

地中構造物を対象とした液状化対策工の効果に関する解析的研究

九州工業大学工学部 正会員 廣岡明彦 永瀬英生 清水恵助
九州工業大学大学院 学生会員 ○陣内幸一

1. はじめに

地震時の液状化に伴い地中構造物が浮上するといった現象や、局所的な地盤変形に伴う継ぎ目部での破壊等の被災報告は、これまで数多くなされている。本研究室では、地中構造物を有する砂地盤での締固め工法を想定した重力場振動台実験を実施し、改良域の幅の変化並びに改良域内での構造物埋設深さの変化が、液状化時における地中構造物の挙動に与える影響について調べてきた。本研究では、数値解析により地震時の地盤並びに地中構造物の変形予測を行い、重力場振動台実験結果との比較、検討を試みた。

2. 解析モデル及び解析条件

重力場振動台実験のシミュレーションは、有効応力解析プログラム FLIP を用いて実施し、解析モデルは、図 1 の実験モデルをもとに、図 2 の様に設定した。実験手法及び実験結果の詳細は文献 1) を参照されたい。解析ケースは、無対策、改良域の幅を 3m、6m としたケース、構造物の埋設深さを 1.5m としたケース、これら 4 つのケースを想定した。表 1 に解析ケースの詳細を示す。入力地震動は、実験条件に準拠して、兵庫県南部地震で観測された、ポートアイランド (GL-32m) における観測加速度波の NS 成分を、最大加速度 300gal として、解析モデル底面の粘性境界に入力した。解析で用いた各材料定数の値を表 2、表 3、液状化パラメータの値を表 4 にそれぞれ示す。液状化層は、相対密度 20% の豊浦砂、締固め工法を想定した改良域内は、相対密度 70% の豊浦砂として、材料定数を決定した。地中構造物は、所定の重量を有する剛体としてモデル化した。液状化パラメータについては、過去に実施された豊浦砂の非排水繰返し三軸試験結果を参照し、要素シミュレーションを行い決定した。なお各パラメータの設定方法の詳細については別報 2) を参照されたい。

3. 解析結果及び考察

図 3 に残留変形図 (実規模を 15 倍に拡大) を各ケースごとに示す。対策工を施していない case1 では、地中構造物の周辺地盤の液状化に伴い、構造物周辺の地盤が流動し、構造物を巻き込むように押し上げている様子が観

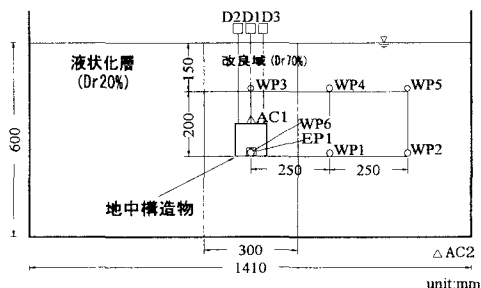


図 1 実験モデル

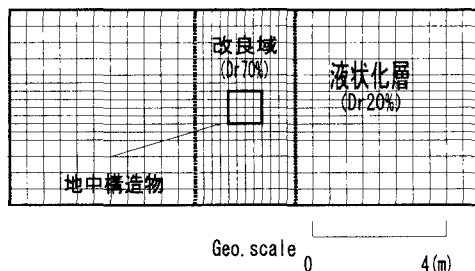


図 2 解析モデル

表 1 解析ケース

case	埋設深さ (m)	締固め幅 (m)
1	3	0
2	3	3
3	3	6
4	1.5	0

表 2 材料定数 (非線形平面要素)

	平均有効拘束圧 $\sigma_{m'}$ (kPa)	せん断弾性係数 G_m (kPa)	体積弾性係数 K_m (kPa)	質量密度 ρ (t/m ³)	間隙率 n	最大減衰 h_{max}	内部摩擦角 ϕ_i' (度)
液状化層	98.0	75000	195500	2.0	0.45	0.27	33.0
改良域	98.0	104000	271220	2.0	0.42	0.30	41.0

表 3 材料定数 (線形平面要素)

	ヤング率 E (kPa)	ポアソン比 ν	密度 ρ (t/m ³)
地中構造物	3.0×10^7	0.2	0.8

表 4 液状化パラメータ

	ϕ_p	S_1	w_1	p_1	p_2	c_1
Dr40%	28.0	0.005	1.35	0.5	1.20	1.4
Dr70%	28.0	0.005	8.80	0.5	1.00	3.2

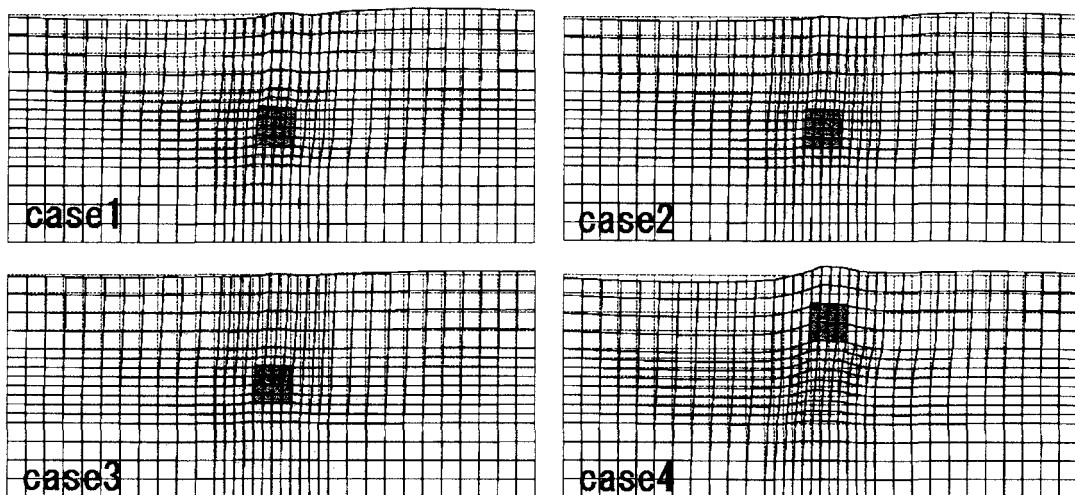


図3 残留変形図

察できる。一方、改良域を設けた case2、case3 では、改良域内において地盤の流動変形が小さくなっているとともに、構造物の浮上がり量も若干ではあるが抑制された結果となった。これは、地中構造物周辺地盤に改良域を設けることで、改良域内での過剰間隙水圧の上昇を抑制し、その結果、地盤流動並びに地中構造物の浮上がりも抑制する結果になったと考えられる。地中構造物の埋設深さを変えた case4 では、他の3つのケースと比べると、地盤流動、構造物の浮上がり量ともに、顕著な差が見られる。これは、地中構造物の設置深さを浅くしたために、構造物上部の砂の重量も小さく、また構造物の下方地盤の液状化による地盤の流動も著しいため、このように顕著な差が現れたものと考えられる。図4に地中構造物の浮上がり量が、対策工を施した場合、無対策に対してどの程度の割合かを、数値解析結果と模型実験結果とで比較したものを示す。図より、数値解析と模型実験では、対策工の効果に約20%の差が生じていることが見てとれる。また、締め幅を広げた効果も、実験の方がより顕著に現れた結果となった。図5に、模型実験より得られた構造物浮上がり量の経時変化を、相似則を適用することで時間のスケールを解析結果と合わせ、構造物の浮上がり開始時間を算出し、各ケースごとにプロットしたものを示す。図より、解析、実験ともに、締め幅を広げることで、構造物の浮上がり開始時間を遅らせる結果となっているのが見てとれる。また、解析の方が多少早く構造物の浮上がり開始しているものの、対策工の効果に限れば、実験、解析ともにほぼ同等の効果が発揮されたといえる。これまでの結果から、数値解析と模型実験では定性的な面においては、ある程度の整合性が見られた。しかし、実際の浮上がり量という面から見ると、かなりの違いが生じているのが現状である。地中構造物と周辺地盤のすべりを十分に表現しきれていないという影響もあると考えられるが、各種パラメータの見直しも含めて、今後の課題としたい。

参考文献 1) 廣岡明彦ら：地中構造物の液状化時浮上がり抑制効果に関する重力場振動台実験、第25回地震工学研究発表会講演論文集、第1分冊 pp.401～pp.404、1999、7 2) 廣岡明彦ら：側方流動対策工を施した護岸構造物の耐震性に関する解析的研究、土木学会第54回年次学術講演会、pp.234～pp.235、1999、9

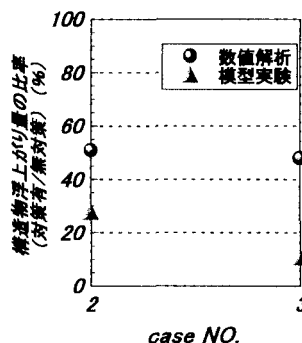


図4 構造物浮上がり量の比較図

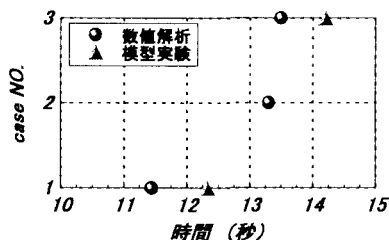


図5 構造物浮上がり開始時間の比較図