

底面粗度による不規則波の減衰について

京都大学工学部 正員 岩垣雄一

京都大学工学部 正員 木村 晃

大 成 建 設 正員 池尻一仁

1. はじめに この研究は、底面粗度による不規則波の減衰について研究したものである。Bretschneiderの現地観測による結果では、底面の摩擦係数 f は0.01程度であることが報告されている。その後、岩垣・柿沼ら、土屋・山口らによる現地観測の結果ではBretschneiderの結果に比べて10~200倍という大きな値が得られている。これらの研究では、波群の特性を、有義波高および有義周期で代表させて、摩擦係数を求めている。しかしながら、底面粗度によるエネルギー-逸散の過程は、非線型であり、波群全体の特性を代表波により推定する方法には大きな問題があると考えられる。そこで、この研究はこの点を解決するため、ゼロアップクロス法で定義した不規則波の波高周期の分布特性を考慮し、個々の波の減衰特性から不規則波全体の減衰特性を明らかにしようとしたものである。

2. 規則波の減衰特性 実験は、幅50cm 深さ75cm 長さ27mの両面ガラス張り水槽を用いて行った。波高計は、3m間隔で6台設置した。また、底面には粗度を与えるため、幅50cm 長さ1.5mの鉄板に、直径1cmの塩ビ製の円柱を、5cm間隔あるいは10cm間隔で固定したものを10枚、計15mの間設置した。不規則波の実験に先立ち、まず規則波を用いて実験も行った。特に、水槽の側壁の影響も推定するため、上述の粗度板のない滑面での波高変化も検討していった。実験は、水深を30cmと40cmの2種類とし、波高周期を変化させた計40ケースについて行った。図-1は、この実験から得られた摩擦係数 f とレイノルズ数 Re_t の関係を示したものである。図中の実線は、岩垣・土屋らによる $f = 2.08 Re_t^{-1/2}$ の関係を示したものであり、図からわかるように、実験値は幾分ばらつきはあるもののほとんど理論式よりも上にプロットされている。これは、岩垣・土屋らの実験でも見られた傾向である。このため以下の研究では、図中に破線で示した $f = 3.74 Re_t^{-1/2}$ の関係を用いて、側壁の影響を除去した。次に、図-2は

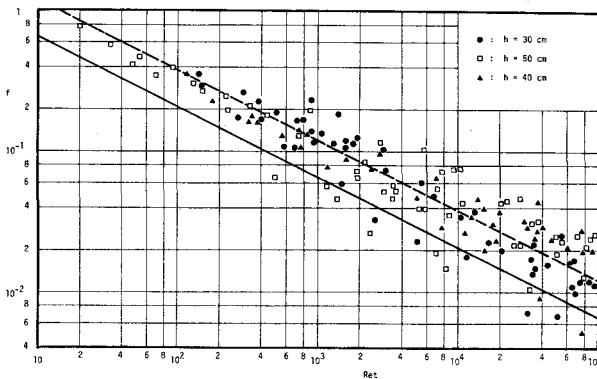


図-1 摩擦係数 f と Re_t の関係(滑面)

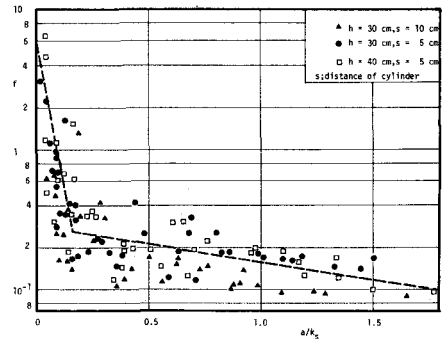


図-2 摩擦係数 f と a/k_s の関係(粗面)

前述した粗度板を用いて行った規則波の実験結果を示すものである。横軸の a/k_s は, Jonsson の提案によるものであり, a は底面での水粒子運動の振幅, k_s は Nikuradse による均一砂粒粗度である。図からわかるように, $a/k_s = 0.16$ 付近を境にして, 大きくデータの傾向が異なることがわかる。データは若干ばらついてはいるが, 後の解析のために, 以下のような定式化をほかにする。

$$\begin{aligned} a/k_s < 0.16 \text{ のとき} & \quad f = \exp \{-19.55 (a/k_s) + 1.762\} \\ a/k_s > 0.16 \text{ のとき} & \quad f = \exp \{-0.571 (a/k_s) - 1.271\} \end{aligned}$$

である。図中に, これらの関係を図-3で示してある。

3. 不規則波の減衰特性

不規則波を用いた実験は, 規則波と同じ実験水槽を用い, 水深等も同じものを用いた。また, 不規則波浪は, Pierson & Moskowitz 型でピーク周波数 f_p を, 0.5 ~ 1.2 Hz まで変化させて, 計 8 種類発生させて実験に用いた。図-3 ($h=40\text{cm}$, 粗度間隔 $s=5\text{cm}$, $f_p=0.6\text{Hz}$), 図-4 ($h=40\text{cm}$, $s=5\text{cm}$, $f_p=0.7\text{Hz}$)

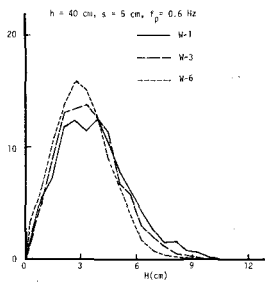


図-3 波高の頻度分布の変化

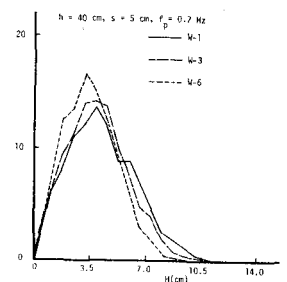


図-4 波高の頻度分布の変化

は, 結果の一例であり, 伝播に伴う波高の頻度分布の変化を示したものである。図中の実験が造波機に最も近い波高計(W-1)のものであり, 破線はそれから 6m (W-3), 点線はさらに 9m 離れに点に設置した波高計(W-6)の結果である。図から, 伝播に伴う波高の大きい部分の波の頻度は徐々に低下し, 平均波高付近の頻度が増加していることがわかる。しかし, 周期の頻度分布の伝播に伴う変化はほとんどなかった。次に, W-6における波高の頻度分布を, W-1での波高, 周期の頻度分布から推定し, 実験値と比較検討したのが, 図-5, 6である。図からわかるように, 推定値と実験値はよく一致しており, この方法が妥当な結果を与えることがわかる。

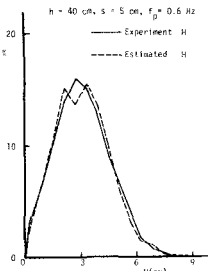


図-5 推定値と実験値の頻度分布の比較

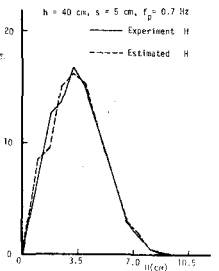


図-6 推定値と実験値の頻度分布の比較

次に, 図-7は, 図-5, 6等の推定した波高の頻度分布より計算した H_{mean} , $H_{1/2}$ および $H_{1/10}$ と実験結果との比較を行ったものであり, 図から両者はよく一致していることがわかる。

以上, ここでは, デロア・アプロクス法で定義した不規則波の波高・周期の頻度分布を考慮して, 粗面上での伝播に伴う波高の減衰特性について検討した。図-5, 6, 7からわかるように, 規則波の実験結果をもとに推定した摩擦係数の値によって, 不規則波の減衰の特性を十分説明できることがわかった。

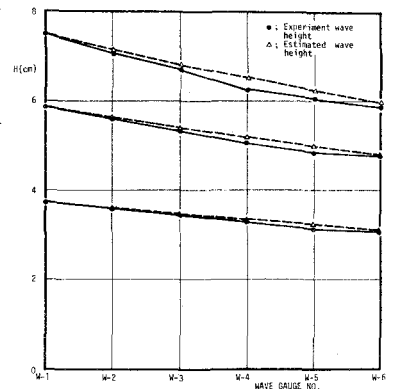


図-7 H_{mean} , $H_{1/2}$, $H_{1/10}$ の比較