

II-46

低弾性率平板下の波動について

岩手大学○学生員 堀合孝博 学生員 今井 正
 正 員 笹本 誠 正 員 堺 茂樹
 正 員 平山健一

1. 研究目的

自由海面と氷に覆われた海面が共存する海域での波浪特性を理解するため、前回の報告では氷板下に進入する際の波高変化に着目し、氷板を低弾性率平板と仮定した場合の線形理論を誘導、これと低弾性率平板を用いた実験結果との比較を行った。しかし前回の実験では平板間を紐でヒンジ固定したものをを用いており、連続板を仮定している線形解とは条件が多少異なっている。本報告では、板間をボルトによる突合せ継手により疑似的な連続板を作成して実験を行い、前回の実験結果とを併せて線形解の検討を行った。

2. 実験方法

実験には長さ26m、幅0.8m、深さ1mの造波水路を用い、水深を常に0.6mとし、低弾性率平板として、 $0.78 \times 2.0 \times 0.005\text{m}$ のポリプロピレン板を5枚用いた。ポリプロピレンの弾性係数は実験中の水温で $E = 6.39 \times 10^8 \text{ (N/m}^2\text{)}$ である。実験は板の接続状態により次の2ケースに分けた。Case1：それぞれの板間を紐によりヒンジ固定する。Case2：板相互をボルトを用いた突合せ継手により接続し、疑似的な連続板とする。また2ケースとも波動による平板の移動を紐により拘束した。波高の測定は平板外2点、平板内5点の計7測点で行い、平板外では容量線式波高計、平板下では1.9m間隔に設置したビデオカメラにより計測を行った。

3. 実験結果

図-1は周期0.8秒の波高変化である。このように弾性平板外のNo.0から平板内のNo.1にかけて波高は大きく変化し、No.1～No.6の平板内では緩やかに減衰する。平板進入の際の変化は、波動のエネルギーの一部が氷板の運動エネルギーに変換されるためであり、平板内での波高変化は平板と水面との界面に生じる摩擦によるエネルギー逸散によるものである。周期が長いとCaseによる違いはあまり見られないが、図の様に周期が短くなると、Caseによる差が現れてくる。図-2は弾性平板内での波高減衰を示した例であり、横軸に進行距離を波長で除した無次元距離を用いている。

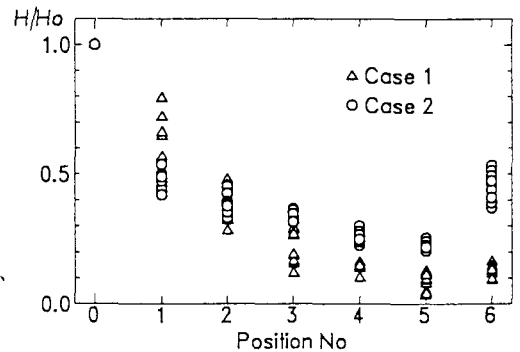


図-1 波高変化の例

ここで平板内の波高減衰を図中の直線で近似すると、このようにCase2での値のばらつきは少なく、今回のCase2の方が連続板に近い状態であると思われる。この近似直線は次式で表される。

$$H/H_1 = \exp(-A \times (X/L)) \quad A: \text{係数} \quad \text{----- (1)}$$

図-3はこの直線の傾きと周期の関係を示したものである。このように平板内の波高減衰は周期によって多少異なっているが、1.2～1.6秒の長い周期ではほぼ同じ値をとっており、それより周期が短くなると減衰率は大きくなる傾向にある。

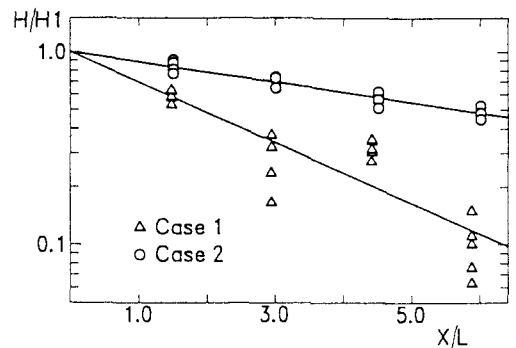


図-2 平板下の波高減衰

4. 弾性平板下の波動の線形解

板は水面と同一の運動を行い、波動の進行方向には移動しないものと仮定すると、平板と水面との界面での力学的条件、及び運動学的条件により弾性板下での分散関係式を次のように得る。

$$\omega^2 = \frac{M k^5 + \rho g h}{\rho \coth k h + \rho_1 h_1 k} \quad \text{----- (2)}$$

ここで、M: 曲げ剛性 ($E h_1^3 / (12(1-\nu^2))$)

ρ_1 : 板の密度 h_1 : 板の厚さ

図-4は理論値と実験結果とを比較したものであり、結束の状態による差は余りなく弾性平板下においても理論解は実験値とほぼ一致している。このように波速に関しては線形解による予測は十分に可能であると思われる。

5. エネルギーフラックス法による波高変化の計算

エネルギーフラックス法を用いると、Open waterでの波高と平板下での波高の比を次式のように得ることができる。

$$\frac{H_1}{H_0} = \left\{ \frac{k \left(1 + \left(\frac{2 k_0 h}{\sinh 2 k_0 h} \right) \right)}{k_0 \left(1 + \left(\frac{2 k h}{\sinh 2 k h} \right) \right)} \frac{1}{F} \right\}^{1/2} \quad \text{----- (3)} \quad F = \frac{1 + \frac{M k^4}{\rho g}}{1 + \frac{\rho_1}{\rho} k h \tanh k h}$$

図-5は平板進入時の波高変化率の実験値と理論値を比較したものである。比較した実験値は式(1)を用いることで、平板端から測点までの波高減衰の分を除いてある。前回の実験状態においては値のバラつきが見られ傾向が明確ではなかったが、今回の値は図のように傾向が明確に現れており、実験値・理論値とも周期が短くなるにしたがい、波高変化は大きくなる傾向を示している。しかし定量的に見るとエネルギーフラックス法による計算値は実験値と余り一致しておらず、今後さらに精度のよい理論解を得る必要がある。

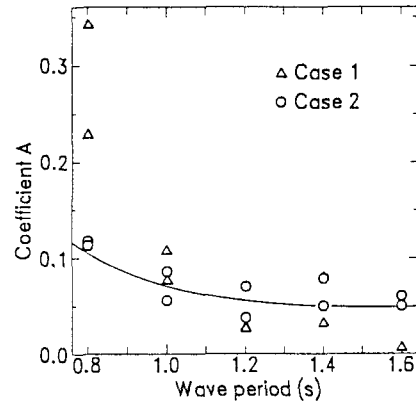


図-3 減衰率と周期の関係

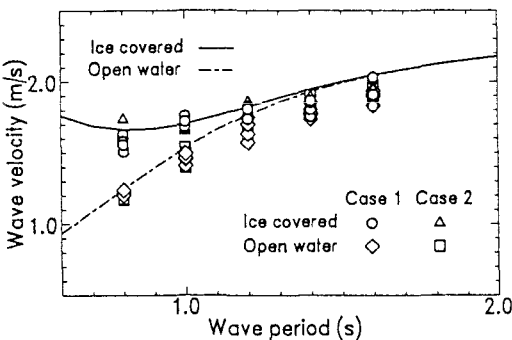


図-4 波速の比較

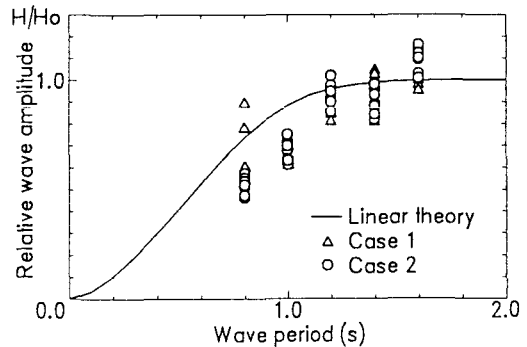


図-5 波高変化の比較

<参考文献>

堺 茂樹・堀合孝博・笹本 誠・平山健一・佐伯 浩(1992): 氷板による波浪変形に関する基礎的研究, 海岸工学論文集, 第39巻, pp.11-15

Carter, D., Y. Oullet, P. Pay(1981): Fracture of a solid ice cover by wind-induced or ship-generated waves, Proc. of 6th Int.nat conf. on Port and Ocean Eng.under Arctic Conditions, pp.843-856