盛土施工における締固め特性について（その 6）
～締固めによる地盤反力係数 K_{30} の特性～

西松建設（株）　正会員　○岩谷　隆文，正会員　佐藤　靖彦
（独）土木研究所　正会員　橋本　毅，正会員　茂木　正晴
三笠産業（株）　丸山　史郎

１．はじめに

現在，盛土の品質管理は密度測定が主流となっている。一方で，耐災害性など盛土の品質を向上させるには，強度や変形性など密度以外の様々な観点から盛土を把握することが重要である。

平成 23 年度より(独)土木研究所と民間 10 社との共同研究「盛土施工手法及び品質管理向上技術に関する研究」[1)]を行っており，その一環として土槽締固め実験により盛土の締固めに関する基礎データの収集を行っている。本稿では，別報 [2)3)]に引き続き小型締固め機械を対象とした土槽締固め実験で得られた動的載荷試験結果について報告する。

２．実験概要

２．１ 実験条件

本実験で利用した実験フィールドの条件は文献 3）と同様である。本報告では，表-1 に示す土質（砂質土）を代表して報告する。実験時の含水比は，各土質ともほぼ最適含水比付近から若干乾燥側とした。なお，最大乾燥密度，最適含水比は土の締固め試験（JIS1210）の A-c 法よる結果である。

表-1 土質材料の物理特性

試験項目	土質（2）	土質（3）	土質（4）
土粒子密度 ρ_s（g/cm^3）	2.665	2.675	2.681
最大粒径（mm）	9.5	9.5	19.0
細粒分含有率 F_c（%）	14.8	15.3	33.4
最大乾燥密度※ ρ_{dmax}（g/cm^3）	1.625	1.674	1.666
最適含水比※ w_{opt}（%）	17.8	16.0	18.8
実験含水比　w_i（%）	16.5～16.9	14.9～15.1	18.1～18.8

※土の締固め試験：A-c 法（JIS A 1210）

表-2 に，実験に使用した小型締固め機械（以下施工機械）で実施した実験土質を示す。作製した実験フィールド上を各施工機械にて，0，2，4，6，8，12，16 回の締固めを行い，各締固め回数時に次項の計測を行った。

表-2 各施工機械で実験実施土質

使用機械	実験土質
プレートコンパクタ	土質(2)～(4)
ランマ 60kg	土質(2)～(4)
ランマ 70kg	土質(4)
前後進コンパクタ 200kg	土質(4)
前後進コンパクタ 300kg	土質(2)～(4)
前後進コンパクタ 400kg	土質(4)
ハンドガイドローラ	土質(2)～(4)

２．２ 計測項目

（1）乾燥密度および含水比計測

文献 3)と同様コアサンプリングによる試験を行い密度と含水比の測定を行った。以下の密度（締固め度）結果は，深さ 0～30cm の平均値を示す。

（2）動的載荷試験

各締固め回数時に，写真-1 に示す小型 FWD 試験を行い，地盤反力係数 K_{30}（以下 K_{30}）を測定した。

写真-1 小型 FWD 試験状況

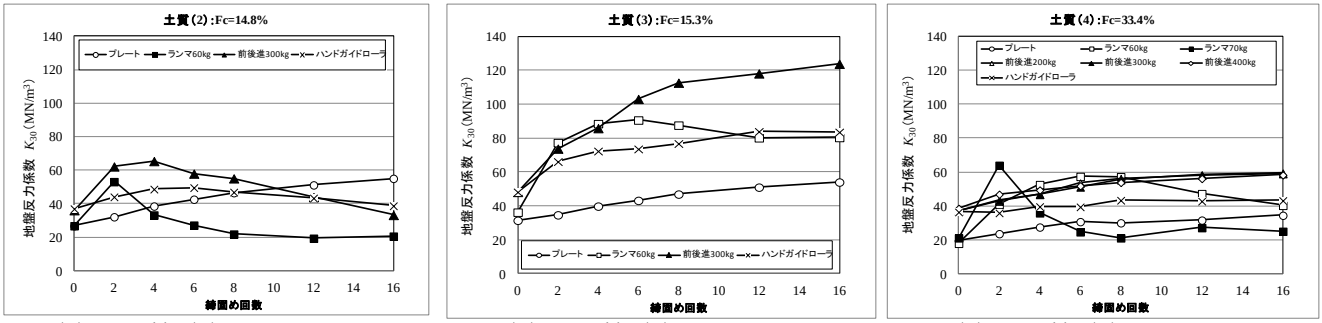
３．実験結果

（1）K_{30} と転圧回数，飽和度の関係

各土質の K_{30} と締固め回数の関係を図-1 に示す。図中の K_{30} は，小型 FWD 試験によって得られた 3 点平均である。本稿では小型 FWD 試験の結果を代表として示す。実験結果から，土質（3）では各施工機械で締固め回数の増加とともに K_{30} は増加傾向を示した。一方，土質（2）は土質（3）とほぼ同等の細粒分含有率 F_c ではあるが，K_{30} は締固め回数が 2～4 回までは増加し，それ以降はほぼ一定または低下傾向を示した。細粒分の多い土質（4）も土質（2）と同様の傾向を示した。土質（2）および土質（4）のように締固め回数が多い時に K_{30} が低下する現象は，土の飽和状態が影響している可能性が考えられる [5)6)]。図-2 に各土質の K_{30} と飽和度の関係を示す。図より，飽和度 S_r=70%付近以下の条件では飽和度と K_{30} との関係は正の相関があり，K_{30} は締固めにより増加している。一方，飽和度が 70%以上になると K_{30} は低下傾向を示した。このように，F_c が同等であっても飽和度の影響により K_{30} は異なった傾向を示す。施工機械のうち，ランマは締固め回数 2～4 回まで K_{30}

キーワード　盛土，締固め実験，地盤反力係数，飽和度，締固め度，小型 FWD
連絡先　〒105-8401　東京都港区虎ノ門 1-20-10　西松建設㈱　技術研究所　　TEL 03-3502-0273

は増加し，さらに締固め回数が増加すると K_{30} は低下傾向を示す。これは，他の施工機械に比べランマの締固めエネルギーが大きく，締固め回数 2～4 回目以降は締固めにより飽和度 S_r＞70%の状態になり，K_{30} は低下傾向を示したと考えられる。



（a） 土質（2）：F_c=14.8%　（b） 土質（3）：F_c=15.3%　（c） 土質（4）：F_c=33.4%

図-1 各土質の K_{30} と締固め回数の関係

（2）K_{30} と締固め度の関係

各土質の K_{30} と締固め度の関係を図-3 に示す。図中の S_r=70%のラインは，各土質の施工機械の実験平均含水比から算出している。図より，S_r≦70%の範囲で各土質とも締固め度の増加とともに K_{30} は増加しており，正の相関関係を示した。しかし，土質（2），（4）の場合，締固め度がそれぞれ 100%，95%以上となり S_r＞70%になると，締固め度が増加しても K_{30} は低下傾向を示した。このような締固め度の増加にともない K_{30} の低下が生じるのは，土の締め固めにより飽和度が上昇し，土の粒子間のメニスカスが消滅し粒子間力が弱まるためと考えられる[7]。土質（3）の場合は，実験時の飽和度が S_r≦70%の範囲のため，締固め度の増加とともに K_{30} は増加傾向のみの挙動となったと考えられる。

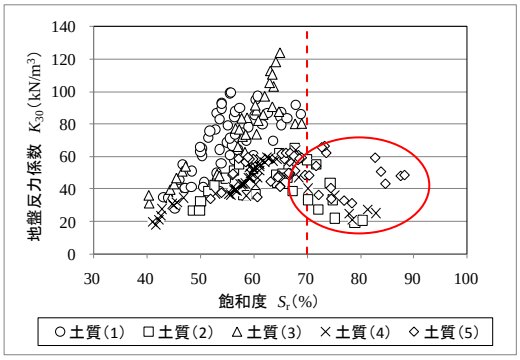
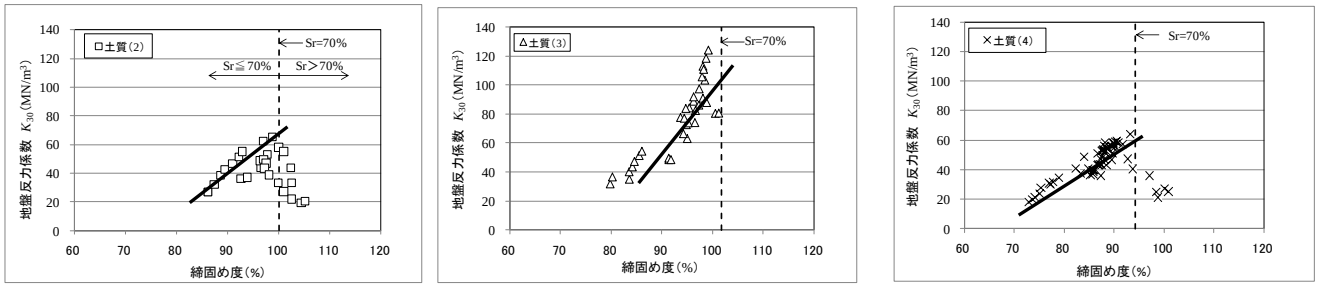


図-2 各土質の S_r と K_{30} の関係



（a） 土質（2）：F_c=14.8%　（b） 土質（3）：F_c=15.3%　（c） 土質（4）：F_c=33.4%

図-3 各土質の締固め度と K_{30} の関係

4．まとめ

以上の結果から，本実験では以下の知見が得られた。

①地盤反力係数 K_{30} は，締固め回数の増加にともない増加するが，その増加傾向は土の飽和度に大きく影響を受け，本実験では S_r=70%前後を超えると減少傾向を示した。

②K_{30} は飽和度 70%以下の範囲では，各土質で締固め度と正の相関関係がある。しかし，飽和度が S_r=70%前後を超えると締固め度が増加しても K_{30} は減少傾向を示した。

本稿では，F_c≒5～60%程度の土質における K_{30} の特性を報告した。今後は，さらに土質を変え砕石や安定処理土といった土質についても実験を行い，基礎データを収集していく必要があると考えている。

参考文献

1)藤野ら：盛土施工の効率化と品質管理向上技術に関する研究(1),土木研究所重点プロジェクト研究報告書,2011. 2)森ら：盛土施工における締固め特性について(その 1),土木学会第 69 回年次学術講演会，2014(投稿中). 3)佐藤ら：盛土施工における締固め特性について(その 5)，土木学会第 69 回年次学術講演会,2014(投稿中). 4)堺ら：重錘落下による地盤反力係数の測定,第 41 回地盤工学研究発表会,pp975-976,2006. 5)龍岡文夫：第 1 回 全体構成と盛土の締固め①,基礎工,pp102-105,2013,07. 6)龍岡文夫：第 2 回 盛土の締固め②，基礎工,pp102-105,2013,08. 7)建山和由：締固め,pp44-49,地盤工学会誌,2009,07.