

改良型 FWD 装置から得られた FWD 係数による盛土の締固め及び維持管理の評価に関する研究

九州大学大学院 学生会員○ 岸本和雄 正会員 安福規之 正会員 大嶺聖 正会員 ハザリカヘマンタ

1.目的

日本の地形は山地や丘陵が多く,毎年のように豪雨による土砂災害が発生している.近年では地球温暖化の影響から災害外力が増加し,局所的な豪雨が増加していると言われており,わが国においては斜面災害のあり方についてあらためて議論を深めることが求められている.その中で,斜面表面の健全度を点検し,合理的に評価することや,斜面の安定性が降雨によってどのような影響を受けるのかを知ることは学術的にも重要なことである.筆者らは研究室で実績のある重錘落下式たわみ測定装置(Falling Weight Deflectometer,以下 FWD 装置)¹⁾を利用し,改善することで熟練した技術の必要がなく,単純かつ安価な非破壊・携帯型斜面診断装置の開発とその適用についての検討を行ってきた.本文では,改良型 FWD 装置の特徴について述べるとともに,実際に補強土工を行われた盛土や盛土斜面に FWD 装置を適用することで,造成時の締固め管理の精度や共用後の維持管理の実用性について考察した.

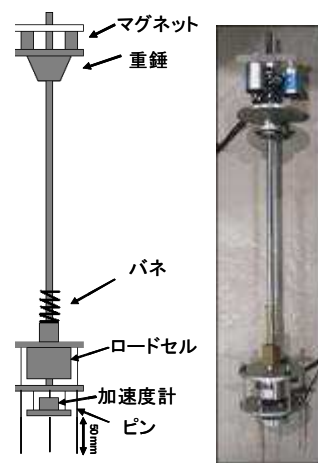


図-1 改良型 FWD 装置

2.改良型 FWD 装置による健全度診断の考え方

図-1 に改良型 FWD 装置¹⁾を示す.重錘を地盤に落下させ,ロードセルと加速度計により荷重と加速度を測定し,荷重は載荷板の面積で除して応力を求め,変位は得られた加速度を 2 回積分することで求める.最大応力を $\sigma_{\max}$, その応力が得られた時間における変位を $u_{\max}$ とすると,「FWD 係数」 k_f は,

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

として算定される.

3.測定方法

九州大学の敷地内で,ジオグリッド等を敷設することによって,のり面勾配が 1:10 となる急勾配盛土を築造する工事が行われた.今回はその補強土壁を構築する過程での裏ごめ土の締固めの程度と表層の剛性を定期的に調査した.補強土工を行う前の現地地盤,1 層目~5 層目,9 層目~13 層目の間で,写真-1 に示すように 3×3 の格子状に計 9 点ずつ改良型 FWD 装置と既存の小型 FWD 装置による測定を行った.試料は工事地から数百 m ほど離れた地点で得られたまさ土(最適含水比 10.8%,最大乾燥密度 1.905g/cm³)を使用した.表-1 に盛土の含水比,密度を示す.

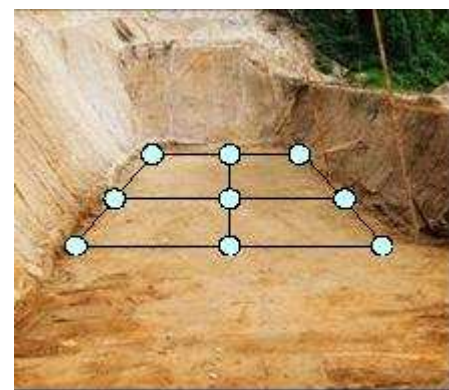


写真-1 工事現場(補強前の状態)

表-1 盛土の 5,10 層目の現場密度試験結果

	含水比 w(%)	湿潤密度 $\rho_t(\text{g}/\text{cm}^3)$	乾燥密度 $\rho_d(\text{g}/\text{cm}^3)$	締固め度 $D_c(\%)$
5 層	6.3	1.943	1.827	95.9
10 層	8.1	2.018	1.866	98.0

4.盛土製作時に得られた FWD 係数の測定結果

図-2 の折れ線グラフは各層で得られた研究室製 FWD 装置による FWD 係数の平均値を,棒グラフは測定を行った前の日の前原気象台で得られた降雨量(mm)を,縦の線は各層で得られた FWD 係数の最小値から最大値までの値を示している.この結果から,1) 現地地盤,すなわち切土の地盤では場所によって初期の剛性が大きく異なること,2) まさ土を使って盛りたてた盛土部分,すなわち,1 層目から 13 層目までの FWD 係数は地点に依存して,100~1000(MN/m³)の範囲で変動すること,3) 1,2 層目のように前日に降雨があった場合の FWD 係数より,今まで,室内実験で確認ができた降雨後の地盤の剛性の低下²⁾を現場の実験で確認することができた.

キーワード FWD 係数 盛土

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 ウエスト 2 号館 1108 九州大学 地盤工学研究室 092-802-2999

図-3 は改良型と小型装置によって各層で得られた FWD 係数の関係を示している.小型装置により得られた FWD 係数は研究室製で得られた係数の約3分の1~5分の1倍の値を示すことが確認できた.小型装置は地盤反力係数や地盤弾性係数の推定が可能であるため,改良型装置においても地盤係数の推定に用いることができる可能性がある.

5.盛土共用時に得られた FWD 係数,傾斜計の測定結果

図-4 に示すように盛土の中に多段式傾斜計を入れた.傾斜計 1 つにつき,図中の X 方向と Y 方向の傾きを測定できるようになっている.図-5 は 2010 年 12 月 22 日から 2011 年 3 月 31 日までの各傾斜計から得られた角度の推移を示したものである.同図より X 方向では,傾斜計 1 のみ斜面側に約 0.5 度傾いており,傾斜計 2,3 では,変化がほとんど見られなかった.このことから,表層部分の土砂の変動が盛土内部と比較して相対的に大きいといえる.また,3 月からは盛土の含水比と FWD 係数を約 1 週間おきに計測した.結果を図-6 に示した.表層付近の含水比は前日に降雨が確認された 3 月 1 日を除き最適含水比 10.8%に近い 10%前後を示すように,盛土表面では通常時は大きく変化しないことが確認された.FWD 係数は 3 月 15 日を除き,傾斜計 1 の傾きに合わせてわずかに増加した.このことは斜面側に土粒子が集合したために,パイプ付近の土が締固められたのではないかと推定される.

6.まとめ

- 1) 現地発生土を使って盛り立てた盛土の FWD 係数(剛性を反映)は層や測定点によって異なる結果となり,締固めの品質を評価できる可能性を示した.
- 2) 降雨後 1 日目に測定した FWD 係数の平均値は,相対的に小さくなっており,室内で得られていた結果を現地で確認することができた.
- 3) 改良型 FWD 装置で得られた FWD 係数は小型 FWD 装置のそれと比較して約 3~5 倍を示した.
- 4) 盛土共用後,盛土の表層付近は斜面方向に傾き,それに合わせるように FWD 係数が増加していることが確認された.

7.参考文献

- 1) 属寛,落合英俊,安福規之,大嶺聖: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, No.701/□-58, pp283-292, 2002, 3
- 2) 二宮久,安福規之,大嶺聖: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的研究, p29~33, 2009

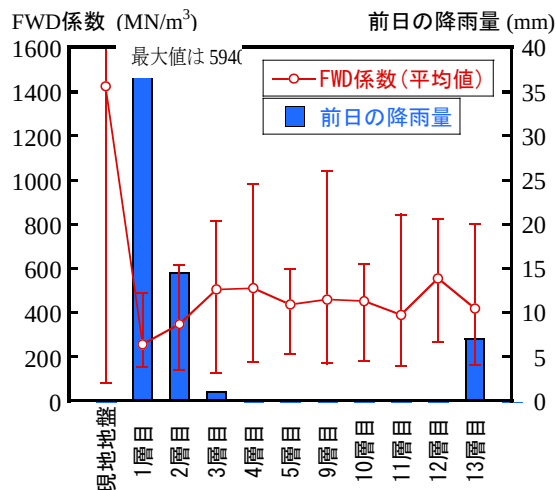


図-2 各層で得られた FWD 係数の平均値と測定日より前日の降雨量

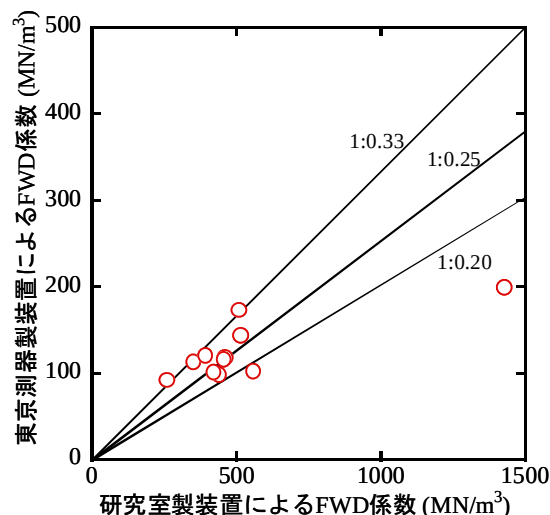


図-3 改良型,小型装置より得た FWD 係数

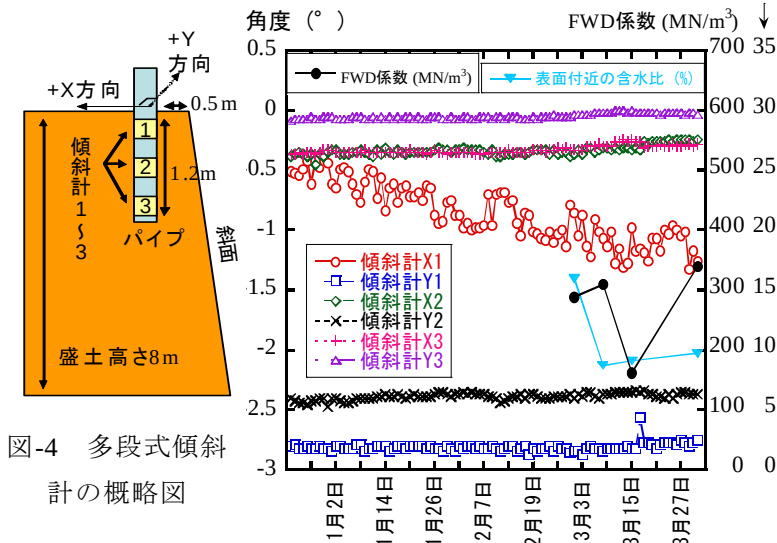


図-4 多段式傾斜計の概略図

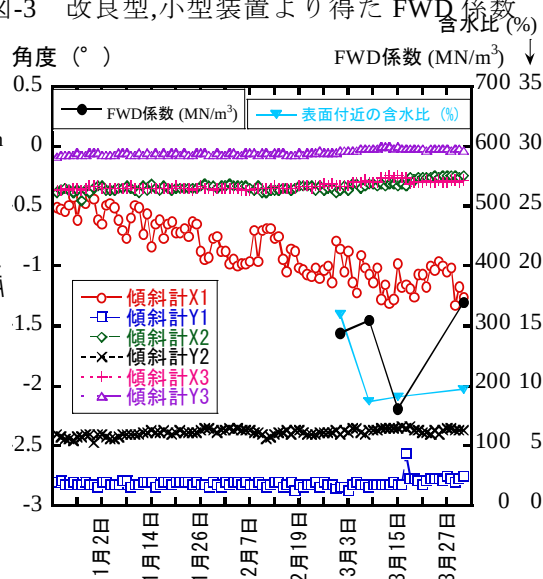


図-5 盛土の傾き, FWD 係数の経時変化