防風牆の機能に關する研究^{*}(1)

—— 模型防風牆の風洞實驗 (その 1) ——

谷 信 輝

(農業技術研究所)

On the mechanism and effect of shelter-hedge. (1)

Wind tunnel test of the model hedge (Part 1)

N. TANI

(National Institute of Agricultural Sciences.)

1. 緒 言

防風林、防風牆の防風効果については、今日まで非常に數多くの觀測があり、その有効範圍は風下側高さの10倍或は20~30倍と稱し、一定の値を示していない(鈴木(1951))。勿論それらの觀測は各々獨立に行われて居り、林、牆の構造によりその効果は異つて來るであらうし、又其所に吹く風の質にもよることは明らかで、その有効範圍が定らないのである。

そこでそれらの間に如何なる關係があるかを知るためには、これらの要素を模型化した風洞實驗を行う必要がある。風洞實驗を行う際に問題となるのは、實物との相似律であつて、自然風中の現象とその風洞實驗とを相似ならしめるためには、次の2項を満足せしめる必要がある(井上(1949))。

(1) 兩氣流の亂れの強さを一致させること。

(2) 亂子 Reynolds 數を一致させること。

こゝで亂れの強さというのは平均風速を U 、ある時刻に於ける風速の平均よりの偏差を u とすれば、 $\langle u^2 \rangle^{1/2}/U$ で表わされる。亂子 Reynolds 數は $R_L = UD/K$ であつて、 D は物體を代表する長さ(例えば防風牆の高さ)、 K は亂子擴散係數で、層流の場合の分子 Reynolds 數の動粘性係數に相當するものである。

從來の大氣中の現象の風洞實驗では、風洞氣流の亂れの強さについては全く考慮されて居らず、その Reynolds 數として分子 Reynolds 數 UD/ν を用いていたので、角稜體の模型實驗は Reynolds 數に無關係な結果を示すということが言われていた。

この模型防風牆の實驗では、これらのことを考慮してそれらが結果に如何なる影響を持つかを見た。風洞に於いて、すだれと平板の模型防風牆を、風速を變え、亂れを變えた場合の、模型前後の風速分布を求め、各々比較を試みたので報告する。

2. 實驗裝置

農業技術研究所風洞の測定部中央に、水平に平板を取付ける。この平板はベニヤ板の表面をニスにて平滑に仕上げたもので大きさは 1.8×3.6 m である。風速計は Pitot 管を用い、その動壓管は内徑 1 mm 外徑 3 mm のもの12本で、平板よりの距離 2, 4, 6, 8, 10, 14, 18, 22, 32, 42, 52, 62 cm の總壓をとり多管 Manometer に連結して測定する。靜壓は、Prandtl 型 Pitot 管の靜壓管のみ使用し之を移動して測つた。測定した總壓および靜壓から風速を計算して求めたが風速の低い部分は、風速の振動多く讀取の誤差大きく 2m/sec 以下は求められなかつた。

全長 3.6 m の測定基板の中心線に沿つて Pitot 管を移動し風速を求めて行くのであるが、基板前端より 1.5 m の所に模型を取付けることとして、それより風上側、模型の高さの 5, 10 倍の所、風下側は 5, 10, 15, 20 倍の所の風速分布を測定した。

こゝに用いた模型防風牆はすだれと平板との2種で、高さは 10 cm とし長さは基板と同じ幅即ち 1.8 m としたから先ず2次元の流になつていゝと考えられる。すだれは直徑 3~4 mm の材料よりなり、密閉度は約 78% である。

3. 實驗結果及び考察

測定は風洞風速 6, 10, 13 m/sec の3種、亂れについては、風洞氣流の儘と亂流格子を入れて亂れを増したものの2種、模型防風牆は前述の2種について各々行つた。

模型を入れない場合の風速分布を求めたが、基板による亂流境界層の發達がみられ、風速の垂直分布は對數法則に従つてゐる。基板の前端に近い所では境界層の發達が充分でないが、模型の影響する所はすべて境界層内にあるものと考えられる。

(1) 風速の影響 模型を入れた時の風速分布は第

* 昭和 26 年 12 月 8 日、冬季例會にて發表。

1 圖に示す通りである高さ62cmの所の風速を100として以下の風速の比をとつてある。この風速分布の形は何

第1圖 風速分布 (最高所の風速を100とする)
(上) すだれ (下) 平板

れの風洞風速にても變らなかつた。このことは次の理由によるものと考えられる。亂子 Reynolds 數 $R_L^* = UD/K$ の風洞氣流の亂子擴散係數は

$$K = \text{const} < u^2 >^{1/2} A$$

で、 A は風洞氣流内の亂子の大きさで、風洞の整流器の目の大きさにより決められ風速に關係せず一定な値を持つが、亂れ $< u^2 >^{1/2}$ は風速に比例して大きくなる。風洞氣流の亂れを Heat Wake により測定した際、 $< u^2 >^{1/2}/U$ が風速に拘らず一定値約 7% であつたことは $< u^2 >^{1/2}$ が U に比例することを示している。従つて風洞氣流では

$$K = \text{const } U$$

となるから

$$R_L^* = \text{const}$$

となり、Reynolds 數は風速に關係しない數となる。Reynolds 數が變らないということは、模型後流の形も變らないこと示して居り、建築物等の模型の風洞實驗でその風壓分布の形が風洞風速に拘らず一定であるので、Reynolds 數に無關係であるという結果を出している(小谷 (1944)) のはこのことに依ると考えられる。

風の通るすだれと風を通さない平板とを比較してみると餘り大きな差はないが、平板の方が風速の減少している範圍の厚さが厚く且つ長さが幾分短くなつてゐる様

に思われる。岩崎 (1950) によれば後流の種々の性質は物體の抵抗係數によつて定まると述べて居り、此場合の抵抗係數を求めて見ると、平板を1とするとすだれは0.9位で大差なく、兩者の間に差が少いものと思われる。

(2) 亂れの影響 亂れを増すために基板前端に亂流格子として幅2.5cmの板を2.5cm間隔に水平に2枚取付け、前同様に風速分布を測定した。第2圖は模型を

第2圖 風速減少率分布
(上) 亂れ少 (下) 亂れ多
(模型を入れない時の風速を100とする)

入れない場合の風速を100とした値で示し、すだれのものについて書いたものである。基板近くの風速が、防風櫓のために50%になつた範圍は、亂れの少い方では櫓高の約23倍に達しているのに對し、亂れの多い方では約17倍にしか達しない。亂れの強弱により、防風櫓の有効範圍が變ることは明かになつた。このことは強い亂れにより後流内の混合がよく行なわれ、速度回復が早いためと考えられる。

亂流格子を入れた時、亂流格子を變えない限り、風速に拘らず後流の形は變らないことは勿論である。

4. 實物防風櫓への適用

これらの結果から、自然風中の實物の防風櫓を類推して見る。自然風の觀測記録が乏しいので推定にしか過ぎないが、自然の地表附近の風の亂れは、他の觀測から10~30%程度であるから、この風洞で亂流格子を入れない場合の亂れの強さ7%程度では、少し小さい様に思われる。亂流格子を入れた時は大體自然風に近い亂れを持つものと考えられる。又亂れが強いと有効範圍が狭くなることは防風櫓を2段に作つて連櫓にした場合、第1櫓により、風が亂され第2櫓の有効範圍が、單獨櫓の場合より小さくなることが考えられる。

この風洞實驗に於ける亂子 Reynolds 數を略算してみると 10^2 程度であらうと思われる。自然風中の實物防風櫓の亂子 Reynolds 數は

$$R_K^Z = UZ/K_Z$$

であつて Z を防風櫓の高さとすれば大氣の垂直亂子擴散係數 K_Z は井上 (1951) によれば、高さの函數であり、又 U も高さの函數であつて

$$R_K^Z = \frac{UZ}{K_Z} \sim \frac{U}{V_*} \sim \log \frac{Z}{Z_0}$$

といふことになり、 R_K^Z は摩擦速度 V_* 、或は地表面の粗度 Z_0 に關係する數になる。従つて防風櫓の立てゝある場所の地面の状態により R_K^Z は異つた値をとることになり、この實驗の結果が、實物のどの場合に當るといふことは言えないが、 Z_0 の小さい海岸の防風櫓と、 Z_0 の比較的大きい畑にある防風櫓とを比べれば、後者の方が R_K^Z が小さくその有効範圍も小さくなるであらうといふことが考えられる。

5. 結 論

著者は、模型防風櫓の風洞實驗を行うに當り、風洞氣流の亂れの強さ及び亂子 Reynolds 數を考慮せねばならないことを示し、

(1) 風洞内の模型の後流の型は、風洞風速に拘らず常に同じである。

(2) 亂流格子により、氣流に亂れを與えれば後流の型が變る。氣流の亂れが強い程速度回復早く効果範圍は小さくなる。

(3) 上の2項により風洞實驗には測定に便利な風速で實驗を行つて良く、それと異なる結果を得るためには亂れの強さを變えねばならない。

(4) 風洞實驗の結果と實物觀測とを比較する場合に

は、實物のある場所の状態に注意せねばならない。

終りに本實驗に當り種々の御援助、御助言を頂いた井上榮一技官に厚く御禮申し上げる。

6. 摘 要

摘要：風洞測定部に氣流に平行に巾 1.8m、長さ 3.6m の平滑な平板を取付けた。高さ 10cm、長さ 1.8m のすだれ或は平板の模型防風櫓を平板に氣流に直角に置き、12本の Pitot 管と manometer でその前後の風速分布を測定し、風洞氣流の亂れの強さ $\langle u^2 \rangle^{1/2}/U$ 及び亂子 Reynolds 數 $R_K^D = UD/K$ と後流の形との關係を求めた。

(1) 風洞風速を變えても、後流の形は變らない。風洞では亂子擴散係數 K は風速 U に比例するから R_K^D は一定であり、Reynolds 數が一定なることは後流の型も一定であることを意味している。

(2) 亂流格子により亂れを増すと後流の型は變る。格子をつけないとき平板上の風速半減域は櫓高の約 23 倍に達するが、格子を取付けると、その區域は約 17 倍になる。即ち亂れが強い程有効範圍が小さくなるのである。

引用文献

- 井上榮一 (1948): 自然風と風洞實驗 應用力學 1.15~21
井上榮一 (1951): " (第II報) " 4. 3~6
Inoue, E. (1951): The Interrelation between (To be published) the Structure of Wind and Its Observation
岩崎松之助 (1950): 防風林の厚さに關する實驗的研究 (I) 九大流工研報 7. 1~7
小谷寛之亮 (1944): 不連續流物體の空氣抵抗と相互干涉の實驗的研究 (第I報) 災害科研究第2部報告 178~194
鈴木清太郎 (1951): 農業氣象學 養賢堂 p. 246

Résumé

The smooth flat plate which has 1.8m wide and 3.6m length, is placed parallel to the direction of flow in the wind tunnel measuring section, the model hedge which have 10cm height and 1.8m length and made of a bamboo-blind or plate, set on the flat plate at right angles to flow direction. The wind velocity distribution before and behind it was measured by 12 Pitot tubes and manometers. The relation between the intensity of turbulence ($\langle u^2 \rangle^{1/2}/U$) and turbulent Reynolds number ($R_K^D = UD/K$) in the wind tunnel flow, and the type of wake was obtained.

(1) The type of wake is constant, even when the wind tunnel flow velocity is changed. In the wind tunnel, R_K^D is kept constant, because turbulent diffusion coefficient K is in proportion to flow velocity U , and the constant Reynolds number means constant type of wake.

(2) The type of wake is varied when the intensity of turbulence is increased by the turbulent grid. When it has no grid, the half velocity zone on the flat plate reaches at about 23 times the hedge height, but when grid is installed, the zone reaches about 17 times, i.e., the stronger turbulence the smaller becomes effective zone.