

道路交通車両による衝撃的地盤振動のシミュレーション

大成建設(株) 正 〇田中 宏治 神戸大学大学院 学 有田 昌義
 神戸大学工学部 正 北村 泰寿 兵庫県公害研究所 住友 聡一

1. まえがき

大型自動車局が局所的な段差を通過するとき、沿道地盤に大きな衝撃的振動が発生することが知られている。このような振動のシミュレーションには時間領域解析が不可欠である。本研究は、文献1)で提案されている薄層要素-離散化波数法を半無限成層粘弾性地盤へ拡張し、段差を通過する車両の動的接地荷重による地盤振動のシミュレーション手法に関する検討を実施したものである。

2. 解析手法の概略

三次元粘弾性地盤の波動方程式は次式で与えられる。

$$\left\{ \lambda + \mu + (\lambda' + \mu') \frac{\partial}{\partial t} \right\} \nabla \nabla \cdot \mathbf{u} + (\mu + \mu' \frac{\partial}{\partial t}) \nabla \mathbf{u} - \rho \frac{\partial^2}{\partial t^2} \mathbf{u} = \mathbf{f} \quad (1)$$

式(1)の変位ベクトル $\mathbf{u}$ を r 方向にBessel級数、 θ 方向にFourier級数展開し、surface vector harmonics $\mathbf{R}, \mathbf{S}, \mathbf{T}$ を使用すれば、変位ベクトルは次式のように表現できる。

$$\mathbf{u}(r, \theta, z, t) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} [U_{mn}^u(z, t) \mathbf{R}_{mn}^u(r, \theta) + U_{mn}^s(z, t) \mathbf{S}_{mn}^u(r, \theta) + U_{mn}^t(z, t) \mathbf{T}_{mn}^u(r, \theta)] \quad (2)$$

物体力ベクトル $\mathbf{f}$ についても式(2)と同様の展開を施す。これらの式を式(1)に代入して薄層要素法を適用すれば、波動方程式はマトリックス形式の時間に関する常微分方程式となる。この微分方程式にFossの解法を適用すれば次式の解が得られる。

$$\left[\left\{ \frac{d}{dt} U, U \right\}_{kn}^m \right]^T = [V]_{kn}^m [\theta(t)]_{kn}^m [[V]_{kn}^m]^T [P] \quad (3)$$

$$[V] = [\{v^{(1)}\} \{v^{(2)}\} \dots \{v^{(6M)}\}] \quad [\theta(t)] = \text{diag.}[e^{-p_1 t}, e^{-p_2 t}, \dots, e^{-p_{6M} t}]$$

記号等の説明は紙面の都合上省略し、文献1)に譲る。

3. 実測例との比較

北村ら²⁾は大型車による踏板走行試験を行い、動的接地荷重と地盤振動を同時計測している。図-1に示す動的接地荷重波形を加振力として、本手法により地盤振動をシミュレーションする。図a)は積載車が30km/hで3cmの踏板を、図b)は50km/hで3cmの踏板を通過したときの波形である。この実験では地盤の定数が得られていないため、地盤振動をシミュレーションするにあたり、つぎの値を仮定した。せん断波速度が300 m/s、質量密度が1.8 t/m³、粘性定数が100 kN・s/m²である。地盤の半無限性に関しては、Paraxial境界を地表面から30mの深さに設定した。実測の地盤振動速度との比較を図-2に示す。厳密な評価はできないが、妥当なシミュレーション結果であると思われる。

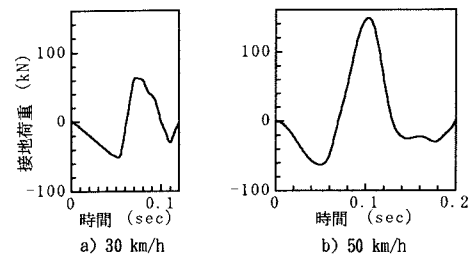


図-1 動的接地荷重波形

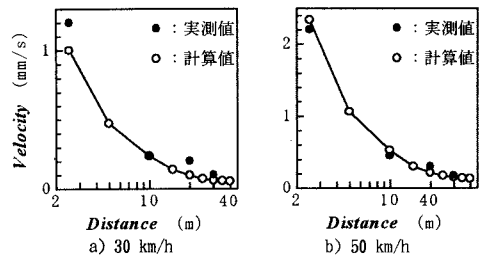


図-2 シミュレーション手法の検証

4. 計算例

地層構成が波動伝播特性に及ぼす影響を調べるため、文献3)から引用した図-3に示す3種類の地盤を対象として地盤振動をシミュレーションした。動的接地荷重は図-1b)を用いた。図-4は、振源距離が10, 30, 50m地点での上下成分の変位応答波形である。図-5は振動速度波形から最大値を読み取り、その距離減衰を描いたものである。振動の大きさは表層地盤の特性に依存していることが分かる。また、Case-B, Cより距離減衰曲線は下層の地層構成の影響を受けている。

5. あとがき

本研究では、加振力に文献2)の動的接地荷重を用いた。実際の道路においては、車両が種々の段差を通過するときの動的接地荷重をどのように求めるかが問題になる。

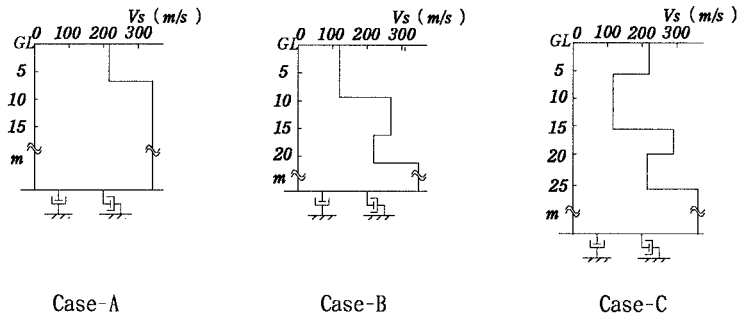


図-3 解析地盤のせん断波速度分布

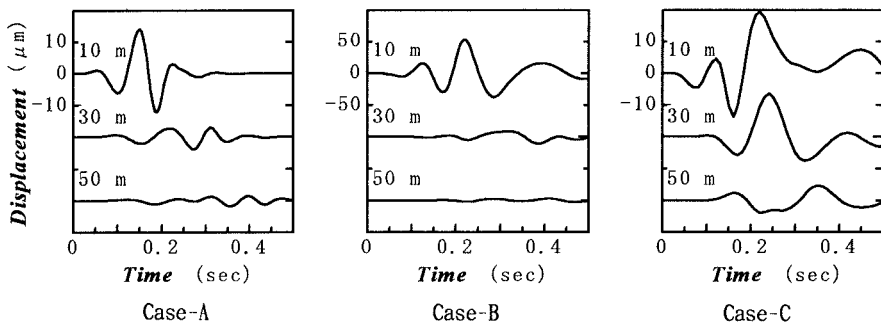


図-4 変位応答波形

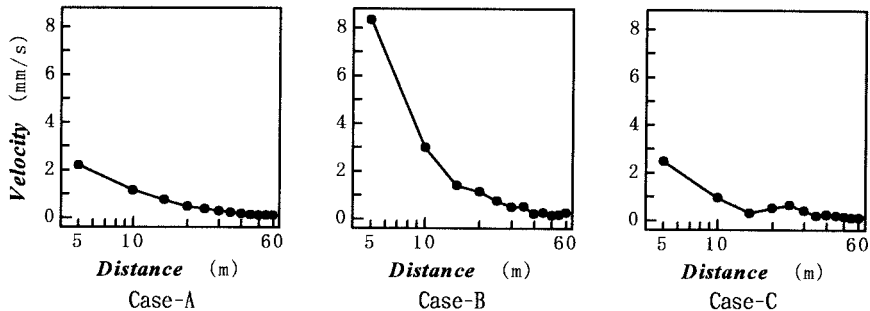


図-5 振動速度の距離減衰

- [文献] 1)東平：土木学会論文集，1994。 2)桜井・北村：建設工学研究所報告，1977。
3)花里・鶴飼：第28回土質工学研究発表会，1993。