동계 아파트 외표면 온도에 의한 단열성능 비교평가

Comparative Performance Evaluation by Winter Apartment Temperature on the Outer Surface of the Insulation

박 정 훈¹⁾ 김 봉 주^{2)*}
Jung-Hun Park Bong-Joo Kim

Abstract

This research is to measure and analyze the thermal performance of the apartment structure and to evaluate and establish standards of thermal insulation defect in order to make the basic data necessary for determining the degree of the thermal performance degradation and for repairing and reinforcing the exterior wall of the existing apartment. Furthermore, it is to predict the part of occurrence of the thermal bridge and condensation at the apartment building structure. On the other one hand, it is also to analyze the degree of thermal insulation performance according to the standards of thermal insulation and elapsed time, through the analysis by the workability of concrete.

Keywords : Thermal performance, Thermal bridge, Thermal insulation

1. 서 론

현재 우리나라의 에너지 소비량은 세계 10위이며, 2010년을 기준으로 국내 전체 에너지 소비량 중에서 건물부분의 에너지소비가 차지하는 비율이 약 21.4%에 이른다. 또한, 건물부분의 에너지 사용의 60% 이상이 냉난방 에너지로 사용되고 있다. 즉, 수입에너지의 12% 이상이 건축물의 냉난방 에너지로 사용되고 있다 (Key world energy statistics (IEA), 2012). 그러나 준공되어 사용하고 있는 건물의 경우 단열 성능을 평가할 평가방법이 개발되어 있지 못한 상태이다. 특히 준공 사용하고 있는 건물의 경우에는 신축건물에 비해 시공 단열기준이 낮은 상태에서 시공되었고, 사용기간에 따라 여러 가지 이유로 단열성능이 저하될 수 있다고 볼 수 있다.

이에 따라 정부는 온실가스 저감 및 고유가 시대를 대비하여 “Green Home” 정책 수립을 통하여 건축물 에너지 효율 기준을 단계적으로 강화해 나갈 것을 발표하였다. 특히 2017년까지 주택에너지 60% 절감, 2025년까지 제로에너지 건축

물 의무화 할 것을 내세우고 있다 (Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2012). 이를 위해서는 단열성능의 향상이 매우 중요한 요소이다. 현재 건축물의 단열에 대한 연구는 신축 건물에 적용할 수 있는 것들에 관하여 진행 되는 것이 대부분이다.

그러나 막대한 에너지를 사용하는 기존건물들은 시공시부터 단열기준 및 시공의 정밀도가 현재와 비교하여 훨씬 낮았다. 또한 준공 후 많은 기간의 경과로 인한 성능저하 등에 의하여 단열의 보강이 필요한 실정이다.

그러나 이를 위해서는 기 시공된 건축물의 현재 단열상태의 평가가 우선되어야 한다. 현재 단열상태를 평가하는 방법이나 연구가 매우 미진한 상태이다. 일부 단열성능평가에 대한 연구가 다소 진행되고는 있으나 실용화가 되어 있지 않는 실정이다.

이는 비정상 상태에서 정밀한 열류측정을 통한 평가이므로 현장에서의 측정 및 분석이 어렵기 때문이다.

그러나 대상건물의 양적, 측정 방법의 적용성, 현장의 상황

1) 학생회원, 공주대학교 건축학부 석사과정
2) 정회원, 공주대학교 건축학부 정교수, 교신저자

* Corresponding author : bingma@kongju.ac.kr

• 본 논문에 대한 토의를 2013년 8월 31일까지 학회로 보내주시면 2013년 9월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

등을 고려하면 약간의 오차는 있더라도 보다 손쉬운 방법이 필요하다. 즉, 비교적 오차가 적으면서도 신속성과 편리성을 겸비한 단열성능평가 기법을 개발하고 이를 바탕으로 한 보수보강에 관한 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 단열 성능 저하 및 보수보강에 필요한 기초자료를 만들기 위하여 천안지역 아파트 외벽을 적외선 열화상 카메라를 이용하여 외기온 변화에 따른 외표면 온도분포 및 변화를 측정 분석하여 단열성능평가를 위한 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

2. 측 정

2.1 측정대상

천안지역의 86년부터 2011년 까지 준공된 아파트 중 총 14개의 아파트를 선정하여 외부면 (콘크리트면, 창호부분, 발코니 3곳)을 촬영하였다.

2.2 측정일시

적외선 열화상 카메라를 이용한 단열성능의 평가를 위해, 실내외 온도차가 큰 겨울철에 촬영하였다. 일기예보를 참조하여 기온이 낮은 일을 선택하였다. 2012년 2월 1일~2일을 선정하였으며 측정시간 때의 기온은 $-7.8^{\circ}\text{C} \sim -12.3^{\circ}\text{C}$ 로 나타났다. 또한 일사 및 표면복사열량의 영향을 피하기 위해 일몰 후 일정시간 경과 한 20시 30분에 시작하고 두 번째 촬영은 다음날 04시에 촬영을 시작하였다. 시간차이로 인해 외부 기온 및 외부표면온도변화를 측정하였다.

Table 1 Measurement apt

Mark	Completion date	
A Apt.	September	1986
B Apt.	December	1987
C Apt.	October	1988
D Apt.	March	1989
E Apt.	May	1991
F Apt.	September	1991
G Apt.	November	1994
H Apt.	February	1995
I Apt.	April	1996
J Apt.	March	1997
K Apt.	November	1998
L Apt.	May	1999
M Apt.	October	2004
N Apt.	February	2011

Table 2 Measurement date

Area	Measurement	The average temperature		Measuring time
		1 day	2 days	
Cheonan	2012.02.01 ~ 2012.02.02	The lowest temperature		1st 20:30~01:00
		-11.3°C	-12.3°C	
		The maximum temperature		2nd 04:00~07:20
		-7.8°C	-10.6°C	

2.3 측정기기 및 방법

아파트 외부면의 온도측정은 적외선 열화상 카메라로 측정하였으며, 외기온은 디지털 온도계, 풍속은 디지털 풍속계를 사용하였다. 특히 풍속은 표면온도에 영향을 주므로 표면 온도 측정면에서 약 1m 이격된 곳의 풍속을 측정하였다. 아파트 외부면의 온도측정은 바람에 의한 영향을 가능한 줄이기 위하여 풍속 1 m/sec 이하의 안정적인 상태에서 온도를 측정하였다.

측정 기기는 Fig. 1에 모델명과 이미지 및 사양을 나타내었다.

3. 측정결과 및 분석

3.1 측정시 외기온

1차 측정시간은 20시 30분부터 다음날 01시까지이며, 2차

<ul style="list-style-type: none"> * Model: FLIR P620 (Infrared thermal imaging camera) * Image Resolution : 640×480 * Image Frequency : 3.2 MPixel * Sensitivity : 40mk * Temperature range : -40°C to $+500^{\circ}\text{C}$ * Accuracy : $\pm 2^{\circ}\text{C}$ or $\pm 2\%$ of reading
<ul style="list-style-type: none"> * Model : Summit SDT142S (Digital Thermometer) * Measuring range : $-250 \sim 1,375^{\circ}\text{C}$ * Tolerance : $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
<ul style="list-style-type: none"> * Model : Extech - 451126 (Digital Wind Meter) * Feet per Minute(ft/min) : 60 to 8800 * Meters per Second(m/s) : 0.3 to 45.00 * Temperature : $0.0 \sim 45.0^{\circ}\text{C}$

Fig. 1 Survey measuring devices

Fig. 2 External temperature

측정시간은 04시부터 07시 20분까지로 Fig. 2에 측정시 외기온을 나타내었다. 측정 간격의 차이는 아파트 소재에 따른 이동시간에 따른 차이, 풍속에 안정화를 위한 대기시간 등에 의해 발생하였다.

1차 측정시 시작시간인 20시의 외기온은 최고-7.8°C에서 다음날 01시의 최저온도인 -11.3°C 로 온도차이는 약 3.5°C로 나타났다.

2차 측정시 시작시간인 04시의 최고온도인 -10.6°C, 일출 전 마지막 측정인 -12.3°C 이며 온도변화가 약 1.7°C로 나타났다.

또한 동일 아파트의 1차 및 2차 측정 시 외기온도차이는 최고 -10.5°C에서 -12.3°C 이고 평균 온도차이는 1.6°C이다.

3.2 아파트 외표면 온도분포

14개의 아파트 중 준공년도 간격을 일정하게 하여 4개의 아파트 (F아파트 91년도 준공, G아파트 94년도 준공, L아파트 99년도 준공, M아파트 04년도 준공)를 선정하여 온도 차이를 분석하였다. 온도분포는 1차, 2차 아파트 외측벽에 4개의 동일위치를 찍어 측정점에 대한 온도를 비교 분석 하였다. 본 측정점 선정은 최고온도 (열교)지점의 대각선상의 4등분한 지점을 선정하였다. 이는 열교에 의한 최고 온도점과 최저 온도점의 차를 알아보기 위한 것이다.

이후 온도차이란 용어는 측정점 1~4 측정점에 있어서 최고온도 측정점의 온도와 최저온도의 측정점의 온도차이를 정의한다.

F 아파트 측정 결과 1차, 2차 모두 측정점 1, 측정점 4에서 온도가 가장 높게 나타났고, 최고온도와 최저온도차는 1차에서 3.7°C 2차에서 4.7°C의 온도 차이를 나타내었다. 또한 측정점 1, 측정점 4뿐만 아니라 Fig. 3의 붉은색 부분,

Fig. 3 Temperature distribution of the exterior wall at 1st measure (F Apt.)

Fig. 4 Temperature distribution of the exterior wall at 2nd measure (F Apt.)

Fig. 5 Temperature difference between the 1st and the 2nd measured

Fig. 4의 노란색 부분의 온도가 비교적 다른 부분보다 온도 보다 높게 나타났다. 또한 Fig. 3의 측정점 1, 2, 3, 4의 온도와 외부온도의 차이의 온도차는 4.6°C, 0.9°C, 1°C, 4.4°C의 차이를 보이고 있으며 측정점 1과 측정점 4, 두 곳의 부위와 측정점 2와 측정점 3의 두 곳의 부위는 뚜렷하게 외기온과의

온도차이를 보이고 있다. 외기온과의 차이는 외기온과의 차이가 나지 않아야 열손실이 적다고 말할 수 있는 반면에 4.6℃와 4.4℃라는 큰 온도차이는 측정점 1, 4 부위에서 열손실이 발생하고 있다는 것으로 판단할 수 있다. 그리고 Fig. 4에서 마찬가지로 외기온과의 차이가 각각 2.8℃, -1.4℃, -1.1℃, 3.3℃를 나타내고 있어 1차 측정시와 2차 측정시에 모두 같은 곳인 측정점 1, 측정점 4에서 열손실이 발생하고 있다고 판단 할 수 있다.

G 아파트 측정 결과 1차, 2차 모두 측정점 1, 측정점 4에서 온도가 높게 나타났지만, 다른 아파트에 비하여 비교적 최고온도와 최저온도차의 격차가 크지 않았다.

그러나 F 아파트와 같은 단열재의 이음부로 추정되는 부분이 다른 부위보다 온도가 높게 나왔다.

1차 측정시의 Fig. 6과 같이 측정점 1, 측정점 2 부분의 외기온도와의 차이인 각각 2.2℃와 3.6℃의 차이를 나타내고 있고 측정점 3, 측정점 4 부분의 외기온도와의 차이는 0.2℃, 0.6℃의 차이를 나타내고 있다. F아파트의 경우에도 외기온과의 차이가 적은 값을 나타내는 측정점 2, 측정점 3 부위의 단열이 우수한 상태라고 분석되며, 측정점 1, 측정점 2에서는 열손실이 발생하고 있다고 판단되어 진다. 2차 측정시의 Fig. 7에서도 측정점 1에서 2.1℃ 차이를 나타내고 측정점 2의 부분의 외기온도와 차이는 0℃를 나타내었는데, 측정점 2는 열교환에 의한 열적평형상태를 나타낸다고 판단되고 측정점 3, 4는 -0.6℃, 0.3℃의 차이를 나타내어 단열이 잘되고 있는 상태로 나타났다.

온도차는 1차에서 3.4℃, 2차에서 2.7℃의 온도 차이를 나타내었다.

L 아파트 측정 결과 Fig. 9의 1차 측정시 측정점 1에서만 -6℃를 나타냈으며 나머지 측정점 2, 3, 4에서는 -9℃, -9.3℃, -8.3℃를 나타내었다. 외기온도가 -11℃였으며 외기온도와의 차이는 측정점 1에서 5℃의 차이를 보이며 나머지 측정점에서는 2℃, 1.7℃, 2.7℃를 나타내어 외기온도와의 차이가 측정점 1에서만 유독 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 마찬가지로 Fig. 10의 2차 측정시 측정점 1에서 -8.2℃이며 나머지 측정점은 -12.7℃, -12.6℃, -11.3℃를 나타냈으며 2차 측정시에 외기온도는 -11.4℃로써 외기온도와의 차이는 측정점 1에서 3.2℃의 차이를 보이며 나머지 측정점은 각각 -1.3℃, -1.2℃, 0.1℃의 차이를 나타내고 있다. 2차 측정시의 외기온과의 차이를 확연히 알 수가 있다. 측정점 1에서의 외기온도와의 큰 차이는 열교환상이 발생하는 외벽-슬라브의 교차지점에서 열손실의 발생으로 인한 큰 온도차이를 보이

Fig. 6 Temperature distribution of the exterior wall at 1st measure (G Apt.)

Fig. 7 Temperature distribution of the exterior wall at 1st measure (G Apt.)

Fig. 8 Temperature difference between the 1st and the 2nd measured

고 있어, 이곳의 단열성능이 취약한 것을 파악할 수 있다.

최고온도와 최저온도차는 1차 측정에서 3.3℃, 2차에서 4.5℃의 온도 차이를 나타내었다.

M 아파트 측정 결과 Fig. 12의 1차 측정시 측정점 1, 2, 3에서는 -9.1℃, -9.7℃, -10.5℃를 나타내었고 측정점 4에서는 -8.2℃를 나타내고 있다. 측정 외기온도는 -11℃이며 외기온도와의 차이는 측정점 1, 2, 3에서는 1.9℃, 1.3℃, 0.5℃

Fig. 9 Temperature distribution of the exterior walls at 1st measure (L Apt.)

Fig. 12 Temperature distribution of the exterior wall at 1st measure (M Apt.)

Fig. 10 Temperature distribution of the exterior wall at 2nd measure (L Apt.)

Fig. 13 Temperature distribution of the exterior wall at 2nd measure (M Apt.)

Fig. 11 Temperature difference between the 1st and the 2nd measured

Fig. 14 Temperature difference between the 1st and the 2nd measured

의 작은 차이를 보였으며, 측정점 4에서는 2.8°C로써 역시 M아파트에서도 유독 측정점 4에서 큰 차이를 나타내고 있다. 2차 측정시 Fig. 13의 경우 역시 측정점 1, 2, 3에서 각각 -12.5°C, -12°C, -13.7°C를 나타내고 측정점 4에서는

-11.1°C를 나타내고 있다. 2차 측정시 외기온은 -12.3°C이며 외기온도와의 차이는 측정점 1, 2, 3은 -0.2°C, 0.3°C, -1.4°C이며 측정점 1의 외기온도와의 차는 1.2°C로 낮은 온도이지만 다른 측정점에 비하면 높은 수치라고 할 수 있다. 따라서

Fig. 12와 Fig. 13에서 보는 바와 같이 측정점 4는 L아파트와 같은 부위로서 외벽-슬라브가 만나는 단열에 취약한 부분으로 나타나고 있다. M아파트도 외벽-슬라브가 교차하는 지점에서 열교현상이 발생하고 열손실이 일어나는 것을 파악할 수가 있다.

최고온도와 최저온도차는 1차에서 2.3℃ 2차에서 2.6℃의 온도 차이를 나타내었다.

13개의 아파트 대부분 외벽부분에서 낮은 온도분포를 나타내었고 외벽-슬라브 교차부분에서 높은 온도를 보이고 있다. 이러한 온도분포를 외기온과 비교하였을 경우 외벽부분에서는 외기온과의 온도차이가 크지 않아 단열능력이 높다는 것을 알 수 있으며, 외벽-슬라브 교차부분에서의 외기온과의 온도차이는 높게 나타나 그 부위에서 열교 현상의 발생과 열손실이 크다는 것을 알 수가 있었다.

Table 3은 각 A아파트부터 M아파트의 1차 측정점의 최고온도점과 최저온도점의 차이 및 2차 측정점의 최고온도점과 최저온도점의 차이를 분석한 결과표이다. 여기서 9곳 아파트의 1차 측정점의 최고-최저온도점의 차이가 2차 측정점의 최고-최저온도차이 보다 작게 나오는 것을 알 수 있으며, C아파트의 경우만 1차, 2차 최고-최저온도점의 차이가 같게 나왔으며 3곳의 아파트에서는 2차측정점의 최고-최저온도점의 차이가 높게 나왔다. 총14곳의 아파트중 10곳의 아파트의 2차측정점의 최고-최저온도점의 차이가 더 크게 나오는 것을 확인할 수 있다. 외기온도가 1차때 보다 2차측정시 외기온이 상당히 낮아졌을 때 최고-최저온도점의 차이가 더 커짐으로서 열에너지 손실이 크며, 난방에너지의 손실 또한 훨씬 많아지게 된다. 이에 따라 겨울철 외기온도가 급격하게 낮아질 경우 외벽의 단열이 더욱 에너지손실에 영향을 많이 미치는 것을 알 수 있으며 열교부위의 단열보수보강이 상당히 시급한 실정이라는 것을 확인할 수 있다.

3.3 열교현상 부위 분석

촬영한 총 14개의 아파트의 외벽, 콘크리트면, 발코니 등 3 곳을 촬영 후 각 각 온도분포를 통하여 열교현상이 발생하고 있는 곳을 확인 및 분석을 하였다.

Fig. 15에서와 같이 외벽면의 측정결과 외기온도는 -7.3℃ 이고 최고온도는 -5.5℃, 최저온도는 -11.1℃를 나타내고 있다. 외기온도와 최고온도차이는 2.3℃의 차이를 보이며 최저온도와 외기온도의 차이는 3.3℃의 차이를 보인다. 여기서 붉은색 계열의 온도분포에는 외기온도와와의 차이가 2.3℃ 밖

Table 3 Highest and lowest temperature difference

Mark	1st measure the highest temperature	1st measure lowest temperature	Temperature difference
	2nd measure the highest temperature	2nd measure lowest temperature	
A	-7	-9.9	2.9
	-8.1	-12	3.9
B	-5.5	-8.2	2.7
	-9.7	-12.7	3
C	-5.2	-8.2	3
	-10.5	-13.5	3
D	-2.7	-7	4.3
	-7.2	-12	4.8
E	-5.8	-8.3	2.5
	-9.3	-12.6	3.3
F	-3.5	-7.4	3.9
	-7.3	-10.3	3
G	-8.6	-10.3	1.7
	-10.6	-12.8	2.3
H	-6.6	-9.7	3.1
	-7.6	-10.4	2.8
I	-8	-10.4	2.4
	-9.5	-11.8	2.3
J	-6	-9.3	3.3
	-8.2	-12.7	4.5
K	-8.2	-10.5	2.3
	-11.1	-13.7	2.6
L	-10.8	-14	3.2
	-11.6	-15.5	3.9
M	-7.9	-11.3	3.4
	-11	-15.6	4.6
N	-7.4	-11.4	4
	-10.7	-15.5	4.8

에 차이가 나지 않는 것으로 보아 붉은색 계열의 부분이 열교현상이 발생하고 있는 부분으로 분석이 되었다. 또한 Fig. 15에서 보는바와 같이 온도구배에 따르면 최대 -5.5℃, 최소 -11.1℃의 범위로 나타나고 있으며, 그 부위는 외벽-슬라브의 접합부위에서 열교현상이 발생하며 실내측에서 확인한 결과 화장실인 것으로 나타났다. 이러한 결과로 인하여 외벽-슬라브 교차지점에 대한 단열 보수보강이 필요하며 화장실 부위에 대한 단열이 시급히 필요할 것으로 사료된다. 단열의 시공 및 보수보강을 함으로써 에너지 낭비를 줄이고 에너지 절약 및 냉난방비 절감을 기대할 수 있을 것이다.

K아파트의 경우도 역시 외기온도는 -10.7℃이고 최고온도는 -6.9℃, 최저온도는 -10.7℃를 나타내고 있다. 최저온도가 외기온도와 같고 최고온도는 약 3.8℃의 차이를 보이고 있고,

Fig. 15 Exterior wall surface thermal imaging shots and temperature gradients (A Apt).

Table 4 Surface of the outer wall of the apartment, the measurement results (A Apt).

Apt	The maximum temperature (°C)	The lowest temperature (°C)	Temperature difference (high-low) (°C)	The average temperature (°C)	Outside air temperature (°C)
A	-5.5	-11.1	5.5	-8.7	-7.8

Fig. 16에서 보는바와 같이 온도구배에 따르면 최대 -6.9°C , 최소 -10.7°C 의 범위로 나타나고 있으며, 최대온도와 최소온도점의 차이가 3.8°C 의 차이를 나타낸다. 온도구배의 범위가 3.8°C 밖에 나지 않는다는 것은 그나마 단열상태가 다른 곳에 비해 비교적 양호한 상태라고 볼 수 있지만, 외기온도와 최고점의 온도의 차이를 비교하였을 때 3.8°C 가 나타나는 것은 단열능력이 낮아져 열교현상 및 에너지 손실이 이루어지고 있으며, 단열능력에 대한 보수 보강이 필요하다고 사료된다.

N 아파트의 경우 외기온도는 -11.0°C 이고 최저온도는 -8.0°C 를 나타내고 있다. Fig. 17에서 보는 것과 같이 최저온도는 창호에서 나타나기 때문에 이 경우는 제외하고 최고온도와 외기온도의 차이가 3°C 밖에 차이가 나지 않기 때문에 최고온도를 나타내고 있는 빨간표시 지점과 Fig. 16의 (b)에서 나타내고 있는 온도구배에서와 같이 최대 -8.0°C , 최소

Fig. 16 Exterior wall surface thermal imaging shots and temperature gradients (K Apt).

Table 5 Surface of the outer wall of the apartment, the measurement results (K Apt).

Apt	The maximum temperature (°C)	The lowest temperature (°C)	Temperature difference (high-low) (°C)	The average temperature (°C)	Outside air temperature (°C)
K	-6.9	-10.7	3.8	-9.4	-10.7

-16.4°C 의 범위를 나타내고 있다. 이러한 현상은 외벽-슬라브에서의 열교현상이 발생과 동시에 에너지 손실이 이루어지고 있다고 사료된다. 또한 계단실의 부분의 색이 짙은 빨간색을 나타내고 계단실 외벽의 온도가 약 $0^{\circ}\text{C} \sim 5^{\circ}\text{C}$ 온도분포를 보이고 있으며 계단실에서의 단열능력이 낮은 것으로 나타났으며, 계단실 또한 단열 보수보강을 필요로 하며 열교부위로 인한 열손실 방지 대책을 수립하여야 한다고 사료된다.

3.4 시공년도에 따른 측정 결과 및 분석

14개의 아파트 중 13개의 아파트의 외측벽의 4개의 동일한 측정점을 찍어 측정점에 대한 최고·최저온도를 Fig. 18과 19와 같이 1차, 2차 측정에 두 번에 나누어 각각의 Fig에 나타내었다.

1차와 2차 Fig. 18, 19 중에 온도차의 폭이 큰 2차 측정

Fig. 17 Exterior wall surface thermal imaging shots and temperature gradients (N Apt).

Table 6 Surface of the outer wall of the apartment, the measurement results (N Apt).

Apt	The maximum temperature (°C)	The lowest temperature (°C)	Temperature difference (high-low) (°C)	The average temperature (°C)	Outside air temperature (°C)
N	-8.0	-16.4	8.4	-12.0	-11.0

최고·최저온도 Fig. 19에서 촬영한 데이터를 분석해보면, 그 결과 D 아파트와, F 아파트의 경우 최저기온과 최고기온의 온도차이가 4.8°C로 가장 크게 나타났고, G아파트, K의 아파트가 각각 2.3°C와 2.6°C로 가장 낮은 온도차이를 나타내고 있다.

위와 같은 분석결과를 토대로 단열 성능은 아파트 시공연도와는 밀접한 관계가 있다고 보기는 어렵다. 그러나 상기의 연구조사내용에는 객관적인 평가를 위해 추가되어야 할 내용이 있다고 사료되어진다.

- 1) 내부 온도를 측정하지 않았기 때문에 외벽의 온도만으로는 시공연도와 연관성을 관련짓기는 상당히 어려운 부분이라고 생각되어진다.
- 2) 내부온도 차이와 난방방식 등으로 인한 오차가 있을 수 있다.

Fig. 18 Surface of the outer wall of the apartment 1st measurement the highest and lowest temperature

Fig. 19 Surface of the outer wall of the apartment 2nd measurement the highest and lowest temperature

그러므로 제한된 조건으로 인하여 내부 촬영을 실시하지 않았기 때문에 어느 정도의 오차범위가 있을 것이라고 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 열교현상으로 인하여 결로가 우려되는 부위를 찾고 보수 보강을 하기 위한 기초자료 제공을 위한 목적으로 하였다. 천안지역 아파트 14 곳을 대상으로 측정 결과 대부분 내단열 공법에 의한 열교 부위가 발생한 것을 확인할 수 있으며, 단열재의 접합·이음부위의 열교 현상이 심

하였고 이로 인한 결로가 예상되며 결론은 다음과 같다.

- (1) 모든 아파트의 표면이 5도 이상의 차이가나는 열교부위가 존재하고 있다. 내단열공법에 의한 구조체의 접합부위가 대부분이었으며 단열이 의무화 되지 않았던 옥실부위도 낮은 단열성능을 나타낸 것으로 조사되었다.
- (2) 적외선 열화상 카메라로 외벽을 측정한 결과 각각의 측정점을 외기온도와 분석한 결과 단열이 잘된 곳은 시간변화 (외기온변화)에 따른 온도 변화량의 크다는 것을 확인할 수 있었다.
- (3) 겨울철 더 낮은 외기온도로 인하여 외벽면의 최고온도와 최저온도 차이가 더 커짐으로서 열에너지 손실이 크며, 난방에너지의 손실 또한 훨씬 많아지게 된다. 이에 따라 겨울철 외기온도가 급격하게 낮아질 경우 외벽의 단열이 더욱 에너지손실에 영향을 많이 미치는 것을 알 수 있으며 열교부위의 단열보수보강이 상당히 시급한 실정이라는 것을 확인할 수 있었으며, 외벽표면의 온도를 측정 분석한 결과 현장에서 쉽게 단열하자가 있는 부분을 확인할 수 있었으며, 열교현상이 일어나는 위치 (외벽과 슬라브가 접합하는 부분)와 장소 (실내의 화장실)를 확인하고 화장실 및 외벽과 슬라브가 접합하는 부분에 대한 단열 보수보강을 통해 에너지 손실을 방지해야 한다는 것을 확인할 수 있었다.
- (4) 준공연도는 단열기준의 변천과도 관계가 있음에도 불구하고 이에 따른 외표면 온도차이는 크지 않았다. 따라서 단열기준에 의한 단순 스티로폼의 두께 증가에 의한 단열향상은 크지 않다고 판단된다. 준공연도별로 단열성능은 밀접한 관계가 있지 않다는 점을 확인할 수 있었고, 준공연도 보다는 단열성능이 제기능을 못할 경우 그에 따른 단열의 보수보강에 대해 더욱 밀접한 관계가 있다고 볼 수 있다.

이런 결론을 통하여 결로현상은 건물의 수명에 직접적인 관계가 있고 심한 열교 현상으로 인하여 냉난방비의 증가로 건물부분의 에너지 소비가 증가하기 때문에 이에 따른 대책이 시급하나, 이미 준공되어 사용되어지고 있는 건물의 단열성능을 평가하기 위한 평가 기법이 개발되지 못한 상태이다. 또한 Fig. 20과 같이 예전 시공된 아파트 및 최근 시공되는 아파트의 비슷한 (외벽-슬라브 및 화장실) 부위에서 열교현상이 발생하고 있는 실정이다. 그러나 법적으로 외벽의 단열기준을 강화할 뿐 열교현상이 발생하는 곳의 단열기준이나

Fig. 20 Plan view of the structure (G Apt)

보수보강이 전무한 상태이다. 그러므로 단열기준을 강화하여 설정할 것이 아니라 열교발생 부위를 줄여 줄 수 있는 새로운 단열구법 및 시공결함 오차를 줄일 수 있는 새로운 단열공법을 개발하는 것이 더욱 시급한 실정이다. 그래서 현장에서 보다 쉽고 보편화된 단열성능 평가 기법을 개발하여 건물의 단열 결함 부위를 찾아 보수 보강이 필요하며, 약간의 오차는 있더라도 저비용으로 신속하게 단열성능평가 판단을 내릴 수 있는 평가 기법의 개발 및 단열 성능저하 및 보수보강에 필요한 기초자료로 쓰이며, 친환경 에너지 절약적 측면에서 에너지 손실을 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

References

1. Choi, G. S., Jeong, Y. S., Kang, J. S., Lee, S. E., "Development of In-site Evaluation Method for Building Insulation Performance Using Infra-red Camera", Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 24, No. 1, 2004, pp.762-765 (in Korean).
2. "Construction standard of the eco-friendly housing and performance (notice) partly revised", Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, notice 2012-661, 2012 Apr, pp.1-3 (in Korean).
3. "Key world Energy statistics", International Energy Agency (IEA), 2012 Apr, pp.48-57 (in Korean).
4. Kim, K. A., Kim, B. J., "Heat Loss the Case Study of Office Building", Academic Journal of the Korea Institute of Building Construction, Vol. 11, No. 1, 2011, pp.51-54 (in Korean).
5. Koo, S. Y., Ku, H. Y., Yeo, M. S., Kim, K. W., "Thermal Performance of Opaque Part of the Curtain walls in Buildings", Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 28, No. 1, 2008, pp.559-562 (in Korean).
6. Kwon, Y. C., Seo, S. Y., Kim, S. Y., "Thermal Property

-
- and Fire Resistance of Cellulose Insulation”, Journal of the Korea institute for structural maintenance inspection, Vol. 9, No. 3, 2005, pp.203-212 (in Korean).
7. Lee, M. J., Lee, S. W., Yeo, M. S., Kim, G. W., “An Experimental Study on Insulation and Preventing Condensation Performance of Ventilated Curtain Wall”, Academic Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering of Korea, Vol. 2006, No. 6, 2006, pp.1081-1086 (in Korean).
8. Lee, M. W., Lee, S. W., Yeo, M. S., Song, S. Y., Kim, G. W., “A Study on the Construction Detail of Joints for Stone

Panel Curtain Wall Considering the Prevention of Condensation”, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 22, No. 4, 2006 Apr, pp.277-284 (in Korean).

Received : 12/18/2012

Revised : 04/08/2013

Accepted : 04/23/2013

요 지

이 연구에서는 기존아파트 외벽체의 단열 성능저하 및 보수보강에 필요한 기초 자료를 만들기 위해서 아파트의 구조체 단열성능 측정분석과 함께 단열하자에 대한 기준수립 및 평가를 하고자 한다. 또한 아파트 건축물 구조체의 열교 및 결로발생 부분을 예측하고자 하였다. 한편 시공연도별 분석에 의하여 단열기준 및 시간 경과에 따른 단열성능 정도를 분석하기 위함이다.

핵심 용어 : 단열성능, 공동주택, 아파트, 열교, 단열