

해성점토지반 개량을 위한 소일크리트 고화재의 적용성에 관한 연구

천병식* · 김진춘**

*한양대학교 토목공학과 교수, ** (주)한국지오테크 대표이사

A Study on the Application of Soilcrete Cement for Improvement of Marine Clay

BYUNG-SIK CHUN* AND JIN-CHUN KIM**

*Professor, Dept. of civil Engineering, Hanyang University, **President, Korea Institute of Geotechnology Inc, Doctor of Engineering

KEY WORDS: Ground improvement 지반개량, Soft ground 연약지반, Soilcrete cement 소일크리트 고화재, Clay liner 점토 차수재, Sanitary landfill 위생 매립지

ABSTRACT: In this paper, the effect of ground improvement and the countermeasure for the increase of strength in soft ground (wasted fill, marine clay) was studied through utilization of Soilcrete Cement as a material of ground improvement. Soil samples were obtained from ○○○ sanitary landfill to assess the applicability of the clay liner using Soilcrete Cement. Several laboratory tests were performed with the samples and skin corrosion tests of steel pipe covered with Soilcrete Cement were performed. As a result, Soilcrete Cement is considered to be applicable to the construction site and to be effective for the prevention of the corrosion of the steel pipe.

1. 서 론

시멘트로 지반보강을 할 경우 해안지역, 쓰레기 매립층, 유기물이 많은 저습지나 하상 또는 해성점토 지반에서는 염류, 유기물, SO_4^{2-} , Cl^- 등의 작용으로 인하여 시멘트 수화물이 팽창·파괴되기 때문에 개량지반의 강도가 크게 저하된다.

본 연구에서는 ○○○위생매립지의 라이닝적용성 검토를 위한 시험과 동해항 말뚝주면피복방식 시험시공을 통하여 지반 주입재 및 내염재로서 증금속 및 각종 염류에 대한 내화학성이 우수하고 포졸란 반응에 의한 장기강도 발현으로 지반안정효과가 우수한 석탄회계 고화제인 소일크리트 고화재(이하 석탄회계 고화재를 소일크리트 고화제로 명시함)의 재료특성 및 사용효과를 확인하였다.

2. 소일크리트 고화재 재료특성

2.1 용도

소일크리트 고화재는 도심지 지하철공사나, 해안 및 하안 지역의 연약지반 안정처리공사 또는 쓰레기 매립지 주변의 차수벽공사와 같이 지반조건이 복잡하고 지하수 조건이 매우 열악한 환경에서 차수벽 또는 영구 구조물의 기초를 조성하기 위하여 Soil Mixing Cement Wall 및 Soil Mixing Cement Column Grouting 또는 Cement Mortar Pile(or Panel) Grouting을 시공할 경우 고기능성 고화재로 사용되며 적용공법에 따라서 대상토질과 적용범위는 Table 1과 같다(권, 1997).

2.2 구성광물 및 수화물의 특성

2.3 강도 및 내구성

소일크리트 고화재가 고화재로서 가장 중요한 특성은 보통 포틀랜드시멘트에 비해서 강도 발현과 화학적 저항성이 월등히 우수하며 그 특성을 설명하면 다음과 같다.

2.3.1 일축압축강도

토질 고결체의 강도는 대상이 되는 지반이 사질토 또는 점성토에 따라서 다르다. 즉, 시멘트 밀크를 주입할 경우 사질토 지반에서는 모르타가 되고 점성토 지반에서는 흙과 혼합된 시멘트가 되므로 같은 배합의 주입재를 사용한다 하더라도 지반에 따라 강도차이가 발생한다. 일반적으로 고결체의 강도는 사질토가 점성토에 비해 크다.

한편, 투수계수가 $1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ 이하인 점성토질에 소일크리트 고화재를 강제교반한 고결체의 설계기준강도는 약 30kg/cm^2 정도이지만 최근에는 고압분사에 의한 일종의 치환공법이 실용화 됨으로서 $150 \sim 200 \text{kg/cm}^2$ 수준의 고결체도 시공할 수 있게 되었다. 또한 Cement Mortar Grouting 공법을 이용할 경우 최적 배합설계 및 시공성 개선에 의해서 현장타설 말뚝공법에서 요구강도 이상의 고강도 기초처리가 가능하고 시공성 및 경제성 측면에서 유리하므로 앞으로 소일크리트 고화재의 활용범위가 점차 확대될 것으로 전망된다(천, 1997).

Table 1 Application soil & application range of soilcrete cement

Construction methods	Soil types	Applications
Surface soil stabilization by rolling compaction of spray mixed soil	Clay - silty clay	Base courses of road Subground of road Traffic improvement of low water soil
Surface soil stabilization by compaction of mechanical disturbed soil	Very soft ground	Traffic improvement of high or medium water soil To make detoured road To solidify polluted sludge
Deep soil stabilization by disturbance of deep soil	Sand - silty sand, humic soil	Soft ground Grouting for high strength piling To prevent heaving / cut-off wall
Deep soil stabilization grouting by high pressure jetting method	High water content clay - sand, humic soil	To prevent heaving & settlement Improvement bearing capacity To solidify very soft ground
Deep soil stabilizing piling of mortar or concrete grouting	To be used for may soils	Grouting for high strength piling

Table 2 Characteristics of composition minerals and hydrotic materials

Base minerals	Hydrates	Properties
· OPC	Etringite	Accelerating early strength To prevent heavy metal leaching of treated soil To prevent obstructive effects of humic soil
· C ₄ A ₃ S	Portlandite	Accelerating pozzolanic hydration To density hydrates
· Slag	C-S-H hydrate	To improve cementing force of particles To densify hydrates To develop strength
· Gypsum	Pozzolanic hydrate	To develop non-soluble hydrates To improve long-time durability

2.3.2 해수 및 온천지역과 같은 환경에서 시멘트 고결체의 내구성

국내 도심지 근접시공에서 많이 이용되고 있는 고압분사공법(예, JSP, SIG, Jet Grouting 공법 등)을 해성점성토지반 또는 매립지반에 적용할 경우 그 효과가 크게 감소되는 경향이 있는데 이는 해성점성토의 염분, 유기물 또는 SO₄²⁻ 등의 작용으로 인해서 시멘트 수화물이 팽창 파괴되기 때문이다. 일반적으로 해수에는 약 0.35%의 각종 염류가 용해되어 있으며, 콘크리트 구조물의 부식에 가장 큰 영향을 미치는 성분은 MgCl₂ 및 MgSO₄로서 해수에 의한 화학적 부식 기구는 Fig. 1과 같다.

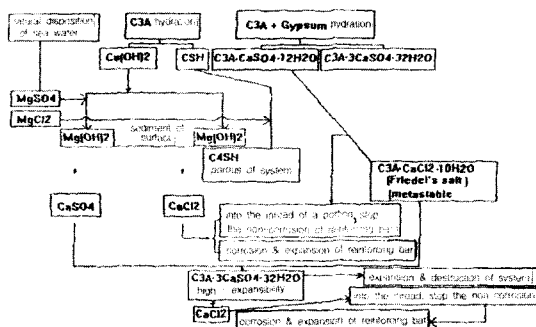


Fig. 1 Chemical corrosion by seawater (권, 1997)

즉, 내구성저하는 외부환경으로 부터 Cl⁻과 SO₄²⁻의 다량 침투로 인해 시멘트 수화물인 Monosulfate가 불완전한 결정의 Friedel's salt로 변하고, 시멘트 수화물중의 미반응석고나 지하수 또는 토양속의 황산염과 시멘트 수화물중의 C₃A가 반응하여 팽창성 Etringite로 변화되면서 콘크리트 조직이 파괴된다.

따라서, Cl⁻과 SO₄²⁻이 다량 함유된 해수나 지하수 환경에서 주입공사에 사용될 시멘트는 염화물이나 황산염에 강한 내화학성 특수시멘트를 사용해야 한다.

2.4 소일크리트 고화재의 장점 및 특성

2.4.1 소일크리트 고화재의 장점

- (1) 내화학성 : 중금속 및 각종 염류에 대한 내화학성이 우수하다.
- (2) 고내구성 : 포졸란 반응에 의한 장기강도 발현으로 지반의 안정효과가 우수하다.
- (3) 고강도성 : 각종 유기물로 인한 경화지연 현상의 발생을 억제한다.
- (4) 고분말도 : 강도발현 촉진 및 수화조직의 치밀화를 유도한다.

2.4.2 소일크리트 고화재의 특성

(1) OPC와 소일크리트 고화재의 화학성분

Table 3 Chemical composition(%)

Items	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
OPC [*]	20.4	5.8	3.1	62.6
SC ^{**}	25.1	10.4	2.1	52.9
Items	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
OPC [*]	3.6	0.13	0.77	1.9
SC ^{**}	4.3	0.16	0.60	3.7

* OPC : Ordinary Portland Cement

** SC : Soilcrete Cement

(2) OPC와 소일크리트 고화재의 입도분포

Table 4 Particle-size distribution

Items	1	1.5	2	3	4	6
OPC	4.9	5.9	7.3	10.4	14.3	21.5
SC	8.7	12.1	14.0	18.3	25.4	35.5
Items	8	12	16	24	64	MS
OPC	27.1	37.0	45.3	62.3	96.0	18.2
SC	47.6	64.2	75.0	88.5	95.7	9.1

(3) 물리적 성질

Table 5 Physical characteristics of OPC & 소일크리트 고화재

Items	Gravity	Blaine (cm ² /g)	Setting Time		Compressive Strength(kg/cm ²)			
			Ini.(min)	Fin.(min)	1 day	3 days	7 days	28 days
OPC	3.15	3200	260	400	90	180	285	375
SC	3.05	6000	260	330	80	200	350	550

3. 소일크리트 고화재를 이용한 현장 시험시공

3.1 ○○○ 위생 매립장의 Lining 적용성 시험

(쌍용, 1999. 12)

3.1.1 시험 개요

소일크리트 고화재의 현장적용성 검토를 위하여 ○○○ 위생 매립장의 시료를 채취하여 실내에서의 배합 및 물리시험을 실시하였다.

3.1.2 토사별 현장시험 조건

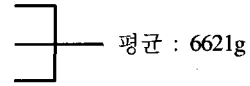
(1) 시험조건

- ① 사질토 : 36.4m³
- ② 점 토 : 50m³
- ③ 고화재 : 소일크리트 고화재
- ④ 배합비 : 100kg/m³
 γ_{dmax} 의 95% 중량 : 100kg
- ⑤ 다짐방법 : Sheep Foot Roller 및 Tire Roller다짐
- ⑥ 다짐 완료 후 확인시험 : 들밀도 시험, 함수비, Pipe 관입

시료채취

(2) 배합량 계산(사질토의 경우)

- 사질토 습윤단위 중량(γ_t) : 호트러진 상태
- 용기의 부피 계산
- 모래의 중량 : 7312g
- 모래의 단위 중량 : 1.389 g/cm³
- 용기의 부피 : 모래의 중량 ÷ 단위중량(모래) = 7912g ÷ 1.389 g/cm³ = 5696 cm³
- 사질토 단위중량 계산
- 1차 : 6837g
- 2차 : 6489g
- 3차 : 6536g

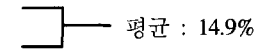


$\therefore \gamma_t = 6621g/5696cm^3 = 1.162g/cm^3$

- 소일크리트 고화재 배합량 계산(γ_{dmax} 의 95% 중량 대 100kg)

- 사질토의 실제 함수비

- 1차 : 14.4%
- 2차 : 15.4%



$\gamma_{dmax} = 1.742g/cm^3 \times 0.95 = 1.655g/cm^3$

결론적으로 사질토 1655kg에 소일크리트 고화재 100kg을 넣는 조건으로 하였다.

3.1.3 실험 결과 분석

(1) 다짐시험

흙 다짐시험은 KSF 2312에 의하여 시험을 시행하였으며, 사질토의 다짐시 최적함수비는 17.9%이고 이때 최대건조밀도는 1.742g/cm³으로 나타났다. 또한 해성점토의 경우 최적함수비는 15.7%, 최대건조밀도는 1.770g/cm³으로 나타났다. 사질토와 소일크리트 고화재를 혼합한 시료의 최적함수비는 17.5%, 최대건조밀도는 1.664g/cm³으로 나타났으며 해성점토와 소일크리트 고화재를 혼합한 시료의 경우에 최적함수비와 최대건조밀도는 각각 18.4%, 1.666g/cm³으로 나타났다. 소일크리트 고화재 단독으로 다짐시험을 한 결과 최적함수비는 22.0%, 최대건조밀도는 1.577g/cm³으로 나타났다.

(2) 액·소성한계시험

본 시험은 KSF 2303과 KSF 2304에 의하여 시험을 시행하였으며, 시험결과 사질토의 액성한계는 35.77%, 소성한계는 20.40%으로 나타났다. 해성점토의 경우에는 액성한계가 35.47%, 소성한계가 17.87%로 측정되었다. 사질토와 소일크리트 고화재 혼합시료의 경우 액성한계와 소성한계는 각각 37.17%, 23.73%로 나타났고, 해성점토와 소일크리트 고화재 혼합의 경우 액성 및 소성한계는 각각 37.19%, 25.04%로 나타났다. 소일크리트 고화재만을 가지고 시험한 결과 액성한계는 28.82%, 소성한계는 24.20%로 나타났다.

(3) 체분석시험

체분석 시험은 KSF 2309와 KSF 2302에 의하여 시험하였으며, 사질토는 200번체를 통과한 입자가 52.5%이며 200번체를

통과한 시료를 입도분석한 결과 mode값이 $3.89\mu\text{m}$ 로 나타났다. 해성점토의 경우에는 시료의 99.44%가 200번체를 통과하였으며 이에 대한 입도분석결과 mode값이 $4.38\mu\text{m}$ 로 측정되었다. 소일크리트 고화재는 98.14%가 200번체를 통과하였으며 통과한 시료의 입도분석 결과 mode값이 $4.38\mu\text{m}$ 로 나타났다.

(4) Solid pH

수소이온농도(pH)를 측정한 결과 사질토와 해성점토는 각각 6.43, 8.17로 나타났으며, 사질토와 소일크리트 고화재 혼합, 해성점토와 소일크리트 고화재 혼합시료의 경우 각각 9.12, 9.85로 나타났다. 소일크리트 고화재 단독으로 시험한 결과 pH는 12.90으로 나타났다.

(5) 용출시험

중금속 농도를 측정한 결과 아연의 경우 사질토에서 0.38mg/kg , 카드뮴의 경우 소일크리트 고화재에서 0.25mg/kg 의 농도로 검출되었다. 납은 세가지 시료에서 모두 검출되었는데 사질토는 0.26mg/kg , 해성점토는 1.43mg/kg , 소일크리트 고화재는 1.25mg/kg 의 농도로 나타났다. 구리의 경우도 세 시료에서 모두 검출되었는데 사질토는 0.41mg/kg , 해성점토는 0.70mg/kg , 소일크리트 고화재는 0.20mg/kg 의 농도로 나타났다. 이 농도는 환경부의 토양오염 우려기준(1.5mg/kg)을 초과하지 않는다.

(6) 압축강도시험

압축강도시험을 위한 공시체는 3.1.2에서 서술한 배합비를 사용하여 다짐도 95%의 다짐을 하여 양생일수는 7일, 14일, 28일로 하였으며, 공시체의 크기는 $5\times 10\text{cm}$ 로 하였다. 사질토만으로 만든 공시체는 28일 강도에서 기준값(10kg/cm^2) 이상을 나타냈다. 사질토와 소일크리트 고화재와의 혼합한 공시체의 경우 10일 강도가 7.85kg/cm^2 로 나타났으며, 해성점토와 소일크리트 고화재의 혼합시공체의 경우 7일 강도에서도 상당한 강도를 나타냈다. 한편 28일 강도는 25.51kg/cm^2 와 27.39kg/cm^2 로 나타났다. 소일크리트 시멘트만을 사용한 경우는 28일 강도의 경우 428.72kg/cm^2 로 나타났다.

(7) 내산성시험

내산성시험은 일반 습윤양생으로 3일간 양생 뒤 pH를 2로 조절한 염산용액에 넣어 4일(재령 7일), 7일간 침지(재령 10일)한 후 압축강도를 측정했다. 그 결과 4일간 염산용액에 침지시킨 경우 사질토와 소일크리트 고화재 혼합공시체의 경우에는 압축강도가 3.59kg/cm^2 에서 3.13kg/cm^2 로 0.46kg/cm^2 감소했으며, 해성점토와 소일크리트 고화재를 혼합한 공시체의 경우 7.73kg/cm^2 에서 7.24kg/cm^2 로 0.49kg/cm^2 감소하였다. 소일크리트 고화재 단독으로 만든 공시체의 경우 압축강도가 151.48kg/cm^2 에서 126.63kg/cm^2 로 24.85kg/cm^2 가 감소하였다. 7일간 염산용액에 침지시킨 경우에 사질토와 소일크리트 고화재 혼합공시체의 경우에는 압축강도가 7.85kg/cm^2 에서 7.24kg/cm^2 로 변해 0.61kg/cm^2 감소했으며 해성점토와 소일크리트 고화재를 혼합한 공시체의 경우 11.29kg/cm^2 에서 8.75kg/cm^2 로 2.54kg/cm^2 감소하였다. 소일크리트 고화재 단독으로 만든 공시체의 경우 압축강도가 230.54kg/cm^2 에서 207.04kg/cm^2 로 23.41kg/cm^2 가 감소하였다. 사질토나 해성점토와 소일크리트 고화재를 혼합한 시료를 염산용액에 침지시킨 경우의 압축강도는 그다지 크게 변하지 않는 것으로 보아 산에 대한 저항성은 우수한 것으로 판

단된다. 소일크리트 고화재 단독의 경우 압축강도가 크게 줄어드는 것으로 나타나 강산에 오랜 기간 노출되는 경우 시멘트 내 알칼리성분이 산에 의해 중화되며 강도는 감소하는 요인으로 작용하고 있다.

(8) 비중시험

KSF 2308에 의하여 비중시험을 한 결과 사질토와 해성점토의 비중은 각각 2.07, 2.23으로 나타났으며, 사질토와 소일크리트 고화재를 혼합한 경우에는 2.15, 해성점토와 소일크리트 고화재를 혼합한 경우에는 2.29로 나타났다. 소일크리트 고화재만으로 시험한 경우 2.91로 나타났다.

(9) 투수계수

KSF 2322에 의하여 투수시험을 한 결과 사질토만의 경우 28일간 양생한 경우 $5.85\times 10^6\text{cm/sec}$ 로 나타나 매립지 차수재 기준인 $1\times 10^7\text{cm/sec}$ 이하를 만족하지 못하였다. 해성점토의 경우 마찬가지로 28일간 양생한 경우 $4.12\times 10^7\text{cm/sec}$ 로 기준을 만족하지 못하였다. 그러나 사질토와 소일크리트 고화재를 혼합한 경우 투수계수는 14일 양생의 경우 $3.68\times 10^7\text{cm/sec}$ 로 차수재 기준을 약간 상회하나 기간을 좀더 연장하여 28일 양생한 경우 $8.57\times 10^8\text{cm/sec}$ 로 나타나 최종적으로 기준을 만족시켰으며, 해성점토와 소일크리트 고화재를 혼합한 시료는 14일 양생한 경우 $7.72\times 10^8\text{cm/sec}$ 으로 나타나 기준을 만족하였다. 소일크리트 고화재 단독인 경우에는 7일 이내에 $5.318\times 10^8\text{cm/sec}$ 로 기준을 만족하였다. 따라서 사질토와 해성점토를 각각 소일크리트 고화재와 혼합하는 경우 재령 28일 이후가 지나면 차수재 기준인 $1\times 10^7\text{cm/sec}$ 를 모두 만족하는 것으로 판단된다. 이는 사질토의 경우 투수계수가 50%이상이며 입경 또한 $74\mu\text{m}$ 이하(평균 입도 직경 $3.45\mu\text{m}$)이며, 소일크리트 고화재가 보통포틀랜드 시멘트 보다 입도 직경이 훨씬 작으므로 소일크리트 고화재가 혼합된 경우 차수성능이 뛰어나고 조기 강도 발현도 높아 매립지 압축강도 기준인 5kg/cm^2 이상으로 매우 빠른 시일내에(7~14일) 차수성능을 나타내는 것으로 판단된다.

3.2 동해항 강관말뚝주면 피복방식 시험시공 (천, 1997. 8)

3.2.1 개요

동해항 석회석 하역부두 배면부지에 건설되는 석회석 하역설비동의 기초가 강관말뚝으로 시공되었다. 시공된 강관말뚝이 해수의 영향을 받고 있는 관계로 부식억제(Corrosion Control)를 위한 공법이 검토되었다. 검토된 방식중 지중에 타입된 강관말뚝 외주면의 부식억제를 반 영구적으로 할 수 있고 지진으로 인한 지반의 액상화 방지공법으로도 유효한 C.G.M(Chemical Grouting Method)을 채택하여 시공하게 되었다. 국내 최초로 소일크리트 고화재 고화재와 아초산리치움계 주입재로 시공되는 C.G.M의 적용 및 효과에 대해 검토하고자 한다.

3.2.2 현장시험시공

C.G.M공법의 시공효과를 확인하기 위하여 G.L(±)0.0m ~ G.L(-)22.0m 지층에 현장시험시공을 실시하였다. 주입재의 표준 배합상태를 A type 과 B type 으로 구분하여 실시하였으며, 주입율은 10%~30% 이내로 주입간격을 0.6~0.8m로 하였다. 또한 주입공과 투수시험공의 위치 및 배열에 따라 각각 Fig. 2

와 같이 A₁, A₂, B₁, B₂로 나누었다(한국지반공학회, 1997).

(1) A type의 시공

① 주입재의 배합

- A액 : Geocrete 고화재 + LPS-40 + 공업용수(1 m³당 배합)
- 소일크리트 고화재 : 750kg
- LPS-40 : 2 l
- 공업용수 : 750 l

② 주입량

- 주입량 : 개량 대상체적 × 주입율
- 주입율은 10~30%를 기준으로 시행

③ 주입제원

- 개량경 : φ1.0m · 주입스텝 : 50cm
- 주입속도 : 100±1 //분
- 주입압력 : 0 ~15 kg/cm²
- 주입방식 : 단관롯드방식

(2) B type의 시공

① 주입재의 배합

- A액 : Geocrete 고화재 + LPS-40 + C.G.M-1호 + 공업용수
- B액 : 물유리 3호 + 공업용수(1 m³당 배합)
- 소일크리트 고화재 : 500kg
- LPS-40 : 1 l
- C.G.M-1호 : 20kg
- 공업용수 : 660 l

② 주입량

- 주입량 = 개량 대상체적 × 주입율
- 주입율은 10~30%를 기준으로 시행

③ 주입제원

- 개량경 : φ1.0m · 주입스텝 : 50cm
- 주입속도 : 100±1 // 분
- 주입압력 : 0 ~15 kg/cm²
- 주입방식 : 2중관롯드방식

Fig. 3과 같이 철의 부동태 피막이 파괴되어 국부적으로 부식이 발생되고 건전한 부분간에 부식전지가 형성된다. 아초산리치움계의 방청용 주입재를 사용하는 C.G.M의 방식원리를 방청과 알칼리골재 · 반응의 팽창억제로 구분하여 간단히 설명하면 다음과 같다.

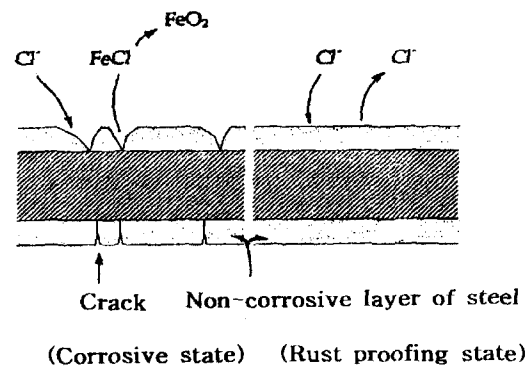
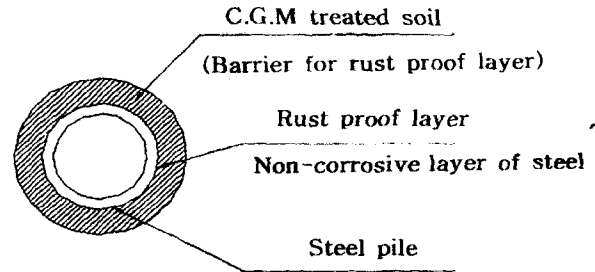
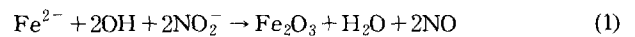


Fig. 3 Mechanism of corrosion and rust proof of Fe (쌍용, 1999)

(1) 방청 메카니즘

철의 부동태 피막은 치밀한 철의 산화물(Fe₂O₃)이나 염화물이온(Cl⁻)에 의해서 부동태 피막이 파괴되며 이로 인해서 철이 용해되어 2가의 철이온(Fe⁺²)으로 용출된다. 아초산이온(NO₂⁻)은 이 2가의 철이온과 반응하여 부동태 피막을 재생시켜 녹의 발생과 진전을 방지해 주는 역할을 한다(천, 1997).



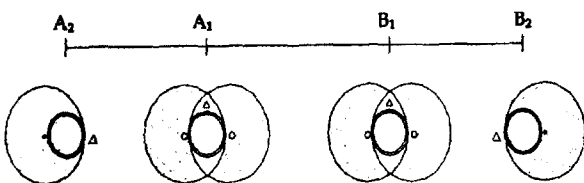
(2) 아초산리치움의 알칼리골재반응 억제

알칼리골재반응은, 반응성 골재가 알칼리 반응수에 의해서 팽창하여 콘크리트 구체에 균열을 발생시킨다. 리치움 이온(Li⁺)은 생성된 겔을 불용화시켜 골재 팽창반응을 억제시킨다.

3.2.4 현장 시험시공 결과

타입된 강관말뚝주면을 C.G.M공법으로 피복방식 시공을 시행한 후 피복방식의 특성평가를 목적으로 주입시공 후, 자연전위측정을 실시하여 그 결과를 피복방식전과 비교하였다.

Fig. 4를 보면 현장 시험시공 결과 모든 시료의 자연전위가



△ : Test holes after grouting
○ : Grouting holes

Fig. 2 Location & arrangement of test hole

3.2.3 C.G.M의 원리

피복방식 공법은 부식원리를 응용한 것으로 산소와 수분을 차단하여 부식을 완전히 방지시키는 것이다. 철의 부식기구

-780mV 이하(방식기준치)인 것으로 보아서 방식된 것으로 사료된다.

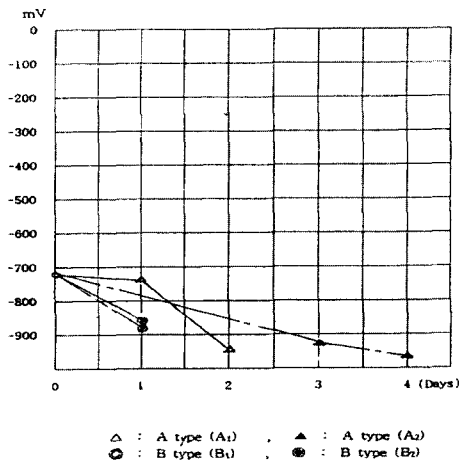


Fig. 4 Injection Effect of in-situ injection test (천, 1997)

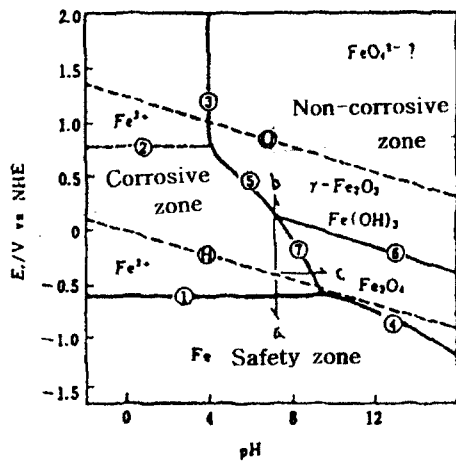


Fig. 5 Voltage-pH of Fe-H₂O (천, 1997)

수용액 상태에서 피복방식기준은 지반이 산성이거나 또는 중성인 경우는 자연전위가 (-)844mV이하가 되어야 하고 주입 후 지반의 자연전위가 0 ~ (-)844mV 범위내에 있으면서 지반이 알칼리 영역에 위치하면 Fig. 4로부터 강관이 부동태 영역에 존재하므로 방식이 된 것으로 판정되었으며 또한 주입재(내염성시멘트)에 의해 강관주위에 도막이 형성되어 피복방식이 된 것으로 판정되었다.

또한 Fig. 5의 전위-pH도로부터 수중의 철에 대한 방식방법은 전위를 낮추어서 안정태 영역으로 가져가는 경우와 전위를 높여서 부동태 영역으로 가져가는 경우 등으로 분류되나 피복방식 방법은 주로 철표면에 내염성 도막을 형성시키거나, 수용액 상태에서는 부동태 영역을 방식하는 것을 의미한다.

4. 결 론

연약한 해성점토지반 개량을 위한 석탄회계 고화제인 소일크리트 고화제의 적용성에 관한 연구를 통하여 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 석탄회계 고화제 소일크리트 고화제는 내산성과 강도발현성이 보통시멘트에 비하여 우수하므로 하상부식토, 해성점토, 매립토 등과 같이 염류, 유기물 및 SO₄²⁻, Cl⁻ 등의 성분이 함유되어 있는 열악한 토질조건에서 특히 유효할 것으로 기대된다.
- (2) ○○○ 위생 매립지 적용성 검토를 위한 실내 시험에서 환경관련 용출시험결과는 토양오염이 우려되지 않는 안전수치 이하로 나타났으며 사질토와 소일크리트 고화제를 혼합한 경우 재령 10일의 압축강도는 7.85kg/cm²로서 적절한 수치 이상으로 판단되며 투수계수는 14일 양생의 경우 폐기물 관리법에서 규정하고 있는 투수계수(1×10⁻⁷cm/sec)기준을 약간 상회하였으나 28일 양생한 경우 8.57×10⁻⁸cm/sec로 만족한 값으로 나타났다.
- (3) 현장시험시공으로 실시한 동해항 말뚝주면 피복방식의 자연전위 측정결과 주입재(소일크리트 고화제)에 의해 강관주위에 도막이 형성, 피복방식됨으로서 해수의 영향을 받는 강관말뚝의 부식억제에 우수한 효과가 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 97년도 산업자원부 청정에너지 기술개발 사업(과제명 : 석탄회 자원의 최적 활용기술 개발연구)의 연구비 지원으로 수행된 것으로, 이에 관계자 여러분에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

권용완(1997). "지반개량재로서 Geocrete의 활용에 관한 연구", 한양대학교 석사학위 논문, pp 15~16.
 쌍용양회공업(주) 중앙연구소(1999. 12). "석탄회계 고화제의 혼합안정처리 현장적용 실용화 연구", pp 9~11.
 천병식(1997. 3). "기초공학", 건설연구사, pp 185~187.
 천병식(1997. 8). "지반 보강을 위한 Geocrete 고화제의 현장적용 실용화 연구", pp 18~39.
 한국지반공학회(1997). "구조물 기초 설계기준", p 25.

1999년 12월 24일 원고 접수

2000년 8월 3일 수정본 채택