

# 유럽에서 본 바닥 난방 시스템

글 / 페터 슈미트 (전 베를린공과대학 연구소 연구원)

우리 고유의 온돌 난방방식의 우수성이 입증됨에 따라 세계 각국에서 연구를 활발히 하고 있다.

서독, 스위스를 비롯한 북유럽에서는 온수온돌 난방방식이 크게 유행하고 있으며 특히 서독에서 최근에 짓는 고급주택에는 온수바닥난방이 필수적이라 할 만큼 선호하고 있는 것으로 알려졌다.

서독의 기존 주택 난방은 대부분 라디에터 방식으로 특히, 집합주택에서 바닥난방을 하는 경우는 드물다. 그러나 최근에는 온수 바닥난방이 집합주택에서도 채용되어지고 있어 머지않아 대중적인 난방방식으로 자리잡을 것으로 보여진다.

본지는 최근 독일에서 연구가 활발히 진행되고 있는 바닥난방에 관한 연구중 바닥난방 시스템을 게재한다.

이 글의 필자는 베를린공과대학 헤르만 리첼 연구소의 연구원으로 있을때 바닥난방 연구를 하였고 그후 뮌헨의 바닥난방 전문회사에 근무하면서 단면이 타원형으로 된 합성수지제 배관에 의한 바닥난방의 보급에 힘쓴 바 있다.

현재 서독의 건축설비 기기 메이커에서 제품 개발에 몰두하고 있다.

바닥난방시스템은 최근 일반건물에서나 단독주택에서 시장규모를 확대하고 있다. 몇년전까지는 바닥난방만으로 건물의 전열부하를 감당하는 것은 불가능하였으나 오늘날에는 단열이 강화되었기때문에 어렵지 않게 되었다. 바닥난방시스템 전체를 여기서

전망하는 것은 무리이므로 여기서는 현재 시장에 나와있는 시스템의 일부로 한정해서 전망하기로 한다. 여기서는 온수 바닥난방에 대해서 다음의 범위로 한정해서 기술하기로 한다.

- 1) 열적인 쾌적성
- 2) 온수 바닥난방의 구조원리
- 3) 구조가 열출력에 미치는 영향
- 4) 구조가 열소비에 미치는 영향

그외에 바닥난방을 다른 난방시스템 특히 라지에터에 의한 난방과 비교, 검토하고 DIN 4725의 내용에 대해서 기술하였다. 여기서의 기술은 전기식 바닥난방과 심야전력을 이용한 축열식 바닥난방시스템에는 적용되지 않는다.

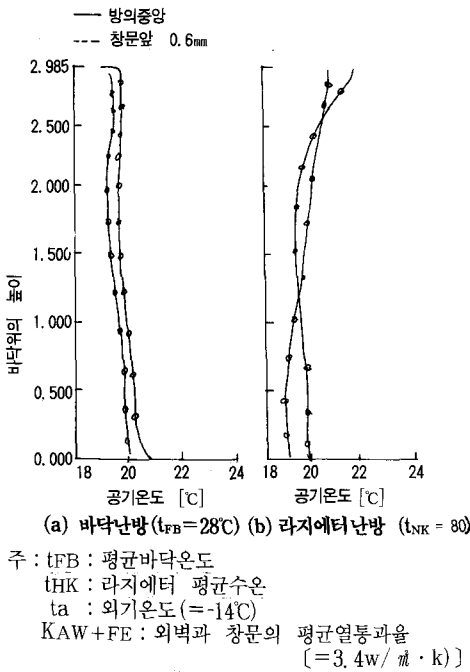
## 1. 열적인 쾌적성

난방이 되고 있는 방에서의 열적인 쾌적성을 평가하려면 실내온도와 주위벽의 평균 내표면온도(복사온도)의 양쪽을 고려해야 한다. 이때 단지 이들의 복합이 아니고 그의 장소적인 분포가 의미를 갖는다. 모든 일반적인 난방시스템에서는 전기한 2종류의 온도, 방열의 종류(주로 대류에 의하거나 복사에 의하거나) 그리고 방열면의 배치가 쾌적성에 영향을 준다.

오늘날의 일반적인 난방시스템에서는 단열기준도 충분하기 때문에 균일한 실내온도 분포가 얻어지고 실내의 모든 부분에서 실내온도와 복사온도의 합성이 쾌적성을 만족시킬 것으로 생각되지만 실제로는

난방시스템에 따라 편차가 있어서 이것이 열적인 불쾌의 원인으로 되어있다.

실내온도 분포는 오늘날 많이 사용되고 있는 라지에터난방이나 바닥난방에 따라서 달라지지만 오늘날에는 단열이 강화되어 있으므로 방열기가 외벽에 설치되어 있는지 창문밑의 벽(腰壁)에 설치되어 있는지는 관계가 없게 되었다.



〈그림1〉 체르너에 의해서 측정된 바닥난방과 라지에터난방의 실내공기온도 수직분포

〈그림 2〉에 이 두가지의 난방시스템에 의한 수직 온도 분포를 나타내는데 창문의 부근에서도 뚜렷한 차이는 확인할 수 없다.

이 결과는 체르너방식에 의해서 단열이 아주 나쁜 경우와 이 설명의 경우에 대해서 계산되었다. 이것 자체가 차이를 무시할 수 있는 것이다. 그 차이는 두가지의 난방시스템에 관해서 거주자의 지각(知覺)의 차이에 들어가는것 같은 장소적인 분포의 차이이다.

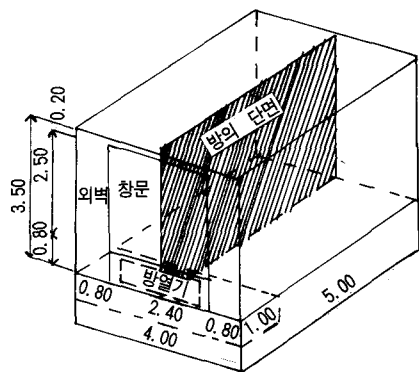
이 차이는 평균적인 겨울의 조건에 대해서 비교한

것인데 오늘날의 외피구조의 단열에 대한 규정을 생각하면 더욱 축소되는 것이다. 창문에 따라서 발생하는 찬바람의 강하는 바닥난방의 경우 오늘날에는 바닥의 주변부분이 높은 온도로 유지되어 있어서 거의 문제가 되지 않는다. 실내공기 온도분포는 양 쪽시스템 모두 완전한 것으로써 좋은 결과로 되어있다.

실내측에서 내벽과 외벽 그리고 방열면의 표면온도에서 온도차가 발생하는 경우에는 거주자에게 불쾌감을 느끼게 하는 불균일한 복사냉각을 일으키는 일이 있고 냉통풍(cold draft)이 발생하는 일도 있다. 이와같은 문제는 특히 따뜻한 방열면과 외피(外被)와의 관계, 특히 창문과의 관계에 따라서 생긴다.

이 불균일한 복사는 물리학적으로는 마주보는 2개의 방의 복사온도, 특히 방의 형상이 다른 경우 방의 내표면의 각각의 면에 대해서 계산되어 있다. 그의 관계는 원리상으로 각각의 실내온도는 영향을 주지 않는다.

이와같이 계산된 복사의 온도차로부터 행거 등은 인간이 알아낼 수 없는 범위의 복사냉각, 알아낸다고 해도 불쾌하다고는 느끼지 않는 복사냉각에 관해서 연구를 하였다.

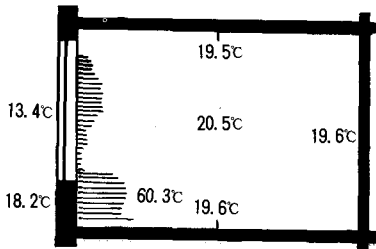


주 : 효과온도  $t_e=20^{\circ}\text{C}$   
 외기온도  $t_a=0^{\circ}\text{C}$   
 환기회수  $\beta_a=0.51/\text{h}$   
 창문의 열통과율  $K_{FB}=2.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$   
 외벽의 열통과율  $K_{AW}=0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

〈그림2〉 불균일한 복사관계를 조사한 실험실

〈그림2〉에 라지에터난방과 바닥난방의 경우에 생기는 불균일한 복사관계를 나타내는 전형적인 주택의 예를 나타냈는데 여기서는 창문이나 외벽에는 오늘날 일반적인 단열이 사용되어 있다.

여기서 나타낸 예에서는 방 중앙에서 수직단면에서는 외벽에 대해서 큰 불균일성이 발생하였다. 이 관계는 외벽이 한면뿐인 편이 복수인 경우에 비해 조건이 나빠진다. 여기서는 평균적인 겨울의 조건에서 고찰하였다.



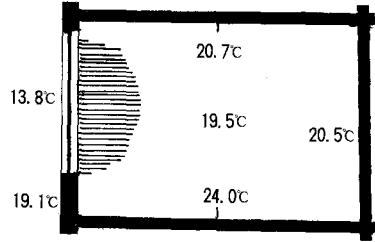
〈그림3〉 2열형 평판 방열기 (800/600mm, 평균수온  $t_{HK}=80C$ )를 설치하는 경우의 불균일한 복사관계

〈그림3〉의 라지에터난방의 경우 불균일한 복사관계를 나타낸다.

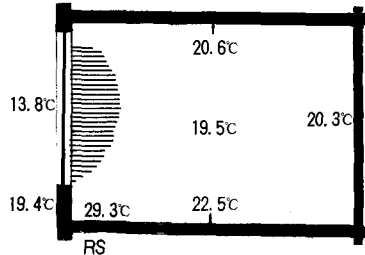
여기서 창문이 있는 외벽의 왼쪽벽에서 창문의 높이의 부분에서는 찬 창문으로부터 강한 냉복사를 받았다.

한편 아래쪽의 방열기에서는 불균일하게 강한 복사열이 나왔다. 진하게 강조된 부분은 불균일성이 강하여 불쾌한데 방향을 M(-방향, 왼쪽으로)과 P(+방향, 오른쪽으로)로 나타내었다. 넓게 나타낸 부분은 불균일성을 알긴 하지만 불쾌하지 않은 부분이다. 한편 흰부분은 균일한 복사가 있어서 거주자에게 쾌적성을 느끼게 하는 것이다. 나타낸 숫자는 각각의 표면온도이고 방의 중앙의 숫자는 그의 공기 온도이다.

이들 온도는 효과온도  $t_e=20C$ 에 대응하는 것이다. 〈그림3〉에 따라서 불쾌한 불균일성이 발생하고 있는 것은 창문 부근뿐인것을 알 수 있다.



〈그림4〉 전면적으로 바닥난방 (평균바닥온도  $t_{FB}=26.5C$ )을 실시하는 경우의 불균일한 복사관계



〈그림5〉 바닥난방에서 주변부 1.0m의 온도를 상승시킨 경우의 불균일한 복사관계 (주변부온도  $t_{RS}=35C$ , 바닥온도  $t_{FB}=24C$ )

〈그림4〉에서는 전면적으로 바닥난방을 하는 경우의 불균일한 복사관계를 나타내었다.

창문의 영향은 다시 방의 깊이 방향으로 미친다. 이것은 바닥난방을 하고 있는 표면이 불균일한 복사관계를 강하게 하고 있는것과 창문옆의 방열기에 의한 복사가 없어진것에 기인한다.

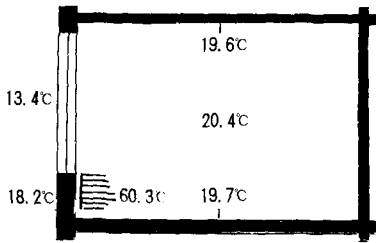
이와같은 관계는 외벽 주변부의 온도를 높은곳에서 크게 변화하지 않는 것을 〈그림5〉에 나타내고 있다.

변화로서는 바닥의 중앙부 표면온도가 조금 낮아지는 것을 들수있다.

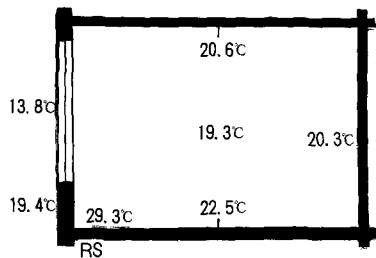
이제까지 설명한 불균일한 복사관계는 가구가 없고 커튼이 없는 창문의 경우에 관한 것이다. 커튼이 든 가구든 거주자와의 복사관계에는 큰 영향을 주는데 일반적인 경우에는 커튼이 사용되고 있기 때문에 여기서 설명한 불균일성은 아주 적어진다.

〈그림6〉과 〈그림7〉에 라지에터난방과 바닥난방의 경우의 가구가 있고 커튼이 있는 경우의 예를 나타

# 습식공법은 인력과 공기를 줄이는데 있어서 불리한 점이 많다.



〈그림6〉 커튼과 가구가 설치된 방에서 라지에터난방을 하는 경우의 불균일한 복사관계



〈그림7〉 커튼과 가구가 설치된 방에서 바닥난방을 하는 경우의 불균일한 복사관계

내었다.

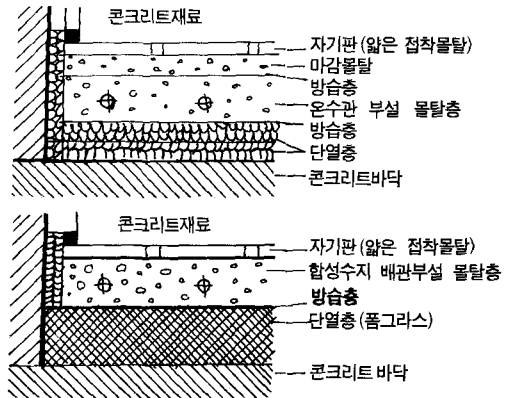
그 결과 실제로는 불쾌한 불균일성은 창문의 부근에서 일어나는데 이곳은 거주 영역이 아니라는 것을 알수있다.

양쪽의 난방시스템은 시스템상으로 확실하게 다른것이지만 필요한 복사의 균일성을 만족하고 있어서 이와같은 관점에서 동등한 가치를 갖는다고 할 수 있다.

요약하면 라지에터난방이나 오늘날의 단열수준을 만족하는 주택에서의 바닥난방이나 열적인 쾌적성에 전혀 차이가 없이 쾌적한 난방을 할 수 있다고 단언 할 수 있다.

## 2. 온수 바닥난방의 구조

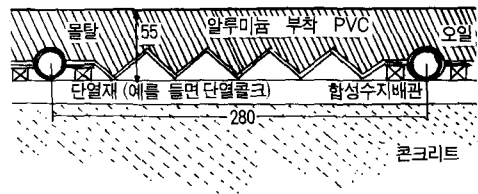
온수 바닥난방은 대부분의 경우 강관, 동관, 합성수지관 등 온수가 흐르는 배관을 바닥속에 직접 부설하는 습식공법(그림8)과 건식공법으로 구별된다.



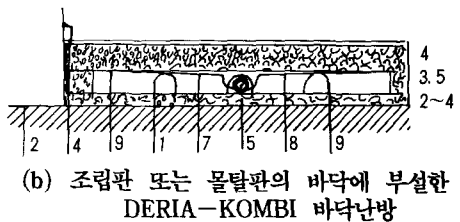
〈그림8〉 습식공법에 의한 바닥난방시스템

건식공법에서는 때때로 금속의 열전도판을 사용해서 배관사이의 온도분포를 좋게 하고 있다. 또한 배관이 미리 만들어진 합성수지 단열재의 홈속에 부설되는 경우도 있다.

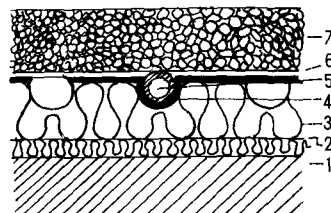
〈그림9〉 건식공법에 의한 바닥난방시스템



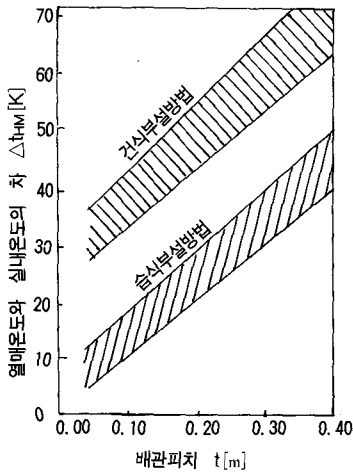
(a) PYD시스템



(b) 조립판 또는 몰탈판의 바닥에 부설한 DERIA-KOMBI 바닥난방



(c) Stramax시스템

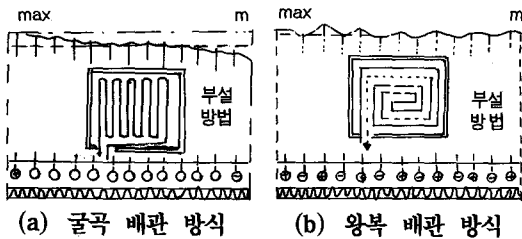


〈그림10〉 열류밀도  $100W/m^2$ 로 한 경우의 각종 바닥난방시스템의 열매온도와 실내온도의 차

〈그림9〉의 예는 대표적인 것이라고는 할 수 없다. 건식시스템은 습식의 경우와 비교해서 시공상 기능 인력 감소와 공기를 단축시키는 등 경제성이 있으며 하자보수가 용이한 잇점이 있다.

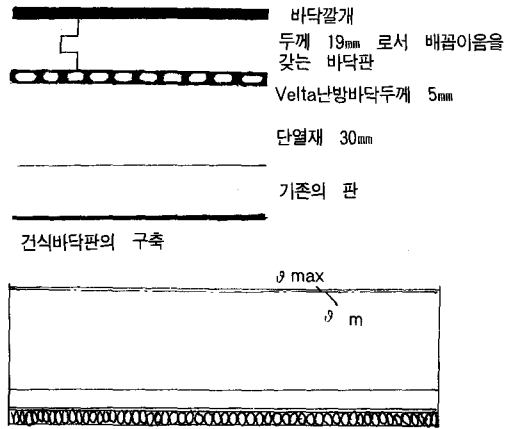
배관의 부설방법에는 굴곡방식과 왕복방식의 두 가지가 있다.

경우에 따라서 사용하는 2관방식이라고 하는것도 이것의 변형이다.



〈그림11〉 레트겐에 의한 배관부설방법이 바닥난방의 표면온도에 미치는 영향

전기한 두가지의 방법은 거의 같은정도로 사용된다. 〈그림11〉에 나타난 것과 같이 왕복방식에서는 바닥 표면온도가 거의 균일하게 되는데 비하여 굴곡 방식에서는 입구측의 표면온도는 높고 출구측에 가까워짐에 따라 표면온도가 낮아진다는 특징이 있다.



〈그림12〉 큰 평면의 열교환관을 갖는 바닥난방시스템

이 온도분포는 경우에 따라서는 외변부근의 주변 부분 온도를 높게 유지하는데 이용할 수 있다. 양자 모두 표면온도는 파상으로 되는데 바닥의 갈래에 따라서 건폭은 굴곡방식의 쪽이 왕복방식보다 크게 된다.

또한 최근에는 평판상의 합성수지가 사용되는 일도 있다. 〈그림12〉

이런 경우에는 바닥 표면온도가 파상으로 되는 일은 없다.

이 시스템은 바닥판 면적의 조정에 따라서 방의 열부하에 방열기를 맞출 수 있다는 특징이 있다.

### 3. 바닥 구조의 방열량에 대한 영향

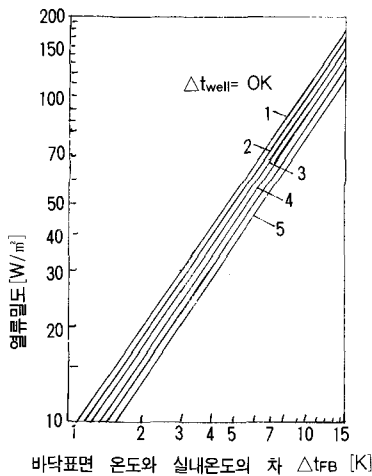
바닥난방시스템에 있어서의 실내온도(DIN 4701에 의한 규격의 실내온도)에 대한 열류밀도(熱流密度)는 평균의 바닥표면 온도에 따라서 결정된다. DIN 4725에서는 바닥난방의 열출력을 계산하는데 있어서 바닥 표면온도가 허용할 수 있는 표면온도(거주범위에서 29°C)를 넘지 말아야 한다고 되어있으나 여러가지의 지표가 간접적으로 표면온도와 열출력에 영향을 미친다.

- 1) 열매의 온도변동 폭
- 2) 배관의 퇴치

3) 배관의 부설

4) 배관상의 바닥재료

이들 요소는 바닥난방시스템의 구조로서 모두가 서로 관계가 있지만 경제적인 이유때문에 모두 자유롭게 선정할 수는 없다. DIN 4752에서 말하고 있는 특정조건은 시스템의 제공자에게 유리하도록 선정되어 DIN 4752에서 말하는 열류밀도가 높아지도록 바닥구조의 배려가 되어있으며 평균 바닥 표면온도가 될 수 있으면 높아지도록, 바닥 표면온도의 분포가 될 수있으면 균일하게 되도록 그리고 열매온도의 변동이 적어지도록 배려되어 있다.



〈그림13〉 온도가 파상으로 되는것(편차)이 열출력에 미치는 영향

표면온도가 균일하게 된다는 것이 이상적이기는 하지만 실제로는 실현할 수 없다.

일반적인 표면온도 편차의 영향을 〈그림13〉에 나타낸다. 여기서는 DIN 4752에서 말하는 열류밀도는 편차가 크게되는 것과 동시에 적어지는 것을 알 수 있다. 편차  $\Delta t_{well} = OK$ 라는 조건은 바닥 전면에 열이 흐르는 시스템에서 실현할 수 있으나 〈그림13〉에서 다시 열매온도의 변동  $\Delta t_{sp} = OK$ 라는 조건을 만족해야 한다.

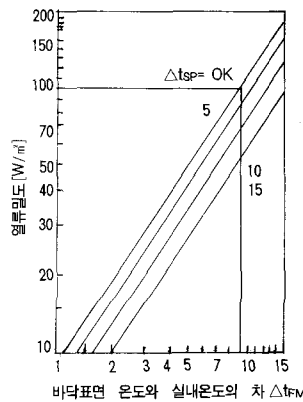
그러나 이것은 실현불가능한 것이다.

온도의 편차를 될 수 있으면 작게하고 배관피치를

작게하고 배관과 바닥표면 사이의 열전도저항을 크게하면 직접 효과가 나는 것이다.

열전도저항을 크게하는 것은 배관의 피복을 두껍게 하고 열전도저항이 큰 깔개를 사용함으로써 달성할 수 있다.

그러나 이런 경우에 항상 높은 열매온도를 유지해야 한다. 열매온도의 변동은 배관매설층과 바닥표면 사이의 열전도저항의 영향도 받는다.



〈그림14〉 열매온도와 실내온도의 차가 열출력에 미치는 영향

따라서 〈그림14〉에 나타내는 선도는 특정한 시스템의 효과적인 것이다.

온도변동의 영향은 배관매설층과 바닥표면 사이의 열전도저항이 크면 적어진다. DIN 4752에 의하면 이 두가지의 영향은 경우에 따라서 시스템에서는 열매배관으로부터 바닥표면으로의 전열을 나쁘게 하는 것이다. 이것은 항상 “제어성”이 나쁜 높은 열매온도를 필요로하고 경우에 따라서는 배관상의 몰탈층이 두껍게 되고 열용량도 크게 되어서 가열면의 제어성이 더욱 나빠진다.

반대로 최근에는 특히 습식부설시스템의 경우 낮은 열매온도를 사용하는 것이 많이 나왔다. 이때 난방배관과 바닥 표면온도의 전열관계는 아주 좋다.

배관부설방식의 시스템에서는 저온식의 경우 표면온도 분포는 편차가 크게 되어 설계시에는 생각하지 않았던 바닥에 열전도저항이 큰 깔개를 이용할때에는 열출력의 감소가 나타난다.

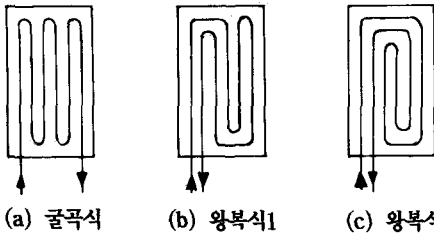
이 현상은 바닥 전면에 부설된 바닥난방의 경우에도 같다. 여기서 바닥난방의 구조에 관해서 참된 의미에서의 최적설계는 열매온도를 상승시킬때에만 바닥 표면온도가 균일하게 되어 달성할 수 있는 것을 알 수 있다.

또한 낮은 열매온도는 온도의 균일성을 부족하게 할뿐만 아니라 제어성을 나쁘게 하며설계능력이 제대로 평가되지 못하는 일도 있다.

배관부설방식(굴곡식, 왕복식)의 영향에 관해서는 최근 kast와 klan에 의해서 처음으로 시스템적으로 실험, 연구되었다.

여기서는 <그림15>에 나타내는것 같이 왕복식에 관해서는 2종류에 대해서 조사하였다. 2개의 연구결과를 상세한 곳까지 여기서 설명할 수는 없으나 그의 개요를 <표1>에 정리하였다.

계산을 할때는 각각의 예에 대해서 같은 바닥재료를 사용하고 급탕온도도 31.5°C로서 같게하였다.



<그림15> 습식바닥난방에 있어서의 각종 배관방식에 있어서 열매온도와 실내온도의 차가 발열량에 미치는 영향의 조사

그 결과 어떤 예에 있어서도 허용 바닥표면 최고 온도  $t_{FBmax}=29°C$ 를 넘지 않았다. 이 급탕온도를 사용하면 다른요소를 바꾸어도 바닥표면 최고온도가 29°C 이하로 되었다. Kast와 Klan 은 이 연구에서 처음으로 여러가지 배관 부설방식에 관해서 열매의 온도변동의 영향을 분석하였다. <표1>에는 이 연구로부터 각각의 예에 대해서 최고 바닥 표면온도  $t_{FBmax}$ , 변동하는 온도차  $\Delta t_{well}$  및 평균 바닥 표면온도  $\overline{t_{FB}}$ 를 나타낸다.

가열면으로부터의 방열은 바닥표면과 실내온도 (여기서는  $t_i=20°C$ )의 온도차를 기준으로 하였다. <표1>에는 배관부설방식과 열매온도 변동에 의한 온도강하의 척도로서의 비  $(\overline{t_{FB}}-t_i)/(t_{FBmax}-t_i)$ 를 나타내었다.

Konzelmann과 Zöllner에 의하면 바닥난방의 경우 출력의 지수는  $n=1.1$ 을 사용하는데 <표1>의 열류밀도비  $\sigma_q$ 의 계산에는 그의 값을 사용하였다. 왕복식에서는 굴곡식보다 열매온도 변동이 크게되는데 따라서 좋은 결과가 나는 것을 알 수 있다. 굴곡식에서는 바닥 표면온도의 진폭이 적어서 좋은 실내 환경을 만들어서 다른 배관부설방식보다 좋다.

Kast와 Klan이 최근의 연구에서 나타낸것같이 건식의 바닥난방에서 사용하는것 같은 열전도 박판을 사용하면 온도변동은 극단적으로 감소한다. 이때 열전도 박판이 난방배관에 얼마나 잘 접촉하고 있는가 하는것이 그 효과에 큰 영향을 미친다.

<표1> Kast와 Klan이 연구하는 습식공법에 의한 바닥난방에 있어서의 배관방식과 열매온도와 실내온도의 차가 열출력에 미치는 영향

배관 방식	$\Delta t_{sp} = 2.5 \text{ K}$			$\Delta t_{sp} = 5 \text{ K}$			$\Delta t_{sp} = 10 \text{ K}$		
	굴곡식	왕복식1	왕복식2	굴곡식	왕복식1	왕복식2	굴곡식	왕복식1	왕복식2
$t_{FBmax} \text{ [}^\circ\text{C]}$	28.72	28.66	28.66	28.70	28.59	28.59	28.67	28.48	28.48
$\Delta t_{well} \text{ [K]}$	3.01	2.60	2.83	4.58	3.84	4.22	7.71	6.93	7.16
$\overline{t_{FB}} \text{ [}^\circ\text{C]}$	27.21	27.36	27.24	26.41	26.67	26.48	24.82	25.01	24.90
$(\overline{t_{FB}}-t_i)/(t_{FBmax}-t_i)\text{ [%]}$	82.7	85.0	83.6	73.7	77.6	75.4	55.6	59.1	57.8
$\sigma_q \text{ [%]}$	81.1	83.6	82.1	71.5	75.7	73.3	52.4	56.1	54.7

#### 4. 열소비

바닥난방에 관해서는 특정한 메이커가 “라지에터 난방에 비해서 난방비용의 절약이 20%에 도달한다”고 홍보하고 있으나 이것은 대부분 “바닥난방의 경우 필요한 실내온도가 낮아서 (그림3~7 참조) 간접적으로는 열소비량의 절감으로 환산해야 하는 것에 따른 것인데 이것은 잘못이다.

이와같은 생각은 물리적인 기초가 부족한 것에 기인한다. 사실 이와같은 열소비량의 차이에 관해서는 다음과 같은 원인이 있을 수 있다.

- 1) 열부하의 시스템적인 차이
- 2) 연간의 환기열부하의 차이
- 3) 난방면을 설치함으로써 증가하는 열손실
- 4) 분포가 다른 것에 의한 열손실의 차이
- 5) 제어특성의 차이

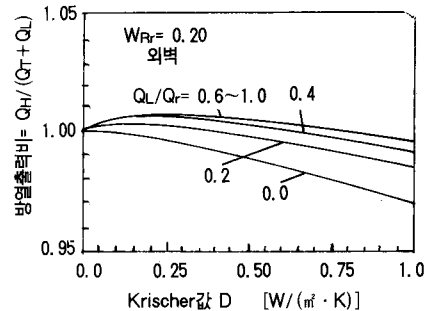
Schmidt가 난방시스템이 열부하에 미치는 영향을 조사, 연구한 바에 의하면 부설상태에 따른 열부하의 차이는 실제로는 인정할 수 없었다.

바닥난방에 있어서는 실내온도(DIN 4701에서 말하는 규격의 실내온도)는 항상 라지에터난방의 경우보다 낮으므로 환기열부하와 표면에서의 대류열전달이 약간 적어진다.

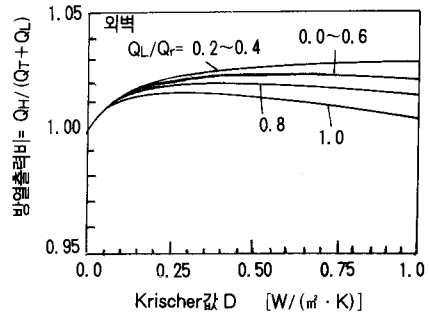
이에대해서 방사에 의한 열전달은 극히 크고 그 결과 전도에 의한 열부하는 바닥난방쪽이 라지에터난방보다 합계로서 크게된다.

이와같은 전도와 환기부하의 상쇄합계 영향에 의해서 난방시스템에 따른 열부하의 실질적인 차이는 발생하지 않는 것이다.

DIN 4701에서 정의하는 열부하와 난방출력 QH의 차이를 비교하면 후자는 난방시스템의 영향을 포함하고 있으나 실제로는 방의 단열(DIN 4701에 의한 Knrischer값 D)이나 환기부하의 부분(Q̇L/Q̇T)의 영향은 적다. <그림16, 17>에 방사의 비율이 일반적인 라지에터에 의한 난방과 바닥난방의 경우의 방열출력의 비를 나타낸다. 오늘날 일반적인 단열(D < 0.



<그림16> 라지에터난방의 방열출력비에 의한 (외기온도 ta = -14°C)



<그림17> 바닥난방의 방열출력비 (외기온도 ta = -14°C)

5W/(m²K)]에서는 바닥난방이 불리하게 되는데 여기서 조금밖에 영향을 받지 않는 것을 알 수 있다.

여기서 나타내는 관계는 모든 출력비의 조건을 증명하는 것이다.

연간 열소비량을 고찰하면 환기에 의한 열부하의 비율은 외기온도의 상승과 함께 증가한다는 어려운 문제가 있다.

이때 바닥난방은 약간 유리하게 된다.

한편 연간의 환기열부하는 건물사용자의 습관에 영향을 크게 받는다.

그러나 그의 통계적인 조사결과는 현재로는 불명확하다. 어쨌든 이것에 의한 양쪽의 난방시스템에 의한 차이는 적다(3% 이하이다).

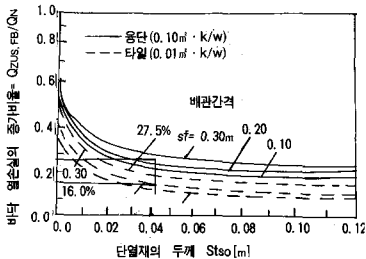
배관방식의 차이도 바닥난방의 경우 지하실 배관이 짧아진다.

열매온도가 낮아도 좋다는 잇점은 있지만 실제로



는 그 장점은 무시할 수 있는 것이다.

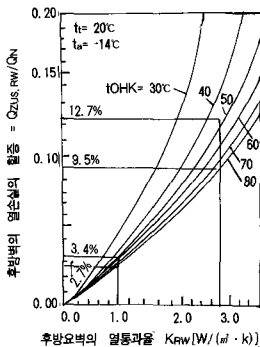
난방가열면의 위치에 따른 열출력  $\dot{Q}_H$ 에 포함되지 않은 열손실의 증가는 바닥난방의 경우 난방되지 않는 지하실 또는 직접 대지로의 열손실이나, 라지에터난방의 경우 방열기 후방의 창문밀 벽(腰壁)에서 증가하는 열류(熱流) 등이 있다.



〈그림18〉 단열과 바닥의 깔개가 습식바닥난방의 하방방열에 미치는 영향

〈표2〉 제어 및 제어성에 기인하는 습식바닥난방의 라지에터난방에 대한 열소비량의 할증

건물정면 돌출에 의한 일사 차폐	예	예	예	아니오
실내 서모스탯의 비례 범위	0.8	0.8	3.0	0.8
야간의 실내온도 저하	아니오	예	예	예
제어성에 의한 열소비량의 할증	1.6	7.9	4.0	6.2



〈그림19〉 방열기 후방의 요벽에 의한 열손실의 할증

〈그림18〉에 일반적인 습식 바닥난방의 단열두께, 배관위치, 바닥의 깔개에 의한 열손실의 증가를 나타냈다.

건물의 열손실은 별로 난방하지 않는 층에서는 너도밤나무를 바닥재로 사용함으로써 라지에터난방의 경우에 방열기 후방 벽(腰壁)의 작은 면적에 단열강화하는 것으로 실제로 감소시킬 수 있다.

〈그림19〉에는 방사의 비율이 일반적인 라지에터난방의 열매온도  $t_{OHK}$ 와 벽(腰壁)의 단열에 의한 열손실을 나타낸다. 이것은 Schmidt의 연구결과로부터 작도한 것이다.

바닥난방의 경우 열손실의 증가는 열소비에 있어서 특히 개인주택에 채용된 바닥난방시스템의 라지에터난방에 대한 제어성과 그 열소비에 대한 영향은 지금까지 시스템적으로는 거의 연구되어 있지 않다.

Gilli가 지적하고 있는것 같이 바닥난방에서는 특히 습식 바닥난방의 경우 열용량이 크기 때문에 자동제어가 잘 작동하지 않는다. 이것은 아주 상세한 데까지 걸친 연구이긴 하지만 〈표2〉에 그의 개요를 정리하였다.

여기서 야간운전을 하는 경우나 집의 정면(facade)으로부터 일사열 취득이 큰 경우에는 바닥난방의 열소비가 불리하게 되는 것을 알 수 있다.

실내 서모스탯의 비례대가 큰 것은 유리하겠지만 양쪽 시스템 모두 열소비량이 증가해서 견보기의 것이라는 것을 알 수 있다. 제어나 제어성에 의한 바닥난방의 열소비량은 대부분의 경우 라지에터난방과 같은것이 많다는 것을 알았다. 따라서 이와같은 이유에 따른 할증량은 바닥난방의 경우 5%로 계산하였다.

### 5. 결론

바닥난방의 열적 쾌적성은 오늘날 적어도 일반적인 단열이 사용되는 경우에는 보증된다. 이와같은 관점에서 라지에터난방도 같아서 오늘날은 양쪽 시스템 모두 완전한 가치를 갖고있다고 할 수 있다.