

引張破壊を考慮した液状化地盤上における盛土の地震時破壊性状に関する研究

パシフィックコンサルタンツ

正会員 ○中田 光彦

京都大学

正会員 澤田 純男

京都大学

正会員 後藤 浩之

東北学院大学

正会員 吉田 望

東北学院大学

正会員 飛田 善雄

1. 目的

地震時の河川堤防において、図-1 に示すように天端や法面にクラックが発生する被害が多く報告されている。これらの被害は、盛土下の地盤の液状化との関連性が指摘されており、クラックは開口クラックであることが多いことから、その破壊メカニズムは引張破壊であると考えられる。

しかし、一般的な盛土の耐震設計や動的応答解析はせん断破壊を対象としたものであり、引張破壊を対象とした地震時の盛土の解析は十分に行われていない。本研究では引張破壊による開口クラックの生成メカニズムを考察するため、液状化地盤上の盛土を想定した地震時応答解析を行い、その破壊性状に関する検討を行う。



図-1 開口クラックの被害事例¹⁾

2. 引張破壊を考慮した土弾塑性構成モデル

本研究では、既往の土弾塑性構成モデルである Li and Dafalias²⁾のモデルと引張破壊を表現できるモデルである Ortiz³⁾のモデルをカップリングさせることで、せん断破壊と引張破壊の両者を表現できるモデルを提案した。提案するモデルは、図-2 に示すようにせん断破壊と引張破壊で異なる破壊基準を持ち、せん断挙動、引張挙動の両者で拘束圧依存性を表現できる。また、引張破壊は最小主応力が引張強度に到達することで規定し、引張破壊後の軟化挙動の表現が可能である。

3. 盛土の動的解析

土弾塑性構成モデルを有限要素法に導入して動的解析を行う。解析モデルは図-3 のモデルを用いる。盛土本体は不飽和砂で構成されており、液状化はしないものとして、提案モデルを導入する。ground1 は、非排水飽和砂地盤とし、液状化を考慮するため繰り返し載荷の影響を考慮できる Li⁴⁾の境界局面モデルを導入する。盛土の間隙比を 0.7、ground1 の間隙比を 0.8 とする。解析手順として、まず初期応力状態を表現するために自

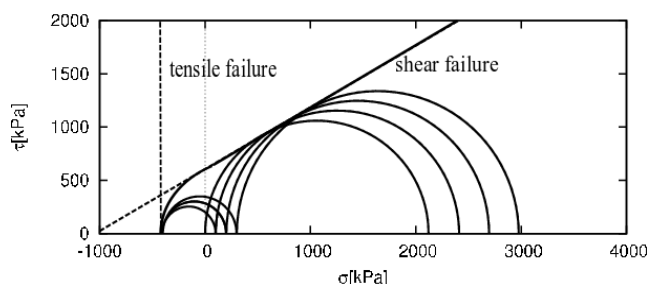


図-2 提案モデルにおける破壊基準

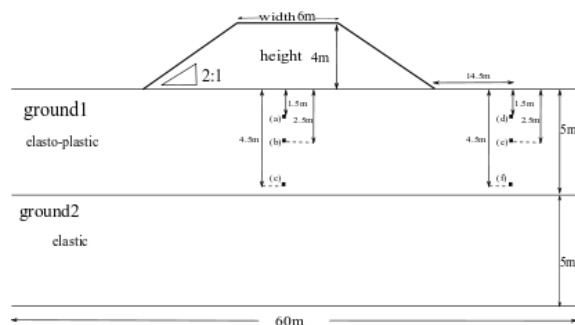


図-3 解析モデル

キーワード 盛土，土弾塑性構成モデル，引張破壊

連絡先 〒611-0011 宇治市五ヶ庄 京都大学防災研究所 T E L 0774-38-4069

重解析を行う．その後，4Hz の正弦波を水平加速度として ground2 の底面に入射する．

図-4 に，解析終了時の過剰間隙水圧比分布，図-5 に変形図を示す．ground1 の自由地盤全体と盛土下の深い位置で液状化が発生し，側方流動が見られる．また，ground1 の側方流動に伴って，盛土本体も水平方向に大きく変形していることがわかる．図-6 に，引張破壊が発生した要素を示す．本解析では両側の法面，法肩で引張破壊が発生しており，図-1 に示すような実際の地震時の盛土の開口クラックの被害の性状と良く一致する結果となった．また，最大主応力が働く方向にクラックが発生すると仮定すると，法面のクラックは鉛直方向，法肩のクラックは斜め方向に発生するクラックであることが示された．

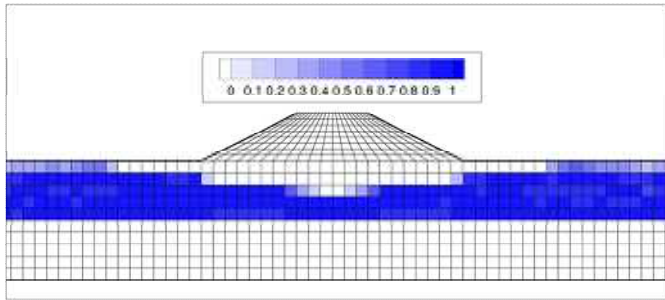


図-4 解析終了時の過剰間隙水圧比分布(N=5)

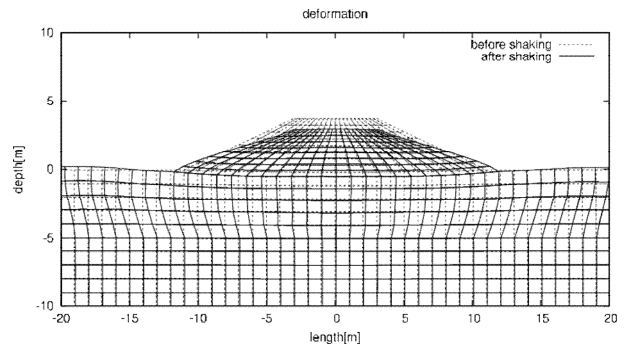


図-5 解析終了時の変形図×15，(N=5)

次に，ground1 の地盤強度を N 値に基づき変化させて解析を行うことで，盛土下地盤で液状化が発生する場合と液状化が発生しない場合で，盛土の破壊性状がどのように異なるかを検討する．初期モデルの ground1 の N 値は 5 であり，ground1 の N 値が 15 のケースとの比較を行う．図-7 に $N=15$ のケースにおける解析終了時の過剰間隙水圧比分布を示す． $N=15$ のケースでは，ground1 に液状化は発生しておらず，

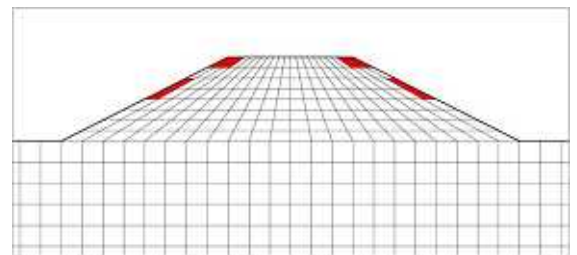


図-6 引張破壊発生要素(N=5)

側方流動は $N=5$ のケースと比べて小さい．図-8 に $N=15$ のケースにおける引張破壊が発生した要素を示す．図-6 に示すように， $N=5$ のケースでは，法肩，法面で引張破壊が発生していたのに対して， $N=15$ のケースでは法面では引張破壊が発生しているものの，法肩では引張破壊が発生していない．すなわち，盛土の引張破壊の発生に対しては，下地盤の液状化による側方流動が大きく影響していることを示した．

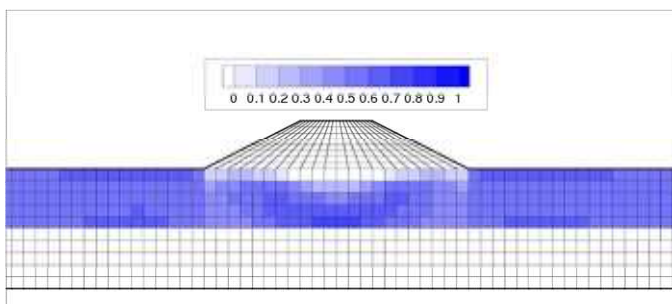


図-7 解析終了時の過剰間隙水圧比分布(N=15)

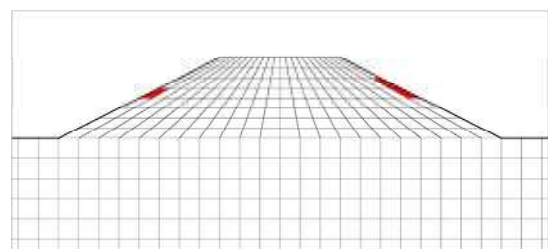


図-8 引張破壊発生要素(N=15)

参考文献

- 1) 土木研究所．東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報
- 2) Li, X.L. and Y. F. Dafalias Dilatancy for cohesionless soil. Geotechnique, Vol.50, pp.449-460, 2000.
- 3) Ortiz, M.A Constitutive theory for the inelastic behavior of concrete. Mechanics of Materials, No4, pp.67-93, 1985.
- 4) Li, X.L A sand model with state-dependent dilatancy. Geotechnique, Vol. 52, No.3, pp. 173-186, 2002.