

# 섬유조합 및 혼입을 변화에 따른 HPFRCC의 방폭성능

## The Explosion-proof Performance of HPFRCC According to Fiber Combination and Mixing Ratio

이 제 현\*

이 종 태\*\*

정 응 선\*\*\*

조 성 준\*\*\*\*

한 민 철\*\*\*\*\*

한 천 구\*\*\*\*\*

Lee, Jea-Hyeon

Lee, Jong-Tae

Jung, Woung-Seon

Jo, Sung-Jun

Han, Min-Cheol

Han, Cheon-Goo

### Abstract

Due to the increase in the usage of explosive materials and terrorism, the interest towards the superior explosion protective HPFRCC has risen. In existing research, the optimum ratio for solving the problematic problems such as the optimum fiber incorporation rate and the self-shrinkage crack of HPFRCC had been derived. However, there had been few or even no research upon how effective HPFRCC would perform protective explosion-proof in actual explosion. Therefore, this research compared the explosion-proof performance of HPFRCC according to fiber combination and mixing ratio. As a result, the combination of steel fiber and organic fiber showed excellent flow and strength, and it also improved the explosion resistance.

키 워 드 : 고성능 시멘트 복합체, 조합섬유, 섬유혼입율

Keywords : high performance fiber reinforced cementitious composite, fiber combinations, fiber content

## 1. 서 론

최근 폭발물질의 사용 증가와 테러 증가로 방호·방폭 성능이 뛰어난 고성능 시멘트 복합체(High Performance Fiber Reinforced Cementitious composite, 이하 HPFRCC)에 대한 관심이 증가하고 있다.

기존의 연구<sup>1)</sup>에서는 HPFRCC의 최적 섬유혼입율과 자기수축 균열 등의 문제점을 해결하기 위한 최적 비율을 도출한바 있다. 하지만 이렇게 시공된 HPFRCC가 실제 폭발에 어느 정도의 방호·방폭 성능을 발휘할지에 대한 TNT에 의한 실증폭파실험은 미비한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 섬유조합 및 혼입을 변화에 따른 HPFRCC의 방폭성능을 비교하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 배합사항으로 W/B는 25%, 결합재 치환율은 OPC : FA : SF = 7 : 2 : 1로 하였으며, 목표 플로는 250 ± 20, 목표 공기량은 4.5 ± 1.0을 만족하도록 배합설계 하였다. 섬유조합의 경우에는 Plain인 무혼입과 길이가 긴 강섬유(이하 SL)와 길이가 긴 유기섬유(이하 OL)을 단독 사용한 경우, 이를 1:1.5의 비율로 혼합 사용한 4수준으로 계획하였으며, 섬유혼입율은 Plain인 0%와 1, 1.5, 2%의 4수준으로 총 10수준을 실험계획 하였다.

실험사항으로 굳지 않은 모르타르에서는 플로 및 공기량을 측정하고, 경화모르타르에서는 압축강도(7, 28일)와 TNT를 이용한 방폭시험을 계획하였다.

실험방법은 KS의 표준적인 방법에 따랐다. 단, 방폭시험의 경우 사진 1과 같이 500×500×100mm의 정육면체 몰드 위에 TNT 약 113 g(1/4 lb)을 뇌관을 연결하여 설치한 후, 5 kg의 모래주머니 2개를 TNT위에 직교하여 올려 폭발 손실을 방지하였다. 이후 보호덮개를 설치하므로써 폭발 비산물에 대한 안전을 고려하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준			
배합사항	W/B (%)	25			
	결합재 치환율	OPC : FA : SF = 7 : 2 : 1			
	목표 플로(mm)	250 ± 20			
	목표 공기량(%)	4.5 ± 1.0			
	섬유조합	4	Plain	1종 SL <sup>1)</sup>	2종 OL <sup>2)</sup> SL+OL
섬유혼입율	4	0	1, 1.5, 2		
섬유혼입비 (SL : OL)	1	1 : 1.5 <sup>3)</sup>			
실험사항	굳지 않은 모르타르	2	· 플로 · 공기량		
	경화 모르타르	2	· 압축강도(7, 28일) · 방폭시험		

1) SL : 길이가 긴 강섬유  
2) OL : 길이가 긴 유기섬유  
3) 2종 SL+OL의 혼입비율

\* 청주대학교 건축공학과 석사과정, 교신저자(jjh63811@naver.com)

\*\* ㈜태민엔지니어링 대표, 공학박사

\*\*\* 공주대학교 군사과학정보학과, 박사과정

\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과, 박사과정

\*\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 부교수, 공학박사

\*\*\*\*\* 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

### 3. 실험결과 및 분석

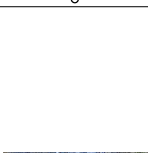
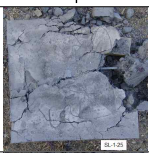

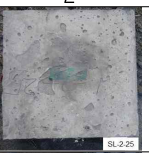








그림 1은 섬유종류별 섬유혼입을 변화에 따른 플로를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 섬유혼입율이 증가할수록 플로는 감소하는 경향을 나타내었다. 이 중 SL 섬유는 OL 섬유보다 양호한 유동성을 나타내었고, 복합섬유의 경우 유기섬유 단독사용에 비해 양호한 유동성을 나타내었다.

그림 2는 섬유종류별 섬유혼입을 변화에 따른 공기량을 나타낸 그래프이다. 전반적으로 섬유혼입율이 증가할수록 공기량은 감소하는 경향을 나타내었다. 단 SL 섬유의 경우에는 미소하게 증가하였고, SL+OL은 두 섬유의 중간 경향을 나타내었다.

그림 3은 섬유혼입을 변화에 따른 재령 7일 및 28일 압축강도를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 섬유혼입율이 증가할수록 압축강도가 증가하는 경향을 나타내었다. 특히 SL+OL섬유의 경우에는 단일섬유에 비해 높은 압축강도를 나타내었다.

표 2는 섬유조합 및 섬유혼입을 변화에 따른 방폭시험 결과를 나타낸 표이다. 먼저, Plain인 섬유 0%의 경우 완전히 파괴된 결과를 보였으며, SL 섬유는 1% 혼입까지, OL의 경우 2% 혼입까지 파괴되었다. 특히, 복합섬유인 SL+OL의 경우에는 단일섬유 사용에 비해 우수한 방폭성능을 나타내었다.

표 2. 방폭시험 결과

구 분	섬유혼입율(%)			
	0	1	1.5	2
SL				
OL				
SL+OL				

### 4. 결 론

본 연구는 섬유조합 및 혼입을 변화에 HPCFRCC의 방폭 특성에 대하여 분석하였는데, 그 결과로 굳지 않은 모르타르의 특성으로 섬유혼입율이 증가할수록 플로 및 공기량이 감소하는 경향을 나타내었다. 경화 모르타르의 특성으로 압축강도는 섬유혼입율이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 단, SL+OL 복합섬유의 경우에는 가장 우수한 강도를 나타내었다. 방폭 시험의 경우에는 섬유혼입율이 증가할수록 파괴는 감소되었고, 특히 SL+OL 섬유의 경우는 단일섬유에 비해 우수한 방폭성능을 나타내었다.

### 감사의 글

본 논문은 2016년 국토교통부 건설기술연구사업 방호·방폭 연구단(과제번호: 13건설연구 S02)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

### 참 고 문 헌

1. 조성준, 한천구, 섬유 및 ERCC 혼입을 변화에 따른 HPCFRCC의 기초적 특성 및 자기수축 저감, 한국건축시공학회지, 제17권 제1호, pp.1~8, 2017.2



(a) TNT 및 모래주머니 설치 (b) 보호덮개 설치 (c) 폭파 모습

사진 1. 섬유혼입을 변화에 따른 플로

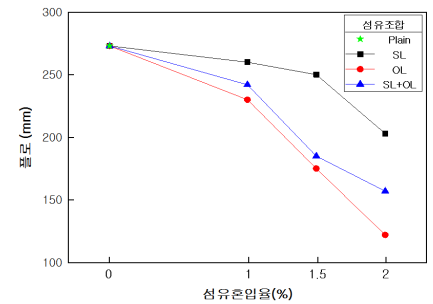


그림 1. 섬유혼입을 변화에 따른 플로

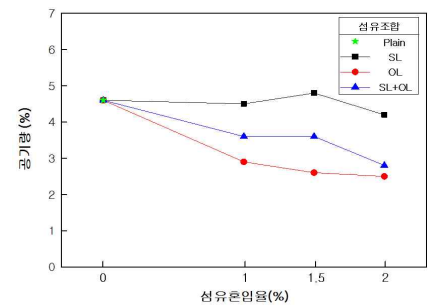


그림 2. 섬유혼입을 변화에 따른 공기량

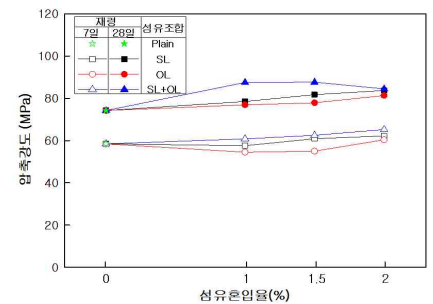


그림 3. 섬유혼입을 변화에 따른 압축강도