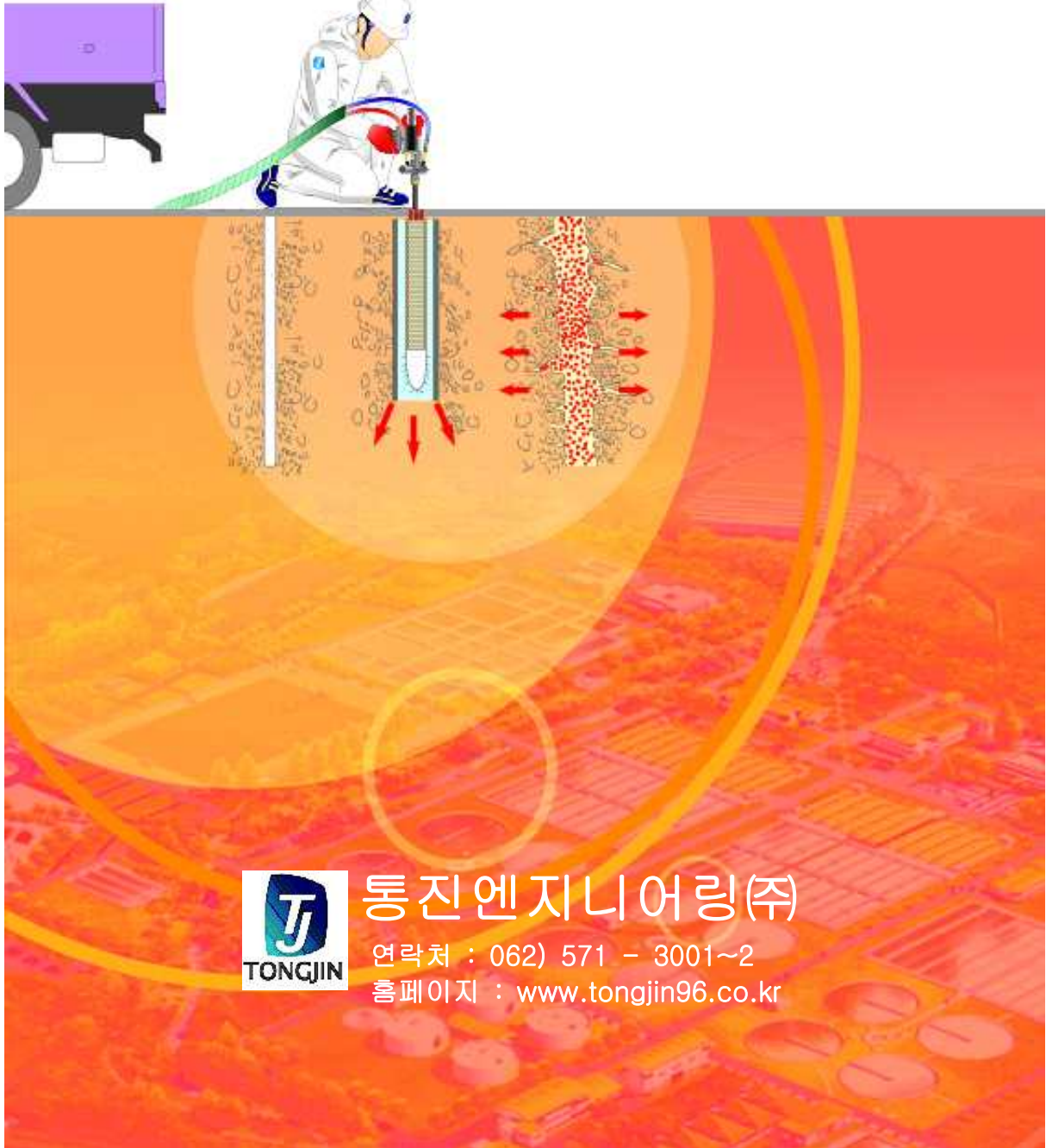


파워 필[®]
친환경충진, 그라우트제

옵티그린[®]
친환경충진재료

연약지반 기초보강 공사 시공사례 자료



통진엔지니어링(주)

연락처 : 062) 571 - 3001~2

홈페이지 : www.tongjin96.co.kr

목 차

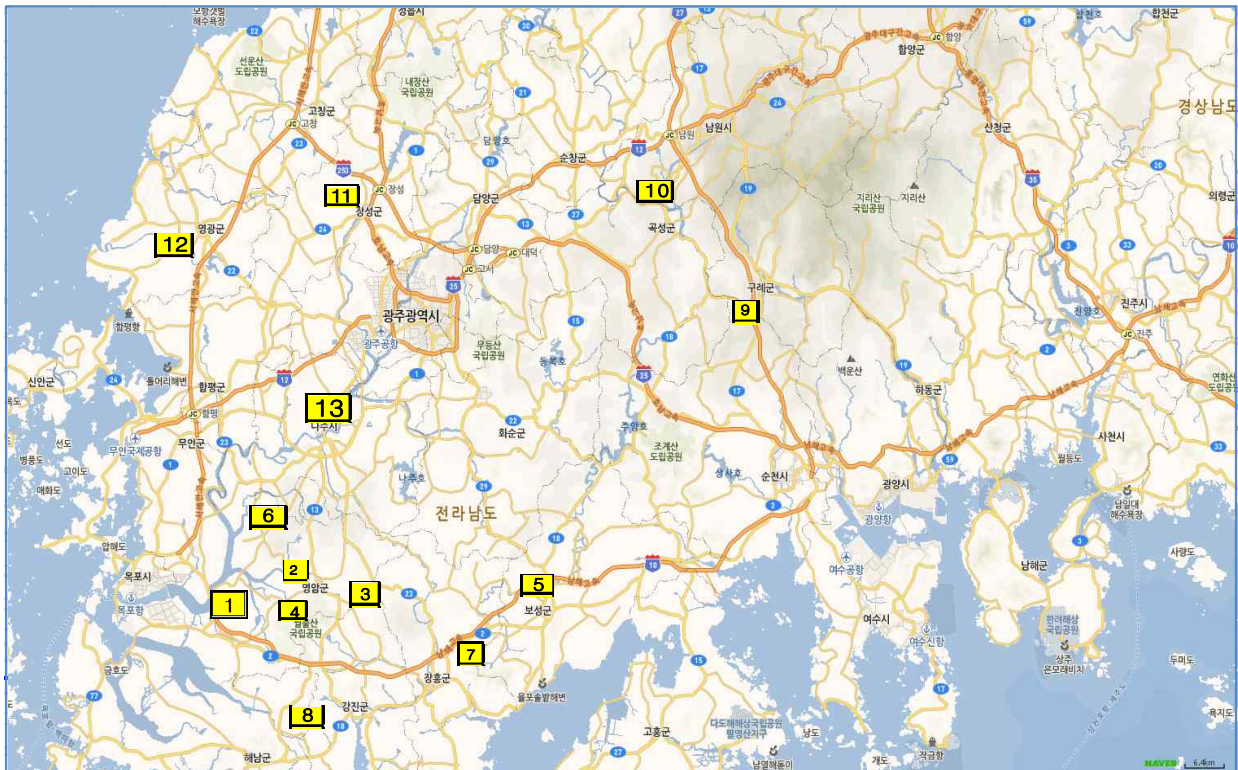
I . 연약지반 기초보강 시공 현황	-p1
1. 목포지역 2. 영암지역 3. 순천 · 완도지역	
4. 군산지역(서해안연근) 5. 광주지역 6. 경남지역	
II . 연약지반 안정성 검토	-p4
1. 연약 토질의 성질	
2. 연약지반의 안정성 검토	
3. 현장 지질 조사	
4. 지중 깊이별 응력 검토(사질토)-예시	
5. 파워필 물질 주입 후 안정성 검토	
6. 파워필 물질 주입 전 · 후 전단강도	
7. 연약지반의 안정성 검토 결과	
8. 파워필 주입 후 물질의 형상	
III . 연약지반 기초보강 설계도	-p15
IV . 연약지반 기초보강 시공사례	-p17
V . 연약지반 보강 전 · 후 지지력 시험	-p54
VI . 지반보강 및 복원공사 시공사례	-p63
1. 다가구 주택 연약지반 보강공사	
2. 주택 침하 구조물 지반보강 및 복원공사	
3. 고속도로 침하 구조물 복원공사	
VII . 파워필 공법	-p77
VIII . 파워필 물질 재료시험	-p85
1. 역학적 재료시험	
(압축강도, 전단강도, 부착강도, 투수계수)	
2. 화학적 안정성 시험(내약품성, 토양, 수질검사)	
3. 연약지반 보강 공법 비교표	

I. 연약지반 기초보강 시공 현황

1. 목포지역



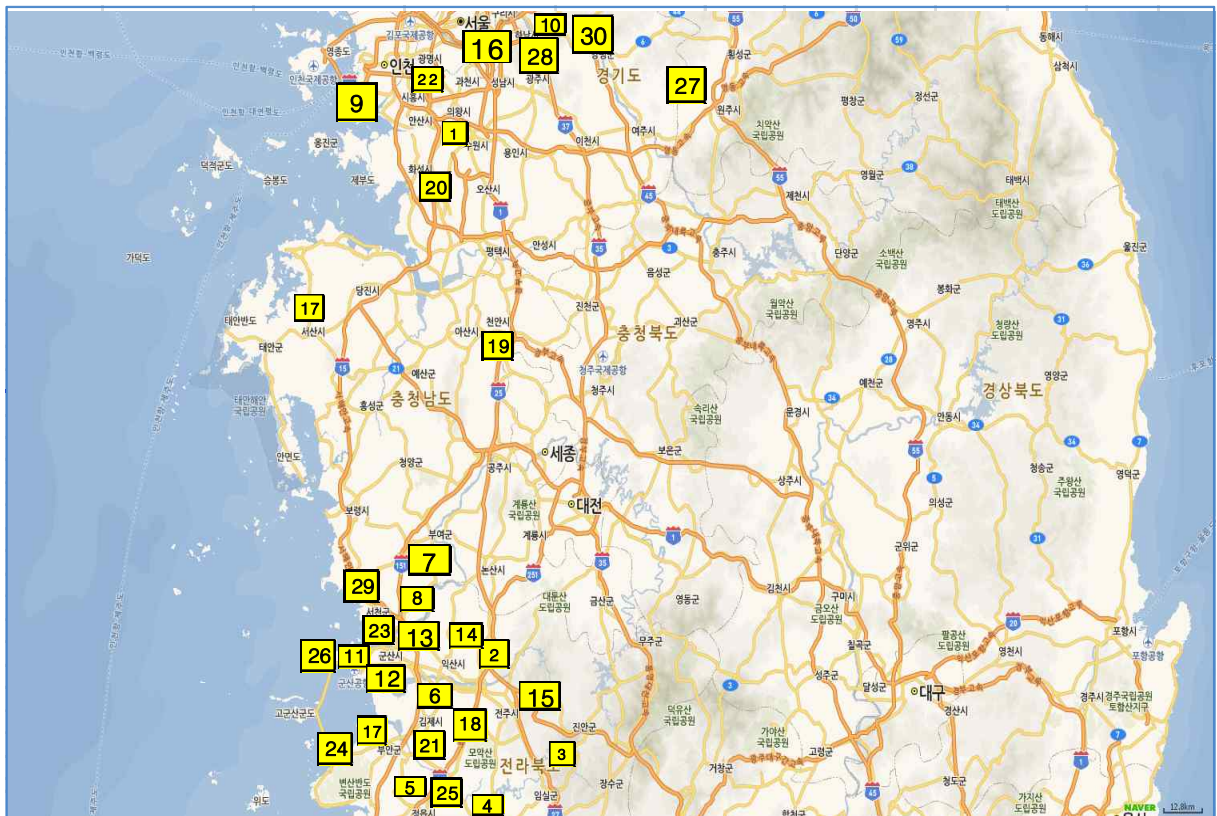
2. 영암지역



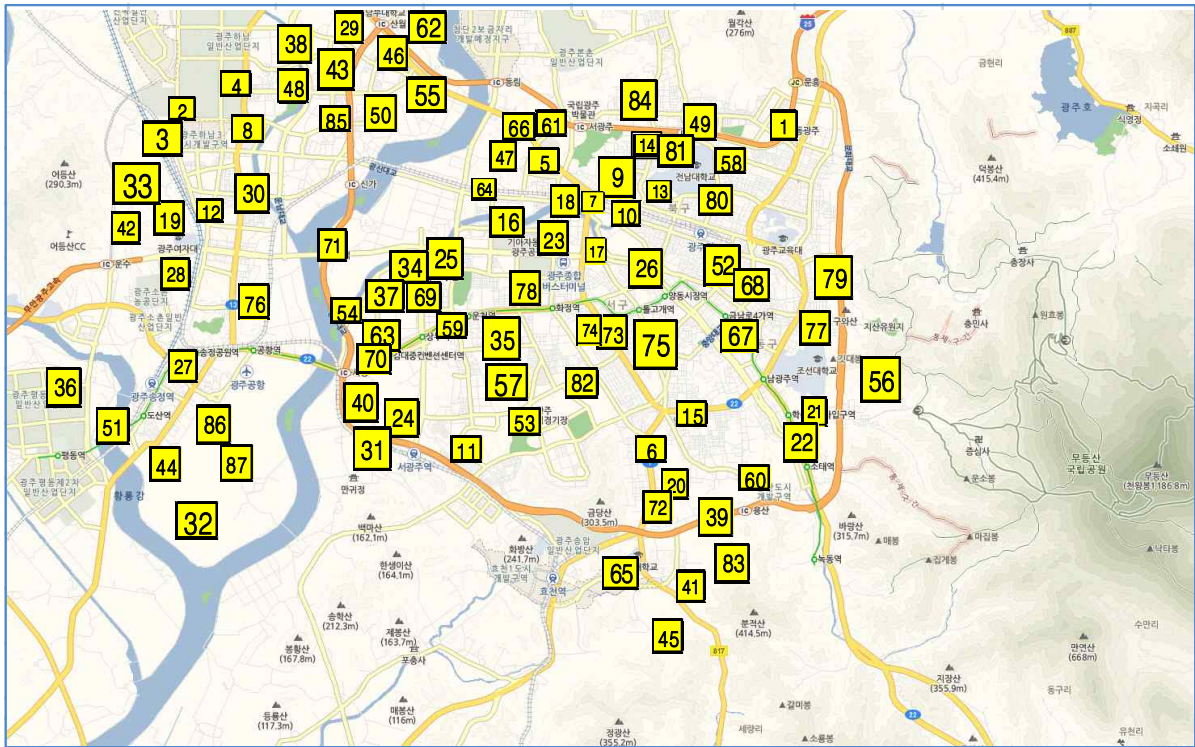
3. 순천 · 완도지역



4. 군산지역(서해안 연근)



5. 광주지역



6. 경남지역



Ⅱ. 연약지반 안정성 검토

1. 연약토질의 성질

1-1. 토질재료의 특성

- 가. 흙의 성질은 본질적으로 비균성 비등성이다.
 - 흙은 본질적으로 위치마다 그 성질을 달리한다.
- 나. 흙의 거동은 지반의 응력에 의존하며 시간과 환경에도 변한다.
 - 흙 재료는 작용력에 변형되고 함수비(친수환경)에 거동한다.
- 다. 흙의 응력 - 변형 거동은 탄성을 보이지 않는다.
 - 변형 거동은 비탄성적 소성변형이다.
- 라. 흙은 비균질성 비연속성 소성체 재료이다.
 - 흙은 함수비의 변화에 따라 그 성질이 급변한다. 안정된 자연상태에서는 일반적으로 소성체의 성질이다.
- 마. 지반토질의 구성과 흙의 공학적 성질은 토질조사를 통해 규명된다.
 - 토질은 흙의 물리성 시험과 역학적 시험을 통한 종합적 분석 결과를 토대로 토질의 공학적 성질을 판명 할 수 있다.

1-2. 흙의 공학적 문제

- 가. 구조물 기초용 기초지반 안정성 문제
 - 기초의 형식, 지지력, 파괴, 침하문제
- 나. 사면안정성 문제
 - 성토 비탈면 및 굴착면의 활동
- 다. 토압문제
 - 지하구조물 및 토류 구조물, 옹벽의 측방변형
- 라. 연약지반 처리문제
 - 지반의 지지력, 침하, 측방유동에 대한 안정처리
- 마. 기타 흙의 공학적인 문제
 - 진동, 액상화, heaving, 동결융해, 침하, 파괴

1-3. 연약지반의 토질 공학적 문제

- 가. 지반의 안정성 문제(지반강도부족, 활동파괴)
 - 기초지반의 지지력 부족에 의한 기초파괴
 - 기초파괴는 사면안정, 굴착안정, 성토안정, 구조물안정 등 흙의 전단응력과 전단강도 부족에 의해 생기는 문제점

- 나. 지반의 침하문제(흙의 압축성, 부등침하)
 - 압축성이 큰 지반 토질 때문에 구조물에 발생하는 부등침하, 압밀침하
- 다. 측방거동 문제(지반토질의 과포화, 측방변형)
 - 성토 또는 구조물의 자중에 의한 기초지반의 함몰과 활동, 융기현상으로 인한 측방유동
- 라. 액상화 문제(흙의 공극수압 문제, 동하중에 의한 지지력격감)
 - 교통, 지진, 충격, 진동과 같은 동적하중에 의한 반복하중 작용시 지반 교란으로 인한 액상화문제 발생
- 마. 투수성 문제(침투수압, 세굴침식)
 - 토질의 불균질성 차수, 분사현상(Quick sand) 관공작용(piping phenomina) 등 투수성 문제
- 바. 성토 연약지반의 부 마찰력문제(과도한 침하)
 - 부 마찰력은 주위의 매립 성토 지반이 말뚝보다 더 많이 침하 할 때 생긴다.
 - 일반적으로 점토의 소성이 작을수록 부 마찰력은 작다.
 - 부 마찰력이 생기면 지지력의 문제보다 말뚝이 파괴되어 침하 문제가 더 위험하다.

1-4. 연약 토질의 성질

- 가. 전단강도가 작아 지지력이 작다.
- 나. 공극비가 커서 압축성이 크다.
- 다. 포화지반으로 함수비가 높다.
- 라. 반복하중 작용시 교란되기 쉽다.
- 마. 지반교란시 액상화되어 지지력이 격감된다.
- 바. 투수성이 불량하여 자연배수가 불가능하다.
- 사. 과재하중 작용시 침하 파괴가 심하다.
- 아. 진동, 충격(반복하중) 하중의 흡수력이 부족하다.
- 자. 지반교란시 원상 회복기간이 오래 걸린다.
- 차. 침하량이 크고 장기 침하가 생긴다.
- 카. 토질의 역학적, 공학적 성질이 불량하다.
- 타. 세굴작용 및 관공작용의 저항력이 약하다.
- 파. 지하수 처리가 어렵다.
- 하. 친수성 토립자로 최적 함수비가 높아 다짐이 어렵다.

1-5. 연약지반의 정의

- 가. 일반적으로 연약지반이란 N치가 0~4의 지층지반($N < 4$)
- 나. 연약토질은 미세립의 액상 토립자로 이루어진 포화지반
- 다. 연약토질은 함수비가 크고 토립자의 구성 상태가 느슨하여 강도가 약하다.
- 라. 압축되기 쉬운 흙 지반이다.
- 마. 건축물의 기초지반으로써 충분한 지지력을 갖고 있지 않은 지반이다.
- 바. 도로, 제방, 방조제, 댐, 교량, 건축물 등의 구조물 축조시 원지반에 인공적 상재하중 작용시 자연상태의 지반이 안전하게 충분히 지지 할 수 없는 지반이다.
- 사. 지반의 지지력 부족으로 지반 전단파괴 및 활동파괴와 침하 변형이 일어나는 지반이다.
- 아. 연약지층은 저습지대에 자연적으로 형성되는 자연지반의 고함수 비(액상)상태의 점토층(CL, CH), 실트층(ML, MH), 유기질토층(OL, OH) 또는 느슨한 사질토층(SM, SC), 이탄토, 연한 유기질토, 점토 또는 점성토 등을 연약지반이라 한다.
- 자. 지반강도($N < 4$, $q_c < 5\text{kg/cm}^2$)가 매우 작아서 시공시 연약지반 처리 대책이 요구되는 지반이다.
- 차. 인공지반으로 느슨한 쓰레기 매립층, 매립 성토층, 해안준설 매립성토층 등을 연약지반이라 한다.
- 카. 연약지반은 지반의 강도에 따라 결정되는 것이 아니고 그 지반 위에 설치될 구조물과의 상대적인 하중과 강도관계에 의해 결정된다.
 - 설계하중 $q_d > q_a$ 지반지지력 - 연약지반
 - 설계하중 $q_d < q_a$ 지반지지력 - 일반지반

1-6. 연약지반의 판정기준

- 가. 연약층 심도가 2m 이상인 지반 : $d > 2\text{m}$
- 나. 지반의 잔류 침하량이 5cm 이상인 지반 : $S_r > 5\text{cm}$
- 다. 표준관입시험치가 점성토는 $N < 4$, 사질토 $N < 10$ 인 지반
- 라. 일축압축강도 시험 값이 $q_c < 0.5\text{kg/cm}^2$ 이하인 지반
- 바. 콘 지지력이 $q_c < 5\text{kg/cm}^2$ 이하인 지반
- 사. 자연함수비 50%이상인 지반 : 점성토는 $W_n > 25\%$
사질토는 $W_n > 50\%$
- 아. 지반의 극한 지지력이 5t/m^2 이하인 지반 : $q_c < 5\text{t/m}^2$
- 자. 지반지지력(q_a)이 설계하중(q_d) 보다 작은 지반($q_d > q_a$ t/m^2)

2. 연약지반 안정성 검토

2-1. 안정성 검토

흙은 자중이나 외력이 작용하면 흙의 내부에 전단응력(Shearing Stress)이 발생하여 이 응력의 증가에 따라 변형이 증가되며, 이것이 진전되면 어느 면을 따라 활동을 하게 되는데, 이러한 파괴를 전단파괴라 한다.

따라서 흙의 파괴는 전단응력이 전단강도를 초과하려는 순간 일어나게 되는 것이다. 이때 지지력이 감소되면서 지반의 붕괴, 침하가 발생하게 된다.

2-2. 흙속에 전단응력(Shearing Stress)을 증대시키는 요인

(외적요인)

- 가. 외력의 작용(건물 · 물 · 눈 등)
- 나. 굴착에 의한 흙의 일부 제거
- 다. 함수비의 증가에 따르는 흙의 단위체적 중량의 증가
- 라. 자연 또는 인공에 의한 지하 공동의 현상
- 마. 지진 · 폭파 등에 의한 진동
- 바. 인장응력에 의한 균열이 발생

2-3. 흙의 전단강도(Shearing Strength)를 감소시키는 원인

(내적요인)

- 가. 흡수에 의한 점토의 팽창
- 나. 공극수압의 작용
- 다. 흙의 다짐이 불충분한 경우
- 라. 수축 · 팽창 또는 인장으로 인하여 발생하는 미세 균열
- 마. 불안정한 흙속에 발생하는 변형과 완만하게 일어나는 붕괴
- 바. 결합재 성질의 연약함
- 사. 느슨한 토립자의 이동
- 아. 동해 용결 현상

3. 현장 지질조사

3-1. 시추 주상도

DRILL LOG (시추주상도)																
Project : 신흥동 주민센터 증축공사							Hole No : BH-1									
Location : 광주광역시 광산구 신흥동 산 100							Client : 프라임건축사사무소									
Angle : Vertical							Elevation : 3.5m									
Boring Method : Rotary Boring							Total Depth : 22.0m									
Date : 2016. 05. 14~2015. 05. 15							Ground water level : -6.2m									
USED MACHINE : Y.T - 300 (KSF 2318)							Inspector : Im B.D.									
標高	深度	層厚	標尺	SITE SURVEY			샘플	深 度	N值/ 관입량	N值		S.P.T(標準貫入試驗)				
				SYM.	NAME	COLOR				DESCRIPTION	15cm	15cm	10	20	30	40
			1		퇴적토	회갈색	(0.0-3.0m) 육성 퇴적토 세립질 실트 분리 느슨 상태(Loose)	⊗ 1.0	3/30	1	2					
	0.5	3.0	3.0	2				⊗ 2.5	4/30	2	2					
			3					⊗ 4.0	6/30	2	4					
			4					⊗ 5.5	10/30	4	6					
			5					⊗ 7.0	20/30	9	11					
			6					⊗ 8.5	29/30	12	17					
			7					⊗ 10.0	37/30	17	20					
			8					⊗ 11.5	47/30	20	27					
			9					⊗ 13.0	50/14	50/14						
			10					⊗ 14.5	50/13	50/13						
	-12.5	16.0	13.0	11				⊗ 16.0	50/8	50/8						
			12					⊗ 17.5	50/6	50/6						
			13													
			14													
			15													
			16													
			17													
			18													
			19													
			20													
	-17.5	21.0	5.0													
			21													
	-18.5	22.0	1.0													
			22													
			23													
			24													
			25													
			26													
			27													
			28													
			29													
			30													
			31													

DRILL LOG (시추주상도)

Project : 신흥동 주민센터 증축공사					Hole No : BH-2															
Location : 광주광역시 광산구 신흥동 산 100					Client : 프라임건축사사무소															
Angle : Vertical					Elevation : 3.5m															
Boring Method : Rotary Boring					Total Depth : 22.0m															
Date : 2016. 05. 14~2015. 05. 15					Ground water level : -6.1m															
USED MACHINE : Y.T - 300 (KSF 2318)					Inspector : Im B.D.															
標高 深度 層厚	標尺	SITE SURVEY			시험 깊이	N值/ 관입량	N值		S.P.T(標準貫入試驗)											
		SYM.	NAME	COLOR			DESCRIPTION	15cm	15cm	10	20	30	40	50						
1.5	2.0	2.0																		
		1	퇴적토	회갈색	(0.0~2.0m) 육성 퇴적토 세립질 실트 분리 느슨 상태(Loose)	1.0	3/30	1	2											
		2				2.5	4/30	2	4											
		3																		
		4				4.0	10/30	4	6											
		5																		
		6				5.5	14/30	6	8											
		7				7.0	17/30	7	10											
		8			(2.0~16.0m)															
		9	풍화토	황갈색	풍화 잔류토 세립질 실트 모래 분리 약간 조밀상태(medium dense)	8.5	21/30	9	12											
		10				10.0	35/30	15	20											
		11				11.5	45/30	20	25											
		12				13.0	50/15	50/15												
		13				14.0	50/12	50/12												
		14				15.0	50/7	50/7												
		15				16.0	50/7	50/7												
		16				17.0	50/6	50/6												
		17	암갈색		(16.0~21.0m) 기반암의 풍화대 중립질 실트 모래 분리 매우 조밀상태(very dense)	17.5	50/6	50/6												
		18	풍화암																	
		19																		
		20																		
		21	암백색		(21.0~22.0m) 기반암 상부 균열 발달	21.0														
		22	연암			22.0														
		23				23.0														
		24				24.0														
		25				25.0														
		26				26.0														
		27				27.0														
		28				28.0														
		29				29.0														
		30				30.0														
		31				31.0														

3-2. 각공별 , 심도별 표준관입시험 요약표

N치 = 타격횟수/타격심도(cm)

N치(회/cm)

심도 (m)	BH-1	BH-2		지층
1.0	3/30	3/30		
2.5	4/30	4/30		퇴적토층
4.0	6/30	10/30		육성 퇴적토 세립질 실트 분리, 느슨상태 색상 : 회갈색 심도 : 0.0 ~ 3.0m
5.5	10/30	14/30		
7.0	20/30	17/30		풍화토층
8.5	29/30	21/30		풍화 잔류토 세립질 실트 모래 분리 약간 조밀상태 색상 : 황갈색 심도: 3.0~16.0m
10.0	37/30	35/30		
11.5	47/30	45/30		풍화암층
13.0	50/14	50/15		기반암의 풍화대 중립질 실트 모래 분리 매우 조밀상태 색상 : 암갈색 심도: 16.0~21.0m
14.5	50/13	50/12		
16.0	50/8	50/7		연암층
17.5	50/6	50/6		기반암 상부 균열발달 색상 : 암백색 심도: 21.0~22.0m

3-3. 허용지지력

*미끼 다께오에 의한 지반의 지지력 (단위 : t/m²)

N치	2/30	4/30	6/30	8/30	10/30	12/30	14/30
점성토	2.7	5.4	8.0	10.8	13.5	16.2	19.0
사질토	1.2	2.5	3.7	6.5	9.8	10.9	11.8
N치	16/30	18/30	20/30	22/30	24/30	26/30	28/30
점성토	21.6	24.3	27.0	29.0	32.5	35.2	38
사질토	13.0	13.9	14.8	16.0	17.0	18.0	19.0
N치	30/30	32/30	34/30	36/30	38/30	40/30	42/30
점성토	41.0						
사질토	20.0	21.5	23.0	25.0	27.0	30	32.0

3-4. 토질별 허용지지력 적용률 평균값

*미끼 다께오의 지반 지지력 적용 (단위 : %)

토질	N치 2~6일 경우	N치 8~12일 경우	N치 14~20일 경우	N치 22~24일 경우	N치 26~30일 경우
점성토	조사 N치×134%	조사 N치×135%	조사 N치×135%	조사 N치×133%	조사 N치×135%
사질토	조사 N치×61%	조사 N치×90%	조사 N치×80%	조사 N치×72%	조사 N치×67%

3-5. 현장 지반조사에 의한 허용지지력 계산식

*G.L -4m까지의 토질

지층	토질	시추번호	N치 (지중 깊이 -3m이내 일 때)	N치 적용률 환산식
매립층 퇴적층	사질토	BH-1	6/30	$6 \times 0.61 = 3.66$
		BH-2	10/30	$10 \times 0.9 = 9.0$
N치 값 대비 허용지지력 값		3.66t/m ² (지하수위 -6.2m이내)		

4. 지중 깊이별 응력검토

4-1. 단형 등분포 지중 응력값(사질토)

$$\delta = \frac{q(B \cdot L)}{(B + 2Z \cdot \tan \phi)(L + 2Z \cdot \tan \phi)}$$

B: 9.6m × 8.3m, φ: 15° (사질토), Z(심도): -1m ~ -3m, c: 0t/m², q(설계하중): 15t/m²

심도(Z)	설계하중 t/m²	B	L	tan 15	지중응력	소요지지력
0	15	9.6	8.3	0.267	15	45
0.5	15	9.9	8.6	0.267	14.1634	42.4901
1	15	10.1	8.8	0.267	13.4369	40.3108
1.5	15	10.4	9.1	0.267	12.8008	38.4024
2	15	10.7	9.4	0.267	12.2396	36.7188
2.5	15	10.9	9.6	0.267	11.7411	35.2234
3	15	11.2	9.9	0.267	11.2958	33.8873
3.5	15	11.5	10.2	0.267	10.8956	32.6867
4	15	11.7	10.4	0.267	10.5342	31.6026
4.5	15	12.0	10.7	0.267	10.2064	30.6192
5	15	12.3	11.0	0.267	9.90781	29.7234
5.5	15	12.5	11.2	0.267	9.63475	28.9042
6	15	12.8	11.5	0.267	9.38415	28.1525
6.5	15	13.1	11.8	0.267	9.15342	27.4603
7	15	13.3	12.0	0.267	8.94032	26.821
7.5	15	13.6	12.3	0.267	8.74295	26.2289
8	15	13.9	12.6	0.267	8.55966	25.679
8.5	15	14.1	12.8	0.267	8.38902	25.167
9	15	14.4	13.1	0.267	8.22978	24.6893
9.5	15	14.7	13.4	0.267	8.08086	24.2426
10	15	14.9	13.6	0.267	7.94131	23.8239
10.5	15	15.2	13.9	0.267	7.81028	23.4308
11	15	15.5	14.2	0.267	7.68702	23.0611
11.5	15	15.7	14.4	0.267	7.57088	22.7126
12	15	16.0	14.7	0.267	7.46126	22.3838
12.5	15	16.3	15.0	0.267	7.35764	22.0729
13	15	16.5	15.2	0.267	7.25954	21.7786
13.5	15	16.8	15.5	0.267	7.16655	21.4996

5. 파워필 물질 주입 후 안정성 검토

- 파워필 주입물질 재료 시험 값

$r:1.55t/m^3$, $z(H):1\sim3m$ (보강깊이), $\varnothing:45$, $c:4t/m^2$, q (설계하중): $15t/m^2$

- 연약지반의 토질인 점성토, 사질토 지반에 파워필 물질을 주입하면 주입된 물질은 순간 20~30배로 부피 팽창하여 흠속의 공극을 채우면서 연약지반 주변의 물을 밀어낸다.

이런 화학적 반응은 느슨한 지반이 압밀해지고 흠의 단위중량이 10~20% 경량화 되면서 흠의 전단강도 증대의 요인인 점착력(C)과 마찰각(\varnothing)을 향상시켜 지반이 반 영구적으로 고형화 된다.

- 점성토는 투수 계수가 작아 배수가 잘 되지 않으므로 비 배수 때의 강도 정수 결정이 대단히 중요하다. 수직(연직)하중이나 전단력이 작용할 때 과잉 공극 수압이 존재한다.

- 흠의 전단강도는 흠의 자중 또는 외력의 작용에 의해서 흠속의 전단응력(shearing stress)이 생기면서 변형이 생긴다.

- 사질토는 점착력(C)이 없고, 점성토에서는 마찰각(\varnothing)이 미미하여 거의 점착력에 의해 전단강도가 존재한다.

- 절토, 성토, 굴착 흠의 붕괴, 산사태, 기초지반 침하 등은 전단강도에 의해 계산된다.

5-1. 파워필 물질 주입 후 지중 응력값

$$\delta = \frac{q(B \cdot L)}{(B + 2Z \cdot \tan \emptyset)(L + 2Z \cdot \tan \emptyset)}$$

B : 9.6m × 8.3m, ∅ : 45° , Z : -1m ~ -3m, q(설계하중) : 15t/m²

심도(Z)	설계하중t/m²	B	L	tan 45	지중응력	소요지지력
0	15	9.6	8.3	1	15	45
0.5	15	10.6	9.3	1	12.3761	37.1284
1	15	11.6	10.3	1	10.7138	32.1413
1.5	15	12.6	11.3	1	9.5737	28.7211
2	15	13.6	12.3	1	8.74651	26.2395
2.5	15	14.6	13.3	1	8.12061	24.3618
3	15	15.6	14.3	1	7.63136	22.8941
3.5	15	16.6	15.3	1	7.23892	21.7168
4	15	17.6	16.3	1	6.91744	20.7523
4.5	15	18.6	17.3	1	6.64945	19.9483
5	15	19.6	18.3	1	6.42274	19.2682
5.5	15	20.6	19.3	1	6.22854	18.6856
6	15	21.6	20.3	1	6.06037	18.1811
6.5	15	22.6	21.3	1	5.91337	17.7401
7	15	23.6	22.3	1	5.78381	17.3514
7.5	15	24.6	23.3	1	5.66876	17.0063
8	15	25.6	24.3	1	5.56595	16.6978
8.5	15	26.6	25.3	1	5.47352	16.4206
9	15	27.6	26.3	1	5.38998	16.17
9.5	15	28.6	27.3	1	5.31413	15.9424
10	15	29.6	28.3	1	5.24494	15.7348
10.5	15	30.6	29.3	1	5.18158	15.5448
11	15	31.6	30.3	1	5.12336	15.3701
11.5	15	32.6	31.3	1	5.06966	15.209
12	15	33.6	32.3	1	5.01998	15.0599
12.5	15	34.6	33.3	1	4.9739	14.9217
13	15	35.6	34.3	1	4.93103	14.7931
13.5	15	36.6	35.3	1	4.89105	14.6731

6. 파워필 물질 주입 전 · 후 흙의 전단강도

1) 흙의 전단강도 (쿨링의 방정식)

$$\tau = c + \delta \tan\phi$$

$$\therefore \tau = \text{전단강도}(t/m^2)$$

$$c = \text{점착력}(t/m^2)$$

$$\delta = \text{흙의 수직응력}(t/m^2)$$

$$\tan\phi = \text{마찰계수(각)}$$

2) 지반보강 전 · 후 흙의 전단강도 (보강깊이-1~3m일 때)

가. 지반조사에 의한 허용지지력 값 : $3.66t/m^2$

나. 사질토의 경우 전단강도 값

$$(\delta : 11.295t/m^2, \quad c = 0, \quad \tan\phi : 15^\circ)$$

$$\therefore \tau = 0 + 11.295 \times 0.267 = 3.015t/m^2$$

다. 기초하면 -1~4m까지의 지반보강 전 지지력

- 지반조사에 의한 허용지지력 : $3.66t/m^2$

- 지중 깊이별 지중응력 : $11.295t/m^2$

- 상재하중 $15t/m^2$ 일 때 지지력

$$3.66t/m^2 - 15.00t/m^2 = -11.34t/m^2 \text{ 부족}$$

라. 파워필 물질 주입 보강 후 ($\delta : 11.295t/m^2, \quad c = 4, \quad \tan\phi : 45^\circ$)

$$\tau = 4 + 11.295 \times 1 = 15.295t/m^2$$

7. 연약지반의 안정성 검토결과

1) 지중 깊이별 응력 값(지반보강 깊이 3m인 경우)

지반층	지중내 응력분포(t/m ²)	전단강도 (t/m ²)	이론
현장조사	지반조사 N치 값	3.66	-표준관입시험(S.P.T) K S F 2307 규정
사질토	11.295(33.887)	3.015	-흙의 전단강도 쿨롱의 방정식 (Coulomb' equation)
기초하면부터 -4m까지		-11.34(부족)	-등분포 하중에 의한 지중내응 력분포 Kogler의 이론
지반보강 후	7.631(22.894)	15.295	

2) 흙의 전단강도 값

- 사질토인 경우 지반 안정성 검토 결과 지중 깊이별 응력 값은 연직하중 15t/m² 작용할 때 지중 깊이 3m에서의 지중응력은 11.295t/m²가 발생된 것으로 검토 되었다.

지중응력 11.295t/m²에 대한 전단응력은 **3.015t/m²**으로 즉 전단강도(저항응력)가 부족하여 흙 내부의 임의면을 따라 파괴 활동이 생겨 지반침하, 붕괴가 발생한다.

이러한 흙의 지중응력에 대한 지반보강 후 전단강도는 **15.295t/m²**이다.

연약지반의 안정성 검토결과 지반보강 전 전단강도 보다 사질토층은 약 5배정도 흙의 전단강도가 증대 되었다.

연약지반 보강 후 안정성에 대한 문제는 발생하지 않을 것으로 판단된다.

8. 파워필 주입 후의 물질의 형상

1) 보통 토사



2) 점성토

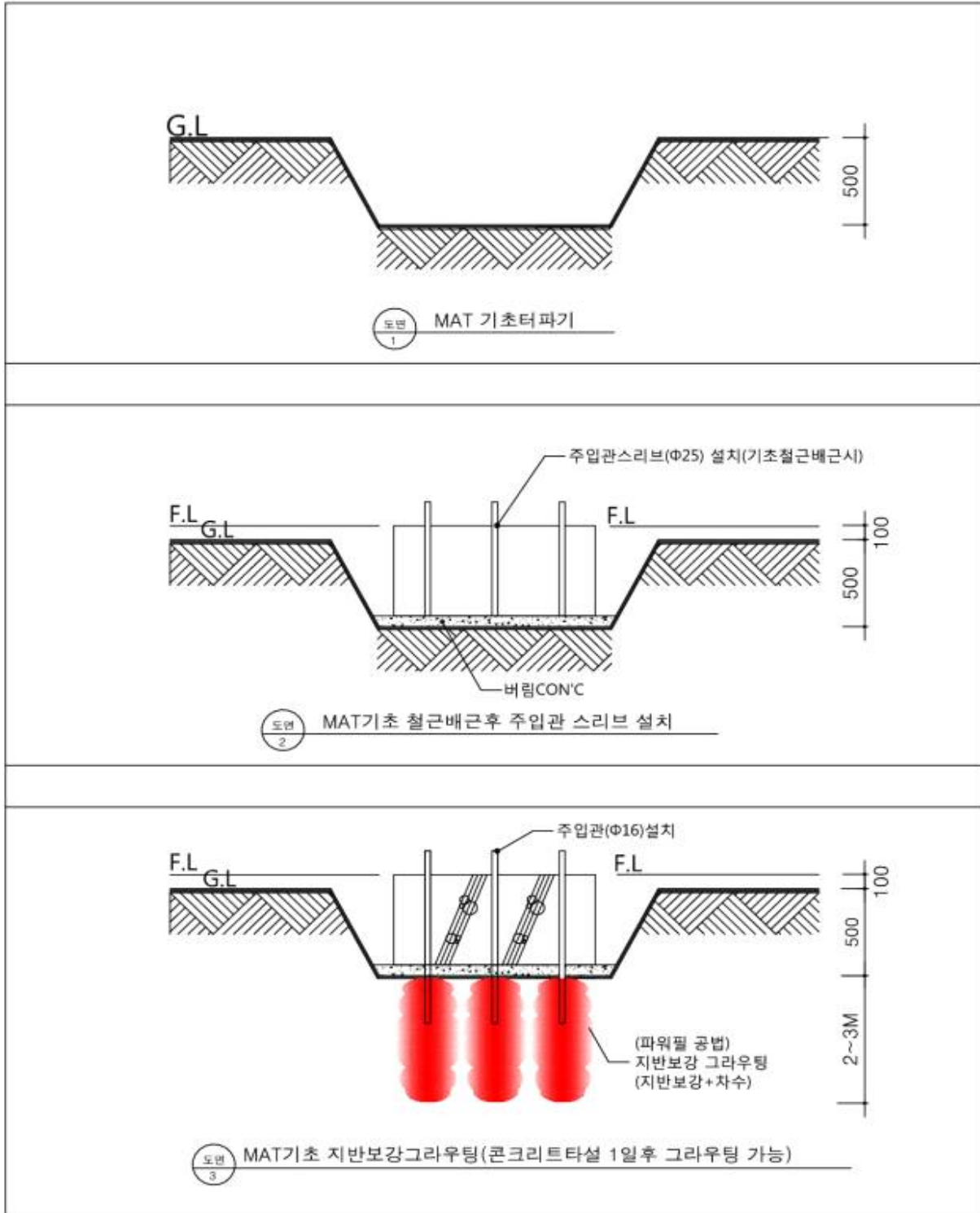


3) 사질토

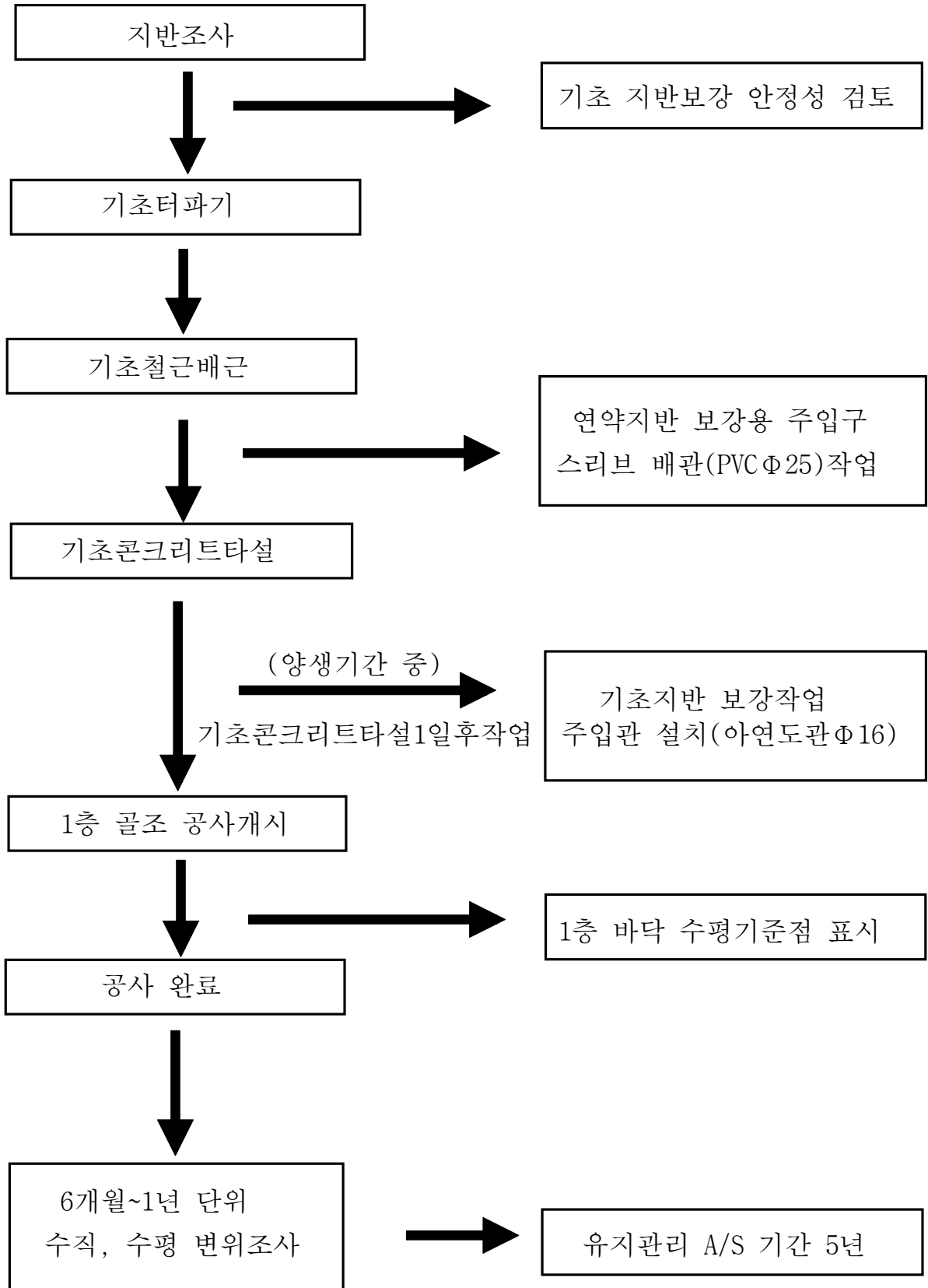


Ⅲ. 연약지반 기초보강 설계도

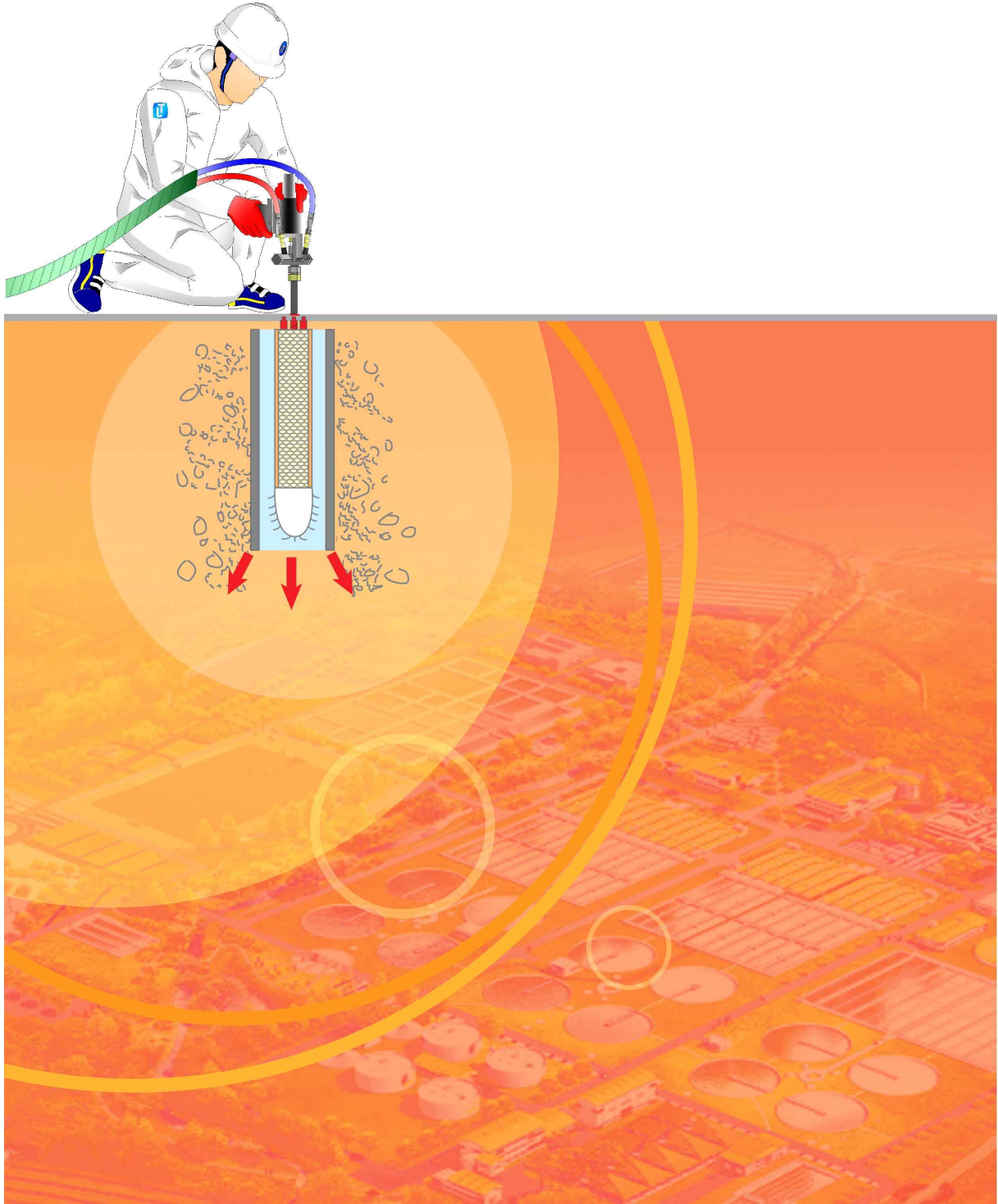
1. 기초지반 보강공사 상세도



2. 지반보강 공사 흐름도



IV. 연약지반 기초보강 시공사례



1. 연약지반 기초보강 시공사례

번호	공사명	계약일
1	백운동 다가구 주택 지반보강공사	2010.01.05
2	목포시 상동 797-4 근생주택 지반보강공사	2011.03.28
3	목포시 상동 1666-2 근생주택 지반보강공사	2011.09.16
4	목포시 상동 1131-10 상가 지반보강공사	2011.12.19
5	해남군 청용리 607번지 공장 지반보강공사	2011.11.05
6	영암군 용당리1926 다가구주택 지반보강공사	2012.01.12
7	우산동 도시형 생활주택 지반보강공사	2013.03.18
8	광주시 송정동 주택 지반보강공사	2013.08.16
9	영암군 도시형 생활주택 지반보강공사	2013.08.12
10	남구 주월동 979-3 주택 지반보강공사	2013.11.10
11	순천 상사 마륵리 46-11 주택 지반보강공사	2013.12.20
12	곡성 삼강원 신축공사 중 지반보강공사	2013.11.02
13	완도 00 고등학교 지반보강공사	2013.12.20
14	보성 00 중학교 지반보강공사	2013.12.10
15	목포시 옥암동 955-1 지반보강공사	2014.02.01
16	창원 강남 Theater빌딩 지반보강공사	2014.03.27
17	경북 영덕 00배수펌프장 지반보강공사	2014.04.24
18	용인금속(주) 신축공사 중 지반보강공사	2014.04.28
19	목포시 상동 굿샷 골프 프라자 지반보강공사	2014.04.23
20	희망어린이집 화운로 99번길 지반보강공사	2014.05.27
21	치평동 근생 신축공사 중 지반보강공사	2014.07.02
22	하남동 821번지 00신축 지반보강공사	2014.07.21
23	서울 홍제동 노인복지회관 지반보강공사	2014.08.04
24	신창동 00 의원 지반보강공사	2014.08.15
25	사천 청해물산 지반보강공사	2014.08.13
26	완도 00모텔신축 지반보강공사	2014.08.26
27	영산강 물 환경 연구소 지반보강공사	2014.09.11
28	신가 II모텔 지반보강공사	2014.10.07
29	군산 00초교 식생활관 지반보강공사	2014.11.19
30	경북대학교 부설 사대부중 지반보강공사	2014.12.01

31	무안 몽탄 옥반길 주택 지반보강.복원공사	2015.01.05
32	순천 연향동 1336-4 근생 지반보강공사	2015.02.06
33	군산영재교육원 리모델링공사중 지반보강공사	2015.02.10
34	순천 00 초등학교 E.V실 지반보강.복원공사	2015.04.25
35	목포 상동 1132-14 지반보강공사	2015.04.03
36	고흥 도양읍 3712 다가구 주택 지반보강공사	2015.04.05
37	부산 MS용동 디스트리파크 물류센터 지반보강공사	2015.04.04
38	테크로스 부산공장 지반보강공사	2015.05.12
39	북구 신안동 00빌딩 지반보강공사	2015.05.19
40	목포 상동 00 근생 지반보강공사	2015.05.27
41	광산구 우산동 00근생 지반보강공사	2015.06.23
42	해군사관학교 세병관 광장 지반보강 및 복원공사	2015.06.16
43	중해센트럴파크공사 중 흙막이 차수 및 지반보강공사	2015.06.15
44	영천 항공전자시험평가센터 신축공사중 지반보강공사	2015.07.01
45	창원 PK벨브 공장 지반보강공사	2015.07.15
46	마산 삼계 위드필 타운 보강토 옹벽 보강공사	2015.07.15
47	봉선동 00근린생활시설 지반보강공사	2015.07.27
48	부산시 강서구 명지동 00 근생 지반보강공사	2015.08.12
49	한국생산기술연구원 클린디젤기반시설 지반보강공사	2015.08.15
50	목포 우리왕성교회 지반보강공사	2015.08.17
51	순천 조례동 근생 지반보강공사	2015.08.10
52	동구 지산동 00 근생 지반보강공사	2015.08.17
53	농성동 다가구 주택 지반보강공사	2015.08.19
54	순천 조곡동 00 근생 지반보강공사	2015.08.28
55	군산 미장초 병설유치원 지반보강공사	2015.09.09
56	서울 아산병원 지반보강공사	2015.09.12
57	용봉동 00 근생 지반보강공사	2015.09.07
58	목포시 보광동 00모텔 지반보강공사	2015.10.09
59	무안 남악 주내희망교회 지반보강공사	2015.10.08
60	순천 연향동 00모텔 지반보강공사	2015.10.02
61	전주 효자동 준빌딩 지반보강공사	2015.10.13
62	남악 골드 주차장 신축공사중 지반보강공사	2015.10.26
63	하이트 진로 에탄올(주)증축공사 중 지반보강공사	2015.10.08
64	부산 경일고 생활관증축공사 중 지반보강공사	2015.11.26

65	88고속도로 거창IC근교 교량 접속구간 복원공사	2015.11.09
66	창원시 용원동 숙박시설 지반보강공사	2015.12.09
67	용전-첨단도로공사 중 지반보강 및 복원공사	2015.12.03
68	포항 세명기독병원 지반보강공사	2015.12.15
69	순천 조례동 1690-13,16 00숙박시설지반보강공사	2015.12.20
70	부산 쾌법동 559-4 숙박시설공사	2016.01.04
71	정암초 e/v실 증축공사 중 지반보강공사	2016.01.04
72	대반초급식실증축및 보수공사중 지반보강공사	2015.01.13
73	부산 동구 초량동 민속촌재생단지 지반보강공사	2015.11.26
74	영주 휴천동 309-5,7번지 숙박시설 지반보강공사	2016.01.11
75	강진 제주빌 지반보강공사	2016.01.11
76	목포 아동병원 지반보강공사	2016.01.27
77	4.19 혁명발상지 역사관(광주고) 지반보강공사	2016.02.15
78	서산 동문동 공동주택(아파트)공사	2016.02.18
79	김제 구보다 현장 보강 및 복원공사	2016.02.22
80	동강대 지반보강 및 복원공사	2016.02.01
81	여수 둔덕동 유니클로 스타벅스 지반보강공사	2016.03.25
82	서구 쌍촌동 근생 지반보강공사	2016.03.15
83	부안 행안초 특별실 증축공사 중 지반보강공사	2016.06.13
84	양산 메디컬 센터 지반보강공사	2016.03.23
85	경남 창원시 진해구 용원동 근생 지반보강공사	2016.03.25
86	경남 양산시 물금읍 가촌리 근생 지반보강공사	2016.03.26
87	부산 강서구 대저1동 다세대주택 지반보강공사	2016.04.08
88	강진 서성리 다세대주택 지반보강공사	2016.04.22
89	치평동 1298-7 한솔빌딩 공사 중 지반보강공사	2016.05.11
90	경남 양산시 물금읍 868-3 근생 지반보강공사	2016.05.25
91	서구 화정동 723-10 근생 지반보강공사	2016.05.27
92	부산 강서구 명지동 3334-4 지반보강공사	2016.05.28
93	서구농성동 642-3 지반보강공사	2016.05.24
94	목포 용당동 967-426 근생공사중 지반보강공사	2016.06.04
95	울산 진하리 근생 신축공사중 지반보강공사	2016.06.08
96	완도읍내 지구대 증축공사 중 지반보강공사	2016.06.13
97	동구 산수동 401-19 다가구주택 지반보강공사	2016.06.20
98	부산 강서구 신호동 317-21 지반보강공사	2016.06.28

99	창원시용원동1137-5 I빌딩 지반보강공사	2016.06.28
100	양산시 증산리 25-23 증산주유소 지반보강공사	2016.06.30
101	그린장례식장 주차타워 신축공사 중 지반보강공사	2016.07.18
102	군산 진포중 식당동 증축공사 중 지반보강공사	2016.07.25
103	부산강서구 명지동 국제도시 근생 지반보강공사	2016.07.28
104	목포시 산정동 1735-16 지반보강공사	2016.08.18
105	목포시 산정동 1807-2 지반보강공사	2016.08.22
106	부산 강서구 LH명지지구 00복합건물 지반보강공사	2016.08.23
107	목포 금속공예 명품관 지반보강공사	2016.08.25
108	부안 상서중 강당 외부보강공사	2016.08.22
109	순천-완주간 38.7k 고속도로 침하구조물 복원공사	2016.08.22
110	충민사 유물관 보수정비공사중 지반보강공사	2016.08.25
111	전남대 창조관 e/v 차수공사	2016.08.25
112	정읍시 공평동 연립주택신축공사 중 지반보강공사	2016.08.30
113	남구 주월동 1163-13 어린이집 지반보강공사	2016.08.30
114	보성 서호식품 신축공사 중 지반보강공사	2016.09.05
115	양산 석산리 1452-1 근생 지반보강공사	2016.09.10
116	경남 창원시 진해구 용원동5-1업무시설지반보강공사	2016.09.20
117	강진 서성리 121 근생 지반보강공사	2016.10.07
118	하남2지구 kj 빌딩신축공사 중 지반보강공사	2016.10.28
119	목포 산정동 1040-638 다세대주택 지반보강공사	2016.11.10
120	강진 교육지원청 교직원 연립주택 증축공사	2016.11.09
121	서울 용산 하수관로 차수공사	2016.11.04
122	(재)대원산업 기술교육원 증축공사	2016.11.25
123	목포시 옥암동 970-8그릇나라 창고 지반보강공사	2016.11.25
124	명지지구 근생시설 신축3363-4 지반보강공사	2016.11.25
125	울산 삼산동 1541-22 근생 신축공사 중 지반보강공사	2016.11.30
126	극락천하수암거 정비공사(1공구) 지반보강및차수공사	2016.11.30
127	부산 강서구 녹산 286번지 근생 지반보강공사	2016.12.01
128	고흥군 도양읍 봉암리 3128 근생 지반보강공사	2016.12.01
129	순천시 연향동1684-1,2번지 근생 지반보강공사	2016.12.21
130	양산 신도시 센트럴프라자 지반보강공사	2016.12.01
131	전포1동사 건립공사중 지반보강공사	2016.12.01

1) 현장개요

현 장 명	목포시 상동 근린생활 다중주택 지반보강공사				
주 소	전남 목포시 상동 근린생활 다중주택 지반보강공사		기초두께	500	
건축면적	129.9m ²	연면적	327.63m ²	층수	지하0층 지상3층
공사기간	2011.03.28	구조형식	RC조	층고(h)	2550

시
공
전



시
공
사
진

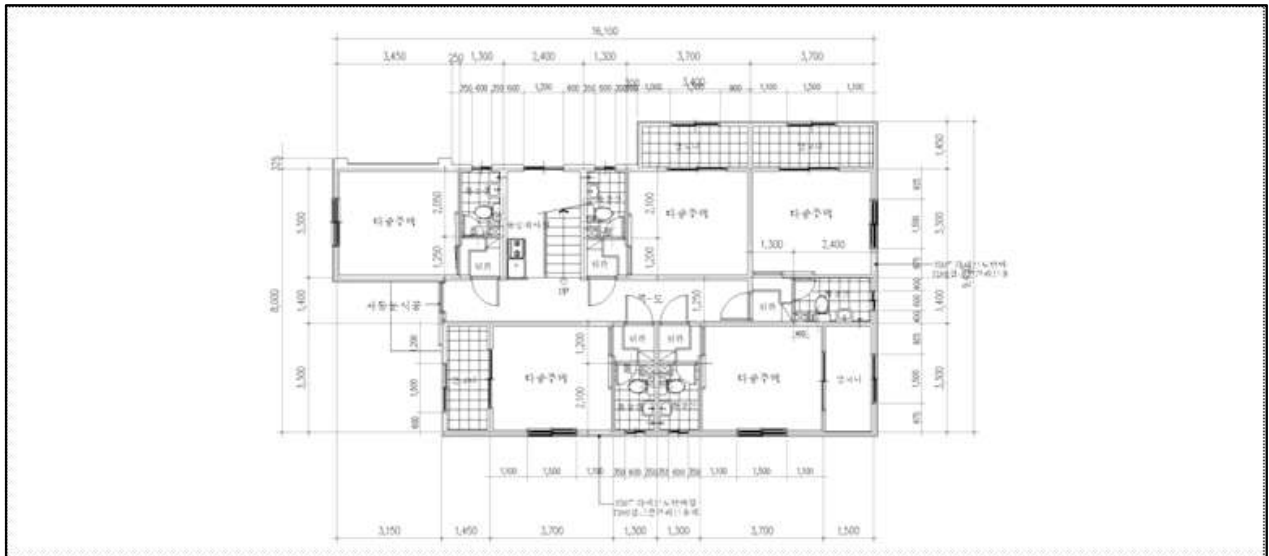
시
공
중



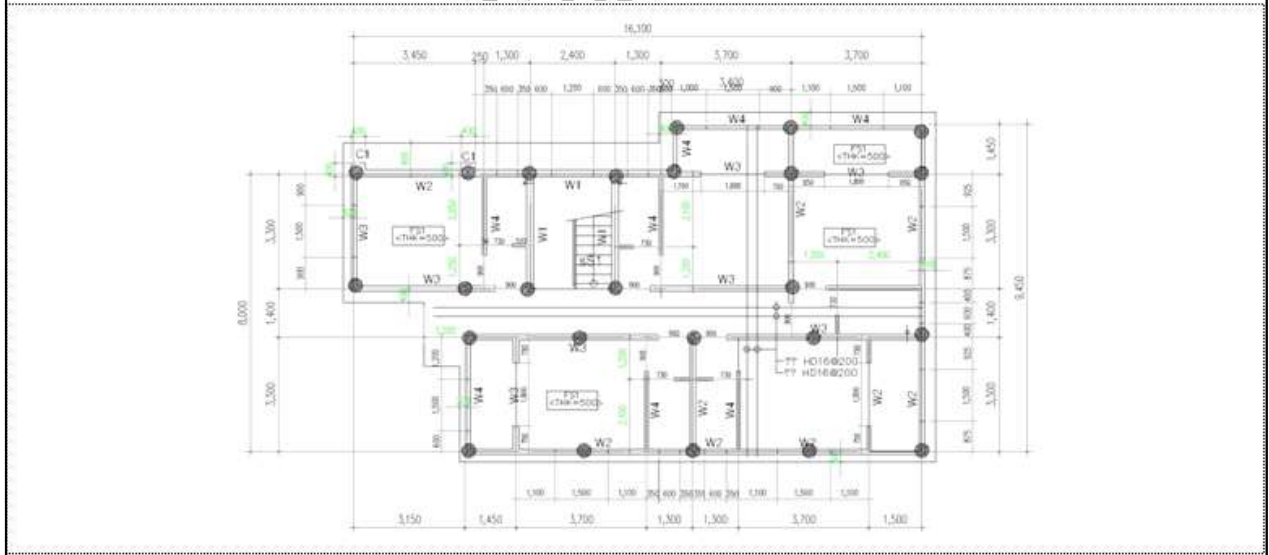
시
공
후



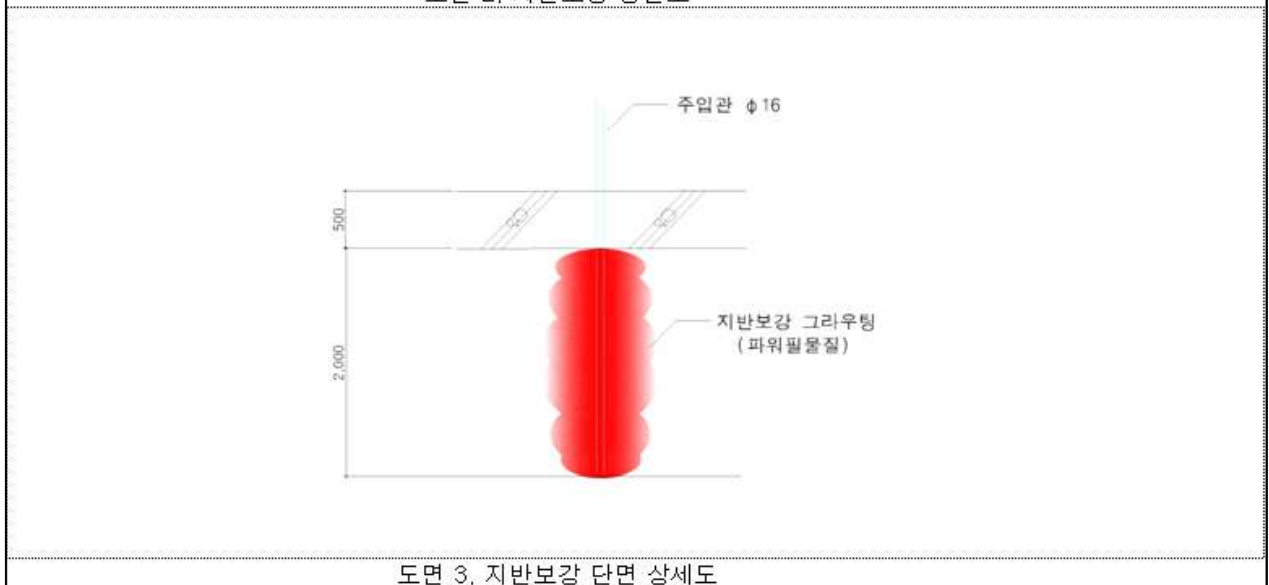
1-1) 연약지반 기초보강 설계도



도면 1. 1층 평면도






도면 2. 지반보강 평면도



도면 3. 지반보강 단면 상세도

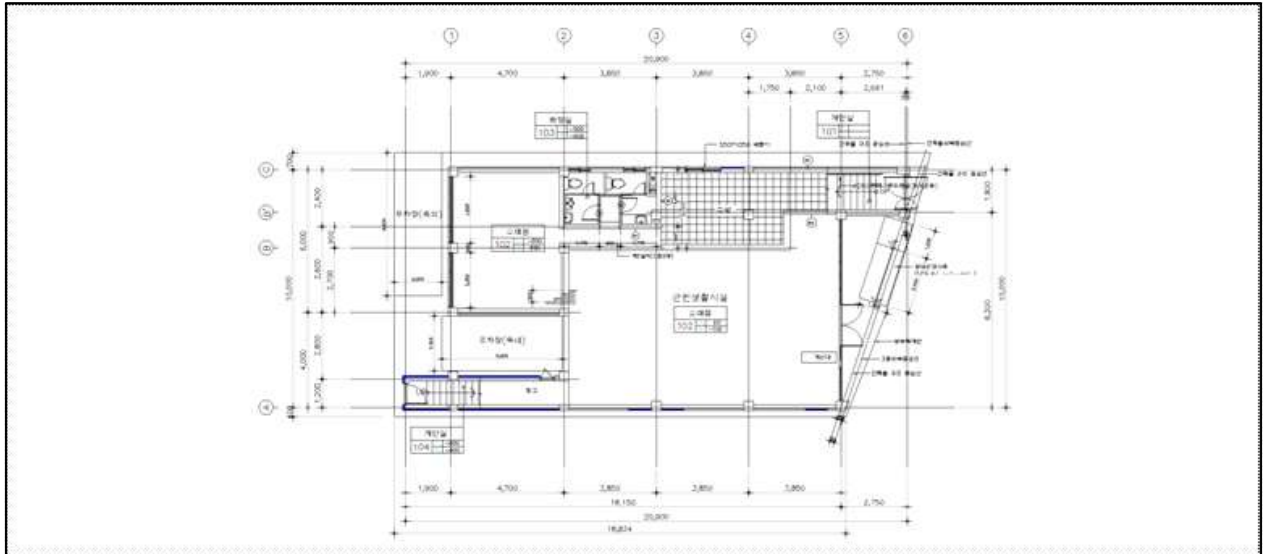
2) 현장개요

현 장 명	목포시 상동 근린생활시설 지반보강공사				
주 소	전남 목포시 상동 831-8번지		기초두께	500	
건축면적	97.68㎡	연면적	244.64㎡	층수	지하0층 지상3층
공사기간	2011.06.07-2011.06.08	구조형식	RC조	총고(h)	2700
시공사진	시공전				
	시공중				
	시공후				

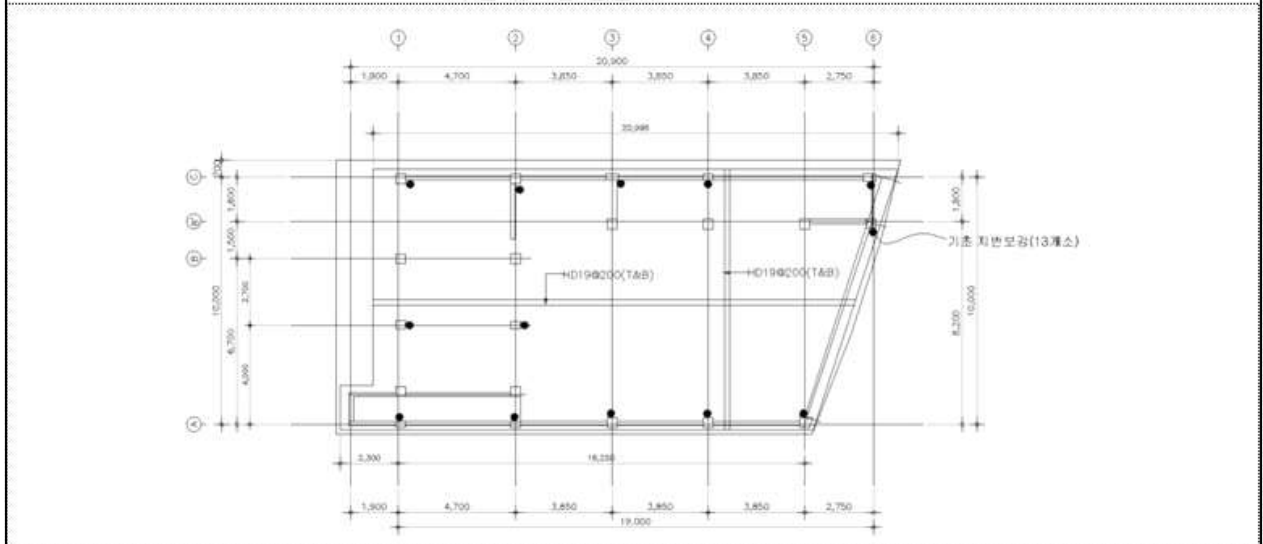
3) 현장개요

현 장 명	목포시 상동 근린생활 지반보강공사				
주 소	전남 목포시 상동 1131-10번지			기초두께	600
건축면적	205.7㎡	연면적	411.4㎡	층수	지하0층 지상2층
공사기간	2011.12.09	구조형식	RC조	층고(h)	2600
시공사진	시공전				
	시공중				
	시공후				

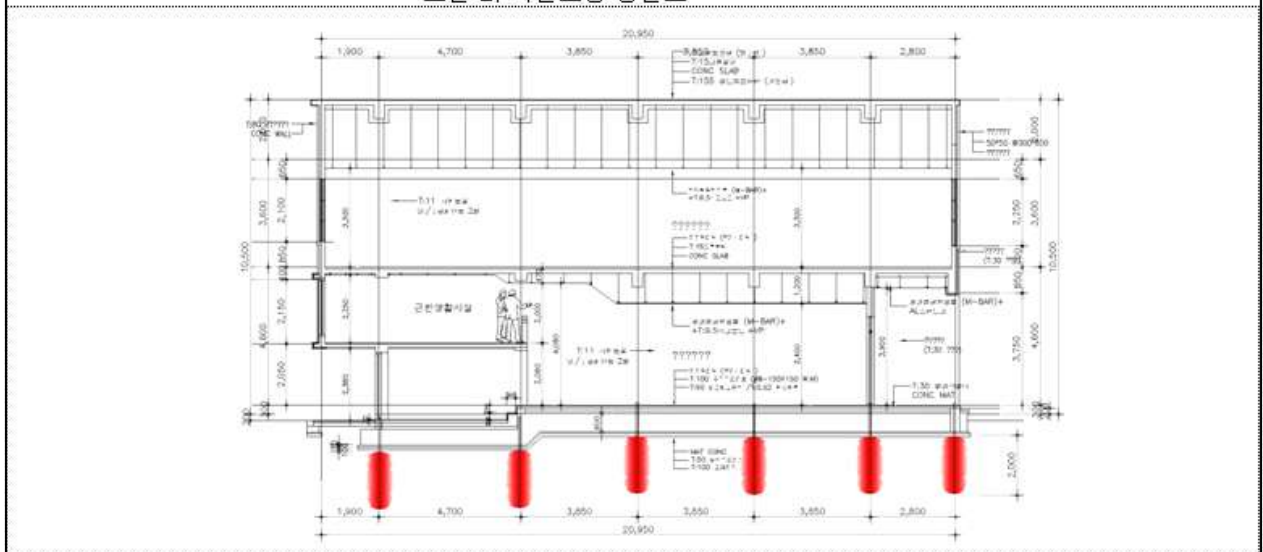
3-1) 연약지반 기초보강 설계도



도면 1. 1층 평면도



도면 2. 지반보강 평면도

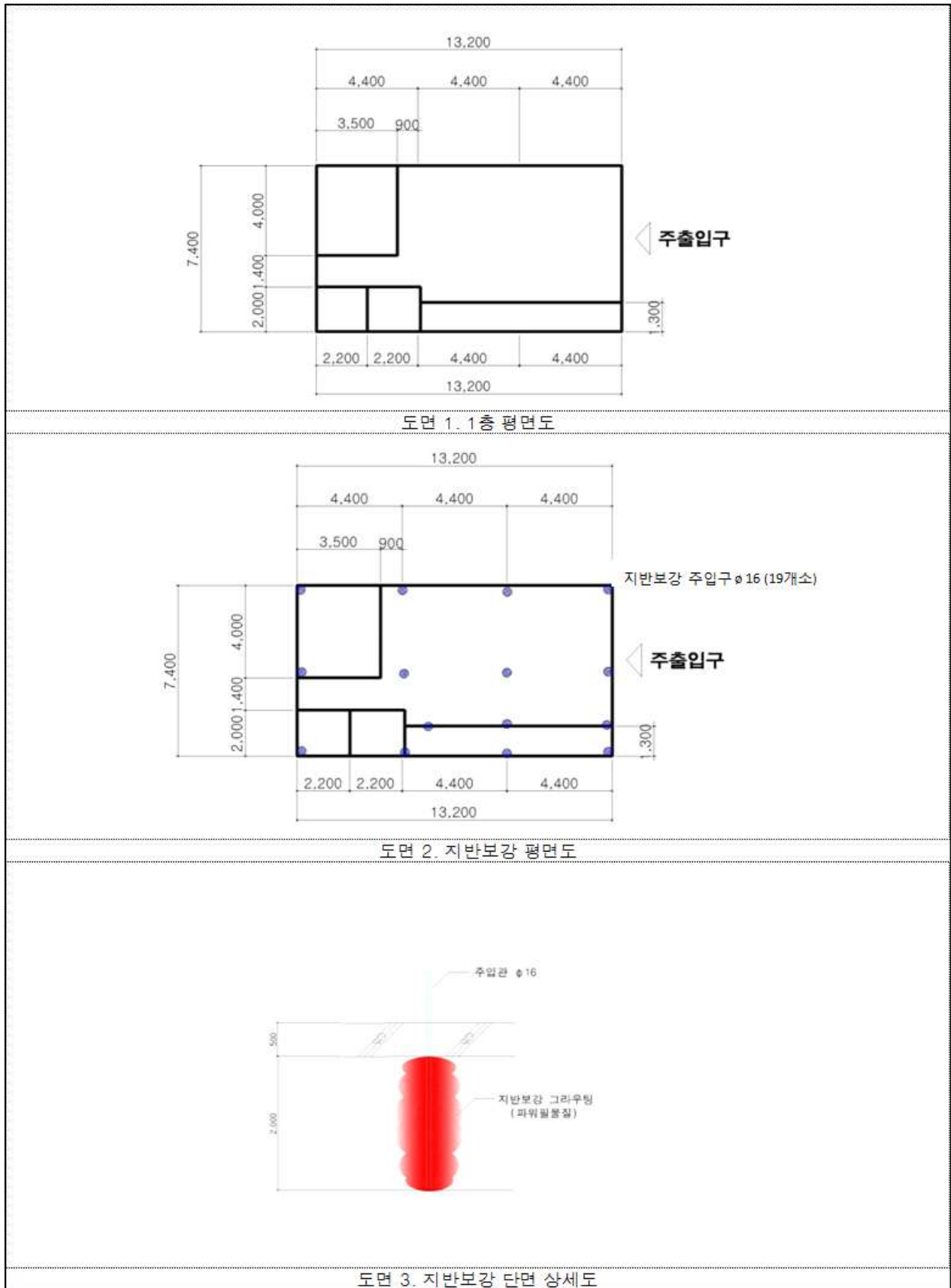


도면 3. 지반보강 단면 상세도




4) 현장개요

현 장 명	목포시 산정동 근린생활 지반보강공사				
주 소	전남 목포시 산정동 1666-2번지		기초두께	500	
건축면적	111.87㎡	연면적	335.61㎡	층수	지하0층 지상3층
공사기간	2011.09.16-2011.09.17	구조형식	RC조	층고(h)	2550
	시공전				
시공사진	시공중				
	시공후				

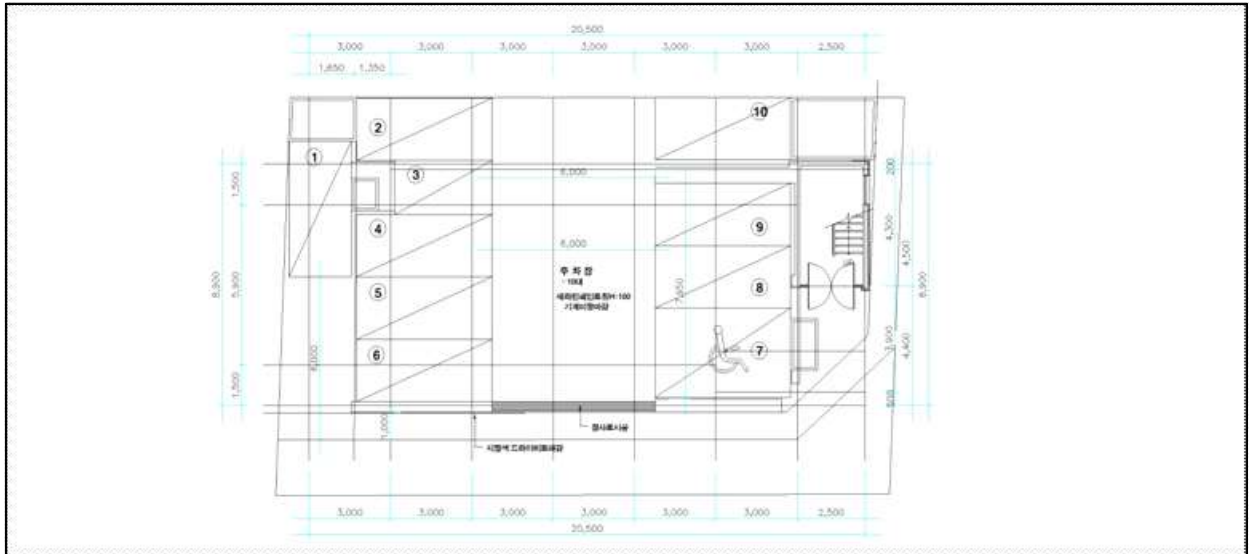
4-1) 연약지반 기초보강 설계도



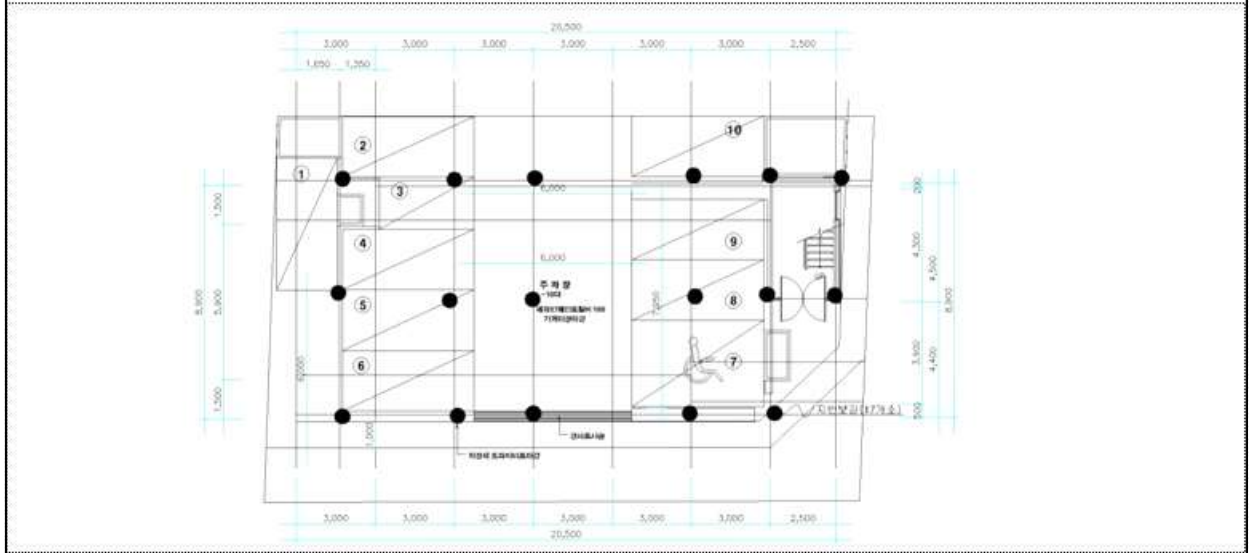
5) 현장개요

현 장 명	영암군 삼호읍 근린생활 지반보강공사				
주 소	전남 영암군 삼호읍 용당리 1926-80번지			기초두께	600
건축면적	166.95㎡	연면적	512.1㎡	층수	지하0층 지상3층
공사기간	2012.01.12-2012.01.13	구조형식	RC조	층고(h)	2700
시공사진	시공전				
	시공중				
	시공후				

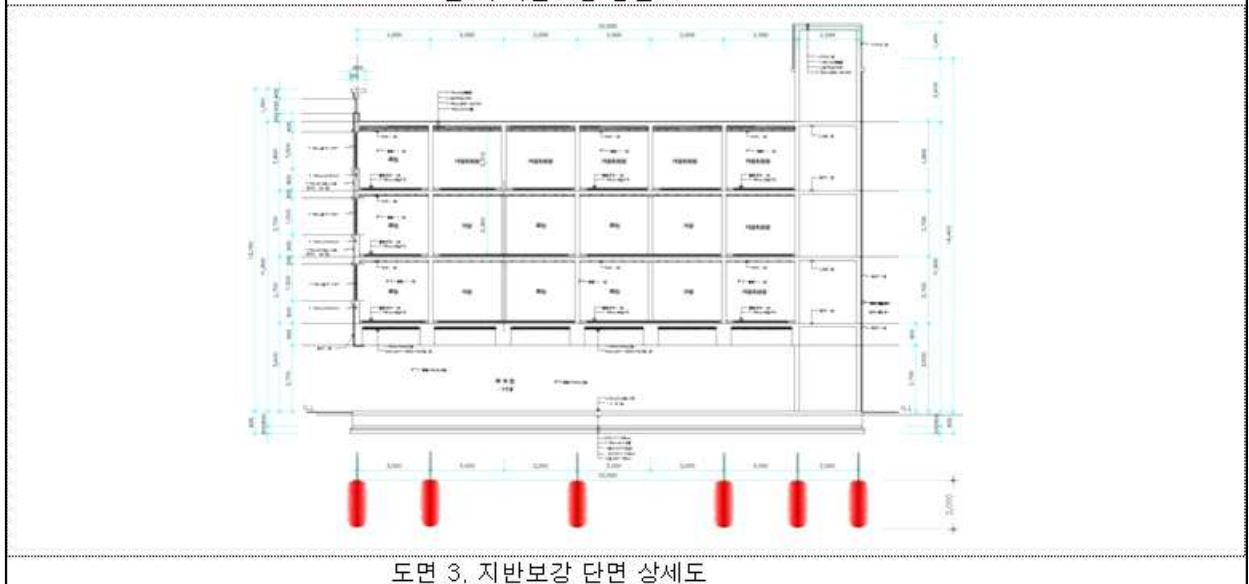
5-1) 연약지반 기초보강 설계도



도면 1. 1층 평면도




도면 2. 지반보강 평면도

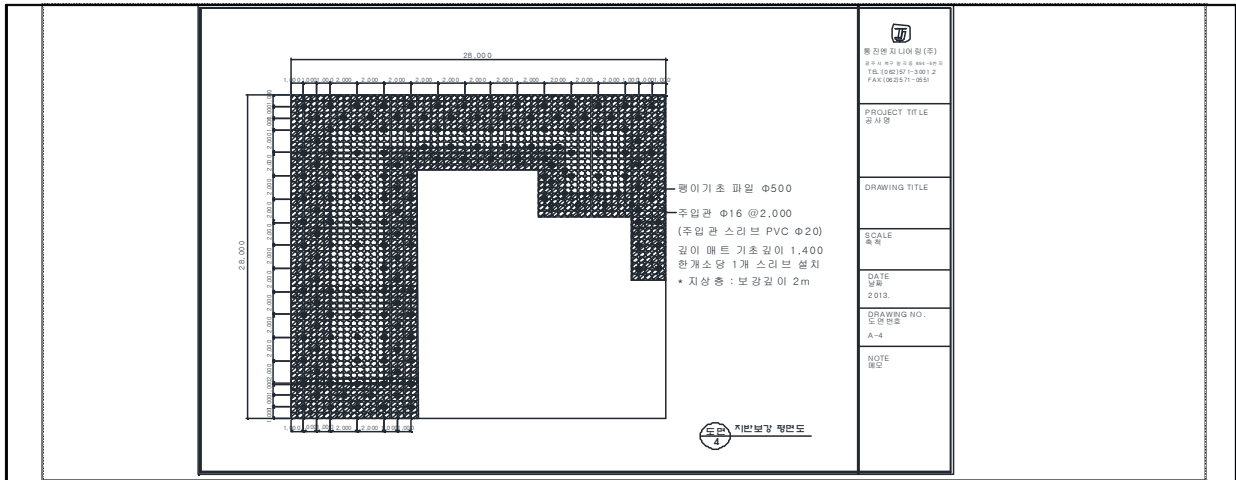


도면 3. 지반보강 단면 상세도

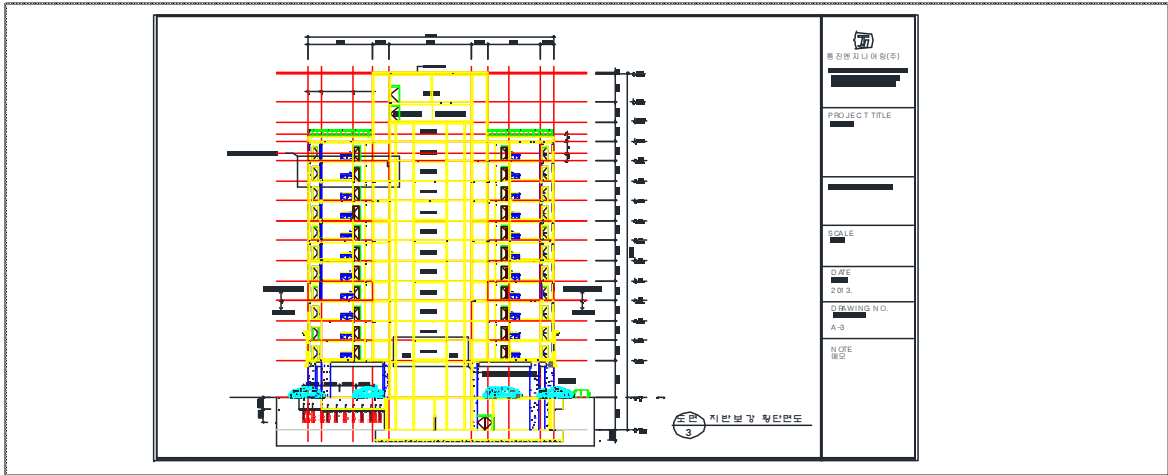
6) 현장개요

현 장 명	광산구 우산동 도시형생활주택 신축공사			기초두께	1400
주 소	광주광역시 광산구 우산동 1594-2			특이사항	팽이
건축면적	721.02㎡	연면적	6,067.25㎡	층수	지하0층 지상12층
계약년월	2013.3	총주입량	2992kg	주입공수	136
시공사진	시공전				
	시공중				
	시공후				

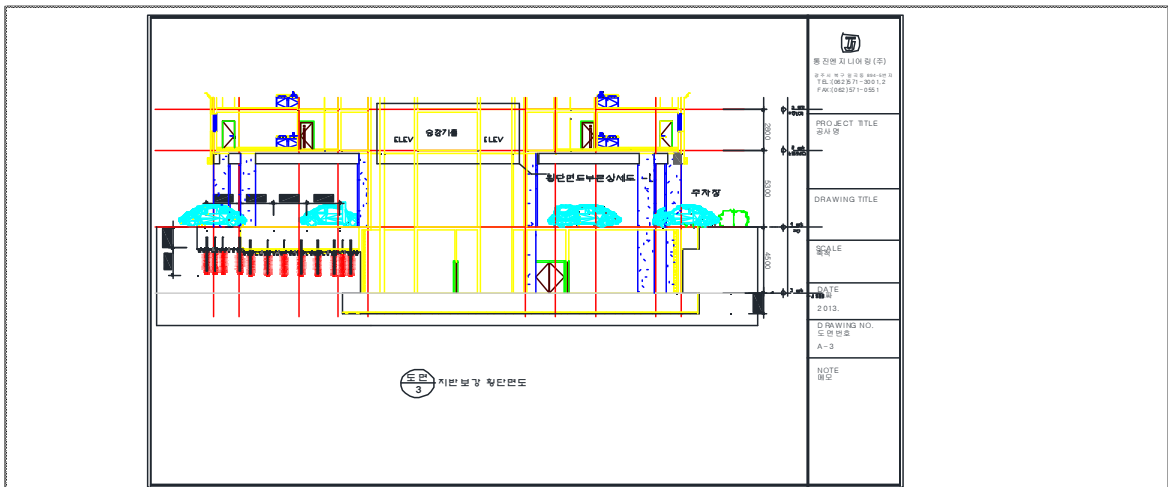
6-1) 연약지반 기초보강 설계도



도면 1. 1층 평면도






도면 2. 지반보강 단면도

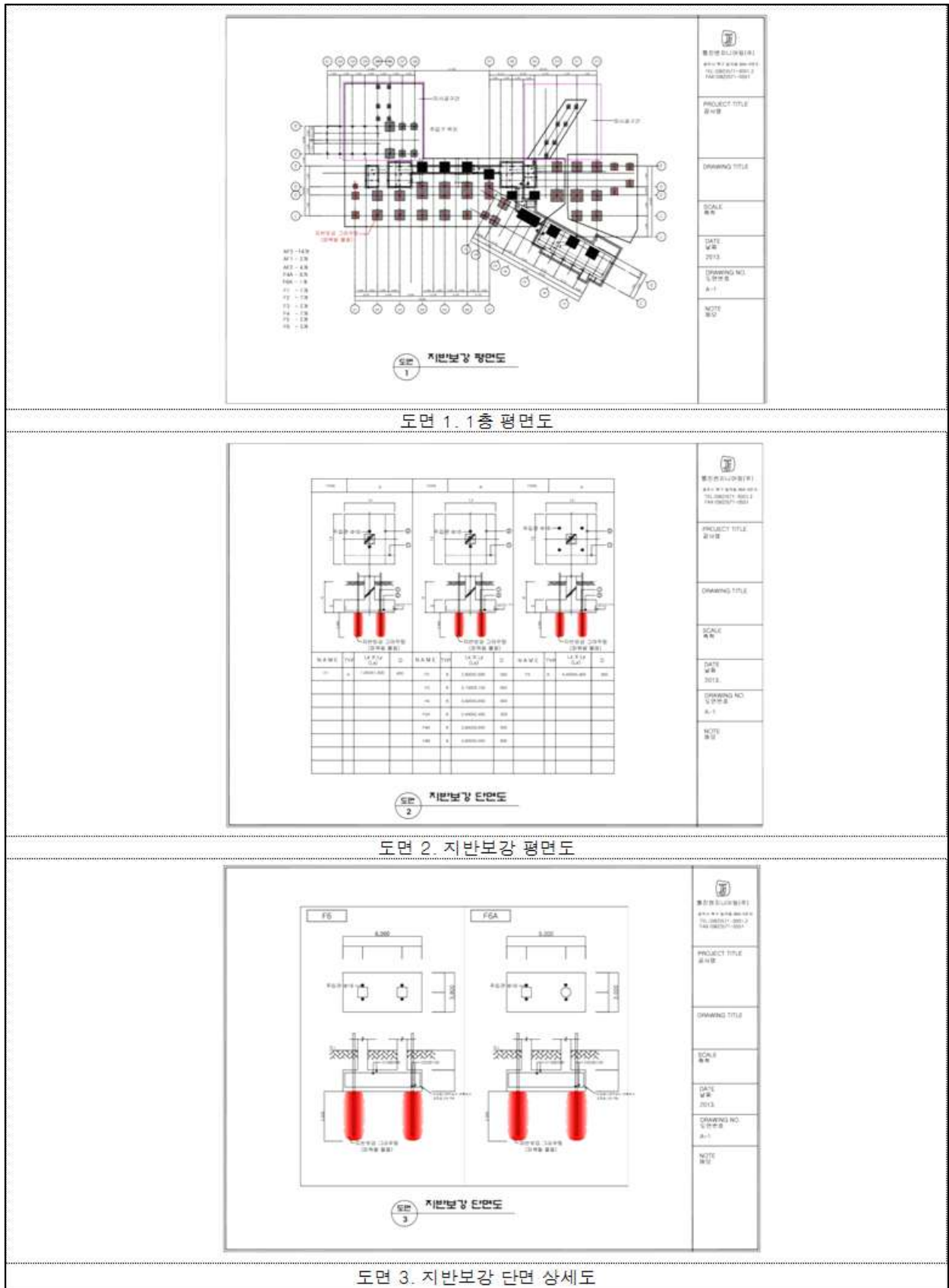


도면 3. 지반보강 단면도

7) 현장개요

현 장 명	완도 00고등학교 지반보강공사			구조형식	RC구조
주 소	전남 완도군 개포로 135-55			기초두께	600
건축면적	2638.15㎡	연면적	9198.3㎡	층수	지하1층 지상4층
공사기간	2013.11.01~2013.12.30	총주입량	1,904kg	층고(h)	16.05M
시공사진	시공전				
	시공중				
	시공후				

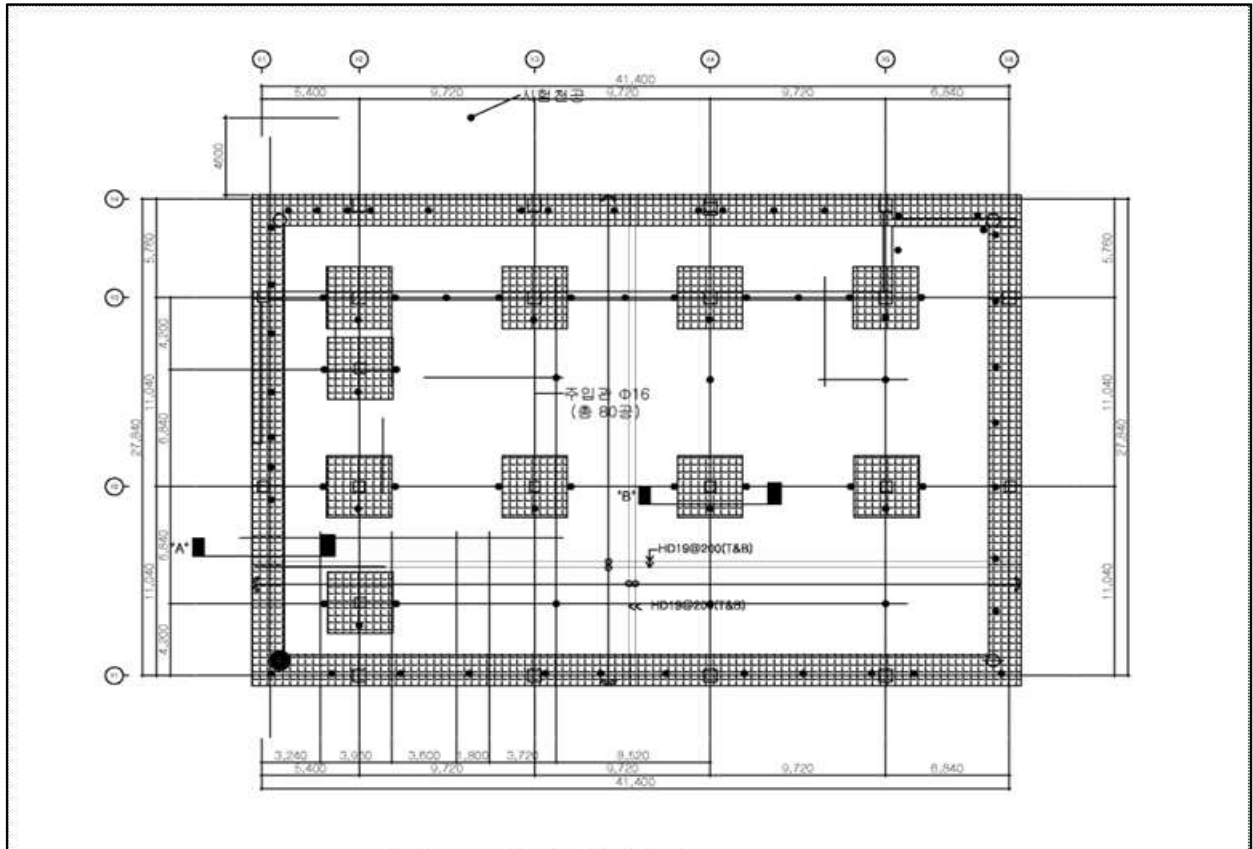
7-1) 연약지반 기초보강 설계도



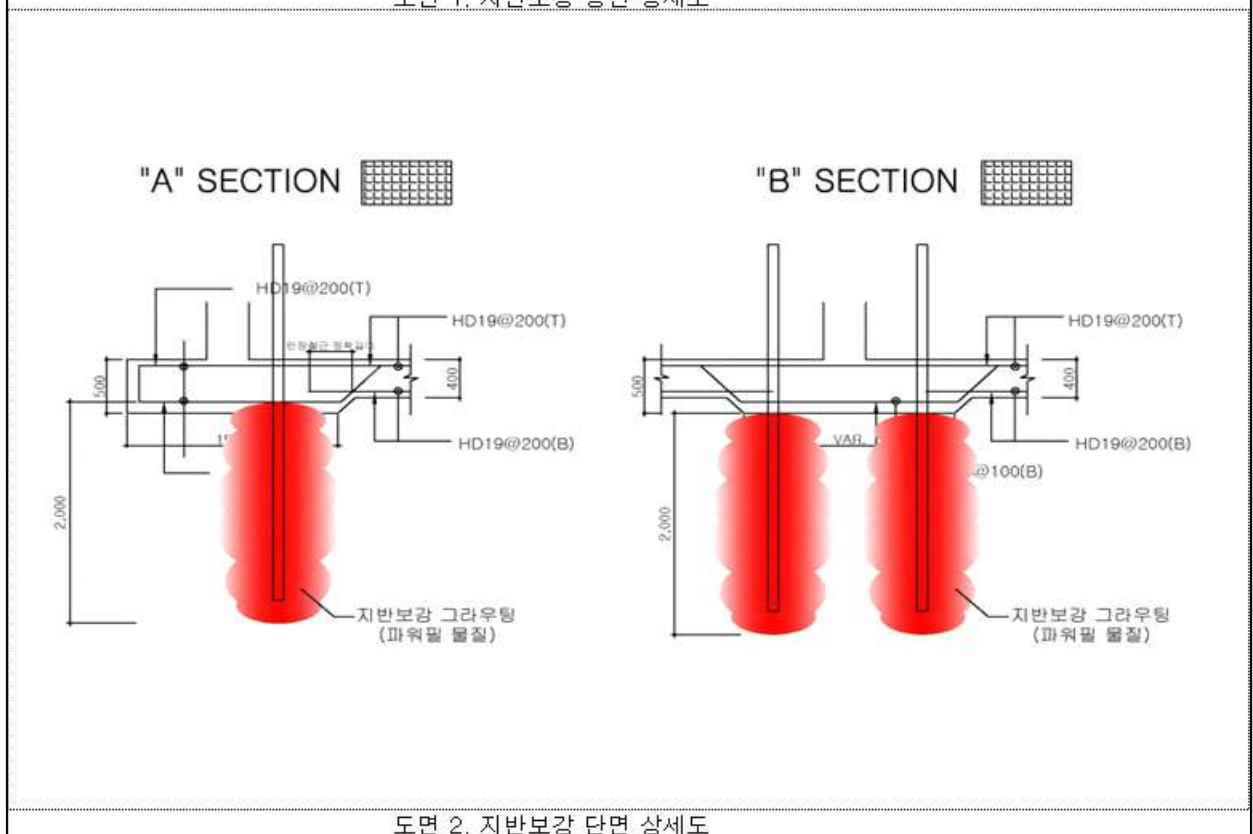
8) 현장개요

현 장 명	보성 복래중학교 지반보강공사				
주 소	복래중학교		기초두께	600~1000	
건축면적	309.9㎡	연면적	619.8㎡	층수	지하0층 지상2층
공사기간	2013.12.31~01.27	구조형식	RC조	층고(h)	4250
	시공전				
	시공사진				
	시공후				

8-1) 연약지반 기초보강 설계도





도면 1. 지반보강 평면 상세도

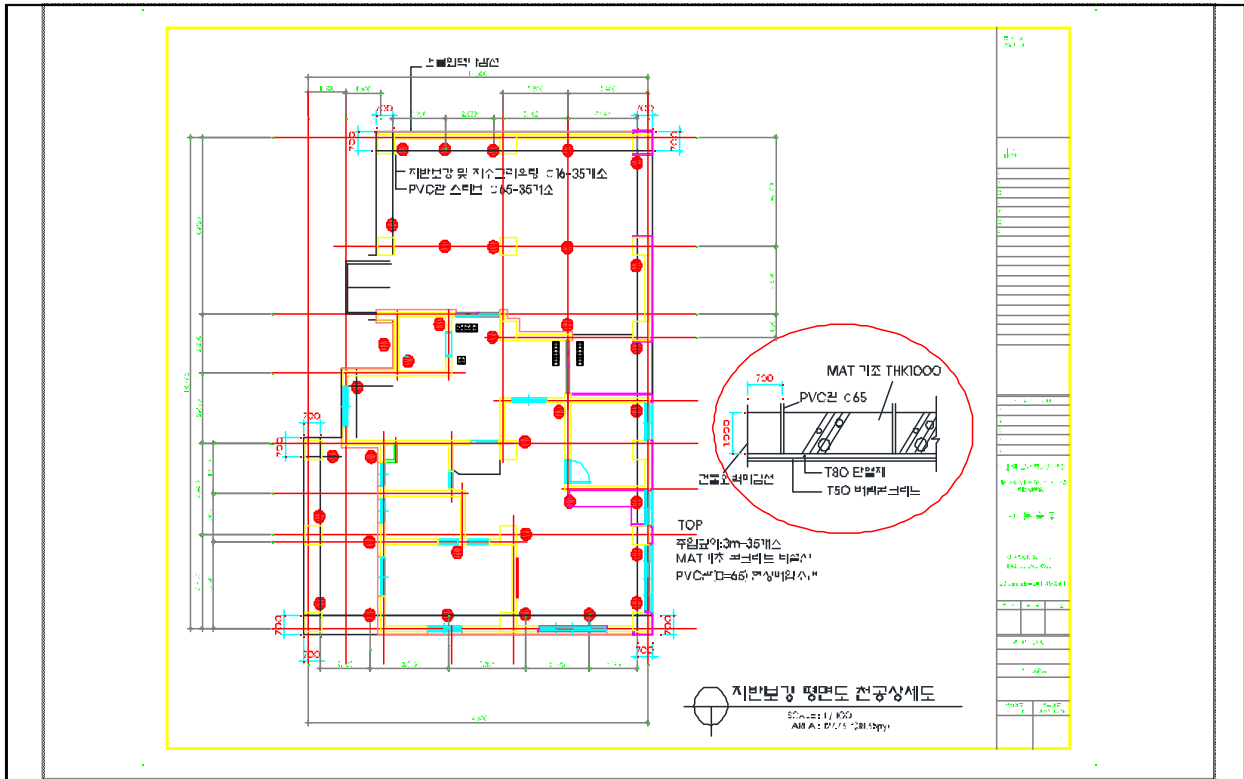


도면 2. 지반보강 단면 상세도

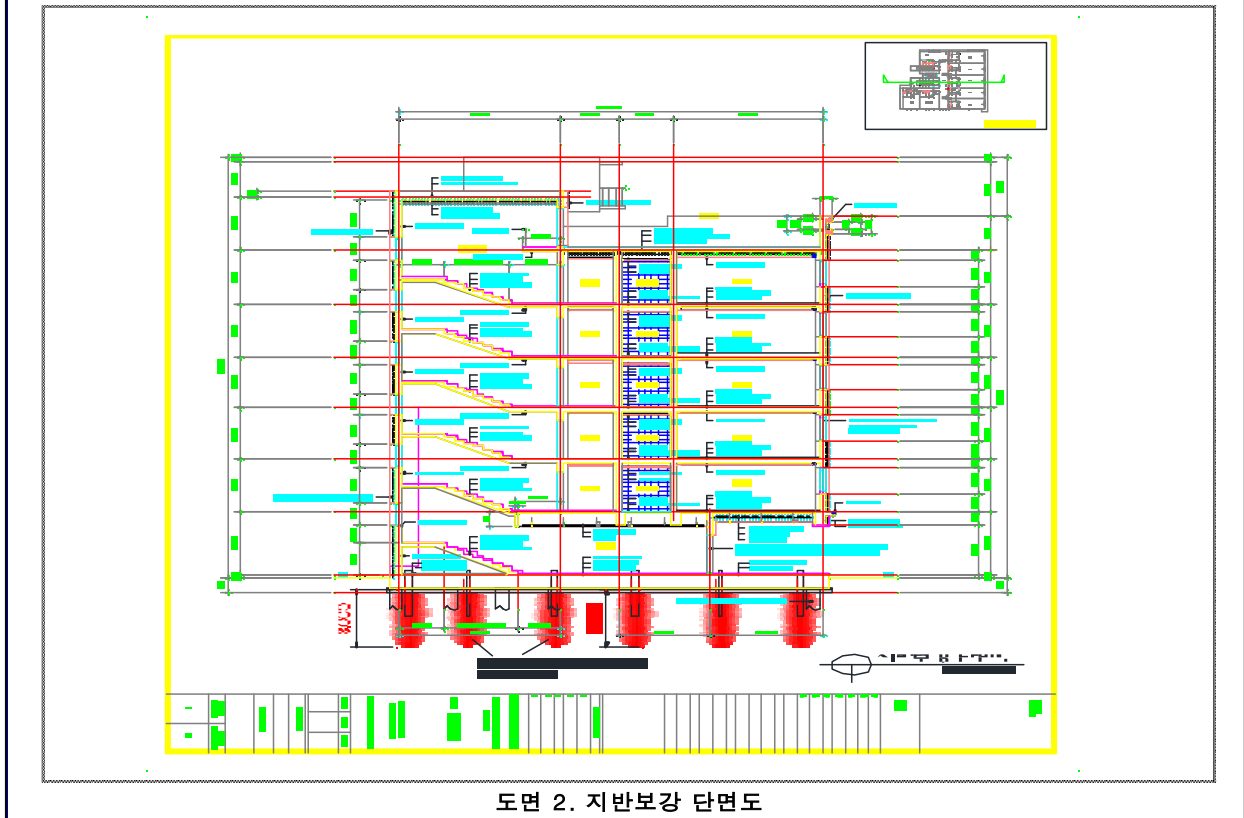
9) 현장개요

현 장 명	완도 가용리 1032-14 00모텔 신축공사 중 지반보강공사			기초두께	700
주 소	전라남도 완도군 완도읍 가용리 1032-14번지			특이사항	
건축면적	266.8㎡	연면적		층수	지하0층 지상6층
공사기간	2014.08	총주입량	1400kg	주입공수	35
시공사진	시공전				
	시공중				
	시공후				

9-1) 연약지반 기초보강 설계도






도면 1. 1층 평면도

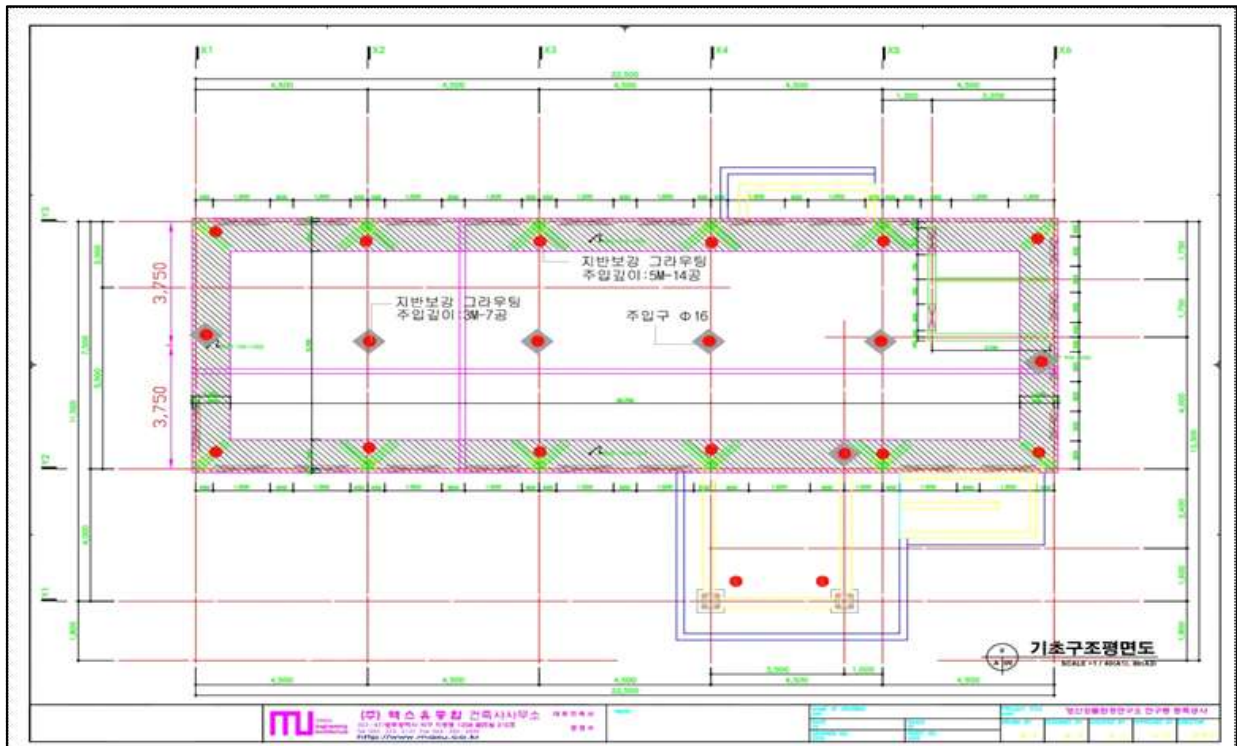


도면 2. 지반보강 단면도

10) 현장개요

현 장 명	공공수역 방사능물질 분석실험동 건축공사중 토(지정공사)			구조형식	RC구조
주 소	광주 광역시 북구오룡동 1110-8			기초두께	600
건축면적	1,546.52㎡	연면적	3,159.06㎡	층수	지하1층 지상2층
공사기간	2014.09.11-2014.09.23	총주입량	804kg	층고(h)	12.8M
시공사진	시공전				
	시공중				
	시공후				

10-1) 연약지반 기초보강 설계도



도면 1. 1층 평면도



도면 2. 지반보강 단면도

11) 현장개요

현 장 명	광산구 00 숙박시설 신축공사 중 지반보강공사			기초두께	700
주 소	광주광역시 광산구 신가동 987-4번지			특이사항	
건축면적	273.88㎡	연면적	1391.68㎡	층수	지하0층 지상6층
공사기간	2014.07	총주입량	1440kg	주입공수	48

시공전



시공사진

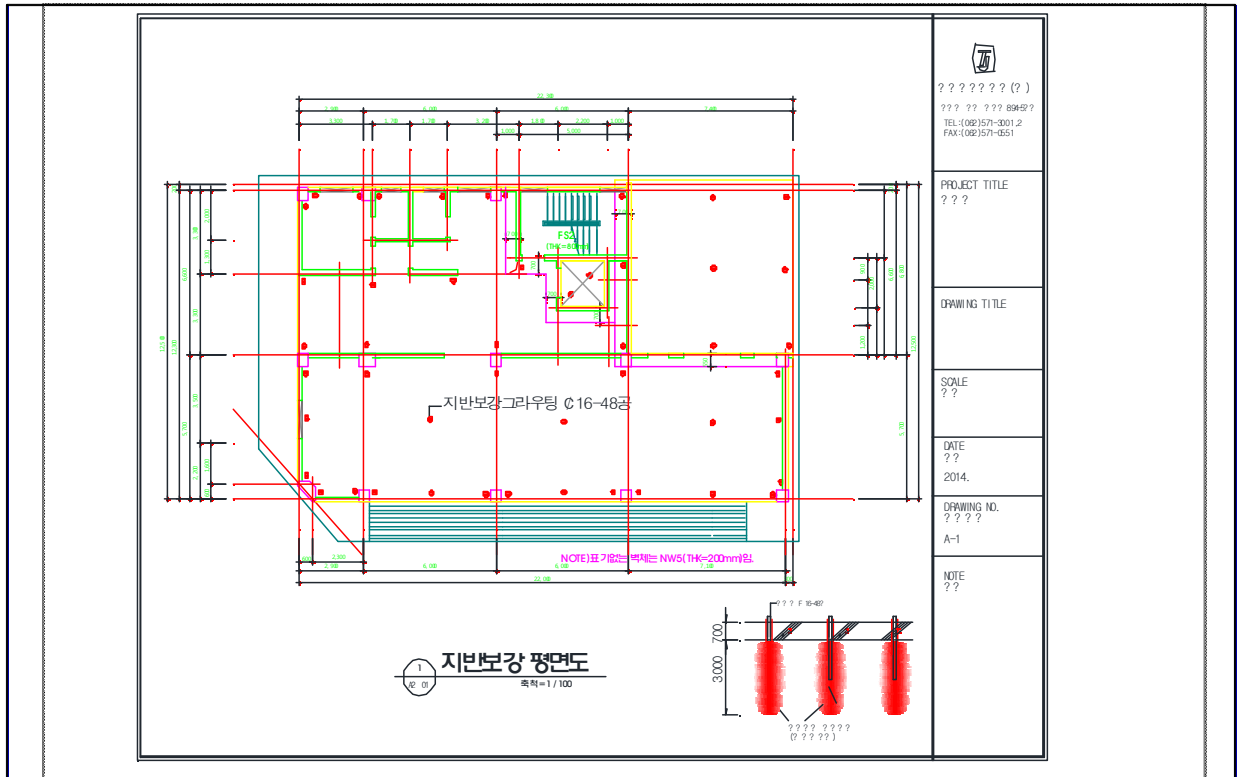
시공중



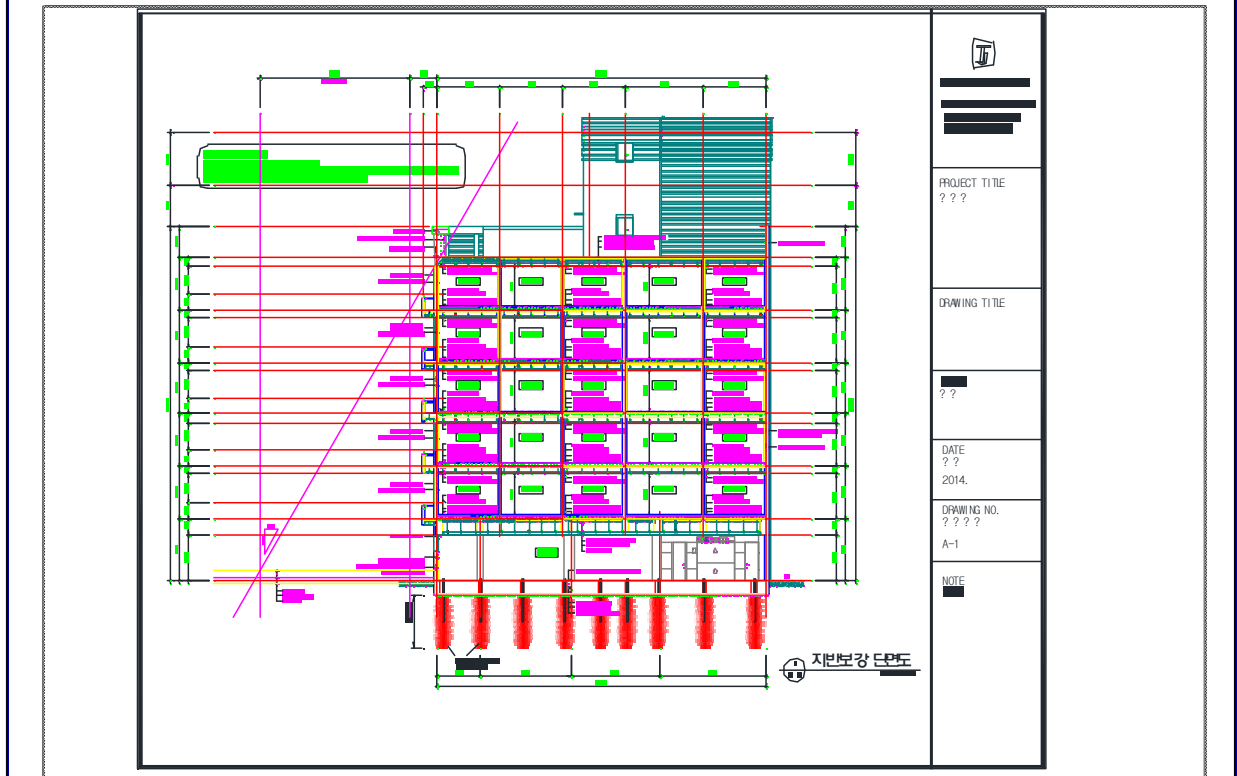
시공후



11-1) 연약지반 기초보강 설계도






도면 1. 1층 평면도

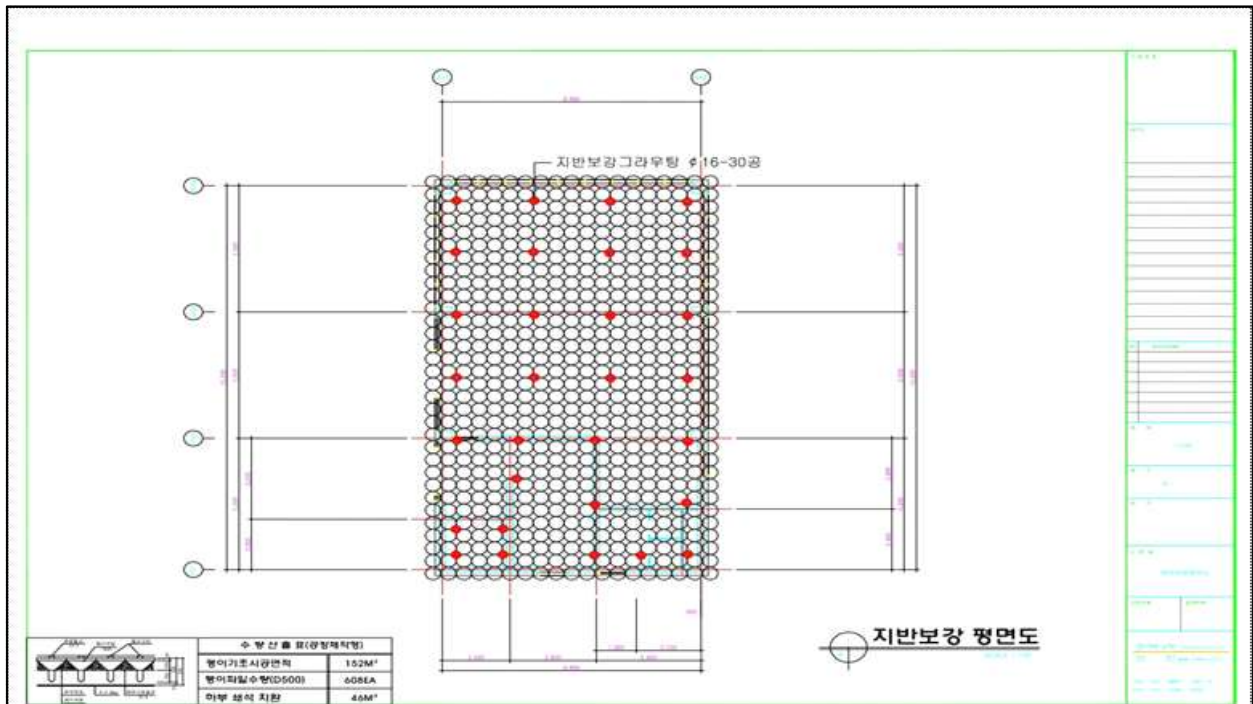


도면 2. 지반보강 단면도

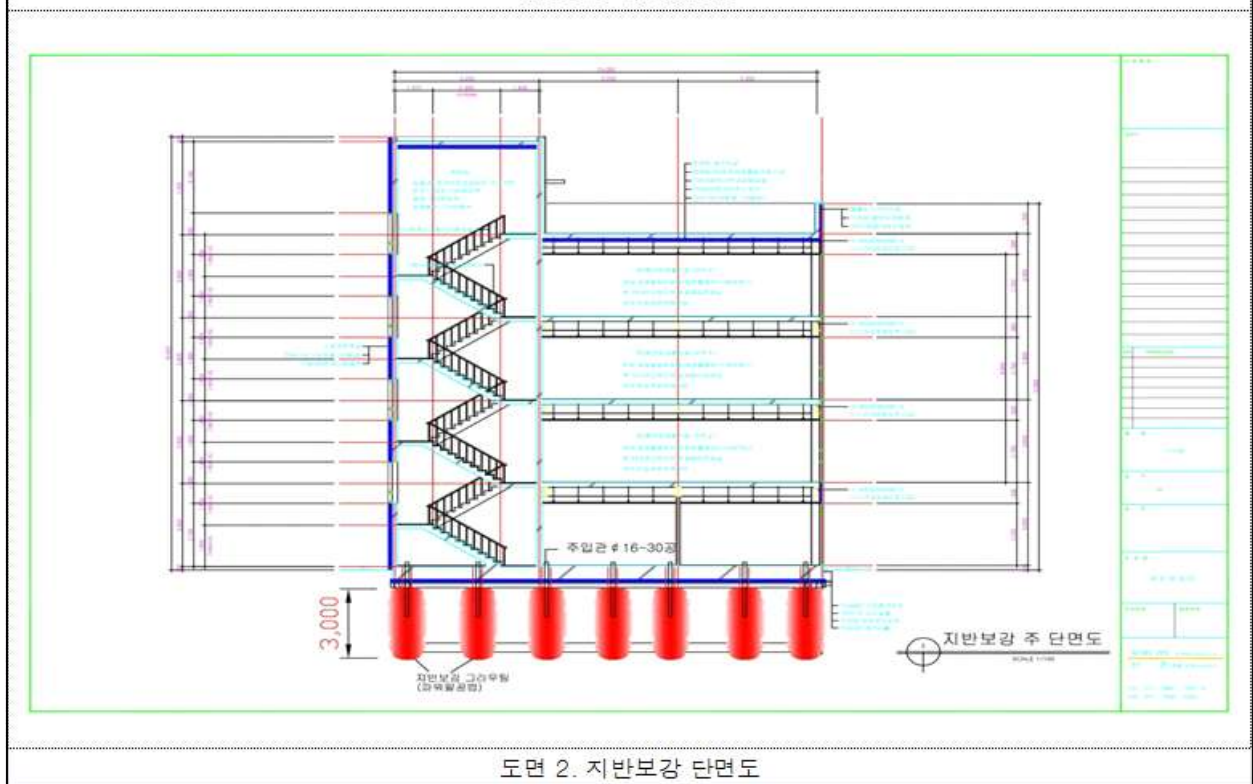
12) 현장개요

현 장 명	부산시 사상구 감전동 142-20 근생 지반 보강공사			구조형식	RC구조
주 소	부산시 사상구 감전동 142-20			기초두께	600
건축면적	127.68㎡	연면적	638.40㎡	층수	지하0층 지상6층
공사기간	2014.09.15-2014.09.30	총주입량	900kg	층고(h)	22.4M
시공사진	시공전				
	시공중				
	시공후				

12-1) 연약지반 기초보강 설계도






도면 1. 1층 평면도

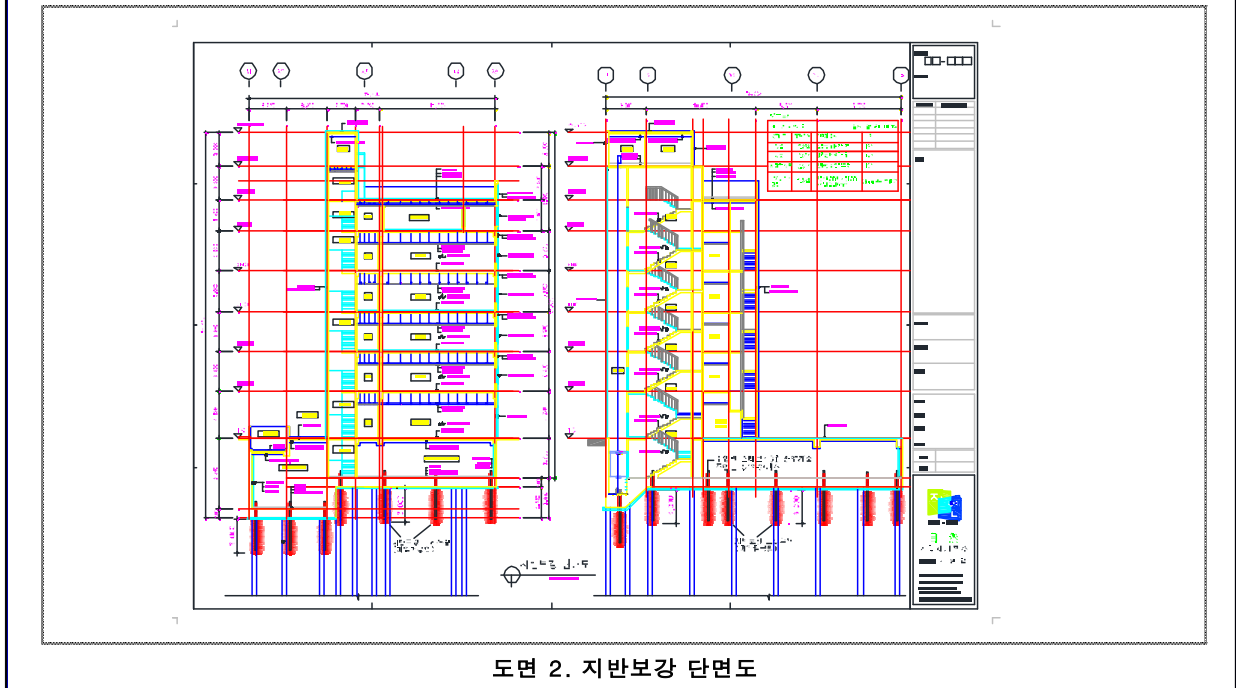
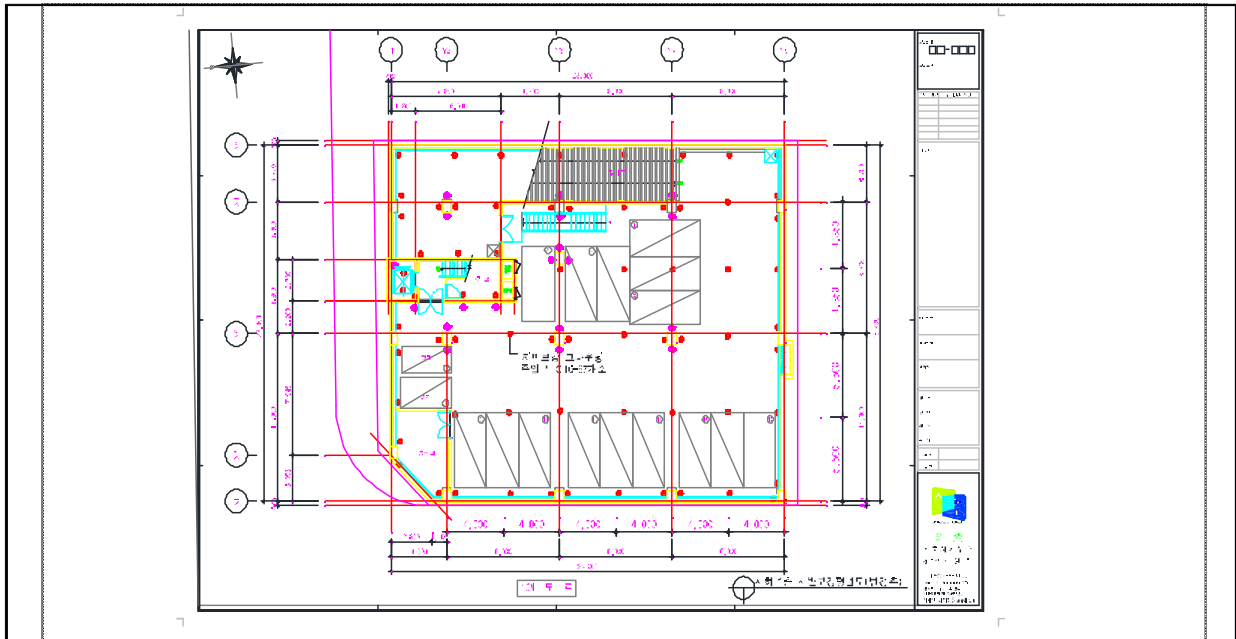


도면 2. 지반보강 단면도


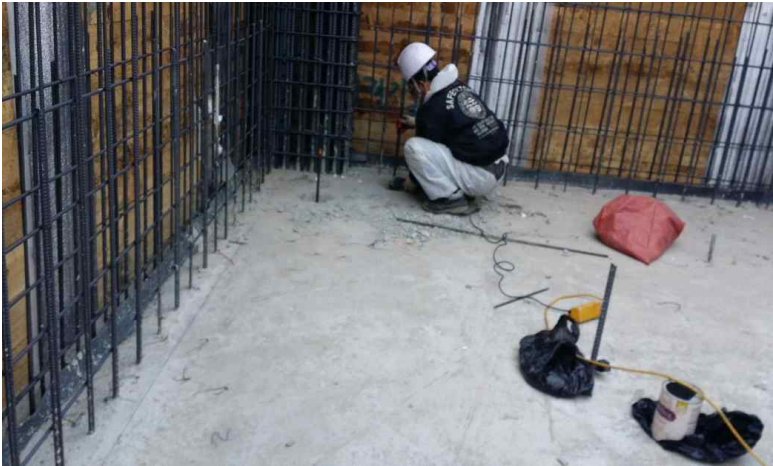

13) 현장개요

현 장 명	하남도 821번지 00신축공사		기초두께	800	
주 소	광주 광산구 하남도 821		특이사항		
건축면적	655.2㎡	연면적	층수	지하1층 지상6층	
계약년월	2014.7	총주입량	2610kg	주입공수	87
시공사진	시공전				
	시공중				
	시공후				

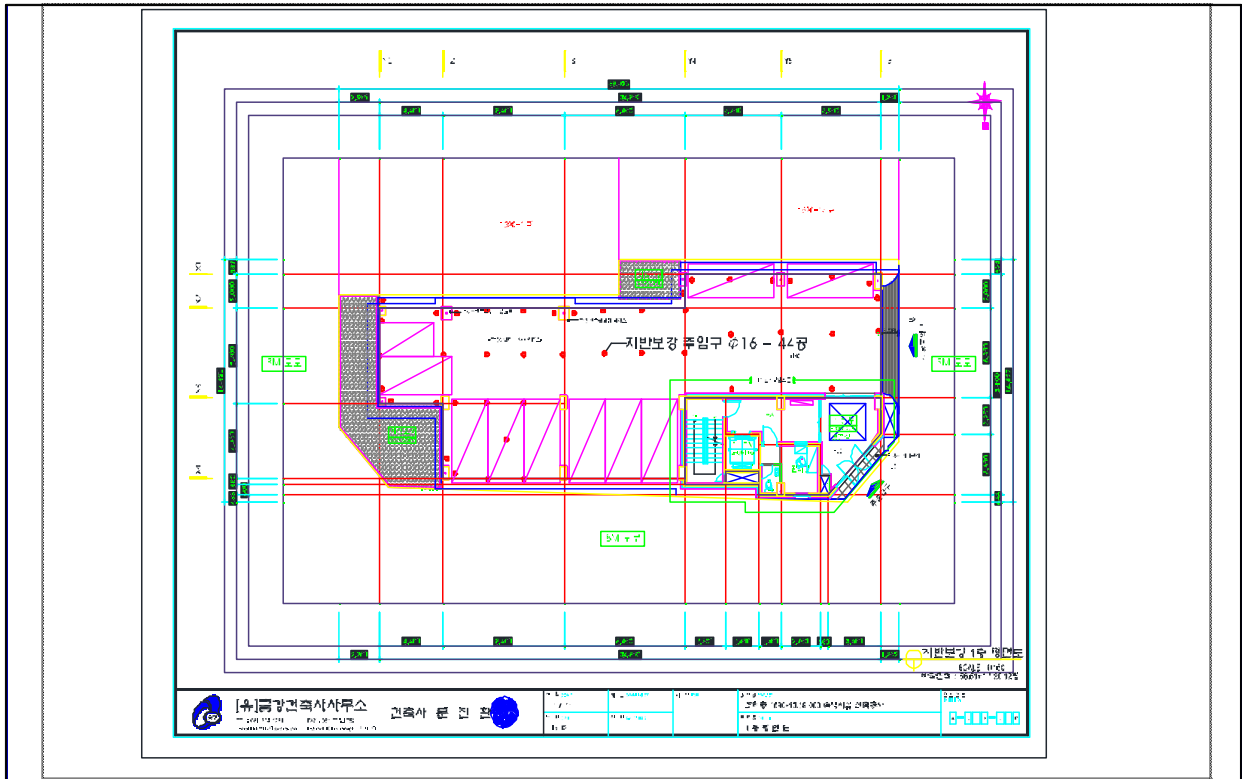
13-1) 연약지반 기초보강 설계도



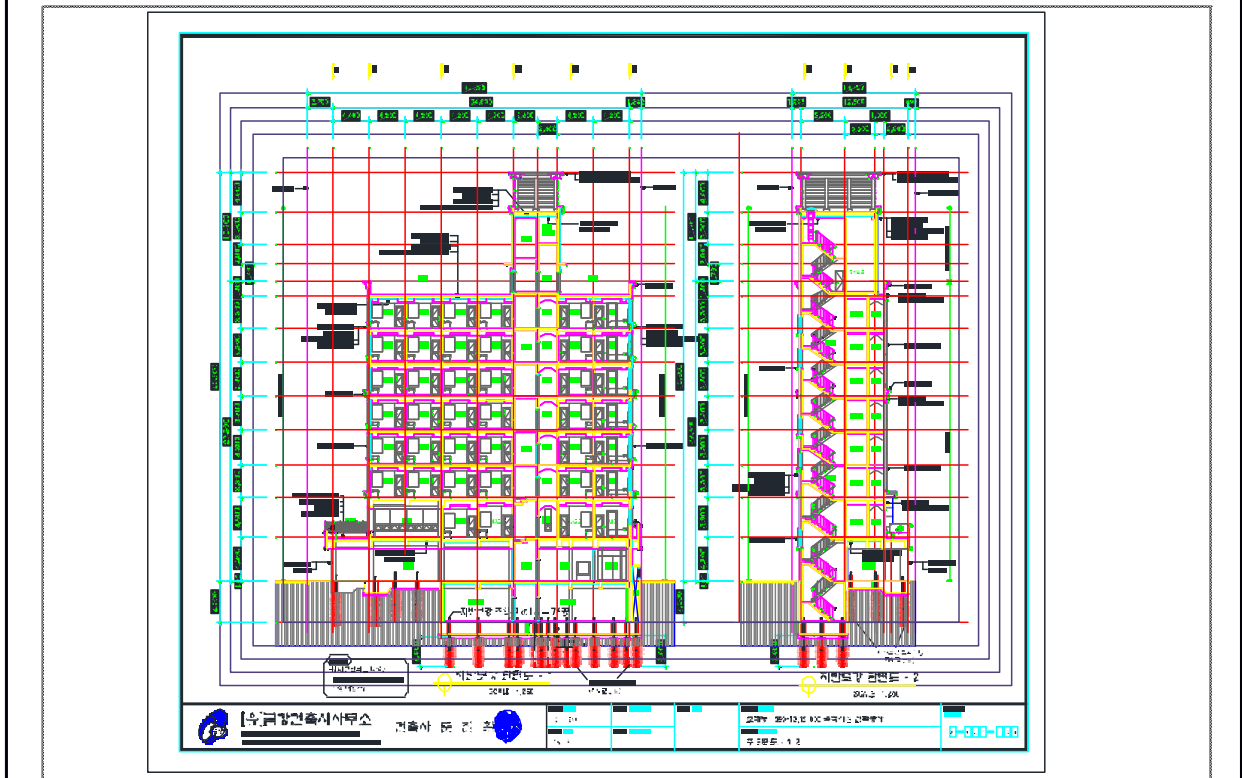
14) 현장개요

현 장 명	순천시 조례동 1690-13,16번지 근생신축공사 중 지반보강공사			기초두께	600
주 소	전라남도 순천시 조례동 1690-13,16번지			특이사항	
건축면적	363.4m ²	연면적	2042.54m ²	층수	지하1층 지상8층
공사기간	2015.08	총주입량	2965kg	주입공수	76
	시공전				
시공사진	시공중				
	시공후				

14-1) 연약지반 기초보강 설계도



도면 1. 1층 평면도



도면 2. 지반보강 단면도

15) 현장개요

현 장 명	순천시 연향동 1690-1, 1690-2 근생 신축공사 중 지반보강공사			기초두께	1000
주 소	순천시 연향동 1690-1, 1690-2			특이사항	
건축면적	984 m ²	연면적	4836 m ²	층수	지하1층 지상9층
공사기간	2015.1	총주입량	3320kg	주입공수	102
시공사진	시공전				
	시공중				
	시공후				

16) 현장개요

현 장 명	서구 쌍촌동 972-2 근생 신축공사중 지반보강공사			기초두께	830
주 소	서구 쌍촌동 972-2			특이사항	
건축면적	164.59㎡	연면적	815.47㎡	층수	지하0층 지상6층
공사기간	2016.03	총주입량	1060kg	주입공수	40
시공사진	시공전				
	시공중				
	시공후				

V. 연약지반 보강 전 · 후 지지력 시험

1. 허용지지력

현장명	지반보강 전	지반보강 후	단위 Ton/m ²
			설계 하중지지력
완도고등학교	14.7	30.7	25
목포지역	5.4	11.5	10
우산동 도시형 생활주택	13.3	25.5	25
광주 신가 00모텔	4.7	16.5	15
군산 영재교육원	7.0	17.1	10
순천 연향동	3.8	16.5	10
공공수역 분석실험동	14.5	21.2	15
광주 주월동	5.5	15.1	10

2. 평판재하시험

1) 완도 00고등학교

시험번호	PBT-1	설계하중	25.0 ton/m ²		
시험일자	2014년 12월 23일	시험위치	N0.01 지반 보강전		
시험하중	38.8	최종침하량	30.11		
분석방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	29.3	2	14.7	N.0
	logP-logS curve 분석법	29.3	2	14.7	
극한하중	P-S curve 분석법	38.8	3	12.9	
	logP-logS curve 분석법	38.8	3	12.9	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	38.8	3	38.8	
분석결과	단기하중 → 장기하중	29.3	2	14.7 ton/m ²	

시험번호	PBT-2	설계하중	25.0 ton/m ²		
시험일자	2014년 12월 23일	시험위치	N0.01 지반 보강후		
시험하중	92.2	최종침하량	29.96		
분석방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	69.0	2	34.5	O.K
	logP-logS curve 분석법	69.0	2	34.5	
극한하중	P-S curve 분석법	92.2	3	30.7	
	logP-logS curve 분석법	92.2	3	30.7	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	92.2	3	30.7	
분석결과	단기하중 → 장기하중	92.2	3	30.7 ton/m ²	

2) 목포 동부시장

시험번호	PBT-3	설계하중	0.0 ton/m ²		
시험일자	2012년 3월 26일	시험위치	N0.02 지반 보강전		
시험하중	64.2	최종침하량	9.225		
분석 방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	10.7	2	5.4	N.0
	logP-logS curve 분석법	10.7	2	5.4	
극한하중	P-S curve 분석법	17.8	3	5.9	
	logP-logS curve 분석법	17.8	3	5.9	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	인지안됨	3	-	
분석결과	단기하중 → 장기하중	10.7	2	5.4 ton/m ²	

시험번호	PBT-4	설계하중	0.0 ton/m ²		
시험일자	2012년 3월 26일	시험위치	N0.02 지반 보강후		
시험하중	38.5	최종침하량	7.55		
분석 방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	23.0	2	11.5	O.K
	logP-logS curve 분석법	23.0	2	11.50	
극한하중	P-S curve 분석법	38.5	3	12.84	
	logP-logS curve 분석법	38.5	3	12.84	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	인지안됨	3	-	
분석결과	단기하중 → 장기하중	23.0	2	11.5 ton/m ²	

3) 우산동 도시형 생활주택

시험번호	PBT-1	설계하중	- ton/m ²		
시험일자	2013년 3월 26일	시험위치	X2.3 ~ Y7열 보강전		
시험하중	51.1	최종침하량	2.89		
분석방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	26.5	2	13.3	-
	logP-logS curve 분석법	26.5	2	13.3	
극한하중	P-S curve 분석법	51.1	3	17.0	
	logP-logS curve 분석법	51.1	3	17.0	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	15.0	3	5.0	
분석결과	단기하중 → 장기하중	26.5	2	13.3 ton/m ²	

시험번호	PBT-2	설계하중	- ton/m ²		
시험일자	2013년 3월 26일	시험위치	X2.3 ~ Y7열 보강후		
시험하중	76.6	최종침하량	0.395		
분석방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	-	2	-	-
	logP-logS curve 분석법	-	2	-	
극한하중	P-S curve 분석법	76.6	3	25.5	
	logP-logS curve 분석법	76.6	3	25.5	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	인지만됨	3	-	
분석결과	단기하중 → 장기하중	-	2	25.5 ton/m ²	

4) 광주 신가동 00모델

◎[표 3-1] 시험결과 요약

시험번호	PBT-1	설계하중	15.0 ton/m ²		
시험일자	2014년 11월 7일	시험위치	No.01 지반 보강전		
시험하중	14.2	최종침하량	30.00		
분석 방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	-	2	-	N.G
	logP-logS curve 분석법	-	2	-	
극한하중	P-S curve 분석법	-	3	-	
	logP-logS curve 분석법	14.2	3	4.7	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	14.2	3	4.7	
분석결과	단기하중 → 장기하중	-	2	4.7 ton/m ²	

시험번호	PBT-2	설계하중	15.0 ton/m ²		
시험일자	2014년 11월 7일	시험위치	No.01 지반 보강후		
시험하중	49.5	최종침하량	19.05		
분석 방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	-	2	-	O.K
	logP-logS curve 분석법	33.2	2	16.6	
극한하중	P-S curve 분석법	-	3	-	
	logP-logS curve 분석법	49.5	3	16.5	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	인지안됨	3	-	
분석결과	단기하중 → 장기하중	-	2	16.5 ton/m ²	

5) 군산 영재교육원

시험번호	PBT-1	설계하중	10.0 ton/m ²		
시험일자	2015년 2월 27일	시험위치	N0.01 지반 보강전		
시험하중	34.9	최종침하량	0.91		
분석방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	14.0	2	7.0	N.0
	logP-logS curve 분석법	14.0	2	7.0	
극한하중	P-S curve 분석법	34.9	3	11.6	
	logP-logS curve 분석법	34.9	3	11.6	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	34.9	3	11.6	
분석결과	단기하중 → 장기하중	14.0	2	7.0 ton/m ²	
시험번호	PBT-2	설계하중	10.0 ton/m ²		
시험일자	2015년 2월 27일	시험위치	N0.01 지반 보강후		
시험하중	51.4	최종침하량	8.5		
분석방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	-	2	-	O.K
	logP-logS curve 분석법	-	2	-	
극한하중	P-S curve 분석법	51.4	3	17.1	
	logP-logS curve 분석법	51.4	3	17.1	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	인지안됨	3	-	
분석결과	단기하중 → 장기하중	51.4	3	17.1 ton/m ²	

6) 순천 연향동

시험번호	PBT-1	설계하중	10.0 ton/m ²			
시험일자	2015년 1월 21일	시험위치	X3열,Y4열(지반보강전)			
시험하중	11.3	최종침하량	30.05			
분석방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단	
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)		
항복하중	P-S curve 분석법	인지안됨	2	-	N.G	
	S-logP curve 분석법	인지안됨	2	-		
극한하중	P-S curve 분석법	11.3	3	3.8		
	logP-logS curve 분석법	11.3	3	3.8		
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	11.3	3	3.8		
분석결과	단기하중 → 장기하중	11.3	3	3.8		
시험번호	PBT-2	설계하중	10.0 ton/m ²			
시험일자	2015년 1월 21일	시험위치	X3열,Y4열(지반보강후)			
시험하중	49.5	최종침하량	17.63			
분석방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단	
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)		
항복하중	P-S curve 분석법	인지안됨	2	-	O.K	
	S-logP curve 분석법	인지안됨	2	-		
극한하중	P-S curve 분석법	49.5	3	16.5		
	logP-logS curve 분석법	49.5	3	16.5		
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	인지안됨	3	-		
분석결과	단기하중 → 장기하중	49.5	3	16.5		

6) 공공수역 방사능 물질 분석 실험동

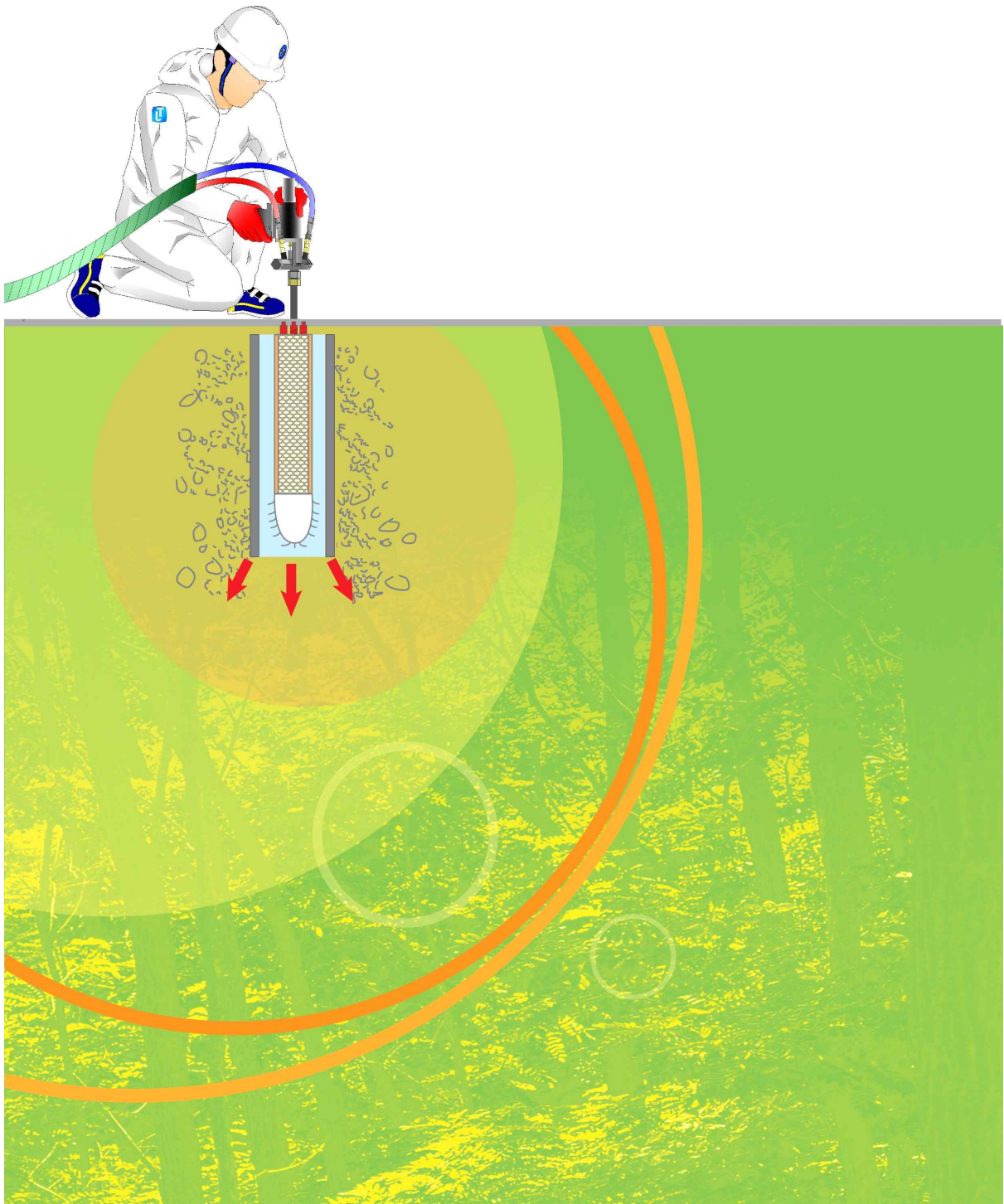
시험번호	PBT-1	설계하중	15.0 ton/m ²		
시험일자	2014년 9월 23일	시험위치	시공 전		
시험하중	63.7	최중침하량	5.70		
분석 방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	인지안됨	2	-	N.G
	S-logP curve 분석법	29.0	2	14.5	
극한하중	P-S curve 분석법	인지안됨	3	-	
	logP-logS curve 분석법	인지안됨	3	-	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	인지안됨	3	-	
분석결과	단기하중 → 장기하중	인지안됨	3	14.5 ton/m ²	
시험번호	PBT-2	설계하중	15.0 ton/m ²		
시험일자	2014년 9월 23일	시험위치	시공 후		
시험하중	63.7	최중침하량	2.79		
분석 방법		대응하중	안전율	허용지지력	판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)	
항복하중	P-S curve 분석법	인지안됨	2	-	O.K
	S-logP curve 분석법	인지안됨	2	-	
극한하중	P-S curve 분석법	63.7	3	21.2	
	logP-logS curve 분석법	인지안됨	3	-	
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	인지안됨	3	-	
분석결과	단기하중 → 장기하중	63.7	3	21.2 ton/m ²	

7) 광주 주월동

시험번호	PBT-1	설계하중	7.0 ton/m ²			
시험일자	2014년 9월 1일	시험위치	보강전			
시험하중	25.5	최종침하량	25.82			
분석 방법		대응하중	안전율	허용지지력		판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)		
항복하중	P-S curve 분석법	인지만됨	2	-		N.G
	S-logP curve 분석법	11	2	5.5		
극한하중	P-S curve 분석법	25.5	3	8.5		
	logP-logS curve 분석법	인지만됨	3	-		
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	인지만됨	3	-		
분석결과	단기하중 → 장기하중	25.5	3	5.5	ton/m ²	
시험번호	PBT-2	설계하중	7.0 ton/m ²			
시험일자	2014년 9월 14일	시험위치	보강후			
시험하중	45.3	최종침하량	4.60			
분석 방법		대응하중	안전율	허용지지력		판단
		(ton/m ²)	(SF)	(ton/m ²)		
항복하중	P-S curve 분석법	인지만됨	2	-		O.K
	S-logP curve 분석법	인지만됨	2	-		
극한하중	P-S curve 분석법	45.3	3	15.1		
	logP-logS curve 분석법	인지만됨	3	-		
침하량분석	3.0cm 일때의 하중	인지만됨	3	-		
분석결과	단기하중 → 장기하중	45.3	3	15.1	ton/m ²	

VI. 연약지반 보강 및 복원공사 시공사례

1. 다가구 주택 연약지반 기초보강 공사





공사내용	전경사진
------	------



공사내용	주입관 (PVC스リーブ $\Phi 25$)
------	--------------------------



공사내용	토사천공
------	------



공사내용	주입관(Φ16) 설치완료
------	---------------



공사 내용	주 입
-------	-----



공사 내용	골조 완료
-------	-------

2. 주택 지하 구조물 지반보강 및 복원공사



공사 내용

개인주택전경사진



공사 내용

개인주택전경사진



공사 내용	시공 전
-------	------



공사 내용	시공 전
-------	------



공사 내용	침하구조물 복원공사 중
-------	--------------



공사 내용	침하구조물 복원공사 중
-------	--------------



공사 내용

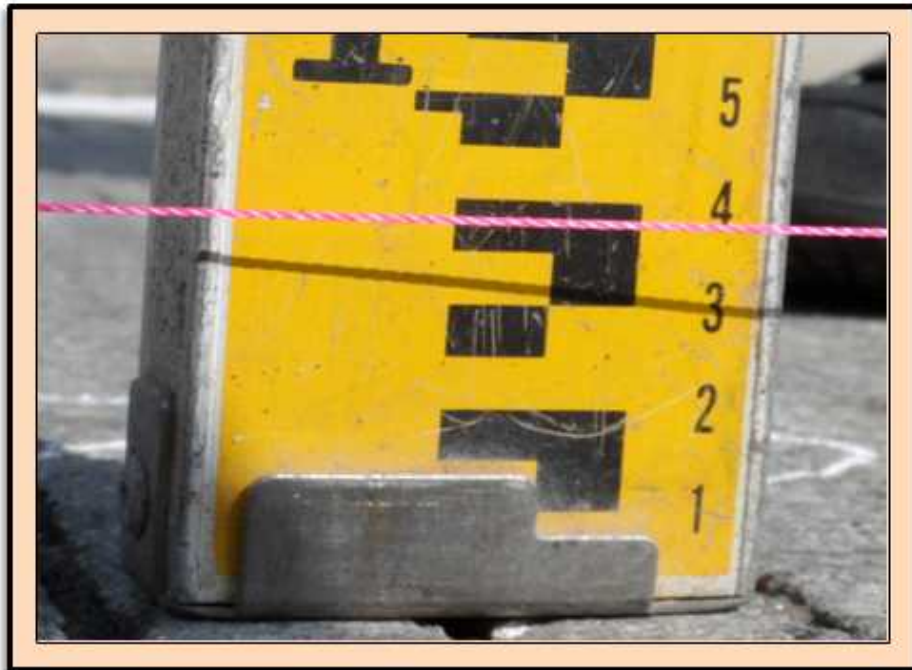
침하구조물 복원공사 완료



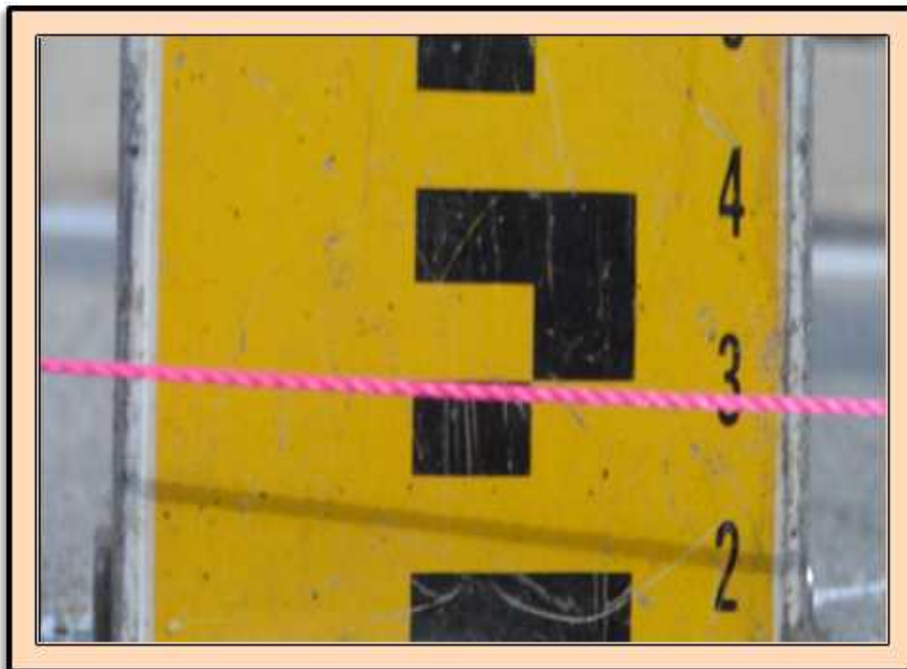
공사 내용

침하구조물 복원공사 완료

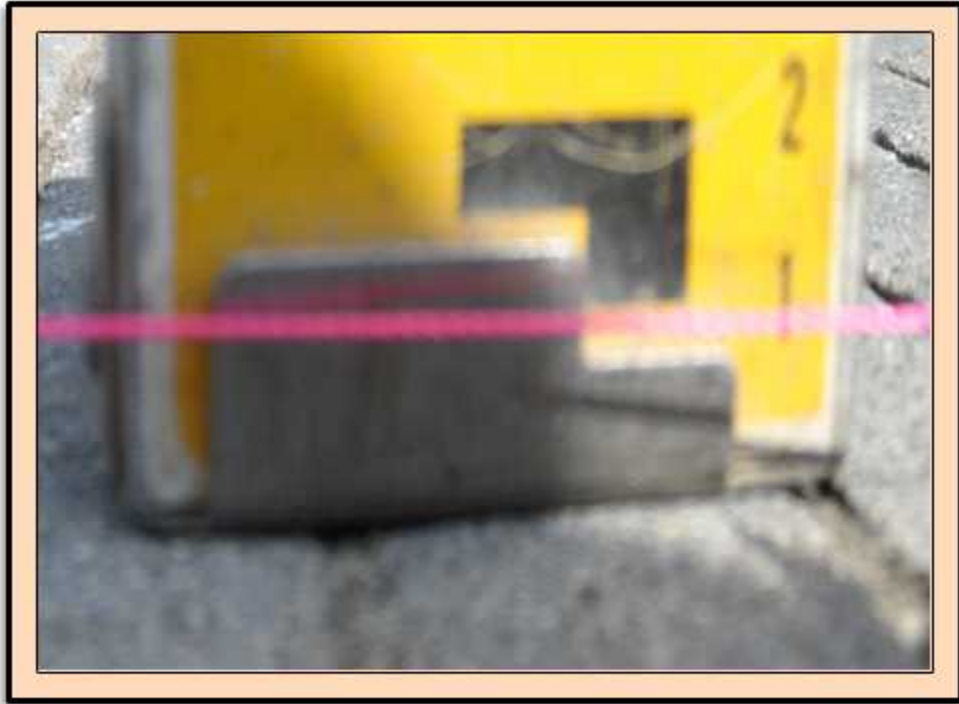
3. 고속도로 복원공사(서천-공주간 서천방향 55.8k구간)



공사내용	도로처짐(40mm)
------	------------



공사내용	도로처짐(30mm)
------	------------



공사내용	도로처짐(10mm)
------	------------



공사내용	주입구 위치표시
------	----------



공사내용	천공작업(Φ25)
------	-----------



공사내용	주입관 설치(동파이프 Φ16)
------	------------------



공사 내용	주입
-------	----



공사 내용	주입시 수평 변위측정
-------	-------------



공사 내용	40mm 처짐 구간 1차 주입후 33mm(7mm복원)
-------	----------------------------------



공사 내용	40mm 처짐 구간 2차 주입후 15mm(25mm복원)
-------	-----------------------------------



공사내용	40mm 처짐 구간 3차 주입후 10mm(30mm복원)
------	-----------------------------------



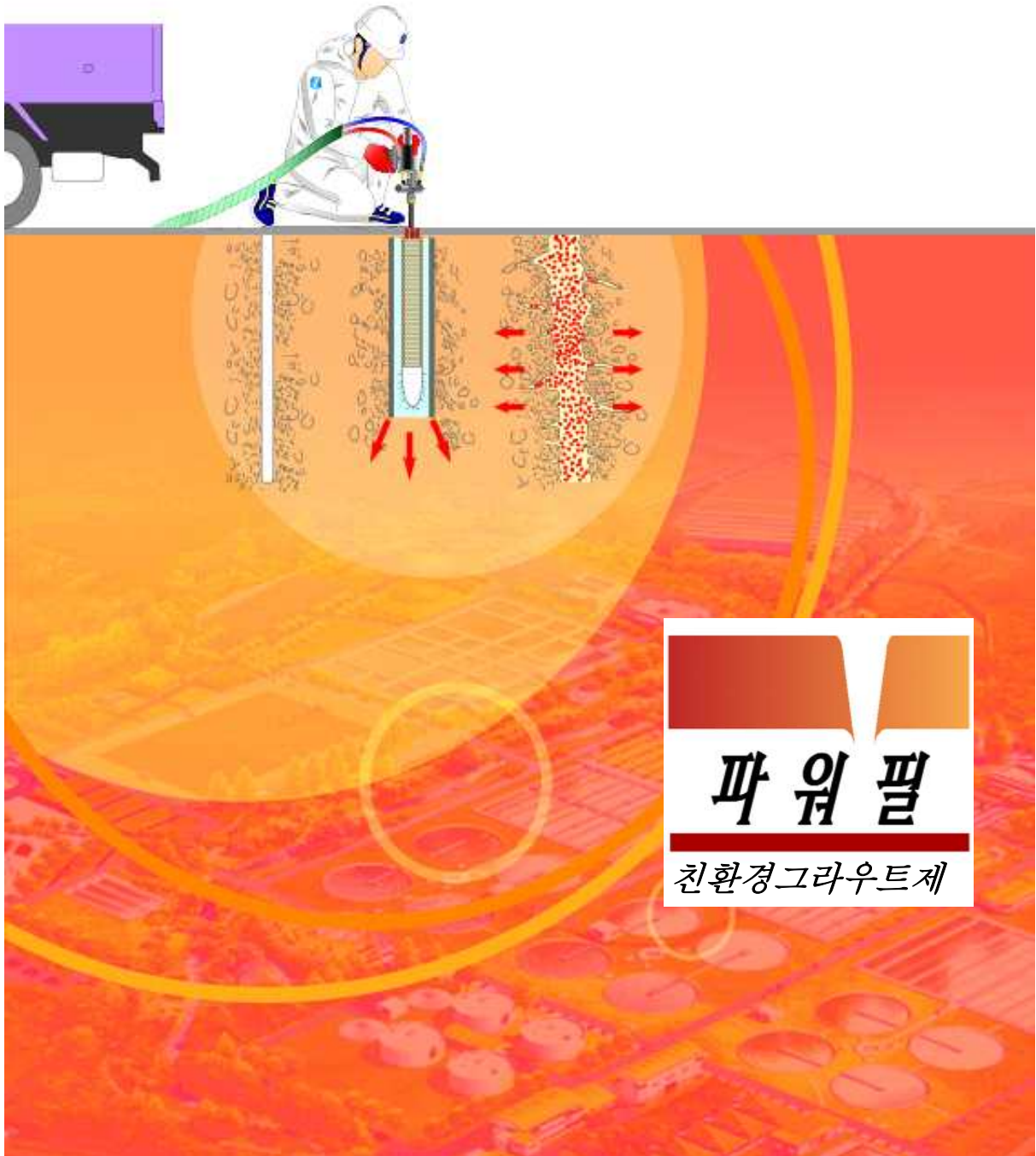
공사내용	40mm 처짐 구간 4차 주입후 5mm(35mm복원)
------	----------------------------------

VII. 파워필 공법

특허 제10-0966382 호

연약지반 보강 및 복원

차수공법



파워 필

친환경그라우트제

파 위 필 공법

□ 파워필 공법 개요

파워필 공법은 **고밀도 폴리우레탄**의 팽창 압력을 이용하여 연약지반의 각 층 콘크리트 구조물의 불안정한 기초지반을 위해 **지반보강, 침하 구조물 복원, 지하외벽 차수공사** 등에 적용되며, 물, 해수, 오일, 동결 등에 대한 물리적, 화학적 저항성이 매우 좋고 내구성이 탁월한 **친환경 공법**이다.

파워필 공법의 물질은 순간 팽창압에 의해 지반보강 및 복원, 차수등 **작업시간이 매우 짧고 신속**하여 열악한 환경에서도 타 공법 보다 매우 유리하다.

파워필 공법의 주입 물질은 흙 속에 존재하는 물과 공극을 밀어내고 채워지면서 주변의 흙이 압밀해지면서 동시에 **지지력 및 전단강도를 증강**시킨다.

파워필 공법의 물질은 물과 반응하지 않으므로 깊은(얕은) 기초의 전석층 또는 사석층대의 투수층을 특수 주입 장비를 이용 **순간 차수**하여 **불투수층의 시공**이 가능하다.

□ 파워필 공법의 물리적 특징

- 고밀도 폴리우레탄 레진폼
- 물질의 단위중량은 60~70kg/m³
- 지지력 증강(대상 물질의 특성에 따라 지지력 조절가능)
- 팽창은 주입 물질량의 20~30배 이상까지 가능하며 팽창압력은 80~100Ton/m² 이상 작용한다.
- 지반강화 및 복원 시 압축강도는 물질의 밀도와 관계되며 밀도

조절이 가능하다. (12 ~ 19 Mpa)

- 전단강도는 물질의 밀도와 상재하중에 따라 다르게 나타나며 연약지반인 경우 주입 전 후 최소 30배 이상 증가한다.
- 파워필 물질의 저항성은 물, 해수, 석유, 오일, 가솔린에 뛰어나며 메탄올, 아세톤에는 약하다.
- 발포된 재료의 투수계수는 $10E^{-8}$ cm/sec 이내이다.

□ 파워필 공법의 주요장점

- 타 공법과는 비교되지 않을 정도로 작업이 신속하다.
- 작업환경이 매우 깨끗하다.
- 칸막이벽, 설비, 장비, 내부시설 및 배관설비 등에 의한 하중물을 자체이동 없이 보강 및 복원이 가능하다.
- 지속적인 레이저 계측 관리로 정교한 시공.
- 공장 조업 단축이나 생산 활동에 지장 없이 작업이 가능하다.
- 지지력 또는 흙의 전단강도는 토질 및 상재하중에 따라 최소 100% 이상 증강이 가능하다.
- 주택의 경우 주거자의 집을 비울 필요가 없다.
- 요구에 따라서 원하는 대로 높이 조절가능
- 주입된 파워필 물질은 주입대상 지반 자체의 무게를 증가시키지 않는다. (파워필 물질의 밀도는 $60\sim 70\text{kg/m}^3$)

□ 파워필 공법 적용사례

- 파워필 공법은 현재 침하중이거나 침하된 바닥(슬래브), 공항 도로, 빌딩, 댐등 지반보강 및 복원, 차수를 전문으로 하는 공법이다.
- 1. FLOORS
- 2. ROADS
- 3. BUILDINGS

□ 파워필 공법의 시공 개요

1. 바닥 (슬래브)

- 바닥 또는 땅 속에 드릴 직경 25mm 천공



- 파워필 물질 주입, 지반강화, 복원



● 바닥 지반강화 및 복원 중

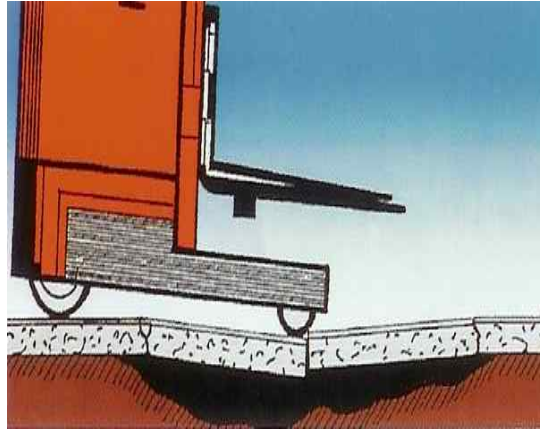


● 복원 후 - 물질 주입 후 30분 이내 모든 업무완료 정상가동
및 도로 소통 가능

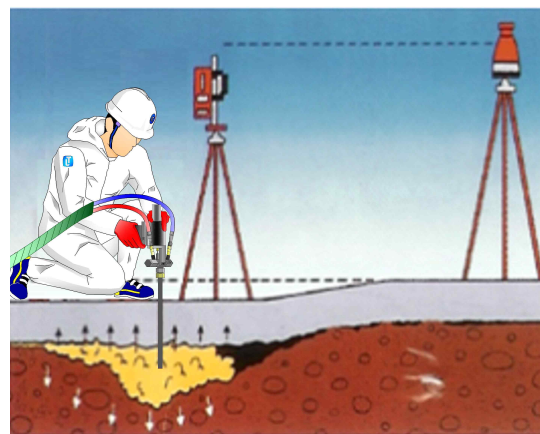


2. 도로

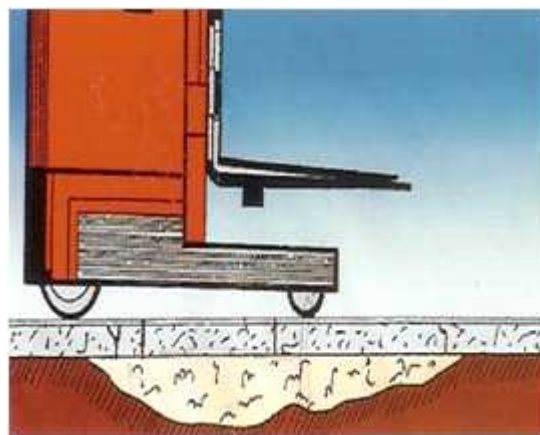
● 침하된 도로



● 파워필 물질 주입 및 레이저 계측

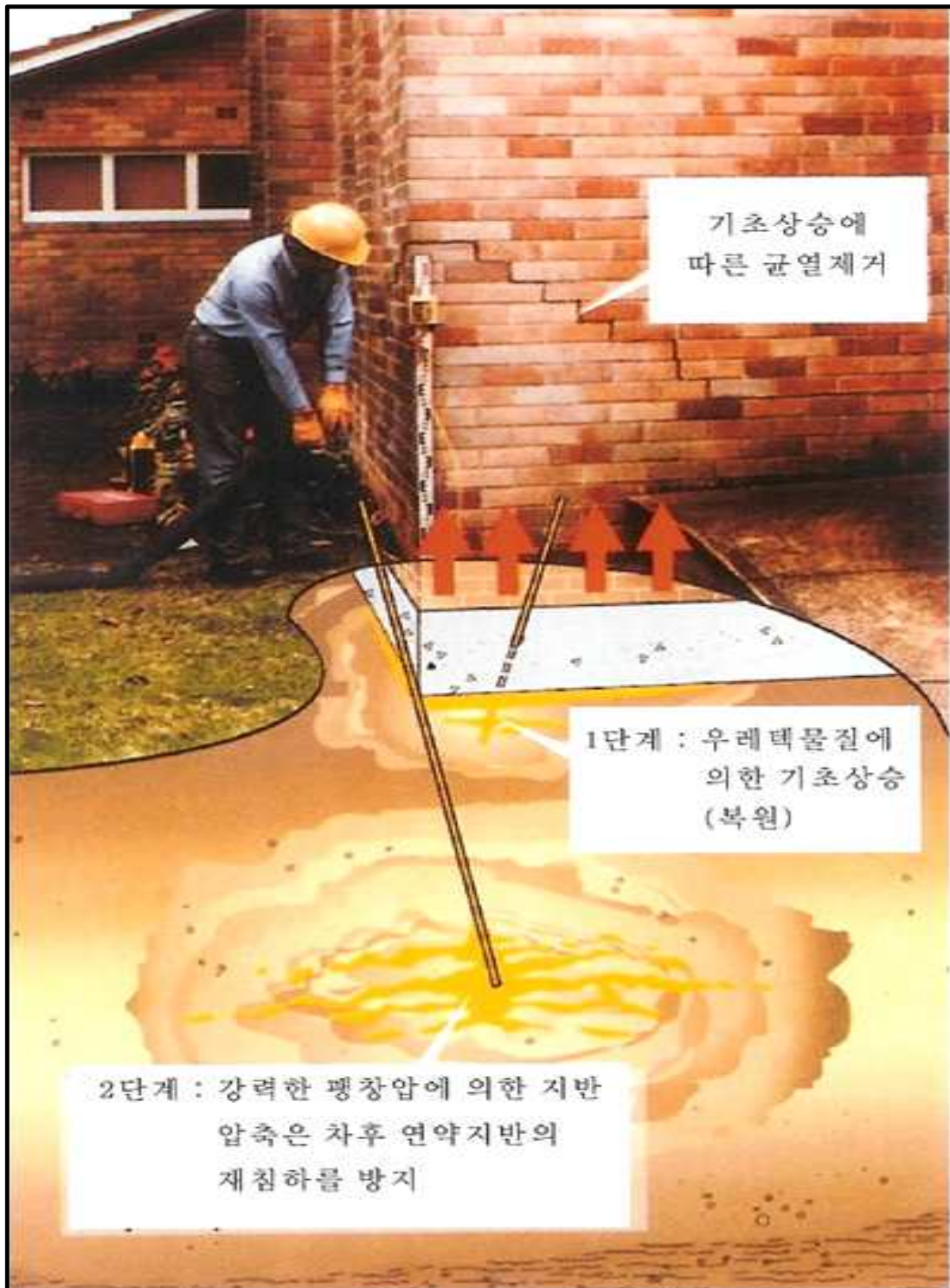


● 복원 후



3. 주 택

● 지반보강 및 복원



● 기초 지반보강



□ 파워필 공법의 적용 범위

■ 토목분야

방조제, 제방, 댐, 운하제방, 토사제방, 고속도로, 공항, 항만, 철도, 교량, 하수도 박스, 농수로등

■ 상업, 주택분야

주택, 빌딩, 상가, 오피스텔, 공동주택 다중시설, 병원, 주차장등

■ 산업분야

공장, 석유화학 플랜트, 대형탱크, 사일로, 조선소등

■ 문화재 분야

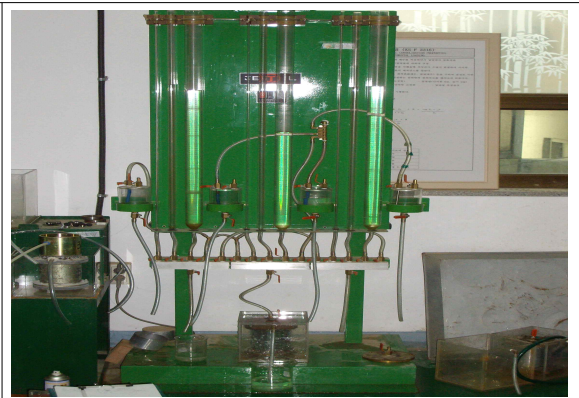
고건축, 근대건축, 사찰, 성당, 교회, 산성, 탑, 토성, 기초석, 근대문화재, 유적지등

VIII. 파워필 물질 재료시험

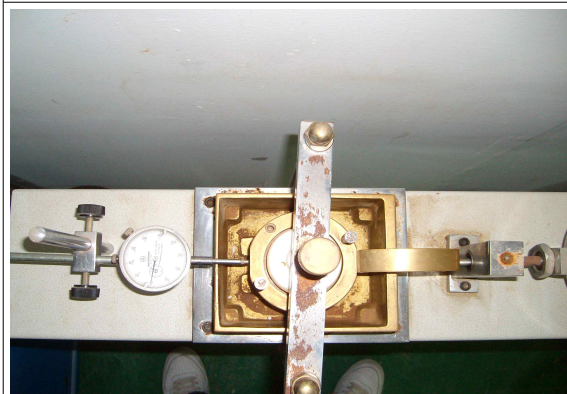
1. 역학적 재료시험



압축강도시험



투수계수시험




전단강도시험



부착강도시험

1) 압축강도 시험



한국디엠시험연구원
Korea Dem-gong Material Test Institution


품질검사 전문기관 (제2011-13호)

시험·검사 성적서

접수 번호 : KDMI14-5507 시 료 명 : 파워밀 재 취 장 소 : 전남 완도군 완도읍 가흥리 재 취 자 : 동진엔지니어링 입 회 자 : - 공 사 명 : - 의뢰 자 : 노 의 철 국 가 중 요 시 설 : 해당사항없음	접 수 일 : 2014. 09. 04 재 취 일 : 2014. 09. 04 시험(검사)개시일 : 2014. 09. 04 시험(검사)종료일 : 2014. 09. 11 발 주 자 : - 시 공 자 : - 성 과 이 용 목 적 : 관리시험 쪽 번 호 : 1 / 1
---	---


귀하가 2014. 09. 04 일자로 의뢰하신 시료에 대한 품질시험(검사) 결과를 다음과 같이 회신하오니 참고하시기 바랍니다.

연번	시험(검사)종목		시험(검사)방법	단위	시험(검사)결과	책임기술자		
						자격종목 및 자격증 번호	성명	서명
1	압축강도	No.1	KS F 2405 (의뢰자 제시)	Mpa	13.0	토목품질 시험기술사 05176060005Q	김 동 오	
		No.2			12.3			
		No.3			12.5			

시험담당자: 윤 정 현 서명: 

2014년 09월 11일


한국 디 엠 시험 연구 원



유의사항 : 1. 위 내용은 의뢰자가 제공한 시료의 시험결과이며, 선전·소송 및 기타 법적 요건으로 사용할 수 없습니다.
 2. 책임기술자의 성명과 서명이 없는 경우에는 성과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

우 500-043 광주광역시 북구 삼각동 585-18번지 TEL. 062-576-0231 FAX. 062-576-0230


2) 전단강도 시험



한국디엠시험연구원
Korea Direct-acting Material Test Investigation 품질검사 전문기관 (제2011-13호)

시험·검사 성적서


접수번호 : KDMI14-5506 시료명 : 파워필 채취장소 : 전남 완도군 완도읍 가용리 채취자 : 통진엔지니어링 입회자 : - 공사명 : - 의뢰자 : 노의철 국가중요시설 : 해당사항없음	접수일 : 2014. 09. 04 채취일 : 2014. 09. 04 시험(검사)개시일 : 2014. 09. 04 시험(검사)종료일 : 2014. 09. 11 발주자 : - 시공자 : - 성과이용목적 : 관리시험 쪽번호 : 1 / 1
---	--

귀하가 2014. 09. 04 일자로 의뢰하신 시료에 대한 품질시험(검사) 결과를 다음과 같이 회신하오니 참고하시기 바랍니다.

연번	시험(검사)종목		시험(검사)방법	단위	시험(검사)결과	책임기술자		
						자격종목 및 자격증번호	성명	서명
1	직접전단시험	No.1	점착력	kN/m ²	125.6	토목품질 시험기술사 05176060005Q	김등오	
			내부마찰각	°	57.3			
		No.2	점착력	kN/m ²	120.2			
			내부마찰각	°	58.1			
		No.3	점착력	kN/m ²	123.6			
			내부마찰각	°	57.8			

시험담당자: 공 일 철 서명: 


2014년 09월 11일

한국디엠시험연구원


유의사항 : 1. 위 내용은 의뢰자가 제공한 시료의 시험결과이며, 선전·소송 및 기타 법적 요건으로 사용될 수 없습니다.
 2. 책임기술자의 성명표 서명이 없는 경우에는 성과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

우 500-043 광주광역시 북구 삼각동 585-18번지 TEL. 062-576-0231 FAX. 062-576-0230


3) 부착강도 시험



한국디엠시험연구원
Korea Deep-gang, Material test Investigation 품질검사 전문기관 (제2011-13호)

시험·검사 성적서


접수 번호 : KDMI14-5498 시 료 명 : 파워필 채 취 장 소 : 전남 완도군 완도읍 가용리 채 취 자 : 통천엔지니어링 입 회 자 : - 공 사 명 : - 의뢰 자 : 노 의 철 재 가 중 요 시 설 : 해당사항없음	접수 일 : 2014. 09. 04 채 취 일 : 2014. 09. 04 시험(검사)개시일 : 2014. 09. 04 시험(검사)종료일 : 2014. 09. 11 발 주 자 : - 시 공 자 : - 성 과 이 용 목 적 : 관리시험 쪽 번 호 : 1 / 1
---	--

귀하가 2014. 09. 04 일자로 의뢰하신 시료에 대한 품질시험(검사) 성과를 다음과 같이 회신하오니 참고하시기 바랍니다.

연번	시험(검사)종목	시험(검사)방법	단위	시험(검사)결과	책임기술자		
					자격종목 및 자격증 번호	성명	서명
1	부착강도	의뢰자 제시	kgf/cm ²	5.9	토목품질 시험기술사 05176060005Q	김 동 오	
				5.6			
				5.7			

시험담당자: 윤 정 현 서명: 

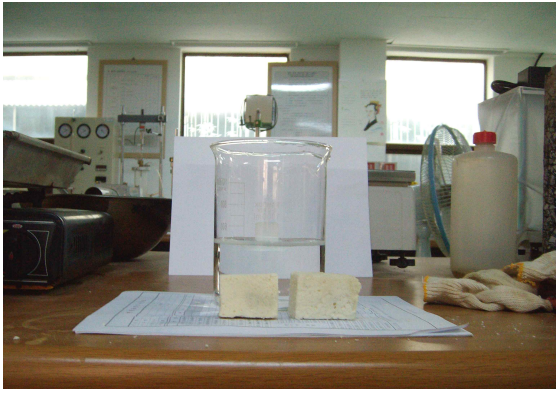




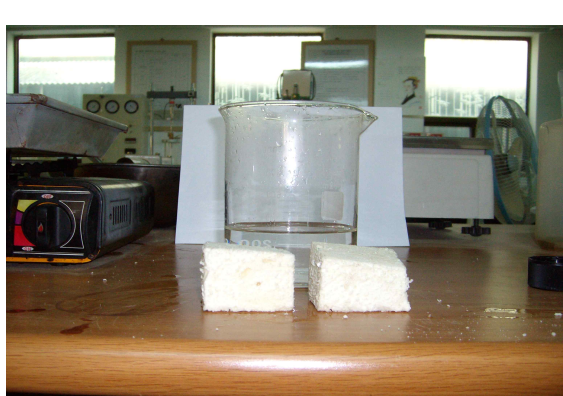
2014년 09월 11일



유의사항 : 1. 위 내용은 의뢰자가 제공한 시료의 시험결과이며, 선전·소송 및 기타 법적 요건으로 사용할 수 없습니다.
 2. 책임기술자의 성명 및 서명이 없는 경우에는 성과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

우 500-043 광주광역시 북구 삼각동 585-18번지 TEL. 062-576-0231 FAX. 062-576-0230

2. 화학적 안정성 시험

	
<p>수산화나트륨시료상태(변위없음)</p>	<p>해수시료상태(변위없음)</p>
	
<p>아세톤시료상태(변위있음)</p>	<p>염화나트륨시료상태(변위없음)</p>
	
<p>질산시료상태(변위없음)</p>	<p>황산시료상태(변위없음)</p>

1) 내약품성 시험



재료시험연구원

품질검사 전문기관(2008-15호)

시험·검사 성적서

접수 번호 : 09A0916-01 의뢰자 : 노의철 재취자 : 동진엔지니어링(주) 공무장 박선 임의자 : - 시험명 : 파워필 (내약품성) 주소 : 광주광역시 북구 일곡동 894-5	접수일 : 2009. 09. 16 시험(검사)개시일 : 2009. 09. 17 시험(검사)종료일 : 2009. 09. 23 성적서발급일 : 2009. 09. 24 재취일 : 2009. 09. 16 쪽번호 : 4 / 4
--	--

귀하가 2009. 09. 16 일자로 의뢰하신 시험에 대한 품질시험(검사) 결과를 다음과 같이 회신하오니 참고하시기 바랍니다.

시험(검사)종목	시험(검사)방법	단위	시험(검사)결과	책임기술자	
				성명	서명
내약품성 검사	아세톤	-	변위 있음	조성호	<i>조성호</i>
	질산	-	변위 없음	조성호	<i>조성호</i>
	해수(염해)	-	변위 없음	조성호	<i>조성호</i>
	수산화나트륨	-	변위 없음	조성호	<i>조성호</i>
	황산	-	변위 없음	조성호	<i>조성호</i>
	염화나트륨	-	변위 없음	조성호	<i>조성호</i>

*공사명 : -
 발주자 : -
 시공자 : -
 재취장소 : 북구 일곡동 894-5번지
 생산자 : -
 성과이용목적 : 품질시험

2009년 09월 24일


재료시험연구원 대표이사 손병영 (인)



유의사항 : 1. 위 내용은 의뢰자가 제공한 시험의 시험결과이며, 선전·소송 및 기타 법적 요건으로 사용할 수 없습니다.
 2. 책임기술자의 성명과 서명이 없는 경우에는 결과에 대한 보증을 할 수 없습니다.

우 500-043 광주광역시 북구 상곡동 585-16번지 TEL. 062-576-0231 FAX. 062-576-0230

2) 토양오염 공정시험



한국화학시험연구원
150-038 서울특별시 영등포구 영등로동 871 88-2
Tel : 02-2684-0011 Fax : 02-2634-0016

KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE

시험성적서

우 415-871 경기도 김포시 월곶면 고막리 7-6

설적서번호 : TAH-005809

대표자 : 노의철, 나현애

업체명 : 동진엔지니어링(주)

주소 : 광주 북구 일곡동 894-5

TEL (031)999-3000 FAX (031)999-3001

접수 일자 : 2009년 09월 09일

시험완료일자 : 2009년 09월 25일

시료명 : 토양혼합물 (파워밀+황토+모래)

시험결과

시험항목	단위	시료구분	결과치	시험방법
Cd	ng/kg		0.018	토양오염공정시험기준:2008
Cu	ng/kg		0.731	토양오염공정시험기준:2008
As	ng/kg		0.392	토양오염공정시험기준:2008
Hg	ng/kg		0.0109	토양오염공정시험기준:2008
Pb	ng/kg		0.80	토양오염공정시험기준:2008
Cr(VI)	ng/kg		검출안됨	토양오염공정시험기준:2008
Zn	ng/kg		18.4	토양오염공정시험기준:2008
Ni	ng/kg		6.15	토양오염공정시험기준:2008
F ⁻	ng/kg		68	토양오염공정시험기준:2008
유기인	ng/kg		검출안됨	토양오염공정시험기준:2008
PCBs	ng/kg		검출안됨	토양오염공정시험기준:2008
CN ⁻	ng/kg		검출안됨	토양오염공정시험기준:2008
페놀(페놀,PCP)	ng/kg		검출안됨	토양오염공정시험기준:2008
유류(벤젠,톨루엔,에틸벤젠,자일렌)	ng/kg		검출안됨	토양오염공정시험기준:2008
유류(총석유계탄화수소,TPH)	ng/kg		검출안됨	토양오염공정시험기준:2008
트리클로로에틸렌	ng/kg		검출안됨	토양오염공정시험기준:2008
테트라클로로에틸렌	ng/kg		검출안됨	토양오염공정시험기준:2008

* 관련기준 : 토양환경보전법 시행규칙 [별표3및7] 토양오염우려기준 및 대책기준

용도 : 품질관리용

- 다음 페이지 -

Byung-Soo Kang


시험관 : 강병수
Tel : 031-999-3154

Sang-Oh Han

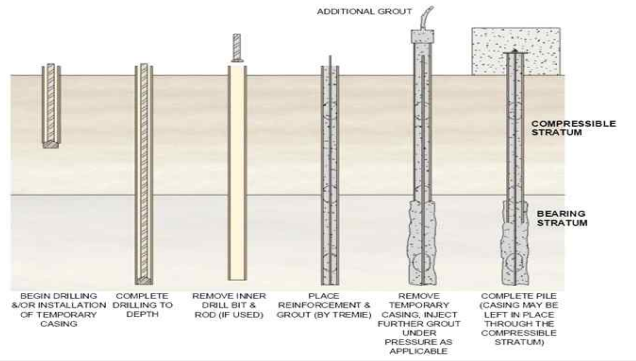
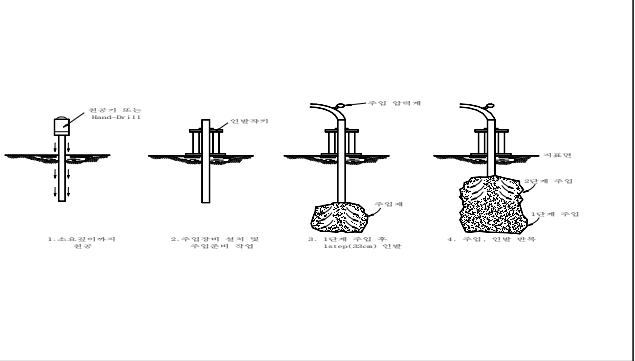
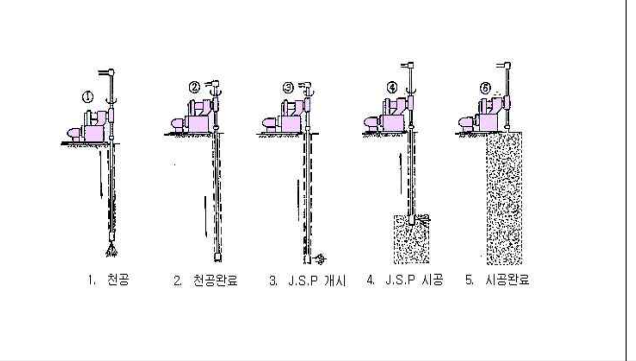
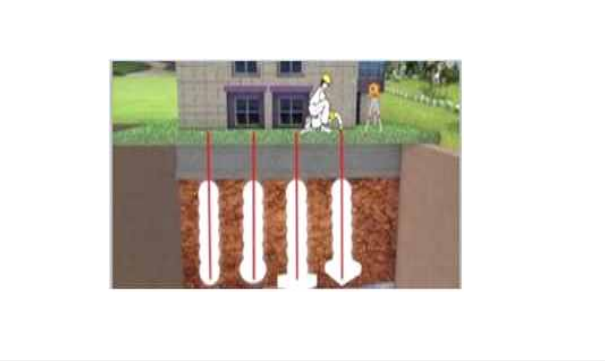
기술책임자 : 한상오
E-mail : soh566@ktr.or.kr

2009년 09월 25일

한국화학시험연구원장



연약지반보강및복원.차수공법비교표

구분		M.P.G 공법 (Micro Pile Grouting)	C.G.S 공법 (Compaction Grouting System)	J.S.P 공법 (Jumbo Special Pattern)	고밀도 폴리우레탄 주입공법 (Power Fill)
공법개요		기존건물의 기초보강, 굴착장비의 불가능한 협소한 지역 시공시, 연약지반, 사면의 보강 등에 적합한 공법.	저유동성의 몰탈을 지반내에 비배출형으로 압밀 충전하여 지내력확보 및 파일형태의 구조를 형성.	천공 Hole 내에서 상향인발과 동시에 고압수, 주입재, Airjet를 분사하면서 지반절삭 배출 후 주입재를 충전하여 원주상고결체 형성. 절삭배출치환공법.	고밀도 순간 팽창성을 가진 파워필 물질의 특성을 이용하여 기초바닥 하부에 물질을 분사하여 흡입자 사이의 간극을 채움과 동시에 순간 팽창고결시켜 지내력과 전단강도를 동시에 증가되는 치환공법.
공법개요도					
공법특징	주입재료	물 + 시멘트 + 혼화제 + 강관 PILE	시멘트 + 세립토 + 석분 + 물	Cement Paste	고밀도 폴리우레탄
	압축강도	31MPa이상~	8 ~ 15MPa	원지반 metrix에 따라 0.5~8MPa	12 ~ 20MPa
	조성범위	Ø0.15m~0.25m	Ø0.4m ~ 1.0m	Ø0.6m ~ 1.0m	Ø0.8m ~ 1.5m
	지중응력상태	ko → kp	ko → kp (비배출 압밀주입)	ko → ka	ko → ka (고밀도 압밀주입)
	적용지반	연약지반, 풍화대지반, 토사층, 사석층	연약지반, 토사층(N<40), 사석층	점성토, 사질토, 자갈층	모든 토질, 소성지수 45%이하 점토성 지반 가능
	기타	건축물 또는 구조물 분야에 모두 적용	주로 가설구조물 침하방지, 축방유동, 지반개량에 적용	주로 신설구조물 또는 차수목적 적용	가설구조물, 연약지반보강, 복원, 차수등에 적용
장단점	장점	<ul style="list-style-type: none"> ① 연속 나선형 Steel Bar로써 용접하지 않고 현장에서 Coupler연결을 실시(소요되는 어떤 길이도 시공가능) ② 마찰형 말뚝이므로 연약층이 깊은 지반에서 유리함 ③ 부식에 대한 저항성 우수(시멘트 그라우팅 보호막 형성) ④ 고압 Post Grouting 실시가능(확실한 주면 마찰력 확보) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 현장 주변에서 주입재료인 세립토 구득이 용이. ② 주입압력 범위는 최대 49kg/cm² 이내에서 적용. ③ 주입장비가 소.중형으로 이동설치 용이. ④ 시공실적이 많음. ⑤ 슬라임 배출이 없어 환경오염 없음. 	<ul style="list-style-type: none"> ① 중첩 시공시 차수효과가 매우 큼. ② 신설구조물 기초저면 지반개량에 효과적. ③ 시공실적이 많다. 	<ul style="list-style-type: none"> ① 깊은 기초 불안정 지반보강 및 차수가 가능. ② 해수, 동해 용결에 매우 뛰어남. ③ 유속이 빠른 방조제, 제방등의 사석층, 자갈, 전석층 순간차수. ④ 주입물질의 경량으로 진동 흡수및내진보강 양호. ⑤ 무소음, 무진동 mm단위의 정밀시공. ⑥ 경화시간이 빨라 10분이면 작업완료. ⑦ 장소에 구애받지 않음(접근성 양호). ⑧ 투수계수 F10*10-8cm/sec이상(불투수성) ⑨ 친환경적 공법(토양오염공정시험기준2008에 만족).
	단점	<ul style="list-style-type: none"> ① 설계과정은 체계적으로 정립된 상태가 아님 ② 재료의 낭비 발생 ③ 선단지지력은 무시하고 암반에 관입된 주변 마찰력에 의해 지지되는 것으로 가정 	<ul style="list-style-type: none"> ① 세립토 재료에 의한 해수침식 및 내해성 부족. ② 수동 인발장치에 의한 품질관리 저하 ③ 1.0m마다 주입관이 분리되므로 주입압력 상쇄로 인한 개량체의 균일성 저하(작기 인발에 의한 인력으로 주입관 분리) ④ 건축구조물 지반 보강시 장소 구애받음. 	<ul style="list-style-type: none"> ① 슬라임 배출량(75~95%)이 많아 산업폐기물 처리비 부담. ② 작용 하중이 큰 신설 구조물 하부 적용시 침하 또는 부상문제 발생. ③ 유속이 빠른 사석층, 자갈, 전석층 주입은 불가능. ④ 건축구조물 지반 보강시 장소 구애받음. 	<ul style="list-style-type: none"> ① 해외기술 개량공법. ② 무기질계 공법에 비해 공법적용에 따라 다소 고가
경제성		<ul style="list-style-type: none"> ① 천공비 : 지층에 따라 선정 ② 주입비 : Ø800 기준(주입량) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 천공비 : 지층에 따라 선정 ② 주입비 : Ø800 기준(주입량) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 천공비 : 지층에 따라 선정 ② 주입비 : Ø800 기준(주입량) 	<ul style="list-style-type: none"> ① 천공비 : 지층에 따라 선정. ② 주입비 : Ø1,200~Ø1,500기준(주입량)



통진엔지니어링(주)

TONGJINENG CO., LTD

시설물 유지관리업, 토공사업

광주광역시 북구 일곡택지로 53번길 32-3
전화 : 062) 571-3001~2 [http:// www.tongjin96.co.kr](http://www.tongjin96.co.kr)