

# 온돌난방 시스템의 구성과 요소기술

온돌난방 시스템의 구성요소에 대한 전반적인 내용과 함께, 온돌난방 시스템의 설계, 시공, 유지 관리 단계에서 고려해야 할 요소기술에 대해 설명하고자 한다.

김 광 우

서울대학교 건축학과(snukkw@snu.ac.kr)

이 규 남

서울대학교 대학원 건축학과(herrdew@cricmail.net)

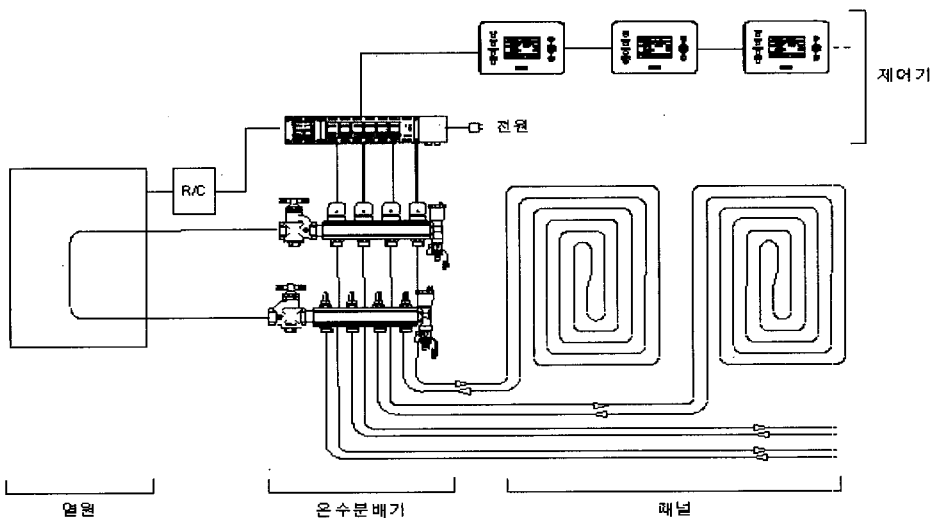
## 머리말

주거건물에서 거주자의 생활수준 향상에 따라 쾌적한 실내 열환경에 대한 요구도 점차 높아지고 있다. 온돌난방 방식은 국내 주거건물에 보편적으로 적용되는 난방방식임에도 불구하고, 온돌난방을 구성하는 요소들의 성능 개선 및 이러한 요소들이 통합된 시스템에 대한 연구 개발은 그만큼 충분하지 못하여 거주자들의 다양한 요구를 만족시키지 못하

고 있다. 이에 본고에서는 현재 온돌난방 시스템의 설계과정에서부터 시공, 커미셔닝, 유지관리 단계에서 발견되는 문제점들에 대해 고찰하고, 이를 해결하기 위해 고려해야 할 요소기술에 관하여 논하고자 한다.

## 온돌난방 시스템의 구성

온돌난방 시스템은 그림 1에서 보는 바와 같이 난



[그림 1] 온돌난방 시스템의 구성도



방에 필요한 온수를 만드는 열원, 열원에서 만들어진 온수를 각 실에 공급하는 온수분배기, 실에 공급된 온수를 이용하여 공간에 열량을 방출하는 패널, 그리고 이들이 효과적으로 작동되도록 제어하는 제어기로 구성된다.

주거 건물의 난방성능을 제고하기 위해서는 상기한 시스템의 구성요소에 대한 기술적 검토가 필요하며, 세부적인 관련 항목들은 표 1과 같이 정리할 수 있다.

### 온돌난방 시스템의 설계 · 시공

#### 열원

##### (1) 적정온수온도(개별난방)

온돌 난방은 건물에서 손실되는 열량만큼을 공급할 때 쾌적·에너지 절약 측면에서 우수한 성능을 발휘할 수 있으며, 이를 위해서는 적절한 온수의 온도 및

유량의 선정이 중요하다. 현재 개별난방의 보일러에 서는 난방시 70~80℃의 온수를 공급하여, 제어시 오버슈팅을 초래하여 에너지 낭비의 원인이 되며 배관의 열화를 촉진하여 내구성을 저하시킬 수 있다. 뿐만 아니라 높은 온수온도는 밸브에서의 캐비테이션을 유발하여 소음 발생의 원인이 되기도 한다.

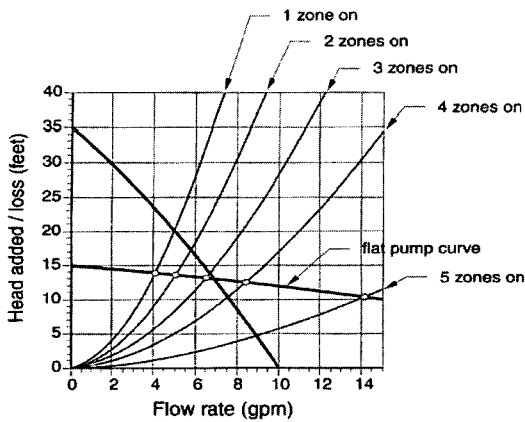
그러므로 최대 공급수 온도를 50~60℃이하로 낮추어 높은 온도의 온수 공급으로 인한 문제점을 해결하는 것이 필요하며, 나아가 건물구조 및 외기조건에 대응하여 온수온도를 변화시킬 수 있도록 난방 시스템을 제어하는 것이 바람직하다.

##### (2) 적정 온수유량(개별난방)

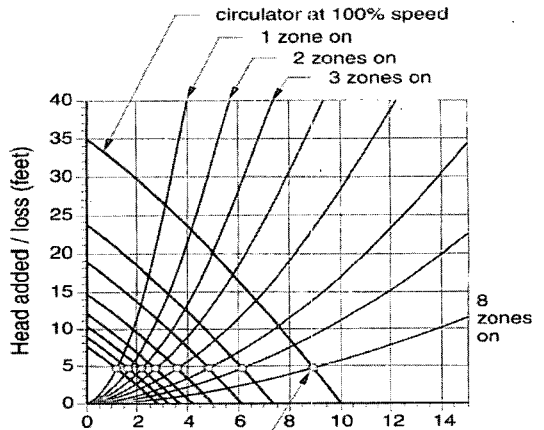
현재 개별난방의 보일러 순환펌프 용량은 일반적인 주거건물의 설계유량인 5~9 lpm을 상회하는 18~30 lpm으로서 난방에 필요한 것보다 많은 유량이 공급되고 있다. 이로 인해 펌프 동력이 증가하고,

<표 1> 온돌난방시스템의 구성요소와 기술적 검토사항

단계	구성요소	기술적 검토사항	
설계 및 시공	열 원	개별난방	적정 온수온도
			적정 온수유량
			팽창탱크 유형 및 위치
		지역/중앙난방	적정 수직 배관조닝
	세대별 정유량 공급		
	온수분배기	유량 밸런싱 기능	
		존별 코일 길이 및 조닝수	
		온도조절밸브	
		차압조절밸브	
		온수분배기 본체	헤더단열
헤더크기 및 설치공간			
헤더 및 부속장치의 모듈화			
패 널	배관의 내구성		
	측면단열		
	분배기에서 각실 입구까지의 단열		
제 어 기	열원과 연동		
커미셔닝	온수분배기, 패널	관수공급 및 통수	
	열원, 온수분배기, 패널	압력 시험	
운영 및 유지관리	온수분배기, 패널	이물질 제거	
	열원, 온수분배기, 패널	에어 배출	

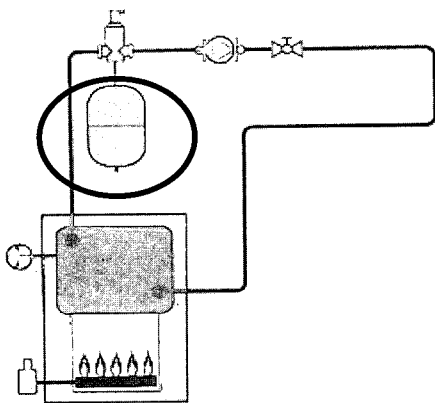


(a) flat 특성의 펌프



(b) 변속펌프

[그림 2] 난방되는 존의 개수에 따른 펌프의 운전점 변화



[그림 3] 팽창탱크의 적정 위치

제어시 오버슈팅, 소음 및 케비테이션이 발생할 위험이 증가한다. 그러므로 실별로 필요한 설계유량을 공급할 수 있도록 순환펌프의 용량을 줄이거나 차압 조절밸브를 설치할 필요가 있다.

또한 실별로 난방이 제어되는 시스템에서는 난방이 필요한 실의 개수에 비례하여 유량이 변화되는 것이 요구되며, 이 때 펌프의 압력은 일정하게 유지되는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 그림 2와 같이 넓은 유량범위에서 압력손실이 일정한 flat 특성의 펌프를 쓰거나, 난방되는 실의 개수에 따라 펌프의 회전수가 변화하여 유량을 조절할 수 있는 변속펌프 또는 다단펌프를 사용하는 것을 고려해야 한다.

### (3) 팽창탱크의 유형 및 위치

난방시스템이 정상적으로 가동하기 위해서는 배관 시스템 각 부분의 압력이 일정압력 이상으로 유지되어야 한다. 온돌난방 시스템의 압력 유지에는 팽창탱크의 유형 및 설치 위치가 큰 영향을 미친다.

국내 개별보일러의 팽창탱크는 대부분 개방형 팽창탱크를 사용하여 난방시스템이 낮은 압력 조건에서 운전되며, 팽창탱크의 위치 또한 펌프의 토출구 측에 설치되는 경우도 있어 난방시스템의 특정 위치에서 부압이 형성되는 경우도 있다. 이러한 조건에서는 외부로부터 공기가 유입되는 한편 배관 내에 잔류되어 있는 공기가 잘 배출되지 않으며, 낮은 정압으로 인해 특정 위치에서 케비테이션이 발생할 가능성이 높아진다.

이러한 문제를 방지하기 위해서는 개방형 팽창탱크 대신 밀폐형 팽창탱크를 사용하는 것이 바람직하며, 그림 3과 같이 펌프의 흡입측에 팽창탱크를 설치하여 시스템의 압력 조건을 전체적으로 높여 주는 것이 필요하다.

### (4) 적정 수직배관 조닝(지역/중앙난방)

지역난방이나 중앙난방의 경우 설비설계 과정에서 조닝의 수를 줄이기 위해서 많은 층을 하나의 수직 존으로 묶어서 설계하는 경우가 많다. 결과적으로 수직 조닝의 최하단부에서 6bar 이상의 압력이 걸리



게 되어, 세대 내 압력 증가로 인해 밸브 및 배관이 파쇄되어 누수가 발생하거나, 시스템의 내구성이 저하되는 현상이 발생한다. 그러므로 온돌난방 시스템에 적용되는 기기의 압력기준 한도(일반적으로 6bar) 내에서 안전율을 충분히 고려하여 수직 배관을 조닝하는 것이 바람직하다.

(5) 세대별 정유량 공급(지역/중앙난방)

지역난방(중앙난방)의 수직 온수배관에서는 일반적으로 직관수 배관방식을 사용하기 때문에 층별 배관저항이 달라지며, 그림 4(a)와 같이 세대로 공급되는 온수량의 불균형이 발생한다. 또한 난방운전 중, 각 세대로 공급되는 유량은 인접 세대 및 상하층 세대의 난방여부에 영향을 받아 난방에 필요한 유량을 일정하게 유지하지 못하고 그림 4(b)와 같이 세대별 유량 불균형이 발생한다.

그러므로 세대 입구에 정유량 밸브를 설치하여, 층간·세대간 유량 불균형 현상을 해소하고, 항상 세

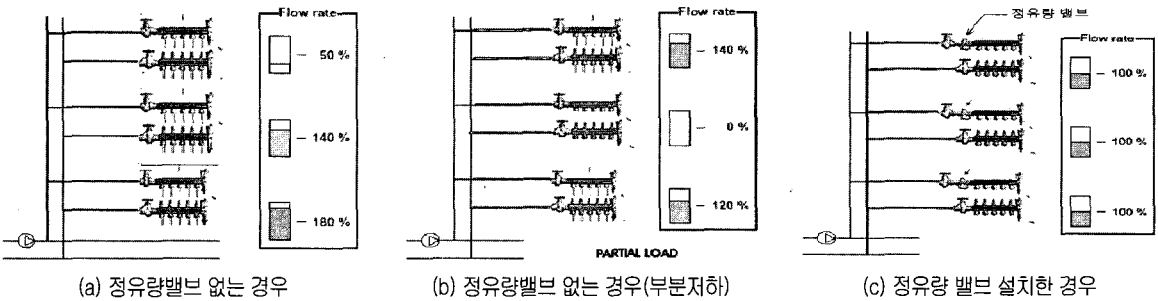
대 내 난방에 필요한 적정유량을 안정적으로 공급할 수 있도록 해야한다. 이 때 정유량 밸브는 넓은 차압 범위에서 필요유량을 안정적으로 유지할 수 있는 성능을 확보해야 하며, 세대내 난방유량이 변경될 경우 유량 설정치를 재설정할 수 있는 것을 적용하도록 해야 한다.

특히 정유량 밸브는 수직배관에서 부력저항에 따른 유량 불균등 문제도 해소할 수 있다.

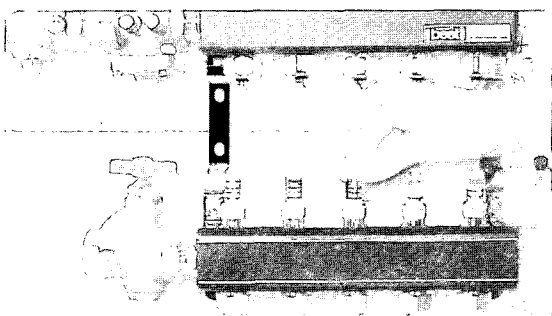
온수분배기

(1) 유량밸런싱

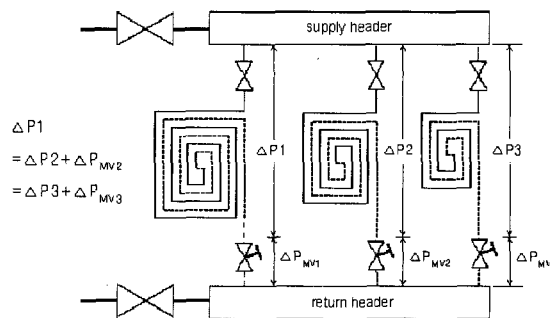
온돌난방에서 온수배관의 길이는 건물의 평면, 온수분배기와 실까지의 거리, 각 실의 면적에 따라 차이가 나게 되며, 길이에 따른 구획별 저항차이로 인해 각 실에 필요한 설계유량이 정확히 공급되지 못하는 결과가 발생한다. 이를 해결하기 위해 각 구획별로 설치되어 있는 볼밸브의 개도를 조정하여 유량을 밸런싱하는 방법을 취하고 있으나, 볼밸브는



[그림 4] 정유량 밸브의 유무에 따른 세대별 공급 유량



[그림 5] 유량확인 기능이 복합되어 있는 밸런싱 밸브



[그림 6] 밸런싱 밸브를 이용한 배관별 저항차이 조절

quick-opening 특성을 가지고 있어 개도에 따른 유량변화가 선형적이지 않기 때문에 밸런싱 효과를 기대하기 어렵다. 따라서 실별로 필요한 설계유량을 공급하기 위해서는 밸브 개도 조정에 따른 유량조절이 용이한 실별 밸런싱 밸브를 설치해야 하며, 이와 함께 유량계를 설치하여 공급유량을 실시간으로 확인할 수 있도록 하는 것이 좋다.

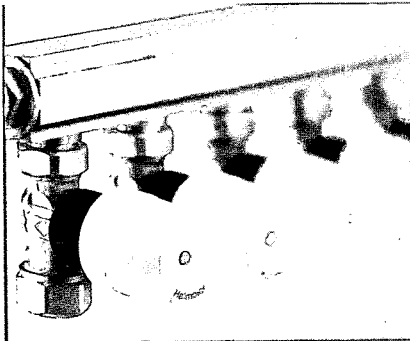
(2) 실별 코일 길이 및 조닝수

대부분의 난방설계에서는 온수배관의 길이 차이에 의한 유량불균형 현상을 방지하기 위해서 온수배관의 길이를 50 m 이내로 제한하는 방법을 취하여 왔다. 그러나 이 경우 실의 면적, 개수가 증가하면 필요한 코일 구획이 늘어나 2개 이상의 온수분배기를 설치하여 공사비 및 설치공간이 증가하게 된다. 전

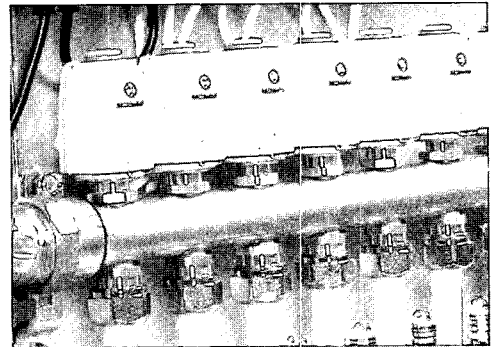
술한 밸런싱 밸브를 사용하면, 그림 6과 같이 길이 차이에 의한 배관별 저항차이를 조정할 수 있으므로 배관 길이를 증가시킬 수 있으며, 아울러 분배기 수를 줄여 초기투자비 및 설치공간을 절약할 수 있다.

(3) 온도조절밸브

실별로 난방을 제어하기 위해서는 각 실에 해당되는 온수분배기의 구획에 온도조절기와 연동되는 온도조절밸브를 설치하는 것이 필요하며, 물배관을 이용하는 온돌시스템의 특성상 전기적인 안전성이 중요하다. 현재는 온도조절밸브의 구동을 위해서 220V의 강전을 사용하며 밸브를 배관 접속부에 설치함으로써, 누수시 누전이나 감전 등 전기적인 위험성이 존재한다. 따라서 그림 7과 같이 온도조절밸브 및 구동부를 헤더 상부에 설치하는 것이 바람

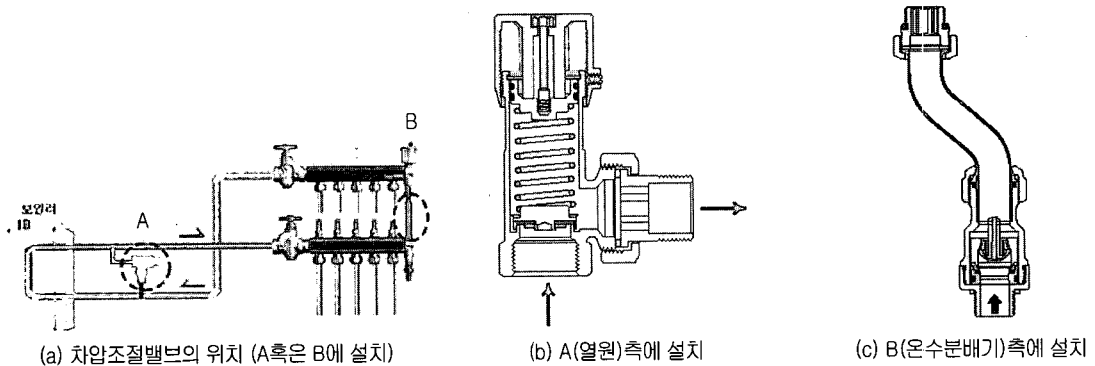


(a) 기존-배관 접합부에 위치



(b) 개선-헤더 상부에 위치

[그림 7] 온도조절밸브의 설치위치



(a) 차압조절밸브의 위치 (A혹은 B에 설치)

(b) A(열원)측에 설치

(c) B(온수분배기)측에 설치

[그림 8] 차압조절밸브의 설치 위치와 내부 구조

직하며, 구동 전압을 약전(24V)으로 하여 전기적인 안전성을 제고하는 것이 필요하다.

**(4) 차압조절밸브**

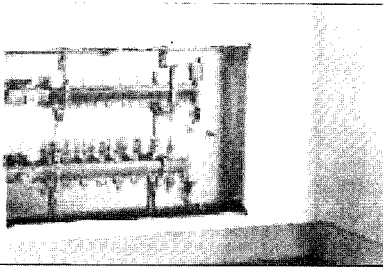
주거건물에서는 부분부하 상태 혹은 사용자의 필요에 의해서 하나의 실에만 난방이 필요한 경우가 발생할 수 있다. 이 경우 세대 전체에 공급되는 유량이 한 존에 집중되는 현상이 발생하여, 과도한 유량 공급으로 소음이 발생하거나 기기의 내구성이 저하될 우려가 있다. 또한 현재 개별보일러에서는 일반적으로 세대에 필요한 설계유량 이상의 과유량을 공급하는 경우가 많아, 과열로 인한 에너지 낭비, 소음

발생 등의 문제점을 초래할 수 있다. 그러므로 그림 8과 같이 보일러의 공급관-환수관 사이 혹은 온수분배기의 공급-환수측 사이에 차압조절밸브를 설치하여, 과도 유량을 바이패스시키는 것이 필요하다.

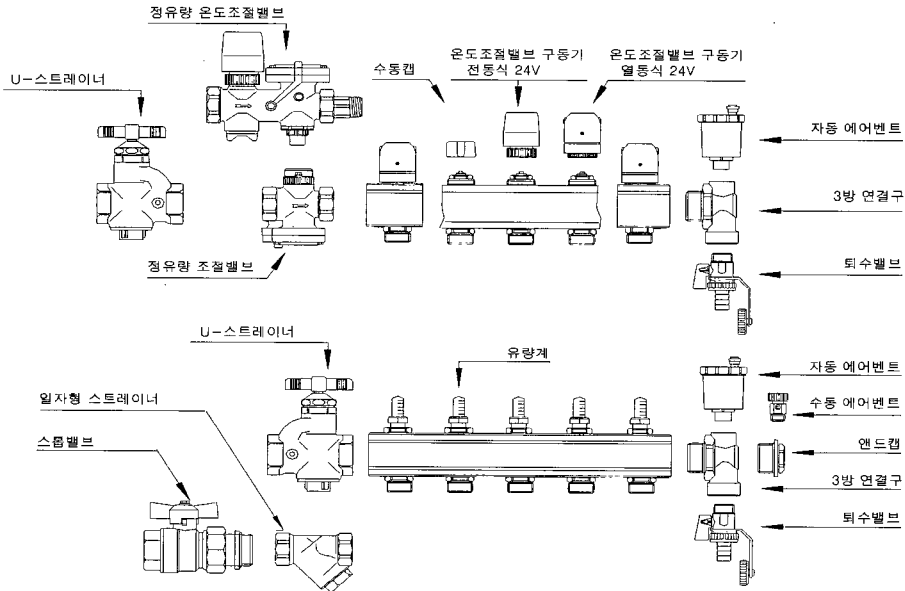
**(5) 온수분배기 본체**

현재 온수분배기 본체에 부착되는 온도조절밸브의 크기, 온수분배기 각 분기관 사이의 간격이 필요이상으로 큰 관계로, 온수분배기가 설치되는 공간이 증가할 뿐 아니라 싱크대 하부 공간의 활용도가 떨어지는 단점이 있다. 그러므로 온수분배기 본체 및 부속장치를 콤팩트하게 설계하여 설치공간을 최소화할 필요가 있으며, 온수분배기를 싱크대 하부에 설치할 뿐 아니라 그림 9와 같이 케이스를 사용하여 벽체에 매립함으로써 유지보수의 편의성을 제고할 필요성이 있다.

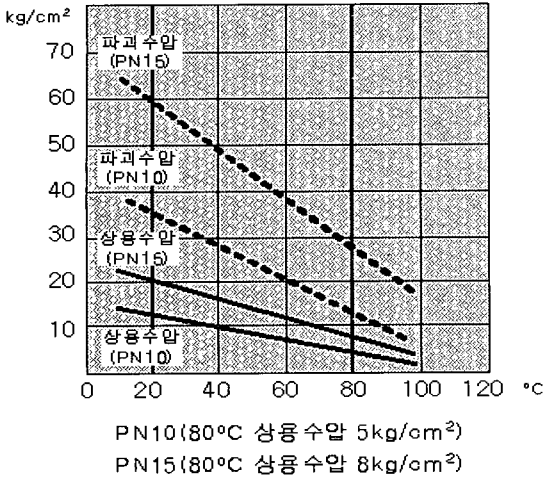
또한 온수분배기 본체는 열손실이 가장 많이 일어나는 부위로, 온수분배기를 통한 열손실로 인해 설치공간에 과열이 발생하거나, 신체 접촉시 화상의 우려가 있다. 그러므로 온수분배기에 탈부착이 가능한 단열커버를 채용한다면 열손실을 최소화



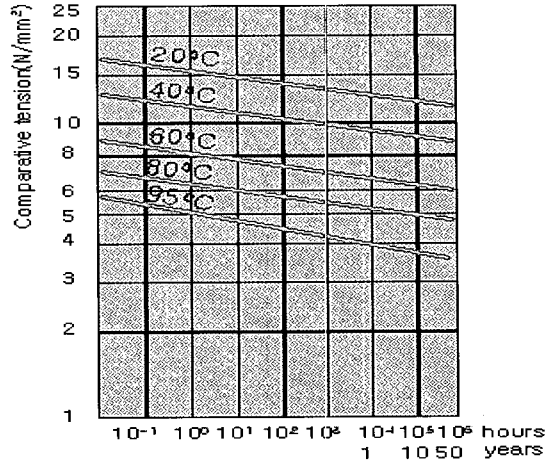
[그림 9] 벽체에 매립 설치된 온수분배기



[그림 10] 온수분배기의 모듈화 설계

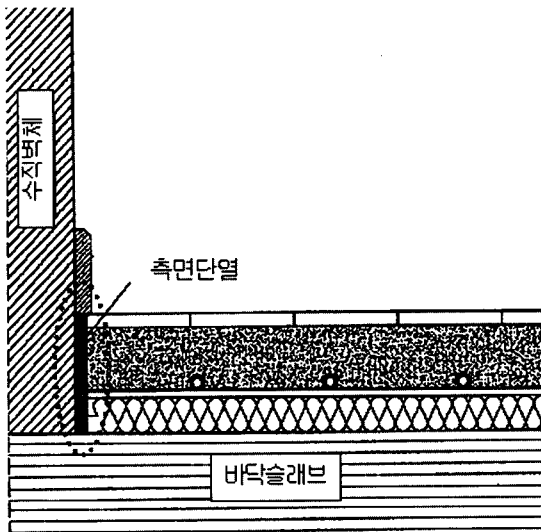


(a) XL관의 온도별 내압성능



(b) XL관의 시간경과에 따른 내압성능

[그림 11] XL관의 내구성



[그림 12] 패널측면의 단열

할 뿐 아니라 외관 향상의 효과도 얻을 수 있다.

한편 온수분배기의 본체는 세대의 설계 조건에 따라 여러 가지 부속장치들을 선택적으로 조립할 수 있도록 설계하여 다양한 조건에 유연하게 대응할 수 있어야 한다. 이를 위해서 그림 10과 같이 온수분배기 본체 뿐 아니라 주변 부속 장치들을 모듈화하는 것이 바람직하다.

### 패널

#### (1) 배관의 내구성

온돌난방에 쓰이는 배관은 고온의 환경에서 장시간 사용되므로 내구성을 확보하는 것이 중요하다. 현재 국내에서는 대부분 내열성이 우수한 가교화 폴리에틸렌관(XL관)을 온수배관으로 사용하고 있으나, 그림 11에서와 같이 80°C 이상의 고온에 장시간 노출될 경우 내압성능이 저하되는 것을 볼 수 있다. 그러므로 온돌시스템과 같이 장기간 사용되는 시스템에서는 패널에 공급되는 온수의 온도를 적정선 이하로 유지할 필요가 있다.

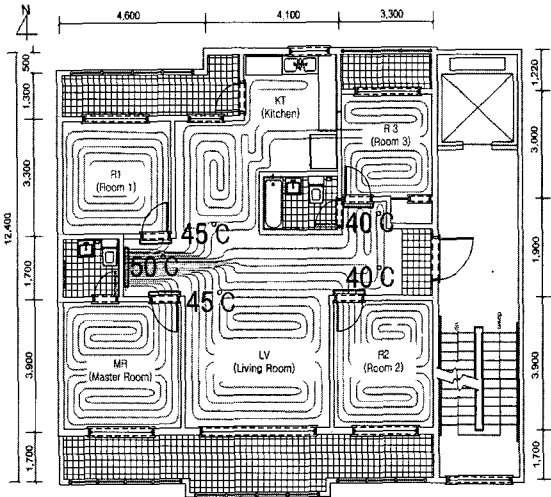
#### (2) 측면단열

바닥 구조체를 가열면으로 활용하는 온돌시스템의 효율을 높이기 위해서는 온수배관에서 방출되는 열량이 최대한 상부로 방열되도록 해야 한다. 이를 위해 방열층의 하부에는 경량 기포 콘크리트 혹은 폴리에틸렌 등 열저항이 높은 단열층을 설치하여 하부방열량을 최소화하고 있다. 그러나 대부분 온돌구조체의 측면은 단열이 이루어지지 않고, 외기와 면한 벽체와 직접 연결되어 측면으로의 열손실이 발생하게 된다. 따라서 패널의 방열량을 최대한 활용하기 위해서는 그림 12와 같이 패널의 측면 또한 단열 시공하는 것이 바람직하다.



(3) 각 실까지의 배관 단열

효율적인 온돌난방 시스템은 온수분배기에서 공급된 온수의 온도가 각 실에 도달하기까지 공급시의 온도가 최대한 유지되어야 한다. 그러나 온수분배기의 설치 위치에 따라 각 실까지의 도달 거리가 서로 달라지게 되어, 그림 13과 같이 각 실 입구에서의 온수온도 불균형을 초래할 수 있기 때문에 온수분배



[그림 13] 온수분배기부터의 거리차에 의한 온수온도불균형

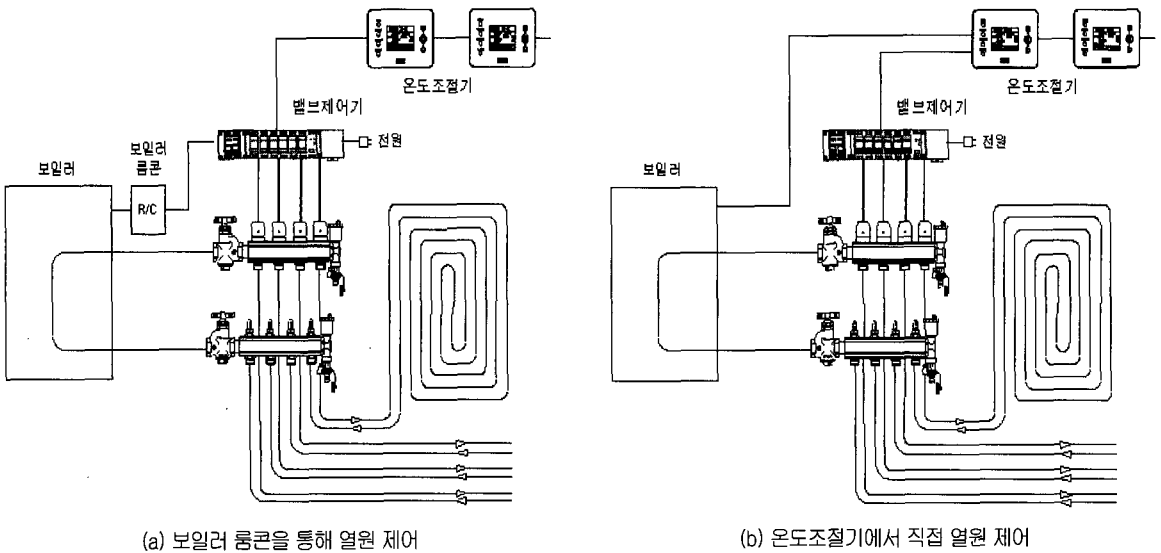
기와 각 실 사이에 설치된 배관은 철저한 단열조치를 취할 필요가 있다.

제어기

제어기는 온돌난방 시스템의 중추역할을 담당하는 것으로, 보일러의 버너, 순환 펌프, 실별 온도조절밸브의 작동 시점 및 작동 기간을 결정하는 역할을 수행한다.

현재 온돌난방의 제어 시스템은 보일러와 각 실에 설치되는 온도조절기 사이에 연동이 되지 않아 실별 난방요구에 따른 개별 보일러의 작동이 어려운 점이 있다. 그 결과 그림 14(a)와 같이 각 실별 온도조절기와 보일러 자체의 제어기(룸콘)가 중복 설치되어, 온도조절기에서는 각 실의 난방여부를 판단하여 해당 밸브를 개폐, 보일러의 on/off 만을 제어하고, 보일러 룸콘에서는 온수온도제어, 급탕기능, 보일러 상태 확인 등의 기능을 수행하는 형태가 일반적이다.

이러한 경우 실내에서 온도조절기로 보일러의 난방방식의 기능을 이용할 수 없으며, 보일러의 작동상태, 에러 여부를 확인하기 어려운 점이 있다. 따라서 그림 14(b)와 같이 궁극적으로는 실내의 온도조절기를 통해서 보일러를 제어할 수 있도록 보일러와의



(a) 보일러 룸콘을 통해 열원 제어

(b) 온도조절기에서 직접 열원 제어

[그림 14] 온돌난방 시스템에서 열원 제어 방안



연동이 필요하며, 온도조절기 및 보일러를 외부에서도 제어할 수 있도록 홈네트워크와의 연동까지 고려하는 것이 바람직하다.

### 온돌난방 시스템의 커미셔닝

#### 관수공급 및 통수

온돌난방 시스템을 시공한 후 시스템 내부에 관수를 공급하는 과정에서, 많은 경우 지하수 등 부적절한 수질의 물을 공급함으로써 배관 내부에 스케일이 발생하고 온수 순환 성능이 저하되는 결과를 초래한다. 그러므로 배관 내 관수는 수처리된 수돗물 등을 공급하여 이물질이 유입되지 않도록 하는 것이 바람직하다.

온돌난방 시스템이 가동되기 전에는 배관 내에 많은 공기가 포함되어 있으나, 많은 경우 이러한 공기를 충분히 배출시키지 않은 채 난방을 가동하기 시작하는 것을 볼 수 있다. 배관 내의 공기는 커미셔닝 단계에서 배관에 물이 채워지면서 배관의 상부로 이동하게 되므로, 이 때 공기가 모이는 배관 시스템의 상부에 에어 벤트를 설치하면 공기를 배출시킬 수 있다(gravity purging).

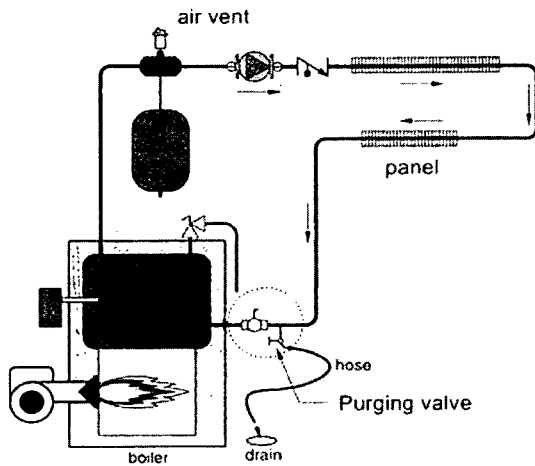
이러한 방법 이외에도, 배관 시스템에 일차적으로 물을 다 채운 후에, 직수를 빠른 속도로 계속 공급하

면서 온수분배기의 드레인 밸브를 열어서 공기가 포함된 물을 배출시킴으로써 공기를 제거하는 방법(forced-water purging)을 쓰기도 한다. 이러한 용도로 그림 15와 같은 purging valve를 활용하는 것이 편리하다. 초기에 시스템으로 유입된 큰 공기방울은 사용 중에 배출되기가 매우 어렵기 때문에 커미셔닝 단계에서 공기배출 과정은 매우 중요하다고 하겠다.

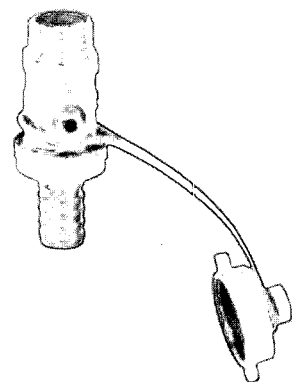
#### 압력시험

KS B 2373에는 온수분배기의 누수·내압 시험을 위해 온수분배기 세트의 입출구를 막고 입구부에 1.47 Mpa(15 kgf/cm<sup>2</sup>)의 수압을 1분 동안 가하여 온수분배기 세트 본체, 밸브, 에어벤트 및 기타 연결부에서 누설이 없어야 한다고 규정하고 있으며 기밀시험을 위해 내압시험 후 그대로의 상태에서 공기압 0.686 Mpa(7 kgf/cm<sup>2</sup>)를 3분간 가했을 때 각 부분의 누설여부를 확인하는 것으로 되어있다.

그러나 일부 현장에서는 이 기준을 상회하는 압력조건을 기준 시간 이상으로 가하여 배관, 온수분배기 및 부속 장치의 손상을 야기하고, 손상이 없더라도 누수 및 내압성능이 저하되어 장기간 사용시 누수 등의 문제가 발생하기 쉽다. 그러므로 시공 완료 후 시스템의 내압 성능을 시험하기 위해서는 기준에 명시된 조건에 맞는 압력을 가하

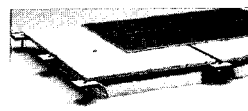


(a) purging valve의 설치 위치



(b) purging valve의 예

[그림 15] 온돌난방 시스템의 통수과정에 사용되는 purging valve



고, 각 층별로 적합한 압력이 걸리도록 하여 시험해야 한다.

### 온돌난방 시스템의 운영 및 유지관리

#### 이물질 제거

온돌난방 시스템은 시공 후 운전과정 혹은 장비교체 과정에서 배관 내에 이물질이 발생할 수 있다. 온수순환을 원활하게 하고, 밸브 등 난방기기를 보호하기 위해 이물질을 제거할 수 있는 스트레이너를 세대입구 주공급관 등에 설치하는 것이 바람직하다. 그러나 일정 기간이 경과하면 스트레이너 내부의 여과망에 이물질이 축적되어 필터링 기능이 현저하게 저하되고, 온수가 잘 순환되지 않아 난방 성능이 급격하게 저하되는 경우가 있으므로, 정기적으로 스트레이너를 분리하여 여과망을 소제해 주어야 한다.

#### 공기 배출

시스템 내에 유입된 공기는 유소음(flow noise)을 발생시키거나, 배관 소재와 산소와의 화학반응을 일으켜 스케일 및 부식의 원인이 되며, 때로는 시스템 상에서 유수의 흐름을 방해하기도 한다.

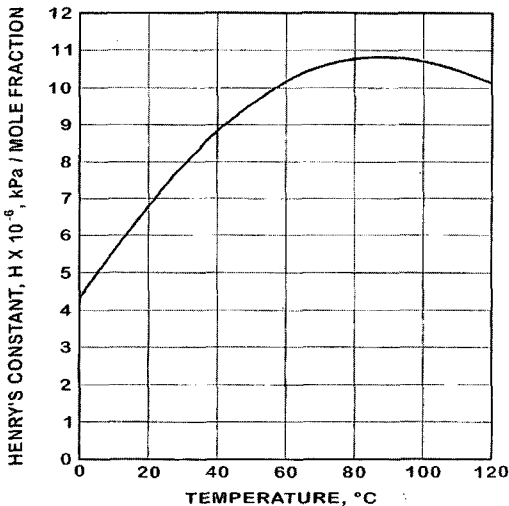
헨리 법칙에 의하면 일정한 압력에서 온수온도가

높아짐에 따라 물속의 공기 용해도가 낮아져 기포 발생량이 증가하며, 이에 따라 생성되는 공기가 원활하게 배출되지 않으면 온수의 순환을 저해할 수 있으므로, 공기를 배출하기 위한 에어벤트 혹은 기수분리기를 설치하여 운영하는 것이 바람직하다.

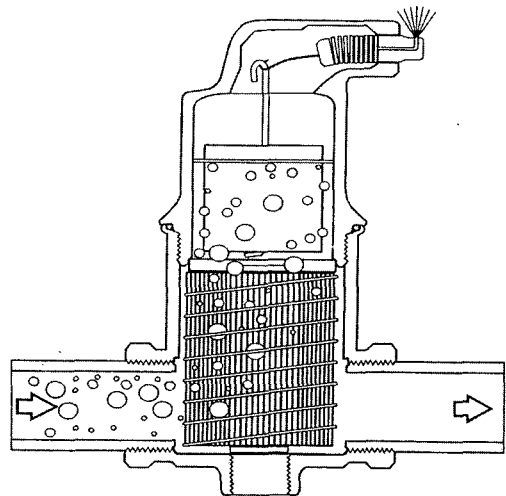
수동 에어벤트는 사용자가 정기적으로 개방하여 공기를 배출하는 형식으로, 공기와 함께 온수까지 유출될 수 있으므로 에어벤트가 열려있는 동안에 사용자가 에어벤트 근처에서 온수가 유출되지 않도록 감시할 필요가 있다. 설계시 자동 에어벤트를 적용하면 공기가 발생할 때마다 자동으로 배출되므로, 온수 순환 성능을 안정적으로 확보할 수 있으며 사용자가 에어벤트를 조작하는 번거로움을 덜 수 있다. 기수분리기는 그림 17과 같이 유입된 온수가 받는 원심력에 의해 공기방울을 제거하는 것으로, 공기의 원활한 배출을 위해서는 시스템 운전시 온수의 적정유속을 확보해야 한다.

#### 맺음말

지금까지 온돌난방 시스템의 구성과 고려해야 할 요소기술에 대하여 알아보았다. 아울러 온돌시스템의 성능개선을 위한 기존 문제점의 파악과 이에 대한 개선방안은 다음의 표 2와 같이 요약될 수 있다.



[그림 16] 헨리 곡선



[그림 17] 기수분리기를 이용한 공기배출

표 2> 온돌난방 시스템에서 고려해야 할 요소기술

단계	요소기술		관행 및 문제점	개선안
열원	개별 난방	적정 온수온도	• 70~80℃ 공급온수온도 설정 → 오버슈팅, 배관 내구성 저하, 밸브 케비테이션	• 최대 공급온수온도 50~60℃이하 • 건물구조 및 외기조건에 대응하여 온수온도 변화
		적정 온수유량	• 보일러 순환펌프는 일반적으로 과도한 유량공급 → 펌프동력 증가, 오버슈팅, 소음 및 케비테이션	• 난방부하에 따라 세대에 적합한 유량 공급 • Flat 특성의 펌프 적용, 다단 펌프의 활용
	지역 난방	팽창탱크 유형 및 위치	• 개방형 팽창탱크 사용으로 시스템 내 압력저하 → 팽창탱크를 통한 공기유입, 배관 내 공기배출 방해	• 일정압력을 유지할 수 있고 공기유입을 막을 수 있는 밀폐형 팽창탱크 적용
		적정수직 배관조닝	• 6bar 이상의 수직배관 조닝 → 입력증가로 밸브 및 배관 파쇄, 내구성 저하	• 입력기준 한도(6bar) 내에서 수직 배관 조닝
		세대별 정유량 공급	• 정유량밸브를 설치하지 않거나 유량 셋팅치 부적절 → 세대별 공급유량의 차이로 난방 불균형 초래	• 넓은 압력범위에서 일정유량 유지하는 정유량밸브 설치 • 세대별 적정 유량 셋팅
설계 및 시공	온수 분배기	유량밸런싱	밸런싱 없거나 볼밸브 이용 → 필요 설계유량이 공급되지 않아 과열/과냉 발생	• 존별 밸런싱 밸브로 설계공급 유량 공급 • 유량계 설치로 실시간 유량 확인
		존별 코일 길이 및 조닝수	• 50m 이내 • 존이 많을 경우 2개 이상의 헤더 설치 → 공사비 및 설치공간 증가	• 밸런싱 밸브 사용으로 코일길이 연장이 가능하 로 헤더 최소화 • 코일별 저항차이는 밸런싱 밸브로 조정
		차압조정밸브	• 부분부하시 한 존에 유량이 집중 → 소음 및 기기의 내구성 저하 야기	• 보일러 혹은 헤더의 공급/환수측 사이에 차압 조절밸브를 설치하여 과도유량을 바이패스시킴
		온도조정밸브	• 220V 강전사용/ 밸브를 배관 접속부에 설치 → 누설 전류, 감전 위험	• 밸브 구동 전압 24V 약전 공급 • 밸브 및 구동기 헤더 상부 설치
		헤더 본체	헤더단열	• 단열하지 않음 → 헤더를 통한 열손실, 설치부위 과열 신체접촉시 화상 위험
	헤더크기 및 설치 공간		• 밸브 크기 및 설치간격이 넓어 헤더 크기 증가 • 헤더를 싱크대 하부 공간에 설치 → 설치 공간 증가, 싱크 하부 공간 활용 불가	• 헤더 및 부속기기의 컴팩트화로 설치공간 최소화 • 헤더를 싱크 하부 공간 이외에 케이스를 사용 하여 벽체에 매립
	패널	측면단열	• 측면 단열 없음 → 외피를 통한 열손실 증가로 상부방열량 감소	• 패널 측면에 단열재 설치로 열손실 최소화
		각 실까지의 배관 단열	• 단열미비로 각 실 입구온도의 차이	• 분배기에서 각 실까지의 배관 단열시공
		배관의 내구성	• 대부분 XL 배관 사용 → 고온, 과도한 유량 지속시 내구성 저하우려	• 운전조건에 적합한 관종 선정 • 온수온도 적정선 이하로 유지
	제어기	열원 연동	• 보일러와 온도조절기의 연동 불가 → 실별 난방요구에 따른 개별 보일러의 작동이 어려움	• 제어기에서 보일러를 제어할 수 있도록 보일러 컨트롤러와 연동 • 제어기, 헤더, 보일러간 통신+홀네트워크와 연동
커미셔닝	관수공급 및 통수	• 지하수등 부적절한 관수 공급 → 배관 내부 스케일 • 통수과정에서 공기유입으로 에어포켓 잔류 → 온수순환성능 저하	• 배관 내 관수는 수처리된 수돗물 공급 • 에어벤트 설치 및 purging valve 사용으로 에어 포켓 잔류 방지	
	압력 시험	• 압력 시험시 과도한 압력으로 시험 → 압력시험 후 누수 및 내압성 저하	• 각 층별로 적절한 압력이 걸리도록 시험	
운영 및 유지관리	이물질 제거	• 헤더에 이물질 제거를 위한 부속 미비 • 스트레이너의 주기적인 청소 미비 → 온수순환성능 저하로 난방성능 감소	• 스트레이너의 주기적인 청소 • 온수분배기의 드레인 밸브 이용 이물질 배출	
	에어 배출	• 에어벤트가 없거나 수동에어벤트 사용 → 거주자의 사용법 미숙, 에어벤트의 성능미비로 배출 성능 저하 • 낮은 유속으로 인한 공기배출성능 저하	• 수동에어벤트의 경우 정기적으로 에어 배출 • 자동에어벤트 적용으로 배출 성능 향상 • 기수분리기의 배출 성능 향상위해 적정유속 확보	



이러한 요소기술을 실제적으로 적용하기 위해서는 기존에 통용되어 왔던 설계 및 시공, 유지관리 관행을 개선하고, 관련 기술에 대한 연구 개발·제품화가 지속적으로 이루어져야 할 것이다. 또한 개개의 요소기술 개발 뿐 아니라 이들 요소의 성능이 최대한 발휘될 수 있도록 온수분배기, 열원, 제어시스템, 패널 등이 통합적인 시스템 관점에서 생산·설계·시공되어야 할 것이다.

### 참고문헌

1. 김오봉 외, 2004, 공동주택에서 바닥복사난방 시스템의 실별제어에 관한 연구, 대한설비공학회 논문집
2. 김오봉 외, 2004, 바닥복사 난방에서 유량밸런싱을 통한 실별 제어시스템의 열성능, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집
3. 대한주택공사, 1995, 기계설계자료집, 대한주택공사
4. 신우철 외, 2002, 온수온돌난방의 열전달 특성, 대한건축학회 논문집
5. 조동우, 1999, 바닥난방시스템의 최적설계과정, 대한건축학회 논문집
6. 홍석진 외, 2005, 개별 난방방식에서의 배관 내 적정 유량 및 압력 유지 방안에 관한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집
7. BS EN 1264, 1998, Floor Heating-Systems and components, BSI Doninelli, M., 1999, Design Principles of Hydronic Heating Systems, Grafiche Nicolini & C.
8. Lenman, T. Water and Pipes, Wirsbo Bruks AB Siegenthaler, J., 2002, Modern Hydronic Heating, Thomson Delmar Learning.
9. Watson, R. and Chapman, K., 2002, Radiant Heating and Cooling Handbook, McGraw-Hill. ㉔