

# Top-Down 공사의 공정관리 방법 연구

## A Study on the Construction Process Management of the Top-Down Construction Method

강현정\*      임홍철\*\*      이강\*\*\*      윤대중\*\*\*\*      김상일\*\*\*\*\*  
Kang, Hyun-Jung      Rhim, Hong-Chul      Lee, Ghang      Yun, Dae-Jung      Kim, Sang-Il

### Abstract

The top-down construction method is an excavation and substructure construction method by excavating earth and building slabs from the ground level to the bottom of a building. The top-down method can be categorized into several types by its process and other technical details. Some of commonly used top-down methods in Korea today are S.O.G., N.S.T.D., and S.P.S. Among these, one method is chosen depending on construction field conditions, cost, construction time and so on. This study explores several factors that may affect the selection of a top-down method. This paper reports preliminary survey results with 54 top-down construction experts and comparison results of 5 top-down construction sites.

키워드 : 탑다운공법, 공정관리, 지하골조공사

Keywords : Top-Down Method, Construction Process Control, S.O.G., N.S.T.D., S.P.S.

## 1. 서론

최근 들어 협소한 도심지에서는 높은 지가, 주차공간의 확보, 대지활용의 극대화를 위해 대지경계선에 매우 근접하여 대심도 고층화 및 대형화 건축물을 시공하고 있다.

이와 같은 배경에 의해 협소한 도심지에 대심도 공사의 특성상 흠막이 안전성, 환경관리, 민원대비, 공기측면에서 1층의 바닥 구조체를 작업장으로 사용하는 것이 가능하기 때문에 부지가 협소한 공사에서도 공사차량을 1층 바닥에 직접진입 및 자재야적장으로 사용할 수 있으며 슬라브를 건물의 본체구조를 흠막이 지보공으로 이용하면서 상층, 하층을 동시에 시공할 수 있는 Top-Down 공법을 적용하고 있다. 그러나 협소한 도심지 대심도에 적용하는 Top-Down공법 중 공사비와 공기에 가장 큰 영향을 미치는 지하골조공법에 공사현장의 조건과 건물의 성격에 따라 각 공사현장에 적합한 공사방법과 구조형식을 적용하지 못해 잦은 설계변경과 이에 따른 공사비 및 공기의 손실이 빈번하게 발생하고 있다.

이에 본 연구는 Top-down공사 중 협소한 도심지 대심도 공사에 적합한 지하골조공법을 검토하여 Top-Down공사 시 공사비 및 공기손실을 최소화하고자 한다.

국내에 Top-Down공법에 대해 협소한 도심지에 적합한 공법

을 선정하기 위해 첫째, Top-Down공법의 특성과 시공 프로세스를 이해하고 Top-Down공사 지하골조 공법의 종류를 대해서 조사한다. 둘째, 다양한 지하골조 공법들의 장단점 및 공사 진행순서를 비교 검토 한다. 셋째, 최근 Top-Down공법 경험이 있는 전문가를 대상으로 설문조사 실시와 최근 진행 및 완료된 사례조사를 통하여 협소한 도심지에 적합한 공법을 조사한다.

이러한 연구방법을 통하여 협소한 도심지 대심도 공사에 적합한 Top-Down 지하골조공법을 제시하였다.

## 2. Top-Down공법의 이해

### 2.1 Top-Dwon공법의 특성

흠막이벽 Open-Cut 공법과 같이 버팀대, 띠장, 어스앵커 등의 흠막이용 가설부재를 가설하지 않고, 영구적인 지하부 바닥 구조체에 토압과 수압을 부담시키면서 차례로 파내려가는 공법이다. 이 공법은 내력에 충분한 여유가 있고 연속성에 있어서도 잉여력이 좋아 연속적인 붕괴의 위험도 적다. 또한 1층 바닥이 먼저 시공되기 위해 흠막이벽 윗부분이 고정된 상태가 되고, 터파기 기간 중의 흠막이벽의 변형이 작고, 주변의 건물이나 도로에 끼치는 침하를 최소한도로 막을 수가 있다. 더욱이 1층바닥을 작업장으로 이용할 수 있고, 지상부층과 지하부층을 동시에 시공할 수 있으므로 공기를 단축할 수 있는 등의 장점이 있다. 그러나 1층을 막은 상태에서 작업하기 때문에, 작업환경(특히 환기)이 나빠지고, 작업능률이 떨어지는 점, 기둥이나 벽의 역타 이음부의 일체화를 위해 별도의 대책이 필요한 단점이 있다.

\* 연세대학교 건축공학과 석사과정, 정회원

\*\* 연세대학교 건축공학과 부교수, 정회원

\*\*\* 연세대학교 건축공학과 조교수, 정회원

\*\*\*\* (주)GS건설 대리, 정회원

\*\*\*\*\* (주)GS건설 부장, 정회원

## 2.2 Top-Down공법의 일반적인 Process

다음은 일반적인 top-Down 공법의 지하공사 프로세스이다. Slurry-Wall과 R.C.D 공사를 먼저 한 후 지하공간을 굴착해 내려가면서 바닥을 타설하는 순서이다.

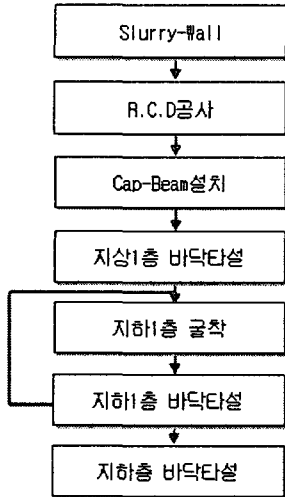


그림 1. Top-Down 공법 Process

공하여 구조물을 축조하는 시공방법으로 Slab Concrete를 타설한 3~5시간 이내에 상부에 연결되는 Wall Concrete를 타설 건 축구조물을 축조하는 방법으로 Slab는 무지보 철골틀 승강장치에 의하여 현수하강되므로 거푸집 조립해체의 품을 절감할 수 있으나 Wall의 거푸집은 매층 조립해체 운반을 실시하는 번거로움이 발생되기도 한다.

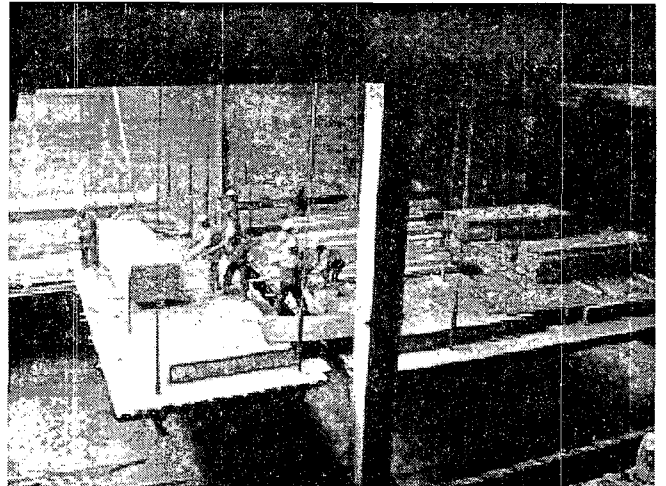


그림 2. B현장 판하강 설치중 (N.S.T.D.)

## 3. Top-Down공법 중 지하골조 공법

### 3.1 S.O.G. (Slab On Ground) 공법

S.O.G.공법은 가장 일반적인 Top-Down 지하골조공법으로 굴착완료된 지표면 위에 형틀을 설치하는 공법이다. 보통 지하 1개층을 4개의 구역으로 분할하여 2개 구역을 굴착하는 동안 다른 1개 구역의 바닥구조물 공사를 동시에 진행하고, 다른 1개의 구역으로 토사를 반출한다. 한 구역의 굴착이 완료되면 이어서 바닥공사를 진행하여 순환식 공정(cyclic process)이 이루어지도록 한다.

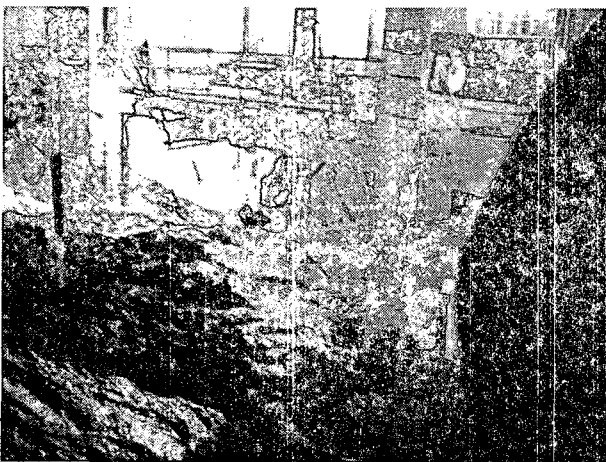


사진 1. A현장 지하굴착 (S.O.G.)

### 3.2 N.S.T.D. (Non-Supporting Top Down) 공법

무지주 역타설 시공은 전통의 곡물 계량용 뒷박을 차례로 쌓아올린 형태의 역타설 공법을 도입 상부 뒷박부터 아래로 시

### 3.3 S.P.S. (Struts as a Permanent System) 공법

지하 본 구조물용 철골기둥과 보를 선시공하여 굴토 공사 중 흙막이 버팀대(strut)로 사용하고 공사완료 후 본 구조물로 사용하는 공법이다. 이때 흙막이벽에 가해지는 토압은 철근콘크리트 Slab대신 본 구조물의 철골보에 의해서 지지된다. 기초 레벨까지 굴착이 끝나면 지하 기초타설 시점에서 지상, 지하의 건축골조가 동시에 착공될 수 있으므로 상당기간의 공기단축이 가능하다.

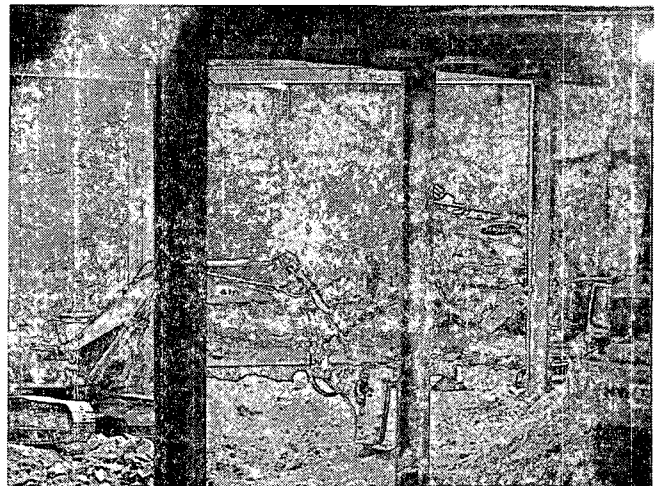


사진 3. D현장 지하 3층 굴착 (S.P.S.)

### 3.4 지하골조 공법의 장단점비교

S.O.G., N.S.T.D., S.P.S. 공법의 일반적인 장단점을 아래와 같이 나타내었다.

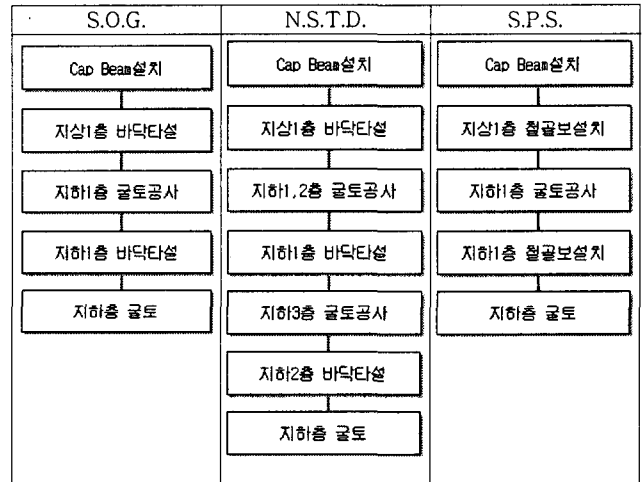
표 1. 지하골조공법 장단점

S.O.G.	장점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 공사비 적음</li> <li>2. 구조적으로 안전</li> <li>3. 추락 및 붕괴의 사고의 위험이 적음</li> <li>4. 1층을 작업장 사용가능</li> <li>5. 연속벽과 슬래브의 견고한 일체화 가능</li> <li>6. 대지가 협소하고 부정형 형상에 적합함</li> </ol>
	단점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 역타이음부위 타설 어려움</li> <li>2. 굴토장비 크기 제한</li> <li>3. 조명 및 굴착장비의 매연 환기시설 필요</li> <li>4. 토공바닥 Level정지 작업</li> <li>5. 철근작업이 어려움</li> <li>7. 기계실, 전기실이 최하층에 있을 경우 공정관리 어려움</li> </ol>
N.S.T.D.	장점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 일반 토류벽과 함께 시공시 원가절감 폭이 크다.</li> <li>2. 양생 작업이 없고 슬라브 양생기간 중 하부굴착이 가능해 공기단축 가능</li> <li>3. 토공바닥의 Level정지 및 버림 콘크리트 타설, 양생작업이 없고 슬라브 양생기간 중 하부굴착이 가능해 공기단축가능</li> <li>4. 슬래브 콘크리트 타설시 지보공(동바리)이 필요없음</li> <li>5. 지하공간이 좁아들지 않고 최대로 사용된다.</li> <li>6. 지하층수가 많을수록 공사비 절감효과가 증대된다.</li> </ol>
	단점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 초기투자비가 많이 듦.</li> <li>2. 신개발 공법으로 기술인력 자원부족</li> <li>3. 지하해당층 작업시 와이어로 인하여 간섭이 많음</li> <li>4. 와이어 때문에 마감이 안됨</li> <li>4. 타설완료 후 와이어 구멍 채우기 작업.</li> <li>5. 비규칙적인 평면에 사용이 어려움</li> <li>6. 소형공사에 적합지 않음</li> <li>7. 구멍을 막기 위하여 SLAB에 일정높이 만큼 CON'C 추가타설</li> </ol>
S.P.S.	장점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 지하바닥 버림타설 후 지상지하 동시작업 가능</li> <li>2. 공기단축 가능</li> </ol>
	단점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 타공법에 비해 공사비가 높음</li> <li>2. 지상1층 및 지하층을 지하바닥층 완료 후 해당층 타설완료시까지 작업장 및 자재야적장으로 사용불가</li> </ol>

3.5 지하골조 공법 공사순서 비교

S.O.G., N.S.T.D., S.P.S.공법의 순서를 순서도로 나타내었다.

그림 3. 지하골조공법 공정순서



4.도심지 지하골조공법 설문조사 및 사례조사

4.1 Top-Down공법 중 공사비 및 공기의 중요도에 따른 지하골조 공법 선정요인

지하골조 공법들간의 공사기간을 알아보기 위해 2005년 12월부터 2006년 3월까지 4개월간 표2과 같이 발주부서 관계자, Top-Down 유경험자, Top-Down관련 하도급업체, 기타 관련인사들을 대상으로 설문조사를 실시하였으며, 모든 값을 평균치로 환산해 분석하였다.

표 2. 설문응답자 구성도

구분	대상업체수	유효 작성자
발주자	2	10
시공사	5	15
전문업체	4	22
총계	11	47

설문의 목적은 건설 시공실무자들이 현재 또는 과거에 진행했던 Top-down 공사방법 선정시, 각 공사별로 공사기간과 공사비의 비중이 미친 영향을 알아보고자 하였다. 설문은 최근 Top-Down 공사에 참여한 경험이 있는 54명을 대상으로 조사하였으며 유효율은 86.6%이다. 설문조사 방법은 Top-Down 공사시 지하골조 공법의 공사기간 및 공사비의 우선순위를 「가장 낮은 경우」 0점, 「보통」의 경우를 5점, 「매우 높은 경우」를 10점의 10점 척도로 응답하도록 하였다.

표 3. 지하골조공사에서의 순위도 평균

항목	순위도	
공사기간	S.O.G.	7.0
	N.S.T.D.	7.5
	S.P.S.	8.5

표 3에 나타난 바와 같이, 설문결과, S.O.G.공법은 공사기간은 가장 오래 걸리고있다. N.S.T.D.공법은 다른 공법에 비해 중간의 순위도 보이고, S.P.S.공법은 공사기간에서 가장 높은 순위도를 순위도를 보이고 있다.

#### 4.2 Top-Down공법 중 공사규모, 건물용도 및 공사기간에 따른 지하구조 공법 선정요인

앞에서 설문조사한 바와 같이 공사비, 공사기간만으로 최적의 공법을 찾기가 어려워 최근에 Top-Down공법으로 진행 및 완료된 현장을 대상으로 5개의 현장 적용사례를 조사 실시하였다.

표 4. 사례 현장 현황

구분	위치	규모	시공사
A 현장	서울 중구 충무로1가	지하7층,지상21층	A건설
B 현장	서울 중구 을지로2가	지하6층,지상33층	B건설
C 현장	서울 중구 충무로1가	지하6층,지상20층	C건설
D 현장	서울 중구 충무로2가	지하6층,지상11층	C건설
E 현장	서울 동작구 신대방동	지하3층, 지상12-20층	A건설

사례조사 결과 S.O.G.공법은 구조물이 올라가는 공간이외에 별도의 야적장이나 공간이 없는 협소한 도심지 공사현장에서 주로 적용하는 것으로 나타났고, N.S.T.D.공법은 지하층 평면의 변화가 적은 쇼핑몰이나 백화점등과 같이 공기의 영향을 많이 받아 공기가 촉박한 공사현장에 주로 적용하였으며, S.P.S.공법은 현장의 특성상 현장내에 자재야적 및 작업공간은 있으나 공기가 매우 촉박한 현장에서 주로 적용하는 것으로 나타났다.

### 5. 결론

협소한 도심지 도심도에 적용하는 Top-Down공법 중 공기에 가장 큰 영향을 미치는 지하구조공법에 공사현장의 조건과 건물의 성격에 따라 각 공사현장에 적합한 공사방법을 연구한 결과 도심지이지만 공사장이 자재야적 등 여유가 있으나, 공기가 매우 촉박한 현장은 일반적으로 S.P.S.공법을 적용하고 있으며, 공사장이 협소하고 지하층의 평면변화가 적고 공기가 촉박한 현장의 경우 N.S.T.D.공법을 적용하고 있으며, 공사장이 협소하고 지하층의 평면변화가 심하고 공기가 비교적 여유 있을 때에는 S.O.G.공법을 적용하고 있음을 확인 할 수 있었다. 그리고 향후에 보다 다양한 변수 고려하여 검토할 예정이다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고, 한국건설교통기술평가원에서 시행한 2005년도 건설핵심기술 연구사업 「공기단축형 복합구조시스템 건설기술」(과제번호: 05 RND 건설핵심 D02-01)의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고 문헌

1. 포스코개발주식회사, "Top-Down 공법의 연구" 기술서, 포스코개발주식회사, 2001.
2. 박형국, "무지보 역타설 (N.S.T.D)공법", (주)정담, 탐구문화사, 1998.
3. 최인성, 이동희, "탐다운 공법시공", 기문당, 2001.
4. 토목공법연구회, "탐다운공법-구조와 시공", 도서출판 일광, 2003.
5. 진영현 임선옥, "[공사기록] SK T-Tower 신축공사 한국건축시공학회지", 통권 제16호, p.8-14, 2005.06.
6. 한국건설산업연구원 편집부, "[프로젝트 NOW] SK을지로빌딩 신축 공사 현장 / 탐다운 공법으로 지하·지상층 공사 병행 서울 도심의 새 랜드마크로", 한국건설산업연구원 건설저널, p.70-72, 2003.02.
7. 고수진, [특허광장] 지하구조물을 이용한 흙막이용 스트러트공법, 쌍용건설 기술연구소 건설저널 가을호, p62-67, 2001.