

지하공간 구조체 결로현상 조사

- 김 천 용 / 한미설비(주), hanmi@hanmitab.co.kr
- 문 대 희 / 한미설비(주), hanmi@hanmitab.co.kr

건축물 지하공간의 구조체 벽면 및 바닥 등이 구조체 외부지반 온도의 영향으로 구조체 표면 온도가 실내 노점온도보다 낮아진 구조체 표면의 결로현상에 대해 고찰하였다.

건축물 지하공간의 구조체 벽면 및 바닥 등은 구조체 외부지반 온도의 영향으로 구조체 표면온도가 실내 노점온도보다 낮아져 구조체 표면에 결로현상이 자주 발생하고 있다.

이를 방지하기 위하여 구조체 보온 및 이중벽체 등 건축적인 방안과 실내온습도 제어에 필요한 기계적인 방안을 적용하고 있으나 설계 및 시공상의 오류 등으로 충분한 결로 방지가 되지 않아 건축물 준공 후 결로현상으로 인한 입주자의 불만이 많다.

여기에 소개하는 00건물의 경우도 건축 준공 후 2년 정도가 경과하였으나 여름철 결로로 인한 문제가 심각하여 이에 대한 원인을 파악하여 현실적이고 합리적인 개선방안을 제시하고자 하였다.

사용 계측기 (표 1 참조)

실내 온습도 측정결과

벽체 구조체에 따른 온도를 분석한 결과, 내측 말단에서의 경계온도는 공조설비 설계에서 적용

한 실내 공기의 노점온도보다 높게 나타나 정상적인 공조 설비 운전 시에는 문제가 없는 것으로 나타났다.

당 건축물은 해발고도가 450 m 지점에 건설되어 지형적인 특성으로 인해 습도가 높아 결로방지에 열악한 조건이며 특히 지하층의 경우 환기가 전혀 이루어지지 않아 실내의 상대습도가 82% ~ 95%로 높게 나타났고 이로 인한 A동과 B동 건물외벽 및 바닥 등에서 결로현상이 발생하여 외벽 표면 및 천정 마감재 등이 얼룩져 있다.

현장 측정시 외기온도가 높고 습도가 높을 경우 결로현상이 악화되리라 판단되어 가능한 최악의 조건일 때 측정하였고 측정결과는 다음과 같이 나타났다(그림 1~6, 표 2~4 참조).

공간벽 마감시 하부 트렌치 부분 마감 미흡

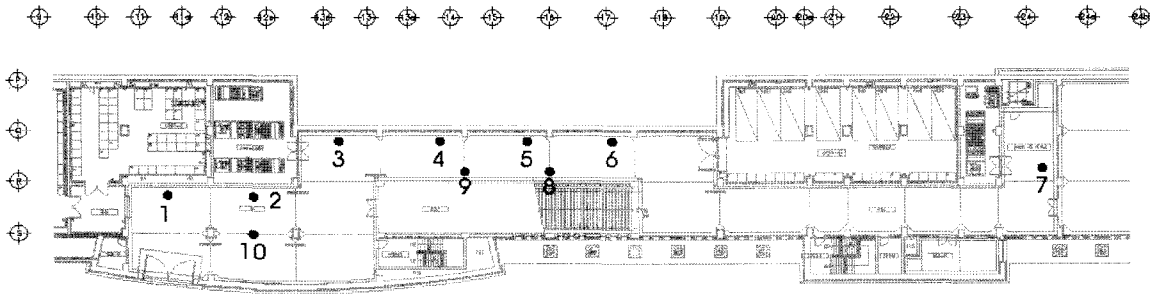
외벽 구조체의 공간벽 하부에 트렌치가 설치되어 있으나 벽돌, 몰탈 등 이물질의 막힘으로 결로수의 원활한 배수가 이루어지지 않아 결로수가 공간벽체 틈새를 통해 실내로 침투하고 있다(그림 7~ 10 참조).

실내 습도 과다

공기 중에 포함된 수증기로 인해 구조체 결로에

<표 1> 사용 계측기

장 비 명	모 델 명	용 도
실내온습도 측정기	TESTO-635	공기온도, 습도, 공기노점온도, 표면온도 측정
열화상 카메라	IR Snap Shot Model 525	열손실 검사, 비파괴검사



[그림 1] A동 지하2층 복도측 온습도 측정위치도

<표 2> A동 지하 2층 복도 온습도 측정

(외기 온도/습도 : 24.1℃/81%RH)

측정위치	구조체	실내온습도		표면온도	노점온도	결로발생	비고
1	바닥	21.2℃	93%	20.4℃	20.1℃	X	
	벽체			20.4℃	20.2℃	X	
2	바닥	21.8℃	93%	20.7℃	20.2℃	X	
	벽체			20.7℃	20.0℃	X	
3	바닥	21.8℃	93%	20.8℃	20.6℃	X	
	벽체			20.8℃	20.7℃	X	
4	바닥	21.8℃	93%	20.4℃	20.6℃	O	
	벽체			20.5℃	20.7℃	O	
5	바닥	21.8℃	93%	20.6℃	20.6℃	O	
	벽체			20.4℃	20.5℃	O	
6	바닥	22.1℃	95%	21.2℃	20.9℃	X	
	벽체			21.2℃	20.7℃	X	
7	바닥	22.4℃	92%	22.0℃	21.0℃	X	
	벽체			22.2℃	20.9℃	X	
8	바닥	21.2℃	93%	21.3℃	21.0℃	X	
9	바닥			20.9℃	20.7℃	X	
10	바닥	21.2℃	93%	20.8℃	20.2℃	X	

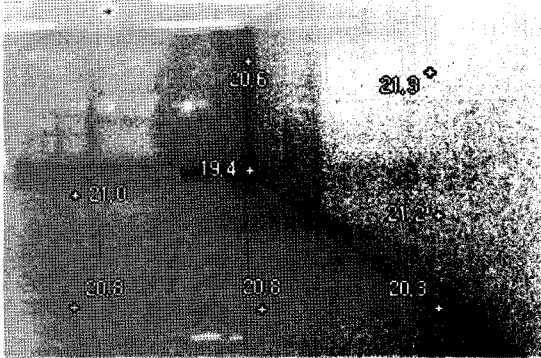
비고 : 측정시간(14:00~17:30), 날씨 : 비

<표 3> A동 지하 1층 참고

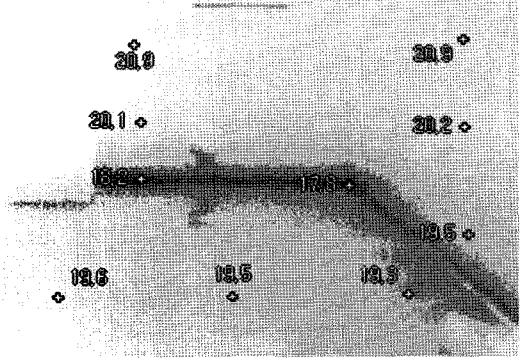
(외기 온도/습도 : 24.1℃/81%)

측정위치	구조체	실내온습도		표면온도	노점온도	결로발생	비고
1	바닥	22.4℃	91%	20.0℃	20.0℃	O	
	벽체			19.9℃	19.7℃	X	
2	바닥	22.4℃	91%	19.5℃	20.3℃	O	
	벽체			19.7℃	20.0℃	O	
3	바닥	22.4℃	91%	20.4℃	20.2℃	X	
	벽체			20.3℃	20.0℃	X	
4	바닥	22.4℃	91%	20.2℃	20.2℃	O	

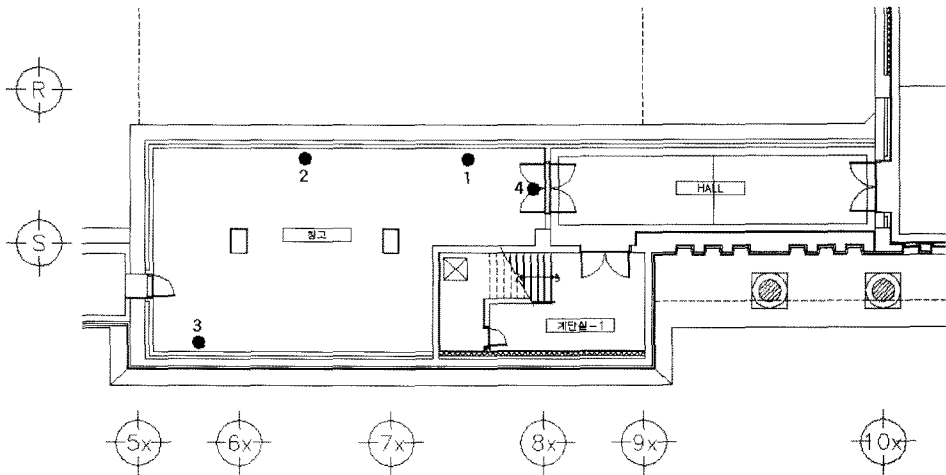
비고 : 측정시간(14:00~17:30), 날씨 : 비



[그림 2] A동 지하 2층 복도 열화상 사진



[그림 3] A동 지하 1층 창고 열화상 사진



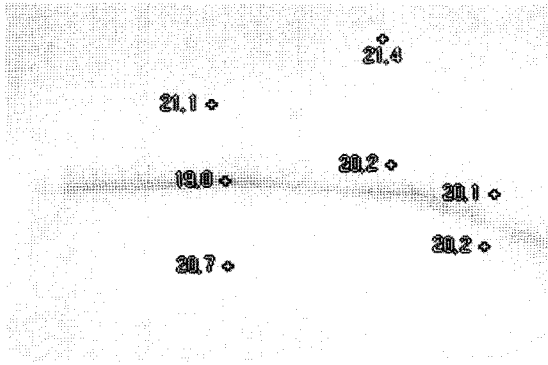
[그림 3] 성곽동 지하 1층 창고측 온습도 측정위치도

<표 4> B동 지하1층 좌우측 복도

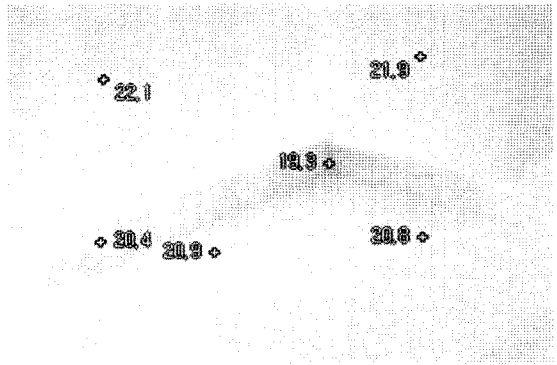
(외기 온도/습도 : 22.0℃/86%)

측정위치	구조체	실내온습도		표면온도	노점온도	결로발생	비고
1	바닥	21.7℃	89%	20.1℃	19.8℃	X	
	벽체			19.9℃	20.1℃	O	
2	바닥			19.8℃	19.8℃	O	
	벽체			19.5℃	19.7℃	O	
3	바닥			19.5℃	19.9℃	O	
	벽체			19.3℃	19.8℃	O	
4	바닥	20.8℃	19.8℃	X			
	벽체	20.6℃	20.2℃	X			
5	바닥	22.8℃	82%	20.7℃	20.3℃	X	
	벽체			20.4℃	20.4℃	O	
6	바닥			19.9℃	20.3℃	O	
	벽체			19.9℃	20.0℃	O	

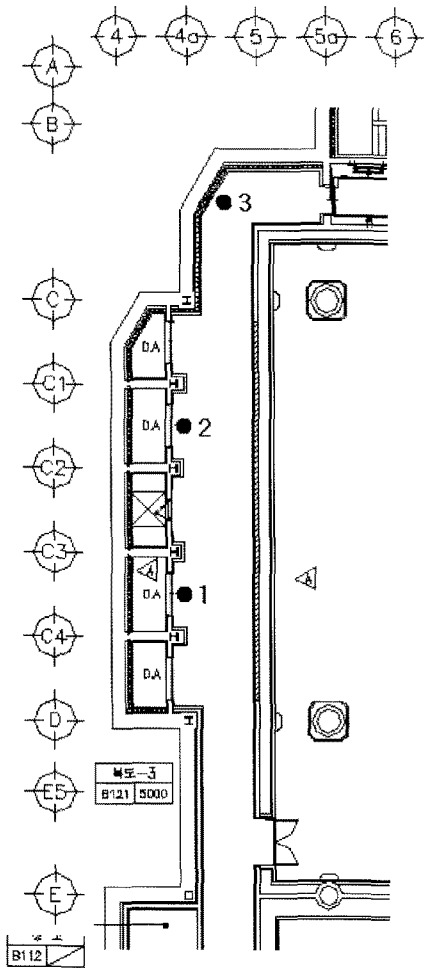
비고 : 측정시간(07:00~09:00), 날씨 : 안개



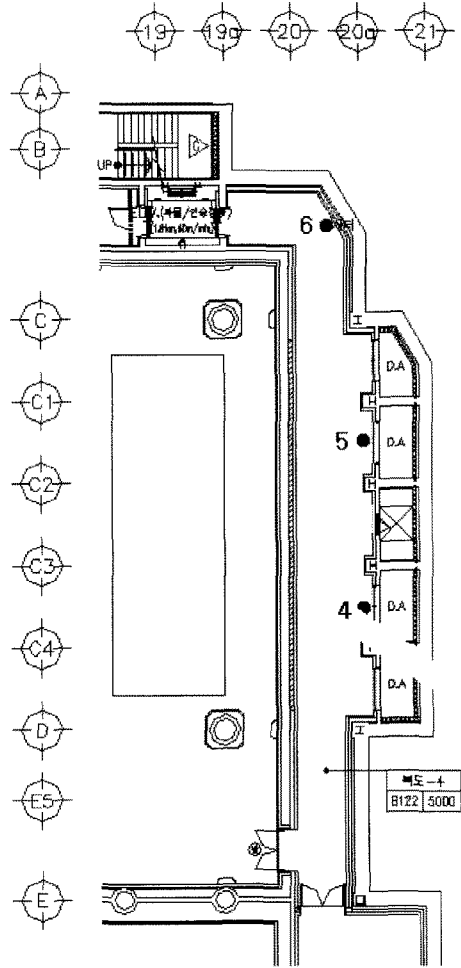
[그림 4] B동 지하 1층 복도 열화상 사진

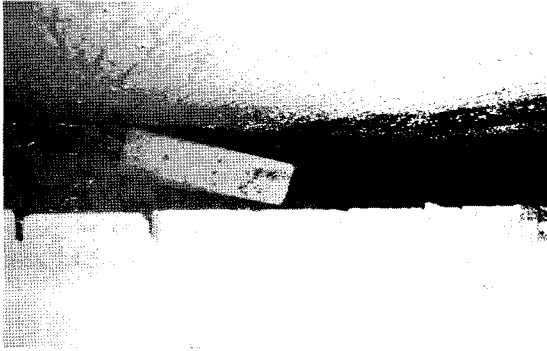


[그림 5] B동 좌측 공조실 열화상 사진

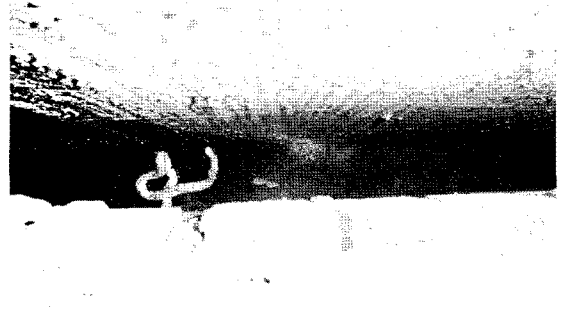


[그림 6] B동 지하 1층 복도측 온습도 측정위치도

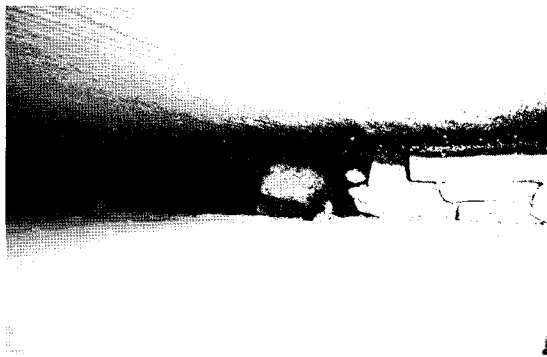




[그림 7] A동 지하 2층 복도 공간벽



[그림 8] A동 지하 1층 창고 공간벽



[그림 9] B동 지하 1층 복도 공간벽



[그림 10] B동 좌측 공조실 옆 드라이 에리어



[그림 11] B동 우측복도(환기구)

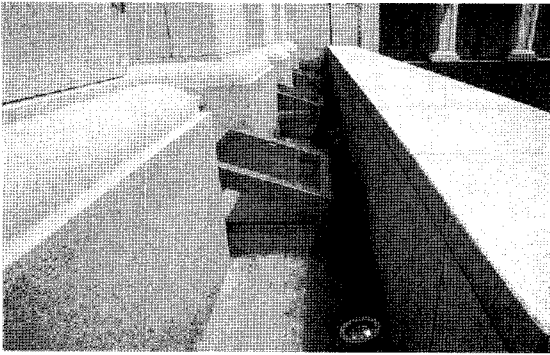


[그림 12] B동 우측복도(내부결로)

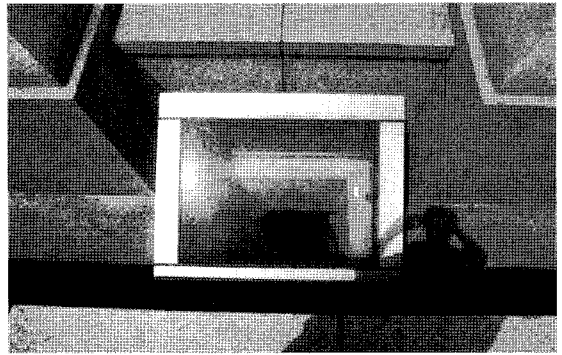
직접적인 영향을 미치는 실내 상대습도는 90 ~ 95%로 과다하게 나타났다.

이는 결로 발생을 더욱 촉진하는 것으로 결로 방

지를 위해서는 외기 조건 등을 확인하여 환기목적
으로 공조기의 간헐적인 운전이 요구 되며 실내습
도를 가능한 75% 이하로 낮추는 것이 바람직하



[그림 13] 외부 드라이 에리어 상부 유리창



[그림 14] 외부 드라이 에리어 상부 유리창

다. (그림 11, 12 참조)

드라이 에리어측 상부 통풍구 유리로 밀폐

옹벽과 실내 외벽 사이에 통풍 및 환기가 되도록 드라이 에리어가 있으나 당 현장의 경우 상부측이 유리로 밀폐되어 드라이 에리어 부분의 습도가 과다하므로 상부에 밀폐된 유리를 제거하고 측면에 환기창 설치 또는 루버 등을 설치하여 외부 공기와 원활한 공기 순환이 되도록 하는 것이 바람직하다.(그림 13, 14 참조)

개선방안

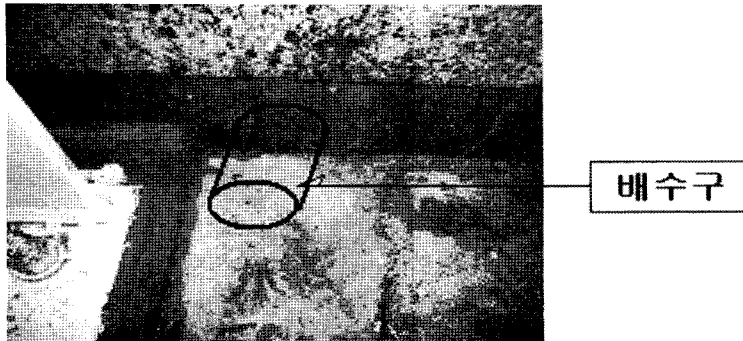
결로 방지의 근본적인 대책은 건물구조체 표면의 온도가 실내공기의 노점온도보다 높게 유지하

여야 될 것이다. 이를 위하여 지중에 접한 벽체 등에 단열재 시공 등이 필수적이거나 현실적으로 적용하기가 곤란하므로 여기에서는 현장에서 실행 가능한 개선방안을 다음과 같이 제시한다.

실내 습도 제거

현재 실내 상대습도는 앞서 설명된 바와 같이 약 90% 정도가 되므로 실내의 절대습도를 일정 수준 이하로 제거하여 실내의 노점온도를 낮추도록 공조기를 가동한다. 이 경우 외기 온습도에 따른 절대습도가 일정 수준(0.013kg/kg DA) 이하 시에는 외기 도입에 의한 환기만 하여도 상당부분 개선이 될 것이나 장마철에는 간헐적인 냉동기 가동이 불가피하다.

지하층 공간벽체 하부 결로수 트랜치 배수구 보수
외부 공간벽체 하부의 결로수 제거 목적으로 구



[그림 15] 본관동 상부 좌우측 공조실 옆 드라이 에리어 (배수구설치위치)

비되어 있는 트렌치에 결로수가 고여 실내로 침수되고 있으므로 배수가 원활히 되도록 현재 트렌치에 막혀있는 이물질을 제거하고 구배도 재정비하도록 한다.

B동 좌우측 드라이 에리어 부분 밀폐유리 개방

드라이 에리어 부분의 공기가 외부 공기와 순환이 잘 이루어지도록 상부 측 유리 측면을 개방하도록 한다.

B동 상부 측 드라이 에리어 부분 하부 측 배수구 설치

그림 15와 같이 화강석 내부 공기층의 결로수 또는 침투된 빗물이 원활하게 배수가 되도록 배수구를 설치하도록 한다.

이상과 같이 ○○건물의 지하층에 발생한 결로

현상에 대하여 현장진단을 포함하여 원인을 조사한 결과, 시공 초기 지하수 과다 발생 등 지형적인 조건의 악영향에 대한 지중 외벽 및 지하층 바닥에 단열재의 보완이 필수적이거나 이를 소홀히 한 면이 있는 것으로 나타났다. 또한 벽체 결로에 대비한 공간벽 등이 시공되어 있으나 외벽에서 발생한 결로수를 제거하는 배수트렌치 시공부실에도 원인이 있는 것으로 조사되었다. 이러한 상태에서는 실내습도가 조금만 높아도 결로가 발생하였고 공조기 가동이 필수적이거나 에너지 절감 등의 이유로 공조장비를 가동치 않아 실내습도가 과다하게 높아진 것이 결로의 주된 원인으로 나타났다.

앞에서 제시한 개선방안을 참조하여 건축적 및 기계적인 보완책을 강구하면 결로현상은 해결될 것으로 판단된다. 40