

철골조 아파트의 PC 공법 적용성 및 지하주차장의 골조 PC 공법

An Application of Precast Concrete System for Steel Framed Residential Buildings and PC Framed System for Parking Structure

김 영 수* 김 정 연** 임 인 혁*** 김 두 영**** 장 월 선*****
Kim, Young Soo Kim, Jung Yeon Yim In Hyuk Kim, Doo Young Chang, Weol Sun

ABSTRACT

Because the construction type SFRB is completely different in comparison with that of RC apartment the construction and work process, which are currently used, have to be changed. The main purpose of study is to analyze the difficulties of this construction and to apply the technology for other construction area.

In this study, it is investigated to the problems of construction for SFRB and the construction method of PC panel fabricated on SFRB in Yongin goosung.

Later, it is estimated prefabricated method had an great effect on PC panel System as lower cost and shorter schedule in SFRB.

The Precast concrete framed System has many merit than the reinforced concrete structures system at constructability, structural safety and quality. therefore, it will be widely applied at parking structure in the future.

1. 서 론

우리나라에서는 아파트의 보급율이 지속적으로 늘면서 현재는 전체 주택 공급량의 80%에 달하고 있다. 그러나 지금까지의 아파트 보급은 경제성을 기본으로 한 일관된 RC 벽식구조의 아파트로만 발전하였다. workability

근래 아파트가 점차로 고층화되면서 RC 벽식구조는 한계에 도달하고 인간의 다양한 욕구를 충족하기 위한 구조형식이 대두되기에 이르렀다. 이것이 철골조 아파트가 현실화되게 된 이유일 것이다.

그러나 시행 초기 철골조 아파트는 표준건축비로는 사업을 감당하기 어려워 활성화되지 않았으나 제도적인 보완과 더불어 기술적인 강점, 자유로운 평면변경, 자원 재활용에 의한 환경친화성 등의 장점으로 아파트 구조로서의 가능성을 점차 높여가고 있다.

* 정희원, 동아건설산업(주) 기술연구원 공학박사

** 동아건설산업(주) 기술연구원 주임연구원

*** 동아건설산업(주) 공장사업부

**** 동아건설산업(주) 기술연구원장

***** 동아건설산업(주) 건축사업본부장

철골조 아파트는 기존의 RC 아파트와는 구조형식이 완전히 다르기 때문에 기존의 공정계획이나 시공방법 중 일부가 맞지 않는다.

따라서 본 고에서는 당사에서 국내 최초로 시공되고 있는 대규모 판상형 철골조 아파트를 대상으로 시공상의 어려움을 분석하여 향후 예상되는 철골조 아파트의 설계 및 시공계획단계에 미리 이러한 대책을 반영하기 위한 대안을 제시하고자 한다. 그리하여 보다 합리적인 시공계획을 수립하는데 미약하나마 도움이 되기를 기대한다.

또한 철골조 아파트에 국한된 공법은 아니지만 지하주차장의 골조PC공법에 대한 개략적인 소개도 하고자 한다. 지하주차장의 골조PC공법은 기존의 철근콘크리트 구조에 비해 시공성, 구조, 안전, 품질 면에서 여러 가지 장점을 가진 공법으로 평가되어 그 적용 범위가 점차 확대되어가는 추세이다.

2. 용인 철골조 아파트

2.1 설계개요

공사명	용인구성 동아아파트 신축공사
건설규모	아파트 18~20층 36개동(33, 38, 49, 56, 64, 73, 89평형) 및 부대 복리시설
연면적	433,284.3009m ² (131,068.50평)
건축면적	21,874.3418m ² (6,616.99평)
구조	아파트 : 철골철근콘크리트, 부대시설 : 철근콘크리트
최고높이	62.78m 지하2층, 지상 20층

2.2 공사현황

- ① 공사기간 : 1998. 2. 1.~2001. 1. 31.(36개월)
- ② 사업금액 : 6,400억원(VAT별도)
- ③ 주요물량

항목	물량	항목	물량
토공굴착	743,000m ³	성토	309,000m ³
되메우기	157,000m ³	잔토처리	430,000m ³
PHC PILE	6,948본	래미콘	252,000m ³
철골	27,400ton	철근	22,500ton
지하층 PC	4,682장	지상층 PC	43,816장

- ④ 주요 양중 장비 : Tower Crain : 10ton(6대), 8ton(24대)
Lift Car : 36대

2.3 부위별 적용공법

그림 1.에서 보는 바와 같이 용인 구성 철골조 아파트에 적용된 공법은 지상 골조는 S조, 외벽은 PC구조, 계단은 RC와 PC공법을 병행하여 적용하였다.

외벽은 설계시 알루미늄 범랑패널 공법, 드라이비트 공법, PC패널공법, 일반 재래식 RC공법의 적용성을 검토하였다. 알루미늄 범랑패널 공법, 드라이비트 공법은 PC나 RC공법에 비해 경량이라는 장점이 있으나, 공사비 차이가 워낙 커 적용할 수 없었으며, 재래식 RC공법은 철골조와 벽체가 만나는 부위의 거푸집 공사가 난해할 뿐만 아니라 자중이 큰 부담이 되었다. 이러한 점을 감안하여 PC패널에 리브(Rib)를 두어 중량을 감소시킬 수 있었다.

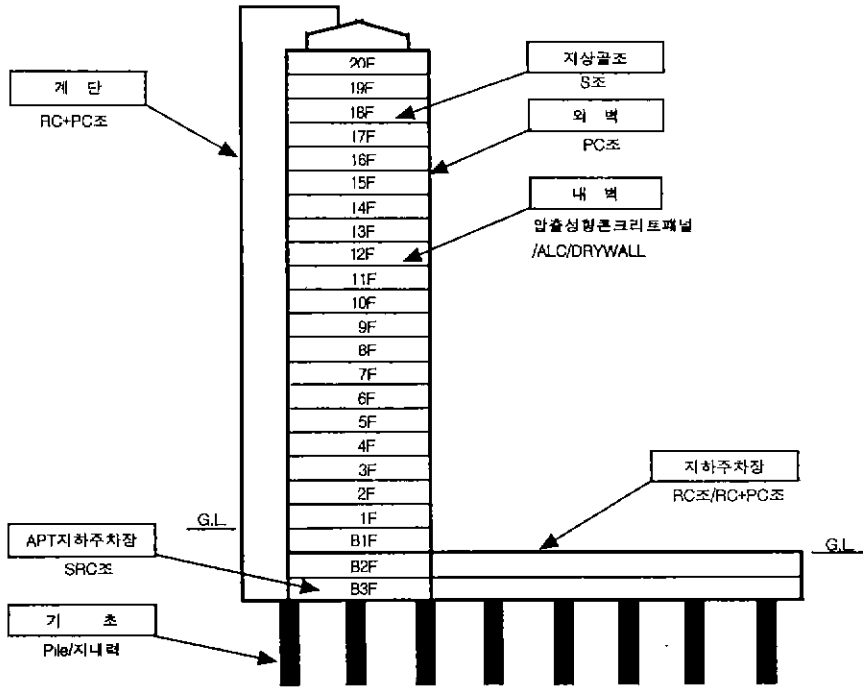


그림 1. 용인 구성 철골조 아파트의 적용공법

3. 당초 시공계획

3.1 공정계획

56평형 2세대를 기준으로 시공계획서의 공정계획은 다음과 같았다. 즉, 구체공사의 스케줄은 철골 세우기 7일, 구체 잡양중 7일, PC설치 8일로 총 1절당 20일 소요되는 것으로 계획되었다. 그 상세 내용은 표 1. 및 표 2.에서 보는바와 같다.

표 1. PC부재 수량 및 양중 일수

구 분	개방형 발코니	폐쇄형 발코니	Wall	Stair	에어콘 실외기	계
1층 수량	8매	8매	27매	2매	1매	46매
설치 시간	4시간	4시간	13.5시간	2시간	0.5시간	24시간

[주] PC 양중일수 : 24시간 ÷ 9시간/1일 = 2.67일/1층
 2.67일/층 × 3층/1절 = 8일/1절

표 2. Cycle Time

공 종	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
철골 세우기	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Plumbing				●	●	●	●	●	●	●	●	●
Bolting					●	●	●	●	●	●	●	●
Welding					●	●	●	●	●	●	●	●
PC설치, 잡양중				●	●	●	●	●	●	●	●	●

3.2 PC조립공법 선정

벽체, 발코니에 대한 PC 패널의 조립공법은 선조립, 후조립 및 선·후조립 병행 등 3가지 공법에 대한 장·단점을 분석하여 적용성을 각각 검토하였다.

PC 조립공법	장 점	단 점
선조립 공법 벽체, 발코니, 계단조립 후 콘크리트 타설	- 앵커 비용 절감(7억 5천만원) - PC조립공정이 콘크리트 타설공정과 같이 진행 - 구체 앵커를 매입할 필요가 없음 - 구조적으로 안정함	- 공장에서 자재를 적시에 공급하지 못할 경우 콘크리트 타설공정에 막대한 영향을 끼침 - 콘크리트 타설공정과 혼선 가능성 - 발코니 하부의 내화피복 난해 - 가동 콘크리트 피복 난해
후조립 공법 콘크리트 타설 후 벽체, 발코니 난간, 계단조립	- 콘크리트 타설공정에 영향을 미치지 않음 - 조립 가설재 필요 없음	- 앵커 비용 소요(7억5천만원) - 구체 앵커 매입비용 소요(7천2백만원) - 콘크리트 파취작업이 많이 생길 가능성 - PC 조립 공정이 콘크리트 타설공정보다 약 2개월 지연 - 방수에 취약함
선·후조립 공법 계단과 발코니를 조립하고 콘크리트를 타설한 후 벽체 조립	- PC조립 공정이 콘크리트 타설공정 미치는 영향이 적음 - 조립용 가설재가 적게 투입됨	- 앵커 비용 소요(5억2천만원) - 구체 앵커 매입비용 소요(7천2백만원) - PC 조립 공정이 콘크리트 타설공정보다 약 1.5개월 지연 - 방수에 취약함

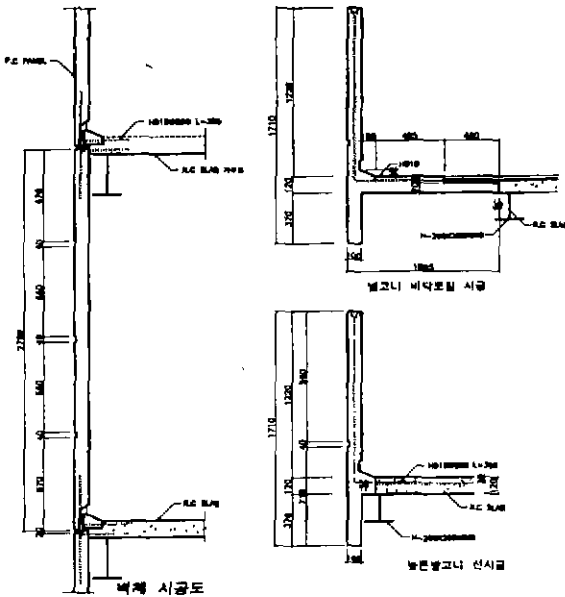


그림 2. PC벽체 및 발코니 시공도

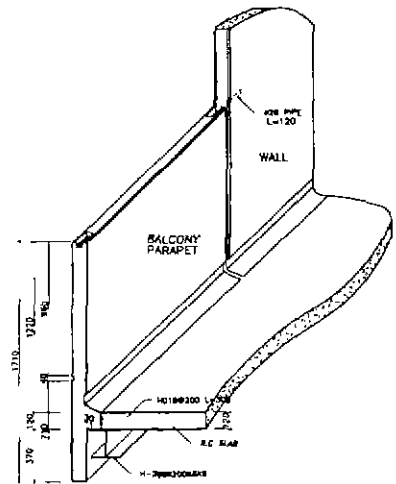


그림 3. 발코니, 벽체 PC 선시공 도해

위 3가지 공법 중 선시공 공법을 최종 선정하여 적용하였다. 선시공 공법을 적용함으로써 당초 계획된 PC패널 조립일은 13일에서 4~5일로 크게 단축시킬 수 있었으며, Anchor 비용을 절감하는 효과를 거두었다.

공법의 선정시 문제가 되었던 선시공의 단점들은 다음과 같이 해결할 수 있었다.

- (1) 공장에서 자재를 적시에 공급하지 못할 경우 콘크리트 타설공정에 막대한 영향을 끼친다는 것을 감안하여 골조공사 개시 3개월 전부터 PC부재의 생산에 착수했으며, 층당 생산을 목표로 가변형 몰드를 사용하였다.
- (2) 콘크리트 타설공정과 PC조립상의 혼선은 2~3층까지는 다소 있었으나, 그 이후부터는 자연스럽게 해소되어 전혀 문제가 없었다.
- (3) 발코니 하부의 내화피복의 난해한 점은 PC조립 후 암면으로 채워 넣어 후시공 하였다.
- (4) 기둥의 콘크리트 피복 시공시 거푸집 설치의 난점은 Form Tie용 Bolt Hole을 PC패널에 미리 설치하여 제작함으로써 거푸집을 시공할 수 있었다.

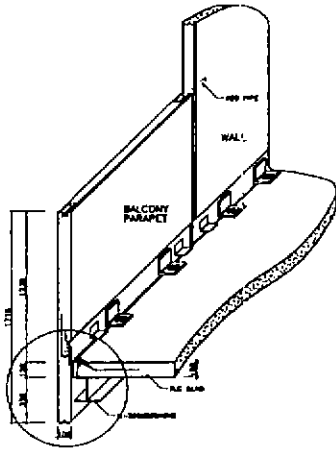


그림 4. 발코니, 벽체 PC 후시공 도해

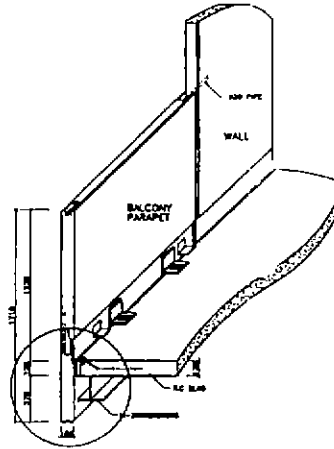


그림 5. 발코니, 벽체 PC 선·후시공 도해

3.3 기타 시공시 문제점 및 대책

- (1) 골조공사에서 주 공정은 철골공사와 PC공사이며, 이런 경우에 철골공사를 완료한 후 PC 조립공사를 수행하는 것이 장비효율 측면에서는 바람직하나 철골조 자체의 자립성에 대한 검토가 사전에 이뤄져야 한다.
- (2) 연구 대상 아파트는 동수가 36개동이나 되는 대단위 아파트 단지로서 3개 업체가 조립작업을 동시에 진행했다. 이 과정에서 같은 부재가 소요되는 경우가 있을 때 업체별로 PC부재를 서로 확보하려는 경향이 있었으므로 조립업체는 한 업체로 선정하는 것이 관리가 용이했었을 것으로 판단된다.
- (3) PC 패널을 철골보 위에 설치 할 경우 철골 이음부위의 철판과 볼트를 간과하기 쉬우므로 사전에 Shop Drawing을 확인하여 PC패널의 몰드에 이를 반영하여야 한다.
- (4) 대부분의 PC공장의 야적장 규모로 볼 때, 대략 50,000여매의 물량을 한 공장에서 공급하기란 거의 불가능하다. 그러나 PC 선조립 공법이었기 때문에 가능했다. 왜냐 하면, 생산과 동시에 소요 강도가 발휘되는, 즉시 운반되어 시공되었기 때문에 야적장이 거의 필요하지 않았기 때문이다.
- (5) PC 선조립 공법으로 PC패널조립 후 콘크리트를 타설하므로써 PC면의 보양을 철저히 해야 한다. 본 검토 대상 아파트의 경우에는 이 점을 간과하여 일부 마감작업을 해야하는 경우도 발생하였다.

4. 지하주차장의 골조 PC공법

4.1 공법 개요

철근콘크리트조의 부분 PC화한 부재를 조합해 가구를 형성하고 현장에서 철근을 배근한 후 콘크리트 타설에 의해 구조물을 일체화시키는 공법으로, 아파트 단지내 지하주차장 구조물 공사에 적합하다.

4.2 구조 계획

4.2.1 설계 하중

지붕층의 활하중(Live Load)은 $1,200\text{kgf/m}^2 \sim 2,000\text{kgf/m}^2$, 주차장부분은 500kgf/m^2 을 적용하여 설계하였으며, 고정하중(Dead Load)은 설계도면에서 산정하여 각각 반영하였다.

4.2.2 구조 형식

평면구성은 보 및 기둥으로 구성된 2방향의 Rigid Frame System을 원칙으로 하며, 지하2층 구조일 경우에는 기둥계를 2개층이 한 부재로 하여 그림 6.과 같은 구조형식을 채택한다.

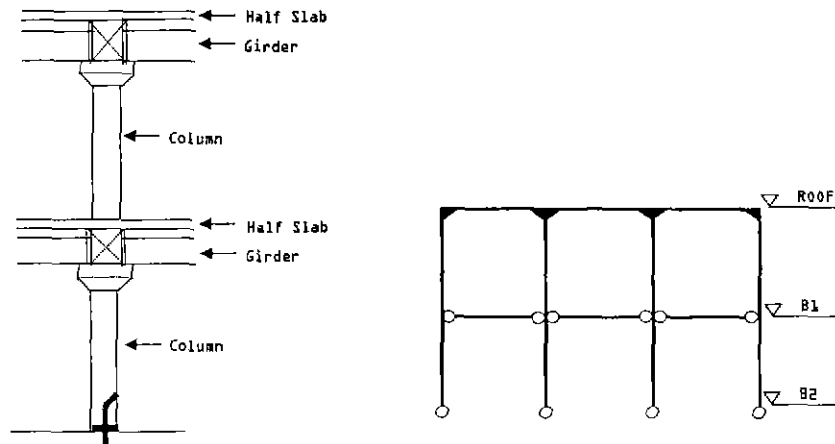


그림 6. 골조PC 구조개념도

- (1) 기둥 : 단일부재 PC로 이루어지며, 매트기초 위에 Anchor Bar로 고정된다. 부재는 자중을 줄이기 위해 중공을 형성한다.
- (2) 큰보 : 하단근과 스티럽이 설치된 PC부재를 기둥에 걸어 가구를 형성시킨다. 기둥 bracket과의 접합부위는 무수축모르터로 충전하며, 기둥 상단부와의 접합은 철근의 정착과 현장타설 콘크리트에 의해 일체화된다.
- (3) 작은보 : 큰보와 같은 형태로, 큰보와의 연결부위는 무수축모르터로 충전한다.
- (4) 슬래브 : 두께 80mm인 Half Slab판을 큰보와 작은보 사이에 깔고 그 위에 상단근을 배근한 후 콘크리트를 타설한다. Half-Slab는 No-shoring으로도 가능 하나 휨으로 인한 변형이 생길 수 있으므로 가설 Support 설치 여부를 사전 검토한다.
- (5) 옹벽 · 옹벽 기둥이 PC일 경우 Half-Column으로 PC화하여 먼저 설치후 옹벽철근을 배근하고

바닥 슬래브와 동시에 콘크리트를 타설하여 일체화시킨다. 콘크리트 타설시 기둥, 보, 옹벽, Half PC 슬래브의 나머지 콘크리트를 동시에 타설해 전체의 일체화를 도모할 수도 있다.

5.3 공법적용 효과

구분	철근콘크리트 구조	프리캐스트 콘크리트 구조
공사비 및 시공	<ul style="list-style-type: none"> 가설재가 다량 소요 철근배근 및 콘크리트 타설, 양생, 거푸집 해체 등 공기가 길어짐 동절기 및 우기에 공사영향 	<ul style="list-style-type: none"> 한 번 제작된 몰드로 타공정에 계속 반복 사용 가능 가설Support가 불필요하며, 공기가 단축됨 기후의 영향이 적음 짧은 공기로 인해 공사장 확보 유리함 시공정밀도 향상 및 기능공 부족해소
구조	<ul style="list-style-type: none"> 콘크리트 이어지기 및 레미콘 수급 등으로 인해 품질이 불균일 Span의 한계성으로 주차장 내부 공간활용이 한정적임 슬래브의 Filler Form 처리 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 공장 생산으로 균일한 강도 확보 긴 Span을 제작할 수 있어 주차공간 활용이 유리하고 경제적인 부재 단면을 얻어 공사비 절약 가능(Prestress 도입시 더욱 유리)
안전	<ul style="list-style-type: none"> 콘크리트 타설시 가설재의 붕괴 위험성 거푸집 해체시 램프만을 통해 많은 양의 거푸집을 반출해야 하고 어두운 곳에서 해체 작업으로 안전사고의 위험성 있음 	<ul style="list-style-type: none"> 조립식이므로 일시에 편입과 집중하중이 걸리지 않아 설치시 붕괴 위험성 경감 주차장 내부작업 인원이 불필요함으로 안전사고 위험성 저감
품질	<ul style="list-style-type: none"> 미장마감면에 균열이 생기기 쉬움 	<ul style="list-style-type: none"> 공장에서 Steel Mould로 생산되므로 표면이 깨끗하고 균열이 거의 없음

5.5 시공절차

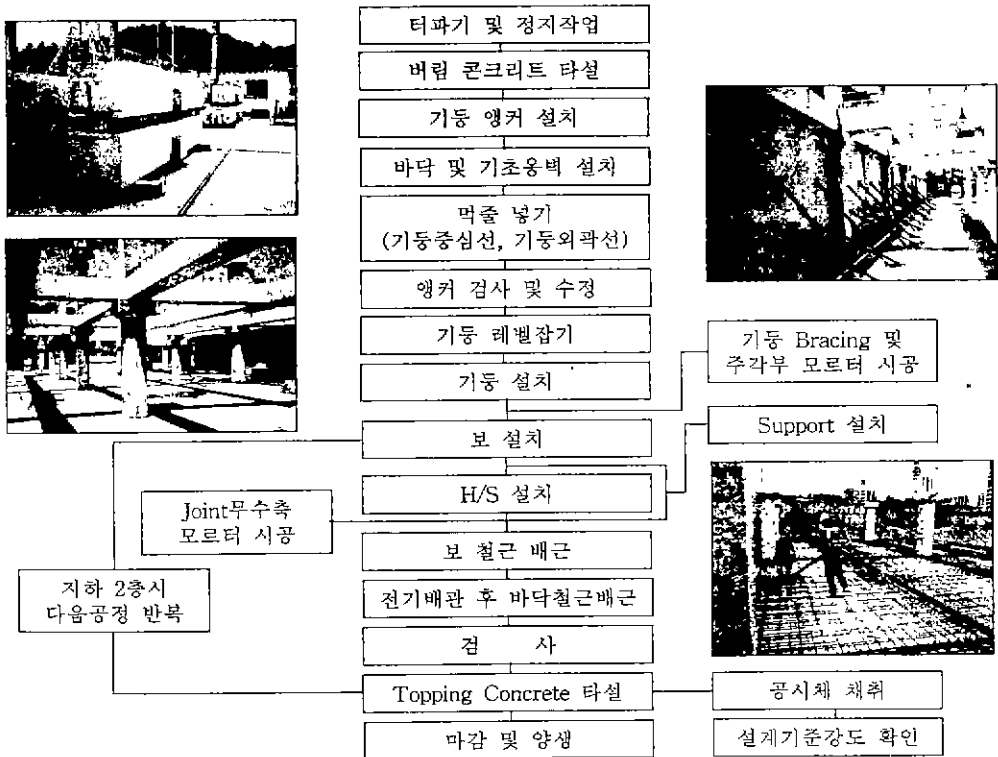


그림 7. 골조PC 시공절차도

5. 결 론

본 고에서는 현재 시공중인 철골조 아파트에 PC공법을 적용함에 있었던 발생될 가능성이 있거나 발생된 문제점들을 열거하고 그 해결과정 및 향후 대책 등을 중심으로 논하였다.

따라서, 향후 철골조 아파트의 외벽에 PC패널을 적용함에 있어서 다음과 같은 가이드를 제시할 수 있다.

- (1) 철골조 아파트의 외벽은 PC 공법을 적용하는 것이 합리적이며, PC패널 설치시에는 선조립 공법을 채택하여 적용하는 것이 공기단축과 원가절감에 크게 효과가 있는 것으로 평가되었다.
- (2) 선조립 공법을 적용할 경우 공장에서 자재를 적시에 공급하지 못할 경우, 공정에 막대한 지장을 준다는 것을 감안하여 철저한 PC패널 생산관리가 요구된다.
- (3) 철골조 자체의 자립성 검토에서 안정성이 확인된 경우, 골조 완성 후 PC패널을 조립하는 것이 장비 효율성 면에서는 가장 효과가 큰 것으로 평가되었다.
- (4) 지하주차장의 골조PC공법은 기존의 철근콘크리트 구조에 비해 시공성, 구조, 안전, 품질면 등에서 여러 장점을 가진 공법으로 평가되므로, 향후 그 적용 범위가 확대되어갈 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 건설부, 프리캐스트 콘크리트 조립식 건축 공사표준시방서, 1992
2. 건설교통부, 초고층 공업화 주택 구조시스템 및 시공방법 개발, 1995
3. 高坂清一, 프리화브 건축의 구조계획과 설계(PC판 공법의 수법), 1990
4. 대한건축학회, 철골조 아파트 기술 세미나, 1998
5. 과학기술처, 고층아파트 부품화 기술개발(III), 1993
6. 한국철강협회, 철골조 아파트 국제 기술 세미나, 1999