

아치형 3連棟하우스의 風力係數 分布에 關한 研究

李賢雨 · 李錫健

慶北大學校 農科大學 農工學科

Distribution of Wind Force Coefficients on the Three-span Arched House

Lee, Hyun-Woo · Lee, Suk-Gun

Department of Agricultural Engineering, Kyungpook National University, Taegu 702-701

Summary

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

The results obtained are as follows :

1. The variation of the wind force with the wind directions on the side walls was the greatest at the upwind edge of the walls. The change of pressure from the positive to the negative on the side walls occurred at the wind direction of 30° in the first house and 60° in the third house.
2. The maximum negative wind force along the length of the roof appeared at the length ratio of 0~0.2, when the wind directions were 90° in the first house, 60° in the second house and 30° in the third house.
3. The maximum negative wind force along the width of the roof appeared at the width ratio and the wind direction of 0.4 and 0° in the first house, 0.4~0.6 and 30° in the second house and 0.6 and 30° in the third house, respectively.
4. The maximum mean positive and negative wind forces occurred at the wind direction of 60° and 30°, respectively, on the side walls of the first house, and the maximum mean negative wind force on the roof occurred at the wind direction of 30° in third house.
5. The maximum drag and lift forces occurred at the wind direction of 30°, and the maximum lift force appeared in the third house.
6. The parts to be considered for the local wind forces were the edges of the walls, the edges of the x-direction of the roofs, and the locations of the width ratio of 0.4 of the first and third house and the center of the width of the second house for the y-direction of the roofs.

키 워 드 : 3連棟하우스, 局部風力, 風荷重, 風力係數, 揚力, 抗力

Key words : three-span house, local wind forces, wind loads, wind force coefficient, lift forces, drag forces

序 論

本研究은 前研究報告²³⁾인 아치형 單棟하우스와 2連棟하우스에 대한 풍력계수 분포에 관한 연구에 이어 아치형 3連棟하우스의 構造設計에 必要한 基礎資料를 提示하기 위하여, 아치형 3連棟하우스 모델을 製作하여 境界層흐름條件下에서 風洞實驗을 실시하여 하우스 表面의 各 部位에 發生되는 風壓을 測定하고, 測定資料를 이용하여 風向別로 風壓의 分布形態, 局部風力係數, 平均風力係數, 抗力係數 및 揚力係數의 變化를 分析하였다.

實驗裝置 및 方法

1. 實驗裝置

本 實驗에 사용된 風洞은 open circuit type의 低速風洞이며, 風速 및 風壓은 3孔 피토투브, 스케니벨브, 差壓變換機, 디지털 壓力指示計 등을 사용하여 測定하였으며 세부적인 측정시스템의 構成은 前報와 同一하다²⁾. 本 實驗에 사용한 아치형 3連棟하우스모델은 前報²⁾에서 사용한 아크릴製 單棟하우스모델(두께 5mm, 幅(W) 108mm, 壁體의 前面높이(H₁) 32mm, 中央部 높이(H₂) 58mm, 길이(L) 200mm) 3棟을 組合하여 製作하였다. 模型의 配置와 座標系는 Fig. 1과 같으며, 風上側 棟을 1棟(First house), 그 다음棟을 2棟(second house), 3棟(Third house)으로 表記하였다.

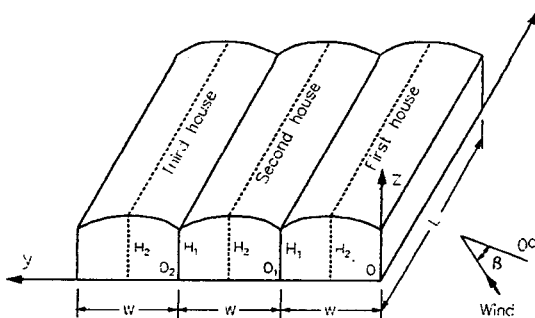


Fig.1. Layout and coordinate system of the test model.

2. 實驗方法

本 風洞實驗은 前報²⁾에서와 같이 速度의 垂直 分布가 지수함수로 나타낼 경우 指數가 0.12인 境界層흐름조건下에서 실시하였다. 자유흐름速度(free stream velocity)를 15m/sec로 維持하였고, 風向은 Fig. 1에서 前壁(x-z平面)에 垂直인 方向을 0°로 하여 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.

3. 分析方法

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 O를 基準으로 한 靜壓孔의 x, y 및 z座標를 길이(L), 幅(W) 및 높이(H₁ 또는 H₂)로 각각 나누어 이를 길이比(length ratio, x/L), 幅比(width ratio, y/W), 높이比(height ratio, z/H₁ 또는 z/H₂)로 나타내었으며, 2棟의 幅比는 O₁을 原點으로 하여 y座標를 계산하였고, 3棟의 幅比는 O₂를 原點으로 하여 y좌표를 계산하였다. 또한, 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 볼때 왼쪽 側壁을 左側壁(left side wall), 오른쪽 側壁을 右側壁(right side wall)으로 하였다.

한편, 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 算定하였고, 風力係數, 抗力係數 및 揚力係數는 分割面積(tributary area)을 考慮한 面積加重值를 이용하여 구하였다^{2,7,8,11)}.

結果 및 考察

1. 風向別 風壓係數의 分布

Fig. 2는 3連棟하우스의 지붕에 對한 風向別 風壓係數의 分布를 圖示한 것으로, 風向 0°와 30°의 경우는 세棟 모두 바람의 흐름方向(幅方向)으로 큰 風壓變化가 發生하였으며, 風向 0°일때 1棟은

幅方向의 若干 앞쪽에서 2棟과 3棟은 中間위치에서 最大負壓이 發生하였고, 風向 30°일때는 1棟은 약간 앞쪽에서 2棟과 3棟은 약간 뒤쪽에서 最大負壓이 發生하였다. 한편, 風向 60°일때는 1棟은 幅方向으로, 2棟과 3棟은 길이방향으로 큰 風壓의 變化가

發生하였다. 또한, 風向 90°일때는 길이방향으로 風壓의 큰 變化가 發生하였고, 幅方向으로의 큰 風壓變化는 없었으며 谷部에서 비교적 負壓이 큰 것으로 나타났다.

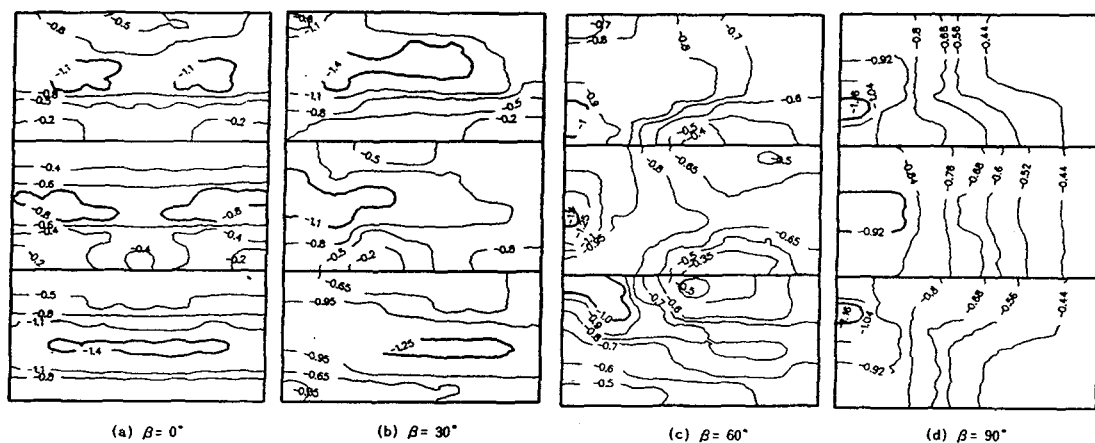


Fig. 2. Distribution of the wind pressure coefficients on the roofs of the three-span house.

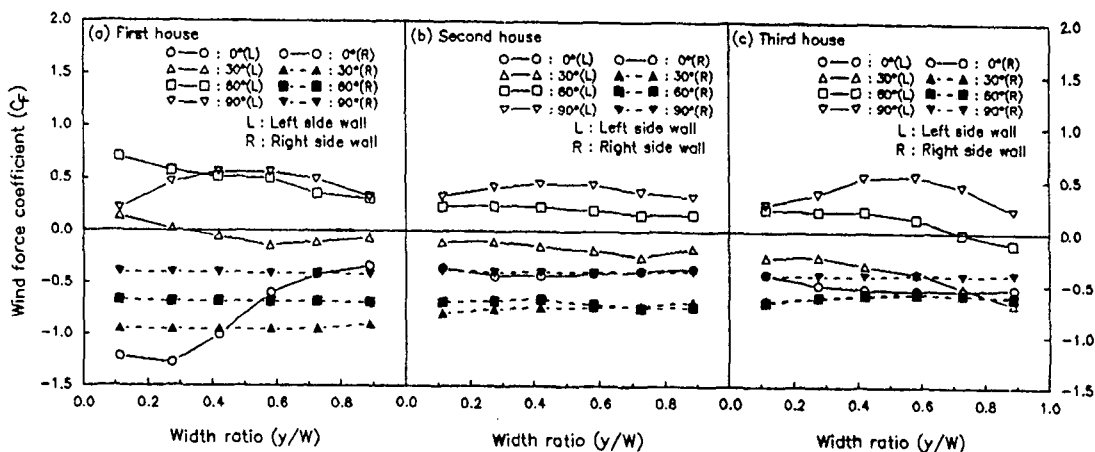


Fig. 3. Horizontal variation of the wind force coefficients for the side walls of the three-span house.

2. 壁體의 風力係數 變化

Fig. 3은 左·右壁體의 水平方向에 對한 風力係數의 變化를 圖示한 것이다. 左側壁의 境遇, 風向 0°일때 1棟은 幅比가 增加함에 따라 負壓이 크게 減少하였고 2棟은 1棟보다 낮은 負壓이 幅比에 따른 變化가 없이 거의 一定하게 發生하였으며, 3棟은 幅比가 增加함에 따라 負壓이 微小하게 增加하는 傾向을 나타내었다. 이와같이 2棟과 3棟의 側壁에서 水平方向에 對한 風力係數의 變化가 거의 一定한

것은 2連棟하우스³⁾의 2棟에서와 마찬가지로 流線이 닿아서 흐르는 區間이기 때문인 것으로 判斷된다. 風向 30°일때 1棟의 風力係數는 幅比가 0.3程度에서 正壓에서 負壓으로 變化하였고, 2棟에서는 거의 一定한 값의 負壓만이 發生하였으며, 3棟에서도 2棟과 마찬가지로 負壓만이 發生하였으나 幅比가 增加함에 따라 負壓의 크기는 多少 增加하였다. 또, 風向 60°일때 1棟에서는 幅比가 增加함에 따라 減少하는 正壓이 發生하였고, 2棟에서는 거의

一定한 正壓이 發生하였으며, 3棟에서는 幅比 0.8 附近에서 正壓에서 負壓으로 變化하였다. 風向 90°의 境遇에 1棟과 3棟은 2棟을 基準으로 對稱이기 때문에 같은 變化樣相을 보였으며 中央에서 兩端으로 갈수록 正壓이 減少하는 反面에 2棟은 1棟과 3棟에 比하여 正壓의 變化幅이 작게 나타났다. 한편, 右側壁의 境遇는 風向 30°일때 1棟에서 3棟으로 갈수록 負壓이 多少 減少하는 傾向이 나타났고, 風向 60°와 90°일때는 幅比에 따른 風力係數의 큰 變化는 없었다. 全般的으로 분석해 볼 때, 風向變化에 따른 風力係數의 變化는 風上側 端部에서 가장 심한 것으로 나타났고, 正壓에서 負壓으로의 變化는 風向 30°일때는 1棟에서, 風向 60°일때는 3棟에서 發生하였다.

3. 지붕에 대한 風力係數의 變化

가. 길이方向

Fig. 4는 지붕의 길이方向에 對한 風力係數의

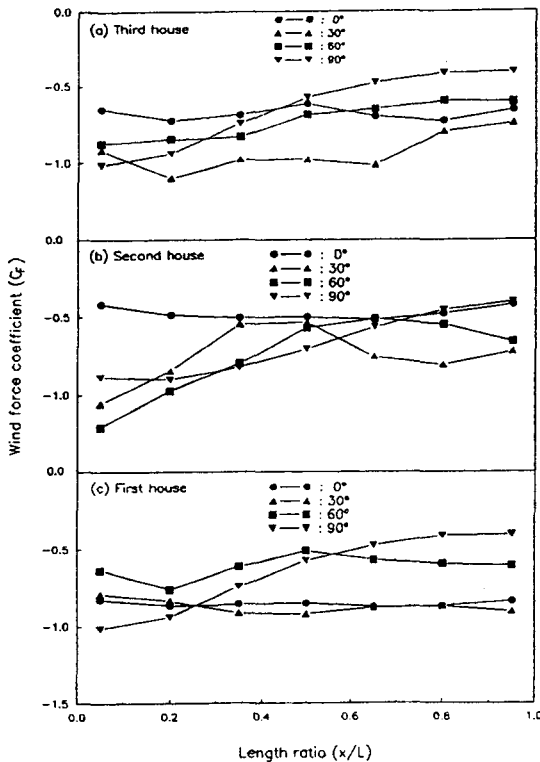


Fig. 4. Variation of the wind force coefficients along the x-axis of the roofs for the three-span house.

變化를 圖示한 것이다. 風向 0°일때는 세棟 모두 길이方向으로 風力係數의 큰 變化가 없었다. 風向 30°일때 1棟은 길이方向으로 큰 變化가 없었으며 2棟은 風上側 端部에서 높은 負壓이 發生한 後 漸次 減少하여 길이比 0.4~0.5 範圍에서 가장 낮은 負壓이 發生하였고, 3棟은 길이比 0.2 附近에서 最大 負壓이 發生한 後 大體로 負壓이 減少하였다. 風向 60°의 境遇에 1棟에서는 길이比 0.2 附近에서 最大 負壓이 發生하였고 길이比 0.5 附近에서 가장 낮은 負壓이 發生하였고, 2棟에서는 길이比가 增加함에 따라 負壓이 크게 減少한 後 길이比 0.7 程度에서부터는 負壓이 若干 增加하였으며, 3棟은 길이比가 增加함에 따라 負壓이 大體로 減少하였다. 風向 90°의 境遇는 세棟 모두 길이比가 增加함에 따라 負壓이 크게 減少하였다.

길이방향에 대한 最大 負壓은 1棟에서는 風向 90°, 2棟에서는 風向 60°, 3棟에서는 風向 30°일때 세棟 모두 길이비 0~0.2범위에서 發生하였다.

나. 幅 方向

Fig. 5는 지붕의 幅方向에 對한 風力係數의 變化를 圖示한 것이다. 風向 0°의 境遇에 1棟은 2連棟 하우스³⁾의 境遇와 마찬가지로 幅比 0.4 부근에서 最大 負壓이 發生하였고, 2棟은 幅比 0.4 ~0.6 範圍에서 最大 負壓이 發生하고 兩端으로 갈수록 減少하였으며, 3棟은 2連棟하우스의 2棟과 마찬가지로 幅比 0.6 附近에서 最大 負壓이 發生하였다. 風向 30°의 境遇에 1棟은 幅比 0.4 附近에서, 2棟은 幅比 0.4 ~0.6 範圍에서, 3棟은 幅比 0.6 附近에서 最大 負壓이 發生하고 兩端으로 갈수록 減少하였다. 風向 60°인 境遇에는 세棟 모두 幅의 中間部에서 큰 負壓이 發生하고 端部로 갈수록 負壓이 減少하였으나 그 變化量은 微小하였다. 또, 風向 90°의 境遇에 1棟과 3棟은 谷部에서 더 큰 負壓이 發生하였고, 2棟은 1棟이나 3棟보다 負壓은 若干 큰 편이지만 幅比에 따른 變化는 거의 없는 것으로 나타났다. 幅方向에 대한 最大 負壓은 1棟에서는 風向 0°일때 幅比 0.4 附近에서, 2棟에서는 風向 30°일때 幅比 0.4 ~0.6 範圍에서, 3棟에서는 風向 30°일때 幅比 0.6 附近에서 發生하였다.

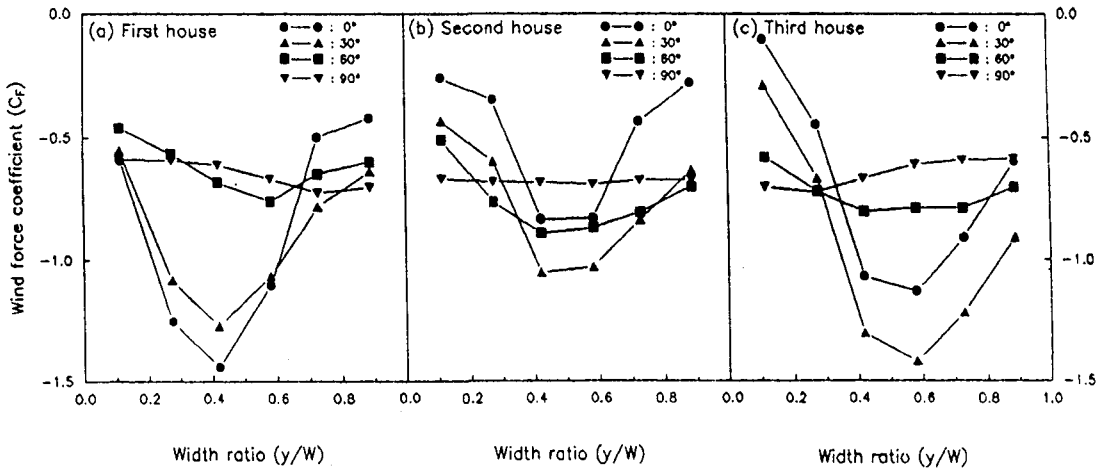


Fig. 5. Variation of the wind force coefficients along the y-axis of the roofs for the three-span house.

4. 平均風力係數의 變化

가. 壁 體

Fig. 6은 風向變化에 따른 壁體에 對한 平均風力係數의 變化를 圖示한 것이다. 前後壁은 單棟 하우스²⁾나 2連棟하우스³⁾의 境遇와 같은 變化樣相이 나타났다. 左側壁의 境遇에 正壓은 1棟에서 風向 60°일때 가장 크게 나타났고 負壓도 1棟에서 風向 0°일때 가장 크게 나타났으며 1棟에서 風向變化에 따른 平均風力係數의 變化가 가장 큰 것으로 나타났다. 各 風向에 對해 2棟은 3棟보다 더 큰 正壓과

더 작은 負壓이 發生함을 알 수 있었다. 한편, 右側壁의 境遇에는 세棟 모두 風向 30°附近에서 最大負壓이 發生하였고, 全 風向에 對해 1棟이 큰 負壓을 받고 3棟이 적은 負壓을 받았으며, 特히 風向 0°인 境遇에는 1棟에서 負壓이 크고 2棟과 3棟에서는 크게 줄어 들었다. 側壁의 全 風向에 對한 最大平均風力係數의 경우 正壓은 風向 60°程度일때, 負壓은 風向 30°程度일때 1棟에서 發生하였다.

나. 지 붕

Fig. 7은 지붕에 對한 風向變化에 따른 平均風

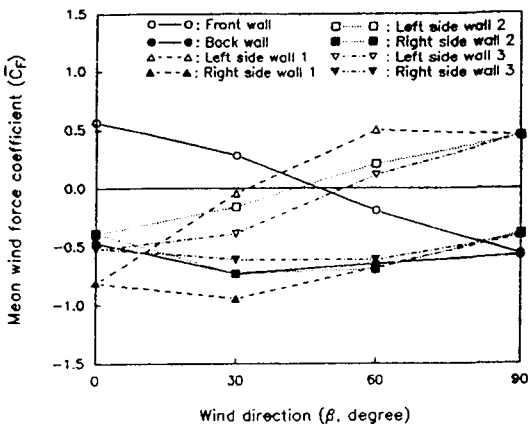


Fig. 6. Variation of the mean wind force coefficients with wind directions for the walls of the three-span house.

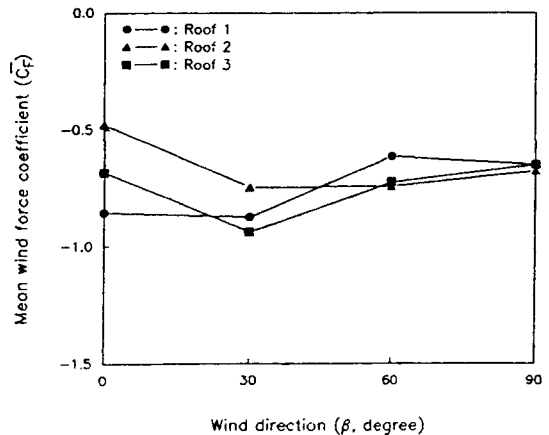


Fig. 7. Variation of the mean wind force coefficients with wind directions for the roofs of the three-span house.

力係數의 變化를 圖示한 것이다. 風向 0°인 境遇에 가장 높은 負壓은 1棟, 가장 낮은 負壓은 2棟에서 發生하였으나, 2棟과 3棟은 風向이 0°에서 30°로 變化함에 따라 負壓이 增加하는 現狀을 보여 風向 30°에서는 3棟에서 가장 큰 負壓이 發生하였고, 風向 60°에서는 2棟과 3棟에서 1棟보다 더 큰 負壓이 發生하였다. 全 風向에 對하여 最大 負壓은 3棟의 地붕에서 風向 30°일때 發生하였다.

5. 風向變化에 따른 抗力係數 및 揚力係數의 變化

Fig. 8은 風向變化에 따른 抗力係數와 揚力係數의 變化를 圖示한 것으로, 最大 抗力은 風向 30°附近에서 發生하였고, 風向이 90°로 變化함에 따라 急激히 減少하였다. 最大 揚力도 風向 30°일때 發生하였으나, 各 風向別로 살펴보면 風向 0°일때는 1棟에서, 風向 30°일때는 3棟에서 그리고 風向 60°일때는 2棟에서 가장 큰 揚力이 發生하였다.

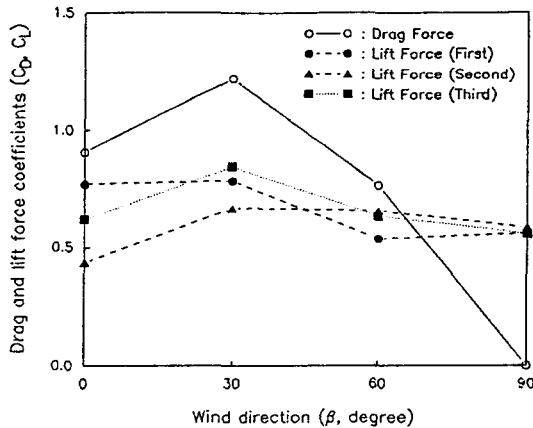


Fig. 8. Variation of the drag and lift force coefficients with wind directions.

6. 局部風力을 考慮해야할 位置

本 研究에서 局部風力을 考慮해야할 位置는 前報²³⁾에서와 같이 壁體와 地붕의 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 決定하였다.

Fig. 9는 局部風力을 考慮해야 할 개략적인 位置를 圖示한 것으로 壁體의 경우는 양측端部이고, 地붕의 境遇 길이방향의 단부와 폭방향으로는 1棟과 3棟의 幅比 0.4 程度의 位置와 2棟의 幅方向 中央部位인

것으로 나타났으며, 局部風力에 관한 보다 자세한 研究가 필요할 것으로 판단된다.

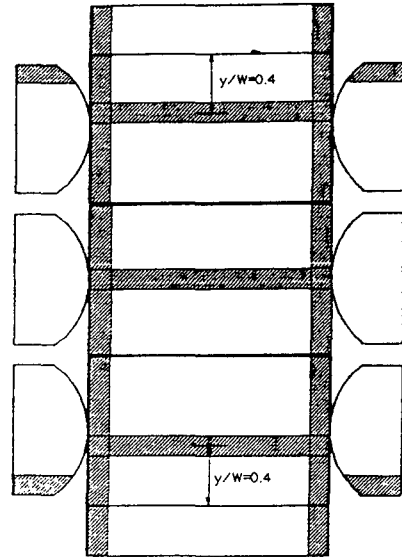


Fig. 9. Parts to be considered for the local wind forces in the three-span house.

結 論

風荷重을 考慮한 아치형 3連棟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. 側壁의 水平方向에 대한 風力係數의 變化를 分析한 結果, 風向變化에 따른 風力係數의 變化는 風上側 端部에서 가장 심한 것으로 나타났고, 正壓에서 負壓으로의 變化가 風向 30°일때는 1棟에서, 風向 60°일때는 3棟에서 發生하였다.
2. 地붕의 길이방향에 대한 最大 負壓은 1棟에서는 風向 90°, 2棟에서는 風向 60°, 3棟에서는 風向 30°일때 세棟 모두 길이비 0~0.2범위에서 發生하였다.
3. 地붕의 幅方向에 대한 最大 負壓은 1棟에서는 風向 0°일때 幅比 0.4 附近에서, 2棟에서는 風向 30°일때 幅比 0.4~0.6 範圍에서, 3棟에서는 風向 30°일때 幅比 0.6 附近에서 發生하였다.

4. 側壁의 全風向에 對한 最大平均風力係數의 경우 正壓은 風向 60°일때, 負壓은 風向 30°일때 1棟에서 發生하였다. 또한, 지붕의 경우 最大負壓은 3棟에서 風向 30°일때 發生하였다.
5. 最大抗力 및 揚力은 風向 30°일때 發生하였고, 最大揚力은 세棟中 3棟에서 發生함을 알 수 있었다.
6. 局部風力을 考慮해야할 位置는 壁體의 경우는 양측端部이고, 지붕의 境遇 길이방향의 端部와 폭방향으로는 1棟과 3棟의 幅比 0.4 程度의 位置와 2棟의 幅方向 中央部位인 것으로 나타났다.

參 考 文 獻

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 羽倉弘人, 藤野宏道. 1992. ビニルハウスに作用する風荷重に關する研究 - 風洞實驗による基礎的な風壓特性 -. 日本農業施設學會誌 23(1) : 15-24.
5. 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.
6. Cook, N. J. 1985. The designer's guide to wind loading of building structures, Part 2, Butterworths : 8-130, 235-478.
7. Nelson, G. L., H. B. Manbeck and N. F. Meador. 1988. Light agricultural and industrial structures. Van Nostrand Reinhold Co. : 147-161.
8. Simiu, E. and R. H. Scanlan. 1978. Wind effects on structures, John Wiley and Sons Inc : 1-70, 318-342.
9. Stathopoulos, T., D. Surry and A. G. Davenport. 1981. Effective wind loads on flat roofs. ASCE 107(ST2) : 281-298.
10. 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.
11. White, F. M. 1979. Fluid mechanics. McGraw-Hill Book Company : 400-512.