

土の締固め特性の簡易な推定手法の検証

鹿島建設(株)	正会員	○松本	聡碩
鹿島建設(株)	正会員	吉田	輝
鹿島建設(株)	正会員	藤崎	勝利
東京理科大学	正会員	龍岡	文夫
(独)水資源機構	正会員	坂本	博紀

1. はじめに

盛土の一般的な締固め管理では、事前に盛土材の代表試料を用いて 1Ec など所定の締固めエネルギーレベル(CEL)で試験を行って求めた最大乾燥密度 ρ_{dmax} を分母に、現場で測定した乾燥密度(ρ_d)_f を分子として締固め度(D_c 値)を評価する。しかし、現場における盛土材の土質の変動に応じて ρ_{dmax} を更新しなければ、その変動に起因する締固め度のばらつきが生じてしまう。一方で、 ρ_{dmax} の更新頻度を増やすことは締固め試験の回数が増えることを意味し、現場の施工性が低下しかねない。この問題に対し、我々は比較的少ない労力で信頼性の高い締固め度の評価を行える手法(一点法)を提案した¹⁾。本報文では、その有効性を検証した結果を報告する。

2. 検証対象

検証対象としたのは、小石原川ダム(福岡県、水資源機構)におけるコアの盛立である。図-1 に、盛立開始時のコア材の粒径加積曲線を示す。転圧機械は 10t 級振動ローラであり、転圧回数は 8 回であった。盛立は約 21 か月間行われ、この間に一層当たりの仕上がり厚さ 30cm で約 97 万 m³ のコア材が盛り立てられた。

3. 検証方法

通常、同一現場内で同一の材料区分として扱われるコア材を対象とすると、 ρ_d の「同一の CEL と土質で求めた ρ_{dmax} 」に対する比である真の締固め度(D_c)_t と、飽和度(S_r)₀ と最適飽和度(S_r)_{opt} の差((S_r)₀-(S_r)_{opt})の間に、材料の変動や締固めエネルギーによらない一義的な関係があると仮定できる²⁾。この関係を「代表正規化締固め曲線」と呼ぶ。ここに、(S_r)_{opt} は(D_c)_t=100%の飽和度である。盛立開始時に、所定の CEL₀(本検証では 1Ec)でコア材の締固め試験(D_{max} =37.5mm のせん頭粒度)を行って締固め曲線(図-2)を描き、そこから代表正規化締固め曲線(図-3)を得た。検証対象の現場では、既報¹⁾における「現場密度試験実施地点の近傍の 1 か所」での試料採取を行わなかったが、1 週間または盛立量 15,000m³ 毎に 1 回の頻度で現場密度試験(突き砂法)を 3 か所で行った。そこで、この 3 か所から採取したコア材を混合して行った 1Ec の締固め試験により求まる採取時の含水比での乾燥密度を「近傍の 1 か所」の $[\rho_d]_0$ とした。次に、JIS 法で求めた「近傍の 1 か所」の採取時の含水比と、別途求める土粒子密度 ρ_s を使って「近傍の 1 か所」の飽和度(S_r)₀を算出し、その値を図-3 に示す関係に当てはめて「近傍の 1 か所」の真の締固め度 $[(D_c)_t]_0$ を得た。そして、この値を式(1)に代入して、コア材を CEL₀で締固めた時の最大乾燥密度 $[\rho_{dmax}]_c$ を推定した。これを用いて、

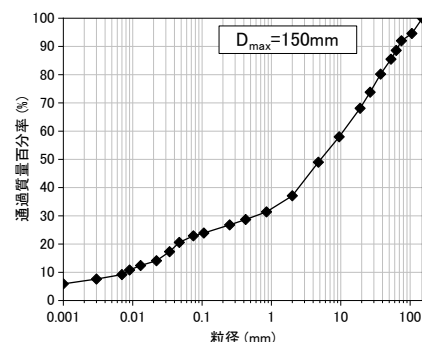


図-1 コア材の粒径加積曲線(盛立開始時)

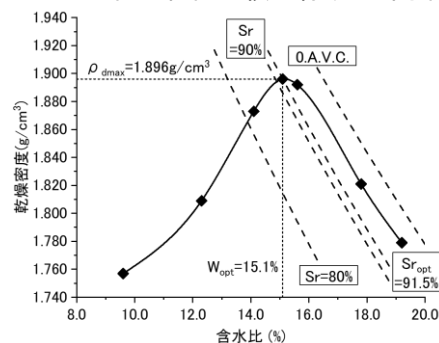


図-2 コア材の締固め曲線(盛立開始時)

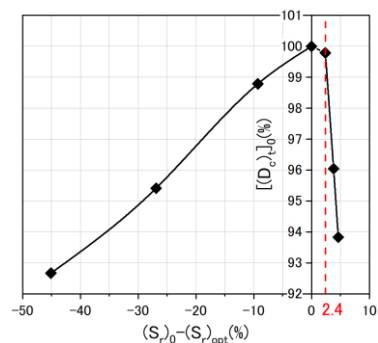


図-3 代表正規化締固め曲線(盛立開始時)

キーワード：締固め度、締固め試験、飽和度

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-8504

CEL₀を基準とした残る2か所の締固め度[D_c]_cを式(2)で求めた。以上の方法を、一点法と呼ぶ。

$$[\rho_{dmax}]_c = [\rho_d]_0 / [(D_c)_t]_0 \quad \text{式(1)}$$

$$[D_c]_c = (\rho_d)_f / [\rho_{dmax}]_c \quad \text{式(2)}$$

4. 検証結果

小石原川ダムにおいて、建設中の日常の品質管理試験として実施した各土質試験の結果を用いて、一点法に加えて次の2つの手法で締固め度を求めた。それぞれの方法での、締固め度の具体的な算出方法を表-1に示す。

表-1 本検証における締固め度(%)の算出方法

	(ρ _d) _f の求め方	ρ _{dmax} の求め方	備考
方法1	突き砂法 (3か所/回)	ストックパイルからコア材を搬出するたびに行った締固め試験結果のうち、現場密度試験実施時まで求められていた5日分のρ _{dmax} を平均。	施工中の日常管理方法
方法2		突き砂法を行う際に、盛立面にて採取したコア材を用いて締固め試験を実施。3か所それぞれの採取材で試験。	最も信頼性が高いと考えられる
方法3		一点法(3章で詳述)	最も迅速である

これらの3つの方法で締固め度を求めるために必要なデータが全て揃っているのは、約21か月の盛立期間のうち36日であった。この36日を比較対象日として、この間に各手法で求まる締固め度(108か所分)の標準偏差は表-2の通りであった。3つの方法の中で、最も信頼性が高いと考えられる方法2で求めた締固め度の標準偏差を基準とすると、方法3(一点法)で求めた締固め度の標準偏差は、約2.6倍となった。ここで、図-4に、各手法で比較対象日ごとに求まる1E_c基準の締固め度の平均値を示す。方法1や2で求めた締固め度と比べ、方法3(一点法)で求めた締固め度が著しく小さくなる日が存在することが分かる。この原因として、これらの日は「近傍の1か所」が(S_r)₀>(S_r)_{opt}の高飽和度側であり、それらのデータでは図-3に示すように(S_r)₀の変化に対する[(D_c)_t]₀の変化が大きく、その推定値が大きく変動したことが考えられる。そこで、図-3において(S_r)₀の変化に対する[(D_c)_t]₀の変化が比較的小さい((S_r)₀-(S_r)_{opt})<2.4%となる22日のみを比較対象とすると、方法3(一点法)で求めた締固め度の標準偏差は1.32となり、方法2で求めた締固め度の標準偏差の約0.9倍となった(表-2)。このことから、一点法は「近傍の1か所」の飽和度(S_r)₀の変化に対する[(D_c)_t]₀の変化が小さい場合は、コア材の土質の変動を反映してρ_{dmax}を精度よく推定し、信頼性の高い締固め度の評価を行える手法であると言える。

表-2 各手法で求まる締固め度(%)の標準偏差

比較対象の日数	方法1	方法2	方法3(一点法)
36日	1.79	1.47	3.77
22日 ※(S _r) ₀ -(S _r) _{opt} <2.4	1.84	1.41	1.32

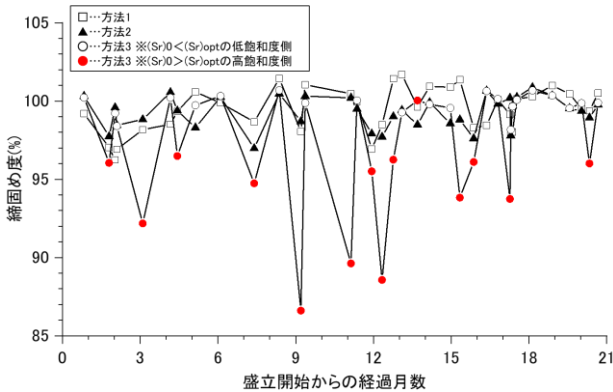


図-4 盛立期間内の比較対象日に各手法で求まる締固め度の平均値

5. おわりに

本報文では、小石原川ダムにおける建設中の日常の品質管理試験として実施した各土質試験の結果を用いて、一点法の検証を行った。一点法は、「近傍の1か所」で採取した試料を含水比を保ったまま持ち帰り、その含水比状態のみで室内締固め試験を行うことから、時間や労力をかけずに締固め度の評価を行える手法であると言える。ただし、本検証では「近傍の1か所」の飽和度の変化に対する真の締固め度の変化の度合いによって、この評価の信頼性が左右されることが示唆された。今後は、事前に締固め試験を行って代表正規化締固め曲線を描く際に、高含水比側の点数を多く取るなど、飽和度の状態によらず精度の高いρ_{dmax}の推定を行うことが可能な、実用的な手法への改良を進めていきたい。末筆ながら、品質管理データをご提供頂いた水資源機構の関係各位に謝意を表する。

参考文献

1)松本聡碩他：土の締固め特性の簡易な推定手法，第54回地盤工学研究発表会(大宮)，2019。
2)龍岡文夫：盛土の締固め管理における飽和度とエネルギー管理の意義，第54回地盤工学研究発表会(大宮)，2019。