

# TOP DOWN 工法과 設計者

田 鳳 秀

○(株)都市·建築 創造  
○建築士·構造技術士

## 1. 序

坪當地價가 천여만원인가 한다는 시내 한복판 노른자위땅에 재개발 사업이 한창이다. 투자가치가 높아서 인지 시내 곳곳에서 때묻고 후락한 헌집들이 헐리고 넓직한 대지에 시원스런 건물들이 하루가 다르게 들어서고 있어 웬만큼 시내엘 자주 나가지 않으면 어디가 어딘지 구별을 못해 어리둥절 할 정도다.

다음과 같은 경우를 생각해 본다. 시내 중심가 뭉치 좋은 곳에 누군가가 건물을 짓고자 했다. 관련 법규가 허용하는 최대한의 床面積과 최다층을 확보토록 설계자를 독려하여 그 복잡한 수속절차를 거쳐 목적인 바 고층빌딩을 착공하게 된다. 늘상 그러하듯이 건물의 완공을 단 하루라도 앞당겨야 투자비의 회수도 빠르니까 공사를 서두른다. 적지 않은 비용으로 設計圖를 마무리하고 시공자에게 착공을 독촉한다. 그런데 시공담당자의 반응이 심상치 않다.

「지하5층으로 대지에 꼭 들어차게 설계되었고 기초바닥까지 깊이가 20m가 넘으니 굴착공사가 우선 큰 문제인데, 대지의 2면이 인접건물의 지하층으로 둘러쌓여 있어 어드양카(TIE BACK)는 설치 안되고 대지규모도 어중간 해서 아일랜드工法(ISLAND) 등도 어렵고…」

「설계된 지하실벽이 대지 경계선에 아주 근접해 있어 굴착 공사를 하자면 경계선 밖으로 최소 3m의 작업공간이 필요합니다. 주변도로와 인접대지를 임차할 수 있을까요?」

「지하수가 높아 굴착공사중의 양수작업시 인근 건물에 큰 피해가 예상됩니다.」

「여유공터가 없어 가설사무소와 창고를 지을 곳이 없습니다.」

「설계자는 이런 조건을 설계시 고려하였다고 하던가요?」 등이다.

과연 심각한 내용이 아닐 수 없다.

실제로 이러한 현장의 조건들은 정도의 차이는 있겠지만 都心地의 공사장에서 흔히 당하는 「골치꺼

리」들이다. 이러한 「골치꺼리」는 지금까지는 대개 施工者의 「문제」였고 그것이 당연시 되었었다. 「어떻게 하든 도면대로 건물을 지어 놓는 것이 시공자의 의무니까」라는 것이 일반 통념이었다. 그래서인지 왜 시공자만이 이 「문제」로 골치를 앓아야 하는 것인지에 대해서는 이야기하는 사람이 별로 없었다.

「그야 그런 문제는 시공자가 알아서 처리해야 하지 설계자가 공사방안까지 제시하면서 설계할 수는 없지 않은가?」라고 설계자는 애써 외면하였고 건축주도 무언가 확실치 않은대로 현실을 「수궁해왔다」는게 사실이다.

「설계자가 이러한 문제점을 사전에 예측하여 그 해결방안을 圖面에 제시해야 마땅하다」도 「설계현실」을 직시하지 않은 일방통행일 수 있다는 주장도 없지 않다. 아무튼 이러한 답답한 「골치꺼리」가 해결되어야만 건물은 완성된다.

이러한 현장의 문제점을 명쾌하게 해결해주는 묘약은 없다. 그때 그때의 여건에 따라 「어떤 방안」을 선택하여 문제를 해결할 수 밖에 없다. TOP DOWN工法도 그러한 「어떤 방안」 가운데 하나 일 뿐이다.

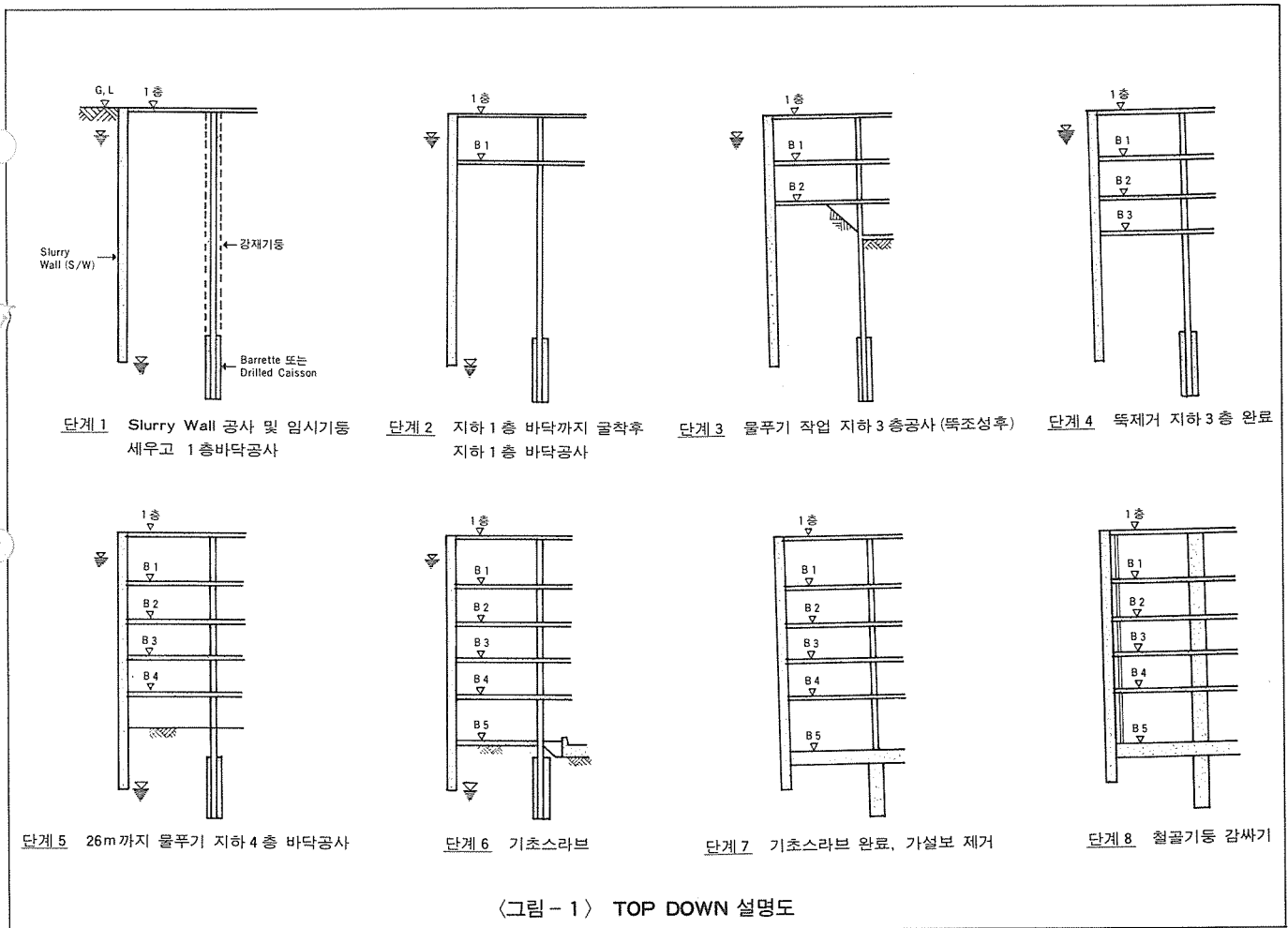
## 2. TOP DOWN 工法

TOP DOWN은 단어 그대로 「위에서 아래로 공사하기」, 「역타공법(逆打工法)」, 「사카우치공법」 또는 DOWN WARD METHOD 등으로 소개되고 있다.

통상적으로 이용하는 오픈컷트 방식에 따라 굴착하여 기초공사부터 착수하는 공법을 BOTTON UP (밑에서 위로) 부른다니까 그 뜻을 뒤집어 생각하면 개념은 빨리 정리 될 것 같다.

무언가 색다른 것을 소개할 때마다 언필칭, 「최근 미국이나 유럽에서…」이나 「이웃 일본만해도…」 하는데 송구스럽지만 여기서도 그런 상투수법을 동원한다.

1960년대 유럽의 도시들은 온통 재개발 붐이 일고 있었다. 프로젝트는 다양했고 대형화 했다. 고색



창연한 중세건물옆이나 또는 그 밑을 통과하는 프로젝트도 있었다. 새로 계획된 건물들은 깊은 지하층으로 설계되고 있었으므로 공사하면서 생기는 인근의 문화재에의 영향여부가 심각하게 대두되었다. 인근지반의 변동을 극소화하고 굴착공사시 안전도의 보장도 큰 문제였다. 이러한 상황에서 TOP DOWN 공법이 고안되었다. 그 처음의 예가 英國의 런던시 중심부에 있는 「바비칸 예술센터」와 「YMCA 회관」 건설현장이었다. 이들 현장에서 대단한 효험을 본 후 이 공법은 계속 보완되고 다듬어지게 되었고 이후 런던의 「대영도서관」 공사때에는 계획, 설계 및 공사의 일련된 테크닉이 가히 예술의 경지였다고 기록은 전한다. 이 공법은 그 후 프랑스, 홍콩, 일본 등에서 채용되어 각지역의 지질조건과 장비의 여건에 따라 발전되었고 지역에 따라 KNOW-HOW로 까지 전문화되었다.

국내에서는 과문해서인지 이 공

법을 채용한 현장이 있었음을 확인하지 못하였다. 다만 서울시내 茶洞재개발지구내 「L그룹사옥」에서 처음 시도하고 있다.

TOP DOWN은 오픈컷트方式이나 아일랜드공법처럼 버팀대(Struts)나 띠장(Lagging)과 같은 지지부재를 사용하지 않고 Slurry Wall과 같은 Diaphragm Wall을 소요깊이까지 설치한 후에 기초설치용 구덩이를 Drilling한다. 강재기둥을 그 구덩이에 꽂아 놓고 기초콘크리트를 타설하여 기초와 기둥공사를 끝낸다.

1층바닥구조를 설치된 기둥에 연결하여 보 및 슬래브공사를 한다.

1층바닥 어딘가에 마련된 개구부를 통해 장비를 투입하여 지하 1층부분의 굴착공사를 한다.

이 공사는 1층바닥 콘크리트가 최소한의 강도가 되어야 진행할 수 있음은 물론이다. 이렇게 해서 지하 1층 바닥공사를 하고 또 지하 2층을 위한 굴착공사를 진행하는 하향순차적으로 굴착과 구체공사를

반복하면서 기초저면까지 공사하게 된다. 이 과정은 그림으로 설명한 <그림 - 1>을 보아주기 바란다.

공사가 밑으로 밑으로 진행되는 동안 지상에서는 미리 운반되어온 강재부재의 조립을 진행할 수 있다. 1층, 2층, 3층... 위로 위로 공사는 진행된다. G.L.을 기준으로 해서 공사는 상하양향으로 동시 진행을 하게 된다.

이 공법의 장단점을 들어가면 이해에 도움이 될 것 같다.

장점을 들어 보면,

1) 1층바닥을 우선 시공하여 외주부의 Diaphragm Wall의 상부와 연결하므로 굴착이 진행됨에 따라 Wall의 변형이 최대한 억제되어 주변건물과 도로의 침하를 최소로 줄일 수 있다.

2) 맨처음 시공된 1층바닥을 가설창고, 사무실과 작업장으로 사용할 수 있으므로 좁은 대지를 최대한 활용한다.

3) 지하층과 지상구조를 동시에 진행할 수 있으므로 공사기간을 줄

일 수 있다. 경우에 따라 최상층의 굴조공사를 지하최하층과 동시에 진행할 수 있다. 다시말해서 지하층 공사기간동안 지상층 공사도 할 수 있다.

4) 지하공사중 일어나는 소음공해가 적으며 기후와 무관하게 진행할 수 있으며 필요하다면 24시간 철야작업도 가능하다.

그렇다고 좋은 점만 있는 것은 아니다. 문제점으로 꼽을 수 있는 것은,

1) 지하층공사시 수직작업공간이 협소하고 제약이 많아 작업능률이 현저히 저하된다.

2) 기둥이나 벽등 수직부재의 콘크리트 이음시공이 매우 어렵다.

3) 지하의 상부층부터 공사하므로 하부층의 공사를 위한 임시 개구부를 매층 동일한 위치에 두고 마무리 단계에 메꾸어야 한다. 제한된 개구부를 두게 되므로 굴착장비가 가급적 미니형이어야 하며 경우에 따라 분해하여 투입하는 수도 있다.

4) 공사기간동안 작업공간은 마치 광산의 갱도와 같아 완벽한 통풍시설이 있어야 하고 폭파작업을 엄격히 제한하거나 무진동 폭파기술이 필요하다.

5) 오픈컷 방식보다 몇배의 세심한 사전계획이 필요하고 공사가 복잡하므로 지하공사비가 상대적으로 20~40% 상승한다는 통계가 있다.

아무튼 완공후의 상태는 꼭 같아도 그 순서는 전혀 다르게 진행하는 방법으로 상식의 허를 찌르는 아이디어 일 수 있다.

### 3. 設計時 고려사항

#### 3. 1 Slurry Wall

지하층 외벽과 가설옹벽을 겸용하는 Slurry Wall 또는 Diaphragm Wall에 關해서는 출고 “고층건물에 있어서의 바레트 기초형식에 관한 소고” (건축사 1984. 1 월호)를 참고하여 주시기 바란다.

#### 3. 2 기 초

TOP DOWN의 경우도 기초형식

은 지반의 지내력과 굴착장비에 따라 좌우되지만 더 중요한 것은 공사계획과 밀접한 관계가 있다는 점이다. 설계단계에 공사계획을 세운다는 것은 무리하지만 설계조건으로 전제를 할 수 있다. 즉 지하층의 최저층 공사를 할 시점에 지상층은 몇층을 해야 할 것인가를 가정하여 기초의 크기와 깊이를 정해야 한다.

처음부터 영구기초로 시공을 한다면 문제가 될 것이 없으나 지상에서 굴착하는 기초용 구덩이의 크기가 굴착장비에 의해 좌우되고 기초지반이 훌륭하지 못한 경우가 많으므로 TOP DOWN 공법에서는 임시기초로 설계되는 일이 많다. 즉 지하층 전체와 지상의 몇개층의 고정하중, 시공하중 및 풍하중으로 설계를 하고 건물전체를 지지하는 영구기초는 별도로 설계하고 공사도 맨끝에 이루어 진다. 앞서 이야기한 도심지 건물의 경우, 지하5층 바닥을 공사하는 시점에 지상10층 굴조공사를 하도록 계획이 되어 있다면 임시기초의 크기는 15개층에 해당하는 고정하중, 시공하중 및 풍하중에 의하여 결정이 된다. 지상에서 기초공사를 하므로 임시기초의 형식은 피어기초(PIER), 케이선(DRILLED CAISSON) 또는 바레트(BARRETTE)와 같은 심초기초가 많다.

임시기초로 할 것인지 영구기초로 할 것인지는 지반의 지내력, 설계하중의 크기등을 면밀히 검토한 후라야 함은 물론이다. 임시기초를 영구기초로 전환하는 방법으로 MAT 기초가 애용된다.

#### 3. 3 기 등

기둥도 기초와 비슷한 아프로우치를 한다. 지상에서 굴착한(흙이 무너져 내리지 않도록 Bentonite를 사용하는 것은 Slurry Wall의 경우와 같다) 기초용 구덩이에 소정의 강재기둥을 수직으로 꼽아 넣은 다음 콘크리트를 부어 넣어 기초를 시공한다. 기초와 강재기둥간에 충분한 부착이 되어 상부의 하중이 기초에 전달되도록 강재기둥에 스테드 보울트 등을 용접하여 부착하

여야 한다.

1층바닥에서 기초상단까지의 기둥길이가 매우 길어지게 되니까 좌굴(Buckling)에 의해서 단면이 결정되어 상자형이나 십자형의 조립기둥이 되는 수가 있다. 기둥의 크기가 건축계획상 엄격한 제한이 있을 경우 단일부재로 선정한 후 수직구덩이에 모래와 자갈을 밀실하게 메우고 다져 넣어 기둥의 좌굴장을 축소 조정하기도 한다.

그러나 이러한 방법은 규모가 작은 건물이나 하중이 경미한 경우에 한하고 일반적으로는 번조합의 무근콘크리트로 채워 넣어 좌굴장을 거의 무시한 상태로한 경제적인 단면을 채택하고 1개층씩 하향시공하면서 무근콘크리트를 깨어 내고 다시 철골 철근콘크리트로 만든다. 기둥을 순수한 철골구조로만 설계하여 콘크리트 피복의 번거로움을 피하기도 하고 합성기둥(Composite Column)으로 계획하여 경제적인 철골단면을 선택하기도 한다.

합성기둥의 경우 강재기둥에 철근과 콘크리트를 씌우는 작업이 용이하지 않으며 상하부의 이음부처리는 더욱 까다롭고 세심한 계획이 필요하다.

기둥의 길이가 매우 길고 수평방향으로 연결지지하는 부재가 없으므로 수직의 정확도와 평면상의 정확한 위치유지가 어렵다. 영국의 BS 5400 Part 5에서는 기둥외형의 3% 만큼의 편심 2차와 1.0%의 수직경사도를 허용하고 있다.

#### 3. 4 바닥구조

각층의 바닥구조는 설계하중을 감당하도록 설계하지만 공사중의 시공하중이나 Diaphragm Wall로부터 전달되는 토압이나 수압을 고려하여야 한다. TIE BACK을 사용하지 않는 TOP DOWN의 경우 바닥구조의 중요성은 매우 크다. 공사중 Diaphragm Wall 외부의 기존지반의 변화는 굴착심도, 토질 및 바닥구조의 강성과 밀접한 관계가 있는데 기존지반의 침하범위는 굴착깊이가 깊을수록 넓어지게 되어 인근 건물이나 시설물에 큰 피해를 줄 우려가 있다. 깊게 굴착공사가

진행되면서 토압이나 수압도 점점  
 하게 되어 일반적인 H형강의 버팀  
 보(Horizontal Struts)로서는 단면  
 도 부족하고 변형이 생기게 되어  
 위험하다.

굴착심도가 커질수록 수평버팀대  
 의 강성은 커져야 한다. 이러한 면  
 에서 콘크리트바닥구조는 압축내력  
 과 강성이 크므로 최적의 구조라  
 할 수 있다. 콘크리트 바닥구조도  
 의형이 간단하여 시공이 간편한 무  
 량판구조(Flat Plate)가 유리하다.  
 거푸집과 동바리 공사가 용이하고  
 확실한 시공을 기대할 수 있기 때  
 문이다. 다만 기둥과 바닥구조가  
 교차하는 부분에서 전단력에 문제  
 가 있을 경우 드롭패널로 보강하는  
 방법이나 강재기둥에 전단보강보  
 울트(Shear Head)를 두는 방식도  
 채택할 수 있다.

지하외벽에 가까운 기둥이나 내  
 력벽주위에 바닥개구부(Duct 스페  
 이스 등)가 있어 횡력저항에 치명  
 적인 약점이 될 경우 TOP DOWN  
 공사기간동안은 개구부를 메꾼 상  
 태로 진행을 하고 기둥이나 벽구조  
 를 완성하여 구조내력을 갖게 될  
 때 개구부를 뚫어내는 경험적 테크  
 닉도 필요하다.

### 3. 5 지하수위

굴착공사가 진행되면서 양수작업  
 을 계속하면 외부지하수위로 하강  
 하는 데 침하곡선의 반경이 커지면  
 서 주변지반의 침하가 뒤따른다. 정  
 도가 심해지면 인근 건물에 주는  
 피해는 더욱 커진다. 투수계수가 큰  
 토질일수록 이 경향은 더욱 심하  
 다. 만약 굴착면을 따라 물막이 벽  
 이 있다면 내부에서 마무리 압수작  
 업이 계속되어도 외부 지하수위에는  
 아무런 영향이 없을 것이다. Slurry  
 Wall을 압반까지 내려 내외부의  
 지하수를 차단하면 그 이상 훌륭한  
 구조는 없다.

## 4. 結

도심에 짓는 건물마다 TOP DOWN이  
 가장 좋은 방법일 수는 없다.  
 지반이 너무 단단하여 Slurry Wall  
 마저 설치할 수가 없든지 대지의  
 여유가 있어 오픈컷트가 가능하다  
 면 애써 까다로운 이 방법을 택해  
 야 할 이유가 없다.

TOP DOWN이 탁월한 설계 및  
 시공법이라기 보다 어려운 공사여  
 건에 맞도록 순차적으로 공사하는  
 방안을 제시하고 이러한 작업내용

을 구체적으로 계획 구조계산 및  
 도면화하는 테크닉이라 할 수 있다.  
 TOP DOWN의 설계를 위해서는 건  
 물주위환경, 지질 및 지하수와 시  
 공장비 등에 관한 사항이 조사확인  
 이 되어야 한다.

그러나 시공과 밀접한 사항이라  
 고 해서 시공자와 건축주끼리의 문  
 제라고 계속 외면할 수 만은 없다.  
 건축계획도 따지고 보면 대지조건,  
 법규, 공사비, 사회배경 및 건축주  
 의 주장등을 적절히 절충하는 테크  
 닌이라고 한다면 지하구조의 설계  
 도 크게 다를 것이 없다고 생각한  
 다.

그만한 시간과 노력을 투자할만  
 한 현실이 아님을 긍정도 부정도  
 하기는 어렵다. 갖가지의 현장여건  
 을 외면내지 과소평가한 설계도를  
 양산하게 되면 숙명적(?)으로 스  
 무드한 관계가 어려운 설계자와 시  
 공자 사이에 건축주까지 시공자측  
 과 합세하여 「도움도 안되는 도면  
 만 그려내는 한심한…」라고 설계자  
 를 매도하게 될 것을 상상하면 마  
 음 편할 설계자가 있을런지.

TOP DOWN공법을 이야기 하다가  
 괜한 걱정을 하고 있는지 모르  
 겠다.

### 기고안내

숨겨진  
 영원한  
 우리의  
 유일한  
 입니다

기록이며  
 홍보매체

#### ■ 회원작품 카드 접수

- 별첨 요령에 의한 작품카드를 항상 접수합니다.
- 접수된 작품은 회지에도 게재되고, 유관 단  
 체(기관)의 건축상 추천자료가 됩니다.
- 자료실을 통해 영구 보존됩니다.  
 (작품카드 옮기는 소속지부에서 별도 배부합니다.)

#### ■ 대화의 광장(이야기 좀 합시다) 고정란 신설

- 회원업무와 관련된 좋은일 나쁜일
- 관계법과 연관된 각종 의견
- 협회에 대한 의견
- 건축계 전반에 대한 이야기
- 그 밖에 하고 싶은 이야기  
 (紙上을 통해 의견을 교환하고 나아가 보다 발전적  
 인 길을 모색합니다. / 원고길이 : 200자원고지 10매  
 정도)

#### ■ 그밖에 원고도 부탁드립니다.

- 각종 문예 원고(수상·공트 등)
- 논문·자료 등  
 (테마에 제한 없습니다.)