

PC공법 적용사례 소개

대전 대화동 지식산업센터 신축현장



글 이대현 / 건축공사팀 대리
전화 042-639-6141 E-mail ssydh@ssyenc.com

01. 시작하며

몇 년간 지속된 코로나-19, 우크라이나-러시아 전쟁 등 사회적 이슈로 인하여 각종 원자재비 상승, 노무비 상승, 인력난 등 건설업계에 많은 문제들이 발생되고 있다.

더욱이, 최근 건축물의 대형화, 초고층화로 인하여 시공과정, 공법은 복잡해지고 고도화되고 있으나, 기술 인력은 부족하고 인건비는 상승되어 건설산업의 상황은 날로 악화되고 있는 듯하다. 이러한 상황속에서 건설업계는 다양한 공법들을 적용하여 이와 같은 문제를 해결해 나가야 할 것이며, RC구조를 PC 구조로 적용하는 것 또한 그중 하나이다.

PC공법은 공장에서 제작한 고품질 콘크리트 부재를 현장에서 조립만 하면 되므로 공기단축, 정밀시공, 안전시공 등이 가능하다. 또한, 대부분 공장 기계화 제작이 되므로 현장 인력 투입이 절감되며, 따라서 안전을 확보할 수 있으며, 폐자재 발생이 적어 기존 골조공사 방식보다 환경친화적인 공법이다.

PC공법은 이러한 장점에도 불구하고 접합부 처리, 내진성능 저하, 높은 생산단가, 현장 작업자의 숙련도 저하 등으로 현장에 완전히 정착/적용 되기에는 아직 풀어야 할 여러 과제들이 있다. 하지만 인력과 자재공급이 불안정하고, 품질에 대한 사용자들의 눈높이가 점점 높아지고 있는 시점에 PC공법은 효과적인 대안이 될 수 있으며, 당 현장에서 PC공법을 적용하며 직접적으로 체감한 PC공법에 대하여 설명해보고자 한다.

건축면적 : 8,103.85m²(2,451.4평)
연면적 : 69,597.25m²(21,053.2평)
용도 : 지식산업센터(아파트형공장),
근린생활시설(지원시설)
규모 : 지하2층, 지상12층
구조 : 철근콘크리트(RC+PC)조
공사기간 : 21.02. ~ 22.11.(20개월)
PC공사 규모 : 5,868매 / 13,323m²(지상층 골조의 약 65%)

※ 당사 국내건축현장에서 최초 대규모 PC공사 적용현장

[사진 1] 현장 준공사진(주경)



[사진 2] 현장 준공사진(야경)



02. 현장소개

공사명 : 대전 대화동 지식산업센터 신축공사
대지면적 : 10,630.00m²(3,215.6평)

03. PC공법

3.1 PC공법 개요

PC공법은 건축물의 구조부재인 기둥, 보, 슬라브의 기존 RC현장작업을 공장 콘크리트 PC 제품으로 시공하는 조립식 건축공법을 말한다.

공장생산 후 현장조립하여 완성되는 철근콘크리트 구조시스템은 각종 부재가 접합부에서 일체화되어야 하므로 현장타설공법(RC)과 비교하여 보-기둥-슬라브 접합부의 구조적 안정성 및 현장에서의 정밀시공이 굉장히 중요하다.

이에 대전 대화동 지식산업센터 신축현장에서 기존 RC구조에서 RC+PC 복합 철근콘크리트구조로 변경한 사례를 통해 공기, 원가, 품질 등 PC공법을 적용하는 것이 효과적인지 그 적용 타당성에 대하여 검토해보고자 한다.

3.2 PC공법 장/단점

장점

① 공기단축

PC공법은 각 구조재를 공장에서 만들어 현장조립하므로 RC공법 대비 기후 및 현장여건에 영향을 적게 받아 공기단축 기대효과가 있다.

RC공사는 가설공사에 많은 시간/비용이 소비되고, 층고가 높을 경우 시스템바리 설치 및 존치로 인하여 골조공사 지연 및 후속공정 지연이 발생되나, PC공법은 특히 높은 층고일수록 가설공사가 최소화되어 시공이 간편하고, 하부층 공간 확보에 유리하여 공기가 단축된다. 또한 이로 인하여 인력투입이 감소되어 안전관리에도 굉장히 용이하다.

② 품질

PC공법은 현장타설 콘크리트보다 높은강도($f_{ck}=27\sim40\text{MPa}$)의 고품질 구조물로 시공할 수 있으며, 기능공의 숙련도 차이에 의한 품질저하 우려가 적고, 균일 품질의 콘크리트 면을 확보할 수 있어 노출콘크리트 마감으로도 사용가능하다.

또한, PC 제작 시 Pre-Stress 부재로 인하여 RC대비 처짐 및 균열에 유리하여 장스판 구조에도 적합하다.

③ 시공성

PC공사는 기계화 생산되어 현장의 형틀 및 동바리작업이 최소화되어 후속공정의 투입과 시공성이 개선된다.

이와 연계되어 가설재 사용량이 적어져 폐기물 발생량이 현저히 줄어들게 되며, 현장 인력 투입도 RC 대비 절감할 수 있어 안전사고 위험성도 낮아진다.

단점

① 원가상승

PC기계화 시공 역시 공장에서 표준화된 거푸집, 철근배근, 레미콘 타설 등의 RC 고유 업무가 진행 되고, 이에 추가하여 중량부재의 운반비와 양중설치비가 추가로 발생하므로 단순 골조 공사비만 비교한다면 일반적으로 공사비는 상승되나, PC 적용에 따른 구조변경, 공기절감 등 복합적인 원가는 면밀히 분석해보아야 할 것으로 판단된다.

② 시공의 유연성

PC구조는 공장생산 표준 규격에 맞지 않는 형태에는 대응하기 어렵다. 현장타설 방식의 RC구조는 복잡한 골조 형태의 디자인을 구현할 수 있지만, 공장에서 미리 규격을 맞춘 형틀을 이용한 PC는 제작에 있어 유연함이 적은 편이다. PC공법을 적용하고자 하는 현장에서는 계획시 대량생산/표준화 규격 등을 고려하는 것이 좋다.

[그림 1] 대화동현장 PC부재 규격표

부재명		구조형식	강도
PC Column	[800*1500*4670 / 16.1Ton]		38MPa
PC Girder	[900*450*10300 / 11.7Ton]		27MPa
PC Slab(SBS)	[10150*2400*250 / 7.1Ton]		40MPa
PC Balcony	[4550*1450*510 / 2.6Ton]		30MPa
PC Parapet			

PC 공사 수량표					
구분	대전 대화동 지식산업센터 수량표				
	Column	Girder	Slab	Balcony	Parapet
1F	77				77개
2F	105	91	232	57	485개
3F	101	123	291	89	614개
4F	101	121	286	89	607개
5F	101	121	286	89	607개
6F	101	121	286	89	607개
7F	101	121	286	89	607개
8F	97	121	281	93	602개
9F	66	78	165	44	378개
10F	60	74	133	80	347개
11F	60	74	133	91	358개
12F	60	74	133	91	358개
지붕	74	141	141	91	317개
합계	1030개	1193개	2653개	992개	5965개



③ 콘크리트 접합부 발생

현장타설되는 콘크리트는 기둥, 보, 슬라브를 한덩이로 볼 수 있다. 하지만 PC는 미리 완성한 부재를 현장조립하는데서 문제가 생긴다. 접합부를 꼼꼼히 시공하지 않으면 누수와 단열에 문제가 발생할 수 있다. 따라서 접합부위를 세심하게 고려한 계획과 시공이 필요하다.

[사진 3] 기둥, 보, 슬라브 부재 접합부



3.3 추진배경

당 현장은 기준층 층고가 약 5.4M로 층고가 높아 현장 시공성 저하, 안전사고위험 증가 및 다수의 시스템동바리 설치/존치로 인한 하부3개층 작업불가로 RC구조로는 기간내에 준공하는 것이 힘들것으로 검토되었다. 또한, 지식산업센터의 모듈화된 평면도는 PC공법으로 변경하기에 좋은 환경이었기에 공기단축을 목표로 PC공법으로 변경하게 되었다.

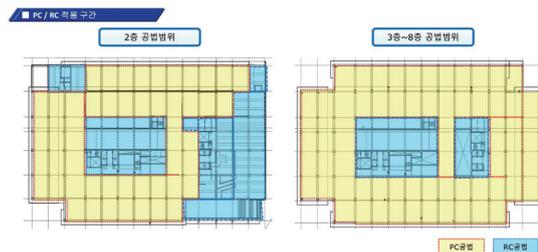
3.4 사전검토사항

① 적용범위

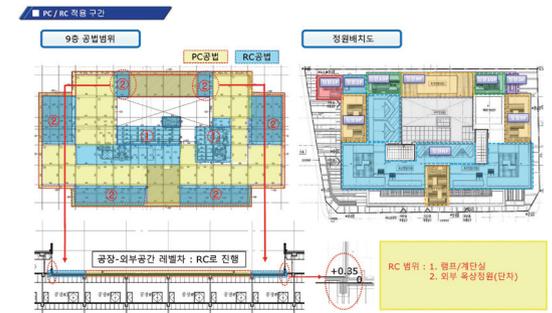
대전 대화동 지식산업센터 현장은 수주시부터 20개월이라는 짧은 공사기간내 준공을 하기 위하여 시행사와 시공사간 RC설계를 PC공법으로 변경하는 것으로 사전 협의하였고, PC업체 선정, 설계, 제작기간까지는 RC공사로 진행(기초부터 지상 1층슬라브)하면서 PC변경 업무를 병행하였다.

PC변경을 검토하면서 PC공법으로 시공성이 좋지 않은 코어부, 주차장램프, 옥상 조경구간 슬라브 단차부위, 화장실 구간 등을 제외한 표준화가 비교적 용이한 나머지 전체공간을 PC공법으로 변경하여 진행하였다.

[그림 2] PC적용범위(기준층)



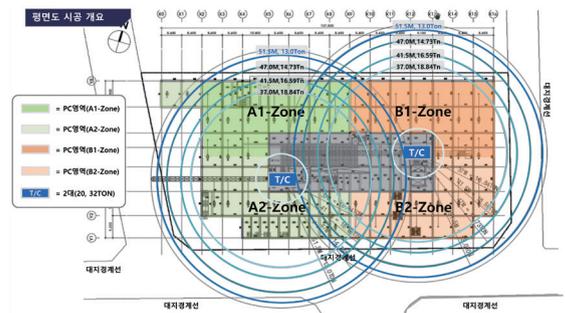
[그림 3] PC적용범위(외부 조경 단차구간)



② 장비계획

PC공사를 계획할 때 가장 중요한 부분중 하나는 바로 장비(T/C)계획이다. 당 현장의 PC부재 중량은 슬라브가 평균적으로 약 6톤에서 가장 무거운 기둥부재는 약 16톤으로 이와 같은 고중량 부재를 시공하기 위해서는 대형 T/C설치가 필수 조건이다. 또한, PC를 설치하는 동안은 RC에서 T/C사용이 어려운 것을 감안하여 PC+RC공사 공정진행에 차질이 발생되지 않는 효율적인 장비대수를 산정하여 배치계획하여야 한다. 당초 검토 시에는 PC와 RC공종의 원활한 작업을 위하여는 T/C이 3대가 적절한 것으로 판단하였으나, 원가, 현장내 설치장소, T/C간 간섭(발주시 러핑크레인 품귀상황) 등의 문제로 일반적인 건축 현장에서 거의 사용하지 않는 20TON, 32TON 대형 타워크레인 2대를 코어부 내부에 설치하여 운영하도록 계획하였다.

[그림 4] 타워크레인 배치도



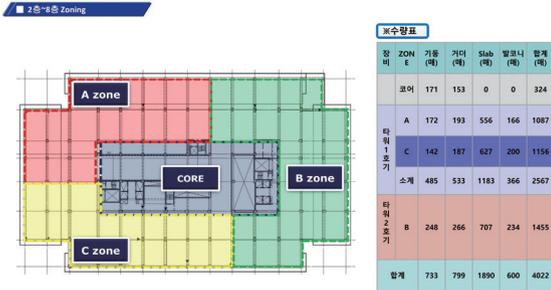
③ 공정 및 조닝계획

PC생산은 부재별로 생산공장이 상이하고 현장에 여유부지가 없는 상황에서 하루에 반입하여 양중할 수 있는 부재수는 곧 현장 공사기간과 연결된다.

따라서, 일일 반입·양중 가능수량, 현장 RC공사 진행 일정 및

현장 일일 타설 가능 수량 등을 종합적으로 고려하여 조닝을 계획한다.

[그림 5] TOPPING CON'C 일일타설량을 고려한 현장조닝계



[그림 6] 생산량 및 설치개수를 고려한 공정계획



04. PC공사 현장사례

4.1 시공순서

① 레벨체크 및 먹매김

PC부재 설치전 골조 기준점으로부터 레벨 및 위치 확인 후 Base Plate를 설치한다

[사진 4] 레벨확인 / 기둥자리 먹매김작업



② PC기둥 설치 및 그라우팅 작업

PC기둥부재는 부재 중 가장 큰 중량물(10~16TON)로 기둥 양 중시 양중고리 확인(전용고리 사용), 신호수 배치 및 와이어

긴결상태는 필히 확인 후 양중하여야 하며, 기둥 설치시 Base Plate 철근에 맞춰 양중 기둥을 정확히 시공하고, 지지 서포트는 최소 2개소 이상 설치하여 수직도를 확인하여야 한다.

부재 연결부는 기둥 설치후 가능한 당일내 슬리브 주입구를 통해 고강도 모르타르를 주입하여 하부와 일체화 작업을 진행한다.

[사진 5] 기둥 수직도 확인 / 그라우팅작업



③ PC보 및 PC슬라브 설치

PC기둥 설치 후 보 조립방향 및 접합상세도를 확인하여 기둥 현치에 걸침길이(190mm 이상)를 확보하여 보를 설치하고, 보 하부에 처짐 방지용 잭서포트를 설치한다.

이후 PC슬라브를 보와 보사이에 걸침길이(100mm 이상)를 준수하여 설치한다. PC보, PC슬라브 설치 시 걸침길이 미준수로 인한 낙하, 붕괴 및 작업자 추락사고 발생 시 중대재해 발생 확률이 높으므로 중점 관리대상으로 안전관리하여야 한다.

[사진 6] PC보 설치 및 PC슬라브 설치



④ PC발코니 설치

발코니 설치전 하부에 PC발코니 부재를 지지할 시스템 서포트를 설치하고, 그 위에 PC발코니를 설치 한다. 발코니는 단부에 위치하므로 부재간 결합, 슬라브와의 용접등을 확인하여 안전사고에 유의하여 설치한다.

⑤ TOPPING CON'C 타설

발코니까지 설치가 완료되면 상부근 배근 및 각종 배관, 슬리브 설치 후에 TOPPING CON'C를 타설하면 1개층 CYCLE이 완료된다.

콘크리트 양생 후 후속공정으로 슬라브 하부 기둥, 보, 슬라브 조인트부분에 코킹 또는 미장처리하여 조인트 마감처리 진행 한다.

[사진 7] PC발코니 설치 및 TOPPING CON'C 타설



4.2 현장사례를 통한 보완필요사항

① 도면확정

PC공법은 납품업체별로 PC공법이 상이하여 업체선정 후 공법 및 설계가 확정되고, 또한 이에 따른 공사비 편차가 클 수 있다.

당 현장은 RC에서 PC로 변경하는 과정에서 PC업체별로 공법 및 구조설계가 상이하여 PC물량/TOPPING용 철근 및 레미콘 수량파악이 곤란하여 예산 산정에 상당한 어려움을 겪었다.

따라서 향후 PC공법 적용 시에는 발주 전 PC도면 확정 후 발주가 필요하며, 그러하지 못할 경우 시공 또는 정산시 분쟁 발생이 우려되므로 정확한 설계 및 시공지침이 필요하다.

② 현장여건

첫째, 당 현장은 건물길이가 장변 약 110M, 단변 약 65M로 T/C을 건물외부에 설치 시에는 중량물 양증을 위하여 엄청난 대형T/C 설치가 되어야 함으로 어쩔 수 없이 건물 코어내부에 T/C을 설치하였고(그럼에도 일반적이지 않은 20TON, 32TON 대형 T/C 설치) 해체시에는 700TON이상의 이동크레인으로 약 3~4일간(1대당) 해체를 진행하였다. 이와 같이T/C대형화로 인한 임대료, 설치/해체비용 및 가설전기용량을 사전에 충분히 검토하여야 할 것으로 판단된다.

둘째, 현장내 여유부지가 많지 않아 PC부재 반입시 반입차량 동선 및 부재 야적공간 부족으로 세밀한 동선계획이 필요하였다. PC공법을 적용코자 하는현장에서는 여유부지 확보가 원활한 공정 진행에 많은 도움이 되리라 판단된다.

[사진 8] 현장전경사진



[사진 9] 타워크레인 해체 전경사진(700TON 크레인)



[사진 10] CPB설치 및 내부 타설동선 현황

철근콘크리트공사 관리



[CPB설치 및 레미콘 동선 단면도]



[지하 1층 내부 CPB 이용 레미콘 타설]

셋째, PC공법을 대규모로 적용할 경우에는 상대적으로 RC공사의 범위가 줄어들어 RC공사 업체의 시공단가가 상승될 것을 고려하여야 할 것이며, 전기/설비공종 업체에서 익숙하지 않은 PC부재에 사전 매립 및 슬리브 타공에 따른 원가 및 시공성 검토를 하여야 한다.

[사진 11] PC슬라브 설치 후 배관 및 상부철근 설치



건축마감에 있어서는 PC적용 시에는 단열재 타설부착이 불가하여 단열재를 후시공하여야 하므로, 이에 따른 가설비용 검토와 단열재 탈락 등 하자 예방에 대한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

4.3 PC시공시 추가 검토사항

첫째, 하절기 레미콘 타설시 PC슬라브의 수분 흡수로 타설 전 물축임과 레미콘 슬럼프 상향을 검토하여야 하며, 동일 슬럼프 적용시 레미콘 WORKABILITY 저하로 TOPPING CONC 품질 저하가 발생할 수 있다. 또한, 동절기 레미콘 타설시에는 일반적인 하부층에서의 가열 양생이 곤란하므로, 상부층 열풍기를 운영 하는 방식으로 동절기 양생계획을 준비하는 것이 좋을 것이다.

[사진 12] 동절기 TOPPING CONCT설 후 천막보양 및 열풍기 양생



둘째, 당 현장에서는 PC설계 검토시간이 충분치 않아 같은 레벨의 기둥, 보, 슬라브만 PC로 변경설계하여 시공하였고, 단차 구간과 그 접합부는 RC로 시공하게 되어 시공 시 많은 애로사항이 있었다. 당 현장에서도 시간적 여유가 조금 더 있었다면 단차 부위 또한 사전 검토하여 PC로 설계하는 것이 시공성 및

품질에 더 좋은 방향으로 작용했을 것 같다고 생각한다.

또한 기둥부 현치로 인하여 AL창호 또는 설비 배관 및 천장시공이 간섭될 수 있으므로 사전에 시공 디테일부분까지 충분히 검토되어야 할 것이다.

05. 맺음말

당 현장은 20개월의 촉박한 공기로 인하여 공기단축을 위해 RC구조를 PC+RC(코어부) 철근콘크리트 형태로 변경설계하여 진행하였으며, PC공법 적용에 따라 골조공정 단순화 및 가설공사 최소화로 작업공간이 확보되어 후속공정에서 공기지연을 최소화할 수 있었으나, 그럼에도 불구하고 여러 대외변수(급격한 원자재 가격 상승, 레미콘 파업, 화물연대 파업, 철근업체 태업 등)들로 인하여 골조공사가 약 2개월 지연되어 공정관리에 애로사항이 많았으나, 민간분양 사업의 특성상 입주일정을 맞추기 위하여 9월에 T/C을 해체하고 10월말 임시 사용승인(본 승인 11월 15일)을 받을 정도로 어렵게 공사를 완료할 수 있었다. 준공까지 본사 및 인근 현장의 많은 지원에 대하여 지면을 통해 다시 한번 감사인사를 전하는 바이다. 당 현장의 시공 경험을 바탕으로 PC공법의 장점 활용 및 접합부분 누수, 방음, 단열문제와 초기비용 상승 등에 대한 단점을 극복하여 적용한다면 PC공법은 앞으로 나아갈 좋은 대안이 될 수 있으며, 최근 PC업체들도 이러한 단점을 극복한 다양한 형태의 PC를 개발하고 있어 앞으로 공사기간을 단축하고, 품질을 향상시킬 수 있는 모듈러 기술인 PC시장규모는 앞으로 더욱 더 커질 것으로 예상된다.

