

II-67 秋田海岸の海底摩擦係数について

京都大学防災研究所

正員 岩垣雄一

同上

正員 〇神沼忠男

神戸製鋼 K. K.

正員 眞受昌和

1. 近年、相次ぐ海岸災害にもなっており、海岸構造物を設計するため、適格に波浪を予知することが海岸工学上重要な問題になってきた。もとより、設計波の決定に際して、浅海領域における波は屈折、回折、および水深の変化だけでなくその波高が変化するものとして取り扱われてきたが、最近の研究によれば、碎波水深に達するまでの浅海領域において、海底地形によっては海底摩擦による波高減衰効果がかつたことがわかってきた。

この研究は、秋田海岸における波浪観測に基づいて、対応する2点間の有義波高から秋田海岸における海底摩擦係数を求めて、海底摩擦による波のエネルギー損失を明らかにしようとしたものである。

2. 秋田海岸はこう配がほぼ一定であり、底質は中央粒径が $0.269 \sim 0.655 \text{ mm}$ である。Bretschneider および Reid の摩擦、浸透、屈折、および水深の変化の効果を考慮した定常状態における波のエネルギー方程式から、一定のこう配に対して海底摩擦係数 f を求める次式を立てている。

$$f = \frac{\frac{H_1 (K_p K_r K_s)_2}{H_2 (K_p K_r K_s)_1} - 1}{\frac{H_1}{(K_s)_1 m T^2} \int_{(R/T^2)_0}^{(R/T^2)_2} \frac{K_p K_r}{(K_p K_r)_1} d(R/T^2)} \quad (1)$$

ここに、 H_1 : 地点①での波高、 H_2 : 地点②での波高、 T : 地点①と地点②の波の平均周期、 m : 地点①と地点②の間に於ける海底のこう配、 K_p : 浸透効果による波高減衰の係数、 K_r : 屈折係数、 K_s : 浅水度係数、 R : 水深、 $\phi = \frac{64\pi^3}{3g^2} \left(\frac{K_s}{\sinh \frac{2\pi R}{L}} \right)^3$ (ここに、 L : 波長) である。

(1) 式を用いて、秋田新屋沖における観測中にえられた資料のうち、ほとんど碎波の影響を受けないと思われるものを用いて、海底摩擦係数 f を求めた。観測位置、観測方法、観測器具などについては、本前刷中の岩垣らによる報告「秋田海岸における波浪観測について」を参照して頂きたいが、今後の説明のために、沖側の測点である B ジェットを地点①、岸側の測点であるブイ No.1 を地点②とする。

(1) 地点②での簡易波高計による周期は不正確と思われるので、この解析においては地点①における水圧式波高計の有義周期を用いた。地点①における有義波のエネルギーはこうした有義周期をもった群速度で地点②に到達するわけであるが、それに要する時間はほぼ6分であった。

(2) K_p に対する考察: 砂層の厚さが $0.3L$ 以上の場合に与えられた Putnam の式に基づいて求められた浸透効果による波高減衰の係数 K_p は、秋田新屋海岸の砂礫の中央粒径が $0.269 \text{ mm} \sim 0.655 \text{ mm}$ であることから、たとえば、 $T = 7.4 \text{ sec}$ に対して (K_{p2}/K_{p1}) を算出すると 0.99 であった。

この値は f を求める際に、誤差の範囲に入る (付記参照)、浸透効果については考慮する必要がないと判定された。

(3) K_r に対する考察：屈折係数は周期や波向によってその値を異にするが、地点①における波向を観測することは困難であったので、便宜的方法によって波向を決定し、こうした波向によって、地点①に対する地点②の屈折係数 $(K_{r2})/(K_{r1})$ を求めた。また、(1)式における積分は K_r を全入でいるので、複雑な海底の状況によって影響が、数値積分ははるかに難くなる。地点①での波向 50.5° 、周期 7.8sec の波に對して、水深 15m 、 13m 、 11m 、 9m 、 7m 、 5m 、および 3.5m におけるそれぞれ地点①に対する屈折係数 $(K_{r2})/(K_{r1})$ を見出た^①、 $\int_0^{\frac{H_1}{(K_{r1})T}} \frac{K_{r2}}{(K_{r1})} d(k/T^2)$ にかわって、 $\frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{(K_{r2})_i}{(K_{r1})} + \frac{(K_{r2})_{i+1}}{(K_{r1})} \right] \int_{k_i}^{k_{i+1}} d(k/T^2)$ (ここで、 $n=1$ は地点①、 $n=n$ は地点②を意味する) と $\frac{1}{2} \left[1 + \frac{(K_{r2})}{(K_{r1})} \right] \int_0^{\frac{H_1}{(K_{r1})T}} d(k/T^2)$ を求めると、それぞれ 0.65 、 0.68 であり、後者は前者に比べてほぼ 5% 大きい。この値は f を求める際に、誤差の範囲に入る (付記参照)。周期 7.8sec 、波向 50.5° は解析例において最も屈折しやすいものをあらわしているといふことから、 f を求めるために後者を用いて計算しようとするのがわかる。

以上のことから、式(1)はつぎのようになる。

$$f = \frac{\frac{H_1(K_r K_{r2})}{H_2(K_r K_{r1})} - 1}{\frac{H_1}{(K_{r1})T} \cdot \frac{1}{2} \left[1 + \frac{(K_{r2})}{(K_{r1})} \right] \int_0^{\frac{H_1}{(K_{r1})T}} d(k/T^2)} \quad (2)$$

(付記) 波高 H_2 の $\pm 5\%$ の誤差に對して、 f の値はほぼ $\pm 20\%$ の変動を示す。

以上の解析においては、風の波におよぼす効果は考えられていない。こうした効果を地点①からほぼ 3km の所における陸上風速、風向と地点①における波高、周期および波向とから検討したが、定常状態においては、風は地点①から地点②へ伝播する地点①での波を促進させないことがわかった。また、うねりの深海における減衰は地点①から地点②の間ではほとんどないこともわかった。

以上のことから、式(2)を用いて秋田海岸の海底摩擦係数を求め、表-1に示した。これによれば、かなりその値は変動しているが、これらの値を平均して、秋田海岸の海底摩擦係数 f として 0.057 を得る。

以上、著者らは秋田海岸における海底摩擦係数を明らかにした。しかしながら、高風速状態下の複雑な海における波高の大きい波を表わさない線型の波の理論に基づいて海底摩擦係数を求めているので、台風時における浅海波の発達についてはさらに進んだ研究が必要とわねばならない。

なお、この研究にあたり、秋田海岸での波浪観測に際して、石油資源開発株式会社、東條ウエガー株式会社、秋田県土木部河港課の人々および防災研究所の樋口明生助教授、土屋義人助教授、吉田幸三助手、井上雅夫助手、および銭高組の立白正光氏には非常に御世話になった。ここに心から感謝する次第である。

1961年12月					
地点①での 波浪観測時	3日 13時	3日 15時	4日 11時	4日 13時	
$H_1(\text{m})$	1.02	0.82	0.60	0.50	
$H_2(\text{m})$	0.80	0.74	0.47	0.46	
$T_1(\text{sec})$	7.4	7.2	7.1	7.8	
$(K_r)_1$	0.913	0.917	0.917	0.913	
$(K_r)_2$	1.06	1.06	1.04	1.08	
波高(厚) (波高の2乗) $(K_r)_2/(K_r)_1$	37.5 0.96	38.0 0.96	53.5 0.89	38.0 0.90	56.5 0.87
f	0.058	0.041	0.024	0.010	0.034
f の平均	0.058	0.033	0.090	0.063	0.049
			0.057		

表-1 海底摩擦係数 f