

# 비재하 내화시험에 의한 섬유혼입 고강도 콘크리트 Mock-up 기둥의 내화성능 평가

## Evaluation of Fire Performance for High Strength Concrete Mock-up Column with Fiber by Unloaded Fire Test

**송 영 찬\***                      **김 용 로\*\***                      **김 옥 중\*\*\***                      **이 도 범\*\*\*\***  
 Song, Young-Chan          Kim, Yong-Ro                  Kim, Ook-Jong                  Lee, Do-Bum

### Abstract

Fire resistance properties and mechanical properties of high strength concrete mock-up column using organic fiber by KS F 2257 Methods of fire resistance test for elements of building construction and compression test was investigated for application of precast concrete column method of high rise building in this study.

As a test result, it was appeared that ECC permanent form is available as fire resistance method of high strength concrete and new precast concrete construction method for facilitating construction of high rise building

키 워 드 : 고강도콘크리트, 비재하 내화시험, 섬유, 내화성능  
 Keywords : High strength concrete, Unloaded fire test, Fiber, Fire performance

### 1. 서 론

고강도 콘크리트의 경우 화재시 발생하는 화열에 의한 열응력과 열변형에 의한 손상뿐만 아니라 주요구조부의 폭발현상에 의한 구조체의 철근이 고온에 직접 노출될 경우 부재의 내력상실로 인한 건축물의 붕괴로 이어질 가능성이 있다.

최근 이러한 초고층 건축물 등에 적용되는 고강도콘크리트의 내화성능에 대한 문제점이 제기됨에 따라 국토해양부에서는 고강도 콘크리트 내화성능 관리 기준을 고시한 바 있으며, 건설업계에서도 이에 대응하기 위해 다양한 기술 검토가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 고강도콘크리트의 취약점으로 제기되고 있는 화재시의 폭발문제에 대한 대응방안으로서 기존 연구를 통해 내화성능이 우수한 것으로 보고되고 있는 유기섬유를 혼입한 고강도콘크리트를 이용하여 Mock-up기둥의 내화성능을 평가하여 적정피복 두께 및 취약부위를 파악하고자 국토해양부에서 고시한 비재하 시험방법에 의한 내화시험을 진행하였다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1 실험계획

섬유혼입 고강도 콘크리트 Mock-up기둥의 내화성능을 평가하기 위한 실험계획은 표 1에서 보는 바와 같이 기존 연구를 통해 적용되고 있는 유기섬유를 혼입하여 설계기준강도 80MPa 및 100MPa 고강도 콘크리트 Mock-up기둥의 내화성능을 평가하고자 하였다.

표 1. 고강도 콘크리트 Mock-up기둥의 내화성능 평가 계획

배합 구분	섬유종류	혼입량 (kg/m <sup>3</sup> )	평가항목
80MPa	폴리프로필렌	1.0	• 슬럼프플로우(mm) • 3일, 7일, 28일 압축강도(MPa) • 3시간 내화시험
	나일론		
100MPa	-	1.5	
	폴리프로필렌		
	나일론		

#### 2.2 사용재료 및 배합

본 연구에서 사용한 고강도 콘크리트의 강도별 배합은 표 2와 같이 구성되어 있으며, 적용된 유기섬유의 형상 및 물리적 성질은 그림 1 및 표 3과 같다.

\* 대림산업(주) 건축연구지원팀 연구원, 공학석사, 교신저자 (guidol@daelim.co.kr)  
 \*\* 대림산업(주) 건축연구지원팀 선임연구원, 공학박사  
 \*\*\* 대림산업(주) 건축연구지원팀 책임연구원, 공학박사  
 \*\*\*\* 대림산업(주) 건축연구지원팀 팀장, 공학박사

### 2.3 시험체 제작 및 시험 방법

섬유혼입 고강도 콘크리트 Mock-up기둥의 내화성능 평가를 위한 시험체는 그림 2와 같이 450×450×800의 각형 기둥으로 제작하여 열전대를 삽입하여 설치하였다.

표 2. 고강도 콘크리트의 배합

설계 기준 강도	W/B (%)	S/a (%)	단위재료량 (kg/m <sup>3</sup> )							
			W	C	SP	FA	SF	Q	S	G
80	23,3	46,0	163	399	210	56		35	718	859
100	20,3	46,0	163	418	257	64	32	32	671	803



(a) PP섬유 (b) NY섬유

그림 1. 섬유 종류별 형상

표 3. 유기섬유의 물리적 성질

구분	길이 (mm)	직경 (μ m)	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	인장강도 (MPa)	융해점 (°C)
PP섬유	12	40	0,91	500	160
NY섬유	12	23	1,15	896	225

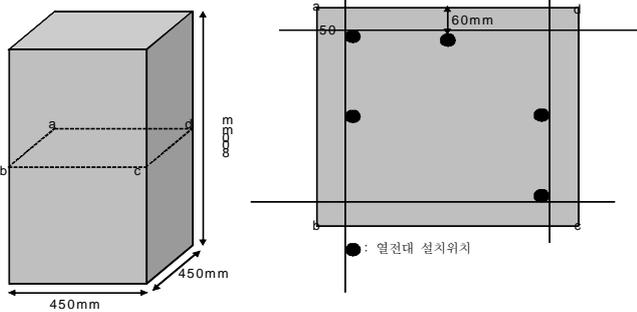


그림 2. Mock-up기둥 시험체 형상 및 열전대 설치위치



그림 3. 고강도 콘크리트 Mock-up기둥 시험체 제작 장면  
시험방법으로는 국토해양부 고시에 따라 비재하 내화시험 3시

간을 실시하였으며, 가열로는 한국건설기술연구원의 수평가열로를 이용하였다.

### 3. 실험결과 검토 및 분석

#### 3.1 역학적 성능 평가 결과

그림 4는 배합별 슬럼프 플로우 측정 결과를 나타낸 것으로서 목표 슬럼프 플로우 600mm±100mm의 범위에 PP섬유를 혼입한 100MPa 배합을 제외한 모든 배합이 만족하는 것으로 나타났다.

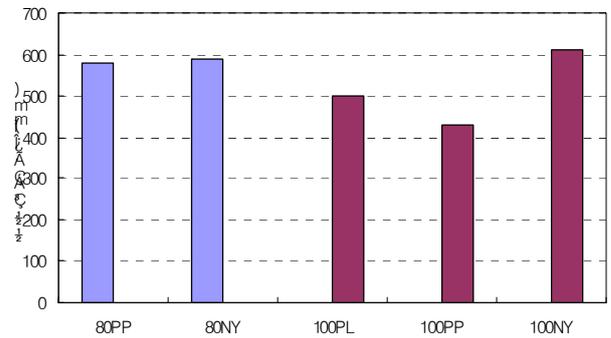


그림 4. 슬럼프 플로우 측정 결과

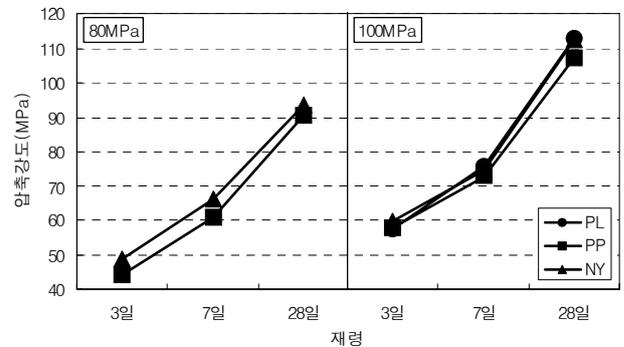


그림 5. 배합별 압축강도 측정결과

그림 5는 배합별 압축강도 측정 결과를 나타낸 것으로서 설계기 준강도 80MPa과 100MPa을 각각 상회하는 값을 나타냈으며, 섬유별로는 NY섬유를 혼입한 배합이 PP섬유를 혼입한 배합보다 전반적으로 2~5MPa 상회하는 것으로 나타났다.

#### 3.2 내화성능 평가 결과

그림 6 및 표 4는 PP섬유를 혼입한 고강도 콘크리트 Mock-up 기둥의 내화시험결과를 나타낸 것으로서 80MPa의 경우 코너부위 2개소에서 국토해양부 고시 온도기준인 최고온도 649℃를 초과한 798.4℃~843.8℃로 나타났으며 부위별 평균온도는 691.8℃, 최고온도는 843.8℃로 나타났다.

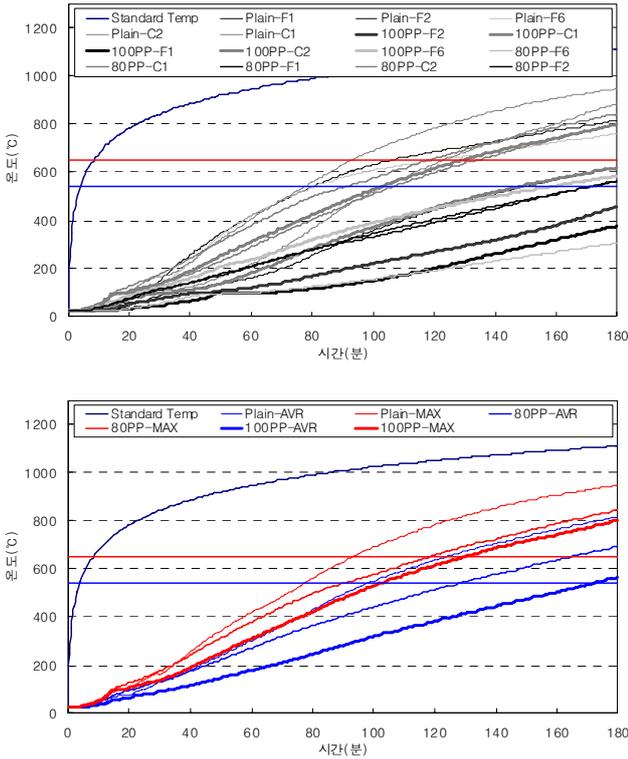


그림 6. PP섬유혼입 고강도 콘크리트 내화성능 평가 결과

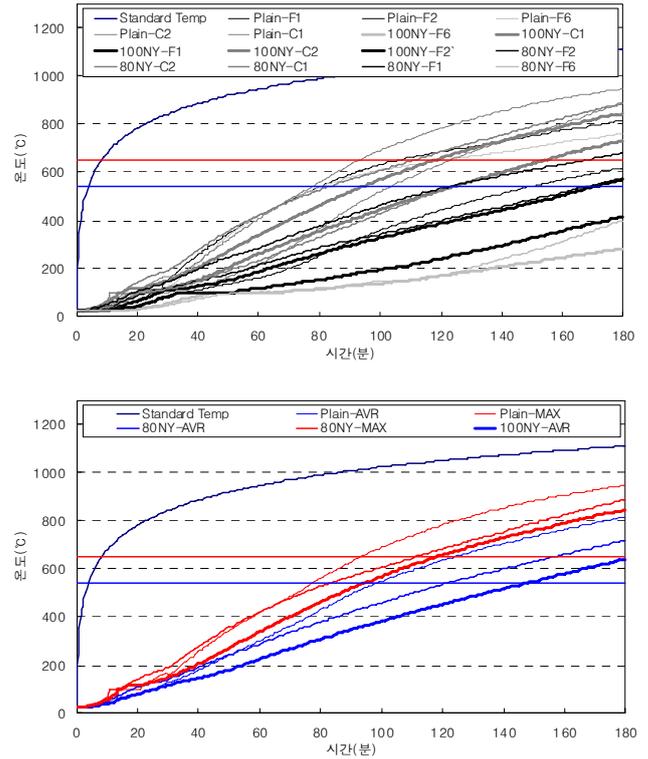


그림 7. NY섬유혼입 고강도 콘크리트 내화성능 평가 결과

표 4. PP섬유혼입 Mock-up기둥의 부위별 내화시험 최종온도

구분	위치(피복두께)	최종온도(°C)
80MPa	면1(50mm)	564.4
	면2(50mm)	560.7
	면3(60mm)	305.3
	코너1	843.8
	코너2	798.4
100MPa	면1(50mm)	375.7
	면2(50mm)	457.3
	면3(60mm)	584.7
	코너1	618.9
	코너2	800.1

또한 100MPa의 경우 코너부위 1개소에서 800.1°C로 나타나 최고온도 범위를 초과하였으며, 부위별 평균온도 및 최고온도는 각각 563.0°C, 800.1°C로 나타났다.

한편, 추가로 설치한 피복두께 60mm 면부위 온도는 80MPa의 경우와 100MPa의 경우 각각 305.3°C 및 584.7°C로 나타났다.

그림 7 및 표 5는 NY섬유를 혼입한 고강도 콘크리트 Mock-up 기둥의 내화시험결과를 나타낸 것으로서 80MPa의 경우 면부위 1개소와 코너부위 2개소에서 최고온도 기준을 초과하였으며, 부위별 평균온도 및 최고온도는 각각 718.1°C, 885.0°C로 나타났다.

표 5. NY섬유혼입 Mock-up기둥의 부위별 내화시험 최종온도

구분	위치(피복두께)	최종온도(°C)
80MPa	면1(50mm)	681.2
	면2(50mm)	574.7
	면3(60mm)	399.9
	코너1	731.6
	코너2	885.0
100MPa	면1(50mm)	568.4
	면2(50mm)	413.3
	면3(60mm)	282.4
	코너1	844.1
	코너2	729.6

100MPa의 경우 코너부위 2개소 모두 최고온도 기준을 초과하였으며, 평균온도 및 최고온도는 각각 638.9°C, 844.1°C로 나타났다.

NY섬유혼입 시험체의 경우도 피복두께 60mm 면부위에 추가로 열전대를 설치하였으며, 80MPa 및 100MPa 각각 399.9°C, 282.4°C로 나타났다.

3시간 내화시험 종료 직후 시험체 표면을 육안관찰한 결과 모든 시험체에서 폭발현상은 발생하지 않았다.

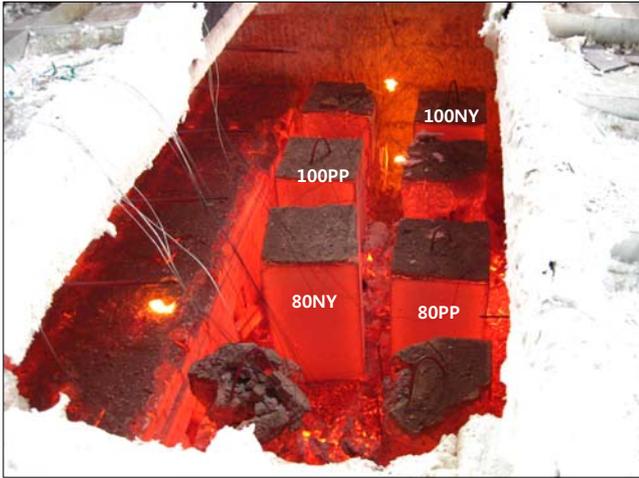


그림 8. 내화시험 종료 직후 시험체 형상

#### 4. 결 론

비재하 내화시험에 의한 섬유혼입 고강도 콘크리트 Mock-up 기둥의 내화성능 평가 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 섬유를 혼입한 고강도 콘크리트 Mock-up기둥의 내화성능은 피복두께 50mm는 부족한 것으로 판단되며 안정적인 내화성능을 확보하기 위해서는 60mm 이상 피복두께를 확보해야 할 것으로 판단된다.
- 2) 부위별 최종온도 검토 결과 면부위보다 코너부위가 온도상승이 더 높게 나타나 코너부위의 보강이 필요할 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

1. 김용로 외, 현장 적용을 위한 섬유혼입 고강도콘크리트의 내화특성에 관한 실험적 연구, 한국건축시공학회 학술,기술논문발표회 논문집, pp.187~190, 2008.11
2. 한천구 외, NY과PP 섬유 길이조합 및 혼입률 변화에 따른 고성능 콘크리트 폭발방지 특성, 대한건축학회논문집, pp.69~76, 2008.11
3. Long T. Phan, "High performance concrete at high temperature an overview", NIST report, 2002
4. Pierre Kalifa, Fregoire Chene, Christophe Galle, "High temperature behaviour of HPC with polypropylene fibres from spalling to microstructure", Cement and Concrete Research 31, pp.1487~1499, 2001