

슬래브축열 공조시스템

■ 글 _ 정재훈 호서대학교 건축공학과

야간의 잉여전력으로 열을 저장해두었다 주간에 이용하는 축열공조에는 50여년에 걸친 긴 역사가 있었다. 이 방식이 가지는 효용에 일찍부터 눈뜬 선각자들의 노력에도 불구하고 당초 보급은 늦어져 그다지 진전이 없었다고 한다. 이러한 정세가 일변한 것은 전력공급에 병목현상이 생겨 부하평준화가 안정공급에 있어 필요불가결의 과제가 되었기 때문이다. 특히 공조는 피크성이 강한 수요이므로 공조용 전력을 야간으로 옮기는 작업의 이점이 큰 것은 당연하다.

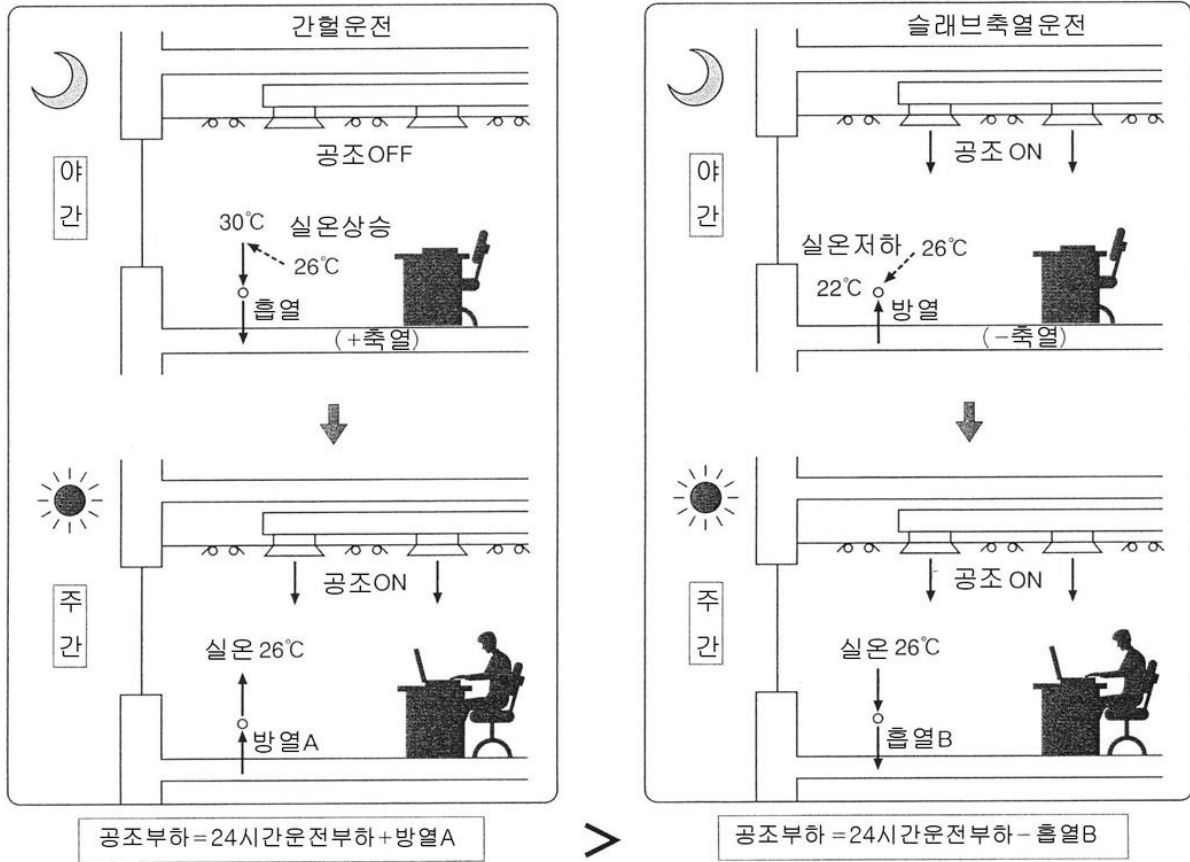
비수요시간대의 요금이 큰 폭으로 떨어짐으로써 수요자 측에서 보아도 야간의 전력을 어떻게 활용할까 하는 것은 매력적인 연구테마였다. 이리하여 축열공조가 관심을 불러 보급이 기도에 놓인 지 20년 가까이 되었다. 처음에는 물을 사용한 축열이 대부분이었으나, 축열조 용량의 제약으로 얼음을 만들어 저장하는 빙축열 방식이 도입되어 현재의 표준적인 축열방식이 되었다. 그러나 빙축열에도 비용상의 문제가 있어 전면적인 보급에 이르기까지는 아직 연구의 여지가 더 남아있는 듯하다.

한편, 교토의정서의 발효 등에 의해 지구환경에 대한 관심이 높아지게 되었다. 이 같은 배경 속에 건물 및 건축설비의 에너지절약 기술의 중요성이 대두되고, 특히 창 주변의 공조방식, 조광제어, 축열 공조시스템 등, 건물부하의 직접적인 저감과 전력부하 평준화에 의한 환경부하저감 및 운영비용의 저감을 목적으로 한 건물일체형 설비시스템을 적극적으로 도입하기에 이르렀다.

환경을 배려한 건축구조·설비시스템의 채택사례가 증가하며 건축물 종합환경성능 평가시스템과 성능검증 등 건물설비의 평가·검증 수법도 연구되어 건물에 적합한 운용면에서의 사고가 중요함이 인식되었다. 이와 같이 건축구조와 설비시스템의 양면에서 에너지절약성 및 환경성, 쾌적성, 편리성의 추구가 적극적으로 도입되는 가운데, 슬래브축열시스템은 건축구조와 공조설비가 균형 있게 융합됨으로써 초기비용의 삭감과 부하평준화에 의한 경제성 향상, 복사에 의한 실내환경의 향상 등의 효과를 기대할 수 있는 시스템으로 주목받고 있다.

1. 슬래브축열의 개요

축열식 공조시스템은 저렴한 야간전력 이용 및 설비용량의 경감에 의한 경제성뿐만 아니라 에너지절약, 환경보전, 전력부하 평준화라는 이점을 얻을 수 있는 대단히 유망한 시스템이다. 그러나 기존의 축열시스템은 축열조 구축에 의한 초기비용의 증대, 설치 장소의 확보 등, 시스템 도입에 있어 커다란 저해요인이 되는 요소를 포함하고 있다. 이러한 배경 가운데 도입에 있어 저해요인이 되는 문제를 줄이고 한층 더 축열시스템을 보급시키



[그림 1] 슬래브축열시스템의 개념도(냉방시: 실 전체를 축열체로 생각할 경우)

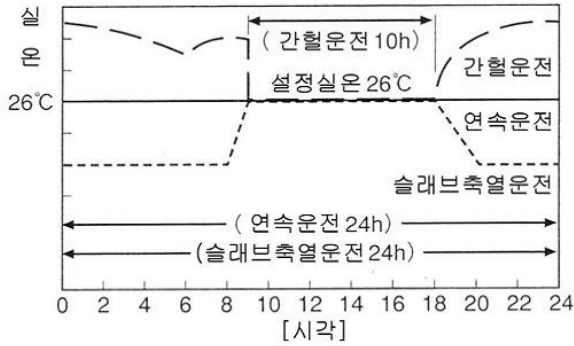
고차 축열식 공조시스템을 활용한 새로운 공조시스템과 응용시스템이 개발되고 있다. 그 기술의 하나가 슬래브축열 공조시스템이다[그림 1].

“슬래브축열”이란 건물의 콘크리트가 지니고 있는 열용량을 활용하여 콘크리트구조체, 특히 바닥슬래브를 축열체로 하는 축열방식을 말한다. 슬래브축열시스템의 일부하변동과 설정온도는 간헐운전이나 연속운전 등 다른 방식과 비교하여 일반적으로 다음과 같은 특징이 있다.

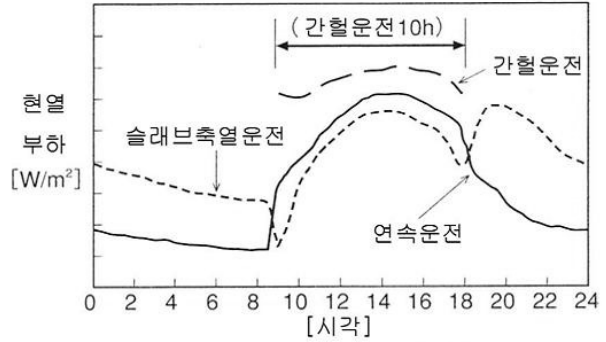
냉방시, 야간 등 실내 공조를 하지 않는 시간대에 냉풍을 콘크리트슬래브를 향하여 취출한다. 이때 슬래브온도가 실내공조시의 설정온도보다 낮아지도록 공조기의 설정온도를 낮춰 슬래브에 현열축열한다[그림 2]. 난방시에는 냉방시와 반대로 야간의 축열시에 공조시보다 높은 온도의 온풍을 취출하여 축열한다[그림 3].

냉방 슬래브축열의 경우는 야간 축열시에 공조기의 부하가 증대하나, 아침 공조시작 시각부터 주간의 공조운전 중 다른 운전방식에 비해 작은 부하로 운전한다[그림 2]. 난방에서도 축열로 인해 야간에 부하가 증가하나, 주간의 공조운전 중에는 다른 방식에 비해 작은 부하로 운전하게 된다[그림 3].

한편, 오후에 피크가 되는 냉방의 경우 열원용량은 연속운전냉방이 슬래브축열냉방보다 크나, 아침에 피크가 되는 난방의 경우의 열원용량은 연속난방보다 슬래브축열난방이 커지므로 슬래브축열의 의의는 옅어진다.

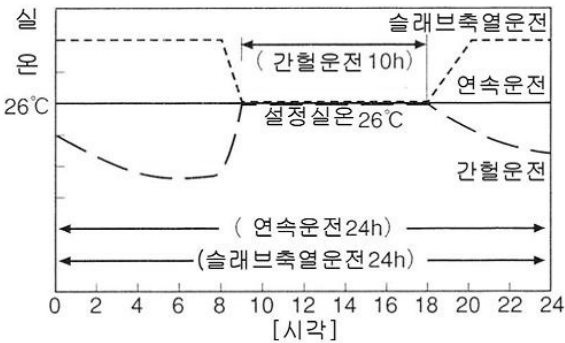


(a) 운전방식과 냉방시 설정실온

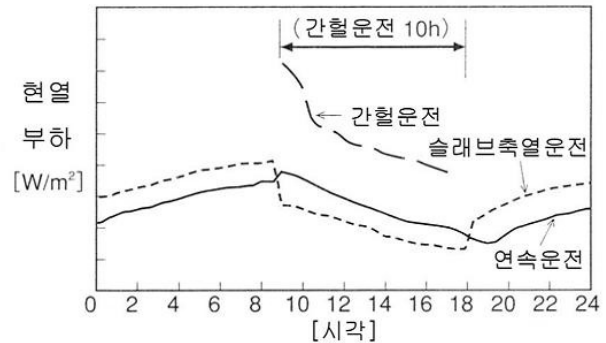


(b) 냉방시 일부하변동

[그림 2] 운전방식별 설정실온과 일부하변동(냉방시)



(a) 운전방식과 냉방시 설정실온



(b) 냉방시 일부하변동

[그림 3] 운전방식별 설정실온과 일부하변동(난방시)

2. 슬래브축열의 방식

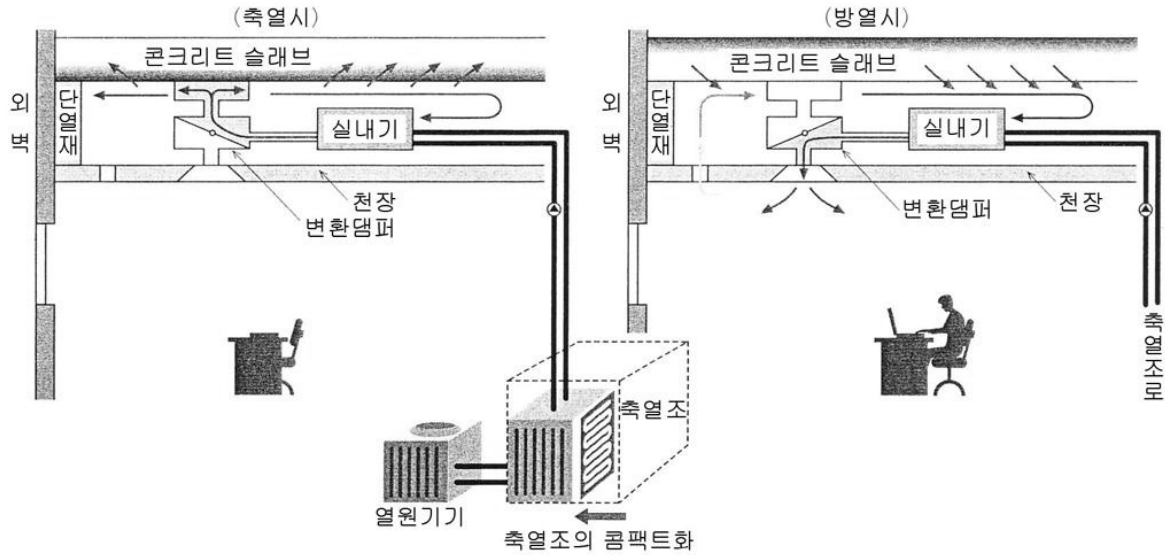
슬래브축열은 향 슬래브 공기취출방식, 슬래브 내 공기순환방식의 크게 두 종류로 분류할 수 있다.

2.1 향 슬래브 공기취출방식

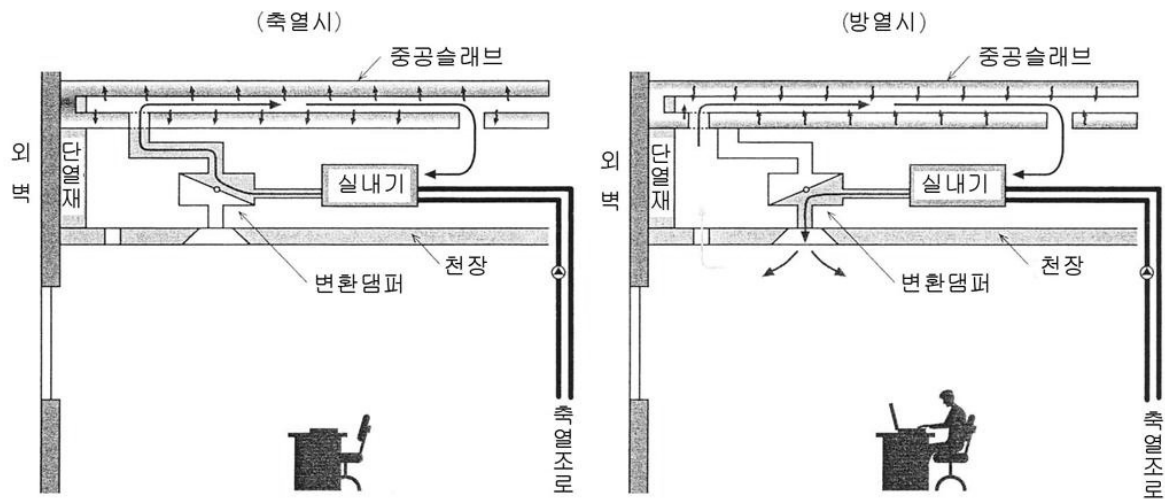
이 방식은 야간에 슬래브 하부에서 슬래브를 향해 냉온풍을 취출하여 콘크리트를 냉각 혹은 가온함으로써 바닥 콘크리트슬래브에 냉온열을 저장하는 방식으로, 주간의 공조시는 실로부터의 리턴공기를 슬래브면에 접촉시켜 예냉 혹은 예열시킴으로써 공조부하를 줄여 전체적으로 공조에 필요한 에너지를 야간으로 이동시키는 방식이다[그림 4].

2.2 슬래브 내 공기순환방식

이 방식은 바닥을 구성하는 부재로 주로 중공슬래브를 채택하고, 야간에 중공부에 냉온풍을 통과시켜 슬래브



[그림 4] 향 슬래브 공기취출방식



[그림 5] 슬래브 내 공기순환방식

내측에서부터 냉온열을 저장하는 방식으로, 주간 공조시는 실로부터의 리턴공기를 중공슬래브에 통과시켜 예냉, 혹은 예열시킴으로써 공조부하를 줄이고 전체적으로 공조에 필요한 에너지를 야간으로 이동시키는 방식이다[그림 5].

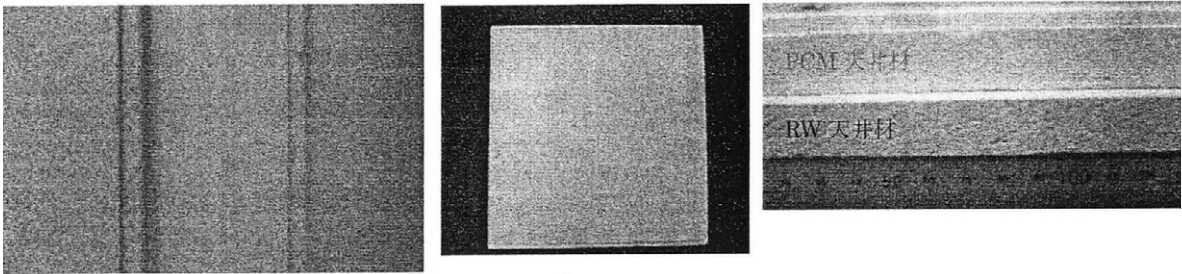
3. 슬래브축열의 응용

슬래브축열은 축열체로서 천장 내 혹은 바닥 하부의 보, 슬래브 등 콘크리트를 이용하는 방식이나, 콘크리트를 대신하여 PCM이라는 잠열축열재를 이용하는 응용방식도 있다.

PCM이란 상변화물질(Phase Change Material)의 약어로, 특히 공조용으로 축열조를 이용하는 경우에는 냉방에서는 0~10℃ 근처에서 고체에서 액체로, 난방에서는 40~50℃ 근처에서 액체에서 고체로 상변화하는 물질을 잠열축열재로 사용한다. 클라드레이트나 공정(共晶)도 외관상으로는 PCM에 포함된다.

작금, 천장재에 PCM을 침투시킨다든지 혹은 바닥 하부에 PCM을 채우는 등의 방법으로 실내표면재의 열용량을 크게 하고 그곳에 공기를 통과시켜 축방열하는 슬래브축열 응용 방식이 연구되고 있다[그림 6, 그림 7]. 콘크리트 슬래브에 의한 현열축열보다도 축열량이 증가할 것이므로 장래 크게 기대되는 시스템이다. 또한, 이 경우 축열조를 이용하지 않으므로 상변화온도는 설정실온±2℃ 정도이다.

■ PCM 천장재



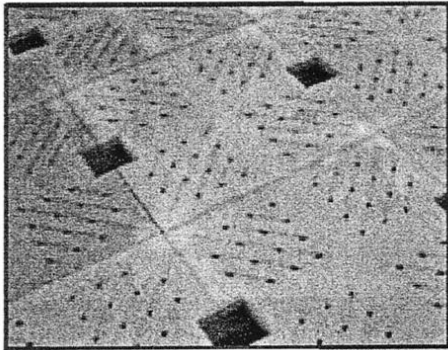
▶ 사진 좌로부터, · 입상(粒狀) PCM 사용 천장재 · 박편(flake)상 PCM 사용 천장재 · RW(rock wool)천장재

■ PCM 천장재 개요(축열재 혼입량 3.0kg/m³를 확보)

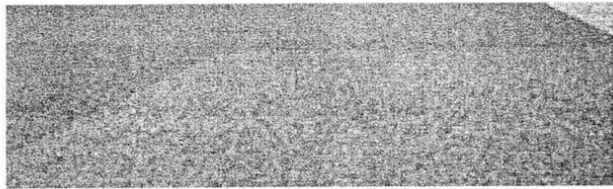
두께[mm]	20	밀도[kg/m ³]	400
크기[mm]	400×400	축열재[kg/매]	10.5
평균중량[g]	1.180	채취율[%]	91
		제작매수	100

[그림 6] PCM 천장재의 예

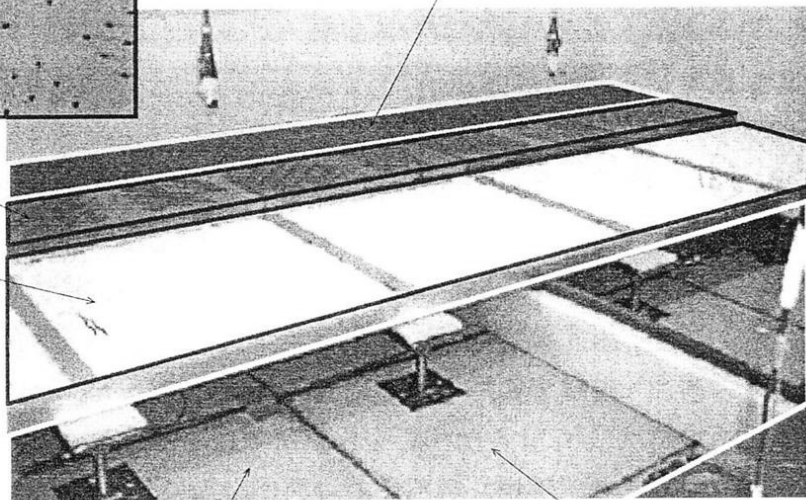
OA바닥보드



카펫트



PCM충진층



콘크리트 슬래브

바닥밑 공간

[그림 7] PCM 바닥재의 예

공조시스템 뿐만 아니라 작금의 기술개발은 에너지절약상 이점이나 환경배려사고를 중시하는 경향이 크다. 슬래브축열기술도 기본적으로는 그러하다. 단, 슬래브축열 공조방식은 종래의 대류열전달에 의한 냉난방과 달리 복사공조가 가능한 기술이므로 정음성 향상, 높은 쾌적성이 실현가능한 기술로서도 기대가 크다. 건물의 단열과 구조, 슬래브재질을 생각하고 건축과 공조설비의 균형 잡힌 융합에 의해 쾌적성과 시스템 제어성 등이 최고레벨로 실현가능한 궁극적 공조시스템으로 진화할 가능성을 지니고 있다.

단, 슬래브축열시스템에서는 공조운전시 방열량을 조절할 수 없기 때문에 기초부하의 처리에 적합하며, 방열량의 제어가 가능한 빙축열 등 별도의 방식과 병용하여 부하변동에 추종하는 시스템을 구축할 필요가 있다. 또한, 외부로의 열손실 및 에너지소비량, 운영비용 등을 고려한 최적상태의 운용에 대한 검토가 필요하다.

참고문헌

- 軀體蓄熱, 松尾 陽 감수 (財)히트펌프·축열센터軀體蓄熱연구회출판WG 저, Ohmsha, 2007