Journal of the Korea Concrete Institute
Vol.15, No.3, pp. 392~399, June 2003

단열재 조합에 의한 한중콘크리트용 거푸집 개발

한천구[1] • 오선교[2] • 신동안[2] • 김경민[3]*

[1] 청주대학교 건축공학과 [2] (주)선엔지니어링 종합건축사사무소 [3] 고려산업개발(주)

(2002년 8월 26일 원고접수, 2003년 5월 10일 심사완료)

Development of Forms for Cold Weather Concrete by Combination of Insulation

Cheon-Goo Han[1], Seon-Kyo Oh[2], Dong-An Sin[2], and Kyoung-Min Kim[3]*

[1] Dept. of Architectural Engineering, Chongju University, Chongju, 360-764, Korea
[2] Sun Architects & Engineers Group, Chongju, Korea
[3] Research & Development Dept. Korea Industrial Development, Seoul. 137-853, Korea

(Received August 26, 2002, Accepted May 10, 2003)

ABSTRACT

This paper discusses the validities of insulating curing of cold weather concreting at early stage by applying insulation forms. Tests were carried out using modified insulating form combining existing insulating form and various other insulations in order to develop improved insulation form. Temperature history of concrete using various insulating forms and insulation was measured to determine most effective combination of insulting form. According to results, as for the wall form, under the curing temperature of -10 ℃, the temperature of concrete using Euro form drops sharply before 24 hours and lasts below 0℃ for 7 hours. The temperature of concrete using the form combining Polypropylene panel, styrofoam and plywood panel keep above 0 ℃. And, it is confirmed that the form mentioned above has a favorable effects on enhancing strength development of concrete and the cost to make the forms shows more reasonable than that of existing forms. However, as for the combination methods of insulation form for slab, which is composed of insulating form at the bottom of slab and various surface curing materials at the top of slab, in case of exposed condition at the top of slab, temperature history of concrete goes below 0 ℃ after 10 hours. In case of the combination of vinyl sheet and curing blanket, it drops below 0 ℃ after 42 hours. However, in case of the combination of vinyl, styrofoam and curing blanket, it does not go below 0 ℃ until 55 hours. Accordingly, compared to the case of exposure and the combination of vinyl and curing blanket, it indicates that the combination mentioned above has more effective insulating performance.

Keyword : cold weather concreting, insulating form, temperature history, frost damage at early age

1. 서 론

초고층 건물과 같은 현대 건축물인 경우 건설공기의 단축이 중요함에 따라 연중시공이 필수적으로서 한중콘크리트 시공의 필요성이 중요하게 부각되고 있다.[1,8]

그런데, 이와 같은 한중콘크리트 공사에서는 초기동해 방지를 위한 보온양생과 배합계획시의 강도보정에 대한 고려 등 부가적인 조치를 강구해야 함에 따라, 관리의 번잡, 공사비 증가 등이 문제시되고 있어 대체적으로 한중콘크리트 시공을 기피하는 경향이 있다.[2,9]

그러나, 선진국의 경우는 내한제의 사용이나, 단열 및 가열보온 양생 등 철저한 품질관리를 실시하므로써 초기동해를 방지하는 방법이 적용되고 있는데, 우리나라의 경우도 한중시공의 활성화를 위해서는 이러한 방법의 채택을 신중히 고려할 필요성이 제기되고있다.[3,6,7]

그러므로, 본 연구의 목적은 한중콘크리트 시공시 보온양생 대책 중 가장 손쉽고 효율적일 것으로 사료되는 단열 보온양생과 관련하여 기존 거푸집과 각종 단열재의 조합에 따른 단열거푸집의 변수 조건에서 한중콘크리트 시공조건을 상정한 상태의 온도이력을 검토하므로써 효율적인 단열거푸집을 개발하는 것이다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 Table 1과 같고, 배합사항은 Table 2와 같다.

즉, 실험요인으로 먼저 시리즈 I은 벽용 단열거푸집 실험으로써 W/C는 40 % 1수준에 목표 슬럼프 15±1 cm, 목

* Corresponding author
Tel : 02-597-4012 Fax : 02-597-5526
E-mail : kmkim@hdkid.com

Table 1 Experimental plan

Series	Factors		Levels	
I	Mixing	W/C (%)	1	40
		Aiming slump (cm)	1	15±1
		Anti-freeze agent (C×%)	1	8
	Mock-up structure	Form type (Wall assumption)	5	I Euro form II FRP+Styrofoam+plywood III FRP+Isopink+plywood IV PP+Styrofoam+plywood V PP+Isopink+plywood
	Experim.	Fresh concrete	2	Slump, Air content
		Hardened concrete	3	Compressive strength (Maturity 20, 30, 60, 120, 180, 300, 840D · D), Temperature history, Core compressive strength (7,28D)
II	Mixing	The same with Series I		
	Mock-up structure	Upper surface of slab insulating method type	8	I Exposure II Vinyl+curing sheet III Vinyl+styrofoam(50mm)+Vinyl film IV Vinyl+styrofoam(100mm)+vinyl film V Styrofoam(100mm)+vinyl VI Vinyl+styrofoam(50mm)+curing sheet VII Vinyl+styrofoam(100mm)+curing sheet VIII Styrofoam(100mm)+curing sheet
	Experim.	Fresh concrete	7	Slump, slump flow, Air content, unit weight, setting time, freezing temperture, chloride content
		Hardened concrete	The same with series I	

Table 2 Mixture proportions

W/C (%)	W (kg/m³)	S/a (%)	AE water reducing agent (%)	Anti-fr. agent (%)	Unit volume (ℓ/m³)			Unit weight (kg/m³)		
					C	S	G	C	S	G
40	185	45	0.35	8	147	280	343	463	721	898

표 공기량 4.5±1.5%에 내한제를 8% 혼입하는 것으로 하였고, 단열재 조합은 Table 1의 Mock-up 구조와 같이 5수준으로 변화시켜 실험 하였다. 이때, 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프 및 공기량을 측정하고, 경화 콘크리트에서는 적산온도별 압축강도, 거푸집 종류별 콘크리트의 온도이력과 7일 및 28일에서 코어 압축강도를 측정하도록 실험계획 하였다. 시리즈 II에서는 슬래브용 단열거푸집에 대한 실험으로써 시리즈 I 에서 개발한 단열거푸집을 하부에 고정하고 상부 단열방법은 Table 1의 Mock-up 구조와 같은 8종류로 변화시켜 실험 하였다. 굳지않은 콘크리트 및 경화콘크리트의 실험사항은 슬럼프플로우, 응결시간, 동결온도, 염화물량을 포함하여 시리즈 I과 동일하게 측정하는 것으로 하였다.[5]

2.2 사용재료

본 실험의 사용재료로써, 먼저 콘크리트용 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘트를 사용하였고, 잔·굵은골재는 충북 청원군 옥산산 강모래와 20 mm 부순 굵은골재를 사용하였다. 내한제는 선행 연구에서 개발된[10] 폐부동액을 이용한 내한제를 사용하였고, 혼화제는 나프탈렌계 AE감수제를 사용하였는데, 각각의 물리적 성질은 Table 3~5와 같다. 거푸집 조합 재료로 사용한 치장합판, 단열재 및 기타재료는 국내에서 시판되는 것으로, Table 6과 같은 재료를 이용하였다.[11]

2.3 실험방법

콘크리트는 Fig. 1과 같이 강제식 팬믹서를 사용하여 혼합하였으며, 슬럼프 시험은 KS F 2402, 공기량 시험은 KS F 2421에 따라 실험하였다. 벽체용 단열거푸집 실험에서 단열재 종류에 따른 시험체는 Fig. 3에 나타난 것처럼 일반적인 건물 벽체로 가정하여 30×30×20 cm 시험체로 하였는데, 이 때 상·하부 및 측면은 벽체가 연속된다

Table 3 Physical properties of cement

Specific gravity	Blain (cm²/g)	Soundness (%)	Setting time (min)		Comprssive strength (kgf/cm²)		
			Ini.	Fin.	3ds.	7ds.	28ds.
3.15	3,303	0.08	226	409	231	308	410

Table 4 Physical properties of aggregates

Aggregates	Specific gravity	Absorption ratio (%)	Unit weight (kg/m³)	Solid volume percentage of shape variation (%)
Fine agg.	2.57	1.94	1,598	61.0
Coarse agg.	2.62	0.84	1,531	55.5

Table 5 Physical properties of chemical admixture

Material	Ingredient	Type	Color	Specific gravity (20℃)
Anti-freeze agent	Nitrite	Fluid	Green	1.22
AE water reducing agent	Naphthalene	Fluid	Dark brown	1.15

Table 6 Physical properties of material for insulating form

Use	Base Material	Thick-ness(mm)	Thermal conducti. (Kcal/mh℃)	Specific gravity
Euro form	Plywood	7.5	0.140	0.65
Insulating form	FRP	5	0.200	1.6
	PP	5	0.150	1
	Styrofoam	10	0.031	0.02
	Isopink	10	0.008	0.03
	Plywood	7.5	0.150	0.65
Upper surface of slab curing material	Vinyl	0.02	0.033	0.05
	Vinyl film	0.05	0.033	0.05
	Curing sheet	10	0.100	0.14
	Styrofoam	50	0.031	0.02
	Styrofoam	100	0.031	0.02

고 가정하여 T=100 ㎜의 스티로폼으로 밀봉하였다.

슬래브용 단열거푸집 실험에서는 시리즈 I에서 실시한 실험 외에도 추가하여 응결시간을 KS F 2436의 프록터 관입저항 시험방법으로 측정하였고, 동결온도는 Ø10×20 cm 원주형 공시체의 중앙에 온도 측정용 열전대(T-type)를 매입한 후 냉동고에 넣어 Data logger로 온도를 측정하여 구하였으며, 염화물 측정은 염분농도계 AG-100을 이용하여 실시하였다. 경화콘크리트의 실험은 KS F 2405 규정에 따라 압축강도를 측정하였다.

또한 슬래브 시험체는 Fig. 4에 나타난 것처럼 일반적인 건물의 슬래브 두께가 12 cm인 것으로 가정하여 30×30×12 cm로 시험체를 제작하였고, 측면은 슬래브가 연속된다고 가정하여 T=100 mm의 스티로폼으로 밀봉하였다. 시리즈 I, II 시험체 모두 양생조건은 우리나라 겨울철의 열악한 시공 조건을 고려하여 -10 ℃의 항온조에서 7일동안 양생한 후 Ø10×20 cm 및 Ø10×12 cm의 코어를 채취하고 양쪽면을 연마하여 7일 압축강도를 측정하였다. 그 이후 시험체는 20 ℃에서 표준양생 한 후 28일째 코어를 채취하여 압축강도를 측정하는 것으로 하였는데, 이 때 슬래브 시험체의 경우는 공시체 높이에 따른 보정계수를 곱하여 강도로 환산하였다.

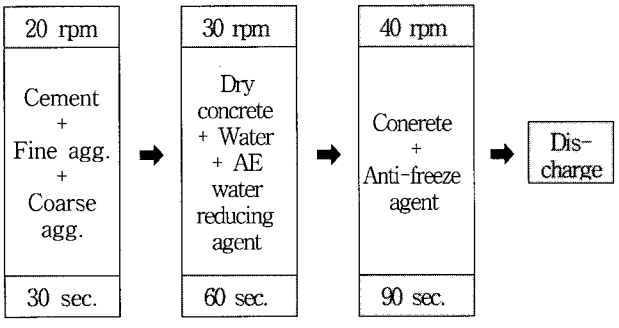


Fig. 1 Mixing of concrete

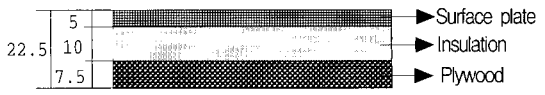
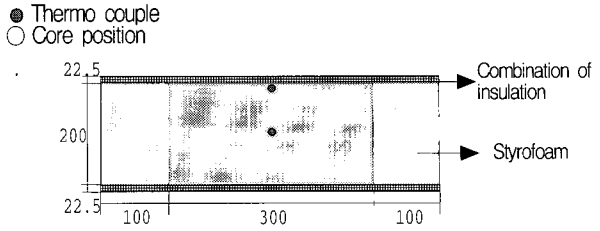
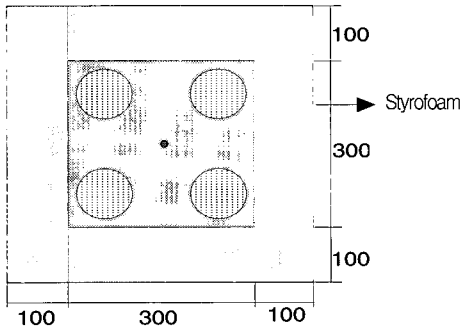


Fig. 2 Composition of insulating form

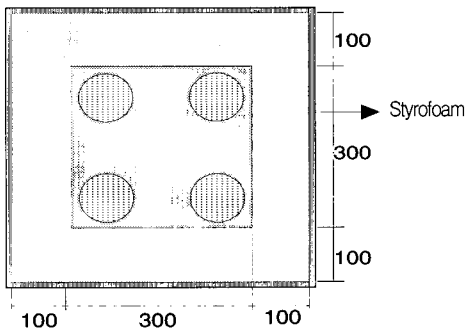


a) Plan view

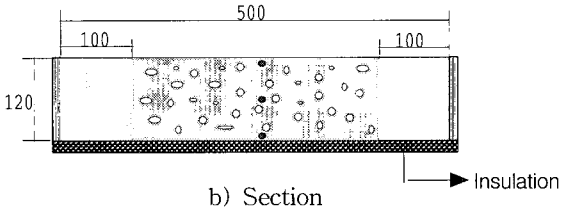


b) Section

Fig. 3 Plan view and position of thermal couple according to insulating form Series I



a) Plan view



b) Section

Fig. 4 Plan and section view of slab specimen Series II

3. 실험 결과 및 분석

3.1 벽용 단열거푸집 (시리즈 I)

3.1.1 굳지않은 콘크리트의 특성

굳지않은 콘크리트의 실험결과로, 슬럼프치는 14.5 cm, 공기량은 4.3 %로 나타나 실험 계획한 15±1 cm와 4.5±1 %의 범위를 만족하는 것으로 나타났다.

3.1.2 경화 콘크리트의 특성

1) 로지스틱 모델에 의한 강도증진 특성

본 연구에서 적용한 강도증진 식으로 적산 온도식은 현행 KASS-5에 규정되어 있는 식을, 강도증진 해석을 위한 모델식은 鎌田에 의한 로지스틱 모델식을 적용하였다.[4]

$$M = \sum_{i=0}^{n} (\theta_i + 10)\Delta t$$

여기서, θi : Δt 시간중의 콘크리트 온도(℃)

Δt : 시간 (일)

$$F_C = \frac{F_\infty}{1 + \exp(-k \cdot \log M + m)}$$

여기서, F_∞ : 최종도달강도(kgf/㎠), k, m : 실험상수

Fig. 5는 로지스틱 모델을 이용하여 적산온도에 따른 압축강도를, Table 7은 모델의 상수값을 나타낸 것이다. 전반적으로 추정식은 결정계수 0.98 이상, 표준편차 19.44 kgf/cm^2 이하로 양호한 상관성을 나타내고 있다.

Table 7 Experimental constant of logistic model by regression analysis

W/C (%)	Mix. ratio of anti-freez.(%)	Constant	Const. value	R	S.D
40	8	F∞	392	0.98	19.44
		k	3.20		
		m	5.71		

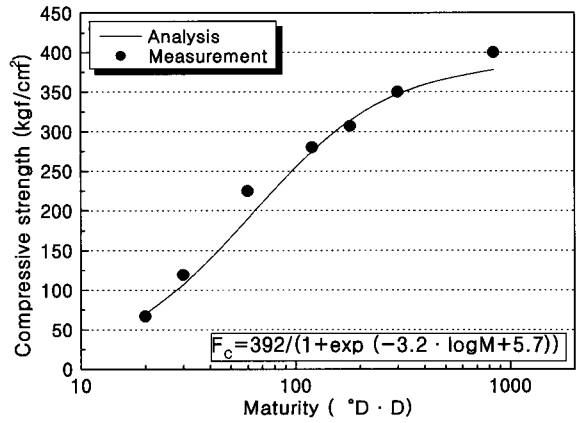


Fig. 5 Analysis of compressive strength development by logistic model

2) 온도이력

Fig. 6은 유로폼 및 실험계획된 각 단열거푸집 종류별 -10℃ 일정온도 조건인 냉동고속에서 시간 경과에 따른 표면 및 중심부의 콘크리트 온도이력을 나타낸 것이다.

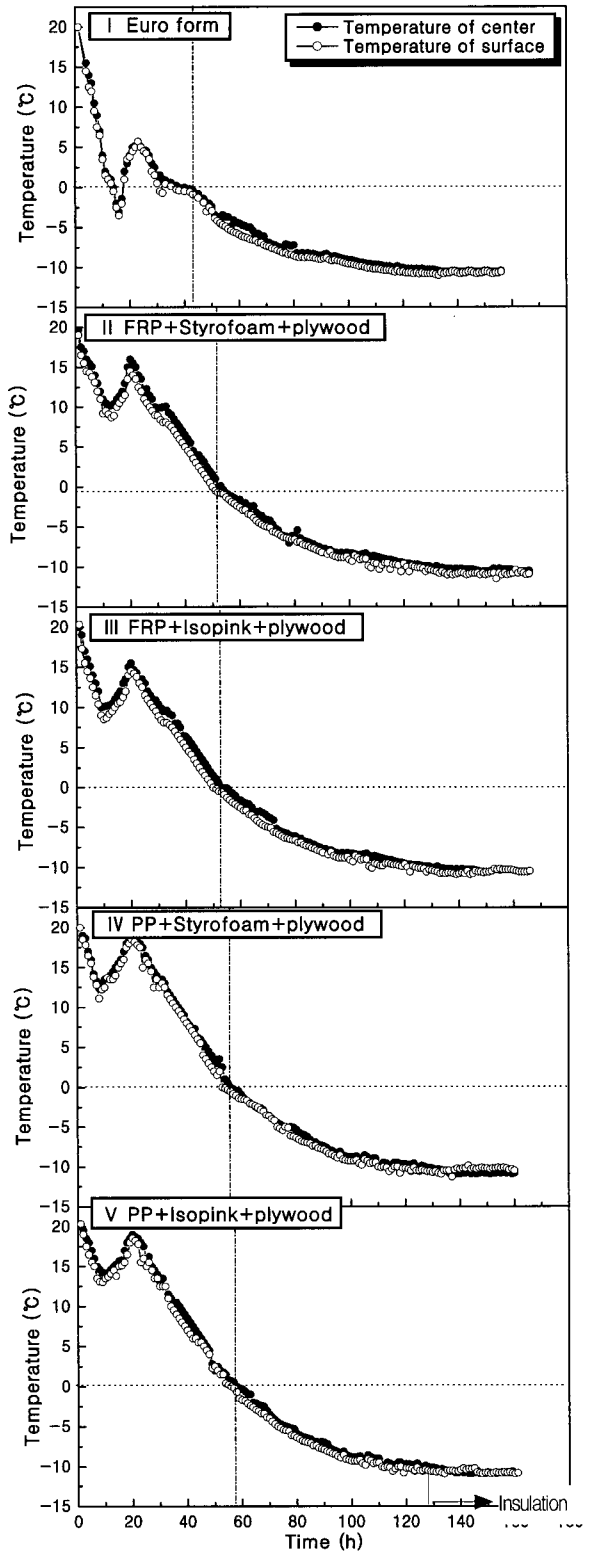


Fig. 6 Temperature history according to kinds of form

먼저, 각 거푸집 종류별 중심부 온도와 표면온도간에는 단면두께가 20 cm인 벽체에서 특히 단열이 양호한 경우 1 ℃ 내외의 차이로 중심부의 온도가 높음을 알 수 있다. 또한, 거푸집 종류별 온도이력으로 단열재를 사용하지 않은 유로폼의 치장합판인 경우는 시간이 경과함에 따라 콘크리트 내·외부 온도가 급격히 저하하는 것으로 나타났다. 즉, 콘크리트 타설 후 약 11시간 이후부터 0 ℃ 이하로 저하하여 최저 -4 ℃를 기록한 다음 시멘트의 수화열에 의해 다시 온도가 상승하여 23시간을 전후로 시멘트 수화열에 의한 6 ℃의 피크온도를 이룬 다음 다시 하강하여 33시간 이후부터는 재차 영하로 저하하였다. 따라서 일반 건축물용 거푸집으로 많이 이용되는 유로폼인 경우는 초기 24시간 이전에 급속한 온도저하에 의해 0 ℃ 이하의 기간이 약 7시간 정도 지속되어 초기동해 피해가 발생하였을 것으로 사료된다.

반면, 단열거푸집을 사용한 경우는 콘크리트 내·외부 온도가 초기 24시간 이전에 0 ℃ 이하로 내려가지 않았고, 최저온도가 8~13 ℃로 영상을 유지하므로써, 일반 유로폼과 비교하여 우수한 단열효과가 있음을 알 수 있었다.

또한, 단열거푸집 종류에 따른 24시간(피크온도) 이후 0 ℃의 도달시간은 Ⅳ, Ⅲ, Ⅱ, Ⅰ 순으로 도달시간이 늦어지는 것을 알 수 있는데, 이는 단열거푸집의 단열성능을 평가할 수 있는 것으로 즉, 단열재는 스티로폼 보다 아이소핑크, 표면판은 FRP보다 PP의 경우가 열전도율이 작음에 기인한 결과로 분석되는데, 중간 단열층인 스티로폼과 아이소핑크 간에는 차이가 작고 표면판인 FRP와 PP 간에는 약간 크게 나타났다. 따라서 상기의 온도이력 특성을 고려하면 저렴한 가격의 조합인 PP+스티로폼+합판인 Ⅳ 단열거푸집이 실용상 가장 유리할 것으로 분석되었다.

한편, 단열거푸집 탈형 후에는 이미 초기동해 방지기간이 지났기 때문에 간단한 양생재료로 양생한다면 효율적일 것으로 사료되어진다.

3) 코어 압축강도

Fig. 7은 단열거푸집 종류별 7일 및 28일 코어 압축강도를 나타낸 것이다. 먼저 7일 코어 압축강도에서 유로폼은 다른 단열거푸집과 비교하여 크게 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 초기 24시간 이전에 적산온도 저하 및 콘크리트가 초기 저온에 의한 초기동해 피해를 입었기 때문이라고 사료된다. 또한, 단열거푸집 중에서도 Ⅰ,Ⅱ보다 Ⅲ, Ⅳ의 강도가 다소 크게 나타났는데, 이는 단열거푸집 종류에 따른 단열효과의 차이에 의한 것으로 분석된다. 28일 코어 압축강도에서도 유로폼을 사용한 경우 여타의 단열거푸집과 비교하여 압축강도가 제일 작은 것으로 나타났는데, 이는 7일 코어 압축강도의 분석과 동일하다.

Fig. 8은 Fig. 5에서 구한 로지스틱 모델 해석치와 코어 압축강도 측정치를 비교한 것으로서 단열거푸집을 사용했을 때에는 예측치와 유사한 경향을 보이고 있으나, 유로폼의 경우는 예측치보다 낮은 강도를 나타내는데, 이는 초기동해 피해에 기인한 것으로 분석되어 진다.

3.2 슬래브용 단열거푸집 (시리즈 II)

3.2.1 굳지않은 콘크리트의 특성

슬래브용 단열거푸집에 이용한 굳지않은 콘크리트의 실험결과는 Table. 8과 같다. 슬럼프 및 공기량은 실험계획한 15±1 cm와 4.5±1 %의 범위를 만족하는 것으로 나타났다.

3.2.2 경화 콘크리트의 특성

1) 온도이력

Fig. 9는 슬래브의 하부 거푸집을 시리즈 I에서 도출한 PP+스티로폼+합판(Ⅳ)으로 고정하고 상부의 단열을 단열방법 종류별로 구분한 조건에서 시간 경과에 따른 표면,

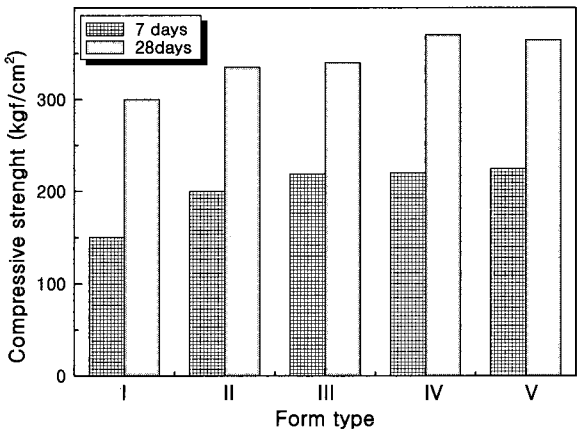


Fig. 7 Compressive strength of core specimen according to kinds of form

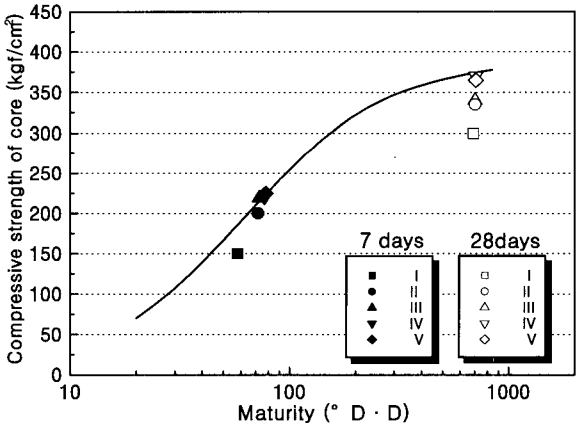


Fig. 8 Comparison of compressive strength by logistic model and measurement of core specimen

Table 8 Test results of fresh concrete

Classif.	Slump (cm)	Slump flow (cm)	Air content (%)	Unit weight (kg/m^3)
Result	15.6	28	4.7	2326
Classif.	Chloride content (kg/m^3)	Freezing temperat. (℃)	Setting time (h)	
result	0.068	-4.7	Initial. setting	Final setting
			9	11.5

중심부 및 하부의 콘크리트 온도이력을 나타낸 것이다. 먼저, 12 cm 두께인 슬래브의 경우 각 표면 양생조건 변화별 표면, 중심부, 하부간의 온도차이는 거의 없는 것을 알 수 있다.

표면 양생종류별에서 I (노출)의 경우는 시간이 경과함에 따라 콘크리트 내·외부 온도가 급격히 저하하였는데, 콘크리트 타설 후 약 10시간 이후부터 0 ℃ 이하로 저하하였다. 따라서, 콘크리트 표면을 노출시킨 경우는 초기 24시간 이전에 급격한 온도저하에 의해 초기동해 피해가 발생하였을 것으로 사료된다.

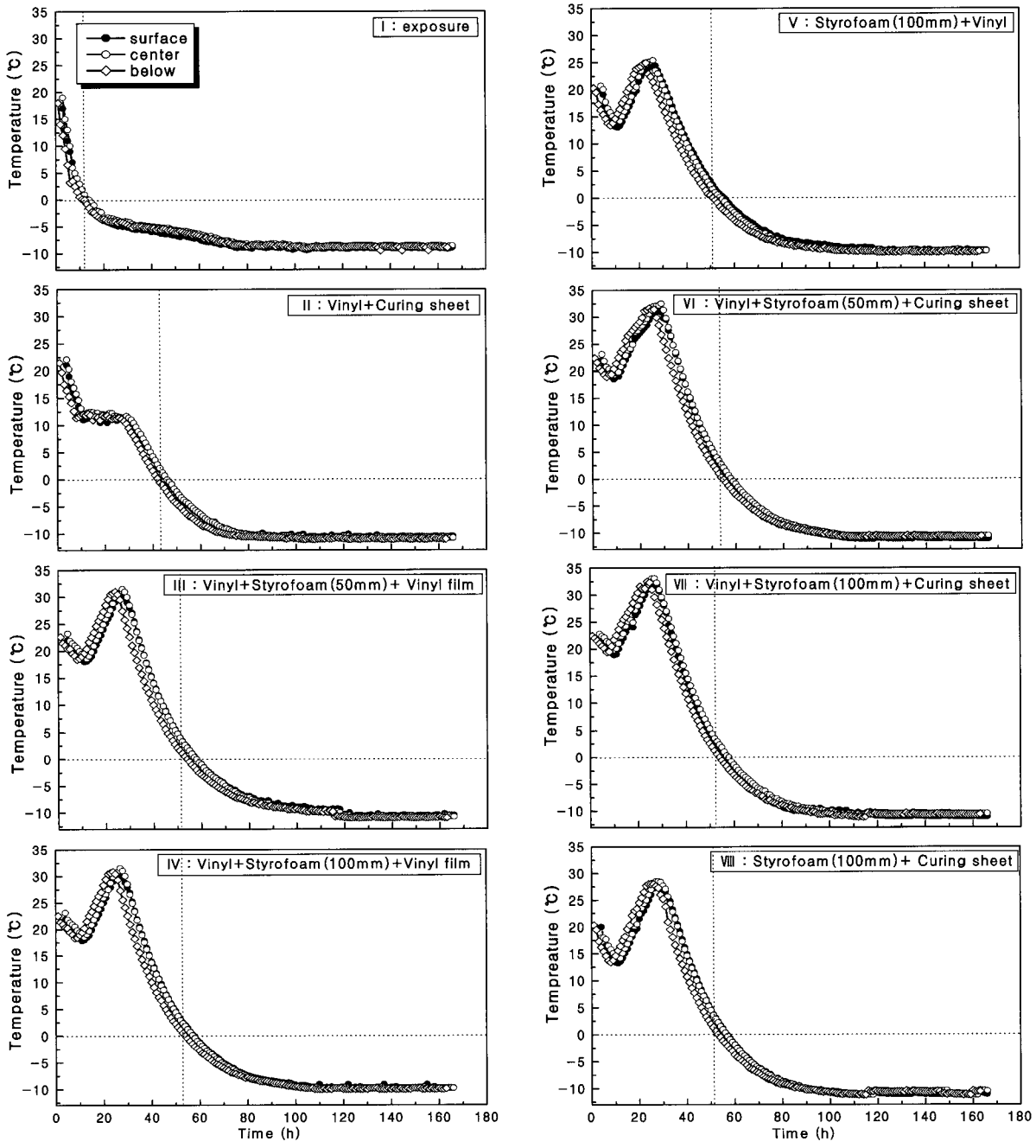


Fig. 9 Temperature history on the upper surface of slab according to kinds of curing

다음으로 II (비닐+양생포)의 경우는 콘크리트 내·외부 온도가 10시간 이후부터 저하하지 않고 약 30시간까지 12 ℃의 일정한 온도를 유지하다가 그 이후 급격히 저하하여 약 40시간 이후부터 영하로 저하하였다. 이는 시멘트의 수화열에 의하여 온도가 저하하지 않고 일정하게 유지된 것으로 사료된다. 또한 III, IV, VI, VII인 비닐 + 스티로폼(5 mm, 100 mm) + 비닐막인 경우와 비닐 + 스티로폼(50 mm, 100 mm) + 양생포인 경우는 약 55시간 이후부터 0 ℃ 이하로 저하하는 비슷한 경향을 나타내었는데, 단열재를 사용하지 않은 II의 경우보다 약 13시간 정도 0 ℃ 도달시간이 늦어져 단열성능이 우수함을 알 수 있다.

또한, 양생시 비닐을 깔지않은 V와 VIII의 경우에는 단열재인 스티로폼을 사용하지 않은 II의 경우보다는 단열성능이 우수한 것으로 나타났으나 비닐을 사용한 경우보다는 단열성능이 저하하는 것으로 나타났다.

즉, 양생방법은 VII, VI, III, IV, VIII, V, II, I 순으로 단열성능이 우수한 것으로 나타났는데, 이는 양생종류별 단열성능을 평가할 수 있는 것으로서 스티로폼 50 mm 보다는 100 mm, 비닐막 보다 양생포, 비닐을 깔지 않은 경우보다

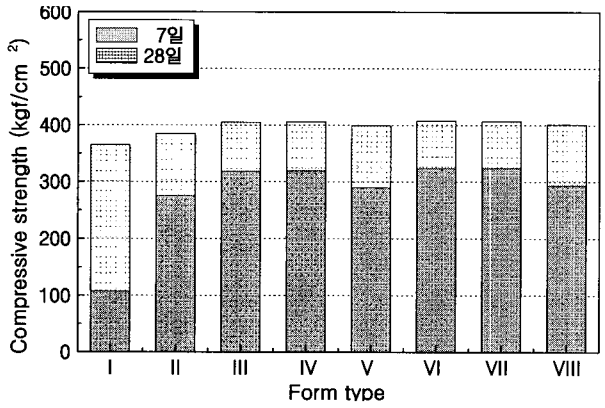


Fig. 10 Comparison of compressive strength of core at 7 and 28 days according to kinds of curing

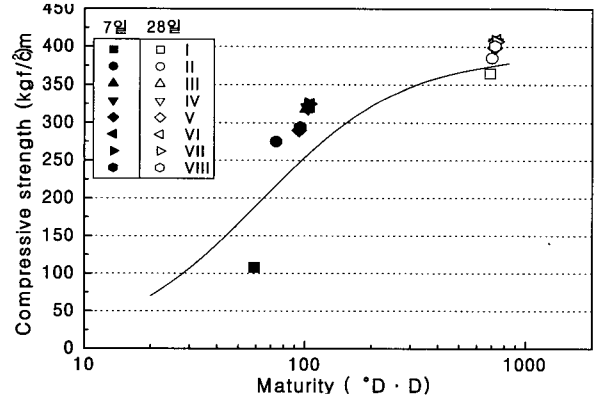


Fig. 11 Comparison of compressive strength by logistic model and measurement of core specimen according to kinds of slab

비닐을 사용한 경우가 우수한 결과로 분석되었다. 그러나, 상기의 결과에서 경제성, 시공의 편이성 등 실무 적용성을 고려하면 바닥에는 비닐을 깔고, 100 mm 스티로폼 보다는 50 mm 스티로폼으로 깔아주며 양생포를 덮어주는 VI의 조건이 바람직할 것으로 사료된다.

2) 코어 압축강도

Fig. 10은 슬래브 상부면 양생 방법 종류에 따른 7일 및 28일의 코어 압축강도를 나타낸 것이다. 먼저 7일 코어 압축강도에서는 특히 노출시킨 I의 경우 다른 단열 양생과 비교하여 크게 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 초기 24시간 이전에 적산온도 저하 및 콘크리트가 초기동해를 입었기 때문이라고 분석된다. II (비닐+양생포)의 경우는 노출시킨 I의 경우와 비교하였을 때 양호한 압축강도를 나타내었지만 단열재를 사용한 양생보다는 낮게 나타났다.

또한, 단열 양생 중에서는 V, VIII 보다 III, IV, VI, VII의 강도가 다소 크게 나타났는데, 이는 양생 재료중 비닐 유무의 단열온도 차이에 의한 것으로 분석된다.

28일 코어 압축강도의 경우는 전반적인 경향은 7일 코어 압축강도와 유사하나 단, 단열방법간 차이는 매우 작아짐을 알 수 있다.

3) 로지스틱 모델에 의한 해석치와 압축강도 비교

Fig. 11은 로지스틱 모델에 의한 예측치와 7일 및 28일 코어 압축강도 측정치를 비교한 것이다. 먼저 슬래브 실험에서는 단열재를 사용한 양생의 경우 예측치 보다 큰 값을 보이고 있으나, 노출시킨 경우는 예측치 보다 낮은 강도를 나타내었다.

4. 결 론

본 연구는 단열재 조합을 변화시킨 거푸집에 콘크리트를 타설한 후의 온도이력을 분석함으로서 한중콘크리트용 단열거푸집을 개발하기 위한 실험연구로써 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 벽용 단열재 조합에 따른 벽콘크리트의 온도이력으로, 일반 유로폼인 경우는 초기 24시간 이전에 급속한 온도저하에 의해 0 ℃ 이하의 기간이 약 7시간 정도 지속된 반면, 단열거푸집을 사용한 경우는 콘크리트 내·외부 온도가 초기 24시간 이전에 0 ℃ 이하로 내려가지 않았고, 최저온도가 8~13 ℃로 영상을 유지하므로써, 일반 유로폼과 비교하여 우수한 단열효과를 보였다.
2) 슬래브 양생방법 종류별 슬래브 콘크리트의 온도이력을 측정한 결과, 노출시킨 콘크리트의 경우 약 10시간 이후부터 영하로 저하하였고, 비닐+양생포의 경우 약 42시간 이후부터 영하로 저하한 반면, 비닐, 양생포의 중앙에 스티로폼 단열재를 사용한 양생의 경우에는 55

시간 이후부터 영하로 저하하여 노출이나 일반적인 양생방법과 비교하여 우수한 단열효과임이 밝혀졌다.

3) 벽용 단열재 조합에 따른 벽콘크리트 및 슬래브 표면 양생방법 종류에 따른 슬래브 콘크리트의 7일 및 28일 코어 압축강도는 단열성능 정도의 적산온도 증가에 상응한 강도증진 경향으로 나타났으나 단, 일반 유로폼인 벽과 슬래브 표면을 노출시킨 슬래브 콘크리트인 경우는 초기 영하인 한중환경 온도에 초기동해를 입어 적산온도에 따른 정상적인 콘크리트 강도보다 낮은 강도를 나타냄으로서 단열양생의 중요성을 시사하는 결과이었다.

4) 종합적으로, 단열성능과 경제적인 측면에까지 고려할 때 가장 효율적인 벽용 거푸집은 Ⅳ (PP+스티로폼+합판으로 사료되며, 또한, 슬래브 하부에는 상기 단열거푸집이고 상부 양생방법 종류 변수 중 단열성능과 경제적인 측면에까지 고려한 가장 효율적인 방법은 Ⅵ (비닐+스티로폼 50 mm+양생포)인 것으로 분석되었다.

참고문헌

1. 浜幸雄, "耐寒促進劑による寒中コンクリート施工指針に關する硏究", 北海道大學, 博士學位論文, 1998.
2. 韓國建設技術硏究院, "寒中 및 暑中콘크리트에 관한 硏究", 1986.
3. 申永千, "한중 및 서중콘크리트의 온도양생에 관한 연구", 연세대학교 대학원 석사학위 논문, 1980.
4. 한천구, 한민철, "적산온도방식의 콘크리트 강도증진 해석에 의한 기온보정강도의 검토", 대한건축학회 논문집, Vo ℓ, No, 11, 1999, pp.71-78.
5. 대한건축학회, "건축공사표준시방서," 1997.
6. 日本建築學會, "寒中コンクリート施工指針・同解說," 1998.
7. 日本土木學會, "コンクリート標準示方書," 1998.
8. 고경택, 김성욱, "단열재 거푸집을 이용한 콘크리트의 특성에 관한 기초적 연구," 한국 구조물진단학회 학술발표 논문집, Vol. 4, No. 2. 2000, pp.153-156.
9. 한국 콘크리트학회, "최신 콘크리트 공학", 1997.
10. 김경민, 원철, 김기철, 오선교, 한천구, "한중콘크리트용 환경부하저감형 내한제의 개발에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제21권 제1호, 2001, pp.301-304.
11. 김경민, 원철, 김기철, 오선교, 한천구, "한중콘크리트용 단열거푸집의 개발에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제21권 제1호, 2001, pp.293-296.

요 약

본 연구는 한중콘크리트 시공 시 초기보온 대책 중 가장 손쉽고 경제적일 것으로 사료되는 단열 보온양생을 대상으로 하였다. 실험은 한중콘크리트 시공조건을 상정하여 기존 거푸집과 각종 단열재 조합에 따른 단열거푸집간의 온도이력을 검토하여 효율적인 단열거푸집을 개발하고자 하였다. 실험결과 -10 ℃ 일정인 외기온도 조건에서 벽용 거푸집 의 경우, 일반 유로폼인 경우는 초기 24시간 이전에 급속한 온도저하에 의해 0 ℃ 이하로 약 7시간 정도 지속되었고, PP+스티로폼+합판인 경우는 영상의 온도를 유지하고, 강도발현도 우수하며, 단열거푸집간 비교적 가격도 저렴하여 우수한 단열거푸집임이 밝혀졌다. 슬래브용 거푸집 실험의 경우, 하부는 단열거푸집으로 고정하고, 콘크리트 표면 양생방법을 달리하였을 때, 콘크리트의 온도이력을 측정한 결과, 노출시킨 경우 약 10시간 이후부터 영하로 저하하였고, 비닐 + 양생포의 경우 약 42시간 이 후부터 영하로 저하하였다. 반면, 비닐+스티로폼+양생포를 사용한 양생의 경우에는 약 55시간 이후부터 영하로 저하하여 노출이나 일반적으로 많이 사용되는 비닐+양생포와 비교하여 우수한 단열효과임이 밝혀졌다. 7일 및 28일에 있어 슬래브의 코어 압축강도를 측정한 결과는 단열재를 사용하였을 때 크게 나타났다.

핵심용어 : 한중콘크리트, 단열거푸집, 온도이력, 초기동해