

京都大学工学研究科 フェロー 渡邊 英一 京都大学工学研究科 正会員 宇都宮智昭
 京都大学工学研究科 正会員 永田 和寿 京都大学大学院 学生員 ○中村 直志

1. 研究目的

超大型浮体構造物の建造方法としては、箱型ポンツーン形式の浮体構造物を用いることが考えられている。しかし、この箱型浮体構造物は波浪に対して動揺しやすく、動揺を軽減させるために防波堤の建設が必要である。また、建造中の浮体ユニット同士の接合作業を円滑に行うためにも、防波堤を建設しなくてはならない。したがって、防波堤を考慮した超大型浮体構造物の波浪応答解析を行い、防波堤設置時の浮体構造物の動揺特性を建造前に知る必要がある。過去に行われた研究においては、まず防波堤のみを考え、防波堤背後における設計波を求め、その設計波に基づき無限海域中に浮体構造物だけが置かれた状態での波浪応答を求めている。しかし、この手法では入射波が防波堤に対して 90 度でない場合、防波堤による影響を正確に評価できないと考えられる。そのため様々な入射角に対して適用できるよう、浮体構造物と防波堤を一体として解析する必要がある。

2. 解析手法

解析に用いたプログラムは、8 節点 2 次要素に基づく高次境界要素法¹⁾によるものであるが、一般の高次要素においては節点がパネル端部に位置するため、角点での空間角の評価や、Green 関数の特異性から複数のパネル間にまたがった Cauchy 主値積分を実施する必要がある等、多くの数値解析上の困難がある。そこで、本研究ではこれらの問題を原理的に回避することができる、Eatock Taylor ら²⁾によって導かれた、境界積分方程式を採用することにより、着底構造物と浮体構造物が一体として解析できるように改良を行った。このプログラムを用いることにより、角点を有する防波堤に対しても精度よい解析が可能となる。なお、浮体構造物の弾性変形については、両端自由ばりのモード関数を直交 2 方向に重ねあわせ、その基本モードのモード応答を求めるモード法により近似的に求めている。

3. プログラムの検証

無限海域中に設置された島堤に対して、本プログラムの検証をおこなった。検証に用いた防波堤は、長さ 2000m、幅 20m の長方形一様断面柱体である。この防波堤が水深 20m の一定水深、無限海域に単独で存在する場合を考え、波が入射波長 200m で防波堤に垂直に入射する場合の、防波堤長辺における直接波を受ける面（front）、受けない面（rear）の波圧を $\rho g A$ (ρ : 流体密度, g : 重力加速度, A : 片振幅波高) によって除した無次元化波圧により検証を行う。メッシュ分割長は、底面・側面とも 25m×20m とし、検証の対象は Helmholtz 方程式による近似解とした。

検証結果を図 1 に示す。このグラフから、本研究で作成したプログラムにより、防波堤を考慮した波浪応答解析が精度良く行えることが分かる。

4. 解析結果

解析モデルは図 2 に示すように、長さ 1600m、幅 400m、喫水 4m とした。これは将来建設が予想される浮体式海上空港の辺々が約 1/3 の大きさである。この浮体構造物を水深 20m の一様水深無限海域中に単独で、もしくは防波堤と共に設置する。防波堤は長さ 2000m、幅 20m の長方形一様断面柱体であり、浮体構造物と距離 50m をおいて浮体構造物の長辺と平行に設置する。波は波長が 100m (周期 8.6s)、200m (周期 15.3s)

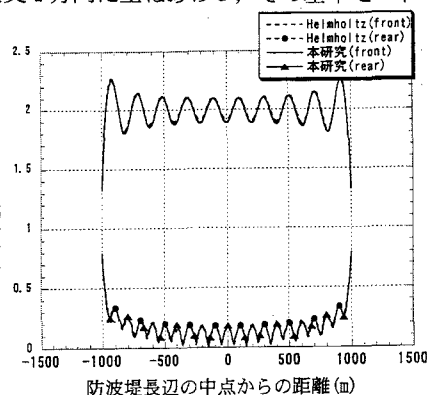


図 1 検証結果

の2種類を考え、無限遠よりx軸と90度、60度の角をなし
て入射してくるものとする。また浮体構造物の曲げ剛性は
 $D=5.0 \times 10^8 \text{ kNm}$ 、ポアソン比は $\nu=0.3$ とし、流体の密度は
 $\rho=1.025 \text{ ton/m}^3$ である。防波堤については、剛体で波の透
過性は考慮しないものとし、越波も許さないものとする。
また、防波堤表面での波の反射率は1(完全反射)とする。な
お、本解析では表1のようにメッシュ分割を行っている。

解析結果を図3～図6に示す。ここで、グラフのz軸は、最
大鉛直応答変位を入射波の片振幅波高で除した、無次元化変
位を表している。また、図中の矢印は波の入射方向である。

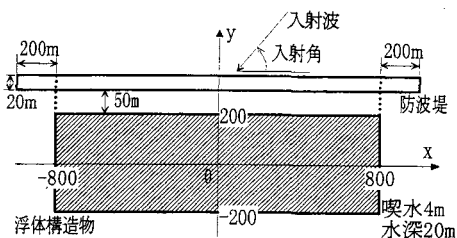


図2 解析に用いたモデル

表1 メッシュ分割長

	側面	底面
浮体構造物	25m × 4m	25m × 25m
防波堤	25m × 20m	25m × 20m

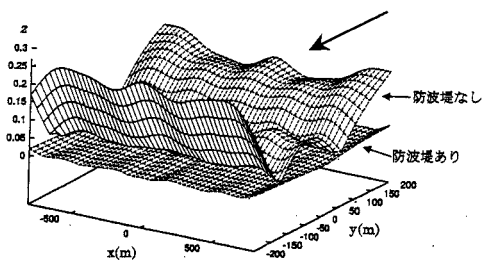


図3 応答変位の比較 (入射波長 100m, 入射角 90 度)

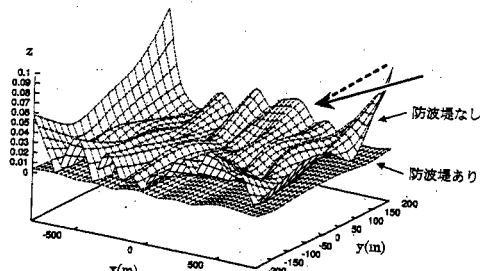


図4 応答変位の比較 (入射波長 100m, 入射角 60 度)

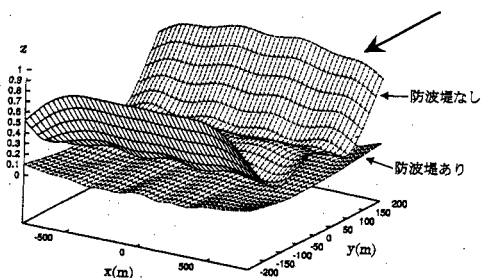


図5 応答変位の比較 (入射波長 200m, 入射角 90 度)

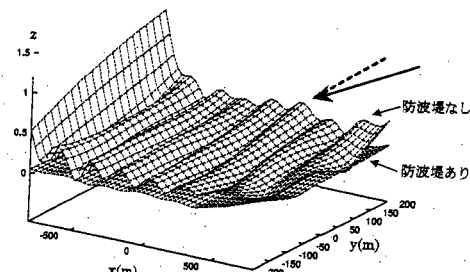


図6 応答変位の比較 (入射波長 200m, 入射角 60 度)

以上のグラフより、総じて防波堤による静穏化効果があらわれていることがわかる。入射波長が 100m の場合、いずれの入射角についても防波堤が存在しない場合に比べ防波堤を考慮した場合は、浮体構造物の応答変位の最大値は 1/10 以下に低減されている。入射波長が 200m の場合については、入射角 90 度の場合、応答変位の最大値は約 1/9、また、入射角 60 度の場合、応答変位の最大値は約 1/5 に低減されている。このことから、特に入射波長が長い場合において、低減率は小さいものの、防波堤の設置は浮体構造物の過大な変形を抑制するのに極めて効果的であることがわかる。

5. 結論

8 節点 2 次要素に基づく高次境界要素法プログラムにより、防波堤を考慮した超大型浮体構造物の波浪応答解析を行い、波長 100m、200m の 2 種類の波長に対する、このプログラムの適用性を示した。

<参考文献>

- 1) 宇都宮智昭: 超大型箱形浮体の波浪応答解析のための高次要素 BEM プログラムの開発とその適用性について, 海洋開発論文集 Vol.13, pp.201-206, 1997.
- 2) B. Teng and R. Eatock Taylor: New high-order boundary element methods for wave diffraction/radiation, Applied Ocean Research, 17, pp 71-77, 1995.