

**$N_d$  値と粒度特性を用いた最適含水比における締固め度の推定**

神戸市立工業高等専門学校 正会員 野並 賢，鳥居宣之  
 ソイルアンドロックエンジニアリング(株) (元神戸市立工業高等専門学校) ○中谷 圭佑  
 西宮市 (元神戸市立工業高等専門学校) 田嶋 一葵

**1. はじめに**

盛土の安定性は締固め度  $D_c$  に依存するため、既設盛土の締固め度を経済的、簡易に把握する手法が望まれている。そこで本報は最適含水比に調整した室内動的コーン貫入試験によって得られる  $N_d$  値と締固め度の関係を実験的に求め、 $N_d$  値と粒度特性を用いた締固め度の推定方法を報告するものである。

**2. 試験方法および試料**

試験に用いた盛土材の粒径加積曲線を図-1に、標準エネルギーで行った締固め試験による締固め曲線を図-2に示した。用いた試料は一般的な盛土材の粒度特性を概ね網羅していることがわかる。室内動的コーン貫入試験方法は別報<sup>1)</sup>を参照されたい。室内土槽は最適含水比に調整した試料を標準締固めエネルギーで  $D_c=80\%$ 、 $90\%$ 、 $100\%$  に締固めて作製し、 $N_d$  値は有効上載圧  $100\text{kN/m}^2$  に補正した  $N_{d1}$  値<sup>2)</sup> で評価した。

**3. 試験結果**

図-2に各盛土材の締固め度  $D_c$  と土被り圧補正  $N_{d1}$  値の関係を示した。両者は概ね直線で近似できるが、同一の締固め度でも盛土材により  $N_d$  値は異なっていることがわかる。したがって、 $N_{d1}$  値から締固め度  $D_c$  を推定するためには、盛土の材料特性を反映した  $D_c \sim N_{d1}$  関係式を得る必要がある。そこで本研究では、 $D_c \sim N_{d1}$  関係の回帰直線の傾き  $A$ 、および  $D_c=80\%$  における  $N_{d1}$  値について、盛土材の粒度特性との関係を比較し、これらを得るための最適な経験式の導出を行った。

**3.1  $D_c \sim N_{d1}$  関係の回帰直線の傾き  $A$**

$D_c \sim N_{d1}$  関係の回帰直線の傾き  $A$  と粒度特性の関係について、既報<sup>3)</sup>の検討では  $80\%$ 通過粒径  $D_{80}$  によって傾き  $A$  を求めるのが適当であることを述べている。そこで図-3に  $D_{80} \sim A$  値関係を示した。これより、 $D_{80}$  が  $1\text{mm}$  以下では傾き  $A$  はあまり変化しないこと、礫分の多い試料9の傾き  $A$  がやや大きいことなどがわかる。次に、最適な経験式を種々の関数で相関分析を行い求めた。その結果に基づき、他の式より決定係数  $R^2$  が大きいことや、対象試料の粒径を超える範囲の  $A$  値の変化が比較的穏やかな次の推定式 (図中赤線) を提案する。

$$A = 0.009 \cdot D_{80} + 0.077 \cdot \sqrt{D_{80}} + 0.202 \quad (1)$$

**3.2  $D_c=80\%$  の  $N_{d1}$  値**

図-4(a)～(e)までに、最大粒径  $D_{max}$ 、 $50\%$ 通過粒径  $D_{50}$ 、 $80\%$

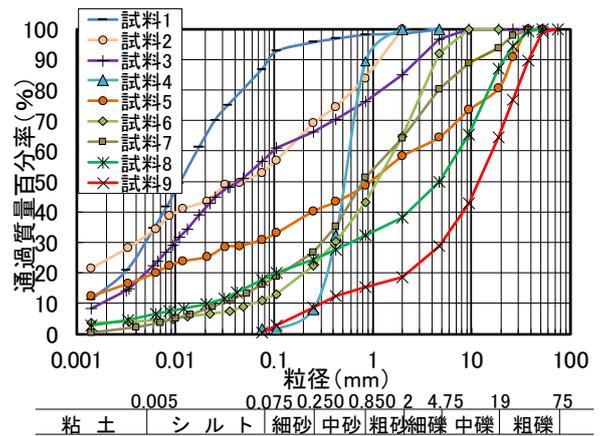


図-1 試料の粒径加積曲線

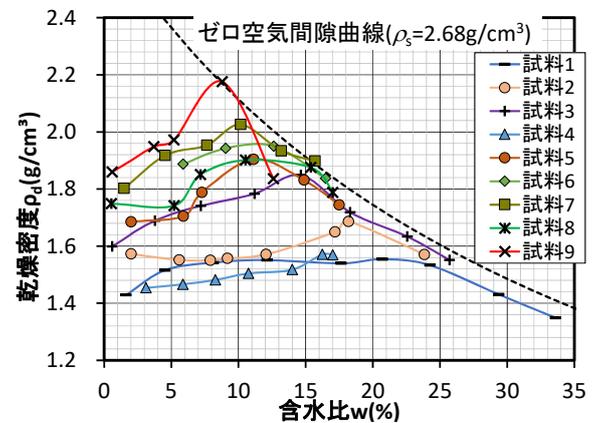


図-2 試料の締固め曲線

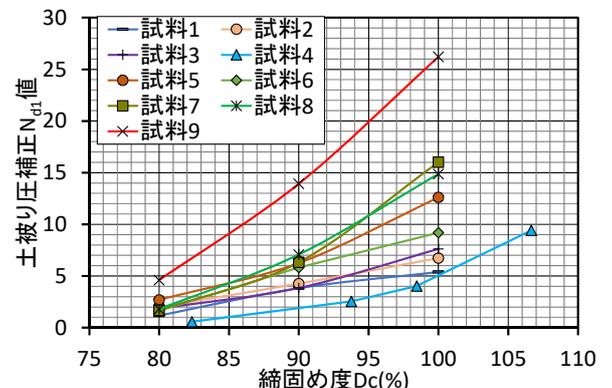


図-3 締固め度  $D_c \sim N_{d1}$  値の関係

キーワード 動的コーン貫入試験、盛土、 $N_d$  値、締固め度、粒度

連絡先

〒651-2102 神戸市西区学園東町 8-3 神戸市立工業高等専門学校 TEL 078-795-3311

通過粒径  $D_{80}$ 、細粒分含有率  $F_c$ 、最大乾燥密度  $\rho_{dmax}$  と  $D_c=80\%$ における  $N_{d1}$  値の関係を示した。図中には近似直線の決定係数  $R^2$  を示しているが、いずれの物性値も  $D_{80} \sim A$  値関係より相関性が劣る結果となった。傾き  $A$  の推定式で採用した  $D_{80}$  に着目すると、 $D_{80}$  がほぼ同じ値の試料 2 と試料 4 は細粒分の多い試料 2 の方が  $N_{d1}$  値は大きいこと、試料 9 が他の試料と比べ近似直線より離れていることがわかる。そこで  $F_c$  と  $D_{80}$  の影響の両方を反映するため、修正細粒分含有率  $F_{cmod} = \text{細粒分含有率 } F_c(\%) + 80 \times \log(80\% \text{通過粒径 } D_{80})$  なる指標を導入し、 $F_{cmod}$  から  $D_c=80\%$ における  $N_{d1}$  値の経験式を求めることとした。

試料 9 の重みを 2 倍にして  $D_c=80\%$  の  $N_{d1}$  値と種々の関数の相関分析を行った。 $\log(D_{80})$  の係数 80 は、採用した関数で決定係数  $R^2$  が最大になるよう試行的に求めた。図-5 にその結果を示したが、本研究では決定係数が最大となった次の推定式 (図中紫一点鎖線) を提案する。

$$N_{d1;Dc=80\%} = 1.070 \cdot \exp(0.01 \cdot F_{cmod}) \quad (2)$$

#### 4. おわりに

式(1)と式(2)により、最適含水比の盛土に対し  $N_{d1}$  値と粒度特性が分かれば締固め度が推定できることを示した。なお、含水比の影響については別報<sup>1)</sup>を参照されたい。

**参考文献:** 1) 野並ら:  $N_d$  値に与える含水比の影響および  $N_d$  値と密度特性の関係, 全国大会第 73 回年次学術講演会概要集投稿中, 2019. 2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, IV 下部構造編, pp.604-606, 2012. 3) 野並ら: 室内土槽を用いた動的コーン貫入試験による  $N_d$  値と締固め度の関係, 全国大会第 72 回年次学術講演会概要集, pp.949-950, 2018.

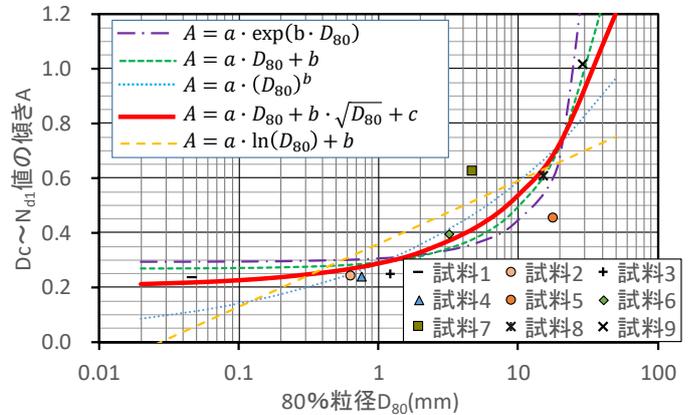


図-3 種々の近似線を記した  $D_{80} \sim A$  値関係

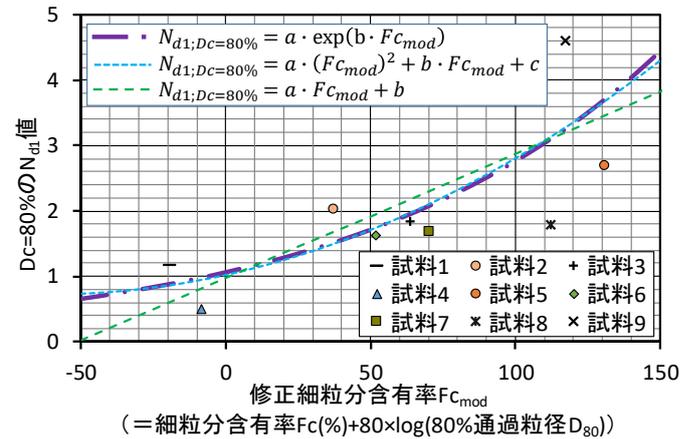


図-5 修正細粒分含有率  $F_{cmod} \sim N_{d1}$  値関係

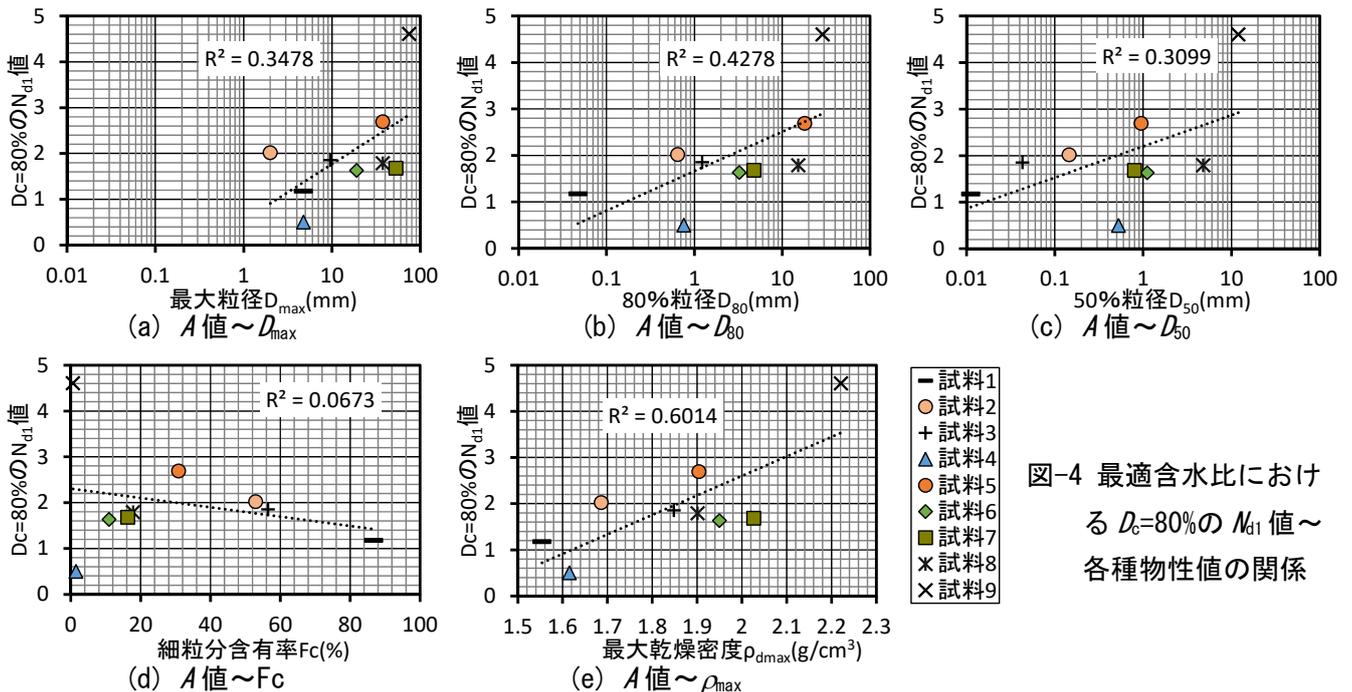


図-4 最適含水比における  $D_c=80\%$  の  $N_{d1}$  値～各種物性値の関係