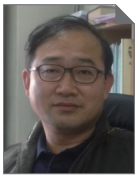
https://doi.org/10.14190/MRCR.2021.16.4.070

해외시장 진출을 위한 고밀도 섬유 혼입 압출성형 패널의 불연성능 향상기술 제안

Non-combustible performance improvement technology of high-density fiber-mixed extruded molding panel for overseas market expansion

장경필 Kyong-Pil Jang
한국건설기술연구원
건축연구본부 박사후연구원
E-mail : kyongpiljang@kict.re.kr



송태협 Tae-Hyeb Song
한국건설기술연구원
건축연구본부 선임연구위원
E-mail : thsong@kict.re.kr

1. 머리말

최근 고밀도, 높은 휨인장력과 건조수축 저항성, 낮은 흡수율을 갖는 압출성형 시멘트판의 해외시장 진출을 위하여 해당국의 건축자재 요구 성능 기준에 적합한 압출성형 패널의 불연성 및 내화성능 향상기술이 요구되고 있다.

이에 해외 현지 환경 및 기준에 적합한 고밀도 압출성형 패널 제조기술 확보를 통해 국외 건설시장 진출 경쟁력 확보가 필요한 시점이다.

호주는 지속화염성능에 대한 평가를 실시하여 5초 이상 화염이 발생할 경우 성능 불합격으로 판정한다. 국내에서 생산된 압출성형 패널에 대한 불연성능 시험을 실시한 결과, 지속화염시간이 100초를 초과하는 것으로 나타났다.

따라서 본 연구는 시멘트 및 규석분과 같은 무기원료가 대부분으로 구성된 압출성형 패널의 지속화염시간 발생의 원인을 규명하고, 이를 보완하기 위하여 연소성이 낮은 유리섬유 사용량 조정을 통한 불연성능 향상 방안을 제안하고자 한다.

2. 국내 · 외 압출성형 패널 현황

현재 국내 건설현장에서 OSC(Off-Site Construction) 공법 사용 증가에 따라 대표적인 조립 건축자재인 압출성형 제품의 적용이 확산되고 있다.

내수성, 마감 편리성 및 공기단축 등의 특징을 가지는 압출성형 제품은 건물 외장재용, 지하이중벽체용, 세대간내벽체용으로 다양하게 활용되고 있다.

국외에서는 신흥 개발도상국을 대상으로 현지화를 위한 다양한 용도의 압출성형 제품이 개발되고 있다. 방글라데시를 대상으로 고온다습 환경에서 저소득 계층의 안정적인 주거를 유지할 수 있도록 신속시공과 내구성이 우수한 압출성형 콘크리트 패널이 개발되었다.

특히, 현지에서 다량 확보가 가능한 원료인 볏짚과 플라이애시를 활용한 압출성형 패널 제조기술이 개발되었으며, 대량생산을 위한 공정 고도화 연구가 수행될 예정이다.

3. 압출성형 패널의 불연성능 향상 시험

불연성에 영향을 줄 수 있는 요소는 보강섬유와 증점제가 있으며, 1단계로 섬유의 영향을 분석하였다. 용융온도가 낮은 폴리프로필렌과 펄프를 대체하여 섬유 사용량을 조절하였으며, 결합재의 특성에 따른 변화를 관찰하기 위하여 플라이애시와 고로슬래그 미분말을 결합재로 사용하였다.

일반적으로 압출성형공정의 1차 양생온도는 최고온도 65℃로 하여 전양생, 상승, 유지, 하강의 단계를 거치고 있으며, 급격한 열충격에 의한 제품의 변형을 방지하기 위하여 승온온도는 20℃/hr 이내로 한다. 2차 고온고압 양생은 약 압력 10 kgf/cm^2, 온도 178℃로 유지한다.

본 시험은 결합재와 섬유의 영향에 의한 변화를 관찰하기 위하여 시료를 성형한 후 일반적인 물리적인 특성과 불연 특성 시험을 진행하였다.

1) 재료 및 방법

일반적으로 압출성형 공정은 두께 60 mm 이내, 생산 폭 600 mm 이내의 판재를 생산하며, 시멘트, 규석분과 같은 분상의 재료 이외에 휨강성을 높이기 위한 섬유, 초기 보형성 유지를 위한 증점제 등이 사용된다.

이러한 압출성형 제품은 진공펌프에 의하여 공기를 탈기함으로써 소재 내의 공기를 "0"으로 하여 제품을 성형함으로써 강도가 우수하고 내수성이 뛰어난 장점을 가지고 있다. 반면에 섬유를 사용하지 않을 경우 건조수축에 의한 크랙 등이 유발될 수 있으며 취성이 좋지 않은 특성이 있다.

시멘트 섬유 복합체를 이용한 2차 제품은 수열합성에서 규산칼슘수화물인 토버모라이트의 생성에 의한 안정적 구조를 확보하기 위하여 C/S 몰비를 0.6 ~ 0.65 범위로 조정하여 결합재 및 필러의 비율을 결정하였으며, 섬유는 복합체 내의 섬유 체적 비율에 따라 사용량을 결정하였다.

[표 1] 시험체 배합비

NO.	배합비 (%)							
	보통시멘트	규사	플라이애시	실리카퓸	폴리프로필렌 섬유	펄프	유리섬유	증점제
1	50	48	0	0	1	0.5	0	0.5
2	40	40	18	0	1	0.5	0	0.5
3	40	40	0	18	1	0.5	0	0.5
4	50	46.3	0	0	1	0.25	1.95	0.5
5	50	44.6	0	0	1	0	3.9	0.5
6	50	46.8	0	0	0.5	0.5	1.7	0.5
7	50	45.6	0	0	0	0.5	3.4	0.5
8	50	42.2	0	0	0	0	7.3	0.5

본 시험은 KS F ISO 1820에서 규정하는 불연성능 개선이 가장 중요한 항목이므로 불연성능 시험이 가능한 실린더형 금형 <그림 1>을 사용하여 시험체를 성형하였다.

시험체 제조를 위한 양생단계는 전양생, 1차 상압증기양생, 2차 고온고압증기양생 공정으로 하였다. 전양생은 실험실 온도조건인 25℃에서 실시하였으며, 1차 양생 최고온도는 55℃, 2차 양생 최고온도는 10기압 180℃에서 실시하였다. 고밀도 섬유시멘트 복합체는 고온고압양생을 통하여 안정적 규산칼슘수화물 중 토모버라이트 수화물을 생성하여, 제품의 안정화를 획득할 수 있다.

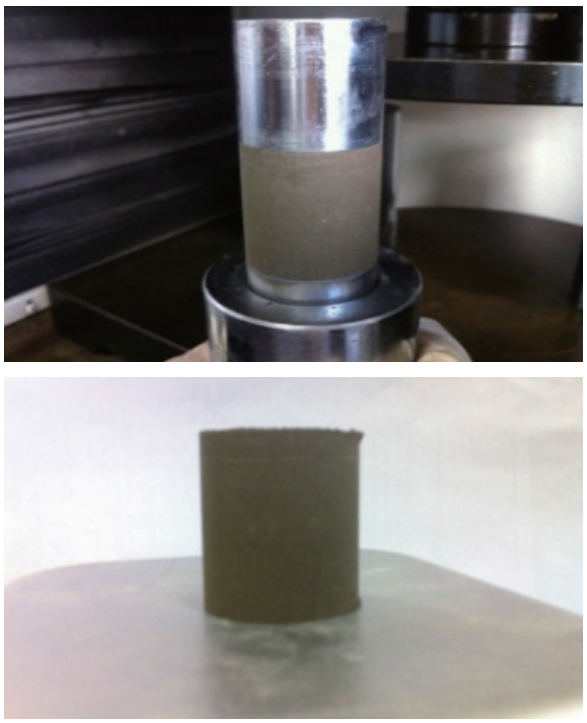


그림 1. 시험체 제조 금형모듈

2) 성능평가 및 분석

KS F ISO 1182를 기준으로 시멘트 섬유 복합체의 화염지속시간 평가는 성형이 완료된 ϕ45 mm × 높이 50 mm 시험체에 원형 공간을 가공하여 단계별 가열 시 불꽃 발생 여부를 확인하였다. 불연성능 평가는 1,200초 동안 최대 730℃까지 온도 가열을 실시한다.

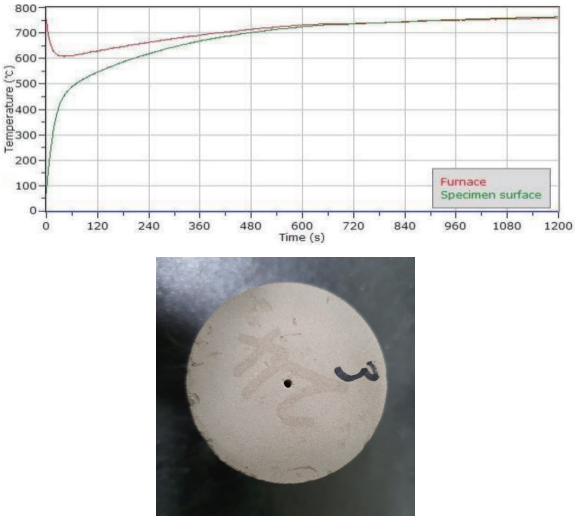


그림 2. 불연성능 시험 온도가열 곡선 및 시험체

화염지속시간을 측정한 결과 [표 2]와 같이 나타났으며, 폴리프로필렌 및 펄프의 섬유량이 증가할수록 화염지속시간이 증가하였다.

이는 시험체 내부의 섬유가 가스화 되어 중앙부 홀로 집중적으로 배출되면서 연소가 발생하는 것으로 판단되며, 반면 유리 섬유 사용량 증가에 따른 화염불꽃 시간은 단축되는 것으로 나타났다.

시멘트와 규석분을 플라이애시와 고로슬래그 미분말로 대체하고 섬유의 종류와 양을 동일하게 할 경우 화염지속시간에는 변동이 없는 것으로 나타났다. 따라서 결합재나 충전제는 화염지속시간에 영향을 미치는 않는 것으로 확인하였다.

또한, 폴리프로필렌 섬유 사용량은 동일하게 고정하고 펄프의 사용량을 감소한 결과 화염지속시간이 86~95초에서 약 32초로 최대 약 70 % 정도 단축하는 효과가 있는 것으로 나타났다.

펄프 혼입량을 동일하게 고정하고 폴리프로필렌 섬유 사용량을 5 % 저감한 경우 화염지속 시간이 50 초 이상 감소하였고, 폴리프로필렌을 전혀 사용하지 않고 펄프를 기존과 동일하게 사용할 경우 5 초 이내의 화염불꽃을 가지는 것으로 나타났다. 폴리프로필렌과 펄프를 전혀 사용하지 않은 배합은 전혀 불꽃이 발생하지 않았다.

불연성능 측정결과 시험체내 화염불꽃에 영향을 주는 인자는 폴리프로필렌 - 펄프 순으로 나타났으며, 물에 용해되어 증

점제로 사용하는 메틸셀롤로오스는 전혀 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 또한, 중공부 소재로 구성된 플라이애시나 내열성이 우수한 고로슬래그 미분말을 부분적으로 혼합한다고 할지라도 내열성 개선 효과는 미미한 것으로 나타났다.

[표 2] 화염지속시간 측정 결과

NO.	Fire time (sec)	Weight loss (%)
1	89	26.6
2	86	30.1
3	95	30.0
4	42	29.9
5	32	30.0
6	27	29.9
7	4	29.8
8	0	29.8

밀도는 성형 완료 후 양생이 종료된 상태의 기건밀도와 완전 건조를 실시한 건조밀도를 비교하였으며, 흡수율은 건조상태에서 포화상태까지의 흡수량을 비교 분석하였다.

섬유량의 차이에 따른 밀도의 차이는 크지 않았으며, 흡수율은 펄프의 사용량이 증가함에 따라 증가하는 것으로 나타났다.

또한, 섬유 종류의 변화에 따른 최대 압축강도의 차이는 크지 않은 것으로 나타났으나, 탄성계수는 압축강도와 다른 현상을 보였으며 펄프의 사용량이 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 펄프 사용량이 증가하는 시험체의 강도 곡선 기울기가 완만하게 나타났으며, 이는 펄프의 사용이 제품의 취성 개선에 많은 영향을 미친다는 것을 나타낸다.

그림 3. 불연성능 시험 결과

4. 맺음말

현재 국내 건설현장에서 다양한 용도로 사용중인 압출성형 패널의 해외시장 진출방안으로 내구성능 뿐만 아니라 불연성능에 대한 기술개발이 요구되고 있다.

이에 무기원료 및 섬유를 활용한 다양한 배합비로 압출성형 시험체를 제조 후 불연성능을 시험하였으며, 아래의 결과를 도출하였다.

섬유 혼입 압출성형 패널의 물리적 및 불연성능 개선을 위해서는 폴리프로필렌 섬유 대신 내알칼리성 유리 섬유로 대체하면 불연성능을 충족하는 것으로 나타났으며, 패널의 취성 및 인성 개선을 위하여 중량비 0.25 % 정도의 펄프를 사용하는 것을 제안한다.

향후 압출성형 패널의 활용성이 높은 대만 및 호주를 대상으로 해당 국가에서 요구하는 성능을 충족하는 제품으로 해외시장 진출이 가능할 것으로 사료된다. 또한, 동남아 시장을 독점하고 있는 일본 제품과의 경쟁을 위한 플랜트 수출 및 현지 직접생산 등의 시장확보 전략 수립도 가능할 것이다.

담당 편집위원: 김태형(한국건설기술연구원)