

## 部分負荷時의 室內濕度制御

柳 東 烈\*

室內溫濕도는 特別한 用途를 除外하고는 普通 安易하게 그 條件이 設定된다. 卽 夏季에는 26°C DB 50% RH, 冬季에는 22°C DB 40%RH, 或은 年中을 通한 24°C DB 50% RH 등의 條件이 別 抵抗없이 採擇된다. 그러나 이런 條件들이 現實의 實現 가능한 目標值인가를 檢討해 볼 必要가 있다. 그것은 그리 쉬운 것만은 아니며 어떤 경우에는 그 設定自體가 無理임을 깨닫게 되기 때문이다. 冬季의 50%RH 條件은 外氣와의 顯著한 絕對濕度差異때문에 通常의인 建物構造로서는 그 實現이 어렵게 된다. 或 可能하다 할지라도 유리창에서 發生하는 過度한 結露現象때문에 이런 設定自體가 非現實의임을 곧 알 수 있다. 冬季의 室內 溫濕度條件中 妥當한 것으로는 22°C D B, 30% RH Min. 등을 생각할 수 있다. 이는 유리창에서의 結露, 加濕用 에너지를 함께 減少시킬 수 있는 方案이기 때문이다.

一般的으로 冬季條件은 이를 實現시키는데 있어 夏季보다 한층 容易한 것이 事實이다. 卽 空調器에는 空氣의 加熱加濕機能이 二元的으로 具備되어있어 二個의 Vector의 合으로 任意方向의 目標點에 到達되는 原理로 해서 溫濕度 兩 條件을 無理없이 達成할 수 있게되는 것이다. 그러나 夏季의 室內條件을 達成하기 爲한 條件은 좀 다르다. 冷却코일이 空氣를 冷却減濕하는 機能을 갖는 것임에는 틀림 없으나 一般의인 空調設備에 있어 이것들을 各各 獨立의으로 制御하기는 힘들다. 卽 溫度를 制御하면 濕도는 그 副次的인 產物로 減少된다는 程度에 그치게 된다. 이런 現象은 分明히 바람직 하지 못한 일이며 快適한 室內環境의 助成이라는 設計目標에 어긋나게 된다. 以下 主로 事務室 建物을 對象으로 해서 現在 우리나라에서 典型的으로 通用되는 Fan coil unit

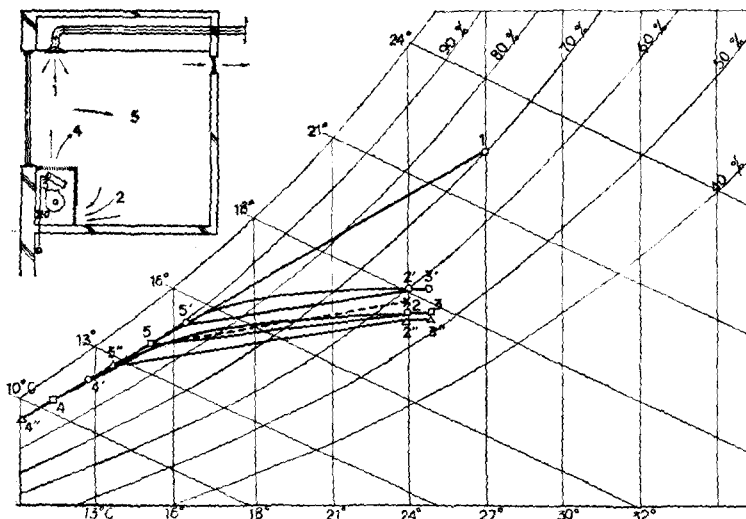
方式과 單一덕트 空氣調和器 方式을 中心으로 해서 室內 條件에 있어서의 設計値와 結果値의 差異를 究明해 보기로 한다.

그림 1은 Fan coil unit에 依한 小規模 事務室의 空調方式과 그의 空氣線圖上의 分析을 表示한 것이다. 室內空氣(點 2)는 Fan coil unit에 吸入되어 Fan의 機械熱로 加熱된 다음(點 3) 冷却코일에 導入되고 여기서 點 4의 狀態로 冷却減濕되어 室內로 吹出되며 이는 換氣用外氣(點 1)와 混合되어 點 5의 狀態가 된다고 생각된다. 點 5의 空氣는 室內의 顯熱 및 潛熱負荷를 吸收하면서 室內空氣狀態를 調節하고 그 自體는 溫濕도가 上昇하여 點 2의 狀態에서 끝나게 된다. 負荷의 計算과 器種의 選定이 適切할 경우 上記의 過程으로해서 目標된 室內 條件을 維持할 수 있을 것이다. 그러나 部分負荷時에는 條件이 달라진다. 周知하는 바와 같이 設計負荷는 日射熱을 포함하는 最大值로 計算되며 여기에 더하여 器種도 餘裕를 가지고 選定한다. 이런 狀況아래서 Fan coil unit는 大部分 時間을 部分負荷 狀態로 運轉하게 되며 이때에 室內濕도가 設定値보다 上昇하게 되는 경우가 많다.

部分負荷時의 特性으로서 顯熱比(SHF)의 減少를 考慮해야 한다. 負荷計算時에 設定된 日射熱 등이 없을때 部分負荷로되는 것이며 이때는 室內 潛熱은 一定한데 비해 顯熱이 減少하여 結果的으로 顯熱比가 減少함으로 室內에 放出된 調和(冷却減濕) 空氣는 보다 急한 顯熱比線을 따라 室內 負荷를 相殺하게 됨으로 室內 乾球溫度가 制御될 때 全負荷時보다도 높은 室內 濕도를 나타나게 한다.

實用되는 Fan coil unit의 制御方式은 모두 乾球溫度制御方式으로서 Fan cycling 등의 風量制御와 2-way 2-position valve와 3-way mod-

\* 正會員 三新設備研究所



- 2-3-4-5-2 全負荷 싸이클
- 2'-3'-4'-5'-2' 部分負荷싸이클 (三路辨制御方式)
- △ 2''-3''-4''-5''-2'' 部分負荷싸이클 (Fan 速度制御方式)

線 5-2 全負荷時의 顯熱比傾斜線

線 5'-2'', 5''-2'' 部分負荷時의 顯熱比傾斜線

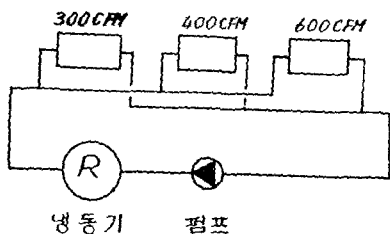
X: 部分負荷時의 室內空氣狀態 (二路辨制御方式)

그림 1. Fan coil unit의 各制御 方式과 그 空氣線圖上分析

風 量—cfm	300	400	600
流 量—LPM	5.7	8.0	11.0
損失水顯—MAq	1.4	1.6	3.2
冷房能力 BTU /HR	1,915	2,570	3,477
水溫差(TD)-°C	5	5	5

하게 됨으로 코일 通過後의 空氣狀態는 點 4'가 될 것이다. 이는 外氣와 混合하여 點4'의 狀態에서 室內로 放出되어 보다 急한 顯熱比를 따라 變化하여 點 2'와 結果될 것이다.

Fan의 速度制御方式은 보다 合理的이라 할 수 있다. 部分負荷時에는 理論上보다 적은 風量으로 足할 뿐더러 코일의 通過風速이 낮아짐으로써 그 冷却減濕點이 下降하여 (點 4''), 보다 急하게 形成되는 顯熱比를 自動的으로 相殺, 濕度を 設定值 以下 (點 2'')로 維持할 수 있게 한다. Fan의 速度制御는 普通 手動으로 이루어지며 이를 自動化하기는 좀 困難한 것 같다. 風量制御의 自動化 方案으로는 Fan의 on-off(cycling) 方式이 있다. 이렇게하면 濕度は 設定值를 中心으로 하여 上下로 變動하기 때문에 三路辨 方式보다는 濕度制御性이 良好하나 Fan 起動時의 騒音發生이 問題될 수 있다. 또한 Fan 停止時에 室內空氣循環이 中斷됨으로서 均衡있는 溫度分布를 維持하는데도 덜 效果的이라고 할 수 있다.



냉 동 기 펌프

그림 2. FCU 配管系에 連結되는 各 器種에 設計 冷水量이 供給되는 保障은 없다

ulating valve等에 依한 水量 制御方式이 있다. 지금 三路辨方式을 그림 1의 空氣線圖上으로 分析하면 部分負荷時에는 코일內 平均水溫이 上昇

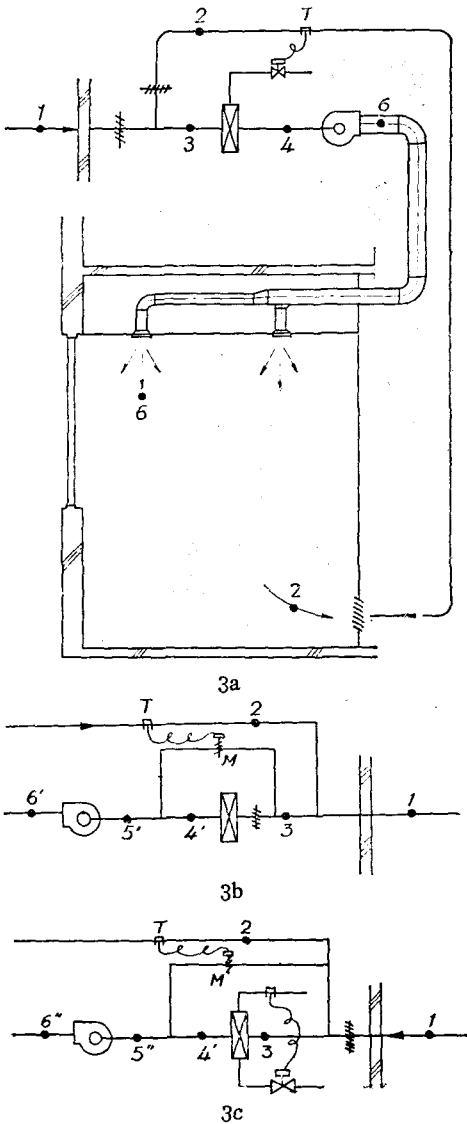


그림 3A. 全空氣式 空調方式의 種類

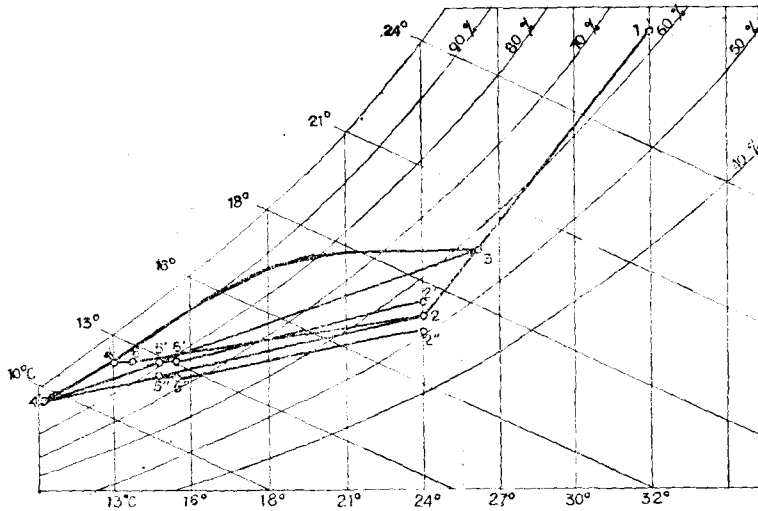
三路辨方式과 風量制御方式은 各 Fan coil unit 로 所定水量을 均衡하게 分配하는 冷水配管系 構成에 어려움이 있다. 한 系에는 普通容量이 다른 여러 器種을 混用配置하게 되며 이때 各 器種의 코일은 그 流水磨擦抵抗値가 다르기 때문에 設計水量을 알맞게 分配하기란 힘든 일이다. 지금 300CFM, 400 CFM, 600 CFM 器種이 한 冷水配管系에 連結되어 있고 設計上의 冷水量 및 流水磨擦抵抗値를 그림 2와 같이 假定한다. 이때 이런 冷水配管系에는 自動的인 均衡이 이루어 지

게 될 것이며 各 器種의 流水抵抗은 同一數値를 나타내게 될 것이다. 그러면 예를 들어 600 CFM 器種에는 抵抗値가 낮아질 것이므로 流水量이 減少되고 따라서 水温上昇値가 假定한 5°C 보다 높아짐으로써 코일內 平均水温도 높아져서 코일의 減濕容量이 減少되어 室內濕度는 上昇하게 될 것이다.

水量制御方式中 2-way 2-position valve 방식은 보다 合理的인 것으로 評價된다. 全負荷時의 室內溫濕度調節過程은 그림 1의 空氣線圖上에서의 2-3-4-5-2 過程과 같다고 생각할 수 있다. 部分負荷時에는 點 5로 放出된 空氣가 5'-2'와 같은 傾斜의 部分負荷時의 濕熱比線을 따라 移動할 것이다. 그러나 3路辨 制御時의 點 2'보다는 낮은 濕度狀態(點 X)로 結果됨을 알 수 있다. 部分負荷時의 兩者의 動作을 比較해 볼 때 室內顯熱을 除去하기 爲한 風量總量이 大略 같다고 생각하면 3路辨方式에서는 點 5'에서 그리고 2路辨方式에서는 點 5의 狀態에서 室內負荷 吸收過程이 始作됨으로 結果되는 室內濕度는 後者の 경우가 恒時 낮다고 推理되기 때문이다. 風量制御方式에서 Fan의 on-off 방식도 이런 點에서는 2路辨 制御方式과 같다고 생각된다.

2路辨 制御方式의 다른 큰 長點은 그림 2에서와 같은 冷水配管에서의 所要 冷水總 流量의 節減可能性에 있다. 한 建物內에 配置되는 여러 Fan Coil Unit에는 方位性 等 理由때문에 同時에 全負荷가 걸리는 일은 없고 2路辨 방식에서는 유니트別負荷에 比例하여 流量이 減少됨을 配管系에 同時使用率이 勘案될 수 있는 것임으로 Pump에서 所要되는 冷水容量은 各 Fan Coil Unit의 設計流量의 總和의 70%內外로 足하게 되고 이런 流量으로도 各 유니트의 相異하는 코일 流水磨擦抵抗에 關係없이 意圖되는 設計流量을 充足시킬 수 있게 된다. 이는 펌프를 小型化하고 또 運轉動力도 30% 程度 減縮할 수 있는 點에서 他 방식에 比해 絕對有利하다고 할 수 있다.

그림 1에서와 같은 Fan Coil Unit 單獨方式에서는 換氣用 外氣가 室內로 導入되는 位置가 室內狀態에 相當한 影響을 줄 수 있다. 그림 1에서



2-3-4-6-2: 全負荷時의 空氣調和狀態  
 2-3-4'-5'-6'-2': 部分負荷時의 狀態 (Face & Bypass 方式)  
 2-3-4'-5''-6''-2'': // (R. A. Bypass 方式)

그림 3B. 各全空氣空調方式의 空氣線圖上分析

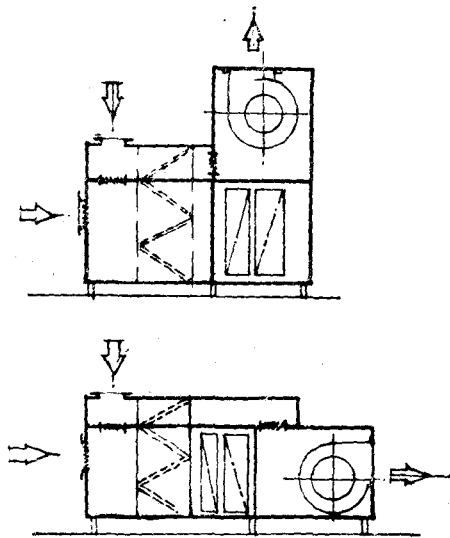


그림 4. R. A. Bypass 方式의 空調器는 室內 溫度의 上線을 維持시킨다.

와 같은 強制給氣方式이 아니고 排氣만이 強制式 일 때에는 換氣用 外氣는 主로 內壁側 出入門을 通해서 들어오게 됨으로 內壁附近의 溫濕度는 點 2의 位置에서보다 上昇하게 될 것이고 均一한 室

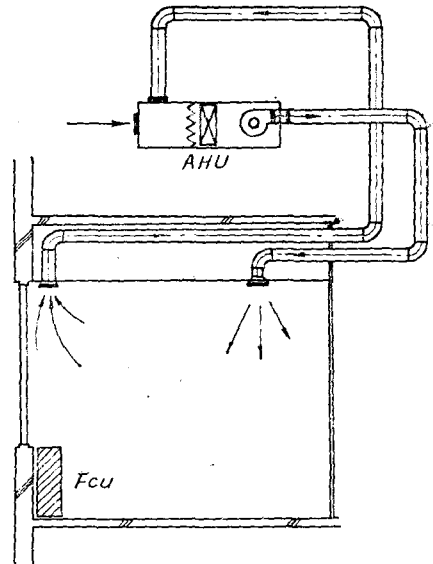


그림 5. Fan Coil Unit와 全 空氣式 空調機의 併用

內狀態의 維持는 어렵게 될 것이다.

事務室建築에는 Fan Coil Unit 方式과 함께 그림 3A와 같은 全空氣方式도 흔히 適用된다. 그림 3a는 水量 調節方法으로 溫度調節用으로 2路 辨 (2 way modulating valve) 또는 3路辨을

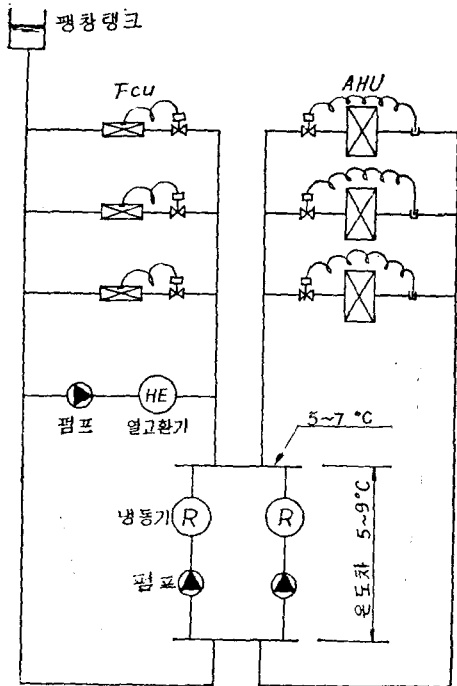


그림 6. 2路辨은 各 器種에의 自動的인 流量均衡을 可能케 하며 또한 Pump 動力도 節減케 한다

具備하여 코일에서의 냉수량을調節한다. 이 방식은 前記 Fan Coil Unit 방식에서 詳述한 바와 같이 部分負荷時에 必然的으로 室內溫度를 上昇시킨다. 그림 3b는 Face & Bypass Damper 式으로 部分負荷時의 空氣線圖上 分析은 2-3-4'-5'-6'-2'로 表示될 수 있다. 還氣(點 2)와 外氣(點 1)의 混合空氣(點 3)는 Thermostat의 感知에 따라 그 一部分이 코일을 迂廻한다. 코일의 通過風量이 減少됨으로 水量이 不變할 때 코일內 平均水溫이 떨어질 것이며 따라서 通過後 空氣의 狀態는 點 4'와 같이 表示된다. 이는 迂廻空氣(點 3)와 混合하여 點 5'로 되고 이에 Fan 加熱이 反映되어 點 6'의 狀態로 室內로 放出된다. 部分負荷時의 顯熱比線 勾配는 全負荷時의 線 6-2보다 急한 것이므로 結果되는 室內狀態는 點 2'와 같고 이는 濕도가 設計值보다 上昇하고 있음을 알 수 있다.

그림 3c는 Return Air Bypass 方式을 圖示한 것으로서 보다 效果的인 方法이라할 수 있다.

還氣(點 2) 一部分은 冷却코일을 迂廻하여 冷却코일을 通過하는 冷却減濕空氣 點 4'와 混合하여 點 5', 6'의 狀態를 거쳐 室內로 放出된다. 그 結果 點 2'는 設計點 2보다 下位에 位置함으로써 濕度の 上昇線이 지켜질 수 있음을 알 수 있다.

全空氣方式에서는 普通 換氣回數(Air Change) 概念이 適用된다. 負荷計算上으로 結果된 風量이 通常值보다 적을 때에는 將次의 照明 및 電熱負荷의 增加 또는 담배연기의 迅速한 除去 등을 勘案하여 보다 많은 換氣回數, 예를 들어 6회 以上の 式으로 調整하는 경우가 많다. 이런 때는 特別히 그림 3c의 R. A. Bypass 方式이 理論的으로 合當함을 알 수 있다.

그림 3c에서 冷却코일에 2-way modulating valve를 設置하여 還水溫度를 一定하게 調整하도록 하면 點 4'는 大略 一定值에 維持되어 部分負荷時에 過大한 減濕을 막을 수 있고 또한 이때에 冷水펌프의 流量을 減少시켜 動力量을 節減하면 서도 全配管系 各 空調器로의 自動的인 流量均衡(Balance)을 期할 수 있게 된다.

그림 1과 같은 Fan Coil Unit 方式은 巾이 6<sup>m</sup>以下인 小規模 事務室에 適用될 수 있다. 그러나 이런 方式으로는 外氣量을 最小로 줄여 잡는 關係로 換氣가 不良하게 되는 危險이 뒤따른다. 그림 3의 全空氣方式은 換氣效果는 充分하나 各 室別 溫度制御性(Zone Control)의 圓滑하지 못하게 되는 수가 많다. 그림 5, 6은 이 兩方式을 兼用하는 것으로서 換氣效果와 Zone Control을 모두 良好하게 할 수 있다.

事務室巾이 6<sup>m</sup>가 넘는 大規模 事務室일 경우에는 內外周의 概念이 適用되어야 하며 이때 理論的으로 外周用인 Fan Coil Unit로서 內周部の 溫度調整까지 期待하기는 어렵게 된다. 따라서 內周用인 全空氣方式에 Zone Control 裝置를 加味해야 하며 이런 것으로는 再熱(Terminal Reheat), 二重덕트, 또는 變風量(VAV) 方式 등을 考慮할 수 있다. 再熱方式은 그 溫度制御性은 良好하나 所要熱源 때문에 忌避되는 傾向에 있고 二重덕트方式에서는 部分負荷時에 室內濕도가 上昇하기 때문에 溫風側을 加熱해야 됨으로

亦是 問題가 있다. VAV 方式의 部分負荷時の 濕度制御性은 그림 1의 2路辯 方式에서의 過程과 비슷하게 나타남으로 他 方式에 比하여 에너지 節約的이라고 할 수 있을 것이다. 그러나 VAV 方式을 適用함에 있어서도 部分負荷時에 風量減少로 換氣가 不良하게 되기 쉽다는 點과 信賴할수 있는 VAV Terminal Unit의 開發이 遲延되고 있다는 點等이 어려움으로 남아있다. 따라서 特殊한 制限條件이 없는 一般的인 事務室建築에는 그 巾이 넓은 경우에도 濕度の 上限을 維持시키는 R. A. Bypass 式空調器을 利用하는 單一닥트

方式으로 內周部를 擔當케하고 한편으로는 外周部를 Fan Coil Unit 方式으로 하여 이의 溫度調節機能을 內周部까지 延長시키게끔 細心하게 考慮하면 經濟的이며 實用的인 空調系統으로서 그 리 손색이 없게 되는 경우도 많다.

空調된 室内에 들어섰었을 때 바지가량이 서늘하게 느껴지면 그 狀態가 良好한 것이라고 일컬어진다. 이는 分明히 室内濕도와 關聯이 있는 것이며 우리나라의 여러 建物の 空調實態를 볼 때 이런 快適한 室内環境의 助成을 爲한 보다 積極的인 努力이 必要하다 할 것이다.