

飽和度が土の累積変形特性に及ぼす影響についての基礎的研究

土木大学 正会員 ○白根 岳
 土木大学 正会員 藤本 達貴
 土木大学 正会員 中島 進

1 目的

鉄道盛土の設計・施工は「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物（以下、土構造標準）」¹⁾により規定されている。土構造標準では、盛土施工に関して土構造物の要求性能や重要度等に応じて使用可能な材料の種類を規定し、施工機械・転圧回数を規定することで、盛土の品質を確保している。これらの管理基準を用いて建設された盛土は安定的に供用されているが、これらの規定で実現される地盤材料の変形強度特性は不明である。

また、飽和度を用いた締固め管理が合理的なことが報告²⁾されているが、締固め時の飽和度が累積変形特性に及ぼす影響は未解明である。以上を踏まえ、締固め後の飽和度が地盤材料の累積変形特性に及ぼす影響に関する基礎検討を実施したので、その結果を報告する。

2 試験概要

① 試験概要

列車走行による盛土の累積沈下特性を把握するために、三軸圧繰返し試験を実施した。試験方法は土構造標準を参考とし、载荷波形には正弦波を用いて、排気・排水条件で、繰返し载荷回数は20万回を基本とした。载荷には空圧によるペロフラムシリンダーを用いて0.5Hzで载荷を行った。供試体寸法は直径100mm、高さ200mmとした。試料は図1に示す粒度分布の、A～Cの3試料を対象に行った。

② 試験手順

試験は圧密、初期せん断、繰返し载荷の順に行った。先ず、供試体作成をした後に、50kPaまで等方的に拘束圧を上昇させ12時間以上圧密を行った。

12時間以上経過した後、圧密による鉛直変位が安定した事が確認できた場合、初期せん断応力 τ_s として45kPa载荷した後に ± 45 kPaの繰返しせん断応力 τ_d により列車荷重を模擬した繰返し载荷を実施した。

③ 試験ケース

試験ケース（表1）を決める際に用いた締固め曲線（含水比と乾燥密度の関係）を図2に示す。試験ケースは土構造標準を基に締固め度 $D_c=95\%$ とし、最適含水比 w_{opt} 、最適飽和度 S_{ropt} （最大乾燥密度 ρ_{dmax} と最適含水比 w_{opt} の関係から求まる飽和度）、最適飽和度と最適含水比との飽和度の差分だけ最適飽和度から乾燥側に平行移動させた点（= S_{rL} ）の3パターンを基本とした。

表1 試験ケース

ケース	試料	飽和度(%)
1	A 稲城砂	S_{rL} 61
2	A 稲城砂	w_{opt} 70
3	A 稲城砂	S_{ropt} 81
4	B 荒木田	S_{rL} 60
5	B 荒木田	w_{opt} 69
6	B 荒木田	S_{ropt} 79
7	C D群相当	S_{rL} 73
8	C D群相当	w_{opt} 82
9	C D群相当	S_{ropt} 92

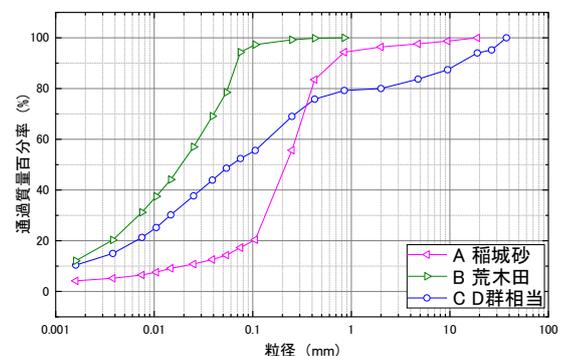


図1 粒度分布

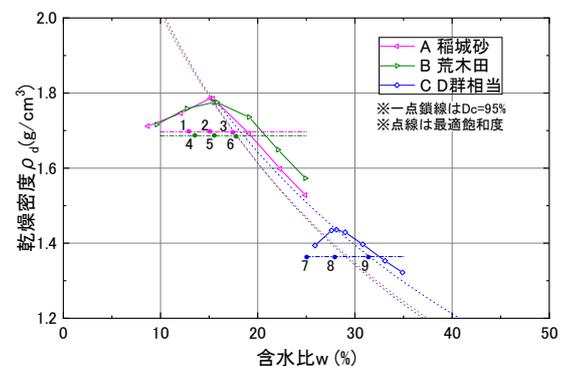


図2 締固め曲線

キーワード 土構造物、盛土、飽和度、土の累積変形特性
 連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38

(公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 基礎土構造研究室 白根 岳 TEL042-573-7261

3 試験結果

各試験の繰返し載荷時の鉛直ひずみの経時変化を図 8 に示す。どのケースも繰返し載荷後すぐにひずみが増加し、1 万回程度を過ぎるとほぼ横ばいとなる。

各ケースの 20 万回載荷時のひずみ量と供試体飽和度 $S_r/S_{r,opt}$ の関係を図 7 に示す。図 2 に示す締固め曲線が類似している A と B はひずみ量が近いが、 ρ_{dmax} の低い C は A, B と比べてひずみ量が多い。

20 万回載荷時のひずみに対する 1 万回載荷時のひずみの割合を図 6 に示す。すべてのケースで 85% を超えており、ほぼ 1 万回載荷時にはひずみが収束していることが確認できる。また、同一材料を用いた場合、飽和度が高いほど 1 万回載荷時のひずみの割合が低くなる。つまり、比較的緩やかにひずみが増加する結果となった。

図 3 に $S_r/S_{r,opt}$ と正規化ヤング率、図 4 に $S_r/S_{r,opt}$ とピーク時内部摩擦 ϕ_{peak} の関係を示す。これらは、別途実施した三軸圧縮試験から得られた結果である。著しく大きなひずみが生じたケース 9 を除き、飽和度が高いほど正規化ヤング率、ピーク時の内部摩擦角共に値が低下する傾向がある。

また、図 5 に正規化ヤング率と 1 万回/20 万回載荷時のひずみの割合の関係性を示す。ケース 9 を除くとまた正規化ヤング率は盛土の施工管理に用いる K30 値と同様に 0.1% 相当のヤング率を拘束圧の平方根で正規化した値として示している。

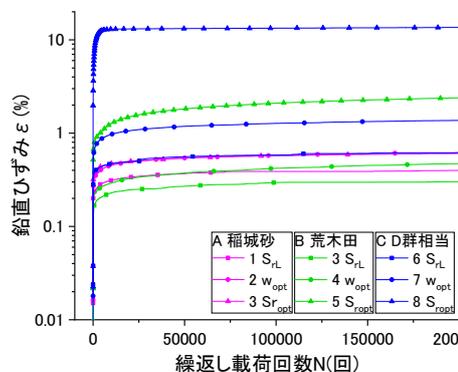


図 8 鉛直ひずみ量の経時変化

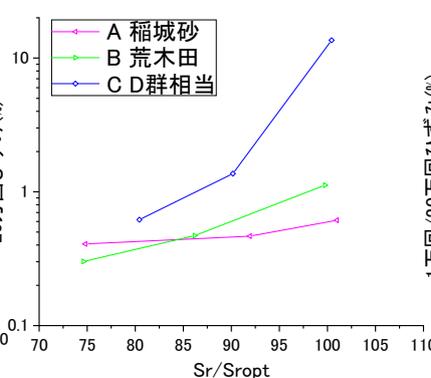


図 7 20 万回載荷時ひずみ量と飽和度の関係

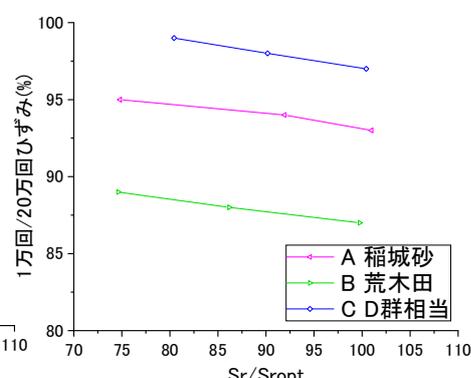


図 6 1 万/20 万回載荷時ひずみと飽和度の関係

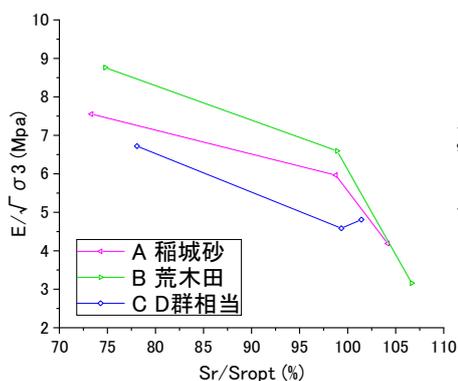


図 3 正規化ヤング率と飽和度の関係

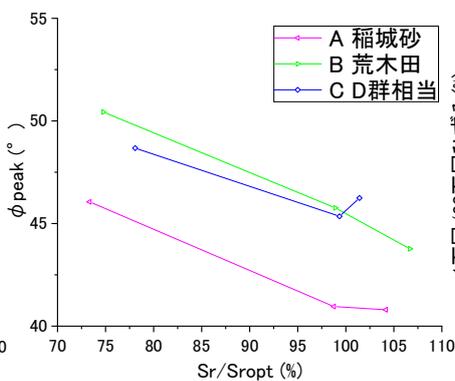


図 4 ピーク時の内部摩擦角と飽和度の関係

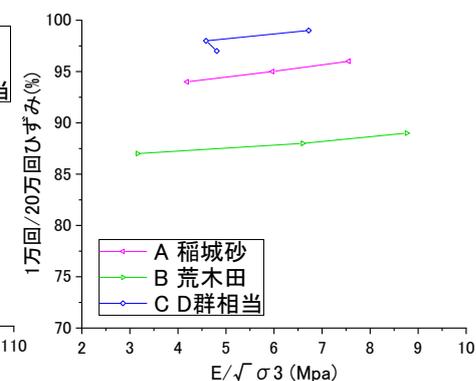


図 5 1 万/20 万回載荷時ひずみと正規化ヤング率

4 まとめ

締固め後の飽和度が地盤材料の累積変形特性に及ぼす影響に関する基礎検討を実施した。その結果、同一材料で同じ締固め度でも飽和度によって鉛直方向の軸ひずみ量が変化することが確認できた。また、正規化ヤング率やピーク時の内部摩擦角との相関性も確認できた。

しかしながら、最適飽和度 $S_{r,opt}$ より湿潤側の鉛直方向の軸ひずみ量の変化の傾向を明確に把握するには至らず、今後更なる検討の必要性を示唆する結果となった。

なお、本研究は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

1) 国土交通省：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物，2007，

2) 龍岡文夫：地盤工学・技術ノート 第 20 回 盛土の締固め⑩、基礎工、2015.2 月号