

I-B 184

固体表面波動へ与える固体－流体の 相互作用についての基礎的検討

東京理科大学大学院 学生会員 山田 美菜
東京理科大学理工学部 正会員 東平 光生

1. まえがき

著者の研究グループでは海洋－海底構造における波動伝播について研究を行い、海洋－海底の連成振動について調べてきた。本研究はこれらの一連の研究結果をふまえ、震源の深さによる、海洋と海底の相互作用の影響について検討をしている。

2. 研究の概要

東平¹⁾によれば、固体－流体の相互作用を検討するために、弾性体については変位を、圧縮性流体については圧力を基本量として波動方程式を立てる。そしてそれぞれの波動方程式に2つの固体－流体の相互作用の方程式を組み入れる。これを薄層要素－離散化波数法によって解くと式(1)のGreen関数を用いた合成積によって波動場が与えられる。

$$\begin{Bmatrix} u(r, \phi, t) \\ p(r, \phi, t) \end{Bmatrix} = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} [C_{kn}^m(r, \phi)] \int_0^t [V_{kn}^m][\Phi_{kn}^m(t-\tau)][V_{kn}^m]^{-1}[M]^{-1} \begin{Bmatrix} F_{kn}^m(\tau) \\ G_{kn}^m(\tau) \end{Bmatrix} d\tau \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 u, p は円筒座標系表示における固体変位、流体圧力で、 $[C_{kn}^m(r, \phi)]$ はhorizontal wave functionを成分とするマトリクス、 V_{kn}^m, Φ_{kn}^m はモード解析により得られるマトリクス、 M は薄層要素の質量マトリクス、 F_{kn}^m, G_{kn}^m は固体、流体の物体力を表すベクトルである。

3. 考察

本研究の解析に用いたモデルはFig.1に示すように半無限弾性体の上に深さ1 kmの圧縮性流体が分布する固体－流体の2相系モデルである。Fig.2はFig.1のモデルでのモード解析によって得られた分散曲線で、S波の位相速度が1となるよう無次元化している。この分散曲線について本解析結果とBiotの特性方程式の解を比較すると、特に振動数の低い領域について一致している。さらに正規モードの重ね合わせで非分散性の実体波の位相速度が明確に現れていることから正規モードは正確に求められているといえる。また分散曲線から任意に取り出したモード形状をFig.3に示す。基本モードはStoneley波を、高次1次モードはRayleigh波のモード形状をそれぞれ示しており、共にBiotの解とよく一致している。ここでは比較的低次の振動数であるが、振動数が高くなってもほぼ一致する。次に深さによる固体－流体の相互作用を検討するために時刻歴を求め、それらを重ね合わせた結果をFig.4に示す。本研究では震源の深さを1km, 2km, 3km, 4kmとして検討を行った。ここでは時刻、変位共に無次元化している。まず流体の影響を受けた弾性固体の実体波の到達時刻はいずれの深さを比較しても変わらない。これは実体波の到達時刻に流体が影響を及ぼさないということを示している。しかし表面波が到達してくるようになるとその到達時刻には遅れが見られ、このことから表面波は流体の影響を受けていることを示している。さらに震源が浅いほどRayleigh波の到達時刻は遅くなり、Stoneley波はその励起が大きくなることが分かった。これは震源が浅いほど相反定理から表面波モードの励起が大きいことに対応している。

4. 結論

流体の影響を受けた表面波の到達時刻は震源が浅いほど大きく遅れ、またStoneley波の励起も震源の深さに関係する。従って震源が浅いほど固体－流体系の表面波モードの励起が大きくなり、結果的に流体の影響が大きくなることを示す。

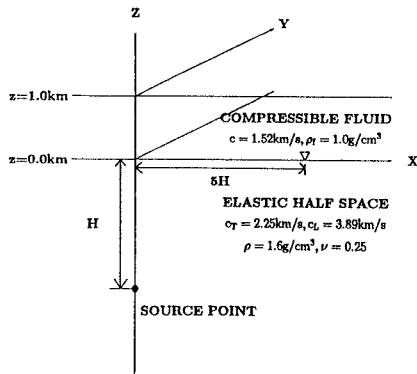


Fig.1 Analyzed model

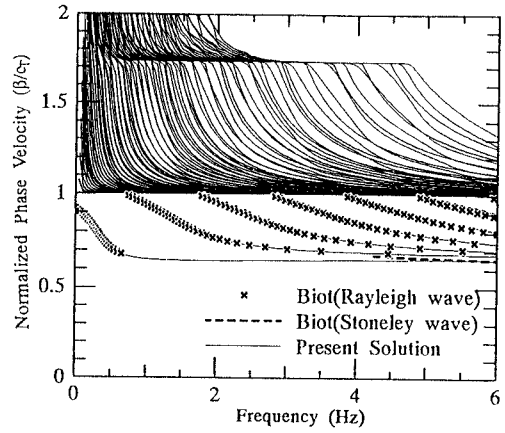
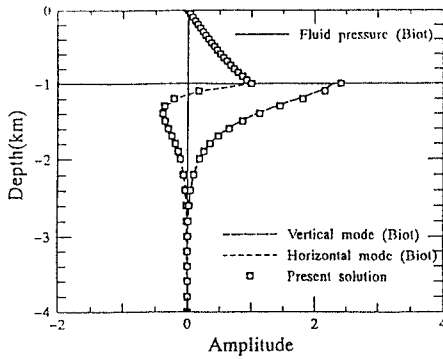
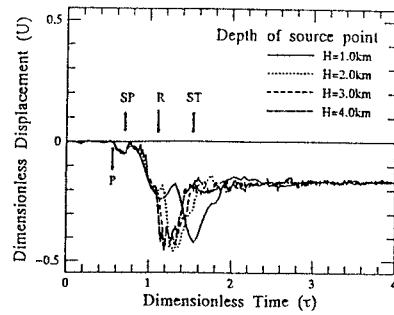


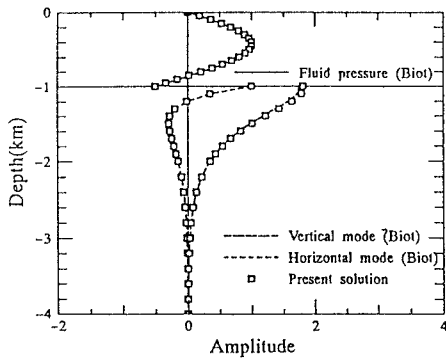
Fig.2 Dispersion property of the normal modes



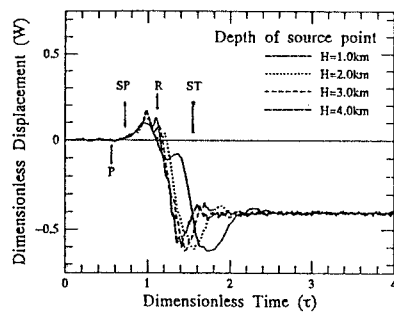
The fundamental mode (Stoneley-wave)(1.0Hz)



Horizontal component



The 1st higher mode (Rayleigh-wave)(1.4Hz)



Vertical component

Fig.3 Model shapes

Fig.4 Comparison of displacement

参考文献

- 1) 東平 光生：薄層要素法一離散化波数法による圧縮性流体層を含む成層弾性体の動的解析手法の展開，土木学会論文集，No.507/1-30, pp.149-158, 1995.1.