



## 고온에 노출된 고강도콘크리트 휨부재의 2면가열에 관한 실험적 연구

김동준\* · 강승구\* · 이재영\*\* · Harada Kazunori\*\*\* · 권영진\*\*\*\*  
호서대학교 소방방재학과\* · 교토대학 건축공학과\*\* · 교토대학 건축공학과  
공박\*\*\* · 호서대학교 소방방재학과 공박\*\*\*\*

### A Experimental Study on the Two Sides Heating of High Strength Concrete Flexural Member Exposed to High Temperature

Kim Dong-Jun\* · Kang Seung-Goo\* · Lee Jae-Young\*\* · Harada  
Kazunori\*\*\* · Kwon Young-Jin\*\*\*\*  
Dept. Fire & Disaster Prevention of Hoseo Univ\* ·  
Graduate Student, Graduate School of Eng. Kyoto University\*\* ·  
Prof. Graduate School of Engineering, Kyoto University, DR. Eng\*\*\* ·  
Prof. Fire & Disaster Prevention of Hoseo Univ\*\*\*\*

#### 요 약

화재는 콘크리트 구조물의 역학적 특성에 치명적 손상을 일으켜 건축물의 안전성을 급격하게 감소시킬 수 있다. 특히 고강도콘크리트는 폭렬이 발생하여 심각한 단면 손실과 노출된 철근으로 인하여 건축물의 안전성에 치명적인 영향을 미친다. 이러한 폭렬에 대하여 다양한 연구가 진행되고 있지만, 폭렬의 발생원인은 명백하게 밝혀지진 않았다. 이에 본 연구는 콘크리트의 함수율과 열응력이 폭렬에 미치는 영향을 분석하여 폭렬로부터 구조물의 안전성을 확보하기 위한 기초 자료를 제시하였다.

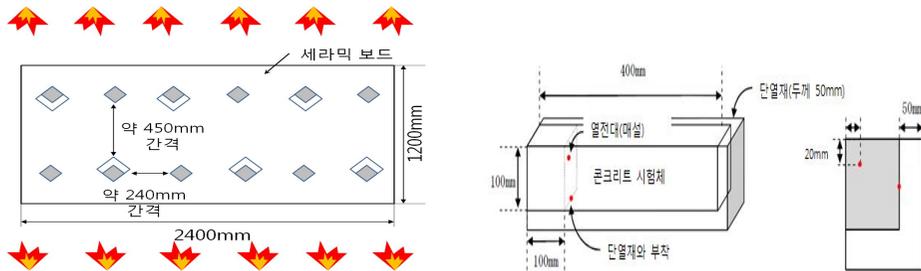
#### 1. 서 론

현대에 있어서 건축 구조물의 주된 재료로서 사용되는 콘크리트는 구조물의 형상과 치수에 제약을 받지 않고 사용할 수 있다는 장점 때문에 건설재료로서 많이 사용되고 있다. 그렇지만 최근에 건축물은 초고층화, 대형화, 장스팬화됨에 따라 고강도콘크리트(High strength concrete, 이하 HSC)의 사용에 따른 문제점이 도출되어 안전을 위협하고 있다. HSC는 플래쉬오버 이후에 콘크리트 내부의 공극압 상승 및 박리에 의한 철근 노출 등으

로 인해 화재 시 보통강도콘크리트(Normal strength concrete, 이하 NSC)에 비하여 구조체의 급격한 성능저하를 발생시킬 수 있어 소방대의 진입과 관계인들의 피난을 어렵게 하고 있다<sup>1)</sup>. 특히 HSC가 많은 건축물에 적용되고 있는 현시점에서 HSC의 고온시 폭발원인 규명을 위한 콘크리트의 함수율과 열응력이 폭발현상에 미치는 영향은 시급히 규명되어야 할 주된 연구 주제이다. 그러므로 본 연구는 100MPa급 HSC의 2면가열과 4면가열을 나누어 열응력을 실험적으로 규명함으로써, 철근콘크리트 건축물의 내화설계기준 작성 또는 보통강도 콘크리트를 근거로 규정된 기존 내화설계기준의 개정을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

Table 1. List of Specimens

설계강도 (MPa)	섬유혼입율 (kg/m <sup>3</sup> )	양생조건	가열조건	가열온도조건				
100	0	수중양생	2면가열	ISO834 건축화재 표준가열곡선 (30분 가열)				
			4면가열					
		기중양생	2면가열					
			4면가열					
	1.5	수중양생	2면가열					
			4면가열					
기중양생	2면가열							
	4면가열							
W/B (wt%)	slump flow (mm)	Air (%)	S/a (vol%)	Unit W	Unit Weight(kg/m <sup>3</sup> )			
20	650±50	4	43	170	B	C	S	G
					850	340	569	770



a) Fire experiments for method      b) Basic Details for Thermocouple  
Fig 1. The fire experimental and measurements

## 2. 실험개요

### 2.1 실험계획 및 방법

열응력과 함수율이 폭발현상에 미치는 영향을 분석하고자 실험개요는 다음 Table 1에 나타내었다. 100×100×400mm의 범형대로 설계강도 100MPa을 조건으로 하였으며, 함수율이 낮은 기중양생과 함수율이 높은 수중양생의 조건으로 하였다. 더 나아가 폭발저감을 확인하고자 섬유혼입율을 0(kg/m<sup>3</sup>), 1.5(kg/m<sup>3</sup>)로 나누어 동일한 실험체 3개를 제작하여 Fig 1의 a)와 같이 화재가열 실험을 계획하였다. 또한 변수는 내부의 온도변화를 파악하기 위하여 Fig 1의 b)와 같이 열전대를 설치하였으며, 내화성능의 검토를 위하여 표준가열곡선에 준하여 30분 가열로 실시하였다.

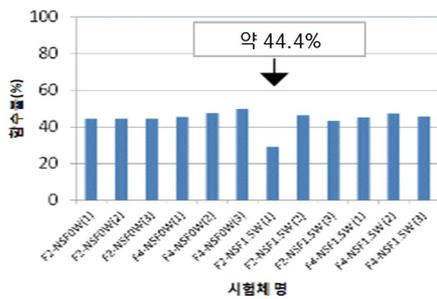
**Table 2. Explosive spalling test results of specimens**

Heating Time (min.)		F-2 NSF Grade				F-4 NSF Grade			
		1 Side	2 Sides	3 Sides	4Sides	1 Side	2 Sides	3 Sides	4 Sides
W C C	Photo								
	Spalling	PR+CR	PR+CR	PR+CR	PR+CR	DS	DS	DS	DS
	Crack**	IV	IV	IV	IV	III	III	III	II
A C C	Photo								
	Spalling	PR+CR	PR	PR	PR	None	None	None	None
	Crack	IV	III	III	III	I	II	I	II
Heating Time (min.)		F-2 NSF Grade				F-4 NSF Grade			
		1 Side	2 Sides	3 Sides	4 Sides	1 Side	2 Sides	3 Sides	4 Sides
W C C 1.5	Photo								
	Spalling	SS	SS	SS	SS	None	None	None	None
	Crack	II	I	II	II	II	I	I	I
A C C 1.5	Photo								
	Spalling	SS	None	SS	SS	None	None	None	None
	Crack	II	I	I	I	I	I	I	I

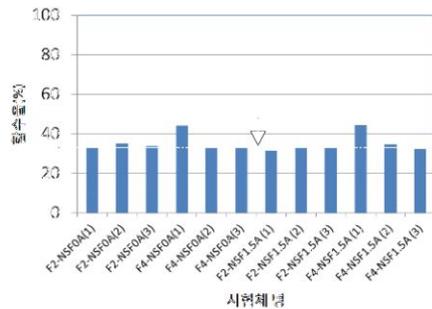
Note :

\* None=none spalling, SS=shallow spalling(depth<10 mm), DS=deep spalling(depth>10 mm), PR=partial rupture, CR=complete rupture)

\*\* Number of crack (I=none, II=less than 5, III=6-10, IV=11-20, V=21 or more),



a) Water curing condition(WCC)



b) Air curing condition(ACC)

**Fig 2. Test results of moisture contents**

### 3. 실험결과

#### 3.1 표면함수율

함수율이 폭렬에 미치는 영향을 확인하고자 가열직전 실험체 표면의 함수율을 측정했다. 표면함수율의 측정결과 Fig 2처럼 섬유를 혼입하지 않은 수중양생의 경우 44.35~49.68%, 기중양생의 경우 33.1~33.98%로서 수중양생이 함수율이 높은 것으로 나타내었으며, 섬유가 1.5(kg/m<sup>3</sup>)의 경우에는 수중양생이 29.18~46.25%, 기중양생이 31.55~44.4%로 수중양생이 함수율이 높은 것으로 나타났다.

#### 3.2 가열실험에 따른 폭렬특성

Table 2에서 보듯이 F-2 NSF Grade는 함수율 높음, 섬유혼입 없음, 2면가열조건에서의 시험체의 폭렬현상을 나타낸 것으로 폭렬현상은 가열면인 1면과 2면에서 심각한 폭렬이 발생하였으며, 폭렬의 범위는 시험체의 전면에 걸쳐 발생한 것이 확인되었다. F-4 NSF Grade는 함수율 높음, 섬유혼입 없음, 4면가열조건의 시험체에 대한 폭렬현상을 나타낸 것이다. F-2 NSF Grade는 아주 미세하게 폭렬이 발생이 되었으며, 균열도 미세하게 나타났다. F-4 NSF Grade에서는 거의 폭렬이 발생이 되지 않았다. 2면가열이 4면가열보다는 폭렬이 많이 발생이 되었고, 2면가열실험의 균열특성을 보면, 균열은 고온에 노출된 면으로부터 비가열면으로 진전되는 것을 확인 할 수 있었다.

### 4. 결 론

고온에 노출된 고강도 콘크리트의 경우 함수율이 클수록 폭렬발생 범위 및 깊이가 커지는 것을 확인할 수 있었다.

1) 2면가열실험의 경우, 4면가열실험보다 폭렬발생의 범위 및 깊이가 커지는 것을 확인할 수 있었다.

2) 2면가열실험의 균열특성을 보면, 균열은 고온에 노출된 면으로부터 비가열면으로 진전되는 것을 확인할 수 있다. 이는 화재에 노출된 면에서 열팽창이 발생함으로써 균열이 내부로 진전되는 것으로 예상된다. 또한, 이 열팽창에 의한 팽창력에 의해서 시험체의 절단이 발생한 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 2011년 건설교통기술연구개발사업 11첨단도시C01지원에 의하여 수행하였으며, 관계자께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 김동준, 한병찬, 이재영, Harada Kazunori, 권영진 “압축강도 및 함수율이 콘크리트의 폭렬에 미치는 영향” 한국화재소방학회 제 25권 제 1호 2011년
2. 권영진, “콘크리트 건축구조물의 화재 피해사례 및 손상정도 분석”, 콘크리트학회지, Vol.23, No.3, 2011, pp44-46
3. EC2, 2002. Eurocode 2, "Design of concrete structures. ENV 1992, Part1-2: General rules-Structural fire design", European Committee for Standardization, Brussels.