신공법

대구경 강관을 이용한 비개착 TR&T 공법

- 기존 지하 구조물 응력 부담재(철근 부재)의 획기적인 변화 -

현재지속적으로늘어나는인구와교통량의 증가로 인하여 지상의 보행로 및 차도가 포화상태에이른바지하공간의활용이매우절실하게되었다. 이에지하운송수단및 지하 상가 등 지하 구조물이 증가하게 되었다. 또한, 공사로인한지상의교통지연, 불량한지반조건등으로인한각종안전사고, 주변 자연 환경의 훼손, 소음 · 진동에의한 수많은민원발생등은사회적인문제로까지 비약되는경우가발생하고있다.

따라서, 보다 안전하고 경제적인 지하 구조물 시공법의 필요성이 대두되었다. 이에 한국엔티에스이앤씨에서는 기존의 Pipe Roof 공법에서 소형 강관을 이용하여 가시설로만 사용하는 비경제적인 점을 보완하고, 특히기존터널굴착공법에서많은문제점으로 나타난 천장 및 벽체부의 누수 문제와이로인한안전성감소, 그리고장기적인 유지보수문제등시공상의여러단점을보완하여국내실정에적합한신기술인TR&T (Tubular Roof & Trench Method) 공법을 개발하게되었다.

시공 순서

TR&T 공법은작업구설치공정부터터널 구조물 완료까지 9개의 공정으로 나누어진다. 각공정별시공특징을통하여이공법의 시공성, 경제성, 안정성 등을 분석할 수 있다.

작업구(반출구및 반력벽) 설치

작업구의 길이는 현장 여건에 따라서 부지확보및교통장애를고려하여최소의크기로만들어야하나최소한가로(3m) ×세로(3.5m) ×구조물구축소요깊이정도의 수직갱을예상해구조물의한쪽끝에설치하여전진기지및반출구를구축한다. 이런작업구 설치 공정의 특징을 정리하면 다음과 같다.

① 작업구의 소요 깊이는 상부 강관이 지표면에서지장물에저촉을받지않는깊이로부터 지하 구조물의 예상 설계 하부면까지 한다.

② 강관 추진 작업시 유압잭의 반력에 견딜 수 있도록 설계된 반력벽을 구조물 반력 위치에설치한다.

③지하구조물의크기및방향에따라구조물의 한 방향으로 gallery(평 갱도 3m × 3.5m)를 구축한 후 강관 받침대와 추진 유압시스템을설치한다.

④ 작업구의 가시설은 주변 지반의 침하나 용수가 예상되는 경우 차수 시설을 설치해야한다.

⑤ 작업구의 버팀보 설치 및 배치는 강관을투입하기용이하도록고려해배치한다.

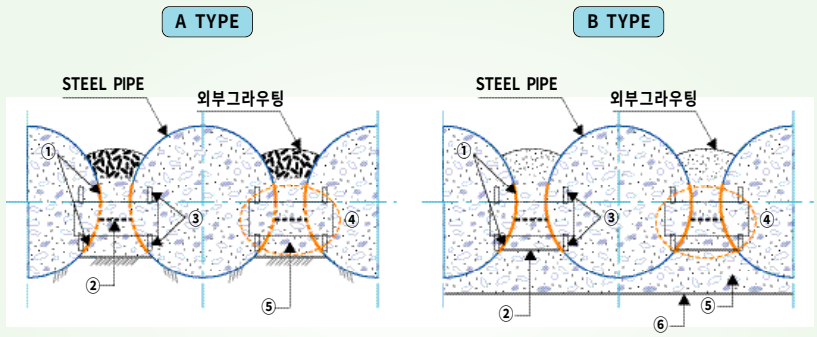
⑥ 강관 추진 작업시 바닥에 레일을 설치해야 하고, 또한 우천이나 용수에 대비하여 바닥콘크리트를타설하여배수가용이하도록한다.

⑦작업구에는비상벨이나무전기를항시 배치시켜가동할수있어야한다.

강관 압입 위치 측량 및선도관 설치

강관압입전터널시공예정단면을따라 알맞은 위치를 선정하여 정확하게 측량하고, 수평강관을설치하기위해선도관에압

TR&T 공법 타입별 분류



①보강용후렌지(12T, 23.55KG/EA)
②방수철판(6T)
③고정용키(D25)
④응력부담재(250AX12.7T, 79.8KG/M)
⑤콘크리트채움

①보강용후렌지(12T, 23.55KG/EA)
②방수철판(6T)
③고정용키(D25)
④응력부담재(250AX12.7T, 79.8KG/M)
⑤콘크리트채움
⑥거푸집

입방향조정장치를 부착설치하여선도관을 추진 유압 시스템에 연결하므로 수평강관 압입 · 굴착을 위한 준비 작업을 완료해야한다. 강관압입위치측량및선도관설치공정을정리하면다음과같다.

①선도관의길이는토질및선형에따라서 1 6m 정도의 크기로 제작하여 선도관조정장치가용이하게조작될수있도록해야한다.

② 선도관의 조정은 매회 1m 굴진시 측량을정확히하여실시한다.

③압입용강관의두께는상부토사의토압이나 유압잭의 압입에 의한 압력에 충분히견딜수있도록 해야한다.

④ 강관의 길이는 작업구의 여건에 따라 1 6m 정도로제작한다.

⑤ 강관과 강관의 연결부에는 접속링을 설치해야 하며 접속링의 크기는 강관의 내경보다 약간 작게 제작하여 압입시에 접속이용이하게한다.

⑥ 강관의 연결부 용접은 강관의 압입이 완료된후에실시해야하는데, 이는강관압입시에 선도관의방향조정에따라후속강관이용이하게압입될수있도록하는것이다.

⑦강관내부에는조명과환기를할수있는파이프를설치해야한다.

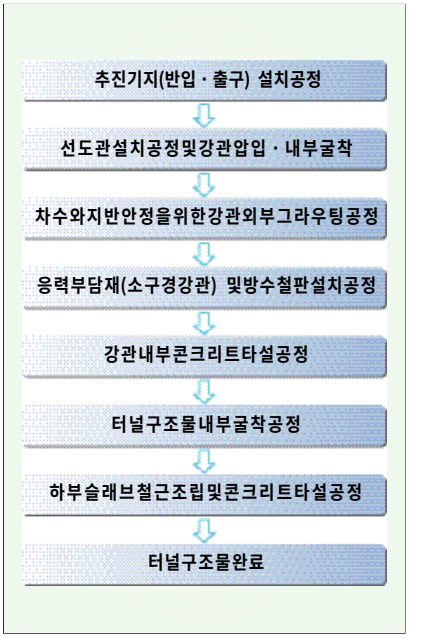
⑧강관은운반및작업구에투입하기편리하도록운반고리를달아둔다.

강관압입 · 굴착

선도관과수평제1강관을추진압입위치에정확하게설치한후유압잭및추진보조관을 이용해 단계적으로 압입한 후에 수평제1강관내부의토사를굴착한다. 강관압입및굴착공정의주요 특징을정리하면다음과같다.

① 강관의 내부 굴착은 인력으로 굴착하고, 1회굴진길이는1.0m 내외로실시하며, 강관의 압입이 어느 정도 이루어지면 굴진

시공 흐름도



길이를연장하여굴착압입한다.

②매1 2m마다레이저빔및레벨측량을통해위치 측량을실시하고선도관에부착된위치조정장치(유압실린더)로오차를수정해나가는공정을반복한다.

③이때최소의오차범위는 50mm내로 시공되며, 추진작업시 유압잭에부하가 많이걸릴경우 강관주변으로벤토나이트혼합재를주입시켜마찰력을감소시킨다.

④강관내부토사의굴착은인력으로하고, 암반이노출될경우발파와병행하여시공할수있으며, 운반은토사운반용대차를제작하여인력으로운반하지만굴착길이가길어질 경우 컨베이어 벨트를 사용하면 경제적이다.

⑤강관압입시막장부의토질및지하수변화를 관찰하여 갑작스런 용수나 암반 노출에대비해야한다.

토류 방지판설치, 강관 외부그라우팅

수평제1강관이완료되면 제2강관부터는 강관압입및 굴착공정에서선도관에설치된토류방지판투입창을통해제1강관과제2강관 주변에 흙을 제거한 후 토류 방지판을 순차적으로 설치하여 토사의 유출을 방지한다. 이때선도관내에부착된그라우팅밸브를 통해 토류 방지판 주위를 그라우팅한다. 토류방지판설치를완료한후선도관뒤로 압입된 선강관과 후강관 연결부(1 3m)를 용접한다. 그리고강관 제작시 강관내부에 부착되어 있는 그라우팅 주입 밸브를통해강관측면부절단시발생할수있는토사유출을 방지하기위해외부 차수그라우팅을 실시하여 원지반 이완 방지 조치를 취한다.

방수 철판및 응력부담재 설치

강관 측부를 소정의 크기로 절개하여 절개면 하부에 방수 철판을 설치하고 절개된 곳에응력부담재(소구경강관)를설치한후 보강 후렌지로 응력 부담재와 압입 강관을 용접하여일체화시킨다.

강관 내부에 콘크리트타설

이어치기 막음 부위에 RIB - LAT를 설치하고 콘크리트 주입관을 통해 타설한 후 수축으로 생긴 공간을 그라우트관을 통해 재충전한다.

터널 구조물 내부 굴착

터널 구조물의 내측을 굴착하면서 중간벽체를타설한후구조물바닥에 영구버팀보를설치하여지지토록한다.

하부 슬래브 철근 조립, 콘크리트타설

터널 바닥면을 정리하고 하부 슬래브 철근조립및콘크리트를타설한다.

뿜칠채 등을 이용한터널면 정리

터널구조물내부굴착이완료된후노출된 강관에 뿜칠채를 이용해 내부면을 마감하거나 내부 라이닝 거푸집을 설치하여 타설후내부면을마감한다.

적용 사례

공사명	발주처(설계사)	단면 제원M (B)X(H)X(L)	비고
법전 소천도로개수공사 구간중터널구간	부산지방국토관리청 다산이앤지	ARCH 18.8X11X57	공사완료
그리스 Monastiraki	Smet-Tunnelling	2ARCH 14.1X10.3X210	공사완료
불광천하부통과공사	인천국제공항철도 청석엔지니어링	ARCH 21.8X9.8X126	공사중
오리 수원복선전철 (상갈 영통) 노반공사	철도청 대한컨설턴트	ARCH 9.8X7X7.8X60	설계완료
신분당선양재정거장 하부통과공사	신분당선주식회사 삼보기술단	ARCH 9.6X7.4X40	설계완료
송내역역세권지하공간 개발사업시설공사(3차)	부송지하상가 상도개발, 유원건축	3BOX 16.6X4.5X32.3	설계완료
우이 신설지하경전철 건설공사	서울시,포스코건설(민자50%) 삼안건설기술공사,하경엔지니어링	ARCH 7.6X5.7X30	설계중
강남순환도시고속도로(5공구) 건설공사	서울시건설안전관리본부 두산산업개발	ARCH 11X7X75	설계중

터널 완공

터널내부를정리하고구조체를완성한다.

대심도 터널 공법의 불합리성 극복

TR&T 공법은지하구조물의라이닝형상에 따라 대구경 강관을 압입하고 강관 내부를굴착한후, 강관측부를소정의간격으로 제거한 후에 응력 부담재로 연결시켜 작용응력을부담시키도록하고응력부담재설치위치에서관사이의토사를제거한다.

토사가 제거된 관과 관을 철판으로 이어 용접하여방수가되게한후터널내부를굴착하고 터널면을 따라 뿜칠채 등으로 마감처리하여 터널면을 완성하는 신기술 · 신공법이다.

이 공법을 이용하여 지하 공간을 건설할 경우기존구조물의지상및지하기능을유지할수있고, 가설구조물을본구조물로활용할수있다. 뿐만아니라개착식공법에따른불안정성과교통장애를방지하고견고한 지반 조건을 전제로 상당히 깊은 심도에서 시공되는터널공법의불합리성을극복할수 있는대체공법으로평가할수있다.

아울러 종횡 방향의 곡선 선형에 능동적으로 대처할 수 있는 점에서 활용성이 높고 공사기간을기존의공법보다현저히단축시킬수있는장점이있다. 현재까지의설계실적을 토대로 이 공법의 특장점은 다음과 같다.

첫째, 구조체 축조시 대구경 강관 내에서 모든작업이이루어지므로위험성이전혀없다. 둘째, 철판으로구조체와용접해이어주므로방수가확실하다. 셋째, 강관과강관사이를응력부담재로연결시켜거더를형성시킴으로써철근가공조립이필요없다. 넷째, 측벽조성시붕괴발생의위험이전혀없다. 다섯째, 대단면아치터널일경우공종이간단하여 공기가 단축되며, 공사비가 저렴하다. 여섯째, 공정이간략하므로공기가현저하게단축된다. 일곱째, 구조물축조시지상 및지하구축물의문제점이발생하지않는다(차량 및 시민의 통행 제한, 지하 구조물 이설, 도로 노면 침하, 지하 매설물 손상 등). 여덟째, 터널갱구부훼손이없어환경친화적이다. 아홉째, 연 · 경암이 조우되더라도 굴착이가능하다.

안정성 · 경제성 우수, 유지 보수도 용이

이공법은지하철, 대규모지하상가및공동구, 지하 차도, 터널갱구부 등 거의 모든 지하구조물에활용이가능하다. 또한, 지하구조물 시공시 인접한 기존 구조물에 침하 및진동에의한균열등이발생하지않아상부 충격 및 지반 변위에 민감한 구조물, 즉 철도노반, 도로등이존재하는위치에지하구조물을 시공하는 경우 다른 공법에 비해 안정성및경제성이매우우수하다. 특히, 토질이 연약 지반이거나 구조물 굴착 시공시 암반에조우되더라도시공이가능하여기존의 기타 공법에서는 곤란한 여건을 극복할 수있어서시공후에도다른공법에비해유지 보수 비용 절감 및 보수 횟수를 줄일 수 있을것으로판단된다.

결론적으로 TR&T 공법의 활용 및 기대효과를정리하면다음과같다.

첫째, 지하 구조물 축조시 기존의 개착식 공법에서 발생되는 소음 · 분진과 교통 장애로 인한 보행자의 불편 사항 등으로 야기되는 민원 발생을 최소화할 수 있다. 둘째, 굴착을 위한 가시설 구조물을 본 구조물로 대체하므로 공기 단축 및 공사비 절감이 가능하다. 셋째, 기존 지상 구조물 및 지반의 침하를최대한억제할수있으며, 기존지하구조물에 피해를 유발하지 않고 필요 공간을 확보할 수 있다. 넷째, 기존의 다른 공법에 비해 대구경 강관을 적용함으로써 강관 내 굴착의 효율성 및 안전성이 제고된다. 다섯째, 타공법적용시에는굴착중에전석층및 암석층과조우시시공이곤란한경우가있으나TR&T 공법을적용하면기계식굴착에의한처리가가능하다. 여섯째, 시공지역토질이 연약하거나 지하수 유입과 같은 문제성 지반에 도적용이가능하다.

김경곤
(주)한국엔티에스이앤씨이사