

I - B 382

地中埋設管の液状化実験のシミュレーション解析

株式会社 解析技術サービス 正員 湯浅 明
 農林水産省農業工学研究所 毛利 栄征
 株式会社 クボタ 河端 俊典
 Delaware 大学 Hoe I. Ling

1. はじめに 地震による地盤の液状化により配水・送水施設の地中埋設管などは、浮上・蛇行など大きな被害を受けるが、これらの構造物に対しては液状化に対する対策工が施されていないのが現状である。現在、著者らは地中埋設管の液状化対策工法について研究を行っている。その一環として対策工法の有効性を解析により把握することを目的とし、振動台実験のシミュレーション解析を行った。今回はこの検討結果について報告する。使用したプログラムは有効応力解析プログラム FLIP²⁾ である。

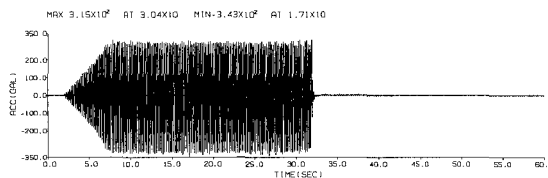
2. 検討方法 検討のフローを表一に示す。解析結果の評価は予め行った振動台実験結果の間隙水圧、埋設管の浮上量及び曲げひずみなどとの比較により行った。CASE 1 は低拘束圧下での非排水繰り返し三軸試験の実施が困難なことから、間隙水圧・加速度の時刻歴が合うような液状化パラメータを設定するために行った。CASE 3 は埋設管上部の土層を非液状化層として6号砕石で置換した対策ケースである。

3. 実験の概要¹⁾ 実験は長さ4.6m×幅1.2m×高さ1.3mの土層(浮島産の霞ヶ浦砂、均等係数 $U_c = 2.49$)を作成し($Dr = 60\%$ 前後)、その中に外径420mm、内径400mmの模型埋設管(塩化ビニル製)を設置し、図一に示す5Hzの定常波で加振、液状化させた。

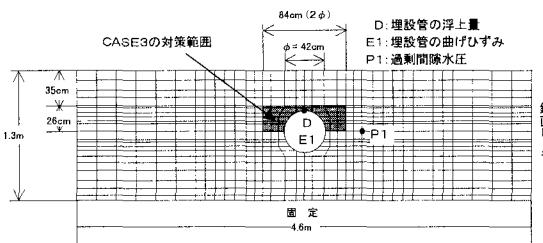
4. 解析条件 解析で用いた物性値を表二に示す。代表的な物性値は、室内試験や実験時の測定値を用いたが、液状化土層の初期せん断弾性係数、最大減衰は豊浦標準砂の試験値³⁾で代用した。砕石の初期せん断弾性係数は液状化土層の10倍とした。要素分割図を図二に示す。入力加速度は図一の記録を用いた。なお、FLIPの解析条件は、非排水状態であることに留意する必要がある。

表一 解析手順

手 順	検討対象の実験条件	検討内容
CASE1	土層のみ	液状化パラメータの設定
CASE2	土層+埋設管	解析プログラムの適用性
CASE3	対策工(砕石で置換)	対策工法に対する有効性



図一 入力加速度波形



図二 要素分割図

表二 パラメータ一覧

名 称	水中単位体積重量 γ_{sat} (tf/m ³)	間隙率 n	最大減衰 b_{max}	内部摩擦角 ϕ_i (度)	粘着力 c (tf/m ²)	初期せん断弾性係数 G_0 (tf/m ²)	初期体積弾性係数 K_0 (tf/m ²)	土粒子骨格のポアゾン比 ν	間隙水の体積弾性係数 n_s (tf/m ²)
液状化土層	1.96	0.440	0.25	34.7	0.0	9000	24000	0.333	2.24×10^{-5}
砕 石	2.04	0.386	0.28	40.0	0.0	90000	240000	0.333	2.24×10^{-5}
名 称	せん断弾性係数 G_0 (tf/m ²)	ヤング率 E_p (tf/m ²)	ポアゾン比 ν_p	等価単位体積重量 γ_{eq} (tf/m ³)	断面積 A (m ²)	断面2次モーメント I_2 (m ⁴)	G_0, K_0 に対する平均有効応力 $\sigma_{av}' = 6.66$ (tf/m ²) 減衰定数 $\beta = 7.5 \times 10^{-6}$		
埋 設 管	111111	300000	0.35	2.689	0.01	8.3×10^{-8}			
液状化パラメータ									
名 称	変相角 ϕ'_p	S1	W1	P1	P2	C1			
液状化土層	31.2°	0.005	12.0	1.995	0.50	1.0			

キーワード: 液状化、埋設管、対策工法、シミュレーション

連絡先: 〒171-0033 東京都豊島区高田 3-18-2 タイムプラザイセビル2階 TEL03-5954-2031 FAX03-5954-2032

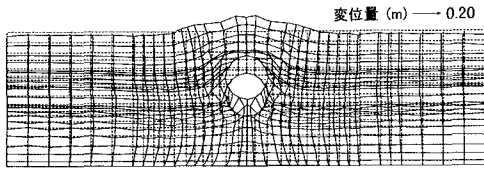


図-3 CASE2(無対策)の最終変形

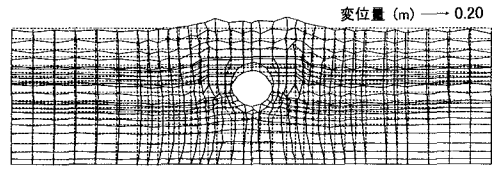
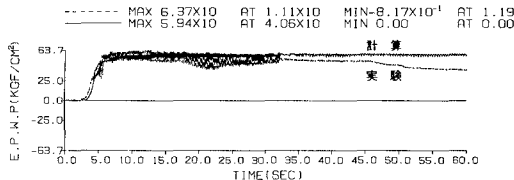
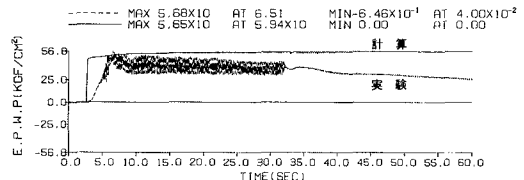


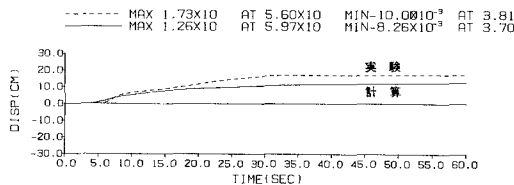
図-5 CASE3(対策)の最終変形



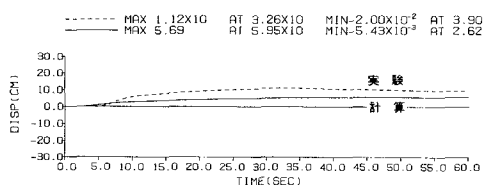
(a) 過剰間隙水圧 (P1)



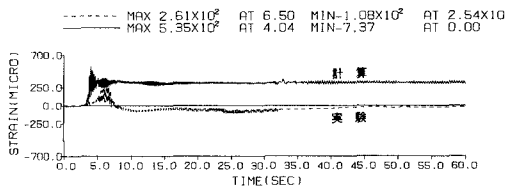
(a) 過剰間隙水圧 (P1)



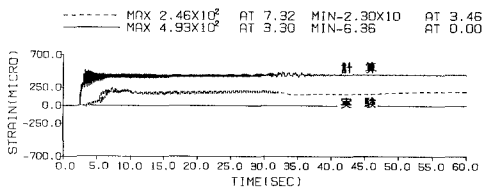
(b) 埋設管の浮上量 (D)



(b) 埋設管の浮上量 (D)



(c) 埋設管の曲げひずみ (E1)



(c) 埋設管の曲げひずみ (E1)

図-4 CASE2の応答時刻歴

図-6 CASE3の応答時刻歴

5. 結果及び比較 紙面の都合上 CASE2、CASE3 の解析結果について述べる。図-3に CASE2 (無対策) の解析結果の変形図を示す。変形は埋設管が浮上したモードを再現している。図-4に過剰間隙水圧、埋設管の浮上量及び曲げひずみの実験結果との比較 (Point は図-2を参照) を示す。両者の対比は概ね一致している。図-5に CASE3 (対策) の解析結果の変形図を、図-6に過剰間隙水圧、埋設管の浮上量及び曲げひずみの実験結果との比較を示す。両者では絶対量に違いがあるが、実験、解析それぞれにおける CASE 2 との対比では、埋設管の浮上量の減少など一致している。

6. まとめ 液状化による地中埋設管の対策工法の有効性を解析で把握することを目的とし、振動台実験結果のシミュレーション解析を行った。その結果、有効応力解析プログラム FLIP による結果は実験と概ね一致した結果が得られ、解析により地中埋設管に対する液状化対策工法の有効性の確認ができることが明らかになった。今後は解析・実験を含め総合的に有効な液状化対策工法について検討を行っていく予定である。

参考文献 1) Mohri,Y.,Kawabata,T.and Ling,H.I.(1999):Experimental study on the Effects of Vertical Shaking on the Behavior of Underground Pipelines,Second International Conference On Earthquake Geotechnical Engineering,June,Lisboa,Portugal (投稿中)

2) 井合 進・松永 康男・亀岡 知弘：ひずみ空間における塑性論に基づくサイクリックモビリティのモデル、港湾技術研究所報告、第 29 巻、第 4 号、pp.27-56 3)新体系土工学 18 土の力学 (III)：技報堂出版株式会社、1 版 1 刷