



합성구조 공법을 활용한 공장 초고속 시공사례

Case of Super Fast Construction Using Composite Structure System

이형교 Lee, Hyoung Gyo
SK건설 설계팀
부장

표경창 Pyo, Kyoung Chang
SK건설 공무팀
과장

이태호 Lee, Tae Ho
SK하이닉스 건설기획팀
수석

유수철 Ryu, Su Chul
SK하이닉스 건설기획팀
책임

1. 머리말

과거 수많은 공장 신축 프로젝트는 주로 철골과 철근콘크리트 구조의 조합 또는 프리캐스트 콘크리트 구조를 적용한 사례가 대다수이다. 이런 다양한 구조 시스템은 각각의 장단점이 존재하여 신축 공장의 공사 조건 및 용도 등에 따라 그에 적합한 구조시스템을 적용해 구조설계가 이루어진다. 대규모 적층 공장의 경우 가장 중요한 가치는 바로 공사기간의 단축이다. 일부 발주자의 경우 공장 오픈레이션 시점의 단축을 위하여 추가적인 비용 부담을 감수하면서까지 공사기간 단축을 요구하는 경우가 있다. 이와 같은 공사기간 단축을 위한 지름길은 바로 골조공사에서의 기간 단축이다. 현재 대부분의 적층 공사는 1개층씩 적층하여 전체 공정을 맞추는 공법이 한계지만 공사기간 단축을 위해서는 이러한 한계를 극복하여 다수층 적층 및 동시 공사가 가능한 획기적인 공법을 모색하여야 한다.

일반적으로 철골 콘크리트(RC) 구조의 경우 전체 공사비가 저렴하고, 공사 난이도가 비교적 쉬운 편에 속한다. 반면 공사기간이 길어 적층 공장에 적용하기엔 이로인 구조시스템이 아니기 때문에 주로 프리캐스트 콘크리트(PC) 구조 또는 철골철근 콘크리트(SRC) 구조를 적용한다. 하지만 SRC 구조의 경우 내부 철골의 약축 방향 휨내력이 취약함에 따라 시공시 자립성이 불리하고 철골의 단가에 따라 경제성이 불확실하며, PC구조는 콘크리트 자중에 의한 양중무게가 증가되어 공사에 어려움이 발생한다. 그러므로 최근 각각의 구조 시스템의 단점을 보완하는 합성 구조공법이 다양하게 제안, 적용되고 있는 실정이다.

본 기사에서는 기존의 부재 공법의 특징을 개선한 합성 부재 공법인 PSRC 합성 기둥, PC 복합보(CPS, MPS, HRC) 및 TSC 합성보 공법을 적용한 UP-UP 공법을 제시한다. 여기서 적용된 강재와 콘크리트의 합성으로 이루어진 합성 부재 공법은 공장 선조립 진행 후 운반되기 때문에 현장에서 작업되는 부분을 최소화시킴으로써 공사기간 단축 및 부재 품질의 확보가 가능하다. 또한 UP-UP 공법은 상부층 슬래브의 선타설을 통하여 2개층 이상 복수층 동시 작업이 가능한 공법이다. 이러한 합성 부재의 조합을 통한 UP-UP 공법은 부재 공법 변경을 통한 1차적인 공사기간 단축과 더불어 획기적인 시공 공법의 개선으로 추가적인 공사기간 단축과 안전성 확보, 환경개선을 실현함으로써 적층공사의 신속화, 합리화를 기대할 수 있다.

2. 4개층 24m Up-Up 공법

기존의 적층되는 공장 신축 공사는 1개층씩 적층되는 방식으로 공사가 진행되기 때문에 저층부터 순차적으로 공사가

진행된다. 이 경우 단순히 부재의 공법 변경을 통해서만 일부 공기단축이 가능하다. 제한적인 공기단축의 한계를 극복하기 위해 부재의 공법 변경 및 전체 골조의 시공 방법에 대한 공법 변경이 필요하여 당사는 OO공장 신축공사 현장에 UP-UP 공법을 적용하였다.

〈그림 1, 사진 1〉과 같이 총 7개층 건물의 이 공장은 지상 4층까지 공장에서 선조립된 LPSRC 기둥 1절주(약 24 m)를 설치하고 PC 복합보를 설치하여 4층 슬래브를

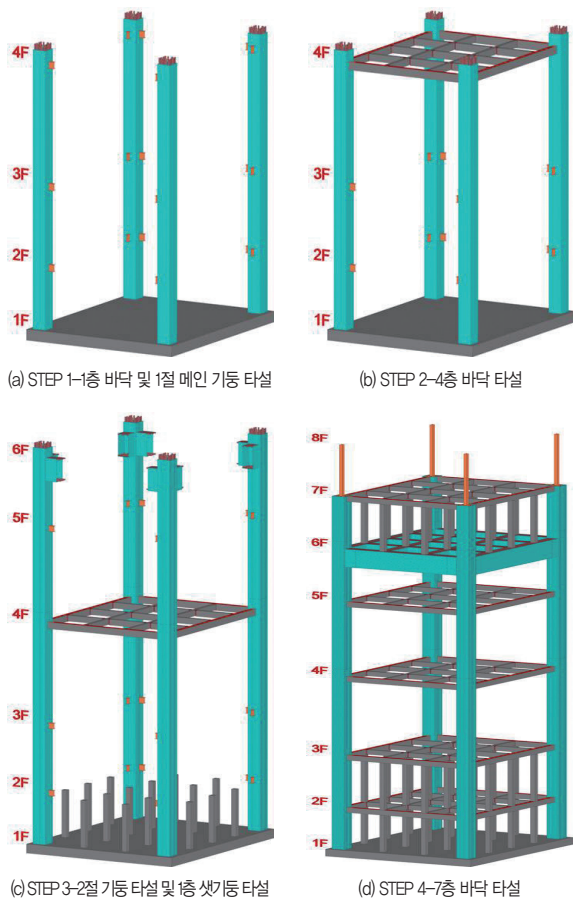


그림 1. 합성부재를 적용한 UP-UP 공법 시공순서



사진 1. 합성부재를 적용한 UP-UP 공법 시공사진

선타설 하였다. 콘크리트 양생 후 완전히 합성된 24 m 상공의 4층 바닥을 지붕 및 기초로 삼아 지상 1층과 지상 4층에서 공사가 동시에 진행될 수 있도록 하여 전체 공사 기간을 단축할 수 있었다. 부재의 합성화와 전체 골조의 3개층 24 m 동시 시공을 통하여 전체 공사 기간을 단축한 것이다.

3. 합성보 공법 소개

합성구조 공법중 수평재인 보는 설계단계에서부터 다양한 종류의 합성보를 검토하여 공기단축 방법을 모색하였다. 〈그림 2, 사진 2〉와 같이 다양한 종류의 합성보를

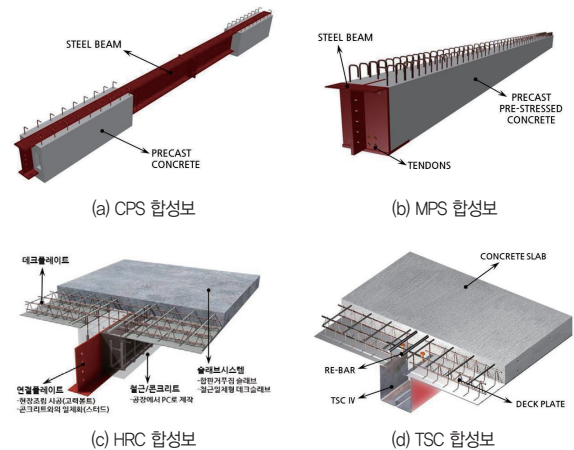


그림 2. 합성보 소개

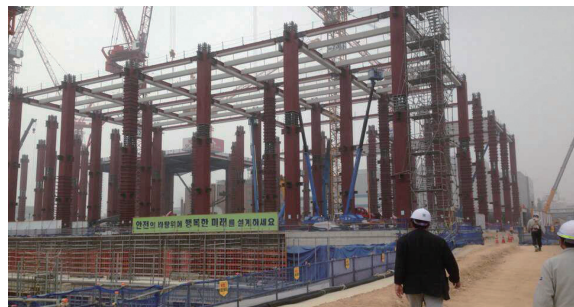


사진 2. 합성보 시공사진(CPS+MPS, TSC)

적용하였으며, 각 공법에 대한 설명은 다음과 같다. PC 복합보(CPS, MPS, HRC)는 철골 또는 철판과 프리캐스트 콘크리트 단면 일부를 공장에서 미리 일체화로 제작하여 현장으로 운반, 설치한 후 다시 콘크리트를 타설해 슬래브와 합성을 이루는 골조시스템이다. 현장작업을 최소화하고 이종 재료간 합성효과를 통해 층고 및 공사비 절감, 사용성 향상 등을 위해 개발되었으며, 업무시설, 상업시설, 물류 및 주차장 등 RC 또는 철골 라멘조로 계획되는 모든 현장에 적용 가능한 공법이다.

TSC 합성보는 U형의 강판 안에 콘크리트를 타설하고 상부플랜지에 용접한 쉬어코넥터로 슬래브를 연결하는 합성보이다. 시공 중에는 TSC 강재 부분이 시공하중을 저항하며, 콘크리트 타설 후에는 슬래브, TSC 강판, 콘크리트의 합성거동으로 설계하중을 견디게 설계되었다. 특히 콘크리트 단면이 큰 전이층보의 경우 일반 RC 공법 적용시 복잡한 시공성 문제와 PC보 적용시 양중문제, 가설동바리 გადა 문제로 인한 공기지연을 해소하기 위해 전이층에 전량 적용하여 2m 높이 거더의 무지주 타설을 구현하였다.

4. Form-LPSRC 공법 소개

4.1 LPSRC 기둥

LPSRC 기둥의 형상은 <그림 3>과 같다. 철골 철근콘크리트 구조기둥의 강재, 후프 등을 공장 조립하여 현장에서 설치, 타설만 할 수 있도록 하는 기존 PSRC 기둥과 동일한 개념의 공법이다. LPSRC 기둥은 각 모서리에 배치되는 복수의 앵글(주앵글)을 플레이트 형상의 래티스 재료 상호 연결되도록 한다. 접합방식으로는 볼팅을 적용하여 용접 작업을 배제하였다.

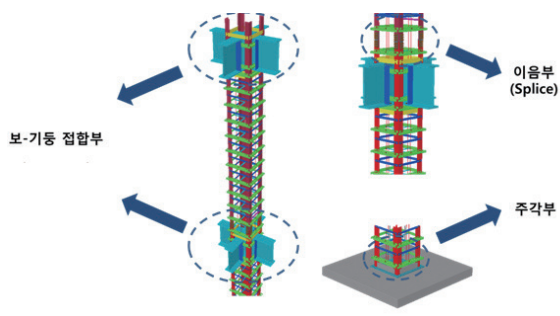


그림 3. LPSRC 기둥 형상

4.2 Form-LPSRC 기둥

Form-LPSRC의 형상은 <그림 4>와 같다. 본 공법은 선조립 기둥 골조에 골거푸집을 결합하는 간단한 공정만으로 거푸집을 설치할 수 있어 현장 거푸집 설치해체작업 삭제로 인한 공기 단축 및 부재의 품질 향상이 가능하다. 또한 용접 공정 없이 기계적 결합만으로 골거푸집을 부착할 수 있어 작업성 및 안전성이 향상되고, 콘크리트 측압에 잘 견딜 수 있다.

부재당 5~10 ton의 경량으로 타워크레인 양중이 가능하여 운반 및 양중 부담을 경감할 수 있다. 골거푸집은 수평 방향으로 주앵글에 배치되는 수평지지부재(이하 Z형강)에 접합되어 기둥의 거푸집 역할을 하는 것이다. 철판을 마루와 골이 교대로 형성되도록 절곡하여 골의 방향이 기둥의 길이 방향과 일치하도록 배치하는 것을 특징으로 한다. 골거푸집은 직결 나사(Self-drilling Screw) 또는 타정핀에 의해 Z형강에 접합된다. Form-LPSRC 기둥의 핵심능력은 기둥 최외곽에 철골물량을 집중하여 휨내력이 향상 된다는 큰 장점을 활용하여 24m 이상의 장주를 독립적으로 자립할 수 있다는 점이다. 따라서 4층 바닥 선타설 UP-UP 공법 진행이 가능하게 되었다. Form-LPSRC의 안전성 검토는 <그림 5>와 같다. 시공시 횡력에 대한 하중데이터를 산정하여 설계 프로그램에 실제 형상에 대한 모델링을 구현하고 자립 안전성과 UP-UP 공법 시 4층 바닥시공 하중에 대한 안전성을 미리 예측한다.

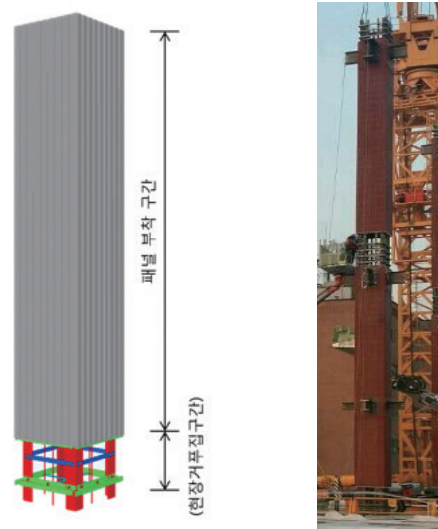


그림 4. Form-LPSRC 형상

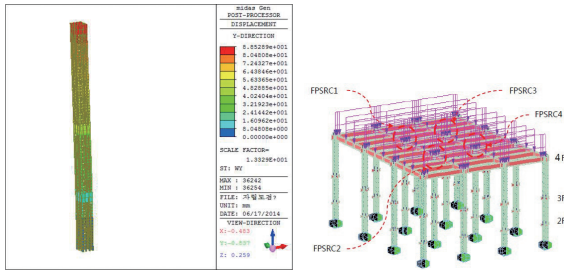


그림 5. Form-LPSRC 안전성 검토

5. 접합부 소개

우리 프로젝트에는 다양한 합성구조가 적용되어 각 공법들과의 호환성을 가지도록 하는데 집중하였다. 접합부는 합성구조 공법의 거동 및 응력전달과 같은 구조적인 문제와 제작 및 설치 등의 시공적인 문제에 큰 영향을 미치는 중요한 구조요소로서 각 합성구조 공법 개발자들의 오랜 시공 경험과 시행착오를 배경으로 접합부를 완성하였다. <그림 6, 7>과 같이 다양한 종류의 합성보와 Form-PSRC 기둥 접합부를 적용하였으며, 현장반입과 동시에 볼팅접합을 가능하게 하고, 고공작업을 최대한 줄여 현장 위험요소를 최소화 하였다.

6. 맺음말

본 기사에서는 과거 수많은 공장건축물 신축 프로젝트에서 주로 사용해오던 1개층 적층 방식의 한계점을 극복하기 위해 합성구조 공법의 장점들을 활용한 UP-UP 공

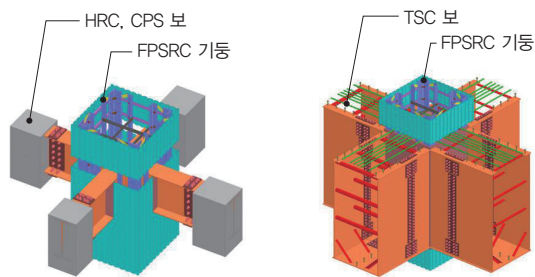


그림 6. 접합부 소개

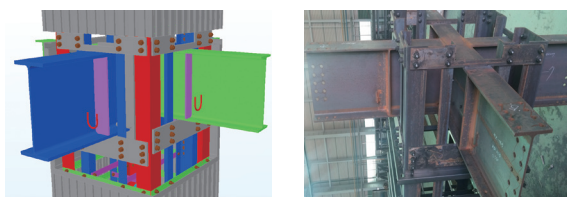


그림 7. 접합부 BIM 모델 및 공장조립 사진

법을 소개하였다. 비단 공기 단축 효과만이 아니라 현장 작업을 최소화 하고, 공장에서 선조립하는 물량을 늘림으로써 현장의 작업환경 개선, 안전성 극대화 등 최근 이슈가 되는 문제들을 개선할 수 있는 공법이다.

담당 편집위원 : 이승환(주)센쿠조연구소 shlee@senkuzo.com

참고문헌

1. Hwang HJ, Park HG, Lee CH, Park CH, Lee CN, Kim HS, Kim SB, Seismic Resistance of Concrete-filled U-shaped Steel Beam-to-RC Column Connections, *Journal of Korean Society of Steel Construction*, Vol. 23, No. 1, 2011, 2, pp. 83 ~ 97.
2. Song JA, Park HG, Lee CN, Eom TS. Earthquake Resistance of Prefabricated Reinforced Concrete Beam-Column Connection, *Journal of Architectural Institute of Korea*, Vol. 27, No. 10, 2011, 10, pp. 19 ~ 26.
3. 김점한, 김창선, 심남주, 김건영 'PC복합보 개발 및 시공사례', 한국강구조학회지, Vol. 22, No. 6, 2010, 10, pp. 52 ~ 56.
4. 이수권, 양재근, 송창석, 장은영, 문준철, 'HRC 복합보의 연결 플레이트 보강법에 따른 구조성능실험', 한국강구조학회 논문집, Vol. 23, No. 3, 2011, 6, pp. 377 ~ 384.



이형교 부장은 SK건설에서 하이테크 공장 건축물의 설계 및 공법검토 업무를 담당하고 있다.
hglee21c@sk.com



표경창 과장은 SK건설에서 하이테크 공장 건축물의 건축시공 업무를 담당하고 있다.
kcpyo@sk.com



이태호 수석은 SK하이닉스에서 건설 프로젝트 관리 업무를 수행하고 있다.
taeho.lee@sk.com



유수철 책임은 SK하이닉스에서 건설 프로젝트 관리 업무를 수행하고 있다.
suchul.ryu@sk.com