

円弧部をもつ斜面上の進行波の水粒子速度分布

琉球大学工学部 正会員 津嘉山 正光

1. 緒言

波動エネルギーの利用という観点から、筆者等はこれまで斜面上の水粒子速度を最大ならしめる水底条件について主として実験的に研究してきた。本報はその一連の研究のうち、図・1に示すような、円弧部をもつ水底形状のときの斜面上の水粒子速度の分布特性に関して実施した実験および若干の理論的検討結果について述べるものである。なお、エネルギー利用という面からみれば、水粒子速度のみならず流量も重要な要素となるので、このことについても言及する。

2. 理論的検討

微小振幅波を仮定し、図・1の斜面上の点 (x', y') 、 (x'', y'') における水粒子速度 u を、同図の断面①の水表面水粒子速度 u_0 を基準にして無次元表示すれば、エネルギー保存則を考慮して結局次式で示される。

$$\left| \frac{u_p}{u_0} \right| = \left| \frac{\tanh k h}{\tanh k h_{yp} h_{yp}} \left\{ \frac{2kh + \sinh 2kh}{2h_{yp} h_{yp} + \sinh 2kh_{yp} h_{yp}} \right\}^{\frac{1}{2}} \frac{\cosh k_{yp} (h_{yp} + y)}{\cosh kh} \cos \theta_p \right| ; p=1, 2 \quad (1)$$

式中添字 $p=1, 2$ は各々傾斜角 θ_1, θ_2 の斜面上の点の値であることを示し、 h_{yp}, h_{yp} は点 (x', y') 、 (x'', y'') を通る鉛直断面の水深および波数を示す。次に斜面上の各断面の流量 Q_{px} は、これらの断面を N 等分した各微小区間の流量の和をとることとし、断面①での流量 Q_0 に対する無次元値で示すと次式のようにになる。

$$\frac{Q_{px}}{Q_0} = \frac{h_{xp}}{N \cdot h} \cos \theta_p \sum_{n=1}^N \left\{ \left\{ \frac{2kh + \sinh 2kh}{2h_{ypn} h_{ypn} + \sinh 2kh_{ypn} h_{ypn}} \right\}^{\frac{1}{2}} \frac{\cosh k_{ypn} (h_{ypn} + y_n)}{\cosh kh} \right\} ; p=1, 2 \quad (2)$$

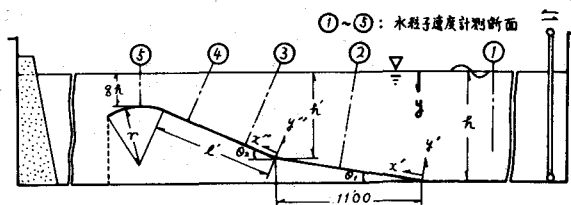
式中の h_{xp} は x', x'' 上で斜面に垂直な断面の水底と水面間の距離を示し、他の記号は(1)式と同様である。

3. 実験装置および実験方法

実験には琉球大学土木工学科の2次元造波水路(断面 $0.8\text{ m W} \times 1.0\text{ m D}$ 、長さ 22.0 m)を用いた。実験装置概要は図・1に示すが、模型は鋼アングルと合板で製作した。実験方法は、各実験ケースにつき図示の5断面で水粒子速度を計測するものであるが、計測断面の波形も計測記録した。なお断面①には波高計を常置して入射波の計測にあてた。水粒子速度の計測には小型のプロベラ式流速計を用い、波の計測には電気容量式波高計を用いたが、両計器は同一の支持台にとりつけて水粒子速度と波形が同時に計測できるようにした。水粒子速度および波形の記録にはペン書きのマルチレコーダーを用いた。各実験ケースにおいて用いたモデルおよび実験波の諸元は表・1に示すとおりである。

4. 結果および考察

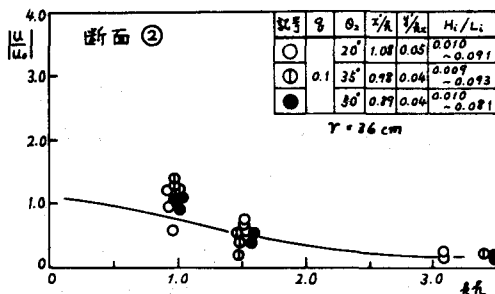
実験で得られた結果をとりまと



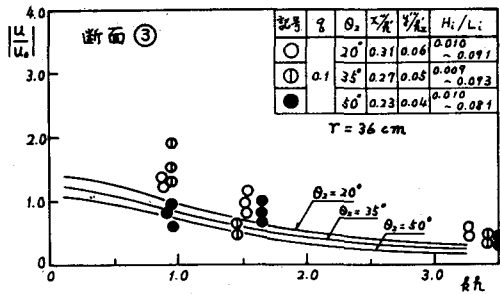
図・1 実験装置概要

表・1 実験モデルおよび実験波の諸元

Case No.	θ_1	θ_2	$L(\text{cm})$	g	$r(\text{cm})$	$T(\text{sec})$	$H_0(\text{cm})$	計測断面		
								①	②	③
I-1-1	10°	20°	75	0.1	36	0.78 ~ 1.82	4.2 ~ 10.9	1.08	0.04	2.14
II-1-1	10°	35°	44	0.1	36	0.80 ~ 1.82	2.7 ~ 11.1	0.98	0.27	1.03
III-1-1				0.0		0.78 ~ 1.82	4.0 ~ 9.2	1.10	0.32	0.88
III-1-2				0.1	18	0.80 ~ 1.79	3.9 ~ 11.5	0.98	0.27	0.72
III-1-3				0.2		0.83 ~ 1.82	3.8 ~ 10.4	0.88	0.22	0.60
III-2-1				0.0		0.82 ~ 1.82	3.7 ~ 12.1	0.98	0.27	0.72
III-2-2	10°	50°	32	0.1	36	0.83 ~ 1.86	3.6 ~ 13.4	0.89	0.23	0.62
III-2-3				0.2		0.80 ~ 1.85	4.0 ~ 13.7	0.79	0.19	0.52
III-3-1				0.0		0.80 ~ 1.79	4.0 ~ 10.4	0.89	0.23	0.62
III-3-2				0.1	54	0.85 ~ 1.29	3.7 ~ 10.3	0.80	0.20	0.53
III-3-3				0.2		0.80 ~ 1.18	3.6 ~ 8.6	0.71	0.17	0.45



図・2-1 $|u/u_0|$ と r/L の関係 (断面②)



図・2-2 $|u/u_0|$ と r/L の関係 (断面③)

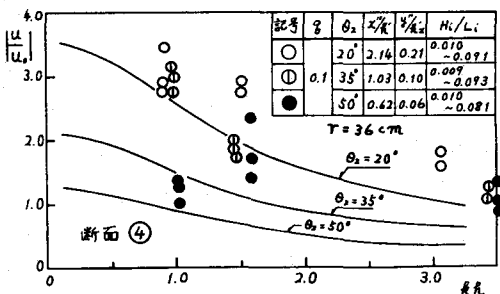
めて水粒子速度 $|u/u_0|$ および流量 Q/Q_0 と r/L との関係図の1例を示したのが図・2、図・3である。なお、これらの図中の曲線は(1)式および(2)式によって求めた理論曲線である。

1) $|u/u_0|$ の分布特性; 図・2-1 ~ 2-4 は図・1の天端水深 $g = 0.1$ の場合の、同図の② ~ ⑤の各断面での水粒子速度 $|u/u_0|$ の分布を示したものである。全体的に $|u/u_0|$ は r/L が大きくなるにつれて減少する。また、岸側に近い断面ほど流速は大きくなっているが、これは水深減少による一種の縮流効果によるものと考えられる。第2斜面の角度 θ_2 の影響は断面④、⑤で大きくなるが、 r/L が小さいときは斜面からの反射波や碎波による戻り流れ等の影響により、 $|u/u_0|$ は逆に小さくなる傾向を示す。

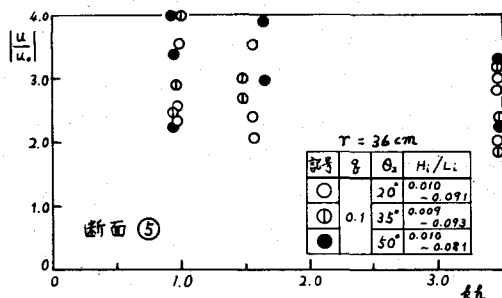
2) Q/Q_0 の分布特性; 図・3は $g = 0.1$ の場合 θ_2 が 20° および 35° のときの流量 Q/Q_0 の分布を示したものである。全体的に沖側の断面ほど流量は大きくなる傾向を示し、また r/L が小的时候は θ_2 の大きい case が Q/Q_0 は大となる。

岸側の断面では流速は大きくなるが、水深減少のため断面が小さくなるので流量はそれほど大きくならない。

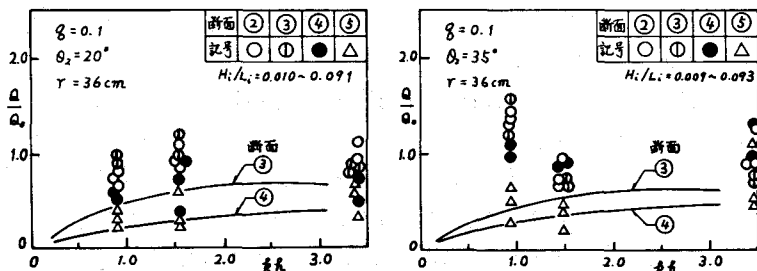
5. 結語 主な結論は次のようになる。1) 流速 $|u/u_0|$ は各断面で r/L が大きくなると共に減少する。2) 岸側に近く水深の小さい断面ほど流速



図・2-3 $|u/u_0|$ と r/L の関係 (断面④)



図・2-4 $|u/u_0|$ と r/L の関係 (断面⑤)



図・3 Q/Q_0 と r/L の関係

は大きくなる。3) 流速の実験値と理論値の分布傾向はどの断面についてもほぼ一致しているが、定量的には水深の大きい断面においての適合度がよい。4) 流量は全般的には水深の大きい断面の方が大きくなる傾向を示す。