

京都大学防災研究所 正員 京大工博 土屋 義人
 京都大学大学院 学生員 坂井 順行

1 緒言

波が深海から海岸に近づくにつれて、海底地形や構造物の影響により屈折、反射、回折あるいは海底摩擦などのために複雑に変形する。これらの変形をもたらす諸現象の中で海底の摩擦は、浅海波の特性を解明する上に重要な要因であるが、海底摩擦による波高減衰の機構やその量的な評価については不明の点が多くない。従来、海底摩擦による波高減衰については Putnam-Johnson (1949) のすぐれた研究がある。また Savage (1953) は実験的に摩擦および浸透効果による波高減衰の研究を行っているが、いずれも波の運動に伴う海底付近の流水の特性は明確にされてはいないようである。最近では, Eagleson (1959) が実験によって直接海底の Shear stress τ_0 を測定するとともに、層流境界層を仮定して詳細な解析を行っている。海底摩擦の機構を根本的に解明するためには、波の運動に伴う海底附近の流水の特性を明らかにする必要がある。すなわち、波の運動によって海底に発達する境界層の解析を行なう必要がある。さしあたり、その第一歩として、海底に働く摩擦力、すなわち Shear Stress と直接測定した結果について述べる。

2 実験装置と実験方法

S. Hough (1966) は Navier-Stokes の方程式と線形化し、stream function を導入して、層流境界層内の流速分布を次のように求めている。

$$u = \frac{f_0}{\sigma} [\sin \theta - e^{-\beta y} \sin(\theta + \beta y)] \quad (1)$$

これから shear stress は、次のように表わされる。

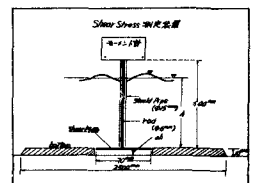
$$\tau_0 = (\mu \frac{\partial u}{\partial y})_{y=0} = \mu \beta \frac{f_0}{\sigma} (\sin \theta - \cos \theta) \quad (2)$$

ここに、 u : 水平方向の速度、 y : 海底からの鉛直上方の距離、 x : 海底に沿う水平距離、 $\theta = kx - \sigma t$ 、 $k = \frac{2\pi}{L}$ 、 $\frac{f_0}{\sigma} = \frac{KCH}{2 \sin n kh}$ 、 $\beta = [\frac{\sigma}{2\nu}]^{1/2}$ 、 $\sigma = \frac{2\pi}{T}$ 、 $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ 、 μ : 水の動粘性係数、 H : 波高、 L : 波長、 h : 水深、 μ : 水の粘性係数、 C = 波速、

Shear stress は (2) 式で表わされるが、この τ_0 の最大値 τ_{0max} と直接測定した実験値とを比較検討してみる。

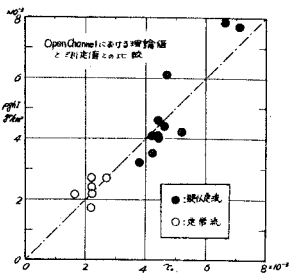
実験水槽は、長さ 70^m、幅 50^{cm}、深さ 60^{cm}、造波機は周期 0.5 ~ 30 sec、最大波高 10^{cm} の波を発生させるプランジヤ一型のものである。shear stress の測定装置は、図 1 のようにモーメント計と shear plate (7^{cm} × 20^{cm}) および支柱とから成っている。shear plate に τ_0 が働くと、支柱を通してモーメントとして力が作用する。このモーメントがモーメント計の中の U ゲージに作用する σ_2 、この力を歪みとして電圧的に増かし、ペン書きオシロに書かせた。支柱は波力に受けないように shield pipe で被覆してある。ここにのせる data は水深 $h = 21$ cm、周期 $T = 1.1$ sec、の場合のものである。

図 - 1



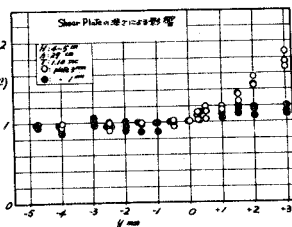
3. 実験結果及びその解析

波の場合の shear stress は、(2)式からもわかるように周期的に変化するが、波による shear-stress を測定する前に、浦水路によって果してこのモーター計を用いた測定装置が正しい shear-stress を計測出来るかどうかを調べてみたその結果が図-2である。エネルギ-こう配を大きくするために、下流を堰あげて水を貯め、その堰を切って流量を大きくして測定した（実流、似定流の場合の結果も図示にある。いずれにしても $\tau_0 = \rho g h I$ (I : エネルギ-こう配) の関係から求めた値と測定値とは大体よく一致している。しかし波の場合のように圧力や流速が時間的に変化する場合には、shear-plate の特性によって shear-stress が変化することが予想され、以下それらについて検討を行った。



(1) shear-plate の鉛直方向の位置による影響: 図-1からもわかるように、bottom と shear-plate とは同一平面上になければならないが、実験中の誤差も考えられるので、この影響を調べた。shear-plate の厚さが 1mm と 3mm のものについて、測定した結果が図-3である。これから shear-plate と bottom より上にあると plate に drag-force が働いて、shear stress τ_0 が大きく見られるが、逆に下付た場合にはその効果はほとんどないことがわかる。この図の縦軸の値は shear-plate と bottom と同一平面上においた場合の shear-stress τ_0 で割った値で示してある。

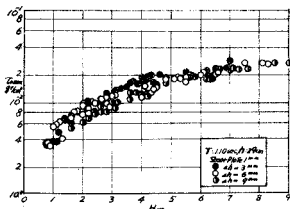
図-3



(2) shear-plate 直下の clearance の影響: shear-plate 直下の clearance ah と shear stress $\tau_0 \max$ との関係と調べたのが図-4である。この結果からわかることは、 ah を小さくすれば $\tau_0 \max$ が大きくなることである。このことは shear-plate 直下の隙間にある水の流れが、 τ_0 の測定値に大きな影響を及ぼすことを意味している。

図-4

(3) shear-plate の厚さによる影響: shear-plate の厚さを 0.5, 1, 2.5mm の 3種類に変え、同じ板を使って測定値の比較としたのが図-5である。これからわかることは、plate の厚さが大きくなれば $\tau_0 \max$ の測定値は増加することである。しかし、この結果は(2)でのへた clearance の影響も入っている。すなわち、shear-plate の厚さと増えればそれだけ clearance は減少することになる。したがって plate の厚さの影響が4を検討するためには clearance を一定にしなければならないがこれについてはさらに



実験を行なって検討している。また厚さを変えることによって plate の重量も変わり、この装置の固有振動数などが変わってくるが、これらの影響については振動方程式を考えて詳細に検討する必要がある。図-5には(2)式にもとづく理論値と記入しておいたが、いずれにしても理論値は実測値の5分の1程度であり、測定値が真の shear-stress とあるかどうかについてはさらに検討の余地がある。特に

図-5

shear-plate 直下の隙間における水が圧力こう配の影響を受け、周期自々に運動していることは色々と用いた観察から認められる。この隙間の中の水の挙動を追跡し、shear-plate に働く柱状の外力と詳細に、海底に働く shear-stress と波の特性との間の関係と究明していくつもりである。なお、この研究にあたり、(即稿等)を賜った岩垣雄一教授に感謝の意を表するとともに、文部省試験研究費による研究の一部であることを記す。

