

# 비탈형 영구거푸집의 품질평가에 관한 연구

## A Study on the Quality Evaluation of Permanent form

김형남\* 김우재\*\* 김성식\*\*\* 김영희\*\*\*\* 정상진\*\*\*\*

Kim, Hyung Nam Kim, Woo Jae Kim, Sung Sic Kim, Young Hoe Jung, Sang Jin

### ABSTRACT

This study is about quality test of permanent form for practical application. Nowadays domestic building market in the face of 3D, in addition to construction cost increase, materials lack problems and opening a building market to foreign countries, is trying to find out the efficient ways of overcoming these problems. So the efficacy of form work to technical improvement will contribute a practical permanent form in field through quality test of permanent form. In this paper, we examined the total system of form erections and evaluated the structural permanent of columns and beams.

#### 1. 서론

건설 산업의 발달과 함께 구조물을 구축하는 공법 또한 각 공종별로 발전하여 왔으나 콘크리트를 형상화시키기위해 필수자재라 할 수 있는 거푸집공사도 많은 개발이 이루어져 왔다. 그러나, 종래의 거푸집은 탈형이라는 공정을 거치게 되어 건축 폐자재에 의한 환경저해와 작업인력이 많이 소요되었다. 이러한 단점을 없애기 위한 방안중에 하나로 거푸집공사에 관한 기술개발로 생산성 향상의 필요성이 증대하고 있다.

따라서, 본 연구는 비탈형 영구거푸집개발 (비탈형 영구거푸집이란, 콘크리트를 타설한후 탈형하여 구조체를 완성하는 일반 거푸집의 단점을 개선하고자 프리캐스트 방법을 도입하여 공장에서 제작후 현장에서 조립만 실시하고, 콘크리트를 타설후 탈형을 하지 않는 거푸집을 말한다.) 을 위한 2차년도 연구로서 현장 적용화하여 생산체제로 들어가기전 비탈형 영구거푸집(이하 영구거푸집으로 표기함)에 대한 품질평가로서 RC, 플라이애쉬, 폴리머를 이용한 영구거푸집의 보, 기둥 시험체를 만들어 거푸집의 강도 및 변형을 조사하여 영구거푸집의 시공 시스템화에 대한 검증을 하였다.

#### 2. 사용재료 및 배합표

영구거푸집에 사용한재료는 표 1,2,3,4에 나타내었다. 시멘트는 보통포틀랜드시멘트로 국내 S사에서 생산된 것으로서 KS L 5201규정에 적합한 것으로 그 물리적 성질과 화학적 조성은 표 1과 같다. 골재중 세골재 및 조골재는 충북 청원군 부용산으로 최대직경 5mm, 25mm 이하의 것을 사용하였고 물

\* 정회원, 단국대 대학원 석사과정

\*\* 정회원, 단국대 대학원 박사과정

\*\*\* 정회원, 시립인천전문대학교 건축학과 교수

\*\*\*\* 정회원, 단국대 건축공학과 교수

리적 특성에 관한 시험 결과는 표 2와 같다. 본 연구에서 사용한 플라이 애쉬는 보령산 F급으로 KS L 5401규정에 적합한 것이며 그 물리적 특성은 표 3 과 같다. 영구거푸집 제작용 배합은 표 4에 나타내었다. 본 실험에서는 영구거푸집의 경제성을 고려하여 플라이 애쉬를 시멘트 치환비 20%를 혼입하여 시험체를 제작하였다. 시험체는 압축강도 350kg/cm<sup>2</sup>이상, 휨강도 100kg/cm<sup>2</sup>으로 물성을 확보하였다.

표 1 시멘트의 물리적, 화학적 조성

화학적성질	성분	강열감량(LOI)	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	구성비율(%)	1.0	21.1	2.9	62.5	3.3	2.2	6.5
물리적성질	비중	분말도(㎎/g)	안정성	음 걸 시 간		압축강도(kg/cm <sup>2</sup> )		
	3.15	2,900	양호	초걸	종걸	3일	7일	28일
				4h	6h	198	272	389

\* S사의 시험결과표

표 2 골재의 물리적 성질

골재종류	생산지	최대치수(mm)	표건비중	흡수율(%)	단위용적중량(kg/m <sup>3</sup> )	실적율(%)	조립율(%)
세골재	충북 부용산	5.0	2.52	0.96	1,600	62	2.88
조골재	충북 부용산	25.0	2.70	0.68	1,510	64	6.68

표 3 플라이애쉬의 물리적 특성

생산지	강열감량(%)	단위수량비(%)	분말도(㎎/g)	비중	SiO <sub>2</sub>	압축강도비	습분(%)
보령	3.75	100	3,206	2.18	59.7	95	0.11
KS규격	5이하	102이하	2,400이상	1.95이상	45이상	60이상	1이하

표 4 일반시멘트모르터를 이용한 비탈형영구거푸집 배합표

시멘트(C)	세골재(S)	플라이애쉬(F)	물(W)	섬유(FI)	혼화제(A)
566	1051	142	303	26	10

### 3. 영구거푸집 기둥의 압축강도와 보의 휨 실험

#### 3.1 실험개요

##### (1) 실험목적

본 실험은 영구거푸집의 현장 적용실험의 전 단계로서 영구거푸집 기둥과 보의 역학적 성능을 평가하였다. 시험체로는 RC 와 플라이애쉬, 폴리머를 사용한 영구거푸집 시험체를 비교하여, 영구거푸집이 사용된 기둥 및 보의 하중에 대한 변형을 조사하였다. 실험항목으로는 기둥과 보의 최대하중조사, 균열형태조사, 철근의 변형관계를 조사하여 영구 거푸집의 재하에 따른 역학적 성능을 검토한후 실제부재로 쓰일때의 사용성 여부를 확인하는데 목적이 있다.

##### (2) 시험체의 계획 및 형상

기둥과 보 시험체는 RC, 폴리머, 플라이애쉬 시험체를 각각 만들어 실험실의 조건과 시험체의 구조적 거동을 적합하게 나타낼수 있는 크기로 계획하여, 기둥의 압축강도와 보의 휨강도를 비교하였다. 기둥시험체의 크기는 길이 100cm, 가로50cm, 세로 50cm이며 주근은 4-D13으로 배근 하였고, 늑근은

D6 @150으로 배근하였다. 보시험체는 길이 3m, 폭 30cm, 층 50cm에 인장근은 3-D19 압축근은 2-D19으로 배근하였고, 전단 보강근은 D10 @150으로 배근하였다. 변형을 측정기(strain gauges)는 하부 인장주근의 중앙점부근과 단부쪽으로 35cm, 70cm떨어진 곳에 부착하였다.(그림 1,2참조)

표 5 기둥 시험체 개요

시험체	단면 (cm×cm)	높이 (cm)	피복 (cm)	주근		띠철근		fc(kgf/cm <sup>2</sup> )	시험체 설명
				사용철근	fy(kgf/cm <sup>2</sup> )	사용철근	fy(kgf/cm <sup>2</sup> )		
C-P	30×30	100	3	4-D13	2400	D6 @150	2400	210	C:기둥 P:폴리머 R:RC N:flyash
C-R	30×30	100	3						
C-N	30×30	100	3						

표 6 보 시험체 개요

시험체	단면 (cm×cm)	길이 (cm)	피복 (cm)	주근		띠철근		시험체 설명
				사용철근	fy(kgf/cm <sup>2</sup> )	사용철근	fy(kgf/cm <sup>2</sup> )	
B-P	30×50	300	3	압축: 2-D19 인장: 3-D19	2400	D10 @150	210	B: 보 P: 폴리머 R: RC N: fly ash
B-R	30×50	300	3					
B-N	30×50	300	3					

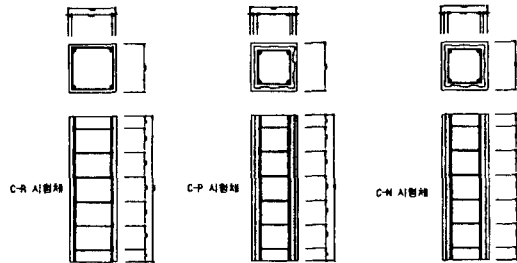
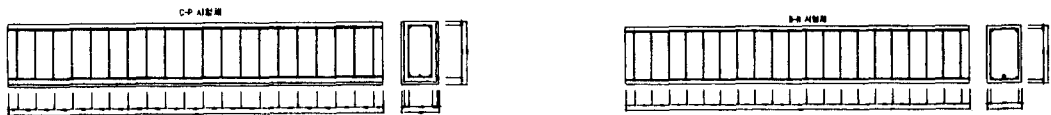


그림 1 기둥 시험체의 형상



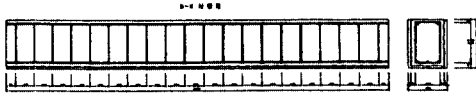


그림 2 보 시험체의 형상

### (3) 가력 및 측정방법

기둥 시험체는 300ton U.T.M, 보 시험체는 30ton 오일잭을 사용하였다. 기둥 시험체는 거푸집의 변형상태를 조사하기 위하여 중앙점에서 편심거리  $e = 5\text{cm}$ 에서 계획하였고, 편심이 재하되기 위하여 그림 3에서 보듯이 재하용 가력단에 한지를 시험체의 중앙에서 5cm 위치에 설치하여 편심가력이 이루어 지도록 시험체를 설치 하였다. 보 시험체는 중앙점 가력형식으로 가력하여 시험체가 파괴할때까지 재하하였다. 시험도중에는 철근의 변형을 Wire Strain Gauge을 부착하여 TDS-601로 측정하였고 시험체 변위는 가력점 하단부 중앙에 설치한 1/1000mm 전기식 변이계로 처짐을 조사하였다.(그림 5참조)

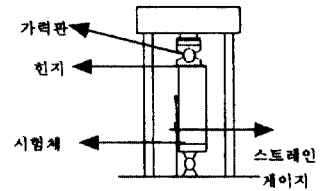


그림 3 기둥 시험체의 가력 및 측정

## 4. 실험결과 및 분석

### (1) 기둥 시험체의 파괴상황

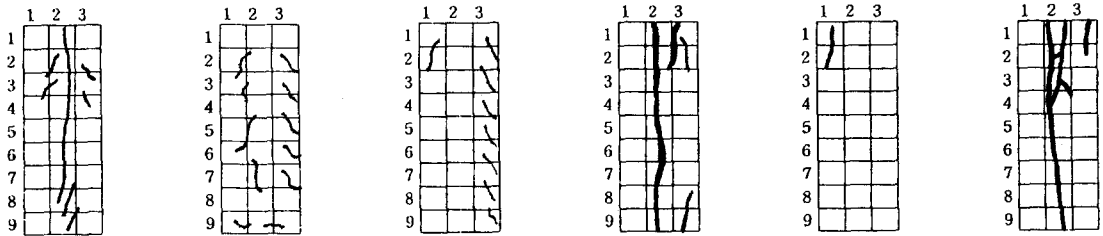
기준 RC 시험체보다 비탈형 영구 거푸집의 시험체는 최대 하중이 7~30%까지 상승하였다.(표 7참조) 균열양상을 보면 일반 RC 시험체는 가력판 부근 즉 지점부근에서 압축파괴가 발생하여 균열이 종 방향으로 진행하여 RC표면이 박리되는 양상을 보였으며 C-N, C-P 시험체의 균열양상은 하중 재하시 초기에 영구거푸집의 접합부에서 수직균열이 발생하였으며 최대 파괴하중에 이르러서는 취성적인 파괴가 일어나지 않고 서서히 접합부가 벌어지는 양상을 보였다.

표 7 기둥 시험체의 하중 결과

시험체명	단면적	높이	파괴하중	비율	초기균열하중	시험체명
C - R	30×30	100	98.9t	1	58t	C: 기둥
C - N	30×30	100	106t	1.07	93t	R: RC 시험체
C - P	30×30	100	128.6t	1.30	98t	N: 폴리아에쉬 시험체
						P: 폴리머 시험체

### (2) 기둥 시험체의 균열 양상

일반 RC 시험체는 가력점 부근에서 초기파괴가 발생하여 점차 균열이 중앙부 파괴로 발전하여 콘크리트의 표면 박리가 일어났다. 그러나, 영구 거푸집은 균열의 발생수가 RC시험체에 비해 상당히 적었고, 또한 RC시험체는 잔균열이 많이고 길이가 길지 않음에 반해 영구 거푸집 시험체는 접합부에 균열이 가면 상당히 길게 진행되고 그 폭은 최초에는 미세하지만 재하가 진행될수록 타부위의 균열 진행보다 계속해서 커지는 양상을 보인다. 이는 영구 거푸집의 특성에 기인한 것으로 보이며 RC시험체가 방사상의 거미줄 형태로 균열이 진행되다 최대하중 부근에서는 거미줄 형태 균열의 한 cell이 박리되어 떨어져 나간데 비해 영구 거푸집은 지점 부근의 압축파괴에 의해 균열이 대부분 종 방향으로 발생 하였다. (그림 4참조)



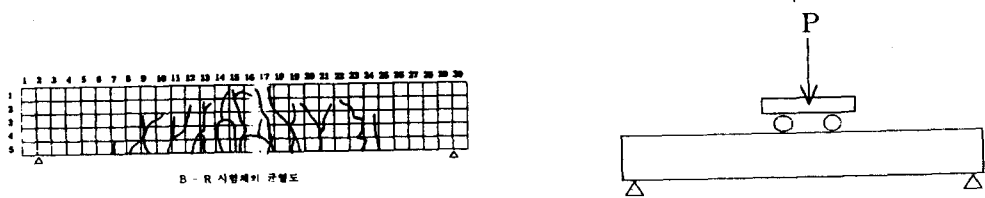
C - R 정면      C - R 옆면      C - N 정면      C - N 옆면(접합부)      C - P 정면      C - P 옆면(접합부)  
**그림 4 기둥 시험체 균열 양상**

**(3) 보 시험체의 파괴상황**

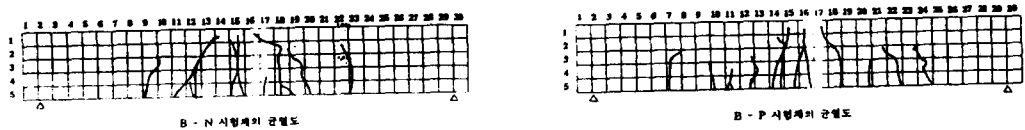
3가지 시험체에 하중을 가하면 B-N 시험체는 최대 휨모멘트를 받는 영역에서 최대하중의25%인 6.4t에서 초기균열이 발생하였고 B-R 시험체는 최대하중의28%인 7.7t, B-P 시험체는 최대하중의34%인 10.4t에서 초기균열이 발생하였다. 균열 양상은 사인장 균열이 나타나지 않고, 보 밑면을 관통하는 전형적인 휨 균열의 양상을 보였다.

시험체	초기균열	실계하중	최대하중	비율	시험체명
B - N	6.4t	14.5	25.5t	1	B: 보
B - R	7.7t	14.5	27.5t	1.08	R: RC 시험체
B - P	10.4t	14.5	30t	1.18	N: 폴리에워 시험체 P: 폴리머 시험체

**표 8 보 시험체 하중 일람표**



**그림 5 보 시험체의 가력방법**



**그림 6 보 균열 양상**

(4) 보의 하중과 변위관계

탄성 범위에서는 3가지 시험체가 비슷한 양상을 보이고 있으나, B-P 시험체는 B-R 시험체보다 B-R 시험체는 B-N 시험체보다 최대하중이 각각 10% 씩 증가하는 양상을 보이고 있다. B-N 시험체는 최대하중의 82~85%범위인 19~21t에서 초기 항복이 발생하였고 B-P, B-R 시험체의 경우 최대하중의 90~95%인 24~27t에서 초기 항복이 발생하였다. 이는 영구거푸집으로 둘러싸인 시험체의 경우 거푸집으로 인한 단면적의 증대 및 거푸집 내부의 철근(Wire mesh D6@200)으로 내력이 증가한 것으로 사료된다.

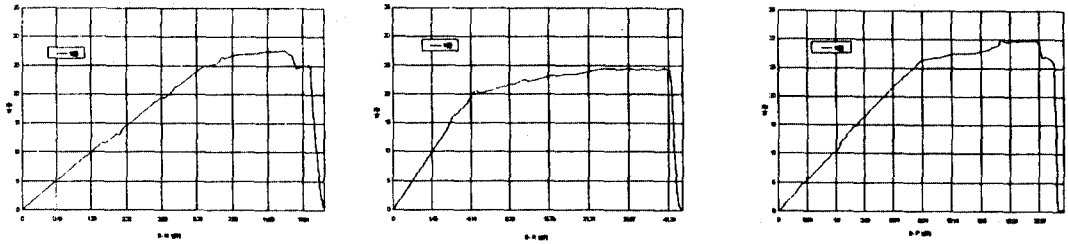


그림 7 보 휨시험체의 변위

5. 결론

- (1) 기둥의 압축강도 시험체에서는 RC 시험체보다 C-P, C-N 시험체의 최대하중이 7~30% 까지 증가하는 경향을 보였다.
- (2) 기둥 시험체의 균열양상을 보면 RC 시험체의 경우 잔균열이 많이고, 길이가 길지 않음에 반해 C-P, C-N 시험체의 경우 접합부 이외의 부위에서는 균열양상이 거의 없고, 접합부에서는 초기에는 미세하지만 재하가 계속될수록 점점 커지는 양상을 보이고 있다. 이는 영구거푸집의 내부철근이 응력을 분담한 결과로 사료된다.
- (3) 보 시험체의 전단실험에서는 일반 RC 시험체보다 B-N, B-N 시험체보다 B-P 시험체의 하중이 약10%씩 증가하는 경향을 보였다.
- (4) 보의 처짐은 RC 시험체의 경우 최대하중에 이르러 내력의 갑작스런 저하가 일어나는 전단 파괴의 양상을 보였지만, 영구거푸집 시험체의 경우 시험체 내부의 주근이 응력을 부담하면서 일정한 내력을 유지한채 처짐만 계속발생하는 휨파괴를 보였다. 이는 영구거푸집으로 인한 단면적의 증가 및 거푸집 내부의 철근으로 내력이 증가한 것으로 사료된다.

이상의 결과에서 영구 거푸집은 압축력과 휨 성능이 우수한 성능을 발휘하는 것으로 나타났으며 부재로 쓰일때의 안정성 및 사용성이 있음을 확인 할수있었다.

參考文獻

1. 万木正弘, 永久型用材料としての高強度モルタルの諸性状, 콘크리트工學年次論文報告集, Vol 17.1995
2. 정상진, 안용선, 거푸집 공사의 시공 및 재료, 콘크리트학회지 1995.8
3. 대한 건축학회, 극한강도설계법에 의한 철근 콘크리트 구조설계규준 및 해설, 기문당