

非破壊試験装置を用いた盛土法面の締固め品質評価の精度向上について

九州大学工学部 学○藤原将真

九州大学大学院 正 安福規之 正 石蔵良平

(株) 浅川組 谷山充

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響から災害外力が増加しており、各地で短時間の局所的な豪雨が増加している。その結果施工後間もない盛土法面や現在まで崩壊のなかった法面において法崩れ等が多く発生している¹⁾。盛土法面の崩壊は盛土全体の崩壊へと繋がり、堤防の崩壊や近隣の構造物、住民の安全性を脅かすものとなる。盛土崩壊の原因の一つとして考えられるのが、法面の締固めの不十分性であり、盛土法面は天端に比べ締固め度が低い傾向にある²⁾。一般に盛土は天端における締固め度で管理されており、法面を直接的に管理する規定はない²³⁾。本研究では「盛土法面の品質管理手法の提案」を最終目的とし、本研究室で開発した重錘落下式たわみ測定装置⁴⁾ (Falling Weight Deflectometer, 以下、改良型 FWD 装置) を用いて、盛土法面の健全度評価システムの構築を目指す。今回は「改良型 FWD 装置の計測の簡易化と精度の向上。」について検討を行った。

2. 改良型 FWD 装置の概要

図 1 に FWD 装置の写真と概略図を示す。改良型 FWD 装置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 $\sigma_{\max}$ とし、その時に生じた変位を $u_{\max}$ とすると、「FWD 係数」 k_f は下式で与えられる。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²⁾。

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

3. 改良型 FWD 装置の特徴及び実験概要

本研究室が開発した改良型 FWD 装置について、法面等の斜面において測定した FWD 係数のばらつきを抑制し、FWD 係数を安定的に求めることを目的に、改良型 FWD 装置を加速度計部とロードセル・重錘部に分離し改良を行った(図 2)。以下では連結状態と分離状態の改良型 FWD 装置について同条件で室内実験を行い、各改良型 FWD 装置性能を比較した。

改良型 FWD 装置の性能を比較するためにウレタンゴム製の供試体と直径 286mm、高さ 330mm のモールドに作成した模型地盤を用いた。模型地盤には粒径 2mm 以下のまさ土を使用し、含水比は最適含水比 12.5% に設定した。実験では、上記モールドを用い異なる締固め度 (70%, 80%, 90%) の模型地盤を作成し、各締固め度において 120 回ずつ計測を行った(図 3)。さらに実際に法面で用いることを想定しモールドを傾斜角が 10 度、20 度、30 度の条件で改良型 FWD 装置による計測を行った。



図 1 改良型 FWD 装置の概要

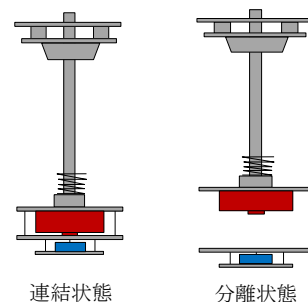


図 2 改良型 FWD 装置の状態図



図 3 改良型 FWD 装置の設置状況

4. ウレタン供試体における FWD 係数の比較

図4にウレタン供試体を用いたFWD係数の計測結果を示す。FWD係数の平均値は分離状態の方が約100 (MN/m³) 大きい値となった。この原因としては、加速度計部とロードセル部を連結していることで、連結部の拘束部材にロードセルに伝わるはずの荷重が伝達することで、最大応力 σ_{max} が小さくなったためと考える。また標準偏差は分離状態の方が連結状態と比較して約30 (MN/m³) 小さい値となった。これは加速度計部の地盤への設置状況が改善されたことで、計測中に生じていた加速度の乱れが分離されることにより軽減したためと考える。

5. 模型地盤による各 FWD 装置比較

図5に締固め度90%におけるFWD係数の計測結果を示す。平均値はウレタン供試体の場合と同様に分離状態の方が、連結状態と比較して約100 (MN/m³) 大きい値となった。標準偏差もウレタン供試体の場合と同様に分離状態の方が約30 (MN/m³) 小さい値となった。さらにウレタン供試体におけるFWD係数に比べ、模型地盤で計測を行った方が連結、分離状態ともに標準偏差は大きい値となった。これはウレタン供試体が弾性体であり、模型地盤より再現性が高いためであると考えられる。

図6に分離状態にした改良型FWD装置を用いた、傾斜模型地盤での計測結果を示す。締固め度90%で締固め、水平時計測とは異なり、地盤接地面に加速度計部が滑り落ちないように剣山を設置した。平均値は300～500 (MN/m³)の値を示した。剣山を設置することで地盤の変位が抑制され、FWD係数は剣山がない場合より大きい値を示した。

6. 結論

改良型FWD装置は、連結状態より分離状態の方がウレタン供試体、模型地盤の両者において、FWD係数の平均値より40～60%程度大きい値を示した。改良型FWD装置を分離状態で使用することによって計測値のばらつきを大きく低減でき、計測精度を向上できる可能性が示された。また傾斜地盤に対する試験については、傾斜角度によるFWD係数の平均値の大きな変動は見られなかったなど、今後更に検討する必要がある。

〔謝辞〕本研究は、平成27年度NEXCO 関係会社高速道路防災対策等に関する支援基金の支援を得て行われたものである。また本研究を進めるにあたり、九州大学の中島通夫技術協力スタッフ、ハザリカ ヘマント教授、笠間清伸准教授から丁寧なご指導を賜りました。ここに感謝の意を表します。

〔参考文献〕1) 工藤 智仁 (国土交通省) : 盛土 (覆土) 法面における締固め管理の検討 <http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000105787.pdf> , 2015.9.10, 2) 末永伶士ら : 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, 3) 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 ,pp.413~414,2012, 4) 属寛ら : 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

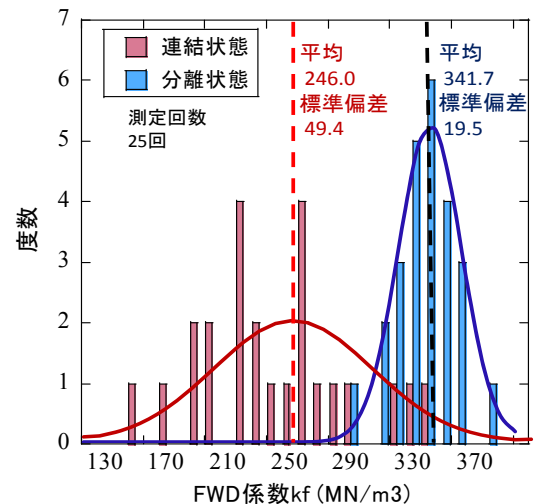


図4 FWD係数のヒストグラム (ウレタン供試体)

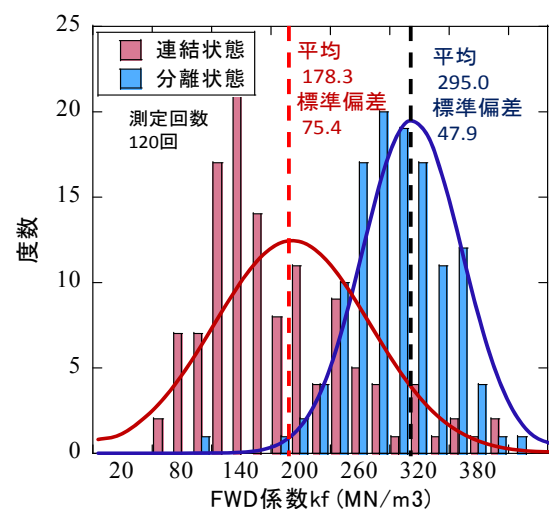


図5 FWD係数のヒストグラム (締固め度90%)

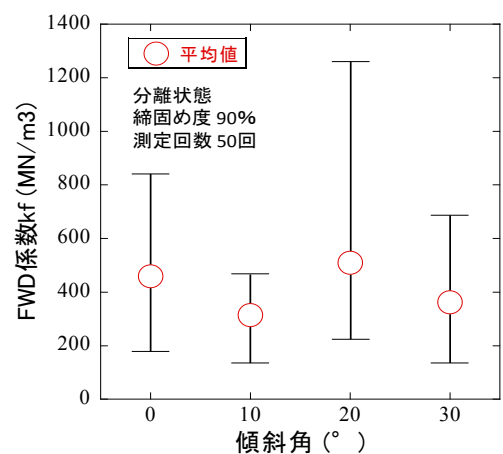


図6 FWD係数と傾斜角の関係