

北海道大学工学部 正員 ○佐伯 浩
大井組技術研究所 正員 佐藤滋男

1. まえがき

水深が変化している海岸を波が進行する時、波の波高、波長、波速は水深変化の影響を受けて、変化する。本研究は、孤立波が、緩やかに水深が変化する場合の波速の変化を調べたものであり、加えて、水深が一定の場合の孤立波の波速を求め、孤立波理論の適用性を調べたものである。

2. 実験装置と実験方法

実験は、長さ24m、幅0.8m、高さ1.0mの鋼ガラス製水路で行なった。孤立波はタンク内の水を急に落下させる事により発生させた。得られる孤立波は再現性があり、波は、水深の25~30倍の距離では完全な孤立波となる。勾配部は、鋼製格子状フレームに、5mm厚の硬化アクリライト板を用いる事により、撓みと摩擦の影響を小さくするようにした。波高、波速の測定には、抵抗線式波高計を用いた。得られたデータは三回の実験の平均値である。

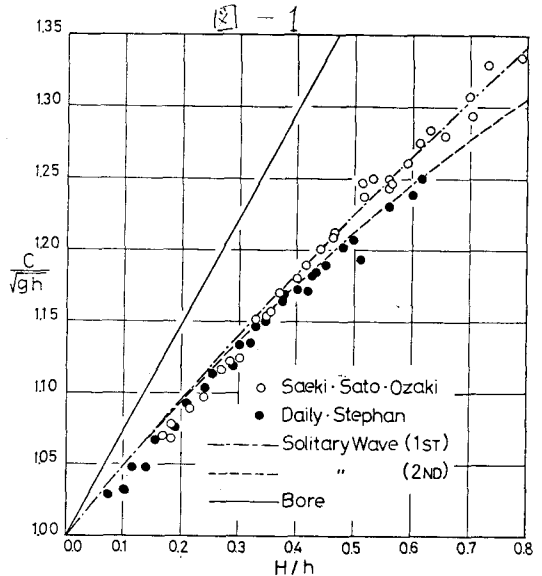
3. 水深一定の場合の孤立波の波速

孤立波理論は数多くの研究者により、その結果が発表されているが、その中でも、Laitone は、 σ 1次、 σ 2次近似理論の波速の式を求めている。それを(1)、(2)に示す。

$$\frac{C}{\sqrt{gh}} = \sqrt{1 + \frac{H}{h}} \quad \text{-----(1)}$$

$$\frac{C}{\sqrt{gh}} = \sqrt{1 + \frac{H}{h} - \frac{1}{20} \left(\frac{H}{h}\right)^2} \quad \text{-----(2)}$$

(1)式は、Boussinesq, Rayleigh 等の得を式と同じである。孤立波の波速の実験は、Daily & Stephan によりなされているが、実験条件は、水深13インチ、長さ32フィート



で側壁、底面ともに Lucite で作られた水路で実験を行ない、その結果は、(図-1)にあるように、 $(H/h) < 0.35$ の範囲では、Laitone の σ 1、 σ 2近似理論の波速より小さく、 $(H/h) > 0.35$ では、 σ 2次近似理論によく一致している。今回の我々の実験結果は、 $(H/h) < 0.35$ では、Daily 等の結果と同じであるが、 $(H/h) > 0.35$ では、 σ 1近似理論に一致している事が判る。孤立波の波形については、Daily 等と岸等が実験を行なっているが、その結果では、 σ 1近似理論によく一致している事から判断して、波速も σ 1近似理論に近くて当然である。 $(H/h) < 0.35$ の範囲では、実験値は、理論値と異なるが、これは、実験で作られる孤立波が完全な孤立波でなく、孤立波の後方には、必ず擾乱波とも云うべき、二次波が起り、 (H/h) が大きい場合には、この波の影響は小

さいが、 (H/r) が小さくなってくると、その影響は小さくなってくると思われる。即ち (H/r) が小さくなるとコーシー・ポアソン波的な波になる事が考えられる。

4. 水深が直線的に変化する斜面上の波速

この種の実験は、Kishi & Saeki が、 $\delta = 1/10, 1/15, 1/20, 1/30$ で行なっている。Street 等は、比較的緩い勾配で実験を行なっ

ているが、その詳細は報告されていない。

Kishi 等の実験では、勾配が急なため

に、沖波(水平床部)は孤立波理論に近い値を示しているが、孤立波が砕波点近

傍に近づくにつれて、Bore の波速に一

致する事を示している。 $\delta = 1/100$ の実

験結果を(図-2)に示す。図から明ら

かなように、最初孤立波理論に一致して

いるが、進行するにつれて、波速は孤立

波理論より大きくなっていくが、急勾配

の時のように Bore の波速程大きくなる

事はない。また、 (H_0/h_0) が大きい程

、波速は大きい事を示している。この事

は、孤立波では $\delta = 1/100$ の緩い勾配で

しかも、斜面においても、その波形は

、ほぼ対称でも、波速は理論より大きい

事を示している。孤立波理論の Energy

Flux が一定の条件で求めた、波高変化

の理論が、実験値と一致しないのは、摩

擦等の Energy 損失の影響もあるであろうが、波速の実験から明らかなように、水深が変化してい

る所では、波は孤立波理論を満足していない事を示している。(図-3)には、 $(H_0/h_0) \approx 0.3$ で、

$\delta = 1/30, 1/50, 1/100$ の場合の結果を示す。勾配が急になるにつれて、波速は Bore の波速に近づく

事を示していて、これは、他の (H_0/h_0) においても同じ傾向を示している。また、 $\delta = 1/100$ の勾配で

は、砕波点の相対波高 $(H_B/h_B) \div 0.9$ で、波速は $(C/\sqrt{gh}) \div 1.46$ となる。よってこの二つの関

係から、砕波点近傍での波速は次式になる。

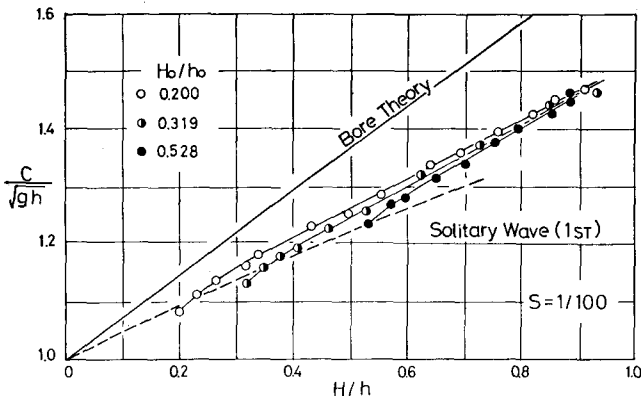
$$C \div 1.46\sqrt{gh_B} \div 1.54\sqrt{gH_B} \text{ ----- (3)}$$

また、砕波点近傍の波頂部の水粒子速度も、ほぼこの式で表わされるものと思われる。

なお、水深一定の場合の、孤立波の砕波点での相対波高は、本実験では $(H_B/h_B) = 0.82$ であり

、岸らの結果では 0.83 であった。

(図) - 2



(図) - 3

