

II-274 流水中における不規則波の変形に関する研究

北大工 学 ○ 佐々木広輝 東急建設㈱ 佐藤大介
岩手大 正 塚茂樹 北大工 正 佐伯浩

1. はじめに 逆流上における不規則波の変形に関する研究は、例えば河口近傍の漂砂現象を説明する場合等に重要となる。流いの影響の大きい不規則波の浅水変形や流いの影響を受ける規則波の浅水変形に関する研究は数多く行われていたが、流いの影響と波の不規則性の両者を考慮した浅水変形に関する研究は少ない。本研究では、斜面上を流いに逆ら、進行する不規則波に関する実験を行ない、平均水位及び水位変動と流速変動の関係を取り扱ったものである。

2. 実験装置及び方法 実験に用いた不規則造波水路の概略を図1に示す。ポンプにより造波板の前面からタンクに水を送り、タンクより越流した水は5mの水平床上で整流され、勾配1/30、長さ18mの斜面上を流下する。水位変動は容量式波高計を用い、斜面上の20ポイントで測定した。更に流速については電磁流速計を用いて水平方向の流速を測定した。測定点に沖側からNo.1~No.4の4点、更にとれどれの点で水深方向に3点ずつ(No.4は破波のため2点)を測定点とした。平均水位の変化及び流速と水位の関係の2つの実験に用いた諸量を表1にまとめおく。

3. 平均水位の変化 平均水位の変化は波自体の変形に影響を及ぼすだけでなく、破波高や流れにも多大の影響を与える。平均水位の変化を最初に理論的に示したのはLonguet-Higgins・Stewartである。彼らはradiation stressによる破波点より沖側で波のset down、岸側ではwave set upが生じることと理論的に示した。我々はこの平均水位の変化に関する理論が流いのある不規則波においての適用性を調べた。なお、運動量の平衡条件から平均水位の上昇量に関する式は以下である。

$$\frac{dS}{dx} = -\frac{1}{3+h} \frac{d}{dx} \left(\frac{1}{8} H^2 \left(\frac{1}{2} + \frac{2kh}{\sinh 2kh} \right) \right) \quad (1)$$

ここで S: 水位変動 x: 2地点間の距離 h: 水深 H: 波高 k: 波数
流量と平均水位の関係を図2に示す。流いがあると平均水位が最も下がっている点は沖側にずれること状わか。

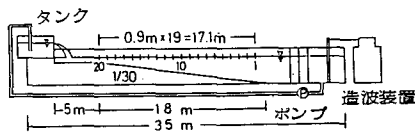


図1 実験装置

表1 実験諸量

平均水位の変化

CASE	q (cm ² /s)	H _{0.1/3} (cm)	T _{0.1/3} (s)	L _{0.1/3} (cm)	H ₀ /L ₀
1-0	0	7.86	1.50	350.9	0.0224
1-1	205.5	8.03	1.45	328.4	0.0224
1-2	300.0	7.92	1.42	314.9	0.0252
2-0	0	15.79	1.47	338.4	0.0467
2-1	205.5	16.09	1.48	340.3	0.0473
2-2	300.0	16.79	1.47	336.6	0.0499
3-0	0	12.20	1.33	277.1	0.0440
3-1	205.5	12.21	1.28	255.1	0.0479
3-2	300.0	12.59	1.29	258.3	0.0487

水位変動と流速変動の関係

測点	4	3	2	1
水深	10.0	26.0	46.5	60.2
測点深	A	-10.0	-13.0	-8.2
	B	-5.9	-15.2	-23.6
	C	-8.5	-22.2	-39.5

不規則波 H_{1/3}=14.4cm T_{1/3}=1.52s
流量 q=96.4, 205.5, 300.0

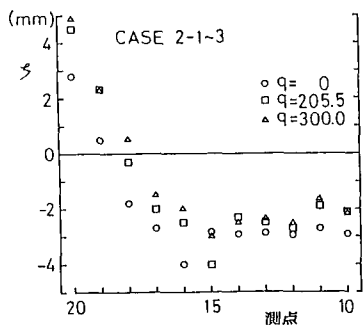


図2 平均水位の変化

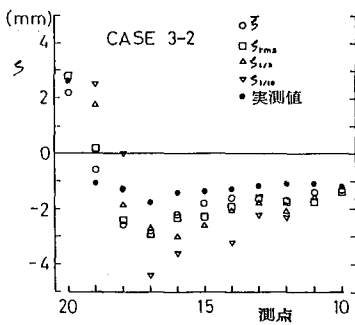


図3 代表波による方法

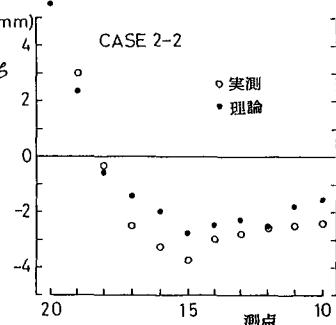


図4 波別解析的方法

た。これは逆流による波形勾配が大きくなるためと思われる。また、波高が大きくなる程、あるいは流量が大きくなる程 set up 量、set down 量共にその絶対値が大きくなる。次に平均水位の理論解析を行ったが、これには、a) ピログラフクロス法により算出された各地点における平均波、有義波、1/10最大波、自乗平均波の4つについて radiation stress を求め、これにより平均水位の変動量を求める代表波による平均水位の変化を算出(図3)と、b) 一波ごとの radiation stress を求めて、これから平均水位の変化を算出する波別解析の方法(図4)という2通りで行った。いずれにしても良く合っていると言えるが、両者を比較すると波別解析の方法の方が良く合っているようである。

4. 水位変動と流速変動の関係

1/10の勾配をもつ場合について、流れがある場合の水位変動のスペクトルから流速のスペクトルを見積もるとその線形理論による伝達関数の適用性を調べた。実測値による水位変動および流速のスペクトルは高速フーリエ変換(FFT)を用いて行った。ここで線形理論

による伝達関数 $S(f)$ は以下の式である。

$$S(f) = (\omega a - kU)^2 \frac{\cosh^2 k(h+z)}{\sinh^2 kh} \quad (2)$$

ここで ωa : 流れがある場合の角周波数 k : 波数 U : 流速
 h : 水深 z : 水面からの距離
 流速のスペクトルの理論的値と実測による値を表わしたのが図5である。

また流速のスペクトルを実測から傾きの高周波側の傾きは f^m の形で表わされ、傾き m の値を上層、中層、下層に分けて示したのが図6で、水深が浅くなるにつれて m の値は減少している。水位変動のスペクトルについて高周波側の傾きは f^n の形で表わされ、傾き n の値を調べたのが図7で、沖側では理論値と同じように5に近くなっている。また砕波点の手前で1-クに達するということもわかった。次に線形理論による導かれる伝達関数と流速のスペクトルを実測からの値と理論値との比の2つを比較したのが図8である。以前、浜中らが水位変動と圧力変動の関係について調べた中にこのような考察を行ったことがあるが、これと同じ傾向の結果が得られた。総じて、沖側では線形理論による伝達関数が適用できると言えるが、岸に近づくにつれて波の非線形性や砕波により減少していくようである。また水深方向では、深い方が良く合うようである。

参考文献

J. A. Battjes: SET-UP DUE TO IRREGULAR WAVES
 Terence S. Hedge, Kostas Anastasiou, and David Gabriele: INTERACTION OF RANDOM WAVE AND CURRENTS
 浜中 達一郎, 佐伯 浩: 海岸不規則波の動特性について (第19回海岸工学講演会論文集)

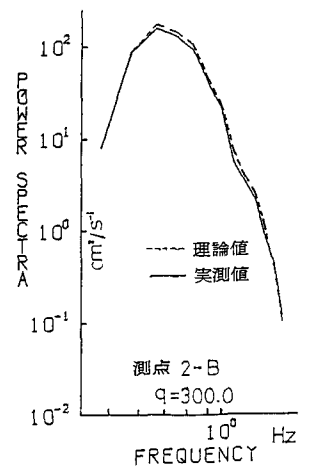


図5 流速のスペクトル

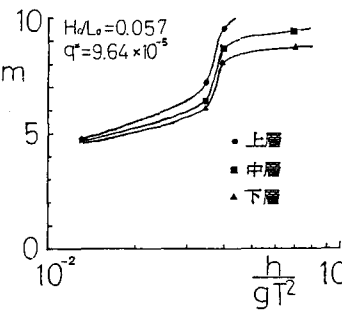


図6 mの値

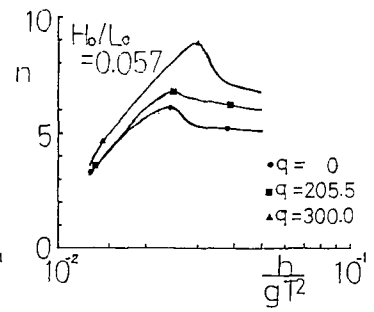


図7 nの値

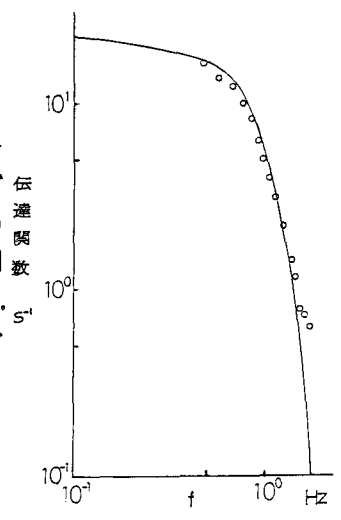


図8 伝達関数