

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

泥岩 地震応答解析 スレーキング

名古屋大学 国際会員 ○酒井 崇之 中野 正樹

学生会員 福田 雄斗 工藤 佳祐

中日本高速道路株式会社 国際会員 稲垣 太浩 北村 佳則

1. はじめに

南海トラフ巨大地震の発生が予測されており、泥岩のスレーキング進行に伴う盛土の安定性・耐震性の低下が懸念されている。しかし、スレーキングによってどの程度耐震性が低下するのか、また、どこまで締固めれば、泥岩がスレーキングしても、盛土の耐震性を維持できるのかについては、未だ不明瞭である。本稿では、スレーキング特性の異なる2種類の泥岩で造成された盛土を対象に、地震時変形解析を実施し、スレーキングが耐震性に及ぼす影響や、締固め度上昇によるスレーキングの影響の軽減の程度を把握する。解析には、水～土連成有限変形解析コード GEOASIA¹⁾を用いた。

2. 解析条件

本報で対象としている泥岩 A,B は別報で示した泥岩 A,B と同じである²⁾。両者ともにスレーキング率が高く、盛土施工後のスレーキングによる安定性の低下が懸念される材料である。なお、泥岩 A,B で比較すると、泥岩 A の方が、非排水せん断時の最大軸差応力が大きく、泥岩 B の方がスレーキングしやすい材料である。本報では、別報で得られた材料定数および初期値を用いて、地震時変形解析を実施する。なお、本解析で対象としている締固め度は 95,100% である。また、スレーキングの進行程度を泥岩に乾湿サイクルを与える回数で制御しており、本報では、スレーキングが進行していないケースとして、乾湿 0 回、スレーキングが進行したケースとして乾湿 2 回の初期値を用いた。なお、材料定数および初期値やこれらのパラメータの決め方については別報を参照されたい。

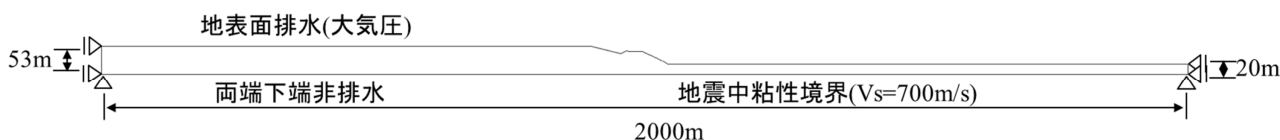


図-1 解析全断面図

図-1 に解析断面を示す。

図-2 に盛土部の拡大図を示す。本解析においては、傾斜地盤上の盛土を解析対象とした。対象の盛土は高さ 24m の高盛土である。天端幅は 25m であり、のり面勾配は 1:1.8 とし、高速

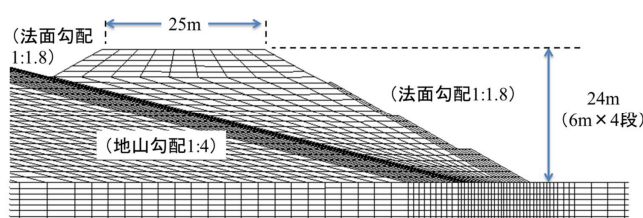


図-2 盛土部拡大図

道路用の盛土を想定している。高さ 24m の盛土の施工過程は、水～土二相系弾塑性体として高さ約 1m の有限要素を 24 回追加することにより表現する。この時、通常行われている盛土施工速度、約 0.5m/day となるように設定した。また、盛土築造後、圧密による沈下が終了した段階で、所定の盛土高さになるように要素の追加を行った。泥岩は施工中スレーキングしていないため、盛土は乾湿 0 回の状態で盛土を造成し、

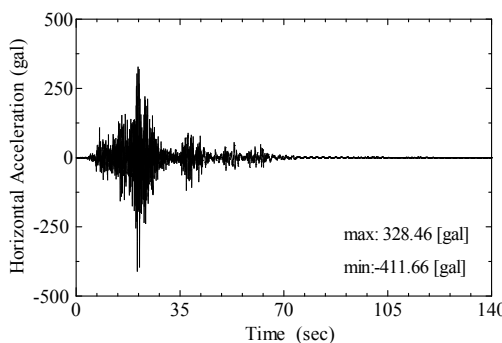


図-3 入力地震動

圧密した後にスレーキングした後の状態に置換した。水理境界は、両端、下端は非排水境界で、地表面のみ排水境界である。この時、常に地表面に水位が来るようにしているため、盛土も地盤も常に飽和した状態を想定している。また、地震中は、下端に粘性境界($V_s=700\text{m/s}$)を設定し³⁾、両端に側方要素単純せん断境界⁴⁾を設けた。地盤については、硬く透水性

表-1 地盤のパラメータ

		地盤
弾塑性パラメータ		
圧縮指数	$\tilde{\lambda}$	0.105
膨潤指数	$\tilde{\kappa}$	3.0×10^{-4}
限界状態定数	M	1.430
NCL の切片	N	2.100
ポアソン比	ν	0.300
発展則パラメータ		
正規圧密土化指数	m	3.00
構造劣化指数 ($b=c=1$)	a	0.3
塑性指数	c_s	0.15
回転硬化指数	b_r	0.300
回転硬化限界定数	m_b	0.800
初期値		
比体積	v	1.4
構造の程度	$1/R^*$	1.4
過圧密比	$1/R$	分布

の悪い岩盤を想定している。また基盤面の Vs が概ね 700m/s になるように地盤の材料定数を設定した。地盤の材料定数を表-1 に示す。比体積と構造は一樣均質として過圧密比は土被り圧に応じて分布させた。図-3 に入力地震動を示す⁵⁾。入力地震動は、南海トラフ巨大地震を想定している。本報では基本ケースの地震動を用いた。

3. 解析結果

図-4, 5 に泥岩 A,B の地震直後におけるせん断ひずみ分布をそれぞれ示す。また、表-2 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。右法肩は最も変位が大きかったため、右法肩に着目した。締固め度 95,100%のどちらについても、スレーキングが進行するに伴い、せん断ひずみが大きくなっており、右のり肩の水平変位および沈下量が大きくなっていることがわかる。

表-2 地震後の右のり肩における水平変位

締固め度	泥岩 A				泥岩 B			
	95%		100%		95%		100%	
乾湿経験回数	0回	2回	0回	2回	0回	2回	0回	2回
沈下量(m)	0.5	1.1	0.4	0.5	1.7	2.2	1.0	1.5
水平変位(m)	0.9	2.0	0.8	0.9	3.0	4.0	1.9	2.7

縮固め度 100%, 乾湿 2 回と、縮固め度 95%, 乾湿 0 回を比較すると、縮固め度 100%, 乾湿 2 回の方が泥岩 A,B ともに地震中に発生しているせん断ひずみや、右のり肩における変位量は小さい。また、泥岩 A は、締固め度が 100%の時は、スレーキングが進行しても、スレーキングが進行していない時とほとんど変位量も変わらない。つまり、スレーキングが進行したとしても、締固め度の向上により、地震中の盛土の変形を抑制することができる。泥岩 A と泥岩 B で比較すると、泥岩 A の方は耐震性が高い。またいずれのケースについても、地盤と盛土の境目にひずみが最も大きく発生しており、盛土の耐震性を向上するには、地盤と盛土の境目を補強することが有効であることを示唆している。

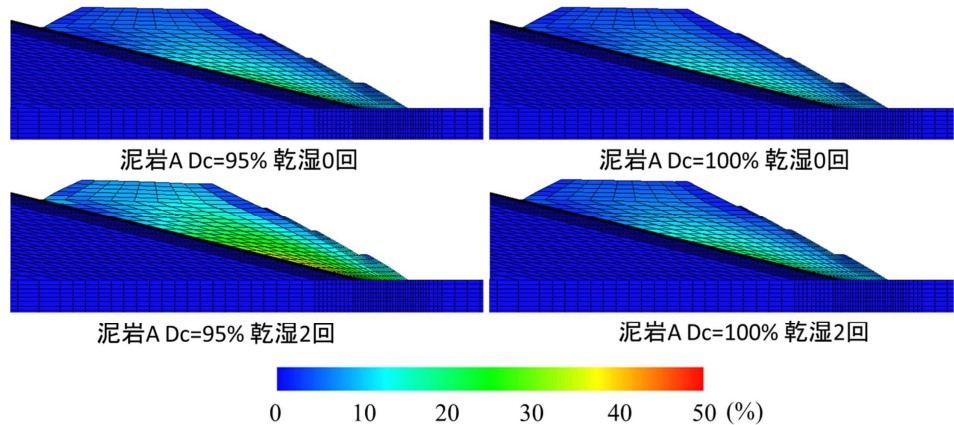


図-5 せん断ひずみ分布 (泥岩 A)

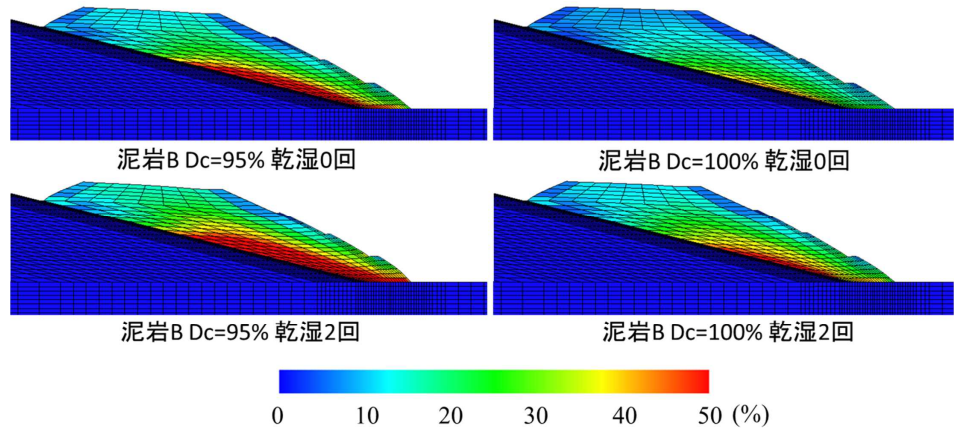


図-6 せん断ひずみ分布 (泥岩 B)

4. 結論

本報では、傾斜地盤上に造成された高速道路盛土を対象に、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を、数値解析を通して把握した。以下に結論を示す。

- 1) スレーキングが進行すると、地震後における盛土のせん断ひずみが大きくなり、右のり肩における水平変位および沈下量が大きくなる。つまり、スレーキングが進行することにより、盛土の耐震性が低下する。また、本報においては、締固め度 95,100%のどちらにおいても、スレーキングが耐震性におよぼす影響が見られた。
- 2) 締固め度 95%におけるスレーキングが進行していないケースよりも、締固め度 100%におけるスレーキングが進行しているケースの方が、せん断ひずみや、右のり肩における変位量は小さい。したがって、締固め度が向上することによって、スレーキングが進行しても、盛土の地震による変形を抑制することができる。
- 3) 本解析においては、泥岩 A の方が、耐震性が高く、特に締固め度 100%においては、スレーキングが進行しても、地震中の盛土の変形がほとんど変わらない。

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) Joyner, W. B. and Chen, A. T. F. (1975): Calculation of nonlinear ground response in earthquakes, Bulletin of the Seismological Society of America. Vol.65, No.5, pp. 1315-1336. 4)吉見吉昭, 福武毅芳(2005): 地盤液状化の物理と評価・対策技術, 技報堂出版.5) 内閣府 南海トラフの巨大地震モデル検討会