

# 고온에서 폴리프로필렌섬유와 비정질강섬유를 보강한 150MPa급 초고강도 콘크리트의 수증기 압력특성

The water vapor pressure property of 150MPa level ultra high strength concrete reinforced with polypropylene fiber and amorphous steel fiber at high temperature

**서 동 균\***      **김 규 용\*\*\*\***      **이 상 규\*\***      **황 의 철\*\***      **유 하 민\***      **남 정 수\*\*\***  
 Suh, Dong-Kyun   Kim, Gyu-Yong   Lee, Sang-Kyu   Hwang, Eui-Chul   Eu, Ha-Min   Nam, Jeong-Soo

### Abstract

The aim of this study is to evaluate the combination effect of amorphous steel fiber and polypropylene fiber on spalling of the 150MPa level ultra high strength concrete. Considering spalling has a great relationship with water vapor pressure, this paper is focusing on water vapor pressure. The test specimens were heated accordance with ISO-834 Standard Curve using electric heating furnace, the depth of 10mm water vapor pressure formation was tend to get faster and spalling damage become severe when the mixing proportion of amorphous steel fiber increase. When using ultra high strength concrete reinforced with amorphous steel fiber, further research about proper mixing proportion of polypropylene fiber.

키 워 드 : 고강도 콘크리트, 비정질강섬유, 폴리프로필렌섬유, 수증기압력, 고온환경, 폭렬  
 Keywords : high strength concrete, amorphous steel fiber, PP fiber, water vapor pressure, high temperature, spalling

## 1. 서 론

초고강도 콘크리트는 일반적으로 높은강도, 내구성, 강성 등을 가지고 있어 건축재료로서 성능을 인정받고 있다. 하지만 단위결합재량이 많고, 치밀하게 되어있어 화재와 같은 고온환경에 노출될 경우 폭렬 위험이 증가한다. 폭렬 위험성은 주로 내부수증기압, 열응력과 복합응력에 따라 높아진다. 이에 유기섬유를 혼입하여 수분막힘층 저감성능을 통해 폭렬을 억제하는 연구들이 많이 진행되어왔다.

한편, 비정질강섬유는 콘크리트나 시멘트복합체 등의 균열억제성능, 인장강도 향상시킬 수 있어 콘크리트 내부의 인장력, 팽창력을 억제할 수 있다고 보고되는 사례도 있다. 따라서, 본 연구에서는 초고강도 콘크리트에 보강한 폴리프로필렌섬유(Polypropylene, PPF)와 비정질강섬유(Amorphous steel fiber, ASF)의 복합적 작용이 내부수증기압력특성에 미치는 영향과 폭렬성상을 평가하려고 한다.

## 2. 실험방법 및 사용재료

표 1에 실험 계획과 150MPa급 콘크리트 배합표를 나타내었다. 실험체는 수증기압력을 측정하기 위해 SUS 파이프를 설치한 100×100×200mm 각형 실험체를 사용하였고, 폭렬성상을 위한 실험체는  $\phi$ 100×200 실린더형으로 실험체를 제작하였다. 실험체의 가열은 ISO-834 표준화재가열곡선에 준하여 실험을 진행하였다.

표 1. 실험계획 및 콘크리트 배합

실험체 이름	fck (MPa)	W/B (%)	S/a (%)	공기량 (%)	슬럼프 (mm)	단위 중량(kg/m <sup>3</sup> )							섬유혼입률 (vol.%)		가열방법	평가 항목	
						W	C	SF <sup>1)</sup>	BFS <sup>2)</sup>	Gypsum	S	G	PPF <sup>3)</sup>	ASF <sup>4)</sup>			
PPF0.15																	
PPF0.15ASF0.3	150	0.15	45	2	650±50	160	693	160	160	53	513	615	0.15	0.3	ISO-834	수증기압력 폭렬성상	
PPF0.15ASF0.5													0.5				

1) SF : 실리카흙, 2) BFS : 고로슬래그 3) PPF : 폴리프로필렌 4) ASF : 비정질강섬유

\* 충남대학교 건축공학과 석사과정  
 \*\* 충남대학교 건축공학과 박사과정  
 \*\*\* 충남대학교 건축공학과 교수  
 \*\*\*\* 충남대학교 건축공학과 교수, 교신저자(gyuyongkim@anu.ac.kr)

### 3. 실험결과 및 고찰

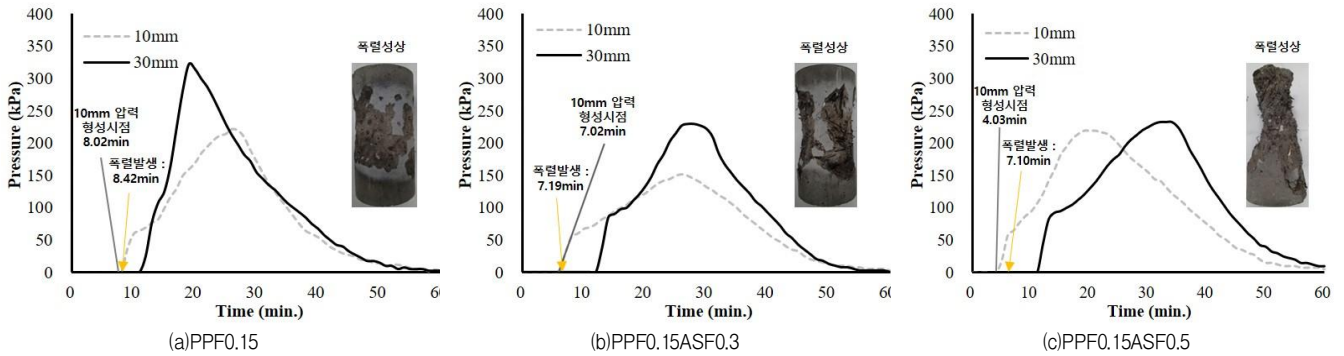


그림 1. 온도-수증기압력 그래프와 폭발성상

그림 1에 온도에 따른 수증기압력곡선과 폭발성상을 나타내었다. 비정질강섬유의 혼입률과 관계없이 모든 수준에서 최대수증기압력은 30mm 위치의 압력에서 나타났다.

폭렬은 모든수준에서 발생했지만 비정질강섬유의 혼입률이 높아질수록 피해가 커졌다. 또한, 비정질강섬유의 혼입량이 많아질수록 폭렬 발생시점은 8.42, 7.15, 7.10분으로 약간 빨라지는 경향을 나타내었고, 10mm 깊이의 압력이 8.02, 7.02, 4.03분으로 점점 더 빠르게 형성되는 것을 확인했다. 이는 폴리프로필렌의 용융에 따른 미세균열이나 공극을 통한 수분막힘층 저감성능보다 비정질강섬유의 가교작용으로 인한 시멘트 매트릭스의 균열억제능력이 커져 수증기가 이동할 수 있는 통로를 막아 수증기압력 형성시간이 빨라져 표면에서 발생하는 10mm 깊이의 압력 형성시점과 폭렬 피해량에 영향을 미친 것으로 판단된다.

### 4. 결 론

- 1) 비정질강섬유의 혼입량이 증가할수록 가교작용을 통한 균열억제능력이 폭렬피해량과 표면에 발생하는 수증기압력 형성시점이 빨라지는 것으로 판단된다.
- 2) 본 연구의 범위에서 150MPa의 초고강도 콘크리트에서는 0.15vol.%의 폴리프로필렌 섬유의 용융에 따른 폭렬 억제 효과가 없다고 판단된다. 이후 비정질강섬유가 혼입된 초고강도 콘크리트의 폭렬피해저감을 고려한다면 폴리프로필렌섬유의 적정 혼입률에 대한 연구가 필요하다.

### Acknowledgement

이 논문은 2019년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단(NRF)의 지원을 받아 수행되었습니다. (과제번호 2019R1A2C2085867)

### 참 고 문 헌

1. KIM, Hongseop, et al. Effects of Strain Rate on the Tensile Behavior of Cementitious Composites made with Amorphous Metallic Fiber. Cement and Concrete Composites, 2020, 103519.
2. 최경철, 이태규, 남정수, 박병근, & 김규용, 가열 속도에 따른 콘크리트의 폭렬 특성 및 내부 수증기압력평가, 콘크리트학회 논문집, 제24권 제5호, pp.605~612, 2012