

구체축열(軀體蓄熱)기술과 빙축열식 공조시스템

출전 : 省エネルギー - Vol.53 No.7 2001년 6월호 pp.23-29
 저자 : 高橋 淳一(大成建設(株)設計本部設備高橋그룹)

장문석

서론

전력을 안정되게 공급하고 저렴한 전력비용을 실현 하는 데는 전력부하의 평준화가 필요하고 또한 수요측 면에서의 대응이 요구된다. 특히 민생용 수요대책의 중심으로서 축열식 공조시스템의 보급증대를 외치고 있다. 축열기술은 자원절약의 효과와 고효율운전에 의한 에너지절약 효과 그리고 CO₂ 삭감에 의한 환경 보전효과뿐만 아니라 전력요금의 할인과 세금의 우 대제도를 통하여 사용자들에게는 경제적인 효과가 있 다. 기존의 축열시스템은 수축열을 비롯하여 빙축열, 잠열축열시스템 등으로 현재 광범위하게 채택되고 있 지만 한층 더 축열시스템의 보급을 도모하기 위해서 는 초기 비용이 싸면서 축열조의 설치 스페이스가 적 고 축열효율이 좋은 방식을 개발하는 것이 요구되고 있다. 따라서 요 몇 년간 야간에 건물의 콘크리트 구 체에 직접 열을 축적하고 주간에 이용하는 구체 축열 공조시스템의 개발이 활발히 진행되어지고 있다. 이 는 축열공조와 건축구조 쌍방의 기술을 최상으로 조 합하여 단순하면서 동시에 유지관리가 자유로운 공조 시스템으로서 내구성이 우수하고 설치스페이스를 차 지하지 않는 방식이다. 1997년부터 히트펌프·축열 센터내에 구체축열기술조사위원회가 설치되어 각사 에서 제안된 구체축열시스템의 성능을 평가하고 있 다. 이 위원회의 활동으로부터 구체축열시스템의 표 준사양과 업무용 전력요금의 적용조건등이 확립되었 다. 여기에서는 구체축열시스템의 개요와 빙축열시스 템과 병용하는 경우의 효과에 대하여 소개한다.

구체축열기술의 개요와 특징

구체축열 공조시스템은 종래의 시스템(수축열·빙 축열)을 보완하는 방식으로 개발되었다.

시스템의 개요

구체축열로 이용하는 건물부위는 건물의 바닥, 기 동, 천장판넬, 천장내공간, 이중바닥판넬, 이중바닥공 간을 대상으로 하고 후술하는 구체축열의 각종 효율 은 이 대상범위에 축적한 열을 토대로 계산한다. 구체 축열 공조시스템은 앞에서 설명한 부분으로 야간에 냉풍 또는 온풍을 불어넣어 바닥내부로 통과시켜 구 체를 실내설정온도보다 차게하거나 따뜻하게 하여 주 간의 공조 시간대에 공조공기를 그 구체와 접촉시켜 열을 회수하므로써 주간의 공조기부하를 삭감하는 시 스템이다.

시스템의 분류

이러한 공기에 의한 구체 축열방식에는 여러 종류 가 제안되어 있지만 이것들을 분류하여 보면 아래와 같다.

- 공기로부터의 열전달 방식에 의한 분류
 - 공기토출방식 (천정내 토출)
 - 수직토출 방사상방식
 - 수평토출 방사상방식
 - 수평토출 일방향방식
- 공기토출방식 (이중바닥내 흡입)
 - 수평토출 방사상방식
- 슬라브내 공기순환방식
 - 중공슬라브방식

장문석 한국에너지기술연구원 (msjang@kier.re.kr)

- 기본 공조방식에 의한 분류
 - 천장취출/ 천장흡입 방식
 - 바닥취출/ 천장흡입 방식
 - 상기의 복합방식
- 방열방식에 의한 분류
 - 리턴공기에 방열
 - 공급공기에 방열

기대되는 효과

이 시스템으로 기대되는 효과는 일반적으로 아래와 같다고 말할 수 있다.

- 초기 코스트의 삭감에 도움이 되는 효과
 - 수 · 빙축열조의 용량을 최대 50% 정도 축소가능
 - 공조 2차측 설비를 사용하여 축열하므로 설비용량을 20~30% 삭감가능
 - 축열량의 확대에 의한 건물의 전기설비용량을 5~10% 삭감가능
- 런닝코스트의 삭감에 도움이 되는 효과
 - 축열량의 확대가 가능하기 때문에 전기의 기본요금을 5~10% 삭감 및 야간전력활용에 따른 종량요금을 10~20% 삭감가능
 - 2차측 기기를 이용하여 축열하기 때문에 축열부위부터 실내로의 열반송 비용이 5~10% 경감됨
 - 축열조의 용량을 50% 정도 축소가능하기 때문에 용수비 반감가능
- 기타의 효과
 - 축열조의 용량 축소가 가능하기 때문에 설치스페이스 삭감가능
 - 방사냉방의 효과가 기대되기 때문에 설치스페이스 삭감가능
 - 잔업시간등의 비공조시간대에도 어느 정도 공조효과가 기대됨
 - 기타 축열시스템과 비교하여 구조가 단순하고 가격이 저렴

적용상의 유의점

본 방식을 계획 · 적용하는 경우의 유의점을 다음에 열거하였다.

- 구체축열범위의 단열성능을 좋게할 것
- 건물의 최상층과 최하층, 출입구홀등에 채용하기에는 적합하지 않음
- 24시간 공조와 간헐공조를 하는 조운에는 적합하지 않음
- 냉난방 부하가 동시에 발생하는 조운에는 사용하지 않음
- 방열량 및 방열온도 진행과정
 - 중간기, 난방기에는 과잉축열이 되지 않도록 한다
 - 주간의 공조시간대에는 구체축열을 베이스 운전으로 하여 하루에 전부 방열을 완료하도록 한다.
- 결로 방지를 고려하여 냉방축열시의 취출온도를 결정
- 주초인 월요일에는 구체축열량이 감소하므로 축열시간과 취출온도를 조절할 필요가 있음
- 축열시 회수는 공조의 리턴측에서 하는 것이 효율이 좋음.

구체축열식 공조시스템의 특성

당사 시스템의 개요

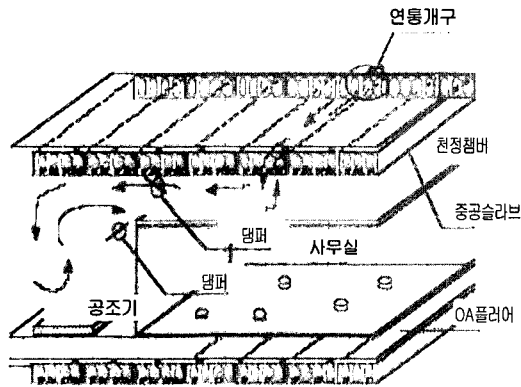
구체축열시스템은 중공 슬라브를 이용하는 PART I 시스템과 평판슬라브를 이용하는 PART II 시스템의 2종류가 있다.

PART I 시스템은 종래부터 있는 건축구조방식의 중공슬라브 공법과 바닥취출 공조방식을 조합하여 콘크리트구체에 열을 저장하는 방식이다. 콘크리트구체로의 축열에는 범용형 공조기를 이용하여 공조공기를 열매체로 축열을 하는 방식으로서 축열체 그 자체가 공조공간에 접해 있는 것으로 중공층내로 공기가 통과하기 때문에 축열손실이 적고 축열량이 큰 시스템으로 된다. PART II 시스템은 보다 저비용을 목표로 개발된 시스템으로 복합기둥구조방식의 복합 RC공법(CS 빔공법)과 천장은폐형 공조방식의 조합으로 평활한 콘크리트 바닥밀면에 코안다효과를 이용하여 수평으로 기류를 토출하는 것에 의해 열을 저장하는 방식이다.

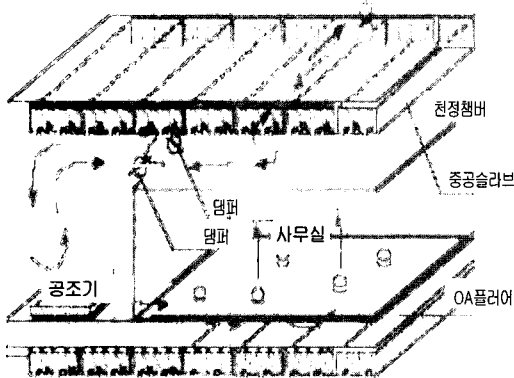
PART / 시스템의 구성과 특징

• 시스템의 구성

당 시스템은 중공슬라브, OA 플로아, 바닥취출 공조기, 덕트 및 댐퍼로 시스템이 구성되어 있다. 야간 축열시의 송풍 방향이 그림 1에 나타나 있다. 댐퍼는 서플라이를 중공 슬라브측으로 리턴을 천장챔버측으로 바꿔놓았다. 공조공기는 중공슬라브로 송풍되어 연통개구를 통해서 인접한 중공부분으로 이동하고, U턴하여 슬라브 하면의 개구에 의하여 천장내로 이동한다. 이 개방된 공조공기는 천장챔버를 통해서 공조기로 되돌아 간다. 공조공기는 중공부분을 통과할 때와 구체와 열을 교환하여 구체축열이 이루어진



[그림 1] 야간 축열시 송풍방향

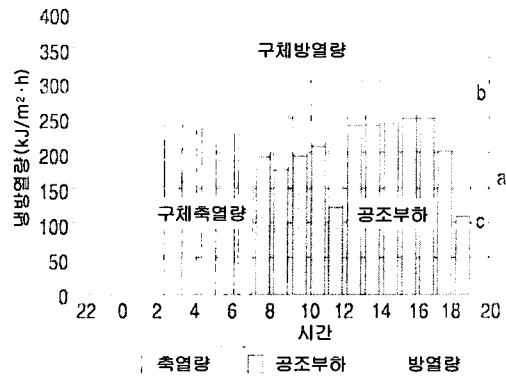


[그림 2] 주간 방열시 송풍방향

다. 주간방열시의 송풍 방향은 그림 2와 같다. 댐퍼는 서플라이를 OA 플로아측으로 리턴을 중공 슬라브측으로 바꿔놓았다. 공조공기는 바닥취출챔버(OA 플로아)내로 송풍된다. 바닥으로부터 취출되는 공조공기는 실내를 공조하고 천장면의 흡입구에 의하여 천장 챔버내로 이동된다. 천장내로 흡입된 공기는 야간축열시와는 역으로 중공 슬라브하면의 개구부에 의하여 흡입된다. 따라서 연통개구를 통과하여 인접한 중공부분으로 이동하고 리턴덕트를 통과하여 공조기로 되 돌아온다. 리턴공기는 천장챔버내에 슬라브 하면을 통과할 때와 중공부분을 통과할 때에 구체에 축열된 열을 얻기 때문에 공조부하는 저감된다.

• 축열, 방열특성

실제 실험동에서의 실측결과는 그림 3, 표 1, 표 2와 같다.



[그림 3] 5시간 축열의 경우 축열방열 특성

<표 1> 축열방열 열특성(열량)

항목	5시간 축열
1일 공조기 부하	3,740 (kJ/m ²)
투입열량	1,250 (kJ/m ²)
구체 축열량	1,210 (kJ/m ²)
구체 방열량	1,140 (kJ/m ²)
축열시의 열손실	18%

PART II 시스템의 구성과 특징

• 시스템의 구성

당 시스템은 小梁이 없는 평판슬라브, 야간 취출구, 댐퍼 및 천장은폐형 공조기로 구성된다. 야간축열시의 송풍 방향은 그림 4와 같다. 야간은 모타 댐퍼 A를 열고 동시에 B를 닫아서 슬라브 하부를 향해서 측면으로부터 공조공기를 불어넣는다. 냉기는 코안다효과에 의하여 슬라브하면을 균일하게 접촉하면서 유동하여 슬라브(콘크리트 구체)에 축열된다. 축열이 끝난 리턴공기는 천장내에서 공조기로 돌아간다. 주간 방열시의 송풍 방향은 그림 5와 같다. 주간은 야간과 반대로 모타댐퍼 B를 열고 동시에 A를 닫아서 천장 취출구로부터 사무실내를 공조한다. 사무실내의 공기 일부는 페리메타 에어베리어팬으로 일부는 창측 천정 흡입구에 의하여 천장내로 들어간다. 이때 스투브에 축열된 냉기를 회수하면서 공조기로 돌아간다. 이와 같은 열회수에 의하여 공조기부하를 저감시키고 주간의 냉열 소비전력량을 삭감한다.

〈표 2〉 축열특성(효율)

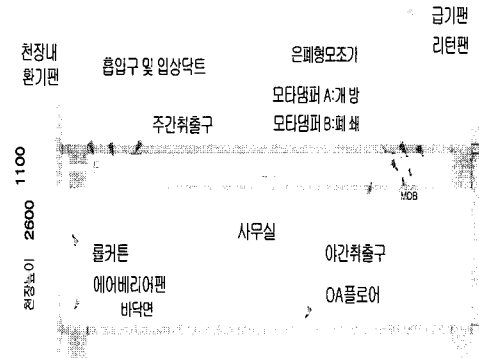
항목	5시간 축열
축열투입열량비율	97%
방열투입열량비율	91%
축열시 투입열량에 대한 외벽으로부터의 열손실	1%
피크커트를 b/a	28%
야간이행율	38%
일일 공조기부하 증가율	3%

〈표 3〉 축열성능 (효율) (PART II)

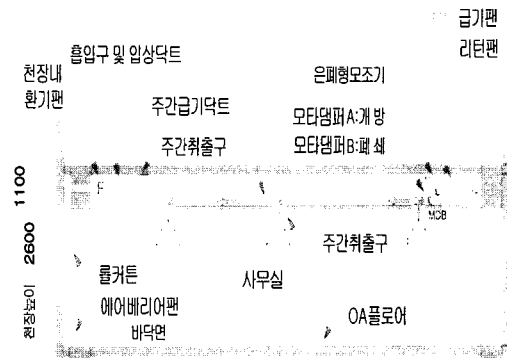
축열량	일일적산 : 1,087.2 kJ/m ² 시간평균 217.4 kJ/m ² (5시간)
방열량	일일적산 : 486.0 kJ/m ² 시간평균 : 48.6 kJ/m ²
방열투입열량비율	71.3%
축열시 투입열량에 대한 외벽으로부터의 열손실	3.3%
피크커트	22.0%
야간이행율	30.0%

• 축열방열특성

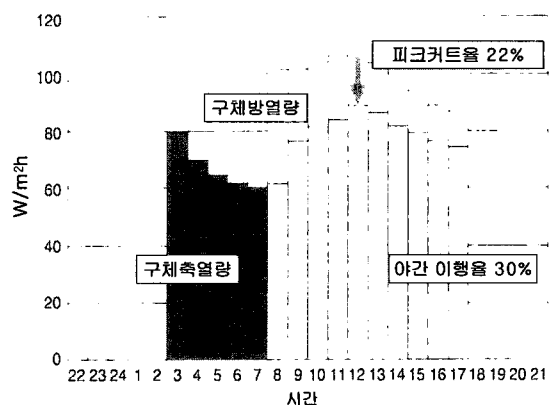
야간취출 온도 15℃로 구체축열을 5시간 한 경우의 시뮬레이션 결과를 그림 6, 표 3에 나타냈다.



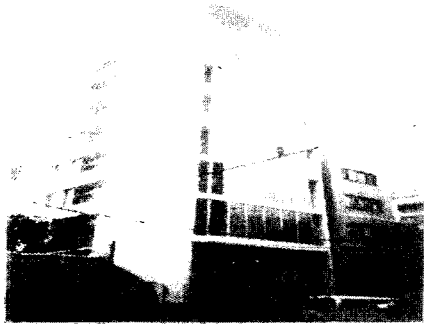
〔그림 4〕 야간 축열시 송풍방향



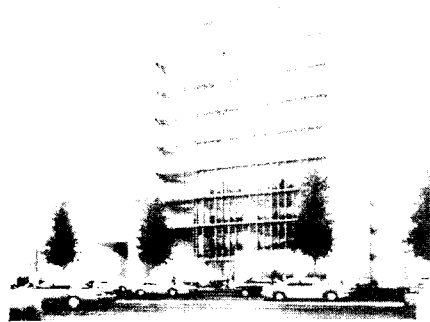
〔그림 5〕 주간 방열시 송풍방향



〔그림 6〕 구체축열 5시간 축열시 축열방열 특성(PART II)



[그림 7] PART I 上杉빌딩(台東區 1999년 11월 준공)



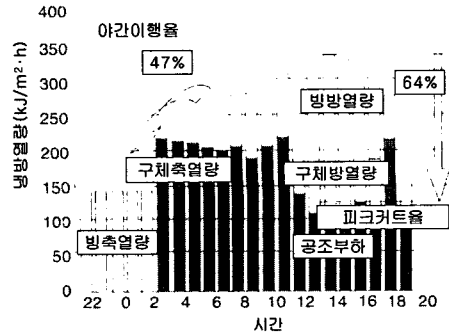
[그림 8] PART II 神泉町빌딩(澁谷區 2001년 9월 준공예정)

실시에

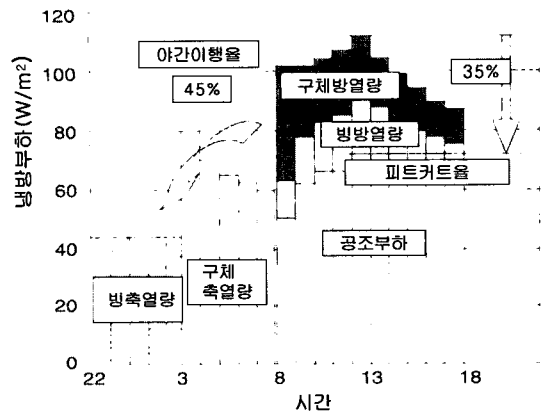
실시예를 그림 7, 8에 나타냈다. 여기서 축열투입열량비율은 구체축열 해당일의 구체축열량을 해당일의 투입열량으로 나눈 비율(%)이고, 방열투입열량비율은 구체축열 해당일의 구체축열량을 해당일의 투입열량으로 나눈 비율(%)로 구체축열의 효율을 나타내는 지표로서 앞서 소개한 위원회에서 정의하였다.

빙축열식 공조시스템과의 비교와 병용시 잇점

구체축열의 단독이용만으로도 그런대로 축열량을 확보하는 것이 가능하지만 기존의 수축열, 빙축열과 병용하는 것으로부터 보다 한층 전력평준화와 런닝코스트의 저감을 도모하는 것이 가능하다. 구체축열시스템은 지금까지의 실적을 통하여 구체로부터의 취출열량을 갑자기 증가시키거나 그 양을 조정하는 것이



[그림 9] 빙축열5시간+구체축열5시간인 경우 축열방열 특성 실험 결과 (PART I)



[그림 10] 빙축열·구체축열 병용시의 축열방열 특성 (PART II)

어렵고 이 취출온도를 컨트롤하는 것도 어려운 면이 있지만 야간에 5시간의 축열에 의하여 주간에 12시간 정도의 공조시간이 되면서 거의 안정적으로 일정한 열을 취출시키는 것을 알았다. 이에 대하여 빙축열에서는 단시간에 방열을 하는 것이 가능하다. 따라서 이들을 병용하여 각각의 특징을 살려서 실내공조후의 리턴공기로 구체축열에 의하여 열회수를 하여 주간에 공조기 부하를 저감시키고 그 후 공조기의 출력조정은 열출력의 제어가 쉬운 수축열 빙축열을 이용하여 주간에 전력사용량을 더욱 삭감하는 것이 가능하다. 중공슬라브를 이용하는 PART I 방식의 구체축열방식과 패키지형 빙축열방식을 병용하는 방식을 그림 9에 나타냈다. 업무용 축열시간대의 오후 10시부터 최

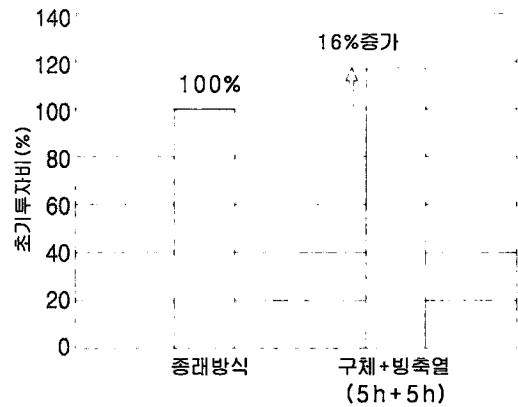
<표 4> 축열방열량 집계 (PART I)

		구체축열 5시간+빙축열 5시간
축열량	일적산	1,744kJ/m ² ·d (구체 1,042+빙축열 702)
	시간평균	구체 209kJ/m ² ·h +빙축열 140kJ/m ² ·h
방열량	일적산	1,637kJ/m ² ·d(구체 970+빙축열 667)
	시간평균	구체 79kJ/m ² ·h+빙축열 140kJ/m ² ·h
피크커트율		64%
야간이행율		47%
방열투입열량비율		91%
축열시 열손실		1%

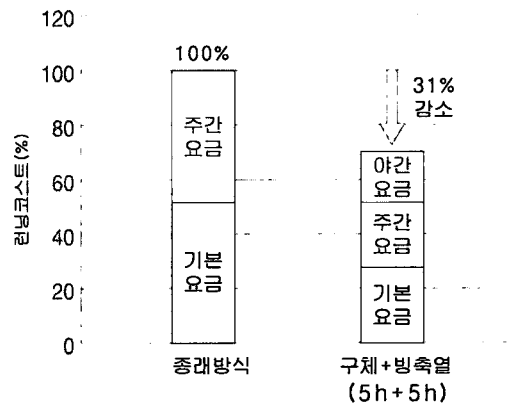
초의 5시간은 빙축열을 하고 나머지 5시간은 같은 기기를 사용하여 얼음은 사용하지 않고 주간까지 온도 보존하여 구체축열을 한다. 주간의 공조시는 구체축열은 베이스 운전으로 하고 빙축열은 피크 조정시간대를 중심으로 집중적으로 사용하므로써 공조부하의 피크커트율은 64%로 되고 야간이행율은 47%로 된다(표 4 참조). 코안다효를 이용하는 PARTII의 방법도 빙축열 패키지와의 병용에 의하여 그림 10에 나타난 것처럼 피크커트율 35%, 야간이행율 45%로 된다. 본 방식에서 경제효과를 계산한다면 구체축열과 빙축열을 병용하는 것으로부터 초기 코스트는 공조설비에서 16% 증가가 있지만(건물 전체로서는 약 1.6%의 증가) 런닝코스트가 구체축열에는 공제율을 30%로 본다해도 종래 방식에 비해서 31% 저감되기 때문에 단순회수기간이 4.2년으로 된다(그림11~13 참조).

금후의 과제

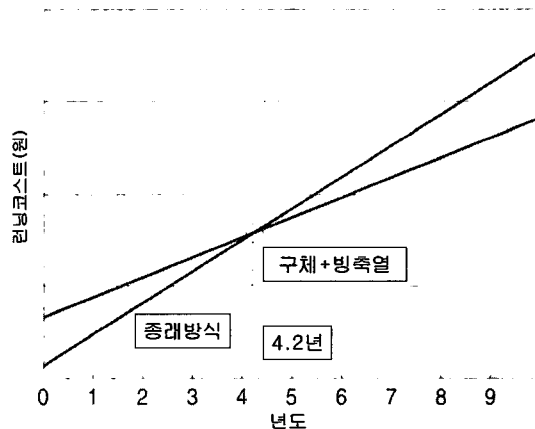
새로운 축열방식으로서 콘크리트 축열공조 건물시스템은 실험과 시뮬레이션 프로그램에 의한 해석, 적용건물의 준공 후 실측 데이터등의 활용을 통하여 시스템의 표준사양을 확립하였다. 축열조의 설치스페이스가 작고 충분한 용량의 수축열과 빙축열이 설치되지 않은 건물에서도 구체축열시스템은 축열량을 크게 하는 공조가 가능하고 공조의 런닝코스트 저감과 전력부하의 평준화에 크게 공헌하는 시스템이다. 그러나 두말할 나위도 없이 본방식의 보급을 도모하는데는 보다 저렴한 제품을 생산하기 위한 연구를 할 필요



[그림 11] 초기코스트 비교 (PART II)



[그림 12] 런닝코스트 비교 (PART II)



[그림 13] 런닝코스트 비교 (PART II)

가 있다. 예를 들면 빙축열 패키지방식과의 병용에는 빙축열조 크기를 현재의 1/2로 하는 표준품을 작성하는거라든가 댐퍼 변환 및 야간의 취출온도 일정제어를 표준으로하는 빙축열 패키지의 범용품들이 많은 메이커들로부터 생산, 판매되어야 할 필요가 있다. 현

재 구체축열에 업무축열요금을 적용하는데는 각 전력 회사와의 개별 절충이 필요로 하지만 빠른 시일내에 수축열이나 빙축열과 같이 취급하도록 하는 것이 요구된다. (8)