

弾塑性極限解析に基づく盛土の水平耐力の向上に対するのり尻効果

大阪大学大学院 学生員 ○谷村 浩輔

大阪大学大学院 学生員 吉野 智紀

大阪大学大学院 正会員 小田 和広

大阪大学大学院 正会員 常田 賢一

大阪大学大学院 学生員 江川 祐輔

1. はじめに

2004 年新潟県中越地震では、山間部における多数の道路盛土が災害した．その結果，多くの集落が孤立することとなった．このような道路がネットワークとして整備されていない地域では，現在の道路が唯一のライフラインである．したがって地震時においては，その機能を劣化させることはあっても，喪失させることはあってはならない．すなわち道路盛土の耐震性の向上が必要である．ところで，既存道路盛土の耐震性の向上においては，できるだけ供用を維持したまま，盛土の改良工事ができることが望ましい．そのためには，盛土天端付近よりも，のり面，特にのり尻に対して工事を行い，それによって盛土全体の耐震性を向上させる改良原理の開発が必要である．本研究では，筆者らが提案する弾塑性極限解析手法によって，盛土の水平耐力およびすべり線の位置に対するのり尻付近の改良効果について検討を行う．

2. 数値解析の概要

本研究では，弾塑性有限要素法に基づく極限解析法を用いた．本解析法では，降伏関数として Drucker-Prager の基準を用い，非関連流れ則を適用している．弾塑性計算においては，解析の安定を図るためリターンマッピング法¹⁾を用いた．さらに，変位の制御方法として超球面型拘束条件²⁾による弧長増分法を用いた．

解析では，まず，初期状態を決定するために自重解析を行う．その後，盛土内の加速度応答パターンを仮定し，その応答パターンに応じて水平方向に加速度を与える．盛土全体の変位を制御しながら加速度を増加させることで盛土の水平耐力と最終的な変形状態を得る^{3),4)}．なお，本解析手法により，盛土の動的安定挙動に関する遠心模型実験における終局変形状態を再現できることがわかっている^{3),4)}．

解析モデルは，盛土の動的安定挙動に関する遠心模型実験⁵⁾に基づいている．図1は解析モデルと境界条件を示している．図1中の，のり尻付近の茶色部分が改良域を示している．改良体は弾性体としてモデル化した．表1は解析パラメータを示している．改良体の弾性係数は盛土本体の100倍とした．盛土本体の c' と ϕ' については，三軸試験におけるピーク時の値を用いたケース

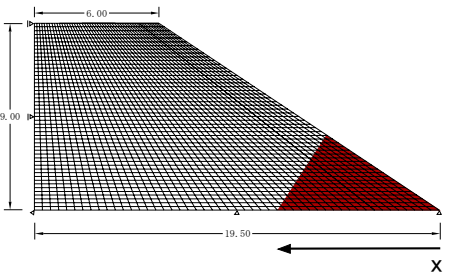


図1 解析モデルと境界条件

(Case-1)とすべり線の位置が一致するように調整したケース(Case-2)である．ここで，二種類のパラメータのセットを用いたのは，Case-1 のパラメータは，水平耐力を Case-2 のそれは，すべり線の位置を適切に表現するからである^{3),4)}．また，Case-2 における c' および ϕ' は三軸試験における残留時の値よりも小さい．

表1 解析パラメータ

	E_0	ν	c'	ϕ'
盛土本体	2.50×10^4	1/3	$2.2 \times 10^{-1}(\text{Case-1})$	$36.3(\text{Case-1})$
			$7.3 \times 10^{-2}(\text{Case-2})$	$31.0(\text{Case-2})$
改良体	2.50×10^6	1/3	$2.2 \times 10^{-1}(\text{Case-1})$	$36.3(\text{Case-1})$
			$7.3 \times 10^{-2}(\text{Case-2})$	$31.0(\text{Case-2})$

$E_0(\text{kgf/cm}^2)$:弾性係数

ν :ポアソン比

$c'(\text{kgf/cm}^2)$:粘着力

$\phi'(\text{deg})$:内部摩擦角

本研究では、改良体の大きさが水平耐力とすべり線の位置におよぼす影響について検討する。表 2 は解析ケースを示している。改良体の大きさは、図 1 における x の値によって評価する。なお、本研究では盛土内の水平震度は一様に分布するものとして解析を行う。

3. 解析結果

図 2 は最大水平震度(K_h)と x の関係を示している。解析シリーズ Case-1 および Case-2 とともに、改良範囲が大きくなるほど K_h が増大しており、水平耐力の向上が図られている。また、今回の解析では、 K_h と x の関係はほぼ線形となった。但し、その傾きは、シリーズ Case-1 の方が Case-2 と比べて大きい。ここで、Case-1 と Case-2 の違いを強度の違いによるものと考えるなら、大きな強度を持つほどのり尻の改良による水平耐力の向上効果は大きいものと考えられる。

図 3 は Case-2-0 における解析の最終段階でのせん断ひずみの分布を、図 4 は Case-2-4 におけるそれを示している。図中、緑色が濃いほど発生するせん断ひずみが大きいことを意味している。図 3 と図 4 を比較すると、図 4 の方がすべり線の盛土天端における到達位置が盛土の中心の方に移動している。ここで、盛土天端には道路が存在することから、すべり線の到達位置が盛土中心に移動することは、道路に対する影響範囲が拡大することを意味している。他の解析ケースもほぼ同様の結果が得られた。

4. まとめ

- 1) のり尻付近を改良することにより、盛土の水平耐力は向上する。また、改良域の増大に伴い、最大水平震度(K_h)は増大する。
- 2) のり尻付近を改良することにより、すべり線の位置は変化する。但し、改良体を大きくすると、盛土端におけるすべり線の位置は盛土の中心軸の方に拡大する。

謝辞

本研究では、国土交通省道路局「道路政策の質の向上に資す技術研究開発」の研究助成を得て実施されたものである。

参考文献

- 1) Simo, J. C. et al, 1986, A return mapping algorithm for plane stress elastoplasticity, Int. J. for Num. Meth.in Eng., Vol.22, pp.649-670.2) Crisfield, M.A., 1991, Non-linear finite element analysis of solid and structures, Vol.1, John Wiley & Sons.3) 谷村他, 2006, 道路盛土の地震時性能評価に対する弾塑性極限解析手法の適用性, 4) 谷村他, 盛土の地震時安定解析に関する遠心模型実験に対する弾塑性極限解析の適用, 平成 18 年度土木学会関西支部年次学術講演会(投稿中) 2006, 5) 吉野他, 2006, 道路盛土の滑り破壊に関する模型実験, 第 41 回地盤工学研究発表会(投稿中)

表 1 解析ケース

Case-1-0	改良前基本ケース
Case-1-1	X=390cm
Case-1-2	X=585cm
Case-1-3	X=780cm
Case-1-4	X=975cm
Case-2-0	改良前基本ケース
Case-2-1	X=390cm
Case-2-2	X=585cm
Case-2-3	X=780cm
Case-2-4	X=975cm

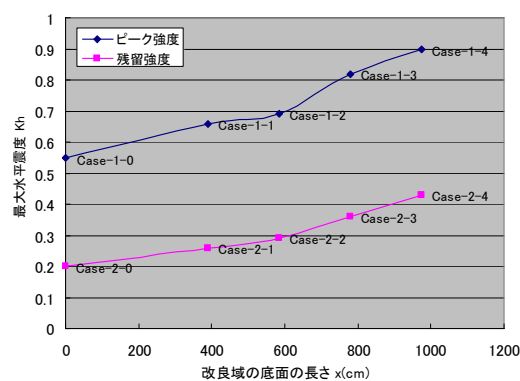


図 2 最大水平震度と改良域の底面の長さの関係

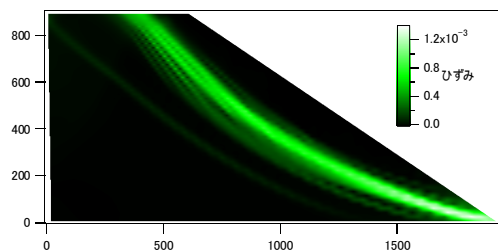


図 3 最終段階での線断ひずみ分布(Case-2-0)

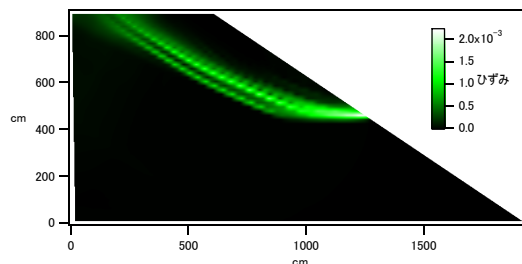


図 4 最終段階でのせん断ひずみ分布(Case-2-4)