

東京大学工学部 正会員 堀川清司

同上

同上 〇水口 優

§1. はじめに.

室内実験において、入射波の周期の2倍の周期をもつストークス・モードのエッジ波を観測し、その時の流山の状況も調べたので報告する。実験には、長さ600cm、幅120cmの平面水槽を用いた。斜面は、厚ベニヤ板製の固定床で、勾配1/5である。斜面前面の一樣水深部の深さは、ほぼ10cmである。

§2. ストークス・モードのエッジ波について.

一樣斜面上を斗線方向に進捗する微小振幅のポテンシャル波としてこのエッジ波は、Ursell により一般的に求められている。その第0次モードでもあるストークス・モードの分散関係及び波形は、次のようになる。

$$\omega^2 = gk \sin \alpha \quad (1)$$

$$\eta \propto \cos kx e^{-kx \cos \alpha} \quad (2)$$

ここでは、 x , y は、それぞれ斗線より沖合方向及び斗線方向の座標で、斗線方向には重畳波を考えている。すなわち、エッジ波の波長 Le は、その周期 T_e より、 $Le = \frac{gT_e^2}{2\pi} \sin \alpha$ で与えられる。^{*}

§3. 観測結果

入射波の2倍の周期のエッジ波を観測したケースを表-1に示す。これ以外に、周期として、0.4及び0.5sec、波高としても、沖波波高の大きい場合の実験も試みたが、いずれも倍周期のエッジ波は見つからなかった。また、表-1のケースと同条件でも、倍周期のエッジ波が、いつも発生するとは限らなかった。

具体的な例として、ケース68と87をとりあげる。図-1は、ケース68の斗線付近での波峰線(または、Run-up 前面)と染料の動きを、ビデオカメラを用いて読み取ったものである。波をあて始めて、ある程度の時間が経過した後、かなり急激に斗線方向の波動が成長したとの状況である。一度発生したエッジ波は、多少の波高変動を除き安定している。図-2は、容量式波高計により測定した記録から、倍周期の成分を分離したものである。図中の実験値は、図-1から斗線での水平方向の変動の振幅を11.6cmと読み、波高として2.3cmとなり、それと式(2)を考慮したものである。斗線方向の位置の差は、紙面の都合もあって、議論しない。

短周期の実験であるが、表面張力 σ を考慮した分散関係は、ストークス・モードでは、次のようになる。

$$\omega^2 = (1 + \frac{\sigma}{\rho g}) k^3 \sin \alpha$$

CASE	入射波 周期	沖波 波高の比	反射率	倍周期の Le	斗線方向 の波数	波数 の Le
67	0.585 sec	1.07%		41.9 cm	3	40.0
68	0.612	1.52		45.9	2.5	48.0
72	0.687	0.92		57.8	2	60.0
79	0.785	0.65	0.30	75.5	2	60.0
87	0.891	0.73	0.26	97.2	1.5	80.0
89	0.890	0.59	0.27	97.0	1.5	80.0

表-1 実験ケース

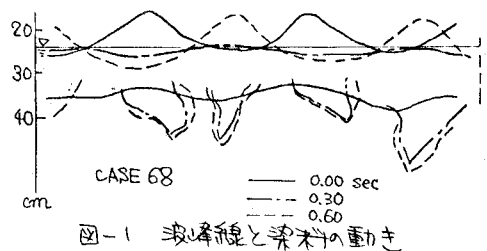


図-1 波峰線と染料の動き

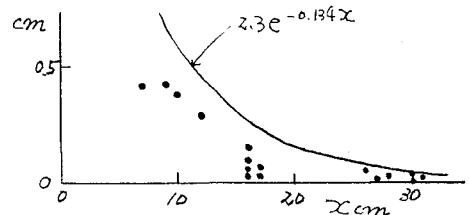


図-2 倍周期成分の振幅

図-3、表-2は、ケース87の波高の動きと、波高計の記録の解析結果である。波高は、同時計測はしており、エッジ波の同一腹内での位相の一致、隣り合う波の位相の反転がみられる。なお、参考までに、図-4に波高計の生の記録を示す。

入射波と同じ周期をもつエッジ波の存在は、簡単に確認し難いが、Run-upに定常的な周期性が見られる程のものはない、と言える。

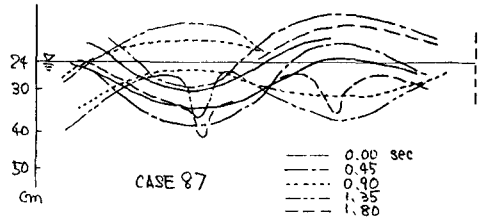


図-3 波高の動き

測定点		入射波周期		倍周期	
X	Y	振幅	位相	振幅	位相
12.4 _{cm}	25.0 _{cm}	14.0 _{cm}	-0.62 _{rad}	3.0 _{cm}	-1.56 _{rad}
32.0	25.0	8.4	-1.35	0.5	-1.41
12.4	7.7	8.4	-1.13	9.0	1.41
32.0	7.7	6.8	-1.41	2.0	1.46

表-2 波形の解析結果

5.4. 結論または考察

上記の観測結果からみて、観測された干渉位相での変動が、入射波の2倍の周期をもつストークス・モードのエッジ波であることは明らかであり、次の事が結論となる。

(i) 勾配が急な斜面において、入射波の波高が小さい時(破砕形波が、破砕形波以下に対応する波高と言える。)、入射波の2倍の周期をもつストークス・モードのエッジ波が、支障的に発生、成長する。干渉位相での波高は、入射波の波高の数倍にも達する。

この事実は、Guga & Davis が、入射波が完全反射する場合に、干渉波のエッジ波との間の非線形なエネルギー搬送による共振現象を扱うことに伴い、入射波の倍周期の第0次(ストークス・モード)のエッジ波が、最も大きな growth rate を示すことを導いた結果と部分的に一致するものである。

(ii) 図-4の例にもあるように、波高計の記録からみれば、入射波の2倍の周期という事実が優先し、120cmという両端境界条件による波長の制限は、適当に調整されている。

(iii) エッジ波が発生した時の干渉位相の流山は、エッジ波の腹の部分で内向きの流山が存在するというパターンをとる。その流山は、波動としての水粒子移動が打ち上げ方向にたかう位相であらう。逆位相の時は、全体としての水粒子移動となる。それは、エッジ波による重複波の質量輸送と考えられる。

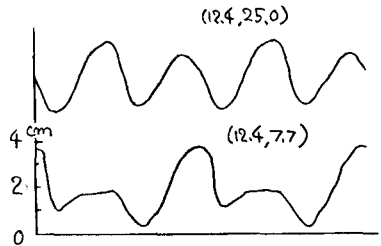


図-4 波高計の記録例

5.4. おわりに

最後に、エッジ波は、破砕帯付近の流山を説明する1つの鍵として注目されているが、今回の実験からは、その干渉における波高の大きさや流山の規模の関係や流山の物理的な性質を考えると、エッジ波から一面的に、流山を説明するという考え方は、現在までの現地観測の結果を説明することはできなると結論される。また、今回の実験においては、流山による波峰線の歪みも全く見られなかった。

参考文献

- (1) Ursell, F. Proc. Roy. Soc. London, A, 214, pp. 79-97.
- (2) Guga, R.T. & Davis, R.E. J.G.R., vol. 79, No. 9, pp. 1285-1291.
- (3) Bowen, A.J. & Inman, D.L. J.G.R., vol. 74, No. 23, pp. 5479-5490.