

土質の異なる盛土のり面の締固め効果の把握と品質評価

九州大学大学院 学○末永 怜士 正 安福規之 正 ハザリカヘマンタ 正 石蔵良平
(株)浅川組 谷山充

1.はじめに

盛土は経済的かつ環境問題にも対応できる今後もなくはない土構造物のひとつである。しかしながら、盛土の性能の検査には不確定な要素が多く含まれており、そのため盛土の設計において安全側の判断がなされてきた¹⁾。一般に盛土は天端における締固め度で管理されているが、のり面では直接的に管理する規定はなく、管理規定に改善の余地があると考えられる。本研究はこれまで「盛土のり面の締固めの高度化」と「盛土の新たな管理手法の提案」を目標として取り組んでおり、これまでに盛土のり面の締固めが不十分であることを明らかにした²⁾³⁾。それと同時に、盛土のり面用締固め装置（以下、振動ブレーカ）の開発も行ってきた⁴⁾。本文では、振動ブレーカの実用化に向け、様々な土質で締固め実験を行い、締固めた盛土の品質について RI 装置による密度測定と本研究室で開発した重錘落下式たわみ測定装置⁵⁾（Falling Weight Deflectometer、以下改良型 FWD 装置）（図-1）を用いて検討を行った。

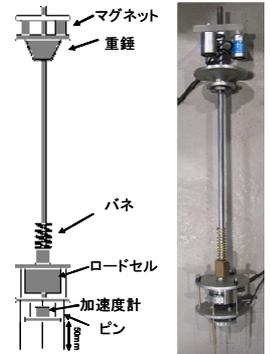


図-1 改良型 FWD 装置 概略図

2.改良型FWD 装置によるFWD係数の考え方

図-1に示す改良型FWD装置では、重錘を地盤に落下させ、バネを介して地盤に生じる荷重と加速度を測定する。測定荷重を載荷板の面積で除し応力を求め、加速度は2階積分することによって変位に換算する。得られた最大応力を σ_{max} とし、その時に生じた変位を u_{max} とすると、「FWD 係数」 k_f は次式で与えられる。FWD係数が大きいほど剛性の高い地盤として評価される。FWD係数は地表面から10cm程度までの剛性を評価できる。室内実験では、同一含水比において締固め度とFWD係数に正の相関があることが既に明らかとなっている。

$$k_f = \sigma_{max} / u_{max} \quad (\text{MN/m}^3) \quad (1)$$

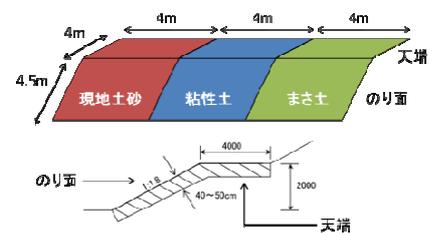


図-2 造成した盛土の概略図

3.現場実験概要

造成した盛土の概略図を図-2に示す。まず、現地で採取した土砂により幅12m、高さ2m、奥行き4m、のり面勾配1:1.8の盛土を造成した。天端は撒き出し厚30cmのごとに振動ローラーを8回転圧し、のり面は所定の盛土高さになった後、バックホウのバケットの背を用いて形状を整えた。その後、天端、のり面ともに表面から40~50cmを現地土砂、粘性土、まさ土の3種類の異なる試料に置き換えた。天端は振動ローラーで、のり面は振動ブレーカおよび、バックホウによる土羽打ちの二種類の方法での締固めを行った。各試料の基本的物性値および、粒度分布を表-1および図-3に示している。天端では振動ローラーの転圧回数を0回、4回、8回、12回、24回として締固めを行った。のり面では振動ブレーカの締固め時間を0秒、3秒、6秒、9秒、12秒とし、土羽打ちの締固め回数を0回、5回、15回、30回と変えて締固めを行った。盛土材のバラツキによる影響を抑えるために、各試料ともに3cm以下にふるった材料を使用した。各条件で締固めた後、FWD測定とRI測定による密度測定を行った。締固め度については、次式を用いた。

$$D_c = \frac{\rho_d}{\rho_{dmax}} 100 \quad (\%) \quad (2)$$

*ここでは、 ρ_d ：現場密度、 ρ_{dmax} ：室内締固め試験、を表す。

表-1 用いた試料の基本的物性値

	現地土砂	粘性土	まさ土
ρ_{dmax} (g/cm ³)	2.03	2.08	1.97
w_{opt} (%)	9.1	7.0	10.0
w_{nature} (%)	10.7	10.6	10.2

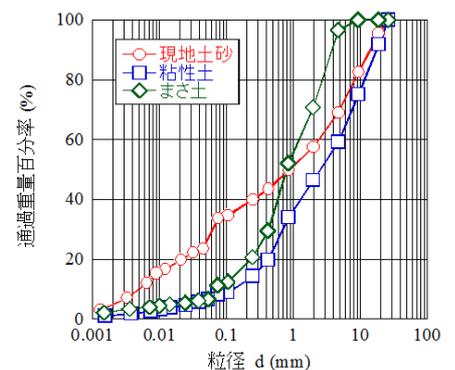


図-3 各試料の粒度分布

4. 締固め方法および、土質の違いによる締固め度と FWD 係数の変化

天端における振動ローラーの転圧回数と締固め度の関係を図-4 に示す。図に示されるように、通常行われる転圧回数の 8 回でどの試料も締固め度が高まっており、それ以上締固めを行うと、締固め度が同程度もしくは低下する。図-5 に、のり面での振動ブレーカによる締固め時間と締固め度の関係および、土羽打ちによる締固め回数と締固め度の関係を示す。振動ブレーカでは、締固め時間が増加するに伴い、締固め度が増加しており、どの試料においても 10 秒程度でピーク値に達している。土羽打ちによる締固めでは、締固め回数が初期において、すべての試料で締固め度が増加しているが、締固め回数の増加に伴う著しい増加は見られない。両者を比較すると、振動ブレーカの締固め度の方が全体的に高くなっている。図-6 は図-5 を用いて、各締固め方法における締固め度の増加率を示したものである。増加率は各締固め度を締固める前の締固め度の初期値で除した値である。図に示されるように、振動ブレーカによる締固め方法では、すべての試料において締固め度が増加している。土質の違いによらず、土羽打ちに比べて振動ブレーカによる締固め方法の方が締固め効果が大きくなる傾向を示した。ただし、試料によっては、オーバーコンパクションの傾向が示されており、最適な締固め時間や締固め回数が存在することがわかる。図-7 に、のり面における土羽打ちによる締固め回数と FWD 係数の関係を示す。図に示されるように、すべての試料において、締固め回数が 15 回までは FWD 係数が増加し、30 回では低下する傾向を示した。土羽打ちによって締固めたのり面表面付近の剛性の増加を FWD 装置が捉えることができているものと推定される。ただし、RI 装置による締固め度との傾向が一致しておらず、FWD 装置による剛性評価の範囲については課題が残る。

4. 結論

本研究では土質の異なる盛土のり面に対して、二種類の締固め方法を適用し、締固め効果の把握を行った。その結果、以下の知見を得た。

- 盛土のり面の締固めでは、土羽打ちによる締固めに比べ振動ブレーカによる締固めの方が締固め効果大きい。
- 盛土のり面において、振動ブレーカでは試料の種類によらず締固め度が増加する。
- 各試料、各締固め方法によって最適な締固め時間や回数が存在する。
- 盛土のり面の締固めによる剛性の増加を FWD 装置が評価できる可能性を示した。

【謝辞】 本研究は、(株)浅川組の共同研究としての支援を得て行われたものである。 **【参考文献】** 1) 龍岡文夫：盛土の締固め管理と設計の協働の必要性 基礎工, pp.2~9, 2009 2) Suman Manandhar et al.: Future of static and dynamic field compaction of embankment slope. 土木学会西部支部研究発表会, pp.413~414, 2012 3) 末永伶士：締固め度に着目した盛土法面の品質評価 土木学会西部支部研究発表会, pp.411~412, 2012 4) 小林泰三ら：油圧ブレーカの打撃エネルギーを利用したバックホウによる法面締固め技術の開発 建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集, pp.171~120, 2012 5) 属寛：重錘落下式変形係数測定装置を用いたセメント安定処理土の変形・強度特性の評価 土木学会論文集, pp.283~292, 2002 6) 二宮久：締固め度に着目した降雨浸透における斜面の健全度評価に関する基礎研究 九州大学修士論文, pp.29~33, 2009

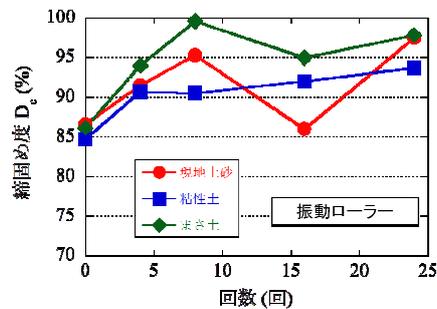


図-4 天端での締固め回数と締固め度の関係

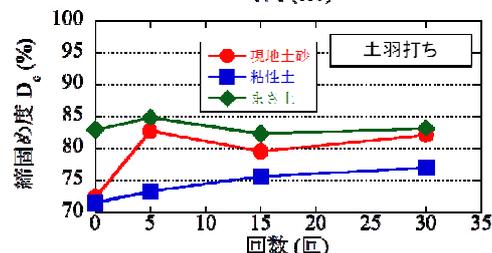
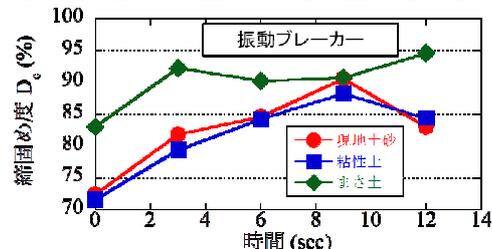


図-5 のり面での締固め時間、回数と締固め度の関係

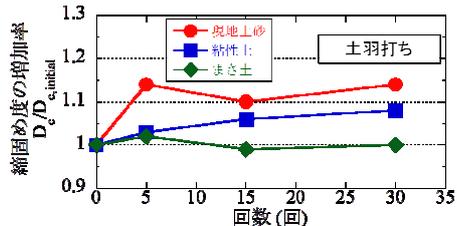
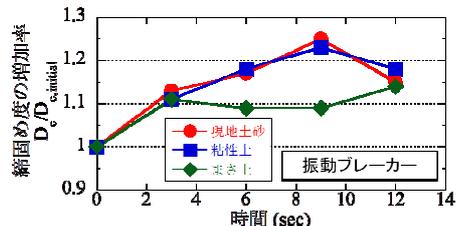


図-6 のり面での締固め時間、回数と締固め度の増加率の関係

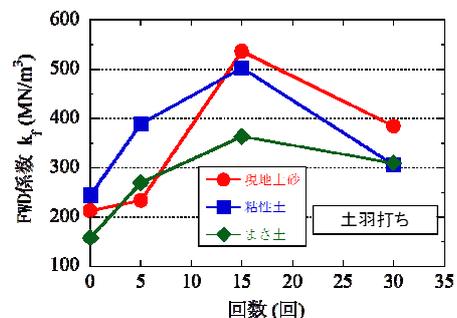


図-7 のり面での締固め回数と FWD 係数の関係