

大瀬海岸における海底摩擦係数と波浪特性との関係

京都大学防災研究所 正会員 工屋 義人

山口 正隆

京都大学大学院 学生会員 中村 俊一

1. 緒言：海岸波浪を正確に推定することの重要性は言うまでもないが、現在の波浪予知法は必ずしも十分な精度をもつものでない。その原因の一つとして、海底摩擦の特性があまり明確でないことがあげられる。そこで本研究では、大瀬海岸での波浪観測結果に基づいて、有義波法と一波対応による方法によって海底摩擦係数を推定するとともに、波浪特性との関連を検討した結果について述べる。

2. 観測の概要および波の変形特性：京都大学防災研究所では、1972年および73年に大瀬海岸において、オノ人工島と呼ばれる長大桟橋に図-1に示すように9台の容量型波高計を配置して、波の変形などに関する観測を実施したが、ここではその観測結果を用いて解析を行なった。この海岸の水深変化は図-2に示すようにきわめて緩やかであるので、海底摩擦係数の推定に際しては一樣水深を仮定した。図-3は桟橋に沿う有義波高の変化の一例を示したものであるが、この図より明らかなように、波高が小さな場合には一樣に減衰しているが、波高が大きくなると、減衰してから増大し再び減衰する傾向を示す。後者の傾向は、海底摩擦以外に砕波や反射などの影響が作用しているためと考えられるが、ここでは波高を減衰させるすべての要因を海底摩擦でおきかえることとし、観測結果を波高減衰の種類によって、一樣に減衰するもの(A)と減衰したのち増大し再び減衰するもの(B)に区別し、さらに後者を一度目の減衰(B₁)と二度目の減衰(B₂)に区別して、海底摩擦係数の値を推定した。

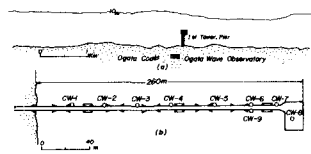


図-1 波高計の配置

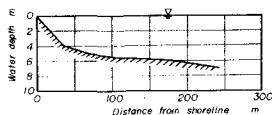


図-2 桟橋に沿う水深変化

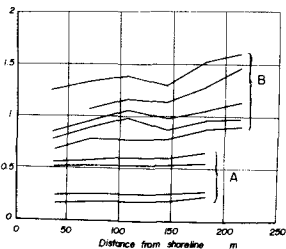


図-3 桟橋に沿う有義波高の変化

3. 有義波法による海底摩擦係数の推定結果：水深がほぼ一樣であり、また波高減衰には浸透や風の効果などより海底摩擦によるエネルギー損失が卓越すると仮定すれば、海底摩擦係数 f は、2点での波高の値より周知のBretschneiderおよびReidによる関係式で直接与えられる。しかし、多数点での観測結果にこの式を適用した場合には、観測上あるいは読み取りの誤差のために結果のばらつきが大きくなるので、CW-1からCW-6の波高変化を最小自乗法によって近似し、波向をも考慮して f の値を推定した。図-4はその結果であり、 Re_T の関係で図示してある。図中の実線は、層流境界層による理論値を100倍にした曲線であり、 Re_T は波に関するReynolds数を表わし、 $Re_T = U_b^2 T / \nu$ で定義した。ここに、 U_b ：海底における水平水粒子速度の最大値、 T ：有義波周期および ν ：動粘性係数である。この図より、資料B₁およびB₂によって推定された f はほぼ $Re_T^{1/2}$ に比例して減少するが、その値は理論値の約200~800倍にもなるのに対して、資料Aによる結果はこよりかなり小さく、理論値の約100~400倍になることがわかる。また、岩垣らが同様橋で

行な。た階段抵抗式波高計による観測結果を加えると、 f と Re_T との関係はより顕著にあらわれる。すなわち、図-5は資料Bによる結果に岩垣らの観測結果から推定した結果をあわせて図示したものである。この図によれば、 Re_T が約 2×10^6 までは f は $Re_T^{-1/2}$ にほぼ比例して減少し、 Re_T がそれ以上になると f はほぼ一定値 $0.2 \sim 0.6$ になることがわかる。さらに、図中の資料は波の非線形性や砕波などの影響を検討するために、波高・水深比 H/n によって分類されているが、資料のばらつきが大きい、この影響は明らかでないようである。これらの結果を岩垣らによる日本各地の海岸での推定結果と比較すると、その値は約10倍ほど大きい。これは、文湯海岸のようにきわめて浅い水深での波浪の変形機構が、海底摩擦のほか砕波、反射、波の分裂あるいは波の非線形干渉などに起因して、より深い海域で岩垣らが実施した観測結果と相違するためと考えられる。

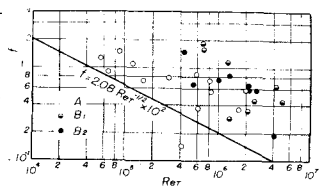


図-4 有義波法による f の推定結果

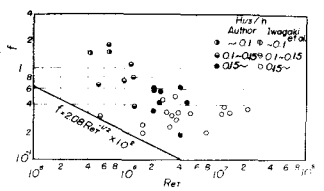


図-5 岩垣らの観測結果を加えた f の推定結果

4. 一波対応に基づく海底摩擦係数の推定結果：ここでは、うねりあるいはそれに近い波を記録紙の上で追って一波ごとの波高変化を調べ、それに基づいて f を二つの方法により推定し波浪特性との関連を検討した結果について述べる。その一つは有義波法の場合と同様に、微小振幅波理論に基づいた最小自乗法によって f を推定する方法であり、また他の一つは浅海での波の特性を考慮して、二点間での波高の観測結果から、孤立波理論に基づいて f を推定する方法である。図-5および6は、それぞれの方法に基づいて推定した f と Re_T の関係を示すものである。これらの図では、いずれも有義波法による推定結果より f と Re_T との関係がかなり明確に表示されるが、図-6の場合の f は図-4の結果より若干大きい。これは、一波対応による方法で解析した資料の多くはその波高が有義波高より大きいため、砕波などの影響をより強く受けているためであると考えられる。また、図-7の場合には、その値は平均的にほぼ50%程度にな

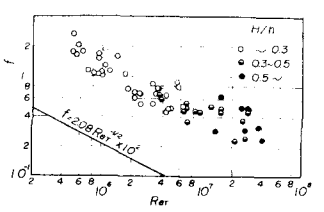


図-6 微小振幅波理論による f の推定結果

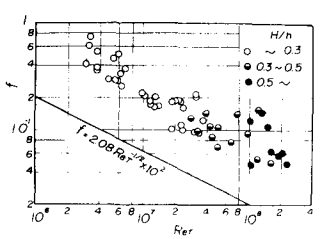


図-7 孤立波理論による f の推定結果

っており、この結果は微小振幅波理論および孤立波理論のそれぞれの特徴を考えれば当然のことといえよう。さらに、このような f と Re_T との傾向は、Brebnerらの振動流による摩擦係数の実験結果と比較的対応している。しかし、 f の値そのものはかなり大きくなる。これは、現地波浪の波高減衰には海底摩擦によるエネルギー損失のほかにも、砕波をはじめとする多くの要因があるためと考えられるので、今後これらの影響をできるだけ分離して検討を進める必要があると思われる。