

透過式減勢工内部の消波ブロックに作用する抗力

東京理科大学大学院 学生員 塩見 和郎
(株)ニュージェック 永野 健一
岐阜大学工学部 正会員 小林 智尚

1. はじめに

火力や原子力発電所の冷却水放水口の前面では、放流水流速の軽減や放流水発泡の抑制、波浪の侵入抑止などを目的として、消波ブロックなどによる透過式減勢工が設置される場合がある。減勢工を設計・施工するにあたってはこの減勢工まわりの流況を把握する必要がある。ところがこの減勢工内部の流れ、とくに消波ブロックに関する水理特性はほとんど明らかにされていない。そこで本研究では消波ブロックにテトラポッドを用いた透過式減勢工について、その消波ブロックに作用する流体力を室内実験により求めた。

2. 実験方法

実験では透過式減勢工内部の消波ブロックのうち一つのブロックにかかる流体力の抗力係数と、消波ブロック単体での抗力係数を測定した。用いた消波ブロックは高さ 64mm のテトラポッドの模型である。

まず透過式減勢工内部の消波ブロックにかかる抗力の測定を行った。この測定では、図1に示す幅 60 cm、高さ 70 cm、長さ 22 m の開水路に直方体状に消波ブロックを投入して透過式減勢工を作り、通水したときの減勢工上下流での流れの運動量の差から消波ブロックにかかる抗力を算出した。ただし減勢工上下流では水深や流速が大きく異なっていたために後に示す方法で抗力係数を算定している。本実験ではほぼ 300～400 個の消波ブロックが水没していた。

つぎに消波ブロック単体に作用する抗力を測定した。測定では開水路および風洞を用い、その中に消波ブロック単体をつるしてこのブロックに作用する流体力を直接計測した。

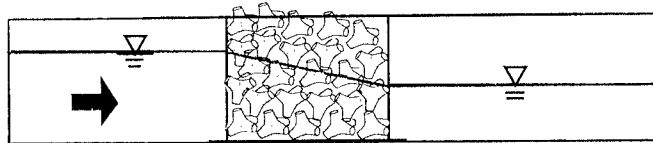


図1 実験水槽

3. 解析方法

先に述べたように透過式減勢工内部の消波ブロックにかかる抗力の測定では減勢工上下流での水深や流速が大きく異なるために減勢工内上流側の消波ブロックと下流側のブロックが同じ流体力を受けているとは考え難い。そこでここでは透過式減勢工内部での水面形が図2のように直線的に変化しているものとして解析を行った。

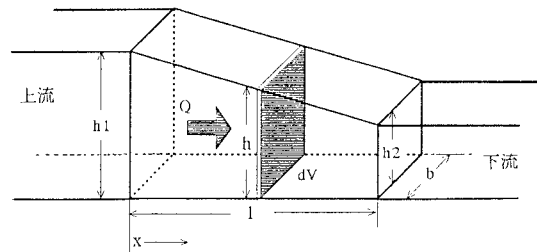


図2 解析モデル

キーワード 透過式減勢工、消波ブロック、抗力係数

連絡先 〒278-0022 千葉県野田市山崎2641

(0471)24-1501 内線4055

また一つの実験条件では抗力係数 C_d は一定と仮定した。図中、 h_1, h_2 は減勢工上流端および下流端での水深をあらわし、 d, l, Q はそれぞれ水路幅、減勢工の幅および流量である。減勢工上流端から下流に向かって x 離れた点において、流下方向に長さ dx の微小部分を考える。この点での水深を h 、この微小部分において消波ブロックに作用する抗力を dF_d とすると

$$\frac{1}{2} C_d \rho u^2 (n' A) = dF_d \quad (1)$$

と表わされる。ここで ρ, u, A はそれぞれ水の密度、微小断面内での平均流速、消波ブロック1体の投影面積である。 n' は微小部分内の消波ブロックの個数であり

$$n' = \frac{b h dx}{V'} \quad (2)$$

である。ここで V' は1つの消波ブロックが占める体積であり、減勢工の体積を使用した消波ブロックの個数で割る事により求められる。

式(1)を $x = 0$ から $x = l$ ままで積分して整理すると抗力係数について次の式が得られる。

$$C_d = F_d \left(\frac{1}{2} \rho Q^2 A \right)^{-1} \frac{b V' (h_1 - h_2)}{l \log(h_1/h_2)} \quad (3)$$

ただし F_d は減勢工全体に作用する抗力で上下流の流れの運動量から

$$F_d = \frac{\rho g}{2} (h_1^2 - h_2^2) d + \frac{\rho Q^2}{b} \left(\frac{1}{h_1} - \frac{1}{h_2} \right) \quad (4)$$

である。

4. 解析結果

以上に述べた方法によって得られた結果を図3に示す。横軸の Re 数は消波ブロックの高さを代表長さとして算出している。透過型減勢工内部の消波ブロック、ブロック単体の場合ともに Re 数が増加するにしたがって抗力係数は減少している。消波ブロック単体の抗力係数は Re 数 1.0×10^4 あたりでグラフの勾配が変化している。 Re 数が 1.0×10^4 以上でのブロック単体の抗力係数のグラフは減勢工内部のブロックとほぼ同様な減少傾向を示している。そして減勢工内の消波ブロックの抗力係数はブロック単体の抗力係数のほぼ5.8倍であった。

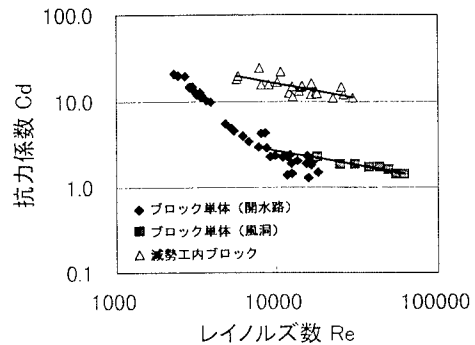


図3 レイノルズ数 Re と抗力係数 C_d の関係

5. おわりに

本研究では透過型減勢工を構成する消波ブロックの抗力係数を実験的に求めた。その結果、実験条件の範囲では Re 数が 1.0×10^4 以上の領域において、透過型減勢工を構成する消波ブロックの抗力係数は Re 数に関係なく消波ブロック単体の抗力係数のほぼ5.8倍であった。この結果より消波ブロック単体の抗力係数がわかれば減勢工内のブロックに作用する抗力も推算できる。

参考文献： 電力中央研究所(1978):新湯原子力発電所冷却水放水口の水利設計に関する検討，
電力中央研究所報告(378533)

日野 幹雄：明解水理学