

実規模斜面へのせん断ひずみ指標による 地震時安定性評価手法の適応性検討

日本大学工学部 学生会員 ○菅澤 完 正会員 中村 晋

1. はじめに

地震時における斜面の安定性評価は、これまで想定されるすべり面上での作用力と抵抗力の釣り合いにより得られるすべり安全率と過去の経験に基づくその限界値との比較により実施されてきた。1995年兵庫県南部地震以降、1Gを上まわるような強震動を観測する地震が多く発生し、斜面内のすべり安全率が一瞬でも限界値を超える可能性が多くなり、すべり安全率が限界値を下回る状態が斜面の崩壊に至る状態、つまり斜面の不安定化に対応していることを確認することが必要となった。斜面の不安定化に至るせん断破壊が生じる状態を安定限界とし、その状態を評価する手法として、近年、粒子法の一つである Material Point Method(MPM) を用い、地盤内の最大せん断ひずみの変化に着目したすべり破壊の可能性の評価方法が提案された。その手法は非線形地震応答解析より得られるせん断ひずみの発達領域にて崩壊が生じるという現象を考慮しているという特徴を有し、一連の 1G 場での斜面模型の振動台試験へ適用し、その適用性が明らかとなった。しかし、実斜面への適応性については解明されていない。

ここでは、その手法の実斜面への適用性の検証と、崩壊確率の評価に必要なフラジリティ特性の評価を試みる。

2. MPMを用いたせん断ひずみ指標に基づく斜面安定限界の評価手法

累積最大せん断ひずみの変化に基づいてすべり破壊の可能性を評価するための既に提案されているフローを図-1に示す。まず、すべり破壊の発生する状態は、すべり破壊領域が局在し始め、それが連なりすべり面を形成し、その面上の土塊が動き始める状態と定義する。その状態変化時の累積最大せん断ひずみを限界値とし、MPMを用いて評価する。まず、対象とする地盤材料の応力-ひずみ関係をきいていする弾塑性構成モデルのモデルパラメータを設定する。モデルパラメータの設定①は、三軸圧縮試験により得られた強度特性、さらに応力-ひずみ関係との適応性を踏まえて実施する。累積最大せん断ひずみの限界値の設定②は、一面せん断試験を実施し、MPMにより一面せん断試験から得られたせん断応力-変位関係の再現解析の適応性を確認し、すべり破壊の発生する状態に変化する累積最大せん断ひずみとして設定する。最後に、MPMを用いた斜面の地震応答解析より、設定したすべり面を形成する可能性のあるせん断ひずみの大きな領域内に複数の平均累積最大せん断ひずみの評価要素より得られた値と限界値との比較によりすべり破壊の評価③を行う。

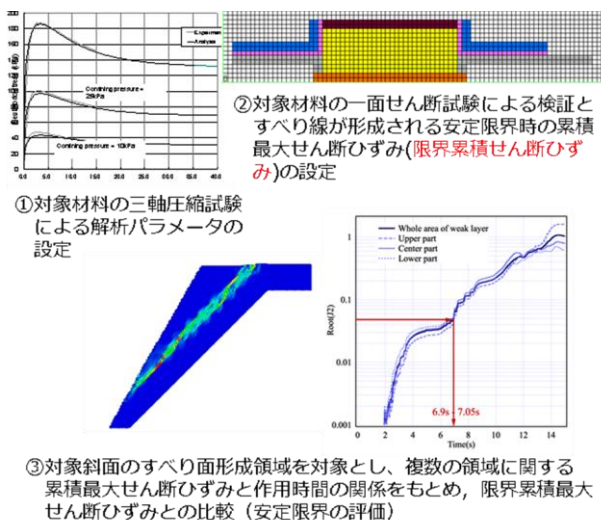


図-1 平均最大せん断ひずみに基づく評価フロー

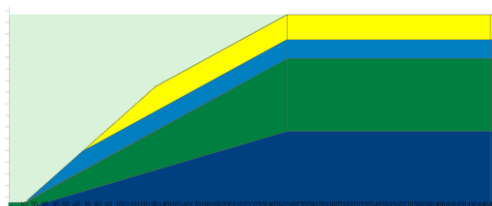
3. 実斜面モデルおよび解析条件

まず、図-2に解析に用いる実規模の斜面モデルを示す。図に示すよう高さ 160m の斜面であり、最表の D 級層から最下の CH 級層まで 4 層構成であり、表-1に各層の平均強度の特性を示す。フラジリティ評価に必要な強度特性の不確実さとして、変動係数を 0.4 とした。また、フラ

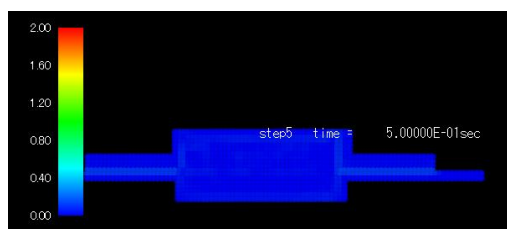
ジリティ評価にはそれを評価するための地震動の考え方に従い、仮想地点における年超過確率が 10^{-4} 、 10^{-5} 、 10^{-6} 、さらにSs対応の一樣ハザードスペクトルへの適合地震波を用いた。

表－１ 各層の平均強度特性

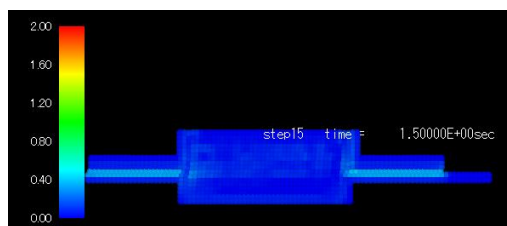
項目		単位	岩 盤			
			D級相当	CL級相当	CM級相当	CH級相当
ピーク強度	粘着力 C_p	MPa	0.23	0.46	1.39	1.86
	内部摩擦角 ϕ_p	度	23.2	37.1	41.8	46.4
	引張強度 σ_t	MPa	0.16	0.31	0.93	1.23
残留強度	粘着力 C_r	MPa	0.00	0.00	0.00	0.00
	内部摩擦角 ϕ_r	度	23.2	37.1	41.8	46.4
初期せん断弾性係数 G_0		MPa	464	669	3900	10213



図－２ 解析モデル

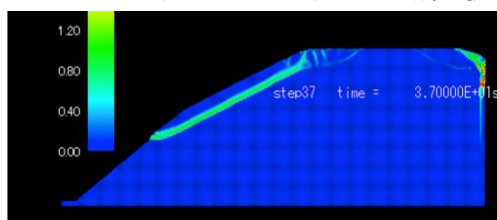
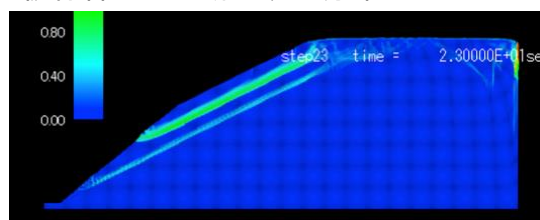


a) 0.5s 後

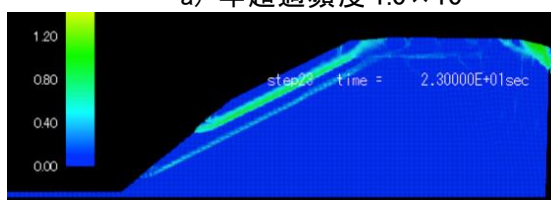
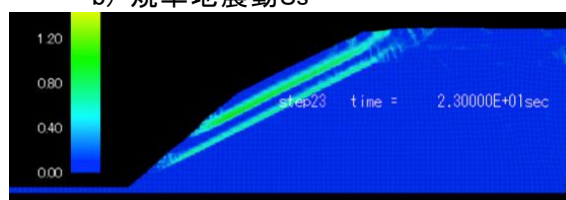


b) 1.5s 後

図－３ 一面せん断試験によるD級材料のせん断ひずみ分布

a) 年超過頻度 1.0×10^{-4} 

b) 規準地震動Ss

c) 年超過頻度 1.0×10^{-5} d) 年超過頻度 1.0×10^{-6}

図－４ 年超過確率に応じたせん断ひずみ(100%) 発達領域の比較

４．限界せん断ひずみの評価のためのMPMによる一面せん断試験

D級の対象材料を用いた一面せん断試験により得られた土要素のせん断ひずみ分布を図－３に示す。ここで、一面せん断試験における土要素の大きさは、図－２における斜面の解析モデルの格子間隔が2.0mであることから、その間隔を基本格子とし、一面せん断試験の幅と高さの比が同じとなるように幅36m、高さ12mを材料部分のモデルとした。今後、滑動変位の生じる限界ひずみの評価を実施する予定である。

５．フラジリティ評価用地震動に対する応答性状

地震動に対する平均地盤物性に対する応答解析により得られる斜面内に形成されるすべり面に対応すると考えられるせん断ひずみ(100%)の発達領域の比較を図－４に示す。これより、年超過確率 10^{-4} の地震動に対しては最表層のD級とその下のCL級斜面の境界にせん断ひずみの発達が生じている。Ssに対しては法肩部で若干せん断ひずみ領域が広がっている。年超過確率 10^{-5} に対してはD級とCL級の境界のみならずCL級底面にもせん断ひずみの発達領域が現れている。 10^{-6} に対してはCL級底面にも明確なせん断ひずみの発達領域が現れている。ここで得られたせん断ひずみ発達領域を対象に崩壊確率の評価を実施する予定である。