

계단실 온도 분포 및 대책

두산건설(주) 주택기술부 정진문

아파트 계단실의 온도분포

아파트의 저층부는 난방측면에서는 불리한 조건에 있으며, 저층부 세대의 경우 난방문제로 인한 민원이 많이 발생되고 있는 실정이다.

이를 해소하기 위하여 우리는 배관 ZONING이나 유량조절밸브를 각 세대에 설치하여 왔으나 근본적인 해결은 되지 못하리라 생각한다.

저층부 난방해결방안의 하나로 건축적인 측면도 동시에 병행되어야 하기에, 이에 대한 검토를 실시하게 되었다.

그러면 아파트 계단실(계단형 아파트)의 내부 온도가 연돌현상 등으로 인하여 어떤 분포로 나타나고 있는지 측정하고 이에 대한 대책의 한 방안을 제시코자 한다.

이를 위하여서는 여러 조건의 상황을 측정, 검토를 하여야 하나 우선 도봉구 쌍문동 지역의 한 아파트의 계단실 온도 분포를 알아본 다음 그 대책에 대하여 알아보기로 한다.

측정조건

위 치 : 도봉구 쌍문동 15층아파트 (계단형아파트)

일 시 : 1995. 2. 13~2. 14

시 간 : 13일 22:00~14일 08:00

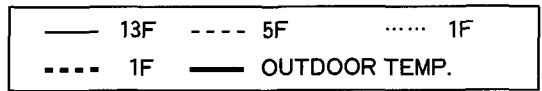
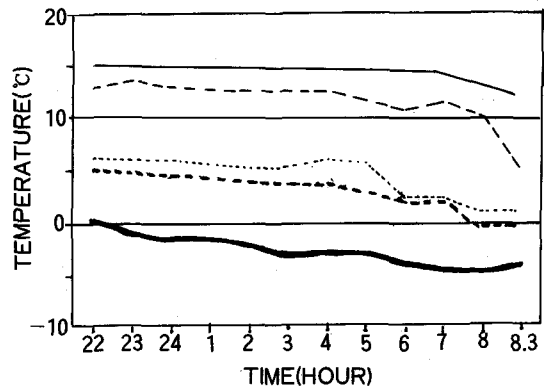
기상상태 : 외기 0°C ~ -4.5°C의 바람이 없는 좋은 날씨.

측정장비 : HYBRID RECORDER 및 T열선.

난방방식 : 중앙공급방식 및 간헐운전.

온도분포현황

[그림 1] TEMP FLOOR ROOM (DAY: 2/13~2/14)



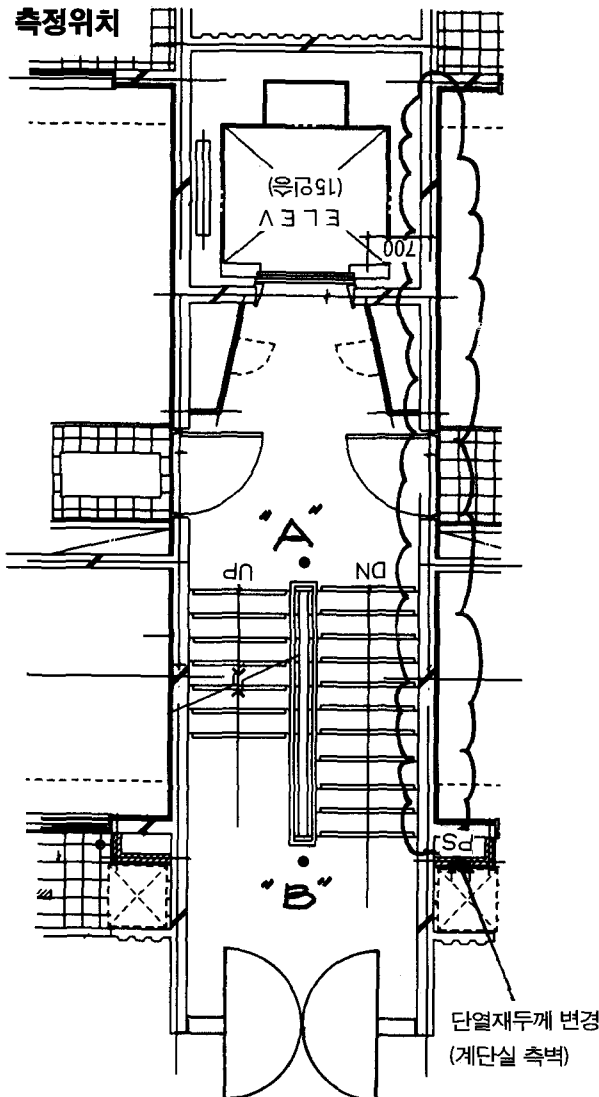
자세한 측정치는 별첨 RECORD SHEET를 참조

- 적색 ② : 1층 현관 출입구 온도
- 파란색 ③ : 1층 엘리베이터 앞의 온도
- 파란색 ④ : 4층 엘리베이터 앞 온도
- 청색 ⑤ : 5층 온도
- 갈색 ⑥ : 7층 온도
- 보라색 ⑦ : 9층 온도
- 적색 ⑧ : 11층 온도

- 파란색 ⑨ : 13층 온도
- 청색 ⑩ : 15층 엘리베이터 앞 온도
- 청색 ⑪ ⑫는 아파트 전후면에서 측정한 외기 온도

RECORD SHEET를 검토해 보면 야간시간대에는 온도의 변화가 거의 없고 주간시간대에서는 온도 편차가 심하게 변하고 있음을 알 수 있으며 자세한 내용은 온도 측정결과에서 다시 언급하도록 한다.

측정위치



층별 POINT 및 Record Sheet 비교표

층	POINT	측정위치	Record Sheet	
			NO	COL
1층	A	현관출입구	2	적 색
1층	B	ELEV. 앞	3	파란색
4층	B	ELEV. 앞	4	암갈색
5층	B	ELEV. 앞	5	청 색
7층	B	ELEV. 앞	6	청 색
9층	B	ELEV. 앞	7	보라색
11층	B	ELEV. 앞	8	적 색
13층	B	ELEV. 앞	9	파란색
15층	B	ELEV. 앞	10	갈 색
외기		외기온도	11	암갈색
외기		외기온도	12	파란색

상기 [그림 2]에서 A의 측정위치는 1, 4, 5, 7, 9, 11, 13, 15층의 엘리베이터 앞에서 측정된 온도이며 B는 1층 현관출입구에서 온도를 측정하였다. 이때 측정위치 높이는 바닥에서 800mm 정도이다.

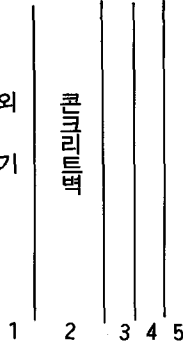
온도측정결과

① 아파트 계단실 상층부 온도는 야간에는 15℃ 온도로 일정하게 유지되고 있으며 주간에는 10℃ 정도의 온도로 유지되고 있다. 주간온도가 야간온도보다 낮은 이유는 현관출입문이 열리면서 많은 양의 찬공기가 유입되어 이로 인하여 연돌현상이 가속화되어 계단실 내부온도가 급격히 떨어지고 있음을 나타내고 있다. 그러나 첨부 [그림 1]을 보면 계단실 내부온도는 상층부로 올라갈수록 계단

계단실 온도 분포 및 대책

실 내부온도 하강폭은 작아지고 있음을 알 수 있다.

② 1층 현관 내부온도는 외부 찬공기가 항상 유입되기 때문에 야간에도 5~6℃의 온도차를 유지 하고 주간에는 외기에 근접한 낮은 온도분포를 유지하고 있으며 특히 5층 이하층에서 더욱 심하게 나타나고 있다.



[도표 2]

재 료	두 겹	열전도율	열전도저항	열관류율
1. 외표면	-	-	0.033	
2. 콘크리트	0.15M	1.4	0.107	
3. 스티로폼	0.05M	0.03	1.666	K=1/1.992
4. 집선보드	0.009M	0.17	0.053	
5. 내표면	-	-	0.133	=0.502
계		Kcal/mh℃	1.992 mh℃/Kcal	=0.5 Kcal/m2h℃

③ 금번 측정일은 바람이 거의 없는 2월의 좋은 날씨였지만 외기가 더욱 떨어지는 혹한기에서는 계단실 내부온도는 더욱 낮은 분포를 나타내리라고 생각한다.

④ 결론적으로 저층부 계단실 내부온도는 우리가 생각하는 온도보다 낮은 분포를 갖게 되며, 특히 1층 세대는 더욱 낮은 온도조건의 불리한 입장을 알 수 있다. 더구나 현재는 초고층 아파트가 계속 신축되고 있는 시점에 보다 더 정밀한 검토와 이에 대한 대책이 마련되어야 한다.

그러면 계단실 축벽의 열손실부하를 단열두께를 조정하였을 때 손실열량 및 이에 대한 예상난방비용에 대하여 알아본다.

[도표 3]

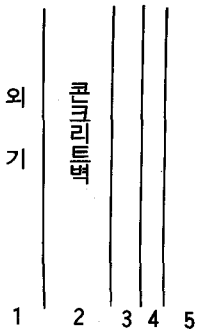
월	상순	중순	하순	평균기온	최고기온	최저기온
12월	상순	-0.1℃	3.8℃	-0.1℃	3.8℃	-3.8℃
	중순	-4.5	-0.3	-4.5	-0.3	-8.2
	하순	-6.6	-2.4	-6.6	-2.4	-10.1
1월	상순	-1.9	1.5	-1.9	1.5	-5.5
	중순	-6.6	-2.4	-6.6	-2.4	-10.1
	하순	-2.7	2.3	-2.7	2.3	-6.4
2월	상순	-8.9	-4.5	-8.9	-4.5	-12.4
	중순	-2.8	2.3	-2.8	2.3	-6.8
	하순	2.8	8.1	2.8	8.1	-1.2
3월	상순	5.2	10.9	5.2	10.9	0.8
	중순	4.2	9.5	4.2	9.5	0.3
	하순	6.3	11.8	6.3	11.8	1.7

열손실부하 계산

① 계단실 축벽 단열두께를 30mm THK로 변경하였을 때 열손실부하

[도표 1]

재 료	두 겹	열전도율	열전도저항	열관류율
1. 외표면	-	-	0.033	
2. 콘크리트	0.15M	1.4	0.107	
3. 스티로폼	0.03M	0.03	0.999	K=1/1.325
4. 집선보드	0.009M	0.17	0.053	
5. 내표면	-	-	0.133	=0.754
계		Kcal/mh℃	1.325 mh℃/Kcal	=0.75 Kcal/m2h℃



② 계단실 축벽 단열두께를 50mm THK로 변경하였을 때 열손실부하

③ 이를 [그림 2] 단열재 두께 변경부분 (32평형 계단실 축벽일 경우)의 면적 19.24M²에 대비하여 손실열량을 비교하여 보면

- 단열재 30mm THK일 때 열손실량 (도표 1 참조)

$$0.75 \times 19.24 = 14.43 \text{ kcal/HR}$$

- 단열재 50mm THK일 때 열손실량 (도표 2 참조)

$$0.05 \times 19.24 = 9.62 \text{ kcal/HR}$$

기상자료 및 실내온도

우선 열손실량을 1년간의 난방비용으로 산정하기 위하여 먼저

기상청자료 기상년보의 순평균(TEN DAILY SUMMERY)에 의하면

① 평균온도 : [도표 3 참조]

[도표 4] 서울 평균기온 및 1층 예상온도

월		평균기온	1층예상온도	▲t
12월	상순	-0.1℃	5.0℃	17℃
	중순	-4.5	1.0	21
	하순	-6.6	-0.0	22
1월	상순	-1.9	4.0	18
	중순	-6.6	0.0	22
	하순	-2.7	3.0	19
2월	상순	-8.9	-3.0	25
	중순	-2.8	3.0	19
	하순	2.8	7.0	15

② 실내온도 : 실제 아파트의 실내온도는 24~26℃의 분포를 나타내고 있으나, 여기에서는 22℃를 기준으로 하였다. (건설교통부 설계표준 실내

온도는 21℃임)

③ 1층 예상온도 : 첨부 [그림 1]에서 외기와 1층의 온도차이는 대략 5~6℃로 추정되어, 이를 기준으로 기상년보 [도표 3]의 평균온도에서 5~6℃를 뺀 온도로 선정함.

④ 'Δt : 실내온도 - 1층 예상온도

그러나 설계시에는 외기온도는 -10℃, 실내온도는 21℃를 기준하여 Δt를 15℃온도 (비난방실 설계온도 기준)로 선정하고 있어 실제 난방시의 실내온도와는 많은 차이가 있음을 주지하여야 하며, 아파트 입주자는 통상적으로 24~26℃의 실내온도를 원하고 있다.

그러면 열손실부하 계산에서 구하여진 손실열

[도표 5] 단열두께 30mm THK일 때 세대 손실열량

월	별	일수	Δt	열손실부하	손실열량계	비고
12월	상순	10	17	14.43kcal/HR 24HR (도표 #1 세대 손실열량참조)	58,874.40	
	중순	10	21		83,116.80	
	하순	11	22		83,809.44	
1월	상순	10	18		62,337.60	
	중순	10	22		76,190.40	
	하순	11	19		72,380.88	
2월	상순	10	25		86,580.00	
	중순	10	19		65,800.80	
	하순	8	15		41,558.44	
계					630,648.72	kcal/세대/년

[도표 6] 단열두께 50mm THK일 때 세대 손실열량

월	별	일수	Δt	열손실부하	손실열량계	비고
12월	상순	10	17	9.62kcal/HR 24HR (도표 #2 세대 손실열량참조)	39,249.60	
	중순	10	21		48,484.80	
	하순	11	22		55,872.96	
1월	상순	10	18		41,558.80	
	중순	10	22		50,793.60	
	하순	11	19		48,253.92	
2월	상순	10	25		57,720.00	
	중순	10	19		43,867.20	
	하순	8	15		27,705.60	
계					413,506.08	kcal/세대/년

량(도표 1, 2의 세대 손실열량)에 Δt (도표 4 참조)를 곱하여 1층 세대의 연간 예상 총손실열량을 구하여 보면 다음과 같다.

연간 예상 총손실열량

① 단열재 두께 30mm THK일 때 1층 세대의 연간 예상 손실열량은 630,648 kcal/년

② 단열재 두께 50mm THK일 때 1층 세대의 연간 예상 손실열량은 413,506 kcal/년

여기에서 단열재 두께를 30mm THK에서 50 THK로 변경하였을 때 손실열량은 50% 정도의 차이가 나며 실제로 실내온도가 24~26℃일 때는 더욱 현저한 차이가 될 것으로 추정된다.

그러면 이를 근거로 연간 난방비용으로 환산하면

$$630,648 - 413,506 / (10,500 \times 0.85) / 290\text{원} = 7,555\text{원}$$

도시가스 발열량 : 10,500 kcal

보일러 효율 : 85% 적용

도시가스 요금 : 290원/M3

그러므로 1층 세대 경우 12월에서 2월까지(3개월) 난방비용은 7,055원의 추가부담이 발생한다고 추정할 수 있다.

효과 및 공사비

이를 15층 아파트로 기준하여 각층 세대수를 34세대로 하여 총 510세대의 아파트 단지로 가정하여 추가 난방비용과 공사비용을 비교하여 본다.

① 추가 난방비용

1층 세대의 경우 3개월간 추가 난방비용을 7,055원이며, 기타층(2~5층)은 계단실 내부온도가 서로 다르므로 다음과 같은 할증을 적용하여 한 단지의 난방비용을 산출하였다.

- 1층 : 100% 적용
 - 2층 : 75% 적용
 - 3층 : 55% 적용
 - 4층 : 40% 적용
 - 5층 : 30% 적용
- } 총 300%

$$7,055\text{원} \times 34\text{세대} \times 300\% = 719,610\text{원} \quad \text{추가비}$$

용 발생

아파트 한 단지를 기준할 때 절감 난방비용은 719,610원으로 계산되었다.

② 단열재 두께 조정시 공사비 증액금액

스티로폴 30mm THK : 1,460원/M3

스티로폴 50mm THK : 2,440원/M3이며, 32평형의 계단실 측벽 단열면적이 19,24M2일 때 공사비는 다음과 같다.

$$(2,440\text{원} - 1,460\text{원}) \times (19,24\text{M}^3 \times 1.1\%) \times 34\text{세대} \times 5\text{개 층} = 3,525,922\text{원 증액}$$

아파트 한 단지를 기준할 때 추가 공사금액은 3,525,922원으로 계산되었다.

③ 효과

510세대의 아파트 한 단지를 기준으로 하여 난방비 절감비용과 공사비 증액금액을 비교하여 보면 공사비는 3,525,900원 증가되고 저층부 세대 난방비용은 719,600원이 절감되는 효과가 있다. 이를 단기적인 측면에서 비교할 때는 별 효과가 없는 것으로 판단할 수 있으나 건물의 LIFE CYCLE 측면에서 고려한다면 계단실 측벽 단열재 두께 변경은 효과적인 방법이라고 판단된다.

④ 예상 문제점

저층부(1~5층까지) 단열재 두께를 50mm THK로 변경 시공하였을 경우 일부 입주자가 상층부와와의 간격이 20mm 차이를 민원으로 제기할 수 있다. 이는 시공도면에 단열재 두께를 50mm THK로 명확히 표기하고 기타층은 30mm THK 단열재 두께로 표기하면 해결되리라 생각되고 실제로 20mm의 간격은 생활하는데 별 차이를 느끼지 못하리라 믿는다.

⑤ 기타 해결방안

연돌현상을 방지하는 방안으로 건축적인 측면에서 해결방안은 옥탑으로 통하는 출입문은 DOOR CHECK를 설치하여 항상 문이 닫혀 있도록 조치하고, 이 때 출입문은 기밀이 유지되는 구조로 구성되어야 한다. 그리고 1층 현관 출입구

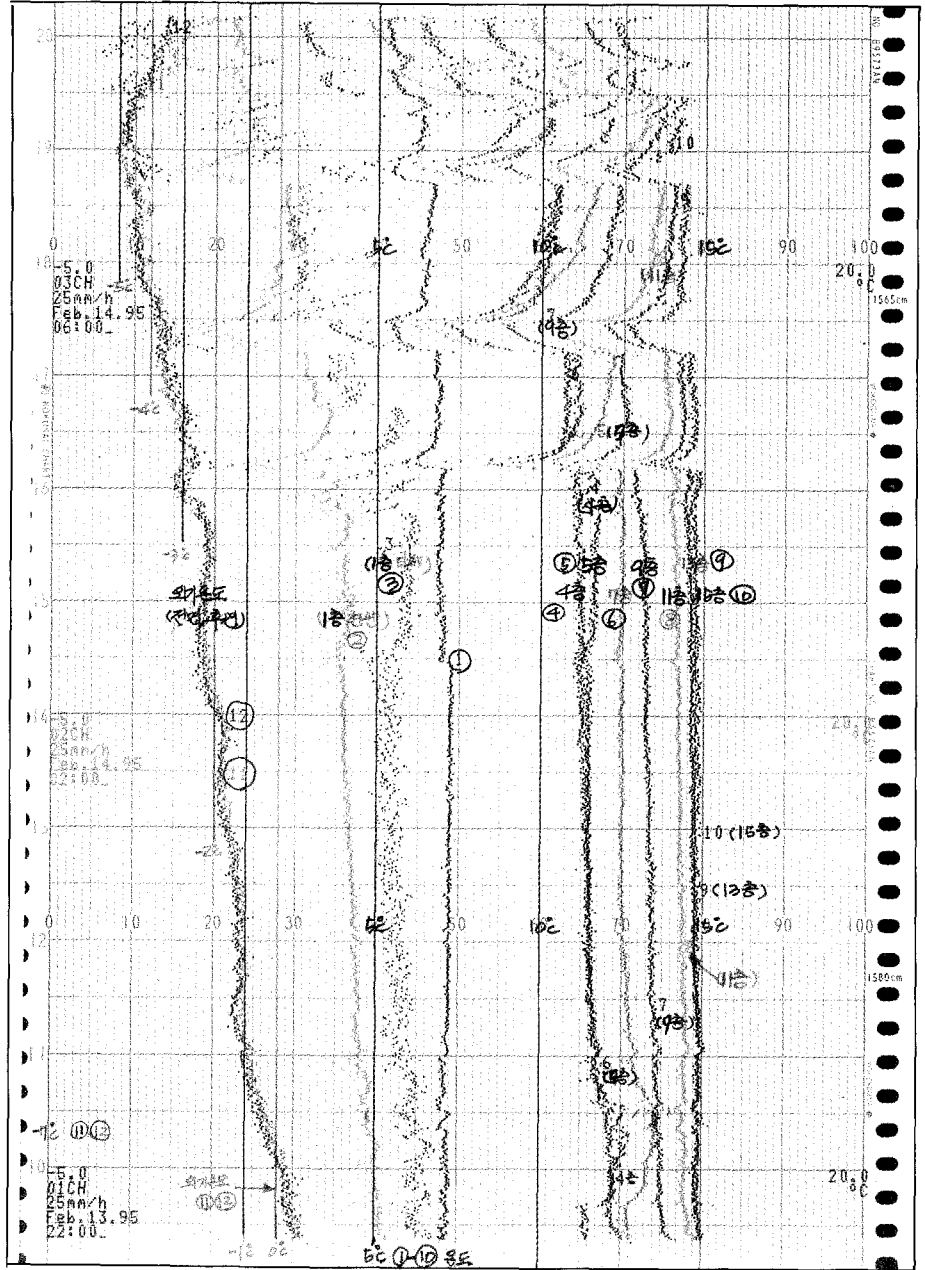
방향의 방향을 북측으로 배치하는 N형은 지양하여야 한다고 생각된다. 그리고 각 P.D의 층간구획, 현관 출입문의 기밀성 유지, 또 연돌현상을 방지하기 위하여 중간층을 완전 구획하는 방안도 있으나 아파트에서는 현실적으로 적용이 불가능하다. 다만 기타 초고층 건물에서는 검토해야 할 사항이라고 지적하고 싶다.

결론적으로 기계 설비공사에서 많은 문제점이 기계측면에서 해결도 하지만 구조적인 측면에서는 건축과 상호이해 및 협조가 있어야만 해결된다고 생각된다.

우리는 이러한 상호 보완관계가 이루어질 때 보다 더 쾌적한 주거문화를 이룩할 수 있다고 생각되어

이 글을 쓰게 되었음을 밝히고 싶다.

그리고 아파트 계단실 측벽의 단열두께 변경은 저/고층간의 난방불균형을 93년에 검토하여 설계에 반영하였으나 해결방법이 아직은 미진하여 좀



더 구체적인 안을 검토중 먼저 이에 대한 해결의 한 방안으로 계단실 측벽 단열에 대한 변경 안을 제시하게 되었으며, 추후 저/고층간 난방불균형에 대한 해결 방안의 검토가 완료되면 다시 이야기하도록 한다.