

PS I - 26 海洋構造物－地盤系の動的相互作用問題に対する数値解析的アプローチ

山梨大学工学部 正員 川上哲太郎
東海大学海洋学部 正員 北原道弘

1. はじめに 海洋構造物の地震あるいは波浪時における動的応答特性の解明は、海洋構造物の安全性の検討を行なう場合、一つの重要な課題となる。特に、海洋構造物の破壊問題を議論する場合には、構造物と海底地盤の接触面におけるひずみ（あるいは変位）や応力の分布状態（特に応力の集中状態）を詳細かつ正確に算定する必要がある。本研究は、海洋構造物－流体－海底地盤系における動的相互作用問題を、境界積分方程式法を用いて連続体モデルとして定式化することにより、ひずみ及び応力を重視した解析手法の開発を行ない、この系の動的応答特性を解明するための基礎的研究を行なったものである。

2. 解析手法の概要 Fig. 1に解析対象領域を示す。領域Ⅰ、Ⅰ*は非圧縮性完全流体領域、領域Ⅱは弾性構造物、領域Ⅲは半無限弾性地盤あるいはBiotの理論¹⁾に基づく半無限多孔質弾性地盤と仮定する。また、入射波としては領域Ⅰ*の無限遠方から進行してくる水面波及び、領域Ⅲの無限遠方から進行してくる弾性波動を考える。

次に、本研究における解析手順を概説すれば次のようになる。（Fig. 2参照。また、詳細な定式化等については文献2を参照されたい。）まず、Fig. 1に示した弾性構造物－流体－弾性地盤系モデルを各々別々の領域とし、各領域に対する基礎式を考える（Fig. 2①②）。次に、弾性構造物、流体、弾性地盤の各領域における変位及び速度ポテンシャルに関する境界値問題を、Greenの公式により境界積分方程式に各々変換する（③）。ただし、領域Ⅰ*の一定水深領域に関しては、放射条件を満足する解析解を与える。さらに、得られた境界積分方程式を離散化することにより、各領域に対する連立一次方程式が得られる（④）。次に、各領域共通の境界上における力学的及び運動学的連続条件を用いて各領域の接続を行なうことにより、最終的に、弾性構造物－流体－弾性（多孔質弾性）地盤系に対する連立一次方程式が得られる（⑤⑥）。従って問題は、この連

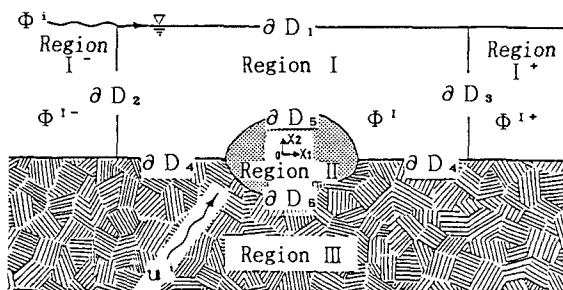


Fig. 1 海洋構造物－流体－海底地盤系モデル

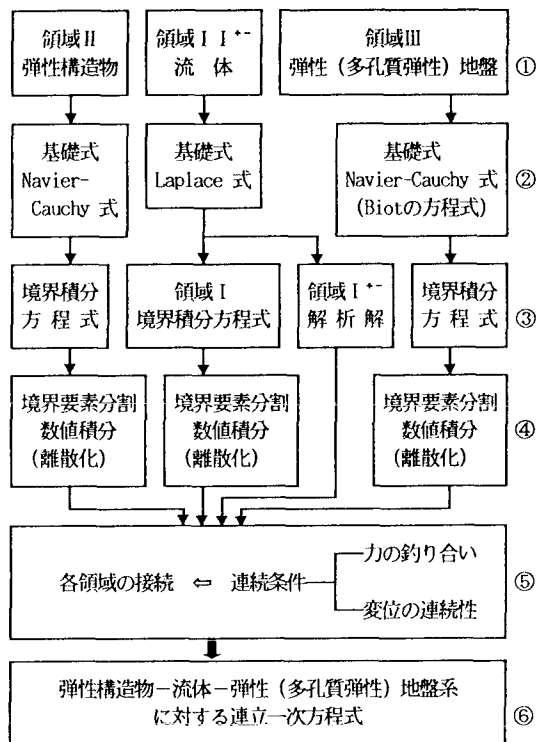


Fig. 2 解析法の流れ

立一次方程式を解くことに帰着される。

3. 数値解析例 数値解析モデルとしては、多孔質弾性地盤（海底地盤）上に設置された矩形の弾性構造物に対して、弾性波（S波）が入射する場合を考える。ここで、海底地盤は間隙率 $n=0.5$ の砂質地盤と仮定し、数値計算に必要なパラメータ（Biotの係数等）は文献3のものを用いた。また、弾性構造物としてはコンクリート程度の剛性をもつものと仮定した。

Fig. 3にその一結果を示す。図にはそれぞれ、変位(a)、縁応力(b)、表面力ベクトル(c)及び動水圧(d)の分布を示した。ここで、縁応力は連立方程式を解いて得られた境界上の変位を共変微分することにより求められ、また、動水圧は得られた速度ポテンシャルより算定したものである。

この図において、構造物の角点付近における縁応力の集中の度合い、構造物底面における表面力の水平成分の大きさなど、注目に値する。

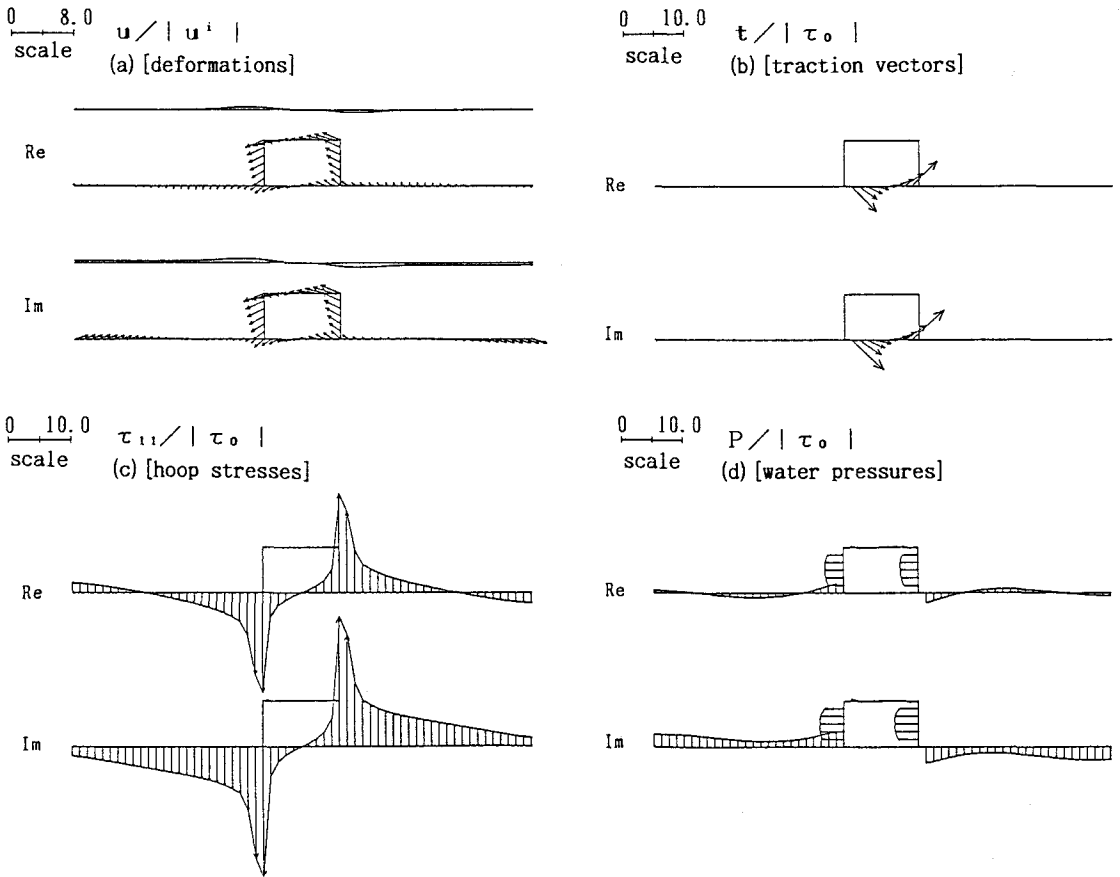


Fig. 3 変位(a)、縁応力(b)、表面力(c)及び動水圧(d)の分布状態
(鉛直下方よりS波入射、入射波の波数 $bk_T=1.0$ (b ; 構造物の幅))

参考文献 1) Biot, M. A., The Journal of The Acoustical Society of America, Vol. 28, No. 2, pp. 179-191, 1956. 2) Kawakami, T. and Kitahara, M.,

Boundary Elements IX, Vol. 2, pp. 523-533, Springer-Verlag, 1987. 3) Skempton, A. W., Por Pressure and Suction in Soils, pp. 4-16, Butterworths, 1961.