

명세서

발명의 명칭: 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 및 이를 이용한 강관다단 그라우팅 공법

기술분야

- [1] 본 발명은 3시간 비카트 침 침입도가 10 mm 이하인 실링재 및 2시간 이내에 적어도 2MPa 이상의 조기 압축강도 발현이 가능한 본주입재를 포함하여, 연약지반 및 터널의 보강효과를 극대화시키며 전체공사시간을 획기적으로 단축시킬 수 있는 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 및 이를 이용한 강관다단 그라우팅 공법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 강도 및 자립도가 낮은 연약지반 또는 이러한 연약지반에서 터널을 굴착할 때에는 터널의 굴착면을 안정화시키고 붕괴를 방지하기 위하여, 굴착 공정에 앞서 차수 및 지반보강이 반드시 필요하다. 이러한 차수 및 지반보강의 방법으로 가장 널리 사용되는 것이 그라우팅 공법이다.
- [3] 특히, 터널보강을 위한 그라우팅 공법은 통상 천공, 강관삽입, 코킹(caulking) 및 실링(sealing), 그라우팅(grouting)의 시공절차로 진행되고 있다. 즉, 터널 굴착 전에 강관을 적절한 형상으로 배열, 설치하고 그 강관의 내측에 팩커(Packer)를 설치하여 다단으로 그라우트 조성물을 주입함으로써 본주입재에 의한 지반의 고결로 인하여 강관과 지반을 일체로 만들고 강관 및 주변 지반의 빔(Beam)작용에 의해 터널 굴착지반에 가해지는 상재하중, 토압 등의 분산효과 및 경감 효과를 얻어 막장의 안전성을 확보하게 된다. 이로써, 천정이 붕괴되는 등의 원치 않는 사고를 방지할 수 있고, 굴착설계에 따른 안정적 굴착작업이 가능하다.
- [4] 이러한 강관다단 그라우팅 공법에 있어서 강관을 삽입 후, 천공된 공벽과 강관사이의 공간을 막기 위해 강관과 공벽 사이에 주입호스를 설치하고 실링재(sealing material)를 주입한다. 이러한 실링재는 주입된 후 겔 상태로 경화되어, 강관과 지반을 일체화시키고, 본주입재의 역류를 방지하는 기능을 한다.
- [5] 상기 실링재는 주입 후 겔화 개시시간이 너무 지연되면 본주입재와 실링재가 혼합되어, 본주입재가 지반으로 원활히 침투되지 못할 수 있고, 본주입재의 주입 후 본주입재가 바로 역류될 수 있는 문제점이 있다. 또한, 상기 겔화 개시시간이 너무 짧으면 실링재가 과도하게 경화되어 후주입되는 본주입재가 실링재를 관통하지 못해 지반으로 침투되지 못할 수 있는 문제점이 있다. 이에 따라 실링공정은 최적의 겔화상태 및 강도를 확보하여야 하는 난이도가 높은 공정에 속한다. 또한, 종래의 실링재는 적정 겔화강도를 발현하기 위해서는 23±1 시간의 오랜 양생시간이 필요하였고 이 과정에서 전체공기가 상당히 지연되는

문제점이 있었다. 공기를 맞추기 위해 충분한 양생시간을 확보하지 못한 상태에서 본주입재를 주입하고 발파 및 굴착이 수행되는 경우, 치명적인 사고로 이어지는 등 시공 안전성이 문제될 수 있다.

- [6] 따라서 본주입재의 원활한 침투를 가능하게 하여 우수한 주입성능을 확보할 수 있도록 적정 겔화 유지시간을 확보하면서도 겔화 개시시간을 단축할 수 있는 실링재 및 양생시간의 단축으로 현재 적용되고 있는 약 18 ± 1 시간보다 훨씬 빨리 숙결되면서도 적어도 2MPa 이상의 조기 압축강도 발현이 가능한 본주입재의 개발을 통하여, 보강효과를 극대화시키며 전체공사시간을 최대한 단축시킬 수 있는 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 및 이를 이용한 강관다단 그라우팅 공법의 개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [7] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명의 일 구현 예는 적정 겔화 유지시간을 확보하면서도 겔화 개시시간을 단축할 수 있는 실링재 및 양생시간의 단축으로 조기 압축강도 발현이 가능한 본주입재를 포함하여, 연약지반 및 터널의 보강효과를 극대화시키며 전체공사시간을 획기적으로 단축시킬 수 있는 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물을 제공하고자 하는 것이다.
- [8] 또한, 본 발명의 다른 일 구현 예는 상기 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물을 이용한 강관다단 그라우팅 공법을 제공하고자 하는 것이다.
- [9] 본 발명이 해결하고자 하는 다양한 과제들은 이상에서 언급한 과제들에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [10] 본 발명의 일 구현 예는 보강하고자 하는 터널의 지반을 천공하는 단계(S10), 상기 천공으로 강관을 삽입하는 단계(S20), 상기 강관과 천공 사이에 실링재를 충전하는 단계(S30), 상기 충전된 실링재가 겔화가 되는 단계(S40), 상기 천공에 삽입된 강관으로 주입재 및 급결재를 포함하는 본주입재를 충전하는 단계(S50) 및 상기 충전된 본주입재를 경화시키는 단계(S60)를 포함하는 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물로서;
- [11] 상기 실링재는 1.1 내지 1.3 의 물-시멘트비(W/C)로 실링용 결합제 및 배합수를 포함하되, 상기 실링용 결합제는 벤토나이트 30 내지 60 중량%, 제지슬러지 소각재 20 내지 50 중량%, 석고 10 내지 30 중량%, 소석회 1 내지 20 중량%, 고유동화제 0.01 내지 5 중량% 및 경화촉진제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것이고;
- [12] 상기 본주입재는 주입재 및 급결재를 1: 0.8 내지 1 중량비율로 포함하는 것이고;

- [13] 상기 주입재는 1.1 내지 1.3 의 물-시멘트비(W/C)로 주입용 결합재 및 배합수를 포함하되, 상기 주입용 결합재는 마이크로 시멘트 40 내지 70 중량%, 칼슘설포알루미늄에이트 5 내지 30 중량%, 플라이애시 5 내지 30 중량%, 슬래그 시멘트 5 내지 30 중량%, 고유동화제 0.01 내지 5 중량% 및 지연제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것이고;
- [14] 상기 급결재는 1.1 내지 1.3 의 물-시멘트비(W/C)로 급결용 결합재 및 배합수를 포함하되, 상기 급결용 결합재는 석고 40 내지 70 중량%, 칼슘알루미늄에이트 5 내지 30 중량%, C12A7 5 내지 30 중량%, 고로 슬래그 5 내지 30 중량%, 탄산수소나트륨 0.05 내지 5 중량%, 고유동화제 0.01 내지 5 중량% 및 경화촉진제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것인 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물을 제공한다.
- [15] 상기 실링용 결합재는 표면에 알루미늄이 코팅된 판상형의 그라파이트 0.1 내지 10 중량%를 더 포함하는 것이고;
- [16] 상기 표면에 알루미늄이 코팅된 판상형의 그라파이트는 0.03 내지 0.9 mol/L의 알루미늄알콕사이드를 알코올계 용제에 녹인 용액 100 중량부에, 평균지름이 1 내지 10 μm 이고, 두께가 10 내지 60 nm인 판상형의 그라파이트를 15 내지 30 중량부를 혼합하여 슬러리를 제조한 후 여과하여 알루미늄알콕사이드가 코팅된 판상형의 그라파이트를 제조하는 단계; 0.03 내지 0.5 mol/L의 물을 알코올계 용제에 녹인 용액 100 중량부에, 상기 제조된 알루미늄알콕사이드가 코팅된 판상형의 그라파이트 5 내지 20 중량부를 혼합하여 상기 알루미늄알콕사이드의 가수분해 반응을 통해 판상형의 그라파이트 표면에 알루미늄을 코팅하는 단계; 및 잔여 용액을 여과 및 건조하여 제거함으로써 알루미늄이 코팅된 판상형의 그라파이트를 얻는 단계를 포함하는 방법으로 준비되는 것일 수 있다.
- [17] 상기 주입용 결합재는 마그네슘과 응집된 마그네슘-세리사이트 응집체 0.1 내지 10 중량%를 더 포함하는 것이고;
- [18] 상기 마그네슘-세리사이트 응집체는 세리사이트 100 중량부와 $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 15 내지 25 중량부를 혼합하는 단계; 상기 혼합된 세리사이트 및 $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 에 증류수 150 내지 300 중량부를 혼합하여 5 내지 30 시간 동안 교반하는 단계; 및 상기 교반한 세리사이트, $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 및 증류수를 원심분리한 후, 상등액을 추출하여 마그네슘-세리사이트 응집체를 수득하는 단계;를 포함하는 방법에 의하여 준비되는 것일 수 있다.
- [19] 상기 마그네슘-세리사이트 응집체는 상기 수득한 마그네슘-세리사이트 응집체를 네오헥스페리딘과 1: 0.1 내지 0.5 중량부로 혼합한 후, 불 밀링 분쇄하는 단계; 및 상기 분쇄된 마그네슘-세리사이트 응집체는 50 내지 80 °C의 온도에서 건조하는 단계;를 더 포함하는 방법에 의하여 준비되는 것일 수 있다.
- [20] 또한, 본 발명의 다른 일 구현 예는 상기 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물을 이용한 강관다단 그라우팅 공법으로서,
- [21] 보강하고자 하는 터널의 지반을 천공하는 단계(S10); 상기 천공으로 강관을

삽입하는 단계(S20); 상기 강관과 천공 사이에 상기 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 중, 실링재를 충전하는 단계(S30); 상기 충전된 실링재가 겔화가 되는 단계(S40); 상기 천공에 삽입된 강관으로 상기 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 중, 주입재 및 급결재를 포함하는 본주입재를 충전하는 단계(S50); 및 상기 충전된 본주입재를 경화시키는 단계(S60);를 포함하는 것인 강관다단 그라우팅 공법을 제공한다.

발명의 효과

- [22] 본 발명의 일 구현 예에 따른 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 및 이를 이용한 강관다단 그라우팅 공법에 따르면, 3시간 비카트 침 침입도가 10 mm 이하인 실링재를 포함하여, 적정 겔화 유지시간을 확보하면서도 겔화 개시시간을 획기적으로 단축할 수 있어, 본주입재의 원활한 침투를 가능하게 하여 우수한 주입성능을 확보할 수 있는 효과가 있다. 또한, 2시간 이내에 적어도 2MPa 이상의 초기 압축강도 발현이 가능한 본주입재를 포함하여, 현재 적용되고 있는 약 18±1 시간보다 훨씬 빠른 양생시간으로 속결되면서도, 우수한 압축강도를 구현할 수 있는 효과가 있다. 뿐만 아니라, 초기경화에 따른 균열에 대한 저항성과, 재료분리에 대한 저항성을 향상시키고, 수축에 대한 보상성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다. 이로써, 연약지반 및 터널의 보강효과를 극대화시키며 전체공사시간을 획기적으로 단축시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [23] 도 1은 본 발명의 일 구현 예에 따른 강관다단 그라우팅 공법의 개략적인 시공 순서도를 나타낸 것이다.
- [24] 도 2는 본 발명의 일 구현 예에 따른 강관다단 그라우팅 공법이 수행되는 막장면을 촬영한 사진이다.
- [25] 도 3은 터널의 길이방향을 따라 연속적으로 강관이 설치된 모습을 나타낸 것이다.
- [26] 도 4는 본 발명의 실시예 1 내지 3에 따른 실링재의 겔화 후, 본주입재 통과 확인을 위한 실험이미지를 나타낸 것이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [27] 이하, 본 발명의 구현 예를 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 예시로서 제시되는 것으로, 이에 의해 본 발명이 제한되지는 않으며 본 발명은 후술할 청구범위의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [28] 본 발명의 일 구현 예는 보강하고자 하는 터널의 지반을 천공하는 단계(S10), 상기 천공으로 강관을 삽입하는 단계(S20), 상기 강관과 천공 사이에 실링재를 충전하는 단계(S30), 상기 충전된 실링재가 겔화가 되는 단계(S40), 상기 천공에 삽입된 강관으로 주입재 및 급결재를 포함하는 본주입재를 충전하는 단계(S50) 및 상기 충전된 본주입재를 경화시키는 단계(S60)를 포함하는 강관다단

그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물로서;

- [29] 상기 실링제는 1.1 내지 1.3 의 물-시멘트비(W/C)로 실링용 결합제 및 배합수를 포함하되, 상기 실링용 결합제는 벤토나이트 30 내지 60 중량%, 제지슬러지 소각재 20 내지 50 중량%, 석고 10 내지 30 중량%, 소석회 1 내지 20 중량%, 고유동화제 0.01 내지 5 중량% 및 경화촉진제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것이고;
- [30] 상기 본주입제는 주입제 및 급결제를 1: 0.8 내지 1 중량비율로 포함하는 것이고;
- [31] 상기 주입제는 1.1 내지 1.3 의 물-시멘트비(W/C)로 주입용 결합제 및 배합수를 포함하되, 상기 주입용 결합제는 마이크로 시멘트 40 내지 70 중량%, 칼슘설포알루미네이트 5 내지 30 중량%, 플라이애시 5 내지 30 중량%, 슬래그 시멘트 5 내지 30 중량%, 고유동화제 0.01 내지 5 중량% 및 지연제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것이고;
- [32] 상기 급결제는 1.1 내지 1.3 의 물-시멘트비(W/C)로 급결용 결합제 및 배합수를 포함하되, 상기 급결용 결합제는 석고 40 내지 70 중량%, 칼슘알루미네이트 5 내지 30 중량%, C12A7 5 내지 30 중량%, 고로 슬래그 5 내지 30 중량%, 탄산수소나트륨 0.05 내지 5 중량%, 고유동화제 0.01 내지 5 중량% 및 경화촉진제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것인 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물을 제공한다.
- [33] 본 발명의 일 구현 예에 따른 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 및 이를 이용한 강관다단 그라우팅 공법에 따르면, 3시간 비카트 침침입도가 10 mm 이하인 실링제를 포함하여, 적정 겔화 유지시간을 확보하면서도 겔화 개시시간을 획기적으로 단축할 수 있어, 본주입제의 원활한 침투를 가능하게 하여 우수한 주입성능을 확보할 수 있는 효과가 있다. 또한, 2시간 이내에 적어도 2MPa 이상의 초기 압축강도 발현이 가능한 본주입제를 포함하여, 현재 적용되고 있는 약 18±1 시간보다 훨씬 빠른 양생시간으로 속결되면서도, 우수한 압축강도를 구현할 수 있는 효과가 있다. 뿐만 아니라, 초기경화에 따른 균열에 대한 저항성과, 재료분리에 대한 저항성을 향상시키고, 수축에 대한 보상성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다. 이로써, 연약지반 및 터널의 보강효과를 극대화시키며 전체공사시간을 획기적으로 단축시킬 수 있는 효과가 있다.
- [34] 보다 구체적으로 본 발명의 일 구현 예에 따른 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물은, 보강하고자 하는 터널의 지반을 천공하는 단계(S10), 상기 천공으로 강관을 삽입하는 단계(S20), 상기 강관과 천공 사이에 실링제를 충전하는 단계(S30), 상기 충전된 실링제가 겔화가 되는 단계(S40), 상기 천공에 삽입된 강관으로 주입제 및 급결제를 포함하는 본주입제를 충전하는 단계(S50) 및 상기 충전된 본주입제를 경화시키는 단계(S60)를 포함하는 강관다단 그라우팅 공법에 사용될 수 있는 것이다.

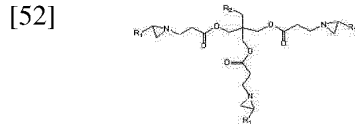
- [35] 먼저, 본 발명의 일 구현 예에 따른 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물은 본주입재의 주입전 강관의 외측과 천공 사이에 주입되어 팽창 및 충전됨으로써 강관과 지반의 마찰력을 증가시켜 본주입재의 주입시 주입압력에 의한 강관의 인발, 천공의 붕괴 및 역류 방지와 본주입재의 주입효율을 높여주기 위한 실링재를 포함한다.
- [36] 상기 실링재는 본주입재의 주입이 완료되기 전까지 완전히 고결이 된 상태가 아닌 겔화 상태로 존재하여야 한다. 그러나 통상적으로 사용되고 있는 종래의 규산소다를 실링재로 사용할 경우 겔화 개시시간을 매우 짧게 할 수는 있지만, 겔화 유지시간도 짧아짐에 따라 경화되는 속도도 매우 빨라져 본주입재를 주입할 경우 실링재가 이미 양생된 상태가 되어 본주입재의 주입이 거의 되지 않는 현상이 발생하게 된다. 따라서 지반내로 밀실하게 충분이 주입이 되고 본주입재의 주입에 영향이 없는 적정 겔화 유지시간을 확보하면서도 겔화 개시시간을 획기적으로 단축할 수 있도록, 상기 실링재는 1.1 내지 1.3의 물-시멘트비(W/C)로 실링용 결합재 및 배합수를 포함하되, 상기 실링용 결합재는 벤토나이트 30 내지 60 중량%, 제지슬러지 소각재 20 내지 50 중량%, 석고 10 내지 30 중량%, 소석회 1 내지 20 중량%, 고유동화제 0.01 내지 5 중량% 및 경화촉진제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것을 바람직하게 사용할 수 있다. 이로써, 본주입재의 원활한 침투를 가능하게 하여 우수한 주입성능을 확보할 수 있는 효과가 있다.
- [37] 보다 구체적으로, 상기 벤토나이트는 팽윤하는 점토광물의 그룹 중 대표적인 몬모릴로나이트가 주성분으로서, 물과 접촉하면 저면간격이 증가해 팽윤하는 특성을 갖는다. 이로써, 실링재가 강관의 외측과 천공 사이에 주입 및 팽윤하면서 충전되고, 수축보상의 기능을 발현할 수 있다. 또한, 우수한 유동성, 재료의 분리방지효과 및 증점효과를 부여하여, 적정 겔화 유지시간을 확보할 수 있다.
- [38] 상기한 개선효과를 고려하여, 상기 벤토나이트는 상기 실링용 결합재에 대하여, 30 내지 60 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [39] 상기 제지슬러지 소각재는 펄프 및 제지를 소각하는 소각공정에서 발생하는 부산물로서, 종이 제조공정 중 펄프의 사용량을 줄이고 종이의 품질을 제고하기 위하여 충전제(Filler)로 석회석 미분말을 사용하게 되는데 잉여 석회석 미분말이 슬러지형태로 배출된 것을 보일러에서 소각하는 과정에서 석회석이 탈탄산되어 산화칼슘의 함량이 높은 특징이 있다. 이러한 상기 제지슬러지 소각재는 다량의 CaO, SiO₂, Al₂O₃ 성분이 함유되어 있어, 조직의 치밀화를 유도하여 겔화 개시시간을 획기적으로 단축하면서도 연약지반의 강도 및 내구성능을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.
- [40] 이러한 제지슬러지 소각재는 CaO의 함량이 55 내지 85 중량%이고, SiO₂의 함량이 5 내지 25 중량%이고, Al₂O₃의 함량이 1 내지 20 중량%이고, 3500 내지 5500 cm²/g의 분말도를 갖는 것을 사용하여, 상기한 효과를 더욱 개선할 수 있다.

- [41] 상기한 개선효과를 고려하여, 상기 제지슬러지 소각재는 상기 실링용 결합재에 대하여, 20 내지 50 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [42] 상기 석고는 단사정계의 광물로, 화학성분은 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 이며, 능판상 또는 주상 결정을 이루는 것으로, 수화반응에 의해 발열이 이루어짐과 아울러, 팽창되면서 실링재가 강관의 외측과 천공 사이에 주입 및 충전되고, 수축보상의 기능을 발휘할 수 있다. 또한, 겔화 개시시간을 단축시키는 기능을 한다.
- [43] 상기한 개선효과를 고려하여, 상기 석고는 상기 실링용 결합재에 대하여, 10 내지 30 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [44] 상기 소석회는 등축정계의 백색 결정으로, 상기 석고와 혼합되어 팽창되면서 실링재가 강관의 외측과 천공 사이에 주입 및 충전되고, 수축보상의 기능을 발휘할 수 있다. 또한, 겔화 개시시간을 단축시키는 기능을 한다.
- [45] 상기한 개선효과를 고려하여, 상기 소석회는 상기 실링용 결합재에 대하여, 1 내지 20 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [46] 상기 고유동화제는 입자와 입자 사이에 윤활막을 형성하여 주입성을 향상시키는 기능을 하는 것으로, 폴리카르본산계 고유동화제를 바람직하게 사용할 수 있다. 상기한 개선효과 및 재료분리현상을 고려하여, 상기 고유동화제는 상기 실링용 결합재에 대하여, 0.01 내지 5 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [47] 상기 경화촉진제는 빠른 반응성으로 인해 겔화 개시시간을 단축하고 팽창 및 수축을 최소화하는 것으로, 리튬카보네이트, 황산나트륨, 황산마그네슘, 탄산나트륨 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 바람직하게 사용할 수 있다. 상기한 개선효과 및 고결후 강도특성을 고려하여, 상기 경화촉진제는 상기 실링용 결합재에 대하여, 0.01 내지 5 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [48] 또한, 상기 실링용 결합재는 표면에 알루미늄이 코팅된 판상형의 그라파이트 0.1 내지 10 중량%를 더 포함하여, 수평면적이 극대화되어 적정 겔화강도 및 겔화 유지시간을 확보하면서도 표면에 알루미늄이 코팅되어 겔화 개시시간을 획기적으로 단축할 수 있어, 본주입재의 원활한 침투를 가능하게 하여 우수한 주입성능을 확보할 수 있는 효과가 있다.
- [49] 보다 구체적으로, 상기 표면에 알루미늄이 코팅된 판상형의 그라파이트는 0.03 내지 0.9 mol/L의 알루미늄알콕사이드를 알코올계 용제에 녹인 용액 100 중량부에, 평균지름이 1 내지 10 μm 이고, 두께가 10 내지 60 nm인 판상형의 그라파이트를 15 내지 30 중량부를 혼합하여 슬러리를 제조한 후 여과하여 알루미늄알콕사이드가 코팅된 판상형의 그라파이트를 제조하는 단계; 0.03 내지 0.5 mol/L의 물을 알코올계 용제에 녹인 용액 100 중량부에, 상기 제조된 알루미늄알콕사이드가 코팅된 판상형의 그라파이트 5 내지 20 중량부를 혼합하여 상기 알루미늄알콕사이드의 가수분해 반응을 통해 판상형의 그라파이트 표면에 알루미늄을 코팅하는 단계; 및 잔여 용액을 여과 및 건조하여

제거함으로써 알루미늄이 코팅된 판상형의 그래파이트를 얻는 단계를 포함하는 방법으로 준비되는 것을 사용하여 상기한 효과를 더욱 개선할 수 있다.

- [50] 또한, 상기 실링재는 하기 화학식 1로 표시되는 화합물 및 하기 화학식 2로 표시되는 화합물을 더 포함하여; 우수한 유동성을 부여함으로써 실링재를 통과하여 지반으로 주입되는 우수한 주입성능을 더욱 개선할 수 있다. 또한 경화후, 지반과 일체화되어 우수한 장기강도를 구현할 수 있는 효과가 있다.

[51] [화학식 1]



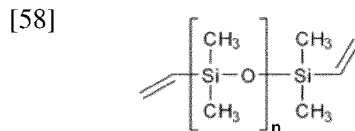
[53]

[54] 상기 식에서,

[55] R₁은 수소 또는 탄소수 1 내지 10의 알킬기이고,

[56] R₂는 히드록시기 또는 탄소수 1 내지 10의 알킬기이다.

[57] [화학식 2]



[59] 상기 식에서,

[60] n은 1 내지 10의 정수이다.

- [61] 이때, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물 및 상기 화학식 2로 표시되는 화합물은 상기한 개선효과 및 재료분리현상을 고려하여, 상기 실링재의 배합수 100 중량부에 대하여, 0.1 내지 5 중량부 범위로 혼합되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 화학식 1로 표시되는 화합물 및 상기 화학식 2로 표시되는 화합물은 각각 1:1 중량비로 혼합된 것을 사용하여 상기한 개선효과를 더욱 향상시킬 수 있다.

- [62] 한편, 본 발명의 일 구현 예에 따른 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물은 강관 내부에서 가압하여 공급함으로써 강관의 외측과 천공 사이로 배출 후 실링재를 통과하여 지반으로 주입되면서 지반 내 균열을 메우고 지반을 일체화시키는 주입재 및 상기 주입재의 양생을 촉진시키기 위한 급결재를 포함하는 본 주입재를 포함한다.

- [63] 이때, 상기 본주입재는 주입재 및 급결재를 1: 0.8 내지 1 중량비율로 포함하는 것일 수 있다.

- [64] 상기 주입재는 1.1 내지 1.3의 물-시멘트비(W/C)로 주입용 결합재 및 배합수를 포함하되, 상기 주입용 결합재는 마이크로 시멘트 40 내지 70 중량%, 칼슘설포알루미늄네이트 5 내지 30 중량%, 플라이애시 5 내지 30 중량%, 슬래그 시멘트 5 내지 30 중량%, 고유동화제 0.01 내지 5 중량% 및 지연제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것을 바람직하게 사용할 수 있다. 이로써, 실링재를 용이하게

통과하여 지반내로 밀실하게 충전됨으로써, 현재 적용되고 있는 약 18 ± 1 시간보다 훨씬 빠른 양생시간으로 속결되면서도, 우수한 압축강도를 구현할 수 있는 효과가 있다.

- [65] 보다 구체적으로, 상기 마이크로 시멘트는 분말도가 높은 초미립자 시멘트로서, 본 주입재의 주입이 용이하고, 우수한 조기 압축강도 발현이 가능하게 한다.
- [66] 상기 마이크로 시멘트는 분말도가 6,000 내지 10,000 cm^2/g 이고, 평균입자 크기가 1 내지 10 μm 인 것을 바람직하게 사용할 수 있다.
- [67] 상기한 개선효과를 고려하여, 상기 마이크로 시멘트는 상기 주입용 결합재에 대하여, 40 내지 70 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [68] 상기 칼슘설포알루미네이트는 시멘트와 혼합하여 우수한 조기 압축강도 발현이 가능하게 한다. 또한, 경화과정에서 부피변화 및 주입재의 역류를 방지함으로써 빠른 시간 내에 안정적으로 우수한 압축강도를 발현할 수 있다.
- [69] 상기 칼슘설포알루미네이트는 Al_2O_3 함량이 30 중량% 이상이면서 분말도가 4,500 내지 8,000 cm^2/g 인 것을 바람직하게 사용할 수 있다.
- [70] 상기한 개선효과를 고려하여, 상기 칼슘설포알루미네이트는 상기 주입용 결합재에 대하여, 5 내지 30 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [71] 상기 플라이애시는 산업 부산물을 재활용함에 따라 경제적인 효과와 고미분말을 사용함으로써 작업성의 개선과 잠재 수경성 반응에 의한 장기강도 증진 및 공극의 충진이 효과적으로 이루어지게 하는 기능을 한다.
- [72] 상기한 개선효과를 고려하여, 상기 플라이애시는 상기 주입용 결합재에 대하여, 5 내지 30 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [73] 상기 슬래그 시멘트는 산업 부산물을 재활용함에 따라 경제적인 효과와 고미분말을 사용함으로써 작업성의 개선과 잠재 수경성 반응에 의한 장기강도 증진 및 공극의 충진이 효과적으로 이루어지게 하는 기능을 한다.
- [74] 상기한 개선효과를 고려하여, 상기 슬래그 시멘트는 상기 주입용 결합재에 대하여, 5 내지 30 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [75] 상기 고유동화제는 입자와 입자 사이에 윤활막을 형성하여 주입성을 향상시키는 기능을 하는 것으로, 폴리카르본산계 고유동화제를 바람직하게 사용할 수 있다. 상기한 개선효과 및 재료분리현상을 고려하여, 상기 고유동화제는 상기 주입용 결합재에 대하여, 0.01 내지 5 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [76] 상기 지연제는 시멘트 수화반응을 억제하여 응결 또는 경화를 지연시키는 기능을 한다. 즉, 지나치게 빠른 응결로 인하여 작업성의 저하를 방지하기 위한 것으로, 구연산, 구연산나트륨, 타르타르산 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 바람직하게 사용할 수 있다. 상기한 개선효과 및 경화 후 강도특성을 고려하여, 상기 지연제는 상기 주입용 결합재에 대하여, 0.01 내지 5 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.

- [77] 또한, 상기 주입용 결합제는 마그네슘과 응집된 마그네슘-세리사이트 응집체 0.1 내지 10 중량%를 더 포함하여; 실링제를 통과하여 지반으로 주입되는 우수한 주입성과, 우수한 강도발현이 가능하게 하는 기능을 더욱 개선할 수 있다. 상기 세리사이트는 입자형태가 작은 비늘 모양이나 엽상 구조로 이루어지고, 입자가 미세하며, 우수한 피복력을 제공하여 조성물을 보호하고, 점성이 급격히 낮아지는 것을 방지하여 실링제의 고결은 방지하면서, 우수한 주입성능으로 실링제를 통과하여 지반으로 주입될 수 있고, 주입 후 지반 내 균열을 메우고 지반과 일체화되어 우수한 강도를 구현할 수 있다. 또한, 상기 세리사이트는 마그네슘과 응집된 것을 사용함에 따라, 잠재수경성 성분들의 초기수화 촉진에 따른 조기강도 개선에 더욱 기여할 수 있는 효과가 있다.
- [78] 이러한 상기 마그네슘-세리사이트 응집체는 세리사이트 100 중량부와 $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 15 내지 25 중량부를 혼합하는 단계; 상기 혼합된 세리사이트 및 $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 에 증류수 150 내지 300 중량부를 혼합하여 5 내지 30 시간 동안 교반하는 단계; 및 상기 교반한 세리사이트, $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 및 증류수를 원심분리한 후, 상등액을 추출하여 마그네슘-세리사이트 응집체를 수득하는 단계;를 포함하는 방법에 의하여 준비되는 것을 바람직하게 사용할 수 있다.
- [79] 또한, 상기 마그네슘-세리사이트 응집체는 상기 수득한 마그네슘-세리사이트 응집체를 네오헤스페리딘과 1: 0.1 내지 0.5 중량부로 혼합한 후, 불 밀링 분쇄하는 단계; 및 상기 분쇄된 마그네슘-세리사이트 응집체는 50 내지 80 °C의 온도에서 건조하는 단계;를 더 포함하는 방법에 의하여 준비되는 것을 사용함으로써, 상기한 효과를 더욱 더 개선할 수 있고, 산화방지 성능이 개선되는 효과가 있다.
- [80] 또한, 상기 급결제는 1.1 내지 1.3 의 물-시멘트비(W/C)로 급결용 결합제 및 배합수를 포함하되, 상기 급결용 결합제는 석고 40 내지 70 중량%, 칼슘알루미네이트 5 내지 30 중량%, C12A7 5 내지 30 중량%, 고로 슬래그 5 내지 30 중량%, 탄산수소나트륨 0.05 내지 5 중량%, 고유동화제 0.01 내지 5 중량% 및 경화촉진제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것을 바람직하게 사용할 수 있다. 이로써, 상기 주입제의 경화촉진을 위해 통상적으로 사용하던 규산소다를 사용하지 않아 환경문제 및 내구성 저하, 용탈 등의 문제를 개선할 수 있고, 주입제와 혼합하여 사용함으로써 상기 주입제의 경화시간을 빠르게 단축시키면서 압축강도는 단시간 내에 높게 발현될 수 있는 효과가 있다.
- [81] 보다 구체적으로, 상기 석고는 수화반응에 의해 팽창되면서 본주입제가 강관에 주입되고, 실링제를 용이하게 통과하여 지반내로 밀실하게 충전되도록 하고, 주입제와 혼합하여 경화시간을 빠르게 단축시키면서 압축강도는 단시간 내에 높게 발현하는 기능을 한다. 상기한 개선효과, 경화시간 및 작업성능을 고려하여, 상기 석고는 상기 급결용 결합제에 대하여, 40 내지 70 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [82] 상기 칼슘알루미네이트는 상기 주입제와 혼합하여 우수한 조기 압축강도

발현이 가능하게 한다.

- [83] 상기 칼슘알루미늄네이트는 비정질로서, CaO의 함량이 30 내지 55 중량%이고, Al_2O_3 의 함량이 15 내지 55 중량%이고, SiO_2 의 함량이 0.1 내지 15 중량%이고, Fe_2O_3 0.1 내지 15 중량%이고, 상기 CaO/ Al_2O_3 의 몰비는 1.5 이상이고, 분말도가 3,000 내지 7,000 cm^2/g 인 것을 바람직하게 사용할 수 있다.
- [84] 상기한 개선효과, 경화시간 및 작업성능을 고려하여, 상기 칼슘알루미늄네이트는 상기 급결용 결합제에 대하여, 5 내지 30 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [85] 상기 C12A7은 상기 칼슘알루미늄네이트와 함께, 상기 주입제와 혼합하여 우수한 조기 압축강도 발현이 가능하게 한다.
- [86] 상기 C12A7은 분말도가 5,000 내지 7,000 cm^2/g 인 것을 바람직하게 사용할 수 있다.
- [87] 상기한 개선효과, 경화시간 및 작업성능을 고려하여, 상기 C12A7은 상기 급결용 결합제에 대하여, 5 내지 30 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [88] 상기 고로 슬래그는 산업 부산물을 재활용함에 따라 경제적인 효과와 고미분말을 사용함으로써 작업성의 개선과 잠재 수경성 반응에 의한 장기강도 증진 및 공극의 충전이 효과적으로 이루어지게 하는 기능을 한다.
- [89] 상기한 개선효과 및 작업성능을 고려하여, 상기 고로 슬래그는 상기 급결용 결합제에 대하여, 5 내지 30 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [90] 상기 탄산수소나트륨은 팽창되면서 본주입제가 강관에 주입되고, 실링재를 용이하게 통과하여 지반내로 밀실하게 충전되도록 하고, 주입제와 혼합하여 경화시간을 빠르게 단축시키면서 압축강도는 단시간 내에 높게 발현하는 기능을 한다.
- [91] 상기한 개선효과 및 작업성능을 고려하여, 상기 탄산수소나트륨은 상기 급결용 결합제에 대하여, 0.05 내지 5 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [92] 상기 고유동화제는 입자와 입자 사이에 윤활막을 형성하여 주입성을 향상시키는 기능을 하는 것으로, 폴리카르본산계 고유동화제를 바람직하게 사용할 수 있다. 상기한 개선효과 및 재료분리현상을 고려하여, 상기 고유동화제는 상기 급결용 결합제에 대하여, 0.01 내지 5 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [93] 상기 경화촉진제는 빠른 반응성으로 인해 경화시간을 단축하고 팽창 및 수축을 최소화하는 것으로, 리튬카보네이트, 수산화나트륨 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 바람직하게 사용할 수 있다. 상기한 개선효과 및 경화후 강도특성을 고려하여, 상기 경화촉진제는 상기 급결용 결합제에 대하여, 0.01 내지 5 중량% 범위로 함유되는 것이 바람직하다.
- [94] 또한, 본 발명의 다른 일 구현 예는 상기 강관다단 그라우팅 공법용 숙경성 그라우트 조성물을 이용한 강관다단 그라우팅 공법으로서,
- [95] 보강하고자 하는 터널의 지반을 천공하는 단계(S10); 상기 천공으로 강관을

삽입하는 단계(S20); 상기 강관과 천공 사이에 상기 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 중, 실링재를 충전하는 단계(S30); 상기 충전된 실링재가 켈화가 되는 단계(S40); 상기 천공에 삽입된 강관으로 상기 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 중, 주입재 및 급결재를 포함하는 본주입재를 충전하는 단계(S50); 및 상기 충전된 본주입재를 경화시키는 단계(S60);를 포함하는 것인 강관다단 그라우팅 공법을 제공한다.

- [96] 이러한 본 발명의 일 구현 예에 따른 강관다단 그라우팅 공법의 개략적인 시공 순서도를 도 1에 나타내었다.
- [97] 또한, 본 발명의 일 구현 예에 따른 강관다단 그라우팅 공법이 수행되는 막장면을 촬영한 사진을 도 2에 나타내었다.
- [98] 또한, 터널의 길이방향을 따라 연속적으로 강관이 설치된 모습을 도 3에 나타내었다.
- [99] 이때, 상기 보강하고자 하는 터널의 지반을 천공하는 단계(S10)는 도2 및 도 3에 나타난 바와 같이 막장면에서부터 지중으로 천공하되, 상기 천공은 지중으로 가면서 벌어지는 각도로 수행한다.
- [100] 상기 천공으로 강관을 삽입하는 단계(S20)는 상기 천공홀의 직경에 맞춰 강관을 제조하며, 일반적으로 단위 강관을 커플러로 조립하여 사용하고, 필요에 따라 길이가 길어서 천공의 외부로 돌출된 부분을 절단한다. 상기 강관은 천공 안에서 천공홀의 중심에 설치될 수 있도록 둘레부에 센터유지부재가 결합될 수 있다.
- [101] 상기 강관과 천공 사이에 상기 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 중, 실링재를 충전하는 단계(S30)는 보다 구체적으로 실링재 주입호스 설치단계(S31), 패킹 설치단계(S32), 코킹단계(S33) 및 실링재 충전단계(S34)를 포함할 수 있다.
- [102] 먼저, 상기 실링재 주입호스 설치단계(S31)는 천공의 입구 쪽에 후속 공정에서 주입되는 본주입재가 누출되지 않도록 실링재를 주입할 수 있도록, 실링재의 주입을 위한 실링재 주입호스를 설치한다.
- [103] 상기 패킹 설치단계(S32)는 상기 설치된 강관의 외부로서 천공의 입구와 대응하는 부분에 수행된다. 상기 패킹의 위치는 천공의 입구에 코킹재의 주입에 의한 코킹부를 형성할 수 있는 위치이다. 상기 패킹은 천공의 밀폐성을 향상하기 위하여 고무 등의 탄성 재질로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [104] 또한, 상기 실링재 주입호스는 상기 패킹에 결합되는 것으로, 상기 실링재 주입호스 설치단계(S31)와 패킹 설치단계(S32)는 단일 작업으로 이루어질 수 있다.
- [105] 상기 코킹단계(S33)는 천공의 입구와 패킹 사이에 코킹재를 주입하여 수행될 수 있다.
- [106] 상기 실링재 충전단계(S34)는 상기 설치된 실링재 주입호스를 통해 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 중, 실링재를 주입하여 패킹의 안쪽에

일정 구간의 실링부를 형성함으로써 수행된다.

- [107] 상기 충전된 실링재가 겔화가 되는 단계(S40)는 적정 겔화 유지시간을 확보하면서도 겔화 개시시간을 3시간 이내로 획기적으로 단축할 수 있어, 본주입재의 원활한 침투를 가능하게 하여 우수한 주입성능을 확보할 수 있다.
- [108] 상기 천공에 삽입된 강관으로 상기 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 중, 주입재 및 급결재를 포함하는 본주입재를 충전하는 단계(S50)는 형성한 실링부의 안쪽에 수행된다.
- [109] 상기 충전된 본주입재를 경화시키는 단계(S60)는 2시간 이내에 적어도 2MPa 이상의 초기 압축강도 발현이 가능하여, 현재 적용되고 있는 약 18±1 시간보다 훨씬 빠른 양생시간으로 속결되면서도, 우수한 압축강도를 구현할 수 있다.
- [110] 본 발명의 일 구현 예에 따른 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 및 이를 이용한 강관다단 그라우팅 공법에 따르면, 3시간 비카트 침 침입도가 10 mm 이하인 실링재를 포함하여, 적정 겔화 유지시간을 확보하면서도 겔화 개시시간을 획기적으로 단축할 수 있어, 본주입재의 원활한 침투를 가능하게 하여 우수한 주입성능을 확보할 수 있는 효과가 있다. 또한, 2시간 이내에 적어도 2MPa 이상의 초기 압축강도 발현이 가능한 본주입재를 포함하여, 현재 적용되고 있는 약 18±1 시간보다 훨씬 빠른 양생시간으로 속결되면서도, 우수한 압축강도를 구현할 수 있는 효과가 있다. 뿐만 아니라, 초기경화에 따른 균열에 대한 저항성과, 재료분리에 대한 저항성을 향상시키고, 수축에 대한 보상성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다. 이로써, 연약지반 및 터널의 보강효과를 극대화시키며 전체공사시간을 획기적으로 단축시킬 수 있는 효과가 있다.
- [111] 이상, 본 발명의 바람직한 실시 예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 기술적 사상의 범위 내에서 해당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 변형이 가능하다.
- [112]
- [113] 실링재의 제조
- [114] <실시예 1>
- [115] 벤토나이트 47 중량%, 제지슬러지 소각재 27 중량%, 석고 15 중량%, 소석회 10 중량%, 폴리카르본산계 고유동화제 0.5 중량% 및 경화촉진제(리튬카보네이트) 0.5 중량%를 강제믹서에 넣고 혼합한 실링용 결합재 100 중량부를 배합수 120 중량부와 충분히 교반시켜 슬러리화된 실링재를 제조하였다.
- [116] 이때, 상기 제지슬러지 소각재는 CaO의 함량이 68.1 중량%이고, SiO₂의 함량이 15.7 중량%이고, Al₂O₃의 함량이 7.3 중량%이고, 4350 cm²/g의 분말도를 갖는 것을 사용하였다.
- [117]
- [118] <실시예 2>
- [119] 벤토나이트 40 중량%, 제지슬러지 소각재 31 중량%, 석고 19.5 중량%, 소석회 7

중량%, 표면에 알루미나가 코팅된 판상형의 그라파이트 1.5 중량%,
폴리카르본산계 고유동화제 0.5 중량% 및 경화촉진제(리튬카보네이트) 0.5
중량%를 강제믹서에 넣고 혼합한 실링용 결합제 100 중량부를 배합수 120
중량부와 충분히 교반시켜 슬러리화된 실링재를 제조하였다.

[120] 이때, 상기 제지슬러지 소각재는 상기 실시예 1에서 사용한 것과 동일한 것을
사용하였다.

[121] 또한, 상기 표면에 알루미나가 코팅된 판상형의 그라파이트는 알루미늄 트리
세컨더리 부톡사이드(0.25 mol/L)를 에탄올 1000ml에 녹인 용액에 200 g의
평균지름이 8.5 μm 이고, 두께가 38 nm인 판상형의 그라파이트를 첨가하여
교반하면서 1시간 동안 혼합하여 슬러리를 제조하였다. 이 슬러리를 여과하여
용액을 제거함으로써 알루미늄 알콕사이드가 코팅된 판상형의 그라파이트를
제조하였다. 이후, 물(0.20mol/L)을 에탄올에 녹인 용액 1000ml를 교반하면서 120
g의 상기 제조된 알루미늄 알콕사이드가 코팅된 판상형의 그라파이트를
첨가하여 30분 동안 혼합함으로써 판상형의 그라파이트 표면의 알루미늄
알콕사이드를 가수분해시켰다. 이후, 여과하여 잔여용액을 제거하고 80 °C의
열풍으로 2시간 동안 건조시킴으로써 준비된 알루미나가 코팅된 판상형의
그라파이트를 사용하였다.

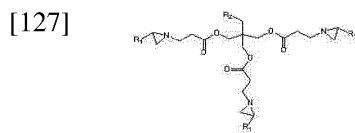
[122]

[123] <실시예 3>

[124] 벤토나이트 34 중량%, 제지슬러지 소각재 38 중량%, 석고 22 중량%, 소석회 4
중량%, 표면에 알루미나가 코팅된 판상형의 그라파이트 1 중량%,
폴리카르본산계 고유동화제 0.5 중량% 및 경화촉진제(리튬카보네이트) 0.5
중량%를 강제믹서에 넣고 혼합한 실링용 결합제 100 중량부를 배합수 120
중량부, 하기 화학식 1-1로 표시되는 화합물 0.5 중량부 및 하기 화학식 2-1로
표시되는 화합물 0.5 중량부와 충분히 교반시켜 슬러리화된 실링재를
제조하였다.

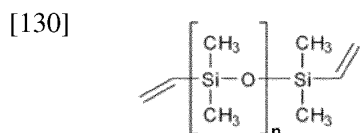
[125] 이때, 상기 제지슬러지 소각재 및 상기 표면에 알루미나가 코팅된 판상형의
그라파이트는 상기 실시예 2에서 사용한 것과 동일한 것을 사용하였다.

[126] [화학식 1-1]



[128] 상기 식에서, R₁은 메틸기이고, R₂는 히드록시기이다.

[129] [화학식 2-1]



[131] 상기 식에서, n은 5이다.

[132]

[133] <비교예 1>

[134] 벤토나이트 15 중량%, 보통 포틀랜드 시멘트 84 중량%, 폴리카르본산계 고유동화제 0.5 중량% 및 경화촉진제(리튬카보네이트) 0.5 중량%를 강제믹서에 넣고 혼합한 실링용 결합재 100 중량부를 배합수 120 중량부와 충분히 교반시켜 슬러리화된 비교용 실링재를 제조하였다.

[135]

[136] <시험예 1>

[137] 상기 실시예 1 내지 3에서 제조된 실링재 및 비교예 1에서 제조된 비교용 실링재의 시편을 제작하고, 겔화시간으로서, 비카트침의 침입도가 10 mm(한국철도시설공단의 시방서 기준)에 도달할 때까지 소요되는 시간을 측정하였다.

[138] 또한, 상기 실시예 1 내지 3에서 제조된 실링재 및 비교예 1에서 제조된 비교용 실링재의 주입후, 3 시간이 경과했을 때의 비카트침 관입량을 측정하였다.

[139] 상기 측정결과를 하기 표 1에 나타내었다.

[140] [표1]

구분	실시예 1	실시예 2	실시예 3	비교예 1
겔화시간 (시간: 분)	2: 52	2: 39	2: 14	24: 19
비카트침 관입량 (mm)	9	8	8	25

[141] 상기 표 1에서 확인할 수 있는 바와 같이, 본 발명의 실시예 1 내지 3에서 제조된 실링재는 비교예 1에서 제조된 비교용 실링재와 비교하여, 겔화시간 및 3 시간 경과했을 때의 비카트침 관입량이 10 mm 이하로 크게 감소한 것을 확인할 수 있었다. 또한, 도 4와 같이 본 발명의 실시예 1 내지 3에 따른 실링재의 겔화 후, 본주입재 통과 확인을 위한 시험을 수행한 결과, 본 발명의 실시예 1 내지 3에서 제조된 실링재는 단시간 내에 비카트침 관입량은 10mm 이하에 도달하면서도 본주입재의 통과는 원활하게 이루어지는 것을 확인할 수 있었다.

[142] 이로써, 본 발명의 실링재는 적정 겔화 유지시간을 확보하면서도 겔화 개시시간을 획기적으로 단축할 수 있어, 본주입재의 원활한 침투를 가능하게 하여 우수한 주입성능을 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

[143]

[144] 본주입재의 제조

[145] <실시예 4>

- [146] 각각 별도로 준비된 주입재 및 급결재를 1:1 중량비율로 강제믹서에 투입 및 교반시켜 본주입재를 제조하였다.
- [147] 이때, 상기 주입재는 마이크로 시멘트(분말도: 6,780 cm^2/g , 평균입자 크기: 4.7 μm) 64 중량%, 칼슘설포알루미늄에이트(분말도: 4,920 cm^2/g , Al_2O_3 함량: 32.7 μm) 12 중량%, 플라이애시 11.8 중량%, 슬래그 시멘트 12 중량%, 폴리카르본산계 고유동화제 0.1 중량% 및 지연제(구연산) 0.1 중량%를 강제믹서에 넣고 혼합한 주입용 결합재 100 중량부를 배합수 120 중량부와 충분히 교반시켜 슬러리화함으로써, 제조하였다.
- [148]
- [149] 또한, 상기 급결재는 석고 44 중량%, 칼슘알루미늄에이트 21 중량%, C12A7(분말도: 6,140 cm^2/g) 18 중량%, 고로 슬래그 16.1 중량%, 탄산수소나트륨 0.5 중량%, 폴리카르본산계 고유동화제 0.2 중량% 및 경화촉진제(수산화나트륨) 0.2 중량%를 강제믹서에 넣고 혼합한 급결용 결합재 100 중량부를 배합수 120 중량부와 충분히 교반시켜 슬러리화함으로써, 제조하였다.
- [150] 이때, 상기 칼슘알루미늄에이트는 비정질로서, CaO 의 함량이 52.05 중량%이고, Al_2O_3 의 함량이 27.86 중량%이고, SiO_2 의 함량이 7.95 중량%이고, Fe_2O_3 3.47 중량%이고, 분말도가 4,140 cm^2/g 인 것을 사용하였다.
- [151]
- [152] <실시예 5>
- [153] 각각 별도로 준비된 주입재 및 급결재를 1:1 중량비율로 강제믹서에 투입 및 교반시켜 본주입재를 제조하였다.
- [154] 이때, 상기 주입재는 마이크로 시멘트(분말도: 6,780 cm^2/g , 평균입자 크기: 4.7 μm) 52 중량%, 칼슘설포알루미늄에이트(분말도: 4,920 cm^2/g , Al_2O_3 함량: 32.7 μm) 24 중량%, 플라이애시 7.8 중량%, 슬래그 시멘트 14.5 중량%, 마그네슘과 응집된 마그네슘-세리사이트 응집체 1.5 중량%, 폴리카르본산계 고유동화제 0.1 중량% 및 지연제(구연산) 0.1 중량%를 강제믹서에 넣고 혼합한 주입용 결합재 100 중량부를 배합수 120 중량부와 충분히 교반시켜 슬러리화함으로써, 제조하였다.
- [155] 이때, 상기 마그네슘-세리사이트 응집체는 세리사이트 100 중량부와 $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 22 중량부를 혼합하는 단계; 상기 혼합된 세리사이트 및 $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 에 증류수 210 중량부를 혼합하여 19 시간 동안 교반하는 단계; 및 상기 교반한 세리사이트, $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 및 증류수를 원심분리한 후, 상등액을 추출하여 마그네슘-세리사이트 응집체를 수득하는 단계; 상기 수득한 마그네슘-세리사이트 응집체를 볼 밀링 분쇄하는 단계; 및 상기 분쇄된 마그네슘-세리사이트 응집체는 70 $^\circ\text{C}$ 의 온도에서 건조하는 단계;를 포함하는 방법에 의하여 준비되는 것을 사용하였다.
- [156] 또한, 상기 급결재는 석고 52 중량%, 칼슘알루미늄에이트 17 중량%, C12A7(분말도: 6,140 cm^2/g) 18 중량%, 고로 슬래그 12.1 중량%, 탄산수소나트륨 0.5 중량%, 폴리카르본산계 고유동화제 0.2 중량% 및 경화촉진제(수산화나트륨) 0.2 중량%를 강제믹서에 넣고 혼합한 급결용 결합재 100 중량부를 배합수 120

중량부와 충분히 교반시켜 슬러리화함으로써, 제조하였다.

- [157] 이때, 상기 칼슘알루미네이트는 상기 실시예 4에서 사용한 것과 동일한 것을 사용하였다.
- [158]
- [159] <실시예 6>
- [160] 각각 별도로 준비된 주입제 및 급결제를 1:1 중량비율로 강제믹서에 투입 및 교반시켜 본주입제를 제조하였다.
- [161] 이때, 상기 주입제 및 급결제는 상기 실시예 5에서 사용한 것과 동일한 것을 사용하되; 상기 마그네슘-세리사이트 응집체로서, 세리사이트 100 중량부와 $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 22 중량부를 혼합하는 단계; 상기 혼합된 세리사이트 및 $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 에 증류수 210 중량부를 혼합하여 19 시간 동안 교반하는 단계; 및 상기 교반한 세리사이트, $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 및 증류수를 원심분리한 후, 상등액을 추출하여 마그네슘-세리사이트 응집체를 수득하는 단계; 상기 수득한 마그네슘-세리사이트 응집체를 네오헤스페리딘과 1:0.2 중량부로 혼합한 후, 불 밀링 분쇄하는 단계; 및 상기 분쇄된 마그네슘-세리사이트 응집체는 70 °C의 온도에서 건조하는 단계;를 포함하는 방법에 의하여 준비되는 것을 사용하였다.
- [162]
- [163] <비교예 2>
- [164] 각각 별도로 준비된 비교용 주입제 및 비교용 급결제를 3:1 중량비율로 강제믹서에 투입 및 교반시켜 비교용 본주입제를 제조하였다.
- [165] 이때, 상기 비교용 주입제는 보통 포틀랜드 시멘트 99.8 중량%, 폴리카르본산계 고유동화제 0.1 중량% 및 지연제(구연산) 0.1 중량%를 강제믹서에 넣고 혼합한 결합재 100 중량부를 배합수 120 중량부와 충분히 교반시켜 슬러리화함으로써, 제조하였다.
- [166] 또한, 상기 비교용 급결제로는 규산소다(물유리)를 사용하였다.
- [167]
- [168] <시험예 2>
- [169] 상기 실시예 4 내지 6에서 제조된 본주입제 및 비교예 2에서 제조된 비교용 본주입제의 시편을 제작하고, KS L ISO 679 : 2006의 시멘트 강도시험 방법에 의거하여, 쥬 타임 및 호모겔 강도를 측정하였다.
- [170] 상기 측정결과를 하기 표 2에 나타내었다.

[171] [표2]

구분		실시예 4	실시예 5	실시예 6	비교예 1
겔 타임(초)		52	48	43	75
호모겔 강도 (MPa)	2시간	2.64	3.37	3.72	0.11
	4시간	3.87	4.67	5.02	0.18
	6시간	4.57	5.42	5.74	0.23
	24시간	6.78	7.94	8.33	1.25
	3일	9.04	10.14	10.32	2.94
	7일	9.87	10.72	10.87	3.12
	28일	10.24	11.20	11.21	3.59

[172] 상기 표 2에서 확인할 수 있는 바와 같이, 본 발명의 실시예 4 내지 6에서 제조된 본주입재는 비교예 2에서 제조된 비교용 본주입재와 비교하여, 매우 빠른 겔타임을 갖고, 월등히 우수한 호모겔 강도를 갖는 것을 확인할 수 있었다. 이로써, 본 발명의 실링재 및 본주입재를 포함하는 강관단단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물은 겔화 개시시간을 획기적으로 단축하고, 2시간 이내에 적어도 2MPa 이상의 초기 압축강도 발현이 가능하여, 매우 빠른 양생시간으로 속결되면서도, 우수한 압축강도를 구현함으로써, 작업시간 및 공기의 단축; 인건비 및 공사비의 절감; 장비 효율성 증대의 효과를 가져올 것으로 기대된다.

[173]

[174] 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명이 속하는 기술 분야의 당업자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예는 모두 예시적인 것이며 한정적인 것이 아닌 것으로서 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

청구범위

- [청구항 1] 보강하고자 하는 터널의 지반을 천공하는 단계(S10), 상기 천공으로 강관을 삽입하는 단계(S20), 상기 강관과 천공 사이에 실링재를 충전하는 단계(S30), 상기 충전된 실링재가 경화가 되는 단계(S40), 상기 천공에 삽입된 강관으로 주입재 및 급결재를 포함하는 본주입재를 충전하는 단계(S50) 및 상기 충전된 본주입재를 경화시키는 단계(S60)를 포함하는 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물로서;
- 상기 실링재는 1.1 내지 1.3의 물-시멘트비(W/C)로 실링용 결합재 및 배합수를 포함하되, 상기 실링용 결합재는 벤토나이트 30 내지 60 중량%, 제지슬러지 소각재 20 내지 50 중량%, 석고 10 내지 30 중량%, 소석회 1 내지 20 중량%, 고유동화제 0.01 내지 5 중량% 및 경화촉진제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것이고;
- 상기 실링용 결합재는 표면에 알루미늄이 코팅된 판상형의 그라파이트 0.1 내지 10 중량%를 더 포함하는 것이고;
- 상기 표면에 알루미늄이 코팅된 판상형의 그라파이트는 0.03 내지 0.9 mol/L의 알루미늄알콕사이드를 알코올계 용제에 녹인 용액 100 중량부에, 평균지름이 1 내지 10 μm 이고, 두께가 10 내지 60 nm인 판상형의 그라파이트를 15 내지 30 중량부를 혼합하여 슬러리를 제조한 후 여과하여 알루미늄알콕사이드가 코팅된 판상형의 그라파이트를 제조하는 단계; 0.03 내지 0.5 mol/L의 물을 알코올계 용제에 녹인 용액 100 중량부에, 상기 제조된 알루미늄알콕사이드가 코팅된 판상형의 그라파이트 5 내지 20 중량부를 혼합하여 상기 알루미늄알콕사이드의 가수분해 반응을 통해 판상형의 그라파이트 표면에 알루미늄을 코팅하는 단계; 및 잔여 용액을 여과 및 건조하여 제거함으로써 알루미늄이 코팅된 판상형의 그라파이트를 얻는 단계를 포함하는 방법으로 준비되는 것이고;
- 상기 본주입재는 주입재 및 급결재를 1: 0.8 내지 1 중량비율로 포함하는 것이고;
- 상기 주입재는 1.1 내지 1.3의 물-시멘트비(W/C)로 주입용 결합재 및 배합수를 포함하되, 상기 주입용 결합재는 마이크로 시멘트 40 내지 70 중량%, 칼슘설포알루미늄네이트 5 내지 30 중량%, 플라이애시 5 내지 30 중량%, 슬래그 시멘트 5 내지 30 중량%, 고유동화제 0.01 내지 5 중량% 및 지연제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것이고;
- 상기 급결재는 1.1 내지 1.3의 물-시멘트비(W/C)로 급결용 결합재 및 배합수를 포함하되, 상기 급결용 결합재는 석고 40 내지 70 중량%, 칼슘알루미늄네이트 5 내지 30 중량%, C12A7 5 내지 30 중량%, 고로 슬래그 5 내지 30 중량%, 탄산수소나트륨 0.05 내지 5 중량%, 고유동화제 0.01

- 내지 5 중량% 및 경화촉진제 0.01 내지 5 중량%를 포함하는 것을 특징으로 하는 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
 상기 주입용 결합제는 마그네슘과 응집된 마그네슘-세리사이트 응집체 0.1 내지 10 중량%를 더 포함하는 것이고;
 상기 마그네슘-세리사이트 응집체는
 세리사이트 100 중량부와 $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 15 내지 25 중량부를 혼합하는 단계;
 상기 혼합된 세리사이트 및 $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 에 증류수 150 내지 300 중량부를 혼합하여 5 내지 30 시간 동안 교반하는 단계; 및
 상기 교반한 세리사이트, $\text{MgCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 및 증류수를 원심분리한 후, 상등액을 추출하여 마그네슘-세리사이트 응집체를 수득하는 단계;를 포함하는 방법에 의하여 준비되는 것을 특징으로 하는 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
 상기 마그네슘-세리사이트 응집체는
 상기 수득한 마그네슘-세리사이트 응집체를 네오헤스페리딘과 1: 0.1 내지 0.5 중량부로 혼합한 후, 볼 밀링 분쇄하는 단계; 및
 상기 분쇄된 마그네슘-세리사이트 응집체는 50 내지 80 °C의 온도에서 건조하는 단계;를 더 포함하는 방법에 의하여 준비되는 것을 특징으로 하는 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물.
- [청구항 4] 제1항-4항 중에서 선택되는 어느 한항에 따른 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물을 이용한 강관다단 그라우팅 공법으로서,
 보강하고자 하는 터널의 지반을 천공하는 단계(S10); 상기 천공으로 강관을 삽입하는 단계(S20); 상기 강관과 천공 사이에 상기 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 중, 실링재를 충전하는 단계(S30); 상기 충전된 실링재가 겔화가 되는 단계(S40); 상기 천공에 삽입된 강관으로 상기 강관다단 그라우팅 공법용 속경성 그라우트 조성물 중, 주입재 및 급결재를 포함하는 본주입재를 충전하는 단계(S50); 및 상기 충전된 본주입재를 경화시키는 단계(S60);를 포함하는 것을 특징으로 하는 강관다단 그라우팅 공법.