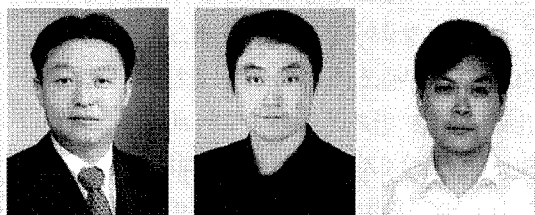


S.T.D(Strut Top-Down)을 이용한 역타공법

박성순 신세계건설(주) 기술팀 과장
민병찬 신세계건설(주) 기술팀 과장
최동섭 (주)C.S구조엔지니어링 소장



1. 개발 배경

최근 대도시에서는 인접건물 근접시공, 지하철 근접시공, 도심도 굴착 등 토지 이용 극대화를 위하여 여유부지가 협소한 특징을 가지고 있으며 굴착공사 간 흠막이 붕괴의 위험 및 주변 건물 침하로 인한 균열 등에 대한 안전, 민원 문제 등 도심지 공사에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하고자 역타 공법이 일반화되고 있다.

1) 역타 공법에 대한 국내 현황

현재 국내에 사용되고 있는 역타 공법은 철골 부재를 가설 스트러트와 영구부재로 사용하는 철골조 역타가 가장 큰 시장을 차지하고 있으며, 그 뒤를 이어 RC DOWN WARD 공법이 차지하고 있다. 그 후발 주자로는 CWS, NSTD정도를 들 수 있다. 그 외에 20개가 넘는 역타공법이 있지만 사장되거나 국부적으로만 사용되고 있는 실태이다.

본 STD은 이런 역타 공법이 사장되고 있는 이유를 분석한 결과, 아래와 같은 경쟁력을 갖지 않는다면 시장에서 외면당할 수밖에 없다는 것을 인지하였다.

- 경제성 : 가장 최우선 순위로 뽑는 것은 경제성이다. 어떤 역타 공법보다도 공사비가 절감되어야 한다.
- 시공성 : 현장 적용성이 수월해야 한다.
- 공 기 : 시공성이 확보되면 공기도 빨라지고 경제성면에서 우수하게 되므로 경제성/시공성과 직결되어 있다.

위와 같은 3가지 여건에 대해서 타 역타 공법과 비교하여 공사비, 공기, 시공성 등에서 우수한 공법을 제시해야만 건설 시장에서 경쟁력을 갖을 수 있으므로, 이를 고려해 STD공법을 개발하게 되었다.

2) 기존 기술의 문제점

국내 가장 많은 건설시장을 차지하고 있는 철골조 역타공법은 건축 계획적인 면에서 철골에 뿔뿔을 사용하기 때문에 환경성면에서 좋지 않고, 철골부재를 사용하므로 강재비용의 변화에 민감하다. 또한 초기에 철골보가 굴토시 토압을 지지하는 Strut역할을 한다고 하였지만, 현재의 사용에서는 타설해서 양생된 슬래브가 토압을 100% 지지하도록 변형되었다. 사실 중력하중에 효율적인 철골보는 토압과 같은 축력에는 효율적이지 못하기 때문이다. 그러나, 예전부터 사용해 온 철골조립이라는 장점과 공기단축이라는 무기로 가장 큰 시장을 점유해온 상태이다.

뒤이은 후발주자가 RC DOWN WARD공법이다. RC DOWN WARD공법은 영구골조가 RC이므로 뿔뿔을 할 필요가 없고, 골조가 노출되는 지하주차장에서 외관이 깨끗하다는 평판을 받고 있다. 물론 자재비 등락이 심한 철골을 사용하지 않기 때문에 경제성면에서 우수한 것이 가장 좋은 장점이다. 그러나 RC골조 시스템이 장스팬을 사용하려면 반드시 골이 깊은 슬래브를 사용해야 하는 부분이 약점으로 대두되고 있다.

STD는 위와 같은 환경적인 문제, 경제성, 시스템 사용 국한에 대한 문제점을 해결 하였으며, 2절에서 현장 적용을 통한 구체적인 상황에 대해서 서술하겠다.

3) S.T.D(Strut Top Down)공법 개요

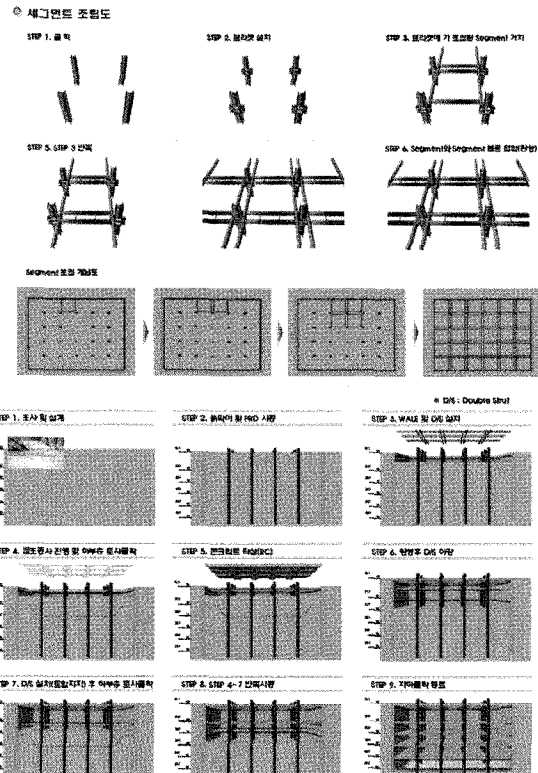
본 공법의 기본 개념은 PRD, 또는 RCD 등의 H형강에 브라켓을 설치하고 그위에 Double Strut(H형강)를 세그먼트로 조립하고 차례대로 4면의 흠막이 벽체까지 지지됨과 동시에 횡방향 토압을 지지하게 된다. 이렇게 지지되는

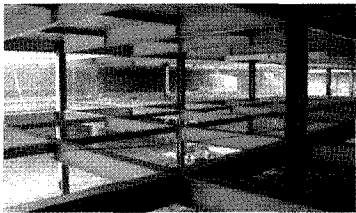
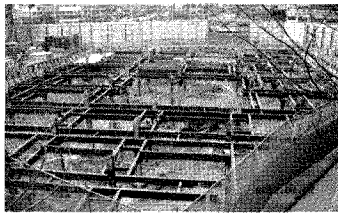
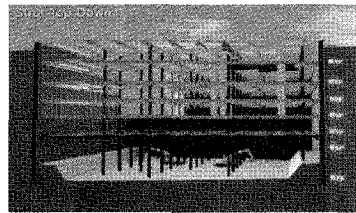
Double Strut는 토압지지와 동시에 골조를 형성하는 거푸집 등의 지지틀과 콘크리트 타설하중 등의 연직하중도 지지하게 된다. 우선 Double Strut가 해당층의 흠막이 벽체까지 지지되면 하부층의 토사굴착을 진행하며 동시에 Double Strut의 상부 골조 작업을 병행해서 진행하게 된다. 해당층의 슬래브 타설 후 양생이 충분히 되면 세그먼트로 조립된 Double Strut가 하부층으로 현수 하강 설치되며 토사굴착과 상부골조 작업을 반복적으로 수행하게 된다. 이렇게 Double Strut가 토압지지와 연직하중에 대한 지지를 동시에 해줌으로써 역타 공법 공기단축의 키포인트인 토사굴착을 빠르게 진행할 수 있는 장점이 있는 공법이다.



4) S.T.D 시공순서 및 세그먼트 조립도

● 시공순서



구분	철골조 역타 공법	RC DOWN WARD 공법	S.T.D 공법
공법 정의			
	본 구조용 철골보를 선 시공하여 굴토시 지보공으로 활용하고, 굴토 완료후 해체 공중없이 사용하는 방법	브라켓 및 거더 거푸집지지틀을 설치하여 Wide Girder 및 Deep Deck 슬래브를 형성하고 콘크리트양생 후 거푸집 지지틀을 현수 하강시켜 재사용하는 공법	브라켓 위에 조립식 버팀보(Double Strut)를 설치하여 지보공(굴착시) 및 RC보의 지지틀로 활용하고 콘크리트 양생 후 조립식 버팀보를 현수 하강시켜 재사용하는 공법
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 경제성 확보를 위해서 여러 가지 공법과 조합가능 (TSC, TU, MHS) - 철골보를 조립하는 일반 공정이므로 시공성이 우수하고 공기가 빠름 - 슬러러월에 선메립된 Plate에 철골보를 직접 설치해 시공성 우수 	<ul style="list-style-type: none"> - RC구조로 골조공사비 절감 - RC공법이므로 뿔침이 필요없어 주차장인 경우 외관미려 - 거푸집/지지를 반복사용으로 공사비 절감 및 친환경성 - 일방향 Wide Girder를 사용해서 충고절감 	<ul style="list-style-type: none"> - RC구조로 골조공사비 절감 - 거푸집/지지를 반복사용으로 공사비 절감 및 친환경성 - RC공법이므로 뿔침이 필요없어 주차장인 경우 외관미려 - 일방향/이방향 Wide Girder 및 Beam&Girder를 다양하게 적용 가능하여 공사절감 및 시공성 우수 - Wide Girder 사용시 충고절감 가능 - 이중 스트리트 및 Beam & Girder 적용으로 구조체 균열 저감 및 구조적 안정성 증대
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 철골을 사용하므로 지체비 동력으로 인해 RC에 비해 공사비 상승 - 보층이 커서 충고절감에 불리 	<ul style="list-style-type: none"> - 일방향 Wide Girder 및 Deep Deck을 사용해야 함 - 지지를 거치를 위한 Embedded Plate필요 - 지지를 현수하강을 위한 별도인력필요 	<ul style="list-style-type: none"> - 지지를 거치를 위한 Embedded Plate필요 - 지지를 현수하강을 위한 별도인력필요

5) S.T.D공법의 장점 및 단점

현재 국내에서 시공되고 있는 철골조 역타 공법과 RC DOWN WARD 공법을 S.T.D 공법과 장.단점을 비교 분석하였다.

구분	내용	비고
대 지 위치	서울특별시 송파구 신천동	
용도	업무시설, 근린생활시설	
규모	지하7층, 지상17층	
대지면적	1,852 M ²	
건축면적	979.02 M ²	
전체연면적	24,531.02 M ²	
골조형식	S.조, SRC조	

2. 현장적용사례

1) 적용대상 건물개요

당 현장의 경우 짧은 공사기간과 인접 2,8호선의 지하철이 운행되는 구간으로 초기 검토 시부터 역타 공법을 적용하여야만 하였으며 공기와 공사비의 적합성으로 인해 S.T.D 공법을 검토하여 적용하였다.

2) 3D모델링

기본적으로 S.T.D는 토압을 Counter Balance로 지지하면서 콘크리트로 타설되는 슬래브와 보의 중력하중을 안정하게 지지해야 한다. 특히 토압을 지지하기 위해서 Double Strut는 한쪽 끝에서 다른쪽 끝까지 반드시 부재가 일직선으로 설치되어야 한다. 따라서 단차이가 있는 지상1층은 단차이를 극복하기 위해서 S.T.D지지를 상부에 동바리와 거푸집을 설치해서 단차이를 극복하도록 하였다. 그림 1.은 STD의 3D모델링이고 그림2는 토압을 지지할 때의 축력도, 그림 3은 중력하중(슬래브와 보의 타설하중)을 지지할때의 응력도이다. 물론 슬래브와 보를 타설시 충격하중을 규준에 따라 고려하였다.

3) 현장 적용성을 고려한 디테일

현장 적용성을 극대화하기 위해 신천동 현장의 철골 담당자와 골조 및 거푸집 담당자와 수차례 모여 디테일에 대한 회의를 통해 디테일을 수정하였다. 슬로트홀이 있어야 하는 부위와 수직 및 수평오차가 발생할 수 밖에 없는 부분에 이

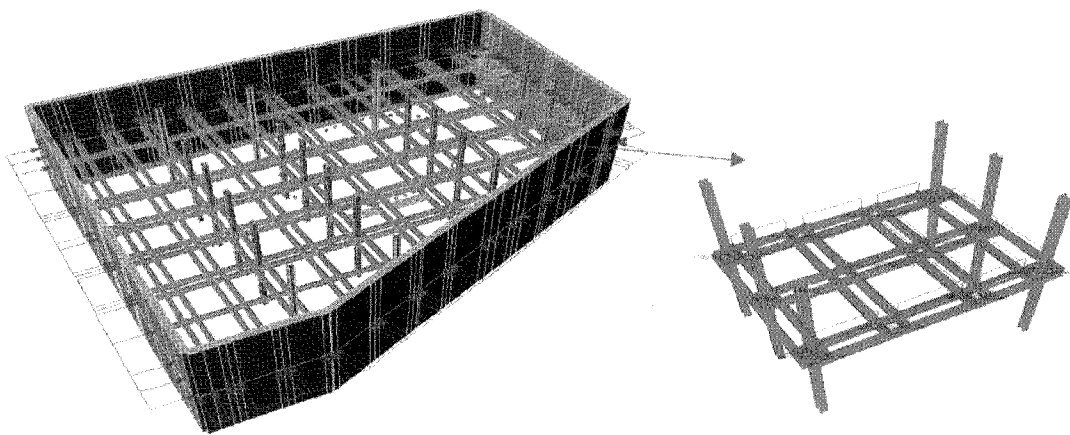


그림 1. S.T.D의 3D모델링

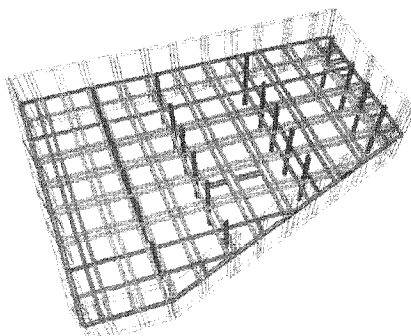


그림 2. 토압지지 축력도

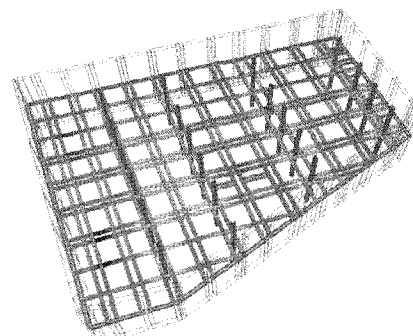
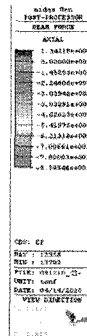
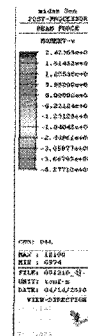


그림 3. 중력하중지지 응력도(M)



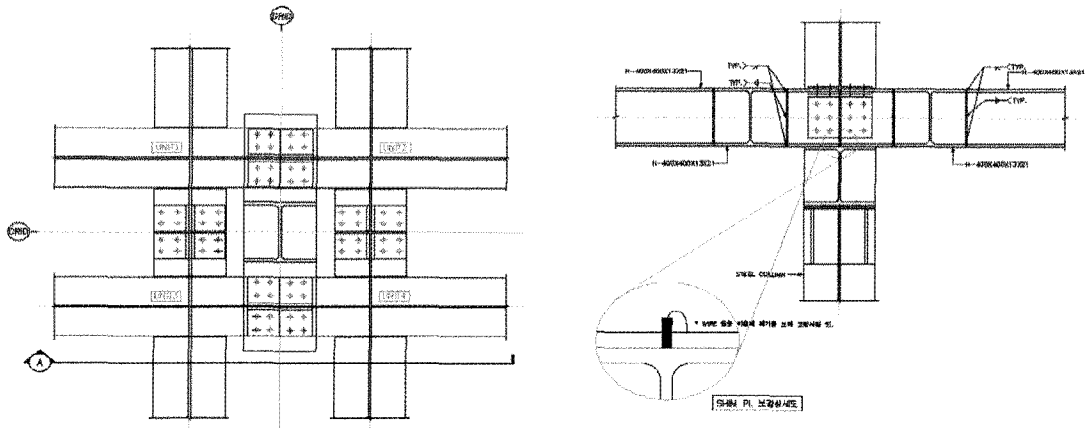


그림 4. 이동 Bracket상세도

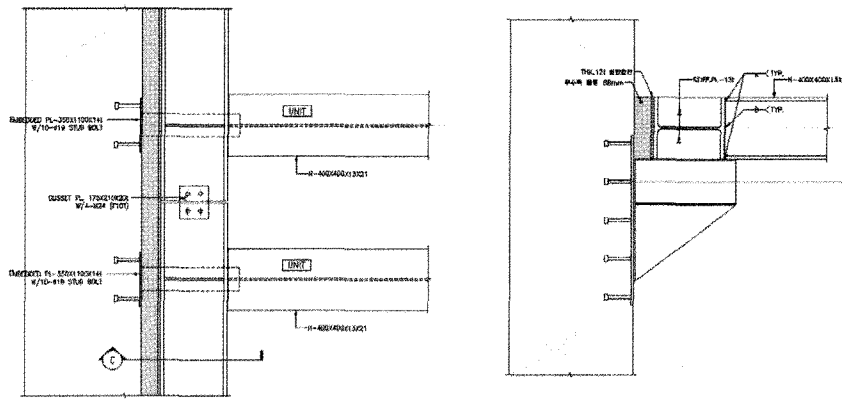


그림 5. 지하외벽 Wale지지 Bracket상세도

를 흡수할 수 있는 디테일을 계속해서 수정해 나갔다. S.T.D의 가장 기본적인 디테일은 그림 4,와 같이 PRD에 브라켓을 달고 지지틀인 Double Strut를 얹어놓는 디테일이다.

그림 5.는 선시공된 슬러리월의 Embeded Plate에 브라켓을 설치하고 S.T.D 지지틀인 Double Strut를 지지하도록 한 디테일이다. 이 부분에서 슬러리월과 Wale을 100mm 간격을 준 것은 슬러리월의 수직오차를 극복하기 위한 것이다.

3. 기대효과

1) 공사비 절감

본 역타 공법은 RC조로 축조되므로 철골조 또는 PC조보다도 공사비 측면에서 유리한 것은 분명하다. 당 현장의 경우 인허가시 RC 탑다운 공법으로 허가를 득 하였으며 RC DOWN WARD 공법을 지속적으로 검토하였다. 공사비, 공

사 기간이 단축되어 RC DOWN WARD 대신 S.T.D를 검토하게 되었다.

RC DOWN WARD공법의 경우 일방향 Wide Beam + Deep Deck 슬래브로 적용되어진 구조 시스템을 Beam&Girder + 철근 트러스 테크로 변경하고 지하7층의 층고가 높아 별도의 가설 STRUT가 설치되었으나 S.T.D의 Double Strut로 대체하여 삭제하였다. S.T.D공법을 적용함으로써 Double Strut는 비용이 증가되었으나 골조 공사비와 가설 Strut 비용이 절감되어 전체적으로는 골조 공사비가 약 10 억원 가량 절감되었다.

2) 공사기간 단축

앞서 언급 하였듯이, 본 역타 공법은 S.T.D지지틀이 토압을 지지하도록 설계되어 있으므로 S.T.D가 각 층에 설치되면 슬래브가 타설되지 않고도 S.T.D 지지틀 하부로 약 8m

정도(설계의도에 따라 변화)를 터파기하기 때문에 공기절감을 할 수 있다는 것이 본 공법의 최대 장점이다. 우리나라와 같이 암반이 일찍 출현하여 터파기가 Critical Path인 공사 현장에서 최대 장점을 살릴 수 있다고 본다.

RC DOWN WARD 공법은 일방향 Wide Beam + Deep Deck 슬래브를 국한해서 사용하는 것에 반해, 본 공법은 국내에서 사용되는 모든 시스템인 Beam&Girder, 일방향 Wide Beam, 이방향 Wide Beam을 사용할 수 있어, 설계 변경 없이 모든 현장에 적용이 가능하다.

또한, 당 현장의 경우 지하7층은 기계실과 전기실로 사용되므로, 높은 층고가 필요해 상부 슬래브를 Open한다. 시공되는 과정에서 상부 슬래브가 토압을 지지하는 역할을 하지 못하고, 기초를 타설하기 위해 터파기를 하는 경우 흙막이 벽체의 강성이 작아 가설 Strut를 별도로 설치하였다. 즉, 공기뿐만 아니라 많은 비용을 수반하게 된다. 이런 경우, S.T.D는 슬래브가 Open되는 층에 위에서 사용되던 브라켓 설치 후 Double Strut를 설치하도록 하여 토압을 지지하게 하여 별도의 비용 없이도 기초의 터파기가 가능하며 흙막이 벽체도 일반적인 두께로 가능하다. 물론 공기에 도움되는 부분은 두말할 필요가 없을 것이다.

당 현장의 경우 층당 골조 공기 15일, 일반 토사의 토공기 10일, 암반의 경우 20일로서 S.T.D공법 적용으로 인한 골조 공사와 토공사가 동시에 작업되는 것으로 철골조 역타 대비 1.5개월, RC DOWN WARD 대비 3개월 가량 단축되었다.

3) 품질관리

기존의 역타 공법으로 시공되어진 구조물 중 대부분의 구조물 지하층 바닥에서 균열이 발생하고 있으며 이는 슬래브가 양생 중에도 별도의 지보공 없이 토압을 지지해야 하므로 발생된다고 판단되어진다. 이에 본 공법은 슬래브가 타설 후 양생될 때까지 Double Strut가 토압을 지지하고 있으며 슬래브가 양생 후에는 완전한 다이어프램으로서 토압을 지지하며 구조시스템 또한, RC로서 여러 가지 시스템을 혼용하여 적용할 수 있으므로 시공시 및 준공시 바닥 균열 등의 사후 품질에서도 기타 공법 대비 유리하다.

4. 맺음말

S.T.D공법은 기존의 역타 공법들이 가지고 있는 장·단점을 검토, 분석하여 개발된 공법으로 토목에서 사용하는 가

설 Strut를 이중으로 설치하여 토압지지와 시공시 골조의 연직 하중까지 동시에 지지할 수 있도록 고안되었으며 골조 형식 또한 가장 경제적으로 저렴하며 시공에 익숙한 재래식 공법인 철근콘크리트조를 적용하였다. 이렇게 조합된 본 공법은 공기, 공사비, 품질등의 여러 가지 측면에서 기존 공법 대비 유리할 것으로 판단되어 진다. 본 공법이 좀 더 많은 건설사들에게 적용되어져 우리나라 건설에 조금이나마 이바지할 수 있었으면 하는 바램을 가져본다.

- 박성순 e-mail : sungspark@shinsegae.com
- 민병찬 e-mail : round30@shinsegae.com
- 최동섭 e-mail : dschoi@cs.co.kr