

組立式외벽체 접합부위의 표면결로 예측에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Prediction of Surface Condensation in Joints of Prefabricated Exterior Walls

○ 권영철(KWON, YOUNG CHUL)* 박진철(PARK, JIN CHUL)*
전봉구(JUN, BONG GU)** 송국섭(SONG, KOOK SUP)***
이명호(LEE, MYONG HO)****

Abstract

This study was focused on the prediction of surface condensation in joints of prefabricated exterior walls. The results of this study through the model experiment and computer simulation can be summarized as follows: 1) the range of potential condensation is estimated up to 14-20cm on the interior surface of exterior wall and 8-12cm on the surface of interior partition. 2) Consecutive heating is more effective than intermittent heating in terms of the prevention of condensation.

1. 서론

1.1 연구의 필요성 및 목적

최근 주택건설부문에서 조립식주택의 보급확대가 증가되고 있는 추세이지만, 외벽체의 습기, 접합부의 결로등이 발생하여 거주자의 불만족을 초래하고 있다. 이는 조립식주택의 접합부위가 시공습씨의 불량 및 사용재료에 따라 발생하는 열교(thermal bridge)현상뿐만 아니라, 건축물의 열성능 분석을 단순한 형태인 1차원적으로 해석하였기 때문인 것으로 사료된다.

이와같은 조립식 주택의 열적으로 불쾌적인 환경을 개선하기 위해서는 접합부위에서 발생하는 열적특성을 입체적으로 해석함으로써 표면결로의 피해를 줄일 수 있으리라 믿는다.

따라서 본 연구는 조립식주택의 접합부위에 대한 열적특성을 정성적 및 정량적 방법으로 평가할 수 있는 컴퓨터 프로그램을 개발하고, 검증용 실험모델에 의한 실험실측을 통하여 열해석이론의 타당성을 검증함과 더불어 컴퓨터시뮬레이션을 실시함으로써 조립식외벽체 접합부위의 표면결로 예측에 관한 기초자료를 제시 하는데 그 목적이 있다.

1.2 연구의 내용 및 범위

본 연구에서 수행된 연구의 내용과 범위는 다음과 같다.

(1) 조립식외벽체 접합부위의 열해석 컴퓨터 프로그램의 개발

기존에 개발된 건축물의 열성능 수치해석을 근간으로, 유한차분법을 이용하여 조립식외벽체 접합부위의 열성능을 평가할 수 있는 열류해석 기법을 정립하였고, 접합부위를 적절한 간격으로 세분하여 각 절점에 따른 상호의 열교환내용을 프로그램으로 작성하여 정성분석과 정량분석이 가능하도록 하였다.

(2) 실험 모델을 이용한 타당성 검증

검증용 실험모델(Test Model)을 제작설치하고 외부기상환경에 노출시켜 각 절점의 온도데이터를 수거하였다. 이때 접합부위의 각 절점은 30cm 간격으로 센서를 설치하여 컴퓨터로 매시간 자동으로 온도를 측정하였다.

측정된 실험의 결과는 각 절점(Node)별로 시간에 따라 반응하는 온도의 변화 패턴, 온도 지연시간(Time Lag), 온도 변화폭(Thermal Damping)등으로 나타내어 우리나라의 기후실정에 반응하는 결합부위의 온도변화를 파악하였다. 또한 컴퓨터 프로그램으로 작성된 수치해석 모델의 계산 결과치와 실험 결과를 비교 논의함으로써 수치해석 모델의 타당성을 검증하였다.

(3) Sensitivity Study를 통한 시뮬레이션

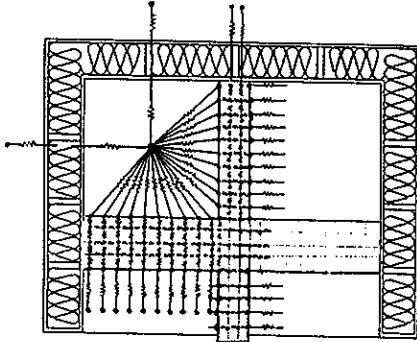
타당성이 검증된 수치 해석모델과 물성자료를 바탕으로, 난방방식 즉, 연속 및 간헐난방에 따른 결합부위의 열적동태를 시뮬레이션 하였고 그 결과를 분석하여 조립식 외벽체의 접합부위에 대한 열적특성에 관한 기초 자료를 제시하였다.

* 정희원, 중앙대 건축학과 박사과정
** 정희원, 대우공전 건축과 교수, 공학박사
*** 정희원, 부천전문대 건축과교수, 공학박사
**** 부회장, 중앙대 건축학과 교수, 공학박사

2. 결합부위의 열적특성을 위한 프로그램의 개발

2.1 열회로망의 작성

조립식주택의 결합부위에 대한 열해석은 기존의 무차원 해석 즉, 각부위의 벽체를 1차원으로 구분하는 것은 열교부위의 해석이 불가능하기 때문에 열교 발생 부위를 미소한 간격으로 구분하여 각각의 절점 온도를 해석하는 열회로망을 작성하였다.

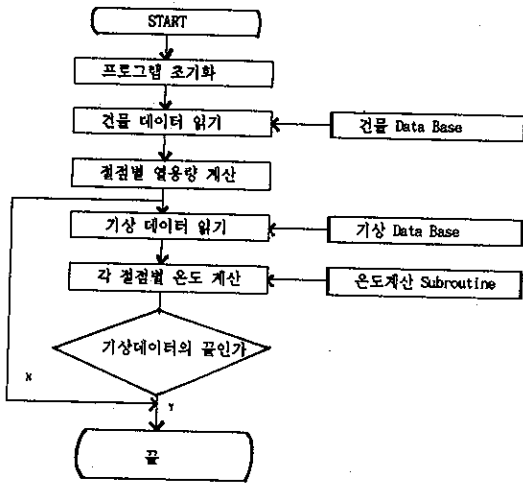


(그림 2-1) 결합부위의 열회로망

2.2 프로그램의 구조

건물 데이터 및 기상데이터를 이용하여 각 절점별 열용량과 열전달을 계산하고 온도계산 서브루틴(subroutine)으로 각 절점별 온도를 계산하도록 하였다.

프로그램의 Flow Chart는 (그림 2-2)와 같다.



(그림 2-2) 프로그램의 Flow - Chart

2.3 각 부위별 온도계산 서브루틴

각 절점의 온도계산은 열전달율과 열용량을 계산하고 상하좌우의 절점영향에 따라온도를 계산할 수 있도록 하였다(표 2-1).

<표 2-1> 온도계산 기본함수

계산 내용	계산 식
표면 열전달	$Conv = Node_W * Node_H * k$
표면절점과 내부절점 사이의 열전달	$Surf_T = k / Node_W * Node_H * Thick * 0.5$
이질재료와의 결합에서의 열전달	$Sand_T = Con1 / Node_W * Thick1 * 0.5 * Node_H + Conr / Node_W * Thickr * 0.5 * Node_H$
내부절점간의 전도 열전달	$Intl_T = k / Thick * Node_W * Node_H$
표면절점의 열용량	$S_Cap = Shv * Node_W * Node_H * Thick * 0.5$
내부절점의 열용량	$I_Cap = Shv1 * Node_W * Node_H * Thick1 * 0.5 + Shv2 * Node_W * Node_H * Thick2 * 0.5$
코너절점의 열용량	$C_Cap = Shv * Node_W * 0.5 * Node_H * Thick * 0.5$
표면절점의 온도	$NewTemp = Torg + ((Tia - Torg) * Conv + (Ti - Torg) * Ri + (Tr - Torg) * Rr + (Td - Torg) * Rd) / (Cap * DeltaT)$
내부 절점의 온도	$NewTemp = Torg + ((Tu - Torg) * Ru + (Tl1 - Torg) * Rl1 + (Tl2 - Torg) * Rl2 + (Tr1 - Torg) * Rr1 + (Tr2 - Torg) * Rr2 + (Td - Torg) * Rd) / (Cap * DeltaT)$
코너 절점의 온도	$C_T = Torg + ((Tia - Torg) * Conv + (Ti - Torg) * Ri + (Tr - Torg) * Rr + (Td - Torg) * Rd) / (Cap * DeltaT)$
인코너 절점 온도	$IC_T = Torg + ((Toa - Torg) * Conv + (Tf - Torg) * Rf + (Tl - Torg) * Rl + (Td - Torg) * Rd + (Tr - Torg) * Rr) / (Cap * DeltaT)$

<< 기 호 설 명 >>

Node_W : 가드절점간의 길이 Node_H : 세로절점간의 길이
k : 열전달율 Thick : 재료의 두께
Con1, Conr : 왼쪽 절점 또는 오른쪽 절점간의 열전달율
Shv : 용적 비열 NewTemp : 새로운 온도
Torg : 전시간 온도 Tia : 실내기온
Tu, Td, Tr, Tl : 상 하 좌 우 절점의 온도
Ru, Rd, Rr, Rl : 상 하 좌 우 절점간의 열전달율

3. 실험모델을 이용한 조립식 외벽체의 열성능 실험

3.1 실험모델의 설계 및 제작

기존 조립식 P.C 생산업체의 방문 및 현장조사를 통하여 건물내에서 열교(Thermal Bridge)가 발생할 확률이 매우 높은 것으로 나타난 "세대와 세대간의 경계벽" 결합부위의 실험모델을 설계, 제작하였다.

실험모델은 전면부분을 제외한 나머지 5면은 벽체의 열관류율 값이 0.2Kcal/m²h^oC정도인 비교적 단열성능이 뛰어난 벽체로 하였고, 전면에 조립식 P.C판넬을 부착시켜 결합부위의 열흐름을 파악하고자 하였다.

3.2 열성능 실험내용 및 결과

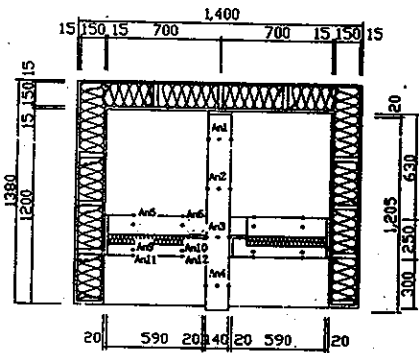
실험 실측은 조립식 P.C판넬의 결합부위 중 세대와 세대간의 경계벽을 통한 열흐름을 측정하는 것으로, 벽체에서의 각 Node별 온도변화 및 실내공간의 온도변화는 CC Thermocouple Sensor를 Data Logging System 을 통하여 수거하였고 그 실험진행은 다음과 같다(표3.1).

<표 3-1> 실험진행표

판넬 종류	실험 기간
세대와 세대간의 경계벽	'92. 5. 23-5. 30(7일간)

센서는 상하좌우 Node별 30cm 간격으로 약 50여개를 설치하였고, 실험결과와 분석은 각각 7일간의 실험기간중 비교적 일흐름에 안정을 취할 수 있는 마지막 2일간의 자료를 중심으로 하였다.

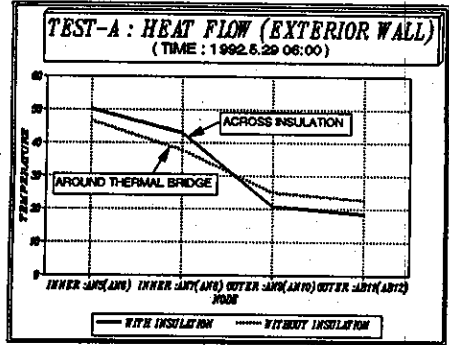
측정된 각 절점별 센서위치와 온도분포는 다음과 같다(그림 3-1) <표3-2>.



(그림 3-1) 실험모델의 평면 및 P.C판넬접합 부위에 따른 각 절점별 센서 위치

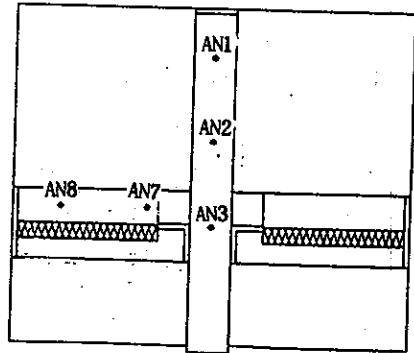
<표 3-2> 각 절점에 따른 온도분포

		구분			단위: °C				
		제 1일	제 2일	평균	구분	제 1일	제 2일	평균	
외기온 (OUT DOOR TEMP.)	최고	21.9	26.3		AN5	최고	47.5	47.9	
	최저	13.8	14.2			최저	39.3	46.6	
	평균	17.7	17.9	17.8		평균	45.9	47.2	46.6
실내기온 (INDOOR TEMP.)	최고	52.7	52.5		AN7	최고	40.3	41.3	
	최저	49.4	51.0			최저	35.8	39.4	
	평균	51.3	51.8	51.6		평균	38.9	40.5	39.7
경계 벽	AN1	최고	55.3	45.3	외벽	AN6	최고	41.6	42.1
		최저	46.6	54.0			최저	36.6	40.8
		평균	52.5	54.7			53.6	평균	40.0
	AN2	최고	50.7	50.7	EXT- OR WALL	AN9	최고	28.2	29.2
		최저	40.2	48.8			최저	19.5	20.6
		평균	47.9	50.2			49.0	평균	23.8
BOU- ND- ARY WALL	AN3	최고	36.7	37.7	AN10	최고	29.9	31.7	
		최저	33.1	36.1		최저	23.7	25.1	
		평균	35.2	36.8		36.0	평균	26.7	27.4
AN4	최고	29.0	30.1	AN11	최고	28.5	29.5		
	최저	19.8	20.3		최저	17.8	18.1		
	평균	24.0	23.9		24.0	평균	22.9	22.4	22.7
외벽	AN8	최고	51.0	50.9	AN12	최고	29.2	31.8	
		최저	39.2	49.9		최저	21.3	21.7	
		평균	49.1	50.2		49.7	평균	25.1	25.6

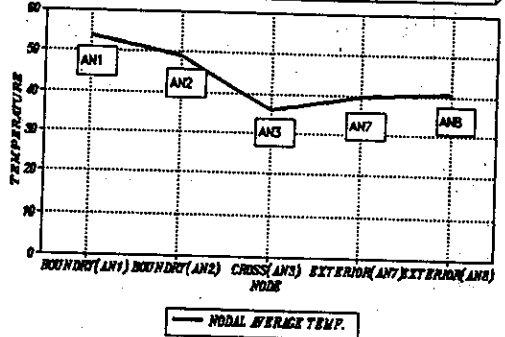


(그림 3-2) 외벽체의 부위별 온도변화

(그림 3-2)는 단열재 60mm가 내재되어 있는 두께 250mm의 외벽체를 통한 열흐름으로, 온도 분포결과, 60mm 두께의 단열재가 있는 곳 보다 단열재가 연속되지 않는 외벽체와 경계벽이 만나는 접합부위를 통하여 더 많은 열이 빠져 나가고 있었음을 알 수 있었다.



TEST-A: HEAT FLOW (CROSS WALL)
(TIME: 1992. 5. 27 - 5. 29)



(그림 3-3) 접합부 각 절점별 온도 분포

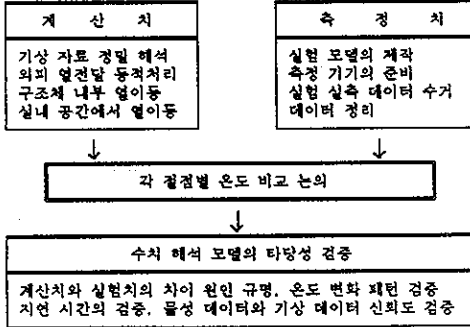
(그림 3-3)은 세대간 경계벽과 외벽체가 만나는 접합부위를 나타낸 것으로서 온도분포는 53.7°C, 49.0°C, 36.0°C(접합부), 39.7°C, 40.8°C를 보임으로써, 접합부위에서 온도강하가 나타났음을 알 수 있었다.

4. 수치해석 모델의 검증 및 컴퓨터 시뮬레이션

4.1 수치해석 모델의 검증

4.1.1 해석 모델의 계산치와 실험치와의 비교검증

수치해석 모델에 의한 계산치와, 실험 모델에서 측정된 실측치와의 비교하여 수치해석모델의 타당성을 검증하였다(그림 4-1).

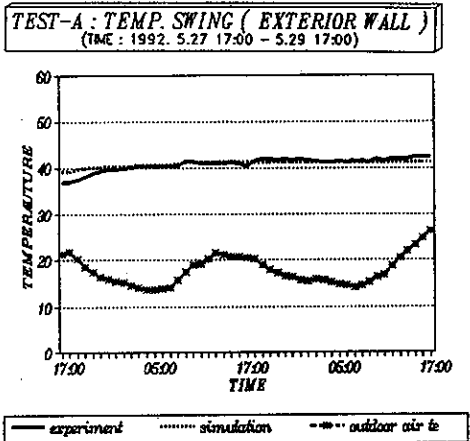


(그림 4-1) 계산치와 실험치의 비교

실험치와 계산치의 비교검증은 센서가 설치된 절점들 중 외벽체의 내표면으로부터 각각 3 Cm 거리의 벽체내부에 있는 측정점을 비교하였는데, 이와같은 온도분포에 대한 비교는 수치해석 모델의 신뢰도를 평가할 수 있으리라 믿어진다.

온도와 일사량을 제외한 풍향, 풍속 및 습도 등은 기존의 관측된(서울) 기상데이터를 활용하였다.

4.1.2 외벽체 내부 측정점에서의 계산치와 실측치의 비교



(그림 4-2) 외벽체 내표면쪽 벽체내부 절점의 계산치와 실측치

(그림 4-2)는 65 mm 단열재가 내재된 P.C벽체 내의 온도변화를 나타낸 것으로 벽체의 온도상승 요인은 외부 일사는 거의 미치지 못하고, 실내에 설치되어 있는 열원 장치에 의한 열전달 영향을 많이 받고 있는 지점이다.

따라서 계산치와 실측치의 온도는 거의 같은 변화 패턴을 보이고 있으며, 오차도 거의 생기지 않고 있음을 볼 수 있었다. 마찬가지로 실험치와 계산치의 통계적 유의도를 검증하였는 바, 이때 계산치와 실측치의 상관관계를 나타내는 결정계수인 R²값이 0.92로 나타나 신뢰성이 높은 것으로 판정되었다.

4.2 컴퓨터 시뮬레이션

4.2.1 시뮬레이션조건

조립식 벽체의 접합부위에 대한 열교현상과 결로발생 가능성을 검토하여 효과적인 결로방지용 단열구조에 대한 기초자료를 제시하고자 타당성이 검증된 수치해석 모델과 물성자료를 바탕으로 구조 Matrix를 구성하여 연속난방 및 간헐난방에 따른 결합부위의 열적동태를 파악하였다.

본 연구의 시뮬레이션 진행은 조립식 접합부위의 표면 결로현상을 보다 명확히 규명하기 위하여 우리나라의 겨울철 기후중 지난 15년동안의 서울지역에서 최악조건을 나타낸 기상데이터중에서 최저치를 나타낸 1976년 1월 19일부터 1월 21일 까지의 자료를 이용하였다(표 4-1).

<표 4-1> 시뮬레이션에 사용된 기상자료 (서울)기간:1976. 1.19 - 1976. 1.21

MM	DD	Hr	Toa	Hum *	Tth kcal	Idn	Ich	Cld	Wdd 36	Wdw w/s	Tin
1	19	17	-9.7	37.3	11.0	0.0	0.0	0.0	25.0	3.0	20.0
1	19	18	-10.7	40.5	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	3.0	20.0
1	19	19	-11.6	43.7	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	3.5	20.0
1	19	20	-12.5	46.8	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	3.3	20.0
1	19	21	-13.4	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	4.0	20.0
1	19	22	-12.8	49.5	0.0	0.0	0.0	0.0	29.0	1.0	20.0
1	19	23	-12.2	49.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	3.3	20.0
1	19	24	-11.6	48.5	0.0	0.0	0.0	0.0	29.0	2.5	20.0
1	20	1	-11.0	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	1.0	20.0
1	20	2	-10.4	47.5	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	2.0	20.0
1	20	3	-9.8	47.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	1.0	20.0
1	20	4	-9.2	46.5	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	2.7	20.0
1	20	5	-10.0	45.7	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.7	20.0
1	20	6	-10.1	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	0.3	20.0
1	20	7	-10.2	44.3	2.0	0.0	0.0	0.0	23.0	0.3	20.0
1	20	8	-10.3	43.7	61.0	220.0	26.4	6.4	23.0	0.3	20.0
1	20	9	-10.4	43.0	200.0	380.0	43.2	3.2	23.0	1.3	20.0
1	20	10	-10.0	41.2	302.0	425.0	51.0	1.0	25.0	1.7	20.0
1	20	11	-9.6	39.3	371.0	370.4	115.8	5.8	25.0	3.0	20.0
1	20	12	-9.2	37.5	413.0	377.6	118.0	8.0	23.0	2.3	20.0
1	20	13	-8.7	35.7	404.0	277.8	162.1	2.1	23.0	3.0	20.0
1	20	14	-8.3	33.8	270.0	255.0	148.8	8.8	23.0	5.0	20.0
1	20	15	-7.9	32.0	194.0	144.0	198.0	8.0	27.0	4.7	20.0
1	20	16	-8.8	33.3	98.0	132.0	77.0	7.0	27.0	5.3	20.0
1	20	17	-9.7	34.7	16.0	0.0	0.0	0.0	27.0	3.3	20.0
1	20	18	-10.7	36.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	3.7	20.0
1	20	19	-11.6	37.3	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	4.0	20.0
1	20	20	-12.5	38.7	0.0	0.0	0.0	0.0	27.0	3.0	20.0
1	20	21	-13.4	40.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	1.8	20.0
1	20	22	-13.5	40.8	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	0.7	20.0
1	20	23	-13.5	41.7	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	2.0	20.0
1	20	24	-13.6	42.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0
1	21	1	-13.6	43.3	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	1.5	20.0
1	21	2	-13.7	44.2	0.0	0.0	0.0	0.0	14.0	0.7	20.0
1	21	3	-13.7	45.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.5	20.0
1	21	4	-13.6	45.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	1.0	20.0
1	21	5	-13.4	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0
1	21	6	-13.3	46.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.0	20.0
1	21	7	-13.1	47.0	11.0	0.0	0.0	0.0	5.0	1.0	20.0
1	21	8	-13.0	47.5	101.0	220.0	26.4	6.4	5.0	1.5	20.0
1	21	9	-12.8	48.0	246.0	360.0	43.2	3.2	5.0	0.7	20.0
1	21	10	-11.6	44.8	345.0	425.0	51.0	1.0	5.0	2.3	20.0
1	21	11	-10.4	41.7	405.0	467.0	56.0	6.0	5.0	2.0	20.0
1	21	12	-9.4	38.5	456.0	472.0	56.6	6.6	5.0	2.5	20.0
1	21	13	-8.1	35.3	435.0	463.0	55.6	5.6	5.0	2.0	20.0
1	21	14	-6.9	32.2	311.0	425.0	51.0	1.0	5.0	2.0	20.0
1	21	15	-5.7	29.0	233.0	360.0	43.2	3.2	5.0	1.2	20.0
1	21	16	-6.1	32.8	92.0	220.0	26.4	6.4	7.0	1.0	20.0
1	21	17	-6.5	36.7	9.0	0.0	0.0	0.0	5.0	2.0	20.0

구조체간의 열회로망 작성을 통한 각 절점별 온도해석은 벽체부위를 10cm, 5cm등의 간격으로 두께를 변경시켜가면서 실시한 예비 시뮬레이션 결과를 바탕으로 적정범위의 두께인 2cm간격으로 더욱 세분하여 진행하였다

또한 난방조건은 연속난방과 간헐난방으로 구분하고 각 구성재료의 온도구배에 따라 초기온도를 입력시켜 시뮬레이션하였다<표 4-2>.

<표 4-2> 컴퓨터 시뮬레이션용 재료의 열성능

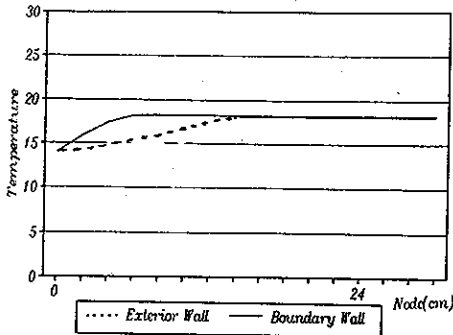
구분	1			2			3		
	외표면	중표면	내표면	외표면	중표면	내표면	외표면	중표면	내표면
두께 (mm)		65	60	125				140	
비중 (kg/m ³)		2200	36	2200				2200	
비열		0.18	0.29	0.18				0.18	
용적 비열		400	10	400				400	
열전도율 (W/m·K)		1.3	0.025	1.3				1.3	
열팽창 계수 (1/K)		0.05			0.14	0.05			0.14
경계시 (초기조건) °C	연속	-9.2	-6.7	17.0	18.1			20.0	20.0
	간헐	-9.3	-6.8	11.5	14.0			15.0	15.0

4.2.2 연속난방

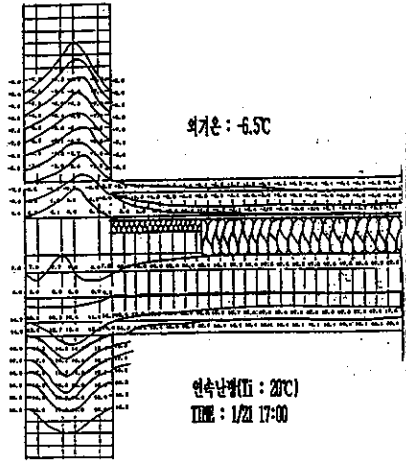
연속난방에서는 실내 난방 온도를 20°C로 설정하고, 각 절점별 온도가 어느정도 안정이 되었을 때를 초기 온도조건으로 보고 시뮬레이션을 진행하였다. 각 절점별 온도분포 및 등온선 분포는 세대간 경계벽과 외벽체의 접합부위를 중심으로 온도강하가 나타나 실내기는 20°C와 습도 70%인 조건에서는 결로

의 위험이 따르고 있어 단열보강의 필요성이 요망되었다. 이때 구조체간 열회로망을 2cm간격으로 세분하여 시뮬레이션한 결과는 실내측 접합점에서 외벽체인 경우 약 14cm, 경계벽인 경우는 약 8cm 떨어진 곳에서 부터 온도강하가 나타났음을 알수 있었다(그림 4-3).

Simulation(Consecutive Heating)
Time: 1/19 17:00 - 1/21 17:00



(그림 4-3) 연속난방시 접합부위의 온도강하 폭

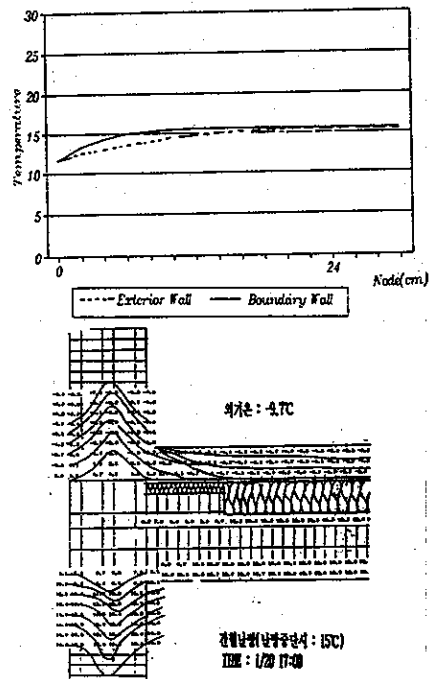


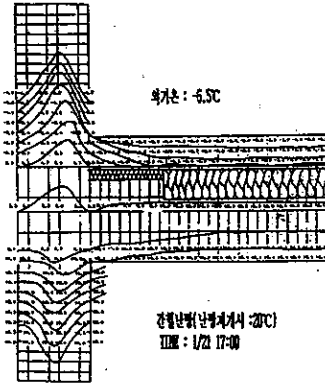
4.2.3 간헐난방

간헐난방에서는 연속난방에서의 마찬가지로 각 절점별 온도가 어느정도 안정이 되었을 때를 초기온도 조건으로 보고 실내온도를 15°C, 즉 난방정지시의 난방재개시 온도인 20°C로 변화시켜 가면서 시뮬레이션을 진행하였다.

간헐난방시 난방이 일시적으로 정지된 경우와 난방이 다시 재개된 경우로 나누어 비교할 때 일시 정지된 경우, 외측의 냉기가 실내로 많이 침투하여 결로의 가능성이 높게 나타났다. 이때 세대간 경계벽과 외벽체의 접합부위를 중심으로 구조체간 열회로망을 2cm간격으로 세분한 온도변화는 외벽체인 경우 실내측 접합점에서 약 20cm, 경계벽인 경우는 약 12cm 정도 떨어진 곳으로 부터 온도강하가 나타났다(그림 4-3).

Simulation(Intermittent Heating)
Time: 1/19 17:00 - 1/21 17:00





(그림 4-3) 간헐난방시 접합부위의 온도강하 폭

5. 결 론

본 연구는 조립식 외벽체 접합부위에 대한 표면결로예측에 관한 실험적 연구로서 접합부위의 열적특성을 정성적 및 정량적방법으로 해석할 수 있는 컴퓨터프로그램의 개발과 더불어, 실험실측 및 시뮬레이션을 통하여 접합부위의 온도강하에 의한 표면결로발생 범위를 유추함으로써 조립식 주택의 환경성능이 개선 될 수 있도록 하였다.

본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

(1) 실험 모델에 의한 실험치의 온도 변화와 수치해석에 의한 계산치의 온도 변화는 온도 변화 패턴이 같고, Time - Lag이 일치하였으며 부분적인 오차가 있었으나 실험치와 계산치의 상관관계를 나타내는 R^2 의 값이 0.92로 신뢰도가 높은 것으로 나타났다. 따라서 본연구에서 수행된 조립식 접합부위의 표면결로 예측 알고리즘 및 컴퓨터 프로그램은 조립식 건축물의 환경성능 평가에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

(2) 실험모델을 이용한 실험실측에서는 외벽체의 경우에는 단열재가 끊어진 부위의 온도가 단열재가 설치된 부위보다 3.4°C 낮게 나타났고, 세대간 경계벽과 외벽체의 조합에서도 단열 취약부위인 접합부위에서 온도강하가 나타났음을 알 수 있었다(그림 3-참조). 따라서 조립식 외벽체의 접합부위가 표면결로의 위험이 높은 취약부분임을 확인할 수 있었다.

(3) 조립식 벽체의 세대간 경계벽과 외벽체의 접합부위에서 구조체의 열회로망을 2cm간격으로 세분한 각 절점별 온도변화 시뮬레이션 결과는 외벽체인 경우 실내측 접합점에서 약 14.20cm, 경계벽인 경우는 약 8.12cm 정도의 범위까지 온도강하가 일어남을 알 수 있었다 이와같은 결과는 세대간 경계벽의 수평적 접합구조만을 고려한 것으로 층과 층사이의 결합은 무시한 상태이다.

(4) 연속난방과 간헐난방의 두 난방방식에 따른 온도특성의 시뮬레이션 결과, 간헐난방에서 난방이 일시적으로 정지되었을 경우에는 단열이 취약한 접합부위를 통하여 실내의 열기가 외기로 빠져나감으로써 온도강하 현상이 발생함을 알 수 있었다. 반면에 난방을 다시 재개하였을 경우에 접합부재로 사용된 P.C콘크리트는 다른재료에 비해 비교적 큰 열용량을 갖고 있으므로 내부벽체의 온도 상승이 큰 변화를 보이지 않고 있어 벽체의 온도강하가 비교적 큰 폭으로 나타나는 표면결로부위를 예측할 수 있었다.

따라서 두 난방방식의 비교에서는 간헐난방이 연속난방보다 표면결로발생확률이 높다는 것을 알 수 있었다.

본 연구를 통하여 조립식주택 접합부위의 열적동태를 2차원으로 해석함으로써 지금까지 불가능했던 접합부위의 세부적인 환경 성능 평가를 할 수 있게 되어 조립식 외벽체의 표면 결로 방지에 도움이 되리라 믿어진다.

□ 參考文獻

- 1) 과학기술처, 신주택개발(공동주택의 초고층화를 위한 계획 및 설계기법 개발(2)-한국건설기술연구원, 1992. 10
- 2) 송국섭, 유한차분법을 이용한 자연형태양열시스템의 열성능분석에 관한 연구, 중앙대 건축학과 박사학위 논문, 1991.6
- 3) 유호천, 축소모형실험에 의한 벽체의 표면결로 예측모델에 관한 연구, 연세대 건축학과 박사학위 논문, 1990.6
- 4) 이영기, 건축물의 부위별 결로현상분석 및 그 대책에 관한 연구, 서울대 건축학과 박사학위 논문, 1990. 1
- 5) 한국건설기술연구원, 건물외피의 환경성능평가연구(열성능평가를 중심으로), 1990. 12
- 6) 한국건설기술연구원, 공업화 주택 외벽체의 기밀 및 결로성능 평가에 관한 연구(유호천 외), 1992.4
- 7) B.Givoni, Man Climate and Architecture, 1981.
- 8) K.Williams, Minimum Energy Dwelling, Craftman Book Co., 1979.
- 9) M.Evans, Housing Climate and Comfort, The Architectural Press, 1980.
- 10) P.ACHARD and R.GIOQUEL, European Passive Solar Handbook, 1986.
- 11) 山田雅士, 建築 斷熱, 井上書院, 1981
- 12) 宮野秋彦, 建築 斷熱 防濕, 學芸出版社, 1981
- 13) 水畑.雅行, 内部結露面 變動 數値解析, 日本建築學會論文 報告集 第 300號, 1981