

III-54 二次波の発生限界について

東京大学工学部 正員 堀川 清司

1. 序 論 重力波の研究においては通常一連の正常な波形ともうたものを考えるがある条件の下において二次波が現われることは実験室においても、また現地においても認められている。この現象は特に水深の急変する場所において顕著である。この二次波の発生は重力波の作用、例えば屈折現象に重要な影響をおよぼしているようである。今までに行われた研究としては、オーに Mason 及び Keulegan¹⁾ の水深の急変するところでの波の変形に關する研究があり、この二次波の発生限界として実験的に次式を導いている。(記号については図-1 参照、以下同様)

$$\sqrt{\frac{H_1}{L_1}} \approx 2^{\frac{3}{2}} \frac{d_2}{L_1} \quad \text{----- (1)}$$

次に Wiegel 及び Arnold²⁾ は屈折の研究と進めるうちに二次波の発生を認め、その際には Snell の法則による屈折角の推定が不正確になることを指摘している。その発生限界の目安として linear wave theory の適用限界として Longuet-Higgins³⁾ が求めた次式をかかげている。

$$\frac{H}{L} \ll \frac{32\pi^2}{3} \left(\frac{d}{L} \right)^3 \quad \text{----- (2)}$$

また理論的には Miche⁴⁾ が波形のオニ次近似表示式から出発し、波底において曲率が零になる限界を求めた結果

$$\left(\frac{H}{L} \right)_{\text{critical}} = \frac{1}{3\pi} \sinh^2 \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \cdot \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \quad \text{----- (3)}$$

をえた。ここに報告する研究は上記の諸結果を実験的に検討するためになされたものである。

2. 実験設備並に実験方法 本研究の当初は水深の急変するところに二次波が発生しやすいとの観測から図-1(a)に示すような設備を用いた。深いところと浅いところの水深の差は 0.552 ft. (16.8 cm) であり、水路は 1 ft. 巾、3 ft. 深さ、60 ft. 長さのものと使用した。深いところの水深 d_1 は 0.750, 1.000, 1.250, 及び 1.500 ft. 従って reef の上の水深 d_2 は 0.198, 0.448, 0.698 及び 0.948 である。

波の特性としては 0.6~2.0 sec の周期を持ち、波高は 0.02~0.44 ft. であった。

上記のオニ次の実験の結果、二次波の発生は波自身の特性であることが推測されたので引続いて行われたオニ二次の実

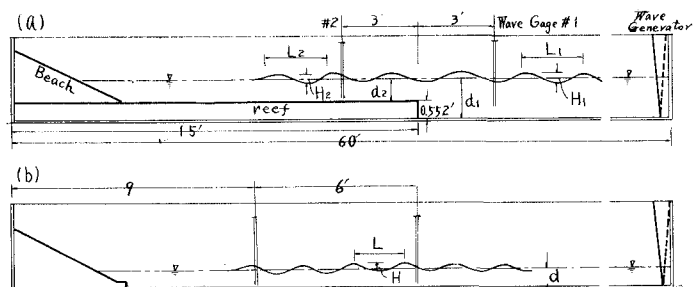


図-1 実験装置

験においては図-1(b)に示すごとく一様水深とした。水深 d は 0.198, 0.448 及び 0.698 ft を選
び、波の特性はオ一次と同様にした。

3. 実験結果並びにその検討 波形の不規則になる一つの限界は明らかに碎波限界であ
り、これについては Miche の結果

$$\frac{H}{L} = 0.142 \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad \text{----- (4)}$$

が実用的に使用しうることは Danel や 沢田 の実験で証明されている。

さて、先づ(1)式を検討した結果が図-2 であり、上式は一応 reef 上の二次波の発生限界の目安としては妥当なようである。記録波形を注意深く検討した結果、深い部分の波形にも二次波の発生が認められた。そこでオ二次の実験結果を示したのが図-3 であり、これから Miche の結果(3)式はよく実験結果を説明しうることがわかる。Longuet-Higgins の結果はほぼ Miche の結果と平行しており、(2)式の数学的表示からある妥当な目安を与えることは事実であるが、確定的ではない。

次に上記の実験結果に若干の検討を加えてみよう。先述のごとく、この実験には 60 ft. の有限長の水路を使用し、かつ Flapper type の波起しを使用した。また特にオ二次の実験においては反射波の減衰と波起しにより発生した

不規則な波を滑らかにする目的で wave filter を使用した。その他、波の特性を記録するに特定のニケ所を選んだ。以上はこの実験の適用限界を示すものとも考えられる。それは波起しにより、起される波は異なる。また、水路に沿って波形は次第に変化するという点からであり、wave filter の使用にも問題がある。

Miche の限界はオ二次近似式を用いて求められている。しかしオ三次以上の項も波形の水位変化そのものより、その曲率に対して寄与するところが比較的大きいと考えられる。従ってもしより正確な表示式をうることができれば、更により結果を期待しうるであろうが、現在のところ望むべくもない。この点、例えば Beach Erosion Board の Savage が特定の波について水路に沿っての波形を Fourier 解析した結果、オ次に高次項の占める部分が大きくなり、やがて一定に近づくような傾向にあるという結果をえているようであるが、これらの資料の集積は最小限度の水路長さ決定などとも関連して興味あることである。

4. 謝 辞 この研究は筆者が University of California に滞在していた間になされたもの

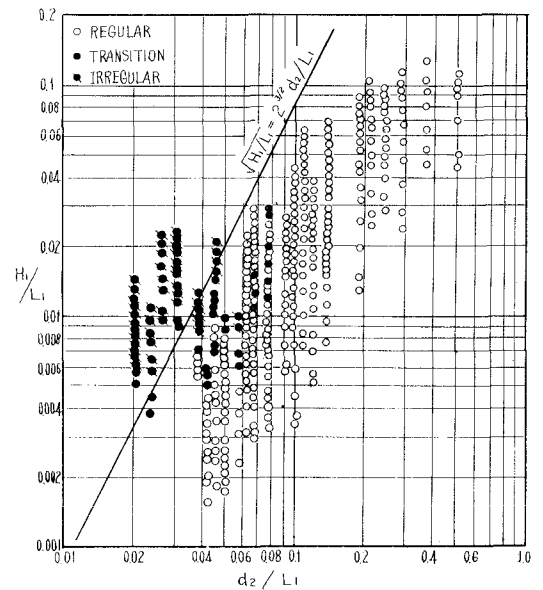


図-2 (1)式の検討

の一部分であり、このような社会を築くために東大本間教授並びにカリフォルニア大学 Johnson 教授に深甚の謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) Mason, M.A., and G.H. Keulegan, A wave method for determining depths over bottom discontinuities, Beach Erosion Board, Tech. Memo., No.5, May 1944.
- 2) Wiegell, R.L., and A.L. Arnold, Model study of wave refraction, Beach Erosion Board, Tech. Memo. No.103, Dec. 1957.
- 3) Longuet-Higgins, M.S., The refraction of sea waves in shallow water, Journ. Fluid Mechanics, Vol.1, Part 2, July 1956.
- 4) Miche, M., Mouvements ondulatoires de la mer en profondeur constante ou decroissante, Ann. des Ponts et chaussées, Tome 114, 1944.

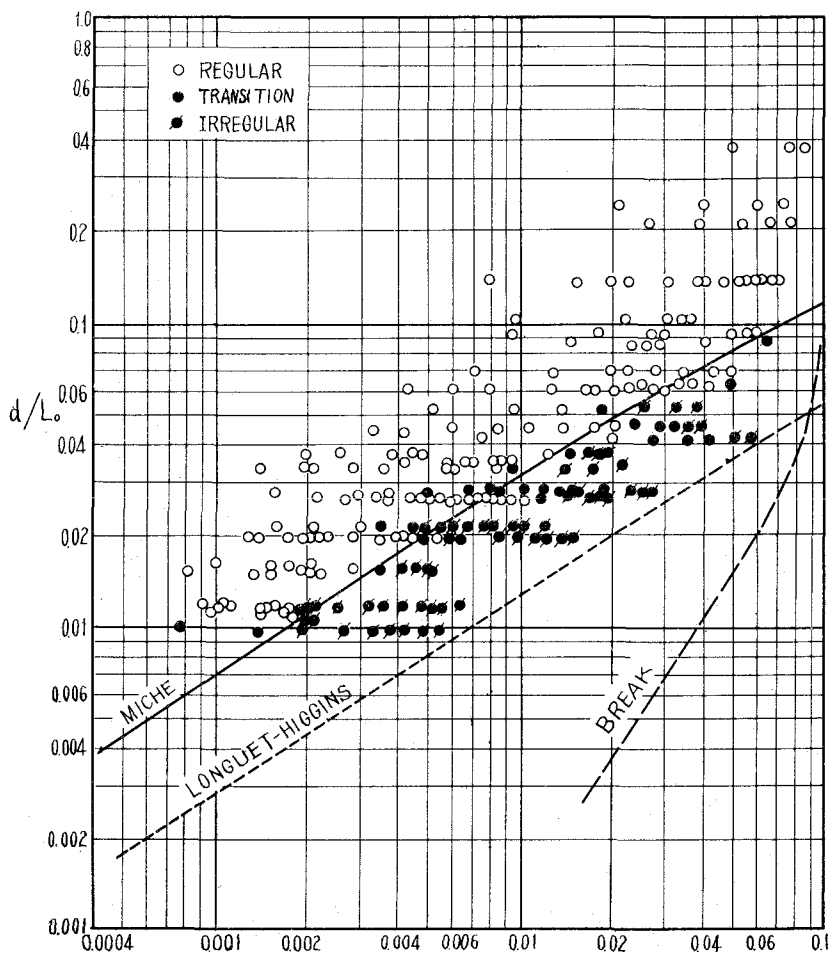


図-3 二次波の発生限界