

締固め施工における密度と強度の関係について

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○橋本 毅
 国立研究開発法人 土木研究所 正会員 茂木 正晴
 国立研究開発法人 土木研究所 正会員 藤野 健一

1. はじめに

盛土施工において締固め施工は、盛土構造物の品質を左右する重要な工程であり、その施工及び品質管理は盛土に要求される性能を基に慎重に行われる必要がある。盛土に要求される性能としては、強度（変形しにくさ）や遮水性（水の通しにくさ）等が考えられる。しかし、盛土の締固めにおける品質管理は、現場密度試験によって土の乾燥密度を測定し、土の締固め試験（JIS A1210）より得られる最大乾燥密度との比（締固め度）を用いて行われるのが一般的である。このことは、前述の強度や遮水性が、密度と良好な正の相関があることが前提となっている。

本稿では、土木研究所と民間企業との「盛土施工手法及び品質管理向上技術に関する共同研究」にて得られた実際の締固め機械を用いた実験結果を元に、前述の盛土に要求される性能の内、強度を例にして、密度との相関性を検討した。その結果、両者に良好な正の相関がない場合も存在することが判明した。そしてさらに、良好な正の相関が得られる条件を検討し、締固め施工時の施工条件の提案を行った。

表-1. 実験材料の物理特性

試験項目	物理特性値
土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.675
細粒分含有率 F_c (%)	15.3
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	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. 実験概要

2. 1. 実験概要

本実験は土木研究所土工実験施設内の実験ピット(幅 5m, 長さ 44.8m, 深さ 5m)を使用した。まず山砂を用いてピット底面より高さ 2.8m まで十分に締固められた基礎地盤をピット内に製作し、その上に表-1 に示す実験材料を仕上がり厚さ 300mm になるよう盛り立てて実験フィールドを製作した。そしてその実験フィールド上を、表-2 に示す締固め機械にて 16 回 (8 往復) 締固めを行い、0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 回の各締固め回数時の密度と強度を 2. 2. に示す測定法で測定した。上記の実験をいくつかの含水比条件にて行った。

2. 2. 測定法

(1) 密度測定

内径 100mm, 高さ 100mm の円筒形コアサンプラーを用い密度と含水比を測定した。測定点は、0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 回の各締固め回数時にそれぞれ 3 点ずつ設定し、測定点毎に深さ 0~100mm, 深さ 100~200mm, 深さ 200~300mm の 3 サンプルを採取し測定した。

(2) 強度測定

地盤反力係数を小型 FWD にて計測した。なお、小型 FWD の計測は 3 点で行い平均値を採用することとした。小型 FWD の計測・データ処理方法は、「土木学会：FWD および小型 FWD 運用の手引き」および、「東京測器研究所：FWD-Light による小型 FWD 試験方法（地盤編）」に従って行った。

3. 実験結果

実験結果の一例として、含水比約 16% (実験材料の最適含水比付近) における小型締固め機械の乾燥密度および地盤反力係数の測定結果を図-1, 2 に示す。図-1, 2 によると、締固め回数の増加と共に乾燥密度はすべての締固め機械において概ね増加するが、地盤反力係数は、増加する機械（プレートコンパクタ）とある回数以降低下する機械

キーワード 盛土, 締固め, 密度, 地盤反力係数, 飽和度

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 土木研究所 先端技術チーム TEL 029-879-6757

表-2. 使用機械仕様

使用締固め機械	運転質量 kg	起振力 kN
振動ローラ 酒井：SV512D	11050	226
振動ローラ BOMAG：BW141AD-4AM	8700	144
タイヤローラ 日立：CP210	11000	—
ブルドーザ CAT：D5KLG	10500	—
ランマ 三笠：MT55L	62	9.8
プレートコンパクタ 三笠：MVCF60	66	10.1
ハンドガイドローラ 三笠：MRH600DSA	646	10.8
前後進コンパクタ 三笠：MVH306DSCPAS	330	45
前後進コンパクタ BOMAG：BPR45/55D	396	45

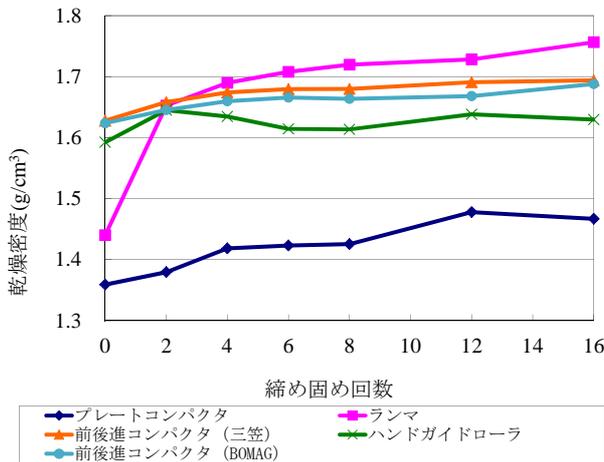


図-1. 締固め回数-乾燥密度 (含水比約 16%, 小型機械)

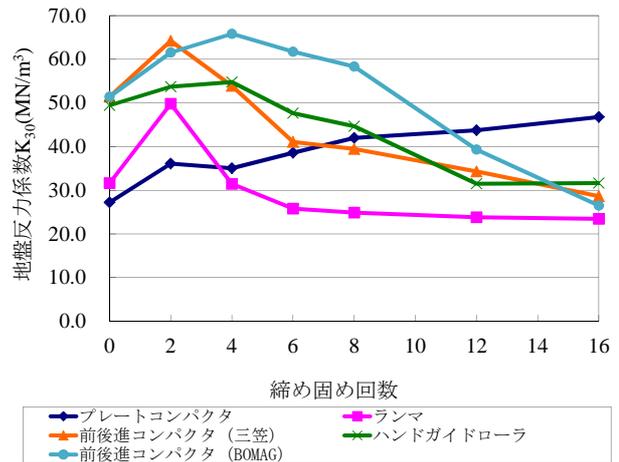


図-2. 締固め回数-地盤反力係数 (含水比約 16%, 小型機械)

(その他)とが存在することがわかる。これは、乾燥密度と地盤反力係数が良好な正の相関を示さない、すなわち乾燥密度を増加させるために締固めを重ねた場合、かえって地盤反力係数が徐々に減少してしまう場合が存在することを示している。また図-1, 2 はほぼ同一な含水比での結果であることから、乾燥密度と地盤反力係数が良好な正の相関を示さない条件が、含水比のみでは説明できないことも表している。

そこで、すべての地盤反力係数測定結果をほぼ同一な含水比毎に分けて、飽和度で整理した結果を図-3 に示す。図-3 の横軸は飽和度であるが、含水比一定の条件では飽和度と乾燥密度は正の相関を示すため、飽和度が大きいほど乾燥密度が大きいことを示している。また白ヌキ

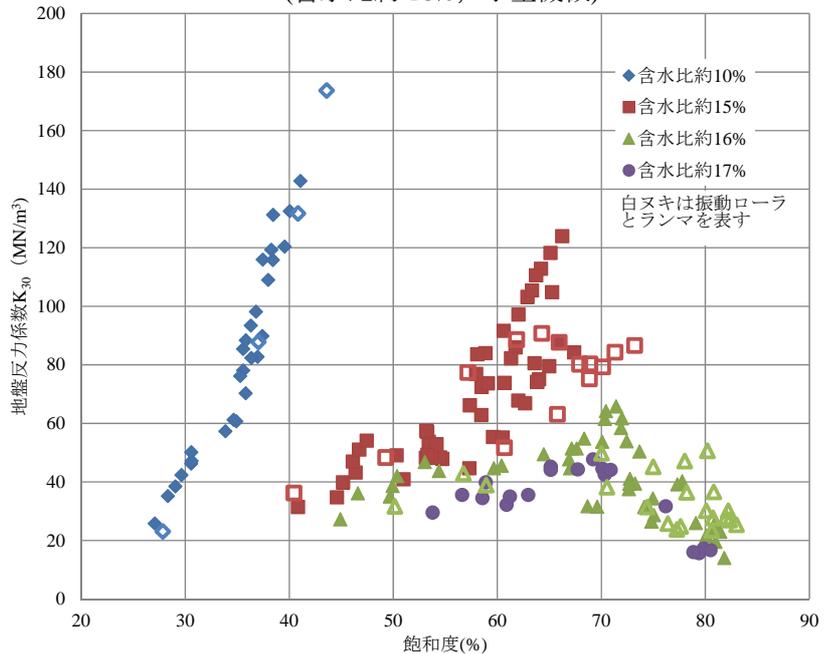


図-3. 飽和度-地盤反力係数

は、締固めエネルギーの大きい振動ローラとランマを表している。図-3 によると、地盤反力係数は飽和度が約 65~70%より低い場合、飽和度の増加すなわち乾燥密度の増加とともに増加しているが、飽和度が約 65~70%を超えると逆に減少する傾向を示している。よって、飽和度が約 65~70%を超えない条件では、乾燥密度と地盤反力係数が良好な正の相関を示すことがわかる。また、飽和度が約 65~70%を超えないのは、振動ローラとランマ以外では最適含水比より約 1%程度乾燥側、振動ローラとランマでは、本実験結果のみでは確定できないが、さらに乾燥側の含水比条件であるとみられる。

4. まとめ

土木研究所実験ピットを使用し実際の締固め機械を用いた実験結果を元に、乾燥密度と地盤反力係数の相関性を検討した。その結果以下の点が判明した。

- 1) 施工条件によっては、乾燥密度と地盤反力係数が良好な正の相関を示す場合と示さない場合が存在する。
- 2) 飽和度が約 65~70%より低ければ、乾燥密度と地盤反力係数が良好な正の相関を示す。
- 3) 飽和度が約 65~70%を超えない、すなわち乾燥密度と地盤反力係数が良好な正の相関を示すのは、本実験条件では、振動ローラとランマ以外では最適含水比より約 1%程度乾燥側、振動ローラとランマではさらに乾燥側の含水比条件であった。

今後は本検証をさらに進め、振動ローラ、ランマでの施工目安の確立を図っていきたい。