

# 고속비상체 충돌에 대한 섬유보강효과를 고려한 배면박리한계두께 예측

## Prediction of Scabbing Limit Thickness Considering Fiber Reinforced Effect about High-Velocity Impact

김정현\*      김규용\*\*      김홍섭\*\*\*      윤민호\*\*\*      한상휴\*      김래환\*

Kim, Jung-Hyun      Kim, Gyu-Yong      Kim, Hong-Seop      Yoon, Min-Ho      Han, Sang-Hyu      Kim, Rae-Hwan

### Abstract

Since consists of regression equation by penetration depth prediction calculated by existing NDRC formula mainly considers properties of projectile, impact velocity, compressive strength as parameter, it is difficult to apply it to fire reinforced concrete. In this study, scabbing limit thickness was predict considering fiber reinforcement effect by local fracture of concrete was evaluated through high-velocity impact test. As a result of applying fracture reduction coefficient to NDRC, it was possible to predict scabbing limit thickness of fiber reinforced concrete similarly with actual measurement.

키 워 드 : 배면박리 한계두께, 수정 NDRC식, 섬유보강  
 Keywords : scabbing limit thickness, modify NDRC formula, fiber reinforced concrete

### 1. 서 론

고속비상체 충돌에 의한 배면박리한계두께 예측에 대한 기존의 NDRC식은 비상체의 직경 및 질량, 충돌속도, 콘크리트의 압축강도등에 의하여 산출되는 표면관입깊이 예측에 의한 회귀식으로 구성되어 있어, 섬유의 혼입으로 증가한 휨인성등의 영향으로 배면박리 한계두께가 저감되는 섬유보강콘크리트의 예측은 다소 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 고속비상체충돌 실험을 통해 섬유보강콘크리트의 국부파괴특성을 평가하였으며, 섬유보강효과를 고려한 배면박리 한계두께를 예측하였다.

### 2. 실험계획 및 방법

표 1은 본 연구의 실험계획 및 콘크리트 배합을 나타낸 것으로 무보강 콘크리트에 대하여 강섬유(SF) 및 폴리아미드섬유(PA)를 각각 0.5, 0.75, 1.0 vol.%혼입 하였으며, 시험체는 크기 200×200mm(가로×세로) 두께의 경우 50~70mm로 배면박리 한계두께를 측정하기 위하여 점차 증가시켜 제작하였다. 충돌 조건으로는 비상체 직경 25mm, 질량 66.4g의 반구형 비상체를 약 170m/s의 속도로 충격을 가하였다.

표 1. 실험계획 및 콘크리트 배합

시험체 조건										충격조건			평가항목	
섬유종류 <sup>1)</sup>	섬유 혼입률 (vol.%)	F <sub>ck</sub> (MPa)	W/B (%)	S/a (%)	단위량 (kg/m <sup>3</sup> )					시험체 크기(mm)	비상체			속도 (m/s)
					W	C	FA	S	G		직경(mm)	질량(g)		
Plain	0	40	55	55	220	440	110	774	655	200 × 200 × 50, 60, 70	25	66.4	170	- 배면박리 한계두께
SF	0.50													
PA	0.75 1.00													

1) SF : 후크형강섬유, PA : 폴리아미드

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

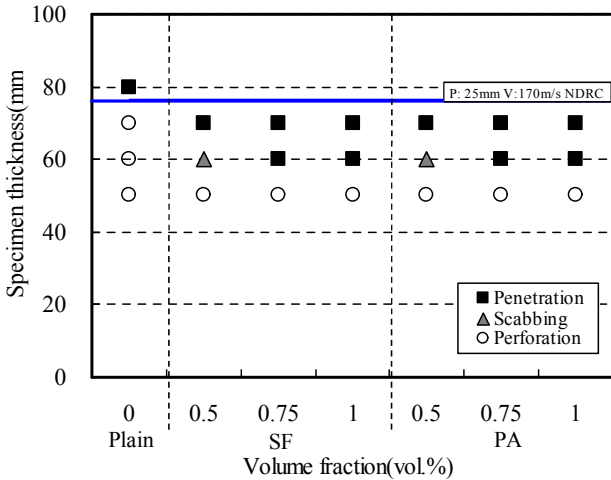


그림 1. 섬유 혼입율에 따른 파괴모드

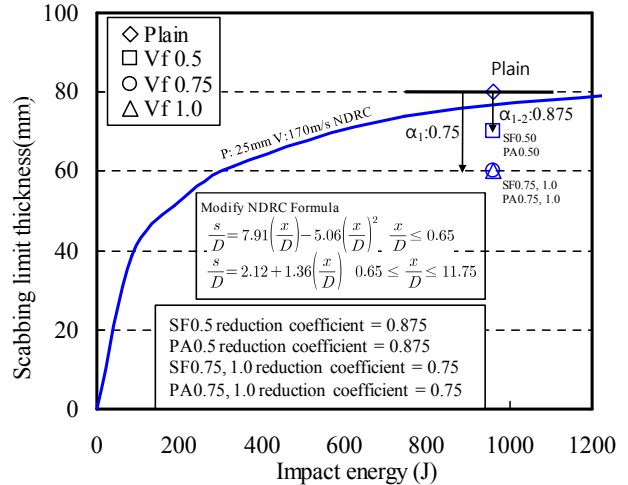


그림 2. 충격에너지에 따른 배면박리한계두께

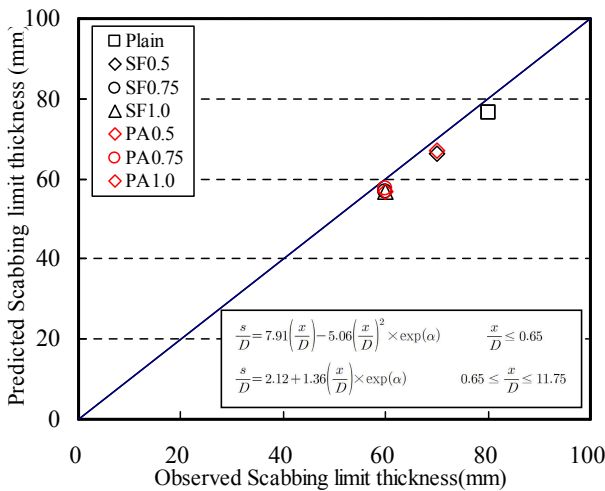


그림 3. 저감계수 적용 후 예측값과 실측값의 비교

### 3. 실험결과 및 고찰

그림 1은 섬유 혼입율에 따른 파괴모드를 나타낸 것으로 Plain 시험체는 시험체 두께 70mm까지 모두 관통파괴가 발생하였으며, 섬유보강콘크리트의 경우 시험체 두께 50mm에서 모두 관통파괴가 발생하였다. 한편, 시험체 두께 70mm에서는 배면에 큰 균열이 발생하였지만 콘크리트파편이 박리되지 않아 표면 파괴를 나타내었다. 시험체 두께 60mm에서는 SF0.5 및 PA0.5의 경우 배면의 콘크리트가 박리되었으며, SF0.75, 1.0 및 PA 0.75, 1.0에서는 표면파괴가 발생하였다. 이는 섬유의 혼입율이 증가함에 따라 내충격 성능이 향상되며, 시험체의 두께가 충분하지 못할 경우 섬유보강의 유무에 관계없이 파괴패턴은 유사한 것으로 사료된다.

그림 2는 충격에너지에 따른 배면박리 한계두께를 나타낸 것으로 배면박리가 발생하지 않은 Plain의 최소두께를 기준으로 배면박리 한계두께의 저감률을 사용하여 저감계수( $\alpha$ )를 도출하였으며, SF

0.5 및 PA 0.5의 경우 0.875, SF 0.75, 1.0 및 PA 0.75, 1.0의 경우 0.75의 저감계수를 산정할 수 있었다.

그림 3은 저감계수 적용 후의 예측값과 실측값의 비교를 나타낸 것으로 예측값은 기존 수정 NDRC식에 저감계수  $\exp(\alpha)$ 를 대입하여 나타낸 것이다. 그 결과 저감계수를 적용한 NDRC식의 예측값은 실측값과 유사하게 나타나고 있어 배면박리 한계두께를 보다 정확한 예측을 가능하게 하였다.

### 4. 결 론

기존의 수정 NDRC식은 섬유의 보강효과를 고려하지 않아 배면박리 한계두께의 예측에 있어 다소 차이가 발생하고 있으나, 본 연구 범위에서 섬유 종류 및 혼입률을 고려한 파괴저감계수의 적용은 섬유보강 콘크리트의 배면박리한계두께 예측을 보다 정확하게 예측할 수 있었으며, 이에 따라 파괴저감계수를 기존의 제안식에 적용하는 방법은 유효하다고 판단된다.

### 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, Rizwan A, Iqbal and Husain Abbas, Response of hybrid-fiber reinforced concrete slabs to hard projectile impact, International Journal of Impact Engineering, 58, pp.17~30, 2013