

II-29 碎波帯内の浮遊砂と碎波形態

東京大学工学部 正会員 堀川清司
" 学生員 福井直治

1. 緒言

我々は、碎波帯内における浮遊砂の濃度分布を測定し、その状況が碎波形態によって著しく異なることを知った。そこで、漂砂現象を解明するには、碎波形態の特性を把握することが必要であることを痛感し、クノイド波理論を用いて碎波点付近の水粒子速度を計算し、若干の検討を行なった。

2. 碎波帯における浮遊砂濃度分布

我々は、底質として比重2.69、中央粒径170 μ mの砂を用い、下記の波浪条件で浮遊砂濃度を測定

し、図1、2の結果を得た

。これらの図から次のよう

な事項を指摘しよう。

CASE	沖波波高(cm) H_o	沖波波長(cm) L_o	周期(sec)	碎波水深(cm) h_b	海底勾配	碎波形態
I	9.98	462	1.72	15.0	1/90	plunging
II	8.37	138	0.94	11.0	1/80	spilling

(1) 碎波点より沖側の領域については、本間・堀川による浮遊砂濃度分布式の表式に近く、一方碎波点より岸側では、比較的高い浮遊砂濃度が水面の近くにまで達し、鉛直分布曲線がたゞ傾向が認められる。

(2) 図1と図2の著しい相異は、碎波点付近の浮遊砂濃度にある。図1では、碎波直後に、濃度の小さい部分が水底近くにまで達しているのに対し、図2では、そのような形になっていない。この理由は、plunging型では、波峰から投げ出された水塊が水中に深くもぐり、その部分の濃度を小さくするからであると考えられる。

3. クノイド波による表現

海底勾配が1°以下のとき、spilling型とplunging型碎波の境界は沖波の波形勾配、 $H_o/L_o = 0.028$ である。これを碎波点における波形勾配に直してみよう。まずIversenの実

験結果より、 $H_o/L_o = 0.028$ 、 $H_b/H_o = 0.95$ 、 $h_b/L_o = 0.035$ 、および $L/L_o = 0.54$ をうる。これらより碎波点における波形勾配は、 $H_b/L_b = 0.0493$ となる。またBreaker Index から $H_b/L_b = 0.0575$ をうる。

充分小さい勾配の海底で碎けようとする波をクノイド波で表現しようと考え、取扱ってみよう。クノイド波の波形は次の式で表わされる。(記号は図3に示す通り。)

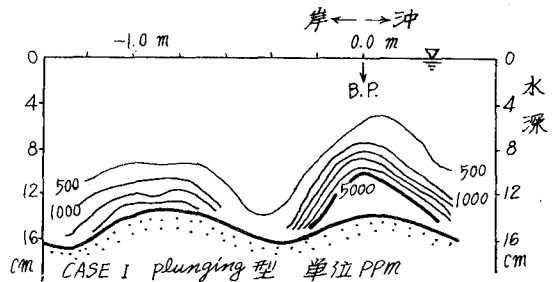


図1. 浮遊砂濃度分布

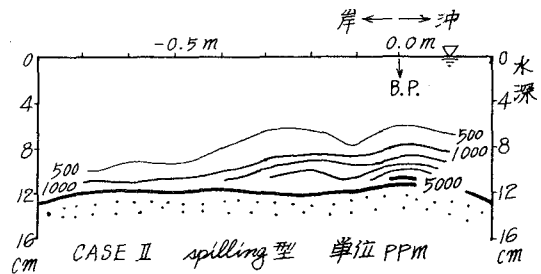


図2. 浮遊砂濃度分布

$$\eta = H \operatorname{cn}^2 \left(\frac{2K\eta}{L} (x - ct), \eta \right)$$

ここで $\operatorname{cn}[\quad]$ はヤコビの楕円関数、 L はその母数である。さてクノイド波の限界波高は $L \operatorname{it} \eta = 1$ によれば $H = 0.73 Y_b$ で与えられる。この条件をみたす、次の5つの場合について計算を行った。

No.	η	T(sec)	d/L	H/Y_b	H/L	$C/\sqrt{gd}$	$U_{\max}/C$	砕波型
1	0.9999	4.62	0.062	0.733	0.0403	1.210	0.883	plunging
2	0.9995	3.94	0.071	0.720	0.0447	1.185	0.768	"
3	0.9990	3.34	0.077	0.725	0.0485	1.175	0.778	"
4	0.9900	2.25	0.102	0.710	0.0612	1.119	0.742	spilling
5	0.9000	1.25	0.159	0.708	0.0885	0.991	0.710	"

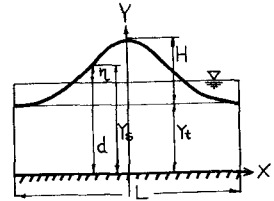


図3. クノイド波の諸元

T: 周期, C: 波速, $U_{\max}$: 波峰での水粒子水平速度最大値

典型的な2例、No.1とNo.4について、無次元化された速度ベクトル $V/\sqrt{gd}$ を図4、5に示した。これらの図より、次の諸点を指摘しうる。

- (1) S.W.L.を波面が切る点は plunging 型では、spilling 型に比べて、波峰に近い位置にある。
- (2) $V/\sqrt{gd}$ の絶対値の最大値は、plunging 型では比較的大きく、spilling 型では小さい。
- (3) plunging 型では、波峰に質量が集中し、従って巻き込みやすくなると思われる。
- (4) $U_{\max}/C$ は何れも1よりも小さい。砕波の条件としては、通常 $U_{\max}/C = 1$ として取扱うことが多いが、この条件についても更に検討を要するものと思われる。この比の値は plunging 型が大きく、spilling 型に移るにつれて小さくなっている。

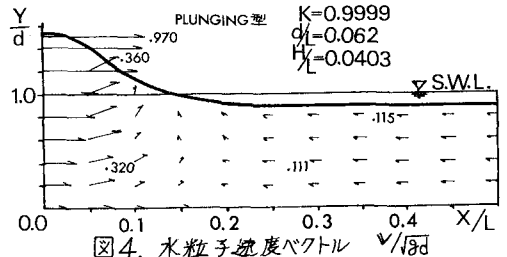


図4. 水粒子速度ベクトル $V/\sqrt{gd}$

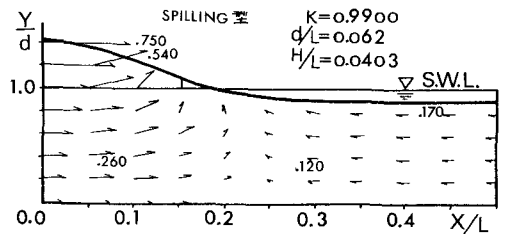


図5. 水粒子速度ベクトル $V/\sqrt{gd}$

- (5) いずれの数値も、plunging 型から spilling 型へ漸次に移り変っており、一線を描することは困難である。

4. 砕波形態に関する一つの試み

図6のように波形を定常化し、crest 直下の底面に原点Oをとり、波の内部の流速の、O点の周りの

の右まわりのモーメント $M = \int \{ (u-c)Y - vx \} ds$ を考えてみた。各ケースの比較のために $H=L$ として計算してみた。この結果は、plunging 型砕波は前方におおいかぶさるように動

No.	η	d(m)	L(m)	M(m ² /s)	砕波型
1	0.9999	1.54	24.85	+1.7	plunging
2	0.9995	1.59	22.40	-0.8	"
3	0.9990	1.59	20.60	-0.5	"
4	0.9900	1.67	16.33	-1.3	spilling
5	0.9000	1.79	11.54	-4.0	"

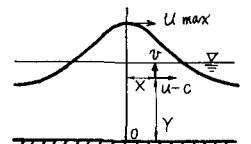


図6. 速度モーメント計算の際の諸元

いてゆき、spilling 型砕波はむしろその形を保ちながら動いてゆく事実と対応しているように思われる。