

第Ⅲ部門

円弧すべり法による道路盛土の安定性評価に関する検討

大阪大学大学院工学研究科	学生員	○江川祐輔
大阪大学大学院工学研究科	正会員	常田賢一
大阪大学大学院工学研究科	正会員	小田和広
建設技術研究所道路交通部	正会員	岡嶋義行

1. はじめに

2004 年新潟県中越地震の発生以来、道路盛土に対する耐震対策の必要性が指摘されている¹⁾など。従って、地震時の道路盛土の安定性を適切に評価することが重要であるが、最も一般的な解析法である円弧すべり法は、盛土内における加速度(震度)の増幅を考慮しておらず、その精度に関して向上が望まれている。本検討では、等価線形解析に基づく盛土内の応答加速度分布を反映させた円弧すべり計算を実施し、その結果に基づき、円弧すべり法による安定性の評価に関して考察を行う。

2. 解析手法

筆者らが実施した 30G 場の動的遠心模型実験²⁾におけるケース1(平坦地盤モデル)、2(傾斜地盤モデル)を解析対象とする。実験における盛土模型を、それぞれ図-1, 2 に示す。模型盛土は不飽和なDLクレイからなる。円弧すべり計算式は道路土工のり面工・斜面安定工指針³⁾による。計算式を式(1)に示す。

$$F_s = \frac{\sum \{c \cdot l + (W - u \cdot b) \cos \alpha \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha} \quad (1)$$

ここに、 F_s :安全率 c :粘着力(kN/m²)

ϕ :内部摩擦角(°) l :スライスで切られたすべり面の長さ(m)

W :スライスの全重量(kN/m) u :間隙水圧(kN/m²) b :スライス幅(m)

α :すべり面の中点とすべり面の中心を結ぶ直線と鉛直線のなす角(°)

解析モデルを図-3 に示す。縮尺は実験における盛土模型を相似則に基づき実測換算している。本検討では盛土内における震度分布を考慮し、要素ごとに震度を与える。各要素の震度は、Base の震度に各要素の応答比を乗じて算出した。各要素の応答比は、要素を構成する節点の応答比の平均値としており、これは等価線形解析において法肩の応答が最大時における各節点の加速度を、同時刻の Base における計測加速度で除すことで算出した。等価線形解析に関して、破壊発生以前の状況を良好に再現しており、本検討で用いる応答比の分布は、実験におけるすべり発生の前段階の加振(最大入力加速度 ケース1:350gal, ケース2:490gal)をシミュレートした結果に基づいている。図-4, 5 に等価線形

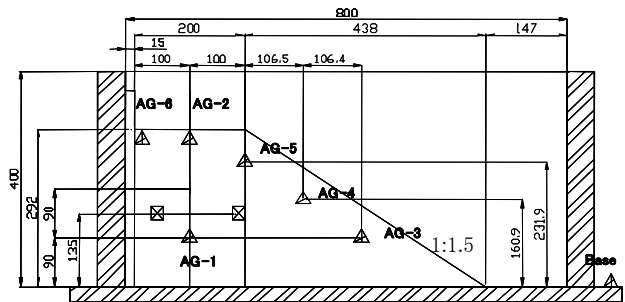


図-1 実験(ケース1)における盛土模型 (単位: mm)

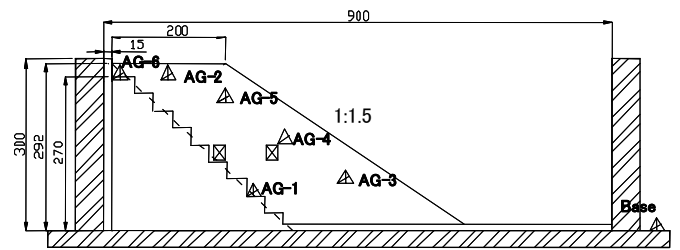


図-2 実験(ケース2)における盛土模型 (単位: mm)

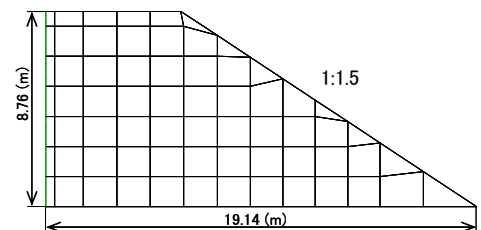


図-3 解析モデル

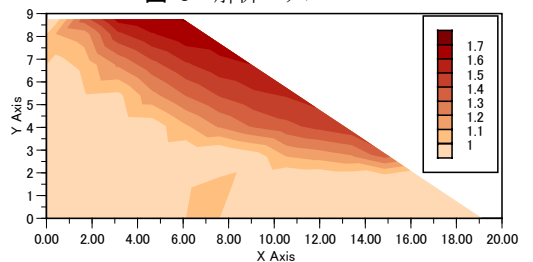


図-4 応答比の分布(ケース1)

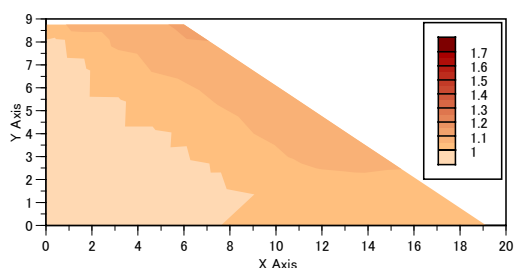


図-5 応答比の分布(ケース2)

解析によるケース1, 2の応答比の分布を示す。尚, 円弧すべり計算において, 各スライスの重心における震度をスライス全体に働く震度と見なす。解析パラメータを表-1 に示す。 γ_t は実験における実測に, 強度定数は三軸試験に, それぞれ基づいている。表-2 に解析に用いるすべり破壊の発生の前段階の加振, および発生時の加振における Base 震度を示す。これは, 実験時の Base における計測最大加速度を重力加速度で除すことで算出した。

表-1 解析パラメータ

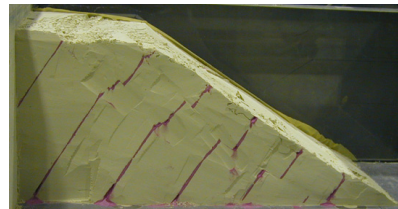
実験ケース	γ_t (kN/m ³)	c (kN/m ²)	ϕ (deg)
ケース1	15.5	22.0	36.3
ケース2	15.8		

表-2 Base の震度

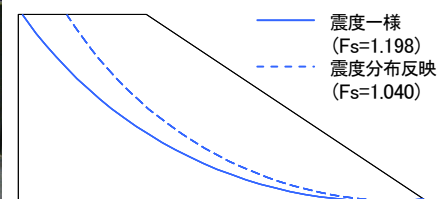
実験ケース	すべり発生前段階	すべり発生時
ケース1	0.36	0.53
ケース2	0.50	0.61

3. 解析結果

ケース1, 2における実験時のすべり破壊の状況, および解析によるすべり発生時の震度における最小安全率すべり面とその安全率を, それぞれ図-6, 7(a),(b)に示す。図-6 より, 盛土内の震度分布を反映することで, 解析による推定すべり面が実験におけるすべり面に近づく傾向がわかる。



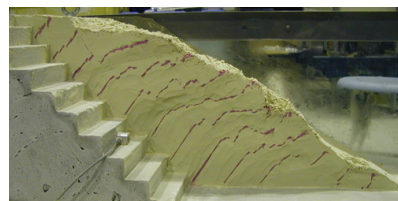
(a) 実験におけるすべり破壊状況



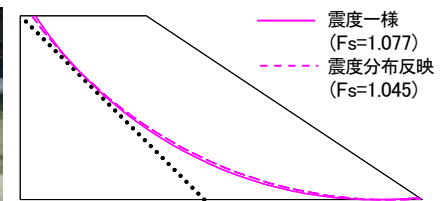
(b) 解析による推定すべり面

図-6 実験, 解析におけるすべり面 (ケース1)

一方, 図-7 において, 同様の傾向が見られない。これは, ケース2の応答比の分布において, ケース1程度の明確な増幅傾向が見られないためと考えられる。また, 図-7, 8 より, 解析による推定すべり面は, 実験におけるすべり面より総じて深い傾向がわかる。尚, 筆者らは, 本検討と同様の解析法において, すべり面の位置の推定にはピーク強度よりも残留強度を用いる方が適切と示唆されたことを指摘しており⁴⁾, 今回の検討はピーク強度に用いているため, それと矛盾しない。



(a) 実験におけるすべり破壊状況



(b) 解析による推定すべり面

図-7 実験, 解析におけるすべり面 (ケース2)

それぞれの場合におけるすべり発生前段階, およびすべり発生時のそれぞれの震度に対する安全率を図-8 に示す。震度分布を反映させた場合, すべり発生時の震度に対して, ケース1, 2ともに安全率が 1.2 を大きく下回っており, 実験におけるすべり破壊の発生を概ね適切に表現していることがわかる。応答比の分布に関して, すべり発生直前の状態をより適切にシミュレートしたものを用いることで, 安定性の評価精度が向上すると考えられる。

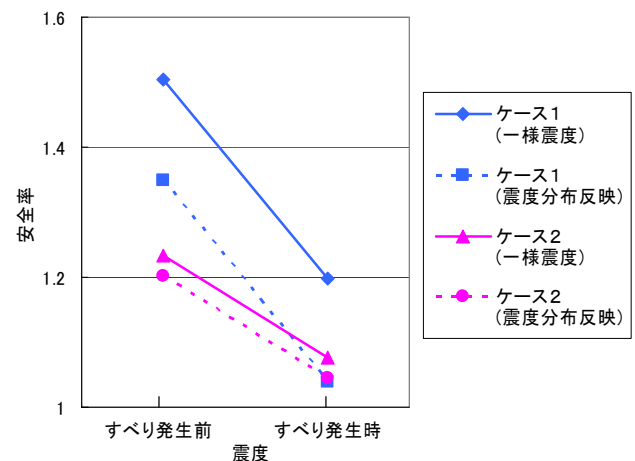


図-8 安全率の推移

4. おわりに

円弧すべり法に対し等価線形解析に基づく震度分布を反映させることで, すべり破壊に対する安定性を概ね適切に評価できた。また, すべり面の位置に関して, 実験に近づく傾向が見られたものの, 総じて深く, 適切に表現することができなかった。本検討で用いた解析法によるすべり面の位置の推定には, 残留強度を用いることが適切と考えられる。

参考文献

- 1) 常田他: 新潟県中越地震における道路施設の被害水準と道路機能の特性, 土木学会地震工学論文集, 第28巻, 2005.
- 2) 吉野他: 道路盛土のすべり破壊に関する遠心模型実験, 第 41 回地盤工学研究発表会(投稿中), 2006.
- 3) (財)道路協会: のり面工・斜面安定工指針, 1999.
- 4) 江川他: 円弧すべり法による道路盛土のすべり破壊の評価方法に関する検討, 第 41 回地盤工学研究発表会(投稿中), 2006.