

화재피해를 입은 콘크리트의 폭렬에 대한 설계기준강도의 영향성 검토에 관한 연구

An Experimental Study on the Engineering Properties of Deteriorated Concrete by Fire Damage According to Design Compressive Strength

나철성* · 조봉석* 김재환** 권영진*** 김규용**** 김무한*****

Na, Chul-Sung Cho, Bong-Suk 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 loses 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 quick and accurate diagnosis of deteriorated concrete structure by fire damage with experiment according to the design compressive strength.

1. 서론

콘크리트구조부재가 화재 등과 같은 고온에 장시간 노출될 경우 부분적 혹은 전체구조시스템에 심각한 영향을 끼칠 수 있는 손상이 발생할 수 있으며, 콘크리트에 사용된 혼화재료 및 골재 등 사용재료와 설계기준강도에 따라 화재 피해 상황역시 다르게 나타나기 때문에 화재피해를 입은 콘크리트 구조물의 재사용 여부 및 피해 등급을 결정하기 위해서는 각종 콘크리트의 화재에 의한 성능저하 정도에 관한 데이터가 축적되어야만 한다.

따라서 본 연구에서는 폭렬에 영향을 미치는 다양한 요인을 설정하여 화재피해를 입은 고성능콘크리트의 성능 저하특성 규명하기 위해 화재피해를 입은 콘크리트의 설계기준강도와 콘크리트의 폭렬정도의 상관성을 검토하여 폭렬정도 추정에 관한 자료를 제시함으로써 화재피해를 입은 콘크리트 구조물의 합리적인 진단을 위한 기초 자료로 활용하고자 하며, 최종적으로 화재를 입은 콘크리트구조물의 진단과 보수·보강에 관한 규정 마련의 지표로 활용하고자 한다.

* 정희원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정

** 정희원, (주)AMS엔지니어링 기술이사, 공박

*** 정희원, 호서대학교 소방학과, 교수공박

**** 정희원, 충남대학교 건축공학과, 조교수공박

***** 정희원, 충남대학교 건축공학과, 교수공박

표 1. 실험계획

실험 요인	설 계 기 준 강 도 (MPa)	W/B (%)	목 표 슬럼프 플로우 (mm)	목 표 슬럼프 (mm)	FA 대체율 (%)	SF 대체율 (%)	잔 골 재 율 (%)	단 위 수 량 (kg/m ³)	단위중량(kg/m ³)				측정항목
									C	FA	S	G	
설계 기준 강도	80	25	550±50	-	15	10	45	165	495	99	741	923	<ul style="list-style-type: none"> • 공기량 (%) • 슬럼프 및 슬럼프-플로우 (mm) • 내부온도 • 폭발성상 (가열시간 15분) • 압축강도 • 반발도 (재령 : 가열전 및 가열직후)
	60	28							510	90	732	911	
	40	33							438	77	756	942	
	21	55	-	180±20	175	270	48	812	1011				

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획 및 콘크리트 배합

본 연구의 실험계획은 표 1에서 보는 바와 같이 기존 초고층구조물에 사용되고 있는 설계기준강도 40, 60 및 80MPa를 설정하여 이에 따른 물결합재비를 설정하였으며, 또한 일반강도 콘크리트와의 비교·평가를 위해 설계기준강도 21MPa에 따른 물결합재비를 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 15분 가열을 실시하였다.

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

또한 설계기준강도에 따른 폭발특성을 평가하기 위해 콘크리트 폭발성상을 육안으로 관찰하였으며, 콘크리트 내부온도, 압축강도 및 반발도를 측정하였다.

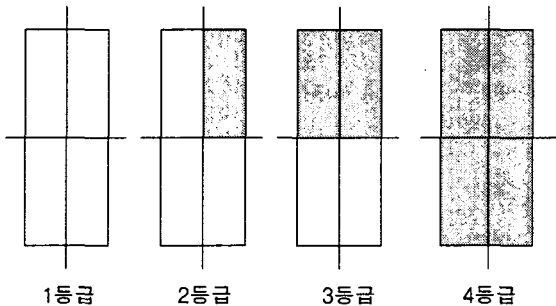


그림 1, 폭발등급의 모식도

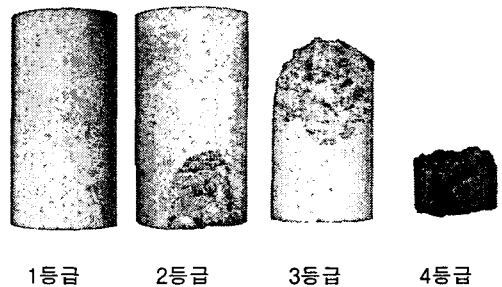


그림 2, 폭발등급의 일례

2.2 사용재료

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

표 2. 사용재료의 물리적 성질

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

3. 실험결과 및 고찰

3.1 공기량 및 슬럼프-플로우

그림 3은 설계기준강도에 따른 공기량 및 슬럼프-플로우의 변화를 나타낸 것으로 설계기준강도에 관계없이 본 연구에서 설정한 목표 공기량 4.5±1.5%, 목표 슬럼프-플로우 550±50mm를 모두 만족하는 것으로 나타났다.

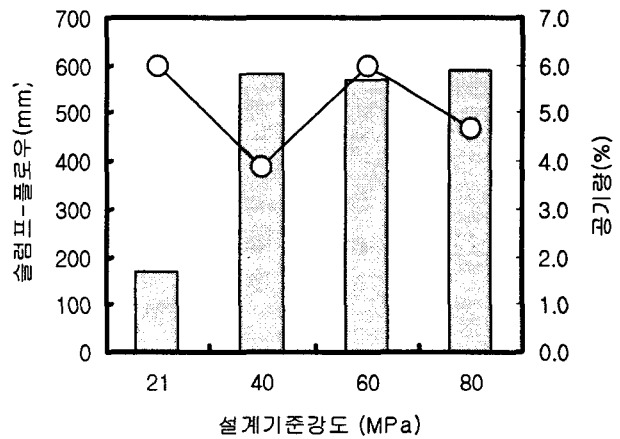


그림 3. 설계기준강도에 따른 공기량 및 슬럼프-플로우의 변화

3.2 콘크리트 폭발특성

그림 4는 설계기준강도별 가열시간에 따른 콘크리트의 내부온도를, 그림 5는 설계기준강도에 따른 콘크리트의 폭발등급을 나타낸 것으로 콘크리트 내부온도의 경우 설계기준강도에 관계없이 거의 유사한 수준을 나타내고 있으나 폭발등급의 경우 일반강도 21MPa 및 고강도 영역인 40MPa에서는 거의 폭발이 발생하지 않았으나 고강도 영역인 60 및 80MPa에서는 2등급이 발생하였다.

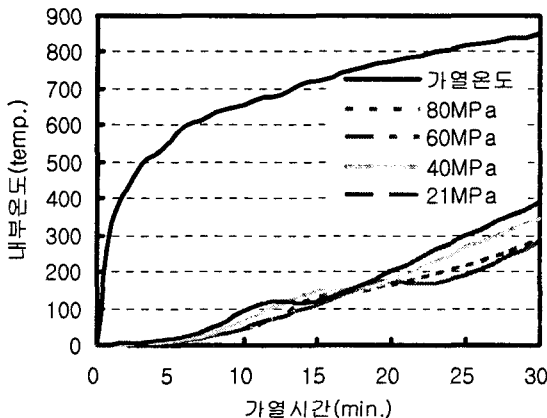


그림 4. 설계기준강도별 가열시간에 따른 콘크리트 내부온도

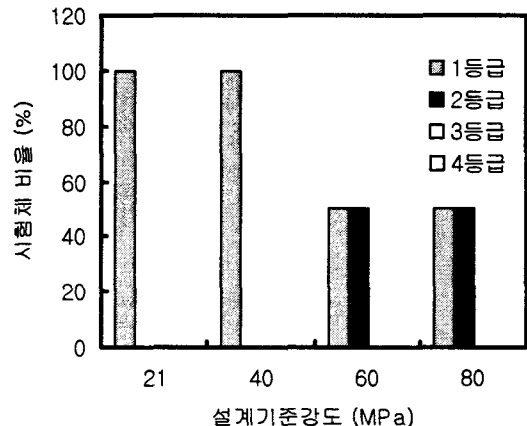


그림 5. 설계기준강도에 따른 콘크리트의 폭발등급

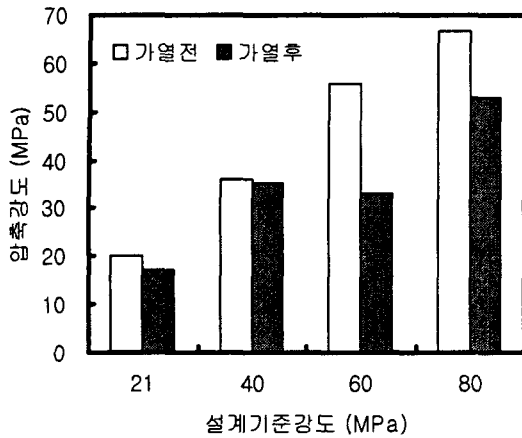


그림 6. 가열에 따른 콘크리트 압축강도의 변화

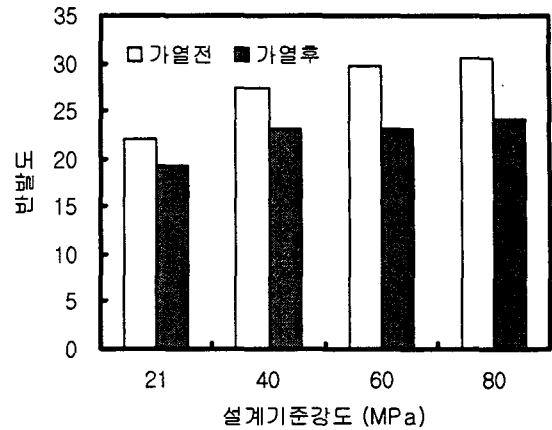


그림 7. 가열에 따른 콘크리트 반발도의 변화

3.3 가열에 따른 압축강도 및 반발도의 변화

그림 6은 가열에 따른 콘크리트 압축강도의 변화를 나타낸 것으로 가열 후 압축강도는 가열 전 압축강도에 비하여 각 설계기준강도별로 평균 85, 98, 60 및 70%로, 설계기준강도 21 및 40MPa의 경우에는 강도 저하가 크게 나타나지 않았으나 설계기준강도 60 및 80MPa의 경우에는 압축강도의 저하가 큰 수준으로 나타나 고강도 영역의 콘크리트가 잔존압축강도는 낮아지는 것으로 판단된다.

또한 그림 7은 가열에 따른 콘크리트 반발도의 변화를 나타낸 것으로 가열 후 반발도는 가열 전 반발도에 비하여 각 설계기준강도별로 평균 87, 85, 78 및 79%로 압축강도와 마찬가지로 고강도 영역의 콘크리트에서 반발도의 저하가 크게 나타났다.

4. 결론

- 1) 콘크리트 내부온도는 설계기준강도에 관계없이 거의 유사한 수준을 나타내고 있으나 폭발등급의 경우 일반강도 21MPa 및 고강도 영역인 40MPa에서는 거의 폭발이 발생하지 않은 반면, 고강도 영역인 60 및 80MPa에서는 2등급이 발생하여 고강도 영역 콘크리트의 경우 일반강도 영역 콘크리트에 비하여 폭발에 취약한 것으로 나타났다.
- 2) 가열 후 압축강도 및 반발도는 가열 전에 비하여 설계기준강도 21 및 40MPa의 경우에는 강도 및 반발도의 저하가 크게 나타나지 않았으나 설계기준강도 60 및 80MPa의 경우에는 큰 수준으로 나타나 고강도 영역 콘크리트의 경우 일반강도 영역 콘크리트에 비하여 폭발에 취약한 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 김무한 외(2003). 화재로 인해 성능저하된 콘크리트의 물성변화에 관한 실험적 연구. 한국구조물진단학회 학술 발표 논문집, 제7권 2호.
2. 권영진, "화재피해를 입은 철근 콘크리트 구조물의 조사, 평가 및 리해빌리테이션 방안", 한국화재·소방학회 하계 심포지움, pp.1~24 (2002)
3. 日本コンクリート工學協會, 콘크리트 診斷技術'01[基礎編] (2001)