

非定常流場における透水層の抵抗特性について

苫小牧工業高等専門学校 正会員 浦島 三朗
 五洋建設株式会社 中村 友邦
 室蘭工業大学工学部 正会員 近藤 俣郎

1. まえがき

波動水槽の消波工には、消波効果が大きく占有面積が小さい直立消波構造物が望ましい。複数の透水層および遊水室を設けることによって、広い周波数領域の波に対して消波効果があることが確かめられている¹⁾。しかし、このような透水層の理論解析を行う場合、透水層の抵抗係数を知る必要がある。実験室で使用する透水材には加工などの面から空隙の大きな材料を用いることが多いが、このような材料の非定常場における抵抗特性の研究は少ない。そこで本研究では、非定常流場における空隙の大きな透水層の抵抗特性を実験的に調べようとしたものである。

2. 実験方法

本研究に用いた透水材は、合成樹脂を直径2mm程度の繊維にしカールさせ束ねたヘチマロンを用いた。その空隙率は約0.9である。実験装置は、図-1に示す振動流実験装置を使用して行った。この装置は駆動部、タンク部および水平部から構成されている。水平部中央の観測部は、長さ200cm、幅20cm、高さ20cmの矩形断面で、透明

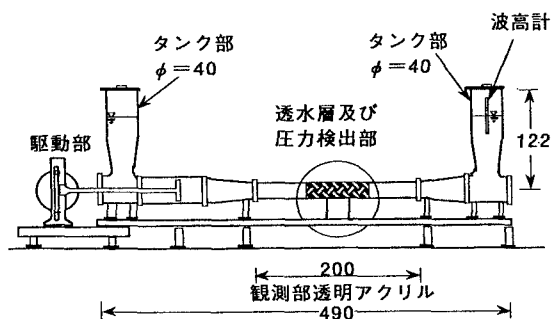


図-1 振動流実験装置

アクリル材で制作されている。この観測部水路中央に透水層を設置し、その両側の圧力を測定した。流速はタンク部に取り付けた波高計の記録から間接的に求めている。実験条件は周期 $T=1.46\sim3.94$ secで6種類、流速の振幅を19.9～114.0 cm/secで3種類変化させて行った。また、定常流の実験は、管水路に透水材を詰め、透水層内で間隔 $\Delta l=14$ cm間の水頭差を測定して行った。

3. 実験結果および考察

1次元定常流では、次式のような Dupui - Forchheimer 則と呼ばれる次式の関係が成り立つ。

$$-\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} = (\alpha + \beta u) u \quad (1)$$

ここで、 ρ は水の密度、 p は圧力、 u は流量流速、 α 、 β は層流的および乱流的抵抗係数である。上式を動水勾配 I の形で表現すると次式となる。

$$I = -\frac{1}{\rho g} \frac{dp}{dx} = \frac{\Delta h}{\Delta l} = \frac{u}{g} (\alpha + \beta u) \quad (2)$$

ここで、 Δh は損失水頭、 Δl は透水層の長さ、 g は重力加速度である。したがって、1次元定常流実験で流量流速と動水勾配を測定することにより、 α 、 β を決定することができる。

定常流の実験結果を図-2に示す。図より実験値はほぼ直線で近似することができる。回帰直線の傾きと切片を求め、これに重力加速度を乗じると $\alpha = 5.52$ (1/sec)、 $\beta = 0.53$ (1/cm)となる。

1次元の非定常流では、次式のような微分方程式が得られる。

$$\frac{\tau}{\lambda} \frac{du}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{dx} - (\alpha + \beta u) u \quad (3)$$

上式を変形し、動水勾配の形で表現すると次式のように表現できる。

非定常流, 層流抵抗, 乱流抵抗, 慣性力

〒059-12 苫小牧市字錦岡443 番地 TEL(0144)67-8060 FAX(0144)67-8028

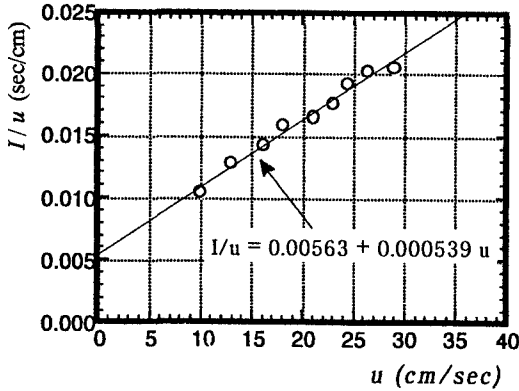


図-2 定常流実験結果

$$I = -\frac{1}{\rho g} \frac{dp}{dx} = \frac{\alpha}{g} u + \frac{\beta}{g} u^2 + \frac{\tau}{\lambda g} \frac{du}{dt}$$

$$= A u + B u^2 + C \frac{du}{dt} \quad (4)$$

ここでは、Kevinら²⁾の方法にならって層流係数 A 、乱流係数 B および慣性力係数 C を求めている。

層流係数 A を周期 T で整理したものを図-3に示す。実験値はばらつきが多少大きい、周期が大きくなると層流係数 A は小さくなる傾向を示す。流速の振幅による変化は特に認められなかった。係数 α に換算すると $\alpha = 0.684 \sim 8.70$ (1/sec) の範囲となる。

乱流係数 B を周期 T で整理したものを図-4に示す。実験値はばらつきが多少大きい、周期が大きくなると乱流係数 B は大きくなる傾向を示す。流速の振幅による変化は特に認められなかった。係数 β に換算すると $\beta = 0.186 \sim 0.296$ (1/cm) の範囲となり、定常流の値に比べ非常に小さい。

慣性係数 C を周期 T で整理したものを図-5に示す。実験値はばらつきが多少大きい、周期が大きくなると慣性係数 C は大きくなる傾向を示す。流速の振幅による変化は特に認められなかった。係数 τ に換算すると $\tau = 0.40 \sim 1.16$ の範囲となる。しかし物理的に $\tau > 1$ であり、透水材自体の振動の影響が考えられる。

4. まとめ

本実験に用いたような非常に空隙の大きな透水材においては、砂利等の値²⁾と比較すると乱流および慣性による抵抗が非常に小さく、層流抵抗はほぼ同程度の値になることが明らかになった。

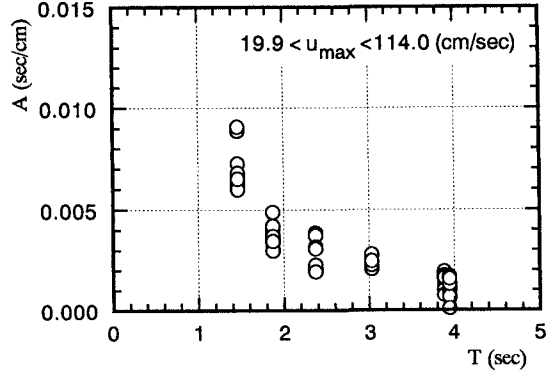


図-3 非定常流実験の層流抵抗

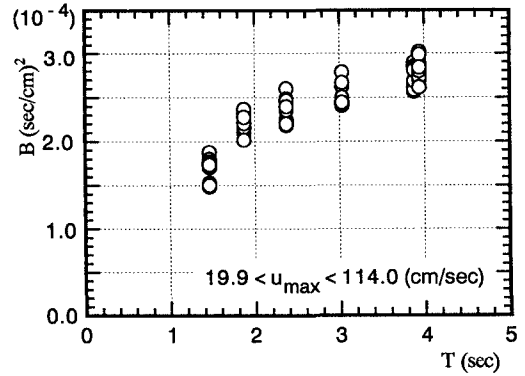


図-4 非定常流実験の乱流抵抗

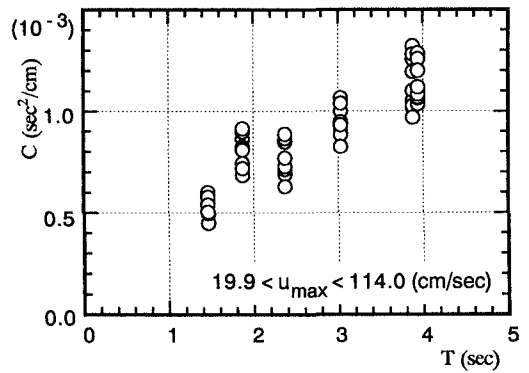


図-5 非定常流実験の慣性抵抗

参考文献

- 1) 中村友邦, 樋口哲哉, 近藤俊郎, 梅沢一之: 複数透水層をもつ直立不透過消波工の反射率, 土木学会北海道支部, 第51号(B), pp.282-285, 1995.
- 2) Kevin R. Hall, Greg M. Smith, David J. Turcke: Comparison of oscillatory and stationary flow through porous media, Coastal Engineering 24, pp.217-232, 1995.