

# 고속 비상체 충돌에 의한 콘크리트의 국부파괴에 미치는 혼입 섬유 영향

## Influence of Reinforced Fiber on Local Failure of the Concrete subjected to Impact of High-Velocity Projectile

김 홍 섭\*   김 규 용\*\*   최 경 철\*   김 정 현\*\*\*   이 영 욱\*\*\*   한 상 휴\*\*\*

Kim, Hong-Seop Kim, Gyu-Yong Choe, Gyeong-Cheol Kim, Jung-Hyun Lee, Young-Wook Han, Sang-Hyu

### Abstract

The purpose of this study is to evaluate relationship between mechanical properties of materials and fiber type by reinforced fiber with high-velocity impact fracture behavior of fiber reinforced concrete. As a result, for fracture behavior by high-velocity impact, it is considered that impact fracture behavior is not affected by static mechanical properties directly but affected by fiber type and density of the number of fiber. It is necessary to consider type, shape, mechanical properties and the number of fiber with flexural and tensile performance for the evaluation on impact resistance performance of fiber reinforced concrete.

키 워 드 : 고속 충격, 정역학특성, 섬유 종류, 휨·인장성능, 내충격 성능

Keywords : high-velocity impact, static mechanical property, fiber type, flexural and tensile performance, impact resistance performance

### 1. 서 론

최근, 고속 비상체의 충돌에 의한 콘크리트의 국부파괴 억제를 위한 연구의 일환으로 콘크리트 제조시 단섬유를 함께 혼입하여 휨·인장성능을 향상시킨 섬유보강 콘크리트의 내충격 성능에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 섬유보강 콘크리트는 내부 섬유의 가교작용에 의한 응력의 분배와 균열의 억제에 의하여 휨·인장성능이 향상되어 고속 비상체의 충돌에 의한 콘크리트의 배면파괴의 억제에 효과적이다. 그러나 이러한 섬유보강의 종류는 매우 다양하게 생산되고 있으며, 보강섬유의 종류에 따라 콘크리트의 휨·인장성능 및 내충격 성능 향상에 미치는 영향은 매우 다르다. 따라서, 본 연구에서는 고속 비상체의 충돌에 의한 콘크리트의 국부파괴 억제에 미치는 보강 섬유 종류의 영향에 대하여 검토하기 위하여 비정질 강섬유, 후크형 강섬유 및 폴리아미드 섬유 보강 콘크리트에 대하여 정역학특성 및 고속 충격에 의한 파괴 억제효과를 평가하고자 하였다.

### 2. 실험계획 및 방법

표 1 및 그림 1은 본 연구에서 사용한 비정질 강섬유, 후크형 강섬유 및 폴리아미드 섬유의 물리적 특성 및 형상을 나타낸 것으로 섬유의 길이는 30mm로 모두 동일하게 설정하였다. 비정질 강섬유의 경우 박판형으로 인장강도는 1,400MPa이다. 후크형 강섬유는 인장강도 1,140MPa이고, 양 끝단 후크에 의해 매트릭스와의 부착성을 향상시킨 것으로 섬유보강 콘크리트에 가장 많이 사용되고 있는 섬유이다. 폴리아미드 섬유의 경우 미세 단섬유를 공기분사성형한 다발형으로 인장강도는 594MPa이다. 본 연구에서는 각각의 섬유를 압축강도 40MPa급 콘크리트에 0.5 및 0.75vol.% 혼입하였으며, 섬유보강 콘크리트의 휨강도와 고속 비상체 충돌에 의한 표면 및 배면의 파괴깊이를 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 2는 고속 비상체 충돌에 의한 표면 및 배면의 파괴깊이를 나타낸 것이다. 섬유혼입에 의한 휨·인장성능 향상으로 인하여 배면파괴깊이가 크게 감소하는 것으로 나타났으며, 비정질 강섬유의 경우 배면바리가 발생하지 않았다. 한편, 그림 3은 섬유보강 콘크리트의 휨강도와 배면파

\* 충남대학교 건축공학과 박사과정

\*\* 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 교신저자(gyuyongkim@cnu.ac.kr)

\*\*\* 충남대학교 건축공학과 석사과정

과두께의 관계를 나타낸 것으로 동일 섬유유의 경우 섬유유의 혼입률이 증가할수록 휨강도가 향상되었으며, 이로 인해 배면파괴깊이가 저감되었다. 그러나 폴리아미드 섬유유의 경우 섬유유보강에 의한 휨강도의 향상 효과는 크지 않았으나, 고속 충격에 의한 배면파괴의 억제효과는 매우 큰 것으로 나타났다. 이는 그림 4와 같이 폴리아미드 섬유유의 경우 동일 체적 혼입률에 있어서의 섬유유의 혼입개체수가 많기 때문에 고속 충격에 의한 응력파 및 균열의 분산에 효율적으로 작용하는 것으로 판단된다. 또한, 비정질 강섬유의 경우 섬유유의 개체수가 많고 휨강도가 가장 높은 것에 의해 고속 충격에 의한 배면파괴 억제효과가 가장 큰 것으로 판단된다.

표 1. 보강 섬유유의 물리적 특성

	비정질 강섬유	후크형 강섬유	폴리아미드 섬유
길이 (mm)	30	30	30
직경 (mm)	-	0.5	0.5
너비 (mm)	1.6	-	-
두께 (μm)	29	-	-
세장비	18.75(L/W)	60(L/D)	60(L/D)
밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	7.2	7.8	1.14
인장강도 (MPa)	1,400	1,140	594



(a) 비정질 강섬유 (b) 후크형 강섬유 (c) 폴리아미드 섬유

그림 1. 보강 섬유유의 형상

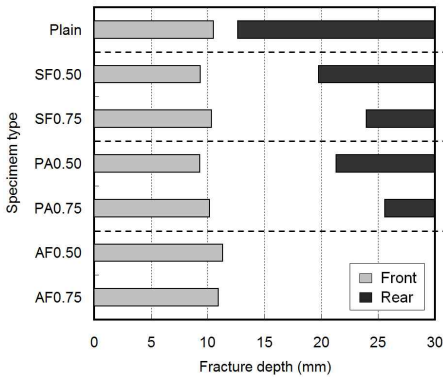


그림 2. 고속 충격에 의한 파괴깊이

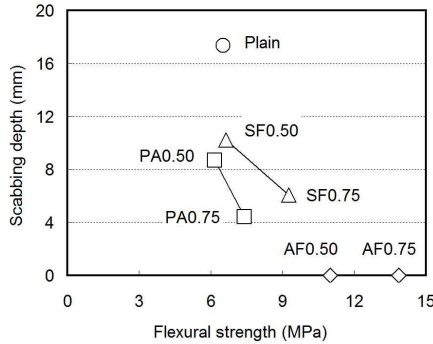


그림 3. 휨강도와 배면파괴깊이의 관계

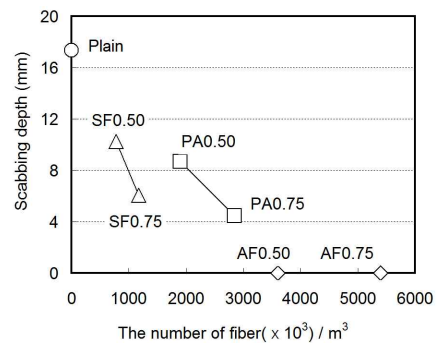


그림 4. 섬유개체수와 배면파괴깊이의 관계

#### 4. 결 론

본 연구에서 비정질 강섬유, 후크형 강섬유 및 폴리아미드 섬유보강 콘크리트의 휨강도 및 고속 충격에 의한 파괴 특성을 평가한 결과, 섬유보강에 의한 휨 · 인장성능의 향상으로 인하여 고속 충격에 의한 배면파괴가 억제되는 것을 확인하였다. 또한, 섬유 보강에 의한 휨 · 인장성능의 향상과 함께 섬유유의 혼입개체수는 배면파괴의 억제에 큰 영향을 미치는 것으로 알 수 있었다.

#### 감사의 글

이 연구는 국토교통부 건설기술연구사업 방호·방폭 연구단 (과제번호 : 13건설연구S02)의 연구지원에 의해 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

1. Tarek H, Almusallam, Nadeem A, Siddiqui A, Iqbal, Husain Abbas, Response of hybrid-fiber reinforced concrete slabs to hard projectile impact, International Journal of Impact Engineering, 58, pp.17~30, 2013
2. Won JP, Hong BT, Choi TJ, Lee SJ, Kang JW, Flexural behaviour of amorphous micro-steel fibre-reinforced cement composites, Composite structure, ELSEVIER, 94, pp.1443~1449, 2012