

# 폐 FRP를 혼입한 바닥미장모르타르의 물리적 특성

## Physical Properties of Plastering Mortar with Waste FRP for the Floor

김 성 환\*

이 국 재\*\*

박 중 원\*\*\*

백 주 현\*\*\*\*

Kim Seong Hwan

Lee Kook Jae

Park Jong Won

Baek Joo Hyun

### Abstract

This study investigated the fundamental properties and cracking shapes of mortar for the floor after Mock-up test with FRP as wastes of crafts. For the flowability of fresh mortar without FRP, it was favorable compared with fresh mortar using FRP, and the drop time at O-Lot was similar to the flowability. For the compressive strength of fresh mortar with FRP, it was increased about 10% compared with plain. The flexible strength was also increased on fresh mortar with FRP. On the cracking shape, there was many penetrated crack in all directions on plain. In the case that FRP was used, it seemed to have excellent resistance to the crack occurrence because there was no directive crack at a limited part.

키워드 : FRP, 바닥미장모르타르

Keywords : Fiber Reinforced Polymers, Plastering Mortar

## 1. 서 론

FRP는 내구성, 내식성 및 내화학적 특성이 우수하고 강도/무게 비가 높아 1970년대 중반부터 소형 어선을 비롯한 자동차, 정화조 등의 제조에 널리 활용되어 왔다. FRP어선 건조량의 경우 1999년에는 136,715톤으로 30년 동안에 약 100배 가깝게 증가했음을 알 수 있다. 이렇게 다방면에 걸친 활용으로 인해 엄청난 양의 폐 FRP가 발생하자 최근 몇 년 전부터는 FRP폐기물 처리에 대한 관심이 고조되고 있다.

폐 FRP를 처리 방법은 주로 소각 후 매립하는 방식이 시도되어 왔다. 그러나 FRP는 열경화성 물질이기 때문에, 소각처리 시 소각의 장점인 감량 효과를 달성하기 어렵고 비록 소각을 한다 하여도 유해 물질의 배출로 인한 심각한 환경오염을 유발한다. 또한 매립 처리할 경우 FRP가 자연 상태에서는 거의 분해되지 않기 때문에, 매립으로 인한 표피수의 이동방해라는 이차적인 오염이 염려되어 매립지 확보 또한 어려운 실정이다.

섬유강화 콘크리트(FRC)에 대한 연구는 미국과 유럽에서는 1990년대 초부터 그리고 일본에서는 1990년대 중반부터 본격적으로 진행되었다. 외국에서는 모두 Polypropylene 섬

유를 사용한 FRC를 개발하여 왔으나 재활용품이 아닌 새로운 Polypropylene 섬유를 사용하였으며 나라에 따라 FRC의 적용대상이 크게 달랐다.

본 연구는 일선 현장에서 사용되는 바닥미장모르타르에 본 연구진에서 개발한 폐 FRP섬유를 혼입하여 폐 FRP섬유가 바닥미장모르타르에 미치는 영향에 대하여 검토하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

즉, 실험요인으로 모르타르배합비 1:3에 대하여 목표플로를 200±20mm를 만족하도록 하여 실험을 실시하였다.

실험 변수로서 바닥미장모르타르에 아무것도 혼입하지 않은 것을 플레인 배합으로, FRP, W.M 및 W.M + FRP로 총 4배치의 실험을 진행하는 것으로 실험계획 하였다.

실험사항으로 굳지않은 상태에서 플로 및 O-Lot 유하시간을 측정하는 것으로 계획하였고, 경화상태에서는 압축강도 및 휨강도를 측정하는 것으로 실험계획 하였다.

본 연구에 사용한 배합비는 아래 표 2와 같다.

\* (주) 리더스큐엠 연구원, 청주대 대학원 박사과정, 정회원

\*\* (주) 리더스큐엠 선임연구원, 정회원

\*\*\* 홍익대 건축공학부 교수, 공학박사, 정회원

\*\*\*\* (주) 리더스큐엠 대표이사, 기술사, 정회원

표 1. 실험계획

실험요인		시험수준	
배합사항	모르타르 배합비	1	1 : 3
	목표플로 (mm)	1	200±20
	실험변수	4	Plain, FRP, W.M*, W.M + FRP
실험사항	굳지않은 상태	2	•플로 •O-Lot
	경화상태	2	•압축강도 •휨강도

\* W.M : 와이어 메쉬머

표 2. 사용 배합비

배합비	구분	W/C (%)	단위재료량(kg/m <sup>3</sup> )		
			W	C	S
1: 3	Plain	50	255	510	1484
	FRP	50	255	510	1484
	W.M	50	255	510	1484
	W.M+FRP	50	255	510	1484

표 3. 시멘트의 물리적 성질

밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	분말도 (g/cm <sup>3</sup> )	안정도 (%)	응결시간(분)		압축강도(MPa)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,324	0.18	228	337	23	30	39

표 4. 골재의 물리적 성질

구분	밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	조립률	흡수율 (%)	단위용적 질량 (kg/m <sup>3</sup> )	0.08mm체 통과량 (%)
잔골재	2.58	2.21	0.46	1,518	0.30

2.2. 사용재료

본 실험에 사용한 재료로서 시멘트 국내산을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 표 3과 같다.

골재는 충남 연기산을 사용하였고, 그 물리적 성질은 표 4와 같다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 굳지않은 상태의 실험으로 플로는

KS L 5105에 준하여 실시하였고, O-Lot 유하시험은 그림 1과 같은 실험장치를 이용하여 실시 하였다. 먼저, O-Lot 유하시험은 콘크리트가 Lot를 완전히 통과하는 시간을 유하시간으로 하였다.

경화 상태의 실험으로 압축강도는 KS L 5015에 의하여 실시하였고, 휨강도는 ASTM C 348의 시험방법으로 실시하였다.

그림 1은 O-Lot 시험기를 나타낸 것이고, 모의부재의 제작은 그림 2와 실시하였다.

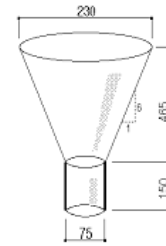


그림 1. O-Lot 시험기

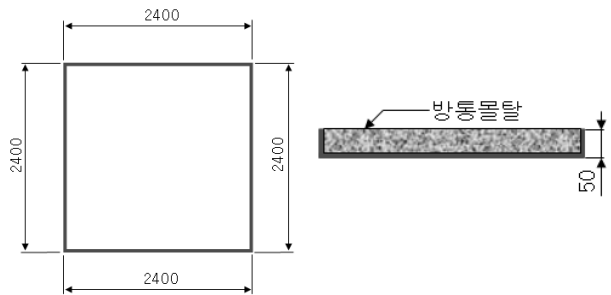


그림 2. 모의부재 평면도 및 단면도

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지않은 모르타르의 특성

그림 2는 보강재 종류에 따른 플로를 나타낸 것이다.

보강재 종류별 플로치는 보강재의 유무에 관계없이 모두 목표치인 200±20mm를 만족하는 것으로 나타났고, FRP 섬유를 보강재로 사용한 경우와 W.M+FRP의 경우는 FRP를 혼입하지 않은 경우보다 약 10~20mm 정도 플로치가 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 FRP를 혼입함에 따라 모르타르간의 네트워크가 치밀해짐에 의한 결과로 사료된다.

그림 4및 그림 5는 보강재 종류에 따른 O-Lot 유하시간을 나타낸 것이다.

먼저, O-Lot 유하시간은 자기 충전성을 평가하기 위한간접적인 평가 방법 중의 하나로 O-Lot의 유하시간은 Plain이 가장 빠르게 나타났고, W.M, FRP 및 W.M+FRP의 순으로 나타났으며, Plain의 경우 1.7초, FRP는 2.45초, W.M은 1.74

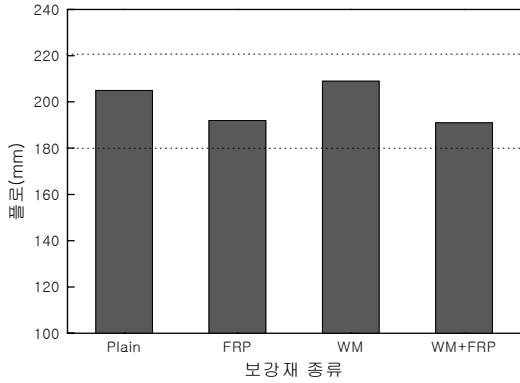


그림 3. 보강재 종류에 따른 플로치

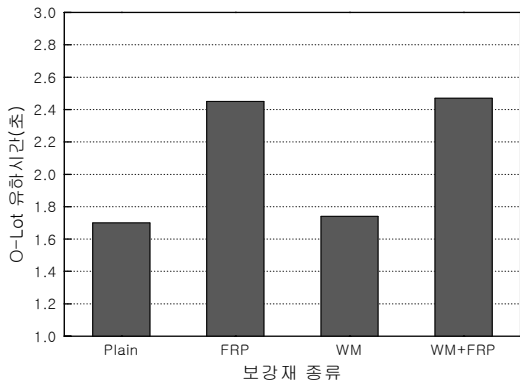


그림 4. 보강재 종류에 따른 O-Lot 유하시간

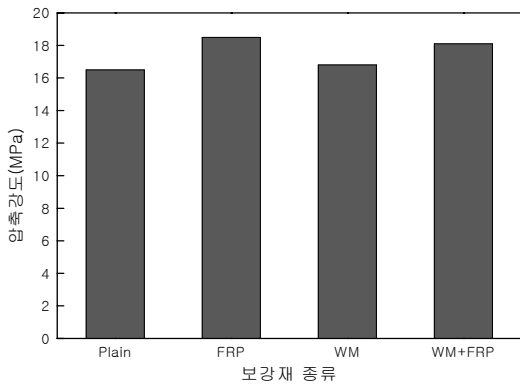


그림 5. 보강재 종류에 따른 압축강도

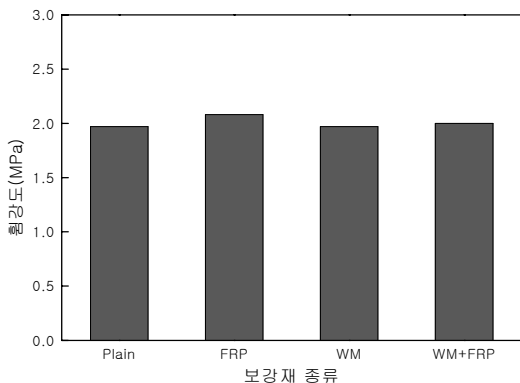


그림 6. 보강재 종류에 따른 휨강도

유를 혼입하지 않은 경우보다 약 1.4배 정도 유하시간이 큰 것을 확인할 수 있었는데, 이는 섬유가 혼입됨에 따라 모르타르의 유동성 저하에 따른 것으로 판단된다.

### 3.2 경화 모르타르의 특성

그림 5는 보강재 종류에 따른 압축강도를 나타낸 것이다.

전반적으로 압축강도는 F섬유로 보강한 것이 F섬유로 보강하지 않은 것보다 높은 강도를 나타내었다. FRP가 18.5MPa로 가장 큰 압축강도를 나타내었고, WM+FRP는 18.1MPa, WM은 16.8MPa 및 Plain은 16.5MPa로 나타났다.

휨강도는 FRP가 2.08MPa, WM+FRP가 2.00MPa로 나타났다, Plain과 WM이 1.97MPa로 나타났으며 압축강도와 유사한 결과를 나타내고 있다. 이는, F섬유의 보강효과에 의해서 강도가 증진된 것으로 판단된다.

그림 7 ~ 그림 10은 각 모의부재의 균열현황을 나타낸 것이다.

먼저 Plain의 경우 균열의 양상이 방사형으로 부재 전체에서 균열이 일어난 것으로 나타났으며, 부재를 관통하는 관통균열로 나타났고, FRP의 경우는 부재의 중심부에 일부분에서 균열이 일어난 것으로 나타났으며, WM의 경우는 Plain보다는 적은 균열을 보이고 있으나 WM의 방향에 따라서 침하됨에 따라 침하균열의 양상을 나타내고 있다. WM+FRP는 WM의 방향을 따라 침하균열의 양상을 나타내고 있어, FRP를 첨가할 경우 건조수축 및 침하균열에 대한 저항성이 높은 것으로 나타났다.

## 4. 결론

본 연구는 폐 FRP를 사용한 바닥미장모르타르의 Mock-up 실험결과로 분석 하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지 않은 모르타르의 특성으로 유동성은 FRP를 첨가하지 않은 경우가 유동성이 증가하는 것으로 나타났고, O-Lot 유하 시간은 단축되는 것으로 나타났으며, FRP를 첨가할 경우는 모르타르간의 네트워크가 치밀해짐에 따라 유동성이 저하되고, O-Lot 유하시간이 증가하는 것으로 나타났다.
- 2) 경화 모르타르의 특성으로 압축강도는 FRP를 첨가한 경우가 FRP를 첨가하지 않은 경우보다 압축강도가 약 10% 증가하는 것으로 나타났고, 휨강도의 경우는 압축강도와 유사한 경향을 나타내고 있다.

초, W.M+FRP는 2.47초로 FRP 섬유를 혼입함에 따라 섬



그림 7. Plain의 균열현황



그림 8. FRP의 균열현황

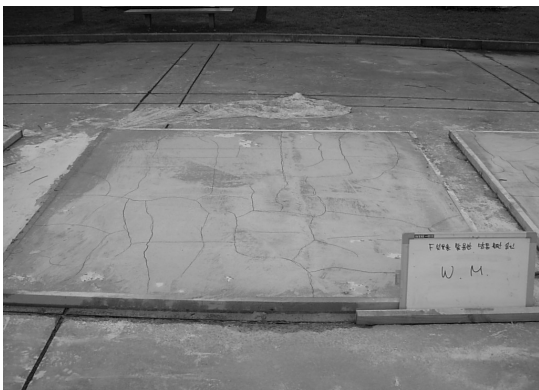


그림 9. WM의 균열현황



그림 10. WM+FRP의 균열현황

은 방사형의 관통균열을 나타냈고, FRP를 첨가할 경우 건조수축 및 침하균열에 대한 저항성이 높은 것으로 나타났다.

### 참 고 문 헌

1. 김원영, 최세진, 원중필 ; CFRD 차수벽 콘크리트의 소성수축 균열 제어특성에 관한 실험적 연구, 콘크리트 학회 봄 학술발표대회, 2000.
2. 남종우 ; Steel Fiber Mortar의 역학적 특성에 관한 실험 연구, 청주대학교 산업대학원 석사학위 논문, 1984. 6.
3. 오병환, 이형준, 강연진 ; 섬유 콘크리트의 강도 및 역학적 특성에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제 9권 3호, pp.49~56, 1989. 9.
4. 원중필, 황금식, 박찬기, 박해균: 친수성 PVA섬유보강 시멘트 복합체의 균열제어 및 투수성 평가, 콘크리트 학회지, Vol.16 No.3, pp.391~396, 2004, 6.
5. 채민수 ; 폴리프로필렌 섬유의 혼입률 변화에 따른 고성능 시멘트 모르타의 폭열방지에 관한 연구, 청주대학교 산업대학원 석사학위 논문, 1999. 6.
6. 한국건설기술연구원(2006), 시설물 보강공법 성능인증을 위한 시험항목·방법 및 평가기준 설정 연구
7. 한천구 ; 콘크리트의 건조수축균열, 레미콘·아스콘·골재, pp.46~47, 1998.
8. 한국콘크리트학회 ; 최신 콘크리트 공학, 기문당, 2005.
9. Barr, B., The Fracture Characteristics of FRC Materials in Shear, Fiber Reinforced Concrete Properties and Applications, SP-105, American Concrete Institute, Detroit, MI., 1987, pp.25~53.
10. Craig, R.J., Lightweight Reinforced Concrete Behaviour and Uses, New Jersey Institute of Technology, NJ., USA.
11. Shah, S.P., and Rangan, R.V., Fiber Reinforced Concrete Properties, ACI Journal, Proceedings, Vol. 68, No.2, Feb. 1971, pp.126~135.
12. Snyder, M. L., and Landkard, D. R., Factors Affecting the Strength of Steel Fibrous Concrete, ACI Journal, Proceedings, Vol. 69, No.2, Feb. 1972, pp.96~100.
13. Soroushian, P. and Bayasi, Z., Prediction of the Tensile Strength of Fiber Reinforced Concrete: A Critique of the Composite Material Concept, ACI Convention on Fiber Reinforced Concrete, Baltimore, November 1986,
14. Bantia, N. P., Impact Resistance of Concrete, Ph. D. Thesis, University of British Columbia, Vancouver, B. C., 1987.
15. Bantia, N., Mindess, S., and Bentur, A., Impact Behavior of Concrete Beams, Materials and Structures, Vol. 20, 1987, pp.293~302.

3) 균열양상은 아무것도 첨가하지 않은 Plain의 경우가 가장 많