

建設車両用タイヤによる締固め管理の生産性向上における基礎的研究

九州大学大学院 学○大坪 駿

九州大学大学院 F 安福 規之 正 石藏 良平

日本国土開発株式会社 正 中村 裕希 正 四宮 圭三

1. はじめに

近年、革新的な技術の進歩により、IoT や AI などといった新たな技術の多分野での活用期待されている。国土交通省でも、建設生産システム全体の生産性向上を図り、ICT の全面的な活用等の施策を建設現場に導入する i-Construction を進めている¹⁾。日本国土開発でも、掘削・運搬・まき出し・転圧の 4 つの作業を行うことができる被牽引式スクレーパ(写真 1)の自動化を目標としており、将来的に自動化が可能になることで、生産性向上に結びつくことが考えられる。本研究では、自動化の第 1 歩として、スクレーパを用いた建設車両用タイヤ(以下 OR タイヤ)の転圧による締固めメカニズムを解明することを目的としている。

2. 研究目的

今回の発表内容では、転圧メカニズム解明の第 1 歩として、OR タイヤの転圧において最大の締固め度を得ることのできる転圧回数(最適転圧回数)を決定することを目的としている。ここで、締固め度の評価には

$$\text{締固め度 } D_c = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}} \times 100 (\%)$$

但し、 ρ_d : 現場盛土の乾燥密度 ρ_{dmax} : 現場盛土試料の室内試験での最大乾燥密度、を用いる。一般的に $D_c \geq 90$ が、締固めた盛土の管理値として用いられている。

3. 室内試験結果

今回室内試験に用いる試料は、実際に現場実験で実験用盛土材として用いられている試料を対象に行った。

締固め度を求めるために、JGSA1210 の規定に従い、突固めによる土の締固め試験を A-b 法、A-c 法、E-c 法の 3 種類で行った。結果が図-1 のようになっており、その時の最大乾燥密度と最適含水比は表-1 に示す。ここで 3 種類の試験を行う理由は、Standard Proctor 法である A 法の締固めエネルギーと、Modified Proctor 法である E 法の締固めエネルギーを比較し、どちらの最大乾燥密度が締固め度評価において適切であるかを検討するためである。

突固め試験と並行して、JISA1204、JISA1202 を規定に、土の粒度試験(ふるい分析)と、土粒子の密度試験を行った。今回の粒度試験



写真 1 スクレーパ

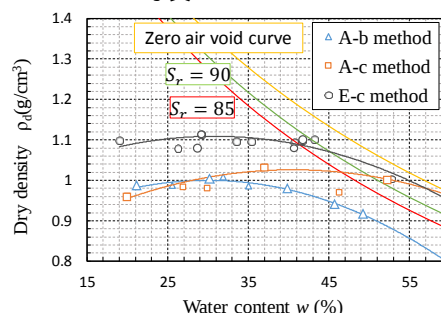


図-1 締固め曲線

表-1 突固めによる土の締固め試験結果

A-b 法		
最適含水比	ω_{opt}	31.9
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	1.009
A-c 法		
最適含水比	ω_{opt}	37.1
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	1.032
E-c 法		
最適含水比	ω_{opt}	29.2
最大乾燥密度	ρ_{dmax}	1.113

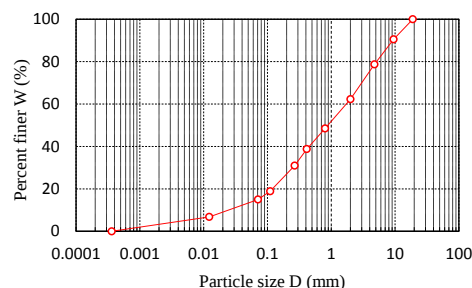


図-2 粒径加積曲線

表-2 実験試料の基礎物性値

試験項目	試料
土粒子密度	ρ_s (g/cm^3)
自然含水比	W_{nature} (%)
塑性指数	I_p
粒径2mm以下 含有率 (%)	50.4
平均粒径	D_{50} (mm)
均等係数	U_c
曲率係数	U'_c

においての最大粒径は、突固め試験 A 法の最大粒径に合わせて 19mm に設定して行った。実験結果を図-2、表-2 に示す。

室内試験の考察としては、表-1 から分かるように最大乾燥密度でも $1.113(\text{g}/\text{cm}^3)$ と密度は総じて小さくなっており、自然含水比は高く、均等係数 $U_c > 10$ 、 $1 < U'_c < 3$ であることから粒径幅の広い土である事が分かった。

4. 現場実験概要

対象盛土は、幅 5m、盛土厚さ 0.6m、全長 60m のスケールで、全長 60m のうち中央の 24m で密度試験と沈下量測定を行った。今回の実験では転圧回数 14 回まで行い、転圧 2n 回ごとに密度試験を実施した。また、同時に 2n 回転圧ごとの沈下量測定のために、2n 回ごとにレベルでスクレーパ踏み跡上の地盤高を測量した。ここで、密度試験対象盛土はスクレーパ進行方向に、0 回~14 回転圧後の密度試験用に 8 箇所均等に区切ることにした。詳細な手順は以下のように行った。

- (1). フィールド上を 2 回転圧し、砂置換法で地表面の湿潤密度を計測。
- (2). コアカッター法で深さ 40cm まで 10cm ごとに 3 試料を採取し、湿潤密度を計測。
- (3). 電子レンジ法を用いて対象箇所の含水比を測定。
- (4). 転圧回数 14 回まで 2n 回ずつ(1)~(3)を繰り返す。

4. 現場実験結果

現場実験結果を図-3~5 に示す。今回の締固め度評価では、E-c 法の最大乾燥密度を用いて評価した。その理由として、A-a 法の締固め度が 100%を超えていることや、実験試料が、近年の盛土締固め機械の性能向上に対応した大きな締固めエネルギーでないと最大乾燥密度が出せない試料であることから、現場実験での締固めエネルギーに対して室内試験における締固めエネルギーが十分でないことが考えられるためである²⁾。

5. まとめ

結果の考察として、まず最適転圧回数を 6 回とした。理由としては、すべての深さにおいて 6 回付近でよく締め固まっており、6 回を超えると締固め度が減少する傾向にあることから 6 回付近で対象土が過度な締固めによって過転圧状態になったと考えられるため³⁾、6 回を最適転圧回数と考察した。また、結果からも分かるように深さが 20cm を超えた地点では締固め度 $D_c < 90$ であるため今回の有効まき出し厚は 20cm であることになるが、盛土厚を変えることで有効まき出し厚が変化することが予想されるため、今回の実験だけでは、有効まき出し厚の評価はできないと考えた。

【謝辞】本研究を行うにあたって、日本国土開発株式会社のご協力を頂きました。また、本研究の一部は、長崎大学科学研究費補助金の支援を得て実施したものです。

【参考文献】1)国土交通省 技術調査 http://www.mlit.go.jp/tec/tec_tk_000028.html 2017 年 12 月 23 日アクセス 2)宮武 裕昭 森 芳徳 藤田 智弘 「盛土施工の効率化と品質管理向上技術に関する研究②」 (2009~2014 年) <https://www.pwri.go.jp/jpn/results/report/report-project/2013/pdf/ju-1-2.pdf> pp8 2017 年 12 月 23 日アクセス 3)豊田 浩史 「土の力学特性-砂と粘土の比較から-」 <http://shear.nagaokaut.ac.jp/Archive/PDF/Soilv2.pdf> pp1~4 2017 年 12 月 23 日アクセス

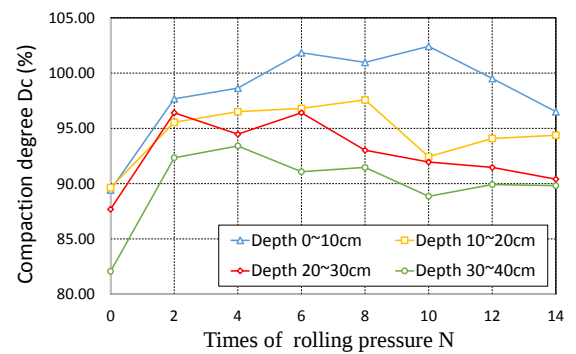


図-3 A-c 法の ρ_{dmax} で評価した盛土の深さ方向の転圧回数-締固め度の関係

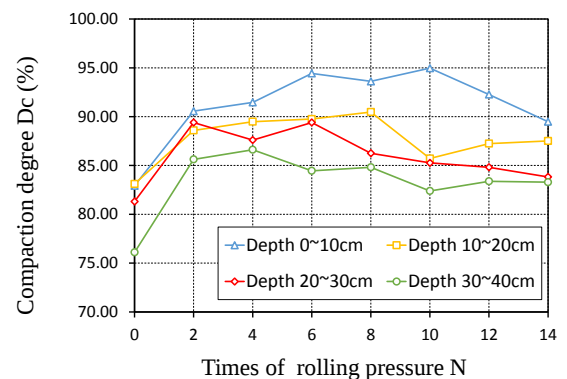


図-4 E-c 法の ρ_{dmax} で評価した盛土の深さ方向の転圧回数-締固め度の関係

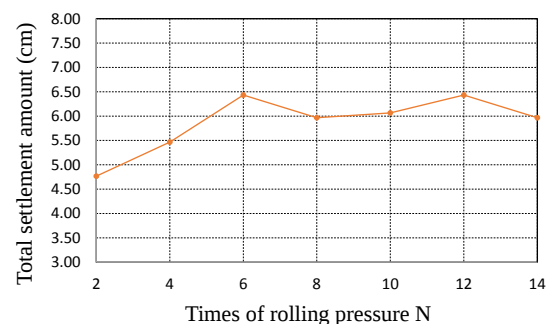


図-5 転圧回数-沈下量の関係