



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0105642
(43) 공개일자 2016년09월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 18/24 (2006.01) C04B 18/14 (2006.01)
C04B 22/06 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C04B 18/241 (2013.01)
C04B 18/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0028458
(22) 출원일자 2015년02월27일
심사청구일자 2015년02월27일

(71) 출원인
한밭대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
목원대학교 산학협력단
대전광역시 서구 도안북로 88, 목원대학교 산학협
력단 (도안동)
(72) 발명자
이상수
대전광역시 서구 청사서로 65, 108동 503호(월평
동, 한아름아파트)
박선규
대전광역시 유성구 문화원로 13 106동 1204호 (장대동, 드림월드아파트)
김윤미
대전광역시 중구 대종로35번길 26 401호 (옥계동, 옥계주택)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 산업부산물을 이용한 경량 경화체용 조성물 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 산업부산물인 고로슬래그, 제지애시 및 폴리실리콘 슬러지를 포함하는 경량 경화체용 조성물과 그 제조방법에 관한 것으로, 본 발명의 경량 경화체용 조성물은 결합제로서 적합한 압축강도 및 휨강도를 보이며, 제지애시와 가성 알칼리(MOH)의 반응으로 발생된 수소기체를 통해 경화체 내에 공극을 형성하기 때문에 별도의 발포제 및 고온의 소성과정과 오토클레이브 양생 없이도 경량성을 갖춘 친환경 경량 경화체로써 제공될 수 있으며, 이는 경량 기포 콘크리트, 경량 칸막이(ALC 패널 및 EPS 패널 등), 인공경량골재 등의 경량성을 요구하는 부재 및 재료에 유용하게 사용될 수 있다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

C04B 22/062 (2013.01)

C04B 22/064 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 14CHUD-C063760-03-000000

부처명 국토교통부

연구관리전문기관 국토교통과학기술진흥원

연구사업명 건설교통기술촉진연구사업

연구과제명 산업부산물(고로슬래그 등)을 사용한 무시멘트 건식경량 건축용 패널 개발

기 여 율 1/1

주관기관 연구사업지원팀

연구기간 2014.09.19 ~ 2015.11.18

명세서

청구범위

청구항 1

제지에서, 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 하나 이상의 결합재 100 중량부에 대하여, 물 35 내지 50 중량부 및 MOH 계열 알칼리 자극제 5 내지 16 중량부를 포함하며, 상기 M은 알칼리 금속 또는 알칼리 토 금속에서 선택된 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 조성물은 제지에서, 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 하나 이상의 결합재 100 중량부에 대하여, Na_2SiO_3 1 내지 5 중량부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 결합재는 제지에서 2.5 내지 12.5 중량%, 고로슬래그 82.5 내지 95 중량% 및 폴리실리콘 슬러지 0.1 내지 5 중량%를 포함하는 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 MOH 계열 알칼리 자극제는 NaOH, KOH 및 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상인 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 NaOH는 3 내지 10M의 몰농도로 포함되는 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물.

청구항 6

물과 알칼리 자극제를 혼합하여 배합수를 제조하는 단계;

상기 제조된 배합수를 안정화시키는 단계;

제지에서 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 하나 이상의 결합재를 혼합한 혼합물을 제조하는 1차 비빔 단계;

상기 1차 비빔 단계의 혼합물에 상기 안정화된 배합수를 넣고 혼합하는 2차 비빔 단계; 및

상기 2차 비빔 단계의 혼합물을 성형틀에 넣고 굳히는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물의 제조방법.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 안정화시키는 단계에서, 상기 안정화된 배합수의 온도는 15 내지 25℃인 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물의 제조방법.

청구항 8

제 6항에 있어서,

상기 결합재는 제지애시 2.5 내지 12.5 중량%, 고로슬래그 82.5 내지 95 중량% 및 폴리실리콘 슬러지 0.1 내지 5 중량%를 포함하는 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 산업부산물인 제지애시, 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 어느 하나 이상의 결합재를 포함하는 경량 경화체용 조성물과 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 광범위하게 사용되는 콘크리트, 모르타르, 숏크리트를 포함하는 시멘트 경화체(이하 "시멘트 경화체"라고 약칭한다)는 인장강도 및 인성이 낮은 문제점을 가지고 있다.

[0003] 때문에 100여 년간 시멘트 경화체의 인성을 개선하기 위한 보강재료로서 철근이 사용되어 왔고, 근래에는 철근 대신 철판, 파이프 강섬유 등의 강계통 보강 재료가 범용적으로 사용되고 있다.

[0004] 강섬유는 두께 0.5mm, 길이 30mm 정도의 형태를 가지며, 종래 사용된 철근에 비해 시멘트 경화체와의 부착력이 좋고 파괴 강도가 높으며, 철근 및 메쉬의 설치가 어려운 터널 및 댐 공사 현장에 사용이 용이한 장점이 있다.

[0005] 하지만, 강섬유는 고가이며, 수분이 다량 존재하는 터널 등의 공사현장에 사용 시 쉽게 부식되고, 비중이 높아 시멘트 경화체 내에서의 분산성이 떨어지며, 시멘트 경화체의 하중을 증가시키는 문제점을 가지고 있다.

[0006] 더불어 시멘트 산업은 원료 속 탄산칼슘을 가열해 생석회로 만드는 과정에서 이산화탄소가 발생하기 때문에 세계 이산화탄소 배출량의 7%를 차지한다. 때문에 지구온난화를 부추기는 주요 오염산업 중 하나로 지적되어 왔으며 국내의 경우 10%의 배출량을 차지하고 있다.

[0007] 때문에 상기의 문제점을 보완하면서도 이산화탄소 발생의 문제가 없는 새로운 원료를 이용한 경화체의 개발 및 연구가 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 1. 대한민국 공개특허 10-2013-0075334호.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 따라서 본 발명은 산업부산물인 제지애시, 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 하나 이상의 결합재와 알칼리 자극제를 포함하는 경량 경화체용 조성물을 제공하는 데 그 목적이 있다.

[0010] 또한 본 발명은 산업부산물인 제지애시, 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 하나 이상의 결합재와 알칼리 자극제를 포함하는 경량 경화체용 조성물의 제조방법을 제공하는 데 또 다른 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 제지애시, 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 하나 이상의 결합재 100 중량부에 대하여, 물 35 내지 60 중량부 및 MOH 계열 알칼리 자극제 5 내지 16 중량부를 포함하며, 상기 M은 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속에서 선택된 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물을 제공한다.

[0012] 또한 상기 또 다른 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 물과 알칼리 자극제를 혼합하여 배합수를 제조하는

단계; 상기 제조된 배합수를 안정화시키는 단계; 제지에서 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 하나 이상의 결합재를 혼합한 혼합물을 제조하는 1차 비빔 단계; 상기 1차 비빔 단계의 혼합물에 상기 안정화된 배합수를 넣고 혼합하는 2차 비빔 단계; 및 상기 2차 비빔 단계의 혼합물을 성형틀에 넣고 굳히는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0013] 본 발명은 산업부산물인 제지에서, 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 하나 이상의 결합재와 알칼리 자극제를 포함하는 경량 경화체용 조성물과 그 제조방법에 관한 것으로, 본 발명의 경량 경화체용 조성물은 우수한 압축강도 및 휨강도를 보이며, 제지에서와 가성 알칼리(MOH)의 반응을 통해 발생된 수소기체를 통해 경화체 내에 공극을 형성하기 때문에 별도의 발포제 및 고온의 소성과정과 오토클레이브 양생 없이도 경량성을 갖춘 친환경 경량 경화체로써 제공될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 NaOH의 몰농도에 따른 경량 경화체의 플로우를 나타낸 그래프이고,
 도 2는 NaOH의 몰농도에 따른 경량 경화체의 응결시간을 나타낸 그래프이고,
 도 3은 NaOH의 몰농도에 따른 경량 경화체의 압축강도를 나타낸 그래프이고,
 도 4는 NaOH의 몰농도에 따른 경량 경화체의 휨강도를 나타낸 그래프이고,
 도 5는 Na_2SiO_3 첨가 여부에 따른 공시체를 나타낸 이미지이며, 도 5 중 A는 Na_2SiO_3 가 포함되어 있지 않은 경우이며, 도 5 중 B는 Na_2SiO_3 가 포함된 경우이고,
 도 6은 NaOH 사용량 검증을 위한 경량 경화체의 밀도를 나타낸 그래프이고,
 도 7은 NaOH 사용량 검증을 위한 경량 경화체의 압축강도를 나타낸 그래프이고,
 도 8은 폴리실리콘 슬러지의 치환율에 따른 겉보기 밀도를 나타낸 그래프이고,
 도 9는 폴리실리콘 슬러지의 치환율에 따른 압축강도를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 본 발명자는 종래의 시멘트 경화체가 갖는 문제를 해결하고자 연구하던 중 산업부산물인 제지에서(Paper Ash, PA), 고로슬래그(Blast Furnace Slag, BFS) 또는 폴리실리콘 슬러지(Polysilicon Sludge, PS)에서 선택된 하나 이상의 결합재를 혼합하여 제조한 경량 경화체가 우수한 물성을 가지는 것을 확인하여 본 발명을 완성하였다.

[0016] 상기 제지에서는 제지공장에서 부산물로 발생하는 제지슬러지를 소각 처리한 후 폐기되어 발생하는 것으로, 6257톤/년의 폐기물이 발생하기 때문에, 다양한 활용 방안이 요구되고 있다.

[0017] 상기 고로슬래그는 제강 후에 배출되는 폐기물이지만, CaO , SiO_2 , Al_2O_3 등의 성분을 포함하고 있어 다양한 용도로 활용될 수 있다.

[0018] 상기 폴리실리콘 슬러지는 태양광 발전시 사용되는 집열관의 주원료로 사용되는 폴리실리콘 생산과정에서 발생하는 부산물로, 태양광산업이 발전함에 따라 슬러지의 발생량도 증가하고 있기 때문에, 다양한 활용 방안이 요구되고 있다.

[0019] 따라서 산업부산물인 제지에서, 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지를 포함하는 본 발명의 경량 경화체용 조성물은 환경 오염 개선에 기여할 수 있다.

[0020] 본 발명은 제지에서, 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 하나 이상의 결합재 100 중량부에 대하여, 물 35 내지 60 중량부 및 MOH 계열 알칼리 자극제 5 내지 16 중량부를 포함하며, 상기 M은 알칼리 금속 또는 알칼리 토금속에서 선택된 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물을 제공한다.

[0021] 상기 조성물은 제지에서, 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 하나 이상의 결합재 100 중량부에 대하여, Na_2SiO_3 1 내지 5 중량부를 더 포함한다.

[0022] 또한 상기 결합재는 제지에서 2.5 내지 12.5 중량%, 고로슬래그 82.5 내지 95 중량% 및 폴리실리콘 슬러지 0.1

내지 5 중량%를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 MOH 계열 알칼리 자극제는 NaOH, KOH 및 Ca(OH)₂로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상이나, 제지에서 및 폴리실리콘 슬러지와 반응하여 수소기체를 발생시킬 수 있는 하이드록시기(OH-)를 갖는 자극제 모두를 포함한다.

[0024] 상기 NaOH는 3 내지 10M의 몰농도로 포함된다.

[0025] 또한 본 발명은 물과 알칼리 자극제를 혼합하여 배합수를 제조하는 단계; 상기 제조된 배합수를 안정화시키는 단계; 제지에서 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지에서 선택된 하나 이상의 결합제를 혼합한 혼합물을 제조하는 1차 비빔 단계; 상기 1차 비빔 단계의 혼합물에 상기 안정화된 배합수를 넣고 혼합하는 2차 비빔 단계; 및 상기 2차 비빔 단계의 혼합물을 성형틀에 넣고 굳히는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 경량 경화체용 조성물의 제조방법을 제공한다.

[0026] 상기 안정화시키는 단계에서, 상기 안정화된 배합수의 온도는 15 내지 25℃인 것을 특징으로 한다.

[0027] 또한 상기 제조방법에 있어서, 상기 결합제는 제지에서 2.5 내지 12.5 중량%, 고로슬래그 82.5 내지 95 중량% 및 폴리실리콘 슬러지 0.1 내지 5 중량%를 포함할 수 있다.

[0028] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0029] <참고예 1> 제지에서, 고로슬래그 또는 폴리실리콘 슬러지의 화학성분, 밀도 또는 분말도

[0030] 본 발명의 경량 경화체에 포함된 제지에서는 제지산업에서 발생하는 제지슬러지를 소각처리한 산업부산물로 충남 공주시(中央이엔비)에서 수급된 재료이며, 고로슬래그는 선철을 제조하는 과정 중 고로에서 발생하는 산업부산물로 경기도에 소재지를 둔 SMC에서 수급하였으며, 폴리실리콘 슬러지는 태양광 집열관을 제조하는데 있어서 주재료로 사용하는 폴리실리콘을 제조하는 과정에서 발생하는 산업부산물로 군산에 소재지를 둔 OCI에서 수급하였으며, 이의 화학성분, 밀도 또는 분말도는 하기 표 1과 같다.

표 1

구분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	TiO ₂	밀도	분말도
고로슬래그	28.7	9.49	0.57	52.6	2.06	4.10	0.753	2.91 g/cm ³	4,464 cm ² /g
제지에서	12.40	6.91	8.32	58.7	3.38	1.76	1.35	2.70 g/cm ³	3,600 cm ² /g
폴리실리콘 슬러지	46.6	0.57	-	45.16	0.69	0.16	-	1.75 g/cm ³	7,120 cm ² /g

[0032] <실시예 1> 경량 경화체 제조

[0033] 먼저 물 40ml과 NaOH 10.8g을 혼합하여 배합수를 제조하고 이를 하루 동안 상온(20℃)이 될 때까지 안정시켰다. 그런 후 고로슬래그 94g, 제지에서 5g 및 폴리실리콘 슬러지 1g를 함께 믹서에 넣고 약 60초간 혼합하여 1차 비빔을 하였다. 1차 비빔 후 상기 배합수를 첨가하여 60초간 2차 비빔을 수행하였다. 모든 비빔이 끝난 후 몰드에 넣고 성형을 하여 4시간 동안 굳혀 완성하였다.

[0034] <실시예 2> NaOH의 몰 농도에 따른 경량 경화체의 플로우 측정

[0035] 본 발명의 경량 경화체에 있어서, 최적의 NaOH 사용량을 산정하기 위하여, NaOH 몰 농도에 따른 경량 경화체의 플로우를 확인하였다.

[0036] NaOH의 몰 농도에 따른 경량 경화체의 실험배합은 하기 표 2와 같다.

표 2

구분	물/결합재비	고로슬래그	물(g)	알칼리 자극제(g)
	W/B(%)			NaOH

1 M	35	100	35	1.4
3 M				4.2
6 M				8.4
9 M				12.6
12 M				16.8

[0038] 그 결과 도 1과 같이, NaOH를 6M 첨가한 결합재의 플로우가 가장 유동성이 좋은 것으로 나타났으며, 6M을 초과하여 첨가하였을 경우 플로우 값이 감소되는 경향이 나타났다. 이는 분말 형태의 NaOH를 사용할 경우, 반응성이 높은 NaOH가 대기 중의 수분을 흡수하는 특성 때문에 결합재에 사용되는 물의 양이 증가되어 플로우가 증가되는 것이며, NaOH의 사용량이 많아질 경우, 고로슬래그와 빠르게 반응할 수 있는 환경이 되므로 일부 고로슬래그가 반응하여 유동성을 상실한 것으로 판단된다.

[0039] <실시예 3> NaOH의 물 농도에 따른 경량 경화체의 응결시간 측정

[0040] 본 발명의 경량 경화체에 있어서, 최적의 NaOH 사용량을 산정하기 위하여, NaOH의 물 농도에 따른 경량 경화체의 응결시간을 측정하였다.

[0041] NaOH의 물 농도에 따른 경량 경화체의 실험배합은 상기 실시예 2 중 상기 표 2와 같다.

[0042] 그 결과 도 2와 같이, NaOH를 1M 첨가한 결합재의 응결시간이 가장 늦으며, NaOH의 첨가량에 따라 초결 및 종결 시간이 매우 단축되는 것을 확인하였다. 고로슬래그를 알칼리 자극제로 활성화하여 사용함으로써 빠른 응결시간을 나타내는 것이 특징이므로, 알칼리 자극제인 NaOH의 사용량은 최소 3M 이상이어야 한다는 것을 확인하였다.

[0043] <실시예 4> NaOH의 물 농도에 따른 경량 경화체의 압축강도 및 휨강도 측정

[0044] 본 발명의 경량 경화체에 있어서, 최적의 NaOH 사용량을 산정하기 위하여, NaOH의 물 농도에 따른 경량 경화체의 압축강도 및 휨강도를 측정하였다.

[0045] NaOH의 물 농도에 따른 경량 경화체의 실험배합은 상기 실시예 2 중 상기 표 2와 같다.

[0046] 그 결과 도 3과 같이, 재령 28일에서 NaOH를 6M 첨가한 경화체의 강도가 38.9 MPa로 가장 높은 압축강도를 나타내었으며, 6M을 초과하여 NaOH를 첨가한 경화체는 첨가량이 증가할수록 강도가 저하하는 경향을 확인하였다.

[0047] 또한 결합재의 표면을 살펴보았을 때, 1M, 3M 또는 6M의 시험체 표면에는 백화가 나타나지 않았지만, 9M, 12M의 경우 알칼리 성분이 백색 결정 형태로 표면을 두르고 있는 것을 관찰할 수 있었다.

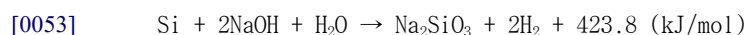
[0048] 더불어 도 4와 같이, 휨강도는 압축강도의 경향과 유사하나 3M의 NaOH를 첨가한 경화체의 휨강도가 압축강도의 강도발현에 비하여 매우 낮은 것을 확인하였다.

[0049] 따라서 상기 실시예와 같이, NaOH의 물 농도에 따른 경량 경화체의 유동, 응결 또는 강도특성을 분석한 결과, 고로슬래그 기반 경량 경화체에 필요한 NaOH의 첨가량은 물 35g 기준 6M인 것으로 판단되었다.

[0050] <실시예 4> H₂를 발생시키기 위한 NaOH 사용량 확인

[0051] 본 발명의 경량 경화체에 포함된 제지에서의 화학성분 중 하나인 Si는 미반응 Si로 존재할 경우 하기 반응식 1과 같이, 알칼리 자극제와 반응하여 많은 열과 수소기체 또는 Na₂SiO₃을 발생시킨다.

[0052] [반응식 1]



[0054] 따라서, 상기 반응식 1을 통해 고로슬래그를 기반으로 하는 알칼리 활성 경량 경화체의 적정 알칼리 자극제 사용량을 도출하여 제지에서도 인한 수소 발생량을 제어할 수 있다.

[0055] 제지에서 100g에 포함되어 있는 미반응 Si의 함량은 한밭대학교 내부에 소재지를 둔 고부가생물소재 지역혁신센터(RIC center)의 X선 형광분석기(X-ray Fluorescence Spectrometer, XRF)를 이용하여 측정하였다. 얻어진 분자 상태의 제지에서의 화학적 구성성분을 하기 표 3에 나타내었고, 원자 상태의 제지에서의 화학적 구성성분을 하기 표 4에 나타내었다. 하기 표 3 및 표 4에 따라 분자 상태로 검출되는 SiO₂의 함량과 원자 상태로 검출되는 Si의 함량의 차이를 미반응 Si라고 가정을 하고, 상기 반응식 1을 바탕으로 필요한 NaOH 양을 도출하였다.

[0056] 하기 표 3-1의 SiO₂ 질량백분율은 12.4%이므로 2.07M이 되며, 하기 표 4의 Si의 질량백분율은 25.6%로 9.14M이 된다. 이들의 차는 7.07M이 되며, 미반응 Si의 몰(mole)량이 된다.

표 3

화학성분(%)							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	TiO ₂	Cl-
12.4	6.9	8.3	58.7	3.4	1.8	1.4	4.0

표 4

화학성분(%)												
Ca	Si	Fe	Al	Ti	Cu	Pb	Ba	Mn	Co	Sb	etc.	
46.6	25.6	13.3	7.1	3.2	1.3	0.9	0.7	0.2	0.2	0.1	0.9	

[0059] 이를 상기 반응식 1에 대입할 경우 수소 기체를 최대로 발생시킬 수 있는 NaOH의 첨가량은 하기 표 5와 같이 56.6g이 된다.

표 5

반응식	Si(PA) + 2NaOH + H ₂ O → Na ₂ SiO ₃ + 2H ₂				
필요 몰량	7.07M	14.14M	7.07M	7.07M	14.14M
필요 질량	100g	56.6g	12.7g	86.3g	2.8g

[0061] 따라서 필요한 NaOH의 첨가량은 제지에서 100g을 기준으로 56.6g이 되며, 물의 양은 12.7g이 된다. 이때 고로슬래그 기반 경량 경화체를 제조하기 위해 제지에서의 사용량을 5g으로 설정하고, 작업성을 고려할 경우 하기 표 6과 같은 배합을 얻을 수 있었다.

표 6

W/B(%)	결합제(g)		W(g)	알칼리 자극제(g)
	BFS	제지에서(PA)		NaOH
40	95	5	40	10.7

[0063] <실시예 5> 배합 검증

[0064] 상기 실시예 4에 의해 도출된 배합을 검증하기 위해 하기 표 7과 같은 배합으로 경량 경화체를 제조하여 겔보기 밀도와 압축강도를 측정하였다. 결합제는 고로슬래그와 제지에서이며, 제지에서의 치환율은 5%이다. NaOH는 결합재 중량에 7.8, 9.8, 10.8(미반응 Si에 의해 도출된 첨가율), 11.8 또는 12.8 (wt.%)으로 첨가하였으며, 발포에 의한 경화체의 형상유지 및 강도증진을 위해 Na₂SiO₃를 결합재 중량에 0, 0.5 (wt.%)로 첨가하였고, W/B는 40%로 고정하였다. 그 결과 도 5와 같은 공시체를 얻었고 이를 이용하여 수소 기체 발생의 정도의 척도로써 겔보기 밀도와 압축강도를 측정하였다.

표 7

구분	W/B(%)	결합제(g)		W(g)	알칼리 자극제(g)	
		BFS	PA		NaOH	Na ₂ SiO ₃

Na	7.8	40	95	5	40	7.8	-
	9.8					9.8	-
	10.8					10.8	-
	11.8					11.8	-
	12.8					12.8	-
Na:SiO ₃	7.8					7.8	0.5
	9.8					9.8	0.5
	10.8					10.8	0.5
	11.8					11.8	0.5
	12.8					12.8	0.5

1. 겔보기 밀도

미반응 Si에 의해 도출된 NaOH 사용량을 검증하기 위해 실시한 밀도 시험 결과, 도 6과 같이, Na₂SiO₃의 첨가 여부에 따라 밀도의 크기 차이는 나타나지만 미반응 Si에 의해 도출된 NaOH 사용량인 10.8 wt.%의 겔보기 밀도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 이는 NaOH의 첨가량이 10.8 wt.% 미만으로 첨가될 경우 수소의 발생량이 다소 감소되는 경향을 나타내고, 초과하여 첨가될 경우 미반응 Si와 NaOH의 반응시간이 단축되어 비빔과정에서 수소 기체가 일부 소실되어 밀도가 증가한 것으로 판단된다. 또한, Na₂SiO₃를 첨가한 경화체의 밀도는 첨가하지 않은 경화체보다 0.1 내지 0.25 정도 큰 것으로 나타나는데, 이는 Na₂SiO₃에 의해 결합체의 점성이 커지고 수소기체 발생을 일부 억제하여 나타난 결과인 것으로 판단된다.

2. 압축강도

NaOH 사용량 검증을 위한 경량 경화체의 압축강도 시험결과, 도 7과 같이, NaOH만을 첨가한 경화체보다 Na₂SiO₃를 함께 첨가한 경화체의 압축강도가 높은 것으로 나타났다. NaOH만을 첨가한 경화체 중에서는 10.8% 첨가한 경화체의 재령 28일 압축강도가 3.1 MPa로 가장 낮은 강도발현을 하였으며, Na₂SiO₃를 첨가한 경우에도 NaOH를 10.8 % 첨가한 경화체가 가장 낮은 강도발현을 하였다. 이는 수소기체의 발생으로 감소된 겔보기 밀도의 영향을 받아 나타난 결과인 것으로 판단된다. 또한, NaOH 첨가율 9.8 wt.%인 경화체의 경우 첨가율 7.8 wt.%와 10.8 wt.%보다 다소 높은 강도발현을 하였는데, 이는 NaOH를 7.8 wt.% 첨가할 경우 결합체의 pH 감소에 의한 고로슬래그의 활성화가 충분하지 못하여 나타난 결과로, 제지애시를 함께 혼합할 경우 NaOH의 사용량이 7.8%를 초과하여야 할 것으로 판단된다.

<실시예 6> 폴리실리콘 슬러지의 치환율에 따른 물성 확인

폴리실리콘 슬러지의 치환율에 따른 경량 경화체의 물성을 확인하기 위해, 하기 표 8과 같은 배합으로 경량 경화체를 제조하여 겔보기 밀도 및 압축강도를 확인하였다.

표 8

구분 (W/B)	결합체			물(g)	알칼리 자극제(%)
	고로슬래그 (BFS)	제지애시 (PA)	폴리실리콘 슬러지 (PS)		NaOH(분말)
40(1)	95	5	0	40	12.5
40(2)	94	5	1	40	12.5
40(3)	92	5	3	40	12.5
40(4)	90	5	5	40	12.5
43(5)	95	5	0	43	12.5
43(6)	94	5	1	43	12.5
43(7)	92	5	3	43	12.5
43(8)	90	5	5	43	12.5

1. 겔보기 밀도

그 결과 도 8과 같이, 단위용적질량은 W/B 0.43으로 실시한 경화체가 W/B 0.40보다 낮은 값을 나타내었고, 폴리

실리콘 슬러지의 치환율이 증가함에 따라 단위용적질량이 감소하는 경향을 확인하였다. 40-경화체(40-Plain, (1))의 겔보기 밀도는 0.98 g/cm³를 나타내었고, 43-Plain(5)는 0.97 g/cm³로 W/B가 0.43인 경화체가 다소 낮은 밀도를 나타내었다. 43-PS-1(6)이 0.96 g/cm³로 가장 가벼운 것으로 나타내었는데, 이는 W/B를 높임으로써 수소 기체를 발생시키는데 필요한 수분을 증가시켰고, 응결시간이 다소 늦춰져 그동안 수소 기체가 충분히 발생되었기 때문에 나타난 결과인 것으로 판단된다.

2. 압축강도

그 결과 도 9와 같이, 40-경화체(1)의 경우 재령 28일의 압축 강도가 3.5 MPa를 나타내었고, 40-PS-1(2)의 압축 강도는 재령 28일에서 6.8 MPa로 강도발현이 가장 우수하였다.

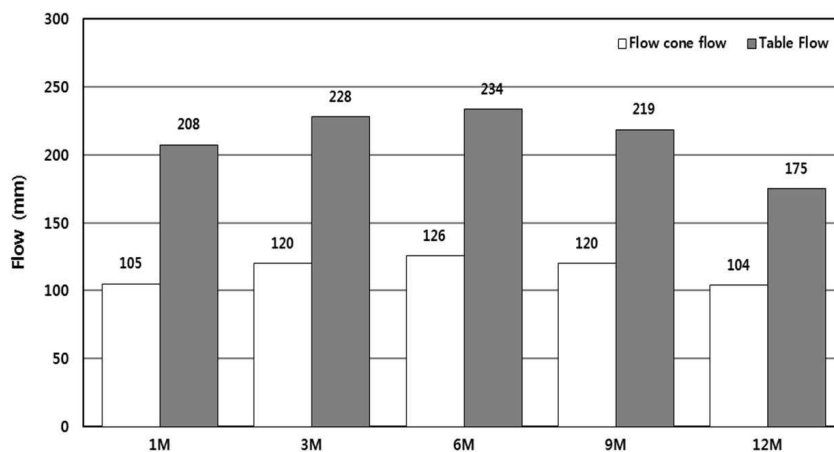
한편, 40-PS-3(3)은 5.9 MPa, 40-PS-5(4)는 5.5 MPa로 치환율에 따라 강도가 저하되는 경향을 나타내었는데, 이는 제지에서 뿐만 아니라, 폴리실리콘 슬러지와 NaOH의 반응으로 발생하는 소량의 수소기체가 경화체 내부에 미세한 공극을 형성함으로 인하여 치환율에 따라 강도가 저하된 것으로 판단된다. W/B 0.43인 경화체는 폴리실리콘 슬러지의 치환율에 따라 강도가 증진되었다.

결론적으로, W/B가 43인 시험 항목에서 고로슬래그와 제지예시를 사용한 경량 경화체보다 폴리실리콘 슬러지를 추가로 사용한 경화체의 밀도가 다소 낮은 것으로 나타났다. 따라서, 강도보다 경량성이 다소 높은 경량 경화체를 제조하는데 있어서 폴리실리콘 슬러지의 사용은 적절하며, 그 함량은 W/B 43에 폴리실리콘 슬러지의 치환율은 1 % 인 것으로 판단된다.

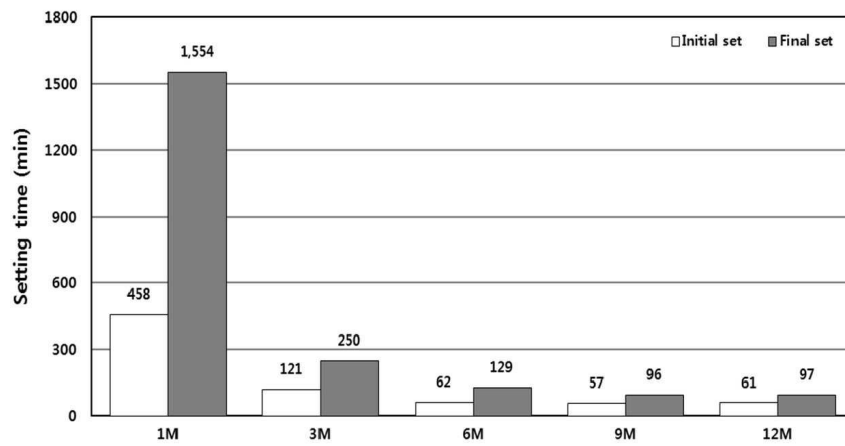
이상으로 본 발명의 특정한 부분을 상세히 기술하였는 바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적 기술은 단지 바람직한 실시예일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서, 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

도면

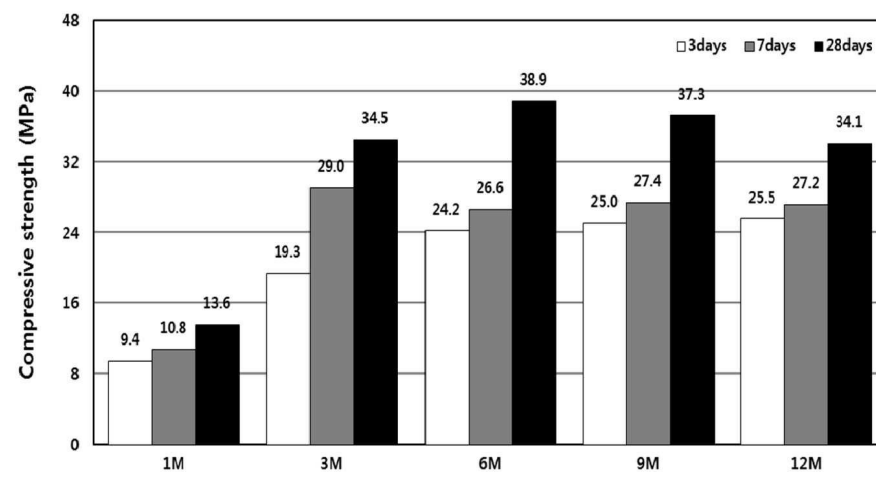
도면1



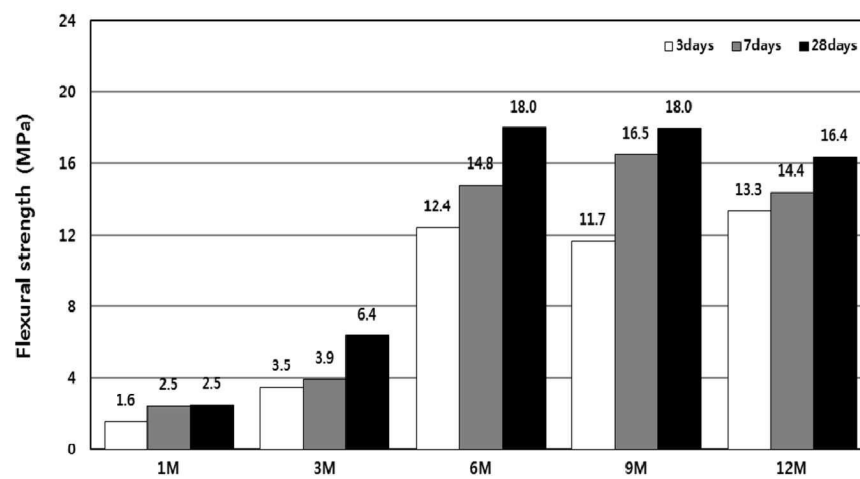
도면2



도면3



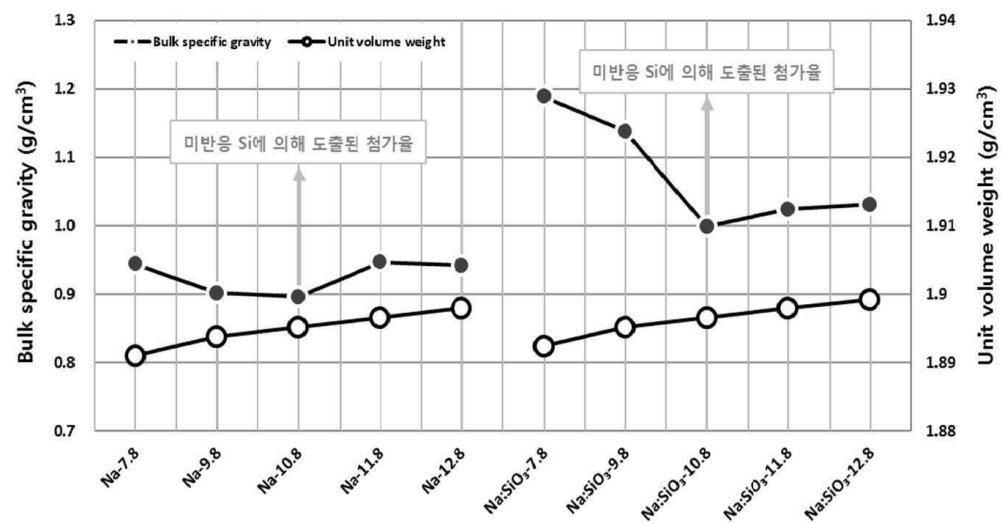
도면4



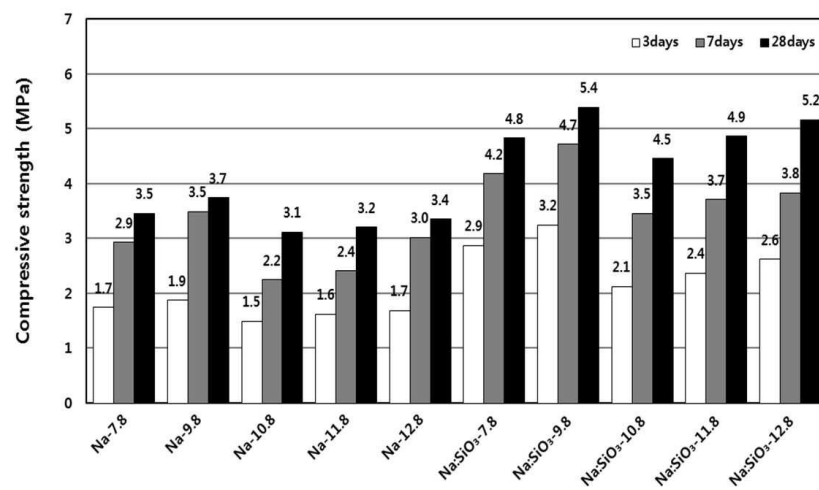
도면5



도면6



도면7



도면8



도면9

