

RC초고층 주택의 새로운 고강도 콘크리트

1. 서론

본 건물의 부지는 고베시 동부 신도심지구 계획구역에 있어 대규모의 재개발이 계획되어 순차적으로 공사가 진행되고 있는 곳이다. (그림 1) 부흥주택의 조기대량 공급을 목적으로 공적임대주택 약1,900가구를 건설하며 사업주체는 주택·도시정비공단이다. (그림 2)

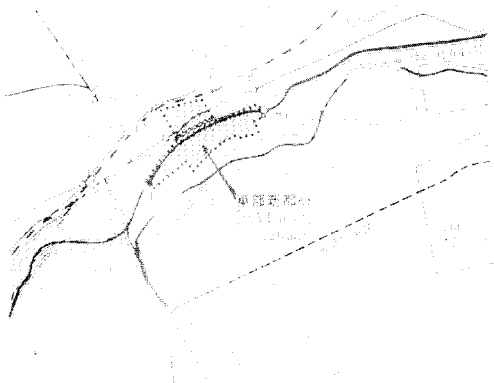


그림 1 동부 신도심의 위치

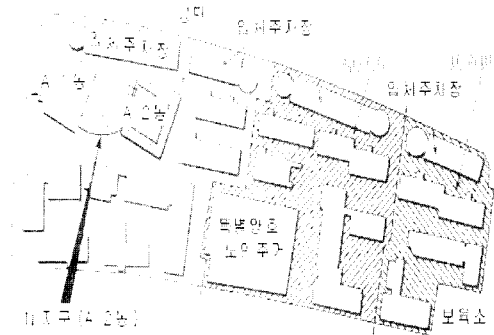


그림 2 배치도

이번에 건설되는 주택은 지상33층, 지하1층, 옥탑4층의 초고층 주택동(A-2동) 및 지하1층의 상업동이 배치되어 있다. 본 공사기록은 초고층주택에 채용된 고강도콘크리트 기술에 대한 기록이다.

정상진 단국대학교 건축학부 교수
이영도 경동대학교 건축공학부 교수
정재영 한남대학교 건축·토목 환경공학부 교수

2. 시공상의 특징

(1) RC자동화건설 시스템 채용

이 시스템은 동시에 크라이밍하는 가설지붕(캐노피), 자재의 프리패브화·유니트화, 부재조립의 기계화·자동화, 자재의 컴퓨터관리 등의 여러 가지 첨단기술이 집결한 것이다. 본 공사는 3번째로 적용한 수직운반 리프트의 고속화(중래40m → 55m), 천장크레인의 채용 등 새로운 기술을 적용하고 있으며 캐노피는 시공하는 전체층을 덮어 바람과 비로부터의 작업자를 보호하고 쾌적하고 안전한 작업환경을 확보할 수 있다.(사진 1)



사진 1 캐노피

(2) 프리캐스트(Pca)공법의 채용

RC자동화 건설 시스템의 채용으로 구체의 Pca화율을 최고로 높이고(그림 3), 기둥은 풀Pca부재, 보 및 발코니는 하프 Pca부재, 바닥은 합성바닥판을 사용하여 현

장타설 콘크리트를 최소로 하였다. 그 결과 사이클공정을 당초계획 6일에서 5일(일부는 4일)로 단축하는 것이 가능하게 되었다.(사진 2)

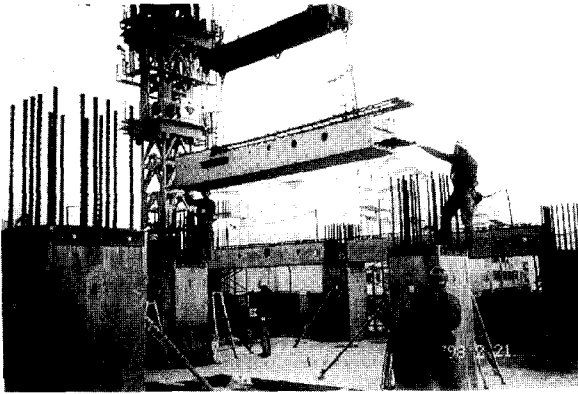


사진 2 프리캐스트 공법

(3) 고강도 콘크리트 사용

본 공사는 그림-4와 같이 설계기준강도(이하 Fc로 한다) 60N/mm를 최고로 한 고강도 콘크리트를 사용하였다. 그 중에서도 다음 2가지의 새로운 고강도 콘크리트기술을 적용하였다.

- 1) 서중타설이 되는 매트슬래브 콘크리트(Fc=45N/mm)에 저열시멘트 사용
 - 2) 공장제작에 의한 프리캐스트 콘크리트 기둥부재(Fc=60N/mm)의 사용
- 또한 1, 2층의 기둥 및 상층의 기둥보 접합부에도 현장타설 고강도콘크리트를 사용하였다.

양: 약 2,300m³)이고 Fc=45N/mm의 고강도 콘크리트를 사용하였다. 또한 시공시기가 8월의 서중기로 예정되어 온도균열이 문제로 예견되었다. 이 때문에 수화열 저감대책으로 저열시멘트를 선정하고 4광구로 나누어 타설하였다. 저열시멘트는 현지의 공급사정 등을 고려하여 2종류(이하, LA과 LB로 한다)를 선정하고 그것과는 별도로 레미콘공장에서 출하하는 것으로 하였다. 이 2종류의 저열시멘트와 보통시멘트, 고로시멘트 B종과의 단열온도 상승 비교를 그림-5에 나타내었다. 그 결과에서 재령2일 전후에 걸친 온도 상승량은 보통시멘트에 비교하여 저열시멘트에서 20℃ 낮아 온도균열의 저감에 기여할 것으로 기대되었다.

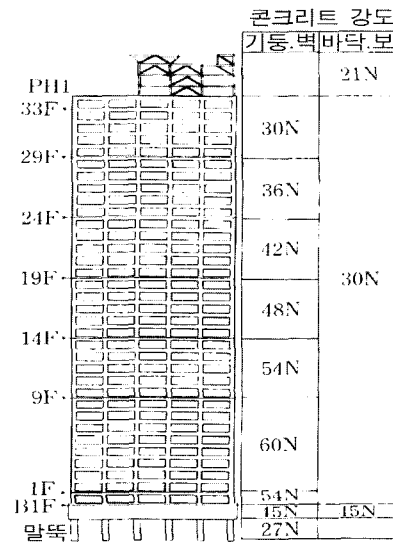


그림 4 콘크리트 강도

3. 매트슬래브 콘크리트

3.1 계획

매트슬래브 콘크리트는 약 33m×33m×2m (콘크리트

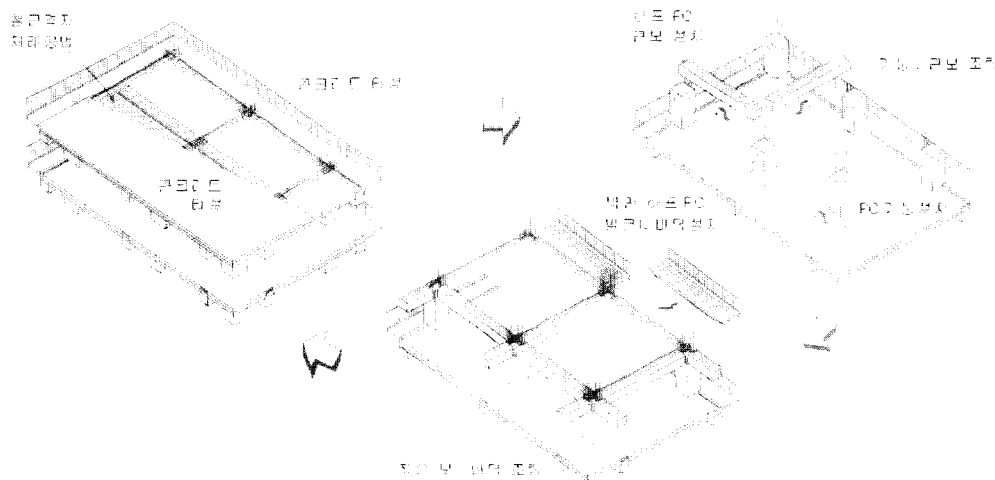


그림 3 공법 개념도

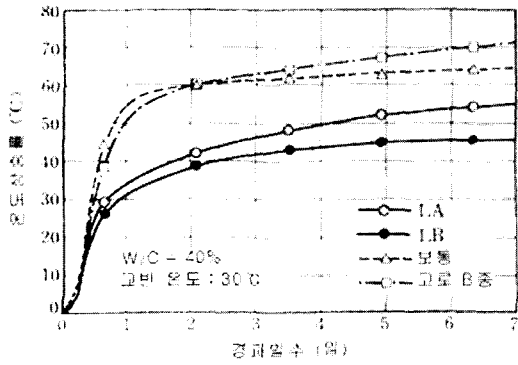


그림 5 단열온도 상승시험결과

3.2 콘크리트 배합 및 측정계획

콘크리트의 사용재료를 표 1에 나타내었다. 목표 슬럼프 21 ± 2.5 cm, 목표공기량 $3.0 \pm 1.0\%$ 로 하였고 콘크리트 배합을 표 2에 나타내었다.

표 1 사용재료

재료명	A 공장	B 공장
시멘트	LA 시멘트 (C ₂ S : 46% 함유) 비중 : 3.20 비표면적 : 4,180cm ² /g	LB 시멘트 (C ₂ S : 56% 함유) 비중 : 3.22 비표면적 : 3,180cm ² /g
세골재	岡山県野場産해사 80% (비중 : 2.55) 兵庫県西島産쇄석 20% (비중 : 2.59)	岡山県児島産해사 60% (비중 : 2.57) 兵庫県男鹿島産쇄석 20% (비중 : 2.57)
조골재	兵庫県西島産쇄석 20% (비중 : 2.63)	兵庫県男鹿島産쇄석 (비중 : 2.57)
혼화제	F사제 폴리카르본산계 고성능 AE 감수제	

측정항목은 후레쉬 콘크리트, 압축강도 및 매트슬래브의 콘크리트온도이다. 하역시의 품질검사로써 고주파 가열건조법에 의한 시멘트를 측정하였으며 콘크리트의 온도는 그림 5와 같다.

3.3 타설 및 측정결과

매트슬래브 콘크리트의 타설은 각 공구에서 약 10시간 정도에 걸쳐 실시되었다.

(1) 후레쉬 콘크리트

후레쉬 콘크리트의 실험결과 그림 7, 그림 8에 나타내었다. 2공장의 슬럼프, 공기량은 모두 목표치를 만족하였고 물시멘트비의 측정결과는 그림 9에 나타내었다.

W/C=40% 배합에 대하여 38.1~40.8%의 범위를 나타내어 관리상한치로 설정한 42%를 만족하였다.

표 2 콘크리트 배합

공장명	W/C (%)	S/a (%)	단위량 (kg/m ³)			
			물	시멘트	세골재	조골재
A	40	47.6	175	438	803	907
B		46.9	175	438	794	914

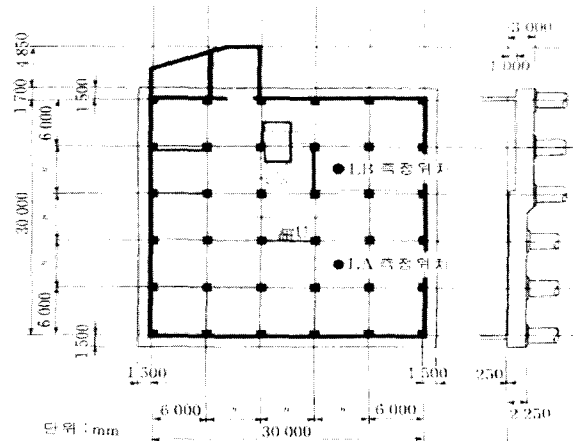


그림 6 평면도 및 온도측정위치

(2) 온도이력

온도실측결과와 JCI 매스콘크리트 온도응력계산용 프로그램을 이용한 예측해석 결과를 그림 10에 나타내었다. 실측에 의한 중심부의 최고 온도는 LA시멘트를 사용한 공구에서 74.2°C(타설 후 75.5 시간 후), LB시멘트를 사용한 공구에서 69.7°C(타설 후 82시간 후) 였다.

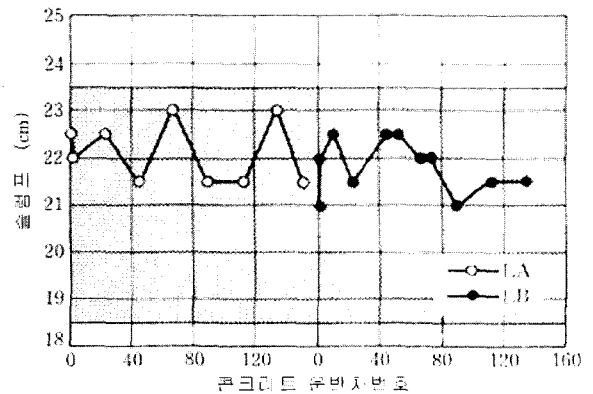


그림 7 슬럼프 시험결과

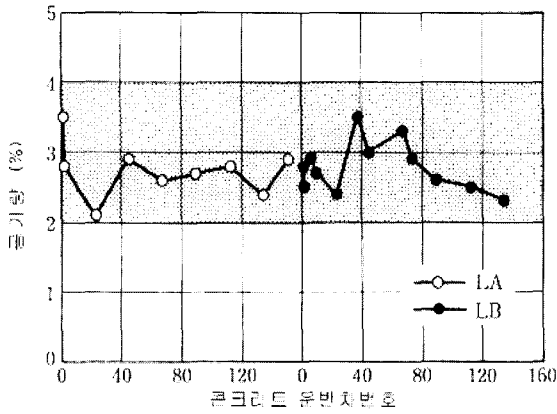


그림 8 공기량 시험결과

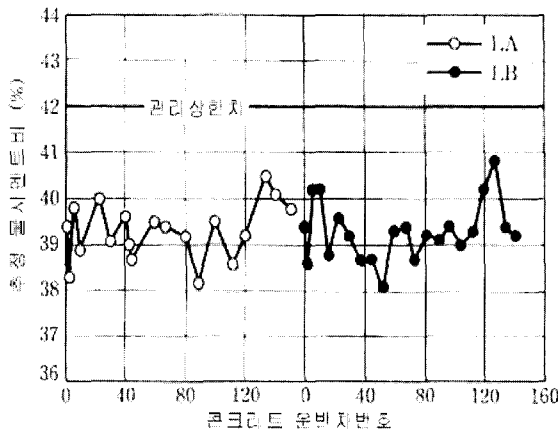


그림 9 추정 물시멘트비의 측정결과

실측치와 예측 해석치는 대부분 일치하였다. 또한 경화 후의 매스콘크리트표면을 관찰한 결과 균열이 확인되지 않았다.

(3) 압축강도

구조체 콘크리트강도 검사는 재령56일의 표준수중양생 공시체의 압축강도시험에 의하여 시행하였다. 각 공장의 판정기준 강도는 사전에 시험배합에 따른 결과 및 JASS5 「19절 고강도 콘크리트」에 기초하여 LA시멘트를 사용한 공장에서는 58.7N/mm², LB시멘트를 사용한 공장에서는 57.7N/mm²로 나타났다.

압축강도의 결과를 그림 11에 나타내었다. LB시멘트를 사용한 공장보다는 LA시멘트를 사용한 공장이 전반적으로 높은 압축강도를 나타내고 있다. 이것은 LB시멘트의 C₂S 함유량이LA시멘트 보다 많기 때문에 강도발현이 늦어지고 있는 것으로 사료된다.

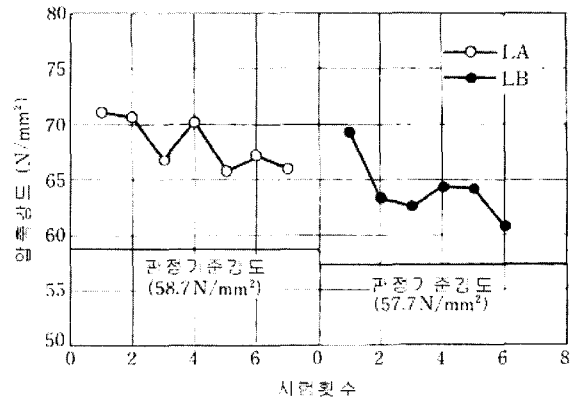


그림 11 구조체 콘크리트 강도 (재령 56일)

4. 공장제작 프리캐스트 기둥

4.1 계획

부재의 품질향상 및 공기단축의 관점에서, 기둥부재는 공장제작에 의한 풀 Pca로 하였다.

그러나 공장제작에 의한 풀 Pca 실적은 최고 Fc 45N/mm² 이고 Fc 60N/mm²은 처음으로 시행하는 것이었다. 이 때문에 기둥제작에 선행하여 W/C=30~36% 범위의 콘크리트로 1m각의 블록시험체를 5개 제작하여 구조체 콘크리트강도를 확인하여 배합, 판정기준강도 등을 확정하였다. 현장 타설 부분의 구조체 콘크리트 강도의 관리재령은 56일로 하였으나 공장제작에 의한 Pca 부재에 관해서는 재령 28일로 하였다.

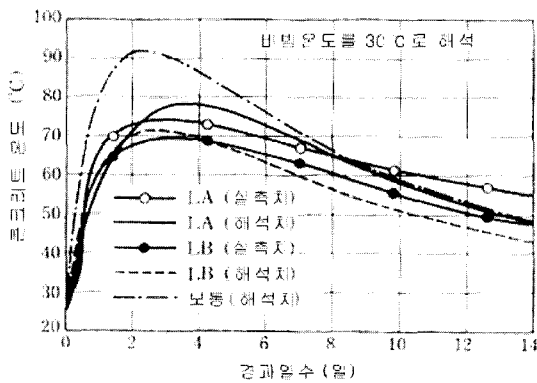


그림 10 매트슬래브 중심온도와 해석치

4. 2 콘크리트배합

콘크리트 사용재료의 배합을 표-3에 나타내었다. 목표 슬럼프는 12±2.5cm, 목표 공기량은 2.0±1.0%로 하였으며 콘크리트배합을 표-4에 나타내었다.

표 3 사용재료

재료명	산지·성질 등
시멘트	조강 포틀랜드 시멘트 (비중 : 3.14)
세골재	岡山県津山市産강사 40% (비중 : 2.54)
	兵庫県赤穂市産쇄사 60% (비중 : 2.53)
조골재	兵庫県小野市産쇄석 (비중 : 2.53)
혼화제	K사제 카르복실기 함유 폴리에테르계 고성능 감수제

표 4 콘크리트 배합

W/C (%)	S/a (%)	단위량 (kg/m³)				
		물	시멘트	세골재		조골재
				강사	쇄사	
32	39.0	166	520	260	390	1,020

4. 3 시공결과

(1) 후레쉬 콘크리트

후레쉬콘크리트의 시험결과를 그림 12, 그림 13에 나타내었다. 목표치에 대한 슬럼프의 평균은 13.1cm로 약간 크고, 공기량의 평균은 1.8%로 약간 적었으나 모두 목표치를 만족하였다.

(2) 압축강도

Pca기둥은 증기양생을 하였기 때문에 구조체 콘크리트 강도의 검사에서는 Pca기둥과 동일양생한 재령 28일 공시체의 압축강도에 의해 시행하였다. 또한 불력시험체의 강도발현 결과에서 재령 28일의 코아강도가 제품동일양생 공시체 강도에 비하여 높음을 알 수 있었으며 판정기준강도는 66.3N/mm²이었다.

구조체 콘크리트강도의 시험결과를 그림 14에 나타내었다. 전체 시험결과가 판정기준강도를 만족하고 있고 재령 28일의 제품동일양생 공시체의 평균압축 강도는 72.6N/mm², 표준편차는 3.7N/mm²였다.

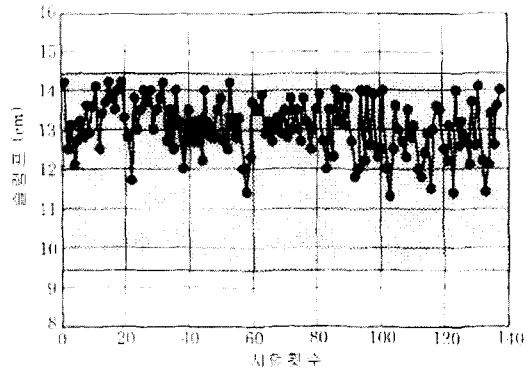


그림 12 슬럼프 시험결과

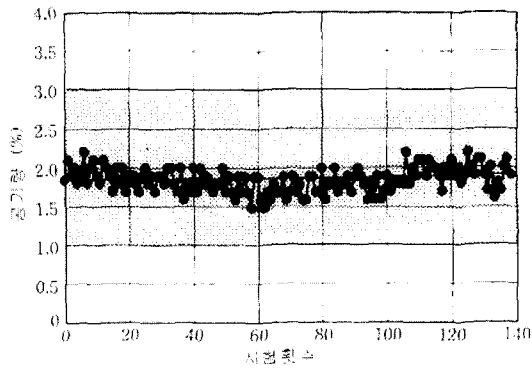


그림 13 공기량 시험결과

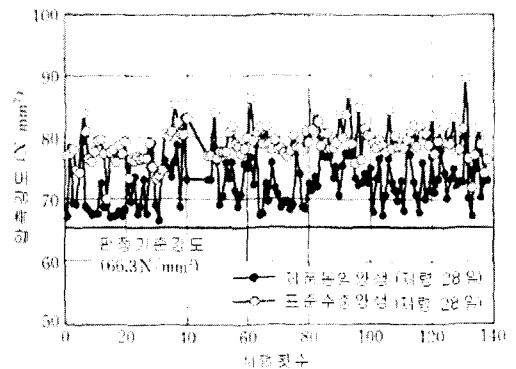


그림 14 구조체 콘크리트 강도시험결과

5. 결 론

서중타설 고강도 콘크리트의 저열시멘트 사용례와 프리캐스트 콘크리트 공장제작에 의한 설계기준강도 60N/mm²의 기둥부재의 제작사례를 소개하였다. 그리고 소정의 품질을 만족하는 고강도 콘크리트의 타설이 가능하였다.