비탈형 영구거푸집의 시공성능 평가에 관한 연구

A Research of Mock-up evaluation of Permanent Form in site

김 형 남* 김 우 재** 김 성 식** 김 영 회*** 정 상 진****
Kim Hyung Nam Kim Woo Jae Kim Sung Sik Kim Young Hoe Jung Sang Jin

ABSTRACT

This study is about an application of permanent form to the field. The present problem of this country's building market in the face of 3D, in addition to construction cost increace, materials lack problems and opening a building market to foreign countries, is trying to find out the effecient ways of overcoming these problems. So the efficacy of form work to technical improvement will contribute a practical permanent form in field through scientific test of the design and construction of permanent form . According to the result of these experiments, they seemed to be a permissible error range of Permanenet form ± 5 mm and steel reinforcing of Permanenet form seemed to be ± 5 mm . A modificatin of Permanenet form is superior to any wooden form

Key words : Permanenet form , wooden form

1. 서 론

본 연구는 비탈형 영구거푸집 (이하 영구거푸집으로 표기함)개발을 위한 2차년도 연구과제로서 1997년 가을콘크리트학회에서 발표된 "비탈형영구거푸집용 모르터의 유동성 및 강도실험"의 결과로 제작한, 영구거푸집을 실용화 하기위한 전 단계의 실험으로 현장적용 실험을 실시하였다. 실험은 영구거푸집와 기존 합판거푸집을 이용하여 실물크기 (^{W} 3.45×^{L} 3.45 ×^{H} 2.5 m) 로 제작하여 비교검토 하였으며, 또한 영구거푸집의 시공오차 및 주철근의 허용오차를 측정 하였고, 영구거푸집 내부 충전용 콘크리트의 유동성 및 충전성을 확인하였다. 또한 콘크리트 타설시 문제가 되는 측압에 의한 변형을 영구거푸집과 합판 거푸집을 비교 조사하였으며, 영구거푸집의 시공성시험을 하였다.

* 정회원, 단국대 건축공학과 대학원 석사과정
** 정회원, 단국대 건축공학과 대학원 박사과정
*** 정회원, 인천전문대 건축공학과 교수
***** 정회원, 단국대 건축공학과 부교수

◎**비탈형 영구거푸집이란**: 콘크리트를 타설한후 탈형하여 구조체를 완성하는 일반거푸집의 단점을 개선하고자 프리케스트 방법을 도입하여 공장에서 제작후 현장에서 조립만 실시하고, 콘크리트를 타설한 후에도 탈형을 하지 않는 거푸집을 말한다

따라서 기존 합판거푸집을 대체함으로서 건축 폐자재의 발생 및 거푸집 공사시 소음과 진동 발생을 줄이고, 공기단축, 코스트절감, 자연보호를 목표로한 영구거푸집의 실용화 및 시공성능 평가를 위한 연구이다.

2. 사용재료 및 시험체제작

2.1 사용재료

영구거푸집에 사용한 재료중 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, 물리적 특성에 관한 시험 결과는 표 2와 같다. 본 연구에서 사용한 플라이애쉬는 보령산F급으로 KS L 5405규정에 적합한 것이며, 그 물리적 특성은 표 3 과 같다. 영구 거푸집 제작용 배합은 표4에 나타내었다. 본 실험에서는 영구거푸집의 경제성을 고려하여, 플라이에쉬를 시멘트치환비 20%를 혼입하여 시험체를 제작하였다.

표 1 시멘트의 물리적. 화학적 조성

	성 분	강열감량(LOI)	SiO_2	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Al_2O_3
화학적성질	구성비율 (%)	1.0	21.1	2.9	62.5	3.3	2.2	6.5
	비 중	분말도(㎠/g)	안 정 성	응 결 시 간		압 축 강 도(kg/㎠)		
물리적성질	3.15	2,900	강 호	초결	종결	3일	7일	28일
				4h	6h	198	272	389

표 2 골재의 물리적 성질

골재종류	생 산 지	최대치수 (mm)	표 건 비 중	흡수율(%)	단위용적 중량 (kg/㎥)	실적율 (%)	조립율(%)
세골재	충청북도	5.0	2.58	0.96	1,600	62.	2.88
조골재	충청북도	25.0	2.70	0.68	1,510	64	6.63

표 3 플라이애쉬(F급)의 물리적 특성

생 산 지	강열감량(%)	단위수량비 (%)	분말도(㎠/g)	비 중	SiO_2	압축 강도비	습분(%)
보령	3.75	100	3,206	2.18	59.7	95	0.11
KS규격	5이하	102이하	2,400이상	1.95이상	45이상	60이상	1이하

표4 일반시멘트모르터를 이용한 비탈형영구거푸집 배합표

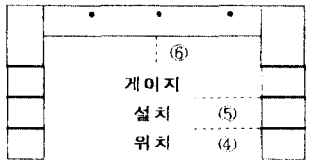
시멘트(C)	세골재 (S)	플라이에쉬 (F)	물 (W)	섬유 (FI)	혼화제 (A)
566	1051	142	303	26	10

2.2 시험체 제작

본 실험에서 사용된 영구거푸집은 플라이애쉬를 혼입하여 제작된 시험체를 사용하였고, 시험체는 압축강도 350kg/cm^2 이상, 휨강도 100kg/cm^2 이상의 물성을 확보하였다. 비교용 시험체는 일반 현장에서 사용되는 합판 거푸집을 이용하여 RC시험체를 제작하였다. 실물시험체의 크기는 (^{W} 3.45×^{L} 3.45×^{H} 2.5m) 로 제작하였다. 시험체의 현황 및 도면은 그림1 , 사진1에 나타내었다. 본 실험에 사용된 기둥 부재는 (^{W} 50×^{B} 25× ^{T} 3×^{H} 250cm) 의 영구거푸집 2조각을 접합하여 만들었다. 보 부재는 일체형 영구거푸집으로 크기는 (^{B} 50×^{W} 30 ×^{T} 3×^{L} 300 cm) 이다.

표 5. 시험체 현황

	시험체 크기	시험체 갯수
기 둥	^{B} 50×^{W} 30 ×^{T} 3×^{L} 250 cm	8개
보	^{B} 50×^{W} 30 ×^{T} 3×^{L} 300 cm	4개



• 폼타이

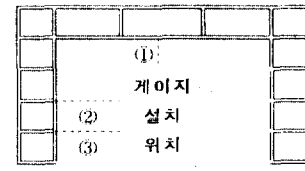


그림 8 영구거푸집 설치 시험체

그림 9 일반목재 거푸집 설치 시험체

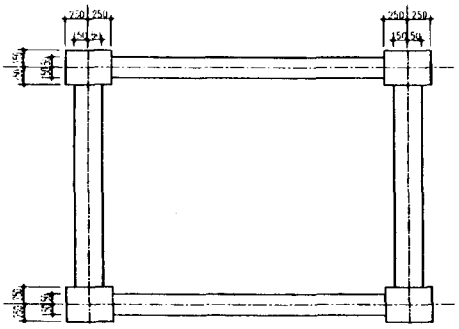


그림 1 현장적용 시험체 시공도면

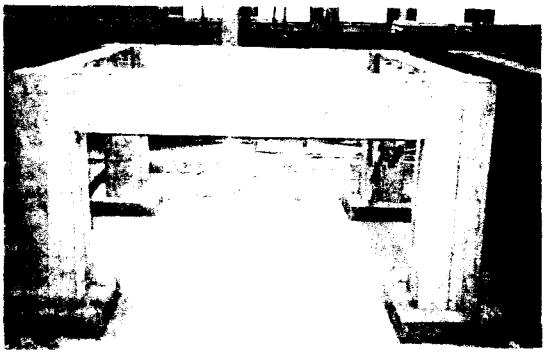


사진 1 현장적용 시험체

2.3 영구거푸집 제작 플로우 및 시공

아래의 표 6은 본 실험을 플로우차트 이고, 표 7은 현장적용장비 및 작원인원, 제작시간을 나타낸 표이다.

표 6 영구거푸집 시공 플로우

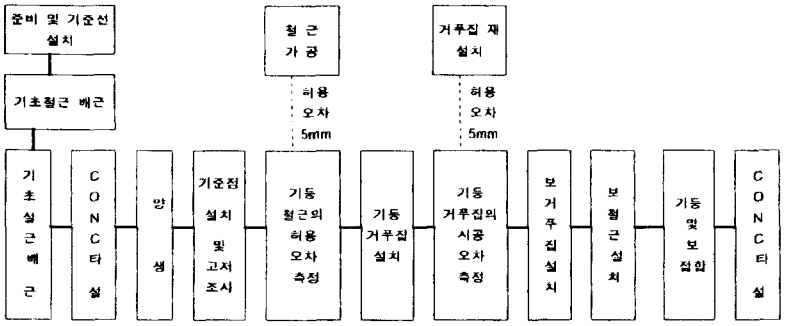


표 7 현장적용 장비 및 작업인원 목록

	RC시험체		영구거푸집	
타설 장비	호퍼 ($10m^3$)		호퍼 ($10m^3$)	
양중 장비	인력		크레인(20ton)	
소요 인원	거푸집 제작	3인	거푸집 제작	2인
	거푸집 설치	6인	거푸집 설치	3인
설치 사간	거푸집 제작	5일	거푸집 제작	7일
	거푸집 설치	1일	거푸집 설치	5시간

본 연구에서 영구거푸집의 시공순서는 다음 순서로 제작을 하였다. (그림2,3,4,5 참조)

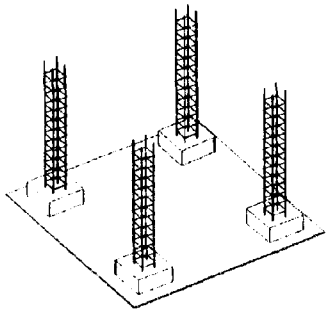


그림 2 기초철근 설치

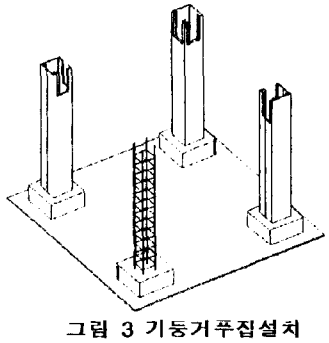


그림 3 기둥거푸집설치

기초판에 허용오차 조사용 기준선을 설치후 매설된 기둥철근의 허용오차를 조사한다. 그후 영구거푸집을 직접 현장에서 조립하였다. 기둥거푸집은 설치전 기초판의 고저, 기둥부재의 시공오차를 조사한다.

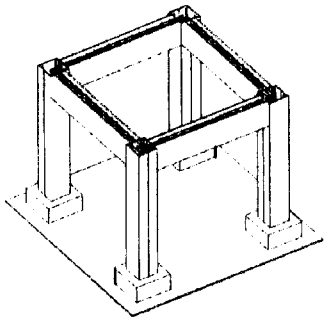


그림 4 보 거푸집 설치

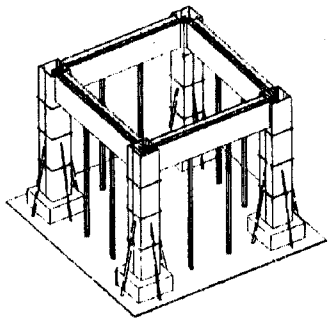


그림 5 영구거푸집 완성도

보거푸집은 기둥과의 접합부에 세팅한다. 접합부의 틈새는 Back-up재료를 사용하여 밀실 하게 채운다. 이후 보철근을 정착시키고 자설재를 설치한다. 이때 콘크리트는 영구거푸집 내부의 요철을 밀실히 충전시키기 위하여 유동성을 조사하여 품질 규준인 (플로우 18cm이상)을 만족하여야 한다. 시공시험 결과를 사진1에 나타내었다. 시험결과 기둥과 보의 접합부는 좌우 5mm의 오차를 보이고 있었으며 시공에는 문제가 되지 않았다. 기둥거푸집의 접합은 일반 가설재를 사용하였고, 보거푸집은 폼타이를 설치하여 별도의 가설재를 설치하지 않고, 콘크리트 측압에 따른 변형을 고정시켰다. 영구거푸집은 합판거푸집에 비해 많은 공기단축을 보이고 있고, 사용 가설재도 많이 줄일수 있었다. 따라서 영구거푸집을 구체공사 사용시 많은 시공성 향상이 될 것으로 사료된다.

3. 실 험

3.1 영구거푸집 내부의 철근 허용오차측정

영구거푸집 시공시 기초판에 매설된 주철근과 허용오차 기준선과의 오차를 측정한다. 기둥주근이 허용오차를 벗어나면 기둥 거푸집 설치시 시공이 어렵게되고, 철근의 피복두께를 확보하기 어렵게 된다. 따라서 기둥거푸집 설치전에 철근의 허용오차(±5 mm)를 확인하여야 한다. **(그림6 참조)**

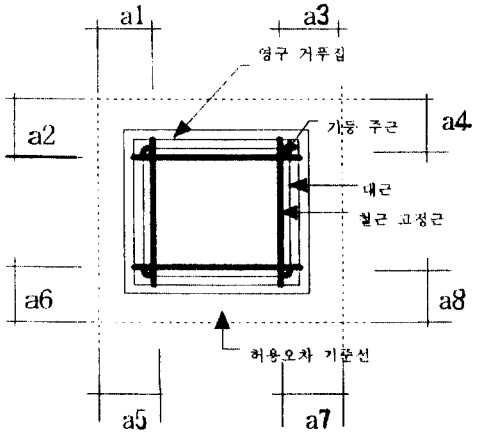


그림 6 영구거푸집 주철근의 허용오차 측정

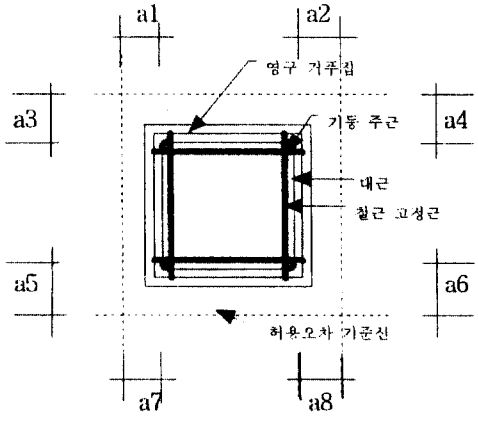


그림 7 영구거푸집의 시공오차 측정

3.2 영구거푸집의 시공오차측정

기둥 철근의 허용오차를 조사후 기둥부재를 설치한다. 부재의 수직정도를 조사하고, 거푸집 설치 전에 바닥면의 고저를 조사한다. 이때 기초판에 허용오차 기준선을 기초판에 설치하여 기둥부재의 4면에서 시공오차를 조사한다. 이때, 시공오차는 ±5 mm내를 만족하는지를 조사한다. **(그림 7 참조)**

3.3 영구거푸집 내부의 콘크리트의 충전성 측정

영구 거푸집 설치후 콘크리트를 타설한다. 이때 콘크리트는 영구거푸집 내부의 요철을 충전하기 위하여 유동성 및 충전성을 확인한다. 이때 콘크리트의 품질은 슬럼프는 18cm 이상의 콘크리트를 사용한다. 콘크리트 경화후 거푸집 내부의 충전성을 확인하기 위하여 기둥의 상, 하부 임의 장소에 거푸집을 절단하여 충전성을 확인 하였다. **(사진 2 참조)**

3.4 영구거푸집의 콘크리트타설시 변형측정

본 실험은 콘크리트 타설시 콘크리트 측압에의한 영구거푸집의 변형을 측정하였다. 이때 일반 합판거푸집와 같이 비교 시험을 하였다. 변형측정은 기둥과 보의 일정장소에 다이알게이지를 설치하여 콘크리트타설시 변위를 측정하였다. 사용기기는 TDS601와 다이알게이지 (1/1000mm)를 사용하였다.

(그림8,9 참조)

4. 실험결과 및 분석

4.1 영구거푸집 내부의 철근 허용 오차측정

본 실험에서 조사한 결과를 표 8에서 나타내었다. 거푸집 내부 주근의 위치는 영구거푸집 설치시 중요한 요인으로써 정밀시공 및 피복두께에 영향을 미친다. 본 실험에 철근의 허용오차 기준은 ±5 mm로 실험결과 오차는 최소 -5mm에서 최대 +5mm의 범위를 유지하고 있어, 허용오차범위를 만족하고 있었으며, 특히 오차 0 mm가 측정개소 9를 나타내고 있어서, 비교적 정확한 시공성능을 나타내고 있다.

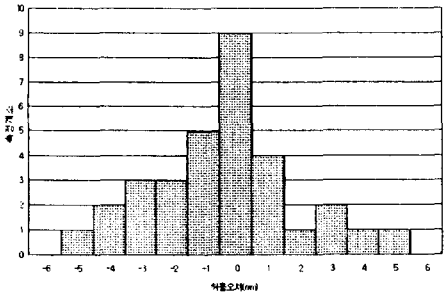


표 8 주철근의 허용오차 측정 결과

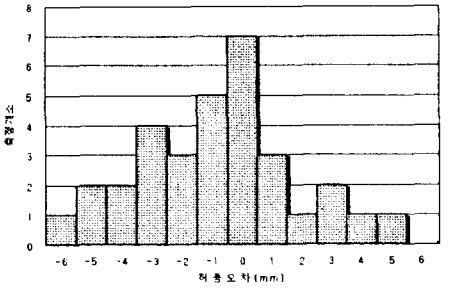


표 9 영구거푸집의 시공오차 측정 결과

4.2 영구거푸집의 시공오차측정

영구거푸집을 시공한결과 시공오차는 최소 -6mm에서 부터 최대 +5mm를 유지하고 있었다. 이는 본 실험의 기준허용오차인(±5 mm)를 거의 만족하고 있어 양호한 결과를 나타내고 있었다. 표 9는 영구거푸집 시공시 위치정도를 측정하여 시공오차를 나타낸 결과이다.

4.3 영구거푸집 내부의 콘크리트의 충전성 측정

콘크리트 경화후 거푸집 내부의 요철홈의 충전성을 확인하기 위하여 기둥의 상, 하부 임의 장소에 거푸집을 절단하여 충전성을 확인한 결과 콘크리트의 충전상태가 양호한 것으로 나타났다.**(사진 2 참조)**

4.4 영구거푸집의 콘크리트타설시 변형측정

현장에 영구거푸집과 합판거푸집을 설치하여 콘크리트를 타설하였다. 총 타설시간은 88분으로, 본 실

험에서 사용된 콘크리트는 스럼프 18.5cm 였다. 표 10은 영구거푸집과 합판거푸집의 기둥상부변형을 측정한 결과이다. 게이지 설치높이는 기초판 상부로부터 150cm에 게이지를 설치하였다. 합판거푸집은 1mm 까지 변형를 보이고있으며, 영구거푸집은 0.3mm까지 변형이 나타내고 있다. 표 11는 기둥의 하부를 측정한 결과이다. 게이지 설치높이는 기초판상부로부터 50cm에 게이지를 설치하였다. 합판거푸집은 6mm까지 변형이 보이고 있으며, 영구거푸집은 0.6mm까지 변형이 나타내었다. 표 12는 보의 중앙부 변형을 측정하였다. 합판거푸집은 4mm까지 변형이 보이고 있고, 영구거푸집은 0.3mm까지 변형이 보이고 있다. 따라서 영구거푸집은 콘크리트타설시 측압에 따른 변형이 합판거푸집보다 양호하게 나타났다.

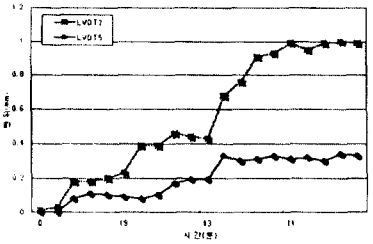


표 10 기둥 상부의 변형측정 결과

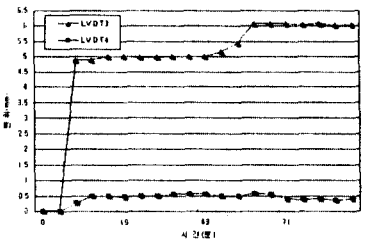


표 11 기둥 하부의 변형측정 결과

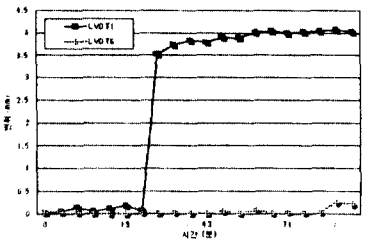


표 12 보 중앙부 변형측정 결과

사진 2 영구거푸집의 내부콘크리트 충전상태

5. 결 론

(1)영구거푸집의 내부 주근의 허용오차 측정 및 시공오차는 모두 기준허용오차 (±5mm)를 만족하고 있었다.

(2)영구거푸집의 내부 콘크리트 타설시거푸집의 변형측정 실험결과 합판거푸집보다 영구 거푸집의 변형이 작게 나타났다.

(3)영구거푸집의 내부 콘크리트의 충전성을 측정한 결과 거푸집내부면의 요철에 콘크리트 페이스트가 충분히 충전되어 상태가 양호한 것으로 나타났다.

(4)시공시 영구거푸집은 합판거푸집에비해 공기단축을 보이고 있고, 사용 가설재도 많이 줄일 수 있었다. 따라서 영구거푸집 사용시 구체공사의 시공성이 향상 될 것으로 사료된다.

아울러 본 실험에서는 영구거푸집 시공시 PC공장에 있는 장비를 사용하였으나, 현장시공을 위해서는 향후, 시공장비(소형 리프트카) 및 보조자재의 연구개발이 필요 할 것이다.

参考文献

1. 万木正弘,永久型用材料としての高强度モルタルの諸性狀,コンクリ-ト工學年次論文報告集 .1995