

二種混合体モデルのセメント安定処理土への適用

福岡大学 工学部 正○大嶺 聖
福岡大学 工学部 正 吉田 信夫

1. まえがき

軟弱地盤改良工法の一つにセメントや石灰などの固化材を混入して土の強度を高めるセメント安定処理工法がある。セメント安定処理土（改良土）の現場強度は、攪拌の程度によって室内試験強度の1/2～1/5程度まで減少することが知られている¹⁾。これは、室内試験では固化材と土が均一になるまで十分攪拌するのに対して、現場での攪拌はセメントと土が十分に混合されずに未改良部分が残るためである。したがって、所定の強度を確保するためには、現場強度を適切に評価する必要がある。混合の度合いと強度の関係を明らかにする必要がある。本文では、これまで著者らが提案した二種混合体モデル²⁾を用いて改良土の変形・強度特性の評価法を検討する。

2. 二種混合体モデルの概要

介在物とマトリックスで構成される二種混合体の内部では、応力とひずみに分布が生じるものとする。このときの二種混合体の弾性係数は、混合体内部で仕事量増分が一定であると仮定することにより、次式で表される。

$$E = \frac{(b-1)f_s + 1}{\frac{f_s b}{E_s} + \frac{(1-f_s)}{E^*}}, \quad b = \left(\frac{E_s}{E^*} \right)^{1/2} \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 E_s 、 E^* はそれぞれ介在物およびマトリックスの弾性係数、 f_s は介在物の体積含有率である。また、 b は介在物とマトリックスに作用する応力の分担割合を表すパラメータであり、 E_s と E^* の比で決定される。

3. 改良土の変形・強度特性への適用

粘土とセメントが完全に攪拌されず未改良部分を含む改良土は、異質材料から成る混合体と見なされる。ここでは、上述の二種混合体モデルを改良土の変形・強度特性へ適用することを試みる。

(a) 変形係数と改良率の関係

改良土中に占める改良部分の体積割合を改良率 f_s と定義すると、改良率が低いほど改良部分ではセメント量が多くなるため、改良部分の変形係数 E_{s0s} は大きくなると考えられる。すなわち、 E_{s0s} は、室内配合試験による改良土の変形係数 E_{s01} を用いて、次のように求められるものとする。

$$E_{s0s} = E_{s01} / f_s \quad \dots\dots(2)$$

さらに、未改良部分の変形係数として未改良土の変形係数 E_{s0}^* を用いると、改良土の変形係数は、式(2)を式(1)に代入することにより、次のように表される。

$$E_{s0} = \frac{(b-1)f_s + 1}{\frac{f_s^2 b}{E_{s01}} + \frac{(1-f_s)}{E_{s0}^*}}, \quad b = \left(\frac{E_{s01}}{f_s E_{s0}^*} \right)^{1/2} \quad \dots\dots(3)$$

式(2)は、改良率 $f_s=0\%$ の場合、 $E_{s0}=E_{s0}^*$ となり、改良率 $f_s=100\%$ の場合には、 $E_{s0}=E_{s01}$ となる。図-1は、室内配合試験による改良土と未改良土の変形係数の比 E_{s01}/E_{s0}^* をパラメータに取り、 E_{s01} で無次元化した改良土の変形係数と改良率の関係を示したものである。図より、改良土の変形係数は、同一の改良率であっても E_{s01}/E_{s0}^* の値が1に近づくほど大きくなることが示される。

(b) 一軸圧縮強さと改良率の関係

室内試験による改良土および未改良土の一軸圧縮強さと変形係数がいずれも比例関係にあり、それぞれ次式で表されるものとする。

$$q_{u1} = E_{s01} / \alpha_1 \quad \dots\dots (4) \quad , \quad q_{u^*} = E_{s0^*} / \alpha^* \quad \dots\dots (5)$$

ここで、 q_{u1} および q_{u^*} は、それぞれ、室内配合試験による改良土および未改良土の一軸圧縮強さ、 α_1 および α^* は、それぞれの比例係数である。

室内配合試験による改良土($f_s=100\%$)と攪拌機械による改良土($f_s<100\%$)の α の値($=E_{s0}/q_u$)が等しいと考え、式(4)、(5)の関係を式(3)に代入すると、改良土の一軸圧縮強さと改良率の関係は、次式のように表される。

$$q_u = \frac{(b-1)f_s + 1}{\frac{f_s^2 b}{q_{u1}} + \frac{\alpha_1}{\alpha^*} \frac{1-f_s}{q_{u^*}}} \quad , \quad b = \left(\frac{\alpha_1}{\alpha^*} \frac{q_{u1}}{f_s q_{u^*}} \right)^{1/2} \quad \dots\dots (6)$$

したがって、改良土の一軸圧縮強さ q_u は、室内試験による改良土の一軸圧縮強さ q_{u1} と未改良土の一軸圧縮強さ q_{u^*} を用いて表される。

図-2は、室内試験強度 q_{u1} で無次元化した改良土の一軸圧縮強さと改良率の関係を $\alpha_1/\alpha^* \equiv 2$ の場合について示した結果である。改良土の一軸圧縮強さは、変形係数と同様、室内試験による改良土と未改良土の性質に大きく依存することが示される。特に、室内試験強度と未改良土の強度の比が大きい場合には、所定の強度を満足するためにかなり大きな改良率となるように攪拌しなければならないことが示される。

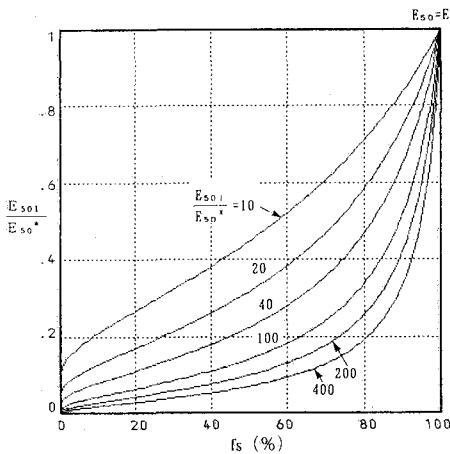


図-1 改良土の変形係数と改良率の関係

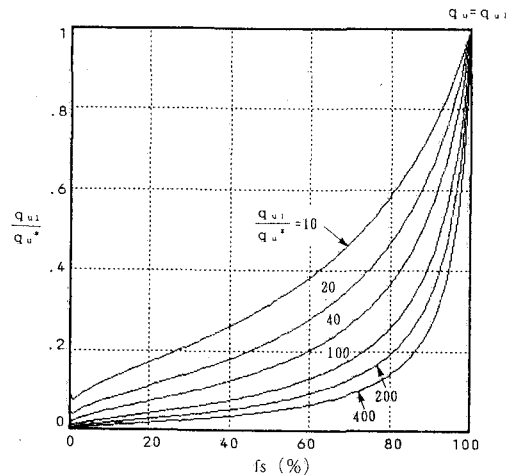


図-2 改良土の一軸圧縮強さと改良率の関係

4. あとがき

この提案式の妥当性を確かめるために、模型攪拌装置を用いた実験³⁾を行っており、比較的良好な結果が得られている。今後、現場の実測データを含めてさらに検討したい。

【参考文献】 1) CDM研究会：セメント系深層混合処理工法—設計と施工マニュアル（設計・施工編），1991年。 2) 大嶺 聖・落合英俊：二種混合体の応力—ひずみ関係と混合土の一次元圧縮特性への適用，土木学会論文集，No. 448/Ⅲ-19，pp. 121～130，1992年。 3) 増岡ら：模型攪拌装置を用いたセメント安定処理土の混合実験，平成5年度土木学会西部支部講演概要集。