

名古屋工業大学 学生員 ○林 功

名古屋工業大学 正 員 石田 昭

1 緒言

浅水域での波は水深波長比が小さくなるほど非線型性が強くなって Soliton 分裂とか二次波峯現象とか呼ばれる非定形波となることが知られており^{1,2)}、著者の一人³⁾はすでにこの現象の発生原因を Phillips の非線型共鳴干渉の理論で説明できることを見い出してきた。即ち、造波装置により単一周波数の波を発生させたつもりでも、非線型相互干渉によって波数と周波数の異なる数個の波が発生し、主峯間にいくつもの二次波峯が見られる（干渉により発生する波の振幅が小さいときには単なる非定形波現象）。このような場合、底面に砂を敷きその変化を見ると、底面上に波長の数倍程度の長さの比較的正しい正弦的变化が現われる。このような変化を Karakiewicz は Multi Bar と呼んでいる。著者らはこれを Dune と呼び実験結果の一部を報告してきた⁴⁾。本報告は二次波峯現象において発生する Dune の発生機構を明らかにしようとしたものである。

2 実験方法

全長 26.4 m、幅 60 cm、高さ 1.2 m の片面ガラス張り水槽を使用し、一端に造波装置、他端には消波のために 1/60 勾配で碎石を置いた。底面には均一粒径の砂 ($d_{50} = 0.15 \text{ mm}$) を長さ 17.1 m、厚さ 20 cm で敷いた。砂床上の水深、20, 30, 40 cm の三種類について周期と波高を変化させ、水底変化を観測した。実験条件は右の表に示す通りである。

表 1 実験条件と二次波峯下の Dune の大きさ

Run No	T(sec)	L(cm)	H(cm)	h(cm)	Ld(m)	Hd(cm)
1	1.3	2.00	10.51	30	2.36	7.4
2	1.77	2.92	10.22	30	5.75	15.8
3	1.3	1.73	9.7	20	3.25	9.1
4	1.3	1.78	9.3	20	3.30	11.4
5	1.77	2.48	10.19	20	7.35	10.0
6	1.75	2.44	7.62	20	6.50	11.3
7	1.77	2.51	11.66	20	7.10	8.8
8	1.3	2.20	15.15	40	2.54	5.6
9	1.77	2.91	8.88	30	5.45	9.2
10	1.16	1.72	12.54	30	1.90	3.5
11	2.17	3.66	11.70	30	10.90	16.3
12	1.97	3.32	10.14	30	8.05	15.5
13	1.78	2.92	8.02	30	5.05	7.3
14	1.32	2.04	10.94	30	2.55	9.3

3 Dune の形状特性

Dune の形状は前述したように、正弦波形に近い形となる。Dune の波高を H_d 、波長を L_d とすると

$$H_d = 0.34 L_d^{0.73} \quad (1)$$

が成立することがすでに分っている。また二次波峯の発生間隔を X とすると $L_d = X$ となり、Dune の位相は波峯の場所的分布曲線と同位相になっている。即ち、二次波峯発生点（波高大）に Dune の峯が位置し、二次波峯の追い越し点（波高小）にその谷が位置する関係となっている。表面波の場所的な平均波高を H 、基本波長を L とすると、 X と波長比 (X/L) の値は、水深波長比 (L/h) と波高水深比 (H/h) の関係で与えられることをすでに報告した³⁾。これにより Dune の位置が求められる。

4 Dune の発生機構

発生機構を述べる前に、二次波峯現象における波高の変化について述べる^{3,5)}。実験波形を場所と時間

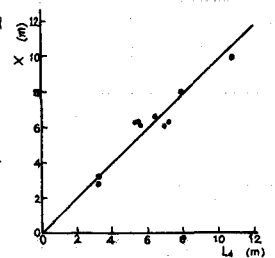


図 1 Dune の波長と二次波峯の発生間隔

について整理したものや、KDV方程式に基づいて数値計算した結果を見ると、二次波峯の追い越し点($x=nX$)における時間波形は正弦波形に近い形をしていること、分裂を開始すると時間波形は前面が急で後面が緩やかな形となり、さらに進行して二次波峯発生点($x=(n+\frac{1}{2})X$)では主峯間中央に明瞭な二次波峯が発生して時間波形は対称形となり、主峯は非常に尖った形となること、発生点を過ぎると再び非対称形となるが、今度は前面が緩やかで後面が急な形となること、さらに進行すると初期波形に戻っており、再帰現象があることがわかっている。したがって底面上の氷粒子速度もほぼ上述のような変動をするものと考えられる。砂運(Dune形成前の初期段階に形成される)が発生している場合の底質の移動状況は、波の峯が通過する時(岸向き流速となりこれを正にとる)に掃流状態で岸へ向って移動し、谷が通過する時(沖向き流速)は浮遊状態で沖へ向って移動する性質がある。砂運上でアロペラ流速計を用いて計った各点における底面流速 U_b の時間分布が図2である。図中 U_t は掃流での移動限界流速、 t_s は浮遊した砂が沈降するのに要する時間を表わしている。斜線部は掃流状態で、点で示す部分は浮遊状態で移動し

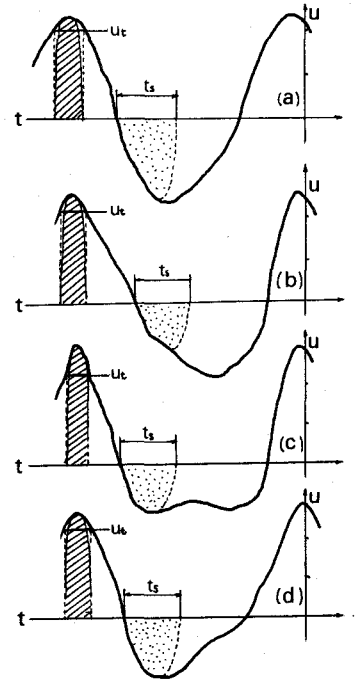


図2 底面流速 U_b の場所的変化

ていることを意味している。掃流形式による移動量は U_b の値とその継続時間の積つまり斜線部の面積で表わされるものとする。例えば(a)と(c)を比較すれば、(a)では継続時間が長いピークは鈍く、(c)では逆に継続時間は短いピークは鋭くなっており、両者の斜線部面積はほぼ同じと見なすことができる。これは(b)(d)についても言え、結局掃流形式での移動量は場所的にそれほどの変化はないと思われる。一方浮遊形式による移動量は点で示す部分の面積で表わされるものと考え、(a)の追い越し点では t_s 時間内に大きな負のピークを含む波形となり沖向き流速は大きくなる、浮遊砂濃度も高くなるので浮遊形式での移動量は最大となる、(b) $x=\frac{1}{4}X$ 点での t_s 時間内の波形は後面緩やかなため負のピークに達する前に砂が沈降してしまい、移動量は最も少なくなる、(c)の発生点での t_s 時間内の波形は鋭いが小さい負のピークを含み、移動量は(b)よりも大きくなる、(d) $x=\frac{3}{4}X$ 点でも t_s 時間内の波形は後面が急なため大きな負のピークを含む、しかし前面が緩やかなため(a)よりは移動量は少ない。ここで各点での正負の移動量を合せてみると、(a)では大きな沖向き、(b)では大きな岸向き、(c)では小さな岸向き、(d)では小さい沖向き、となり、結局二次波峯発生点に砂が堆積し、追い越し点では砂が取られることとなる。このことは、各点での砂運の向きを見ることによっても確かめられた。

<参考文献>

- 1) 細井正延・石田昭：二次波峯現象における非線型擾の解析、第17回海岸工学講演会論文集
- 2) 石田昭・石田和生：浅水領域における波形の分裂現象、第20回海岸工学講演会論文集
- 3) 石田昭：浅水領域での分裂波Solitonの特性について、第22回海岸工学講演会論文集
- 4) 細井正延・石田昭・平山秀夫：進行波によるDuneの発生に関する研究、土木学会第25回年講
- 5) 細井正延・楠理青生：進行波による浮遊砂濃度分布について、第22回海岸工学講演会論文集