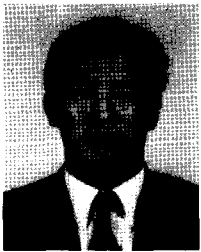


Fc 1000 kgf/cm² 의 고강도 콘크리트를 사용한 초고층건축물의 시공

1. 서론



정 상 진

최근 공동주택의 초고층화가 진행되고 있으며, 이에 걸맞는 고강도 재료의 사용도 증가해오고 있다. 고강도재료의 적용은, 고층화를 가능하게 하는 것 뿐만아니라, 대스판화와 부재단면의 감소에 따른 건축물의 경량화·유효단면의 확대 등의 효과도 기대된다. 여기에서는 설계

기준강도 1000 kgf/cm²의 고강도 콘크리트와 SD 685의 고강도철근을 사용한 초고층 RC 건축물의 시공 사례를 소개한다.

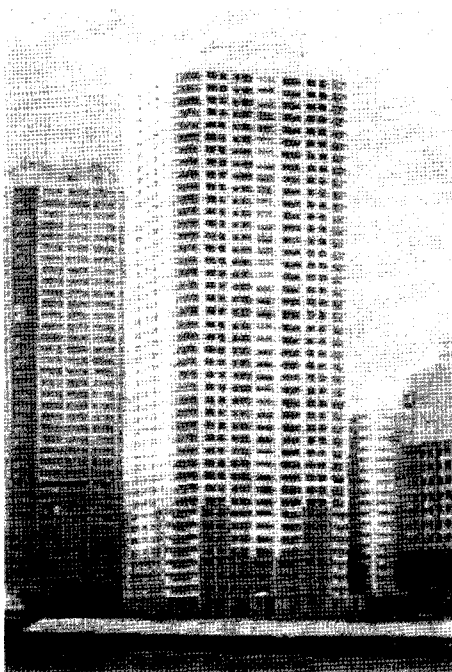


그림 1. 완성예상도

2. 건물개요

건물의 완성예상도를 그림 1에, 전문개요를 표1에 나타내고 있다.

표 1. 건물개요

| | |
|-----------|------------------------------------|
| 공사 명 칭 | 리버시티21 북블럭N동 건설공사 |
| 건 설 지 | 동경도 중앙구 전이정목 50번 4타 |
| 발 주 자 | 주택·도시정비공단 동경지사 |
| 설계자 · 시공자 | 大成·三井·長谷工 건축공사 공동기업체 |
| 공사 감리자 | 주택·도시정비공단 동경지사 동경남공사사무소 |
| 용 도 | 공동주택 |
| 연면적·최대고도 | 65,320.72m ² · 144.875m |
| 구 조 형 식 | 철근콘크리트조 |
| 기 초 | 현장타설 콘크리트말뚝 |

3. 구조계획

기준층 평면도를 그림2에 나타내었다. 거주부분의 기둥스판을 9.5m로 크게하고, 거주부분내에서 기둥의 자유도를 크게 계획하였다.

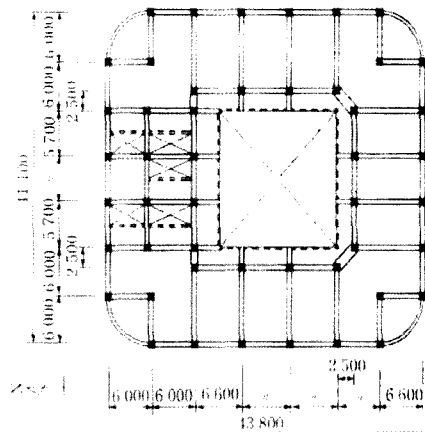


그림 2. 기준층 평면도

이를 위해, 하부층 기둥의 장기축력이 크게되지만, 1~6층에서 설계기준강도 (이하 Fc로 생략한다) 1000 및

- 양극영 원광대학교 건축공학과 교수
- 정상진 단국대학교 건축공학과 부교수
- 정재영 한남대학교 건축공학과 교수
- 이영도 경동대학교 건축공학부 조교수
- 백민수 단국대 대학원 박사수료

800 kgf/cm²의 콘크리트를 사용하고, 기둥의 단면치수를 950×950 mm 이상으로 하였다. 지상층의 골조는 순라멘으로 하고, 수평력에 대응하는 항복형식은 기둥의 항복을 피한 보 항복선행형으로하고, 지진시에는 특정층에서 수평력이 집중하는 것을 피하였다. 최대급의 지진에서 예상되는 하중에서도, 기둥에서 휨항복이 발생하지 않는 것을 목표로 하고, 주근으로 SD 685의 고강도철근을 사용하고, 3%정도의 축력방향근량을 확보하였다. 전단보강근은, 항복강도 1275급의 이형PC 강봉을 사용하였다.

4. 시공계획

4.1 RC적층공법

본건물은 파이프 PCa 부재와 현장타설 콘크리트를 조합한 RC 적층공법을 채용하고 있다. 이 공법의 특징은 ① 가설재 저감 ② 공정의 단축에 의한 인력감축 ③ 품질의 향상과 균일화 ④ 마감 표면의 합리화 ⑤ 공사의 안전과 건설공해의 방지 등의 효과가 기대된다.

1~4층은 1개층당 9일간의 공정이지만, 5층이상에서는 외주 기둥은 PC형틀, 내부 기둥은 시스템 형틀로 하고, 1개층당 7일간의 사이클 공정으로 하였다.

4.2 철근가공·이음

본건물은 1층부터 4층까지에서의 기둥 주근으로 SD 685의 고강도철근을 사용하고, 전단보강근은 이형PC 강봉을 사용하고 있다. 기둥 철근은 지상에서 선조립하였다. 주근의 이음은 나선그라우트가공을 채용하고 있다.

보 주근은 SD 490로 하고, 앵커로스용접에 따른 이음을 하였다.

4.3 층에따른 강도구분

콘크리트의 강도구분을 그림-3에 나타낸다. 1~2층 모든 기둥은 Fc 1000 kgf/cm²의 콘크리트를 사용하고 있다. 콘크리트의 타설은 수직·수평부 분할 (VH 분할) 타설 하였으며 16층까지에서는 기둥과 보·슬라브의 콘크리트의 강도가 다르기 때문에 후보접합부를 타설한후 보·슬라브를 타설하였다.

5. 콘크리트

5.1 콘크리트의 특징

본 공사에서는 Fc 1000 kgf/cm²의 고강도 콘크리트를 사용하고 있다. 여기에서는 이 콘크리트의 제조 및 시공 결과에 관하여 서술한다. 콘크리트의 특징은 ① 기존의

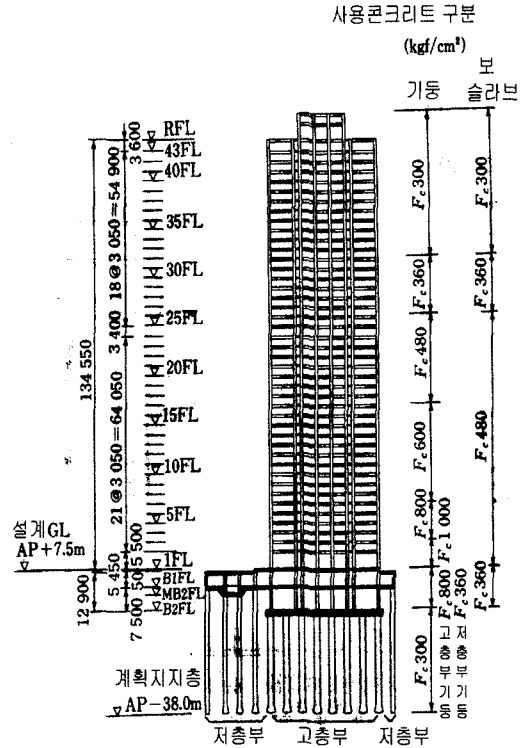


그림 3. 골조입면도(콘크리트강도구분)

기술·설비에서 제조, 운반, 타설이 가능 ② 기둥 구조체 강도에서 Fc 1000 kgf/cm²을 확보 ③ 토탈 코스트 다운 가능한 3가지이다.

5.2 재료

결합재로는 보통 포틀랜드 시멘트, 슬래그미분말, 실리카흄을 7:2:1로 배합한 것을 사용하였다. 이 결합재의 특징으로는 ① 미분체로 실리카흄을 기존의 설비에서 용이하게 운반, 계량, 혼합할 수 있는 것 ② 수결합재를 작게 하더라도 현장시공이 가능한 유동성이 확보되는 것 ③ 기둥등 단면이 큰 부재에서 수화열에 따른 고온에서도 고강도가 얻어지는 것이다.

골재는 콘크리트공장이 통상 사용하고 있는 골재 중에서, 소정의 강도가 얻어지는 것을 확인하고, 편마암계 쇄석, 석회석계 쇄석을 선정하였다. 혼화제는 폴리카본산계의 고성능 AE감수제를 사용하였다.

5.3 배합

소형 믹서로 시험비법을 실시하고 레미콘 공장에서 배합을 선정하였다. 결과적으로 배치플랜트에서 시험비법을 실시하고, 균지않은 콘크리트 성상의 경시변화를 관찰하고 그림 4에 나타낸 기둥 모델을 만들어 코어 강도를 측정하였다. 본 실험은 하기, 동기 2회 실시되었다. 이 결과를 그림 5에 나타내었다. 또한 그림 6에서 결합재물

비와 압축강도 및 구조체 강도 보정치를 S56(재령56일의 표준양생공시체와 코아공시체의 강도차)의 관계를 나타내었다. 채용한 배합강도의 산정식은 아래에 나타내었고 Fc 1000kg/cm²의 콘크리트의 타설시기가 1~5월의 경우 표 2에 나타낸 배합을 결정하였다. 배합 강도는 아래의 두 식을 충족한다.

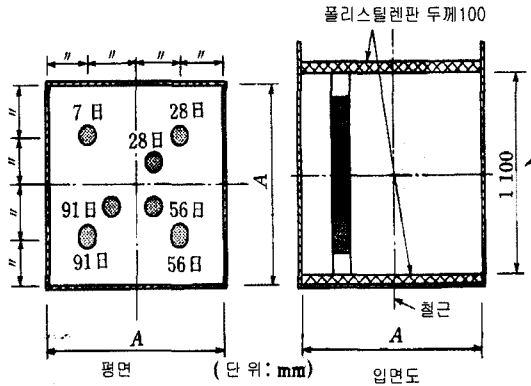


그림 4. 기둥 모델

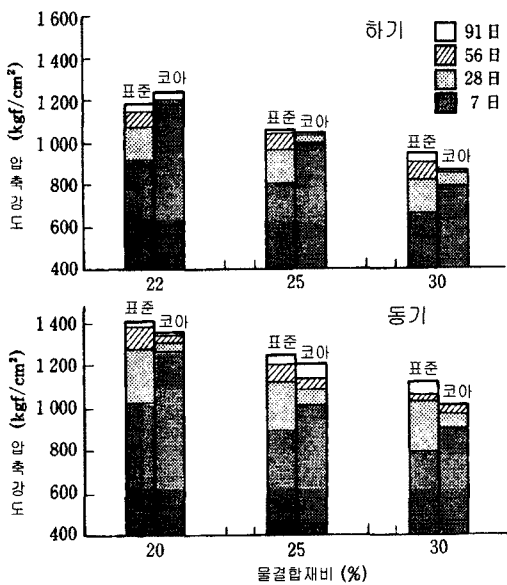


그림 5. 실험결과

$$F_{56} > F_c - S_{56} - 2\sigma_{56}$$

$$F_{56} > 0.9(F_c - S_{56}) - 3\sigma_{56}$$

F_{56} : 콘크리트의 배합강도 (kgf/cm²)

F_c : 콘크리트의 설계기준강도 (kgf/cm²)

S_{56} : 재령 56일의 코아공시체와

표준양생공시체의 강도차 (kgf/cm²)

σ_{56} : 표준양생 56일 콘크리트의 표준편차 (kgf/cm²)

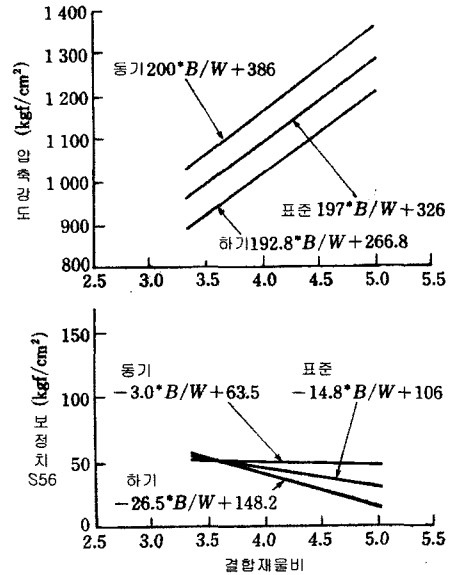


그림 6. 결합재물비와 압축강도 및 S56DML 관계

표 2. 설계기준강도 1,000kgf/cm²의 배합

| 배합조건 | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-----------|
| 물결합재비 (%) | 배합강도 (kgf/cm ²) | 보정치 (kgf/cm ²) | 표준편차 (kgf/cm ²) | |
| 21.0 | 1,265 | 51 | 105 | |
| 단위량(kg/cm ³) | | | | |
| 물 | 결합재 | 세골재 | 조골재 | 고성능 AE감수제 |
| 155 | 738 | 648 | 878 | 18.45 |

5.4 제조

사전에 설비·골재·실적을 조사하고, 시험 비빔을 실시하여 레미콘 공장을 선정하였다. 배합은 용량 3m³의 강제 2축 믹서를 사용하고 120초간 모르터비빔후 조골재를 첨가한후 120초간 비벼 함께 240초간 비빔을 실시하였다. 운반차 1대당 4.5m³의 적재하였다.

골재의 표면수는 세골재의 경우 시료를 채취하고 표면수를 측정된 결과에 따라 계량기에 설치된 표면수 자동 측정장치의 측정범위를 설정하였다. 타설기간은 1월부터 5월까지 함께 630m³를 사용하였다.

5.5 운송

레미콘 공장으로부터 현장까지의 운송 시간은 약 20분이며, 이 동안 슬럼프 플로우 및 공기량의 경시변화는 거의 없었다.

5.6 타설

콘크리트는 VH분할타설을 하고 버킷을 사용하였다. 콘크리트의 자유낙하 높이차가 1m이내가 되도록 버킷의

선단에 호스를 장착하여 기둥의 내부까지 넣어 봉상의 바이브레이터로 다짐을 행하며 타설하였다. 본 콘크리트는 점성은 크면서도 유동성이 좋아 타설과 다짐성이 양호하였다.

콘크리트의 타설 후 윗면에 고무 시트를 덮어서 초기의 건조에 따른 균열을 방지하였다. 기둥형틀의 존치기간은 18시간으로 하고 탈형직후에 단열시트를 부착하여 급격한 건조와 온도변화를 방지하였다.

Fc 480을 타설한 슬라브는 동시에 균일하게 아크릴에 멀전계의 양생제를 살포하였다.

5.7 품질관리 방법 및 결과

슬럼프플로우 및 압축강도의 관리를 보조하기 위하여 반입검사 및 단위수량을 측정하였다. 시험방법은 새롭게 개발한 수중 질량법을 사용하였다. 이 측정에는 약 15분이 소요되기 때문에 공장출하시에 시료를 채취하고 운반시간을 이용하여 수량을 판정하여 그 결과를 현장에 연락하여 타설의 가부를 결정하였다. 또한 단위수량의 시험 결과는 다음배치의 계량치로서 피드백하여 단위 수량의 안정을 도모하였다.

표준양생재령 56일의 공시체 3개의 평균압축강도를 그림 7에 나타내었다. 평균은 1193 kgf/cm², 표준편차는 44.2 kgf/cm² 변동계수는 3.7%였다. 이 값을 사용하여 새로운 JASS 5 고강도 콘크리트와 함께 구조체 강도를 판정하며 판정기준은 1097 kgf/cm²이고 시험 결과는 모두 이것을 만족하고 있다. 단위수량은 계획수량 155 kg/m³에 대하여 평균 153.2 kg/m³ 표준편차 5.8 kg/m³ 로 안정적이다.

1일의 타설에 모든차량의 시험 결과를 그림 8에 나타내었다. 단위수량의 표준편차는 2.8 kg/m³로 작았고, 강도의 표준편차도 26 kgf/cm² (변동계수 2.3%)로 작았다. 슬럼프플로우도 60±5cm이내 였다.

1층 및 2층의 기둥타설과 동시에 타설한 기둥 모델의 시험 결과를 표 3에 나타내었다. 이 결과 구조체에서도 설계기준강도를 만족하는 강도가 확보 되었다. 또한 S56은 -(마이너스)이고 채용한 배합에서는 충분한 여유가 있는 것으로 해석되었다.

표 3. 기둥 모델의 시험결과

| 타설부위 | 압축강도(kgf/cm ²) | | |
|------|----------------------------|-------|---------|
| | 표준양생 | 코아 강도 | 보정치 S56 |
| 1층 | 1,132 | 1,283 | 151 |
| 2층 | 1,139 | 1,196 | 57 |

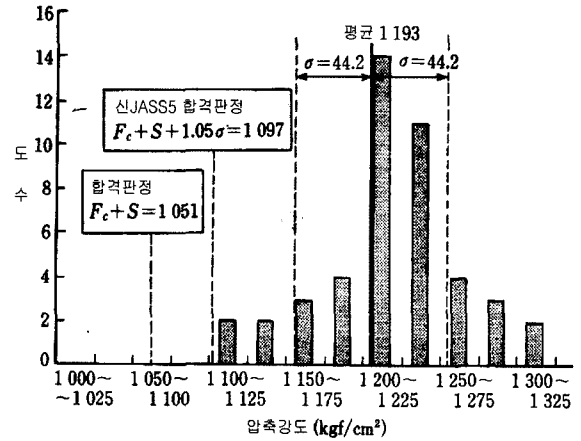


그림 7. 압축강도의 히스토그램

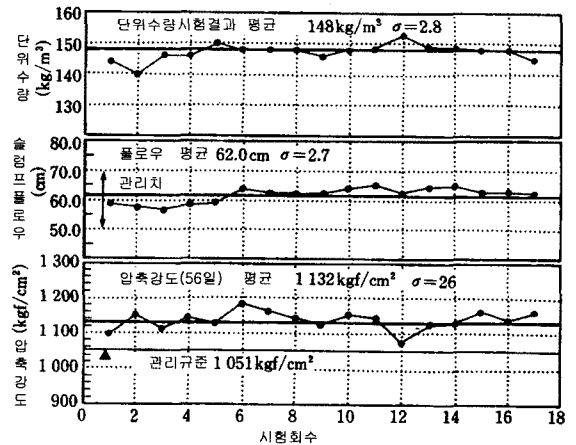


그림 8. 일일변동조사결과

6. 결론

설계기준강도 1,000 kgf/cm²의 고강도 콘크리트와 SD685의 고강도 철근을 채용한 초고층 RC조 건축의 시공 결과를 아래와 같이 나타내었다.

1. 보통포틀랜드 시멘트, 슬래그미분말, 실리카흄으로 배합한 결합재를 사용하여 일반 레미콘 공장에서 Fc1000의 콘크리트의 제조가 가능하다.
2. 반입검사로 균지않은 콘크리트를 관리하여 안정된 슬럼프플로우 및 강도를 얻을 수 있었다.
3. 구조체 강도의 관리 결과 설계기준강도 1000 kgf/cm²을 만족하는 강도를 얻을 수 있었다. 또한 대기둥의 모델의 강도측정 결과 확인할 수 있었다.
4. 배합시에 설정한 보정치 S56 및 표준편차는 단위수량 관리 등에 따라 작게 재설정 할 수 있다.