



공동주택 바닥난방 시스템의 현황과 개선방향

조동우 / 한국건설기술연구원 건축연구실 선임연구원

본고에서는 기존 공동주택에 적용되고 있는 습식 바닥난방방식의 현황과 조립식 난방판넬의 현황과 문제점을 살펴보고 앞으로 조립식 난방시스템의 적립식 난방시스템에 적용시 검토사항 및 개선방향에 대하여 기술하였다.

1. 머릿말

최근 산업기술의 발달과 더불어 공동주택 건설에서도 工業化가 활발히 추진되고 있다. 특히 건설기능인력의 부족 및 인건비 상승에 대한 문제가 새로이 부각되면서 주택부품의 組立化에 대한 요구가 높아지고 있다. 그러나 현행 공동주택의 바닥난방에 대한 공사는 재래공법에서 크게 발전하지 못한 濕式施工方式으로 공정이 복잡할 뿐만 아니라 시공후 일정기간이 경과하면 배관재가 부식되어 보수해야 하는 문제점이 있다. 또한 여러 공정이 복합적으로 이루어져 일부공정이 지체되거나 계획공정에 차질이 있을 시 타공정에 영향을 미쳐 전체적인 공사기간에 영향을 주는 공정이기도 하다.

따라서 주택산업이 재래식 濕式工法에서 공장생산에 의한 조립식공법으로 생산방식이 전환되고 있는 현 시점에서 바닥난방의 공사도 濕式工法에서 乾式工法으로서의 전환이 요구되고 있다. 그러나 현재 개발되어 있는 乾式 난방시스템은 구성재료 및 성능면에서 습식시공방식에 비하여 떨어지므로 개선이 필요한 것으로 나타나고 있다. 따라서 성능개선을 위한 시스템 구성방식, 재료, 시공기술에 대해 체계적인 연구개발이 요구된다.

本橋에서는 기존 공동주택에 적용되고 있는 습식 바닥난방방식의 현황과 조립식 난방판넬의 현황과 문제점을 살펴보고 앞으로 조립식 난방시스템의 적용시 검토사항 및 개선방향에 대하여 기술하고자 한다.

2. 기존 난방방식 개선의 필요성

기존공동주택에서 사용되는 濕式 바닥난방은 수평시공 및 단열재 설치후, 그 상단에 온수순환용 배관을 시멘트나 모래 또는 자갈 등의 축열층에 매설하고 시멘트 몰탈로 마감한 구조를 갖는 난방형태이다. 이러한 바닥난방방식은 蓄熱效果나 바닥내충격강도가 우수하고 바닥 슬래브와 일체화되어 있어 안정감이 좋을 뿐만 아니라 공법과 재료가 일반화되어 있다는 장점이 있으나 다음과 같은 문제점이 지적되고 있다.

①인건비의 상승 및 기능인력확보의 어려움

- ②重量構造에 의한 荷重負荷의 문제
 - ③복수공정이 따르는 노동집약적 공사
 - ④濕式工程에 따른 공사기간의 장기화 및 동계공사의 제한성
 - ⑤공사관리시 책임한계의 불명확성
 - ⑥개보수시 대대적인 공사가 따르는 문제점
- 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 현장시공방식에서 공장생산 제작된 부품을 현장에서 조립하는 乾式化工法을 구축해 공기단축과 시공성향상을 기할 수 있도록 해야 할 것이다.

3. 기존 공동주택의 온돌구조 현황

(1) 바닥난방구조 단면의 구성과 유형

단면구성은 水平調節層, 斷熱層, 蓄熱層, 配管部와 마감층으로 이루어지며, 이들의 구조관계에 의해 몇 가지 유형으로 정리될 수 있다. 기존 바닥난방구조의 단면구성별 특성은 다음과 같다.

①수평조절 및 단열층

온돌시공중 수평조절은 배관내의 온수를 원활하게 순환시켜 溫熱分布를 균등하게 하는 효과를 거둘 수 있게 하는 중요한 시공과정이다. 일반적으로 두께 20~40mm 모래깔기 또는 두께 30mm 전후의 고름몰탈 시공으로 마무리된다. 한편, 단열층 시공은 1973년 에너지 파동이후 에너지 절약을 위해 국가적 차원에서 설치를 의무화하였는데, 주로 스치로풀, 에틸론 등의 열반사판, 경량단열판이나 수평조절의 기능을 병행할 수 있는 경량기포콘크리트 등이 이용되고 있다.

②축열층

축열층은 온수관에서 공급된 열을 저장하는 부분으로 보통 자갈(두께 30~70mm), 왕모래(두께 30mm 전후), 시멘트 몰락(두께 30mm 전후)이 이용된다. 축열재 종류에 따라 온수관의埋設位置가 단면내에서 다소 달라지며 특히 자갈층을 사용하는 경우 공극이 발생하여 열전달에 대한 검토가 필요한 부분이다.

③마감층

비닐이나 종이장판 부착이 용이하며 구조 및 내화성능이 우수한 시멘트 몰탈이 일반적으로 이용된다.

(2) 건설업체의 시공 현황

국내 대표적인 15개 민간건설회사가 공급하고 있는 공동주택의 바닥난방 시공방법을 조사해 보면, 10개 회사가 밀도 0.3~0.5정도인 경량기포콘크리트 및 스치로풀콘크리트, 5개 회사가 스치로풀을 단열재로 사용하고 있으며, 1개 회사는 단열재는 사용하고 있지 않다. 단열층의 두께는 일반적으로 스치로풀인 경우 30mm 이하이며, 경량콘크리트류는 30~80mm이다.

시공단계는 수평조절 및 단열재설치공사, 축열층공사, 배관제작공사, 마감공사 등 보통 4~5단계로 이루어지며, 수평조절 및 단열층을 경량기포콘크리트로 타설하여 3단계로 공정을 단순화 시킨 회사도 있다.

슬래브를 제외한 바닥난방두께는 100~150

mm이며, 구성층은 경량기포콘크리트, 단열재, 자갈, 콩자갈 등이며, 필요에 따라 누름콘크리트 층이 있다. 마감모르터층은 배합비 1:3, 두께 20~50mm로 되어 있으며, 대부분의 회사에서 마감모르터의 균열방지를 위해 메탈라스를 삽입하고 있다.

4. 조립식 온수 난방방식의 특성

(1) 조립식 바닥난방의 분류와 구성

조립식 바닥 난방은 바닥에 고정설치하는 여부에 따라서 크게 설비형과 간이형으로 구분된다 (표 1 참조). 사용 熱媒에 따라 각각 온수식과 전기식으로 구분되며, 조립방식에 따라 부재별 현장조립방식 및 판넬방식으로 분류할 수 있다.

(2) 조립식 바닥 난방시스템의 구성과 특성

조립식 난방판넬의 단면구성은 방습층, 단열층, 수평조절층, 구조층, 축열층, 마감층 등으로 구분할 수 있으며, 이와 같은 구성요소를 재료두께, 구성방법, 각 기능의 병합이나 분리방안, 시공방법 등을 열성능, 시공성, 경제성 등 사용목적에 맞게 구성할 수 있다.

조립식 바닥난방 방식은 조립방식에 따라 부재별 현장조립방식과 판넬방식으로 구분할 수 있다.

●부재별 현장조립방식 : 단면구조를 수평층, 배관부, 축열층, 구성부, 마감부 등의 몇개 부문으로 설정한 뒤 각 부문별 부재를 공장제작한 후 현장에서 조립시공하는 방식이다. 부재의 대량제작이 가능하고 인력 운반시 경량화 할 수 있는 효과를 거둘 수 있으나 부재간의 접합공정이 다소 많아진다.

●판넬방식 : 배관을 포함해 단열층부터 마감축열층까지 일체로 공장제작된 판넬을 현장에서 설치

[그림 1] 기존 온수온돌난방의 유형별 분류

슬라브위 단열재 설치		
	자갈층에 배관후 모르타르 마감	모라타르내 배관
슬라브위 고름모르 타르 위 단열재 설치		
	자갈층에 배관후 모르타르 마감	왕모래층에 배관후 모르타르 마감
슬라브위 경량기포 콘크리트 설치		
	자갈층에 배관후 모르타르 마감	모르타르내 배관

하는 간단한 공법이다. 마감층이나 수평시공층은 판넬에서 분리 시공되는 경우도 판넬방식으로 포함시킬 수 있다. 국내에서 생산되는 조립식 난방판넬은 코팅강판과 배관을 우레탄폼 등의 단열재로 충진한 형태가 대부분으로서 축열층이 생략된 경우가 많다.

(3) 개발현황

우리나라의 재래식 온돌난방은 개념상 변화없이 진전되어 오다가, 1970년 이후 공동주택의 대량공급과 소득의 증가 등 사회적인 주택건설 환경상의 변화가 있어 이에 대처하기 위한 각계의 연구개발이 시작되었다. 1973년과 1979년의에너지 파동이후 단열시공기준을 강화시킴으로써, 실내 열환경조언인 열부하를 저하시켜 방열에 대한 제어시스템의 필요로 배관매설 방식 등 온돌에 대한 개선 연구가 진행되었다.

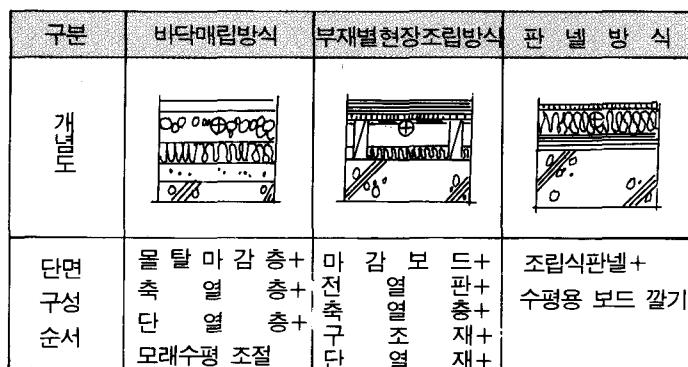
1980년 중반 급격한 인건비 상승과 기능공 및 골재 등의 천연 건축자원이 부족한 여건은 조립식 온돌시스템으로의 전환에 관심을 촉진시키는 계기가 되었다.

국내 조립식 난방시스템은 대부분 저온식 적외선 辐射熱効果에 의한 난방에 비중을 둔 저온형 복사난방 방식으로서 일정한 열원의 온도와 쾌적 실내온도를 유지해 실거주자에게 쾌적감을 주는 방식이다. 주로 중소규모의 기업에 의해 개발되거나 기개발된 일본의 제품을 도입한 것이 대부분이며, 단순히 시공성 개선에 치중하여 축열층이 배제된 경량판넬 형태로서 열성능면에서 볼 때에도 난방가동과 정지에 따른 실내의 열제어가 어려워 過熱, 過冷될 수 있다. 또한 시공단가가 기존 바닥난방방식에 비해 고가이며, 시공시 일부 濕式工事が 병행되어야 하는 등의 조립식 시공효과 감소 등의 요인으로 아직까지는

[표 1] 바닥 복사난방방식의 구분(3)

구분	열 매	시공방식	비고
설비형	온수식	바닥 매립 방식	습식
		부재별 현장 조립방식 판넬방식	조립식
	전기식	바닥 매립방식 발열 케이블식 발열 시트식	습식
간이형	온수식	부재별 현장 설치 방식 판넬방식	조립식
		간이형 바닥 난방장치	-
전기식	온수식	전기 카펫트, 장판 등	-

[그림 2] 시공방식에 따른 단면 개념도



활발히 보급되고 있지 못한 실정이다.

국내에서 시판되고 있는 온수식 바닥 난방시스템의 유형별 특성은 [표2]와 같이 정리할 수 있다.

5. 외국의 조립식 난방판넬의 현황

(1) 일본

일본의 조립식 난방판넬은 1973년 처음 시판된 이후 시공의 간편성, 설비비의 절감, 쾌적 난방방식이라는 장점에 의해 일반주택, 공동주택, 보육원, 양로원 등의 시설에 설치가 증가되고 있는 추세이다. 일본의 주택은 주로 木構造이기 때문에 輕量材料를 사용하고 있다. 그리고 판넬내에 蓄熱을 고려해서 제작된 제품은 거의 없으며 조립방식은 현장조립방식과 판넬방식이 같이 제작되고 있다. [그림 3]은 일본에서 개발되어 시판되고 있는 현장조립식 난방판넬의 한 예를 나타낸 것이다. 폴리에틸렌관($\phi 12mm$)을 배관용 흠이 나있는 900×900 모듈의 알루미늄판넬에 끼

[표 2] 국내 조립식 난방제품의 유형별 특성

시공방식		마감(방열)판	제품규격 (mm)	중량 (kg/m ²)	조립 및 시공상의 특성
판 넬 방 식	건 식 시 공	아연도 강판 또는 길바륨 강판	1700×850 850×850 1700×400 두께 : 12, 15, 18	9-13kg	수평시공(몰탈고름, 펠트깔기, 각재, 조절재등 이용) 시공상부에 판넬설치를 한 후 줄눈 처리 및 장판 등으로 마감한다.
	마 감 부 습 식 시 공	세멘트몰탈	2000×600 1800×600 1600×600 1400×600 두께 : 50 (몰탈30+ 단열20)	50-70kg	수평시공(높이조절용 볼트가 부착된 스터드로 수평을 잡고 몰탈로 고정함) 상단에 판넬설치를 한 후 몰탈 미장을 한다.
부 재 별 현장조립 방 식	아연도강판	방열판 : 440×440, 400×220, 미감보드 : 880×880 두께 : 30	약 12kg		수평시공(몰탈고름)후 단열층, PC블럭, 열유도관, 배관, 전열판 등의 부재순서로 설치한 후 줄눈처리 및 장판 마감한다.
* 기타(배관매 설방식중 일부 를 건식부재로 시공하는 방식)	시멘트 몰탈	침열 캡슐판 : 1040×325 ×25			단열시공후 침열캡슐을 깔고 배관설치 후 습식몰탈 시공함.

위 시공하는 구조를 갖고 있고 판넬 상하부의 구조와 재질을 달리하여 건식 또는 습식으로 시공할 수 있도록 융통성을 갖는 판넬구조로 되어 있다.

(2) 유럽

유럽에서도 고대 로마시대에 우리의 온돌과 유사한 바닥난방방식이 사용된 경우가 있으며 근대에 와서도 영국, 독일 등에서 다양한 형태의 복사난방장치가 개발되어 사용되어 왔다. 그럼 4는 현재 독일 DIN 4725에서 규정하고 있는 바닥 난방장치의 구성을 나타낸다. 독일의 바닥 난방 시스템의 특징은 非蓄熱 경량조립판형식은 권장하지 않고 있다는 점이다. DIN 4725에서는 바닥 표면온도가 29°C를 넘지 않도록 규정하고 있으며, 표면온도차가 발생하지 않도록 배관간격, 마감층의 두께, 열확산판의 설치방법 등을 정하도록 하고 있다. 따라서 대부분의 독일 바닥난방시스템은 상부 热抵抗層(축열재료)을 적용하여 傳熱性의向上과 표면온도가 균일하게

될 수 있도록 하고 있다.

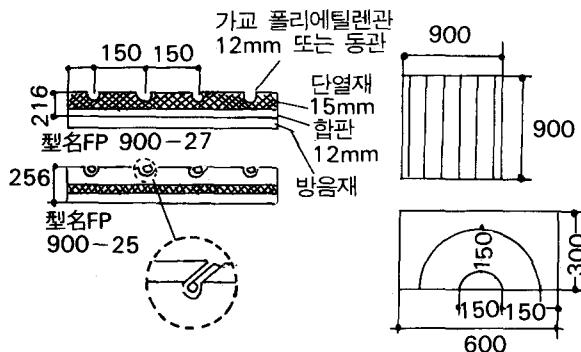
6. 조립식 난방시스템의 향후 개선방향

조립식 난방판넬은 난방시스템이 갖추어야 하는 기본적인 성능을 만족해야 할 뿐만 아니라 판넬설치를 위한 시공성, 유지관리의 효율성 및 내구성 등이 종합적으로 검토되어 효율적인 시스템이 되어야 한다. [표 3]은 조립식 난방시스템의 고려시 검토되어야 할 사항을 나타낸다.

기존 조립식 난방시스템은 시공이 간단하고 경량이어서 다루기 쉬운 장점을 갖고 있음에도 불구하고 蓄熱能力이 거의 없기 때문에 운전상태에 따른 急過熱과 急冷의 問題點이 있다. 특히 기존 공동주택은 間歇暖房에 따른 실내의 過熱現狀으로 인해 热損失과 室內溫度의 變化가 크므로 快適한 室內環境이 원활하게 이루어질 수 없다.

따라서, 공동주택에 있어서 적절한 溫突시스템을 적용하기 위해서는 몇 가지 개선할 사항이 있다.

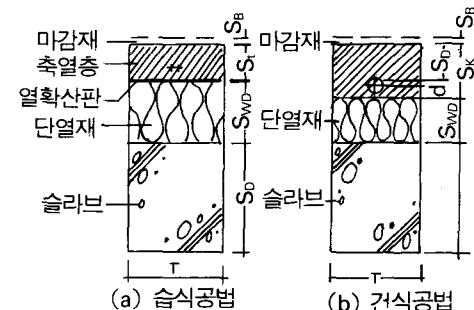
[그림 3] 일본의 조립식 난방판넬의 예(4)



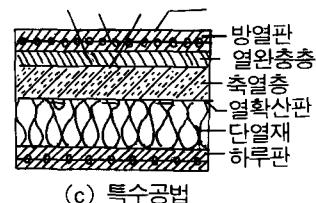
첫째, 蓄熱을 고려한 열에너지貯蓄方式을 검토함으로써 현행 間歇暖房方式의 공동주택에서 等溫조건하에서 지속적으로 열이 공급될 수 있어야 하며 暖房에너지의 效率的 利用이 이루어져야 할 것이다.

둘째, 마감재 등 판넬구성자재에 적용할 수 있는 다양한 소재개발을 통해 각종 성능 및 내구성을 높일 수 있는 구조가 되어야 한다.

셋째, 바닥온도와 실내온도간의 快適溫度 차이



[그림 4]
DIN규정에서의
바닥난방장치
단면(5)



(c) 특수공법

및 시간대에 따른 快適溫度調整을 위해 우리나라 실정에 알맞는 部分暖房(Partial heating)方式, 連續暖房方式 등의 에너지 제어시스템이 개발되어야 한다.

넷째, 현재 高價인 조립식판넬을 저렴화할 수 있는 난방시스템의 개발과 공법개선연구를 통해

[표 3] 조립식 난방시스템의 검토사항

항 목	검 토 사 항
슬라브바닥 수평조절	1. 가능한 방법의 검토 ⑦건식 접지지, 선지지, 면지지 방안 ⑧습식 마감방법 2. 슬라브 자체구조의 수평성 유지
줄눈 및 틈새 시공계획	1. 판넬과 판넬간의 줄눈처리방안 2. 판넬과 벽체간의 틈새처리 방안
판넬 단면계획	방열, 축열, 구조, 차음성능 등을 고려하여 구성재료의 형상을 구성함.
표준단위 판넬의 규격 설정	1. 모듈적용(M.C)의 검토 2. 시공성 검토 ⑦중량계획 ⑧부재의 폭
배관방식에 따른 단위판넬의 조립화 검토	1. 일반 배관 순환방식의 검토 ⑦배관 배선의 유형 ⑧판넬자체 배관 유형 2. 판넬설치형태에 따른 판넬간 연결방식의 검토 3. 판넬내의 배관배선 형태에 따른 조립식 검토
마감계획	1. 마감 시공방안의 검토 ⑦표준단위 판넬 자체에 마감처리 ⑧단위판넬 상부에 별도 마감처리 ⑨몰탈마감(습식방법)

공동주택에 적용성을 높일 수 있도록 고려되어야 할 것이다.

7. 맷음말

온돌은 조상대대로 내려온 우리 고유의 문화 유산으로서 현재 바닥난방방식에 대한 우수성이 세계적으로 입증되어 선진국에서는 바닥난방의 활발한 연구를 통해 실용화 단계에 들어서 있다. 북유럽이나 일본 등지에서는 바닥난방에 대한 선호도가 높으며, 특히 독일에서는 바닥난방의 乾式工法에 의한 제품들의 DIN규격까지 규정해 놓고 있어 바닥난방은 이미 그들의 난방방식의 하나로서 자리잡고 있음을 알 수 있다.

우리나라에서 전통적으로 계승 발전시켜온 온돌시스템은 근래에 들어 건설 산업환경이 바뀌어 감에 따라 素材 및 工法開發을 통해 새로운 溫突시스템의 개발이 필요하게 되었다. 이와 관련해서 耐久性과 濕熱性이 있는 경량 조립식 난방판넬시스템, 热制御技法, 蕎熱材와 같은 소재개발 등에 대하여 관련기관 및 업체에서 종합적이고 활발한 연구를 통하여 향후 우리나라 실정에 적합하고 저렴한 바닥난방시스템이 널리 보급되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 대한건축학회, 온돌세미나, 대한건축학회 에너지위원회, 1990. 9
2. 대한설비공사협회, 설비공사, 1991. 1.
3. 日本床暖房工業會, 溫水床暖房 Catalog, 1990.
4. シームレス床暖房工業會, Catalog, 1990.
5. DIN 4725, Warm Water Floor Heating/Systems ; Thermal Testing 1990. 2



매일 헛되이 오락가락하는 허 생원

재색을 겸비한 촌기가 있어 한번 그녀와 관계를 가진 자는 두 번 세번 찾게 되는 것이었다. 그런데 한 건달이 앉아 그녀가 손님을 맞는 것을 눈여겨 보고 있는데 참으로 묘한 구석이 있었다. 어떤 두 손님이 함께 들어오자 「마(馬)부장, 우(牛)별감 어서 오세요.」라고 했고, 또 다른 두 사람에겐 「여(呂)초관과 최(催)서방님 어서 오세요.」라고 하는 것이었다.

그런데 실인즉 이를 손님의 성은 이씨, 김씨 등이었지 결코 마씨나 우씨, 여씨나 최씨는 아니었던 것이다. 궁금해진 건달이 그녀에게 물었다. 「자넨 손님들의 성씨를 모르는가?」

「그분들은 소녀와 친하게 지낸지 오래인데 어찌 성씨를 모르겠습니까. 다만 그분들에게 마씨, 우씨 등의 성을 붙인 것은 야사(夜事)를 가지고 지은 별성이지요.」

「그건 또 무슨 의미인가?」

「몸과 더불어 양들도 또한 크니 마(馬)씨요, 몸은 작지만 두 주머니가 크니 여(呂)씨요, 한번 들어오면 뒤새김질이 심하니 우(牛)씨요, 상하로 부지런히 움직이니 최(催)씨지요. 최는 곧 작(雀)이니 침새를 이르는 것이지요.」

기생의 설명에 박장대소를 한 건달은 슬그머니 청했다.

「그럼 내개는 무슨 별성을 주겠는가?」

그녀는 주저없이 이렇게 대꾸했다.

「매일처럼 헛되이 오락가락하니 허(許一虛) 생원으로 하는 게 어떨지요?」