

# 동절기 단열갱폼으로 인한 경제성 효과 및 투입 원가 분석 연구

## A Study on the Economical Efficiency and Cost Analysis of Winter Construction by Application of Insulated Gang-form

원 준 연<sup>1</sup>

이 영 도<sup>2</sup>

남 경 용<sup>3\*</sup>

Won, Joon-Yuen<sup>1</sup>

Lee, Young-Do<sup>2</sup>

Nam, Kyung-Yong<sup>3\*</sup>

TAEYOUNG E&C, Yeouido-dong, Yeongdeungpo-gu, Seoul 07241, Korea <sup>1</sup>

Department of Architectural Engineering, Kyungdong University, Bongpo, Gosung, Gangwondo, 24764, Korea <sup>2</sup>

UTOP E&A, Hwasun-gun, Jeonnam-do, 58120, Korea <sup>3</sup>

### Abstract

This paper verifies the superiority of warming work in winter by applying the insulation gang-form to the apartment housing site and analyzes the economic feasibility of the application. According to the experimental results, the actual cost of warming work was about 52 million won less than planned, and 160 million won less than the existing average.(Note - The cost of gang form material increased from 260 million won to 310 million won after the change) As a result, the construction cost could be reduced by about 110 million won. As the costs of warming work can change depending on the number of floors, the building number, and the area of each site, it is deemed necessary to conduct a thorough review in advance at the site where the cost of warming work is to be applied.

Keywords : insulated gang form, cold weather concrete, maturity, economics

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

최근 공동주택 건설현장에서 단열갱폼 적용현장이 크게 증가하고 있는 추세이다. 단열갱폼은 기존 천막보양과 달리 수직부재 보양천막 없이 수평 슬라브 천막으로만 구성되며, 내부 갈탄난로 및 석유난로 사용량은 절반 이상으로 줄일 수 있는 획기적인 공법이다[1]. 이러한 장점에도 불구하고 아직까지 대부분 현장에서는 천막보양과 함께 공간가열양생을 적용하고 있다. 이는 에너지 사용에 있어 매우 비효율적이며, CO<sub>2</sub> 발생으로 인한 질식 사고나 지구온난화 등 환경적으로 매우 부적합한 방법이라 할 수 있다[2].

한편 이러한 동절기 공간가열방식의 단점을 개선하기 위해 연구한 대표적 사례로서, 에어캡(Air Cap)을 적층하여 제조한 버블시트[3,4,5]와 경질우레탄보드를 갱폼 외측에 부착한 단열갱폼[1,2,6,7,8]이 있다. 전자는 주로 동절기 수평 구조체 보양을 목적으로 연구되어 왔으며, 후자인 단열갱폼은 동절기 공동주택 외벽을 보양하기 위해 개발되어 왔다. 두 공법 모두 한중 콘크리트 건설공사에서 활용이 점차 확대 되는 추세이다.

본 저자는 그 중 단열갱폼의 우수성을 검증하기 위해 일련의 연구를 진행해 왔으며, 단열갱폼 적용 시 동절기 콘크리트 품질, 작업자 안전성, 시공성이 우수하다는 것을 확인한 바 있다[1,2,6,7,8]. 하지만 대부분 실험실 데이터와 Mock-up 부재를 바탕으로 한 결과로서 실제 현장데이터를 꾸준히 수집하여 검토하기는 어려운 실정이었다.

따라서 본 연구에서는 단열갱폼의 현장적용 검토를 통해 단열갱폼의 동절기 보양 우수성을 확인하고 현장 적용에 따른 경제적 타당성을 평가해보고자 한다.

Received : June 29, 2018

Revision received : July 10, 2018

Accepted : July 26, 2018

\* Corresponding author : Nam, Kyung-Yong

[Tel: 82-2-2041-2381, E-mail: ruddyd81@nate.com]

©2018 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

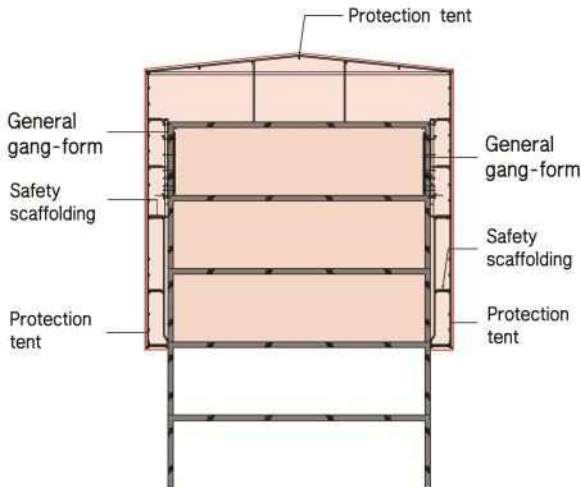


Figure 1. General gang-form keep warming work(8)

### 1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 동절기 콘크리트 보양 공법 현황에 대해 고찰하고 버블시트와 단열갱폼의 특징을 이전 문헌 조사를 통해 알아보았다. 이중 공동주택 외벽에 적용되는 단열갱폼을 실제 공동주택 현장 전체동에 적용하여 콘크리트 온도이력, 열관류율, 경제성 등을 검토하였다. 적용현장은 지하 3층 지상 21층 규모의 벽식구조이며, 4개동 전부 단열갱폼을 적용하였다. 동절기 실험을 위한 기간은 2017년 12월 ~ 2018년 2월까지의 실험결과를 연구범위로 한정한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 기존 동절기 콘크리트 보양공법현황

동절기 콘크리트 공사 시 각 현장마다 다소 차이는 있으나 대부분 Figure 1과 같은 보온양생방법을 채택하고 있다. 이 방식은 케이지 외측에 양생천막 3개 층을 설치하고, 상부 보양천막을 덮은 후 실내에 갈탄, 석유난로 등을 사용한 공간가열양생법이다.

공간가열방식은 현재 국내건설 현장에서 가장 많이 사용되는 방식이나 열효율이 그다지 좋지 않으며 CO<sub>2</sub>발생, 작업자 질식사 등 민원 및 안전사고발생 증가로 인해 앞으로 지양되어야 할 방식중 하나이다.

### 2.2 기존 단열갱폼 관련문헌 고찰

동절기 단열갱폼 현장적용을 위해 그동안 다양한 연구가 진행되어져 왔다. 먼저 ‘한중 환경시 폴리우레탄폼 도포 갱



Figure 2. Panoramic photograph

Table 1. Site summary

Sort	Content
Project	○○area reconstruction project
Location	Seoul Mapogu changjeondong
Period	2016. 12. 12~2019. 02. 11
Area	12,672.40m <sup>2</sup>
Arch. area	2,452.46m <sup>2</sup>
Total area	44,133.97m <sup>2</sup>
Project volume	B3F~21F, APT 4 building, 276 house

폼 사용에 따른 콘크리트 온도이력 특성’을 통해 우레탄 폼을 도포한 단열갱폼을 사용하여 동절기 콘크리트 온도이력 과 압축강도를 비교 분석하여 단열갱폼의 적용가능성에 대해 검토해 보았다. 그리고 ‘경질우레탄 보드를 접착한 갱폼 사용에 따른 콘크리트 온도이력 및 강도발현 특성’ 연구를 통해 외부 천막보양 없이 단열갱폼을 적용하여 보양작업 감소와 내부급열비용을 줄일 수 있는 가능성을 검토하였다. 최근에는 ‘-20℃ 혹한기 조건에서 단열갱폼 사용에 따른 콘크리트 온도이력 및 미세공극 특성’ 연구에서 단열갱폼 사용시 콘크리트 미세공극 검토를 통해 콘크리트 압축강도와 초기동해 등 상호 상관성을 비교·분석하였다. 그리고 향후 단열갱폼 취약부 보완대책과 상부 슬라브 천막설비시스템 구축 등의 연구도 진행할 예정이다.

## 3. 실험개요 및 방법

### 3.1 현장개요

단열갱폼의 경제성 검토를 위한 적용현장은 서울시 마포구 창전동 ○○번지 일대 주택재건축 정비사업 현장으로 ○○건설에서 시공하였다. 총 4개 동 최고 21층으로 이루어져 있으며, 4개동 모두 단열갱폼을 적용하였다. 현장개요는

Table 1 과 같고, Figure 2 는 적용현장의 전경을 나타낸 것이다.

### 3.2 현장적용 계획

적용현장의 시험계획은 Table 2 와 같고 양생계획은 Table 3 과 같다. 콘크리트 규격은 25-24-150(굵은 골재 최대치수-압축강도-목표슬럼프)이고 W/B 49.7%이다. 측정 타설 구간은 103동 4층이고, 평균 1회 타설 물량은 216m<sup>3</sup>이다. 실험측정을 위한 동절기 타설 기간은 2017년 12월 1일부터 2018년 2월 28일까지 90일 동안 진행하였다. 실험계획은 굳지 않은 콘크리트에서 콘크리트 온도, 슬럼프, 공기량, 염화물량 등을 측정하고, 경화 콘크리트에서는 온도 이력, 적산온도, 열관류율, 동절기 보양 투입비용을 분석하였다.

양생계획은 초기양생과 계속양생으로 구분하여 계획하였다. 한중콘크리트 초기양생은 소요 압축강도가 얻어질 때까지 콘크리트의 온도를 5℃ 이상으로 유지하여야 하며, [9] 또한 소요 압축강도에 도달한 후 2일간은 구조물의 어느 부분이라도 0℃ 이상이 되도록 유지하여야 한다고 규정하고 있다. 본 현장 초기양생은 타설 후 24시간 실시하며, 내부온도 10℃ 이상을 목표로 가열+보온을 겸용하여 진행하였다. 계속양생은 콘크리트 타설 후 24시간이 지난 후 실시하며 내부온도 5℃ 이상을 목표로 천막보온으로 계획하였다.

Table 2. Experimental plan

	Sort	Contents
Mix	Remicon type	25-24-150
	W/B(%)	49.7
	Air(%)	4.5±1.5
Placing	section	103building 4floor
	average quantity	216m <sup>3</sup>
Measure ment	Period	2017. 12. ~ 2018. 02.
	Fresh concrete	Concrete temperature, Slump, Air
	Hardened concrete	temperature history, maturity, thermal transmittance, economic feasibility

Table 3. Curing period

Curing types	Curing method	Day	Target temperature(℃)
Initial curing	heat+keep warm	1	10
Insulating curing	keep warm	2	5

본 현장에 적용된 단열개폼은 100% 공장제작 방식의 제품으로 현장에서 단열재를 추가로 붙이는 인력투입이 없으

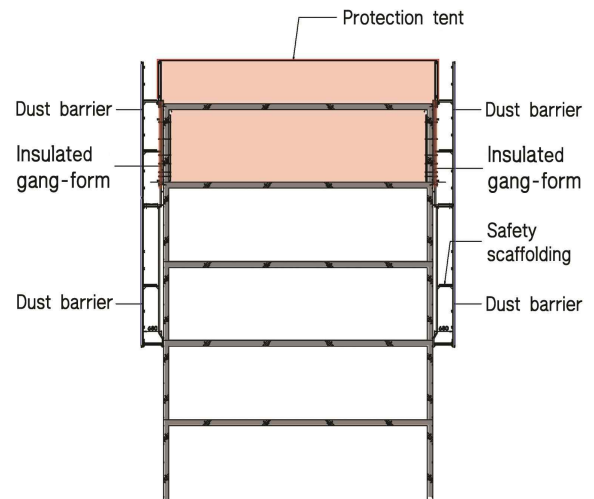


Figure 3. Insulated gang-form keep warming work[8]

Table 4. Physical properties of the urethane board to used in insulated gang form[8]

species	Ingredient	Thickness (mm)	Thermal conductivity (W/m·k)	Density (kg/m <sup>3</sup> )
Polyurethane	Polyol+ Isocyanate	30	0.018	35

며, 기존 방식에서 막연하게 투입되어지는 동절기 보양비용을 기존 일반개폼 대비 약 80% 수준의 경제성을 가진 공법이라 할 수 있겠다. 단열개폼 구성 및 보양방법은 Figure 3 과 같이 타설층의 외벽과 슬라브 상부층만 보양하는 시스템이다. 기존 일반개폼의 경우 기준층 3개층(타설층 포함)에 수직+수평 천막을 모두 설치하는 구조이다. 단열개폼 세부 구성으로는 기존 일반개폼을 base로 경질우레탄보드 30mm를 개폼외측에 부착하였다. 단열개폼에 사용된 단열재는 KS M 3809 : 2006(경질 폴리우레탄 폼 단열재) 2종 2호를 만족하는 제품으로 물리적 성질은 Table 4 와 같다.

### 3.3 배합 및 사용재료

본 현장에 사용된 레미콘은 국내 00 레미콘사의 설계기준 강도 24MPa를 사용하였고, 배합사항은 Table 5와 같다. 콘크리트 배합사항 특징으로 비동절기 기간에는 고로슬래그 치환율을 30% 계획하였고, 동절기 기간에는 콘크리트 수화열 관리를 위해 고로슬래그 치환율을 20%로 관리하였다. W/B비는 49.7%로 동일하게 설정하였다.

Table 5. Table of mix proportion

Type	W/B (%)	S/a (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	Unit weight(kg/m <sup>3</sup> )			
				C	B	S	G
winter	49.7	49.5	164	264	66	896	921
non winter				230	100	894	918

W/B : Water-binder ratio, S/a : Fine aggregate ratio  
 W : Unit water content, C : Portland cement, B : Blast furnace slag,  
 S : Fine aggregate, G : Coarse aggregate

### 3.4 실험측정 방법

실험측정을 위한 동절기 보양계획은 Figure 4와 같고, 외부 천막보양방법은 Figure 5와 같다. 실내 보양 배치계획은 타설층 ELEV 입구, 계단실, 자재 인양구 부위에 기존일반갱폼 보양대비 절반수준의 열풍기를 배치하였다. 또한 타설층과 슬라브 보양천막 사이에는 기존방식과 달리 열풍기 설치 등의 공간가열양생을 실시하지 않았다. 최근 동절기 보양으로 인한 화재사고가 빈번히 발생하여 본 현장에서 슬라브 상부 열풍기 가동을 지양하도록 하였다.

Figure 6은 단열갱폼이 적용 시 콘크리트 온도를 측정하기 위해 열전대 설치 위치를 나타낸 것이다. 먼저 동절기 콘크리트 타설 시 단열 취약부인 벽체 하단부(Low) 온도이력을 검토하고, 측정 표준지점인 벽체 중앙부(Cent) 온도이력, 그리고 슬라브면과 가장 가까운 벽체 최상부측(High) 온도이력을 측정하였다. 열전대 세부 설치위치(향)는 북향으로 설정하여 각 측정 높이별로 갱폼의 외측면에 설치하여 가장 불리한 조건을 기준으로 온도를 측정하였다.

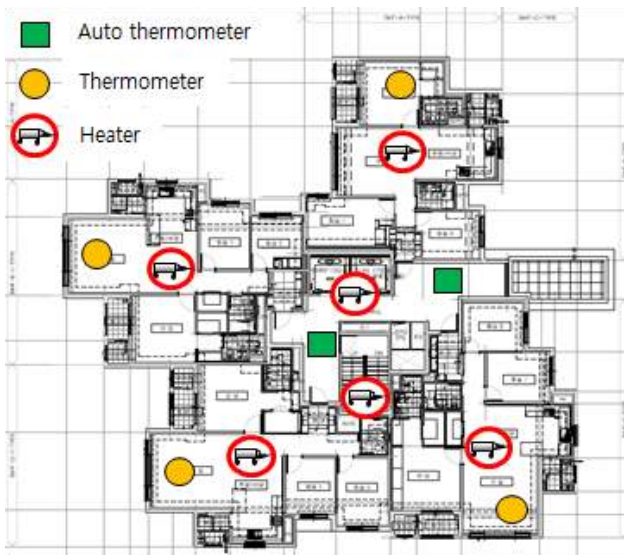


Figure 4. Insulated gang-form keep warming work plan



Figure 5. Insulated gang-form keep warming work method

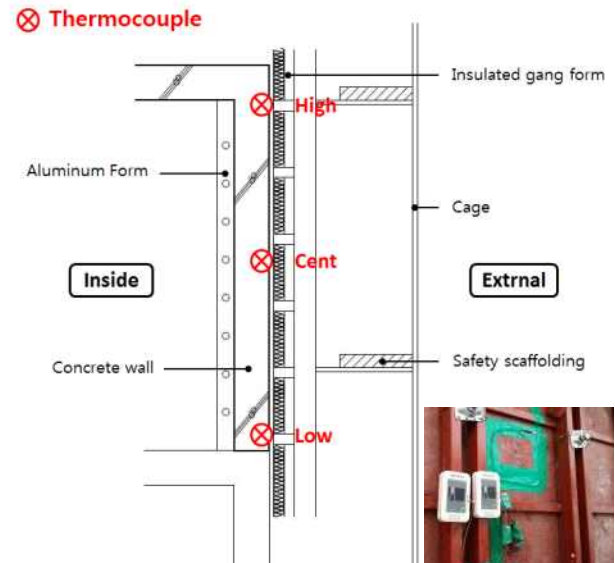


Figure 6. Thermocouple installation location

한중콘크리트 공사 경제성 검토는 야간 열원관리에 필요한 인건비와 열풍기 사용량 감소로 줄어드는 실내등유비용과 같이 일반갱폼 대비 감소된 비용을 토대로 비교·검토하였다.

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 굳지 않은 콘크리트 시험결과

Table 6은 현장타설 시 굳지 않은 콘크리트 품질측정결과로 슬럼프 및 공기량 모두 계획한  $150 \pm 25\text{mm}$ 와  $4.5 \pm 1.5\%$ 의 범위를 만족하는 것으로 나타났다. 염화물 함유량

은 KS F 4009 : 2016(레디믹스트 콘크리트)의 제한치인  $0.30\text{kg}/\text{m}^3$  이하의 범위를 만족하였다.

Table 6. Properties of fresh concrete

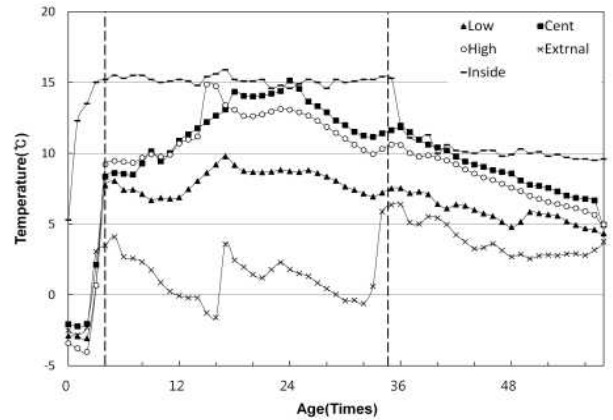
Type	Slump (mm)	Air (%)	chloride content ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	Concrete temperature( $^{\circ}\text{C}$ )
winter	160	5.1	0.021	11
Non winte	155	4.7	0.018	21

#### 4.2 콘크리트 온도이력

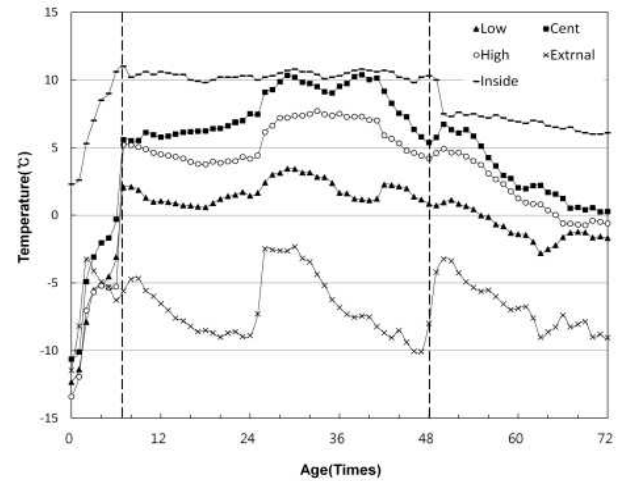
Figure 7은 타설 기간별 콘크리트 온도이력을 나타낸 그래프이다. 실내온도는 동일한 열원을 공급하여  $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ 로 관리하였다. 먼저 Figure 7 a)의 12월 중순경에 측정된 그래프를 보면 외기온도가 대략 최저  $-2^{\circ}\text{C}$ , 최대  $7^{\circ}\text{C}$  정도의 분포를 나타내고 있다. 콘크리트 타설 후 양생기간 일평균 기온이 약  $3^{\circ}\text{C}$  정도로 1.5일(35시간)이 지난 후 갱폼을 탈형하였다. 온도이력 특징으로는 타설 직후 벽체 중앙부(Cent)와 최상부(High) 온도가 비슷한 패턴으로 증가하다가 12시간 경과 후부터 벽체 중앙부 온도가 조금 높게 올라가는 것을 알 수 있었다. 이는 실험측정 방법에서 나타났듯이 타설면과 상부 슬라브 사이공간에 기존과 다르게 열풍기를 가동하지 않아 온도 상승이 크지 않는 것으로 판단된다. Figure 7 b)의 1월말에 측정된 그래프는 외기온도가 대략 최저  $-10^{\circ}\text{C}$ , 최고  $-3^{\circ}\text{C}$  정도로 이전 12월 중순보다 매우 낮은 수치를 나타내고 있다. 양생 중 외기온이 매우 낮아 타설 후 2일(48시간)정도가 지난 후 갱폼 탈형을 진행하였다. 온도이력 특징으로는 낮은 외기온임에도 불구하고 콘크리트 온도가 탈형 전까지  $0^{\circ}\text{C}$  이하로 떨어지지 않는 것을 볼 수 있다. 다만 벽체 하단부(Low)의 경우 다른 부위보다 낮은 온도이력을 나타내는데 이는 먼저 타설된 콘크리트 면이 외기온과 거의 동일하여 콘크리트 수화열이 발생함과 동시에 아래층 콘크리트로 열이 전도되어 온도가 낮아지는 것으로 판단된다. 그렇지만 콘크리트 동해 우려가 발생할 사항은 아니었으며 벽체 하단부(Low) 취약부위와 관련하여 성능 향상을 위한 보완연구가 진행 중에 있다.

#### 4.3 적산온도

현장에서는 주로 벽 거푸집 탈형 전 관리용 공시체를 이용하여 탈형 시기를 판단하거나 양생온도를 바탕으로 적산온도를 구하여 거푸집 탈형 시기를 결정하기도 한다. 관리용



a) 2018. 12. 19~12. 22



b) 2018. 01. 24~01. 27

Figure 7. Concrete temperature history(12.19~22)

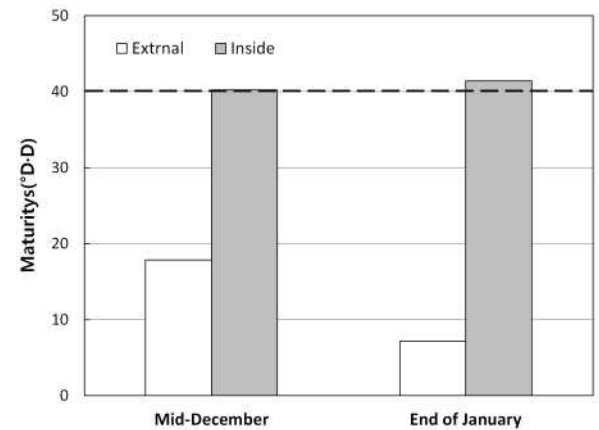


Figure 8. Maturity

공시체는 실제 벽 부재보다 강도가 낮게 나타나는 경향이 있는 반면, 적산온도의 경우 온도 측정 기록만 가능하다면 관리용 공시체보다 조금 더 정확한 결과를 얻을 수가 있다.

본 현장에서는 적산온도를 토대로 거푸집 탈형 시기를 결정하였다. Figure 8은 타설 후 1.5일, 2일 동안 타설일 분류에 따른 적산온도를 나타낸 그래프이다.

12월 중순과 1월 말 외기온 적산온도가 17.87, 7.14 °D·D로 나타났다. 이는 초기동해를 면하는데 필요한 적산온도 40°D·D보다 낮은 수치를 나타내고 있다. 반면 타설층 실내적산온도는 12월 중순과 1월 말에 40.2, 41.4°D·D로 초기동해를 면하는데 필요한 적산온도 값을 넘는 것으로 나타났다.[10] 본 논문에는 표기되지 않았지만 실제 현장관리용 공시체 압축강도 또한 5MPa를 조금 넘는 것으로 나타났다.

**4.4 콘크리트 열관류율과 열손실**

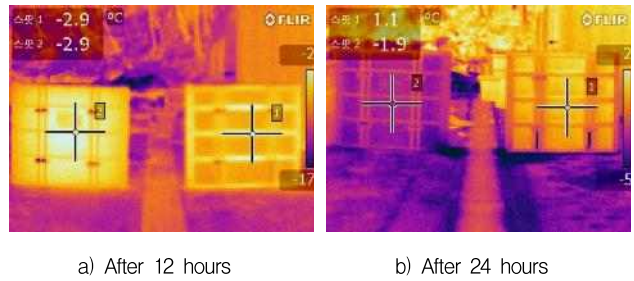
Table 7은 각 재료별 열저항과 열관류율을 나타낸 것이다. 열저항(R)의 경우 보양천막 0.130, 콘크리트 슬라브와 벽체는 0.261, 0.255, 단열강품이 적용된 콘크리트 벽체는 1.755의 값을 나타냈다. 열관류율의 경우는 보양천막 7.69W/m²K, 콘크리트 슬라브와 벽체는 3.83W/m²K, 3.92W/m²K, 단열강품이 적용된 콘크리트 벽체는 0.57W/m²K로 나타났다. 열저항(R) 수치가 높고 열관류율 값이 가장 낮은 단열강품 콘크리트 벽체가 가장 성능이 우수한 것으로 나타났다.

**Table 7. Thermal resistance & heat transmittance**

sort	tent	Concrete Slab	Concrete Wall	Concrete wall (Insulater gang form)
Thermal resistance(R)	0.130	0.261	0.255	1.755
Heat transmittance (W/m²K)	7.69	3.83	3.92	0.57

indoor heat shear rate : 10 kcal/m²·h·°C  
 outside heat shear rate : 30 kcal/m²·h·°C  
 concrete heat shear rate : 1.6 kcal/m²·h·°C  
 ureaform heat shear rate : 0.02 kcal/m²·h·°C  
 wall thickness(m) : 0.2 slab thickness(m) : 0.21  
 ureaform heat shear rate(m) : 0.03

Figure 9는 현장적용 전 일반강품과 단열강품의 열손실량을 파악하기 위해 콘크리트 타설 후 열화상카메라로 촬영한 것이다. 좌측 일반강품에서는 타설 후 12시간까지 강품 표면에서 발열량이 크게 증가하여 영하의 기온에서 강품 표면 열손실이 크게 발생하는 것으로 나타났다. 또한 24시간 이후부터는 표면 열손실로 인해 주변 콘크리트 바닥과 유사



**Figure 9. Transmittance**

한 경향을 보이게 된다. 하지만 단열강품은 타설 후 24시간까지 열손실이 최소화되는 일정한 발열패턴을 보여주고 있다.

**4.5 동절기 보양 공사 투입비 비교**

Table 8은 본 현장에서 단열강품으로 변경하기 위해 사용된 본사 내부품의 비교·검토표이다. 일반강품은 이전 아파트 현장 데이터를 토대로 작성된 것으로 당 현장에서는 약 2억 2천만 원 가량 투입될 것으로 예상되었다. 단열강품의 경우 수직천막보양 감소분과 아간열원관리인, 연료비 등이 감소하여 약 1억 1천만 원 정도가 소요될 것으로 예상하였다. 단열강품 변경 시 기존 강품대비 약 50% 절감안을 승인받아 동절기 공사를 진행하였다.

Table 9는 Table 8에서 계획된 단열강품 비용대비 실투입비용을 월 단위로 나타낸 것이다. 실투입비용은 열풍기 대수와 주간열원관리인이 계획대비 적게 소요되는 것으로 나타났다. 이는 외기온의 영향도 있지만 단열강품의 보양 효과가 예상보다 더 우수하여 실투입비가 현저히 줄어든 것으로 판단된다.

고체알칼 품목은 타설 전 실내 가열을 위해 추가된 자재이다. 고체알칼은 가열 시 CO₂가 발생하지 않는 연료로서 민원대비와 추가열원확보 차원에서 투입하였다.

실제 동절기공사 보양비용으로 총 5천 7백만 원 정도가 집행되었다. 이는 단열강품 사전검토비용대비 52.26%이고, 일반강품대비 26.1%로 매우 우수한 절감대비 효과를 보이고 있다. 이를 금액으로 비교하면 사전계획대비 약 5천 2백만 원을 절감하였으며, 기존일반강품대비 약 1억 6천만 원을 절감하였다. 참고로 강품 도급자재비는 2억 6천만 원에서 단열강품 변경으로 인해 3억 1천만 원으로 약 5천만 원의 자재비가 증가하였다.

결과적으로 당 현장에서는 단열강품 변경으로 인해 약 1.1억 원 가량의 공사비를 절감한 것으로 나타났다. 이러한

Table 8. Winter season gang-form & insulated gang-form keep warming review comparison table

(Unit : KRW)

sort	item	unit	General gang form			Insulated gang form			increase and decrease
			amount	unit cost	sum	amount	unit cost	sum	
labor cost	scaffolding man	man	210	180,000	37,800,000	70	180,000	12,600,000	- 25,200,000
	day labor	man	210	130,000	27,300,000	210	130,000	27,300,000	-
	night labor	man	210	260,000	54,600,000	-	260,000	-	- 54,600,000
	sum				119,700,000			39,900,000	- 79,800,000
material cost	heater	ea	63	630,000	39,690,000	63	630,000	39,690,000	-
	gas	L	44,064	1,158	51,026,112	18,922	1,158	21,911,676	- 29,114,436
	tent	m <sup>2</sup>	5,040	1,000	5,040,000	3,680	1,000	3,680,000	- 1,360,000
	auto thermometer	ea	16	300,000	4,800,000	16	300,000	4,800,000	-
	thermometer	ea	10	10,000	100,000	10	10,000	100,000	-
	sum				100,656,112			70,181,676	- 30,474,436
Total					220,356,112			110,081,676	- 110,274,436

Table 9. Pre-planned vs. actual costs

(Unit : KRW)

sort	item	unit	Advance planning(A) -Insulated gang form-	input cost					remaining balance (A-B)
				2017. 11.	2017. 12.	2018. 01.	2018. 02.	sum(B)	
labor cost	scaffolding man	man	12,600,000	-	3,600,000	4,600,000	4,400,000	12,600,000	-
	day labor	man	27,300,000	-	960,000	9,300,000	2,520,000	12,780,000	14,520,000
	sum		39,900,000	-	4,560,000	13,900,000	6,920,000	25,380,000	14,520,000
	heater	ea	39,690,000	5,000,000	2,453,000	-	-	7,453,000	32,237,000
material cost	gas	L	21,911,676	1,311,000	3,491,000	6,489,000	6,480,000	17,771,000	4,140,676
	solid alcohol	ea	-	-	-	1,150,000	-	1,150,000	-1,150,000
	tent	m <sup>2</sup>	3,680,000	2,000,000	1,680,000	-	-	3,680,000	-
	auto thermometer	ea	4,800,000	1,800,000	-	-	-	1,800,000	3,000,000
	thermometer	ea	100,000	120,000	-	180,000	-	300,000	-200,000
	sum		70,181,676	10,231,000	7,624,000	7,819,000	6,480,000	32,154,000	38,027,676
Total			110,081,676	10,231,000	12,184,000	21,719,000	13,400,000	57,534,000	52,547,676

결과는 현장규모와 층, 동수 등이 달라짐에 따라 공사비가 변경될 수 있으니 적용 예정인 현장에서는 사전에 충분한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

본 연구에서는 동절기 공사 시 일반갱폼 대비 단열갱폼시 공 경제성 검증을 위해 공동주택 건설현장의 온도이력, 열손실량, 보양공사 투입비 비교 · 검토 등 현장적용 평가를 실시 하였으며 그 주요결과는 다음과 같다.

- 1) 12월 중순 평균외기온도 3℃ 에서 1.5일(35시간)이 지난 후 거푸집을 탈형 하였으며, 1월 말 평균외기온도 -6℃에서 2일(48시간)이 지난 후 거푸집을 탈형 하였다. 낮은 외 기온임에도 불구하고 탈형 전까지 0℃ 이 하로 떨어지지 않는 것으로 나타났다.

- 2) 단열갱폼이 적용된 콘크리트의 경우 열저항(R)이 1.755의 값을 나타냈고, 열관류율은 0.57W/m<sup>2</sup>K로 나타났다. 열저항 수치가 높고 열관류율 값이 가장 낮은 단열갱폼 콘크리트 벽체가 성능이 가장 우수한 것으로 나타났다.
- 3) 일반갱폼에서는 영하의 기온에서 열손실이 크게 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 단열갱폼은 타설 직후 부터 꾸준한 수화발열을 단열재로 열손실을 최소화하여 일정한 양생온도가 유지되어 단열갱폼의 높은 단열 성능을 확인할 수 있었다.
- 4) 실 보양투입비용은 사전계획대비 약 5천 2백만 원을 절감하였으며, 기존 일반갱폼대비 약 1억 6천만 원을 절감하였다. 참고로 변경 전 갱폼 자체비는 2억 6천만 원에서 변경 후 3억 1천만 원으로 약 5천만 원이 증가 되었다. 결과적으로 본 현장에서는 단열갱폼 변경으로

인해 약 1.1억 원가량의 공사비를 절감할 수 있었다.

본 논문은 그동안 실험실 테스트로 나타난 분석결과와 달리 실제 현장적용을 통해 단열갱폼의 효율성, 경제성을 분석하고자 하였다. 최근 대기업을 중심으로 단열갱폼 적용이 증가하고 있으며 그에 따른 현장의 니즈로 늘어나는 추세이다. 단열갱폼은 벽전용 갱폼으로 슬라브는 필연적으로 양생 천막을 사용해야하는 구조적 한계를 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 후속연구도 진행하고 있으며, 또한 100% 무가열 시스템을 실현하고자 노력할 것이다.

## 요 약

본 논문은 단열갱폼의 공동주택현장 적용을 통해 단열갱폼 동절기 보양우수성을 확인하고, 현장 적용에 따른 경제적 타당성을 분석하고 있다. 실험결과에 따르면 실제 보양투입 비용은 사전계획대비 약 5천 2백만 원을 절감하였으며, 기존 일반갱폼대비 약 1억 6천만 원을 절감하였다.(참고 - 변경 전 갱폼 자재비는 2억 6천만 원에서 변경 후 3억 1천만 원으로 약 5천만 원 증가함) 결과적으로 단열갱폼으로 변경하여 약 1.1억 원 가량의 공사비를 절감할 수 있었다. 현장마다 층수, 동수, 면적이 달라짐에 따라 보양공사비가 변경될 수 있으니 단열갱폼 적용 예정인 현장에서는 사전에 충분한 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

**키워드** : 단열갱폼, 한중콘크리트, 적산온도, 경제성

## References

1. Nam KY, Won JY, Chun JY, Jung SJ. Temperature record and strength development from using gang-form adhered to polyisocyanurate board, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 2012 Jul;28(7):117-24.
2. Nam KY, Ha JS, Lee DH, Park TW, Won JY. Concrete temperature history and micropore by using insulation gang-form in -20°C cold weather conditions, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Structure & Construction*, 2016 Jan;32(1):55-62.
3. Han CG, Kim SS, Lim CG, Kim JB. Temperature profile and strength development of concrete for deck plate depending on surface insulation curing method subject to cold weather, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 2007 Feb;23(2):67-74.
4. Lim CK, Han MC. Initial heat curing and mixture design of cold weather concrete applying heat insulation and heat supplying curing, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 2010 Jun;26(6):77-84.
5. Jang DB, Choi HK. Performance evaluation by field application of improved bubble sheet for heating-insulation curing sheet of cold weather concrete, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 2011 Nov;27(11):169-76.
6. Nam KY, Kang IS, Lee JK, Lee YD, Jung SJ, Won JY. Characteristics of temperature record in concrete according to the use of gang form with application of polyurethane form to cold climate, *Journal of the Architectural Institute of Korea, Structure & Construction*, 2011 Oct;27(10):189-96.
7. Kim JH, Nam KY, Won JY, Lim NG, Jung SJ. A study on the cold weather concrete casting with the insulation gang form and insulation euro form, *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 2013 Aug;29(8):77-84.
8. Won JY, Lee SH, Park TW, Nam KY. Basic applicability of an insulated gang form for concrete building construction in cold weather, *Construction and Building Materials*, 2016 Oct;125:458-64.
9. Nicholas J, Carino, ACI Committee 306, 306R-10 Guide to Cold Weather Concreting, 2010, p. 1-26.
10. Saul A.G.A. Principles underlying the steam curing of concrete at atmospheric pressure, *Magazine of Concrete Research*, 1951 Mar;2(6):127-40.