

Ⅲ - A114

粘土地盤上の盛土の動的遠心模型実験（その7）

一静的強度を用いた円弧すべり計算による検討一

建設省土木研究所 正会員 ○島津多賀夫 松尾 修

// // 田本 修一

1. まえがき

粘土地盤上の盛土の耐震安定性の評価には、一般的に静的強度を用いた円弧すべり計算法を用いる場合が多い。本報は、粘土地盤上盛土の動的遠心模型実験¹⁾²⁾を対象に、静的強度を用いた円弧すべり計算を行い、その適用性について検討した結果を報告する。

2. 計算方法

計算は、文献1)からM1、M3（それぞれ以下M1-1、M1-3とする）、文献2)からM1、M2、M3（それぞれ以下M2-1、M2-2、M2-3とする）を対象に計算を行った。モデル図を図1に示す。モデル化は重力場に換算した。表1にそれぞれの模型の特徴及び使用した物性値について示す。M1-1,3の地盤は、五日市粘土を用い、サーチャージを行って遠心加速度50Gで圧密して作成した。一方、M2-1,2,3の地盤は、荒川粘土を用い、サーチャージせずに遠心加速度50Gで圧密して作成した。また、地盤作成後、盛土を築造し、M1-3を除いて盛土荷重による圧密が終了後に加振を行った。一方、M1-3では盛土築造後直ちに加振を行い盛土荷重による圧密は未終了の状態に加振を行った。なお、M2-2,3では改良体を地盤作成後に設置した。地盤の強度は地表面ではサーチャージおよび盛土上載圧による粘着力が発揮されるとして、深度方向に強度増加を考慮した。地表面の粘着力 c_0 は、サーチャージまたは盛土の有効上載圧に強度増加率を乗じて求めた。なお、M1-3は、盛土荷重による圧密は未終了であることから、盛土地盤の強度は水平地盤と同じとした。計算式には(1)式を用いた。

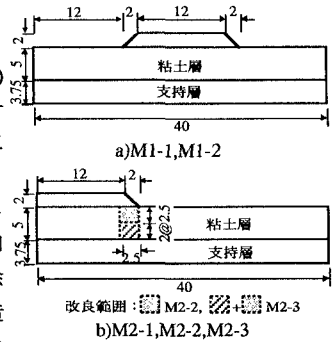


図1 モデル図

表1 ケースの特徴と物性値

$$F_s = \frac{R \Sigma (c_0 + c_u / p' \cdot \sigma_v') \cdot l}{\Sigma (R \cdot W \sin \alpha + y \cdot k_h \cdot W \cos \alpha)} \quad \dots (1)$$

ここで、 R :円弧半径、 c_0 :地盤地表面における粘着力、 c_u/p' :強度増加率、 σ_v' :スライス底面における有効上載圧、 l :スライスの円弧長、 W :スライスの重量、 α :スライス底面のなす角、 y :円弧中心から重心までの鉛直距離、 k_h :震度である。なお、盛土にはテンションクラックを設定した。

3. 計算結果

図2に震度と安全率および加振による盛土直下地盤の累積沈下量の関係を、図3に累積沈下量と安全率の関係を示す。このとき、沈下量に対応する震度は、台加速度を重力加速度で除したものをを用いた。 $k_h=0$ （常時）のとき、M1-3の安全率は1以下となっているが、他のケースでは1以上となっている。M1-3は、加振前、遠心載荷した段階でかなり変形し、他方、その他のケースでは、加振前にほとんど変形していない。このことから、少なくとも常時では、安全率と変形は対応しているといえる。また、震度が増加すると安全率は減少し、沈下量は増加する。安全率と沈下量の関係は、M1-3を除けば、おおそ1.5程度で沈下が生じはじめている。また、安全率と沈下量の関係には、地盤材料の違いや改良体の有無にかかわらず、ある程度の相関が見られる。許容変形量をゼロとすれば限界安全率は約1.5となり、通常設定される許容安全率1.0あるいは1.2では危険側の評価となる。仮に盛土高の10%程度の沈下を許容しても良いとすれば約1.0となるが、許容沈下量としては大きすぎ、総じて計算安全率は大きすぎると言えよう。また、沈下量と安全率の相関がある程度あることは、静的強度を用いた計算による安全率と被災の程度が直接的に結びつけることができる可能性を示している。なお、M1-3では他のケースに比べて、同じ沈下量に対し安全率はかなり小さいが、先述したように遠心載荷した時点で変形したため、変形した状態での計算を行えば安全率は大きくなり、他のケースの関係に近づくと考えられる。

ケース	粘土	地盤厚 (m)	盛土高 (m)	サーチャージ (tf/m ²)	盛土荷重による圧密	地表面での粘着力 c_0 (tf/m ²)	強度増加率 c_u/p'
M1-1	五日市粘土	5	2	0.9	圧密終了	水平地盤0.35 盛土地盤1.23	0.39
M1-3	"	5	2	0.7	未圧密	水平地盤0.35 盛土地盤0.35	0.39
M2-1	荒川粘土	5	2	0.0	圧密終了	水平地盤0.00 盛土地盤1.88	0.52
M2-2	"	5	2	0.0	"	水平地盤0.00 盛土地盤1.88	0.52
M2-3	"	5	2	0.0	"	水平地盤0.00 盛土地盤1.88	0.52

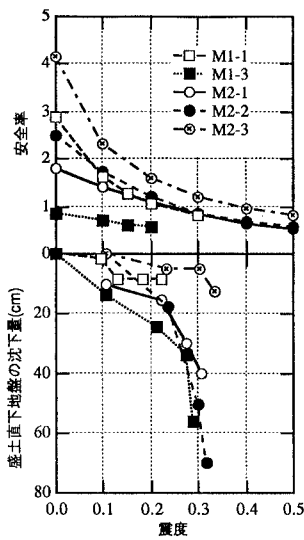


図2 安全率、地盤の累積沈下量と深度の関係

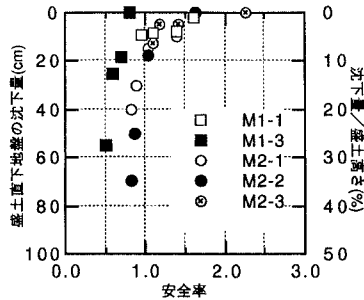


図3 安全率と沈下量の関係

に、応答加速度を単純に一様分布の震度として作用させれば安全率は小さくなる。しかし、応答加速度の位相差があることを考慮すると、震度は小さくなる場合があり、そのときの安全率は大きくなる。また、実地震では不規則な波形であり、今回のような20波の正弦波を与えた場合に比べて、同じ最大加速度を震度として与えても、不規則波の方が沈下量は小さくなると考えられる。したがって、静的強度を用いた場合に、どのような震度を用いればよいかは、今後、さらに検討の必要がある。

(2) 強度の設定方法

強度については速度効果を考えると、60Hzといった高周波数の場合は、粘土の強度は速度効果により大きくなると考えられ、これを考慮すれば、安全率は大きくなる。

次に、対策工の設計法に用いることの可能性について検討する。図5にM1-1、M2-1、M2-2の最小安全率となる円弧を示す。同じ無対策であっても、サーチャージによって地盤表面に粘着力 c_0 が発揮されるM1-1では、震度が大きくなるほど、円弧は地盤の深い部分を通るのに対し、M2-1のように正規圧密状態で地表面には強度のない場合には震度が大きくなっても円弧は地盤の浅い部分を通る。M2-1と同地盤で改良体のあるM2-2では、改良体があることにより円弧は深くなり、改良体の下端を通る円弧となる。また、図2に示すように、M2-2の安全率は無対策のM2-1に比べ大きくなる。しかし、ここでM1-1に対策を行った場合について考えると、もともと無対策において地盤の深い部分を円弧が通ることから、対策を行ったものであっても、無対策時の円弧内に改良体があれば安全率は変わらない。このことから、円弧すべり計算は対策工による耐震効果を適切に評価できない場合がある。

4. まとめ

1) 今回の計算では、安全率と沈下量の間に一定程度の相関が見られた。しかし、静的強度を用いた円弧すべり計算の適用性を明らかにするためには、震度や強度の大きさの設定法も含めて検討する必要がある。

2) 円弧すべり計算は、対策工による耐震効果を適切に評価できない場合がある。

最後に、計算にご協力を頂いた(株)東京ソイルリサーチの森誠二氏に謝意を表す。

参考文献: 1) 島津ら: 粘土地盤上の盛土の動的遠心模型実験, 土木学会第51回年次学術講演会, 第3部, pp.266~267, 1996.9., 2) 田本ら: 粘土地盤上の盛土の動的遠心模型実験(その2), 第32回地盤工学研究発表会, 1997.7.

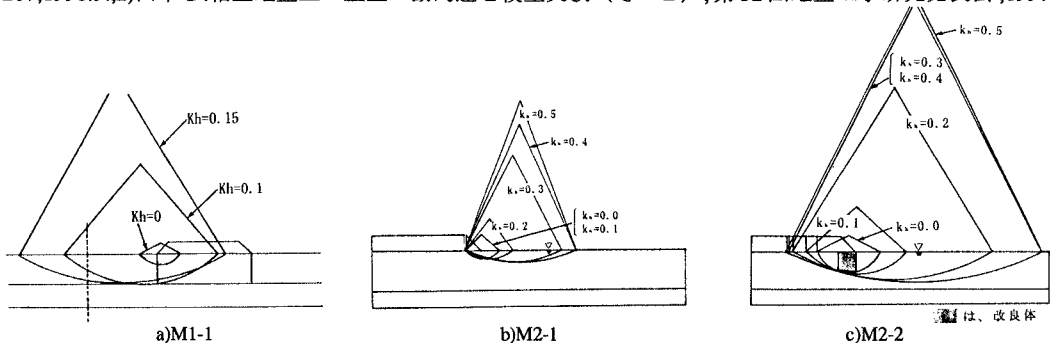


図4 最小安全率を示す円弧