



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0000098
 (43) 공개일자 2010년01월06일

(51) Int. Cl.
C04B 18/14 (2006.01) *C04B 14/28* (2006.01)
C04B 14/10 (2006.01) *C04B 14/06* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2008-0059460
 (22) 출원일자 2008년06월24일
 심사청구일자 2008년06월24일

(71) 출원인
윤재철
 경기 남양주시 호평동 616 중흥 S 클래스 아파트
 1308동 1201호
최성희
 경기 남양주시 호평동 616 중흥 S 클래스 아파트
 1308동 1201호
 (72) 발명자
윤재철
 경기 남양주시 호평동 616 중흥 S 클래스 아파트
 1308동 1201호
최성희
 경기 남양주시 호평동 616 중흥 S 클래스 아파트
 1308동 1201호
 (74) 대리인
주중호

전체 청구항 수 : 총 4 항

(54) 지반고결재 및 이를 이용한 지반개량공법

(57) 요약

본 발명은 해양지역 지반개량 및 보강공사 시공시 강알칼리축진제(물유리 등) 및 시멘트를 사용하지 않고, 해양 지역에서 쉽게 사용할 수 있는 해수를 이용하여 해수를 이용하여 산업부산물인 고로슬래그 미분말과 천연재료인 석회분말을 적정량 혼합하여 지반고결재를 제조함으로써, 해수를 용이하게 이용할 수 있고, 저발열화와 내해수성을 동시에 달성할 수 있으며, 지반고결재의 초기강도와 장기강도 및 해양에 무해한 지반고결재 및 이를 이용한 지반개량공법을 제공하는데 그 목적이 있다.

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 지반고결재는 고로슬래그 미분말 30~100 중량부, 석회분말 3~25 중량부, 해수 28~88 중량부로 구성됨을 특징으로 한다.

또한, 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 지반고결재를 이용한 지반개량공법은 지반고결재를 연약지반 개량용 또는 지반 보강공사 중 발생한 부상토를 재활용함으로써 폐기물 처리량을 극소화하고, 해양환경에 지장을 초래하지 않는 경제성이 있는 공법을 특징으로 한다.

특허청구의 범위

청구항 1

고로슬래그 미분말 30~100 중량부, 석회분말 3~25 중량부, 해수 28~88 중량부로 구성됨을 특징으로 하는 지반고결재.

청구항 2

고로슬래그 미분말 30~50 중량부, 석회분말 3~10 중량부, 해수 28~40 중량부로 구성되는 혼합물에 대하여 모래 40~60중량부,

점토 5~60중량부,

벤토나이트 5~60중량부,

갯벌 5~60중량부,

플라이애쉬 0.3~5중량부,

황산칼슘 0.2~0.4중량부

중 어느 하나가 첨가되거나 또는 이중 이상이 첨가됨을 특징으로 하는 지반고결재

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 지반고결재를 연약지반 개량용 또는 그라우팅용으로 사용함을 특징으로 하는 지반고결재를 이용한 지반개량공법.

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

상기 지반고결재에 중탄산나트륨 또는 탄산수소나트륨 1.5~2.5 중량부를 연속 혼합하여 A액으로 하고,

실리카졸 자동제조장치에 의해 용수(민물) 7~8 중량부와 규산소다 3호 6~12 중량부로 희석하고, 산으로 pH 0.8~2로 희석을 연속 제조한 실리카졸액을 B액으로 하여,

주입모니터에서 각각 노즐 A:B = 3:1 또는 4:1 비율로 분사 혼합하여 지반을 급결함을 특징으로 하는 지반고결재를 이용한 지반개량공법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

- <1> 본 발명은 지반고결재 및 이를 이용한 지반개량공법에 관한 것으로, 특히 해양지역 연약지반 개량 및 보강공사 시공시 해수를 이용하여 고로슬래그 미분말, 석회분말을 적정량 혼합하여 지반고결재를 제조함으로써, 해수를 용이하게 이용하여, 초기강도와 장기강도 및 해양오염에 피해가 가지 않도록 한 지반고결재 및 이를 이용한 지반개량공법에 관한 것이다.

배경기술

- <2> 일반적으로 해양지역 콘크리트 구조물 공사 및 연약지반 개량 및 보강공사는 육상에서 건설되는 콘크리트 구조물 공사 및 연약지반 개량 및 보수공사와는 달리 해수에 의한 콘크리트 구조물의 열화 및 철근부식의 영향을 받는 매우 가혹한 환경에 놓여 있다.
- <3> 여기서, 상기 해양지역 연약지반 개량 및 보강공사는 해수와 직접 접촉하는 부위뿐만 아니라 조류, 파도, 바람 등에 의해 간접적으로 영향을 받는 콘크리트 구조물에서도 발생하여 장기적으로 내구성을 저하시켜 콘크리트 구

조물의 사용연한을 단축한다.

- <4> 또한, 해수가 포틀랜드시멘트를 사용한 콘크리트 구조물에 미치는 작용은 황산염에 의한 콘크리트 구조물 조직의 파괴(황산염에 의한 작용)와 염화물의 침투에 의한 철근부식(염화물에 의한 작용)이라는 2가지로 크게 나눌 수 있다.
- <5> 그러나 실제로 해수 중에는 황산염에 의한 작용과 염소 이온에 의한 작용 중 어떤 것이 콘크리트에 더 많은 영향을 미치는가?
- <6> 이것을 이해하기 위해서는 해수 중의 성분과 이들의 콘크리트 구조물 속의 침투, 확산속도가 중요한 단서를 제공한다.
- <7> 해수에는 많은 종류의 염류가 용해되어 있으며 해수 1kg에 포함되어 있는 염류의 총량은 대략 35g 정도이다.
- <8> 표 1에는 염분농도 3.5%인 해수의 주요성분을 나타내고 있다.
- <9> 여기서 염분이라는 것은 ‘해수 1kg 중에 포함된 고형물질의 총량을 g으로 나타낸 것’으로서 이들 성분 중에서 NaCl 총량은 해수 중 염류의 80% 이상을 점유하고 있음을 알 수 있다.
- <10> 이들 해수 성분 가운데 시멘트 경화체에 강하게 영향을 미치는 것은 Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} 이고 특히 이들 이온들의 경화체중에서의 확산속도는 다음과 같이 밝혀져 있다.
- <11> $Cl^- > SO_4^{2-} > Na^+ > Ca^{2+} > Mg^{2+}$
- <12> 즉, 황산염의 침투를 의미하는 SO_4 이온의 경화체 내의 침투는 C_3A 수화물과 반응하여 팽창성이 있는 에트링가이트라는 물질을 생성시켜 시멘트 경화체를 파괴한다고 알려져 있다.
- <13> 그러나 해수로부터 경화체로의 SO_4 이온의 침투는 실제로 침투깊이도 경화체의 표층부에 한정될 뿐만 아니라 확산속도 역시 Cl^- 이온의 경우보다 훨씬 작아서 이를 침투량으로 환산해 보면, 침투속도는 염소 이온의 수분의 1이고 또한 해수 중의 농도는 염소 이온의 약 1/7이기 때문에 SO_4 이온의 침투량은 Cl^- 이온의 수십 분의 1의 작은 값이 된다.
- <14> 결과적으로 침투깊이, 확산속도, 해수 중의 농도를 고려하면 SO_4^- 이온보다 Cl^- 이온의 영향이 더욱 크다고 할 수 있다.
- <15> 따라서 콘크리트의 내해수성을 고려할 때 황산염에 의한 경화체의 열화에 우선하여 염화물에 대한 저항성을 증가시키지 않으면 안 된다.
- <16> 표 1. 해수의 주요성분 및 농도 (염분 3.5%의 해수)

성분	농도(g/kg)	비율(%)
Cl^-	19.353	55.10
Na^+	10.76	30.60
SO_4^{2-}	2.712	7.70
Mg^{2+}	1.294	3.70
Ca^{2+}	0.413	1.20
K^+	0.387	1.10
HCO_3^-	0.142	0.40
Br^-	0.067	0.19
Sr^{2+}	0.008	0.023
$B(OH)_4^-$	0.004	0.011
F^-	0.001	0.003

- <18> 1. 해수 중의 각종 황산염(예: $MgSO_4$) 혹은 염화물(예: $MgCl_2$)과 포틀랜드시멘트의 수화생성물과의 화학반응에 의해 수화생성물이 분해되어 콘크리트의 열화를 촉진한다.
- <19> 2. 시멘트 구성광물 중 C_3A 함량이 큰 시멘트일수록 황산염과 반응하여 체적팽창을 일으키는 물질(에트링가이트)을 만들어 결과적으로 콘크리트의 미세구조를 파괴한다.
- <20> 3. 시멘트 수화과정으로 생성되는 $Ca(OH)_2$ 는 해수 중의 황산염이나 염화물과 반응하여 용해되기 쉬운 물질로 변화되어 조직을 약화시키고 강도를 저하한다.
- <21> 4. 황산염과의 반응만을 고려하여 C_3A 의 함량을 적게 한 시멘트의 경우는 염소이온(Cl^-)의 침투를 억제하지 못하여 철근부식을 일으키기 쉽다.
- <22> 따라서, 종래의 해양 콘크리트 구조물은 상기한 바와 같은 이유로 포틀랜드시멘트 대신에 특수시멘트를 사용하여 공사를 수행하고 있으나, 시공상 제약과 경제적인 문제점이 발생하고, 해양지역의 지반개량 및 보강공사 시공시에 고압그라우팅공법(JSP, SIG, RJP, SSJ공법 등), 심층 고화처리공법(SRC공법 등)은 주로 포틀랜드시멘트를 사용하고, 용수와 포틀랜드시멘트를 현장에서 1:1로 희석하여 지반에 주입하는 공법이다.
- <23> 그러나 이와 같은 공법들은 해양 콘크리트구조물 시공시에는 검증된 용수(민물)로 포틀랜드시멘트를 희석하여도 해수의 침투에 의한 심각한 문제점에 대해 논의중에 있으나, 이와 같은 상황을 고려하지 않고 단순히 용수를 해양지역에서 쉽게 구할 수 없다는 점 때문에 보통 해수를 사용하여 포틀랜드시멘트를 희석하여 지반에 주입하므로 황산염과 반응하여 체적팽창을 일으키는 물질(에트링가이트)을 만들어 결과적으로 해양구조물의 미세구조를 파괴시켜 장기강도의 문제점과 해양지역의 시멘트 오염으로 인한 심각한 환경오염을 일으키고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <24> 이에, 본 발명은 상기한 바와 같은 제문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 해양지역 지반개량 및 보강공사 시공시 강알칼리촉진제(물유리 등) 및 시멘트를 사용하지 않고, 해양지역에서 쉽게 사용할 수 있는 해수를 이용하여 해수를 이용하여 산업부산물인 고로슬래그 미분말과 천연재료인 석회분말을 적정량 혼합하여 지반고결재를 제조함으로써, 해수를 용이하게 이용할 수 있고, 저발열화와 내해수성을 동시에 달성할 수 있으며, 지반고결재의 초기강도와 장기강도 및 해양에 무해한 지반고결재 및 이를 이용한 지반개량공법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결수단

- <25> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 지반고결재는 고로슬래그 미분말 30~100 중량부, 석회분말 3~25 중량부, 해수 28~88 중량부로 구성됨을 특징으로 한다.
- <26> 또한, 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 지반고결재를 이용한 지반개량공법은 지반고결재를 연약지반 개량용 또는 그라우팅용으로 사용함을 특징으로 한다.

효과

- <27> 이상에서 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 지반고결재 및 이를 이용한 지반개량공법은 다음과 같은 효과가 있다.
- <28> 첫째, 본 발명은 제조시 해수를 사용함으로써, 강알칼리촉진제(물유리 등)를 사용하지 않고, 동일한 초기강도 및 장기강도를 얻을 수 있으며, 약품구입 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 환경오염의 피해를 감소시키는 장점이 있다.
- <29> 둘째, 본 발명에 따른 지반고결재는 해양환경에서 쉽게 구할 수 있는 해수를 사용함으로써, 민물을 별도로 운반하는데 따른 불편함 및 경비를 절감시킬 수 있는 장점이 있다.
- <30> 셋째, 본 발명은 해양지역 연약지반 시공시 발생하는 부상토 갯벌을 폐기처리 하지 않고, 고결재를 사용하여 벽돌 등으로 재활용할 수 있는 이점이 있다.

<31> 넷째, 본 발명은 해수의 특이한 화학작용으로 초기 점성이 발생하므로 모래를 별도로 첨가하여도 재료분리 현상이 감소되고, 재료의 불분리 현상이 발생하지 않는 장점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<32> 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.

<33> 본 발명에 따른 지반고결재는 고로슬래그 미분말 30~100 중량부, 석회분말 3~25 중량부, 해수 28~88 중량부로 구성된다.

<34> 또한, 본 발명에 따른 지반고결재는 고로슬래그 미분말 30~50 중량부, 석회분말 3~10 중량부, 해수 28~40 중량부로 구성되는 혼합물에 대하여, 모래 40~60중량부, 점토 5~60중량부, 벤토나이트 5~60중량부, 깃별 5~60 중량부, 플라이애쉬 0.3~5중량부, 황산칼슘 0.2~0.4중량부 중 어느 하나가 첨가되거나 또는 이중 이상이 첨가된다.

<35> 여기서, 상기 고로슬래그 미분말은 고로에서 고온으로 철광석을 녹이면 무거운 철성분과 나머지 암석성분인 슬래그로 분리되어 배출되며, 이 슬래그는 고로에서 화산 용암과 같이 흘러나오는데, 냉각을 시키기 위해 고압의 물을 분사하면 급속하게 냉각되며 모래 모양의 작은 입자로 부서지며, 이 작은 입자를 분쇄기에서 시멘트입자 크기로 미세하게 분쇄한 것을 고로슬래그 미분말이라 한다.

<36> 이러한 고로슬래그 미분말은 물과 반응하면 시멘트 같이 굳는 성질이 있어, 이 특성 때문에 고로슬래그 미분말은 시멘트 대체제로 사용되고 있다.

<37> 또한, 고로슬래그 미분말은 철광석의 부산물이 원료이기 때문에 시멘트에 비하여 가격이 매우 저렴한 경제적인 재료이다.

<38> 그리고 고로슬래그 미분말의 특징을 이용하면 표 1과 같이 다양한 용도를 가진 고부가가치 고기능성 콘크리트를 제조할 수 있다.

<39> 국외에서는 고로슬래그 미분말의 다양한 활용이 이루어지고 있으나, 국내에서는 단순 용도에만 일부 사용할 뿐으로 다양한 활용방안을 마련할 필요성이 있다.

<40> [표 1] 고로슬래그 미분말의 용도

특징	용도
1. 유동성	고유동 콘크리트(공사의 저에너지화, 콘크리트의 품질향상 등)
2. 응결지연효과 大	대량 연속 타설 콘크리트 등
3. 재발열	매스 콘크리트(대형건축물 기초 등)
4. 재령 28일강도 大	단위 시멘트량 저감 등
5. 장기강도 大	건축물의 내구성 향상, 단위 시멘트량 저감 등
6. 고강도	고층 철근콘크리트 건축물
7. 수밀성 大	지하구조물, 해중·수중구조물 등
8. 염분차단성 大	해안건축물, 해상·수중건축물 등
9. 내해수성 大	해상·해중구조물
10. 내약품성 大	화학공장 건축물, 온천지 건축물, 산성비 대책 등
11. 알칼리반응억제	건축물의 고내구성화 등

<42> 한편, 고로슬래그 미분말은 보통 포틀랜드 시멘트처럼 물과 알칼리축진제에 접하는 것만으로 자기 촉발적 수화 반응을 개시할 수 없는 잠재수경성 물질이다.

<43> 즉 슬래그와 물이 접촉하게 되면 슬래그 입자의 표면에 치밀한 불투수성 겔막이 형성됨으로써 입자 속까지 물이 침입하는 것이 방해되고 더 이상 반응이 일어나지 못한다.

<44> 그러나 알칼리[Ca(OH)₂, KOH, NaOH]나 황산염(CaSO₄) 등의 자극을 받으면 이 박막이 파괴되면서 균도구조의 겔로 변화되고, 슬래그로부터 이온의 용출과 불용성의 물질이 석출되면서 경화되기 시작하는데 이러한 수화기구를 잠재수경성이라 한다.

<45> 슬래그는 장기적으로 슬래그 질량의 약 10%에 해당하는 Ca(OH)₂과 결합하게 되는데, 포틀랜드 시멘트는 약 25%

의 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 을 생성 방출하기 때문에 이론적으로는 고로슬래그 미분말을 시멘트의 75%까지 치환해도 그 전량을 활성화할 수 있다.

<46> 고로슬래그 콘크리트 특성

<47> 1) 압축강도

<48> 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 압축강도는 물결합재비, 재령 및 양생방법 이외에도 고로슬래그 미분말의 분말도 및 치환율의 영향을 받는다.

<49> 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 압축강도는 물결합재비{물/결합재(시멘트+고로슬래그 미분말 등)의 중량비}와 거의 직선적인 관계에 있고, 또한 치환율이 높을수록 초기의 강도 증진이 작게 되는 경향이 있으나, 잠재수경성 반응에 의하여 장기 재령으로 갈수록 강도는 많이 증진된다.

<50> 단 분말도가 $6,000\text{cm}^2/\text{g}$ 이상인 경우에는 무혼입과 같은 정도의 초기강도를 얻을 수 있다.

<51> 한편, 치환율의 증가에 따라서는 초기 재령에서는 일반적으로 압축강도가 저하 하지만, 장기 재령에서는 치환율이 70%가 되어도 압축강도는 상승한다.

<52> 양생 온도가 고로슬래그 미분말을 혼입한 콘크리트의 압축강도에 미치는 영향은 고로슬래그 미분말을 혼입하지 않은 콘크리트보다 현저하다.

<53> 즉 양생 온도가 저온일 경우 초기강도의 증진이 둔화하는 것을 확인할 수 있고, 30°C 이상의 고온 양생에서는 초기강도가 높게 됨을 알 수 있다.

<54> 이러한 경향은 분말도가 낮고 치환율이 높을수록 현저하다.

<55> 2) 건조수축

<56> 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 건조수축은 치환율 및 분말도에 따라 약간 다르기는 하지만 일반적으로 건조일수 5주까지는 치환율 및 분말도가 클수록 증대되는 경향을 나타낸다.

<57> 그러나 그 이후에서는 건조수축이 점차 둔화되어 일반 콘크리트와 거의 동등한 경향을 나타낸다.

<58> 3) 중성화

<59> 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트는 시멘트의 수화반응에서 발생하는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 과 고로슬래그 미분말의 성분이 반응하여 콘크리트의 알칼리성이 저하되기 때문에 콘크리트의 중성화가 보통 콘크리트에 비해 빠르게 진행된다.

<60> 따라서 고로슬래그 미분말을 사용하는 경우 지반고결재의 중성화하여 지반의 알칼리성 오염을 줄일 수 있다.

<61> 분말도와 중성화의 관계에서는 분말도가 증가할수록 고결재가 밀실하게 됨으로써 중성화 깊이가 작아지는 경향을 보이고 있다.

<62> 또한, 초기 수중 양생기간이 길수록 중성화 깊이는 작아지기 때문에 충분한 습윤양생이 중요하다.

<63> 4) 수밀성과 내해수성

<64> 수밀성은 콘크리트가 치밀한 정도, 즉 공극양이 적고, 공극직경이 작으며, 공극이 불연속적으로 분포할수록 향상된다.

<65> 고로슬래그 미분말을 혼입한 고결재에서는 잠재수경성에 의해 생성된 C-S-H겔이 공극 구조를 개선하기 때문에 수밀성이 향상된다.

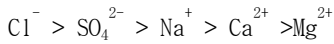
<66> 이러한 수밀성의 향상에 의하여 황산염, 염소이온의 침투 등에 대한 저항성도 크게 된다.

<67> 한편, 내해수성의 경우 고로슬래그 미분말은 고결재 중에서 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 과 반응하여 C-S-H 겔을 형성하기 때문에 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 과 해수 중의 황산염 반응에 의한 팽창성 수화물의 생성량을 줄일 수 있어 보통 고결재보다 내해수성이 향상된다.

<68> 이러한 내해수성은 고로슬래그 미분말에 석회분말을 첨가함에 따라 향상시킬 수 있는데, 이는 표층부에 치밀한 에트링가이트가 생성됨에 기인한 것으로 알려져 있다.

- <69> 5) 기타
- <70> 고로슬래그 미분말의 치환율이 증가함에 따라 알칼리 골재반응의 억제효과가 크게 나타나며, 내산성 및 내황산염에 대한 저항성에 있어서 고로슬래그 미분말의 치환율 및 분말도의 증가와 물결합재비의 감소에 따라 크게 향상되므로 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 큰 장점 중 하나이다.
- <71> 종합적으로 고로슬래그 미분말을 고결재에 활용하면 장기강도의 증진, 수밀성 향상, 수화열 억제, 화학적 저항성 향상 및 경제성 향상 등의 측면에서 긍정적인 효과가 크다.
- <72> 한편, 상기 석회는 생석회(산화칼슘)와 소석회(수산화칼슘)가 있는데, 바람직하게는 소석회로서 일반적으로 시판되는 것을 사용한다.
- <73> 여기서, 상기 생석회는 산화칼슘(CaO)을 주성분으로 백색의 괴상 또는 분말이다.
- <74> 산에서 채굴한 석회석을 수세·선별한 후, 소성화로속에서 900° ~1000° 의 고온으로 구워서 제조한다.
- <75> 생석회의 주된 성질
- <76> 주성분: 산화칼슘
- <77> 화학식: CaO
- <78> 식량: 56.1
- <79> 색: 고순도의 것은 백색, 순도가 낮은 것은 조금 회색, 락황색(불순물에 의해 착색)
- <80> 결정구조: 입방정계
- <81> 진비중: 3.34
- <82> 겉보기비중: 1.6~2.8
- <83> 융점: CaO 2,572°C
- <84> 비점: 2,850°C
- <85> 수화열: 물과 반응하면 고열을 발생함.
- <86> 또한, 상기 소석회는 수산화칼슘(Ca(OH)₂)을 주성분으로 백색의 분말로, 생석회에 물을 반응시켜서 제조한다. 물에 녹기 어렵고, 강한 알칼리성을 나타낸다.
- <87> 소석회의 주된 성질
- <88> 주성분: 수산화칼슘
- <89> 화학식: Ca(OH)₂
- <90> 식량: 74.1
- <91> 색: 백악색, 생석회보다 흰 분말
- <92> 결정구조: 육방정의 평판 또는 프리즘 상
- <93> 비중: 2.24
- <94> 겉보기: 비중 0.4~0.55
- <95> 한편, 상기 해수는 많은 종류의 염류가 용해되어 있으며 해수 1kg에 포함되어 있는 염류의 총량은 대략 35g 정도이다.
- <96> 표 1에는 염분농도 3.5%인 해수의 주요성분을 나타내고 있다.
- <97> 여기서, 염분이라는 것은 '해수 1kg 중에 포함된 고형물질의 총량을 g으로 나타낸 것' 으로서 이들 성분 중에서 NaCl 총량은 해수 중 염류의 80% 이상을 점유하고 있음을 알 수 있다.
- <98> 이들 성분 가운데 시멘트 경화체에 강하게 영향을 미치는 것은 Cl⁻, SO₄²⁻, Mg²⁺ 이고 특히 이들 이온들의 경화체

중에서의 확산속도는 다음과 같이 밝혀져 있다.



<100> 즉, 황산염의 침투를 의미하는 SO_4 이온의 경화체내의 침투는 C_3A 수화물과 반응하여 팽창성이 있는 에트링가이트라는 물질을 생성시켜 시멘트 경화체를 파괴한다고 알려져 있다.

<101> 그러나 해수로부터 경화체로의 SO_4 이온의 침투는 실제로 침투깊이도 경화체의 표층부에 한정될 뿐만 아니라 확산속도 역시 Cl^- 이온의 경우보다 훨씬 작아서 이를 침투량으로 환산해 보면, 침투속도는 염소이온의 수분의 1이고 또한 해수 중의 농도는 염소이온의 약 1/7이기 때문에 SO_4 이온의 침투량은 Cl^- 이온의 수십 분의 1의 작은 값이 된다.

<102> 결과적으로 침투깊이, 확산속도, 해수 중의 농도를 고려하면 SO_4^- 이온보다 Cl^- 이온의 영향이 더욱 크다고 할 수 있다.

<103> 따라서 콘크리트의 내해수성을 고려할 때 황산염에 의한 경화체의 열화에 우선하여 염화물에 대한 저항성을 증가시키지 않으면 안 된다.

<104> 표 1. 해수의 주요성분 및 농도 (염분 3.5%의 해수)

성분	농도(g/kg)	비율(%)
Cl^-	19.353	55.10
Na^+	10.76	30.60
SO_4^{2-}	2.712	7.70
Mg^{2+}	1.294	3.70
Ca^{2+}	0.413	1.20
K^+	0.387	1.10
HCO_3^-	0.142	0.40
Br^-	0.067	0.19
Sr^{2+}	0.008	0.023
$B(OH)_4^-$	0.004	0.011
F^-	0.001	0.003

<106> 상기한 바와 같은 구성으로 이루어진 본 발명에 따른 지반고결재는 고로슬래그 미분말과 석회분말을 해수로 혼합함으로써, 황산염에 의한 지반고결재 조직의 약화를 억제하고, 수산화칼슘과 해수의 혼합으로 초기수화반응을 발생하여 강알칼리축진제(물유리 등)를 첨가한 것과 동일한 효과가 있다.

<107> 즉, 해양환경에 있는 지반고결재에서는 항상 포틀랜드시멘트의 수화생성물이 분해될 위험에 처해 있는 것이 명확히 밝혀져 있으므로, 이러한 포틀랜드시멘트 대신에 석회분말과 고로슬래그 미분말 등에 해수를 혼합하여 제조함으로써, 지반고결재의 내구성 확보에 유리한 효과가 있다.

<108> 1. 결합재로서 포틀랜드시멘트를 사용하지 않아서 수화생성물인 C_3A 가 발생하지 않아 황산염과 반응하여 체적팽창을 일으키는 물질(에트링가이트)을 만들지 않아서 결과적으로 지반고결재의 미세구조를 파괴하지 않는다.

<109> 2. 석회와 고로슬래그의 잠재수경성에 의해 $Ca(OH)_2$ 가 칼슘실리케이트 수화물로 변화하고, 강도가 증진하여 수밀성이 향상됨으로써, 부식물질의 침투에 대한 저항성이 높아진다.

<110> 3. 고로슬래그 미분말을 사용함으로써 표층에서 프리렐氏염이 생성되어 염화물이 흡착효과가 높아지는 장점이 있다.

<111> 이러한 이유로 초기강도와 장기강도 및 환경오염 피해를 줄임과 동시에 저발열화와 내해수성을 달성할 수 있는 혼합재, 특히 고로슬래그 미분말과 석회가 적정량 들어있는 다성분의 혼합형 지반고결재가 바람직함을 알 수 있

다.

- <112> 한편, 본 발명에 따른 지반고결재에 모래, 점토, 깃벌 등을 첨가제로 사용할 수 있다.
- <113> 즉, 본 발명에 따른 지반고결재에 모래, 점토, 벤토나이트, 깃벌, 플라이애쉬, 황산칼슘 등을 첨가제로 적정량 혼합하여 제조함으로써, 이들 첨가제가 특히 고로슬래그 미분말과 석회가 주성분인 지반고결재의 내구성 및 내해수성을 한층 더 강화시키는 작용효과가 있다.
- <114> 이하, 상기한 바와 같은 구성으로 이루어진 본 발명에 따른 지반고결재를 이용한 지반개량에 대해 설명한다.
- <115> 본 발명에 따른 지반고결재를 이용한 지반개량공법은 지반고결재를 연약지반 개량용 또는 그라우팅용으로 사용한다.
- <116> 또한, 상기 지반고결재에 중탄산나트륨 또는 탄산수소나트륨 1.5~2.5 중량부를 연속 혼합하여 A액으로 하고, 실리카졸 자동제조장치에 의해 용수(민물) 7~8 중량부와 규산소다 3호 6~12 중량부로 희석하고, 산으로 pH 0.8~2로 희석을 연속 제조한 실리카졸액을 B액으로 하여, 주입모니터에서 각각 노즐 A:B = 3:1 또는 4:1 비율로 분사 혼합하여 지반을 긴급 안정시키기 위해 급결 보강토록 한다.
- <117> 여기서, 특허출원 제2004-0010311호, 제2002-0008312호, 제2006-0049283호에서의 고로슬래그, 석회, 알칼리 황산화제(특히 물유리) 등을 사용한 선출원 내용으로, 본 발명에 따른 지반고결재와 선출원 제2006-0049283호 실험-2 실시예 6, 비교예 2와 동일한 방법으로 실험결과 선출원 실시예-6, 비교예-2는 1.5 일후 손톱으로 글키는 정도(2~4kg/cm²)의 초기강도를 형성하였고, 본 발명에 따른 지반고결재는 0.7일 정도에 동일한 강도가 형성하였고 7일, 28일 강도에서는 거의 동일하게 형성하였다.
- <118> 본 발명에 따른 지반고결재는 해수가 용수 역할뿐만 아니라 알칼리제인 KOH, NaOH, 물유리 등과 같이 경화촉진제 역할을 하며 단순한 유동성을 위한 용수가 아니라 본 발명에 따른 지반고결재에서는 해수의 화학적 구성을 최대한 이용하여 다른 경화촉진제(특히 물유리)를 사용하지 않고 Ca(OH)₂에도 초기강도와 장기강도가 동일하다는 것을 발견하고, 해수의 NaCl⁻과 Ca(OH)₂이온화 하면 NaOH와 CaCl이 형성하여 고로슬래그 미분말의 수화작용을 촉진하여 강알칼리촉진제(물유리 등)보다 초기 경화속도가 증진한다고 본다.
- <119> 본 발명에 따른 지반고결재를 초고압 그라우팅 공법(SIG, RJP, SSJ 공법 적용하여 고로슬래그 50~65중량부, 석회8~10중량부, 해수70~80중량부 회당(100L) 혼련하여 지반에 초고압(P=400~600kg/cm²)의 제트류를 분사하면서 회전시켜 연약토를 배출시키고, 배출된 공간에 대구경 원주형 고결체를 본 발명의 지반고결재를 고압 주입하여 조성하였고, 방조제 보강공사 시공목적에 유속이 있는 지반에는 상기 지반고결재에 중탄산나트륨 또는 탄산수소나트륨 1.5~2.5중량부를 연속 혼합하여 A액으로하고, 실리카졸 자동제조장치에 의해 10L당 용수(민물) 7~8.5 중량부와, 규산소다3호 6~12중량부로 희석하고 산으로 pH 0.8~2로 연속 희석 제조한 실리카졸액을 B액으로 하여 주입모니터에서 각각 노즐 A:B = 3:1 또는 4:1 비율로 분사 혼합하여 급결로 사용한다.
- <120> 또한, 상기 지반고결재에는 물유리(규산소다3호)를 증가하여도 해수로 인해 급결반응이 형성하지 않으며, 희석한 규산 소다 3호에 산으로 알칼리를 제거한 활성실리카 졸 의해 순결반응하여 급결한다.
- <121> 여기서, 상기 실리카졸 자동제조장치는 본 출원인의 등록특허 10-0683020호를 사용하였음을 밝혀두며, 이하 실리카졸 자동제조장치의 상세한 설명은 생략한다.
- <122> 또한, 심층 고화처리공법(SRC 공법)은 회당(100L) 고로슬래그30~40중량부, 석회3~8중량부 해수30~50중량부, 모래40~60 중량부로 고로슬래그와 해수를 희석하여두고 모래를 상기 재료에 희석시 석회도 희석한다.
- <123> 이 공법은 천공시 압축공기를 동반한 초고압수를 이용하여 지반을 절삭, 이완시키고, 충전 주입시에도 초고압 제트류를 분사하면서 회전시켜 연약토를 배출하고, 상기 고결체를 지반에 충전 주입 공법이다.
- <124> 이와 같이 현장에서 시공하여 조사 보링하여 지반강도를 측정된 결과 180~250kg/cm²의 지반 강도가 형성하였다.
- <125> 따라서, 상기한 바와 같은 본 발명에 따른 지반고결재는 해양지역 연약지반 개량용 또는 그라우팅용으로 사용하면, 탁월한 지반개량 효과를 나타내고 있다.
- <126> 상기 공법 시공시 발생할 수 있는 부상토(슬라임)또는 해안지역 매립지 공사현장에 발생하는 깃벌은 염분에 의해 폐기물 처리할 매립지 확보가 곤란을 겪고 있는 실정이다.
- <127> 상기한 바와 같이 본 발명에 따른 지반고결재와 상기 깃벌을 이용하여 점토벽돌을 제조하여 폐기물이 아닌 벽돌

재료로 재활용하여 친환경적이며 경제성이 있다.

- <128> 여기서, 벽돌 형틀을 제작하고 본 발명 지반고결재를 회당(100L) 고로슬래그 미분말 30~50 중량부, 석회분말 3~10 중량부, 해수 28~40 중량부로 구성되는 혼합물에 모래 20~40 중량부, 깃벌(이토) 25~50 중량부, 황산칼슘 0.2~0.4 중량부를 혼합하여 형틀에 붓고 초기 경화 후 수분(물)에 고결하였다.
- <129> 28일 경과 후 형틀을 분해하고 벽돌의 강도를 측정한 결과 150~250kg/cm²의 강도가 형성되었다.
- <130> 이와 같이 본 발명에 따른 지반고결재는 해양지역 연약지반 개량 및 보강에 탁월한 효과를 나타내고 폐기물을 재활용할 수 있어 경제적이고 친환경적 공법 고결재이다.