



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년07월08일

(11) 등록번호 10-1636282

(24) 등록일자 2016년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C04B 18/14 (2006.01) C04B 14/10 (2006.01)

C04B 18/08 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C04B 18/14 (2013.01)

C04B 14/10 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0014810

(22) 출원일자 2015년01월30일

심사청구일자 2015년01월30일

(56) 선행기술조사문헌

JP2011256324 A*

KR1020120048133 A*

KR1020100130470 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

건설자원기술단 주식회사

전라남도 여수시 덕충2길 32, 4층408호(덕충동, 전남창조경제혁신센터)

(72) 발명자

박원춘

전라북도 전주시 덕진구 호반6길 24 (덕진동2가)

(74) 대리인

최규성

전체 청구항 수 : 총 4 항

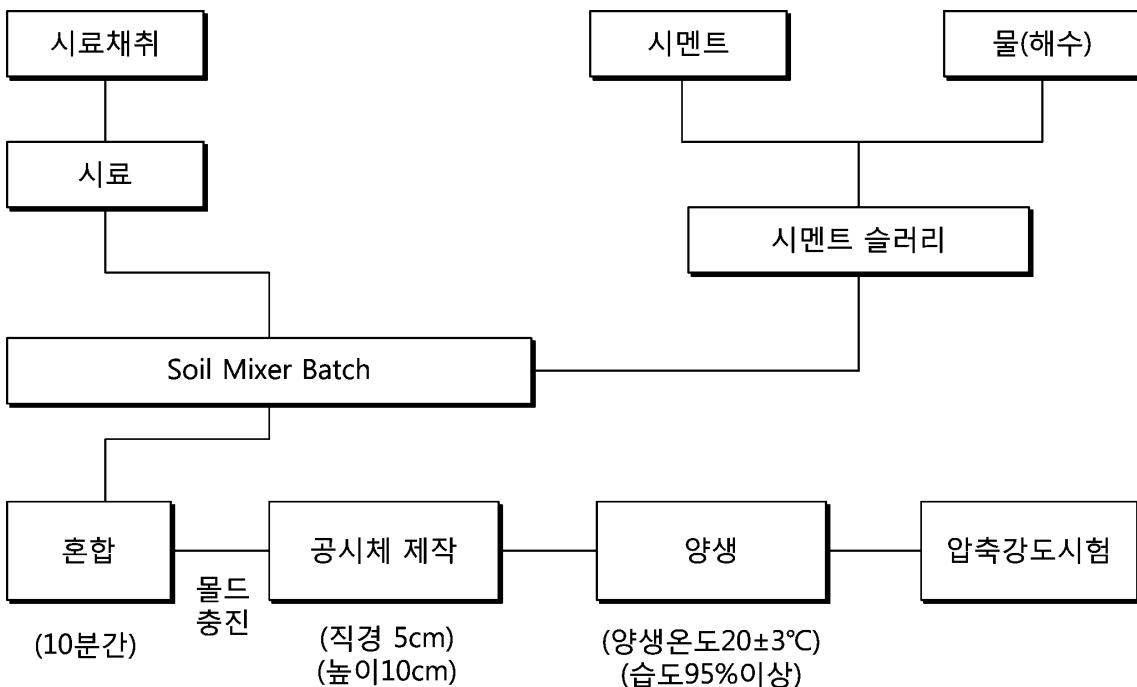
심사관 : 문영준

(54) 발명의 명칭 심층혼합공법용 고화재

(57) 요 약

본 발명은 0.044mm(44 μm)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 제3종 고로슬래그 시멘트 100중량부에 대하여 0.044mm(44 μm)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 수쇄 폐로니켈 슬래그 미분말 10~100중량부, 0.044mm(44 μm)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 경소백운석 미분말

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1

10~100중량부를 포함하는 심층혼합공법용 고화재에 관한 것이다.

본 발명에 따르면, 페로니켈 슬래그 미분말과 경소백운석 미분말의 유리화된 CaO, SiO₂ 성분들이 3종 고로슬래그 시멘트의 수화반응시 생성되는 알칼리 및 황산염의 자극에 의해 활성화되어 1종 보통시멘트를 사용하는 고화재와 동등 이상의 강도를 발현할 수 있다.

또한, 본 발명에서는 별도의 팽창제를 포함하지 않고도, 페로니켈 슬래그 미분말과 경소백운석 미분말에 각각 30 중량% 이상 함유된 MgO 성분이 배합수(H₂O)와 만나 Mg(OH)₂로 전이되면서 강도를 발현하는 동시에 팽창하는 체적 팽창작용을 이용하여 연약한 지하의 지반을 개량시킬 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

C04B 18/08 (2013.01)

C04B 28/08 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급되고, 1종 포틀랜트 시멘트 50%, 고로슬래그 미분말 45%, 석고 5%의 비율로 구성된 제3종 고로슬래그 시멘트 100중량부에 대하여,

0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급되고, 물에 의해 슬래그를 금냉시킨 수쇄 금냉 페로니켈 슬래그를 분말화시킨 페로니켈 슬래그 미분말 10~100중량부, 및

0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 경소백운석 미분말 10~100중량부를 포함하는 것을 특징으로 하는 심층혼합공법용 고화재로서,

상기 고화재는 그 이송 거리가 육상 공사의 경우 수십 내지 수백 미터이고, 해상 공사의 경우 70m까지인 심층공법에 이용되는 것을 특징으로 하는 심층혼합공법용 고화재.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 심층혼합공법용 고화재에는 포줄란 활성 물질인 플라이애시가 더 포함되는 것을 특징으로 하는 심층혼합공법용 고화재.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 플라이애시는 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급되고, 이산화규소 함량이 30중량% 이상인 석탄연소 플라이애시인 것을 특징으로 하는 심층혼합공법용 고화재.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 석탄연소 플라이애시는 3종 고로슬래그 시멘트 100중량부에 대하여 10~100중량부 포함되는 것을 특징으로 하는 심층혼합공법용 고화재.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 시멘트의 함량을 최소화한 심층혼합공법용 고화재에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 육지 또는 바다의 연약지반을 심층까지 천공하고 연약한 원지반과 고화재를 혼합하여 지반을 개량하는 심층혼합처리공법용 고화재에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

일반적으로 연약지반을 개량하기 위한 심층혼합공법은 점성토 및 사력토 지반에서 토류벽체를 형성하거나 차수를 위하거나 연약지반을 보강하기 위한 목적으로 시공되는데 일반적으로 시멘트와 벤토나이트를 혼합하여 사용되어 왔다.

[0003]

이 중 시멘트의 경우 수화하면서 수축을 하는 특성 때문에 차수 목적을 위하여 벤토나이트를 사용하는데 상기 벤토나이트는 국내에 천연자원으로 부존하지 않는 광물로서 전량 수입에 의존하고 있는 고가의 재료이며 염분과 접촉하면 그 팽윤도가 현저히 떨어져 차수성이 크게 저하되는 문제점이 있어 해상 심층혼합공법용으로는 적절하지 않다.

[0004]

또한 시멘트의 경우 주원료인 석회석을 채광하여 1,450°C의 고온에서 소성하여 제조되는 관계로 석회석의 탈탄

산 과정에서 온실가스의 주원인인 다량의 CO₂ 가스가 발생하여 대기환경에 치명적인 해를 준다. 또한 시멘트의 경우 pH가 12 이상에 달할 정도로 강한 알칼리이기 때문에 토양에 사용하였을 경우 바람직하지 않다.

[0005] 최근에는 이러한 기존의 시멘트를 고화재로 사용하는 문제점을 개선하기 위한 여러 기술들이 제시되고 있다.

[0006] 예를 들면, 한국 등록특허 제10-0845248호에서는 고로슬래그 시멘트에 생석회와 무수석고를 혼합한 후 분말도를 향상시키기 위한 목적으로 진동밀을 이용하여 분쇄를 하고 이 분쇄물에 유동성 및 침투성을 향상시키기 위한 폴리카르본산계 혼화제 0.1중량% ~ 0.5중량%를 다시 혼합하는 소일시멘트 공법용 고화재의 제조방법을 제안하였다.

[0007] 그러나, 상기 방법은 1차로 생산된 제품을 구매한 후 진동밀이라는 거대한 장치를 가지고 다시 분쇄하는 공정이 필요하기 때문에 공정이 복잡해지고, 추가 비용이 늘어나는 문제가 있다. 또한, 진동밀로 분쇄시킨 분쇄물에 폴리카르본산계 혼화제 0.1중량% ~ 0.5중량%를 다시 혼합하는 기술을 제시하였으나, 현재의 기술로 분체에 0.1~0.5중량%의 원료를 고르게 혼합할 수 있는 상용화 방법은 없는 상태로서 매우 많은 비용이 들어가며, 기술적으로도 상용화되기 어려운 비합리적인 방법이라 할 수 있다.

[0008] 또한, 한국 등록특허 제10-0374122호에서는 시멘트 100중량부에 대하여 5 내지 40중량부의 석고와 5 내지 30중량부의 석회와 20 내지 200중량부의 2가지 입도(15 내지 30μm-50 내지 60중량부, 3 내지 8μm-40 내지 50중량부)를 갖는 포줄란 물질과 계면활성제를 포함하는 기술을 제시하였다.

[0009] 그러나 이 방법은 시멘트를 주원료로 하는 점이 본 발명과 상이하고, 시멘트를 주원료로 사용하기 때문에 상술한 문제들을 여전히 가지고 있다. 특히 포줄란 물질을 15 내지 30μm, 3 내지 8μm의 2가지 입도로 분리시켜 사용하고 있는데, 현존하는 기술로서 상기 포줄란 물질의 마이크로 입도 단위로 분리할 수 있는 것인지에 대해서는 의문을 갖지 않을 수 없다.

[0010] 또한, 한국 등록특허 제10-0553732호에서는 평균입경이 10~15μm인 알루미노-실리케이트계 산업부산물 70~80 중량부, 평균입경이 20~30μm인 석고계 부산물 10~25 중량부 및 알칼리계 부산물 5~10 중량부를 포함하는 고화재를 제시하였다. 그러나 이 기술 역시 주원료인 알루미노-실리케이트계 산업부산물의 평균입경이 커서 롤러밀, 볼밀, 진동밀 등을 이용하여 분쇄하여 입도를 조정해야 하는 공정상 어려움과 문제가 있다.

[0011] 또한, 한국 등록특허 제10-0431797호의 경우도 고로슬래그, 석고, 수산화나트륨, 황산알루미늄, 생석회 또는 소석회, 석회석, 조경제를 혼합한 후 다시 분쇄하는 비소성시멘트 제조방법을 제시하고 있다.

[0012] 이러한 기술은 시멘트 대신 고로슬래그 및 플라이애시를 주재료로 한 변형 기술로서 포줄란 반응 및 에트링가이트 형성을 향상시키기 위하여 알칼리 자극제 및 황산염자극제를 다양한 원료 또는 배합원료로 추가하는 알칼리 활성화 슬래그(A.AS : Alkali Activated Slag)를 배경으로 한 변형기술이다.

[0013] 그러나, 상기 이러한 기술들은 제조공정이 매우 복잡하고 원료의 전처리에 많은 비용이 수반되며, 여러 가지 원료를 동시에 사용해야 하기 때문에 원료의 물리 화학적 품질특성 변동에 따른 배합의 선정이 어려워 상용화되기에는 어려운 측면이 있다.

[0014] 또한 본 발명자의 선행특허인 해상심층혼합공법용 고화재(출원번호 : 2012-0096158)와 속경성 해상심층혼합공법용 고화재(출원번호 : 2012-0096159), 그리고 지반보강용 고화재(등록번호 : 10-1331057) 등에서는 고로슬래그 미분말, 페트롤 코우쿠스 탈황석고 및 팽창재를 활용한 조성물을 제시한바 있다.

[0015] 그러나 이러한 기술은 고화대상 지반 토양과 단순 혼합 시 충분한 강도가 발현되었으나, 실제 심층혼합공법이 시공되는 현장에 적용하기 위해서는 강도발현의 부족, 원재료 중의 조립분으로 인한 이송배관 막힘 현상 발생으로 인한 시공 중단 등 많은 문제점이 도출되어 상용화되기에 한계가 있다.

[0016] 또한 상기 기술 등은 그 조성물에 팽창제를 별도로 포함하는데 본 발명에서는 경소백운석의 활성화 반응과 팽창작용을 이용하기 때문에 별도의 팽창재를 사용하지 않는 차별성이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0017] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 10-0845248호

(특허문헌 0002) 한국 등록특허 제10-0374122호

- (특허문현 0003) 한국 등록특허 제10-0553732호
- (특허문현 0004) 한국 등록특허 제10-0431797호
- (특허문현 0005) 한국 출원특허 제 2012-0096158호
- (특허문현 0006) 한국 출원특허 제 2012-0096159호
- (특허문현 0007) 한국 등록특허 제10-1331057호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명은 상술한 선행기술의 제반 문제점을 보완하여 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 3종 슬래그 시멘트의 수화반응을 이용하고 페로니켈 슬래그 및 경소백운석의 체적 팽창작용 및 활성화 반응을 이용하여 1종 보통시멘트와 동등 이상의 강도를 발현할 수 있고, 페로니켈 슬래그와 경소백운석에 다량으로 함유된 팽창성 물질로 인해 별도의 팽창제를 필요로 하지 않으면서 충분한 체적 팽창작용을 발현하는 특징을 활용하여 토양을 개량시키는 것을 목적으로 하는 심층혼합공법용 고화재를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0019] 본 발명에 의한 심층혼합공법용 고화재는 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 제3종 고로슬래그 시멘트 100중량부에 대하여 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 수쇄 페로니켈 슬래그 미분말 10~100중량부, 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 경소백운석 미분말 10~100중량부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 상기 심층혼합공법용 고화재에는 포출란 활성 물질인 플라이애시가 더 포함될 수 있다.
- [0021] 상기 플라이애시는 이산화규소 함량이 30중량% 이상이며, 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 석탄연소 플라이애시가 바람직하다.
- [0022] 상기 석탄연소 플라이애시는 상기 3종 고로슬래그 시멘트 100중량부에 대하여 10~100중량부 포함되는 것일 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 본 발명에 따르면, 페로니켈 슬래그 미분말과 경소백운석 미분말의 유리화된 CaO , SiO_2 성분들이 3종 고로슬래그 시멘트의 수화반응시 생성되는 알칼리 및 황산염의 자극에 의해 활성화되어 1종 보통시멘트를 사용하는 고화재와 동등 이상의 강도를 발현할 수 있다.
- [0024] 또한, 본 발명에서는 별도의 팽창제를 포함하지 않고도, 페로니켈 슬래그 미분말과 경소백운석 미분말에 각각 30중량% 이상 함유된 MgO 성분이 배합수(H_2O)와 만나 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 로 전이되면서 강도를 발현하는 동시에 팽창하는 체적 팽창작용을 이용하여 연약한 지하의 지반을 개량시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1은 DCM 실내 배합 시험 흐름도를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 이하에서 본 발명을 더욱 상세하게 설명하면 다음과 같다.
- [0027] 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 단수 형태는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 경우 "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급한 형상들, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소 및/또는 이를 그룹의 존재를 특정하는 것이며, 하나 이상의 다른 형상, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소 및/또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다.

- [0028] 이하, 본 발명에 의한 심층혼합공법용 고화재에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0029] 본 발명에 의한 심층혼합공법(SCW:Soil Cement Wall, DCM : Deep Cement Mixing, DSP : Deep Soil Mixing Pile, DSM : Deep Soil Mixing 등)용 고화재는 원료 분쇄, 분급, 원료 저장, 원료 계량, 혼합 및 제품저장의 단계를 거쳐 제조되는데, 이 중 특히 원료의 분쇄와 분급이 대단히 중요하다.
- [0030] 심층혼합공법은 시멘트나 고화재를 물과 혼합하여 묽은 혼탁액을 만들고 펌프를 이용하여 이송시키고, 지반과 혼합 교반하는 형태로 시공된다. 육상 공사의 경우 고화재 교반기로부터 천공장비까지의 이송 거리가 수십 내지 수백 미터에 달하며, 해상 공사의 경우 시공 심도에 따른 장비별로 그 차이는 있으나 높게는 약 70m 까지 수직으로 고화재 혼탁액을 이송시킨다.
- [0031] 따라서, 심층혼합공법을 이용하는 경우, 원료 중 조립분의 비율을 반드시 통제하여야 한다. 만일 모든 원재료에 묽은 입자가 포함되면 직경이 약 2~4cm에 불과한 이송배관에 침침물이 쌓여 초기에는 배송 압력이 떨어져 시공 효율이 하락하다가 시간이 경과하면서 이송 배관이 막혀 공사가 불가능하게 되거나 이송배관이 파손되어 공사 중지는 물론 많은 경제적 손실을 끼치는 경우가 발생한다.
- [0032] 더구나 시멘트에 비하여 고화재는 저비중 물질이 상당히 많이 포함되기 때문에 중량으로 계량하는 물과 고화재의 비율 특성상 상대적으로 분체량이 증가하게 되어 혼탁액의 농도가 되게(진하게) 된다. 그렇기 때문에 배송 효율이 떨어지는 원초적인 문제점을 가지고 있는 상태에서 원재료에 조립분이 포함되면 시공 상에 많은 문제를 발생시켜 공사 현장에 적용이 불가능하다.
- [0033] 일반적으로 사용되는 보통 포틀랜드 시멘트와 고로슬래그 시멘트는 입자의 크기를 비표면적(blaine 방법)으로 관리하나 제조공정상 조립분의 함유를 통제하기 위하여 제품 중 0.044mm(44μm)체 잔분을 10±1%의 범위로 관리하고 있다.
- [0034] 그러나 경소백운석 및 페로니켈 슬래그는 그 발생 특성과 제조 공정상의 원인으로 0.044mm(44μm)체 잔분이 20%를 넘는 경우도 발생을 할 수 있다. 따라서 원활한 시공을 위하여 모든 원재료는 0.044mm(44μm)체 잔분이 10%를 초과하지 않도록 분쇄 분급되는 것이 중요하다.
- [0035] 따라서, 본 발명에 따른 심층혼합공법용 고화재 조성물에 포함되는 각 구성 성분들도 분쇄시켜 사용하는 것이 필요하다.
- [0036] 이하, 본 발명에 의한 심층혼합공법용 고화재 조성물의 구성성분 및 작용을 설명한다.
- [0037] 본 발명에 의한 시멘트의 사용을 최소화한 심층혼합공법용 고화재는 0.044mm(44μm)체 잔분이 10% 미만으로 검사 판정 되거나, 분쇄 분급된 제3종 고로슬래그 시멘트 100중량부에 대하여 0.044mm(44μm)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 수쇄 페로니켈 슬래그 미분말 10~100중량부, 0.044mm(44μm)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 경소백운석 미분말 10~100중량부를 포함한다.
- [0038] 본 발명에서 사용되는 제3종 고로슬래그 시멘트는 KS(한국산업규격) 인증제품으로서, 그 구성 성분은 1종 포틀랜트 시멘트 약 50%, 고로슬래그 미분말 약 45%, 석고 약 5%의 비율로 구성되어 있다.
- [0039] 상기 제3종 고로슬래그 시멘트가 강도를 발현하는 원리는 1종 포틀랜트 시멘트가 먼저 물과 반응하여 수화반응을 개시하는데, 수화 초기에 시멘트 중의 CaO 성분이 배합수와 결합하여 Ca(OH)₂로 전이되며, 상기 전이된 Ca(OH)₂ 알칼리 성분이 고로슬래그 미분말을 자극하여 고로슬래그의 잠재수경성을 활성화시키는 역할을 한다. 또한 소량 포함된 석고도 마찬가지로 알칼리 및 황산염 자극제로서 기능하여 고로슬래그의 잠재수경성을 활성화시키는 역할을 수행한다.
- [0040] 또한 본 발명의 심층혼합공법용 고화재에는 0.044mm(44μm)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 수쇄 페로니켈 슬래그 미분말을 포함한다. 페로니켈 슬래그는 페로니켈 제조공정에서 발생되는 부산물로 2014년 현재 우리나라에서 연간 200만톤 발생하는 제조공정이 가동되고 있다. 페로니켈이란 철 80%와 니켈 20%

를 함유한 합금철을 일컫는 용어로서, 주로 스테인레스강의 원료로 사용된다. 페로니켈의 원료는 사문암을 모암으로 하는 산화니켈광이며 일반적으로 순수한 니켈의 품위는 원광의 2~3%로 낮은 편이고 1,500°C 이상의 정련공정을 거쳐 니켈 1톤 생산 시 약 30톤의 페로니켈 슬래그가 발생한다고 알려져 있다.

[0041] 이 페로니켈 슬래그는 일부를 소결용 원료로 사용하거나 도로용 골재, 코크리트용 골재 등으로 일부 재활용 되고 있으나, 대부분을 매립 등으로 폐기하고 있는 형편이다.

[0042] 페로니켈 슬래그의 광물 조성은 휘석과 감람석을 주체로 하고 있어 천연의 감람암(Olivine)과 유사하다. 페로니켈 슬래그에 포함된 SiO₂, MgO, FeO, CaO 등을 광물분석을 해보면 완화휘석(Enstatite), 고토 감람석(Forsterite), 투휘석(Diopside) 등의 결정성 광물과 비정질 유리(glass)상으로 형성되어 있다. 이와 같은 광물 조성의 비율과 비정질 유리상의 양과 성질은 페로니켈 슬래그의 냉각조건 등에 의해 변화하여 화학적 자극에 의한 반응성 등 화학적 성질에 영향을 미친다.

[0043] 본 발명에 의한 페로니켈 슬래그의 냉각조건은 물에 의해 슬래그를 급냉한 수쇄 페로니켈이며, 사용 재료는 수쇄 급냉 페로니켈 슬래그를 분말화한 것이다. 비정질 물질의 양이 많을수록 화학적 활성도가 크다는 것과 비정질 물질의 양이 많아지기 위해서는 급냉이 필수조건이라는 것은 일반적으로 널리 알려진 사실이다.

[0044] 다음 표 1에 본 발명에서 사용되는 페로니켈 슬래그 미분말의 화학적 조성을 %로 나타내었다.

표 1

함량(%)	화학 조성					
	SiO ₂	MgO	CaO	Al ₂ O ₃	T-Fe	T-Ni
Fe-Ni 슬래그	52.4	35.6	0.9	1.6	4.6	0.03

[0046] 상기 표 1을 참조하면, 페로니켈 슬래그 미분말의 주요 화학 성분은 유리화된 SiO₂와 MgO이다. 잘 알려진 바와 같이 SiO₂는 활성화하여 강도가 발현하는 속도가 CaO나 Al₂O₃에 비하여 늦게 개시된다. 또한 MgO는 물과 반응하여 Mg(OH)₂로 전이되면서 팽창하는 물질이다. 시멘트에서는 MgO의 함량을 제한하고 있는 것도 팽창성 때문이라 알려져 있다.

[0047] 따라서 시멘트의 주성분인 CaO를 거의 함유하고 있지 않으며, 팽창성을 나타내기 때문에 콘크리트가 양생된 후 팽창에 의한 균열을 우려하여 페로니켈 슬래그가 시멘트의 원료 및 혼화재료로 사용되지 못하고 있는 것이다.

[0048] 그러나, 본 발명에서는 이러한 팽창성을 오히려 이용하여 지반의 구속압을 증가시키는 재료로 활용하는 데 특징이 있다.

[0049] 본 발명에서는 이러한 0.044mm(44μm)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 수쇄 페로니켈 슬래그 미분말을 상기 제3종 고로슬래그 시멘트 100중량부에 대하여 10~100중량부 혼입시키는 것이 바람직하다. 페로니켈 슬래그 미분말의 함량이 10중량부 미만으로 혼입될 경우 팽창성 물질인 MgO의 함량이 상대적으로 낮게 되어 요구하는 팽창이 일어나지 않아 소정의 목적을 달성할 수 없게 되며, 100중량부를 초과하여 혼입될 경우 팽창효과는 더욱 커지나 상대적으로 잠재수경성 물질인 CaO의 함량이 낮게 되어 요구되는 강도를 발현할 수 없게 된다.

[0050] 또한 본 발명의 심충혼합공법용 고화재에는 0.044mm(44μm)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 경소백운석을 포함한다.

[0051] 경소백운석은 백운석을 비교적 낮은 온도에서 하소하여 생산한 물질이다. 아래의 하소온도에 따른 흡열반응(반응식 1)과 같이 600 ~ 800°C의 온도에서 MgCO₃가 먼저 탈탄산되어 반응성이 높은 비정질 상태의 활성마그네시아로 전이되며, 800 ~ 1000°C의 온도에서 CaCO₃가 탈탄산되어 반응성이 높은 산화칼슘으로 전이된다.

[0052] (반응식 1)



[0054] 800~1000°C : $\text{CaCO}_3 + \text{MgO} = \text{CaO} + \text{MgO} + \text{CO}_2 \uparrow$

[0055] 또한, 본 발명에 따른 경소백운석 미분말의 화학적 조성은 다음 표 2와 같다.

표 2

성분(%)	SiO_2	MgO	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	SO_3
경소백운석 (Light Burned Dolomite)	4.3	30.6	52.3	3.7	1.8	0.7

[0057] 이 경소백운석의 활성 마그네시아는 다음 반응식 2와 같이, 초기 반응성이 매우 강한 비정질(Amorphous) 상태로 존재하기 때문에 시멘트와 혼합되어 물과 수화 반응하면 결정질의 Brucite를 형성한다.

[0058] (반응식 2)

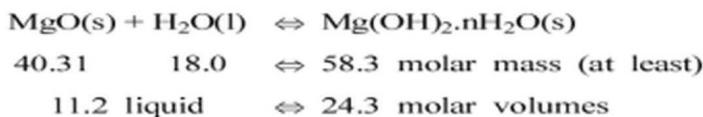


[0059]

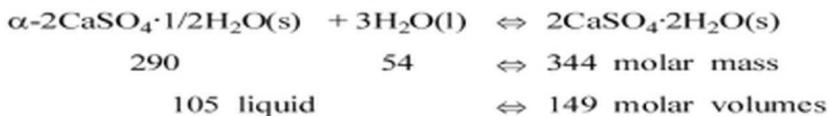
[0060] 위의 수화 반응식과 같이 수화 초기에는 다량의 Brucite(Mg(OH)_2) 젤이 형성되면서 많은 양의 과잉수분을 결정 수로서 가두어 두며, 이는 시멘트의 수화초기에 생성되는 ettringite와 같은 공극 수화물의 비율을 상대적으로 줄이는 결과가 되어 치밀한 조직을 형성하고 그 결과 압축강도 상승에 기여한다. 또한 활성 마그네시아는 수화 시 생석회나 반수석고 등의 팽창재와 유사한 팽창작용을 하는데 그 반응식은 다음과 같다.

[0061] (반응식 3)

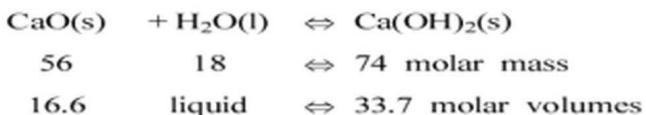
*활성마그네시아의 수화 팽창율: 217%



* α 형 반수석고 수화 팽창율: 142%



*생석회 수화 팽창율: 201%



[0062]

[0063] 수화반응시 MgO 로부터 형성되는 Mg(OH)_2 결정의 부피는 MgO 와 H_2O 부피의 합보다 두배 이상 팽창하게 된다. 따라서, 본 발명에서는 경소백운석의 이러한 팽창작용과 CaO 가 Ca(OH)_2 로 지속적으로 전이되는 알칼리 자극효과를 복합적으로 활용하는 것이다.

[0064]

한편, 백운석을 아주 높은 고온에서 연소(사연소:Dead-Burn)하여 탈탄산된 MgO 는 사연소 마그네시아(Periclase)라 하는데 이는 활성마그네시아와 같이 초기에 팽창작용을 하는 것이 아니라 경화 후기 매우 늦은 재령에서 지나친 팽창을 유발하여 콘크리트 구조물의 균열을 일으키게 된다. 시멘트의 소성온도는 1,450°C 이상이기 때문

에 시멘트 클링커 제조과정에서 생성된 MgO는 사연소 마그네시아(Periclase)이며 이러한 이유로 시멘트 제조시에는 MgO의 함량을 엄격히 제한하고 있다.

[0065] 본 발명에서는 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만으로 분쇄 분급된 경소백운석을 사용하는 것이 이송배관에 침점물이 쌓여 초기에는 배송 압력이 떨어져 시공 효율이 하락하다가 시간이 경과하면서 이송 배관이 막혀 공사가 불가능하게 되거나 이송배관이 파손되는 등의 문제를 발생시키지 않는다.

[0066] 이러한 상기 경소백운석은 제3종 고로슬래그 시멘트 100중량부에 대하여 10~100중량부 혼입되는 것이 바람직하다. 경소백운석이 10중량부 미만 혼입되면 페로니켈 슬래그의 유리화된 규산 성분을 자극하여 활성화시키기 위한 알칼리 자극제로서 그 효과가 미미하고, 100중량부를 초과하면 페로니켈슬래그 및 고로슬래그와 반응하지 못한 잉여량이 존재할 수 있으며, MgO 성분의 과다로 과팽창을 나타내거나 강도가 저하될 우려가 있다.

[0067] 또한 본 발명에 따른 심층혼합공법용 고화재에는 선택적으로 장기 강도의 증진을 위하여 포졸란 활성을 나타내는 플라이애시가 더 포함될 수 있다.

[0068] 상기 플라이애시는 포졸란 활성을 나타내는 이산화규소 함량이 30중량% 이상, 바람직하기로는 45 ~ 65중량%이고, 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만으로 검사판정 되거나, 분쇄 분급된 석탄연소 플라이애시인 것이 포졸란 활성 발현을 위해 바람직하다.

[0069] 상기 플라이애시는 3종 고로슬래그 시멘트 100중량부에 대하여 10~100중량부 혼입되는 것이 바람직하다. 상기 플라이애시의 혼입량이 10중량부 미만이면 포졸란활성 물질이 부족하여 고화재의 장기 강도 향상에 대한 효과가 부족하며, 100중량부를 초과하면 장기적인 포졸란 활성의 증가로 장기 강도는 상승이나 상대적으로 초기 강도가 하락하게 되어 소정의 목적을 달성할 수 없다.

[0070] 이하 본 발명에 의한 심층혼합공법용 고화재 제조방법의 각 공정에 대하여 설명한다.

[0071] 본 발명에 의한 심층혼합공법용 고화재는 원료 분쇄, 분급, 원료 저장, 원료 계량, 혼합 및 제품저장의 단계를 거쳐 제조된다.

[0072] 먼저, 모든 원재료가 입고되면 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분에 대한 검사를 실시한다. 특히 탈황 석고의 경우 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 40% 넘는 경우가 대부분이어서 반드시 검사가 수행되어야 한다. 검사결과 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10% 미만이면 원료저장고에 입고 조치하며 검사결과 0.044mm($44\mu\text{m}$)체 잔분이 10%를 초과하면 정량공급기를 거쳐 분쇄기에 원료를 투입하여 입자를 잘게 부수는 공정을 거쳐야 한다. 상기 분쇄기는 볼 밀, 진동 밀, 베티 칼 밀 등을 사용할 수 있다.

[0073] 분쇄된 산물을 공기분급기를 통해 입자분급을 실시한다. 이 분급기는 정분과 조분과 초정분이 분리되는 배풍기를 포함한 집진기와 연동되는 공기분급기를 사용한다.

[0074] 저장된 원료는 본 발명의 구성 비율에 따라 계량기에 의해 계량되고 분체 믹서에 의해 균질하게 혼합한 후 제품저장고에 입고하는 단계를 거친다.

[0075] 다음 도 1에는 본 발명에 따른 심층혼합공법용 고화재를 제조하는 공정, 및 상기 제조된 고화재에 해양준설토, 및 바닷물을 첨가하여 고화토를 제조한 다음, 공시체를 제작하여 양생하는 과정, 및 압축강도 측정에 이르기까지 일련의 흐름도를 나타낸 것이다. 상기 각 과정은 일본의 “海上工事における深層混合處理工法技術マニコアル(改訂版)”에서 제시한 배합시험 방법에 따라 수행하였다.

[0076] 상기 고화토는 상기 제조된 고화재에 해양준설토, 및 바닷물을 첨가하여 강제식 믹서로 충분히 혼합하여 제조된다. 또한, 상기 고화토를 이용하여 소정의 공시체를 제작하여 양생온도 $20 \pm 3^\circ\text{C}$, 습도 95%이상의 조건에서 약 20~30일 동안 양생시킨다.

[0077] 이하에서 본 발명의 바람직한 실시예 및 비교예들이 기술되어질 것이다. 또한 이하의 실시예들은 본 발명을 예증하기 위한 것으로서 본 발명의 범위를 국한하는 것으로 이해되어져서는 아니된다.

실시예 1

[0079] 먼저, 0.044mm(44 μ m)체 잔분이 9%인 3종 고로슬래그 시멘트 100중량부에 대하여 0.044mm(44 μ m)체 잔분이 8%인 수쇄 페로니켈 슬래그 미분말 50중량부, 0.044mm(44 μ m)체 잔분이 8%로 가공된 경소백운석 50중량부 및 이산화규소 함량이 49%이며 0.044mm(44 μ m)체 잔분이 8%인 석탄연소 플라이애시 50중량부를 분체 믹서를 이용 균질하게 혼합하여 심층혼합공법용 고화재를 제조하였다.

[0080] 다음으로 해양준설토 100중량부에 대하여 위와 같이 제조된 고화재 18중량부에 상기 고화재의 두 배 상당량 즉 36중량부의 바닷물을 첨가하여 강제식 믹서로 충분히 혼합하여 고화토를 제조하고 12개의 공시체를 제작하여 이를 28일간 20°C에서 양생하였다.

실시예 2

[0082] 해양준설토 100중량부에 대하여, 상기 실시예 1과 동일한 고화재 25중량부에 상기 고화재의 두 배 상당량 즉 50중량부의 바닷물을 첨가하여 강제식 믹서로 충분히 혼합하여 고화토를 제조하고 12개의 공시체를 제작하여 이를 28일간 20°C에서 양생하였다.

비교예 1

[0084] 해양준설토 100중량부에 대하여, 본 발명의 고화재 대신에 1종 포틀랜트 시멘트를 18중량부에 시멘트의 두 배 상당량 즉 36중량부의 바닷물을 첨가하여 강제식 믹서로 충분히 혼합하여 고화토를 제조하고 12개의 공시체를 제작하여 이를 28일간 20°C에서 양생하였다.

비교예 2

[0086] 해양준설토 100중량부에 대하여, 본 발명의 고화재 대신에 1종 포틀랜트 시멘트를 25중량부에 시멘트의 두 배 상당량 즉 50중량부의 바닷물을 첨가하여 강제식 믹서로 충분히 혼합하여 고화토를 제조하고 12개의 공시체를 제작하여 이를 28일간 20°C에서 양생하였다.

실험예 : 고화토의 성능시험방법 및 결과

[0088] 아래 표 3에 나타낸 바와 같이 투수계수는 KS F 2322 변수위 투수시험법에 따라 실시하고 압축강도 시험은 KS F 2343 일축압축강도 시험방법에 의해 실시하였다.

표 3

실험	방법	비고
투수계수	KS F 2322	변수위 투수시험방법
압축강도	KS F 2343	일축압축강도시험방법

(1) 투수계수

[0091] 7일 동안 20°C에서 양생한 공시체의 투수계수를 측정하였으며, 그 결과를 다음 표 4에 나타내었다.

표 4

구분	투수계수(cm/sec) (재령 7일)	압축강도 7일 (kgf/cm ²)	압축강도 28일 (kgf/cm ²)
실시예1	3.58×10^{-7}	17.0	39.9

실시예2	3.10×10^{-7}	21.2	45.2
비교예1	5.38×10^{-6}	15.8	38.9
비교예2	4.25×10^{-6}	19.6	41.2

- [0093] 상기 표 4의 결과에서 알 수 있는 바와 같이, 1종 포틀랜트 시멘트만을 사용한 비교예 1과 비교예 2에서보다 본 발명 실시예에 따른 고화재의 투수계수가 매우 낮은 것을 알 수 있다.
- [0094] 이는 비교예에서 사용된 1종 포틀랜트 시멘트 고화토의 경우 수화반응시 발생하는 체적수축과 고화토에 함유된 수분이 증발 또는 수화되면서 상대적으로 투수계수가 큰 것으로 나타났다.
- [0095] 반면, 본 발명에 따른 고화토의 경우 페로니켈 슬래그와 경소백운석에 30중량% 이상 함유된 MgO의 팽창에 의해 토양의 간극수가 배제되고 체적팽창이 일어나 낮은 투수성능을 보이는 것으로 판단된다.

(2) 일축 압축강도의 변화

- [0097] 상기 표 4의 결과를 통해 알 수 있는 바와 같이, 양생 7일에서 각 시료의 일축 압축강도는 실시예 1은 17.0 kgf/cm², 실시예 2는 21.2 kgf/cm², 비교예 1은 15.8 kgf/cm² 비교예 2는 19.6 kgf/cm²로 나타났다. 또한, 양생 28일에, 실시예 1은 39.9 kgf/cm², 실시예 2는 45.2 kgf/cm², 비교예 1은 38.9 kgf/cm² 비교예 2는 41.2 kgf/cm²로 나타났다.
- [0098] 즉, 이러한 결과로부터 본 발명에 따른 고화재가 종래 1종 포틀랜트 시멘트에 비하여 높은 강도를 발현하는 것을 확인할 수 있었다.

도면

도면1

