



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년12월08일  
(11) 등록번호 10-1683090  
(24) 등록일자 2016년11월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C04B 14/04 (2006.01) C04B 14/36 (2006.01)  
C04B 14/46 (2006.01) C04B 16/02 (2006.01)  
C04B 28/04 (2006.01) C04B 103/20 (2006.01)

(73) 특허권자  
주식회사 인트캡  
경기도 수원시 영통구 신원로211번길 34, 비동 (매탄동)

(52) CPC특허분류  
C04B 14/04 (2013.01)  
C04B 14/366 (2013.01)

(72) 발명자  
안상욱  
경기도 용인시 기흥구 동백1로23번길 18-14

(21) 출원번호 10-2016-0023279  
(22) 출원일자 2016년02월26일  
심사청구일자 2016년02월26일

이정우  
경기도 수원시 영통구 봉영로1744번길 16 244동 1804호 (영통동, 황골마을2단지아파트)  
(뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문헌

(74) 대리인  
고영희

CN102757193 A\*  
KR101315847 B1\*  
KR101303622 B1  
KR101455959 B1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 2 항

심사관 : 김란

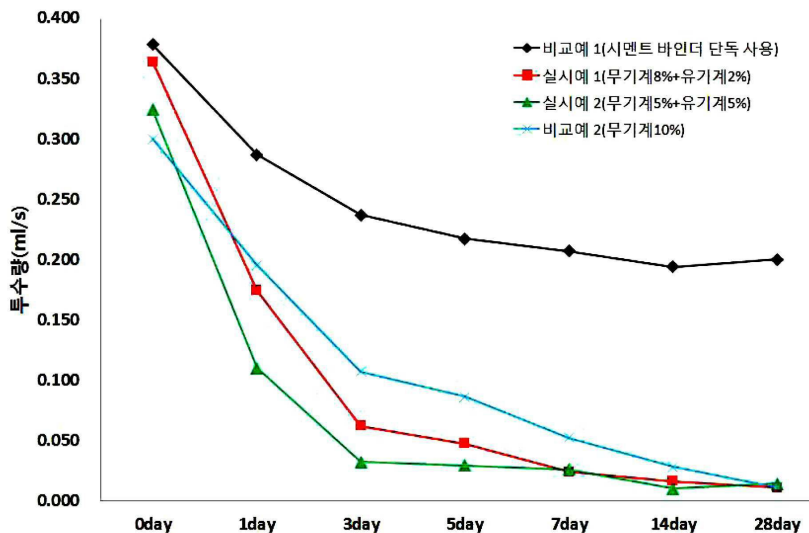
(54) 발명의 명칭 **침상형결정구조를 갖는 유무기 융합 자기치유 혼화재 조성물 및 이를 포함하는 시멘트 결합재 조성물**

(57) 요약

본 발명은 자기치유 성능의 빠른 발현을 위해 자기치유 반응에 필요한 칼슘이온의 용출을 촉진하는 것은 물론 더 향상된 자기치유 성능을 발현할 수 있는 새로운 조성물로 기존 무기계로 구성된 자기치유 혼화재에 유기계 소재를 융합한 자기치유 혼화재 조성물과, 이러한 유무기 융합 자기치유 혼화재 조성물을 바람직하게 포함한 시멘트

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



결합재 조성물에 관한 것이다.

본 발명에 따른 유무기 융합 자기치유 혼화재 조성물은, 수용성 규산질 분말 1~25중량부, 수용성 무기질계 겔화재 1~15중량부, 알칼리설페이트 0.5~15중량부, 알루미늄산나트륨 0.1~5중량부, 응결지연제 0.1~1.5중량부를 포함하여 구성된 무기계 자기치유 혼화재; 인산나트륨염 0.1~4중량부, 결정 셀룰로오스 0.1~3중량부, 칼슘염 0.1~1.5중량부를 포함하여 구성된 유기계 자기치유 혼화재;를 포함하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 따른 자기치유 시멘트 결합재 조성물은, 포틀랜드시멘트 35~96중량%, 유무기 융합 자기치유 혼화재 4~65중량%를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 한다.

(52) CPC특허분류

- C04B 14/4656 (2013.01)
- C04B 16/02 (2013.01)
- C04B 28/04 (2013.01)
- C04B 2103/20 (2013.01)

**이광명**

서울특별시 서초구 서초중앙로 188, C-1610호(서초동, 아크로비스타)

(72) 발명자

**황지순**

경기도 수원시 영통구 영통로290번길 25, 505동 1105호 (영통동, 신나무실주공아파트)

**정석만**

경기도 수원시 권선구 덕영대로1217번길 25-11 20 2호 (권선동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	15SCIP-B103706-01
부처명	국토교통부
연구관리전문기관	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	건설기술연구사업
연구과제명	자기치유 친환경 콘크리트 기술 개발
기여율	1/1
주관기관	성균관대학교 산학협력단
연구기간	2015.09.14 ~ 2016.04.13

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

삭제

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

수용성 규산질 분말 1~25중량부, 수용성 무기질계 겔화제 1~15중량부, 알칼리설페이트 0.5~15중량부, 알루미늄산 나트륨 0.1~5중량부, 응결지연제 0.1~1.5중량부를 포함하여 구성된 무기계 자기치유 혼화제;

인산나트륨염 0.1~4중량부, 결정 셀룰로오스 0.1~3중량부, 칼슘염 0.1~1.5중량부를 포함하여 구성된 유기계 자기치유 혼화제;를 포함하되,

상기 무기계 자기치유 혼화제는, SiO<sub>2</sub>함량이 90%이상이고 비중이 2.0~2.8이며 분말도가 10,000~200,000cm<sup>2</sup>/g인 수용성 규산질 분말; Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, AlK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 중 하나 이상인 수용성 무기질계 겔화제; CaSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, CaSO<sub>4</sub>·1/2H<sub>2</sub>O 중 하나 이상 35~70중량%와 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 중 하나 이상 30~65중량%로 조성된 알칼리설페이트; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>nNa<sub>2</sub>O(n=1.3~1.8)로 구성되면서 Na<sub>2</sub>O 함량이 35% 이상, 겔보기밀도 0.4~0.7g/cm<sup>3</sup>인 알루미늄산나트륨; KFnH<sub>2</sub>O(n=0~2)인 응결지연제;를 포함하여 구성되며,

상기 유기계 자기치유 혼화제는, Na<sub>x</sub>H<sub>y</sub>PO<sub>4</sub>nH<sub>2</sub>O(x=1~3, y=0 또는 1, n=1/2,6,8,12)인 인산나트륨염; 평균입경 6~50micron, 비중 1.50~1.60이며 알칼리조건에서 팽창특성이 있는 결정 셀룰로오스; formate, acetate, propionate, butyrate 중 하나 이상에 의한 칼슘염;을 포함하여 구성되며,

상기 무기계 자기치유 혼화제와 유기계 자기치유 혼화제는, 1:0.2~1의 중량비로 혼합되는 것을 특징으로 하는 유무기 융합 자기치유 혼화제 조성물.

**청구항 4**

포틀랜드시멘트 35~96중량%, 제3항에 따른 유무기 융합 자기치유 혼화제 4~65중량%를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 자기치유 시멘트 결합제 조성물.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 자기치유 성능의 빠른 발현을 위해 자기치유 반응에 필요한 칼슘이온의 용출을 촉진하는 것은 물론 더 향상된 자기치유 성능을 발현할 수 있는 새로운 조성물로 기존 무기계로 구성된 자기치유 혼화제에 유기계 소재를 융합한 자기치유 혼화제 조성물과, 이러한 유무기 융합 자기치유 혼화제 조성물을 바람직하게 포함한 시멘트 결합제 조성물에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 콘크리트는 지구상에서 가장 널리 사용되고 있는 재료로, 토목, 건축, 플랜트에 이르기까지 대부분의 구조물은 콘크리트를 사용하여 건설되고 있다. 콘크리트는 타설이나 성형 후 일정 기간이 지나면, 그 성능이 점차 저하하고 노후화되므로 콘크리트 구조물은 항상 보수나 보강과 같은 일정한 유지관리 활동을 해야 하는 번거로움이 있다.

[0004] 콘크리트 구조물은 재료 및 배합, 시공, 구조 및 하중, 환경조건 등의 자연적 또는 인위적인 작용에 의해 여러 가지 형태의 균열(crack)이 발생하며, 이러한 콘크리트 구조물의 균열은 콘크리트 구조물의 성능 저하를 유발하

고 이는 콘크리트 구조물의 설계사용연수에 미치지 못하게 한다. 균열을 통해 콘크리트 내부에 유해한 외기나 수분, 화학 성분이 침투하여 콘크리트의 성능 저하를 더욱 촉진하기 때문이다. 특히 균열을 통해 침투된 수분 및 염화물이온 등 부식물질은 콘크리트 구조물 내부의 철근에 부식을 일으키는데, 철근의 부식으로 인해 추가적인 균열이 발생하고 철근의 부식이 가속화되면서 콘크리트가 탈락하고 또한 철근 단면이 감소하여 결국에는 구조물이 붕괴할 수 있을 정도의 심각한 손상으로 이어질 수 있다.

[0005] 기존 콘크리트 구조물의 유지관리 기술은 균열제어기술과 균열보수기술로 나눌 수 있다. 균열제어 기술은 균열 발생을 저감시킬 수 있는 각종 섬유를 콘크리트에 혼입하여 타설하거나 와이어매시(Wire mesh)를 콘크리트 구조물 내부에 설치하는 방법이다. 균열보수기술은 열화된 기존 콘크리트를 제거하고, 시멘트 재료에 고분자 수지 등을 혼입하여 물리성능 및 내구성, 작업성 등을 다소 향상시킨 폴리머 시멘트 모르트를 충전하여 보수하는 기술이다.

[0006] 하지만, 기존의 균열제어기술은 콘크리트 구조물에 발생하는 균열을 완벽히 방지하지 못하므로 추가적인 보수가 필요하여 근본적인 대책이 될 수 없다. 또한 균열보수기술은 열화된 기존 콘크리트를 제거하고 새로운 시멘트 재료를 재시공하는 기술이기 때문에 보수된 부분도 추가적인 균열이 발생할 수 있으므로 지속적인 유지관리가 필요한 한계가 있다.

[0007] 한편 터널이나 지하구조물은 지표면 아래에 설치되는 콘크리트 구조물이기 때문에 지하수의 활동에 따라 균열부를 통해 누수 현상이 발생하면, 구조물의 내구성 및 사용성이 저하될 뿐만 아니라, 보수공사시에는 구조물의 지속적인 활용에 제약이 있고 또한 막대한 공사기간과 비용이 발생하는 문제가 있다. 따라서 터널이나 지하구조물은 콘크리트 구조물의 시공시 균열을 제어할 수 있는 균열제어기술이 유리하다.

[0008] 최근에는 자기치유 콘크리트 기술이 주목받고 있다. 자기치유 콘크리트 기술은 기존 콘크리트 유지관리 기술과 달리 콘크리트 구조물의 균열발생시 스스로 복원하고 치유하는 기술로서, 추가적인 보수공사가 필요하지 않으므로 콘크리트의 사용기간을 연장시키고 유지관리 비용을 절감할 수 있다. 자기치유 콘크리트 기술 관련 선행 특허문헌으로는 특허 제10-1303622호, 특허 제10-1308084호, 특허 제10-1586416호 등이 있다.

[0009] 위와 같은 선행 특허문헌에 따른 자기치유 혼화제는 무기계 소재의 팽윤재, 팽창재, 첨가제로 구성되며, 이러한 혼화재의 작용은 다음과 같다. 먼저 팽윤재가 균열을 통해 침투한 수분과 반응하여 팽윤함으로써 균열부에 팽창성 반응물의 침착이 유도되고, 이어 팽창재가 공급된 수분에 의하여 팽창성 수화물을 생성하면서 균열부를 복원하며, 마지막으로 균열부의 복원과정에서 이산화탄소(CO2)의 공급으로 첨가제가 탄산화반응하여 반응물의 생성하면서 치유속도 개선 및 균열부 경도 증진에 역할한다.

[0010] 그러나 위와 같은 무기계 자기치유 혼화재를 적용한 시멘트 복합체는 자기치유 생성물 형성을 통한 치유 복원에 14일 이상의 시간이 소요되는 단점이 있다. 이는 무기계 자기치유 혼화재 자체의 칼슘이온용출특성이 낮기 때문인데, 다시 말해 용출된 칼슘이온과 이산화탄소가 반응하여 생성물을 형성하는데 느리므로 균열부위에서 누수되는 물에 의해 소량씩 생성되는 자기치유 생성물이 충분히 고착되기까지 시간을 많이 소요된다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0012] 본 발명은 기존 무기계 자기치유 혼화재의 성능 발현이 지연되는 단점을 개선하고자 개발된 것으로서, 빠른 자기치유 성능 발현이 가능한 새로운 자기치유 혼화재 조성물을 제공하는데 기술적 과제가 있다.

[0013] 특히 본 발명은 자기치유 성능의 빠른 발현을 위해 자기치유 반응에 필요한 칼슘이온의 용출을 촉진하는 것은 물론 더 향상된 자기치유 성능을 발현할 수 있는 새로운 조성물로 기존 무기계로 구성된 자기치유 혼화재에 무기계 소재를 융합한 자기치유 혼화재 조성물을 제공하고자 한다.

[0014] 또한 본 발명은 유무기 융합 자기치유 혼화재를 조성물을 바람직하게 포함한 시멘트 결합재 조성물을 제공하고자 한다.

**과제의 해결 수단**

[0016] 상기한 기술적 과제를 해결하기 위해 본 발명은, 수용성 규산질 분말 1~25중량부, 수용성 무기질계 겔화제 1~15중량부, 알칼리실페이트 0.5~15중량부, 알루미늄나트륨염 0.1~5중량부, 응결지연제 0.1~1.5중량부를 포함하여 구성된 무기계 자기치유 혼화재; 인산나트륨염 0.1~4중량부, 결정 셀룰로오스 0.1~3중량부, 아세트산칼슘 0.1~1.5

중량부를 포함하여 구성된 유기계 자기치유 혼화재;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유무기 융합 자기치유 혼화재 조성물을 제공한다.

[0017] 또한 본 발명은 포틀랜드시멘트 35~96중량%, 유무기 융합 자기치유 혼화재 4~65중량%를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 자기치유 시멘트 결합재 조성물을 제공한다.

**발명의 효과**

[0019] 본 발명에 따르면 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

[0020] 첫째, 본 발명에 따른 유무기 복합형태의 자기치유 혼화재 조성물은 기존 무기계 자기치유 혼화재에 인산나트륨염, 미세결정화제, 아세트산칼슘을 포함하여 구성된 유기계 자기치유 혼화재를 더 혼입함으로써 칼슘이온의 용출을 촉진시킬 수 있으며, 이로써 기존 무기계 자기치유 혼화재보다 빠른 자기치유 생성물 형성을 통해 신속한 차수성능을 구현할 수 있다.

[0021] 둘째, 본 발명에 따른 유무기 복합형태의 자기치유 혼화재에 의해 생성된 자기치유 생성물은 침상형의 결정생성물 형태를 가지고 있어 자기치유 생성물의 충전특성이 우수하며, 이에 따라 무기계 자기치유 혼화재만을 적용하는 경우보다 향상된 차수성능을 구현할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0023] 도 1은 본 발명의 시험예에서 실시예와 비교예에 대한 투수시험 결과를 나타낸 그래프이다.

도 2는 본 발명의 시험예에서 실시예와 비교예의 시험체에 대해 투수 후 미세구조를 촬영한 사진이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0024] 본 발명은 기존 무기계 자기치유 혼화재보다 빠른 자기치유 생성물 형성을 통해 신속한 차수성능을 구현할 수 있는 새로운 자기치유 혼화재 조성물에 관한 것으로, 기존 무기계 자기치유 혼화재에 인산나트륨염, 미세결정화제, 아세트산칼슘을 포함하여 구성된 유기계 자기치유 혼화재를 더 혼입한다는데 특징이 있다.

[0025] 본 발명에서 무기계 자기치유 혼화재는, 수용성 규산질 분말 1~25중량부, 수용성 무기질계 겔화제 1~15중량부, 알칼리실레이트 0.5~15중량부, 알루미늄산나트륨 0.1~5중량부, 응결지연제 0.1~1.5중량부를 포함하여 구성된다.

[0026] 수용성 규산질 분말은 실리케이티온(Si<sup>2+</sup>)을 제공하기 위한 재료원으로서 안정적인 물리성능 구현에 영향을 주는 재료가 된다. 수용성 규산질 분말은 실리카폼(Silica fume), 반응성 실리카 분말(Reactive Silica Powder) 중 하나 이상을 선택하며, 다만 SiO<sub>2</sub>함량이 90%이상이고 비중이 2.0~2.8이며 분말도가 10,000~200,000 cm<sup>2</sup>/g인 것이 적절한 반응성을 위해 바람직하다. 수용성 규산질 분말은 1~25중량부 사용하는데, 1중량부 미만이면 강도성능 향상에 기여하지 못하고 25중량부 초과하면 응결시간이 과도하게 증가하여 성형 및 시공특성이 떨어진다.

[0027] 수용성 무기질계 겔화제는 분말 형태로서 경화 후 겔형성 수분공급을 통한 ettringite 생성 작용하는 구성이다. 수용성 무기질계 겔화제는 Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, AlK(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> 중 하나 이상이면 바람직하며, 여기서 Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>는 비중 1.5~1.9, 용해도 8% 이상(25℃), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>함량 15% 이상인 공업용 Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>이면 적당하다. 수용성 무기질계 겔화제는 1~15중량부 사용하는데, 1중량부 미만이면 자기치유 수화물 생성이 낮아 균열부위 치유성능이 낮고 15중량부 초과하면 과다 사용으로 인한 팽창크랙 발생 문제가 우려된다.

[0028] 알칼리실레이트는 수분과 반응하여 팽창성 수화물 ettringite를 생성하여 균열부를 복원시키는 역할을 하는 구성으로, 0.5~15중량부 사용한다. 0.5중량부 미만이면 충분한 ettringite생성이 이뤄지지 않아 균열부위 치유성능이 낮으며, 15중량부 초과하면 경화과정에서 부분 팽창크랙 발생문제가 나타난다. 알칼리실레이트는 CaSO<sub>4</sub>, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O, CaSO<sub>4</sub>·1/2H<sub>2</sub>O 중 하나 이상이 35~70중량%이고, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 중 하나 이상이 30~65중량%인 것이 바람직하다.

[0029] 알루미늄산나트륨은 물에 용해되어 강알칼리성을 띠므로써 시멘트의 수화반응을 촉진하고 자기치유 물질의 생성, 성장에 영향을 주는 재료가 되며, 0.1~5중량부로 사용하는데 0.1중량부 미만이면 알칼리도가 낮아 수화반응 촉진영향이 미흡하여 자기치유 생성물의 형성이 낮고 초기강도가 저하되는 문제가 있고 5중량부 초과하면 알칼리도 증가로 인해 초결이 빨라 작업성이 부족해진다. 알루미늄산나트륨(NaAlO<sub>2</sub>)은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>nNa<sub>2</sub>O(n=1.3~1.8)로 구성되며,

Na<sub>2</sub>O 함량이 35% 이상, 겔보기밀도 0.4~0.7g/cm<sup>3</sup>인 것이 바람직하다.

[0030] 응결지연제는 알칼리 금속이온(K<sup>+</sup>)에 의해 초결속도를 제어하고 혼화제의 분산안정성을 증대시키는 재료가 되며, 0.1~1.5중량부 사용하는데 0.1중량부 미만이면 초결속도 제어효과가 부족하고 1.5중량부 초과하면 과도한 지연으로 인한 초기강도 확보가 어렵다. 응결지연제는 KFnH<sub>2</sub>O(n=0~2)인 것이 바람직하다.

[0031] 본 발명에서 유기계 자기치유 혼화제는, 인산나트륨염 0.1~4중량부, 결정 셀룰로오스 0.1~3중량부, 아세트산칼슘 0.1~1.5중량부를 포함하여 구성된다.

[0032] 인산나트륨염은 약산성의 특성으로 OH<sup>-</sup> 이온과 H<sup>+</sup> 이온 간 중성화결합반응이 쉽게 일어나면서 칼슘이온이 수중으로 용출되어 나오도록 해주는 역할을 하는데, 칼슘이온용출이 용이하게 됨으로써 자기치유 생성물인 탄산칼슘 생성이 더 쉽고 촉진되도록 가능한 것이다. 인산나트륨염은 0.1~4중량부 사용하며, 0.1중량부 미만이면 유기계 자기치유 생성물 형성이 저하되어 자기치유 성능 향상이 부족하고 4.0중량부 초과하면 모르타르의 알칼리 특성이 저하되어 모르타르의 물리성능, 자기치유생성물 형성 특성 및 경화특성 저하 문제가 나타난다. 인산나트륨염은 Na<sub>x</sub>H<sub>y</sub>PO<sub>4</sub>nH<sub>2</sub>O(x=1~3, y=0 또는 1, n=1/2, 6, 8, 12)이면 바람직하다.

[0033] 결정 셀룰로오스는 섬유상 형태로 자기치유 생성물이 성장되는 것을 도와주는 역할을 하는 재료가 되는데, 미세 셀룰로오스결정이 망상구조를 형성하고 있는 것으로서 평균입경 6~50micron, 비중 1.50~1.60이며 알칼리조건에서 일부 팽창특성이 있으면 된다. 결정 셀룰로오스는 0.1~3중량부 사용하는데, 0.1중량부 미만이면 유기계 치유 생성물 형성이 저하되어 자기치유 성능 향상이 부족하고, 3중량부 초과하면 과도 혼입으로 초기 혼합 특성 저하와 경화 시편에 대한 물리성능 저하가 나타난다.

[0034] 칼슘염은 자기치유 생성물 형성에 도움이 되도록 추가적으로 칼슘이온을 제공하기 위해 사용한 재료가 되며, 0.1~1.5중량부 사용한다. 0.1중량부 미만이면 자기치유 생성물 형성에 필요한 칼슘이온 용출특성 향상이 낮아져 치유 성능 향상이 부족하고, 1.5중량부 초과하면 과도한 응결지연으로 인한 강도특성 저하가 나타난다. 칼슘염은 formate, acetate, propionate, butyrate 중 하나 이상에 칼슘이 결합된 형태이면 적합하며, 실시예에서는 아세트산의 칼슘염인 아세트산칼슘을 바람직하게 적용하고 있다.

[0036] 이상 살펴본 무기계 자기치유 혼화제와 유기계 자기치유 혼화제는 1:0.2~1의 중량비로 혼합하는 것이 바람직한데, 이는 아래 [시험예]의 결과에 따른 것으로 초기는 물론 중장기 자기치유 성능 발현을 극대화하기 위함이다. 이렇게 혼합된 유기계 용합 자기치유 혼화제는 시멘트에 혼입하여 시멘트 결합제로 사용할 수 있다. 이 경우 보통포틀랜드시멘트 35~96중량%와 유기계 용합 자기치유 혼화제 4~65중량%로 조성하면 바람직하다. 이 범위에서 시멘트의 강도성능 발현과 자기치유 혼화제의 특성 발현이 유리하게 일어난다.

[0038] 이하에서는 시험예에 의거하여 본 발명을 상세히 살펴본다. 다만, 아래의 시험예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐이며, 본 발명의 범위가 이로써 한정되는 것은 아니다.

[0039] [시험예] 유기계 용합 자기치유 혼화제의 특성

[0040] 1. 시멘트 페이스트 배합

[0041] 아래 [표 1]과 같은 조성으로 시멘트 결합제를 준비하고, 이 시멘트 결합제에 45%의 물을 배합하였다.

**표 1**

시멘트 결합제의 조성

[0042]

구성 성분	실시예1 (무기계 8% +유기계2%)	실시예2 (무기계 5%+ 유기계5%)	비교예1 (OPC 단독)	비교예2 (무기계 10%)	비고
포틀랜드시멘트	90	90	100	90	분말도 3,300~3,500cm <sup>2</sup> /g

무기계	수용성 규산질 분말	4.1	1.7	-	4.7	SiO <sub>2</sub> 함량: 93%, 비중: 2.3, 분말도: 74,000cm <sup>2</sup> /g
	수용성 무기질계 겔화재	2	1.8	-	1.8	비중: 1.8, 용해도: 13.3%(25℃), Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 함량 18.9%
	알칼리 설페이트	0.9	0.7	-	1.9	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O 54중량%, K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 46중량%
	알루미늄 나트륨	0.9	0.6	-	1.2	Na <sub>2</sub> O 함량 38%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> nNa <sub>2</sub> O(n=1.7), 겔보기밀도: 0.52g/cm <sup>3</sup>
	응결 지연제	0.1	0.2	-	0.4	중성, 비이온성, n=2
유기계	인산 나트륨염	1	2.4	-	-	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O, pH(1% sol'n) 4.2~4.6, Na <sub>2</sub> O함량 18.8~20.0%
	미세 결정화재	0.85	1.88	-	-	결정셀룰로오스, pH(10% sol'n) 5.5~6.0, 평균입경 30~40micron, 비중 1.56
	아세트산 칼슘	0.15	0.72	-	-	calcium acetate로 칼슘염으로 acetate를 사용, pH(5% sol'n) 8.11, Cl 0.05%, SO <sub>4</sub> 0.01%
계		100			-	

[0044] 2. 시멘트 페이스트의 특성

[0045] 위 [표 1]에 따른 시멘트 결합재를 이용한 페이스트에 대하여, 재령별 자기치유 성능을 측정하였다. 자기치유 성능은 시험체 상하부를 0.3~0.5mm 간격의 관통부를 가지도록 성형하여 항온항습조건에서 1일간 양생한 후 성형된 간격부위를 통해 물을 지속적으로 투수한 상태에서 투수 경과일별 투수량 변화로 확인하였다. 그 결과 아래 [표 2] 및 도 1과 같이 나타났다. 유기계 자기치유 혼화재의 영향을 확인하기 위해 무기계 자기치유 혼화재를 분체 대비 10% 사용한 비교예2와 달리 실시예1,2에서는 각각 무기계 자기치유 혼화재의 일부를 유기계 자기치유 혼화재로 대체 사용하였다.

표 2

투수 경과일별 투수량(ml/sec)

[0046]

구분	0day	1day	3day	5day	7day	14day	28day
실시예1 (무기계8%+유기계2%)	0.364	0.174	0.062	0.047	0.024	0.016	0.011
실시예2 (무기계5%+유기계5%)	0.324	0.110	0.032	0.029	0.026	0.010	0.014
비교예1 (시멘트 단독)	0.378	0.287	0.237	0.217	0.207	0.194	0.200
비교예2 (무기계10%)	0.300	0.195	0.107	0.086	0.052	0.028	0.011

[0047] 결합재로 시멘트만을 사용한 비교예1의 경우 무기계 자기치유 혼화재 및 유기계 자기치유 혼화재를 사용한 조건 (비교예1, 실시예1,2)에 비해 투수량 감소가 낮은 것으로 확인되었다. 또한 유무기 융합 자기치유 혼화재를 치환 적용한 실시예1,2는 비교예1보다 우수한 자기치유 성능(투수량 감소)을 확인할 수 있으며, 무엇보다도 무기계 자기치유 혼화재만을 사용한 비교예2에 비해 투수 경과 초기에 자기치유 성능(투수량 감소) 발현이 우수한 것을 확인할 수 있다.

[0048] 또한 실시예1보다 실시예2가 투수 시작 후 7일 이내 경과일에 따른 자기치유 성능(투수량 감소)이 더 우수한 것

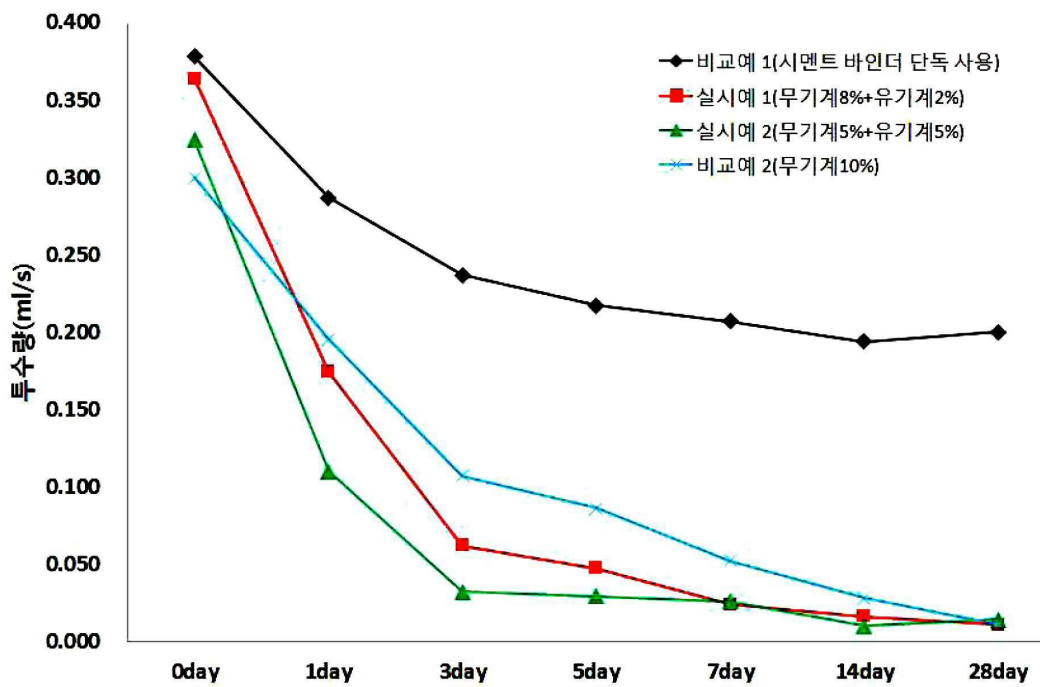
으로 나타났는데, 이는 유기계 자기치유 혼화재 치환율이 높을수록 투수 초기 자기치유 성능 발현에 효과적이라는 것을 알 수 있다. 다만 28일 경과일에 따른 자기치유 성능(투수량 감소)은 실시예2보다 실시예1이 더 우수한 것으로 나타나 유기계 혼화재는 무기계 혼화재를 초과하지 않는 수준에서 사용하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

[0049]

도 1은 실시예2와 비교예2의 시험체에 대해 투수 후 자기치유 생성물에 대한 미세구조를 촬영한 사진이다. 기존 무기계 자기치유 혼화재만을 적용한 비교예2의 자기치유 생성물은 결정형태의 생성물이 충전되는 것을 알 수 있으나, 유기기 융합 자기치유 혼화재를 적용한 실시예2의 자기치유 생성물은 침상형태의 결정이 형성되는 것을 알 수 있으며, 이에 따라 실시예2의 자기치유 생성물은 서로 간에 망(mesh) 형태로 생성되어 자기치유 성능이 더 빠르게 발현되는 것으로 볼 수 있다.

도면

도면1



도면2



자기치유생성물 (실시예 2)



자기치유생성물 (비교예 2)