

弱面の発生確率を考慮した人工処理土の寸法効果の評価

九州大学大学院 学○林 規夫 正 落合 英俊
九州大学工学部 正 安福 規之 正 大嶺 聖

1. はじめに

セメント安定処理土は岩と土質材料の中間的な材料であり脆性的な材料であるといえ、寸法効果が存在することが明らかにされている¹⁾。そこで、物体中の粒子構成上の弱い部分(弱面)に着目し、さらに最弱リンクモデルと Bundle Modelを組み合わせた Combined Modelにより寸法効果の評価式を導いた。さらに、Combined Modelの特徴として今回導いた評価式では円柱型限定ではあるが、強度を予測する物体の直径と高さを自由に入力できることが挙げられ、例えば深層混合処理地盤における改良柱体の強度予測など施工への適用においての可能性を示唆するものである。

2. 実験方法および供試体条件

Combined Modelの妥当性を検証するために、一軸圧縮試験および圧裂引張試験を実施した。試料は含水比100%のスラリー状に調整したカオリンにセメント添加量が150,300,450kg/m³となるように普通ポルトランドセメントを混合して作製した。なお、寸法効果を実験により確認するために供試体の直径はd=2.0,4.0,8.3,15.0,30.0cm、圧縮強度では高さh=d、圧裂引張強度ではh=d/2としている。また、均質度の低い供試体への適用性を調べるために、有機質地盤に対し施工された深層混合処理地盤よりサンプリングした供試体のデータを論文²⁾より抜粋した。

3. Combined Modelの概要

3.1 Combined Modelによる寸法効果の評価式の導出

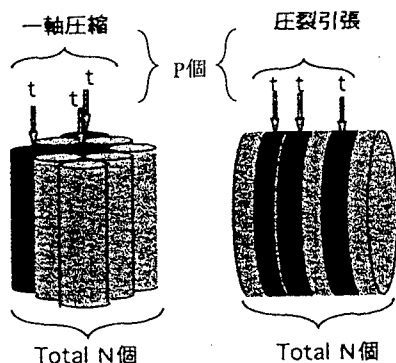


図-1 Combined Modelの概念図

図-1に Combined Modelの概念図を示す。図に示すとおりN個の要素を束にしたものを一つの供試体として考える。破壊強度を超えた要素(図中の灰色の要素)に対しては応力が0、それ以外(黒塗りの要素)は均一な応力が作用していると考え。さらに、ある荷重のもとでP個の要素が荷重を支えており(この時の応力をt)残りはすべて破壊に達し強度0の状態にある。また、荷重方向の各要素に対して最弱リンクモデルを適用しており、各要素中の弱面の発生確率がワイブル分布に従うと仮定している。

Combined Modelによる寸法効果の評価式は以下のとおりである。なお、式の誘導についてはここでは省略する³⁾。

圧裂引張強度では

$$\frac{s}{s_0} = \frac{\left(\frac{h}{h_0}\right)^{-\frac{1}{\beta}} + a}{1+a} \left(\frac{d}{d_0}\right)^{-\frac{2}{\beta}} \quad (1)$$

一軸圧縮強度では

$$\frac{s}{s_0} = \frac{\left(\frac{d}{d_0}\right)^{-\frac{1}{\beta}} + a'}{1+a'} \left(\frac{h}{h_0}\right)^{-\frac{1}{\beta}} \quad (2)$$

ここで、s:任意の直径における平均強度、d:供試体の直径、h:供試体の高さ (添字0は規準とする供試体)

3.2 評価式のパラメータ決定法 β はワイブル分布においてばらつき具合を表す指標であり、規準とする供試体の強度の変動係数 V_s より求める。

$$1 + V_s^2 = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta}\right)}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta}\right)}$$

パラメータaおよびa'はそれぞれ次の通りである。

$$\begin{aligned} \text{圧裂引張強度} \quad a &= \frac{c}{1-c} \\ \text{一軸圧縮強度} \quad a' &= \frac{\sqrt{c}}{1-\sqrt{c}} \end{aligned}$$

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

4. Combined Modelに基づく寸法効果の評価式の検証

Combined Modelによる寸法効果の評価式を検証するため図-2にカオリンを用い室内で作製した均質度の高い供試体の平均強度と寸法効果の評価式より求めた計算値曲線を比較した図を示す。また、一般的に金属など脆性的な物質の寸法効果に対し用いられる最弱リンクモデルに基づく評価式による結果も合わせて示す。図より分かるようにCombined Modelによる評価式は実験により求めた寸法効果の傾向を精度よく表していることが分かる。また、両評価式の相違点として直径が大きくなるにつれて評価式により求めた強度の差が顕著に現れてくる。ことが挙げられる。次に、均質度の低い現場でサンプリングされた供試体への適用性を調べるために現場データを用いて検証する²⁾。図-3は均質度の低い現場データにおける寸法効果の程度をどのくらいCombined Modelで評価できるかを示した図である。ここで変動係数 V_x は一般に現場での供試体の値は0.2~0.3とされているため、各データに対し0.2および0.3の場合の計算値曲線を求めている。図より、比較的Combined Modelにより現場データによる寸法効果の程度を表していることがわかる。つまり、供試体の均質度に関わりなく規準とする供試体の変動係数と平均強度を求めれば、異なる大きさの供試体の強度を予測することが可能であると言える。

5. 結論

1) 規準とする供試体の平均強度および変動係数を求めれば、Combined Modelにより供試体の均質度に関わりなく、異なる大きさの供試体の強度を求めることが可能である。

2) 最弱リンクモデルに基づく評価式と異なり、Combined Modelでは強度を予測する対象物の直径と高さを自由に設定できる。

[参考文献] 1) 例えば、林他:セメント安定処理土の圧裂引張強度および一軸圧縮強度に及ぼす寸法効果,第2回地盤改良シンポジウム発表論文集,pp.245~250,1997. 2) 細谷他:セメント系改良材による現場改良土の品質評価,セメント系安定処理土に関するシンポジウム発表論文集,pp42~56,1996. 3) 林他:確率モデルを用いた人工処理土における寸法効果の評価,九州大学修士論文,1998.

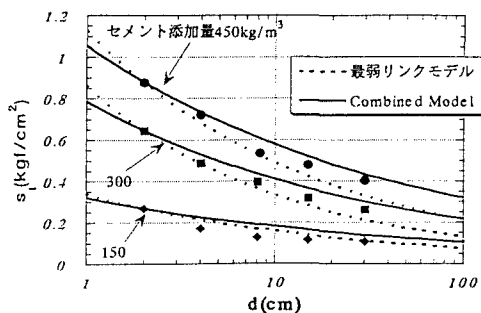


図-2-1 圧裂引張強度におけるCombined Modelの検証

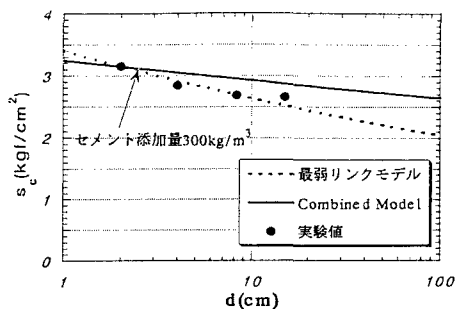


図-2-2 一軸圧縮強度におけるCombined Modelの検証

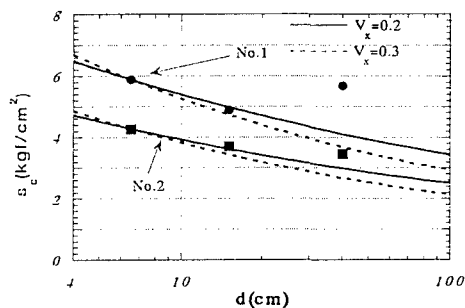


図-3-1 均質度の低い供試体におけるCombined Modelの検証

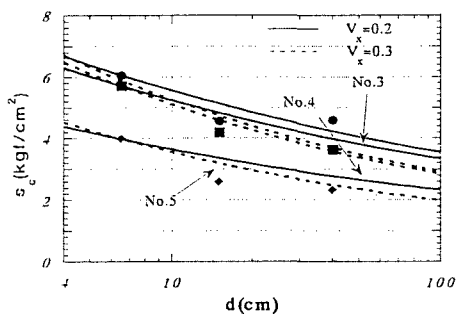


図-3-2 均質度の低い供試体におけるCombined Modelの検証