

## 중국 Top-Down 공법의 특징과 시공사례 분석

### Characteristics and Case Analysis of Top-Down Construction in China

방 광 수\*                      임 흥 철\*\*                      이 해 출\*\*\*                      송 지 윤\*\*\*\*  
 Fang, Guang-Xiu              Rhim, Hong-Chul              Lee, Hai-Chool              Song, Jee-Yun

#### Abstract

Top-Down construction is becoming a popular construction method in China as there is a growing need for building high-rise structures in crowded urban areas. This paper deals with the explanation and analysis of characteristics of Top-Down construction in China. In China, usually construction site is relatively large or sometimes huge compared to that in Korea. Thus, as the high-rise portion of the building needs to be constructed first and fast, island method is used at the center part of the building. In the meanwhile, the remaining area of the building is constructed using Top-Down method to provide working area for equipments and workers. Also, the case studies of construction examples are provided in this paper. The purpose of this paper is to promote international understanding and interaction between neighborhood countries for the utilization of Top-Down construction.

키 워 드 : 탑다운, 흠막이 지지공법, 지하공사, 순타공법,  
 Keywords : Top-down, Retaining Wall Methods, Underground Construction, Bottom-Up

#### 1. 연구의 목적과 방법

한국에는 Top-Down 공법의 효과와 기술이 일찍 널리 소개 되면서 서울, 부산, 대전 등의 도심지와 울산, 인천, 마산 등 해안지역의 여러 대형 및 중형의 건축공사에서 국내의 조건에 따라 적합한 구조형식과 Top-Down 공법을 적용하여 발전되고 있다. 최근 국내에서는 새로운 Land Mark로 떠오른 서울 중앙우체국 건설현장에 적용하여 공기 단축, 품질 개선, 및 공사비 절감 등 종합적인 효과를 보고 있다. Top-Down 공법 또한 국내에 도입된지 25년이 지나고 있으나 이에 대한 건설현장의 경험을 토대로 이웃나라간 Top-Down 공법에 대한 비교연구가 미흡한 실정이다.

통계에 의하면 중국의 고층건축 연면적은 집계로 1.3억 제곱미터를 초과하며 고층건축물의 제일 깊은 지하층 수는 6층이며 깊이는 -26.2m 이다. 현재 중국의 경우도 Top-down 공법이 활용되기 시작하였고 각 현장의 지반과 주변조건에 적합한 Top-down 공법을 개발하고 적용하여 소기 목적을 거두고 있다.

이러한 측면에서 중국의 Top-Down 공법에 대해 설명하

고, 대표적인 사례를 통하여 비교 분석 함으로서 상호 보완하고 실무에 도움이 되었으면 한다. 아울러 중국 건설시장을 향한 Top-Down 공법 진출 유망분야의 전망을 우리 건설사들이 관련 자료를 통해 파악하고 전략을 도출할 필요성이 있다고 본다.

중국에서의 Top-Down 공사의 경우, 시공은 우리기업이 직접 참여하여 총 도급을 맡기가 어렵겠지만 중국기업과의 협력시공, 설계 및 일부 고기술분야에서 진출과 협력이 가능할 것으로 보고 있다. 또한 우리기업의 국내의 지하철공사 등 분야의 풍부한 시공경험을 바탕으로, 중국 현지의 지하철공사에도 참여여지가 충분히 있을 것으로 보인다.

본 논문에서는 이론적 고찰로 중국 Top-Down 공법의 특징을 이해하고 시공순서와 방법 등 분석을 통해 공사단계별 공법의 주용내용을 검토하였다. 중국 Top-Down 공법의 대표적인 시공사례를 통하여 시공성 등을 분석하였고, 우리나라와의 차이점을 제시하고 중국 건설시장을 향한 Top-Down 공법의 진출 가능성을 보여 주었다.

문헌조사는 중국 상하이의 흠파기, 흠막이 지지공법 등 Top-Down 공법의 종류 및 기법에 관한 문헌을 참조하고, 대표적인 Top-Down 시공사례를 바탕으로 하였다.

\* 연세대학교 공과대학 건축공학과 박사과정, 정회원.

교신저자(fangjian@naver.com)

\*\* 연세대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 정회원

\*\*\* 선진엔지니어링 종합건축사사무소, 박사과정, 정회원

## 2. 중국에서 아일랜드오픈컷 역타공법의 활용

### 2.1 중국의 아일랜드오픈컷 역타공법의 특징

중국의 Top-down공법은 지반의 조건, 주변환경, 건물특성에 등에 따라 경제성, 시공의 용이성, 공기 등을 고려하여 여러가지 기법이 적용되지만, 중국 현지에서 진행되는 공사는 지하층이 매우 넓은 경우가 많아 오픈컷 역타공법(외주부 역타, 중앙부 순타)을 선호하는 경우가 많다.

- 1) 아일랜드 오픈컷 역타공법으로써, "Soil Berm을 이용한 오픈 역타공법"으로 지하층이 넓은 경우에 지하 흙막이벽을 시공한 후에 Soil Berm(흙 소단)을 이용하여 중앙의 고층부를 먼저 굴착한 후 기초부터 상부로 시공하는 방법이다. 흙파기공사가 매우 효율적이고 고층부공사를 빨리 시작할 수 있다는 것이 큰 장점이다.

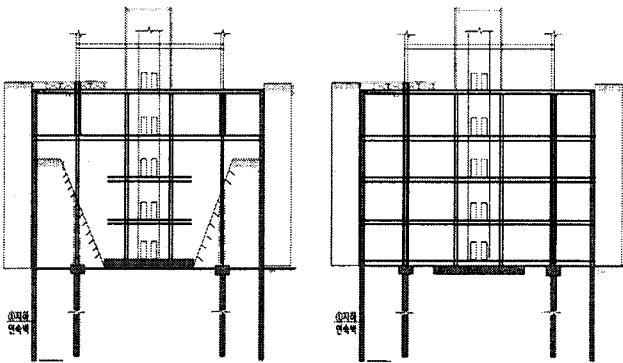


그림 1. 중국의 아일랜드오픈컷 역타공법의 특징

Soil Berm의 경사는 토질에 따라서 높이: 수평길이는 1:1.5 ~2.5가 요구된다.

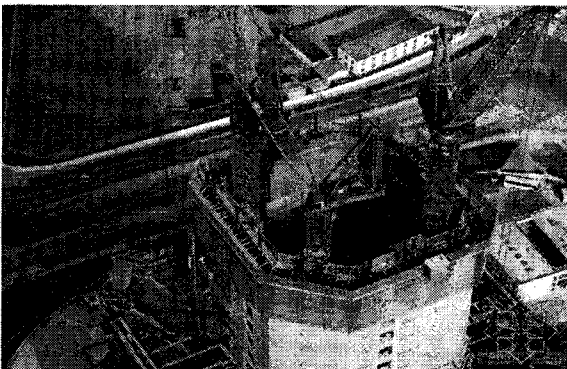


그림 2. 중국 상하이 S건설현장 아일랜드오픈컷 역타공법

- 2) 지하층이 매우 넓은 경우에 지하외벽 주변에 테두리 바닥구조를 역타로 시공하면서 단계별로 각 층의 지반을 굴착하면서 공사를 진행하는 방법으로 주변 바닥구조는 흙막이벽을 지지하는 Wail역할을 한다. 테두리 바닥구

조의 Wail 강성이 부족할 경우에는 개구부를 가로지르는 수평버팀대를 임시로 설치하기도 하고 바닥구조의 일부를 선시공하여 수평버팀대 역할을 하게 계획하기도 한다. 나머지 부분(중앙부)은 최하부까지 굴착한 후 기초부터 상부로 시공한다. 지하층이 매우 넓은 경우에 전체 구간의 역타 공사방법에 비해 선기초기둥 설치 개소를 감소시킬 수 있어 공사비가 감소된다.



그림 3. 중국 상하이 J건설현장 아일랜드오픈컷 역타공법

- 3) 철근콘크리트 코어벽이 중력하중과 횡하중을 지지하는 초고층건물에서 코어벽에 작용하는 매우 큰 하중을 지반에 분산시켜 전달하기 위해 코어부 기초를 온통기초로 설계한 경우에는 코어부를 선기초기둥에 의해 지지하기 곤란하다. 이러한 경우에는 코어부분을 가설흙막이공법에 의해 선굴착한 후 기초부터 상부로 시공하고 주변의 지하층바닥구조는 1층부터 하부로 진행되는 역타공법을 적용한다.

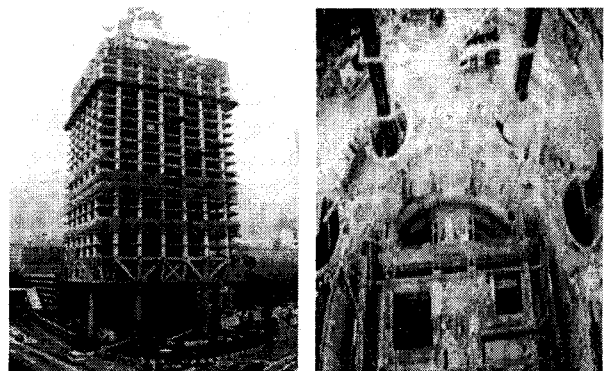


그림 4. 지상 62층, 지하5층의 Cheung Kong Center

### 2.2 중국 도심지 Top-Down 공법 시공사례

현재 중국 도심지에서 대표적인 Top-Down 공법 시공사례인 상하이 장봉상업청사는 건축면적이 2만 2천㎡이며 지하 4층이고 지상의 고층부는 60층이며 저층부는 10층이다. 건축물의 높이는 238m이며 건축연면적은 31만 ㎡이다.

Top-Down 공법 시공면적은 8.8만 m<sup>2</sup>이며, 제일 깊은 굴착 깊이는 24m이다.

지하철 2호선에 인접한 측 흙막이 공사에서는 SMW공법을 사용하였고, 아일랜드 오픈컷 역타공법 (고층부 지하실 순타, 저층부 지하실 역타)을 사용하였다.

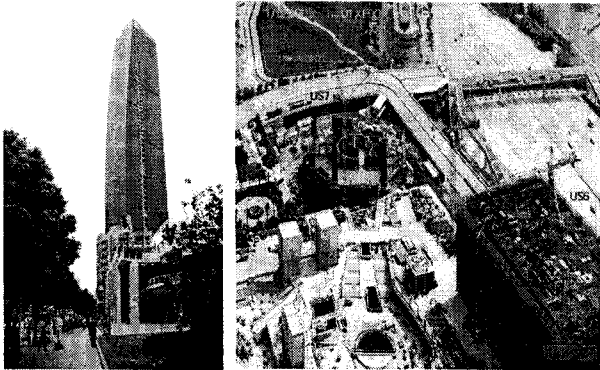


그림 5. 상하이 장봉상업청사 건설현장 역타공법사례

그 외에도 상하이 환구금융센터의 건설현장에서도 Top-Down공법을 사용하였으며 고층부는 101층이고, 저층부는 4층이며, 지하실은 3층이다. 굴착깊이는 17.45~19.85m이고, 전체 굴착물량은 25.3만 m<sup>3</sup>이며, 고층부와 저층부사이에 지름이 100m에 달하는 지하연속벽을 설치하였다.



그림 6. 상하이 환구금융센터 건설현장 역타공법사례

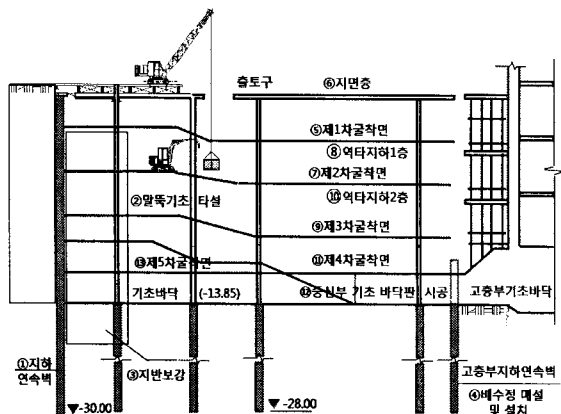


그림 7. 오픈컷 역타공법(외주부 역타 중앙부 순타)시공순서

수평방향의 철근콘크리트 보와 슬래브 및 격자철골기둥으로 흙막이 지하복합골조를 형성하였다. 중앙부 지하골조공사가 순타로 ±0.00레벨까지 완료 후 외주부 지하골조공사를 역타로 시공하였다.

### 3. 중국 Top-Down공법의 요소 기술- 격자 철골기둥(格構鋼柱)을 이용한 선시공

중국 Top-Down 공법의 지하복합골조의 구성을 살펴보면 다음과 같다. 흙막이 벽(Slurry Wall, SMW 등)에서 전달되는 토압 및 수압을 받는 철근콘크리트 띠장(혹은 PC구조), 띠장에서 전달되는 압축력과 연직하중을 받는 철근콘크리트 슬래브 및 보(또는 H형강), 그리고 격자철골기둥의 형태로 나뉜다.

지하굴토 공사가 진행 중일 때에는 철근콘크리트 띠장과 슬래브 및 보(또는 H형강)가 토압과 수압의 압축력을 받는 Strut 역할을 하게 되고 격자철골기둥은 이를 지지하는 역할을 하게 된다.

중국 Top-Down 공법의 시공순서를 관찰해 보면, 가설 흙막이 지하연속벽을 시공한 후 가시설 버팀구조로 철근콘크리트 띠장(혹은 PC구조)을 설치하고, 공사단계별로 선시공되는 구조물에 작용하는 연직하중을 지지할 수 있는 현장타설 말뚝기초와 격자철골기둥을 먼저 시공한다. 이를 이용하여 지하 굴토시에 흙막이벽에 작용하는 횡력(토압, 수압, 기타)을 지지할 수 있도록 본바닥구조나 임시의 철근콘크리트 버팀대를 설치하면서 점진적으로 하부로 공사를 진행한다.

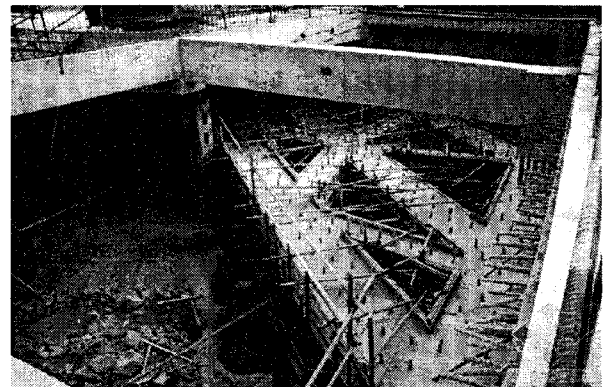


그림 8. 격자 철골기둥(格構鋼柱)을 이용한 선시공

건축물의 평면 설계상 본 구조체로서의 기둥이 설치되어야 할 위치의 부근에 격자철골기둥을 지상으로부터 수직으로 선시공을 하는데, 격자철골기둥은 현장타설 말뚝기초에 놓이게 된다. 철근 콘크리트 수평보 또는 H형강은 지하층의 시공 중

에는 흙막이 벽체로부터 가해지는 토압을 지지하는 스트럿과 같은 역할을 하며 지하공사의 완료 후에는 해체하게 된다.

본 구조체로서의 철근콘크리트 기둥은 순타방식으로 타설되며 완료 후 격자철골기둥을 해체한다. 경우에 따라서 격자철골기둥을 영구 구조체 기둥으로 설계할 수도 있고 철근을 배근한 후 콘크리트를 타설한다.

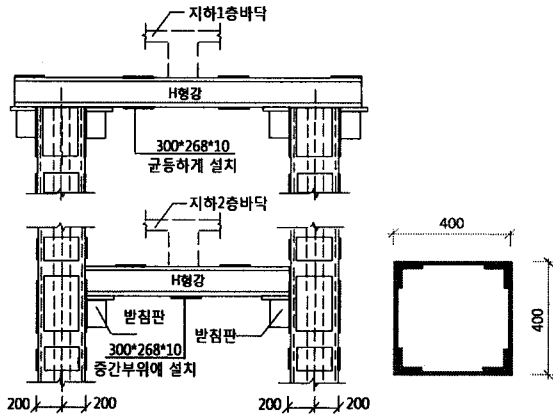


그림 9. 격자 철골기둥(格構鋼柱) 수직 받침 단면

우리나라의 현행 SPS공법은 Strut가 본 구조물이 되나 중국의 본 공법에서는 그렇지 않는 경우가 대부분이다.

#### 4. 향후 중국 Top-Down 공법의 발전방향

Top-Down 공법이라 하면 일반적으로 토공사에 국한하여 접근하는 경향이 많다. 공기단축과 경제성 확보의 효과를 얻기 위해서는 향후 토공사(연속벽 등)이외에도 가설공사, 철근콘크리트공사 및 철골공사가 복합적으로 시공 관리되어 극대화 효과를 얻을 수 있는 시스템 건립을 위한 지속적인 연구 및 개발이 필요하다.

중국에서의 현행 Top-Down 공법을 기반으로, 향후 우리나라 CIP, SCW SPS, NSTD 등 공법의 인입과 병행 적용됨에 따라 경제성 측면에서 유리할 것으로 판단된다.

향후 보다 신뢰성 있고 실무에 활용 적합한 지하공법 선정 시스템 개발을 위해서는 더 많고 다양한 사례들을 추가적으로 검토하여야 할 것이다. 향후 지속적인 지하공사 데이터베이스 구축작업을 통하여 한층 발전된 형태의 사례 기반 공법선정 프로세스의 구축이 필요하다.

#### 5. 결 론

중국의 Top-Down 공사는 지하층이 매우 넓은 경우가 많아 아일랜드 오픈컷 역타공법(외주부 역타 중앙부 순타)을 선호하는 경우가 많다. 그러나 우리나라에서는 도심지 건축물의 지하공간의 대형화 및 대도심화로 인하여 초기 잡업장 확보 및 공기단축 등에 효과적인 전체 Top-Down 공법을 사용한다.

중국의 부분Top-Down 공법은 지하복합골조의 격자철골기둥 선시공, 흙막이벽 철근콘크리트 띠장 등 구조상에서 우리나라의 전체Top-Down 공법과 다른 특징을 갖고 있다. 중국 Top-Down공법의 대표적인 시공사례 분석을 통하여 우리나라와의 차이점을 검토하고 중국 건설시장을 향한 Top-Down 공법의 진출 가능성을 제시하였다. 韓, 中 Top-Down 공법은 구조적으로 안전하고 시공성, 경제성 면에서 각자 장단점을 가지고 있기 때문에 상호 보완하여 앞으로 많이 활용할 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고, 한국건설교통기술평가원에서 시행한 2006년도 건설핵심기술 연구사업 「공기단축형 복합구조시스템 건설기술」(과제번호: 05 R&D 건설핵심 D02-01)연구사업으로부터 일부 지원을 받았으며, 이에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 강경인, 김광희, 김재업, 박우열, 서덕성, 조훈희, 안성훈, 이론과 현장실무 중심의 건축시공학, 대가, 2005.2.
2. 강현정, 임홍철, 이강, 윤대중, 김상일, Top-Down 공사의 공정관리 방법 연구. 한국건축시공학회 춘계학술발표대회논문집. 제6권. pp.133-135.
3. 이동희, 탑 다운 공법 시공, 기문당, 2001.10.
4. (주) 참솔엔지니어링 지반사업부, 기초 및 흙막이 공법 (지반조사에서 TOP-DOWN까지), 한기술, 2000.11.
5. 흙막이, 토공사 HandBook, (주)대우건설, 2006.3.
6. 葛汉明. 用于深基坑围护的SMW工法施工技术. pp.1017-1019. 建筑施工. 2008. 12
7. 孙小华. 上海环球金融中心裙房逆作法施工中取土洞口及栈桥的合理设置. 建筑施工. pp.855-857, 2008. 10
8. 石震东. 逆作法工程中主要施工节点的处理. 第28卷 第7期1. Vol.28. 建筑施工. 2006. 7
9. 周乐敏. SMW工法围护与钢-混凝土混合支撑体系在大型深基坑施工中的应用. pp.91-94. 建筑施工. 2008.2