

촉매탄산수를 이용한 고침투, 고강도, 저수축의 연약지반 안정화 공법

KASAIKIN* 조필승** 정덕교***

1. 서언

지하공간 개발의 가속화로 연약한 지반의 강화 및 지반사이에 흐르는 물을 차단시켜 각종 지하 토목공사시의 안정성 및 효율성을 확보, 증진시키는 연약지반 안정화 공법인 그라우팅(GROUTING)공법은 오래전 부터 연구개발되어 현재 많은 공법들이 세상에 알려지게 되었다.

현재, 널리 사용중인 공법으로는 시멘트를 사용하는 현탁액과 무기계 약액을 이용한 것이 있으나 시멘트 약액은 침투성이 불량하고 무기계 약액은 고결후 강도가 약하고 수축현상이 있어 최적의 그라우팅을 이루었다고 할 수 없겠다.

본 개발은 기존 주입재에서 상반적인 관계에 있는 침투성과 강도의 문제를 포괄적으로 극복한 연구로 반응경화제로 탄산(CO_2)을 이용하여 고침투, 고강도 및 저수축의 주입재로 특허원 제94-4985호를 획득하였다.

2. PHS 공법

연약지반의 개량을 위한 그라우팅공사는 그 주입약액 및 방법에 따라 다양하게 나뉘어져 사용되고 있으나 주입방법으로는 각기 다른 약액을 이중관을 통하여 지반내에 압송하여 서로 혼합하면서 반응 경화시키는 방법이 우수한 성능으로 널리 사용되어 지고 있다.

실질적으로 그라우팅을 결정하는 주입약액은 구성 성분에 따라 각각의 특성이 결정지어지고 그 성능에 맞게 현장에서 적용되어진다.

* PROF. OF RUSSIA KARFOV INSTITUTE

** (주) 필우화화통상 대표이사

*** 성하지질공업(주) 대표이사

2.1 주입재의 요구사항

그라우팅 주입재는 현장에서 목적하는 최대의 성과를 이루기 위하여는 다음과 같은 사항이 요구되어진다.

- (1) 안정적이고 자유로운 고결시간(GEL TIME)을 조절하여 차수성을 증가시키고 목적범위의 효율성을 높여야 한다.
- (2) 세밀한 토양간극에도 골고루 침투주입되어야 한다.
- (3) 침투된 주입재는 고결후 고강도를 발휘하여 안정성 및 보강효과를 증진시켜야 한다.
- (4) 고결물(GEL)은 수축현상이 일어나지 않아야 한다.
- (5) 주입재는 유해한 성분을 함유하지 않아 지하수 및 토양에 오염을 일으키지 않아야 한다.

2.2 주입재의 종류

2.2.1 시멘트 현탁액

시멘트와 규산나트륨을 주재료 하여 사용하는 공법으로 고결후 강도는 높으나 GEL TIME이 느리고 침투가 어렵다. 시멘트와 본 개발품 입자의 크기를 비교하면 약 10:1(시멘트 50 MICRON : 4-5 MICRON)이다.

2.2.2 시멘트 반현탁액

시멘트와 규산나트륨 자체만으로는 GEL TIME이 느리기 때문에 응결촉진제로 알칼리 금속 및 알칼리토금속의 수산화물, 염화물 또는 황산화물등을 사용한 것으로 비교적 GEL TIME과 강도는 우수하나 입자가 큰 많은 수불용성 입자로 인하여 토양간극의 침투가 어렵고 이로인한 압력으로 주변 지반변형의 위험이 있다.

2.2.3 무기계 약액

주재인 규산나트륨과 경화제로 황산등의 강산과 탄산등의 금속염의 반응을 이용한 것으로 Gel화가 용이하고 침투성은 좋으나 고결후 강도가 약하고 수축현상이 비교적 심하다.

2.2.4 유기계 용액

유기화합물인 우레탄, 아크릴 아마이드, 리그닌등이 고분자화합물을 이용하

여 Gel체를 형성하는 것으로 강도의 수축에 대한 안정성은 우수하나 가격이 비싸고 공해문제를 일으킨다.

2.2.5 탄산가스

규산소다와 탄산가스를 물에 용해한 용해수를 반응시켜 Gel체를 형성시키는 공법으로 현장에서 바로 자유로운 GEL TIME을 조정할 수 있으나 특수장비가 요구되며 고결후 원하는 강도를 얻기 어렵다.

2.3 주입재별 특성비교

그라우팅 주입재의 특성을 상대적으로 비교한다.

주입재	Gel-Time	강도	수축율	침투성	단가
시멘트 현탁액	下	上	中	下	下
시멘트 반현탁액	中	上	中	下	下
무기계 약액	上	下	上	上	中
유기계 약액	中	上	下	中	上
탄산가스	上	下	上	上	上
HPS	上	中	下	上	中

2.4 촉매 탄산을 이용한 그라우팅

2.4.1 반응원리

본 반응은 반응주재로서 일반적으로 널리 사용중인 공업용 3호 규산나트륨을 사용하고 반응 경화재로 물과 반응하여 탄산(CO₂)을 발생하는 촉매 Chemicals을 물과 혼합하여 Gel을 형성시킨다.

반응속도 및 안정성을 증진시키기 위하여 무기의 촉매안정재를 첨가시키고 강도의 증진을 위하여 소결공정으로부터 추출한 미세한 Fine 입자의 충전물과 펄프의 제조공정에서 추출한 식물성 Fiber를 사용하여 입자사이의 가교결합력을 보강시켜 고결된 Gel체는 우수한 강도 및 수축으로부터의 안정성을 확보한다.

2.4.2 종류 및 성능

현재 차수와 보강을 목적으로 현장에서 크게 순결형(Short Time Gelling)과 완결형(Middle Time Gelling)의 두가지가 사용되고 있습니다. 연약한 지반에 압송

된 약액은 일차적으로 순결형 약액이 반응고결되면서 일단 함수량이 많은 부분과 공극이 큰 부분에서 Packer 역할과 주입재의 목적범위 밖으로의 유실을 차단하며 이차적으로 완결형 약액의 주입되어 미세한 간극 깊숙이 침투주입되어 완벽한 차수 및 보강효과를 이룹니다.

(1) 축매 탄산 주입재의 종류

< 순결주입재 : HPS1 >

A액(200L)	B액(200L)
규산나트륨 100L	HPS1 34kg
물 100L	물 175 L
Total	400L

< 완결주입재 : HPS2 >

A액(200L)	B액(200L)
규산나트륨 100L	HPS2 27kg
물 100L	물 178L
Total	400 L

표. 2 순결주입재와 완결주입재

(2) 축매 탄산을 이용한 HPS의 그라우팅 성능분석

항목	HPS1	HPS2
Gel-Time (sec)	5	60
수탈율 (%)	6.0	6.0
일축압축강도 (kg/cm ²)	2.1	2.1

표. 3 성능분석표

2.4.3 특징

(1) 안정된 Gel-Time

경화축매제인 탄산(CO₃)과 안정화 Chemicals로 안정된 Gel-Time을 갖는다.

(2) 뛰어난 침투성

초기점도가 낮고 거의 수용성 용액으로 이루어져 침투성이 뛰어나다.

(3) 고강도 발휘

기본 Gel체에 소결공정을 거친 Fine 입자를 기교결합시킨 Gel체는 우수한

강도를 발휘한다. (강도의 조정도 가능하다.)

(4) 저수축성

생성된 Gel체는 완전한 반응 및 강한 결합으로 고결후에도 수축이 거의 일어나지 않아 최적의 그라우팅을 이룬다.

(5) 주입안전성

지반 골고루 무리없이 저압 치투주입되므로 시공시 주변 지반 및 구조물에 영향을 주지않는다.

(6) 무공해성

주입재의 성분은 무해한 무기화합물 및 천연 추출물로 구성되어 지하수 및 토양을 오염시키지 않는다.

3. 결론

(1) 촉매탄산수를 반응경화제로 이용한 그라우팅 주입재는 초기점도가 낮은 용액으로 침투성이 우수하다.

(2) 소결공정으로 얻은 Fine 입자는 콜로이드 상태로 토양에 침투시 셀룰로우스 화이버와 가교결합하여 고강도를 발휘한다.

(3) 첨가된 안정화 Chemicals로 고결후 수축이 거의없어 안정된 그라우팅이다.

(4) 주입재의 혼합이 용이하고 작업이 편리하다.