

# 既設盛土の地震時に有効な対策工の数値解析的検討

泥岩 地震応答解析 盛土

中日本高速道路株式会社 国際会員 ○稲垣 太浩 北村 佳則  
名古屋大学 国際会員 中野 正樹 酒井 崇之  
学生会員 福田 雄斗 工藤 佳祐

## 1. はじめに

近年、大規模地震によって盛土が崩壊する事例が多く見られ、来る南海トラフ巨大地震に対して、既設盛土の耐震性向上は重要な課題となっている。また、既設盛土に対する有効な対策工については、力学的にどの対策工が有効であるのかについての検討は不十分である。そこで、本研究では既設の傾斜地盤上盛土を対象にいくつかの種類の対策工をモデル化し、地震時変形解析を実施することにより地震時に有効な対策工を数値解析的に検討する。解析は既設盛土のゆすり込み沈下からすべり破壊までくまなく表現できる GEOASIA<sup>1)</sup>を用いた。また、既設盛土が経年後にスレーキングすることを見込んだうえで対策工を検討しなければならないことから、対象としている盛土は前報の泥岩 B、締固め度 95%、スレーキング後のケースとした。このケースは、前報において最も地震時の変形が大きかったケースである<sup>2)</sup>。

## 2. 対象としている対策工とそのモデル化

解析条件については、前報と同じであるため、ここでは、対策工とそのモデル化について示す。図-1 に本研究で対象としている対策工を示す。対策工は5つであり、①鉄筋挿入工、②押え盛土工、③のり面保護工、④鉄筋挿入+押え盛土工、⑤のり面保護工+鉄筋挿入工である。鉄筋挿入工については、図-1の赤線のように長さ5mの鉄筋を1mピッチで挿入したケースを想定しており、鉄筋の両端にある2節点の変位が変わらない束縛条件を課すことにより鉄筋をモデル化した<sup>3)</sup>。押え盛土工については、礫を想定した水～土二相系弾塑性体として、高さ1mの有限要素を6回追加することによりモデル化した<sup>4)</sup>。のり面保護工については、コンクリートを想定した一相系弾塑性体として、高さ1mの有限要素を追加していくことによってモデル化した。コンクリートの材料定数については、ヤング率 $2.2 \times 10^4 \text{MPa}$ 、ポアソン比0.17、単位体積重量 $22.6 \text{kN/m}^3$ とした。なお、本解析は二次元平面ひずみ条件で行っており、のり面保護工として、のり枠工(F600)を想定しているため、ヤング率や単位体積重量を曲げ剛性や重量が等価になるよう値を修正した。

## 3. 解析結果

図-2 に地震終了時におけるせん断ひずみ分布を示す。また、表-1 に右のり肩の水平変位(右側を正とする)および沈下量を示す。右のり肩が最も変位が大きいため、右のり肩に着目したが、のり面保護工については、右のり肩の変位が小さいため、右のり肩付近の最も変位が大きかった節点における変位を示す。押え盛土工については、右のり尻のひずみは減少しているが、右のり肩の水平変位および沈下量が変わっていない。これは、のり尻以外のひずみの大きさが変わっていないためである。特に、地盤と盛土の境目におけるひずみが軽減できていない。また、押え盛土のないのり面については、無補強と同様にはらみ出しがみられる。鉄筋のみの場合、無補強と比較してのり面付近の要素については、ひずみが軽減できている。また、のり尻におけるひずみも軽減できた。右のり肩における変位量は無補強と比較して軽減できている。しかし、盛土と地盤の境目のひずみは、鉄筋が届いていないため、50%以上のひずみが発生している。のり面保護については、盛土の右のり肩における変位量を半分以下に軽減できている。また、のり面がはらみ出すこともなく、盛土形状を概ね維持している。押え盛土工や鉄筋挿入工と比較して、地盤と盛土の境目のひずみも小さく、今回想定した3つの対策工の中では、のり面保護工が最も盛土の耐震性を高くできることがわかった。押え盛土+鉄筋挿入については、単に鉄筋挿入する場合よりも右のり肩における変位量が大きくなってしまった。鉄筋のみの場合よりも、のり尻におけるひずみが大きくなっていることが原因として挙げられる。また、のり面保護+鉄筋挿入したケースについては、今回解析を行ったケースの中では、最も右のり肩における変位が小さく、無補

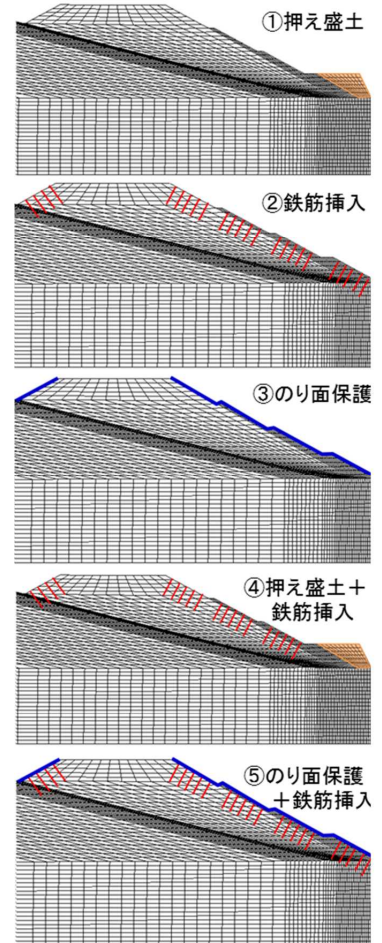


図-1 想定した対策工

表-1 地震直後の右のり肩における変位

	水平変位	沈下量
無補強	4.0m	2.2m
押え盛土	4.0m	2.2m
鉄筋のみ	2.2m	1.2m
のり面保護	1.5m	1.0m
押え盛土+鉄筋	2.9m	1.5m
のり面保護+鉄筋	1.2m	0.5m

強時の 1/3 以下に軽減できている。また、盛土と地盤の境目のひずみも一番小さかった。以上より、1つの工法だけではなく、様々な工法を組み合わせることにより、より盛土の耐震性が高くなることがわかった。

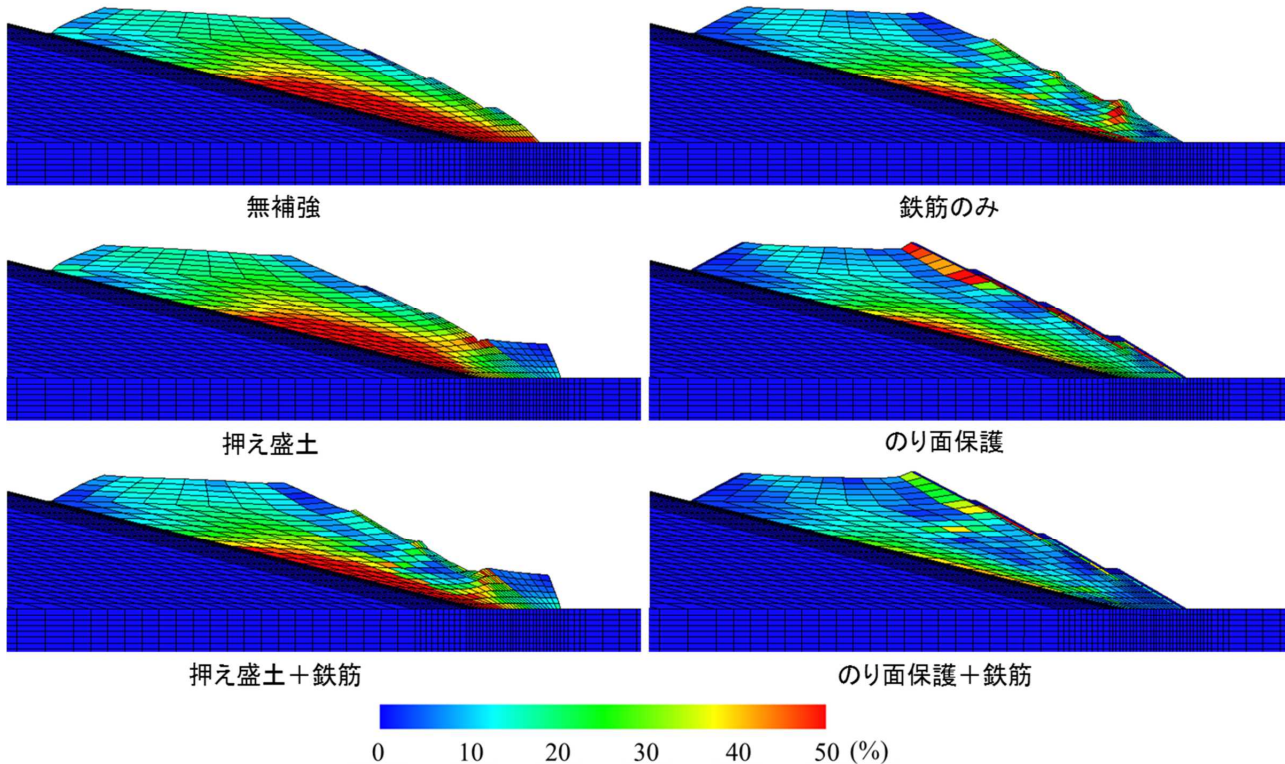


図-2 せん断ひずみ分布

図-3 は、第二のり面における応答加速度を示す。のり面に対策を施すと応答加速度が小さくなる。特にのり面保護工については、加速度が 1/5 程度まで軽減されており、このことが、変形が小さくなった要因の 1 つとして考えられる。

#### 4. 結論

本報では、傾斜地盤上に造成された既設盛土を対象に、いくつかの対策工を施し、地震応答解析を実施することで、どの対策工が最も効果的であるのか数値解析を通して示した。

- 1) 鉄筋挿入工，押え盛土工，のり

面保護工の中でのり面保護工が最も耐震性に優れており、右のり肩における変位は 1/2 以下に軽減される。押え盛土工は、のり尻のひずみの抑制には効果的であるが、盛土と地盤の境目のひずみは軽減できておらず、無対策と右のり肩の変位はあまり変わらない。また、鉄筋挿入工は、盛土と地盤の境目まで鉄筋が届いていないため、盛土と地盤の境目の変形を抑制できなかった。

- 2) のり面保護工を施すことで、のり面の応答加速度が小さくなる。このことが、盛土の地震時の変形を小さくした要因の 1 つとして考えられる。
- 3) 対策工による加速度の増幅を抑制する効果を評価できる GEOASIA は、対策工の検討をする上で有効であることがわかった。

参考文献 1) Noda, T. et al. (2008) Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model, *Soils and Foundations*, Vol.48, No.6, pp.771-790. 2) 酒井崇之他(2016):スレーキングの進行程度と締固め度の上昇が泥岩盛土の耐震性に及ぼす影響, 第 51 回地盤工学研究発表会, 本誌. 3) Asaoka, A., Noda, T. and Kaneda, K.(1998): Displacement/traction boundary conditions represented by constraint conditions on velocity field of soil, *Soils and Foundations*, Vol.38, No.4, pp.173-181. 4) Noda, T., Takeuchi, H., Nakai, K. and Asaoka, A. (2009): Co-seismic and post seismic behavior of an alternately layered sand-clay ground and embankment system accompanied by soil disturbance, *Soils and Foundations*, Vol.49, No.5, pp.739-756.

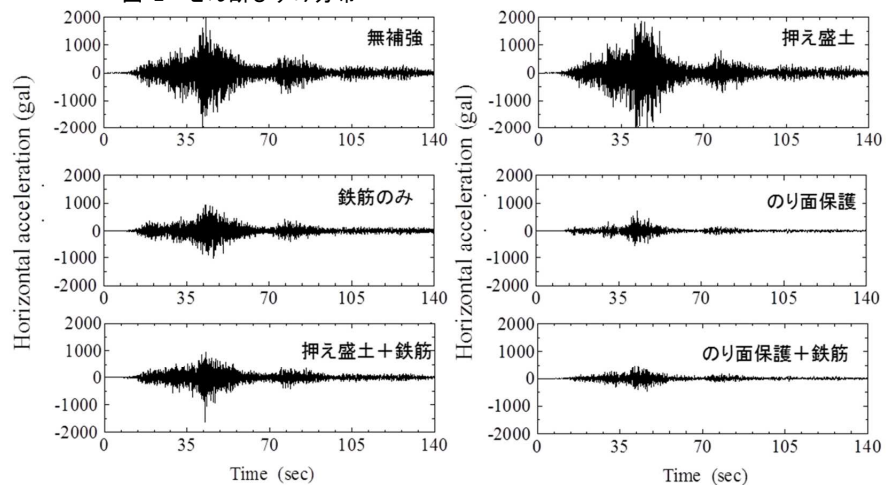


図-3 第二のり面における応答加速度