

# 진공압출성형 고인성 시멘트 패널의 역학 및 내구특성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Mechanical and Durability Properties of Ductile Cement Panel Used Vacuum Extrusion Molding

노형남\* 이종석\* 한병찬\*\* 권영진\*\*\* 이상수\*\*\*\* 송하영\*\*\*\*  
Rho, Hyoung Nam Lee, Jong Suk Han, Byung Chan Kwon, Young Jin Lee, Sang Soo Song, Ha Young

### ABSTRACT

Due to the pursuit of high function and international price increase in the field of construction, the application of the secondary product using cement is on the increase gradually in the construction industry in the pursuit of economic cost reduction by the shortening of the construction time like Expediting and the dry construction method at the same time. However, it is in very urgent situation of measures to improve the structural performance or durable performance because it is limited for use in terms of panel in interior · exterior building or functional repair · reinforce as yet. Accordingly, this study is to investigate applicability of permanent Formwork like mould with the structural performance or excellent durable performance in the field of construction, and to derive optimum mixture in the performance and quality of manufacture.

As a result of analysis · comparison with the dynamic and durable properties of vacuum extrusion molding high toughness cement panel according to the mixture of four conditions, this study has found that the test body of mixing ECC-DP3 using small filler and large granulated blast furnace slag and powder flame retardant had excellent relative hardness and bending stress strain. The durable performance has shown excellent tendency by the decrease of porosity and enhancement of water-tightness.

### 요약

최근 건설분야에서 고기능화의 추구하고 국제적 물가 상승에 기인하여 건설산업에 있어서 공기 단축과 건식공법에 의한 경제적 비용 절감을 추구함과 동시에 시멘트를 사용한 2차 제품의 적용이 점차 증대되고 있으나, 아직까지 건축 내 · 외장에서의 패널이나 기능적인 보수 · 보강 측면에서의 용도로만 사용하는데 국한되어 있어, 구조적인 성능이나 내구적인 성능의 개선을 위한 대책이 시급한 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 건설분야에 있어서 구조적 성능과 내구적 성능이 우수한 영구 거푸집의 적용가능성을 검토하고, 제조성능과 품질에 있어서 최적의 배합을 도출하고자 한다.

따라서, 4조건의 배합에 따른 진공압출성형 고인성 시멘트 패널의 역학 및 내구적 특성을 비교 · 분석한 결과 소량의 충전재와 다량의 고로슬래그 미분말 및 분말내화재료를 사용한 ECC-DP3의 시험체가 우수한 상대경도와 휨용력변형을 나타내었으며, 내구적 성능에서도 공극률 감소 및 수밀성 향상에 의해 우수한 경향을 나타내었다.

\*정회원, 한밭대학교 공과대학 건축공학과 석사과정

\*\*정회원, (주)AMS엔지니어링 기술이사, 공학박사

\*\*\*정회원, 호서대학교 소방방재학과 교수, 공학박사

\*\*\*\*정회원, 한밭대학교 공과대학 건축공학과 교수, 공학박사

## 1. 서론

최근 급변하는 경제성장과 함께 건설산업의 기술은 점차 다양해지고 있으며, 그에 따른 요구성능을 만족하고자 사진 1과 같이 구조적인 성능과 시공성 개선을 위한 거푸집으로서의 개념을 도입하여 활발한 연구사례가 점차 증가하고 있다. 특히 시멘트 패널은 건설 공기단축과 불필요한 노임 감축의 경제성 측면에서 유리하여 기존에 건설자재로서의 큰 비중을 차지하고 있으나, 시멘트 패널의 주요 구성체는 압축강도와 내구성능에서 다소 취약하여 섬유를 이용한 영구적으로 사용 가능한 고인성 시멘트 복합 패널의 배합설계의 정립과 기술개발이 요구되는 실정이다.

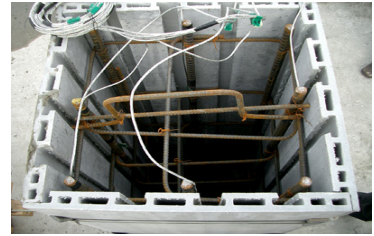


사진 1. 영구적 패널 거푸집 실험 사례

또한, 거푸집으로서의 기능적 성능을 충족시키기 위해서는 콘크리트 타설에 있어서 측압에 견딜 수 있는 강도와 콘크리트의 물성에 영향을 미치지 않는 패널 매트릭스의 흡수율 및 내구성능이 뒷받침되어야 하며, 이에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

따라서, 본 연구에서는 영구적 거푸집으로 갖추어야 할 요구성능에 필요한 측압에 견딜 수 있는 역학 성능과 외부 열화 인자에 대한 내구성능에 대한 체계적인 분석을 통하여 이에 따른 적정 배합을 도출하여 2차 제품 개발에 필요한 기초적인 자료로 제시하고자 한다.

## 2. 실험개요

### 2.1 실험계획 및 방법

본 연구는 우수한 휨성능과 내구성능을 갖는 고인성 시멘트 복합 패널을 제작하기 위한 것으로 실험계획은 표 1에 나타난 바와 같으며, 미량 사용으로 수분 흡수로 인한 재료의 점착력을 부여할 수 있는 증점제와 강도 보강 역할과 생산성을 높이기 위한 분말내화재료 및 고장력 PVA 등을 사용하여 각각의 4조건의 배합을 설정하였다. 또한, 제조성능에 적합한 단위수량과 그 밖의 배합사항은 표 2에 나타난 바와 같으며, 압출설비의 제원은 표 3과 같다.

표 1. 실험계획

실험인자	평가항목
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 분말내화재료</li> <li>• 증점제</li> <li>• BFS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 역학성능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 상대경도 측정</li> <li>• 휨강도 측정</li> </ul> </li> <li>□ 내구성능                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 염화물 이온 침투 깊이</li> <li>• 흡수량 측정</li> </ul> </li> </ul>

표 2. 배합표

배합기호	PVA (Vf.vol%)	배합비					
		W	OPC <sup>1)</sup>	분말내화 재료 <sup>2)</sup>	HPMC <sup>3)</sup>	증점제 <sup>4)</sup>	BFS <sup>5)</sup>
ECC-P	14.9	0.5	1.0	0.4	0.02	0.5	0.5
ECC-DP1	14.9	0.5	1.0	0.3	0.02	0.5	0.6
ECC-DP2	14.9	0.5	1.0	1.3	0.02	0.1	0
ECC-DP3	14.9	0.5	1.0	0.6	0.02	0.1	1.0

1) OPC:1종 보통 포틀랜드 시멘트 2) 분말내화재료:Sepiolite + 분말첨가제

3) HPMC:증점제 4) 증점제:Silica powder + Silica sand 5) BFS:코로슬레그미분말

표 3. 파이로트 압출설비의 제원

종 류	제 원
형식 및 구경	2축식 압출기/구경 100mm
건식 믹서	최대용량 15ℓ OMNI mixer, RPM800
습식 믹서	용량 30ℓ sigma type mixer
양생설비	최고 상승온도 65℃ 상압 증기 양생



사진 1. 진공 압출성형 패널 제작 장면

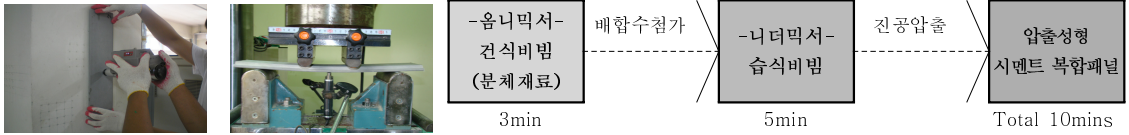


그림 1. 진공 압출성형 패널 제작 개요

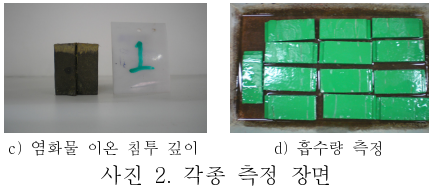


사진 2. 각종 측정 장면

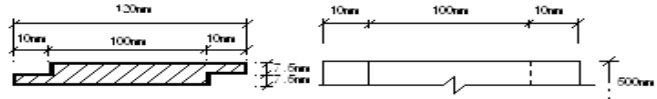


그림 2. 고인성 시멘트 복합 패널 치수

한편, 고인성 시멘트 복합 패널의 제작 방법은 사진1과 그림 1에 나타난 바와 같이 파이로트 압출설비를 통하여 제작하였으며, 건식 및 습식혼합-압출(70mmHg의 압력을 가하여 소재내의 공기를 탈기)-양생(오토클레이브 양생) 과정을 거쳐 안정적인 물성을 확보하도록 하였다. 또한, 제작된 시험체는 단면부 120×15(mm), 길이 500(mm)의 크기로 절단하였으며, 그 밖의 상세 치수는 그림 2에 나타난 바와 같다.

또한, 측정 방법으로 KS기준에 준하여 각각 휨강도(KS F 2273), 흡수율(KS F 2609), 염해(KS F 2737)를 측정하였으며, KS에는 압축강도가 제시되어 있지 않지만, 제품의 강도 특성을 검토하기 위하여 비파괴 시험인 슈미트 해머를 이용하여 상대 경도를 비교·분석 하였다.

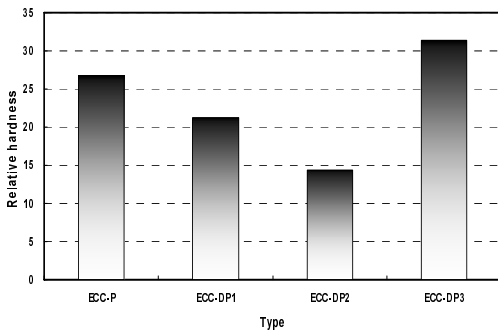


그림 3. 비파괴 시험에 의한 상대경도

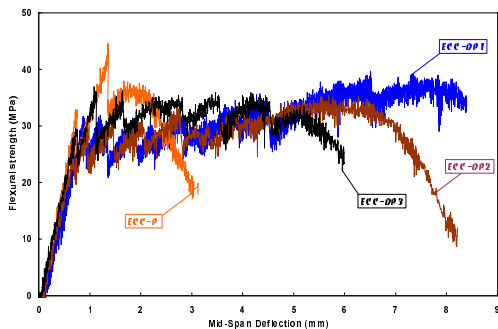


그림 4. 패널 시험체의 휨응력-변형곡선

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 역학성능

그림 3은 4조건에 따른 배합에 따른 시험체의 비파괴 시험에 의한 상대경도를 나타낸 것으로서 ECC-P~ECC-DP3의 상대경도는 각각 26.7, 21.6, 14.6, 31.8로 나타났으며, 특히, ECC-DP2와 ECC-DP3의 경우 분말내화재료와 고로슬래그 미분말의 사용량이 증대됨에 따라 상대경도는 증가되어 확인한 차이를 나타내었다. 이는 고로슬래그 미분말의 다량 사용에 따라 활발한 포졸란 반응에 의한 강도발현이 증가된 것으로 판단되며, 분말내화재료의 사용량 증가로 인해 시멘트와 섬유사이의 접착력 증대에도 기인한 것으로 사료된다.

한편, 그림 4는 시험체의 휨응력-변형곡선을 나타낸 것으로서 ECC-P~ECC-DP3의 초기강도(변위 1mm)의 경우 각각 30.5, 29.1, 28.1, 31.4(MPa)로 나타나 상대경도의 경우와 거의 동등한 경향을 나타내었으나, 변형이 일어난 후의 최대강도는 각각 44.6, 39.6, 35.4, 36.8(MPa)로 나타나 섬유에 의한 가교작용에 의해 응력변형경화가 다소 상이하게 나타나고 있음을 알 수 있었다.

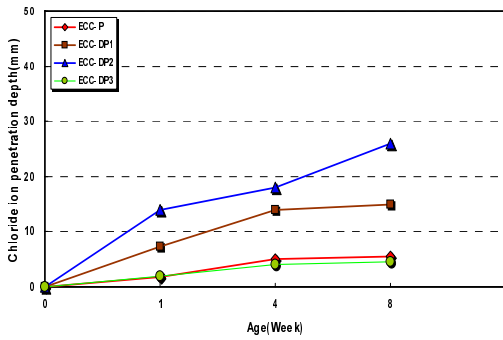


그림 5. 염화물 이온 침투 깊이

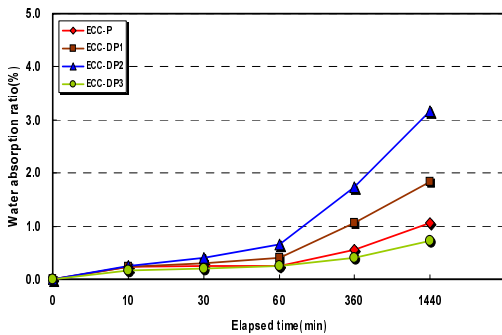


그림 6. 패넬 시험체의 흡수율

우 고로슬래그 미분말의 사용량을 제외하고 경량골재에 포함되는 세피올라이트와 분말첨가제의 사용량 증대로 인해 공극률 증가에 따른 수밀성 저하에 기인하여 내구적으로 현저하게 낮아지는 경향을 알 수 있었다.

#### 4. 결론

연구적 거푸집의 적용가능성 검토를 위해 4조건의 배합설계를 통한 진공압출성형 고인성 시멘트 패넬의 역학 및 내구적 특성에 관하여 실험한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) ECC-DP3의 배합조건의 경우 다른 조건보다 상대경도가 가장 우수하였으며, 분말내화재료와 고로슬래그 미분말의 증가로 인한 섬유와의 점착력 증대로 휨응력변형경화 역시 우수한 것으로 나타났다.
- 2) 단위 시멘트량 및 고로슬래그 미분말의 사용량 증대로 인해 내부 공극률 감소와 수밀성 향상에 기인하여 ECC-DP3의 배합조건에서 시험체의 내구적 특성이 가장 우수한 것으로 나타났다.

#### 참고 문헌

- (1) 김진만 외 5명 '세피올라이트를 이용한 압출성형 콘크리트 패넬의 휨강도 및 밀도 특성' 2006. KCI 논문집, 18권 1호
- (2) 정상진 외 5명 '혼화재료를 혼입한 압출 성형 경량콘크리트 패넬의 기초적 특성에 관한 실험적 연구' 2003. AIK 논문집, 23권 2호

특히, ECC-DP2의 경우 세피올라이트와 분말첨가제가 다른 조건보다 사용량 증대로 인해 시멘트와 섬유사이의 점착력 증대로 휨응력변형이 우수한 것으로 나타나고 있으나 ECC-DP1과 같은 경우는 다른 조건과 비교하여 유사변형경화가 가장 우수하게 나타나 분말내화재료와 고로슬래그 미분말의 반응 메커니즘에 대한 보다 체계적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

#### 3.2 내구성능

그림 5는 시험체에 대한 염화물 이온 침투깊이를 나타낸 것으로서 ECC-DP2 > ECC-DP1 > ECC-P > ECC-DP3의 순서로 염화물 이온 침투 깊이가 감소하였으며, 특히 ECC-DP3의 경우 결합재 보다 입자가 큰 규사분말과 규사의 사용량이 감소하여 상대적으로 증가된 고로슬래그 미분말과 단위시멘트량으로 인해 시험체 내부 매트릭스의 공극률 감소 및 수밀성 증대로 인해 다른 시험체에 비해 염해 침투 저항성이 우수한 것으로 판단된다.

한편, 그림 6은 시험체의 흡수율을 나타낸 것으로서 염화물 이온 침투 깊이에서 나타난 바와 같이 거의 동등한 경향을 나타내었다. 특히 ECC-DP2의 경