

傾斜面上での碎波帯内の底部摩擦の変化について

大阪大学工学部 正員 工博 榎木 亨
大阪大学工学部 正員 工修 岩田 好一朗
兵庫県庁 ○正員 工修 松本 昇

1. 緒言: 榎木・岩田・中辻は以前¹⁾ Keller-Levine-Whitham の殺波理論に底部摩擦項($f \cdot |u| \cdot U / (h + \eta)$)を導入して底部摩擦係数 $f = 0.02 \sim 0.2$ と種々変化させて数値計算を行ない、碎波後の波高減衰に及ぼす底部摩擦力の効果に検討を加えにどいろ、波高減衰に及ぼす底部摩擦力の寄与が極めて小さいことと指摘した。しかし碎波帯内での底部摩擦力の評価の仕方が実際現象に即応したもので否か充分検討されていぬに、碎波帯内での波高減衰に及ぼす底部摩擦力の効果と正確に論議しているとはいひ難い。に、底、底部摩擦力の実態と的確に把握するに、今回底部摩擦力測定装置(以後 shear meter と称する)と製作し、水理実験を行ない碎波帯内の底部摩擦力を実測してその特性について検討を加えに、その一部と報告する次である。

2. 実験装置と実験方法: 本論で用いる底部摩擦力測定装置は図-1に示すような型のもので、既往の岩垣・土屋ら²⁾の研究結果と考慮して製作されたものでその特性については榎木・岩田・久保が詳述している³⁾のでここでは省略する。用いた shear plate は 5cm (波進行方向) $\times 8\text{cm}$ $\times$ 厚 0.03cm のステンレス板で、受感部の固有振動周期は $\frac{1}{40}$ である。底面摩擦力は shear plate に作用する力から波面圧力勾配による力と差し引いた値として求める必要があるに、shear plate 両端部と相対する支持枠に受圧管を埋込し shear plate 両端部に作用する圧力の差を差圧計により求めて底部摩擦力の抽出を行なった。また、shear plate 下の流れは図-1に示すように水銀で遮断されている。実験は $\frac{1}{40}$ の一様傾斜面で行なわれ、shear plate は傾斜面と一致するように shear meter と傾斜面に取り付けてある。実験は先ず shear meter と碎波帯内の測定地奥に設置し、その後水銀を充分溜めて碎波しない状態にして微小振幅波を生起させ層流境界層理論値と実測値の一致度を確認した後、所定の水深にまでし碎波後の波、底部摩擦力と計測した。測定地奥は碎波直前より shear plate 面が水面からでない範囲の汀線近傍までである。実験波は T_p (周期) $= 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0$ 秒、沖波波高 $H_0 = 4.7\text{cm} \sim 8.7\text{cm}$ である。なお、 $\frac{1}{40}$ 勾配では碎波型は spilling 型と plunging 型に大別されるが、 $\frac{1}{5}$ の勾配のように plunging 型碎波は horizontal roller の形成をみなくおそれ、な碎け方で spilling 型碎波との差異は明確ではない。また実験は大阪大学工学部土木工学教室、屋内鋼製2次元水槽で行なわれ ($30\text{m} \times 10\text{m} \times 0.8\text{m}$)、造波板前面水深は 62.5cm である。

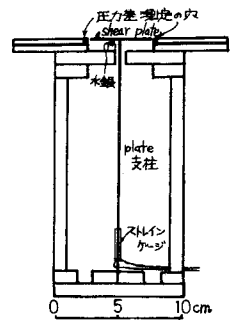


図-1 底部摩擦力測定装置

断されている。実験は $\frac{1}{40}$ の一様傾斜面で行なわれ、shear plate は傾斜面と一致するように shear meter と傾斜面に取り付けてある。実験は先ず shear meter と碎波帯内の測定地奥に設置し、その後水銀を充分溜めて碎波しない状態にして微小振幅波を生起させ層流境界層理論値と実測値の一致度を確認した後、所定の水深にまでし碎波後の波、底部摩擦力と計測した。測定地奥は碎波直前より shear plate 面が水面からでない範囲の汀線近傍までである。実験波は T_p (周期) $= 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0$ 秒、沖波波高 $H_0 = 4.7\text{cm} \sim 8.7\text{cm}$ である。なお、 $\frac{1}{40}$ 勾配では碎波型は spilling 型と plunging 型に大別されるが、 $\frac{1}{5}$ の勾配のように plunging 型碎波は horizontal roller の形成をみなくおそれ、な碎け方で spilling 型碎波との差異は明確ではない。また実験は大阪大学工学部土木工学教室、屋内鋼製2次元水槽で行なわれ ($30\text{m} \times 10\text{m} \times 0.8\text{m}$)、造波板前面水深は 62.5cm である。

3. 実験結果とその考察: 図-2は碎波後の波の時間波形と底部摩擦力の時間波形の関係を示した一例である。同図によれば碎波帯内の波の位置にとりなう底部摩擦力の変化が

判明するが、波自体の著しく非対称なために底部摩擦力の時間波形の非対称性が著しい。波の峰と波の進行方向に作用する最大底部摩擦力の位相のずれは碎波域ではほぼ45°であるが、水深減少に伴い位相のずれは小さくなり $h/h_b=1$ で30°と小さくなっている。なお h_b は碎波域の水深、 h は任意点の水深である。図-2によれば、波の進行方向に作用する最大底部摩擦力は碎波後一時碎波時の値より小さくなるが、 $h/h_b=0.39$ で碎波時の値と等しくなりそれ以後では水深の低減につれて大きな値をとることが認められる。一方、波の進行と逆方向に作用する最大底部摩擦力は上述の波の進行方向に作用する底部摩擦力と比べてその絶対値は小さく、また水深の減少に伴い一様に低減していき $h/h_b=0.1$ ではほぼ0に近い値となっている。 $h/h_b=0.1$ での底部摩擦力は波の進行方向(図-2では正の方向)に全体的に移動しようとする形をとっているが、これは一方向にはWave set-upの効果によるものと推察され、著者らはこの点につき検討中である。この波の進行あるいは逆方向に作用する最大底部摩擦力と $\rho g H$ (ρ :流体密度、 g :重力加速度、 H :波高)を無次元化して h/h_b との関係を示したのが図-3であって、同図には微小振幅層流境界層理論値 $\tau_{0max}/\rho g H = (\sqrt{2\nu/\rho} \sinh kh) \cdot (\frac{5}{4})^{3/2}$ の値も比較のために示してある。なお τ_{0max} =最大底部摩擦力、 ν =流体の動粘性係数、 $k=2\pi/L$ 、 L =水深 h での波長、 T =周期である。同図によれば波の進行方向に作用する $(\tau_{0max})_{\text{進行}}/\rho g H$ は h/h_b が小さくなるにつれて増大していき $h/h_b \leq 0.5$ から急に大きくなり $h/h_b=0.1$ では $h/h_b=1.0$ (碎波域)での8.5倍もの大きな値をとっている。なお、 $h/h_b \geq 0.5$ では $(\tau_{0max})_{\text{進行}}/\rho g H$ は層流理論値とほぼ同じ程度の値が、幾分低い値をとるが、 $h/h_b < 0.5$ では層流理論値より大きくなり $h/h_b=0.1$ では理論値の2倍強の値となる。一方、波の進行と逆方向に作用する $(\tau_{0max})_{\text{逆進行}}/\rho g H$ は $(\tau_{0max})_{\text{進行}}/\rho g H$ と異なり絶対値は小さく、 h/h_b の変化に伴いともなう変化せず0.5~1.0の値を取って層流理論値よりかなり小さくその傾向は h/h_b が小さい程大きいことが認められる。

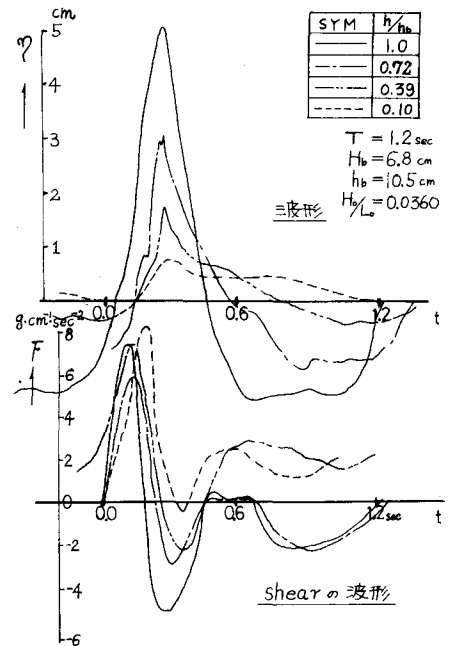


図-2. 底部摩擦力の時間波形の一例

1) 榎木・岩田・中辻：45年度関西支部年講義要集
2) 岩田・工屋・坂井：第11回海岸工学講演会講演要集
3) 榎木・岩田・ス保：49年度関西支部年講義要集

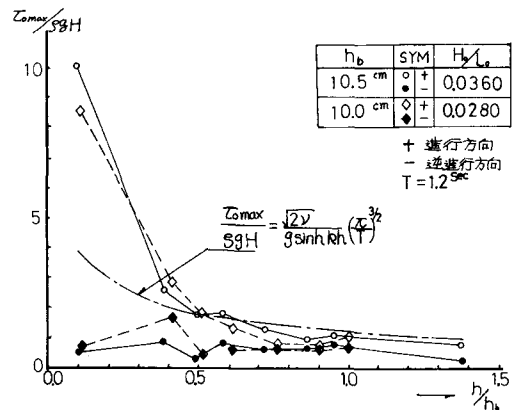


図-3 h/h_b と $\tau_{0max}/\rho g H$ との関係