

## 확장형 발코니 공동주택의 결로와 대책

- 자연형 환기시스템과 결로 보완용 기능성 마감재를 중심으로 -

강재식

한국건설기술연구원 건축도시연구부(jskang@kict.re.kr)

### 시작하며

2005년 10월 13일, 공동주택의 발코니 확장과 관련한 합법화 정책이 최초로 공개되었다. 이미 1992년 6월 이후, 발코니의 구조 하중기준이 180 kg/cm<sup>2</sup>에서 300 kg/cm<sup>2</sup>으로 강화되어 사실상 확장형 발코니에서 구조 안전 문제가 해소되었다는 전제조건과 개별적 확장에 따른 자원 낭비, 즉 준공검사 이후 신축 공동주택에서 발생하는 발코니 확장에 따른 자원 낭비가 사회적, 경제적 손실을 크게 야기 시킨다는 점이 그 배경이다. 입주를 앞둔 신축공동주택에서 자행되는 무분별한 확장에 따른 창호와 내장재 등 건축자재의 폐기는 단순히 건설 폐기물의 증가 외에 사회 비용적으로도 천문학적 수준에 이른 것이 사실이다.

물론, 발코니 확장의 합법화 추진은 그동안 개인 사유물에 대한 불법사실을 묵인할 수 밖에 없었던 현실과, 그에 따른 실효성 없는 규제 보다 합법화를 통해 제도권 내에서 충분한 성능 및 견실한 시공을 유도한다는 논리가 포함된다. 여기에 그동안 수많은 건설사와 민원인의 합법화 요구를 발목 잡았던 발코니 공간의 용도에 따른 관련 세법 적용의 혼란과 층돌이 상당량 해소되었기 때문에 가능하였다.

한편 발코니 확장은 국민의 삶의 질 향상과 실질적 거주성 측면에서 중요한 내용을 포함한다. 즉 그동안 실내공간의 확대와 인테리어 개념에서 발코니 확장이 시행되어 왔다면, 합법화 이후에는 초기 건축

계획부터 확장을 고려한 평면계획과 입면계획 및 자재 선택이 이루어지고, 실제 확장시 공동주택에서 요구하는 여러 항목에 대한 성능과 품질이 일정 수준 확보될 수 있다는 점이다. 확장 공간의 열성능과 그에 따른 추가 열원의 확보 문제, 열과 음향적으로 완충공간의 역할을 하던 발코니 공간의 부재에 따른 건물외피, 특히 창호 부분의 열 및 차음성능 문제, 화재시 대피공간에 대한 명확한 기준설정 등이 발코니 합법화 과정을 통해 개선되고, 보완이 이루어졌다. 또한, 2001년 이후 우리나라 건축물의 단열설계 및 에너지성능에 가장 큰 영향을 미친 건축법 에너지절약설계기준 역시 확장형 발코니의 합법화 과정에서 상당한 변화를 가져왔다.

최근 건축되고 있는 공동주택의 사례에서 볼 수 있듯이 대부분 입주자는 일정 부분 확장형 발코니를 선택하고 있다. 이로써 합법화 이전에 무자격자 내지 부실시공에 따른 제2, 제3의 하자를 상당량 감소시키는 효과를 가져왔다. 그러나 발코니 확장이 지니고 있는 주거 환경성 측면에서 충분한 기술적 검토와 검증이 거친 정책 시행이라 보기에는 다소 미흡한 부분이 있는 것도 사실이다. 특히 발코니공간의 거실 확장에 따른 열적 완충공간의 부재는 온열 환경 측면과 에너지손실이라는 문제점 외에 결로 발생의 확률이 증가할 수 있으나 이에 대해 충분한 사전 검토가 미흡하였다. 일례로 최근 건설되고 있는 초고층 주상복합 건물의 경우 대부분 거실공간에 발코니 공간이 없는 확장형 평면형태를 취하고 있



며, 많은 사례에서 결로에 의한 하자과 피해가 발생하고 있다. 여기에는 여러 요인이 있겠으나 우선적으로 발코니 공간이 없는 조건에서 창호부분이 건축법의 의무화 단열기준, 즉 외기에 직접 면한 창호부분의 열저항 성능만으로는 충분히 결로 발생에 대응할 수 없기 때문이다.

이에 본 고에서는 확장형 발코니 공동주택에서 가장 우려되는 결로현상과 그 대책에 대해 논하고자 하며, 그동안 공동주택 결로현상과 관련한 대책으로 제시되었던 여러 건축적, 설비적 대응책 가운데 실용화 가능성이 높은 자연 환기시스템과 결로 보완용 기능성 마감재를 중심으로 살펴보고자 한다.

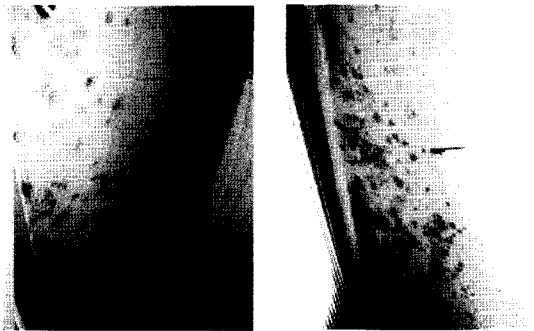
### 결로는 해결되지 않은 고질적 하자요인

결로는 통계적으로나 공식 자료로 들어나지 않는 우리나라 공동주택 건설에서 가장 큰 비중을 지니고 있는 오래된 하자요인이다. 결로의 원인은 비교적

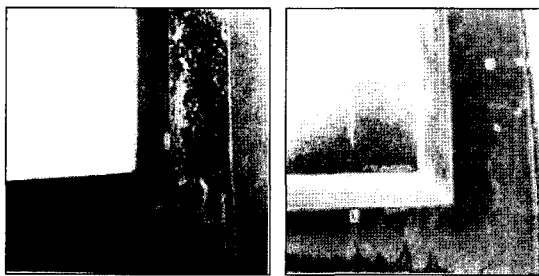
간단하나 그 대책은 아직까지 미해결 분야로 남아 있고, 해마다 결로에 의한 하자 처리에 막대한 사회적 비용이 소비되고 있다.

한편, 2002년 이후 실내공기 질의 유해성문제가 부각되면서 결로에 관한 문제는 새로운 관점에서 재정립할 필요성이 발생한다. 즉, 결로 문제는 기존의 단순 하자 차원에서 접근하는 것이 아니라 건강주택 구현의 1차적 수단으로 간주되어야 한다는 것이다. 실제 주거공간에서 공기의 질은 포름알데히드, VOC 등과 같은 유해성 오염물질 외에 결로에 기인하는 곰팡이 등의 발생이 건강성에 더 큰 저해요인 될 수 있기 때문이다. 건축물에서 결로가 주는 직, 간접적 피해는 다음과 같다.

- 1차 피해는 결로수에 의한 피해로서, 공동주택 내부에 발생하는 결로수는 공동주택 실내공기를 건조하게 만드는 직접적 요인이다. 한편, 공장, 창고 등과 같은 건물에서는 천장에 맺힌 결로수의 낙하로 재료나 제품에 손상을 입히기도 하며, 겨울철 유리창 부위에서 발생한 결로수가 외부측으로 응결한 뒤 고드름이 되어 낙하함으로써 건물 주변에 위험 요인이 될 수 있다.
- 2차적 피해는 결로수가 건축 부위의 흡습율을 증가시켜 발생시키는 피해로서, 첫째 물리적인 피해의 요인이 된다. 즉, 결로에 의한 구조체의 장기적 손상으로 마감재의 박리 또는 오염, 목재의 변색, 석고보드의 붕괴, 카펫의 젖음 등이 발생하며, 둘째, 흡습율이 높은 부위에 부식 세균이 번식하여 구조체의 유기 재료를 손상시킴으로서 건물 전체의 수명을 단축시키기도 한다. 실제로 초고층 주상복합건물에서 유리창에 맺힌 결로수



[그림 1] 결로 발생 부위의 곰팡이 발생 사례



[그림 2] 확장형 발코니 창문 주변의 결로에 의한 곰팡이 발생 사진 (오른쪽 사진은 적외선 열화상 사진)



[그림 3] 확장형 발코니 벽체 부위의 결로에 의한 곰팡이 발생사진 (오른쪽 그림은 동일부위의 적외선 열화상 사진)

는 그 자체적으로 문제를 발생시키거나 하자로 볼 수 없다. 그러나 유리에 맺힌 결로수가 흐르면서 실내측 내장재와 접촉하거나 구조체 내부로 유입되는 경우 문제가 발생할 수 밖에 없다.

- 3차적 피해는 건강주택 관점에서 유해요인, 즉 결로에 의한 생물학적 피해로서 곰팡이 발생과 세균 증식 촉진 등과 같은 현상이다. 곰팡이의 생육에는 수분이 필요하며 건축물의 결로는 곰팡이가 발생하기 쉬운 조건을 제공한다, 또한, 곰팡이가 발생되면 이것을 먹이로 진드기가 생기는 악순환을 일으키게 되어 실내 환경을 크게 해치게 될 수 있다.

### 결로의 발생 원인 및 요인

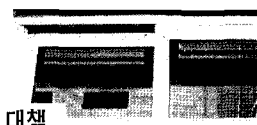
결로(Condensation)란 공기 중의 수증기가 상대적으로 차가운 물체 표면에서 응결되어 액체화되는 현상을 말한다. 즉, 불포화상태의 수증기를 함유한 공

<표 2> 공동주택에서 발생하는 결로의 주요 원인

공동주택의 주요 결로 발생 원인 및 부위	대 책
• 거주생활에서 과도한 수증기	• 생활에서 수증기 발생 자제 및 수증기 발생시 신속한 환기
• 북측 불박이장 내부 결로	• 불박이장에 인접한 벽체의 단열시공 강화 • 환기
• 발코니 창고 내부 결로	• 발코니 창고내 환기통로 구성 • 창고문 개방에 의한 환기
• 다용도실 외벽 및 천장 결로	• 환기 • 다용도실 벽체표면에 결로보완용 페인트 • 단열재 시공
• 외벽에 밀착한 가구 등 밀폐 공간	• 환기통로
• 설비 샤프트에 면한 실내 모서리 결로	• 설비 샤프트 인접 벽체의 단열보완
• 발코니 확장 부위의 벽체, 모서리, 창틀 등	• 충분한 단열 보강 • 환기

<표 1> 결로의 기본조건과 원인

조건	원 인	구체적 행위
습한 공기	기후 조건	• 고온 다습한 외기
	난방 조건	• 비난방 공간의 온도하강에 의한 상대습도 증가 • 콜드 드래프트
	환기의 부족	• 환기부족에 의한 실내습기의 증가 • 공간배치의 의한 고습 공기의 국부적 정체 • 밀폐 공간
	건축재료의 사용 특성	• 방습재의 미사용 및 부적절한 배치 • 외피 재료의 투습 저항 부족 • 초기 함습율이 높은 자재의 사용
	거주 환경 특성	• 목욕, 세탁, 조리, 관상식물, 수조, 가습기 등 • 개방형 난방기
	건축물의 사용 조건	• 과도한 재실인원
차가운 표면	기후 조건	• 혹서 지역
	건물의 부위 특성 (열교 부위)	• 모서리, 우각부 등 구조 특성 • 창호 및 문의 단열저항 부족 • 긴결 철물의 구조체 관통 등
	단열시공 견실도	• 단열 시공 결함 및 단열재 누락
	일사 수열	• 북측 벽 표면온도 하강 • 비난방 및 무창 건물의 바닥 표면온도 하강
	지중면에 면한 부위	• 지중에 면한 바닥 부위의 냉각(봄, 여름) • 지중에 면한 비단열 벽체의 온도 하강



기의 온도를 낮추게 되면 공기가 함유할 수 있는 수증기의 양은 점차 줄어들게 되며 어떤 온도에 이르면 공기 중 수증기의 일부가 응축되어 물로 변하게 되어 결로가 발생하기 시작하며, 이때의 온도를 노점온도(dew point temperature)라 한다. 건축물에서 일반적으로 발생하는 결로의 기본 조건과 주요 원인은 표 1, 2와 같다.

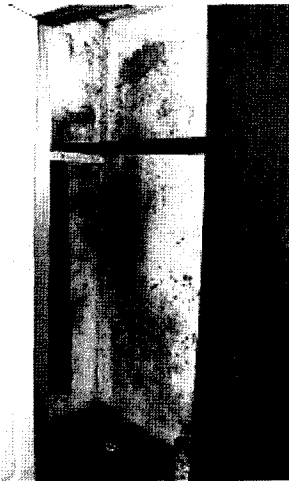
따라서, 공동주택에서 발코니를 확장할 경우, 결로 발생 측면에서 고려할 수 있는 요인과 대책은 1) 환

기, 2) 단열시공 강화, 3) 결로 발생 확률을 최대한 억제할 수 있는 기능성 페인트의 적용으로 요약할 수 있다.

**결로 발생 대책**

**단열성능 강화**

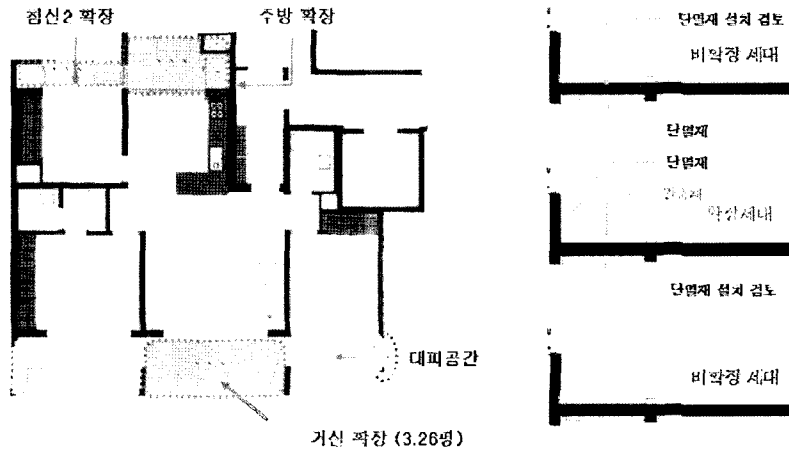
확장공간이 거실 부위에서 외기에 면한 벽체 및 천장부위에 대해서는 충분한 단열조치가 우선적으로



[그림 4] 발코니 창고 내부 결로



[그림 5] 발코니 확장 후 실내측 창틀 및 모서리 결로



[그림 6] 발코니 확장형 공동주택의 단열설계 사례

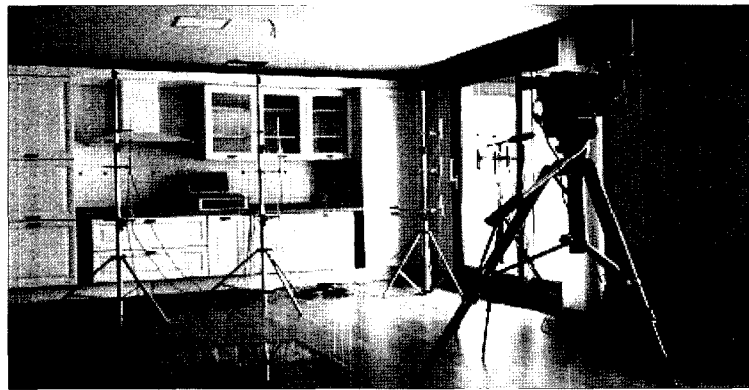
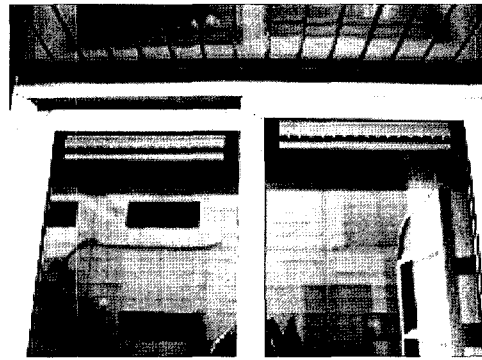
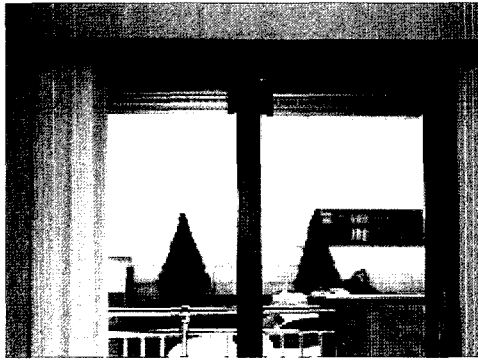
고려되어야 할 필요가 있다. 단열성능이 충분하지 않을 경우나 단열시공에 결함이 있을 경우 외기에 접한 실내측 표면온도가 상대적으로 낮은 온도를 형성할 수 밖에 없기 때문이다. 또한 현행 건축법의 단열기준에서 요구하는 부위별 단열성능 만으로 현실적으로 확장형 발코니가 지닌 구조적 특성에 기인한 결로발생 확률을 충분히 대응할 수 없기 때문이다.

현행 건축법은 “단열조치를 하여야 하는 부위의 열관류율이 위치 또는 구조상의 특성에 의하여 일정하지 않는 경우에는 해당 부위의 평균 열관류율값을 면적가중 계산에 의하여 구한다. 다만, 부분적으로 열저항이 낮은 부위가 발생할 경우, 해당 부위는 결로가 발생하지 않도록 최소한의 열저항을 갖도록 하여야 한다.” 라고 규정하고 있으나, 실제 건물의 단열설계시 건축법에서 정하고 있는 지역별, 부위별 열관류율 내지 단열재 두께 규정으로 설계가 이루어지고 있기에 구조적으로 열저항이 취약한 부위에서

결로 발생의 확률이 증가할 수 있다. 따라서 확장형 발코니의 경우에는 현행 건축법의 단열기준 이외에 별도의 결로 발생 확률에 대한 상세 검토가 필요하며, 이를 토대로 단열기준 이상의 열저항을 지닌 단열설계가 필요하다.

**환기성능의 강화**

건축물에서 환기는 여러 측면에서 동시에 고려해야 할 환경요소이다. 즉, 환기는 실내공기질의 향상 측면에서 우선적으로 고려되어야 할 필요가 있다. 이미 신축공동주택에서 환기회수 0.7회 이상이라는 환기기준이 시행되고 있기에 자연 환기 내지 기계 환기시스템이 공동주택 설계시 반영되고 있으며, 적절한 환기성능의 확보는 우리나라 주거 문화의 특성에 기인한 일시적이고 과도한 수증기 발생에 따른 결로발생 확률을 현저히 감소시킬 수 있다. 그러나 환기량을 제어할 수 없거나 또는 과도한 환기는 결



[그림 7] 창문 설치형 자연형 환기창호시스템 적용사례



국 에너지손실을 동반하며, 또한 실내 온열환경 측면에서 쾌적성의 문제점을 야기할 수 있다.

따라서 결로발생의 확률을 최소화하는 수준에서 최적의 환기가 실내 공간과 부위에 따라 적절히 순환 할 수 있는 환기시스템이 가장 바람직하며, 여기에 포름알데히드, VOC 등의 오염물질 제거를 고려한다면 미량의 상시 연속 환기 개념의 자연형 환기 시스템이 필요하다.

**결로 보완용 기능성 마감재**

발코니 확장형 공동주택에서 실내측에 발생하는 결로 그 자체는 직접적인 하자 요인이 아니나, 결로수의 이동, 내장재 침투 또는 습한 내장재는 직접적인 하자요인이다. 따라서 노점온도 이하로 표면온도가 하강하여 결로는 발생하지만 결로수의 발생 및 이동과 내장재로의 침투 등을 방지하는 개념에서 결로에 의한 하자요인 발생확률을 감소할 수 있는 방안이 기능성 내장재라 할 수 있다. 기능성 내장재는 앞에서 기술한 환기와 단열성능 강화 외에 건축적 대응 기술이며, 대표적인 상용화 기술은 1) 결로 보완용 페인트, 2) 조습기능을 지닌 내장재를 예로 들 수 있다.

먼저, 결로 보완용 페인트는 주변의 표면온도가 노점온도 이하로 하강시 발생하는 결로수를 미세한 초

립자 세라믹 분말이 지니고 있는 다공성을 이용하여 흡습함으로써 결로 발생을 보완하는 특성을 지닌다. 따라서 공학적 판단기준으로는 결로가 발생하여야 하나 실제 건축자재의 표면에서는 결로가 관측되거나 결로수가 흐르지 않는 특성을 지닌다. 이때, 결로 발생에 대한 확률 저감과 성능은 다공성 입자의 흡습능력이 일차적인 요인이 될 수 있으며, 장기간 흡습시 곰팡이 등이 발생하지 않도록 항균처리 등이 필수적으로 요구된다. 결로 보완용 페인트는 시공성이 양호하고, 별도의 추가 공정이 없는 등 현장 적용성이 우수하기에 현재 많은 건설사에서 채택이 시도되고 있다. 그러나 이와 관련하여 제품의 품질 기준이나 성능 시험방법 및 규격이 현재 마련되어 있지 않은 상태이며, 일부 제품의 경우 시공시 육안으로 구분이 어렵기에 성능이 미달되는 제품 또는 부실시공에 따른 제2의 하자를 발생시킨 사례도 있다.

조습기능을 지닌 내장재의 출현은 다습한 기후특성을 지닌 일본에서 이미 상용화 기술이 활발하게 적용되고 있다. 구조토 등 미세 다기공 입자 특성을 지닌 소재를 사용하여, 석고 플라스터 등과 함께 벽체에 바르거나 보드로 시공하는 방법을 취하고 있다. 이러한 조습기능의 내장재는 과거에 박물관 등 항온항습이 필수적으로 요구되는 건물에서 사용된 사례가 있으며, 최근 이를 응용한 제품과 기술이 확장형 발코니에 적용되고 있다.

**맺으며**

결론적으로 공동주택의 단열성능과 기밀성능이 관련 의무화 법규에 의해 강화되고, 주거성능과 관련한 각종 신기술, 신공법이 우리의 공동주택에 적용되고 있음에도 불구하고 건축물의 결로 문제는 방치되고 있는 실정이며, 국민의 삶의 질 향상과 공동주택의 고급화 추세에 큰 걸림돌로 작용하고 있다. 특히 공조방식을 채택하는 주상복합 건축물의 중대와 다양한 평면 및 입면 형태로 공동주택이 설계·시공되며, 여기에 열적 완충공간으로서 충분한 기능과 성능을 지닌 발코니 공간이 거실로 확장함에 따라 새로운 유형의 결로 문제가 발생하는 등 결로 발생의 다양화 추세에 대한 대책이 시급히 필요한 실정이다. (9)



[그림 8] 결로 보완용 페인트 시공사례