

FRP보강 폴리머 모르터 패널의 역학적 특성

Mechanical Properties of Polymer Mortar Panel Reinforced by FRP.

유능환 · 연규석 · 김기성 · 이윤수 · 최동순* (강원대)

Ryu, Neung Hwan · Yeon, Kyu Seok · Kim, Ki Sung · Lee, Youn Soo · Choi, Dong Soon

Abstract

This study was initiated to develop a precast polymer concrete panel production method and to describe some engineering properties of FRP(Fiberglass Reinforced Plastics) reinforced polymer mortar. Specimens with different panel thickness and FRP reinforcement were prepared and tested and analyzed with respect to structural behaviors. Cracking moment was mostly affected by the thickness and reinforced FRP. Data of the study could be widely applied to the designing and planning of production processes of many polymer concrete products of which all or some of the components are composed with thin panels.

I. 서론

현재, 시멘트 콘크리트의 여러가지 단점을 보완하기 위해 건설분야에서 폭넓게 사용되고 있는 폴리머 콘크리트 제품은 1950년대에 인조대리석의 제조로부터 개발이 시작되었으며, 1970년대 이르러 비로소 건설분야에 적용이 시작되었다. 그러나 근년에 폴리머 콘크리트는 다양한 공장제품의 제조에 응용되기에 이르렀다.

이러한 공장제품 제작시 가장 문제가 되는 것이 부재의 단면결정이다. 그 이유는 부재의 단면이 너무 두꺼우면 경제적으로 불리하고 너무 얇으면 부재가 약하기 때문이다. 맨홀같은 대형 제품은 구조해석을 통해 단면을 결정하지만 수로용 플룸과 같이 얇은 단면을 갖는 조립식 제품은 정확한 구조해석이 어렵다.

따라서 본 연구에서는 강도적 성질이 우수한 불포화 폴리에스터 수지를 사용하여 양면에 FRP(Fiberglass Reinforced Plastics)로 보강된 패널을 제작하고 이에 대한 역학적 특성을 구명하여 얇은 단면을 갖는 폴리머 콘크리트 제품개발을 위한 기초자료로 제공코저 한다.

II. 사용재료

2.1 실험재료

폴리머 모르터는 성능이 우수하고 값이 비교적 저렴한 불포화 폴리에스터 수지를 결합재로 하여 제조하였고, No. 4번체를 통과한 강모래를 세골재로, 탄산칼슘을 충전재로 사용하였으며, 이들은 $100 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 24시간 건조시키고 충분히 냉각시킨 후 사용하였다. 또한 보강재로 쓰인 유리섬유는 E-그라스를 사용하였다. 사용된 불포화 폴리에스터 수지의 특성은 Table 1과 같고, 충전재, 잔골재의 특성은 Table 2, 3과 같으며, 폴리머 모르터의 배합비는 Table 4와 같다.

Table 1. Properties of the unsaturated polyester resin

Specific gravity (20°C)	Viscosity (20°C, mPa·s)	Acid value	Styrene content (%)
1.13	325	16.9	38.0

Table 2. Properties of heavy calcium carbonate

Specific gravity (20°C)	Absorption (%)	pH	Mean grain size (μm)	Retained percentage of 325 mesh sieve (%)
2.7	≤0.3	8.8	13	0.03

Table 3. Physical properties of fine aggregate

Specific gravity (20°C)	Absorption (%)	Unit weight (g/cm ³)	Percentage passing to 200 mesh screen (%)	Fineness modulus
2.60	2.75	1,500	0.68	2.73

Table 4. Polymer mortar formulation

(Unit : wt%)

Binder			Heavy calcium carbonate	Fine aggregate
Unsaturated polyester resin(UP)	Shrinkage reducing agent (SR)	MEKPO		
12.6	1.4	1.0 (plus*)	17	69

Note, * plus : Parts per hundred parts of UP and SR

III. 실험방법

3.1 시험체 제작

500×150mm 시험체를 두께 10, 20, 30, 40mm로 변화시켜 폴리머 모르타 시험체를 제작하고, FRP로 두께 1~9mm까지 1mm 간격으로 변화시켜 보강한 후 역학적 특성을 실험적으로 구명하였다.

시험체의 제작에는 강제식 믹서를 사용하였고, 다짐에는 테이블 바이브레이터(3,000 vpm)를 사용하였으며, 양생은 실내온도 20±2°C인 실험실내에서 24시간 상온 양생 후 85°C에서 15시간 가열 양생 하였다. 양생이 끝난 시험체는 FRP 제조기계를 이용하여 FRP보강층을 형성시켰다.

제작된 시험체의 형상은 Fig. 1과 같으며, 치수별 시험체수는 음영으로 Table 5와 같이 나타냈고, Photo 1, 2는 FRP 제조기계와 휨 시험용 시험체를 나타내었다.

3.2 시험방법

원주형 및 각주형 공시체에 대한 역학적 성질은 KS 규정 (KS F2480, KS 2482, KS F2483)에 의해 시험하였다. 휨 강도는 KS F 2407(중앙점 하중법)에 규정된 방법에 따랐으며, 휨 강성은 휨모멘트-곡률 곡선에서 구하였다.

(Unit : mm)

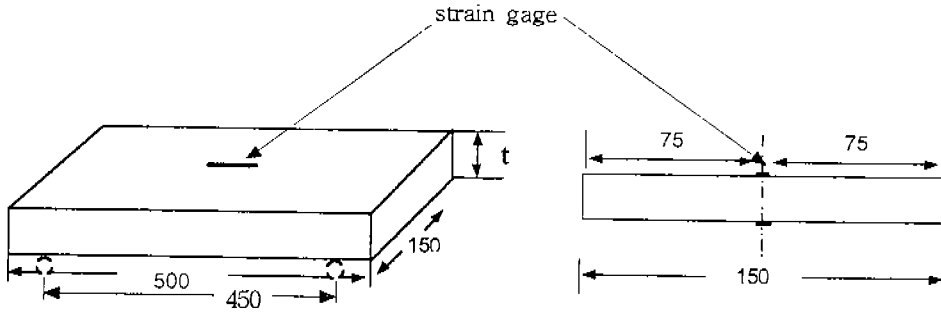


Fig. 1 Schematic drawing of panel specimens

Table 5. Details of polymer mortar panel

FRP. reinforcement thickness \ Polymer mortar thickness	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm	7mm	8mm	9mm
10mm	■	■	■						
20mm	■	■	■	■					
30mm	■	■	■	■	■				
40mm	■	■	■	■	■	■	■		■



Photo 1. FRP machine

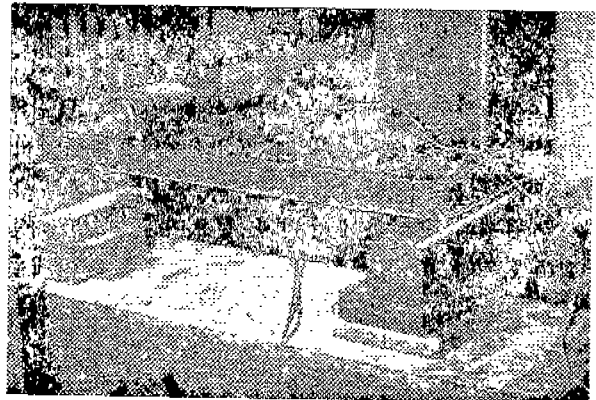


Photo 2. Schematic of flexural test

IV. 결과 및 고찰

4.1 재료의 역학적 성질

폴리머 콘크리트의 역학적 성질에 대한 시험결과는 Table 6과 같다. 시험결과 콘크리트의 압축강도는 1,095kg/cm², 인장강도는 112kg/cm², 휨 강도는 231kg/cm²로 나타났다.

Table 6. Test results of strength

Compressive strength (kg/cm ²)		Splitting tensile strength (kg/cm ²)		Flexural strength (kg/cm ²)	
Measured values	Mean	Measured values	Mean	Measured values	Mean
1085, 1095, 1105	1095	108, 112, 116	112	232, 230, 231	231

4.2 휨 강도 시험

Table 7에는 FRP 보강 폴리머 모르타 휨강도 시험결과 최대 휨모멘트를 계산하여 취성 파괴를 나타낸 상판의 두께 및 보강두께를 검은 불력으로 표시하였다.

이 결과로부터 휨 강도 시험에서 양면보강은 단면보강과 별차이가 없었으며, 이로부터 FRP 보강효과는 인장측에서 발휘함을 알 수 있었고, 판두께가 10, 20mm 일때 FRP 보강두께는 3mm 미만이 적당하며, 판두께 30, 40mm 일때 FRP 보강두께는 5mm 미만이 적당함을 알 수 있었다.

Table 7. Maximum bending moment of schematics

(Unit : kg · cm)

FRP. reinforcement thickness		Control	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm
Polymer mortar thickness							
10mm	one side	631	1,193	2,742	5,014		
	two side		1,285	2,880	5,106		
20mm	one side	2,754	3,281	5,439	9,300		
	two side		3,419	5,519	9,423		
30mm	one side	5,175	6,540	8,548	11,700	19,438	24,051
	two side		6,662	8,629	11,923	19,633	24,223
40mm	one side	10,189	11,300	12,500	17,717	21,917	29,203
	two side		11,452	12,720	17,809	22,069	29,307

4.3 휨 강성 시험

Table 8에는 FRP 보강두께에 따른 FRP 보강 폴리머 모르타의 최대 휨모멘트와 곡률을 나타낸 것이다.

Table 8. Maximum bending moment, curvature and flexural rigidity of panel with FRP reinforcement thickness

Series	Maximum bending moment (kg · cm)	Maximum curvature ($\times 10^{-6}1/cm$)	EI = M/ ϕ (flexural rigidity)
T10	755	2,410	0.31
T10-R1	1,170	8,321	0.14
T10-R2	2,658	19,214	0.13
T20	2,662	958	2.77
T20-R1	3,247	1,762	1.84
T20-R2	5,439	3,622	1.50
T30	6,400	593	10.79
T30-R3	10,200	3,137	3.25
T30-R4	17,200	6,251	2.75
T40	10,300	453	22.73
T40-R3	17,000	3,063	5.55
T40-R4	20,900	4,223	4.95

Fig. 2, 3, 4, 5는 동일한 두께를 갖는 FRP 보강 폴리머 모르타의 FRP 보강두께에 따른 휨모멘트-곡률 사이의 관계도를 나타낸 것으로 FRP 보강두께가 증가함에 따라 휨 강성이 감소함을 보였다.

이와같은 결과로 보아 동일부재 상에서 FRP의 보강두께가 증가할 수록 폴리머 모르타의 취성적 성질을 연성화 시킴을 알 수 있다.

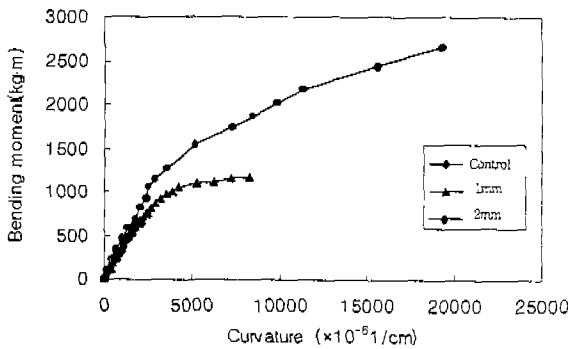


Fig. 2 Relationship between bending moment and curvature of 1cm thick panel specimen with respect to FRP reinforcement thickness on flexural side

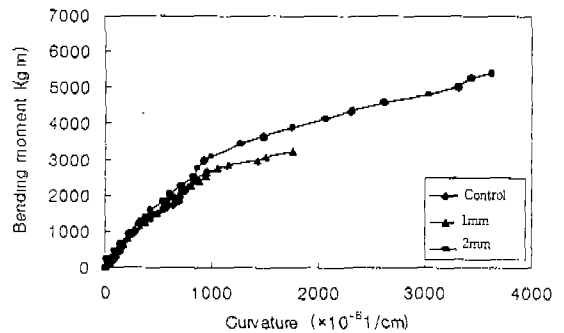


Fig. 3 Relationship between bending moment and curvature of 2cm thick panel specimen with respect to FRP reinforcement thickness on flexural side

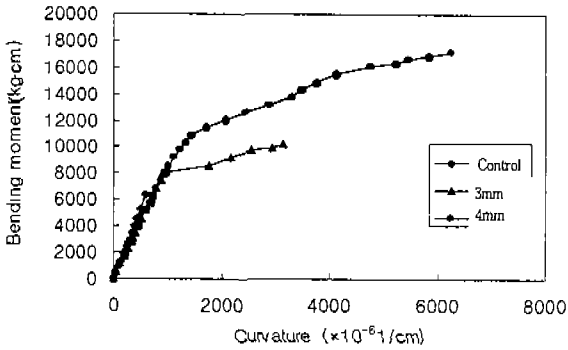


Fig. 4 Relationship between bending moment and curvature of 3cm thick panel specimen with respect to FRP reinforcement thickness on flexural side

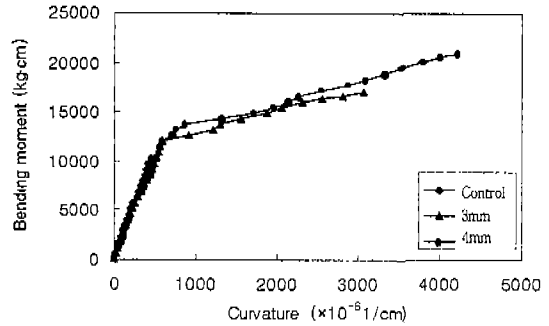


Fig. 5 Relationship between bending moment and curvature of 4cm thick panel specimen with respect to FRP reinforcement thickness on flexural side

V. 결론

본 연구는 FRP로 보강된 폴리머 모르타 패널의 역학적 특성을 실험적으로 구명한 것으로서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. FRP 보강 폴리머 모르타의 모재로 사용된 폴리머 모르타는 압축강도 1,095kg/cm², 활열인장강도 112kg/cm², 휨강도 231kg/cm², 탄성계수 2.03×10^6 kg/cm² 을 나타냈다.
2. FRP 보강 폴리머 모르타의 휨 강도 시험결과 양면보강은 단면보강과 별차이가 없어 FRP 보강효과는 인장측에서 나타남을 알 수 있었고, 판두께가 10, 20mm 일때 FRP 보강두께는 3mm 미만이 적당하며, 판두께 30, 40mm 일때 FRP 보강두께는 5mm 미만이 적당함을 알 수 있었다.
3. 동일부재 상에서 FRP의 보강두께가 증가할 수록 폴리머 모르타의 취성적 성질을 연성화 시킴을 알 수 있다.
4. 따라서 본 연구에서는 FRP 보강 폴리머 모르타를 사용함으로써 지금의 시멘트 콘크리트 제품에 비해 경량이며 우수한 휨 모멘트 증진 효과를 갖는 제품제조가 가능한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농림부의 농림수산기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 이루어진 것으로 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Fowler D. W., "Status of Concrete Polymer Materials", Proceedings of the Sixth ICPC, Shanghai, China, pp. 10-27, 1990
2. 강신업, 문제길, 이규원, 김재영 공저, "구조역학", 영문출판사, P 457, 1988
3. 연구식, 김성순, 이윤수, 장태연, "폴리머 콘크리트의 공장제품의 응용", 한국농공학회 발표논문집, pp. 146-150, 1994