

堤防盛土の液状化に対するドレーン工の効果

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 (正) ○林宏親、(正) 西本聡、(正) 橋本聖、(正) 梶取真一

1. まえがき

東日本大震災において、河川堤防盛土の液状化によると考えられる被害が広範囲にわたって多く発生した¹⁾。河川堤防や道路などの盛土の液状化現象については、まだ研究蓄積が充分ではないことから、その対策技術についても課題が多く残っている。そこで、そのメカニズムおよび十勝川（北海道）の堤防において発生した地震被害を事例にしてドレーン工の耐震補強効果について報告する。

2. 盛土の液状化による被災メカニズム

盛土の液状化は、基礎地盤が泥炭または軟弱な粘性土であって、かつ、盛土材が砂質土の場合に起きる現象である。以下に、そのメカニズムを示す（図1）。

- ①基礎地盤が泥炭や粘性土の場合、圧密沈下によって盛土が下凸状に基礎地盤にめり込む。この際、盛土底部が伸張するので、密度あるいは拘束圧の低下が生じるとの指摘もある²⁾³⁾。
- ②盛土に浸透した雨水などが下凸状にめり込んだ盛土底部にたまる。盛土底部周辺の基礎地盤は圧密された泥炭や粘性土のため、透水性が低く、雨水が盛土外へ排出されにくい。また、軟弱な基礎地盤では、地下水位が高い場合が多い。結果として、盛土底部が飽和した状態となる。
- ③このような状況の盛土材料が砂質土の場合、地震動によって飽和した盛土底部が液状化を起こし、盛土の沈下や亀裂が生じる。特に、泥炭地盤の場合、圧密沈下量が極めて大きいため、飽和領域が厚くなり、被害が大きくなると思われる。

盛土の液状化現象は、1993年釧路沖地震における泥炭地盤での被害を契機に広く認識されるようになった⁴⁾⁵⁾。その後の1994年北海道東方沖地震や2003年十勝沖地震の際にも、泥炭地盤において同様な現象が確認されてきた⁶⁾⁷⁾ことから、東日本大震災までは、盛土の液状化は泥炭地盤において発生した特殊な現象として捉えられていた感がある。しかし、東日本大震災において、粘性土地盤で盛土の液状化に起因する被害が多く発生したことは、この現象が泥炭地盤だけの問題ではないことを示しており、今後、盛土の耐震性評価や合理的な対策工を考えるにあたって重要な課題を提起したものと考えられる。

3. 十勝川堤防の事例

3.1 1993年釧路沖地震における被害箇所と無被害箇所の比較

1993年釧路沖地震によって、泥炭地盤に築造されていた十勝川統内地区の堤防が約2～3.5m沈下し、天端やのり面に大きな開口亀裂が生じた⁴⁾⁵⁾（図2）。この要因は、堤体の液状化と考えられている。なお、この地震での当該地区の震度は5であり、直近で観測された最大水平加速度は430galであった。一方、被災箇所と近接する下流側堤防では、被災箇所とほぼ同様な地盤構成および堤防規模であったにもかかわらず、ほとんど被害が生じなかった（図2）。無被災箇所には、堤体内の水位を低下させる目的で図3に示すドレーン工が、地震前に設置されていた。図2には、被災後に調査された堤体内水位を青破線で示しているが、被災箇所では無被災箇所と比べ堤体内水位が高いことがわかる。被災箇所では、堤体中央における堤体厚（沈下して泥炭層にめり込んだ堤体を含

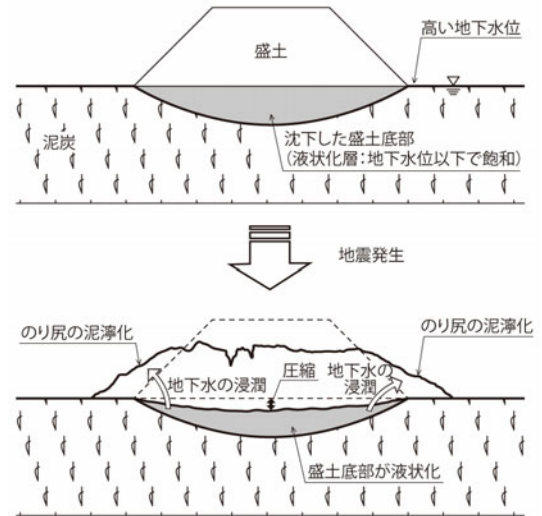


図1 盛土の液状化による被害メカニズム

(泥炭地盤における盛土)

堤防盛土、液状化、ドレーン工、事例検証

土研 寒地土木研究所 寒地地盤チーム (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1-3 TEL: 011-841-1709)

む)である約 10m の 33%~52%に相当する約 3.3m ~5.2m の厚さの飽和域があったと推定される。

図 2 中の赤丸は、堤体土の土性および N 値から計算された FL 値が 1.0 を下回った箇所を示している。被災箇所では水位以下にあるほとんどの堤体土の FL 値が 1.0 を下回っているのに対し、無被災箇所ではごく一部に限られている。これは、前述した堤体内水位の差に加え、被災箇所の堤体材料が砂質土主体である一方、無被災箇所ではシルト主体であることによると考えられる。

3.2 ドレーン工の水位低下効果

林ら⁸⁾は、盛土の液状化に関する遠心模型実験の結果から、のり尻に設置したふとん籠が過剰間隙水圧の発生を抑制することを明らかにしている。谷本ら⁹⁾は、堤体の液状化現象に関する遠心模型実験を行い、川裏側にドレーン工、川表側に押え盛土を一定規模で設けることで耐震効果が得られることを確認している。いずれも、ふとん籠やドレーン工には、排水効果が期待されている。

そこで、図 4 に 2003 年十勝沖地震の前後に測定された十勝川統内堤防のドレーン工設置・非設置箇所の堤体内水位と降雨量を示す。ドレーン工非設置箇所では、設置箇所に比べ堤体内に高い水位が形成されている。さらに、ドレーン工設置箇所では、降雨後に一時的に水位が上昇するものの、速やかに低下しており、ドレーン工の排水効果が見てとれる。ドレーン設置箇所では、2003 年十勝沖地震(震度 6 弱、直近での実測最大水平加速度 528gal)においても、甚大な被害は生じなかった。

4. あとがき

本報告では、堤体の液状化に対するドレーン工の効果について、実際に大規模な地震を受けた堤防を事例に検討し、堤体内の水位を低下させることの重要性を明らかにした。

今後は、ドレーン工の合理的な設計法などについて検討していきたい。最後に、貴重なデータを提供して頂いた国土交通省北海道開発局帯広開発建設部には、深く感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1)国土技術政策総合研究所、(独) 土木研究所：平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報、国総研資料 No.646/土研資料 No.4202、2011.
- 2)Sasaki, Y.: River Dike Failures during the 1993 Kushiro-oki Earthquake and the 2003 Tokachi-oki Earthquake, Proceedings of IS-Tokyo, 2009.
- 3)Okamura, M. and Tamamura, S.: Seismic Stability of Embankment on Soft Soil Deposit, International Journal of Physical Modelling in Geotechnics, 11(2), pp.50-57, 2011.
- 4)北海道開発局開発土木研究所：1993 年釧路沖地震被害調査報告、開発土木研究所報告第 100 号、pp.13-32、1993.
- 5)Sasaki, Y., Oshiki, H. and Nishikawa, J.: Embankment Failure caused by the Kushiro-oki Earthquake of January 15, 1993, Proceedings of International Conference on Performance of Ground and Soil Structures during Earthquakes, 1994.
- 6)地盤工学会：1994 年北海道東方沖地震災害調査報告書、pp.100-105、1998.
- 7)地盤工学会：2003 年十勝沖地震地盤災害調査報告書、pp.49-69、2004.
- 8)林宏親、西本聡、橋本聖、梶取真一：泥炭地盤に築造された盛土の地震による変形メカニズムと耐震補強：地盤工学ジャーナル、6(3)、pp.465-473、2011.
- 9)谷本俊輔、林宏親、石原雅規、増山博之、佐々木哲也：堤体盛土の液状化対策に関する動的遠心力模型実験、第 47 回地盤工学研究発表会発表講演集(投稿中)、2012.

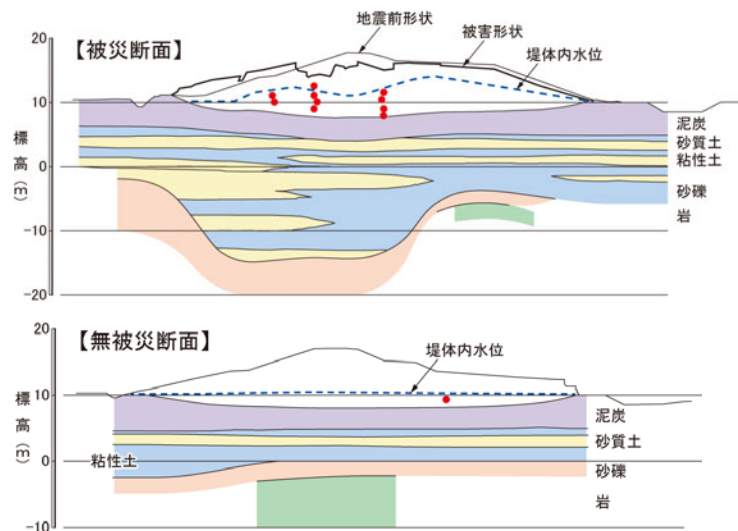
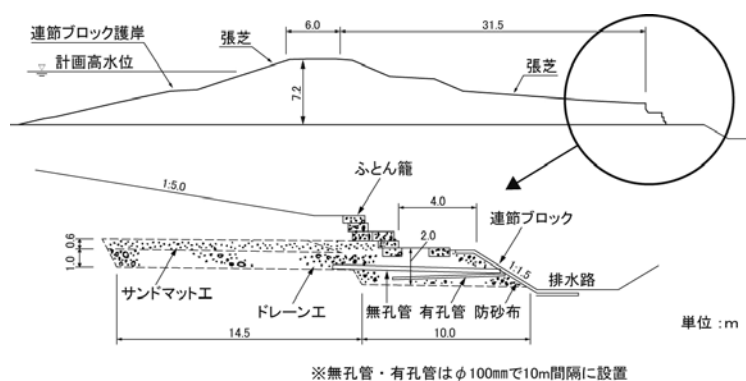


図 2 十勝川統内築堤の被災箇所と無被災箇所の断面図



※無孔管・有孔管はφ100mmで10m間隔に設置
図 3 無被災箇所のドレーン工

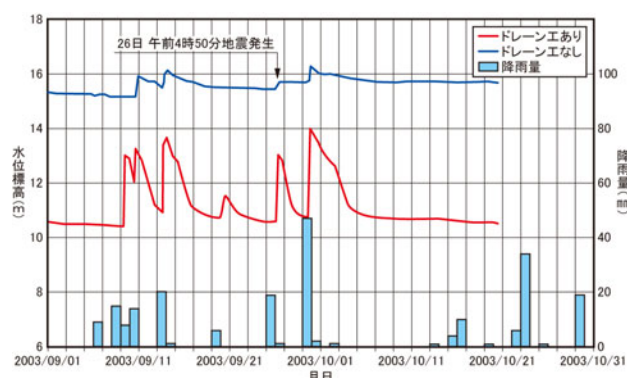


図 4 堤体内の水位変動観測結果