

岡山大学 学生員 横田 友良

岡山大学 正会員 竹宮 宏和

1. まえがき

地盤と構造物の動的相互作用問題における離散化手法の一つとして時間領域の境界要素法の適用がある。対象系の特徴として地盤の半無限性、3次元性、構造物と地盤のインターフェイスの非線形性、そして遷移、非定常応答様相が挙げられる。本研究は、一様な半無限体上の剛体表面基礎が衝撃、非定常載荷を受けたときの地盤内の波動伝播の様相及びそれに従う基礎構造物の応答性状を明らかにすることを目的とする。

2. 解析手法

半無限3次元弾性体がその表面において点/円盤状の急激な載荷を受けたときの任意点の応答評価法は、前論文において鉛直載荷について説明したが、同様な定式化によって水平載荷下の応答を計算することができる。その結果、半無限弾性体の衝撃応答は

$$\Delta u_i(x, y, z; t) = u_i(x, y, z; t) - u_i(x, y, z; t - \Delta t) \quad (1)$$

つまり、グリーン関数 $G(x, y, z; t)$ として定義される。任意の時間変動載荷に対しては、合積分の離散化表現から

$$G(x, y, z; t) = \sum_i \sum_j \Delta u_i(x, y, z; t - \tau_{ij}) F_j(x, y, z; \tau_{ij}) \quad (2)$$

載荷力が $z = 0$ 平面上に分布している状態では、半無限体のグリーン関数 $G_{ij}(x_i, y_i, z_i; t)$ より

$$u_i(x, y, z; t) = \sum_i \sum_j \sum_k G_{ij}(x_i, y_i, z_i; t - \tau_k) P(x_j, y_j, z_j; \tau_k) \quad (3)$$

剛体基礎を仮定すると、各セグメント上の変位と表面力は、剛体の図心における変位と合力に変換される。剛体における動的つり合い式は

$$[M]\ddot{u} + [K]u = \bar{P} + D^T G_0^{-1} \sum_j P_j G^{m-j} \quad (4)$$

により各セグメント上の表面力 P_j を時間ステップごとに求めることができる。これは複数の時間変動表面載荷状態と考えることができるので、線形重ね合わせにより任意の点での変位応答 u_i を求めることができる。構造物の滑りを考慮する場合は、応力-歪の非線形関係式を式(4)に導入する。

3. 解析例と考察

本解析に用いた解析モデルの概要をFig. 1、Fig. 2に、地盤物性をTableに示す。解析は、まずFig. 1のように地表面に鉛直方向衝撃載荷を与えた場合の観測点A-Fでの変位応答を求める。その数値解析結果をFig. 3に示す。これを見ると、波動伝播の様子が明確に現われており、Rayleigh波の影響が表面で大きく、深さが深くなるとしだいに存在なくなっていくことが判る。次に、載荷力をRicker波型に時間的に変化させる。その結果をFig. 4に示す。(図中の各変位応答は $\pi \mu R u$ として正規化したものをそれぞれ無次元時間 $\tau = t \beta / R$ において示したものである。また、A点における応答はPoint載荷の場合は $\phi = 0.1^\circ$ 、Disk載荷の場合は $\phi = 0.5^\circ$ の時の数値計算結果を近似値として用いている。) これを見ると応答の時間的変化が現われており、そのピークの発生時刻のの違いから深さによって最も影響を及ぼす波の種類が異なることを示している。また、Point載荷とDisk載荷を比較すると応答の最大値やその現われる時間がずれるなど様相に違いが見られる。Disk載荷の場合、Point載荷の場合と比べてピークが現われるのが遅れる傾向があり、衝撃載荷の場合にはPoint載荷より長時間にわたって応答が現われている。

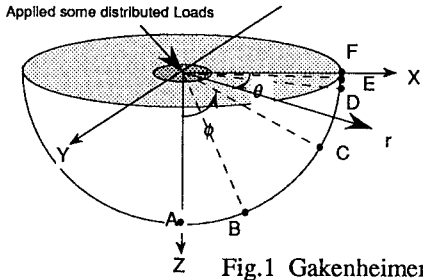


Fig.1 Gakenheimer モデル

Gakenheimer model	
	ϕ (DEG)
A	0
B	30
C	60
D	85
E	89.5
F	90

ヤング係数 E_s [kN/m ²]	2.5×10^6
密度 ρ_s [t/m ³]	2.0
ポアソン比 ν_s	0.25
P波速度 c_1 [m/sec]	387.3
S波速度 c_2 [m/sec]	223.6

Table モデルの物性

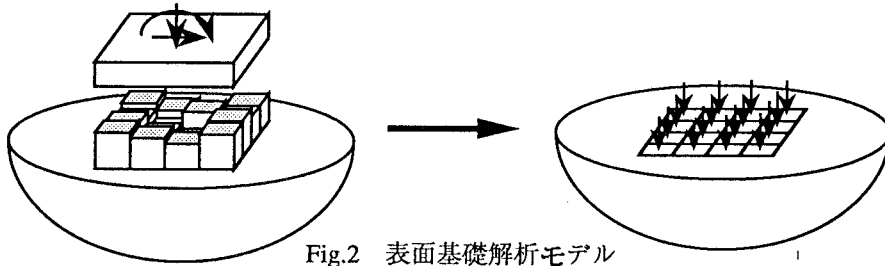


Fig.2 表面基礎解析モデル

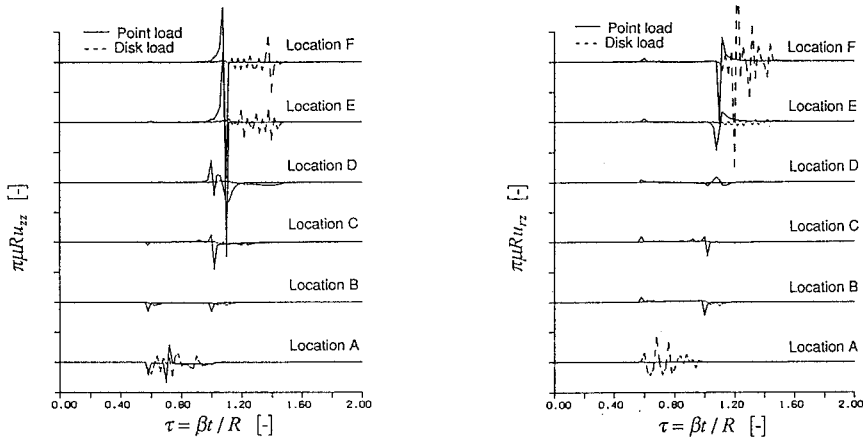


Fig.3 鉛直方向衝撃载荷による変位応答

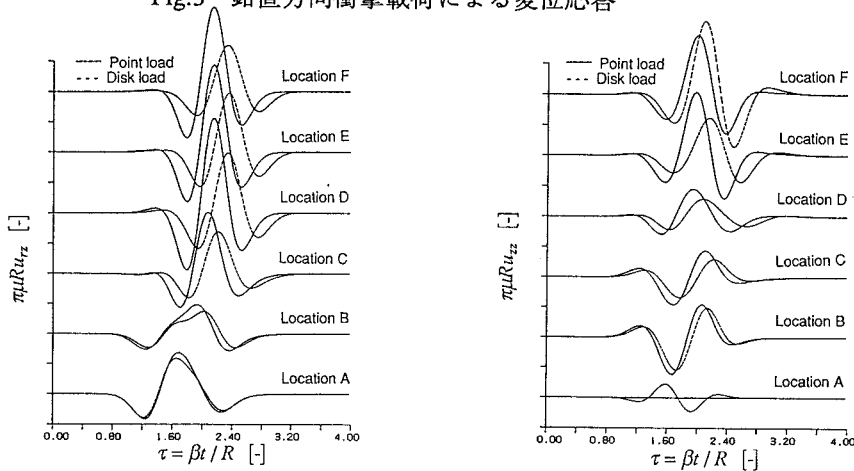


Fig.4 リッカー波型の鉛直方向载荷による変位応答