# I-423　境界要素法による構造物-地盤系の動的解析

○ 栃木県庁　正　員　益子　崇

早稲田大学　学生員　中村　吉明

## 1．緒言

我国のように地震発生頻度の高い地域においては、地上及び地中に構造物を建設する際、事前に構造物と地盤の動的な相互作用解析を行っておく必要性がある。その手法として境界要素法(B.E.M.) は近年注目を浴びており、これによって数多くの解析がなされている。

本研究では、２次元構造物－地盤モデルに地震波のＰ波・ＳＶ波成分が入射した際の応答を境界要素法を用いて解析し、この時の手法の妥当性を検証すると共に、構造物、地盤の物理定数や入射波の性質を変えることによる応答の変化について考察することを目的としている。

## 2．基礎方程式

等方均質で線形な弾性体の運動方程式は

$$(\lambda+\mu)u_{j,ji}+\mu u_{i,jj}+\rho f_i=\rho u_i \qquad (1)$$

である。さらに定常状態を仮定し、物体力を無視すると

$$(\lambda+\mu)\tilde{u}_{j,ji}+\mu \tilde{u}_{i,jj}+\rho \omega^2\tilde{u}_i=0 \qquad (2)$$

となる。ここでλ、μはラメ定数、ρは密度、ωは角振動数、添字i,jは方向を示す。

## 3．積分方程式

基礎式(2)は相反作用の定理を用いることにより､次のような積分方程式に変換できる。

領域Dinにおいて

$$C^{i}_{ki}\tilde{u}_i(X)+\int_{\Gamma} T_{ki}(X;Y)\tilde{u}_i(Y)d\Gamma =\int_{\Gamma} U_{ki}(X;Y)\tilde{t}_i(Y)d\Gamma \qquad (3)$$

領域Dexにおいて

$$C^{e}_{ki}\tilde{u}_i'(X)+\int_{\Gamma'+\Gamma_\infty} T_{ki}(X;Y)\tilde{u}_i'(Y)d\Gamma =\int_{\Gamma'+\Gamma_\infty} U_{ki}(X;Y)\tilde{t}_i'(Y)d\Gamma+\tilde{u}_k'(X) \qquad (4)$$

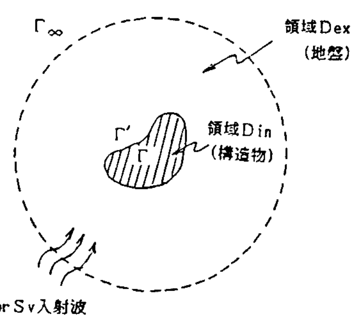


FIG. 1

ここで　Uki、Tkiは(2)式に対応する第1､2基本解であり次のように与えられる。

$$U_{ki}(X;Y)=[\psi\delta_{ki}-\chi r_{,k}r_{,i}]/2\pi\mu \qquad (5)$$

$\phi = K_0(i\omega r/Cs) + Cs/(i\omega r)[K_1(i\omega r/Cs) - Cs/Cp K_1(i\omega r/Cp)]$

$\chi = K_2(i\omega r/Cs) - (Cs/Cp)^2 K_2(i\omega r/Cp)$

$Cs^2 = \lambda/\rho \quad Cp^2 = (\lambda + 2\mu)/\rho$　$\delta ki$はクロネッカーのデルタ

$K_n$（・）は第２種ｎ次の変形Bessel関数

$$Tki(X;Y) = [\lambda Ukm,m\,\delta is + \mu(Uki,s + Uks,i)]ns \qquad (6)$$

又、ｕ，ｔは境界変位、表面力であり、$C^I$，$C^e$は境界形状及びラメ定数により決定される係数である。さらに（４）式は、基本解に放射条件を満足するものを選んだことにより境界$\Gamma_\infty$上での積分が消え次式のようになる。

$$C^e ki\tilde{U}_i'(X) + \int_{\Gamma'} Tki(X;Y)\tilde{U}_i'(Y)d\Gamma = \int_{\Gamma'} Uki(X;Y)\tilde{t}_i'(Y)d\Gamma + \tilde{U}_k'(X) \qquad (7)$$

## ４．接合条件

FIG.1のような非均質領域では、境界$\Gamma(\Gamma')$において変位が連続し、表面力がつりあうという条件を満足しなければならない。

$$\tilde{U}_i = \tilde{U}_i' \qquad \tilde{t}_i = -\tilde{t}_i' \qquad (8)$$

この接合条件を用いることで、(3)(7)式を連立させて解くことができる。

## ５．数値解析結果

境界要素法においては、線形の離散化要素を用いて計算を行った。また、基本解が特異性をもつことから、離散化の際に特異点を含む要素の積分は、変形Bessel関数を、級数展開し、解析的に実行しなければならない。

FIG.２，３は、円筒形の地中構造物に左下３０°からＰ波が、入射した際の周辺地盤の変位を方向別に等高線で示したものである。構造物内部が硬質であるため、入射した波が外部へ散乱する様子が見える。

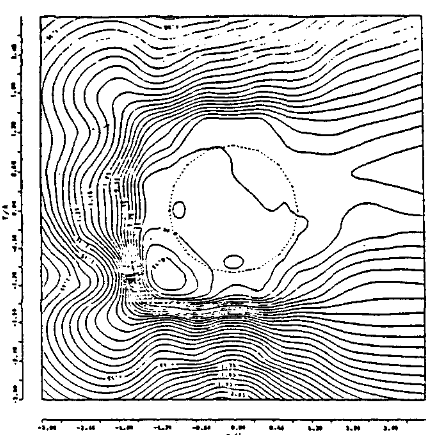

FIG 2 (P-WAVE) (THETA= 30° : KA= 2.0 ) ( U ) (HARD)

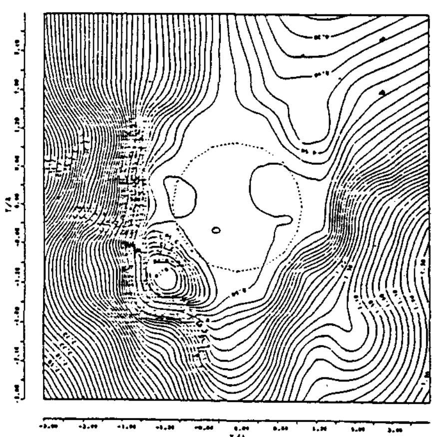

FIG 3 (P-WAVE) (THETA= 30° : KA= 2.0 ) ( V ) (HARD)

その他解析結果については当日発表する予定である。

## ６．参考文献

1）C.A.Brebbia : Progress In Boundary Element Methods,Volume1 (Pentch Press Ltd,1981)
2）篠崎祐三 : 不整形地盤域にある構造物の振動性状に関する研究