



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년07월08일
(11) 등록번호 10-0906459
(24) 등록일자 2009년06월30일

(51) Int. Cl.
C04B 28/04 (2006.01) C04B 24/04 (2006.01)
C04B 18/08 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0068688
(22) 출원일자 2008년07월15일
심사청구일자 2008년07월15일
(56) 선행기술조사문헌
KR100755272 B1*
KR1019980065526 A*
KR100153089 B1
KR100772638 B1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
쌍용양회공업(주)
서울 중구 저동2가 24-1
한국농어촌공사
경기 의왕시 포일동 487번지
(72) 발명자
부성안
경기도 안산시 상록구 본오동 732 삼익한마을 101호
김양빈
경기도 안산시 상록구 이동 664-1 푸르지오아파트 201동 1302호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인명문

전체 청구항 수 : 총 2 항

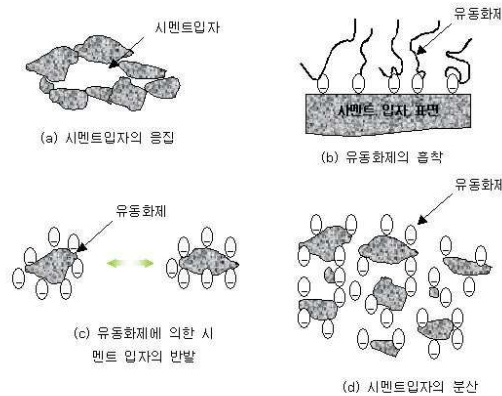
심사관 : 신상훈

(54) 수화 속도를 조절한 시멘트 그라우트제 및 그의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 1액형 시멘트계 그라우트제에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 기존의 시멘트계 그라우트제와 물유리계 약액 그라우트제와는 달리 주입에 필요한 작업시간과 주입제가 넓은 범위에 걸쳐 골고루 충전 주입되도록 Thickening time을 30분~3시간 정도로 조절 가능하기 때문에 주입작업이 완료된 이후에는 빠른 시간 내에 응결경화가 이루어짐으로써 방조제, 저수지 및 하천제방과 같이 누수 또는 저류수에 의한 침식 및 세굴로 제체 하부에 큰 공동 및 공극이 다수 형성된 경우에는 그라우트제의 유실 및 과도한 범위까지의 주입을 제어하는데 효과적이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

임채용

대전광역시 서구 내동 코오롱아파트 7동 905호

김동석

대전광역시 서구 갈마동 쌍용아파트 1동 307호

김병권

대전광역시 서구 갈마동 쌍용아파트 1동 907호

박철

경기도 남양주시 별내면 청학주공아파트 703동
1204호

임태선

대전광역시 유성구 신성동 152-1 대림두레아파트
102동 705호

이종열

대전광역시 유성구 신성동 152-1 대림두레아파트
102동 201호

특허청구의 범위

청구항 1

분말도 2,500~10,000cm²/g가 되도록 분쇄한 포틀랜드시멘트 제조용 클링커 미분말 100 중량부에 대하여,

분말도 2,500~10,000cm²/g의 이수석고, 반수석고 및 무수석고로 이루어지는 군에서 선택된 1종 이상의 황산칼슘 화합물 0.1~10 중량부,

알칼리금속의 탄산염 및 중탄산염 군에서 선택된 1종 이상의 화합물로 이루어지는 응결 조절제 0.1~10 중량부,

리그닌술포산염; 나프탈렌술포산염; 폴리카르복실산염; 카르복실산기를 포함하는 유기산; 및 카르복실산기를 포함하는 유기산의 알칼리금속염 또는 알칼리토금속염으로 이루어지는 군에서 선택된 1종 이상의 화합물로 이루어지는 분산제 0.01~5.0 중량부,

분말상의 셀룰로오스계, 전분계, 폴리에틸렌옥사이드계, 아크릴계 및 검(gum)류로 이루어지는 군에서 선택된 1종 이상의 화합물로 이루어지는 증점제를 0.01~5.0 중량부 첨가하여 제조하는 것을 특징으로 하는 1액형 주입재용 시멘트 무기질계 그라우트재 조성물.

청구항 2

삭제

청구항 3

청구항 1의 전체 조성물 100 중량부에 대하여 고로슬래그, 플라이애쉬, 실리카 흙, 점토, 실트, 석분 및 모래로 이루어지는 군에서 1종 이상의 물질을 50~500 중량부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시멘트 무기질계 그라우트재 조성물.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

- <1> 본 발명은 방조제, 저수지, 하천제방 등의 수리구조물과 지하철, 터널, 도로공사 등 대단위 건축 및 토목공사에 이르기까지 지반 하부의 저류수를 차단하고 지반보강을 위하여 실시하는 보링 그라우팅 공사에 사용되는 Thickening time(시멘트 슬러리의 점성이 증가하여 유동하지 않게 되는 때까지의 시간)을 조절한 시멘트 그라우트재 조성물에 관한 것으로, 보다 상세하게는 시멘트 클링커와 응결 조절제 및 지연제의 최적 조합에 의해 Thickening time을 현장여건에 따라 30분~3시간으로 조절한 1액형 주입재용 시멘트 무기질계 그라우트재 조성물 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

- <2> 본 발명의 시멘트 그라우트재는 현장에서 광물질 미분말(슬래그, 플라이애쉬, 석분) 또는 현장에서 채취할 수 있는 실트, 모래, 점토광물 등의 증량재와 혼합 사용하여 친환경적이고, 경제적이면서 높은 충전성 및 내구성을 발휘하는 시멘트계 그라우트재에 관한 것이다.
- <3> 그라우팅(grouting)이란 기초지반에 발달되어 있는 균열, 절리, 공동, 공극 등을 그라우트재로 채워 수밀성과 지반의 강도를 증진시키기 위해, 천공기(drill)로 구멍을 뚫은 후 주입펌프로 그라우트재(grout)가 더 이상 들어가지 않을 때까지 틈새에 집어 넣어서 고결되도록 하는 일련의 과정을 말하는 것으로, 그라우팅 재료는 1800년대 초반부터 유럽, 미국, 일본 등 선진국을 중심으로 시공법과 함께 개발이 이루어져 왔으며, 침투성, 강도 발현성 및 내구성이 우수하며 환경오염이 없는 주입재 개발에 관한 연구가 꾸준히 진행되고 있다.
- <4> 그라우팅 재료는 시멘트만을 사용하는 비약액계의 시멘트 그라우팅, 시멘트에 물유리계 또는 실리카졸 등의 약액을 사용하는 약액 그라우팅, 시멘트에 점토, 벤토나이트, 실트를 한 가지 혹은 두 가지 이상 섞어서 사용하는 거나(반용액형), 모래나 자갈을 사용하는 모르타르 그라우팅, 요소, 아크릴아마이드, 우레탄 등 고분자계 재료를 사용하는 특수 약액 그라우팅 등으로 나눌 수 있으며, 일반적으로는 경제성 및 성능을 고려하여 비약액계의

시멘트 그라우팅 및 약액계인 물유리계 그라우팅 공법이 주로 사용되고 있다.

- <5> 그러나 통상의 포틀랜드시멘트 및 혼합계시멘트를 사용하는 시멘트 그라우팅 공법은 강도 및 내구성 면에서는 우수하여 항구 그라우팅공법으로는 유용하나, 그라우트재의 응결이 통상 4~12시간 이상으로 길어 그라우트재의 유실 및 주입 범위의 제어가 어렵고, 주입 완료 후 재주입을 위해서는 장시간이 소요되는 단점이 있다.
- <6> 한편, 약액계인 물유리계 그라우팅 공법은 점성이 낮고 겔타임(gel-time)의 조절이 양호하여 많은 지반보강 공사에 적용되고 있으나, 통상 겔타임이 수초~수분 정도로 빨라, 반응재(시멘트, 슬래그, 석회, 석고, 각종 금속염 등)와 약액의 불완전 혼합에 의한 그라우트재의 불균질성, 알칼리 용탈에 의한 지하환경의 오염과 내구성 저하, 낮은 고결강도 및 고가의 재료비 등 다양한 문제점들을 가지고 있다. 따라서 시멘트 현탁액계 그라우팅 공법의 응결 지연 문제와 물유리계 약액 그라우팅 공법의 알칼리 용탈 문제를 해결하기 위하여 유기 및 무기계의 급결제와 시멘트계 급결제가 제시되었다.
- <7> 시멘트 수화반응을 촉진하는 물질로는 칼슘, 마그네슘, 나트륨 및 칼륨의 염화물, 탄산염, 황산염, 초산염, 개미산염 등 무기계 촉진제와 아민계의 유기계 촉진제 등이 알려져 있으며, 이러한 물질은 일반 포틀랜드시멘트에 포함된 칼슘알루미네이트(C₃A)와 칼슘알루미노페라이트(C₄AF) 및 칼슘실리케이트(C₃S, C₂S) 광물의 수화를 빠르게 함으로써 시멘트의 응결시간을 단축하는 것으로 알려져 있다. 통상 포틀랜드시멘트의 응결시간은 물-시멘트비가 약 25% 수준에서 초결이 약 3시간, 종결이 약 6시간 정도로 매우 늦으며, 더욱이 그라우트재와 같이 물-시멘트비가 50~500%로 높아지는 경우 어떠한 촉진제를 사용하더라도 시멘트의 유동상태가 장시간 유지되어 적절한 겔화상태 또는 응결시간을 확보하기가 어렵다.
- <8> 물유리 이외의 급결제로서는 알칼리 및 알칼리토금속의 염화물, 탄산염, 황산염과 수산화알루미늄, 알루미늄산화물, 황산알루미늄 등의 무기계 급결제, 아민류 및 글리세린 등의 유기계 급결제, 칼슘알루미네이트계 및 칼슘실포알루미네이트계 등의 시멘트 광물계 급결제 등이 제안되어 있으나, 이는 겔화 시간이 수초~수분 정도로 짧기 때문에 숏크리트 등과 같이 물-시멘트비가 일반 콘크리트 배합 정도인 경우에 효과적이며, 지반 그라우트재와 같이 물-시멘트비가 높은 경우 겔화되기가 어렵거나, 물과 혼합 후 수화반응 또는 화학반응에 의해 점진적으로 점도가 증가하는 단점을 가진다.
- <9> 이러한 예로서 대한민국 등록특허 제10-0777940호 및 등록특허 제10-0804807호에서는 CSA(칼슘실포알루미네이트)계 등의 특수시멘트계 재료와 무기염계 촉진제 등을 사용하여 겔타임이 수초~수십초 정도로 발현되는 2액형(A,B액)의 시멘트 그라우트재를 소개하고 있으나, 본 발명에서는 포틀랜드시멘트계 클링커와 응결조절제 및 지연제를 사용하여 Thickening time이 30분~3시간 정도 발현되는 1액형 시멘트 그라우트재로써 사용재료 및 적용 공법이 크게 다르다.
- <10> 등록특허 제10-0487825호에서는 시멘트와 혼화제로서 염기성 황산알루미나 용액을 사용하여 황산알루미나의 반응에 의해 수산화 알루미늄 졸을 생성시켜 블리딩이 적은 그라우트재를 제조하는 방법을 제시하고 있으나 그라우트재의 경화반응이 3일 이후에 판정이 가능한 것으로 본 발명의 Thickening time과는 범위가 크게 다르며, 사용 재료 및 반응 메커니즘에서도 차이가 있다.
- <11> 등록특허 제10-0481525호는 1액형 무기계 급결형 그라우트재에 관한 것으로 1액형 재료를 사용한다는 면에서는 본 발명과 유사한 점이 있으나, 시멘트와 석탄회 분말, 무기 급결제를 혼합하여 겔타임이 수십초 정도인 급결형 그라우트재를 제조하는 방법을 제시하고 있어 본 발명이 목적으로 하는 Thickening time의 범위와는 큰 차이가 있으며, 사용 재료에 있어서도 차이가 있다.
- <12> 등록특허 제10-0660080호에서는 시멘트와 알칼리규산염 또는 카올린계 점토광물을 사용하여 비가압하에서 유동하지 않고, 가압하에서 유동하는 가소상 그라우트재를 제공하는 것으로 본 발명의 사용 재료 및 그라우트재의 겔화 특성과는 차이가 있다.
- <13> 이외에도 등록특허 제10-0766626호, 등록특허 제10-0397249호, 특허등록 제10-0413340호, 공개특허 특2000-0023085호 등이 있으나, 본 발명과 같이 1액형의 재료가 아니고, 물유리 또는 실리카졸을 혼합하여 주입하는 2액형의 재료로써, 겔타임이 수초~수십초이므로 본 발명과는 차이가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <14> 본 발명은 방조제 및 저수지, 하천제방의 보링 그라우팅공사에서 기존 지연성의 시멘트 그라우트재 또는 급결

형의 그라우트제와는 달리 Thickening time을 조절하여 주입에 필요한 작업시간을 확보하면서, 주입이 완료된 이후에는 빠른 시간 내에 응결경화가 이루어짐으로써 그라우트제의 유실 및 과도한 범위의 주입이 이루어지지 않는 시멘트 그라우트제 개발을 목적으로 하였다. 또한 약액 그라우트제의 최대 단점인 알칼리 용탈에 의한 지하환경의 오염 및 내구성 저하 문제를 해결하기 위해 물유리계 약액을 사용하지 않는 시멘트계 그라우트제를 개발하고자 하였으며, 현장에서의 품질관리 및 주입 장비(믹서 및 펌프)의 간소화를 위해 하나의 믹서에서 물과 혼합하여 하나의 주입펌프로 목적하는 지반부위에 주입하는 1액형의 그라우트제 개발을 목적으로 하였다.

- <15> 한편, 상기와 같은 기술적 과제를 달성하기 위해서는 칼슘술포알루미늄에이트계($4CaO \cdot 3Al_2O_3 \cdot SO_3$), 칼슘플로로알루미늄에이트계($11CaO \cdot 7Al_2O_3 \cdot CaF_2$), 알루미늄시멘트계($CaO \cdot Al_2O_3$, $12CaO \cdot 7Al_2O_3$ 및 $CaO \cdot 2Al_2O_3$) 등 초속경성 시멘트 재료와 지연제를 적절히 사용함으로써 겔타임을 수분~수시간 정도로 조절하는 것이 가능하나, 이러한 속경성 시멘트재료는 외국으로부터 수입하거나, 국내에서 제조되는 제품도 고가이기 때문에 기존 시멘트계 그라우트제와 물유리계 약액 그라우트제에 비해 경제성이 크게 떨어지는 단점이 있다.
- <16> 본 발명에서는 포틀랜드시멘트계 클링커 단독으로 시멘트의 응결조절제 및 지연제의 최적조합에 의해 Thickening time을 적절히 제어할 수 있는 재료 및 기술을 개발함으로써, 경제적이면서도 그라우트제의 유동 및 경화특성을 만족하고, 친환경적이며, 블리딩이 적고, 내구성이 우수한 시멘트계 그라우트제를 제공하고자 하였다.
- <17> 또한, 방조제 보강 그라우팅과 같이 해양환경하에서 통상의 시멘트계 그라우트제는 염분의 농도에 따라 응결 경화시간이 달라지나 본 발명에서는 염분 농도가 1~30%(피밀)인 혼합수를 현장에서 채취하여 사용하여도 Thickening time 및 강도발현에 영향이 크지 않은 시멘트계 그라우트제를 제공하고자 하였다.

과제 해결수단

- <18> 상기와 같은 기술적 과제를 달성하기 위하여 본 발명은, 분말도 2,500~10,000 cm^2/g 가 되도록 분쇄한 포틀랜드시멘트 제조용 클링커 미분말 100 중량부에 대하여, 분말도 2,500~10,000 cm^2/g 의 이수석고, 반수석고 및 무수석고로 이루어지는 군에서 선택된 1종 이상의 황산칼슘 화합물 0.1~10 중량부, 알칼리금속의 탄산염 및 중탄산염 군에서 선택된 1종 이상의 화합물로 이루어지는 응결 조절제 0.1~10 중량부, 리그닌술포산염; 나프탈렌술포산염; 폴리카르복실산염; 카르복실산기를 포함하는 유기산; 및 카르복실산기를 포함하는 유기산의 알칼리금속염 또는 알칼리토금속염으로 이루어지는 군에서 선택된 1종 이상의 화합물로 이루어지는 분산제 0.01~5.0 중량부로 구성되는 것을 특징으로 하는 1액형 주입재용 시멘트 무기질계 그라우트제 조성물을 제공한다.
- <19> 또한 본 발명은, 이에 더하여 분말상의 셀룰로오스계, 전분계, 폴리에틸렌옥사이드계, 아크릴계 및 검(gum)류로 이루어지는 군에서 선택된 1종 이상의 화합물로 이루어지는 증점제를 0.01~5.0 중량부 첨가하여 제조하는 것을 특징으로 하는 1액형 주입재용 시멘트 무기질계 그라우트제 조성물을 제공한다.
- <20> 또한 본 발명은, 상기 전체 조성물 100 중량부에 대하여 고로슬래그, 플라이애쉬, 실리카 흙, 점토, 실트, 석분 및 모래로 이루어지는 군에서 1종 이상의 물질을 50~500 중량부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 시멘트 무기질계 그라우트제 조성물을 제공한다.

효과

- <21> 본 발명은 기존의 시멘트계 그라우트제와 물유리계 약액 그라우트제와는 달리 주입에 필요한 작업시간과 주입재가 넓은 범위에 걸쳐 골고루 충전 주입되도록 Thickening time을 30분~2시간 정도로 조절 가능하기 때문에 주입작업이 완료된 이후에는 빠른 시간 내에 응결경화가 이루어짐으로써 방조제, 저수지 및 하천제방과 같이 누수 또는 저류수에 의한 침식 및 세굴로 제체 하부에 큰 공동 및 공극이 다수 형성된 경우에는 그라우트제의 유실 및 과도한 범위까지의 주입을 제어하는데 효과적이다.
- <22> 본 발명의 시멘트 그라우트제는 기존의 보통포틀랜드시멘트를 사용하는 시멘트 그라우트제에 비하여 미분말 효과와 증점제 사용에 의해 블리딩이 적기 때문에 블리딩에 의한 공극의 감소 및 재주입의 최소화 등 우수한 차수 및 보강효과를 발휘할 수 있다. 그리고, 물유리계 약액 그라우트제의 최대 단점인 알칼리 용탈에 의한 지하환경의 오염 및 내구성 저하문제를 해결할 수 있는 친환경적이면서 내구성이 우수한 특징을 가진다.
- <23> 또한, 기존의 보링 그라우트공사에서 사용되는 급결형 주입재료는 2액형으로 2대이상의 믹서 및 주입펌프가 필요한 반면, 본 발명은 1액형 시멘트계 그라우트제로써 품질관리의 용이함 및 주입 장비(믹서 및 펌프)의 간소화가 가능하며, 시공현장에서 채취한 혼합수를 사용하면서 현장 믹서에서 광물질 혼화재료, 석분, 실트, 모래, 점

토 등의 증량재를 첨가함으로써 친환경적이고, 경제적이면서 높은 충전성을 확보할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <24> 포틀랜드계 시멘트는 시멘트의 구성광물 중 칼슘알루미네이트(C₃A)의 초기 수화를 제어하여 적당한 응결시간 및 작업시간을 확보하기 위해 클링커에 소량의 석고를 첨가하여 혼합분쇄하는 공정으로 제조된다. 시멘트가 물과 혼합되는 즉시 석고는 C₃A와 반응하여 시멘트 입자 표면에 치밀한 에트링가이트 수화물을 형성하여 수화반응을 제어하게 된다. 이후 수시간~12시간 이상이 경과한 후 칼슘실리케이트(C₃S)의 수화반응이 진행되면서 시멘트재료는 응결 및 경화하게 된다. 더욱이 지반 주입용 그라우트제와 같이 물-시멘트비가 50~500%로 높은 경우 겔화 또는 경화시간은 더욱 길어지게 된다.
- <25> 그러나 일반적인 포틀랜드시멘트와 달리 클링커의 분쇄시 석고를 첨가하지 않거나, 석고 첨가량이 지나치게 적은 경우 C₃A의 급격한 수화 반응에 의해 수초~수분 이내에 응결하게 되며, 일정 범위까지는 물-시멘트비가 증가하더라도 겔화되는 특성을 나타내며, 이후 칼슘실리케이트의 수화에 의해 경화하는 특성을 나타낸다.
- <26> 석고의 존재 유무에 따른 C₃A의 수화반응 생성물은 다음과 같다.
- <27> (1) 석고가 있을 경우;
- <28> $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 3(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) + 26\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ (에트링가이트)
- <29> $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O} + 2(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O})$
- <30> (2) 석고가 없을 경우;
- <31> $2(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3) + 27\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 19\text{H}_2\text{O} + 2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$
- <32> $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 19\text{H}_2\text{O} + 2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2(3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}) + 15\text{H}_2\text{O}$
- <33> $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (칼슘알루미네이트 수화물)
- <34> 상기와 같이 석고가 없을 경우의 C₃A의 수화반응은 매우 급격하게 일어나므로, 기존의 시멘트 그라우팅 공법용 재료로는 사용이 어렵다. 그러나 시멘트 응결조절제와 지연제를 사용하여 이러한 수화반응을 일정시간동안 적절하게 제어한 후 다시 C₃A가 활발하게 수화되도록 하면 목적으로 하는 30분~3시간 정도의 Thickening time을 갖는 1액형의 시멘트계 그라우트제의 개발이 가능하다.
- <35> 또한 시멘트의 분말도를 적절히 조절하고, 수중콘크리트 및 고유동콘크리트 제조에 사용되는 증점제를 적절히 사용하는 것에 의해 시멘트 그라우트제의 단점인 블리딩을 감소시키는 것이 가능하게 된다.
- <36> 한편, 해안에 위치하는 방조제와 기타 해안 구조물의 경우 통상 담수를 운반하여 사용함으로써 공사비 증가와 시공의 어려움이 있으며, 현장에서 채취할 수 있는 담수호의 물을 혼합수로 사용하는 경우 염분농도가 0~30%(피밀) 정도로 변화하여 염분 농도에 따른 시멘트 그라우트제의 물성 변화의 우려가 있다.
- <37> 따라서 해양환경에 위치하는 방조제 구조물의 경우 염분농도에 따라 그라우트제의 Thickening time과 강도발현이 크게 영향을 받지 않도록 설계되어야 하며, 지반상태가 주로 큰 공극 또는 공동형태로 존재하기 때문에 비교적 낮은 분말도의 시멘트 그라우트제를 사용하여도 주입은 가능하나 사질토에도 주입이 곤란한 보통포틀랜드 시멘트 또는 혼합시멘트의 분말도(3,000~4,000cm²/g)보다는 높은 Blaine 4,000~6,000cm²/g 수준의 시멘트계 그라우트제가 요구된다. 반면, 내륙 지역에 위치하는 저수지, 하천제방, 댐, 터널 등과 같은 구조물의 경우 혼합수로 청수(담수)를 사용하게 되며, 주입대상 토질이 점토 및 실트, 미립사질토 등으로 구성되어 있어 원활한 주입 및 보강효과를 얻기 위해서는 Blaine 6,000cm²/g 이상의 분말도가 높은 시멘트계 그라우트제가 요구된다.
- <38> 본 발명의 시멘트 그라우트제의 분말도에 따른 대표적인 용도를 제시하면 다음 표1과 같다.

표 1

구 분 \ 용 도	방조제용	저수지 및 하천제방용
분말도 (cm ² /g)	4,000~6,000	6,000~10,000
Thickening time(분)	60~120	60~120
사용 혼합수	염수 또는 담수 (염분농도 1~30‰)	청수(淸水)

<39>

<40> 이하 본 발명의 응결경화시간을 조절한 시멘트 그라우트재 조성물을 구성하는 각 성분을 보다 자세히 설명한다.

<41> (1) 포틀랜드시멘트 제조용 클링커

<42> 본 발명의 포틀랜드시멘트 제조용 클링커는 칼슘실리케이트(C₃S 및 C₂S), 칼슘알루미네이트(C₃A), 칼슘알루미노페라이트(C₄AF) 광물을 함유하는 것으로 보통, 중용열, 조강, 저열, 내황산염 및 백색포틀랜드시멘트용 클링커를 포함한다. 클링커 분말의 분말도는 강도, 주입성, 블리딩 및 경제성에 대한 요구조건에 따라 Blaine 2,500~12,000cm²/g으로 할 수 있으며, 특히 주입하고자 하는 토질과 경제성을 고려하여 조절하는 것이 바람직하다.

<43> 보다 상세하게 주입 대상에 따른 클링커 분말도의 적정 범위를 제시하면, 방조제와 같이 공극이 큰 지반의 경우 Blaine 4,000~6,000cm²/g, 저수지 및 하천 제방과 같이 점토질로 구성되어 공극이 작은 지반의 경우는 Blaine 6,000~10,000cm²/g인 것이 보다 바람직하다.

<44> 한편 클링커를 분쇄할 때 소량의 석고를 첨가하는 것도 가능하나, 다량의 석고를 첨가하여 클링커와 혼합분쇄하는 경우, 분쇄 과정에서 석고 입자가 시멘트 입자 표면에 달라 붙게 되어 물과 혼합하게 되면 석고와 C₃A와 먼저 반응하여 시멘트 입자 표면에 치밀한 에트린자이트를 형성하여 시멘트의 수화를 방해함으로써 C₃A의 반응율이 낮아지고, 그로인해 시멘트의 빠른 겔화 또는 응결, 경화가 일어나기 어렵게 된다. 따라서, 클링커는 단독으로 분쇄한 후 별도로 분쇄한 석고 및 기타 첨가제와 혼합하는 것이 바람직하다.

<45> (2) 알칼리금속의 탄산염 및 중탄산염

<46> 포틀랜드시멘트용 클링커의 주요 광물 중 하나인 C₃A는 위에서 설명한 바와 같이 석고가 없거나 너무 적은 상태에서는 급격한 수화반응으로 인해 급결을 일으키게 된다.

<47> 그러나 수용성인 알칼리탄산염 및 알칼리중탄산염을 일정량 첨가하게 되면, 다음 식과 같이 탄산이온이 방출되어 C₃A로부터 용출되는 칼슘이온과 반응하여 탄산칼슘으로 석출되고, 칼슘이온 농도의 저하 및 석출물에 의한 시멘트 입자의 피복 효과에 의해 수화물의 핵생성 및 성장이 방해되어 시멘트는 겔화 또는 응결하지 않고, 일정시간 유동성을 유지하는 Thickening time을 확보할 수 있다. 이때, C₃A로 용출된 알루미늄산 이온(AlO⁻)과 석고로부터 용출된 설페이트이온(SO₄²⁻)은 높은 농도로 액상중에 존재하게 된다.

<48> 식1) X₂CO₃ + H₂O ↔ XOH(Solution)+ XHCO₃(알칼리 탄산염의 용해 반응)

<49> 식2) XHCO₃ + H₂O ↔ XOH(Solution)+ H₂CO₃(Solution) (알칼리 중탄산염의 용해 반응)

<50> 식3) 3CaOAl₂O₃ + CaSO₄ + H₂O ↔ CaOH(Solution) + HAIO(Solution) + H₂SO₄(Solution)

<51> 식4) CaSO₄ + H₂O ↔ Ca(OH)₂(Solution) + H₂SO₄(Solution)

<52> 식5) Ca(OH)₂(Solution) + H₂CO₃(Solution) ↔ H₂O + CaCO₃↓(탄산칼슘의 석출)

<53> 그러나, 알칼리탄산염 또는 알칼리중탄산염이 모두 소비되면 C₃A 및 석고로부터 용출된 과포화상태의 알루미늄산 이온과 설페이트이온 및 시멘트로부터 용출되는 칼슘이온(Ca²⁺)이 반응하여 다량의 에트린자이트 및 칼슘알루미네이트수화물이 급격하게 생성되면서 겔화 또는 응결하게 된다. 따라서 탄산염의 첨가량을 적절히 조절하게 되

면 C₃A의 수화반응을 일정 시간까지 지연시킨 후 급격하게 겔화 또는 응결하게 하는 것이 가능하며, 시멘트 그라우트재로서는 포틀랜드시멘트용 클링커 미분말 100중량%에 대하여 0.01~10중량% 첨가하는 것이 바람직하다. 또한 그라우트재의 가사시간 확보, 강도, 내구성 등을 고려하면 0.1~5.0중량% 첨가하는 것이 더욱 바람직하다.

<54> (3) 시멘트 분산제

<55> 시멘트를 물과 혼합하게 되면, 시멘트 입자 표면의 정전기적 특성으로 인해 입자간에 인력이 작용하여 도 1의 (a)와 같이 응집체를 형성하게 된다.

<56> 시멘트 그라우팅을 하는 경우 시멘트가 응집체를 형성하고 있으며, 실제 시멘트 입자 자체의 입경은 작더라도 응집체의 경우 수~수십배의 크기로 존재하게 되어 주입성능이 크게 저하된다. 따라서 시멘트 현탁액이 지반중에 원활하게 주입되기 위해서는 입자를 잘 분산시키는 것이 중요하다.

<57> 본 발명은 시멘트 입자를 분산시켜 주입성능을 우수하도록 분말형 유기계 분산제를 0.01~5.0 중량% 첨가하는 것을 특징으로 하며, 분말형 유기계 분산제는 리그닌술포산염, 나프탈렌술포산염, 폴리카르복실산염, 카르복실산기를 포함하는 유기산, 및 카르복실산기를 포함하는 유기산의 알칼리염 또는 알칼리토금속염으로 이루어지는 군에서 선택되는 1종 이상의 화합물로 이루어진다.

<58> 한편, 분산제는 상기 알칼리탄산염 및 알칼리중탄산염의 첨가에 의해 더욱 높은 성능을 발휘하게 되며, C₃A의 수화를 보다 지연시키는 역할을 하고, 시멘트와 물이 만나는 면적을 증가시킴으로써 다량의 시멘트의 수화물이 형성되어 겔화 및 경화 후의 그라우트재의 강도를 증대하는 효과도 있다.

<59> (4) 황산칼슘

<60> 포틀랜드시멘트는 일반적으로 클링커와 인공 또는 천연의 황산칼슘인 석고를 혼합분쇄하여 생산된다. 석고는 클링커 입자의 수화 초기에 C₃A 광물과 반응하여 치밀한 에트린자이트 수화물을 형성하여 시멘트와 물의 접촉을 막아 시멘트입자의 수화를 방해함으로써 일정 시간동안 유동성을 유지하게 해 주며, 수시간 이후 C₃S 광물이 활발하게 반응하기 시작하면서 시멘트의 응결 및 경화가 이루어진다. 그러나, 일반적인 포틀랜드시멘트와 같이 석고와 C₃A가 초기에 반응하게 되면 시멘트 그라우팅에서와 같이 물-시멘트비가 50~500%정도로 높은 경우 30분~3시간 정도의 범위에서 겔화 또는 응결되기가 어렵다.

<61> 따라서, 본 발명에서는 천연 또는 인공의 황산칼슘인 이수석고, 반수석고 및 무수석고를 단독으로 분쇄하여 혼합함으로써 C₃A가 알칼리탄산염 또는 알칼리중탄산염과 먼저 반응할 수 있도록 하였다. 분말도는 주입성 및 시멘트와의 반응성을 고려하여 클링커의 분말도인 Blaine 2,500~12,000cm²/g 정도로 하는 것이 좋으나, 경제성 및 주입성능을 고려하여 Blaine 3,500~10,000cm²/g으로 하는 것이 보다 바람직하다.

<62> 한편, 석고를 첨가하지 않아도 겔타임 및 강도 확보는 가능하나, 이 경우 생성되는 수화물은 칼슘알루미네이트 수화물으로써, 석고 첨가시에 생성되는 에트린자이트 수화물에 비해 결정수가 적고, 수화물의 부피가 작아 치밀한 수화물을 생성하지 못하므로 일정량의 석고를 첨가하는 것이 그라우트재로써의 우수한 성능을 발휘하게 된다. 이에 필요한 석고의 적정량은 0.1~10.0중량% 이며, 보다 바람직하게는 0.5~5.0중량% 범위로 하는 것이 보다 우수한 겔화 및 경화체의 강도를 향상시킨다.

<63> (5) 유기계 증점제

<64> 시멘트 그라우팅은 일반 콘크리트 및 모르타르에 비해 통상 물-시멘트비가 50~500%로 높은 배합으로 시공된다. 물의 비중은 1.0 정도이며, 시멘트 입자는 3.15 정도로 비중차이가 크므로 시멘트 입자가 침강되면서 다량의 블리딩(Bleeding)이 발생하게 된다. 특히 물-시멘트비가 증가할수록 블리딩 발생량은 크게 증가하게 된다. 그라우트재의 블리딩이 심하게 발생하게 되면 지반에 주입한 후 블리딩이 발생한 부분에는 공극이 발생하게 되어 누수의 원인이 되고, 지반보강의 효과가 감소하게 되므로, 그라우트를 주입한 후 시멘트가 충분히 침강 및 경화될 때까지 약 수시간~수십시간 이상 기다렸다가 다시 그라우트를 재주입해야 하는 문제가 있다.

<65> 본 발명에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 셀룰로오스계, 전분계, 폴리에틸렌 옥사이드계, 아크릴계 및 검(gum)류로 이루어지는 군에서 1종 이상의 화합물로 이루어지는 증점제를 0.01~5.0 중량% 첨가하는 것을 특징으로 한다. 한편, 증점제의 첨가량이 과다한 경우 높은 물-시멘트비에서도 시멘트의 침강이 이루어지지 않아 경화체의 강도가 크게 감소하게 되고, 경제성 면에서도 불리하므로 첨가량을 0.01~4.0 중량%로 하는 것이 보다 바람직하다.

<66> 이하 본 발명의 실시예를 나타내었으나, 그 범위가 본 실시예에 한정되는 것은 아니다.

<67> [실시예 1]

<68> 표 2는 통상의 포틀랜드시멘트 클링커의 화학성분 및 광물조성을 나타낸 것이며, 도 2는 통상적으로 시멘트 그라우팅용 재료로 사용되고 있는 보통포틀랜드시멘트와 본 발명의 실시예에 대한 수화발열특성을 비교한 그래프으로써, 사용한 시멘트의 조성 및 화학성분은 표 3과 같다.

표 2

화학성분(%)									광물함량(%)			
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	F-CaO	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
20.6	5.13	3.06	63.0	3.96	0.92	0.17	0.92	0.3	58.27	15.66	7.78	12.46

<69>

표 3

구 분	물 (g)	보통 시멘트 (g)	본 발명의 조성물				
			클링커 미분말 (g)	클링커 100 중량%에 대한 첨가율(%)			
				석고	알칼리 탄산염	유동화제	증점제
비교예1	75	100	-	-	-	-	
실시예1	75	-	100	2	0.4	0.6	0.1

<70>

<71> 일반적인 포틀랜드시멘트는 도 1에 나타낸 비교예 1에서와 같이 수화 초기~수분 이내에 C₃A와 석고의 반응에 의한 에트린자이트의 생성 및 칼슘실리케이트 광물의 용해 등에 따른 높은 수화발열 피크(1차 피크)를 나타내고, 약 4시간 이후부터 칼슘실리케이트 광물 중 초기 반응성이 큰 C₃S의 수화가 이루어지면서 수화발열피크(2차 피크)를 나타내게 된다.

<72> 그러나, 본 발명의 실시예 1은 초기 C₃A의 수화반응이 억제되어 초기 2~3분 이내에 작은 수화발열 피크를 나타낸 이후, 약 1시간 30분 이후에 강한 수화발열 피크를 나타내고 있다. 이는 C₃A의 수화가 알칼리탄산염과 유동화제의 작용에 의해 억제되고, C₃A의 수화가 일정시간 이후 다시 활발하게 되어 다량의 수화물을 형성하기 때문이다. 또한 보통포틀랜드시멘트와 같이 C₃S의 수화는 이루어지나 유동화제의 지연작용에 의해 비교예 1의 보통포틀랜드시멘트에 비해서는 상당히 늦어지는 경향을 나타내고 있다.

<73> 또한, 보통포틀랜드시멘트의 경우 1차 수화발열피크의 크기로부터 알 수 있는 것처럼 시멘트의 수화반응량이 매우 작아 1차 수화발열피크 이후에도 유동성을 유지하게 되나, 본 발명의 경우 큰 수화발열과 함께 다량의 수화물을 형성함으로써 높은 물-시멘트비에서도 유동성을 잃고 겔화되는 특성을 나타내게 된다.

<74> 도 3은 본 발명인 실시예 1의 시간에 따른 유동성 변화를 관찰한 것으로, 물과 혼합 후 60분까지도 초기와 비슷한 정도의 높은 유동성을 유지하고 있으나, 도 2의 수화발열피크가 크게 높아지기 시작하는 85분 정도부터 점성이 증가하고, 유동성이 크게 낮아지고, 90분에는 유동하지 않는 상태가 된다는 것을 알 수 있으며, 따라서 Thickening time은 90분으로 평가된다.

<75> 도 4는 KS F2433에 규정된 주입모르타르의 블리딩을 시험방법에 준한 비교예1인 보통포틀랜드시멘트와 본 발명의 실시예1의 블리딩을 비교한 것이다. 시험조건은 표2의 배합조건으로써, 비교예1의 포틀랜드시멘트는 3시간 블리딩율이 약 15%인 반면, 본 발명인 실시예1의 경우 시멘트 자체의 미분말 효과와 증점제 사용효과에 의해 블리딩율이 약 2% 수준이다.

<76> [실시예 2]

<77> 표 4는 보통포틀랜드시멘트를 비교예로 한 본 발명의 실시예으로써, 클링커미분말 100 중량%에 대해 석고, 분산제, 알칼리탄산염 및 증점제의 첨가량 변화에 따른 Thickening time 및 블리딩, 압축강도변화를 나타내었다. 시멘트 그라우제의 물-시멘트비는 모두 75%로 하였다. 비교예 1은 일반적으로 시멘트 밀크그라우팅용 재료로 사용되고 있는 보통포틀랜드시멘트에 대하여 시멘트 현탁액의 특성을 평가한 것으로 시멘트가 수화하여 유동성

않게 되는 데는 300분 이상의 시간이 소요되었으며, 블리딩율은 20%로 크게 나타났다. 한편, 28일강도는 실시예에 비해 크게 나타났으나, 이는 시멘트가 침강하여 블리딩수가 빠져 나옴으로써 보다 치밀한 수화물을 형성했기 때문이다.

표 4

구분	물 (g)	시멘트 조성						Thickening time (분)	블리딩율 (%)	28일 강도 (MPa)
		보통 시멘트 (g)	클링커 미분말 (g)	클링커+석고에 대한 첨가물 (%)						
				석고	유동화제	알칼리 탄산염	증점제			
비교예 1	75	100	-	-	-	-	-	300이상	20	23.2
실시예 1	75	-	100	0	0.2	0.6	0.10	24	0	13.4
실시예 2	75	-	100	0	0.2	1.2	0.10	28	0	12.6
실시예 3	75	-	100	0	0.2	1.8	0.10	86	0	12.7
실시예 4	75	-	100	0	0.4	0.6	0.10	27	0	14.7
실시예 5	75	-	100	0	0.4	1.2	0.10	29	0	14.0
실시예 6	75	-	100	0	0.4	1.8	0.10	250	0	13.9
실시예 7	75	-	100	0	0.6	0.6	0.10	78	0	13.4
실시예 8	75	-	100	0	0.6	1.2	0.10	146	0	12.8
실시예 9	75	-	100	0	0.6	1.8	0.10	510	0	10.0
실시예 10	75	-	98	2	0.4	0.6	0.10	35	0	16.9
실시예 11	75	-	98	2	0.4	1.2	0.10	45	0	17.7
실시예 12	75	-	98	2	0.4	1.8	0.10	175	0	16.1
실시예 13	75	-	96	4	0.2	0.6	0.10	14	0	18.7
실시예 14	75	-	96	4	0.2	1.2	0.10	28	0	18.7
실시예 15	75	-	96	4	0.2	1.8	0.10	155	0	16.9
실시예 16	75	-	96	4	0.4	0.6	0.10	45	0	18.9
실시예 17	75	-	96	4	0.4	1.2	0.10	52	0	18.0
실시예 18	75	-	96	4	0.4	1.8	0.10	205	0	19.0
실시예 19	75	-	96	4	0.6	0.6	0.10	120	0	18.6
실시예 20	75	-	96	4	0.6	1.2	0.10	300	0	19.4
실시예 21	75	-	96	4	0.6	1.8	0.10	470	0	19.1
실시예 22	75	-	98	2	0.4	0.6	0.00	23	10	18.1
실시예 23	75	-	98	2	0.4	0.6	0.05	28	6	17.4
실시예 24	75	-	98	2	0.4	0.6	0.10	35	0	16.9

<78>

<79>

실시예 1~9는 석고를 첨가하지 않고 클링커미분말을 단독으로 사용하고, 클링커미분말 100 중량%에 대하여 유동화제를 0.2~0.6 중량%, 알칼리탄산염을 0.6~1.8 중량%, 증점제를 0.10 중량% 첨가한 것이며, 실시예 10~12는 클링커미분말 98 중량%와 석고 2 중량%로 이루어지는 조성물 100 중량%에 대하여 유동화제를 0.4 중량%, 알칼리탄산염을 0.6~1.8 중량%, 증점제를 0.10 중량%, 실시예 13~21은 클링커미분말 96 중량%와 석고 4 중량%로 이루어지는 조성물 100 중량%에 대하여 유동화제를 0.4 중량%, 알칼리탄산염을 0.6~1.8 중량%, 증점제를 0.10 중량% 첨가하여 혼합한 시멘트이다. 실시예 23~24는 다른 조건이 동일한 경우 증점제의 첨가량 변화에 따른 시멘트 현탁액의 특성 변화를 평가한 것이다.

<80>

본 발명의 실시예로부터 알 수 있듯이 유동화제와 알칼리탄산염의 첨가량이 증가할수록 Thickening time은 길어지는 경향을 나타내며, 첨가제의 조절에 따라 Thickening time을 수분~수백분 정도로 조절하는 것도 가능함을 알 수 있다. 또한 본 발명은 보통포틀랜드시멘트에 비해 블리딩이 매우 적은 수준이며, 증점제의 첨가량이 증가할수록 블리딩량은 더욱 감소함을 알 수 있다.

<81>

28일 압축강도는 골재를 사용하지 않은 시멘트 그라우트재 자체의 호모겔 압축강도 측정결과이며, 표 3에서와

같이 실시예 모두 비교예인 보통포틀랜드시멘트에 비해서는 압축강도 발현이 낮은 수준이나, 이는 블리딩이 감소함으로써 경화후에도 내부에 다량의 물과 공극이 남기 때문이다. 하지만 실시예의 모든 수준에서 10~20MPa 정도의 압축강도 발현특성을 가지므로 지반 그라우트재로서의 충분한 강도발현이 가능함을 알 수 있다.

<82> 한편, 클링커 미분말에 대한 석고의 치환율이 증가할수록 압축강도는 크게 증가하는 경향이며, 지반의 안정성 및 고내구성 확보를 위해서는 경우 어느정도의 석고가 필요함을 알 수 있다. 또한 증점제의 사용량 증가에 따라서는 블리딩은 감소하나, 이에 따라 압축강도도 함께 감소하고 있어, 증점제는 적정 범위에서 조절되어야 한다는 것을 확인할 수 있다.

<83> [실시예 3]

<84> 기존 보통포틀랜드시멘트 또는 혼합계시멘트를 사용하는 그라우팅에서는 담수만을 사용하도록 하고 있으나, 방조제 또는 해안 구조물의 그라우팅 공법에서는 염분이 있는 물을 혼합수로 사용하면 경제성 및 작업 공정의 편의성 증가하게 된다. 그러나 혼합수에 염분이 포함되어 있으면 시멘트의 수화속도에 영향을 미치게 되어 그라우트재의 유동성 유지시간이 변동할 수 있으며, 따라서 혼합수 염분 농도의 영향이 적은 재료가 요구된다.

<85> 표 5는 혼합수의 염분 농도에 따른 Thickening time의 변화를 나타내었다.

<86> 실시예 1~12는 클링커미분말과 석고, 증점제의 양은 동일하고, 유동화제와 알칼리탄산염의 첨가량을 다르게 한 것이다.

<87> 실시예 1~4는 유동화제 0.4%와 알칼리탄산염 1.2%를 첨가한 것으로 혼합수의 염분농도가 증가할수록 Thickening time이 크게 짧게되는 경향이며, 실시예 5~8은 유동화제 0.2%와 알칼리탄산염 3.0%를 첨가한 것으로 염분농도가 증가할수록 Thickening time은 증가하는 경향을 나타내어 현장에서 사용하는 혼합수의 염분농도가 변하게 되면 그라우트재의 가사시간 및 주입성이 변화하게 된다.

<88> 그러나 실시예 9~12와 같이 유동화제를 0.2%, 알칼리탄산염을 2.0% 첨가하는 경우에는 혼합수의 염분농도가 0~30%로 변화하여도 Thickening time이 60~80분으로 변동이 크지 않음을 확인할 수 있으며, 따라서 방조제 및 해안구조물용 그라우트재로 적당하다.

표 5

구분	물 (g)	시멘트 조성						Thickening time (분)	혼합수 염분 농도 (%)	비고
		보통 시멘트 (g)	클링커 미분말 (g)	클링커+석고에 대한 첨가율(%)						
				석고	유동화제	알칼리탄산염	증점제			
비교예 1	75	100	-	-	-	-	-	300이상		
실시예 1	75	-	96	2	0.4	1.2	0.10	45	0%	저수지 및 방발용
실시예 2	"	-	96	2	0.4	1.2	0.10	36	10%	
실시예 3	"	-	96	2	0.4	1.2	0.10	28	20%	
실시예 4	"	-	96	2	0.4	1.2	0.10	15	30%	
실시예 5	"	-	96	2	0.2	3.0	0.10	60	0%	
실시예 6	"	-	96	2	0.2	3.0	0.10	100	10%	
실시예 7	"	-	96	2	0.2	3.0	0.10	120	20%	
실시예 8	"	-	96	2	0.2	3.0	0.10	150	30%	
실시예 9	"	-	96	2	0.2	2.0	0.10	80	0%	방조제용
실시예 10	"	-	96	2	0.2	2.0	0.10	60	10%	
실시예 11	"	-	96	2	0.2	2.0	0.10	65	20%	
실시예 12	"	-	96	2	0.2	2.0	0.10	65	30%	

<89>

<90> [실시예 4]

<91> 도 5는 앞의 실시예 5와 실시예 17의 시멘트 페이스트에 대하여, X선 회절분석에 의한 시멘트 수화생성물의 변화를 비교한 그래프이다.

<92> 석고가 첨가되지 않은 실시예 5의 경우 겔화 이전인 25분까지는 수화물의 생성이 관찰되지 않으나, 겔화 이후인 5시간에는 칼슘알루미네이트수화물(CAH)가 관찰되는 것을 알 수 있으며, 석고를 4% 치환한 실시예 17의 경

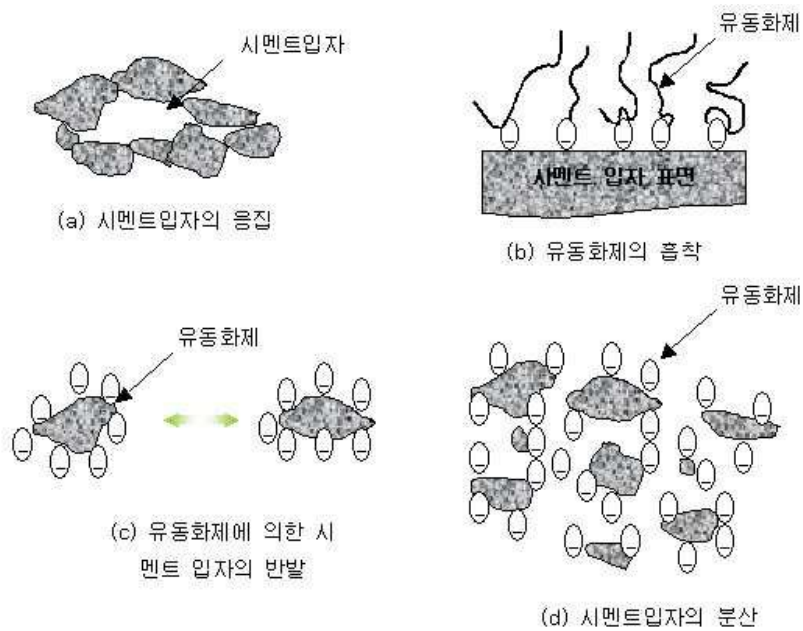
우 Thickening time 이전인 45분까지 수화물 피크가 관찰되지 않고, 석고(AG)의 피크도 큰 변화가 없으나, 겔화가 이루어진 5시간에는 에트린자이트(Ett':Ettringite) 피크가 나타나고, 석고의 피크는 거의 소멸됨을 알 수 있다. 즉, 석고의 첨가 유무에 따라 겔화를 일으키는 수화물이 달라짐을 알 수 있으며, [실시에 2]에서 보는 바와 같이 석고를 사용하는 경우 강도가 증가하는 것은 겔화 과정에서 생성되는 에트린자이트의 생성에 의한 것임을 알 수 있다. 따라서 그라우트재의 요구 성능인 Thickening time, 강도 및 내구성을 고려하면, 석고의 첨가량이 일정 범위에서 적절하게 조절되어야 함을 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

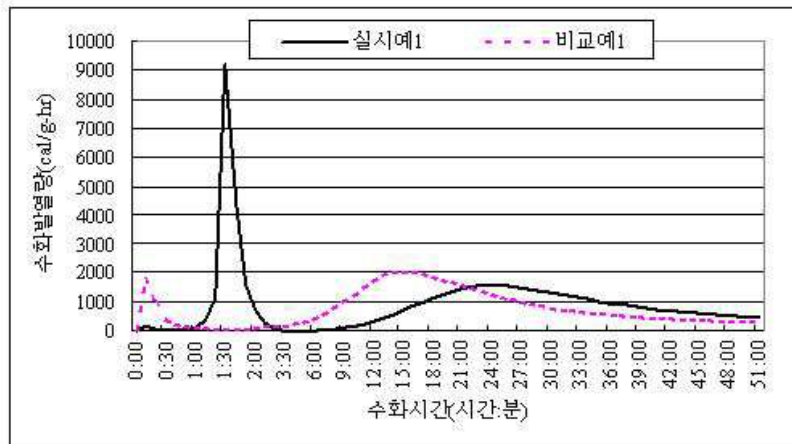
- <93> 도 1은 시멘트 입자의 응집과 유동화제에 의한 분산 모식도이다.
- <94> 도 2는 보통포틀랜드시멘트와 실시예1의 수화발열특성 비교한 그래프이다.
- <95> 도 3은 실시예1의 시간에 따른 유동성 변화를 나타낸 사진이다.
- <96> 도 4는 KS F2433에 규정된 주입모르타르의 블리딩을 시험방법에 준하여 비교예1인 보통포틀랜드시멘트와 본 발명의 실시예1의 블리딩율을 비교한 사진이다.
- <97> 도 5는 실시예 5와 실시예 17의 시멘트 페이스트에 대하여, X선 회절분석에 의한 시멘트 수화생성물의 변화를 비교한 그래프이다.

도면

도면1



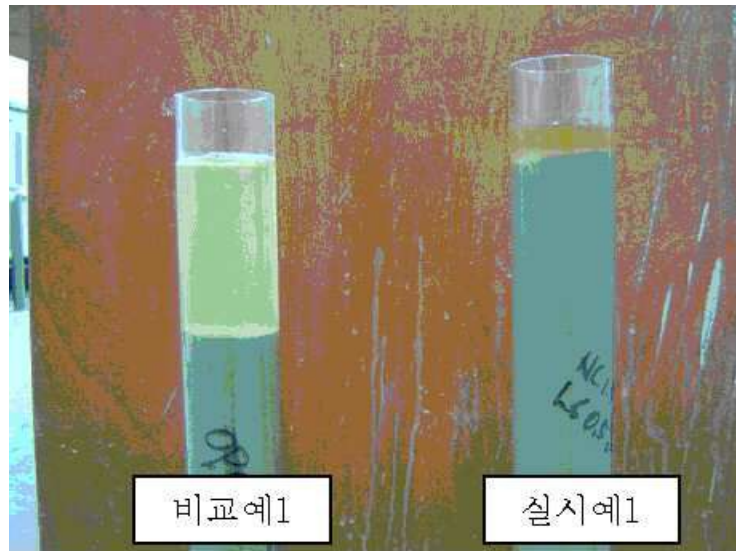
도면2



도면3



도면4



도면5

