

아치형 單棟하우스의 棟間距離가 風力係數에 미치는 影響

Effects of the Distance between Houses on the Wind Force Coefficients on the Single-span Arched House

李 賢 雨 · 李 錫 健
Lee, Hyun Woo · Lee, Suk Gun

Summary

The purpose of this study was to analyze the wind force distribution on the two single-span arched plastic house depending upon the house spacing and wind direction, which may provide the fundamental criteria for the structural design. In order to specify the wind force distribution, the variation of the wind force coefficients, the mean wind force coefficients and the drag force coefficients were estimated from the wind tunnel test data.

The results obtained are as follows :

1. At the wind direction of 90° , there was a typical span interval at which the maximum negative pressure was occurred at the edge of the inside walls.
2. In the consideration of wind loads, the wind force coefficients estimated from independent single-span arched plastic house should not be directly applied to the structural design on the double houses separated.
3. The average maximum negative wind force on the inside walls was occurred at the wind direction of 90° , and the variations depending on the span intervals was not significant.
4. The average maximum drag force was occurred at the wind direction of 30° , and the magnitude of drag force was more significant at the first house. As the distance between two houses was increased, the drag force was slightly increased for every wind direction.

* 慶北大學校 農科大學

키워드 : 單棟하우스(Single-span house), 風荷重
(Wind loads), 風力係數(Wind force coefficient), 抗力係數(Drag force coefficient)

I. 緒 論

원예시설구조의 안전성에 가장 큰 영향을 미치는 風荷重에 관한 연구는 주로 독립된 單棟이나 連棟에 대해서 이루어졌으나 實際 하우스의 配置形態는 한棟만 獨立의으로 設置되는 것이 아니라 여러개의 單棟이나 連棟이 隣接해서 設置되어 있는 境遇가 大部分이다. 이와같이 配置形態가 달라지게 되면 하우스의 風壓分布는 큰 差異가 있으므로 하우스의 配置形態 變化에 따른 風力係數의 變化가 糾明될 必要가 있을 것으로 判斷된다.^{1,2,7,8,12)}

우리나라에서는 1980년에 風荷重에 대한 規準案이 만들어졌고,³⁾ 金 등(1987)²⁾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 구조 설계시 風荷重에 대한 關心이 漸次 增大되었으며, 李 등(1992)^{4~6)}은 獨立된 아치형 單棟하우스 및 連棟하우스의 風力係數 分布에 관한 研究를 실시한 바 있다.

本 研究는 일정한 棟間距離를 두고 설치된 아치형 單棟하우스의 棟間距離 變化에 따른 풍력계수의 분포특성을 규명하여 하우스의 구조 설계에 필요한 기초자료를 제시하기 위하여, 두棟의 아치형 模型 單棟하우스를 製作하여 境界層흐름 條件下에서의 風洞實驗을 통한 하우스 표면의 各 部位에 發生되는 風壓을 測定하고 風向 및 棟間距離 變化에 따른 하우스의 各 面에 對한 風力係數의 變化와 平均風力係數 및 抗力係數의 變化를 分析하였다.

II. 實驗裝置 및 方法

1. 實驗裝置 및 模型

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.

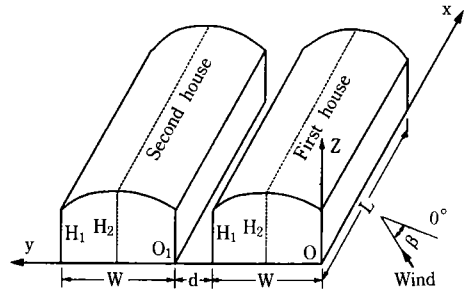


Fig. 1. Layout and coordinate system of the test model

本 實驗에 適用한 하우스모델은 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 1/50이 되도록 하였으며, 2개의 模型을 製作하였다.

實驗模型은 두께 5mm의 아크릴 圓筒과 板材를 使用하여 製作하였으며, 그 形態는 Fig. 1과 같다. 模型의 크기는 幅(W) 108mm, 壁體의 前面높이(H₁) 32mm, 中央部 높이(H₂) 58mm이고 길이(L)는 風洞試驗部 斷面積의 制限 때문에 實物길이를 10m로 하였을 때 模型치수 200mm로 하였다.

風壓測定을 위한 靜壓孔(Static pressure hole)은 하우스 全表面에 均등로 배치하여 1개의 模型에 總 140개를 設置하였으며, 各 靜壓孔에는 外徑 0.9mm의 스테인레스管을 하우스表面과 垂直되게 插入하였고, 靜壓孔에서 스캐니벨브까지는 外徑 1.2mm의 테프론튜브(Teflon tube)로 連結하였다.

2. 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, 模型을 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 風洞實驗은 速度의 分布가 指數函數로 나타날 경우 指數가 約 0.12인 境界層흐름조건하에서 실시하였다.

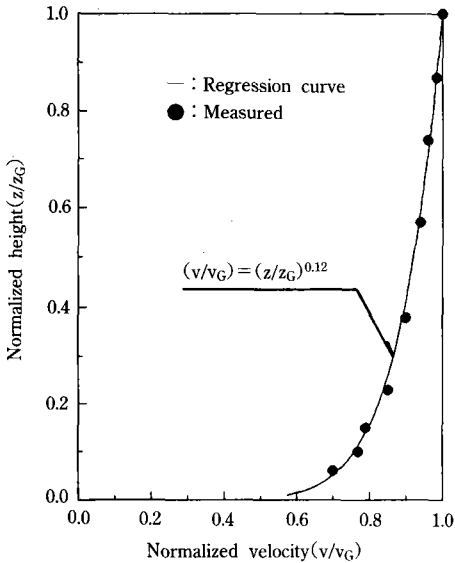


Fig. 2. Vertical profile of the wind velocity without test model

Fig. 1에서 棟間距離(d)를 1cm, 2cm, 4cm, 6cm로 변화시켰고, 風向(β)은 하우스의 前壁(x-z 평면)에 垂直인 方向 0° 로 하고 時計方向으로 30° , 60° , 90° 로 變化시켜 風向別로 하우스 表面에 發生되는 風壓을 測定하였다.

또한 風向 0° 일 때의 風上側 모형을 1棟(First house), 風下側 모형을 2棟(Second house)으로 表記하였다.

Fig. 3은 風壓測定을 爲한 計測裝置의 構成圖이다. 風壓測定을 시작하기 전에 3孔 피토투브(3 holes pitot tube)를 使用하여 自由流의 速度를 測定하여 15m/sec로 維持되도록 하였고, 이때 모델높이를 特性길이로 할 境遇 레이놀드수는 5.6×10^4 이었다. 하우스 表面의 靜壓孔에서 感知된 壓力은 튜브를 통해 스캐니벨브(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(Free stream)의 靜壓과의 差壓으로, 水柱의 높이로 換算된 값이다.

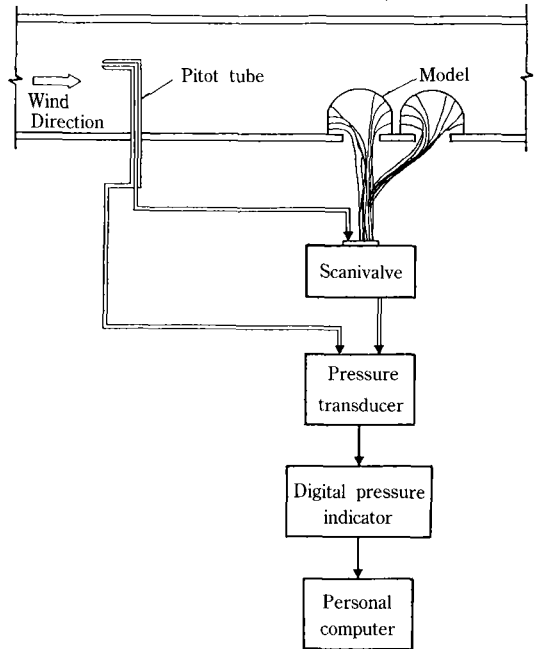


Fig. 3. Schematic diagram of the data acquisition system

III. 分析方法

1. 座標系의 選定

各 面에 대한 風力係數의 分布形態를 分析하기 爲하여 Fig. 1의 座標系에서 x軸 方向을 길이 方向, y軸 方向을 幅 方向, z軸 方向을 높이 方向으로 하였다. 또, 座標系에서 靜壓孔의 位置를 나타내기 爲하여 原點 0를 基準으로 한 靜壓孔의 x, y 및 z座標를 길이(L), 幅(W) 및 높이(H_1 또는 H_2)로 각각 나누어 이를 길이비(Length ratio, x/L), 幅比(Width ratio, y/W), 높이比(Height ratio, z/H_1 또는 z/H_2)로 나타내었으며, 2棟의 幅比는 0_1 을 原點으로 하여 y座標를 계산하였다. 또한 각 모델에 대하여 風上側壁(Windward wall)을 前壁(Front wall), 風下側壁(Leeward wall)을 後壁(Back wall)이라 하였고 風向쪽에서 볼 때 왼쪽 側壁을 左側壁(Left side wall), 오른쪽 側壁을 右側壁(Right side wall)으로 하였다.

2. 風力係數 및 抗力係數

本 研究에서는 하우스 各面에 대한 길이方向, 幅方向, 높이方向으로의 風力係數(Wind force coefficient, C_F)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.^{9, 11, 13)}

$$C_{Fk} = \frac{(a_{k1} \cdot P_{k1} + a_{k2} \cdot P_{k2} + \dots + a_{kn} \cdot P_{kn} + \dots)}{A_k \cdot q_h} \dots (1)$$

여기서, C_{Fk} : k번째 分割面에 대한 風力係數
 a_{kn} : k번째 分割面의 n번째 靜壓孔 該當하는 分割面積(m^2)

P_{kn} : k번째 分割面의 n번째 靜壓孔에서 測定된 風壓(kgf/m^2)
 A_k : 分割面積(m^2)
 q_h : 지붕높이에서의 速度壓(kgf/m^2)

을 나타낸다.

平均風力係數(Mean wind force coefficient' \bar{C}_F)는 한 面에 作用하는 風力の 總合을 全體面積과 速度壓으로 나누어 算定하였으며, 抗力係數(Drag force coefficient, C_D)는 바람의 흐름방향으로 作用하는 風力の 總合을 바람의 흐름방향에 수직인 평면에 투영한 하우스의 면적과 速度壓으로 나누어 算定하였다.

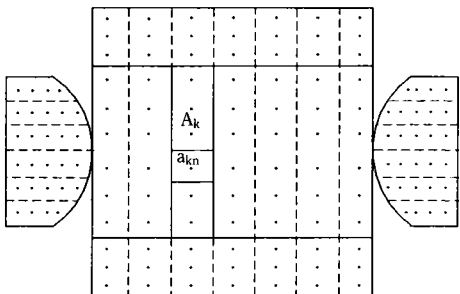
IV. 結果 및 考察

1. 壁體의 風力係數 變化

가. 內側壁體

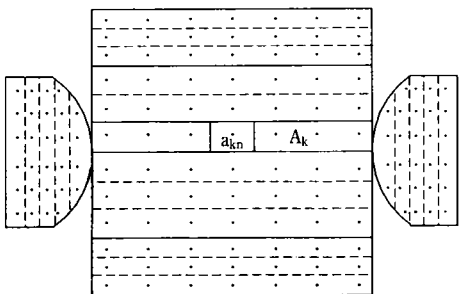
1棟의 前壁과 2棟 後壁에 대한 棟間距離의 變化에 따른 風力係數의 變化形態는 單棟하우스⁴⁾와 類似하므로 본 研究에서는 內側壁體 즉 1棟의 後壁과 2棟의 前壁에 對해서만 分析하였다.

Fig. 5와 Fig. 6은 1棟의 後壁 및 2棟의 前壁에 對한 길이방향(x축방향)의 風力係數 變化를 圖示한 것으로, 風向 0° 에서는 棟間距離에 따른 風力係數의 變化는 크지 않았으며 風向 30° 와 60° 에서는 棟間距離가 가장 짧은 1cm에서 最大負壓이 發生하였고 棟間距離가 클수록 端部에서 負壓이 減少하였다. 한편, 風向 90° 에서는 棟間距離가 클수록 風上側 端部에서 最大負壓이 크게 나타났으나 棟間距離別 最大負壓의 差異는 棟間距離가 커질수록 減少하여 棟間距離가 4와 6인 境遇는 거의 같은 값으로 나타났다. 이러한 事實은 하우스의 形態와 크기에 따라 多少 차이가 있겠지만 風向 90° 인 境遇에는 端部에서 最大負壓을 發生시키는 棟間距離가 存在함을 立證해 주고 있다. 또한, 風向에 따라 棟間距



a_{kn} : Tributary area for the nth pressure hole of A_k
 A_k : The kth horizontal tributary area

(a) Horizontal direction



a_{kn} : Tributary area for the nth pressure hole of A_k
 A_k : The kth horizontal tributary area

(b) Vertical direction

Fig. 4. Tributary areas for estimating wind force coefficients

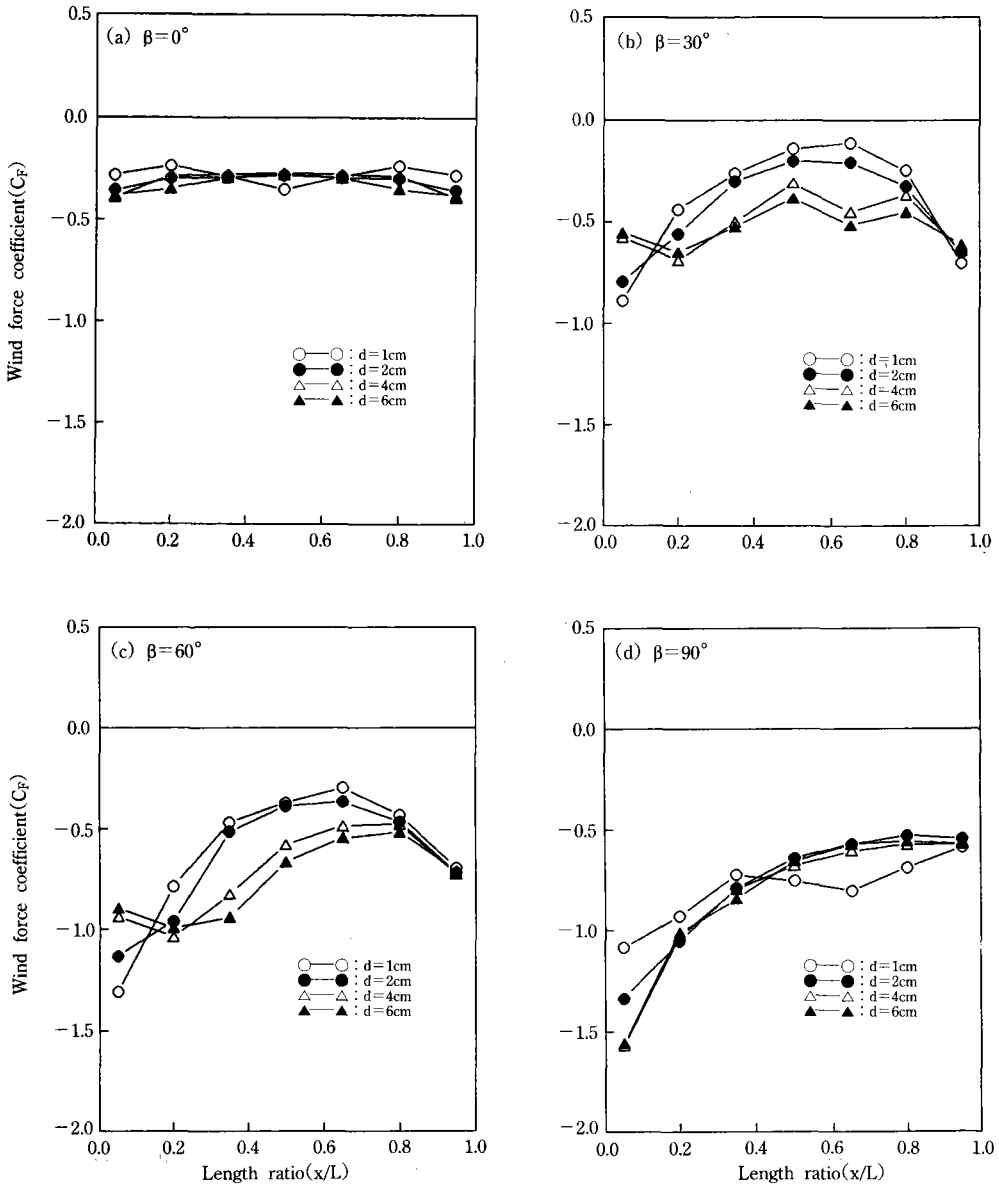


Fig. 5. Variation of the wind force coefficients along the x-axis of the back wall of the first house

離의變化에 따른 風力係數의變化가 各各 다르기 때문에 特定地域의 主風向에 對한 하우스의 設置方向과 棟間距離를 決定하는데 重要な 資料가 될 것으로 判斷된다.

나. 左·右壁體

Fig. 7과 Fig. 8은 각각 左側壁體 및 右側壁體에 對한 폭방향(y축방향)의 風力係數變化를 圖示한 것으로 棟間距離가 0인 境遇는 2連棟하우스⁵⁾의 風力係數를 나타낸 것이고, ∞ 인 境遇는

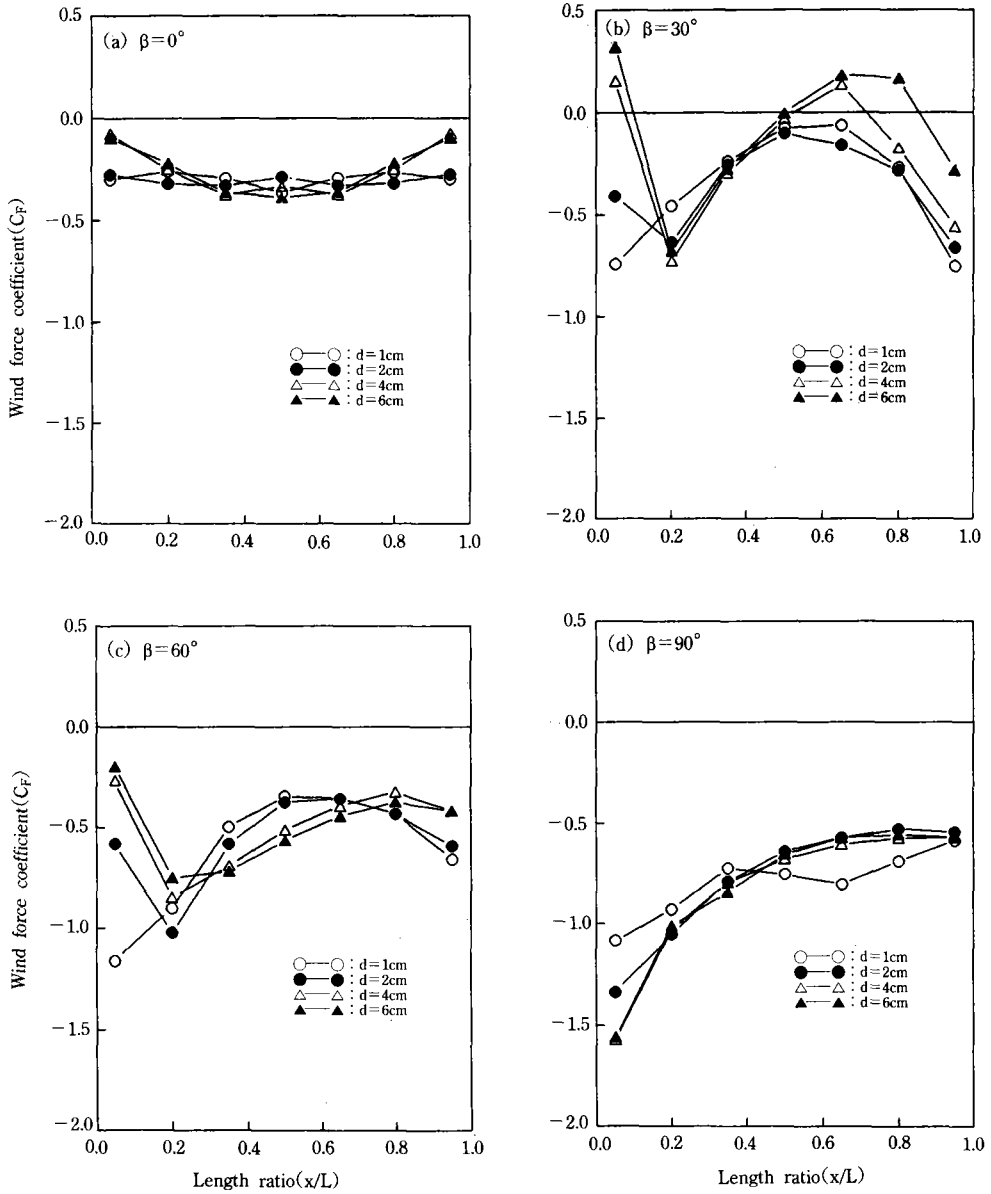


Fig. 6. Variation of the wind force coefficients along the x-axis of the front wall of the second house

單棟하우스⁴⁾의 風力係數를 나타낸 것이다.

左側壁體의 境遇 1棟에서는 棟間距離 1~6範圍에서의 風力係數의 變化가 全風向에 대하여 單棟하우스($d=\infty$)와 類似하게 나타났으므로 單棟하우스의 風力係數를 適用할 수 있을 것으

로 思料된다. 그러나 2棟에서는 全風向에 대해 最大負壓이 發生하는 風向 0° 일 때의 風力係數가 2連棟하우스($d=0$)의 경우와 類似하게 나타났기 때문에 一定距離의 棟間距離를 둔 2棟의 하우스중 2棟의 側壁에 對해서는 비록 單

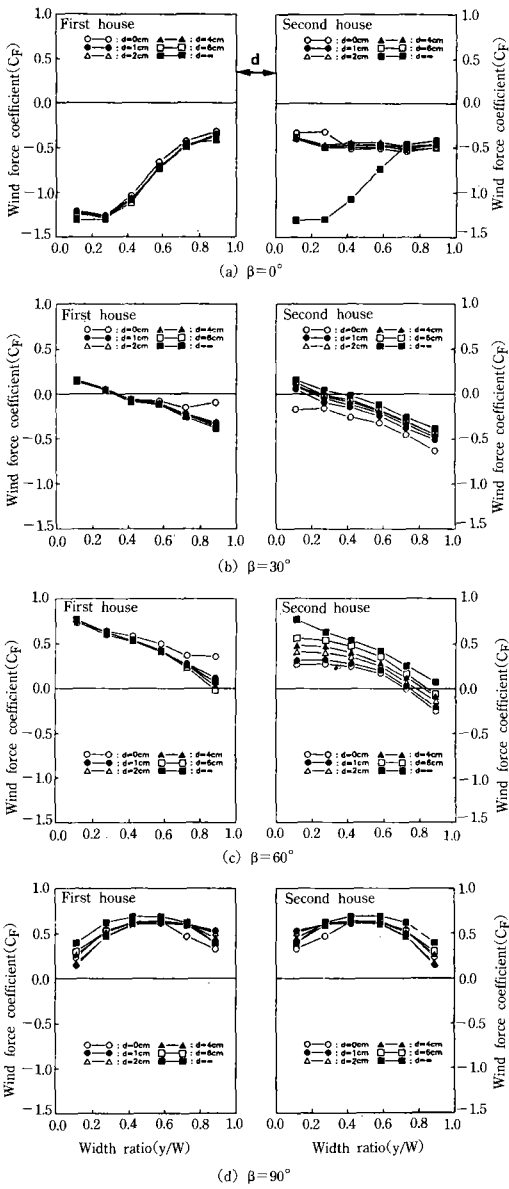


Fig. 7. Variation of the wind force coefficients along the y-axis of the left side walls

棟하우스라 할지라도 독립된 單棟하우스의 風力係數를 적용하기 보다는 2連棟하우스의 2棟에 대한 風力係數를 適用함이 타당할 것으로 判斷된다. 한편, 2棟의 左側壁體에서 風向 30°와

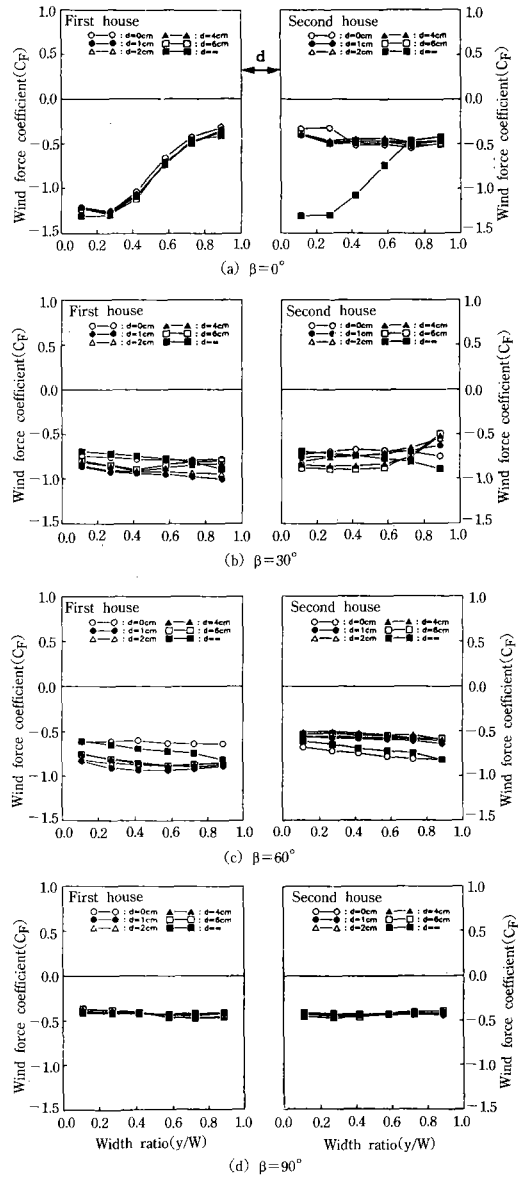


Fig. 8. Variation of the wind force coefficients along the y-axis of the right side walls

60°에서는 棟間距離에 따라 風力係數가 變化하기 때문에 棟間距離에 따른 風力係數의 適用이 달라져야 할 것으로 판단된다.

右側壁體의 경우도 대체적으로 1棟은 單棟하

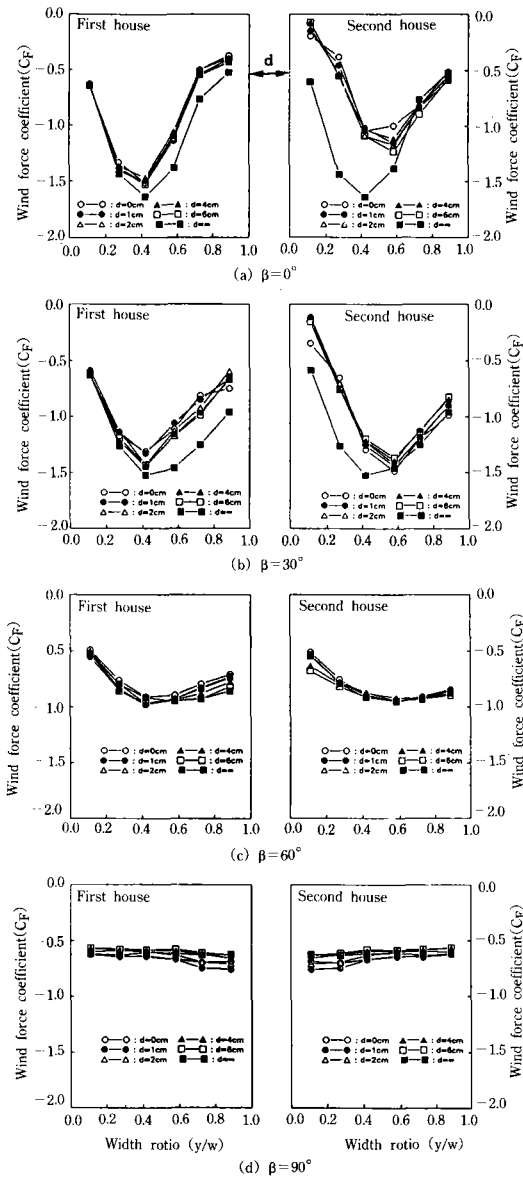


Fig. 9. Variation of the wind force coefficients along the y-axis of the roofs

우스의 風力係數를, 2棟은 2連棟하우스의 風力係數를 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 지붕의 風力係數 變化

두동간의 영향으로 인한 지붕의 풍력계수 변

화를 분석하기 위하여 Fig. 9와 같이 지붕의 幅方向(y축방향)에 對한 風力係數의 變化를 圖示하였다.

風向 0°인 境遇에 1棟에서는 幅比 0.4 附近에서 最大負壓이 發生하고 兩端部로 갈수록 負壓이 減少하였고 幅比 0.3 以上에서 單棟인 境遇가 複棟(棟間距離를 둔 두棟의 單棟하우스를 칭하여 複棟이라 하였음.)인 境遇에 比해 負壓이 더 컸다. 또, 2棟에서는 幅比 0.7 以下에서 1棟과 마찬가지로 單棟인 境遇가 複棟에 比해 負壓이 더 큰 것으로 나타났다. 또한, 風向 30°인 境遇에는 風力係數의 變化幅은 若干씩 다르나 全般的인 傾向은 風向 0°일때와 비슷한 것으로 나타났다. 한편, 風向 60°와 90°에서는 棟間距離에 따른 風力係數의 특이한 차이는 없었다.

以上の 結果를 綜合해 보면, 風向 0°와 30°인 境遇는 두棟이 隣接한쪽 지붕에서 單棟인 境遇가 複棟인 境遇보다 더 큰 負壓이 發生하는 것으로 나타났다. 또, 複棟의 境遇 全 風向에 對해서 棟間距離의 變化에 따른 風力係數의 큰 차이는 없는 것으로 나타났다. 따라서 一定한 距離를 두고 設置된 두棟의 單棟하우스 지붕에 對하여 風荷重을 考慮할 境遇 2連棟하우스의 風力係數를 適用할 수 있을 것으로 判斷된다.

3. 內側壁體에 對한 平均風力係數의 變化

Fig. 10은 內側壁體에 對한 平均風力係數의 變化를 圖示한 것이다.

1棟은 後壁의 境遇에 風向 30°와 60°에서는 棟間距離가 增加함에 따라 負壓이 약간씩 增加하였으나 風向 0°와 90°에서는 棟間距離에 따른 平均風力係數가 거의 一定한 것으로 나타났다. 또한, 風向이 0°에서 90°로 增加함에 따라 負壓이 크게 增加하여 風向 90°일 때 最大負壓이 發生하였다.

2棟 前壁의 境遇에 風向 0°~60° 範圍일 때는

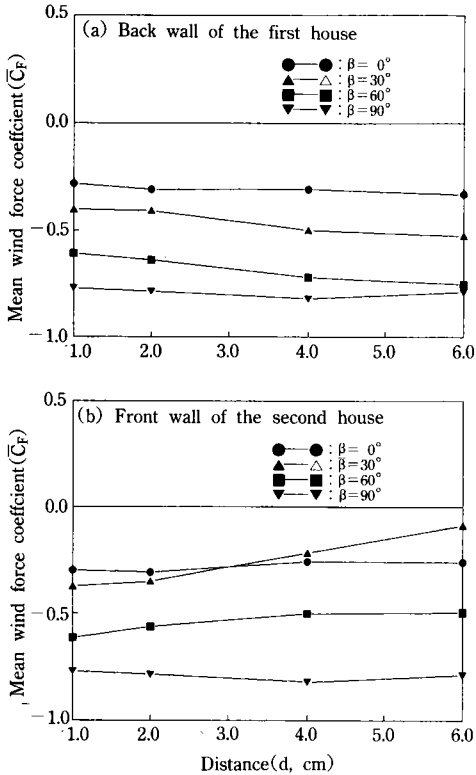


Fig. 10. Variation of the mean wind force coefficients for the inside walls

棟間距離가 增加할 수록 負壓이 減少하였고, 특히 風向 30° 일 때는 負壓의 減少가 더 큰 것으로 나타났으며, 風向 90° 일 때는 風向에 對해 1棟 後壁의 風向 90° 일 境遇와 對稱이기 때문에 同一한 結果가 나타났다. 또한, 風向變化에 따른 平均風力係數의 變化는 棟間距離가 1과 2인 境遇에는 風向이 0° 에서 90° 로 變化함에 따라 負壓이 增加하였으나 棟間距離가 4와 6인 境遇에는 風向 30° 일 때 最小負壓이 發生하였고, 90° 일 때 最大負壓이 發生하였다.

4. 抗力係數의 變化

Fig. 11은 棟間距離의 變化에 따른 抗力係數의 變化를 圖示한 것이다.

1棟에서는 全 風向에 對해 棟間距離가 增加할수록 약간씩 抗力이 增加하였다. 또한, 風向

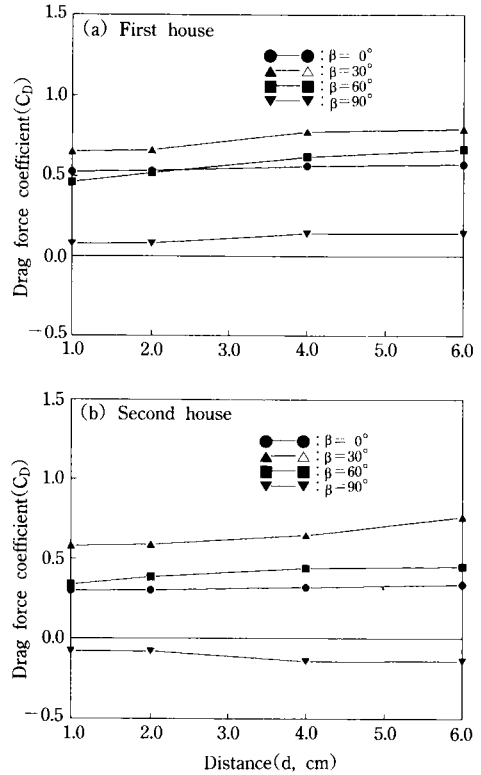


Fig. 11. Variation of the drag force coefficients

別로는 風向 30° 일 때 最大抗力이 風向 90° 일 때 最小抗力이 發生하였으나, 風向 0° 와 60° 에서는 서로 큰 差異를 보이지 않았고 棟間距離 2以下에서는 風向 0° 일 때가, 2以上에서는 風向 60° 일 때가 抗力이 若干 더 큰 것으로 나타났다.

한편, 2棟에서는 1棟과 마찬가지로 棟間距離가 增加할수록 약간씩 抗力이 增加하였다. 또, 風向別로는 1棟과 마찬가지로 風向 30° 일 때 最大抗力이 發生하고 風向 90° 일 때 最小抗力이 發生하였으며, 風向 0° 와 60° 의 境遇는 1棟과는 달리 全 棟間距離에 對해 風向 60° 일 때가 더 큰 抗力이 作用하는 것으로 나타났다. 한편, 風向 90° 인 境遇에 抗力係數가 負의 값으로 나타난 것은 抗力의 作用方向이 反對方向임을 意味한다.

全般的으로 볼 때, 全 風向에 對하여 棟間

距離가 增加할 수록 약간씩 抗力이 增加하였고 2棟에 비해 1棟에서 더 큰 抗力이 發生하는 것으로 나타났으며 風向 30°에서 棟間距離가 6일 때 最大抗力이 發生하는 것으로 나타났다.

V. 結 論

원예시설용 아치형 단동하우스의 棟間距離가 풍력계수의 분포에 미치는 영향을 파악하여 원예시설의 구조설계용 기초자료를 제공하기 위하여, 風向 및 동간거리의 변화에 따른 하우스 表面에 發生되는 풍압을 風洞實驗을 통하여 측정하고, 風力係數, 平均風力係數 및 抗力係數의 變化를 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 풍향 90°일 때 內側壁體의 端部에서 最大 負壓을 發生시키는 棟間距離가 존재함을 알 수 있다.

2. 일정한 동간거리를 둔 2개동의 단동하우스에 대한 설계풍하중의 산정에 있어서는 獨立된 단동하우스의 풍력계수를 그대로 적용해서는 안될 것으로 판단되었고, 이에 대한 보다 자세한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

3. 內側壁體의 最大平均負壓은 풍향 90°일 때 發生하였고, 동간거리에 따른 큰 차이는 없었다.

4. 最大抗力은 풍향 30°일 때 發生하였고, 2동에 비하여 1동에서 더 큰 항력이 發生하였으며, 모든 風向에 대하여 동간거리가 증가함에 따라 항력이 약간씩 증가하였다.

參 考 文 獻

1. 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.
2. 金文基, 高在君, 李信昊. 1987. 플라스틱하우스의 構造實態의 調査研究. 韓國農工學會誌 29(3) : 113-124.
3. 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.
4. 李錫健, 李賢雨. 1992. 아치형 單棟하우스의 風力係數 分布에 關한 研究. 韓國生物生産 施設環境學會誌 1(1) : 28-36.
5. 李錫健, 李賢雨. 1992. 아치형 2連棟하우스의 風力係數 分布에 關한 研究. 韓國生物生産 施設環境學會誌 1(2) : 142-147.
6. 李賢雨, 李錫健. 1993. 아치형 3連棟하우스의 風力係數 分布에 關한 研究. 韓國生物生産 施設環境學會誌 2(1) : 46-52.
7. 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.
8. American Society of Agricultural Engineers. 1976. Designing Building to Resist Snow and Wind Loads. ASAE(R288.3) : 373-377.
9. Cook, N. J. 1985. The Designer's Guide to Wind Loading of Building Structures, Part 1, Butterworths. 6-45, 138-201.
10. Nelson, G. L., H. B. Manbeck and N. F. Meador. 1988. Light Agricultural and Industrial Structures. Van Nostrand Reinhold Co., 147-161.
11. Simiu, E. and R. H. Scanlan. 1978. Wind Effects on Structures, John Wiley and Sons Inc. 1-70, 318-342.
12. 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.
13. White, F. M. 1979. Fluid Mechanics. McGraw-Hill Book Company. 400-512.
14. Trikha, D. N. 1990. Wind Loads on Structures. A. A. B. 3-20.
15. Henry Liu. 1991. Wind Engineering-A Handbook for Structural Engineers-. Prentice Hall. 14-171.