

지하 역타 공법용 상·하 분리형 무지주 지지체 개발

Non-Supporting Form System for Top-Down Construction

정미라* 임홍철** 염경수***

Jeong, Mee-Ra Rhim, Hong-Chul Yom, Kyong-Soo

Abstract

For the purpose of developing economical and time-efficient formwork for Top-down construction, a Non-Supporting Form System has been proposed. The system is consisted of two parts: a hanging part to support a steel frame and a section of concrete slab, and the other hanging part to lower the steel frame. In this paper, the proposed system is compared to two existing systems of Non Supporting Top-down Method and Bracket Supported R/C Downward Method. It is expected that this system can be used in Top-down construction with further development.

키워드 : 탑다운 공법, 무지주 거푸집, 현수, 역타 공법

Keywords : Top-Down, Non Supporting form, Suspension, Downward construction.

1. 연구의 배경 및 목적

도심지의 건축물에 있어 지상구조의 고층화와 지하구조의 심층화 추세가 진행되어 왔다. 이러한 건축물의 시공은 밀집도가 높은 도심지의 특성에 적합한 시공법을 필요로 하며, 특히 주변 민원을 최소화 하는 것은 중요한 공법 선정 기준이다. Top-Down 공법은 기존의 지하공사에 비해 소음과 진동 등을 감소할 수 있어 민원 발생을 줄일 수 있다 (임홍철 외 2인, 2006). 또한 근접시공, 공간의 조기 확보, 안전성 확보, 시공성 향상 등의 특징을 가지고 있어 밀집도가 높은 지역의 지하구조물 형성에 적합한 공법으로서 보편화 되어 가고 있다 (임홍철 외 1인, 2006).

Top-Down 공법의 시공은 흙막이 벽과 선기둥 및 기초의 시공 후 지면에서부터 순차적으로 지하층의 구조체를 시공해 나가는 순서로 진행된다. 지하 구조체는 SRC조와 R/C조로 시공이 가능하다. SRC로 시공할 경우 지하층의 층고를 낮출 수 있으나 선기둥의 정밀한 시공을 필요로 하고 제반 작업조건이 일반 구조에 비하여 떨어져 SRC조 선택에 대한 이점이 희석될 수 있다 (이동희, 2001). 현재 대부분의 지하 구조체는 R/C조로 시공되고 있으며, 이에 따라 R/C조의 콘크리트 타설을 위한 거푸집 공법은 Top-Down 공법의 지하 구조체 시공의 경제성과 시공성에 영향을 미치는 주요 요소가 된다.

Top-Down 공법에 의한 R/C조 지하 구조체에 대한 관심과 필요성의 증대에 따라 거푸집 공법 또한 개발되어 왔다. 그 중 무지주 거푸집 공법은 지주의 사용을 없앴으로써 시공성의 향상과 공기단축의 효과를 기대할 수 있는 공법으로 주목받고 있다. 무지주 거푸집 공법은 공사현장의 조건이나 경제성 확보의 조건에 따라 선택적으로 적용되어야 한다는 제한점을 가지고 있다. 본 연구는 이러한 기존 무지주 거푸집 공법을 개선한 지하 역타 공법용 상·하 분리형 무지주 거푸집 공법과 그 시공방법에 대한 것으로, 도심지 건축공사에서의 Top-Down 공법 적용성과 시공성, 경제성을 높이는 데 그 목적이 있다.

2. 기존 Top-Down 거푸집 공법과의 비교

Top-Down에 적용되는 기존의 무지주 거푸집 공법에는 지반정지 공법 (Concrete On Grade), 무지주 역타설 거푸집 공법 (Non Supporting Top-Down Method, 이하 NSTD 공법), 브라켓 지지방식의 무지주 역타설 거푸집 공법 (Bracket Supported R/C Downward Method, 이하 BRD 공법) 등이 있다. 이 중 지반정지 공법은 정지지반 위에 거푸집을 조립하여 별도의 지주 없이 지반 자체를 거푸집 지지체로 사용하는 공법으로, 시스템 거푸집을 사용하는 본 연구의 공법과는 차이가 있다. NSTD 및 BRD 공법은 독자적인 거푸집 지지체를 사용하는 무지주 공법으로, 거푸집의 조립과 해

* 연세대학교 건축공학과 첨단구조연구실 석사과정, 정회원
** 연세대학교 건축공학과 교수, 정회원
*** (주) 하모니 구조엔지니어링 대표, 정회원

체 및 폐자재 발생에 있어 유리하다. 이는 본 공법과 유사한 형식이며, 이 두 가지 공법과의 비교를 통해 본 연구의 특성을 제시한다.

2.1 NSTD 공법

NSTD 공법은 상부 슬래브 구조에 대형 거푸집 프레임을 매달아 하부 슬래브 타설 시 지주 없이 시공이 가능하도록 한 공법이다.

NSTD 공법은 현수식으로, 하부층의 구조체는 상부층의 슬래브 타설 시 이중슬리브를 매입하여 통과시킨 현수재로써 지지한다 (그림 1). 대부분의 흠막이 벽에 적용이 가능하며 기둥의 수직도에 크게 영향을 받지 않는다. 하부층의 굴토에도 영향이 적어 슬래브의 양생과 동시에 굴토가 이루어질 수 있어, 이를 통해 공사기간의 단축효과를 가져올 수 있다. 또한 타설중인 콘크리트의 양생 중에 거푸집을 해체하지 않으므로 콘크리트의 품질이 향상된다 (이현수 외 4인, 1998).

NSTD 공법은 거푸집의 선 제작을 통해 현장에서의 해체 및 재조립 작업을 최소화한다. 때문에 공법의 사용을 위해서는 사용상의 이점과 더불어 시스템 거푸집의 초기 제작기간과 비용, 거푸집의 하강을 위한 장비의 사용 등을 고려해야 한다 (강현정 외 4인, 2006).



그림 1. NSTD 공법의 시공 개념도

2.2 BRD 공법

BRD 공법은 NSTD 공법과 달리 기둥에 설치한 브라켓으로 거푸집을 지지하며 거푸집 지지체의 하강시에만 현수재를 사용하는 방식이다 (하상수 외 4인, 2005).

BRD 공법은 지상1층 바닥의 타설에도 적용이 가능하며 소형 하강장비로 하강한다. 거푸집을 지지하는 브라켓은 슬래브 지지시에는 긴결하게 고정시키며, 이동중에는 고정을 해제한다 (이권주, 2005) (그림 2). 브라켓은 기둥에 설치되기 때문에 기둥의 수직도가 확보되지 않은 상태에서 브라켓을 설치하면 거푸집이 영향을 받을 우려가 있다.



그림 2. BRD 공법 시공 장면

2.3 지하 역타 공법용 상·하 분리형 무지주 지지체 공법

본 공법은 브라켓에 매달린 현수재가 거푸집을 지지하는 형식으로, NSTD 공법이나 BRD 공법과는 차이가 있다. 본 공법에서 상부 지지체는 고정시키며, 하부지지체는 하강하며 연장된 현수재의 끝에 고정된다. 지하 슬래브의 타설 시 하나의 슬래브 영역당 8개의 현수재에 의해 지지되며, 거푸집 지지체의 하강시에는 4개의 현수재와 소형 하강장비로 하강한다 (그림 3).

본 공법은 NSTD와 같이 현수식 지지방식을 사용함으로써 기둥의 수직도를 흡수하며 다양한 토질에 적용이 가능하다. 또한 양생과 동시에 하부층의 굴착과 구역별 분리타설이 가능하다.



그림 3. 지하 역타 공법용 상·하 분리형 무지주 지지체 시험 시공 장면

이상의 공법을 간략히 비교하면, NSTD는 시공중인 층의 상부층에서 강제 현수재를 고정하여 지지하고, BRD는 선시공된 기둥에 브라켓을 고정하여 지지하며, 본 공법은 기둥의 상

부에 설치한 브라켓에 현수재를 걸속하여 지지하게 된다. 공법선정의 기준은 공기와 원가를 포함하여 현장조건을 따르도록 한다.

3. 지하 역타 공법용 상·하 분리형 무지주 지지체의 구성 및 특징

본 공법의 기본 개념은 8개의 현수재에 의해 지지되는 하나의 R/C슬래브 영역을 독립적으로 하강하여 타설하는 것이다. 이 때 한 개 슬래브 영역의 하중은 슬래브를 지지하는 거푸집 및 거푸집 지지체, Haingin Unit, 제1현수재, Holding Unit의 순서로 전달된다 (그림 4).

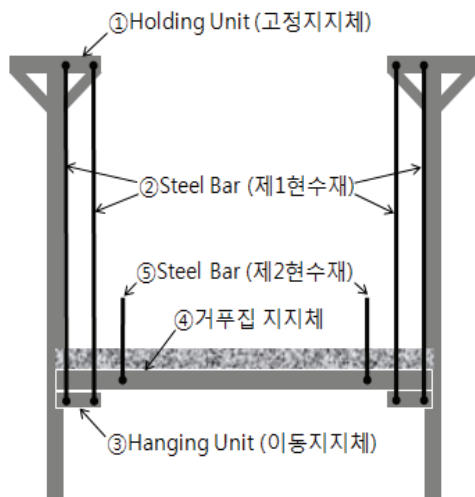


그림 4. 지하 역타 공법용 상·하 분리형 무지주 지지체 구성 개념도

3.1 거푸집 지지체와 Hanging Unit의 구성 및 특징

슬래브 1개 영역의 거푸집 지지체는 모두 강재로, 거푸집 지지 frame, 3개의 Sub Beam, 2개의 Support Beam의 순서로 구성된다. 2개의 Support Beam의 양 끝에는 이동지지체인 Hanging Unit이 설치되어 현수재에 하중을 전달하게 된다. 즉, Hanging Unit은 하나의 슬래브 영역의 각 코너 최하단에 설치되어, 연속될 경우 각 기둥에는 총 4개의 Hanging Unit이 모이게 된다.

Hanging Unit은 거푸집 지지체에 고정되어 거푸집 지지체의 하강 시 함께 하강하게 된다.

3.2 현수재의 구성 및 특징

현수재는 모두 steel bar를 사용하며 제1현수재와 제2현수재로 나눌 수 있다.

제1현수재는 Hanging Unit으로부터 전달받은 하중을

Holding Unit으로 전달하는 부재이다. 제1현수재는 R/C슬래브, 거푸집, 거푸집 지지체, 4개의 Hanging Unit의 하중의 합을 지지한다.

1개의 Haing Unit에는 각각 2개의 제1현수재가 걸속되어, R/C 슬래브에 매입 타설한 슬리브를 통해 슬래브를 관통하여 지지한다. 즉, 하나의 슬래브 영역의 각 코너에는 제1현수재가 2개씩 통과하여 총 8개의 현수재가 하중을 전달하게 된다. 연속될 경우 하나의 기둥에는 4개의 각기 다른 슬래브 코너로부터 2개씩, 총 8개의 제1현수재가 모인다.

거푸집 지지체의 하강 시 제1현수재는 중간에서 걸속 해제 후 연장하여 차기층의 높이에서 거푸집 지지체를 매달게 된다.

제2현수재는 거푸집 지지체가 하강할 때 하중을 지지하는 부재로, 제1현수재가 지지하는 하중에서 R/C 슬래브만을 제외한 나머지 지지체들의 하중을 지지한다.

제2현수재는 거푸집 지지체의 최하단 부재인 2개의 Support Beam에 각 2개씩 걸속되어 있다. 따라서 하강은 총 4개의 제2현수재로 이루어진다.

R/C 슬래브의 양생 후 거푸집 지지체의 하강 시 제2현수재에는 하강기가 연결되어 거푸집 지지체의 하중을 지지하며 하강시킨다.

3.3 Holding Unit의 구성 및 특징

Holding Unit은 각 기둥의 최상단에 고정되는 부재로, 제1현수재로부터 전달받은 하중을 기둥에 전달한다. 하나의 기둥에는 8개의 제1현수재가 모이게 되는데, Holding Unit은 이러한 현수재들을 브라켓 형식으로 지지한다 (그림 5).

거푸집 지지체의 하강은 제1현수재를 연장하는 방법으로 이루어지므로 Holding Unit의 이동은 없으며, 최하층의 시공 시까지 고정된 상태로 제1현수재를 걸속한다.

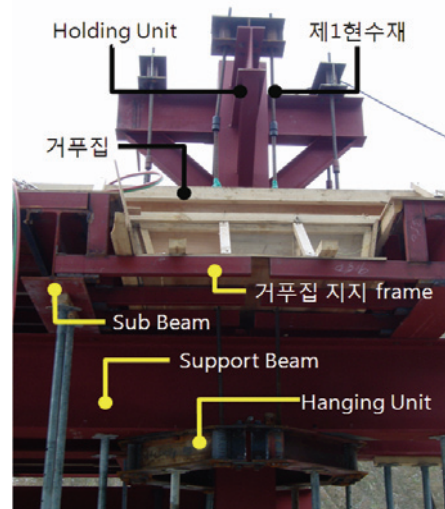


그림 5. 지하역타 공법용 상·하 분리형 무지주 지지체 구성 모습

4. 시공 순서

본 공법의 시공 과정은 크게 세단계로 나눌 수 있다.

제 1단계, 선기둥 시공 및 U형it 설치 단계 이다. 기둥 위치에서 기초까지 천공하여 선기둥을 삽입하고 기초 구근을 타설한다. 선기둥의 시공이 완료되면 Holding Unit 설치, 굴토, 현수재와 Hanging Unit 설치, 거푸집 지지체와 거푸집 설치의 순서로 시공한다.

제 2단계, R/C 슬래브 타설 및 거푸집 지지체의 하강 단계이다. 철근을 배근 한 후 R/C Slab를 타설하고, 양생기간 동안 하부층을 굴토한다. 양생이 완료된 슬래브 위에는 하강기를 설치하여 제2현수재를 연결한다(그림 6-a). 제1현수재의 결속을 해제한 후 하강기로 거푸집 지지체를 하강시킨다(그림 6-b). 제1현수재를 연장하여 차기층의 슬래브 타설 높이에 고정시키게 되면, 하강기를 해제한다(그림6-c).



a) R/C 슬래브 타설·양생 및 하강기 설치



b) 제1현수재 결속 해제 및 하강



c) 제1현수재 연장 및 하강기 해제
그림 6. Mock-up Test 장면

제 3단계, 반복 시공 단계에서는 2단계와 동일한 시공 과정을 거푸집 지지체의 해체 없이 반복 시공 한다. 이 과정은 최하층의 슬래브까지 반복적으로 시공가능하며, 최하층의 시공

이 끝난 후 거푸집 지지체는 해체한다.

5. 결 론

본 공법과 유사한 기존의 무지주 역타공법으로는 NSTD 공법과 BRD 공법이 사용되고 있다. NSTD 공법은 거푸집의 지지체에 있어 다수의 현수재를 사용하며, 본 공법에서는 슬래브의 영역을 나누어 하나의 슬래브 영역 당 8개의 현수재를 사용한다. BRD 공법은 브라켓으로 지지하게 되는데, 본 공법은 지지단을 구축하지 않아 기둥의 수직 변형에 대한 가능성이 적다.

지하 역타 공법용 상·하 분리형 무지주 지지체의 사용으로 공기단축과 경제성 확보의 효과를 얻기 위해서는 지속적인 연구 및 개발이 필요하다. 본 공법은 현장의 시험적용을 통해 실용성을 확인할 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. 강현정, 임홍철, 이 강, 윤대중, 김상일, Top-Down 공사의 공정관리 방법연구, 한국건축시공학회 춘계학술논문발표대회 논문집, 제6권 1호 (통권 제10집), pp.133-136, 2006년 5월
2. 이권주. 무지보 역타 신공법 개발 :BRD(bracket supported R/C downward) 공법. 한국건축구조기술사회. 건축구조. 제 12권 제5호 (2005. 12), pp.76-78
3. 이동희, 탑다운공법시공. 기문당, 2001
4. 이현수, 이재섭, 이재용, 김인상, 박형국, 무지주 역구축 거푸집 공법의 개발 및 적용, 대한건축학회 논문집 제14권 1호, pp.435-442, 1998
5. 임홍철, 신천균, 김승원, Top Down 공사의 선기둥 수직도계측, 한국건축시공학회 논문집, 제6권 4호 (통권 22호), pp.77-83, 2006년 12월
6. 임홍철, 황희선, 굴착순서에 따른 Top Down 선기둥 지지력 산정, 한국건축시공학회 논문집, 제6권 4호 (통권 22호), pp.45-52, 2006년 12월
7. 하상수, 최창식, 박무용, 황기수, 이리형, 지하역타(ESD) 및 무지보 역타(BRD) 공법 개발, 대한건축학회 학술발표대회논문집(창립60주년 기념), 제 25권 제1호, 2005년 10월