쉬를 콘크리트의 결합재로 사용하기 위해 연구와 실험을 거듭하여 본 발명을 제안하게 된 것으로, 본 발명은 제조 시 이산화탄소를 다량으로 배출하고 에너지가 많이 소모되는 소성공정이 필요한 시멘트를 완전히 대체할 수 있는 친환경적인 결합재 및 이를 배합한 콘크리트 조성물을 제공하고자 하는데, 그 목적이 있다.

과제 해결수단

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 결합재는 바텀애쉬, 알칼리성 무기질 재료 및 소듐실리케이트로 구성되며, 상기 바텀애쉬와 나머지 결합재인 알칼리성 무기질 재료 및 소듐실리케이트가 중량비로 70:30 ~ 80:20이고, 상기 알칼리성 무기질 재료와 소듐실리케이트가 중량비로 80:20 ~ 20:80인 것을 특징으로 하며,

[0009] 또한, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 콘크리트는 상기한 바와 같은 결합재를 포함하는 것을 특징으로 한다.

효 과

[0010] 상술한 바와 같은 본 발명의 비소성 결합재 및 이를 사용한 콘크리트 조성물은 적정한 바텀애쉬, 나트륨계 또는/및 칼륨계 알칼리성 무기질 재료, 소듐실리케이트로 구성된 결합재의 혼합비 그리고 물과 결합재의 비를 제시하여 압축강도를 25~55MPa 범위로 확보할 수 있는 장점이 있다. 또한, 본 발명에 의한 콘크리트 조성물은 콘크리트 타설 후 일정시간까지 유동성이 유지되어 충분한 작업성을 확보할 수 있는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 본 발명을 보다 상세히 설명한다.

[0012] 본 발명의 비소성 결합재는 바텀애쉬, 나트륨계 또는/및 칼륨계 알칼리성 무기질 재료, 및 소듐실리케이트를 포함하여 구성된다.

[0013] 상기 바텀애쉬는 석탄 화력발전소에서 부산물로 발생하는 것으로, (1)기존의 골재의 대체재 또는 기존 골재와 함께 바텀애쉬를 혼입한 콘크리트 조성물의 경우 강도측면에서 바텀애쉬의 물흡수력 등에 의해 기존의 콘크리트 조성물에 비해 강도가 향상되는 점, (2)공기량 등에 의해 기존의 콘크리트와 거의 동일한 동결융해 저항성이 있는 점, (3)바텀애쉬의 비중이 작아 골재침강에 의한 재료분리 가능성이 적은 점, (4)바텀애쉬의 다공성에 의해 투수성이 향상되는 점 등과 같은 장점이 있다.

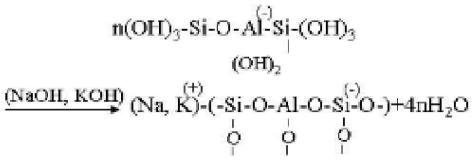
[0014] 이러한 바텀애쉬는 알칼리성 무기질 재료와 반응하여 Al과 Si 성분을 용해시켜 경화되도록 하는 것이다. 여기서 알칼리성 무기질 재료(활성화제)는 MOH 형태의 가성 알칼리(caustic alkalis)가 적용될 수 있다. 여기서 M은 Na, K 및 Li와 같은 알칼리 금속이온으로, 주로 Na 또는 K가 사용된다. 또한 상기 알칼리성 무기질 재료는 6 내지 16M 범위의 수산화나트륨, 수산화칼륨, 탄산나트륨 중 어느 하나이거나 이들의 혼합물인 것이 바람직하다.

[0015] 여기서 알칼리 활성화는 고 알칼리 환경 하에서 Si-O-Al-O 합성체를 만드는 다양한 알루미늄-규산 산화물들 사이의 화학적 반응이다. 비록 알칼리 활성화에 대한 화학 반응기구는 아직 명확하게 밝혀지지 않았지만 알칼리 수산화물을 이용하여 유도된 반응 기구는 다음과 같이 일반화 될 수 있다.

반응식 1

[0016] $$n(Si_2O_5 \cdot Al_2O_2)+2nSiO_2+4nH_2O \xrightarrow{(NaOH,\ KOH)} n(OH)_3\text{-}Si\text{-}O\text{-}Al^{(-)}(OH)_2\text{-}Si\text{-}(OH)_3$$

반응식 2



[0017]

[0018] 위 두 반응 기구는 Al과 Si 성분이 알칼리 활성화의 기본임을 명확히 보여준다. 이들 반응속도는 매우 빠르며 용해, 전이 및 적응 그리고 중축합의 단계로서 반응 기구가 구성될 수 있다.

[0019] 본 발명에서는 바텀애쉬와 알칼리 무기질 재료 및 소듐실리케이트의 배합구성을 통해 중합반응(Polymersation)을 유도하여 강도가 증진되게 함으로써 결국 시멘트를 사용하지 않으면서 소성과정이 없이 일정 강도이상을 발현할 수 있는 결합재를 제공하는 것이며, 또한 이러한 결합재를 사용한 콘크리트 조성물을 제공할 수 있는 것이다.

[0020] 본 발명에서 상기 결합재는 바텀애쉬(A), 알칼리성 무기질 재료(B) 및 소듐실리케이트(C)로 구성되며, 이때 바텀애쉬(A)와 알칼리성 무기질 재료 및 소듐실리케이트(B+C)는 중량비가 70:30 내지 80:20으로 구성되고, 알칼리성 무기질 재료(B)와 소듐실리케이트의 중량비는 80:20 내지 20:80으로 구성된다. 결합재 중 바텀애쉬의 중량비(A:B+C)를 70:30 내지 80:20으로 구성한 것은 중합반응에 필요한 적절한 비율의 Si 및 Al과 Na가 존재하여야 하기 때문으로 바텀애쉬의 중량비가 이보다 클 경우 상대적으로 반응에 필요한 Na가 부족하게 되어 강도가 저하되고, 이와 반대로 이보다 작을 경우 강도에 기여하는 Si 또는 Al가 부족하여 강도가 저하되기 때문이다.

[0021] 또한 알칼리 무기질재료(B)와 소듐실리케이트(C)를 중량비로 80:20 내지 20:80으로 구성한 것은 알칼리성 무기질 재료를 80중량%를 초과하여 사용하면 시공성이 저하될 뿐만 아니라 알루미노실리케이트가 과다하게 생성되어 팽창에 의한 콘크리트가 균열이 발생하여 강도가 저하되는 문제점이 있으며, 20중량% 미만으로 사용한 경우에는 재령 초기에 알루미노실리케이트의 생성이 작아져 초기강도가 저하되고, 수축이 다소 증가되는 문제점과 함께 다량의 소듐실리케이트 사용으로 경제성 측면에서 불리하게 작용하는 문제점이 있다.

[0022] 상기 바텀애쉬는 분말도가 2,000 ~ 4,000cm^2/g인 것을 사용하는 것이 바람직한데, 이는 바텀애쉬의 분말도가 2,000cm^2/g 미만인 경우에는 반응성이 작아 강도발현에 불리하고, 분말도가 4,000cm^2/g을 초과하는 경우에는 반응성이 크지만, 시공성이 다소 저하되고 통상의 제품으로 판매되지 않는 관계로 미분말시키기 위해 분쇄하는 과정 또는 분급하는 과정을 거쳐야 하기 때문에 경제성이 저하될 수 있기 때문이다. 나아가 상기 바텀애쉬는 보다 우수한 반응성 및 시공성을 얻기 위해, 분말도가 3,000~3,500cm^2/g인 것을 사용하는 것이 보다 바람직하다.

[0023] 상기 소듐실리케이트는 SiO_2와 Na_2O의 몰비가 1.0 내지 3.5 범위의 값을 가지는 것을 사용하는 것이 바람직한데, 몰비가 1.0 미만인 경우에는 결합재의 점도가 급격히 증가되어 슬럼프가 저하됨으로써 시공성이 저하될 뿐만 아니라 중합반응에 필요한 Si 성분이 적어져 장기강도가 발현이 작아지고, 몰비가 3.5를 초과하는 경우에는 시공성에 영향을 주지 않지만, Na이온이 적어져 초기강도가 작아지는 문제가 있기 때문이다. 나아가 상기 소듐실리케이트는 보다 우수한 시공성 및 강도를 얻기 위해, SiO_2와 Na_2O의 몰비가 2.8~3.2인 것을 사용하는 것이 보다 바람직하다.

[0024] 상기 알칼리성 무기질 재료는 상술한 바와 같이, 6 내지 16M 범위의 수산화나트륨, 수산화칼륨, 탄산나트륨 중 어느 하나이거나 이들의 혼합물인 것이 바람직하다. 상기 알칼리성 무기질 재료를 6M미만인 것을 사용하면 바텀애쉬가 모두 반응하는데 필요한 양보다 부족하게 되어, 충분한 알칼리 활성화 반응이 일어나지 않아 강도를 저감시킬 우려가 있고, 16M을 초과하는 것을 사용하면 상대적으로 고가인 알칼리성 무기질 재료의 투입량 대비 강도 향상 효과가 미미하기 때문에 경제적인 측면에서 불리하게 작용하기 때문이다.

[0025] 또한, 본 발명은 상기 바텀애쉬를 포함한 비소성 결합재를 배합한 콘크리트 조성물을 제시하는 바, 이러한 콘크리트 조성물은 상기 바텀애쉬를 포함한 비소성 결합재, 잔골재, 굵은골재 및 물 등을 배합하고, 교반하는 과정과 양생하는 과정을 거쳐 제조한다.

[0026] 이 경우 물과 결합재는 그 중량비로 20% 이내로 적용하는 것이 바람직한데, 이는 물을 전혀 사용하지 않았을 때에는 수용액 상태의 알칼리 무기질 재료 즉 수산화나트륨과 규산나트륨 내의 화학적 결합수에 의해 유

동성을 확보할 수 있으며, 이렇게 물을 사용하지 않음에 따른 보정으로 고성능 감수제 등 화학혼화제의 사용으로 유동성을 충분히 확보할 수 있기 때문이다.

[0027] 더욱 바람직하게는 물과 결합재는 그 중량비로 10 내지 20% 로 적용하는 것이 타당한데, 화학혼화제의 배합비율을 줄이면서 작업의 용이성을 확보하기 위해 배합수와 결합재의 비율을 중량비로 10% 이상으로 한정을 하는 것이며, 20%를 초과하는 경우에 시공성은 향상되나 강도가 급격이 저하되어 압축강도 25MPa 이하로 콘크리트 구조물에 적용할 수 없게 될 뿐만 아니라 건조수축이 증가되는 등의 문제점이 있기 때문에 그 중량비를 20%이하로 한정하는 것이다.

[0028] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.

[0029] 본 발명에 따른 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으므로, 본 발명의 범위가 아래에서 설명되는 실시예에 한정되지는 않는다.

[0030] <실시예 1>

[0031] 바텀애쉬 분말도의 영향

[0032] 본 발명에서 제시된 바텀애쉬를 포함한 비소성 결합재 및 이를 이용한 콘크리트 조성물에 있어 바텀애쉬의 분말도에 따른 영향을 분석하기 위해, 하기 표 1과 같이 분말도 1,100cm^2/g, 2,200cm^2/g, 2,800cm^2/g, 3,200cm^2/g, 4,000cm^2/g, 4,500cm^2/g인 바텀애쉬를 사용하였다.

표 1

[0033]

구분	분말도 (cm^2/g)
BB1100	1,100
BB2200	2,200
BB2800	2,800
BB3200	3,200
BB4000	4,000
BB4500	4,500

[0034] 이러한 바텀애쉬들은 중량비로 80중량%로 하였고, 알칼리성 무기질 재료로서 12M 수산화나트륨을 중량비로 10중량%, 소듐실리케이트(SiO_2와 Na_2O의 몰비 2.5)를 중량비로 10중량%로 하여 결합재를 구성하였다. 그리고 물은 상기 결합재에 대해 중량비로 10중량%를 사용하였으며, 나머지 잔골재, 굵은골재는 통상의 콘크리트와 같은 비율로 사용하여 콘크리트를 제조하였다. 그리고 비교예로서 통상의 시멘트를 사용한 보통 콘크리트(물-시멘트 비 45%)를 제조하였다.

[0035] 제조한 각각의 콘크리트에 대하여 슬럼프와 압축강도를 측정하여 그 결과를 각각 도 1 및 도 2에 나타내었다.

[0036] 여기서, 슬럼프 시험은 KS F 2402에 준하여 콘크리트를 혼합하여 믹서로부터 배출된 직후에 작업성을 평가하였으며, 압축강도는 Φ100× 200㎜ 원주시험체를 제작하여 20℃에서 1일 동안 양생을 실시한 다음 기건상태(습도 65± 5%)에서 60℃ 48시간 고온양생을 실시하여 재령 3일, 7일, 28일 및 91일에서 KS F 2405에 준하여 측정하였다.

[0037] 도 1에서 알 수 있는 바와 같이, 바텀애쉬의 분말도가 클수록 시공성이 다소 저하되는 것으로 나타났으나, 분말도 4,000cm^2/g까지는 슬럼프가 210~180㎜ 범위로 유동성 저하가 크지 않으나, 분말도 4,500cm^2/g인 경우에는 슬럼프가 140㎜ 정도로 유동성이 크게 저하되는 것으로 나타났다.

[0038] 도 2의 결과로부터 바텀애쉬의 분말도가 작을수록 강도발현이 저하되고, 분말도 1,100cm^2/g인 경우에는 재령 28일, 재령 91일에서도 25MPa 미만으로 비교적 낮은 강도를 나타내고 있다. 그리고 분말도 3,200cm^2/g, 4,000cm^2/g 및 4,500cm^2/g를 비교해 보면 분말도 4,500cm^2/g를 사용한 경우에는 재령 7일까지 초기강도의 증진에 효과가 조금 있는 것으로 나타났으나, 그 이후에는 분말도 차이에 따른 강도증진 효과가 거의 없는 것으로

나타났다.

[0039] 이상의 결과를 종합하면, 바텀애쉬, 알칼리 무기질재료(수산화 나트륨), 소듐실리케이트로 구성된 결합재를 사용하여 콘크리트 조성물을 제조할 경우, 바텀애쉬는 2,000~4,000cm^2/g의 범위를 만족하는 분말도를 사용한 경우에는 슬럼프 190mm 이상으로 충분한 작업성을 확보할 수 있고, 재령 28일에서 압축강도 30~55MPa 범위의 압축강도를 확보할 수 있으므로 보다 우수한 물성의 무시멘트 콘크리트 제조가 가능할 것으로 판단된다.

[0040] 특히 시공성을 만족하고 강도면에서 유리하면서 미분말시키기 위해 분쇄하는 과정 또는 분급하는 과정 등을 고려하면 바텀애쉬의 분말도는 3,100~3,300cm^2/g인 것이 보다 바람직하고, 3,200cm^2/g인 것이 가장 바람직할 것이다.

[0041] <실시예 2>

[0042] 소듐실리케이트 SiO_2와 Na_2O의 몰비 영향

[0043] 본 발명의 결합재 및 조성물에 의해 콘크리트 제조 시 소듐실리케이트의 SiO_2와 Na_2O의 몰비에 따른 영향을 분석하기 위해, SiO_2/Na_2O의 몰비 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0을 가진 소듐실리케이트를 결합재 전체에서 중량으로 10%를 사용하였다. 그리고 이들 분말형 소듐실리케이트에 바텀애쉬 분말도 3,000cm^2/g를 중량비로 80%, 그리고 수산화 나트륨(12M)을 중량으로 10%로 하여 결합재를 사용하였다. 그리고 물과 결합재의 비를 중량비로 10%로 하였고, 나머지 굵은골재 및 잔골재 등은 통상의 콘크리트와 같이 사용하였다.

[0044] 이렇게 제조된 콘크리트를 KS F 2402에 준하여 슬럼프 시험을 행하고, Φ100× 200mm 원주시험체를 제작하여 20℃에서 1일 동안 양생을 실시한 다음 기건상태(습도 65± 5%)에서 60℃ 48시간 고온양생을 실시하여 재령 3일, 7일, 28일 및 91일에서 KS F 2405에 준하여 압축강도를 측정하였다. 그 결과를 정리하면 도 3과 도 4와 같다.

[0045] 도 3에서 알 수 있는 바와 같이, 소듐실리케이트의 몰비가 감소할수록 콘크리트의 점도가 증가하여 슬럼프가 저하함으로써 시공성이 저하되는 결과를 초래하였다. 특히 SiO_2와 Na_2O의 몰비가 1.0 미만에서 시공성이 저하되어 고성능 감수제 등의 화학혼화제 사용이 필요한 것으로 나타났다. 그리고 몰비가 3.0과 4.0 범위에서 슬럼프가 200mm정도로 슬럼프 증가가 크지 않는 것으로 나타났다.

[0046] 도 4의 결과로부터 소듐실리케이트의 몰비가 낮을수록 장기강도 발현이 작고, 몰비가 높을수록 초기강도가 낮아져 결국은 장기강도도 다소 낮은 것으로 나타났다. SiO_2와 Na_2O의 몰비가 3.0에서 초기강도 및 장기강도 모두 우수한 것으로 나타났으며, 몰비가 1.0 미만에서 중합반응에 필요한 Si 성분이 적어져 재령 28일에서 강도가 25MPa 이하이고, 몰비가 3.5 이상인 경우에는 Na 성분이 적어져 재령 7일의 강도가 20MPa 정도로 비교적 낮은 관계로 콘크리트 구조물에 사용하기가 어렵다고 판단된다.

[0047] 이상의 결과를 종합하면, 바텀애쉬, 수산화 나트륨, 소듐실리케이트로 구성된 결합재를 사용하여 콘크리트를 제조할 경우, SiO_2와 Na_2O의 몰비를 1.0~3.5 범위를 만족하는 소듐실리케이트를 사용하는 경우에는 시공성과 압축강도가 우수한 무시멘트 콘크리트 제조가 가능한 것으로 분석된다. 더욱 바람직하게는 소듐실리케이트에 있어 SiO_2와 Na_2O의 몰비가 2.8~3.2의 경우 시공성에서 만족됨은 물론 강도면에서 보다 우수하였다. 그리고, SiO_2와 Na_2O의 몰비가 3.0인 경우 초기강도(재령 7일) 및 장기강도(재령 28일)가 각각 47MPa, 49MPa 정도로 가장 우수한 효과가 발생하는 것을 알 수 있었다.

[0048] <실시예 3>

[0049] 결합재 구성재료의 중량비 영향

[0050] 본 발명에 의한 결합재를 이용하여 콘크리트 제조 시, 바텀애쉬, 알칼리 무기질재료(수산화 나트륨), 소듐실리케이트의 중량비에 따른 영향을 첫째로 결합재 전체 중량에 대한 바텀애쉬의 상대중량비의 영향과, 둘째로 바텀애쉬의 상대중량비가 일정할 때 알칼리성 무기질재료와 소듐실리케이트의 중량비에 따른 영향으로 나누어 분석하였다.

[0051] 분말도 3,000cm^2/g를 가진 바텀애쉬, 12M 수산화 나트륨, SiO_2/Na_2O의 몰비가 2.5인 소듐실리케이트를

중량비로 60:20:20, 70:15:15, 80:10:10, 90:5:5로 구성된 결합재와 80:20:0, 80:16:4, 80:12:8, 80:10:10, 80:8:12, 80:4:16, 80:0:20로 구성된 결합재를 사용하였다. 그리고 물과 결합재의 비를 중량비로 10%로 하였고, 나머지 굵은골재, 잔골재 등은 통상의 콘크리트와 같이 사용하였다.

[0052] 이렇게 제조된 콘크리트를 KS F 2402에 준하여 슬럼프 시험을 행하고, φ100× 200㎜ 원주시험체를 제작하여 20℃에서 1일 동안 양생을 실시한 다음 기건상태(습도 65± 5%)에서 60℃ 48시간 고온양생을 실시하여 재령 28일에서 KS F 2405에 준하여 압축강도를 측정하였다. 그 결과를 정리하면 도 5와 도 6과 같다.

[0053] 도 5에서 알 수 있는 바와 같이, 결합재 전체 중량에 대한 바텀애쉬의 상대중량비에 따라 바텀애쉬의 상대중량비가 70% 또는 80%일 때는 슬럼프와 압축강도 결과가 양호하지만, 60%일 때에는 슬럼프는 크지만 압축강도가 크게 저하되고, 상대중량비가 90%일 때에는 슬럼프가 작고 압축강도도 작게 나타났다. 즉 중합반응에 필요한 적절한 비율의 Si 및 Al과 Na가 존재하는데 바텀애쉬의 중량비가 이보다 클 경우 상대적으로 반응에 필요한 Na가 부족하게 되어 강도가 저하되고, 이와 반대로 이보다 작을 경우 강도에 기여하는 Si 또는 Al가 부족하여 강도가 저하되는 것이다.

[0054] 또한 도 6에서 알 수 있는 바와 같이, 바텀애쉬의 상대중량비가 일정할 때 알칼리 무기질재료와 소듐실리케이트의 중량비에 따라 수산화나트륨 16% 초과, 소듐실리케이트 4% 미만에서는 슬럼프가 작아지고 특히 압축강도 저하가 크고, 수산화나트륨 4%미만, 소듐실리케이트 16%초과에서는 슬럼프와 압축강도가 저하되는 것으로 나타났다. 즉 수산화나트륨이 필요 이상이 많을 경우, 급결 등의 발생하여 시공성이 저하되고 소듐실리케이트의 부족으로 인해 초기재령에서 중합반응의 부족으로 강도발현이 저하되는 것으로 나타났으며, 소듐실리케이트가 필요 이상으로 많이 사용하였을 경우에는 급결 등의 발생으로 시공성이 저하되고 수산화나트륨의 부족으로 인해 중합반응의 활성화가 되지 않아 강도가 저하되는 것으로 나타났다.

[0055] 이상의 결과로부터, 바텀애쉬, 수산화나트륨, 분말형 소듐실리케이트의 구성비는 결합재 전체 중량에 대한 바텀애쉬의 상대중량비가 70% 또는 80%이고, 알칼리 무기질재료와 소듐실리케이트를 중량비로 80:20 내지 20:80로 구성될 경우에 시공성과 압축강도 발현이 우수한 것으로 나타나 무시멘트 콘크리트 제조가 가능할 것으로 판단된다.

[0056] <실시예 4>

[0057] 배합수-결합재의 중량비 영향

[0058] 본 발명에 의한 콘크리트 제조 시 배합수와 결합재의 비를 분석하기 위해, 바텀애쉬(분말도 3,000cm^2/g), 수산화 나트륨(12M), 소듐실리케이트(SiO_2/Na_2O의 몰 비 2.5)가 중량비로 80:10:10으로 구성된 결합재를 사용하고, 배합수와 결합재의 비를 중량으로 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30%로 하여 배합하고, 나머지 굵은골재, 잔골재 등은 통상의 콘크리트와 같이 사용하여 콘크리트를 제조하였다.

[0059] 이렇게 제조된 콘크리트를 KS F 2402에 준하여 슬럼프 시험을 행하고, φ100× 200㎜ 원주시험체를 제작하여 20℃에서 1일 동안 양생을 실시한 다음 기건상태(습도 65± 5%)에서 60℃ 48시간 고온양생을 실시하여 재령 28일에서 KS F 2405에 준하여 압축강도를 측정하였다. 그 결과를 정리하면 도 7과 같다.

[0060] 도 7에서 알 수 있는 바와 같이, 배합수와 결합재의 구성비가 작을수록 수량이 적어져 유동성이 저하되나, 압축강도는 향상되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 통상의 콘크리트에서도 동일한 결과를 보인다. 구체적으로 설명하면, 배합수를 전혀 사용하지 않았을 때에는 수용액 상태의 수산화나트륨과 규산나트륨 내의 화학적 결합수에 의해 유동성을 확보하게 되는데 슬럼프가 약간 작게 나타나지만 완전히 시공이 불가능한 상태는 아니며 필요에 따라서 고성능 감수제 등의 화학혼화제를 사용하면 유동성을 충분히 확보할 수 있을 것으로 보이며, 더욱 바람직하게는 배합수와 결합재의 비가 10 내지 20%에서 슬럼프치가 190㎜ ~ 210㎜로 작업성을 확보할 수 있으며 강도면에서도 35 ~ 50MPa로 콘크리트 구조물에 적용이 가능한 것으로 판단된다.

[0061] 이상의 결과로부터, 배합수와, 바텀애쉬, 수산화 나트륨, 분말형 소듐실리케이트로 구성된 결합재의 비는 중량으로 20% 이내의 범위에서 구성될 경우에는 시공성과 압축강도 발현이 우수한 것으로 나타나 무시멘트 콘크리트 제조가 가능할 것으로 판단된다.

도면의 간단한 설명

[0062] 도 1은 바텀애쉬의 분말도에 따른 슬럼프 결과를 보이는 그래프이다.

[0063] 도 2는 바텀애쉬의 분말도에 따른 압축강도 결과를 보이는 그래프이다.

[0064] 도 3은 소듐실리케이트의 몰 비에 따른 슬럼프 결과를 보이는 그래프이다.

[0065] 도 4는 소듐실리케이트의 몰 비에 따른 압축강도 결과를 보이는 그래프이다.

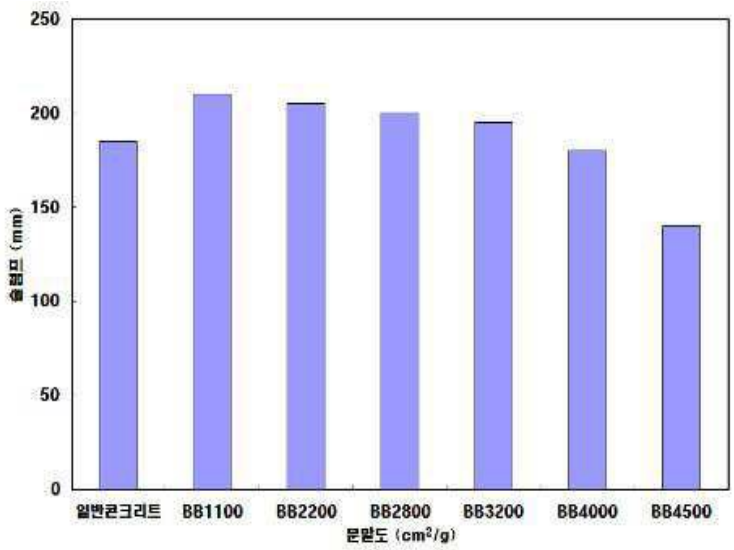
[0066] 도 5는 결합재 총 중량에 대한 결합재 중 바텀애쉬의 상대중량비에 따른 슬럼프 결과 및 압축강도 결과를 보이는 그래프이다.

[0067] 도 6은 결합재 구성재료 중 바텀애쉬의 상대중량비가 일정할 때 알칼리 무기질재료와 소듐실리케이트의 중량비에 따른 슬럼프 결과 및 압축강도 결과를 보이는 그래프이다.

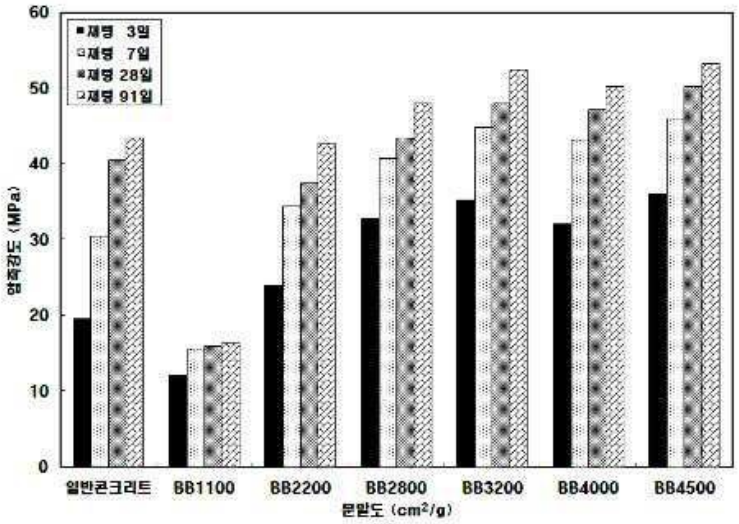
[0068] 도 7은 배합수와 결합재의 비에 따른 슬럼프 결과 및 압축강도 결과를 보이는 그래프이다.

도면

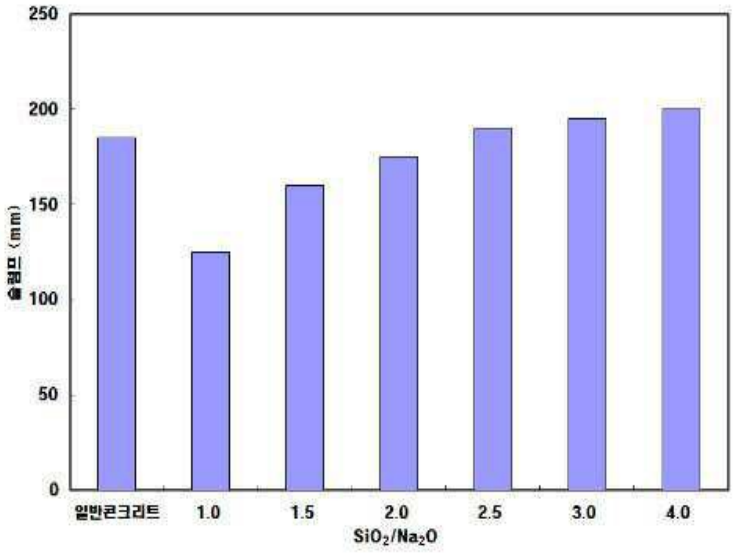
도면1



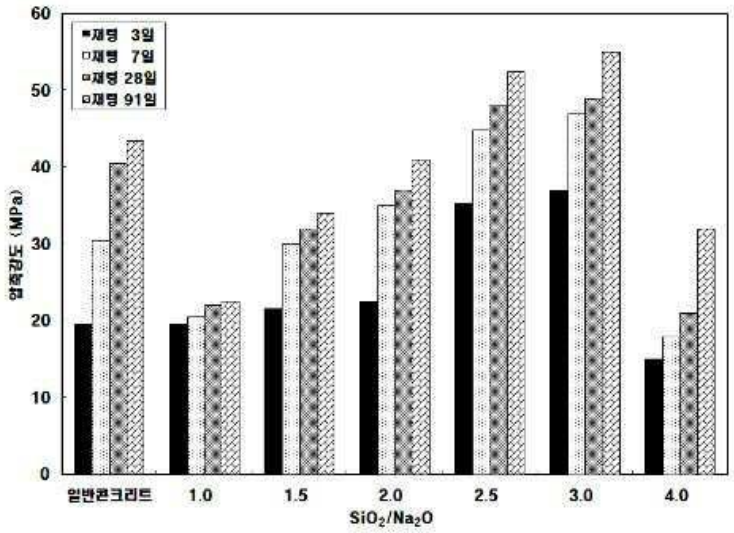
도면2



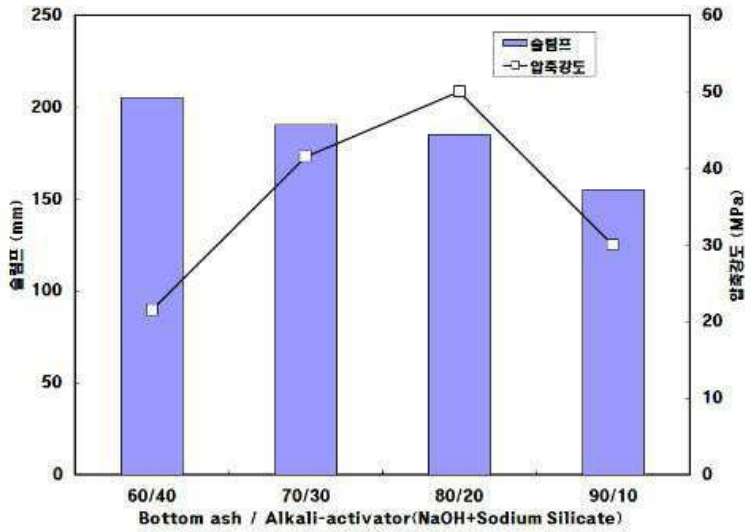
도면3


250
200
150
100
50
0
슬럼프 (mm)
일반콘크리트
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
4.0
SiO2/Na2O

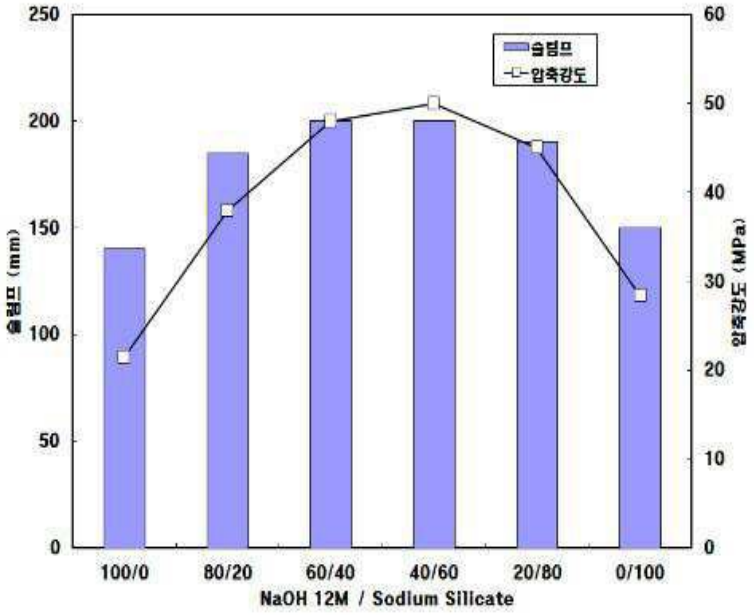
도면4


60
50
40
30
20
10
0
압축강도 (MPa)
재령 3일
재령 7일
재령 28일
재령 91일
일반콘크리트
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
4.0
SiO2/Na2O

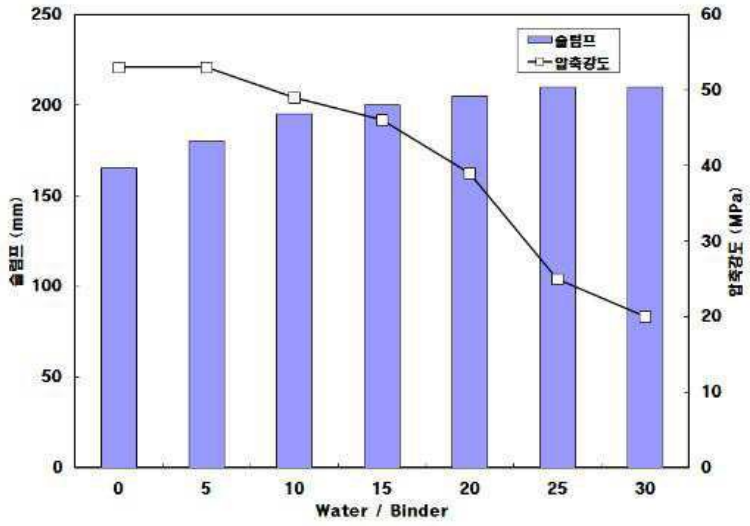
도면5


슬럼프
압축강도
슬럼프 (mm)
압축강도 (MPa)
250
200
150
100
50
0
60
50
40
30
20
10
0
60/40
70/30
80/20
90/10
Bottom ash / Alkali-activator(NaOH+Sodium Silicate)

도면6


슬럼프
압축강도
슬럼프 (mm)
압축강도 (MPa)
250
200
150
100
50
0
60
50
40
30
20
10
0
100/0
80/20
60/40
40/60
20/80
0/100
NaOH 12M / Sodium Silicate

도면7


슬럼프
압축강도
슬럼프 (mm)
압축강도 (MPa)
Water / Binder
0
5
10
15
20
25
30
50
100
150
200
250
10
40
60