

평촌 아크로타워 공사 시공 사례

Construction of Pyeongchon Acro-Tower



이규성*
Gyoong-Sung Lee



김옥종**
Ook-Jong Kim



권용석***
Yong-Seok Kwon

1. 개요

평촌 아크로타워는 평촌 신도시의 도시 정체성 확립을 위한 랜드마크 적인 건물로 추진되었으며 신도시의 성장과 어우러짐을 디자인 모티브(design motive)로 하여 미래지향적 이미지를 강조함으로써 도시환경을 고려하면서 친환경적인 계획이 반영되도록 하였다. 또한 입주민들의 다양한 사용 환경에 대한 욕구를 충족시키면서, 새로운 형태의 업무 문화를 유도하여 침체된 지역경제 활성화에 기여하고 자족적 도시를 지향하는데 있어 새로운 주거형 업무시설의 모델을 제시하고자 하였다. 대상 건물의 전경은 <그림 1>과 같고 현장 개요는 다음과 같다.

- 건축면적 : 9,664.6 m²(2,926평)
- 건 폐 율 : 68.98%(설계) / 80%(법적)
- 연 면 적 : 187,503.5 m²(56,767.64평)
- 용 적 률 : 956.81% (설계)/1,100 % (법적)
- 주 차 : 1,684대-1층206대 포함(설계)1,024대(법적)
- 구 조 : 철근콘크리트 구조
- 외장마감 : 커튼 월+ AL 패널+ 화강석

(6) 설계/감리 : (주)건축사사무소 뿌리건축

(7) 시 공 사 : 대림산업(주)

1.1 공사 개요

- (1) 공 사 명 : 평촌 아크로타워 신축 공사
- (2) 대지위치 : 경기도 안양시 동안구 관양동 1591번지
- (3) 공사기간 : 착공 후 40개월 (2004.01.27 ~ 2007.05.27)
- (4) 공사규모 : 오피스텔: 1080실
(14평형:184실, 28평형:616실, 29평형:32실,
30평형:24실, 35평형: 192실, 44평형: 32실)
상가: 20,578 m²(6,230평)
오피스: 29,080 m²(8,804평, 강당 380평 포함)
- (5) 건축규모 : - 대지면적:4,248평
- 층 수 : 지하5층, 지상42층, 옥탑3층

* 대림산업 평촌 아크로타워현장 공사차장
** 정희원, 대림산업 기술연구소 책임연구원
kimoj1004@empal.com
*** 대림산업 평촌 아크로타워현장 소장



그림 1. 평촌 아크로타워 전경

2. 구조 계획

2.1 구조 시스템

지상 42층 규모로 <그림 2>의 평면도와 같이 중앙 코어의 전단벽과 외주부 프레임(frame)을 넓은보(wide beam)로 연결하여 횡력과 수직력을 지지하는 철근콘크리트 전단력을 가진 이중 골조 시스템으로 계획하였다.

2.2 슬래브 및 보

- 횡력의 전달을 위한 충분한 격막(diaphragm)의 역할 고려
- 수직하중 지지 및 개구부 영향을 고려한 두께 결정
- 상재 하중에 의한 슬래브의 진동 및 처짐 고려
- 휨 모멘트 및 전단력에 대해서 수평하중을 고려하여 테두리에 넓은보를 적용

2.3 기둥 및 벽체

- 수직력 뿐만 아니라 횡력에도 저항할 수 있는 부재 단면의 설정
- 과도한 축 압축력을 받는 부재는 최소 편심모멘트에 의한 약축 방향의 좌굴을 고려함.
- 수평하중은 주로 코어의 전단벽에 의해 부담하도록 설계함.

2.4 내풍 계획

- 진동의 문제와 사용성 및 거주성 확보 필요
- 기본풍속 : 50년간 초과확률 0.4, 즉 100년 주기
- 풍 하중은 구조물의 구조적 성질보다 외형에 크게 좌우됨.
- 풍동 실험을 통한 구조용 풍하중 산정<그림 3 참조>

2.5 내진 계획

- 고차모드의 기여도가 상대적으로 큰 초고층 구조물에서 정

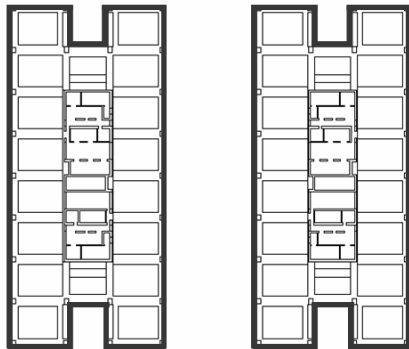


그림 2. Twin tower의 기준층 평면도

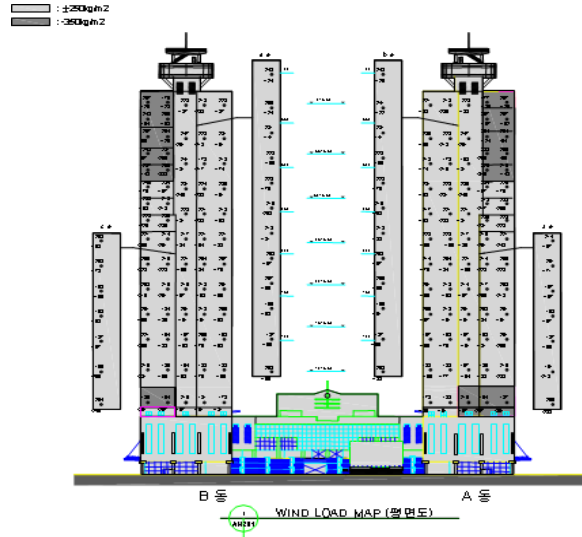


그림 3. 풍동 실험에 따른 풍압 분포도

적 해석법으로는 구조물의 내진 특성을 정확하게 분석할 수 없으므로 본 프로젝트의 경우에는 동적 해석법에 의한 내진설계를 수행하였다.

- 각 층 바닥 판은 횡방향으로 무한한 강성을 가진 격막 작용(diaphragm action)으로 가정하였다.
- 반응 수정계수는 철근콘크리트 전단벽을 가진 이중 골조 시스템인 5.5를 적용하였다.

2.6 기타

- 주거용 건축물의 특성을 반영하여 바닥판 진동 해석을 실시하여 바닥판의 진동가속도를 1.5 cm/sec^2 이하로 설계함.
- 시공 단계 해석 및 계측을 통하여 초고층 건축물 수직부재의 부등축소에 대한 검토 및 보정을 고려한 설계를 함.

3. 공사 진행 과정

대상 건물의 공사 진행 과정을 큰 시공 단계별로 순서대로 정리하면 <그림 4>와 같다.

4. 공사 계획 및 적용 공법

4.1 공사를 위한 Zone 계획

4.1.1 지하층 Zone 구획

지하층을 구간별로 4개 존으로 구획 하였으며, 고층 부분의 골조 공사를 조속히 착수하기 위해 고층 부분과 저층 부분으로 구분하고 공사용 램프를 존치하기 위해 저층부를 전면부와 후



(a) 공사전 대지 형상 (b) 흙막이 공사 및 타파기 작업



(c) 흙막이 및 지하 타파기 공사 (d) 지하층부 골조 공사



(e) 저층부 골조 공사 (f) 골조 및 C/W 공사



(g) 최상층 골조 및 외부 마감 공사 (h) 고층부 골조 및 외부 마감 공사

그림 4. 시공 단계별 사진

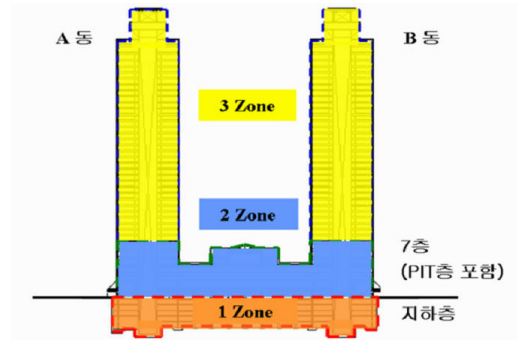
면 램프 구간으로 나누어 Zone을 구획하였다<그림 5 참조>.

4.1.2 저층 Zone 구획 개요

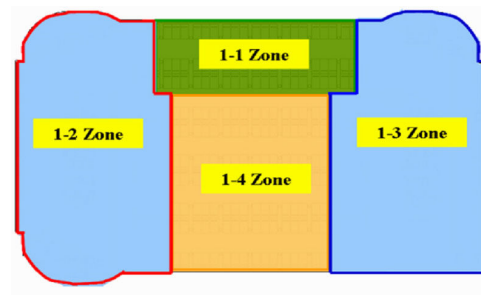
지상 저층부는 고층부와 중앙 저층부 3개 존으로 나누어 구획하였고 그 경계에 수축대(shrinkage strip)를 적용하여 건조수축균열을 감소시킬 수 있는 방안을 마련하였다.

4.1.3 기준층의 Zone 구획 개요

고층부 구간은 5일/층 공정을 진행할 수 있도록 1층을 2개 Zone으로 구획하여 작업자가 작업 시간을 최대한 활용할 수 있도록 고려하였다.



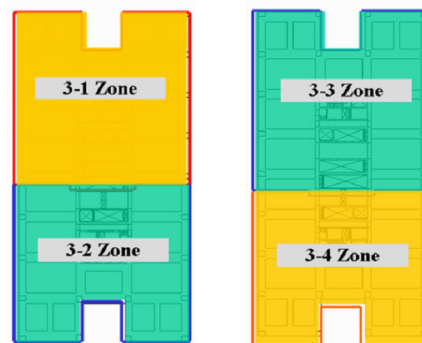
(a) 단면 구역 계획



(b) 지하층 구역 계획



(c) 저층부 구역 계획



(d) 고층부 구역 계획

그림 5. 공사 부위별 구역 계획

4.2 공사 부위별 공법 적용 및 개선

4.2.1 테이블 폼(table form)을 활용한 슬래브 거푸집

재래식 슬래브 거푸집의 문제점은 대형 시스템 거푸집에 비해 거푸집의 붕괴 위험성이 높고, 인력 의존도가 높으며 이에 따라 현장에서의 시공 및 안전 측면에서 관리 요소가 증가하는 점이 있으며 또한 슬래브 하부에 지보공의 간격이 작아 작업자의 통로 확보가 매우 불리하다. 이런 단점들을 개선하고자 새로 도입된 테이블 폼을 적용하였다<그림 6 참조>. 테이블 폼의 적용에 따른 장점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째, 구조적 안전성 확보 및 층고 변화에 대한 대응이 용이하다. 둘째, 거푸집의 설치 및 해체시 장비를 사용함으로써 생산성을 향상시킬 수 있다. 셋째, 하부층의 작업 공간 및 통행로의 공간 확보가 가능해진다. 넷째, 거푸집의 시스템화 및 일체화로 작업 부산물이 대폭 축소되어 거푸집 하부의 작업 환경 개선 및 현장 정리 정돈이 용이하다는 점을 들 수 있다. 전체적으로는 안전관리 포인트 감소 및 동바리의 안정성을 높여 거푸집의 붕괴 방지라는 재해 예방 효과를 볼 수 있다.

4.2.2 고층부의 안전성 확보를 위한 CPP의 도입

CPP(climbing protection panel)란 내부 작업자를 위한 가시설물로써 고층으로 인한 심리적 부담감을 해소하며 작업시 발생하는 낙하, 비래를 예방하기 위하여 건물의 외부를 따라 외부 보호용으로 설치하는 가설 장치로서 <그림 7>과 같은 형상의 시스템 가설체이다. CPP의 적용배경으로는 우선적으로 초고층에서 작업하는 근로자의 심리적 안정을 꾀할 수 있다. 2차적인 배경으로는 여러 가지가 있을 수 있는데 크게 추락 및 낙하, 비래제해 예방과 방풍, 방진, 방음 효과의 우수성, 외부 가설벽면의 홍보 활용을 들 수 있다. 당 현장의 특징으로는 외



그림 6. 테이블 폼(table form)의 형상

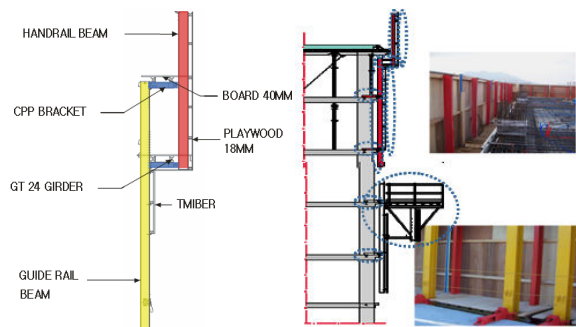


그림 7. CPP의 형상

부 콘크리트 먼치리가 필요 없는 초고층 콘크리트 라멘조에 외부 커튼월을 적용하는 시스템이고 기둥, 보, 슬래브의 거푸집 이외의 외부 거푸집은 거의 필요 없기 때문에 골조공사 중의 외부 안전성을 확보하기 위하여 CPP를 설치하여 안전성을 향상시켰다<그림 8>.

외부 CPP를 적용한 구간은 3F~40F의 38개 층을 적용하

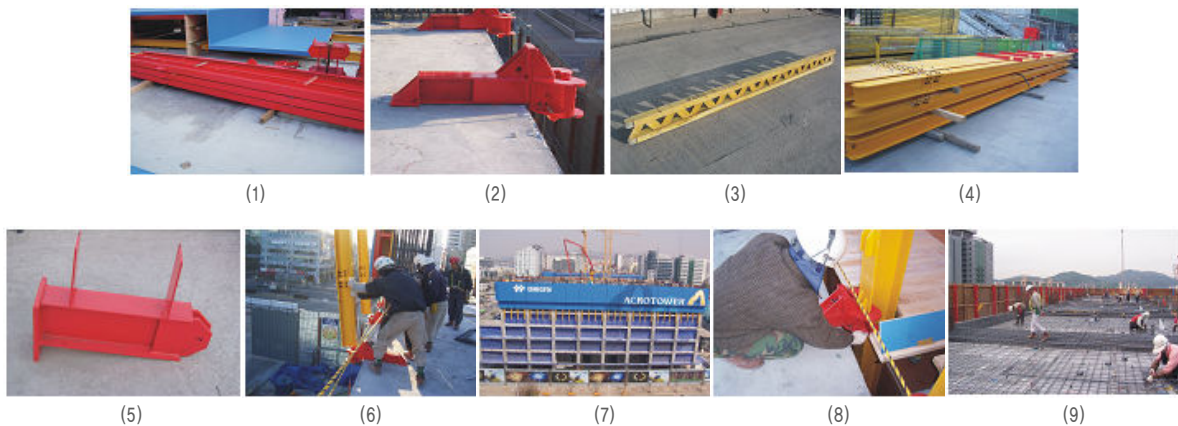


그림 8. CPP의 조립 및 설치 장면

였으며, 이를 적용함으로써 다음과 같이 시공에 따른 개선 효과를 확보하였다

- ① 쌓을 비계 설치 구간 최소화에 따른 안전성 확보
- ② 경제성 향상
- ③ 동절기 공사 구간의 보양 작업성의 향상

4.2.3 외부합벽의 soldier system 적용

지하외벽의 공사 검토시 기존 합벽 거푸집의 문제점은 거푸집 지지(support) 자체 강성이 약해 변형 및 붕괴의 위험성이 높고 콘크리트의 측압에 대비하여 별도 구조 보강이 필요하게 되어 설치와 해체시에도 현장의 안전 관리에 대한 문제의 검토가 필요하게 된다. 이러한 기존 합벽의 거푸집 시스템의 문제점을 보완하고자 soldier system을 적용하였다. 이 공법을 적용함에 의한 개선 효과는 다음과 같다. 첫째, 콘크리트 측압(옹벽 두께: 800mm)에 대한 보강재의 시스템화로 거푸집의 붕괴방지효과를 들 수 있다. 둘째, 상부 작업 공간의 확보로 작업자의 추락재해 등 안전사고를 사전에 예방할 수 있다. 마지막으로 거푸집을 대형화하여 적용함으로써 설치, 해체시 장비를 사용하게 되어 작업 인원 감소에 따른 인력투입의 절감을 들



(a) 직선부



(b) 곡선부

그림 9. 지하외부 합벽의 soldier system 적용 장면

수 있다. 적용 장면은 <그림 9>과 같으며 직선부의 경우, 기존의 유로폼을 대형 판넬화 하고 측압을 지지하는 버팀대를 삼각형으로 일체화된 soldier system 을 사용하여 구조적 안전성 및 상부 작업 발판 일체화로 작업시 작업자의 안전성 확보가 가능하다. 곡선부의 경우 경사로(ramp) 곡선부로 직선부와 같은 soldier system 폼으로 형태에 맞게 설치하여 안정성을 확보 하였다.

4.2.4 V/H (수직/수평)분리 타설

기존의 콘크리트 일체 타설시의 문제점은 수직 및 수평 부재의 거푸집 강성이 약해 붕괴위험의 매우 크고 수직재에 대한 가시설물 증가로 통로 확보의 어려움을 들 수 있다.

이에 반해 분리 타설<그림 10 참조>의 개선 효과는 선타설 부분 지지점의 효과, 슬래브 콘크리트 타설시 안전성 확보, 기둥과 코어 AL 폼(form)의 사용 가능 그리고 수직재 가시설해체로 하부층 안전 통로 확보를 내세울 수 있다. 종합적으로 가시설 붕괴 예방에 매우 효과적이라는 것을 알 수 있다.



(a) 기둥 콘크리트 타설



(b) 벽체 콘크리트 타설

그림 10. 수직수평 분리 타설 장면

4.2.5 고층부 공법 개선(AL 품의 적용)

기존의 재래식 거푸집의 문제점은 크게 네가지로 요약할 수 있다. 첫째, 보강용 가설재 설치로 투입 인력이 증대된다. 둘째, 콘크리트 타설 중에 집중하중이 작용할 경우 붕괴 위험성이 증대된다. 셋째, 거푸집 자체의 전용률이 저하되어 거푸집의 주기적 교환이 필요하다. 넷째, 각종 가설재의 설치로 통로 확보에 분리하다. 이러한 재래식 거푸집의 문제점을 보완하고자 모듈러 거푸집인 AL 품을 적용하였다<그림 11>. 적용한 거푸집의 개선 효과로는 첫째, 보강재 미설치로 인한 투입 인력의 최소화가 가능하다. 둘째, 하부층의 넓은 작업 공간 및 통로 확보가 가능하다. 셋째, 시스템화로 조립과 해체가 간편하다. 넷째, 거푸집 일체화로 붕괴 사고가 방지된다. 다섯째, 콘크리트 타설 후 건설 폐기물이 거의 발생하지 않아 환경적인 측면 뿐만 아니라 경제적인 장점을 가질 수가 있다.

4.2.6 콘크리트 타설 장비 도입 및 콘크리트의 품질 관리

(1) 콘크리트 타설 장비 도입

현장에서 콘크리트의 타설 효율을 높이기 위하여 CPB를 도입하였다. CPB(concrete placing boom)는 지상의 콘크리트 펌프에서 배관을 통해 압송된 콘크리트를 Tubular Mast에 설



(a) 슬래브



(b) 벽체

그림 11. AL 품의 적용 장면



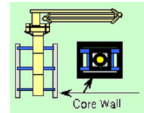
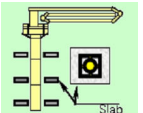
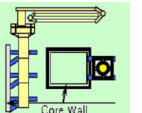
그림 12. CPB 장비의 현장 설치 장면(슬래브 고정 방식)

치된 CPB를 이용하여 고층부에서의 콘크리트 타설 위치에 직접 포설하는 장치를 일컫는다<그림 12>. CPB의 적용 대상은 초고층 대형건물, 층고가 높은 건물, 코어월(core wall) 선형 시공 시, 기둥(column) / 벽(wall)과 슬래브의 분리 타설 시, 기둥과 슬래브의 콘크리트 강도가 상이할 때 등에 적용하게 된다. 적용시의 장점으로는 재료 분리 방지로 고품질 시공이 가능하게 되고 기계화 시공으로 인하여 타설 인원 투입이 최소화(2~3명/회)되고 또한 콘크리트 타설 시간의 단축이 가능하게 된다. 부가적으로 CPB의 인양 방법에 따라 <표 1>과 같이 분류할 수 있으며 당 현장에서는 슬래브 고정 방식을 적용하였다.

(2) 콘크리트의 품질 관리

당 현장의 경우 저층부 15층까지 42 MPa의 고강도콘크리트를 적용하였다. 시공적인 측면에서 고강도콘크리트의 특성은 고성능 혼화제의 높은 감수율로 인하여 콘크리트의 고강도화를 가능하게 하면서 높은 시멘트량 및 고성능 혼화제의 사용으로 점성이 증가하게 되므로 재료 분리 저항성은 크지만, 펌프 압송성은 저하되는 성향이 있다. 슬럼프 210~230 mm의 고강도 콘크리트는 일반강도 콘크리트의 슬럼프 120~150 mm의 수준과 유사한 시공성을 발휘하는 것으로 알려져 있다.

표 1. CPB의 인양 방법 비교

Climbing 방법	코어월 고정	슬래브 고정	월브라켓 설치
설치 방법			
내용	<ul style="list-style-type: none"> - CPB를 코어월 내부에 설치 - 코어월 외부 기둥과 슬래브 및 2~3개 층 저층부도 콘크리트 타설 가능 - 작업 범위 활용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 슬래브에 주어진 규격에 맞춰 오픈한 후 가이드프레임에 의해 고정하는 방법 - 현장 채택안 	<ul style="list-style-type: none"> - CPB를 코어월 내부에 설치할 수 없을 경우 - 코어월 공정이 선행됨.

고강도콘크리트의 품질을 유지하기 위하여 다음과 같은 사항을 반영하여 품질관리를 수행하였다.

- ① 타설 전, 약 20초간 고속 회전하여 얻어진 균질한 콘크리트로 검사 수행
- ② 비나 눈이 내린 다음날 또는 조출 물량의 경우 품질 관리 주의 필요
- ③ 타설 시간이 지연되는 경우를 대비하여 현장 상황에 맞게 레미콘사와 연락을 취하여 레미콘 배차 간격 조절(대기 시간이 길어지지 않도록)
- ④ 품질 관리 기준에 맞지 않는 경우 반드시 회차 조치
- ⑤ 원활한 작업을 위해 슬럼프 210mm 이상으로 타설
- ⑥ 슬럼프 플로우 개념으로 콘크리트 유동성 평가하여 품질 관리

4.2.7 외부 커튼월 공사

커튼월의 종류에는 스틱(stick), 유니트(unit), 유니트 멀리언(unit mullion), 패널타입(panel type)이 있으며, 당 현장에 적용한 타입은 저층형은 스틱, 중층부는 유니트형, 상층부에는 패널형을 적용하였다<그림 13>.

특히 당 현장의 대부분의 커튼월에 적용된 유니트형의 특징으로는 건물의 경량화, 공기단축, 가설공사의 간략화 할 수 있으며, 또한 성능이 우수하며 디자인이 다양한 점을 특징으로 꼽을 수 있다. 이 공법의 적용에 따른 공법적인 장점은 조립 상태가 타 공법보다 양호하고 사전 공정 관리가 가능하며, 현장 설치 이전에 사전 검토가 가능하다는 점이다. 또한 현장 공정 시간이 단축되고 타 공정과의 병행 작업이 가능하며 수직 및 수평에 대한 팽창 및 층간 변위의 편차에 대한 대응이 가능한 점 등을 들 수 있다.



그림 13. 외부 커튼월 설치 장면



그림 14. 외부 커튼월 설치 과정

5. 맺음말

평촌 아크로타워는 안양 신도시인 평촌의 중심가에 당사가 그 동안 축적하여 온 기술력과 노하우를 집약시켜 만든 초고층 건축물로서 당사의 자부심과 긍지를 가질 수 있도록 야심차게 추진한 프로젝트이다. 평촌 아크로타워는 간결하고 모던한 외관과 국내 최초의 시뮬레이션이 가능한 LED 경관 조명, 각종 첨단 시설, 낙락장송의 명품 소나무 숲을 연출한 외부 조경 공간 등 고품격 타워로 안양시 뿐 만 아니라 경기도의 랜드마크 건물로서 손색이 없다는 평가를 받고 있다. 이 건물은 지하 5층, 지상 42층, 옥탑 3층으로 구성되어 평촌에서 최고층 건축물로 자리매김 하고 있으며, 건물높이 지하 22m, 지상 164m(해발 기준 약 200 m)의 높이로 되어 있으며, 최고의 건물로 손색이 없도록 하기 위하여 기획 단계부터 기획, 설계, 시공, 기술, 관리운영간의 긴밀한 협조 하에 이루어져 성공적으로 프로젝트를 수행한 사례이다. □