

가열시간에 따른 고성능콘크리트의 폭발특성에 관한 연구

The Study on the Explosive Spalling Properties of High Performance Concrete According to the Heating Time

나 철 성^{*)} 노 경 민^{**)} 조 봉 석^{**)} 권 영 진^{**)} 김 규 용^{***)} 김 무 한^{****)}
Na, Chul-Sung Roh, Kyung-Min Cho, Bong-Suk Cho, Bong-Suk Kim, Gyu-Yong Kim, Moo-Han

ABSTRACT

Recently, as structures become bigger and higher, it is needed that high strength, high flow and high durability concrete. Demanding of High performance concrete that equality is maintained without material separation while flow, strength is increased by using low W/C rate and admixture, carbonation does not occur because of dense filling and has high durability is increasing rapidly.

Because this high performance concrete is superior to general concrete in workability and durability, it is widely used in many construction and engineering works fields. However, it is reported that when it was exposed in fire, violent explosive spalling would be happened.

Therefore, the purpose of this study evaluates explosive spalling properties of fire damaged high performance concrete according to the heating time.

1. 서 론

최근 구조물의 대형화, 초고층화가 진행됨에 따라 건설현장에서 종래에 요구되던 3가지 주요성능인 강도, 시공성, 내구성이 더욱 개선된 고강도화, 고유동화 및 고내구성화가 요구되고 있어 유동 중 과도 의 재료분리가 생기지 않고 필요한 균일성이 유지되며, 낮은 물시멘트비와 혼화재를 사용함으로써 강도가 증대되며, 거푸집 구석까지 밀실하게 충전되어 거의 중성화 반응이 발생하지 않고, 또한 투수성이 매우 작아져 내구성이 증대된 고성능콘크리트의 수요가 급증하고 있다.

이러한 고성능콘크리트는 보통강도 영역 콘크리트에 비해 워커빌리티 및 내구성 측면에서 일반적으로 상당히 우수한 특성을 보유하고 있어 건축 및 토목분야에 광범위하게 활용되고 있으나, 화재에 노출되었을 때 급격하고 격렬한 폭발특성을 나타내는 것으로 보고되고 있어 화재피해를 입은 콘크리트 구조물의 재사용 여부 및 피해 등급을 결정하기 위해서는 화재에 의한 성능저하 정도에 관한 데이터가 축적되어야만 한다.

따라서 본 연구에서는 가열시간에 따른 고성능콘크리트의 폭발특성을 평가하여 화재피해를 입은 고

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 석사과정
** 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과, 박사과정
*** 정회원, 호서대학교 소방학과, 교수·공박
**** 정회원, 충남대학교 건축공학과, 조교수·공박
***** 정회원, 충남대학교 건축공학과, 교수·공박

표 1. 실험계획

설계기준강도 (MPa)	W/B (%)	목표 슬럼프 플로우 (mm)	목표 슬럼프 (mm)	FA 대체율 (%)	SF 대체율 (%)	잔 골재율 (%)	단위수량 (kg/m ³)	단위중량(kg/m ³)				측정항목
								C	FA	S	G	
80	25	550±50	-	15	10	45	165	495	99	741	923	• 공기량 (%) • 슬럼프 및 슬럼프-플로우 (mm) • 폭렬성상 • 압축강도 ^{주1)}
60	28				-		168	510	90	732	911	
40	33				-		170	438	77	756	942	
21	55				-		180±20	-	175	270	48	

주1) 가열시간 : 15, 30 및 60분

성능 콘크리트의 성능 저하특성을 규명하고자 한다.

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 $\Phi 10 \times 20$ cm의 원주형 공시체를 제작하여 24시간 후 탈형하고 20±3℃, RH 60% 조건에서 28일간 양생한 후, 바닥용 가열로에서 KS F 2257 내화시험 방법에 의거하여 표준가열곡선에 따라 15, 30 및 60분 가열을 실시하였다.

가열된 공시체는 표 2에서 보는 바와 같이 콘크리트표준 시방서상의 피복 두께규정 및 화재시 외관상의 피해에 따른 화재 등급분류에 근거하여 4등급으로 분류하여 폭렬상태를 검토하였다.

또한 설계기준강도별 가열시간에 따른 폭렬특성을 평가하기 위해 콘크리트 폭렬성상을 육안으로 관찰하였으며, 압축강도를 측정하였다.

2.2 사용재료

본 연구에 사용한 재료의 물리적 성질은 표 3에 나타낸 바와 같이 시멘트는 비중 3.15의 보통포틀

표 2. 외관상 폭렬등급

구분	외관상 폭렬등급			
	1등급	2등급	3등급	4등급
개념도				
사진일례				

표 3. 사용재료의 물리적 성질

사용재료	물리적 성질
시멘트	보통포틀랜드 시멘트 (비중 : 3.15, 분말도 : 3,200cm ² /g)
혼화재	플라이애시 (비중 : 2.16, 분말도 : 1990cm ² /g)
	실리카흄 (비중 : 2.2, 분말도 : 200,000cm ² /g)
골재	잔골재 : 제염사 (인천산, 비중 : 2.58)
	굵은골재 : 부순자갈 (퇴촌산, 비중 : 2.63, 최대치수 20mm)
혼화재	폴리카르본산계 고성능감수제

랜드시멘트, 혼화재로서 비중 2.16의 플라이애시와 비중 2.2의 실리카흙, 잔골재로서 비중 2.58의 인천산 제염사, 굵은골재로서 비중 2.63의 퇴촌산 부순자갈을 사용하였으며 혼화재로서 폴리카르본산계 고성능감수제를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 공기량 및 슬럼프-플로우

그림 1은 설계기준강도에 따른 공기량 및 슬럼프-플로우의 변화를 나타낸 것으로 설계기준강도에 관계없이 본 연구에서 설정한 목표 공기량 $4.5 \pm 1.5\%$, 목표 슬럼프-플로우 $550 \pm 50\text{mm}$ 를 모두 만족하는 것으로 나타났다.

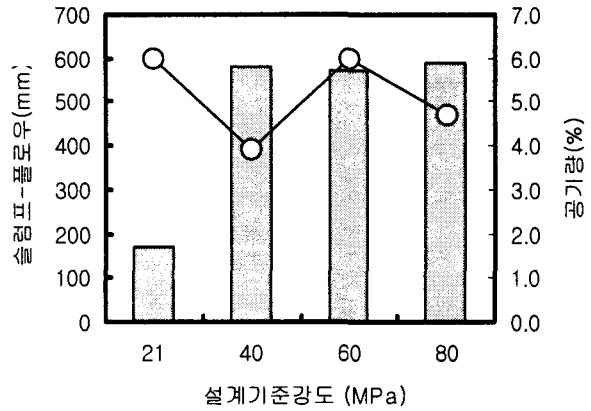


그림 1. 공기량 및 슬럼프-플로우의 변화

3.2 콘크리트 폭렬특성

그림 2는 설계기준강도별 가열시간에 따른 콘크리트의 폭렬등급을 나타낸 것으로 일반강도 21MPa 및 고강도 영역인 40MPa의 경우 15 및 30분 가열 후 모든 시험체가 1등급을 나타내고 있으며, 60분 가열 후에도 1 및 3등급이 대부분을 차지하고 있는 등 폭렬에 강한 특성을 보이고 있다.

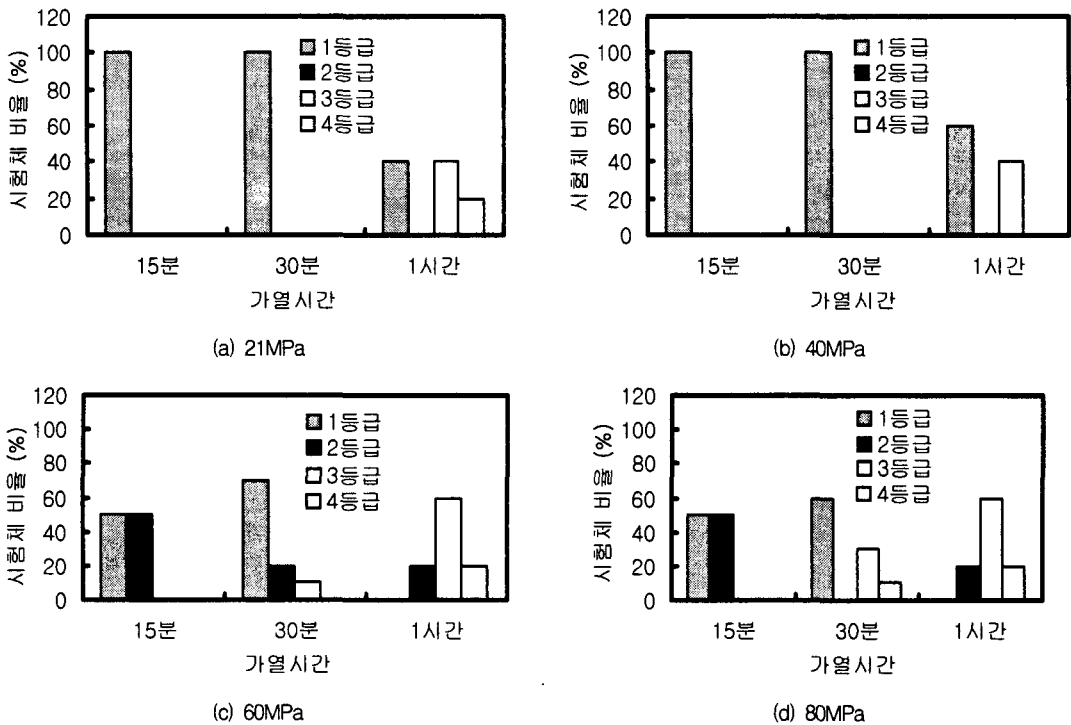


그림 2. 설계기준강도별 가열시간에 따른 콘크리트의 폭렬등급

그러나 60 및 80MPa의 경우 15분 가열 후 2등급이 발생하였으며, 60분 가열 후에는 3등급이 대부분을 차지하고 있으며, 4등급 시험체도 발생하는 등 고강도 영역의 콘크리트가 폭렬에 취약한 것으로 나타났다.

3.3 가열에 따른 압축강도의 변화

그림 3은 가열에 따른 콘크리트의 압축강도발현율을 나타낸 것으로 가열 후 압축강도는 가열 전 압축강도에 비하여 15분 가열의 경우 설계기준강도 21, 40, 60 및 80MPa에서 각각 85, 98, 60 및 70%, 가열 30분의 경우 각각 81, 68, 50 및 30%, 가열시간 60분의 경우 각각 57, 43, 26 및 15%로 가열시간이 증가함에 따라 압축강도발현율은 저하하는 것으로 나타났으며, 설계기준강도 21 및 40MPa의 경우에는 강도 저하가 크게 나타나지 않았으나 설계기준강도 60 및 80MPa의 경우에는 압축강도발현율이 큰 수준으로 저하하여 설계기준강도가 증가할수록 화재에 의한 콘크리트의 잔존압축강도는 낮아지는 것으로 나타났다.

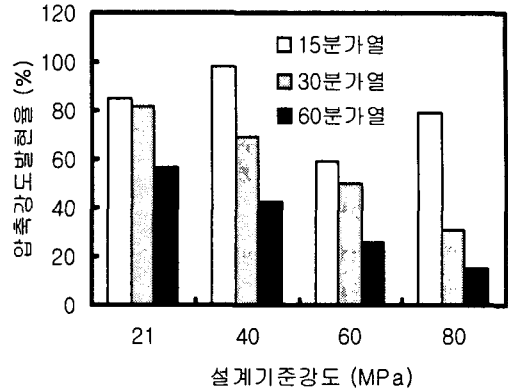


그림 3. 가열에 따른 압축강도발현율

4. 결론

- 1) 일반강도 21MPa 및 고강도 영역인 40MPa의 경우 60분 가열 후에도 1 및 3등급이 대부분을 차지하고 있는 등 폭렬에 강한 특성을 보이고 있으나, 60 및 80MPa의 경우 60분 가열 후에는 3등급이 대부분을 차지하고 있으며, 4등급 시험체도 발생하는 등 고강도 영역의 콘크리트가 폭렬에 취약한 것으로 나타났다.
- 2) 가열시간이 증가함에 따라 압축강도발현율은 저하하는 것으로 나타났으며, 설계기준강도 21 및 40MPa의 경우에는 강도 저하가 크게 나타나지 않았으나 설계기준강도 60 및 80MPa의 경우에는 압축강도발현율이 큰 수준으로 저하하여 설계기준강도가 증가할수록 화재에 의한 콘크리트의 잔존압축강도는 낮아지는 것으로 나타났다.

※ 논문에 참여한 연구자(의 일부)는 2단계 BK21 사업의 지원비를 받았으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 권영진 외(2002). 화재피해를 입은 콘크리트 구조물의 수열은도 평가에 관한 문헌적 고찰. 한국화재·소방학회 추계 학술논문발표회 논문집.
2. 권영진(2002). 화재피해를 입은 철근 콘크리트 구조물의 조사, 평가 및 리해빌리테이션 방안. 한국화재·소방학회 하계 심포지움
3. 김무한 외(2003). 화재로 인해 성능저하된 콘크리트의 물성변화에 관한 실험적 연구. 한국구조물진단학회 학술 발표 논문집, 제7권 2호.
4. 김무한 외(2002). 화재에 의해 성능 저하된 콘크리트 구조물의 진단 및 보수공법에 관한 연구. 한국화재·소방학회 춘계 학술논문발표회 논문집.
5. 日本コンクリート工學協會, 콘크리트 診斷技術'01[基礎編] (2001)