

[논문] 태양에너지  
*Solar Energy*  
Vol.17. No.3, 1997

## 아트리움의 수직온도 분포해석 프로그램의 개발에 관한 연구

김용인\*, 조균형\*, 김광우\*\*\*

\* 지우기술사사무소 소장 \*\* 수원대학교 건축공학과 교수 \*\*\* 서울대학교 건축학과 교수

### A study on the Development of Vertical Air Temperature Distribution Model in Atrium

Y. I. KIM\*, K. H. Cho\*\*, K. W. Kim\*\*\*

\* *Ji-woo Engineers* \*\* *Dept. of Architectural Engineering, The University of Suwon*  
\*\*\* *Dept. of Architecture, Seoul National University*

#### Abstract

Recently the construction of atrium buildings has increased but along with it many problems in thermal environment have arisen. Since the exterior wall of glass, indoor temperature is greatly influenced by weather conditions and since the space volume is very large, the vertical air temperature is not uniform. So, in this study, a Vertical Temperature Distribution Model was developed to predict the vertical air temperature of an atrium and evaluate the effects of the design parameters on the air temperature distribution of an atrium.

To consider the characteristics of the vertical air temperature distribution in an atrium, the Satosh Togari's Macroscopic Model was used basically for the calculation of the vertical air temperature distribution in large space and the solar radiation analysis model and natural ventilation analysis model in atrium. And to calculate the unsteady-state inside wall surface temperature (boundary condition), the finite difference method was used.

For the verification of the developed temperature distribution program, numerical evaluation of air flow by the  $\kappa$ - $\epsilon$  turbulence model and in-situ test was conducted in parallel. The results of this study, the developed temperature distribution program was seen to predict the thermal condition of the atrium very accurately

경계조건 해석 관련	
부 호	내 용
Qsol	창문을 통한 일사열취득량 [W]
A <sub>glass</sub>	창문의 면적 [m <sup>2</sup> ]
I <sub>b</sub>	직달 일사량 [W/m <sup>2</sup> ]
I <sub>d</sub>	산란 일사량 [W/m <sup>2</sup> ]
SC	차폐계수
g <sub>i</sub> , g <sub>s</sub>	표준 유리의 일사취득계수
C <sub>d</sub>	틈새의 유출계수 (discharge coefficient)
A	흐름면적 (flow area) [m <sup>2</sup> ]
ΔP	틈새사이의 압력차 [Pa]
ρ	공기밀도 [kg/m <sup>3</sup> ]
P <sub>w</sub>	바람에 의한 압력 [Pa]
C <sub>p</sub>	풍압계수 [풍향과 벽면과의 관계로 결정]
V	데이터 위치에서의 풍속 [m/s]
g	중력가속도 [= 9.81 m/s <sup>2</sup> ]
h	관찰점 높이 [m]
h <sub>NPL</sub>	중립대 높이
T	절대온도 [K]
수직온도분포 해석 관련	
부 호	내 용
T(I)	블록 I의 공기온도 [°C]
V <sub>out(I,K)</sub>	벽면 K에서 발생한 하강기류의 풍량 [m <sup>3</sup> /h]
TD(I,K)	V <sub>out(I,K)</sub> 의 평균온도 [°C]
C · γ	공기의 비열 · 비중 [Wh/m <sup>2</sup> °C]
V <sub>IN(I,K)</sub>	합성된 하강기류 중 블록I에 유입하는 풍량
AB(I)	블록 (I-1)과 블록(I)의 경계면적 [m <sup>2</sup> ]
CB(I)	열이동계수[W/m <sup>2</sup> °C]

### 1. 序 論

최근 도시내 건물에 自然的 要素의 積極적 도입과 새로운 形態의 추구를 목적으로 아트리움의 도입이 급속히 증가되고 있다. 그러나 아트리움의 도입에 있어서 環境問題에 대한 充分한 考慮의 不足으로 다양한 環境問題들이 발생하고 있으며, 國內에서는 특히 熱環境 制御의 어려움을 지적하고 있다.

아트리움의 熱環境을 효율적으로 制御하기 위

해서는 우선 아트리움의 溫度分布에 영향을 미치는 요소들을 定量的으로 分析하여, 그 결과를 바탕으로 아트리움의 熱環境을 向上시킬 수 있는 建築計劃 方案을 세워야만 한다.

室內 熱環境 解析과 관련된 既存의 研究에서는 空間內的 溫度分布가 均一하다고 가정하여 室溫 및 冷暖房 負荷量을 산정 하였다. 그러나 아트리움과 같은 大空間은 上下 溫度差가 크게 나타나기 때문에 空間 全體를 단일 온도로 가정하여 계산된 결과는 實際의 條件과는 큰 차이가 나게 되므로, 그 결과를 가지고는 적절한 熱環境 調節의 方案을 세울 수가 없으며, 또한 아트리움은 유리로 덮혀있다는 건축적 특성으로 인해 일사 및 외기온도에 큰 영향을 받게 된다. 따라서 本 研究는 아트리움의 熱環境을 向上시킬 수 있는 建築計劃 方案을 모색하기 위한 기초 연구로서 아트리움의 熱的 特性을 파악할 수 있는 垂直溫度分布 解析 프로그램의 開發을 목적으로 한다.

### 2. 垂直溫度分布 解析 모델 開發의 基本方向

#### 2.1 아트리움의 특성을 고려한 影響要素의 評價項目

아트리움은 유리로 덮인 大空間이라는 특성을 갖는다. 이로 인해 日射 및 外氣溫의 影響을 많이 받아 溫度 變化幅이 크며, 空間의 크기에 비해 실제로 사람들이 使用하는 地域은 주로 下層部의 바닥에 한정된 경우가 많다. 또한 上下 溫度差가 크고, 공간의 부피가 거대하기 때문에 空氣의 分配 및 分布의 制御가 어려운 점 등 일반 공간과는 다른 열적 특성을 갖는다.

따라서 개발되어야 할 온도분포 해석 프로그램은 다음과 같은 건축 계획적 요소 및 열해석 측면에서의 영향요소를 평가할 수 있어야 한다.

가) 建築 計劃的 側面에서의 溫度分布 影響要素

- 1) 平面形態            2) 向            3) 構造體
- 4) 유리의 種類        5) 열고임 공간
- 6) 自然換氣 調節을 위한 開口部

나) 熱解析 側面에서의 溫度分布 影響要素

- 1) 表面 溫度 分布 2) 日射 流入 3) 換氣 特性
- 4) 空氣移動의 影響 5) 외부경계조건(外氣條件)

2.2 垂直溫度分布 解析 모델 開發의 基本 方向

앞서 언급한 영향 요소들이 아트리움의 온도분포에 미치는 영향을 정확히 평가하기 위해서는 주변 벽면의 非定常 解析을 포함한 공간 내의 垂直溫度分布를 해석할 필요가 있다.

실내 온도분포 해석과 관련된 기존의 연구들 중 模型實驗에 의한 방법은 次元解析을 만족시키면서 다양한 建築的 條件을 평가할 수 있는 모델 제작이 어려우며, 특히 외기 조건의 인위적 조절이 어렵기 때문에 아트리움의 溫度分布 해석에는 적합하지 않다. 한편 精密 氣流解析 방법은 境界條件의 해석과 연결한 非定常狀態 해석을 하기에 계산 양이나 계산 시간이 너무 방대하여 다양한 조건을 분석하기 곤란하므로 아트리움의 溫度分布에 영향을 미치는 다양한 요소를 평가하기에는 곤란하다. 溫度分布의 簡易解析에 대한 몇몇 연구결과 중, 戶河里敏 등의 연구결과는 벽면에서의 空氣移動이나 吹出氣流 등을 해석하는데 있어 流體解析의 기본 이론과 취출구 이론 등을 근거로 공기 이동을 모델화하여 大空間의 上下 溫度分布를 解析하는 것으로, 실험 및 실측결과와 비교해 有用性이 비교적 높으며, 또한 이 모델에서 필요로 하는 壁表面 溫度는 비정상 열해석에 의해 계산이 가능하므로 본 연구 대상인 아트리움의 溫度分布를 解析하는 기본 모델로서 적합하다.

이와 같은 이유로 아트리움의 溫度分布에 미치

는 영향을 분석하기 위한 모델은 계산시간과 계산량이 적으면서도 계산결과가 상대적으로 정확한 簡易解析方法을 이용하는 것이 적합하다.

따라서 본 연구에서는 아트리움의 특성을 고려한 垂直溫度分布 解析 모델을 開發하기 위해 境界條件의 解析은 非定常 精密解析을 기본으로 하며, 垂直溫度分布 解析은 戶河里敏 등의 연구 결과에 의한 垂直 溫度分布 簡易解析 方法을 기본 모델로 하되, 아트리움의 溫度分布에 중요한 영향을 미치는 日射解析 모델과 自然換氣에 따른 空氣移動 解析 모델을 발전시키기로 한다.

3. 垂直溫度分布 解析을 위한 理論

3.1 境界條件 解析 理論

1) 壁體의 傳熱 解析

벽체의 전열해석은 一次元 非定常 熱傳解析을 기본으로 하였으며, 數值解析의 방법은 後進差分法을 사용하였다.

벽면에서의 對流 및 輻射 성분은 분리하여 해석 하였다. 이 중에서 벽체 표면에서의 대류열전달계수는 Griffiths와 Davis에 의한 식(1)을 채택하였으며, 輻射傳熱은 單純 線形化하여 공간 온도를 이용하여 계산하는 방법을 사용하였다.<sup>2)</sup>

2) 日射의 解析

유리창을 통한 透過 日射量의 해석은 식(1)과 같으며, 벽체의 일사해석은 相當外氣溫(sol air temperature)을 이용하여 계산하였다.

$$Q_{sol} = A_{glass} (g_i I_b + g_s I_d) * SC \quad (1)$$

1) 渡邊 要, “建築計劃研究 II”, 丸善株式會社, 東京, 1979, p.581

2) J.Alan Adams & David F.Rogers, “Computer-Aided Heat Transfer Analysis”, McGraw-Hill, NewYork, 1973, pp.26-30

3) 개구부에서의 自然換氣 解析

開口部와 같은 큰 틈새에서의 기류의 흐름은 일반적 압력하에서 亂流的 特性을 가지며, 흐름양 Q는 壓力差의 제곱근에 比例하여 식(2)에 의해 평가할 수 있다.

$$Q = C_d A \sqrt{2 \Delta P / \rho} \quad [m^3/s] \quad (2)$$

여기서 開口部나 틈새 사이의 壓力差는 換氣의 推進力이 된다. 壓力差는 바람과 溫度差(stack effect)에 의해 생긴다.

바람과 온도차에 따른 압력차는 다음식과 같이 계산된다.

$$\textcircled{1} \text{ 風壓 : } P_w = 0.5 C_p \rho V^2 \quad [Pa] \quad (3)$$

② 굴뚝효과에 의한 壓力差

$$\begin{aligned} \Delta P_s &= (\rho_o - \rho_i) g (h - h_{NPL}) \\ &= \rho_i g (h - h_{NPL}) (T_i - T_o) / T_o \end{aligned} \quad (4)$$

3.2 垂直 溫度分布 解析 理論

아트리움 공간의 垂直 溫度分布를 해석하기 위한 基本 理論은 戶河里敏등의 上下 溫度分布 簡易解析 모델의 연구결과를 기초로 하여 발전시켰다.

戶河里敏의 모델에서는 上下方向으로의 溫度分布를 고려하기 위해 대상공간을 상하 n개로 分割하고, 각 블록에 대해 壁面流 모델, 非等溫分流 모델, 熱移動 係數 모델의 3가지 모델을 세운다. 이와 같은 기본 모델과 함께 각 블록간의 風量平衡式 및 熱平衡式을 연립해서 풀어 각 블록의 온도를 산출하게 된다. Figure.1은 上下 溫度分布 簡易解析 모델의 기본 개념을 나타낸 것이다.

본 논문에서는 戶河里敏의 기본 연구를 근본으로 아트리움의 특성을 발전시킨 이론들을 정리하였으며, 기본 해석 모델은 참고문헌 10의 문헌을 참조하면 알 수 있다.

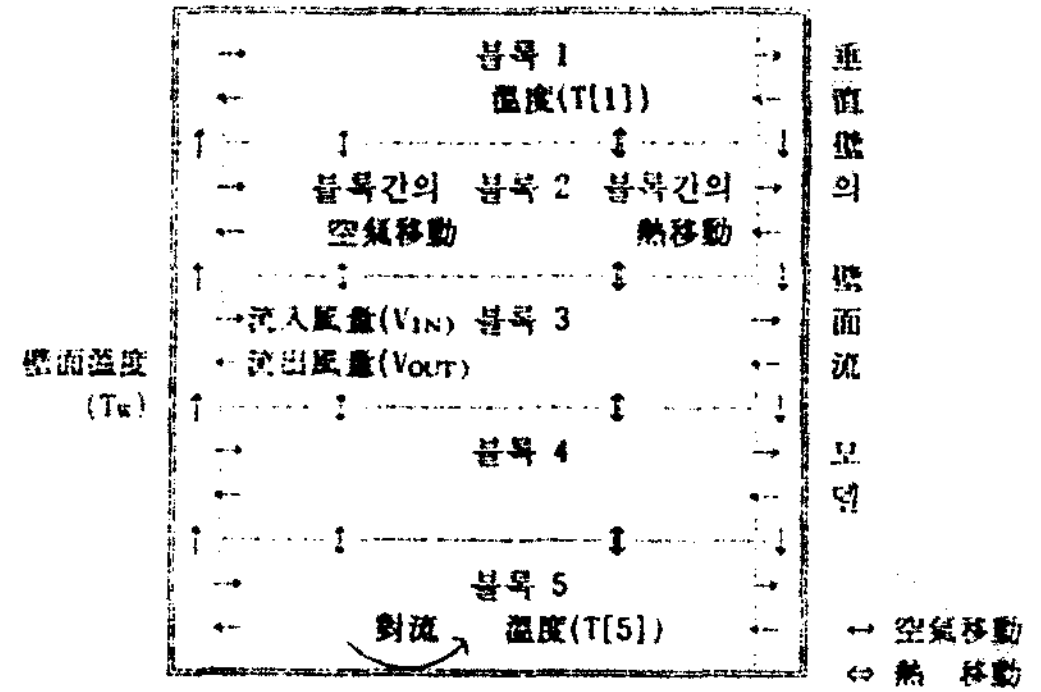


Fig.1 上下溫度分布 簡易解析 모델의 概念

1) 각 블록의 風量平衡式

블록 I에 대한 風量平衡式은 다음과 같이 표현된다.

$$0 = \sum_{K=1}^m \{ V_{IN} (I,K) - V_{OUT} (I,K) + V_{entil}(I,K) \} + V_c (I+1) + V_c (I) \quad (5)$$

제1항의  $V_{IN}(I,K)$ ,  $V_{OUT}(I,K)$ 은 壁面流에 의한 流入·流出風量 이다. 제2항의  $V_{entil}(I,K)$ 은 換氣에 의한 空氣 移動의 영향을 평가하기 위한 것으로, 본 연구에서 도입한 개념이다.

$V_c(I+1)$  및  $V_c(I)$ 는 상하로 인접한 블록간의 境界面을 통해서 이동되는 風量으로 흐름방향이 상향인 경우를 (+)로 한다. 최상층에서  $V_c(0) = 0$ 이 되므로  $V_c(1)$ 부터  $V_c(n)$ 까지 순차적으로 풀어가면 전 블록에 대한 上下 移動 風量을 구할 수 있다.

2) 각 블록의 熱平衡式

최상부 블록 및 최하부 블록을 제외한 블록에 관한 熱平衡式은 다음과 같다.

$$0 = \sum_{K=1}^m C \cdot \gamma V_{IN} (I,K) \{ T_M (I,K) - T(I) \} \quad (6)$$

$$\begin{aligned}
 &+C \cdot \gamma V_c (I+1) \{T(I+1)-T(I)\} \quad (\text{단 } V_c (I+1) > 0) \\
 &+C \cdot \gamma V_c (I) \{T(I-1)-T(I)\} \quad (\text{단 } V_c (I) > 0) \\
 &+ A_B C_B [\{T(I+1) - T(I)\} + \{T(I-1) - T(I)\}] \\
 &+C \cdot \gamma Ventil(I,K) \{T_{out}-T(I)\} \quad (\text{단 } Ventil(I,K) > 0)
 \end{aligned}$$

위의 식 중 제2항의  $V_c(I+1)$  및 제3항의  $V_c(I)$ 는 블록 I에 대해서空氣가流入되는 경우만을 계산한다. 최후항은換氣에 의한 열의 이동을 계산하는 식으로, 이 경우  $T_{out}$ 은開口部가 外側に 면한 경우는 외기온을 사용하여 계산하며, 內側に 면한 경우는 인접공간 온도를 기준으로 계산하며, 공기가 유입되는 경우만을 고려한다. 블록I에 대해서는 천정에서의對流 傳熱項이, 또한 블록 n에 대해서는 바닥에서의對流 傳熱項이 추가된다.

위의 식(6)을 移項整理하여 계산하면 각 블록의 공기온도  $T(I)$ 를 一次的으로 계산 할 수 있으며, 계산된 블록온도를 이용해 反復計算을 수행하게 되면 각 블록의 수렴온도 값을 구할 수 있다.

#### 4. 溫度分布 解析 프로그램의 開發

##### 4.1 프로그램의 概要

본 연구에서 개발한 垂直 溫度分布 解析 프로그램은 아트리움의 특성을 고려하기 위해 境界條件의 해석은 非定常 精密 解析을 기본으로 하며, 溫度分布 해석은 戶河里敏 등의 연구 결과에 의한 垂直 溫度分布 簡易 解析 方法을 기본 모델로 하였다. 또한 아트리움의 溫度分布에 중요한 영향을 미치는 日射解析 모델과 自然換氣에 따른 空氣移動 解析 모델을 발전 시켰다.

수직 온도분포 해석 프로그램은 前處理 計算 모듈, 室內 表面溫度 해석 모듈, 垂直 溫度分布 해석 모듈과 後處理 計算 모듈로 구성되는 主 프로그램과 각 계산을 위해 필요한 副 프로그램으로 구성하였다. 프로그램의 개략적 흐름도는 Figure.2와 같다.

##### 4.2 溫度分布 解析 모델의 妥當性 檢證

1) 精密 氣流解析에 의한 換氣 解析 모델의 檢證  
아트리움의 垂直溫度分布 解析 모델 중 換氣 모델의 타당성을 검토하기 위해 일정한 換氣條件에 대해 精密 氣流解析에 의한 실내 溫度分布의 계산 결과와 본 연구에서 개발한 垂直 溫度分布 解析 프로그램에 의한 계산 결과를 비교하였다.

精密 氣流解析은 流動解析 汎用 프로그램인 STAR-CD를 이용하였다.

해석 대상 모델은 Figure.3과 같으며, 계산조건은 Table.1과 같다.

Table.1 계산조건

항 목	조 건
공간형태	2次元, 10mx10m 正方形斷面
開口部 위치, 형태 유입공기속도	그림 4 참조
온도조건	表面溫度 : 천정 40℃, 벽면27℃, 바닥면27℃ 유입공기온도 : 25℃
시간당 환기횟수	5.0 ACH
格子分割	기본 : 0.1m 벽면부근 0.2m까지. 流入 / 流出面 : 0.05m 간격 * A 모델 : 107x104분할 절점 11,128개
수렴 조건	최대오차합 $2.0 \times 10^{-2}$ 이하



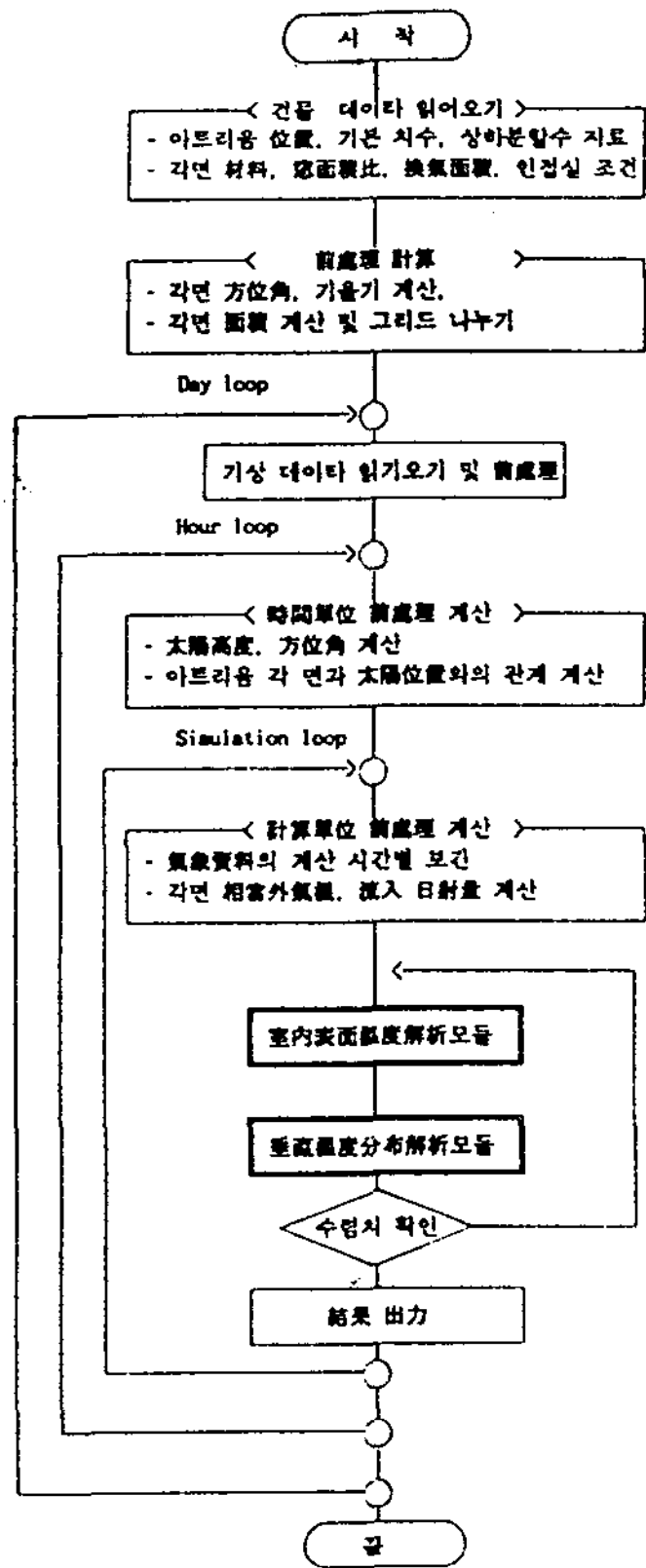


Fig.2 垂直 溫度分布 解析 프로그램의 개략적 흐름도

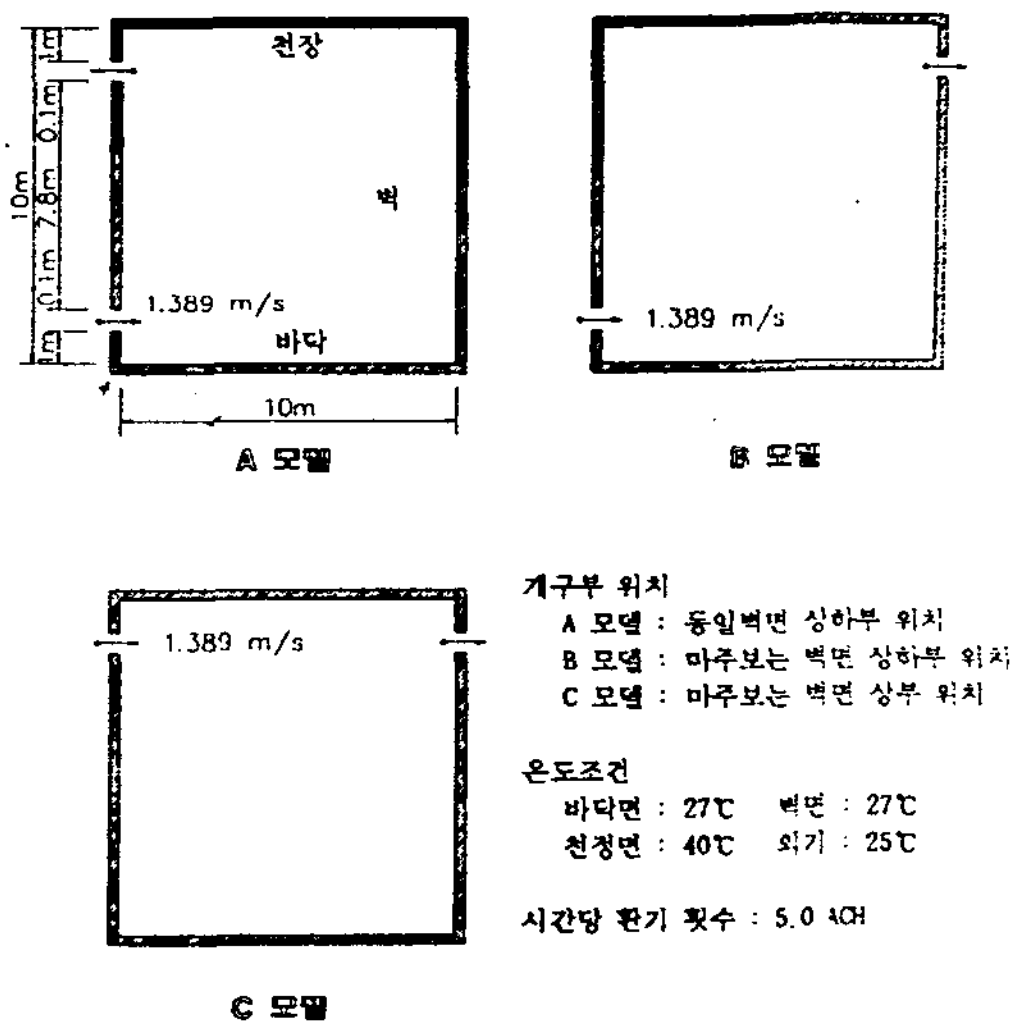


Fig.3 換氣 解析 모델 (단면)

2) 計算 結果 比較

垂直 溫度分布 解析 모델의 결과와 氣流解析의 결과 平均溫度는 A 모델인 경우 溫度分布 解析 모델의 결과가 0.16℃ 높게 나타났으며, B 모델은 溫度分布 解析 모델의 결과가 0.05℃ 낮게 나타났다. C 모델의 경우 平均溫度는 溫度分布 解析 모델이 0.09℃ 높게 나타나 溫度分布 解析 모델의 계산 결과와 氣流解析 결과의 오차는 매우 적은 것으로 나타나, 정밀 기류해석 방법의 適用 限界를 고려하고, 또한 본 연구에서 개발한 온도분포 해석 모델과 정밀 기류해석에 의한 계산 결과의 誤差가 적은 점을 고려할 때 溫度分布 解析 모델의 적용에 충분한 타당성이 있음을 알 수 있다.

垂直 溫度分布 解析 모델의 檢證을 위해서는 平均 溫度의 비교보다는 높이별 溫度分布의 비교가 더 중요한 요소가 된다. Figure.4는 溫度分布 解析 모델과 精密 氣流解析에 의한 각 해석대상 모델의 垂直 溫度分布 計算결과를 나타낸 그래프이다.

그림에서와 같이 A, B, C 각 모델의 수직 온도 분포 변화유형이 정밀 기류해석에 의한 결과와 본 연구에서 개발한 수직 온도분포 해석 모델에 의한 계산 결과와 거의 일치함을 알 수 있다.

따라서 본 연구에서 개발한 溫度分布 解析 모델은 自然換氣의 條件에 따른 공간내 平均溫度의 차이 및 垂直 溫度分布의 影響을 파악하는데 유효하다고 판단된다.

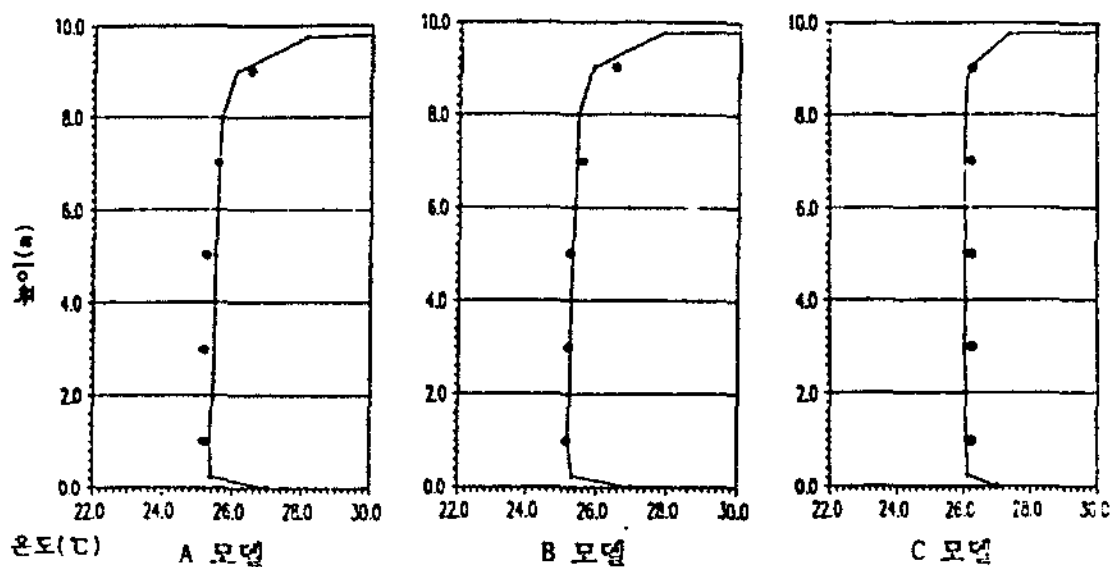
또한 본 절에서는 換氣 解析 모델의 검증만을 위해 개구부나 외기 조건을 단순화 시켰으나, 실제 아트리움의 解析에 있어서는 개구부의 위치와 면적에 따른 굴뚝효과에 의한 換氣 影響과 유입되는 공기의 溫度와 流入風量에 따른 아트리움의 溫度分布의 影響을 파악할 수 있다.

Table.2 換氣 解析 모델의 계산결과 (°C)

	溫度分布 解析 모델 결과(°C)			精密 氣流解析 결과 (°C)		
	A 모델	B 모델	C 모델	A 모델	B 모델	C 모델
1.0	25.16	25.16	26.26	25.36	25.18	26.09
2.0	-	-	-	25.42	25.22	26.07
3.0	25.17	25.17	26.25	25.46	25.24	26.05
4.0	-	-	-	25.49	25.26	26.07
5.0	25.24	25.24	26.25	25.50	25.28	26.08
6.0	-	-	-	25.53	25.32	26.04
7.0	25.55	25.55	26.24	25.58	25.37	26.06
8.0	-	-	-	25.67	25.41	26.09
9.0	26.48	26.48	26.23	26.08	25.83	26.20
평균	25.52	25.52	26.24	25.68	25.47	26.15

Table.3 測定 項目 및 測定 方法

測定 空間	測定 項目	測定點 개수	測定 方法	測定 機器
아트리움	공간온도	수직11 x 수평3 총 31 지점	자동측정	C-C, 데이터 로거 (KAYE Instrument제품)
	벽표면온도	1층 5, 2·3층 3	-	-
	온습도	1층, 3층 2지점	자동측정	자기온습도기록계
인접공간	기류속도 및 온습도	1층당 8 지점 총 24 지점	1일 2회 수동측정	열선 풍속계 (IET Model V-01-AN4D)
	온습도	1층당 4실 총 12지점	자동측정	열선 풍속계
외기	일사량	옥상 1 지점	자동측정	일사량 측정계
	온습도	서울대 측후소	자동측정	자기온습도기록계
	풍량/풍속	서울대 측후소	자동측정	풍량계/풍속계



— 정밀기류해석 결과 • 온도분포해석모델 결과

Fig.4 垂直 溫度分布 解析 모델과 精密 氣流解析 에 의한 결과 비교

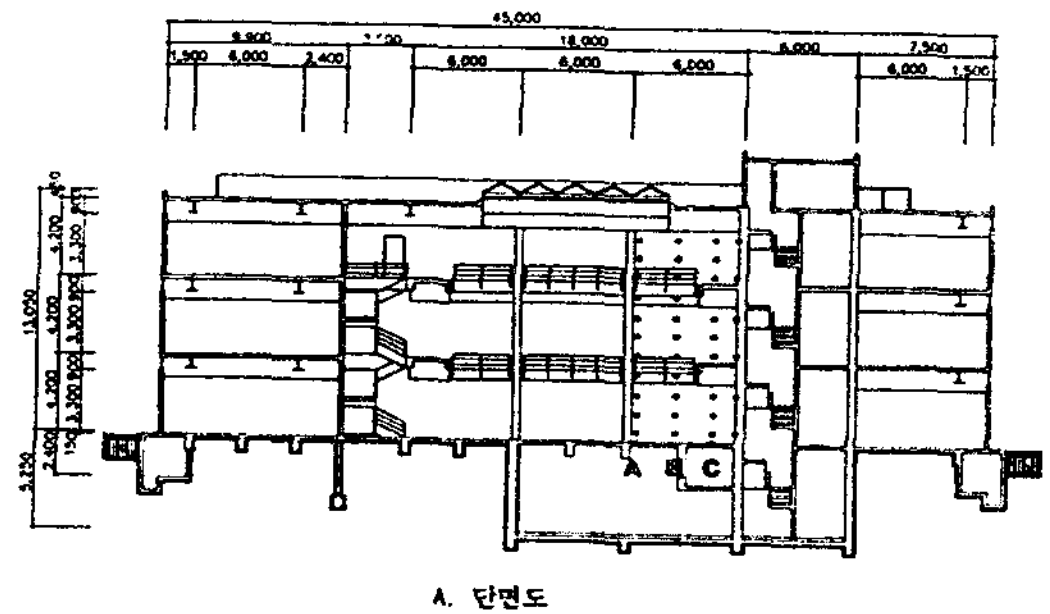
4.3 實物 空間의 溫度分布 測定에 의한 溫度 分布 解析 프로그램의 檢證

1) 실측개요

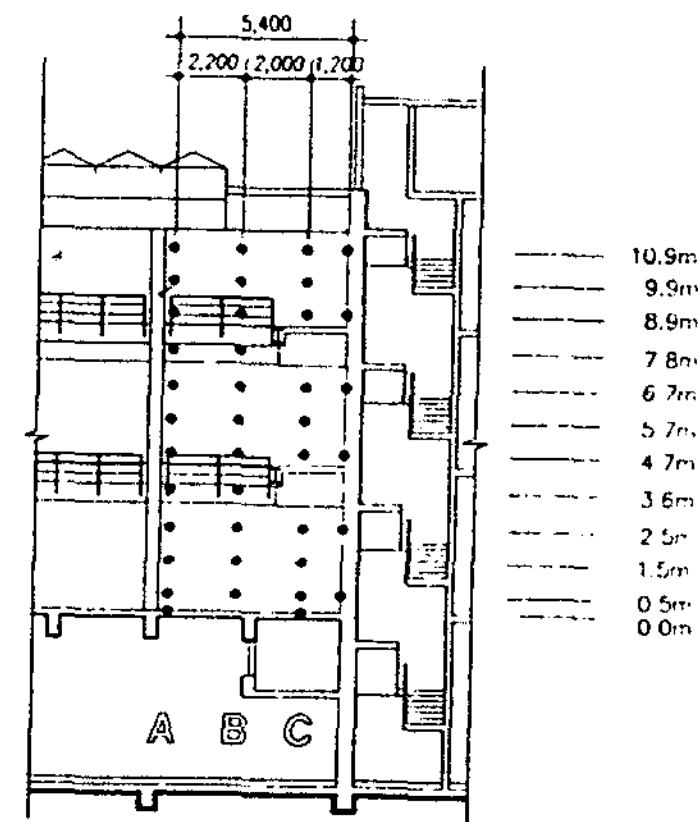
개발된 아트리움 垂直 溫度分布 解析 프로그램의 종합적인 검증을 하기 위해 실제 건축된 아트리움 공간을 대상으로 垂直 溫度分布를 실측하여, 실측 결과와 垂直 溫度分布 解析 프로그램에 의한 계산 결과를 比較·分析하였다.

實測 對象 建物は 中庭型 아트리움(길이 18.2m, 폭 13.8m, 높이 11.4m)이 있는 서울대학교 내의 「정밀 기계설계 공동 연구소」로, Figure.5는 건물의 단면도 및 온도 측정점을 나타낸다.

Table 3은 測定 項目 및 測定 方法을 나타낸 것이다.



A. 단면도



B. 수직온도 측정점

Fig.5 측정 대상 건물 斷面圖 및 垂直溫度 測定點

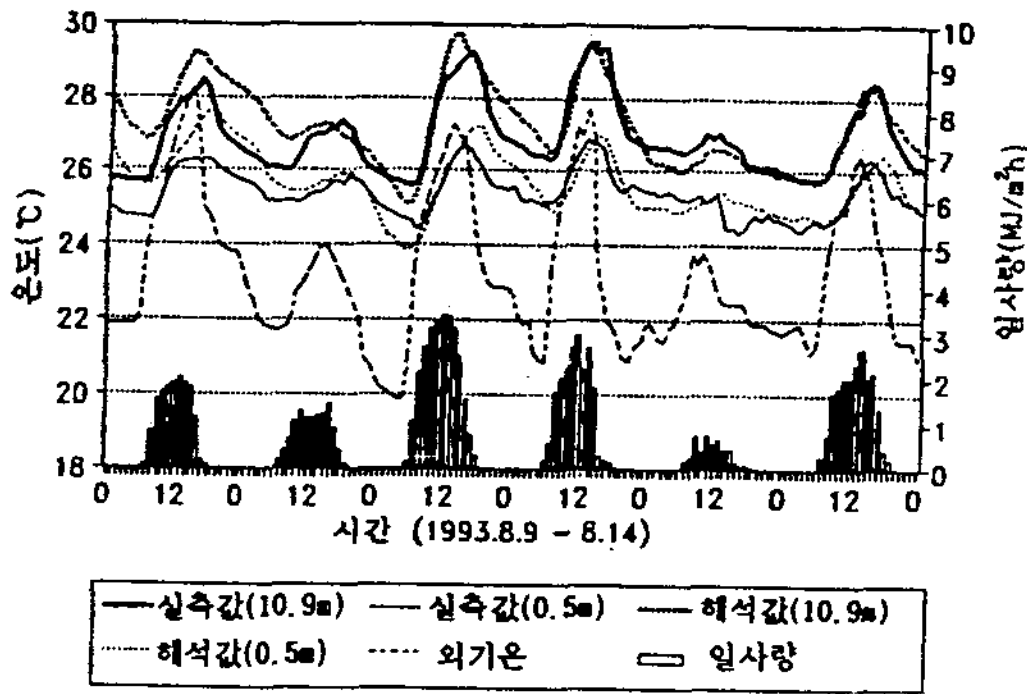


Fig.6 實測 結果와 시뮬레이션 結果의 溫度分布 比較 (10.9m,0.5m 지점)

2) 實測 結果와 시뮬레이션 結果의 比較

측정결과와 계산결과의 비교는 측정의 安定條件을 고려하여 전체 실측 기간 중 6일간에 대해 비교하였다.

Figure.6은 아트리움의 最上部인 10.9m 지점과 最下部인 0.5m 지점의 실측 및 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다.

그림에서 나타난 바와 같이 氣候條件에 따른 온도변화의 패턴이 실측 결과와 시뮬레이션 결과에서 類似하게 나타나며, 아트리움의 垂直 높이별 溫度分布도 잘 일치함을 나타내고 있다.

실측과 시뮬레이션 결과와의 誤差를 좀더 정확히 분석하기 위해 최상부인 10.9m 지점과 최하부인 0.5m 지점의 시뮬레이션 결과와 실측 결과 사이의 誤差를 정리한 것은 Table.4와 같다. 표에서 과 같이 전 기간에 걸친 最大 誤差의 범위가 -1.10℃~1.15℃로 나타났다. 실측결과는 리얼타임인데 비해 시뮬레이션에 사용한 기후 데이터는 1시간 단위의 값이며, 또한 대상 공간의 입력 자료들에 오차가 포함될 수 있음을 고려해 볼 때 시뮬레이션 결과와 실측 결과가 잘 일치한다.

또한 일정 시각에 대해 溫度分布 解析 모델에 의한 아트리움내의 垂直 溫度分布 해석 결과가 실제 조건을 近似하게 豫測하는지 분석하기 위해, 8월 12일에 대해 실측 결과와 시뮬레이션 결과에 의한 시간별 垂直溫度 分布를 비교하였다. Figure7

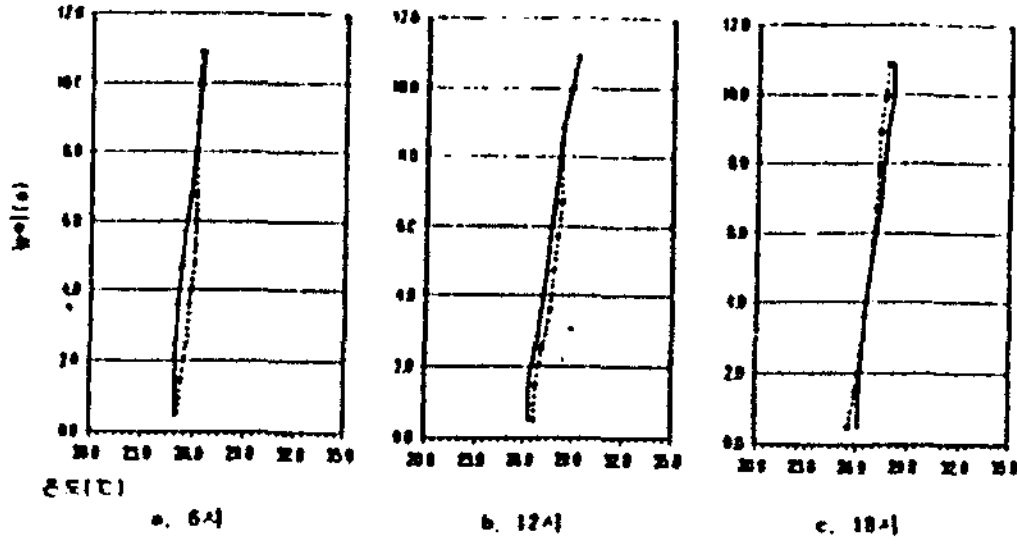
은 8월 12일 6시, 12시, 18시의 垂直 溫度分布의 실측 결과와 시뮬레이션 결과를 비교한 그래프이다.

6시의 경우 아트리움 最下層과 最上層의 온도는 일치하며, 中間層의 경우는 해석 결과가 다소 높게 나타났다. 이것은 실제 조건에서는 아트리움 하부층의 온도 변화가 나타나지 않다가 중간층 부터 상승하는데 비해, 解析 結果는 夜間의 천정면 온도를 낮게 평가하여 冷氣流가 하강함에 따라, 하부층에서는 溫度上昇이 일어나는데 비해 중간층 이상은 온도가 일정하다고 평가하였기 때문이라고 본다. 그러나 이 경우 最大溫度 差異는 0.84℃로 비교적 작게 나타났다. 12시의 경우는 시뮬레이션 結果가 5.7m 이하에서는 실측 결과에 비해 平均 0.56℃ 높게 나타나나, 상부에서는 두 결과가 잘 일치하며 또한 실측 및 시뮬레이션 결과의 垂直 溫度分布 변화 패턴이 유사하게 나타났다. 18시의 경우는 아트리움 상부층과 하부층에서 다소 誤差가 있으나 垂直 溫度分布의 변화 패턴은 유사하게 나타났다.

Table.4 實測 結果와 시뮬레이션 結果의 誤差 (실측값 - 계산결과)

비교지점	誤差(℃)		
	平均	最大	最小
10.9 m	0.036	1.154	-0.997
9.9 m	0.099	1.002	-0.990
1.5 m	0.205	1.078	-0.960
0.5 m	-0.022	0.796	-1.104





———— 실측결과  
 - - - - - 시뮬레이션결과

Fig.7 시간별 垂直 溫度分布 결과 비교

### 6. 結 論

本 研究는 최근 국내 건물에서 도입이 급증되고 있는 아트리움의 熱環境을 向上시키기 위한 建築 基本計劃 方案의 提示를 위한 기초 연구로서, 아트리움의 열적특성을 파악할 수 있는 垂直 溫度 分布를 解析할 수 있는 프로그램을 개발하는데 그 목적이 있다.

본 연구에서 개발한 垂直 溫度分布 解析 프로그램은 上下 溫度差가 크게나는 아트리움의 열적 특성을 고려하기 위해 공간을 單一溫度로 가정하여 傳熱해석을 하는 기존의 방법을 사용하지 않고, 공간내 垂直 溫度分布를 解析하기 위해 戶河里敏의 上下 溫度分布 簡易 解析 모델을 기본으로 하였으며, 아트리움의 특성을 고려할 수 있도록 日射에 의한 영향과 開口部에 따른 自然換氣의 영향을 해석할 수 있도록 발전 시켰다. 또한 온도분포 해석의 境界條件이 되는 실내 표면온도는 非定常 解析을 기본으로 有限差分法을 이용하여 계산 하였다. 개발된 프로그램은 精密 氣流解析과 아트리움의 實測結果와의 비교를 통해 檢證 결과 아트리움의 실제 溫度分布를 매우 近似하게 豫測할 수 있음이 立證되었다. 앞으로 개발된 이

垂直 溫度分布 解析 프로그램을 이용하여 앞서 언급한 각종 건축적 요소들이 아트리움의 열환경에 미치는 영향을 정량적으로 분석하여 아트리움의 열환경 향상에 기여할 수 있으리라 본다.

### 參考文獻

1. 김광우, "아트리움의 환경 계획", 건축가 92년 11월호, 1992
2. 李彦求, "아트리움의 에너지節約과 環境調節 機能에 관한 研究", 제4회 신·재생 에너지 기술개발 및 동향에 관한 연구, 1991
3. 趙江來 외 2인, "流體力學", 開文社, 1992
4. ASHRAE, "ASHRAE HANDBOOK 1989 FUNDAMENTALS", 1989
5. H.B. AWBI, "Ventilation of Buildings", E & FN SPON, New York, 1991
6. Siegel. Robert and J.R.Howell, "Thermal Radiation Heat Transfer", 3rd. Ed., Hemisphere Publishing Corporation, 1992.
7. Suhas V. Patankar, "Numerical Heat Transfer and Fluid Flow", McGRAW-HILL BOOK Co. 1980
8. 中原信生, "大空間の空氣調和計劃", 空氣調和·衛生工學 第51卷第11號, 1976
9. 野村 豪, "大空間の空氣調和-總論", 空氣調和·衛生工學 第51卷第11號, 1976
10. 戶河里敏, 荒井良延, 三浦克弘, "大空間における上下溫度分布の豫測モデル 大空間の空調·熱環境計劃手法の研究 その 1,2" 日本建築學會計劃系 論文報告集, 第427號, 1991. 9, 第435號, 1992. 5

# A study on the Development of Vertical Air Temperature Distribution Model in Atrium

Y. I. KIM\*, K. H. Cho\*\*, K. W. Kim\*\*\*

\* Ji-woo Engineers \*\* Dept. of Architectural Engineering, The University of Suwon

\*\*\* Dept. of Architecture, Seoul National University

## Abstract

Recently the construction of atrium buildings has increased but along with it many problems in thermal environment have arisen. Since the exterior wall of glass, indoor temperature is greatly influenced by weather conditions and since the space volume is very large, the vertical air temperature is not uniform. So, in this study, a Vertical Temperature Distribution Model was developed to predict the vertical air temperature of an atrium and evaluate the effects of the design parameters on the air temperature distribution of an atrium.

To consider the characteristics of the vertical air temperature distribution in an atrium, the Satoshi Togari's Macroscopic Model was used basically for the calculation of the vertical air temperature distribution in large space and the solar radiation analysis model and natural ventilation analysis model in atrium. And to calculate the unsteady-state inside wall surface temperature (boundary condition), the finite difference method was used.

For the verification of the developed temperature distribution program, numerical evaluation of air flow by the  $\kappa$ - $\epsilon$  turbulence model and in-situ test was conducted in parallel. The results of this study, the developed temperature distribution program was seen to predict the thermal condition of the atrium very accurately.