

建設車両用タイヤによる締固め有効深さに関する検討

日本国土開発 正会員 ○中村 裕希  
九州大学大学院 正会員 安福 規之  
九州大学大学院 正会員 石藏 良平

1. 目的

スクレーパーは、地山の掘削における一般的な土工サイクルのうち、掘削・積込・運搬・撒出を1台でこなせる土工機械であり、適切な運土距離や土質条件下では、高い生産性を発揮する。スクレーパーの経済的な運土距離は60m～1200mとされており、経済距離としての位置づけでは、短距離で運搬能力を発揮するブルドーザーと長距離土運搬に優れるバックホウ・ダンプトラックの間に位置する。

スクレーパー（写真-1）は、土を重機内のボウルと呼ばれる部分に掘削土を抱え込み移動する性質から、運土中は大きな転圧荷重が作用するため、高い締固め効果が得られることをすでに示した<sup>1)</sup>。被牽引式スクレーパーを用いた面的な締固め管理の実現による、スクレーパーの施工効率向上を目的とする。本論文では、重量や有効層厚を考慮した締固め密度の評価法について検討する。

なお、これまでの研究結果から、スクレーパーの接地圧は後輪荷重によるものが大きいことから、以下の実験ではスクレーパー後輪による転圧効果に絞って検討を進めている。

2. 現場実験

現場実験についての詳細はすでに報告している<sup>1)</sup>。実験の概略は次の通り。底盤をセメント改良した幅5m、全長60mのエリアに0.6mの厚さまで盛土し、全面をバックホウにて1度だけ転圧したフィールドを用意した。盛土をスクレーパ後輪タイヤのみが一定軌道を走行するように往復させ、1往復毎、地表から深さ0.10mごとにコアカッター法(JGS 1613-2012)にて試料を採取し、現場密度試験及び電子レンジ法(JGS 0122)で含水比計測を行った。盛土材料の物性については表-2のとおりである。

また、本実験ではスクレーパーへの土の積載状況を3パターン行い、土を積載しない状態、10m<sup>3</sup>程度積載した状態、最大限積載した状態をそれぞれ、積載なし、50%積載、山積積載としている。積載条件ごとの作用荷重および接地面積の計測結果は表-3の通りである。

3. 深度方向の締固め密度評価

我が国では盛土施工における面的な締固め管理要領として、「TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領」が示されている。同要領では、盛土の締固めに関する施工管理の考え方として双曲線近似法を基本としている。

双曲線近似については、実際の締固め機械を用いた実験により、式(1)の近似式がよく成立することが畠らキーワード 被牽引式スクレーパー，盛土，締固め，締固めエネルギー，土工

連絡先 〒355-0883 茨城県つくば市みどりの東21-1 日本国土開発（株）つくば未来センター TEL080-9866-2962



写真-1 ブルドーザー被牽引式スクレーパー  
表-1 23SB 諸元

| 型式  |       | 23SB<br>油圧式スクレーパー         |
|-----|-------|---------------------------|
| 容量  | 平積    | 17.2 m <sup>3</sup>       |
|     | 山積    | 22.7 m <sup>3</sup>       |
| タイヤ | 前輪/後輪 | 26.5-25 20PR/29.5-25 22PR |
|     | 空気圧   | 0.248 MPa                 |

表-2 盛土材物性値

| 試験項目                                | 試料    |
|-------------------------------------|-------|
| 土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.21  |
| 自然含水比 $w_{nature}$ (%)              | 45.16 |
| 塑性指数 $I_p$                          | (非塑性) |
| 粒径2mm以下含有率 (%)                      | 77.85 |
| 平均粒径 $D_{50}$ (mm)                  | 0.30  |
| 均等係数 $U_c$                          | 4.50  |
| 曲率係数 $U'_c$                         | 0.32  |
| 強熱減量 $L_L$ (%)                      | 5.55  |

表-3 タイヤ作用荷重

| 载荷状況  | 輪荷重[kg] | 接地面積[m2] |
|-------|---------|----------|
| 载荷なし  | 10420   | 0.825    |
| 50%载荷 | 15040   | 0.9      |
| 山積载荷  | 23460   | 0.975    |

により示されている<sup>2)</sup>。

$$\rho_d = \rho_{d0} + N/(a + bN) \quad (1)$$

スクレーパーによる面的締固め管理のための課題として、積載する土量によって必要な密度に達する最低土量の決定が挙げられる。これはスクレーパー後輪荷重が積載・運搬する土量によって変化するため、運搬するたびに有効締固め深さと接地圧が変化するため発生する問題である。積載土量はピークとなる締固め密度、締固め有効層圧に影響するため<sup>1)</sup>、この影響を式(1)に取り入れることができれば積載土量に応じた締固め能力を定量的評価が可能となり、より効率的な面的締固め管理が実現できると考える。

前述の双曲線近似法では、十分転圧したとき、ある乾燥密度に収斂する。このときの密度を到達密度と呼ぶと、式(1)を用いると次式(2)で表される。

$$\rho_d = \rho_{d0} + 1/b \quad (2)$$

畠らの研究<sup>3)</sup>により $b$ は締固め機械の特性に依存し、双曲線関数でよく近似できることが示されている。

締固め機械の特性は機械重量と起振力の和を締固め幅で除した値で表される動線圧や起振力を0とした静線圧が締固め機械の性能を表す指標としてよく用いられているが、今回は深さ方向の影響を考慮するため、地盤に作用する締固め作用として、ブシネスクによる円形等分布荷重(式(3))によりスクレーパー後輪タイヤ中央直下の鉛直応力を計算し、深さごとの締固め性能を評価する。

$$\sigma_z = q(1 - ((R/z)^2 + 1)^{-3/2}) \quad (3)$$

ここで、 $q$ :接地圧、 $R$ :等分布荷重円の半径、 $z$ :地表からの深さ。

到達密度と土圧の関係をプロットしたものが図-1であり畠らの研究と同様に概ね双曲線状の分布を得られた。また、50%積載の条件で層厚を変えた「層厚0.5m」および「層厚0.3m」、別の土質材料で行った試験「積載なし2」「50%積載2」「山積積載2」も同様にプロットすると図-2のようになる。図から、盛土の施工厚さを変更した場合もほぼ分布に沿っている。また、別の土質材料で実験した場合は同一の分布上にはないが、同じ土質材料内で曲線状の分布となっている。

#### 4. まとめ

重機による転圧回数の増加に伴う最大乾燥密度を到達密度としたとき、同一の土質材料において鉛直作用土圧を変数とすると重機の積載条件が変わっても、概ね同一曲線で到達密度が近似できることが確認された。この結果から、式(1)を積載重量・地表からの深さを考慮した締固め管理式へ拡張できる可能性が示された。今後の検討として、実際の施工条件を鑑み、施工含水比と最適含水比を考慮した補正の検討を行う。

#### 謝辞

本研究をすすめる上で、九州大学地盤工学研究室の安福規之教授、石藏良平准教授、大坪駿殿にはアドバイスや室内実験の実施等多々の協力をいただきました。ここに感謝の意を評します。

#### 参考文献

- 1) 中村裕希・大坪駿・安福規之・石藏良平・中村裕希・四宮圭三：建設車両用タイヤによる締固め能力に関する検討, 第54回地盤工学研究発表会
- 2) 畠昭治郎, 建山和由, 石澤利昭: 振動ローラを用いた現場締固めにおける密度予測に関する研究, 土木学会論文集 No.364, 1985.12

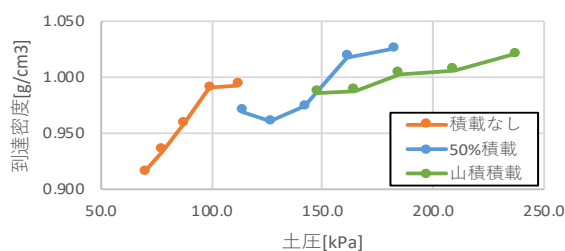


図-1 土圧・到達密度関係

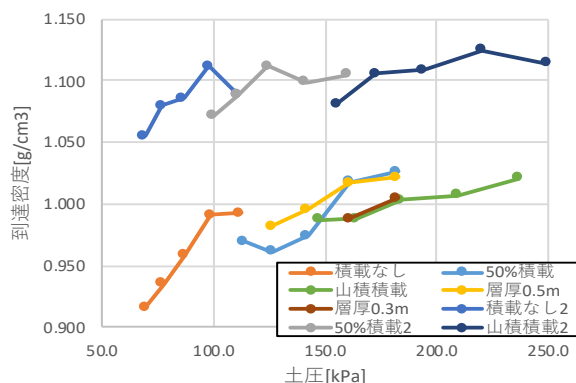


図-2 土圧・到達密度関係の比較