

地盤強度の不均質性を考慮した盛土の地震時変位算定に関する研究

神戸市立工業高等専門学校	正会員	山下 典彦
神戸大学工学部（元神戸高専学生）	学生会員	○竹内 健造
東北大学大学院工学研究科	正会員	風間 基樹

1. はじめに

盛土構造物の耐震設計は、地震動による慣性力を静的な力に置き換えて作用させる震度法によって行われている。しかし、安全率を主な指標とする震度法を用いた耐震設計では、地震後の盛土の状態を評価できないことは言うまでもない。本研究では盛土構造物の破壊を、地震後のすべり土塊の変位によって評価する。その際、現行の設計では均質であると仮定されている地盤の不均質性を考慮するため、モンテカルロシミュレーションによる手法を用い、地盤の不均質性が盛土構造物のすべり変位に与える影響について検討する。

2. 解析手法

図-1 に、本研究で用いた解析フローを示す。まず、 c および ϕ を中心とする斜面を構成するデータを入力し、盛土の安定に大きな影響を与える地盤の強度定数(粘着力 c および内部摩擦角の正接 $\tan \phi$)に注目し、地盤の不均質モデルを表現した。 c および $\tan \phi$ の関係を、式(1)で表される同時正規確率密度関数に従う2次元正規乱数を用いて表し、解析においては、式(2)に示す変動係数によって地盤の不均質性の度合を表現した。次に、図-2 に示されるモーメントの釣り合いから、すべり土塊部分の滑動モーメント M_D および抵抗モーメント M_R の釣り合いを考えると、 $R_{cg}^2 m_2 \ddot{\theta} = M_D - M_R$ の運動方程式が得られる。時刻歴応答計算を行うにあたって、盛土全体を1質点系と見なし入力地震動に対する応答を求め、その応答に対してすべり土塊部分の応答をNewmark法により計算した¹⁾。これらの過程を繰り返し、モンテカルロシミュレーション²⁾を行った。

3. 数値解析結果

図-3 に示す解析モデルを対象とし、入力地震動は兵庫県南部地震の神戸海洋気象台のNS成分を用いた。また、モンテカルロシミュレーションの繰り返し回数は安定した変位の分布が得られる1000回とした。地盤のばらつきを表す強度定数の変動係数 V については求めることができないので、 $V = 0.0, 0.1, 0.2, 0.3$ の4ケースを想定し解析を行った。相関係数についても同様に $\rho = -0.5$ とした。

図-4 に、変動係数を変化させた場合のすべり面形状を、斜面高さ H で正規化し示している。 $V = 0.0$ の場合、地盤が均質であるので、すべり面は1つだけ求まる。図からも分かるように、地盤のばらつきが大きくなるにつれて、すべり面形状のばらつきも大きくなり、地盤の不均質性が盛土の破壊形状に影響を与えることが分かった。図-5 に、変動係数を変化させた場合の変位の時刻歴を示す。実線が各変動係数の残留変位が最大になった場合で、破線が最小になった場合のすべり変位の時刻歴である。 $V = 0.0$ の場合、残留変位は2.53(m)となった。 $V = 0.1$ では、最大残留変位 2.62(m)、最小残留変位 2.49(m)、残留変位差 0.13(m)、 $V = 0.2$ では、最大残留変位 2.86(m)、最小残留変位 2.46(m)、残留変位差 0.40(m)、 $V = 0.3$ では、最大残留変位 3.44(m)、最小残留変位 2.39(m)、残留変位差 1.05(m)となり、地盤のばらつきが大きくなるにしたがって、変位のばらつきも大きくなった。図-6 は、残留変位と変動係数の関係を示したものであり、変動係数の増加にともない特に残留変位が大きい方向に地盤のばらつきによる影響が生じていることがわかる。図-7(a)は、入力地震動の最大振幅を調整し、最大残留変位と入力最大加速度の関係、図-7(b)は、平均残留変位と入力最大加速度の関係を示したものである。残留変位の分布は正規分布になるので、図-7(b)では変動係数による変化はないが、図-7(a)では、入力最大加速度が変化するにつれ残留変位が大きくなり、特に $V = 0.3$ の場合、残留変位の増加の割合が顕著になっていることがわかる。

4. まとめ

本研究では、地盤の不均質性が地震時の盛土構造物の残留変位に与える影響について、モンテカルロシミュレーションによる手法を用いて解析を行った。その結果、地盤の強度定数の変動係数が増加するにつれて残留変位が大きくなり、盛土構造物の安定性に悪影響を与えることが確認された。

キーワード 斜面安定, 信頼性解析, Newmark法

連絡先: 〒651-2194 神戸市西区学園東町8丁目3番地, TEL.078-795-3267, FAX.078-795-3314

参考文献 1)Hamid Reza RAZAGHI,Eiji YANAGISAWA,Motoki KAZAMA:AN APPROACH TO SEISMIC PERMANENT DISPLACEMENT OF SLOPES,J.Geotech.Eng.,JSCE,No.659/ -52,1-16,2000. 2)山下典彦,田中博文:地盤の不均質性を考慮した小段付き盛土の地震時破壊挙動に関する研究,地震工学論文集,Vol.27(115),pp.1-8,2003.

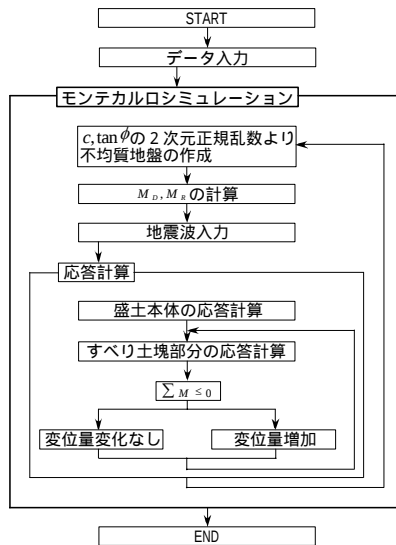


図-1 解析フロー

$$f_{c|\tan\phi}(c|\tan\phi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_c\sqrt{1-\rho^2}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left\{\frac{c-\mu_c-\rho(\sigma_c/\sigma_{\tan\phi})(\tan\phi-\mu_{\tan\phi})}{\sigma_c\sqrt{1-\rho^2}}\right\}^2\right] \quad (1)$$

$$V_i = \frac{\sigma_i}{\mu_i} \quad (i = c, \tan\phi) \quad (2)$$

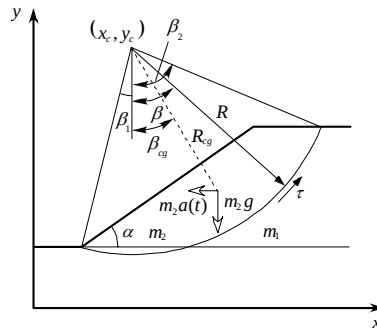


図-2 モーメントの釣り合い

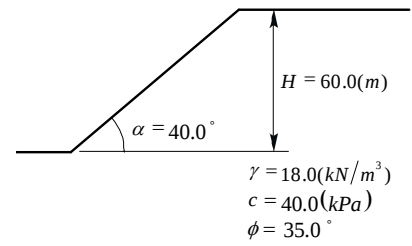


図-3 解析モデルの断面

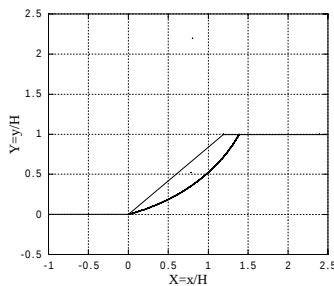
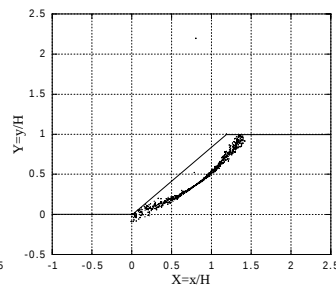
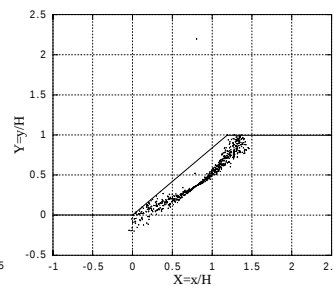
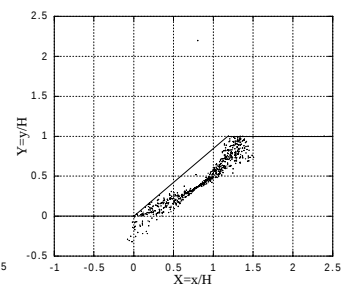
(a) $V = 0.0$ (b) $V = 0.1$ (c) $V = 0.2$ (d) $V = 0.3$

図-4 変動係数を変化させた場合のすべり面形状のばらつき

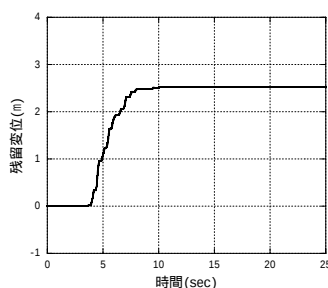
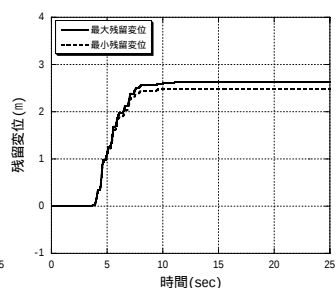
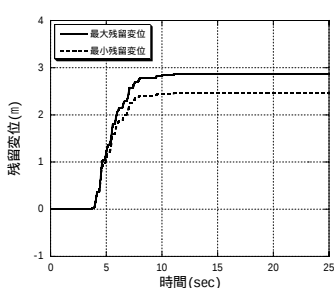
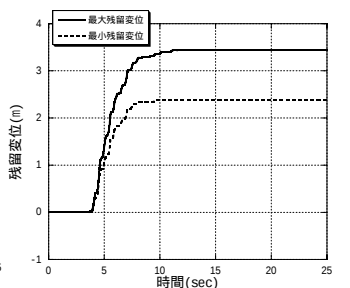
(a) $V = 0.0$ (b) $V = 0.1$ (c) $V = 0.2$ (d) $V = 0.3$

図-5 変動係数を変化させた場合の残留変位のばらつき

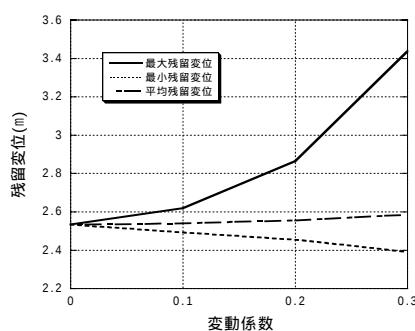
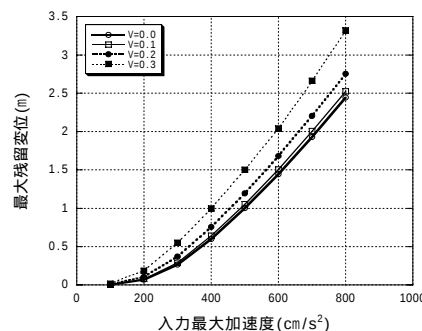
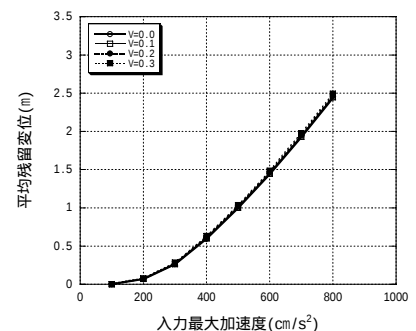


図-6 残留変位と変動係数



(a) 最大残留変位



(b) 平均残留変位

図-7 残留変位と入力最大加速度