

## 盛土施工における締固め特性について(その 1) —大型締固め機械の締固め特性について—

(独) 土木研究所	正会員	○西山 章彦
(独) 土木研究所	正会員	茂木 正晴
(株) 間組	正会員	黒台 昌弘
(株) 不動テトラ	正会員	小林 純
前田建設工業(株)	正会員	高橋 浩

### 1. はじめに

近年日本は未曾有の災害にみまわれており、盛土構造物についても耐震性・耐豪雨性を一層配慮することが求められている。現行の盛土の品質管理は密度管理が主流であるが、情報・通信技術 (ICT) の進展とともに振動ローラの振動挙動を利用した加速度応答技術と ICT を融合した品質管理手法など様々な技術も盛土の施工・品質管理に利用されている。そこで、土木研究所では盛土の施工・品質管理技術の向上を目指し、各民間企業と連携しこれら最新の施工・品質管理技術や施工機械・品質管理手法に関する様々な研究に取り組んでいる。

本稿では、実工事で使用されている大型締固め機械の締固め特性と品質管理手法の特性を明らかにすることを目的とし、砂質土系の盛土材料における締固め機械の締固め特性及び品質管理手法の検証について、実盛土現場を想定した実験ピットで実施した実験について報告する。

### 2. 実験概要

#### 2. 1. 実験条件

実験は土木研究所構内の実験用コンクリートピット(幅 5m、長さ 44.8m、深さ 5m)を使用した。盛土材料は砂質系の土質材料とした(表-1)。なお、最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ 、最適含水比 $w_{opt}$ は土の突き固め試験 (JIS A 1210) の A-c 法による結果である。実験はピット底面より高さ 2.8m まで山砂を十分に締固めて作成した基礎地盤上で行った。実験に使用する締固め機種は、道路土工施工指針に基づいて盛土工事に広く利用されているものを選定した (表-2)。

表-1.土質材料の物理特性

試験項目	試験地盤
土粒子密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.675
最大粒径 $D_{max}$ (mm)	9.50
均等係数 $U_c$	6.69
曲率係数 $U_c'$	2.35
細粒分含有率 $F_c$ (%)	15.3
最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.674
最適含水比 $w_{opt}$ (%)	16.0
地盤材料の工学的分類	細粒分質砂 (SF)

#### 2. 2. 実験内容

上述した基礎地盤上に仕上がり厚さ 300mm になるように盛土材を敷均し、各締固め回数 ( $N=0, 2, 4, 6, 8, 12, 16$ ) における土の締固め特性データを計測した。計測項目は、密度、地盤剛性とした。密度計測では、試験地盤表面から深さごとの締固め効果を計測できるように、コアサンプラー (内径 $\phi=100$ mm、高さ  $h=100$ mm) を用いて、試験地盤表面からの深さ  $h=0\sim 100$ mm、 $100\sim 200$ mm、 $200\sim 300$ mm の 3 サンプルを 3 測点から採取した。地盤剛性は土木研究所で開発された超小型動的平板載荷試験装置<sup>1)</sup> (以下重錘落下試験) による計測及び平板載荷試験 (JIS A 1215) をどちらも各 3 測点にて行った。平板載荷試験については締固め 16 回のみとした。なお、重錘落下試験は本実験で行った平板載荷試験による地盤剛性値とはほぼ整合していたことを確認している。

盛土材料の含水比は、 $w=10, 15, 16\%$  (乾燥、最適付近) の 3 ケースに設定した。実験ケースについては、表-2 に示すタイヤローラ、ブルドーザに振動ローラ 9t 級 (振動あり)、振動ローラ 11t 級 (振動有、振動無) の 5 ケースとした。振動ローラ 9t 級については  $w=16\%$  のみデータを取得した。また、敷均し後の仕上げに関しては  $0.1\text{m}^3$  級の油圧ショベルのクローラにて 2 回締固めた状態とした。

表-2.使用機械仕様

使用施工機械	機械仕様
タイヤローラ	11t 級 (CP210)
ブルドーザ	11t 級 (D5k 湿地タイプ)
振動ローラ	9t 級 (BW141) 起振力 155KN(前輪) 基本周波数 45 11t 級 (SV512D) 起振力 226KN 基本周波数 27.5Hz

キーワード 盛土, 締固め実験, 盛土品質管理, 含水比, 締固め機械

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 番地 6 号 (独)土木研究所技術推進本部先端技術チーム TEL 029-879-6757

3. 実験結果

w=16%のコアサンプリングによって得られた深さh=0~300mmの平均乾燥密度-締固め回数の結果を図1に示す。図のように各使用機械について締固め回数の増加とともに密度も増加している。但し、ブルドーザのみ締固めN=0からの増加がほぼ見られず、また振動ローラ(振動有)では機械スペック(起振力、車両質量など)による差異は認められなかった。締固め回数と密度の関係は各含水比においても同様の結果を示した(図省略)。N=16時の各使用機械の乾燥密度と含水比の結果を図2に示す。各使用機械についても含水比の上昇とともに密度が上昇し、各含水比で振動ローラ11t(振動有)が最大密度を達成した。また、一般的な締固め度(90、95%以上)を想定した場合には、w=10%では振動ローラ(振動有)を選択する必要がある。次に、図3、4、5に、実験によって得られた $K_{30}^*$ の結果を示す。図3、4は各使用機械のN=0~16回時の $K_{30}^*$ である。w=10、15%では、締固め回数の増加とともに $K_{30}^*$ 値も増加した。しかし、w=16%では図4に示すように $K_{30}^*$ は増加せず締固め0回と同等かもしくは減少傾向した。さらに、図5に示すようにw=10%で最大の $K_{30}^*$ となりw=15~16%の範囲で急激に減少する傾向が認められた。図-2からもブルドーザを除く3機種についてはw=16%で $S_r=80\%$ に到達しており、 $K_{30}^*$ の急激な変化は地盤剛性に対して施工含水比による密度上昇よりも飽和度の感度が大きくなっているためであると推察される。

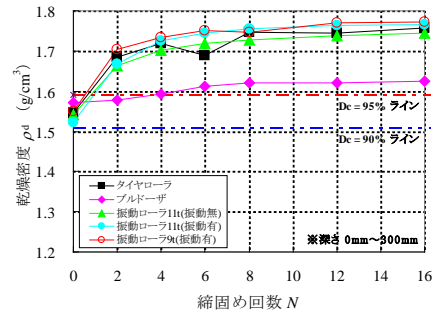


図-1.乾燥密度-締固め回数 (w=16%)

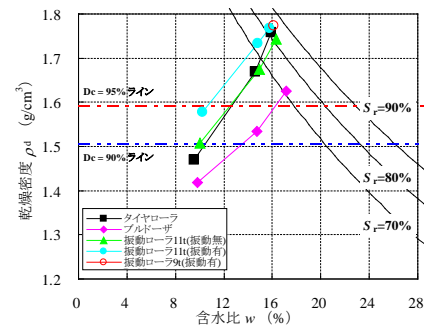


図-2.乾燥密度-含水比 (N=16)

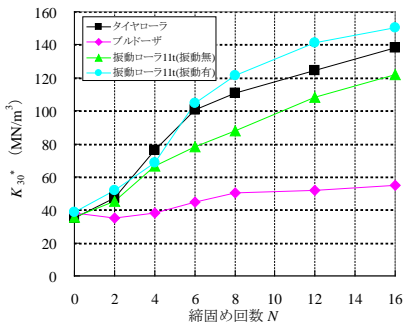


図-3.  $K_{30}^*$ -締固め回数 (w=10%)

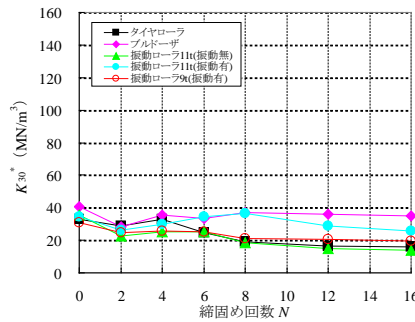


図-4.  $K_{30}^*$ -締固め回数 (w=16%)

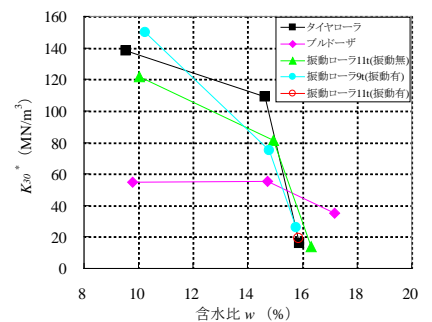


図-5.  $K_{30}^*$ -含水比 (N=16)

4. まとめ及び今後の取り組み

砂質土に対する代表的な締固め機械の締固め性能および品質管理手法の特性について整理し以下の知見を得た。

- ① 密度測定結果から含水比によらず振動ローラ11t級(振動有)は締固め効果が大きいことがわかった。さらに、ブルドーザにおいては締固め回数による締固め効果を期待することができないことを示した。
- ② 一般的な締固め度(90、95%以上)を想定した場合には、盛土材の含水比が $w_{opt}$ に対して乾燥側では振動ローラ(振動有)を使用するなど施工条件による機械の選定の必要性を示した。
- ③ 今回の施工機械の範囲では、振動ローラ(振動有)の締固め性能に機械スペックの違いはほぼ認められない。
- ④  $w_{opt}$ までの室内試験との差異はあるが密度の上昇が起こる。しかし、 $K_{30}^*$ については $w_{opt}$  ( $S_r=80\%$ )付近において著しく低下した。

盛土の品質要求を満足するために、様々な技術開発を通じて新しい施工・品質管理技術が利用されてきている一方で、その特性や適用範囲などの不確定要素が明らかにされていないことも多い。そのため、今後も施工機械特性や品質管理手法について検証実験を行いことが不確定要素を明らかにすることが盛土の品質を向上させるために必要不可欠である。

参考文献

1)境ら：重錘落下による地盤反力係数の測定、第41回地盤工学会研究発表会、pp975-976、2006