

공동주택 보일러 연도 결로 방지

Investigation of condensate formation in the chimney of apartment house

이 재 현
J. H. Lee
한양대학교 기계공학과



• 1949년생
• 시험·조정·평가(T.A.B.) 관련
부문 및 열교환기에 관심을 가
지고 있다.

김 민 수
M. S. Kim
서울대학교 기계공학과



• 1962년생
• 혼합냉매 또는 천연냉매를 이
용하는 냉동기와 열펌프 및 냉
매의 물성에 관심을 가지고 있
다.

1. 서 론

공동주택(아파트)의 난방방식으로 개별 가스 보일러를 설치한 경우 가스보일러 배기가스 중에 포함된 다량의 수분이 연도내에서 응축되어 벽면을 따라 흘러내리게 된다. 이론적으로는 이렇게 생성된 응축수를 연도의 하단부에서 취출하게 되어 있으나, 연도 시공이 완벽하지 못할 경우 응축수는 벽을 타고 흘러내리다가 틈새를 통해 실내로 스며드는 경우가 있다. 이러한 상황이 발생할 경우 주택 내부의 벽면 또는 바닥 부분에 물이 차게 되고, 시간이 지나면서 부패한다. 응축수의 생성 자체를 막을 수는 없지만 생성된 응축수가 실내로 스며들지 못하도록 대안을 제시하는 것이 필요하다.

본고는 위와 같은 현상이 발생한 공동주택(아파트)에 대하여 결로 원인 규명 및 방지대책 제시에 대한 우리 학회의 용역결과를 요약하여 정리한 것이다.⁽¹⁾

2. 결론 원인 분석

2.1 이론적 배경

2.1.1 결로 생성 원인

일반적으로 어떤 공간내에 있는 고체 표면온도가 공간내의 노점온도보다 낮아질 경우, 고체표면에 결로가 발생한다. 최근 아파트 난방에서는 입주자 개개인이 난방 정도를 능동적으로 제어하기 위한 목적때문에 중앙난방보다 개별난방을 선호하는 경향이 있다. 이러한 경향에 맞추어 아파트 입주자 각각의 가정에 가정용 온수난방보일러가 설치되고 있으며, 건물 난방용과 급탕용으로 사용되고 있다. 이 보일러에서 발생하는 배기가스를 배출하기 위해서는 개별적으로 스테인레스로 된 주름진 연통을 채택하던지 콘크리트로 된 공동연도를 채택하고 있다. 이러한 아파트 보일러의 연도내에서 결로가 생성되는 것은 보일러에서 연소에 의해 연도내로 배출되는 배기가스 중

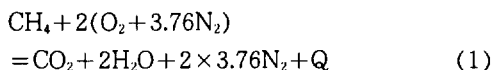
에 수증기가 다량 포함되어 있으며, 연도 내벽 표면의 온도가 노점온도보다 낮아 이 수증기가 응축되기 때문이다.

연도내 결로현상을 촉진시키는 원인으로는 가정용 보일러의 효율향상을 들 수 있다. 즉, 최근 가정용 보일러는 에너지 절약이라는 국가적 정책에 따라 난방효율을 높이기 위해 보일러의 배출구 부근에 열교환기를 설치하여 배열을 회수하여 이용하고 있으나, 이로 인해 배기저항이 증가하고 배기온도가 저하된다. 결과적으로 송풍력 부족현상이 발생하며 배기가스 온도 감소로 인한 상대습도의 상승 때문에 연도내에서 결로가 촉진된다. 또한, 건물의 단열 및 기밀성능을 향상시키기 위해 공동연도를 외벽쪽으로 설치함으로써 연도내벽 표면온도가 낮아지게 되며 궁극적으로 결로발생을 촉진시키고 있다. 따라서, 아파트의 공동연도를 설계 및 시공할 경우 위의 사항을 잘 고려할 필요가 있다.

결로에 따른 피해는 결로수(응축수)의 실내 유입 및 외벽면 오염 등이 대표적이나, 동절기에는 결로수가 연도 내부에서 얼어버려 연도를 막게 되므로 연도 유효 단면적이 감소하고, 보일러가 불완전 연소되어 심한 경우 일산화탄소 중독으로 사망하는 사고도 발생하고 있다.

2.1.2 보일러에서 발생하는 수증기량

가스보일러의 연료로 사용되는 도시가스의 대부분을 메탄(CH₄)이 80% 이상 차지하므로, 연료를 메탄으로 생각하여 메탄이 공기 중에서 연소될 때의 화학반응식을 이용하여 수증기량을 예측하였다. 메탄의 연소반응식은 다음과 같다.



정상상태 개방시스템에서 외부로의 일이 없는 경우, 발열량 Q는 생성물과 반응물의 엔탈피 차이로 구할 수 있다. 반응물의 온도는 10°C로, 생성물의 온도는 140°C로 하면 발열량 Q는 약 756700(kJ/kmol)이다.

본 용역의 대상보일러는 단위시간당 약 30000 kcal/h(=126000kJ/h)의 열량을 발생시키므로, 위의 연소반응식과 비교하여 보면 수증기의 단위

몰당발열량은 약 378000kJ/kmol(H₂O)이므로, 한 대의 가스보일러에서 수증기의 생성량은 6kg/h가 발생된다. 만약 16개 층의 보일러를 전부 운전할 경우에는 한 시간당 최대 약 96kg이 발생하게 된다.

2.1.3 연도로부터의 열전달 계산

연도에서 응축되는 수증기량을 알기 위해서는 연소시 발생한 수증기에서 연도를 통하여 외기로 전달되는 열전달량을 알아야 한다.

열전달량을 계산하는데 필요한 총괄열전달계수는 다음의 식으로 표현된다.⁽²⁾

$$\frac{1}{UA} = R_{in} + R_{cond} + R_{out} \quad (2)$$

R_{in}, R_{cond}, R_{out}은 각각 연도 내부, 벽체, 외부의 유효열전달저항을 나타낸다.

(1) 연도 외부

연도 외부는 외부유동에 대한 열전달계수관계식을 이용하여 구할 수 있다. 열전달계수관계식은 다음과 같다.⁽³⁾

$$\text{Nu} = \frac{hL}{k} = 0.664\text{Re}^{1/2}\text{Pr}^{1/3} (\text{Re} \leq 5 \times 10^5) \quad (3)$$

겨울철 외기온도를 0°C, 바람의 속도를 3m/s로 가정하였다.

연도는 두 면이 콘크리트, 다른 두 면이 벽돌과 몰탈로 구성되어 있으며, 외부 벽체의 길이는 각각 1365mm와 535mm이다. 위의 식으로 구한 두 종류의 벽체에 대한 열전달계수는 각각 5.78과 9.24 W/m²K이다.

4각형 연도의 경우에는 외벽면이 4개이나, 최대 2개 면만이 외부 공기와 접한다. 그러나 본 계산에서는 4면이 모두 외부 공기와 접한다고 생각하여 계산을 수행하였다. 따라서 외부 열저항을 계산할 때에는 각 벽체에 대한 열저항을 병렬연결로 생각하여 전체 열저항을 계산한다. 이렇게 구한 벽체 외부의 평균 대류 열저항 R_{out}의 값은 1.298 × 10⁻² K/W이다.

(2) 연도 내부

연도 내부에서는 연소가스가 흐르며, 연소가스는 대부분 질소와 이산화탄소, 수증기로 이루어

져 있다. 이러한 혼합기체의 열역학적 물성치는 각각 기체의 열역학적 물성치값을 몰분율에 비례하여 계산하는 것이 타당하다.

보일러를 여러 층에서 동시에 사용하는 연소가스의 유량이 커지는 경우에는 유동이 완전한 난류영역에 있게 된다. 이러한 경우는 다음의 관계식을 이용함으로써 열전달계수를 계산할 수 있다.

$$Nu_D = 0.023 \times Re_D^{0.8} \times Pr^{0.3} \quad (Re_D \geq 10000) \quad (4)$$

평균유량을 이용하여 연도 내부의 열전달계수를 계산하고자 한다. 보일러 5대가 저층부에서 동시에 가동된다고 가정하고, 위 식을 이용하여 열전달계수를 구하면 $2.30 \text{ W/m}^2\text{K}$ 이며, 연도 내부 열저항 R_m 의 값은 $5.29 \times 10^{-2} \text{ K/W}$ 이다.

(3) 벽(블럭과 시멘트 몰탈)

전도에 의한 전체 열저항 R_{total} 을 병렬열저항의 개념을 이용하여 계산하면 1.105 K/W 이다.

앞에서 구한 (1), (2), (3)의 열저항을 합하면 총괄열전달계수 값에 면적을 곱한 UA 값을 구할 수 있는데, 이 값은 13.03 W/K 이다. UA 값에 온도차를 곱하면 연도 외부로의 열손실을 계산할 수 있다. 용역대상 건물에서 연도내 배기가스의 평균온도를 70°C 라고 가정하면, 연소가스로부터 외부로의 열손실량은 최대 $14,590 \text{ W}$ 이다.

연도 내부 벽면과 외벽면의 온도를 예측하기 위해서는 앞에서 구한 UA의 값을 이용하여 다음의 에너지 보존법칙으로 구할 수 있다.

$$UA(T_m - T_{\text{out}}) = h_s A_s (T_m - T_s) \quad (5)$$

T_{out} 은 외기온도로서 0°C 이고, T_s 는 벽체 내부면의 온도이다. 그리고 T_m 은 유체의 평균온도로서 여기서는 70°C 로 가정하고 계산하였다. 위 식을 이용하여 연도내부의 벽면온도를 구해보면 21.9°C 이고, 연도외벽면의 평균온도는 약 11.8°C 가 된다.

2.1.4 응축수 생성량의 예측

응축수 생성량을 예측하기 위하여 보일러는 5대가 동시에 가동된다고 생각하고 출구에서의 수증기 상태는 포화기체 상태로 가정하였으며, 이때 생성되는 응축수의 온도는 편의상 10°C 로 가

정하였다. 보일러 5대가 동시에 가동될 때에는 수증기가 매시간당 29.95 kg 이 생성된다. 예를 들어 연도 출구의 온도가 20°C 이면 외부로의 열손실량이 $12,590 \text{ W}$ 이므로 에너지 보존식과 질량 보존식에서 응축된 수증기의 양을 계산할 수 있는데, 그 값은 매시간당 5.98 kg 으로 나타났다.

2.2 연도 탐사 및 측정

2.2.1 연도 내부 촬영

결로수의 누수원인을 규명하기 위하여 연도 내부의 상태를 점검하고 응축수(결로) 생성을 간접적으로 관찰하기 위해 연도 내부 촬영을 하였다.

사용장비는 연도 조사용 TV-카메라 조사장비로서 옥상에 위치한 연도 상단의 환풍구를 통해서 탐사용 카메라를 연도내에 집어 넣고, 카메라와 연결된 모니터를 통해서 연도 내부를 촬영하며, 이때 연도 내부 상황을 비디오 테이프에 녹화하였다. 녹화한 내용중 일부를 컴퓨터로 처리하여 그림 1에 나타내었다.

2.2.2 적외선 사진 촬영

이론적으로 추정한 외벽면 온도가 타당한지를 확인하기 위해서 적외선 사진 촬영을 수행하여 외벽면 온도를 측정하였다.⁽⁴⁾

용역 대상 아파트의 연도 내부에서 발생하는 결로의 생성원인 규명에 필요한 벽면온도 측정을 위하여 아파트의 연도 4곳에 대하여 다수의 열상촬영을 수행하였다. 그 결과를 그림 2에 나타내었는데, 고층부의 열상을 보여주고 있다. 사진의 건물에서 좌측부가 연도이며, 외기온도가 약 0°C 일 때 연도의 외벽면 온도는 약 7°C 정도임을 알 수 있다.

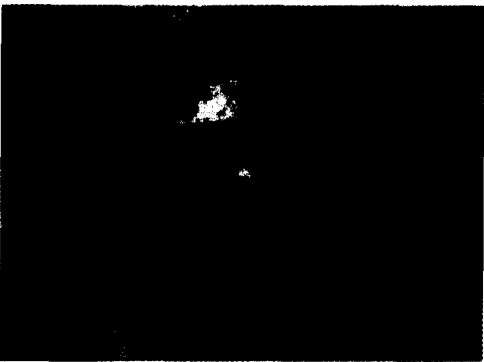
용역 대상 아파트의 열상촬영 결과를 검토해볼때 전체적으로 연도부분이 일반 다른 벽체에 비하여 표면온도가 10°C 이상 높게 나타나는 것을 알 수 있으며, 보일러가 가동되는 가구의 연도 표면온도는 가동되지 않는 가구의 연도 표면온도보다 약간 높게 유지되는 것을 알 수 있다.

2.2.3 연도 내 온도 및 습도의 측정

이론적으로 추정한 연도 내부 벽면온도와 연소가스 온도를 검증하고, 공동연도 내의 결로와 연관된 연도 및 주변 환경의 열적 특성을 파악하기



(a) 연도 중간지점



(b) 연도 하부

그림 1 공동주택 연도 내부 촬영사진

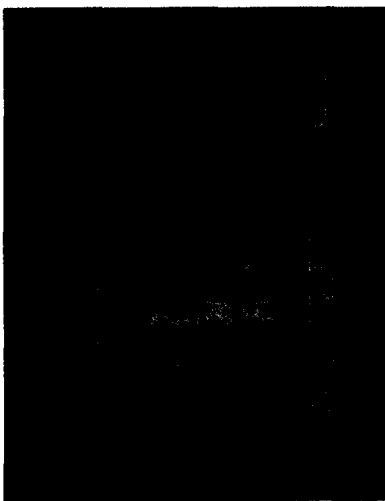


그림 2 공동주택 외벽면의 온도 분포를 촬영한 적외선 사진

위하여 연도 내부 및 외부 공기상태를 측정하였다. 연도 내부에서는 배기가스의 온도, 습도 및 기류속도를 측정하였으며, 연도의 내표면온도도 연도 최상부와 하단부에서 측정하였다. 또한 연도 외부에서는 외부 벽면온도를 연도 상단부와 하단부에서 측정하였으며 외기의 온도, 습도 및 기류속도를 측정하였다. 이러한 측정으로부터 결과가 생기는 벽면의 온도가 얼마나 되는지 알수 있으며 연도 벽체의 열관류율 산정에 필요한 자료를 제공할 수 있다. 측정에 사용된 측정기기는 구조체의 표면온도를 측정하기위한 표면온도계, 대기 및 연도 내부공기의 온도와 습도 측정을 위한 온도계, 습도계 및 기류풍속측정을 위한 풍속계가 사용되었다.

측정방법은 옥탑에 설치된 보일러 연도의 말단에서 연도 내부 및 외부 공기 상태를 측정하였다. 또한 1층 보일러실의 내부 및 외부로 통하는 작은 문이 있으므로 이를 이용하여 1층의 내부 및 외부 공기 상태 측정을 하였다.

측정당일의 옥외온도는 1.6~6.2℃, 외기 습도는 54~66%, 기류속도는 0.9m/s였고, 측정결과 외부 표면온도는 상단부에서 약 10℃, 하단부에서 약 30℃로 나타났다. 이는 적외선 촬영을 통한 측정결과와 거의 일치하고 있다. 연도 내부 상단부에서의 배기가스 온도는 20℃로 나타났으며, 상대습도는 상단부에서 99%로 나타났는데, 이는 수증기가 거의 포화되었음을 보여준다. 하단부에서의 상대습도도 약 70~85%로 매우 높게 나타났다. 연도 내부 표면온도 측정에는 어려움이 많았으나 상단부에서 약 15~20℃, 하단부에서 0~5℃로 나타났다.

3. 연도설치 사례 분석

공동연도 설치사례를 분석하기 위하여 국내에서 아파트 건설실적이 가장 많은 대한주택공사에서 건설한 아파트의 공동연도 시공자료를 조사하였다.

(1) 공동연도 설치현황

대한주택공사에서는 표 1에 나타낸 바와 같이 1994년 1월부터 1996년 12월까지 총 162,028

표 1 난방방식별 아파트 건설현황

년도별	중앙난방		지역난방		개별난방		합 계	
	지 구	세대수	지 구	세대수	지 구	세대수	지 구	세대수
1994	34	27,436	22	26,451	9	7,448	65	61,335
1995	21	20,928	16	20,552	14	12,235	51	53,715
1996	13	10,581	7	9,707	31	26,690	51	46,978
합계	68	58,945 [36.4%]	45	56,710 [35.0%]	54	46,373 [28.6%]	167	162,028 [100%]

호의 아파트를 건설하였으며 아파트 건설물량의 28.6%에 해당하는 46,373세대에 대하여 가스보일러를 이용한 개별난방방식을 채택하였다.

이들 개별보일러가 설치된 아파트는 모두 15층이상의 고층 아파트로서 공동연도를 채택하고 있는 것으로 조사되었다. 한편, 공동연도의 결로현상으로 인한 문제(세대 내부로의 습기 침투 등)로 민원이 야기된 사례는 아직까지 없는 것으로 보고되고 있다.

(2) 공동연도의 구조 사례

공동연도의 구조는 보일러실에 접한 면만 조적벽으로 구획하였고, 나머지 3면은 모두 철근콘크리트구조(건물내력구조체)로 설계 및 시공하였다. 연도 내부에는 결로방지를 위한 별도의 단열조치는 하지 않았으며, 공동연도와 세대 내부를 철근콘크리트벽체로 분리함으로써 연도 내부에 결로현상이 발생하더라도 결로수(응축수)가 세대 내부까지는 침투하지 못하는 것으로 검토되었다. 다만, 일부 아파트는 연도내부의 결로수가 구조벽체를 따라 발코니 부분으로 침투될 가능성이 있다고 보이나, 발코니 부분에 설치된 배수구를 통하여 전량 배출될 수 있도록 설계 및 시공하였다. 아울러 공동연도 하부바닥에는 결로수를 모아 외부로 배출시키기 위한 수취기(철관을 뒤편 철관하부에 퇴수밸브 부착)가 설치되었다.

(3) 공동연도의 설치위치 사례

공동연도는 외기와 직접 접하지 않는 건물내부에 위치하고 있다. 그러나 일부 아파트는 연도의 2개면이 외기와 접하는 것으로 설계 및 시공되었다.

(4) 가스보일러 배기통의 설치 사례

공동연도에 삽입되는 가스보일러 배기통을 보

일러 상부 약 30cm 위치에서 벽면에 수직으로 직접 삽입하였다. 개별가스보일러의 형식은 강제배기식(FE식)이며 배기통 단말부를 가공할 필요가 없어 직접 벽면에 삽입한 것으로 판단된다.

(5) 사례검토 종합

이상의 사례분석을 통해서 살펴볼 때 건축계획 단계에서 공동연도의 결로에 대비하여 아파트 내에 연도를 설치하는 것을 원칙으로 하고 있다. 또한 연도의 구조도 보일러실과 접하는 면을 제외한 나머지면은 모두 철근콘크리트를 채택하여 결로수의 침투를 최소화하고 있으며, 결로수를 배출하기 위한 수취기의 설치 등 적절한 조치를 취하여 결로로 발생될 수 있는 문제에 대처하고 있다.

연도의 결로를 방지하기 위해 아파트를 건설하는 단계에서 공동연도를 옥내에 설치하거나, 연도의 주위에 공기층을 가지는 세라믹블록체의 공동연도를 설계시공하는 경우가 최근에 증가하고 있다. 이미 완성된 아파트에서는 개별배기인 경우 단열성이 높은 연통을 사용하고, 공동연도인 경우에는 단열성을 높이기 위해 발포성 폴리에틸렌을 연돌외벽에 도포하는 방법과 유리섬유(글래스울)를 충전시킨 스테인레스 2중원통을 공동연도 상부로부터 삽입하는 방법이 시행되고 있다. 또한, 결로대책으로서 연도에 공기를 공급하여 결로량을 감소시키는 방법도 있으나, 이 방식은 송풍력을 감소시키고, 난방효율이 저하되는 단점이 있으며, 연도성능 및 배기상태에 대해서 최적의 공기량을 공급하지 않으면 역효과를 일으킬 수도 있다.

4. 결로방지 대책 제시 및 토론

지금까지 살펴 본 바와 같이 용역 대상 아파트의 공동연도는 4각단면중 2면이 콘크리트 벽체로 구성되어 있고, 다른 2면은 조적벽으로 구성되어 있으며 공동연도는 외기와 접해 있다. 동절기 외기온도는 영하로 내려가는 경우가 많으며, 통상적으로 연도는 단열시공을 하지 않기 때문에 공동연도의 외부벽면 및 내부벽면의 온도도 매우 낮게 된다. 적외선 사진 촬영을 통해 살펴본 바에 의하면 외기온도가 약 0°C일 때 공동연도의 외부 벽면온도는 약 5~7°C가 유지됨을 알 수 있다.

외기온도가 하강하면 외부벽면의 온도도 내려가는 것은 자명한 사실이며, 이때 공동연도의 내부 벽면의 온도도 내려간다고 볼 수 있다. 연도내 배기가스의 습도를 측정해 본 결과 보일러 출구 배기가스 중에는 수증기가 거의 포화상태로 포함되어 있음을 알 수 있다. 결로가 생기는 주원인은 배기가스 중에 포함되어 있는 수증기가 응축되는 것인데, 공동연도 내벽면의 온도는 측정을 통하여 조사해본 바에 의하면 연도상단부에서 약 15~20°C정도 이므로 배기가스의 노점온도보다 매우 낮다.

수증기를 많이 내포하여 다습한 공기가 노점온도보다 낮은 고체표면에 닿을 때 물방울이 생기는 현상이 결로이므로 공동연도 내부에서의 결로(응축수 생성)현상은 피할 수 없다. 이렇게 생성된 응축수는 벽체를 타고 중력의 영향으로 공동연도 하단으로 흘러내리기 마련인데 이러한 응축수 일부가 벽체 내부의 틈새를 통하여 실내로 스며드는 현상이 용역 대상 아파트에 발생하고 있었다. 연구팀들이 현상을 탐사하여 조사해 본 바에 의하면 응축수가 공동연도에 접한 실내로 스며든 흔적을 관찰할 수 있었다. 이러한 사실은 공동연도 내부탐사 자료를 고찰할 때 그 원인을 찾을 수 있다. 즉, 4각형 형태의 공동연도를 구성하는 벽체중 2면은 콘크리트로서 응축수 침투는 극히 미약하다고 볼 수 있으나, 외부 벽면에서 각 층 사이의 이어치기 이음매 부분 방수가 완벽하지 않았다. 다른 2면은 조적벽으로서 벽면

중간중간에 응축수가 스며들 수 있는 틈새가 많이 존재하였으며, 연도 내부 탐사를 통하여 관찰해 볼 때 이러한 틈새로 응축수가 스며들 확률은 매우 높다고 판단된다. 실제로 연도 내부를 탐사하고 있는 동안에 일부 세대에서 보일러를 가동하고 있었으며, 이때 생성된 응축수가 벽체를 타고 내려가는 것을 관찰할 수 있었고 일부 응축수가 연도내로 자유낙하하는 것도 관찰할 수 있었다.

공동연도 설치사례를 조사해본 결과 타 아파트의 경우에도 공동연도의 3면을 콘크리트로 설치하였으며, 특히 실내와 접한 공동연도는 콘크리트 구조체로 하였다. 이러한 설계 및 시공을 통해 공동연도에서 발생하는 응축수가 세대 내부로 침투하지 못하도록 하였으며, 이 때 완전한 방수가 가능하다고 본다.

가스보일러 설치기준에 의하면 공동 배기구의 단면은 가능한한 원형 또는 정사각형에 가깝도록 해야하며, 직사각형 형태일 때 그 종횡비가 1:1.4이하로 해야한다고 명시되어 있다.⁽⁵⁾ 연도 내부의 탐사 및 설계도 검토를 통해서 조사한 바에 의하면 공동연도 내부단면이 직사각형 형태이나 그 종횡비가 약 1:4로 나타났다. 연도의 단면적은 가스보일러 설치기준에 의거하여 계산한 값보다 약간 작게 나오지만, 이러한 단면적은 배기가스의 평균유동속도와 연관이 있다. 연도내 배기가스의 속도를 측정해 본 결과 설치기준에는 무리없이 부합하였다. 그러나 보일러 사용가구가 증가하였을 때에는 측정된 값보다 커질 수가 있다. 이러한 연도 단면적은 연도 내부결로의 원인 또는 해결책과는 직접 연관은 없으며, 만일 재시공을 통하여 결로 방지책을 모색할 경우 고려할 사항이다.

연도 내부를 탐사한 결과 연도 내부가 균일하고 매끈하게 설치되지 않은 곳도 있었으며, 각 층의 바닥을 이루는 슬라브가 연도 내부로 일부 침투한 곳도 다수 관찰되었다. 이는 연도 내부의 유효단면적을 감소시키는 원인으로 생각된다. 연도 내부에 슬라브 설치를 위한 철근이 튀어나와 있는 부분도 있었으며, 이러한 부분은 시공상의 문제점으로 지적될 수 있다. 연도 내부 결로와 연관해 볼때 응축수가 벽면을 타고 내려오다가

슬라브가 튀어나온 부분에 접하여서는 아래부분으로 하강하지 못하고 슬라브를 타고 수평이동하여 실내로 들어갈 수도 있다. 또한 연도 내부 최하단에는 수취기 및 청소구를 설치하도록 되어 있는데 수취기는 설치되지 않았다. 동절기에 방문조사한 1층 세대의 공동연도에서 콘크리트 벽과 조적벽이 만나는 모서리에서 응축수가 새어나와 얼어있는 것을 관찰할 수 있었다.

현재까지 결로생성원인 및 실태를 조사한 결과가 가장 완벽한 결로방지대책은 공동연도의 재설계에 의한 완전 재시공이라 할 수 있다. 이는 모든 가구의 기존 공동연도를 철거하고 연도내 이물질 제거한 뒤 실내가 접한 벽면을 방수처리한 후, 다시 보일러실 쪽의 연도를 조적벽으로 구성하는 방법이다. 방수시공이 완벽하다면 실내로의 응축수 유입을 막을 수 있으며, 연도 재시공에 따른 연도 단면적을 확보할 수 있다. 이 방법은 공사비 및 공사기간이 많이 소요되는 단점이 있으며, 공사로 인한 주민들의 불편도 매우 클 것으로 생각되어 현실적으로 실현이 어려운 방법으로 판단된다.

다른 방안으로는 각 가구마다 설치된 보일러의 배기구를 건물외부로 뽑아낸 뒤, 이를 수직연결하는 공동단열연도를 설치하는 것을 들 수 있다. 이 경우에도 응축수의 발생자체를 방지하기는 힘들며, 생성된 응축수를 하부에서 취출하여야 한다. 그러나, 건물외부에 공동단열연도를 설치하는 것은 미관상 매우 좋지 않으며 공사비도 상당히 들고, 설치사례도 없으므로 현실적으로 시행하기 힘든 방안이다.

현실적으로 가능한 방안으로는 연도의 부분 재시공을 들 수 있다. 연도 내부 벽면에서 응축된 응축수가 조적벽을 타고 실내로 들어오는 하자가 일부 세대에서 발생하고 있으므로 하자세대에 대하여 보일러실 벽체를 일부 철거하고 실내쪽 조적벽의 방수 시공을 하며, 이때에 외벽면 쪽 콘크리트의 이어치기한 부분을 방수처리 하는 것이다. 현상태에서 모든 가구에 결로수가 침투하는 것은 아니며, 완전 재시공을 통해 결로수가 침투하지 않는 세대에 대해서도 연도를 재시공할 경우 불편함만 가중시키고, 재시공으로 인해 다른

구조적인 하자들도 발생할 수 있다. 따라서 이러한 방법은 문제가 발생한 또는 발생가능성이 매우 높은 세대에 대해서만 보수공사를 함으로써 결로수 침투 문제를 해결하는 것이다.

각 가구마다 설치된 보일러의 배기구를 건물외부로 뽑는 개별배기구의 설치도 하나의 방법이다. 이러한 방법을 채택할 경우에는 건축물의설비기준등에관한규칙과의 배치여부를 명확히 검토하여야 한다.⁶⁾ 이때 단독배기의 배기가스가 역풍에 의하여 실내 및 인접세대에 영향을 주기 때문에 이를 방지하기 위하여 건설교통부에서는 공동연도 설치를 의무화하고 있다. 공동연도 설치에 관련하여 가스보일러 설치기준과의 상충문제, 유효공간 축소문제, 시공 부실 및 건물 노후화시의 배기가스 누설 우려 등의 문제점이 제기되고 있다. 따라서 유관단체에서는 공동배기방식에 비해 경제성, 시공성 및 유지 관리 측면에서 장점이 많은 단독배기방식도 가능하도록 법 개정을 건의하고 있는 것이 현실이다.

5. 결 론

지금까지 공동주택 보일러 연도내의 응축수 발생 원인을 분석하였다. 응축수가 각 세대 내부로 침투하는 현상을 방지하기 위해서 다음과 같은 방안을 결론적으로 제시하였다.

본 용역의 대상 건물의 경우 공동 연구의 구조가 4면중 2면은 콘크리트 내력벽으로 구성되어 있으며, 다른 2면의 조적벽으로 구성되어 있어, 응결되는 응축수(결로)가 조적벽을 통하여 실내로 스며드는 현상이 발생하므로, 보일러실 벽체를 일부 철거한 후 세대측 벽체에 대한 방수시공, 외벽 누수 부분의 방수처리, 공동연도내의 이물질 제거 등의 조치가 필요하다. 이와 더불어 연도의 최하단부에는 가스보일러 설치기준에 의거 수취기의 설치가 요구된다.

각 가구마다 설치된 보일러의 배기구를 건물외부로 뽑는 방식도 제시되었다. 이러한 방법은 현재의 건축물의설비기준등에관한규칙과의 배치여부에 대한 검토가 요구되지만, 누수가가능성을 근본적으로 없애는 방안이다.

후 기

공동주택 보일러 연도 결로 방지 용역은 본 원고의 저자들과 다음의 연구원들이 공동으로 수행하였음을 밝힌다 : 김두성(한미설비), 김문정(한일MEC), 김창욱(감사원), 명현국(국민대), 신현준(한국건설기술연구원), 조성환(한국에너지기술연구원), 홍문수(대한주택공사), 홍진관(경원대). 원고 작성에 도움을 준 서울대학교 대학원의 이원희 군에게도 감사한다.

참 고 문 헌

1. 이재현, 김두성, 김문정, 김민수, 김창욱, 명현국, 신현준, 조성환, 홍문수, 홍진관, 1997, “공동주택 보일러 연도 결로 방지”, 공기조화 냉동공학회 하계 학술발표회 논문집, 제2권, pp. 855~860.
2. 김효경, 1983, 공기조화, 개정 3판, 동명사
3. F. P. Incropera, D. P. De Witt, 1990, Fundamentals of Heat Transfer and Mass Transfer, 3rd Edition, John Wiley & Sons.
4. 조성환, 태춘섭, 1992, “적외선 열상 측정기기”, 공기조화·냉동공학, 제21권, 제5호, pp. 357~363.
5. 통상산업부, 1993, 가스보일러의 설치기준, 통상산업부 고시 제1993-98호
6. 건설교통부, 1996, 건축물의설비기준등에관한 규칙, 건설교통부령 제51호