

I-210 分布衝撃力に対する全/半無限弾性体の面内/面外遷移応答解析

岡山大学大学院 岡田達也
 岡山大学大学院 祐保芳樹
 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で、直接時間領域BEMで定式化する際、半/全無限基本解が必要となる。このため、本研究では、一様全/半無限地盤が分布衝撃力を受けたときの面内、面外遷移応答(時間領域グリーン関数)を求めるための定式化及びその数値解析結果を示す。

2 定式化

一様な全/半無限弾性体の内部あるいは表面において分布衝撃力 $g(x,t)$ を想定し、弾性体の任意の点における応答(変位、応力)を半無限体に対する初期値境界値問題考える。ここでは対象を2次元問題に限り、面内・面外応答解析をそれぞれ独立に解く。解法は時間に関してLaplace(L)-変換(変数 p)、空間(x軸)に関してFourier(F)-変換(変数 ξ)を介して行う。その際、逆L変換は、周回積分法で遂行し、逆F変換は、解析表現を得ることができる。従って、数値積分が一部必要となる。本研究ではこれらに対してはClenshaw-Curtis法を適用している。その手順を以下に示す。

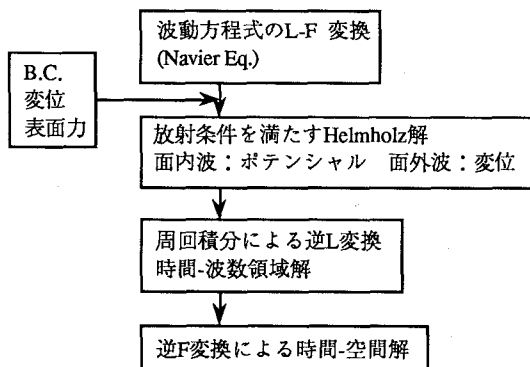


Fig.1 解法手順

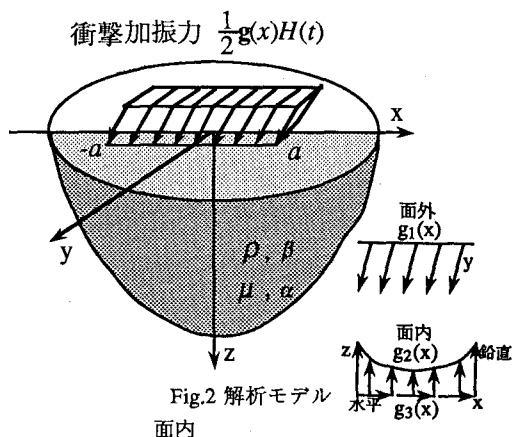


Fig.2 解析モデル

<p>衝撃力</p> $g(x)H(t) \xrightarrow{L,F} \bar{g}(\xi) \frac{1}{p}$ <p>$H(t)$: Heaviside step function</p>	<p>Helmholtz解</p> $u_{yz}(x,z,t) \leftrightarrow \hat{u}_{yz}(\xi,z,p) = A e^{-k_\beta z}$ $k_\beta = \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{\beta^2}} \quad k_\alpha = \sqrt{\xi^2 + \frac{p^2}{\alpha^2}}$	<p>面外</p> $\left\{ \begin{matrix} \phi \\ \varphi \end{matrix} \right\} \xrightarrow{L,F} \left\{ \begin{matrix} \bar{\phi} \\ \bar{\varphi} \end{matrix} \right\} = \begin{bmatrix} e^{-k_\alpha z} & 0 \\ 0 & e^{-k_\beta z} \end{bmatrix} \left\{ \begin{matrix} A \\ B \end{matrix} \right\}$
---	---	--

境界条件 全無限体への作用力は、半無限モデルにおける境界条件として扱う。

<p>面外</p> $A(\xi,p) = -\frac{\bar{g}_y(\xi)}{2p\mu K_\beta} \begin{Bmatrix} A(\xi,p) \\ B(\xi,p) \end{Bmatrix} = \frac{\beta^2}{2p^2\mu} \begin{bmatrix} 1 & i\xi/k_\alpha \\ i\xi/k_\beta & -1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \bar{g}_x(\xi) \\ \bar{g}_z(\xi) \end{Bmatrix}$	<p>全無限面内</p>	<p>半無限面内</p> $\begin{Bmatrix} A(\xi,p) \\ B(\xi,p) \end{Bmatrix} = -\frac{\beta^2}{\mu\Delta_R} \begin{bmatrix} p^2/\beta^2 + 2\xi^2 & -i\xi k_\alpha \\ i\xi/k_\beta & -p^2/\beta^2 + 2\xi^2 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \bar{g}_x(\xi) \\ \bar{g}_z(\xi) \end{Bmatrix}$
--	---------------------	--

$$\Delta_R = (p^2/\beta^2 + 2\xi^2)^2 - 4\xi^2 k_\alpha k_\beta$$

3 数値解析結果

数値解析結果の妥当性の検証を、まず面外解析については半無限地盤上の一様な分布力載荷の遷移応答について厳密解との比較により行い、面内解析については一様半無限地盤内におけるRayleigh波の影響の程度を深さとの関係において調べるため、全/半無限弾性体解の数値解析結果の比較をFig. 4-2-4-3に行った。面外応答結果については、SH波の到達後に静止状態から急激な応答を示す。面内応答結果は、変位、応力共にp波が到達するまでの間応答を示さず、到達後急激な応答を示している。よって作用点からの距離に応じて応答開始時刻の差が顕著に見られる。

面外応答結果

密度 ρ	加振力強度 q_0	せん断波速度 V_S	加振幅 $b(=2a)$
26.26(t/m ³)	0.5(KN/m ²)	100.0(m/s)	100.0(m/s)

単位

t(sec), x(m), y(m), z(m),

u_{yz} (m), τ_{yz} (KN/m²)

表1 物性値諸元

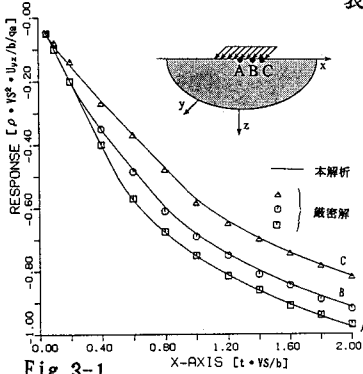


Fig.3-1 表面変位応答の厳密解との比較

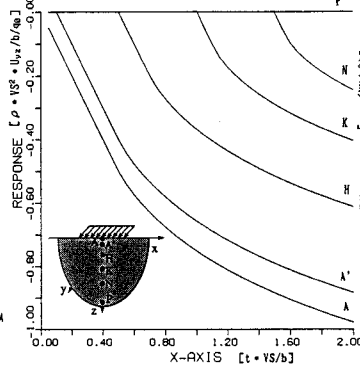


Fig.3-2 変位応答

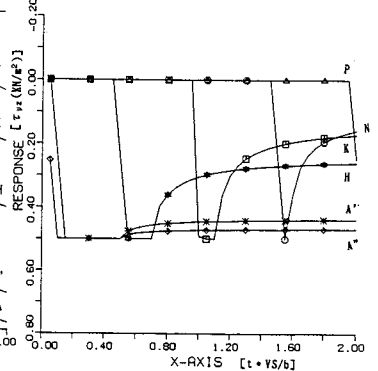
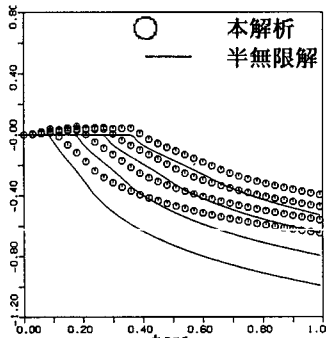


Fig.3-3 せん断応力

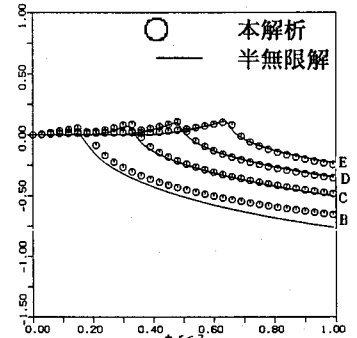
面内応答結果

物性値諸元 表2

ヤング係数	1.724 × 10 ⁷ [KN/m ²]
密度	31.51 [t/m ³]
ポアソン比	0.25
加振強度	8.898 × 10 ⁴ [KN/m ²]
加振範囲: a	76.2 [m]



鉛直変位の半無限解との比較
Fig.4-2 (鉛直加振)



水平変位の半無限解との比較
Fig.4-3 (水平加振)

応答点座標 Fig.4-1

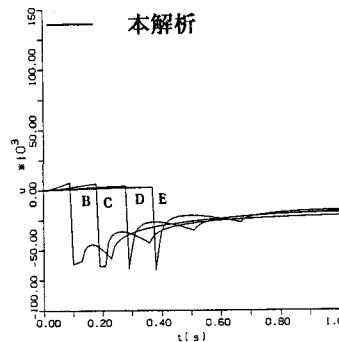
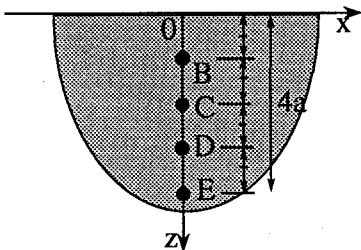


Fig.5-1 応力: σ_{zz} (鉛直加振)

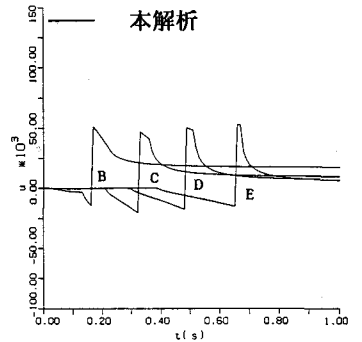


Fig.5-2 応力: σ_{xz} (水平加振)

参考文献 Takemiya, H. and Guan Fei (1992), Transient Displacement Solution of Halfplane Due To Surface Strip Impulse, Submitted to J. EM Div. ASCE