

III-430

地盤物性値の不確定性を考慮した地震時斜面安定性評価

中部電力(株)土木建築部 正員 藍田正和 鈴木英也
清水建設(株)大崎研究室 正員 〇鈴木 誠 黒田英高

1. まえがき

地震時の斜面安定性評価には、入力地震動や地盤物性値の不確定性が影響する。著者らは、震度法による静的解析で感度分析を行ない、斜面安定性評価に大きく影響を与える地盤物性値の不確定性を検討した¹⁾。その結果、斜面の安定性にはせん断強度(粘着力や内部摩擦角)が最も影響するが、一般的に変動係数の大きさを考えると弾性係数も重要なパラメータであることがわかった。また、動的解析では弾性係数の不確定性が応答加速度にも影響するので、動的解析の安全率の不確定性は静的解析の不確定性よりも大きくなることが懸念される²⁾。そこで、確率有限要素法を用いた動的解析を行ない、せん断弾性係数の不確定性に対する斜面安定性評価への影響度を検討する。

2. 解析方法と解析条件

解析モデルは図-1に示す斜面とする。モデルでは側方にエネルギー伝達境界を、下端に粘性境界を用いる。入力地震動は、水平方向に最大加速度480galの人工地震波とする。地盤物性値は3種類に分類し、表-1に示す値とする。また、せん断弾性係数は正規確率場に従うと仮定し、変動係数を0.2とする。空間分布特性を表す自己相関関数は、斜面に平行方向には相関性が強く、直角方向には相関性が弱い次のモデルとする。

$$\rho(\Delta x, \Delta y) = \exp \left[- \left\{ \left(\frac{\Delta x \cos \theta + \Delta y \sin \theta}{a} \right)^2 + \left(\frac{-\Delta x \sin \theta + \Delta y \cos \theta}{b} \right)^2 \right\} \right]$$

ここで、 $\Delta x, \Delta y$ はそれぞれ水平・鉛直方向の距離を示す。またパラメータ a, b は、相関係数が $c^1=0.368$ となる距離を表しており、 θ は基準座標 x, y からパラメータ a, b を用いる角度である。ここでは、 $a=100.0\text{m}, b=20.0\text{m}, \theta=-20^\circ$ と仮定し、各土層間の相関性は考慮しない。さらに、地盤の減衰定数は一律3%とする。

解析フローは、20回のモンテカルロ・シミュレーションによる動的解析の結果から円弧すべり面の安全率を算定し、その最小安全率の平均と変動を検討する。ここで、円弧すべり面は固定している。また、比較のためにせん断弾性係数の平均値を用いた安全率も算定する。

3. 解析結果

安全率の平均値の経時変化を図-2に、せん断弾性係数の平均値を用いた安全率経時変化を図-3に示す。両者にほとんど差はない。また、20回のシミュレーションから求めた最小安全率のヒストグラムを図-4に示すが、平均値は1.40で、変動係

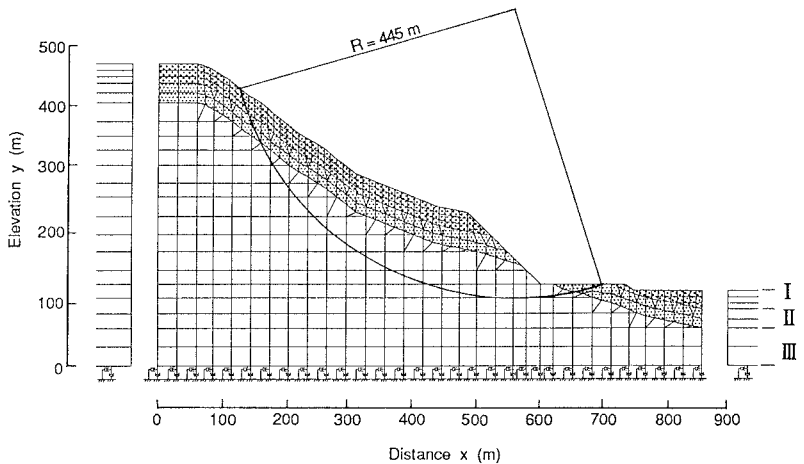


図-1 解析モデル

表-1 地盤物性値

地盤分類	せん断弾性係数 (tf/m ²)	ポアソン比	単位体積重量 (tf/m ³)	粘着力 (tf/m ²)	内部摩擦角 (°)
I	0.88×10^5	0.35	2.4	10	37
II	3.0×10^5	0.35	2.5	10	40
III	9.8×10^5	0.35	2.6	20	43

数は0.01と非常に小さい。ここで、せん断弾性係数の平均値を用いたときの最小安全率も1.40となり、安全率の平均値はせん断弾性係数の平均値を用いた結果で代表させることができることがわかった。文献2)で示したように、最大応答加速度の変動係数が0.02～0.23とかなり大きな変動係数となる節点も存在するが、円弧すべりの安全率は発生応力の平均的な値であることから、その変動係数は相当に小さくなる。すなわち、せん断弾性係数の変動係数が0.2と大きくても、円弧すべりの安全率の変動係数は大きくならない。図-5は、地盤の弾性係数の変動係数を0.2としたとき、水平震度0.48による静的解析の安全率と動的解析の最小安全率の分布を正規分布と仮定して示したものである。静的解析の安全率の分布は、文献1)による安全率の標準偏差を用いた。この図より、静的解析の安全率の平均値は動的解析の安全率の平均値に比べて小さく、逆に変動係数は大きい。さらに、安全率1.0を限界状態とすると動的解析の安全性指標は24.7となり、静的解析の安全性指標0.2に対して相当に高い安全性を有する結果となった。

4. まとめ

動的解析による斜面安定性評価では、せん断弾性係数の不確定性が応答加速度にも影響することから、静的解析よりも安全率の不確定性が大きくなることを危惧したが、せん断弾性係数の変動係数を0.2としても最小安全率の変動係数は0.01と、非常に小さくなることがわかった。また、せん断弾性係数の不確定性を考慮した場合の安全率の平均値は、せん断弾性係数の平均値を用いた安全率で代表させることができることがわかった。

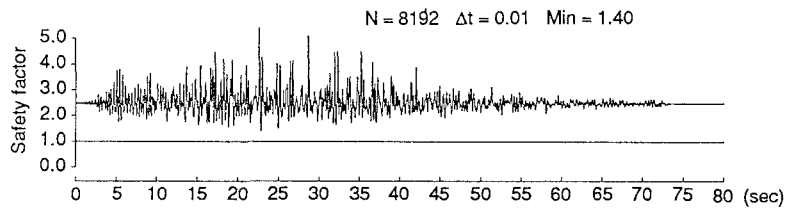


図-2 安全率の平均値の経時変化

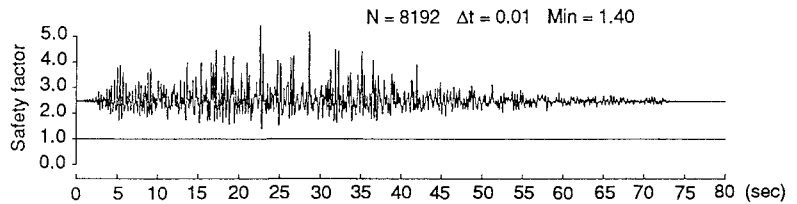


図-3 せん断弾性係数の平均値による安全率の経時変化

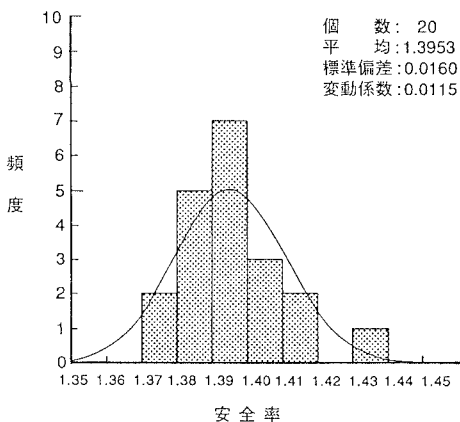


図-4 最小安全率のヒストグラム

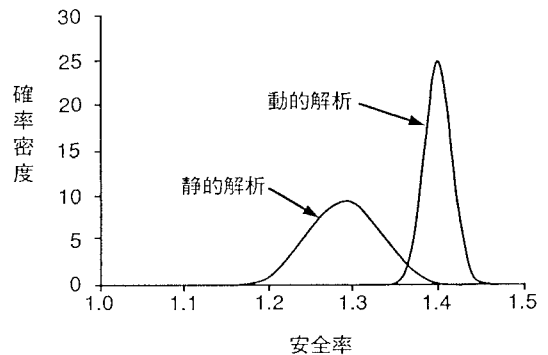


図-5 安全率の分布

参考文献

- 1) 藍田正和・鈴木英也・石井清・鈴木誠：地震時斜面安定性に関する材料物性値の感度分析,土木学会年次学術講演会, III-437, pp.948～949, 1989.
- 2) 藍田正和・鈴木英也・石井清・鈴木誠：地盤物性値の不確定性を考慮した斜面の地震時応答解析, 土質工学研究発表会, 1990.