

**A-01**

## 섬유종류 및 혼입량에 따른 고성능콘크리트의 폭열저감에 관한 실험적 연구

나철성\*\*\*, 신관수\*, 김영선\*\*, 권영진\*\*\*\*, 김규용\*\*\*\*\*, 김무한\*\*\*\*\*

충남대학교 건축공학과 학부과정\*, 충남대학교 건축공학과 석사과정\*\*,  
충남대학교 건축공학과 박사과정\*\*\*, 호서대학교 소방학과 교수·공박\*\*\*\*,  
충남대학교 건축공학과 조교수·공박\*\*\*\*\*, 충남대학교 건축공학과 교수·공박\*\*\*\*\*

## An Experimental study on Reduction Effect to Explosive spalling of high performance concrete by Fiber Type and Volume Fraction of Fiber

Chul-Sung, Na\*\*\*, Kwan-Soo, Shin\*, Young-Sun, Kim\*\*, Young-Jin Kwon\*\*\*\*, Gyu-Yong,  
Kim\*\*\*\*\*, Moo-Han Kim\*\*\*\*\*

*Chungnam National University Architecture Engineering Department course\*,  
Chungnam National University Architecture Engineering Master course\*\*  
Chungnam National University Architecture Engineering Doctoral course\*\*\*  
Hoseo University Fire Science Professor\*\*\*\*  
Chungnam National University Architecture Engineering Assistant Professor \*\*\*\*\*  
Chungnam National University Architecture Engineering Professor\*\*\*\*\**

### ABSTRACT

Recently, fire resistance of high performance concrete for explosive spalling was issued as high performance concrete was vulnerable to the explosive spalling in initial fire. Therefore, in this study, an experiment about reduction effect to explosive spalling of high performance concrete is performed by adding several polymer fiber with various volume fraction, an then final fiber and volume fraction of that which reduce the explosive spalling of high performance concrete is presented. As the result of thjs study, the most fitted fiber volume fraction of reducing effect for explosive spalling at high performance concrete is under the 0.1%, as consider the flowability and efficiency.

**Keyword** : Diagnosis of the deteriorated concrete heated highly, Engineering properties of concrete, Explosive spalling

## 1. 서 론

일반적으로 콘크리트는 다른 구조 재료에 비해 열전도율이 낮고 완전 붕괴에 도달하기까지의 에너지소산 능력이 우수하여 화재에 비교적 안정적인 것으로 알려져 있다.

표 1. 콘크리트 배합

W/B (%)	섬유 종류	섬유 혼입량 (%)	고성능 감수제 (%)	S/a (%)	단위중량 (kg/m <sup>3</sup> )				
					W	C	FA	S	G
30.5	PVA 40 PVA 100 PP	0	0.85%	43	174	485	86	696	958
		0.05							
		0.1							
		0.3							

그러나 콘크리트구조부재가 화재 등과 같은 고온에 장시간 노출될 경우 부분적 혹은 전체구조시스템에 심각한 영향을 끼칠 수 있는 손상이 발생할 수 있으며, 특히 고강도 영역의 콘크리트의 경우 일반강도 콘크리트에 비하여 취성적인 특성이 있어 화재초기 발생되는 폭열에 취약한 것으로 알려져 있다.

한편, 최근 고성능 콘크리트의 사용이 보편화 되면서 고성능 콘크리트의 화재 성능에 관한 문제가 제기되고 있어, 고성능 콘크리트의 안전한 사용을 위해서는 고성능 콘크리트의 화재 성능 특히, 폭열 저감을 위한 다각적인 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 폭열 저감 대책으로서 여러가지 섬유를 다양한 혼입비율로 콘크리트에 혼입하는 방법을 통해 고강도 콘크리트의 폭열 저감효과를 실험함으로써 고강도 콘크리트의 폭열을 저감시키는 최적 섬유 혼입율 및 섬유 종류 등을 규명하기 위한 기초 자료를 제시하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획 및 배합

본 연구에서는 표 1에서 보는 바와 같이 고성능 콘크리트에서 가장 양호한 성상을 나타낸 혼화재료인 플라이애시를 사용하여, 섬유의 종류로서 친수성 섬유 PVA섬유와 소수성 섬유 PP섬유를 선정하여 실험을 계획하였으며, 섬유의 직경은 PVA의 경우 40 및 100  $\mu\text{m}$ , PP섬유의 경우 40  $\mu\text{m}$ 로 설정하여 각각 콘크리트 용적의 0.05, 0.1 및 0.3%를 혼입하였다.

시험체는  $\Phi 10 \times 20 \text{cm}$ 의 원주형 공시체를 제작하여 24시간후 탈형하고  $20 \pm 3^\circ\text{C}$ , 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 폭발상태를 검토하였으며 그 분류 일례를 그림 2에 나타내었다.

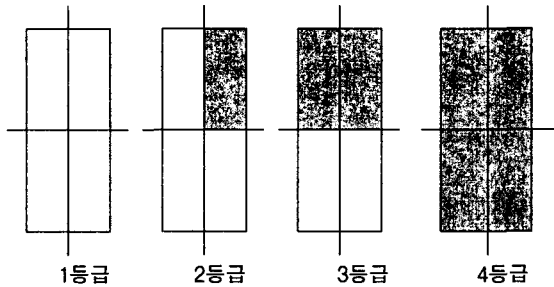


그림 1, 폭발등급의 모식도

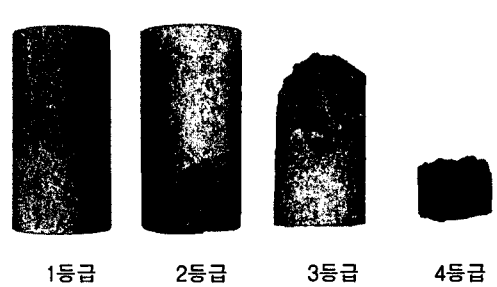


그림 2, 폭발등급의 일례

표 2. 사용재료의 물리적 성질

종류	물리적 성질
시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트 : 강열 감량 0.97 %, 비중 3.15, 분말도 3,630 cm <sup>2</sup> /g
혼화재료	보령산 플라이애쉬 : 강열 감량 4.10 %, 비중 2.12, 분말도 2,976 cm <sup>2</sup> /g,
잔골재	공주산 강모래 : 최대치수 5 mm, 비중 2.56, 흡수율 1.25 %, 조립률 2.41
굵은재	공주산 부순자갈 : 최대치수 25 mm, 비중 2.68, 흡수율 0.65 %, 조립률 7.47
섬유류	PVA 40 : Polyvinyl alcohol Fiber(친수성), 직경 40 μm, 길이 12 mm, 인장강도 880 MPa, 비중 1.3
	PVA 100 : Polyvinyl alcohol Fiber(친수성), 직경 100 μm, 길이 12 mm, 인장강도 880 MPa, 비중 1.3
	PP : Polypropylene Fiber(소수성), 직경 40 μm, 길이 12 mm, 인장강도 350 ~ 770 MPa, 비중 1.3

## 2.2 사용재료

본 연구에 사용한 재료의 물리적 성질은 표 2에 나타내었다. 혼화제는 폴리카르본산계 고성능 감수제를 일괄적으로 0.85% 혼입하여 섬유 혼입에 따른 슬럼프 플로우의 변화를 관찰하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 섬유 혼입율에 따른 유동특성

그림 3은 섬유 혼입율에 따른 슬럼프-플로우를 나타낸 것으로 섬유를 0.05% 혼입한 경우 섬유 종류에 관계없이 슬럼프-플로우는 유사하게 나타났으며, 0.1% 혼입시에도 PVA 40μm의 경우 63.5cm, PP의 경우 60.5cm를 나타내고 있어 섬유를 혼입하지 않은 경우의 슬럼프-플로우 70cm의 약 90% 수준을 보이고 있어 큰 차이는 없었다.

### 3.2 섬유 종류에 따른 콘크리트 폭열특성

그림 4 및 그림 5는 각 섬유를 0.05% 및 0.1% 혼입한 시험체의 섬유 종류에 따른 콘크리트의 폭열 성상을 나타낸 것으로, PVA 40 $\mu$ m를 0.05% 혼입한 경우에서만 4등급 폭열이 발생하였으며, PVA 100 $\mu$ m 및 PP 40 $\mu$ m를 0.05% 혼입한 경우 폭열성상이 유사하게 나타났다.

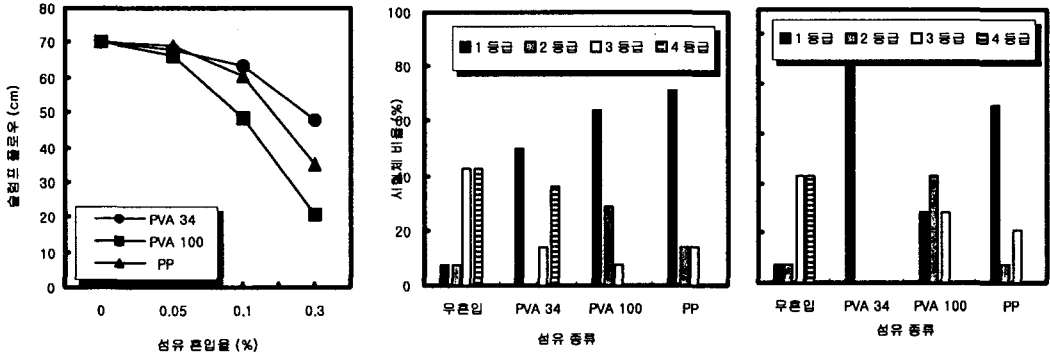


그림 3. 섬유 혼입률에 따른 슬럼프 플로우      그림 4. 각 섬유를 0.05% 혼입한 시험체의 폭열성상      그림 5. 각 섬유를 0.1% 혼입한 시험체의 폭열성상

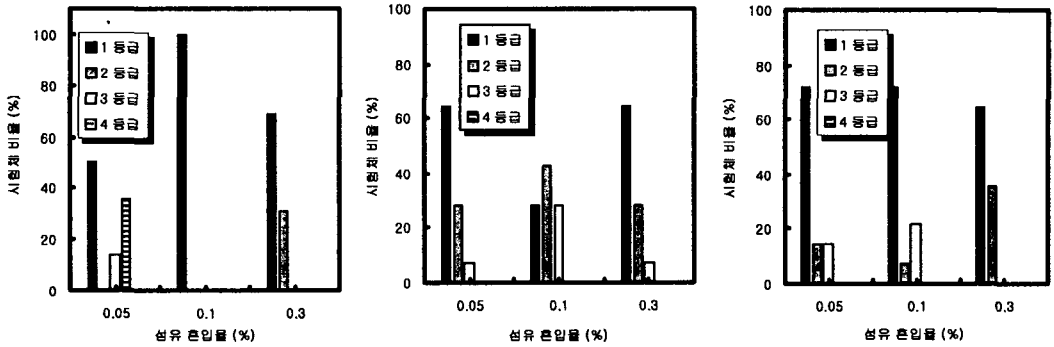


그림 6. PVA 34  $\mu$ m 섬유를 혼입한 시험체의 폭열성상      그림 7. PVA 100  $\mu$ m 섬유를 혼입한 시험체의 폭열성상      그림 8. PP 40  $\mu$ m 섬유를 혼입한 시험체의 폭열성상

또한 섬유를 0.1% 혼입한 경우에는 PVA 40 $\mu$ m 및 PP 40 $\mu$ m를 혼입한 경우의 폭열성상이 유사하게 나타나 섬유특성상의 친수성 또는 소수성의 수성이 폭열성상에 미치는 영향은 적은 것으로 나타났으며, PVA 40 $\mu$ m 및 PVA 100 $\mu$ m에 있어서 0.05% 및 0.1% 혼입시에 각각 다른 양상의 폭열상태를 나타내고 있고 PVA 40 $\mu$ m 및 PP 40 $\mu$ m를 0.1% 혼입한 경우 유사한 폭열성상을 나타내고 있어 섬유의 직경 및 형상비가 폭열에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

### 3.3 섬유 혼입율에 따른 콘크리트 폭열특성

그림 6, 7 및 그림 8은 각 섬유의 혼입율별 폭열성상을 나타낸 것으로 섬유를 혼입한 모든 경우에서 섬유를 혼입하지 않은 경우에 비하여 폭열 저감 효과가 나타났으며 PVA 40 $\mu\text{m}$ 은 0.1% 혼입한 경우 폭열이 발생하지 않았으나 PVA 100 $\mu\text{m}$ 은 0.05% 혼입한 경우에 비하여 3등급으로 분류된 시험체가 약 21%, 2등급으로 분류된 시험체가 약 14%, PP 40 $\mu\text{m}$ 은 0.05% 혼입한 경우에 비하여 3등급으로 분류된 시험체가 약 7% 증가하였으며, 1등급 시험체의 비율은 유사하게 나타났다.

## 4. 결 론

- (1) 섬유 종류에 관계없이 콘크리트 용적비 0.05, 0.1%의 섬유를 혼입한 경우 슬럼프-플로우는 섬유를 혼입하지 않은 경우와 유사하게 나타났으며, 고강도 콘크리트의 폭열저감 효과는 섬유의 종류보다는 직경 및 형상비에 영향을 받는 것으로 나타났다.
- (2) PVA 40 $\mu\text{m}$ 를 혼입한 콘크리트의 경우 혼입율 0.1%에서 가장 양호한 폭열저감 효과를 나타내었으며 PVA 100 $\mu\text{m}$  및 PP 40 $\mu\text{m}$ 를 혼입한 경우는 0.05% 및 0.3%를 혼입한 경우 폭열저감 효과가 보다 양호하게 나타나 본 연구의 범위 내에서 유동성 및 경제성을 고려할 때 섬유 혼입율 0.1% 범위내 에서 고성능콘크리트의 폭열저감을 위한 최적의 혼입비율이 도출될 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 김무한 외, “화재에 의해 성능저하된 콘크리트 구조물의 진단 및 보수공법에 관한 연구”, 한국화재·소방학회 춘계학술논문발표회 논문집, pp.230~235 (2002)
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, コンクリート診断技術'01[基礎編] (2001)