

寸法効果を考慮した深層混合処理地盤の支持力評価

九州大学大学院 正 ○ 大嶺 聖 フェロー 落合英俊
九州大学大学院 正 安福規之 九州大学 中島通夫
九州大学 正 奥畑賢治(現 富士ピー・エス)

1. はじめに

岩やコンクリートなどと同様にセメント改良土においても強度の寸法効果が存在することが確かめられている。著者らはこれまで最弱リンクモデル (Weakest link model) と束モデル (Bundle model) を結び付けた新たな破壊確率モデル (Combined model) を提案し、改良土の一軸圧縮強さ、圧裂引張強さおよび曲げ強さに対する適用性を示してきた^{1),2)}。本文では、深層混合処理地盤の載荷模型実験結果をもとに改良柱体の強度予測および改良地盤の支持力の評価について検討する。

2. 寸法効果の評価

(a) 一軸圧縮強さ 提案する破壊確率モデルの概念図を図-1に示す。このモデルにおいて、一軸圧縮強さは次のように表される。

$$\bar{s}_c = \left\{ (1 - \sqrt{c}) \left(\frac{d}{d_0} \right)^{-1/\beta} + \sqrt{c} \right\}^2 \left(\frac{h}{h_0} \right)^{-1/\beta} \bar{s}_{c0} \quad (1)$$

ここで、

$$c = (\beta - 1)^{-1/\beta} \exp\left(-\frac{1}{\beta}\right), \quad \omega = \frac{\sqrt{\Gamma(1 + 2/\beta) - \Gamma^2(1 + 1/\beta)}}{\Gamma(1 + 1/\beta)}$$

$\bar{s}$: 平均強度, d : 供試体直径, h : 供試体高さ, 添え字 0: 基準の供試体

改良土の一軸圧縮強さの確率密度分布の例を図-2に示す。図で示されるように、強度の確率密度分布はワイブル分布で表されることが分かる。この結果から、評価式に必要な標準サイズの供試体の平均強度と変動係数が求められる。

改良土の一軸圧縮強さの実験結果と式(1)から求めた Combined model による計算結果を図-3に示す。図には、比較のため最弱リンクモデルを合わせて示している。供試体の寸法が大きくなるほど一軸圧縮強さは次第に低下する。最弱リンクモデルによる計算値は実験結果を過小に評価するが、提案モデルは改良土の寸法効果をうまく評価することができる。

(b) 改良地盤の支持力 深層混合処理地盤を改良体と粘性土地盤からなる複合地盤と見なし、その支持力を改良柱体の強度と軟弱粘土の強度の和で表されると考え、次式で表される算定式を用いる。

$$q = k_{fp} k_{sp} c_{up} a_p + k_{f0} c_{u0} (1 - a_p) \quad (2)$$

ここで、 c_{up} : 改良土のせん断強さ, c_{u0} : 粘土のせん断強さ,

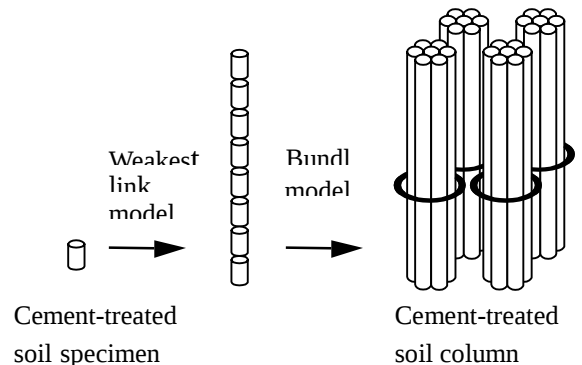


図-1 破壊確率モデルの概念図

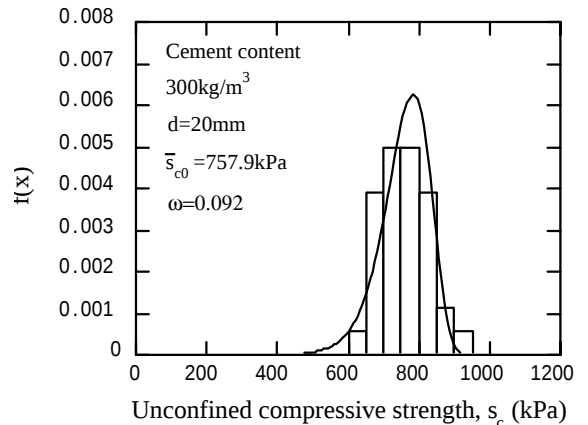


図-2 強度の確率分布

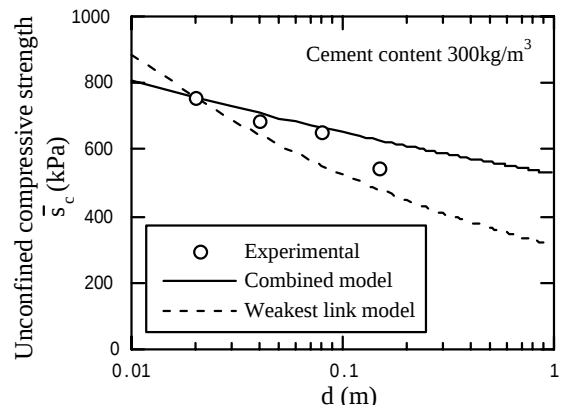


図-3 改良土の一軸圧縮強さの評価

a_p : 改良率, k_{fp} : 改良体の配置と破壊形態により決まる係数, k_{sp} : 強度の寸法効果を表す係数, k_{f0} : 粘土地盤の形態により決まる係数

また, k_{sp} については改良柱体を一つの大きな束と考えて換算直径 D を用いて, 式(1)の強度の寸法効果の評価式を適用すると次式のように表される.

$$k_{sp} = \left\{ (1 - \sqrt{c}) (D/d_0)^{-1/\beta} + \sqrt{c} \right\}^2 (H/h_0)^{-1/\beta}$$

$$D = 2 \sqrt{B W a_p / \pi}$$

3. 模型実験による検証

(a) 実験概要 寸法効果を考慮した提案モデルの妥当性を確かめるために, 大きさの異なる载荷模型実験を行った. 模型装置の概略図を図-4 に示す. 寸法については, 模型地盤の範囲および改良柱体がほぼ等倍になるように, 4 種類の大きさを用いた. 模型地盤は予めモールドで作製した改良柱体を含み含水比を 80% に調整して練り返した状態のカオリン粘土 ($w_L=50.6\%$, $I_P=19.6$, $r_s=2.70\text{g/cm}^3$) に挿入することにより作製した.

(b) 実験結果と考察 模型载荷試験における载荷応力と正規化沈下量 (=鉛直変位 / 载荷幅) の関係を図-5 に示す. いずれの場合も初期勾配はほぼ等しいが, 寸法が大きくなるにつれて支持力が減少するという傾向が見られる. 支持力の算定については, 式(2)を, 各パラメータについては以下のように考える. まず, k_{fp} については载荷範囲以外に改良柱体がないため, ほぼ一軸圧縮条件と同様に破壊すると考え, $k_{fp}=2$ とし, k_{f0} については円弧すべりを考え, $k_{f0}=5.52$ とした. 改良土のせん断強度については, 直径 40mm の一軸供試体の平均圧縮強度の 1/2 として求めた. 粘土についてはかなり柔らかいため, ペーン試験によりせん断強度を求めた. ただし, 改良土の強度に比べて粘土の強度は非常に小さいため, 今回の条件において支持力は改良体の強度でほぼ決定される. 図-6 に载荷模型実験の結果および支持力の計算結果を示す. 図で示されるように, 改良地盤の支持力は寸法効果の影響を大きく受けることがわかる. 提案手法に基づく計算結果は実験結果における寸法効果を精度良く表すことができる.

4. まとめ

寸法効果を考慮したセメント改良柱体の強度の評価法をもとに, 深層混合処理地盤の支持力算定法を検討するとともに, 模型载荷試験の結果から, その妥当性を検証した. その結果, 改良地盤の支持力は寸法効果の影響を大きく受けることを実験的に明らかにし, さらに, 提案手法はこのような実験結果を評価するために有効であることを示した.

【参考文献】1) 大嶺他: 強度のばらつきを考慮した破壊確率モデルの提案, 第 53 回土木学会年次学術講演会, 3-B, pp.566-567, 1998. 2) 林他: 破壊確率モデルに基づくセメント安定処理土の寸法効果の評価, 第 53 回土木学会年次学術講演会, 3-B, pp.568-569, 1998.

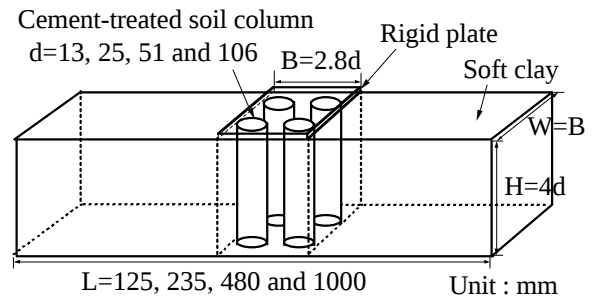


図-4 载荷模型試験の概略図

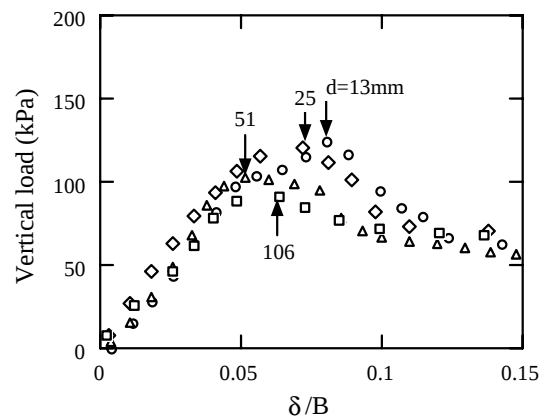


図-5 载荷模型試験の結果

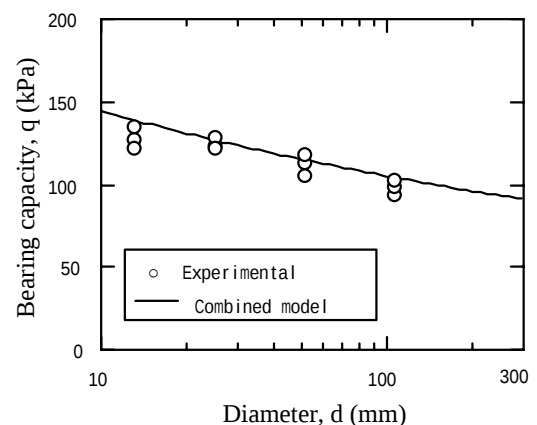


図-6 評価式による支持力の評価