

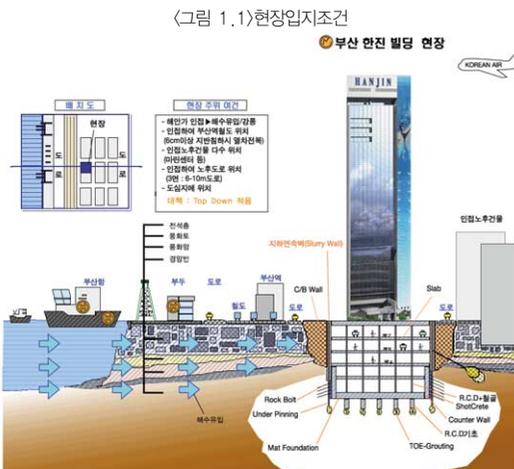
해안가 도심에 위치한 이질지층의 토공사공법

정재훈
부산한진빌딩 현장 소장

1. 개요

1.1 공사개요

당 현장은 해안가 도심지인 부산시 중구에 위치하며 21세기 해양도시로 발전하는 항구도시의 상징성을 지닌 현대화된 업무시설, 오피스 빌딩 신축공사이다.



[표 1.1] 공사현황

공사명	부산한진빌딩 신축 공사
규모	지하 5층, 지상 24층, 옥탑 2층
구조	S,R,C조(철골 철근 콘크리트 조)
연면적	40,509.38㎡
주요공법 및 마감	- C/B wall + slurry wall + R.C.D + TOP down 공법 - 석재 건식 방법 - 외부 curtain wall - 회화 장식물 건식방법

1.2 현장 입지조건 세부분석

본 현장은 해안가 도심지 건물신축공사로서 지하공간 구축 및 건물 기초설치를 위한 지반굴착시 다음과 같은 특수사항

을 내포하고 있다.

- 1) 인접된 노후 건물이 다수 위치하여, 지반변위를 최소화할 필요 있음.
- 2) 부산역 철도선로가 현장에 인접되어 있어 지반침하시 열차 전복의 우려 있음
- 3) 현장이 해안가에 인접하여 있으며 지하수위가 G.L - 2m로 비교적 높아 이에 따른 흠막이 변위 및 차수 문제 해결 필요 있음
- 4) 현장에 삼면이 도로와 인접되어 있고 Gas/상, 하수도 /통신/전기선로 등이 매설되어 있어 도로 침하시 안전사고 발생 및 시가지 교통체증 가중 우려 있음
- 5) 시내 상업지구로서 민원발생 방지를 위해 무소음, 무진동 공법 채택 필요
- 6) 도심지 공사로서 부지면적 최대한 확보·활용하는 방안이 필요

2. 해안가 도심에 위치한 이질지층 토공사 공법 개요

2.1 공법개요

본 현장은 지반에 대한 세부조사 및 현장 특수조건을 감안하여 [표 2.1]과 같이 원설계안을 변경하였다.

구분	당 초	변 경	예상효과
토공 순서	1. 차수벽: 없음	1. 차수벽: C/B Wall	1. 흠막이 안정성 극대화
	2. 흠막이: Slurry Wall+Strut공법	2. 흠막이: Slurry Wall+Under Pinning	2. 주위 지반 침하방지 - 인접 노후건물 보호 및 철로 안전성 확보/주변 위험 시설 물 보호
	3. 토공: Open Cut공법	3. 기초: R.C.D공법	
	4. 구조물 축조방식: 순타	4. 구조물 축조방식: Top Down(역타)	3. 소음, 진동최소화-민원예방 4. 공간확보로 시공여건 향상

[표 2.1] 설계변경 및 예상효과

2.2 공법 적용 개요

1. 지반 개량 - C/B Wall 조성
(시멘트 벌크를 매립토층에 주입하여 지반을 개량)
2. 지하연속벽 조성 - Slurry Wall
3. R.C.D - 지하층 철골기둥 + 기초 콘크리트 선시공
4. Toe Grouting, Under Pinning 보강
5. 기준 골조 Slab 축조 - 1층 바닥 콘크리트 타설
6. 지하 및 지상 골조공사 병행
7. 골조 완료
8. 마감 및 전기설비공사

2.3 사전조사

- 1) 공사 착수전 인접 노후 건물군의 균열 및 결함상태를 상세 조사 기록 유지, 주요 부위에 계측기 설치.
 - 가) 추후 발생이 예상되는 민원에 대비
 - 나) 공사 진행중 위험발생 사전 예측
 - 다) 공사 완료 후 공법 적용효과 파악
- 2) 세부 지반조사 (시료 채취분석)
 - 가) 설계 지반상태 검증
 - 나) 지반 조건에 적합한 적정공법 도출
- 3) 매립시설 조사 :
 - GAS 보호대책 강구
 - 상 / 하수도 보호대책 강구
 - 통신 보호대책 강구
 - 전기선로 보호대책 강구

2.4 주변 노후건물 조사 / 계측기 설치

- 1) 주변 건물 노후화 현황 파악
 - 가) 철근 부식 / 콘크리트 중성화
 - 나) 구조물 균열
- 2) 계측기 설치 (주요 노후화 부위)
 - 가) 크랙계이지 설치
 - 나) 경사계 설치
 - 현황조사 결과 기록 유지
 - 추후 민원대처 자료로 활용

2.5 세부 지반조사

- 1) 현장 지반조사 실시
 - 가) 시료를 채취하여 분석한 결과 설계서의 지반조사와 상이점을 발견
 - 나) 발주처 통보 / 협의하여 공법 변경에 활용
 - 다) 공사 범위 재조정 및 공사금액 재협의

2.6 Cement Bentonite Wall

- 1) 목적
 - 가) TRENCH WALL 터파기시 공벽 붕괴 방지
 - 나) 연속벽 조성시 콘크리트, 벤토나이트의 유실방지
 - 다) 연속벽 공사시 지하수 및 해수 유입 억제
- 2) 특징
 - 가) 개량된 부분에 대한 굴착시 손상이 없어 차수효과가 지속적으로 유지되어 해수유입으로 인한 지하연속벽의 염해 및 중성화 방지.
 - 나) 지하 연속벽 외부쪽에 고르게 분포되고 소정의 강도 (30kgf/cm²)를 발현하므로 지하굴착시 발생할수도 있는 인접지반 침하 예방 및 Heaving, Piping 현상방지.
- 3) 시공 순서
 - 가) 차수벽 공사의 굴착 작업을 위한 보조벽용으로 Guide Wall을 설치
 - 나) Trench Wall 굴착 : 굴착은 C/B Slurry 속에서 진행한다. C/B Slurry는 적어도 지하수위보다 1.0M 위에 유지한다. 여굴발생 우려가 없는 풍화토층 일부까지 진행한다.
 - 다) C/B 액 주입

- 물 890kg과 벤토나이트 80kg을 혼합, 24시간 이상 저장 (비중 1.015)

- 벤토나이트 용액 970kg +시멘트 240kg를 첨가한 C/B Slurry를 혼합한 후 주입한다.

라) C/B Wall 굴착 : 에지데이터에서 혼합된 C/B Slurry 적정량을 주입하면서 굴착 진행.

2.7 지하 연속벽 (DIAPHRAGM WALL)

- 1) 목적
 - 가) 저소음, 저진동 공법
 - 나) 가설 흙막이벽과 본 구조체 병행
- 2) 특징

- 가) 소음과 진동이 낮다.
 - 소음과 진동의 발생은 거의 Hydro-Fraiser 굴착시 한정되 다른 항타 및 인발 등을 동원하는 공법에 비해 매우 낮다.
 - 나) 벽체의 강성이 높다.
 - 외부압에 의한 변형이 극히 적으며 주변의 지반이나 구조물에 유해한 침하를 적극 방지할 수 있다.
 - 다) 차수성이 우수하다.
 - 높은 차수성을 기대할 수 있으며 주위의 높은 지하수를 저하시키지 않을 수 있다.
 - 라) 임의의 차수와 형상을 선택할 수 있으며 철근량 증감에 따라 벽체의 강성도 임의조정이 가능하다. 또한, Element의 조합이므로 구형이나 원형은 물론 여러 가지 형상구축이 가능하므로 용도에 따른 적절한 설계가 가능하다.
- 3) 시공 순서
- 가) 선행굴착
 - 선행굴착전에 해당 판별의 크기 및 위치를 확인한다.
 - 굴착작업중에는 반드시 안정액을 공급한다.
 - 나) H / Fraiser 굴착
 - 굴착중에는 정확한 위치에 Guide Wall을 견고하게 설치한다.
 - 굴착중에는 Desander를 계속 가동시켜야 한다.
 - 굴착량에 따라 적정량의 안정액을 공급해야 한다.
 - 굴착작업중 수시로 Trench의 수직도 상태를 확인한다.
 - 다) Desanding 굴착
 - Desanding작업이 완료되면 굴착된 Trench의 최종심도 Check를 한다.
 - 라) 철근망 근입
 - 철근망 근입시 사전 검측을 득하며 각 부분의 결속상태를 안전점검 하여야 한다.
 - 2개 이상 분리 제작된 철근망은 상/하부 연결과정에서 설계된 이음 길이를 정확하게 지켜야 한다.
 - 철근망은 근입시 필요한 수량의 간격재를 반드시 부착한다.
 - Tremie Pipe는 여러개의 짧은 Pipe로 연결되어 계획된 깊이에 근입 되어져야 한다.
 - 마) 콘크리트 타설

- 콘크리트 타설전 안정액 회수를 위한 별도의 Pump를 설치한다.
- 최초의 콘크리트 타설은 2곳에서 동시 타설되어져야 한다.
- 콘크리트 타설은 설계높이보다 20~30cm 높게 타설한다.

4) 문제점과 대책

가) 슬라임 처리 문제

- 콘크리트 타설전 충분한 Desanding을 실시하지 않을 경우 단기적으로 벽체내부에 Sand Pocket이 생겨 내구성의 저하를 일으키고, 장기적으로 벽체의 침하를 일으키므로 구조물 안정에 위험하다.

나) 각 Panel 별 Joint 처리문제

- 현재 시공관례상 End Pipe 대신 Primary와 Secondary Panel의 Joint개선으로 신·구 콘크리트가 밀착 시공되고 있으나 부분누수 현상으로 보수가 필요할 수도 있다.

다) Diaphragm Wall 수직도 문제

- 굴착중 굴착면의 붕괴로 굴착면의 수직도에 대한 신뢰가 확보되지 못하므로 굴착면 붕괴에 대한 근본적인 대책이 필요하다.

라) 철근망 수직도 확보 및 근입시 변형

- 현장에서 선 조립된 철근망의 근입시 수직도 이탈에 의한 피복불량 및 근입시 변형이 문제되므로 품질 확보 및 수직도 Check에 용이하도록 시공성 개선노력이 필요하다.

2.8 Under Pinning

1) 효과

- 가) 터파기시 Slurry Wall의 변위 방지
- 나) 터파기시 암반면의 Sliding 현상 방지
- 다) 기반암층의 절리부 시멘트 페이스트 충전

2) 시공 순서

- 가) Soldier Pile Sleeve 설치
- 나) 천공
- 다) 1차 그라우팅
- 라) 양수 Test
- 마) H - Beam 근입

바) 2차 그라우팅 실시

2.9 R.C.D 및 Toe - Grouting

2.9.1 R.C.D (Reverse Circulation Drill)

1) 특 징

가) 저소음, 저진동 공법 - 환경공해나 도심지 공사에 유리하다

나) Top Down 시공의 선행공법

다) 지하기둥 및 철골기둥 선시공 공법

라) 암반 굴착 가능

2) 시공 순서

가) 측량 및 Casing 설치

- Casing 설치전에 정확한 측량으로 Pile 위치를 선정한다.

나) Casing 굴착

- Oscillator와 Hammer Grab을 이용 암반까지 Casing을 근입시킴.

다) R.C.D 굴착

- 암반굴착 및 굴착완료 후 슬라임 처리

라) Column 근입

- 미리 준비한 철근망을 연결조립하여 소정의 깊이까지 근입한다.

마) 콘크리트 타설

- Tremie Pipe 설치 및 콘크리트 타설

Tremie Pipe 를 소정의 깊이까지 설치하고 콘크리트 타설한다.

3) Koden Test

가) 목적 : R.C.D 의 수직도를 효과적으로 확인하기 위함

나) Koden Test 측정순서

- Koden 설치

- sensor 근입

- 초음파 탐사 Test Sheet 확보

2.9.2 Toe - Grouting

1) 효 과

가) R.C.D 기초 저면의 Slime 치환으로 상재하중 재하시 발생하는 기초 침하 방지

나) R.C.D 기초 하부 고정 Pin 조성 - 안전성 확보

다) R.C.D 기초 주위의 절리부 충전 - 해수유입 차단 (구조물 보호)

2) 시공 순서

가) T/G 천공

나) T/G 주입

2.10 복 합 Grouting

1) 효 과

가) Slurry Wall 저면 암반 절리면을 통한 출수 차단

나) 터파기시 암반면 Sliding 현상 예방

다) 터파기시 지하수맥 노출에 인한 건물 및 주변 침수 예방

2) 시공 순서

가) 천공

나) Mortar Grouting

다) L/W Grouting

2.11 구조물 축조방법(Top Down 공법)

1) 콘크리트 타설 공법 적용

가) Slab/ Beam/ Girder - B.O.G 방식 (서포트 지지방법)

나) Column - 포켓 유압 타설

다) 옹벽 - Hunch 타설

2) B.O.G 방식의 효과

가) 지하 연속벽 노출부 감소 - 측압으로 인한 구조물 균열 최소화

나) 안전성 극대화 (거푸집 붕괴 방지)

다) 원가 절감 (동바리 비용 절약)

라) 공기 단축

3) B.O.G 방식에 따른 Slab 콘크리트 타설 순서

가) Step 콘크리트 타설

나) 거푸집 설치 (B.O.G 방식 채택)

다) Slab 콘크리트 타설

4) 기둥 유압 타설 순서

가) Air Pipe 설치

나) 기둥 Form 설치

다) 콘크리트 투입구 설치

라) 유압 타설

5) Hunch 타설

가) 콘크리트 투입구 설치

- 나) 용벽 Form 설치
- 다) Hunch 설치
- 라) 콘크리트 타설

기획, 선행 - Main 공법 변경 발생 가능한 현상 사전 파악 후, 세부 공사에 대한 최적공법

- 2) 공사 착수전 발주처 협의설득 - 변경공사 내용을 공사금액에 전액 반영
- 3) 주요공법 미 변경시 발생이 예상되는 위험, 시간, 손실비용 등 시행착오 사전 예방

3. 지하구조물 품질 향상 방안

3. 1 균열 예방 및 수밀 콘크리트 타설

- 1) Mass 콘크리트 타설시 밀폐된 공간에서 수화열로 인한 초기균열 방지
- 2) 수중 콘크리트 양생
- 3) 콘크리트 배합설계 조정 (Slug/지연재 혼합)
 - 가) 초기 양생지연 효과
 - 나) 수화열 저감
 - 다) 수화열로 인한 균열 최소화
- 라) 콘크리트 품질 향상

4. 2 품질/ 환경/ 안전적 측면

- 1) 흠막이 안정성 극대화
- 2) 소음/진동, 지반 침하 등으로 인한 민원 및 사고 사전 예방
- 3) 인접 철도, 노후 건물 등의 안전성 확보
- 4) 콘크리트 구조물 품질확보
- 5) 지하 출수로 인한 침수 사고 사전 예방

4. 3 원가 절감적 측면

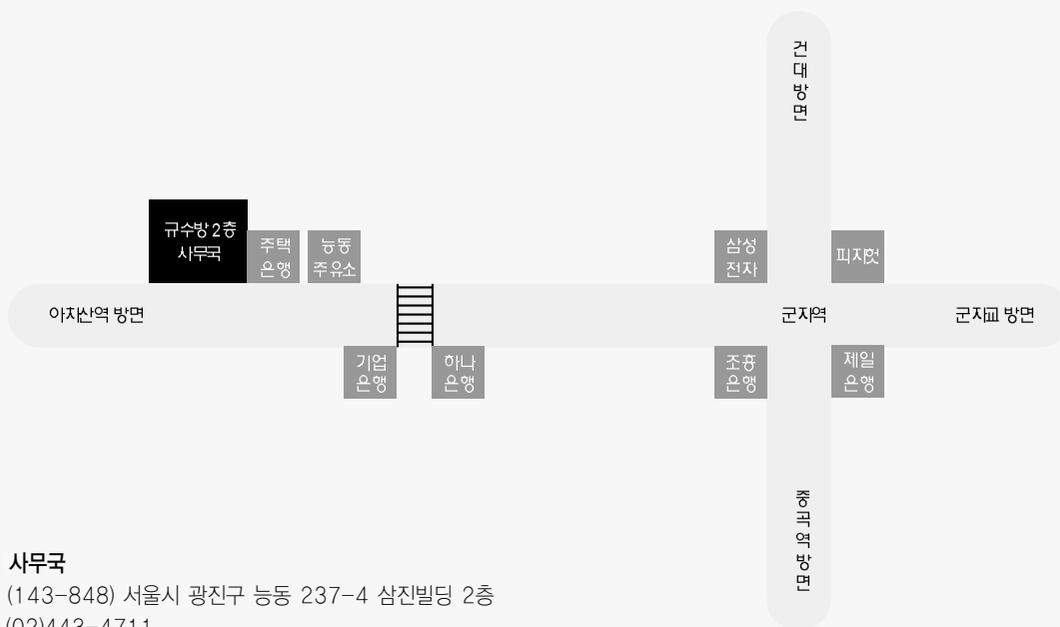
- 1) Case by Case 에 의한 최적공법 적용 - 투입비용 최소화
- 2) 콘크리트 구조물에 의한 Repair 비용 절감효과

4. 결론

4. 1 공사 기획 측면

- 1) 본공사 착수전 철저한 사전 조사결과에 의한 최적의 공사

우리회 사무국 약도



우리회 사무국

주소 : (143-848) 서울시 광진구 능동 237-4 삼진빌딩 2층
 Tel. : (02)443-4711
 Fax. : (02)443-4713
 E-mail : ksea@ksea.or.kr