

C.F.T기둥을 적용한 역타(Downward)공법 시공사례

글 | 장현주 | 경의선2공구현장 대리
전화 : 02-3158-3055 || E-mail : jangkun022@ssyenc.com

최근 도심지에서 건설되는 대규모 심도의 구조물 시공시 일반적으로 적용되는 지하 터파기 완료 후 구조물을 하부에서 상부로 시공하는 순타공법이 주를 이루고 있지만, 경의선(용산~문산)복선전철 제2공구 노반신설공사 중 가좌정거장은 C.F.T기둥을 적용하여, 굴착과 더불어 슬래브를 시공하고 벽체를 지지하면서 구조물을 시공하는 역타(Downward)공법을 채택하여 도심지 굴착공사에 따른 인접 구조물에 영향을 최소화하면서 안정성을 최대한 확보하여 시공하고 있다.

1. 서론

경의선 복선전철 노반신설공사는 용산~문산간 복선전철화 사업으로 현재 26회/일 운행을 288회/일 증가시킴으로써 수도권 서북지역의 신도시개발 및 택지개발에 따른 교통편의 제공, 지역개발 촉진, 남북통일에 대비한 전진기지 마련의 취지로 2000년에 발주되어 올해로 10차공사가 시행중에 있다.

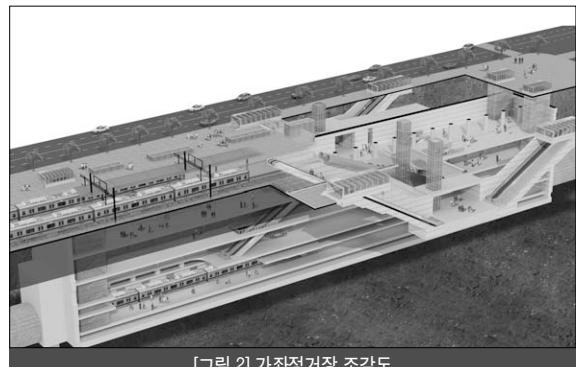
당 현장(2공구)은 서울시 마포구 성산동에서 경기도 고양시 덕양구 행신동 일대 약 10.462km구간, 총 공사금액 2,090억원의 노반신설공사로서 2009년 상반기 성산~문산간 조기개통에 따라 5개 정거장(가좌, 성산, 수색, 화전, 행신) 중 개통예정인 가좌정거장을 제외한 4개 정거장 구간은 공정에 차질 없이 공사를 시행하고 있다. 가좌정거장은 당초 설계시 지상 고상홈 2개소($L=210m$)에서 2005년 가좌~성산간 지하화 설계변경을 통해 지하5층 구조물로, 2007

년 06월 가시설 붕락사고 후 2008년 최종 설계변경을 통해 최대한의 안정성을 확보하기 위해 슬래브 지지공법인 C.F.T(Concrete Filled Steel Tube)파일 기둥을 적용한 역타(Downward)공법이 채택되어 시공 중에 있다. 본문에서는 가좌정거장에 적용된 C.F.T파일 시공사례 및 역타공법에 대해 소개하고자 한다.



2. 공사개요

2-1. 개요

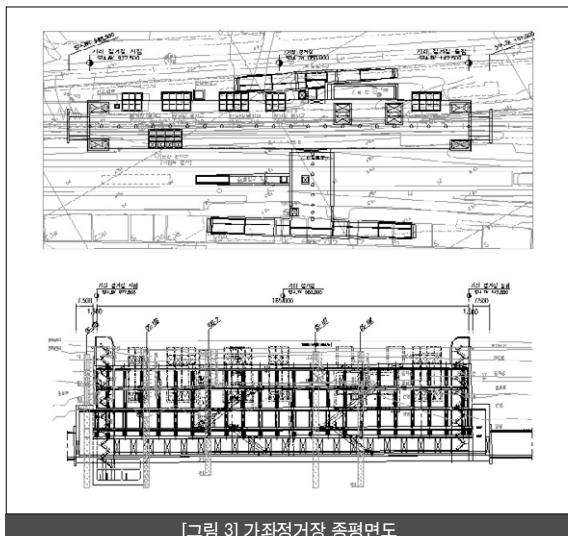


〈표 1〉 가좌정거장 공사개요

구 분	내 용
공사명	경의선(용산~문산)복선전철 제2공구 노반신설공사 중 가좌정거장
위 치	서울시 마포구 성산동 118-15번지
규 모	지하 5층($L=165m$, $W=25.3m$, $H=32.25m$)
공사기간	2008. 11. 20~2012. 6. 30
공사금액	450억원
발주처	한국철도시설공단 수도권본부

2-2. 설계현황

가좌정거장은 당초 Open Cut공법으로 단계적으로 가시설과 지반굴착공사를 병행 완료 후 콘크리트 구조물을 하부에서 상부로 시공하는 공법으로 설계되었으나, 설계변경 후 공사 중 발생할 수 있는 대형 사고나 낙하물에 의한 인명사고에 대한 위험성을 예방하기 위해 역타공법을 적용하여 최대한의 안정성을 확보하였다.



[그림 3] 가좌정거장 종평면도

(표 2) 가좌정거장 설계변경 현황

구 분	설계변경현황	
	당 초	변 경
적용공법	Open Cut공법 (어스잉카+락볼트)	Downward공법 (Slab지지)
공법개요	Side Pile+ 지반보강+토류판	Side Pile+ 지반보강+토류판
시공순서	토공 및 가시설 · 토공완료 · 구조물시공(순타) · 노면복구	중앙기둥(Φ812), 측벽기둥(Φ711) 시공 · 토공 및 구조물 (역타) 병행시공 · 노면복구
흙막이벽체	재래식 흙막이 (Side Pile+ 지반보강+토류판)	재래식 흙막이 (Side Pile+ 지반보강+토류판)
흙막이지지 방식	Earth Anchor+ Rock Bolt 지지	· Slab 지지방식+ Strut 지지 · Earth Anchor+ Rock Bolt 지지
구조물시공 방식	순타(토공완료 후 하부에서 상부로 시공)	· 역타(토공과 동시에 상부에서 하부로 시공) 벽체 및 기둥 · 하부에서 상부로 순타 시공

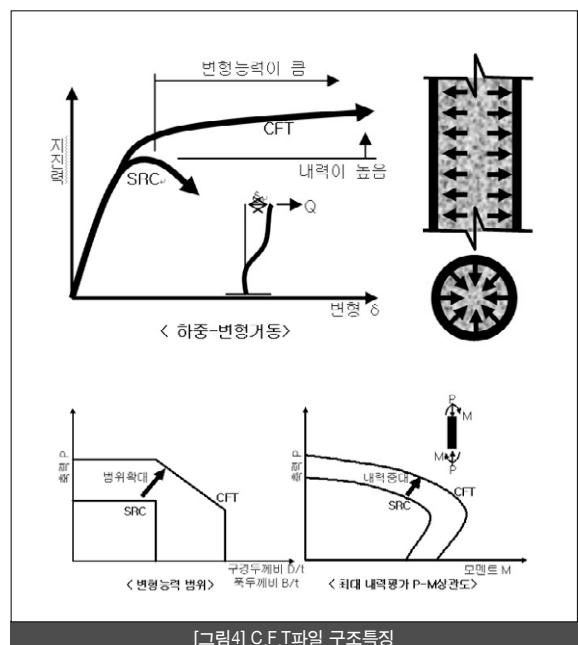
3. 적용공법 및 시공사례

3-1. C.F.T파일

1) 개요

C.F.T(Concrete Filled Steel Tube) 파일은 원형 혹은 각형강관내부에 콘크리트를 충전한 구조부재로서, 개발원점은 일본건설성이 1985년부터 1989년도에 걸쳐 5개년 계획으로 실시한 신도시형 집합주택 시스템개발 프로젝트에 의해 시작되었다. 신도시하우징 프로젝트는 대도시권 도시의 안전과 쾌적한 도시 거주환경의 형성과 지구환경의 보전 등에 대응한 신도시형 집합주택을 개발하는 것을 목적으로 추진되었으며, 프로젝트 종료 후 신도시하우징 추진협의회를 설립하여 C.F.T구조의 실용화를 시작하기 위한 주요기술에 대한 연구개발의 계속과 실용화를 추진하였다.

국내에는 1995년도 이후 대기업을 중심으로 고층건물 구조시스템에 대한 관심증대와 건설계획 등의 수립으로 매우 활성화되어, 1996년에 건설된 삼성건설 기술연구소에 C.F.T구조가 최초로 적용되었다. 이후 기동단면 축소, 강성증대 외에 시공성 향상 및 공기단축 등의 경제적 효과를 거둘 목적으로 2004년 삼성 Tower Palace Sport Club(지하2층/지상7층), 대우조선 종합기술센터(거제, 지상9층) 등에 적용되어 사용이 점차 증가하고 있다.



[그림4] C.F.T파일 구조특징

〈표 3〉 구조시스템별 특징비교

구 분	RC조	SRC조	S조	CFT조
형상				
공간의자유도	△	○	○	○
내진성	○	○	△	○
내화성	○	○	△	○
고층건축적용성	△	○	○	○
시공성	○	△	○	○
내구성	○	○	○	○

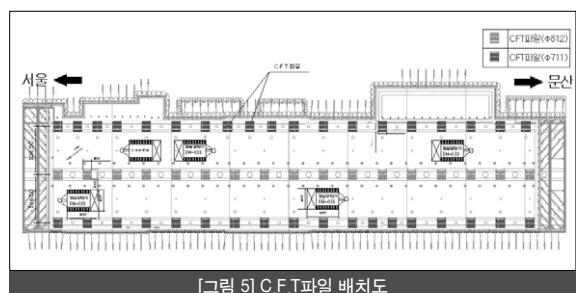
○ : 매우 우수 / ○ : 우수 / △ : 보통

C.F.T구조는 일반적으로 기둥으로 많이 사용되고 있으며, 강관이 내부의 콘크리트를 구속하고 있기 때문에 강성, 내력, 변형능성, 내화, 시공 등의 측면에서 우수한 특성을 발휘하는 구조시스템으로 그 특징은 아래와 같다.

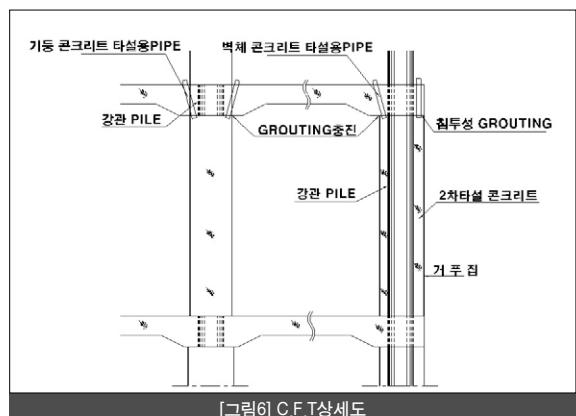
- ① 충전되는 콘크리트가 강관의 국부좌굴변형을 구속하여 좌굴에 따른 강관의 내력 저하를 방지한다.
- ② 콘크리트는 강관에 의하여 구속되기 때문에 RC기둥과 SRC기둥에 서 볼 수 있는 균열발생에 의한 틸락이 없고 콘크리트 강도가 높다.
- ③ C.F.T기둥의 구속효과는 높은 내력과 변형능력, 즉 최대내력이 후 큰 수평변형역까지 그 내력이 유지된다.
- ④ C.F.T기둥은 강관의 내부에 열용량이 큰 콘크리트가 충전되고 있기 때문에 얇은 내화피복에 표면온도를 낮게 억제하는 것이 가능하다.
- ⑤ C.F.T기둥은 콘크리트의 충전작업이 공정에 영향을 미치는 경우가 없고, SRC에 비해 철근 및 거푸집공사가 불필요하므로 공기단축이 가능하다.
- ⑥ C.F.T기둥은 강관 내에 콘크리트를 공극없이 충전하는 것이 필수의 조건이다. 따라서 유동성이 우수한 블리딩과 침하가 적은 콘크리트의 조합계획과 타설기술 정립이 필요하다.
- ⑦ C.F.T구조는 경제성 측면에서도 우수하며 범용성도 좋아 종래에 사용되고 있는 모든 구조시스템에 대응이 가능하며, 저층의 건축물에서 초고층 건축물, 주거용 건축물은 물론 업무용 건축물, 대규모 건축물에 이르기까지 작은 기둥단면으로 높은 층고 및 장스팬이 가능한 구조이다.
- ⑧ 강관을 제작하는데 있어서 특별한 제작설비를 갖춘 대형공장에서 특수 용접 과정을 통하여 생산되어야 하기 때문에 제작비용이 과다하다는 단점이 있다.

2) 설계현황

가좌정거장 C.F.T파일은 본체구조물 180m구간에 C.T.C 7.5m간격으로 54본(중앙 Ø812.8 17본, Ø711.2 37본) 설계되어 5월말 현재 시공 완료된 상태이다.

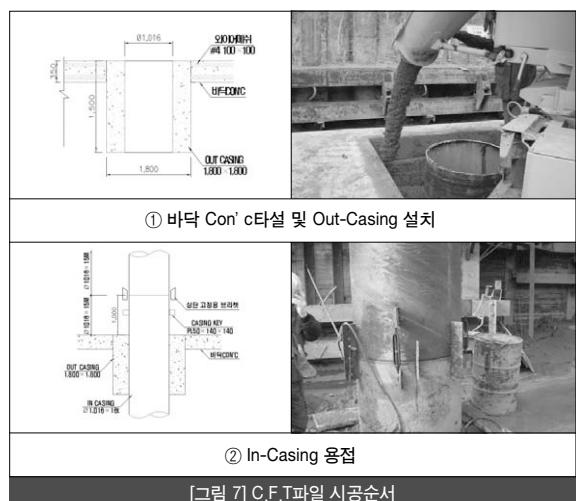


[그림 5] C.F.T파일 배치도

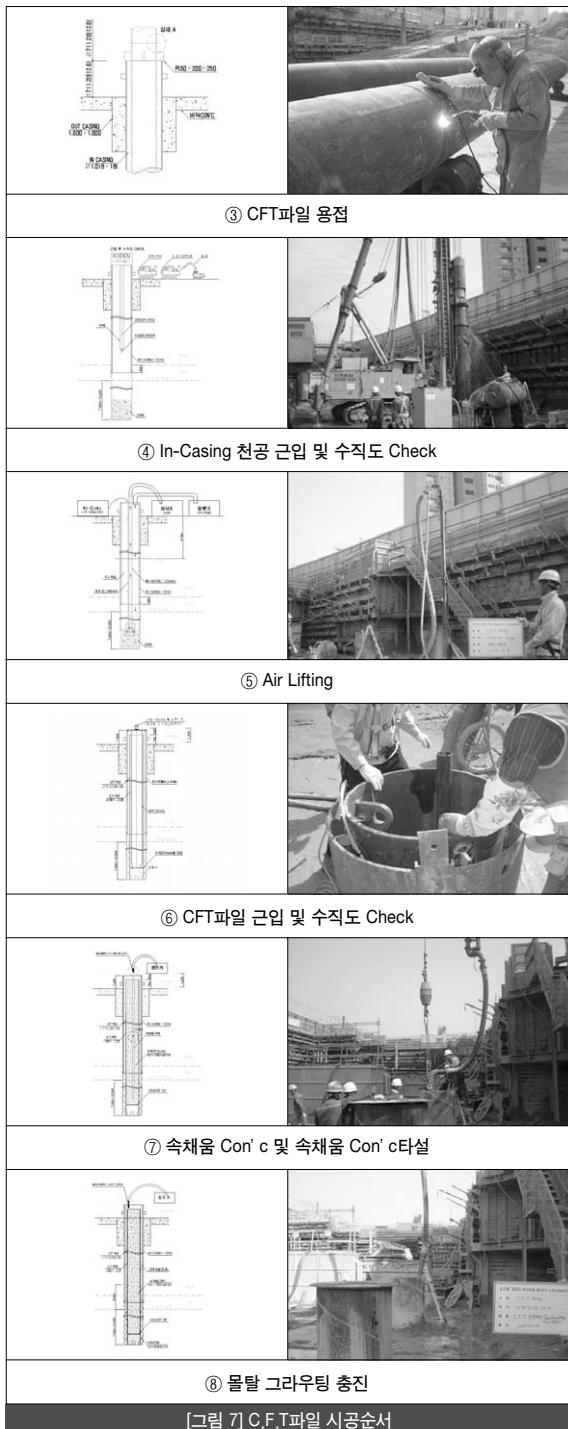


[그림 6] C.F.T상세도

3) 시공순서



[그림 7] C.F.T파일 시공순서



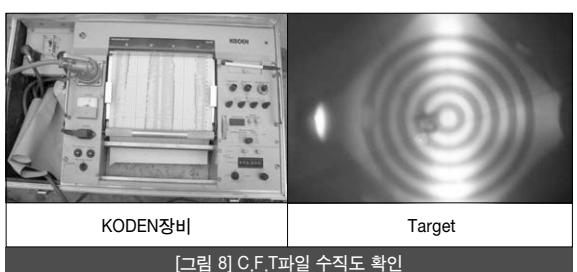
[그림 7] C.F.T파일 시공순서



[그림 7] C.F.T파일 시공순서

C.F.T파일은 가좌정거장 본체 구조물의 기둥으로 사용되므로 현장에서는 40m 근입시 수직도 체크를 가장 중점적으로 관리하였다. 시방규정에 따라 $L(\text{천공 길이})/300$ 이하의 오차범위 내에서 근입하기 위해 현장에서는 아래와 같이 시공단계별 수직도를 확인하였다.

- ① C.F.T파일 강관제작 시 공장에서의 RT, 현장 강관 용접 후 MT, UT의 품질관리를 통해 $1/1000$ 오차범위내로 수직도 관리
- ② Guide 콘크리트를 설치하여 천공 시 인케이싱이 연직으로 근입 되도록 관리
- ③ 토사천공 시 트랜싯을 직각방향으로 두 대를 세워 수직도 확인
- ④ 암천공시 KODEN 장비를 사용하여 천공 훌의 수직도 확인
- ⑤ 파일 근입 후 Target을 이용하여 최종적으로 파일의 수직도 확인
- ⑥ 인케이싱 인발 후 시공된 파일의 위치를 다시 측량하고, Guide 콘크리트와 C.F.T파일 사이를 철근으로 용접한 후 모래채움을 하여 파일을 정확한 위치에 시공되도록 관리또한, 강관 내 속채움 콘크리트 타설시 40m의 배관을 이용하여 재료분리가 일어나지 않도록 콘크리트 품질관리에도 중점을 두어 C.F.T파일을 시공하였다.



[그림 8] C.F.T파일 수직도 확인

3-2. 역타(Downward)공법

1) 개요

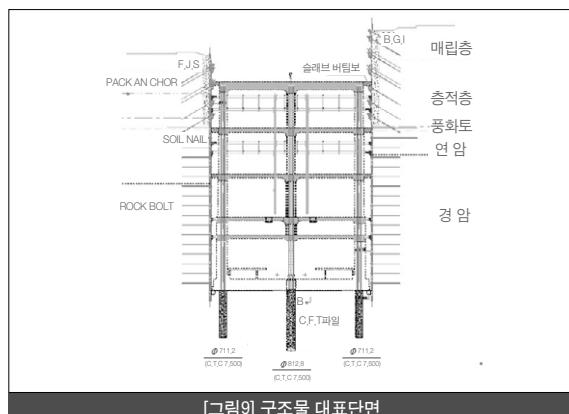
본 고에서 소개하고 있는 역타공법(Downward)은 최근 도심지에서 지하구조물 건설을 위해서 대규모 굴착공사가 수반되고 인접구조

물에 영향을 최소화하는데 효과적인 공법이다. 주로 초고층 건축물 건설시 적용되던 Top-down공법에서 유래한 공법으로 최근에는 인천국제공항철도 2-1공구 서울정거장 시공에서 구조물 벽체를 지중연속벽으로 시공 후 굴착에 따라 슬래브를 시공하여 벽체를 지지하는 역타공법이 적용된 사례가 있다. 경의선 2공구현장의 가좌정거장에 적용된 역타공법은 슬래브 지지용 C.F.T파일을 구조체 중앙과 양측 외벽 내에 선 시공 후 단계별로 토공작업과 각층 슬래브를 반복하면서 위에서 아래로 반복 시공하여 최저층 바닥슬래브 하단까지 굴착이 완료되면 외벽과 내부 기둥을 아래에서 위쪽으로 구조물을 완성해 나가는 공법으로 그 특징은 아래와 같다.

- ① 개착식(Open Cut)공법으로 계획하기 어려운 대심도 굴착이 가능하다.
- ② 작업공간이 협소한 도심지역에서 민원발생이 최소화 된다.
- ③ 강성이 큰 정거장 슬래브를 베임보로 이용하여 토류벽의 안정성을 확보하므로 주변 지반침하 및 변형이 작다.
- ④ 상부슬래브 선 시공으로 공사 중 대형 사고나 낙하물에 의한 인명사고에 대한 위험성 예방과 작업장 및 야적장으로 이용부지의 효율적 활용이 가능하다.
- ⑤ 우천시, 동절기 등 기후와 계절적 영향이 적어 공기단축 효과가 크다.

2) 설계현황

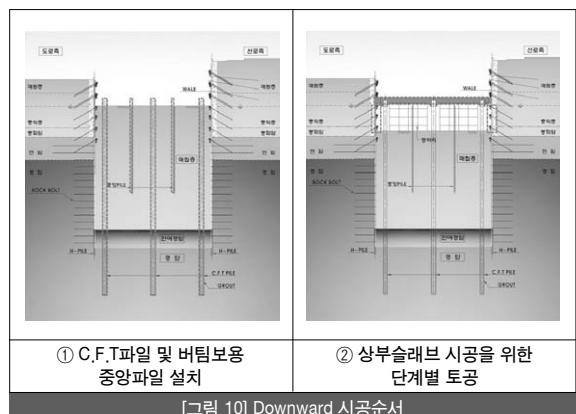
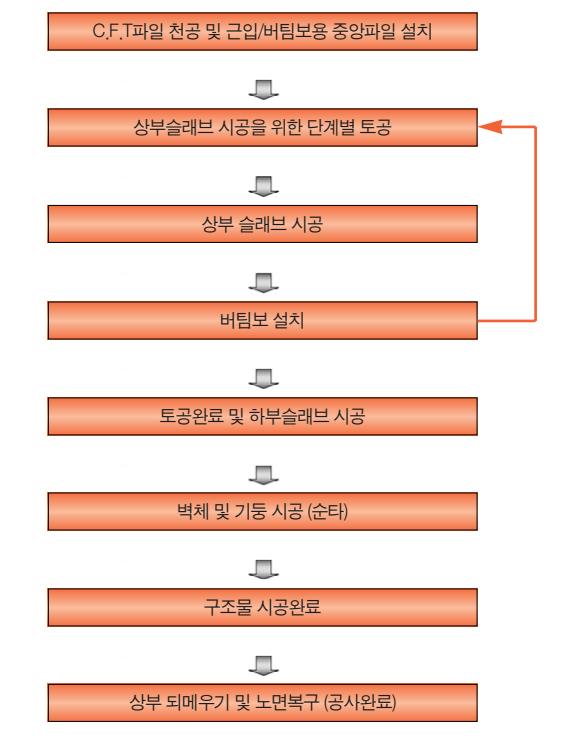
가좌정거장 본체 구조물공사는 토공 140,500m³, 콘크리트 37,000m³로 기존 가시설 보강, C.F.T파일 및 중앙파일 근입이 완료되면, 좌우측 작업구 토공 및 가시설공사가 진행되면서 본격적인 본체 구조물 공사가 진행될 예정이며 대표단면은 아래와 같다.

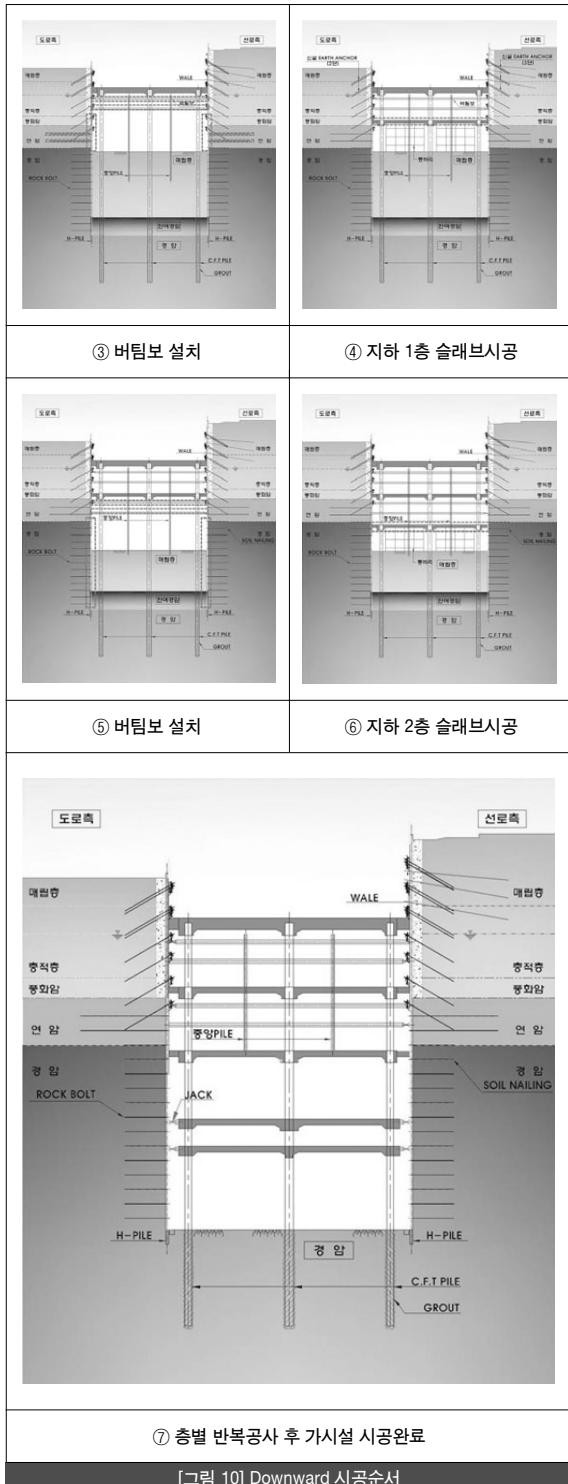


3) 시공순서

가좌정거장에 적용된 역타공법의 시공사례는 아직까지 구조물 본체의 토공 및 구조물공사가 진행되지 않아 아래와 같이 현장에서 계획된 시공순서만 소개하고자 한다.

〈표 4〉 Downward 시공순서도(Flow Chart)





[그림 10] Downward 시공순서

4. 결론

가좌정거장은 현재 C.F.T파일 근입을 완료하고 최상층 슬래브를 시공 중에 있다. 도심지 대심도 굴착을 통한 구조물공사로 기존 열차운행선과 가시설 배변 이격거리가 불과 3m에 불과하므로 주변 가옥 및 상가 등 인접 지장건물들에 대한 영향을 최소화하기 위해 C.F.T파일 기둥을 적용한 역타공법이 채택되었다.

설계과정에서 공법특성을 고려한 상세해석 및 구조검토를 통해 안정성확보에 중점을 두었으며, 시공과정에서도 체계적인 시공 프로세서 확립이 요구되는 공법으로, 앞으로 구조물이 완료되는 시점 까지 철저한 계측관리 및 공정, 안전관리를 통해 합리적인 설계 및 시공절차를 구축하여 유사 공사시행에 참고가 될 수 있기를 기대 한다. **S**

