

# 하이브리드 PC 벽체를 이용한 공동주택 옥탑 시공

Hybrid Precast Concrete Wall System for Rooftop Core Structure in Residential Buildings

**하 태 훈** Ha, Taehun  
정회원, (주)대우건설 기술연구원 수석연구원  
Chief Research Engineer, Daewoo Institute of Construction Technology  
taehun.ha@daewooenc.com

## 머리말 - 왜 옥탑인가?

국내 공동주택은 거의 대부분이 철근콘크리트(RC) 구조로 시공된다고 해도 과언이 아니다. 기초부터 지하 주차장, 지상 주동까지 모두 RC이다. RC 공사는 대부분 현장에서 수행되는데, 현장시공 여건이 여러 측면에서 날이 갈수록 어려워지는 상황에서 시공사들은 RC 공법을 개선 또는 대체할 수 있는 방법들을 찾아왔다.

근자에 회자되는 OSC(Off-Site Construction) 공법도 그중 하나이다. 공장 제작된 부재를 현장에서 설치만 한다면 현장시공 여건을 개선할 수 있을 뿐 아니라 공기도 단축할 수 있기 때문이다. 공사비 상승이 OSC 공법 도입의 가장 큰 걸림돌이라고 할 수 있지만, 그 이상의 장점이 있는 경우에는 그 흐름을 막지 못할 수 있다.

날로 적용이 확대되고 있는 공동주택 PC 지하 주차장이 대표적인 사례이다. 애초에 지상층보다 면적당 공사비가 높기 때문에 공사비 상승에 대한 부담이 상대적으로 덜하고, 적용 확대 및 기술 개발에 따른 규모의 경제 효과가 발생하고 있는 중이다.



그림 1. RC 공법으로 시공 중인 공동주택 옥탑

반면 매 층 동일한 주거 평면이 반복되는 지상 주동은 OSC 공법이 오랜 기간 최적의 방식으로 진화한 RC 벽식 구조 시공법의 벽을 아직 넘지 못하고 있다. 그러나 주동의 최상층인 옥탑에 이르면 상황이 조금 달라진다. 기준층 외벽 갱폼을 더 이상 사용하지 못하기 때문에, 옥탑용 갱폼을 별도로 발주하거나 유로폼 거푸집과 외부 비계를 설치하여 시공해야 하므로 기준층 대비 많은 품이 들어간다(그림 1). 더군다나 골조공사 막바지에 소규모 인력만 투입되는 경우가 많아, 옥탑 2개 층을 시공하는 데에 최소 4주 이상 소요되며, 거푸집, 동바리, 비계 해체와 내·외부 견출이 마무리되려면 추가로 2주 정도가 더 걸린다.

또 한 가지 주목할 점은 옥탑 시공이 현장 내 로지스틱스와 밀접한 연관이 있다는 점이다. 골조공사가 끝나야 타워크레인을 해체할 수 있고, 옥탑 2층(PH2)에 위치한 승강기 기계실이 완성되어야 승강기를 설치하고 호이스트를 해체할 수 있다. 다시 말해 옥탑을 빨리 시공하면 할수록 장비 임대비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 승강기를 이용한 내부 마감공사로의 전환을 앞당길 수 있다.

이러한 이유로 몇 년 전부터 국내 여러 시공사들이 OSC 옥탑 공법에 많은 관심을 가져왔다. 그 중 먼저 선보인 것이 PC 공법과 철골 모듈러 공법이다. 이 중 철골 모듈러 공법은 철골 부재를 박스 형태로 제작하고 내·외장재를 부착하여 현장에서 쌓아 올리는 방식으로 시공하므로 OSC 옥탑 공법 중 가장 공기가 짧다. 이러한 이유 때문에 공사비가 높고, 마감 후 RC 주동과의 미관상 통일성이 떨어지는 단점에도 불구하고 제한적으로나마 적용이 지속되고 있다(그림 2).



그림 2. 철골 모듈러 공법으로 시공 중인 주상복합 옥탑



그림 4. 하이브리드 PC 벽체 부재의 면외 구조성능 실험

### 하이브리드 PC 벽체

필자를 포함한 OSC 옥탑 연구진들이 철골 모듈러 공법과 함께 이에 대한 대안으로 개발한 것이 하이브리드 PC 벽체 공법이다. “하이브리드(hybrid)”란 PC와 RC가 결합되었다는 의미이다. 슬래브로 많이 사용되는 하프 PC 부재 2판을 한 세트로 하여 구조 벽체 겸 내·외판 거푸집으로 설치 및 상호 연결한 후, 내부에 콘크리트를 타설하여 완성한다.

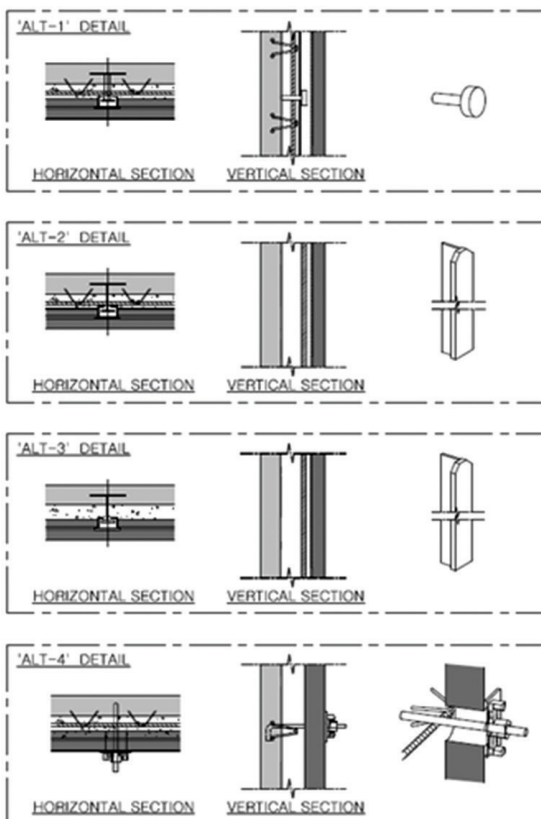


그림 3. 하이브리드 PC 내·외판 벽체의 다양한 연결 방법

이미 상용화된 더블월(Double Wall) 또는 트윈월(Twin Wall) 공법과 유사하지만 내·외판을 별도로 설치한다는 측면에서 차이가 있다. 내·외판이 일체로 제작된 더블월에 비해 부재 수가 증가될 수 있지만 다음과 같은 장점이 있다.

- 벽체의 평면 배치 형태에 대해 유연한 대응
- 벽체의 한쪽 방향에서만 시공 가능 (옥탑 시공 시 안전 측면에서 중요한 요소)
- 내·외판 연결 방법에 따라 전단보강근 생략 가능 (그림 3의 2번째 및 3번째 연결 방법)
- 단순한 생산 설비 사용으로 비용 절감

### 구조성능 실험 및 목업 시공

공동주택의 옥탑은 일반적으로 본 구조체가 아닌 하중으로 간주되긴 하지만, 3겹으로 구성된 하이브리드 PC 벽체의 일체화된 구조성능을 검증하기 위해서 실험을 수행하였다(그림 4). 다양한 내·외판 연결 방법에 따라 실험체를 제작하여 동일한 두께의 RC 벽체와 비교한 결과 동등 이상의 휨강도가 나오는 것으로 미루어, 하프 PC 내면의 조면 처리만으로도 충분히 부재력이 전달될 수 있다는 사



그림 5. 하이브리드 PC 벽체 옥탑 목업 시공



실을 확인하였다.

하이브리드 PC 벽체 옥탑의 목업 시공은 총 4차례 수행되었다. 내·외관의 다양한 구성 방법과 연결 방법이 시도되었으며, 다월철근과 하프 PC 부재의 간섭, 콘크리트 타설 시의 측압 계측, 부재 양중 및 설치 시의 문제점, 개구부 주변 보강 방안, 내·외관 사이 콘크리트 충전 여부 확인 등 실제 현장시공 시에 발생 가능한 여러 문제점들을 진단하고 개선하였다. 2차 옥탑 목업(그림 5)은 시공 완료 후 2년여 동안 균열 발생 및 누수 여부를 관찰한 결과 충분한 내구성을 확보하고 있음을 확인할 수 있었다.

### 공동주택 옥탑 시공

연구개발을 시작한지 2년 만에 최초의 현장시공 후보지가 결정되었다. 이미 공사가 시작되어 주동 골조 시공이 한창인 현장이었기 때문에, 옥탑의 건축, 기계, 전기 설비는 유지한 채로 구조설계를 변경하고 공장제작 및 현장설치 도면을 그려 부재 제작에 착수하였다. 전선관 중 일부는 하프 PC 벽체에 선 매립하거나 시공 중 RC 타설 부위에 설치하는 것으로 계획하였다.

하이브리드 PC 벽체 옥탑 설계에서 중요한 요소 중 하나가 부재의 분절 및 시공 순서이다. 옥탑의 일부를 구성하고 있는 계단실이 건물의 외벽면인 경우가 많고, 지상 100미터 이상 높이에서 별도의 안전시설물 없이 설치되기 때문에 안전과 시공성을 염두에 두고 PC 부재의 종류, 연결 순서, 2개 층 동시 설치 여부, 작업플랫폼 필요 여부 등을 계획하였다. 이때 2차원 캐드 도면보다는 그림 6과

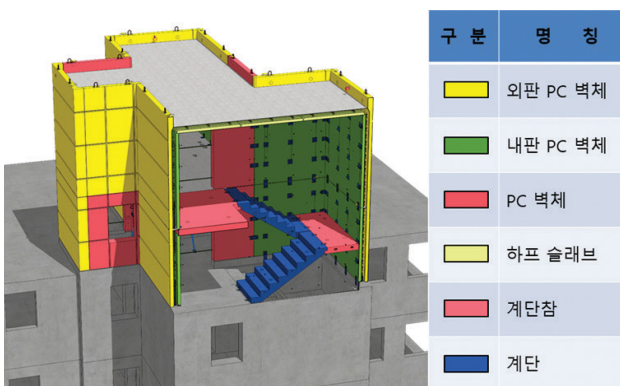


그림 6. 하이브리드 PC 벽체 옥탑 3차원 모델 (부재 분류)

같이 3차원 모델을 사용한 것이 많은 도움이 되었다.

하이브리드 PC 벽체 옥탑의 현장시공은 다음과 같은 순서로 수행되었다.

- 주동 지붕 바닥 시공 시 벽체 다월철근 및 계단실 연결철물 매립
- 옥탑 기초 겸 방수턱 시공 및 다월철근 미세조정
- PC 부재 현장 반입 및 야적
- 양중 전 준비 작업 (벽체 연결철물 인서트 청소, 안전난간 설치 등)
- PH1 기준벽체 설치
- PH1 외벽 설치 (계단실 2개 층 동시 설치 전 작업 플랫폼 설치)
- PC 벽체 슬리브 및 수평접합부 모르타 사춤, 수직접합부 백업재, 수평연결철근, 전선관 설치
- PH1 내판 설치, 내/외관 연결, 수직접합부 백업재 설치
- PH1 슬래브 설치 및 수평접합부 백업재 설치
- PH1 슬래브 철근, 전선관, PH2 다월철근 설치
- PH1 벽체 내부 및 슬래브 토핑 콘크리트 타설
- 계단참 및 계단 설치 (작업 전 계단실 작업 플랫폼 제거 및 작업 완료 후 재설치)
- PH2 PC 벽체 및 슬래브 설치, 콘크리트 타설
- 외부 점검 사다리 설치
- 옥탑 지붕 방수 및 무근 콘크리트 타설
- 옥탑 내부 연결철물 제거, 부재 접합부 코킹, 미장 및 도장
- 옥탑 외부 부재 접합부 코킹 및 도장

그림 7은 PH1 시공 중 드론으로 촬영한 사진으로 2개 층에 걸쳐 세워진 기준벽체와 계단실 하프 PC 외관의 모



그림 7. 하이브리드 PC 벽체 옥탑 시공 (내판 설치)



그림 8. 하이브리드 PC 부재 제작 시 매립철물 위치 검수

습을 확인할 수 있다. 계단실에는 별도의 철제 작업 플랫폼을 제작·설치하여 계단참과 계단 설치 전 벽체 설치작업을 안전하게 수행할 수 있었다.

네 번의 목업 시공을 하였음에도 불구하고, 새로운 공법이 최초로 적용된 현장시공이었기 때문에 여러 가지 어려움을 겪을 수밖에 없었는데, 가장 크리티컬한 것이 개별 PC 부재의 정확한 조립 치수 확보였다. 주동 최상층에서 RC로 시공된 코어의 누적 시공 오차에 잘 대응하면서 서로 각 PC 부재가 정확한 위치에 설치되고 구조적으로 안전하게 상호 연결되려면, 설계 시 이에 대한 많은 고민이 필요하고 정확한 부재 제작을 위한 공장 여건도 마련되어야 한다(그림 8).

이번에 하이브리드 PC 옥탑이 최초로 적용된 현장에는 총 12개 동에 18개의 옥탑이 있었지만, 가장 골조공사가 늦게 종료되는 동에 속한 하나의 평면 타입에 해당하는 옥탑만을 선정하여, 이와 동일한 5개 동 6개 옥탑에 적용하였다. 하나의 동에 2개의 옥탑이 있는 경우, RC 공법과 하이브리드 PC 벽체 공법이 동시에 진행되어 두 공법의



그림 9. 시공 완료된 하이브리드 PC 벽체 옥탑



그림 10. 하이브리드 PC 벽체를 이용한 지하 외벽 목업 시공

장단점을 비교할 수 있는 기회가 될 수 있었다. 또한 OSC 옥탑 공법은 타워크레인에 대한 의존율이 높기 때문에 하나의 동에 2개의 옥탑이 있는 경우 RC 공법과 병행하면 비용절감과 공기단축 효과를 동시에 얻을 수 있음을 확인하기도 했다.

### 맺음말

거의 대부분의 공동주택 현장은 옥탑 시공에 대한 부담감을 가지고 있기 때문에, 어느 정도의 비용 상승을 감안하고라도 빠른 시일 내에 옥탑 시공을 끝내고자 한다. 최초 현장 적용이 진행되는 기간 동안, 그리고 성공적으로 적용이 마무리된 후, 많은 현장들의 관심을 받아왔으며, 현재 다음 현장을 대상으로 설계변경이 진행 중에 있다.

하이브리드 PC 벽체 옥탑은 RC와 PC의 장점을 계승하는 동시에 공사비 측면에서 타 OSC 공법에 비해 경쟁력이 있다고 할 수 있다. 게다가 완성된 옥탑의 모습은 누군가 굳이 말해주지 않는 한 RC 옥탑과 구분할 수 없을 정도라서(그림 9) 거부감 없이 받아들여질 수 있다. 앞으로 하이브리드 PC 벽체가 옥탑을 넘어 지하 외벽 등 더 많은 범위로 확대될 수 있기를 기대한다(그림 10). □

### 필자 소개

하태훈 수석연구원은 서울대학교 건축학과에서 철근콘크리트 구조 전공으로 박사학위를 취득하였고, 2004년부터 (주)대우건설 기술연구원에서 초고층건물의 시공 중 변형, BIM, OSC, 가설구조 안전 분야의 연구를 수행하고 있다.