

異なる繰返し载荷試験による盛土の沈下特性の検討

(株)複合技術研究所

正会員 田村 幸彦

(独)鉄道・運輸機構

正会員 米澤 豊司

水嶋 浩治

秋田 勝次

(財)鉄道総合技術研究所

正会員 小島 謙一

正会員 富永 真生

1. はじめに

施工直後の鉄道盛土から攪乱試料を採取し、原位置での密度・含水状態を再現して、繰返し三軸試験および繰返し平板载荷試験¹⁾を実施した。その結果を基に、列車走行に伴う実盛土の将来的な沈下予測を行った。

2. 試験概要

2.1 盛土材の概要

施工直後の鉄道盛土天端において、原位置密度試験（砂置換法）を実施し、同時に攪乱試料の採取を行った。図1、2に盛土材の粒径加積曲線および締固め曲線（同図には現場密度も記入）を示す。盛土材はやや含水比が高く（ $w_{opt}=12.9\%$ ）、礫分も含んでいるが比較的細粒分が多い試料である。現場密度は、平均値で締固め度（D値）95%以上である。

2.2 繰返し载荷試験の概要

繰返し载荷試験は、平板载荷試験と三軸試験の2種類実施した。平板载荷試験は、盛土表面における列車荷重による変形を模擬でき、三軸試験は小型ではあるが盛土内の応力状態を再現して繰返し载荷の影響を評価できる特徴がある。この2つの試験結果を比較することにより盛土の沈下を評価することにした。以下に試験概要を述べる。

(1) 繰返し平板载荷試験

現場採取試料を原位置と同じ含水比・湿潤密度に再現して、図3に示す大型円筒土槽（供試体寸法 $\phi 750 \times$ 高さ 350mm）を用いて、周波数 20Hz で表1に示す荷重条件で繰返し载荷を実施した。ケース1は、盛土天端の応力状態を再現して、上載死荷重を押え荷重として、列車荷重を繰返し荷重とした。ケース2は、盛土天端からの深さ 1.5m の応力状態を再現して、死荷重と上載盛土荷重の合計を押え荷重として、盛土中の応力分散を考慮した列車荷重を繰返し荷重とした。

(2) 繰返し三軸試験

10mm ふり通過試料について、繰返し平板载荷試験と同じ条件で繰返し三軸試験を実施した（20Hz、200 万回载荷、供試体寸法は $\phi 5\text{cm} \times$ 高さ 10cm）

3. 試験結果

3.1 繰返し平板载荷試験

(1) 押え荷重によるクリープ補正

盛土材は細粒分が比較的多く含まれるため、押え荷重（静的荷重）による沈下が無視できない。ケース2において実施した初期 2 時間の押え荷重による時間～沈下量の関係から $\log-t$ 法および双曲線法によりクリープ沈下量を予測して、繰

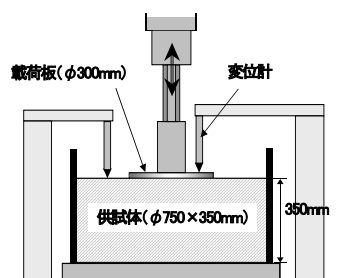


図3 繰返し平板载荷装置の概要

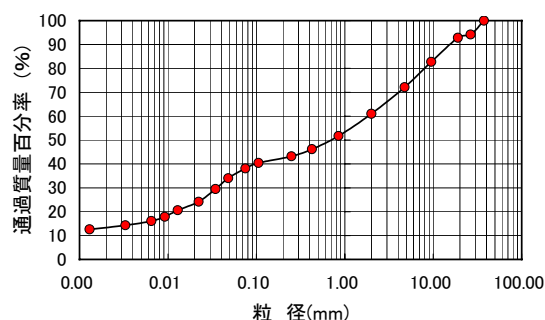


図1 盛土材の粒径加積曲線

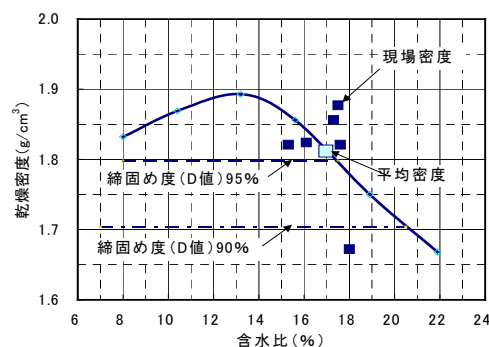


図2 現場密度および締固め曲線

表1 繰返し载荷条件

実盛土で検討する応力状態	ケース1	ケース2
	盛土天端	盛土深さ 1.5m
押え荷重 (kN/m ²)		
上載死荷重	14.7	
盛土荷重	0	32.0
合計	14.7	46.7
繰返し荷重 (kN/m ²)		
列車荷重（分散後）	20.0	12.9

キーワード：粒度分布、繰返し载荷、クリープ、沈下

連絡先：東京都港区赤坂 2-15-16、TEL.03-3582-3373、FAX.03-3582-3509

返し載荷試験の実測沈下量より差し引くことにより、繰返し載荷のみによる沈下量を推定した¹⁾。ケース1は押え荷重が小さいため、ケース2で予測したクリープ沈下量を押え荷重比（14.7/46.7）で低減して評価した。

(2) 繰返し平板載荷試験結果

ケース1、2の繰返し載荷試験結果を図4、5に示す。ケース1、2の沈下は載荷回数700万回に至っても収束傾向は見られない。log-t法によるクリープ沈下補正後の沈下量は、繰返し載荷回数700万回時点で、ケース1で2.54mm、ケース2で2.07mmであった。

3.3 繰返し三軸試験結果

図6は盛土天端および1.5m深さの応力状態を再現した繰返し三軸試験結果を示したもので、200万回繰返し載荷した場合の軸ひずみは、0.031%および0.102%であった。

4. 盛土の沈下量の推定

繰返し載荷試験結果を基に、列車走行による実盛土の動的沈下量を予測した。列車走行による動的荷重の大部分が厚さ3mの上部盛土で減衰されることが知られており、繰返し載荷試験における圧縮ひずみを盛土層厚に乗じて沈下量を算出した。盛土上部（層厚1.5m）についてはケース1の圧縮ひずみを、盛土下部（層厚1.5m）についてはケース2の値を適用した。図7にその結果を示す。盛土の沈下は、繰返し平板載荷試験結果（log-t法クリープ沈下補正）を基に推定すると、繰返し回数200万回で7mm、700万回で20mmである。また、三軸試験結果より推定した沈下量は200万回で2.0mmと小さい値であった。この結果より、概略の推定を行うには、繰返し平板載荷試験の結果が安全側の結果となる。さらに詳細な検討を行うには、上記の繰返し変形特性を評価し、FEMと累積損傷度を組合せた手法により求める必要がある。

5. おわりに

本研究は2種類の繰返し載荷試験結果を基に、比較的簡易に繰返し荷重による盛土の沈下量を予測したものであり、盛土の応力状態を正確に模擬したものではないことから概略の推定となる。今後、供用開始後の実測沈下を基に総合的な評価をする予定である。

<参考文献>：1) 田村, 米澤, 水嶋, 秋田, 小島, 富永：粒度分布の異なる盛土材の繰返し平板載荷試験による沈下特性、第39回地盤工学研究発表会

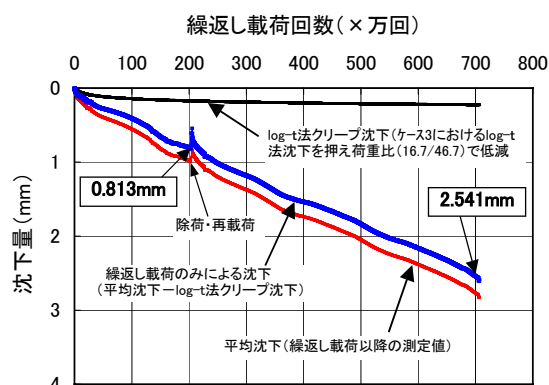


図4 繰返し平板載荷試験結果（ケース1）

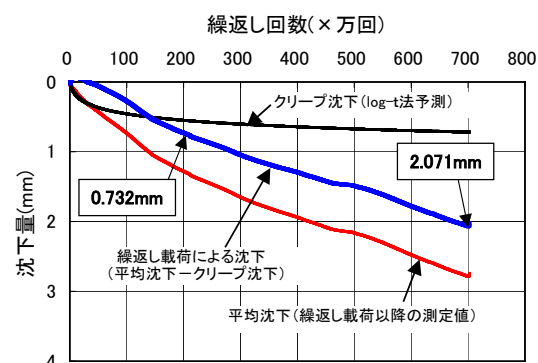


図5 繰返し平板載荷試験結果（ケース2）

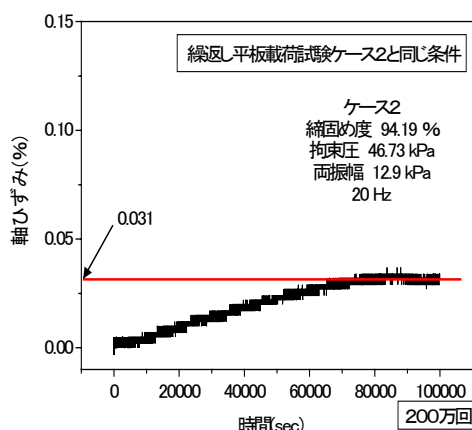
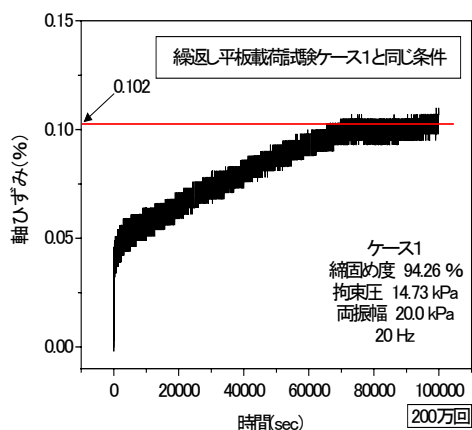


図6 繰返し三軸試験結果

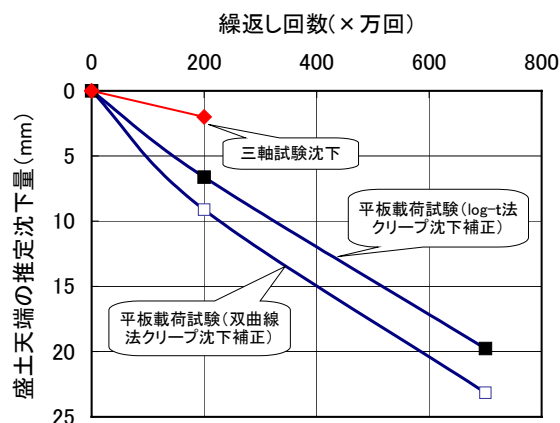


図7 列車荷重による盛土の予測沈下