

破壊確率モデルに基づく深層混合処理地盤の支持力評価

九州大学工学部 ○学 奥畑 賢治

九州大学大学院 F 落合 英俊 正 安福 規之

九州大学大学院 正 大嶺 聖

1.はじめに

コンクリートや岩などの脆性的な材料には供試体のサイズが大きくなると強度が低下する強度の寸法効果が顕著に現れるため、室内試験の結果から実際の大きな寸法の強度を算定するために、何らかの評価法が必要となる。一方、軟弱地盤改良工法の一つとして近年多く用いられるセメント安定処理工法による改良地盤についても同様の現象が見られる。そのため、本研究ではすでに提案している破壊確率モデルをもとに改良地盤の支持力の算定を行い、模型実験の結果との比較から、その妥当性を検証する。

2.実験概要と結果

含水比 80%に調整したカオリン粘土に水セメント比 0.7 のセメントペーストをセメント添加量が 200kg/m^3 となるように加えて攪拌したセメント安定処理土を所定の円筒形モールドに詰めて 7 日湿潤養生して改良柱体を作製した。モールドは (内径) : (高さ) が 1 : 4 になるように、また寸法効果を見るために長さの比が 1:2:4:8 となるように大きさを変えた塩ビ管を用意する。調整した軟弱粘土地盤にセメント改良柱体 4 本を貫入してできる改良地盤を作製し、軸ひずみ速度が高さに対して $1\%/min$ となるように載荷速度を決め、載荷試験を行った。表 1、および図 1 に改良地盤の形状、サイズを示す。

表 1 模型地盤のサイズ(単位:mm)

円柱直径(d)	円柱高さ(H)	土槽長さ(L)	土槽幅(W)	載荷板(B×W)
13	52	125	35	35×35
25	100	235	70	70×70
51	204	480	145	145×145
106	424	1000	300	300×300

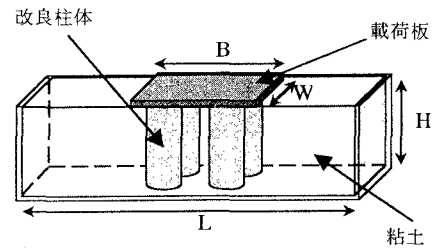


図 1 模型地盤概略図

模型載荷試験における支持力(=荷重強度/載荷面積)と正規化沈下量(=鉛直変位/載荷幅)の関係を図 2 に示す。いずれの場合も初期勾配は等しい。またサイズが大きくなるにつれ支持力のピークが低減するという傾向が見られる。先に述べた強度の寸法効果の現れであり、以下では破壊確率モデルによる評価式を導く。

3.1.寸法効果の評価

一軸圧縮試験において基準とする改良体の直径 d_0 、高さ h_0 、強度の統計データ(強度の平均 q_0 、変動係数 V_x)を調べることで、軸方向に最弱リンクモデルを、その法線方向に束モデルを適用するように組み合わせた Combined model により、任意の大きさ(直径 d 、高さ h)の改良体の一軸圧縮強度 q_u を、

$$q_u = \left\{ \left(1 - \sqrt{c} \left(\frac{d}{d_0} \right)^{-\gamma_\beta} + \sqrt{c} \right)^2 \left(\frac{h}{h_0} \right)^{-\gamma_\beta} \cdot q_{u0} \right\} \quad \text{式①}$$

$$\text{但し } \gamma_x = \left\{ \Gamma \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) - \Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right\} / \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$c = (\beta - 1) \exp \left(-\frac{1}{\beta} \right)$$

から求めることができる¹⁾。この式を用いた曲線を図 3 に示す。この算定式は強度の寸法効果をよく表すことができるということがわかる。

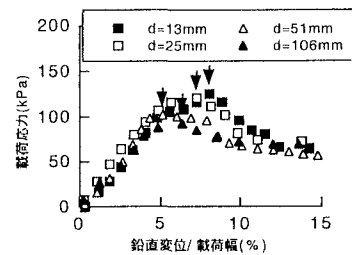


図 2 模型載荷試験結果

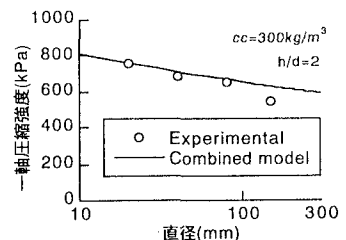


図 3 一軸圧縮強度の寸法効果²⁾

3.2.改良地盤の支持力算定式

改良地盤を改良体と粘土地盤からなる複合地盤と見なし、複合地盤の支持力は改良柱体の支持力と軟弱粘土地盤の支持力の和で表されると考え、ここでは次式で表される支持力算定式を導入する。

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

ここで c_{up} :改良土のせん断強さ ($c_{up} = q_{up}/2$)
 c_{u0} :粘土のせん断強さ a_p :改良率

k_{fp} :改良柱体の配置と破壊形態により決定する係数
 k_{sp} :Combined model で導かれる強度の寸法効果をあらわす係数

k_{f0} :破壊形態により決まる係数

添え字 f :破壊形態 s :強度の寸法効果 p :改良土 0 :粘土

実験では、 k_{fp} については載荷範囲外に改良柱体がない場合を行っており、一軸圧縮とほぼ同様の状態で破壊すると考え $k_{fp} = 2$ とした。 k_{f0} については円弧すべりでは $k_{f0} = 5.52$ となる。 k_{sp} については図-4 に示すように4本の改良柱体を束モデルにより1本の大きな改良柱体に置き換え、換算直径 D を用いて強度の寸法効果を表す式

①より

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

と表される。ここで $D = 2 \sqrt{\frac{(BW)a_p}{\pi}}$ である。

3.3.実験結果と計算結果の比較

(1)寸法効果に関するパラメータ

配合条件が同じ試料で内径 40mm、高さ 80mm の円筒モデルに詰め7日湿潤養生した供試体を用いて一軸圧縮試験を行った。強度試験の結果を表-2、および図-5 に示す。強度の確率分布はワイブル分布で表すことができる。これらの結果から寸法効果に必要なパラメータを決定することができる。

(2)評価式の検証

式②から得られる改良地盤の支持力の計算結果と実験結果の比較を図-6 に示す。計算曲線は実験結果を極めてよく評価でき、改良地盤の支持力算定式として用いることができると思われる。

4.結論

破壊確率モデルに基づく評価式はセメント改良土の一軸圧縮強度だけでなく強度の寸法効果を考慮した複合地盤の支持力の評価としても有効である。

<参考文献>

- 1)大嶺ら:強度のばらつきを考慮した破壊確率モデルの提案～土木学会第53回年次学術講演会
- 2)奥畑ら:セメント安定処理土の圧縮強度の寸法効果-拘束圧の影響-～平成10年度土木学会西部支部研究発表会

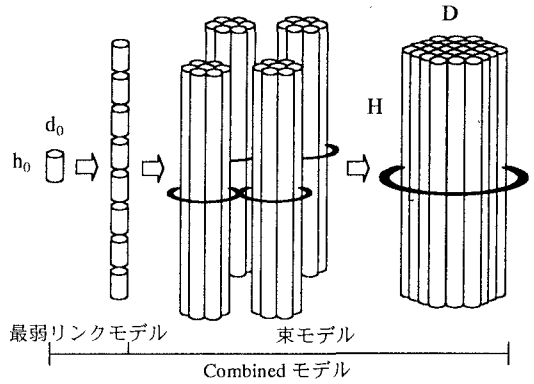


図-4 破壊確率モデル概念図

表-2 基準にした供試体のデータ

データ数	平均強度	標準偏差	変動係数	β	c	α
19	290.86	40.376	0.139	8.590	0.703	6.07E-22

(単位:kPa)

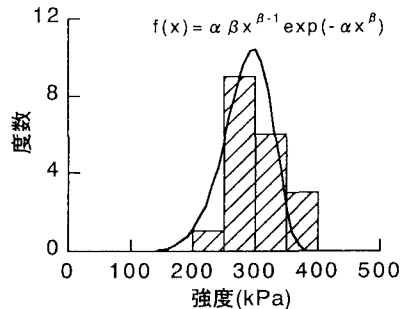


図-5 評価に用いた供試体の強度の確率分布

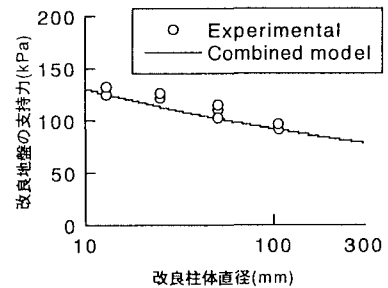


図-6 評価式による支持力予測