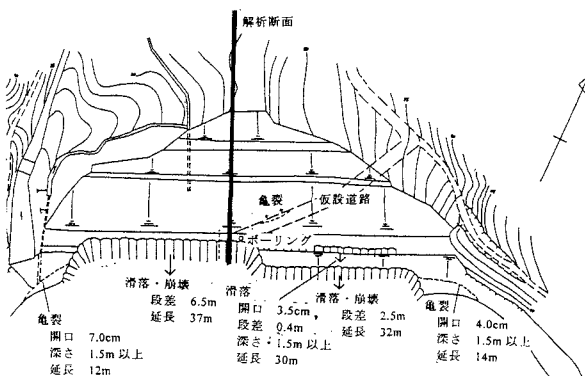


神戸大学都市安全研究センター 正会員 沖村 孝
 神戸大学都市安全研究センター 正会員 鳥居 宣之
 神戸大学自然科学研究科院生 学生員 村上 岳彦
 神戸大学工学部 学生員 ○綿 健太郎

1. はじめに

兵庫県南部地震によって、宅地斜面や堤体斜面では崩壊や変形による被害が生じ、その程度も様々であった。このため、地震時における斜面崩壊の危険性を考慮するためには、変形量を検討することが重要であると考えられる。本研究では、残留変形量を求める方法として、加速度スペクトルを考慮した簡易算定法である Makdisi & Seed 法¹⁾ を用いて残留変形量を算定し、実際の変形量との関連性について検討を行う。また、Makdisi & Seed 法の妥当性についての検討も行う。



2. 解析対象地の概要²⁾

本研究では、図-1に示す兵庫県南部地震によって被害が生じた菅田谷池を解析対象地とした。菅田谷池では、ほぼ全区間で堤頂及び上流側の法面が上流側に向かって滑落・崩壊し、特に左岸側では延長37m区間にわたり堤体のほぼ半分が直線的に崩れ、最大で落差6.5mの崩落崖が形成された。右岸側ではこの延長上とさらに上流側の法面が崩壊し、全体として2列の直線的な滑落・崩壊が起こった。いずれの崩壊面も断層に断ち切られたように直線的であった。図-2に解析に用いる菅田谷池の堤体断面の被災状況を示す。なお、その断面においては約4mの段差が生じた。

図-1 解析対象地

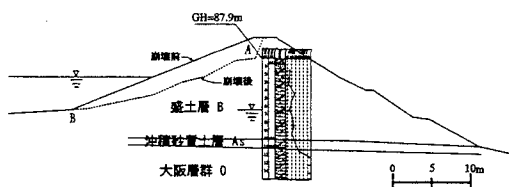


図-2 菅田谷池の堤体断面図

3. Makdisi & Seed 法による解析

Makdisi & Seed 法による解析は、右図(図-3)に示すフローチャートに沿って行う。まず、臨界すべり面および限界加速度を算定するにあたり、本報では、すべり面の形状を円弧すべり面と仮定するので、フェレニウス法における安全率の算定式から臨界すべり面を求める。次に、堤体の最大堤頂加速度 $\ddot{U}_{max}$ および固有周期 T_0 を算定する。ここで用いる加速度応答スペクトルは、神戸大学工学部で観測された地震動加速度波形のデータをもとに算定されたスペクトル(図-4)を用いる。

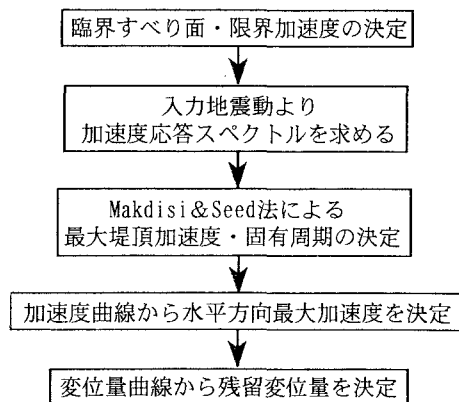


図-3 Makdisi & Seed 法のフローチャート

以上の結果, Makdisi & Seed 法の加速度曲線および変位量曲線(図-5)より残留変形量を読み取る。以上より, 最も危険な場合は 115.30cm と実際の被害(約 4m)には満たないものの, 堤体の崩壊をあらわすには十分な結果が得られた。

4. Makdisi & Seed 法の検討

Makdisi & Seed 法の検討を行うために加速度曲線に着目する。堤体およびその周辺部(モデルⅠ), Makdisi & Seed 法の加速度曲線に準じて堤体部分のみ(モデルⅡ), およびモデルⅡと堤体真下の地盤の影響を比較する為のモデル(モデルⅢ)の3つの解析モデルから, SuperFLUSH(2次元有限要素解析プログラム)を用いて加速度曲線を求める。また, 加速度曲線は各モデルの中心部, 臨界すべり面近傍, および堤体全体における水平方向最大加速度分布の平均値の3つの場合から求めた。以上より求められたモデルⅠにおける加速度曲線を図-6に示し, Makdisi & Seed 法の加速度曲線を同図中に示す。以上より Makdisi & Seed 法の加速度曲線は堤体下部で過小の側を示すことがわかった。

また, 同じすべり面において Newmark 法で算定した残留変形量は 0.72cm と, 実際の被害および Makdisi & Seed 法の結果と比較して非常に小さな値となった。よって, 堤体において残留変形量を算定するには, Newmark 法を用いるよりも Makdisi & Seed 法を用いる方がより実際の被害に近い結果を得ることができたとと言える。

5. まとめ

Makdisi & Seed 法の加速度曲線および変位量曲線は, 数多くの解析結果をもとに Makdisi が経験的に求めた曲線である。しかし, 実際の解析例は少なく本研究でもその妥当性を問われる結果となった。よって今後, 数多くの堤体を解析対象地とし, 解析対象地の地盤条件, 堤高, 堤長, 入力地震動など様々な条件を変えた解析を行い, その結果をもとにさらに加速度曲線および変位量曲線を検討する必要があると考えられる。

【参考文献】

- 1) Makdisi, F.I. and Seed, H.B.: Simplified procedure for evaluating embankment response, Journal of the geotechnical engineering divisions, ASCE, Vol.105, No.GT12, pp.1427-1434, 1979
- 2) 内田一徳: 大震災に学ぶ, 第Ⅰ巻, Vol. 1, pp.208-212, 土木学会関西支部, 1998

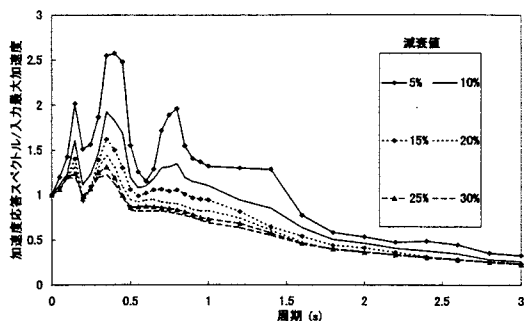


図-4 加速度応答スペクトル

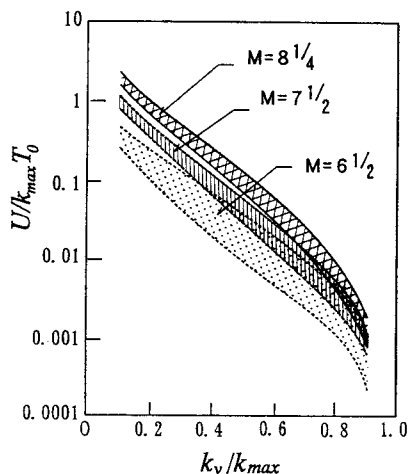


図-5 変位量曲線

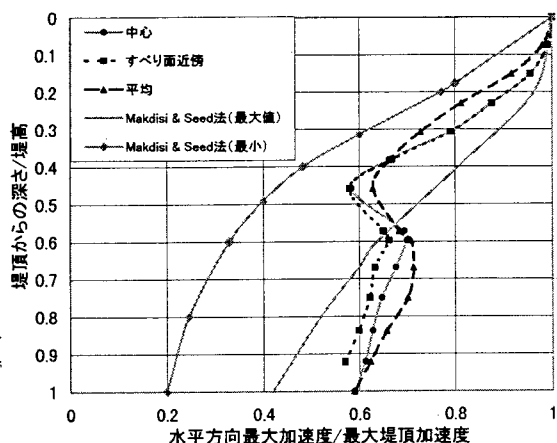


図-6 モデルⅠの加速度曲線