TIE-ROD에 의한 흙막이 가시설 적용사례

서울지하철 6호선 6 공구 건설공사 현장

황철비| 토목기술부대리

서울지하철6호선은강북지역의동서를연결하는교통망으로 구축하여, 지역 개발 촉진과 아울러 균형발전에 기여하게 될 것이며, 현재 당사가 시공중인 지하철 6공구는 국내 지하철 공사가운데최대규모로서공사구간내에는한때서울의상징물이기도 했던 삼각지 입체 교차로의 철거 공사와 국내 최대 규모인 녹사평 대단면 터널이 포함돼 있어 세간의 관심이 집중된 곳이기도하다. 현재 전체적으로 약 80%의 공정률을 보이고있으며공덕, 효창, 삼각지정거장의본체구조물은시공 완료된 상태로 부대시설 공사중에 있고 녹사평 정거장은 돔구조물공사와병행하여부대시설공사를시행중에있다.

공사개요

o 공 사 명: 서울지하철6호선6공구건설공사

o 위 치 : 서울시 마포구 공덕동~용산구 이태원동 (L=3,786M)

o 감 리 자: 유신코퍼레이션

o공사기간: 1994. 5. 19 ~ 2000. 10. 31

o총공사비: 2,221억원

o공사현황: 연장: 3,786M

정거장: 722M (개착:470M, 터널:252M)

환기구: 8개소153M (개착:137M, 터널:16M)

본 선: 2,911M (개착:317M, 터널:2,594M)

부대공: 로타리철거, 4호선확장

정거장명	형식 구분	층수	길이 (M)	폭 (M)	길이(M)		출입구 (개소)	비고
					개착	터널		
공덕정거장	상대식	2층	16-22	19-54	165		3	
효창정거장	섬식	3층	22-24	21	113	52	4	
삼각지정거장	섬식	4층	24-27	23	192		8	변전실
녹사평정거장	섬식	4층	33-43	21		200	5	터널
계					470	252	20	

o정거장: 4 개소 (722M)

o환기구: 8 개소, 153M

터 널: 1개소, 16M

구 분	연장(M)	평균깊이	평균폭	비 고
개착	317	22	15	유치선및본선
터널	2,594	30	6.0 x 2	마제형: 2,517M 원형: 77M

o본선: 2,911 M

서론

흙막이 가설공법은 직접기초, 말뚝기초, 지하구조물등을만드는경우의굴착에있어서주변의토사나지하수가 굴착 지반내에 침입하지 않도록 하기 위한 가설구조물이다. 가시설은공사중에사용되며공사완료후는철거되는것으로본체구조물축조를위하여 일시적으로 사용되는 가설구조물이기 때문에 종래는 경시되었으나 최근에는 공사가 대형화하고 복잡하게 되어 그 비용이나 공사량, 공기가 전체 공사에 차지하는 비율이 커져 중요시되었다. 또 종래의 공사가 경제성을 주로 하여 가시설 공사에서 공사비를절감하고자하는요구경향이크기때문에가설구조물은 경제성과 안정성의 균형을 고려해 만들어지는 경우가 많았다. 그러나 연약지반 지대, 인가밀집지대등그시공환경에따라서는경제성에너무나중점을 두면 의외의 재해를 보게 되어 오히려 전체 공사의 원가 상승 요인이 되는 수가 있으므로 신중한 설계시공이필요하다. 따라서계획설계시다음과같은사항을충분히검토해야한다

(i) 지반조건(토질, 토층구성, 지하수)

(ii) 지중매설물(위치, 깊이, 구조)

(iii) 대지 주변 상황과 흙막이벽과본체구조물의위치관계

(iv) 시공기계와작업환경

본고에서는 6호선 삼각지정거장과기존4호선의 접속 구간 일부에 TIE - ROD에 의한 흙막이 가시설 적용 사례에 대하여 간략히설명하고자한다.

본론

현장현황

<그림 1>과 같이 지하철 6호선 삼각지 정거장과 4호선 연결 환승통로 가시설 공사와관련하여6호선접속부일부구간(종점측환기구4번)이 Strut로가시설이설치가된상태이고, 가시설 설치구간 배면 약 9.3M 지역에 원 설계안인 earth anchor 방식으로는 자유장 및 정착장 확보가 안돼 earth anchor의 구조적인 성능을 기대하기가 어려워 상부 1,2,3 단은 TIE - ROD 공법으로 PC STRAND 를이용하여재설계하였으며굴착지반의지층구성은 아래<표 1>과같다.

< 그림1 > TIE-ROD 설치주변현황도

<표1> 굴착지반의지층구성

지층번호	심도(m)	내부마찰각Φ(deg)	마찰저항τ kg/cm²	토질
1	10.0	35.0	2.0	매립층
2	11.2	39.0	5.0	풍화암
3	12.3	43.0	10.0	연암
4	30.0	43.0	12.0	경암

지하수위는GL-3.2 m 에위치.

가시설부재검토

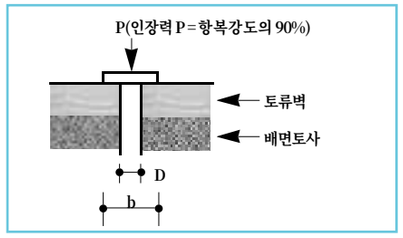
가시설 구조 검토중 토압산정, 엄지말뚝(H-P 띠장(WALE), 토류벽, 근입장 등 일반적인 부재 성검토는생략하기로하며당현장에특수하게 TIE-ROD에대한검토만을간략히소개하고자

Tie - Rod (PC STRAND)검토

1. Tie - Rod (PC STRAND 12.7 mm)검토

- 12.7 mm PC STRAND 허용인장강도

Ta = 0.6 x 인장강도(T/Cable) = 0.6 x 18.7 = 11.2 to



PC STRAND에작용하는최대축력을산정하여사용본수

2. ANCHOR PLATE검토

지압콘크리트의비유효면적A_c

$A_c = D^2 \times \pi / 4$

$\sigma_{ck} = 240\ kg/cm^2$

$\sigma_{ca} = 0.5\ \sigma_{ck} = 120\ kg/cm^2$

(콘크리트의허용국부지압응력)

$\sigma_{ca} \geq P / A'' = P / (A - A_c)$

$A \geq (P / \sigma_{ca}) + A_c$

$b = \sqrt{A}$

여기서, P : 앵커인장력(kg)

A : 앵커전체면적(cm^2)

A'' : Plate 유효면적(cm^2)

b : Plate 폭(cm)

D : Plate 구멍직경(cm)

Plate 두께의설계는anchor plate를두방향성의들보로생각하면

$P_x = P_y = P / 2$

따라서휨모멘트는

$M = (P_x \times D) / 4$

Plate 단면계수를Z 로하면

$Z = (b \times t^2) / 6$

$\sigma_{sa} \geq M / Z$

여기서, t : Plate 의두께(cm)

σ_{sa} : Plate 의허용응력도(kg/cm^2)

$\sigma_{sa} = 2100\ kg/cm^2$로하면

$t \geq \sqrt{6M / (b \times \sigma_{sa})}$

※상기의식으로부터Anchor Plate의폭과두께를산정한다.

(사진1) TIE-ROD(환기구"4" 구간) 및E/A(일반구간) 설치현황사진

(사진2) P.C Strand 및Anchor Plate 설치현황사진

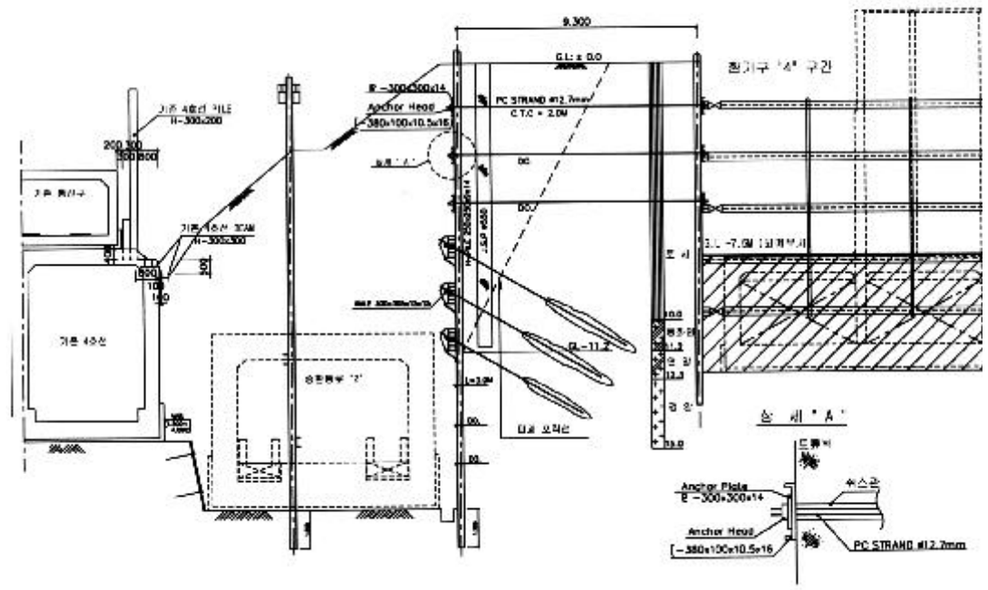
TIE-ROD 설치현황

<그림2>와 같이 현재 TIE-ROD 설치 구간의 주변 현황은 6호선삼각지정거장과4호선삼각지 정거장 연결승환통로" 2 "접속부우측의환기구4번의기굴착고가 G.L-11.2M로 현재 G.L-7.50M까지 되메우기가 완료된 상태이다. 좌측 정화조 및 환기구 구간도 G.L- 14.1M 까지 기 굴착이 되어있어 환기구 4번구간은상부3단을PC STRAND를이용한TIE -

<표2> E/A 자유장및정착장과PC STRAND 단위: M

	기제출 (C.T.C=1.8)			변경 (C.T.C=1.2)			비고
	자유장	정착장	총길이	자유장	정착장	총길이	
1단	9.0	5.0	14.0	PC STRAND 12.7mm (C.T.C=2.0M)			2본사용
2단	8.0	5.0	13.0	PC STRAND 12.7mm (C.T.C=2.0M)			2본사용
3단	7.0	5.0	12.0	PC STRAND 12.7mm (C.T.C=2.0M)			2본사용
4단	7.0	4.0	11.0	4.0	4.0	8.0	
5단	6.0	3.0	9.0	3.0	4.0	7.0	
6단	5.0	3.0	8.0	3.0	3.0	6.0	

< 그림2 > TIE-ROD 및E/A 설치단면도



ROD (C.T.C=2.0M)공법을 적용하고, 하부 3단은 원 설계안인 E/A (C.T.C=1.2M)공법으로 시공하였으며시공현황은<표 2>와같다.

시공시 유의사항

1. 수평천공을정밀하게시공하지않으면배면띠장설치시시공곤란.
2. 천공시배면토류벽이원형으로천공이되지않으므로천공완료후쉬스관을삽입하고파손된구간은Mortar 등으로채워서배면토사의유출을방지해야함.(주변지반의침하원인제거)
3. 띠장과 엄지말뚝(H-PILE)사이의 간격은 부재의 일체화를 위하여STIFFNER 등으로보강.

결론

<표3> 각항목별단가비교

	E/A(당초)	TIE-ROD(변경)
토사천공	27,537/M	27,537/M
풍화암천공	25,440/M	-
P.C 강선제작및삽입	118,732/공	47,493/공
그라우팅	88,610/공	-
P.C 콘조립및인장	60,262/공	24,105/공
지압판제작	50,402/개소	50,402/개소
계	370,983	149,537

** 총공사비는당초Earth Anchor 공사금액의약54 % 정도로공사수행.*

과 인장재의 부착 저항으로 지지하는 구조체로 층의 상태, 지하수 유무 등 지반 조건등에 의해 계획과현저히다른상황이발생하는경우, 소정 장력을확보하지못하는등문제가있으나 TIE- 공법은 지반의 토질 성상 파악만으로 정확한 시