

盛土材に石灰改良土を用いて造成された盛土の地震応答解析

名古屋大学大学院 正会員 中野正樹 ○酒井崇之
名古屋大学大学院 学生会員 津本翔太

1. 序論

2007 年 3 月に発生した能登半島地震は、能登有料道路の道路盛土に大規模な崩壊をもたらした¹⁾。一方、その北端から能登空港を繋ぐ能越自動車道の盛土は、大きな被害には至らなかった。この盛土は、建設当時に盛土材（凝灰岩）が高い含水比を有していたため、石灰改良を施し、さらに法面勾配を 1.8 にしていたとのことである。本報告では、能登有料道路盛土と能越自動車道盛土の地震応答解析を通じて、石灰改良土が地震に対してどのように挙動するのかを調べる。なお解析には構成式に SYS カムクレイモデル²⁾を搭載した水～土連成有限変形有限要素解析(GEOASIA)³⁾を用いた。

2. 改良土の力学特性

図-1, 2 に、現地で採取した凝灰岩を締固めた供試体と石灰で改良した供試体の非排水三軸せん断試験の試験結果と SYS カムクレイモデルによる計算結果を示す。それぞれ細い線が計算結果、太い線が試験結果を示す。両者を比較すると、改良土の方が、軸差応力が非常に大きく、改良効果は顕著に表れている。また締固め供試体については、締固め度 95%と大きくしても試験中に軟化が見られた。別途、締固め度の異なる供試体に対し実験を行ったが、締固め度が大きくなるほど、供試体は作製しづらくなり、用いた凝灰岩は締固め易いとはいえない材料であると思われる。表-1 に 2 つの力学試験の再現で用いた材料定数と初期値を示す。

3. 解析で用いた条件

解析断面は、能登有料道路にて、大規模崩壊により車道が半壊した断面を選定した。地盤は 15°程度傾斜している。解析断面を、水理境界条件とともに図-3 に示す⁵⁾。盛土の材料定数・初期値は、2 章で得られた値を用いている。また地盤は、能登有料道路の盛土と同じ凝灰岩であることから、材料定数は能登有料道路の材料⁴⁾と同じとしているが、風化作用を受けていないことから地盤の比体積を原位置にあわせ小さくしている。

表-1 材料定数と初期値		
弾塑性パラメータ	締固め	改良土
圧縮指数 $\tilde{\lambda}$	0.098	0.098
膨潤指数 $\tilde{\kappa}$	0.030	0.030
限界状態定数 M	1.40	1.40
NCL の切片 N	2.09	2.09
ポアソン比 ν	0.3	0.3
土粒子密度 ρ_s	2.73	2.73
透水係数 k	1.0×10^{-4}	1.0×10^{-4}
発展則パラメータ		
正規圧密土化指数 m	3.5	1.7
構造劣化指数 $a(b=c=1.0)$	1.0	0.3
構造劣化指数 c_s	0.4	0.1
回転硬化指数 b_r	0.3	0.3
回転硬化限界定数 m_b	0.5	0.5
初期値		
初期比体積 v_0	2.1	2.62
初期構造の程度 $1/R_0^*$	2.2	1.3×10^4
初期応力比 η_0	0.55	0.55
初期異方性の程度 ζ_0	0.55	0.55

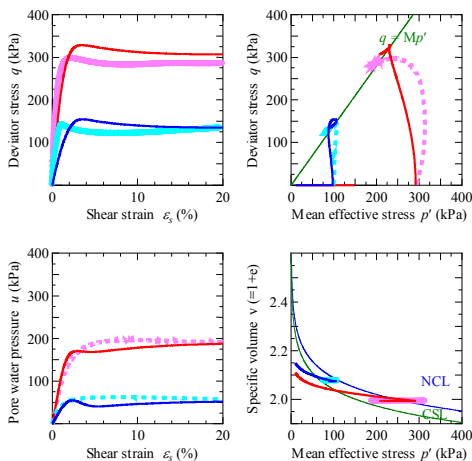


図-1 計算結果と試験結果(締固め)

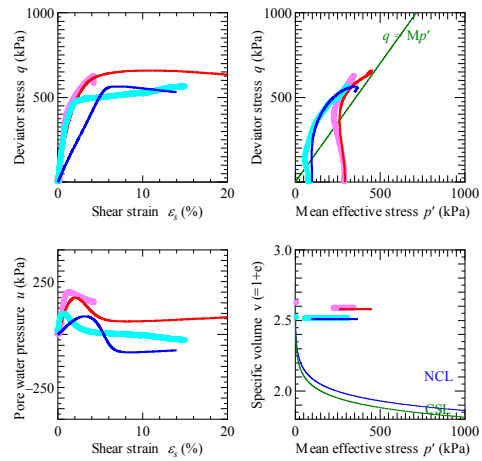


図-2 計算結果と試験結果(改良土)

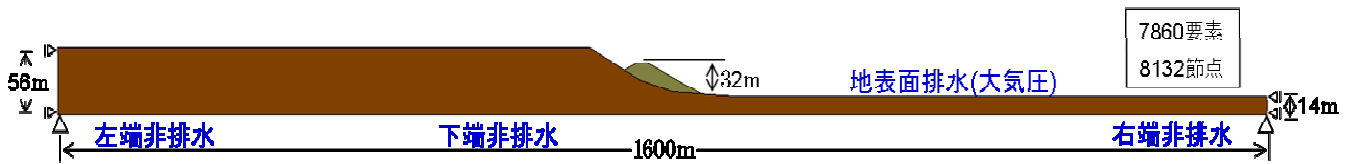


図-3 解析断面

石灰改良土・締固め・地震応答解析

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL:052-789-2734

全ての盛土で、比体積と構造の程度は各層内で一様均質とし、盛土高さに応じて過圧密比を分布させた。また、盛土表面(境界)での水理条件として表面水位が一致するように設定している。計算手順は盛土構築～地震波入力～圧密放置までの一連の流れを再現する。図-4に示す入力地震波は、解析対象に最も近い K-net 穴水観測点⁶⁾で観測した地表波の 0.5 倍の振幅で、別途、計算で得た出力地表波は観測波とほぼ等しくなる⁷⁾。

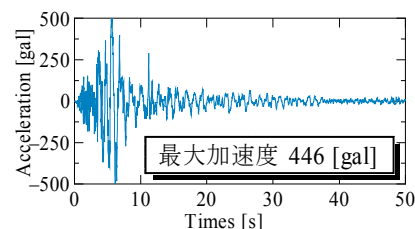


図-4 入力地震波

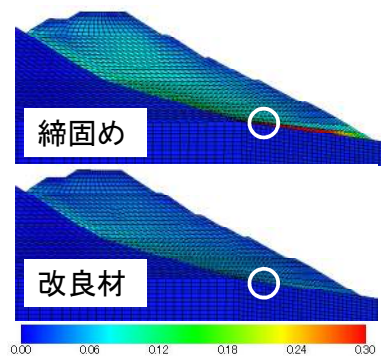


図-5 せん断ひずみ分布

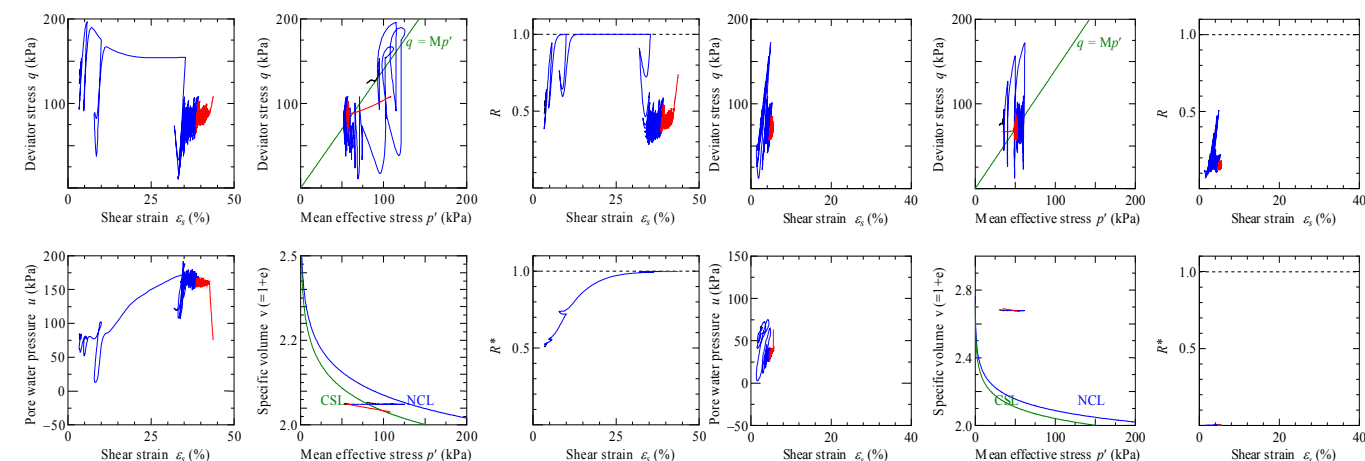


図-6 要素挙動(締固め)

図-7 要素挙動(改良材)

4. まとめ

盛土材料は現地で発生した土を、土量バランスを考えながら用いているため、締固めにくい材料であっても盛土材として利用することがある。締固めやすい材料かどうか、また締固め度に応じてどのような力学挙動を示すのか、土質力学に基づく理論的解釈が必要となろう。本報告で示したように、締固めにくい材料を盛土材として利用する場合は、締固め度を上げるよりも、石灰など固化材を混合して材料を転化させる方が、耐震性にも優れた盛土を作製することができると考えられる。なお本報告は、科学研究費補助金(基盤研究(S): 課題番号 21226012)の助成を受けたものである。

参考文献 1)土木学会・地盤工学会(2007): 2007 年能登半島地震被害調査報告書 2)Asaoka et al.(2002): An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, S & F, 42(5), pp.47-57. 3) Noda et al. (2008): Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model, S & F, 48(6), pp.771-790. 4)酒井崇之他(2008): 突き固めにより作製した強風化凝灰角礫岩試料の力学特性の把握, 平成 19 年度土木学会中部支部研究発表会, pp.257-258. 5) 地盤の液化化発生から流動までを予測対象とする解析手法に関する研究 6) 防災科学技術研究所強震ネットワーク K-net, <http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/> 7)酒井崇之他(2009): 傾斜および水平地盤上道路盛土の地震時変形・破壊形状に及ぼす入力地震波の影響, 第 44 回地盤工学研究発表会, pp.1525-1526 8) 中野正樹他(2009)傾斜・水平地盤上の盛土および安定処理工法による盛土の地震応答解析 平成 21 年度全国大会 第 64 回年次学術講演会 pp.179-180