

不整形軟弱地盤中の長軸埋設構造物の地震応答性状

岡山大学大学院 学生員 内野 博樹
岡山大学環境理工学部 正会員 竹宮 宏和

1. まえがき

長軸埋設構造物の地震応答性状には、地震波の軸方向に沿っての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¹⁾らの不整形地盤解析を発展させて、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）のハイブリッド法により地震時の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震動特性を、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。

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

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

$S_{bb}^g = H^T G^{-1} H$: 遠地盤インピーダンス

H, G : 半無限層状地盤のGreen関数に基づく。

$P_b^g = S_{bb}^g U_b - P_b$: 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, P_b : 自然地盤応答

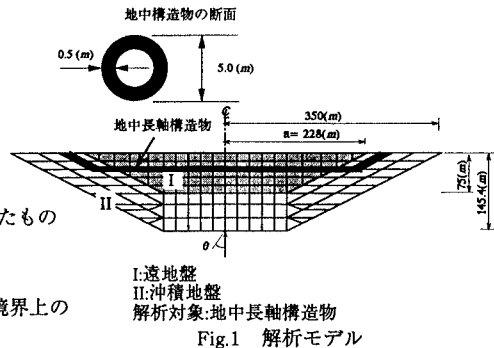


Fig.1 解析モデル

Table.1 地盤の物性

領域番号	ポアソン比	密度	せん断弾性係数	減衰定数
I	0.45	1.60 (t/m ³)	6.4*10 ⁴ (N/m ²)	0.05
II	0.35	2.00 (t/m ³)	5.0*10 ⁵ (N/m ²)	0.005

Table.2 構造物の物性

断面積	ポアソン比	密度	断面二次モーメント	断面二次極モーメント	せん断弾性係数	減衰定数
7.07 (m ²)	0.25	2.5 (t/m ³)	18.11 (m ⁴)	36.22 (m ⁴)	1.2*10 ⁷ (N/m ²)	0.05

3. 解析例と考察

本解析で用いたモデルの概要を Fig.1 に、地盤の物性、構造物の断面諸元を Table.1, 2 に示す。解析は入射波に面内のSV波（入射角 $\theta = 0^\circ, 30^\circ$ ）、無次元振動数 $\eta = 2a/\lambda = (2a/V_s)f = 0.5, 1.0, 2.0$ について行った。ここで、 V_s, λ : 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0.01mの変位振幅を取ったときの解析結果を、加速度については Fig.2, 3 に、変位は Fig.4, 5 に、せん断力は Fig.6, 7 に、軸力は Fig.8, 9 に、曲げモーメントは Fig.10, 11 において示す。変位については沖積層内での大きな増幅が見られる。断面力に関しては構造物の屈曲部及び地盤物性の变化している部分で非常に大きくなる。また、鉛直入射より斜めからの入射の場合の方が大きな応答となる。以上より、軟弱地盤中の埋設長軸構造物の耐震設計において、不整形な地形、不規則な地盤の影響が考慮されるべきである。

参考文献

1) 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.

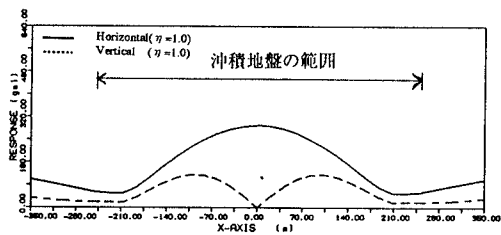


Fig.2 Acceleration ($\theta = 0^\circ$)

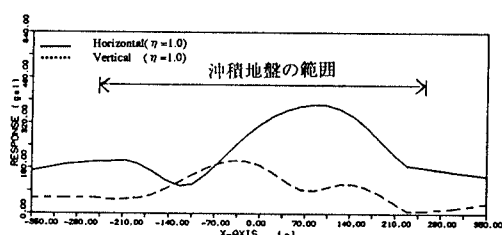


Fig.3 Acceleration ($\theta = 30^\circ$)

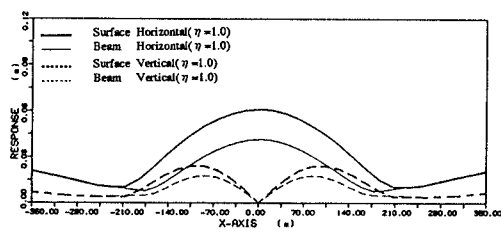


Fig.4 Displacement ($\theta = 0^\circ$)

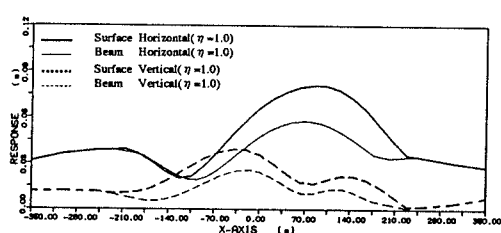


Fig.5 Displacement ($\theta = 30^\circ$)

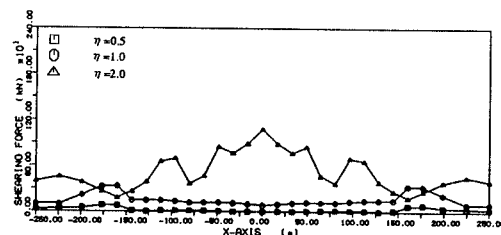


Fig.6 Shearing force ($\theta = 0^\circ$)

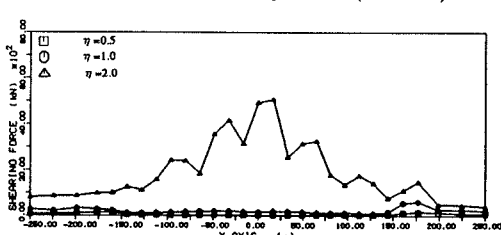


Fig.7 Shearing force ($\theta = 30^\circ$)

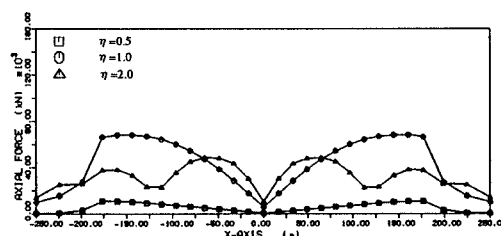


Fig.8 Axial force ($\theta = 0^\circ$)

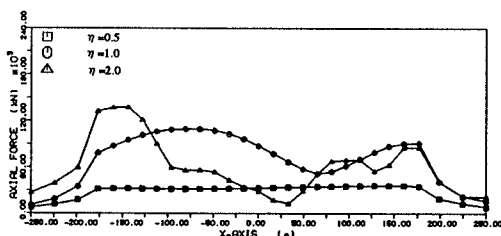


Fig.9 Axial force ($\theta = 30^\circ$)

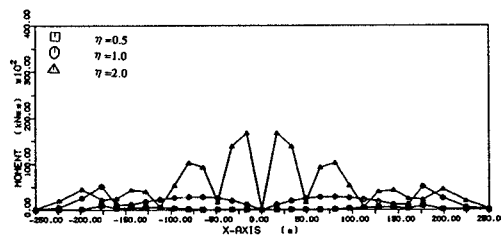


Fig.10 Moment ($\theta = 0^\circ$)

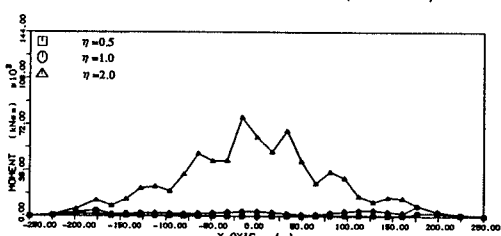


Fig.11 Moment ($\theta = 30^\circ$)