



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년10월10일
(11) 등록번호 10-1664170
(24) 등록일자 2016년10월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 18/08 (2006.01) C04B 18/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C04B 18/08 (2013.01)
C04B 18/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0060854
(22) 출원일자 2015년04월29일
심사청구일자 2015년04월29일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020020026794 A*
KR101015066 B1*
KR1020130017036 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
조선대학교산학협력단
광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)
(72) 발명자
김형기
광주광역시 서구 풍암순환로 86, 103동 102호 (풍
암동, 삼능남양아파트)
(74) 대리인
신용현, 송정부

전체 청구항 수 : 총 3 항

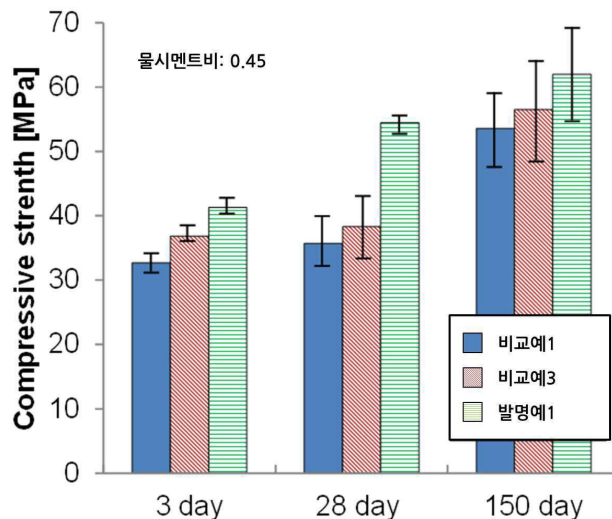
심사관 : 문영준

(54) 발명의 명칭 조분쇄 바텀애쉬를 사용한 시멘트 모르타르 조성물

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따른 바텀애쉬를 사용한 시멘트 모르타르 조성물은, 시멘트 100중량부에 대해, 물 45~55 중량부, 잔골재 200~500중량부를 포함하고, 상기 잔골재는 입도 600 μ m 이하의 바텀애쉬 25~35 vol%와 입도 600 μ m 이상의 천연잔골재를 잔부로 포함한다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

C04B 18/065 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1615007667

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 건설교통기술지역특성화사업

연구과제명 호남권 국토교통기술지역거점센터-조선태(초유동성 속채움재 개발 및 환경영향성 평가)

기 여 율 1/1

주관기관 전남대학교 산학협력단

연구기간 2014.06.15 ~ 2018.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

시멘트 100중량부에 대해, 물 45~55 중량부, 잔골재 200~500중량부를 포함하고,

상기 잔골재는 입도 $600\mu\text{m}$ 이하의 바텀애쉬 25~35 vol%와 입도 $600 \sim 5000 \mu\text{m}$ 의 천연잔골재를 잔부로 포함하고,

상기 바텀애쉬 중에서 입도가 $150 \mu\text{m}$ 이하인 바텀애쉬의 함량이 30 vol%이하 인 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 사용한 시멘트 모르타르 조성물.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 바텀애쉬는 불 밀에 의해 조분쇄된 것을 특징으로 하는 바텀애쉬를 사용한 시멘트 모르타르 조성물.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

공기연행제 및 초유동화제를 더 포함하는 바텀애쉬를 사용한 시멘트 모르타르 조성물.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 바텀애쉬를 사용하는 시멘트 모르타르 조성물에 관한 것으로, 보다 상세하게는 바텀애쉬를 보다 효과적으로 재활용할 수 있는 시멘트 모르타르 조성물에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로 석탄회분(애쉬, Ash)란 소각 또는 연소 후에 남아 있는 잔재물을 의미한다. 애쉬(Ash)는 대부분이 화력발전소에서 발생하고 있으며 그 이외에도 폐기물 소각로와 열병합 발전소 및 기타 산업현장에서 연소공정으로 인하여도 발생시키고 있다. 애쉬는 연소물의 잔재물이라는 점에서 곧 무기물질(예, SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3)로서 재활용이 가능한 재료에 속한다.

[0004] 환경적 관점에서 이 부산물들을 시멘트계 건설재료에 활용하는 것이 지반재료로 활용하는 것에 비해 안전하다. 석탄연소부산물 중 약 80%를 차지하고 있는 플라이 애쉬(Fly ash)의 경우 콘크리트의 성능 개선 및 이산화탄소 발생량 감소 측면에서 결합재로 무난히 활용되고 있는 반면, 부산물 발생량의 약 15% 수준인 바텀애쉬는 여러 가지 기술적 한계로 인해 콘크리트용 골재로 활발히 활용되지는 못하고 있다. 이로 인해 해마다 대량의 바텀애쉬가 재활용되지 못한 채 화력발전소 인근 매립지에 매립되고 있다.

[0005] 바텀애쉬의 골재 활용이 어려운 이유 중 하나는 입자의 독특한 형상으로 인해 콘크리트의 성능이 감소하기 때문이다. 바텀애쉬는 다공질일 뿐 아니라 표면 공극의 크기가 크다. 따라서 흡수율의 정의 및 함수율의 관리가 어려울 뿐 아니라, 배합 후 경시변화가 일반골재 보다 큰 특징이 있다. 또한 표면이 매우 거칠기 때문에 굳지 않은 배합 내에서 입자가 맞물림(Interlocking)에 의한 워커빌리티 감소 문제가 발생한다.

[0006] 이러한 문제를 해결하기 위해 바텀애쉬를 분쇄하게 되면 골재의 공극량이 줄어들어 흡수율이 감소할 뿐 만 아니라 상대적으로 시멘트 페이스트 내에서 입자가 맞물림의 발생이 줄어들어 워커빌리티 감소 문제가 해결되는 것으로 알려져 있다. 종래에도, 바텀애쉬를 분쇄하여 콘크리트 및 모르타르에 사용하는 연구가 일부 진행되었으나, 이들은 대부분은 바텀애쉬를 최대입도 $150\mu\text{m}$ 이하 혹은 비표면적 $1500\text{ cm}^2/\text{g}$ 이상으로 미분쇄(Fine grinding)하여 결합재로 활용한 것이다.

[0007] 그러나, 미분쇄 바텀애쉬는 플라이애쉬에 비하여 어떠한 성능적 개선도 나타나지 않았을 뿐 만 아니라, 오히려 미분쇄로 인한 에너지 소모가 발생하는 문제점이 있다.

[0008] 상기한 배경기술로서 설명된 사항들은 본 발명의 배경에 대한 이해 증진을 위한 것일 뿐, 이 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술에 해당함을 인정하는 것으로 받아들여져서는 안 될 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 이러한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 목적은, 시멘트 모르타르의 잔골재로서 바텀애쉬를 일정 크기이하로 조분쇄하여 모르타르의 강도 및 내구성을 개선하고, 분쇄에 소모되는 에너지를 줄일 수 있는 조분쇄 바텀애쉬를 사용한 시멘트 모르타르 조성물을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 위 목적을 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 바텀애쉬를 사용한 시멘트 모르타르 조성물은, 시멘트 100중량부에 대해, 물 45~55 중량부, 잔골재 200~500중량부를 포함하고, 상기 잔골재는 입도 $600\mu\text{m}$ 이하의 바텀애쉬 25~35 vol%와 입도 $600\mu\text{m}$ 이상의 천연잔골재를 잔부로 포함한다.

[0013] 상기 바텀애쉬중에서 입도가 $150\mu\text{m}$ 이하인 바텀애쉬의 함량이 30 vol% 이하일 수 있다.

[0014] 상기 천연잔골재의 입도는 $600\sim 5000\mu\text{m}$ 일 수 있다.

[0015] 상기 바텀애쉬는 볼 밀에 의해 조분쇄된 것 일 수 있다.

[0016] 상기 모르타르는 공기연행제 및 초유동화제를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 의한 조분쇄 바텀애쉬를 사용한 시멘트 모르타르 조성물에 따르면 다음과 같은 효과가 있다.

[0019] 일반 잔골재 크기의 바텀애쉬를 최대입도 $600\mu\text{m}$ 이하 수준으로 조분쇄(Coarse grinding)하여 잔골재로 사용할 경우 바텀애쉬가 포졸란 반응성 골재로서 역할을 하므로 모르타르의 강도 개선 및 내구성 증가 등의 이익이 발생할 수 있다. 그리고, 기존의 가공되지 않은 바텀애쉬를 골재로 단순히 사용할 때 발생하던 유동성 감소 문제가 발생하지 않는다.

[0020] 또한, 바텀애쉬를 최대입도 $150\mu\text{m}$ 이하 혹은 비표면적 $1500\text{ cm}^2/\text{g}$ 이상으로 미분쇄(Fine Grinding)하여 결합재로 활용한 기존 기술에 비해, 분쇄 자체에 소모되는 에너지를 극소화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 잔골재로 사용될 수 있는 바텀애쉬 원재료, 분쇄된 바텀애쉬, 일반잔골재, 및 조립 잔골재의 체가름 시험결과를 나타낸 그래프이다.

도2는 혼합골재의 체가름 시험결과를 나타낸 그래프이다.

도 3는 본 발명에서 사용되는 조분쇄된 바텀애쉬와 플라이애쉬의 X-선 회절 시험 분석결과를 나타낸

그래프이다.

도 4 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 흐름 실험의 결과를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 흐름 실험의 결과를 나타낸 그래프이다.

도6은 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 3, 28, 150일의 압축강도를 나타낸 그래프이다.

도7는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 3, 28, 150일의 압축강도를 나타낸 그래프이다.

도 8 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 동탄성계수를 나타낸 그래프이다.

도9는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르(물시멘트비0.55)의 동탄성계수를 나타낸 그래프이다.

도 10은 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 동탄성계수와 압축강도간의 관계를 나타낸 그래프이다.

도11은 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 공극률을 나타낸 그래프이다.

도12는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 공극률을 나타낸 그래프이다.

도13은 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 모세관 흡수율을 나타낸 그래프이다.

도14는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 모세관 흡수율을 나타낸 그래프이다.

도15는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 공극률과 모세관 흡수율의 관계를 나타낸 그래프이다.

도16은 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 건조수축량을 나타낸 그래프이다.

도17은 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 건조수축량을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 여기서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 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.
- [0024] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 의한 조분쇄 바텀애쉬를 사용한 시멘트 모르타르 조성물에 대하여 설명하기로 한다.
- [0026] 바텀애쉬를 시멘트 모르타르에 사용하기 위해서는 바텀애쉬를 미분쇄하여 사용하였지만, 이는 플라이 애쉬에 비하여 성능적 개선이 이루어지지 않았을 뿐 만 아니라, 오히려 미분쇄로 인한 에너지 소모가 발생한다. 한편, 일반 잔골재 크기의 바텀애쉬를 최대입도 600 μ m 이하 수준으로 조분쇄하여 잔골재로 사용할 경우 바텀애쉬가 포졸란 반응성 골재(Pozzolanic aggregates)로서 역할을 하므로 콘크리트와 몰탈의 강도개선 및 내구성 증가 등의 이익이 발생할 수 있으며, 분쇄 자체에 소모되는 에너지를 극소화 할 수 있는 장점이 있다.
- [0027] 한편, 국내의 콘크리트 표준시방서 내 골재 표준규격에 따르면, 최대입도 600 μ m 이하의 입자의 함량은 천연 잔골재의 경우 10~30%, 부순 잔골재의 경우 10~35%가 되도록 정해져 있다. 따라서, 일반 잔골재를 단순히 조분쇄 바텀애쉬로 치환하게 되면 고재 표준 규격을 벗어나게 되며 배합 내 미분량 증가에 따른 유동성 및 공기량 감소 문제가 발생할 수 있다. 그러나, 일반 잔골재 내의 동일 규격의 미분과 동일한 부피로 치환하게 되면 배합 내 골재의 입도가 표준규격을 만족할 뿐 아니라, 미분량 증가에 따른 여러 문제를 피할 수 있다.
- [0028] 본 발명은 이러한 관점에서 이루어진 것으로서, 최대입도 600 μ m 이하 수준으로 조분쇄된 바텀애쉬를 사용하여 시멘트 모르타르의 강도 및 내구성을 개선하였다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 바텀애쉬를 사용한 모르타르 조성물은 기본적으로 시멘트, 물, 잔골재를 포함하며, 잔골재로서 바텀애쉬를 조분쇄하여 잔골재의 일부를 치환한 것이다. 또한, 필요에 따라 공기연행제, 초유동화제

등 기타 첨가물이 추가로 첨가될 수 있다.

- [0030] 기본적으로 시멘트 100중량부에 대하여 물은 44~55중량부, 잔골재 200~500 중량부를 포함하는 것이 바람직하다. 이러한 함량은 일반적인 강도를 가지는 모르타르의 통상적인 함량이다.
- [0031] 여기서 함유되는 잔골재는 천연잔골재와 조분쇄된 바텀애쉬를 포함한다. 천연잔골재의 일부를 바텀애쉬로 대체하여 바텀애쉬를 재활용하고자 하는 것이다. 이때 사용되는 바텀애쉬의 입도는 600 μ m 이하가 바람직하다. 첨가되는 바텀애쉬의 입도가 600 μ m를 초과하는 경우 입자의 독특한 형상으로 모르타르의 성능이 감소하게 되고 입자의 크기가 너무 커서 맞물림에 의한 워커빌리티가 감소된다. 보다 바람직하게는 상기 바텀애쉬의 입도가 150 μ m 이하 인 입자가 30%이하인 것이 바람직하다. 바텀애쉬의 미분함량이 증가하게 되면 골재의 플라이애쉬에 비하여 성능개선이 이루어지지 않으며, 미분쇄로 인한 에너지 소모가 발생하는 문제점이다.
- [0032] 이렇게 함유되는 바텀애쉬는 첨가되는 잔골재의 25~35 vol%인 것이 바람직하다. 잔골재 내에서 바텀애쉬의 함량이 25 vol% 미만인 경우에는 바텀애쉬 함유에 따른 모르타르의 강도 개선이 미미하며, 바텀애쉬의 함량이 35 vol%를 초과하는 경우에는 KS 상의 잔골재 입도규정을 위반하게 되는 문제점이 있기 때문이다.
- [0033] 또한, 이때 함유되는 천연 골재는 입도 600 μ m 이상인 것이 바람직하다. 이는 천연골재내에 포함되어 있는 미분의 함량이 많아지게 되면 전체 모르타르에서 골재와 시멘트의 부착저하, 강도감소, 건조수축 저하 등의 문제점이 발생하기 때문에 천연골재의 입도를 제한한 것이다. 더욱 바람직하게는 천연 골재의 입도가 600~5000 μ m인 것일 수 있다. 천연 골재의 입도가 150~5000 μ m의 경우에는 잔골재 내 600 μ m 이하 미분의 과다로 인해 유동성 감소 및 점성 증가 등의 문제가 발생하며, 이는 모르타르의 작업성 저하로 이어진다. 그리고 입도 150~5000 μ m의 잔골재와 600 μ m 이하의 바텀애쉬를 배합할 경우 KS 상의 잔골재 입도규정을 위반하게 된다. 따라서 본 발명에서는 천연골재의 입도를 600 μ m 이상으로 조절함으로써 조분쇄된 바텀애쉬를 사용한 경우에도 KS 상의 잔골재 입도규정을 만족하게 된다.
- [0034] 이하 실시예를 통하여 본 발명에 대하여 더욱 자세하게 설명한다.
- [0035] 본 발명에서 잔골재의 적정한 입도분포를 확인하기 위해 바텀애쉬와 잔골재에 대해 체가름을 시험을 통하여 입도분석을 하였다. 바텀애쉬는 여수에 있는 호남 석탄화력발전소의 석탄매립지에서 채취하였다. 본 바텀애쉬의 원료는 유연탄이다. 채취된 바텀애쉬 원재료를 100℃에서 3일간 오븐 건조한 후, 20L 통에 약 10kg을 스틸 볼 약 10kg과 함께 넣고 150rpm으로 약 30분간 회전시켜 볼 밀링을 수행하여 분쇄하였다. 이렇게 분쇄된 바텀애쉬는 별다른 처리없이 이후 모르타르에 투입되었다. 또한 본 발명에서 사용된 일반 잔골재는 나주산 강모래이다.
- [0036] 도 1은 잔골재로 사용될 수 있는 바텀애쉬 원재료, 분쇄된 바텀애쉬, 일반잔골재, 및 조립 잔골재의 체가름 시험결과를 나타낸 그래프이다. 도2는 혼합골재의 체가름 시험결과이다. 조분쇄된 바텀애쉬의 경우 99% 이상이 600 μ m 체를 통과한다. 그리고 체가름을 통하여 600 μ m 이하의 입자를 제거한 조립 잔골재와 분쇄된 바텀애쉬를 70:30의 부피비로 조합할 경우 콘크리트 표준시방서의 잔골재 입도 규격을 만족시킬 수 있다. 그러나, 분쇄된 바텀애쉬의 비율이 40%로 늘릴 경우 150 μ m 체 통과량이 입도규격보다 많아지게 된다. 또한 체가름을 거치지 않은 일반 잔골재와 분쇄된 바텀애쉬를 70:30의 부피비로 조합할 경우에도 150 μ m 체 통과량이 입도규격보다 많아지게 된다. 바텀애쉬 원재료는 그 자체로 입도규격을 만족하지 못하지만, 일반 잔골재와 70:30의 부피비로 조합할 경우 입도규격을 만족하게 된다.
- [0037] 표1에 체가름 시험결과에서 80 μ m 체를 통과하는 입자의 비율을 나타내었다. 표1에서 보는 바와 같이, 바텀애쉬 원재료 내에서 80 μ m 이하의 입자는 8.8%를 차지하는 것으로 확인하였으며 그 중의 일부가 플라이 애쉬인 것으로 판단되다. 그러나 조분쇄된 바텀애쉬의 경우 80 μ m 이하의 입자가 21.1%로 증가하였다. 조립 잔골재와 70:30의 부피비로 조합할 경우 바텀애쉬 원재료의 혼합골재는 4.4%, 조분쇄된 바텀애쉬의 혼합골재는 8.1%로 감소하게 된다. 국내 콘크리트 표준시방서에서 80 μ m 이하의 입자의 함유량 한도는 콘크리트가 마모작용을 받는 경우는 3.0%, 기타의 경우는 5.0%인데 조분쇄된 바텀애쉬의 혼합골재는 상대적으로 높은 값을 가진다. 표준시방서에서 미립자의 한도 설정의 근거는 골재/시멘트페이스 간의 부착저하, 콘크리트의 강도감소, 건조수축 저하 등이다. 그러나, 조분쇄된 바텀애쉬의 혼합골재는 일반 점토 미립자와 달리 시멘트와 반응하므로 이와 같은 문제가 발생할 가능성이 적다.

표 1

시료		배합비(vol%)	80 μ m 체 통과비율(vol%)
단일골재	일반골재(모래)	-	2.6

혼합골재	바텀애쉬 원재료	-	8.8
	조분쇄된 바텀애쉬	-	21.1
	바텀애쉬 원재료 혼합골재	바텀애쉬 원재료 30% 일반 골재(모래) 70%	4.4
	조분쇄된 바텀애쉬 혼합골재	조분쇄된 바텀애쉬 30% 조립 골재(모래) 70%	8.1

[0039] 표 2에 본 발명에서 사용되는 잔골재의 물리적 특성을 나타낸 것이다. 본 발명에서 사용되는 바텀애쉬는 유연탄을 원료로 하므로 화력발전소에서 발생한 무연탄 연소 바텀애쉬에 비해 비중이 높고 흡수율이 낮았다. 또한 분쇄에 의한 흡수율을 일반잔골재 수준까지 떨어뜨릴 수 있었다.

표 2

시료		비중		흡수율(%)	조립률
		절대건조상태	표면 건조 포화수 상태		
단일골재	일반골재(모래)	2.57	2.58	0.5 미만	2.60
	바텀애쉬 원재료	2.05	2.16	5.10	3.35
	조분쇄된 바텀애쉬	2.45	2.47	0.83	1.11
혼합골재	바텀애쉬 원재료 혼합골재	-			3.01
	조분쇄된 바텀애쉬 혼합골재	-			2.96

[0041] 표3에 본 발명에서 사용되는 조분쇄된 바텀애쉬의 화학적 특성을 나타내었다. 참고로 동일 화력발전소에서 발생한 플라이애쉬의 화학조성을 나타내었다. 조분쇄된 바텀애쉬는 플라이애쉬와 모든 화학적 조성이 유사한 반면 강열감량(Loss of ignition, LOI)이 낮은 특징이 있다.

표 3

조성	합량	
	조분쇄된 바텀애쉬	플라이애쉬
SiO ₂	54.09	50.15
Al ₂ O ₃	15.75	18.00
Fe ₂ O ₃	8.19	8.29
CaO	8.54	4.58
K ₂ O	7.49	6.15
MgO	2.69	2.18
MnO	0.17	0.07
P ₂ O ₅	0.22	0.53
TiO ₂	0.76	1.53
강열감량(LOI)	2.90	7.57

[0043] 도 3는 본 발명에서 사용되는 조분쇄된 바텀애쉬와 플라이애쉬의 X-선 회절 시험 분석결과를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 조분쇄된 바텀애쉬와 플라이애쉬는 유사한 형태의 회절 스펙트럼을 나타내고 있으나, 조분쇄된 바텀애쉬의 경우 퀴즈(Quartz) 이외에 명확한 형태의 피크가 나타나지 않는다. 본 발명의 실시예에서 모르타르 배합의 결합제로는 포틀랜드 시멘트(Blaine 3000 cm²/g)가 사용되었다. 화학 혼화제로서 공개연행제와, 폴리카르복실산계 초유동화제를 사용하였다.

[0045] 본 발명에 따른 모르타르의 특성을 평가하기 위해 표3과 같이 모르타르를 제조하였다. 발명예1, 2는 체가름에 의해 입도 600 μ m 미만의 입자를 제거한 조립 잔골재(모래)에 조분쇄된 바텀애쉬를 부피비로 30% 치환하였다. 발명예1은 물시멘트비(w/c)를 0.45, 발명예 2는 물시멘트비(w/c)로 0.55로 설정하였다. 비교예1, 2는 일반 잔골재

(모래)만을 사용하였고, 비교예 3, 4 는 일반 잔골재(모래)의 부피의 30%를 바텀애쉬 원재료로 치환하여 골재로 사용하였다. 이때 골재의 양은 물시멘트비에 맞추어 혼입하였다. 자세한 무게비율은 표4에 개시된 바와 같다.

표 4

항목	합량(중량부)							
	물	시멘트	일반 잔골재	조립 잔골재	바텀애쉬 원재료	조분쇄된 바텀애쉬	초유동화제	공기연행제
발명예1	45	100	-	152	-	63	0.30	0.030
비교예1			217	-	-	-		
비교예3			152	-	0.55	-		
발명예2	55		-	198	-	0.72		
비교예2			283	-	-	-		
비교예4			198	-	0.72	-		

실험예 1: 모르타르의 유동성 측정

골재는 모두 표건상태로 설정한 후 비닐 백에 담아 보관하고, 모르타르 제조 전일 함유수율을 측정하여 모르타르를 제조하였다. 모든 재료를 10L 크기의 전동믹서에 넣고 1분 30초간 배합하였다. 모르타르의 유동성 및 그 경시변화를 확인하기 위해 배합 직후 및 배합 후 1시간 후 KS L 5105 규격에 따른 모르타르 실험을 실시하였다.

도 4 및 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 흐름 실험의 결과를 나타낸 그래프이다. 도4 및 도 5에 도시된 바와 같이 일반 잔골재만을 사용한 비교예1, 2에 비해 바텀애쉬 원재료를 사용한 비교예3, 4는 유동성이 약간 감소하는 것으로 나타났으며, 특히 이는 물시멘트비가 더 큰 비교예2, 4 사이에서 명확해 지는 것을 알 수 있다. 이는 표면이 매우 거친 바텀애쉬 원재료의 맞물림에 의해 굳지 않은 모르타르의 유동성이 감소하게 되는 것이다. 특히 물시멘트가 높은 경우, 시멘트 페이스트의 점성이 낮기 때문에 바텀애쉬 원재료 입자간 맞물림이 더 두드러지게 된다.

그러나, 발명예1, 2는 비교예 1, 2에 비해 유사하거나 오히려 더 우수한 유동성을 나타낸다. 입자 분쇄에 의해 입형(Particle shape)이 완만해 졌을 뿐 아니라, 입도 600 μ m 이하의 입자의 입도분포가 최적화되었기 때문으로 판단된다. 표1에 나타난 것과 같이 발명예1, 2가 비교예1, 2에 비해 미분량은 더 많지만, 이 미분으로 인한 유동성 저하는 발생하지 않는 것을 확인 할 수 있다.

실험예2: 모르타르의 압축강도 및 동탄성계수 측정

모르타르의 압축강도는 각 변이 5 cm인 정육면체 시편을 이용해 KS 5105 규격에 따라 재령 3, 28, 150일에 측정하였다. 압축강도 측정을 위한 시편은 23 $\pm$ 3 $^{\circ}$ C의 항온실에서 1일 밀봉양생 후 탈형과 함께 수중양생 하였다. 동일 시편을 이용해 KS F 2437 규격에 따라 재령 28, 150일의 동탄성계수를 측정하였다.

도6 및 도7는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 3, 28, 150일의 압축강도를 나타낸 그래프이다. 비교예3의 경우 비교예1에 비해 모든 재령에서 10% 미만으로 강도가 증가하였으면, 비교예4는 비교예2에 비해 강도가 동일하거나 약간 감소하였다. 바텀애쉬는 모르타르의 강도에 두가지 영향을 미치게 된다. 우선 포졸란 반응에 의한 강도 증가이다. 바텀애쉬는 플라이애쉬에 비해 결정성이 낮기 때문에 재령 초기에 시멘트와 포졸란 반응을 활발히 일으킨다. 바텀애쉬 모르타르의 수화도 및 강도와 상관계 분석을 통하여 비표면적이 큰 바텀애쉬도 재령 초기에 포졸란 반응을 통해 강도를 증진시킬 수 있다. 또한 바텀애쉬에 의해 골재 내 공극에 의한 강도의 저하가 일어난다. 바텀애쉬 입자 내 공극은 크기와 분포가 매우 불규칙하고 그 크기도 경량골재에 비해 큰 편이기 때문에, 콘크리트에 혼입 시 강도저하 뿐 아니라 강도의 표준편차를 증가시키는 효과도 있다.

이러한 두가지 영향이 복합적으로 나타난 것이 비교예 3, 4이라고 할 수 있다. 그에 반해 물시멘트비에 관계없이 발명예1, 2의 강도는 비교예1, 2에 비해 높은 것을 알 수 있다. 바텀애쉬의 비표면적이 늘어나며 더 활발한 포졸란 반응이 일어났을 뿐 아니라 분쇄에 의해 공극량 감소로 인해 강도 저하도 일어나지 않았기 때문이다.

도 8 및 도9는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 동탄성계수를 나타낸 그래프이다. 경량 콘크리트와 일반골재 콘크리트의 동탄성계수와 정탄성계수 간의 관계가 다를 수 있지만, 본 실험예에서는 모르타르의 탄성계수를 간이로 확인하기 위해 동탄성계수를 측정하였다. 실험결과 물시멘트비가 0.45일 때, 비교예 1에 비해 비교예3은 동탄성계수가 감소, 발명예1은 증가하였으나, 그 변화폭은 미약하였다. 물시멘트비 0.55일 때, 비교예 2에 비해 비교예 4 및 발명예2 모두 낮은 동탄성계수 값을 나타내었다. 바텀애쉬와 같은 경량재료 사용시 압축강도가 동

일한 경우에도 탄성계수가 낮다는 것은 일반적인 사실이다.

[0058] 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 동탄성계수와 압축강도간의 관계를 나타낸 그래프이다. ACI Building Code 318에서 제시한 압축강도와 탄성계수를 고려하여 도10의 X축은 압축강도의 루트(Root) 승으로 표시하였다. 동일 압축강도를 고려했을 때, 상대적으로 비교예3와 발명예1이 비교예1에 비해 동탄성계수가 높다는 것을 확인하였다.

[0059] 이러한 관계는 도8에서 물시멘트비 0.45일 때, 비교예1에 비해 발명예1의 동탄성계수가 미약하게나마 높은 값을 나타내는 것이 발명예1의 높은 압축강도에 기인하는 것임을 증명하는 것이다. 또한 발명예1이 비교예3에 비해 강도 대비 동탄성계수가 높은 이유는 내부 골재의 다공성으로 인한 것이다. 그러나 강도와 동탄성계수의 관계식에서 골재 종류에 의한 차이는, 저장도 영역에서 동일한 강도당 6GPa 이상 벗어나지 않음을 확인하였다.

[0061] 실험예3: 모르타르의 공극률과 모세관 흡수율 측정

[0062] 도11 및 도12는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 공극률을 나타낸 그래프이다. 도13 및 도14는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 모세관 흡수율을 나타낸 그래프이다. 참고로, 모르타르의 공극률과 모세관 흡수율은 모르타르의 내구성에 영향을 미치는 요인일 뿐만 아니라, 그 자체로 모르타르 내부의 공극구조를 나타내는 값이기도 하다.

[0063] 공극률 및 모세관 흡수율 모두 물시멘트비와 관계없이 비교예1,2에 비해 비교예 3, 4가 높은값을 발명예 1, 2가 낮은 값을 나타내는 것을 알 수 있다. 비교예 3, 4의 경우, 바텀애쉬 원재료의 입자 자체가 가지고 있는 공극으로 인해 몰탈 전체의 공극률이 증가한 것이며 이로 인해 공극간의 연결도가 증가하였음을 의미한다. 이에 반하여, 조분쇄된 바텀애쉬가 일반 잔골재에 비해 0.5% 정도 흡수율이 높은에도 불구하고 발명예 1, 2의 경우 공극률 및 모세관 흡수율이 비교예1, 2에 비해 감소하게 되었다. 이는 포졸란 반응이 바텀애쉬 계면에서도 일어났음을 의미하는 것이다.

[0064] 도15는 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 공극률과 모세관 흡수율의 관계를 나타낸 그래프이다. 모르타르의 공극률이 10% 이상일 때, 발명예1은 비교예1과 비교예3에 비해 동일 공극률에서 상대적으로 낮은 모세관 흡수율을 보인다는 것을 알 수 있다. 즉, 조분쇄 바텀애쉬를 사용할 경우 공극의 부피가 동일한 경우에도 그 공극 간 연결도는 낮아진다는 것을 의미한다. 이는 조분쇄 바텀애쉬 사용에 의해 이산화탄소나 염소이온의 침투가 어려워진다는 것을 의미하는 것이다. 따라서 조분쇄 바텀애쉬가 혼입된 모르타르는 동일 강도의 일반 골재 모르타르보다 높은 내구성을 나타낼 것으로 기대된다.

[0066] 실험예4: 건조수축량 측정

[0067] 도16 및 도17은 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 건조수축량을 나타낸 그래프이다. 건조수축량은 각각의 배합당 두개의 시편에서 측정된 값의 평균이며, 모든 배합에서 두편의 수축량 차이는 150일 기준으로 $\pm 50 \mu\text{strain}$ 이었다. 물시멘트비가 0.45인 경우 비교예3은 비교예1에 비해 높은 수축량을, 발명예1은 거의 동일한 수축량을 나타내었다. 비교예 3의 낮은 탄성계수와 높은 공극연결도, 그리고 발명예1의 높은 탄성계수와 낮은 공극연결도에 의해 기인한 것으로 판단된다. 탄성계수가 낮으면 건조에 의해 쉽게 수축이 발생하고 동시에 공극 연결도가 높으면 건조되는 수분량이 증가하기 때문이다. 물시멘트비 0.55의 경우, 비교예4, 발명예2는 모두 비교예2에 비해 높은 수축량을 나타냈는데, 이 역시 비교예2에 비해 비교예4 및 발명예2의 탄성계수가 낮기 때문인 것으로 판단된다.

[0068] 이와 같이 실험예를 통하여 본 발명의 실시예에 따른 모르타르의 성능변화를 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

[0069] 첫째, 흡수율 5% 이상의 다공질 바텀애쉬를 결합재와 일반 잔골재 사이의 입도를 갖도록 분쇄할 경우, 입자의 흡수율 표전상태 비중을 일반 잔골재 수준으로 조절될 수 있음을 확인하였다.

[0070] 둘째, 잔골재 표준입도를 고려해 조분쇄 바텀애쉬를 혼입하는 방법은 바텀애쉬 원재료를 일반 잔골재와 단순 치환하던 기존의 배합방법에서 발생하는 모르타르의 유동성 감소 및 강도 감소를 동시에 막을 수 있다. 골재 중 $80\mu\text{m}$ 체 통과입자가 기준치 이상이었음에도 불구하고 유동성감소는 나타나지 않았을 뿐 아니라, 오히려 압축강도 및 미세구조의 치밀성이 증가하였다. 본 발명에 따라 일반골재 몰탈과 동일강도 발현을 고려하여 배합을 설계할 경우 단위 결합재량 감소 및 이를 통한 유동성 증가도 가능할 수 있다고 기대된다.

[0071] 셋째, 약 30% 부피비 이내에서 조분쇄 바텀애쉬를 모르타르에 혼입할 경우, 모르타르의 동탄성계수 및 건조수축

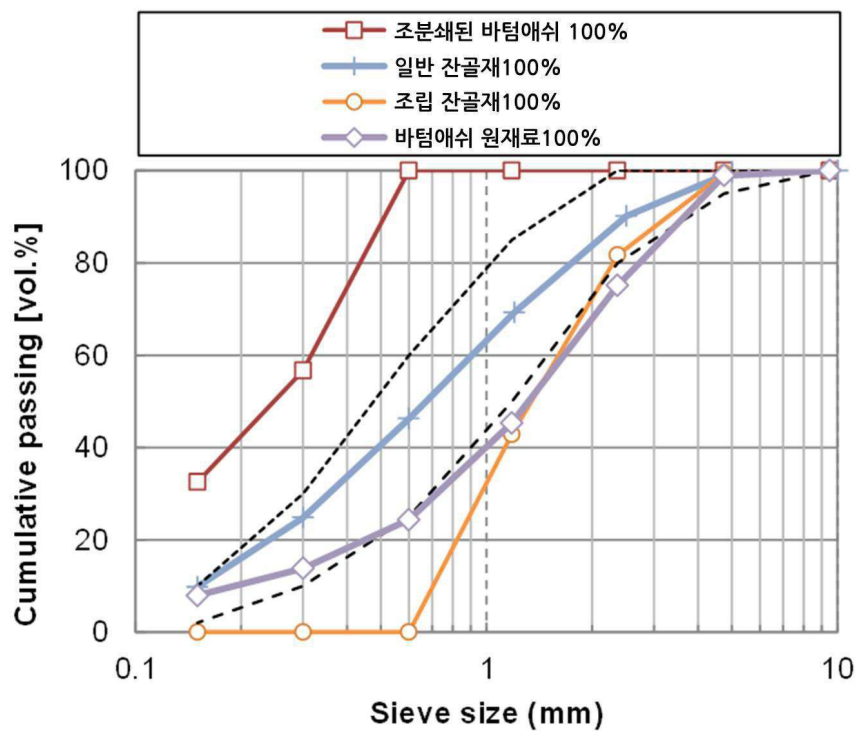
은 일반골재 몰탈에 비해 크게 변화하지 않는다.

[0073] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

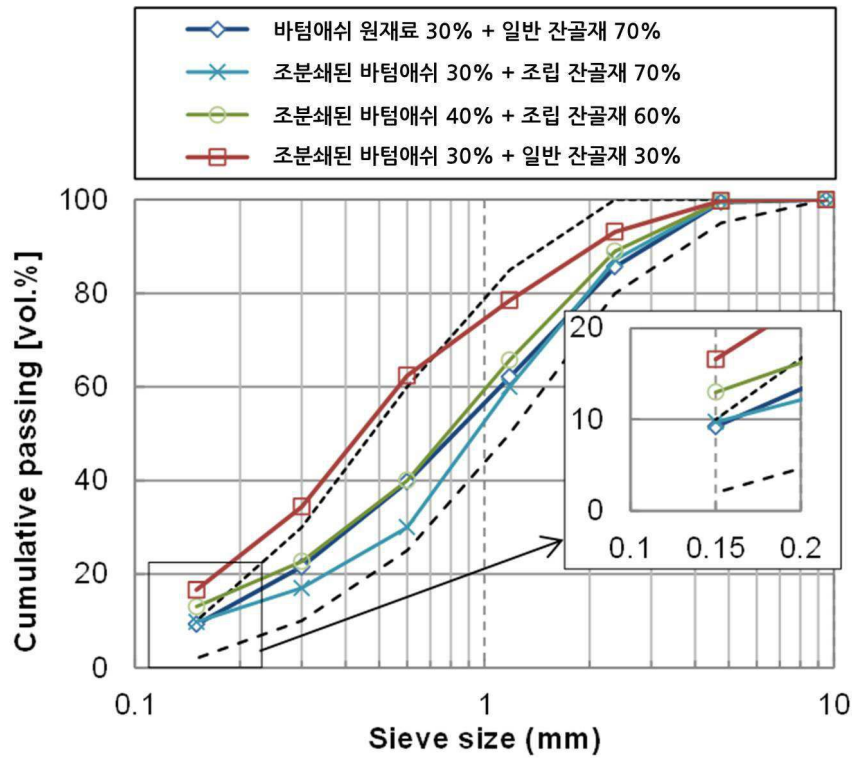
[0074] 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변경된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

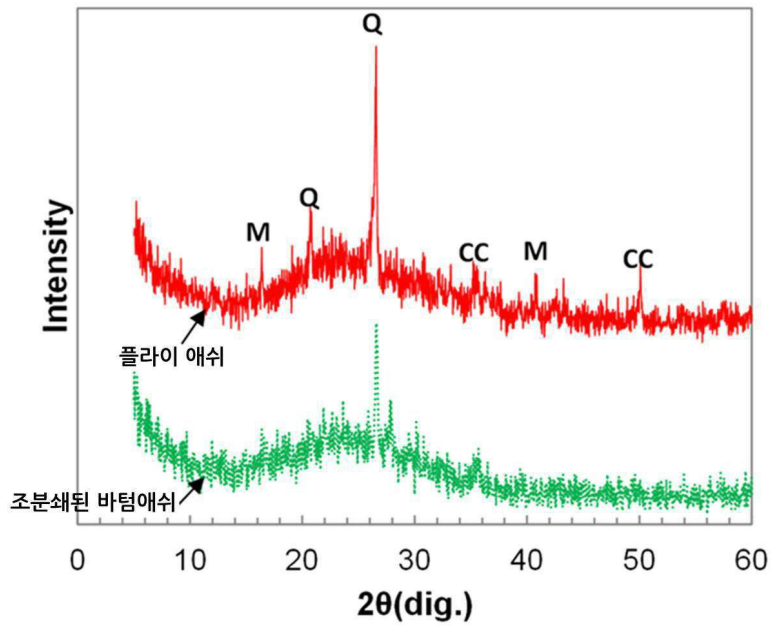
도면1



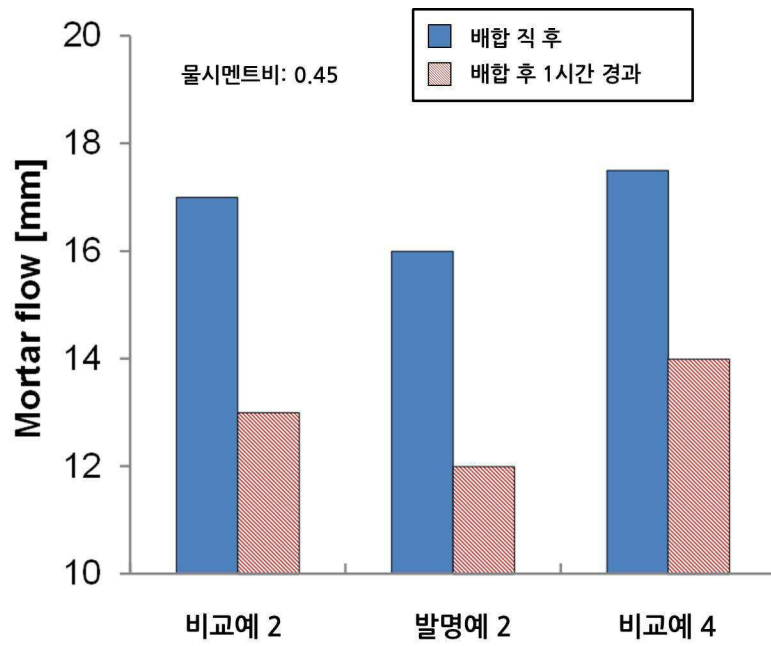
도면2



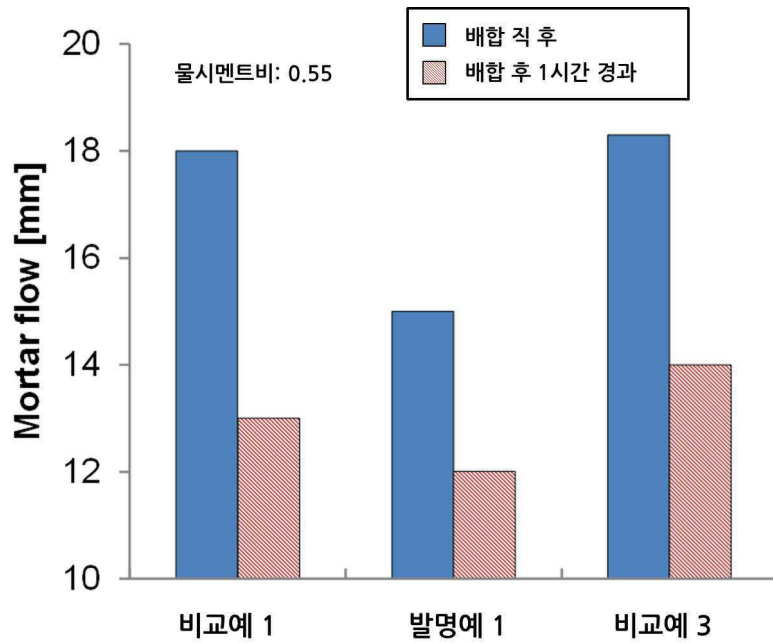
도면3



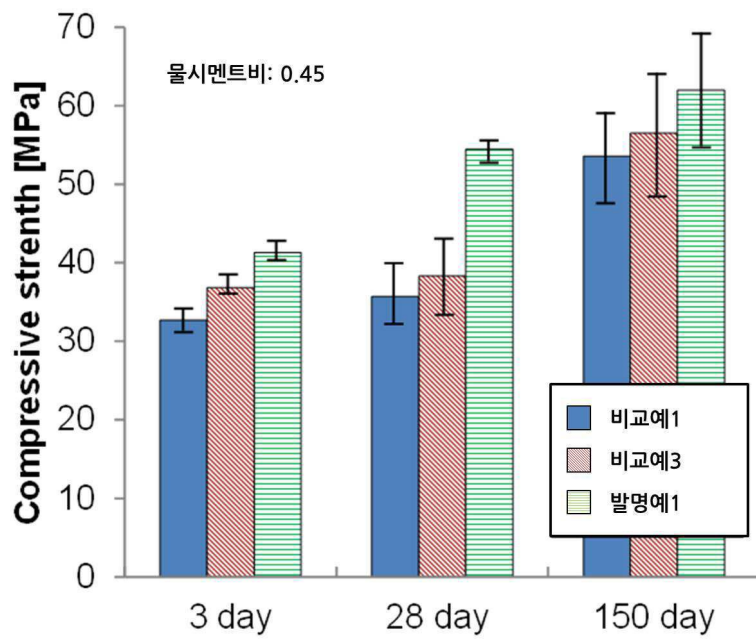
도면4



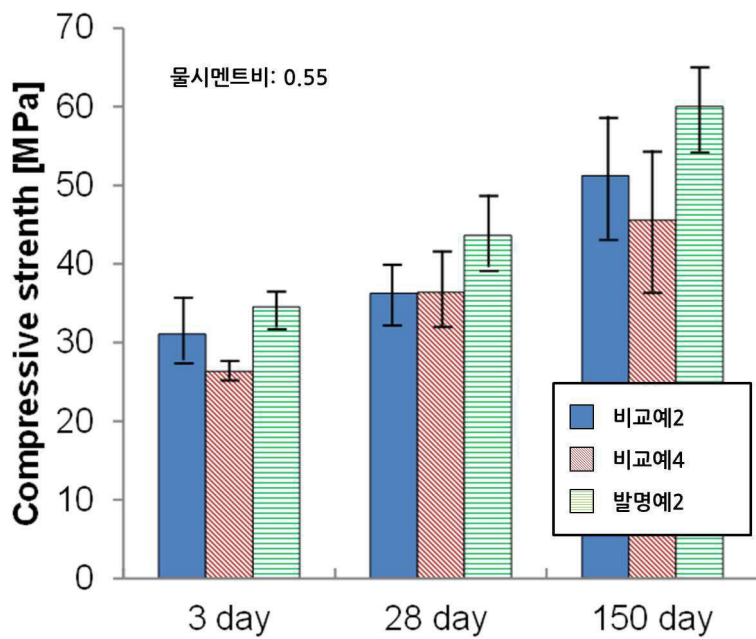
도면5



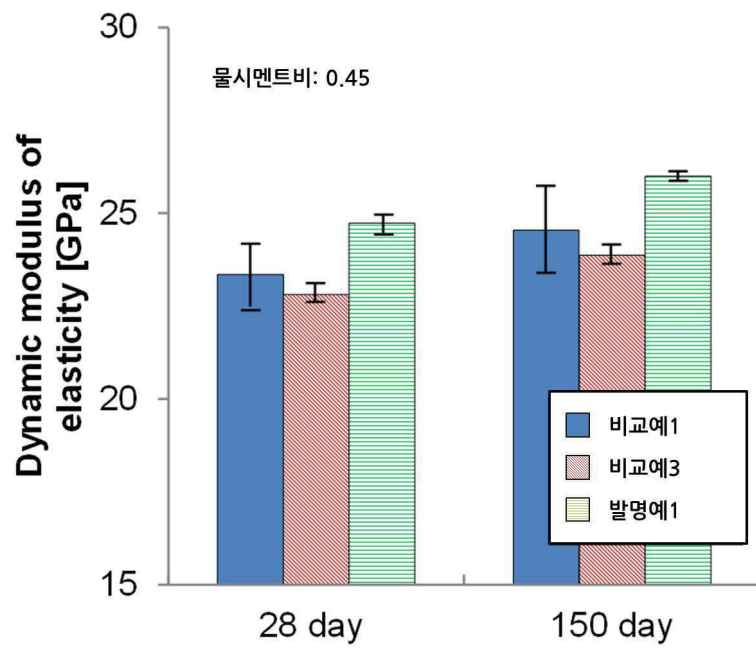
도면6



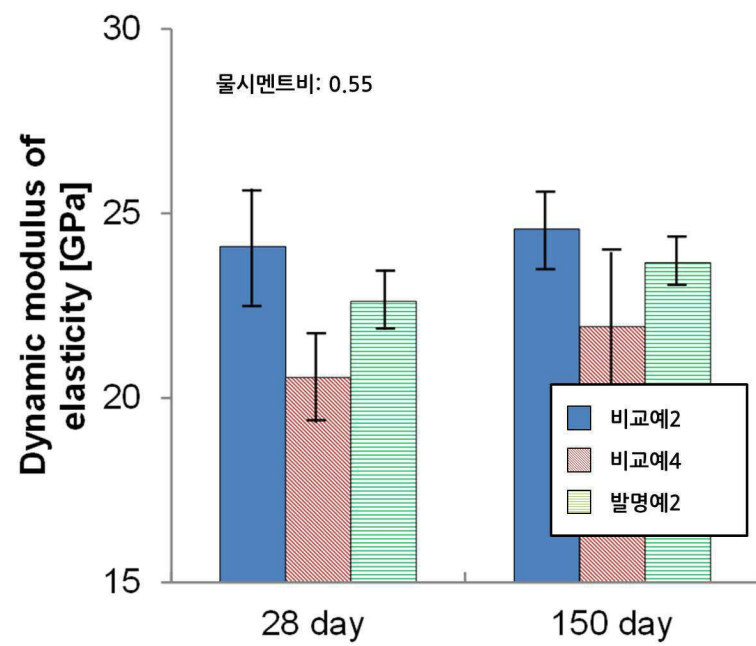
도면7



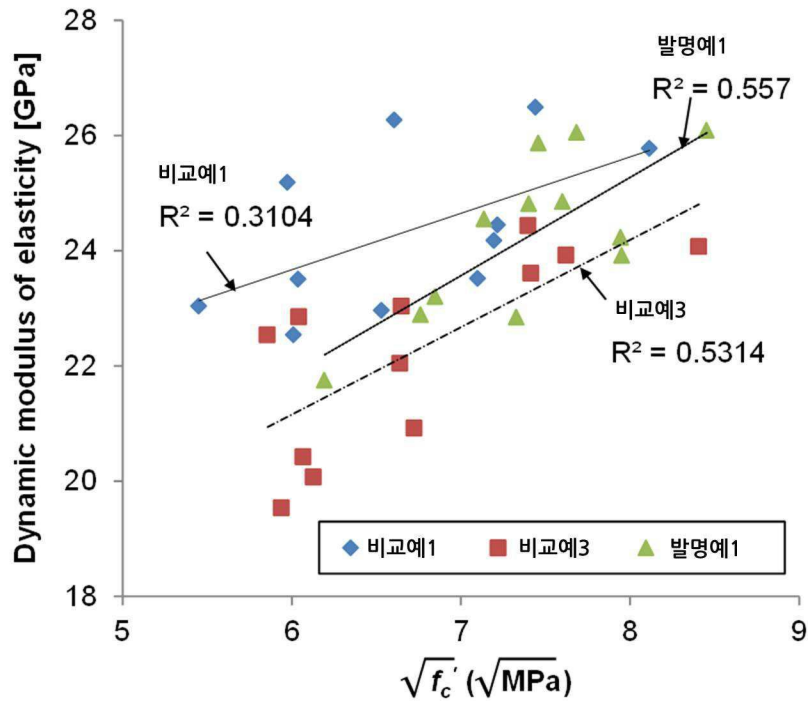
도면8



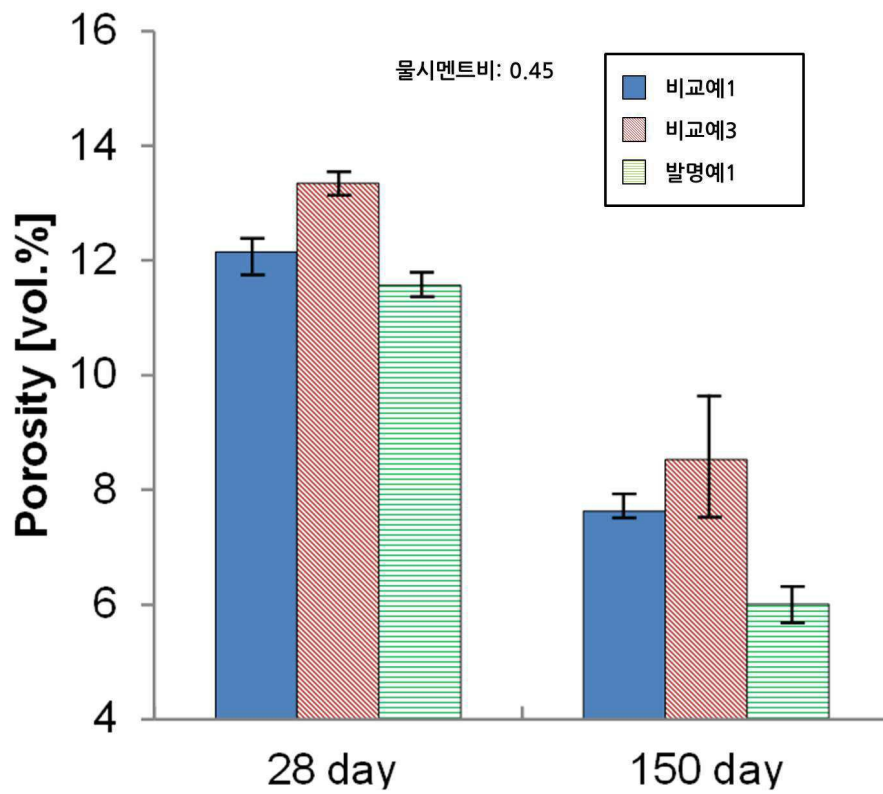
도면9



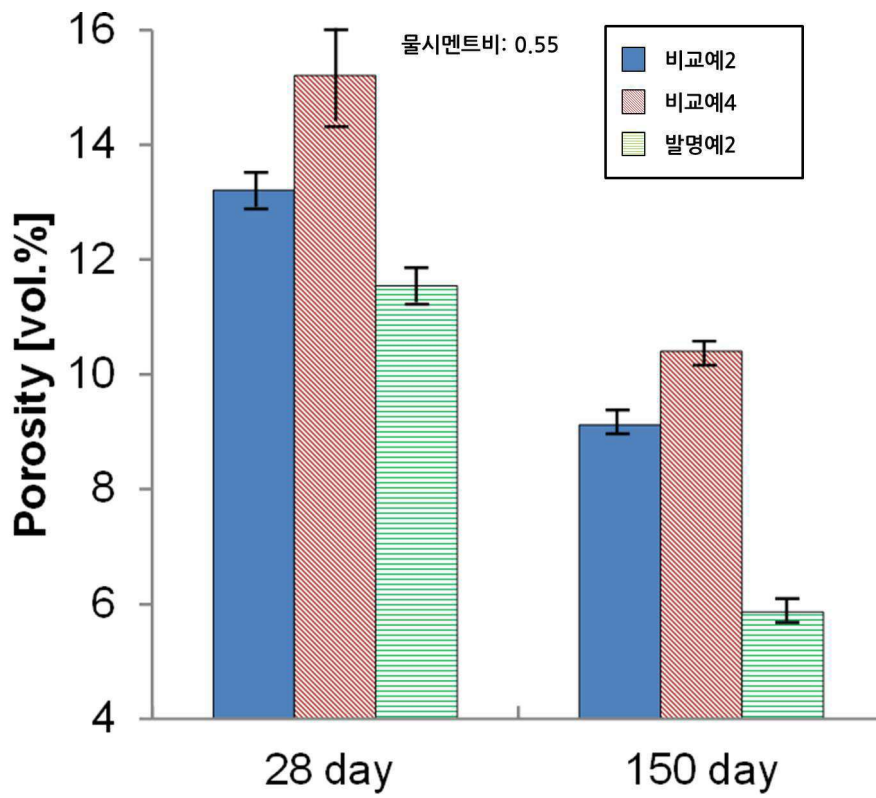
도면10



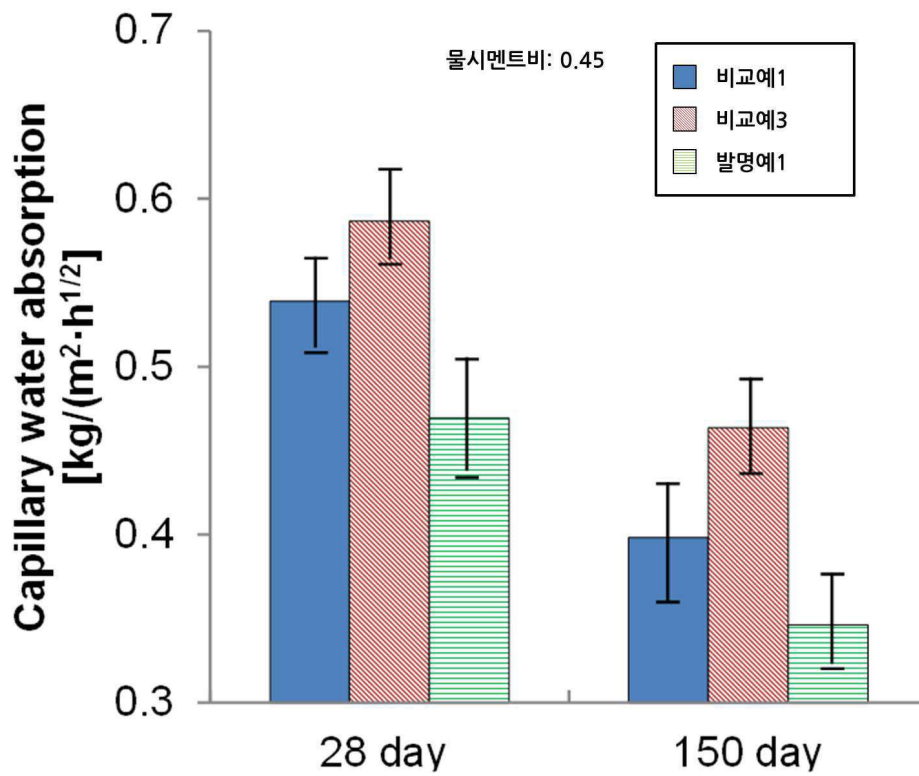
도면11



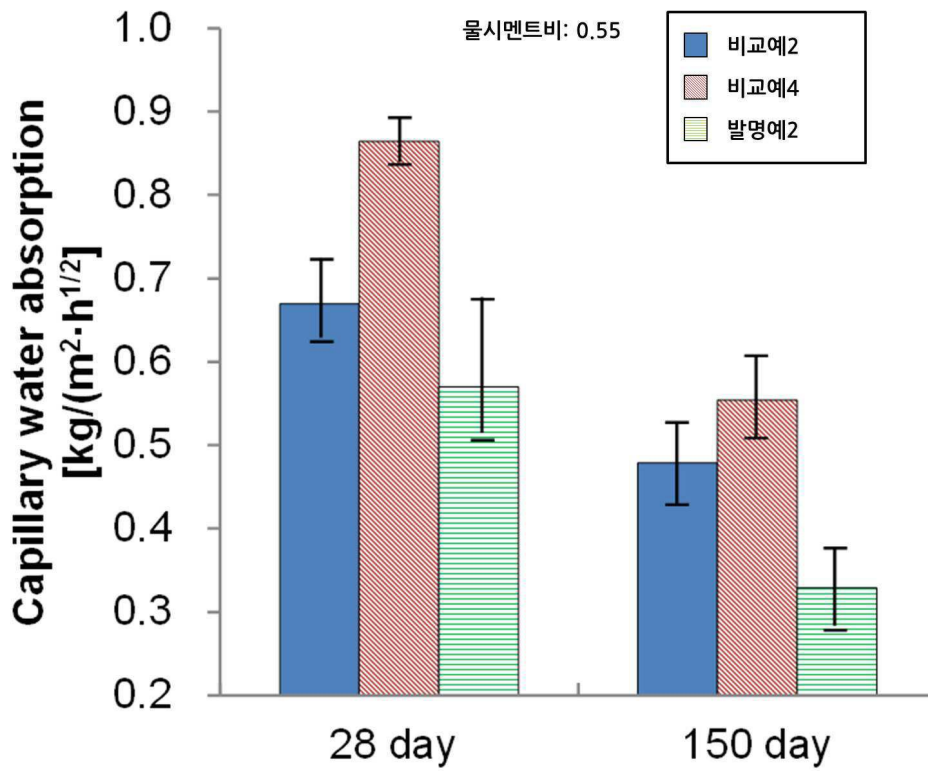
도면12



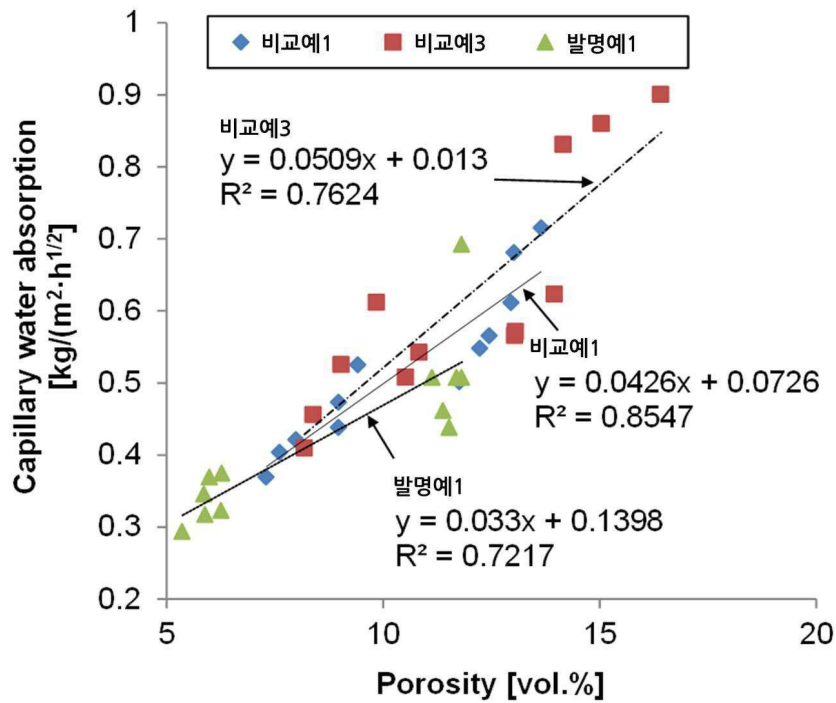
도면13



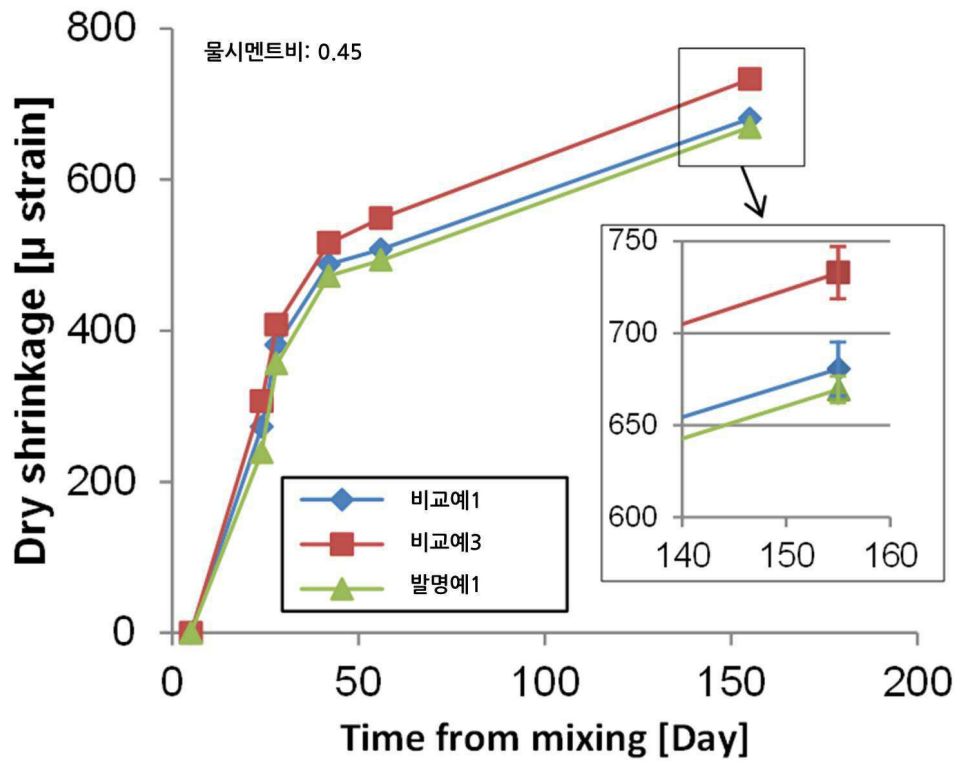
도면14



도면15



도면16



도면17

