

바닥온돌 매립형 환기덕트시스템의 온도변화에 대한 고찰

김 옥[†], 박 진 철*, 김 남 규** 오재근***

[†]중앙대학교 대학원 ^{*}중앙대학교 건축학부 ^{**}동원대학 소방안전관리과 ^{***}주)주원엔지니어링

The Changes of Temperature for Embedded Duct Ventilation System in Ondol

Ok Kim[†], Jin-Chul Park*, Nam-Gyu Kim**, Jae-Keun Oh***

[†]Department of Architecture, Graduate School Chung-Ang University, Seoul, Korea

* Department of Architecture, Chung-Ang University, Seoul, Korea

**Department of Fire Safety Management, Tongwon College, Keongkido, Korea

*** Joowon Engineering Co.,Ltd. Seoul, Korea.

ABSTRACT : Embedded Duct Ventilation System in Ondol is embedded supply duct in Ondol. This system allows heat up outside air to inside temperature with out using heat exchanger and electric heating coiling in winter season. In this research, we measured temperature of inside and surface of Ondol, supply duct, and supply air temperature incorporate embedded duct ventilation system in Ondol in model house(110m²) & one room(23m²)

Key Words: Embedded Duct Ventilation System in Ondol(바닥온돌 매립형 환기시스템), Ondol(온돌), Supply Air Temperature(급기온도), Ondol Surface Temperature(온돌표면온도)

1. 개요

바닥온돌 매립형 환기시스템은 바닥 온돌 속에 덕트(배관)를 매설하여 콘크리트 속의 축열된 열과 겨울철 차가운 외기와 열교환시켜 재실자가 저온공기로 인한 열적 불쾌감을 주지 않는 실내 온도 상태의 공기를 공급하는 방식이다. 따라서 겨울철에는 공급공기의 온도는 상승하지만 실내 구조체의 온도는 내려가게 된다. 본 측정은 추운 겨울철에 외기에 의해 매립덕트 주변의 구조체의 온도가 어느 정도 변화하는지를 23m²(7평) 원룸 및 110m²(33평) 모델 주택으로 대상으로 측정, 분석하였다. 이 결과는 시스템의 이해 및 성능개선을 위한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

2. 측정 대상

Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3는 원룸 및 모델주택의 평면 및 측정점을 나타낸 것이며 Table 1, Table 2는 각각의 풍량을 나타낸 것이다.

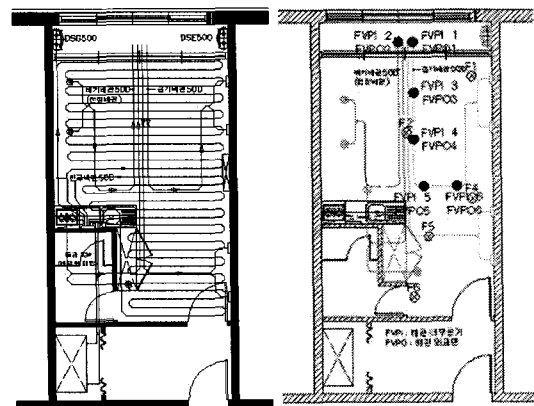


Fig. 1 Piping & Duct Plan Fig. 2 Measuring Points

†Corresponding author

Tel.: 02-827-0183; fax: 02-812-4150

E-mail address: okok8080@hotmail.com

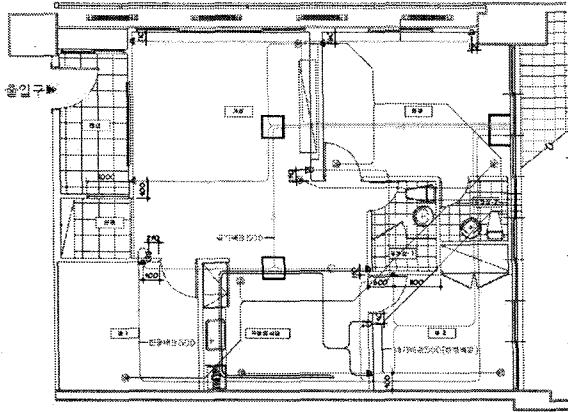


Fig. 3 Ventilation floor plan

Table 1 air volume in one room

분류	면적(m ²)	용적(m ³)	급기(m ³ /h)	배기(m ³ /h)
원룸	23	2.3	65	63

Table 2 air volume in model house

분류	거실	안방	방1	방2	주방	욕실	기타	계
면적(m ²)	25.9	15.8	10.5	9.5	12.4	5.9	30.3	110
용적(m ³)	59.8	36.3	24.2	21.9	28.5	-	-	253
급기(m ³ /h)	55	50	28	29	52	-	-	214
배기(m ³ /h)	43	48	17	21	42	-	-	171

3. 원룸(7평)

측정일은 2월 16일 23:30 ~ 17일 3:30이며 외기온도는 0.2°C ~ 2.2°C이다.

3.1 외부 및 실내, 디퓨저 급기온도

Fig. 4는 외부기온 및 디퓨저 온.습도 비교한 것으로 가동 후 4시간 경과시 외부온도가 0.2°C ~ 2.2°C일때 디퓨저의 토출 공기온도는 23.0°C ~ 28.8°C로서 외기온도가 22.8°C ~ 26.6°C 상승되었다.

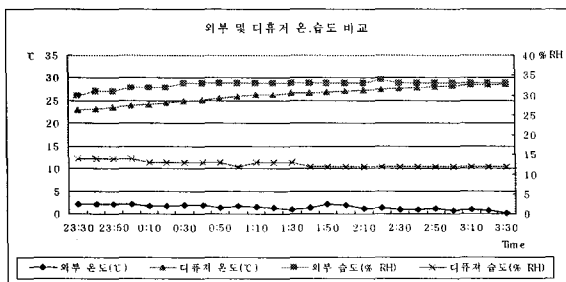


Fig. 4 Temperature of outdoor air & diffuser air(°C, %RH)

Fig. 5는 실내 및 디퓨저의 온.습도를 비교한 것으로 4시간 경과시 실내온도 21.2°C ~ 27.2°C에

비해 디퓨저 급기온도는 23.0°C ~ 28.8°C로서 실내온도보다 오히려 약 2°C 높은 것으로 나타났으며 이는 저온의 외기라 하더라도 실내에 공급되는 외기온도는 실내온도보다 높아 열적 쾌적성이 양호한 것으로 나타났다.

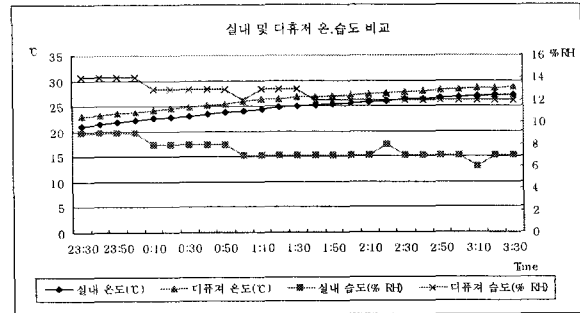


Fig. 5 Temperature of indoor air & diffuser air(°C, %RH)

3.2 바닥표면온도

Fig. 6은 나무 마루목 바로 하부의 온도로 처음 보일러 가동시 실내온도는 21.2°C였으며 이때 바닥온도는 25.1°C ~ 31.8°C이다. 4시간 지남에 따라 실내온도는 27.2°C, 바닥온도는 38.7°C ~ 49.9°C로 나타났다. 바닥 표면온도는 실내온도 감지에 의해 직접적으로 영향을 받는 곳으로 실내온도가 비교적 완만하게 상승되기 때문에 바닥온도 역시 시간의 경과에도 불구하고 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나 측정위치별 온도차가 발생하는 것으로 나타났다.

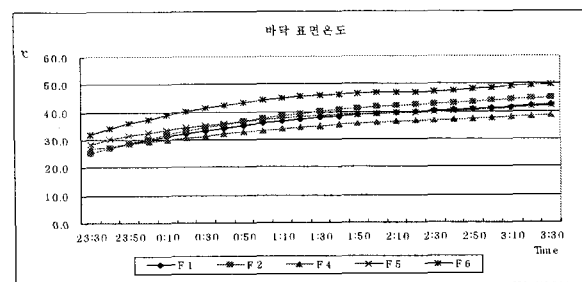


Fig. 6 Surface Temperature in Ondol(°C)

3.3 바닥 구조체 내부 온도

Fig. 7은 덕트 주변의 구조체 온도를 나타낸 것이며 FVPO 1은 발코니 부근의 외기인입측으로 외기온도에 영향을 가장 많아 온도가 매우 낮다. FVPO 3은 외벽 발코니에서 1.5m, FVPO 4는 3.0m, FVPO 5는 4.5m, FVPO 6은 5.5m 떨어져 있다. 측정 초기에 실내온도는 21.2°C이며 덕트

주변 구조체 온도는 14.6~24.2℃이고, 4시간 시간이 지남에 따라 실내온도는 27.2℃이며 덕트 주변 구조체 온도는 15.6℃~35.9℃로 나타났다.

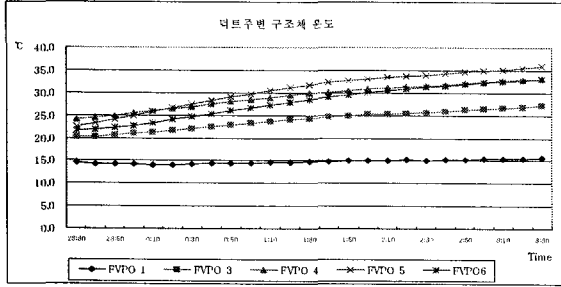


Fig. 7 Temperature in Structure Inside (°C)

3.4 덕트내 공기온도

Fig. 8은 바닥에 매립된 덕트의 중간 내부의 공기 온도를 측정된 것이다. 현재 발코니에서 측정점까지의 덕트 길이는 FVPI 3는 1.5m, FVPI 4는 3.0m, FVPI 5는 4.5m이다. PVPI 1는 발코니의 급기인입측에, PVPI 2는 발코니의 배기측에 위치하고 있다. 매립된 덕트부분인 PVPI 3는 14.9℃~16.8℃로 비교적 저온인 반면 PVPI 5는 19.7℃~29.8℃로 훨씬 높은 온도분포를 보이고 있다. 두 측정점간의 온도차는 4.8℃~13.0℃로 큰 차이를 보이고 있다.

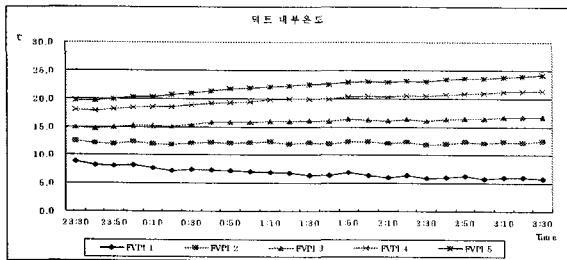


Fig. 8 Temperature in Duct Air(°C)

4. 모델 주택(32평)

Table 3은 측정일의 외기온도 및 실내온도를 나타낸 것으로 외기온도는 가끔씩 기온이 낮은 날 측정하였으며 이는 추운 날의 바닥온돌시스템의 온도변화과정을 알고자 하였기 때문이다.

4.1 바닥 표면온도

4.1.1 안방

Table 4는 안방 바닥표면온도로 급기덕트의 상부

Table 3 Outside Temperature in Measuring Day

측정	외기온도	실내온도 (거실 기준)	측정일
1차 측정	-4.8~-3.6℃ (평균-4.2℃)	22.9℃	1월24일 10:30~11:40
2차 측정	-2.1~-0.4℃ (평균-1.3℃)	21.6℃	1월25일 10:30~11:40
3차 측정	-12.1~-12.5℃ (평균-12.3℃)	22.2℃	2월 3일 8:45~9:40
평균	평균 -5.9℃	평균 22.2℃	-

는 음영 처리한 부분으로 측정점 39~42번의 온돌 표면온도는 16.9℃~17.8℃로서 인접 지역 보다 약 1℃~3℃낮은 것으로 나타났다. 일정 이상 통과한 경우 역시 덕트 상부의 음영 처리한 부분의 측정점(49~51, 81~83, 91~93)과 인접지역간의 온도 차이는 약 2℃~5℃정도 다소 큰으로 나타났다. Fig. 9~Fig. 14는 이를 그래프로 나타낸 것이다.

Table 4 Ondol Surface Temperature in Bedroom(°C)

번호	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
온도	21.9	20.1	18.4	17.3	16.9	17.2	17.8	19.7	20.9	21.7
번호	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55
온도	22.6	21.6	20.1	17.8	18.5	18.5	20.0	20.2	19.9	21.2
번호	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
온도	24.0	23.3	22.8	21.1	17.8	19.0	22.1	24.0	24.5	25.1
번호	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97
온도	25.5	25.0	24.7	22.2	20.9	21.9	23.0	24.7	26.4	27.2
번호	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
온도	19.8	21.2	22.5	21.9	21.5	22.3	22.7	22.8	23.3	23.5

Note : 덕트급기온도 0.3℃, 실내온도 22.2℃, 디퓨저 급기온도는 평균 18.0℃이다.

* 음영이 표시된 부분은 하부에 급기덕트가 매설되어 있음

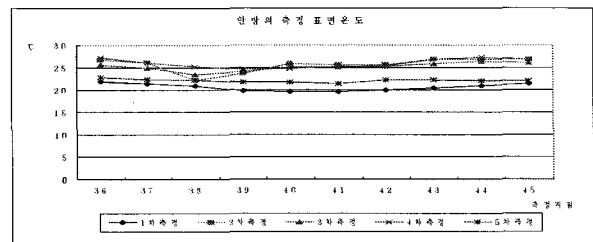


Fig. 9 Measuring Points (No. 36~45)

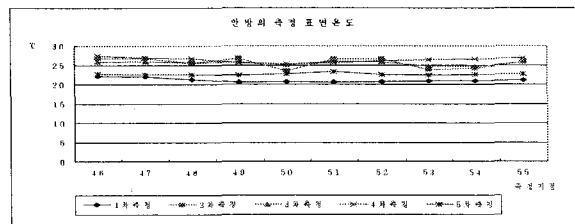


Fig. 10 Measuring Points (No. 46~55)

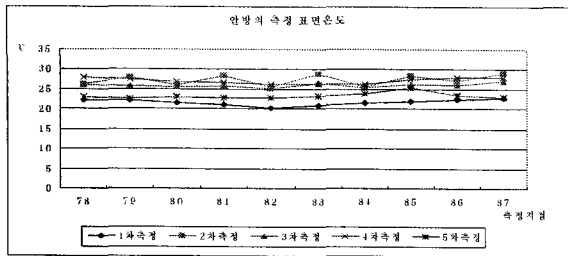


Fig. 11 Measuring Points (No. 78 ~ 87)

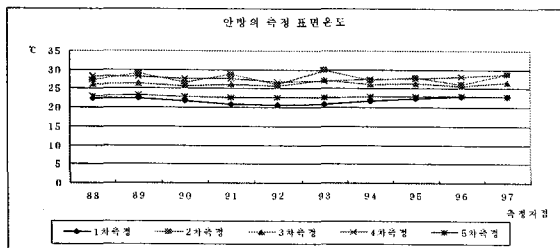


Fig. 12 Measuring Points (No. 88 ~ 97)

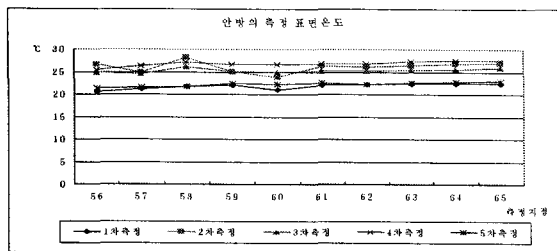


Fig. 13 Measuring Points (No. 56 ~ 65)

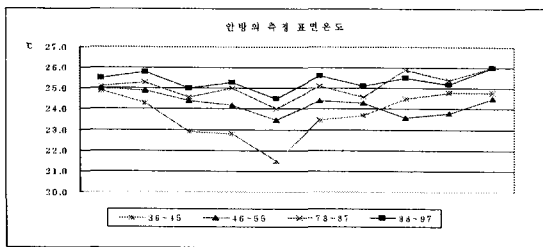


Fig. 14 Measuring Points (No. 36~45, 46~55, 78~87, 88~97)

4.1.2 거실

Table 5는 거실 측정 결과로서 덕트내 급기온도는 5.7°C~6.2°C이며 덕트 상부 온도의 표면온도는 20.0°C~20.4°C으로 인접지역보다 2°C~7°C 낮은 것으로 나타났다.(4, 5번) 그러나 일정 이상 통과한 경우는 덕트상부와 인접지역간의 온도차가 거의 없는 것으로 나타났다. 외벽측 바닥의 표면온도는 덕트 상부 22.8°C(17번)보다도 외벽쪽(18번)이 1.9°C낮은 것으로 나타났으며 이는 외벽쪽 발코니를 통한 열손실 때문으로 파악된다. Fig. 15는 측정 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

Table 5 Ondol Surface Temperature in Living room(°C)

번호	1	2	3	4	5	6	7	8
온도	27.3	24.8	22.8	20.4	20.0	22.5	24.1	25.5
번호		9	10	11	12	13	14	
온도		25.9	23.8	23.7	23.3	24.0	25.7	
번호				16	17	18		
온도				23.0	22.8	19.9		

Note : 외기온도 -5.9°C, 실내온도 22.2°C, 디휴저 급기온도는 18.0°C이다.
* 음영이 표시된 부분은 하부에 급기덕트가 매설되어 있음

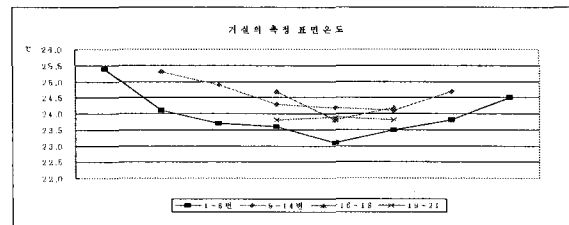


Fig. 15 Measuring Points (No. 1 ~ 8, 9 ~ 14, 16 ~ 18, 19 ~ 21)

4.1.3 방-1

Table 6 Ondol Surface Temperature in Room-1(°C)

번호	29	30	31	32	33	34	35
1차	31.7	31.6	30.9	30.4	30.4	30.3	29.1
2차	29.4	29.2	28.6	27.6	27.8	27.6	27.4
3차	28.2	30.8	31.0	31.4	29.4	29.3	27.5
평균	29.8	30.5	30.2	29.8	29.2	29.1	28.0

Note : 외기온도 -5.9°C, 실내온도 22.2°C, 디휴저 급기온도는 18.0°C이다.
* 음영이 표시된 부분은 하부에 급기덕트가 매설되어 있음

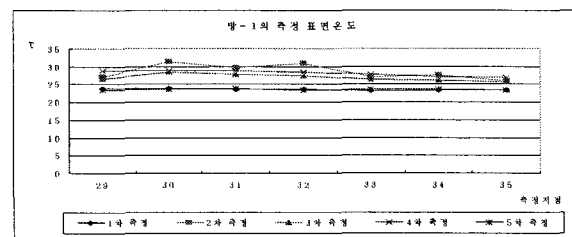


Fig. 16 Measuring Points (No. 29 ~ 35) 측정점 29~35번까지는 출입구 부근이며 32번 하부에 급기덕트가 통과하며 이때 표면온도는 29.8°C로 인접지역과 비슷하다. 그러나 33~34번 측정점이 온도가 약간 낮은 것은 출입문이 겹치는 부분으로 난방코일이 통과하지 않았기 때문으로 판단된다. Table 6 및 Fig. 16은 측정 결과이다.

4.2 바닥내부온도

Table 7 및 Fig. 17은 안방 바닥 내부 온도를 측정 한 결과이며 외기덕트가 인접한 곳은 6.4℃로 구조체 내부온도가 인접지역보다 상당히 낮다. Table 8 및 Fig. 18은 거실 바닥 내부온도의 측정 결과이며 외기 덕트 옆은 12.3℃이나 인접한 곳은 약 4℃~8℃정도가 높다. Table 9 및 Fig. 19는 주방 바닥 내부온도의 측정결과이며 외기덕트 옆은 20.0℃이며 인접한 곳과 큰 차이가 없다. 이는 외기덕트가 안방과 거실을 거쳐 주방에 이르는 동안 외기온도가 상승하여 구조체에 큰 영향을 미치지 않았기 때문이다.

Table 7 Temperature in Structure Inside (Bed room ℃)

번호	39-40 중간	40-41 중간	41-42 중간	42-43 중간	43-44 중간
1차	8.4	7.8	5.8	8.4	12.0
2차	9.4	9.1	7.3	9.5	13.5
3차	6.2	6.2	6.1	10.5	13.3
평균	8.0	7.7	6.4	9.5	12.9

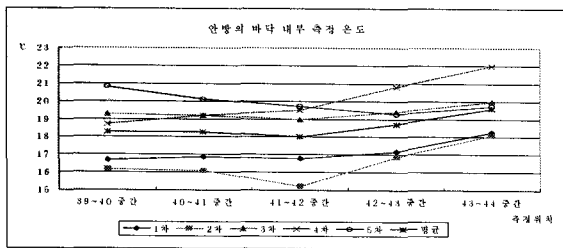


Fig. 17 Temperature in Structure Inside (Bed room ℃)

Table 8 Temperature in Structure Inside (Living room ℃)

번호	2	3	4-5 중간	6	7
1차	20.4	16.0	11.4	19.1	21.3
2차	19.3	15.3	12.4	19.2	20.8
3차	18.2	16.2	13.2	17.6	18.0
평균	19.3	15.8	12.3	18.6	20.0

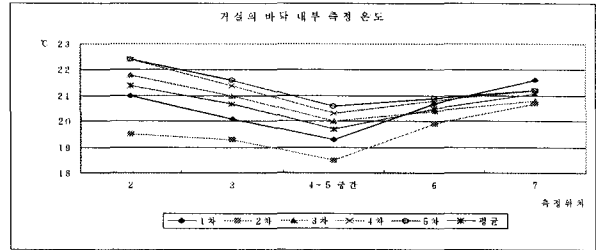


Fig. 18 Temperature in Structure Inside (Living room ℃)

Table 9 Temperature in Structure Inside (Kitchen room ℃)

번호	23	24-25 중간	26	27
1차	22.3	20.1	23.2	23.8
2차	21.3	20.2	22.7	23.4
3차	20.2	19.6	21.5	22.1
평균	21.2	20.0	22.5	23.1

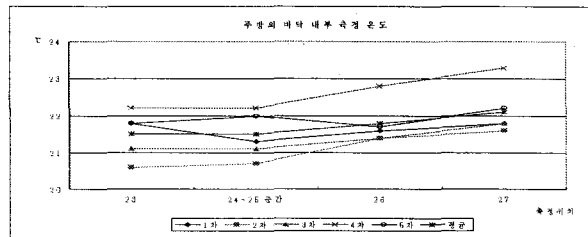


Fig. 19 Temperature in Structure Inside (Kitchen room ℃)

4.3 덕트내 공기온도

Fig. 20은 주방의 측정점의 모습을, 급기 덕트의 공기온도는 Table 10이며 Fig. 21은 이를 그래프로 나타낸 것이다.

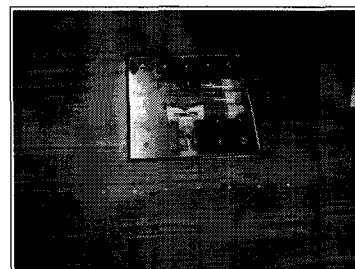


Fig. 20 Measuring points in Kitchen room

측정결과 -4.2℃~-12.3℃의 외기가 구조체를 통과하면서 덕트내 공기온도가 0.3℃(안방)→5.7℃~6.2℃(거실)→10.2℃(주방)로서 구조체의 열을 흡수하면서 점차 온도가 상승하였다.

Table 10 Temperature in Duct Air(°C)

번호	1	2	2	3
1차	1.2	6.1	6.2	10.0
2차	3.9	7.8	8.0	11.4
3차	-4.3	3.3	4.5	9.2
평균	0.3	5.7	6.2	10.2
위치	안방	거실(평균 6.0°C)		주방

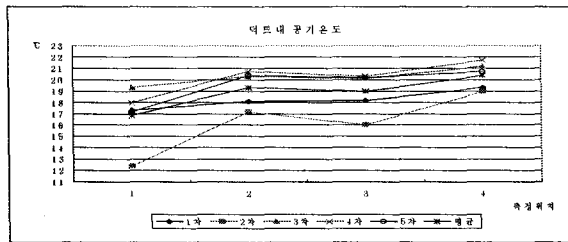


Fig. 21 Temperature in Duct Air(°C)

4.4 디휴저 공급온도

Table 11은 디휴저의 공급공기 온도를, Fig. 22는 이를 그래프로 나타낸 것으로 평균 공기공급온도는 18°C로 실내온도 22.2°C와 약 4.2°C의 차이를 나타내고 있어 재실자가 열적 쾌감 면에서 양호한 것으로 나타났다.

Table 11 Supply air Temperature in Diffuser(°C)

번호	1	2	3	4	5	6	7	8
1차	18.3	19.1	20.8	19.2	-	18.7	18.3	18.7
2차	19.5	19.4	20.0	19.0	-	19.2	17.5	17.8
3차	15.5	15.9	17.8	17.8	-	16.4	15.0	14.8
평균	17.8	18.1	19.5	18.7	-	18.1	16.9	17.1

* 각 디휴저 토출 공기온도의 평균은 18°C이며 이때 평균 실내온도는 22.2°C로서 4.2°C의 차이를 나타내고 있다.

* 1,2번은 거실, 3번은 방2, 4.(5)번은 주방, 6번은 방1, 7,8번은 안방이다.

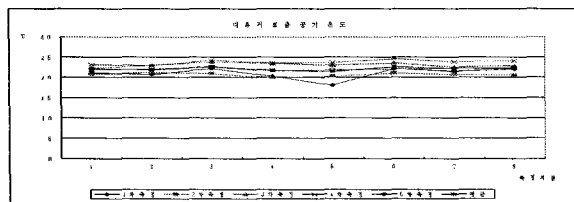


Fig. 22 Temperature in Diffuser Air(°C)

5. 결론

1) 원룸주택(7평)

① 외부, 디휴저, 실내의 온,습도를 살펴보면 보일러 연속 가동 4시간 경과시 외기온도는 0.2°C ~

2.2°C일때 실내온도는 21.2°C ~ 27.2°C인 반면, 디휴저를 통한 공기공급온도는 23.0°C ~ 28.8°C로서 외기온도가 22.8°C ~ 26.6°C 상승하였다.

② 바닥표면온도는 나무목 바로 하부온도로 처음에는 실내온도 21.2°C에 바닥온도 25.1°C ~ 31.8°C인 반면, 4시간 경과 후에는 실내온도 27.2°C, 바닥온도 38.7°C ~ 49.9°C로 나타났다.

③ 바닥구조체 내부온도는 매립덕트 주변의 구조체 온도로 보일러 가동 전에는 14.6°C ~ 24.2°C였으며 4시간 경과 후에는 15.6°C ~ 35.9°C였으며 이때 실내온도는 21.2°C ~ 27.2°C였다.

④ 덕트 중간의 통과 공기온도는 측정점에 따라 차이가 크지만 실내에 매립된 덕트내부의 온도는 보일러 가동 전에는 14.9°C ~ 19.7°C인 반면 4시간 경과 후에는 16.8°C ~ 24.2°C로 나타났다. 이때 디휴저를 통한 외기공급온도는 23.0°C ~ 28.8°C 높은 것은 측정점 이후에도 매립부분을 통해 열획득이 있었기 때문이다.

2) 모델주택(32평)

① 바닥표면온도는 외기인입측인 안방의 외기덕트가 통과하는 상부는 평균 16.9°C ~ 17.8°C로 인접지역보다 약 1°C ~ 3°C 낮은 것으로 나타났다. 거실은 20.0°C ~ 20.4°C로서 인접지역보다 2°C ~ 7°C 낮으며 주방은 29.8.°C로서 인접지역과 비슷하였다.

② 바닥 내부온도는 외기인입측은 평균 6.4°C로 매우 낮은 편이며 인접부근도 7.7°C ~ 12.9°C로 낮은 편이다. 거실은 평균 12.3°C로 인접지역과 3.5°C ~ 7.7°C 낮으며 주방은 평균 20.0°C로 인접지역의 21.2°C ~ 23.1°C과 비슷한 상태를 나타내고 있다.

③ 덕트내부의 공기온도는 외기온도 -4.2°C ~ -12.3°C(3차래 평균 -5.9°C)가 통과하면서 덕트내 공기온도가 평균 0.3°C(안방)→5.7°C ~ 6.2°C(거실)→10.2°C(주방)로서 구조체의 열을 흡수하면서 점차 온도가 상승하였다.

④ 디휴저 공급온도는 평균 18°C로 실내온도 22.2°C와 4.2°C의 차이를 나타내고 있어 재실자가 열적 쾌감 면에서 양호한 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 “건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산C04-01)에 의한 것임”