

지하역타공법용 개방형 슬래브 개발

Development of Opened Slab Method for Top-Down Construction

송지윤*
Song, Jee-Yun

임홍철**
Rhim, Hong-Chul

강두현***
Kang, Doo-Hyun

Abstract

In Top-Down construction for underground structures, the placement of slab as a horizontal supporting member against lateral earth pressure is an important process in determining construction time and cost. Usually, a reinforced concrete perimeter girder distributes concentrated lateral loads from earth retaining structures such as Cast-in-place (CIP) piles. By combining the function of the R/C perimeter girder and horizontal slabs, the Opened Slab Method is efficient for reducing construction time by elimination of time-consuming formwork for traditional perimeter girders. The structural performance of the method is also discussed in this paper.

키워드 : SPS 공법, 개방형 슬래브, 거푸집 공사, 역타공법, 테두리보
Keyword : SPS Method, Opened Slab, Formwork, Top-Down Method, Perimeter Girder

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

지하공사 방법으로써 탑 다운 (Top-Down) 공법은 1층 바닥을 선시공한 후, 지하층을 굴토해 나가면서 지하 구조체를 완성해 나가는 방법을 말한다. 때로는 다운워드 공법 (Downward Method) 또는 역타공법이라고도 하며, 인접건물이 많은 도심지 구간에서 안정적으로 적용할 수 있으며, 1층 바닥이 선시공되기 때문에 작업장의 조기 확보가 가능하고, 날씨에 관계없이 시공할 수 있다. 또한 지상과 지하 공사가 동시에 이루어지므로 일정규모 이상의 건물에서는 공기단축의 효과도 기대할 수 있다 (이동희, 2001). 탑 다운 공법에서의 지하공사의 순서는 먼저 흙막이벽을 설치한 후, 선기둥을 매립하는 것이다. 선기둥 매립시에는 지지력 산정 (임홍철, 황희선, 2006)과 수직도 계측 (임홍철 외 2인, 2006)이 필요하고, 선기둥을 매립한 후에 지하층을 굴토해 나가면서 스트럿 (Strut)을 설치하고 슬래브를 타설하게 된다.

슬래브를 타설하는 방법은 거푸집 공법에 따라 분류하게 되는데 (김재엽 외 2인, 2003), 슬래브로서 수평하게 저장하도록 하며 땅을 거푸집 지지체로 이용한 B.O.G. (Beam on Grade), S.O.G. (Slab on Grade) 공법, 거푸집을 매단 형태로 역타 시공하는 N.S.T.D. (Non Supporting Formwork

System for Top Down Construction) (이현수 외 4인, 1998), B.R.D. (Bracket supported R/C Downward) 공법 (하상수 외 4인, 2005), 영구 철골보를 이용하여 수평압에 저항하도록 한 S.P.S. (Strut as Permanent System Method) 등이 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

스트럿을 설치하기 이전에 지하외벽으로부터 스트럿으로 힘을 전달시키기 위해 테두리보를 설치하게 되는데, 철골 지보공을 사용하는 철골 역타 공법에서는 기존에는 R/C 테두리보를 사용해왔다. 기존 R/C 테두리보는 테두리보를 설치하기 위해 거푸집을 따로 설치해야 하고, 추후에 지하외벽을 설치함에 있어서도 외벽 철근의 연속배근이 어렵게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 테두리보를 따로 설치하지 않고 슬래브가 테두리보의 역할을 동시에 할 수 있는 개방형 슬래브를 소개하고자 한다. 개방형 슬래브는 거푸집 설치와 해체 작업이 따로 필요하지 않으며, 지하외벽 타설시에도 개구부를 통해 콘크리트가 타설되기 때문에 외벽의 연속성이 유지되는 등의 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 기존 R/C 테두리보의 개선점을 파악하고, 이를 보완하기 위해 새로 개발된 개방형 슬래브 공법을 비교, 분석하고 실험결과를 기술하였다.

2. 기존 R/C 테두리보 공법

흙막이벽을 설치하고 지하선기둥을 매립한 후에 지하층을

* 연세대학교 건축공학과 첨단구조연구실 석사과정, 정희원
** 연세대학교 건축공학과 교수, 정희원
*** (주) 에스피에스 소장, 정희원

굴토해 나가면서 스트럿을 설치하게 되는데, 흙막이벽으로부터 전달되는 토압을 분산시키기 위해서 테두리보를 설치하게 되는데 기존에는 이를 R/C로 하거나 철골 띠장을 사용하였다. 본 논문에서는 기존 R/C 테두리보에서 개선된 개방형 슬래브를 소개하고자 하므로 R/C 테두리보의 시공방법과 개선점을 알아보려고 한다.

그림 1과 그림 2는 R/C 테두리보 공법을 사용한 현장의 모습이다.



그림 1. R/C 테두리보의 현장사진



그림 2. 다우웰바의 모습

기존 R/C 테두리보 공법에서는 테두리보를 별도로 제작하기 위해 거푸집 설치 및 해체 작업이 필요하며, 테두리보 위아래의 벽체와의 연결을 위한 다우웰바 (Dowel bar)를 미리 매입하여 시공해야 하므로 철근 물량이 증가되고 시공성이 저하되는 문제점을 가지게 된다. 또한, 추후에 지하외벽 콘크리트 타설시 슬리브를 통한 타설이 어렵게 되고, 지하 합벽 형성시 테두리보의 간섭으로 인해서 역타조인트가 발생한다.

이러한 문제들로 인해, 시공성과 구조적 안정성 개선을 위한 새로운 방법이 필요하게 되었으며, 이를 위해 본 논문에서는 개방형 슬래브를 제안하고자 한다.

3. 지하역타공법에서의 개방형 슬래브

기존 R/C 테두리보에서 발생하는 문제점들을 해결하기 위해 새로 개발된 개방형 슬래브는 슬래브 자체가 테두리보의 역할을 동시에 수행함으로써 시공성을 향상시킨 것이다. 또한, 개구부를 만듦으로써 지하외벽 철근 매입이 용이하도록 하였으며, 개구부를 통해 콘크리트를 타설함으로써 지하외벽이 일체성을 가지도록 하였다.

3.1 개방형 슬래브의 구조

기존 R/C 테두리보 공법은 테두리보를 위한 거푸집 설치 및 해체 작업이 필요하며, 벽체 이음철근의 시공이 별도로 필요하다. 또한, 벽체 콘크리트 타설이 어렵고, R/C 테두리보의 간섭으로 인해 역타 조인트가 발생하게 된다. 이로 인해서 시공성이 저하되고, 구조적인 측면에서 안정성의 저하가 우려된다.

이를 보완하기 위해 고안된 개방형 슬래브는 슬래브 자체가 테두리보의 역할을 함으로써 거푸집 작업이 별도로 필요하지 않아 시공성 및 경제성이 향상된다. 또한, 개구부를 설치함으로써, 추후에 흙막이벽과 지하외벽이 일체로 시공되는 지하합벽을 형성함에 있어서 콘크리트 타설이 수월하게 되고, 지하외벽의 철근이 연속적으로 배근될 수 있게 된다.

그림 3과 그림 4는 개방형 슬래브 공법을 이용한 현장의 모습이다.



그림 3. 개방형 판재를 엮는 모습



그림 4. 개방형 슬래브로 시공한 모습

3.2 개방형 슬래브의 구성요소

개방형 슬래브 지지구조는 크게 그림 1의 개방형 슬래브 부분 (그림 1. ①)과 이를 받치기 위한 가설부재부분 (그림 1. ②~⑤)으로 나눌 수 있으며, 개방형 슬래브 부분 (그림 1. ①)은 개방형판재와 판재에 설치하는 보강용 철근 및 판재 위에 타설하는 콘크리트 부분으로 나눌 수 있다. 또한, 개방형 슬래브를 받치기 위한 가설부재 (그림 1. ②~⑤)는 현장여건에 따라 여러 가지 형식을 이용할 수 있다.

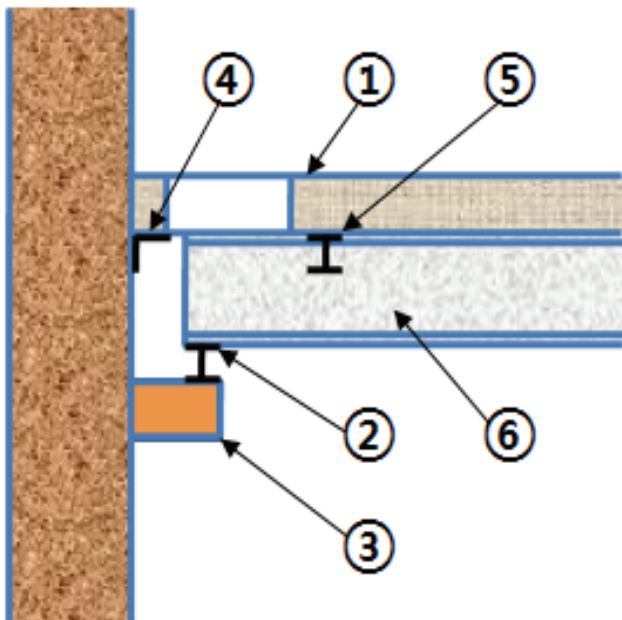


그림 5. 개방형 슬래브 구성요소

- ① 개방형 슬래브
- ② 단부 철골보 지지보 (합벽 내 매립)
- ③ 지지용 bracket (합벽 내 매립)
- ④ 개방형 판재 거치용 angle
- ⑤ 개방형 판재 거치보
- ⑥ 영구시 철골보

4. 개방형 슬래브의 압축 성능 실험

개방형 슬래브는 슬래브 자체가 테두리보의 역할을 하므로 토압으로 인한 압축력에 대하여 개방형 슬래브가 어느 정도의 저항 성능을 가지는지 실험해 볼 필요가 있다. 이에 본 논문에서는 개방형 판재를 이용한 6개의 실험체를 제작하여 100 tf, 300 tf까지 가력이 가능한 U.T.M. (Universal Test Machine)을 이용하여 개방형 슬래브의 압축 성능 실험을 행하였다.

4.1 압축성능 시험체 개요

지하 외벽의 두께와 개구부 크기에 따라 총 6개의 실험체를 제작하였다. 실험체의 개요와 판재의 형태는 각각 표 1과 그림 6, 7에 나타내었다.

표 1. 판재 시험체 규격

판재 규격	양생 일수	철근 유무	재하 하중
520(W) x 2,000(L) x 1.6(T)	3일	무	100 tf
520(W) x 2,100(L) x 1.6(T)	3일	무	100 tf
720(W) x 2,000(L) x 1.6(T)	28일	유	300 tf
720(W) x 2,100(L) x 1.6(T)	28일	유	300 tf
920(W) x 2,000(L) x 1.6(T)	28일	유	300 tf
920(W) x 2,100(L) x 1.6(T)	28일	유	300 tf

콘크리트 강도 : 240 kgf/cm²

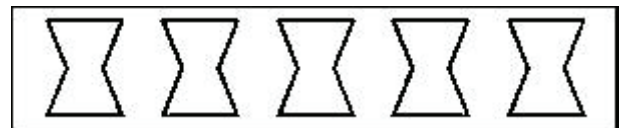


그림 6. 실험 개방형 판재 평면도



그림 7. 실험 개방형 판재 단면도

4.2 개방형 슬래브 압축 성능 실험 결과

개방형 슬래브의 압축 성능 실험값을 정리하면 표 2와 같다.

표 2. 압축 성능 실험 결과

Type	wall thk (mm)	최대하중 (tf/m)	비고
520 A	400	49	무근
520 B	400	47	무근
720 A	600	146	철근보강
720 B	600	144	철근보강
920 A	800	145	철근보강
920 B	800	139	철근보강

일반적으로 현장에서의 굴착시의 평균 주동토압이 30~40 tf/m이고, 최대토압이 50~60 tf/m 수준인데 반해, 개방형 슬래브의 압축 성능 실험결과, 실제 현장에 적용되는 철근을 보강한 개방형 슬래브가 대체로 140 tf/m 를 넘어서므로 굴착시의 수평토압에 대하여 개방형 슬래브가 안전하다는 결론을 낼 수 있다. 그림 8은 재하 하중에 따른 변형도 곡선이다.

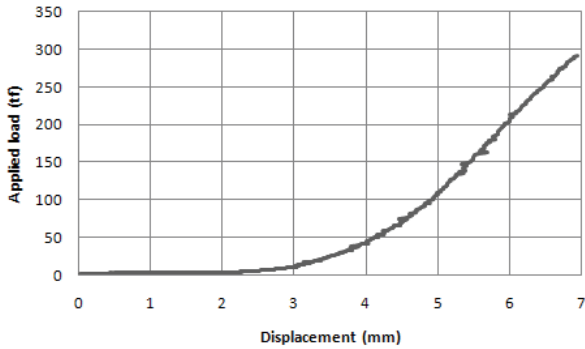


그림 8. 재하하중에 따른 변형 그래프

사진 9는 재하 실험에 의한 균열 모습이다.



(a) 균열모습(전면)



(b) 균열모습(후면)

사진 9. 개방형 슬래브 재하 실험 사진

5. 결 론

철골역타공법에서 흙막이벽의 토압을 스트럿으로 전달시키기 위해 기존에는 R/C 테두리보를 사용해왔는데, 이 공법은 거푸집 설치, 이음철근의 시공필요, 역타조인트 발생 등의 문제점을 가지고 있었다. 이를 해결하기 위해 개발된 개방형 슬래브는 거푸집 설치가 별도로 필요하지 않으며, 개구부를 통해 지하외벽이 타설되기 때문에 지하외벽의 연속성을 유지할 수 있고, 개구부를 통해 외벽 철근을 관통시키므로 이음 철근이 따로 필요하지 않게 된다. 개방형 슬래브는 개구부를 가지고 있기 때문에 수평토압에 대하여 안전한지 검토가 필요하였는데, 실험결과 개방형 슬래브의 압축항성능이 발생하는 수평토압을 크게 넘어서는 것으로 확인되었다. 개방형 슬래브가 구조적으로 안전하고, 시공성, 경제성 면에서 장점을 가지고 있기 때문에 개방형 슬래브가 앞으로 많이 활용될 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. 김재엽, 서장우, 강경인, 신경망을 이용한 흙막이 지보공공법 선정모델 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(구조계), 제19권 5호, pp.121~128, 2003.
2. 이동희, 탑다운 공법 시공, 기문당, 2001.
3. 이현수, 이재섭, 이재용, 김인상, 박형국, 무지주 역타설 거푸집공법의 개발 및 적용, 대한건축학회논문집 제14권 1호, pp.435~442, 1998.
4. 임홍철, 신천균, 김승원, Top Down 공사의 선기동 수직도 계측, 한국건축시공학회 논문집, 제6권 4호, pp.77~84, 2006.
5. 임홍철, 황희선, 굴착순서에 따른 Top Down 선기동 지지력 산정, 한국건축시공학회 논문집, 제6권 4호, pp.52~59, 2006.
6. 하상수, 최창식, 박무용, 황기수, 이리형, 지하역타(ESD) 및 무지보 역타(BRD) 공법 개발, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 제25권 1호, pp.305~305, 2005.