

II-344 流れによる波高・波形の変化

(財)電力中央研究所 正会員 ○礪山 勉・田中寛好

1. はじめに 流れによる波の変形に関する研究としては岩垣ら(1980)の碎波に関する基礎的な研究や、堺ら(1981,82,83a,83b,88,89)の一連の研究がある。また、著者の一人(1989)は流れ場における波高、波長変化をNavier-Stokesの方程式を数値計算により直接解いて検討した。堺らは場所により相対的な流れの強さが変化する場での波の変形を検討し、無次元流量 q^* で流れの影響を整理している。ここでは、波に及ぼす流れの相対的な強さの影響を把握するため、斜面上を流下する流れ場における波高、波長、波形等について実験的に検討を加えた。

2. 実験装置および実験方法 実験は岸から沖向きに定常流を発生させる循環流ポンプを有する長さ51.0m、幅0.90m、深さ1.20mの2次元造波水路に海底勾配1/15の斜面を作製して行った。波高計6台(斜面上に5台、一様水深部に1台)を用いて水面波形を、電磁流速計3台を用いて水深 $h=0.20\text{m}$ における流速分布を測定した。波速は波高計間の位相差から算出した。実験条件を表-1に示す。定常流速は1/15勾配斜面上の水深0.20mの位置での断面平均流速を0.15m/sに設定した。これは水深0.20mでの長波の波速(1.4m/s)の約0.1倍である。

3. 実験結果と考察 図-1に $h=0.20\text{m}$ における流れによる波高の変化を示した。縦軸は波高水深比 H/h 、横軸は一様水深部での波高から換算した沖波波高勾配 H_0/L_0 で示した。ピーク波高より小さい範囲では、同一の入射波高に対して流れ場の方が波高が大きくなっている。相対水深 h/L_0 の大きい、即ち周期の短い場合(◆:0.065, ■:0.100)に明瞭にみられるように、流れ場のピーク波高は流れがない場合より小さくなっている。これは岩垣らが示したように流速が大きくなると小さい波高で碎波するという結果と一致している。しかし、周期が大きくなると(▲:0.044, ●:0.025)では必ずしも流れ場のピーク波高が小さくなっていない。これは相対的な流れの強さが小さいためである。

図-2に碎波時の波速 C と周期 T との関係を示した。碎波はクレストが崩れる瞬間とし、目視によって判定した(したがってピーク波高とは必ずしも一致しない)。碎波形態は、流れがない場では $T=1.13\text{s}$ を除き明瞭なplunging碎波であったが、流れ場では $T=1.13\text{s}, 1.41\text{s}$ でspilling碎波、 $T=1.70\text{s}$ 以上でも巻込みが小さいplunging碎波であった。全体的に流れ場ではplunging碎波が起きにくくなっている。この傾向は堺ら(1981)の海底勾配1/15の結果と一致している。波速は流れがない場合は周期との関係はほぼ微小振幅波理論の結果と一致し、流れ場ではこれらより約0.2m/sだけ小さくなっている。この差は断面平均流速0.15m/sより大きい、これは定常流速の鉛直分布の影響であり、水表面に近いほど定常流速が大きいため波速は小さくなる。この結果は著者の一人(1989)の数値計算結果と一致する。

図-3に波形勾配の結果を示した。流れ場では流れがない場に比べ、図-1に示したように波高が大きくなること、また図-2に示したように波速が小さくなることから、波形勾配は図-3のように流れ場の方が大きくなる。これは岩垣ら(1980)の流れ場における碎波の結果と一致する。一方、堺ら(1983a)は流れが強くなるほど碎波波形勾配は小さくなる結果を示している。本実験結果によれば、波形勾配は流れ場のほうが大きくなっている。

波の形状を調べるために、波形勾配 H/L と波形の前傾度(E_c/T_c)/ C との関係を図-4に示した。ここに、 E_c 、 T_c は図中に示すように、クレストの水位とゼロアップ点からクレストまでの時間であり、 C は波速の実測値である。図-4より、同じ波形勾配に対して流れ場の方が前傾度が小さいことがわかる。このことは流れ場での波形のほうが対称形に近いことを意味する。これは流れ場での碎波形態がplunging碎波になりにくいことを示し、碎波形態についての目視結果と一致する。流れ場の方が波形勾配が大きくsurf similarityパラメータ $\xi = \tan\beta / \sqrt{H/L}$ が小さくなり、spilling碎波に移る傾向とも一致する。

4. おわりに 本報告では海底勾配 1/15 の限られた場合ではあるが、流れ場における波の変化について実験的な検討を加えた。今後は異なる海底勾配について実験を行っていく予定である。

<参考文献> 岩垣・浅野・山中・永井(1980):
第27回海講、堺・大塚・佐伯・尾崎(1981):第28
回海講、堺・佐伯・尾崎(1982):第28回海講、堺
・佐伯・尾崎(1983a):第38回年講、堺・佐伯・尾
崎(1983b):第30回海講、堺・平山・佐伯(1988):
土木学会論文集、樽山・牛島(1989):第44回年講、
堺・小林・小池(1989):第36巻海論。

表-1 実験条件

海底勾配	1/15
周期 T(s)	1.13, 1.41, 1.70 1.98, 2.26
定常流速 U(m/s)	0.15 (h=0.20m)
一様水深 h (m)	0.957

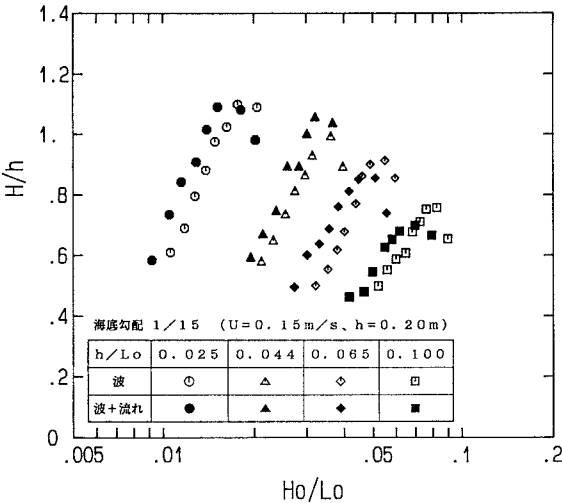


図-1 波高に及ぼす流れの影響

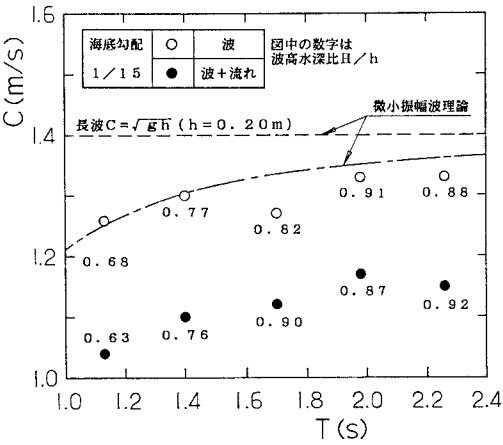


図-2 碎波波速と周期との関係

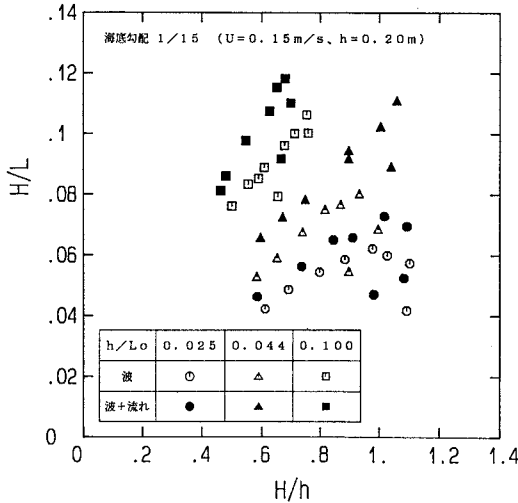


図-3 波形勾配に及ぼす流れの影響

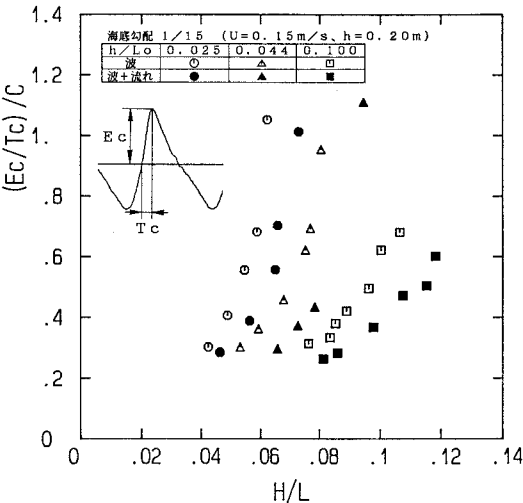


図-4 波の形状に及ぼす流れの影響