

含水比の変動が軌道路床粘性土の支持力に及ぼす影響に関する研究

長岡技術科学大学 環境社会基盤工学課程 田辺 陽希

1. はじめに

1960年以前に軟弱地盤上に敷設されたバラスト軌道は、列車の通過によって地盤沈下や墳泥が発生するため、軌道保守量が増大している。そのため、路盤改良の適用が望まれているが、路盤材の締固めを必要とする路盤改良工法では最終列車から始発列車の短い作業時間では施工が難しいという現状であった。そこで後充填式グラウト充填路盤改良工法が開発された。しかし、この工法には設計上の問題があった。地盤支持力に応じて路盤改良厚を設計するのだが、雨が降った場合などは地盤の含水比が増加し、地盤支持力が変動するため、最適な路盤改良厚を設計することが出来なくなる。したがって本研究では、含水比の変動が地盤支持力に及ぼす影響を明らかにすることによって、含水比が変化した場合においても、最適な路盤改良厚を設計できるようにすることが目的である。

2. 使用材料

本研究では荒木田粘土を使用する。荒木田粘土は排水性が悪く、支持剛性が小さいという特徴を持った粘土である。荒木田粘土の各物性値を表-1に、粒径加積曲線を図-1に示す。

表-1 荒木田粘土の物性値

土粒子の密度 ρ_s	g/cm ³	2.656
自然含水比 w_n	%	25.7
礫分(2~75mm)	%	0
砂分(0.075~2mm)	%	6.4
シルト分(0.005~0.075mm)	%	62.9
粘土分(0.005mm未満)	%	30.7
最大粒径	mm	0.85
液性限界 w_L	%	40.1
塑性限界 w_p	%	22.4
塑性指数 I_p		17.7

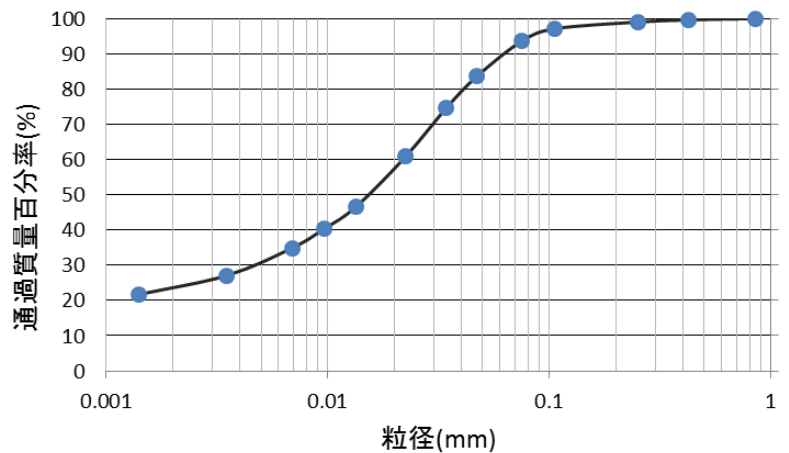


図-1 荒木田粘土の粒径加積曲線

3. 小型 FWD による含水比ごとの地盤反力係数 K_{30} 値の評価

3.1 試験方法

小型 FWD (Falling Weight Deflectometer) は載荷板上に重鎮を自由落下させることにより衝撃荷重を加え、これにより生じた変位量を測定し、測定結果を整理することで、地盤反力係数 K_{30} 値を求めることが出来る機械である。本研究では含水比 19,21,23,25% を目標に調整した荒木田粘土で構築した土槽に対して小型 FWD を使用することによって、含水比と地盤反力係数 K_{30} 値の関係を求めた。

3.2 試験結果および考察

小型 FWD によって得られた含水比と地盤反力係数 K_{30} 値の関係を図-2、表-2 に示す。小型 FWD で求めた地盤反力係数 K_{30} 値が予想していたものよりも全体的に大きな値になった。予想していた地盤反力係数 K_{30} 値は、

19% : K_{30} 値 60~80MN/m³

21% : K_{30} 値 50~60MN/m³

23% : K_{30} 値 40~50MN/m³

25% : K_{30} 値 30~40MN/m³

である。合計 4 個のデータを取り、1 つのデータだけ値がずれているのではなく、全体的に値がずれていることから、試験方法に問題があったと考えられる。 K_{30} 値が大きくなった原因として考えられることとして、土槽の大きさと土槽の構築方法が挙げられる。

しかし、図-2、表-2 を見ると、含水比が大きくなるごとに地盤反力係数 K_{30} 値が小さくなっていくことが分かる。このことから、地盤反力係数 K_{30} 値は予想していたものよりも大きな値がでてしまったが、含水比と地盤反力係数 K_{30} 値に相関関係があることは確認できた。

表-2 各含水比における地盤反力係数 K_{30} 値

含水比 (%)	地盤反力係数 K_{30} 値 (MN/m ³)
18.20	89.84
21.06	90.07
22.96	74.55
25.27	69.44

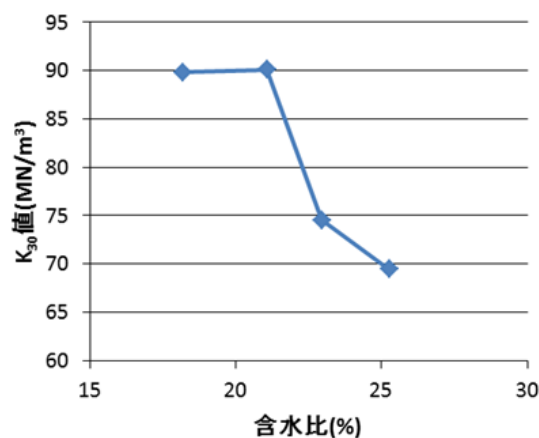


図-2 含水比- K_{30} 値関係図

4. GAMES による最適な路盤改良厚の評価

4.1 解析方法

解析ソフト GAMES (General Analysis of Multi-layered Elastic Systems) を使用して路盤改良厚の設計を行う。小型 FWD によって得られた含水比ごとの地盤反力係数 K_{30} 値のデータを利用して解析を行う。解析の際には図-3 の解析モデルを使用した。改良路盤厚を X mm, 第一層目は厚さ 3000-X mm, 第二層目は厚さ無限大とした。また、解析の際に用いた各物性値を表-3 に示す。路盤改良層の厚さの設計は、路盤改良後の路盤剛性を「鉄道構造物設計標準」⁽³⁾に記載されている碎石路盤 (クラッシュラン 300mm+路床 K_{30} 値=70MN/m³) と同等以上になるように設計する。同等以上になる条件は、列車荷重がかかった際の変位量が 1.06mm 以下になるときである。

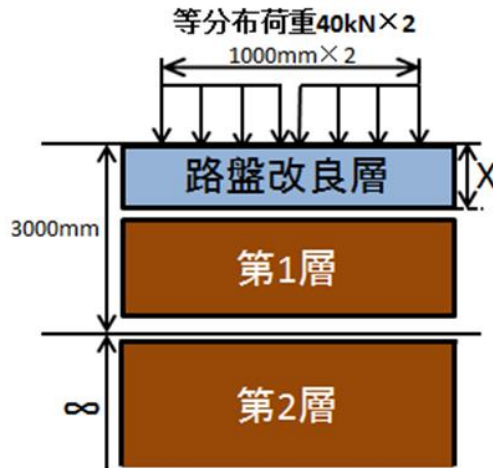


図-3 GAMES の解析モデル

表-3 各層の弾性係数，ポアソン比，層厚，相関すべり率

層	弾性係数(N/mm^2)	ポアソン比	層厚(cm)	層間すべり率
改良路盤層	1000	0.3	X	0
第1層	$0.609 \times K_{30}$	0.3	$300 - X$	0
第2層	$1.218 \times K_{30}$	0.3	∞	0

4.2 解析結果および考察

GAMES の解析によって得られた改良路盤層の厚さと路盤変位の関係図を含水比ごとに図-4～図-7に示す。また、含水比ごとの最適路盤改良層の厚さを表-4に示す。

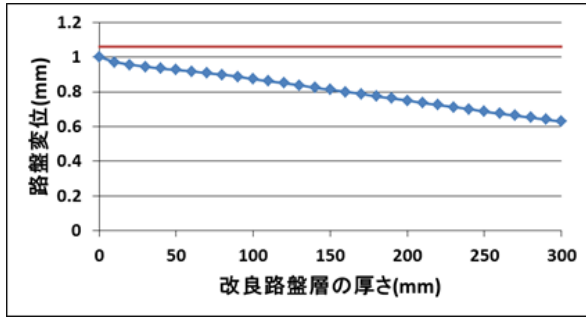


図-4 含水比 18.20%での路盤変位—改良厚

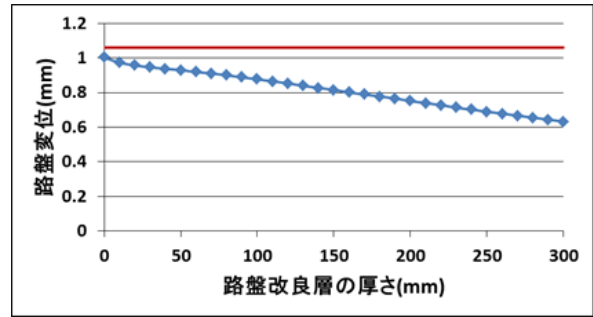


図-5 含水比 21.06%での路盤変位—改良厚

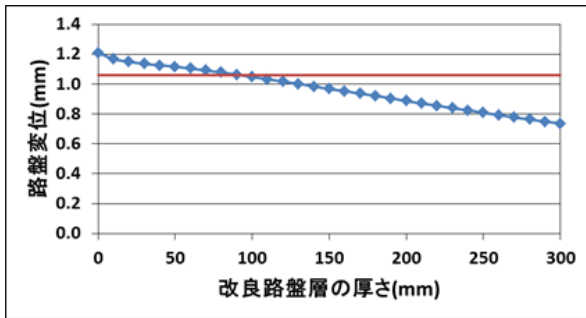


図-6 含水比 22.96%での路盤変位—改良厚

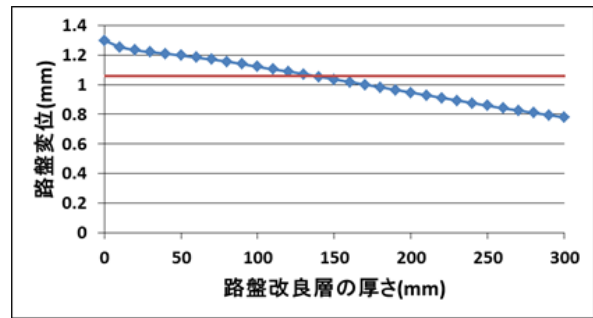


図-7 含水比 25.27%での路盤変位—改良厚

表-4 各含水比における最適路盤改良層の厚さ

含水比(%)	最適路盤改良層の厚さ(mm)
18.20	0
21.06	0
22.96	100
25.27	140

図-4～図-5を見ると、路盤改良厚が0mmの時点で路盤変位が1.06mmを下回っていることが分かる。これは、小型FWDによって得られた地盤反力係数 K_{30} 値が予想よりも大きかったことが原因である。したがって、GAMESの解析で得られた適切な路盤改良厚の値は参考することができない。しかし、表-4から含水比が増加していくにつれて、最適路盤改良層の厚さが増加していることが分かる。このことから、粘土層の飽和度と最適路盤改良層の厚さの相関関係は確認することが出来た。

5. まとめ

- 含水比ごとの正確な地盤反力係数 K_{30} 値を測定することができなかった。
- 含水比と地盤反力係数 K_{30} 値、含水比と路盤改良厚の相関関係を確認することができた。

参考文献

- 1) 社会法人土木学会：舗装工学ライブラリー2 FWDおよび小型FWD運用の手引き pp65~pp74, 2005.4, 丸善株式会社
- 2) 社会法人土木学会：舗装工学ライブラリー3 多層弾性理論による舗装構造解析入門 pp66, 67, 2002.12, 丸善株式会社
- 3) 伊藤壱記, 桃谷尚嗣, 木次谷一平：「短時間の作業間合いで構築可能な鉄道路盤改良工法」, pp1~pp9, 2019.6