

시편형상에 따른 강섬유보강 콘크리트의 휨인성평가방법

Toughness Evaluation of Steel Fiber Reinforced Concrete to Specimen Types

류종현* 김진철** 한승환*** 이상돈*** 안태송***
Ryu, Jong Hyun Kim, Jin Cheol Han, Seung Hwan Lee, Sang Don An, Tae Song

ABSTRACT

Fiber reinforced shotcrete(FRS) is widely used in tunnel linings, which strengthen the rock surface and reduce the loosening of the rock strata. The advantages of FRS in tunnel linings are the unsusceptibility to crack, the benefit of shotcrete strength, and the superiority of toughness. In this study, the several evaluation methods of FRS toughness were investigated experimentally, which included the ASTM beam test, EFNARC square panel test and RTA round panel test. Especially, it was examined that the round panel test could fulfill the toughness evaluation of FRS.

1. 서론

암반에 견고하게 부착되며 조기 강도와 더불어 충분한 인성을 확보하여 암반의 이완에 저항하여야 하는 터널 지보재로서 강섬유 보강 슛크리트가 널리 사용되고 있다. 강섬유 보강 슛크리트는 콘크리트의 취성적 성질을 보완하고, 인장강도, 휨강도, 휨인성, 변형특성 및 균열에 대한 저항성이 우수하고 균열 발생 후에도 파괴에너지의 증대로 인하여 인성 개선은 물론 충격저항성 등이 우수한 것으로 확인되었다. 본 연구에서는 이러한 강섬유보강스�크리트의 휨인성 평가 방법으로서의 ASTM 보시편, EFNARC 패널시편, RTA 원형패널시편에 대한 비교 분석을 실험적으로 수행하였으며, 패널시편의 적용성을 고찰하였다.

* 정회원. 한국도로공사 도로연구소 연구원
** 정회원. 한국도로공사 도로연구소 책임연구원
*** 정회원. 한국도로공사 도로연구소 수석연구원

2. RTA시험규정과 EFNARC시험규정의 비교

표 1. RTA규정과 EFNARC 규정 비교표

	RTA의 원형패널	EFNARC의 사각패널
최대처짐량 (mm)	40 mm	25 mm
하중재하속도 (mm/min)	10 mm/min	1.5 mm/min
재하판 형식	R100×D100mm 인 반구형의 원형판	100×100mm의 사각판
지지방식	3점 지지	4변 지지

EFNARC에서 사용하는 규정은 600×600×100mm 또는 1000×1000×100mm의 사각형태의 패널 공시체를 이용하여 휨인성평가하는 방법을 제시하고 있다. 사각패널실험은 일정한 처짐인 25mm 까지의 에너지 흡수 능력을 3등급으로 구분하여 평가하고 있다. RTA에서 사용하고 있는 규정은 $\phi 800 \times 75$ mm의 원형형태의 패널공시체를 이용하여 휨인성 평가를 하는 방법이다. 원형패널실험은 일정처짐 40mm 까지의 흡수에너지를 구한다.

3. 시편의 제작

3.1 사용재료

시멘트는 1종 보통 포틀랜드시멘트(비중 3.15), 굵은골재는 콘크리트 종류별로 최대치수가 13mm인 채석골재(비중 2.69), 잔골재(비중 2.61)는 세척사를 사용하였다. 강섬유는 Hooked 형태의 강섬유를 사용하였으며, 현장배치에서 배합하였다.

3.2 실험변수

표 2. 패널비교 실험변수표

	잔골재율 S/A (%)	강섬유형태	강섬유크기 (mm)	Round Panel 제작개수	EFNARC Panel 제작 개수
S65(70)-HK630	65 (70)	Hooked	0.6×30	10개	10개
S65(70)-HK735	65 (70)	Hooked	0.7×35	10개	10개

실험변수는 도로공사 표준시방서에서 제시하고 있는 잔골재율 65%과 70%를 사용하였으며, 강섬유의 크기에 따른 변동성을 알아보기 위하여 0.6×30mm, 0.7×35mm를 사용하였다.

3.3 강섬유보강 콘크리트의 배합

표 3. 실험에 사용된 배합표

설계기준 강도	골재최 대치수 (mm)	슬럼프 (cm)	시멘트 (kg/m ³)	단위수량 (kg/m ³)	W/C (%)	S/A (%)	잔골재 (kg/m ³)	굵은골재 (kg/m ³)	유동화제 (kg/m ³)	강섬유 (kg/m ³)
휨강도 45kg/cm ²	13	12	480	216	45	65 70	1030 1295	555	4800	40

도로공사표준배합을 사용하여, 설계기준휨강도가 45kg/cm^2 이며, 골재최대치수를 13mm 로 하였고 섬유는 40kg/m^3 를 투입하였다. 현장에서 입도에 의한 보정과 표면수량에 의한 보정을 통하여 현장배합을 수정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 균열형태

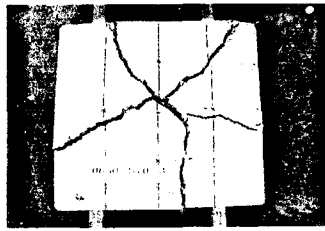


그림1. 사각패널의 균열형태

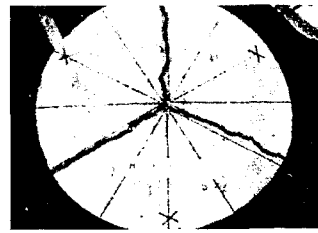


그림2. 원형패널의 균열형태

균열형태를 보면, 사각패널은 4변지지에 의하여 일정한 형태의 균열이 아닌 십자형, 혼합형, 대각선 형태의 균열을 볼수 있다. 이것은 하중이 증가함에 따라 4변지지에서 4점지지형태로 변화되면서 패널의 변 중양으로 균열이 발생하는 것으로 판단된다. 원형패널의 경우, 하중재하지점을 중심으로 3등분이 형성되는 일정한 균열형태를 볼 수 있다.

표 4 패널의 파괴형태 비교표

시편번호	1	2	3	4	5
R-H0630-S65	3등분형	3등분형	3등분형	3등분형	-
R-H0630-S70	3등분형	3등분형	3등분형	3등분형	3등분형
R-H0735-S65	3등분형	3등분형	3등분형	3등분형	3등분형
R-H0735-S70	3등분형	3등분형	3등분형	3등분형	3등분형
S-H0630-S65	십자형	대각선형	혼합형	대각선형	혼합형
S-H0630-S70	십자형	혼합형	혼합형	십자형	십자형
S-H0735-S65	대각선형	십자형	대각선형	혼합형	혼합형
S-H0735-S70	십자형	혼합형	십자형	대각선형	십자형

4.2 하중-처짐 그래프

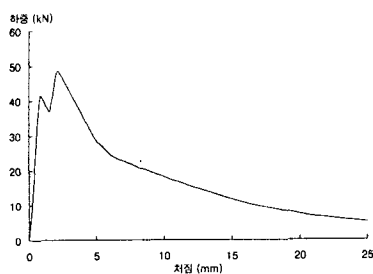


그림 3. 사각패널의 하중-처짐 그래프

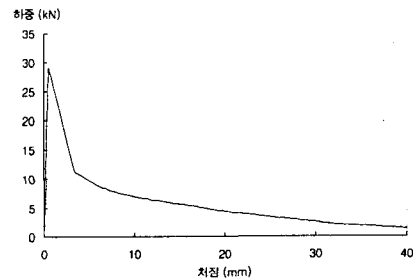


그림 4. 원형패널의 하중-처짐 그래프

에너지 흡수능력은 하중-처짐 그래프상의 면적에 해당하므로 그래프의 형태나 최대하중 이후의 기울기에 따라 에너지량에 많은 차이를 나타낼 수 있다.

아래의 그래프에서 보면, 최대하중이후 원형패널의 완만한 기울기를 가지는 반면, 사각패널은 지지점이 변화되는 점에서 최대치를 갖는 것을 볼 수 있다. 이것은 지지점의 변화에 따라 파괴양상의 변화에 의한 것으로 판단된다.

4.3 흡수에너지

표 5 사각패널의 최대하중 및 흡수에너지

	최대하중			흡수에너지		
	평균	표준편차	분산계수	평균	표준편차	분산계수
S-H0630-S65	4.830	0.199	4%	450.5	25.843	6%
S-H0630-S70	4.778	0.291	6%	645.9	64.496	10%
S-H0735-S65	4.540	0.231	5%	690.6	89.930	13%
S-H0735-S70	3.879	0.246	6%	481.5	59.806	12%

표 6 원형패널의 최대하중 및 흡수에너지

	최대하중			흡수에너지		
	평균	표준편차	분산계수	평균	표준편차	분산계수
R-H0630-S65	2.813	0.207	7%	229.6	10.810	5%
R-H0630-S70	3.246	0.155	5%	268.1	10.303	4%
R-H0735-S65	2.921	0.105	4%	328.6	20.789	6%
R-H0735-S70	3.010	0.132	4%	170.8	4.165	2%

윗 표에서 보듯이, 사각패널의 흡수에너지가 원형패널의 흡수에너지보다는 분산이나 편차가 더 많은 것으로 나타났다. 이것은 사각패널의 불규칙한 균열패턴과 지지점의 변화에 의한 것으로 판단된다.

5. 결론

- (1) 사각패널이 불규칙한 균열형상을 나타내는 반면, 원형패널은 일정한 형태의 균열을 나타내고 있다.
- (2) 하중-처짐 그래프에서는 원형패널은 일정한 곡선을 갖는 반면, 사각패널은 하중최대치가 다시 나타나는 곡선을 갖는다.
- (3) 흡수에너지는 사각패널보다는 원형패널이 편차가 작은 것을 알수 있었으며, 이것은 원형패널이 일정한 균열형태를 나타내고 있고, 흡수에너지는 최대하중에 의한 것이 아닌 하중-처짐곡선의 형태에 의하여 많은 편차를 갖기 때문이다.

참 고 문 헌

1. RTA, Procedure T373, within B-82 Specification for Sprayed Concrete, Roads and Traffic Authority of NSW, 1999
2. EFNARC, European Specification for Sprayed Concrete EFNARC, 1996
3. 전찬기, "강섬유보강 패널구조의 보강효과 분석 및 인성평가 기법", 한국콘크리트학회지 11권 2호, pp 209~220, 1999