



# 겨울철 불청객 - 결로(結露)

글 | 문성호 | 고객센터서비스부 대리  
전화 02-3433-7512 E-mail : moonho96@ssyenc.com

결로의 원인은 온도차와 습도량이다. 둘 중에 하나만이라도 해결이 된다면 결로는 줄일 수 있다. 결로 현상 자체는 자연현상이기 때문에 하자로 보기 어렵지만, 단열시공 불량과 단열재 누락 등은 엄연한 하자이다. 설계 및 시공자의 단열과 결로에 대한 책임감은 아무리 강조해도 지나치지 않으며, 입주자들의 결로를 줄이려는 노력 역시 필요하다.

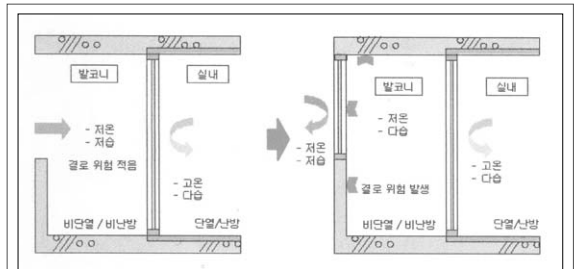
## 1. 서론

내부의 온도가 이슬점(露點 : 노점) 이하로 떨어져 물체 표면에 공기 중의 수증기가 물방울로 맺히는 현상을 '결로' 라고 한다. 다시 말하면 어떤 온도의 공기가 그보다 차가운 면에 접촉하여 기온이 내려가면, 이 공기의 상대습도가 올라가고, 그것이 이슬점에 이르면 수증기는 물방울이 되어 접촉면에 맺히게 된다는 것인데, [그림 1]에서 보는 것처럼 발코니 외부 샤시 일반적으로 설치하는 최근의 아파트에서는 이러한 현상이 쉽게 일어날 수 있는 환경이 조성되고 있다.

결로는 자연스러운 현상이기 때문에 하자로 보기 어렵다는 입장이 우세하지만, 입주자들의 입장에서 결로수에 의한 벽면의 얼룩과 오염, 도장면의 분리 및 탈락, 벽지 곰팡이 및 악취, 가구의 뒤틀림

등 가시적 피해뿐만 아니라 구조체의 수명 단축, 단열저하로 열손실에 의한 난방비용의 증가, 천식 및 알레르기반응 등 건강상의 피해까지 있을 수 있기 때문에 민원이 발생하기도 한다.

결로에는 표면 결로와 구조체 내부 결로가 있는데, 내부 결로가 구조적으로 피해를 줄 수 있고 위험한 경우이지만 눈에 잘 띄지 않기 때문에 판단이 어려우므로 본고에서는 표면 결로로 쉽게 알 수 있는 사진들을 통해 결로의 심각성을 전달하고자 하며, 설계 및 시공자의 단열과 결로에 대한 책임감을 강조하고자 한다.



[그림 1] 발코니 외부 샤시 설치에 의한 결로 위험 증가

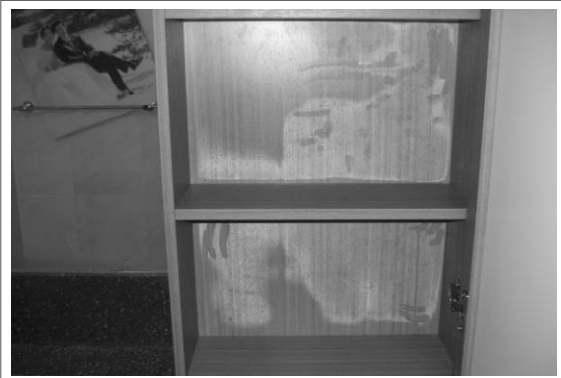
## 2. 부위별 결로 하자 사례

### 2-1. 욕실 벽면 결로



[그림 2] 욕실 벽면 타일 표면 결로수 맺힘

욕실 벽면에서 물방울이 계속 맺힌다는 입주자의 불만을 접수했을 때, 최상층 세대에서 흔히 발생하는 정도의 결로라고 생각했지만 방문하여 확인한 결과는 매우 심각하였다[그림 2]. 욕실 벽타일 면에서 물이 흘러내릴 뿐만 아니라 욕실장 내부에서도 습기를 발견했기 때문이다. [그림 3]



[그림 3] 욕실장 내부까지 결로 현상 확대

욕실 사용 중에 발생하는 습기가 배출되지 않은 것만이 문제가 아니라 판단하여 AD(Air Duct), PD(Pipe Duct)가 설치된 벽면의 타일을 일부 해체해 본 결과, 단열재가 설치되지 않은 것을 알 수 있었고, 조적벽 사이로 외부의 공기가 유입되는 것을 확인하였다.

[그림 4]



[그림 4] 벽면 상부 타일 해체 후 확인 작업

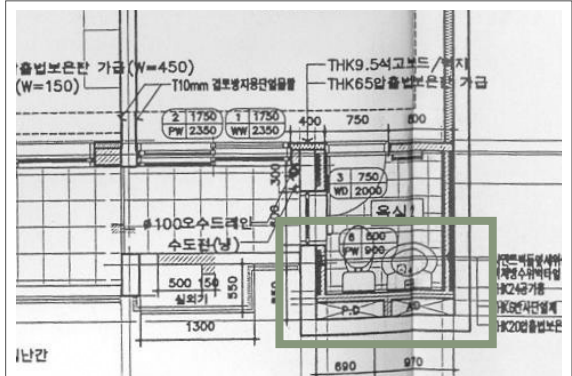
단열재를 설치하지 않아 욕실 공간을 좀 더 넓게 확보할 수는 있었겠지만, 입주자는 매일같이 흘러내리는 벽면의 물기를 닦아야 했으며, 부패한 욕실장을 사용하지 못하는 불편을 겪어야 했다. 이렇게 줄눈을 밀실하게 채우지 않은 경우에는 AD를 통해 타세대의 담배 냄새나 악취가 전달되는 경우도 있기 때문에, 시공 중에 각별히 관리 감독이 이루어져야 한다.



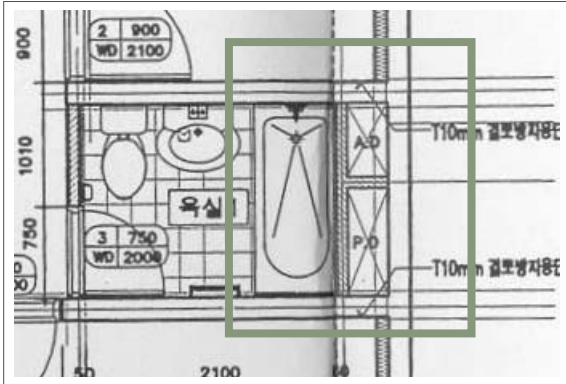
[그림 5] 조적벽 줄눈작업 불량, 외기 유입

최상층 세대였기 때문에 욕상의 벤츄레타에서 차가운 공기가 쉽게 드나들 수 있었고, 벽돌 사이의 줄눈이 거의 채워져 있지 않아 외기가 타일 면까지 직접 전달된 것이다[그림 5].

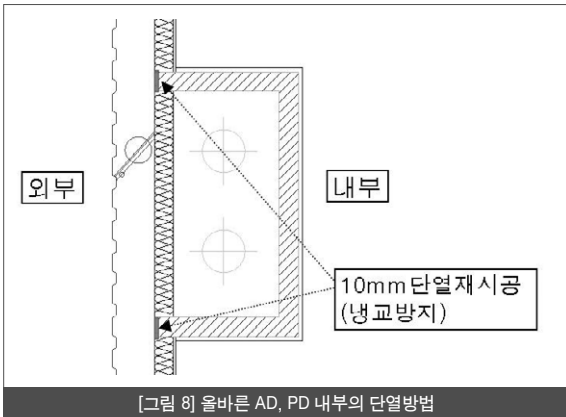
설계도면 상에도 외벽에 면한 AD, PD 조적벽에는 단열재 설치가 누락되었고, 해당 욕실뿐만 아니라 다른 욕실 역시 마찬가지였다 [그림 6]. 외벽에 AD, PD를 면하게 설치하면 완충공간이 형성되어 굳이 단열재를 설치하지 않아도 될 것이라고 설계자는 생각한 것 같은데, 중간층에서는 가능할 수도 있겠지만 최상, 최하층에는 적절하지 못한 조치라고 할 수 있다.



[그림 6] 외벽에 면한 AD, PD에 단열재 누락



[그림 7] 다른 욕실 벽면 역시 단열재 누락



[그림 8] 올바른 AD, PD 내부의 단열방법

[그림 8]과 같이 외부에 면하는 AD, PD에는 벽면을 따라 설치하는 단열재는 물론 조적벽과의 교차부위에 냉교(冷橋 : Cold Bridge)를 방지하기 위한 10mm 단열재까지 철저히 설계에 반영되고 시공되어야 하겠다.

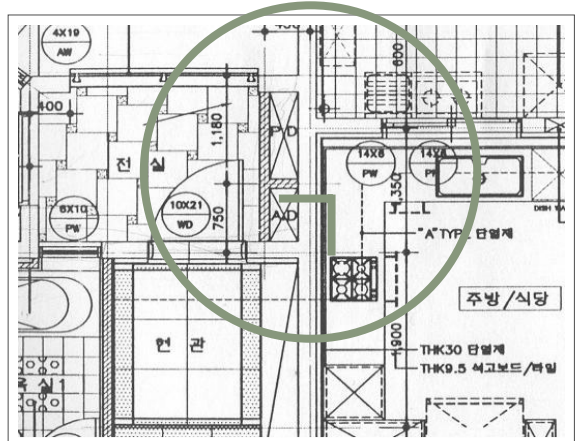
## 2-2. AD, PD 내부 벽면 결로

주방의 렌지후드로부터 배출된 공기가 AD를 거쳐 상승하다가 옥상 벤츄레타 내부에서 결로된 후 내부 벽면을 타고 흘러내려 피해를 입게 된 사례이다.

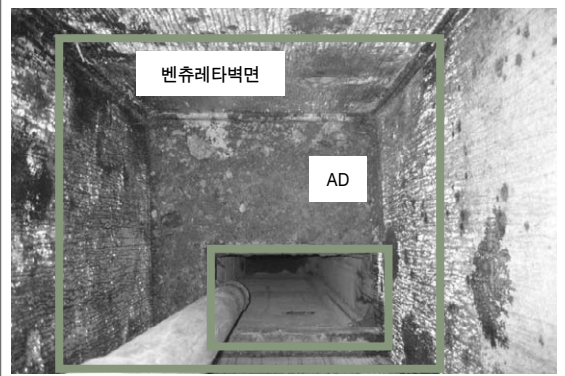
[그림 9]에서 보는 바와 같이 AD, PD가 전실에 위치하고 주방의 렌지후드와 플렉시를 배관으로 연결되어 있는 형태인데, [그림 10]에서처럼 옥상 벤츄레타가 AD보다 넓어지면서 고온다습한 공기가 배출되지 못하고 체류하다가 차가운 콘크리트 벽면과 접촉하여 벽면에서 결로되어 흘러내리게 된 것이다.

AD 넓이보다 옥상 벤츄레타 내부의 크기가 커서 공기가 바로 빠져

나가지 못하고 정체된 것이 문제라고 판단했기 때문에 [그림 11]에서 보는 것처럼 외부에 구멍을 2개 뚫어서 환기를 유도하고 벤츄레타 내부 공기를 식힐 수 있도록 조치를 취했는데, 아직 그 효과를 확실할만한 결과를 얻지 못하고 시험 중에 있는 사례가 되겠다.



[그림 9] 렌지후드에서 빨아들인 수증기 등이 결로수로 흘러내려 AD, PD 조적벽을 젖게 만들



[그림 10] 옥상 벤츄레타 내부 벽면에 결로수 흘러내림



[그림 11] 단열이 전혀 고려되지 않는 일반적인 벤츄레타



[그림 12] 단열재가 밀실하게 시공되지 않음

### 2-3. 최상층 천정 결로

[그림 12]는 최상층의 욕실 천정 점검구를 열었을 때, 흔히 볼 수 있는 모습이다. 단열재의 이음부위가 밀실하지 못하고, 환풍기의 플렉시블 배관이 AD와 연결되는 부위 역시 철저히 막지 못했다. 그 결과는 여기저기서 발견되는 물방울로 알 수 있는데, 결로수를 제거하고 틈새를 메운다고 해서 문제가 다 해결된 것은 아니다. 한번 발생한 결로는 악화되기는 쉽지만, 원래의 상태로 회복하는 데는 상당한(정확히 며칠, 몇 개월이라고 단정하기 힘들다) 시간이 필요하기 때문이다.

모든 건축자재는 일정량의 수분을 가지고 있는데, 공기의 열전도율은 약  $0.026 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ 에 반해, 물은 공기의 열전도율의 24배인  $0.52 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ 에 이르며, 얼음의 경우는 공기의 열전도율의 약 90배 이상인  $1.9 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ 라고 한다. 단열재가 젖은 채로 시공되거나 결로수에 의해 젖거나 열게 된다면 단열재로서의 역할은커녕 오히려 냉기를 쉽게 전달하는 물체로 변한다는 사실을 짐작할 수 있으며, 젖은 단열재가 완전히 건조되었는지는 확인하기도 어

렵고 시간 역시 많이 소요될 것이다.

따라서 단열에 취약한 최상층의 경우에는 어느 한 곳이라도 소홀하게 생각하지 말고, 단열재를 밀실하게 부착하도록 하며, 이음부는 테이프를 붙이거나 우레아폼으로 충전하는 등 철저히 시공되어야 한다. 결로가 발생하여 천정을 뜯어내고 보수하는 일을 매년 반복하는 수고와 비용을 들이기보다는 시공 과정에서 좀 더 세심하게 관리, 감독하는 것이 최선의 방법임을 누구든지 알 수 있을 것이다.



[그림 13] 최상층 천정 내부 - 단열재 누락 부위

### 2-4. 발코니 창고 결로



[그림 14] 환기가 취약한 발코니 창고

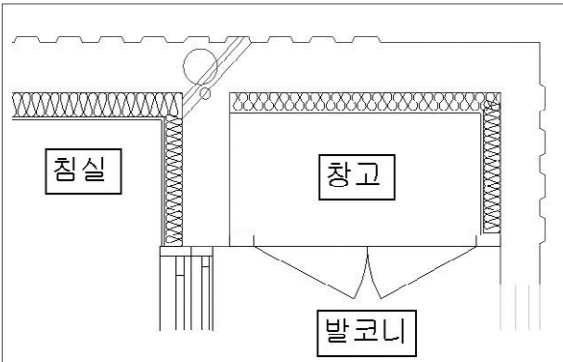
콘크리트 벽체의 모서리 부위는 열손실이 타부위에 비해 높다. 더구나 발코니는 서비스 면적으로 분류하여 결로방지재나 단열재 설치에 설계에 반영되어 있지 않다. 따라서 발코니는 결로에 가장 취약할 수밖에 없는 부위이며, 창고로 활용하고 있는 경우 환기 부족으로 인하여 결로 발생 확률을 더욱 높게 만든다(그림 14).





[그림 15] 발코니 창고 - 보조주방 발코니 결로 및 곰팡이 발생

발코니 확장이 합법화되어 발코니를 더 이상 서비스 공간이 아닌 주거공간으로 활용하고 있으므로 현실에 맞게 단열재를 설치 때부터 반영하고[그림 16], 창고문을 설치할 때에는 통기구를 설치하며, 상, 하부에 환기가 충분하도록 물건을 빼곡히 채워 넣지 말 것을 입주자에게 적극적으로 홍보하는 방법도 전개해야 한다.



[그림 16] 발코니 창고 벽면 결로 방지 대책

## 2-5. 침실 벽면 결로



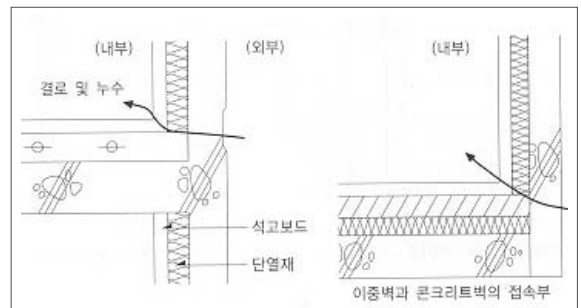
[그림 17] 불박이장 내부 환기 부족

외부에 면한 콘크리트 부위에 결로가 발생하여 침실 벽면의 도배지에 곰팡이가 발생하고 심한 경우 불박이장 안에 걸려둔 의류에 까지 번지는 피해를 입게 된 사례이다[그림 17].

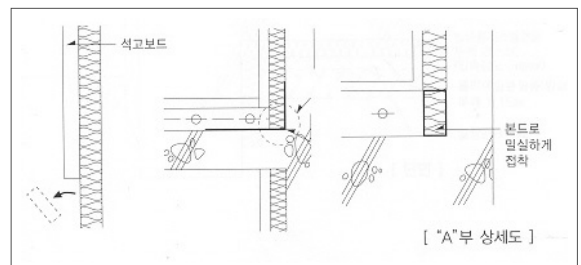
불박이장의 경우는 발코니 창고와 마찬가지로 환기 부족에 의해 발생한 결로가 방치되고 악화되어 [그림 17]과 같은 심각한 지경까지 이른 것이다.

이러한 경우에 의심해 볼 수 있는 원인은 층간 이어치기 부분으로부터 누수가 되거나 틈새를 통해 외기가 유입됨으로써 결로가 발생하는 것과 단열재가 콘크리트 바닥 하단까지 연결되지 못하고 끊어져서 냉교가 발생하여 찬 기운이 전달되는 것이 있다[그림 18]. 물론 단열재 틈새 발생 등 정교하지 못한 시공도 포함된다.

보통 벽 단열재를 설치할 때는 길이가 부족하여 아랫부분은 군데 군데 발칠 수 있는 정도만 잘라서 괴어 놓고 방바닥 미장을 하는 경우가 많은데, 이런 경우 외벽과 이어져서 냉교가 형성되므로 결로 발생 위험이 높다. [그림 19]에서와 같이 콘크리트 바닥까지 밀실하게 본드로 접착하고 틈새는 우레아폼 등으로 충진, 보강하도록 해야 한다. 또한 외벽에 면한 곳에는 불박이장을 설치하는 것을 피하고, 계획에 반영할 때에는 한 번 더 방로(防露) 대책을 검토하는 것이 필요하겠다.



[그림 18] 이어치기 부분을 통한 결로/누수, 단열누락 부위를 통한 냉기 전달



[그림 19] 단열재를 바닥까지 끊어지지 않게 설치 - 냉교 방지 목적



### 2-6. 창호 결로

창호 가스켓의 코너 부분이 일체화 되지 않고 끊어져서 설치됨에 따라 기밀성 및 단열성이 저하되어 결로가 나타나기도 하고, 창호 하단부의 물구멍을 통하여 차가운 외기가 유리 사이 공간으로 침투하여 발생하기도 한다. 아무래도 플라스틱(PVC) 창호보다는 열전도율이 좋은 알루미늄 창호에서 이러한 현상이 자주 발견된다 [그림 20].



[그림 20] 알루미늄 사시 상부에서 결로수 맺힘

창문틀 주위 사춤(물탈 등)가 적합하지 않거나 개구부 주위에서 쉽게 발견되는 사인장 균열에 의할 수도 있으므로 창호 및 창호 주변의 결로는 다양한 원인을 의심해볼 수 있다

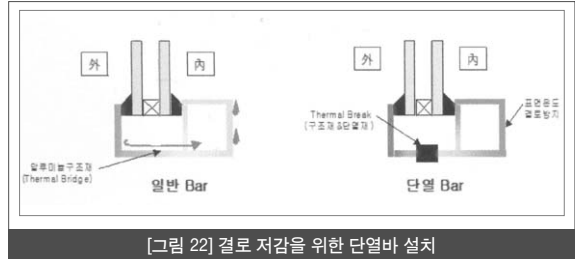


[그림 21] 창틀 하부 결로 발생 - 넘쳐 흘러내려 도배, 마루 등 마감재 피해 다수 발생

창문틀 주위 사춤은 물탈보다는 우레탄폼으로 충진할 경우 결로 저감에는 확실히 효과가 있으며, 창호 주위에 단열페인트를 시공(W: 200)하는 것도 대책이 될 수 있다.

알루미늄 재질에 단열바가 설치되지 않아 냉교가 발생하여 창호부

재 표면에 결로 발생한 경우도 많았으므로 알루미늄 창호 설치 시에는 [그림 22]와 같은 단열바를 반드시 설치하도록 한다. 또한 로이(Low-E) 유리를 사용하거나 단열간봉을 설치하는 것도 내부 및 외부 온도 차이를 줄일 수 있는 방법이 되겠다.



[그림 22] 결로 저감을 위한 단열바 설치

### 3. 결론

결로를 줄이기 위해서는 단열, 난방, 환기 그리고 생활습관의 변화에 주의를 기울여야 한다.

먼저, 지역별로 열전도율과 등급에 적합한 단열재를 선택하고 두께를 조정하는 것이 무엇보다 중요하겠지만, 대부분 정밀하지 못한 시공으로 결로가 발생하는 경우가 많았으므로 도면과 시방에 맞게 정확하게 시공하는 것이 가장 강조된다 하겠다.

단열재 연결부위는 테이프 등으로 틈새가 없도록 하고 전기박스, 인서트 등에서 발생하는 국부적 결로 뿐만 아니라 위에서 살펴본 여러 부위에 냉교가 발생하지 않도록 하는 것이 중요하다.

난방은 낮은 온도의 난방을 오래하는 것이 높은 온도로 짧게 하는 것보다 좋으며, 수증기를 다량 발생시키는 난방기는 사용을 자제하는 것이 좋다. 환기는 겨울철에는 1일 3~4회 정도 5분간 실시하는 것이 적당하며 취침 전에 반드시 환기를 시킨다. 또한 환기창을 가로보다 세로로 긴 창으로 설치하는 등의 건축설계에 의한 자연 환기 방법을 고려하는 것도 생각해볼아야 한다.

마지막으로 실내에서 습기 발생이 과다하지 않도록 입주자들에게 생활습관에 대해 조언을 하고(욕실 사용시는 환풍기, 조리시에는 렌지후드를 꼭 작동시키는 등), 추운 겨울이라도 환기에 의한 제습의 필요성을 인식시켜서 결로에 취약한 부위에 대한 방지 노력을 지속할 수 있어야겠다. S

#### 참고문헌

1. 고객센터부, 「결로 원인분석 및 대책」, 2007
2. 고객센터부, 「현장점검보고서」, 2007
3. 나태준, 「단열 및 결로에 대한 세대 마감공사 개선안」, 2007