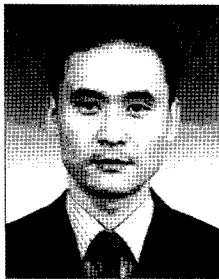


공동주택 지하주차장의 열적특성을 고려한 바닥 표면결로방지 방안에 관한 연구

A study on Preventing Floor Surface Condensation in Consideration of Thermal Characteristic of Underground Parking lot in an apartment.



글 | 徐龍源
(Seo Yong Won)

· 건축사공기기술사
· 호반건설 외주관리부 부장

E-mail : ihoban.co.kr

For the pleasant dwelling place, the most of apartments are designed with the increased green area ratio in ground space and the underground parking lot. However, the condensation in underground space has occasionally occurred due to the insufficient ventilation and insulation treatment. Despite reinforcement of the insulation treatment and mechanical ventilation for the preventing method of condensation. It seems difficult to expect preventing effects for the condensation without consideration of the thermal characteristic of structures. Furthermore, no fundamental measure has been established because maintenance work for these defects incurs a lot of costs and these defects could be occurred again. This study suggests a new method for preventing floor surface condensation through analyzing the reasons of condensation which occurred in the underground floor.

1. 서론

1.1 연구의 목적

국내 대부분의 공동주택은 쾌적한 주거환경을 위해 '자연'과 '생태'라는 개념을 도입해 지상 공간을 생태연못이나 벽천 등을 설치하여 녹지율을 높이고 지하 공간은 Community시설이나 Fitness Center를 설치하고 나머지 지하공간은 주차장으로 설계되고 있다. 세대당 자동차 보유 대수의 증가와 대형차 주차공간을 설치 의무화하여 지하주차장의 면적은 매년 증가되는 추세에 있다.

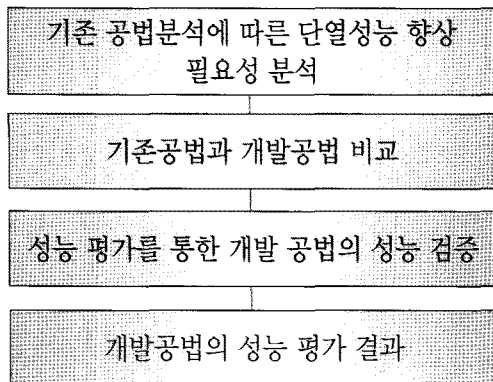
또한, 주동통합형 설계에 따라 지하주차장과

아파트 지하층이 서로 연결되어 지하공간의 면적이 확대되고 입주민의 통행이 증가함에 따라 쾌적한 환경이 요구되고 있다. 그러나 지하공간은 대부분 환기가 충분히 이루어지지 못하고 있으며, 단열 조치 또한 미비하기 때문에 결로가 발생하고, 이로 인한 마감재의 손상과 미관저해로 입주자의 불쾌감을 유발하고, 건강에 악영향을 미치고 있다. 이러한 점을 살펴볼 때 지하공간에서 결로의 원인을 제거할 수 있는 방지 대책을 건물 설계단계부터 강구하여 공사 초기부터 구조체의 온도 유지를 위해 외단열과 바깥방수를 강구해야 한다. 그리고 기존 공법으로 시공된 건물에서 결로가 발생하여 보수공사를 실

시할 경우 방수 공법을 대체할 수 있는 결로방지 공법이 요구된다. 이에 본 연구에서는 건물 지하 내부공간에서 결로를 발생시키는 요인들을 근본적으로 검토하여, 지하실 내부바닥 결로를 방지할 수 있는 공법을 개발하고, 개발된 공법에 대하여 결로방지 성능 평가를 실시하여 그 적용 타당성을 검증하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구 <그림 1> 에서와 같이 기존 공법의 결로 원인을 분석하여 이의 제거를 위해 지하실 내부공간을 구성하는 내부 슬래브와 내벽체를 바닥 슬래브에 직접 접촉하지 않고 격리시키고 그 위에 단열기능이 포함되는 바닥배수재를 통해 단열 효율을 높여주어 결로와 침투수의 발생을 저감시키고, 벽체단열판과 마감판재가 일체로 형성되는 벽체배수재를 통해 벽체에서 발생하는 결로와 침투수의 발생을 저감시켜 지중의 차가운 온도와 습기가 지하실 내부로 전달되는 경로를 차단시키는 원리를 이용하여 결로를 방지하고자 한다.



<그림 1> 연구의 방법

2. 기존연구의 고찰

2.1 지하실 기존 바닥방수 공법

기존의 지하실 방수공법을 살펴보면 지하실 구조체를 구성하는 바닥 슬래브의 상부에 바닥 방수층을 형성하고 그 방수층 위에 THK30 배수관을 설치하고 내부 슬래브 형성 시 #8-150*150 와이어매쉬를 설치한 후 마감하고 외벽체의 내측면에는 벽 방수층을 형성하며 그 내측에 약 100MM 공간을 두고 콘크리트블록(보호 벽체)를 내부 슬래브 직상부에 쌓게 된다. 이러한 배수관 공법으로 지하주차장 바닥을 시공할 경우 결로를 완전하게 방지하지 못하며 여러 가지 문제점을 발생시킨다.

(1) 표면 결로 발생

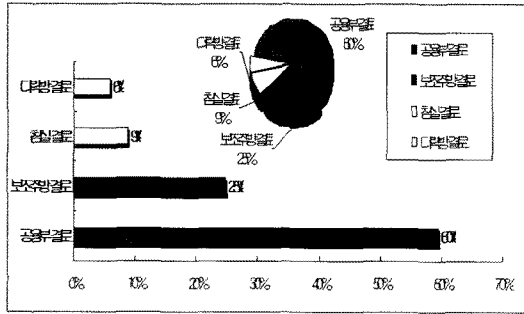
내부슬래브 직상부에 콘크리트블럭 쌓기 공법으로 시공할 경우 내벽체가 바닥방수층 및 내부 슬래브를 통하여 바닥슬래브와 직접적으로 접촉하도록 축조되기 때문에 바닥의 찬 온도가 차단되지 않으므로, 지중의 찬 온도가 그대로 전달되어 내부 슬래브와 외벽체 하부 표면온도가 지하실 온도보다 차게 되어 상당히 많은 표면결로가 발생한다.

(2) 누수발생

지하실 구조체인 바닥 슬래브와 외벽체에 건조수축에 의한 균열 발생 시 그 구조체에 형성되는 방수층에도 결함이 발생되고, 모세관 현상으로 내부 슬래브 표면으로 침투한다. 즉 기존 공법은 방수층에 문제가 발생하는 경우 지하실 바닥을 완전하게 물의 침투를 방지할 수 없게 된다.

2.2 부위별 결로 발생 현황

결로 발생 부위별 처리비용을 보면 그림2.에서 보듯이 공용부결로가 60%이상으로 큰 비중을 차지하였다.



〈그림 2〉 결로 발생 부위별 분포현황

2.3 기존공법의 문제점

기존 배수판공법은 단열기능이 없어 지중의 차가운 온도와 지하실 내부의 따뜻한 공기의 온도차에 의해 바닥표면에 결로가 발생되고 지하 이중벽은 단순히 결로나 침투수의 배수를 위한 구조로서 결로나 침투수의 발생을 저감시켜주는 못하는 문제점이 있으며 롤형 배수판은 제품자체의 코어부분이 협소하여 골재에 의해 코어부분이 막히면 그 부위에 콘크리트가 충전되지 못하여 콘크리트와 접합성이 떨어지는 문제점이 있다. 〈그림 3〉은 배수판 시공시 문제점을 보여준다.

배수판하부 Conc 유입	압송력 과다 탈락	결합테이프 탈락

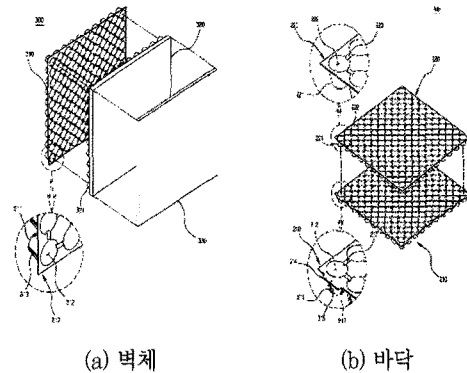
〈그림 3〉 배수판 시공시 문제점

3. 구조체의 열적특성을 고려한 결로방지

3.1 열적특성을 고려한 구성자재 설계

단열기능이 포함되는 벽체배수재와 바닥배수재를 통해 벽체 및 바닥면에 결로 현상을 저감시켜주고, 벽체배수재와 바닥배수재가 연결되도록 설치하여 결로나 침투수의 배수가 용이하게 이루어지도록 하였다.

〈그림 4〉 (a) 벽체배수재(300)는 내부에 공간부(312)가 구비되는 다수의 지지기둥(311)이 일측으로 돌출 형성되고 상기 지지기둥(311)이 벽체(110)에 부착되도록 설치되어 배수층을 형성하는 벽체

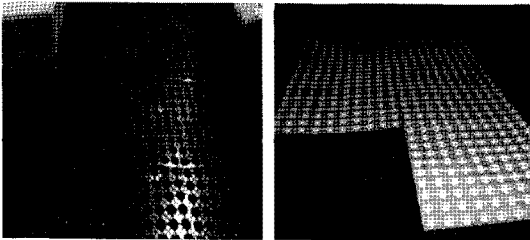


〈그림 4〉 분리사시도

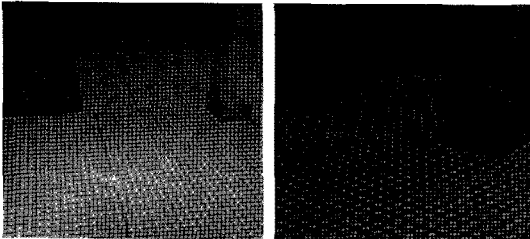
배수판(310)과, 지지기둥(311)에 삽입되는 끼움기둥(221)이 형성되어 있는 벽체단열판(320)과 일체로 부착되어 내벽을 마감해주는 마감판재(330)로 구성된다. 〈그림 4〉 (b)의 바닥배수판(210)은 얇은 합성수지 판으로써 유연성이 있어 바닥면의 마감레벨에 굴곡이 있다 하더라도 들뜨지 않고 바닥면에 부착되어 시공됨으로써 하자 발생률이 적다.

시공순서는 〈그림 5〉와 같으며 한쪽 벽체 끝

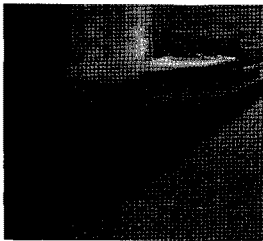
부분부터 붙여서 설치한다. 이때 구멍이 없는 부분을 벽쪽을 향해 설치한다. 기둥이나 벽부위에 설치 시 공간이 생길 경우 규격에 맞게 재단한다.



(a) 하부면배수판설치 (b) 상부면단열재설치



(c) 상하부 조립 (d) 조립 완료



(e) 마감 C'onc 타설

〈그림 5〉 단열배수판 시공순서

3.2 기존공법과 개발공법 비교

지하실의 다습한 내부 환경을 개선하기 위해 바닥배수판 공법과 환기설비를 시공하고 있으나, 기존 배수판 공법은 공기층을 통한 지중 온도의 전달을 차단하기 어려워 표면결로 하자발생으로 인해 〈표 1〉에서와 같이 보수비용이 많이 투입되었다.

구분	지역	하자보수비용				
		울산	전주	광주	용인	계
보수면적(m ²)		16,132	20,595	34,250	17,194	121,229
보수비용(천원)		80,111	187,948	113,729	104,226	639,309
금액(원/m ²)		4,966	9,126	3,321	6,062	5,274

〈표 1〉 면적별 하자보수 소요금액

개발공법은 기존공법과 비교하여 시공성, 공기측면에서 우수하며 결로 발생이 현저히 저감되어 쾌적한 실내공기를 유지하며 초기 투입비 대비 관리적인 면에서 많은 비용 절감을 확인할 수 있다. 〈표 2〉는 각각의 공법별 투입금액을 나타낸다.

항목	단위	액체방수		배수판(45T)		단열배수판(45T)	
		수량	금액	수량	금액	수량	금액
액체방수 2차	m ²	1	3,200	-	-	-	-
시멘트 포		0.02	1,233	-	-	-	-
모래	m ³	0.336	250	-	-	-	-
배수판	m ²	-	-	1	3,000	1	2,800
단열재	m ²	-	-	-	-	1	2,000
배수판 시공비	m ²	-	-	1	1,100	1	1,000
합계			4,683		4,100		5,800

〈표 2〉 공법별 투입금액

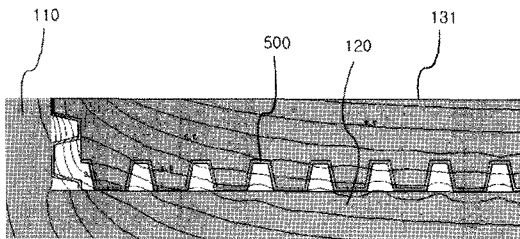
4. 성능평가를 통한 개발 공법의 검증

4.1 온도변화 열영상도

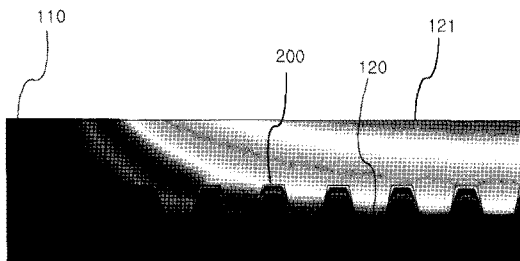
〈그림 6〉 기존 공법과 〈그림 7〉 개발 공법의 등고선도와 열영상도에서 공법상 가장 큰 차이를 나타내는 부분은 단열재 추가설치 조건에 따라 구조체 내부에 형성되는 공간층 부분이다. 따라서 이 부분을 중심으로 구조체 내부온도를

비교해 보면, 개발 공법은 마감콘크리트와 단열재 사이의 경계면 온도가 12.3℃, 배수판과 단열재사이의 경계면 온도가 7.3℃로 단열재에 의해 형성되는 공간층 부분에서 약 5℃의 온도 차이를 보이고 있다. 반면에 기존 공법은 해당위치인 마감콘크리트와 배수판 사이의 경계면 온도가 6.4℃를 유지하고 있다.

즉, 개발 공법은 구조체의 열적특성 향상으로 마감콘크리트와 단열재가 면하는 부분은 높은 온도를 나타내지만 배수판 하부의 바닥콘크리트 표면은 낮은 온도를 유지하게 되어 하부 바닥 콘크리트층을 중심으로 내부결로가 형성된다. 이와 같이 형성된 내부결로량이 점차 증가하여 축적수 형태로 존재하게 되면 상부 마감콘크리트층보다는 하부 바닥콘크리트층에 보다 큰 영향을 미치게 되므로, 이 바닥콘크리트층에 형성된 결로수량이 비결로기간인 건조기간에 구조체 외부로 충분히 방출될 수 있는 수량인지를 검토해 볼 필요가 있다.



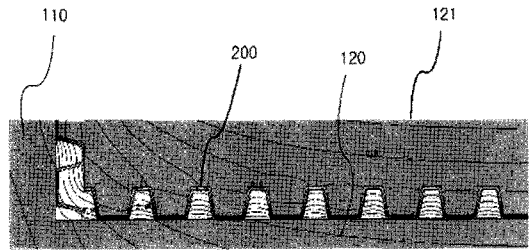
(a) 등고선도



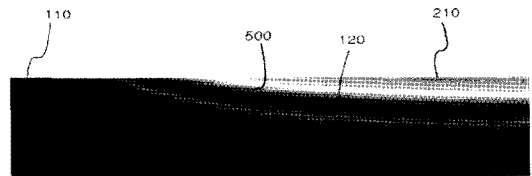
(b) 열영상도

〈그림 6〉 기존공법의 등고선도와 열영상도

결과적으로 개발 공법은 이와 같은 적은 열손실로 인해 실내온도를 일정하게 유지하기 위해 필요한 에너지 소모량이 적을 뿐만 아니라 구조체의 실내측 표면온도도 높게 유지시킴으로써 지하공간의 표면결로를 방지할 것으로 판단된다.



(a) 등고선도



(b) 열영상도

〈그림 7〉 개발공법의 등고선도와 열영상도

5. 결론

쾌적한 실내환경의 유지 및 관리를 위해 초기 설계단계에 구조체의 열적특성을 고려한 공법 적용으로 결로 현상을 사전에 방지하여야 한다. 이와 관련한 본 연구의 주요 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 지하공간의 결로방지를 위해 경제적이고도 합리적인 설계가 가능토록 내부 마감콘크리트슬래브 및 내벽체를 지중과 접하고 있는 바닥 슬래브 및 외벽체와 직접 접촉시키지 않도록 바닥 구조체에 열적특성을 고려한 단열배수판을 설치하고 공간층을 형성시킴으로써 지중의 냉

기와 물이 내부마감 슬래브와 내벽체에 전달되는 경로를 차단시켜 지하실의 결로 발생을 방지하는 공법을 제안하였다.

(2) 단열배수판(Multi Draining Board)을 이용한 지하공간의 바닥 및 벽체부위, 기둥부위, 트랜치부위, D.A, 집수정부위들에 대한 시공법을 설계하였다.

(3) 구조체의 열적특성을 고려한 시공법에 대한 결로성능 검토는 열관류량 측정 시험 및 열화상 측정을 통해 검증하였다. 분석 결과 표면결로의 경우 기존공법은 실내측 표면온도를 실내 공기의 노점온도인 9.27℃보다 낮은 6.4℃를 유지하게 되어 실내측 표면에 결로가 발생하는데 비해, 구조체의 단열성능을 향상시킨 단열배수판 시공표면은 실공기 노점온도보다 2.03℃ 정도 높게 유지되는 점에서 실내측 표면에 결로가 발생하지 않는 유리한 공법임을 확인하였다.

한편 벽체의 내벽면과 일정간격으로 이격되도록 지하이중벽을 설치하고, 바닥면에 배수로를 형성하여 벽체에 발생하는 결로나 침투수를 배수하는 지하이중벽은 단순히 결로나 침투수를 배수하기 위한 구조로서 결로나 침투수의 발생을 저감시켜주지는 못하는 문제점이 있다.

총래의 결점을 제거하기 위해 내부에 공간부가 구비되는 다수의 지지기둥이 형성되고 바닥면에 놓여 지도록 설치되어 배수층을 형성하는 바닥배수판과 단열기능이 포함되는 벽체배수재가 벽체와 바닥을 일체화하여 결로나 침투수의 배수가 용이하게 이루어지도록 복합적인 조건을 반영할 필요가 있다.

참고 문헌

1. 박지훈 (2000), 건물 지하층 결로방지를 위한 공법 개발과 성능평가에 관한 연구, 서울대 대학원 석사학위논문, pp.3-4, pp.41-57
2. 유영봉 (1988), 공동주택 결로방지를 위한 시공법 개선방안 연구, 연세대 산업대학원 석사학위논문
3. 이대규 (1986), 공동주택의 결로현상과 그 방지대책에 관한 연구, 한양대 산업대학원 석사학위논문
4. 윤성도 (2009), 여름철 지중공간의 표면결로 방지를 위한 외기이용 강제환기방법 연구, 한양대 대학원 박사학위논문
5. 최정민 (1995), 공동주택 열교부위의 결로방지를 위한 단열계획에 관한 연구, 서울대 대학원 박사학위논문
6. 최정민 (1988), 공동주택의 외벽 및 축벽의 결로방지에 관한 연구:외벽 및 축벽을 중심으로, 서울대 대학원 박사학위논문
7. 기상청 (1992), 한국누년기후극값
8. 건축기술정보 통권 54 (1993)
9. 건축기술지 (1986), 결로·곰팡이에 의한 피해(1)
10. 김광우 외 9인 (1993), 건축환경계획론, 태림문화사
11. 대한건축학회 (1995), 건축환경계획, 기문당
12. 도서출판 한미 (1992), 퍼스널 컴퓨터에 의한 공기조화계산법
13. 박병진 (1997), 건축환경공학, 기문당
14. 이경희 (1986), 건축환경계획, 문운당

(원고접수일 2011년 5월 27일(금))