

斜面健全度評価のための携帯型重錘落下式変形係数測定装置の開発

九州大学大学院 学〇二宮久

九州大学大学院 正 安福規之 正 大嶺聖 正 小林泰三

1.はじめに

日本の地形はプレートがぶつかり合うことにより形成されている。そのため、日本列島の地形は「山地」、「丘陵」、「台地」、「低地」、および「内水域」の5つに区分され、そのうち「山地」と「丘陵」が占める割合が約73%である¹⁾。また日本の降雨量は世界平均の約2倍であり、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。このような点から、日本は斜面災害が起こりやすい環境にあると考えられ、斜面の健全度を点検し、合理的に評価する重要性が指摘されている。本研究では、過去に研究室で開発した重錘落下式変形係数測定装置(Falling Weight Deformation apparatus、以下FWD)²⁾を斜面に適用できるように改良し単純かつ軽量の非破壊・携帯型斜面診断装置、およびその評価システムの構築に向けた検討を行う。

2. FWD による健全度診断の考え方

図-1に改良型FWD装置概略図を示す。ここで用いたバネについてはもっとも安定的にデータが得られるばね剛性のものを使用した³⁾。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もとめ、得られた加速度を2回積分することにより変位をもとめる。最大応力を σ_{max} 、その応力が得られた時間における変位を u_{max} とし、「地盤反力係数」 k は、 $k = \sigma_{max} / u_{max} (KN/m^3)$ として求める。ここでは、豪雨前後の斜面の地盤反力係数の違いや、地下水位など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す。

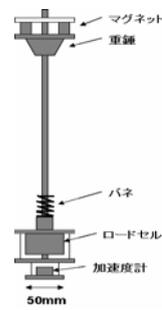


図-1 改良型 FWD 装置概略

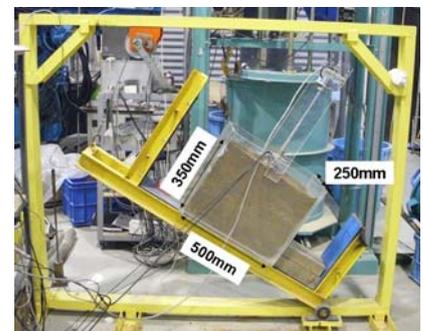


図-2 実験装置全体図

表-1 各ケースにおける条件

	発射装置	加速度計位置
Case1	トリガー	平板両側
Case2	電磁マグネット	平板両側
Case3	電磁マグネット	中心軸

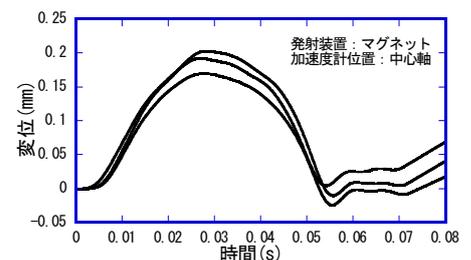


図-3 Case3 における変位-時間関係

3.開発した FWD の特徴および実験概要

試作した改良型FWDの特徴は、携帯性を高めるために重錘の軽量化を図ること、斜面において地盤特性を安定的に求めるために地面との密着性を高め、さらに加速度計位置を工夫すること、従来のFWD装置よりも人為的誤差を低減するために、発射装置を工夫することの3つである。以下ではこれらの点に着目し実験の考察を行った。

図-2に実験装置全体図を示す。模型地盤はまさ土を使用し、含水比10%に設定し、2.5kgランマーで3層30回の条件で締固め、幅500mm、奥行き250mm、高さ350mmとしたものである。この模型地盤の寸法は事前にFE解析を行い、影響範囲を調べ決定した。発射装置には人為的誤差を低減するために電磁マグネットを利用し、また地盤の変位をより正確に得るために加速度計位置を中心軸に加速度計を設置したものを準備した。表-1にそれぞれの試験ケースにおける条件を示す。発射装置をトリガーとし加速度計位置を平板の両側に設置したケース(Case1)、発射装置を電磁マグネットとし加速度計位置を平板両側に設置したケース(Case2)、および発射装置を電磁マグネットとし加速度計位置を中心軸に設置したケース(Case3)の3つのパターンで模擬地盤に対し重錘落下試験を3回ずつ行い、波形を考察し再現性の有無の検討を行った。

表-1にそれぞれの試験ケースにおける条件を示す。発射装置をトリガーとし加速度計位置を平板の両側に設置したケース(Case1)、発射装置を電磁マグネットとし加速度計位置を平板両側に設置したケース(Case2)、および発射装置を電磁マグネットとし加速度計位置を中心軸に設置したケース(Case3)の3つのパターンで模擬地盤に対し重錘落下試験を3回ずつ行い、波形を考察し再現性の有無の検討を行った。

4.計測値の再現性の確認

キーワード: 斜面、調査装置、地盤反力

連絡先: 819-0395 福岡市西区元岡 744WEST2 号館 1101-2 地盤工学研究室, TEL.092-802-3378, FAX.092-803-3378

手動でトリガーを引いたために Case1 においては FWD が傾き、人為的誤差が発生し、再現性は得られなかった。また同様に Case2 において実験を行った。発射装置をマグネットに変更したことで人為的誤差が低減され、再現性が得られた。しかし、FWD 装置が軽量であるため左右のぶれが生じ、左右の変位に差が現れた。図-3 に Case3 における変位と時間の関係を示す。変位はいずれも同様の波形を描き、再現性のある結果を得ることができた。以下のことから発射装置をマグネットとし、加速度計位置を中心軸に配置した FWD を使用することで人為的誤差が低減された、再現性の高いデータを得ることが出来ると判断した。

5.地盤反力係数-傾斜角関係および水分特性関係

図-4 に地盤反力係数-傾斜角関係を示す。初期模型地盤を含水比 10% において作成し、傾斜角を変更し重錘落下試験を行うことで地盤反力係数を求めた。傾斜角によらず概略一定の値が得られ、傾斜角を変更しても再現性の高いデータを得られることがわかる。次に同模型地盤に水を撒くことで含水率を増加させ各傾斜角において地盤反力係数を求めた。図-5 に代表的な結果として傾斜角 0° における地盤反力係数-含水率関係を示す。水分センサーによって表面における含水率を求めた。この図から含水率の増加に伴い、地盤反力係数が減少する傾向がみられる。同様の傾向が他の傾斜においても見られた。この結果から水分特性と地盤特性には一義的な相関があり、改良型 FWD を利用した斜面健全度評価の有用性が示唆された。

6.伊都キャンパスにおける改良型 FWD 装置の適用

九州大学伊都キャンパスにおいて重錘落下試験を各箇所につき 3 回ずつ実施した。図-6 に実験位置を示す。A1、A2、A3 における地盤反力係数の平均値は 95600、158900、71250KN/m³であった。図-4 に示す室内実験の結果と比べると約 1/3 ほどの値となった。また、傾斜が大きくなると地盤反力係数は小さくなる傾向を示した。他の斜面においても同様の傾向が見られた。この要因として、傾斜角が大きい斜面ほど締固めを行いつらく、その結果として得られた地盤反力係数が小さくなった可能性が考えられる。

7.結論

斜面の健全度診断システムの確立を目的とし、改良型の FWD を試作し地盤反力係数の計測を行った。得られた知見は以下の通りである。マグネットを利用した発射装置の工夫と加速度計位置を変更することで人為的誤差の入りにくい単純で軽量の FWD 装置に改良することが出来た。また、模擬地盤において含水状態を増加させた場合地盤反力係数が減少する傾向を、改良型重錘落下式変形係数測定装置によって捉えることが出来た。九大伊都キャンパス斜面において重錘落下試験を行ったことにより、屋外でも安定したデータが得られることを確認し、実用化の可能性を示した。

8.謝辞

本研究は独立行政法人科学技術振興機構の平成 19 年度シーズ発掘研究(HAJJ192102)の支援を得て行われたものである。

9.参考文献

- 1)地盤工学会：地盤調査法、第2編,pp29-33,2000
- 2)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/III-58,pp283-292,2002,3
- 3)二宮久、落合英俊、安福規之、大嶺聖、小林泰三：破壊・携帯型の斜面健全度評価システムに関する検討、土木学会西部支部、III-78,pp487-488,2008.3

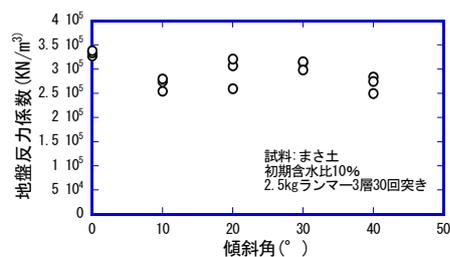


図-4 地盤反力係数-傾斜角関係

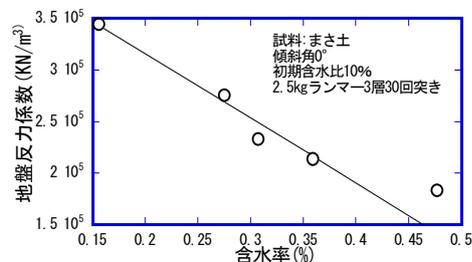


図-5 地盤反力係数-含水率関係

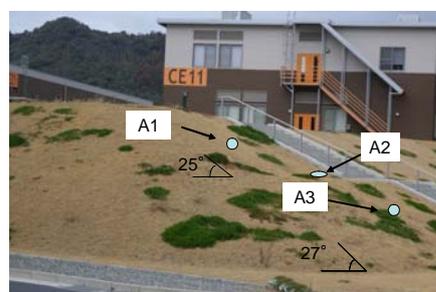


図-6 伊都キャンパスにおける実験位置