

水害防備林の水理学的役割

東北大学工学部 学生員 ○ 近江 理史
東北大学工学部 正 員 沢本 正樹

1：はじめに

水害防備林は、主として土砂、流木等による被害を軽減するために造成された経験的な治水対策の1つである。その機能を要約すると、(1)水勢を弱めること、(2)流木、土石等を沈積させること、(3)地表面の保護の三つにわけられる。また洪水被害報告等のなかでも水防林があった所は、異常出水にも耐えて破堤しなかったということがしばしば指摘されている。しかし水防林の水理学的な効果については、殆ど研究が行われていないのが現状である。

2、実験の目的

水防林の水理学的効果を知るのには、それを河道における粗度係数として表すのが便利である。樹種によって粗度係数が変化することは考えられるが、ここでは簡単のために考慮からはずした。水防林が、粗度として働く要因には、樹の円柱としての抗力と表面粗度が考えられるが、実験では先ず樹一本々々を円柱と考えがえて抗力係数 C_D をもとめることに依って水防林群の換算粗度を算出することにした。この場合下生えによる粗度も結果的に含まれていることになる。このような条件のもとで、密度を変化させて C_D がどれくらい変化するか、そして既にもとめられている C_D と比較してどの程度一致するのかを調べる。その結果十分に代用が出来る程であるならば、その表の C_D を使って粗度係数を求める。さらにその粗度係数と実測した粗度係数との関係を密度との関連で調べる。

3、実験装置

幅40cm、長さ11m、勾配1/170の木製底の矩形断面水路を使用した。流量は、三角堰によって測定し、水深は、ポイントゲージで測った。水深は条件を揃える為に円柱群の中心となる円柱のところでは、常に10cmになるように下流の可動堰で調節した。流速は、バルブの開度で流量を変えることで約15cm/s～30cm/sの間で変化させた。その略値は、下に示す通りである。測定には、プロベラ流速計を用い記録にはペンレコーダを使用した。水防林のモデルは、水路の中間部にアクリル円柱を立てて作った。その円柱群の中心となる円柱にはマノメータを内蔵させて、抗力の測定に用いた。

4、測定方法

(a) C_D の実測：アクリル円柱に内蔵したマノメータによって周囲は 30° 刻みに、深さ方向には1cmずつに区切って水頭を測定して抗力を求め、これと流速をあわせて C_D をだした。尚、流速は何点かで測定して図表の C_D と、最も良く一致するものを最終的に使用した。また、流速が大きくなるとカルマン渦列が発生して水表面付近での測定が困難になったが、場合に応じて近似した。

(b)実測による粗度係数、 n ：上流と下流の水深を測定して、不等流の基本方程式にマンニングの公式を代入したもの(①式)を使って求めた。これは、円柱群のある場合と無い場合の両方で測定した。

(c)計算による粗度係数、 n' ：(②式)に依ってもとめた。 n と n' の一致の程度は、 $n = \alpha n'$ として α の大小で表した。

$$-i_0 + \frac{dh}{dx} + \frac{\alpha}{29} \frac{d}{dx} \left(\frac{Q^2}{A} \right) + \frac{n^2 Q^2}{R^4 \Delta^2} = 0 \quad \dots ①$$

$$n' = \sqrt{n_0^2 \left(1 - \frac{A'}{A} \right) + C_D \frac{a R^{1/3}}{2A^2}} \quad \dots ②$$

A ：全面積

②式について A' ：円柱の断面積

a ：円柱の流れ方向への投影面積

バルブ開度	流量
3	8 ℓ/s
4	10 ℓ/s
5	11 ℓ/s
6	12 ℓ/s

3、結果

(a)水路の粗度係数、 n_0 ：水路の粗度係数も、バルブの開度を変えて測定した。若干のバラツキはあったものの、 $n_0=0.025$ 前後であった。

(b)円柱群のある場合の n ：上と同様に流量を変化させて測定した。その結果、密度 D が減少するにつれて n も小さくなる傾向がみられた。

(c)実測した C_D について：実測による抗力から求めた C_D とレイノルズ数との関係を図にプロットしたのが図1である。流速は、円柱群の上流の平均流速を円柱による断面減少で補正したものが図と良く一致したのでそれを用いた。やはり密度が小さい程良く一致したが、流量に対しては余り相関を示さなかった。流速が大きくなった際の、水表面での誤差を考慮に入れるこれは、かなり良く一致していると言える。従って図の C_D で十分代用可能である。

(d)計算による n' について： C_D の表の値の代用が可能との結論に従って図中の C_D 値を使って①式から n' を求めた。その際、補正係数 α を用いて n' を n に近づけた。その密度 D と補正係数 α との関係を流量別に示したのが図2である。図2から分かる様に密度が0.04以下になると流量に関係無く α は、0.9以上となり n と n' は、ほぼ一致する。

この D と α を最小自乗法によって関係づけてみると下式のようなった。

$$\alpha = 1.038 - 3.134D$$

この式と図中の C_D を用いて n' を求めると ± 0.002 以内で一致した。従って密度0.03以上の場合については、この式により水防林の粗度係数が概算出来ることがわかった。また、密度0.003以下の場合は $\alpha = 1$ として十分であることもわかった。

6、結論：参考として福島県 荒川の扇状地にて実測した水害防備林に関するデータを下に示す。

水防林の換算粗度を、抗力係数 C_D よりもとめるときには、水防林による通水断面積の減少分で、その上流の平均流速を補正して用いると、実測値とよく一致するので、図の C_D 値を代用してもよいことがわかった。水防林密度については0.003以下であれば、計算値の粗度係数を用いてもさしつかえなく、それ以上であっても場合に依じて関係式が成り立つと言えるが、実際の水防林は密度が実験で用いたモデルに比べてかなり低いので、水防林の粗度係数を求めるのには、計算結果を用いて補正する必要はないと結論出来る。

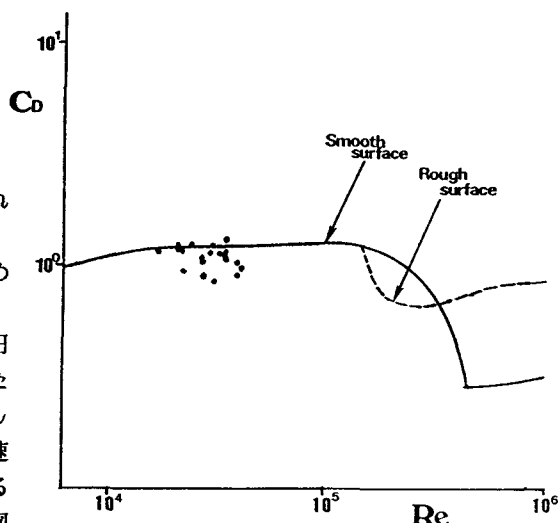


図-1

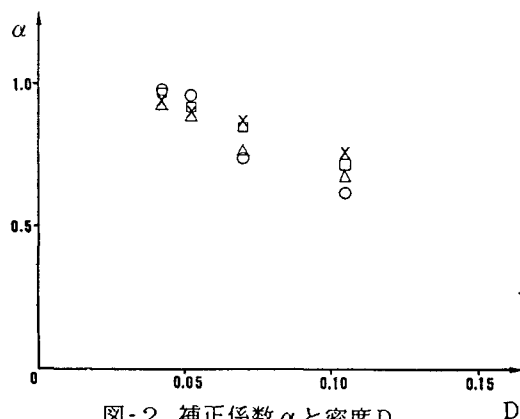


図-2 補正係数 α と密度 D

□…バルブ開度 3 △… 5
×… 4 ○… 6

場 所	測定範囲	樹種と本数	密度
小富士橋	10m×10m	松(29)	0.0037
霞堤わき	5m×10m	松(5)	0.0125
総会公園	5m×5m	松(5)、桜(3)	0.0069
荒川橋	10m×10m	松(17)、櫟(13)	0.0053
田ノ倉橋	10m×10m	楓(1)、不明(4)	
		松(7)	0.0078