

FWD 係数に着目した盛土地盤の締固め管理に関する研究

九州大学大学院 学○岸本和雄 正 安福規之

九州大学大学院 正 ハザリカヘマンタ、大嶺 聖

1. はじめに

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、造成時の締固め管理について考察した。

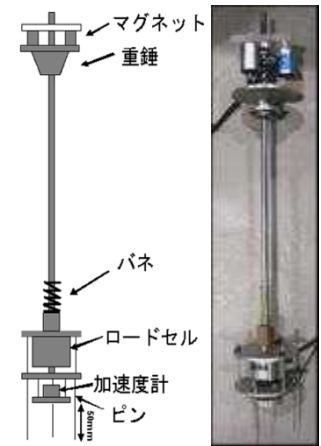


図-1 改良型 FWD 装置

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 装置概略図²⁾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、得られた加速度を 2 回積分することにより変位を求める。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、

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

として算定される。ここでは、降雨前後の斜面の FWD 係数の違いや、表層地盤の水分特性と関連付けた健全度診断システムの構築を目指している。



写真-1 小型土槽

3. 試験方法

道路盛土・河川堤防等の造成時において、締固めを行った盛土の品質管理には基本的に砂置換法と RI 法が使われる。しかしながら、これらの手法には測定回数の少なさ等の欠点から、締固めが不良な個所があった場合、それを見逃す可能性が指摘されている²⁾。改良型 FWD 装置は測定時間が短く、その場で計算可能という利点がある。写真-1 は地盤を製作する際に使用した土槽と測定の様子を示したものである。模型地盤に使用したまさ土は、締固め試験の結果から、最適含水比 10.8% の時、最大乾燥密度が 1.905g/cm^3 であり、最大乾燥密度を締固め度 100% とした。盛土の含水比や密度の条件は最適含水比である 10.8% の時に締固め度 95%~100% まで 1% 刻みで地盤を製作し、FWD 係数の測定を行った。さらに別の条件として、締固め度 95% と 98% の場合に含水比 10.8%、締固め度 100% の地盤を製作するときと同じ締固めエネルギーを持つように含水比を調整して地盤を製作して、FWD 係数の測定を行った。図-2 は縦軸に乾燥密度、横軸に含水比を取って、製作した土槽の試験条件を示している。

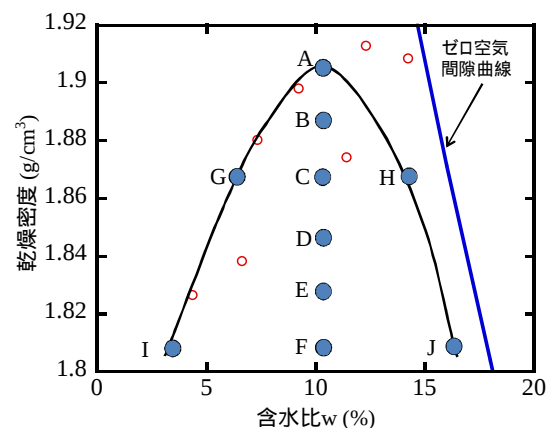


図-2 まさ土の締固め試験結果及び試験条件

4. 測定結果

図-3 は含水比が一定の際の FWD 係数と締固め度 D_c の関係を示したものである。この時、締固め度 95%の時には、FWD 係数が約 420 を示しているのに対し。締固め度 100%では、600 を超えているように、FWD 係数は含水比が同じ場合、 D_c 1%の違いでも敏感にとらえることが示唆された。

図-4 は、FWD 係数と含水比の関係を示したものである。締固め度が 98%、95%の両方で、締固め度が一定の場合、地盤の含水比が増加するし W_{OPT} を超えると、FWD 係数は急激に減少する傾向を示した。また、それぞれの締固め度の最大値から、最小値までの差を比較すると、95%のほうがばらつきが大きく締固め度が低いほうが、バラツキが大きい結果となった。これは、締固め度が低いほうが、地盤内の空隙が大きくなり、不均質な骨格になりやすいことを示す。

図-5 は含水比、締固め度はそれぞれ異なるが、締固めに必要なエネルギーが同一のものとなるように製作した地盤上で FWD 係数を測定した結果を示したものである。最適含水比時の FWD 係数が最も大きく、締固め曲線の頂点で FWD 係数は最大値をとることが示唆された。また、同じ締固め度でも含水比の大きいほうが最適含水比時の FWD 係数からの減衰が大きい結果となった。

一定の含水比時に締固め度が増加すると FWD 係数は増加する。また、一定の締固め度時に含水比が増加すると FWD 係数が低下することが確認された。これらのことから、あらかじめ、地盤のどちらか一方がわかっている場合、得られた FWD 係数からもう一方の値の推定に使える可能性が示唆された。

5. まとめ

- 1) 含水比が一定の場合、締固め度が増加すると得られる FWD 係数は増加することが確認された。
- 2) 締固め度が一定の場合、含水比が増加すると得られる FWD 係数は低下することが確認された。
- 3) 締固め度 95%の地盤から得られた FWD 係数は締固め度 98%の地盤から得られた FWD 係数と比較すると変動係数が大きい結果となった。
- 4) 締固め曲線の頂点近傍で FWD 係数は最大値をとることが示唆された。

6. 参考資料

- 1)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 pp11-13,2010,3
- 2)松尾修：道路盛土・河川堤防の設計と締固め、基礎工、pp36~39,2009,7

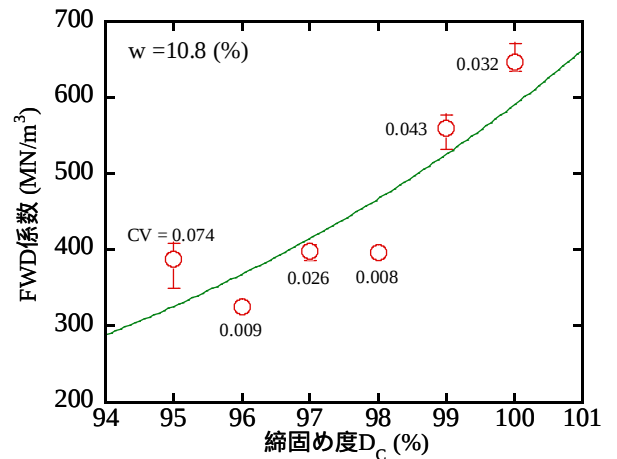


図-3 含水比を一定にした時の
FWD 係数-締固め度関係

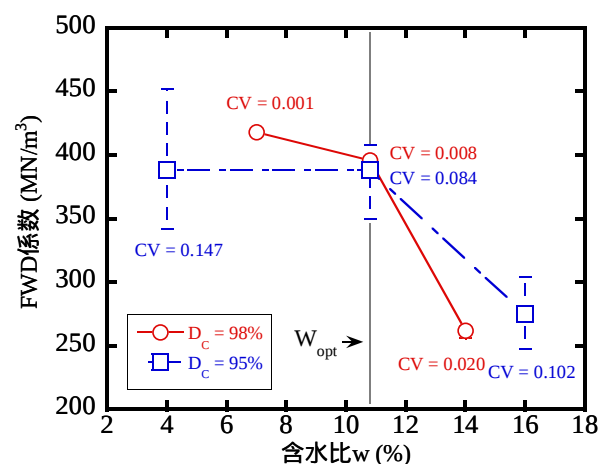


図-4 締固め度を一定にした時の
FWD 係数-含水比関係

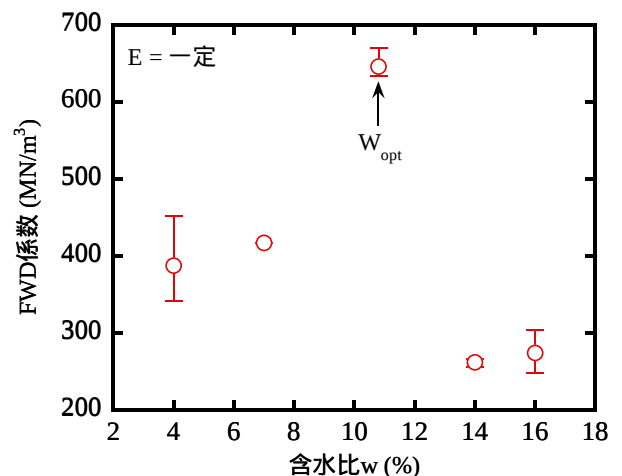


図-5 締固めエネルギーを一定にした時の
FWD 係数-含水比関係