

춘천시 주택 에너지진단

1. 건물개요

사진첨부

춘천시 신동면에 아주 컴팩트한 구조의 이쁜 집이고 좋은 창호로 시공한 주택이라 하여 아주 흔쾌히 에너지 진단을 하게 되었는데, 실제 현장에서 본 주택은 정말 A/V ratio(외피면적/실내체적)이 최적에 가깝게 시공되어 있었고, 자작나무 합판 등으로 싱크대 등을 꾸며서 심플하면서도 세련된 멋이 있는 주택이었다. 다만, 컴팩트 구조에 자연열 획득을 최대한 살리고 단열, 기밀 시공이 제대로 된 현장 이었다면, 더할 나위 없이 멋진 건축이 되었을 터인데 아쉬움이 남는 현장이었다.

공사는 건축주가 직접 시공 마무리하였다고 한다.

먼저 건물외피는 목구조로 시공하였고, 창호는 용기창호 페도라였고 유리는 국산 창호였다, 국내 에너지효율등급 1등급을 받은 제품 이었다. 기밀시공을 하지 않아서 환기 장치는 시공 되지 않았다.

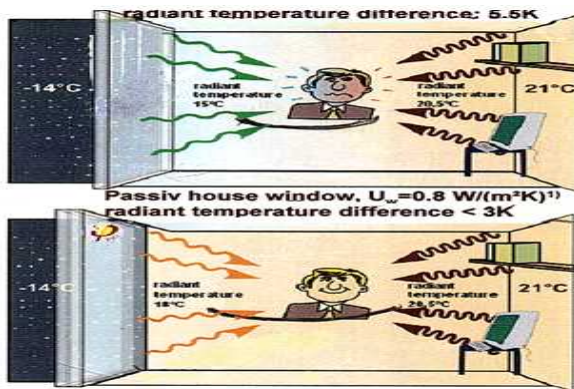
2. 건축주의 만족도 조사

아직 입주를 하지 않은 상태로 한참 끝 마무리중인 현장이어서 특별한 건축주의 내용을 듣지 못하였다. 다만 더 건축을 좀 알았더라면 단열, 기밀 시공을 고려하여 건축을 하였을 터인데 하는 아쉬움을 토로 하였었다. 기밀이 높지 않아서 열교환기 등이 전혀 필요가 없는 상태이다. 다만, 창호 크기등이 방향을 고려하지 않고 다 적은 창으로 구성되어 있는 것이 아쉽다고 한다. 창호도 좋은 제품을 사용한다고 하였는데 일부 창호는 침기가 좀 있는 곳도 있어서 소비자들을 위한 창호 회사들의 노력이 필요로 할 것 같다. 아니면 건물 시공 후에 꼭 진단을 의무화하면 이런 내용들이 표면위로 드러나지 않을까 한다.

3. 현장 주택의 패시브적인 진단

패시브하우스 기준중 꼭 실증하여야 할부분들이다,이중에서 쾌적도,기밀도등이 실측되어야 한다 쾌적도를 위하여 외피 구조 체들의 열관유율 값 기준 등이 추론되었음을 말할 나위없겠다.

3.1.쾌적도 진단

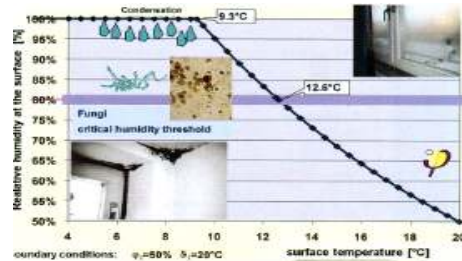
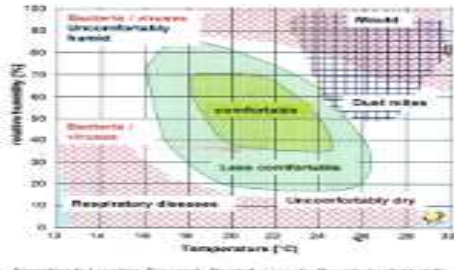


(패시브연구수의 쾌적도는 실내온도차가가 2~3도 이내로,실내온도는18도~25도 사이,상대습도는35~55%사이에서 최적조건이라 한다)

패시브주택이나 고효율주택의 최대 목표는 거주인의 쾌적도인데 ,쾌적한 실내조건을 만들기위해서 패시브하우스 연구소는 벽체의 열관유율값이 0.15,유리나 창호(문)의 값은 0.8이내 ,창호유리의 G값은 50~55%을 요구한다, 설계 사무실, 건축주와 잡지사아 더 애기가 잘 되었다면 더 많은 상세 도면을 받아 볼 수 있었을 텐데, 달랑 평면도 한 장 받고 진단에 임하려니 진단을 위해서는 상세 도면까지 다 그려져있고 또 그런 자료들이 사전에 다 검토가 되었다면 더 좋았을 것이다.

이 주택의 쾌적도 진단은 기밀도가 높은 상태로 더 이상 이산화탄소 농도 문제를 더 이상 거론 하지 않아도 될듯하여 상세하게 다루지 않았다.다만 단열,침기 등을 고려하여 실제 실내의 온도 편차등을 측정하였어야 하였는데 세세하게 침기가 많아서 쾌적도 문제는 더 이상 현장에서 검토 하지 않았다.

실내 이산화탄소 농도가 공조환기 장치 다 끄고 30분이 지난상태에서 실내 10명이 있는 조건에서 1,219ppm을 기록하였다.(1500ppm을 넘어서는 안된다,참고로 Co2농도는 자연상태에서도 350~400ppm을 나타낸다.)



(온도와 상대습도의 쾌적성관계)

(벽체 실내 표면온도와 상대습도관계)

*실내온도가 24도 이상이고 상대습도가 60%이상이면 곰팡이 문제가 발생한다(우리네 여름철 조건이다)

*.실내 안쪽벽의 표면온도가 10도이하에서 상대습도가 80%이상이면 곰팡이로 발생할 수 있다.따라서 외단열을 두껍게 하여 외피의 실내 표면온도를 높여서 실내 쾌적성도 유지하면서 곰팡이 발생가능성을 배제하게끔 관리를 하여야 한다.오른쪽 그림에서 보듯이 습도가 60%이상이어도 외피의 실내온도가 10도 이상일 경우에도 곰팡이 가능성이 별로 없음을 나타내고 있다.

3.2.건물외피 현장 기밀도 진단

BlowerDoor-System

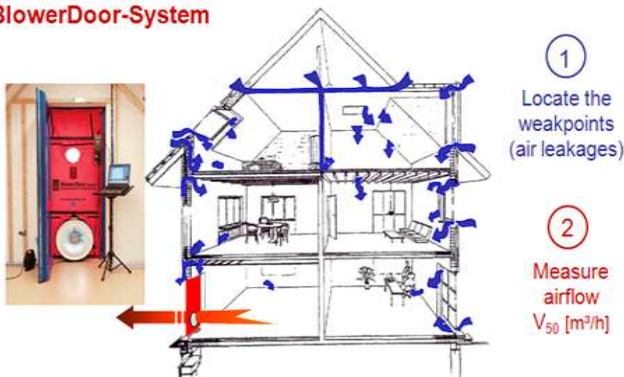


사진 첨부

*주석:기밀도는 우리의 위풍을 서로 상대 비교가 가능케 위풍 량을 건물의 실내 크기와 비교한 내용이라고 생각하면 될듯함

외피 구조체의 기밀도 진단인데 외피의 기밀도와 어느 부위에서 침기가 있는지를 파악하였다.

1)현장 기밀도 진단(CGSB 결과값은 4.85/h,가압 평균은 생략함)

현장의 바람의 영향으로 상관관계 계수가 0.999이상이지 못하고 0.997수준이지만 인증할 만한 진단이다.

CGSB 규격으로 진단하였는데 , 가능한 일반 주택에 대하여서는 KS ISO 9972로 진단하여야 할듯하다, 아직은 이 규격이 국내 기밀 규격이니 말이다.

통상 아파트의 기밀도가 1.5/h이내 인 것을 고려하고 좋은 창호를 선택한 것에 비하면 기밀도가 아주 많이 나왔다. 쾌적도, 에너지효율 등을 위하여 기밀도가 3/h이하 정도라도 나왔으면 좋았을 것이다. 에너지와 환경을 위하여 공조환기 장치가 없는 경우에 적당한 수치라고 생각 되어진다.

2)침기 위치 파악

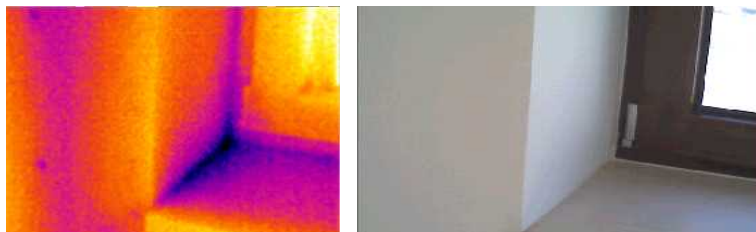
(1)창문 침기(전체 창과 문이 이런 경향이 있다)

우레탄 폼 종류로 시공하였는데 아직 시공한지 얼마 되지 않아서 폼의 수축이 일어나지 않아서 그나마 창 프레임과 벽체 사이의 침기가 많지는 않아 보이지만 겨울, 여름 등을 지나고 나면 시공한 폼이 수축이 되어 더 틈새가 만들어져서 침기가 더 커질 것이다. 좋은 창호를 선택하였다 하더라도 시공이 폼만으로 시공 시에는 수축이 커져 침기로 인한 결로, 열교 등이 발생한다.

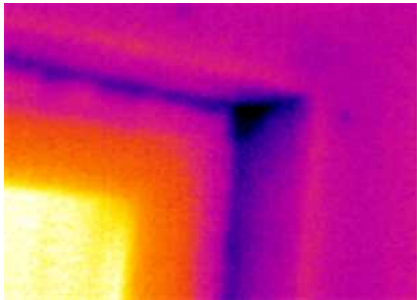
건물외피에 해당되는 창호 등은 가능한 조금 더 건축비를 투입하여 영구적이고 장기적으로 보면 더 경제적인 외피전용 폼 팽창성 테이프와 기밀 테이프 시공함이 바람직하다.



실내 벽체와 창과의 틈새 사이의 온도 차를 보면 1.6도에서 2도 차이의 편차가 발생한다. 이 온도차가 한 겨울 외기 온도가 더 내려 갈 경우 5도 이상 차이가 날 경우는 결로가 발생할 소지도 있다.



창과 이어지는 벽체 좌측 아래 틈새에도 약간의 침기가 있다 , 실내, 외 온도 차이가 커지 않아서 열화상 사진의 해상도가 낮은 점은 이해를 바란다. 적은 침기 부위는 열화상 측정기만 가지고는 판단이 어렵고 블러도어를 동시에 진단 시에 정확한 침기 위치 등을 파악할 수가 있다.

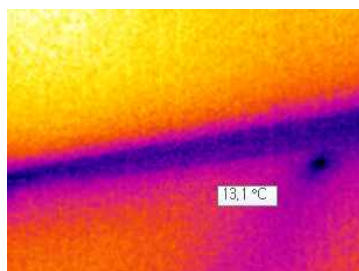


모든 창호가 시공 된지 얼마 되지 않아서 폼이 수축되지 않아서 침기가 많지는 않지만 , 기밀재로 시공되지 않아서 창호와 벽체사이 침기가 있다.

(2)벽체 및 구조체의 침기(기밀재 미 시공으로 틈새가 많음)



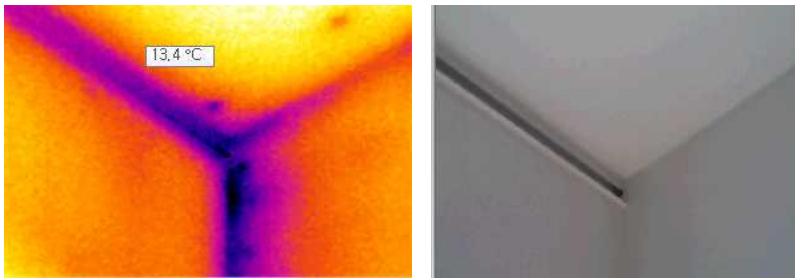
목재 기둥과 벽체 틈, 창호 틈 등에서 침기가 있다. 벽체 시공 시에 기밀 시공하지 않아서 곳곳에 침기가 있다.그 온도 차이는 1도 이상이다.



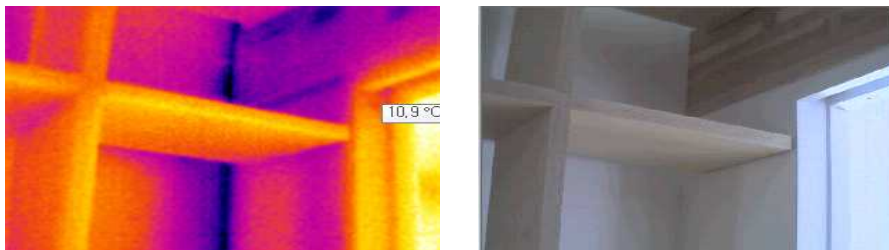
천정과 벽체 틈 사이 침기가 있다. 곳곳 틈 사이 틈새 침기가 있다 .



벽체 모서리 사이 곳곳에 틈새 침기가 있다 각 온도차는 1.5도 이상이다 (당일 실내, 외 온도 차이에서)



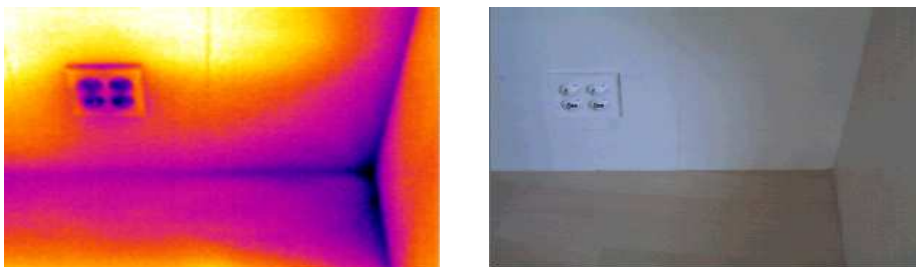
모든 외 벽체 틈 사이에서 침기가 있다.



구조 체 틈 사이마다 침기가 있다.



싱크 대 배수구가 이미 사용 되었던 것인데, 침기가 있다는 것은 시공 시에 연결 밀봉 시공해야 한 듯 하다. 추후 냄새 역류 가능성 있다.



콘센트와 벽체 틈 사이 침기 되는 모습(기밀 시공 안 된 것이 아쉽다)

(3)전기구 메립 홀 침기(미 시공 상태)



미 완성 상태의 전기구 메립 공간인데 하루 빨리 시공이 마무리 되어야 할 듯하다 이곳에서 4도 이상 편차의 침기가 있다.

침기에 대한 결론으로는 콘크리트나 목구조는 기밀재료가 아니다, 외피 시공시에 이런 외피면 전체적으로 골고루 침기가 되는 비중이 크기에 이 건물에 기밀도가 높게 나온 것이다. 기밀 시공으로 기밀도를 1.5수준으로만 만들었어도 건물의 쾌적도나 ,건물 수명기간 전체적으로 볼때의 경제적인 면이나 에너지 사용량에서 지금과는 비교가 불가능하였을 것이다. 침기 위치도 결코 방지위해서 중요하나 전체적인 기밀도 수준이 중요한 요소이다.

목구조에서 침기도가 높게 나타나게 되면 추후 결로등이 발생하여 구조체가 훼손될 가능성이 많다 , 목구조 시공시에 밀도가 높게 단열시공하고 필히 기밀재로 보완하여야 침기로 인한 구조체가 썩거나 변형이 덜 될 것이다.

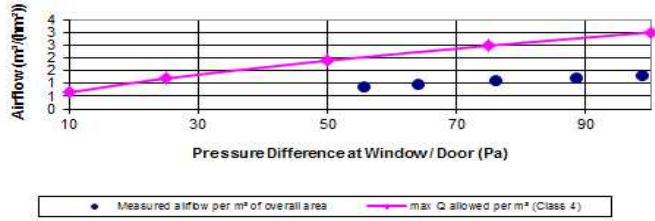
(4)현장 창호 침기도 검증(융기창호 페도라)

a.국제 기준 창호 침기도 기준과 검증(국제 1등급 충족)

Object:	춘천시 신축 주택에 시공된 융기창호 페도라 검증		
Test Date:	2013.3-25		
Boundary Conditions		Class of the Air Permeability for Window/Door	
Temperature Inside:	14	°C	Class of Window/Door: Class 4 in accordance with EN 12207
Temperature Outside:	7	°C	
Standard Temperature:	20	°C	
Size of Window/Door:	0.98	m ²	
Length of Opening Joint:	4.65	m	

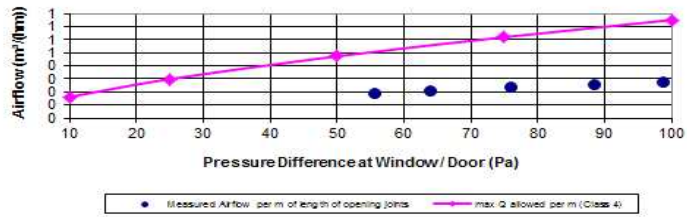
Air Permeability related to overall Area of the Window/Door

Upper limit of Class 4	
Pressure Difference at Window/Door Pa	max Q allowed per m ² (Class 4) m ³ /(hm ²)
100	3.0
75	2.5
50	1.9
25	1.2
10	0.6



Air Permeability related to the Length of Opening Joint of the Window/Door

Upper limit of Class 4	
Pressure Difference at Window/Door Pa	max Q allowed per m (Class 4) m ³ /(hm)
100	0.75
75	0.62
50	0.47
25	0.30
10	0.16



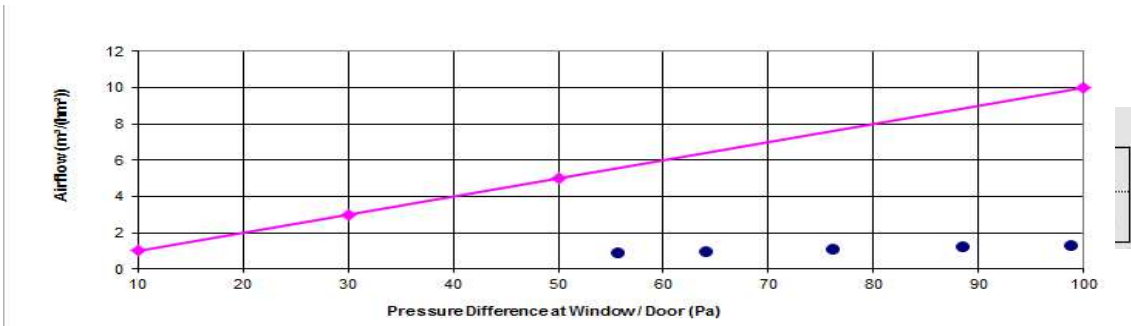
Results

		Total Airflow
Pressure difference across the Window/Door (inside - outside):	10 Pascal	0.27 m ³ /h +/- 10%

국내 창호는 에너지 이용 합리화 법에 따른 고효율 기자재 인증을 받거나 창호 에너지 효율 등급을 사전에 인증을 받고 이를 근거로 소비자한테 영업할 수 있도록 되어있다. 하지만 아이러니 하게도 인증 받은 창호와 같은 모델이라 하더라도 현장 시공된 창호와는 인증서류 상의 침기도와는 너무 차이가 커다. 국제적으로는 인증기관에서 받은 인증 자료와 현장 창호의 침기도가 다르지 않다. 국제적으로 인증기준은 창호의 침기량을 창호 면적과 창호 둘레 길이와 비교한다. 상기 창호는 국제적으로 1등급에도 안정적으로 충족한다. 이 현장에 시공된 일부창호는 이보다 못하는 창호도 있는 듯 하다. 다만 현장에서 실측은 동 창호는 우연인지는 모르겠지만 인증기준과 같은 성능을 발휘하고 있다.

b. 국내 창호 인증기준과 검증(용기창호 페도라)

Object:	춘천시 김유정문학관 뒤	
Test Date:	2013-03-25	
Boundary Conditions		Class of the Air Permeability for Window/Door
Temperature Inside:	14 °C	Class of Window/Door:
Temperature Outside:	13 °C	Class 1
Standard Temperature:	20 °C	
Size of Window/Door:	0.98 m ²	
Length of Opening Joint:	4.65 m	



(파란 점이 각 압력하에서 현장 침기를 나타내고, 붉은 선이 인증 기준선이다)
 국내 창호 인증기준은 쉽게 도달이 가능한 침기량과 창호 면적과 비교한 기준밖에 없다. 국제 수준과 비슷한 품질의 창호를 소비자가 국내 창호를 선택하게 하기 위해선 국내 창호 품질 수준을 높이기 위해서 꼭 침기량과 창호 둘레 길이 기준도 하루 빨리 마련이 되어야 한다. 지금 처럼 지속적으로 국제 수준과 차이가 있게 되면 국내 창호 산업 자체가 공멸되기 때문이다, 이번 진단한 용기창호 폐도로는 국내 기준 1등급을 확실히 부여주고 있다. 다만 시공된 모든 창호가 같은 성능을 발휘하였다면 좋았을 것이다 점차 국내 생산한 창호도 그 성능이 일정하게 관리 되었으면 한다.

.현장에서 점검한 창호의 관련 측정치는 다음과 같다(창호 에너지성능)

	<u>북측창호</u>	<u>서측창호</u>
UV투과율	30%	29%
가시광선투과율	67%	67%
적외선투과율	40%	42%
SHGC	54%	54%
창호두께	1) 3/16inch,air-9/32inch	3/16inch,air-7/32inch
	2) 3/16inch,air-15/32inch	3/16inch,air-1/2inch
	3) 3/16inch	3/16inch
	total:1 5/16inch	1 1/4inch
	Low-e film-2 hard coat	Low-e film-2 hard

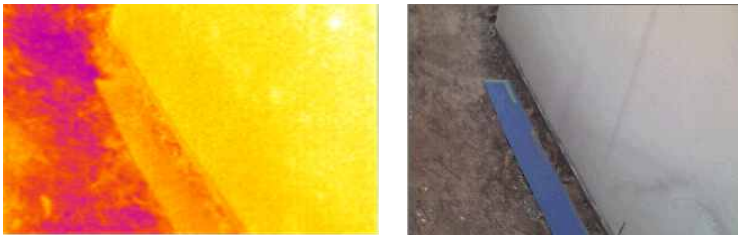
4. 열교진단

에너지 성능 프로그램 결과 값처럼 난, 난방 부하가 되기 위해서는 열교가 전혀 없어야 한다. 열교가 있을 가능성이 있다면 사전에 열교 관련 프로그램으로 검증을 하여 이를 에너지 손실로 인식하게 시뮬레이션 프로그램에

입력되어 질 수 있어야 하고 반영이 꼭 되어야 한다. 이런 열교까지 고려가 된다면 실제 우리 건축에서는 더 냉, 난방 부하가 더 클 것이다.

추가적인 세세한 현장 검증은 현재 관련 당사자들이 이와 같은 진단을 원치 않고, 실제 이런 요소들까지 다 고려하여서 진단하기에는 시간과 인력 투입이 커서 ,이번에는 프로그램 돌리지 않고 관련 자료만 확보하여 게재 하여 시공시 나 설계시 이런 점들을 반영 하는 것으로만 마무리 하려 한다. (동측자료만 게재 합니다)

1)바닥과 동측 벽체와 열교(동측만 검사 결과 열교가 보이지 않는다)



2시간 정도 난방을 돌린 후에 열화상 검증하였는데 열교가 보이지 않는 듯하다 , 측정 하는 날 실내, 외 온도차가 거의 없어서 해상도가 좋지 못하였다. 이 점 이해를 구합니다.

*땅 바닥과 벽체 연결 사이에는 열교가 전혀 없었음

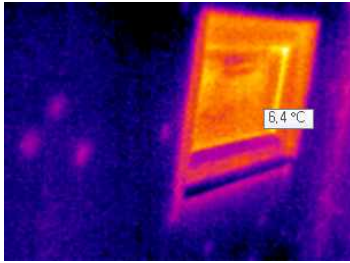
(여기에 열교가 있을 경우에 열교를 줄이기 위해서는 외부와 단열재로 열적으로 완전하게 분리하는 것 일게다 추가적으로 벽체와 바닥과 45도 이내의 각도로 단열 Skirt을 50cm이상 시공하면 효과가 좋을 듯하다.)

2)동측 벽체의 창고 문에서의 열교



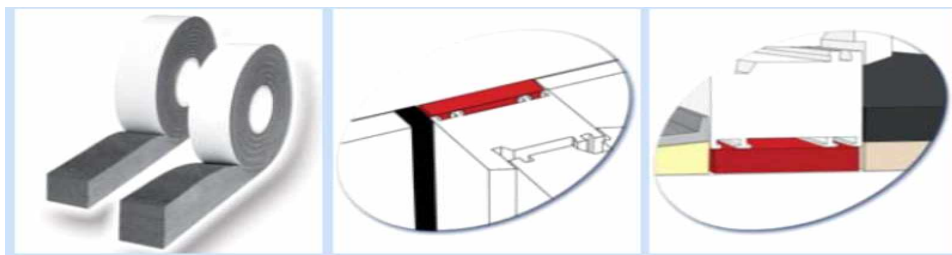
문 둘레에 스틸로 방사율이 다르다는 것을 고려하더라도 나무 틈새와 문의 틈새에서 실내 데워진 공기가 전도 되고 있다 단순 잡아도 1도 정도 차이가 나는 듯하다 .

3)동쪽 창문에서의 열교(단열재 고정 화스너의 점 열교도 보인다)



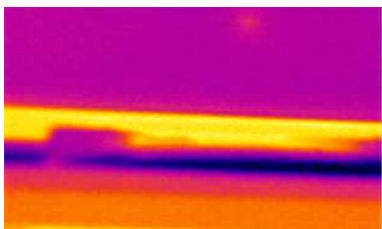
유리와 프레임 연결 부위에 미세하게 선 열교가 약간 있다 , 벽체와 창 프레임 사이 기밀 시공 하지 않아서 생기는 열교가 있다.

-->>>창호(문) 시공 방법에 대한 솔루션



(외피 구조체등 시공 시 외피전용 Foam Joint tape활용)

4)간이 지붕 처마 윗부분 벽체와 연결 부위 열교



그림에서 보는 바와 같이, 간이 비 막이 설치 간이 지붕을 시공하면서 벽체와 연결 부위에 약간 문제가 있는 듯하다, 열교가 조금 있는 듯하다 서로 다른 구조 체의 연결 부위는 시공 시에 주의를 하여야 한다. 단열 성능을 고려하여 열교가 발생하는 원인 자체를 차단하는 시공을 하여야 한다.

5)현장 열관유율 측정

사진첨부

(etesto435-2현장 열관유율측정기)

국내 자재에 대한 상세한 열관유율 자료가 없기도 하거니와 PHPP프로그램



입력 자료가 부정직하게 입력되는 경우도 있기에 ISO에서 인증하는 방식대로 현장열관유율 측정기(etesto435-2)로 장시간 로깅하여 검증이 가능하다 즉 현장 검증이 가능하기에 가능한 PHPP프로그램 활용시 성실하게 관련자료를 입력하여야 한다.다른 방법들로 검증이 다 가능하기 때문이다. ISO기준안 대로 가능한 태양등의 영향이 없는 상태에서 장시간 측정시 활용할 수가 있다. 시간 제약 상 검증 가능성만 보여 주기로 하였다.

3.5)PHPP에너지성능 프로그램

이런 현장 진단을 근간으로 에너지 성능 프로그램을 돌려 봐야하나, 현실적으로 전 주택을 다 가동하기는 제약이 따르고 실제 , 시공사나 건축주가 원치 않는 경우가 많아서 실제 검증은 하지 않기로 하였다.

필요로 하다면, 예비 단계에서 PHPP 에너지 성능 프로그램을 돌려 보아 자연열 최적 획득 조건을 찾기 위하여 사전에 검토하면 좋을 것이다, 시공 후에는 최종 시공을 고려하여 재 입력하여 최종 시공과 같은 성능 사전 검증이 가능하다. 이 현장에서 아쉬운 점은 바로 자연열 획득을 위한 최적 구조에 대한 배려와 기밀시공이 목구조에서 빠진 점이다 ,컴팩트한 외피 구조설계는 정말 맘에 든다. 건축 품질과 시공의 경제성을 고려한다면 A/V 비율이 낮은 것이 월등히 유리하기 때문이다.(A/V비율은 외피면적/실내 체적 비율로 최적 A/V에서 외피면적이 10% 늘어나면 20% 건축비 상승으로 이어진다고 한다.)

5.진단 결론

늘 시공 후에 건축주 분들과 나누는 환담이지만, 기밀이 에너지에 제일 크게 영향을 미치는 요소이기는 하지만 더 중요한 것은 기밀이 좋아짐으로 인하여 거주인의 쾌적한 환경이 만들어 질뿐만 아니라 단열과 기밀이 추가 될 경우에는 생애 전체적으로 보면 시공비, 유지비, 쾌적한 삶의 질 비용을 고려한다면 더 경제적인 방법이라는 사실을 알지 못하기에 기밀 시공을 고려하지 않은 현장이 많다,진단을 한 후에 후회하는 경우를 많이 본다. 예산이 허락지

않는다면, 최소한 건물외피 만큼은 단열과 기밀을 필히 패시브 수준으로 추가하여 시공하고 추후 재시공이 가능한 창호나 문등(목구조 제외)은 좀 저렴한 제품을 사용하여도 좋을 듯 하다. 구조체는 한번 시공 후에는 재시공이 불가능하고 이 부분에 추가되는 비용은 실제 생각 보다 그리 크지 않다. 평생 살면서 후회하는 것보다는 좋을 듯하다. 또 에너지 절약 설계 기준도 매 3년 마다 30% 기준이 강화 된다고 하니 미리 고려하는 것도 더 현명한 방법이 아닐까 생각 된다. 목구조에서 구조체 안전을 위해서도 필히 창호,문을 제외한 구조체만큼은 패시브수준의 단열과 기밀 시공하기를 권고한다.