



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년07월17일  
(11) 등록번호 10-2135460  
(24) 등록일자 2020년07월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C04B 14/30 (2006.01) B28B 1/14 (2006.01)  
C04B 22/16 (2006.01) C04B 28/10 (2006.01)  
C04B 40/00 (2006.01) C04B 111/20 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
C04B 14/305 (2013.01)  
B28B 1/14 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0096590

(22) 출원일자 2019년08월08일

심사청구일자 2019년08월08일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020190014396 A\*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

한밭대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

이상수

이원규

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인도담

전체 청구항 수 : 총 2 항

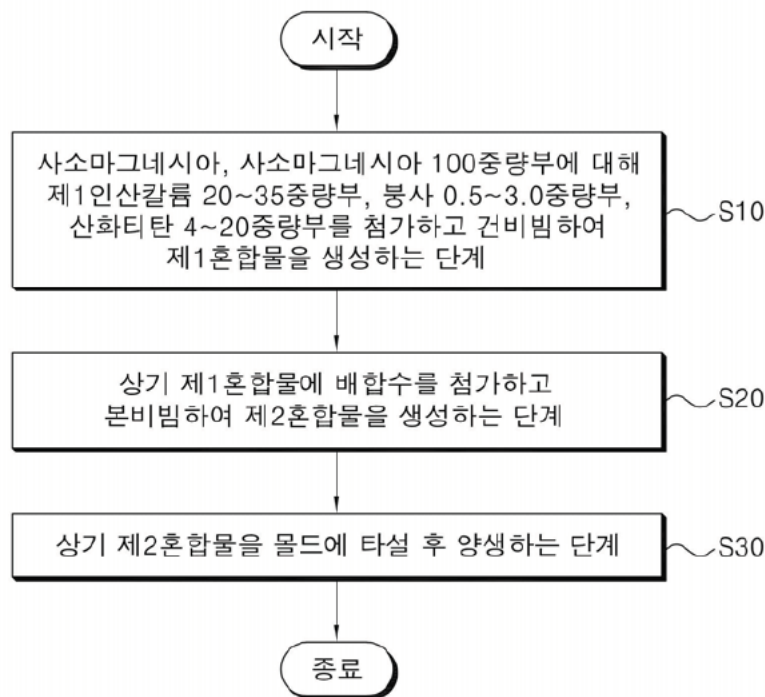
심사관 : 이상원

(54) 발명의 명칭 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 광촉매 재료인 TiO<sub>2</sub>를 결합재에 혼합하여 제조함으로써, 광촉매 액상도포 공정이 생략되어 공정을 간소화하여 생산단가를 절감할 수 있고, 광촉매의 내구성이 향상되어 반영구적인 사용이 가능하며, 분사를 통해 경화속도 조절이 가능하면서 힘 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



강도와 압축강도에 영향을 주지 않아 강도가 우수하고 가스 발생이 발생하지 않으며 수축 또는 팽창현상 없으며 미세먼지 흡착능력이 우수한 무기경화체 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

이러한 본 발명은 사소마그네시아, 사소마그네시아 100중량부에 대해 제1인산칼륨 20~35중량부, 붕사 0.5~3.0중량부, 산화티탄 4~20중량부를 첨가하고 건비빔하여 제1혼합물을 생성하는 단계; 상기 제1혼합물에 배합수를 첨가하고 본비빔하여 제2혼합물을 생성하는 단계; 및 상기 제2혼합물을 몰드에 타설 후 양생하는 단계;를 포함하여 이루어진다.

(52) CPC특허분류

- CO4B 14/30 (2013.01)
- CO4B 22/16 (2013.01)
- CO4B 28/105 (2013.01)
- CO4B 40/0032 (2013.01)
- CO4B 2111/2061 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

- 논문1: 한국건축시공학회지\*
- 논문2: 한밭대학교 대학원 석사학위논문
- 논문3: 한국콘크리트학회 학술대회 논문집
- 논문4: 한국콘크리트학회지
- \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(72) 발명자

김대연

[Redacted]

임정준

[Redacted]

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2019023280
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	미세먼지(PM 2.5,PM 10) 흡착형 건축 마감재용 보드의 제조기법 및 제품개발 연구
기여율	1/1
주관기관	한밭대학교 산학협력단
연구기간	2018.03.01 ~ 2021.02.28
공지예외적용	: 있음

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

사소마그네시아, 사소마그네시아 100중량부에 대해 제1인산칼륨 20~35중량부, 붕사 0.5~3.0중량부, 산화티탄 4~20중량부를 첨가하고 건비빔하여 제1혼합물을 생성하는 단계(S10);

상기 제1혼합물에 배합수를 첨가하고 본비빔하여 제2혼합물을 생성하는 단계(S20); 및

상기 제2혼합물을 몰드에 타설 후 양생하는 단계(S30);를 포함하고,

상기 제1혼합물을 생성하는 단계(S10)에서, 산화티탄은 분말형태이고,

상기 제2혼합물을 생성하는 단계(S20)에서, 사소마그네시아 100중량부에 대해 배합수 35 내지 50중량부가 첨가되고,

상기 제1혼합물을 생성하는 단계(S10)는 유성운동에 대해 30 내지 40rpm, 회전운동에 대해 65 내지 75rpm 범위의 혼합속도로 50 내지 70초 동안 건비빔하여 제1혼합물을 생성하며,

상기 제2혼합물을 생성하는 단계(S20)는 유성운동에 대해 30 내지 40rpm, 회전운동에 대해 65 내지 75rpm 범위의 혼합속도로 50 내지 70초 동안 혼합하여 제2혼합물을 생성하는 것을 특징으로 하는 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물의 제조방법.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

제1항에 따른 제조방법으로 제조되는 것을 특징으로 하는 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 광촉매 재료인 산화티탄이 결합체에 직접 혼합되어 제조되므로, 광촉매의 내구성이 향상되고 액상 도포 공정을 생략하여 공정을 간소화할 수 있으며, 실내 및 실외의 미세먼지를 모두 흡착하여 실내 및 실외의 공기를 정화시킬 수 있는 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근 대기 중에 부유하는 미세한 입자로 이루어진 미세먼지로 인한 문제가 점점 심각해지고 있다. 급성 노출 시에는 기도의 자극으로 인한 기침과 호흡 곤란이 발생하며, 천식이 악화되고 부정맥이 발생한다.

[0003] 미세먼지에 만성 노출 시에는 폐기능이 감소하고 만성 기관지염이 증가하고 사망률이 높아진다. 특히, 심장이나 폐질환자, 아이와 노인, 임산부는 미세먼지 노출에 의한 영향이 더 크며, 심지어 건강한 성인이어도 높은 농도에 노출되면 일시적으로 이런 증상들을 경험하게 된다.

- [0004] 이러한 문제점을 해결하기 위해, 대한민국 등록특허 제10-1205491호에는 "광촉매 코팅이 구비된 비소성 시멘트 투수 블록 및 그의 제조방법"이 제시되었다. 이러한 종래기술은 광촉매 재료가 표면에 코팅되어 오염물질을 저감하는 기술이 제시되었다.
- [0005] 광촉매는 빛을 받았을 때 반응하며 특정 반응에서 반응속도에 영향을 주는 촉매제이다.
- [0006] 광촉매의 반응은 광촉매 산화반응에서 Band-gap 에너지 이상의 빛에너지가 반도체에 가해지면 광자는 가전자대로부터 전도대로 전자(e-)를 여기게 되고 가전자대에 정공(h+)이라는 전기적 공간을 형성한다. 이 때, 생성된 가전자대의 정공과 전도대의 전자는 TiO<sub>2</sub> 표면에 흡착된 물질들과 반응하게 된다.
- [0007] 광촉매는 반영구적인 사용이 가능하고 향균, 살균, 탈취, 유기물 분해, 대기정화 등에 사용되는데, 빛이 조사되면 TiO<sub>2</sub>를 구성하고 있는 산소 2개 중 하나가 공기 중의 H<sub>2</sub>O가 반응하여 친수성이 좋은 친수(-OH)가 생성되어 TiO<sub>2</sub> 표면은 오염물질의 부착을 방지하는 내오염성을 갖게 되며, 부착된 오염물질은 물에 쉽게 세척되게 하는 자정성(Self-cleaning)의 성질을 갖는다.
- [0008] 그러나 종래기술은 광촉매 재료가 결합체의 표면에 코팅되는 방식으로 도포되므로, 액상 도포 공정을 별도로 진행해야 하고, 표면에 코팅되므로 마찰에 의해 광촉매 재료가 쉽게 박리 되어 광촉매 재료의 소실률이 크기 때문에, 짧은 수명을 가지므로 오염물질 저감 성능이 저하되는 한계가 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0009] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1205491호(2012.11.21.)

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0010] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해소하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 광촉매 재료가 액체로 도포되는 공정을 생략하여 공정을 간소화할 수 있는 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0011] 그리고 본 발명의 다른 목적은 광촉매의 내구성을 향상시켜 반영구적으로 사용할 수 있고, 실내 및 실외의 미세먼지를 모두 흡착하여 제거할 수 있는 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 상기한 바와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따르면, 본 발명은, 사소마그네시아, 사소마그네시아 100중량부에 대해 제1인산칼륨 20~35중량부, 붕사 0.5~3.0중량부, 산화티탄 4~20중량부를 첨가하고 건비빔하여 제1혼합물을 생성하는 단계; 상기 제1혼합물에 배합수를 첨가하고 본비빔하여 제2혼합물을 생성하는 단계; 및 상기 제2혼합물을 몰드에 타설 후 양생하는 단계;를 포함한다.
- [0013] 또한, 상기 제1혼합물을 생성하는 단계에서, 산화티탄은 분말형태인 것을 특징으로 한다.
- [0014] 그리고 상기 제1혼합물을 생성하는 단계는 유성운동에 대해 30 내지 40rpm, 회전운동에 대해 65 내지 75rpm 범위의 혼합속도로 50 내지 70초 동안 건비빔하여 제1혼합물을 생성하고, 상기 제2혼합물을 생성하는 단계는 유성운동에 대해 30 내지 40rpm, 회전운동에 대해 65 내지 75rpm 범위의 혼합속도로 50 내지 70초 동안 혼합하여 제2혼합물을 생성하는 것이 바람직하다.
- [0015] 아울러, 상기 제2혼합물 생성단계에서, 사소마그네시아 100중량부에 대해 배합수 35 내지 50중량부가 첨가된다.
- [0016] 본 발명에 따른 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물은 앞서 설명한 제조방법에 따라 제조되는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0017] 본 발명에 따른 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물 및 이의 제조방법에 의하면, 뛰어난 살균력을 갖고 유기물질을 분해하는 광촉매 재료인 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)을 사용하여 인체에 침투하여 각종 질병을 유발하는 미세먼지를 흡착 및 저감하고, 흡착된 미세먼지를 손쉽게 제거하여 재사용이 가능하며, 반영구적인 사용이 가능한 효과가 있다.
- [0018] 또한, 본 발명에 의하면, 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)을 결합재에 직접 혼합하여 제조함으로써, 산화티탄의 내구성이 증진되어 마찰에 의한 재료 손실을 방지할 수 있고, 광촉매의 액상도포 공정이 생략되어 공정을 간소화하여 생산단가를 절감할 수 있는 이점이 있다.
- [0019] 그리고 본 발명에 의하면, 광촉매 재료인 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)이 어느 한층의 표면에 도포되는 것이 아니라, 경화체 전체에 혼합되어 경화되므로 실내 및 실외의 미세먼지를 모두 흡착하여 실내 및 실외의 공기를 정화 시킬 수 있으며, 시간당 미세먼지 농도 저감률은 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)의 치환율에 따라 최대 9시간 내에 100% 저감 성능을 갖는 강점이 있다.
- [0020] 아울러, 본 발명에 의하면, 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)이 분말상태로 첨가되어 건비빔 되므로 뭉치는 현상이 발생하지 않고 균일하게 혼합되는 효과가 있다.
- [0021] 또한, 본 발명에 의하면, 봉사를 통해 경화속도 조절이 가능하면서 휨강도와 압축강도에 영향을 주지 않아 강도가 우수하고 미세먼지 흡착성능이 우수한 강점이 있다.
- [0022] 아울러, 본 발명에 의하면, 사소마그네시아와 제1인산칼륨을 결합 시 가스 발생이 발생하지 않으며 수축 또는 팽창현상이 없으므로 안정적인 경화체를 가질 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0023] 도 1은 본 발명에 따른 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물의 제조방법의 순서도,
- 도 2는 봉사 첨가율에 따른 가사시간 및 발열시간 그래프,
- 도 3은 봉사 첨가율에 따른 휨강도 그래프,
- 도 4는 봉사 첨가율에 따른 압축강도 그래프,
- 도 5는 광촉매 치환율에 따른 시간당 미세먼지 흡착농도 그래프,
- 도 6은 사소마그네시아 기반 광촉매 치환율에 따른 휨강도 그래프,
- 도 7은 사소마그네시아 기반 광촉매 치환율에 따른 압축강도 그래프,
- 도 8은 사소마그네시아 기반 광촉매 치환율에 따른 유동성 측정 그래프,
- 도 9는 제1인산암모늄(NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 첨가율에 따른 초기 압축강도 그래프,
- 도 10은 제1인산나트륨(NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 첨가율에 따른 초기 압축강도 그래프,
- 도 11은 제1인산칼륨(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 첨가율에 따른 초기 압축강도 그래프,
- 도 12는 인산염의 종류에 따른 가사시간 그래프,
- 도 13은 인산염 종류에 따른 경화형상 사진,
- 도 14는 광촉매를 혼입한 시멘트 경화체의 압축강도 그래프,
- 도 15는 광촉매를 혼입한 고로슬래그 경화체의 압축강도 그래프,
- 도 16은 광촉매를 혼입한 마그네시아 경화체의 압축강도 그래프,
- 도 17은 광촉매를 혼입한 시멘트 경화체의 휨강도 그래프,
- 도 18은 광촉매를 혼입한 고로슬래그 경화체의 휨강도 그래프,

도 19는 광촉매를 혼입한 마그네시아 경화체의 휨강도 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0024] 이하에서는 본 발명에 따른 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물 및 이의 제조방법에 관하여 첨부된 도면과 함께 더불어 상세히 설명하기로 한다.
- [0025] 도 1은 본 발명에 따른 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물의 제조방법의 순서도이다.
- [0026] 본 발명은 광촉매 재료를 결합제에 직접 혼합하여 경화시키는 방식으로 제조함으로써, 액상도포의 공정이 생략하여 생산단가 절감이 가능하고, 광촉매의 내구성이 증진되어 반영구적인 사용이 가능하며, 실내 및 실외의 미세먼지를 모두 흡착하여 실내 및 실외의 공기를 정화시킬 수 있는 장점이 있다.
- [0027] 이를 위해 본 발명에 따른 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물의 제조방법은 기본적으로 제1혼합물을 생성하는 단계(S10)와, 제2혼합물을 생성하는 단계(S20)와, 양생하는 단계(S30)를 포함하여 이루어진다.
- [0028] 먼저, 제1혼합물을 생성하는 단계(S10)는 사소마그네시아(MgO), 사소마그네시아 100중량부에 대해 제1인산칼륨(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) 20~35중량부, 붕사(Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> · 10H<sub>2</sub>O) 0.5~3.0중량부, 산화티탄(TiO<sub>2</sub>) 4~20중량부를 첨가하고 건비빔하여 제1혼합물을 생성하는 단계이다.
- [0029] 여기서 상기 제1혼합물 생성 단계(S10)는 회전 및 유성 운동식 혼합기를 이용하여, 유성운동에 대해 30 내지 40rpm, 회전운동에 대해 65 내지 75rpm 범위의 혼합속도를 기준으로 50 내지 70초 동안 건비빔하여 제1혼합물을 생성하는 것이 바람직하다.
- [0030] 구체적으로 혼합속도가 유성운동에 대해 33 내지 35RPM, 회전운동에 대해 67 내지 69RPM을 기준으로 60초 동안 건비빔하여 제1혼합물을 생성하는 것이 바람직하다.
- [0031] 시멘트 대체 재료로 사용되고 있는 마그네시아는 광산바닥에서 채굴되는 마그네사이드를 소성한 것과 해수로부터 분리 회수하여 소성한 것이 있다. 마그네시아는 모체와의 부착성이 우수하며, 건설재료의 용도는 목모 보드나 인조석 등 극히 제한된 곳에서 사용되고 있다.
- [0032] 여기서 해수 마그네시아는 팽창이 발생하기 때문에 건설재료의 경화체로 사용하는 것이 바람직하지 않다.
- [0033] 또한, 산화마그네슘은 산소와 마그네슘의 화합물로 소성온도에 따라 경소, 중소(사소)로 나누어지는데, 경소 마그네시아는 정도 발현이 낮게 이루어지므로 상기 제1혼합물에서는 팽창 및 수축이 없는 1450℃로 소성된 사소마그네시아를 사용하였다.
- [0034] 본 발명에 적용한 사소마그네시아의 화학성분비는 아래 [표 1]과 같다.

**표 1**

밀도(g/cm <sup>3</sup> )	MgO	SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
3.46	93.30	3.14	2.06	0.60

- [0037] 그리고 인산염은 무색의 결정 또는 백색의 입상 또는 결정 분말이며, 물에 녹으면 그 수용액은 약산성을 띠는 특징을 가지고 있고, 인산칼륨, 인산암모늄, 인산나트륨 등이 있다.
- [0038] 인산암모늄을 사용할 경우에는 산화마그네슘과 반응하여 암모늄 가스가 발생하고 팽창현상이 발생하고, 인산나트륨은 매우 빠른 속경성을 갖고 수축하는 특성이 있기 때문에 바람직하지 않으므로, 본 발명에서는 사소마그네시아와 혼합 시 팽창현상이 없고 가스가 발생하지 않는 제1인산칼륨을 사용하였다.
- [0039] 제1인산칼륨은 사소마그네시아 100중량부에 대해 20~35중량부 첨가되는 것이 바람직한데, 제1인산칼륨이 35중량부를 초과하여 첨가될 경우, 미반응 수화물질이 발생하게 되므로 35중량부 미만으로 첨가되는 것이 바람직하다.
- [0040] 본 발명에 적용한 제1인산칼륨의 특성은 아래 [표 2]와 같다.

**표 2**

외관	순도	pH(1%sol' n)	Sulfate(SO <sub>4</sub> )
흰결정	98.0%	4.2-4.7	0.02%



- [0043] 또한, 마그네시아와 인산염이 반응할 시 급결성을 보이기 때문에 작업시간을 확보하기 위해 비빔 이전에 응결 지연제의 혼입이 필수 불가결적이며, 이를 위해 본 발명에서는 응결 지연제로 붕사를 사용하였으며, 붕사는 사소마그네시아 100중량부에 대해 0.5~3.0중량부 첨가되었다.
- [0044] 붕사는 붕산을 만든 다음 중화 결정시켜 얻으며, 공기 중에 방치하면 서서히 풍화되어 백색 분말이 되고, 알코올에는 녹지 않지만 글리세롤에는 녹는 특성을 갖는다.
- [0045] 여기서 응결 지연제로 붕산이 사용될 경우에는 첨가되는 양에 비해 경화지연 효과가 미미하며 강도가 저하되는 문제가 발생하는데 반해, 붕사가 사용될 경우에는 붕사의 소량 첨가에도 반응성이 높아 경화지연의 효과가 극대화되며 강도가 저하되지 않기 때문에, 붕사를 적용하는 것이 바람직하다.
- [0046] 본 발명에 적용한 붕사의 특성은 아래 [표 3]과 같다.

**표 3**

[0047]	밀도(g/cm <sup>3</sup> )	붕산나트륨함량	용해성	녹는점
	1.73	15.0%	4.7%	743℃

- [0049] 그리고 광촉매는 빛(가시광선)을 받았을 때, 반응하며 특정 반응에서 반응속도에 영향을 주는 촉매제이다.
- [0050] 본 발명에서는 광촉매 재료로 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)을 사용하는 것이 바람직하며, 아나타제(anatase) 타입의 분말형태이고, 밀도가 0.45g/ml, 입자크기가 20~30nm, 비표면적은 60~70m<sup>2</sup>/g이며 광촉매 활성률이 99%인 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0051] 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)은 액상타입과 분말타입이 있는데, 건비빔하여 제1혼합물을 생성하는 단계(S10)에서 액상타입의 산화티탄을 사용하게 될 경우에는 산화티탄이 균일하게 혼합되지 않고 뭉치는 현상이 발생하게 되지만, 분말타입을 사용하게 될 경우에는 균일한 혼합이 이루어지게 된다.
- [0052] 또한, 액상타입의 산화티탄을 사용할 경우에는, 산화티탄을 물에 배합하여 사용해야하므로 배합공정으로 인하여 작업성이 저하되게 되므로 바람직하지 않다.
- [0053] 본 발명에서는 분말타입의 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)이 결합체에 직접 혼합되어 이루어지므로, 표면에 코팅되는 타입인 종래의 경화체와는 다르게 마찰에 의해 박리되는 현상이 발생하지 않아 내구성이 증진되어 반영구적으로 미세면지가 저감되는 효과가 있고, 액체 도포 공정을 진행하지 않기 때문에 공정이 간소화되어 경제적인 효과가 있으며, 실내 및 실외의 오염물질을 모두 제거할 수 있는 효과가 있다.
- [0054] 여기서 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)의 성분비는 사소마그네시아 100중량부에 대해 4~20중량부 첨가되는 것이 바람직한데, 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)의 첨가량이 증가할수록 미세면지 흡착능력이 우수해지지만 강도 저하에 영향을 주기 때문에 가장 바람직하게는 16중량부를 적용하여 경제적이면서 강도저하를 방지하고 우수한 미세면지 흡착능력 효과를 갖는 것이 바람직하다.
- [0056] 다음으로는, 상기 제2혼합물을 생성하는 단계(S20)는 상기 제1혼합물에 배합수를 첨가하고 본비빔하여 이루어진다.
- [0057] 상기 제2혼합물을 생성하는 단계(S20)는 유성운동에 대해 30 내지 40rpm, 회전운동에 대해 65~75rpm 범위의 혼합속도로 50 내지 70초 동안 혼합하여 제2혼합물을 생성하는 것이 바람직하다.
- [0058] 여기서, 혼합속도가 상기 범위를 벗어나게 되면, 혼합물이 균일하게 혼합되지 않게 된다.
- [0059] 더욱 구체적으로는 유성운동에 대해 33 내지 35RPM, 회전운동에 대해 67 내지 69rpm의 혼합속도로 60초 동안 혼합하여 제2혼합물을 생성하는 것이 가장 바람직하며, 상기 혼합조건을 통해 상기 제2혼합물이 가장 균일하게 혼합되는 특징이 있다.
- [0060] 상기 제2혼합물 생성단계(S20)에서, 사소마그네시아 100중량부에 대해 배합수 35 내지 50중량부가 첨가되어 혼합된다.

[0061] 다음으로, 상기 제2혼합물을 몰드에 타설 후 양생하는 단계(S30)를 진행하여 광촉매를 활용한 무기경화체 조성물의 제조과정이 종료된다.

[0062] 상기 양생하는 단계(S30)는 15 내지 25℃의 온도범위와 80 내지 90%의 습도범위에서 이루어지는 것이 바람직하다.

[0063] 앞서 설명한 제조방법에 따라 제조된 무기경화체 조성물은 무기 결합재 기반이므로 화재 시 유해가스가 방출되지 않아 화재로부터 안전하며, 재료의 특성에 따라 봉사의 첨가를 통해 경화 속도 조절이 가능하면서 강도가 저하되지 않고, 시간당 미세먼지 농도 저감률은 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)의 치환율 증가에 따라 최대 9시간 내에 100% 저감 기능을 나타내는 특징이 있다.

[0064] 또한, 본 발명에 따른 광촉매를 활용한 미세먼지 흡착형 무기경화체 조성물은 실내에서의 자연환기, 강제환기, 창문 틈 사이의 침기 등으로 인해 필연적으로 발생하는 미세먼지를 저감시킬 수 있고, 도로변, 공장단지 등의 실외장소에서 경계석, 옹벽, 외벽마감재 등에 적용하여 미세먼지를 저감시킬 수 있으며, 이를 통해 알레르기성 결막염, 각막염, 비염, 기관지염, 천식, 폐암 등의 각종 질병을 예방할 수 있다.

[0066] **[실험예 1] 봉사 첨가율에 따른 경화지연실험**

[0067] 광촉매를 첨가하기 전 마그네시아 인산염 결합재의 봉사첨가율에 따른 경화시간을 확인하기 위한 기초실험을 진행하였으며, 사소마그네시아, 제1인산칼륨, 봉사만을 사용하여 실험을 진행하였다. 가사시간 및 발열시간, 1, 3, 12, 24시간 강도를 측정하였다.

[0068] 아래의 [표 4]는 봉사첨가율에 따른 경화지연실험의 실험요인 및 수준이다.

**표 4**

실험요인	실험수준
결합재	사소마그네시아(MgO), 제1인산칼륨(MKP)
W/B	35 (%)
제1인산칼륨(MKP) 첨가율	35 (%)
봉사(Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> · 0 <sub>7</sub> · 10H <sub>2</sub> O) 첨가율	Plain, 0.5, 1.0, 2.0, 2.5, 3.0(%)
양생조건	항온항습양생 (온도20±2℃, 습도80±5%)
시험항목	가사시간, 발열시간, 휨강도, 압축강도

[0071] < 봉사 첨가율에 따른 경화지연 결과 및 분석 >

[0072] 도 2는 마그네시아 인산염 결합재의 봉사 첨가율에 따른 가사시간 및 발열시간에 대한 그래프이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 봉사 첨가율이 증가함에 따라 가사시간(Pot life) 및 발열시간(Heating trime)이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0074] < 봉사 첨가율에 따른 휨강도 및 압축강도 분석 >

[0075] 도 3은 마그네시아 인산염 결합재의 봉사 첨가율에 따른 휨강도 그래프이고, 도 4는 마그네시아 인산염 결합재의 봉사첨가율에 따른 압축강도 그래프이다.

[0076] 도 3 및 도 4에 도시된 바와 같이, 봉사 첨가율이 증가함에 따라 초기의 강도 발현이 저하되는 것을 확인할 수 있으며 12시간 이후부터는 봉사 첨가량에 따른 강도 차이가 미미한 것을 확인할 수 있다. 이는 봉사의 경화 지연 효과로 인해 경화가 늦어짐에 따라 나타나는 효과이며, 봉사 첨가량에 따른 강도 저하는 없는 것을 확인할 수 있다.

[0078] **[실험예 2] 광촉매 첨가에 따른 실험**

[0079] 기초실험의 데이터를 활용하여 마그네시아 인산염 결합재에 광촉매를 첨가하여 실험을 진행하였다. 사소마그네시아 기반으로 제1인산칼륨 첨가율은 20%, 광촉매 치환율은 0, 4, 8, 12, 16, 20(wt.%)로 총 6가지 수준으로 실험을 진행하였으며, 실험항목은 휨강도, 압축강도, 미세먼지농도 측정, 유동성이 있다.

[0080] 그리고 본 발명에 광촉매로 사용된 산화티탄(TiO<sub>2</sub>)은 anatase 타입 분말형태이고, 밀도가 0.45g/ml, 입자크기가 20~30nm, 비표면적이 60~70m<sup>2</sup>/g이며, 광촉매 합성률이 99%인 특징이 있다.



[0081] 아래의 [표 5]는 광촉매 치환에 따른 실험요인 및 수준이다.

표 5

실험요인	실험수준
결합재	사소마그네시아(MgO), 제1인산칼륨(MKP)
W/B	45 (%)
제1인산칼륨(MKP) 첨가율	20 (%)
TiO <sub>2</sub> Photocatalyst 첨가율	Plain. 4, 8, 12, 16, 20 (%)
양생조건	항온항습양생 (온도20±2℃, 습도80±5%)
시험항목	힘강도, 압축강도, 미세먼지농도 측정, 유동성

[0084] < 광촉매 첨가에 따른 미세먼지 흡착시험 >

[0085] 도 5는 광촉매 치환율에 따른 시간당 미세먼지(PM10)의 흡착농도 그래프이다.

[0086] 600\*600\*600(mm)의 챔버내에 미세먼지 발생원 및 비산을 위한 팬, 미세먼지 농도측정기, 사소마그네시아 광촉매 경화체를 넣은후 24시간 미세먼지 농도를 측정하였으며, 그 결과는 도 5에 도시된 바와 같다.

[0087] 광촉매를 첨가하지 않은 시료는 시간 경과에 따라 미세먼지 농도가 미미하게 감소하였으며 23시간 경과 후에도 미세먼지가 존재하였다.

[0088] 광촉매 첨가율 4%, 8%, 12%, 16%, 20%의 시료는 9 내지 14시간 내에 미세먼지가 모두 제거된 것을 확인할 수 있다.

[0089] 여기서 광촉매 첨가율 20%에서 미세먼지 흡착성능이 가장 우수한 것을 확인할 수 있었다. 즉, 광촉매의 치환율이 증가할수록 시간당 미세먼지 흡착성능이 향상되는 것을 알 수 있다.

[0091] <광촉매 첨가에 따른 힘강도 및 압축강도 >

[0092] 도 6은 사소마그네시아 기반 광촉매 치환율에 따른 힘강도이고, 도 5는 사소마그네시아 기반 광촉매 치환율에 따른 압축강도이다. 광촉매 첨가에 따른 힘강도 및 압축강도시험에서는 3일, 7일, 28일을 기준으로 시험하였다.

[0093] 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, 그 결과는 광촉매 치환율이 증가함에 따라 강도는 감소하는 경향을 보였다.

[0094] 3일 힘강도 및 압축강도의 가장 낮은 값은 각각 4.08MPa, 14.13MPa이며, 28일 힘강도 및 압축강도의 가장 낮은 값은 각각 8.01MPa, 37.44MPa의 값을 나타낸다.

[0095] 힘강도 및 압축강도가 가장 낮은 광촉매 치환율은 20%였으며, 광촉매 첨가율이 증가할수록 힘강도 및 압축강도는 낮아지는 것을 확인하였다.

[0096] 즉, 광촉매의 첨가율이 증가할수록 미세먼지 흡착성능은 우수해지지만 힘강도 및 압축강도가 저하되므로, 광촉매의 첨가율은 사소마그네시아 100중량부에 대해 16중량부가 첨가되어 제조단가를 낮추고 우수한 미세먼지 흡착 성능 및 강도를 갖도록 제작하는 것이 바람직하다.

[0098] <광촉매 첨가에 따른 유동성 >

[0099] 도 8은 사소마그네시아 기반 광촉매 치환율에 따른 유동성 그래프이다.

[0100] 도 8에 도시된 바와 같이 광촉매의 첨가율이 증가함에 따라 유동성이 감소되는 경향을 보이며, 광촉매 첨가율 20%에서 타격 전 최소 129mm의 값을 나타내며 타격 후 160nm의 값을 나타낸다.

[0102] [실험예 3] 인산염의 종류 및 첨가율에 따른 실험

[0103] 인산염의 종류 및 첨가율에 따른 영향을 확인하기 위하여 아래의 [표 6]의 조건으로 실험을 진행하였다.

표 6

실험요인	실험수준
결합재	사소마그네시아, 인산염, 붕사
W/B	50 (wt.%)
인산염 종류	KHPO <sub>4</sub> , NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>

인산염 첨가율	20, 30, 40, 50, 60 (wt.%)
붕사 첨가율	4 (wt.%)
양생조건	항온항습양생 (온도 $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ , 습도 $80\pm 5\%$ )
시험항목	유동성, 휨강도, 압축강도, 미세먼지농도측정

- [0106] <인산염 종류 및 첨가율에 따른 초기압축강도>
- [0107] 인산염의 종류와 첨가율에 따른 시험체의 재령별 압축강도의 변화를 도 9 내지 11에 나타내었다.
- [0108] 도 9는 제1인산암모늄( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ )의 첨가율에 따른 압축강도로 30%에서 가장 높은 값을 나타내었으며, 이후 첨가율이 증가함에 따라 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 제1인산암모늄의 화학반응으로 발생하는 가스에 의한 팽창으로 생기는 균열에 의한 것으로 판단된다. 제1인산암모늄의 첨가율이 증가할수록 화학반응으로 발생하는 가스에 의한 균열이 증가함에 따라 첨가율 30% 이후의 강도가 감소하는 것으로 사료된다.
- [0109] 도 10은 제1인산나트륨( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ )의 첨가율에 따른 압축강도로 첨가율 20, 30(%)의 시험체는 시험체 제작 후 재령별 압축강도 측정 시 강도가 매우 낮아 측정이 불가하였다. 40% 이상의 첨가율에서는 첨가율이 증가할수록 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었으며 매우 빠른 속경성을 나타내어 첨가율 60%는 시험체의 제작이 불가하였다.
- [0110] 도 11은 제1인산칼륨( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )의 첨가율에 따른 압축강도로 첨가율이 증가함에 따라 압축강도가 증가하는 경향을 보였다. 이는 제1인산칼륨의 첨가율이 증가하면서 사소마그네시아와 반응하는 양이 증가하여 속경성이 촉진되어 단시간에 강도를 발현하는 것으로 판단된다.
- [0112] <인산염 첨가에 따른 가사시간>
- [0113] 가사시간은 타설 후 초결까지의 시간을 측정하였으며 도 12는 인산염의 종류에 따른 첨가율별 가사시간을 나타내었다.
- [0114] 도 12에 도시된 바와 같이, 인산염은 종류에 관계없이 첨가율이 증가할수록 가사시간이 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 첨가율이 증가하면 사소마그네시아와 반응하는 인산염의 양이 증가하면서 반응이 활성화되고 속경성이 증진되어 가사시간이 감소되는 것으로 보인다.
- [0115] 제1인산칼륨이 가장 높은 가사시간을 가졌으며 제1인산암모늄의 경우 암모늄 특유의 악취가 나면서 제1인산칼륨에 비하여 급격한 속경성을 보였다.
- [0116] 또한, 제1인산나트륨의 경우에는 악취는 없었으나 제1인산암모늄보다 더 급격한 속경성을 보였다.
- [0117] 따라서, 원활한 작업성을 확보하기 위해 최소 300초 이상의 가사시간을 확보하는 것이 필요하다고 볼 때, 제1인산암모늄과 제1인산나트륨의 이상응결 현상을 방지하기 위해 지연제인 붕사의 첨가율을 증가시켜야 할 것으로 판단된다.
- [0119] <인산염 종류에 따른 경화형상>
- [0120] 도 13은 인산염 종류에 따른 경화형상이며, 제1인산칼륨, 제1인산암모늄, 제1인산나트륨을 40% 첨가한 경화체의 경화형상을 나타낸 사진이다.
- [0121] 도 13 (a)는 제1인산칼륨(KP-40), 도 13 (b)는 제1인산암모늄(NHP-40), 도 13 (c)는 제1인산나트륨(NaP-40)의 경화형상이다.
- [0122] 도 13 (a)에 도시된 바와 같이, 제1인산칼륨(KP-40)은 팽창이나 수축 없이 안정적으로 경화하는 모습을 보였다.
- [0123] 도 13 (b)에 도시된 바와 같이, 제1인산암모늄(NHP-40)은 경화가 진행됨에 따라 표면에서 가스가 발생하고 부풀어 오르며 팽창하는 모습을 보였다. 이는 제1인산암모늄(NHP-40)은 열에 불안정하여 수화열에 의해 열분해가 이루어져 발생하는 암모니아 가스로 인해 팽창이 나타나는 것이다.
- [0124] 도 13 (c)에 도시된 바와 같이, 제1인산나트륨(NaP-40)은 수축하는 모습을 보였는데, 이는 제1인산나트륨(NaP-40)의 높은 수분 흡수율에 의해 초기 수분을 다수 흡수하여 제조 시에 문제가 없지만 경화과정에서 다량의 수분이 배출되고 증발되면서 수축이 발생하는 것이다.
- [0125] 사소마그네시아를 기반으로 적정 인산염을 선정하기 위한 실험으로 제1인산암모늄, 제1인산칼륨, 제1인산나트륨 총 3가지에 대한 인산염을 첨가한 결과, 제1인산칼륨은 3가지 인산염 중 강도 발현이 높으며 경화 시 안정적인

상태를 보였다.

- [0126] 가사시간의 경우, 제1인산나트륨과 제1인산암모늄은 빠른 속경성으로 인해 붕사의 첨가율이 증가하므로 제1인산칼륨을 적용하는 것이 가장 바람직하다.
- [0127] 제1인산칼륨은 첨가율이 증가하면서 경화체 표면으로 반응하지 못한 인산염이 떠오르게 되므로, 사소마그네시아 100중량부에 대해 제1인산칼륨 35중량부를 초과하지 않는 것이 바람직하다.
- [0129] **[실험예 4] 결합재 종류에 따른 광촉매를 혼입한 경화체의 강도특성**
- [0130] 결합재의 종류에 따라 경화체 강도 특성을 확인하기 위한 실험을 진행하였으며, 실험요인 및 수준은 아래의 표 7과 같다.

**표 7**

[0131]	실험요인	실험수준		
	결합재(MgCl <sub>2</sub> 20%)	Portland cement	Blast furnace slag (NaOH 6%)	Magnesium oxide (MgCl <sub>2</sub> 20%)
	광촉매(산화티탄) 치환율	0, 4, 8, 12, 16, 20 (wt,%)		
	W/B	0.38	0.45	0.45
	양생조건	항온항습 양생(습도 80±5%, 온도 20±2℃)		
	시험항목	압축강도, 휨강도		

- [0133] <결합재 종류에 따른 경화체의 압축강도>
- [0134] 도 14는 광촉매를 혼입한 시멘트 경화체의 압축강도 그래프, 도 15는 광촉매를 혼입한 고로슬래그 경화체의 압축강도 그래프, 도 16은 광촉매를 혼입한 마그네시아 경화체의 압축강도 그래프이다.
- [0135] 도 14 내지 도 16에 도시된 바와 같이, 광촉매의 과도한 치환은 결합재 입자의 경화를 방해하여 강도가 저하되는 것을 확인할 수 있었다.
- [0136] 도 14에 도시된 바와 같이, 광촉매를 혼입한 시멘트 경화체의 압축강도는 28days를 기준으로 산화티탄 첨가율 0, 4, 8, 12, 16, 20에서 38.45MPa, 38.02MPa, 37.74MPa, 35.09MPa, 31.21MPa, 28.01MPa으로 광촉매의 첨가율이 증가할수록 압축강도는 저하되었다.
- [0137] 도 15에 도시된 바와 같이, 광촉매를 혼입한 고로슬래그 경화체의 압축강도는 28days를 기준으로 산화티탄 첨가율 0, 4, 8, 12, 16, 20에서 35.98MPa, 36.63MPa, 36.02MPa, 35.11MPa, 34.91MPa, 33.3MPa를 나타낸다.
- [0138] 도 16에 도시된 바와 같이, 광촉매를 혼입한 마그네시아 경화체의 압축강도는 28days를 기준으로 산화티탄 첨가율 0, 4, 8, 12, 16, 20에서 45.95MPa, 44.33MPa, 44.21MPa, 40.56MPa, 38.62MPa, 37.44MPa을 나타내어 시험을 진행한 결합재 중에서 가장 우수한 압축강도를 보였다.
- [0139] 즉, 광촉매의 첨가에 따른 강도 저하를 고려하였을 때, 마그네시아 경화체는 시멘트 또는 고로슬래그 경화체보다 산화티탄을 많이 첨가하여도 높은 압축강도를 얻을 수 있다.
- [0141] <결합재 종류에 따른 경화체의 휨강도>
- [0142] 도 17은 광촉매를 혼입한 시멘트 경화체의 휨강도 그래프, 도 18은 광촉매를 혼입한 고로슬래그 경화체의 휨강도 그래프, 도 19는 광촉매를 혼입한 마그네시아 경화체의 휨강도 그래프이다.
- [0143] 도 17 내지 도 19에 도시된 바와 같이, 휨강도는 압축강도와 마찬가지로 광촉매의 과도한 치환은 결합재 입자의 경화를 방해하여 강도가 저하되는 것을 확인하였다.
- [0144] 도 17에 도시된 바와 같이, 광촉매를 혼입한 시멘트 경화체의 휨강도는 28days를 기준으로 산화티탄 첨가율 0, 4, 8, 12, 16, 20에서 5.14~8.79MPa을 나타낸다.
- [0145] 도 18에 도시된 바와 같이, 광촉매를 혼입한 고로슬래그 경화체의 휨강도는 28days를 기준으로 산화티탄 첨가율 0, 4, 8, 12, 16, 20에서 6.21~8.01MPa을 나타낸다.
- [0146] 도 19에 도시된 바와 같이, 광촉매를 혼입한 마그네시아 경화체의 휨강도는 28days를 기준으로 산화티탄 첨가율

0, 4, 8, 12, 16, 20에서 8.01~10.41MPa인 것을 확인하였다.

[0147] 도 17 내지 도 19에 도시된 바와 같이, 광촉매를 혼입한 결합재는 마그네시아, 고로슬래그, 시멘트 순으로 우수한 압축강도를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

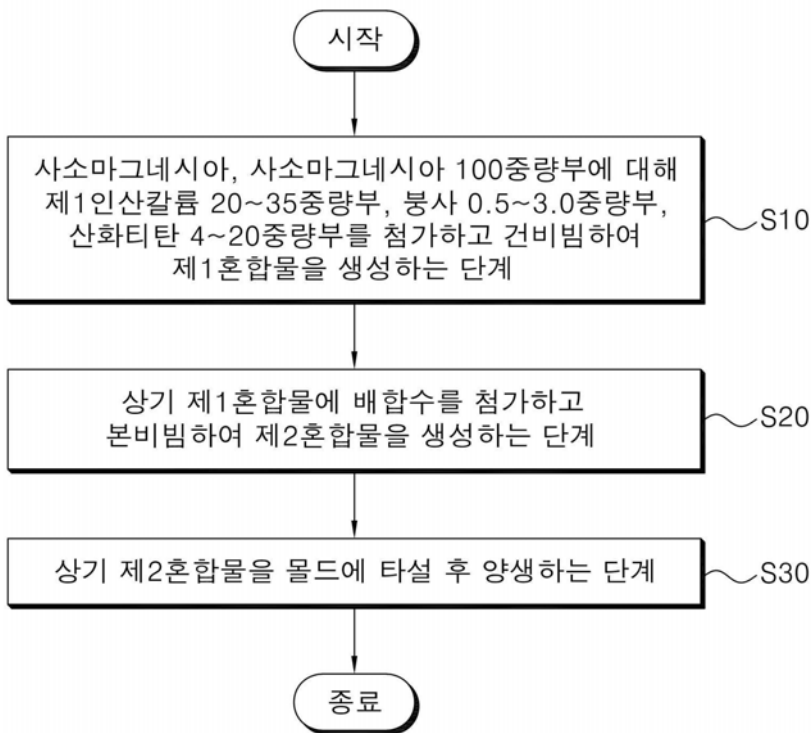
[0148] 마그네시아 경화체는 산화티탄 첨가율 20%에서 휨강도가 8.01MPa인데 반해, 시멘트 경화체는 산화티탄 첨가율 4%에서 휨강도는 8.35MPa, 고로슬래그는 산화티탄 첨가율 4%에서 휨강도는 8.01MPa이므로, 마그네시아 경화체는 다른 경화체보다 산화티탄을 많이 첨가하여도 비슷한 수준의 강도를 가질 수 있는 것으로 판단된다.

[0149] 따라서 광촉매의 과도한 첨가에 따라 강도가 저하됨을 고려하였을 때, 광촉매를 많이 첨가하여 효과적인 미세면적 흡착성능을 가질 수 있으면서 우수한 강도를 얻을 수 있는 재료는 마그네시아인 것으로 판단된다.

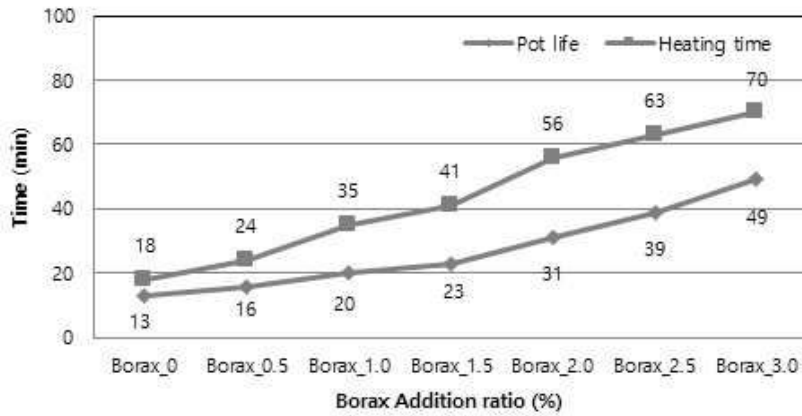
[0151] 본 발명의 권리는 위에서 설명된 실시예에 한정되지 않고 청구범위에 기재된 바에 의해 정의되며, 본 발명의 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 청구범위에 기재된 권리범위 내에서 다양한 변형과 개작을 할 수 있다는 것은 자명하다.

**도면**

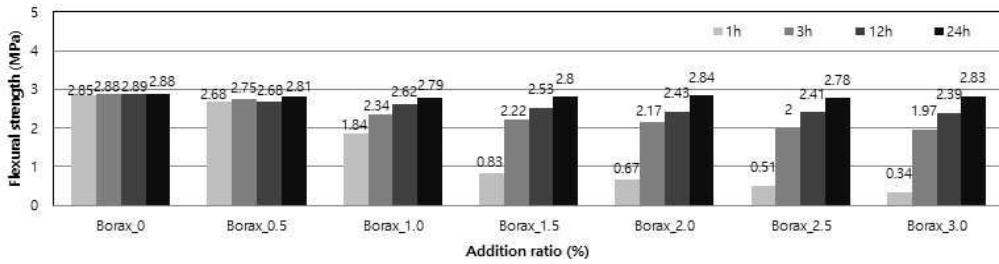
**도면1**



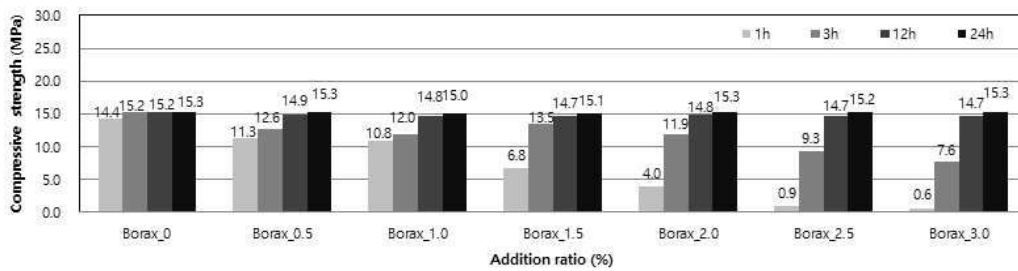
도면2



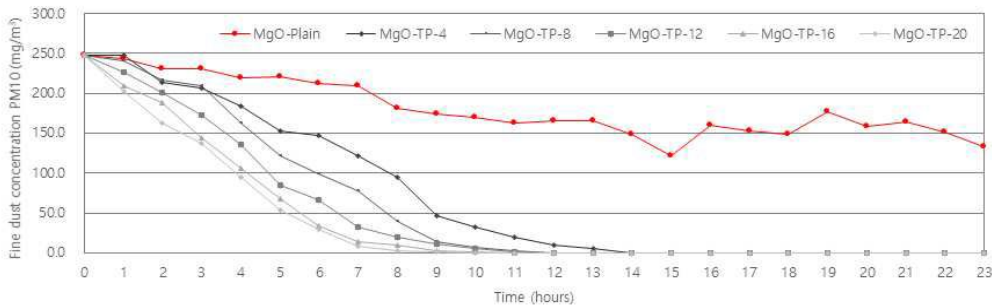
도면3



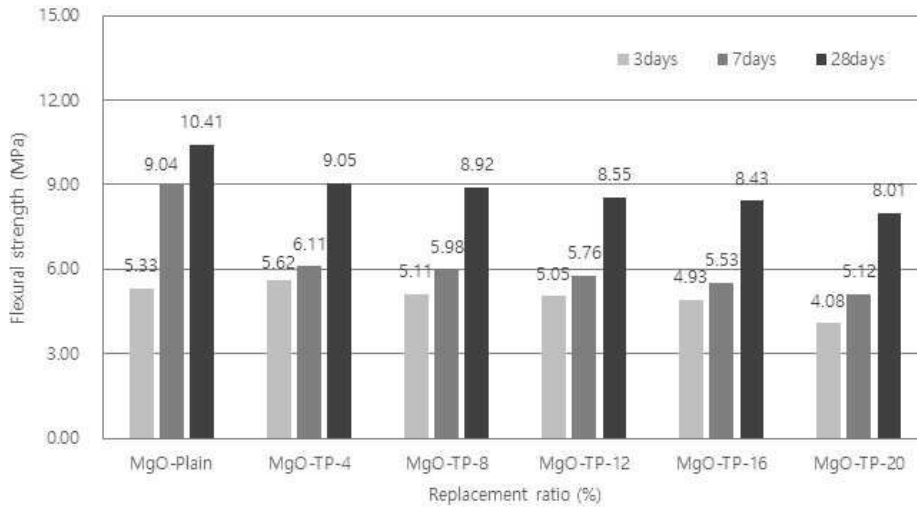
도면4



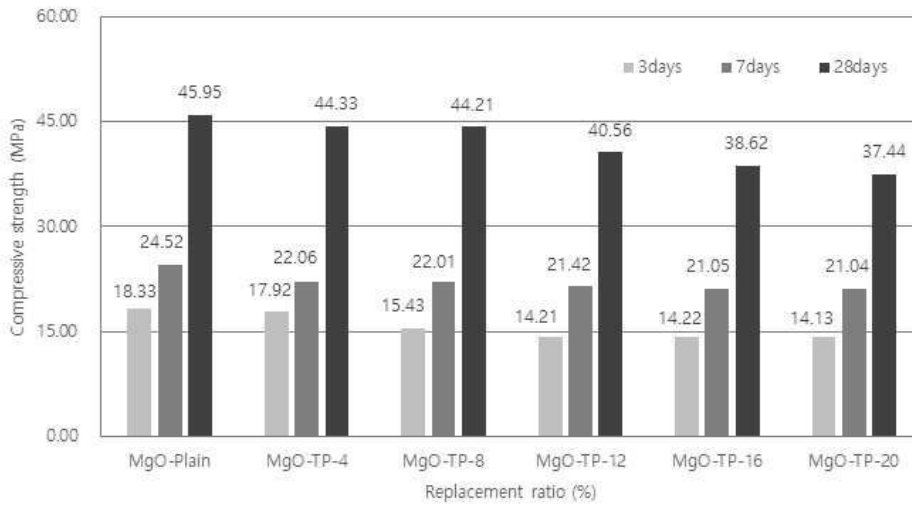
도면5



도면6

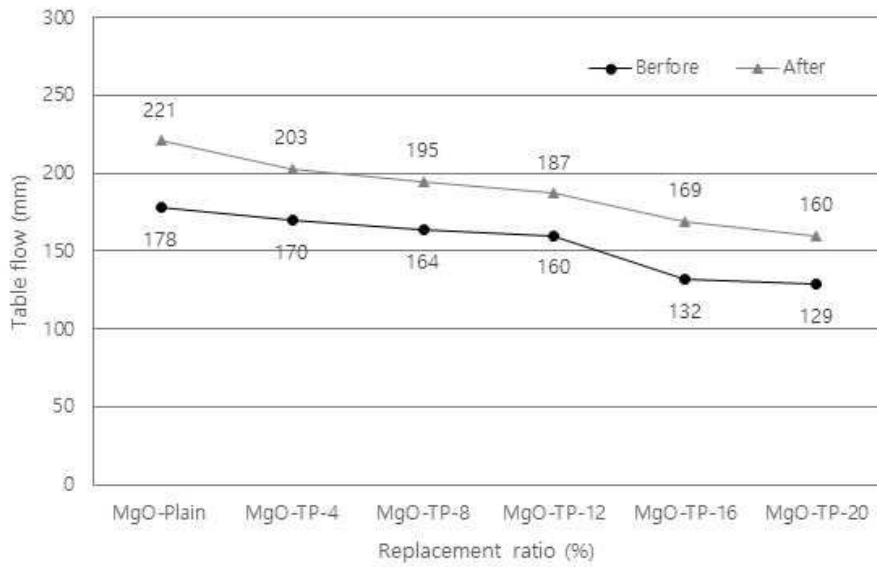


도면7

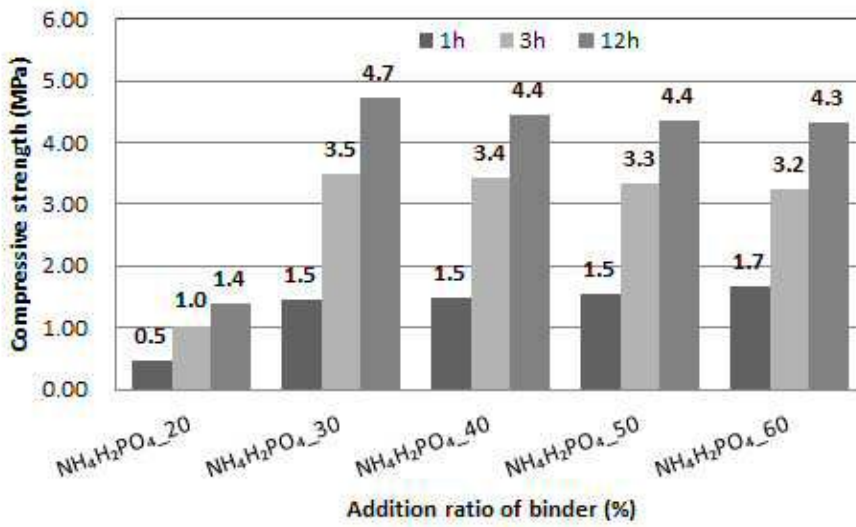




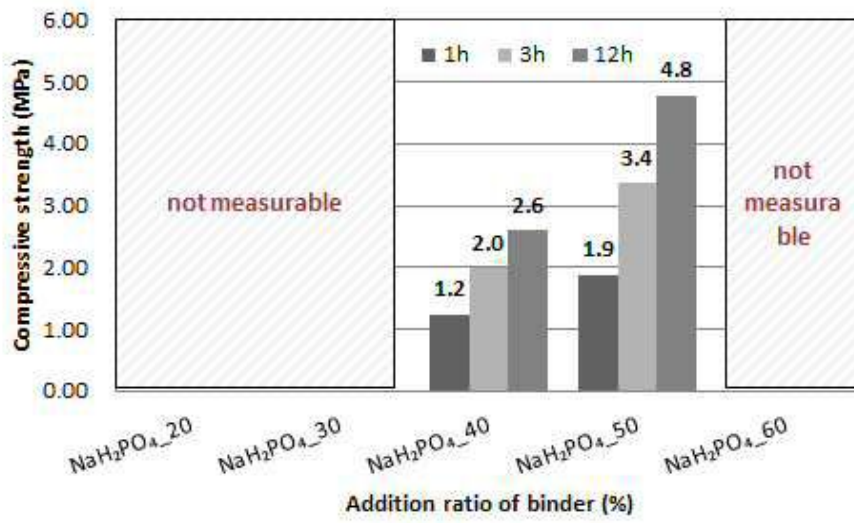
도면8



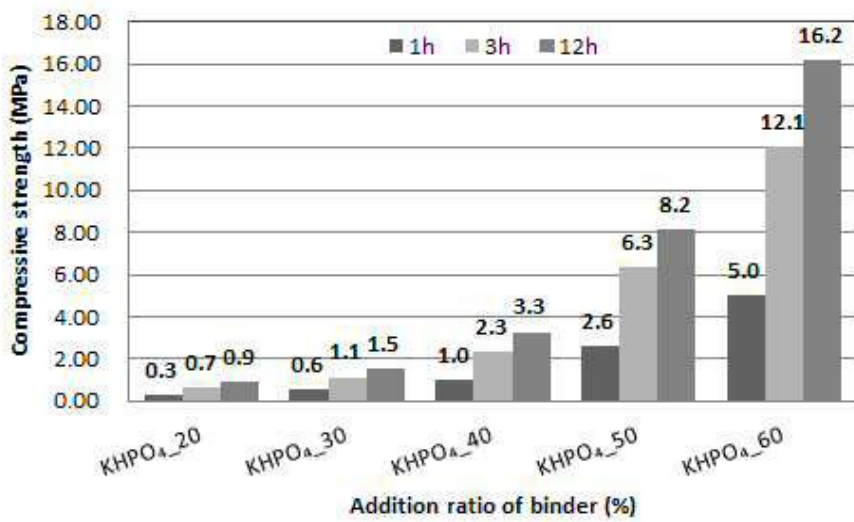
도면9



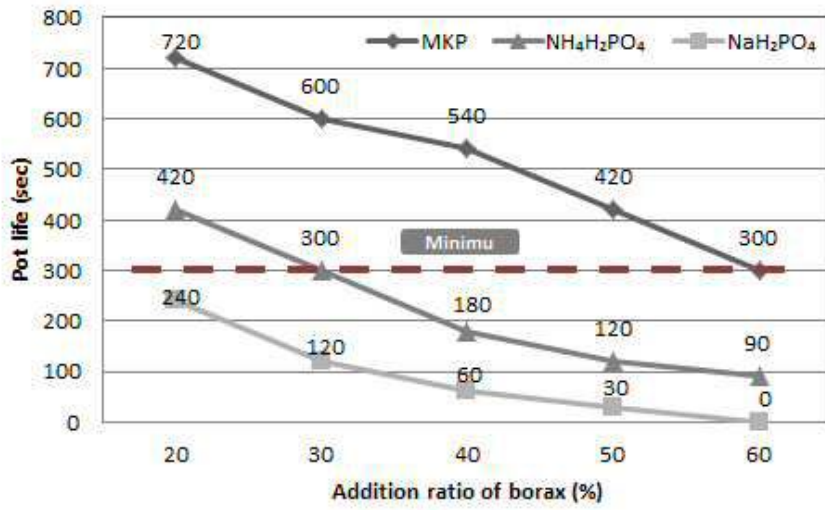
도면10



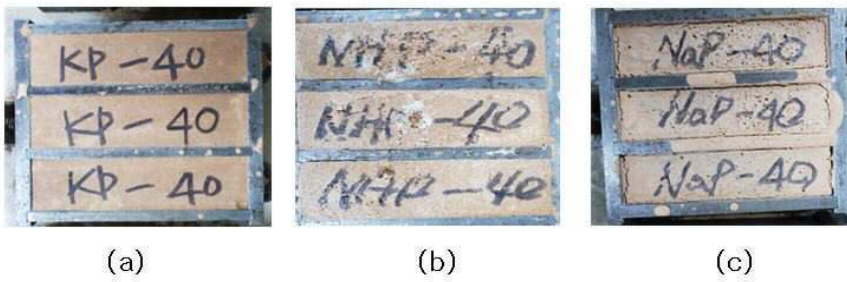
도면11



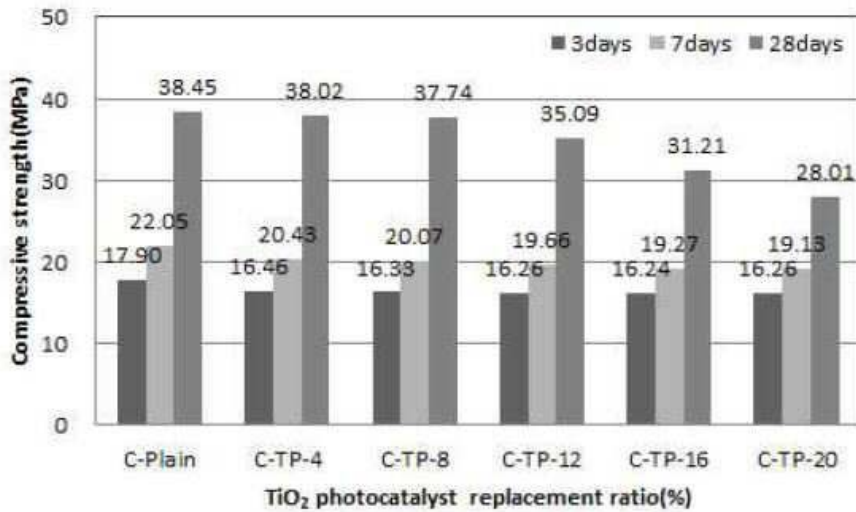
도면12



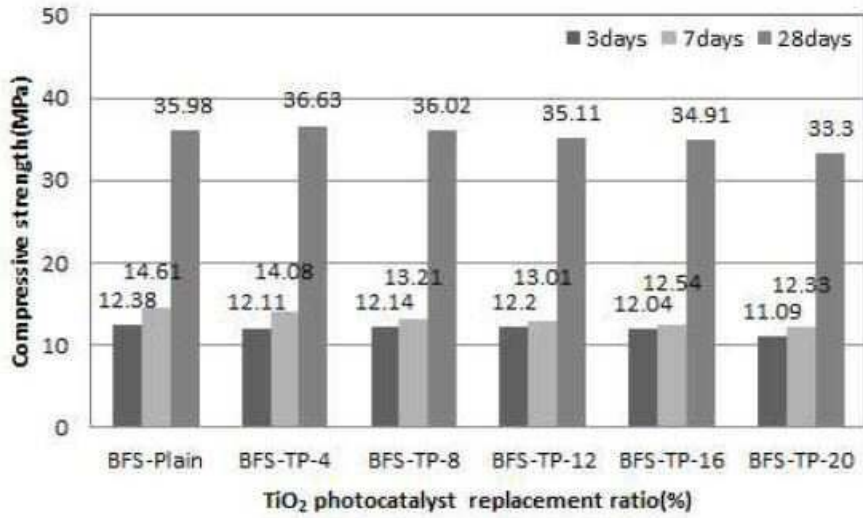
도면13



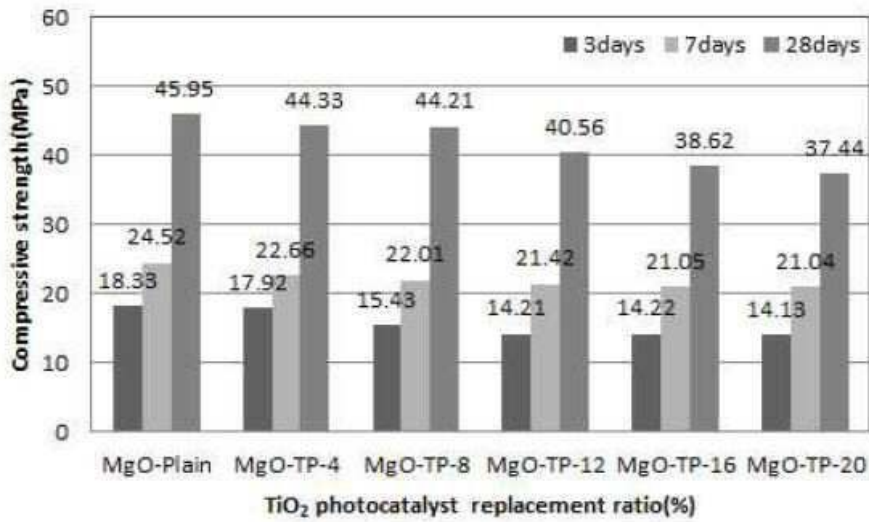
도면14



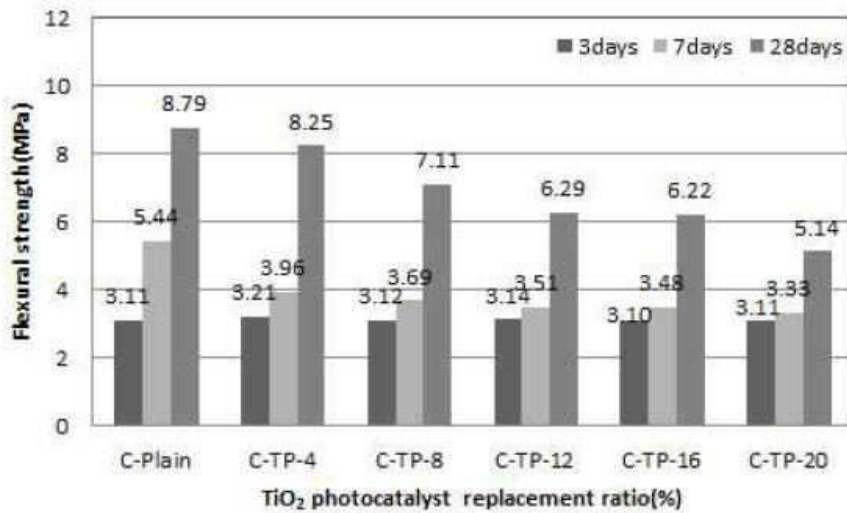
도면15



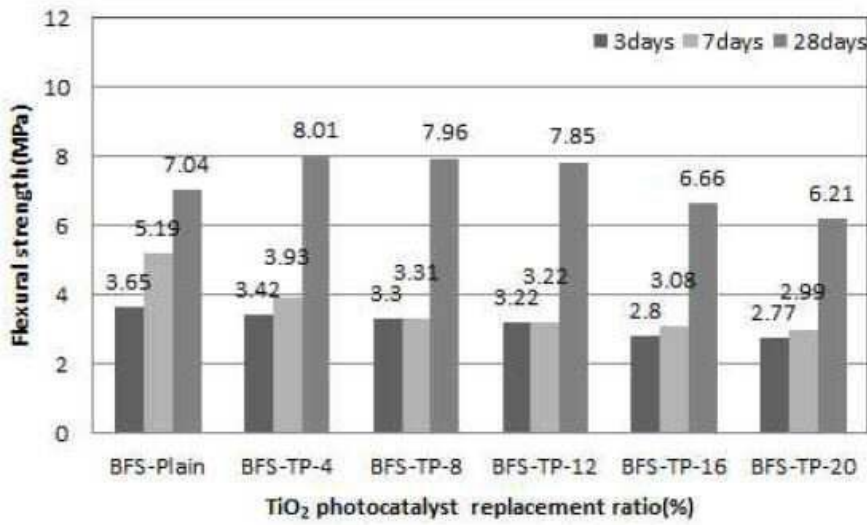
도면16



도면17



도면18



도면19

