

1. はじめに

盛土に対する通常の安定計算法では、すべりに対する安全率を計算して盛土が「滑る」か「滑らない」かを判定する。しかし、レベル 2 のような大地震に対して盛土を設計する際、滑動を許さない方法を用いると不経済になることが否めない。そこで、筆者らは、盛土の機能上差し支えない範囲で盛土の滑動を許す立場の設計法が必要になると考え、これまでに、均一地盤に対するニューマーク法と変分法を用いた盛土の地震時残留変位量の予測手法を示した¹⁾。

本報告では、法枠による補強効果を表現するために、その補強効果を盛土法面における上載荷重でモデル化して計算手法を再構築し、上載荷重が限界水平震度および盛土天端の地震時残留変位量に及ぼす影響を検討した。

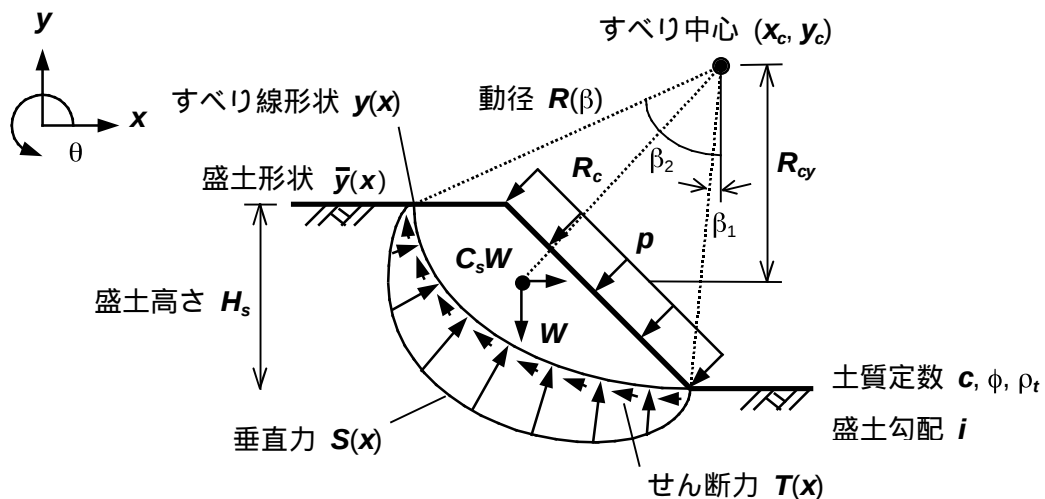


図1 ニューマーク法と変分法による計算方法の説明図

2. 法枠の補強効果を考慮した盛土地震時残留変位量の計算方法

残留変位量の計算方法は、Leshchinsky ら²⁾の方法に法枠の補強効果をモデル化した盛土法面における上載荷重 p を導入して再構築した(図1)。この計算方法では、まず、盛土に作用する水平震度 C_s を未知数、すべり線形状 $Y(X)$ およびすべり線上に作用する垂直力 $S(X)$ を未知関数として、鉛直方向、水平方向の力のつり合い式(1)、(2)、モーメントのつり合い式(3)を求める。式(1)～(3)で $F_s=1$ とおくと、水平震度 C_s は $Y(X)$ および $S(X)$ の汎関数となり、補汎関数 G を極小化すれば、すべり線形状 $Y(X)$ 、垂直力分布 $S(X)$ 、限界水平震度 C_{sy} が求められる。変分法によって補汎関数 G に対する Euler の方程式を求めれば、 $Y(X)$ および $S(X)$ に関する微分方程式(5)、(6)が得られ(結局、上載荷重がある場合でも前報²⁾で示した方程式と同じ形になる)、これらの解を式(4)に代入することにより C_{sy} が求められる。ここで、次に地震加速度を与え、水平加速度が $C_{sy}g$ を上回る間に発生するモーメントのつり合い分が土塊の滑動に寄与すると考え、式(7)に基づき角加速度を求めて時間 t について積分すれば、計時的な盛土の変位量を計算することが可能である。

キーワード：動的、盛土、すべり破壊、残留変位、ニューマーク法

連絡先：245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術研究所 Tel. 045-814-7236, Fax. 045-814-7253

$$H = \int_{\beta_1}^{\beta_2} h d\beta \dots (1) \quad V = \int_{\beta_1}^{\beta_2} v d\beta \dots (2) \quad M = \int_{\beta_1}^{\beta_2} m d\beta \dots (3)$$

ここに, $h = C_s(\bar{Y} - Y) + SY\phi - (N_m + S\Psi_m) - P_m \sin(i)$, $v = (\bar{Y} - Y) - S - (N_m + S\Psi_m)Y\phi + P_m \cos(i)$,

$$m = (\bar{Y} - Y) \left\{ (X - X_c) + \frac{1}{2} C_s (2Y_c - \bar{Y} - Y) \right\} - (N_m + S\Psi_m) \left\{ (Y_c - Y) + Y\phi(X - X_c) \right\} + S \left\{ Y\phi(Y_c - Y) - (X - X_c) \right\} - P_m \sin(i)(Y_c - \bar{Y}) + P_m \cos(i)(\bar{X} - X_c)$$

$$N_m = \frac{c}{F_s} \frac{1}{\gamma H_s}, \quad \Psi_m = \frac{\tan\phi}{F_s}, \quad P_m = \frac{p}{F_s} \frac{1}{\gamma H_s}, \quad X = \frac{x}{H_s}, \quad Y = \frac{y}{H_s}$$

$$G = \int_{\beta_1}^{\beta_2} g d\beta = \int_{\beta_1}^{\beta_2} h + \lambda_1 v + \lambda_2 m d\beta; \min G = 0 \dots (4) \quad \text{ここに, } \lambda_1, \lambda_2 \text{ は Lagrange の未定定数}$$

$$\frac{d}{dX} \frac{\partial g}{\partial Y\phi} - \frac{\partial g}{\partial Y} = 0 \dots (5) \quad \frac{d}{dX} \frac{\partial g}{\partial S\phi} - \frac{\partial g}{\partial S} = 0 \dots (6)$$

3. 計算条件および計算結果

法枠の補強効果をモデル化した盛土法面における上載荷重 p の影響を検討するために, 計算条件は盛土材料を単位体積重量 $\rho_t=1.9\text{tf/m}^3$, 粘着力 $c=0.5\text{tf/m}^2$, 内部摩擦角 $\phi=30^\circ$, 盛土高さ H_s を 10m, 盛土勾配 i を 1 : 1.5, とし, 上載荷重 p を 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 tf/m^2 と変化させた. ここで, コンクリートの単位体積重量 2.3 tf/m^3 とすると, 一般的な法枠 (スパン 100cm $\diamond$ 幅 15cm $\diamond$ 枠高 15cm) による補強効果は上載荷重 $p=0.1\text{tf/m}^2$ に対応すると考えた. また, 入力地震動は振幅 294gal, 周波数 1.0Hz, 20 波の正弦波とした.

図 2 に上載荷重 p と限界水平震度 C_{sy} の関係を, 図 3 に上載荷重 p と盛土高さ H_s に対する盛土天端の残留変位量 δ_v , δ_h の関係を, それぞれ示す. これらの図から上載荷重 p が増加すると, 限界水平震度 C_{sy} は増加して, 残留変位量 δ_v , δ_h は減少するという結果が得られた. 特に法枠のある場合 ($p=0.1\text{tf/m}^2$) は, 法枠のない場合と比較して残留変位量が 7%程度減少しており, 盛土法面における上載荷重でモデル化した, 法枠の補強効果が良く表現できていると考えられる.

4. まとめ

今回, ニューマーク法と変分法による盛土の地震時残留変位計算法を用いて, 法枠による補強効果のパラメータスタディを行い, 法枠による補強効果は本計算手法で表現可能であることが分かった. さらに, 法枠のみでもそれなりの補強効果はあるが, アンカーとともに用いられるのが一般的であるため, 今後はアンカーによる補強効果を計算手法に導入していく予定である.

参考文献 1)樋口雄一・宇野浩樹・末岡徹: ニューマーク法と変分法による盛土の地震時残留変位量の予測, 第 54 回土木学会年次学術講演会, 1999, pp.422 ~ 423. 2)Ling, H and Leshchinsky, D: Seismic Performance of Simple Slopes, Soil and Foundations, Vol. 35, No. 2, pp. 85 ~ 94, 1994.

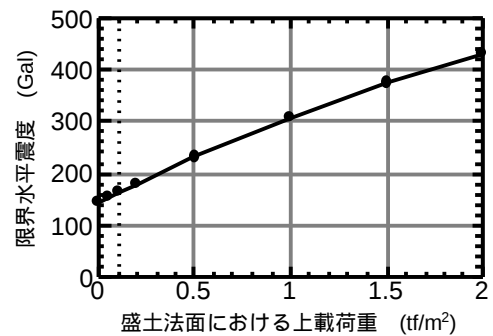


図2 上載荷重 p と限界水平震度 C_{sy} の関係

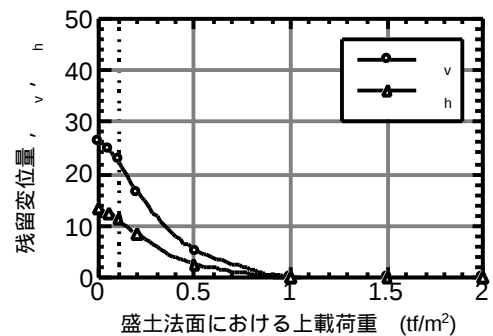


図3 上載荷重 p と盛土残留変位量の関係