

RC 계단실 연속화 시공을 위한 PC 계단 공법 현장사례 분석

Analysis of Construction Cases for Sequential PC Stairway Method

이 석 용* 임 흥 철** 김 옥 중*** 조 흥 덕**** 정 미 라*****
 Lee, Suk-Yong Rhim, Hong-Chul Kim, Ook-Jong Cho, Hong-Duk Jeong, Mee-Ra

Abstract

The use of Precast Concrete (PC) stairways is increasing to replace existing Reinforced Concrete (RC) stairways for the faster construction and the better quality control. Among several already developed PC stairway construction methods, RC Core Sequential Construction Method by Using PC Stairways (COSEC) has advantages of 1) allowing core of a building to be built prior to PC stairways so that two different procedures will not interfere with each other, and 2) having a newly developed joint connection with the core so that the RC core and PC stairways can be easily put together. In this paper, cases of several construction sites with the PC stairways method are analyzed. The elements of the developed method are described for further application and improvement.

키 워 드 : PC 계단, RC 계단실, 연속화 시공, 프리캐스트 콘크리트, 현장사례, COSEC 시스템
 Keywords : PC Stairways, RC Core, Sequential Construction, Precast Concrete, Construction Cases, COSEC System

1. 서 론

Reinforced Concrete (이하 RC) 공법은 노임성 공사의 비중이 커서, 공사비 절감과 공기단축의 필요성이 상존한다. 이를 대처할 수 있는 한 방안으로 최근 Precast Concrete (이하 PC) 공법이 고려되고 있다.

PC 공법은 1960년대에 대한주택공사에 의해 국내에 처음 도입되었으나, 당시 초기 투자비용의 과다, 기술 부족, 부품의 규격화 및 표준화 미흡 등의 문제점을 안고 확대 보급되지 못하였다. 하지만 외국의 경우, 비슷한 초기 시행착오에도 불구하고 꾸준한 기술연구와 투자를 통해 PC 공법은 지속적으로 발전, 적용되고 있으며, 최근 국내에서도 기술 인력난을 거치면서 다시금 PC 공법이 고려되고 있다. 벽식 구조 복합화 공법, PC 슬래브-현장타설 벽체 복합 시스템과 같이 과거의 All PC 공법에서 부분 PC 공법으로 발전하여 주택에의 적용을 피하고 있으며, 지하주차장, 창고, 공장, 계단 등에도 확대 적용되고 있는 추세이다.¹⁾

계단 공사에서 습식 RC 계단 공법의 경우, 시공과정이 복잡하고 품질이 떨어져서 대부분 건식 PC 계단 공법으로 전환

되고 있다. 특히 RC 코어를 가진 고층 타워 형 건물은 각층의 계단 형상이 동일하여 PC 계단 공법 적용에 따른 공사비 절감과 공기 단축 효과가 클 것으로 기대된다.

기존 PC 계단 공법으로는 크게 계단실 동시 시공 PC 공법과 계단참 콘크리트 후 타설 PC 공법이 있다. 하지만 이런 기존의 PC 계단 공법은, 고층건물의 RC 코어 계단실에 적용함에 있어 공정 또는 품질확보 측면에서 한계가 있다. 따라서 RC 코어 계단실에 최적화된 PC 계단 공법으로 RC Core Sequential Construction Method by Using PC Stairs (이하 COSEC System)가 개발되었다. 이는 RC 코어 계단실의 연속화 시공을 가능하게 하면서 모든 계단부재를 PC화한다는 점에서 기존 PC 계단 공법과 구분되어, 공기단축과 계단공사 품질향상을 동시에 이룰 수 있는 공법이다.

본 공법은 2002년 개발 후, 여러 현장적용을 거쳐 개선되고 있다. 따라서 본 논문에서는 COSEC System의 특화된 요소기술을 현장적용 사례를 근거로 분석하고자 한다. 현장적용을 거치면서 점차 개선된 요소기술을 분석하여 더욱 발전된 PC 계단 공법으로의 활용을 도모하고자 한다.

2. PC 계단 공사

2.1 PC 계단의 분할, 조립 및 접합

RC 계단 공사와는 달리, 공장에서 제작되어 현장 조립, 설

* 연세대학교 건축공학과 첨단구조연구실 연구원, 정회원
 ** 연세대학교 건축공학과 교수, 정회원
 *** 대림산업(주) 기술연구소 차장, 정회원
 **** 대림산업(주) 과장, 정회원
 ***** 연세대학교 건축공학과 첨단구조연구실 석사과정, 정회원

치되는 PC 계단 공사에서는 계단 부재의 분할 및 조립, 그리고 RC 계단실 벽체와의 접합문제가 중요하게 고려되어야 한다.

먼저 PC 계단 부재는 두 개, 세 개, 또는 네 개 부재로 분할 될 수 있다. 이 중 네 개 부재로 분할하는 방식이 조인트 수가 많다는 단점이 있지만, RC 코어 계단실 내 반입과 설치 작업 난이도 면에서 가장 유리하여 일반적으로 사용되는 방식이다. 이렇게 분할된 계단 부재는 현장에서 조립되어 RC 벽체에 접합되는데, PC 부재끼리의 조립에는 시공이 용이한 Dry Joint 또는 단순 걸침 방식이 사용된다. 반면에 RC 벽체와의 접합 공정은 PC 계단 공사의 품질을 좌우하는 가장 중요한 부분으로, 이 방식에 따라 기존 공법을 크게 두 가지로 구분한다.

2.2 기존공법

2.2.1 계단실 동시 시공 PC 공법

계단실 동시 시공 PC 공법은 RC 계단실 벽체 거푸집과 함께 PC 계단 부재를 설치하고 벽체 콘크리트를 타설하여, 벽체와 PC 계단을 접합하는 방식이다. 따라서 계단 부재의 PC 화에 따른 품질 향상을 이룰 수 있으나, RC 코어 벽체 거푸집을 나누어서 시공하여야 하므로 시스템 거푸집을 이용한 RC 코어의 연속화 시공에 한계가 있다.

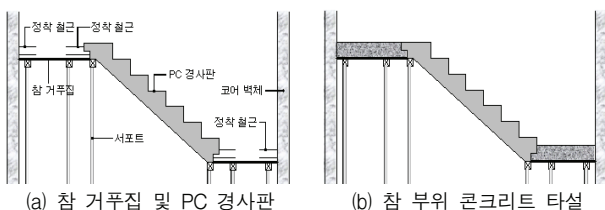


(a) 벽체 거푸집 설치 (b) PC 참의 설치

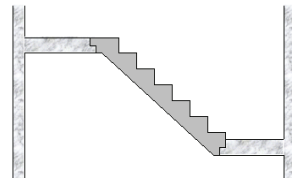
사진 1. 계단실 동시 시공 PC 공법

2.2.2 계단참 콘크리트 후 타설 PC 공법

계단참 콘크리트 후 타설 PC 공법은 RC 코어 계단실을 먼저 시공한 후 PC 계단을 설치하는 방식으로, 선 시공된 RC 벽체에 PC 계단 부재를 접합하기 위하여, 계단참을 현장 타설하게 된다. 따라서 시스템 거푸집을 이용한 RC 코어의 연속화 시공이 가능하여 공정상 유리하나, 계단참을 현장 타설



(a) 참 거푸집 및 PC 경사판 (b) 참 부위 콘크리트 타설



(c) 참 경화 후 서포트 해체

그림 1. 계단참 콘크리트 후 타설 PC 공법

하므로 계단실 동시 시공 PC 공법에 비해 품질 면에서 불리하다.

3. COSEC System

3.1 COSEC System의 개념

COSEC System은 시스템 거푸집을 이용한 RC 코어 계단실의 연속화 시공을 가능하게 하면서 모든 계단 부재를 PC화 할 수 있는 PC 계단 공법이다.

기본적인 시공순서는, 계단참 후 타설 PC 공법의 코어 벽체 선 시공 및 PC 계단 후 조립 과정을 따른다. COSEC System이 계단참 후 타설 PC 공법과 가장 크게 다른 점은 계단참과 경사판 모두를 PC화 한 점인데, 이를 위해서 RC 벽체와 PC 참의 접합이 해결되어야 한다. 이 부분이 COSEC System의 핵심기술이며, 그 외에도 코어 내부로의 PC 부재 반입 기술, 코어 벽체 선 시공을 위한 가설통로 확보 기술 등을 포함한다.



(a) PC 참의 코어 내 반입 (b) PC 참의 설치

사진 2. COSEC System

3.2 COSEC System의 요소기술

3.3.1 PC 참-벽체 접합방식

COSEC System에서 PC 참과 선 시공된 RC 코어 벽체의 접합은 전단접합을 사용한다. 참과 벽체에 동시에 물리는 강봉은 다우얼 작용에 의해 경사판과 참의 하중을 벽체에 전달한다. 이를 위해 벽체에는 미리 강봉이 삽입될 슬리브를 매립하고, PC 참에는 강재박스를 매립한다. 참을 설치한 후 강봉을 벽체 쪽 슬리브로 밀어 넣고, 빈 공간에 무수축 모르타르를 충전하여 경화시킨다.

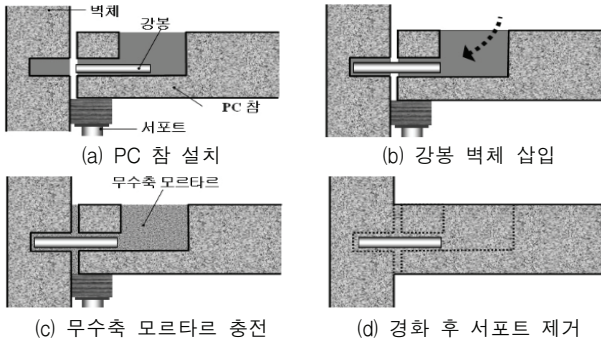


그림 2. 시스템 서포트

3.3.2 시스템 서포트

PC 참과 벽체의 접합이 완성될 때까지 계단실의 하중은 시스템 서포트에 의해 지지되며, 이는 PC 참의 하부에 설치되어 접합부분이 경화되기 전까지 하중 지지와 함께 무수축 모르타르의 거푸집 역할을 수행한다. 거푸집 역할을 하는 시스템 서포트의 명에 부분은 현장에서 제작되어 수평, 수직 서포트를 사용하여 벽체에 밀착시켜 시공한다.



사진 3. 시스템 서포트 설치 사진

3.3.3 PC 부재의 반입 및 설치

선 시공된 RC 코어 내부로 PC 부재를 반입할 때, 최상층 코어 거푸집과 간섭이 생기게 된다. 따라서 COSEC System에서는 양중 와이어와 타워크레인 사이에 리모컨으로 작동하는 전동호이스트를 설치하여, PC 부재를 수직으로 세워서 반입 후, 코어 내부에서 회전시켜 설치하는 방식으로 이를 해결하였다.



사진 4. PC 경사판의 코어 내부 반입

3.3.4 가설통로 확보

COSEC System에서는 코어 벽체를 먼저 시공하고 2~3개 층 하부에서 PC 계단이 설치되므로, 그 사이 층에 대한 가설통로 확보가 요구된다. 가설통로를 확보할 수 있는 방법으로는 크게 네 가지가 있다. 저층 건물에서는 외부비계를 이용하는 방법이 있고, 고층 건물에서는 안전상의 이유로 내부 시스템 거푸집이나 엘리베이터 샤프트의 가설 사다리를 이용할 수 있다. 또한 시공 중인 RC 건물에 일반적으로 위치하는 자재 반입구를 사람이 통행 가능한 크기로 확장하여 사용할 수 있다.

4. 현장사례 분석

4.1 COSEC System 현장적용 사례

본 공법은 개발 후, 주상복합, 오피스텔, 미디어 센타 그리고 아파트 현장 등에 적용되면서 현장여건에 따라 조금씩 변화하며 거쳐 개선되고 있다. 따라서 대표적으로 이 네 가지 현장적용 사례를 바탕으로 COSEC System을 분석하여 개선된 요소기술을 제시하고자 한다.

4.2 개선된 요소기술 분석

4.2.1 PC 참-벽체 접합 방식

COSEC System에서 PC 계단의 접합은 PC 참과 RC 벽체에 동시에 물리는 강봉에 의한 전단접합 방식을 사용한다. 이를 위해 PC참에는 강봉 삽입을 위한 강재박스를 매립한다.

첫 번째 주상복합 현장에서는 강봉에 전달되는 전단력에 의해 강봉 및 강재 박스 주변의 응력 집중이 우려되므로 현장에서 기계 가공한 사각의 나선 철근으로 각각의 강재 박스 주위를 보강하였다. 두 번째 오피스텔 현장에서부터는, 강재 박스 부근의 보강근이 인장력에 의해 강봉의 하중에 저항할 수 있도록 상세를 변경하여 적용하였다.

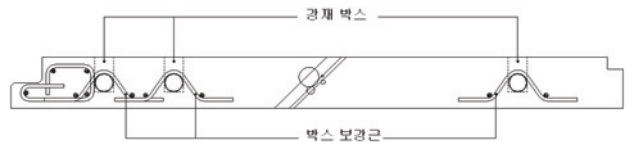


그림 3. PC 참 강재 박스 및 겹침턱 보강 단면

4.2.2 시스템 서포트

COSEC System의 시스템 서포트는, PC 참 지지와 함께 무수축 모르타르의 거푸집 역할을 수행하는 명에 부분과, 이를 지지하는 수평, 수직 서포트를 시스템화한 기술이다.

첫 번째 주상복합 현장과 두 번째 오피스텔 현장적용을 통

하여 일반 서포트에 비해 시스템 서포트를 적용함에 따른 무수축 모르타르 흐름 방지 기능이 뛰어난을 확인하였으나, 여전히 좁은 공간에서의 작업 효율과 안전상의 문제가 제기되었다. 따라서 네 번째 아파트 현장에서, 명에의 지지방식으로 사용되었던 수직, 수평 서포트를 브라켓 타입으로 개선하여 적용하였다.



사진 5. 시스템 서포트 개선 전, 후 사례

4.2.3 PC 부재의 반입 및 설치

COSEC System에서의 부재의 반입 및 설치과정은 다음과 같다. 타워 크레인과 전동호이스트를 이용하여 PC 부재를 수직으로 세워 상부 코어 거푸집 사이를 통과, 코어 내부로 반입한다. 부재 하강 후, 다시 전동호이스트를 이용하여 부재를 수평으로 회전시키고 세부 조정하여 제자리에 설치한다. 주상복합 외 2개 현장(오피스텔, 미디어 센타 현장)에서 당초 계획된 방법에 따라 PC 부재를 반입, 설치하였다.

마지막 아파트 현장에서는, 자재 양중 및 반입 시 케이블과 와이어의 꼬임 현상 문제가 제기되었다. 이에 케이블 타이를 이용하여 케이블의 꼬임 문제를 해결하고, 롤링 커넥터를 별도로 제작하여 와이어 꼬임을 최소화하였다.

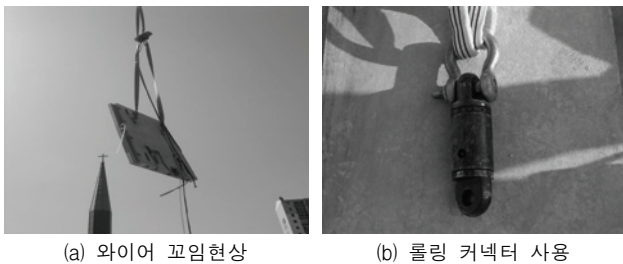


사진 6. 와이어 꼬임 방지

4.2.4 가설통로 확보

COSEC System에서 당초 계획하였던 가설통로 계획으로, 저층 건물에서는 외부 비계를 이용하는 방법, 고층 건물에서는 내부 거푸집 또는 엘리베이터 샤프트의 가설 사다리를 이용하는 방법, 그리고 내부 자재 반입구를 이용하는 방법이 있다. 두 번째 오피스텔 현장에서는 내부 자재 반입구를 이용하

였고, 세 번째 미디어 센타 현장에서는 외부 비계 계단을 설치하여 수직이동 통로로 사용하였다.

마지막 아파트 현장에서는, 기존의 네 가지 방식 이외의 방법인 외부 갱폼(이하 G/F)을 이용한 가설통로가 고안되어 사용되었다. 이는 수직이동에 있어서 기존의 재래식 RC 계단 공법과 거의 같은 작업 효율을 이루었다는 점에서 그 의미를 찾을 수 있다.

5. 맺음말

최근 건설현장에서의 노동 생산성 악화로 인력절감과 공기단축을 이룰 수 있는 PC 공법을 고려하고 있고, 이는 부분 PC 공법으로서 주택에의 적용 외에도 주차장, 창고, 공장, 계단 공사 등으로 확대되고 있는 추세이다. 특히 고층건물에서 RC 코어 계단실 공사에서, PC 계단 공법 적용에 따른 공사비 절감과 공기단축의 효과가 클 것으로 기대되나, 기존의 PC 계단 공법은 공정 또는 품질확보 측면에서 한계가 존재한다. COSEC System은 RC 코어 계단실을 시스템 거푸집을 이용하여 연속 시공하는 동시에 모든 계단 부재를 PC화하여 인력절감, 공기단축, 품질향상 등을 도모할 수 있는 계단 공법이다.

COSEC System은 2002년 개발 후, 현장적용을 거치면서 변화하고 개선되었으며, 본 논문에서는 이를 요소 기술별로 분석하였다.

먼저, PC 참-벽체 접합 방식은 강봉에 의한 전단접합을 사용한다. 현장적용 과정을 거쳐, 응력집중이 우려되는 강재박스 주변의 보강근 상세를 변경하여 보다 효율적으로 하중에 저항하도록 개선하였다. 두 번째, 시스템 서포트에서 무수축 모르타르의 거푸집 역할을 하는 명에부분의 효용성을 확인하였다. 명에부분을 지지하는 수평, 수직 서포트는 브라켓 타입으로 개선하여 작업 효율 및 안전성을 개선하였다. 세 번째, 전동호이스트를 이용한 PC 부재의 반입 및 설치 기술은 대부분의 현장에서 당초 계획대로 적용되었으며, 케이블과 와이어의 꼬임 문제를 해결하기 위하여 케이블 타이 및 롤링 커넥터를 별도 제작 적용하였다. 네 번째, 최상부 2~3개 층에 대한 가설통로 확보 기술은 기존의 네 가지 방법 외에 외부 대형 거푸집을 이용한 가설통로가 새로 고안되어, 수직이동에 높은 작업 효율을 이루었다.

감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고, 한국건설교통기술평가원에서 시행한 2006년도 건설핵심기술 연구사업 「공기단축형 복합구조시스템 건설기술」(과제번호: 05 R&D 건설핵심

D02- 01) 연구 사업으로부터 논문 작성에 일부 지원을 받았으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김록배, 김옥중, 이지웅, 이도범, 프리캐스트 계단의 접합 방법 개선에 따른 구조 성능 평가, 대한건축학회 논문집 구조계, 제21권 11호, pp.27~34, 2005
2. 김범기, 석성준, 이용균, 안성훈, 강경인, 초고층 주상복합 프리캐스트 콘크리트 구조물의 경제성 분석에 관한 연구, 한국건축시공학회 논문집, 제5권 1호, pp.89~96, 2005
3. 김옥중, 김록배, 철근콘크리트 구조에서 계단실의 연속화 시공을 위한 프리캐스트 콘크리트 계단 공법(COSEC system), 대한건축학회 학회지, 제49권 2호, pp.100~108, 2005
4. 대한주택공사 주택연구소, PC슬래브-현장타설벽체 복합 시스템 개발, 대한주택공사, 1995
5. 민병호, 정호원, 도건효, 주택건설공업화기술의 장애요인, 대한건축학회논문집, 제7권 2호, pp.281~292, 1991
6. 안성훈, 이용균, 강경인, 건설업의 PC 기술 활성화 방안에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 구조계, 제20권 7호, pp.135~142, 2004
7. 이종민, 김영길, 류재천, 박금성, 배규웅, 벽식구조 복합화 공법 개발에 따른 수직 접합부의 전단내력에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 구조계, 제16권 8호, pp.11~18, 2000
8. 이종민, 최일섭, PC 구조의 현재와 미래, 대한건축학회 학회지, 제51권 4호, pp.76~82, 2007
9. 정하선, PC기술 고도화를 위한 향후 연구과제, 공업화 주택 기술향상을 위한 심포지움 발표집, 대한건축학회, 1993
10. 조홍덕, 프리캐스트 콘크리트 계단(COSEC System)의 현장 적용 사례 분석, 연세대학교 석사학위 논문, 2007