

# 리브라스 거푸집의 적용을 위한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Application of Lib-lath Form

남정민\*  
Nam, Jung-Min

박무영\*\*  
Park, Moo-Young

이영도\*\*\*  
Lee, Young-Do

정상진\*\*\*\*  
Jung, Sang-Jin

### Abstract

In order for concrete as a basic material constituting reinforced concrete structure to meet the required performance, it is necessary to satisfy various requirements in concrete construction. Among them, form work has significant effects not only on the process of molding fresh concrete but also on the quality and performance of hardened concrete. Recently, the decrease and aging of form workers is becoming a great problem in the construction industry and, as a result, it is required to rationalize form works and reduce labor costs for employing form workers.

Because form construction methods decide the type of form according to required performance, it is necessary to develop various form construction methods and examine their performance. Thus the present study purposed to expand the scope of application of form construction methods and, for this purpose, investigated the basic characteristics of rib-lath form and presented a system form construction method.

키워드 : 리브라스 거푸집, 굳지않은 콘크리트, 경화콘크리트

Keywords : lib-lath form, fresh concrete, hardened concrete

## 1. 서론

콘크리트는 철근콘크리트 구조체를 구성하는 기본적 재료이지만, 그 성능을 충분히 발휘시키기 위해서는 콘크리트 공사에 있어서 각종 요구조건을 만족시킬 필요가 있다. 그 중에서도, 거푸집 공사는 중요한 위치에 있다. 거푸집 공사는 굳지 않은 콘크리트를 성형하기 위해서 필요한 공정이며, 동시에 굳은콘크리트의 품질성능에 큰 영향을 미친다. 또한 거푸집 공사는 구체공사에 관련되어 있어 철근콘크리트공사의 전체 공정에 큰 영향을 미친다. 최근 거푸집 노무자의 감소와 고령화가 건설업계 전체의 큰 문제가 되어, 거푸집 공사의 합리화, 성력화가 요구되고 있다.

본래 거푸집에 요구되는 성능으로는 강도·강성, 치수의 정확성·형상, 콘크리트의 마감면, 작업성, 안전성, 경제성 등이 있으며, 그 외에도 거푸집에 요구되는 특수기능으로써 투수성, 투시성, 마감성, 단열성, 방열성, 곡면자유성, 균열방지성, 탈락방지성 등이 있다.<sup>1)2)</sup> 또한 최근에는 현장 조건의 다양화로 인해 현장 여건에 적합한 거푸집 공법이 필요하게 되었고, 이를 위해서는 다양한 소재의 활용과 공법의 개발이 필요하다.

리브라스 거푸집은 해체 작업이 적고, 가공이 용이하여 숙

련공이 필요치 않으며, 경량이기 때문에 시공·운반 작업이 경감되는 등의 장점을 기대할 수 있기 때문에 거푸집 노무자 감소와 고령화에 대한 거푸집 공사의 합리화 및 성력화의 일환으로 적용 될 수 있을 것으로 사료된다.

또한 상부 구조나 벽체구조에서의 자유로운 형상(곡면)의 시공에 대응하기 쉽고, 구체표면은 리브라스로 인하여 균열억제 및 탈락방지 효과를 기대할 수 있다. 또한, 투수성에 의한 잉여수 유출은 굳은 콘크리트의 품질을 개선할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 리브라스 거푸집을 시스템 거푸집 공법으로 적용하기에 앞서, 리브라스의 특성을 정확히 판단할 필요가 있기 때문에 모의 시험체 제작을 통해 페이스트 유출 성향, 페이스트 유출에 따른 내부 콘크리트의 품질 확인, 내부 온도 측정에 의한 방열성 확인에 초점을 두어 리브라스 거푸집으로서의 적용성을 검토하고자 하였다.

현재, 일반적으로 사용되고 있는 리브라스의 형상을 [그림 1]과 [사진 1]에 나타내었다.

리브라스 거푸집의 기능설명도를 [그림 2]에 나타내었다.

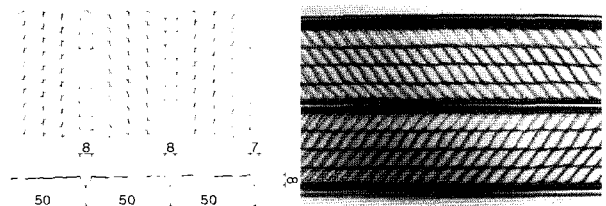


그림 1. 리브라스의 형상

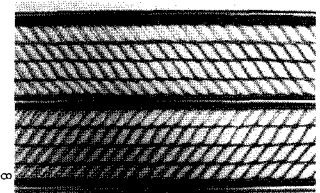


사진 1. 리브라스형상

\* 단국대학교 대학원 석사과정

\*\* 단국대학교 대학원 박사과정

\*\*\* 경동대학교 건축환경공학부 교수

\*\*\*\* 단국대학교 건축대학 건축공학과 교수

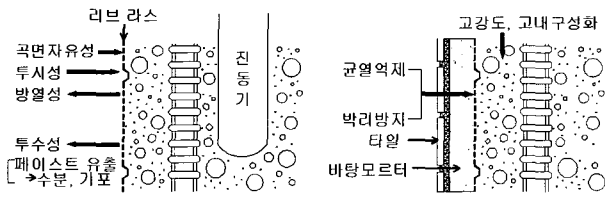


그림 2. 리브라스 거푸집의 기능설명도

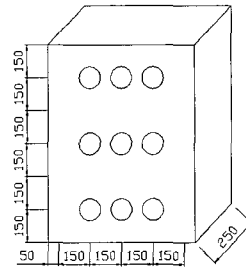


그림 3. 실험체의 형상

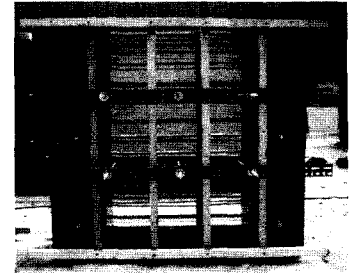


사진 2. 양면리브라스 시험체

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

실험인자 및 실험수준은 [표 1]과 같이 거푸집의 형상에 따라 3가지로 구분하고, 여기에 콘크리트 타설시 내부 진동 형태에 따라서 3가지 수준으로 하여 각각의 거푸집의 특성을 비교하였다. 수화 상승 온도의 측정을 위하여 각 실험체 별 중심, 중심-외기, 상부-외기의 위치에 온도 센서를 매립하였다. 실험사항으로는 굳지 않은 콘크리트에서 페이스트 유출량, 수화 상승온도, 슬럼프, 공기량을 측정하였고, 경화콘크리트에서는 코아공시체 강도를 상·중·하의 높이별로 측정하고, 공시체강도는 표준수중양생 및 현장밀봉양생을 통해 측정하였다.

표 1. 실험인자 및 실험수준

실험인자		실험수준	
모의 시험체 실험	시험체 배합	1	24MPa, 슬럼프 18cm
	거푸집 형상	3	합판 거푸집 일면 리브라스 거푸집 양면 리브라스 거푸집
	내부 진동방법	3	무진동, 2단 진동, 3단 진동
	온도센서 매립위치	3	중심부, 중심-외기, 상부-외기
	코아 공시체 채취 위치	3	상부, 중부, 하부
	공시체	2	표준수중양생, 현장밀봉양생
	재령	3	3, 7, 28

표 2. 측정항목

구분	굳지않은 콘크리트	경화콘크리트
실험사항	페이스트 유출량 수화 상승온도 슬럼프 공기량	표준수중양생 강도 현장밀봉양생 강도 코어강도

### 2.2 실험체의 형상 및 치수

실험체 형상을 [그림 3]과 [사진 2]에 온도센서 설치 형상을 [그림 4]와 [사진 3]에 나타내었다.

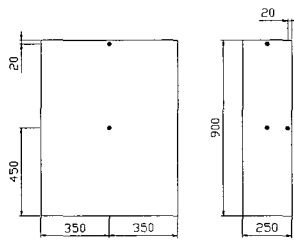


그림 4. 온도센서 설치위치

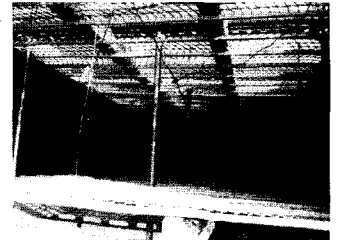


사진 3. 온도센서 설치

### 2.3 콘크리트 배합 및 타설

콘크리트는 추후 현장 적용을 고려하여 설계기준강도 24MPa, 슬럼프 18cm, 공기량 4.3%의 S사의 레미콘을 사용하였으며, 콘크리트의 배합 및 성질은 [표 3]에 나타내었다.

시험체 타설은 진동의 경우 봉상형 진동기를 이용하여 높이별로 2단과 3단으로 나누어 각각 300mm와 450mm 간격으로 하여 중앙부위에 5초간 다짐을 실시하였다.

표 3. 배합표

설계기준강도 (MPa)	W/B (%)	S/a (%)	용적중량(kg/m <sup>3</sup> )						측정값		28일 압축강도 (MPa)
			W	C	FA	S	G	A·D	공기량 (%)	슬럼프 (cm)	
24.0	51.1	51	186	328	36	874	856	2.19	4.3	18.0	27.8

W : 물 C : 보통 포틀랜드 시멘트 FA : 플라이애쉬  
S : 잔골재 G : 굵은골재 AD : AE 감수제

### 2.4 사용재료

#### 1) 시멘트

본 실험에 사용한 시멘트는 KS L 5201의 규정에 적합한 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

#### 2) 골재

본 실험에 사용된 잔골재는 인천산세척사로 최대크기를 5mm이하로 입도조정 하였고, 굵은골재는 경기도 광주 석산의 쇄석으로 최대치수 20mm이하로 입도조정하여 사용하였다.

#### 3) 혼화제

본 실험의 콘크리트에 사용한 혼화제는 유동성 확보를 위해 국내 D사의 나프탈렌 축합물을 주재료로 한 AE감수제를 사용 하였다. 혼화제의 물성은 [표 4]와 같다.

표 4. AE감수제의 물리적 성질

구분	유형	색상	주성분	비중	비고
국내 D사	AE 감수제	암갈색	나프탈렌계	1.12±0.05	-

4) 플라이애시

본 실험에 사용된 플라이애시는 보령 화력발전소에서 생산되어 정제 과정을 거친 유연탄 플라이애시로 KS L 5405 규정에 적합한 것이며, 플라이애시의 물리적·화학적 특성은 [표 5]과 같다.

표 5. 플라이애시의 물리·화학적 성질

구분	강열 감량 (%)	단위 수량비 (%)	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	비중	압축 강도비 (%)	SiO <sub>2</sub> (%)	습분 (%)
보령산	3.75	100	3,084	2.11	95	59.7	0.11
KS 규격	5 이하	102 이하	2,400 이상	1.95 이상	60 이상	45 이상	1 이하

5) 리브라스

리브라스의 물리적 성질은 [표 6]과 같고, 규격 W50의 제품을 사용하였다.

표 6. 리브라스의 물리적 성질

사용재료	물리적성질
리브-라스	· Form Net 형 · 망목의 크기 : W50(7×11mm) · 리브의 높이 : 8mm · 제품의 중량 : 1.8kg/m <sup>2</sup> ~2.3kg/m <sup>2</sup> · 사용강판의 두께 : 0.5mm · 소재 GI, EGI

2.5 실험방법

1) 페이스트 유출량 시험

모의 시험체의 페이스트 유출량의 측정에는 콘크리트 타설 후 30분 간격으로 5시간에 걸쳐 측정하였으며, 측정 후 유출된 콘크리트를 28일 양생한 후 건조시켜 중량을 측정하였다. 콘크리트 타설시 측정된 페이스트 유출량과 28일 양생·건조시킨 후 측정된 콘크리트의 중량의 차이를 확인하여 페이스트 유출시 빠져나온 잉여수의 양을 측정하였다.

2) 수화 상승온도 측정 실험

리브라스 거푸집의 방열성으로 인한 온도이력을 확인하기 위하여 [그림 4]와 같이 중심부(높이 450mm 지점)와 외부에서 20mm 위치에 온도센서를 매설한 후 콘크리트 타설 직후부터 외기온과 비슷해지는 재령까지 자동온도기록장치를 사용하여 부재 내부 온도를 측정하였다.

3) 코아공시체 채취 및 압축강도 실험

모의실험체 내부의 강도발현을 측정하기 위하여 코아 공시체를 [그림 3]과 같이 채취하여, 채취한 공시체를 Ø10×20cm가 되도록 양 측면을 절단한 후 압축강도 실험을 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 페이스트 유출량 실험

페이스트 유출량의 측정결과를 [표 7] 및 [그림 5]에 나타내었다.

각각의 시험체에서 측정된 페이스트 유출량 및 유출율은 일면 리브라스 시험체의 경우 L-0, L-2, L-3의 순으로, 양면 리브라스 시험체의 경우 LL-0, LL-2, LL-3의 순으로 점차 높아지는 양상을 나타내었다. 이는 진동에 의해 점차 유출량 및 유출율이 커지는 것으로 판단된다.

L-0, L-2, L-3의 일면 리브라스 시험체의 경우 보다 LL-0, LL-2, LL-3의 양면 라스 시험체가 유출량이 상대적으로 크게 나타났다. 특히 (L-0, LL-0)의 무진동의 경우는 그 값이 1.13kg으로 페이스트 유출량의 차이가 적은 반면 (L-2, LL-2) 및 (L-3, LL-3)의 경우는 각각 8.11, 9.78kg으로 유출량의 차이가 커짐으로써 진동에 의한 페이스트 유출량이 크게 증가하는 것을 확인 할 수 있었다.

표 7. 페이스트 유출량 및 잉여수량

구분 시험체명	유출량(kg)	유출율(%)	잉여수량(kg)	잉여수 비율(%)
L-0	5.14	1.43	1.41	27.4
L-2	8.24	2.29	2.02	24.5
L-3	9.46	2.63	2.26	23.9
LL-0	6.27	1.75	2.08	33.2
LL-2	16.34	4.55	4.87	29.8
LL-3	19.24	5.36	5.52	28.7

L-0  
 진동유무 : 0(무진동), 2(2단진동), 3(3단진동)  
 거푸집의 종류 : L(일면 라스), LL(양면라스)

\* 유출율 = (총유출량 / 시험체의 중량) × 100 (%)

\* 잉여수비율 = (잉여수량 / 총유출량) × 100 (%)

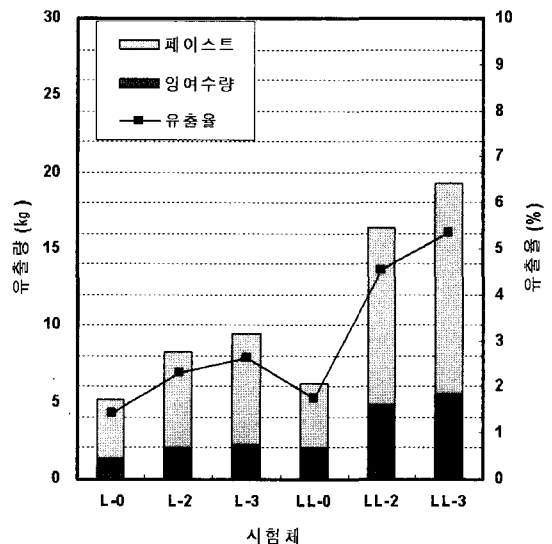


그림 5. 페이스트 유출량 및 유출율

### 3.2 수화 상승온도 측정 실험

리브라스 거푸집의 방열성 확인을 위해 제작된 모의 시험체의 수화열을 측정하여 수화 상승온도 곡선을 [그림 6]과 [그림 7]에 나타내었다.

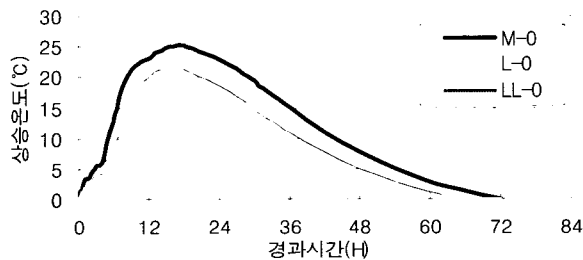
수화 상승온도의 측정결과 모의 시험체는 약 4시간 30분 이후부터 수화반응이 시작되었다. 콘크리트 내부 온도는 진동 유·무와는 관계없이 (M-0, M-2, M-3), (L-0-sm, L-1-sm, L-2-sm), (LL-0-sm, LL-2-sm, LL-3-sm)가  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 내외로 거의 동일한 경향을 나타내었다. 최고온도는 17 ~ 20 시간 경과 후 도달하였고, 이후 온도가 점차 하강하여 약 55 ~ 72시간 후 온도 변화가 나타나지 않게 되었다.

모의 시험체의 최고 상승온도는 M-0의 중심부에서  $25.2^{\circ}\text{C}$ 로 가장 높게 나타났으며, L-0의 중심부는  $21.4^{\circ}\text{C}$ , LL-0의 중심부는  $18.5^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. [그림 6]

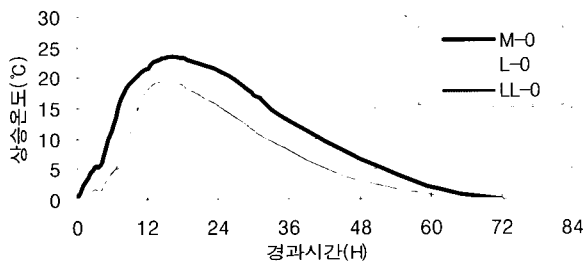
즉, LL, L, M의 순으로 방열성이 우수한 것을 확인 할 수 있었고, M 시험체에 비해 LL 시험체가 중심기온에서  $6.7^{\circ}\text{C}$ 정도 낮은 온도 분포를 나타내고 있었다.

거푸집 내부 온도는 중심부, 중심-외기, 상부-외기 순으로 높았으며, 중심부와 외부의 온도 차이 또한 [그림 7]과 같이 M, L, LL 순으로 나타나 추후 매스콘크리트에도 활용이 가능하리라 판단된다.

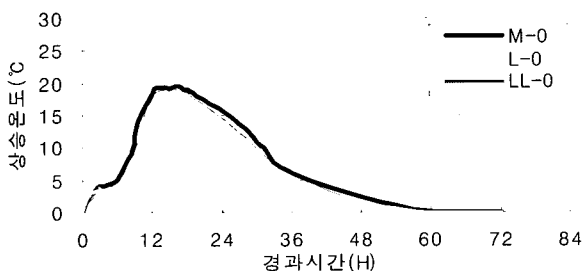
이와 같은 수화온도 측정 결과를 통해 리브라스 거푸집의 방열성능을 확인 할 수 있었다.



a. 시험체별 중심부의 수화 상승온도

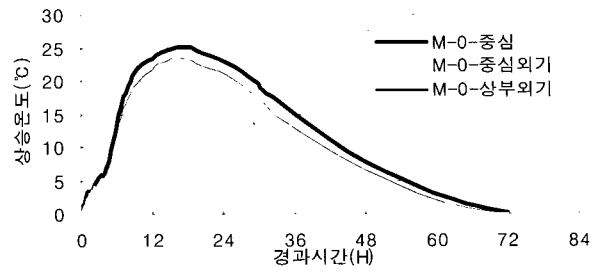


b. 시험체별 중심-외기부의 수화 상승온도

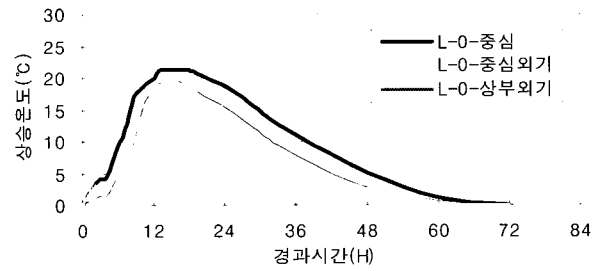


c. 시험체별 상부-외기부의 수화 상승온도

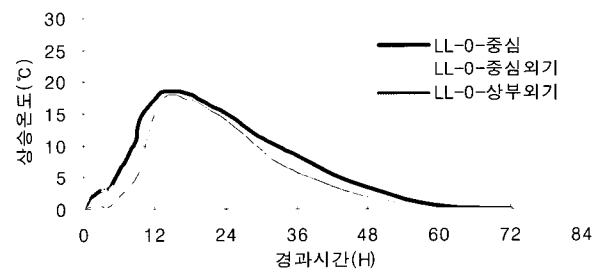
그림 6. 시험체 부위별 수화 상승 온도



a. 합판 거푸집의 수화 상승온도



b. 일면 리브라스 거푸집의 수화 상승온도



c. 양면 리브라스 거푸집의 수화 상승온도

그림 7. 시험체별 수화 상승온도

### 3.3 관리용 공시체 및 코아 압축강도

관리용 공시체 및 코아 공시체의 압축강도 측정결과를 [표 8], [표 9]에 나타내었다.

거푸집의 종류와 시험체의 높이에 따른 압축강도성상을 파악하기 위해 거푸집 종류 및 진동여부에 따라 높이별로 코아를 채취하여 비교·검토하였다. [표 10], [그림 11]

모든 시험체에서 설계기준강도인 24MPa를 만족하였으며, 상부에서 하부로 내려 갈수록 코아 강도가 높아지는 경향을 나타내었다. 이는 콘크리트 자중에 의한 압밀로 인해 하부의 콘크리트가 밀실해 졌기 때문으로 사료된다.

표 8. 관리용 공시체의 압축강도 측정결과

재 령	압축강도(MPa)			
	양생조건	3일	7일	28일
표준양생 공시체		11.68	18.39	27.28
		11.58	18.05	28.72
		11.42	18.77	27.50
밀봉양생 공시체		11.32	17.73	26.13
		10.86	18.61	26.80
		10.99	17.95	26.95

표 9. 재령별 코아 공시체의 압축강도 측정결과

시험체의 종류	압축강도(MPa)		
	3일	7일	28일
M-0	12.42	18.35	26.50
L-0	12.73	18.11	27.08
LL-0	11.76	18.25	28.09
M-2	11.97	18.70	26.20
L-2	12.58	18.42	26.26
LL-2	12.49	19.00	28.19
M-3	12.05	18.60	26.07
L-3	12.48	18.64	26.32
LL-3	12.25	19.60	27.17
표준양생	11.56	18.41	27.83
밀봉양생	11.06	18.10	26.63

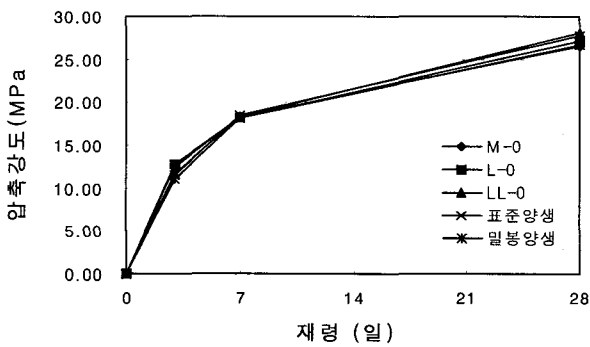


그림 8. 재령에 따른 시험체별 코아 압축강도(무진동)

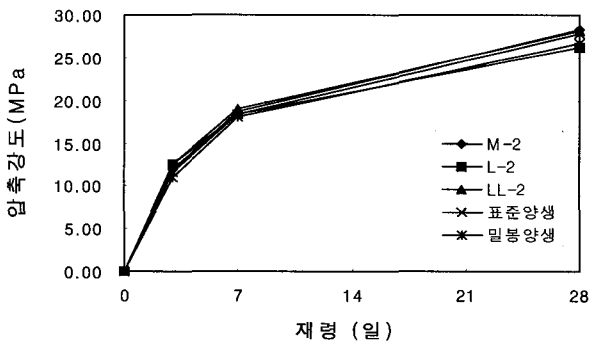


그림 9. 재령에 따른 시험체별 코아 압축강도(2단진동)

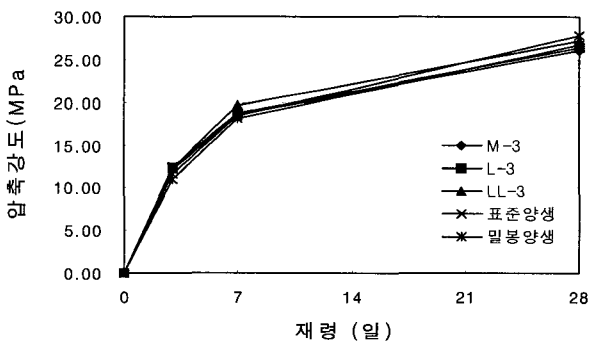


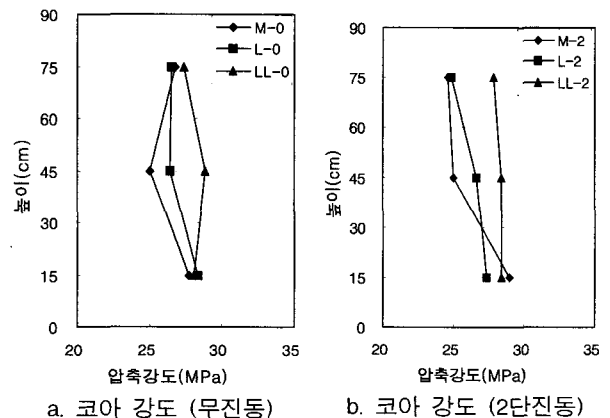
그림 10. 재령에 따른 시험체별 코아 압축강도(3단진동)

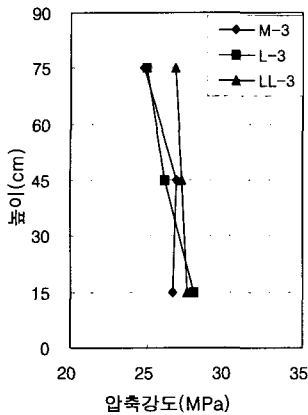
표 10. 시험체별 높이에 따른 코아 압축강도 (단위:MPa)

시험체 종류	채취위치	3일	7일	28일
M-0	상	12.59	17.92	26.74
	중	12.01	18.25	25.00
	하	12.66	18.88	27.75
L-0	상	11.91	17.90	25.80
	중	12.31	18.42	26.10
	하	12.73	18.73	28.94
LL-0	상	11.77	16.73	25.64
	중	11.99	18.89	26.03
	하	12.39	19.28	27.17
M-2	상	11.16	17.32	24.60
	중	11.76	18.52	25.02
	하	12.98	20.24	28.99
L-2	상	12.11	18.12	24.70
	중	12.58	17.99	26.71
	하	12.66	20.54	27.89
LL-2	상	12.10	16.83	26.68
	중	12.17	20.00	27.76
	하	12.66	20.31	27.20
M-3	상	11.39	17.36	24.78
	중	11.76	18.66	26.84
	하	12.98	19.79	26.59
L-3	상	11.62	17.99	25.78
	중	12.29	18.61	26.11
	하	12.67	19.69	29.13
LL-3	상	11.99	18.59	25.45
	중	12.29	18.81	26.64
	하	12.07	20.38	28.58

시험체의 높이별 강도 분포를 보면 대체로 LL, L, M의 순으로 코아 강도가 높은 경향을 나타내고 있다. 이는 콘크리트 타설시 페이스트 유출과 함께 잉여수 및 기포의 유출로 인해 콘크리트가 밀실해 졌기 때문으로 판단된다.

[그림 11]을 보면 진동의 경우가 높이에 따른 코아 강도의 변화 폭이 작은 것을 알 수 있다. 즉, 시험체 타설시 내부에 진동을 주게 되면 진동을 주지 않은 경우보다 콘크리트 전체의 품질이 균일하게 유지되었다. 또한 LL, L, M의 순으로 그 래프의 기울기가 가파른 것을 볼 수 있다. 이를 통해서 LL의 경우는 높이에 변화에 관계없이 균일한 콘크리트 품질을 가지는 반면, M의 경우는 높이에 따른 강도 변화가 큰 것을 확인 할 수 있었다.





c. 코아 강도 (3단진동)

그림 11. 리브라스의 규격에 따른 높이별 압축강도

내부 콘크리트의 강도는 진동을 가하면 대체적으로 높게 나타나지만 반대로 낮은 강도 값을 나타내는 경우도 있었다. 이는 진동에 의한 페이스트 유출량 외에도 페이스트 유출시 잉여수량의 비율, 측압에 따른 압밀효과, 진동에 의한 공극 감소 효과 등 콘크리트의 강도에 영향을 주는 인자가 복합적으로 작용하기 때문으로 사료된다.

#### 4. 결론

- 1) 리브라스 거푸집의 페이스트 유출량은 진동여부에 가장 많이 좌우되고, 일면 리브라스 거푸집이 양면 리브라스 유출량이 많아지는데 이는 거푸집의 측압이 일면 리브라스 거푸집이 크기 때문으로 사료된다.
- 2) 모의 시험체는 콘크리트 타설 이후 약 4시간 30분 이후부터 수화반응이 시작되어 17~20시간 경과 후 최고온도에 도달하였고, 약 55~72시간 후 온도변화가 나타나지 않게 되었으며, 콘크리트 내부의 수화온도는 진동의 여부와는 관계없이  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$  이내로 거의 동일한 경향을 나타내었다.
- 3) 거푸집의 방열 성능은 양면 리브라스 거푸집, 일면 리브라스 거푸집, 합판 거푸집 순으로 높게 나타났으며, 합판거푸집과 양면 리브라스 거푸집의 중심부 최고 온도는  $6.7^{\circ}\text{C}$ 의 차이를 나타내었다.
- 4) 거푸집 내부 온도는 중심부, 중심-외기, 상부-외기 순으로 높았으며, 중심부와 외부의 온도 차이는 합판거푸집, 일면 리브라스 거푸집, 양면 리브라스 거푸집 순으로 낮아지므로 리브라스 거푸집이 방열 특성을 확인 할 수 있었다.
- 5) 모든 시험체에서 상부에서 하부로 내려 갈수록 코아 강도가 높아지는 경향을 나타내었다. 이는 콘크리트 자중에 의한 압밀로 인해 하부의 콘크리트가 밀실해 졌기 때문으로 사료된다.

6) 시험체의 높이별 강도 분포를 보면 대체로 양면 리브라스 거푸집이 가장 높고, 일면 리브라스 거푸집, 합판 거푸집 순으로 낮아지고 있다. 이는 콘크리트 타설시 페이스트 유출과 함께 잉여수 및 기포의 유출로 인해 콘크리트가 밀실해 졌기 때문으로 사료된다.

이상과 같이 리브라스 거푸집의 적용성에 관한 실험 결과 페이스트 유출 경향을 파악하고, 우수한 방열 특성을 확인 할 수 있었다. 또한 페이스트 유출시 잉여수 및 기포의 배출로 인한 균은 콘크리트의 압축강도 증진을 확인 할 수 있었다. 향후 거푸집으로서의 적용성 검증을 위한 측압, 변형율, 내구성에 관한 검토가 필요하고, 이를 바탕으로한 기능성 거푸집으로써 리브라스 거푸집의 시스템화가 필요할 것으로 판단된다.

#### 참고 문헌

1. 정상진 외 10인, 건축시공, 기문당, p158, 2003. 8
2. 정상진 외 2인, “거푸집공사의 전방”, 건축시공학회지-v.2, n.4(통권 제6호), 2002. 12