

II-106 任意の氷盤群における波浪特性の数値解析

岩手大学大学院 学生員○竹中美智子

岩手大学 正員 小笠原敏記 堺 茂樹

1. はじめに

近年、ロシア領海内サハリン島北東部の大陸棚で原油の商業生産が開始され、わが国への新しいエネルギー供給源として期待されている。こうしたサハリン沖のエネルギー資源の開発に伴い、港湾やプラットフォームなどの構造物の開発も活発になっている。こうした構造物の設計に当たって、氷海域での波浪特性を知る必要があるが、それは開水域のものと異なることが知られている。堺・花井(2001)は、長さ、厚さが一定の氷盤が複数存在する海域を想定した実験から、分散関係に対する氷の存在の影響を定量的に評価している。しかし、実際の海域には様々な規模の氷が存在しており、上記の結果を直接適用することはできない。一方、劉・堺(2000)が提案した数値モデルでは、弾性浮体と波浪の干渉の計算が可能であるが、単一の弾性浮体が存在する場合に限定されている。

そこで本研究では、劉・堺(2000)の数値解析手法を基に、任意の氷盤群（弾性浮体）に適応可能なプログラムコードに改良し、模型実験の結果と比較することによって、その改良点の妥当性を検証する。

2. 数値解析手法および計算条件

図-1は、二次元数値造波水槽の概要を示したものである。造波境界で発生された波は、任意氷盤群（弾性浮体）下を伝播し、開境界から計算領域外へ透過する。本解析では、上述したように劉・堺(2000)の手法を基に改良を行うが、この手法は、流体運動に境界要素法、弾性浮体の変形に有限要素法を適用させて、流体運動とそれに連動する弾性浮体の変形計算を可能にしている。上記の計算手法は、単一かつ一様な厚さの弾性浮体を対象としているが、これを厚さや弾性率が異なる複数の弾性浮体が存在する場合に適用させるため、図-2のように節点毎に自由水面であるか、あるいは氷盤が存在するかのインデックスを与えた。

計算条件は、堺・花井(2001)の模型実験に合わせ、表-1に示すようにした。

3. 計算結果および考察

図-3は、氷盤長さ $l_i=2\text{m}\times 4$ 枚と $l_i=0.5\text{m}\times 16$ 枚（いずれも全長8m）の各氷盤下における波速 C について、実験結果と数値解析結果を比較したものである。

それぞれ、氷盤厚 $h_i=20\text{mm}$ および $h_i=5\text{mm}$ 、周期 $T=0.8\sim 1.6\text{s}$ までを示したものである。なお、横軸のゼロは浮体前端を意味する。図中の実線は、自由水面を伝播する場合の波速を示し、点線は、連続弾性平板下の波動理論に基づく次式の分散関係式によって求めた波速（Elastic plate）を示す。

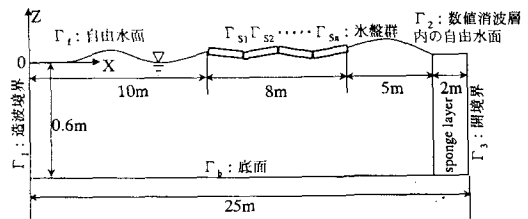


図-1 計算領域と各境界の定義

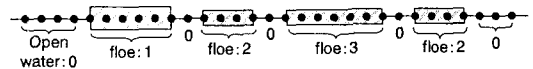


図-2 表面境界条件の判定

表-1 本数値解析の計算条件

氷盤条件	長さ l_i (m)	8	4	5	1	0.5	0.25
	枚数	1	2	4	8	16	32
	厚さ h_i (mm)	20			5		
	弾性率 E_i (MPa)	650			850		
	密度 ρ_i (kg/m ³)	914					
入射波条件	周期 T (s)	0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6					
	波形勾配 H/L	0.01					

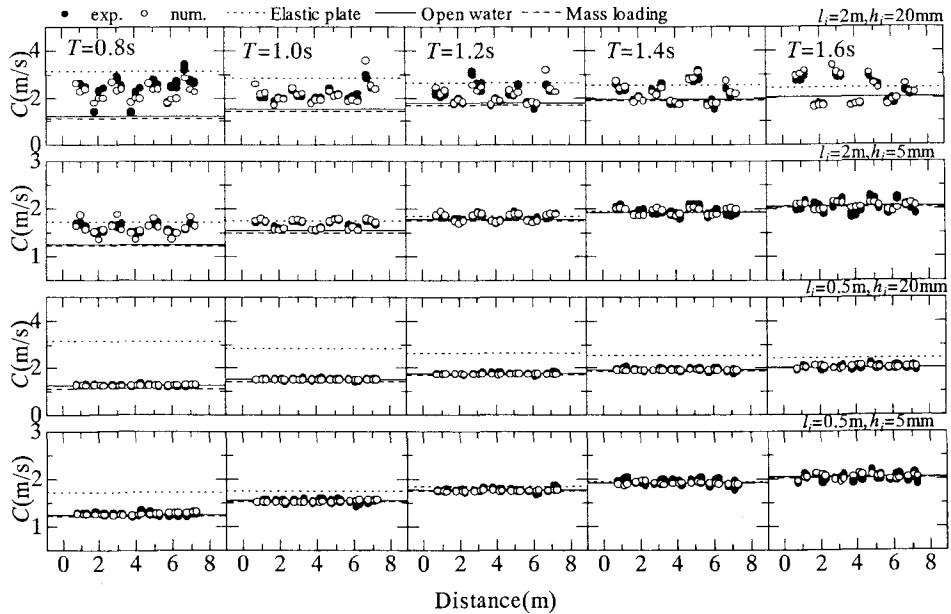


図-3 各周期 $T(=0.8 \sim 1.6\text{s})$ における氷盤下での数値計算および実験の波速 C の比較

$$\omega = \frac{Mk^5 + \rho gk}{\rho \coth kh + \rho_i kh_i} \quad \cdots (1)$$

ここで、 ω ：角周波数、 k ：波数、 h ：水深、 ρ ：水の密度、 g ：重力加速度、 M ：単位幅当りの曲げ剛性 ($Eh_i^3/12(1-\nu^2)$)、 ν ：ポアソン比 ($=0.3$) である。破線は、水面上に質量が付加している場合の波速 (Mass loading) を示し、式 (1) の弾性率 E_i をゼロとして求めている。数値解析によって求めた波速は、氷盤厚 h_i および周期 T に依らず実験値とよく一致していることがわかる。さらに、 $l_i = 2\text{m} \times 4$ 枚の場合、開水域通過時 (2, 4, 6m) の数値計算による波速は、実験結果と同様に氷盤下での波速より小さくなることを再現している。これより、本手法によって、実験結果を再現することが可能となった。

図-4 は、全氷盤域の波速 C を単純平均して求めた数値計算値 C_{num} と実験値 C_{exp} の波速を全ケースについて比較したものである。全てのケースでも C_{num} の値は、 C_{exp} の値に極めてよく一致していることがわかる。以上より、本数値解析手法の改良は妥当であったといえる。この計算手法を使うと、長さ、厚さ、弾性率が異なる多数の氷盤が存在する海域の波浪特性を解析することが可能となった。

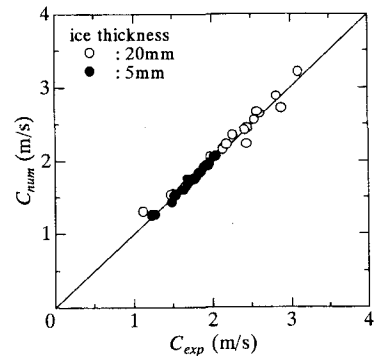


図-4 実験および数値解析より得られた各氷盤下での平均波速の比較

参考文献

- 1) 劉 曉東, 堺 茂樹: 任意波浪場に於ける大型浮体の弾性応答に関する時間領域解析, 土木学会論文集Ⅱ 巻, 656 巻, Ⅱ-52 号, pp.157-166, 2000.
- 2) 堺 茂樹, 花井 宏太: 氷海域に於ける波浪の分散関係に関する実験的研究, 土木学会海岸工学論文集, 第 48 巻, pp.31-35, 2001.