

박판 프리캐스트 콘크리트 영구거푸집 시스템 연구(II)

A Study of Permanent Form System by Thin Precast Concrete Panel(II)

남기룡* 정문영** 정문열**
Nam, Ki-Ryong Jeong, Moon-Young Cheong, Mun-Yol

서치호*** 김윤일****
Seo, Chi-Ho Kim, Yun-Il

Abstract

Nowadays domestic building market has undergone several changes. Labor costs are too high and materials are in short supply. These raised building costs and therefore lowered productivity.

At this point it is the best way to reduce manual labor and find alternative materials that can improve productivity. In the building process form work take the most part of it. So many formwork systems were developed to reduce the construction period and labor cost. But their technical improvements just limited to adjust form shape-the role of form is not changed.

This research developed a new formwork systems that can function to unify or minimize the unit process with cast-in-place type permanent form. In former study(reported in '97 spring seminar), we did the assembling test with column and beam clamps. Furthermore, In this paper, we examined the total systems of form erections and evaluated the structural performances.

1. 서 론

최근 국내 건설시장은 급속히 심화되는 건설인력난과 자재난에 따른 공사원가의 상승, 그에 따른 생산성의 상대적 저하, 건설시장의 개방에 직면하여 어려움을 타개하기 위한 다각적인 노력을 추구하고 있으며 그 가운데 설계와 시공의 과학화를 통한 생산성 향상이 가능한 공사로서, 거푸집공사의 관련기술 개발 필요성이 점차 증대되고 있다.

따라서 본 연구에서는 조립식 거푸집에 적합한 박판형태의 콘크리트 거푸집(이하 박판영구거푸집으로 표기)을 재생골재 미분말을 사용하여 개발함으로써 목재거푸집 대체와 천연골재를 보호하는데 기여하는 환경친화형 제품으로 개발하고자 했으며 이에 필요한 시공 시스템을 개발함으로써 본 거푸집의 실제 적용에 따른 거푸집공사의 공기단축과 노무비절감 측면에서 성력화를 도모하고자 했다.

이에 박판거푸집의 제조 및 거푸집 조립용 부재를 개발하여 효용 가능성을 검토했으며(본 학회 '97년도 중간발표) 이어 시공의 시스템화에 대한 검증 및 시공 후의 구조적 안정성을 평가하였다.

* 정회원, 한라건설(주) 기술연구소 책임연구원

** 정회원, 한라건설(주) 기술연구소 연구원

*** 정회원, 건국대학교 건축공학과 교수

**** 정회원, 관동대학교 건축공학과 교수

2. 구조실험

2.1 실험목적

RC시험체와 박판영구거푸집을 사용한 시험체와의 비교 실험을 통한 박판영구거푸집이 사용된 기둥 및 보의 용력과 변형에 대한 정립 및 내하력실험을 통해 RC 시험체와 박판 영구거푸집의 균열의 패턴과 박리현상을 check하며 박판영구거푸집의 재하에 따른 내구성 파악한다.

2.2 실험계획

2.2.1 시험체 계획

표1 1축압축시험체 개요

시험체	단면 (cm×cm)	높이 (cm)	피복 (cm)	주근		띠철근		fc(kgf/cm ²)	시험체 설명
				사용철근	fy(kgf/cm ²)	사용철근	fy(kgf/cm ²)		
C-R-C-5	22.5×22.5	67.5	2	4-HD13	4000	5-HD6 @150	4000	210	C:column R:RC T:thin(박판) S:small L:large C:1축압축
C-R-C-4						4-HD6 @200			
C-R-C-3						3-HD6 @300			
C-TS-C-5	25.5×25.5	67.5				5-HD6 @150			
C-TS-C-4						4-HD6 @200			
C-TS-C-3						3-HD6 @300			
C-TL-C-6	25.5×25.5	76.5				6-HD6 @150			
C-TL-C-4						4-HD6 @200			
C-TL-C-3						3-HD6 @300			

표2 기둥추가 시험체 개요

TYPE(加壓面 에 따라)	시험체명	시험체구성	加壓面/ 支壓面	박판부착 철물	단면적(cm ²)		배근		fc (kgf/cm ²)
					RC	RC+박판	느근	주근	
1	기둥A	2면박판+2면RC	순단면	유	506	625	φ6 @200	4-HD13	278.5
	기둥B	//	순단면	무					
2	기둥C	//	RC	유					
	기둥D	//	RC	무					

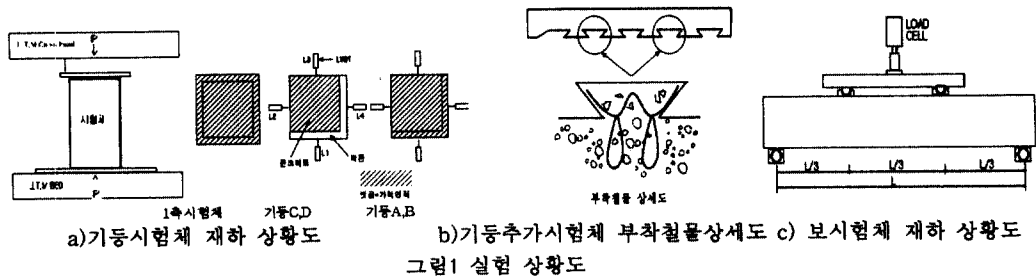
표3 보 시험체 개요

시험체	시험체 개요	단면(cm ×cm)	길이 (m)	피복 (cm)	주근(인장/압축)		띠철근(단부/중앙)	
					사용철근	fy(kgf/cm ²)	사용철근	fy(kgf/cm ²)
B-R-BE	RC시험체	30×45	4	4	3-HD19	4000	HD10 @150	4000
B-T-BE-1	이음부위가 없는 시험체	35×47.5						
B-T-BE-2	중앙에서 분리되어 두 판 으로 연결된 것	35×47.5						

2.2.2 실험 방법

기둥 시험체는 200ton U.T.M을 보 시험체는 30ton 오일잭을 사용하였다. 기둥 시험체에서 1축시험체와 기둥 추가시험체 중 기둥A,B는 전면 가력 하였고 기둥 C,D의 경우 RC만을 가력하였으며 기둥 A,C는 부착 철물을 삼입하여 기둥B,D와 박판영구거푸집의 박리 현상을 비교하였다.

보 시험체의 경우 2점가력 하였으며 시험체 중앙하부에 변위계를 설치하여 처짐을 check하였다.



2.3 실험결과

2.3.1 기둥1축실험 결과

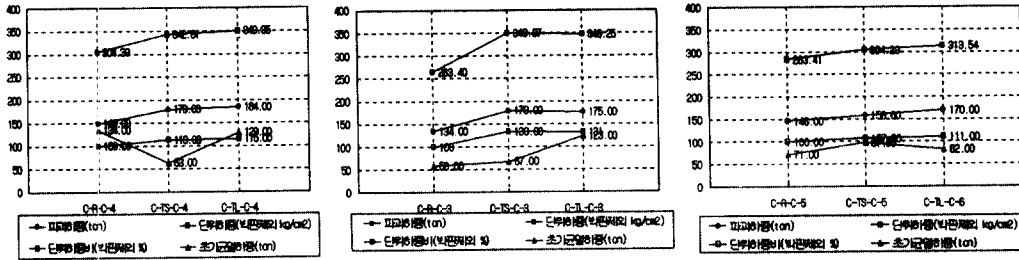


그림2 1축 각시험체별 하중도

2.3.2 추가 실험결과

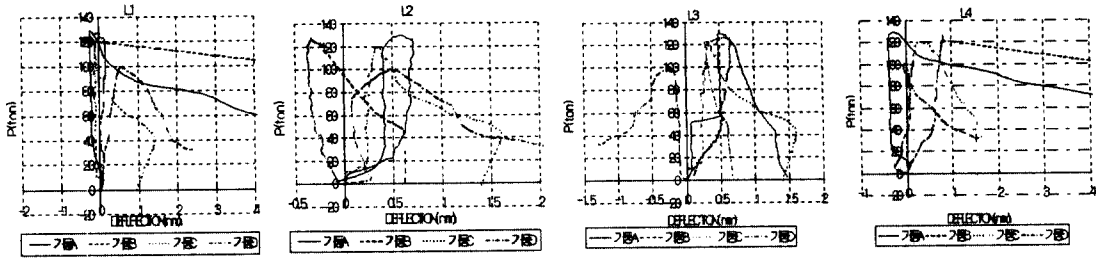
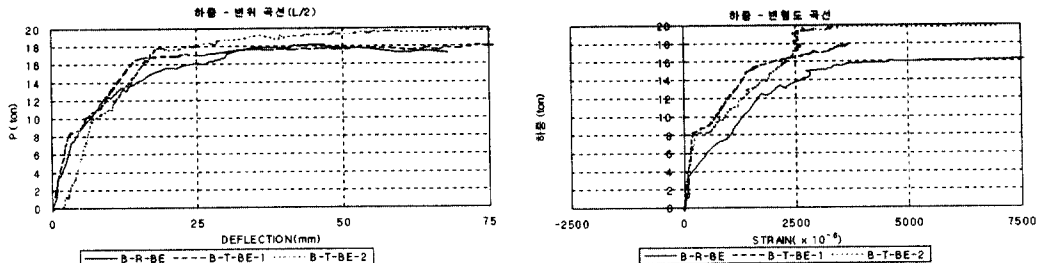


그림3 기둥 추가실험 각 면의 변위

2.3.3 보 휨 실험 결과



a) 시험체 중앙 변위

그림4 보 휨시험체 변위

b) 하부주근 변형도

2.4 실험결과 분석

2.4.1 기동실험 결과

표4 1축압축능근별 시험체 하중 비교

녹근의 갯수	시험체명	단위하중(kgf/cm ²)	단위하중차(B-A)(kgf/cm ²)	B/A
5	C-R-C-5(A)	283.41	21.08	1.07
	C-TS-C-5(B)	304.49		
4	C-R-C-4(A)	304.39	38.22	1.13
	C-TS-C-4(B)	342.61		
3	C-R-C-3(A)	263.4	85.67	1.33
	C-TS-C-3(B)	349.07		

표4에서 보듯이 기준RC보다 박판으로 둘러싸인 시험체의 하중이 7-33%까지 상승하였다. 균열의 양상은 하중 재하시 초기에 박판의 접합부에서 수직한 균열이 발생하였으며 파괴하중에 이르러서는 박판이 종균열이 일어나면서 취성적인 파괴양상을 보였다. 이때의 RC면을 살펴보면 이미 균열이 상당히 진행된 것이 보인다. 이는 RC면이 이미 항복하고 박판이 수직한 하중을 견딘 결과로 분석된다.

2.4.2 기동추가실험 결과

TYPE1. - 기동A의 경우 박판은 최고하중까지 충분히 견딘다음, 접합부에서 서서히 균열이 가면서 벌어짐이 발생하여 박판의 거동을 충분히 알수있었지만 기동B의 경우는 최고하중에 이르러 박판 거꾸집이 파괴되어 뺏겨나가는 취성적인 변화를 일으켰다.

TYPE2. - 부착철물을 삼입한 기동C의 경우 박판은 거꾸집의 벌어짐이 서서히 발생하고 기동D의 경우도 박판이 하중에 직접 재하되지 않아 취성적으로는 변하지 않았으나 벌어지는 정도는 기동C에 비해 크게 나타났다.

2.4.3 보실험 결과

(1) 균열상황 : 시험체에 하중을 가하면 파괴하중의 40%까지는 시험체에 균열이 발생하지 않지만 최대 휨 모멘트를 받는 영역에서 초기 균열이 발생하였다. B-T-BE-1과 B-T-BE-2의 시험체들은 8 - 9 ton 의 하중에서 초기 균열이 일어났으며 B-R-BE의 시험체는 10ton에서 일어났다.

균열은 최대 모멘트를 받는 영역에서 70 - 80%의 균열이 발생하였으며 균열양상은 보 밑면을 관통하여 기울어 짐이 크지않는 전형적인 휨균열의 양상을 보였다.

(2) 하중-변위/변형도 관계 : 탄성범위에서는 모든 시험체가 비슷한 양상을 보이고 있으나 B-T-BE-2 가 B-R-BE 보다 최대하중이 약 10%증가하였다. 하단부 주근에 대한 철근의 하중 - 변형도 곡선은 각 하중 - 변형도 곡선이 거의 비슷한 양상을 보이고 있고 B-R-BE 의 경우 최대 하중의 80 - 85 % 범위인 15 - 16 ton의 하중에서 초기 항복이 발생하였고 B-T-BE-1과 B-T-BE-2 의 경우 최대하중의 90 - 95% 인 18 - 19ton에서 초기 항복이 나타났다. 이는 박판영구거꾸집으로 둘러싸인 시험체의 경우 박판으로 인한 단면적의 증대가 내력의 증대로 나타났음을 알 수 있다.

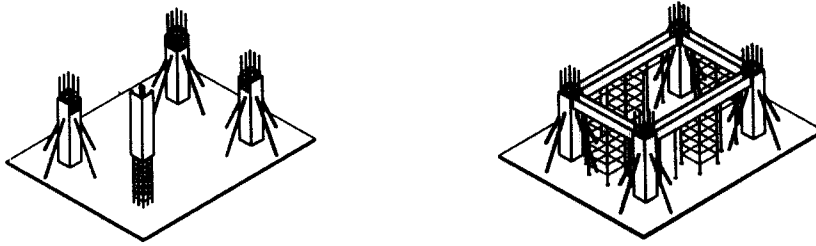
(3) 처짐 : 철근 콘크리트 설계규준(3.3.2.3)에서는 과도한 처짐에 의해 손상되기 쉬운 비구조 요소를 부착한 지붕 또는 바닥구조의 처짐은 L/480으로 제한한다. 실험에서는 규준에 의한 처짐이 L=3.75m 일때 $\delta = 8.02\text{mm}$ 로 이때의 처짐량은 하중이 B-R-BE의 경우 11ton, B-T-BE-1, B-T-BE-2는 각각 10, 11ton이 될 때 발생하였다.

3. 시공실험

3.1 시공방법

본 시스템의 작업은 거꾸집을 별도의 작업공간에서 조립하고 작업 슬라브의 기동철근에 기동거꾸집

을 상부에서 띄우는 방법으로 시공한 후 보거푸집을 기둥과의 접합부에 세팅한다. 그후 보철근을 정착시키고 콘크리트를 타설하여 작업을 완료한다. 이 시공개념도를 그림5에 나타냈다.



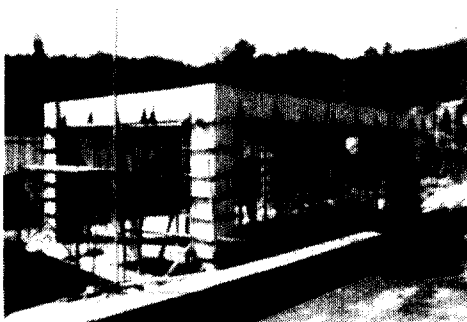
a)기둥거푸집 시공 순서도

b)시공 완료도

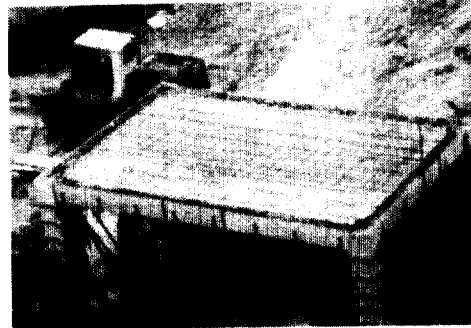
그림5. 박판영구거푸집 시공개념도

3.2 시공시험

최종시공시험의 계획은 기둥거푸집과 보거푸집의 접합부관계, 현재 박판거푸집의 공장생산이 가능한 최대길이가 5m 인점 감안해 장스팬 보(7.5m)에 대한 박판거푸집의 시공효율성을 평가하기 위해 박판거푸집을 이어 조립하는 방법, 보 수직동바리의 불안정성과 높이조절이 어려운 점을 개선하기 위한 틀비계의 적용성에 대해 집중적으로 검토했다. 그림6은 본 시공시험의 완료상태를 보여주고 있다.



a)측면



b)상부면

그림6 시공완료상황

시험결과 기둥과 보의 접합부는 좌우유격 7mm에 대해 무리없이 시공할 수 있었고 이 유격은 발포폼과 같은 재료로 실링을 하면 콘크리트 타설시 문제가 없었다. 장스팬 보의 박판거푸집 이어붙이기 조립은 정밀도를 유지하는데 다소 까다로운 점이 있으나 이음부위에 별도의 보강을 하므로써 해결하였다. 박판거푸집은 재래의 합판거푸집과 달리 기둥과 보가 별도의 구조로서 서로 고정되어 있지 않으므로 보의 동바리는 보의 중심부에 잭베이스를 설치한 틀비계를 사용하여 보의 전후좌우의 움직임을 방지할 수 있었으며 보의 높이를 조절하기에 용이하여 시공성이 향상되었다.

3.3 경제성 비교

단면이 50×50cm인 기둥거푸집을 4조 조립하는데는 목공이 아닌 단순작업자 3인 기준 약60분정도 소요되며 보거푸집은 연길이 24m를 조립하는데 약 150분 정도가 소요되었다. 이와같이 박판영구거푸집시스템을 적용할 경우 인건비의 절감과 공기단축에 효과가 클것으로 예상된다. 공기의 단축은 단위 골조공사를 10일로 기준할 때 박판거푸집은 약 7일정도면 충분할 것으로 평가된다.

표는 대상건물의 기둥, 보의 골조공사비를 합판거푸집과 박판영구거푸집으로 대별한 것으로 재료비

는 박판영구거푸집의 가격과 조립용부재생산에 따른 초기투자비가 증가하는 부담이 있으나 인건비와 장비비등에서 감소효과가 있어 전체공사비는 약 7%정도 감소될 수 있을 것으로 평가되었다. 이외에 박판영구거푸집을 적용하면 골조공사에 필요한 반송자재의 감소와 이로인한 자재손실의 감소, 공사현장의 정돈상태 등의 유지관리가 유리한 무형의 부수적인 효과도 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

표5 합판거푸집과 박판영구거푸집의 공사비 비교

	합판거푸집		박판영구거푸집		증감	
	공사비	비율	공사비	비율	공사비	비율
재료비	74,679,000	100	97,526,000	130	+22,847,000	+30
인건비	71,598,000	100	39,982,000	56	-31,616,000	-44
기타(장비비 등)	8,217,000	100	5,752,000	70	-2,465,000	-30
계	154,494,000	100	143,260,000	93	-11,234,000	-7

* 공사개요 : 지하2층 지상10층 RC조 (연면적 4,642 m²)

4.결론

(1) 기동실험에서 하중이 박판을 포함하여 전단면에 재하될 경우 하중은 7-33%의 상승이 이루어졌으나 33%의 하중상승은 박판에 균열이 생겼을 때 균열면이 서로 맞물려 하중이 계속 재하되는 상황에서도 맞물린 균열면들이 한판으로 거동해 하중 상승효과를 일으키는 경우이기 때문에 실제 시공되는 기동에서는 발생수 없으며 정상적인 상황에서는 약 7-13%의 하중이 상승했다.

(2) 1축실험의 문제점으로 나타난 박판영구거푸집의 취성적인 파괴는 기동 추가실험 결과에서 보듯이 박판과 RC면 사이에 부착철물을 삽입함으로써 보완되었고 박판거푸집의 거동은 예측가능하게 되었다. 사용되는 부착 철물과 박판에 철물이 삽입되는 방법에 따라 박판 거푸집의 취성적인 거동이 향상될수 있다고 판단되며 이에대한 추가적인 연구가 계속 진행되어야 할 것이다.

(3) 보 거푸집 대응으로 박판영구거푸집이 사용될 경우 기준이 되는 RC시험체보다 최대하중이 상승되었지만 이는 박판에 휨 균열이 진행된 상황에서 나타난 것으로 기대효과로 볼수 없으며 다만 박판거푸집이 기동 1축실험에서 처럼 취성적인 변형을 보이거나 탈락되는 현상이 나타나지 않아 순수 거푸집 용도로의 사용이 가능하다고 판단된다.

(4) 철근 콘크리트 설계기준(3.3.2.3)과 관련하여 본 실험에서는 박판의 처짐 δ 를 L/480으로 제한하였다. 그러나 박판에 대한 초기균열이 이미 기준의 변위에 도달하기전에 발생하였으

므로 초기 균열의 발생한 상황에서의 변위가 처짐기준을 만족한다고해도 박판의 특성상 위의 기준을 적용함은 적절하지 않다고 판단된다. 그러므로 향후 추가적인 실험을 통하여 초기 균열이 발생할 때의 변위값을 기준으로한 박판 거푸집의 처짐 기준을 새로이 마련해야 할 것이다.

(5) 시공성의 측면에서는 박판영구거푸집의 단위조립과 각 거푸집과의 조립 시공성이 양호하였으며 콘크리트의 타설에 대한 안정성이 있는 것으로 확인되었다. 또한 거푸집조립을 약간의 훈련을 받은 작업자가 충분히 수행할 수 있어 노동력의 수급원할 및 인건비 절감에 효과가 있을 것으로 보이며 공기의 단축등으로 전체 골조공사비를 약 7% 정도 절감할 수 있을 것으로 나타났다.

본 연구는 건교부 위탁과제로 진행되었음을 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 월간 기술정보팀, 최신건축기술정보, 9권, 산업도서출판공사
2. 김기동, "거푸집의 설계개념", 콘크리트학회지, pp. 17 - 25, 1995. 8.
3. 대한 건축학회, 극한강도설계법에 의한 철근콘크리트 구조설계기준 및 해설, 기문당
4. E, G, 나위, 철근콘크리트<기본적 설계방법>, 남양문화, 1997