

水路内の横振動波の砕波限界に関する研究

徳島大学工学部 正員 三井 宏

徳島大学大学院 学员 宮本 佳明

1. まえがき 近年、大規模工業用地の造成を大量に行なつてきたため、海岸部は従来とまゝに異なつた性状となつてゐる。したがつて、これまで無視したり、考へてゐなかつた現象が顕著になり、災害が引おこされる可能性が生じてゐる。本研究では、この現象の1つとして考へられる横振動波が加わ、に重複波に対して実験を行ない、考察を加へるものである。

2. 実験装置および方法 実験は長さ30m、幅1m、高さ1mの片面がうす張りの鋼製長方形水路で行なつた。水路の終端には完全重複波に近い波を発生させるための合板製鉛直壁を設置した。砕波高の測定には図-1に示す4点 A, B, C, Dを採用した。造波板のストローク長、周期を種々変化させ、横振動波が発生し、かつ砕波する場合を見出し、16mm撮影機で撮影した。実験に使用した水深は15, 20, 25, 30, 35, 40cm、入射波の波高は5.8~9.4cm、周期は0.85~0.97secである。

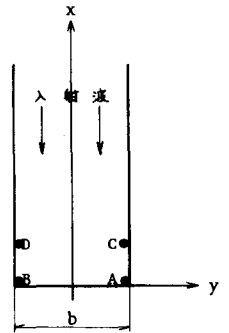


図-1 長方形水路

3. 横振動波の理論表示 図-1に示す水路における波動量 $f(x, y)$ の境界条件は、

$$\frac{\partial f}{\partial x} = 0, |y| \leq \frac{b}{2}, x=0 \quad \text{および} \quad \frac{\partial f}{\partial y} = 0, |y| = \frac{b}{2}, x \geq 0 \quad (1)$$

である。 $f = X(x) \cdot Y(y)$ の変数分離形を仮定し、Helmholtzの式

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} + k^2 f = 0 \quad (2)$$

に代入し、 X, Y について解く。解は有限量でかつ周期解である。代表的な実験解を示すと次のようになる。

$$f = a \cos \lambda x \cos \sqrt{k^2 - \lambda^2} y \quad (3)$$

n 節横振動波は、(3)式の形で、境界条件(1)式を満足する次式で示される。

$$f = a \cos k_i x \cos \frac{n\pi}{b} (y - \frac{b}{2}) \quad (4)$$

$n = 1$ として(4)式を(2)式に代入するか、 $\lambda = k_i$ として(3)式に代入すると、単節横振動波の場合の k_i と k の関係が次式のように求まる。

$$k_i = \sqrt{k^2 - \left(\frac{n\pi}{b}\right)^2} \quad (5)$$

4. 実験結果および考察 図-2に示す限界砕波高と入射波高の比は、水深波長比が大きくなるにしたがつて若干上がりきみに、平均2.72付近に分布している。このことから、小さい入射波高であつても横振動のため砕波を生じ、横振動の成分波高は水深波長比が大きいわづ大であると考えられる。また大局的に実験値は、微小振幅波理論による完全重複波の値2.0よりは大きく、4方向重複波の値4.0よりは小さな値を示していることがわかる。

図-3は、実験による限界砕波高水深比を有限振幅重複波理論の岸¹⁾、Wiegel²⁾の砕波限界式と比較したものである。また図には観測位置の相違による限界砕波高の大小関係を示すために、実験値を

観測点別にプロットしてある。図より、実験値はA点で最大に、BもしくはD点で最小になつてゐる。また、本実験範囲である水深毎波長比が0.1~0.4の間では、実験値は、岸、Wiegelの理論式より、それぞれ、21%~17%、5%~2%大きな値を示している。実際の場合には、安全を考えて、図に破線で示すA点の値を採用すべ

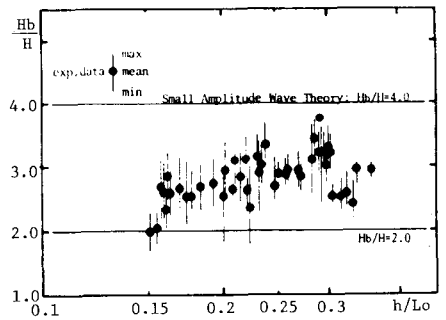


図-2 限界砕波高比と水深波長比の関係

である。しかしA点は水路の奥であり、水路側壁沿いに適用するには安全すぎるならば、実線で示す平均の値を採用すべきであると考える。

図-4は、砕波頂高の砕波高に占める割合を示した図である。実験値は、水深深波長比の減少に伴って55%から徐々に増大し、水深深波長比が0.1付近では75%まで増大している。これは、有限振幅波理論と同様な傾向を示すものである。

図-5は、微小振幅波理論による横振動波の水路側壁沿いの砕波位置と実験の砕波位置とを比較した図であり、パラメータには、アーセル数 $U_r = \frac{H L^2}{2 h^3}$ をと、である。図中の1点破線は、実験値と理論値の合致点である。実験値は理論値より大きな値をとり、アーセル数が大きくなるにしたがって、大きくなる傾向を示している。これは、実際の波長が微小振幅波理論による値より大きいことが原因と考えられる。したがって、代表的な実験値3点、図中のS点を取り、これらを次式に示す有限振幅波の波長で換算する。

$$\frac{L_s}{L_s} = 1 + \left(\frac{2\pi A}{L_s} \right)^2 \frac{\cosh 4\pi h}{8 \sinh^4 \pi h} \quad (6)$$

$$A = \frac{H}{2} - \frac{3}{128} \left(\frac{\pi}{L_s} \right)^2 H^3 \frac{8 \cosh^2 \pi h + 1}{\sinh^4 \pi h}$$

その換算値であるF点は、アーセル数が大きいほど、非線形性が強くなるため、図において左方ほど実験値は下がり、理論値とよい対応を示している。

5. あとがき 本研究から、横振動波の発生を確認、並びに、横振動波では完全重複波の波高より大きな砕波高が生じることが明らかになり、砕波高の55%~75%が静水面上に位置し、有限振幅波の傾向と同様であること、また、横振動波は(4)式に示される振動形態を取らうしいことが明らかになった。最後に、本研究は文部省科学研究費補助金(研究代表土屋義人京大防災研教授、自然災害特別研究)によるものであることを付記して謝意を表す。

<参考文献> 1) Kishi, T.; The possible highest gravity waves in shallow waves, Coastal Engineering in Japan, Vol. 2, pp. 9~16, 1959.

2) Wiegell, R.L.; Oceanographical Engineering, Prentice-Hall, Inc., pp. 21~29, 1964.

3) 水理公式集, 昭和46年改訂版; 土木学会, pp. 78~81, pp. 90~92, 1971.

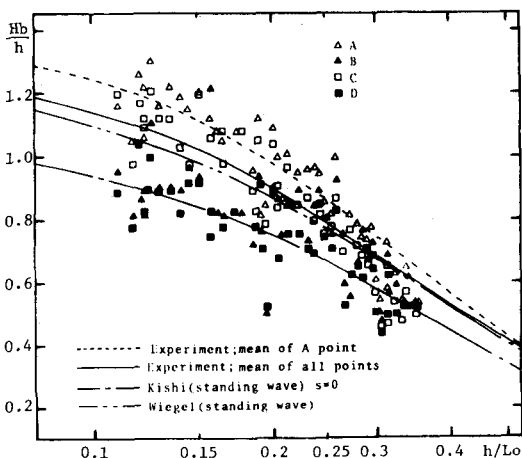


図-3 限界砕波高水深比と水深深波長比の関係

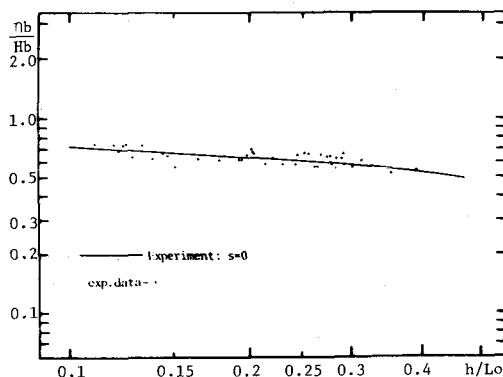


図-4 砕波頂高の砕波高に占める割合

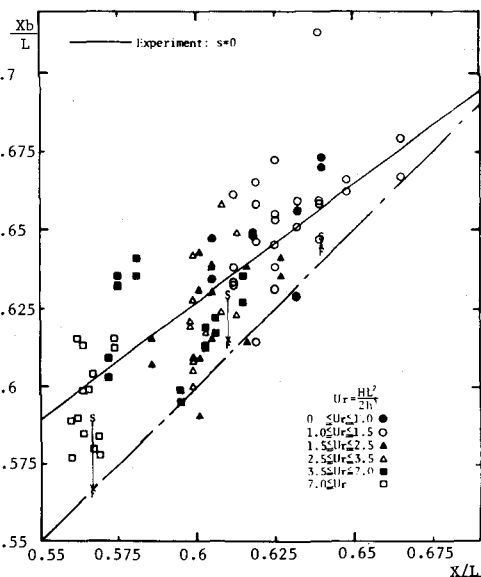


図-5 砕波位置に関する理論値と実験値との比較