

# 화재피해를 입은 콘크리트의 폭렬에 대한 양생조건의 영향성 검토에 관한 연구

## An Experimental Study on the Engineering Properties of Deteriorated Concrete by Fire Damage According to Curing Conditions

나철성\* 김영선\* 김재환\*\* 권영진\*\*\* 김규용\*\*\*\* 김무한\*\*\*\*\*

Na, Chul-Sung Kim, Young-Sun Kim, Jae-Hwan Kwon, Yung-Jin Kim, Gyu-Yong Kim, Moo-Han

### ABSTRACT

In the existed study, a fire outbreak in a reinforced concrete structure looses the organism by the different contraction and expansion of hardened cement pastes and aggregate, and causes cracks by thermal stress, leading to the deterioration of the durability.

So accurate diagnosis of deterioration is needed based on mechanism of fire deterioration in general concrete structures. Fundamental information and data on the properties of concrete exposed to high temperature are necessary for accurate diagnosis of deterioration.

Therefore, this study is willing to propose fundamental data for accurate diagnosis of deteriorated concrete structure by fire damage with experiment according to the curing conditions.

### 1. 서론

건축물의 주요 구조부재를 이루는 콘크리트는 다른 구조 재료에 비해 열전도율이 낮고 완전 붕괴에 도달하기까지의 에너지소산능력이 우수하기 때문에 화재 등과 같은 비상상황에서 충분한 대피시간의 확보가 가능하다고 보고되고 있다.

그러나 콘크리트 구조물이 화재 등과 같은 고온에 장시간 노출될 경우 부분적 혹은 전체 구조 시스템에 심각한 영향을 끼칠 수 있는 손상이 발생할 수 있으며, 이러한 콘크리트의 화재피해 상황은 사용 재료와 설계기준 강도 및 양생조건 등에 따라 영향을 받게 되며 그 피해 상황 역시 다르게 나타나기 때문에 화재피해를 입은 콘크리트 구조물의 재사용 여부 및 피해 등급을 결정하기 위해 콘크리트 구조물의 성능저하를 정확히 진단할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 폭렬에 영향을 미치는 다양한 요인을 설정하여 화재피해를 입은 고성능콘크리트의 성능 저하특성 규명하기 위해 양생조건에 따른 화재피해를 입은 콘크리트의 폭렬특성을 검토함으로써 화재피해를 입은 콘크리트 구조물의 합리적인 진단을 위한 기초 자료로 활용하고자 한다.

- \* 정희원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정
- \*\* 정희원, (주)AMS엔지니어링 기술이사, 공박
- \*\*\* 정희원, 호서대학교 소방학과, 교수·공박
- \*\*\*\* 정희원, 충남대학교 건축공학과, 조교수·공박
- \*\*\*\*\* 정희원, 충남대학교 건축공학과, 교수·공박

표 1. 실험계획

양생 조건	설 계 기 준 강 도 (MPa)	W/B (%)	목 표 슬럼프 플로우 (mm)	FA 대체율 (%)	SF 대체율 (%)	잔 골 재 율 (%)	단 위 수 량 (kg/m <sup>3</sup> )	단위중량(kg/m <sup>3</sup> )				측정항목
								C	FA	S	G	
표준* 기건	80	25	550±50	15	10	45	165	495	99	741	923	• 함수율 (%) • 내부온도 • 폭렬성상 (가열시간 30분) • 압축강도 (재령 : 가열전 및 가열직후)
	60	28			-		168	510	90	732	911	

주1) 표준 : 28일(수중)양생  
 기건 : 3일(습윤)→28일(기건)

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 콘크리트 배합

본 연구의 실험계획은 표 1에서 보는 바와 같이 기존 초고층구조물에 사용되고 있는 설계기준강도 60 및 80MPa를 설정하여 이에 따른 물결합재비를 설정하였으며, 양생조건은 표준 및 기건으로 설정하였다.

시험체는 Φ10x20cm의 원주형 공시체를 제작하여 24시간 후 탈형하고 20±3℃, RH 60%조건에서 28일간 양생한 후, 바닥용 내화시험 가열로에서 KS F 2257 내화시험 방법에 의거하여 표준가열곡선에 따라 30분 가열을 실시하였다.

가열된 공시체는 그림 1에서 보는 바와 같이 콘크리트표준 시방서상의 피복 두께규정 및 화재시 외관상의 피해에 따른 화재 등급분류에 근거하여 4등급으로 분류하여 폭렬상태를 검토하였으며 그 분류 일례를 그림 2에 나타내었다.

또한 양생조건에 따른 폭렬특성을 평가하기 위해 함수율을 측정하였으며, 콘크리트 폭렬성상을 육안으로 관찰하고, 콘크리트 내부온도 및 압축강도 및 반발도를 측정하였다.

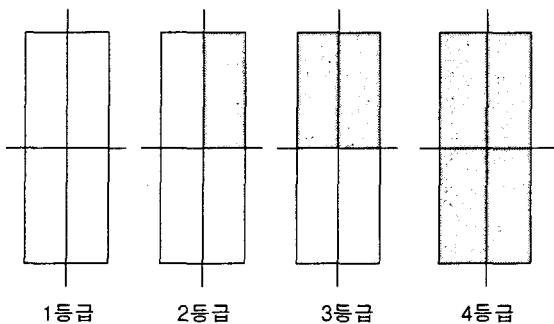


그림 1, 폭렬등급의 모식도

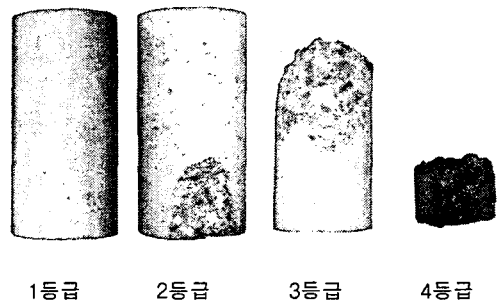


그림 2, 폭렬등급의 일례

## 2.2 사용재료

본 연구에 사용한 재료의 물리적 성질은 표 2에 나타낸 바와 같이 시멘트는 비중 3.15의 보통포틀랜드시멘트, 혼화제로서 비중 2.16의 플라이애시와 비중 2.2의 실리카흄, 잔골재로서 비중 2.58의 인천산 제염사, 굵은골재로서 비중 2.63의 퇴촌산 부순자갈을 사용하였으며 혼화제로서 폴리카르본산계 고성능감수제를 사용하였다.

표 2. 사용재료의 물리적 성질

사용 재료		물 리 적 성 질
시 멘 트		보통포틀랜드 시멘트 (비중 : 3.15, 분말도 : 3,200cm <sup>2</sup> /g)
혼 화 제		플라이애시 (비중 : 2.16, 분말도 : 1990cm <sup>2</sup> /g) 실리카흄 (비중 : 2.2, 분말도 : 200,000cm <sup>2</sup> /g)
골 재	잔 골 재	제염사 (인천산, 비중 : 2.58)
	굵은골재	부순자갈 (퇴촌산, 비중 : 2.63, 최대치수 20mm)
혼 화 제		폴리카르본산계고성능감수제

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 함수율

그림 3은 양생조건에 따른 콘크리트의 함수율을 나타낸 것으로 설계기준강도 60 및 80MPa의 경우 기건 및 표준양생 조건에서 각각 2.10, 2.37, 1.79 및 2.21%로 나타났다.

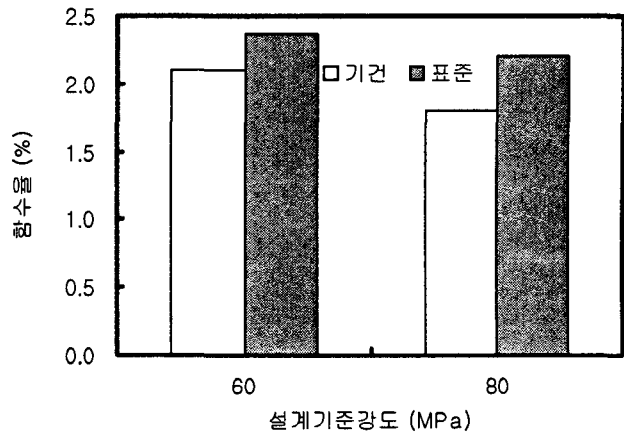


그림 3. 양생조건에 따른 콘크리트의 함수율

### 3.2 콘크리트 폭발특성

사진 1은 가열 전 가열로 내부의 공시체, 사진 2는 가열 후 설계기준강도별 양생조건에 따른 공시체의 폭발성상을 나타낸 것이다. 또한 그림 4는 설계기준강도 및 양생조건별 가열 시간에 따른 콘크리트의 내부온도를 나타낸 것이며, 그림 5는 설계기준강도 및 양생조건에 따른 콘크리트의 폭발등급을 나타낸 것으로 콘크리트 내부의 온도는 설계기준강도 및 양생조건에 관계없이 유사하지만 설계기준강도가 높을수록, 양생조건이 표준수준양생일수록 폭발에 취약한 것으로 확인됐다.

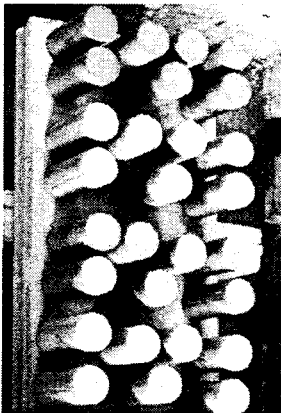
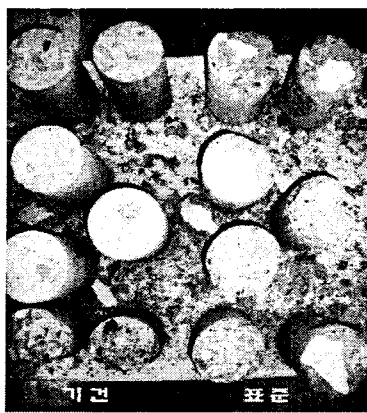
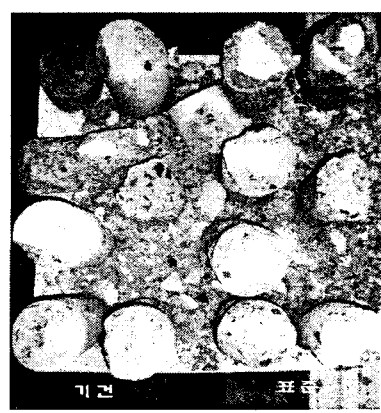


사진 1. 가열 전 가열로 내부의 공시체



(a) 60MPa



(b) 80MPa

사진 2. 가열 후 설계기준강도별 양생조건에 따른 공시체의 폭발성상

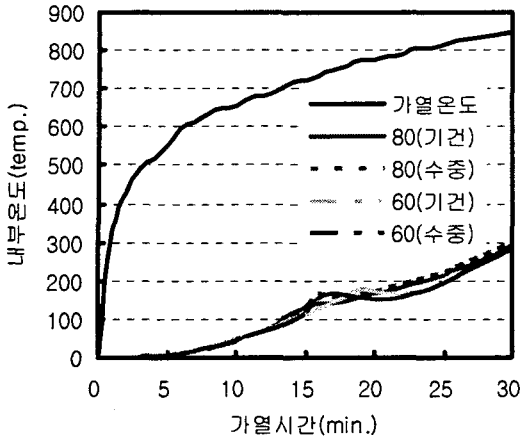


그림 4. 설계기준강도 및 양생조건별 가열시간에 따른 콘크리트 내부온도

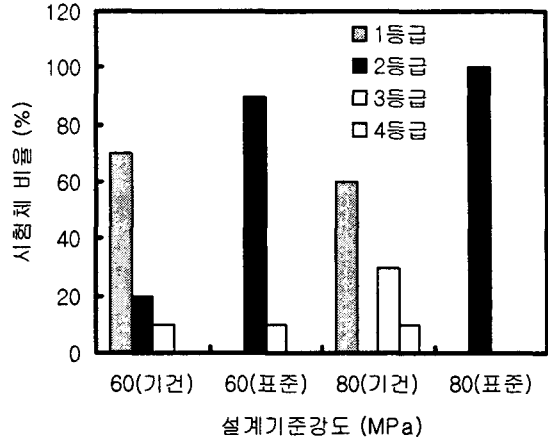


그림 5. 설계기준강도 및 양생조건에 따른 콘크리트의 폭렬등급

### 3.3 가열에 따른 압축강도의 변화

그림 6은 가열에 따른 콘크리트 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 가열 후 압축강도는 가열 전 압축강도에 비하여 설계기준강도 60MPa의 기건 및 표준수준양생 하에서 각각 평균 50, 45, 31 및 26%로, 설계기준강도가 높을수록, 양생조건이 표준수준양생일수록 압축강도의 저하가 크게 나타났다.

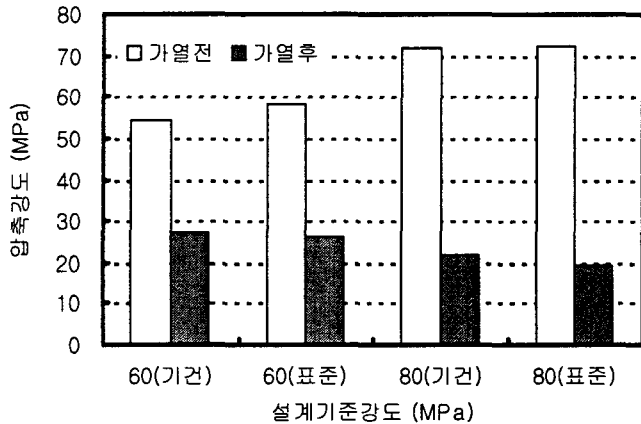


그림 6. 설계기준강도에 따른 공기량 및 슬럼프-플로우의 변화

## 4. 결론

- 1) 폭렬등급의 경우 기존 연구에서 확인되었던 바와 같이 설계기준강도가 높을수록 폭렬에 취약한 것으로 나타났으며, 양생조건이 표준수준양생일수록 함수율이 높아 가열시 수증기압의 발생이 용이해지므로 폭렬에 취약한 것으로 확인됐다.
- 2) 가열 후 압축강도는 가열 전에 비하여 폭렬등급과 동일한 경향으로 설계기준강도가 높을수록, 양생조건이 표준수준양생일수록 저하수준이 크게 나타났다.

## 참고문헌

1. 김무한 외(2003). 화재로 인해 성능저하된 콘크리트의 물성변화에 관한 실험적 연구. 한국구조물진단학회 학술 발표 논문집, 제7권 2호.
2. 권영진 외(2002). 화재피해를 입은 콘크리트 구조물의 수열온도 평가에 관한 문헌적 고찰, 한국화재·소방학회 추계 학술논문발표회 논문집.
3. 권영진(2002). 화재피해를 입은 철근 콘크리트 구조물의 조사, 평가 및 리헤빌리테이션 방안, 한국화재·소방학회 하계 심포지움