

遠心模型実験における鳴瀬川堤防の地震被害の再現と対策工に関する研究

愛媛大学大学院 学生会員 ○藤原憲
愛媛大学大学院 国際会員 岡村未対

1. はじめに

これまでの地震時の盛土被害は、基礎地盤の液状化が主な原因である考えられてきた。しかし、2011年3月11日の東日本大震災によって被災した堤防の約7割がこれまで主眼が置かれていなかった堤体内の液状化による被害であり、それらの破壊形態は場所によってかなり異なったものであった。堤体内の液状化による研究はこれまで幾つかされており、一様な盛土を対象として、①堤体内の飽和層厚、②圧密沈下による堤体底部の密度の低下、③圧密沈下による堤体底部の応力の低下の3要因の影響が調べられている¹⁾。しかしそこで観察された破壊形態は、現場での破壊形態とは必ずしも同様のものではなかった。そこで本研究では、盛土の詳細な破壊メカニズムを把握するために、東日本大震災によって被災した鳴瀬川右岸 30.5k 地点の河川堤防の断面を遠心模型として再現し、動的遠心模型実験によって破壊メカニズムを調べた。また法先部の対策工効果の検討も行った。

2. 実験概要

動的遠心模型実験に用いた3ケースの模型概略を図1に示す。

図中の寸法は相似則に従い原型スケールに換算してある。

使用した盛土材料のうち、砂質土と粘性土は現地の被災断面から採取したものを使用した。現場試料の物性を調べるために粒度試験、突固めによる締固め試験、透水試験を行った。図2は砂質土の粒径加積曲線であり、細粒分含有率 FC=28%であった。突固めによる締固め試験による最大乾燥密度と最適含水比はそれぞれ砂質土

($\rho_{dmax}=1.62g/cm^3$, $w_{opt}=18.5\%$)粘性土($\rho_{dmax}=1.33g/cm^3$, $w_{opt}=36\%$)である。また、砂質土の透水係数は $k=1.62 \times 10^{-5}(m/s)$ である。盛土は乾燥密度が現地と同じ(粘性土 $\rho_d=1.10g/cm^3$ 、砂質土 $\rho_d=1.33g/cm^3$)になるように締固めて作成した。また粘性土より上の不飽和状態にある土の部分は豊浦砂($\rho_d=1.40g/cm^3$)で作成した。実験条件をまとめて表1に示す。Case1, 2については飽和層厚が厚い場合、Case3, 4については飽和層厚が薄い場合の条件で実験を行った。いずれのケースにおいても、圧密後の盛土高さと同形状がほぼ同一になるように盛土を作成した。さらにCase4に関しては、法先部に矢板(厚さ2mm長さ110mmのアルミ板、カオリン粘土の根入れ35mm、鋼矢板Ⅲ型の曲げ剛性に相当)を設置し、対策工の効果を検討した。盛土を基礎地盤に設置した後、約-90kPaの負圧下にてメトロゾ水溶液を通水した。通水完

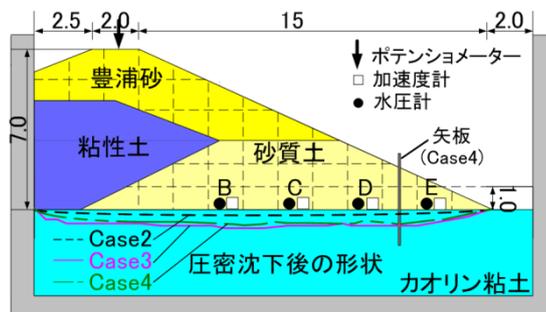


図1 模型概略図

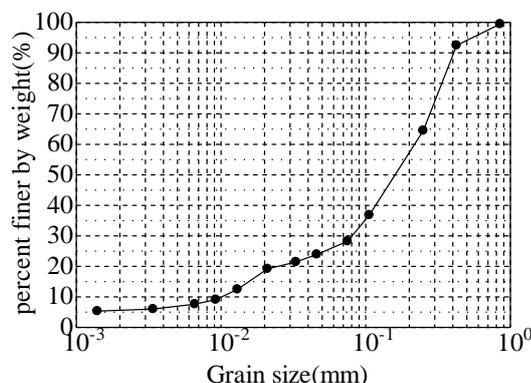


図2 砂質土の粒径加積曲線

表1 実験条件

	圧密沈下量(mm)	加振前水位(m) 基準:盛土最下面
Case1	250	3.00
Case2	0	2.75
Case3	750	2.03
Case4	600	2.00

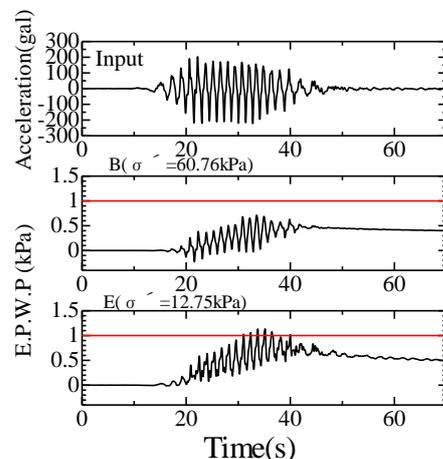


図3 Case1のB, E点における過剰間隙水圧比

了後、模型を遠心模型装置に設置し、遠心加速度 50g 場にて最大加速度約 220gal で 2 度の加振を行った。1 度目は加振時間を 25s とし、2 度目は 50s とした。

3. 実験結果

図 3 は Case1 の B, E 地点における過剰間隙水圧の時刻歴である。B 地点では過剰間隙水圧が有効上載圧に達していないのに対し、法尻付近の E 地点では過剰間隙水圧が有効上載圧に達し、液状化していることがわかる。図 4 は各ケースでの過剰間隙水圧比の最大値である。水位の高い Case1, 2 では、水位の低い Case3, 4 よりも全体的に水圧が高く、水位(飽和層厚の厚さ)の影響がみられる。また何れのケースでも、法尻部が液状化したのに対し、天端直下に向かって水圧比が低下していることがわかる。全土被り圧に対して有効上載圧の小さな法尻付近が液状化に対して弱部となっている。写真 1 は Case1 の加振後の模型の写真と加振による地盤の変位ベクトルを示している。上述の過剰間隙水圧の分布に対応し、砂質土層の変形も天端直下で小さく、法尻付近で大きい。また、天端及び法肩から明確な複数のすべり線が発生していることから、液状化した法先部分に向かって法肩からすべりを起こし、法尻では大きくはらみ出したことがわかる。図 5 は天端沈下量と加振前までの圧密沈下量の関係である。Case1, 2 を比較すると、圧密沈下量の増加により加振による天端沈下量が増加していることがわかる。法尻付近に矢板を打設した Case4 では天端沈下量が低減されており、また盛土全体の加振による沈下量が小さくなっていることが図 6 からもわかる。このような破壊を生じる堤防に対しては、弱部である法先部に対策を施せば、盛土の変形抑制に対し有効であることがわかった。

4. まとめ

本研究では盛土の詳細な破壊メカニズムの把握と対策工の効果を検討するために動的遠心模型実験を行った。その結果以下の結論が得られた。

- a)被災堤防を再現し行った遠心模型実験により、地震時の盛土の詳細な破壊メカニズムが解明できた。
- b)有効上載圧の大きい地点から小さい地点に向かうにつれて過剰間隙水圧は上昇し、全土被り圧に対する有効土被り圧の比が小さな法尻部が液状化しやすい。
- c)このような変形メカニズムの盛土については、法先部に矢板を設置することで、地震時の変形が効果的に抑制される。

参考文献

- 1)山本睦登・岡村未対：基礎地盤の圧密による盛土の変形が地震時の安定性に及ぼす影響，第 46 回地盤工学研究発表会講演集，2011 年，pp.530
- 2)国土交通省東北地方整備局：堤防開削箇所現地状況試料，平成 23 年 7 月

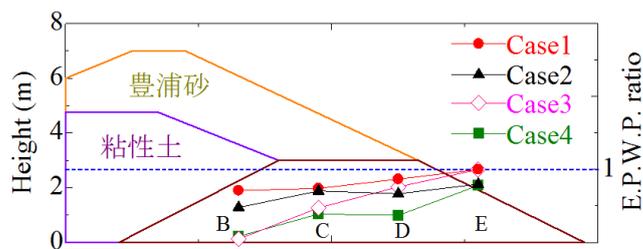


図 4 各地点の過剰間隙水圧の最大値

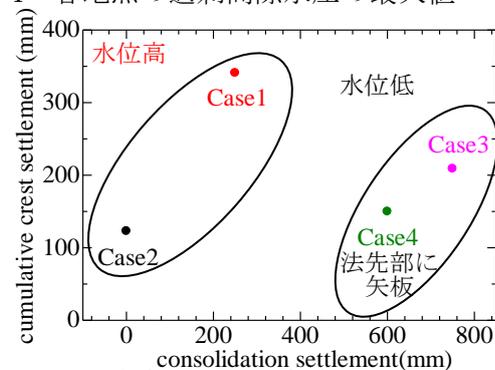


図 5 天端沈下量と圧密沈下量の関係



写真 1. 変位ベクトル(Case1)

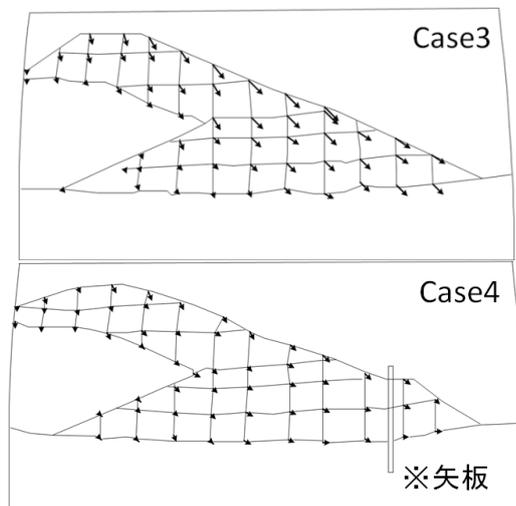


図 6 変位ベクトル
上：Case3 下：Case4