

토공사 및 기초공사

건축시공 및 건설관리 입문 Introduction to Building Construction Engineering & Management

Moonseo Park

Professor, PhD

39동 433

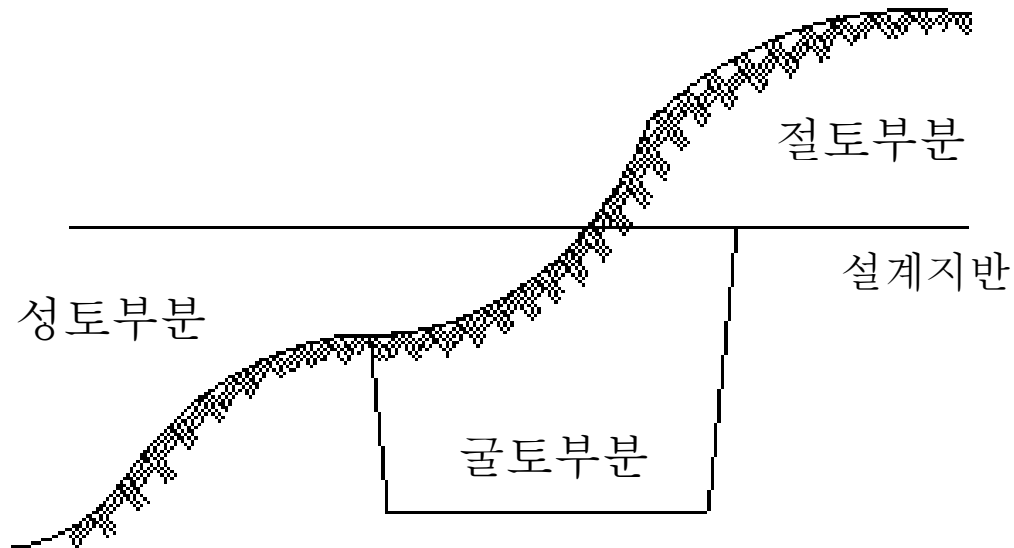
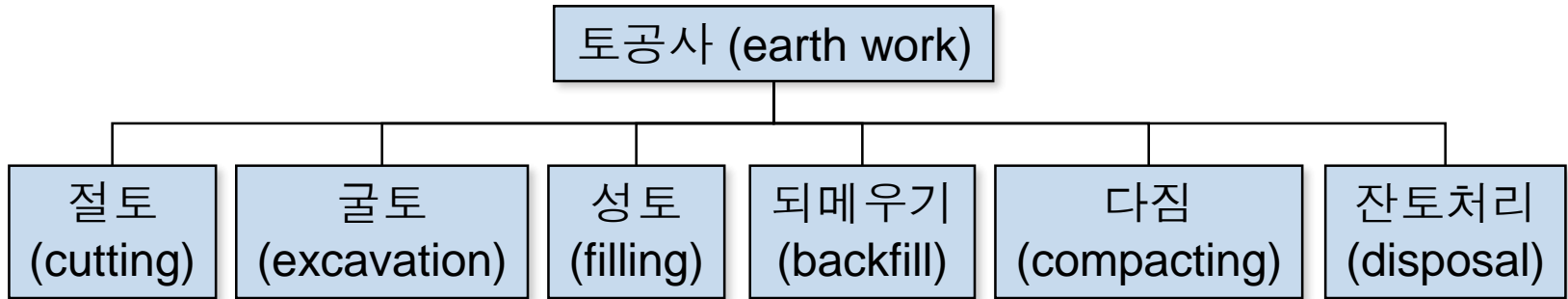
Phone 880-5848, Fax 871-5518

E-mail: mspark@snu.ac.kr

Department of Architecture &
Architectural Engineering
College of Engineering
Seoul National University



토공사의 분류



지반조사

지반조사의 목적

토공사: 흙막이 공법 선정

기초공사: 지내력 산정

지반조사의 내용

물리적 성질: 단위체적중량, 함수비, 액성한계, 소성한계 등

역학적 성질: 점착력, 내부마찰각, 압축지수, 압밀계수

지반조사의 종류

BORING

흙을 원통의 드릴로 뚫어 직접채취 -> 분석

표준관입시험

사질지반의 상대밀도를 추정하기 위한 시험 -> 표준 샘플러를 63.5kg의 해머로 76cm의 높이에서 낙하시켜 30cm 관입하는데 필요한 타격횟수로 측정

베인 테스트

점토의 점착력 판별시험

토질 시험

흙의 물리적, 역학적 성질을 조사하기 위한 실험
--> 토립자의 비중시험, 흙의 함수량시험, 입도시험, 액성한계시험, 소성한계시험, 투수시험, 압밀시험, 1축압축시험, 3축압축시험, 전단시험, 다지기시험 등

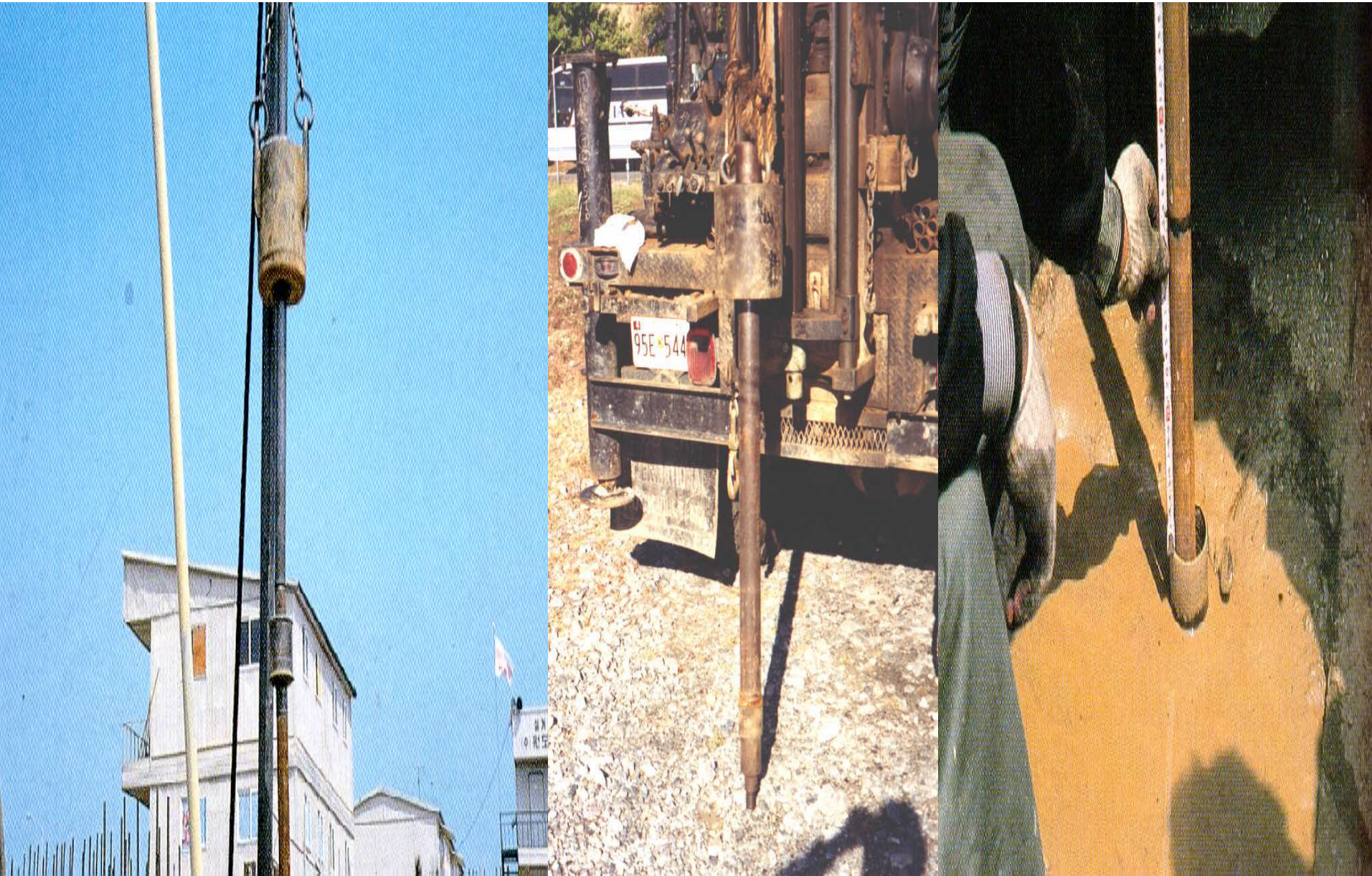
지내력 시험

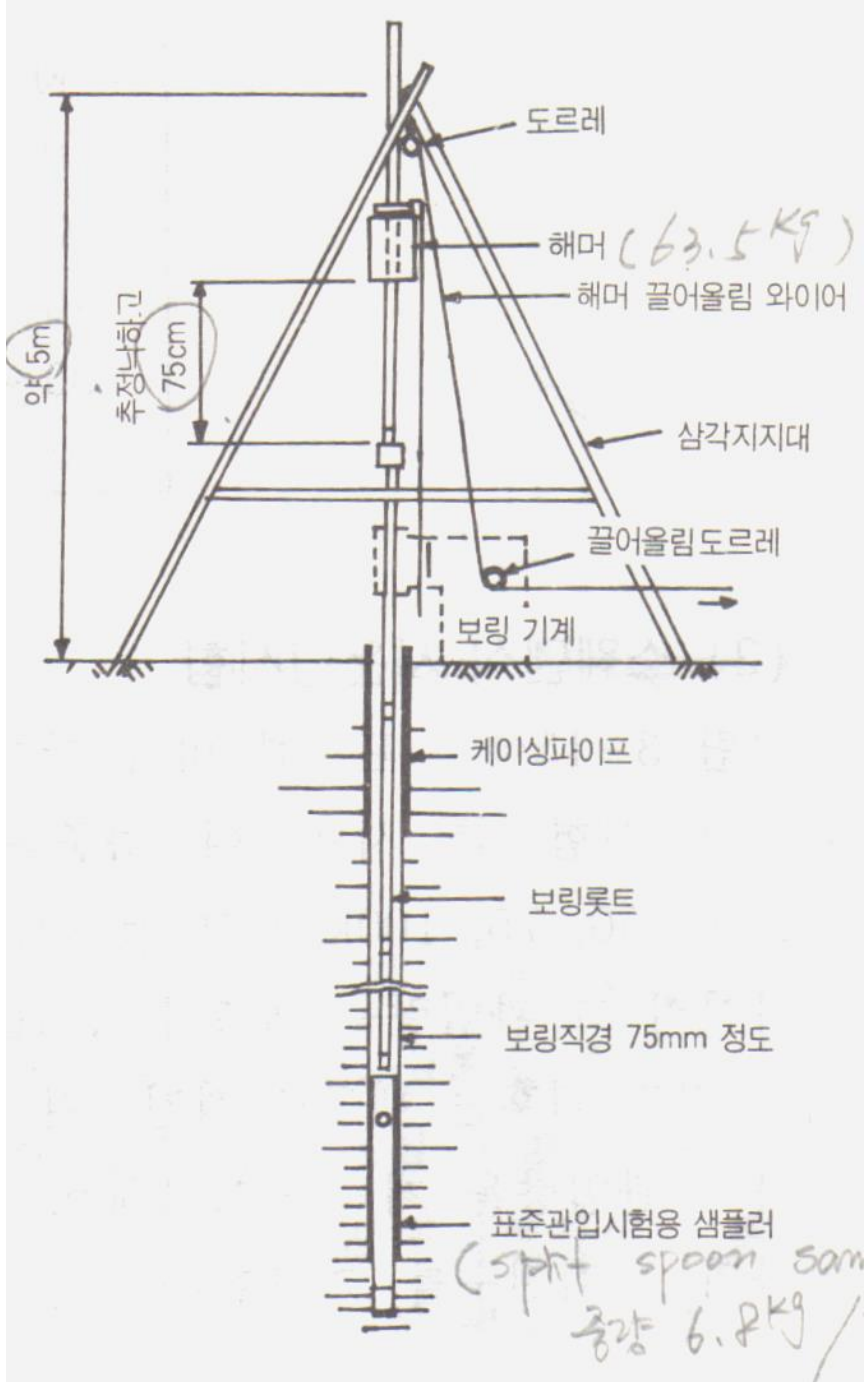
지반의 허용지내력 산정

Boring Test

- 토질관찰
- 토질시험을 위한 샘플링 (흐트럼 없는 시료를 채취하는것)
- 표준관입시험
- 지하수위 확인

표준관입시험





- 원통분리형 시료채취기를 자유 낙하용 해머로 일정한 깊이 만큼 타입 하는데 필요한 해머의 시료채취기 가격 횡수로서 시험 결과를 나타냄
- 매 1.5M 마다 실시
- 내부직경 3.81cm짜리 원통분리형 시료채취기
- 무게 63kg(140lb)의 해머
- 가격높이 30inch
- 굴진깊이 12inch에 필요한 타격 횡수를 N치라함

지내력 시험 (반력을 이용한 재하시험)

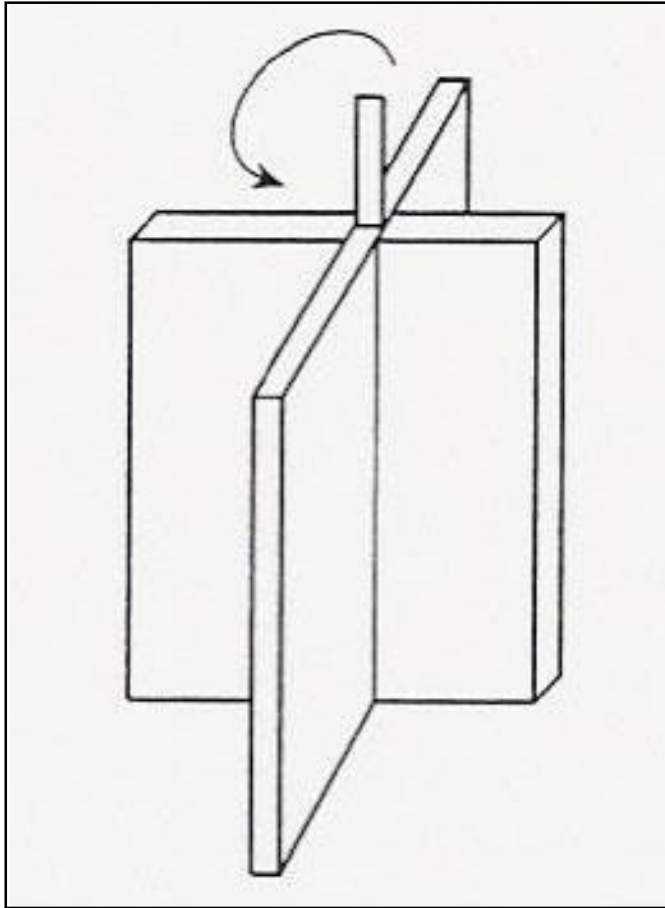


지내력 시험 (직접재하시험)



- 기초저면까지 판 지반에서 직접 재하하여 허용지내력을 구하는 시험
- 재하판은 0.2m^2 의 정방형 또는 원형으로 보통 45cm각의 것을 사용
- 매회 재하는 1톤이하, 예정파괴하중의 1/5이하로 침하량이 2시간에 0.1mm이하이면 침하 정지로 봄

베인 테스트

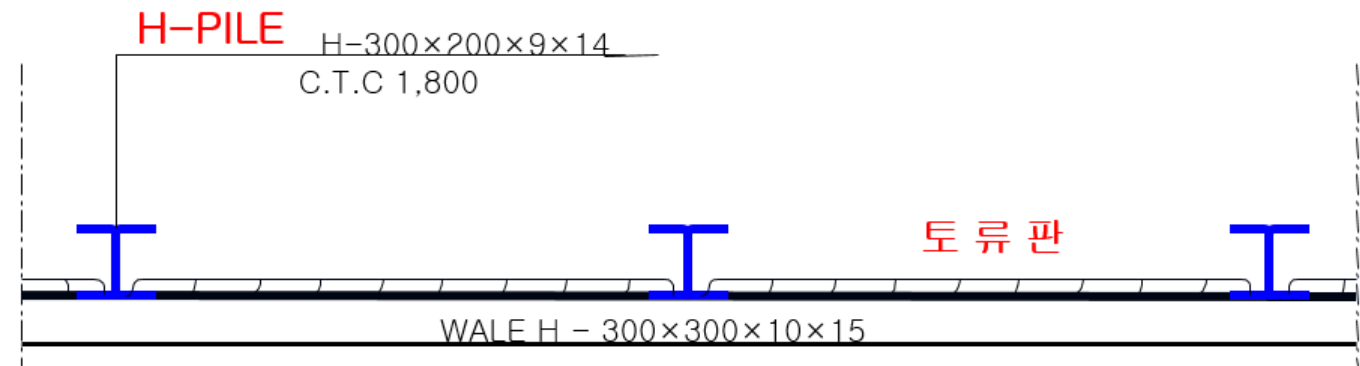


- 보링의 구멍을 이용하여 십자 날개형의 베인 테스터를 지반에 대려 박고 이것을 회전시켜 그 회전력에 의하여 점토의 점착력을 판별하는 것

흙막이공법

■ 엄지말뚝 가로널 (H Pile 토류판)공법

- H형강, 레일 등의 엄지말뚝을 1.5m정도의 간격으로 지중에 설치하고, 지반을 굴착해가면서 말뚝사이에 두께 6cm정도의 널(흙막이 널, 토류판)을 끼워 흙막이를 형성하는 공법
- 공사비가 낮고, 시공이 용이하기 때문에 얇은 굴착에서 많이 사용
- 차수성이 없고, 벽체의 강성이 약함 - 흙막이 후면 지반의 이완 우려
- 일반적으로 지반보강 및 차수를 위한 보조공법과 함께 사용



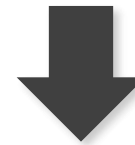
- 엄지말뚝 가로널 (H Pile 토류판) 시공순서



엄지말뚝설치



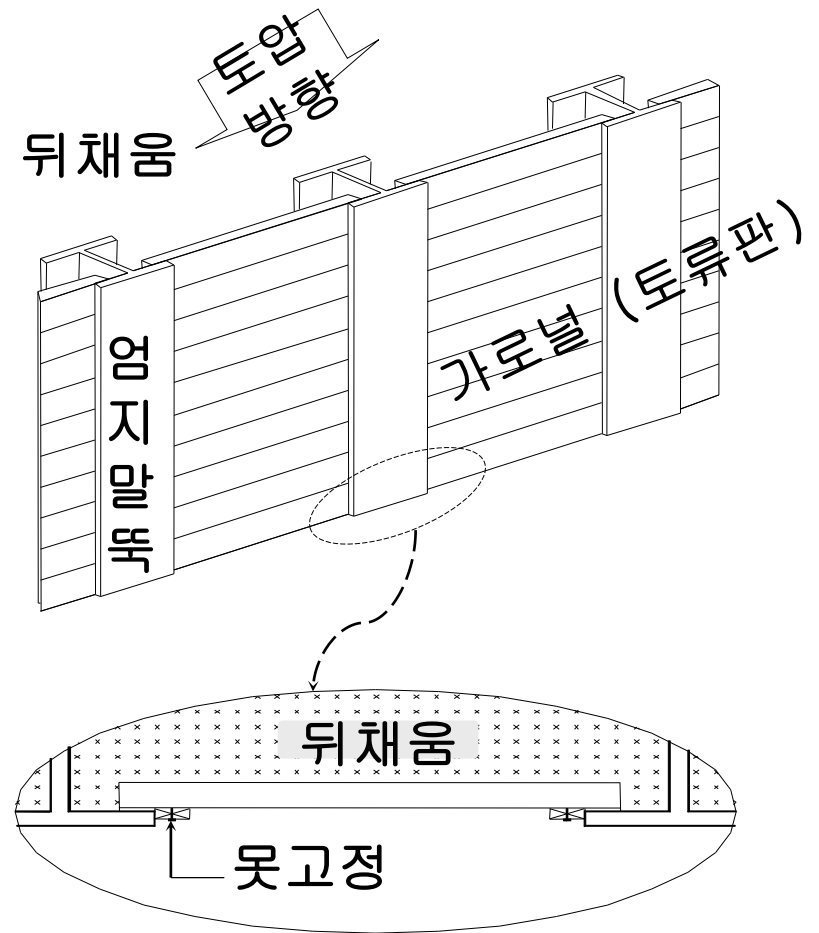
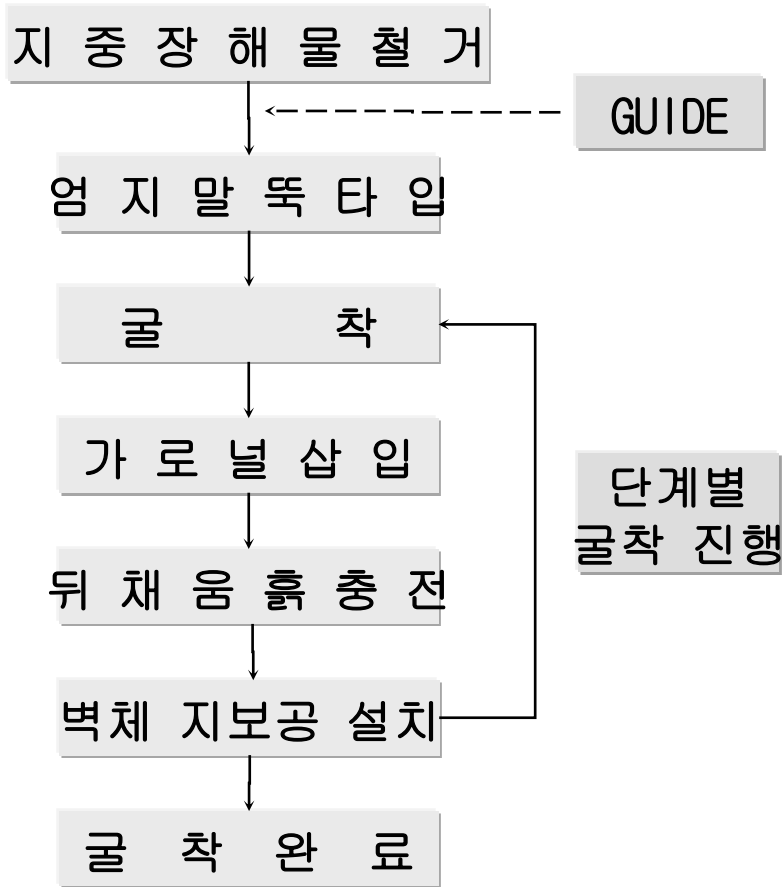
굴착



뒤채움



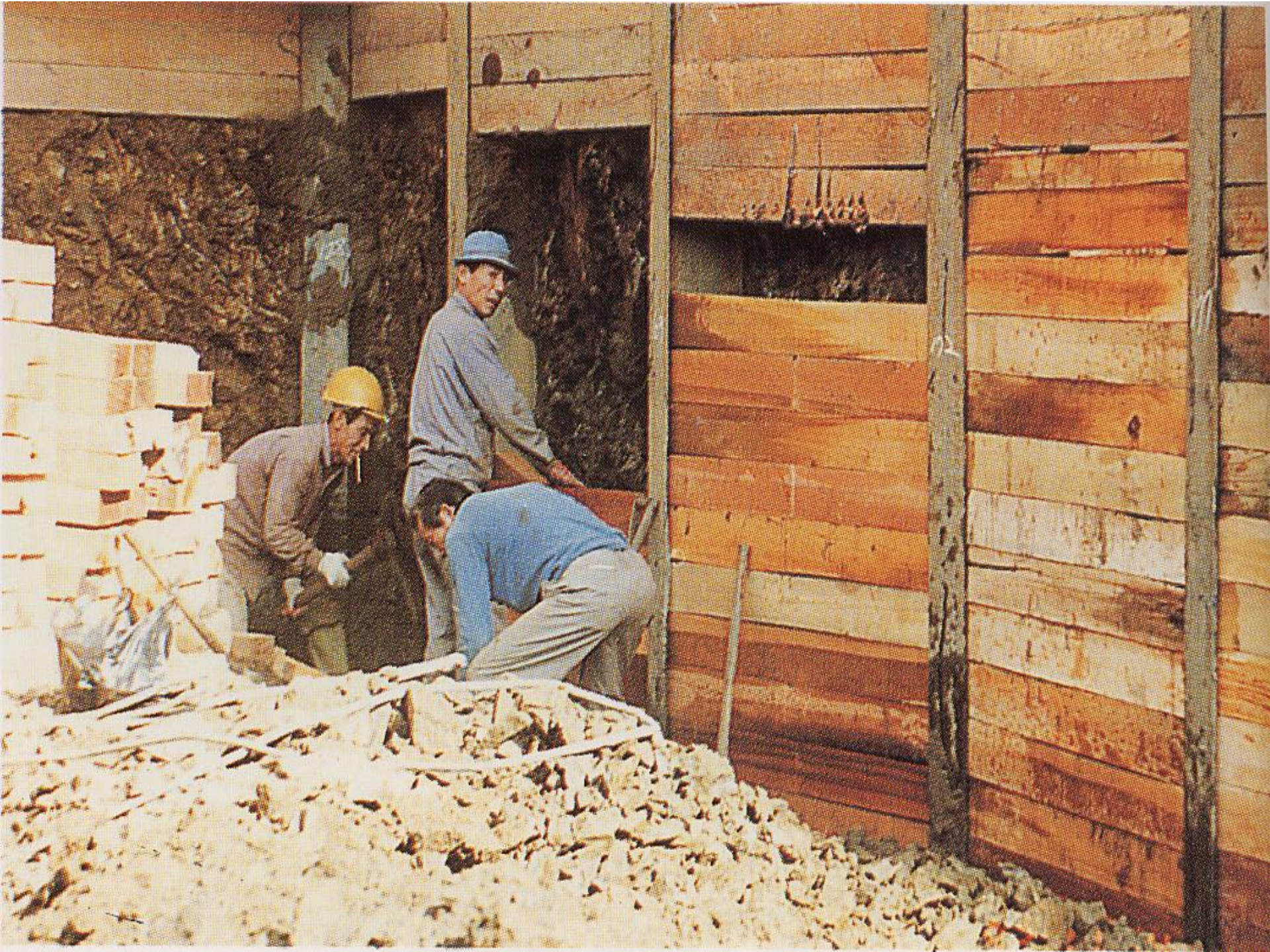
토류판설치



- 차수성(遮水性)이 없다 → 배수 공법 고려
- 수직성 확인 → 정밀도 높은 엄지말뚝 타입이 중요
- 단계별굴착 - 가로널 삽입 - 뒤채움 흙 충전 (뒤채움및 가로널 미시공 부위의 터파기 높이를 1m 이하로 유지 - 미굴착 방지)
- 가로널의 위치 준수 및 상호 긴결
- 가로널 뒷면 틈새 확인 → 배면 토사및 지하수 유출 & 반침하 방지
- AUGER 천공시와 엄지말뚝 삽입시 수직도및 공벽 안정에 주의

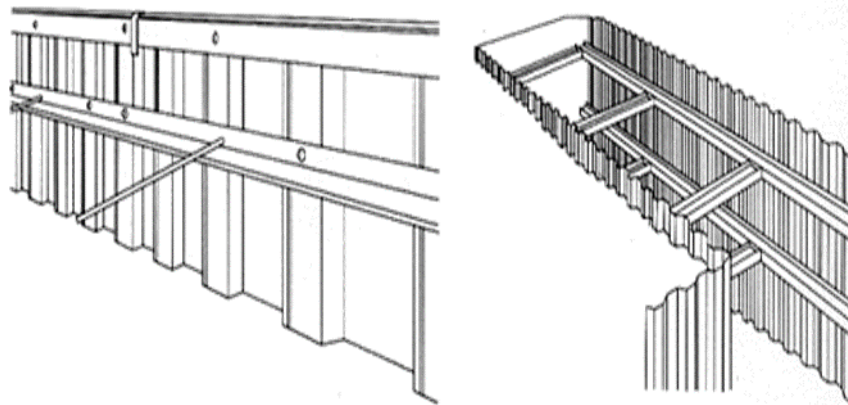






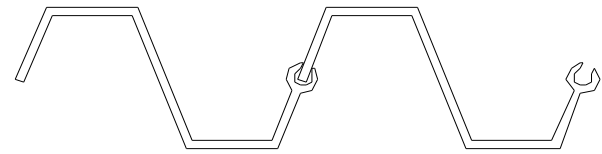
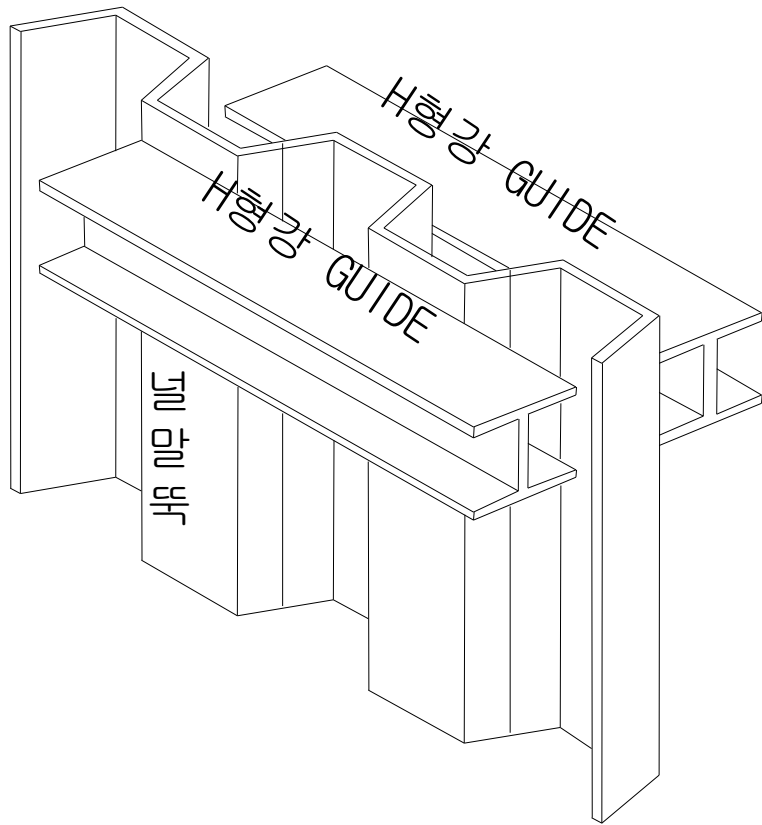
■ 강널말뚝(Sheet Pile) 공법

- 흙막이벽 있음, 흙막이벽 지지구조물 있음/없음.
- 접속성이 있는 강널말뚝을 한장씩 서로 맞물리게 하여 땅에 박는 방식으로 지수성이 좋다.
- 경지반에 사용가능, 쳐서넣기가 안 되는 지반이 존재함.
- 쳐서넣기의 진동 소음이 커서 도심지에서 사용 어려움
- 맞물림부의 강도적 신뢰성이 문제가 되는 동시에 벗어난 경우의 지수방법이 문제가 된다.
- 수압을 받으므로 엄지말뚝 가로널말뚝공법에 비해 가설구조물 응력이 크다

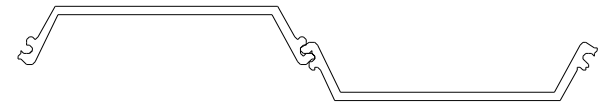


■ 강널말뚝(Sheet Pile) 공법

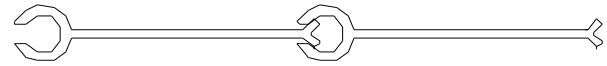
- 강널말뚝의 타입 → 원칙적으로 병풍모양
- 소정의 정밀도 확보 → 타입용 가이드(규준대) 설치, 경사, 이음의 어긋남, 비틀림 방지
- 안전 확보 → 지중 및 공중장애물 철거, 이설등 대책 강구
- 이설 및 기름 유출 방지 → 비산 방지 시트
- 이음부 → 어긋남 방지 : 겹침 타입, 그라우트 보강
- 표층 침하 → 근접 매설관 주의
- WATER JET 병용 공법 → 이완과 PIPING 방지 대책 강구
- 소정의 삽입길이 또는 지지력 확보 등 벽체 안정성 확인



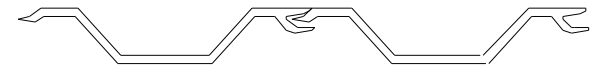
TERRES ROUGES



LARSEN



U.S. STEEL



RANSOM

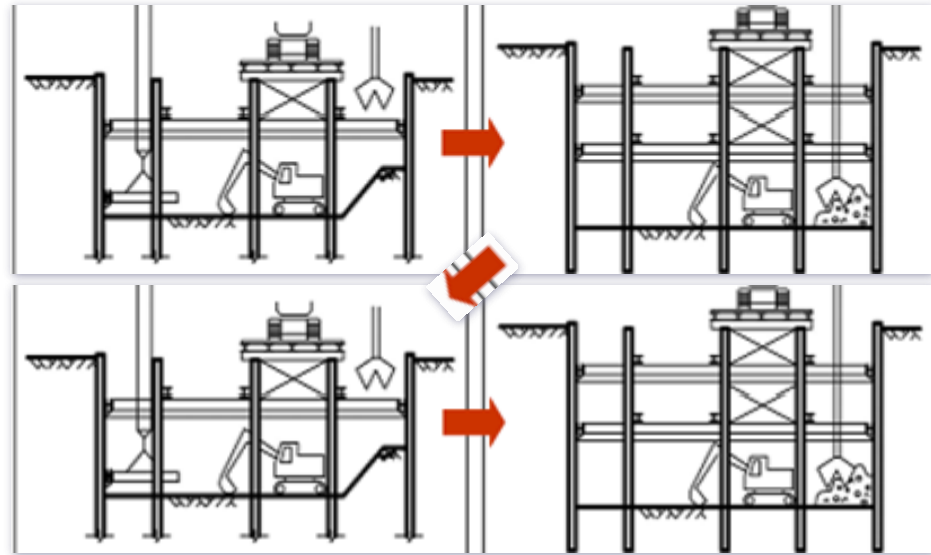
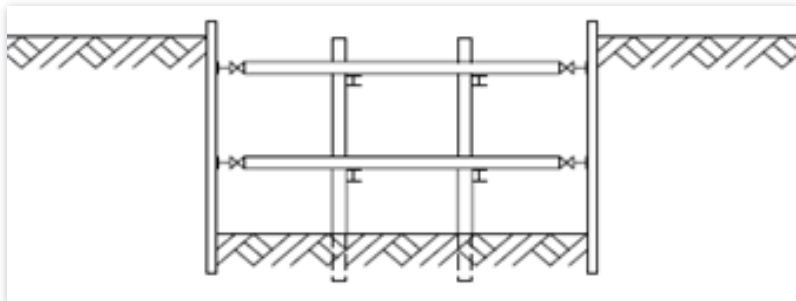






■ 수평버팀대 (Strut) 공법

- 흙막이 널에 띠장을 대고 버팀대를 설치하여 토압을 지지하는 공법
- 공사비가 저렴하고, 인접대지로 공사 범위가 넘어가지 않으며, 토질의 영향을 적게 받음
- 대지의 고저차가 크면 적용이 곤란하고, 가설부재로 인해 시공능률이 저하되고 공사기간이 길어짐





1. 포스트 파일 설치



2. Wale 연결



3. Strut 연결



4. Strut 연결



5. Main strut 설치



6. Corner Strut 연결



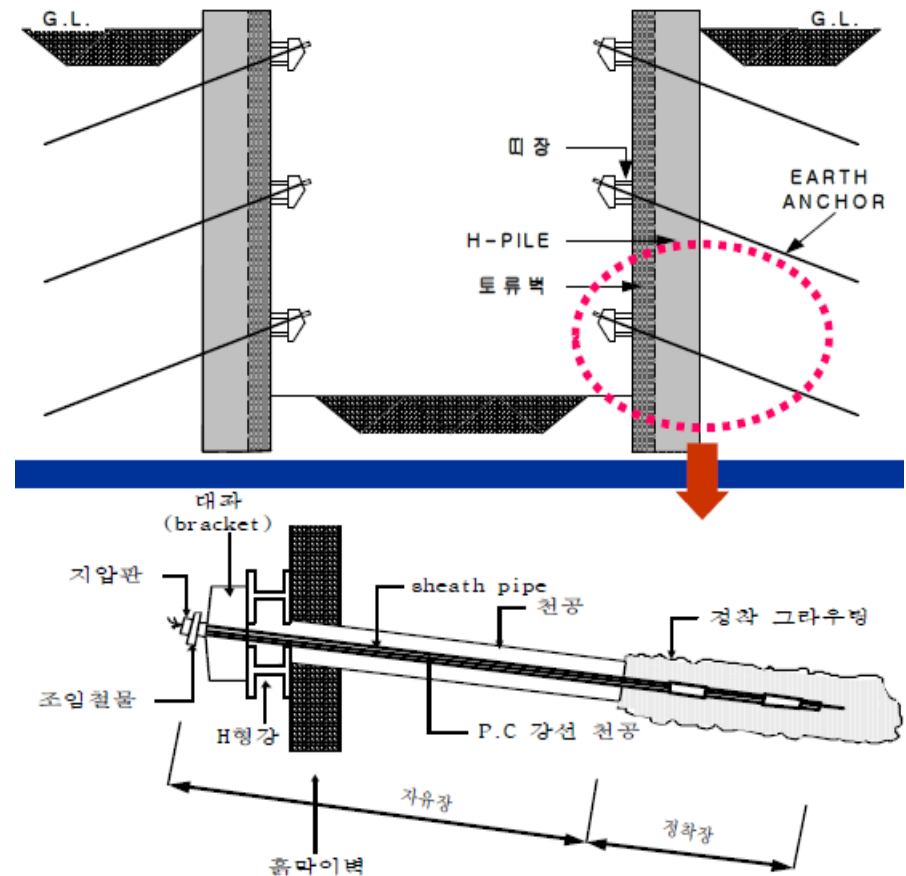
7. 띠장 및 버팀보 설치



8. 하부 굴착

■ Earth- Anchor 공법

- 흠막이 후면의 지반을 천공하여 인장재와 모르타르를 그라우팅 (grouting)하여 앵커체 구축
- 인장재를 흠막이에 고정, 그 인장력으로 토압을 지지하는 공법
- 내부 공간 확보 용이
- 본 구조물의 공사 용이
- 인접 사유지 침범 문제 (건축주 동의 필요)
- 공사비 증가 문제

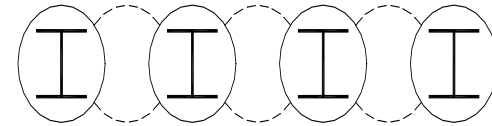
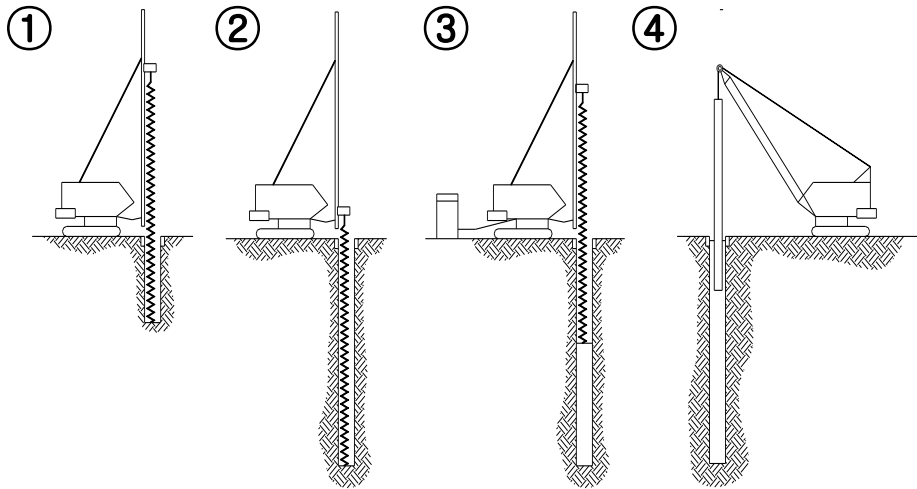




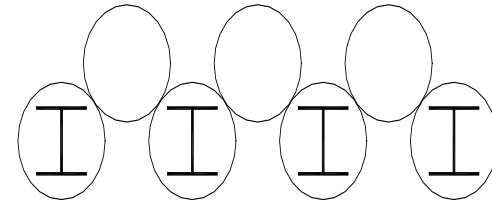
■ 주열식 흙막이 (지하연속벽) 공법

(SCW; Soil Cement Wall = MIP; Mixed in Place Prepacked Pile)

- 장애물 제거 → 지중 매설물의 확인
- GUIDE 설치 → 정확한 굴착 위치 확보
- 심재의 정확한 시공 : 변형과 손상 방지, 소정의 위치 준수, 진동 방지
- 심재 세우기 시점 : MORTAR 주입후 응결이 시작되기 전 (약 30분 이내) 신속하게
- 심재 이음부 → 이음 위치가 동일한 높이가 되는 것을 지양
- 차수성 확보 → 말뚝 시공 순서 고려 : 연속성 확보, 필요시 차수 GROUTING 공법 병용
- 사력층, 경질지반, 암층에서는 시공능률이 저하되며 심도가 클수록 벽체 수직성, 차수성능 저하

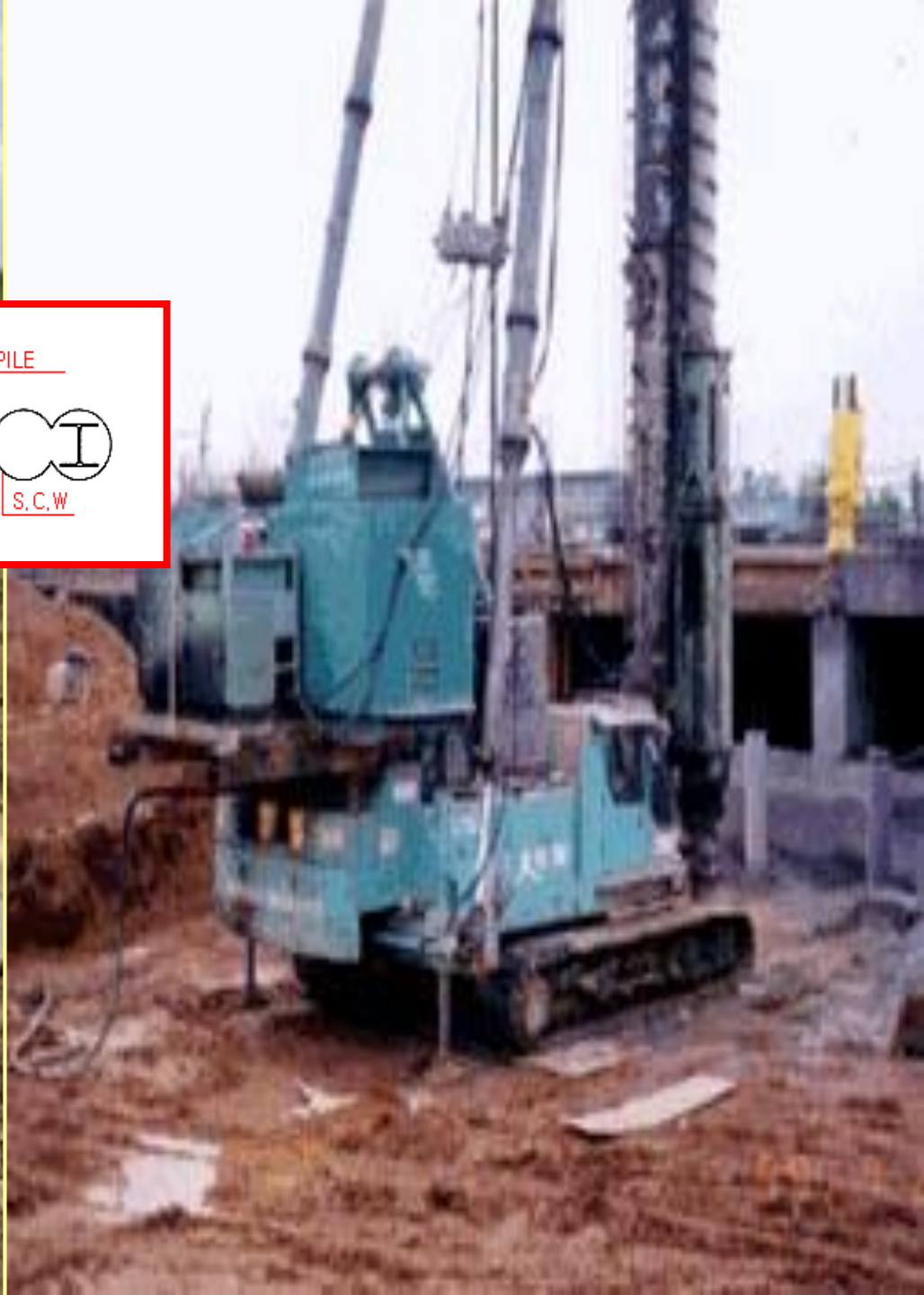
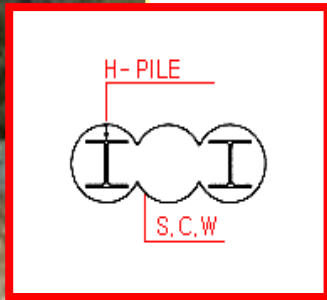
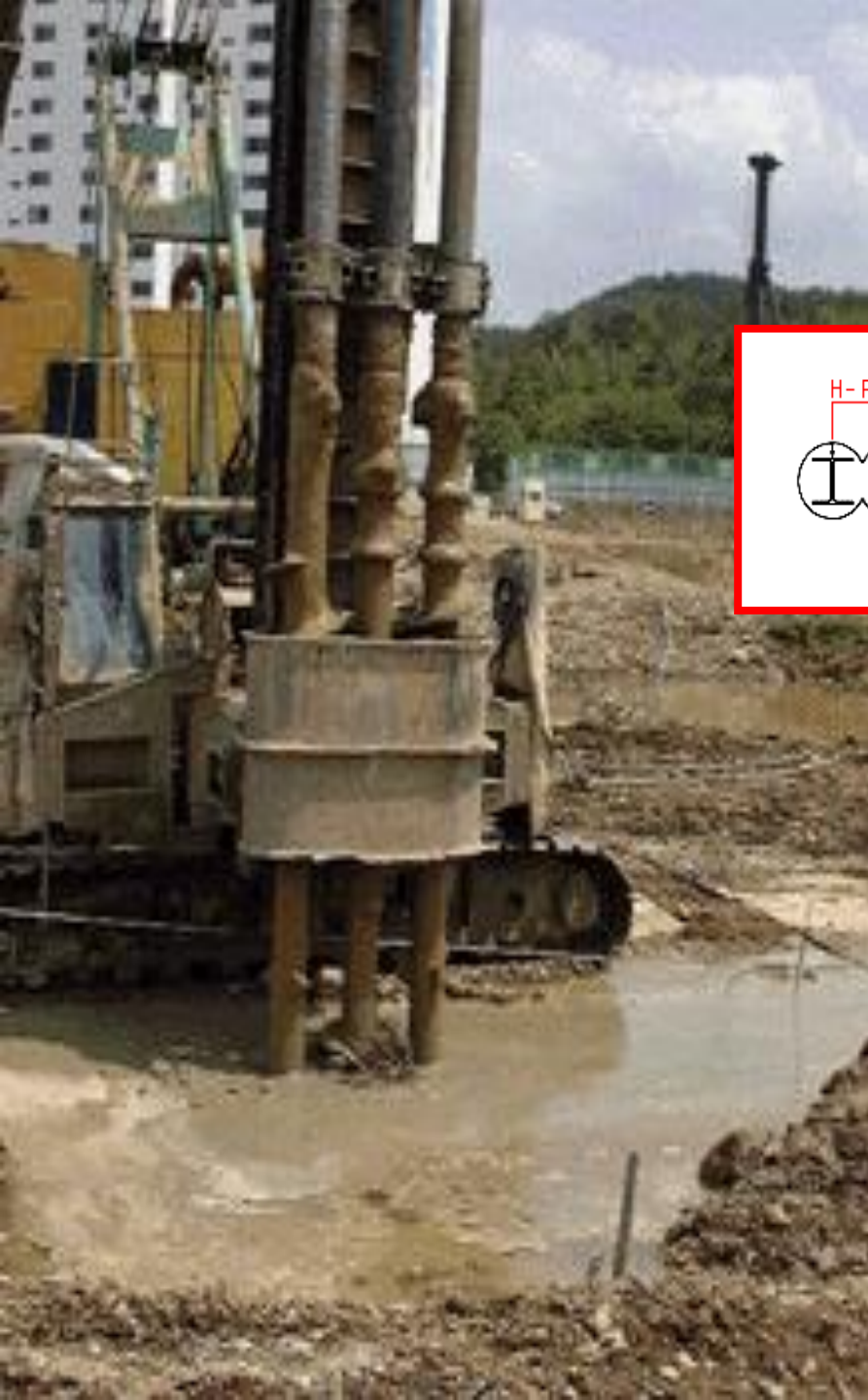


1열식



2열식

- ① AUGER에 의한 굴착
- ② 소정의 심도까지 굴착
- ③ MORTAR를 주입하면서 AUGER를 인발
- ④ 철근망 또는 H 형강을 세운다





• Auger로 지반 교반

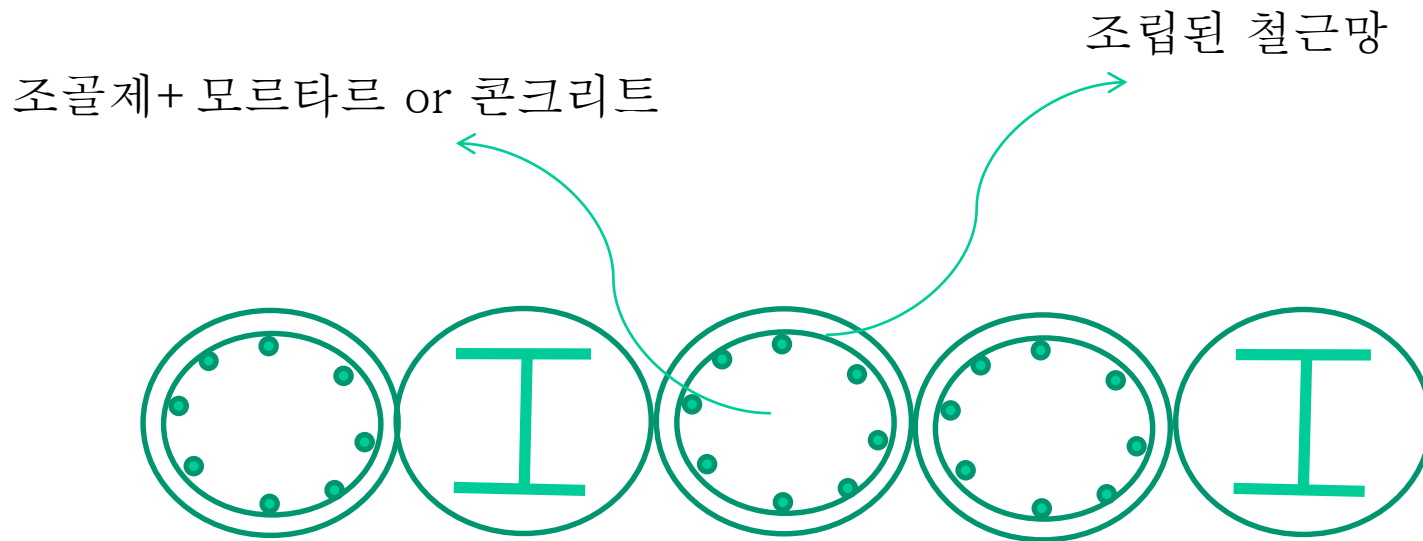


• 혼합액으로 혼합



• H 형강 삽입

- **주열식 흙막이 공법 (CIP; Cast in Place Prepacked Pile)**
 - 어스오거 천공 이후, 공내에 기초립된 철근 및 조골재(자갈)를 채움
 - 미리 삽입된 파이프를 통해 저면에서부터 몰탈을 채움 (현장에서 파일을 시공)
 - 소형장비 시공이 가능하며, 소음 및 진동이 적고, 강성 및 자립성 우수. 차수를 위한 공기 및 공사비 증가

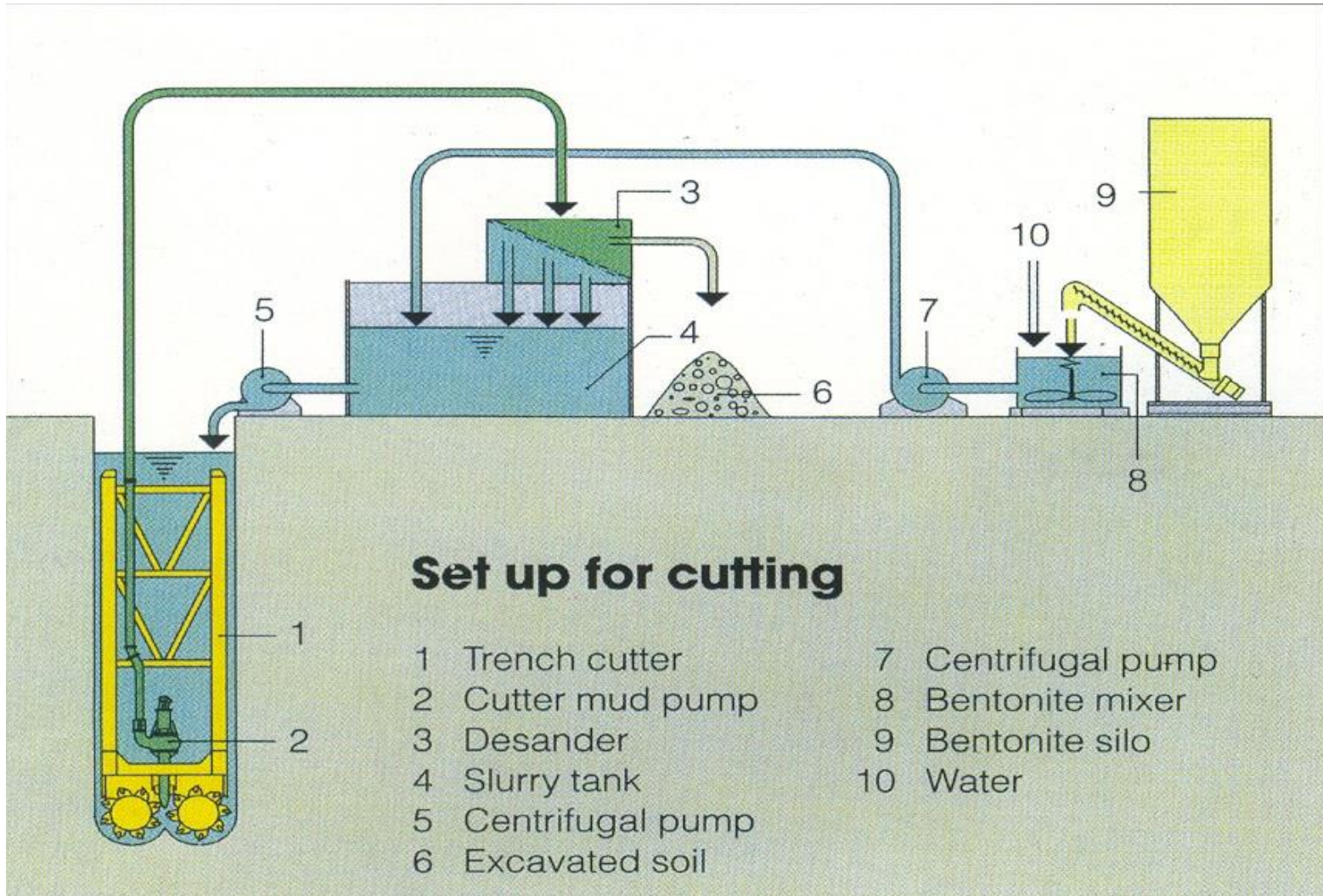


CIP + SCW

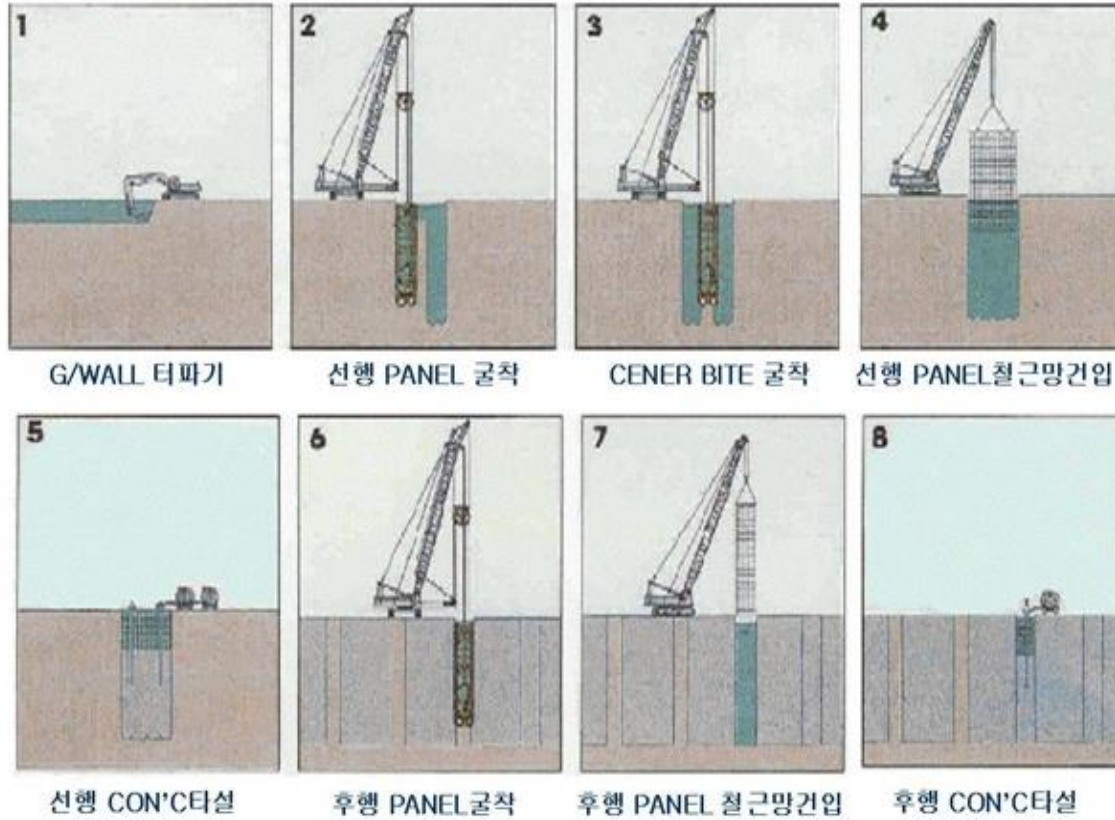


- **벽식지하연속벽 공법 (Slurry Wall, Diaphragm Wall)**
 - 특수하게 고안된 Clamshell로 도랑을 굴착하여, 이 속에 철근콘크리트를 타설하는 작업을 연속적으로 시공함으로써 지중에 연속된 벽을 형성
 - 소음, 진동, 변형이 적고 지수성(止水性)이 우수하며 지반조건에 구애를 받지 않으나 시공비가 고가
 - 도랑굴착시 안정액으로 Bentonite 수용액을 사용 (안정액: 굴착공사 중 지층의 붕괴를 막고 지반을 안정시키기 위해 사용하는 액체)
 - 적용범위
 - ❖ 고층빌딩지하구조물 공사 : 흙막이벽, 차수벽, 지하본체벽 등
 - ❖ 지하철, 지하차도, 지하상가 등 : 흙막이벽, 차수벽, 지하본체벽 등
 - ❖ 하수처리장 : 하수누출 오염차단 등
 - ❖ 댐 : 댐기초 차수 등
 - ❖ 항만안벽 : 흙막이벽, 차수벽, 안벽본체 등
 - ❖ 터널 : 자립식 수직구 등

- 벽식지하연속벽 공법 (Slurry Wall, Diaphragm Wall)



■ 벽식지하연속벽 공법 (Slurry Wall, Diaphragm Wall)



디센딩



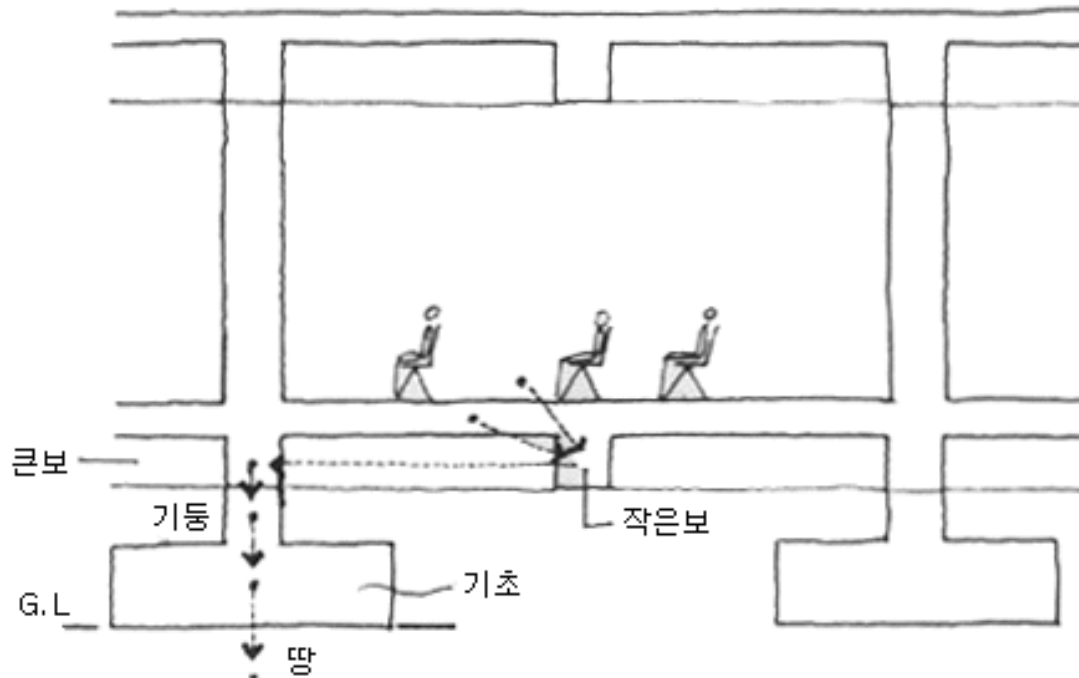
- Bentonite 실험은 Concrete 타설 전에 필히 해야 하며
- Desanding을 하고 실트층을 굴착하여 부유물이 많을 경우 New-Bentonite로 치환하도록 한다.

기초구조의 개념

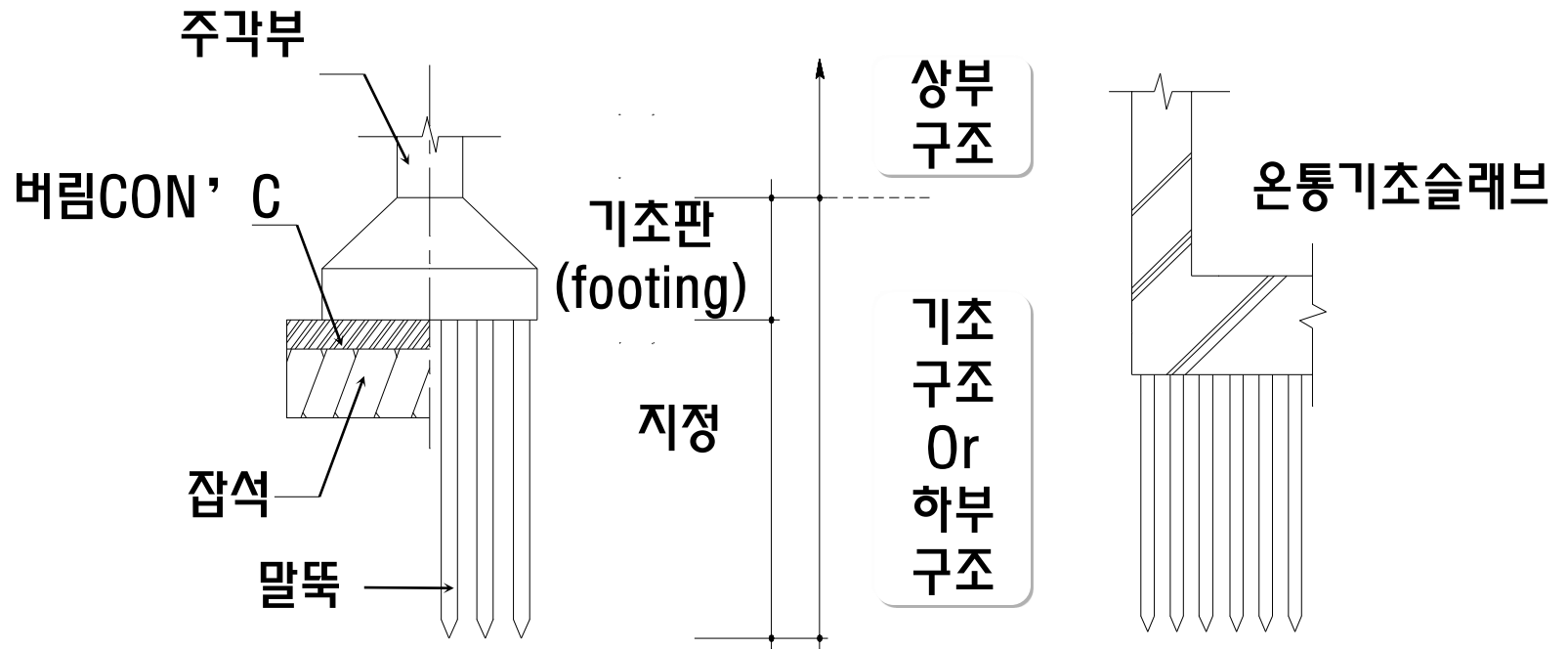


기초(Foundation)

- 건축물의 최하부에서 건축물의 하중을 지반에 안전하게 전달시키는 구조부
- 기초판+지정 으로 구성



기초의 형태 및 구성



기초구조 관련 용어

- 기초
기초판(기초슬래브) + 지정
- 기초판(footing/기초슬래브)
상부구조의 하중을 지반으로 전달하기위해 기초가 펼쳐진 부분
- 지정
기초를 안전하게 지탱하기위해 기초를 보강하거나 지반의 내력을 보강하는 지반다지기, 잡석다짐, 말뚝 또는 피어 등의 부분

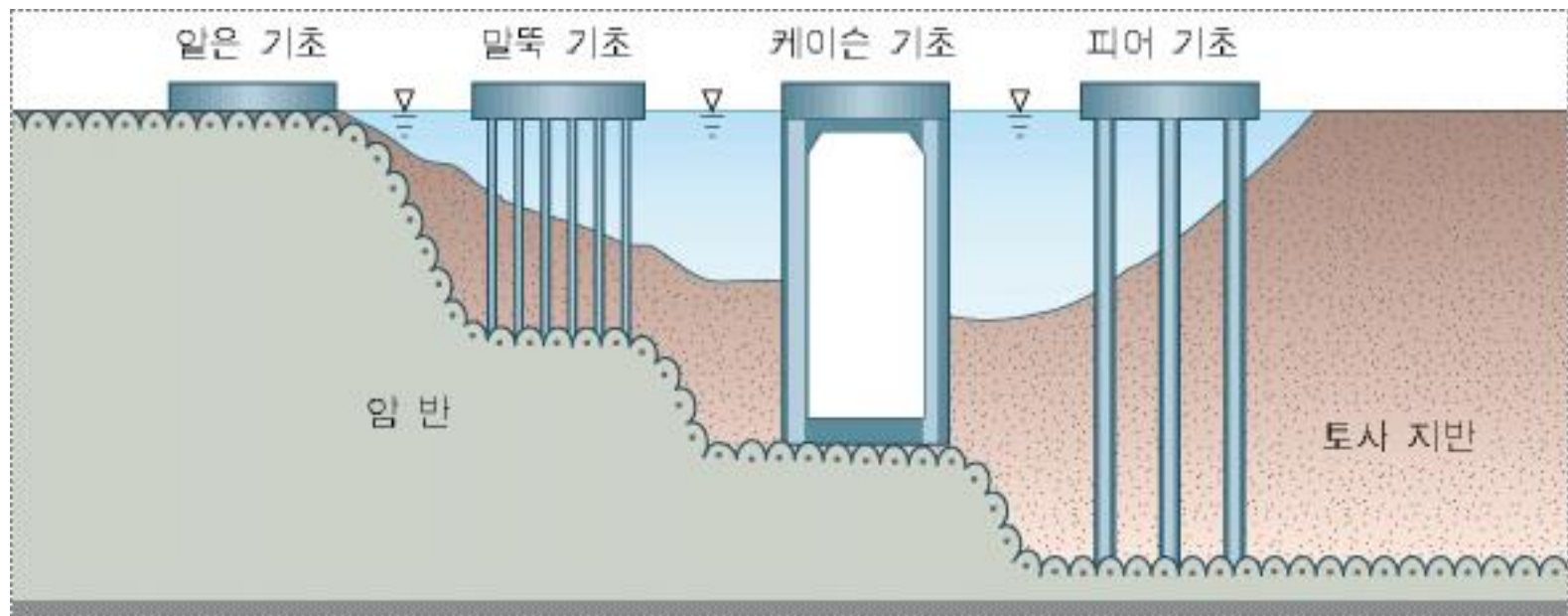
*피어(pier): 기초판, 기둥 등의 밑에 설치한 독립 기둥(지중에 서 있는 기둥) → 피어기초 형성

기초구조의 종류

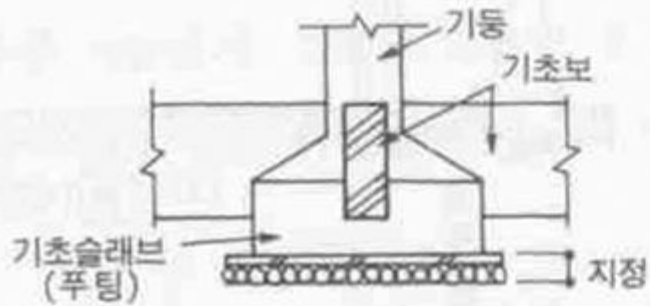


기초의 분류

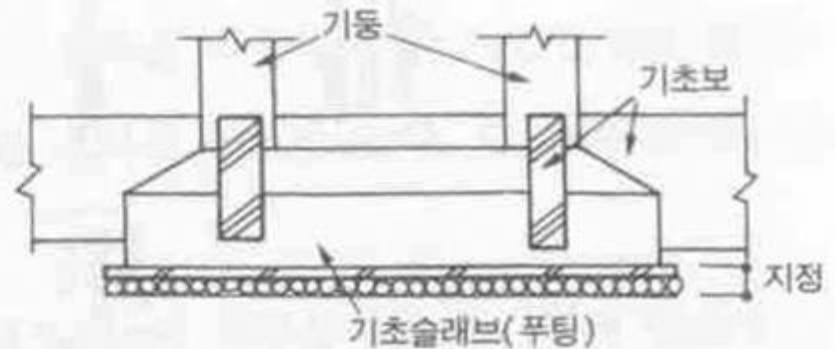
구분	종류		
기초판 형식	독립기초	한 개 기둥에 한 개 기초판	
	연속(줄) 기초	벽 또는 일렬의 기둥에 한 개 기초판	
	복합기초	두개 이상의 기둥에 한 개 기초판	
	온통기초	지하실 바닥 전체를 기초로 한 경우	
지정 형식	직접기초	모래지정, 자갈지정, 잡석지정, 콘크리트지정	
	말뚝기초	기능상 분류	지지말뚝, 마찰말뚝, 다짐말뚝
		재료상 분류	나무말뚝, 기성콘크리트말뚝, 현장콘크리트말뚝, 강재말뚝
깊은기초	Well 공법 (피어기초), Caisson 공법		



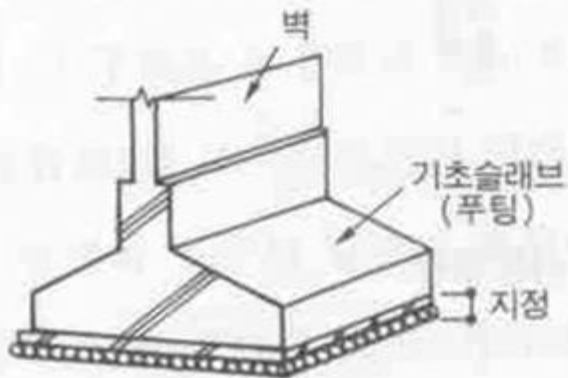
기초판 형식에 따른 분류



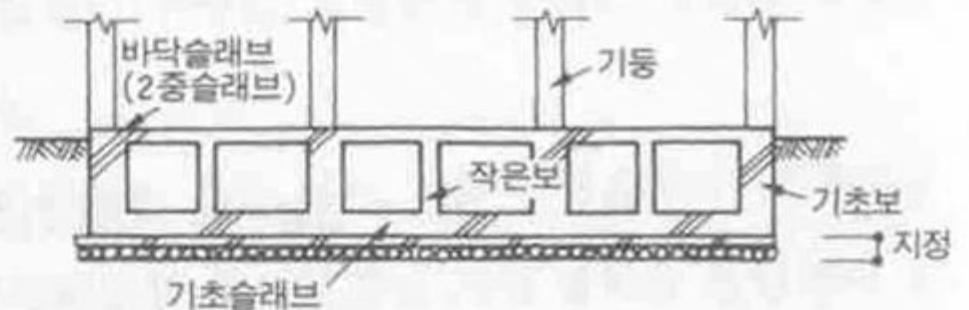
(a) 독립(푸팅)기초



(b) 복합(푸팅)기초



(c) 연속(푸팅)기초



(d) 온통기초

지정 형식에 따른 분류

- 직접기초(얕은기초 spread foundation/shallow foundation)
 - 모래지정
기초 밑의 지반이 연약하고 그 하부 2m이내에 굳은 지층이 있어
말뚝을 박을 필요가 없을 때, 모래를 펴고 물다짐 한다
 - 자갈지정
굳은 지반에 자갈을 5~10cm로 얇게 펴고 다져서, 밑창 콘크리트를
평평하게 고르는 의미와 배수의 한 방법으로 한다
 - 잡석지정
지름10~20cm 정도의 막생긴 돌을 나란히 옆세워 깔고 10~20%의
틈막이 자갈을 펴고 다진다
 - 콘크리트지정
1:3:6정도의 배합으로 최소 두께 5cm의 콘크리트를 타설한다

■ 깊은기초

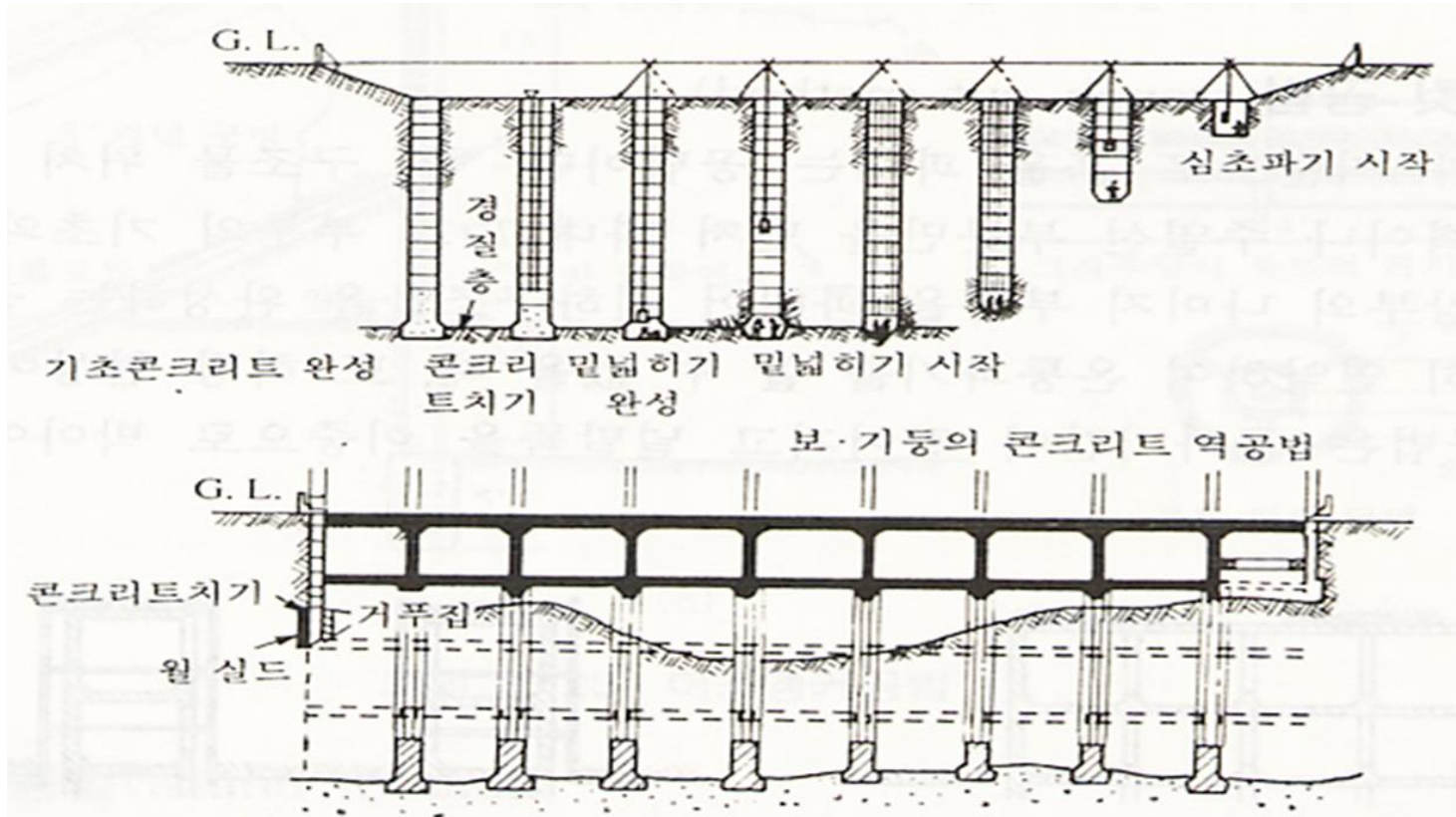
- Open-Well 공법/심초
 - 단순굴착
 - 수직흙막이(심초공법)
 - Telescoping steel cylinders

} 피어 구축

- Caisson 공법/기초
 - 개방잠함(open caisson)
 - 우물통 침하공법
 - 지하실 침하공법
 - 뉴매틱 케이슨(pneumatic caisson)

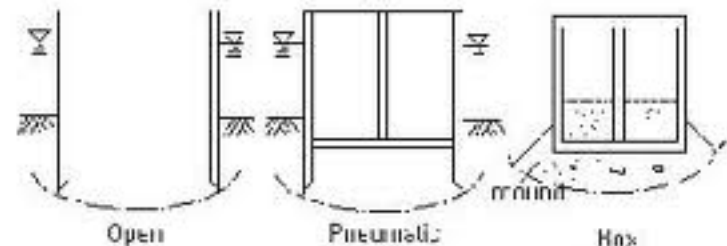
} 지하실 구축

심초 공법 (피어기초)



Caisson (잠함) 공법

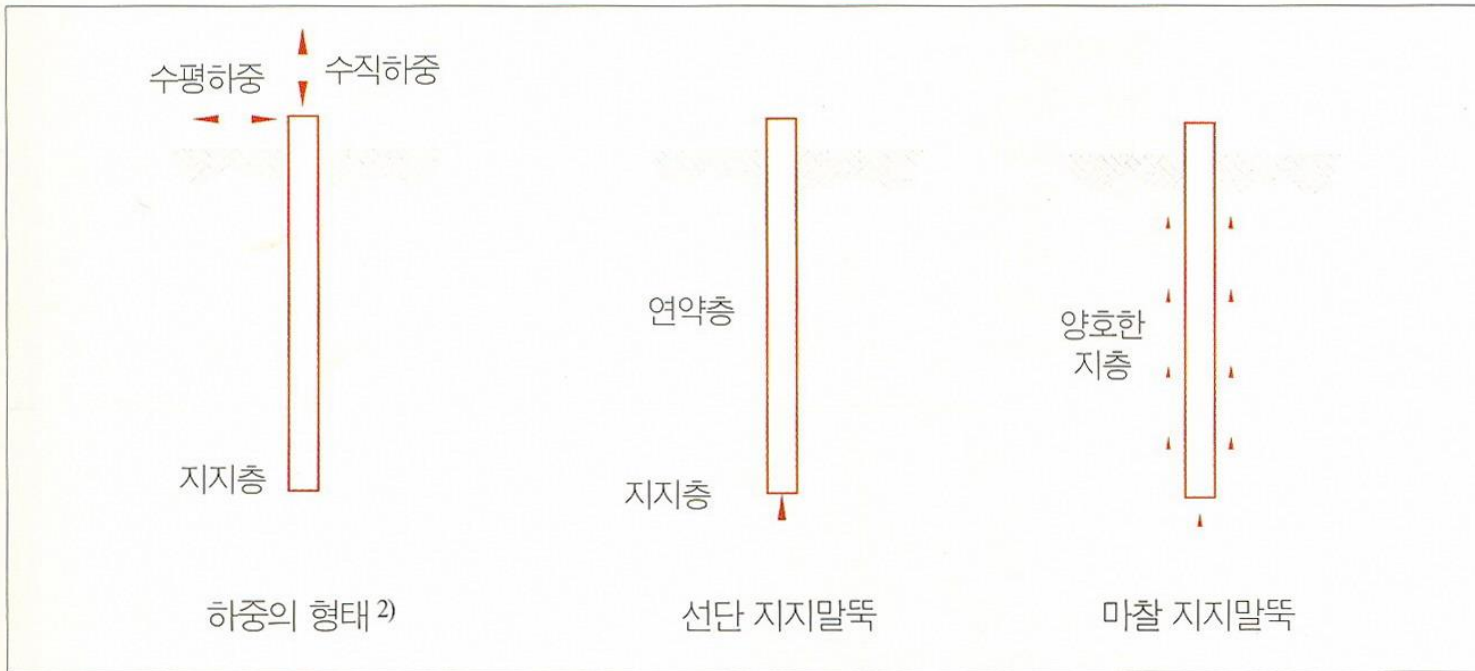
- 지하실 전체를 지상에서 축조
- 흙파기 및 구조물 침하: 땅을 조금만 파서 건물의 외곽형태를 만든다음 조금씩 침하
- 점토층 유리/ 지하수가 많으면 침하 어려움
- 적당한 지지층이 땅속 깊은 곳에 존재하여 흙막이나 임시물막이만으로는 그 깊이까지 굴착이 곤란한 경우
- 불균형 침하 문제
- 무진동 무소음



말뚝기초

말뚝의 지지 기능

- 지지말뚝 : 말뚝 선단이 양호한 지지층¹⁾에 근입되는 말뚝이다.
- 마찰말뚝 : 말뚝 선단이 양호한 지지층에 근입되어 있지 않은 말뚝이다.



말뚝기초 분류

말뚝공법의 분류

구 분		말뚝의 종류
시 공 방 법	타입공법	타격공법, 진동공법
	매입공법	압입공법, 프리보링 공법, 중굴공법, 제트 공법
	현장타설 말뚝공법	장비 굴착공법, 인력 굴착공법
말 뚝 재 질	콘크리트 말뚝	RC, PC, PHC 말뚝 등 — 수직하중 큰 경우
	강말뚝	강관말뚝, H형강 말뚝
	합성말뚝	SC(Steel 콘크리트) 말뚝 등 } 수평하중 큰 경우
	나무말뚝	침엽수(적송 · 흑송 · 미송 등), 활엽수(떡갈나무, 줄참나무, 느티나무 등)

시공방법 별 공법비교

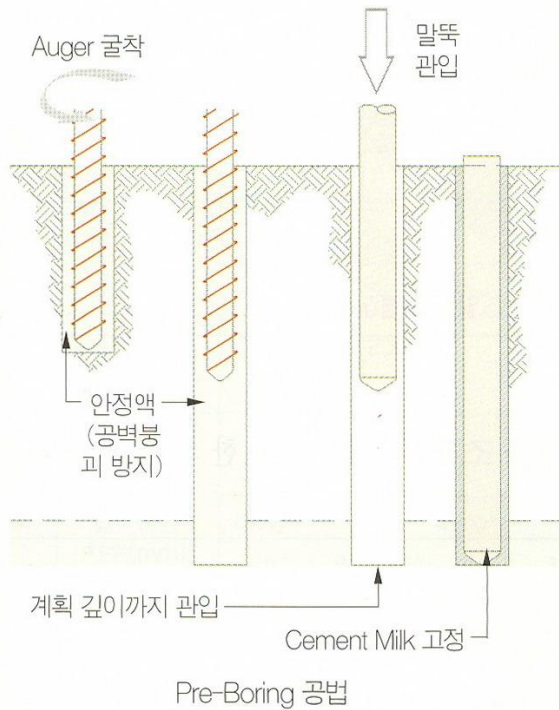
타입·매입·현장타설 공법 비교

구 분	장 점	단 점	시공 관리	적용상 문제의 지반
타입공법	<ul style="list-style-type: none"> - 시공 속도 빠름 - 동일 지름에서 지지력 향상 - 각 지지력 확인 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 소음·진동이 큼 - 대구경(지름1.5m 이상)의 경우 시공이 어려움 	용이	<ul style="list-style-type: none"> - 경사지층, 전석지층 → 힘·파손 발생 - Re-Bound가 큰 지반(세사, 실트) → 관입 곤란
매입공법	<ul style="list-style-type: none"> - 진동·소음이 비교적 적음 - 소구경, 중·대구경(1m 내외) 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 지지력이 작음 - 지반 조건에 따라 시공 방법 변경 필요 - 시공품질 확보가 곤란 	곤란	<ul style="list-style-type: none"> - 피압수가 있는 사층 → Boiling 현상 발생 - 전석지층 → 굴착 불가능
현장타설	<ul style="list-style-type: none"> - 진동·소음이 적음 - 대구경 가능 - 말뚝 길이 조정 용이 	<ul style="list-style-type: none"> - 소구경 시공 곤란 - 이토, 이수 처리 곤란 	곤란	<ul style="list-style-type: none"> - 피압수가 있는 사층 → Boiling 현상 발생 - 수위가 낮은 사층 → 이수 유출 → 공벽 붕괴

매입공법

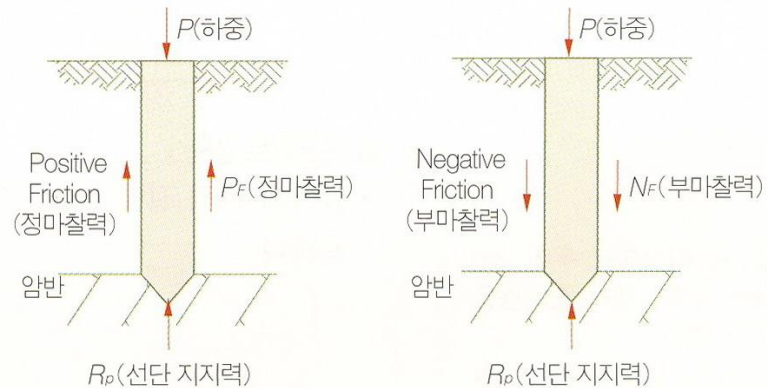
매입공법

- 소음 및 진동이 적음
- 타입이 어려운 전석층에서도 시공 가능
- 말뚝머리 파손이 적음



「참고」 Negative Friction

- 지반이 연약하여 주면 마찰력이 하향으로 작용할 때 발생하는 마찰력
- 지지말뚝에서만 발생 -> 마찰말뚝에서는 발생하지 않음
- 지반침하, 구조물의 균열, 말뚝의 지지력 감소, 건축물 누수 등의 피해 발생



기성말뚝

- 나무말뚝
- 철근콘크리트말뚝(기성콘크리트말뚝)
 - 원심력 철근콘크리트말뚝(RC말뚝)
 - 프리텐션방식 원심력 PC말뚝(PC말뚝)
 - 프리텐션방식 원심력 고강도 콘크리트말뚝(PHC말뚝)
- 레진콘크리트말뚝
 - 내산성, 내알칼리성이 강함
 - 콘크리트의 중성화 등 화학적 성질 개선 가능

■ 강말뚝(Steel Pile)

- 강관말뚝, H형강말뚝
 - H형강말뚝은 보통 깊은 말뚝에 사용
 - 균일 재질 대량 생산, 신뢰성 높음
 - 높은 강도 -> 깊은 관입, 높은 지지력 가능
 - 압축, 인장, 수평하중 충격에 모두 강함
 - 용접 이음으로 모재와 동일 강도 확보
 - N50 정도의 경질지반에서도 타설 가능
 - 임의 길이 절단하여 잔여분 용접 후 재사용 가능
-
- 지중에서 부식 쉽고, 재료비가 고가
 - 부식 예상 두께(0.02mm/년) 감안하여 미리 두께 증가
 - 콜타르와 수지계로 강력한 도장 피막 형성
 - 외부만 시공
 - 전기 부식방지 조치를 취하는 경우도 있음

현장타설말뚝: Benoto 공법(All-Casing 공법)

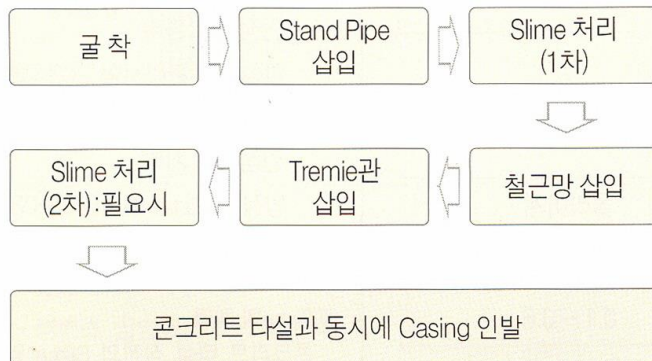
공법 개요

- All Casing 공법으로 굴착 깊이까지 Casing을 관입
- Casing 관입 방식
 - └ 요동식 Oscillator 이용 방식
 - └ 유압식 Vibrator 이용 방식
- 내부를 Hammer Grab으로 굴착

공법의 특징

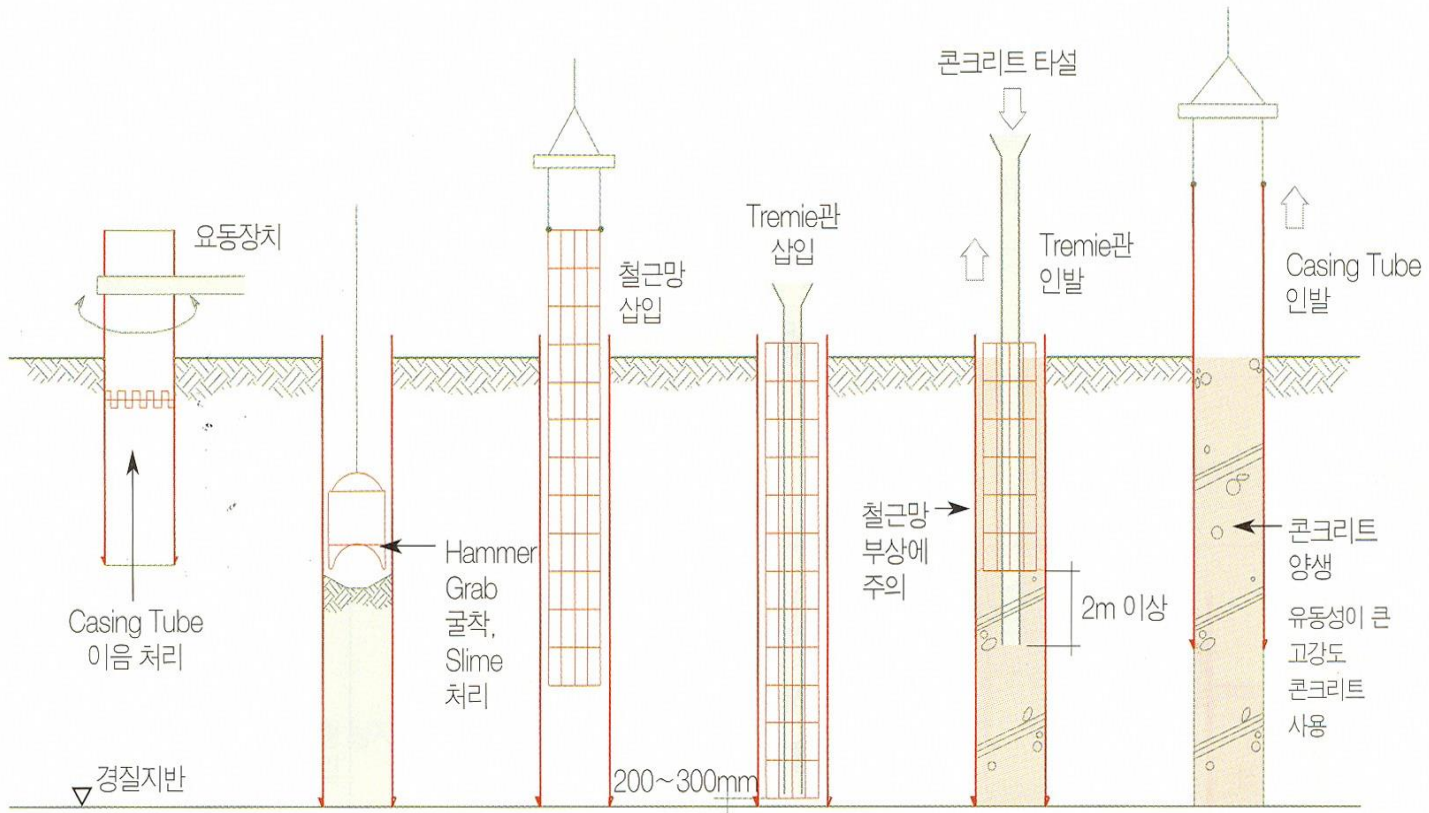
- 큰 지름 0.8~2.0m, 심도 20~50m까지 시공 가능
- 붕괴성 토질에 적합
- 적용 지층이 넓음
- 굴착 중 지지층 확인이 용이
- 굴착 속도가 느림
- 사질토가 두꺼울 경우(5m 이상) Casing 인발이 어려움

시공 순서



시공시 유의사항

- 장비가 중량이므로 지반안정에 특히 유의
- Casing Tube간의 연결을 확실히 할 것
- Casing의 삽입을 선행 삽입·유지 (Heaving 및 Boiling 방지)
- 하부 Slime의 확실한 처리
 - ☞ 토공 및 흙막이공사 ; 안정액 Slime 처리(203-03-04-12) 참조
- 공내 수압 유지 : 말뚝 선단 및 주변의 지반 이완 방지



현장타설말뚝: Earth Drill 공법

공법 개요

- 회전식 Drilling Bucket을 이용
- Stand Pipe를 지표부에서 4~8m 정도 깊이까지 설치하여 연약지반 붕괴 방지
- 공벽 보호를 위해 안정액을 사용

공법의 특징

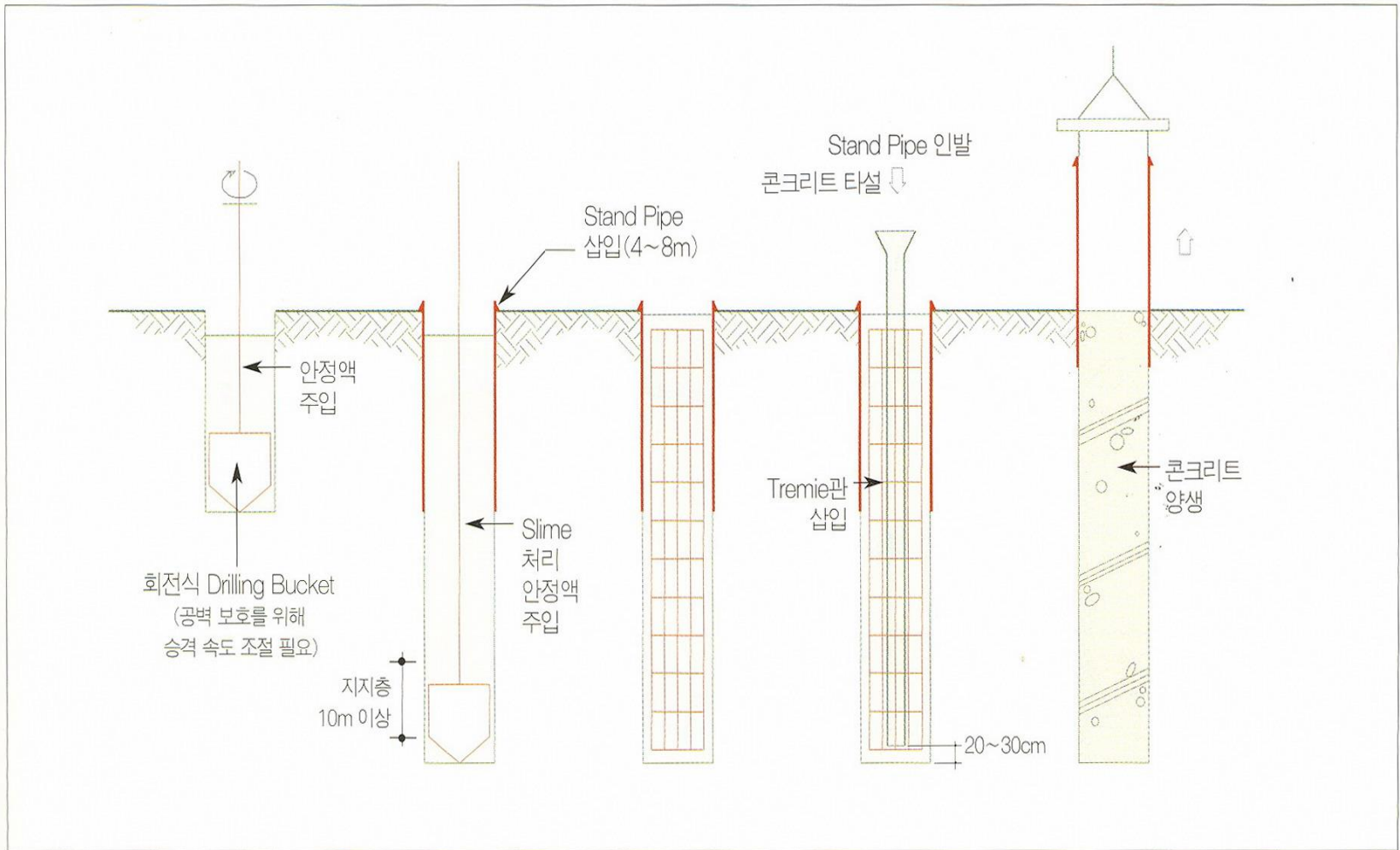
- 지름 0.6~2.0m, 심도 20~50m까지 말뚝 형성
- 제자리 현장타설 말뚝 중 진동·소음에 유리
- 비교적 소형으로 굴착 속도가 빠른 장점
- 좁은 장소 시공 가능
- 지하수 없는 점성토에 적합
- 붕괴되기 쉬운 모래층, 자갈층 및 견고한 지반에 부적합

시공시 유의사항

- 공벽 붕괴 방지를 위한 안정액의 유지·관리가 핵심
 - ☞ 토공 및 흙막이공사 ;
 - 안정액의 작용 원리(203-03-04-09) 참조
 - 안정액 관리 시험(203-03-04-10) 참조
 - 안정액 품질관리(203-03-04-11) 참조
 - 안정액 Slime 처리(203-03-04-12) 참조

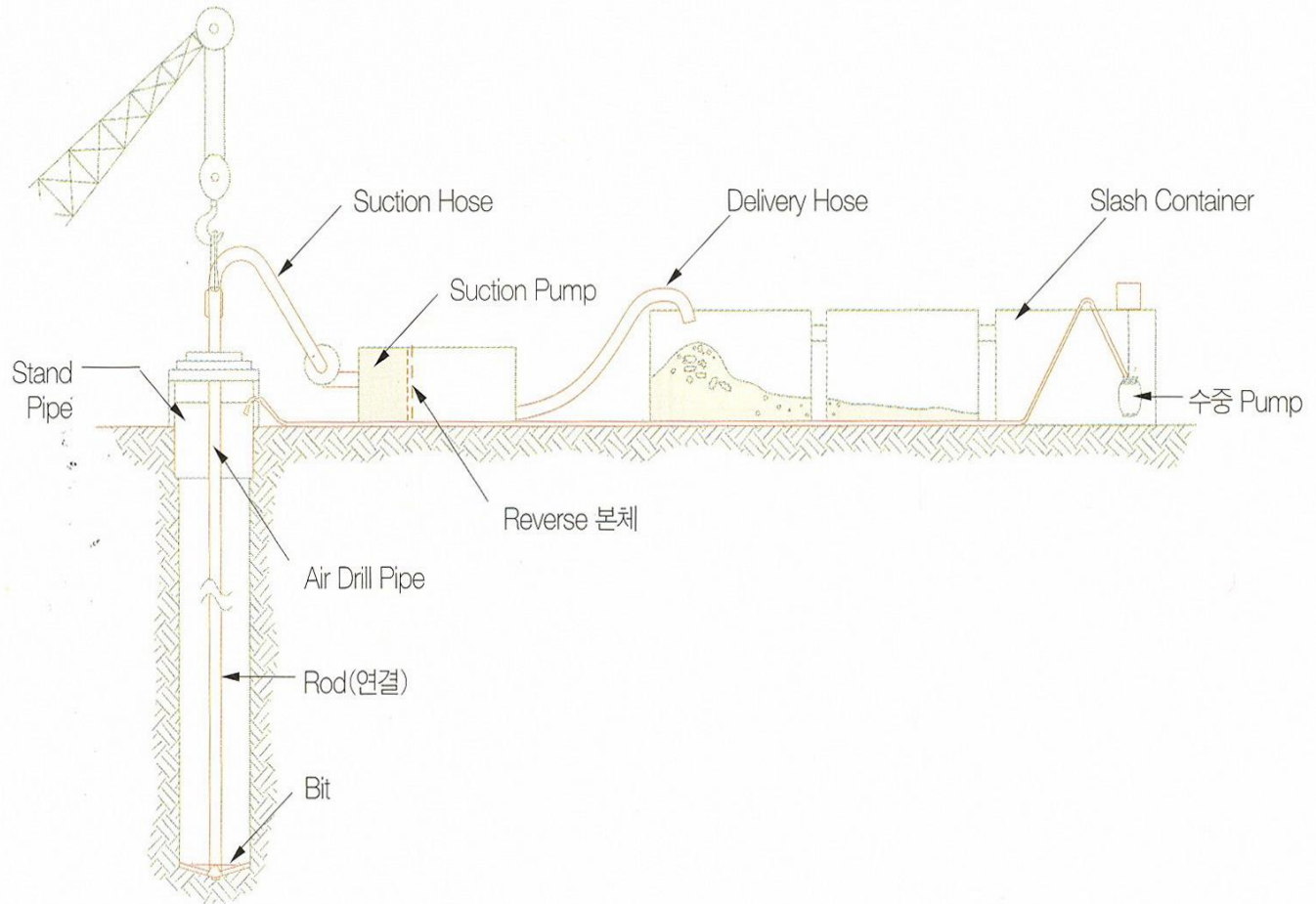
시공 순서





현장타설말뚝: RCD(Reverse Circulation Drill)공법

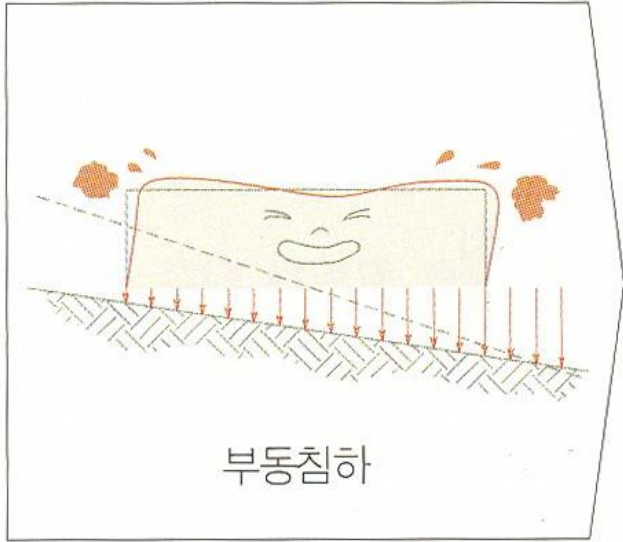
공법 개요	공법의 특징
<ul style="list-style-type: none"> - Reverse Circulation Drill 이용 - Drill Rod 끝에서 물을 빨아 올리면서말뚝 구멍을 굴착하는 공법 	<ul style="list-style-type: none"> - 지름 0.8~3.0m, 심도 60m 이상의 말뚝 형성 - 장비가 상대적으로 경량 - 시공 속도가 빠른 장점 - 수상(해상) 작업 가능 - 다량의 물 필요 - 세사층 굴착이 가능하나, 호박돌 혹은 자갈층이 존재할 경우 굴착이 곤란
시공 순서	시공시 유의사항
<pre> graph TD A[Stand Pipe 삽입] --> B[굴착구, Slime 순환장치 조립] B --> C[Rod 연결 굴착] C --> D[Tremie관 설치 Suction Pump 설치] D --> E[철근망 삽입] E --> F[Slime 처리 1차] F --> G[Slime 처리 2차:필요시] G --> H[Suction Pump 제거 콘크리트 타설/Tremie관 인발] H --> I[Stand Pipe 인발] </pre>	<ul style="list-style-type: none"> - 공벽의 수압 유지가 핵심 <ul style="list-style-type: none"> → 지하수위보다 2m 이상 깊을 것 → 정수압 0.02N/mm²(0.2kgf/cm²) 이상 유지 → 적절한 굴착 속도를 유지하여 공벽붕괴 방지 ☞ 시공상의 문제와 대책 / RCD(Ⅰ ~ Ⅳ, 204-04-03-05~08) 참조



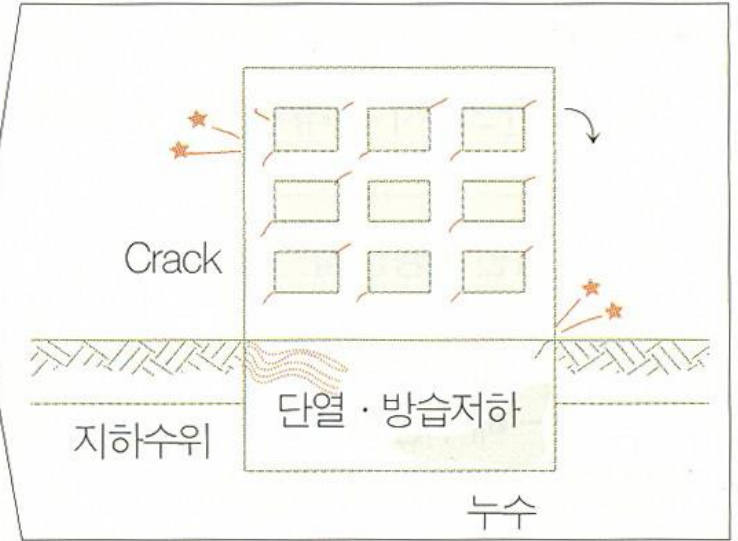
부동침하 (differential settlement/不同沈下)




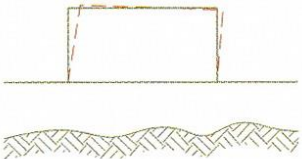
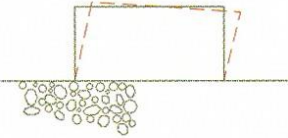


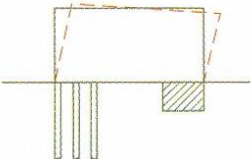
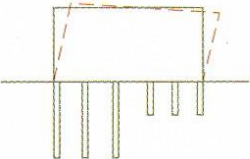
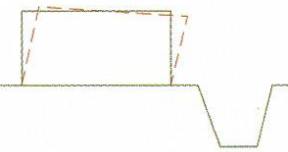
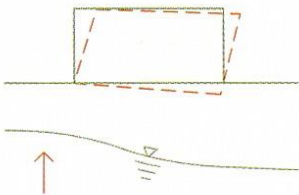
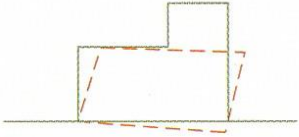
이렇듯이 지반의 사질 천재는 보강공사 덕분에 다른 층까지의 값은다 (사진제공: 연합뉴스)



- 상부 구조물의 균열
- 지반의 침하
- 구조물의 누수
- 단열 및 방습효과의 저하



부동침하의 원인

			 <p>암거 등</p>	
<p>연약지반</p>	<p>연약층의 두께 차이</p>	<p>이질 지반</p>	<p>지하 매설물</p>	<p>경사지반</p>
			 <p>↑</p>	
<p>다른 기초</p>	<p>기초 제원의 현저한 차</p>	<p>인근 터파기</p>	<p>지하수위 변동</p>	<p>증축</p>

부동침하의 대책

- 연약지반 개량
- 지하수위 변동 방지

} 지반 및 지하수 관련

- 경질지반 지지
- 마찰말뚝 지정 이용
- 지하실의 설치
- 이질지반시 복합기초 시공
- 동일지반시 온통기초
- Underpinning 보강

} 기초구조 관련

- 건물의 경량화
- 평면의 길이 단축

} 상부구조 관련