

II-482 砕波帯内の底面摩擦力に関する研究

(株) アイ・エヌ・エー 正員 山本吉道
東亜建設工業株式会社 只森健一
埼玉大学 正員 堀川清司

1. 研究目的

海岸保全上、波の打ち上げ高や越波量の算定が必要となり、数多くの実用的な算定図や実験式が発表されてきた。しかし、海底地形の影響をより正しく考慮するためには数値モデルの開発が望まれ、特に、海岸堤防に対する波の打ち上げ高や越波量に対しては、砕波現象（セットアップも含める）と底面摩擦のモデル化が必要不可欠である。砕波現象に関しては岡安・磯部・渡辺（1989）や水口・大久保（1988）などの研究により、モデル化は実用レベルに達したと考えられるが、底面摩擦に関しては浅野・栗林・酒井（1989）などにより、波の非線形性と共に底面摩擦係数が増大することや数値モデルで一定の摩擦係数を用いると邇上波形が実測結果に合わなくなることが指摘され、越波量算定の実用的な数値モデルの開発のためには、砕波帯内での底面摩擦力およびその波形について研究を積み重ねることが必要である。

本研究では、底面摩擦力を直接測定する装置を作製し、二次元水槽および現地海岸で、砕波帯内の底面摩擦応力の波形を測定した。

2. 水理模型実験 長さ18m、高さ75cm、幅40cmの二次元水路に図-1に示す小川・首藤（1982）による2感知板方式の底面摩擦力測定装置を水深33cmに設置して、入射波高5～16cm、周期1.2～2sの波に対する底面摩擦

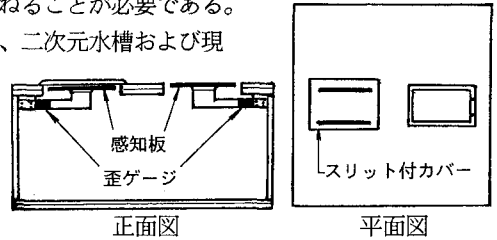


図-1 底面摩擦力測定装置

応力の波形を測定した。この方式は、感知板に作用する摩擦力を板バネの歪量から測定する場合、感知板の両端面に作用する圧力の差などによる水平力が無視出来ない場合があるので、摩擦力を感知する板とカバーを被せて摩擦力を感知出来ないようにした板を平行に取りつけて、両感知板による測定値の差から底面摩擦力を取り出すものである。しかし、2組の感知板等が正確に左右対象であること、カバーと感知板の隙間を極力狭めること、二次流の発生を抑えるために感知板の下に一組の衝立を取りつけることなどの数々の工夫が必要である。

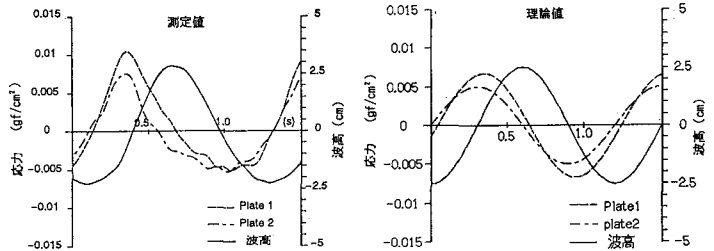


図-2 底面摩擦応力の測定値と理論値の比較

試行錯誤の末、可能な限り層流状態に近い状態で測定値と理論値との比較で、本測定装置の精度が図-2に示すレベルまで高められたことを確認した。本ケースの入力条件は波高5cm、周期1.2sで、境界層外縁の最大流速 $\hat{u}$ と境界層厚 δ を用いて定義したレイノルズ数 $\hat{u}\delta/\nu \approx 40$ （ちなみに、遷移領域は25～650）である。

次に、波の非線形性による違いは図-3に示すように、波の非線形性が強まると、応力波形と水面波形のピークの位相差が

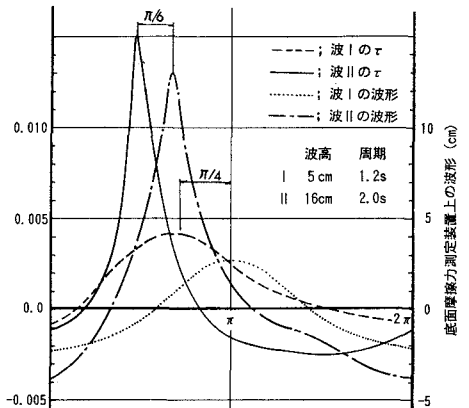


図-3 水面波形と底面摩擦応力の比較

小さくなる傾向として見られた。これは、Kajiura (1968) が指摘しているように、乱れの強さが大きくなったためと考えられる。なお、応力波には0.2s程度の短周期成分が含まれていたため移動平均して、その影響は除いた。

3. 現地観測 平成3年12月14日に千葉県太東崎の砂浜海岸（図-4参照）で現地観測を行った。底面摩擦力測定装置の設置水深は約15cmである。

典型的な測定波形を図-5に示す。乱れの強さが極めて大きいため、境界層外縁の流速波形との位相差はかなり小さく 0.1π である。また、位相のずれはあるが、この流速波形の二乗値は底面摩擦応力波形に相似であり、汀線近くの底面摩擦応力 τ は、海水密度 ρ 、底面摩擦係数 f および境界層外縁の流速 u を用いて、次式でほぼ表現出来る。

$$\tau = 1/2 \times \rho \cdot f \cdot |u| \cdot u \quad (1)$$

ただし、(1)式の底面摩擦係数 f については、数多くのデータを得て、位相差も考慮して詳しく検討する必要がある。今、境界層外縁の最大流速 $\hat{u}$ を用いて、(2)式で定義した底面摩擦係数 f_w を求めると、図-5の下図の破線のようになり、その最大値は $f_w \approx 0.008$ である。

$$f_w = 2\tau / (\rho \hat{u}^2) \quad (2)$$

この値は小川ら (1982) の結果と整合するが、Jonsson (1966) の算定式から求まる、水平床に於ける最大底面摩擦応力に対する $f_w \approx 0.003$ と比べて約2.7倍と大きい。これは正弦波に比べて、波の遡上時の圧力勾配が大きくなったためと考えられる。なお、波の前傾化を考慮した浅野ら (1989) の算定式による f_w は0.002（前傾化パラメータ $\alpha=0.2$ ）と小さい値となった。

ただし、現地では水面波形の乱れに加えて底質砂の移動により応力波形が乱れて、2つの感知板による測定値の差から精度良く底面摩擦力が求められなかったため、模型実験に比べて感知板端面に作用する圧力差は無視出来ると考えて、摩擦力を感知出来る板の方の測定値を底面摩擦力とした。また、移動平均により周期の1/10以下の短周期成分を除去している。

4. ま と め ① 汀線近くでは乱れの強さが極めて大きいため、底面摩擦応力 τ の波形と境界層外縁の流速波形との位相差はかなり小さい。 τ の波形は、若干の位相のずれを有するが、この流速波形の二乗値とほぼ相似であり、(1)式で近似できる。ただし、底面摩擦係数 f については、位相を考慮して詳しく検討する必要がある。

② 汀線近くでの測定値から(2)式で定義した底面摩擦係数 f_w を求めると、その最大値はJonssonの算定式による水平床での f_w より大きくなる。これは正弦波に比べて、波の遡上時の圧力勾配が大きいためと考えられる。また、波の前傾化を考慮した浅野らの算定式には改善の余地がある。

最後に、埼玉大学の谷本勝利教授と浅枝隆助教授および中村廣昭助手には多大な助言を頂いた。ここに心からの謝意を表する。

5. 参 考 文 献 ①岡安・磯部・渡辺(1989): 海岸工学論文集第36巻pp. 31~35. ②水口・大久保(1988): 第35回海講pp. 133~137. ③浅野・栗林・酒井(1989): 海岸工学論文集第36巻pp. 6~10. ④小川・首藤(1982): 第29回海講pp. 135~139. ⑤Kajiura(1968): Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. of Tokyo, Vol. 46, pp. 75~123. ⑥Jonsson(1966): Proc. 10th Conf. Coastal Engg., pp. 127~148.

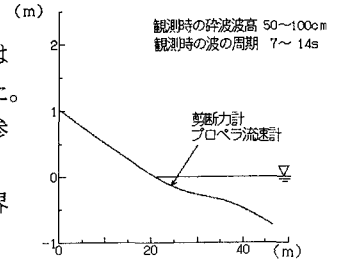


図-4 現地観測地点の断面

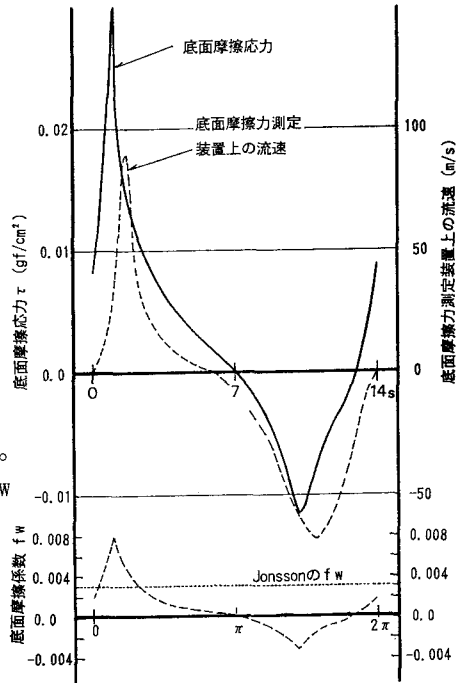


図-5 現地測定波形