

# 습식 스프레이용 섬유복합 모르타르의 기초적 특성

## Fundamental Properties of Fiber Composite Spray Mortar

이 건 철<sup>\*</sup> 송 용 원<sup>\*\*</sup> 류 금 성<sup>\*\*\*</sup> 고 경 태<sup>\*\*\*\*</sup> 김 진 수<sup>\*\*\*\*\*</sup> 한 천 구<sup>\*\*\*\*\*</sup>  
Lee, Gun-Cheol Song, Yong-Won Ryu, Gum-Sung Goh, Kyoung-Taek Kim, Jin-Soo Han, Cheon-Goo

### ABSTRACT

This paper is to investigate the strength, impact endurance and shrinkage of wet spraying type fiber composite mortar for repair material depending on fiber type and product kinds. Fiber composite mortar containing PVA fiber had the highest strength compared to that using any other fiber. Especially, The use of PVA fiber results in a remarkable enhancement in impact strength and an improved volumetric stability. Accordingly, it is confirmed that fiber composite mortar containing PVA fiber has remarkable performance as repair material of damaged section of concrete.

### 1. 서론

최근 열화된 교량, 터널, 건축구조물 등의 보수보강 재료로서 섬유복합 모르타르의 사용이 증가하고 있다. 특히, 일반적으로 ECC(Engineered Cementitious Composite)라고 불리우는 고인성 시멘트 섬유복합 재료는 변형저항성이 우수하고 큰 변형을 받은 경우라도 균열폭을 작은 범위로 억제하는 것이 가능하여 보수보강된 구조물의 내하력 및 내구성을 향상 시키는 장점을 가지고 있어 여러 분야로의 응용이 가능하다.

이와 관련하여 국내에서도 고성능 섬유보강 모르타르를 이용한 습식스프레이 공법의 개발에 관한 연구가 보고된바 있다<sup>1)</sup>. 그러나, 기존의 문헌을 참조하면 ECC개념의 고인성 섬유복합 모르타르의 범용화를 위해서는 여러 부분에 대하여 연구의 여지를 남겨 두고 있는데 특히 유동성, 내충격특성, 수축특성, 내화특성 등을 들 수 있다.

그러므로 본 연구에서는 습식스프레이용 섬유복합 모르타르(FCSM) 보수보강 공법을 확립하기 위한 검토의 일환으로 먼저, 섬유복합 모르타르의 강도특성, 내충격성 및 수축특성 등 기초적 특성에 대하여 검토하고자 한다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1 실험계획

섬유복합 모르타르의 기초적 특성 검토에 관한 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 단면복구용 모르타르로 사용되어지는 A, B, C의 3개 제품을 대상으로 검토를 실시하였는데 제품A의 경우는 섬유를 혼입하지 않은 A0시료와 A0시료에 PVA섬유 및 PP섬유를 시멘트에 대한 체적비로 1.2% 혼입한 A1시료 및 A2

\* 정회원, 청주대 산업과학연구소 전임연구원, 공학박사

\*\* 정회원, 청주대 대학원, 석사과정

\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원, 구조연구부 연구원

\*\*\*\* 정회원, 한국건설기술연구원, 구조연구부 선임연구원, 공학박사

\*\*\*\*\* 정회원, 원하중합건설(주)

\*\*\*\*\* 정회원, 청주대 건축공학부 교수, 공학박사

시료로 구분하여 총 5수준으로 변화시켜 실험계획 하였다. 이때의 W/DM의 비는 20%로 전시료에 동일하게 적용하는 것으로 하였다. 실험사항으로 굳지않은 모르타르에서 플로우 및 응결시간을 측정하고, 경화 모르타르에서 압축강도, 인장강도, 휨강도, 부착강도 및 충격강도를 측정하고, 수축특성으로 소성수축, 자기수축 및 건조수축을 측정하였다.

### 2.2 실험방법

본 연구의 실험방법으로 모르타르 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하여 혼합하였다. 굳지않은 모르타르 실험에서 플로우, 응결시간, 경화 모르타르의 실험으로 압축, 인장, 휨, 부착 및 충격 강도, 건조수축 길이변화, 자기수축 등은 KS규격에 의거하여 측정하였고, 소성수축은 PVC-Ring Test를 참조하여 실험 하였다.

### 2.3 사용재료

본 연구에서 사용한 재료의 물리적 성질은 표 2과 같다.

## 3. 실험 결과 및 분석

### 3.1 굳지않은 상태의 특성

그림 1은 각 시료별 모르타르의 유동성인 플로우치를 나타낸 것이다. 전반적으로 A0시료의 경우 유동성이 가장 크게 나타났고, PVA섬유 혼입한 A1시료의 경우 A0에 비해 17%정도, PP섬유를 혼입한 A2시료의 경우 21%정도 유동성이 저하하였다. 또한, B시료의 경우는 A1시료에 비해 약 4%정도 저하였고, C시료 경우는 A1시료에 비해 약 8%정도 증가하는 것으로 나타났다지만 전반적으로 큰 차이는 아닌 것으로 분석된다.

그림 2는 각 시료별 경과시간에 따른 관입저항치를 나타낸 것이다. A제품의 경우 섬유를 혼입한 A1, A2 시료가 섬유를 혼입하지 않은 A0시료에 비해 응결 시간이 빨라지는 것으로 나타났다. 이의 원인으로는 시멘트가 응결되어가는 과정에서 섬유가 시멘트 입자 사이에서 네트워크를 형성하여 측정되는 시료의 겔보기응력이 증가되는 현상에 의한 결과로 분석된다. 한편, C제품의 경우는 PP섬유를 혼입한 A2의 시료와 유사한 경향을 나타내었지만, B제품의 경우는 응결시간이 상당히 지연되는 것으로 나타나 정밀한 검토가 필요할 것으로 사료된다.

표 1. 섬유복합 모르타르 공법의 기초적 특성에 관한 실험계획

실험 요인	수준	실험 내용			
		20%			
배합사항	W/DM	1	기호	구분	섬유 종류
	보수용 드라이 모르타르	5	A0	제품A	무혼입
			A1		PVA섬유
			A2		PP섬유
			B	제품B	CEL섬유
C	제품C	플라스틱단섬유			
실험사항	굳지않은 모르타르	2	· 플로우 · 응결시간		
	경화 모르타르	8	· 압축강도 (1, 3, 7, 14, 28일) · 인장강도 (1, 7, 28일) · 휨강도 (1, 7, 28일) · 부착강도 · 충격강도 · 소성수축 · 자기수축 · 건조수축		

\*W/DM은 A1시료의 유동성이 200±10mm가 되기 위한 수치이다.

표 2. 사용재료의 물리적 성질

구분(기호)	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	표준적인 돌 모르타르 비	용도	비고
A0	2.1	20%	보수·보강	
A1	2.1	20%	보수·보강	
A2	2.1	20%	보수·보강	
B	2.1	25%	보수·보강	
C	2.1	18%	단면 수복	

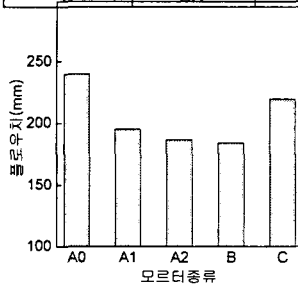


그림 1. 모르타르 종류별 플로우치

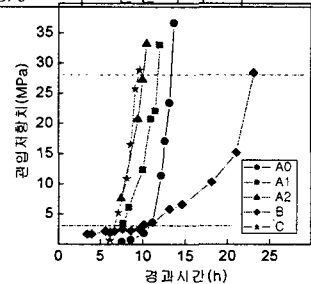


그림 2. 모르타르 종류별 경과시간에 따른 관입저항치

### 3.2 경화 상태의 특성

#### 3.2.1 강도 특성

그림 3은 모르타르 종류별 압축, 인장, 휨강도 및 부착강도를 나타낸 것이다. 먼저 압축강도 특성으로 A제품의 경우 섬유 혼입에 의해 초기강도가 증가하는 것으로 나타났는데 PVA를 혼입한 A1시료의 경우 현저히 증가하는 것으로 나타났다. 한편 28일 재령에서는 B제품 제외한 모든 시료는 유사한 경향으로 나타났다. 휨강도와 인장강도 특성은 PVA섬유를 혼입한 A1시료가 가장 높은 강도를 발현하는 것으로 나타났고, 그 다음으로 A2, A0, C제품의 순으로 나타났으며, B제품의 경우는 크게 저하하는 것으로 나타났다. 부착강도는 PVA섬유 및 PP섬유 혼입한 A1 및 A2시료가 약간 큰 것으로 나타났고, 나머지 시료도 유사한 경향이기는 하나 약간 저하하는 것으로 나타났다.

이와같이 PVA섬유가 인장강도, 휨강도 및 부착강도에서 단연 큰 값을 나타내는 것은 섬유의 인장강도 및 탄성계수가 큰 것에 기인한 결과로 사료된다.

그림 4는 모르타르 종류별 충격저항성으로서 시편의 1차균열 및 파괴를 나타낸 것이고, 사진 1은 각 시편에 자유낙하 후 파괴모습을 나타낸 것이다. 먼저 A0, B, C시료의 경우 모두 취성적인 파괴 형상을 나타내었다. 단, PP섬유의 경우에는 200회 자유낙하시까지 견디므로 취성파괴를 나타내지 않았지만, 뒷면에 상하와 좌우로 가로지르는 균열이 발생하였다. 또한 PVA섬유의 경우는 자유낙하 97회째 1차 균열이 발생하였으나, 500회까지의 충격시험에도 앞면, 뒷면 모두 1차 균열이외의 균열이나 파괴는 일어나지 않았다.

종합적인 강도측정 결과 PVA섬유나 PP섬유를 혼합한 모르타르의 경우 섬유의 물리적 특성에 따라 모르타르 내의 섬유가 네트워크 구조를 형성함으로써 연성파괴를 일으키는 것으로 분석되는데, PVA섬유가 품질면으로는 PP보다 유리함을 알 수 있었다.

#### 3.2.2 수축특성

사진 2는 소성수축실험에서의 균열발생현황을 나타낸 것이다. 육안 조사 결과 사진에서도 알 수 있듯이 C시료가 가장 큰 균열성상을 나타내었고, A0시료가 미세한 균열을 나타내었으며, 나머지 시료

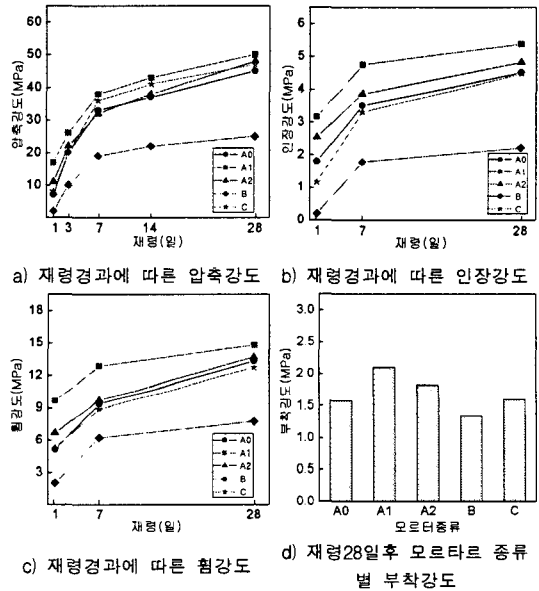


그림 3. 강도 특성

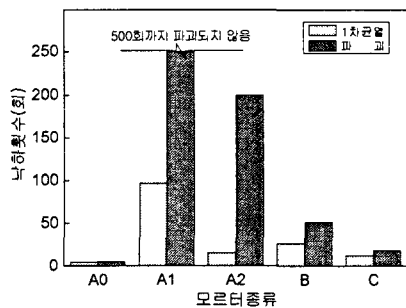


그림 4. 모르타르 종류별 충격저항성

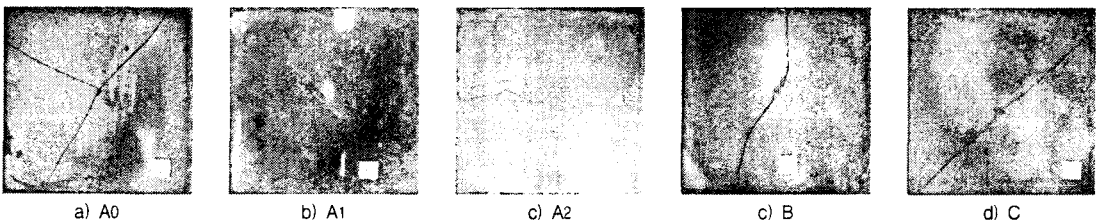


사진 1. 모르타르 종류별 충격 후 시편사진

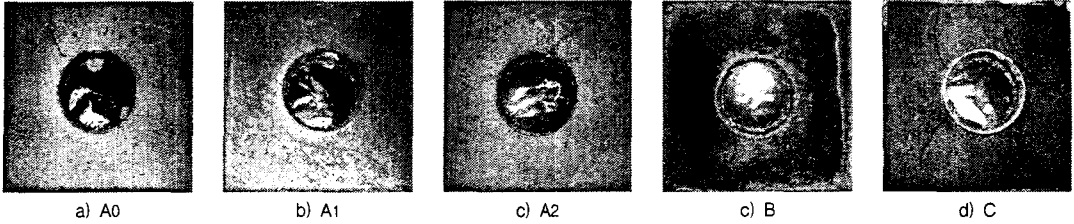


사진 2. 모르타르 종류별 소성수축 균열사진

는 균열이 발생하지 않은 것으로 나타났지만, B시료의 경우에는 사진 2의 c)에서와 같이 레이턴스가 다량 발생하는 것으로 나타났다. 이에 대하여 균열 면적을 균열의 평균폭과 총길이를 면적으로 환산해본 결과, C시료가 7.15cm<sup>2</sup>, A0시료가 0.14cm<sup>2</sup>로 나타났다.

그림 5는 자기수축 길이변화율을 재령과의 관계로 나타낸 것이고, 그림 6은 건조수축 길이변화율을 나타낸 것이다. 전반적으로 A제품에 섬유를 혼입한 A1, A2의 시료가 자기수축, 건조수축 공히 현저히 감소하는 것으로 나타났는데, 자기수축의 경우 A0에 비해 A1 및 A2의 시료가 약 18%정도 수축이 저감되는 것으로 나타났다.

이처럼 PVA섬유 및 PP섬유를 혼입한 경우 수축이 감소되는 것은 섬유가 시멘트 복합체 내에서 미소균열을 억제하고 안정화 하며 섬유의 가교작용을 통하여 시멘트 복합체의 역학적 성질을 증대시키기 때문으로 사료된다. 반면, B, C제품의 시료는 수축이 현저히 증가하는 것으로 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 습식스프레이용 섬유복합 모르타르(FCSM)의 기초적 특성 분석에 관한 것으로서 그 결과를 종합하면 다음과 같다.

(1) 강도특성으로 압축강도, 휨강도, 인장강도는 A제품에 PVA섬유를 혼입한 A1의 경우 가장 우수한 것으로 나타났는데, 특히 충격강도 시험에서는 다른 제품보다 현저히 우수한 것으로 나타났다.

(2) 수축특성으로 소성수축, 자기수축 및 건조수축은 A제품의 것이 기존의 단면복구재와 비교하여 양호한 성능을 나타냈는데 섬유를 혼입함에 의해서 수축특성이 현저하게 개선되는 것을 알 수 있었다.

이상을 종합해 볼때 A제품에 PVA섬유를 혼입한 경우가 가장 양호한 품질특성을 발휘하는 것으로 분석된다.

#### 참고문헌

1. 김윤용: 미세역학이론과 레올로지 제어에 의한 습식스프레이용 고인성 섬유보강 모르타르(ECC)의 개발, 콘크리트 학회지, Vol.15, No4, pp.557~565, 2003, 8

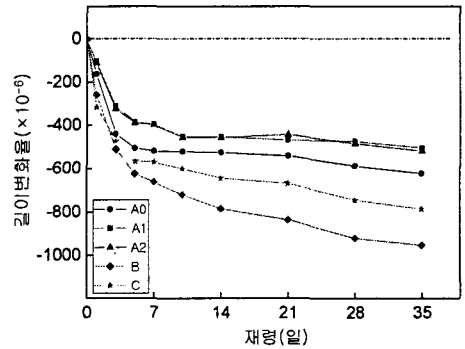


그림 5. 재령경과에 따른 자기수축길이 변화율

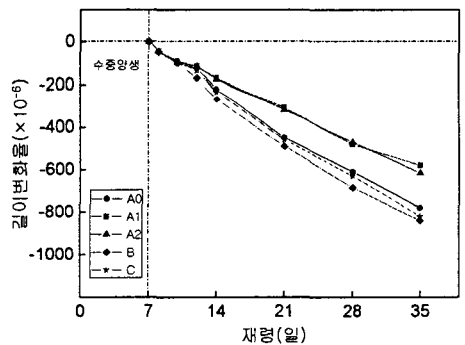


그림 6. 재령경과에 따른 건조수축길이 변화율