

# 합성수지계 사출성형 재생유로폼의 성능 평가에 관한 연구

## Performance Evaluation of Recycled Synthetic Resins Euro-form by Injection Modeling Method

정 병 열\*                      이 현 철\*\*                      김 준 희\*\*\*                      고 성 석\*\*\*\*  
 Chung, Byeung-Yeul      Lee, Hyun-Chul              Kim, Jun Hee                  Go, Seong-Seok

### Abstract

Method or work type improvement is needed in relation to reducing cost and increasing efficiency by ensuring construction quality and reducing labor in the form work process. This would have a great influence on the entire construction process, and make the process of adopting materials and methods more rational and economic. Hence, this study aimed to develop a Synthetic Resins Euroform that could improve durability, water-proofing, sophistication, and organizational unity through the use of injection modeling. Accordingly, this paper first investigated various performance requirements and necessary techniques, and then verified feasibility by evaluating the physical safety and technical validity when it is applied to construction field. In addition, this study evaluated the constructability, safety performance, environmental performance, and systemic excellence in terms of maintaining convenience of Synthetic Resins Euroform. Moreover, to verify feasibility in the construction field, this study analyzed and evaluated the maximum stress by measuring the load and deformation of the space of the horizontal furring, which is attached to Euroform as an armature

Keywords : Synthetic resins euroform, Performance evaluation, Economical efficiency, Constructability, Recycled euroform

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

건축물의 구조체 형성을 위한 주요공정이라 할 수 있는 거푸집 공사는 구조체 공사비의 약 30~40%, 전체 공사비의 약 10%를 차지하고 있으며, 또한 다른 공정에 비하여 상대적으로 재해발생 비율이 높게 나타나 건물 전체의 품질과 공사 전반의 안전에 직결되는 중요한 공사라 할 수 있다<sup>1)</sup>. 이와 관련하여 최근 건축기술 및 공법의 발전에 따라 저비용고품질, 시공성안전성을 고려한 자재 및 공법의 채용이 건설현장에서 중요한 과제로 다루어지고 있다. 즉, 거푸집 공사는 부실공사의 예방 및 인력절감과 저비용고효율의 공사관리 차원에서 공법개선이 요구되고 있으며, 자재 및 공법 채용과정에서 경제성과 합리화를 꾀하는 일은 전체 공사에 큰 영향을 미친다고 할 수 있다.

우리나라의 경우 현재 일부 시스템 거푸집 적용현장을 제외한 일반 공사현장에서 합판 거푸집 공법을 90% 정도 사용하고 있으며, 거푸집 자재의 가공조립-운반-해체 작업이나 자재의 전

용 효율을 높이는 계획성, 작업의 안전성 등도 지속적으로 검토되고 있다. 그러나 건설물량의 증가에 따른 다양한 공정에서 적용 기술과 공법의 향상이 이루어진 반면, 거푸집 공사는 기존 유로폼(Euro form) 및 일부 재래식 거푸집의 사용면에서 높은 노동 중심성 등으로 인하여 건설 생산성에 제약을 받고 있으며, 최근 경제위기 이후로 건설회사는 수익성 제고와 경쟁력 확보 차원에서 개선해야 할 중요한 요소로 인식하고 있다. 즉, 건설 공사에서는 생산성, 시공성 향상을 위한 저비용고효율의 공법을 적용해야 하므로, 제반 거푸집 자재 및 공법의 개선을 위한 기술개발은 대단히 중요하다고 할 수 있다. 이는 구조체 공사 단계에서 거푸집공사가 차지하는 비용이 크고, 공사안전과 품질에 많은 영향을 미치기 때문이다. 이를 종합하여 볼 때, 공사 효율성 제고를 위한 합판계 유로폼의 대체공법과 거푸집 폐자재의 재생기술, 고기능성 거푸집, 친환경을 고려한 재생 가능한 거푸집 등 경제, 시공, 안전측면에서의 효과적인 거푸집 개발 필요성이 요구되고 있다.

본 연구에서는 구조체 공사 공기를 단축하고, 인력투입을 최소화하여 원가를 절감시키고, 조립-해체 과정에서 작업의 생산성과 경제성, 안전성이 확보된 사출성형방식의 합성수지계 재생유로폼 공법을 개발하는데 목적을 두고 있다. 이에 1차적으로 제반 요구성능 및 필요기술에 대하여 조사하고, 이를 바탕으로 개

\* 전남대 건축학부 겸임교수, 공학박사  
 \*\* 전남대 대학원 건축공학과, 박사과정(liger78@naver.com)  
 \*\*\* (주)유탄엔지니어링건축사사무소, 차장  
 \*\*\*\* 전남대 건축학부 교수, 공학박사

발기술의 타당성 검토와 물리적 성능 평가를 실시하여 현장 적용성에 대하여 검증하고자 한다.

**1.2 연구의 방법 및 범위**

본 연구에서는 합성수지계 재생유로품을 개발하고, 이에 대한 성능평가와 경제성, 안전성 및 현장적용성 검증을 위하여 다음과 같은 절차로 연구를 진행하였다.

첫째, 국내외 거푸집 관련 문헌 및 자료를 통하여 거푸집공법의 개발동향을 파악하고, 이에 따른 성능개선요소 및 요구기술을 검토하여 개발대안의 목표를 설정하였다.

둘째, 개발목표에 적합한 적용재료 및 방법을 확정하고, 거푸집 요구기준(KS기준)과 공사시방서에 부합한 합성수지계 재생유로품을 개발하였다.

셋째, 기존 거푸집 및 선행기술과의 비교분석을 실시하고, 성능 평가를 실시하였다.

넷째, 최종적으로 현장적용시 허용하중을 고려한 피장설치 사용규격과 타당성을 검증하여 결론을 도출하였다.

합성수지계 재생유로품의 개발 및 성능평가 절차는 다음 표 1과 같다.

표 1. 합성수지 유로품 성능평가 절차

단계	평가절차 및 내용
평가내용 및 절차	① 거푸집 연구·개발 착수 ↓ ② 기존 거푸집의 문제점 분석 ↓ ③ 기존 기술개발성과 및 개선 방향 제시 ↓ ④ 개발 목표제시 ↓
	⑤ 개발 목표의 구체화 및 제작준비 ↓ ⑥ 개발 거푸집 제작 및 시험시공 ↓
	⑦ 개발 거푸집의 시공성 분석 ↓ ⑧ 개발 거푸집의 경제성 및 시장성 분석 ↓ ⑨ 재료시험 및 사용성 검토 ↓ ⑩ 성능 평가/해석 및 개선 ↓

**2. 거푸집에 대한 이론적 고찰**

**2.1 거푸집 개발 동향 및 선행연구**

최근 건설업의 동향을 살펴보면 공사의 품질향상, 공기단축, 고효율화를 위한 건설자재 및 장비, 공법 등에 대한 다양한 개선이 이루어지고 있다. 이와 관련하여 거푸집 공사에서는 콘크리트 타설시 펌프 압송 공법이 보급됨에 따라 거푸집재료로 철재 및 합판을 이용하게 되었고, 대규모의 기계식 시스템 거푸집을 적용하면서 공법의 합리화, 기계화, 고효율화가 추진되었다. 즉, 거푸집 공사시 시공의 정밀도나 질적 개선을 확보하면서 나아가 경제성을 추구하기 위하여 현장 작업의 합리화와 노무비의 절감, 공법의 개량과 개발, 기계화 등을 고려하게 되었다. 표 2는 환경

변화에 따른 재래식 거푸집의 발전방향을 나타낸 것이다.

표 2. 거푸집의 발전방향

재래식 거푸집	환경변화에 따른 발전방향	새로운 거푸집
<ul style="list-style-type: none"> <li>·인력 의존형</li> <li>·제조공정 복잡성</li> <li>·중량문제</li> <li>·낮은 전용회수</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·기능인력 감소</li> <li>·노무비 상승</li> <li>·안전사고 증대</li> <li>·대형화, 고층화</li> <li>·구조체 품질 확보 요구</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>·인력 절감형</li> <li>·제조공정 단순화</li> <li>·경량화</li> <li>·높은 전용회수</li> </ul>

거푸집 개발과 관련한 국내 선행연구에서는 거푸집 시스템 개발을 위한 연구에서 남정민(2004)이 리브라스 거푸집의 적용 실험, 김영찬(2005)이 거푸집용 샌드위치 패널, 주재석(2005)이 라멘식 크로스 멤버를 이용한 슬래브 거푸집의 시공시스템, 현경미(2005)가 아파트 벽 하부 시공품질 개선을 위한 거푸집 연구를 진행하였다. 또한 거푸집의 성능평가와 관련해서는 김우재(2000, 2002)가 현장제작용 모르터 영구거푸집과 무기질계 영구거푸집의 성능평가, 김영진(2002)이 영구거푸집의 내화성 실험을 진행하였고, 그 외에 장지선(2005)과 김동완(2005)은 거푸집 공사의 공기단축, 김두석(2001)과 조규현(2003)은 거푸집 공법의 경제성에 대하여 연구를 진행하였다. 본 연구에서 목적으로 하고 있는 사출성형방식의 합성수지 재생유로품의 개발 및 성능평가에 관한 연구는 없는 것으로 조사되었으며, 시공성과 경제성 측면에서 검증이 이루어진다면 연구의 기대효과가 클 것으로 예상된다.

**2.2 기존 거푸집의 특징 및 개선 요구사항**

건설현장에서 사용되고 있는 거푸집은 합판계, 금속계, 기타 거푸집으로 분류할 수 있으며, 현재 우리나라 공사현장에서는 유로품이 주종을 이루고 있다<sup>2)</sup>. 그러나 꾸준한 기술개발에 대한 시도에도 불구하고 유로품은 기존에 사용되던 자재를 그대로 활용하고 있으므로 무거운 거푸집의 조립, 해체, 운반에 따른 인력소모는 물론이고 시공속도에도 영향을 주고 있다. 또한 구조물에 낙하 충격, 중량물의 운반에 따른 재해유발 원인제공 등에 따른 공기지연, 품질저하로 이어지고, 복잡한 공장제조 공정과 자재의 복합사용으로 인한 자재 조달 및 보관 등에도 어려움이 있으며 이에 따라 원가상승 등의 한계를 드러내고 있다. 기존 거푸집의 사용상 특징에 따른 개선요구사항을 정리하면 다음과 같다.

1) 합판계 거푸집

합판계 거푸집은 반복 이용에 의한 자재비 절약, 작업의 단순화 가속화로 인한 공사시간 단축이 가능하며, 인건비와 경비가 절감되고 표준화 및 경량화 된 규격과 보조자재로 인하여 자재관리가 용이하다. 그러나 일반적으로 목재 거푸집은 3~4회

사용 가능하며, 보수에 의하여 사용횟수가 늘어나 과거에는 많이 사용되었으나, 목재 가격의 상승과 가공 인건비 상승으로 인하여 사용 범위가 축소되고 있는 실정이다.

2) 금속계 거푸집

금속계 거푸집으로는 강철계 금속거푸집과 알루미늄 거푸집이 사용되고 있다. 목재 합판 거푸집에 비하여 내구성, 마감 정밀도, 전용틀이 좋고 강도가 큰 장점이 있는 반면에 규격화되어 현장에서 특수 형태 제작이 어려운 점이 있어서 결국은 기존 합판 거푸집과 조합하여 사용하게 된다. 금속계 거푸집에서 철재 거푸집은 무겁고 쉽게 녹이 슬지만, 알루미늄 거푸집은 가볍고 녹슬지 않아서 현장에서 사용이 용이하나 고가라는 단점이 있다.

3) 기타 거푸집

금속계 거푸집에 비하여 가벼운 FRP나 GMT 거푸집이 생산되고 있으나 고가이며, 사용성의 제한으로 일반화 되지 못하고 있다. 또한 기둥이나 모서리 부분에 대한 거푸집을 유로품으로 사용하려면 부속자재가 추가되어야 하며, 위치에 따라 인코너, 아웃코너, 헌치 등의 특수 거푸집을 사용하여야만 하는 단점이 있다.

4) 플라스틱계 거푸집

거푸집 적용재료로는 강도와 가격 및 재생 가능성 측면에서 폴리프로핀 수지를 바탕으로 하는 자재가 주류를 이루고 있으며, 형상 또한 여러 가지 형태로 시도되어 왔음을 알 수 있다. 제작 및 성형방법에서는 압축 및 증공압축, 사출방식이 사용되었다. 표 3은 거푸집 발전방향에 따른 기존에 시도되었던 플라스틱 계의 거푸집을 재료 및 성형법에 따라 종류별로 나타낸 것이다.

표 3. 플라스틱계 거푸집의 종류 및 특성

항 목	제품명	재료	성형법
평판	X - 시트	GF/PP 스펀 파블시트	압축
	플랫컷	텔크/PP	증공압축
	세미패널	텔크/PP	증공압축
	세프반	PP	다중압출 발포
	SP패널	발포폴리스틸렌	발포압축
	TOP폼	GF/PP 스펀파블시트	적출압축
	샘플패널	ABS	다중압출 발포
	KP보드	GF/PP 스펀파블시트	압축
리브 부착 거푸집	커터워크	GF/PP	사출압축
	커터패널	GF/PP	사출압축
	패널에이스	GF/PP	압축
	세프콘	텔크(화설)/PP	사출
	리스콘패널	PP	사출
	뛰어난 수	PP	사출
	에코폼	PP	증공압축(300쪽)

3. 합성수지계 재생유로품의 성능평가

3.1 개발목표 설정 및 제작

기존의 거푸집 합판을 대체, 개선할 수 있는 본 사출성형방식의 합성수지계 재생유로품은 내구성, 작업성, 호환성, 생산성, 환경적응성을 개발목표로 설정하였다. 또한 세부적으로는 비목 재계로써 발생잔재를 절감시키고, 경량화에 의한 작업효율 상승과 건설재해 발생을 줄이며, 범용성에 의한 대량 생산으로 생산비용의 절감을 주요 목표로 구성하였다(표 4 참조).

표 4. 합성수지 유로품 개발목표 및 중요성

항 목	내 용
내구성	높은 전용횟수
작업성	톱절단 가능, 못박기·드릴천공 용이, 운반 용이
호환성	기존 거푸집 및 소모품과의 혼용 가능
생산성	공정의 단순화를 통한 생산성 향상
탈형성	설치 및 해체 용이
환경적응성	존치기간 동안 내구성
경제성	생산원가 절감
강도	콘크리트 타설시 측압에 대한 강도 확보
환경친화성	재생 가능성
표면상태	면처리 작업 단순화
산재발생 저감	생산 및 작업 산재의 최소화

다음 그림 1은 사출방식의 합성수지계 유로품의 제작공정을 나타낸 것이다.



그림 1. 거푸집 제작 공정

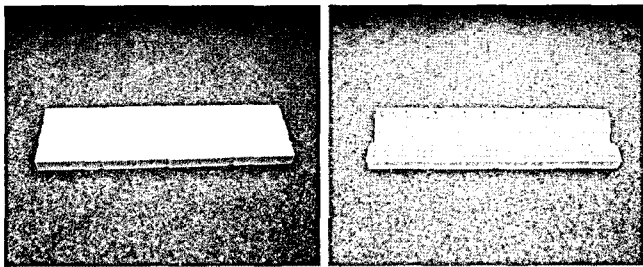
개발대안 수립과 제작과정에서는, 일반 거푸집에 인코너로 사용 가능한 글루브를 설치하고, 특수 문양거푸집으로 활용이 가능하며 콘크리트 타설 측압에 견디기 위한 리브를 가진 PE 사출성형 재생유로품을 설정하였다. 단일재료를 사용하여 공정의 단순화 및 산재발생 가능성이 을 감소시키고, 거푸집 박리제가 절감되며 경량으로 인한 작업 효율을 높이는 공법을 적용하였다. 주로 건축물의 벽면과 기둥 등의 거푸집용으로 사용이 가능하고, 시공시 현장제작에 소요되는 인력을 줄여 생산성 향상과 공사기간단축 및 자재전용 횟수가 높도록 하였다. 또한 생산 공정이 복잡하여 산재 발생률이 높은 거푸집 제조 공정을 단순화하여 산재발생 확률을 저감시킬 수 있도록 하였다. 전체 제조공정을 재료투입과 압출의 2단계로 완성하여 제조공정에서 발생할 수 있는 사고율을 감소시켰다. 발생하는 폐자재를 전량 수거하여 100% 재활용함으로써 환경폐기물을 감축시킬 수 있도록 하였으며, 공사기간 절약, 노동력(인건비) 절감이 가능하도록 하였다. 이러한 제조 공정의 단순화는 다공정 누적 오류 발생 확률을 줄일 수 있음을 특징으로 하고 있다.

표 5. 기존 유로품과의 비교/평가

구분	기존 유로품 (300 x 1200)	사출방식 합성수지계 유로품 공법 (300 x 1200)
구성재	강재틀, 판재, 보강재	단일재
무게	12.8kg	2.8kg(기존유로품의 22%수준)
튼질	불가능	가능
활용성	평판넬	평판넬, 인코너 겸용
평면변화에 따른 대응성	○	○
콘크리트 표면	○	◎
원가절감	-	유로품 구입비 15% 절감
공기단축	-	경량이며 표면처리 및 박리제 도포과정 절감
채광성	없음	반투명
친환경성	△	◎
견출작업	작업량이 많음	유로품 대비 감소
인코너겸용	불가	가능
제작공정	복잡	단순
장비비	무거움	경량으로 절감
초기투자비	유로품 구입비	기존 유로품의 85%

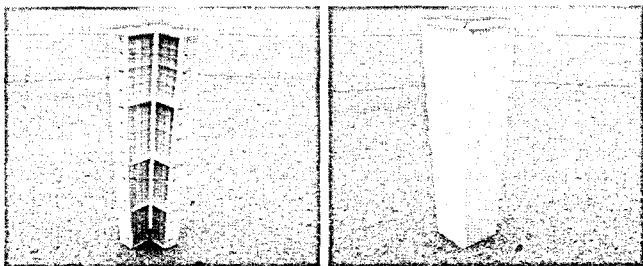
1) 재생가능 : 주 원료로써 용융/성형 가능한 플라스틱을 사용함으로써 반복적 재생 생산이 가능하다.  
 2) 경량재료 : 수분을 흡수하지 않으므로 사용중에 중량이 증가하지 않으며, 합판에 비하여 경량이다.  
 3) 전용횟수 : 합판의 전용횟수가 7~8회이나 그 이상 재활용 사용이 가능하므로 경제적이다.  
 4) 환경성 : 목재 또는 합판 철재 거푸집에 비하여 재생율이 높아 친환경적이다.

※ ◎: 아주좋음, ○: 좋음, △: 보통, ×: 나쁨 : [상대평가 기준]



- 규격 : 600\*1,200mm
- 패널두께 : 89.0(±)
- 측면보강재의 두께 : 8.8(±)

(a) 벽체/기둥 사용시 : 전면(좌), 후면(우)



(b) 인코너 사용시 : 전면(좌), 후면(우)

그림 2. 사출성형 합성수지계 재생유로품

### 3.2 합성수지 유로품의 비교·평가

본 합성수지계 유로품 공법의 평가는 1차적으로 기존 유로품 공법 및 선행기술과의 비교/분석을 통하여 항목별 정성적 평가를 실시하였다. 신규성, 진보성, 시장성 측면에서의 기존 유로품 공법과의 비교·평가 및 주요특징은 표 5와 같다.

#### 3.2.1 시공성

합성수지 유로품 공법의 시공 방법과 소요 부품은 기존 유로품과 같으므로 별도의 기능 숙달이 필요하지 않으며, 기존 거푸집에 비하여 경량으로 이동 및 설치시 작업 효율이 높고, 작업의 안전성 확보 등 시공성 측면에서 기존 거푸집에 비하여 장점을 가지고 있다. 또한 기존의 유로품 및 합판 거푸집 공법과 공정은 동일하며, 시공된 콘크리트 면이 평탄하여 표면 정리 양이 줄어들어 인건비가 절감될 뿐 아니라 절단, 못박기 등 변형 가공성이 뛰어나므로 공기 단축에도 효과적이다. PE 거푸집 표면의 특성상 콘크리트 잔재가 붙지 않으므로 부스러기 제거 작업과 박리제 도포 작업이 생략될 수 있어 비용은 물론 부수적인 공정이 생략되어 경제적인 효과가 있으며, 전용회수가 7~10회 이상으로 전용성이 뛰어나고 경량으로 인한 작업 효율이 높아질 수 있다. 또한 구조체의 표면 품질이 우수하고 시공 오차가 줄어 견출, 미장 등 구조체 마감공사에 대한 공사비가 현저하게 절감되고, 자재 정밀도의 향상으로 계단, 발코니 등 콘크리트 부재의 부품화가 용이하여 시공 품질 및 생산성을 확보할 수 있다. 이와 더불어 재질이 반투명이므로 특히 지하실 거푸집 작업시 뛰어난 채광 효과로 전력 절감은 물론이고 작업환경이 쾌적

하여 작업능률의 향상과 콘크리트 미타설 부위의 확인이 가능하므로 시공성 측면에서 많은 효과를 볼 수 있다.

### 3.2.2 안전성

거푸집공사는 가설비계, 가설발판 등을 주로 사용하게 되어 안전사고의 발생 가능성이 매우 높고 거푸집 자체가 중량물이므로 안전에 취약할 수 있다. 본 합성수지 유로품은 생산 단계가 단순화되어 제조시 발생할 수 있는 산재의 확률이 줄어들 뿐 아니라 자중이 경량이므로 시공중에 일어날 수 있는 중량물 이동시의 산재뿐 아니라 적재하중을 절감하여 주므로 공사 안전과 양생중인 구조체에 효과적이다. 기존 유로품에 비하여 중량이 약 1/4정도(기존 12.8kg, 신개발 2.8kg)의 경량으로 인한 작업의 안전성은 이동의 용이성에 따른 전체 공정에 대한 효율과 함께 산재 발생율을 낮추게 되며, 양생중인 현장 내에 거푸집 설치 중량 및 하중 적재를 줄여주며 건설 현장의 안전과 함께 낙하 충격에 의한 구조체의 손상방지도 도움을 줄 수 있다.

### 3.2.3 환경친화성

플라스틱계 거푸집은 사용 후 폐기 대상 거푸집을 회수 및 분쇄하여 재생형 재료로 이용하게 된다. 이는 재료의 100% 재활용을 전제로 하며, 폐기물의 전량 회수와 저렴한 비용으로 재활용을 해야 하는 시대적 요구라 할 수 있다. 본 합성수지 유로품 공법은 거푸집 제조 원료의 단일화로 인하여 원자재 공급이 원활함은 물론이고, 자재의 신뢰성 확보 및 파손 자재의 전량 회수가 용이할 뿐 아니라 회수된 자재는 100% 재생이 가능하여 환경 친화적이라 할 수 있다. 시공의 편의성을 위하여 기존의 거푸집이나 유로품은 표면에 박리제를 도포하게 되는데, 본 유로품 공법은 표면이 매끄러워 콘크리트와 부착이 안되므로 박리제의 사용이 최소화하고, 거푸집 표면에 부착된 콘크리트 부스러기의 폐기량이 현저하게 줄어든다. 또한 파손 및 폐기처리된 자재의 회수와 재활용이 용이하다.

### 3.2.4 유지관리 편리성

합성수지 유로품은 1차적으로 단일 원료에 의한 제품이므로 이질 재료의 혼용에 따른 복잡성이 없어서 거푸집 자체의 유지관리가 용이하다. 또한 부분 보수시 PE 열풍 용접이 가능하므로 거푸집 표면에 충고가 나지 않도록 보수가 가능하다. 거푸집 해체시 거푸집 표면에 부착되는 콘크리트 부스러기의 양이 줄어들어서 거푸집 청소가 불필요하므로 거푸집 청소와 박리제 도포를 위한 인건비가 절약되고 운반이 용이하므로 유지관리에 효율적이라 할 수 있다.

다음 표 6은 선행 거푸집 공법과의 비교검토를 통한 본 연구의 차별성을 나타낸 것이다.

표 6. 선행 거푸집공법과의 비교·평가

구분	기존 기술명	기술내용	공법의 원리, 특징 및 기능	본 연구의 차별성
1	본패널 공법	제작패널을 벽체거푸집으로 활용 후, 해체하지 않고 천정 반자나 벽체 마감재로 활용하는 공법	단열차음재를 충전하고 탈락방지용 I형 철물을 삽입하여 콘크리트에 매설함	1회용 매립 거푸집임
2	무지보 역타설 현수 거푸집 공법	지하구조물 축조시 지상 1층에서 지하층으로 역타설하는 현수공법	현수 거푸집 지지틀, 정착구, 거푸집 지지틀 유압 승강장치 등을 포함하는 슬래브 콘크리트 타설을 위한 무지보 역타설 현수거푸집 공법임	무지보 역타설을 위한 현수공법임
3	PE판넬 오철형 거푸집/방수 공법	약품탱크 및 상하수도과 오폐수 처리장 등의 구조물 축조를 위한 PE 판넬 거푸집	산 및 오폐수에 부식되지 않는 PE 판넬 거푸집을 제작하여 콘크리트에 매입시켜 거푸집 자체를 방수 방식용 피막으로 사용함	산 및 오폐수에 의한 부식을 방지하기 위한 판넬 매립공법임

### 3.3 합성수지 유로품의 성능 평가/해석

본 절에서는 합성수지계 재생유로품의 현장적용성 검토를 위하여, 단면성질에 따른 유로품의 휨강성 및 강도와 구조해석에 의한 최대모멘트, 허용휨응력(거푸집 축압), 유로품에 보강재로 덧대는 수평띠장(□-50\*50\*2.3, STK51)의 간격을 300mm, 600mm로 하였을 경우, 하중에 대한 처짐을 측정, 분석하였다.

#### 3.3.1 실험개요

##### 1) 단면성질

본 합성수지 유로품의 단면성질과 띠장 설치 간격은 다음 그림 3과 같다.

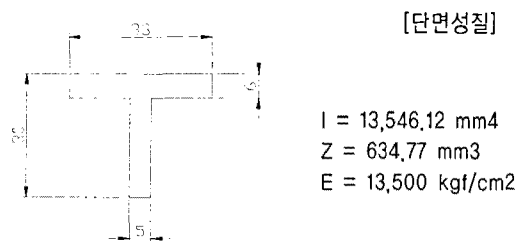


그림 3. 유로품 단면성질

##### 2) 시험기준(KS F 5651 기준)

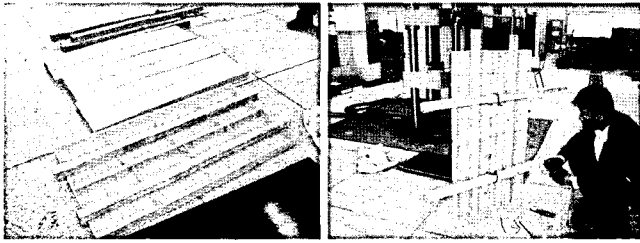
- ① 강성시험 : 지점간 거리가 900mm로 되게 받침틀 위에 패널을 길이방향으로 올려놓고, 이 지점간 거리를 3등분하는 2지점에 가력보와 가력보 연결틀을 부착한 가압판으로 가압하여 전체 하중이 2,400N일 때 지점간 거리 중앙

의 수직치짐량을 측정하였다.

- ② 강도시험 : 강성시험과 같은 방법으로 패널을 설치하고, 하중을 가하여 전체 하중의 최대치를 측정하였다.

3.3.2 실험방법

- 1) 합성수지 유로폼의 뒷면에 수직띠장은 300mm 간격으로, 수평띠장은 300mm, 600mm 간격으로 보강한 뒤, 하중을 가력하면서 유로폼 및 수평띠장의 변형을 동시에 측정하였다(그림 4 참조).



(a)설치간격(수직) : 300mm (b)설치간격(수평) : 300, 600mm

그림 4. 띠장(□-50\*50\*2.30) 설치

- 2) 거푸집의 절대치짐(변형)의 한계인 변형 3mm일 때의 하중을 최대가력하중으로 평가하였다(그림 5, 6 참조).
- 3) 거푸집에 가할 수 있는 최대응력의 산정은 최대가력하중을 (수직띠장의 간격) × (수평띠장의 간격)으로 계산되는 면적으로 나눈 값으로 산정하였다.
- 4) 거푸집 시방서에 따른 거푸집 설계용 콘크리트 측압은 표 7과 같으며, 최대측압은 ( $w_{max}=9.20tf/m^2$ )으로 계산되었다. 본 합성수지 유로폼의 성능 평가에서는 콘크리트 최대측압을 거푸집의 허용응력 임계점으로 적용하였다.

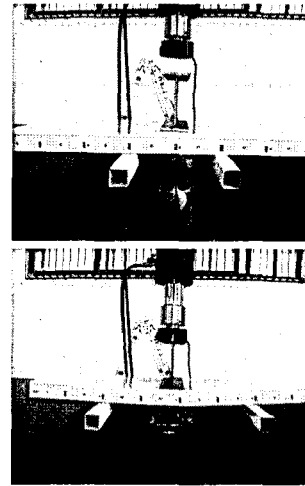


그림 5. 수평띠장간격 : 300mm(상), 600mm(하)

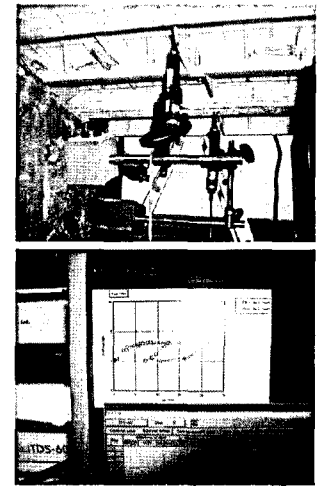


그림 6. 변위계 설치모습(상), 측정결과(하)

3.3.3 실험결과 및 평가

강도시험에 따른 유로폼의 최대하중은 5개의 시편 평균값으로 계산하였으며, 4,760N으로 나타났다. 또한 구조해석에 의한 최대모멘트는 작용하중  $w=0.92 \text{ kgf/cm}^2$ (최대측압)이 작용할 때  $M=3.98 \text{ kgf.cm/cm}$ 으로 분석되었다. 힘응력은  $\sigma = \frac{M}{Z} = \frac{20}{634.77} \times 10^3 = 31.51 \text{ kgf/cm}^2$  <  $\frac{\sigma_b}{1.5} = 266.66 \text{ kgf/cm}^2$ 으로 KS 기준에 부합하는 것으로 나타났다. 그림 7은 MIDAS 프로그램에 의한 유로폼의 구조해석 최대모멘트를 나타낸 것이다.

표 7. 거푸집 설계용 콘크리트 측압 ( $tf/m^2$ )

타설속도 V(m/h)		V(<=10이하)		10<V(<=20)		V>20
타설높이 H(m)		h(<=1.5)	1.5(h<=4.0)	h(<=2.0)	2.0(h<=4.0)	h(<=4.0)
기둥			$1.5 W_o + 0.6 W_o (H - 1.5)$ (6.90)		$2.0 W_o + 0.8 W_o (H - 2.0)$ (8.28)	
벽	벽길이 L(<=3.0m)	$W_o H$ (3.45)	$1.5 W_o + 0.2 W_o (H - 1.5)$ (4.60)	$W_o H$ (4.60)	$2.0 W_o + 0.4 W_o (H - 2.0)$ (6.44)	$W_o H z$ ( $w_{max}=9.20$ )
	벽길이 L>3.0m		$1.5 W_o$ (3.45)		$2.0 W_o$ (4.60)	

※  $W_o$  : 생 콘크리트의 단위체적중량( $tf/m^3$ ), m/h : 콘크리트 타설속도 (60분당 환산)

$W_o$  : 아직 굳지 않은 콘크리트의 단위용적중량( $t/m^3$ )

H : 아직 굳지 않은 콘크리트의 헤드의 높이(m) (측압을 구하고자 하는 위치 위에 있는 콘크리트의 부어넣기 높이)

표 8. 실험결과 (하중 및 변위)

수평띠장간격 300mm			수평띠장간격 600mm		
가력하중 (tonf)	변위 1 (mm)	변위 2 (mm)	가력하중 (tonf)	변위 1 (mm)	변위 2 (mm)
2,2178	1,672	2,638	0,3679	0,764	0,986
2,3144	1,766	2,786	<u>1,7420</u>	2,116	<u>3,000</u>
<u>2,5040</u>	1,980	<u>3,000</u>	1,9214	2,378	3,262
3,1153	2,394	3,682	2,3943	3,166	4,36
3,3401	2,562	3,992	2,7606	4,206	5,974

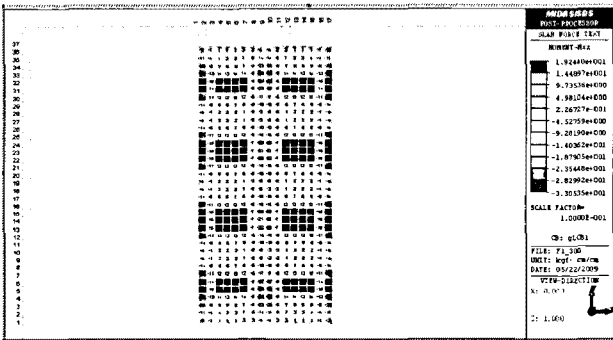


그림 7-1. 구조해석 최대모멘트

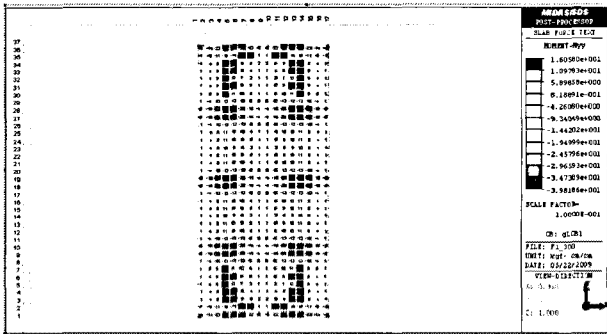


그림 7-2. 구조해석 최대모멘트

거푸집 사양서에 따른 처짐의 제한기준은 3mm이하로써, 본 합성수지계 유로품은 중앙부 처짐이 2.88mm<3mm로 적합한 것으로 나타났다(그림 8 참조).

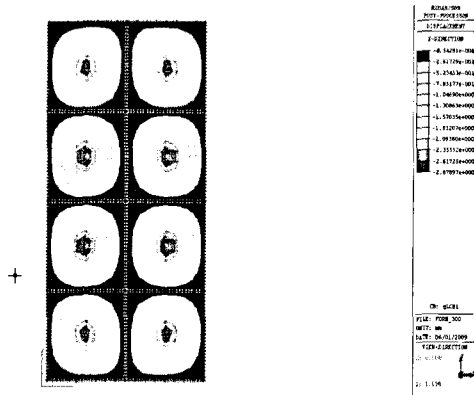


그림 8. 구조해석 최대 처짐

수평 띠장간격 300mm, 600mm 일 때의 하중 및 변위에 대한 실험결과는 다음 표 8과 같다. 최대 변위량 3mm일 때의 거푸집의 가력 하중값은 띠장간격 300mm인 경우 2.504(tonf), 600mm인 경우 1.742(tonf)로 나타났다. 즉, 띠장간격이 300mm에서 600mm로 2배 증가할 경우 최대 가력하중값은 70%수준으로 저하되는 것으로 분석되었다.

거푸집에 가할 수 있는 최대응력은 다음과 같이 분석되었다(그림 9~10참조). 수평띠장 간격이 600mm인 경우, 허용 최대응력은 띠장간격 300mm일 때의 1/3수준인 것으로 나타났다.

즉, KS기준에 따른 거푸집 설계용 콘크리트의 최대축압이  $9.20tf/m^2$ 이므로, 최대축압 범위안에 있으므로 사용상 허용응력은 적합하다고 판정할 수 있다.

본 실험결과를 요약, 정리하면 다음과 같다.

- 1) 수평띠장간격 300mm일 때: 기둥 및 벽체의 거푸집으로 사용할 경우, 절대처짐 3.0mm에서 최대  $27.8(tf/m^2)$  까지 저항할 수 있는 것으로 평가되었다.

- 수평띠장간격 300mm일 때 :

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{2.504}{0.3 \times 0.3} = 27.822 (tf/m^2) \text{---계산1}$$

- 2) 수평띠장간격 600mm일 때: 기둥 및 벽체의 거푸집으로 사용할 경우, 절대처짐 3.0mm에서 최대  $9.67(tf/m^2)$  까지 저항할 수 있는 것으로 평가되었다.

- 수평띠장간격 600mm일 때 :

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{1.742}{0.3 \times 0.6} = 9.677 (tf/m^2) \text{---계산2}$$

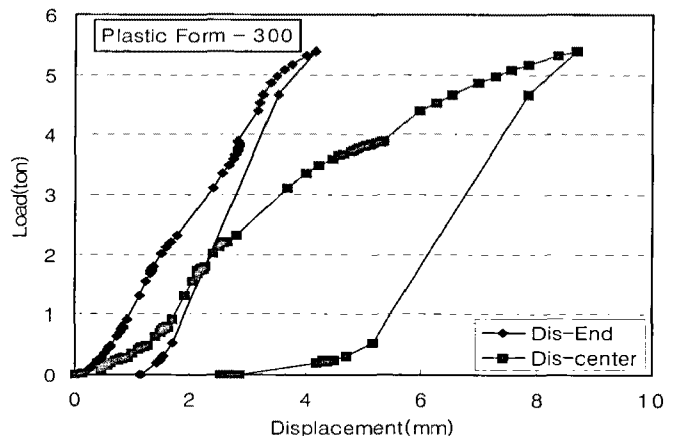


그림 9. 수평띠장간격 300mm시 응력

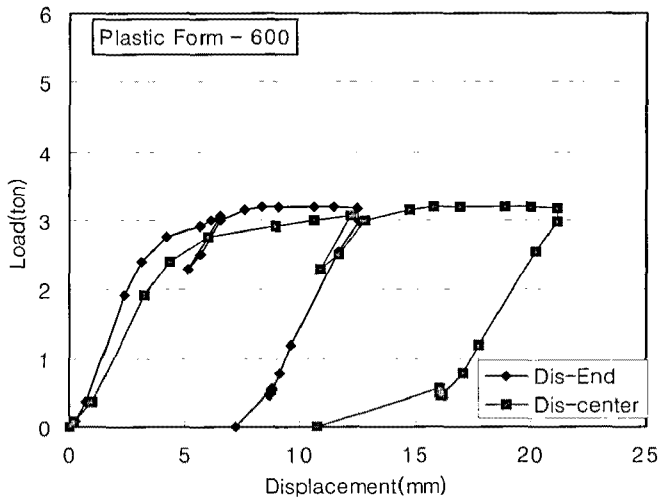


그림 10. 수평띠장간격 600mm시 응력

의 간격은 600mm까지 가능하며 구조적으로 안전한 것으로 평가되었다.

### 감사의 글

“이 논문은 2010년 교육과학기술부로부터 지원받아 수행된 연구임(지역저점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단)”

“이 논문은 2010년 전남대학교 건축과학기술연구소 및 바이오하우징 연구소의 지원을 받아 수행된 연구임”

### 참고 문헌

1. 김동완, 벽식구조 건축물의 공기단축을 위한 거푸집시스템, 대한건축학회 학술발표대회논문집 제25권 제1호, pp.205~208, 2005
2. 김두석의 1인, RC아파트 내측벽 거푸집공사에 있어서 거푸집 공법별 생산성 비교에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집 제21권 제1호, pp.525~528, 2001
3. 김영진, 영구거푸집의 내화성에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집 제22권 제2호, pp.407~410, 2002
4. 김영찬외 2인, 거푸집용 Sandwich패널의 개발에 관한 기초연구, 대한건축학회논문집 제12권 제12호, pp.243~250, 1996
5. 김우재의 1인, 무기질계 영구거푸집의 성능평가를 위한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집 제18권 제3호, pp.133~140, 2002
6. 김우재의 4인, 현장 제작용 모르타 영구 거푸집의 부착강도 증진을 위한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집 제20권 제1호, pp. 287~290, 2000
7. 남정민의 5인, 리브라스 거푸집의 적용을 위한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집 제24권 제2호, pp.547~550, 2004
8. 이면극, 특집-건시공도집(10권), 신소재거푸집공사, 정학사
9. 장지선, 국내 초고층 거푸집 공사기간에 영향을 미치는 주요 요인 평가, 대한건축학회 학술발표대회논문집 제25권 제1호, pp.281~284, 2005
10. 정병열외 3인, 재생 가능한 합성수지계 유로폼 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 제23권 제6호, pp.171~178, 2007
11. 조규현외 4인, 비탈형 거푸집의 경제성 향상에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표논문집 제23권 제1호, pp.363~366, 2003
12. 주재석, 라멘식 크로스 멤버를 이용한 슬래브 거푸집 시공시스템 개발에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집 제35권 제1호, pp.153~156, 2005
13. 현경미외 2인, 공동주택 벽 하부 시공 품질개선을 위한 거푸집 시스템 개발, 대한건축학회 논문집 제21권 제4호, pp.173~178, 2005

(접수 2010.02.26, 심사 2010.3.22, 게재확정 2010.3.29)

## 4. 결론

본 연구에서는 기존 합판 유로폼을 대체, 개선할 수 있는 내구성과 내수성, 내후성, 정밀도, 구조적인 일체성을 목표로 한 사출방식의 합성수지계 유로폼을 개발하고, 이에 대한 성능평가와 적용가능성 검증 실시하였다.

본 연구를 토대로 도출된 결론은 다음과 같다.

- 1) 건설공사에서 활용되고 있는 합판계, 금속계, 기타 거푸집 공법의 특성과 개선요구사항을 분석하여, 내구성 및 작업성 등 11개 항목에서의 개발목표에 따른 거푸집공법을 개발하였다.
- 2) 유로폼 제작단계에서는 개발목표에 따른 사출방식의 합성수지 유로폼을 제작하고, 기존 유로폼과의 비교평가를 실시하여 신규성, 진보성, 시장성 측면에서의 우수성 및 활용성을 제시하였다.
- 3) 합성수지 유로폼의 시공성, 안전성, 환경친화성, 유지관리 편리성 측면에서의 우수성을 평가하고, 선행기술과의 비교평가를 통해 차별성을 제시하였다.
- 4) 현장적용성 검증을 위하여 유로폼에 보강재로 덧대는 수평띠장 간격에 따른 하중에 대한 변형을 측정, 분석하여 최대응력을 분석, 평가하였다.
- 5) 구조해석 최대모멘트는  $M = 3.98 \text{ kgf.cm/cm}$ 으로 분석되었으며, 휨응력은 KS 기준에 부합하는 것으로 나타났다. 거푸집 시방서에 따른 처짐의 제한기준은 3mm이하로써, 본 합성수지계 재생유로폼은 중앙부 처짐이 2.88mm(3mm로 적합한 것으로 나타났다).
- 6) 일반 건축물의 거푸집 설계용 콘크리트의 최대축압은  $9.20(\text{tf/m}^2)$ 이므로, 본 실험에 사용된 합성수지 유로폼을 기둥 및 벽체의 거푸집으로 사용할 경우, 수평띠장



## 요 약

거푸집 공사는 부실공사의 예방 및 인력절감과 저비용-고효율의 공사관리 차원에서 공법개선이 요구되고 있으며, 자재 및 공법 채용과정에서 경제성과 합리화를 꾀하는 일은 전체 공사에 큰 영향을 미친다. 공사 효율성 제고를 위한 합판계 유로품의 대체공법과 거푸집 폐자재의 재생기술, 고기능성 거푸집, 친환경을 고려한 재생 가능한 거푸집 등 경제, 시공, 안전측면에서의 효과적인 거푸집 개발 필요성이 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 구조체 공사 공기를 단축하고, 인력투입을 최소화하여 원가를 절감시키고, 조립·해체 과정에서 작업의 생산성과 안전성이 확보된 사출성형방식의 합성수지계 재생유로품 공법을 개발하는데 목적을 두고 있다. 이에 1차적으로 제반 요구성능 및 필요기술에 대하여 조사하고, 이를 바탕으로 개발기술의 타당성 검토와 기존 거푸집 및 선행기술과의 비교·분석을 실시하고, 성능 평가를 실시하였다.

키워드 : 합성수지 유로품, 성능평가, 경제성, 시공성, 재생유로품