浸透固化改良された液状化層上における盛土構造物の地震時シミュレーション

東北大学 学 ○安楽 宗一郎 正 風間 基樹・渦岡 良介・仙頭 紀明五洋建設 正 三藤 正明・熊谷 隆宏・吉田 誠

1. はじめに

液状化地盤上の盛土構造物は地震時に大きな被害が 発生する.近年,液状化対策の有効な工法として浸透 固化処理工法¹⁾が注目されている.この工法は,地盤 中の間隙水を恒久的に強度を発揮する水ガラス系の薬 液に置換することで,液状化防止を図る工法である. 本研究では,液状化地盤上の盛土構造物の地震時挙動 の再現と浸透固化改良による効果の評価を目的とし, 計算プログラム LIQCA²⁾を用いて,五洋建設で行わ れた盛土構造物の模型振動実験結果のシミュレーショ ンを行った.

2. 盛土構造物の模型振動実験

図-1 に実験模型の概要を示す.実験は,浸透固化 により地盤改良された場合とされない場合の2ケース について実施した.模型の縮尺は 1/3 とする.

盛土,液状化層には相馬硅砂5号,不透水層には ベントナイトを使用した.地盤の相対密度は59%,改 良砂の薬液濃度は5.9%である.図-2に模型スケール の入力地震動を示す.入力地震動は,2Hz,10波,最 大加速度200Galの正弦波を想定した.



3. シミュレーション

3.1 解析条件

解析モデルは Z 方向全節点拘束,地盤底面全方向拘 束,地盤両側面 X 方向変位拘束とした.水面は不透水 層(ベントナイト層)下にあり,底面と側面を非排水 境界とし,それ以外の水面下では水の移動は自由であ る.要素数は 546,節点数は 593 である.

解析に用いたパラメータを表-1に示す.パラメータ 設定は,室内試験³⁾を対象に要素シミュレーションを 行い,未改良砂の場合は,室内試験の液状化強度,変 形特性の両方がほぼ等しくなるように設定した.改良 砂の場合は,室内試験の変形特性にほぼ等しくなるよ うにパラメータ設定した「改良砂 1」と室内試験の液 状化強度にほぼ等しくなるようにパラメータ設定した 「改良砂 2」の 2 通りのパラメータ設定を行った.本研 究では,未改良砂,改良砂 1,改良砂 2,を再現する のに,変更するパラメータを透水係数 k,圧縮指数 λ , 膨潤指数 κ ,塑性規準ひずみ γ_r^P ,弾性規準ひずみ γ_r^F の 5 つだけとし,パラメータの影響を把握しやすいよ うに解析を行った.

表-1 解析に用いたパラメータ

パラメータ	未改良砂	改良砂1	改良砂 2
密度 $(g/cm^3) \rho$	1.868	1.868	1.868
透水係数 (m/s) k	1.33×10^{-4}	3.75×10^{-7}	3.75×10^{-7}
初期間隙比 e	0.859	0.859	0.859
圧縮指数 λ	0.0049	0.0074	0.15
膨潤指数 κ	0.0025	0.0037	0.075
擬似過圧密比 OCR	1	1	1
無次元化初期せん断係数 G ₀ /σ _m	372	372	372
破壞応力比 M _f	1.15	1.15	1.15
変相応力比 M _m	0.945	0.945	0.945
硬化関数中のパラメータ B ₀	800	800	800
硬化関数中のパラメータ B1	310	310	310
 硬化関数中のパラメータ C_f 	0	0	0
塑性規準ひずみ γ^P_r	0.1	0	0
弾性規準ひずみ γ^E_r	0.05	0	0
ダイレイタンシー係数 D ₀	0.7	0.7	0.7
ダイレイタンシー係数 n	5.1	5.1	5.1
異方性消失のパラメータ C _d	2000	2000	2000

3.2 結果・考察

全ケースの加振後の過剰間隙水圧比と変形図,未改 良および改良ケースの盛土天端の沈下量時刻歴を図– 3,図–4,図–5に示す.図–3の変形を見ると,水平 地盤部で隆起し,盛土直下で沈下し,盛土部分が地面

にめり込むという実験結果と同様の傾向が再現できて いる.また、過剰間隙水圧比を見ると、未改良ケース では盛土直下部、改良ケースでは改良部分は液状化に 至っていないことがわかる. 図-4から, 未改良砂の盛 土天端沈下量は実験結果と解析結果はほぼ一致してい ることがわかる.一方,図-5より,改良砂では、「改 良砂 2」では実験結果と解析結果はほぼ一致している が、「改良砂1」では沈下量を実験値よりも過大に再現 しているということがわかる. これは、「改良砂1」で 室内試験の変形特性にほぼ等しくなるようにパラメー タを設定したところ,液状化強度が実験結果よりも弱 くなってしまったという事が原因であると考えられる. 他の原因として考えられることは、図-3でも示すよ うに、「改良砂1」では「改良砂2」に比べて広範囲に 亘り地盤部分で液状化が発生しており、それが沈下量 に影響を与えていると考えられる.

次に改良砂における盛土直下部(図-1中のAH3)の 水平加速度応答と過剰間隙水圧の時刻歴を図-6,図-7 に示す. 盛土直下部の水平加速度応答は, 応答の最大 値,減衰について正確に再現されていない.これは, 解析において、改良部の時刻1秒~2秒の加速度応答 を過小評価し、未改良部の時刻2秒~5秒の加速度応 答を過大評価した事が原因と考えられる.「改良砂 1| と「改良砂2」に加速度応答に大きな差は見られなかっ た. 過剰間隙水圧については, 図-7に示すように, 実 験値と解析値の間に大きな誤差が生じている. 模型振 動実験の際に不透水層が水を吸って単位体積重量が上 昇した事や実験中に計測器が沈下してしまった事が実 験値と解析値に誤差が生じた原因であると考えられる. また、「改良砂1」と「改良砂2」を比較すると、水圧 に多少の差があったが、これは改良部分の液状化強度 の違いによるものであると考えられる.



図-3 加振後の盛土変形形状と過剰間隙水圧比



4. 結論

今回の研究では以下のような結論が得られた. 1)LIQCA によって盛土構造物の変形の傾向を再現 できる.2)盛土天端の沈下量は液状化強度や液状化 範囲に影響を受ける.3)改良砂盛土直下部の水平応 答加速度,水圧の解析については検討の必要がある. 参考文献

- 財団法人沿岸開発技術センター:沿岸開発技術ライブラ リーNO.18 浸透固化処理工法技術マニュアル, 2003.
- 液状化解析手法 LIQCA 開発グループ: LIQCA2D07 (2007 年公開版) 資料, 2007.
- (2007年公開版)資料,2007.
 3)鈴木崇:薬液注入工法による改良砂の液状化特性と残留ひずみ量予測,東北大学修士論文,2006.