

東北地方太平洋沖地震における無被災河川堤防に対する有効応力解析

徳島大学 学生会員 ○大隅俊陽
正会員 渦岡良介 上野勝利 鈴木尋

1. 研究の背景と目的

2011 年東北地方太平洋沖地震によって、東日本各地では強い揺れが観測され、深刻な液状化被害を受けた。液状化被害拡大の要因の一つとして継続時間の長い強震動が挙げられており、有効応力解析の継続時間の長い強震動に対する適用性を検証する必要がある。そこで、本研究では有効応力に基づく液状化解析プログラム LIQCA¹⁾ を用いて、無被災河川堤防の変形予測を行い実地盤との比較を通じて、解析手法の適用性を検討する。

2. 解析対象地点

解析対象は仙台市の北東に位置する鳴瀬川河口より 800m ほど上流の右岸堤防²⁾ である。堤防の様子を写真 1 に示す。堤防の高さは 7m、天端幅は約 8m であり、幅約 10m の小段を有する堤防である。地層については、堤防天端から深さ約 6.5~ 9.5m に液状化すると考えられる砂質土が存在しているが、今回の地震では堤防の沈下などは見られなかった。



写真 1 地震後の河川堤防の状況

3. 解析手法

液状化解析プログラム LIQCA¹⁾ では飽和多孔質体理論に基づいた、固相の変位 u と間隙水圧 p を未知数とした $u-p$ 定式化を用いている。LIQCA では土の構成式として、岡らの砂の繰返し弾塑性モデルと R-O モデルを用いる。本研究では、液状化対象層には繰返し弾塑性モデルを使用し、非液状化層には R-O モデルを使用した。

4. 解析条件

既往の調査結果^{2),3)} に基づいて材料パラメータの設定を行った。材料パラメータには、調査結果から直接決定するもの、経験的な値を用いるものおよび要素シミュレーションにより決定するものがある。要素シミュレーションとは、構成則のみのプログラムによって室内試験結果の再現を行うことである。なお、繰返し弾塑性モデルの要素シミュレーションでは液状化強度曲線に着目して材料パラメータを設定した。今回は対象とする室内試験結果が得られなかったためシミュレーションを 2 ケース行い、変形量の違いを比較した。1 ケース目は道路橋示方書から経験的に求めた繰返し回数 20 回での液状化強度の値 0.3 を、2 ケース目は少し液状化強度を上げ 0.33 とした。図 1 に解析地点のモデル図を示す。静的自重解析の境界条件は、底面を水平鉛直方向固定とし、側面は水平方向固定とした。静的自重解析を行った後、この状態を初期条件として動的解析を行う。動的解析の境界条件は、底面は鉛直・水平方向とも固定とした。側方境界は左右の土層構成が異なるため、側方幅広要素の同一深度の節点を等変位とし、疑似自由地盤境界とした。間隙水の境界条件として、地下水面を排水境界とし、それ以外を非排水境界とした。入力地震動は、東北地方太平洋沖地震の際、国土交通省国土技術総合研究所が鳴瀬川河口付近の河川堤防に設置した強震計の観測記録²⁾ を使用する。入力地震波形を図 2 に示す。

5. 解析結果

液状化強度変更前と変更後の過剰間隙水圧比の分布図および変形図を図 3 に示す。また、As1 層の過剰間隙水圧比の観測記録の時刻歴を図 4 に過剰間隙水圧比解析結果の時刻歴を図 5 に示す。このことから、Ac2 層、To 層以外の地点では液状化していることがわかる。天端中央の鉛直応答変位は、パラメータ変更前が 2.14m であり、変更後は 1.13m であった。液状化強度変更後は変形を抑えることはできたものの、実地盤では盛土の沈下は見られないため解析は変形を過大に評価している結果となった。また観測記録では過剰間隙水圧比

の上昇は見られるものの1には達しておらず170秒付近から消散が見られる。しかし、解析結果は過剰間隙水圧比がパラメータ変更前も変更後も20秒で1に達しておりその後も消散することなく1のままとなっている。このことから解析結果では、液状化が継続し変形が過大になったと考えられる。また、法尻部で大きく地盤が隆起している。これは盛土下が液状化し、沈下が起こり盛土下の土が盛土側方に流れ込んだためと考えられる。

6. まとめ

東北地方太平洋沖地震の地震動に対して、液状化解析プログラム LIQCA を用いて河川堤防の変形量比較を行った。実地盤では盛土の沈下は見られないため解析は変形を過大に評価している結果となった。今回は、材料パラメータに経験値を多く用いたため今後はパラメータの見直しなどを行い更なる検証を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 液状化解析手法 LIQCA 開発グループ: LIQCA2D11・LIQCA3D11(2011 年公開版)資料, 2011.
- 2) 松岡一成, 片岡正次郎, 長屋和宏, 金子正洋: 東北地方太平洋沖地震の強震記録を用いた河川堤防の地震応答解析, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.68, No.4(地震工学論文集第 31-b 巻), I,104-I,110, 2012.
- 3) 渦岡良介, 島袋ホルヘ, 酒井久和, 谷本俊輔: 河川堤防に対する強震継続時間が長い地震動の影響について, 強震継続時間が長い地震動に対する土木構造物の耐震性評価シンポジウム論文集, pp.111-137, 2012.

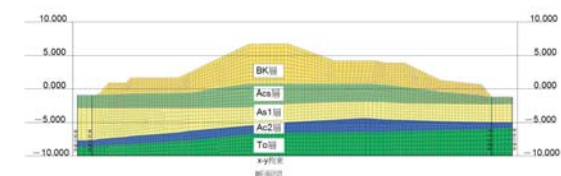


図 1 解析モデル図

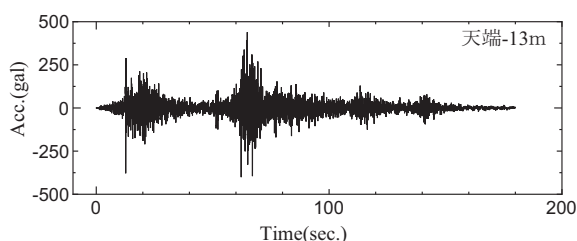
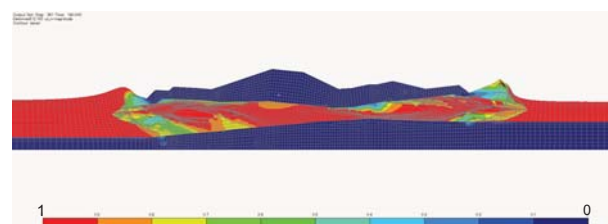
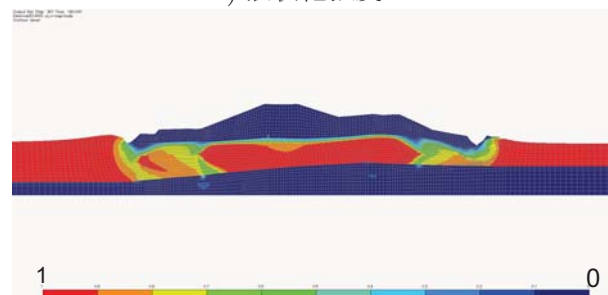


図 2 入力地震波 2)



a) 液状化強度 0.3



b) 液状化強度 0.33

図 3 過剰間隙水圧比の分布と変形図

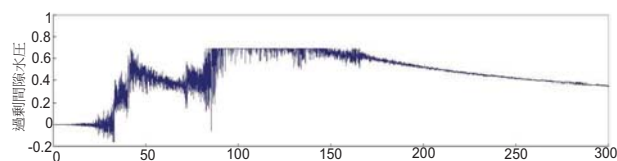
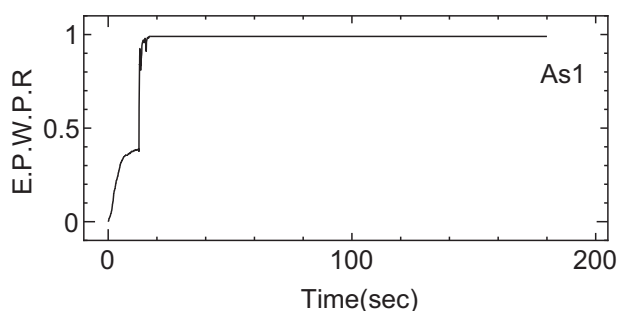
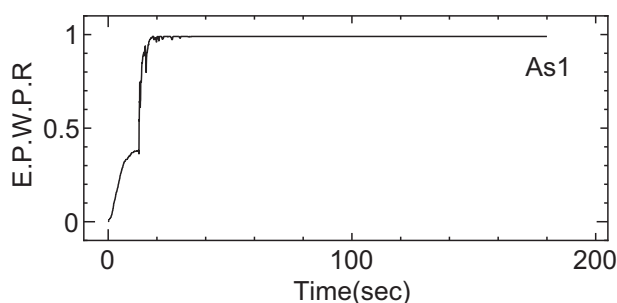


図 4 過剰間隙水圧比の観測記録



a) 液状化強度 0.3



b) 液状化強度 0.33

図 5 過剰間隙水圧比の時刻歴