

Ⅱ-67 陸上を遡上する波先端部の底面境界層

東北大学大学院 学生員 ○飯塚英之
東北大学工学部 正 員 真野 明

1. はじめに

著者らは沖で砕波し段波状となって陸上を遡上する波の先端付近の流速測定を行ってきており、波の規模が小さい時には、境界層の発達は、層流に対するRayleigh問題で良く近似されることがわかってきた。

そこで、本研究では実現象に近づけるため波の規模を大きくし、波先端に乱れを含む状態で実験を行い、汀線上と陸上とで、底面境界層の変化について調べた。

2. 実験装置および方法

実験に使用した水路は図-1に示すとおりであり、前報（飯塚ら（1989））と同じものである。実験条件は造波周期 $T=1.9$ s 沖側水深 $h_1=24$ cm 造波振幅 $a_1=1.5$ cmである。また、最大遡上行程 x_{max} は95cm 汀線での波先端部の入射速度は約80cm/sであり、波は斜面途中でspilling型の砕波をし、汀線に段波状となって入射する。流速測定は水素気泡発生装置と高速度カメラ、ストロボスコープを用いた可視化手法により測定し、その方法は、前報とほぼ同様であるが、今回は波先端部で乱れの含まれる流速分布を測定するために、水素気泡のタイムライン間隔を狭くする必要があり、水素気泡の発生間隔をストロボスコープの発光間隔の半分にする分周波装置を新たに用いて時間制御を行った。測定点は2ヶ所とり、汀線と汀線より岸側20cmの位置とした。実験で対象とした波は造波機による第1波のみとし、座標軸は原点を汀線上にとり、斜面に沿って岸側に x 軸、斜面に垂直上向きに y 軸をとった。

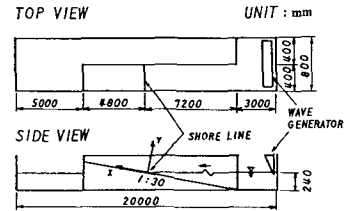


図-1 実験水路

3. 実験結果および考察

図-2と図-3に各測定点における主流流速 $\bar{U}$ 、水深 D 、フルード数 Fr の経時変化を示す。時刻 t の原点は波先端部が汀線に達した時刻とし、 $x=20$ cmの地点には $t=0.26$ sに波先端部が到達した。主流流

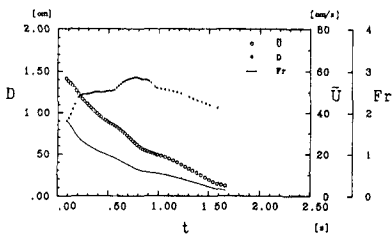


図-2 $\bar{U}$, D , Fr の経時変化($x=0$ cm)

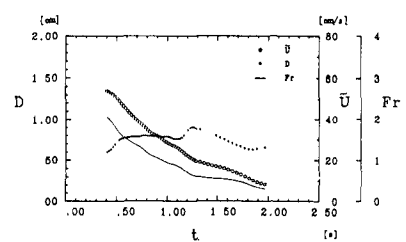


図-3 $\bar{U}$, D , Fr の経時変化($x=20$ cm)

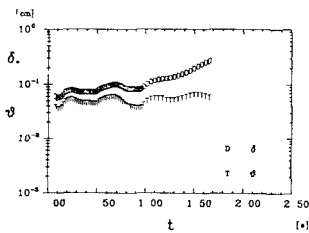


図-4 δ_+ , θ の経時変化($x=0$ cm)

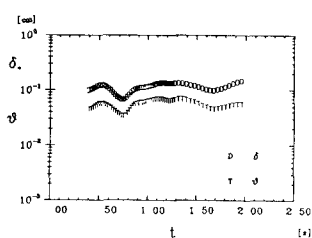


図-5 δ_+ , θ の経時変化($x=20$ cm)

速はどちらも時間の経過とともに減少し、変化率も減少している。また、フルード数を見ると $x=0\text{cm}$ では $t=0.5\text{s}$ 以降で、また、 $x=20\text{cm}$ では $t=1.0\text{s}$ 以降で値が1以下となり流れの状態が射流から常流へ変わっていることがわかる。水深は、波のごく先端では両者とも急激な増加を示し、その後はほぼ一定で推移している。また、 $x=0\text{cm}$ では 0.6s 過ぎに、 $x=20\text{cm}$ では 1.1s 過ぎに特異な水深の増加が見られる。その時刻前後でフルード数の値が1以上から1以下に移行していることを考えると、水深の特異な増加は射流から常流へと移り変わる遷移領域が通過したためと考えられる。

図-4と図-5に排除厚 δ と運動量厚 θ の経時変化を示す。 $x=0\text{cm}$ の図を見ると波のごく先端における $t=0.2\text{s}$ 付近までは、排除厚、運動量厚とも急に増加しており、境界層が水深の急激な増加とともに発達しているのがわかる。また、 $t=0.2\text{s}$ 付近から $t=1.0\text{s}$ 前後までは、増加、減少の変動があるが、全体的に、徐々に増加する傾向が見られる。 $t=1.0\text{s}$ 以降では増加の割合が大きくなり、水深が減少するにも関わらず、排除厚は増加し、境界層が発達しているのがわかる。 $x=20\text{cm}$ の図-5を見ると、波先端部では値が減少してゆき、 $t=0.7\text{s}$ 前後からは増加しており汀線での現象と異なっている。これは図-6、7の流速分布を見るとわかるように波先端が陸上に進入した直後では図-6のように底面境界層が大きくなっており図-5での値が減少するのは、この底面境界層が下方へ降りてく

るためである。また、値が増加するのは図-7の状態から境界層が発達するためであると考えられる。図-8に汀線($x=0\text{cm}$)における波先端部の流速分布を示す。明らかに $x=20\text{cm}$ のものと分布が異なっている。

次に、運動量方程式の各項の釣合を図-9、10に示す。図中の番号は1は局所項 ($\partial M / \partial t$) 2は運動量流束の勾配項 ($\partial(\rho M^2/D) / \partial x$)、3は全水圧の勾配項 ($\partial(gD^2 \cos \theta / 2) / \partial x$)、4は斜面反力項 ($gD \sin \theta$)、5は底面摩擦項 (τ_b / ρ) に対応している。 $x=0\text{cm}$ の図-9を見ると時刻 $t=0\text{s}$ から $t=0.5\text{s}$ では、運動量流束の勾配項と全水圧の勾配項が他と比べて大きく、これらが釣り合う形となっているのがわかる。また、波後方部では運動量流束の勾配項と斜面反力項が局所項と全水圧の勾配項に釣り合う形となっている。一方、 $x=20\text{cm}$ では先端部に関しては同様であるが、波後方では、 $x=0\text{cm}$ 比べて全水圧の勾配項が大きくなっている。

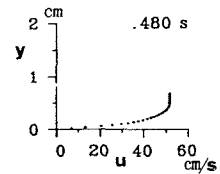


図-6 流速分布 ($x=20\text{cm}$)

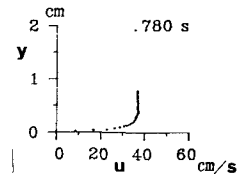


図-7 流速分布 ($x=20\text{cm}$)

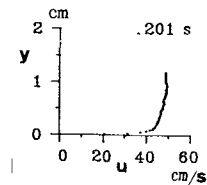


図-8 流速分布 ($x=0\text{cm}$)

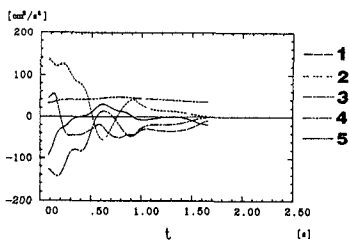


図-9 運動量方程式各項の値 ($x=0\text{cm}$)

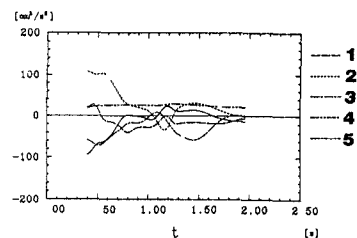


図-10 運動量方程式各項の値 ($x=20\text{cm}$)

4. おわりに

汀線と陸上とは、特に波先端部の流速分布の形が異なり、境界層の形成の過程に差があることがわかり、さらに、流れが射流状態となっている波先端付近では運動量流束の勾配項と全水圧の勾配項が支配的になっていることが示された。

【参考文献】

- 1) 真野 明, 加藤聡也: 入射段波の陸上遡上, 土木学会論文集Ⅱ第417号, p. 229-236