



탑다운 공사시 H형강 기둥부재에 의해 임시 지지되는 RC 코어벽체 시공사례

A Case Study on RC Core Wall Supported Temporarily
by H-Shaped Steel Column for Top-Down Construction

김기종 Ki-Jong Kim
(주)한빛구조엔지니어링 사원

이정배 Jeong-Bae Lee
(주)한빛구조엔지니어링 소장

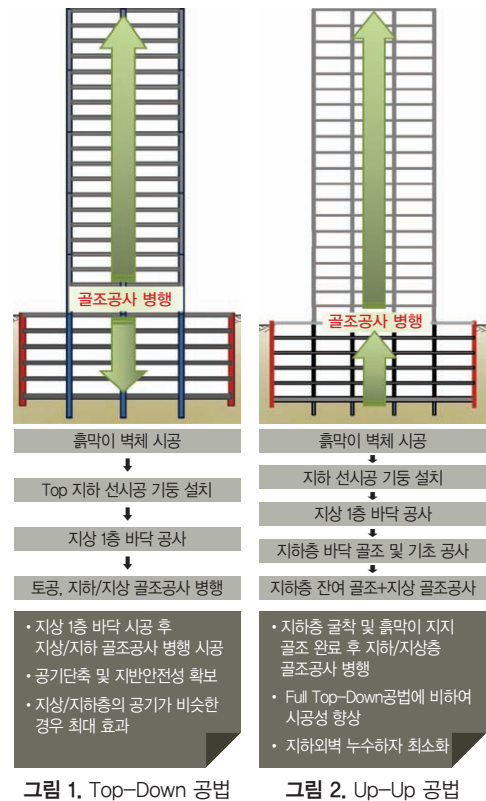
황영환 Young-Hwan Hwang
대우건설 부장

1. 머리말

최근 도심지에서 지하층의 수가 많은 대심도 건축구조물 공사에 역타 공법을 적용한 사례가 점차 많아지고 있다. 그 이유는 역타 공법이 주변 민원의 최소화, 작업 공간의 조기 확보, 공기단축 등에 있어 효과적인 공법이기 때문이다.

역타 공법을 적용한 대부분의 공사는 공기단축 효과를 위해 탑다운(top-down, <그림 1>) 공법 또는 업업(up-up, <그림 2>) 공법을 동시에 적용하는 경우가 일반적이다. 이 경우 코어벽체 구간에는 지하층의 코어벽체가 시공되기 전에 지상층 코어벽체를 선시공하기 위해 선 시공 벽체를 지지하기 위한 가설 H형강 기둥(또는 영구구조용으로 사용할 수도 있음)을 제자리 콘크리트 말뚝(PRD 또는 RCD)과 병행하여 설치하게 된다.

선 시공 코어벽체의 지지용 H형강 기둥부재는 코어벽체와 Stud Bolt 등의 전단보강재에 의해 결합되며, 지하층 코어벽체와 선 시공 지상층 코어벽체가 연속 결합되기 이전까지의 코어벽체부의 축하중에 저항하도록 설계한다. 이때 선 시공 코어벽체와 H형강 기둥이 접합되어 하중흐름이 급격히 변화하는 코어벽체의 하부에 대한 설계와 시공에 있어 실무적으로 많은 어려움이 있다고 할 수 있다. 본 기사에서는 탑다운 공법이 적용된 K교회 신축공사를 진행함에 있어 코어벽체 하부에 대한 상세해석과 설계를 통해 시공성을 개선한 사례를 소개하고자 한다(<그림 3>).



현장명: K교회 신축공사
규모: 지하 6층/지상 9층
연면적: 45,089㎡
건축면적: 3,226㎡
지하공사: 탑다운 공법 적용
*탑다운 공사 시: 상부 RC 코어벽체는 H형강에 의해 임시 지지됨.

그림 3. 현장 개요

2. H형강 기둥의 배치

H형강의 배치는 기본적으로 코어벽체를 효율적으로 지지할 수 있도록 균등하게 배치하여야 하며, 코어벽체 시공성 및 가설기둥일 경우 철거공사 등을 고려하여 코어외측 벽체에 배치하는 것이 합리적이다.

〈그림 4, 5〉는 탑다운 공법 설계 시 적용한 코어부 H형강 기둥 배치의 실제 사례이다. H형강 기둥의 배치는 코어벽체의 두께가 H형강 기둥 단면보다 두꺼울 경우 코어벽체 내부에 배치하고, 그렇지 않을 경우 추후 철거를 고려하여 H형강 단면의 1/2를 매입하여 설치하게 된다(사진 1~4).

3. 하중 전달경로에 대한 고찰

선 시공 지상층 코어벽체와 후 시공 지하층 코어벽체가 일체로 연결되기 이전 단계에서 지상층 코어벽체

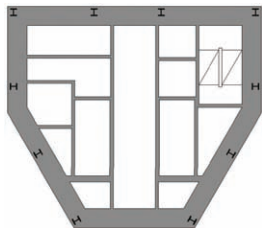


그림 4. 서울 숲 주상복합
(벽체 두께: 1,000 mm 이상)

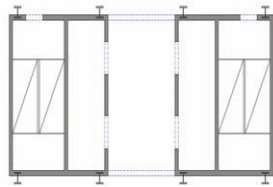


그림 5. K교회 신축공사
(벽체 두께: 400 mm)

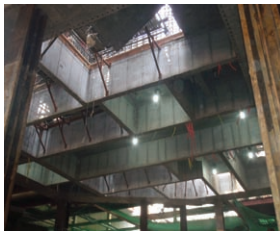


사진 1. 선 시공 코어부분
현장사진-(1)



사진 2. 선 시공 코어부분
현장사진-(2)



사진 3. 선 시공 코어부분
현장사진-(3)



사진 4. 선 시공 코어부분
현장사진-(4)

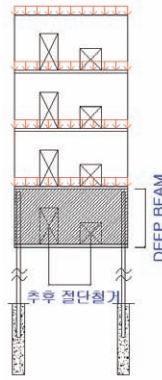


그림 6. 최하층벽체 전담방식

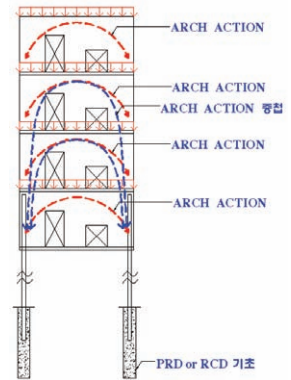


그림 7. 적층 아치 거동방식

하중을 H형강 기둥으로 전이되도록 설계하는 방식은 〈그림 6, 7〉과 같다.

3.1 최하층벽체 전담방식(기존방식)

선 시공 벽체 최하층을 깊은 보로 설계하여 지상층 코어벽체에 하중을 전담시키는 방식으로 출입구 등의 벽체 불연속 구간은 폐합 연속 타설하여 깊은 보를 형성한다. 출입구 구간은 코어벽체가 연속된 이후에 절단 철거한다.

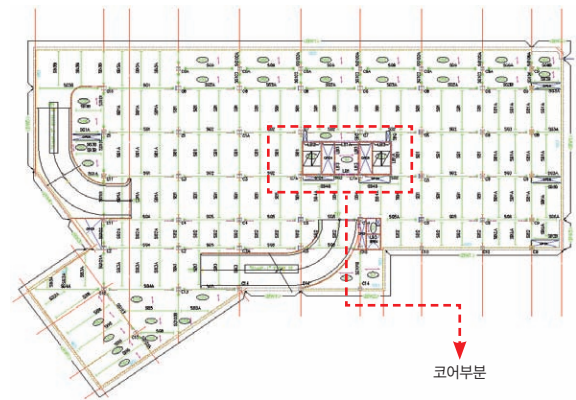


그림 8. K교회 지하층 평면도

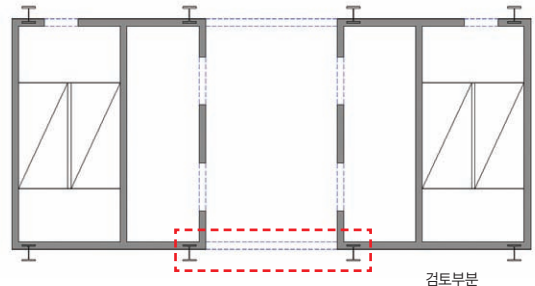


그림 9. 코어 평면 + H형강 기둥배치

3.2 적층 아치 거동방식(제안방식)

각층의 코어벽체가 출입구 상부 인방과 일체로 아치 거동을 하여 H형강으로 축력을 전달하는 방식이다. 별도의 보강이나 철거 작업이 필요 없으며, 적층 아치 거동방식은 출입구 상부 인방보 춤을 효율적으로 사용하여 H형강 기둥 지지점에서 벽체가 아치 거동이 가능하도록 계획하는 것이 필요하며, 인방보 하부에 적절한 보강 철근 배근이 필요한 경우도 있다.

4. 적층 아치 거동방식에 대한 FEM 해석

4.1 해석 모델

K교회 신축공사(탑다운 공법적용 프로젝트)의 코어 벽체를 Midas-Gen을 이용하여 해석하였으며, 벽체는 Plate 요소로 Mesh 해석하였다(그림 8, 9).

4.2 해석 결과

〈그림 10 ~ 13〉은 응력분포에 대한 해석결과를 나타낸다. 해석결과를 통해 지점과 인방보가 Arch Action을 하고 있음을 알 수 있으며, Arch Action은 상부층으로 갈수록 약화되어 코어부 하중이 기둥부 지점으로 직접 전달됨을 알 수 있다.

선 시공 최하층 인방보에 발생한 인장응력은 최대 $\sigma_{xx\max} = 186.1 \text{ kN/m}^2$ (unfactored)이다. 따라서 인방보에 발생하는 인장력은 다음 식 (1)과 같으며, 필요 철근량은 식 (2)와 같다.

$$F_t = 1.2 \times 186.1 \text{ kN/m}^2 \times 0.6(D) \times 0.3(b) = 40.2 \text{ kN} \quad (1)$$

$$Req'd A_s = 40.2 \text{ kN} / (0.9 \times 40 \text{ kN/cm}^2) = 1.1 \text{ cm}^2 \quad (2)$$

따라서 인방보 배근량(3-HD 22, $A_s = 11.6 \text{ cm}^2$)에 비해 미소한 값을 알 수 있으며, 별도의 보강근이 필요 없는 상태이다. 〈그림 13〉은 인방보 부분의 전단응력을 나타내고 있다.

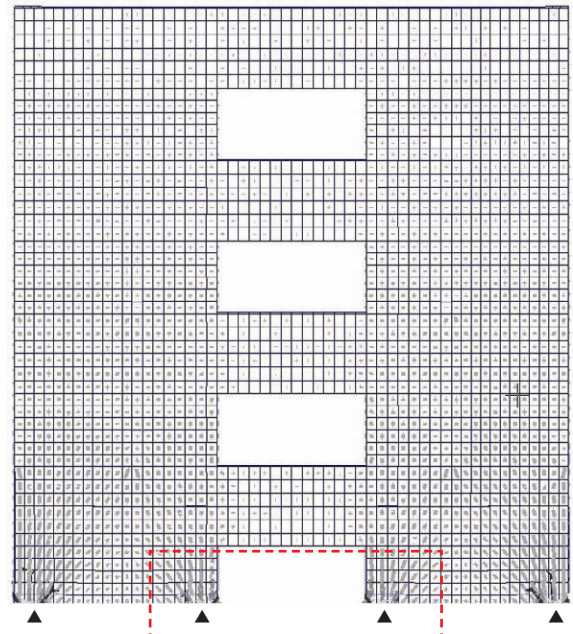


그림 10. 전체 응력흐름도(Arch Action)

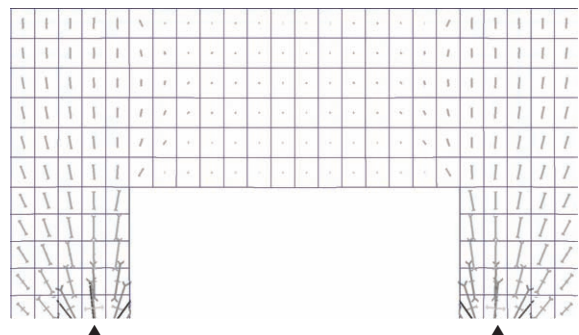


그림 11. 부분 응력흐름도(Arch Action)

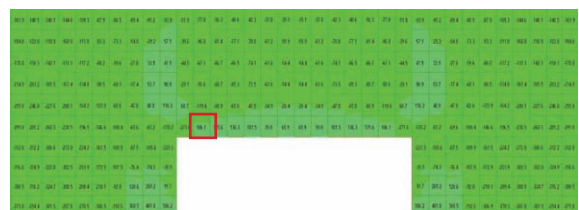


그림 12. 최대 응력(Stress) $\sigma_{xx\max} = 186.1 \text{ kN/m}^2$



그림 13. 최대 응력(Stress) $\sigma_{xy\max} = 35.2 \text{ kN/m}^2$

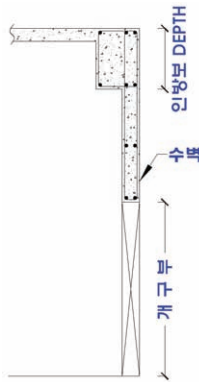


그림 14. 기존 인방보 단면

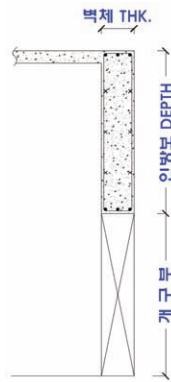


그림 15. 인방보 개선안 단면

4.3 인방보 설계시 주의사항

해석 결과와 같이 코어벽체에 설치된 인방보에서의 효율적인 Arch Action을 기대하기 위해서는 인방보 설계 시 다음과 같은 사항에 대한 고려가 요구된다(그림 14, 15).

- 1) 상하 개구부 사이 구간을 전구간 인방보의 층으로 적용한 인방보 설계 및 도면 표기
- 2) 인방보의 폭은 벽체의 두께와 동일하게 설계하여 아치거동이 용이하도록 하며, 시공성 또한 확보할 수 있도록 한다.


5. 맺음말

최근 적용사례가 늘고 있는 역타 공법에 있어서 지상층 코어 벽체의 선 시공을 위해 이를 지지하기 위한 새로운 적층아치 거동방식을 제안하였다. K교회 신축공사를 진행함에 있어 가설 H형강 기둥과 지지되는 선 시공 코어벽체의 거동에 대해 FEM 해석하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 응력분포에 대한 해석 결과 지점과 인방보가 Arch Action을 나타내고 있으며, Arch Action은 상부층으로 갈수록 약화되어 코어부 하중이 기둥부 지점으로 직접 전달되고 있다.

(2) 선 시공 최하층 인방보에 발생한 최대 인장력은 40.2 kN, 필요 철근량의 단면적은 1.1cm^2 이었으며, 인방보 배근량(3-HD 22, $A_s = 11.6\text{cm}^2$)과 비교하여 미소한 값으로 판단되므로 별도의 보강근이 필요 없는 상태임을 확인하였고, 보강이 필요한 경우 그 값이 크지 않음을 해석을 통해 확인할 수 있었다.

(3) 제안된 공법의 적용으로 인하여 K교회의 탑다운 공사에 있어 코어벽체 시공의 시공성과 경제성을 상당부분 개선하였다.

향후, 유사한 탑다운 공법에 있어 상기공법의 지속적 인 적용이 기대된다. 

담당 편집위원 : 강수민(대림산업(주)) ksm002@daelim.co.kr



김기종은 중앙대학교 건축공학에서 석사학위를 취득한 후 2013년 (주)한빛구조엔지니어링에 입사하여 현재 사원으로 재직하고 있다.
kjkim0423@hbse.co.kr



이정배 소장은 고려대학교 건축공학과에서 석사학위를 취득한 후 현재 (주)한빛구조엔지니어링의 소장으로 재직하고 있다.
lee@hbse.co.kr



황영환 소장은 한양대학교 건축공학과에서 학사학위를 취득한 후 1992년 대우건설에 입사하여 현재 광림교회 사회관 현장 소장(부장)으로 재직하고 있다
younghwan.hwang@daewooenc.com