

II-43 エネルギーフラックス法による弾性浮体の波浪応答評価の適用性について

京都大学大学院 学生会員 太田 亜矢 京都大学工学部 フェロー 渡邊 英一
 京都大学工学部 正 会 員 杉浦 邦征 京都大学工学部 正 会 員 宇都宮智昭

1. 研究の目的

現在、浮体式海洋構造物の波浪応答解析にあたっては、波浪場を速度ポテンシャルに関する境界値問題として定式化し、これを有限要素法や境界要素法等で数値解析を行っている。しかし、これらの方法では、浮体式海上空港等の超大型浮体式構造物の解析において計算量の膨大化は避けられない。

一方、堺ら¹⁾は、エネルギー輸送を考慮した数式を基に、簡単に波力や波数等の算出が可能なエネルギーフラックス法により、氷板下の波浪変形の解析を行っているが、本方法が大型浮体式海洋構造物の波浪応答評価に用いることができれば非常に有用であると考えられる。そこで本研究では、従来の線形回折波理論に基づく解析値（BEM-FEM 結合解法による解析値²⁾と領域分割法 (M.E.E.M.) による解析値³⁾）と、エネルギーフラックス法により得られる解析値ならびに実験値を互いに比較することで、エネルギーフラックス法による弾性浮体構造物の波浪応答解析における適用性について検討することにした。

2. 研究の内容

本研究で取り上げたエネルギーフラックス法は、図1に示すように、浮体は水面と同様に空間的に正弦波形で運動すると仮定した上で、波動の持つ全エネルギーが、入射端において反射されることなく、浮体下においても同様に輸送されるとしている¹⁾。これらの基本仮定を、実際の有限長の浮体応答と比較した場合、

1. 実際には、浮体両端部における自然境界条件（モーメント、せん断力ともに0）より、浮体の応答形状は正弦波形とはならず、特に両端部においては異なる。
2. 浮体入射端部における波の反射により、浮体下には入射波エネルギーの一部のみが輸送される。

等の問題点が指摘できる。これらのことより、実際の応答をどこまで再現できるかは不明であるが、エネルギーフラックス法は、浮体長によらず応答が計算でき、また計算時間も極めて短いメリットを有する。

解析は、別途、京都大学工学部土木館地下の2次元造波水路（幅0.8(m)、長さ27.6(m)）において実施された、断面2次元実験モデル（長さ8(m)、高さ0.038(m)、幅0.78(m)の弾性モデル）⁴⁾を対象として、水深0.5(m)および0.7(m)について行った。解析ケースは、表1に示すF140～F40の6種類で、エネルギーフラックス法による解析及び線形回折波理論に基づく解析のどちらの解析モデルも、浮体寸法、弾性定数、喫水ともに実験モデルにあわせてある（表2参照）。

また、エネルギーフラックス法による計算は文献¹⁾に従い、これを線形回折波理論に基づく解析値及び実験値と比較した。なお、線形回折波理論による値は、BEM-FEM 結合解法と領域分割法 (M.E.E.M.) の両者により算出し、これらの一致することを確認した。

表1 解析ケース

解析ケース	周期 T (sec)	周波数 f (Hz)	水深0.5(m)における 波長 λ(m)	水深0.5(m)における 波長比 L/λ	水深0.7(m)における 波長 λ(m)	水深0.7(m)における 波長比 L/λ
F140	0.714	1.400	0.80	10.00	10.00	0.80
F125	0.800	1.250	1.00	8.02	8.01	1.00
F100	1.000	1.000	1.52	5.24	5.14	1.56
F80	1.250	0.800	2.20	3.64	3.40	2.36
F60	1.667	0.600	3.25	2.46	2.20	3.64
F40	2.500	0.400	5.23	1.53	1.32	6.06

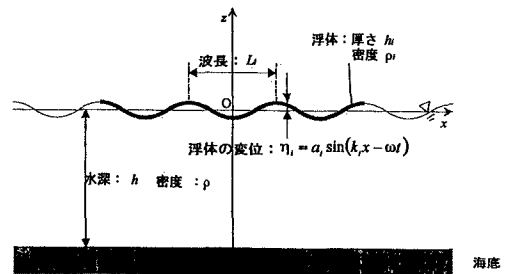


図1 座標系

表 2. 実験モデルの呼称および諸元

呼称	長さ(m)	板厚(mm)	喫水(mm)	比重	水深(m)
h50	8	38	10	0.263	0.5
h70	8	38	10	0.263	0.7

3. 主な結論

エネルギーフラックス法による解と線形回折波理論（境界値問題をそのまま解くもの）による解析値^{2) 3)} 及び実験値と比較した結果、

1. 線形回折波理論と実験値は極めてよく一致しており、線形回折波理論の有効性が再確認できた（図 2 参照）。
2. エネルギーフラックス法による解は、浮体中央部における応答値の平均的な値をほぼ評価できていることがわかった（図 2～図 4 参照）。

4. まとめ

エネルギーフラックス法による解は、浮体構造物の応答の近似的評価において有効に使用し得ることが明らかとなったが、本方法による応答の振幅値は直線で表され、実験値のような複雑な形状は再現できていない。これは、浮体両端における境界条件が考慮されていないことによると考えられる。よって、今後境界条件を組み込んだ形で改良することが望ましいと考えられる。さらに、実際の構造物の応答特性を再現するためには、3次元解析への拡張も必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 堺茂樹 他（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.
- 2) 宇都宮智昭 他（1995）：弾性変形を考慮した大型ポンツーン浮体の波浪応答特性について，海岸工学論文集，第 42 集，pp.961-965.
- 3) Chong Wu, Eiichi Watanabe and Tomoaki Utsunomiya（1996）：An eigenfunction expansion matching method for analyzing wave-induced responses of an elastic floating plate, Applied Ocean Research (in press).
- 4) 安達靖展（1996）：可撓性大型浮体の波浪応答に関する実験的研究，京都大学卒業論文。

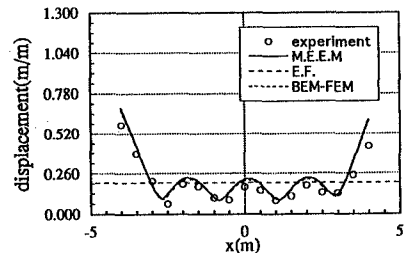


図 2 水深 0.7(m)における実験値・M.E.E.M.・エネルギーフラックス法・BEM-FEM 結合解法の鉛直応答変位振幅の比較

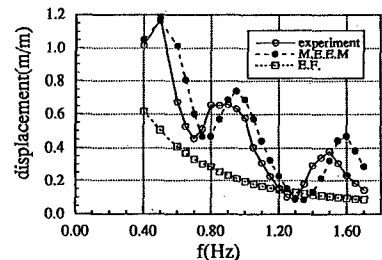


図 2 水深 0.5 (m)における実験値・M.E.E.M. エネルギーフラックス法の波上側先端応答変位振幅の比較

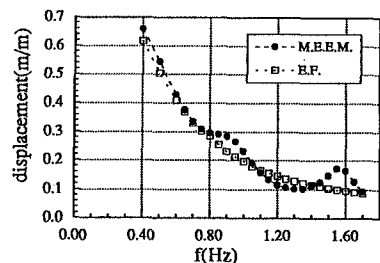


図 2 水深 0.5 (m)における M.E.E.M.・エネルギーフラックス法の浮体中央部における最大鉛直応答変位振幅の比較