

III—24

複合材料の巨視的な動的変形特性

東北大学工学部 学 ○八尾浩樹
 東北大学大学院 学 志田智之
 東北大学工学部 正 柳澤榮司

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伴い、軟弱地盤などにおいても地盤改良を行ない利用する場合が一般化している。こうした状況を背景に現在では種々の改良工法が考案され採用されており、例えば「サンドコンパクションパイル工法」は、現地盤より剛性、強度の高い材料を地盤中に圧入することによって、沈下量の低減や地盤支持力の増加等を図る工法である。こうした改良工法を施した地盤の評価に際しては弾性定数が用いられることが多い。複合地盤の弾性定数は、主に地盤内の波動伝播特性を利用した弾性波速度から求める方法、振動特性から求める方法が挙げられる。そこで地盤を弾性体中に杭状改良が施されているものとしてモデル化し、解析的に得られた巨視的弾性定数と実験で求めた複合材料の巨視的弾性定数との比較を行ない、複合材料の巨視的弾性定数を個々の材料の弾性定数から推定を行なうことが可能であるか考察する。

2 実験方法

複合材料の巨視的な弾性定数を求めるために以下の実験を行った。供試体は高さ10cm、直径7cmとし母材の中心に同心円筒状に介在物が存在し、外側を母材が囲んでいる。介在物としてNITTO-SS、母材としてダイヤエース・スーパーを用いる。両者の主成分はアクリルアミドゲル（弾性波速度 約3~6m/s）である。供試体の概形を図1に示す。縦ヤング率を求めるために、供試体の下端は固定し上端にはマスを載せ自由にして縦振動をさせる。縦せん断弾性定数については、縦ヤング率の場合と同様の条件で上端をねじり、ねじり振動をさせる。それぞれの振動変位をレーザー式変位センサで記録するため精度はかなり高い。測定されたデータ波形はFFTを用いて周波数領域で処理を行い周波数の最頻値を1次の振動モードにおける周波数とする。

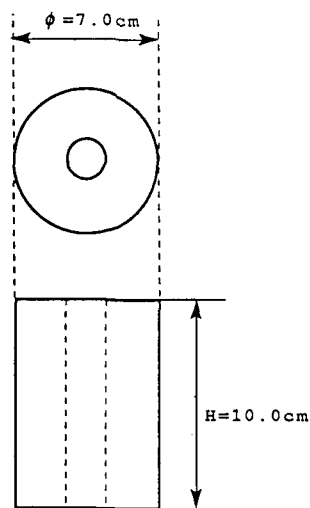


図 1 供試体概形

3 複合則

複合材料の分野で一般的によく使われる複合則の式を以下に示す。

$$E = v_f E_f + v_m E_m \quad \dots(1)$$

$$\frac{1}{G} = \frac{v_f}{G_f} + \frac{v_m}{G_m} \quad \dots(2)$$

$$\frac{1}{G} = \frac{1}{v_f + \eta v_m} \left(v_f \frac{1}{G_f} + \eta v_m \frac{1}{G_m} \right) \quad \dots(3)$$

$$\bar{\sigma}_m = \eta \bar{\sigma}_f \quad \dots(4)$$

添字のf,mはそれぞれ介在物と母材を示す。

E: ヤング率 G: せん断弾性定数 v: 体積比 η: 応力配分パラメータ $\bar{\sigma}$: 体積平均した応力

上式において(1)、(2)は単純複合則の式である。介在物は母材より剛性が高いことに留意して(4)式のよう

に仮定する。これは η の値が減少することは介在物による荷重分担が増加することを意味する。このパラメータを導入して得られる式が(3)の修正複合則の式である。

本実験では介在物の置換率を 0、5、10、20、30、40、100 (%) に設定して行く。また E_f, E_m, G_f, G_m の値は置換率 100、0 (%) で得られる実験値の平均値を用いるものとする。

4 実験結果

実験から得られた弾性定数と計算から求めた弾性定数とを図2-1~3のグラフに示す。

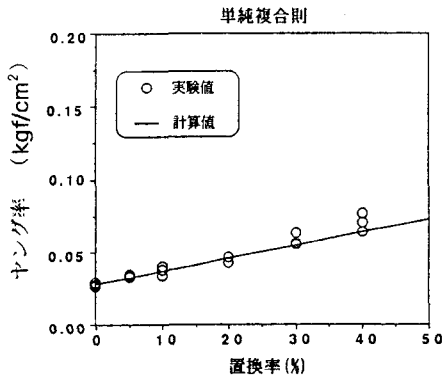


図2-1 置換率-ヤング率

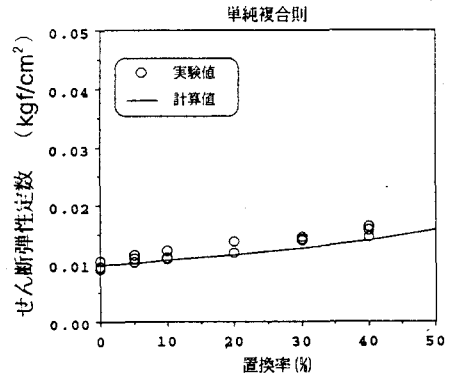


図2-2 置換率-せん断弾性定数

縦ヤング率に関しては計算値と実験値は比較的よく一致している。また単純複合則から得られる縦せん断弾性定数は、実験値よりも小さな値となる。修正複合則によるせん断弾性定数は置換率が大きくなれば実験値よりも大きな値となるが、置換率が小さい範囲では実験値とよく一致している。

5 考察

図2-1~3からわかるように、置換率が増加するに従って供試体の縦ヤング率および縦せん断弾性定数は、緩やかに増加することがわかる。これは、介在物が存在することによって供試体全体の縦剛性およびねじれ剛性が、見かけ上増加していることを示している。

つまり振動を利用した実験においては、供試体全体の巨視的な剛性が供試体の1次モードの振動周期によって知ることができる。波動を伝播させた場合は、伝播速度の速い介在物部分を伝播することが考えられる。実際、波動を伝播させる実験を行ったが、置換率が増加するにも関わらず、剛性の増加がみられる実験結果は得られなかった。これに対して、振動を利用した実験を行った場合、剛性の大きい介在物部分が供試体全体の振動に対して抵抗し、その結果、剛性を表わす指標である弾性定数が置換率の増加と共に同様増加傾向が見られるのだと考えられる。

6 参考文献

Stephen W. Tsai, H. Thomas Hahn 著 藤井太一 監訳
 複合材料の強度解析と設計入門、日刊工業新聞社 pp.297-313

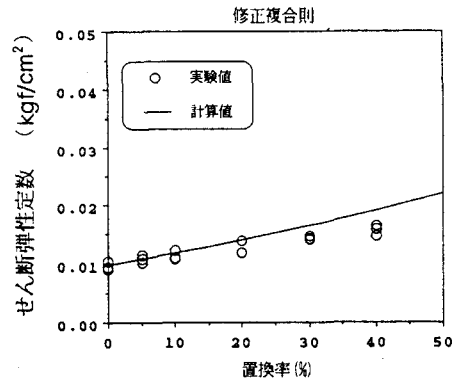


図2-3 置換率-せん断弾性定数