

地盤一構造物間の動的相互作用に関する研究

豊橋技術科学大学

○川原 幸之助

同 上 正会員 栗林 栄一

1. はじめに

構造物に地震のような衝撃荷重が生じると、構造物と地盤との間に滑動現象や剥離現象の生じる可能性が考えられる。また、このような現象は生じることはなくとも、橋梁基礎等の設計においては、けた高さ（あるいは空間）及び車両走行性の確保の制限が設けられており、橋梁基礎における変位解析は重要な意味を持っている。本研究では、地盤と構造物の動的相互作用から、衝撃荷重に対する地盤の変位性状を明らかにすることを目的とする。剛体基礎の変位解析には種々あるが、本研究においては半無限弾性体を用いて2次元境界要素法により解析する。

2. 解析手法

動的弾性問題の境界積分方程式は以下ようになる。

$$u_{ij}(y) = \int_{\Gamma} u_{ij}^*(x, y) t_{ij}(x) d\Gamma(x) - \int_{\Gamma} t_{ij}^*(x, y) u_{ij}(x) d\Gamma(x) \quad (2-1)$$

ここで、 $u_{ij}(x, y)$ と $t_{ij}(x, y)$ はそれぞれ x において j 方向の集中力が作用したときの y における i 方向の変位と表面力である。点 x が境界に近づくとき特異性を考慮しなければならない。周波数領域において式は次のようになる。

$$c_{ij}(y) \tilde{u}_{ij}(y, \omega) + \int_{\Gamma} t_{ij}^*(x, y, \omega) \tilde{u}_{ij}(x, \omega) d\Gamma(x) - \int_{\Gamma} \tilde{u}_{ij}^*(x, y, \omega) t_{ij}(x, \omega) d\Gamma = 0 \quad (2-2)$$

2次元線形弾性体とみなした全無限体に関する基本解は次式で与えられる。²⁾

$$\tilde{u}_{ij}(x, y, \omega) = \frac{1}{2\pi\mu} [A\delta_{ij} - B r_{,ij} r_{,ij}] \quad (2-3)$$

$$\tilde{t}_{ij}(x, y, \omega) = \frac{1}{2\pi} \left[P \left(\delta_{ij} \frac{\partial r}{\partial n} + r_{,ij} n_i \right) + Q \left(r_{,in} n_i - 2r_{,ij} r_{,ij} \frac{\partial r}{\partial n} + S r_{,ij} r_{,ij} \right) \right] \quad (2-4)$$

と書ける。周波数領域において式(2-2)は次式のように書き換えられる。

$$[H]\{\tilde{u}\} = [G]\{\tilde{t}\} \quad (2-5)$$

式(2-2)の係数マトリクスは基本解の数値積分により求められる。非特異項($i \neq j$)のときの H と G の非対角部分マトリクスは、Gaussの数値積分公式を用いて精度よく計算することができる。また特異項($i=j$)については、 H マトリクスにおいて、本研究では剛体変位条件³⁾を用いて評価した。 G マトリクスにおいては SUB 要素分割法により特異性を解消した。

3. 解析モデル

基礎構造物にT型橋脚を用いた。衝撃荷重は、単位力を1(t/m)とする正弦波によって加えられ、円周波数 ω にて変動するものとする。地盤一構造物の境界要素法モデルを図1に示す。モデル断面図を図2に示す。また、各物性値は表1に示す。

4. 解析結果・検討

まず、図3において根入れ440cmおよび240cm時の水平力加振による周波数応答関係を示す。この両者を比較すると根入れが浅い方が大きい変位を持つことが明らかに認められる。また両者とも2Hz付近にピークが認められる。ピークの値においては変位応答が20%減少が見られる。図4において根

表1 解析に用いた物性値

物性値	せん断弾性係数 $G(t/f/m^2)$	ポアソン比 ν	密度 $\rho(t/m^3)$
構造物	1.08×10^8	0.15	2.4
CASE1	3.8×10^8	0.45	1.7
CASE2	8.0×10^8	0.40	2.0
CASE3	1.2×10^9	0.35	2.0

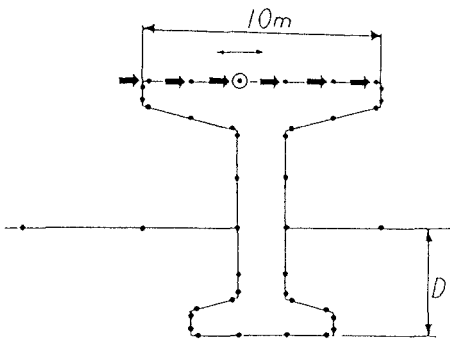


図1 境界要素法モデル

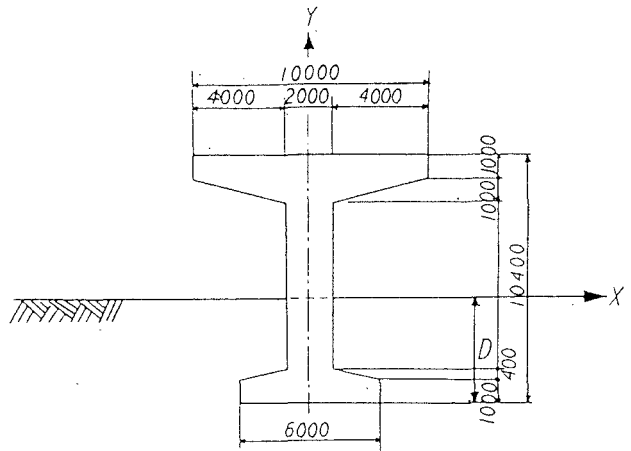


図2 モデル断面図

入れ240cmにおける各物性値による周波数応答関係を比較すると、低周波数領域では軟らかい地盤ほど変位応答が大きいが、5 Hz以上になるとほぼ同程度の値を示す。次に鉛直力加振による構造物の周波数応答関係を比較する。図5より、水平力加振と同じように軟らかい地盤ほど変位応答が大きいが、鉛直力加振の場合、周波数が小さいほど変位応答が大きくなることが認められた。

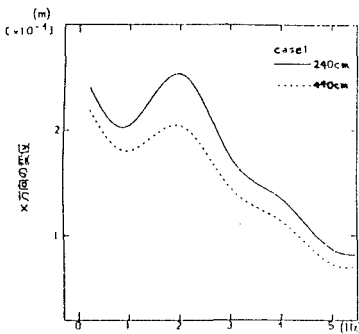


図3 水平力加振による構造物の周波数応答関係

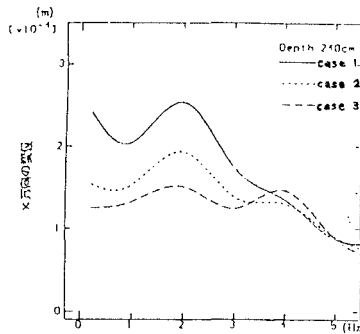


図4 水平力加振による構造物の周波数応答関係

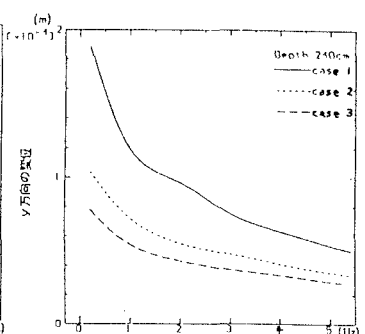


図5 鉛直力加振による構造物の周波数応答関係

5. 結 論

前述の解析結果より以下の結論が得られた。

- 1) 深い基礎構造物より浅い基礎構造物の変位応答が大きい。
- 2) 高周波数領域において、構造物の外部荷重による動的応答はほとんど物性値に依存しない。
- 3) 鉛直加振の場合、低周波数領域において最大変位応答が認められる。

参考文献

- 1) C. A. Brebbia: Progress in Boundary Element Methods, Voll, pp213-25 7, 1981
- 2) SHAHID AHMAD AND PRASANTA K. BANERJEE: MULTI-DOMAIN BEM FOR TWO-DIMENSIONAL PROBLEMS OF ELASTODYNAMICS, INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL METHODS IN ENGINEERING, VOL. 26, 891-911, 1988
- 3) 田中正隆、松本俊郎、中村正行 共著：境界要素法，倍風館