

지하주차장의 연결통로 결로방지

- **김 종 수** / 부경대학교 냉동공조공학과, jskum@pknu.ac.kr
- **김 동 규** / 부경대학교 냉동공조공학과, arckim@pknu.ac.kr
- **신 병 환** / (주)에이치박엔지니어링, shinbh@hvaceng.co.kr

**지하주차장의 엘리베이터 전실 및 계단실에서
의 결로발생 원인과 이에 대한 방안을 소개하고
자 한다.**

지하공간의 특성은 겨울에 따뜻하고 여름에 시원한 환경을 만들 수 있다는 것이다. 일정 깊이 이상일 경우 외부 기온의 영향을 받지 않으므로 겨울철에는 지하공간의 온도가 외부 온도보다 높아 겨울철 결로발생에 대한 문제가 발생하지 않는다. 그러나 공동주택 건물과 연결된 지하주차장의 연결통로는 건물에서 발생하는 연돌현상 및 엘리베이터실 공간의 환기에 의해서 하절기 고온다습한 공기를 흡입하여 여러 가지 결로에 의한 문제를 발생시키고 있다.

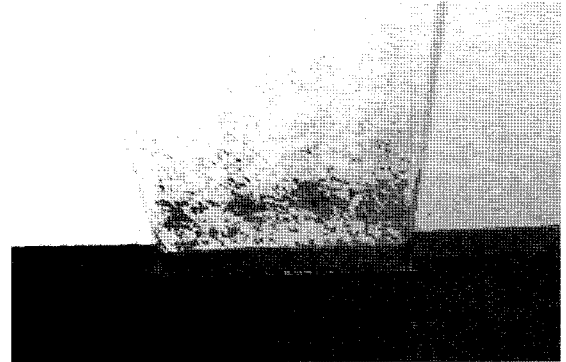
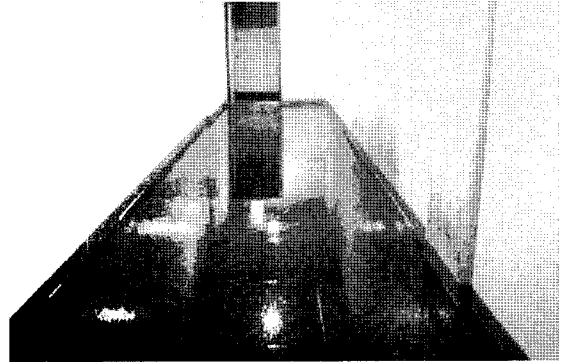
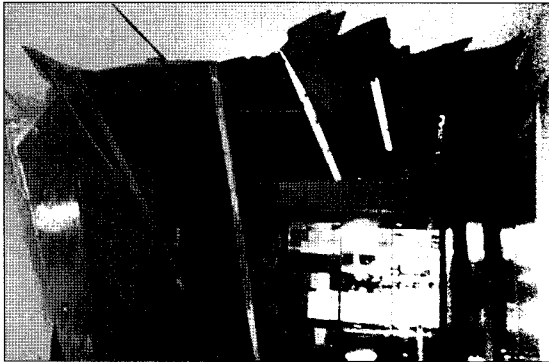
그림 1은 지하주차장의 엘리베이터 전실 및 계단실에서 결로발생의 사례를 나타낸 것이다. 지하공간의 특성상 하절기에 결로가 발생하고, 이로 인해 지하층의 구조적 피해 즉 내부에 각종 곰팡이 및 세균류가 생성되며 냄새를 유발시켜 보행자의 불쾌함을 유발시키고 건강에도 악영향을 미칠 수 있다. 또한 결로가 발생된 미끄러운 바닥면은 보행자의 보행환경을 악화시키며 미끄러짐 등의 사고로 인하여 민원을 발생시키는 경우도 종종 발생한다. 결로가 심할 경우에는 구조체에 피해를 끼치게 될 수 있다. 그리고 설치된 시설물에 녹 발생을 쉽게 만들어 전기안전사고 피해 발생우려가 높으며 시설물의 수명도 단축시키는 악영향을

미치고 있어 각종설비의 내구연한을 감소시킬 뿐만 아니라 유지비용도 증대 시키고 있다.

결로발생 원인

지중온도는 지하로 깊이 들어갈수록 일교차는 급격히 감소된다. 서울지방의 30년간 월평균 지중온도의 변화는 토양의 종류와 외기온도에 따라 다르나 지중 5 m에서는 연교차가 4.4℃로 거의 변화가 없으며, 지중 13 m에서는 연중 14℃로 일정한 온도를 유지한다. 1월중 지중 5 m의 평균온도는 평균 외기온도보다 16.2℃가 높고, 8월 중 평균지중온도는 평균 외기온도보다 13.9℃ 낮다. 따라서 동계에는 난방설계온도 18℃보다 2.6℃가 낮으므로 난방부하가 매우 작고, 하계에는 전혀 냉방이 필요 없게 된다. 지중에서는 흙의 축열효과로 인한 시간지연 현상이 일어나므로 지중온도변화는 지상온도변화보다 늦게 나타난다. 시간지연 현상은 30 cm 깊이당 1주일 정도로 지중온도가 지연되어 나타난다. 서울지방 지중 0.1 m 깊이의 월평균 지중온도는 1월에 최저가 되는데 0.7℃로 연중 영상의 온도를 유지한다.

하절기 결로는 고온다습한 외기가 실내에 유입되고, 상대적으로 낮은 온도를 나타내는 벽면 또는 바닥면에서 발생하게 된다. 일정 깊이 이하의 위치에서는 지중에 면한 부위에서 발생하는 결로가 상당히 많다. 표 1에 의하면 하절기 6, 7, 8월



[그림 1] 지하주차장 엘리베이터 전실 및 계단실에서의 결로발생 사례

<표 1> 수원지역 기상자료(1998 - 2007년, 월 평균)

구 분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
평균기온	-1.8	0.5	5.5	12.4	17.6	22.1	24.9	25.6	21.5	14.7	6.9	0.2
평균노점온도	-9.1	-7.4	-3.0	3.8	10.2	15.7	20.5	20.7	15.7	8.0	0.0	-7.1
평균상대습도	61.4	59.8	58.6	60.0	64.8	69.5	77.4	75.4	71.4	67.2	64.1	60.7
평균 지중온도	1.0 m	6.3	5.3	7.3	11.1	15.3	19.1	22.0	23.2	20.1	15.0	9.9
	1.5 m	8.7	7.1	7.8	10.5	14.0	17.4	20.2	22.4	20.6	16.8	12.4
	3.0 m	14.1	12.0	11.1	11.3	12.4	14.2	16.2	18.2	19.9	18.9	16.7

에 외기온의 노점온도보다 낮은 지중온도에 의하여 결로가 발생하는 것이 당연하다.

결로의 대책

계절에 의한 결로현상은 외기의 온도변화에 따

라 건축물의 구조체 온도 추종성이 느리기 때문이며, 충분한 환기에 의하여 건물의 내외부 온도차가 노점온도 이하로 차이가 발생하지 않으면 이론적으로 결로가 발생하지 않는다. 그러나 우리나라의 여름철 평균온도 일교차는 약 5 ~ 10℃로 내륙분지일수록 차가 더 크다. 따라서 하절기 외부



습공기의 절대습도가 높을 때에는 일시적으로 건물구조체의 온도추종성이 도저히 따라 갈수 없는 경우가 발생한다. 이 경우, 환기는 오히려 불리한 환경을 조성하게 되므로 주의를 해야 한다. 이와 반대로 동절기의 경우도 같은 원리로 결로가 발생하는데, 동절기는 내부단열의 취약부가 생기지 않도록 해야 한다. 계절에 의한 결로방지 방안을 정리하면 다음과 같다.

환기에 의한 방법

계절에 따른 내외부 온도차가 발생하지 않도록 충분히 환기를 하고, 환기가 되는 부위에 정체공기가 없도록 하여야 한다. 또한 계절적인 온도변화에 충분한 추종성을 가질 수 있도록 환기량과 환기시간을 고려하여야 한다.

냉난방에 의한 방법

냉방이나 난방은 실내측에서 행하는 방법으로 결로가 생기는 부위인 구조체의 표면온도가 실내 습공기의 노점온도 이상이 되도록 하여 결로가 생기지 않도록 하는 방법이다. 이는 온도의 균형이 유지되도록 지속적으로 행하여야 하므로 에너지 소비가 크며, 동시에 환기량이나 문의 개폐에 제한이 따르기 때문에 제한적이며 계속적인 상태유지를 위한 제어가 필요하다.

단열에 의한 방법

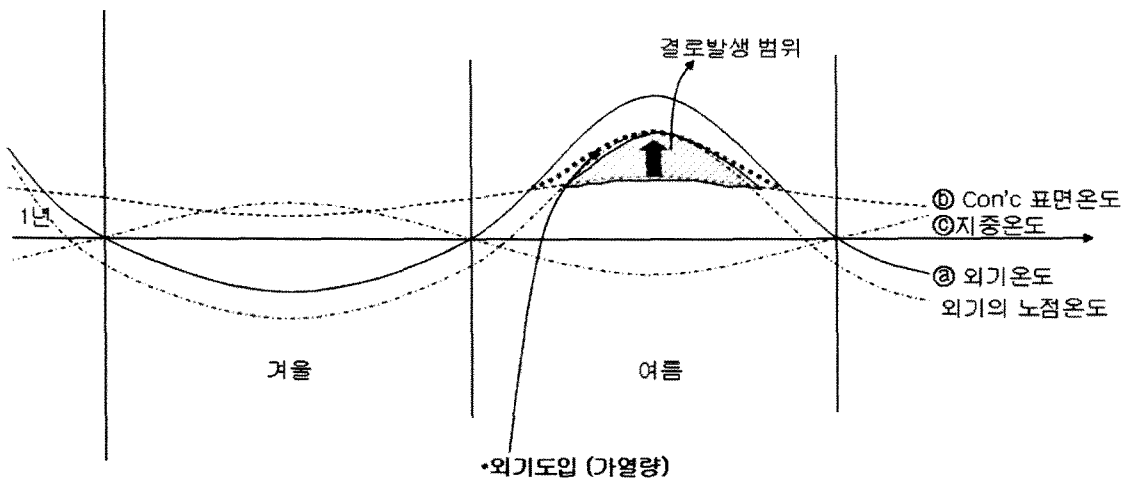
단열을 통하여 벽체로 흐르는 열의 손실을 줄여 계절에 의한 건물내외부의 온도차를 차단시킴으로 인해 결로의 발생을 방지한다. 이 방법은 구조체의 축열을 줄여서 온도변화 추종성을 좋게 하지만 구조체의 내부결로가 발생하는 단점이 있어 방습층이 필요하다.

제습에 의한 방법

습공기에 포함된 수분을 제거 하는 방법으로 습공기를 냉각하여 노점온도에서 응축된 수분을 제거하는 냉각 제습법, 습공기를 압축하여 수분의 분압이 포화점보다 높게 하여 물방울 상태로 분리하는 것으로 응집된 수분을 필터 등으로 제거하는 압축제습법, 액체흡습제를 이용하여 제습하는 것으로 중규모의 공기처리에 적절한 제습법 등이 있다. 또한 고체흡착제 제습법에서는 실리카겔류와 제올라이트계처럼 고체흡착제 등이 사용된다.

결로방지를 위한 사례

지중공간의 내부온도는 지열의 영향으로 연간 큰 변화가 없이 일정온도를 유지하고 외부는 계절에 따라서 온도가 크게 변화를 한다. 그림 2는 외부온도의 변화와 지중공간의 내부 구조체 표면온



[그림 2] 지중공간의 구조체 표면의 열적 특성

도, 지중온도의 연간 변화곡선을 함께 표현하여 결로의 발생시기와 발생정도를 도식적으로 표현하였다. 결로가 발생하는 범위에서 구조체 표면온도가 외기의 노점온도 이상이 되도록 함으로써 결로를 방지할 수 있다. 그렇게 하기 위해서는 외기가 지중공간의 콘크리트 표면온도보다 높은 시점부터 지속적으로 강제환기를 하여 지중공간의 콘크리트 표면온도가 외기의 노점온도보다 높게 유지할 수 있도록 하여야 한다. 이상과 같은 지속적인 강제환기는 지중공간의 구조체 표면온도보다 외기온도가 높을 때 효과가 있다. 즉, 지중공간의 구조체 표면온도 보다 외기온도가 높은 기간에는 강제환기가 이루어져야 한다. 이는 계절적으로는 여름이 되고, 강제환기가 가능한 계절에서도 하루 중에 밤과 낮에 따라 온도차이가 그림 3과 같이 나타남으로 하루 중에서도 외기온도가 높은 낮 시간 동안에 가능하다.

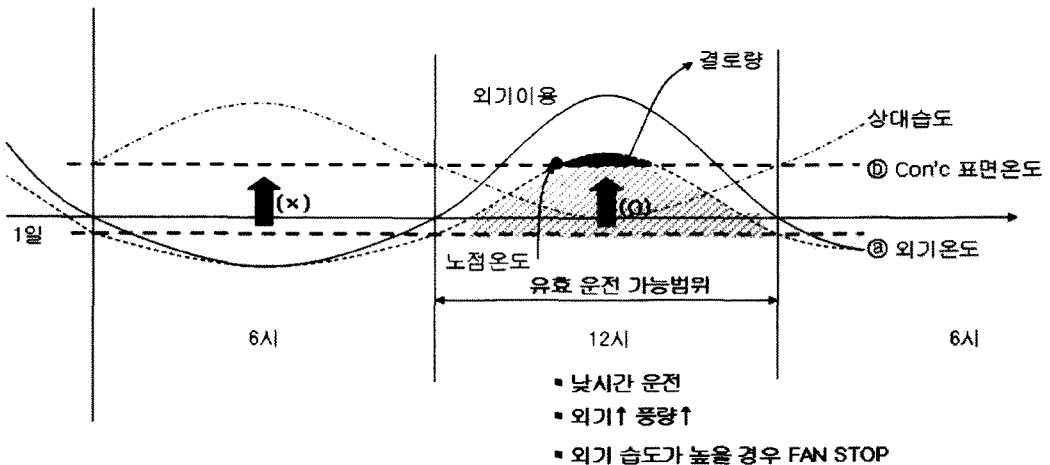
하지만, 일시적으로 비가 오거나 습도가 높은 날에는 오히려 결로를 유발할 수 있는 경우도 있기 때문에 효과를 높이기 위해서는 운전방법을 보다 구체적으로 연구할 필요가 있다.

그림 4는 태양 굴뚝 자연 환기 시스템의 구성 및 원리를 나타낸 개념도이다. 시스템은 투과체, 중공층, 흡수체(집열체)로 구성된다. 투과체는 유리, 흡수체는 기존 건물벽체에 무광택 검정페인트

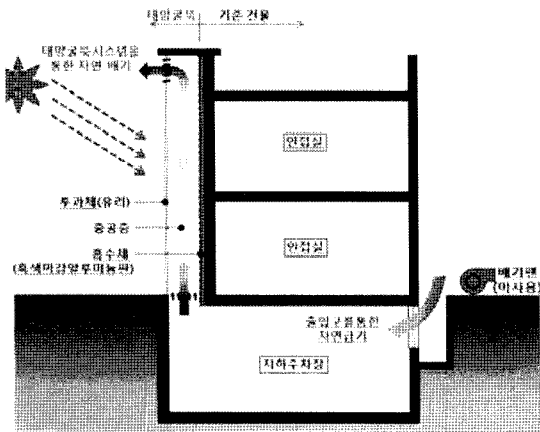
로 도장한 알루미늄판을 부착해 구성한다. 중공층의 상하부에는 공기가 유출입할 수 있는 통기구를 설치한다. 시스템은 연돌효과(Stack Effect)에 의해 지하 공간에 자연 환기를 제공하며, 열부하에 미치는 영향을 최소화하기 위해 배기구로서의 기능만 수행한다. 중공층 온도가 유입구의 온도보다 낮은 경우에는 유입구가 차단되어 환기가 발생하지 않도록 설정한다면 강제환기의 결로방지 방법에 준하여 운전이 가능하다.

그림 5는 지중축열 제습시스템의 원리를 나타낸 것이다. 기존 축열벽면과 결로유도장치를 이용하여 실내공기 중에 포함되어 있는 수증기를 제거하여 절대습도를 감소시켜(1차 제습) 포화습도에 가까운 상태를 조성하고, 2차적으로 소형냉각제습기의 증발기와 응축기를 통과하여 제습효율이 극대화된 상태에서 수분제거 및 온도상승의 효과를 나타내어 건조한 공기를 실내에 공급하는 원리이다.

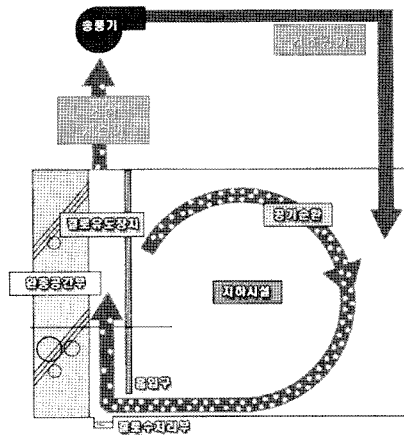
그림 6은 시스템 설비공사의 적용사례를 나타낸 것이다. 엘리베이터 홀에 공기 급배기구를 설치하고, 상대적으로 저온을 나타내는 "바닥(PIT)" 층의 표면을 확보하여 제습벽체를 구성한 후, 하절기 제습시스템의 운전스케줄 관리와 풍량의 제어를 위한 콘트롤러를 적용하여 소형제습기와 덕트로 연결하여 운전과 비운전 상태를 구분하여 제



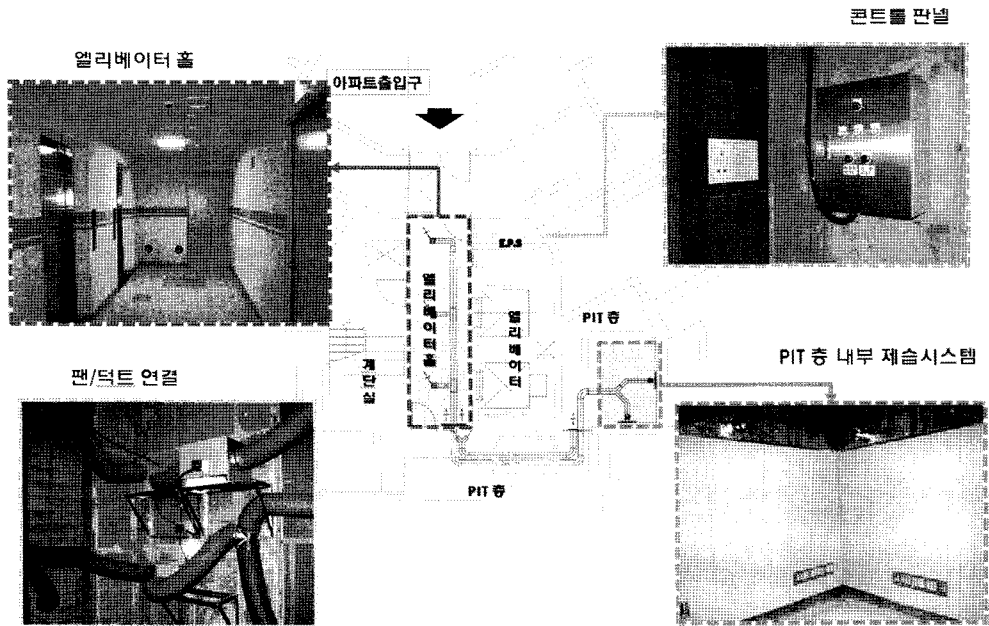
[그림 3] 강제환기 개념도



[그림 4] 태양굴뚝시스템



[그림 5] 지중축열 제습시스템의 개념



[그림 6] 지중축열 제습시스템의 설치사례

어하도록 콘트롤 판넬을 구성하였다.
 결로 방지를 위한 사례에서 알 수 있듯이 결로는 발생시기와 발생부위, 발생원인에 따라서 대응하는 방법이 차별화 되어야 하며, 초기 설계단계에서 결로발생 유무를 적절하게 판단하여 대응

하는 것이 바람직하다. 또한, 소극적으로 자연적인 현상에 의해서 제거되기를 기대하기 보다는 적극적인 제습시스템의 도입으로 보행자의 안전과 쾌적감을 향상시키는 것이 바람직한 것으로 판단된다. ㉞