

# II-517 任意海底地形・任意形状港湾内における船体動揺解析法の基本性能の検討

清水建設（正） 土田 充・（正） 大山 巧

## 1. はじめに

港湾内の船体の動揺は、岸壁からの反射波や副振動の影響を強く受ける。この観点から、近年、任意反射率岸壁を有する港湾内での船体動揺解析法が開発されてきた<sup>1),2)</sup>。しかし、これらの手法では、一定水深を仮定しているため、水深変化を有する場合の港湾の副振動特性を考慮することができない。そこで、本研究では任意の海底地形上で適用可能な数値モデルとして、船体の近傍のみを3次元的に解析する部分3次元モデルの開発を試みる。本報告では、まず次元を1次元下げた部分2次元モデルによる基本性能の検討結果について述べる。次に、このモデルを部分3次元モデルに拡張し、その妥当性を検証する。

## 2. 部分2次元モデルによる基本性能の検討

(1) 数値モデルの概要：線形ポテンシャル理論に基づいて、構造物（船体）による波の散乱を考える。船体近傍の波動場におけるポテンシャルは、進行波成分と減衰散乱波成分の和として表されるが、後者は船体から離れるに従って急激に小さくなる。そこで本手法では、まず、図-1に示すように、解析領域を船体近傍の領域 $\Omega_1$ と船体から十分に離れた領域 $\Omega_{2R}, \Omega_{2T}$ に分割する。 $\Omega_1$ は、減衰散乱波成分が有意な大きさを有している領域であり、この領域では2次元のグリーン公式を用いた境界要素法（BEMモデル）を適用する。また、 $\Omega_{2R}, \Omega_{2T}$ では1次元緩勾配方程式を基礎式として、有限要素法（FEMモデル）による定式化を行い、海底地形や任意反射率岸壁の影響を考慮する。最後に、これらの領域の境界面 $S_R, S_T$ で流速と圧力の連続条件を課す。 $S_R, S_T$ では、減衰散乱波成分を無視できるため、進行波成分のみの接続を行えばよい。従って本モデルでは、進行波成分と減衰散乱波成分の接続を行っている樁木<sup>1)</sup>らのモデルに比べて、解の接続が単純になる。以上の手順により、最終的に各モデルの節点におけるポテンシャル値および境界面 $S_R, S_T$ の水面上における水平流速を未知数とする連立方程式が得られ、船体に作用する流体力と波高分布を同時に求めることができる。

(2) 任意海底地形上の波動場に対する適用性：本解析法では、2次元モデルと1次元モデルの解の接続を任意海底地形上で行うことを想定している。そこでまず、海底勾配のある領域での解の接続が、解析精度にどの程度の影響を及ぼすかを調べる。ここでは、一様勾配海底面上の領域を考え、領域の一部を2次元とした部分2次元モデルによる解析結果と、領域全体を1次元および2次元解析した結果とを比較する。なお部分2次元モデルを用いた解析では、全斜面の30%を2次元領域とした。図-2は、結果の一例として、 $\sigma^2 h_1/g = 2.0$ ,  $h_2/h_1 = 1/25$ ,  $1/s = 1/5$  ( $\sigma$ : 角振動数,  $1/s$ : 斜面勾配,  $h_1, h_2$ : 最深部、最浅部の水深) の場合の入射波高比  $H/H_0$  を示したものである。この図から、本モデルによる解析結果は、全領域を2次元および1次元解析した結果と非常に良好な一致を示すことがわかる。

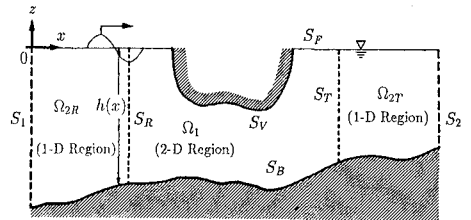


図-1 部分2次元モデルによる座標と記号の定義

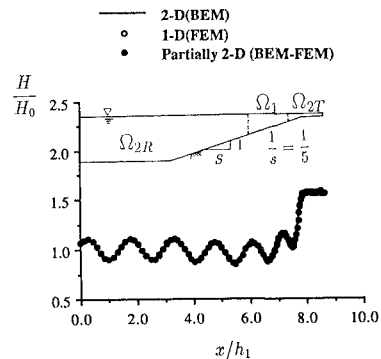


図-2 波高分布に関する各モデルの解析結果の比較

なお、海底勾配および入射波周期を変化させた場合についても同様な結果が得られることを確認している。このことから、接続面を斜面上に設定しても、1次元モデルと2次元モデルの接続に伴う数値的な乱れはなく、安定した解が得られることが検証された。(3) 接続面の設定位置の影響：実際の解析を行う上で、接続面  $S_R, S_T$  を具体的に物体からどの程度離せばよいかが問題になる。ここでは、矩形断面の潜堤による波の反射を対象に、接続面の位置が数値解に及ぼす影響を調べた。解析では、一定水深  $h_0$  の領域に堤体幅  $B = h_0$ 、相対天端上水深  $q = 0.1$  の潜堤を設置し、潜堤端部から接続面までの距離  $X_S$  を変化させた。図-3は、反射率  $K_R$  の周波数特性を示したものである。図中、 $L$  は水深  $h_0$  における波長、実線は井島ら<sup>3)</sup>による理論解、 $\bullet, \circ, \Delta$  はそれぞれ、 $X_S/L = 0.25, 0.5, 1.0$  に対する解析結果を示している。この図からわかるように、 $X_S/L = 0.25$  では、高周波数側で理論解との一致が悪くなる領域が現れるが、 $X_S/L = 0.5, 1.0$  では、広い周波数帯域で理論解との一致は良好である。従って、物体から半波長以上離れた位置に接続面を設定すれば、実用上の問題はないものと考えられる。

### 3. 部分3次元モデルへの拡張

部分2次元モデルと同様な考え方に基づいて、部分3次元モデルを開発した。ただし、3次元領域ではグリーン関数法<sup>4)</sup>を用いている。本モデルは、任意の港湾形状および反射率だけでなく、従来は無視されていた海底地形変化の影響も考慮できるが、ここでは、一定水深矩形港湾内の矩形浮体を対象とした樫木<sup>5)</sup>らの領域分割法による計算結果との比較を行い、モデルの検証を行った。図-4はSway方向の付加質量・造波減衰係数の比較を示したものであり、横軸は無次元振動数を表している。本数値モデルによる結果( $\circ, \bullet$ )が、領域分割法による計算結果(実線、破線)と非常に良好な一致を示すことから、本モデルの妥当性が確認できる。

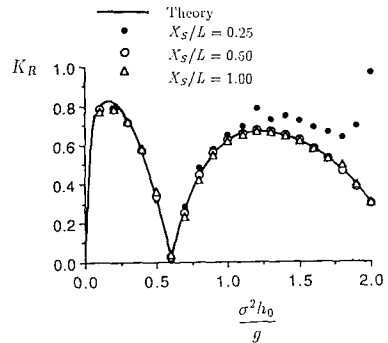
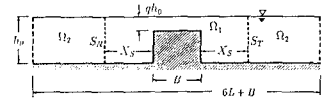


図-3 潜堤による反射率の解析結果に及ぼす接続面の位置の影響

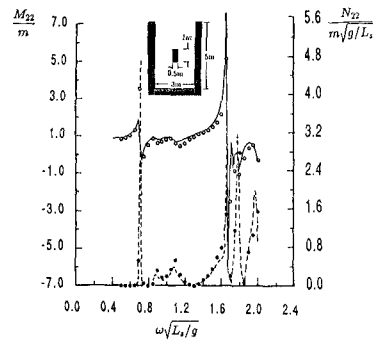


図-4 領域分割法による結果との比較

### 4. おわりに

任意海底地形を有する港湾内の船体の動揺解析法として、構造物近傍の領域のみを3次元的に取り扱った部分3次元モデルの開発を試みた。本研究では、まず第1段階として、次元を1次元下げた部分2次元モデルを用いて基本性能の検討を行い、1) 各モデルの接続面の位置を任意海底地形上に設定した場合でも、数値的な乱れは全くないこと 2) 構造物(船体)から半波長以上離れた位置に接続面を設定すれば十分な計算精度が得られことを明らかにした。最後に、この手法を部分3次元モデルに拡張し、領域分割法による計算結果との比較から本モデルの妥当性を示した。

参考文献 1) 樫木・青木・濱本：第35回海岸工学講演会論文集，pp. 692-696，1988；2) 永田・中川・巻幡：第37回海岸工学論文集，pp. 699-703，1990；3) 井島・佐々木：第18回海岸工学講演会論文集，pp. 141-147，1971；4) 清川・大山・小林：土木学会論文集，第332号，pp. 55-65，1983；5) 樫木・久保・青木：第29回海岸工学講演会論文集，pp. 511-515，1982。