

地震時斜面の変位量簡易算定方法に関する妥当性の検討

神戸大学大学院	学	○綿 健太郎
神戸大学都市安全研究センター	正	沖村 孝
神戸大学都市安全研究センター	正	鳥居 宣之
関西電力（株）		村上 岳彦

1. はじめに

著者らはこれまで、地震時斜面の変位量を検討することが重要との考えに基き、簡易算定法である Makdisi & Seed 法（解析手順を図 - 1 に示す）を用いて解析対象地を定め残留変位量を算定し、実際の変位量との関連性について検討を行った¹⁾。その結果、Makdisi & Seed 法による変位量は、実際の被害とは非常に異なる値を示した。その原因として、図 - 2 に示すように、Makdisi & Seed 法の加速度曲線は著者らの結果を満たさないことが考えられた。そこで本報では、Makdisi & Seed 法の妥当性を検討するために、Makdisi & Seed 法の中で、すべり土塊全体に等価に作用すると考えられる等価応答加速度の最大値を定義する曲線である加速度曲線に着目し、高さを変化させた斜面に対して、実地震波および周期の異なる正弦波を入力させた場合の加速度曲線を求め、斜面の規模に依存する斜面の地震時挙動および、Makdisi & Seed 法の加速度曲線との関係について検討を行なった。

2. 本報における解析方法

本報で解析に用いたモデル斜面は上下流方向に断面をとった堤体斜面であり、上流側勾配 1.0:2.0、下流側勾配 1.0:1.8、高さをそれぞれ 10m、30m、50m、90m、150m に定めた 5 種類の堤体（高さ 30m の解析モデルを図 - 3 に示す）である。傾斜、および堤頂幅および材料物性は一般的な値を文献²⁾より定めた。各モデルに対して、等価線形化法に基く地震応答解析を用い、文献³⁾に従い実地震波である El Centro 波形および周期 0.20sec、0.25sec、0.36sec、0.50sec、1.00sec の 5 つの正弦波を最大振幅 0.2g（196gal）に標準化した地震動を入力波形として解析を行なった。なお加速度曲線とは、斜面に仮定されたすべり土塊に作用する地震時慣性力を、その土塊の質量で除すことによって得られる平均化された加速度の時刻歴の最大値（ $k_{max}/\ddot{U}_{max}$ ）を横軸に、縦軸に土塊の深さを斜面高さで除した値（ Y/H ）をとった曲線である。

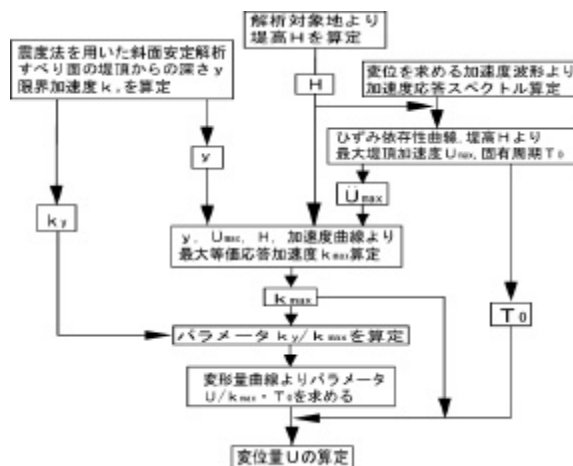


図 - 1 Makdisi & Seed 法の流れ

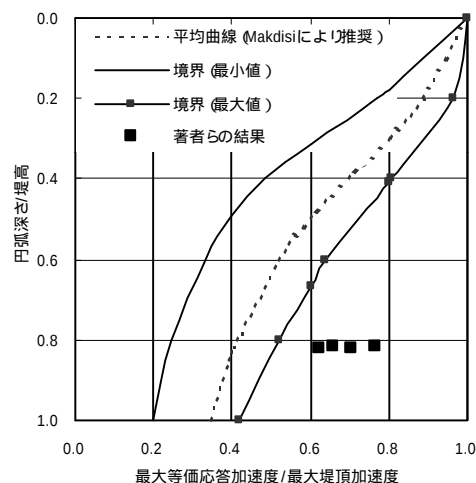


図 - 2 Makdisi & Seed 法の加速度曲線
および著者らのこれまでの結果

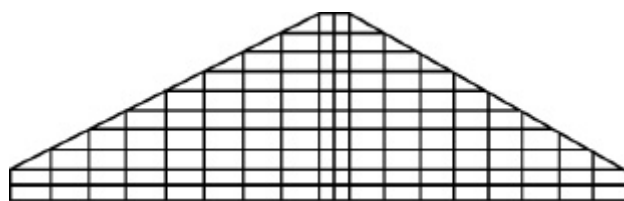


図 - 3 解析モデル（高さ 30m）

3. 解析結果

El Centro 波形を入力した場合に求められた結果を図 - 4 に示す。図 - 4 から、高さ 10m の加速度曲線は、Makdisi & Seed 法の加速度曲線よりも大きな値である。これは、Makdisi & Seed 法の加速度曲線自体、高さ 30m ~ 180m のモデルによる結果であるために一致しない場合も考えられる。堤高 30m ~ 90m のモデルから求められた加速度曲線に着目すると、およそ Makdisi & Seed 法の加速度曲線の最小値 ~ 最大値の曲線の幅内に収まっている。堤高 150m のモデルになると、Makdisi & Seed 法の加速度曲線の最小値よりも全て小さい値であった。以上より、本報において求められた加速度曲線は、Makdisi & Seed 法の加速度曲線に一致しておらず、むしろ堤高に依存して非常に広い範囲のばらつきが見られる結果であった。

次に、各正弦波を入力して同様の解析を行なった際求められた $k_{\max}/\ddot{U}_{\max}$ の値を図 - 5 に示す。図 - 5 より、周期ごとにばらつきはあるものの、全体的な傾向は、斜面の高さが高くなるにつれ $k_{\max}/\ddot{U}_{\max}$ の値は大きい値から小さい値に推移していることがわかる。また、図 - 5 の結果は、Makdisi & Seed 法の加速度曲線の最小値 ~ 最大値の曲線の幅内に収まる値は多少あるものの、そのほとんどは幅外にある。次に図 - 6 に各高さの平均値を取った曲線を示す。Makdisi & Seed 法の加速度曲線の平均値に対して、高さに依存して非常にばらつく傾向が示されている。

4. まとめ

以上より、本報において求められた加速度曲線は、Makdisi & Seed 法の加速度曲線に一致せず、むしろ堤高に依存して広範なばらつきが見られた。このため、Makdisi & Seed 法は、加速度曲線の範囲内に値をとらない堤高が考えられ、Makdisi & Seed 法の加速度曲線をそのまま用いるのは、過度の耐震設計になる場合や、非常に危険側に設計を行ってしまう可能性があると考えられる。そのため、変位量を求めるためには、Makdisi & Seed 法の加速度曲線が堤高に依存した曲線に修正されるか、もしくは斜面の高さ、地震波の周期特性などの要因を考慮することのできる解析手法を用いることが望まれる。一方、これまでの本報で示されたように、斜面の地震時挙動は地盤構造物の固有周期に着目することは非常に重要であると考えられ、以降、変位量の見地より研究を行っていきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 沖村孝, 鳥居宣之, 村上岳彦, 綿健太郎: 堤体における残留変位量と実際の被害との関係, 平成 11 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要, pp.400-401, 1999.
- 2) 土質工学会: フィルダムの調査設計から施工まで, 土質工学会, 1994.
- 3) 松本徳久, 他: フィルダムに作用する地震力およびその簡易推定法, 土木学会論文集 No.459, pp.103-112, 1993.1.

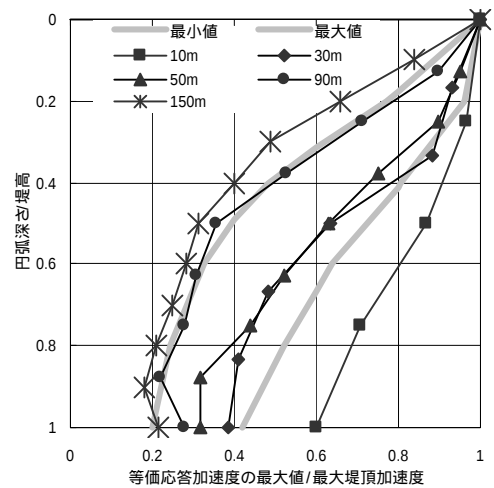


図 - 4 El Centro 波による結果

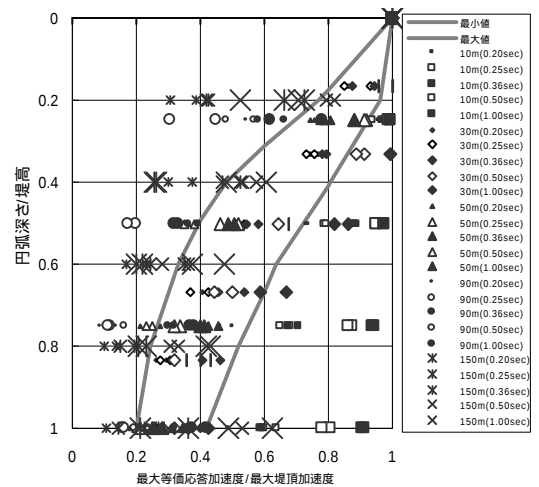


図 - 5 正弦波による結果

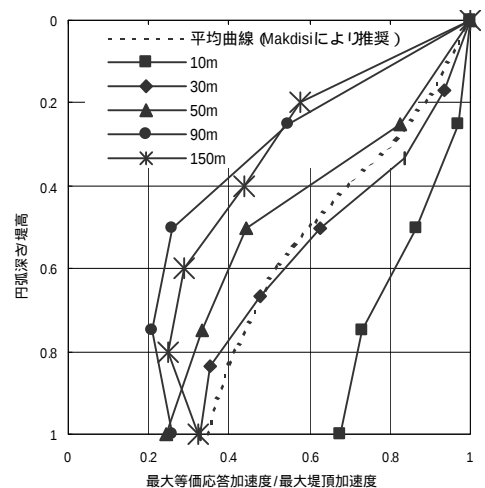


図 - 6 各高さごとの平均曲線