

基盤排水層設置を想定した盛土の耐震性の数値解析的検討

名古屋大学 正会員 酒井 崇之

名古屋大学 フェロー会員 中野 正樹

中日本高速道路株式会社 正会員 ○稲垣 太浩 北村 佳則

1. はじめに

中越地震、能登半島地震、駿河湾沖地震などで地震による盛土崩壊が発生しており、盛土の耐震性の向上は重要な課題となっている。道路土工盛土工指針では、浸透水の排除や防止、盛土内の水圧を減少することを目的として、地下水の高い場所や沢埋め盛土に対し、基盤排水層を設置する必要があることを明記している¹⁾。本報では、盛土に基盤排水層を設置した場合とそうでない場合について、水～土連成有限変形解析コード GEOASIA²⁾を用い地震時変形解析を実施し、基盤排水層の設置が盛土の耐震性向上をもたらすことを示し、さらに耐震性向上のメカニズムについて考察を加える。

2. 解析条件

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、水平地盤上の盛土を解析対象とした。対象の盛土は高さ 12m 高盛土である。天端幅は 30m であり、のり面勾配は 1:1.8 とし、高速道路用の盛土を想定している。高さ 12m 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 12 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

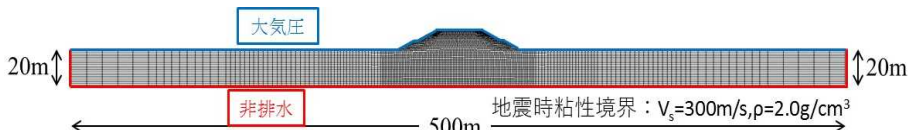


図-1 解析全断面

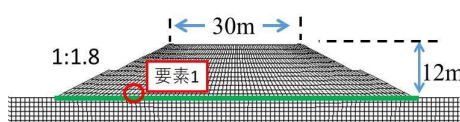


図-2 盛土部拡大図

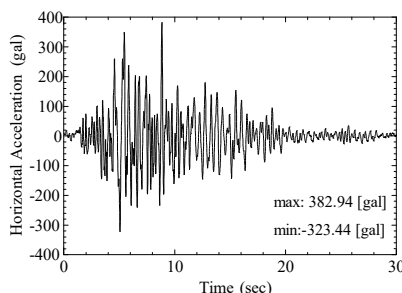


図-3 入力地震動

表-1 解析に使用したパラメータ

	地盤	盛土
弾塑性パラメータ		
圧縮指数 $\tilde{\lambda}$	0.085	0.085
膨潤指数 $\tilde{\kappa}$	0.010	0.040
限界状態定数 M	1.430	1.400
NCLの切片 N	1.630	1.650
ポアソン比 ν	0.300	0.300
発展則パラメータ		
正規圧密土化指数 m	0.700	0010
構造劣化指数 ($b=c=1$) a	0.300	0.100
塑性指数 c_s	0.150	0.100
回転硬化指数 b_r	1.000	0.010
回転硬化限界定数 m_b	0.200	0.500
初期値		
比体積 v	1.40	1.59
構造の程度 I/R^*	1.40	1.50
過圧密比 I/R	分布	分布

で、所定の盛土高さになるように要素の追加を行った。水理境界は、両端、下端は非排水境界（赤線部）で、地表面のみ大気圧境界（青線部）である。盛土も地盤も常に飽和した状態を想定しているため、常に地表面と水位が一致している。基盤排水層は、盛土と地盤の境目（図-2の緑線部）の水圧が常に0という条件を課すことで、単純化して表現している。地震中は、下端に粘性境界($V_s=300m/s$)を設定し、両端の節点が常に等変位であるという周期境界を設けた。盛土と地盤の材料定数を表-1に示す。盛土については、泥岩で造成し、ある程度スレーキングが進行した泥岩³⁾、地盤については、硬く透水性の悪い岩盤を想定している。比体積と構造は一様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⁴⁾。入力地震動は、兵庫県南部地震において神戸海洋気象台で観測された地震動である。

3. 解析結果

図-4に地震直後におけるせん断ひずみ分布を示す。(a) 基盤排水層がないケースについては、盛土の法尻地震応答解析、盛土、基盤排水層、耐震性

に50%以上のひずみが発生している。盛土の天端中央における沈下量は60cmである。(b)基盤排水層を想定したケースは、盛土法尻におけるひずみが軽減されており、せん断ひずみが30~40%発生した。天端中央における沈下量は約30cmであり、(a)と比較して、半減している。したがって、基盤排水層を設置することにより、盛土の地震時の変形を抑制できた。

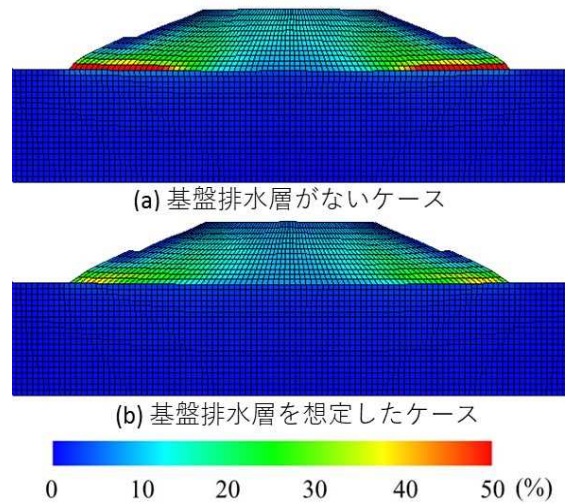


図-4 せん断ひずみ分布

図-5, 図-6に図-3に示した要素1における盛土施工時～地震直後の挙動を示す。図-5は(a)基盤排水層がないケース、図-6は(b)基盤排水層を想定したケースである。要素1は地盤と盛土の境目に要素である。盛土施工により、どちらのケースも正の過剰間隙水圧が発生し、その後水圧の消散とともに圧密が進行している。その程度は、

基盤排水層設置の方が大きく水圧は最終的に0になる。これは、基盤排水層では、水圧が0になるようにしているためである。また、それにより、基盤排水層設置の方が地震直前における平均有効応力が大きく、比体積が小さい。紙面の都合で示していないが、排水層近傍だけではなく、盛土全体の水圧がほぼ0になっており、平均有効応力が大きく、比体積が小さくなっている。つまり、土がより強固になっており、このことが、盛土の耐震性の向上をもたらしている。地震中については、地震によって繰返し载荷を受けることで、正の水圧が発生し、平均有効応力が減少し、ひずみが進展している。基盤排水層がない方が、平均有効応力が減少しているため、地震中にひずみが進展した。

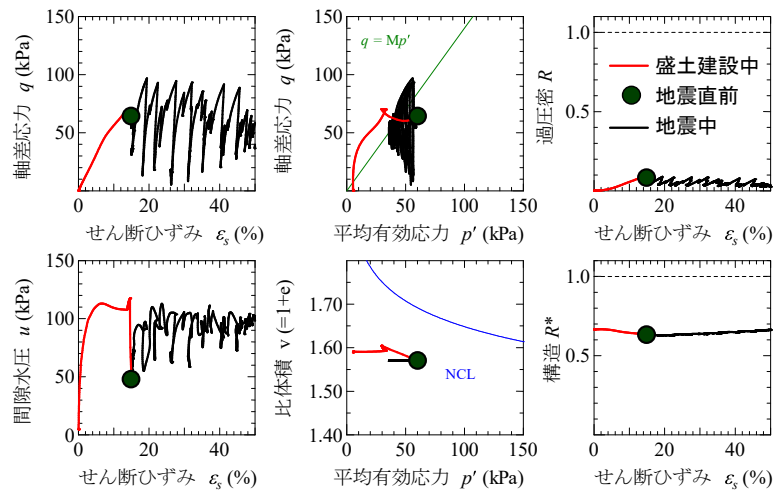


図-5 要素1の挙動 (基盤排水層がない)

4. まとめ

本報告から、基盤排水層を設置することで、盛土の耐震性は著しく向上した。その要因は、地震中、盛土の間隙水圧上昇による平均有効応力の減少は生じるものの、地震前の盛土施工後の圧密過程において、基盤排水層により、盛土天端から基盤までの間隙水圧がほぼ0となり、盛土全体の比体積が小さくなり、かつ平均有効応力が大きくなるためである。

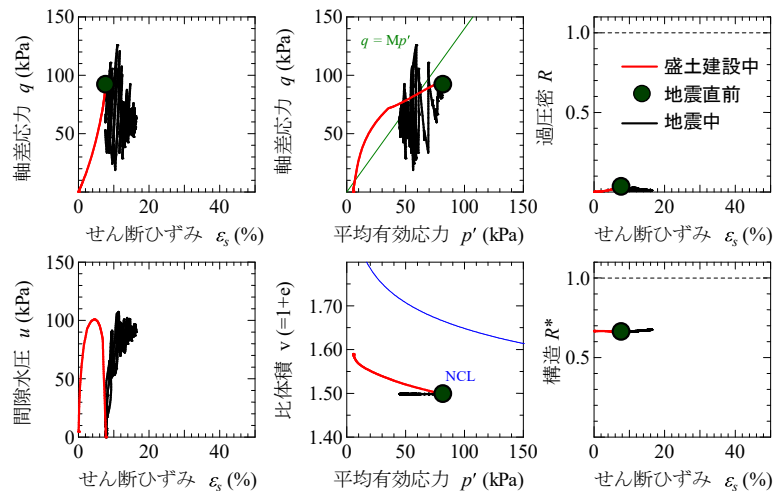


図-6 要素1の挙動 (基盤排水層を想定)

【参考文献】

- 1) 社団法人日本道路協会(2010): 道路土工盛土工指針(平成22年度版)
- 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) 中野正樹他(2015) スレーキング特性の異なる3種類の泥岩碎石集合体の力学挙動に関する骨格構造概念による解釈, 第50回地盤工学研究発表会, pp.1123-1124.
- 4) 日本道路協会(2012), 3)道路橋の耐震設計における動的解析に用いる加速度波形, <<http://www.road.or.jp/dl/tech.html>>