

# I-480 地盤-建物の動的相互作用実験結果による 軸対称ハイブリッドコード（HASSI）の検証 — (1) (理論編)

東電設計（株） 正 員 片山 幾夫 正 員 ○久保賀也  
正 員 丹羽 顯 正 員 大角恒雄  
正 員 中瀬 仁

## 1. はじめに

原子力発電所等の重要かつ巨大な構造物の耐震性評価や設計に適用する解析コードは、地盤から構造物に伝播した地震動が構造物を振動させ、その振動が逆に地盤中に逸散して行く、地盤と構造物の動的相互作用による地震時挙動を正しく評価できるものでなければならない。従来の解析コードでは、大領域の地盤をモデル化して近似的に波動の逸散を表現していたが、この方法は膨大な計算時間を要する欠点がある。このため、限られた種類の地震波動についてだけ波動逸散を表現できる境界を付加するなどによって、地盤モデルを小さくすることで経済的要求を満たしてきた。筆者らは、1982年以来地震時における地盤と構造物の動的相互作用の解析において、地震動の地下逸散現象を学理的に正しくかつ経済的に評価できる、ハイブリッド法による半無限一様地盤上に設置される構造物の3次元動的有限要素法解析コードHASSI (Hybrid Analysis of Soil-Structure Interaction) を開発し、4番目のバージョンHASSI-4に至った。なお、基盤のある水平多層地盤にも適用できるようにHASSI-5も開発されている。ここでは、HASSIの検証のために行なった実験とその結果を報告する。まず、HASSIの概要と基本的検証結果を以下に述べる。

## 2. 解析理論

### (1) ハイブリッド法<sup>1)</sup>

HASSIは、有限要素と半無限地盤のソイル・インピーダンスの理論解とを結合することから、ハイブリッド法と呼ばれる解法を用いている。地盤～構造物の全体系は図-1のごとく以下の2つに分割される。

- (a) 構造物とその周辺地盤：3次元上部構造物と軸対称基礎を有限要素でモデル化する。
- (b) 遠方地盤：周辺地盤と共通な境界を持ち、その境界面に周波数依存のインピーダンス（パネとダッシュポット）を付加することにより、遠方地盤を表現する。

### (2) 遠方地盤のインピーダンスの算定

周辺地盤を半球状に表現したモデルが、半無限一様地盤上に置かれた剛な円板の既知の応答関数を再現できるように遠方地盤のインピーダンスを有限要素モデル境界に付加する。

## 3. 解析例

基本的検証のために、既往の理論解とHASSI-4による数値解とを比較する。

### (1) 解析モデル

解析モデルとして、半無限一様地盤に半径  $a=3.0\text{m}$  の剛な円柱基礎が深さ  $h=a$  で埋め込まれている場合を想定した。解析領域  $R=4 \times a$  とし、その要素分割を図-2に示す。解析は剛基礎に対してモーメント  $M$  が作用するように加振し、その伝達関数を求めた。地盤の物性にはポアソン比  $\nu=0.25$ 、材料減衰定数  $\xi=0.0$ 、せん断波速度  $V_s=220\text{m/sec}$ 、せん断弾性係数  $G=9880\text{ton/m}^2$  を用いた。

### (2) 解析結果

解析結果のインピーダンスを無次元周波数  $a_0=\omega a/V_s$  についてプロットし、これに、Day<sup>2)</sup> 及び Apsel<sup>3)</sup> による解析解を表現したのが図-3である。図示したロッキングのインピーダンスではHASSIの結果は解析解をやや下回る程度に再現できている。したがって、HASSI-4は、一様地盤の解析において埋め込みのある構造物にも十分適用性があると言える。

#### 4. あとがき

HASSI-4の基本的な適用性について述べた。しかし、理論解は、半無限地盤と質量のない剛な円板を想定して得られたものであって、質量のある実構造物の基礎の応答を正しく評価し得るかどうかを起振機実験結果をシミュレートすることで検証することとした。これらについては、続報の実験編及び地震観測編で述べる。

#### 5. 参考文献

- 1) Gupta, S., Penzien, J., Lin, T. W., and Yeh, C. S., "Three-Dimensional Hybrid Modelling of Soil-Structure Interaction," earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. 10, pp. 69-87, 1982.
- 2) Day, S. M., "Finite Element Analysis of Seismic Scattering Problem," Ph.D. Thesis, University of California, San Diego, California, 1977.
- 3) Apsel, R. J., "Dynamic Green's Function for Layered Media and Application to Boundary Value Problems", Ph.D. Thesis, University of California, San Diego, California, 1979.

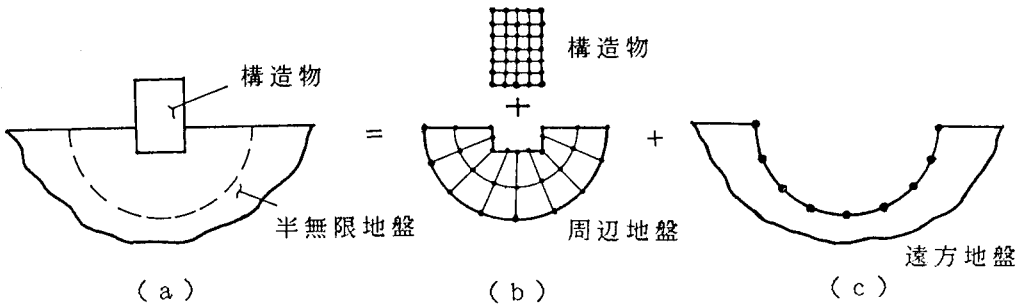


図-1 HASSIの概念図

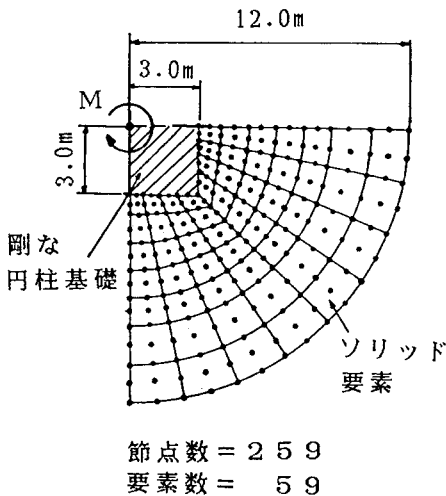


図-2 解析用要素分割図

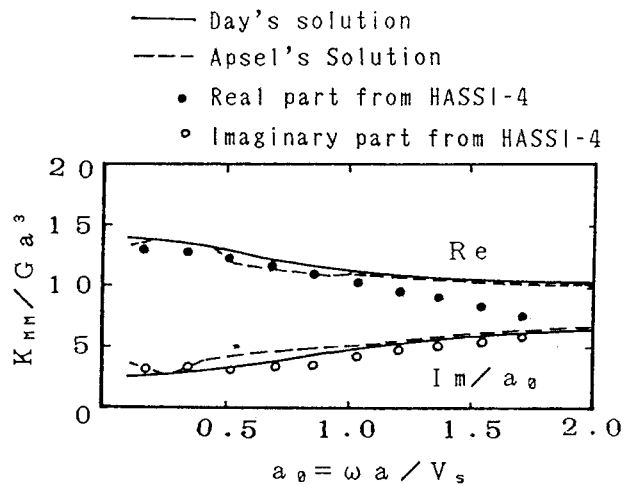


図-3 ロッキングのインピーダンス