

液状化地盤上の既設盛土耐震補強法に関する遠心模型実験のシミュレーション (その2)

大成建設 正会員 ○立石 章
 大成建設 正会員 藤原斉郁
 大成建設 正会員 青木智幸

1. はじめに

液状化地盤上の既設盛土の耐震補強方法として、筆者らは、法面の抑え部、液状化地盤中の改良体およびこれらをつなぐグラウンドアンカーにより構成される工法を提案し、遠心模型実験によりその効果について検証してきた¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。この工法は、図-1 に示すように液状化地盤内の水平方向の流動変位を利用し、盛土法面のはらみ出しを抑制して盛土体として致命的な破壊を防ぐものである。本報告では、盛土高さを変えた実験による盛土の沈下量に焦点を当て、安田らの提案した静的自重変形解析法⁵⁾⁶⁾を用いて実施したシミュレーション解析結果を報告する。

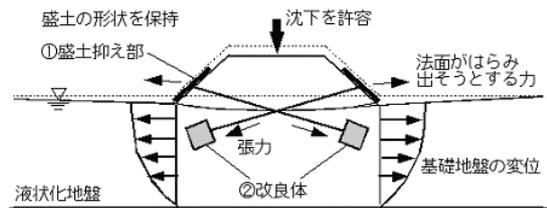


図-1 耐震補強法の概念図

2. 遠心模型実験の概要

実験は遠心加速度 30g 場において実施した。以下、数値は実物換算値を示す。まず豊浦砂により目標相対密度 60%、層厚 4.2m の基礎地盤を作成し、30cSt (× 10⁻⁶m/s²) のシリコンオイルにて自由地盤表面まで飽和させた。盛土体は豊浦砂とカオリン粘土を乾燥重量比 5:1 で混合した材料により高さ 3.6m あるいは 2.4m の盛土模型を作成した。加振は加速度振幅 350Gal (× 10⁻²m/s²)、40 波の正弦波である。法面の抑え (アンカープレート) は厚さ 10cm のコンクリートに相当する剛性のアルミ版によりモデル化し、改良体は直径 1.2m × 長さ 1.2m で周辺地盤と同等の密度に調整した剛体とし、中間部に曲げを伝達しない形で張力計を取り付けたアンカーロッドにより両者を結んだ。実験モデル図を図-2 に示す。

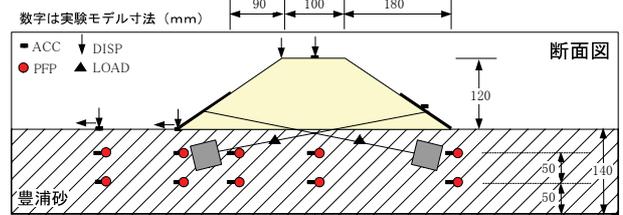


図-2 実験モデル図 (Case-2)

解析対象としたのは、表-1 に示す盛土高さおよび改良体ピッチを変えた 5 ケースである。

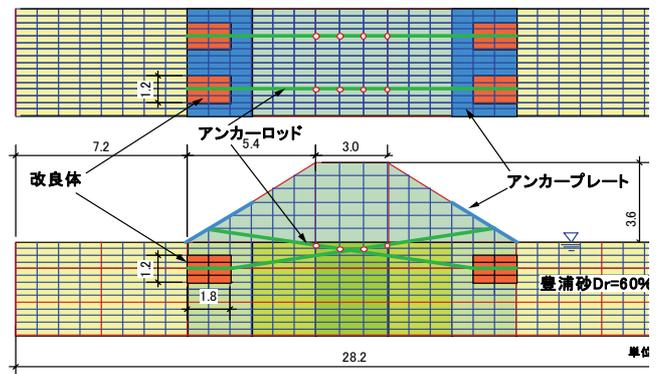


図-3 遠心模型実験の 3 次元 FEM モデル (Case-2)

3. シミュレーション解析方法

シミュレーション解析は、安田らの提案している静的自重変形解析法⁵⁾⁶⁾によった。本補強法では改良体を基礎地盤内に離散的に配置するため、既存の 2 次元解析プログラムは用いず、図-3 に示す遠心模型実験の 3 次元 FEM モデルを作成し、以下のように解析を行った。(1)地盤および改良体は 8 節点ブリック要素で、アンカープレートは 3 次元シェル要素で、アンカーロ

表-1 解析対象ケース

実験ケース	盛土高さ (m)	改良体ピッチ (m)
Case-1	3.6	改良体なし
Case-2		2.25
Case-5		4.50
Case-9	2.4	改良体なし
Case-10		2.25

※実験ケース番号は文献 4)と同じ

キーワード 液状化、補強法、既設盛土、遠心模型実験、有限要素法

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 土木技術研究所 地盤・岩盤研究室 TEL 045-814-7236

ッドは3次元ビーム要素でモデル化し、いずれも線形弾性モデルとした。(2) 基礎地盤の剛性算定に必要な液状化安全率は、実験結果の盛土天端と盛土直下地盤の加速度時刻歴を参考に全ケースとも $kh=0.22$ と設定し、1次元土柱を仮定して基礎地盤内のせん断応力比を算定して求めた。(図-4(a)) (3) 基礎地盤のせん断剛性は、安田・稲垣の式⁹⁾を用いて、液状化安全率、液状化強度、有効拘束圧より与えた。(図-4(b)) 盛土体のせん断剛性は、安田らの提案⁹⁾を参考に0.1%せん断ひずみ相当の剛性の1/50とした。ここに、液状化安全率およびせん断剛性算定には、改良体の存在は考慮していない。(4) 荷重は、盛土および基礎地盤の有効自重を静的に作用させた。

4. シミュレーション解析結果

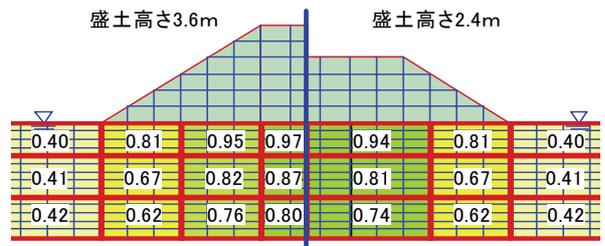
実験と解析を比較して残留変形図の一例を図-5に、盛土天端の残留沈下量を表-2に示す。以下のことがわかる。① 残留変形のモードは概ね模擬できている。② 盛土天端沈下量は、解析は実験の1.6~2.9倍と大きいのが考えられる。同じ盛土高さの実験に対しては、対策効果は定性的には解析は模擬できている。③ 一方、盛土高さが異なる無対策のケースを比較すると、実験ではCase-9はCase-1のおよそ60%の沈下量となったが、解析ではほぼ同程度の沈下量となった。本検討では同じ水平震度を与えており、盛土直下の基礎地盤のせん断応力比は両ケースで同程度となり、液状化安全率も同程度となり、剛性低下率もほぼ同じとなる。安田・稲垣の式⁹⁾によると液状化地盤の剛性は有効拘束圧に比例するため、両ケースの基礎地盤の剛性は盛土高さに比例することとなる。その結果、基礎地盤の剛性と盛土自重とともに盛土高さに比例することから、盛土沈下量はほぼ同程度となったものと推察される。

5. まとめ

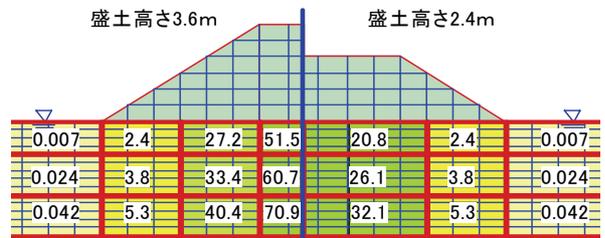
グラウンドアンカーを用いた盛土耐震補強工法について、遠心模型実験結果を3次元FEMモデルを用いた静的自重変形解析法によりシミュレーションした。その結果、残留変形モードは実験結果を比較的よくシミュレートすることができたが、盛土天端沈下量は大きめに評価する結果となった。今後は、水平地震力の設定方法を検討するとともに、盛土高さの違いについて遠心実験結果をさらに分析していきたい。

参考文献

1) 藤原・森川・堀越：液状化地盤上の盛土耐震補強法に関する遠心模型実験，土木学会第63回年次学術講演会，pp107-108，2008. 2) 藤原・森川・堀越：液状化地盤上の盛土耐震補強技術の開発，大成建設技術センター報第41号，p38，2008. 3) 藤原・森川・堀越・立石：液状化地盤上の盛土耐震補強法の効果に関する研究，第44回地盤工学研究発表会，pp.1629-1630，2009. 4) 藤原・立石・青木：液状化地盤上の既設盛土耐震補強効果に関する遠心模型実験，第45回地盤工学研究発表会，2010(投稿中). 5) 安田・吉田・安達・規矩・五瀬・増田：液状化に伴う流動の簡易評価法，土木学会論文集，No. 638/III-49，71-89，1999.12. 6) ALID研究会：2次元液状化流動解プログラムALID/Win 第二版，平成17年6月.

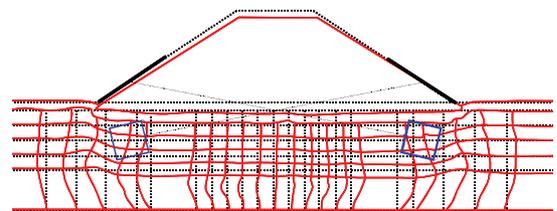


(a) 基礎地盤の液状化安全率

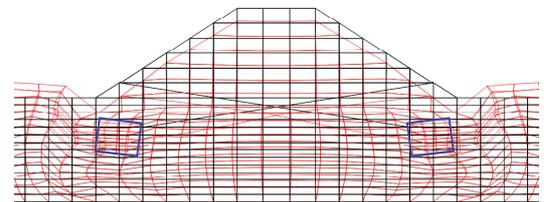


(b) 基礎地盤のせん断剛性 (kN/m²)

図-4 静的自重変形解析のための解析定数



(a) 遠心実験結果



(b) 静的自重変形解析結果

図-5 残留変形図 (Case-2 改良体ピッチ 2.25m)

表-2 盛土天端沈下量の比較

盛土高さ (m)	実験ケース	盛土天端沈下量 (cm)	
		実験	解析
3.6	Case-1	64	100
	Case-2	18	52
	Case-5	39	71
2.4	Case-9	35	96
	Case-10	23	42