



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년03월02일
(11) 등록번호 10-0945141
(24) 등록일자 2010년02월23일

(51) Int. Cl.

C04B 14/24 (2006.01) C04B 28/04 (2006.01)

C04B 18/14 (2006.01) C04B 24/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0078923

(22) 출원일자 2009년08월25일

심사청구일자 2009년08월25일

(56) 선행기술조사문헌

JP2001287978 A

JP2000247764 A

JP2003313067 A

KR100720108 B1

(73) 특허권자

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 궁동 220번지 충남대학교

(72) 발명자

김윤용

대전광역시 유성구 궁동 220 충남대학교 토목공학과

김정수

충청남도 계룡시 금암동 우림루미아트아파트 112동 1203호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

유병선

전체 청구항 수 : 총 5 항

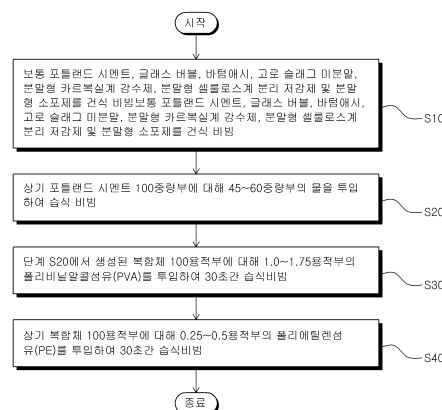
심사관 : 김용일

(54) 경량 시멘트 복합체 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 경량 시멘트 복합체 및 그 제조방법에 관한 것으로, 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체는 보통포틀랜드 시멘트와, 상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 45~60중량부의 물, 및 혼화재를 포함하고, 상기 혼화재는, 상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해, 경량화를 위해 0.6g/cm³ 정도의 밀도를 가지고 입경의 분포가 10~60 μ m이며 중공상태의 구형태를 띠고 있는 분말 형태의 글래스 버블(Glass Bubble) 20~50중량부, 결합재로 바텀애시 60~90중량부, 충전제로 고로슬래그 미분말 15~35중량부, 혼화제로 분말형 카르복실계 감수제(PCSP) 0.5~4중량부와, 분말형 셀룰로오스계 분리지감제(HPMC) 0.05~0.8중량부, 및 분말형 소포제 0.1~0.8중량부로 구성된다. 이러한 본 발명에 따르면, 경량성을 확보하면서 상기 경량 시멘트 복합체에 보강용 섬유를 혼입할 경우 인장 변형률 경화거동의 특성을 나타냄으로써, 내진 부재 및 요소와 같이 경량성과 연성이 요구되는 구조물에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, 내충격, 내피로, 균열제어성능이 요구되는 부재에도 폭넓게 적용할 수 있는 효과가 있다.

대표도 - 도13



(72) 발명자

이방연

대전광역시 유성구 구성동 한국과학기술원 건설 및
환경공학과

방진욱

대전광역시 유성구 궁동 220 충남대학교 토목공학
과

특허청구의 범위

청구항 1

보통포틀랜드 시멘트와, 상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 45~60중량부의 물, 및 혼화제를 포함하고,

상기 혼화제는, 상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해, 경량화를 위해 0.6g/cm³ 정도의 밀도를 가지고 입경의 분포가 10~60 μ m이며 중공상태의 구형태를 띠고 있는 분말 형태의 글래스 버블 20~50중량부, 결합제로 바텀애시 60~90중량부, 충전제로 고로슬래그 미분말 15~35중량부, 혼화제로 분말형 카르복실계 감수제(PCSP) 0.5~4중량부와, 분말형 셀룰로스계 분리저감제(HPMC) 0.05~0.8중량부, 및 분말형 소포제 0.1~0.8중량부로 구성되는 것을 특징으로 하는 경량 시멘트 복합체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 경량 시멘트 복합체에는, 균열폭의 제어 성능을 향상시키기 위하여 상기 복합체 100용적부에 대해 1.25~2.0용적부의 섬유가 더 혼입되는 것을 특징으로 하는 경량 시멘트 복합체.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 섬유는, 상기 복합체 100용적부에 대해 1.0~1.75용적부의 폴리비닐알콜(PVA)섬유와 상기 복합체 100용적부에 대해 0.25~0.5중량부의 폴리에틸렌(PE)섬유로 구성되는 것을 특징으로 하는 경량 시멘트 복합체.

청구항 4

경량 시멘트 복합체의 제조방법에 있어서,

보통포틀랜드 시멘트와, 상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해, 경량화를 위해 0.6g/cm³ 정도의 밀도를 가지고 입경의 분포가 10~60 μ m이며 중공상태의 구형태를 띠고 있는 분말 형태의 글래스 버블 20~50중량부와, 바텀애시 60~90중량부, 충전제로 고로슬래그 미분말 15~35중량부와, 분말형 카르복실계 감수제(PCSP) 0.5~4중량부와, 분말형 셀룰로스계 분리저감제(HPMC) 0.05~0.8중량부, 및 분말형 소포제 0.1~0.8중량부를 혼합하여 30초간 건식비빔하는 건식비빔 단계; 및

상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 45~60중량부의 물을 투입하여 습식비빔하는 제1습식비빔 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 경량 시멘트 복합체의 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1습식비빔 단계 이후에, 상기 복합체 100용적부에 대해 1.0~1.75용적부의 폴리비닐알콜(PVA)섬유를 투입하여 30초간 습식비빔하는 제2습식비빔 단계와,

제2습식비빔 단계 이후에 상기 복합체 100용적부에 대해 0.25~0.5용적부의 폴리에틸렌(PE)섬유를 투입하여 30초간 습식비빔하는 제3습식비빔 단계를 더 포함하고,

상기 PVA섬유와 PE섬유의 총 혼입량은 상기 복합체 100용적부에 대해 1.25~2.0용적부인 것을 특징으로 하는 경량 시멘트 복합체의 제조방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

본 발명은 경량 시멘트 복합체 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 경량성을 확보하면서도 인장

[0001]

변형률 경화거동의 특성을 나타낼 수 있는 경량 시멘트 복합체 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최근의 급속한 경제 성장과 건설 기술의 발달에 따라 콘크리트 구조물은 대형화고층화되어 가고 있으며, 이에 따라서 콘크리트가 갖고 있는 결점보완 및 각종 성능개선에 대한 필요성이 요구되고 있다. Mehta 등은 20세기에 건설된 콘크리트 구조물의 성능에 관한 논문에서 1930년대 이후에 시멘트와 콘크리트의 강도가 증가하면서 콘크리트 구조물의 성능저하 문제가 더 많이 발생하였음을 보고한 바 있다. 이는 콘크리트의 강도가 증가함에 따라 비크리프가 적어지고 열수축, 건조수축, 탄성계수 등이 높아짐에 따라 균열이 발생하기에 매우 쉬운 조건을 갖게 되었기 때문이다.
- [0003] 또한, Krauss 등이 NCHRP에 제출한 보고서에는 미국과 캐나다에서 20세기 말에 건설된 20만 개의 교량 가운데 10만여 개의 교량 바닥판이 시공 후 얼마 지나지 않아 교축직각방향으로 균열이 발생한 것으로 나타났다. 이러한 현상은 미국의 도로교 설계기준(AASHTO)이 20세기 중반 이후 콘크리트의 물-시멘트비(W/C)를 지속적으로 감소시켰기 때문인 것으로 결론지었으며, 주로 수화열 또는 건조수축에 의하여 균열이 발생한 것으로 보고하고 있다. 이는 강도가 높은 콘크리트는 상대적으로 보다 취성적인 재료 특성을 갖기 때문에 피로성능 및 균열 저항성이 현저히 감소하여 콘크리트 구조물의 성능을 조기에 저하시키는 주요 원인으로 작용한 것이다.
- [0004] 또한, 현대의 급속한 경제발전으로 인한 콘크리트 구조물이 대형화, 고층화가 됨에 따라 단면이 비대해져 자중이 증가하는 단점을 가지고 있다. 단면이 비대해지고 자중이 증가할수록 기초공사비, 및 재료비 증가로 건설비용이 증가하며, 큰 자중으로 인해 지진발생시 구조적인 안전성이 문제시되고 있다.
- [0005] 한편, 최근 평창에 리히터 규모 4.8의 지진이 발생하는 등 지진에 대한 위험성이 크게 부각되고 있고 지난해(2008년)에만 50건의 크고 작은 지진이 일어났으며, 몸으로 느낄 수 있는 지진만 6건이나 되었다. 일본과 중국에서 지진이 발생한 후, 몇 년 뒤에는 한반도 내륙에 상당한 규모의 지진이 이어지고 있다. 95년 일본 고베 대지진이 있은 뒤 96년 말 규모 4.7의 영월 지진이, 76년 7월 중국 탕산 대지진 2년 뒤인 78년 홍성에 규모 5.0의 지진이 발생했다. 또한 2005년 3월 일본 후쿠오카 지진(리히터 규모 4.7)이 발생한 뒤 약 2년 만인 2007년 1월에 한국 평창에서 지진이 발생하였다.
- [0006] 이와 같이 국내의 지진에 대한 위험성이 점차 증가하고 있는 상황에서, 구조물의 대형화 및 고층화가 진행되고 있는 국내에서 지진에 의한 막대한 피해가 예상된다. 그러므로 구조물 주요 부위에 연성이 크고, 자중이 낮은 경량 시멘트 복합체를 타설하거나 보강을 하는 공법이 내진설계 및 내진보강으로서 우수한 방법이라고 판단된다.
- [0007] 종래의 경량 시멘트 복합체에 섬유를 첨가하였을 경우에는, 경량 시멘트 복합체의 경량화를 위하여 경량골재 또는 인공기포를 사용하였다. 이때 10~25mm 정도인 인공 경량골재와 보강용 섬유를 적용한 경우에는, 복합체의 인성 및 휨변형은 대체적으로 증가하지만, 균열의 분산이 효과적이지 않고 하나의 균열에 응력이 집중되어 큰 균열 폭을 생성하며 파괴되었으며, 파괴 시 변형률이 증가할수록 응력은 감소하는 인장 변형률 연화거동(tensile strain softening)을 나타내었다.
- [0008] 또한 경량 시멘트 복합체의 경량성을 확보하기 위하여 인위적으로 AE제나 동물성 단백질 기포제 희석액을 복합체에 첨가하여 인공기포를 발생시키는 경우에는, 보강용 섬유를 혼입하더라도 경량 시멘트 복합체의 성능을 충분히 발휘할 수 없었다. 이는 경량 시멘트 복합체의 성능에 가장 큰 영향을 주는 것이 섬유와 복합체 사이의 부착강도인데, 복합체 내의 다수의 공극(기포)이 존재할 경우 섬유와의 부착강도가 현저히 저하되므로 휨변형이나 균열의 제어 등의 특징을 기대하기 어려웠다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0009] 따라서 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로, 본 발명의 목적은 경량성을 확보하면서도 인장 변형률 경화거동의 특성을 나타내는 경량 시멘트 복합체 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- [0010] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따르면, 제1발명은 경량 시멘트 복합체에 관한 것으로, 보통포틀랜드 시멘트와, 상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 45~60중량부의 물, 및 혼화제를 포함

하고, 상기 혼화제는, 상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해, 경량화를 위해 0.6g/cm³ 정도의 밀도를 가지고 입경의 분포가 10~60 μ m이며 중공상태의 구형태를 띠고 있는 분말 형태의 글래스 버블 20~50중량부, 결합제로 바텀애시 60~90중량부, 충전제로 고로슬래그 미분말 15~35중량부, 혼화제로 분말형 카르복실계 감수제(PCSP) 0.5~4.0중량부와, 분말형 셀룰로오스계 분리지감제(HPMC) 0.05~0.8중량부, 및 분말형 소포제 0.1~0.8중량부로 구성된다.

[0011] 제2발명은, 제1발명에서, 상기 경량 시멘트 복합체에는, 균열폭의 제어 성능을 향상시키기 위하여 상기 복합체 100용적부에 대해 1.25~2.0용적부의 섬유가 더 혼입되는 것을 특징으로 한다.

[0012] 제3발명은, 제2발명에서, 상기 섬유는, 상기 복합체 100용적부에 대해 1.0~1.75용적부의 폴리비닐알콜(PVA)섬유와 상기 복합체 100용적부에 대해 0.25~0.5중량부의 폴리에틸렌(PE)섬유로 구성되는 것을 특징으로 한다.

[0013] 제4발명은 경량 시멘트 복합체의 제조방법에 관한 것으로서, 보통포틀랜드 시멘트와, 상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해, 혼화제로 경량화를 위해 0.6g/cm³ 정도의 밀도를 가지고 입경의 분포가 10~60 μ m이며 중공상태의 구형태를 띠고 있는 분말 형태의 글래스 버블 20~50중량부, 결합제로 바텀애시 60~90중량부, 충전제로 고로슬래그 미분말 15~35중량부, 혼화제로 분말형 카르복실계 감수제(PCSP) 0.5~4중량부와, 분말형 셀룰로오스계 분리지감제(HPMC) 0.05~0.8중량부, 및 분말형 소포제 0.1~0.8중량부를 혼합하여 30초간 건식비빔하는 건식비빔 단계; 및 상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 45~60중량부의 물을 상기 건식비빔된 혼합물에 투입하여 습식비빔하는 제1습식비빔 단계를 포함한다.

[0014] 제5발명은, 제4발명에서, 상기 제1습식비빔 단계 이후에, 상기 제1습식비빔에 의해 생성된 복합체 100용적부에 대해 1.0~1.75용적부의 폴리비닐알콜(PVA)섬유를 투입하여 30초간 습식비빔하는 제2습식비빔 단계와, 제2습식비빔 단계 이후에 상기 복합체 100용적부에 대해 0.25~0.5용적부의 폴리에틸렌(PE)섬유를 투입하여 30초간 습식비빔하는 제3습식비빔 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

효과

[0015] 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체 및 그 제조방법에 따르면, 경량성을 확보하면서도 휨, 인장, 압축과괴 시 인성이 대폭적으로 향상되는 물론, 특히 휨응력 하에서 다수의 미세균열이 발생하여 결보기 변형이 증가하면서 인장응력도 증가하는 인장 변형률 경화거동의 특성을 나타냄으로써, 내진 부재 및 요소와 같이 경량성과 연성이 요구되는 구조물에 적용될 수 있을 뿐만 아니라, 강도가 증가함에 따라 경량 시멘트 복합체의 밀실화로 열화 인자의 침투 및 확산계수가 저하되어 내구성 향상과 내충격, 내피로, 균열제어성능이 요구되는 부재에도 폭넓게 적용할 수 있는 효과가 있다. [표 1]은 경량 시멘트 복합체의 뛰어난 성능으로 다음과 같은 구조물에 적용할 시 뛰어난 효과를 발휘할 것이라 기대된다.

표 1

[0016]

적용범위	구조물 적용 예	소요 성능	주요 평가 항목
교량 슬래브	· 교량 연결슬래브 · 교량 바닥판 시스템 · 어프로치 슬래브 이음부 (일체교대식 교량)	· 내하력 · 연성(변형 능력) · 피로균열폭 제어성능 · 내구성 · 신/구재료 접합부 성능	· 하중전달능력 · 응력-변형률 관계 · 피로 강성변화 및 피로균열폭 · 내구성 평가 · 신/구재료 접합부 하중전달능력
터널 및 개착박스	· 터널 1차 라이닝 · 개착박스 신축이음부 · 슬래브-기둥 접합부	· 휨강도 발현 · 연성(변형 능력) · 인성(균열저항성) · 신/구재료 접합부 성능	· 재령에 따른 강도와 연성 · 신/구재료의 경계면 균열저항능력 · 하중 전달능력
내진 부재 및 요소	· 교각(기둥) 소성힌지부 · 보-기둥 접합부 · 면내 프레임 보강판	· 에너지 흡수능력 · 연성(변형 능력) · 손상저항능력	· 응력-변형률 관계 · 반복하중에 의한 hysteresis 거동 · 균열패턴

피로 (충격) 저항부재	· 공항 활주로 · 철도 침목	· 에너지 흡수능력 · 균열폭 제어능력 · 내구성	· 응력-변형률 관계 · 피로(충격)균열폭과 균열간격 · 내구성 평가
정착 및 연결부	· 포스트텐션 정착부 · 프리캐스트 전단 연결부 (스터드, 앵커 등)	· 에너지 흡수능력 · 지압, 피열응력 저항성 · 인성(균열저항성) · 전단 저항능력	· 응력-변형률 관계 · 하중(전단력) 전달능력 · 균열폭과 패턴
보수 · 보강	· 슛크리트용 보수보강재 · 긴급 보수보강재 · 보강판(공장제작)	· 내하력 · 피로균열폭 제어능력 · 신/구재료 접합부 성능 · 내구성	· 하중전달능력 · 균열폭과 패턴 · 신/구재료의 경계면 균열저항능력 · 내구성 평가
공장 제작 부재	· Deck plates · 튜브형 부재	· 손상저항능력 · 균열저항능력	· 응력-변형률 관계 · 균열폭과 패턴

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하에서는 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체 및 그 제조방법의 구체적인 내용에 대하여 상세히 설명하기로 한다.
- [0018] 먼저 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체에 대해 설명한다.
- [0019] 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체는, 보통포틀랜드 시멘트와, 상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 45~60중량부의 물, 및 혼화재를 포함한다.
- [0020] 이때 상기 혼화재는, 상기 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해, 경량화를 위해 0.6g/cm³ 정도의 밀도를 가지고 입경의 분포가 약 10~60 μ m이며 중공상태의 구형태를 띠고 있는 인공버블 중의 하나인 분말 형태의 글래스 버블 20~50중량부와, 결합재 바닥에서 60~90중량부, 충전제로 고로슬래그 미분말 15~35중량부와, 혼화제로 분말형 카르복실계 감수제(PCSP) 0.5~4중량부와, 분말형 셀룰로오스계 분리저감제(HPMC) 0.05~0.8중량부, 및 분말형 소포제 0.1~0.8중량부로 구성된다.
- [0021] 보통포틀랜드 시멘트와 물 및 글래스 버블의 배합비는, 보통포틀랜드 시멘트와 물을, 경량재료로서 글래스 버블(Glass bubble), 팽창 퍼라이트(Expanded perlite), Polymeric micro-hollow-bubble(MHK), AE제를 사용하는 방법으로 배합한 실험체를 통한 실험의 결과 얻어진 것이다.
- [0022] 보다 상세히 설명하면, 글래스 버블(Glass bubble), 천연 경량 골재로서 팽창 퍼라이트(Expanded perlite), Polymeric micro-hollow-bubble(MHK), AE제의 경량 충전제로 18개의 실험체를 제작하여 단위중량과 압축강도를 측정하여 최적의 경량재료를 선정하였다.
- [0023] 최적의 경량재료를 선정하기 위한 실험에 앞서서 4가지 형태의 경량재료인 ① 글래스 버블 S38과 ② 글래스 버블 S60, ③ Polymeric micro-hollow-bubble(MHK), ④ 팽창 퍼라이트(Expanded perlite)의 특징을 살펴보면, 다음의 [표 2]와 같다. 글래스 버블과 Polymeric micro-hollow-bubble(MHK)의 평균 입자 크기는 100 μ m이하이고, 팽창 퍼라이트(Expanded perlite)의 입경은 평균 1.5mm이상의 크기를 갖는다. 또한 글래스 버블 S38과 S60의 평균 입자 크기는 각각 50 μ m, 30 μ m로서, 글래스 버블 S38이 글래스 버블 S60보다 평균 크기가 더 크다는 것을 알 수 있다. AE제는 기포를 생성시켜 경량성을 높이는 목적으로 사용되었다.

표 2

[0024]

	밀도(g/cm ³)	입경 분포(μ m)	평균 입경(μ m)
Glass Bubble S38	0.38	30~90	50
Glass Bubble S60	0.6	10~60	30
micro-hollow-bubble (MHK)	0.017	40~120	80
팽창 퍼라이트 (expanded perlite)	1.4	500~2000	1500

[0025] 또한 경량성 및 기본 역학적 특성을 파악하기 위하여 본 실험에서는 섬유 혼입률 2%인 PVA섬유를 사용하였고, 재료의 획득이 용이하고 가격이 저렴한 1종 보통포틀랜드 시멘트와 바텀애시, HPMC(분리저감제), PCSP(감수제)와 소포제를 사용하였다. 이와 같이 본 실험에 사용된 실험체의 배합비는 [표 3]에 기술하였고, 18개의 배합을 각각 클래스 버블, AE제, MHK, 팽창 퍼라이트(Expanded perlite)의 4그룹으로 나누었다.

표 3

[0026]

	C	W	S	경량 재료	HPMC	PCSP	소포제	섬유
Mix.1	1	0.45	1.0	S38 0.05	0.0015	0.030	0.002	0.02
Mix.2	1	0.47	1.0	S38 0.10	0.0015	0.030	0.002	0.02
Mix.3	1	0.47	1.0	S38 0.20	0.0015	0.030	0.003	0.02
Mix.4	1	0.75	0	S38 0.50	0.0015	0.040	0.008	0.02
Mix.5	1	0.48	1.0	S60 0.10	0.0015	0.035	0.002	0.02
Mix.6	1	0.48	1.0	S60 0.20	0.0015	0.040	0.002	0.02
Mix.7	1	0.45	0	S60 0.20	0.0015	0.030	0.002	0.02
Mix.8	1	0.50	0.8	S60 0.30	0.0020	0.006	0.004	0.02
Mix.9	1	0.55	0.8	S60 0.30	0.0020	0.005	0.004	0.02
Mix.10	1	0.45	0.6	S60 0.40	0.0015	0.035	0.005	0.02
Mix.11	1	0.60	0	S60 0.50	0.0015	0.040	0.006	0.02
Mix.12	1	0.45	1.0	AE 0.02	0.0010	0.020	0.001	0.02
Mix.13	1	0.45	1.0	AE 0.04	0.0010	0.020	0.001	0.02
Mix.14	1	0.45	1.0	AE 0.06	0.0010	0.020	0.001	0.02
Mix.15	1	0.54	1.0	AE 0.06	0.0010	0.020	0.001	0.02
Mix.16	1	0.45	1.0	MHK 0.05	0.0010	0.030	0.005	0.02
Mix.17	1	0.45	1.0	MHK 0.10	0.0010	0.020	0.005	0.02
*Mix.18	1	0.50	0.6	S38 0.15	0.0015	0.030	0.004	0.02

[0027]

여기서, C는 시멘트, W는 물, S는 바텀애시 (*단, Mix.18에서는 바텀애시를 Expanded perlite sand로 대체), PCSP는 감수제, HPMC는 분리저감제를 의미한다. 그리고 상기 [표 3]에 제시된 섬유의 비율은 시멘트, 물, 경량재료, 감수제와 분리저감제 및 소포제를 포함한 전체 용적에 대한 용적비이며 나머지 재료 비율은 모두 시멘트에 대한 중량비이다.

[0028]

클래스 버블 S38과 S60, Polymeric micro-hollow-bubble(MHK), 팽창 퍼라이트(Expanded perlite)를 경량재료로 첨가한 4그룹 실험체 18개의 단위중량과 압축강도 실험결과는 [표 4]와 같다.

표 4

[0029]

배합	C	W	S	경량재료	단위중량(g/cm ³)	압축강도(MPa)
Mix.1	1	0.45	1.0	S38 0.05	1.78	46.4
Mix.2	1	0.47	1.0	S38 0.10	1.61	42.3
Mix.3	1	0.47	1.0	S38 0.20	1.46	39.2
Mix.4	1	0.75	0	S38 0.50	0.93	21.8
Mix.5	1	0.45	1.0	S60 0.10	1.75	44.7
Mix.6	1	0.48	1.0	S60 0.20	1.67	43.2
Mix.7	1	0.45	0	S60 0.20	1.45	41.7
Mix.8	1	0.50	0.8	S60 0.30	1.65	45.5
Mix.9	1	0.55	0.8	S60 0.30	1.63	40.3
Mix.10	1	0.45	0.6	S60 0.40	1.42	36.7
Mix.11	1	0.60	0	S60 0.50	1.10	26.2
Mix.12	1	0.45	1.0	AE 0.02	1.80	28.7
Mix.13	1	0.45	1.0	AE 0.04	1.48	22.4
Mix.14	1	0.45	1.0	AE 0.06	1.38	18.3
Mix.15	1	0.54	1.0	AE 0.06	1.22	14.0
Mix.16	1	0.45	1.0	MHK 0.05	1.78	28.4
Mix.17	1	0.45	1.0	MHK 0.10	1.36	11.8

*Mix.18	1	0.50	0.6	S38 0.15	1.47	39.0
---------	---	------	-----	----------	------	------

- [0030] Mix.1, 2, 3은 시멘트와 바텀애시를 같은 비율로 첨가했지만, 혼입량이 다른 글래스 버블 S38의 첨가로 각각 다른 단위중량을 보인다. 글래스 버블 S38의 비율의 증가로 단위중량이 1.78g/cm³(Mix.1)에서 1.46g/cm³(Mix.3)으로 낮아졌고, 또한 압축강도도 단위중량과 함께 감소하였다. 하지만 1.46g/cm³의 단위중량과 압축강도 39.2MPa(Mix.3)은 일반적으로 약 단위중량 2.4g/cm³인 보통 콘크리트의 강도를 상회하는 것을 알 수 있다.
- [0031] Mix.3, 6에서는 같은 양의 바텀애시를 사용하였으나, 대신 글래스 버블 S38보다 더 작은 입자의 글래스 버블 S60을 사용하였다. Mix.3과 Mix.6에서는 혼합재료의 미세공극 부피는 비슷하지만, 공극의 분포 크기가 다르고 Mix.6이 Mix.3보다 더 미세한 공극 시스템으로 만들어졌다고 할 수 있어, 그 결과로 더 작은 공극 크기가 압축 강도 및 섬유와 시멘트 복합체사이의 부착성능을 향상시키는 것으로 나타났다.
- [0032] Mix.4, 7, 11은 아주 낮은 단위중량을 얻기 위해 배합 설계를 한 것이다. 실험결과는 증가된 글래스 버블의 양으로 인하여 단위중량이 감소되었으며, 압축강도 또한 감소하였다. 비록 Mix.4는 물의 단위중량보다 더 낮지만, 압축강도가 21.8MPa이므로 내진 구조물 부재들에 요구되는 강도를 만족시킨다.
- [0033] Mix.12~15는 AE제를 사용하여 타설하였다. AE제에 의해서 기포가 생성되며, AE제의 사용이 증가할수록 실험체의 단위중량은 그에 따라 감소할 뿐만 아니라, 압축응력도 같이 감소하고, 특히 압축응력의 감소는 단위중량의 감소보다 빠른 비율로 나타내었다. 이는 다량의 AE제를 사용할수록 분포된 기포의 크기는 더욱 더 커지고 넓어지며, 이것은 기포 크기가 배합하거나 취급할 때 안정화되지 않기 때문이다. 또한 Mix.15처럼 높은 물-시멘트비(W/C)를 사용할 때 더 큰 기포가 형성되며, 그 결과 Mix.12~15의 압축강도는 비슷한 단위중량의 글래스 버블 실험체보다 훨씬 더 낮게 측정되었다. 수화물이 섬유와 공극 사이를 메우는 글래스 버블의 예와 반대로 AE제를 첨가한 Mix.12~15에서 생성된 큰 기포는 복합체와 섬유의 상당한 부착강도의 감소를 초래하였다.
- [0034] Mix.16과 17은 Polymeric micro-bubble(MHK)을 경량재료로 사용하여 타설하였다. 입형이 좋은 MHK가 이 배합에 사용되었으나 글래스 버블보다 상기 MHK은 시멘트 수화물 간의 부착을 약화시키기 때문에 비슷한 단위중량인 Mix.1에 비해 Mix.16의 압축강도는 상당히 낮은 값을 보이는 것으로 판단된다. 따라서 MHK의 혼입율의 증가는 상당한 압축강도의 저하를 가져온다는 것을 알 수 있다.
- [0035] Mix.18은 팽창 퍼라이트(Expanded perlite)로 바텀애시를 대체하는 방법이며, 빈약한 인장 변형률 경화현상이 발생하였다. 그 이유는 상대적으로 많은 양의 팽창 퍼라이트(Expanded perlite, 0.5~2mm)가 유동성에 큰 변화를 가져왔으며, 섬유분산성의 감소를 일으켰기 때문이다. 게다가 팽창 퍼라이트(Expanded perlite)는 다공질 미세구조이기 때문에 더 많은 물이 필요하게 되므로 물의 흡수율이 커져 유동성이 떨어져 시공성도 상당히 저하되었다.
- [0036] 정리하면, 글래스 버블, AE제를 이용한 공기연행, MHK, 팽창 퍼라이트(Expanded perlite)를 포함한 4가지 경량 실험체의 단위중량 및 압축강도 실험은 다음과 같은 결과를 보여주었다.
- [0037] 가) 글래스 버블 S60은 S38에 비하여 입자크기가 작아서 더 미세한 공극 시스템을 만들어내고 이는 압축강도 및 섬유와 시멘트 복합체사이의 부착성능 향상으로 이어지며, 글래스 버블 S38 제품보다 더 향상된 결과를 얻을 수 있다.
- [0038] 나) 글래스 버블이 사용된 실험체와 비교하여 AE제, MHK, 팽창 퍼라이트(Expanded perlite)가 사용된 실험체는 단위중량이 높는데 비하여 압축강도는 낮은 결과값이 나온 것을 확인할 수 있었다. 글래스 버블이 사용된 경량 실험체는 단위중량 1.45g/cm³에서 40MPa이상의 압축강도를 나타내었으며 물보다 낮은 단위중량 0.93g/cm³에서 20MPa 이상의 압축강도를 얻을 수 있었다.
- [0039] 따라서 상기 실험의 결과를 통해, 단위중량에 비해 높은 압축강도가 발현되고 시공성도 향상시키는 글래스 버블 S60을 경량 시멘트 복합체를 제작하는데 필요한 최적의 경량 혼화제로 선정한 것이다. 즉, 경량 혼화제는 글래스 버블을 사용하되, 0.6g/cm³ 정도의 밀도를 가지고 입경의 크기가 약 10~60 μ m인 글래스 버블 S60을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0040] 또한 상기 실험의 결과를 반영하여 보통포틀랜드 시멘트, 물 및 글래스 버블의 조성비를 결정하였다. 즉, 보통 포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 물은 45~60중량부, 글래스 버블(S60)은 20~50중량부로 결정하였다.
- [0041] 이때 글래스 버블(S60)의 혼합비율은, [표 3]에서는 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 10~50중량부 범위

에서 사용하여 실험되었으나, 그 최적 비율은 20~50중량부이고, 그 이유는 다음과 같다.

- [0042] 즉, 경량 매트릭스를 타설할 경우 먼저 물을 넣지 않고 기건상태의 재료들 시멘트, 바텀애시, 글래스 버블 등을 고루 섞어 주는 건비빔을 먼저 실시한다. 이 때 글래스 버블의 가벼운 특징으로 인해 글래스 버블이 50중량부 이상 첨가될 경우 건비빔이 쉽지 않고 비비더라도 다른 재료와 잘 섞이지 않아 상대적으로 무거운 바텀애시나 시멘트는 하부로 가라앉고 가벼운 글래스 버블은 상부로 뜨는 재료의 분리가 발생이 된다. 이렇게 재료의 분리가 발생한 경우에 물을 넣고 습비빔을 할 경우 역시 재료의 분리가 발생이 된다(도 1 참조). 또한 글래스 버블을 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 20중량부 미만으로 첨가를 할 경우에는 경량성에 대한 효과가 많이 나타나지는 않는다. 따라서 본 발명에서의 글래스 버블의 혼합비율은 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 20~50중량부로 한 것이다.
- [0043] 이와 같은 글래스 버블을 사용함에 의해, 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체는 낮은 단위중량의 특성을 나타낼 뿐만 아니라, 입자가 중공상태의 구 형태를 띠고 있어 경량 시멘트 복합체를 제조할 경우 위커빌리티 향상으로 시공성을 개선시키며, 중공상태의 특성으로 인해 전기전도 차단효과, 단열효과도 향상된다. 또한 평균 입경의 분포가 약 10~60 μ m로 다양한 크기의 구형 입자들이 충전 작용으로 경량 시멘트 복합체의 실적물을 향상시켜 낮은 단위중량이지만 내마모성 및 내수성이 뛰어난 특징으로 경량 시멘트 복합체의 강도를 확보할 수 있다.
- [0044] 다음으로 고로슬래그 미분말은 경량 시멘트 복합체의 유동성 증가와 초기 수화열 발생 저감, 장기 강도 증진 및 섬유 혼입 시 섬유의 분산성을 향상시키는 역할을 한다. 또한 고로슬래그 미분말을 혼입할 경우 시멘트 복합체의 점성을 확보할 수 있어 분리저감제(HPMC)의 사용을 줄일 수 있고, 시멘트 복합체 제조 시 사용된 재료인 글래스 버블, 시멘트, 바텀애시의 혼입범위 내에서 재료분리 없이 균질한 시멘트 복합체를 제조할 수 있다는 장점이 있다. 이와 같은 고로슬래그 미분말은 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 15~35중량부 범위에서 혼입한다. 이는, 고로슬래그 미분말을 약 15~35중량부 범위 내로 첨가할 경우 경량 시멘트 복합체의 유동성이 크게 증진되는 것으로 알려져 있기 때문이다.
- [0045] 다시 말해, 도 2에 도시된 고로슬래그 미분말 첨가율에 따른 유동성 실험결과를 보면, 고로슬래그 미분말을 25중량부 첨가한 경우가 시멘트 유동성 특성이 가장 우수한 것으로 나타났고, 상기 혼입범위(15~35중량부) 이상 또는 이하를 벗어나면 유동성이 떨어져 위에서 언급한 재료분리 및 경량 시멘트 복합체의 시공성이 저하된다.
- [0046] 또한 바텀애시는 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 60~90중량부 범위로 첨가한다. 잔골재 대신에 바텀애시를 사용한 이유는, 바텀애시의 밀도가 1.9~2.3g/cm³으로서, 일반 강모래(밀도 2.50~2.65g/cm³), 해사(밀도 2.5~2.6g/cm³) 및 규사(밀도 2.6~2.65g/cm³)보다 적어 경량 시멘트 복합체의 경량성을 확보하기 용이하기 때문이다.
- [0047] 또한 도 3의 (a) 내지 (c)에 도시된 바와 같이, 바텀애시를 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 90중량부 이상으로 사용을 했을 경우(도 3의 (a)), 바텀애시를 그 이하로 사용할 때보다 연성 즉, strain(변형률)이 실험결과 낮게 측정이 되었으므로, 바텀애시를 90중량부 이상 사용할 때 경량 시멘트 복합체의 인장 변형률 경화거동 특성이 저하된 것으로 보여진다.
- [0048] 아울러, 바텀애시를 60중량부 이하로 사용한 경우(도 3의 (c)), 변형률은 60~90중량부 범위 내를 사용한 경우와 비슷하여 거의 동일한 인장 변형률 경화거동의 성능을 나타내지만 바텀애시의 혼입율이 줄어들어 60~90중량부 범위 내에 사용한 것(도 3의 (b))에 비해 다소 단위중량이 많이 나가게 된다. 따라서 인장 변형률 경화거동의 효과는 비슷하지만 경량 시멘트 복합체의 단위중량을 더 감소시켜 경량성이 확보되도록 하기 위하여 바텀애시는 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 60~90중량부 범위 내에서 혼입하는 것이 바람직하다.
- [0049] 이와 같이 잔골재의 대체재로 사용된 바텀애시와 충전제로 사용된 고로슬래그 미분말을 경량 시멘트 복합체에 적용함으로써 산업 부산물의 재활용으로 경제성을 확보할 수 있고, 혼화재료의 특징으로 성능이 향상된 경량 시멘트 복합체를 제조할 수 있다.
- [0050] 한편, 분말형 카르복실계 감수제는 경량 시멘트 복합체의 시공성과 구성하는 재료들의 분산을 원활하게 하여 유동성을 증가시키기 위해 사용된다. 다시 말해, 경량 시멘트 복합체를 제조할 경우 원하는 반죽질기를 얻기 위해서는 물을 첨가할 수 있는데 이렇게 되면 강도가 감소하는 경향을 초래하게 되므로 감수제의 사용으로 소요의 유동성을 확보하기 위해 필요한 물의 양을 감소시키고도 유동성을 확보 수 있다.
- [0051] 이러한 감수제는 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 0.5~4중량부 범위 내에서 사용되는 것이 바람직하다. 즉, 감수제가 4중량부를 초과하여 혼입되는 경우에는, 물이 많이 들어간 것과 같은 재료분리의 현상이 일어나고, 0.5중량부 미만으로 혼입되는 경우에는, 유동성이 개선되지 않아서 재료들이 균질하게 혼합되기 어렵

고 경량 시멘트 복합체의 타설이 어려워져 시공성이 떨어지게 된다.

[0052] 또한 분말형 셀룰로오스계 분리저감제는 경량 시멘트 복합체의 점성을 확보하여 가벼운 클래스 버블이나 바텀에서, 섬유 재료분리를 방지할 수 있으며 정전기적인 안정층을 형성하여 소요의 유동성을 오랫동안 유지할 수 있게 하는 역할을 수행한다. 이러한 분리저감제는 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 0.05~0.8중량부 범위 내에서 사용하는 것이 바람직하다. 이는, 분리저감제가 0.8중량부를 초과하여 혼입되는 경우에는, 경량 시멘트 복합체가 너무 점성이 많아서 타설할 때의 작업성이 떨어지며, 0.05중량부 미만으로 혼입되는 경우에는, 요구하는 점성 확보가 어렵기 때문이다.

[0053] 아울러 분말형 소포제는 경량 시멘트 복합체 내의 불필요한 기포를 제거하여 균질한 재료를 만들 수 있으며, 재료의 균질성에 의하여 경량성과 인장 변형률 경화거동의 특성을 개선시키기 위해 사용된다. 이러한 소포제는 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 0.1~0.8중량부 범위 내에서 혼입되는 것이 바람직하다. 이는, 소포제의 혼입량이 상기 범위를 벗어나면 필요한 기포를 제거하여 균질한 경량 시멘트 복합체를 확보하기 어렵기 때문이다.

[0054] 한편, 본 발명에서는 경량 시멘트 복합체에 대한 균열폭의 제어 성능을 향상시키기 위하여 복합체 100용적부에 대하여 1.0~2.0용적부의 섬유가 첨가된다. 상기 섬유는 경량 시멘트 복합체 중에 랜덤하고 균일하게 분산되는 것으로, 휨, 인장, 압축 파괴가 일어날 때 인성을 대폭적으로 향상시키는 것은 물론, 휨응력을 받는 때에 다수의 균열이 분포되는 특성을 갖고 있으며, 다수 균열이 발생하는 것과 동시에 겉보기 변형이 증가하면서 응력도 증가하는 인장 변형률 경화(tensile strain hardening) 특성을 나타낸다. 그리고 재료적인 측면에서도 강도를 증가시키는 데 따라 경량 시멘트 복합체의 밀실화로 각종 열화인자의 침투 및 확산계수가 낮은 고내구성을 지니고 있다.

[0055] 또한 본 발명에서는 상기 섬유로서 폴리비닐알콜(PVA)섬유와 폴리에틸렌(PE)섬유를 혼입하여 사용한다. 이는 폴리비닐알콜(PVA)섬유가 미세균열을 가교하면서 다수의 균열을 분포시키는 역할을 담당하고, 폴리비닐알콜(PVA) 섬유에 비해 성능의 뛰어난 폴리에틸렌(PE)섬유는 주균열의 확대를 억제하면서 경량 시멘트 복합체의 인성을 효과적으로 증진시키는 역할을 하기 때문이다. 또한 본 발명에서는 인장강도 250~700MPa, 탄성계수 1.4~2.2GPa, 파단탄성률 10~15%, 비중 0.95g/cm³인 폴리에틸렌 섬유뿐만 아니라, 인장강도 2200~4800MPa, 탄성계수 70~175 GPa, 파단탄성률 3~6%, 비중 0.97g/cm³로서 상기 폴리에틸렌 섬유보다 성능이 우수한 폴리에틸렌 섬유(이하 "고성능 폴리에틸렌 섬유"라고 칭함)를 사용할 수 있고, 이하의 실시예에서는 고성능 폴리에틸렌 섬유 중 [표 5]와 같은 물성치를 갖는 섬유를 사용한 경우를 예시하고 있다.

[0056] 그리고 상기 PVA섬유와 고성능 PE섬유의 혼입율은, 복합체 100용적부에 대해 PVA섬유 1.0~1.75용적부, 고성능 PE섬유 0.25~0.5용적부로 이루어진다. 또한 본 발명에 사용된 PVA 섬유의 물성치와 고성능 PE섬유의 물성치의 예는 [표 5]와 같다.

표 5

	밀도(g/cm ³)	직경(mm)	길이(mm)	인장강도(MPa)	탄성계수(GPa)
PVA섬유	1.3	0.04	12	1600	37
고성능 PE섬유	0.97	0.012	15	2500	75

[0058] 다음으로 이상과 같은 경량 시멘트 복합체의 실시예에 대해 설명한다.

[0059] <조성비율>

[0060] [표 6]에서는 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체의 실시예1 내지 실시예3과 그와 비교하기 위한 비교예1 및 비교예5의 조성비율을 나타낸 것이다.

표 6

	W/C (%)	GB/C (%)	C	W	S	Slag	GB	HPMC	PCSP	소포제	섬유	
											PVA	PE
비교예1	50	10	1	0.50	0.8	0.25	0.10	0.004	0.003	0.002	0.02	0
비교예2	50	20	1	0.50	0.8	0.25	0.20	0.005	0.006	0.002	0.02	0

비교예3	50	30	1	0.50	0.8	0.25	0.30	0.005	0.007	0.004	0.02	0
비교예4	50	40	1	0.50	0.8	0.25	0.40	0.005	0.009	0.004	0.02	0
비교예5	50	50	1	0.50	0.8	0.25	0.50	0.005	0.01	0.006	0.02	0
실시예1	50	30	1	0.50	0.8	0.25	0.30	0.008	0.01	0.004	0.01	0.005
실시예2	50	30	1	0.50	0.8	0.25	0.30	0.007	0.01	0.004	0.015	0.005
실시예3	50	30	1	0.50	0.8	0.25	0.30	0.007	0.01	0.004	0.0175	0.0025

[0062] 여기서 C는 시멘트, W는 물, S는 바텀애시, Slag는 고로슬래그 미분말, GB는 글래스 버블, HPMC는 분리저감제, PCSP는 감수제이다. 표에서 제시된 비율은 모두 중량비이나, 섬유의 혼입량은 전체 부피에 대한 비율이다.

[0063] 비교예1 내지 5에서는 섬유 중 고성능 PE섬유를 전혀 사용하지 않았고, 경량성을 평가하기 위하여 글래스 버블의 첨가량만 본 발명의 수치범위 내로 순차적으로 증가시켰다.

[0064] 또한 실시예1 내지 3에서는 PVA섬유와 고성능 PE섬유의 혼입량을 본 발명에서의 수치범위 내에서 서로 다른 비율로 혼입하였다.

[0065] 또한 비교예 및 실시예의 단위중량과 압축강도를 측정하였다.

[0066] <실험체 제작>

[0067] 이와 같이 구성되는 비교예1 및 비교예5와 실시예1 내지 실시예3에 대한 직접 인장 실험을 위해 각 비교예와 실시예 별로 도 4(a)와 같은 실험체를 제작하였다.

[0068] 또한 압축강도 실험을 위해서는 "KS F 2403 콘크리트의 강도 시험용 공시체 제작 방법"의 규정에 근거하여 제작하였다.

[0069] <실험방법>

[0070] 경량 시멘트 복합체 실험체에 대해서 직접 인장 실험과 압축강도 실험을 실시하였다. 이때 직접 인장 실험에서는 305mm×76mm×13mm의 인장시편을 제작하여 2개의 LVDT(변위측정기)를 시험체의 양쪽에 부착하여 계측길이 180mm에 대한 균열발생에 따른 실시간 변위를 측정하고 변형률로 변환하였다. 또한 도 4(b)와 같이 유압그립과 접촉되는 시험체의 상, 하부에는 60mm×76mm 크기의 알루미늄판(Aluminum plate)을 접촉제로 부착하여 유압식 그립(Hydraulic grip)에 의한 시험체의 단부손상을 방지하였으며 알루미늄판 부착시 4개의 판이 평행을 유지하도록 함으로써 인장 편심력이 시험체에 발생하는 것을 방지하였다. 또한 압축강도 실험은 "KS F 2403 콘크리트의 압축강도 시험 방법"의 규정에 근거하여 수행하였다.

[0071] <실험결과>

[0072] 직접 인장 실험에 대한 실험결과 그래프와 사진은 도 5 내지 도 12에 도시된 바와 같고, 그 결과를 정리하면 다음의 [표 7]과 같다.

표 7

	W/C (%)	GB/C (%)	섬유		평균 1축 극한 인장강도(MPa)	균열발생강도(MPa)	평균 변형률 (%)	단위중량 (g/cm ³)	압축강도 (MPa)
			PVA	PE					
비교예1	50	10	2.0	0	4.7	3.5	0.9	1.65	50.28
비교예2	50	20	2.0	0	4.3	2.8	2.0	1.54	48.54
비교예3	50	30	2.0	0	4.1	2.5	1.7	1.42	43.22
비교예4	50	40	2.0	0	3.9	3.0	1.5	1.21	32.54
비교예5	50	50	2.0	0	4.1	2.7	1.0	1.16	30.47
실시예1	50	30	1.0	0.5	4.2	2.9	3.1	1.50	47.03
실시예2	50	30	1.5	0.5	4.4	2.8	2.9	1.52	45.54
실시예3	50	30	1.75	0.25	4.2	2.6	2.9	1.54	48.21

[0074] 상기 [표 7]에서와 같이, 선정된 배합비에 의해 제작된 실험체는 직접 인장하에서 뚜렷한 인장 변형률 경화거동

을 나타내었다. 실험체의 파괴형태는 경량 시멘트 복합체에 인장 응력이 증가하여 인장 강도에 다다르면 첫 균열이 발생하고 변형구간에서는 평균 폭 $100\mu\text{m}$ 의 미세균열이 발생하면서 인장 변형률 경화거동을 하다가 결국 실험체의 어느 한 부분에 균열이 집중되어 실험체가 파괴에 도달한다. 상기 실험체에 대한 균열을 도 5 내지 도 12의 (b)에서 관찰할 수 있다.

[0075] 실시예1 내지 실시예3에서의 변형률은 평균 2.9~3.1%로 측정되었다. 이것은 PVA 단일섬유로 이루어진 비교예1 및 비교예5의 변형률보다 약 1.5~3.4배 큰 값이다. 또한, 섬유의 혼입률은 복합체 100용적부에 대해 PVA섬유 1.0용적부와 고성능 PE섬유 0.5용적부를 혼입한 실시예1이 다른 실시예에 비해 섬유의 혼입량이 적고, 변형 능력도 가장 뛰어난 결과를 보였다. 따라서 섬유의 혼입량도 최소가 되고 인장변형률 경화거동 능력도 가장 뛰어난 PVA섬유 1.0용적부, 고성능 PE섬유 0.5용적부를 혼입한 배합을 시공성이나 경제성 등을 비교해 볼 때 가장 최적의 경량 시멘트 복합체의 배합이라고 할 수 있다.

[0076] 또한 실시예1 내지 실시예3의 직접 극한 인장 강도는 4.2~4.4MPa로 측정되었으며, 균열 발생 강도는 2.6~2.9MPa로 나타내므로, 실시예1 내지 실시예3은 평균 변형률이 현저히 상승하면서도 직접 극한 인장 강도가 균열 발생 강도보다 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 여기서, 극한 인장 강도가 균열 발생 강도보다 커야 하는 조건을 만족하면, 최초에 균열이 발생한 이후 균열 선단에서 전달되는 응력에 의해 재료의 다른 부분의 균열이 발생해야 다수의 균열이 발생하는 인장 변형률 경화거동을 나타낼 수 있다. 만일 상기 조건이 만족되지 않는다면, 다수의 균열로 변형이 전파되지 못하고, 최초에 발생한 균열로 모든 변형이 집중되는 유사취성재료의 거동을 나타내게 된다.

[0077] 또한 상기 [표 7]의 압축강도 결과값은 일반적인 토목 구조물에 사용되는 콘크리트의 압축강도인 24~27MPa보다 현저히 크게 나타났다. 즉, 실시예1 내지 실시예3에서 압축강도가 최소로 측정된 실시예2의 압축강도도 일반적인 토목 구조물에 사용되는 콘크리트의 압축강도보다 약 15~18MPa 높게 나타났다. 따라서 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체를 내진 구조설계에도 적용 가능함을 확인할 수 있다.

[0078] 한편, 상기 [표 7]에는 압축강도 실험값뿐만 아니라, 실시예1 내지 실시예3의 단위중량에 대해서도 표시되어 있다. 상기 단위중량은 일반 콘크리트의 단위중량인 $2.2\sim 2.4\text{g}/\text{cm}^3$ 에 비해 대략 35%정도 감소되었음을 알 수 있다. 이는 실시예1 내지 실시예3에서는 역학적 성능과 물리적 성능이 뛰어난 경량 재료를 활용함으로써 경량성을 확보하게 되었음을 의미한다.

[0079] 다음으로 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체의 제조방법에 대해 설명한다.

[0080] 도 13은 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체의 제조방법에 대한 순서도가 도시되어 있다.

[0081] 도시된 바와 같이, 단계 S10에서는, 보통포틀랜드 시멘트, 글래스 버블, 바텀애시, 고로슬래그 미분말, 분말형 카르복실계 감수제, 분말형 셀룰로스가 분리지감제 및 분말형 소포제를 건식 비빔한다. 각 재료의 혼입량은, 글래스 버블의 경우 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 20~50중량부 범위이고, 바텀애시의 경우 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 60~90중량부 범위이며, 고로슬래그 미분말의 경우 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 15~35중량부 범위이고, 분말형 카르복실계 감수제(PCSP)의 경우는 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 0.5~4중량부 범위이며, 분말형 셀룰로스가 분리지감제(HPMC)의 경우 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 0.05~0.8중량부 범위이고, 분말형 소포제의 경우 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 0.1~0.8중량부 범위이다.

[0082] 상기과 같이 건식 비빔한 재료에는 보통포틀랜드 시멘트 100중량부에 대해 45~60중량부의 물을 투입하여 습식 비빔한다(단계 S20).

[0083] 그 후에, PVA섬유와 고성능 PE섬유 순으로 투입하여 습식 비빔한다. 보다 상세히 설명하면, PVA섬유는 단계 S20에서 생성된 복합체 100용적부에 대해 1.0~1.75용적부 범위내에서 혼입하여 30초간 습식 비빔된다(단계 S30). 그리고 고성능 PE섬유는 단계 S20에서 생성된 복합체 100용적부에 대해 0.25~0.5용적부 범위내에서 혼입하여 다시 30초간 습식 비빔된다(단계 S40). 이때 PVA섬유와 고성능 PE섬유의 총 혼입량은 복합체 100용적부에 대해 1.0~2.0용적부의 범위 내여야 한다.

[0084] 이상과 같은 단계를 거쳐서 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체가 제조되는 것이다.

[0085] 그리고 본 명세서에서 기술한 경량 시멘트 복합체는 상기 제조방법을 바탕으로 통해 현장에서 일정한 형태를 가진 거푸집에 타설하는 현장 시공방법, 공장에서 프리캐스트식인 압출성형기를 이용하여 제품을 생산하는 방법 및 슛크리트 장비를 이용하여 내구성이 저하된 구조물을 보수 또는 보강하는 방법 등 다양한 방법으로 현장에 적용

가능하다.

[0086] 본 발명의 권리는 위에서 설명된 실시예에 한정되지 않고 청구범위에 기재된 바에 의해 정의되며, 본 발명의 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 청구범위에 기재된 권리범위 내에서 다양한 변형과 개작을 할 수 있다는 것은 자명하다.

도면의 간단한 설명

[0087] 도 1은 글래스 버블과 경량 시멘트 복합체의 재료 분리 현상을 도시한 도면,

[0088] 도 2는 고로슬래그 미분말 첨가율에 따른 유동성 실험결과를 보인 그래프,

[0089] 도 3은 바텀에서의 사용량에 따른 인장응력과 변형률을 도시한 그래프,

[0090] 도 4 (a)는 직접 인장 실험을 위해 제작되는 실험체의 구성을 도시한 정면도 및 측면도, (b)는 직접 인장 실험 상세도,

[0091] 도 5는 비교예1에 대한 직접 인장 실험의 결과를 도시한 그래프 및 사진,

[0092] 도 6은 비교예2에 대한 직접 인장 실험의 결과를 도시한 그래프 및 사진,

[0093] 도 7은 비교예3에 대한 직접 인장 실험의 결과를 도시한 그래프 및 사진,

[0094] 도 8은 비교예4에 대한 직접 인장 실험의 결과를 도시한 그래프 및 사진,

[0095] 도 9는 비교예5에 대한 직접 인장 실험의 결과를 도시한 그래프 및 사진,

[0096] 도 10은 실시예1에 대한 직접 인장 실험의 결과를 도시한 그래프 및 사진,

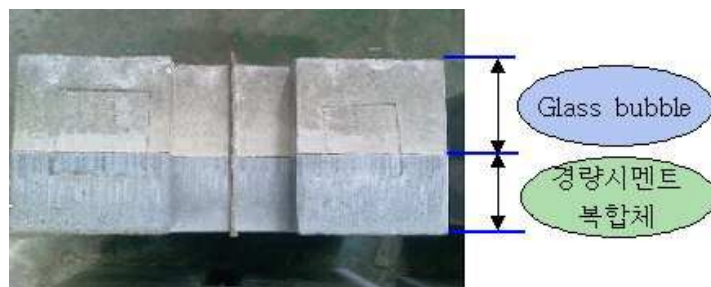
[0097] 도 11은 실시예2에 대한 직접 인장 실험의 결과를 도시한 그래프 및 사진,

[0098] 도 12는 실시예3에 대한 직접 인장 실험의 결과를 도시한 그래프 및 사진,

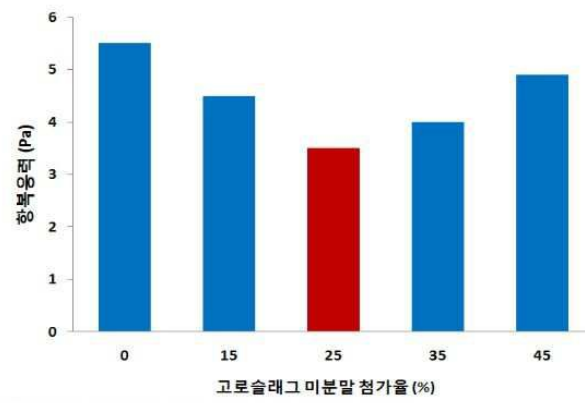
[0099] 도 13은 본 발명에 따른 경량 시멘트 복합체의 제조방법을 도시한 순서도이다.

도면

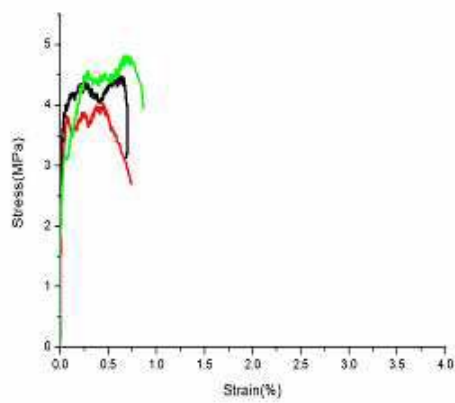
도면1



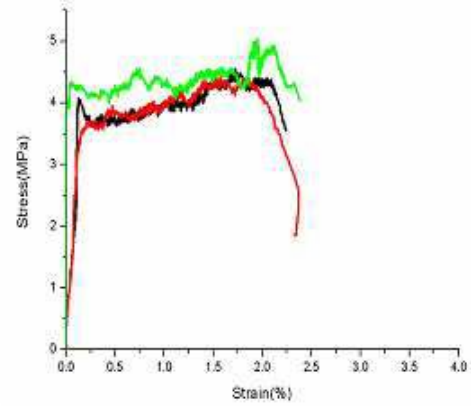
도면2



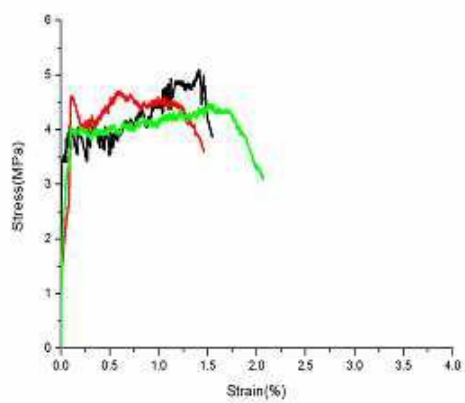
도면3



(a) 바텀애시 90% 이상 사용

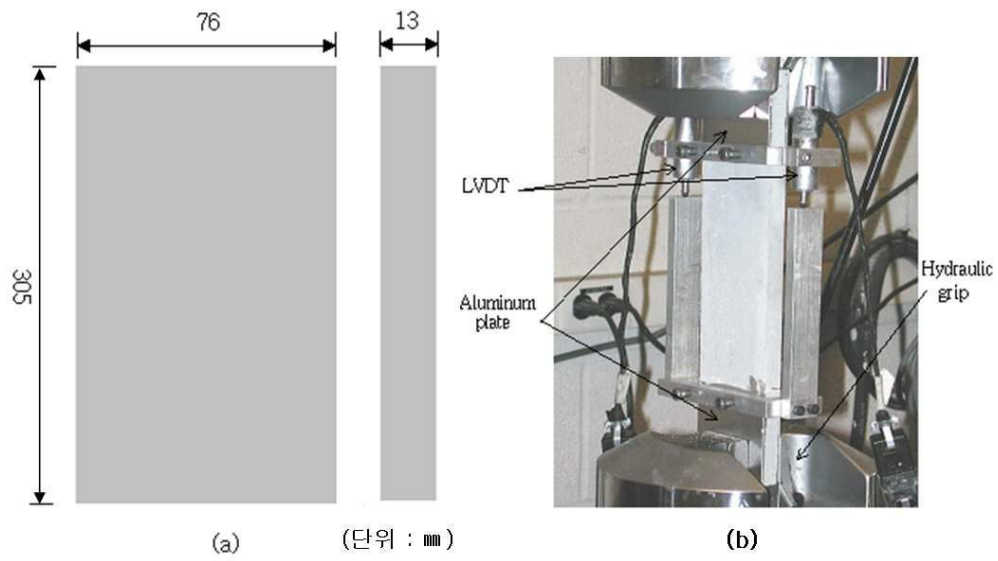


(b) 바텀애시 60~90% 이상 사용

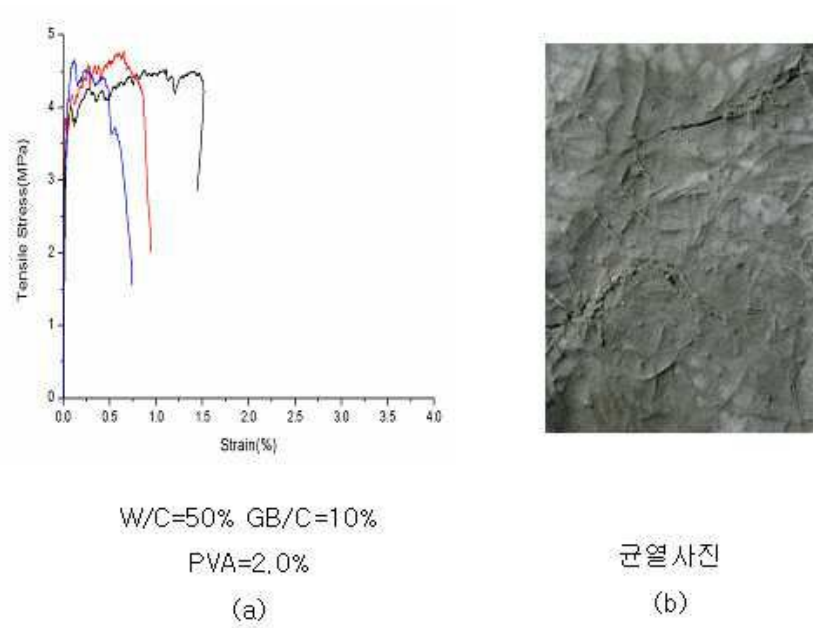


(c) 바텀애시 60% 이하 사용

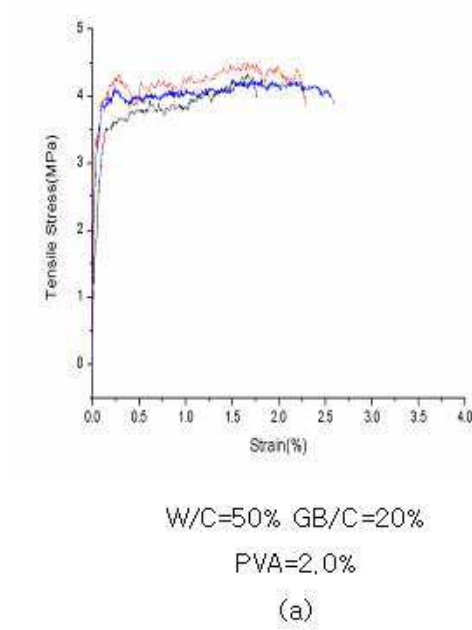
도면4



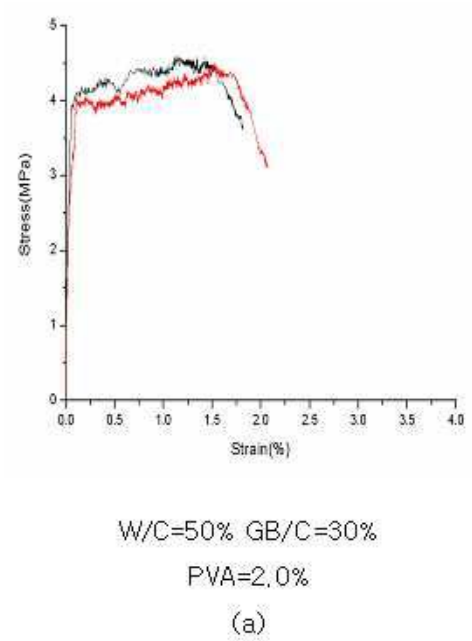
도면5



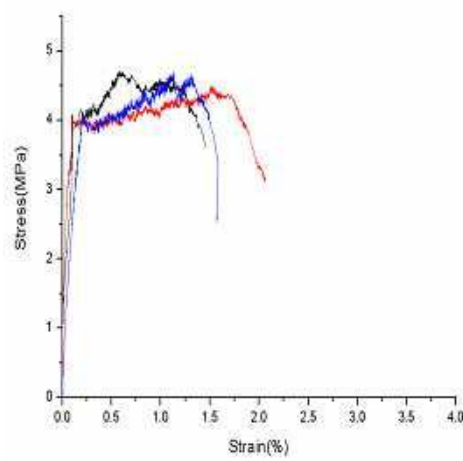
도면6



도면7



도면8



W/C=50% GB/C=40%

PVA=2.0%

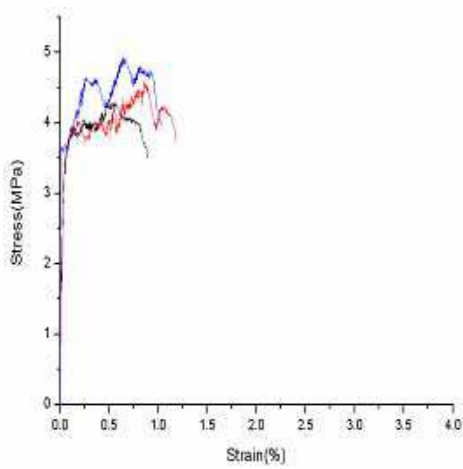
(a)



균열사진

(b)

도면9



W/C=50% GB/C=50%

PVA=2.0%

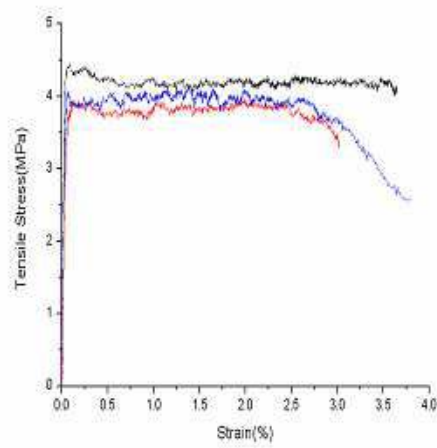
(a)



균열사진

(b)

도면10

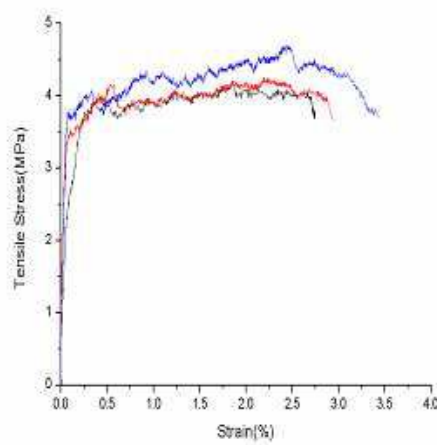


W/C=50% GB/C=30%
PVA=1.0% PE=0.5%
(a)



균열사진
(b)

도면11

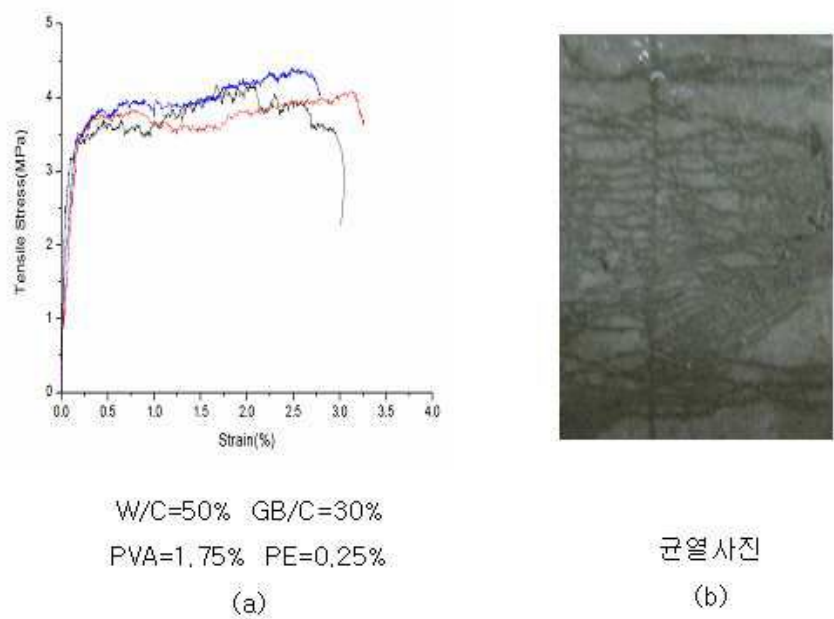


W/C=50% GB/C=30%
PVA=1.5% PE=0.5%
(a)



균열사진
(b)

도면12



도면13

