

# 耐震対策を施した盛土の地震時安定性に関する対策工の降伏を考慮した数値解析的検討

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

名古屋大学 国際会員 中野 正樹 酒井 崇之

## 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る。また、泥岩で構築された盛土の場合、スレーキングによる安定性低下も考えられる。地震により、盛土が崩壊した場合、緊急輸送路としての役割を道路が果たせなくなることから、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。著者らは、既往の研究で、既設盛土に対し、耐震対策として、押え盛土工、鉄筋挿入工、のり面保護工をそれぞれ行った盛土に対し地震応答解析を行い、のり面保護工が最も耐震対策としては有効であり、鉄筋挿入工とのり面保護工を組み合わせるとより効果的であることを示したり、本研究では、対策工の降伏を考慮した上でさらに検討を行い、対策工を施した盛土の耐震性を調べるのが目的である。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>2)</sup>を用いた。

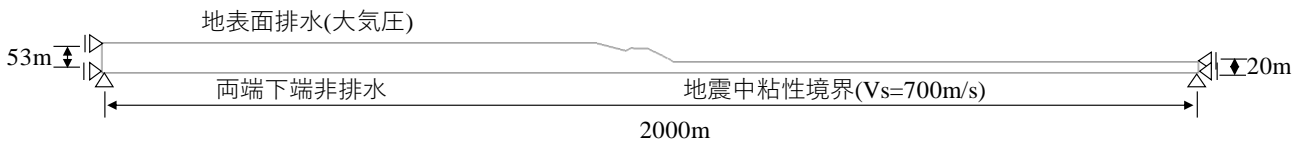


図-1 解析全断面図

## 2. 対象盛土と対策工のモデル化

図-1 に解析全断面図、盛土のみ拡大した図を図-2 に示す。対象盛土は高さ24m の高盛土であり、天端幅25m の高速道路

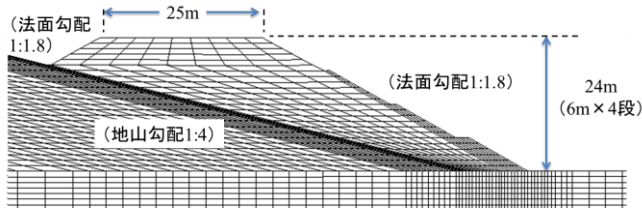


図-2 盛土部拡大図

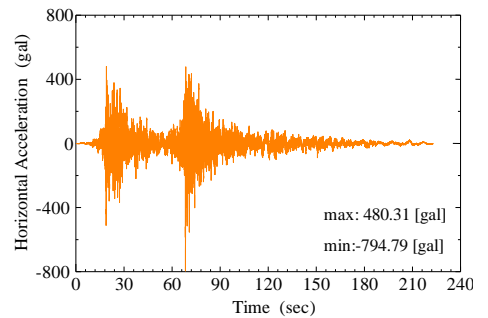


図-3 入力地震動

盛土を想定している。本解析では、スレーキングにより安定性が低下した盛土に対する耐震対策を想定しているため、盛土はスレーキングした泥岩を想定した材料定数を用いた。図-3 は地震動を示す。地震動は、仙台河川国道事務所構内地盤上 EW 成分である<sup>3)</sup>。詳しい解析条件については、文献4)を参照されたい。

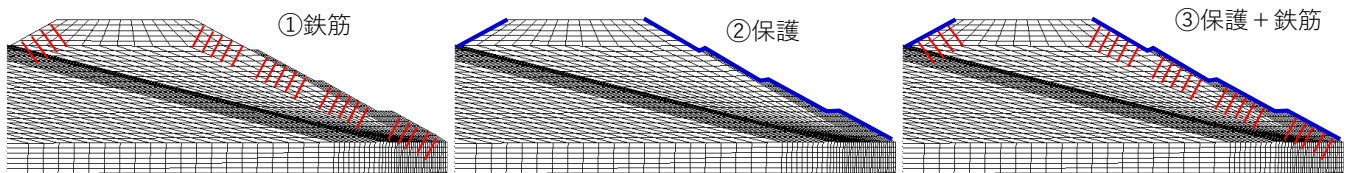


図-4 対策工について

図-4 に本研究で対象としている対策工を示す。対策工は2つであり、①鉄筋挿入工、②のり面保護工、③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-4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>5)</sup>。鉄筋は降伏応力345N/mm<sup>2</sup>、直径35mmのものを想定し、この鉄筋が降伏する331kNを束縛力が超えた時に束縛条件を外した。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<sup>6)</sup>。コンクリートの材料定数については、ヤング率2.2×10<sup>4</sup>MPa、ポアソン比0.17、単位体積重量22.6kN/m<sup>3</sup>とした。鉄筋コンクリートは図-5に示すような相互作用図を用いて降伏したか否かを判定した。なお、図の赤色の部分の状態になっ

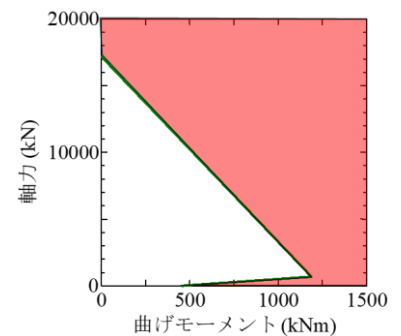


図-5 相互作用図

た時、鉄筋コンクリートは降伏する。降伏した場合は、ヤング率を 1000 分の 1 倍にして解析を続行した。

### 3. 解析結果

図-6 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。なお、解析は、盛土がすべて飽和状態としているため、不飽和の実盛土の変位に対して大きめの値となっている。対策工の効果については、相対的な変位で評価した。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。降伏を考慮した条件においても、耐震補強の効果が得られた。鉄筋挿入工については、鉄筋が、変形が大きい箇所に届いていないため、効果が小さい。のり面保護工については、地盤と盛土の境目部分やのり尻部において、せん断ひずみが軽減された。また、右のり肩の変位については、のり面保護工のみの場合は約 0.5 倍に、のり面保護+鉄筋挿入工の場合は、約 0.3 倍に軽減された。

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	7.7m	4.0m
鉄筋	4.9m	2.6m
のり面保護	3.2m	1.9m
のり面保護+鉄筋	2.7m	1.4m

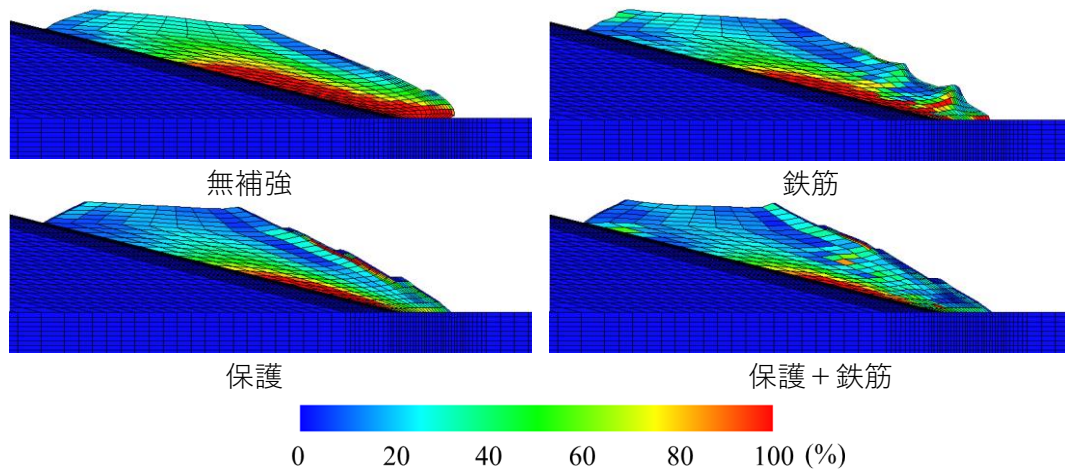


図-6 せん断ひずみ分布

図-7 に曲げモーメントの変化を示す。曲げモーメントは、第2、第3、第4のり面の値を示す。保護工のみのケースよりも、保護工+鉄筋挿入工のケースの方が、曲げモーメントが小さくなっている箇所が多かった。一方、曲げモーメントの正負が入れ替わった部分も見られた。鉄筋による拘束力によって発生する曲げモーメントによるものだと考えられる。第4のり面については、途中で鉄筋が降伏し、束縛条件を外したため、途中からほとんど同じ値となった。

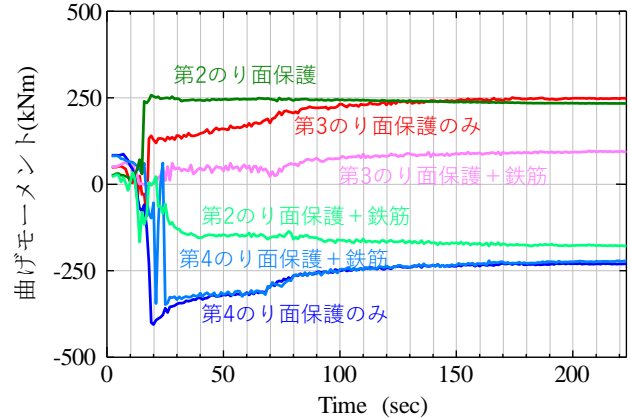


図-7 保護工に発生する曲げモーメント

### 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した。対策工の降伏も考慮した上で、盛土の耐震性の調査を数値解析的に実施した。以下に本研究の結論を示す。

- 1) 鉄筋挿入工、のり面保護工、鉄筋挿入工+のり面保護工の中でのり面保護工+鉄筋挿入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。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。のり面保護工と鉄筋挿入工を組み合わせると、変位は 1/3 程度まで軽減され、複数の対策を実施するとより効果的であることがわかった。
- 2) のり面保護工に発生する曲げモーメントは、鉄筋挿入工と組み合わせることにより、小さくなる部分が多いことがわかった。

参考文献 1) 稲垣太浩他(2016):既設盛土の地震時に有効な対策工の数値解析的検討, 第 51 回地盤工学研究発表会, pp1863-1864.2)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. 3)日本道路協会 <https://www.road.or.jp/dl/tech.html> 4)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, pp.1861-1862. 5) 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. 6) 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.