

破壊確率モデルに基づく改良土の曲げ強さの評価

九州大学大学院 正○大嶺 聖 7:20- 落合英俊

1. はじめに

セメントなどの固化材を用いた混合処理工法は、一般に混合方法や攪拌時間によって混合の程度が異なるため、比較的大きな強度のばらつきが生じる。このようなばらつきを有する改良地盤については、小さな供試体の強度からどのようにマスとしての強度を評価するかが問題となる。その評価手法として寸法効果の観点から検討されているが、十分確立されているとは言えない。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) の両方の特性を合わせた Combined モデルを提案している¹⁾。本文では、その破壊確率モデルを表層改良地盤に適用し、曲げ強さの評価を行う。

2. 強度の評価法に関する考え方

原位置セメント改良土は強度のばらつきが生じるため、設計強度の算定法が検討課題となっている。例えば、サンプリング供試体の強度試験から得られる平均値をマスの強度として用いると過大評価すると考えられるため、設計強度 = (平均値) - $\alpha \times$ (標準偏差) とする考え方がある (ここで、 α は定数)²⁾。また、寸法効果について束モデルを用いた数値シミュレーションを行い、最低確保される強度を算出し、設計強度 = $0.5 \sim 0.7 \times$ (平均値) とする考え方も提案されている³⁾。しかしながら、改良地盤には杭状のものから平板状のものまで様々なタイプがあるため、より合理的な評価を行うためには改良体の形状の違いを考慮する必要がある。

本研究では改良体の大きさだけでなく形状も考慮したより汎用性のある破壊確率モデル (Combined model) を用いて表層改良地盤のマスの強度としての強さを考察する。まず、表層改良地盤では曲げ強さが問題となることから、曲げ供試体に対する寸法効果の評価法を示す。さらに、このモデルを奥行き方向に細長い実際の表層改良地盤に適用し、改良地盤の曲げ強さに及ぼす長さの影響を明らかにするとともに、この評価式から得られる表層改良地盤の最低確保される曲げ強さについて述べる。

3. 曲げ試験における強度の寸法効果

Combined Model を曲げ供試体に適用すると、高さ H 、長さ B 、幅 L を有する改良土の曲げ強さは次のように表される。

$$s = \left\{ (1-c) \left(\frac{L}{L_0} \right)^{-1/\beta} + c \left(\frac{HB}{H_0 B_0} \right)^{-1/\beta} \right\} s_0 \quad (1)$$

ここで、

s_0 : 標準サイズの供試体の曲げ強さ

$c = (\beta - 1)^{-1/\beta} \exp(-1/\beta)$: 最小強度パラメータ

$\omega = \sqrt{\Gamma(1+2/\beta) - \Gamma^2(1+1/\beta)} / \Gamma(1+1/\beta)$

ω : 変動係数, β : 均一性係数, Γ : ガンマ関数

供試体の形状は同じものとして式 (1) より得ら

れる曲げ強さと供試体の高さの関係を図-1 に示す。同じ変動係数を持つ改良体の曲げ強さは、供試体の寸法が大きくなるほど減少するが、この割合は変動係数が大きいほど顕著となる。

4. 表層改良地盤の曲げ強さの評価

Combined model を表層改良地盤に適用するための概念図を図-2 に示す。標準サイズの供試体をもとに、高さと幅に対して Weakest link model を、奥行き方向に Bundle model を用いると、表層改良地盤の曲げ強さの評価式は、式 (1) の曲げ供試体と同様に次のように表される。

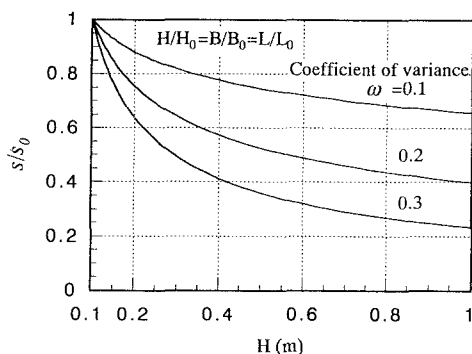


図-1 曲げ強さにおける寸法効果

$$s = k_B k_w s_0$$

$$= k_B s_{L0} \quad (2)$$

ここで、

$$k_B = (1-c) \left(\frac{L}{L_0} \right)^{-1/\beta} + c : \text{改良地盤の奥行き方向に対する強度低減係数}$$

$$k_w = \left(\frac{HB}{H_0 B_0} \right)^{-1/\beta} : \text{改良地盤の深さ } H \text{ と幅 } B \text{ に対する強度低減係数}$$

$$s_{L0} = k_B s_0 : 1 \text{ 分割ブロック (深さ } H, \text{ 幅 } B, \text{ 長さ } L_0) \text{ の曲げ強さ}$$

k_B は Bundle model から得られる寸法効果を、 k_w は Weakest link model から得られる寸法効果を表している。ここで

は、改良地盤の奥行き方向に対する寸法効果の程度を明確にするために、改良地盤のマスとしての曲げ強さと改良地盤の長さの関係を図-3に示す。ここで、 s/s_{L0} は同一の改良地盤の断面で長さが異なる場合の寸法効果を表している。改良地盤のマスとしての曲げ強さは長さとともに次第に減少し、ある値に収束することが分かる。そのため、長さが数百メートルに及ぶような表層改良地盤ではある一定の強さが確保されると考えられる。したがって、式(2)において $L=\infty$ とすると、改良地盤の最小曲げ強さが次式のように表される。

$$s(L=\infty) = c k_w s_0$$

$$= c s_{L0} \quad (3)$$

最弱リンクモデルでは改良地盤の寸法が無限大になると強度がゼロになるが、提案モデルでは表層改良地盤の最低限確保される曲げ強さが、最小強度パラメータ c により評価される。この最小強度パラメータ c と変動係数の関係を図-4に示す。表層改良地盤の設計曲げ強さとして、どのような評価法を用いるべきかについては今後さらに検討する必要があるが、式(3)で示される最小強さは一つの目安になるものとする。

4. まとめ

表層改良地盤のマスとしての曲げ強さをばらつきのある小さな供試体の強さから推定するための考え方を示した。その結果、任意の長さの改良地盤の曲げ強さの評価式が提案された。表層改良地盤は奥行き方向に細長い形状をしているため、マスとしての設計強さを算定する上で最低確保される強さが一つの指標となり得る。

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回年次学術講演集，pp.566-567，1998年，2) 能登ら：深い改良地盤の実際と問題点を考える，土と基礎，Vol.31, No.7, pp.73-80, 1983年，3) Honjo, Y. (1982) : A probabilistic approach to evaluate shear strength of heterogeneous stabilized ground by deep mixing method, S&F, Vol.22, No.1, pp.23-38.

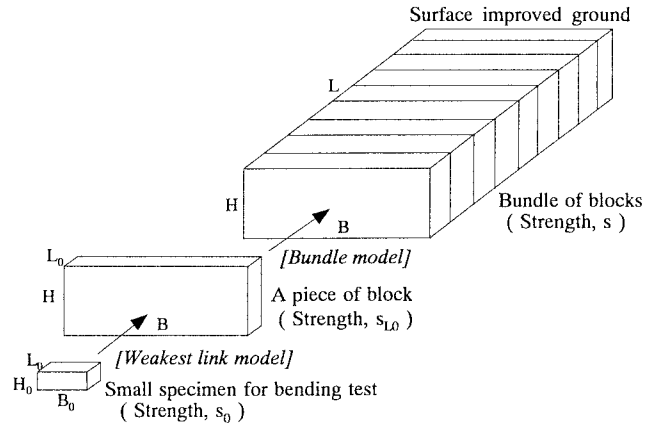


図-2 Combined model の表層改良地盤への適用

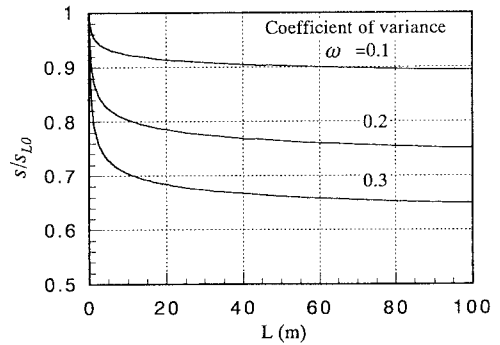


図-3 表層改良地盤の曲げ強さの評価

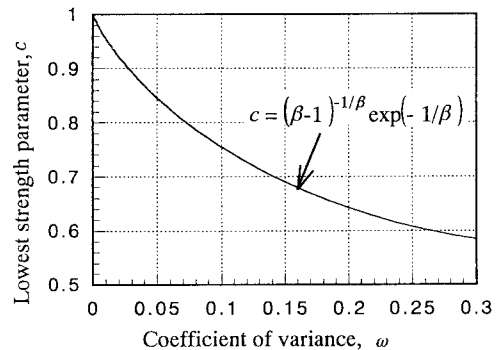


図-4 最小強度パラメータと変動係数の関係