

盛土本体の耐震補強工法の数値解析的検討

名古屋大学 正会員 ○田代むつみ 野田利弘 中野正樹  
東海旅客鉄道(株) 正会員 大木基裕

1. はじめに

著者らはこれまでに、土の構成式に骨格構造の働きを記述する SYS カムクレイモデル<sup>1)</sup>を搭載した動的/静的水～土連成有限変形解析コード **GEOASIA**<sup>2),3)</sup>を用いて、盛土-地盤連成系の地震時変形特性に関して、1gの実スケール<sup>4)</sup>および40g場での遠心模型実験を想定して<sup>5),6)</sup>

解析的に検討してきた。この結果、地盤が軟弱な場合には、地震時に地盤が大きく変形するのに伴い上部の盛土も揺すり込み沈下が発生するため、軟弱地盤そのものに変形抑止対策を施すことで地震時の盛土の健全性が保たれることを明らかにした。一方、地盤がある程度堅固な場合には、盛土自体の変形が問題となるため、盛土に対する耐震対策が必要となることも明らかにした。本報では、ある程度堅固な地盤上の既設盛土を対象とし、法面からネイリングによる補強を施した場合の耐震効果について、40g場での遠心模型実験を想定した解析により検討した。なお、最も単純の条件下を考え、補強材は土骨格の速度場に制約条件を課すことで表現した。

2. 解析条件

解析に用いた盛土-地盤連成系を図1に示す。砕石からなる基盤層の上に、ある程度堅固な表層としてN=6の粘土層を想定し、既往の研究<sup>6)</sup>を元に表1のパラメータを用いた。盛土と地盤は2次元平面ひずみ条件で完全飽和を仮定し、水～土2相系の弾塑性有限要素で表現した。簡単のため重力加速度は常に40g場で固定とし、40g場で別途作成された盛土を地盤上に1段ずつ載荷した後、圧密沈下が終了するまで計算を続けた。その後、盛土法面からのネイリング補強を施し、地震加速度(図4の上段)を地盤側面と底面の全有限要素節点に水平方向に入力し、変形が収まるまで圧密放置計算を続けた。補強材は土に比べて剛性が高くほとんど変

形しないことから、本計算では補強材の役割を土骨格の変形を拘束するものとして、ネイリング両端に該当する2節点間の「距離不変条件」

表1 材料定数と初期値

	盛土	表層 (N=6 粘土)	基盤
<弾塑性パラメータ>			
圧縮指数 $\lambda$	0.052	0.06	0.05
膨潤指数 $\kappa$	0.008	0.025	0.012
限界状態定数 M	0.75	1.10	1.00
NCLの切片 N	1.88	1.612	2.00
ポアソン比 $\nu$	0.2	0.3	0.3
<発展則パラメータ>			
正規圧密土化指数 m	0.028	1.2	0.06
構造劣化指数 a	0.8	0.66	2.2
構造劣化指数 b	1.0	1.0	1.0
構造劣化指数 $c_s$	0.65	0.3	1.0
回転硬化指数 $b_r$	30.0	0.001	3.5
回転硬化限界定数 $m_b$	0.96	1.0	0.7
<物性>			
透水係数 k(cm/sec)	$2.0 \times 10^{-4}$	$2.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-4}$
土粒子密度 $\rho_s(t/m^3)$	2.10	2.754	2.60
<初期値>			
比体積 $v_0 (=1+e_0)$	1.70	1.55	1.70
応力比 $\eta_0$	0.3	0.42	0.375
異方性 $\zeta_0$	0.3	0.42	0.545
構造 $1/R_0^*$	1.3	2.7	1.0
過圧密 $1/R_0^*$	土被り圧に応じて分布		

表2 解析ケース

Case	記号	ネイリング長	ピッチ	本数	挿入方向
0	●	ネイリングによる補強無し			
1	◆	4m	4m	3本	水平
2	■		2m	5本	
3	●		2m (法肩側)	3本	法面に鉛直
4	◆				
5	■		2m (法尻側)		
6	●	6m	4m	3本	
7	◆	2m			

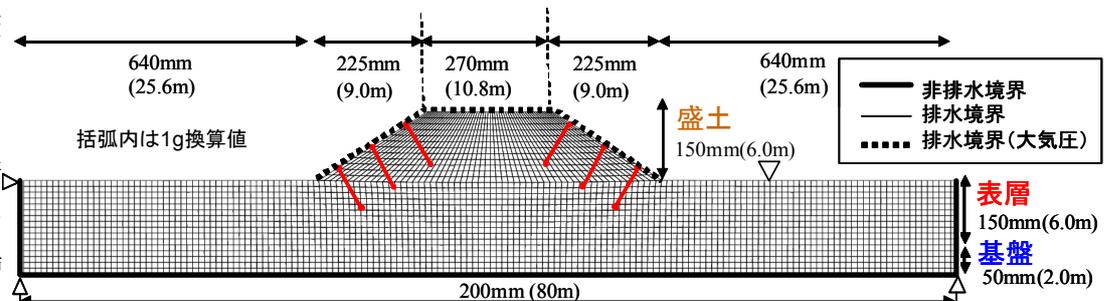


図1 有限要素メッシュと境界条件

補強盛土 SYS カムクレイモデル 水～土連成変形解析

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学研究科社会基盤工学専攻 TEL: 052-789-3834

により表現した。これにより、補強材として特別な要素を入れることなく最単純の条件下でネイリングをモデル化することができ、また平面ひずみ条件での計算においてもネイリングを挟んだ隣り合う要素間での水のやり取りに加え、ネイリングをすり抜けた土要素の変形が可能となる。

3. 解析結果と考察

本報では、ネイリングの挿入方向、本数、ピッチ、ネイリング長の影響について検討するため、表2に示す8ケースについて解析を実施し比較した。解析結果を図2~6に示す。地盤がある程度堅固な場合、地震による盛土の変形は、両法尻から盛土中央に向かって円弧状に卓越するため(図6)、ネイリングの先端がこの箇所到达し変形を拘束するほど、天端の沈下や開きの抑制に効果を発揮した。図4,5には杭に発生する軸力の時刻歴と圧縮・引張側の最大値をそれぞれ示すが、法尻に近い杭ほど補強効果が大きい。今回の解析ケースでは、水平方向に挿入する(Case-1)よりも法面に対して鉛直方向にネイリングを挿入する(Case-2)の方が、また同じ長さであればより法尻側に多く(Case-3)、同じ本数であればより法尻側に密に(Case-5)に配置した方が、そして同じピッチであればより長いネイリング(Case-6)の方が、地震時の盛土の変形抑制に効果を発揮した。特にネイリングが長いCase-6では盛土直下の表層地盤に対しても変形抑制効果を発揮したため、天端の不同沈下も小さくなった。

参考文献 1) Asaoka et al. (2002): An elasto-plastic..., S&F, 42(5), pp47-57. 2) Asaoka and Noda (2007): All Soils All States ..., International Workshop on Constitutive Modeling ..., Hong Kong, China, pp.11-27. 3) Noda et al. (2008): Soil-water..., S&F, 48(6), pp.771-790. 4) Noda et al. (2009): Co-seismic and post-seismic ..., S&F, 49(5), pp739-756. 5) Nakai et al. (2008): Numerical simulation ..., Proc of 4<sup>th</sup> IWS, Pittsburgh (USA), pp.29-32. 6) 田代ら(2009): 盛土-不整形地盤連成系の..., 第44回地盤工学研究発表会 pp.1483-148.

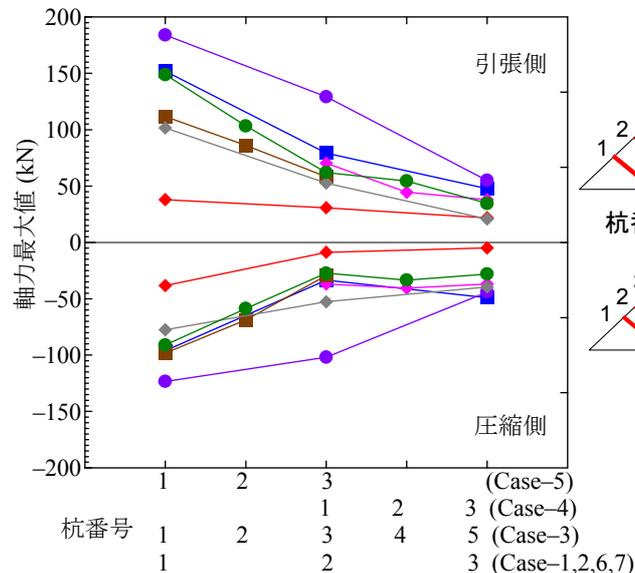


図5 軸力の最大値の比較図 (杭番号は法尻側から、左側のみ表示)

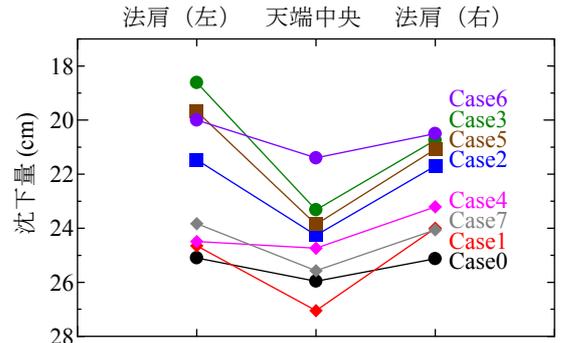


図2 天端3点の沈下量

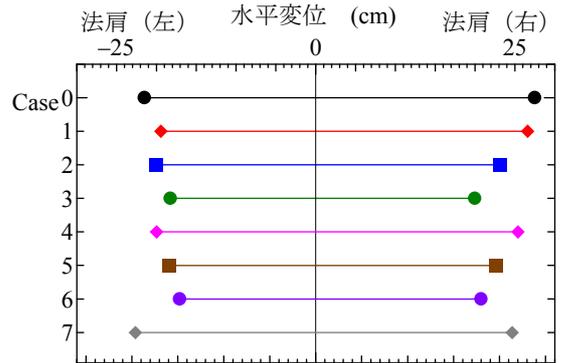


図3 法肩の水平変位量(開き)

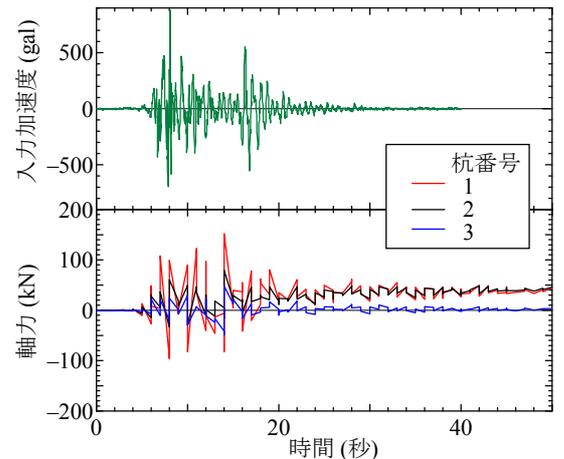


図4 軸力の時間変化 (Case-2)

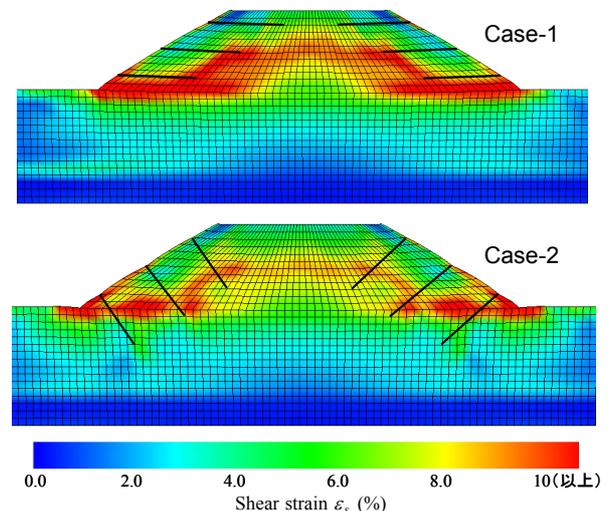


図6 せん断ひずみ分布 (挿入方向による比較)