

Aluminum 합금材 Frame을 이용한 壁體거푸집工法의 性能評價에 관한 研究

A Study on the Performance Evaluation of Form Using the Aluminum Alloy Frame Reinforced Panel

안 재 철* 오 상 균** 강 병 희***
Ahn, Jae-Cheol Oh, Sang-Gyun Kang, Byeung-Hee

Abstract

This study is for the investigation of form using the aluminum-compound metal frame(Aluminum frame reinforced panel : AFR panel) which is improved in the capacity in the wall-concrete structure in stead of using the existing form which has problems such as, excessive exposure of cement, the loss of labor when it is constructed or disjointed, and it's economical efficiency compared with that of EURO Form.

AFR panel passes the KS F 8006 test, and as a result of field test, it's displacement is satisfied with Specification.

And using AFR panel is more economical than that of EURO Form because saving labor cost which plays a major part in cost saving in formwork is more effective in retrenching total cost than increment of material cost.

키워드 : 거푸집, 알루미늄 합금, 측압, 경제성

Keywords : form, aluminum-compound material, lateral pressure, economical efficiency

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

철근콘크리트조 건축공사에서 거푸집공사는 전체 공사 기간 중에서 25% 정도의 비중을 차지하는 주공정(critical path)이며, 구조체 공사비의 30~40%, 전체공사비의 10% 정도를 차지하는 공기단축과 원가절감을 도모하는 핵심적인 위치를 차지하고 있다.

이러한 거푸집공사는 최근 건설현장의 기능인력 부족과 노무비 상승, 3D업종의 기피, 공사규모의 대형화, 고층화 등의 사회환경의 변화와 많은 기술환경의 변화에 따라 거푸집의 대형화, 경량화, 기계화, 단순화, Unit화 그리고 높은 전용횟수를 요구하게 되었다.

그러나 현재 RC조 고층 벽식 구조물의 거푸집 공법으로 범용되고 있는 시스템화 거푸집의 일종인 "EURO Form"은 중량이 커서 부재의 크기가 작고 해체, 조립의 반복에 따른 인력의 소모가 많으며, 이음부위 먼처리 비용이 많이 드는 등의 단점이 있어 이에 대한 보완이 필요한 실정이다.

따라서 이러한 문제점을 개선하기 위해 비중이 낮고 상형성이 우수하여 합리적인 설계가 가능한 알루미늄 합금재 프레임을 이용한 거푸집공법(이하 알루미늄 프레임 거푸집 공법)이 개발되어 일부 건설현장에서 시범 적용중

에 있으나 아직 그 성능에 대한 검증과 원가관리를 위한 기초 자료가 부족하여 그 적용이 곤란한 실정이다.

따라서 본 연구는 현장조건과 동일한 실험실시험을 통해 알루미늄 프레임 거푸집공법의 측압에 의한 변형특성을 고찰하여 벽식구조물 거푸집공법으로서의 현장적용 가능성을 평가하고, 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form의 공사비 비교·분석을 통해 건설현장에서 거푸집공법 선정시 원가관리 측면에서의 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 알루미늄 프레임 거푸집의 벽식 콘크리트 구조물 시공시 현장적용 가능성 여부와 공사비 검토를 위하여 다음과 같은 순서로 진행하였다.

먼저 알루미늄 프레임 거푸집의 측압에 의한 변형저항 성능을 평가하기 위하여 KS규준에 준한 패널 자체의 강성과 강도를 측정하였으며, 벽체두께와 타설후 시간경과에 따른 측압에 의한 거푸집 변형특성을 실험실시험을 통해 고찰하여 그 결과를 EURO Form과 비교하였다.

또한 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form의 공사비율 비교·검토하였으며, 그 결과를 바탕으로 실제 APT공사에 알루미늄 프레임 거푸집 적용시의 거푸집 공사비용 절감효과를 분석하였다.

상기의 연구 결과를 바탕으로 알루미늄 프레임 거푸집의 벽식콘크리트 구조물 시공시 현장적용 가능성 여부를 검토하는 것을 본 연구의 범위로 하였다.

* 동아대 대학원 박사수료

** 신라대 건축공학과 전임강사, 공학박사

*** 동아대 건축공학과 교수, 공학박사

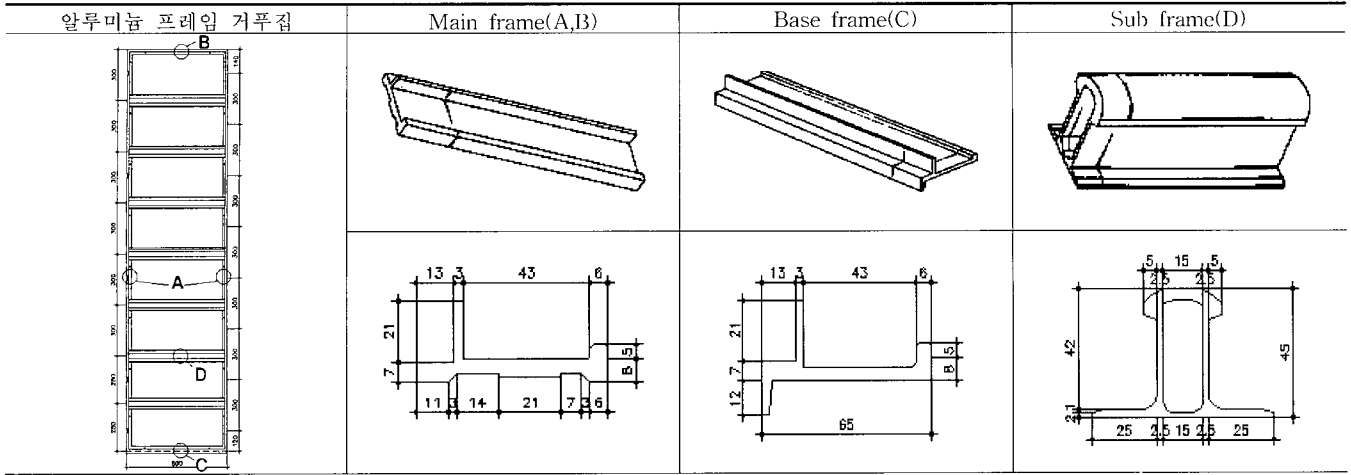


그림 1. 알루미늄 프레임 거푸집의 사양 및 구성부재

	Panel규격	Panel조립단면	수직수평보강	flat tie	wedge pin	hook
알루미늄 프레임 거푸집	 600×2,400mm	 평판 연결 (FLAT TIE)				없음
EURO Form	 600×1,200mm	 #48.6 PIPE 평판 연결 (FLAT TIE)				

그림 2. 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form의 비교

2. 알루미늄 프레임 거푸집

2.1 개요 및 구성부재

알루미늄 프레임 거푸집은 알루미늄 합금재로 이루어진 각 frame을 서로 용접하여 형성한 직사각형의 틀에 합판 및 합성재 등의 거푸집널을 리벳으로 고정된 Panel로 그 사양 및 구성부재는 표 1, 그림 1과 같다.

표 1. 알루미늄 프레임 거푸집의 사양

폭	600, 550, 500, 450, 400, 350, 300, 250, 200
길이	2364mm: 변경가능
두께	65mm
중량	기본 size 600×2,364mm : 25kg/SH
frame	알루미늄 합금재 (6061-T6)
거푸집널	합판: t=12mm or 13mm PP보드: t=12mm Plastic합성재 : t=12mm or 13mm

※ 전용빚수 향상을 위해 대부분 플라스틱코팅합판을 주로 사용.

2.2 알루미늄 합금재

알루미늄 프레임 거푸집의 구성재료인 알루미늄 합금은 압출가공에 의한 자유로운 단면설계가 가능하며 동일한 강도와 강성일 때의 중량이 강재의 약 1/2로 비강도가 높다.

알루미늄과 강재의 물성비교는 표 2와 같다.

표 2. 알루미늄합금재와 강재의 비교

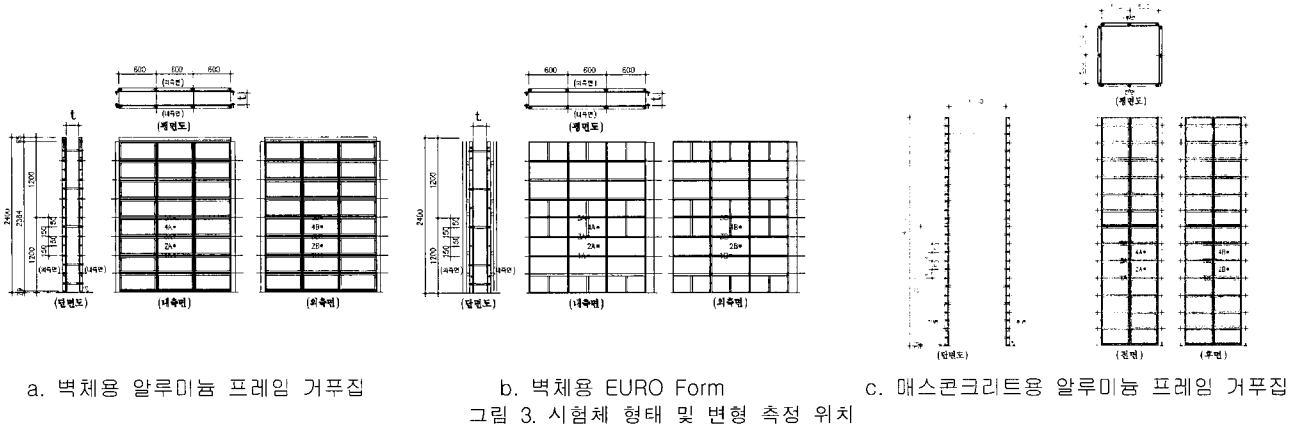
항목		재료	알루미늄합금재 (6061-T6)	강재 (SS400)
비중			2.7	7.85
영계수	kgf/cm ²		7.0×10 ³	2.1×10 ³
전단탄성계수	kgf/cm ²		2.7×10 ³	8.1×10 ³
프와송비			0.3	0.3
선팽창계수	/°C		2.4×10 ⁻⁵	1.2×10 ⁻⁵
허용응력도 (축방향인장)	모재		1,250	1,400
	용접부		550	1,400

2.3 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form의 비교

알루미늄 프레임 거푸집은 EURO Form에 비해 대형화, 경량화, 단순화된 시스템화 거푸집이며 그 비교는 표 3, 그림 2와 같다.

표 3. 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form의 비교

		알루미늄 프레임 거푸집	EURO Form
기본형태	mm	600×2,400	600×1,200
두께	t	65	63.5
중량	kg	25	19
보강재		불필요	pipe, hook 필요
전용빚수		25회 이상	20회 이하



3. 알루미늄 프레임 거푸집의 성능평가

3.1 실험계획 및 방법

(1) 실험개요

① 거푸집의 강도와 강성시험

알루미늄 프레임 거푸집의 강도와 강성 시험은 KS F 8006(금속재 거푸집 패널)에 준하였다.

표 4. 패널의 강성 및 강도시험 기준 (KS F 8006)

패널의 길이 mm	강성시험			강도시험	
	지점간거리 ℓ mm	하중 P kgf/cm(N/cm)	허용휨량 mm	지점간거리 ℓ mm	하중 P kgf/cm(N/cm)
1800 1500 1200	900	12 {117.6}	1.8	900	17 {166.6}

② 벽체두께에 따른 거푸집 변형 측정

표 5. 실험인자

거푸집	두께t(mm)	높이(mm)	타설속도(m/h)	측정부위
알루미늄 프레임 거푸집	150, 180 200, 300	2400	10~20	frame3, 변판2 양면 총10개소

표 6. 측정방법

변위량 측정기구	Dial Gauge	규격 : NO.2046FE, 0.01mm
세측위치	frame 3개소, 변판 2개소	1변당 5개소(그림 3 참조)

(3) 타설후 시간경과에 따른 거푸집 변형 측정

표 7. 실험인자

측정 시간	두께t(mm)	높이(mm)	타설속도(m/h)	측정부위
타설직후, 10분, 20분 30분, 40분, 50분, 60분	180, 200 300	2400	10~20	frame3, 변판2 1변 5개소

(4) 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form 변형 비교

표 8. 실험인자

거푸집	두께t(mm)	높이(mm)	타설속도(m/h)	측정부위
알루미늄 프레임 거푸집 EURO Form	200	2400	10~20	frame3, 변판2 양면 총10개소

(5) 매스콘크리트 타설시 거푸집 변형 측정

표 9. 실험인자

거푸집	W×L(mm)	높이(mm)	타설속도(m/h)	측정부위
알루미늄 프레임 거푸집	1000×1000	4000	10~20	frame3, 변판2 양면 총10개소

(2) 실험재료

① 거푸집

알루미늄 프레임 거푸집은 현재 부산지역 건설현장에 서 시범적으로 적용하고 있는 K사 제품을 사용하였다.

② 콘크리트

표 10. 콘크리트 규격 및 타설방법

종류	콘크리트		타설	
	K래미콘사의 보통콘크리트	방법	속도	펌프카 붐타설
규격	설계기준강도	210kgf/cm ²	높이	10~20m/h
	포복 Slump	15cm	진동기	2400, 4000mm
	Gmax	25mm	전기진동기 1대 사용	

3.2 실험결과 및 분석

(1) 거푸집의 강도와 강성시험

표 11과 같이 강성시험결과 변위량은 알루미늄 프레임 거푸집이 1.78mm, EURO Form이 1.77mm로 거의 유사하게 나타났으며, 강도시험결과 1020kgf를 재하했을 경우 두 거푸집 모두 파괴되지 않아 KS규준에 적합한 것으로 나타났다.

표 11. 금속재거푸집Panel 시험결과(KS F 8006)

시험항목	Panel의 종류	휨변위량	Panel의 이상유무	기준
강성시험	알루미늄 프레임 거푸집	1.78mm/720kgf	-	1.8mm 이하
	EURO Form	1.77mm/720kgf		
강도시험	알루미늄 프레임 거푸집	-	이상없음/1020kgf	이상
	EURO Form	-	이상없음/1020kgf	없을것

(2) 벽체두께에 따른 거푸집 변형 측정

「건축공사표준시방서」에서는 콘크리트 타설시 측압에 의한 거푸집 변형의 치수허용치 표준값을 제물치장의 경우 7mm로 정하고 있으며 「콘크리트 표준시방서」에서는 3mm 이하로 정하고 있다. 따라서 본 연구에서는 측압에 의한 거푸집의 허용변형량을 3mm 이하로 하였다.

「건축공사표준시방서」의 거푸집 설계규준에 의하면 높이 2.4m 벽체의 거푸집 설계용 측압을 4.97t/m²로 정하고 있으며 벽두께에 따른 규정은 없는 실정이다.

벽체두께에 따른 알루미늄 프레임 거푸집의 측압에 의한 변형량 측정을 위한 실험결과 결과는 표 12, 그림 4와 같다.

표 12. 벽체두께에 따른 거푸집 변형 측정 결과 (단위 : mm)

측정위치 벽체두께	1A	2A	3A	4A	5A	1B	2B	3B	4B	5B
150mm	1.88	1.96	1.9	2.43	1.88	1.74	2.05	1.97	2.12	1.82
180mm	2.09	2.48	1.63	2.7	1.79	2.34	2.67	1.86	2.82	1.56
200mm	2.20	2.82	1.90	2.70	1.59	1.95	2.65	1.73	2.4	1.42
300mm	2.26	2.87	2.1	2.69	1.42	2.3	2.82	2.12	2.81	1.5

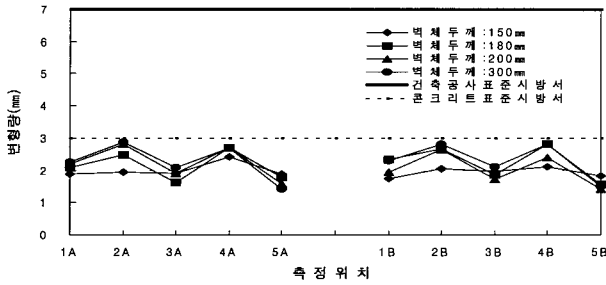


그림 4. 벽체두께에 따른 거푸집 변형

타설속도 14.4m/h로 높이 2.4m 벽체에 콘크리트를 타설한 결과 벽체두께 150mm의 경우 면판부위에서 평균 2.14mm, frame부위에서 평균 1.87mm가 변형하는 것으로 나타났다.

180mm의 경우 면판, frame 각각 2.67mm, 1.88mm로 나타났으며, 200mm의 경우 각각 2.64mm, 1.80mm, 300mm의 경우 각각 2.80mm, 1.95mm로 벽체 두께가 증가할수록 변형이 증가하는 경향을 나타내었다. 또한, 150mm벽체의 두께가 10mm씩 증가함에 따라 면판부위는 2.06%, frame부위 0.29%씩 변형이 증가하는 것으로 나타났다.

그러나, 최대 벽체두께(t=300mm)에서 나타난 변형의 최대치는 2.87mm로 「건축공사표준시방서」의 거푸집 변형 치수 허용치와 「콘크리트표준시방서」의 거푸집널 허용 처짐량인 3mm 이하로 나타나 측압에 대한 변형저항능력이 우수한 것으로 판단된다.

(3) 타설후 시간경과에 따른 거푸집 변형 측정

콘크리트 타설후 시간경과에 따른 알루미늄 프레임 거푸집의 변형 결과는 표 13, 그림 5와 같다.

표 13. 타설후 시간경과에 따른 거푸집 변형 측정 결과 (단위 : mm)

측정시간	벽체두께		
	180mm	200mm	300mm
타설직후	1.90	2.24	2.27
10분경과	1.87	2.15	2.29
20분경과	1.85	2.13	2.25
30분경과	1.83	2.11	2.19
40분경과	1.81	2.10	2.13
50분경과	1.79	2.08	2.08
60분경과	1.78	2.07	2.05

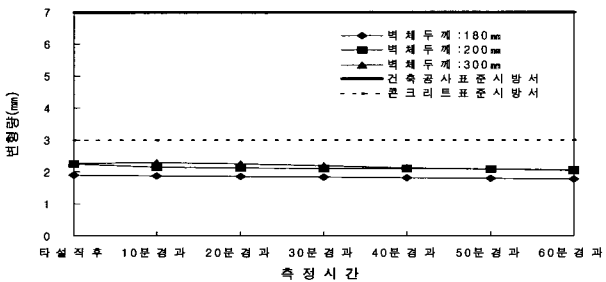


그림 5. 타설후 시간경과에 따른 거푸집 변형

벽체두께 180mm의 경우 콘크리트 타설직후 변형량이 평균 1.90mm였으나 60분 경과후 1.78mm로 6.52% 감소하는 것으로 나타났다. 또한 벽체두께 200mm, 300mm의 경우에도 각각 7.76%, 9.79% 감소하였으며, 이러한 변형의 감소 현상은 벽체두께가 두꺼울수록 크게 나타났다.

(4) 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form 변형 비교

표 14. 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form 변형 비교 (벽체두께 :200mm)

변형측정위치		1A	2A	3A	4A	5A	1B	2B	3B	4B	5B
종류	알루미늄 프레임 거푸집	2.20	2.82	1.90	2.70	1.59	1.95	2.65	1.73	2.4	1.42
	EURO Form	1.3	2.75	1.06	2.61	0.95	1.75	2.59	1.02	2.32	1.45

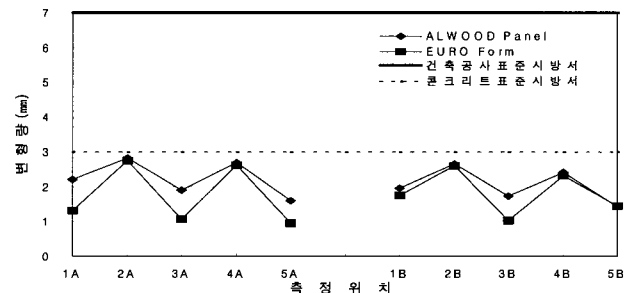


그림 6. 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form 변형 비교

표 14, 그림 6과 같이 측압에 의한 변형은 알루미늄 프레임 거푸집의 경우, frame 부위에서는 평균 1.80mm, 면판 부위에서는 평균 2.64mm로 나타났으며, EURO Form의 경우는 frame 부위에서는 평균 1.26mm, 면판 부위에서는 평균 2.57mm로 나타났다.

따라서, 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form의 콘크리트 측압에 의한 변형량은 거의 비슷했으나 EURO Form은 frame과 면판의 변형값 차가 약 1.69mm인데 비하여, 알루미늄 프레임 거푸집은 약 0.9mm로 낮게 나타났다.

이는 알루미늄 프레임 거푸집의 frame 단면이 EURO Form의 frame 단면보다 크기 때문에, 상대적으로 노출된 면판의 면적이 좁아졌기 때문으로 판단된다.

실험결과, 두 거푸집 모두 모든 위치에서 「건축공사표준시방서」의 거푸집 변형의 치수허용치 표준값을 만족하였으며 「콘크리트표준시방서」의 3mm 이하로 나타나 측압에 대한 변형저항능력이 우수한 것으로 나타났다.

또한, 전체적인 변형값은 동일하지만, frame과 면판의 변형값의 차가 적은 알루미늄 프레임 거푸집을 사용한 콘크리트가 EURO Form을 사용한 콘크리트보다 표면 평활성이 우수한 것으로 판단된다.

(5) 매스콘크리트 타설시 거푸집 변형 측정

「건축공사표준시방서」의 거푸집 설계기준에 의하면 높이 4m 기둥의 거푸집 설계용 측압을 8.28t/m²로 벽체에 비해 높게 정하고 있으며, 본 연구에서의 매스콘크리트 시험체가 대단면임을 감안할 때 높은 측압의 발생이 예측된다.

표 16. 알루미늄 프레임 거푸집 공법 시범적용 현장개요

순번	공사명	구조	규모	공사기간
1	부산광역시 화명동 D아파트신축공사(4-1)	철근콘크리트조	지하2층,지상25층	1998.03 - 1999.12
2	부산광역시 지대동 DW타운 신축공사	철근콘크리트조	지하1층,지상25층	1997.08 - 1999.12
3	부산광역시 남천동 DW 신축공사	철근콘크리트조	지하2층,지상25층	1997.08 - 1999.12
4	부산광역시 N 신축공사	철근콘크리트조	지하4층,지상25층	1997.09 - 1999.12
5	부산광역시 남부민동 주상복합 신축공사	철근콘크리트조	지하4층,지상25층	1998.06 - 1999.09

실제 벽체보다 높은 축압조건에서의 알루미늄 프레임 거푸집의 축압에 의한 변형량은 표 15, 그림 7과 같다.

표 15. 매스콘크리트 타설시 거푸집 변형 측정 결과(1000×1000×4000mm)

측정위치	1A	2A	3A	4A	5A	1B	2B	3B	4B	5B
변형량(mm)	0.95	3.5	0.96	2.7	0.8	2.31	4.45	2.31	4.21	0.91

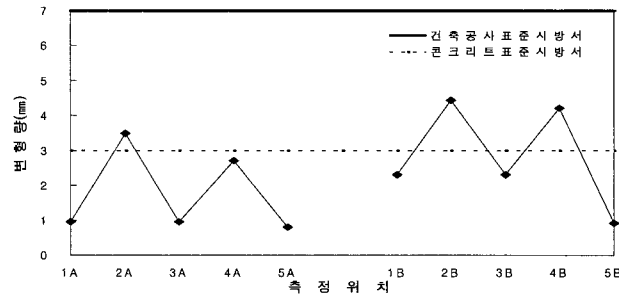


그림 7. 매스콘크리트 타설시 거푸집 변형

표 15, 그림 7과 같이 매스콘크리트 타설시 축압에 의한 거푸집 변형은 frame 부위에서는 평균 1.37mm로 적게 나타났으나 면판 부위에서는 평균 3.72mm로 「콘크리트표준시방서」의 허용변형량 3mm보다 크게 나타났다.

그러나 벽체에 비해 높은 축압이 발생하는 기둥의 경우 축압 저항을 위해 column band를 설치하므로 실제 현장 적용에 문제가 없을 것으로 판단된다.

4. 경제성 분석

4.1 개요

1) 현장개요

본 연구의 경제성 분석은 표 16과 같이 알루미늄 프레임 거푸집 공법이 시범 적용된 부산지역 벽식 RC조 APT 및 주상복합구조물로서, 2000년 10월 조사당시 시공 중인 4개 현장을 제외한 5개 현장을 대상으로 하였다.

2) 거푸집 단가

1) EURO Form

일반적으로 APT의 경우 15층까지는 층고가 2,600mm로 EURO Form(상하 1,200mm 2장 시공) 사용시 층별로 훼손된 거푸집널만을 교체하고 있다. 16층 이상의 경우 스프링클러의 의무설치로 인하여 층고가 일반적으로 2,800mm로 높아지므로 하부는 1,200mm 거푸집을 그대로 사용하고 상부 거푸집인 경우 1,400mm(전량 신재로 교체사용)로 교체 시공되고 있는 실정이다. 따라서 업체별로 기존 가설재를 확보하고 있는 경우와 그렇지 않은 경우에 따라 단가의 변동은 유동적이라 할 수 있다.

본 연구에서는 여러 EURO Form 제조회사의 거래가격 평균가인 16,075원을 일위대가에 적용하였다.

표 17. EURO Form의 단가 (600×1,200mm 1매 기준)

(단위:원, 2000년 5월 기준)

구분	단가	비고
1) H산업개발(주)	16,300	거래가격
2) K공업(주)	16,200	"
3) (주)B기업	16,000	"
4) K산업건설(주)	15,800	"
평균가	16,075	VAT별도

2) 알루미늄 프레임 거푸집

알루미늄 프레임 거푸집의 경우 APT의 층고가 15층까지는 2,400mm 거푸집을 그대로 사용하며, 16층 이상일 경우에도 거푸집의 교체없이 그대로 사용하며 2,400mm 거푸집 상부에 molding bar를 끼우거나 Steel Form을 얹어 시공이 가능하다. 알루미늄 프레임 거푸집은 25회 사용이 가능하며 이는 최근 개발된 시스템거푸집의 경우 전용횟수를 늘리기 위하여 플라스틱코팅합판을 거푸집널로 사용하기 때문이다. 사용후의 거푸집은 상태가 양호하여 합판은 재래식 거푸집으로, 프레임은 재활용한다.

a. Panel 단가 산출

알루미늄 프레임 거푸집의 단가는 표 18과 같으며, 그 결과인 75,756원을 일위대가에 적용하였다.

표 18. 알루미늄 프레임 거푸집 단가(600×2,400mm 1매 기준)

(단위:원, 2000년 5월 기준)

구분	규격	수량	단위	단가	금액
프레임	5,880mm	8.542	kg	3,600	30,751
보강프레임	4,081mm	6.284	kg	3,600	22,622
코너보강재		0.120	kg	3,600	431
플라스틱코팅합판		0.500	매	27,000	13,500
라벳		25.000	EA	20	500
소모잡자재비	자재비의 5%	1.000	식		3,390
커팅공		0.013	인	75,000	998
용접공		0.020	인	80,000	1,600
보통인부		0.033	인	55,000	1,832
기구손료	인건비의 3%	1.000	식		133
계					75,756

b. 노무품 산출

알루미늄 프레임 거푸집이 시범적으로 적용된 5개 현장에서 구조체 공사와 그에 관련된 공종에 투입된 거푸집 공사 인력과 소요품은 표 19와 같다.

총 2,310세대에 투입된 알루미늄 프레임 거푸집량은 1,085,644m²이며, 형틀목공 63,513명, 보통인부 30,115명의 작업인력이 소요되었다. 따라서, 단위면적(m²)당 형틀목공은 평균 0.059인, 보통인부는 0.031인이 소요되었다.

표 19. 알루미늄 프레임 거푸집 시공인원분석

(단위:인)

순번	현 장 명	세대수	거푸집(㎡)	현장별 작업인원(명)		1㎡당 소요인원(명)		비 고
				형틀목공	보통인부	형틀목공	보통인부	
1	부산광역시 화명동 D아파트신축공사(4-1)	200	109,128	7,333	2,750	0.067	0.025	
2	부산광역시 지내동 DW타운 신축공사	810	379,833	23,227	9,493	0.061	0.025	
3	부산광역시 남천동 DW보라 신축공사	422	282,137	13,381	8,490	0.047	0.030	
4	부산광역시 N 신축공사	782	258,082	16,436	6,614	0.064	0.026	
5	부산광역시 남부민동 주상복합 신축공사	96	56,464	3,136	2,768	0.056	0.049	
계	5개 현장	2,310	1,085,644	63,513	30,115	0.295	0.155	
평균		462	217,129	12,703	6,023	0.059	0.031	

표 20. 일위대가

(1㎡당)

구 분	규 격	단위	EURO Form			알루미늄 프레임 거푸집		
			수량	단가(원)	금액(원)	수량	단가(원)	금액(원)
판넬	600×1,200	매	0.064	16,075	1,028.3	-	-	-
	600×2,400	매	-	-	-	0.028	75,756	2,121.2
내부코너판넬	(200+200)×1,200	매	0.0018	30,000	-	0.0018	30,000	60.0
웨지핀		개	1,9002	110	209.0	1,329	110	146.2
프랫타이	ℓ = 200mm	개	2,0026	90	180.3	1,401	90	126.1
강관파이프	d = 48.6 × 2m	m	0.0773	3,410	262.6	-	-	-
후크		개	0.2827	850	240.6	-	-	-
박리재	충유	ℓ	0.0125	241	3.1	0.0125	241	3.1
잡자재	재료비의 5%	식	1	99	99.2	1	123	122.8
(재료비 소계)					2,083.5			2,579.4
형틀목공	거푸집설치, 해체, 인양등	인	0.127	61,483	7,808.3	0.067	61,483	4,119.4
보통인부	거푸집박리제도포, 청소등	인	0.076	34,360	2,611.4	0.049	34,360	1,683.6
기구손료	품의 3%	식	1	313	312.6	1	174	174.1
(노무비 소계)					10,732.3			5,977.1
계	(재료+노무비)				12,815.8			8,556.5

주) 1) 상기 알루미늄 프레임 거푸집의 일위대가는 (표7)의 5개 현장 적용결과 최고치이며, 2000년 5월을 기준으로 한 것임.
 2) 철근콘크리트 벽식구조의 벽체거푸집만 적용한 수치임.
 3) 수직고 2.6m를 초과하는 경우 품을 포함하여 계상하였음.
 4) 본표에는 재료의 활증 및 손율이 계상되어 있음.

4.2 공사비 분석

상기의 자료를 근거로 작성한 EURO Form과 알루미늄 프레임 거푸집의 일위대가는 표 20과 같다.

(1) 재료비

표 20, 그림 8과 같이 알루미늄 프레임 거푸집 공법 적용시의 자체비는 2,579원/㎡으로 건축공사 표준품셈에 준한 EURO Form의 재료비인 2,084원/㎡ 보다 단위면적당 약 496원의 재료비가 더 많이 소요되는 것으로 나타났다. 이는 알루미늄 프레임 거푸집이 EURO Form에 사용되던 수직 및 수평용 보강재인 강관파이프나 hook가 불필요함에 따라 부속자재비를 503원/㎡ 절감할 수 있었으나, 알루미늄합금재를 사용하고 unit화 된 알루미늄 프레임 거푸집 자체의 단가가 EURO Form에 비해 2배 정도의 가격인 2,121원/㎡으로 매우 높아진 것이 재료비 상승의 주요인으로 나타났다.

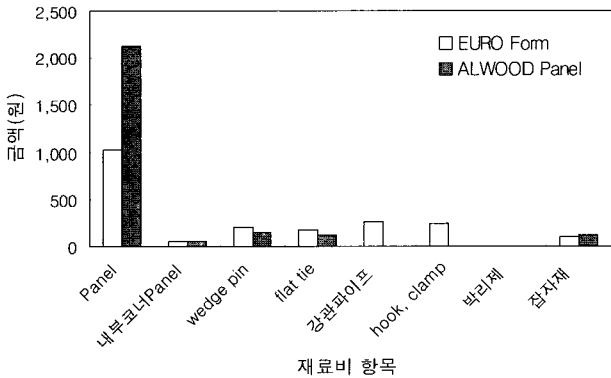


그림 8. 거푸집 재료비 비교

(2) 노무비

표 20, 그림 9와 같이 알루미늄 프레임 거푸집 공법 적용시의 노무비는 5,977원/㎡으로 건축공사 표준품셈에 준한 EURO Form의 노무비인 10,732원/㎡ 보다 단위면적당 4,755원이 절감되어 약 44.3%의 절감효과를 나타내었다. 이는 보통인부의 절감효과는 약 36%로 그다지 크지 않았으나 거푸집이 대형화, 단순화된 알루미늄 프레임 거푸집의 설치 및 해체 작업시, 작업량이 EURO Form보다 감소했으며, 이에 따라 노임단가가 높은 형틀목공의 인력절감이 약 47.2%로 크게 작용하였기 때문인 것으로 나타났다.

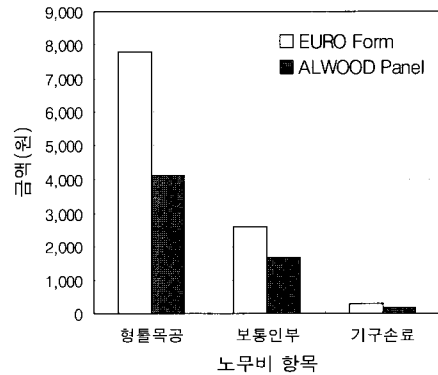


그림 9. 거푸집 노무비 비교

4.3 APT 시공시 공정별 공사비 절감효과

(1) 거푸집 공정

표 21은 분양면적 34평형 100세대(4세대 25층)의 모델 APT에 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form 적용시의 공사비를 예측한 것이다.

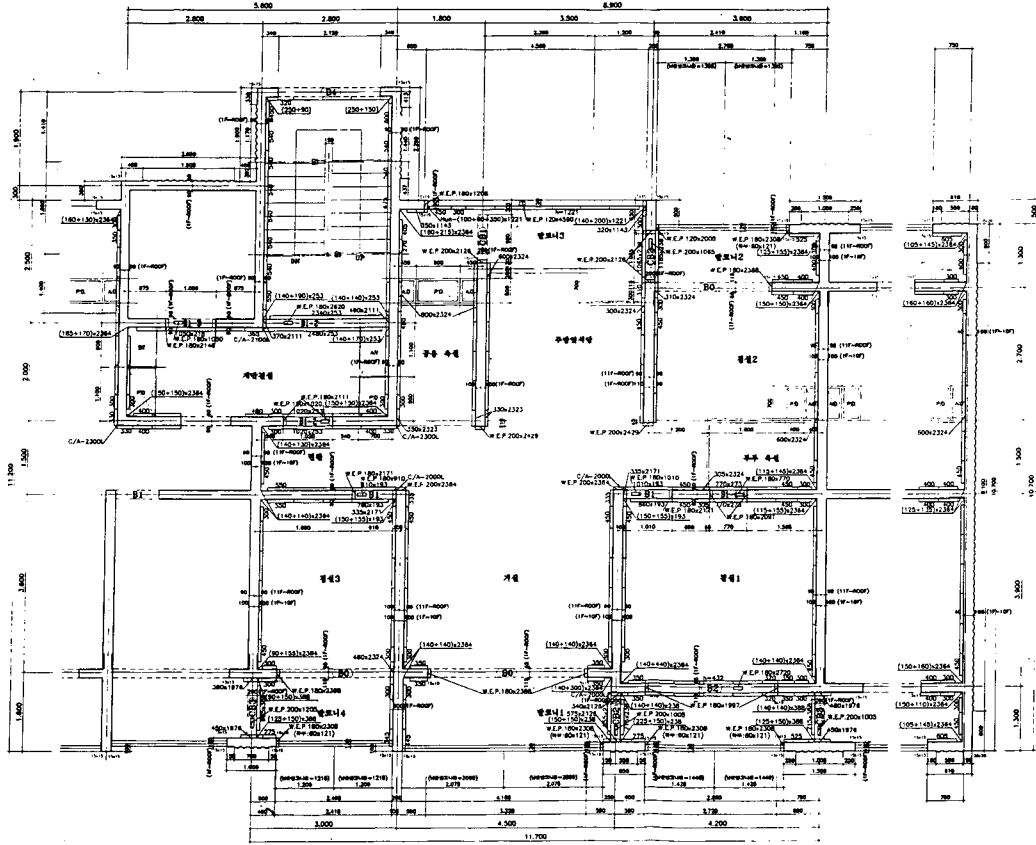


그림 10. 모델 APT 평면

거푸집 면적산출에 사용된 모델 APT의 평면은 그림 10과 같으며 거푸집 면적은 표 22와 같다.

표 21. 분양면적 34평형 100세대 APT공사시 공사비 절감효과

구 분	단위	EURO Form	알루미늄 프레임 거푸집	차 액
1세대별 거푸집	m ²	212.2	212.2	
1m ² 당 단가	원	12,815.8	8,556.5	4,259
1세대당 금액	원	2,719,000	1,815,347	903,653
100세대 총액	원	271,900,013	181,534,704	90,365,309
절 감 액	원		90,365,309	EURO Form 대비 66.8%

표 22. 부위별에 따른 수량산출근거(거푸집, 면처리, 미장) 분양면적 34평형 4세대 25층(100세대)기준

구 분		단위세대 면적(m ²)		세대수		층당면적(m ²)	
		거푸집	면처리 부위	거푸집 세대	면처리 세대	거푸집	면처리부 위
세대내부	세대벽/축	24.16	24.16	4	2	96.63	48.31
발코니 2	남개벽	1.63	1.63	4	4	6.51	6.51
	침실 2	2.49	2.49	4	4	9.96	9.96
침 실 2	발코니 2	2.49	2.49	4	4	9.96	9.96
	식당	20.95	20.95	4	4	83.81	83.81
발코니 3	남간대	5.60	5.60	4	4	22.42	22.42
	남개벽	1.01	1.01	4	4	4.04	4.04
욕 실	주방	15.43	14.20	4	4	61.72	56.79
	계단	9.86	9.86	4	4	39.44	39.44
침 실 1	부부욕실	17.40	11.43	4	4	69.59	45.73
	거실(내)	9.61	7.69	4	4	38.45	30.76
	거실(외)	8.87	8.13	4	4	35.50	32.54

구 분		단위세대 면적(m ²)		세대수		층당면적(m ²)	
		거푸집	면처리 부위	거푸집 세대	면처리 세대	거푸집	면처리부 위
침실 1	발코니 1	8.62	4.31	4	4	34.47	17.24
	남개벽 1	1.85	1.85	4	4	7.40	7.40
발코니 1	남개벽 2	2.10	2.10	4	4	8.38	8.38
	발코니 4	3.72	3.72	4	4	14.89	14.89
	거실	4.93	2.47	4	4	19.72	9.86
발코니 4	발코니 1	3.72	3.72	4	4	14.89	14.89
	남개벽	1.23	1.23	4	4	4.93	4.93
침 실 3	세대간/중	8.43	7.69	4	4	33.72	30.76
	발코니 4	2.24	1.23	4	4	8.97	4.93
현 관	현관	10.30	10.30	4	4	41.21	41.21
	세대간/중	3.25	3.25	4	4	13.02	13.02
마구리	계단진실	4.30	4.30	4	4	17.18	17.18
	옹벽	1.33	1.33	4	4	5.32	5.32
인방보	개구부						
	분합문	3.25	1.62	4	4	12.99	6.50
계단실	미장	53.52	40.68	2	2	107.04	81.36
	계단미장면적 : 81.36 m ²					층당 합계 25층합계	822.17 21,211.91
	세대내부면처리 : 586.78 m ²					668.13 17,237.86	
						단위면적(평)당	6.24 5.07

상기의 결과로 알루미늄 프레임 거푸집 시공시 EURO Form에 비해 1세대당 903,653원, 100세대 1동의 경우에는 90,365,309원의 거푸집 공사비를 절감할 수 있음을 알 수 있다.

(2) 마감공정

APT의 계단실 부위는 미장마감을 주로 채택하고 세대 내부는 면처리를 하는 것이 일반적이나 알루미늄 프레임

거푸집의 경우, joint 길이가 짧고 시범 적용된 사례를 조사해 본 결과 계단실, 세대내부 모두 면처리가 가능하였다.

세대내부 면처리의 경우, 알루미늄 프레임 거푸집은 그림 6과 같이 Panel 1장당 이음부의 길이가 EURO Form에 비해 0.6m 적으며 joint 부분의 폭을 10cm로 가정하여 면적을 산출하면 0.36m²로 EURO Form 시공시 0.42m²의 86%로 감소하게 된다.

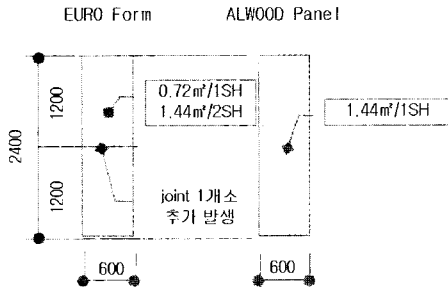


그림 11. EURO Form과 알루미늄 프레임 거푸집의 joint길이산정

상기의 방법으로 34평형 APT 1세대의 세대내부와 계단실의 마무리 비용을 산출한 결과는 표 23과 같다.

표 23. 콘크리트면 마무리 비용 비교 (34평형 1세대 기준)

종류	미감부위	계단 (20.34m ²)	세대 내부 (167.03m ²)	합계
		미장	면처리	미장+면처리
EURO Form	작업종류	미장	면처리	미장+면처리
	비용(원)	132,210	334,065	466,275
ALWOOD Panel	작업종류	면처리	면처리	면처리
	비용(원)	34,985	287,292	322,277

따라서, 알루미늄 프레임 거푸집의 계단과 1세대 내부 모두 면처리로 콘크리트면을 마무리하는데 소요되는 비용은 322,277원으로 EURO Form의 466,275원에 비해 약 31% 감소하여 143,998원의 비용절감을 가져오는 것으로 나타났다.

5. 결론

이상과 같이 알루미늄 프레임 거푸집을 RC조 벽식 콘크리트 구조물에 이용시 현장적용 가능성 여부를 검토하기 위해 축압저항성능 고찰을 위한 실험과 경제성 검토를 행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) KS F 8006에 의한 거푸집 강성·강도시험 결과 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form 모두 규준을 만족하였다.
- (2) 벽체두께에 따른 축압에 의한 변형량 측정 결과 면판 부위에서 평균 2.56mm, frame 부위에서 평균 1.87mm로 나타나 「건축공사표준시방서」와 「콘크리트표준시방서」의 규준을 만족하였다.
- (3) 알루미늄 프레임 거푸집과 EURO Form의 면판부위 변형량은 거의 비슷하게 나타났으나 표면 평활성은 알루

미늄 프레임 거푸집이 우수한 것으로 판단된다.

(4) 벽체의 조건보다 높은 축압이 발생하는 매스콘크리트 실험결과 축압저항을 위한 보강재 없이 우수한 축압저항성을 나타내었다.

(5) 알루미늄 프레임 거푸집의 단가는 EURO Form에 비해 2배 정도로 높으나, 거푸집의 대형화, 경량화에 따른 형틀목공의 인력절감으로 인하여 노무비는 약 44%정도 감소하는 것으로 나타났다.

(6) 알루미늄 프레임 거푸집을 34평형 100세대의 APT에 적용시, EURO Form을 사용할 때와 비교하여 약 33% 정도의 거푸집 공사비 절감효과를 거둘 수 있을 것으로 나타났다.

(7) 콘크리트면 마무리 비용은 EURO Form에 비해 약 30%의 비용절감효과를 나타내, 거푸집 공정후의 마감공정에서도 경제적 효과를 나타내었다.

상기의 결과에서 알루미늄 프레임 거푸집의 축압저항성은 기존 거푸집과 유사하게 나타났으며, 경제성은 우수한 것으로 나타나 경량성과 시공성을 고려할 때 현장 적용시 우수한 성능을 나타낼 것으로 판단된다.

향후, 거푸집 구성재료의 물성과 내구성에 따른 정확한 전용횟수의 산정과 마감공정에서의 경제성분석에 관한 지속적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 대한건축학회, 건축공사표준시방서, 1999
2. 한국콘크리트학회, 콘크리트표준시방서, 1999
3. (주)대우 기술연구팀, 거푸집공사의 이해와 시공, 1995
4. 대한주택공사, VE기법 활용방안 연구, 1992
5. 한국건설기술연구소, 건축공사 VE기법 적용에 관한 연구 - 가설공사를 중심으로, 1998
6. 대한건설협회, 건설공사표준품셈, 2000
7. 건설교통부, 건축공사 거푸집·농바리 설계 및 시공지침, 1998
8. 김기봉, 거푸집의 설계개념, 콘크리트 학회지 제 7권 4호, 1995
9. 양정현, 아파트 건축의 거푸집공법에 대한 경제성 연구, 중앙대 석사학위논문, 1990
10. 한국표준협회, KS(한국산업규격)
11. 日本規格協會, JIS(日本工業規格)
12. 日本建築學會, 建築工事標準仕様書·同解説(JASS 5 鐵筋コンクリート工事), 1997
13. ACI MANUAL OF CONCRETE PRACTICE, Guide to Formwork for Concrete, ACI 347R 94, 1999
14. Gardner, N. J., Pressure of Concrete Against Formwork, ACI Journal, Proceedings V. 77, No. 3, May June
15. Gardner, N. J., and Ho, P.T. J., Lateral Pressure of Fresh Concrete, ACI Journal, Proceedings V. 76, No. 7, July 1979
16. Clear, C.A., and Harrison, T.A., Concrete Pressure on Formwork, CIRIA Report No. 108, Construction Industry Research and Information Association, London, 1985
17. Gardner, N. J., Pressure of Concrete on Formwork A Review, ACI Journal, Proceedings V. 60, No. 12, Dec. 1963