

# 건축시공 현장적용을 위한 비빔방법에 따른 SHCC의 역학적 성능 평가

## Evaluation on the Mechanical Properties of Strain Hardening Cement Composite by Mixing Method for Application at Building Construction Site

전 영 석<sup>1\*</sup> 김 규 용<sup>1</sup> 남 정 수<sup>1</sup> 김 영 덕<sup>2</sup> 정 재 홍<sup>3</sup> 이 승 훈<sup>3</sup>

Jeon, Young-Seok<sup>1\*</sup> Kim, Gyu-Yong<sup>1</sup> Nam, Jeong-Soo<sup>1</sup> Kim, Young-Deok<sup>2</sup> Jeong, Jae-Hong<sup>3</sup> Lee, Seung-Hoon<sup>3</sup>

*Department of Architectural Engineering, Chungnam University, Yuseong-Gu, Daejeon, 305-764, Korea <sup>1</sup>*

*Korea Ocean Research&Development Institute, Yuseong-Gu, Daejeon, 305-343, Korea <sup>2</sup>*

*Samsung C&T Corporation, Seocho-Gu, Seoul, 137-956, Korea <sup>3</sup>*

### Abstract

The purpose of this study is to examine material performance of fiber reinforced cement composite for mass production. It is necessary to manufacture SHCC(Strain Hardening Cement Composite) by batch plant for field application and mass production. For the study, a mock-up test of SHCC manufactured in the batch plant was conducted, and the performance was compared with SHCC manufactured in the laboratory. Assessment items were freshness and hardening properties. Specifically, direct tensile test machine was used for performance verification of SHCC. As a result, there was a tendency of less satisfactory fiber dispersion and performance of strain hardening compared with the performance of SHCC manufactured in the laboratory. To address this, dry mixing and mortar mixing time should be increased compared to laboratory mixing, and injection time of an agent such as a water reducing agent should be properly controlled according to mixing combination, or the capacity to secure dispersion and homogeneity of material.

Keywords : strain hardening cement composite, methods of manufacture, batch plant, direct tensile performance

## 1. 서 론

다량의 섬유가 혼입된 변형경화형 시멘트 복합재료 (Strain Hardening Cement Composite; 이하 SHCC)는 일반 콘크리트나 모르타르 재료와 달리 인성이 크고 균열 후 변형증가에 따라 응력이 증가하는 변형경화 특성과 파괴 시의 복수 미세균열과 같은 특징을 바탕으로 내구성 및 내

진성능이 증시되고 있는 다양한 용도의 철근 콘크리트 구조물에 적용 가능성이 높은 신재료이다[1,2]. 현재 교량, 내진 부재, 뿔칠용 고성능 보수재료 및 충격완충재료 등의 용도로 적용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며 일부 적용도 이루어지고 있다[3,4,5,6].

SHCC의 제조 및 시공방법으로는 크게 뿔칠 및 그라우트 충전, 공장제작에 의한 프리캐스트제품, 배치플랜트 제조를 통한 현장타설 방법이 있으며, 이 중에 뿔칠 및 그라우트 충전에 의한 시공방법은 보수공법에 활용이 되고, 품질관리가 용이한 공장제작 방법은 프리캐스트제품의 형태로 실용화되고 있다. 이에 비해 배치플랜트 제조를 통한 현장타설 방법은 일반 콘크리트나 모르타르 제조 시 일반적으로 사용되지 만, SHCC의 경우 다량의 섬유가 혼입되어 비빔 및 품질관

Received : April 30, 2011

Revision received : August 18, 2011

Accepted : September 15, 2011

\* Corresponding author : Jeon, Young-Seok

[Tel: 82-42-821-7731, E-mail: dotori12011@nate.com]

©2011 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

리가 어려워 현장적용이 어려운 실정이다[7,8,9].

향후 건설현장에서 SHCC의 다양한 용도에 따라 현장적용이 점점 확대될 것으로 예상되고, 이에 따라 지속적이고 대량생산이 가능한 설비 및 기술구축이 요구되고 있다[10].

따라서 본 연구에서는 SHCC의 용도와 현장적용 확대를 위한 연구의 일환으로서, 일반 콘크리트 제조설비인 배치플랜트 2-Shaft 믹서를 이용하여 SHCC 제조 및 타설을 통해 일부재 실험을 실시하고, 이를 실내실험 결과와 비교·검토함으로써 믹서종류에 의한 SHCC의 제조방법이 역학적 특성에 미치는 영향에 대한 기초자료를 제시하고자 하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획 및 배합

Table 1은 배치플랜트 현장제조를 통한 SHCC의 현장 적용성을 검토하기 위한 실험계획 및 콘크리트 배합을 나타낸 것으로서 크게 2종류의 시리즈로 구분하였다.

시리즈 I은 실내실험으로 믹서종류에 따른 SHCC 제조시의 역학적 특성을 평가하기 위한 것으로서, SHCC 전용믹서인 Omni 믹서와 배치플랜트 현장제조에 사용되는 2-Shaft 믹서를 비교·검토하여 배치플랜트 현장제조 시 품질저하 요인과 문제점을 규명하고자 하였다.

SHCC의 배합은 사전 실험 결과를 바탕으로 향후 현장적용 가능성이 큰 PE-SHCC 2종을 선정하였다. PE1.5(15 mm)-S/B0.8 배합에서는 W/B 0.45, S/B 0.8로 설정하였고, 섬유혼입율은 1.5 vol.%로서 12 mm의 PE섬유를 사용

하였다.

PE2.0(12 mm)-S/B0.5 배합에서는 W/B 0.45, S/B 0.5로 설정하였고, 섬유혼입율은 2.0 vol.%로서 12 mm의

PE섬유를 사용하였다. 평가항목으로는 테이블 플로우, 압축강도, 휨강도 및 처짐, 인장강도 및 변형률을 설정하였다.

시리즈 II는 배치플랜트에서 제조된 SHCC의 현장적용성을 평가하기 위한 것으로서, 배치플랜트에서 제조된 SHCC가 현장적용 가능한 품질을 확보할 수 있는지 여부를 확인하고, 이를 실험실에서 2-Shaft 믹서를 통해 제조된 SHCC와 비교하여 배치플랜트 제조 시 성능저하 원인과 문제점 보완 대책을 검토하고자 하였다. 평가항목은 시리즈 I과 동일하게 설정하였다. SHCC의 점성을 확보하기 위해 Binder의 10 %를 플라이애시로 대체하였으며, PE섬유의 길이에 따른 유동성을 고려하여 혼입률 및 S/B를 설정하였다.

### 2.2 사용재료

본 연구에서 사용한 재료의 물리적 성질은 Table 2에서 나타낸 바와 같이 시멘트는 밀도 3.17 g/cm<sup>3</sup> 및 분말도 3 230 cm<sup>2</sup>/g의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 플라이애시는 밀도 2.13 g/cm<sup>3</sup>, 분말도 3 200 cm<sup>2</sup>/g, 잔골재는 입도 (0.1~0.3) mm, 밀도 2.64 g/cm<sup>3</sup>, 흡수율 0.38 %의 세척사를 사용하였다. 또한, 혼화제로는 폴리카르보산계 고성능 감수제와 HPMC계 증점제 및 AE제를 사용하였고, 섬유는 직경 약 12 μ m, 길이 각각 12 mm, 15 mm, 인장강도 1 600 MPa의 PE섬유를 사용하였다.

Table 1. Experimental plan and concrete mixture

Series	Item	Methods of manufacture	W/B	S/B	Matrix mix (Wt.)				Fiber	Fiber mix (Vol.%)	Test item
					W	C	FA	S			
I	PE1.5(15 mm)-S/B0.8 <sup>1)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laboratory mixing</li> <li>Omni mixer_60L</li> <li>2-Shaft mixer_100L</li> </ul>	0.45	0.8	0.45	0.9	0.1	0.8	PE (15 mm)	1.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fresh properties</li> <li>Table flow (mm)<sup>2)</sup></li> <li>Air content (%)<sup>3)</sup></li> </ul>
				0.5				0.5	PE (12 mm)	2.0	
II	PE1.5(15 mm)-S/B0.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Batch plant mixing</li> <li>2-Shaft mixer_3500L</li> </ul>	0.45	0.8	0.45	0.9	0.1	0.8	PE (15 mm)	1.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hardened properties</li> <li>Compressive strength (MPa)</li> <li>Bending strength (MPa) and Deflection (mm)</li> <li>Tensile strength (MPa) and Strain (%)</li> </ul>
				0.5				0.5	PE (12 mm)	2.0	

1) PE1.5-S/B0.8 : Polyethylene Fiber 1.5 vol% mix (fiber length 15 mm) - mass ratio of fine aggregate 0.8

2) Aim of table flow : 170±10 mm

3) Aim of Air content : 8±2 %

Table 2. Physical properties of materials

Materials	Physical properties
Cement	Ordinary portland cement (Specific gravity 3.17 g/cm <sup>3</sup> , Fineness 3 230 cm <sup>2</sup> /g)
Fly ash	Specific gravity : 2.13 g/cm <sup>3</sup> , Fineness : 3 200 cm <sup>2</sup> /g
Fine aggregate	Silica sand No.7 (Grading (0.1~0.3) mm, Specific gravity 2.64 g/cm <sup>3</sup> , Absorptance rate 0.38 %)
Admixture	Superplasticizer (Polycarbonic Acid ), Thickening agent (HPMC), AE agent
PE Fiber	Diameter 12 μm, Length 12 mm / 15 mm, Specific gravity 0.95 g/cm <sup>3</sup> , Tensile strength 1 600 MPa

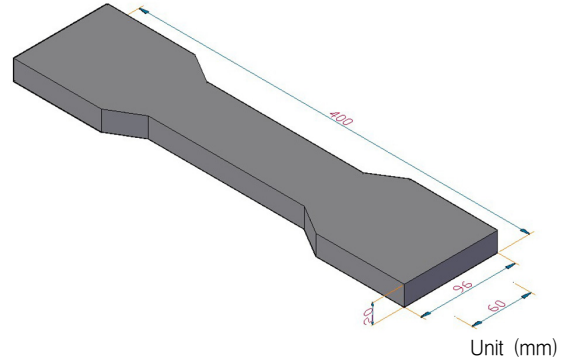


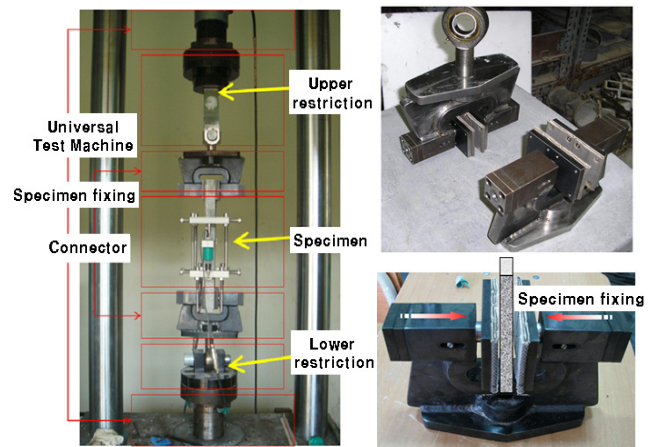
Figure 3. Shape of specimen for direct tensile test

### 2.3 비빔방법 및 시험체 제작

1) 믹서종류에 따른 SHCC의 역학적 특성(시리즈 I)

SHCC의 비빔은 용량 60 L의 Omni 믹서와 용량 100 L의 2-Shaft 믹서를 사용하여 실시하였고, 믹서 종류에 따른 비빔 전경을 Figure 1에 나타내었다.

시험체 제작은 직접인장성능 평가를 위해 박판 아령형 시험체를 제작하였고, 시험체의 형상 및 크기는 Figure 3와 같이 시험체 중앙 160 mm부분을 축소시켜 이 부분에 인장력이 집중되도록 하였다. 또한 제작 시에 단면방향으로 층이 형성되어 인장성능이 저하되지 않도록 길이방향으로 펼치듯 타설하였다. 제작된 시험체는 재령 2일에서 탈형 후 수중에서 28일간 양생하였다.



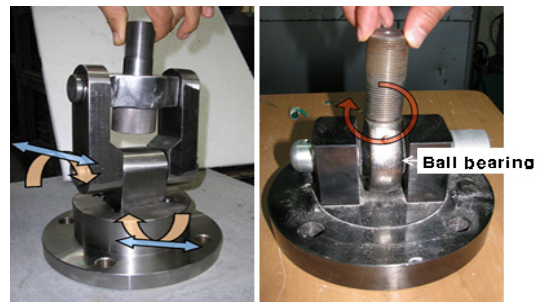
(a) Components of direct tensile test machine

(b) Upper • Lower connector



(a) Omni mixer\_60 L (Laboratory) (b) 2-Shaft mixer\_100 L (Laboratory)

Figure 1. Mixing methods of SHCC manufactured in the laboratory (Series I)



(c) Upper • Lower restriction device

Figure 4. Overview of direct tensile test machine

2) 배치플랜트에서 제조된 SHCC의 현장제조(시리즈 II)  
배치플랜트에서 현장 제조된 SHCC는 용량 3500 L의 2-Shaft믹서를 사용하였고, 현장제조 SHCC의 비빔 전경을 Figure 2 (a)에 나타내었다. 실내 100 L 2-Shaft 믹서의 경우 믹서날 사이의 간격이 좁고 회전속도가 약 40 회



(a) 2-Shaft mixer\_3500 L (batch) (b) Placing in Mock-up

Figure 2. Mixing and placing of SHCC manufactured in the batch plant (Series II)

/min로 빠른 반면, 배치플랜트의 3500 L 2-Shaft 믹서는 믹서날 사이의 간격이 넓고 회전속도가 약 27 회/min로 차이가 있었다. 이에따라 비빔시 재료의 균질, 섬유분산이 충분히 이루어지도록 비빔시간을 실내 실험보다 1.5배 길게하였다.

제조된 SHCC는 준비된 시험장까지 에지데이터 트럭으로 운반하고 준비된 슬래브 거푸집에 직접 타설하여 Mock-up 시험체를 제작하였다. 현장제조 SHCC의 타설 전경을 Figure 2 (b)에 나타내었다.

제작된 Mock-up 부재는 직접인장성능 평가용 시험체를 얻기 위해 재령 14일에 석재 가공소에서 절단가공을 실시하였다.

### 2.4 시험장치

SHCC의 인장성능을 평가하기 위한 실험장치로서, 일축 직접인장 실험장치는 Figure 4 (a)와 같이 시험체와 상·하부 구속부분을 잡아주는 연결장치, 연결장치와 기압장치(UTM)를 연결해주는 상·하부 구속부분으로 구성되어 있으며, 시험체 연결장치는 Figure 4 (b)와 같이 양 끝단에 렌치를 사용하여 클램프 부분을 움직일 수 있게하여 시험체를 고정할 수 있게 하였으며, 각각의 클램프는 시험체가 손상·미끄러짐 없이 단단히 고정될 수 있도록 접촉부에 섬유보강재료를 사용하였다. 상·하부 구속부는 Figure 4 (c)와 같이 직접인장 시험에 있어서 초기 하중에 의한 편심이 작용하지 않도록 시험체의 4방향 조절이 가능하도록 핀접합을 하였다.

### 2.5 시험방법

SHCC의 제조성능 및 경화성상을 검토하기 위해 굳지

않은 성상은 KS L 5111 「시멘트 시험용 플로 테이블」에 준하여 모르타르 테이블 플로우를 측정하였으며, KS F 2421 「압력법에 의한 굳지 않은 콘크리트의 공기량 시험방법」에 준하여 모르타르 공기량을 측정하였다.

경화성상으로 인장강도 및 변형률은 박판 아령형 시험체를 제작한 후 일축 직접인장 실험장치를 통해 평가하였다. 변위제어방식으로 0.15 mm/min 속도로 재하를 실시하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 굳지않은 성상

Table 3은 제조방법에 따른 SHCC의 혼화제 사용량 및 굳지않은 성상을 나타낸 것이다. 굳지않은 성상의 목표치는 테이블 플로우 170±20 mm, 공기량 8±2 %로 하였고, 시리즈 I·II 모두 목표 테이블 플로우와 공기량을 만족했다.

시리즈 I으로 실내 실험실에서 SHCC 제조 결과, Omni 믹서를 사용한 경우가 2-Shaft 믹서를 사용한 경우보다 혼화제(고성능 감수제)가 적게 사용되었고, PE1.5(15 mm)-S/B0.8 배합, PE2.0(12 mm)-S/B0.5 배합 각각 고성능 감수제가 0.3 %, 0.4 % 적게 사용되었다.

비빔 시 Omni 믹서의 경우 한 방향으로 회전하여 섬유의 배향이 엉키지 않고 일정하고 부드럽게 제조되는 반면, 2-Shaft 믹서의 경우 믹서의 중앙에서 서로 다른 방향으로 분리된 후 다시 합쳐져 재료의 성상이 다소 불규칙 했으며 약간의 섬유가 믹서 날에 걸리는 것도 확인되었다.

Table 3. Freshness properties of SHCC based on manufacturing methods

Series	Methods of manufacture	Kinds of SHCC	Amount of admixture			fresh properties	
			SP <sup>1)</sup> (B wt.%)	HPMC <sup>2)</sup> (W wt.%)	AE (B wt.%)	Table flow (mm)	Air content (%)
I	Omni mixer_60 L (Laboratory)	PE1.5(15 mm)-S/B0.8	1.7	0.8	-	160	6.2
		PE2.0(12 mm)-S/B0.5	1.6	0.7	-	165	7.0
	2-Shaft mixer_100 L (Laboratory)	PE1.5(15 mm)-S/B0.8	2.0	0.8	-	165	8.6
		PE2.0(12 mm)-S/B0.5	2.0	0.7	-	175	7.3
II	2-Shaft mixer_3500 L (Batch Plant)	PE1.5(15 mm)-S/B0.8	3.0	1.2	0.2	180	8.5
		PE2.0(12 mm)-S/B0.5	2.0	0.9	0.2	160	8.0

1) SP : Superplasticizer 2) HPMC : Thickening agent

시리즈 II로 현장 배치플랜트에서 SHCC 제조 결과, 실내 실험실 제조 시 보다 혼화제(고성능 감수제, 증점제)가 많이 사용되었다. PE1.5(15 mm)-S/B0.8 배합의 경우에는 고성능 감수제 1.0 %, 증점제 0.4 % 많이 사용되고, AE제가 0.2 % 추가로 사용되었다. PE2.0(12 mm)-S/B0.5 배합의 경우에는 고성능 감수제의 사용은 동일했지만 증점제 0.4 % 많이 사용되고, AE제가 0.2 % 추가로 사용되었다.

또한, 섬유 분산이 제대로 이루어지지 않고 Figure 5와 같이 매트릭스 재료와 섬유의 뭉침이 발생하는 Fiber Ball 현상도 나타났다.

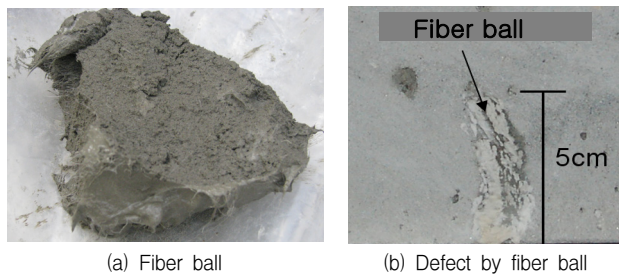


Figure 5. Defect due to fiber ball (Series II)

SHCC는 일반 콘크리트와 달리 굵은 골재가 없기 때문에 비빔 시 섬유와 매트릭스가 편중되어 비벼지는 등 비빔효율이 떨어질 수 있다. 따라서 배치플랜트를 이용한 SHCC 제조시 건비빔, 모르타르 비빔시간을 충분히하여 매트릭스를 균질성을 확보할 필요가 있고, 매트릭스가 균질하게 비빔이 된 이후에 혼화제를 투입하는 등 비빔단계에서 적절한 점성 및 유동성을 확보하기 위한 다양한 방법이 고려되어야 한다.

배합 종류별로는 섬유의 길이가 긴 PE1.5(15 mm)-S/B0.8 배합에서 PE2.0(12 mm)-S/B0.5 배합보다 혼화제(고성능 감수제, 증점제)가 많이 사용되었다.

이는 섬유 길이의 영향과 S/B의 영향이 함께 작용한 것으로, 섬유의 혼입률은 작지만 길이가 긴 섬유의 균질한 비

빔을 위해 보다 많은 양의 증점제가 필요했고, 증점제 사용량의 증가와 높은 S/B에 의해 적절한 유동성 확보를 위한 고성능 감수제의 사용량도 크게 증가했다.

### 3.2 경화 성상

1) 믹서종류에 따른 SHCC의 공학적 특성(시리즈 I)

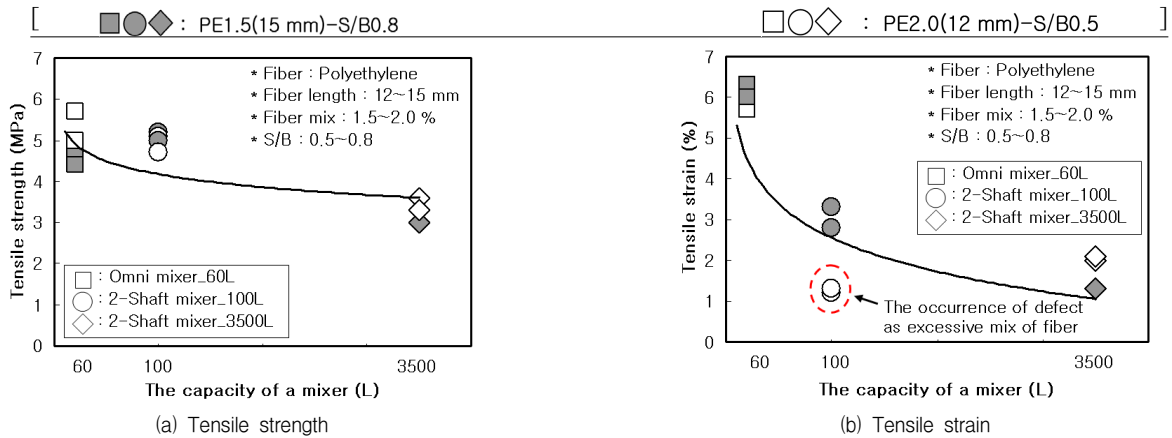
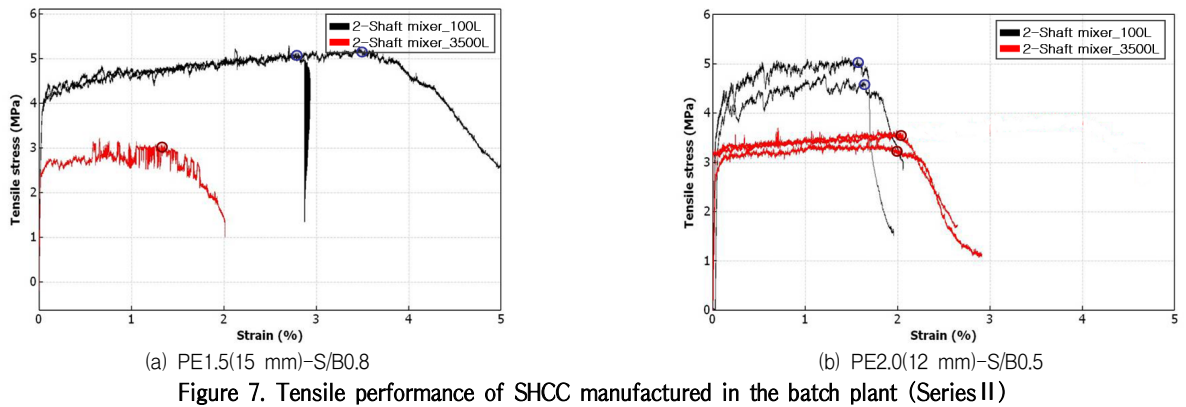
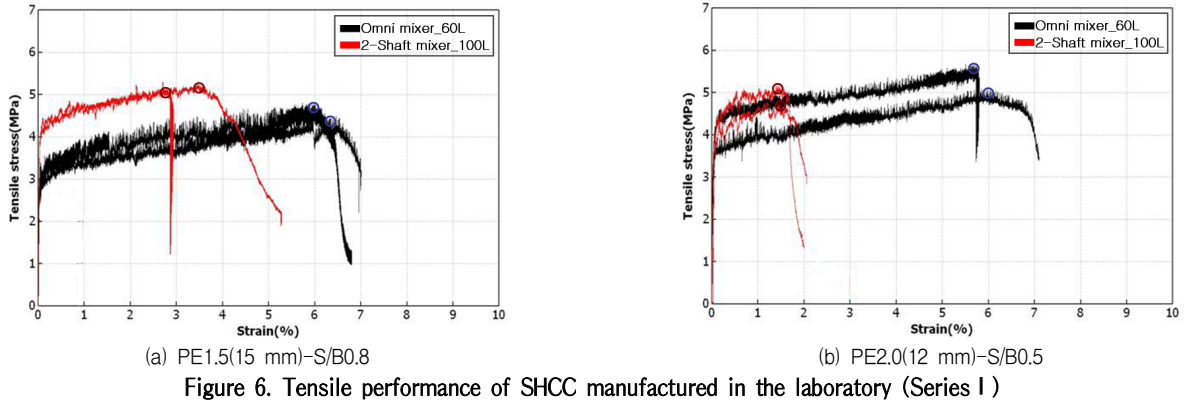
Table 4는 제조방법에 따른 SHCC의 경화 특성을 나타낸 것으로, 실내 실험에 있어서 압축강도는 믹서의 종류에 관계없이 약 29 MPa로 나타났다. 휨성능의 경우, 휨강도  $26 \pm 2$  MPa의 범위로 압축강도에 근접한 수준으로 나타나 PE섬유 보강에 의해 우수한 휨강도를 확보할 수 있음을 확인할 수 있었고, 휨처짐은  $6 \pm 2$  mm의 범위로 나타났으며, Omni 믹서가 2-Shaft 믹서에 비해 각 배합별 2 mm정도 처짐성능이 우수함을 확인할 수 있었다.

Figure 6은 실내 믹서 종류에 따른 SHCC의 인장성능을 나타낸 것으로, 인장강도는 믹서종류에 따라 약 10 % 내외의 범위에서 유사하게 나타났으나, 변형률은 Omni 믹서를 사용하여 제조한 경우에 2-Shaft 믹서보다 PE1.5(15 mm)-S/B0.8 배합에서 약 2.5 % 이상, PE2.0(12 mm)-S/B0.5 배합에서 약 4.2 % 이상으로 변형성능이 우수한 것으로 나타났다. 특히 섬유길이가 짧아 시험체 사이즈의 영향에 의한 섬유의 배향효과가 적었을 것으로 사료되는 PE2.0(12 mm)-S/B0.5 SHCC의 경우, 그 차이가 확실하게 나타났다.

Omni 믹서의 경우 한 방향으로 회전하고 재료 자체의 점성에 의해 재료가 분산되기 때문에 자연스럽게 섬유가 동일한 방향으로 배향하는 반면, 2-Shaft 믹서의 경우 재료 외부의 날개에 의해 강제적으로 분산이 이루어져 날개의 이동 경로 부분에서 섬유의 불규칙한 배향이 발생하기 때문으로 사료된다.

Table 4. Hardening properties of SHCC based on manufacturing methods

Series	Methods of manufacture	Kinds of SHCC	Compressive strength (MPa)	Bending strength (MPa)	Bending deflection (mm)	Tensile strength (MPa)	Tensile strain (%)
I	Omni mixer_60 L (Laboratory)	PE1.5(15 mm)-S/B0.8	29.30	27.84	7.65	4.50	6.10
		PE2.0(12 mm)-S/B0.5	30.75	26.65	6.70	5.20	5.88
	2-Shaft mixer_100 L (Laboratory)	PE1.5(15 mm)-S/B0.8	29.67	28.05	5.15	5.18	3.10
		PE2.0(12 mm)-S/B0.5	28.45	24.70	4.00	4.83	1.63
II	2-Shaft mixer_3500 L (Batch Plant)	PE1.5(15 mm)-S/B0.8	28.80	17.65	3.90	3.00	1.35
		PE2.0(12 mm)-S/B0.5	29.10	24.50	5.30	3.48	2.05



2) 배치플랜트에서 제조된 SHCC의 현장제조(시리즈 II)  
 배치플랜트 현장제조에 의한 SHCC의 경화 특성은 Table 4에 나타난 바와 같이 압축강도 약 29 MPa로 실내 실험과 차이가 없었다. 휨성능의 경우, 휨강도 약 20±5 MPa 범위로 실내 실험 결과에 비해 전반적으로 낮게 나타났고, 휨처짐 약 4.5±1 mm 범위로 Omni 믹서에 비해서 다소 낮았지만 실내 2-Shaft 믹서와는 유사함을 확인할 수 있었다.

Figure 7은 배치플랜트 현장제조에 따른 SHCC의 인장 성능으로, 배치플랜트 3500 L 2-Shaft 믹서와 실내 100 L 2-Shaft 믹서에서 제조된 SHCC의 인장성능과 비교하여 나타낸 것이다. 인장강도는 배치플랜트 3500 L 2-Shaft 믹서의 경우보다 실내 100 L 2-Shaft 믹서 제조의 SHCC에서 1 MPa 이상 높은 것으로 나타났으나, 변형률은 인장강도의 경향과 관계없이 배치플랜트 3500L 2-Shaft 믹서

제조 시험체 중에서도 최대 약 3.5 %에 이르는 우수한 변형 경화성능을 가지는 시험체도 있었으며, 시험체에 따라 편차가 있어 정확한 경향을 판단하기 어려웠다.

PE1.5(15 mm)-S/B0.8 배합에서는 실내 100 L 2-Shaft믹서 제조의 경우에 배치플랜트 3500 L 2-Shaft 믹서 제조 시 보다 인장강도 약 2 MPa, 변형률이 약 (1.5~2.0) % 우수한 것으로 평가되었으며, PE2.0(12 mm)-S/B0.5 배합에서는 실내 100 L 2-Shaft믹서 제조의 경우에 배치플랜트 3500 L 2-Shaft 믹서 제조 시 보다 인장강도는 약 (1.0~1.5) MPa 우수하지만 변형률은 약 0.3 % 저조한 것으로 나타났다.

Figure 8은 인장성능과 믹서용량과의 관계를 나타낸 것으로, 믹서의 용량이 커짐에 따라 인장강도와 변형률이 낮아지는 경향이 나타났다. 믹서 용량이 커질수록 비빔효율이 떨어지는 것으로 판단된다.

따라서 향후 SHCC의 제조 프로세스 구축에 있어서 실험실 수준의 연구결과를 토대로 얻어진 재료특성만으로 성능 설계하는 것은 지양해야하고, SHCC의 현장적용 확대를 위해서 배치플랜트 현장 제조 시 요구 성능을 만족시키기 위해 W/B, S/B, 감수제, AE제, 증점제 등 다양한 배합의 검토가 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

비빔방법에 따른 SHCC의 역학적 특성 평가결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 실내 Omni 믹서와 2-Shaft 믹서에서 SHCC 제조 시 인장강도는 유사하였지만, 변형률에서 Omni 믹서가 2.5 % 이상 우수하였고, 배합의 영향은 적은 것으로 나타났다. Omni 믹서의 경우 한 방향으로 회전하여 섬유 배향이 영키지 않고 부드럽게 제조되었고, 2-Shaft 믹서의 경우 믹서의 중앙에서 서로 다른 방향으로 분리 후 다시 합쳐지는 등 재료의 성상이 불규칙했으며 섬유가 뭉치는 현상도 확인되었다.
- 2) 실내 100 L 2-Shaft 믹서에서 제조된 SHCC와 배치플랜트 3500 L 2-Shaft 믹서에서 제조된 SHCC의 인장성능을 비교한 결과, 실내 100 L 2-Shaft 믹서에서 제조한 SHCC에서 인장 성능이 보다 높게 나타났다. 믹서 용량이 커질수록 비빔효율이 떨어지는 것으로 판단되고, SHCC의 현장적용 확대를 위해서는

배치플랜트 현장 제조 시 건비빔, 모르타르 비빔시간을 충분히 하여 매트릭스를 균질성을 확보할 필요가 있고, 비빔단계에서 적절한 점성 및 유동성을 확보할 수 있는 다양한 방법을 고려해야할 것으로 사료된다.

#### 요 약

본 연구는 SHCC의 건축시공 현장적용을 목적으로 현장 제조설비인 배치플랜트 2-Shaft 믹서를 이용하여 SHCC 제조 및 타설을 통해 실무재 실험을 실시하고, 이를 실내 실험 결과와 비교·검토함으로써 향후 SHCC의 현장적용을 위한 기초자료로 제시하고자 하였다. 그 결과, 실내 Omni 믹서와 2-Shaft 믹서에서 SHCC 제조시 인장강도는 유사하였지만, 변형률에서 Omni 믹서가 2.5 % 이상 우수하였다. 배치플랜트 3500 L 2-Shaft 믹서에서 제조된 SHCC의 경우, 실내 100 L 2-Shaft 믹서에서 제조한 SHCC에서 인장 성능이 보다 높게 나타났다. SHCC의 현장적용 확대를 위해서는 배치플랜트 현장 제조시 건비빔, 모르타르 비빔시간을 충분히하여 매트릭스를 균질성을 확보하고, 비빔단계에서 적절한 점성 및 유동성을 확보할 수 있는 다양한 방법을 고려해야 한다.

**키워드** : 건축시공 현장적용, 변형경화형 시멘트

복합재료, 제조방법, 배치플랜트, 직접인장성능

#### Acknowledgement

This work was supported by Brain Korea 2th (BK21), the Korea government.

#### References

1. Austin SA, Robins PJ, Goodier CI. The Rheological Performance of Wet-Process Sprayed Mortars. Magazine of Concrete Research, 1999 Oct;51(5):341-52.
2. Austin SA, Robins PJ, Goodier CI. The Performance of Hardend Wet-Process Sprayed Mortars. Magazine of Concrete Research, 2000 June;52(3):195-208.
3. Maalej M, Li VC. Flexural/Tensile Strength Ratio in Engineered Cementitious Composites. Journal of Materials in

- Civil Engineering, 1994 Nov;6(4):513–28.
4. Fischer G, Li VC. Intrinsic Response Control of Moment Resisting Frames Utilizing Advanced Composite Materials and Structural Elements. *ACI Structural Journal*, 2003 Mar;100(2):166–76.
  5. Krstulovic Opara N, Malak S. Micromechanical Tensile Behavior of Slurry Infiltrated Continuous–Fiber–Mat Reinforced Concrete(SIMCON). *ACI Materials Journal*, 1997 Sep;94(5):373–84.
  6. Li VC, Wang S, Wu C. Tensile Strain–Hardening Behavior of Polyvinyl Alcohol Engineered Cementitious Composite (PVA–ECC). *ACI Materials Journal*, 2001 Nov;98(6):483–92.
  7. Otter DE, Naaman A. Properties of Steel Fiber Reinforced Concrete Under Cyclic Loading. *ACI Materials Journal*, 1998 Jul;85(4):254–61.
  8. Rossi P. High Performance Multimodal Fiber Reinforced Cement Composites (HPMRFRCC). *ACI Materials Journal*, 1997 Nov;94(6):478–83.
  9. Zheng W, Kwan AH, Lee PK. Direct Tension Test of Concrete. *ACI Materials Journal*, 2001 Jan;98(1):63–71.
  10. Kim YY, Kong HJ, Li VC. Design of Engineered Cementitious Composite Suitable for Wet–Mixture Shotcreting. *ACI Materials Journal*, 2003 Nov;100(6):511–8.