

柵上端からの剥離渦の挙動に関する基礎研究

学 廣田 充伸 (北海道工大, 院) 正 白濱 芳朗 (北海道工大)

1. はじめに

吹き溜まりや視程障害など冬期間の交通障害緩和策として防雪柵が設置されているが、柵の性能を十分に評価する方法は少ない。防雪柵の性能は柵まわりの流れの挙動に大きく影響されると思われるが、この点については十分な検討が行われていないのが現状である。また、柵の性能は柵の設置環境の流れ状況にも影響を受けることから、柵まわりの流れを明らかにすることは、柵の性能を評価する上で重要と考えられる。柵まわりの流れは、柵によって広範囲な領域に影響を受けるが、柵上端から発生する剥離渦も柵まわりの流れの挙動に大きく影響を与えると考えられる。しかし、この点についても不明な点が多い。

本報告では、吹き止め柵に着目し、柵上端から発生する剥離渦の挙動を調べた。実験は柵まわりの流れ模様の可視化を行うとともに、平均速度および変動速度による渦周波数の測定を行い、渦の挙動を調べている。その結果、剥離渦は成長しやがて崩壊に至る。また、渦の周波数は各下流位置で異なる。

2. 実験装置および方法

図1に防雪柵模型を示す。柵の垂直部の上部には有孔板の忍び返しが 90° の角度で設けられ、さらにその上部に有孔板の誘導板が取り付けられている。この防雪柵は誘導板によって柵の上端からの吹き上げ効果をねらったものである。模型柵の縮尺は $1/20$ であり柵高さ H は 250mm であり、有孔板の空隙率は 30% である。柵まわりの流れ模様の可視化は煙可視化法を用いた。平均速度および変動速度波形の測定には I 型熱線プローブを使用した。渦周波数の測定は、変動速度信号の波形解析によって求められている。図2に座標および周波数の測定点を示す。座標は流れ方向を X 、 X に垂直方向を Y としている。縦軸 Y 、横軸 X は柵高さで無次元化されている。測定点は可視化結果によってあらかじめ特定されている。

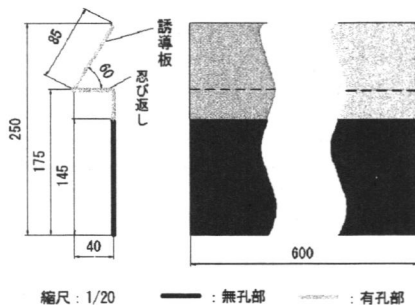


図1 模型防雪柵

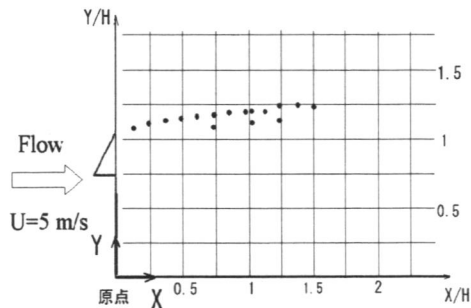


図2 渦周波数の測定点

3. 実験結果および考察

3-1 柵まわりの流れ模様

図3(a), (b)に柵周りの流れ模様の可視化結果を示す。図(a)は柵後方の流れ模様である。柵を通過した流れは誘導板により吹き上げられ、柵後方に分離流線によって囲まれた大きな渦領域が形成されている。また、柵の直後に有孔板より吹き抜けた流れによって形成された大きな渦が認められる。図(b)は柵近傍の流れ模様である。柵の垂直有孔部より噴出す流れが見られ、この流れによって形成されつつある流れ(①)、忍び返し部および誘導板より

噴出する流れ (②), そして柵上端部より剥離した渦 (③) の存在が認められる. この剥離渦はこれまでの結果より, 分離流線に沿って成長しながら流れ, やがて崩壊に至る.

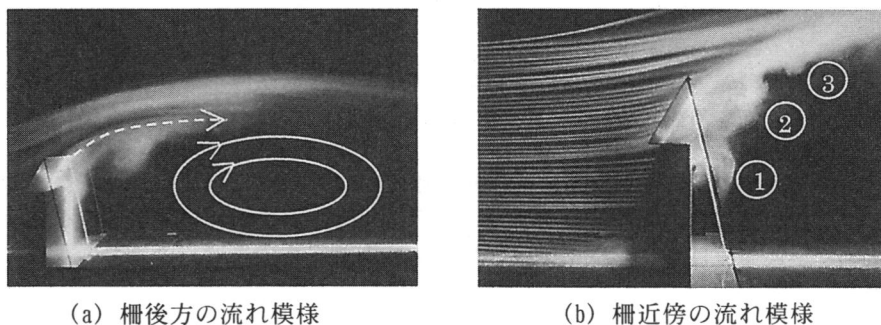


図 3 柵周りの流れ模様

3-2 平均速度分布

図 4 (a) ~ (d) に $X/H=0.12, 0.24, 0.36, 1.08$ における平均速度分布を示す. 横軸は測定速度 u を風洞出口の速度 U で無次元化されている. 図 (a) の場合, $Y/H \leq 0.6$ では無孔板の下流部になっており, 速度が非常に小さくなっている. $0.6 < Y/H < 1.0$ では有孔部から吹き抜けた流れにより速度分布は複雑になっている. $Y/H=1.0$ 付近 (丸印) で速度が大きく減少しているのは柵上端からの剥離渦の存在によるものと考えられる. この丸印の位置は, 下流に行くに従い, 上方および下流方向に移動している. 図 4 (b), (c) は図 (a) より下流の $X/H=0.24, 0.36$ の場合であり, $Y/H < 1.0$ で垂直無孔部の影響で減少した速度は, 有孔部に移行するとともに増加し, 剥離渦の影響で大きく減少している. 図 (d) の場合は柵よりかなり後方のため, 図 (a) ~ (c) のような分布にはならないが, $1.0 < Y/H < 1.2$ の速度の減衰は渦の存在を示すものと考えられる.

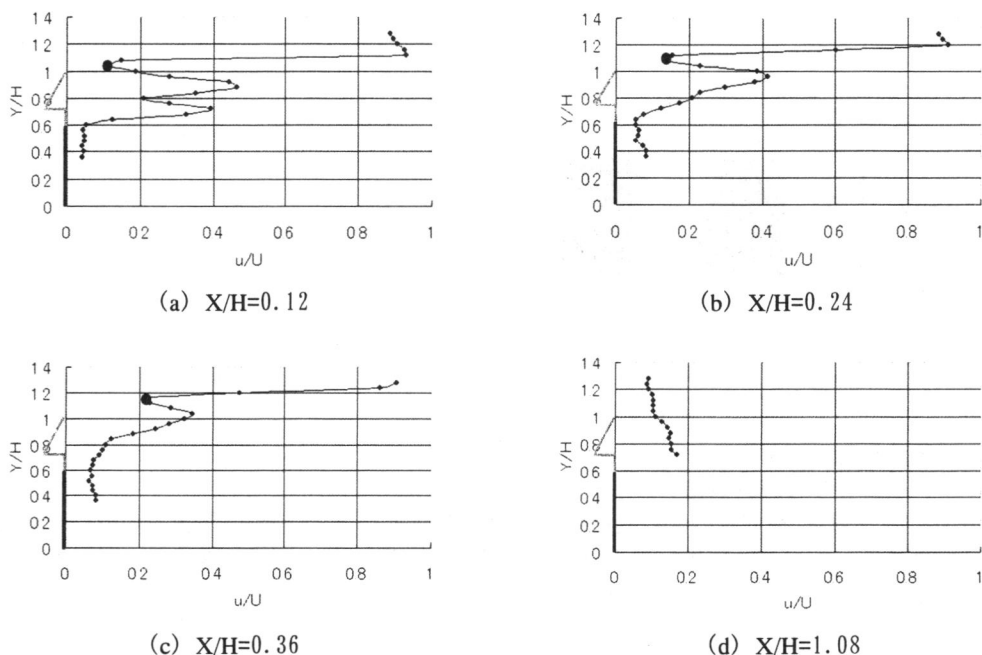
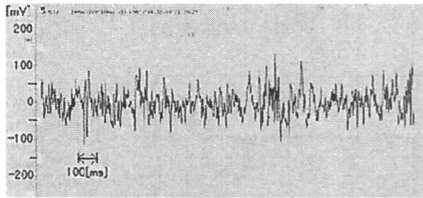


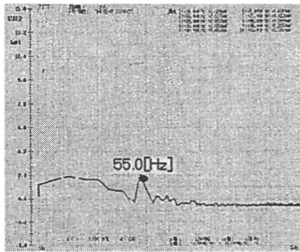
図 4 平均速度分布

3-3 時間波形およびパワースペクトル密度

図5(a)～(d)に各下流位置における変動速度の時間波形およびパワースペクトル密度(PSD)の結果を示す。各図ともに時間波形には鋭いスパイクが確認でき、渦の存在が認められる。また時間波形の振幅が、(a)～(c)では下流に行くとともに増大している。このことは渦の成長を表している。また、振幅は(d)で(c)より減少しているが、これは渦の減少を示している。PSDの結果より顕著な周波数ピークが見られ、その周波数は図(a)～(d)でそれぞれ55[Hz]、30[Hz]、20[Hz]、15[Hz]である。この周波数は渦の周波数を示していると考えられ、渦の周波数は下流に行くにしたがって減少している。

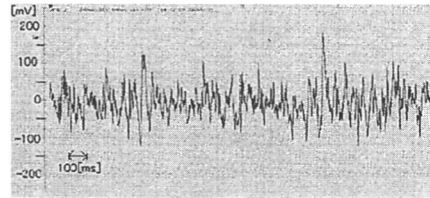


時間波形

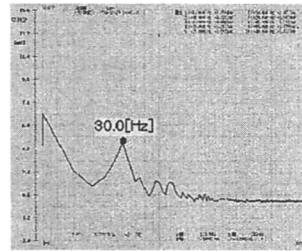


PSD

(a) $X/H=0.12$ $Y/H=1.04$

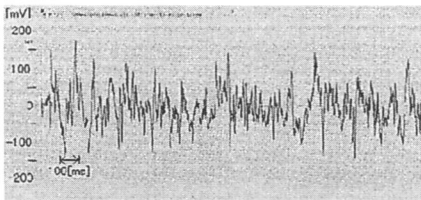


時間波形

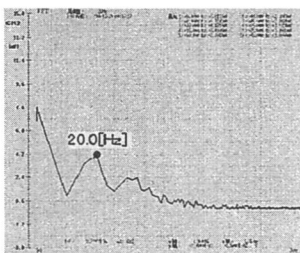


PSD

(b) $X/H=0.36$ $Y/H=1.09$

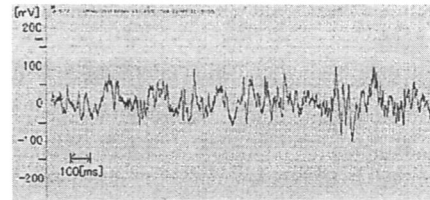


時間波形

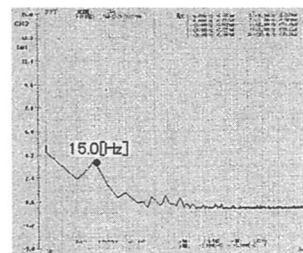


PSD

(c) $X/H=0.72$ $Y/H=1.12$



時間波形



PSD

(d) $X/H=1.2$ $Y/H=1.1$

図5 各下流位置における時間波形およびPSD

3-4 柵上端からの剥離渦の挙動

図 6 に実験結果より類推した渦の挙動を示す。図中の数値は、最初の渦の大きさを基準としたときの、各下流位置における渦の大きさを示している。時間波形の振幅の大きさは渦エネルギーを反映しており、この振幅を渦の大きさと仮定している。すなわち、それぞれの数値は、(各位置での時間波形の振幅 dx) / (最初の位置での時間波形の振幅 d_1) である。図より柵上端より剥離した渦は $X/H=0.75$ まで徐々に成長し、最初の渦の 1.4 倍程度まで大きくなり、その後崩壊しながら小さくなって行く。渦の位置は、図 4 の結果に示されているように、下流に行くに従い上方へ移動する。

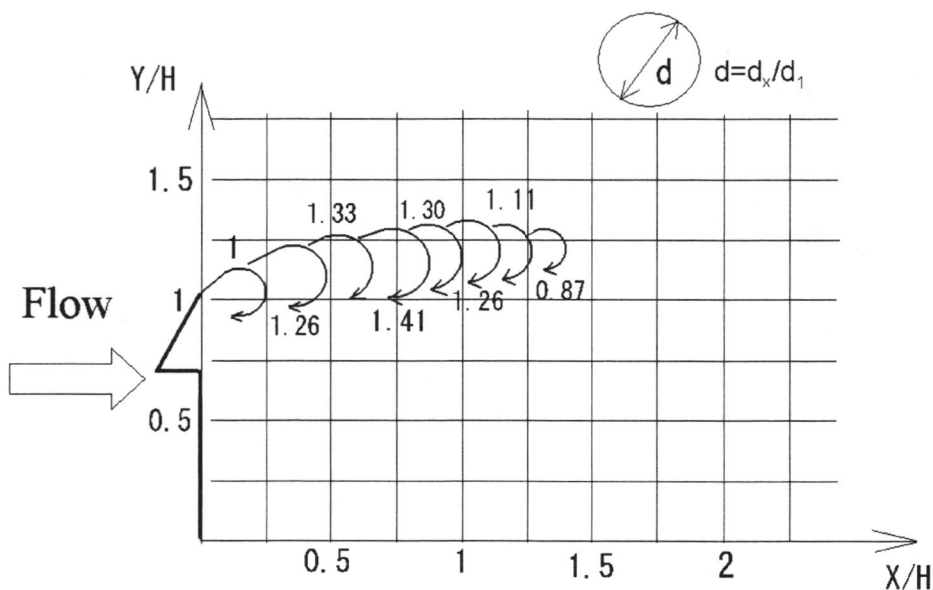


図 6 柵近傍の渦の挙動

4. 結論

本実験によって得られた結果を要約すると、

- (1) 柵上端より発生した剥離渦は成長しながら下流に移動し、 $X/H=0.75$ で最大となる。その後は減衰し、やがて崩壊への過程をたどる。
- (2) 渦の周波数は常に変化し、時間の経過とともに小さくなる。