

I-638 不整形軟弱地盤中の長軸埋設構造物の地震応答性状

岡山大学 学生員 横田 友良  
 岡山大学 正会員 竹宮 宏和  
 ハザマ(株) 正会員 須田 清隆

1. まえがき

長軸埋設構造物の地震応答性状に地震波入力方向に沿った伝播性が重要であることは明かである。地形/地盤の条件による地震波の空間分布に関しては、現在の研究成果を踏まえてかなりの程度にまで評価することができる。本研究は、著者らの不整形地盤解析<sup>1)</sup>を発展させて、埋設シールドトンネル構造物を対象に、離散化手法としての有限要素法(FEM)と境界要素法(BEM)のHYBRID法により地震時応答性状を把握するものである。

2. 解析方法

著者らは、不整形な軟弱地盤の振動特性を、規定された入射波の下で調べてきたが、今回の研究はその中に建設される埋設構造物の応答性状に視点を当てている。解析手法は、遠地盤のインピーダンスをBEMのグリーン関数によって算出し、近傍地盤と構造物を併せてFEMでモデル化して、両者の領域のインターフェイス上の節点における変位と節点力のつり合いよりカップリングするハイブリッド法により行う。これよりFEM全節点変位を未知量として作成した支配方程式が得られる。

$$\begin{bmatrix} D_{ss} & D_{si} & D_{sb} \\ D_{is} & D_{ii} & D_{ib} \\ D_{bs} & D_{bi} & D_{bb} + S_{bb}^0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_s \\ U_i \\ U_b \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} P_s \\ P_i \\ P_b^0 \end{Bmatrix}$$

ここで、

$U_s, U_i$  : FEM領域内部の地盤、構造物節点変位

$U_b$  : FEM領域とBEM領域の境界上の節点変位

$P_s, P_i$  : FEM領域内部に働く物体力を節点力に変換したもの

$S_{bb}^0 = H^T G^{-1} H$  : 遠地盤インピーダンス

$H, G$  は半無限層状地盤のGreen関数<sup>2)</sup>に基づく。

$P_b^0 = S_{bb}^0 U_b - P_b^i$  : 入射波の下でFEM領域とBEM領域の境界上の

節点に働く有効入力、 $U_b^i, P_b^i$  は自然地盤応答である。

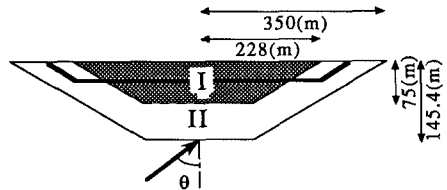


図1 解析モデル

領域	せん断波速度 $V_s$ (m/s)	密度 $\rho$ ( $kg/m^3$ )	ポアソン比 $\nu$	減衰定数 $\beta$
内部 (I)	200	1.6	0.45	0.1
外部 (II)	500	2.0	0.35	0.02

等価曲げ剛性(EI)	$5.0 \times 10^6$	( $kg \cdot m^2$ )
等価引張剛性(EA)	$6.0 \times 10^6$	( $kg \cdot m$ )
単位体積重量 $\gamma$	2.8	( $kg/m^3$ )
断面積 A	3.4	( $m^2$ )
ポアソン比 $\nu$	0.25	

表1 地盤及び長軸構造物の物性定数

3. 解析例と考察

本解析で用いたモデルの概要を図1に、地盤の物性、構造物の断面諸元を表1に示す。解析は入射波に面外のSH波、面内のSV波(入射角 $\theta = 0^\circ, 30^\circ$ )、レーリ波を仮定して、既往の研究を参考にして無次元振動数 $\eta = 2a/\lambda = (2a/V_s)f = 0.25, 0.5, 1.0, 2.0$  について行った。ここで、 $V_s, \lambda$  : 入射波のせん断波速度、波長、 $a$  : 沖積地盤の地表面の半幅、 $f$  振動数である。入射波に単位の変位振幅を取ったときの解析結果を、変位について図2、3、4に、曲げモーメントについて5、6、7に、軸力について図8、9に示す。入射波の種類、 $\eta$  の値によって、構造物の応答性状は大きく変化することが判る。変位は沖積層内で大きく変化している。断面力に関しては構造物の屈曲部及び地盤物性の変化している部分で非常に大きくなり、 $\eta$  の値が大きくなるにつれて最大値が大きくなっている。しかし、実際の地震波では卓越する範囲は限られている。波動の水平方向への伝播により鋼造物の中ほどでもかなりの応答が出る。

参考文献

- 1) Takemiya, Tomono, Ono and Suda (1992): 2-D Site Response Characteristics by BEM-FEM Hybrid Analysis 土木学会論文集投稿中、
- 2) 竹宮・有岡(1992): 集中力・分布力加振に対する粘弾性多層半無限地盤の2次元グリーン関数の数値計算法、土木学会論文集 No.411/I-18,57-66.

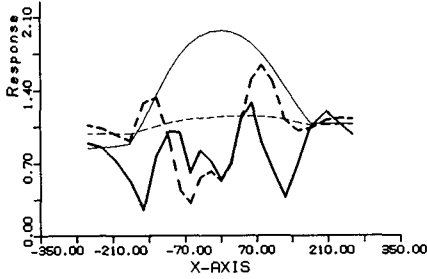


図2 SH波、 $\theta=30^\circ$ での  
構造物の変位

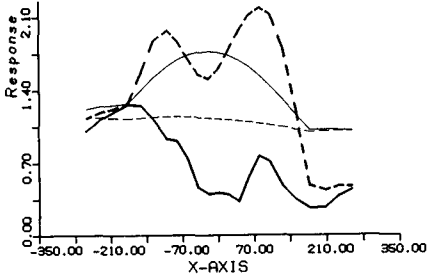


図3 SV波、 $\theta=30^\circ$ での  
構造物の変位

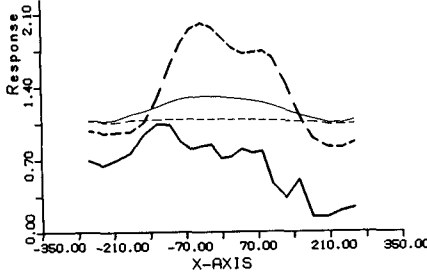


図4 Rayleigh波での  
構造物の変位

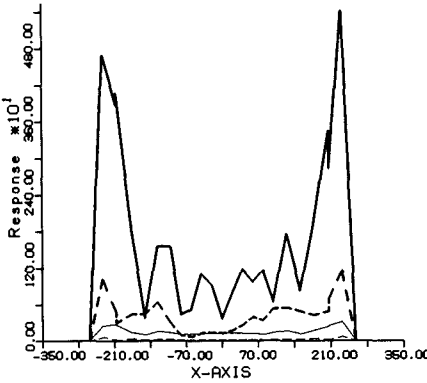


図5 SH波、 $\theta=30^\circ$ での曲げモーメント

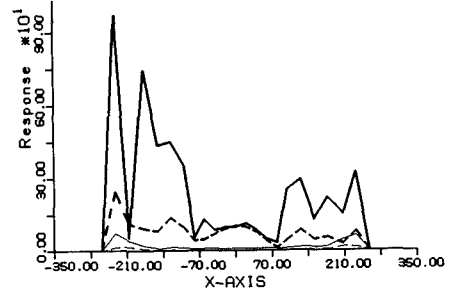


図6 SV波、 $\theta=30^\circ$ での曲げモーメント

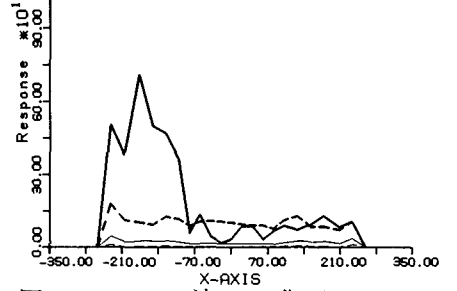


図7 Rayleigh波での曲げモーメント

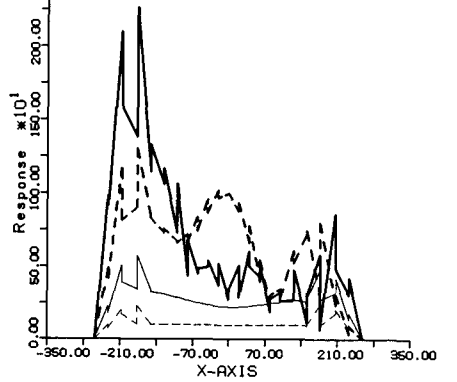


図8 SV波、 $\theta=30^\circ$ での軸力

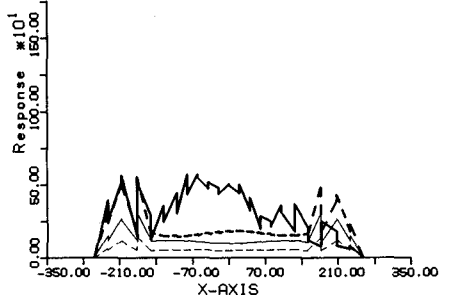


図9 Rayleigh波での軸力

- $\eta=2.0$
- - - -  $\eta=1.0$
- $\eta=0.5$
- - - -  $\eta=0.25$