

海成粘土を用いた固化処理土の初期含水比，砂分混合率，養生時間を考慮した強度推定式

土田地盤工学研究所・株式会社ニューテック

正会員 ○土田 孝

日本工営株式会社

正会員 山下恵梨香

1. はじめに

港湾の浚渫土を用いた固化処理土は近年さまざまな用途に使用され，主要な地盤材料の一つとなりつつある．筆者らは，浚渫土を用いた固化処理土における初期含水比の影響を考慮するため，セメント添加率と体積固体分率，構造係数をパラメータとした強度推定式を提案した^{1),2)}．しかし，提案式はパラメータを養生時間ごとに求める必要があり，任意の養生時間での強度を推定することができなかった．また，浚渫土が砂分を含む場合の影響を考慮していなかった．本研究は，砂分混合の影響と養生時間の影響を考慮するため新たな推定式を提案した．さらに様々な初期含水比の海成粘土に砂分を混合した試料による固化処理土の強度を求め，推定式の適用性の検討を行った．

2. 砂分混合率の影響と養生時間による強度増加を表現した固化処理土の強度推定式

筆者らの提案式は次式である．

$$q_u = k_c (c^* - c_0^*) Y^N \quad (1)$$

ここで， q_u は一軸圧縮強度， k_c は強度増加係数， N は処理土の空隙構造により決まる定数（概ね 2.5～4.5）， $c^*(\%)$ は固化処理土の固体分（土粒子とセメント）全体に対するセメント添加率（質量）であり式(2)で定義する． c_0^* は強度発現のための最小添加率である．また， Y は式(3)で定義する体積固体分率である．

$$c_f^* = \frac{m_{\text{cement}}}{m_{\text{soil}} + m_{\text{cement}}} \times 100 \quad (2), \quad Y = \frac{V_{\text{soil}} + V_{\text{cement}}}{V_{\text{soil}} + V_{\text{cement}} + V_{\text{water}}} \quad (3)$$

上式において m_{soil} ， m_{cement} は土とセメントの質量， V_{soil} ， V_{cement} ， V_{water} はそれぞれ土，セメント，水の体積である． Y は固化処理土全体の体積に対する土粒子とセメントの体積の比率を意味する．

山下らは高含水比の海成粘土に砂分を 30%，50%，70%混合した試料の固化処理土の強度を調べ，砂分は固化処理土の強度に影響していないことを明らかにした³⁾．このことから，セメント添加率 c^* は砂分を除いた土の細粒分に対する乾燥重量比とし，体積固体分率 Y の算定に用いる土の体積には砂分を除いた細粒分のみの体積を用いるべきとした．以上の結果，砂分を除いて考えると式(1)，(2)，(3)はそれぞれ次式ようになる．

$$q_u = k_c^* (c_f^* - c_{f0}^*) Y_f^{*N} \quad (4), \quad c_f^* = \frac{m_{\text{cement}}}{m_{\text{fine}} + m_{\text{cement}}} \times 100 \quad (5), \quad Y_f^* = \frac{V_{\text{fine}} + V_{\text{cement}}}{V_{\text{fine}} + V_{\text{cement}} + V_{\text{water}}} \quad (6)$$

上式において c_f^* ， Y_f^* は，それぞれ浚渫土中の細粒分の乾燥質量，細粒分だけを用いた体積固体分率であり，式(4)はそれらを用いた強度推定式である．式(4)は同一の浚渫粘土について砂分に関係に成立する．式(4)を異なる養生日数の強度について当てはめ，それぞれから求めた定数 N の平均値をこの養生時間によらない共通の N_{ave} として決定する．次にすべての養生時間について共通の N_{ave} を用いてフィッティングを行い，各養生時間の c_{f0}^* の平均値 $c_{f0\text{ave}}^*$ を養生時間によらない共通の c_{f0}^* として決定する． N_{ave} をと c_{f0}^* を用いて養生時間ごとに強度増加係数 k_c^* を決定した． k_c^* は養生時間 D の対数と直線関係にあると仮定し，実験定数 E^* ， F^* を用いて次式を当てはめた．

$$k_c^* = E^* + F^* \ln D \quad (7)$$

式(4)に式(7)を代入して式(8)が求められる．式(8)が新しい提案式である．

$$q_u = (E^* + F^* \ln D) (c_f^* - c_{f0\text{ave}}^*) (Y_f^*)^{N_{\text{ave}}} \quad (8)$$

3. 3種類の海成粘土を用いたセメント固化処理土の強度試験

徳山港粘土 ($w_L=119.9\%$)，名古屋港粘土 ($w_L=81.4\%$)，東京湾粘土 ($w_L=68.0\%$) を用いて固化処理土の供試体を作製した．3種類の粘土はそれぞれ 2 mm の網で濾し礫や貝殻を取り除いた後，さらに 0.75 μm の網で濾し，砂分を除き細粒分のみとなったものを用いた．砂分の調整はこれらの粘土に豊浦砂を加えて行い，固化材として普通ポルトランドセメントを用いた．砂添加率 0, 30, 50(%) のそれぞれの粘土に対して液性限界を求め，初期含水比を砂添加後の液性限界の 0.9, 1.2, 1.5, 2.0, 2.5 倍，セメント添加率を 10, 20%，砂添加率を 0, 30, 50% に調整し供試体を作製し，養生 7, 28, 90 日において一軸圧縮強度を測定した．

セメント固化処理土，強度推定式，浚渫土，砂分混合率，含水比，港湾

連絡先 〒174-0056 東京都板橋区志村 1-2-9 株式会社ニューテック 土田地盤工学研究所志村実験室 TEL.080-5079-3951

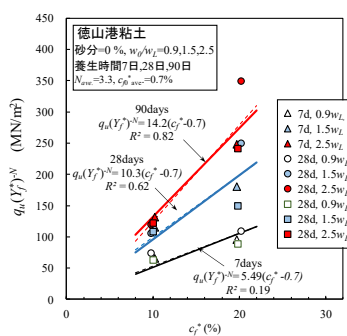


図-1 (a) 強度増加係数の決定

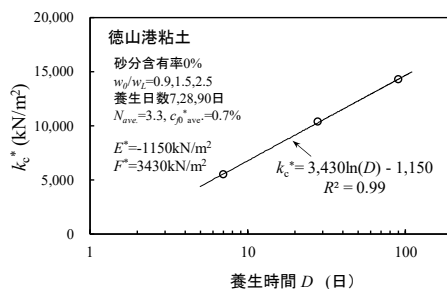


図-1 (b) 強度増加係数と養生時間の関係

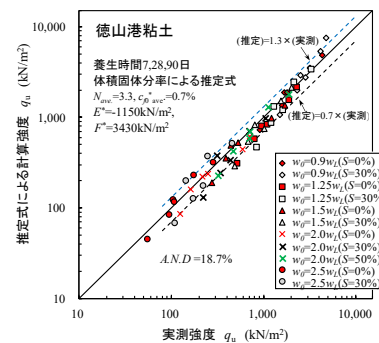


図-1 (c) 実測強度と計算強度との比較

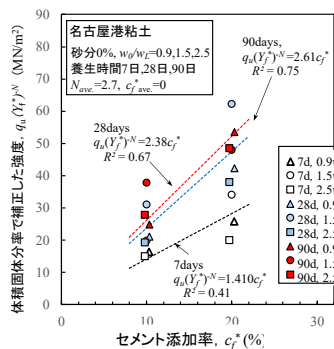


図-2 (a) 強度増加係数の決定

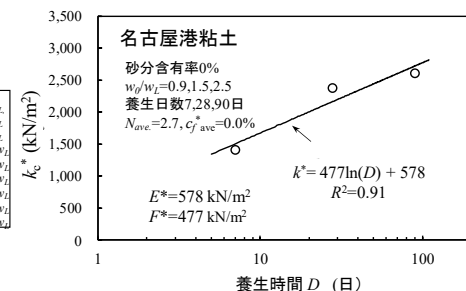


図-2 (b) 強度増加係数と養生時間の関係

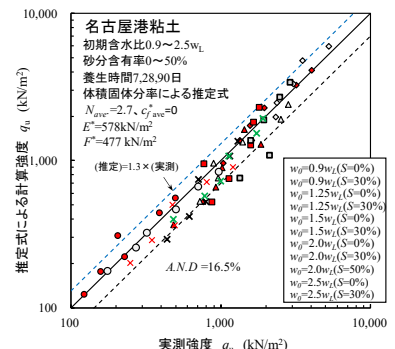


図-2 (c) 実測強度と計算強度との比較

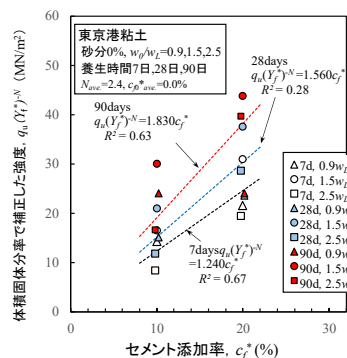


図-3 (a) 強度増加係数の決定

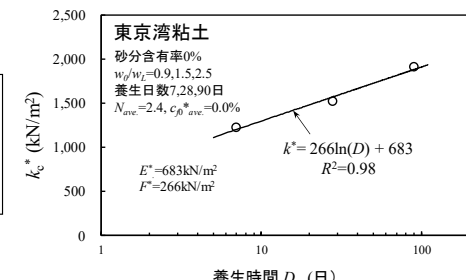


図-3 (b) 強度増加係数と養生時間の関係

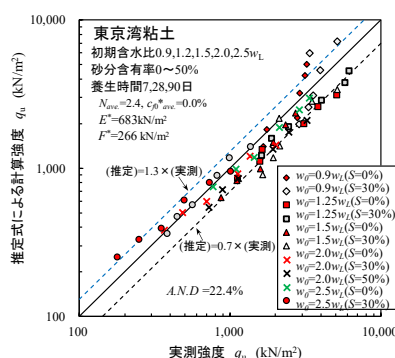


図-3 (c) 実測強度と計算強度との比較

4. 実験結果による推定式のパラメータの決定と適合度の検討

3種類の粘土について、砂分を含まず、初期含水比が $0.9w_L$, $1.5w_L$, $2.5w_L$ の3種類、セメント添加率 10%, 20% の時の一軸圧縮強度を用いて N_{ave} , c_{f0}^* を求め、徳山港粘土は図-1(a), 名古屋港粘土は図-2(a), 東京湾粘土は図-3(a) のように強度増加係数を決定した。次に k_c^* と養生時間の関係からパラメータ E^* と F^* を決定し (図-1(b), 図-2(b), 図-3(b)), 式(8)を用いて砂分 30%, 50%, 初期含水比 $0.9w_L$, $1.2w_L$, $1.5w_L$, $2.0w_L$, $2.5w_L$ の試料の強度を計算し、実験結果と比較した (図-1(c), 図-2(c), 図-3(c)). 適合性の評価は実測値と計算値の差を実測値で正規化した値 (絶対値) の平均 (A.N.D.) で評価したが、水セメント比による推定式と比較した結果、提案式の適合度は良好であった。

5. まとめ

砂分を含み初期含水比が異なる粘土のセメント固化処理土について、任意の養生時間の強度を推定する式を提案した。3種類の粘土の固化処理土に提案式を適用した結果、実測強度と計算強度は比較的良好に適合した。

6. 参考文献

- 1) 土田孝, 湯怡新: 海成粘土を用いたセメント固化処理土の強度推定法, 地盤工学ジャーナル, Vol.7, No.3. pp.435-457, 2012.
- 2) Tsuchida, T. and Tang, Y. X.: Estimation of Compressive Strength of Cement-Treated Marine Clays with Different Initial Water Content, Soils and Foundations, Volume 55, Issue 2, April 2015, Pages 359-374.
- 3) 山下恵梨香, 土田孝, Kang, GyeongO, Cikmit, Arlyn Aristo: 海成粘土を用いたセメント固化処理土の強度推定式の適用性について, 地盤と建設, Vol.36, No.1, pp.57-64, 2018.