

수원 영통 아크로파크 현장의 계단실 프리캐스트 공법 적용사례

Application of COSEC System in Suwon Yeongtong Acrotower Site

나경우*
Kyeong-Woo Na

전병철**

이희철***



이희철***



김록배****



김옥중*****

1. 머리말

건설현장에서 철근콘크리트 골조공사의 경우 거푸집, 철근 공사 등과 같은 노임성 공사의 비중이 큰데 비해, 계속되는 인건비 상승 및 기능인력의 부족으로 숙련공의 수급에 한계가 생기면서 골조공사의 품질저하 가능성이 점점 높아지고 있다. 특히, RC 계단실의 경우, 현장시공이 매우 어려울 뿐 아니라, 많은 인력과 시간이 소요되는 공사이므로, 낮은 노동생산성을 극복하고 시공성 개선 및 품질향상이 가능한 공법 도입의 필요성이 날로 증가하고 있다. 이에 당 현장에서는 RC 계단실 시공을 위해 COSEC System(철근콘크리트 구조에서 계단실의 연속화 시공을 위한 프리캐스트 콘크리트 계단 공법)을 적용하여 성공적인 시공을 수행 완료하였으며, 이에 대한 시공 사례를 소개하고자 한다.

2. 현장개요

- 공사명 : 수원 영통 아크로파크 신축공사
- 공사기간 : 2004. 7 ~ 2006. 5.
- COSEC 공법 공사기간 : 2005. 2 ~ 2005. 6(4개월)
- 발주처 : (주)도모스 프라임
- 설계/감리 : (주)화인 종합건축사사무소
- 용도 : 업무시설(오피스텔), 근린생활시설
- 대지위치 : 수원시 영통구 원천동 296번지
- 연면적 : 31,117 m²(9,412평)
- 규모 : 지하 2층, 지상 15층 4개동

* 고려개발(주) 영통아크로파크 현장소장
helee@kdc.co.kr

** 고려개발(주) 영통아크로파크 공사과장

*** 정희원, 고려개발(주) 기술팀 과장

**** 정희원, 대림산업(주) 기술연구소 대리

***** 정희원, 대림산업(주) 기술연구소 과장



그림 1. 조감도

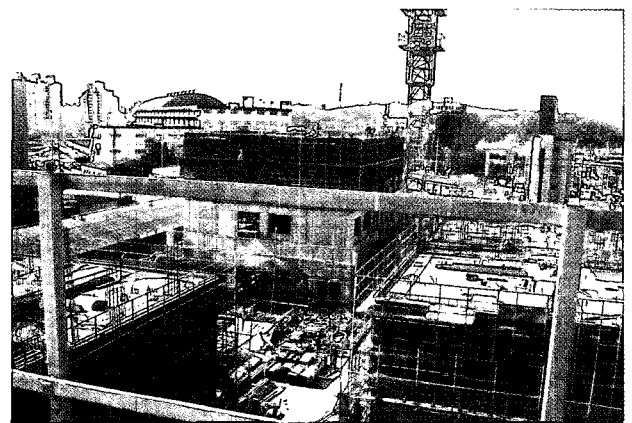


그림 2. 현장 전경

3. COSEC System의 개념

COSEC System은 기존에 개발되었던 계단공법들의 단점을 개선하여, 계단실 시공 효율성을 극대화한 공법이다(건설신기술 439호). Box 형태의 대형 철제거푸집을 이용하여 코어 계단실 벽체를 연속적으로 선 시공 후, 공장에서 제작되어 온 PC 계단참 및 경사판 부재를 전동호이스트를 이용, 계단

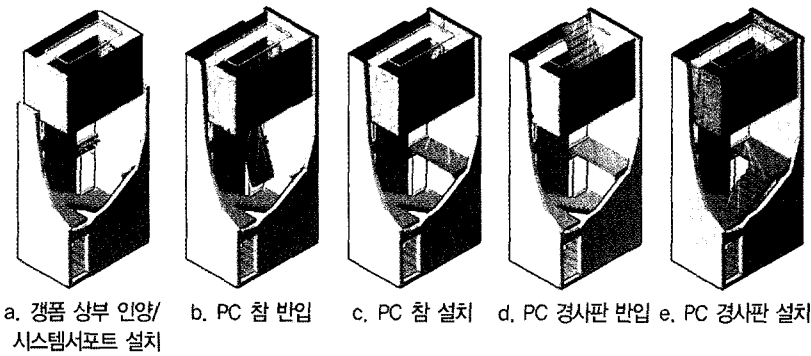


그림 3. COSEC System

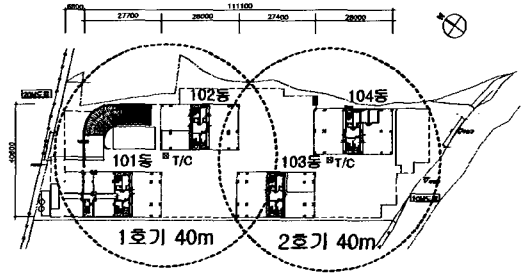


그림 4. 전체 배치도 및 타워크레인 계획

실 내부로 삽입하여 조립 설치하는 공법으로서, PC 계단참은 강봉에 의해 벽체와 전단접합하고 PC 경사판은 PC 계단참에 단순 지지하게 된다. 또한, 기존의 PC 계단공법과 달리 계단 경사판과 중간참, 층참 전부를 PC 화합으로써, 벽체와의 연결부위에 대한 철근연결 및 현장 타설이 생략되어 높은 품질의 계단시공이 가능할 뿐 아니라, 인력절감, 공기, 시공성 등의 측면에서도 매우 효율적인 공법이다. COSEC System의 주요 시공과정은 <그림 3>과 같다.

4. 현장 적용

당 현장에서는 COSEC System의 적용이 실시설계시 이미 도면에 반영되어, 본 공법 적용을 위한 별도의 설계변경 등은 없었다. PC 제작의 효율성을 고려하여 층고 및 계단실 형상이 기준층과 상이한 지하층부터 지상 1층까지는 재래식으로 타설하고 2층부터 15층까지 본 공법을 적용하여 동당 14개 층씩 총 4개동 56개 층의 계단에 적용하였다. 단, <그림 5>와 같이, 각 동 2개 소의 계단실 중 1개소씩만, 본 공법을 적용하고, 나머지 1개소의 계단실은 재래식 RC 공법으로 시공하였다.

COSEC System에서는 코어 내부로 PC 부재의 반입 시, 강폼과의 간섭으로 최상부 코어골조의, 약 2개 층 아래까지만 PC 설치가 가능하게 된다. 따라서 골조가 완료된 상부 2개 층에 대해서는 작업자 이동을 위한 별도의 가설통로가 필요한데, 당 현장에서는 재래식으로 시공되는 나머지 계단실을 작업자 이동통로로 활용할 수 있어서, 별도의 가설통로 계획은 필요하지 않았다(그림 5). 타워크레인은 최대중량 8톤(몸 길이 40m) 크레인 2대가 설치되었으며, Box 강폼 및 PC 부재의 양중에는 문제가 없었다. 타워크레인의 작업효율을 고려해 4개동 중 1, 4동을 동시 시공하고, 약 4일간의 시차를 두어 2, 3동을 시공하였다. 계단실 외부 거푸집은 <그림 6>과 같이 계단실 4면중 외부에 접한 1면은 외부 강폼을 사용하고, 나머지 3면은 유로폼을 사용하여 시공하였다.

4.1 계단실 개요

- 계단실 내부 면적 : 14 m²(5,630 mm × 2,500 mm)
- 계단실 층고 : 3,100 mm
- 콘크리트 강도 : 27 MPa
- 철근 강도 : 400 MPa

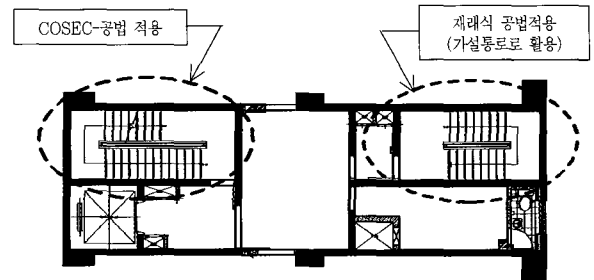


그림 5. 기준층 코어 평면

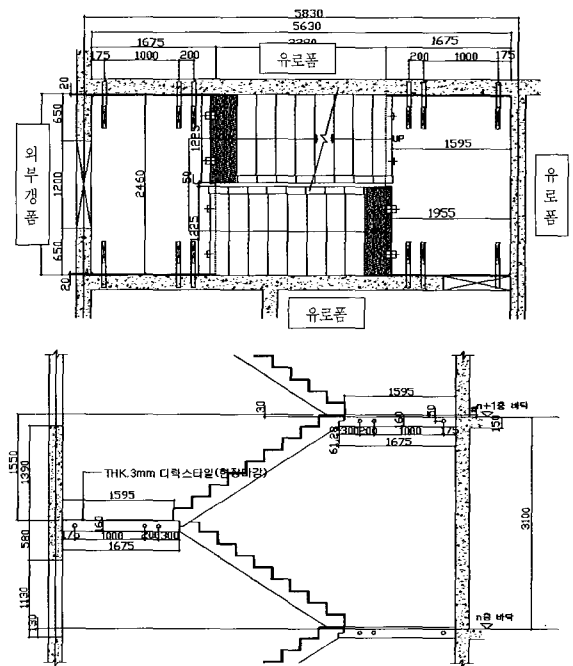


그림 6. 계단실 평, 단면도

4.2 내부갱폼 및 PC 부재의 설계 및 제작

4.2.1 계단실 내부 갱폼 제작

계단실 내부폼으로 사용할 Box 갱폼의 설계 및 제작은 대림산업 기술연구소의 도움으로 경기도 소재의 D업체에서 수행하였고, 동일형상으로 4 SET의 Box 갱폼을 제작하였다. 제작과정 중 공장 방문하여 세부 검수를 실시하였으며, 현장 여건 등을 반영하여 보완 제작토록 하였다. 특히, 시공중 갱폼 하부로 공사자재 낙하 등에 의한 안전사고 예방 및 작업자 편의를 위해 <그림 8>과 같이 Box 갱폼 바닥 개구부에 개폐식의 덮개를 설치하여, PC 반입 시에만 열어서 사용할 수 있도록 하였다.

4.2.2 PC 부재의 제작

계단실 바닥은 PC 면에 직접 디렉스타일로 마감하므로, 참과 경사판의 접합부위에서 미소한 단차의 발생시 마감면 품질에 영향을 줄 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 하향 경사판의 참과 만나는 경사판 면을 20mm 정도 낮게 조면처리하여 미장마감이 가능토록 하였으며, 상향의 경사판은 경사판 내부로 참이 겹쳐 들어가 접합면이 노출되지 않도록 하였다. 또한, 경사판의 눈슬립 및 갈매기턱을 미리 PC 부재에 설치하여 현장에서의 추가작업을 최소화 하였다.

PC 부재의 제작은 경기도 이천 소재의 D사에서 생산하였고, 정밀도와 전용횡수가 높은 스틸 몰드(steel mold)를 사용하였으며, 조기탈형을 위해 증기양생을 실시하였다. 경사판 및 참의 제원은 <표 1>과 같다.

4.3 COSEC 공법의 시공

4.3.1 준비작업

본 시공에 앞서, 타워크레인의 작업일정에 문제가 없는지 검토하였고, 양중용 와이어 및 양중고리의 불량 여부와 PC 부재의 반입을 위해 타워크레인 와이어에 연결해서 사용하게 될 전동 호이스트의 전선의 길이가 계단실 조립층까지 끌어오기에 충분한지, 전원공급(330V)에는 문제가 없는지, 계단실 벽체 매립슬리브의 위치 및 반입된 PC 부재, 강봉 및 슬리브의 개수가 맞는지 등을 확인하였다. 특히, 갱폼 내부로 PC 부재 삽입 시 타워크레인의 와이어가 갱폼 내측에 간섭이 생길 것을 대비해, 와이어는 한 줄로 설치토록 하였다.

부자재에 대한 사전 확인 작업은 <표 2>와 같다.

4.3.2 갱폼의 설치 및 벽체타설

내부갱폼의 최대 중량은 약 4톤으로 양중에는 문제가 없었

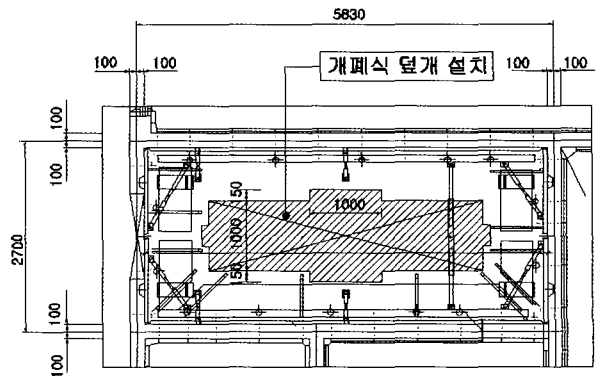


그림 7. 갱폼의 설계

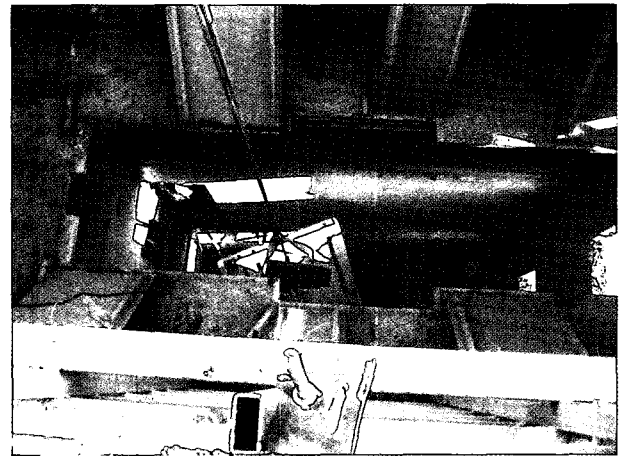


그림 8. 개폐식 덮개

표 1. PC 부재 제원

구분	재료강도		규격		수량 (매)
	콘크리트 (MPa)	철근 (MPa)	크기 (mm)	중량 (tonf)	
계단참	27	400	2,460 × 1,675 (두께: 150)	1.58	112
경사판	"	"	2,430 × 1,225	1.91	108

표 2. 현장 사전준비 부자재

항목	상세	수량	비고
전동 호이스트	용량 2tonf	1EA	
벽체 매립 슬리브	-	324EA	볼트(M10) 포함
접합 플레이트	100 × 90 × 9t	448EA	용접용
누수방지테이프	폭 20mm, 두께 10mm	280m	참 걸침턱 부착
PC 양중 고리	-	4EA	
사다리	이중 사다리	1EA	PC 설치용
강봉	HD25 철근 길이 350mm	324EA	
무수축모르타르	28일 강도: 80 MPa	250포	
모르타르계량통	4l 용량	2EA	
시스템 서포트	-	8set	코어당 2set

으나, 양중시 바람의 영향은 다소 있었다. 갱폼 설치 후 벽체와 PC 참과 접합할 부분에는 직경 50mm 강봉 슬리브를 볼트로 고정하여, 거푸집 탈형 후 강봉 삽입 구멍이 형성되도록

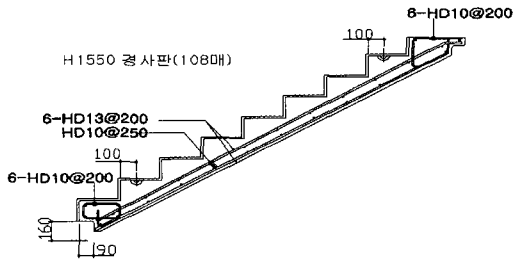
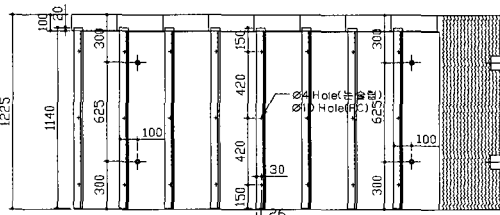


그림 9. PC 경사판 형상

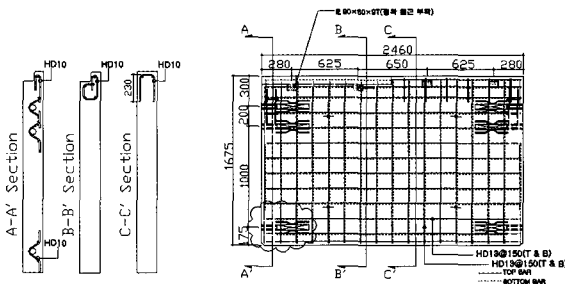


그림 10. PC 계단참 형상

표 3. 작업자 업무분담

구분	작업 위치	작업 내용
작업자 #1	PC 아적장	PC 부재에 양중고리 걸어주는 작업 및 타워크레인 고리에 부재연결
작업자 #2	갱폼 상부 및 PC 조립층	전동호이스트 전원 연결 후, 갱-폼 내부로 PC 부재 반입작업
작업자 #3,4	코어 내부 (PC 조립층)	반입된 PC 부재의 직접 설치 및 조립 작업. 단, 숙련도 향상되면, 작업자 1인만으로 작업자 #2와 공동 작업 가능.

하였다. 갱폼은 벽체 타설 1~2일 경과 후 해체하여 상부로 인양하였으며, 벽체에 형성된 강봉 삼입구에는 청 테이프를 붙여 두어 내부에 먼지 등 이물질이 쌓이는 것을 방지하였다.

4.3.3 PC 참 지지를 위한 시스템 서포트 설치

각재(120×120 mm)를 사용한 멩에와 강관 PIPE(∅ 48.6)를 사용하여 서포트를 시스템화하여 제작하였으며, 특히 멩에는 무수축 모르타르 타설시 거꾸집 역할까지 겸하게 되므로, 멩에의 벽체 밀착부위에는 고무 패드를 부착하여 충전된 모르타르가 하부 틈새로 새지 않도록 하였다. 시스템 서포트는 계단실 1개소 당 층참 및 중간참용 2-SET를 제작하여, 전층 시공시까지 전용하였다.

4.3.4 전동호이스트를 이용한 PC 부재의 반입 및 설치

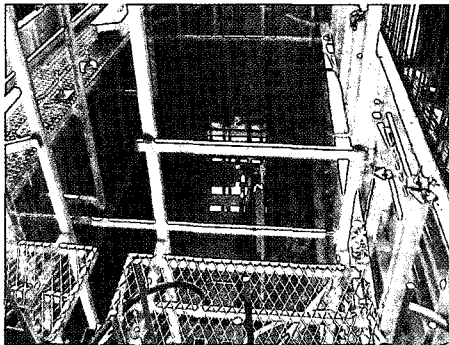


그림 11. 갱폼설치



그림 12. 갱폼에 슬리브 고정



그림 13. 코어벽체 및 시스템 서포트

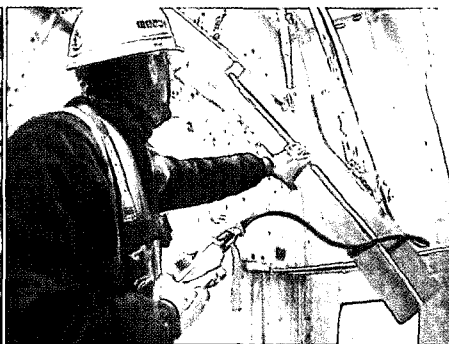
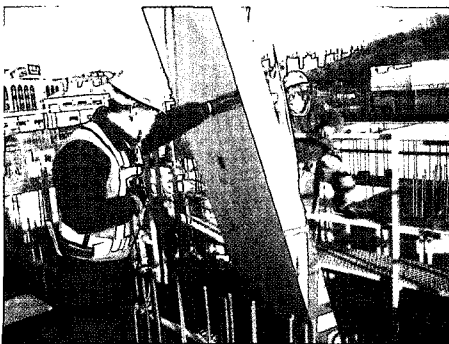


그림 14. PC 부재의 반입 및 설치

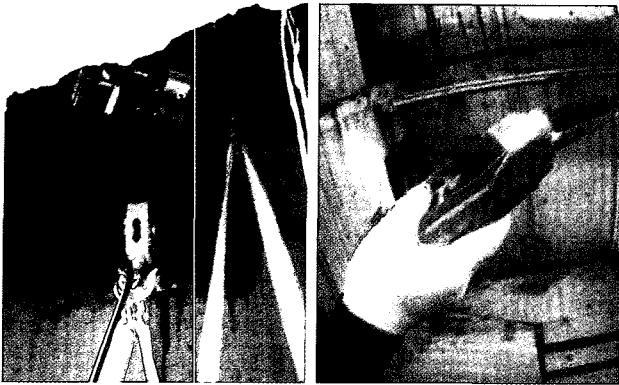


그림 15. 전동호이스트 및 리모컨

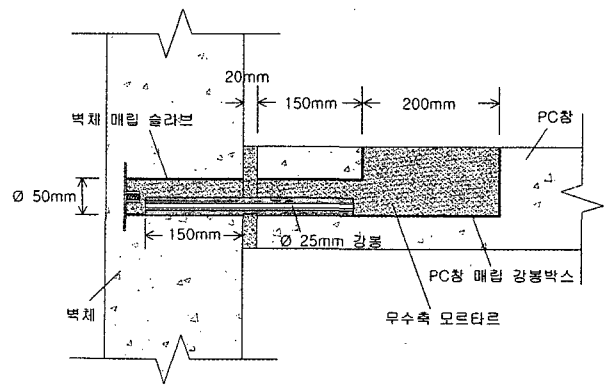


그림 17. 강봉 연결 개념

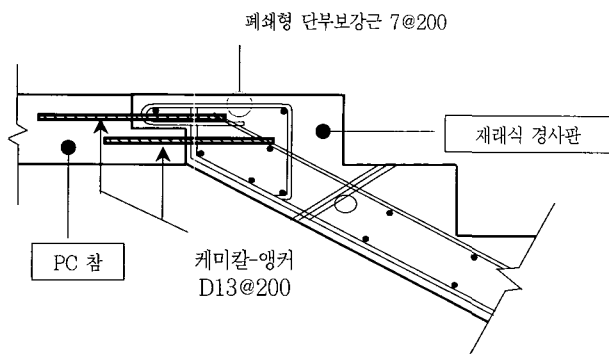
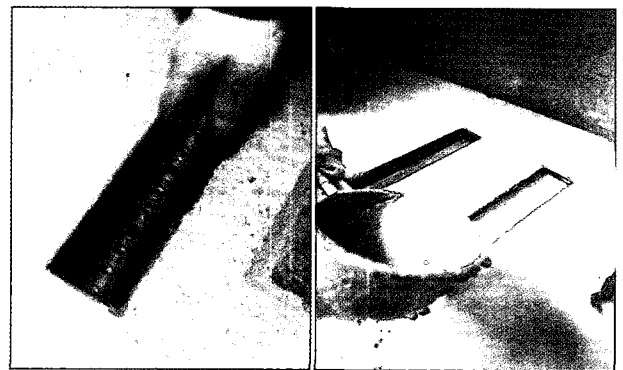


그림 16. PC 참-재래식 경사판 접합



a. 강봉 삽입

b. 무수축 모르타르 충전

그림 18. 강봉 삽입 및 무수축 모르타르 충전

현장 반입된 PC 부재는 운반도중 파손 등 결함이 발생하여 반송 처리된 일부 부재 외엔 전반적으로 제작상태 양호하였다. PC 경사판 및 참의 중량이 각각 1.91톤, 1.58톤으로, 전동호이스트는 2톤 용량을 사용하였다. PC 부재의 양중 및 조립, 설치 시 작업인원은 초기엔 4인 1개조로 운영하였으나, 작업 숙련도 향상에 따라 3인만으로도 작업이 가능하였다. <표 3>

코어 내부로 PC 부재의 삽입 시 갱폼 내측에 부착된 작업용 발판사이의 협소한 공간(1.0m)을 통과하기 위해 전동호이스트를 사용해 부재를 최대한 수직에 가깝게 세워야 했으며, 부재와 함께 코어 내부로 리모컨을 반입하여 하부 작업자가 전달받아 사용할 수 있도록 하였다. 본 공법의 시공 초기에, 코어 내부에서 PC 부재의 회전시, 벽체와 PC 부재의 충돌로 인해 PC 부재 모서리 부위 일부가 파손되는 시행착오도 발생하였으나, 반복작업에 따른 작업자의 숙련도 향상으로 이러한 문제는 예방할 수 있었다. 다만 PC 부재의 투입부, 설치부, 타워크레인 작업자간의 긴밀한 연락을 통한 정밀양중작업이 필요하였다.

코어 내부로 삽입된 PC 부재를 전동호이스트를 이용해 수평으로 조절하여 거푸집 위에 앉힌 후 노루발 장도리를 이용한 미세조정을 하여, PC 참과 벽체사이의 강봉 삽입구를 일치시켰다. 경사판 부재는 기 설치된 층참과 중간참 사이에 올

려놓게 되므로, PC 참의 설치에 비해 비교적 작업이 수월하였다. PC 부재는 골조의 오차를 감안하여 설계되었으므로, 코어 내부에서 참 부재의 회전이나 조립 등에는 문제가 없었다. 단, 재래식 타설구간과의 접합은 <그림 16>과 같이 선 시공된 PC 참에 앵커 시공 후, 단부에 폐쇄형 스텐드로 보강한 재래식 경사판을 후타설 하여 일체화하였다.

강풍으로 인한 타워크레인 작업이 불가능할 경우 일시적인 작업 지연 등이 있었으나, 전체적인 공기엔 지장이 없었다.

4.3.5 강봉 삽입 및 무수축 모르타르 충전

PC 참과 벽체 슬리브와의 사이에 강봉을 삽입하여, 벽체와 PC 참에 같이 물리도록 하였다. 강봉은 D25 철근을 350mm 길이로 잘라 사용하였으며, 강봉의 삽입 전에 에어컴프레서를 사용하여 슬리브 내부의 이물질을 제거하였다.

무수축 모르타르는 28일 강도 80MPa 이상 되는 Z사의 MR5000을 사용하였다. 본 공법에서 PC 참과 벽체를 연결하여주는 강봉의 역할은 구조적으로 매우 중요하기 때문에, 무수축 모르타르의 품질 및 충전성 확보에 각별히 주의하였다. 무수축 모르타르의 교반시 모르타르 1포(25kg)당 4l 정량의 혼합수량 확보를 위해 계량통을 사용하였고, 교반통에

물과 모르타르를 부어 전동교반기를 사용하여 3분 이상 균질하게 교반한 뒤, 손으로 슬리브에 삽입된 강봉의 위치가 정확한지 재확인 후 곧바로 타설하였다. 또한, 무수축 모르타르 타설전 참과 벽체와의 모서리 틈새에 스티로폼 백업재를 삽입하고, 경사판과 참과의 걸침턱 부위는 사전에 누수방지용 테이프를 부착해 두어 유동성이 좋은 무수축 모르타르가 PC 연결부 및 벽체 틈새로 새는 것을 방지하였다.

4.3.6 기타작업

계단참과 경사판의 설치 완료 후 경사판의 움직임을 고정하기 위해 사전에 참과 경사판 접합부위에 매립되어 온 플레이트에 또 다른 플레이트 조각(9mm)을 덧대어 용접하였으며, 벽체와 PC 참에 매립된 전기 Box를 개봉하여 배관 연결하였다.

4.3.7 시스템 서포트의 해체 및 마감

모르타르 타설 후 강봉이 참 및 경사판의 하중을 벽체로 제대로 전달할 수 있도록 약 2일 경과 후 시스템 서포트를 해체하고 모르타르 충전 부위 상부 미장작업을 하였으며, 상부층 계단 설치 전까지 비닐과 부직포로 보양을 실시하여, 상부층 시공시 시멘트 페이스트가 흘러 PC 부재에 묻는 것을 방지하였다. 참 후면부 및 경사판과 벽체와의 접합면은 실리콘으로 코킹 처리하였다.

5. 기존 재래식 공법(RC 계단)과의 비교

5.1 시공성

본 공법의 시공초기에는 준비부족으로 인한 다소의 시행착오 발생은 있었으나, Box 갱폼을 이용한 코어벽체의 구축과, 시스템 서포트의 설치, PC 부재 조립 및 무수축 모르타르 충전까지 일련의 작업들이 전문기술이 없는 약 3~4명의 작업자에 의해 단시간 내에 수행될 수 있어서, 공정 및 인력 운용면에서 매우 효율적이었다. 단, 코어벽체 시공 후 내부 Box 갱폼을 탈형하여 상부층으로 인양시, 벽체내부와 갱폼 사이의 여유치가 거의 없어, 작업이 다소 원활치 못한 점 등은 내부 폼 설계 시, 개선이 필요할 것으로 사료된다.

5.2 계단실 골조 품질

Box 갱폼을 이용해 타설된 벽체 내부나 PC 부재 치수의 오차는 거의 없었고, 시공완료 후의 PC 부재 및 코어벽체의 품질은 매우 우수하였다. 다만 하향경사판과 참이 만나는 부분에서 미장 마감 후 일부 들뜸 현상이 있었으며, 이의 방

을 위해서 현재 20mm로 설계된 경계부 조면처리 높이를 최소 30mm 이상으로 개선하여야 할 것으로 사료된다. 그 외 PC 부재 간 혹은 PC 부재와 벽체 간 경계부위에서 일부 발생한 수직 및 수평 설치오차는 마감재로 충분히 보완 가능한 정도여서, 별다른 문제는 없었다.

5.3 공사비

당 현장에서는 PC 부재의 소량 적용으로 PC 부재 및 내부 폼 단가 상승과, 기타 추가 설치비용 등으로, 계단실 골조공사비는 재래식 RC 공법에 비해 약 20% 정도 증가하였으나, 향후 대량 적용이 된다면, PC 제작 단가의 저감을 통한 경제성 확보가 가능할 것으로 사료된다.

5.4 공기

실제로 계단 1개 층의 시공시간은 재래식 공법에 비해, 거



그림 19. 플레이트 용접



그림 20. 배관파이프 연결

표 4. 단계별 작업 소요시간

작업	세부작업	타워크레인 사용	작업 시간	소요 인원
대형거푸집 인양	대형거푸집 상부 인양 및 서포트 설치	○	15분	2인
사전준비	전동호이스트 전력공급확인 PC 부재 양중 준비	×	10분	"
시스템서포트 설치	참을 지지하기 위한 시스템 서포트 설치	×	"	"
PC 중간참 설치	PC 중간참 설치/강봉 삽입	○	5분	1인
PC 경사판1 설치	PC 경사판 설치	○	"	"
PC 층참 설치	PC 층참 설치/강봉 삽입	○	"	"
PC 경사판2 설치	PC 경사판 설치	○	"	"
기타작업	플레이트 용접 및 전기배관연결 무수축 모르타르 충전	×	15분	2인
시스템서포트 해체 및 이동 설치	무수축 모르타르 경화후(2일) 해체하여 상부층 설치	×	10분	"

푸집 형성, 철근조립 및 콘크리트 타설 등의 전문작업들이 약 2시간 이내의 PC 조립작업으로 대체될 수 있어서, 작업시간은 현저하게 단축할 수 있었다. 또한 반복 작업에 의한 작업자의 숙련도 향상으로, 1시간 내외의 작업도 가능하였으며, 무수축 모르타르의 경화시간 등을 고려할 때, 빠르면 층당 2일 정도로 시공이 가능하였다. 다만 RC 공사에 있어서 전체 1개층당 공사기간(약 7일)을 감안할 때, 전체 공기의 단축효과는 없었으나, RC 공사 시 계단실 시공지연으로 전체공기에 영향을 주는 것은 방지할 수 있었다. 각 시공 단계별로 소요된 작업시간은 <표 4>와 같다.

6. 맺음말

당초 당 현장에 COSEC System을 적용코자 할 시엔 공법에 대한 현장 직원들의 이해 부족과, 아직 국내에서 보편화되지 않은 새로운 공법을 적용한다는 것에 대해, 막연한 두려움 및 시행착오 발생 등에 대한 부담감이 있었으나, 실제 시공이 진행됨에 따라, 시공성 및 계단실 품질의 우수성 뿐 아니라, 인력절감 등의 많은 장점을 지닌 공법임을 확인 할 수 있었다. 과거 재래식 RC 공법으로 시공할 경우의 목수, 철근공, 콘크리트공 등 여러 공종의 숙련공이 투입되어야 하는 어려움이 없어짐으로써 계단실 시공이 차지하는 노임비가 현저히 절감될 수 있었으며, 계단실 시공 시 발생하는, 각종 폐기물 등의 문제도 해소될 수 있었다. 또한 PC 계단뿐 아니라 계단실

벽체에 있어서도 대형 Box 강판을 이용한 연속시공으로 단시간 내에 매우 우수한 품질의 계단실 골조시공이 가능하였으며, 공장에서 PC 제작 시 사전에 경사판 논슬립이나, 갈매기턱 등 마감상태를 미리 적용하여 제작함으로써, 현장에서의 마감처리 공정을 간소화할 수 있었다. 또한, 본 시공 시 기존의 공정과는 큰 간섭 없이 타워크레인의 작업일정에 맞추어 진행하면 되었으므로, 공정 면에서도 별다른 문제는 없었다. 다만, 당 현장에서는 PC 부재의 소량적용으로 인해 경제성 면에선 재래식 공법에 비해 다소 불리하였으나, 향후 고층건물 적용 및 계단실의 설계 표준화 작업 등에 의한 다량 적용을 통해, PC 부재 몰드의 전용횟수의 증가 시 충분한 경제성 효과가 있을 것으로 사료된다. □

참고문헌

1. 한국콘크리트학회, "콘크리트구조설계기준", 2003.
2. 대림산업, "철근콘크리트구조에서 계단실 연속화 시공을 위하여 강봉을 이용한 프리캐스트 콘크리트 계단 공법(COSEC System)", 2004. 12.
3. 김옥중, 김록배, "철근콘크리트구조에서 계단실의 연속화 시공을 위한 프리캐스트 콘크리트 계단공법", 대학건축학회지, 제49권, 제2호, 2005. 2, pp.100~108.
4. O. J. Kim, L. B. Kim, and D. B. Lee, "Precast Stair case for Sequential Construction of reinforced Concrete Core," CONSEC'04, Seoul, Korea, 2004.