

東京大学工学部 正會員 工博 堀川清司
東京大学工学部 正會員 〇郭 金棟

§1 緒 論

浅海における波形的変化については、従来数多くの研究がなされてきたが、いづれも碎波するまでの現象に限られ、碎波後については余り議論されて居らず、幾つかの研究も報告されたに止まる。^{(1)~(5)}しかしながら碎波帯内に通常設置される海岸堤防や護岸に作用する波圧や、越波、遡上高さ、及びその安定問題や、漂沙に関する諸問題をより合理的に取り扱うためには、対象とされるその地先の水深に對應する波浪条件を知る必要がある。特に遠浅海岸の場合には一層その必要性を痛感される。ここには筆者らの行った実験結果を用いて碎波後の波の特性について報告する。

§2 実験方法

本実験は表-1の如く、四種の底勾配を用いて実験した。 $1/20$ と $1/30$ 底勾配は東大土木教室の長さ17m、幅0.7m、高さ0.6mの水路で行われ、波高の測定には抵抗線式波高計をほぼ30cm間隔に配置してペン書きオシログラフに記録した。 $1/65$ 及び $1/80$ 勾配の実験は台湾省立成功大学において、長さ75m、幅1m

底 面		実 験 波			
表面	勾配	周期 $T_{1\%}$	波高 H_0 (cm)	H/L_0	固定水深 d (cm)
ゴム張リ	$1/20$	20; 1.41	5.61 ~ 16.9	$0.0526 \sim 0.0075$	43.3
	$1/30$	22; 1.41	16.17 ~ 4.67	$0.0517 \sim 0.0073$	39.0
セメント面	$1/65$	1.66; 2.0	5.9 ~ 24.5	$0.0645 \sim 0.00945$	78.0
	$1/80$	20; 1.8; 1.6 1.4; 1.2	5.8 ~ 16.7	$0.0108 \sim 0.00724$	75.0

表-1 実験条件

高さ1.2mの水路を用いて行われ、前者には容量式波高計をまた後者には抵抗線式波高計を1m間隔に配置し、ペン書きオシログラフに記録した。なお $1/65$ と $1/80$ 勾配の実験では碎波後約3波長以後汀線までの波形はきわめて乱れているので測定は行われなかった。すべての波高は10波の平均値を求め、以下の解析を行った。

§3 実験結果

碎波の際には波頂の崩壊または落下によって大量の空気と水中に巻き込まれ、落下点附近では底面附近まで気泡の混入が認められる。波が岸に向って進行すると共に次第に速出し空気量は減少する。急勾配海岸では汀線に到達するまで、波頂には気泡が混入し、全域にわたってBoreの形に似ているが、緩勾配($1/65$, $1/80$)海岸では碎波後約2波長以降では、気泡は完全に速出し、波形を次第に回復する。よって碎波後の現象は大体的なような三つの領域に区分される。(1)碎波点から落下点まで、(2)落下点で大量の空気が混入し、進行と共に速出し、波頂だけに泡が認められるまでの区間、(3)泡が殆どなくなり、波形が形成され二次碎波に至る。

a) 波高の変化 : 水深 d での碎波後の波高 H は碎波波高 H_0 と碎波水深 d_b 及び進行距離に左右される。なる碎波条件は深海波(H_0, L_0)と底勾配 S の条件に支配される。従って;

$$H/H_0 = f(d/L_0, H/L_0, S) \quad \text{又は:} \quad H/H_0 = \varphi(d/d_b, H/L_0, S)$$

と考へられる。碎波後の波と深海波に関連づけて解析するのは結果はまとめ難く、むしろ最も強く支

配する要素である碎波条件に基づいて考察し、大方おまもり
りおつき、おつ实用的である。先づ深海波との関係で解析
した一例として $S=1/65$ の場合を圖-1 に示す。縦軸には H/H_0
を、横軸には H/L_0 をとり、パラメーターとして d/L_0 を取っ
ている。しかしながら $S=1/80$ の場合には同じ d/L_0 の曲線
はこれより多少左側に移る、すなわち H/L_0 は低めにあらわ
れてくる。これは伝播距離お波高低下に影響することを示
している。

そこで次に碎波条件に基づいて波高の低減を調べてみ
ると H/L_0 の影響はほぼ二次的と判断される。圖-2 は $S=1/80$
、 $T=2.0$ sec の場合の H/H_0 と d/L_0 の関係を示したものであ
るが、周期に殆んど関係なく同様の結果をうることもわか
った。実験資料の散乱は、碎波を系統的に把握することお
困難であり、碎波を高さも不安定であるからである。圖-2
より、碎波直後よりほぼ $d/L_0 \approx 0.9$ までの間では波高の低下
は小さく、 $d/L_0 \approx 0.9 \sim 0.75$ の間で波高の減衰が最
つても著しく、水深お25%減少した所では波高
は50%減少することになる。前者は大体前述の
(1)に相当し、碎波直後から落下直後に到達するま
での区間であり、波頂の水平お速度による自由落
下に相当した所である。もし d/L_0 および H/L_0 の値を
落下直後を基準にして取るとすれば曲線は右上に
移動し、この部分はなくなる。勾配を変えても
同様の現象が認められる。後者は前述の(2)に相
当し、巻きこまれた大量の気泡の逸出による水
面の低下と同時に渦動粘性によるエネルギーの
損失お他の部分よりも格段と大きく、減衰が著
しい。その後の区域は渦動粘性は二次的で摩擦
によるエネルギーの損失が主となるであろう。

圖-3 は種々の底勾配について比較したも
のである。勾配が急になる程、水深の減少に伴う波高低下は小さく、勾配が $1/65$ より小さくなるお殆
んど変化がない。圖-2,3 の表示法では一見急勾配の波高低下は小さいようであるが、事実上同じ進
行距離について考えれば急勾配ほど波高の低下は大きい。

(b) 静水面から波頂の高さ : 水深変化に伴う静水面から波頂の高さ a_1 と波高 H の比 a_1/H の変化
は、一例 ($S=1/30$ 、 $T=2.2$ sec) として示した圖-4 から知られるように、 d/L_0 が小さくなるに従って
 a_1/H は増大する。同様に幾つかの実験結果から判断すると、同じ相対水深 d/L_0 では、波形勾配が大きい

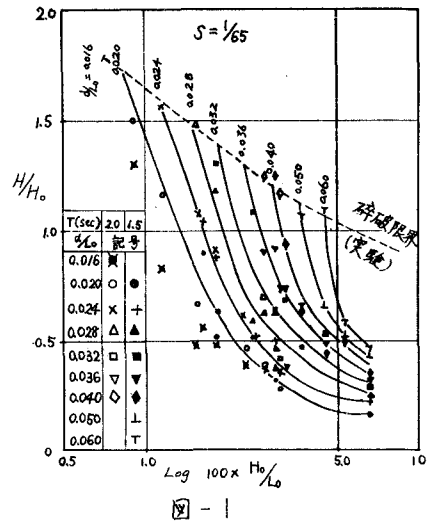


図-1

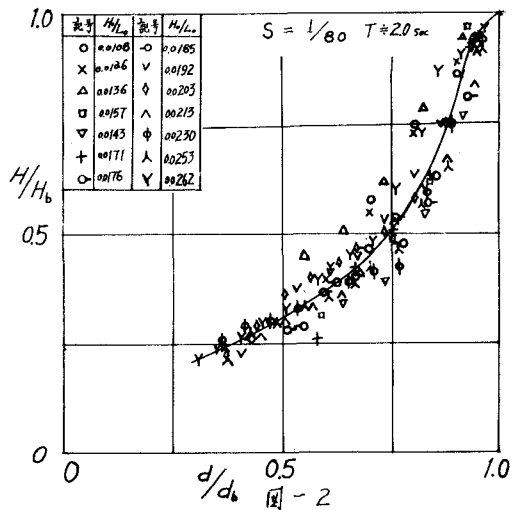


図-2

くなる程 η/H も大きくなる様である。 $1/20$ 勾配では一般に $1/30$ の場合よりも同じ d/L_0 に対して η/H は小さい値を与へる。図-4 の実線は $H/L_0 = 0.01$ のクノイド波の條件を記入したものであり、クノイド波及び孤立波理論は當然のことながら、極めて浅い水域附近にのみ適用しなくてはなる。

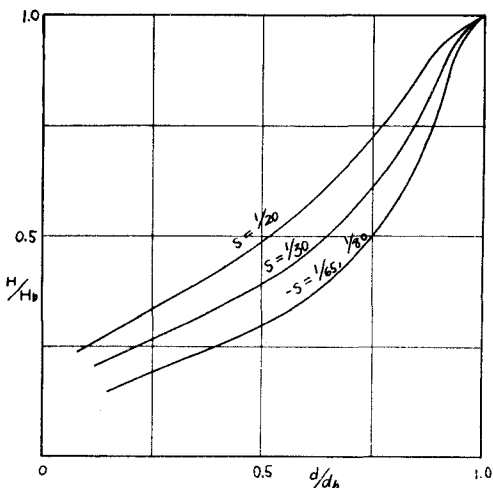


図-3

(C) 波高と水深の関係: 図-5 には $S=1/30$ の場合の H/d と d/L_0 の関係を示したものであり、図-6 は種々の底勾配についてまとめたものである。 H/d は碎波より水深が浅くなるにつれて減少し、ほぼ $d/L_0 \approx 0.35$ で最小となり、それより浅くは増大する。また急勾配の H/d の方が緩勾配の値よりも大きい。水深が著しく浅くなるにつれて H/d は急速に大きくなるのは、波の打寄せによって平均水位が著しく上昇し、波高も高く保つておこるからである。同様にして $S=1/20$ の場合について調べたが、ばらつきが大きく明確な関係を認めることが困難であった。

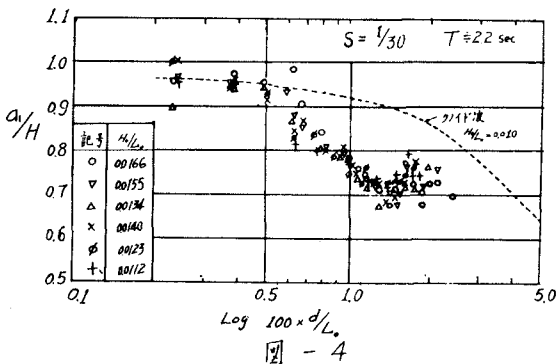


図-4

§4 結論

- 1) 碎波後の波高は碎波条件との関係でまとめると、かなりよく把握することゝできる。
- 2) クノイド波も孤立波も極めて浅い水域以外では適用し難い。また筆者の一人が $S=1/5$ の場合について取扱った碎波後の波高は各水深での最大孤立波波高を $H=0.78d$ とする便宜的な考へ方は、ごく浅い部分を除いては、安全側の一つの限界を与えるが、特に緩勾配の場合には過大に見積ることになる。
- 3) 底勾配により碎波後の波高低下、波高・水深比等が変化する。ただし $1/65$ と $1/80$ では殆んどその差を認められなくなる。また $1/20$ 勾配の場合には多少異った結果がえられている事から判断して急勾配斜面での反射の影響して、碎波後の波形はかなり複雑になっていることも予想

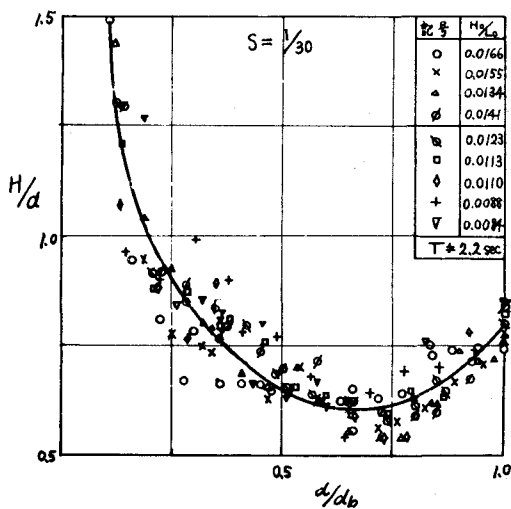


図-5

示る。

- 3) 今後なお測定方式，とくに空気混入の影響についても検討を加へ，測定精度を高める必要がある。

本研究をなすにあたり東京大学本間仁教授より終始御指導を賜わり，実験をなすにあたっては富山県立金沢大学湯 麟武教授，高 駿助手，東北大学長谷直樹助手をはじめ多くの方々の熱心な力を頂いた。ここに記して厚く感謝の意を表す。

参 考 文 献

- 1) 佐藤清一：海岸堤防の設計について，海岸工学研究会発表會論文集，(1954)。
- 2) 井島武士，高橋智晴，中村憲一：実体写真観測による碎波帯の波の性質について，第3回海岸工学講演會講演集，(1956)。
- 3) 樫本享：碎波後の波高変化におよぼす海底粗度の影響について，第9回海岸工学講演會講演集，(1962)。
- 4) 本間仁，堀川清司，長谷直樹：海岸堤防（護岸）に作用する波圧の分布について，第10回海岸工学講演會講演集(1963)。
- 5) 豊島修，前藤伸大，橋本宏：海岸堤防への波のうち打ち高—海底勾配 $1/30$ —，第11回海岸工学講演會講演集(1964)。

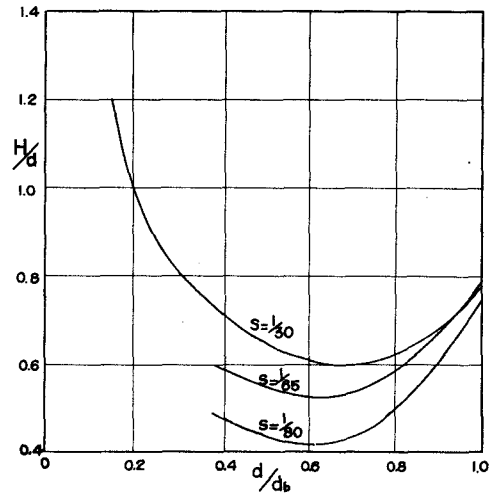


図 - 6