

細粒分を含む土の貫入抵抗値と相対密度の関係について

(株)不動テトラ
中央大学正会員 ○原田 健二
名誉会員 石原 研而

1. はじめに (検討経緯)

筆者らは、水平応力比の貫入抵抗値や液状化強度に及ぼす影響について図-1の研究フローに従って検討し、きれいな砂についての貫入抵抗値と液状化強度の関係を推奨図として示した¹⁾。そしてこの推奨図を細粒分を含んだ土にも適用するにあたり、締固め試験により求められる最大乾燥密度 $\rho_{d\max}$ を使った最小間隙比を $e_{\min}^*$ と定義して間隙比の範囲 $e_{\max} - e_{\min}$ ($e_{\max}$: 最大間隙比) について検討した²⁾。その結果、きれいな砂に対しては(1)式³⁾に示す平均粒径 D_{50} との関係に対し、細粒分を含む土では細粒分含有率 F_c との関係である(2)式 (図-2 参照: F_c が0%の時 D_{50} は0.3mmとなる、図中の白抜きプロット)を提案した³⁾。

$$e_{\max} - e_{\min} = 0.23 + \frac{0.06}{D_{50}} \quad \cdots (1)$$

$$e_{\max} - e_{\min}^* = 0.43 + 0.00867 \cdot F_c \quad \cdots (2)$$

本文においては図-1の①のステップでの細粒分を含む土の貫入抵抗値と相対密度の関係について検討する。その際には、図-2を見直した式(3) (図中の黒塗りプロット)を使用した。

$$e_{\max} - e_{\min}^* = 0.43 + 0.012 \cdot F_c \quad \cdots (3)$$

2. 使用した試料と相対密度の定義

(1) 使用した試料

検討に使用した細粒分を含む試料は表-1に示すように、標準貫入試験では2試料、コーン貫入試験では4試料で、すべて土槽実験から得られたものである。

(2) 相対密度の定義

きれいな砂についての相対密度 Dr は式(4)で定義されるが、細粒分を含む土の場合には最小間隙比を締固め試験より得られる $e_{\min}^*$ を使用しているので式(5)のような変換が必要となる。表-1に示す試料については、式(4)の既知である Dr 、 $e_{\max}$ 、 $e_{\min}$ より e を算出し、式(3)を使って新たな相対密度 Dr^* に換算した。

$$Dr = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}} \quad \cdots (4) \quad Dr^* = \frac{e_{\max} - e}{e_{\max} - e_{\min}^*} \quad \cdots (5)$$

3. 貫入抵抗値と相対密度の関係

(1) 標準貫入試験による N 値と相対密度の関係

きれいな砂についての N 値と Dr の2乗との関係⁶⁾と追加した細粒分を含んだ土については N 値と Dr^* の2乗との関係で示したものが図-3である。データはばらついてはいるが、ほぼ F_c が増えるに従って勾配は小さくなる。既往のきれいな砂の場合の勾配(C_D)と間隙比の範囲(1)式との関係⁶⁾に細粒分を含む土の場合の勾配($C_{D,FC}$)と間隙比の範囲(3)式との関係をみたものが図-4である。同図には式(6)で関係付けられたきれいな砂のデータに追加して式(7)で関係付けられた細粒分を含んだデータがプロットしてある。同図より間隙比の範囲が大きくなる(F_c が大きくなる)に従って勾配は小さくなることわかる。同図には2)の文献で提案されているものと6)で提案した一定値を通るように引いた式(7)についても併せて示している。

$$(N_1)_{80} = C_D \cdot Dr^2 = \frac{9}{(e_{\max} - e_{\min})^{1.7}} Dr^2 = \frac{9}{\left(0.23 + \frac{0.06}{D_{50}}\right)^{1.7}} Dr^2 \quad \cdots (6)$$

$$(N_1)_{80} = (C_{D,FC}) \cdot Dr^{*2} = \frac{8}{(e_{\max} - e_{\min}^*)^{1.55}} Dr^{*2} = \frac{8}{(0.43 + 0.012 \cdot F_c)^{1.55}} Dr^{*2} \quad \cdots (7)$$

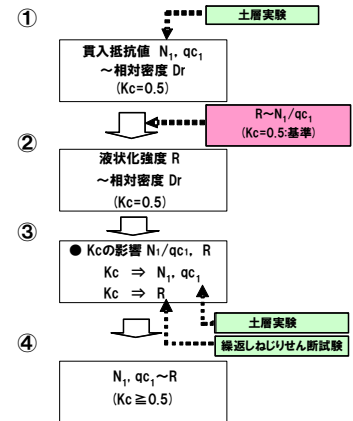


図-1 研究フロー

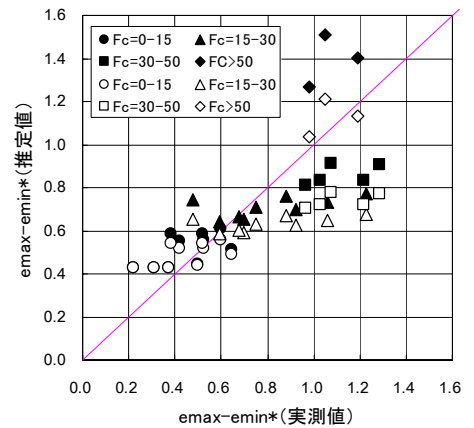


図-2 実測と予測の間隙比の範囲

表-1 使用した試料

土槽実験	試料名	$F_c(\%)$	文献
標準貫入試験	Takahama	17.7	4)
	Oku	70.0	
コーン貫入試験	Omigawa	10.7	5)
	Inage	23.8	
	MLS15	15.0	Huang et al. (2007)より
	MLS30	30.0	

キーワード 細粒分含有率, 貫入抵抗値, 相対密度

連絡先 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7番2号 (株) 不動テトラ TEL 03-5644-8534

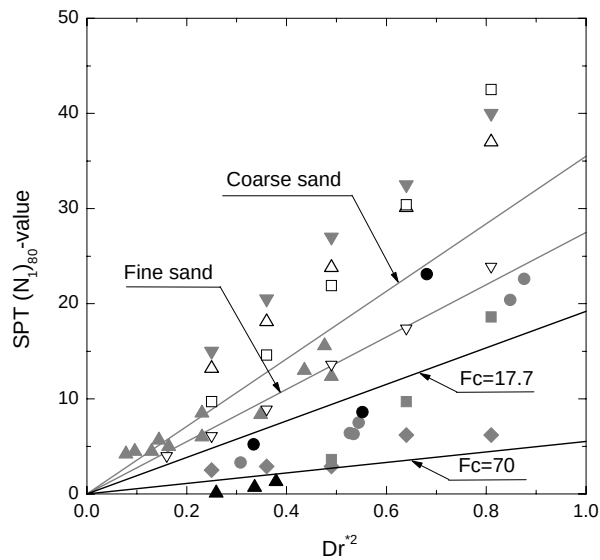


図-3 N値と相対密度の関係

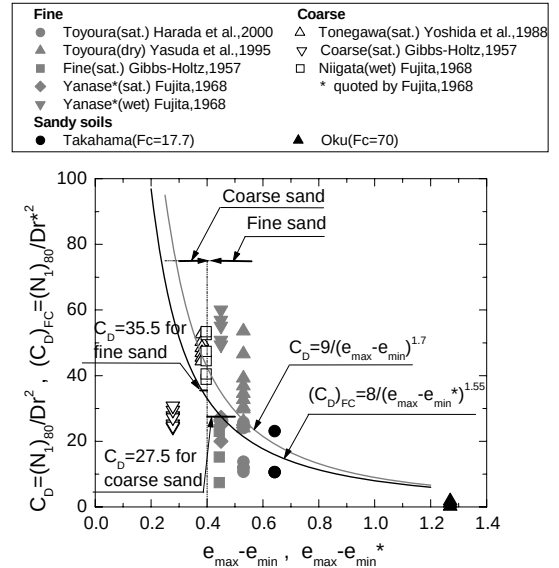


図-4 間隙比の範囲と勾配

(2) コーン貫入試験による q_c 値と相対密度の関係

コーン貫入抵抗値についても同様に、きれいな砂についての q_c 値と Dr の2乗との関係⁶⁾で示したものに表-1のデータを追加したものが図-5である。図-6はこの勾配と間隙比の範囲 $e_{max}-e_{min}$, $e_{max}-e_{min}^*$ の関係で示しており、きれいな砂については式(8)⁹⁾を、細粒分を含んだ土では式(9)を使っている。 q_c 値についても N 値と同様の傾向を示している。

$$q_{c1} = C_{Dq} \cdot Dr^2 = \frac{12}{(e_{max} - e_{min})^{0.8}} Dr^2 = \frac{12}{\left(0.23 + \frac{0.06}{D_{50}}\right)^{0.8}} Dr^2 \quad \dots (8)$$

$$q_{c1} = (C_{Dq})_{FC} \cdot Dr^{*2} = \frac{12}{(e_{max} - e_{min}^*)^{0.8}} Dr^{*2} = \frac{12}{(0.43 + 0.012 \cdot Fc)^{0.8}} Dr^{*2} \quad \dots (9)$$

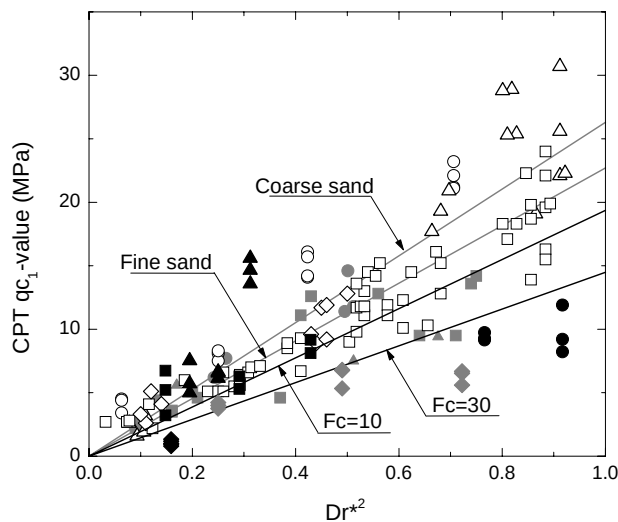
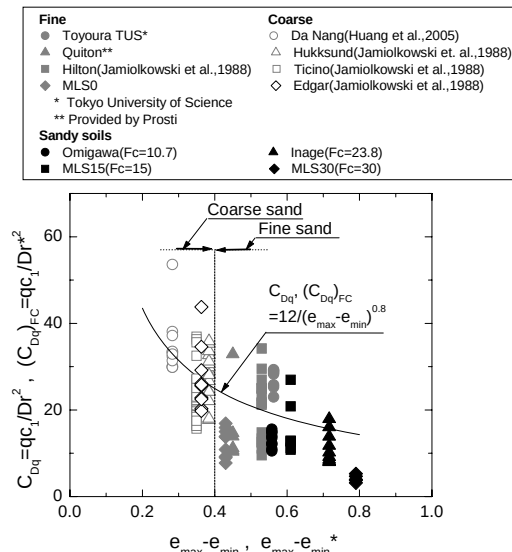
図-5 q_c 値と相対密度の関係

図-6 間隙比の範囲と勾配

4. まとめ

既往のきれいな砂の相対密度と貫入抵抗値の関係図に細粒分を含んだ土のデータを追加して両者の関係を整理した。追加したデータは全て試料作成時に相対密度を調整できる土槽実験結果であるので、今後はサンプリング技術が向上し、精度の良い現地の相対密度のデータが得られる現地データを追加して、(3)式と併せて再検討したい。

【参考文献】1) 原田ら (2008)：貫入抵抗値と液状化強度に及ぼす水平応力の影響，土木学会第 63 回年次学術講演会，pp.283-284. 2) Cubrinovski, M. and Ishihara, K. (1999) “Empirical correlation between SPT N-value and relative density for sandy soils,” *Soils and Found.*, 39 (5), 61-71., 3) 原田ら(2012)：細粒分を含む土の間隙比の範囲について，土木学会第 67 回年次学術講演会（投稿中） 4) 原田ら(2003)：細粒分を含んだ締固めによる改良地盤の評価，No.35, *JSCE Journal of Earthquake Engineering*, Vol. 27 5) 伊藤ら (2005)：砂地盤のコーン貫入抵抗値と相対密度の関係について，土木学会第 60 回年次学術講演会，3-4. 6) 原田ら (2008)：砂の貫入抵抗値と相対密度の関係，第 43 回地盤工学研究発表会，pp.181-182.