

高強度 콘크리트의 실용화에 관한 연구 (Application Study on High Strength Concrete)

천 용 호* 김재욱** 정환욱** 문 장 수*** 정 상 신****
 Chun,yong ho Kim,jae uk Jung,hwan uk Moon,jang soo Jung,Sang Jin

ABSTRACT

This study is for estimating strength of mass concrete by finding out temperature and strength distribution through manufacturing actual model of construction mixed by appropriate mixing ratio, which is selected by result of exciting study and experiment of test-piece. Following result was obtained from experiment of member model to find out strength revelation of high mass concrete.

1. 서 론

현대의 구조물이 초고층화, 대형화 되어감에 따라 보다 합리적이며 경제적인 구조시스템이 요구되고 있다. 이에 따라서 보다 효율이 높은 건설재료를 필요로 하게 되었으며, 이를 위한 방안으로 가장 보편적인 건설재료인 콘크리트의 고품질화가 현재까지 적극적으로 추진되고 있다. 이의 일환으로서 고강도 콘크리트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.^{1) 2) 3) 4) 9)}

본 연구에서는 경제성 및 실용성을 고려하여 설계기준강도 500~600kg/cm² 정도의 고강도 콘크리트를 사용하여 고강도 콘크리트 부재를 제작하고, 부재 내부의 온도와 강도발현 관계를 검토하며, 부재강도와 테스트 피스의 강도관계로부터 고강도 콘크리트 부재의 품질관리 기법을 제시하고자 한다.

II. 실험

* 정회원 단국대 대학원
 ** 정회원 금호건설 기술연구소
 *** 정회원 금호건설 기술연구소 부장
 **** 정회원 단국대 부교수 공학박사
 - 본 연구는 금호건설 기술연구소의 지원에 의해 실험되었음. -

2.1 사용재료 및 배합

本實驗에 사용한 재료는 보통 포틀랜드시멘트, 미사리산 강모래, 안양석산의 최대치수 25mm인 쇄석을 사용하였다. 고성능 감수제는 G사 제품을 사용하여 표 2-1과 같은 배합으로 실험을 실시하였다.^{1) 6) 7)}

표 2-1 콘크리트배합

W/C (%)	SP (%)	S/A (%)	단위중량(kg/m ³)			
			물	시멘트	세골재	조골재
32	1.5	38	165	540	638	1045

2.2 부재의 종류 및 관리용공시체

(1) 부재의 종류 및 크기

고강도 매스콘크리트 부재의 수화열에 따른 강도성상을 파악하기 위해 2개의 모의 시험체를 그림 2-1,2와 같이 제작하였다. 모의 시험체는 표 2-2와 같이 부재크기가 0.8 × 0.8 × 2.4 M인 기둥부재와 0.25 × 2.4 × 0.9 M 인 웅벽부재를 제작하여 수화열에 따른 강도분포를 검토하였다.

표 2-2 부재의 종류 및 크기

부재크기(W × D × H)	코어채취 세령(일)
기둥 0.8 × 0.8 × 2.4 M	14, 28, 91
벽 0.25 × 2.4 × 0.9 M	

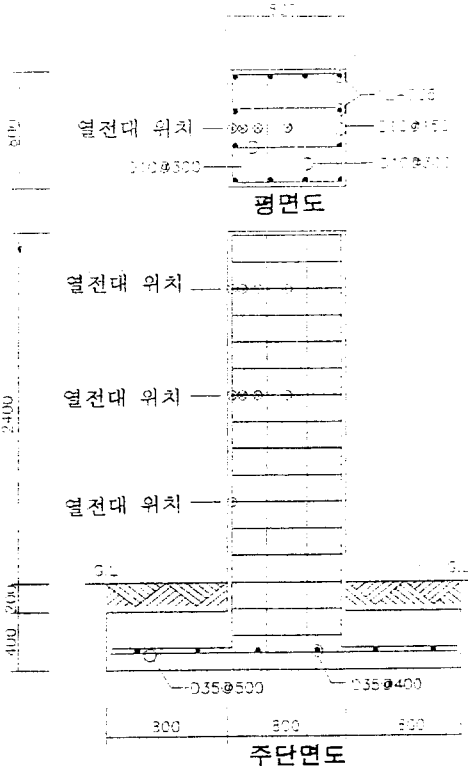


그림 2-1 부재(기둥) 제작도

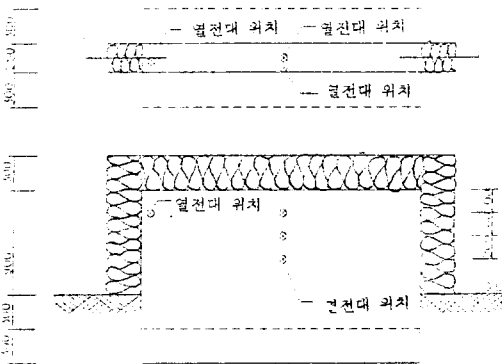


그림 2-2 부재(옹벽) 제작도

(2) 관리용 공시체의 양생조건 및 종류

고강도 콘크리트에서는 높은 단위시멘트량으로 인한 높은 수화열 때문에 보통 콘크리트와는 상이한 강도 특성을 나타내며, 특히 부재가 매스일 경우에는 그 특성이 더욱 다르게 나타난다.⁸⁾ 따라서 현장에서 행해지고

있는 관리용 공시체의 수중양생하는 방법으로는 고강도 매스콘크리트의 강도를 정확히 추정할 수 없다. 따라서 본 실험에서는 관리용 공시체를 표준양생, 현장수중양생, 현장대기방치양생, 단일양생으로 구분하여 양생하여 압축강도 시험을 실시하였다.(표 2-3) 단열양생은 기둥부재 중심부와 동일하게 온도를 맞춰 양생을 실시하였다.

표 2-3 공시체의 양생조건 및 종류

양생조건	시험 재령(일)
현장수중양생	7, 14, 28, 91
표준양생	
대기방치양생	14, 28, 91
단열양생	

2.3 실험방법

(1) 콘크리트 타설 및 부재내의 온도 측정

本實驗은 오피스빌딩 현장에서 실시하였으며, 레미콘을 사용하여 타설하였으며, 슬럼프는 약 21cm이고 온도는 약 18℃를 나타내었다. 경시변화에 의한 슬럼프로스는 없었다.

제작된 부재는 콘크리트 수화열에 따른 온도특성을 파악하기 위해 열전대를 그림 2-1, 2와 같이 표면부에서 중심부까지 일정한 간격으로 설치하였다. 열전대의 설치 간격은 소정의 재령 경과후 채취하는 코아 공시체의 중심부를 가정하여 설치하였으며, 온도기록은 자동온도기록장치(동경측기 TDS-602)를 사용하여 최초 타설시부터 20분 간격으로 콘크리트 内部溫度를 측정하였다.

(2) 코아공시체 채취 및 압축강도 실험

부재 내부의 수화온도변 強度發現性狀을 파악하기위해 그림 2-3과 같이 지름 10cm의 코아공시체를 채취하였다. 채취된 코아는 압축강도시험을 위해 10×20cm의 공시체로 절단한 후 유황캡핑을 하여 200 ton용량의 U.T.M을 사용하여 압축강도 시험을 실시하였다.

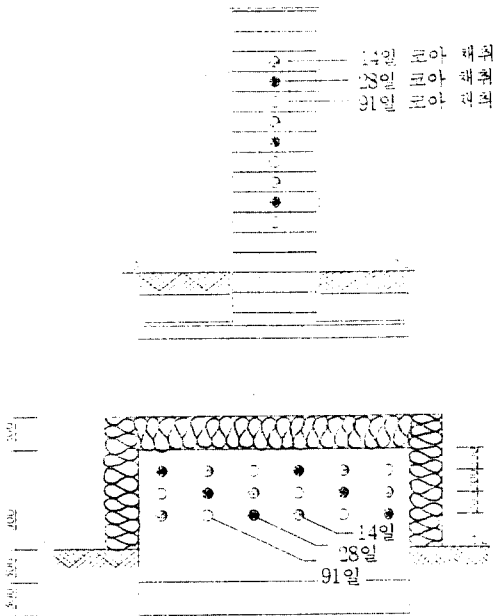


그림 2-3 부재 내부의 코어채취위치

III. 부재 실험 결과 및 분석

3.1 부재 내부의 온도분포

(1) 기둥 부재

기둥부재의 온도분포는 그림 3-1과 같이 단면 깊이에 따라 다른 온도를 보이고 있다. 콘크리트는 타설 후 약 4~5시간까지는 수화열에 의한 온도상승은 없고 생콘크리트 자체의 온도인 약 20℃를 유지하고 있었다. 이후 수화열에 의한 온도상승이 약 3℃/h의 속도로 상승하여 타설후 약 18시간이 지나면 최고온도에 도달하였다. 최고온도는 1~2시간정도 유지되었고, 이후 0.48℃/h의 속도로 하강하여 타설후 5일이 경과하면 콘크리트의 온도는 상온과 같아졌다. 중심부의 최고온도는 58.2℃이고, 표면에서 3cm지점인 표면부의 최고온도는 50.7℃로서 중심부와 표면부간에 약 7.5℃의 온도차가 났다.

(2) 옹벽 부재

옹벽부재의 온도분포는 그림 3-2에서 보는 바와같이 기둥부재의 초기 온도 특징과 비슷하게 나타나고 있다. 그러나 중심부 최고온도는 49.4℃에, 표면부 최고온도는 43.4℃에 머무르고 있는데, 이것은 기둥부재와는 상대적으로 작은 단면이 단열에 불리하게 작용했으리라 사료된다. 따라서 중심부와 표면부의 온도차도 5℃로 기둥보다는 작게 나타났다.

기둥과 옹벽의 두 부재간 최고온도차를 비교해 보면, 중심부에서 8.8℃, 표면부에서 7.3℃ 정도의 비교적 큰 온도차가 있음을 알 수 있다. 이것은 옹벽부재의 경우 외기에 노출된 표면부는 수화열량이 외기온에 영향을 받아 빨리 냉각되고 있고, 단면이 상대적으로 큰 기둥부재가 단열이 유리해 외부로의 수화열량 유출이 상대적으로 지음을 알 수 있다.

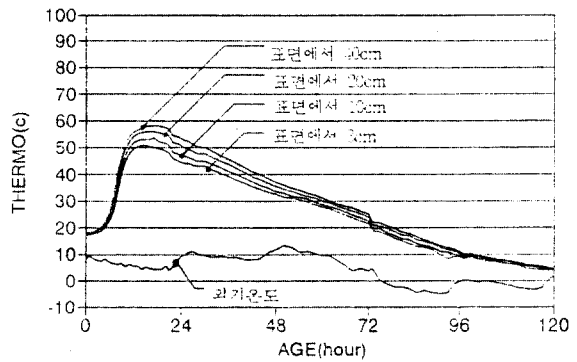


그림 3-1 기둥 부재 내부의 온도 분포

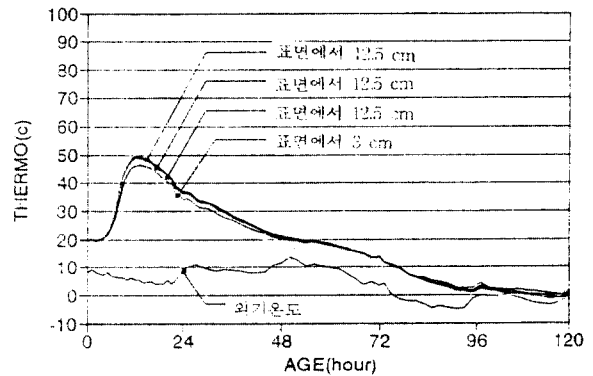


그림 3-2 옹벽 부재 내부 온도

3.2 부재의 압축강도 분포

부재로부터 코어 공시체를 채취하여 실시한 압축강도 시험결과(그림 3-3)에서보면 부재의 종류나 두께에 관계없이 재령 14일 부재 내부의 강도는 89~93%정도로서 초기재령에서 높은 강도발현을 보여주고 있다.

기둥부재 내부의 위치에 따른 압축강도 분포(그림 3-4)에서는 재령 28일에 중심부의 강도가 표면부(442kg/cm²)보다 약 10%정도 낮게 나타났으며, 재령 91일에는 약 6%정도로 그 차이가 줄어들었다. 이와같은 것은 수화열에 의한 온도차이 즉, 중심부의 온도가 표면부의 온도보다 높기 때문에 강도발현이 불리하게 작용되었을 것으로 사료된다.

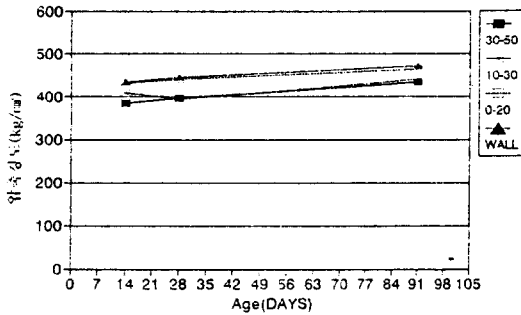


그림 3-3 부재의 코어공시체 강도

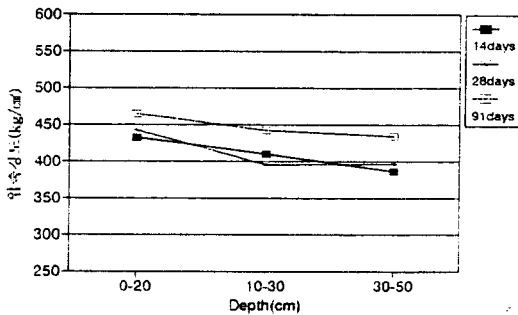


그림 3-4 기둥부재 깊이별 강도분포

3.3 관리용 공시체와 부재 강도와와의 관계
양생방법에 따른 공시체의 재령별 壓縮強度試驗結果와 부재내부의 강도를 평균한 결과

는 그림 3-5와 같다. 양생조건변 공시체의 재령91일 압축강도를 보면 현장수중, 표준양생, 현장대기방치, 단열양생에 따라 각각 542 kg/cm², 517 kg/cm², 495 kg/cm², 454 kg/cm²의 강도를 나타내는데 기둥, 벽부재 강도와 비교하여 볼때 強度管理面에서는 단열 공시체 강도가 부재 내부위치의 강도와 近似한 값을 나타내고 있다. 이와같은 현상은 단열양생한 공시체의 온도이력과 부재내의 온도이력을 일치시킨 것에 기인한 것으로 사료된다. 그러므로 정확한 강도를 파악하기 위해서는 初期溫度履歷과 일치시킨 공시체로 강도를 관리해야 할 것으로 사료된다.

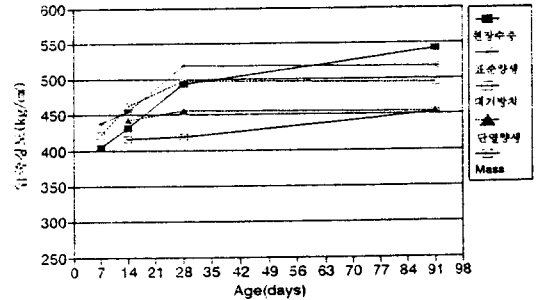


그림 3-5 부재와 관리용 공시체와의 압축강도 관계

3.4 적산온도와 압축강도의 관계

積算溫度의 理論¹⁰⁾은 종래 寒中콘크리트와 증기양생 콘크리트공사에서 적용된 형태이며, 현재 건축공사표준시방서 寒中콘크리트공사에도 규정되어 있다. 積算溫度 M은 다음과 같은 식으로 구한다.

$$M = \sum_0^t (\theta + A) \Delta t$$

M : 적산온도(°C/일)

θ : Δt 시간중 콘크리트의 평균양생온도

A : 일반적으로 10°C가 적용됨

Δt : 시간 (일 또는 시간)

여기서 부재내의 온도로부터 구한 積算溫度

와 壓縮強度의 관계(그림 3-7)를 보면 부재의 콘크리트는 打設溫度에 관계없이 직선으로 표시할 수 있고, 기울기가 거의 일정하게 나타나고 있음을 알 수 있다. 이와같이 부재내의 온도를 파악하여 積算溫度를 구하면 부재내의 壓縮強度推定이 가능할 것으로 사료된다.

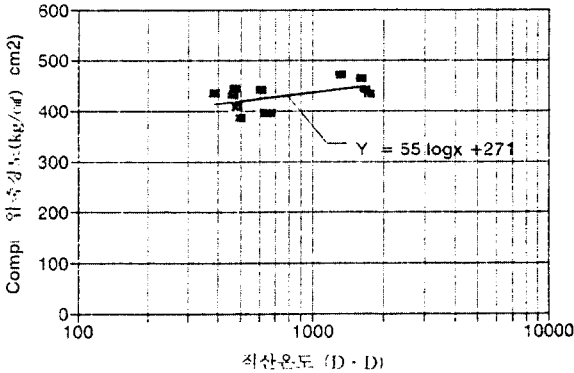


그림 3-7 적산온도와 압축강도의 관계

IV. 결론

본 실험을 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- (1) 기둥부재의 수화온도는 타설후 약 18시간 경과하였을때 최고온도(58.2℃)에 도달하였으며 5일 정도 경과한 후 상온과 같은 온도를 나타냈다.
- (2) 옹벽부재의 경우 초기에는 기둥부재와 비슷한 온도경향을 보이나 최고온도는 기둥부재와 7.3~8.8℃의 차이를 보이고 있다. 이것으로 동일한 배합의 부재내부의 온도는 단면의 크기에 영향을 받고 있음을 알 수 있다.
- (3) 기둥 부재의 압축강도를 검토한 결과 중심부 강도는 표면부 강도보다 재령 28일에 약 10%, 재령 91일에서 6% 정도가 낮았는데, 이것은 부재내부의 수화열에 의한 내부온도차에 기인한 것으로 사료된다.
- (4) 관리용 공시체는 단열 양생한 것이 부

재와 가상 근사한 압축강도를 나타내었으며, 이는 각각의 온도이력이 일치한 때문으로 사료된다.

- (5) 부재 내부의 온도로부터 적산온도와 압축강도와의 관계를 나타냄으로써 콘크리트의 강도추정이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) 김문한 외 1명 “고성능감수재를 사용한 콘크리트의 流動化性能 및 高強度特性에 관한 研究” 대한건축학회논문집, 1989.2
- 2) 김부한 외 3명 “高強度 콘크리트의 開發과 工學的 特性에 관한 實驗的 研究” 대한건축학회논문집, 1989.4
- 3) 김부한 “高強度 콘크리트의 工學的 特性에 미치는 조결재 종류의 영향에 관한 實驗” 대한건축학회 추계학술발표대회논문집, 1991.10
- 4) 松尾 忠 “高強度콘크리트を使用した 構造體콘크리트強度に關する 實驗” 日本建築學會 學術講演梗概集, 1989.10
- 5) 박칠립 “現場打設 콘크리트의 施工性 및 強度特性에 관한 實驗的 研究” 한국콘크리트학회지, 1991.6
- 6) 정상진 외 4인 “매스콘크리트의 強度發現에 관한 實驗的 研究” 대한건축학회논문집, 1994.3
- 7) 橋大 介 “高強度콘크리트に關する 實驗” 日本建築學會 學術講演梗概集, 1988.10
- 8) 井上 勝弘 외 5인 “PCCV用高強度마스크리트의品質管理に關する 實驗研究” 日本建築學會 學術講演梗概集, 1985.10
- 9) “高強度콘크리트의技術의現狀” 日本建築學會, 1991, PP.161-167
- 10) 建築工事標準仕様書.同解説 JASS 5 鐵筋콘크리트工事. 13권 寒中콘크리트. 日本建築學會, 1990