

九州大学 正員 井島武士
 〃 〃 奥蘭英明
 〃 〃 学生員 〇百田博宣

1. まえがき

波による空隙物質の流体抵抗については、理論計算上線型化して取扱がわれてきた。しかし、透水係数の概念の適用は、低レイノルズ数の範囲に限られ、礫のような透水係数の大きいものへの適用や、乱流域での適用は困難であり、透水性を統一的には表示していない。そこで、今回は、直立壁に水平孔をあけた堤体モデルを用いて主として乱流域に於ける流体抵抗に関する実験をおこなったので、ここに報告する。

2. 装置及び実験方法

実験は、幅 0.8 m、長さ 22.0 m 水路で水深 0.5 m とし、Fig. 1 のように水路方向に水平に走る台車に、水路幅一杯の透過壁体を固定し、それを無段変速機に取付けたドラムでワイヤを巻き取り、一定速度で動くようにした。ワイヤの他端は、透過壁体に取付けた滑車を介し、モーター付近に固定したスプリングバランスに取り付け、透過壁体の全抵抗 F を読み取った。透過壁体としては、発泡スチロール板に水平孔をあけた pipe wall 壁体を用い、諸元は表-1 の通りである。

又、壁体前後面と水路両端の水位を抵抗線式波高計で記録した。

3. 計算式

実験で読み取った全抵抗を F とし、本文で用いる諸数値を表-1 のように表わすことにする。

この F の値は、波高計とスプリングバランスの定常値を示す水路後端より 9.5 m の地点から 2 m の区間の値を平均したものである。ここで、全流体抵抗力を F_0 とすると、 F_0 は以下のようにして求められる。

$$F_0 = 2F - f_0$$

$$f_0: \text{固体摩擦力 (1)}$$

単位面積あたりの抵抗力 F_* は次のようになる。

$$\frac{F_0}{B\ell_k(1-\varepsilon)} = F_* = \frac{\rho}{2} B U_{eff}^2 \quad (2)$$

一方、運動量の関係から、壁体に働く力 ψ は次の様である。

$$\psi = \frac{\rho Q}{2} \left[(\ell_2 v_2^2 - \ell_1 v_1^2) - \frac{g}{2} (\ell_1^2 - \ell_2^2) \right] \quad (3)$$

ここで、 v_1, v_2 は次の様な連続の式から導ける。

$$\ell_1 v_1 = \ell_2 v_2 \quad (4)$$

式(3)より、壁体の抵抗力は次のようになる。

$$F_0 = -\psi = \rho B \Delta \ell \left(g \ell_* - v_1 v_2 \right) \quad (5)$$

次に損失水頭 ℓ_f は

ここで

$$v_* = \frac{1}{2} (v_1 + v_2) \quad (6)$$

$$\ell_* = \frac{1}{2} (\ell_1 + \ell_2) \quad (7)$$

$$Q = v_* \cdot B \ell_k \quad (8)$$

$$U_{eff} = \frac{Q}{A_e} = \frac{v_* \cdot B \ell_k}{A \cdot \varepsilon} = \frac{v_*}{\varepsilon} \quad (9)$$

$$Re = \frac{U_{eff} \cdot d}{\nu} \quad (10)$$

$$R_f = \Delta R + \frac{1}{2g} (v_1^2 - v_2^2) \quad (11)$$

式(6)より $\frac{1}{2g} (v_1^2 - v_2^2)$ が低 order の為、省略すると、4次式(12)のようになり、この式を式(5)に代入し、式(2)を用いると式(10)のようになり、抵抗力 F_0 が求まる抵抗係数 β と、損失水頭 R_f が求まる、抵抗係数 f の関係式(14)を得る。

$$\Delta R = R_f = f \cdot \frac{L}{d} \cdot \frac{U_{eff}^2}{2g} \quad (12)$$

$$\beta = \frac{1}{1-\varepsilon} \cdot \frac{L}{d} \left(1 - \frac{v_1 v_2}{g R_f}\right) f \quad (13)$$

ここで $v_1 v_2 / g R_f$ は、低 order より

$$\beta = \frac{1}{1-\varepsilon} \cdot \frac{L}{d} \cdot f \quad (14)$$

4. 実験結果

Fig. 2 は、孔径 $d = 5.0 \text{ cm}$ 、壁体幅 $L = 22.5 \text{ cm}$ 及び 46.8 cm の実験値で水平孔内部の平均流速 U_{eff} の2果を横軸に、液体力 F_k を縦軸に整理したもので、直線は最小2乗法により求めた実験式である。

$L = 46.8 \text{ cm}$ の F_k が小さい方の5果は、幾分層流化していると思われる、近似計算より省略している。Fig. 3 ~ Fig. 8 は、式(2)より求めた抵抗係数 β 及び式(14)から求めた f に、 $\frac{1}{1-\varepsilon} \cdot \frac{L}{d}$ を乗じたものを縦軸に、 Re 数を横軸にとってプロットしたものである。各孔径で、壁厚の効果がでており、高レイノルズ領域で一定値になるようである。又、孔径 $d = 6.5 \text{ cm}$ と 8.2 cm の値が前後しているが、これは、 $d = 6.5 \text{ cm}$ のときの静水位が、孔の直径の位置にあった為、 $d = 8.2 \text{ cm}$ の β より小さい値になったと思われる。

5. あとがき

今回の実験は、直立壁に水平孔をあけたものを用いたが、今後、均一な壁体を用いて実験をする必要があると思われる、この点についても検討中である。

参考文献

- 1) 首藤伸夫：消波ブロッツの抵抗について、第16回海岸工学講演会講演集、1969。
- 2) 尾崎晃・猪狩興一・平松藤二：掃石構造における空隙の効果に関する基礎的研究(1)、第22回年次学術講演会、1967。

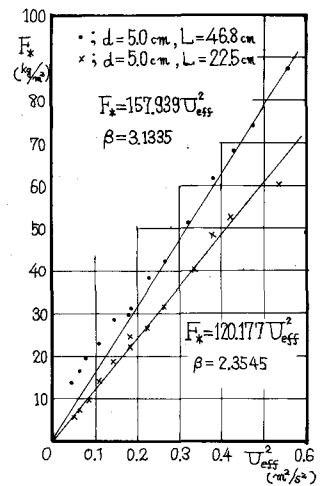


Fig. 2

実験直径	5 cm	6.5 cm	8.2 cm
厚さ	22.5 cm 46.8 cm	22.3 cm 46.3 cm	22.2 cm 46.3 cm
β	2.3545 3.1335	1.7664 2.2493	2.1845 2.8328

表-2.

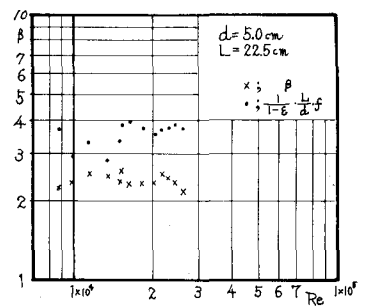


Fig. 3

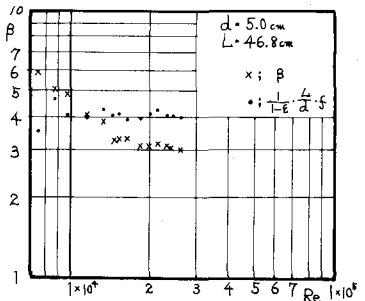
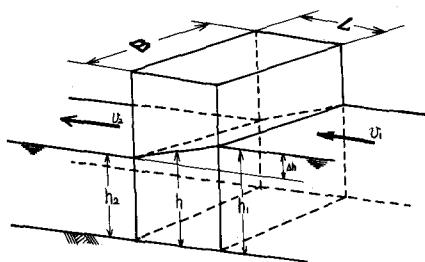


Fig. 4

A; 壁体全断面面積	$[L^2]$
A _e ; 壁体空隙断面面積	$[L^2]$
B; 水路幅 (≒0.80m)	$[L]$
d; 水平孔の直径	$[L]$
F; 全抵抗	$[MLT^{-2}]$
F ₀ ; 流体抵抗	$[MLT^{-2}]$
F ₁ ; 単位面積当り流体抵抗	$[MLT^{-2}]$
f; 抵抗係数	
f ₀ ; 固休摩擦係数	$[MLT^{-1}]$
g; 重力加速度 (≒9796cm/s ²)	$[LT^{-2}]$
h; 壁体が静止している状態での水深 (≒0.50m)	$[L]$
h ₁ , h ₂ ; 壁体前面及び後面での水深	$[L]$
h _{av} ; 平均水深 (= $\frac{1}{2}(h_1 + h_2)$)	$[L]$
Δh; 水位差 (= h ₁ - h ₂)	$[L]$
h _f ; 損失水頭	$[L]$
L; 壁体の厚さ	$[L]$
Q; 流量	$[L^3T^{-1}]$
Re; Reynolds 数	
U _{eff} ; 水平孔内部の平均流速	$[LT^{-1}]$
u ₀ ; 壁体の初動速度	$[LT^{-1}]$
u ₁ , u ₂ ; 壁体前面及び後面の流速	$[LT^{-1}]$
w ₀ ; 単位体積当りの水の重量 (1000 kg/m ³)	$[ML^{-2}T^{-2}]$
ε; 間隙率	
η; 動粘性係数 (= $1.4 \times 10^{-6} m^2/s$, 約 8°C)	$[L^2T^{-1}]$
ρ; 流体密度	$[ML^{-3}]$
ψ; 物体に働く力	$[MLT^{-2}]$

表 - 3



透過壁体モデル

Fig. 9

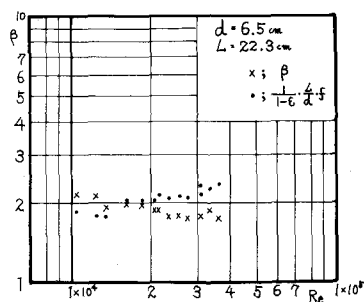


Fig. 5

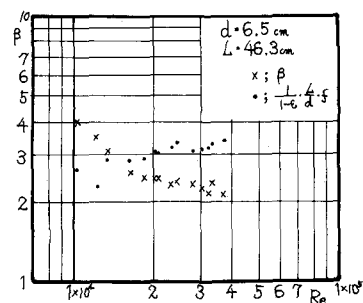


Fig. 6

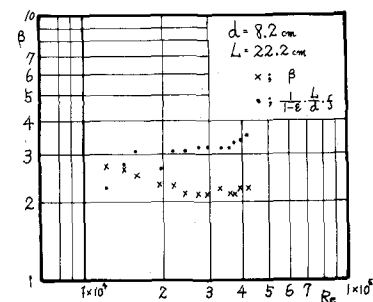


Fig. 7

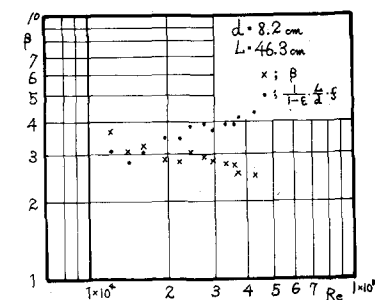


Fig. 8