

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 구조적 거동

Structural Behavior of Sandwich Panels with Polymer Concrete Facings

연 규석 * 함 형길 ** 김 관호 *** 이 윤수***

Yeon, Kyu-Seok Ham, Hyung-Gil Kim, Kwan-Ho Lee, Youn-Su

ABSTRACT

This study was performed to evaluate the flexural behavior of polymer concrete sandwich panels which was made of unsaturated polyester resin. Bending tests under 4 point loading was conducted for the 8 types of sandwich panel with different core and facing thickness.

Results show that Load - deflection, shearing force - shear strain, moment strength - strain relationships were effected by core and facing thickness

1. 서론

폴리머 콘크리트는 유기 화합물인 폴리머를 결합재로 사용하여 만든 복합재료이다. 폴리머 콘크리트가 갖는 장점으로는 강도가 높고, 다른 재료와의 접착력이 우수하며, 동결·융해에 대한 저항성이 크다는 점이다. 또한, 폴리머 콘크리트는 다양한 공장제품의 제작이 가능할 뿐만아니라 구조물의 시공에 있어서 현장타설도 가능하다.

본 연구에서는 이러한 장점을 가진 폴리머 콘크리트로 샌드위치 패널을 제조하여, 샌드위치 패널의 구조적 거동을 구명코저 한다. 이를 위해 단순 휨 시험의 실시를 통해 하중-처짐 관계, 모멘트-변형도 관계, 전단력-휨 전단변형도 관계를 구명하는 한편, 단위 면적당 휨 파괴 하중도 비교·검토코저 한다.

2. 사용재료

가. 표면부 재료

(가) 폴리머 콘크리트

본 연구에서 사용된 샌드위치 패널의 표

* 강원대학교 농공학과 교수

** 밀양산업대 토목공학과 교수

*** 강원대학교 농공학과 대학원

*** 강원대학교 농공학과 대학원

면부 재료는 폴리머 콘크리트로서 불포화 폴리에스터 수지, 탄산칼슘 및 골재로 구성되어 있다. 이들 재료의 배합비는 불포화 폴리에스터 수지 16 wt.%, 탄산칼슘 12.6 wt.%, 골재 71.4wt.% 이었다. 이는 실험실에서 반복 시험을 통해 결정된 배합비이다.

시험결과 물리·역학적 성질의 시험결과는 표 1과 같다.

(2) 중심부 재료

중심부에 사용된 재료는 발포 폴리스티렌이다. 발포 폴리스티렌은 폴리스티렌 수지에 기포제를 넣은 다공질의 기포 플라스틱(foam plastic)이다. 사용된 발포 폴리스티렌은 등급 4호로서 물리·역학적 성질 시험결과는 표 2에 보인 바와 같다.

표 1. 표면부용 폴리머 콘크리트의 물리·역학적 성질

비중	탄성계수 (kg/cm ²)	압축강도 (kg/cm ²)	할열 인장강도 (kg/cm ²)	휨강도 (kg/cm ²)
2.1	1.4×10 ⁵	650	91	175

표 2. 사용된 발포스티렌의 물리·역학적 성질

구 분	압축강도 (kg/cm ²)	휨강도 (kg/cm ²)	전단강도 (kg/cm ²)
	10×10×5cm		
측정치	0.803	2.35	1.05
표준 편차	0.006	0.329	0.035

(3) 보강재

본 시험에서 사용한 유리섬유는 국내에서 유통되고 있는 E-그라스 이며, 표 3은 E-그라스의 물리·역학적 성질을 나타낸 것이다.

표 3. E-그라스의 물리·역학적 성질

비 중	인장강도 (kg/mm ²)	인장탄성계수 (kg/mm ²)	비 고
2.55	350	7,400	

나. 시험체 제작

시험용 샌드위치 패널의 규격은 90 cm × 180 cm이며, 표면부 및 중심부의 두께에 따라 모두 8가지를 제작 하였다. 즉, 중심부의 두께는 50 mm, 75 mm, 100 mm, 125 mm의 네 종류로 하였고, 표면부 두께는 5 mm, 10 mm 두 종류로 하였다. 샌드위치 패널의 개략적인 제작방법은 다음과 같다.

먼저 중심부용 발포 폴리스티렌을 준비한 다음 강재 거푸집을 표면부의 두께를 균일하게 할 수 있도록 설치하였다. 그 다음 충전재, 골재, 불포화 폴리에스터 수지를 배합비에 맞게 계량하여 소형믹서에 넣고 배합이 충분히 되도록 약 5분간 믹싱한 후 타설 하였다. 제작된 샌드위치 패널은 온도 20±3℃, 습도 60~70 %인 시험실에서 7일간 양생 시켰다.

다. 시험방법

본 연구에서는 KS F 2273의 (조립용판 및 그 구조 부분의 성능 시험방법) 규정에 따라 3등분점 재하법으로 시험 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 하중-처짐 관계

그림 3은 표면부 두께가 5 mm이고, 샌드위치 패널의 중심부 두께가 50 mm, 75 mm, 100 mm, 125 mm인 경우 하중-처짐의 관계를 나타낸 것이다. 이 결과에서 중심부 두께가 처짐에 미치는 영향을 살펴보면 중심부 두께가 두꺼워질수록 처짐량이 작게 나타나고, 파괴하중도 커짐을 알 수 있다. 또한 중심부의 두께가 두꺼워질수록 변화 양상은 선형적인 경향을 나타내었다.

그림 4는 표면부 두께가 10 mm이고, 샌드위치 패널의 중심부 두께가 50 mm, 75 mm, 100 mm, 125 mm인 경우의 하중-처짐 관계를 나타낸 것이다. 중심부 두께가 처짐에 미치는 영향을 살펴보면 두께가 두꺼워질수록 처짐이 작게 나타남을 알 수 있다.

일반적으로 처짐의 발생량은 휨 모멘트와 전단력 의해 좌우되는데, 표면부는 휨 모멘트에 저항하고, 중심부는 전단력에 저항을 한다. 그렇기 때문에 표면부의 두께와 중심부의 두께가 각각 증가 할수록 처짐이 작게 나타나고 파괴하중은 크게 나타난다고 할 수 있다.

나. 전단력-전단변형도 관계

그림 5는 표면부의 두께가 5 mm일 때 전단력-전단변형도의 관계를 나타낸 것이다.

이 결과에서 볼 때 대체적으로 중심부의 두께가 증가 할수록 전단변형도가 작게 나타남을 알 수 있다. 그림 6은 표면부 두께가 10 mm일 때 전단력-전단변형도의 관계를 나타낸 것이다. 변화경향은 표면부 두께 5 mm일 때와 비슷한 양상으로서 역시 중심부 두께가 증가할수록 전단 변형도가 작게 나타났다. 이 결과에 나타난 바와 같이 중심부의 두께에 따라 현저한 전단변형의 차이를 보였다. 또한 표면부의 두께가 증가 할수록 전단변형은 작게 나타났다.

다. 모멘트 강도- 변형도 관계

(1) 압축측 변형도

그림 7은 표면부 두께가 5 mm일 때, 모멘트 강도와 압축측 변형도의 관계를 나타낸 것이다. 이 결과에서 중심부의 두께가 감소할 수록 압축측 변형도가 선형적으로 크게 증가하였으며, 모멘트 강도는 커졌다. 이것은 휨모멘트 강도가 폭과 두께를 고려하여 계산된 것으로서 bd^2 이 모멘트에 반비례하기 때문이다.

그림 8은 표면부 두께가 10 mm일 때, 모멘트

강도와 압축축 변형도의 관계를 나타낸 것이다. 이것은 표면부가 5 mm일 때의 결과와 비슷한 양상이다.

이상에서 볼 수 있는 바와 같이 표면재의 두께에 따라 모멘트 강도- 압축축 변형도가 현저한 차이를 보였는데, 여기에서도 표면부 두께가 두꺼울수록 모멘트 강도는 크게, 압축축 변형도는 작게 나타남을 알 수 있었다.

(2) 인장축 변형도

그림 9는 표면부 두께가 5 mm일 때, 모멘트 강도와 인장축 변형도와의 관계를 나타낸 것이다. 이 결과에서 중심부의 두께가 증가 할수록 모멘트 강도와 변형도가 작게 나타남을 알 수 있다.

그림 10은 표면부 두께가 10 mm일 때, 모멘트 강도와 인장축 변형도와의 관계를 나타낸 것이다. 이 결과에서 중심부의 두께가 증가 할 수록 모멘트 강도와 인장축 변형도가 비례적으로 감소함을 알 수 있다.

이 결과에서도 모두가 거의 선형적인 변화양상을 보였으며, 표면부의 두께가 두꺼울수록 모멘트 강도는 크나, 변형도는 작게 나타남을 알 수 있었다.

라. 휨 시험 결과

폴리머 콘크리트 샌드위치 패널에 대한 휨 시험 결과 얻어진 자료 중 주요 결과는 표 4와 같으며, 단위면적당 휨 파괴 하중을 스틸와이어 패널과 비교해 보면 표 5와 같다.

4. 결 론

본 연구는 폴리머 콘크리트를 표면부로 하고 직조 유리섬유를 보강재로 하며, 발포 폴리스티렌을 중심부로 하는 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널을 제작하여 단순 휨 시험을 통해 휨 특성을 구명한 것으로서 얻어진 결론은 다음과 같다.

표 4. 단순 휨시험 결과

시험체명	파괴하중 (kg)	단위면적당 휨파괴하중 (kg/m ²)	최대 처짐 (mm)	최대모멘트 강도 (kg/cm ²)	최대 변형도 (×10 ⁻⁶)		최대 전단력 (kg)	최대휨전단 변형도 (×10 ⁻⁵)
					인장	압축		
C50 - F5	1,100	719	49	7.2	648	635	550	650
C70 - F5	1,400	915	36	4.6	540	520	700	600
C100 - F5	1,600	1,046	28	3.1	465	440	800	572
C125 - F5	1,900	1,242	17	2.5	442	400	950	545
C50 - F10	1,700	1,111	54	8.2	620	520	850	850
C75 - F10	2,100	1,373	48	6.9	500	487	1,050	1,050
C100 - F10	2,600	1,699	38	5.1	450	432	1,300	1,300
C125 - F10	3,200	2,092	33	4.1	424	385	1,600	1,600

표 5 단위면적당 휨 파괴 하중비교

구 분	폴리머 콘크리트 샌드위치 패널	스틸 와이어 패널		
		기 존	발포 폴리스티렌 비드 모르터	경량 기포 모르터
단위면적당 휨파괴하중 (kg/cm ²)	719~2,092	450	250	267

주 : 1) 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널의 두께는 6.5~14.5 cm 임
2) 스틸와이어 패널의 두께는 10 cm 임

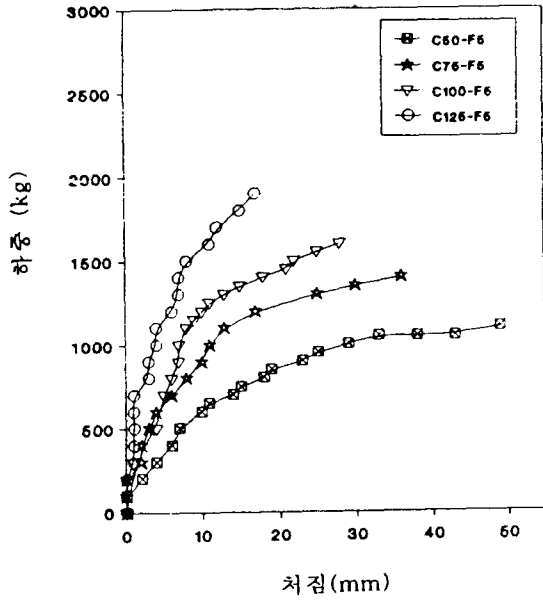


그림 3. 표면부 두께 5 mm일 때 하중-처짐 관계

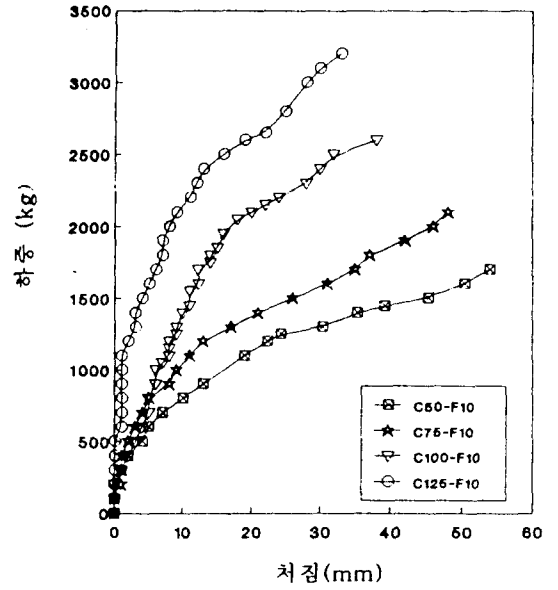


그림 4. 표면부 두께 10 mm일 때 하중-처짐 관계

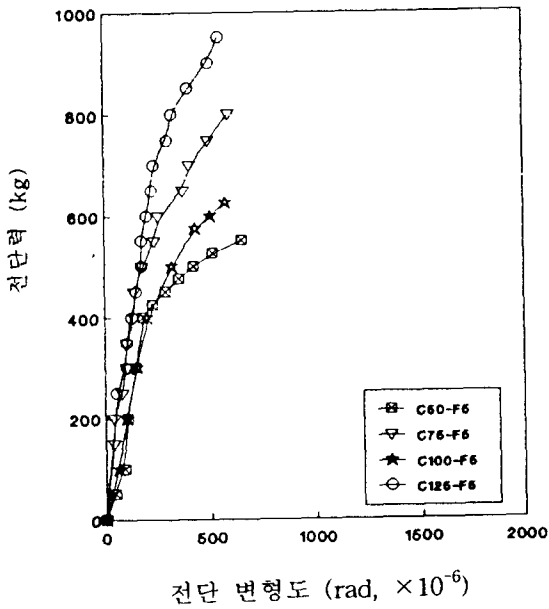


그림 5. 표면부 두께 5mm 일 때 전단력-전단변형도 관계

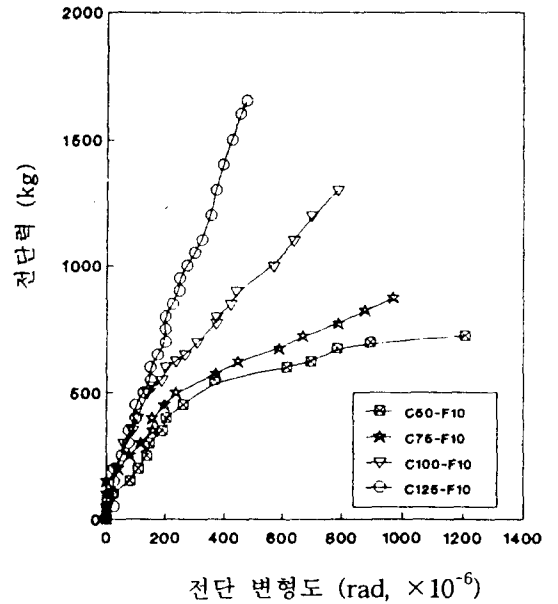


그림 6. 표면부 두께 10 mm일 때 전단력-전단변형도 관계

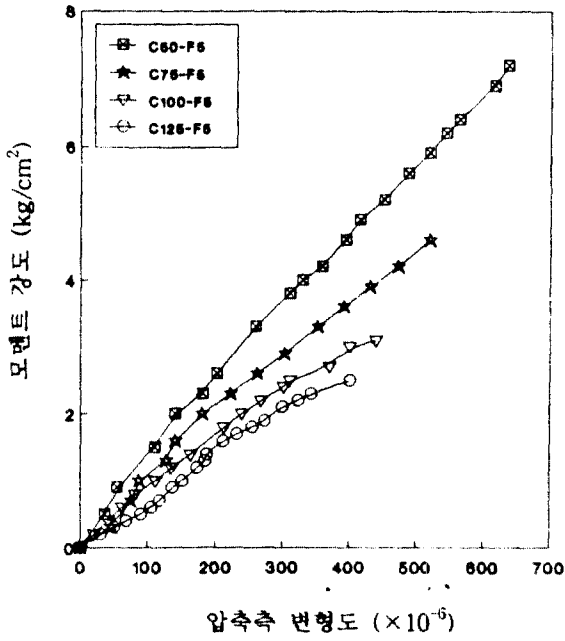


그림 7. 표면부 두께 5 mm일 때
모멘트 강도-압축축 변형도 관계

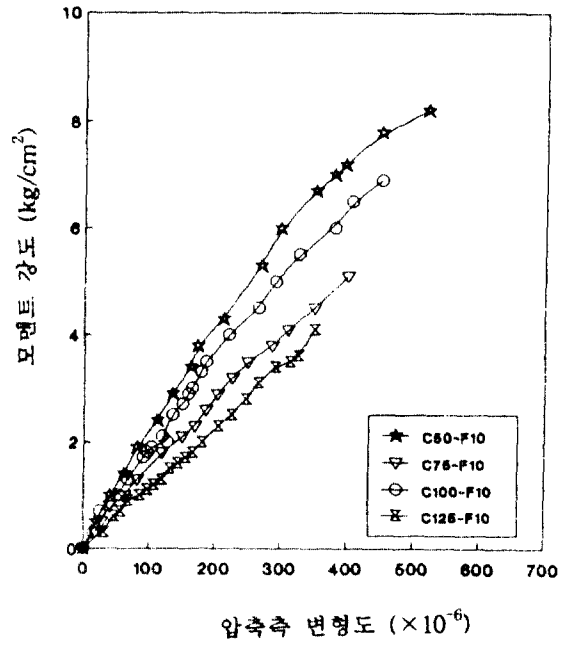


그림 8. 표면부 두께 10 mm일 때
모멘트 강도-압축축 변형도 관계

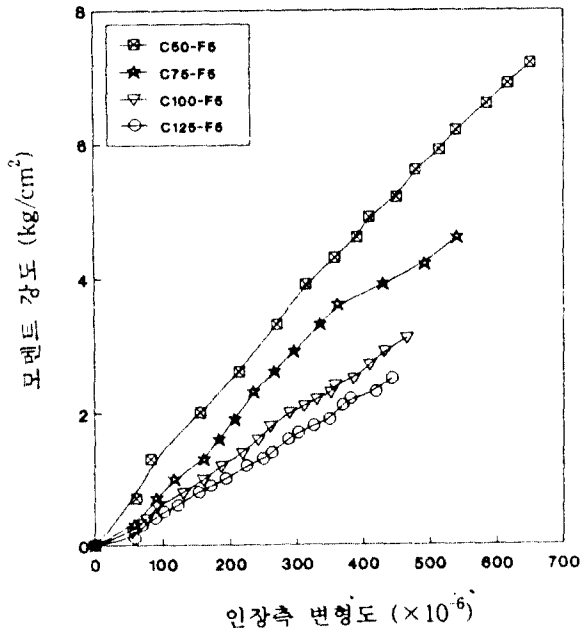


그림 9. 표면부 두께 5 mm일 때
모멘트 강도-인장축 변형도 관계

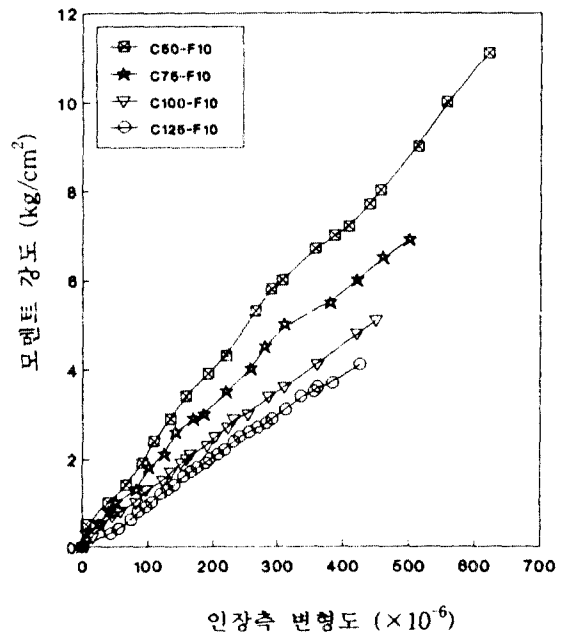


그림 10. 표면부 두께 10 mm일 때
모멘트 강도-인장축 변형도 관계

1) 모멘트 강도와 극한하중은 중심부 보다도 표면재의 두께에 따라 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

2) 처짐량은 중심부와 표면부의 두께가 두꺼울수록 작게 나타났으며, 표면부의 두께나 재료적 특성에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.

3) 전단변형도는 표면부보다 중심부의 영향을 크게 받는데, 대체적으로 중심부 두께가 증가 할수록 전단변형도는 작게 나타났다.

4) 현재 벽체용으로 많이 이용되고 있는 스틸 와이어 패널과 단위면적당 휨 파괴하중을 비교한바, 폴리머 콘크리트 샌드위치 패널이 3~5배 높은 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. Allen, Howard G., "Analysis and Design of Structural Sandwich Panels", Pergamon Press, 1969.
2. Chalker, R.E., "Load-Bearing Plywood Sandwich Panels", Research Report 93, American Plywood Association, 1971.

3. Drysdale, R.G., Betancourt-Angel, F. and Haddad, G. B., "Thick Skin Sandwich Beam Columns with Weak Cores", Journal of the Structural Division, ASCE, 1979, pp. 2601-2619.

4. Fowler, D. W., "Structural Design of Polymer Concrete", ICPIC Working Papers, North American Workshop, San Francisco, Sept. 1991.

5. Fridley, K. J., "Structural Behavior of Polymer Concrete Sandwich Constructions", M. S. thesis, The University of Texas at Austin, Dec. 1986, p. 136.

6. 대한건축학회, "조립식 건축 부재로서의 와이어 판넬에 관한 성능연구", Arpil, 1982, p. 129.

7. 산업정보사, "조립식 건물 및 패널업계의 현황 및 향후 추세", 월간 산업 자재정보 Vol. 24, Aug., 1991, pp. 19-23.

8. 대한건축학회, "철근콘크리트 내력벽식 건축물 구조설계 지침(안)", 1992, pp. 1-175.

9. Yeon, K. S., Kim, K. W. and Hwang, J. Y., "Structural Behaviour of Sandwich Panels with Polymer Mortar Facings", Proceedings of the 7th International Congress on Polymers in Concrete, Moscow, Russia, 1992, pp. 550-557.