

## 아치형 單棟하우스의 風力係數 分布에 關한 研究

李錫健, 李賢雨

慶北大學校 農科大學 農工學科

### Distribution of Wind Force Coefficients on the Single-span Arched House

Lee, Suk-Gun · Lee, Hyun-Woo

Dept. of Agr.Eng., Kyungpook Nat'l Univ., Taegu 702-701

#### Summary

The wind pressure distributions were analyzed to provide fundamental criteria for the structural design on the single-span arched house according to the wind directions through the wind tunnel experiment. In order to investigate the wind force distributions, the variation of the wind force coefficients, the mean wind force coefficients, the drag force coefficients and the lift force coefficients were estimated by using the experimental data.

The results obtained are as follows:

1. When the wind direction was normal to the wall, the maximum positive wind pressure along the height of the wall occurred approximately at two-thirds of the wall height because of the effects of boundary layer flow.
2. When the wind direction was 30° to the wall, the maximum positive wind force occurred at the windward edge of the wall. When the wind direction was parallel to the wall, the maximum negative wind force occurred at the windward edge of the wall.
3. The maximum negative wind force along the width of the roof appeared around the width ratio, 0.4, and that along the length of the roof appeared around the length ratio, 0.5.
4. According to the results of the mean wind force coefficients analysis, the maximum negative wind force occurred on the roof at the wind direction of 30°.
5. The wind forces at the wind direction of 30° instead of 0° are recommended in the structural design of supports for a house.
6. To prevent partial damage of a house structure by wind forces, the local wind forces should be considered to the structural design of a house.

키 워 드 : 揚力, 風力係數, 局部風力, 風荷重, 抗力

Key words : drag forces, lift forces, local wind force, wind force coefficient, wind loads

#### 序 論

우리나라에서는 1980년에 風荷重에 대한 規準案이 만들어졌고,<sup>4)</sup> 金등(1987)<sup>3)</sup>이 風荷重을 받는 아치형

하우스의 骨組에 대한 構造解析을 통하여 安全風速을 提示한 이후 하우스의 風荷重 檢討에 대한 關心이 漸次 增大되고 있다.

構造物의 風力係數는 原型實驗의 어려움 때문에

본 연구는 1990년도 학술진흥재단연구비로 수행하였음.

制限된 條件에서 적은 費用으로 容易하게 遂行할수 있는 風洞實驗을 통하여 測定된 結果를 原型에 適用시키고 있다.<sup>10, 15)</sup> 따라서, 强風으로 因한 施設物의 破壞로 莫大한 被害를 입고 있는 實情을 勘案할때 風洞實驗을 통하여 施設物에 對한 風荷重을 詳細히 究明할 必要가 있을 것으로 判斷된다.

風荷重의 算定에 利用되고 있는 風力係數는 建物의 壁面이나, 지붕面 등을 하나의 單位面으로 해서 그 全面에 作用하는 風荷重을 求하기 爲한 平均風力係數이기 때문에 實際로 構造物의 各 部位에 作用하는 局部風力係數와 差異가 있다. 局部的으로 强한 風壓이 發生하므로써 야기되는 部分적인 破損으로 因하여 構造物 全體가 破損될 수 있기 때문에 構造物 全體에 對한 風壓分析 뿐만 아니라 局部風壓에 對한 分析이 必要함을 알 수 있다. 局部的으로 發生하는 風壓은 建物의 形狀, 規模, 流線 등에 따라 달라지므로 이들 要因을 考慮해서 局部風壓을 決定해야 한다.<sup>7, 8)</sup>

現在까지 遂行된 아치형 하우스의 風力係數에 관한 研究는 大部分 各面의 平均風力係數를 中心으로 分析되어 있기 때문에 局部風力을 考慮한 하우스 設計時 많은 問題點이 豫想되므로, 아치형 하우스에서 局部風力의 變化에 대한 研究가 切實히 要請된다. 最近 이러한 問題點을 解決하기 爲하여 外國에서는 하우스의 風壓分布에 대한 研究가 活潑히 進行되고 있는 實情이다.<sup>12, 18)</sup>

이에 本 研究는 單棟 아치형 하우스 모델을 製作하여 境界層흐름條件下에서의 風洞實驗을 통한 하우스 表面의 各 部位에 發生되는 風壓을 測定하여 風向別로 風壓의 分布形態를 分析하고 風向變化에 따른 하우스의 各 面에 對한 局部風力係數의 變化를 分析하여, 하우스의 構造設計에 必要한 基礎資料를 提示하고, 平均風力係數, 抗力係數 및 揚力係數를 算定하여 하우스의 骨組 및 支點設計에 必要한 資料를 提供하기 爲하여 遂行하였다.

## 實驗裝置 및 方法

### 1. 實驗裝置

本 實驗에 使用된 風洞은 試驗部의 크기가 450mm 450mm이며 最大風速 33m/sec까지 風速의 연속조절이 가능한 Open circuit type의 低速風洞이다.

### 2. 實驗模型

本 實驗에 適用한 모델은 1981년 韓國施設園藝協會에서 設計한 하우스 形態中 單棟 1-2形 斷面을 選擇하여 縮尺 1/50 이 되도록 製作하였다.

實驗模型은 두께 5mm의 아크릴 圓筒과 板材를 使用하여 製作하였으며, 形態는 Fig. 1과 같다. 模型의 크기는 幅(W) 108mm, 壁體의 前面높이(H<sub>1</sub>) 32mm, 中央部 높이(H<sub>2</sub>) 58mm이고 길이(L)는 風洞試驗部 斷面續의 制限때문에 實物길이를 10m로 하였을 때의 模型치수 200mm로 하였다.

靜壓孔(Static pressure hole)은 하우스 全表面에 配置하였고, 前面과 後面에 各各 21개씩, 左側面과 右側面에 各各 28개씩, 지붕에 42개를 設置하여 1개棟에 總 140개의 靜壓孔을 設置하였다. 各 靜壓孔은 外徑 0.9mm의 스테인레스管으로 製作하여 하우스 表面과 垂直되게 插入하였고, 靜壓孔에서 스캐니밸브(Scanivalve)까지는 外徑 1.2mm의 테프론튜브(Teflon tube)로 連結하였다.

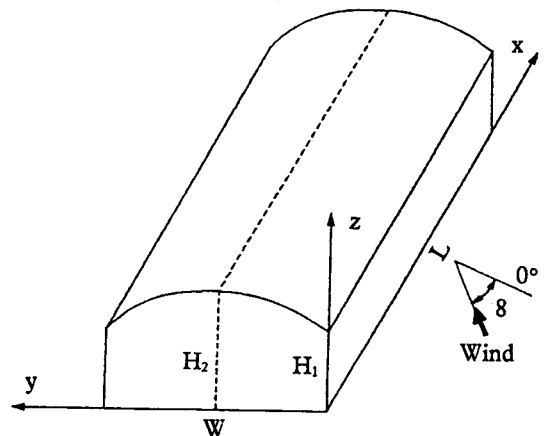


Fig.1. Three dimensional coordinate system.

### 3. 實驗 및 測定方法

境界層흐름을 發生시키기 爲하여 Channel바닥 위에 메쉬 스크린(Mesh screen)을 附着하였으며, 모델을 除去한 狀態에서 測定한 試驗部位에 對한 速度의 垂直分布는 Fig. 2와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 本 實驗에서의 速度分布는 指數函數로 나타낼 경우 指數가 約 0.12 程度로 Davenport가 提案한 平地에 對한 指數 0.16과 若干의 差異는 있으나 近接한 값이다.

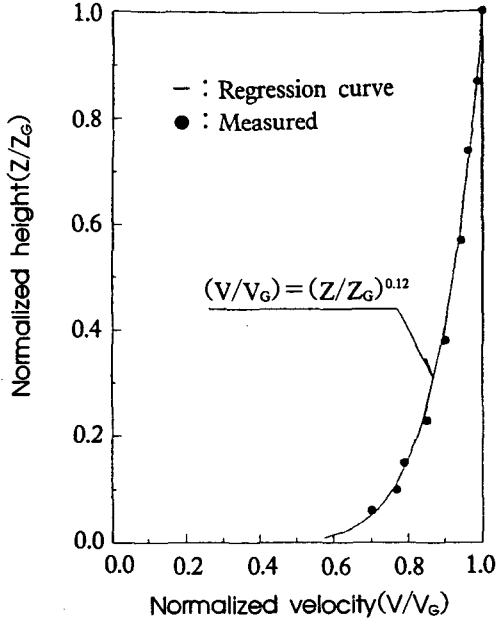


Fig.2. Vertical profile of the velocity without the test model.

Fig. 1에서 風向( $\beta$ )은 하우스의 稜線에 垂直인 方向을  $0^\circ$ 로 하고 時計方向으로  $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ 로 變化시켜 各 風向에 對해 하우스 表面에서 發生되는 風壓을 測定하였다.

Fig. 3은 風壓測定을 爲한 計測裝置의 構成圖이다. 風壓測定을 始作하기 前에 試驗部 바닥이 完全히

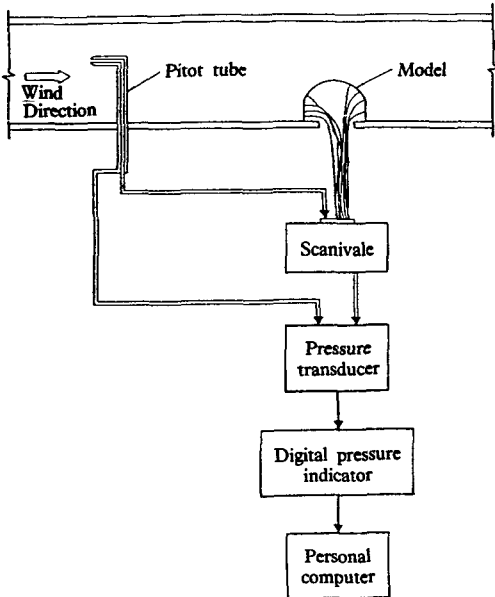


Fig.3. Schematic diagram of the data acquisition system.

水平인가를 水準器로 確認한 후 3孔 피토투브(3holes pitot tube)를 使用하여 接近風速을 測定하여 15m/sec의 風速이 維持되도록 하였고, 이때 모델높이를 特性길이라고 할 境遇 레이놀드수는  $5.6 \times 10^4$ 이다. 하우스 表面의 靜壓孔에서 感知된 壓力은 튜브를 통해 스캐니밸브(Scanivalve)에 到達되고 差壓變換機(Differential pressure transducer)를 통해 디지털 壓力指示計(Digital pressure indicator)로 測定되도록 하였다. 이때 計測된 값은 自由流動의 靜壓과의 差壓이며, 水柱의 높이로 換算된 값이고, 이 값을 컴퓨터에 入力시켜 各點에서의 風壓을 係數化하였다.

### 分析 方法

#### 1. 座標系의 選定

各 面에 對한 風力係數의 變化를 分析하기 爲하여 Fig. 1과 같이 座標系를 選定하여 x軸 方向은 길이 方向, y軸 方向은 幅方向, z軸 方向은 높이 方向으로 表記하였고, 各 軸方向에 對한 靜壓孔의 位置를 나타내기 爲하여 原點에서 靜壓孔까지의 距離를 길이, 幅, 높이로 나누어 各 各 길이比(Length ratio,  $x/L$ ), 幅比(Width ratio,  $y/W$ ), 높이比(Height ratio,  $z/H_1$  또는  $z/H_2$ )로 나타내었다. 또한, 風上側 壁(Windward wall)을 前壁(Front wall), 風下側 壁(Leeward wall)을 後壁(Back wall)이라 하고 風向쪽에서 볼때 왼쪽 側壁을 左側壁(Left side wall), 오른쪽 側壁을 右側壁(Right side wall)으로 하였다.

#### 2. 風壓係數 및 風力係數

風壓係數(Wind pressure coefficient,  $C_p$ )는 測定點의 表面壓力과 自由흐름의 靜壓과의 差를 速度壓으로 나누어 얻어지고, <sup>6, 10, 15, 19)</sup> 本 風洞試驗에서 測定된 水柱의 높이로 나타내면 다음式과 같다.

$$C_p = \frac{h_1}{h_2} \quad (1)$$

여기서,  $h_1$ : 靜壓孔에서 測定된 水柱의 높이(mm)  
 $h_2$ : 지붕높이에서 피토투브로 測定된 水柱의 높이(mm)를 나타낸다.

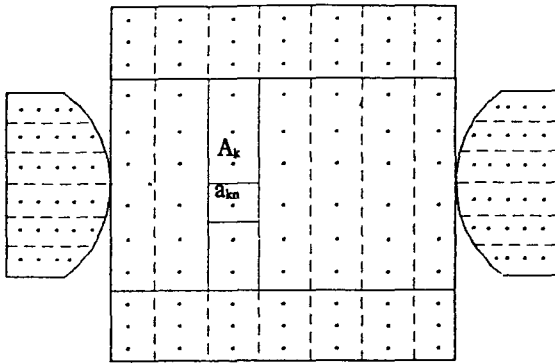
風荷重을 考慮하여 하우스를 設計할때는 局部 風力에 對한 하우스의 補強位置와 補強方向을 考慮할 必要가 있다. 따라서, 本 研究에서는 하우스 各面에 對한 길이 方向, 幅 方向, 높이 方向으로의 風力係數(Wind force coefficient, CF)의 變化를 分析하기 爲하여 Fig. 4에서와 같이 靜壓孔의 位置에 따라 受

壓面積을 分割하여 各 靜壓孔에서 測定된 壓力에 分割面積(Tributary area)을 考慮하여 다음 式과 같이 風力係數를 算定하였다.

$$C_{Fk} = \frac{(a_{k1} \cdot P_{k1} + a_{k2} \cdot P_{k2} + \dots + a_{kn} \cdot P_{kn} + \dots)}{A_k \cdot q_h} \quad (2)$$

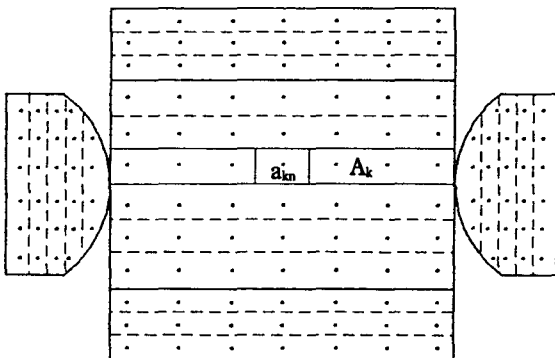
- 여기서,  $C_{Fk}$ : k번째 分割面에 대한 風力係數
- $a_{kn}$ : k번째 分割面의 n번째 靜壓孔에 該當하는 分割面積(m<sup>2</sup>)
- $P_{kn}$ : k번째 分割面의 n번째 靜壓孔에서 測定된 風壓(kgf/m<sup>2</sup>)
- $A_k$ : 分割面積(m<sup>2</sup>)
- $q_h$ : 지붕높이에서의 速度壓(kgf/m<sup>2</sup>)

을 나타낸다.



$a_{kn}$ : Tributary area for the n-th pressure hole of  $A_k$   
 $A_k$ : The k-th horizontal tributary area

(a) Horizontal direction



$a_{kn}$ : Tributary area for the n-th pressure hole of  $A_k$   
 $A_k$ : The k-th vertical tributary area

(b) Vertical direction

Fig.4. Tributary areas for estimating wind force coefficients.

하우스의 骨組에 對한 構造解析時에는 하우스 各面의 全體에 對한 風力係數가 適用된다. 따라서 本 研究에서는 各 面에 作用하는 風力의 總合을 全體面積과 速度壓으로 나누어 算定하였으며 이를 平均 風力係數( $C_F$ )로 表示하였다.

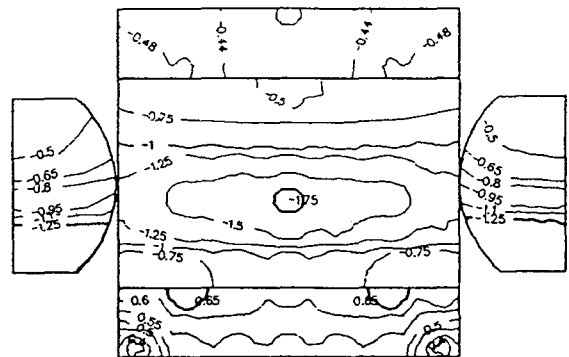
### 3. 抗力係數 및 揚力係數

하우스의 轉倒나 支點의 破壞를 防止하기 爲해서는 風力의 水平과 垂直成分인 抗力과 揚力에 對한 檢討가 必要하므로 이들의 크기를 表示하는데 使用되는 抗力係數와 揚力係數를 算定하였다.

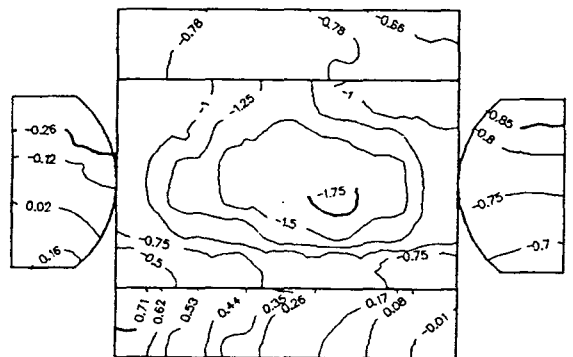
## 結果 및 考察

### 1. 風向別 風壓係數의 分布

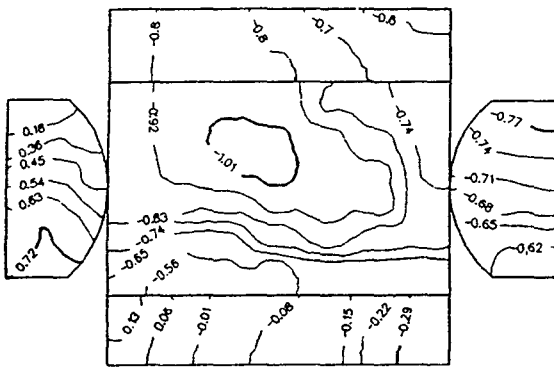
Fig. 5는 風向別 風壓係數의 分布를 圖示한 것으로 綜合的으로 考察해 보면, 風向 0°와 90°일때 風向



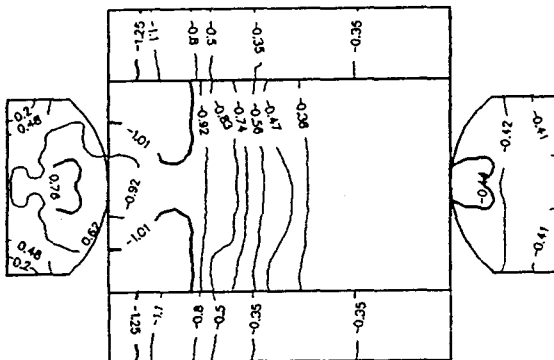
(a)  $\beta = 0^\circ$



(b)  $\beta = 30^\circ$



(c)  $\beta = 60^\circ$



(d)  $\beta = 90^\circ$

Fig.5. Distribution of the wind pressure coefficients on the single house.

에 垂直인 壁體의 境遇 主로 垂直方向으로 風壓의 큰 變化가 發生하였고 風向  $90^\circ$ 일때는 높이의 2/3 程度에서 最大正壓이 發生하였으며 이는 境界層흐름下에서의 風壓變化的 樣相과 一致함을 알 수 있었다. 그러나, 風向  $0^\circ$ 에서는 最大正壓의 發生位置가 2-3보다 높은 上部에서 나타났다. 이러한 事實은 本 모델에서 垂直方向의 靜壓孔數가 적었기 때문에 높이에 따른 風壓係數의 變化를 세밀하게 把握하기에는 不充分한 것으로 판단되며, 風洞實驗을 통한 風壓測定時 靜壓孔의 位置選定 및 갯수가 重要함을 알 수 있었다. 또한, 水平方向에 對한 最大正壓의 發生位置가 風向  $90^\circ$ 일때는 幅의 中央部에서, 風向  $0^\circ$ 일때는 左·右 두곳에서 發生하였으므로 壁體의 길이에 變化함에 따라 水平方向에 對한 最大正壓의 發生位置가 달라짐을 알 수 있었다. 風向에 平行인 壁體의 境遇는 風上側 端部에서 큰 負壓이 發生하였고 風下側에서는 負壓이 크게 작아졌으며 垂直方向으로의 負壓의 큰

變化는 없는 것으로 나타나 境界層흐름下에서 側壁에 對한 風壓分布樣相과 類似하게 나타났다. 또한, 風向  $90^\circ$ 일때 지붕에서는 風上側 端部에서 큰 負壓이 發生하였고 風下側으로 갈수록 負壓이 크게 減少한 後 一定해지는 風壓分布形態를 나타내어 境界層흐름下에서의 分布樣相과 一致함을 알 수 있었다.<sup>12, 17)</sup>

## 2. 壁體의 風力係數 變化

### 가. 水平方向 風力係數의 變化

Fig. 6은 壁體의 風向別 水平方向에 對한 風力係數의 變化를 圖示한 것이다.

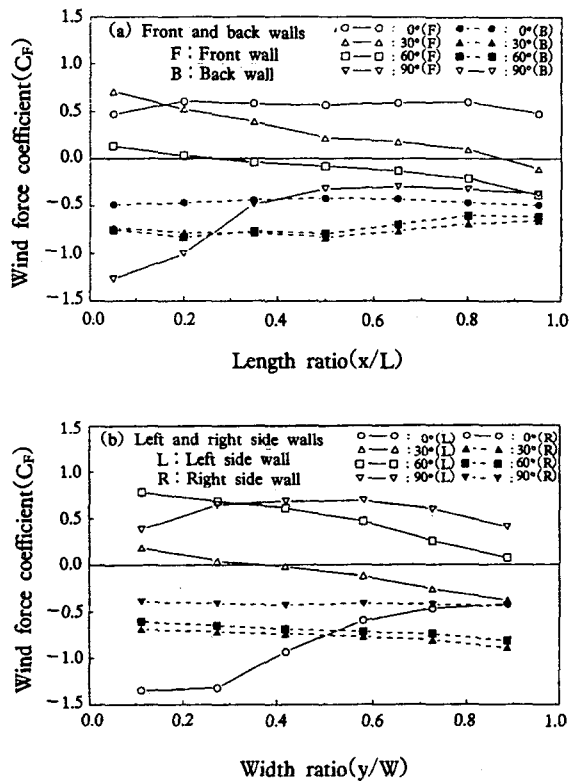


Fig.6. Horizontal variation of the wind force coefficients for the walls of the single house.

前壁의 境遇에는 風向이  $0^\circ$ 일때 양쪽 端部와 中央에서 正壓이 若干 減少하였지만 극히 微小한 것으로 나타났다. 또, 風向이  $30^\circ \sim 60^\circ$  範圍에서는 同一面에 正壓과 負壓이 同時에 作用하였으며, 風向이  $90^\circ$ 일 境遇는 風壓係數의 分布에서 言及한 바와 같이 風上側 端部에서 큰 負壓이 發生하였고, 길이비가

增加할수록 負壓이 急激히 작아져서 길이比 0.5程度부터 거의 一定한 값을 나타내고 있다. 風向變化에 따른 風壓變化가 가장 심한 곳은 風上側 端部로서 風向 30°에서 最大正壓, 風向 90°에서 最大負壓이 發生하였다.

左側壁의 境遇에는 風向 0°일때 風上側 端部에서 가장 큰 負壓이 發生하였고 幅比가 增加함에 따라 負壓이 크게 減少하였으며, 風壓變化가 一定한 部分이 前壁보다 짧은 것은 壁體길이보다 짧은 流線이 分離된 後 다시 닿는 部分의 長이가 짧기 때문인 것으로 판단된다. 風向 30°内外에서는 正壓과 負壓이 同時에 發生하였고, 60°에서는 全體面에 正壓이 發生하였지만 幅比가 增加할수록 크기가 減少하였다. 또한, 風向 90°의 境遇는 中央에서 가장 큰正壓이 作用하고 端部로 갈수록 正壓이 減少하였다. Fig. 5의 風壓分布圖에서 最大正壓의 크기는 風向 60°일때보다 風向 90°일때가 더 크나 여기서 風向 60°일때 正의 最大風力係數가 나타난 것은 各 分割面에 對한 風力係數이기 때문이다.

나. 垂直方向 風力係數의 變化

Fig. 7은 壁體의 風向別 垂直方向에 對한 風力係

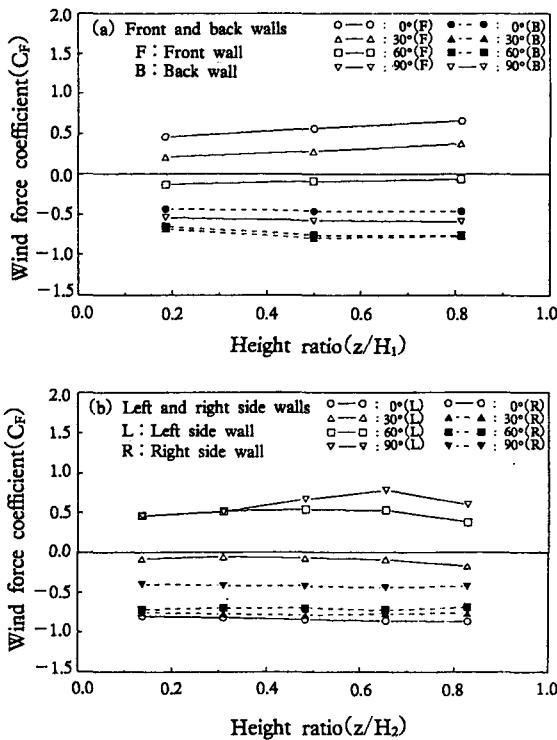


Fig.7. Vertical variation of the wind force coefficients for the walls of the single house.

數의 變化를 圖示한 것이다. 前壁의 境遇에는 風向이 0°~30°範圍에서 높이比가 增加함에 따라 正壓이 若干씩 增加하였으나 風向 60°에서는 負壓이 微小하게 減少하였고 90°에서는 垂直方向으로 큰 變化가 없었다. 또, 後壁의 境遇에는 全般的으로 垂直方向의 큰 變化는 없었다.

한편, 左側壁에서는 風向 60°~90°의 範圍에서 높이比가 0.65 程度까지 正壓이 增加하였으나 그 以上の 높이比에서는 減少하였으며 풍향 0°와 30°에서는 큰 變化가 나타나지 않았다. 또, 右側壁에서는 모두 負壓이 發生하였고, 垂直方向의 風力係數變化는 거의 없었다.

3. 지붕의 風力係數 變化

Fig. 8의 (a)에서 보는 바와 같이 지붕 風力係數의 길이方向에 對한 變化는 風向이 0°인 境遇에 中央部에서 兩端으로 갈수록 負壓이 微小하게 減少하는 傾向을 보였고, 風向 30°의 境遇는 길이比 0.5 附近에서 最大負壓이 發生하였으며, 그 값은 全 風向에 對해서 最大負壓이 되고 兩端部로 갈수록 負壓이 크게 減少하였다. 또, 風向 60°의 境遇는 風向 0°일 때와 마찬가지로 中央部分에서 端部로 갈수록 負壓이 微小하게 減少하였으며, 風向 90°의 境遇는 길이比 0.2 附近에서 最大負壓이 發生하였고 길이比가 增加함에 따라 負壓이 急激히 減少하였다. 全般的으로 보면, 지붕의 길이方向에 對한 風力係數의 變化幅은 風向 30°와 90°에서는 크고 風向 0°와 60°에서는 작게 나타났다.

Fig. 8의 (b)는 지붕 風力係數의 幅方向에 對한 變化를 나타낸 것으로, 風向이 0°일 境遇에 幅比가 0.4 附近인 位置에서 全 風向에 對해 最大負壓이 發生하였고, 最大負壓의 發生位置를 中心으로 하여 兩端으로 갈수록 負壓이 크게 減少하였다. 風向 30°의 境遇도 그 傾向은 0°의 境遇와 비슷하나 風力係數의 變化幅이 적고, 幅比가 0.4~0.5 程度되는 地點에서 負壓이 가장 크게 나타났다. 風向 60°의 境遇는 幅比가 커질수록 負壓이 若干씩 增加하는 것으로 나타났다, 風向 90°의 境遇는 全幅에 對해 同一하게 나타났다. 全般的으로 볼때, 지붕의 幅方向에 對한 風力係數의 變化幅은 風向 0°에서 90°로 變化함에 따라 減少하였다.

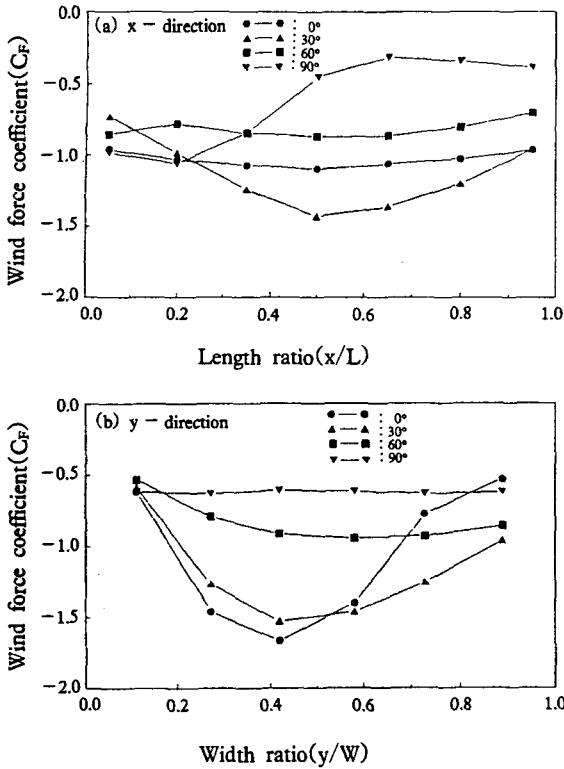


Fig.8. Variation of the wind force coefficients for the roof of the single house.

4. 平均風力係數의 變化

Fig. 9는 風向變化에 따른 하우스 各面의 平均風力係數의 變化를 圖示한 것이다. 前 後壁의 平均風

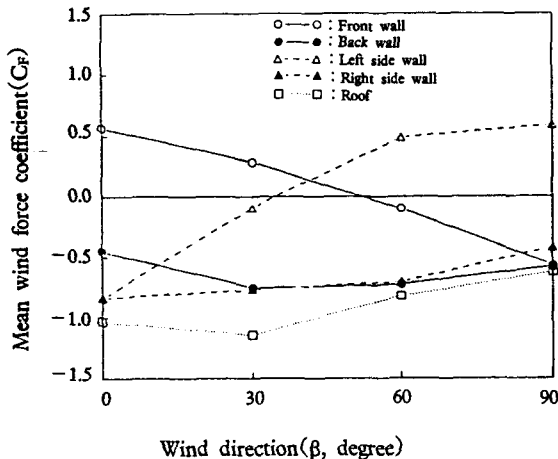


Fig.9. Variation of the mean wind force coefficients varying wind directions in the single house.

力係數는 風向 0°일때 前壁에서 最大正壓이 發生하였고, 風向 30°일때 後壁에서 最大負壓이 發生하였다. 左 右側壁의 平均風力係數는 風向 90°일때 左側壁에서 最大正壓이 發生하였고, 風向 0°일때 兩側壁에서 最大負壓이 發生하였다. 또한, 前壁과 左側壁의 境遇에 正壓에서 負壓으로 變化되는 風向의 範圍는 30°~60°로 나타났다. 지붕의 境遇에는 風向 30°内外에서 가장 큰 負壓을 받는 것으로 나타났고, 風向 90°에서 가장 적은 負壓을 받는 것으로 나타났다. 全風向에 對해 지붕에서 가장 큰 負壓이 發生하였고, 最大正壓은 風向 90°일때 左側壁에서 發生하였다.

5. 風向變化에 따른 抗力係數 및 揚力係數의 變化

Fig. 10은 風向變化에 따른 抗力係數와 揚力係數의 變化를 圖示한 것으로, 抗力係數는 大體로 風向 30°附近에서 最大의 抗力이 發生하는 것으로 나타났고, 風向이 90°로 變化함에 따라 急激히 減少하였다. 한편, 揚力係數는 風向 0°~30°範圍에서는 큰 차이가 없었으나 全風向에 對하여 最大揚力이 風向 30°에서 發生하였다. 따라서, 하우스의 轉倒나 支點의 파괴에 대한 構造設計時에 風向 0°일때보다 風向 30°일때의 風荷重을 고려하는 것이 더 타당할 것으로 판단된다.

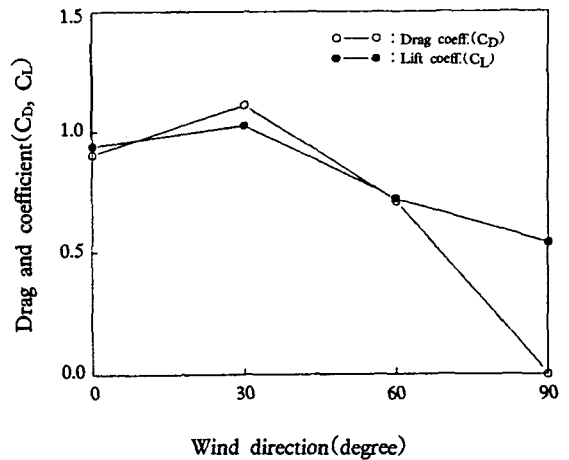


Fig.10. Variation of drag and lift force coefficients of the single house.

6. 局部風力을 考慮해야할 位置

하우스의 構造設計時 平均風力係數를 適用하여 構造物 全體에 對한 強度檢討를 實施함과 同時에, 局部風力으로 因한 하우스의 骨組 또는 被服資材의 破損이 頻繁하고 그 被害가 相當하기 때문에 局部

風力에 對한 安全性도 檢討해야한다. 이 때, 最大局部風力の 크기와 發生位置는 風速, 風向 및 하우스의 構造形態에 따라 相異하므로 하우스 設置地域의 全風向에 對한 局部風力을 分析한 結果로 부터 決定해야한다. 本 研究에서 局部風力을 考慮해야할 位置는 壁體와 지붕의 길이方向과 幅方向에 對한 風力係數의 變化를 全風向에 對하여 分析한 結果를 利用하여 正壓이 1.0보다 크거나 負壓이 -1.0보다 큰 部分을 基準으로하여 選定하였다.

Fig. 11은 局部風力을 考慮해야 할 位置를 圖示한 것으로 그 位置가 壁體의 境遇는 左 右端部, 지붕의 境遇는 幅方向의 中央部位와 길이方向의 端部 및 中央部位임을 알 수 있었다. 따라서, 하우스 設計時 設置地域의 風速을 考慮한 局部風力の 크기와 局部風力을 考慮해야할 位置를 分析하여 그 結果를 適用해야 할 것으로 판단된다.

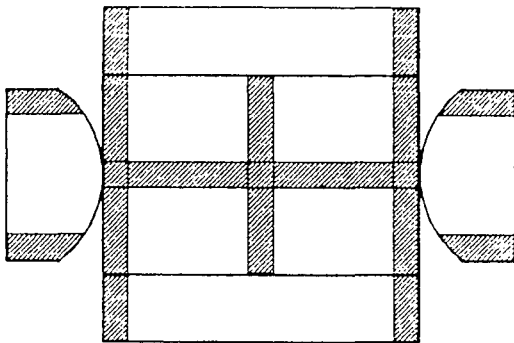


Fig.11. Parts to be considered for the local wind forces in the single house.

## 結 論

單棟 아치형 하우스의 設計를 爲한 基礎資料를 提供하기 爲하여 風向變化에 따른 하우스 表面에 發生되는 風壓을 風洞實驗을 通하여 測定하고, 風力係數, 平均風力係數, 抗力係數 및 揚力係數의 變化를 分析한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 風向이 壁體와 垂直일 경우 壁體의 높이方向에 對한 最大正壓은 境界層 흐름의 影響으로 높이의 2/3 程度의 位置에서 發生함을 알 수 있었다.
2. 壁體의 水平方向에 對한 風力係數의 變化를 分析한 結果, 最大正壓은 風向이 壁面에 30°傾斜졌을때 風上側 端部에서 發生하였으며 最大負壓은 風向이 壁面에 平行일때 風上側 端部에서 發生하는 것으로 나타났다.

3. 지붕에서의 最大負壓은 幅方向으로는 幅比 0.4 附近에서, 길이方向으로는 길이比 0.5 附近에서 發生하는 것으로 나타났다.
4. 平均風力係數의 경우 全風向에 대하여 最大負壓은 風向 30°일때 지붕에서 發生하였다.
5. 하우스의 轉倒나 支點의 파괴에 대한 構造設計時에 風向 0°일때보다 風向 30°일때의 風荷重을 고려하는 것이 더 타당할 것으로 判斷된다.
6. 하우스 設計時 설치지역의 風速을 고려한 局部風力の 크기와 局部風力을 고려해야할 위치를 分析하여 그 結果를 適用해야 할 것으로 判斷된다.

## 參 考 文 獻

1. 金德在, 辛鉉植. 1979. 構造物의 設計用風荷重에 關한 研究. 大韓建築學會誌 23(87): 38-42.
2. 金魯童. 1989. 風力係數가 建物配置에 미치는 影響에 關한 實驗的 研究. 仁荷大學校 大學院, 博士學位論文.
3. 金文基, 高在君, 李信昊. 1987. 플라스틱하우스의 構造實態의 調查研究. 韓國農工學會誌 29(3): 113-124.
4. 박병용, 김덕재, 마춘경, 이리형. 1981. 雪荷重 및 風荷重 規準案. 大韓建築學會誌 29(98): 76-81.
5. 朴勝德. 1991. 流體力學. 螢雪出版社. 157-214.
6. 小野熏. 1979. 耐風, 耐火, 耐震構造. 共立全書. 205-304.
7. 立花一雄, 羽倉弘人, 高橋和彦. 1978. 施設園藝ハウスの設計と施工. オム社. 19-41.
8. 日本施設園藝協會. 1981. 園藝用施設安全構造基準(暫定基準). 日本施設園藝協會. 12-17.
9. American Society of Agricultural Engineers. 1976. Designing building to resist snow and wind loads. ASAE(R288.3): 373-377.
10. Cook, N. J. 1985. The Designer's guide to wind loading of building structures, part 1, Butterworths. 6-45, 138-201.
11. Mahoney, W. A., R. Gaddis, A. F. butchbaker and S. Moustafa. 1978. Storage pattern effects on wind force reaction on roofs of open buildings. Transactions of the ASAE 21(1): 142-145.
12. Mathews, E. H. and J. P. Meyer. 1988. computation of wind loads on a semicircular greenhouse. advances in wind engineering, Part 2: 225-233.



13. Nelson, G. L. and H. Giese. 1962. Wind load reactions in open-front shelters. Agri. Eng. 43(3) : 142-149.
14. Nelson, G. L., H. B. Manbeck and N. F. Meador. 1988. Light agricultural and industrial structures. Van Nostrand Reinhold Co., 147-161.
15. Simiu, E. and R. H. Scanlan. 1978. Wind effects on structures, John Wiley and Sons Inc. 1-70, 318-342.
16. Stathopoulos, T., D. Surry and A. G. Davenport. 1981. Effective wind loads on flat roofs. ASCE 107(ST2) : 281-298.
17. Stathopoulos, T. 1981. Wind loads on eaves of low buildings. ASCE 107(ST10) : 1921-1934.
18. Toy, N. and B. Tahouri. 1988. Pressure distributions on semi-cylindrical structures of different geometrical cross-sections. Advances in Wind Engineering, Part 2. 263-272.
19. White, F. M. 1979. Fluid mechanics. McGraw-Hill Book Company. 400-512.

## 신 간 소 개

### Environment Control for Animals and Plants

저 자 : Louis D. Albright

출 판 : ASAE (미국농공학회)

발행년도 : 1990

#### < 내 용 >

- 농업에서의 환경조절의 적용
- 습공기공학
- 열전달 기초
- 정상상태의 열환경 해석
- 정상상태의 에너지 및 질량 평형
- 축사 및 온실의 환기
- 단열 및 차습
- 공기의 흡입과 배출
- 공기의 분포
- 환기조절시스템 및 조절성능의 정량화
- 자연환기시스템
- 덕트에서의 공기의 흐름

농업시설(축사 및 온실)에 대한 환경조절의 설계과정을 예제와 함께 서술한 Text-book으로 IBM호완기종 컴퓨터에서 실행되는 예제의 프로그램이 수록되어 있다. 코넬대학 Agricultural and Biological Engineering Department 졸업반의 농업시설환경 조절공학 설계코스에서 제공됨.

(남 상 운)