

기술 · 안전 실리케이트 그라우팅 공법

T echnology safety S ilicate grouting M ethod

T.S.M 그라우팅 공법



(주)나무건설

NA MOO Construction Co., Ltd.

서울시 송파구 법원로 128, C 1115호
(문정동, 문정 SK V-1)

Tel: (02)6285-7842 Fax: (02)6285-7843

Contents

목 차



1. 공법 개요	3
2. T.S.M 공법 그라우트(재)특성	4
3. 주입 방식	5
4. T.S.M 공법 주입재 반응식	6
5. 배합비와 주요특성	7
6. T.S.M 공법 비교	8
7. 약재 생산 공장 및 인증서	9
8. 품질 관리 시험	10
9. T.S.M 공법 주입 장치	12
10. T.S.M 공법 시공 전경	13
11. T.S.M 공법 시공 실적	15

1. T.S.M 공법 개요

■ 새로운 **T.S.M** 실리케이트 그라우트(재) 발명특허 제 10-2435537호를 개발

규산나트륨 + 특정반응물(황산, 염산 비 사용)
실리카-졸 그라우트(재) 개발



기술 · 안전 · 친환경 실리케이트
압축강도가 강한 T.S.M 그라우팅

■ 저압 주입식 차수공법 :

지반 천공

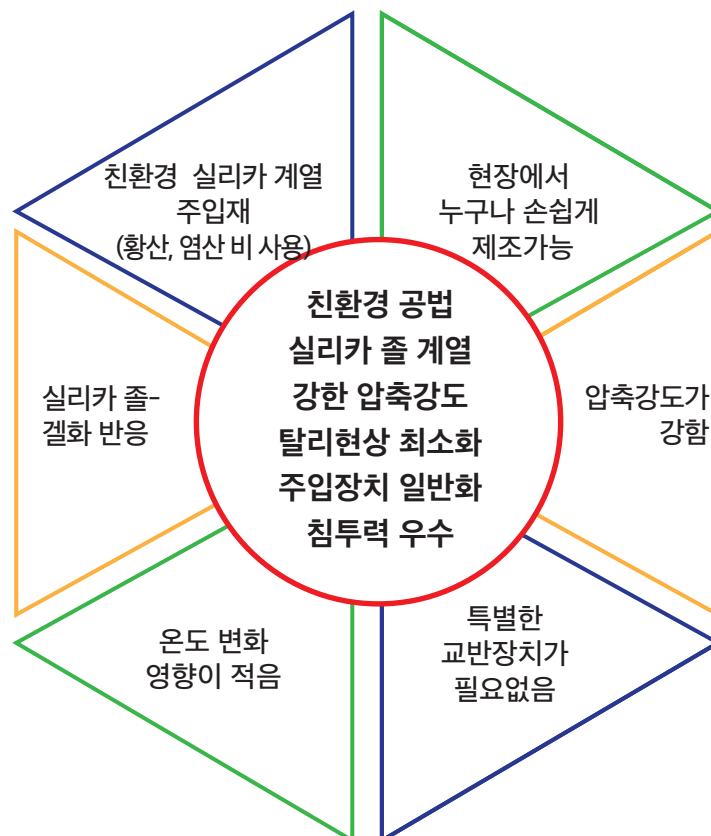


이중관 Rod 설치



급결성, 완결성 주입재 교대로 주입

■ **T.S.M** 그라우팅 공법 특성 :

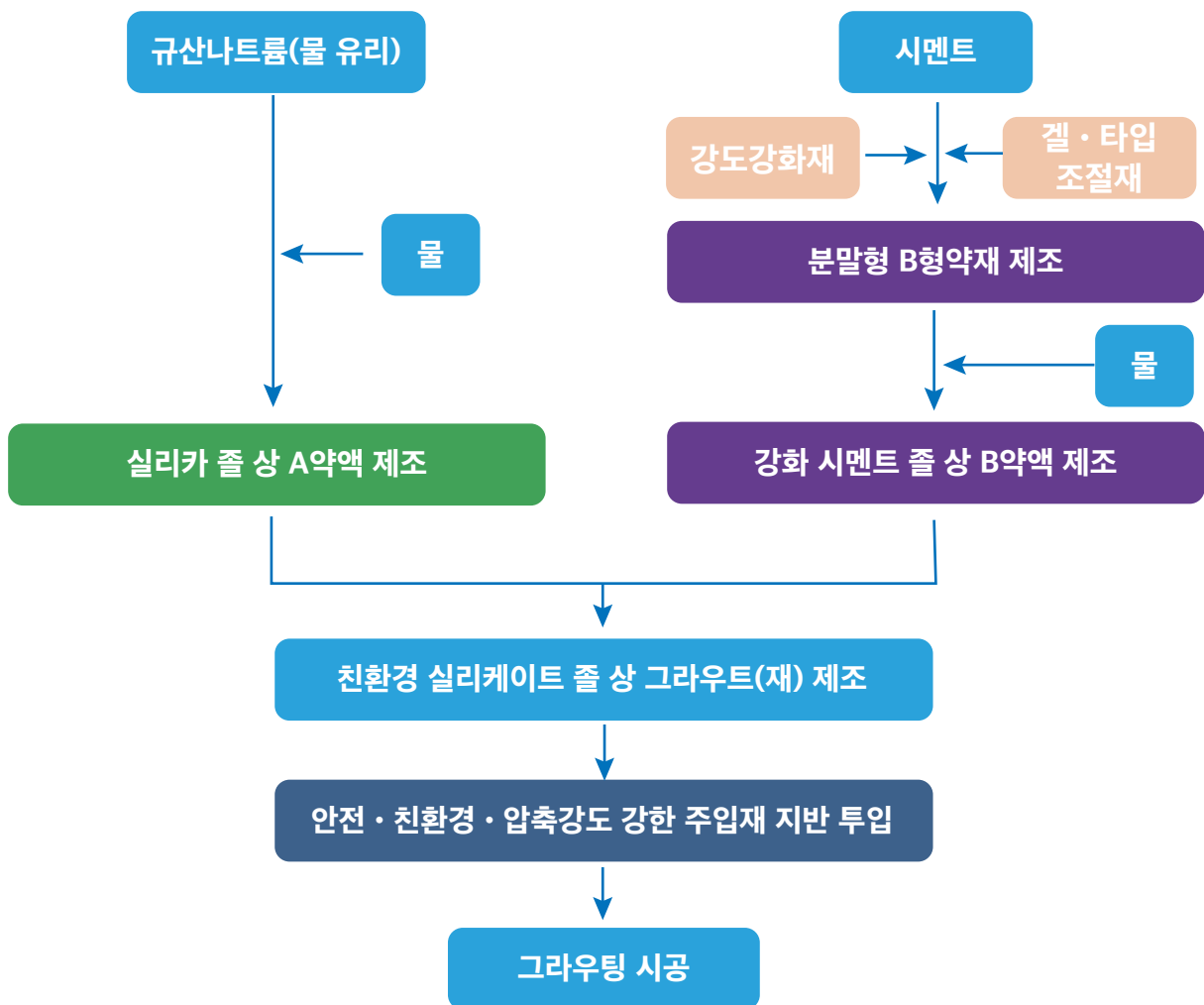


2. T.S.M 공법 그라우트(재) 특성

■ 새로운 T.S.M 실리케이트 그라우트(재) 도입 (발명특허 제 10-2435537호)

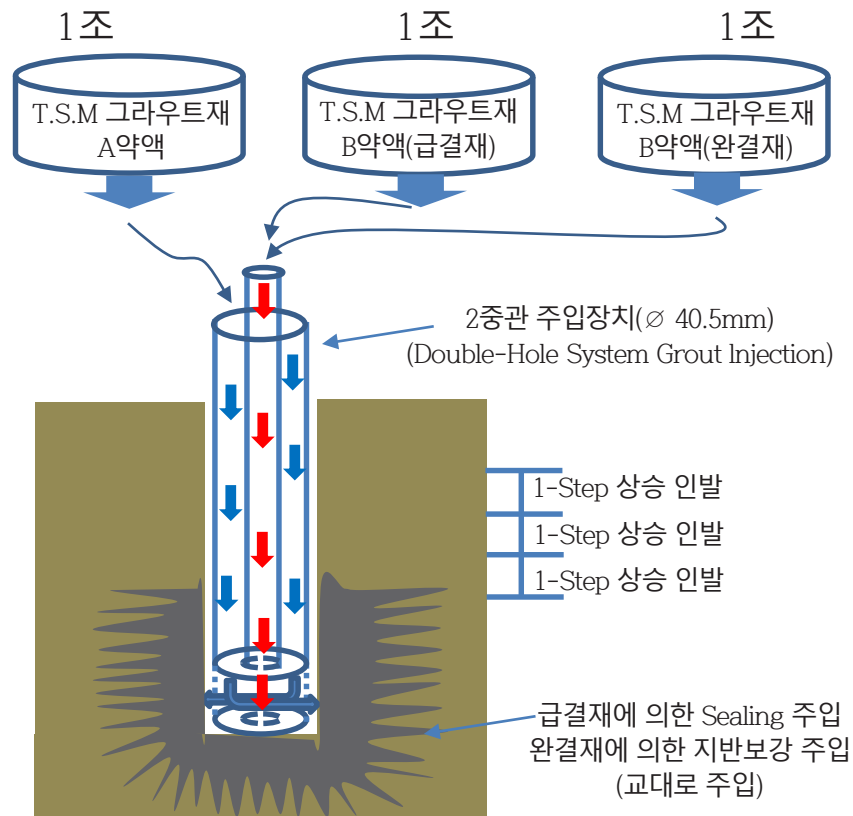
- 황산과 염산과 같은 위험물질을 사용하지 않고 특정반응물질을 사용함.
- 현장에서 특별한 교반장치 없이 누구나 손쉽게 직접 제조 가능.
- 안전한 원료를 사용하여 그라우트(재)를 제조함으로, 작업자가 다루기가 안전하고 쉬움.
- 규산나트륨의 사용량을 최소한으로 줄여, “탈리현상”, “부피축소현상”을 크게 줄임.
- 주입 후 고결체가 견고하고, 압축강도가 크므로 완벽한 차수벽을 형성 함.

■ T.S.M 그라우트(재) 제조와 그라우팅 시공 개요도

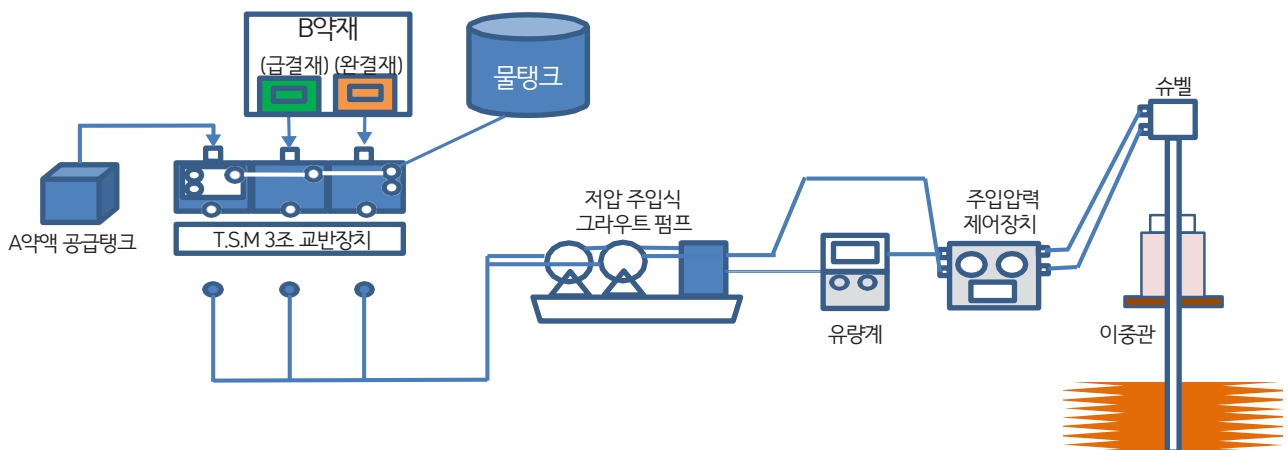


3. T.S.M 공법 주입 방식

■ 3조 배합장치(T.S.M 그라우트(재) A약액 1조, B약액 급결재 1조, 완결재 1조

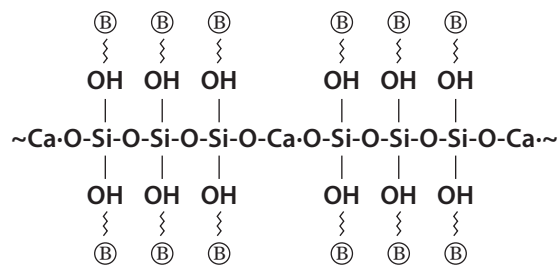
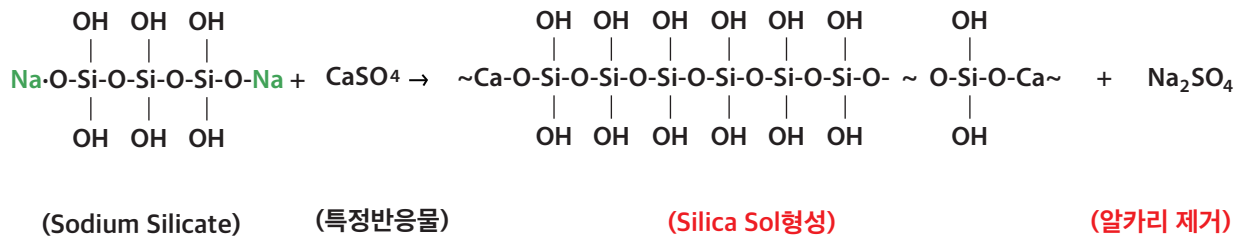


■ T.S.M 그라우트(재) 제조와 그라우팅 시공 개요도



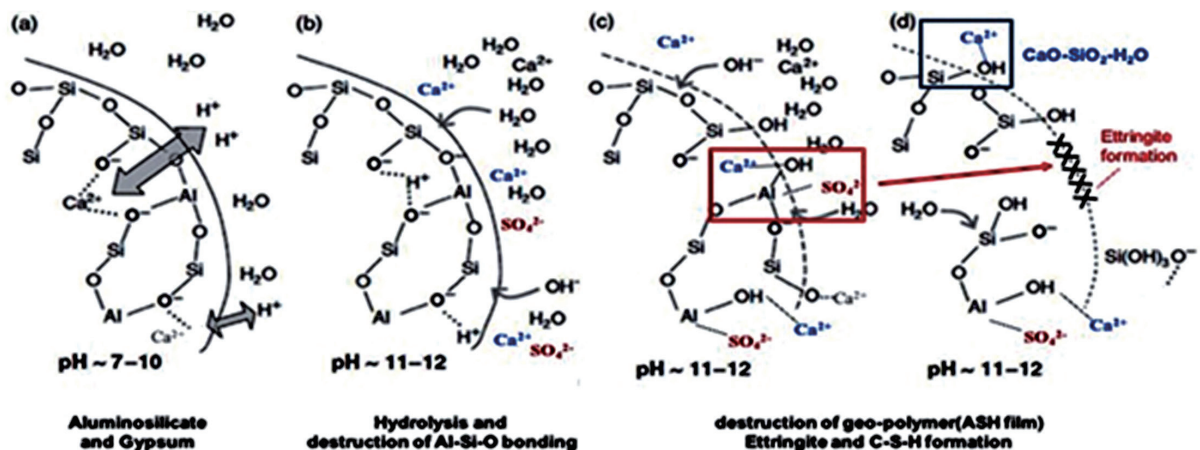
4. T.S.M 공법 주입재 반응식

■ 실리카 졸(Silica Sol) 형성과 겔(Gel)화 반응식



ⓑ = 결합재, ∷ = 결합재와 Calcium Silicate가 수화결합형성

■ 결합재의 침상 Ettringite 생성 및 고결화 반응식



Duxson and Provis 수정 론 - J. of Ceramic Processing Research, Vol. 19, No.4, 2018

5. T.S.M 공법 배합비와 주요특성

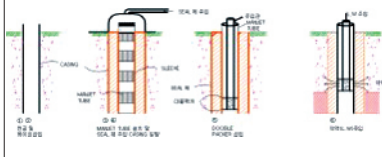
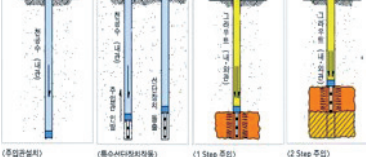
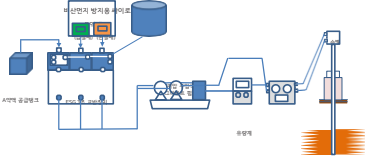
■ T.S.M 공법 배합비 확인

● T.S.M 표준 배합비(0.4m ³)								
구 분	A액(200L)		B액(200L)				겔타임 (초)	비 고
구성재료	규산나트륨(ℓ)	물(ℓ)	시멘트 (kg)	TS-1 (kg)	TS-2 (kg)	물(ℓ)		
급결	60	140	80	20	10	165	10-20	
완결	60	140	80	20	2	168	30-60	

■ T.S.M 공법 주요 특성



6. T.S.M 공법 비교

구 분	L.W공법 (Labiles Wasserglass)	S.G.R 공법 (Space Grouting Rocket Systems)	T.S.M공법 (Technology safety Silicate grouting Method)
개요도			
공법개요	- 지반천공 후 1.5Shot방식의 Manjet Tube를 삽입하여 Double Packer를 설치하고 주입재를 지중에 주입하는 공법.	- 지반천공 후 2.0Shot방식으로 이중관 주입로트에 특수선단장(Rocket)를 결합시켜 대상지반에 유도공간을 형성시켜 Grout를 유도하면서 주입재를 주입하는 공법.	- 물유리를 최소한 적게 사용하여 용탈현상을 최소화한 그라우트(재)를 사용하여 저압 주입식 그라우팅 방식으로 실리카 졸-겔 반응을 형성하는 공법
주입재료	- 시멘트, 벤토나이트 - 물유리 수용액(규산나트륨 3호)	- 시멘트, Gel-Time 조절재 - 물유리 수용액(규산나트륨 3호)	- 시멘트, Gel-Time 조절재, 강도강화재 - 물유리 수용액(규산나트륨 3호)
적용지반	- 조밀한 세립사, 실트질 점성토, 점토질 실트를 제외한 모든 토사지반	- 모든 지반에 가능하나 조밀한 세립사, 실트질 점토, 점토질, 실트층에서 맥상주입	- 모든 토사지반(점성토, 사질토, 사력층, 풍화대), 암반 차수 및 지반보강
적용목적	- 지반보강	- 차수	- 차수 및 지반보강
투수계수	$K = 10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$	$K = 10^{-4} \sim 10^{-5} \text{ cm/sec}$	$K = 10^{-5} \text{ cm/sec}$ 이하
장·단점	◆ 장 점 - 장비가 소형이므로 협소한 장소에서 시공 가능 - 멘젯튜브가 삽입되므로 축압에 의한 역지말뚝효과 - 국내 시공실적이 많음 ◆ 단 점 - 재주입시 천공 작업을 하지 않고 재주입이 가능한 공법이나 인접공 주입시 멘젯튜브의 휨 발생과 주입재 침투로 재주입이 곤란함 - 근접공 주입시 주입압력에 의한 멘젯튜브 휨현상으로 double packer를 장착한 주입내관 삽입이 곤란함 - 겔타임이 늦어 대수층에서 재료손실이 많고 차수효과가 불확실함	◆ 장 점 - 급결, 완결의 이중관 로트의 복합 주입 형태. - 대상토질에 따라 Gel-Time 조절이 용이함 - 국내 시공실적이 많음 ◆ 단 점 - rocket system과 유도공간 형성으로 주입재의 침투성이 양호한 공법이나 시멘트를 혼합한 현탁액형으로 주입할 경우 rocket system 이 자주 막혀 사용하기 곤란함 - 역류방지 밸브가 장착되지 않아 주입도중 주입재의 역류현상 및 막힘현상이 발생하여 연속작업이 불가 능함 - 규산소다의 알칼리용탈로 인해 내구성이 작고, 지하수 및 환경오염의 영향 큼.	◆ 장 점 - 기존의 이중관 로트를 사용하며, 저압 주입식 그라우팅 공법 - 대상 토질에 따라 Gel-Time 조절이 용이함 - 물유리 사용량 최소화 (용탈현상 최소화) - 실리카 졸-겔화 반응 - 압축강도 강함. - 물의 온도 변화에 영향이 적음 시공실적이 많음 ◆ 단 점 - 특이사항 없음
경제성	100%	100%	90%(설계값 기준)
내구성	보통	약함	강함
환경성	부적합	부적합	적합

7. T.S.M 공법 약재 생산 공장 및 인증서

■ 주입재 생산 공장



생산 공장(원료 유입저장고 전경)

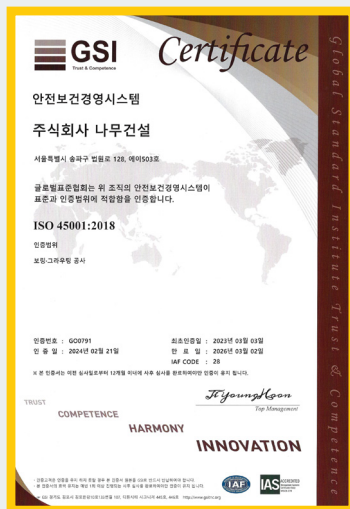


생산 공장 외부 전경

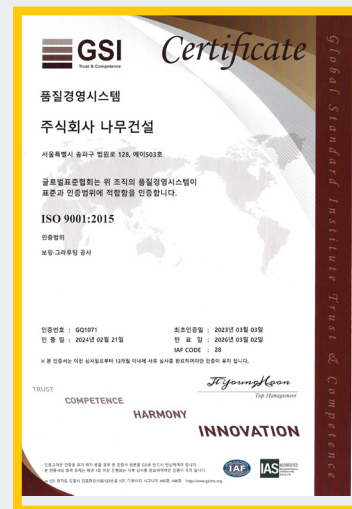


생산 공장 내부 전경

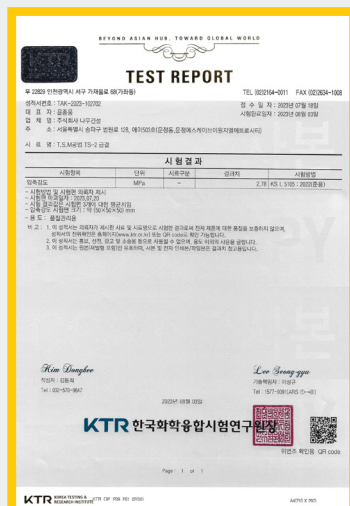
■ 인증서



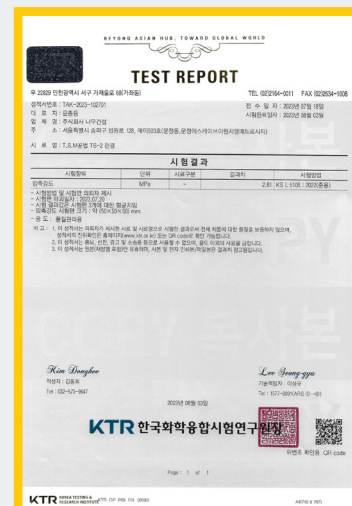
ISO 45001(안전보건경영시스템)



ISO 9001(품질경영시스템)



TSM공법 TS-2 급결(압축강도 28일)



TSM공법 TS-2 완결(압축강도 28일)

8. T.S.M 공법 품질관리 시험

① 착색시험

착색시험방법 : 1) 미리 약액에 색소를 혼합하는 방법,

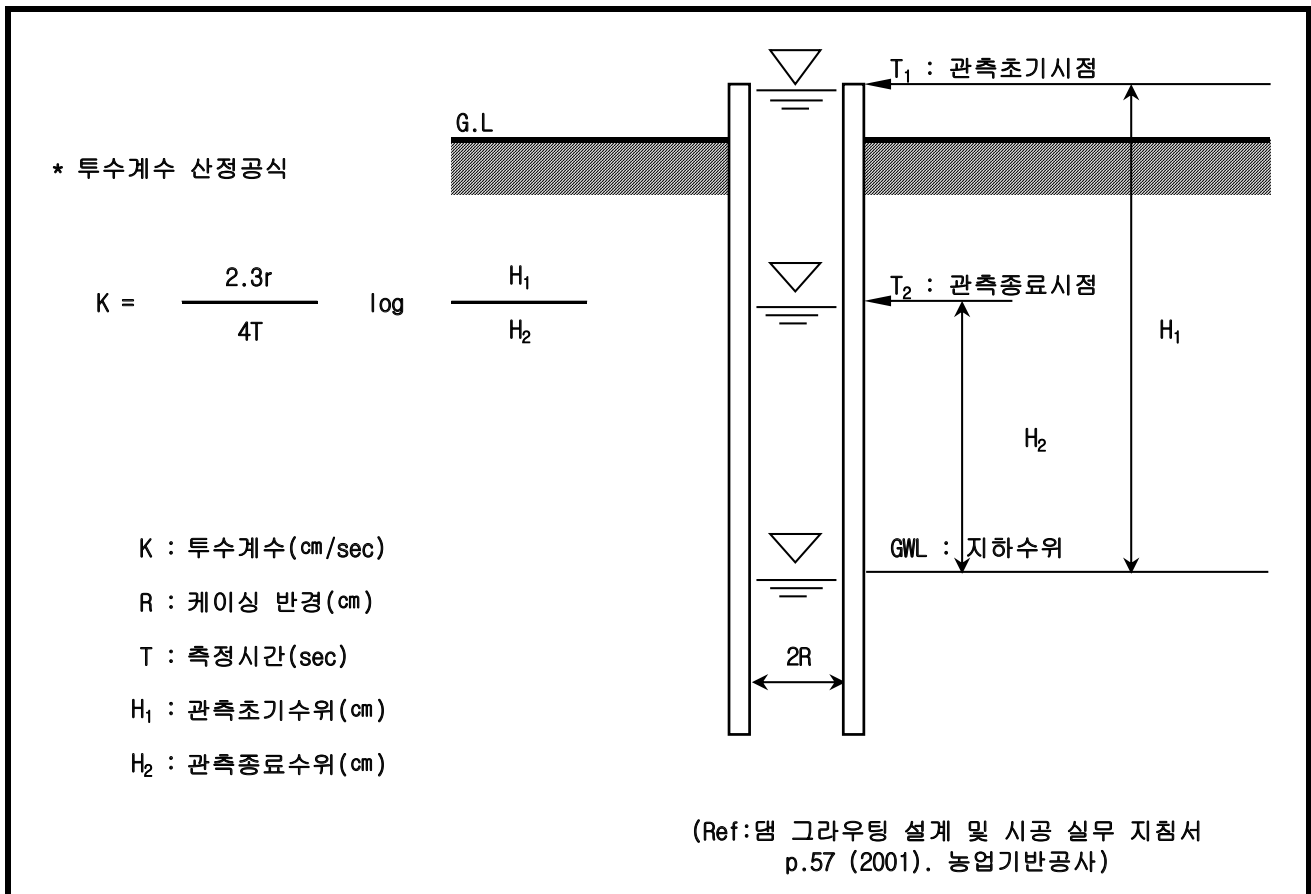
2) 주입한 지반 및 시료에 지시약(페놀프탈레인)을 살포하는 방법

② 현장투수시험

FILLING HEAD TEST에 의한 투수계수의 결정은 아래 공식을 이용하여 수위가 시험하고자 하는 심도에 강하하기까지 소요되는 시간 및 수위차를 측정함으로써 지층의 투수계수를 산출한다.

(산출근거 : tube법 (지반조사편람 53p 공내 투수계수 산정방법-서울시 2006년 9월))

③ 현장투수시험성과표(Permeability Test Result)



8. T.S.M 공법 품질관리 시험

③ 현장투수시험성과표(Permeability Test Result)

현장 투수 시험 성과 표(Permeability Test Result)									
주입전					주입 후				
공 사 명	백운호수 푸르지오 슬록의아침 2단지 신축공사			구 분	주 입 전	공 사 명	백운호수 푸르지오 슬록의아침 2단지 신축공사		
위 치	NO. 207-2	지하수위	(-)5.5 m	측 정 일	2022년 12월 21일	위 치	NO. 206-1 ~ 207	지하수위	(-)5.5 m
측정심도	6.0 m	케이싱고	0.60 m	측 정 자	이 중 수	측정심도	6.0 m	케이싱고	0.60 m
측 정 법	주수법	공 반 경	3.25 cm	확 인 자	김 정 수	측 정 법	주수법	공 반 경	3.25 cm
시 간 (sec)	측 정 치 (cm)	수 두 차 (cm)	R (cm)	H _i (cm)	H _e (cm)	투수계수 (cm/sec)	비 고		
30	1.50	0.00	3.25	660.00	658.50	1.935E-04			
60	2.00	0.50	3.25	660.00	658.00	1.290E-04			
90	2.60	0.60	3.25	660.00	657.40	1.119E-04			
120	3.20	0.60	3.25	660.00	656.80	1.033E-04			
150	3.70	0.50	3.25	660.00	656.30	9.562E-05			
180	4.50	0.80	3.25	660.00	655.50	9.697E-05			
평균투수계수 (Average Permeability)					K =	1.217E-04			
공 사 명	백운호수 푸르지오 슬록의아침 2단지 신축공사			구 분	주 입 후	공 사 명	백운호수 푸르지오 슬록의아침 2단지 신축공사		
위 치	NO. 127 안쪽	지하수위	(-)4.10 m	측 정 일	2023년 01월 05일	위 치	NO. 126-2~127 사이	지하수위	(-)4.10 m
측정심도	9.0 m	케이싱고	0.65 m	측 정 자	장 지 영	측정심도	9.0 m	케이싱고	0.60 m
측 정 법	주수법	공 반 경	3.25 cm	확 인 자	김 정 수	측 정 법	주수법	공 반 경	3.25 cm
시 간 (sec)	측 정 치 (cm)	수 두 차 (cm)	R (cm)	H _i (cm)	H _e (cm)	투수계수 (cm/sec)	비 고		
30	62.00	0.00	3.25	965.00	903.00	5.647E-03			
60	78.00	16.00	3.25	965.00	887.00	3.584E-03			
90	90.00	12.00	3.25	965.00	875.00	2.775E-03			
120	110.00	20.00	3.25	965.00	855.00	2.573E-03			
150	125.00	15.00	3.25	965.00	840.00	2.360E-03			
180	137.00	12.00	3.25	965.00	828.00	2.170E-03			
평균투수계수 (Average Permeability)					K =	3.185E-03			
공 사 명	백운호수 푸르지오 슬록의아침 2단지 신축공사			구 분	주 입 전	공 사 명	백운호수 푸르지오 슬록의아침 2단지 신축공사		
위 치	NO. 295 안쪽	지하수위	(-)3.00 m	측 정 일	2023년 01월 11일	위 치	NO. 295-295-1 사이	지하수위	(-)3.00 m
측정심도	9.0 m	케이싱고	0.70 m	측 정 자	장 지 영	측정심도	9.0 m	케이싱고	0.80 m
측 정 법	주수법	공 반 경	3.25 cm	확 인 자	김 정 수	측 정 법	주수법	공 반 경	3.25 cm
시 간 (sec)	측 정 치 (cm)	수 두 차 (cm)	R (cm)	H _i (cm)	H _e (cm)	투수계수 (cm/sec)	비 고		
30	60.00	0.00	3.25	970.00	910.00	5.430E-03			
60	67.00	7.00	3.25	970.00	903.00	3.043E-03			
90	79.00	12.00	3.25	970.00	891.00	2.408E-03			
120	86.00	7.00	3.25	970.00	884.00	1.974E-03			
150	96.00	10.00	3.25	970.00	874.00	1.773E-03			
180	102.00	6.00	3.25	970.00	868.00	1.575E-03			
평균투수계수 (Average Permeability)					K =	2.700E-03			
공 사 명	백운호수 푸르지오 슬록의아침 2단지 신축공사			구 분	주 입 후	공 사 명	백운호수 푸르지오 슬록의아침 2단지 신축공사		
위 치	NO. 295-295-1 사이	지하수위	(-)3.00 m	측 정 일	2023년 01월 11일	위 치	NO. 295-295-1 사이	지하수위	(-)3.00 m
측정심도	9.0 m	케이싱고	0.80 m	측 정 자	장 지 영	측정심도	9.0 m	케이싱고	0.80 m
측 정 법	주수법	공 반 경	3.25 cm	확 인 자	김 정 수	측 정 법	주수법	공 반 경	3.25 cm
시 간 (sec)	측 정 치 (cm)	수 두 차 (cm)	R (cm)	H _i (cm)	H _e (cm)	투수계수 (cm/sec)	비 고		
30	0.02	0.00	3.25	980.00	979.98	1.736E-06			
60	0.03	0.01	3.25	980.00	979.97	1.302E-06			
90	0.04	0.01	3.25	980.00	979.96	1.157E-06			
120	0.06	0.02	3.25	980.00	979.94	1.302E-06			
150	0.07	0.01	3.25	980.00	979.93	1.215E-06			
180	0.09	0.02	3.25	980.00	979.91	1.302E-06			
평균투수계수 (Average Permeability)					K =	1.335E-06			

9. T.S.M 공법 주입 장치



(T.S.M 제조장치)



(T.S.M 주입량 측정)



(T.S.M 주입 압력)



(T.S.M 주입재 몰드 착색 시험)



(T.S.M 그라우팅 천공기)



(T.S.M 그라우트재 주입장치)

10. T.S.M 공법 시공 전경



(T.S.M 천공)



(T.S.M 3조식 교반장치)



(T.S.M 주입압력과 주입량 측정)



(T.S.M 겔타임 측정)



(T.S.M 주입펌프 및 유량계)



(T.S.M 약액 주입)

10. T.S.M 공법 시공 전경



(T.S.M 현장 투수 시험)



(T.S.M 주입 후 그라우팅 확인)



(T.S.M 시공 후 착색 전 시험)



(T.S.M 시공 후 착색 후 시험)



(T.S.M 시공 후 착색 후 시험)



(T.S.M 주입 후 최종 그라우팅 확인)

11. 시공 실적

번호	현 장 명	시 공 사	공사규모	비고
1	강릉 교동 공동주택 신축공사	지에스종합건설(주)	굴착면적 : 15,063.13㎡ 굴착깊이 : 25.55m	-
2	구로구 오류동 천왕역세권 공공임대주택 재개발사업	헤림건설(주)	굴착면적 : 8,507.05㎡ 굴착깊이 : 20.56m	-
3	가락동 112-4 의료시설 신축공사	녹연재건축	굴착면적 : 1104.62㎡ 굴착깊이 : 30.66m	-
4	동대문구 장안동 465-5번지 청년주택 신축공사	두진건설	굴착면적 : 1,087.30㎡ 굴착깊이 : 14.26m	-
5	강남구 청담동 44-14 근린생활시설 신축공사	유호산업개발(주)	굴착면적 : 827.2㎡ 굴착깊이 : 19.44m	-
6	광진구 자양동 90-5 근린생활시설 신축공사	우현건설(주)	굴착면적 : 85.05㎡ 굴착깊이 : 9.40m	-
7	영등포구 도림동 오피스텔 및 다세대주택 신축공사	백안기초(주)	굴착면적 : 288.27㎡ 굴착깊이 : 9.20m	-
8	송파구 석촌동 251-18 근린생활시설 신축공사	(주)로알종합건설	굴착면적 : 264.60㎡ 굴착깊이 : 5.55m	-
9	마포구 상암동 6-1 업무시설 신축공사	(주)제효	굴착면적 : 857.86㎡ 굴착깊이 : 14.80m	-
10	양재동 1-14,15 근린생활시설 신축공사	미래건설산업(주)	굴착면적 : 393.13㎡ 굴착깊이 : 11.21m	-
11	서초구 잠원동 근린생활시설 신축공사	심일건설 주식회사	굴착면적 : 455.28㎡ 굴착깊이 : 17.94m	-
12	도봉구 창동 585-60 신축공사	(주)한원건설그룹	굴착면적 : 392.48㎡ 굴착깊이 : 8.26m	-
13	성동구 송정동 근생시설 신축공사	다산건설엔지니어링(주)	굴착면적 : 193.23㎡ 굴착깊이 : 9.27m	-
14	경기도 고양시 도내동 955번지 오피스텔 신축공사	테마종합건설	굴착면적 : 2,481㎡ 굴착깊이 : 13.5m	-
15	마포구 연남동 570-47번지 근린생활시설 신축공사	거현산업(주)	굴착면적 : 509.30㎡ 굴착깊이 : 7.15m	-
16	강남구 논현동 100-7 신축공사	(주)콘크리트공작소	굴착면적 : 154.77㎡ 굴착깊이 : 21.64m	-
17	강남구 논현동 249-8 근린생활시설 신축공사	(주)디자인오	굴착면적 : 293.97㎡ 굴착깊이 : 11.94m	-
18	강남구 삼성동 158-21 근린생활시설 신축공사	씨스페이스건설	굴착면적 : 214.12㎡ 굴착깊이 : 19.94m	-
19	동작구 상도동 0000빌딩 신축공사	청자동합건설(주)	굴착면적 : 438.9㎡ 굴착깊이 : 7.75m	-
20	양천구 목동 서로 387 업무복합 신축공사	상록건설(주)	굴착면적 : 568.59㎡ 굴착깊이 : 19.85m	-
21	관악구 신림동 근생 및 다중주택 신축공사(신림동482-28)	(주)청산건설	굴착면적 : 139.65㎡ 굴착깊이 : 3.15m	-



서울시 송파구 법원로 128, C 1115호
(문정동, 문정 SK V-1)
Tel: (02)6285-7842 Fax: (02)6285-7843

