

섬유 종류 및 혼입률에 따른 고성능 콘크리트의 폭열저감 효과에 관한 실험적 연구

An Experimental study on Reducing Effect of Explosive spalling by fiber Addition Ratio and Kinds of fiber at high performance Concrete

장재봉* 나철성** 김영덕*** 김재환**** 권영진*** 김무한****
Jang, Jea bong Na, chul sung Kim, Young Duck Kim, Jae Hwan Kwon, Young Jin Kim, Moo-Han

ABSTRACT

This study is an experiment for reducing effect of explosive spalling by fiber addition ratio and kinds of fiber at high performance concrete.

So, high strength concrete were made addition to PVA and PP fiber as diameter of 34, 100 μm and 40 μm by fiber addition ratio as 0.05, 0.1, 0.3%.

After those were heated respectively for 30 in accordance with Standard Time-Temperature Curve.

And then conditions of explosive spalling were divided into four grades, and characters of explosive spalling were investigated.

1. 서론

최근 고강도 콘크리트의 사용이 보편화 되면서 고강도 콘크리트의 화재 성능에 관한 문제가 제기되고 있다.¹⁾ 일반적으로 콘크리트 구조물은 화재에 비교적 안정적인 것으로 알려져 있으나 고강도 콘크리트의 경우 고온에 노출되면 폭열하여 구조적 성능이 급격히 저하하며, 철근을 고온에 직접적으로 노출시킬 수 있기 때문에²⁾ 고강도 콘크리트의 안전한 사용을 위해서는 고강도 콘크리트의 화재 성능 특히 폭열저감을 위한 다각적인 연구가 필요하다.

이러한 사회적 필요에 의해 고강도 콘크리트의 폭열 저감을 위한 다양한 연구가 최근 진행되고 있으며 그 방법으로서 콘크리트의 배합을 조정하는 방법, 콘크리트 표면에 폭열 저감물질을 보강하는 방법 등이 고려되고 있다. 특히 콘크리트의 배합상의 요인으로서 여러 가지 혼화재료가 다양한 배합 조건에서 실험 되어³⁾ 폴리머 계열의 섬유 혼입에 관한 최적 혼입비율 및 적정섬유 종류 의 선택에 관한

* 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과 석사과정

** 정회원, 충남대학교 대학원 건축공학과 박사과정

*** 정회원, 호서대학교 환경안전공학부 소방학과 교수·공학박사

**** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수·공학박사

표 1. 실험 계획 및 배합

W/B (%)	섬유 종류	혼입률 (%)	혼화제 혼입률	s/a (%)	단위수량 (kg/m ³)	단위중량 (kg/m ³)			
						C	FA	S	G
30.5	PVA 34 PVA 100 PP	0 0.05 0.1 0.3	0.85%	43	174	485	86	696	958

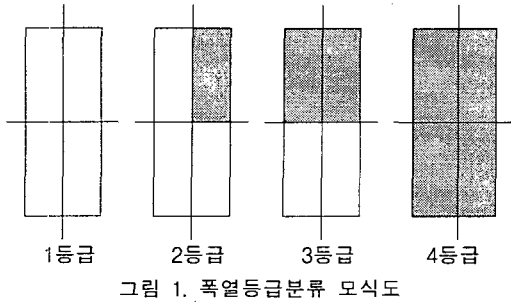


그림 1. 폭열등급분류 모식도

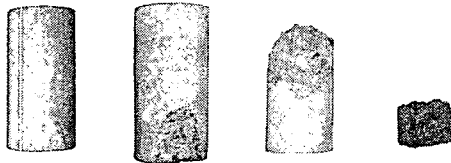


그림 2. 폭열등급분류 일례

표 2. 사용재료의 물리적 성질

종류	물리적 성질	
시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트	강열 감량 : 0.97% 비중 3.15, 분말도 3630cm ² /g
혼화제	보령산 플라이애시	강열 감량 : 4.10% 비중 2.12, 분말도 2976cm ² /g
잔골재	S : 공주산 강모래	최대치수 : 5mm 비중 2.56, 흡수율 1.25%, 조립율 2.41
굵은골재	G : 공주산 부순자갈	최대치수 : 25mm 비중 2.68, 흡수율 0.65%, 조립율 7.47
섬유	PVA 34 : Polyvinyl alcohol Fiber (친수성)	직경 34 μ m, 길이 12mm, 인장강도 880MPa, 비중 1.3
	PVA 100 : Polyvinyl alcohol Fiber (친수성)	직경 100 μ m, 길이 12mm, 인장강도 880MPa, 비중 1.3
종류	PP : Polypropylene Fiber (소수성)	직경 40 μ m, 길이 12mm, 인장강도 350-770MPa, 비중 1.3

추가적인 연구의 필요성이 도출되었다.

따라서 본 연구에서는 콘크리트의 여러 가지 배합 조건에 따른 폭열저감 효과에 관한 후속 연구로서 다양한 섬유를 다양한 혼입비율로 콘크리트에 혼입하는 방법을 통해 고강도 콘크리트의 폭열저감 효과를 실험함으로써 고강도 콘크리트의 폭열을 저감시키는 최적 섬유 혼입률 및 섬유 종류 등을 규명하기 위한 기초 자료를 확보하고자 한다.

2. 실험계획 및 사용재료

2.1 실험계획 및 실험 방법

본 연구의 실험계획 및 배합은 표 1과 같이 친수성 섬유 PVA와 소수성 섬유 PP의 두가지로 설정하였으며 섬유의 직경은 각각 PVA의 경우 34, 100 μ m로 하였으며 PP섬유의 경우 40 μ m로 설정하여 각각 콘크리트 용적의 0.05, 0.1, 0.3%를 혼입한 다음 $\psi 10 \times 20$ cm 시험체를 제작하였으며, 이를 20 \pm 3 $^{\circ}$ C RH 60%의 대기중에서 28일간 기건양생한 후 바닥용 내화시험 가열로를 사용하여 표준가열곡선에 따라 30분 가열을 실시하였다. 가열된 공시체는 그림 1에서 보는바와 같이 콘크리트표준 시방서상의 피복 두께규정⁴⁾ 및 화재시 외관상의 피해에 따른 화재 등급분류에⁵⁾ 근거하여 4등급으로 분류하여 폭열 상태를 검토하였으며 그 분류 일례를 그림 2에 나타내었다.

2.2 사용재료

본 연구에 사용한 재료의 물리적 성질은 표 2에 나타내었으며 혼화제는 폴리카르본산계 고성능 감수제

를 일괄적으로 0.85% 혼입하여 섬유 혼입률에 따른 슬럼프 플로우의 변화를 관찰하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 섬유 혼입률에 따른 슬럼프 플로우

그림 3은 섬유 혼입률에 따른 슬럼프 플로우를 나타낸 것으로 섬유를 0.05% 혼입한 경우 섬유 종류에 관계없이 슬럼프 플로우의 저하는 미세하였으며, 0.1% 혼입시에도 PVA 34 μ m의 경우 63.5cm PP의 경우 60.5cm를 나타내고 있어 섬유를 혼입하지 않은 경우의 슬럼프 플로우 70cm에 대하여 약 90%의 수준을 나타내고 있다.

3.2 섬유 종류에 따른 콘크리트의 폭열 특성

그림 4 및 그림 5는 각 섬유를 0.05% 및 0.1% 혼입한 시험체의 섬유 종류에 따른 콘크리트의 폭열 성상을 나타낸 것으로서 PVA 34 μ m를 0.05% 혼입한 경우에서만 4등급 폭열이 발생하였다. 또한 PVA 100 μ m 및 PP 40 μ m를 0.05% 혼입한 경우 폭열성상이 유사하게 나타났으며 섬유를 0.1% 혼입한 경우에는 PVA 34 μ m 및 PP 40 μ m를 혼입한 경우의 폭열성상이 유사하게 나타나 섬유특성상의 친수성 또는 소수성의 수성이 폭열성상에 미치는 영향은 적은 것으로 나타났다. 또한 PVA 34 μ m 및 PVA 100 μ m에 있어서 0.05% 및 0.1% 혼입시에 각각 다른 양상의 폭열상태를 나타내고 있으며 PVA 34 μ m 및 PP 40 μ m를 0.1% 혼입한 경우 유사한 폭열성상을 나타내고 있어 섬유의 직경 및 형상비가 폭열에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

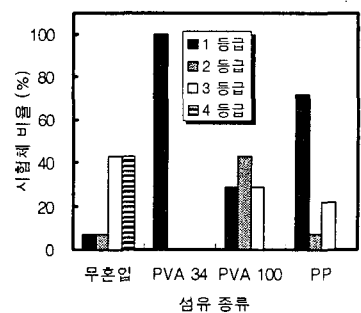
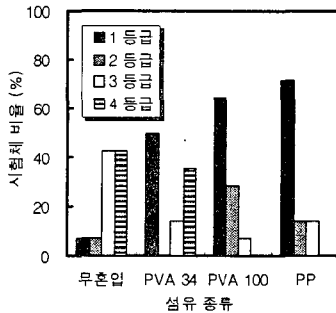
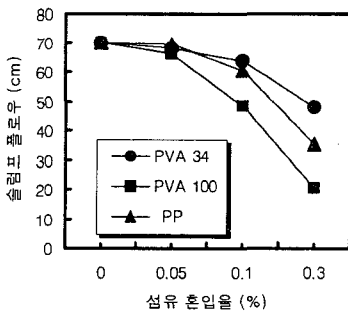


그림 3. 섬유 혼입률에 따른 슬럼프 플로우

그림 4. 각섬유를 0.05% 혼입한 시험체의 폭열성상

그림 5. 각섬유를 0.1% 혼입한 시험체의 폭열성상

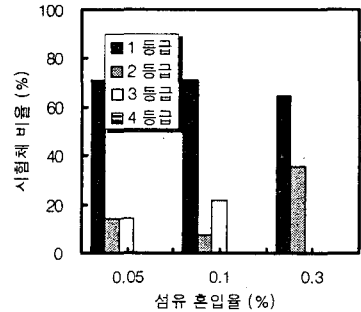
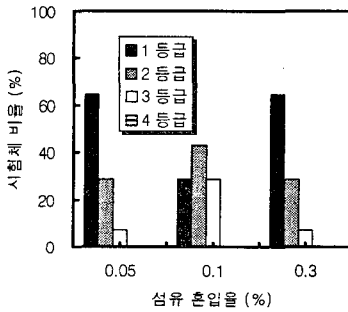
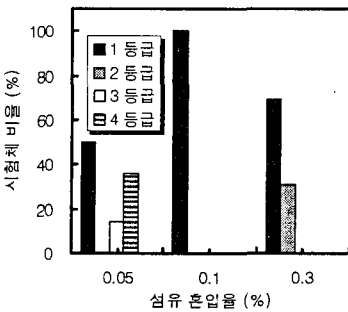


그림 6. PVA 34 μ m 섬유를 혼입한 시험체의 폭열성상

그림 7. PVA 100 μ m 섬유를 혼입한 시험체의 폭열성상

그림 8. PP 40 μ m 섬유를 혼입한 시험체의 폭열성상

3.3 섬유 혼입률에 따른 콘크리트의 폭열특성

섬유를 혼입한 모든 경우에서 섬유를 혼입하지 않은 경우에 비하여 폭열 저감 효과가 나타났으며, 섬유를 0.1% 혼입한 경우에는 PVA 34 μ m의 경우 폭열이 발생하지 않았으나 PVA 100 μ m를 0.05% 혼입한 경우에 비하여 3등급으로 분류된 시험체가 약 21%, 2등급으로 분류된 시험체가 약 14% 증가하였으며, PP 40 μ m를 혼입한 경우에는 0.05% 혼입한 경우에 비하여 3등급으로 분류된 시험체가 약 7% 증가하였으며 1등급 시험체의 비율은 유사하게 나타났다. 섬유를 0.3% 혼입한 경우에는 섬유 종류에 관계없이 유사한 폭열성상을 나타내었다.

또한 PVA 100 μ m 및 PP 40 μ m를 혼입한 경우 0.05% 와 0.3%의 혼입률에 있어서 유사한 폭열성상을 나타내고 있으며, PVA 34 μ m를 혼입한 경우에는 혼입률 0.1%에서 가장 양호한 폭열성상을 나타내고 있다.

그러므로 본연구의 범위에서 섬유 혼입에 의한 고강도 콘크리트의 폭열저감효과를 위한 섬유의 최적 혼입률은 콘크리트 용적대비 0.1% 이내의 범위에서 도출할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

섬유 종류 및 혼입률에 따른 고강도 콘크리트의 폭열저감 효과에 관한 실험적 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 본 연구의 범위에서 섬유 종류에 관계없이 콘크리트 용적비 0.05, 0.1%의 섬유를 혼입한 고강도 콘크리트의 슬럼프 플로우는 90% 이상을 나타내고 있다.
- (2) 섬유 종류에 따른 고성능 콘크리트의 폭열저감 효과는 섬유의 수성보다는 직경 및 형상비에 영향을 받는 것으로 나타났다.
- (3) PVA 34 μ m를 혼입한 콘크리트의 경우 혼입률 0.1%에서 가장 양호한 폭열저감 효과를 나타내었으며 PVA 100 μ m 및 PP 40 μ m를 혼입한 경우는 0.05% 및 0.3%를 혼입한 경우 폭열저감 효과가 보다 양호하게 나타나고 있어 섬유 혼입률 0.1% 범위내에서 고성능콘크리트의 폭열저감을 위한 최적의 혼입비율이 도출될 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김무한 외, "화재피해를 입은 콘크리트의 물성변화에 관한 실험적 연구", 한국화재·소방학회 추계 학술논문발표회 논문집, 2002. pp.230~235
2. 김무한 외, "잔골재 및 혼화재 종류에 따른 콘크리트의 폭열 성상에 관한 연구", 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집, 제15권 2호, 2003. pp.667~670
3. Kim, Moo Han, et.al, "An Experimental Study on the Engineering Properties of deteriorated Concrete by Fire Damage", Proceeding of the CTBUH 2004 Seoul Conference, 2004, pp.588~595
4. 한국콘크리트학회, "콘크리트표준시방서 해설", 2003. 기문당
5. 日本コンクリート工学協会, "コンクリート診断技術'01[基礎編]", 2001
6. 長尾 覚博 外, "火災時における高強度コンクリートの爆裂防止に関する試験結果", 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1999. 9, pp.245~246
7. 김무한, "구조재료실험", 문운당, 1999.
8. 권영진, "화재피해를 입은 철근 콘크리트 구조물의 조사, 평가 및 리헤빌리테이션 방안", 한국화재·소방학회 하계 심포지움, 2002. pp.1~24