

地中空間의 自然室溫 推定에 關한 研究

A Study on the Estimations of the Indoor Natural Temperature in the Underground Space

李 時 雄*, 孫 章 烈**
Shi Woong Lee Jang Yeul Shon

ABSTRACT

The purpose of this paper is to research the estimations of the indoor natural temperature in a case of the earth sheltered space and the 1st basement room in comparison with a conventional housing. The result of this study can be summerized as follows:

The natural temperature of the earth sheltered house

$$\text{Summer} : \theta_{es} = 27.0 + 1.65 \sin(2\pi/24 \cdot T - 1.34)$$

$$\text{Winter} : \theta_{ew} = 11.5 + 1.15 \sin(2\pi/24 \cdot T - 1.61)$$

The natural temperature of the 1st basement space

$$\text{Summer} : \theta_{us} = 25.5 + 1.00 \sin(2\pi/24 \cdot T - 1.72)$$

$$\text{Winter} : \theta_{uw} = 13.9 + 1.10 \sin(2\pi/24 \cdot T - 2.29)$$

From the results of the stated above, we can calculate the cooling and heating load in the earth sheltered house and the underground space exactly and easily at Taejeon City

1. 序 論

現代의 經濟와 建設技術 등의 發展은 建物의 高密度를 招來하여 土地의 利用度가 더욱 重要하게 되었다. 따라서 地下空間의 活用度가 增加一路에 있어 地下空間은 地下鐵, 地下道, 地下貯藏庫, 地下車庫, 地下商街, 地下室, 待避所 등에서부터 地下居住空間에 이르기까지 多目的으로 活用되고 있으므로 地下空間에 관한 研究가 切實히 要求되고 있다.

本 研究는 覆土建物과 地下空間을 包含한 地中空間의 熱的 特性에 관한 研究의 一部分으로서, 이미 發表된 覆土住宅의 溫熱環境에 관

한 研究¹⁻⁴⁾에 地下空間을 追加시켜, 地中空間의 自然室溫이 外氣溫에 대하여 相關되어 室溫이 어느 程度 緩和되는지를 把握하기 위하여 建物別로 外氣溫과 自然室溫과의 相關性을 算出하였으며, 地下空間의 自然室溫을 推定하고자 하였다.

여기에서 室溫緩和程度의 把握은 그 方法論만을 提示하고, 그 算出은 다음 機會로미룬다.

冷暖房負荷計算時 그 負荷量은 熱貫流率 K 값에 外氣溫과 設計溫度와의 差 ΔT_0 를 곱하여 計算하게 되나 이는 最大負荷量이 되므로 實際로는 自然室內溫度와 設計溫度와의 差 ΔT_0 을 곱

* 正會員, 大田工業大學

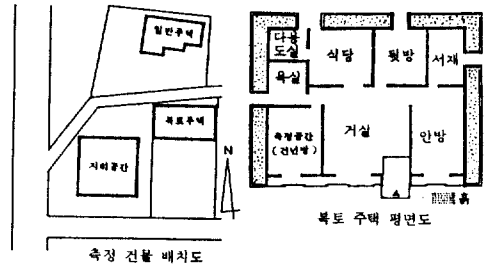
** 正會員, 漢陽大學校 工科學

하여 計算하여야 보다 正確하고 經濟的으로 計算될 것이므로 大田地方에서 地中空間の 自然室溫을 調和解析하여 推定하므로써 冷暖房負荷計算을 보다 正確하게 計算하고자 하였다.

研究進行은 이와 關聯된 各種 物理的 要素를 實測하고, 그 結果를 一般住宅과 比較, 分析하여 各 季節別로 地中空間の 自然室溫을 推定하였다.

本 研究結果는 地中空間の 熱環境計劃 및 設計資料로 活用될 것이다.

空間으로 各 建物の 概要는 表1, 平面圖 및 配置圖는 그림1과 같다.



2. 測定對象建物の 自然室溫 測定

2-1 測定對象建物の 概要

測定 對象으로 選定된 建物들은 모두 大田市 加吾洞의 同一番地 內에 隣接한 建物들로 一般住宅은 組積造 2層 建物이고, 覆土住宅은 壁體內에 흙을 채우고 지붕위는 흙으로 覆土된 建物이며, 地下空間은 3層 라멘조 建物の 地下 1層을 工藝工場으로 利用하고 있는

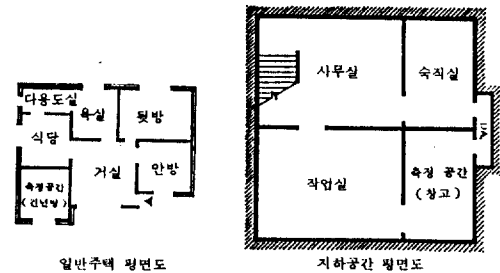


그림 1. 測定建物の 配置圖 및 平面圖

表 1. 測定 對象 建物の 概要

區 分	一 般 住 宅	覆 土 住 宅	地 下 空 間
施 工 年 度	1982年 7月	1984年 12月	1985年 10月
建 物 位 置	忠南大田市加吾洞 344	忠南大田市加吾洞 344	忠南大田市加吾洞 344
建 物 構 造	組積造 2層	覆土住宅 單層	라멘조 3層(地下1層)
지 붕 構 造	傾斜슬라브지붕위 기와잇기	傾斜슬라브지붕위 50cm 覆土 및 잔디植栽	평슬라브지붕
壁 體 構 造	시멘트벽돌 1B+斷熱材 50mm+시멘트벽돌 0.5B+石材붙임	시멘트벽돌 1B+乾燥흙 50cm+시멘트벽돌 1B	루핑+防水모르타르 2回+콘크리트옹벽 20cm +미장 모르타르 2cm
바 닥 構 造	바닥콘크리트 15cm+溫突+비닐장판	바닥콘크리트 15cm+溫突+비닐장판	바닥콘크리트 20cm+인조석 6cm
窓 門 面 積	2.25m ²	2.25m ²	1.20m ²
延 面 積	94.2m ² (28.5坪)	99m ² (30坪)	576m ² (175坪)
測定空間面積	건넌방 10.5m ² (3.2坪)	건넌방 12.9m ² (3.9坪)	地下層 144m ² 中 倉庫 24m ² (7.3坪)
建 物 方 向	南西 40°	南西 18°	南西 18°
層高 및 家族數	240cm, 4人	240cm, 4人	240cm
暖 房 方 式	溫突(기름보일러)	溫突(LPG 가스보일러)	溫風機

2-2 測定期間, 項目 및 方法

測定期間은 典型的인 夏季, 冬季와 中間季에 表2와 같이 測定하였다.

表2. 測定期間

測定區分	測定建物	夏 季	冬 季	中間季
1次測定	一般住宅 覆土住宅	86.8.1 ~8. 8	86. 1.25 ~1.31	86. 4. 2 ~ 4. 9
2次測定	地下1層 空 間	87.8.10 ~8.17	88. 1. 11 ~1. 18	86.10.10 ~10.17

測定項目 및 方法은 表3과 같으며 對象建物의 自然空間에서 居住하면서 測定하였다.

分析에 使用된 모든 資料는 SPSS(Statistical Package for the Social Science)로 電算處理하였다.

2-3 自然室溫 測定結果

測定期間은 그 地方의 各 季節을 代表할 수 있는 期間이어야 分析內容이 一般性을 지니게 된다. 本 測定은 夏季, 冬季, 中間季로 나누어 各 季節의 典型的인 期間을 擇하여 實測하

表3. 測定項目 및 方法

測定項目	測定機器	記 錄	測定間隔	測 定 位 置
外 氣 溫 度	C·C 열전대 차기온습도계	Data Logger(Yodac 85S) 기록지	1 시간간격	대상건물들의 중앙 위치
地 中 溫 度	C·C 열전대	Data Logger(Yodac 85S)	1 시간간격	지하 1.5m 깊이
自 然 室 溫	C·C 열전대 차기온습도계	Data Logger(Yodac 85S) 기록지	1 시간간격	측정공간내의 4개 소
日 射 量	Eppley Radiometer(PSP형)	6140 Digital Recorder	1 시간간격	평슬라브 지붕위

었다. 測定期間의 外氣溫과 地中溫度的 測定值를 中央氣象臺의 大田地方 30年間 統計值에 比較하면 表4와 같다. 外氣溫은 平年보다 夏季에 3.2℃ 높고, 冬季는 1.0℃ 낮아 適合한 期間이었으며, 中間季는 1.3℃에서부터 2.3℃까지의 차를 보여 本 分析에서는 2次時的 測定值만을 利用하였다. 地下 1.5m의 地中溫度는 差가 거의 없었다. 이와 같이 測定期間은 全般的으로 各 季節을 代表할 수 있는 期間이었다고 볼 수 있다.

測定結果는 그림 2, 3, 4에 季節別, 建物別로 나타나 있고, 自然室溫의 比較는 表5와 같다.

夏季의 建物別 自然室溫은 一般住宅보다 覆土住宅이 1.7℃, 地下空間이 3.2℃ 낮고, 室溫日較差는 一般住宅보다 覆土住宅이 1.6℃, 地下空間이 2.9℃ 적다. 冬季의 自然室溫은 一般住宅보다 覆土住宅이 3.8℃, 地下空間이 6.2℃ 높고, 室溫日較差는 一般住宅보다 覆土住宅이 5.4℃, 地下空間이 5.6℃ 적다. 中間季의 自然室溫은 一般住宅보다 覆土住宅이 0.1℃, 地下空間이 0.2℃ 높고, 室溫日較差는 一般住宅보다 覆土住宅이 2.4℃, 地下空間이 2.7℃ 적어 夏季나 冬季에 比하여 建物別로 큰 差異 없이 一定한 편이다.

表4. 外氣溫과 地中溫度的 測定值와 統計值와의 比較

溫度區分	測定區分	夏 季			冬 季			中 間 季		
		測定值	統計值	差	測定值	統計值	差	測定值	統計值	差
外 氣 溫	1次時測定	28.3	25.1	+3.2	-3.1	-2.1	-1.0	9.6	11.9	-2.3
	2次時測定	27.8	25.1	+2.7	-1.8	-2.1	+0.3	12.0	13.3	-1.3
地中溫度	2次時測定	21.9	21.9	0	8.4	8.4	0	19.9	19.8	+0.1

表5. 季節別 建物別 自然室温 比較(測定値)

季 節	1 次 時 平均外氣溫	平 均 日 較 差	一般住宅 平均室温	一般住宅 平 均 日 較 差	覆土住宅 平均室温	覆土住宅 室 溫 日 較 差	2 次 時 平 均 外 氣 溫	平 均 日 較 差	地下空間 平均室温	地下空間 室 溫 日 較 差
夏 季	28.3	7.1	28.7	4.9	27.0	3.3	27.8	9.6	25.5	2.0
冬 季	-3.1	11.6	7.7	7.7	11.5	3.5	-1.8	8.7	13.9	2.1
中間季 (2 次 時)			19.5	3.8	19.6	2.4	12.0	15.8	19.7	2.1

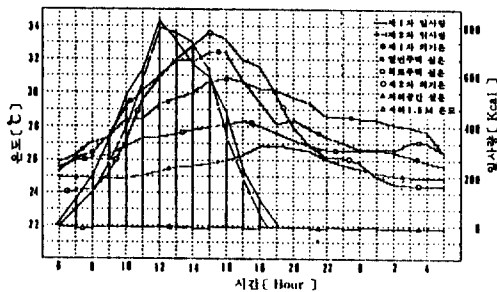


그림2. 夏季 日射量과 室內外 溫度

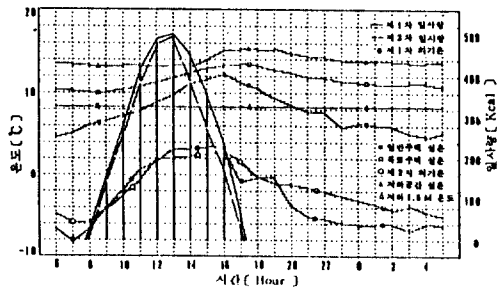


그림3. 冬季 日射量과 室內外 溫度

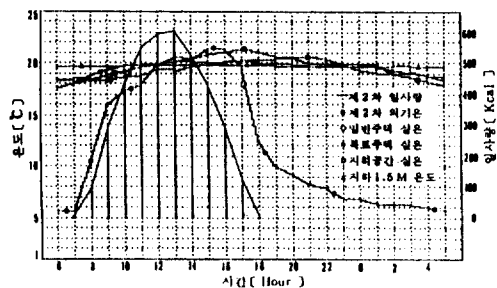


그림4. 春秋季 日射量과 室內外 溫度

4 季節을 통하여 自然室温을 比較해본 結果 一般住宅보다 地中建物の 自然室温이 夏季에 是 낮고, 冬季에는 높으며, 年中 安定되어 있

음을 알 수 있다.

3. 自然室温 變動特性

3-1 地中溫度 및 外氣溫과 地下空間 自然 室温과의 關係

自然室温은 外氣溫, 地中溫度, 日射量, 建物の 構造材料, 建物の 方位, 窓, 室의 配置, 換氣, 室內發生熱 등의 여러 因子들에 의하여 決定된다. 이들의 諸因子中 室温變動에 가장 큰 影響을 줄 수 있는 因子는 外氣溫과 地中溫度이다. 外氣溫과 地中溫度가 變化함에 따라 地下室溫이 어떻게 變動되는지를 檢討하기 위하여 外氣溫과 室温, 地中溫도와 室温과의 相關關係를 把握하여 一般住宅과 比較해보므로써 地中空間의 自然室温變動特性을 알 수 있다. 自然室温 測定은 窓門을 닫은 狀態에서 冷暖房을 하지 않고 實測하였다.

夏季의 地下空間 室温과 外氣溫 및 地中溫度와의 相關性은 그림5와 같이 地中溫도와 室温과의 相關係數 R는 0.173이고, 外氣溫과 室温과의 相關係數 R는 0.612이다. 이로써 地下空間의 自然室温은 地中溫度, 外氣溫度, 內部發生熱 등에 의하여 造成되지만, 室温變動은 地中溫도의 變化가 深하지 않기 때문에 地中溫度보다 外氣溫의 影響을 더 많이 받아 變動되는 것으로 나타났다.

冬季의 地下空間 室温과 外氣溫 및 地中溫度와의 相關性은 그림6과 같이 地中溫도와 室温과의 相關係數 R는 0.127이고, 外氣溫과 室温과의 相關係數 R는 0.569이다. 이와 같이 冬季 地下空間의 室温變動도 夏季의 경우와 마

찬가지로 地中溫度와는 相關성이 거의 없고, 外氣溫에 의하여 變動됨을 알 수 있다. 이러한 結果는 Australia에서 Kirkham이 測定한 結果⁷⁾와 同一하게 나타난다.

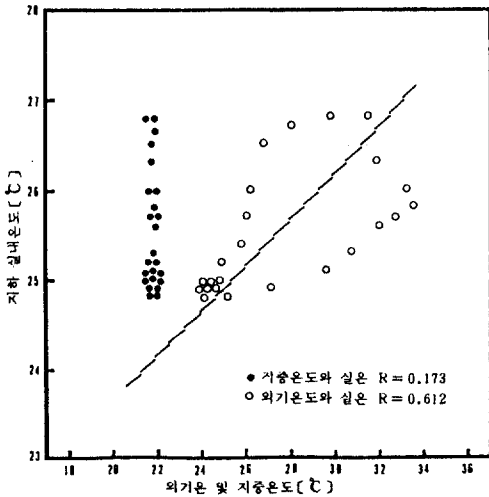


그림 5. 夏季 地下空間의 外氣溫 및 地中溫度와 室溫과의 相關圖

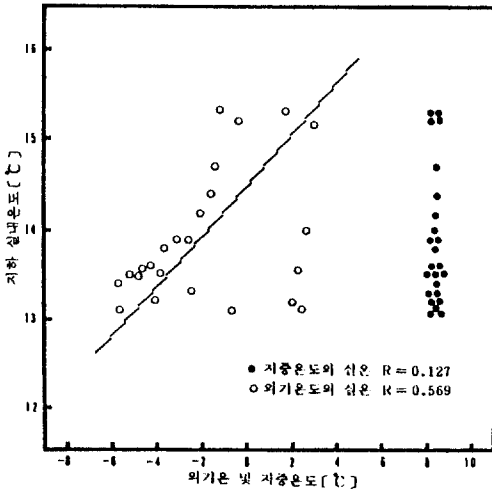


그림 6. 冬季 地下空間의 外氣溫 및 地中溫度와 室溫과의 相關圖

3-2 季節別 外氣溫과 自然室溫과의 關係

夏季 建物別 外氣溫과 自然室溫과의 關係는 그림 7에 나타나 있다. 一般住宅의 回歸直線式

은 $T_{ic} = 0.499 T_o + 14.514$, 覆土住宅은 $T_{ie} = 0.258 T_o + 19.726$, 地下空間은 $T_{iu} = 0.119 T_o + 22.240$ 이다. 相關係數는 一般住宅이 $R_{cs} = 0.846$, 覆土住宅은 $R_{es} = 0.791$, 地下空間은 $R_{us} = 0.612$ 이다. 이와 같이 一般住宅의 自然室溫은 外氣溫의 影響을 가장 많이 받고, 覆土住宅은 그 다음 順이며 地下空間은 가장 적게 받는 것으로 나타났다.

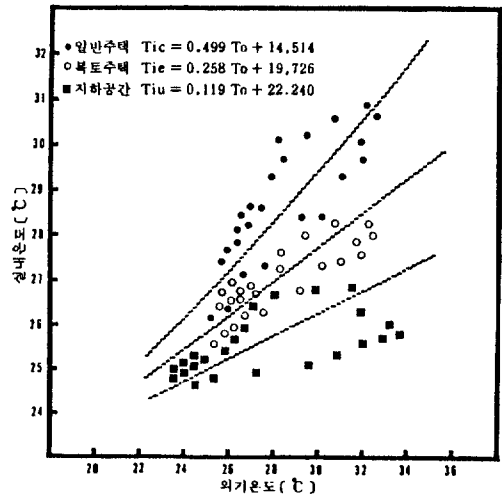


그림 7. 夏季 建物別 外氣溫과 室溫과의 相關圖

冬季 建物別 外氣溫과 自然室溫과의 關係는 그림 8에 나타나 있다. 一般住宅의 回歸直線式은 $T_{ic} = 0.532 T_o + 9.509$, 覆土住宅은 $T_{ie} = 0.134 T_o + 11.979$, 地下空間은 $T_{iu} = 0.096 T_o + 14.068$ 이다. 相關係數는 一般住宅이 $R_{cw} = 0.880$, 覆土住宅이 $R_{ew} = 0.746$. 地下空間은 $R_{uw} = 0.569$ 이다. 夏季와 같이 一般住宅의 自然室溫은 外氣溫의 影響을 가장 많이 받고, 覆土住宅은 그 다음 順이며, 地下空間은 가장 적게 받는 것으로 나타났다. 이와 같이 地中空間의 自然室溫은 各 季節에 걸쳐 一般住宅보다 外氣溫의 影響을 적게 받으므로 室溫緩和作用 程度를 把握해 볼 必要性이 있다. 따라서 地中空間의 構造體 特性을 把握하는데 있어 室溫緩和作用 程度는 室溫變動率이나 振幅減衰率로 求할 수 있음을 알 수 있다. 室溫緩和率과 振幅減衰率 算出은 다음 機會로 미룬다.

建物別 相關係數를 통하여 自然室溫은 地下深度가 깊을수록 外氣의 影響을 적게 받아 一定한 室溫이 維持됨을 알 수 있다.

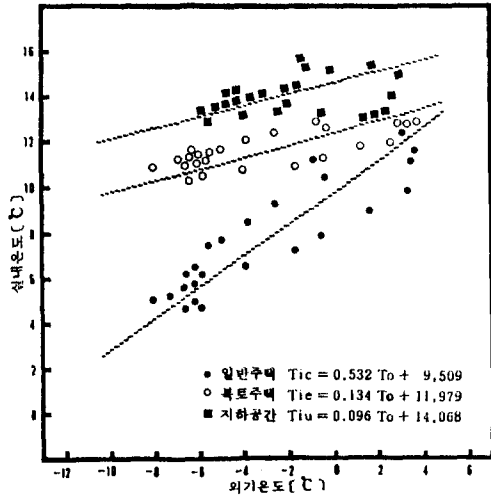


그림 8. 冬季 建物別 外氣溫과 室溫과의 相關圖

4. 自然室溫 推定

4-1 自然室溫의 調和解析 理論

一定한 週期로 變動을 反復하는 事象은 그 變動을 주어진 變域內에서 Fourier 級數로 表現할 수 있다. 이러한 表現을 調和解析⁵⁾ 또는 調和分析(Harmonic Analysis)이라고 한다. 建物の 室內에 機械的인 冷暖房을 하지 않을 경우 氣象의 特別한 異變이 없는 한 自然室溫은 24時間을 週期로 日變化를 하게 되고, 外氣溫의 경우도 마찬가지이다. 이러한 日變化는 整然한 形으로 變動하게 되는데 一般的으로 다음과 같은 調和級數가 利用된다.

$$\theta = a_0 + A_1 \sin(\sigma t + \epsilon_1) + A_2 \sin(2\sigma t + \epsilon_2) + A_3 \sin(3\sigma t + \epsilon_3) + \dots$$

그러나 本 級數는 第1項이 平均値(a_0)이고 第2項은 1日을 週期로 變化하는 正弦波 즉, 1日項의 振幅(A_1)과 位相角(ϵ_1)으로 大略表現할 수 있다. 그래서 數學的으로 가장 單純하게 表現할 수 있는 週期函數는 $\theta = a_0 + A_1$

$\sin(\sigma t + \epsilon_1)$ 이다. 여기에서 a_0 는 平均溫度이고, A_1 은 振幅으로 日較差/2이며, $\sigma = 2\pi/T$, T 는 週期로서 日變化일 경우는 24時間, 年變化일 경우는 12個月이 된다. t 는 變數인 時刻이고, ϵ_1 은 $\sin(\sigma t + \epsilon_1) = \pm 1$ 을 만족하는 t 의 값, 즉 最高 最低溫度가 일어나는 時期를 決定한다는 意味에서 이것을 位相角이라고 한다.

이와 같이 外氣溫이나 自然室溫은 各 正弦函數의 調和解析項을 把握하여 $\theta = a_0 + A_1 \sin(2\pi/24 \cdot T + \epsilon_1)$ 으로 表現할 수 있다.⁶⁾ 여기에서 T 는 變數인 時刻이다.

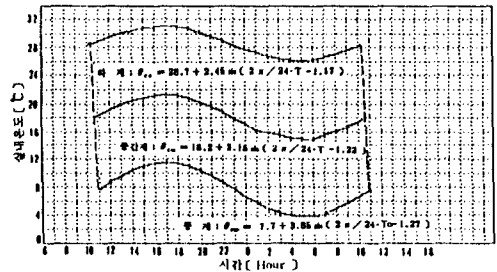


그림 9. 一般住宅 室溫의 季節別 變動推定

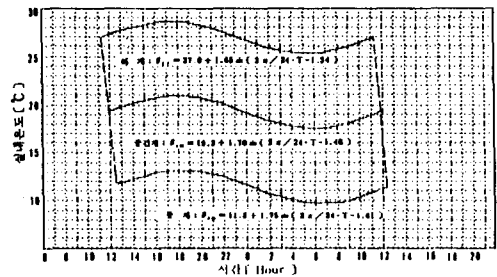


그림 10. 覆土住宅 室溫의 季節別 變動推定

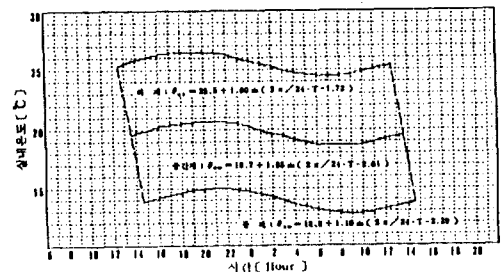


그림 11. 地下空間 室溫의 季節別 變動推定

4-2 季節別 自然室溫 推定

季節別로 自然室溫을 推定하기 위하여 正弦週期函數式을 算出하면 그림 9, 10, 11과 같이 一定住宅의 경우, 夏季는 $\theta_{cs}=28.7+2.45\sin(2\pi/24\cdot T-1.17)$, 冬季는 $\theta_{cw}=7.7+3.85\sin(2\pi/24\cdot T-1.27)$, 覆土住宅의 경우, 夏季는 $\theta_{es}=27.0+1.65(2\pi/24\cdot T-1.34)$, 冬季는 $\theta_{ew}=11.5+1.75\sin(2\pi/24\cdot T-1.61)$ 이고, 地下空間의 경우는 夏季가 $\theta_{us}=25.5+1.00\sin(2\pi/24\cdot T-1.72)$, 冬季가 $\theta_{uw}=13.9+1.10\sin(2\pi/24\cdot T-2.29)$ 이다. 中間季는 그 中間點을 取하여 一般住宅은 $\theta_{cm}=18.2+3.15\sin(2\pi/24\cdot T-1.22)$, 覆土住宅은 $\theta_{em}=19.3+1.70\sin(2\pi/24\cdot T-1.48)$ 이며, 地下空間은 $\theta_{um}=19.7+1.05\sin(2\pi/24\cdot T-2.01)$ 로 算出된다. 그런데 實測值에 의한 中間季의 正弦函數式의 一般住宅이 $\theta_{cm}=19.5+1.90\sin$

$(2\pi/24\cdot T-1.18)$, 覆土住宅은 $\theta_{em}=19.6+1.20\sin(2\pi/24\cdot T-1.44)$ 이며, 地下空間은 $\theta_{um}=19.7+1.05\sin(2\pi/24\cdot T-1.98)$ 이다. 理論值(推定值)와 實測值의 調和解析項을 比較해 보면 表 6과 같이 平均溫度(a_0)는 一般住宅에서 1.3℃의 差가 있고, 覆土住宅과 地下空間에서는 差가 거의 없으며, 振幅(A_1)도 一般住宅의 差가 1.25로 覆土住宅과 地下空間보다 다소 差가 있으나 位相角(ϵ_1)에서는 거의 差를 보이지 않고 있다. 全般的으로 理論值와 實測值가 거의 一致하고 있다고 볼 수 있을 것이다. 一般住宅에서 差가 있었던 것은 實測期間이 너무 짧고, 各 季節을 代表할 수 있는 경우라고 볼 수 없어 생긴 것이라고 생각된다. 따라서 中間季의 自然室溫은 理論值를 취함이 妥當하다고 判斷된다.

表 6. 中間季 理論值와 理論值(推定值)와 實測值의 比較

區 分	a_0 [°C]			A_1 [°C]			ϵ_1 [°]		
	理論值	實測值	差	理論值	實測值	差	理論值	實測值	差
一般住宅	18.2	19.5	1.3	3.15	1.90	1.25	69° 54'	67° 37'	2° 17'
覆土住宅	19.3	19.6	0.3	1.70	1.20	0.50	80° 13'	82° 30'	2° 17'
地下空間	19.7	19.7	0	1.05	1.05	0	115° 10'	113° 27'	1° 43'

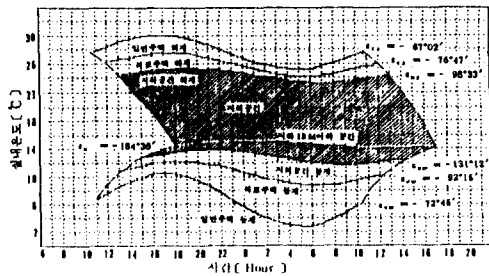


그림 12. 建物別 室溫의 年中 變動 範圍

季節別 室溫變動을 比較하면 그림 12에서와 같이 夏季에서 冬季로 換節됨에 따라 正弦函數가 位相變位를 일으켜 一般住宅은 $-5^{\circ}44'$, 覆土住宅은 $-15^{\circ}28'$, 地下空間은 $-32^{\circ}39'$ 의 變位가 생긴다. 建物別 正弦函數의 變動은 그림 12와 같이 24時間의 週期엔 變動이 없

으나 位相角, 振幅과 平均溫度가 規則적으로 變化되므로 地下空間의 室溫變動範圍는 繪된 範圍 以內이고, 年中 14℃로 地中溫度의 變化가 없는 地下 13m 以下の 空間에서는 年間平均室溫이 $\theta_u=15.7+0.55\sin(2\pi/24\cdot T-3.22)$ 가 될 것으로 推定된다.

正弦函數式을 통하여 各 建物別, 季節別로 自然室溫을 다음과 같이 推定할 수 있다.

• 一般住宅의 自然室溫

夏季: $\theta_{cs}=28.7+2.45\sin(2\pi/24\cdot T-1.17)$

冬季: $\theta_{cw}=7.7+3.85\sin(2\pi/24\cdot T-1.27)$

中間季: $\theta_{cm}=18.2+3.15\sin(2\pi/24\cdot T-1.22)$

• 覆土住宅의 自然室溫

夏季: $\theta_{es}=27.0+1.65\sin(2\pi/24\cdot T-1.34)$

冬季: $\theta_{ew}=11.5+1.75\sin(2\pi/24\cdot T-1.61)$

$$\text{中間季: } \theta_{em} = 19.3 + 1.70 \sin(2\pi/24 \cdot T - 1.48)$$

· 地下空間의 自然室溫

$$\text{夏季: } \theta_{us} = 25.5 + 1.00 \sin(2\pi/24 \cdot T - 1.72)$$

$$\text{冬季: } \theta_{uw} = 13.9 + 1.10 \sin(2\pi/24 \cdot T - 2.29)$$

$$\text{中間季: } \theta_{um} = 19.7 + 1.05 \sin(2\pi/24 \cdot T - 2.01)$$

· 地下 13m 以下空間의 年平均 自然室溫

$$\theta_u = 15.7 + 0.55 \sin(2\pi/24 \cdot T - 3.22)$$

5. 結 論

本 研究는 地中空間의 自然室溫을 推定하기 위한 目的으로 모델 建物을 通하여 이에 關聯된 物理的 要素를 實測하고, 一般住宅과 比較, 分析하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 地中空間의 自然室溫 變動은 外氣溫에 대하여 一般住宅보다 影響을 적게 받고 있는 것으로 나타나, 地中空間 構造體의 室溫緩和 特性을 把握하기 위하여 室溫變動率이나 振幅減衰率을 算出하여 그 程度를 求할 수 있다.

2) 地中空間의 自然室溫 推定은 調和解析을 통하여 季節別로 다음과 같이 推定할 수 있다.

· 覆土住宅의 自然室溫

$$\text{夏季: } \theta_{es} = 27.0 + 1.65 \sin(2\pi/24 \cdot T - 1.34)$$

$$\text{冬季: } \theta_{ew} = 11.5 + 1.75 \sin(2\pi/24 \cdot T - 1.61)$$

$$\text{中間季: } \theta_{em} = 19.3 + 1.70 \sin(2\pi/24 \cdot T - 1.48)$$

· 地下 1層空間의 自然室溫

$$\text{夏季: } \theta_{us} = 25.5 + 1.00 \sin(2\pi/24 \cdot T - 1.72)$$

$$\text{冬季: } \theta_{uw} = 13.9 + 1.10 \sin(2\pi/24 \cdot T - 2.29)$$

$$\text{中間季: } \theta_{um} = 19.7 + 1.05 \sin(2\pi/24 \cdot T - 2.01)$$

地下 13m 以下 空間의 年平均 自然室溫:

$$\theta_u = 15.7 + 0.55 \sin(2\pi/24 \cdot T - 3.22)$$

以上과 같은 研究結果는 地中空間의 熱環境 計劃 및 設計資料로 活用될 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

1. 李時雄: 覆土住宅의 에너지 保存에 관한 研究, 大韓建築學會論文集, Vol.28, No.126, 1984.
2. 孫章烈, 李時雄: 覆土住宅의 溫熱環境에 관한 研究, 大韓建築學會論文集, Vol.2, No.5, 1986.
3. 孫章烈, 李時雄: 覆土住宅의 實例를 통한 에너지 測定研究, 韓國太陽에너지學會誌, Vol.6, No.2, 1986.
4. 孫章烈, 李時雄: 覆土住宅의 溫熱環境에 관한 測定研究(II), 大韓建築學會論文集, Vol.3, No.3, 1987.
5. 齊藤平藏: 建築氣候, 共立出版株式會社, 1974.
6. 渡邊 要: 建築計劃原論III, 丸善株式會社, 1973.
7. Don Kirkham and W. L. Powers: Advanced Soil Physics, John Wiley & Sons Inc., 1972.
8. The Underground Space Center University of Minnesota: Earth Sheltered Housing Design, Van Nostrand Reinhold Company, 1981.