

III-94

複合地盤における巨視的な動的変形特性

大成建設(株) 正 志田智之
 東北大学大学院 学 八尾浩樹
 東北大学 正 柳澤栄司

1. はじめに

近年の大規模国土開発やウォーターフロント開発に際しては、軟弱地盤なども地盤改良して利用する場合が一般化している。最近の傾向としてはサンドコンパクション工法に代表される、軟弱な地盤中に極端に剛性が異なる材料を導入し、圧縮およびせん断に強い材料と軟弱な原位置の地盤とで一種の複合体を積極的に形成しようとする工法が見られる。しかし、こうした改良工法を施した地盤は、個々の材料の剛性の相違から様な地盤とは異なる取り扱いが必要であると考えられる。そこで改良工法を施した地盤を複合体として巨視的に評価することを考える。ここでは、解析的に得られる弾性波速度と原位置地盤での弾性波速度との比較を行う。

2. 解析方法の概要

解析対象を図1に示すような地盤を杭状改良した場合とし、無限等方弾性体中に円筒状の等方弾性体が周期的に配列したものでモデル化する。ユニットセルは、図2に示すように平行六面体中に円筒状の介在物を含んだものとし、円筒形介在物およびユニットセルが介在物柱軸方向の長さを無限大としたモデルで表現する。解析には等価介在物法を用いることとする。これは、図3に示すような弾性係数 C の等方弾性体中に弾性係数 $\bar{C}$ の楕円体介在物 Ω が周期的に配列している無限体を考えた場合、応力-ひずみ関係は、介在物の外側では式(1)で表され、内側では式(2)で表される。ここで ϵ^0 は平均ひずみ、 ϵ は介在物の存在によるひずみの乱れを表す。ここで介在物内部のひずみをeigenひずみ ϵ^* を持つもので置き換え、母材と同じ弾性係数を持つものとする式(3)で表すことができる。ここで ϵ^* は無限体中に単体の介在物が存在する場合は一様となるが、いま対象としている周期構造を有する場合は一様でなくなる。しかし構造の周期性から全体の乱れは幾何形状と同様の周期性を持つものと考えられる。そこで ϵ^* をフーリエ級数で表現するものとするれば、最終的に巨視的弾性係数が式(4)~(6)で表現できる。ここで C^* は複合体の巨視的弾性係数、 I は単位マトリックス、 v は介在物の体積比率、 S は介在物の周期性を表すマトリックスである。

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl}(\epsilon_{kl}^0 + \epsilon_{kl}) \quad (1)$$

$$\sigma_{ij} = \bar{C}_{ijkl}(\epsilon_{kl}^0 + \epsilon_{kl}) \quad (2)$$

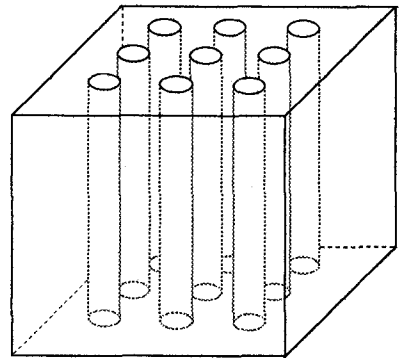


図1 解析対象モデル

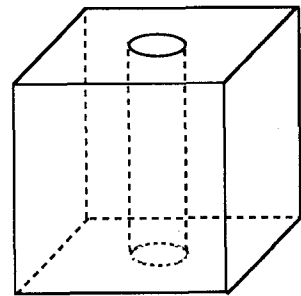


図2 ユニットセル

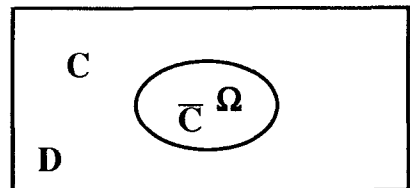


図3 等価介在物法

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} (\epsilon_{kl}^0 + \epsilon_{kl} - \epsilon_{kl}^*) \quad (3)$$

$$C_{ijkl}^* = C_{ijkl} \left\{ I_{mnkl} - v(A_{mnkl} - S_{mnkl})^{-1} \right\} \quad (4)$$

$$A_{ijkl} = (C_{ijkl} - \bar{C}_{ijkl})^{-1} C_{ijkl} \quad (5)$$

$$v = \frac{V_0}{V} \quad (6)$$

3. 解析結果と現地盤測定値との比較

等価介在物法から得られる弾性係数から計算される弾性波速度と現地盤測定値との比較を行う。比較の対象とした地盤は宮城県登米郡の長沼ダム建設予定値である。現位置地盤は軟弱地盤であるため建設予定値の一面にグラベルコンパクションパイルが施工されており、グラベル部を含む部分に2つの地震計が埋設されている。この地震計のデータより得られた地震波形の相互相関係数が最大の時の時間差を伝播に要した時間とする。また現位置において、自然地盤およびグラベルコンパクション施工地盤に対してPS検層が実施されており、等価介在物法の計算においては自然地盤のPS検層結果の最大値および最小値を用い、グラベル部についてはS波速度 $V_s=200\text{m/sec}$ で一定とする。図4にPS検層、図5に地震波と比較した結果を示す。PS検層については、等価介在物法の計算にあたって自然地盤のPS検層結果を用いたにも関わらず、複合地盤でのPS検層の結果は等価介在物法から推定される弾性波速度よりかなり大きな値である。また地震波については、ばらつきがあるもののPS検層ほど常に大きな値を取るわけではない。

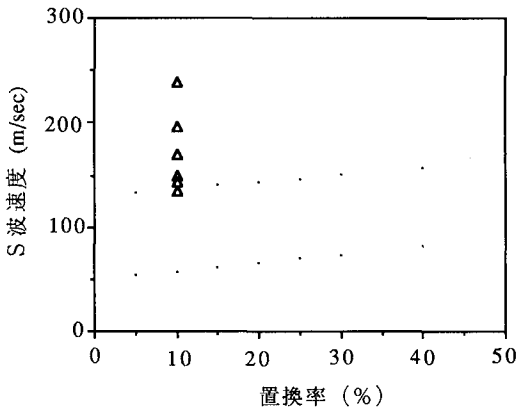


図4 PS検層との比較

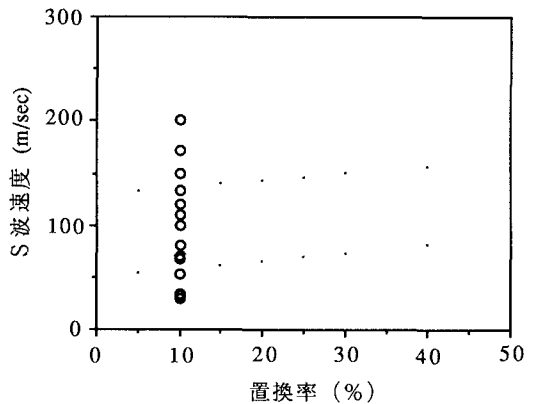


図5 地震波との比較

4. まとめ

以上より複合地盤に対して行ったPS検層が果たして地盤の巨視的な値を反映したものであるかは疑問がのこる。実際、解析値と一致するようにするためにはグラベル部のS波速度を 1000m/sec 程度としなければならない、実際の現象にそぐわない値となる。更に解析を進める必要があると考えられる。また地震波についても更に多くの場合について計算を行う必要がある。

謝辞

本研究に際して、(株)日東化学より試料の提供を受けた。この場を借りて謝意を表します。

参考文献

- 1) S. Nemat-Nasser, T. Iwakuma, M. Hejazi: On composites with periodic structure, *Mechanics of Materials* 1, pp.239-267, 1982.
- 2) 堀宗朗, 三浦尚: 周期亀裂を含む亀裂損傷体の平均弾性について, *構造工学論文集*, Vol.38A, 1992