

지하주차장 층고 축소를 위한 PC공법 적용 사례



배 병 호 우리회 회원
코오롱건설 부장



김 진 원 우리회 회원
코오롱건설 과장

1. 서론

최근에 건설되는 많은 아파트들은 지상 주차공간을 지하로 옮기고 지상에는 테마공원을 조성하여 주민들에게 다양한 커뮤니티 시설을 제공하고 있다. 단지내의 옥외 생활공간은 차량에 의한 간섭이 최소화될 수 있도록 계획되고 있다. 이처럼 주차공간을 지하에 설치하려다 보니 지하주차장의 면적이 증가하고, 전체 골조 공사비중 지하층 공사비가 차지하는 비중이 증가 되었다.

2000년 이후에 시공된 아파트 단지를 기준으로 지하주차장 골조 공사비 증가를 살펴보면 다음과 같다.

구 분	지상주차 아파트	지상주차 없는 아파트
주차장 형태	통합형	통합형
주차장면적/주차대수	평균 31.1 m ²	평균 37.6 m ²
지상주차 비율	15~25%인	0%~0.4%
지하주차장 골조 공사비	100%	113%~120%

2000년 이후 11개 프로젝트 분석 자료

지상주차가 없는 경우의 지하주차장 골조 공사비는 지상주차가 있는 아파트에 비해서 약 13~20% 정도 증가하게 된다. 공동주택의 전체 공사비에 지하주차장 공사비가 차지하는 비율이 15~20% 인 점을 감안한다면 이러한 지하층의 공사비 증가는 간과할 수 없는 문제이다.

생활 수준의 향상과 주5일 근무제의 확산에 따른 증대형 차량 및 레저차량 증가로 협소한 주차 공간을 좀더 넓게 제공할 필요성이 대두되고 있다. 이처럼 사용자가 지하주차장을 편리하게 사용할 수 있도록 주차 모듈이 기존 6.5×7.5 의 최소화된 모듈에서 7.5×8.0 또는 8.0×8.0의 형태로 바뀌고 있다.

넓어진 주차 모듈에서는 차량의 통행 및 주차 방향을 효과적으로 설계할 수 있는 장점이 있으나 차량 1대가 차지하는 주차장의 면적은 증가하게 된다. 이러한 현상도 지하주차장 공사비 증가의 요인이 된다.

사용자와 환경의 요구에 효율적으로 대처하고 공사비 증가로 인한 부담을 해결하기 위해 아파트 단지의 지하주차장 골조 공사비 절감



방안, 지하주차장 토공사 물량을 최소화할 수 있는 방안, 흠막이 공사의 효율성 향상할 수 있는 방안을 연구해야 하며, 프로젝트에 적극적으로 도입할 필요가 있다.

2. 지하 주차장 설비

공동주택의 주차장 설치기준에 따라 지하주차장은 지하2층으로 계획되는 것이 당연하게 되고 대부분의 단지는 아파트와 지하주차장을 연결하는 주동 통합형으로 건설되고 있다. 따라서 기존에 공동구에 수용되었던 시설들이 지하주차장 천정에 설치되고, 주차장 규모 확대에 따라 추가되는 설비들로 인하여 지하주차장 천정이 상당히 복잡하다.

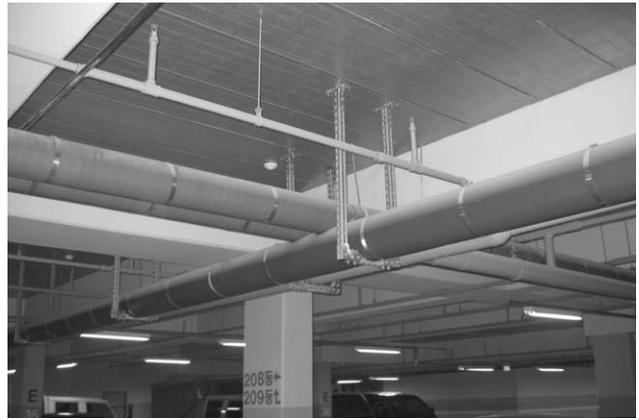
지하주차장에 설치되는 설비(전기:트레이, 덕트 및 배관, 카메라, 조명기구, 기계 : 각종 배관, 스프링클러 헤드 및 배관)들은 다음과 같다.

2.1 지하주차장의 전기, 통신설비

- 가. 조명설비
- 나. 주차관제 설비
- 다. 동력설비(배수펌프, Fan Room)
- 라. 통신설비(방송, CCTV)
- 마. 방범설비(비상경보 또는 비상인터폰)

2.2 지하주차장의 기계설비

- 가. 소화배관
- 나. 급.배수 배관
- 다. 냉.난방 배관
- 라. 환기설비



이처럼 복잡하게 지하주차장 천정에 설치되는 전기 및 기계 설비는 법규에 의한 지하주차장 높이를 감안하여, 건축, 구조, 전기, 설비 등 각 분야가 상호 협력하여 각종 설비의 위치를 결정한다. 지하주차장 계획시 관련법에서 요구하는 급배수, 소화, 환기설비를 주차장 구조 및 형태에 따라 적합하도록 설계하여야 필요한 설비배관 공간을 최소화할 수 있다

3. 지하 주차장 층고

지하주차장 계획시 층고는 주차장법 시행규칙에 따라 차로는 주차 바닥면으로부터 2.3미터 이상으로 하도록 되어있고, 주차부분은 주차바닥면으로부터 2.1미터이상 확보하도록 되어있다.

주차장법 시행규칙

제6조 (노외주차장의 구조 및 설비기준) ①법 제6조제1항의 규정에 의한 노외주차장의 구조 및 설비기준은 다음 각호와 같다. <개정 1992.9.5, 1996.6.29, 2000.7.29, 2004.7.1>

5. 지주식주차장으로서 지하식 또는 건축물식에 의한 노외주차장과 기계식 주차장으로서 자동차용승강기로 주차하고자 하는 층까지 운

반된 자동차가 주차구획까지 자주식으로 들어가는 노외주차장의 차로는 제3호의 기준에 의하는 외에 다음 각목에서 정하는 바에 의한다.

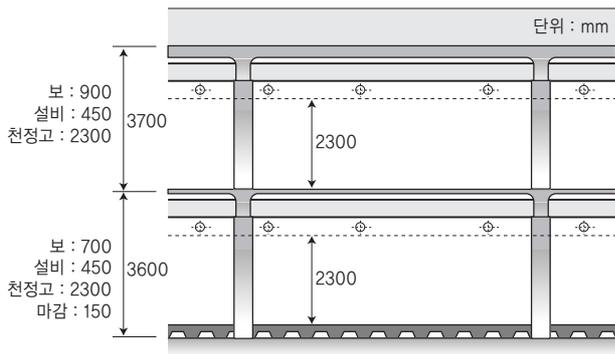
- 가. 높이는 주차바닥면으로부터 2.3미터이상으로 하여야 한다.
- 나. 굴곡부는 자동차가 5미터이상의 내변반경으로 회전이 가능하도록 하여야 한다.
- 다. 경사로의 차로너비는 직선형인 경우에는 3.3미터이상(2차선의 경우에는 6미터이상)으로

따라서 지하주차장 층고는 “보높이+설비공간+차로 천정높이 2300+바닥마감”으로 결정된다. 지하층 층고 최소화를 위해 건축 계획시 난방설비 배관 및 각종 설비의 교차위치는 주차부위에서 분기하도록 계획하여야 한다. 공동주택 지하주차장의 설비공간은 아파트 규모, 냉·난방 방식, 바닥 구배정도, 시공회사에 따라 차이를 보이고 있고, 그 범위는 400~600mm 정도를 일반적으로 사용한다. 최근에 계획된 택지개발지역의 경우 쓰레기 이송설비를 설치하므로 필요한 설비공간이 더욱 증가하고 있다.

▣ 층고에 영향을 받는 공사비 항목

- 가. 터파기량(기초저면이 연암 이상인 경우는 공사비에 많은 영향을 준다)
- 나. 지하외벽 두께 (콘크리트량, 철근량)
- 다. 부력 안전성
- 라. 아파트 지하층 벽체 물량
- 마. 흙막이 가시설
- 바. 지하외벽 및 내부 마감
- 사. 내부 기둥, 벽체 거푸집

다음 <그림-1>은 토심 1000~1200의 전형적인 RC 지하주차장의 단면을 보여주고 있다.



지하주차장 규모가 지하2층인 경우 바닥마감은 지하 기준층인 지하1층 바닥은 하드너계, 에폭시계, 수지몰탈계가 주로 사용되며 경우에 따라서는 고경질우레탄라이닝이 적용되기도 한다. 최하층 지하

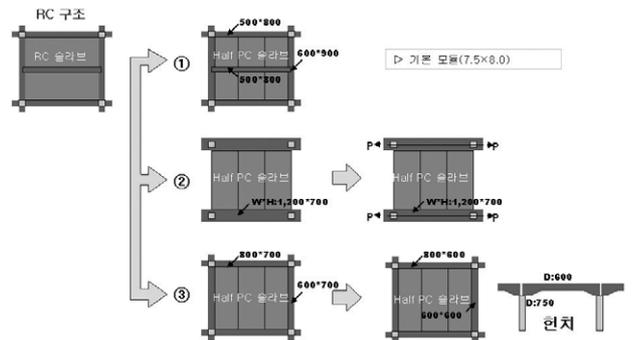
주차장 바닥은 배수판을 깔고 무근 콘크리트를 타설하여 상부에 기준층과 동류의 마감을 한다.

아파트 단지의 지하주차장은 공사 완료 후 지상부분 공사를 위한 작업장 및 야작장으로 사용되므로 지하주차장의 시공기간을 단축할 필요가 많다. 또한 최근 건설현장에서는 숙련공의 부족과 인건비 상승으로 전체 공사비에서 거푸집공사가 차지하는 비중이 커지고 있다. 따라서 골조 공사에서 인력 절감형 공법의 필요성이 높아지고 있다.

최근 대형 건설업체들이 지하주차장을 PC공법으로 적용하는 경우가 많아지고 있으며, 점차 PC 지하주차장 공법의 적용비율이 확대되고 있는 상황이다.

4. 지하 주차장 PC 골조 시스템

이번장에서는 건설현장의 인력부족난과 품질향상 요구에 대처하고 건설현장의 문제점을 해결하기 위해 PC 부재와 구조시스템을 층고 절감의 입장에서 살펴보고 각 시스템의 장단점에 대해 이야기 하겠다. 지하주차장 시스템의 검토 대상은 기본 모듈 7.5×8.0 인 지하2층 주차장을 대상으로 하였으며, 기초하부에 연암이 나오는 경우를 기준으로 하였다.

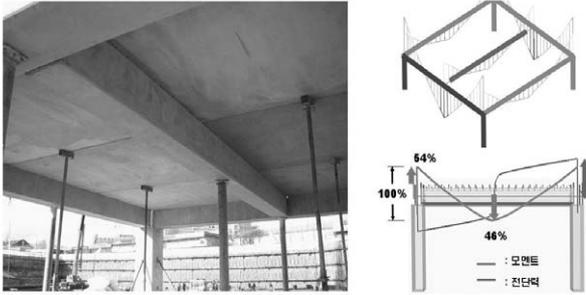


구 분	보 단 면	SLAB 단면	층고	PC물량 (M ³)	비고
RC	800×900	200	3700	0	
	400×700	150	3600		
Case 1	600×900	200	3700	180	
	500×600	150	3500		
Case 2	1200×700	350	3500	145	Pre Stressed Beam
	800×550	200	3400		
Case 3?1	800×700	300	3500	152	
	600×500	200	3400		
Case 3?2	800×600	300	3400	144	Hunched Beam
	600×450	200	3350		

Case 1 : 기존 RC 프레임을 PC로 바꾼 경우

Beam & Girder 시스템으로 PC에 적용되는 콘크리트 강도 증가로 인해 보 단면은 기존 RC에 비해 작아졌으나, PC 보 부재의 수가 많고 공장생산할 PC 콘크리트 물량이 Case 2,3 에 비해 많다.

1방향 PC 구조 시스템

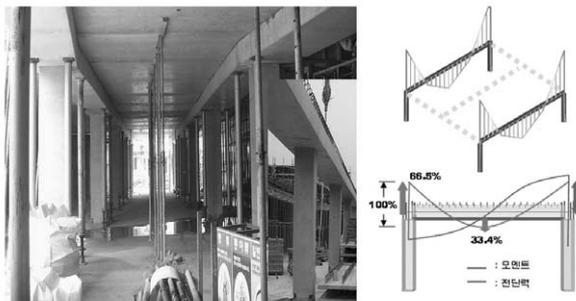


Half Slab 의 경간이 3.75미터로 짧아 시공시 슬래브 부분에 서포트가 필요 없으며, 슬래브 하중을 1방향으로 전달할 수 있는 장점이 있다. 부재수가 상대적으로 많아 조립시 소요되는 시간이 길다. 집중하중 받는 거더에 의해 흠이 결정되므로 지하주차장 층고 절감에 효과적이지 못하지만 많은 시공사에서 적용시키고 있는 일반적인 지하주차장 PC 공법이다.

Case 2 : 1방향 와이드빔 적용한 경우

지하주차장 층고 절감을 위해 와이드 보를 이용한 1방향 시스템으로 PC 부재수를 최소화 할 수 있는 장점이 있다.

1방향 PC 구조 시스템

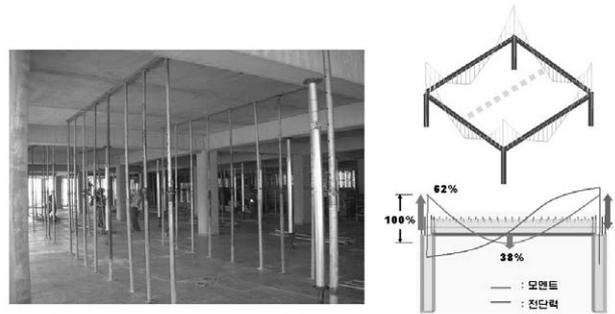


1방향 와이드 거더를 사용한 PC 지하주차장의 경우 Half Slab 의 경간이 6.3미터로 길어 슬래브 중앙에 서포트를 설치하여야 한다. 슬래브 경간이 넓어 슬래브 두께가 350으로 두꺼워지며, 거더의 크기가 1200×700 으로 자중이 무거워 지는 단점이 있다. 부재수를 최소화할 수 있으므로 PC부재 설치시간을 최소화할 수 있다.

Case 3-1: 2방향 PC보를 적용한 경우

Beam 없이 Girder로 이루어진 골조 시스템으로 Case 1에 비해 PC 부재수를 줄일 수 있으며, 슬래브 경간이 넓어 중간에 2열의 서포트가 필요하다.

2방향 PC 구조 시스템



중간에 집중하중을 받는 Girder가 없으므로 보춤을 Case 2와 같이(700) 줄일 수 있다. 슬래브 하중을 2방향으로 분산되므로 1방향 와이드 거더 시스템에 비해 슬래브 두께(300)를 줄일 수 있다. Half Slab를 2방향 슬래브 시공하여야 하므로 슬래브 철근 배근 작업이 불편하다. 설계하중보다 큰 시공하중 작용시 슬래브에 잭서포트 설치 어렵다.

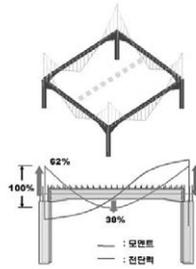
Case 3-2: 현치보를 적용한 경우

지하주차장의 층고 최소화과 공장 생산되는 PC 콘크리트 물량을 최소화 하기 위해 2방향 Girder 시스템의 단부에 현치를 적용한 경우이다. 2방향 거더 시스템의 경우 집중하중을 받는 빔이 없으므로 거더 중앙의 부재력(모멘트,전단력)이 단부에 비해 상대적으로 적게 발생한다. 일반적인 장방형 단면의 경우 경간내 최대 부재력을 기준으로 부재단면을 산정하게 된다.

집중하중 받는 Beam이 없는 2방향 거더 시스템의 단부와 중앙부의 단면크기를 구분할 수 있고, 건축 계획시 지하주차장 천정에 설치되는 전기설비 배관들을 보의 중앙부에 위치하도록 계획하여 지하주차장 층고를 최소화 할 수 있다.

일반 RC 라멘의 경우 보 단부와 중앙부 단면을 다르게 하거나, 현치보를 적용할 경우 시공시 거푸집 작업에 어려움이 있으므로 지하주차장에 적용하지는 않는다.

공장에서 생산되는 PC 부재의 경우 재래식 거푸집에 비해 몰드의 반복사용이 가능하므로 보 단부에 현치를 만드는 것이 어렵지 않다. 현장 시공시에는 단부 현치로 인해 PC부재의 운송에 어려움이 있었다.



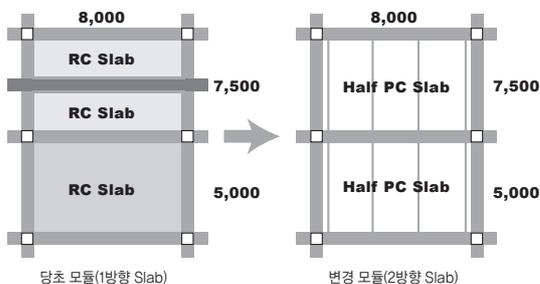
위 그림과 같이 2방향 PC 지하주차장은 슬래브 경간이 길어 슬래브 중앙에 2열의 서포트가 필요하다. 거더 중앙부 단면은 최소화할 수 있고, 단부는 설비 배관들이 지나가지 않으므로 Case 3-2에 비해 보 춤을 크게 사용할 수 있다. 또한 단부 보춤을 설비공간만큼 크게 설치할 수 있으므로 현장에서 배근되어야 하는 단부 상부근의 배근량을 최소화할 수 있는 장점이 있다.

5. 현치있는 2방향 PC거더 현장 적용

Case 3-2 현치보를 적용한 2방향 PC 지하주차장을 기초 지반이 연암이고, 규모가 지하2층인 지하주차장에 적용한 사례에 대해 설명하겠다. 시공현장은 부산지역에 위치하고, 지하주차장 면적은 58024.75m²이며, 지상 주차 비율이 2%인 아파트 현장이다.

주차장 기본 모듈 7.5×8.0으로 계획된 주동 통합형 아파트이다. 설계 변경전 지하주차장 골조형태는 집중하중을 받는 보가 있는 라멘 구조로 계획되어 있었다. PC 지하 주차장 공법의 효율적인 적용을 위해 다양한 PC 주차장 형태를 검토하였고 최종적으로 현치보가 있는 2방향 PC 시스템 공법을 채택하였다. 지반조사 결과 기초가 연암으로 평가되었으므로 지하주차장 층고를 최소화 하는 방안과 PC 부재수를 줄이고 PC공사비를 최소화할 수 있는 방안을 검토하였다.

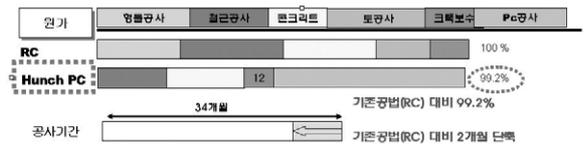
- 구조 시스템 변경 : 1방향 슬라브 → 2방향 슬라브
- Hunch Girder와 고강도 철근 사용 → 층고 축소 500mm
- 층고 축소에 따른 토공량(연암) 감소 → 흙막이 공사, 지하주차장 외벽, 결로이중벽, 방수 등 기타 축소금액 반영



5.1 현치 PC 보 적용에 따른 기대효과

현치 PC 공법 적용시 지하주차장의 공사비를 기존 RC(설계 변경 전) 공법과 비교 분석한 결과, PC 공법의 총 공사비가 기존공법(RC Deck)에 비해 약 0.8% 공사비가 절감되는 것으로 나타났다.

PC 지하주차장 공사의 경우 RC 지하주차장 공사비에 비해 약 3~5% 정도 증가 하는 것이 일반적인 경우이지만, 본 프로젝트의 경우 기초가 연암이라는 특징 때문에 층고 절감(500mm)으로 인한 토공사비 절감이 크게 작용한 것으로 분석되었다.



기초가 풍화토인 일반적인 지하주차장의 경우에도 현치 PC를 적용하면 PC주차장으로 변경하면서 발생하는 공사비 증가를 최소화할 수 있을 것으로 평가되었다.

현치 PC 지하주차장을 적용하는 경우 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

▣ 지하주차장의 PC공법 적용에 따른 기대효과

- 가. 공장 제작된 PC부재의 현장적용으로 인력절감, 공기단축
- 나. 현장 시공 효율성 증대에 따른 시공현장 관리 용이
- 다. 아파트 지하주차장의 PC 조기시공으로 인한 작업장 및 아작장으로 활용
- 라. 현치 PC 보 적용에 따른 층고 절감

5.2 현치 PC 보 적용 사진



그림 1 공장제작

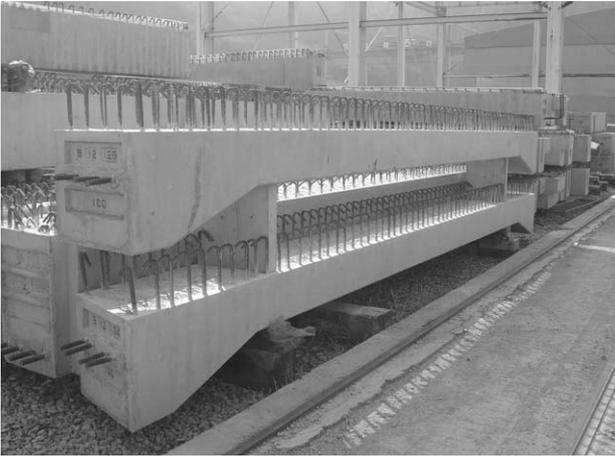


그림 2 현장 반입



그림 3 현장 조립

6. 결론

주거단지의 친환경화와 증대형 차량의 증가 등으로 공동주택 골조 공사비중 지하주차장 공사비가 차지하는 비율이 증가하고, 건설 환경의 변화로 지하주차장의 PC화의 필요성이 점차 증가하고 있으며, 대형 건설업체에서 PC지하주차장을 채택하는 비율이 늘어나고 있다. 최근 건설업체 기술팀에서는 지하주차장 모듈을 장스팬(10~12m)으로 하여 기동 한열에 주차할 수 있는 차량의 수를 증가시키거나 주차 폭(2.4~2.5m)을 증가시켜 입주자들의 지하주차장 사용성을 향상시키기 위한 여러 방안을 계획하고 있다. 하지만 아직까지는 지하주차장의 과도한 하중으로 인해 경제성 있고 현실성 있는 골조 시스템이 실용화되지는 못하고 있다.

PC 지하주차장을 적용하는 경우 기존 재래식 공법에 비해 공사비 상승은 당연한 일이지만 공사비 증가를 최소화하기 위한 여러 방안들을 검토할 필요가 있다. 위에서 사례로 설명한 보 단부에 현치를 설치한 지하주차장 PC 공법은 이러한 맥락에서 매우 많은 효과를 얻을 수 있었다. 향후에 지하주차장 층고를 절감할 수 있을 뿐 아니라, 골조 공사비 증가도 최소화할 수 있는 공법에 대한 많은 연구가 필요하다고 생각된다. 또한 지하주차장 PC화의 적극적인 도입을 위해서는 건축 계획단계에서부터 PC지하주차장을 고려한 모듈의 계획이 필수적이라고 판단된다. 정형화된 모듈에 PC공법을 적용할 경우 생산단가를 낮추고 거주자들의 주거환경 향상에 많은 효과가 있을 것이다.