

II-309

繊維網状体の水理特性と消波効果

（編）コスタル エンジニアリング 正員 香取 完和
 同上 正員 針貝 聰一
 中央大学 理工学部 正員 服部昌太郎

1. はじめに

従来から多種多様に渡る消波材・消波構造物が提案、施工、設置され、波浪制御にその効果を発揮している。このような中で、今回取り上げた繊維網状体は、消波材として消波特性に優れるのみならず、材質が均一で、抵抗係数等の基本特性が把握し易く、理論的な取扱いに適した素材である。このため、水理実験との対比により、消波機構を解明する上での多くの知見が得られる。本論文においては、繊維網状体を用いて行った水理実験の結果を報告するとともに、既往の理論との比較により、その消波機構について言及するものである。尚、ここで繊維網状体とは、プラスチック繊維を網状に束ね固定したもので、浄化用のフィルタとして使われている例が多い。

2. 繊維網状体の抗力係数 C_D

繊維網状体の基本的な特性を知るため、抗力係数の測定を行った。測定は、内径6.4cmのアクリルパイプ内に繊維網状体を充填し（層厚40cm）、定常流を与え、マノメータにより水頭損失を計ると同時に、流量の計測から流速を求める方法により行った。

表-1は、実験に用いた3種類の繊維網状体である。試料1および試料3は、均一な繊維径から成る。試料2は、径の異なる繊維を束ねたもので、後述するように、水理的な代表径としては330 μ の繊維を束ねたものと同等である。空隙率が示すように、3種とも空隙率が極めて高く、また、繊維が等方に束ねられているため、空隙率を考慮した上で、繊維網状体内の流体を連続体として扱うことができる。

このような網状体の抗力係数 C_D を、単位体積当りの網状体投影面積 a を用い以下のように定義した。

$$\text{基本式} \quad \Delta h = F \cdot l / \rho g \quad (1)$$

$$\text{抗力係数 } C_D \text{ の定義} \quad F = \rho C_D V^2 a / 2 \quad (2)$$

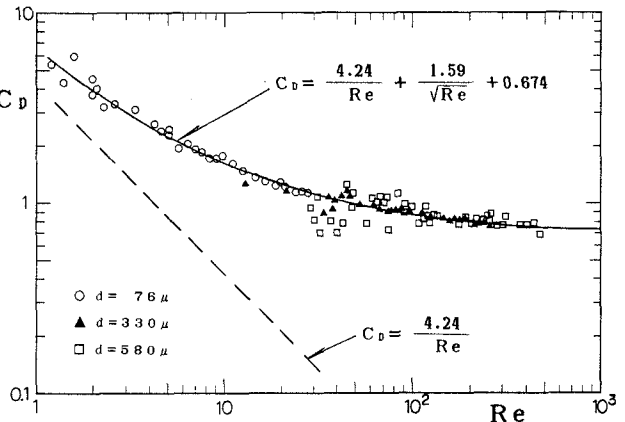
$$\text{式(2)を式(1)へ代入して} \quad C_D = \frac{2g}{a V^2} \cdot \frac{\Delta h}{l} \quad (3)$$

表-1 実験に用いた繊維網状体

	繊維径	代表繊維径	空隙率
試料1	76 μ	76 μ	96.5%
試料2	220~290 μ	330 μ	95.0%
試料3	580 μ	580 μ	96.0%

ここに、 F ：網状体単位体積当りの抗力、 l ：水頭差 Δh を生じる水路方向距離、 ρ ：流体の密度、 g ：重力加速度、 V ：流速（ $=Q/A$ 、 Q ：流量、 A ：流路断面積）、 $a = 4/\pi \cdot (1-\lambda)/d$ 、 λ ：空隙率、 d ：繊維径。

図-1は抗力係数 C_D の計測結果で、横軸はレイノルズ数 Re （ $=Vd/\nu$ ）である。 C_D は繊維径330 μ で示すものは、繊維径の異なる繊維を束ねた試料2の結果で、他の2種のプロット点と同様の位置になるように代表径を選定した。図より、繊維網状体の抗力係数として図中の実線に該当する式を得る。また、図中の破線は、抗力係数式の第一項を図示したもので、層流状態を表す指標といえよう。実線で示す抗力係数は破線より上方に位置し、かつ、 $Re > 20$ 程度で C_D の変化が小さくなっ

図-1 抗力係数 C_D

ている。このことから、繊維網状体内を流れる流体は乱流状態を呈し易く、運動エネルギーが乱れとなって消散し易いことが窺える。

3. 繊維網状体の消波効果

3.1 透過実験（遮蔽板なし）による透過率と反射率の特性

造波水路内に繊維網状体で作製した堤体を設置し、波の透過率と反射率を計測した。実験水路は、幅30cm、長さ20mで無反射造波装置が設けられている。実験時の水深は35cmで、入射波諸元は表-2に、堤体の層厚は表-3の通りである。波の非線形度を表すアーセル数が比較的大きいものも含まれる。波高の計測は、堤体直前面および後面に各1点、沖合に5点（間隔30cm）で行った。図-2は実験結果（exp）と理論値（cal）を比較したもの（上：透過率 K_t ，下：反射率 K_r ）である。実験波の内、反射波は、沖合波高データ（5地点）をフーリエ級数に展開し、基本周波数の振幅および位相差を用いて最小自乗法により入射波と反射波を分離して求めた。また、理論値は、線形長波理論（近藤（1981））を基本とし、計算式中の抗力係数に前記実験より求めた結果を代入して算定した。代表流速は、堤体内の平均流速を用いている。図-2より、透過率は理論値と実験値で良好な対応を見せている。一方、反射率は、理論値の方が大きくなる傾向があり、特に反射率が高くなるとその傾向が強い。

3.2 反射実験（遮蔽板あり）による反射率の特性

堤体背後に遮蔽板を設置して反射率の計測を行った。図-3は理論値と実験値の比較図である。理論値の計算は先と同様の手法によっているが、理論値が実験値に比べ過大となっている。このような傾向は代表流速を別の指標に置き換えても改善されない。入射波の非線形性が強いものであるとともに、水平流速のみを考慮した線形長波理論では、堤体前面あるいは遮蔽板前面における流体の鉛直運動に伴う運動エネルギーの消散が充分表現されないことが考えられる。

4. 結語

今回は繊維網状体の消波材としての基本的な性質を調べた。解析手法等ははまだ初歩的な段階にあるものの、実験中の観察からすると、消波時に擾乱波の発生が少なく、繊維網状体は消波と同時に整流効果を有する素材であることがわかった。今後は解析手法の改善を図り、消波機構の究明を進めたい。

参考文献

近藤 徹郎(1981): 直立消波構造物の水理的特性,
水工学シリーズ, 81-B-1

表-2 入射波諸元

H (cm)	4.0	7.0	10.0	13.0
T (s)				
1.0	(1.9)	(3.3)	(4.7)	(6.1)
1.5	(5.8)	(10.1)	(14.4)	(18.8)
2.0	(11.3)	(19.8)	(28.3)	(36.8)

()内はアーセル数

表-3 設置堤体の層厚 B

○	: d = 76 μ , B = 6cm
●	: d = 76 μ , B = 12cm
●	: d = 76 μ , B = 18cm
△	: d = 330 μ , B = 6cm
▲	: d = 330 μ , B = 18cm
▲	: d = 330 μ , B = 30cm
□	: d = 580 μ , B = 5cm
■	: d = 580 μ , B = 15cm
■	: d = 580 μ , B = 25cm

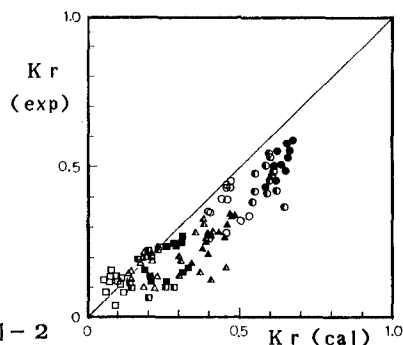
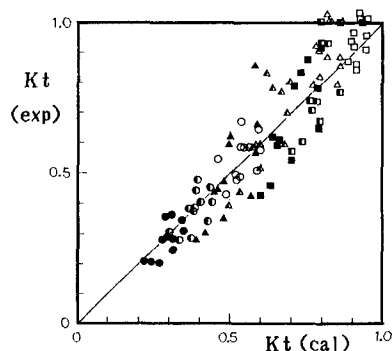


図-2 理論値と実験値の比較（遮蔽板なし）

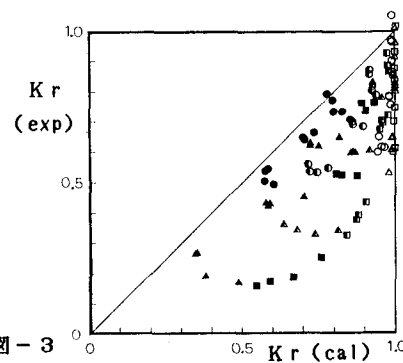


図-3 理論値と実験値の比較（遮蔽板あり）