

섬유혼입률에 따른 고성능 슬러리 충전 강섬유보강 시멘트 복합체의 휨성능 특성

Flexural Performance Characteristics of High Performance Slurry Infiltrated Fiber Reinforced Cementitious Composite according to Fiber Volume Fraction

김 승 원¹⁾ 조 현 명²⁾ 이 학 용³⁾ 박 철 우^{4)*}
Seung-Won Kim Hyun-Myung Cho Hak-Yong Lee Cheol-Woo Park

Abstract

High performance fiber reinforced cementitious composite (HPFRCC) can provide high fracture energy absorption as well as high strength with high fiber volume fraction. The increased fracture energy helps resisting high frequency loadings, such as earthquake, impact or blast. This study investigates the flexural performance of slurry infiltrated fiber concrete (SIFCON), one of the important HPFRCC, with respect to varying fiber volume fraction. The maximum fiber volume fraction was 8.0 % and reduced to 6.0% by 0.5% and the maximum volume fraction is obtained by packing fibers with simple tapping by hands. The used fiber was a steel fiber with the length 30 mm and the diameter of 0.5 mm. The flexural strengths were 48.7 MPa at 8.0 % and 22.8 MPa at 6.0 %. The measured flexural strength is much higher compared to other cementitious composite materials but decreased proportional to the fractions. This result implies that for SIFCON considered herein the reduced amount of steel fibers may affect its flexural performance in a negatively way. The flexural toughness, an index to represent the fracture energy absorption, also decreased with the reduced fiber amount.

Keywords : HPFRCC, SIFCON, Fiber volume fraction, Flexural toughness, Residual strength

1. 서 론

일반 콘크리트는 압축강도에 비해 상대적으로 매우 낮은 인장강도와 일계인장변형률을 갖는 취성재료이다. 콘크리트 재료의 취성적 파괴를 방지하고, 인장 거동을 개선함과 동시에 에너지 소산능력을 향상시키기 위하여 시멘트 복합체(cementitious composite)에 섬유를 보강한 고성능 섬유보강 시멘트 복합체(High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composite, HPFRCC)에 관한 연구가 국내·외적으로 활발히 이루어져 왔다(Ku et al., 2014; Kang, 2013). 일반적으로 콘크리트에 섬유를 혼입하게 되면 콘크리트의 초기 균열 발생을 늦출 수 있고, 균열의 진전을 억제하는 효과가 있어 인장에 대한 강도 증가와 인성 향상을 크게 기대할 수 있다(Lee

and Yun, 2010; Metha and Monteiro, 2006).

한편, 최근 건설기술의 비약적인 발전에 따라 구조물이 대형화·고층화·장대화되고 있으며, 구조물의 기능도 다양화, 복잡화되고 있어 폭발 및 화재 등과 같은 통상적으로 예상하지 못하는 하중의 작용이 증가하는 추세이다(Kim et al., 2014;). 또한, 우리나라의 경우 대도시 인구밀집 형태가 불가피하기 때문에 폭발사고 혹은 충돌·충격과 같은 하중 작용으로 인하여 구조물에 손상이 발생할 경우 피해복구에 어려움이 있으며, 연쇄적인 손상이 발생할 위험이 있다.

기존구조물에 있어 폭발 및 충돌 등과 같은 예상하지 못한 하중에 대응하기 위한 통상적인 방어설계의 개념은 콘크리트 벽체의 두께를 늘리는 방식이다. 하지만 HPFRCC 등과 같은 고성능의 재료를 사용함으로써 구조물의 활용도 및 보

1) 정회원, 강원대학교 토목공학과 박사과정
2) 정회원, 강원대학교 토목건설공학과 석사과정
3) 정회원, 강원대학교 사회기반시스템공학과 교수
4) 정회원, 강원대학교 사회기반시스템공학과 교수, 교신저자

* Corresponding author : tigerpark@kangwon.ac.kr
• 본 논문에 대한 토의를 2015년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2015년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

강공사를 효율적으로 할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 폭발 또는 충격과 같은 작용시간이 매우 짧은 하중에 대한 저항성을 증대하기 위하여 강섬유혼입량을 극대화하고 고강도의 모르타르를 활용한 슬러리 충전 강섬유콘크리트 (Slurry Infiltrated Fiber Concrete, SIFCON)의 역학적 특성을 분석하고자 하였다. 주요 실험적 변수는 섬유 혼입률(fiber volume fraction)을 최소 6.0%에서 최대 8.0% 까지 0.5% 단계로 변화시켜 그에 따른 휨강도 및 휨인성 특성을 분석하고자 하였다.

2. 시험체 제작 및 실험방법

2.1 사용재료

2.1.1 시멘트

본 연구에서는 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 물리적·화학적 특성은 Table 1과 같다.

2.1.2 실리카 흙

충전용 슬러리의 고강도 발현을 위하여 혼화제로서 실리카 흙을 사용하였으며, 사용한 실리카 흙의 물리적·화학적 특성은 Table 2와 같다.

2.1.3 골재

본 연구에서는 슬러리의 충전성능을 개선하고 재료분리 저감을 위하여 국내 J사에서 생산하는 0.5mm 이하의 직경

을 갖는 잔골재를 사용하였다. 또한 결합재 대비 잔골재량은 1:0.5로 설정하였으며, 강섬유 사이의 충전을 위하여 굵은골재는 사용하지 않았다. Fig. 1은 사용 잔골재의 입도분포를 나타내고 있다.

2.1.4 고성능감수제

슬러리의 유동성을 향상시키고, 충전성능을 확보하기 위하여 폴리카르복산계 고성능감수제를 사용하였다. Table 3은 사용한 고성능감수제의 성질을 나타내고 있다.

2.1.5 강섬유

강섬유는 직경 0.5mm, 길이 30mm, 형상비 60을 갖는 일반콘크리트용 강섬유를 사용하였다. 강섬유의 인장강도는 1,200MPa이다. 다음의 Fig. 2는 사용한 강섬유의 형상이다.

2.2 배합

미리 포설한 강섬유 내부공간을 충전하기 위한 모르타르

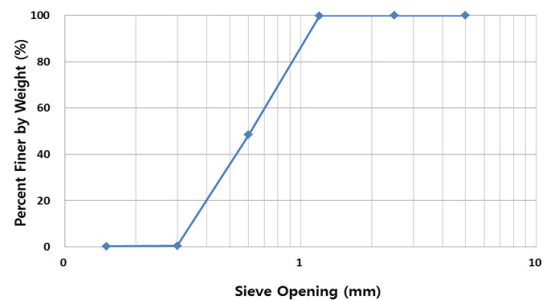


Fig. 1 Grading curve of fine aggregate

Table 1 Material properties of used ordinary Portland cement

Physical properties					
Specific gravity	Fineness [cm ² /g]	Stability [%]	Setting time [min]		LOI [%]
			Initial	Final	
3.15	3,400	0.10	230	410	2.58
Chemical compositions (% mass)					
SiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	Al ₂ O ₃	
21.95	60.12	3.32	2.11	6.59	

Table 2 Material properties of used silica fume

Physical properties				
Specific gravity		Fineness [cm ² /g]		
2.10		200,000		
Chemical compositions (% mass)				
SiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	Al ₂ O ₃
96.00	0.38	0.10	-	0.25

Table 3 Properties of polycarboxylate high range water reducer (HRWR)

Principal component	Specific gravity	pH	Alkali content [%]	Chloride content [%]
Polycarboxylate	1.05±0.05	5.0±1.5	less than 0.01	less than 0.01

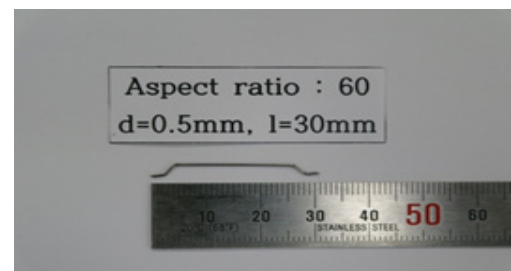


Fig. 2 Type of steel fiber (aspect ratio 60)

Table 4 Mix proportions of mortar slurry

W/B ratio	0.4
Superplasticizer	2.5% (cement weight percent)
Fine aggregate content	1 : 0.5 (binder : fine aggregate)
Silica fume	15% (cement weight percent)

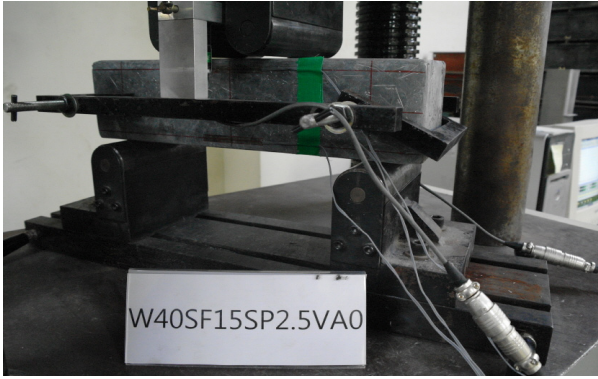


Fig. 3 Bending test with third-point loading

슬러리는 예비배합을 통하여 최적 충전성능을 위하여 물-결합재비를 0.4로 고정하였으며, 고성능감수제 사용량을 결합재 중량대비 2.5%로 설정하였다. 또한 재료분리 저감 및 소요 강도 확보를 위하여 잔골재량은 결합재 중량 대비 0.5, 실리카 흡은 시멘트 중량의 15%를 치환하여 배합을 진행하였다. 또한 고성능감수제의 역할을 충분히 발휘하기 위하여 상하교반식 모르타르 믹서기를 활용하여 건비빔 1분 후, 배합수를 투입하여 20분의 믹싱시간을 가졌다. Table 4는 사용한 충전슬러리의 배합 특성을 나타내고 있다. 이러한 경우 모르타르 슬러리의 압축강도는 약 62MPa 수준으로 측정되었다 (Kim et al., 2014).

또한 형상비 60을 갖는 일반 콘크리트용 강섬유를 활용하여 섬유혼입률 8.0%, 7.5%, 7.0%, 6.5% 및 6.0% 총 5가지 변수를 고려하였으며, 각 변수당 3개의 시험체를 제작하였다.

2.3 실험방법

본 연구에서는 강섬유 혼입률에 따른 슬러리 충전 HPFRCC의 휨성능 평가를 위하여 ASTM C 1609 Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)에 의거하여 100×100×400mm의 각주형 시험체를 제작하여 휨실험을 수행하였다. Fig. 3과 같이 200톤급 만능재료시험기(UTM)로 4점 가력을 하였다. 또한 시험체 중앙부 변위계(LVDT) 2개를 장착한 거치대

(Japanese Yoke)를 활용하여 중앙부의 처짐 변위를 측정하였다. 하중 가력은 1mm/min의 속도로 변위제어 방식으로 가하였다.

휨성능 평가를 위하여 ASTM C 1609의 식 (1)과 같이 휨강도를 산정하였다.

$$f = \frac{PL}{bd^2} \quad (1)$$

여기서, P 는 실험에서 측정된 최대 하중, L 은 지간거리(300mm), b 는 시험체의 너비(100mm), d 는 시험체의 높이(100mm)이다. 섬유혼입률에 따른 에너지 흡수능력을 평가하기 위하여 ASTM C 1609에서 제시하는 휨인성(flexural toughness)을 계산하였다. 하지만 본 연구에서 고려한 SIFCON 형태의 슬러리 충전 HPFRCC의 휨거동 특성상 ASTM C 1609에서 제시하는 하중-처짐 곡선에서의 지간거리 L 의 1/150까지의 면적으로 정의되는 것에 적합하지 않으므로 섬유혼입률에 따른 에너지 흡수능력을 상대적으로 비교하기 위하여 하중-처짐 곡선에서 처짐 15mm까지의 면적으로 대체하여 휨인성 특성을 분석하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 휨거동 특성

Fig. 4는 섬유혼입률에 따른 각 시험체의 하중-처짐 곡선을 비교하고 있다. 섬유혼입률에 따른 슬러리 충전 HPFRCC는 초기균열 발생 이후 하중이 지속적으로 증가한 후 최대하중에 도달하는 경향을 나타내었다. 또한 모든 변수의 최대하중은 섬유혼입률에 상관없이 처짐이 약 3mm 전·후일 때 발생

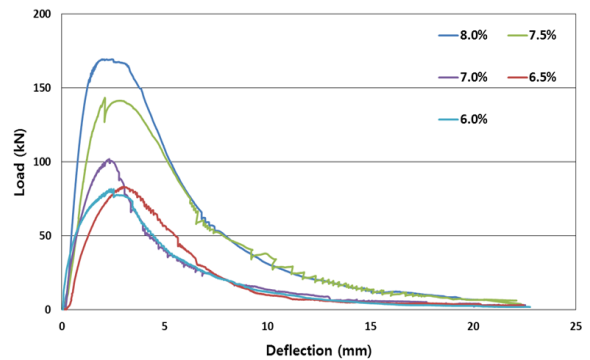


Fig. 4 Load-mid span deflection curves with respect to fiber volume fraction

하였다. 이는 높은 섬유혼입률에 따른 섬유의 가교(bridging) 작용을 통하여 초기균열발생 이후에도 충분한 에너지를 흡수하여 시멘트 복합체가 충격 등의 하중에 저항할 수 있도록 역학적 성질이 개선된 것을 의미한다. 또한 슬러리 매트릭스의 높은 강도로 인하여 강섬유와의 부착강도를 증진시켜 섬유의 뽑힘 현상과 함께 파괴면에서 섬유가 파단되는 파괴양상도 함께 나타내었다.

다음의 Fig. 5 ~ Fig. 9는 각각의 섬유혼입률에 따른 하중-처짐 곡선을 보여주고 있다. 섬유혼입률 8.0% 변수의 실험 결과, 최대 하중 162.3kN(휨강도 48.6MPa) 수준으로 매우 우수한 휨저항 성능을 갖는 것으로 분석되었다. 또한 최대강도에 도달한 이후 잔류강도가 지속되는 특징을 보여주었다. 이와 같은 결과는 예상하지 못한 폭발 및 충돌 등에 대한 극한하중 작용 시, 추가적인 잔류강도 확보를 통하여 구조물의 취성파괴에 대한 붕괴를 방지할 수 있을 것으로 판단된다.

섬유혼입률 7.5% 및 7.0% 변수의 실험결과, 섬유혼입률 8.0%의 약 88% 및 61% 수준인 최대하중 143.4kN, 101.9kN을 나타내었다. 섬유혼입률 감소에 따른 최대하중은 비례적

으로 감소하는 것을 알 수 있었다. 이에 따라 시험체 내부의 섬유의 밀집도에 따라 고흐입률 강섬유시멘트 복합체의 휨강도가 비교적 민감하게 감소하는 것을 알 수 있다. 또한 섬유혼입률 8.0% 및 7.5% 변수의 일정 처짐 이후의 잔류강도는 비슷한 수준으로 분석되었다. 이는 일정 이상의 섬유혼입률 파괴단면에서는 섬유밀도의 차이가 미미하여 잔류강도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

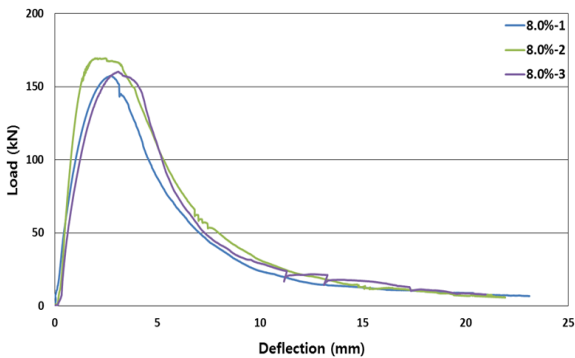


Fig. 5 Load-mid span deflection curve with 8.0% fiber volume fraction

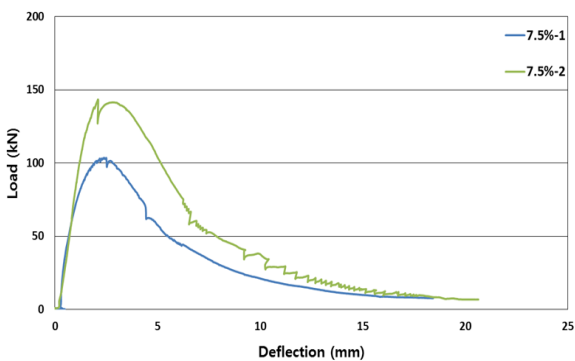


Fig. 6 Load-mid span deflection curve with 7.5% fiber volume fraction

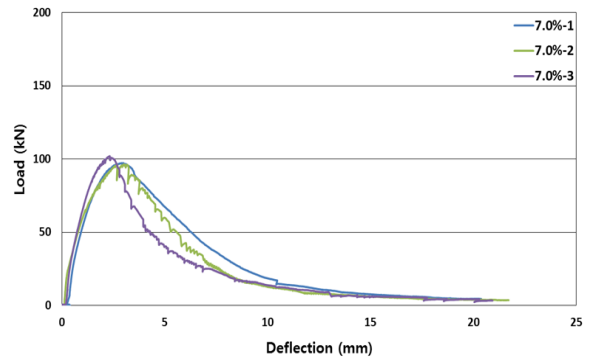


Fig. 7 Load-mid span deflection curve with 7.0% fiber volume fraction

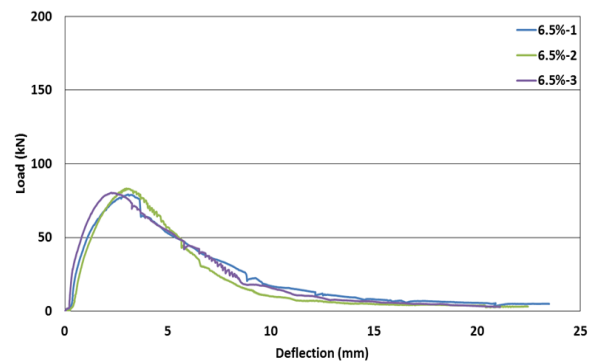


Fig. 8 Load-mid span deflection curve with 6.5% fiber volume fraction

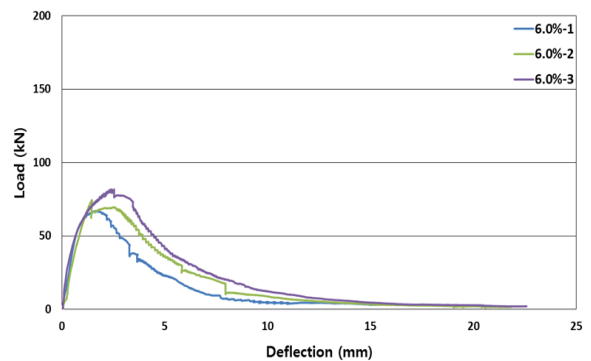


Fig. 9 Load-mid span deflection curve with 6.0% fiber volume fraction



Fig. 10 High ductile behavior in bending test

섬유혼입률 6.5% 및 6.0% 변수의 실험결과, 섬유혼입률 8.0%의 약 50% 및 46% 수준의 최대하중 값을 나타내었다. 섬유혼입률 6.5% 및 6.0%의 경우, 섬유혼입률 0.5% 차이에 따른 최대하중의 차이는 없었지만, 섬유혼입률 6.5% 변수가 섬유혼입률 6.0% 변수에 비하여 최대하중 이후의 잔류강도 측면에서 우수한 것으로 분석되었다.

Fig. 10은 슬러리 충전 HPCRCC 시험체의 최종 실험종료 시의 사진이며, 현재의 상태에 이르기까지에도 급작스런 파괴가 발생하지 않고 지속적인 하중저항성을 나타내어 매우 우수한 변형성능을 관찰할 수 있다.

섬유혼입률에 따른 휨실험 결과, 일반적으로 섬유혼입률은 휨강도의 변화보다는 파괴 이후의 휨인성에 미치는 영향이 크다. 반면 본 연구에서 사용한 지름 0.5mm, 길이 30mm의 강섬유를 활용할 경우 Fig. 4에서 보는 바와 같이 전체적으로 하중-처짐 곡선들의 형상은 유사하지만 대신 휨강도에 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 이는 섬유의 길이가 다소 짧고 섬유혼입률이 높아 상대적으로 많은 개수의 섬유가 포함되고 또한 매트릭스의 강도가 높으므로 강섬유와 매트릭스가 혼합된 복합체가 동질적(homogeneous) 거동을 나타내기 때문으로 판단된다. 따라서 이러한 거동 특성에 대하여 섬유의 지름 및 길이 등의 변화에 따른 분석도 반드시 필요할 것으로 판단된다.

3.2 휨강도 및 휨인성

Fig. 11은 섬유혼입률에 따른 휨강도 실험결과를 비교하고 있다. 섬유혼입률 8.0% 변수의 경우, 최대 휨강도가 50MPa의 높은 수준의 휨강도 값을 나타내고 있다. 이는 압축강도의 약 70% 이상에 해당하는 강도 수준으로 일반 섬유보강콘크리트와는 달리 휨에 대한 저항성이 매우 우수하다는 것을

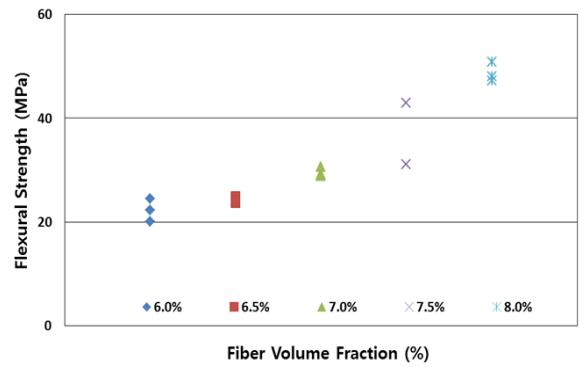


Fig. 11 Test results of flexural strength according to fiber volume fraction

Table 5 Flexural strength and flexural toughness obtained from bending test

Variables (fiber volume fraction)	Flexural strength (MPa)	Flexural toughness (N · m)	Average of flexural strength (MPa)	Average of flexural toughness (N · m)
8.0%	47.2 50.8 48.1	888.4 1,035.7 971.9	48.7	965.3
7.5%	43.0 31.1	918.0 629.0	37.1	773.5
7.0%	29.2 28.9 30.6	605.3 543.2 491.1	29.6	546.5
6.5%	23.7 25.0 24.1	518.5 462.0 504.3	24.3	494.9
6.0%	20.1 22.3 24.5	295.3 385.7 464.1	22.3	381.7

알 수 있다(Kim et al., 2014). 섬유혼입률 7.5% 변수의 최대 휨강도는 섬유혼입률 8.0% 최대 휨강도의 약 75% 수준의 휨강도 값을 나타내었다. 섬유혼입률이 감소함에 따라 최대 휨강도가 비례적으로 감소하는 경향을 보였다. Table 5는 섬유혼입률 변수별 최대 휨강도와 휨인성 산정결과를 자세히 나타내고 있다.

본 연구에서는 ASTM C 1609를 활용하여 휨인성 특성을 분석하고자 하였으나, ASTM C 1609에서 제시하는 하중-처짐 곡선에서 지간거리 1/150까지의 면적으로 정의되는 휨인성은 측정된 처짐량이 이를 훨씬 초과하는 수준이므로 처짐 15mm(지간거리/20)까지의 면적으로 섬유혼입률에 따른 휨인성을 상대적으로 비교하였다. Fig. 12는 섬유혼입률에 따른 휨인성을 나타내고 있다. 처짐 15mm까지의 휨인성 비교 결과, 섬유혼입률 6.0% 변수의 경우 약 381N·m을 나타낸

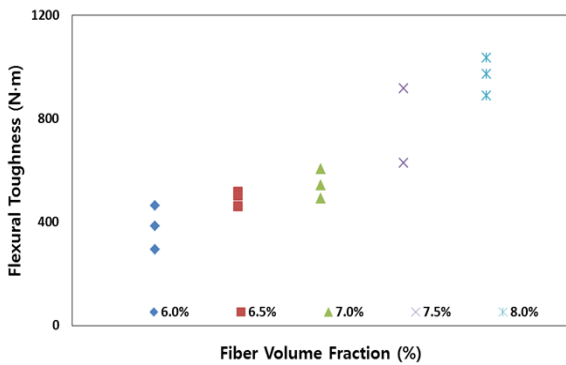


Fig. 12 Test results of flexural toughness according to fiber volume fraction

반면, 섬유혼입률 8.0% 변수는 섬유혼입률 6.0% 변수 파괴 에너지의 약 2.5배 향상된 965N·m의 상당히 큰 에너지 흡수 능력을 발휘하는 것을 알 수 있었다. 섬유혼입률에 따른 휨인성 실험결과, 휨강도 실험결과와 마찬가지로 섬유혼입률 증가에 따른 휨인성 역시 증가하는 경향을 나타내었다.

상기 휨강도 및 휨인성 분석결과, 실험적 연구를 통하여 얻어진 거동 특성은 일반적으로 섬유의 혼입률이 초기균열 또는 최대하중 이후의 파괴인성에 많은 영향을 미치는 경향과는 다소 다른 것으로, 본 연구에서 고려되는 시멘트 복합체의 높은 섬유혼입률과 매트릭스 강도의 복합작용에 의하여 섬유혼입률에 따른 파괴인성의 증대뿐만 아니라 휨강도에도 많은 영향을 미친 것으로 분석된다. 따라서 요구되는 충격 또는 폭발 하중 등에 대한 저항성을 증대시키기 위한 성능을 만족시키기 위해서는 휨강도 및 휨인성의 증대를 위하여 섬유혼입률을 시공 가능한 최고의 수준으로 유지하는 것이 유리할 것으로 판단된다. 단 이는 본 연구에서와 같이 섬유의 지름이 0.5mm이고 길이가 30mm인 비교적 크기가 작은 섬유의 경우에 국한되는 것으로 판단되며 그 외 다른 크기 및 형상비의 섬유를 사용한 경우에 대하여는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구는 콘크리트 구조물이 충격 또는 폭발과 같은 예상하지 못한 하중에 대한 저항성능을 개선하기 위하여 슬러리 충전형 고성능 강섬유보강 시멘트 복합체의 휨거동 특성을 섬유혼입률의 변화에 따라 분석하였다. 본 연구에서 사용한 강섬유는 지름 0.5mm, 길이 30mm이다.

(1) 섬유혼입률에 따른 슬러리 충전 고성능 강섬유보강 시

멘트 복합체는 초기균열 발생 이후 높은 섬유혼입률로 인하여 하중이 지속적으로 증가하였으며, 최대강도 이후 충분한 잔류강도를 확보하였다. 이러한 충분한 잔류강도 확보는 폭발 또는 충격 등과 같은 예상치 못한 하중 작용 시, 구조물의 취성파괴에 대한 긍정적인 효과를 가져 올 것으로 사료된다.

- (2) 최대 휨강도는 섬유혼입률이 8.0%인 경우, 약 50MPa 수준으로 매우 높은 값을 나타내었다. 섬유혼입률이 7.5%로 감소함에 따라 휨강도는 약 25% 정도 감소하였으며 섬유혼입률이 6.0%인 경우는 최대값의 약 45% 수준으로 휨강도가 섬유혼입률에 비례하여 감소하는 것으로 나타났다.
- (3) 휨인성 역시 휨강도와 유사한 값을 가지는 것으로 분석되었다.
- (4) 휨파괴 시, 파괴면에서는 섬유의 뿔침현상과 함께 섬유의 파단도 함께 발생하였다. 이로부터 사용된 섬유와 충전용 슬러리 매트릭스 간의 부착성능이 충분히 우수함을 알 수 있다.
- (5) 섬유혼입률에 따른 하중-처짐 곡선들의 형상이 유사한 것으로 나타났다. 하지만 휨강도의 크기에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 섬유의 길이가 다소 짧고 섬유혼입률이 높아 상대적으로 많은 개수의 섬유가 포함되고 또한 매트릭스의 강도가 높으므로 강섬유와 매트릭스가 혼합된 복합체가 동질적(homogeneous) 거동을 나타내기 때문으로 판단된다.
- (6) 요구되는 충격 또는 폭발 하중 등에 대한 저항성을 증대시키기 위한 요구성능을 만족시키기 위해서는 휨강도 및 휨인성의 증대를 위하여 섬유혼입률을 시공 가능한 최고의 수준으로 유지하는 것이 유리할 것으로 판단된다.
- (7) 단 이러한 연구결과는 본 연구에서 사용한 지름이 0.5mm이고 길이가 30mm인 비교적 크기가 작은 강섬유의 경우에 국한되는 것으로 판단되며, 그 외 다른 크기 및 형상비의 섬유를 사용한 경우에 대하여는 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

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

References

1. ASTM C 1609 (2007), Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading), American Society for Testing and Materials (ASTM).
2. Banthia, N. and Sappakittipakorn, M. (2007), Toughness Enhancement in the Steel Fiber Reinforced Concrete through Fibers Hybridization, *Cement and Concrete Research*, 37(9), 1366-1372.
3. Dong-Oh Ku, Seon-Du Kim, Hee-Seung Kim and Kyoung-Kyu Choi (2014), Flexural Performance Characteristics of Amorphous Steel Fiber-Reinforced Concrete, *Journal of the Korea Concrete Institute*, KCI, 26(4), 483-489.
4. Hyun-Ho Lee and Hwa-Jin Lee (2004), Characteristic Strength and Deformation of SFRC Considering Steel Fiber Factor and Volume Fraction, *Journal of the Korea Concrete Institute*, KCI, 16(6), 759-766.
5. Kim, Seung Won, Jeon, Sang Pyo, Shin, Sang Min, Cho, Hyun Myung and Park, Cheol Woo (2014), Evaluation on Filling Performance of High Flow Slurry with respect to Quantity of Fine Aggregate, *Proceeding of Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, KSMI, 18(2), 407-409.
6. Metha, P. K. and Monreiro, P. J. (2006), Concrete: Microstructure, Properties and Materials, *Third Edition*, McGraw-Hill, Inc., New York, 502-522.
7. Naaman, A. E. (2002), Toughness, Ductility, Surface Energy and Deflection-Hardening FRC Composites, *Proceedings of the JCI International Workshop on Ductile Fiber-Reinforced Cementitious Composites (DRFCC)-Application and Evaluation (DRFCC-2002)*, JCI, 33-57.
8. Seung-Won Kim, Cheol-Woo Park, Seong-Wook Kim, Hyun-Myung Cho, Sang-Pyo Jeon and Min-Kwan Ju (2014), Optimum Mix Proportions of In-Fill Slurry for High Performance Steel Fiber Reinforced Cementitious Composite, *Journal of the Korea Recycled Construction Resources Institute*, KRCRI, 2(3), 196-201.
9. Su-Tae Kang (2013), Bond strength of Steel Fiber Incorporated in Ultra High Performance Fiber-Reinforced Concrete, *Journal of the Korea Concrete Institute*, KCI, 25(5), 547-554
10. Young-Oh Lee and Hyun-Do Yun (2010), Effects of Expansive Admixture on the Mechanical Properties of Strain-Hardening Cement Composite (SHCC), *Journal of the Korea Concrete Institute*, KCI, 22(5), 617-624.

Received : 05/13/2015

Revised : 06/01/2015

Accepted : 06/08/2015

요 지

본 연구는 SIFCON 형태의 고성능 강섬유보강 시멘트 복합체의 섬유혼입률에 따른 휨실험을 수행하였고, 실험결과를 바탕으로 휨성능을 평가하였다. 슬러리를 충전하는 형태로 일반 섬유보강시멘트와 달리 높은 섬유혼입률을 확보할 수 있는 장점을 가지고 있다. 주요 실험 변수는 섬유혼입률 8.0%, 7.5%, 7.0%, 6.5% 및 6.0% 이며, 각 변수에 대한 휨강도 및 휨인성 특성을 분석하였다. 그 결과, 높은 섬유혼입률로 인하여 초기균열 발생 이후에도 계속적으로 하중이 증가하였으며, 최대강도 이후 충분한 잔류강도를 확보하였다. 또한 최대 50MPa 수준의 높은 휨강도를 발현하였으며, 섬유혼입률에 따른 휨강도 및 휨인성은 비례하여 증가하는 경향으로 나타났다.

핵심 용어 : HPRFCC, SIFCON, 섬유혼입률, 휨인성, 잔류강도