벽식구조 거푸집 공사를 위한 일체식 거푸집 조립 신공법 개발에 관한 연구

A Study on the Development of a Construction Method for Monolithic Formwork Assembly Method in the Bearing Wall System

강병국* 강인석** 이한승*** 오원희**** 신재삼***** 이주호******
Kang, Byung-Kug Kang, In-Seok Lee, Han-Seung Oh, Won-Hee Shin, Jae-Sam Lee, Ju-Ho

ABSTRACT

This Study is the consideration for new formwork assembly method in Bearing Wall System. It is consisted of two parts. one is researched into an ordinary formwork system and suggested a new formwork system. The other makes an investigation into the resisting capacity of proposed method by experimental and field test. For the application of this method to the field, it is expected to improve workability and safety, and to reduce the loss of labor.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내에서 건설되는 공동주택은 대부분은 벽식구조 아파트이며, 사용되는 거푸집 공법은 크게 Aluminum Form과 Al-Wood Form 등의 시스템 거푸집 공법과 장선과 멍에를 이용한 재래식 거푸집 공법이 사용되고 있다. 현재 건설현장에선 유로폼을 이용한 재래식 거푸집 공법의 사용이 주류를 이루고 있는데, 이는 가장 보편적으로 널리 사용되어짐에 따라 작업자의 숙련도가 높아 실질적인 공사기간의 단축이 가능하기 때문인 것으로 판단된다[1].

하지만, 최근 사회적 변화의 여파가 건설시장에도 유입되면서, 신규 투입되는 작업인력의 부족과 건설인력의 노령화, 안전사고의 위험성, 환경오염에 대한 문제의식 등으로 인해 주공정의 하나인 거푸집 공법에 있어서도 변화가 요구되고 있다. 따라서, 숙련공과 인력에 대한 의존도와 폐자재의 발생률, 그리고 안전사고의 위험성이 높은 재래식 거푸집 공법의 개선은 반드시 필요한 실정이다.[2]

이에 따라 본 연구에서는 재래식 공법을 대체할 수 있는 일체식 거푸집 조립 신공법을 제안하고, 대상 공법의 성능을 평가·검증하여, 향후 거푸집 설계와 시공관리의 기본 자료로써 제공하고자 한다.

* 정회원, 토탈인포메이션서비스 한국지점 연구개발과 과장
** 정회원, 토탈인포메이션서비스 한국지점 실장
*** 정회원, 한양대학교 건축공학과 조교수
**** 정회원, 태성판넬(주) 건설사업부 이사
***** 정회원, 롯데건설(주) 기술연구소 책임연구원
****** 정회원, 롯데건설(주) 기술연구소 소장

1.2 연구범위 및 내용

본 연구의 목적을 달성하기 위해 그림 1과 같은 방법으로 연구를 수행하였으며, 연구의 내용은 다음과 같다.

1) 기존 거푸집 공법을 고찰하고, 그 장단점에 대한 분석을 통해, 시공성, 안전성, 경제성 등을 개선시킨 거푸집 조립공법을 제안한다.
2) 제안된 공법에 적용되는 부재의 성능평가를 현장계측과 이론적 검증 그리고 실험을 통해 수행하고 이를 기존 거푸집 공법의 성능과 비교 검토하여 제안된 공법의 성능을 평가한다.

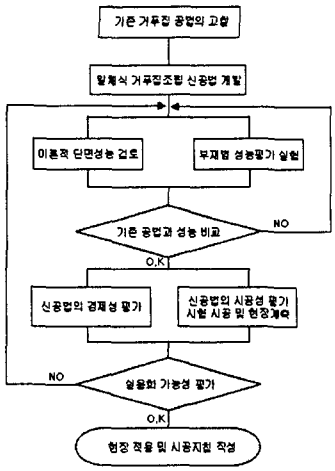
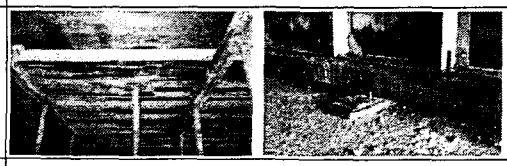
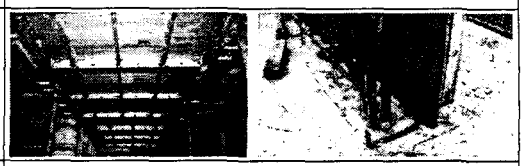


그림 1 신공법 개발 연구흐름도

2. 거푸집 공법 비교 분석

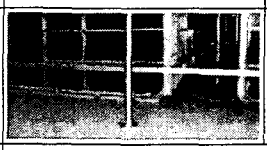
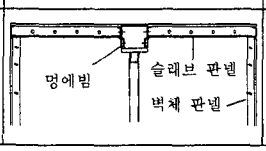
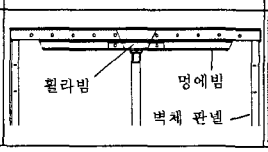
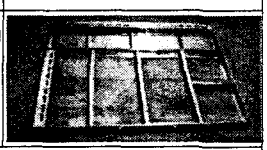
기존 벽식구조 아파트에 사용되는 거푸집 시스템 중 유로폼을 사용하는 재래식 공법과 시스템 거푸집 중 알루미늄 폼을 대상으로 특징을 조사하였고, 그 특징을 아래와 같이 정리하였다.

2.1 기존 거푸집 공법의 특징

구 분	재래식 거푸집 공법	시스템 거푸집 공법
사 진		
특징	1. 목재 네모도를 사용, 단면결손이 자주 발생함. 2. Filler 처리를 위한 별도의 동바리 설치, 동바리 설치간격 0.9~1.0m으로 협소함. 3. 인력 특히, 숙련공에 대한 의존도가 높음. 4. 해체와 조립의 시간이 길고, 안전사고의 위험성이 높음.	1. 별도의 네모도없이 벽체폼에 일체로 제작. 2. Filler처리를 위한 별도의 동바리 없음. 3. 인코너 판넬을 사용 4. 단차이 발생 등에 따른 레벨조정에 어려움이 있으며, 벽체 판넬 해체시 어려움이 있음. 5. 박리재 도포로 안전사고의 위험성 있음.

2.2 일체식 거푸집 조립공법의 개요

본 연구에서 기존 시스템 거푸집을 수정·보완하여 시공성 및 단면의 품질향상을 목표로 다음과 같은 상세를 갖는 새로운 일체식 거푸집 조립공법을 개발하였다.

구 분	네모도	슬래브 판넬 + 벽체판넬	멍에 빔 + 벽체판넬	슬래브 판넬 상세
사 진				
특징	1. 단차이 극복이 용이하고, 네모도 선행해체에 따라 벽체판넬의 해체가 용이하며, 판넬 파손방지 2. 인코너 판넬 삭제에 따른 조립공정의 감소 3. 인코너 판넬과 슬래브 판넬, 또는 멍에빔 접합부에서 발생할 수 있는 처짐 등의 하자 방지 4. 벽체판넬에 접합되는 슬래브 판넬의 측면을 코팅 합판 처리하여 단면품질 향상 및 시공성 증진			

3. 대상 공법의 성능검증 및 평가

대상 공법의 구조적 성능을 평가하기 위하여 이론적 검증과 현장계측 및 성능실험을 수행하였다.

3.1 대상공법의 이론적 단면성능 평가

각 부재의 성능 평가를 위하여 아래와 같이 연구를 수행하였으며, 각 부재에 작용하는 하중과 부재의 물성치는 표 1, 표 2와 같다.

표 1. 연직하중의 산정

하중의 종류	산정근거	작용하중
Con'c Slab (t=210mm)	23.5kN/m^2×0.21m	4.94 kN/m^2
작업하중	1.47kN/m^2	1.47 kN/m^2
충격하중	고정하중의 50%	2.47 kN/m^2
계		8.88 kN/m^2

표 2. 부재의 설계기준 및 물성치(kN/cm^2)

구분	탄성계수 (E)	항복강도 (Fy)	허용 휨인장 응력도(ft)
멍에빔	6,767	24.52	13.04
슬래브 판넬	6,767	24.52	13.04
벽체 판넬	20,594	23.54	15.69

3.2 각 부재의 이론적 성능검토

부재의 성능을 평가하기 위하여 사용된 기준식은 다음과 같다. 휨에 대한 기준은 (식 1)은 기준으로 하며, 처짐에 기준은 (식 2)이다. 허용 처짐량은 가설공사표준시방서의 $l_n/360$와 6.00mm를 적용하였다.

$$M=\frac{wl^2}{8}\le f_b \cdot Z \quad \cdots\cdots\cdots \text{(식 1)} \qquad \delta_{max}=\frac{5wl^4}{384EI}\le 0.3cm \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{(식 2)}$$

1) 멍에빔의 처짐검토

$\delta_{max}=(5\times106.56\times150^4)/(384\times6,767,000\times507.9)=0.204cm\le 1,500/360=0.42cm \rightarrow O.K$

2) 벽체 거푸집의 처짐검토 (최대측압 P=46.09kN/m)

① 판넬 프레임의 처짐 검토(tie 간격 30cm)

$\delta_{max}=(5\times317.73\times30^4)/(384\times20,594,000\times12.56)=0.013cm\le 30/360=0.083cm \rightarrow O.K$

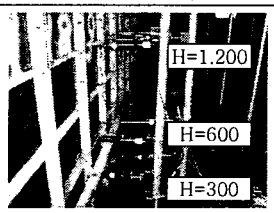
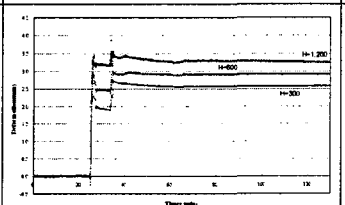
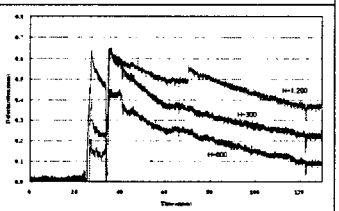
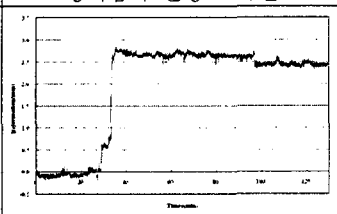
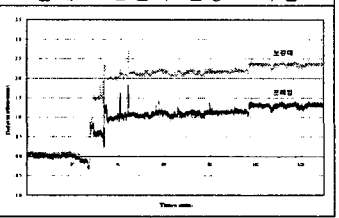
② 면판 보강대의 처짐검토

$\delta_{max}=(5\times211.8\times45^4)/(384\times20,594,000\times5.34)=0.103cm\le 45/360=0.125cm \rightarrow O.K$

3.3 현장계측 및 조사

시험시공 현장에서 콘크리트 타설에 따른 거푸집의 변형을 측정하였다. 측정은 타설 전 30분 부터 타설 후 90분에 걸쳐 총 2시간 동안 실시되었으며, LVDT를 이용하여 부재의 변형량을 측정하였다. 측정결과, 벽판넬의 프레임과 보강대는 3.25mm와 0.65mm의 변형을 나타내어, 허용오차인 6.0mm와

표 3 현장계측 장비 설치상황 및 측정결과

구 분	LVDT 설치	프레임 변형량 검토	보강대 변형량 검토
벽 체			
구 분	LVDT 설치	멍에빔의 변형도 곡선	슬래브 판넬의 변형도 곡선
슬래브 & 멍에빔			

1.25mm를 초과하지 않는 것으로 평가되었고, 멍에빔과 슬래브 프레임, 보강대의 변형량은 2.84mm, 1.33mm, 1.06mm로, 역시 허용오차인 4.17mm와 3.33mm 그리고, 1.67mm를 초과하지 않는 것으로 평가되었다.

3.4 구조성능 평가실험

실험은 멍에빔과 슬래브 판넬의 양단지점을 힌지로 형성하고, 25tf 엑츄에이터를 이용하여 부재의 길이의 1/3지점을 2점 가력하여 단순가력과 피로실험을 수행하였다. 셋팅과 결과는 표 4, 표 5와 같다.

표 4 멍에빔 셋팅과 실험결과

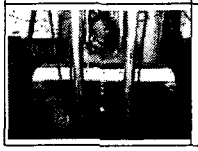
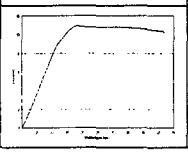
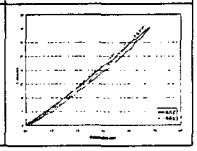
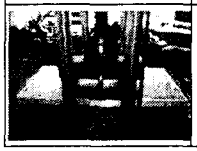
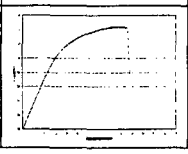
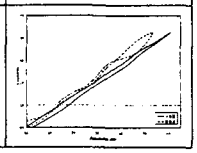
실험체 설치상황	하중변위 곡선	피로시험 결과
		

표 5 슬래브 판넬 셋팅과 실험결과

실험체 설치상황	하중변위 곡선	피로시험 결과
		

실험결과, 피로에 의한 잔류변형은 발생하지 않았다, 단순가력 결과, 멍에빔은 작용하중 상태인 15.99kN에서 약 2.37mm의 변형량을 나타내어 현장 계측값과 약 19.9%, 이론값과는 약 14%정도의 차이를 나타냈으나, 모든 값이 허용오차를 만족하였다. 슬래브 거푸집은 작용하중 상태인 6.4 kN에서 약 9.0mm의 변형량을 나타내었으나. 현장 계측시 1.33mm의 변형이 발생하여 다소 많은 차이를 보였는데, 이는 실험의 지점조건이 현장조건과 상이함에 따른 것으로 판단되며, 이에 대한 보완적 연구와 검증이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서 제안된 공법의 검증을 위해 실험 등을 수행하여, 아래와 같은 결론을 얻었다.

1) 현재 벽식구조 아파트에 사용되는 거푸집 공법 중 유로폼을 이용한 재래식 공법과 시스템 공법의 분석을 통해, 일체식 거푸집 조립 신공법을 제안하였다.

2) 현장계측과 실험을 통해 각 부재의 성능을 평가한 결과, 가설공사 표준시방서에서 요구하는 A급 변형조건(ln/360 또는 6mm 이하)을 만족하였으며, 거푸집의 전용와 펌핑으로 인한 판넬의 피로에 대한 성능을 검토한 결과, 잔류변형이 발생하지 않아 피로에 대해 우수한 성능을 갖는 것으로 판단된다.

3) 부재의 작용하중에 따른 변형량을 이론값과 현장계측값, 성능시험에서 얻어진 데이터를 근거로 비교한 결과, 슬래브 거푸집의 성능평가실험의 데이터를 제외한 모든 결과에서 요구조건을 만족하는 수준에서 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 슬래브 거푸집의 변형량이 다소 상이하게 나타난 것은 실험조건과 현장에서의 거푸집의 지점조건의 상이함에 따른 것으로 판단되며, 이에 대한 보완적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

상기의 결과에서 제안된 공법은 수직압과 측압에 대해 기존 거푸집과 유사한 저항성능을 갖는 것으로 평가되었으며, 건설현장에서 시공성 증진과 숙련공과 인력투입의 감소 및 안전사고의 감소에 있어 우수한 성능을 나타내어, 궁극적으로 거푸집 공사의 경제성을 향상시킬 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 정영수 외 4인, 건설프로젝트 거푸집 선정요인의 현황 및 개선방향, 건축시공학회 추계학술논문 발표대회 논문집, V.5, n.2(통권 제 9집)(2005-11)
2. 이복남 외 1인, 생산성 향상을 통한 건설현장 기능인력 수요 절감방안-문제제기 및 연구방향 제시, 한국건설산업연구원 건설산업동향, 2002. 8. 30, 2002-19