



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년03월25일

(11) 등록번호 10-2650459

(24) 등록일자 2024년03월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C09K 17/10 (2006.01) C04B 22/14 (2006.01)

C04B 28/04 (2006.01) C04B 28/24 (2006.01)

C09K 17/12 (2006.01) E02D 3/12 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C09K 17/10 (2013.01)

C04B 22/148 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0150869

(22) 출원일자 2023년11월03일

심사청구일자 2023년11월03일

(56) 선행기술조사문헌

KR101697964 B1

(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 4 항

(73) 특허권자

이중수

서울특별시 서초구 양재대로2길 90, 210동 1501호  
(우면동, 서초힐스아파트)

에스이지이앤씨 주식회사

서울특별시 금천구 가산디지털2로 34, 622호(가산  
동, 지밸리더리브스마트타워)

(72) 발명자

이중수

서울특별시 서초구 양재대로2길 90, 210동 1501호  
(우면동, 서초힐스아파트)

(74) 대리인

특허법인충현

심사관 : 한정석

(54) 발명의 명칭 실리카계 시멘트 그라우트재 및 이를 이용한 차수 및 지반 보강 그라우팅 시공방법

## (57) 요약

본 발명에서는 겔화 시간을 단축시키면서 가소 상태를 연장시키고, 강도가 극대화되어 내구성 및 시공성이 우수하며 (강도 극대화), 강하게 흐르는 지하수와 접촉해서도 그라우트 재료가 희석되거나 풀리는 기존 그라우트재의 문제도 해결하고 (용탈성 극대화), 지하수에 알칼리의 용탈로 인한 체적이 감소되는 문제도 극복하였을 뿐 아니라 (무수축), 염화 이온이 침투되고 백화 현상이 생기는 문제까지 해결할 수 있는 시멘트계 그라우트재가 제공된다.

(52) CPC특허분류

*C04B 22/149* (2013.01)

*C04B 28/04* (2013.01)

*C04B 28/24* (2013.01)

*C09K 17/12* (2013.01)

*E02D 3/12* (2013.01)

*E02D 2300/0018* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR102255382 B1

KR102556265 B1

KR1020210129759 A

KR1020090022342 A

JP2021038371 A

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

(A) (a1) 포틀랜드 시멘트 98.5-99.5중량%, 및 무기질 분체 0.5-1.5중량%로 구성된 시멘트 혼합 분체 및 (a2) 물이 부피비 20-30 : 170-180으로 구성된 시멘트계 조성물(A액); 및

(B)  $\text{Na}_2\text{O}_2$  10-25중량%,  $\text{SiO}_2$  40-60중량%, 물 10-25중량%, 실리카흙 10-30중량%로 구성된 합성 실리카액 조성물(B액);을 포함하고,

상기 무기질 분체는 농도 20-30%의 황산 알루미늄 용액 55-65중량%에  $\text{FeSO}_4$ 와  $\text{SiO}_2$ 를 각각 15-25중량%씩 투입하고 혼합한 후 건조하여 수득한 것인 지반 보강용 시멘트계 그라우트제.

#### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 무기질 분체의 혼합은 70-90℃로 승온된 온도에서 수행되는 것인 지반 보강용 시멘트계 그라우트제.

#### 청구항 3

(A) 교반조에 (a1) 포틀랜드 시멘트 98.5-99.5중량%, 및 무기질 분체 0.5-1.5중량%로 구성된 시멘트 혼합 분체 및 (a2) 물이 부피비 20-30 : 170-180으로 구성된 시멘트계 조성물(A액)을 투입하는 단계;

(B)  $\text{Na}_2\text{O}_2$  10-25중량%,  $\text{SiO}_2$  40-60중량%, 물 10-25중량%, 실리카흙 10-30중량%로 구성된 합성 실리카액 조성물(B액)을 투입하고 혼합하여, 지반 보강용 시멘트계 그라우트제 조성물을 수득하는 단계; 및

(C) 상기 지반 보강용 시멘트계 그라우트제 조성물을 지상 또는 지하 구조물의 배면 또는 주변에 생긴 공동에 주입하는 단계;를 포함하고,

상기 무기질 분체는 농도 20-30%의 황산 알루미늄 용액 55-65중량%에  $\text{FeSO}_4$ 와  $\text{SiO}_2$ 를 각각 15-25중량%씩 투입하고 혼합한 후 건조하여 수득한 것인 지반 보강용 시멘트계 그라우트제를 이용한 차수 및 지반 보강 그라우팅 시공방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 무기질 분체의 혼합은 70-90℃로 승온된 온도에서 수행되는 것인 지반 보강용 시멘트계 그라우트제를 이용한 차수 및 지반 보강 그라우팅 시공방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 실리카계 시멘트 그라우트제 및 이를 이용한 차수 및 지반 보강 그라우팅 시공방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 그라우팅이란 지반의 특정한 성질을 갖는 목적에 부합하도록 개량하기 위하여 개량재를 지층에 주입, 침투시키는 것으로 정의된다. 이러한 그라우팅은 주입 재료에 따라 시멘트 주입제(결합제)와 약액 주입제(겔화제)로 구분되며 이 두 가지 주입재료가 서로 혼합되어 수초에서 수분 사이에 겔화되고 경화되는데 이것을 충칭하여 급결재라 한다.

[0003] 그라우팅의 시초는 19세기 초인 1802년 프랑스의 엔지니어 Charless Berigny가 점토와 석회의 현탁액을 자신이 고안한 percussion pump를 이용하여 Dieppe 항구의 석벽 보강을 위해 사용한 것으로 시작되었다고 한다. 그 후 영국에서 포틀랜드 시멘트가 개발되면서 비약적으로 발전하였으며, Marcisambard Brunel은 테임즈 터널의 건설에 최초로 포틀랜드 시멘트를 사용하였고, Runstall 댐의 기초 암반 보강과 갯내의 균열을 봉하기 위해 포틀랜드 시멘트를 주입제로 사용하였다고 한다.

- [0004] 1887년 독일의 Jeziorsky는 규산나트륨에 염화칼슘을 반응 촉진제로 첨가하여 겔화시간을 제어하는 two-shot 방법으로 특허를 취득하였으며, 1909년 Dumont와 Lemarire 규산나트륨에 산을 반응 촉진제로 첨가하여 고결시키는 방법을 발견하여 one-shot으로 주입하는 방법에 대한 특허를 취득하였다. 1906년 Francois는 규산나트륨에 황산알루미늄을 반응 촉진제로 첨가하여 겔화시간을 제어하였고, 독일의 Hans Jahde 교수는 규산나트륨과 시멘트를 혼합한 현탁액을 지반에 주입하는 방법을 고안한 것이 급결제의 효시가 되었다.
- [0005] 급결제의 조성물에는 겔화를 일으키는 규산나트륨(물유리, 규산소다, sodium silicates 등으로도 불림)을 기본으로 하여 반응 촉진제로 산성 용액, 염기성 염, 산성 염, 금속 염, 글리옥살, 에틸렌글리콜, 디아세테이트, 부틸락톤, 트리아세틴 등이 사용되고, 반응 촉진제는 알칼리성과 비알칼리성으로 크게 분류할 수 있다.
- [0006] 알칼리성 반응 촉진제는 다시 현탁액형과 용액형으로 분류할 수 있는데, 현탁액형 알칼리성 반응 촉진제는 겔화제인 규산나트륨과 결합제인 시멘트를 혼합하면 겔화 시간이 일반적으로 10-30분 정도인데, 이는 현재 통상적으로 6-12초로 규정하는 급결성(순결형)뿐 아니라 60-120초로 규정하는 완결형의 겔화 시간에도 크게 못 미쳐 결합제라 부리기에 부적합하다.
- [0007] 용액형 알칼리성 반응 촉진제는 겔화제인 규산나트륨과 결합제인 시멘트에 산성 반응 촉진제를 첨가하면 겔화시간이 단축되나, 산성 반응 촉진제로 사용되는 황산의 폭발적인 반응성 때문에 작업자의 안전을 위협하는 문제점이 있다.
- [0008] 겔화제인 규산나트륨과 결합제인 시멘트에 금속염 반응 촉진제를 첨가하면 겔화시간을 조금은 자유롭게 제어할 수 있는 장점이 있으나, 금속염 반응 촉진제로 사용되는 금속염화물, 즉 예를 들면 염화칼슘, 염화마그네슘, 염화칼륨, 염화나트륨, 황산알루미늄 등은 겔화제의 중합 반응이 산성 반응 촉진제 보다 현저히 느려서 결과적으로는 결합제가 물에 쉽게 용탈되는 약점이 있다.
- [0009] 겔화제인 규산나트륨과 결합제인 시멘트에 유기 반응 촉진제를 사용하면 금속염 반응 촉진제처럼 겔화시간의 조절이 용이한 반면에, 글리옥살, 에틸렌글리콜 등의 2차료가 고가라는 점과 사용량을 증가하여야 하는 문제로 많은 양의 유기물이 지하수의 생화학적 산소요구량을 높여 환경에 악영향을 끼친다.
- [0010] 비알칼리성 반응 촉진제 역시 현탁액형과 용액형으로 구분할 수 있는데, 현탁액형 비알칼리성 반응 촉진제는 겔화제인 실리카 졸과 결합제인 시멘트의 혼합으로 알칼리성 겔화제와 비교할 때 용탈의 문제가 현저히 감소하고 높은 강도를 얻을 수 있는 반면에, 재료비가 급격히 상승하는 문제가 있다.
- [0011] 용액형 비알칼리성 반응 촉진제는 겔화제인 규산나트륨과 결합제인 시멘트에 산성 반응 촉진제를 현장에서 혼합하여 실리카졸을 제조하여 사용하는 방법인데, 용탈 및 높은 강도를 구현할 수 있다는 장점은 있지만, 산성 반응 촉진제를 포함하는 산성 용액의 폭발적 반응성으로 인해 작업자의 안전을 위협하고 이온교환탑이 부착된 거대한 플랜트가 필요하여 넓은 작업공간과 긴 준비 시간을 확보해야 할 필요가 있으며 결합제의 산성화로 급결제의 강도가 저하되는 문제가 있다.
- [0012] 종래의 다양한 그라우팅용 급결제의 약액 조성물들은 결합제의 주재료로 시멘트를 사용해 왔다. 겔화제인 규산나트륨과 결합제인 시멘트의 조합에서 반응 촉진제의 차이로 겔화시간과 강도를 제어하는데, 겔화시간을 단축하고 강도를 높이기 위해서는 고가이고 강알칼리성인 규산나트륨의 사용량이 증가되어 시공비 중 재료비의 비율을 높여왔고, 강한 산성의 재료를 희석하는 과정에서 폭발적 반응성을 갖고 있어 늘 안전을 위협하는 문제점을 내포하고 있었다.
- [0013] 또한, 결합제인 시멘트는 산성 반응 촉진제로 인하여 산성화가 되면 강도 저하가 나타난다. 한편 생산과정에서 이산화탄소를 많이 배출하는 결합제인 시멘트의 사용을 억제하고 순환 자원으로 분류되는 부산물을 이용하여 저렴한 결합제를 사용할 수 있는 방법이 제시되고 있고, 이와 같은 순환 자원 결합제는 시멘트와는 달리 중성영역으로 산성 반응 촉진제를 사용하더라도 강도의 저하 현상이 발생되지 않는다는 장점이 있다.
- [0014] 한편, 종래의 그라우트 조성물이 강하게 흐르는 지하수와 접촉하여 희석되거나 풀리는 현상이 발생하는 문제가 완전하지 못하므로 내수성이 보다 우수한 제품이 요구되고 있고, 또한 대부분의 규산계 그라우트에서 경화제 또는 경화촉진제로 사용되는 규산나트륨계 성분이 지하수로 녹아 나가는 현상, 즉 알칼리 성분의 용탈로 인하여 시간이 경과함에 따라 체적이 감소되는 문제가 발생하므로, 이에 대한 개선이 필요하다.
- [0015] 특히, 종래의 그라우트 조성물이 강하게 흐르는 지하수와 접촉하여 희석되거나 풀리는 현상이 발생하는 문제로 인하여 내수성이 보다 우수한 제품이 요구되고 있고, 또한 대부분의 규산계 그라우트에서 경화제 또는 경화 촉진제로 사용되는 규산나트륨 계열 성분이 지하수로 녹아 나가는 현상, 즉 알칼리 성분의 용탈로 인하여 시간이

경과함에 따라 체적이 감소되는 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라, 또한 해양 구조물에 적용하기 위해서는 염화물 이온 침투저항성을 갖추고 백화 현상을 방지할 수 있는 기술 개발이 필요한 실정이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0016] (특허문헌 0001) 1. 대한민국 등록특허 제10-1359036호  
(특허문헌 0002) 2. 대한민국 등록특허 제10-1224848호  
(특허문헌 0003) 3. 대한민국 등록특허 제10-1235797호  
(특허문헌 0004) 4. 대한민국 등록특허 제10-1066587호  
(특허문헌 0005) 5. 대한민국 등록특허 제10-1018306호  
(특허문헌 0006) 6. 대한민국 등록특허 제10-1056474호  
(특허문헌 0007) 7. 대한민국 공개특허 제10-2013-0097019호}

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0017] 본 발명은 이러한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 겔화 시간을 단축시키면서 가소 상태를 연장시키고, 강도가 극대화되어 내구성 및 시공성이 우수하며 (강도 극대화), 강하게 흐르는 지하수와 접촉해서도 그라우트 재료가 희석되거나 풀리는 기존 그라우트재의 문제도 해결하고 (용탈성 극대화), 지하수에 알칼리의 용탈로 인한 체적이 감소되는 문제도 극복하였을 뿐 아니라 (무수축), 염화 이온이 침투되고 백화 현상이 생기는 문제까지 해결할 수 있는 가소상 그라우트 주입용 조성물 및 이를 이용한 그라우트 공법을 제공하고자 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0018] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은  
[0019] (A) (a1) 포틀랜드 시멘트 98.5-99.5중량%, 무기질 분체 0.5-1.5중량%로 구성된 시멘트 혼합 분체 및 (a2) 물이 부피비 20-30 : 170-180으로 구성된 시멘트계 조성물(A액); 및  
[0020] (B) NaO<sub>2</sub> 10-25중량%, SiO<sub>2</sub> 40-60중량%, 물 10-25중량%, 실리카흙 10-30중량%로 구성된 합성 실리카액 조성물(B액);을 포함하는 지반 보강용 시멘트계 그라우트재 및 이를 이용한 차수 및 지반 보강 그라우팅 시공방법을 제공한다.

### 발명의 효과

- [0021] 본 발명에 따른 시멘트계 그라우트재 및 이를 이용한 시공방법은 겔화 시간을 단축시키면서 가소 상태를 연장시키고, 강도가 극대화되어 내구성 및 시공성이 우수하며 (강도 극대화), 강하게 흐르는 지하수와 접촉해서도 그라우트 재료가 희석되거나 풀리는 기존 그라우트재의 문제도 해결하고 (용탈성 극대화), 지하수에 알칼리의 용탈로 인한 체적이 감소되는 문제도 극복하였을 뿐 아니라 (무수축), 염화 이온이 침투되고 백화 현상이 생기는 문제까지 해결할 수 있다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 본 발명의 구성을 상세히 설명하기로 한다.  
[0023] 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어는 사전적인 의미로 한정 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 자신의 발명을 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절히 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.  
[0024] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예 등에 도시된 구성은 본 발명의 바람직한 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명

의 기술적 사상을 모두 표현하는 것은 아니므로, 본 출원 시점에 있어 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 존재할 수 있음을 이해하여야 한다.

- [0025] 본 발명의 일 측면은 다음과 같은 (A) 및 (B) 성분을 포함하는 지반 보강용 시멘트계 그라우트제에 관한 것이다.
- [0026] (A) (a1) 포틀랜드 시멘트 98.5-99.5중량% 및 무기질 분체 0.5-1.5중량%로 구성된 시멘트 혼합 분체 및 (a2) 물이 부피비 20-30 : 170-180으로 구성된 시멘트계 조성물(A액); 및
- [0027] (B) Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10-25중량%, SiO<sub>2</sub> 40-60중량%, 물 10-25중량%, 실리카흙 10-30중량%로 구성된 합성 실리카액 조성물(B액).
- [0028] 여기서, 상기 무기질 분체는 농도 20-30%의 황산 알루미늄 용액 55-65중량%에 FeSO<sub>4</sub>와 SiO<sub>2</sub>를 각각 15-25중량%씩 투입하고 혼합한 후 건조하여 수득될 수 있다.
- [0029] ① A액의 포틀랜드 시멘트 및 본 발명에 따른 무기질 분체의 2종류 성분을 모두 고형분 성분으로서 포함하고 그 함량 역시 위 함량 범위 내로 조절되고, 그리고 ② B액에서도 Na<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, 물, 실리카흙의 4종류 성분을 모두 포함하고 그 함량 역시 위 함량 범위 내로 조절되었을 때, 우수한 겔화 시간, 압축 강도, 내수성을 보일 수 있을 뿐 아니라, 경화 과정에 체적 변화도 없고 염화 이온 침투저항성도 갖출 수 있다는 점에서 바람직하다.
- [0030] 만일 위와 같은 A와 B액의 성분 중 어느 한 성분이라도 누락되거나 각 성분에 대한 위 함량 중 어느 하나라도 벗어나게 되면, 겔화 시간, 압축 강도, 내수성이 저하될 뿐 아니라, 특히 경화 과정에 체적 변화도 생기고 염화 이온 침투저항성도 갖추지 못할 수 있다는 점에서 바람직하지 않다.
- [0031] 위 측면에 있어서 일 구현예에 따르면, 상기 무기질 분체의 혼합은 70-90℃로 승온된 온도에서 수행된다.
- [0032] 위 ①과 ② 조건에서와 같이 위 성분들과 각각의 함량을 충족함에 추가해서, ③ 본 발명에 따른 무기질 분체의 혼합 온도가 위에 언급된 범위로 조절되어야만, 경화 과정에 백화 현상이 발생되지 않을 수 있다는 점에서 더욱 바람직하다.
- [0033] 만일 본 발명에 따른 무기질 분체의 혼합 온도가 위 범위를 벗어나게 되면 경화 과정에 백화 현상이 발생될 수 있어 바람직하지 않다.
- [0034] 본 발명의 다른 측면은 다음과 같은 (A) 내지 (C) 단계를 포함하는 팽창성 실리카졸 그라우트 주입공법에 관한 것이다.
- [0035] (A) 교반조에 (a1) 포틀랜드 시멘트 98.5-99.5중량% 및 무기질 분체로 구성된 시멘트 혼합 분체 및 (a2) 물이 부피비 20-30 : 170-180으로 구성된 시멘트계 조성물(A액)을 투입하는 단계;
- [0036] (B) 상기 교반조에 Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 10-25중량%, SiO<sub>2</sub> 40-60중량%, 물 10-25중량%, 실리카흙 10-30중량%로 구성된 합성 실리카액 조성물(B액)을 투입하고 혼합하여, 지반 보강용 시멘트계 그라우트제 조성물을 수득하는 단계; 및
- [0037] (C) 상기 지반 보강용 시멘트계 그라우트제 조성물을 지상 또는 지하 구조물의 배면 또는 주변에 생긴 공동에 주입하는 단계.
- [0038] 여기서, 상기 무기질 분체는 농도 20-30%의 황산 알루미늄 용액 55-65중량%에 FeSO<sub>4</sub>와 SiO<sub>2</sub>를 각각 15-25중량%씩 투입하고 혼합한 후 건조하여 수득될 수 있다.
- [0039] 위 그라우트제에 관한 설명에서와 같이, ① A액의 포틀랜드 시멘트 및 본 발명에 따른 무기질 분체의 2종류 성분을 모두 고형분 성분으로서 포함하고 그 함량 역시 위 함량 범위 내로 조절되고, 그리고 ② B액에서도 Na<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>, 물, 실리카흙의 4종류 성분을 모두 포함하고 그 함량 역시 위 함량 범위 내로 조절되었을 때, 우수한 겔화 시간, 압축 강도, 내수성을 보일 수 있을 뿐 아니라, 경화 과정에 체적 변화도 없고 염화 이온 침투저항성도 갖출 수 있다는 점에서 바람직하다.
- [0040] 만일 위와 같은 A와 B액의 성분 중 어느 한 성분이라도 누락되거나 각 성분에 대한 위 함량 중 어느 하나라도 벗어나게 되면, 겔화 시간, 압축 강도, 내수성이 저하될 뿐 아니라, 특히 경화 과정에 체적 변화도 생기고 염화 이온 침투저항성도 갖추지 못할 수 있다는 점에서 바람직하지 않다.

- [0041] 위 측면에 있어서도 일 구현예에 따르면, 상기 무기질 분체의 혼합은 70-90℃로 승온된 온도에서 수행된다.
- [0042] 역시 위 그라우트재에 관한 설명에서와 같이, 위 ①과 ② 조건에 추가해서, ③ 본 발명에 따른 무기질 분체의 혼합 온도가 위에 언급된 범위로 조절되어야만, 경화 과정에 백화 현상이 발생되지 않을 수 있다는 점에서 더욱 바람직하다.
- [0043] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다.
- [0044] **실시예**
- [0045] 이들 실시예는 오로지 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 요지에 따라 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되지 않는다는 것은 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에 있어서 자명할 것이다.
- [0046] 제조예 1
- [0047] 농도 25%인 황산 알루미늄 용액 600g에 FeSO<sub>4</sub>와 SiO<sub>2</sub>를 각각 200g씩 투입하고 80℃로 승온하여 혼합한 후 건조하여 무기질 분체를 제조하였다.
- [0048] 제조예 2
- [0049] 65℃로 승온하여 혼합한 것을 제외하고는 제조예 1과 동일하게 무기질 분체를 제조하였다.
- [0050] 제조예 3
- [0051] 65℃로 승온하여 혼합한 것을 제외하고는 제조예 1과 동일하게 무기질 분체를 제조하였다.
- [0052] 실시예 1
- [0053] 포틀랜드 시멘트 9.9kg, 위 제조예 1에서 제조한 무기질 분체 0.1kg로 구성된 시멘트계 혼합 분체를 교반기에 투입하고, 여기에 전체 부피가 20L가 되도록 물을 투입한 후 혼합하였다(A액의 고상:액상 부피비는 대략 2.5:17.5).
- [0054] 위 교반기에 Na<sub>2</sub>O 1.6kg, SiO<sub>2</sub> 4.8kg, 물 1.6kg, 실리카흙 2kg으로 구성된 합성 실리카 조성물을 투입한 후 혼합함으로써, 지반 보강용 시멘트계 그라우트재를 제조하였다.
- [0055] 실시예 2
- [0056] 제조예 1의 무기질 분체 대신에 제조예 2의 무기질 분체를 사용한 것을 제외하고, 실시예 1과 동일하게 그라우트재를 제조하였다.
- [0057] 실시예 3
- [0058] 제조예 1의 무기질 분체 대신에 제조예 3의 무기질 분체를 사용한 것을 제외하고, 실시예 1과 동일하게 그라우트재를 제조하였다.
- [0059] 비교예 1
- [0060] 포틀랜드 시멘트 9.97kg과 제조예 1의 무기질 분체 0.03kg을 사용한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 그라우트재를 제조하였다.
- [0061] 비교예 2
- [0062] 포틀랜드 시멘트 9.83kg과 제조예 1의 무기질 분체 0.17kg을 사용한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 그라우트재를 제조하였다.
- [0063] 비교예 3
- [0064] Na<sub>2</sub>O 2.6kg과 SiO<sub>2</sub> 3.9kg을 사용(나머지 성분과 함량은 실시예 1과 동일)한 것을 제외하고는, 실시예 1과 동일하게 그라우트재를 제조하였다.
- [0065] 시험예: 시험방법
- [0066] 이와 같이 각각 제조된 그라우트재에 대해 겔화시간을 측정하고, 큐브몰드에 의하여 제작된 시편을 재령일에 맞춰서 압축 강도를 측정하였으며, 제작된 큐브몰드를 수중에 침적시켜 용탈 정도를 측정하여 내수성을 아래와 같

이 평가하였고, 또한 체적변화성과 염화물 이온 침투저항성 및 백색 침전 형성 여부를 아래와 같이 시험하였다. 동일 조건에서 제조된 그라우트재 시편 3개에 대해 동일한 시험을 3회 실시한 후 그 평균값을 채택하였다.

(1) 겔화 시간의 측정

제조된 A액 및 B액을 각각 별도의 교반조에 투입하고, A액을 B액이 담긴 교반조에 투입하여 혼합한 다음, 혼합액을 다시 A액이 담겨있던 교반조에 투입하였다. 이와 같은 과정을 신속하게 반복하면서 더 이상 유동이 일어나지 않게 되는 시점을 겔화 시간으로 측정하였다.

(2) 1축 압축강도의 측정

압축강도를 측정하기 위하여 내경 5 cm 및 높이 10 cm의 PVC 재질의 형틀에 시료를 주입하여 기중 양생하는 방법으로 1축 압축강도를 측정하였다.

(3) 내수성 시험

수중 분리 여부를 확인하는 방법으로 청수가 담긴 투명 유리 비이커에 A액과 B액을 설계된 비율대로 혼합한 후 겔이 형성되기 전과 겔이 형성된 후의 시료를 투입하였을 때 그라우트재 시료가 물에 희석되거나 풀려서 흐린 상태가 되는지 여부를 실험하였다.

(4) 체적변화성 평가

수중 및 공기 중 양생을 통한 체적 변형량을 측정하였다. 체적 변형량은 공시체 제작 후 7일 동안 기중 건조시키면서 공시체의 직경 및 높이의 변화를 측정하여 시간경과에 따른 공시체의 체적 변화를 관찰함으로써 측정하였다.

(5) 염화물 이온 침투저항성 평가

KS F2711 시험방법에 따라 염화물 이온 침투저항성을 평가하였다. 확산 셀의 중앙부에 시험체를 세팅한 후, 양극에는 0.3M NaOH 용액, 음극에는 3% NaCl 용액을 사용하여, 셀의 양단에 60V의 직류전압을 6시간 동안 인가하고, 시험체에 흐르는 전류를 측정하여 총통과전하량을 측정하였다.

(6) 백화 시험

위에서 각각 제조된 그라우팅재 시편을 7일 동안 양생한 후, 해수에 3일 동안 침지시켜 시편 내 성분과 해수 내 존재하는 황산마그네슘 등의 성분이 반응하여 백색의 침전물이 석출되는 정도를 육안으로 관측하였다.

시험예: 시험결과

표 1

|                            | 실시예 1 | 비교예 1 |        | 비교예 2 |        | 비교예 3 |        | 실시예 2 |        | 실시예 3 |        |
|----------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 겔화시간(s)                    | 7.3   | 10.9  | 148.9% | 9.6   | 130.3% | 13.5  | 184.5% | 8.0   | 109.2% | 7.6   | 103.5% |
| 1h강도(kg/cm <sup>2</sup> )  | 2.0   | 1.6   | 80.7%  | 1.6   | 83.7%  | 1.5   | 74.0%  | 1.9   | 98.9%  | 1.9   | 96.8%  |
| 28일강도(kg/cm <sup>2</sup> ) | 48.4  | 37.0  | 76.4%  | 37.5  | 77.4%  | 41.2  | 85.2%  | 45.5  | 94.0%  | 44.7  | 92.4%  |
| 내수성(30분,%)                 | 1.7   | 1.7   | 99.1%  | 1.6   | 91.2%  | 1.7   | 95.5%  | 1.8   | 102.1% | 1.5   | 88.5%  |
| 내수성(2시간,%)                 | 3.5   | 2.9   | 84.3%  | 3.0   | 86.4%  | 2.9   | 83.9%  | 3.1   | 90.1%  | 3.5   | 99.9%  |
| 체적변화저항성                    | O     | X     |        | X     |        | X     |        | O     |        | O     |        |
| Cl <sup>-</sup> 침투저항성      | O     | X     |        | X     |        | X     |        | O     |        | O     |        |
| 백화저항성                      | O     | X     |        | X     |        | X     |        | X     |        | X     |        |

\* 겔화시간 비율(%)은 실시예 1의 겔화시간 대비 비율

위 표에서 보는 바와 같이, 실시예 1 내지 3에 따른 그라우트재는 겔화 시간, 압축 강도, 내수성의 측면에서 큰 차이 없이 모두 우수한 효과를 나타내었다.

- [0083] 반면, 비교예 1 내지 3에 따른 그라우트재는 실시예 1에 비해 전체적으로 다소 저하된 겔화 시간, 압축 강도, 내수성을 나타내었다.
- [0084] 또한, 실시예 1의 그라우트재는 경화 과정에 체적 변화도 없고, 염화 이온 저항성도 갖추었으며, 경화 과정 중 백화 현상도 관찰되지 않은 반면, 비교예 1 내지 3의 그라우트재는 경화 과정에 체적 변화가 관찰되었고, 염화 이온 저항성도 갖추지 못하였을 뿐 아니라, 경화 과정에 백화 현상도 관찰되는 것을 확인하였다.
- [0085] 특히, 실시예 2와 3의 그라우트재 역시 경화 과정에 백화 현상이 관찰되는 것을 확인하였다.
- [0086] 따라서, ① A액의 포틀랜드 시멘트 및 무기질 분체의 2종류 성분을 모두 고형분 성분으로서 포함하고 그 함량 역시 일정 범위 내로 조절되고, 그리고 ② B액에서도  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$ , 물, 실리카흙의 4종류 성분을 모두 포함하고 그 함량 역시 일정 범위 내로 조절되었을 때(실시예 1 내지 3), 우수한 겔화 시간, 압축 강도, 내수성을 보일 수 있을 뿐 아니라, 경화 과정에 체적 변화도 없고 염화 이온 침투저항성도 갖출 수 있음을 확인할 수 있다.
- [0087] 또한, 위 ①과 ②와 같이 위 성분들과 각각의 함량을 충족함에 더해서 ③ 본 발명에 따른 무기질 분체의 혼합 온도 역시 일정 범위로 조절되어야만, 경화 과정에 백화 현상이 발생되지 않음을 추가로 확인할 수 있다.