

K₃₀ 値を用いた盛土の締固め管理指標に関する一考察

東急建設 正会員 ○佐竹 亮一郎
正会員 富田 佑一

1. はじめに

盛土工の締固めにおける施工管理は ρ_d や K_{30} などの原位置試験から得られる指標に基づき管理が行われる。高い要求性能の実現には、原位置試験において地盤の状態を適切に評価することが不可欠である。この際重要なのは、原位置試験から得た指標が設計で定めた強度定数、変形係数と整合する事であり、両者の相関を把握することが必要となる。また一般に、強度・変形特性は ρ_d と相関が認められるが、その関係には締固め時の飽和度 S_r が影響していることが近年明らかになってきた¹⁾。今後の施工管理においては S_r の影響を考慮することも必要となる。そこで本検討では締固め時の飽和度に基づいて地盤反力係数 K_{30} 値と内部摩擦角 ϕ の関係性を整理した。実大締固め試験を実施し、小型 FWD (Falling Weight Deflectometer) 試験、簡易支持力測定試験 (キャスポルと略す) より推定した K_{30} 相当値(以下 K_{30} 値と略す)と、不飽和三軸試験より求めた ϕ との相関について検討した。

2. 試験概要

盛土材は最大粒径 $D_{max}=2.0\text{mm}$ 、平均粒径 $D_{50}=0.25\text{mm}$ 、細粒分含有率 $F_c=9.0\%$ の砂質土(稻城砂)である。実大締固め試験は、幅 $2.2\text{m} \times$ 延長 $3.2\text{m} \times$ 高さ 0.6m の鋼製土槽内で実施した。実験層は、含水調

整した盛土材を1層(転圧後の層厚 $t=0.21\text{m}$ 程度)で撒き出し、1t ハンドガイドローラーを均等に通過させて作製した。締固め機械通過回数(以下、転圧回数)4回毎に小型 FWD 試験、キャスポルを各々4箇所で行った。本報で示す結果は4箇所の平均値である。

3. 試験結果

図 1 に ρ_d - w 関係を示す。本結果は試験盛土より採取した供試体にて実施した密度試験²⁾から得られた値である。点線は室内突固め試験より得られた 1.0Ec(A-c 法)での締固め曲線である。1.0Ecにおいて、最適含水比 $w_{opt}=14.2\%$ 、最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.684\text{g/cm}^3$ であり、最適飽和度 $(S_r)_{opt}=64.1\%$ である。試験盛土の飽和度はおよそ $S_r=20\%$ 、 30% の低 S_r 条件2ケース、およそ $S_r=60\%$ 、 65% の最適 S_r 条件2ケースに分けられ、転圧回数別に記号を与えている。低 S_r 条件では、転圧回数が増加しても ρ_d は増加しにくい。また図 2 に各 S_r における沈下量-転圧回数関係を示す。 $(S_r)_{opt}$ 付近ほど転圧回数の増加による沈下量の増加が大きい。 $(S_r)_{opt}$ に近い $S_r=60\%$ のケースで 80mm 程度の沈下となったのに対し、 $S_r=20\%$ としたケースでは 60mm 程度の沈下であり、締固まり難い状態と言える。従って締固めによる圧縮量が少ない低 S_r 条件は浸水による沈下が懸念される。

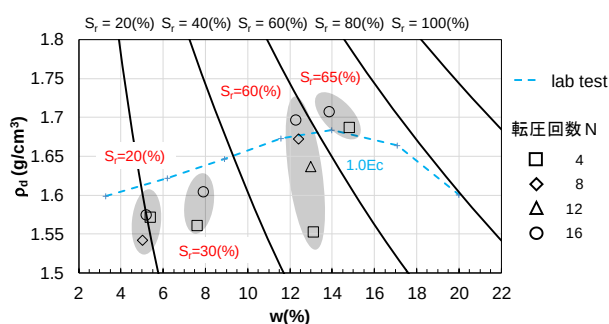


図 1 ρ_d - w 関係

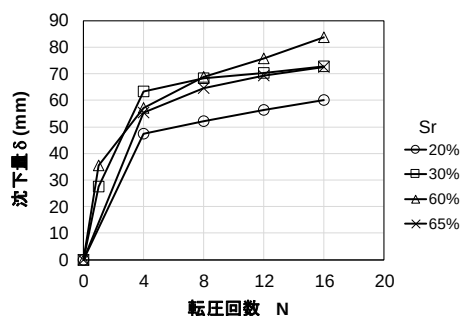


図 2 締固めによる試験盛土表面の沈下量 δ -転圧回数 N 関係

キーワード 盛土、締固め、飽和度、小型 FWD 試験、簡易支持力測定試験

連絡先 〒252-0244 神奈川県相模原市中央区田名 3062-1 東急建設(株) 技術研究所 TEL 042-763-9507

次に K_{30} - ρ_d 関係を図 3 に、 ϕ_{peak} - K_{30} 関係を図 4 に示す。図内赤字数字は転圧回数を表し、破線矢印は転圧の推移を表す。小型 FWD 試験、キャスポルの K_{30} 値は現場測定値から換算した。換算式を以下に示す。式(1)は小型 FWD、式(2)はキャスポルの換算式である。

$$K_{30} = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{P_{0.417}}{\delta_{0.417}} \cdot \frac{D_{FWD}}{D_{PLT}} \quad (1)$$

$$K_{30} = 8.554 I_a - 37.58 \quad (2)$$

式(1)について、 P : 载荷荷重、 δ : 変位量であり、添え字は 0.417mm 変位時の値を意味する。 D : 载荷板直径であり、平板载荷試験 (PLT) で用いる载荷板直径 $D_{PLT}=300\text{mm}$ に対し $D_{FWD}=100\text{mm}$ である。 γ は各土質に対応する係数であり、本検討は砂地盤を対象としたため、経験的に $\gamma=1.5$ を使用した。式(2)について、 I_a : インパクト値であり、衝撃加速度と重力加速度の比に校正係数を乗じたものである。係数、切片は砂地盤に対応した換算式を使用した。

図 3 より、同じ S_r 条件内で転圧回数の増加に伴い ρ_d が増加し、また ρ_d の増加により K_{30} が増加している。 S_r が同程度であれば K_{30} - ρ_d 間に正の相関が認められるという結果となった。また、低 S_r 条件は最適 S_r と比較して K_{30} は大きい傾向が得られた。文献¹³⁾より、CBR 試験から得た CBR 値、三軸試験から得た最大軸差応力 q_{max} や割線ヤング率 E_{50} などについて、 ρ_d が小さくとも低 S_r 条件であれば大きい値が得られるという報告がある。本試験の結果はこの傾向と矛盾しない。

次に ϕ - K_{30} 関係を整理する。図 4 より、 K_{30} - ρ_d 関係同様、 ϕ - K_{30} 間には正の相関が示唆される。また、 ϕ は転圧回数 $N=4$ 段階では両試験ともに低 S_r 条件の値が大きい、 $N=16$ 段階では同程度の値となり、 K_{30} が小さい最適 S_r 条件であっても、締固めにより十分な強度が期待できるという結果を得た。

4. まとめ

以下に本検討で得た知見をまとめる。① K_{30} - ρ_d 間、 ϕ - K_{30} 間には正の相関があり、 S_r の影響も現れていることを確認した。② 低 S_r 条件で締固めた不飽和地盤は締固まり難いにも関わらず、最適 S_r 条件と同じ ρ_d において高い K_{30} を得やすく、転圧回数が少ない段階でも比較的大きな ϕ_{peak} の値を得る。低 S_r 条件で締固めると、共用中の水浸沈下などの懸念があることから、

施工管理時の注意を要する。③最適 S_r 条件では、転圧回数 $N=16$ において ϕ_{peak} の値は低 S_r 条件と同等以上の値が得られた。 K_{30} 値は低 S_r 条件より小さいが、良く締固めると高い ϕ が期待できる。

以上より、盛土の高い要求性能の実現には最適 S_r 付近で高い K_{30} が得られるように施工管理することが重要である。また本検討で用いた K_{30} は換算式に影響されるため、試験法によりその値が異なる。この点については今後の検討課題である。

参考文献

- 1) Tatsuoka, F., Gomes Correia, A. (2018): Importance of controlling the degree of saturation in soil compaction linked to soil structure design, *Transportation Geotechnics* 17, pp.3-23.
- 2) 富田佑一・古関潤一・龍岡文夫 (2020): 現場密度勾配の影響を飽和度に基づき考慮した現場と室内で締固めた砂質土の変形特性の比較、地盤工学研究発表会(投稿中)
- 3) 富田佑一・古関潤一・龍岡文夫 (2020): 現場密度勾配の影響を飽和度に基づき考慮した現場と室内で締固めた砂質土の強度特性の比較、土木学会全国大会(投稿中)

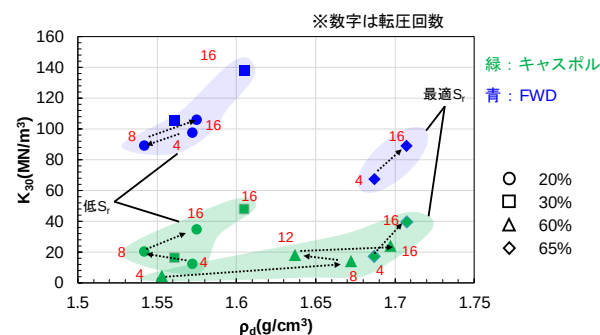


図 3 K_{30} - ρ_d 関係

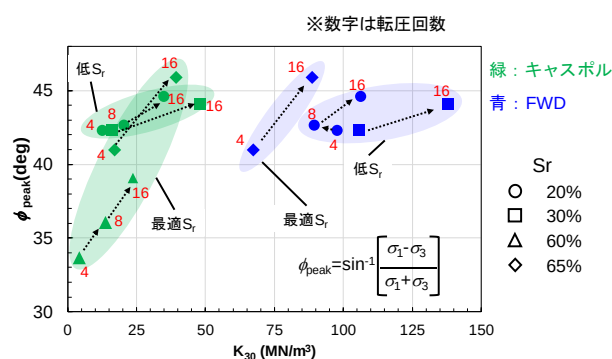


図 4 ϕ - K_{30} 関係