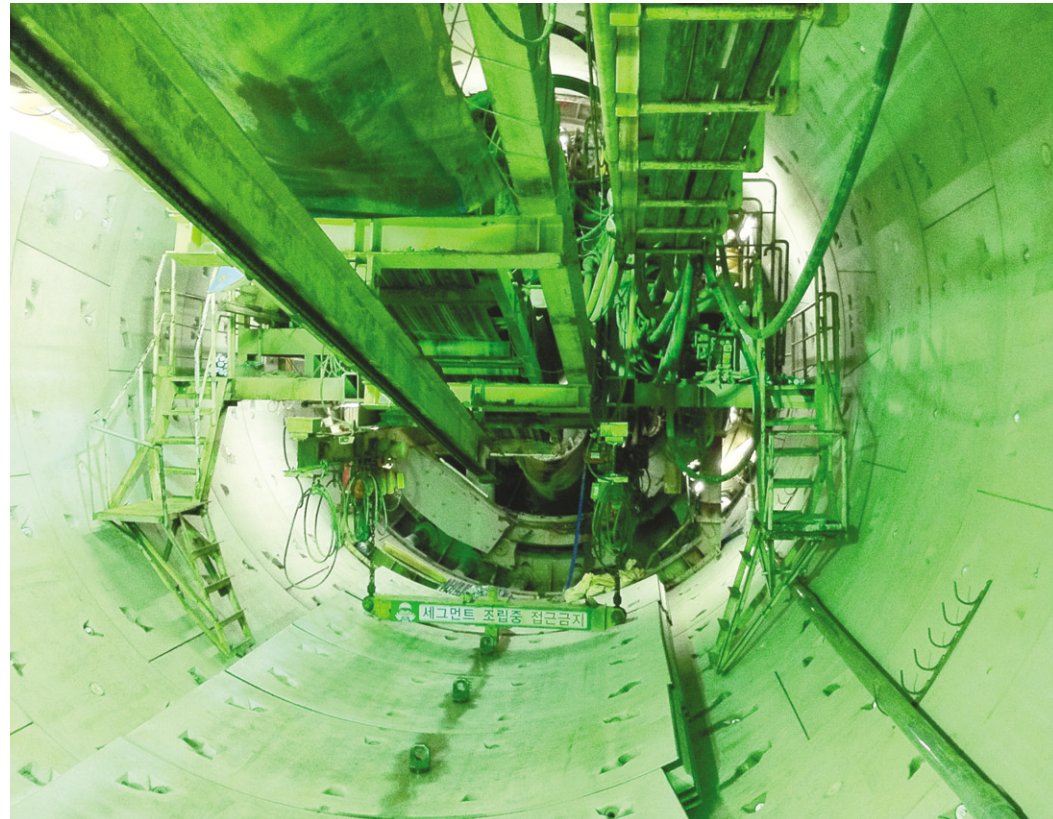


서울지하철 7호선 연장 703공구 고가하부 정거장 및 쉴드 TBM에 관한 시공 및 감리사례



오길영
(주)유신전문이사



1. 머리말

서울지하철 7호선 연장공사는 서울지하철 7호선 종점인 온수역과 인천지하철 1호선 부평구청역 간을 연결하는 기존 지하철 7호선 연장공사로서 서울특별시 구간과 부천시 구간은 서울특별시 도시기반시설 본부(도시철도국)에서, 인천광역시 구간은 인천광역시 도시철도 건설본부에서 주관하여 시공 중에 있다.

전 구간을 6개 공구로 분할하여 2012년 말 준공예정으로 토목공사 마무리 단계이고, 건축 기타 공사를 활발하게 시공 중에 있으며, 그 중 본인이 책임감리하고 있는 703공구는 정거장이 계남고가 하부에

위치하고 있고, 정거장과 시·중점 환기구를 제외하고는 전 구간 쉴드 TBM으로 시공되는 특성을 가지고 있다.

이에 본인은 계남고가 하부의 가시설 시공 및 쉴드 TBM 시공 중 간섭사례를 소개함으로써 향후 유사한 시공현장에 참고할 수 있도록 시공 및 감리사례를 기술코자 한다.

2. 공사 개요

가. 7호선 사업개요

- 위 치 : 구로구 온수역(서울 7호선) ~ 부천 상동 ~ 부평구청역(인천 1호선)
- 사업규모 : 총연장 10.2km, 정거장 9개소
(서울시 0.44km, 부천시 7.41km, 인천시 2.35km)
- 사업기간 : 2004.12. ~ 2012.12
- 총사업비 : 1조 1,819억 원(국비 60%, 지방비 40%)
- 사업추진 : 지방자치단체간 협약으로 추진(서울시, 인천시, 부천시)

나. 7호선 사업 추진 경위

- 추진목표
 - 수도권 광역교통망 확충으로 서울 7호선과 인천 1호선을 연결하여 서울 서북지역, 부천 상동신도시, 인천 북부지역 등의 교통체증 해소 및 지역경제 발전 도모
- 추진경위
 - '02. 8 : 예비타당성 조사완료(기획예산처)
 - '03. 3 : 연장건설 협약체결(서울시·인천시·부천시)
 - ※ 지하철 7호선 연장건설 전 구간 서울시에서 주관
 - '03. 7 : 기본계획 및 기본설계 용역 계약 및 착수
 - '04. 6 : 기본계획 확정(건교부고시 제2004-150호)
 - '04. 12 : 실시설계격자 선정 및 1차공사 착공(Fast track)
 - '05. 1 : 협약 변경체결(인천구간은 인천시에서 주관)
 - '05. 7 : 기본계획 및 기본설계 용역 준공
 - '05. 9 : 실시설계 완료 및 본 공사 계약

- '06. 9 : 7호선 연장건설 사업계획 승인(건설교통부)
- '12. 6 : 도로포장 완료
- '12. 10 : 개통
- '12. 12 : 준공

다. 위치도

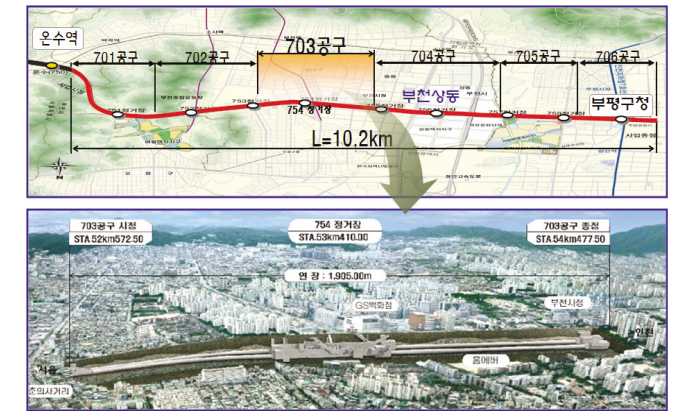


그림 1. 703공구 위치도

라. 703공구 공사개요

1) 일반현황

- 공 사 명 : 서울지하철 7호선연장 703공구 건설공사
- 시 공 자 : (주)대우건설 외 2개사
- 감 리 자 : (주)유신
- 공사위치 : 경기도 부천시 원미구 춘의동(춘의사거리)~중동 (부천시청)
- 공사금액 : 184,777백 만원
- 공사기간 : 2004. 12. 31 ~ 2012. 10. 31
- 공사규모 : 총 연장 L=1,905m
 - 본 선 : L=1,740m(쉴드터널 : 1,589m, 개착 : 151m)
 - * 쉴드터널 총연장 : 3,179m
 - 정거장 : L=165m(1개소, 섬식, 출입구 8개소)
 - 환기구 : 10개소(본선 8개소, 정거장 2개소)
 - 건축, 전기, 통신, 기계설비 : 1식

2) 지층분포특성

구 분	평균심도(m)	구성상태	공학적 특성
매립토	0.5~7.0(GL-3.5)	•점토성인 실트질 모래, 모래질 자갈, 점토성인 모래질 실트 •1.0~10.0cm내외의 자갈, 호박돌 및 전석층분포 (Ø:20~60)	•N차: 2/30~38/30
충적토	0.8~6.7(GL-6.9)	•실트질 세립 내지 조립 모래	•N차: 4/30~35/30
동화대	풍화토	•실트질 세립 내지 조립 모래, 모암의 암편 함유	•N차: 19/30~50/17
	풍화암	•암편석인 실트질 세립 내지 조립 모래	•N차: 50/8~50/3
기반암	•연암 : GL.(-)17.6~32.0m •경암 : GL.(-)18.0~37.0m •수평, 수직 절리 발달		•TCR 분포 연암 : 0~98% 경암 : 53~100%

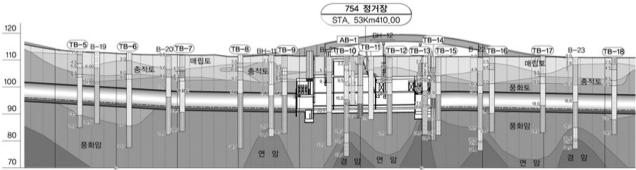


그림 2. 지층분포도

3) 공구특성

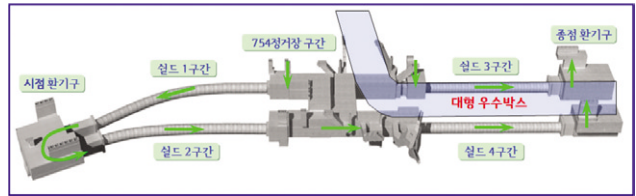


그림 3. 공구특성

공구특성

- 계남고가(PSC Box Girder, 5경간 연속교, B=22.5m) 하부 정거장 시공(교각 보호공)
- 대형 우수박스(6.0×3.6×3편×2열) 하부 개착구조물 시공(우수박스 떠받침 시공)
- 터널 전구간 : 실드터널로 설계 ⇒ 실드 TBM 이동을 고려한 구조물 시공

3. 계남고가교 교각 기초 근접 시공사례

가. 754 정거장 현황

1) 주변현황 분석

- 교통이 혼잡한 폭 50m의 계남큰길과 신흥로의 교차로에 위치
- 사거리를 중심으로 부천 원미경찰서, 롯데백화점, 홈플러스

등 대형상가 및 아파트 단지 밀집지역 형성

- 6련 대형 하수 BOX 및 계남고가, 지역난방, 공동구, 상수도 등 지장물 산재



그림 4. 754정거장 주변 현황

2) 계남고가 현황

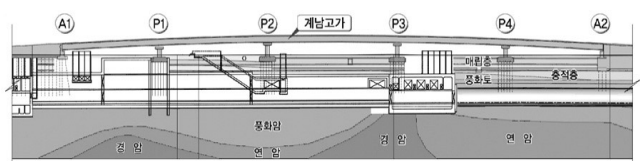


그림 5. 계남고가 종단면도

상부 구조	형식	PSC Box Girder	준공년도	1993
	총 폭	23.5m 유효폭 22.5m	선형	횡단 2%
	교 고	2.0~5.4m	종단	-
	차선수	왕복 6차선	교차장치	
경간구성	경간구성	45m+50m+60m+50m+45m=250m (5경간 연속)	신축이음장치	마게바(레일식)조인트
	하부 구조	교대 중력식	기초형식	강관파일
교각	교대	중력식	설계하중	DB-24(1등교)
	교각	벽식		

3) 계남고가 전경

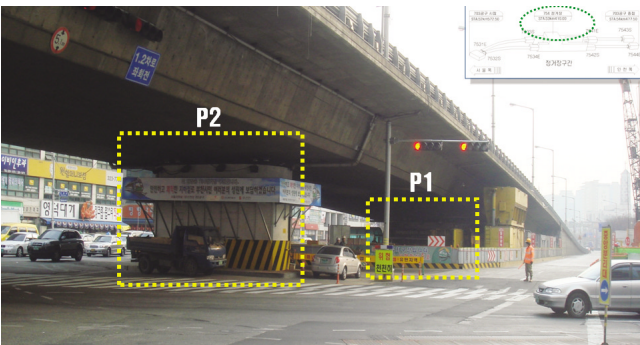
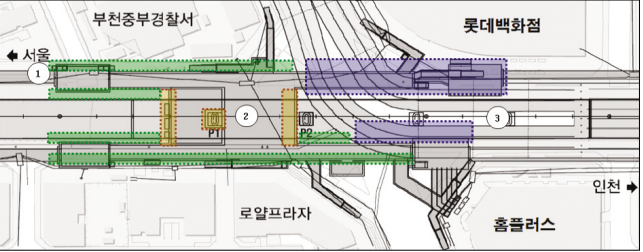


그림 6. 계남고가 전경 모습

4) 구간별 토류공법 적용현황



분류	공법	적용구간	비고
①	C.I.P Ø 508mm)+C.F	정거장 측벽구간	
②	C.I.P 개선공법(Ø 508mm)+S.C.M	교각P1, 시종점 마감벽	
③	H-PILE+토류벽+트윈젯	하수박스 통과구간	

5) C.I.P(Ø508mm)+C.F

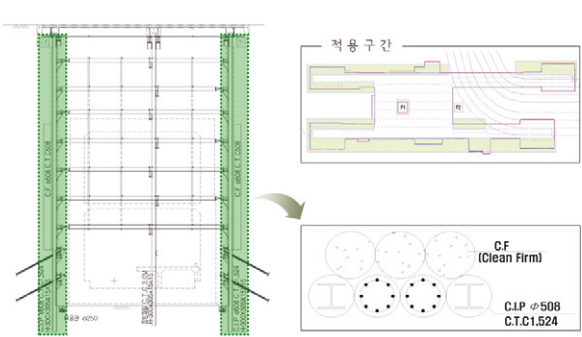


그림 7. C.I.P+C.F

6) C.I.P 개선공법(Ø508mm)+S.C.M

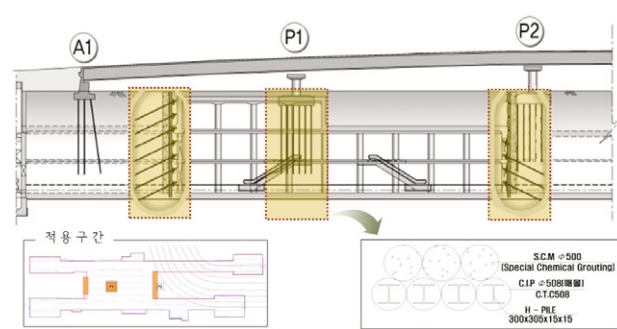


그림 8. C.I.P 개선공법+S.C.M

7) H-PILE+토류벽 콘크리트+TwinJet

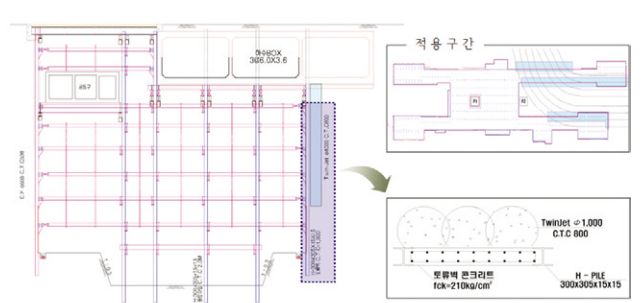


그림 9. H-PILE+토류벽 콘크리트+TwinJet

나. 교각(P1, P2) 기초 근접시공

1) 교각(P1, P2) 기초현황

- 교각(P1, P2) 위치도

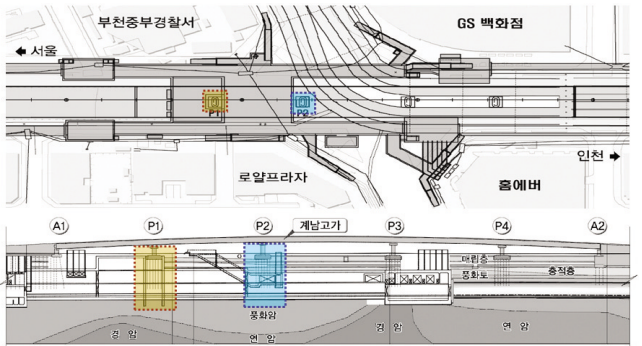


그림 10. 교각(P1, P2) 위치도

- 교각(P1, P2) 파일시공현황

- 교각P1 기초파일 : 강관말뚝 Ø 427.5mm×36EA, H=12.4m
- 교각P2 기초파일 : 강관말뚝 Ø 508.0mm×36EA, H=10.2m

- 교각(P1, P2) 간섭현황

분류	간섭현황	문제점
교각P1	교각P1 기초파일이 정거장 기초 6.0m상부에 위치	굴착시 교각P1 안정성 저하
교각P2	교각P1 기초파일이 정거장 기초 8.2m상부에 위치	기초파일 측면굴착으로 안정성 저하

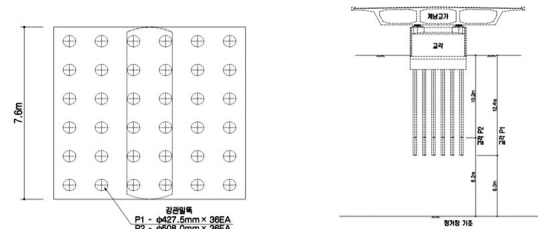


그림 11. 교각 간섭현황도

2) 교각 P1 근접시공

• 현황 및 공법적용

- 계남고가 하부에 754정거장이 개착시공됨에 따라 기존 교각 P1의 보강이 필요
- 교각P1에 C.I.P개선폰법, S.C.M, 교각기초확대 및 타이케이블 공법을 적용

• 교각P1 보강 평면/단면도

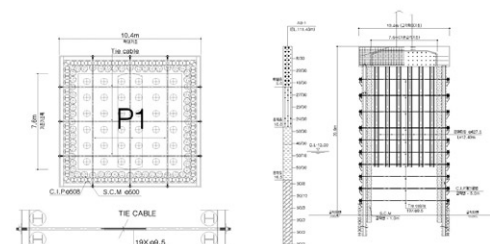


그림 12. 교각 P1 보강 평면/단면도

• 교각P1 보강 시공순서도



그림 13. 교각 P1 보강 시공 순서도

• 1단계 : 준비작업(고가하부 형상고 확보 및 유압잭 설치)

- 장비투입 공간확보를 위하여 지반 일부 굴착
- 침하발생에 대비 교각부 유압잭(520t×8개)설치

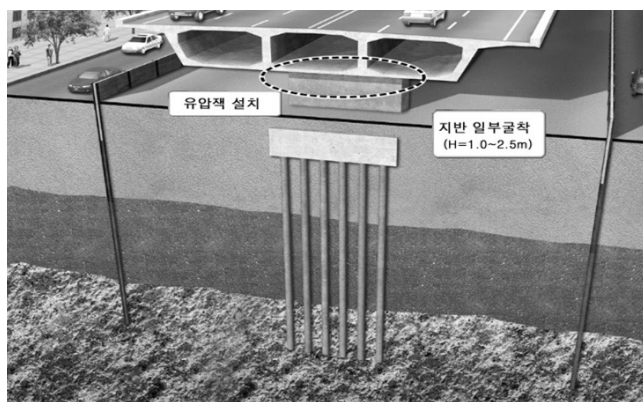


그림 14. 지반굴착 및 유압잭 설치

- 고가하부 형상고 확보 : 천공장비(H=6.0m) 투입을 위한 고가하부 일부굴착

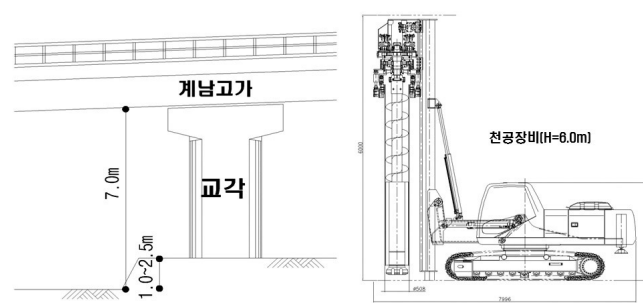


그림 15. 고가하부 형상고 확보를 위한 굴착

- 유압잭 설치(작업을 이용한 계남고가 구조물 안정성 확보)
- : 유압잭(520t)×8개소 설치/관리기준치(14.9mm) 초과시 작업 시행

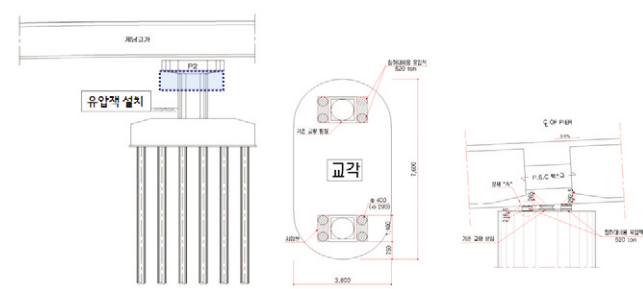


그림 16. 유압잭 설치 상세도

• 2단계 : C.I.P개선폰법 및 S.C.M시공

- C.I.P개선폰법 시공후 S.C.M시공

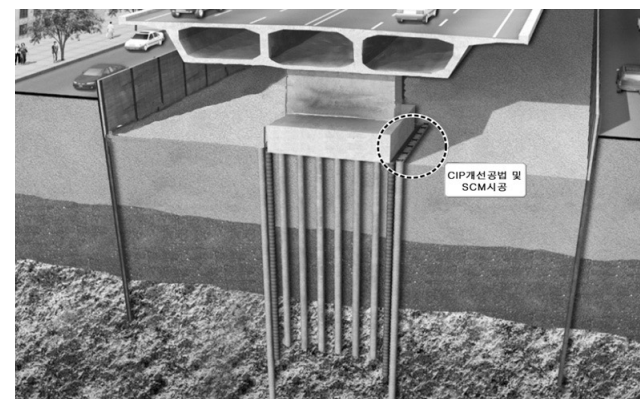


그림 17. C.I.P개선폰법 및 S.C.M시공

- C.I.P개선폰법 시공

- : C.I.P개선폰법 시공(H-Pile, 케이싱 - 3~5m로 연결시공)
- : 64공, 굴착면 하부 5.0m 근입

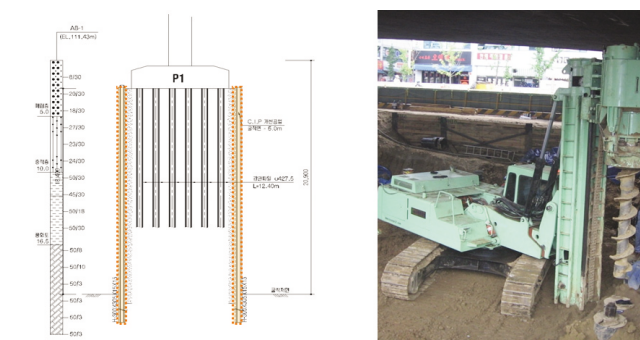


그림 18. C.I.P개선폰법

- C.I.P개선폰법 시공사진



그림 19. C.I.P개선폰법 시공 사진

- S.C.M(Special Chemical Grouting)시공

- : 64공, C.I.P굴착면 하부 1.0m 주입

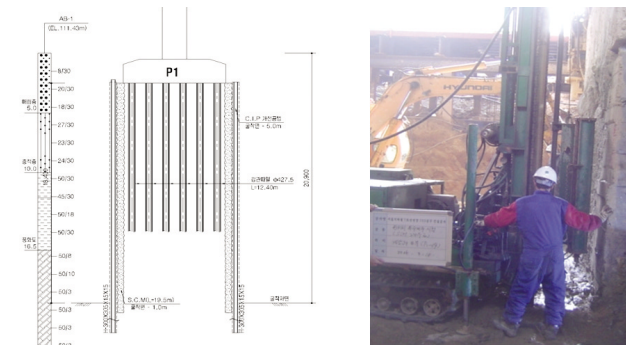


그림 20. S.C.M 시공 모습



그림 21. S.C.M 시공 사진

• 3단계 : 교각확대기초 타설

- 주변굴착에 따른 하중을 C.I.P가 부담하도록 교각확대 기초를 시공하여 C.I.P~교각기초 연결

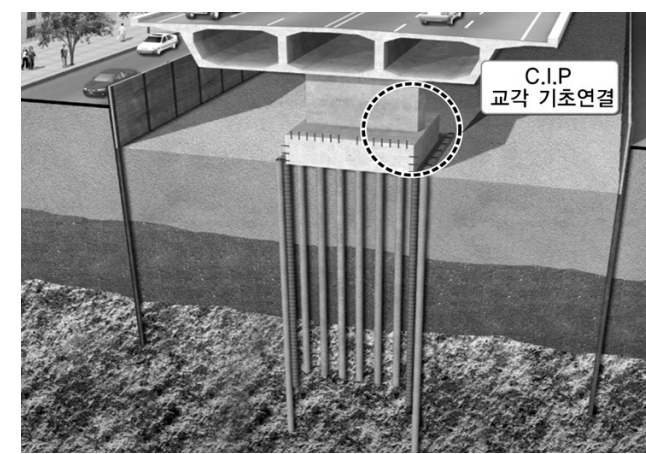


그림 22. C.I.P교각 기초연결

- 기존교각기초(7.6m×7.6m×2.0m) → 기초확대(10.4m×10.4m×2.5m)

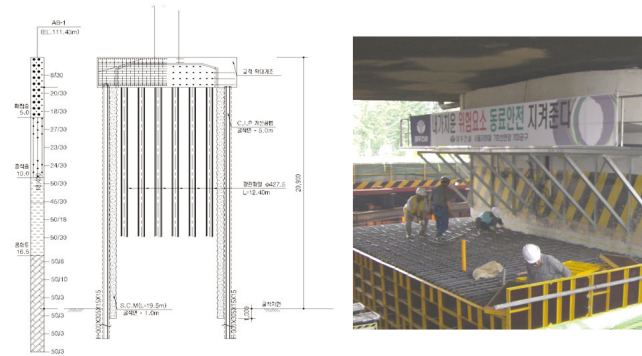


그림 23. 교각기초확대

- 4단계 : 단계별 굴착 및 타이케이블 시공
 - 굴착에 따른 교각P1의 배부름 현상 방지를 위한 타이케이블 (10단) 시공

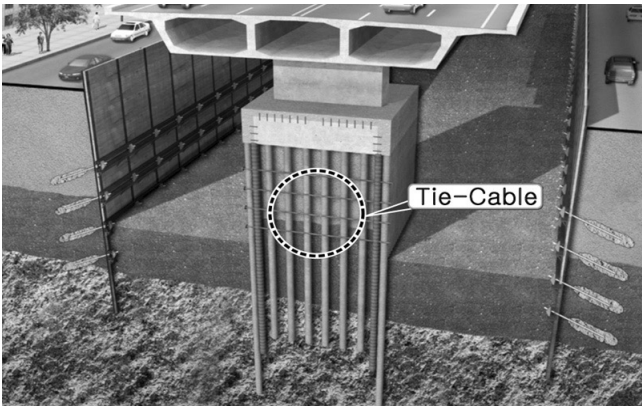


그림 24. 타이케이블 시공(1)

- 타이케이블 시공 : F200T(19× Ø5) 사용, 1~10단 설치

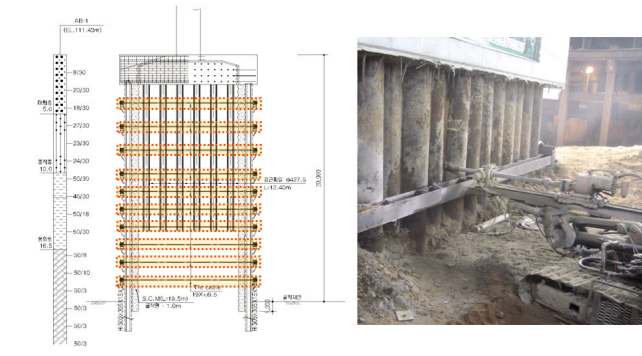


그림 25. 타이케이블 시공(2)



그림 26. 타이케이블 시공(3)

3) 교각 P2 근접시공

- 교각P2 가시설공법 적용
 - 1~4단 - IPS(Innovation Prestressed Support) 공법 적용
 - 5~8단 - 어스앵커공법 적용

•IPS공법적용 평면/단면도

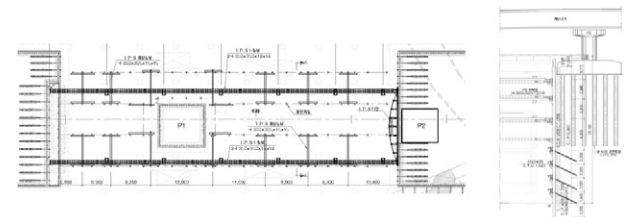


그림 27. IPS공법적용 평면/단면도

- 기존 가시설공법(STRUT)과의 비교

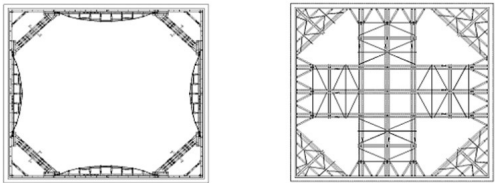
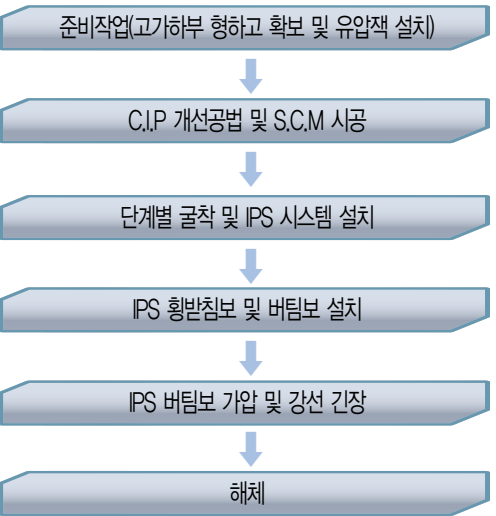


그림 28. IPS공법과 STRUT공법

분류	IPS 공법	STRUT 공법
장점	- 가설재 사이의 공간이 넓어 구조물 시공이 편리 - 강재량 감소로 인한 시공성 향상 및 공기단축 - 소수의 볼트 연결에 의한 설치, 해체 용이	- 시공경험이 많음 - 시공 후 보강 용이 - 재래식 공법으로 공사비 상대적으로 저렴(2.7억원)
단점	- 시공실적 적음 - 신기술 공법으로 공사비 고가(3.3억)	- 버팀보 길이가 긴 경우 이음 부분의 좌굴 우려 - 가설재 간섭으로 인한 구조물 시공불편

•교각P2 보강 시공순서도



- 1단계 : C.I.P개선공법 및 S.C.M시공
 - C.I.P개선공법 : 57공, 정거장 기초 하부 2.0m 근입
 - S.C.M : 57공, 정거장 기초 하부 1.0m 주입

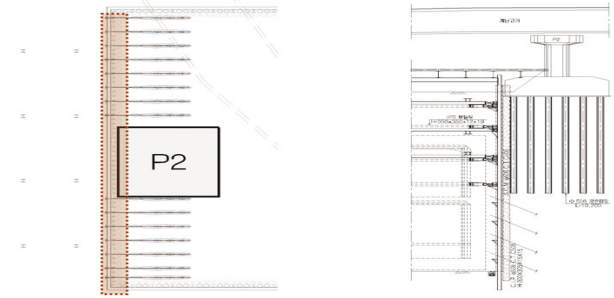


그림 29. C.I.P개선공법 및 S.C.M시공

- 2단계 : 단계별 굴착 및 IPS시스템 설치
 - 띠장 L=18m

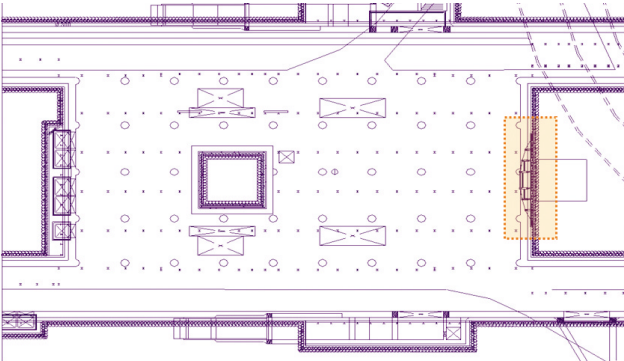


그림 30. 단계별 굴착 및 IPS시스템 설치

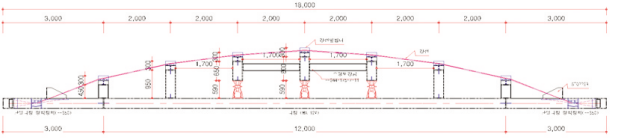


그림 31. IPS시스템 설치 시공사진 및 도면

- 3단계 : IPS횡반침보 및 버팀보 설치
 - 횡반침보 간격 L=12m

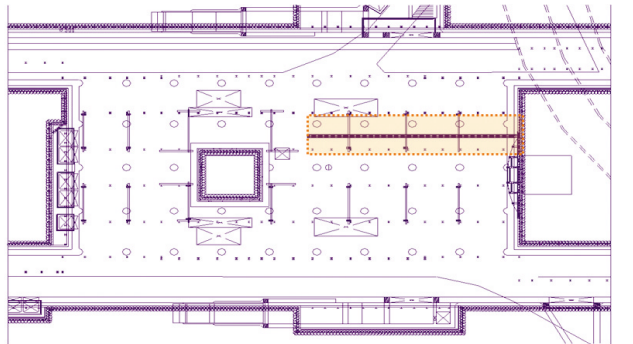


그림 32. IPS횡반침보 및 버팀보 설치

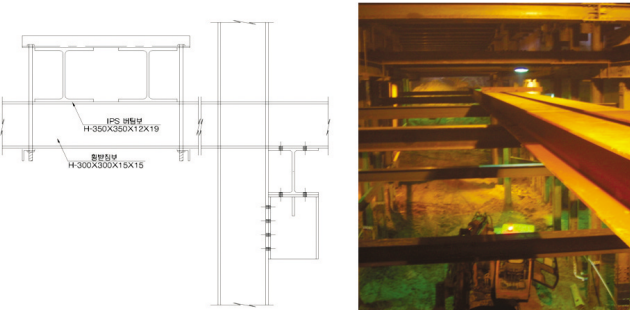


그림 33. IPS 횡반침보 및 버팀보 설치 시공사진 및 도면

- 4단계 : IPS 버팀보 가압 및 강선긴장(IPS설치완료)
 - 버팀보 L=73m
 - 강선긴장력 : 106~302ton(1단~4단)

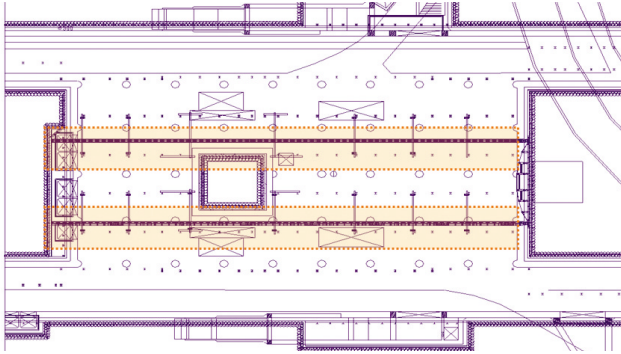


그림 34. IPS 버팀보 가압 및 강선긴장



그림 38. 띠장~버팀보 직각설치



그림 39. 강선방청

- 선행하중 Jacking 및 강선긴장 후 볼트 토오크치 확인
: 긴장으로 인한 볼트의 풀림현상 방지
- 순차적 시공중 기설치된 IPS 긴장력 관리
: IPS 강선 및 버팀보의 순차적 시공중 기설치된 IPS의 계측 값을 확인하여 하중이완시 재긴장



그림 35. IPS 버팀보 가압 및 강선긴장 시공사진(IPS설치완료)



그림 40. 볼트 토오크치 확인



그림 41. 긴장력 관리

• IPS시공시 주의사항

- C.I.P와 IPS띠장사이 흠메우기 실시
: 배면토압 및 강선긴장에 의한 프리스트레싱력이 띠장에 분포하중으로 작용할 수 있도록 흠메우기 실시
- 강선삽입시 강선이 꼬이지 않도록 배치
: 마찰에 의한 강선의 손상 및 편심력 발생 방지

〈다음호에 계속〉



그림 36. C.I.P와 띠장사이 흠메우기



그림 37. 강선배치

- IPS띠장과 IPS버팀보는 90° 유지
: 가압력에 의한 편심력 발생 방지
- 강선의 방청처리
: 구리스 도포 후 비닐커버로 피복처리를 통한 강선의 부식 방지