

シリカ薄液による液状化対策工法の開発

- 耐震性能に関する二次元液状化解析 -

奥村組 土木部 正会員 柳原純夫・技術開発部 正会員 高橋一成
 情報システム室 正会員 森尾 敏・技術研究所 正会員 日下部伸

1. まえがき

著者らは一次元の液状化解析結果をもとに、6倍に希釈したシリカ薄液改良土は原地盤と液状化強度の差が小さいものであっても、有効応力が低下した後のねばりがあり、優れた変形性能を有する可能性を指摘した¹⁾。初期せん断応力を有する二次元地盤においても同様の効果が得られることを確認する目的で二次元液状化解析を実施したので、その結果について報告する。

2. 解析方法と解析条件

解析には、有効応力法に基づく液状化解析プログラムFLIP²⁾を用いた。

解析対象は、鋼管矢板護岸とその周辺の地盤、海(水)とした。解析モデルを図-1に示す。鋼管矢板護岸は控え矢板で指示されたタイロッドにより支保されている。地盤改良は護岸から背面へ約20mの図に示される範囲におこなうものとした。解析は無対策(CASE1)、2倍希釈改良(CASE2)、6倍希釈改良(CASE3)の3ケースについて実施した。

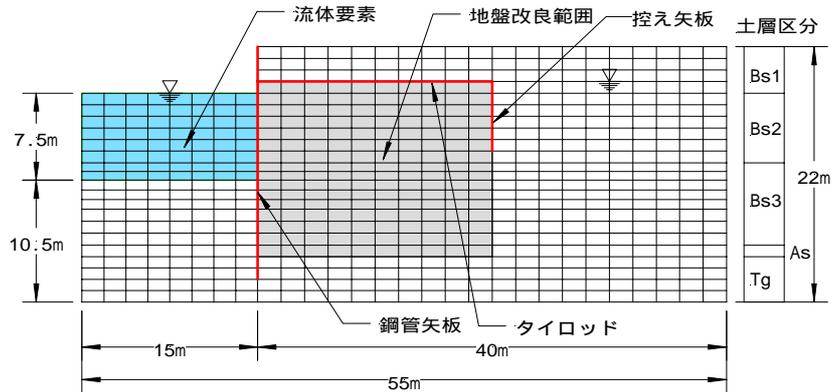


図 - 1 解析モデル

表 - 1 解析パラメータ

地下水面以下のBs1、Bs2、Bs3、As層が液状化対象層である。これらの地盤には多重せん断モデルを適用した。解析パラメータは表-1に示すとおりである。これらのパラメータは液状化強度試験結果をもとに設定した。液状化強度曲線を図-2に示す。未改良のBs3層は6倍希釈改良土と同程度の液状化強度を有している。鋼管矢板のM - 関係の骨格曲線は、塑性モーメントMp(1.06 × 10⁴kNm)、塑性曲率 p(2.42 × 10⁻⁰³/m)を折れ点とするバイリニアとした。タイロッド、控え矢板は弾性梁要素とした。図-3に示す、最大加速度390gal、継続時間60秒の地震波(ラウニオン波NS)を2Eとして底面粘性境界から入力した。解析モデル両側面は粘性境界とした。

名称	密度 t/m ³	初期せん断剛性 Gma kPa	基準有効拘束圧 ma' kPa	内部摩擦角 f deg	変相角 p deg	ダイランシーに関するパラメータ				
						S1	W1	P1	P2	C1
Bs1	1.95	23600	38.0	32	28	0.005	25.0	0.50	1.50	1.00
Bs2	1.95	38220	94.6	34	28	0.005	30.0	0.50	1.50	1.00
Bs3	1.95	63180	155.5	34	28	0.005	43.0	0.50	1.50	1.00
As	1.90	72250	193.1	36	28	0.005	34.0	0.50	1.50	1.00
Tg	1.85	1134000	210.0	40	-	-	-	-	-	-
2倍希釈	1.95	112400	98.0	41	30	0.005	10.0	0.50	0.80	6.00
6倍希釈	1.95	112400	98.0	41	30	0.005	8.5	0.50	1.00	4.00

図-2に示す。未改良のBs3層は6倍希釈改良土と同程度の液状化強度を有している。鋼管矢板のM - 関係の骨格曲線は、塑性モーメントMp(1.06 × 10⁴kNm)、塑性曲率 p(2.42 × 10⁻⁰³/m)を折れ点とするバイリニアとした。タイロッド、控え矢板は弾性梁要素とした。図-3に示す、最大加速度390gal、継続時間60秒の地震波(ラウニオン波NS)を2Eとして底面粘性境界から入力した。解析モデル両側面は粘性境界とした。

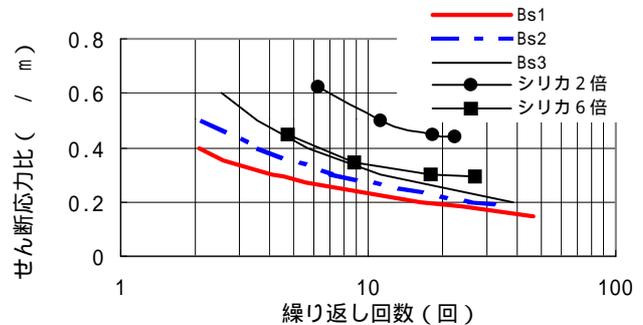


図 - 2 液状化強度曲線

キーワード：シリカ薄液注入、二次元有効応力法液状化解析、側方流動、地盤改良

連絡先：〒545-8555 大阪市阿倍野区松崎町2-2-2 奥村組本社土木部 TEL06-6625-3568 FAX06-6623-7699

3. 解析結果と考察

図 - 4 はCASE1における時刻19.8秒におけるモデル全体の液状化および変形の状況を示したものである。赤色で示される部分が、過剰間隙水圧比0.9以上、すなわちほぼ液状化したとみなせる箇所である。これより時刻19.8秒においては既に液状化対象地盤は全体的に液状化が発生しており、護岸矢板は海側にメートルオーダーで変形していることがわかる。このように全面液状化にいたる時刻はCASE2、CASE3もあまり差異はなかった。各ケースにおける鋼管矢板頭部の水平変位の時刻歴を図 - 4 に示す。これをみると時刻25秒までは、無対策のCASE1と6倍希釈のCASE3の変位進行は、ほぼ等しくなっている。しかし、25秒以降ではCASE3の変位の進行が顕著になっており、最終的に約6mの水平変位が発生している。これに対しCASE2は時刻25秒以降は2倍希釈のCASE1とほぼ並行に水平変位が進行し最終的に約4mの水平変位にとどまっている。3ケース共に時刻19.5秒後にはモデル全体が液状化していることを考慮すると、シリカ薄液改良土は有効応力が低下した後のねばりが顕著であり、特に側方流動等の地盤の大規模な水平変位に対して有効であろうことが推察される。図 - 6 は各ケースのBs1層における地盤の応力ひずみ関係を示したものである。各ケース共に初期せん断の方向にひずみが大きくなっていく傾向を示しているが、シリカ薄液改良をしたCASE2、CASE3は、ある一定値以上に大きくならないことがわかる。

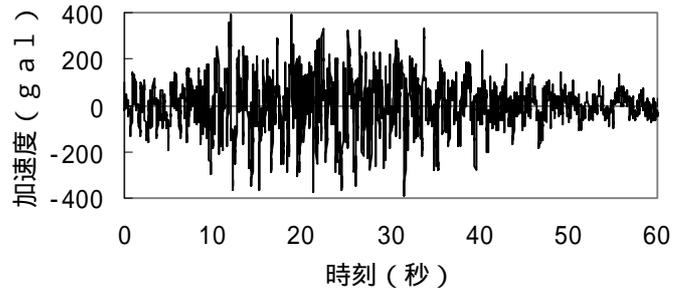


図 - 3 入力地震波

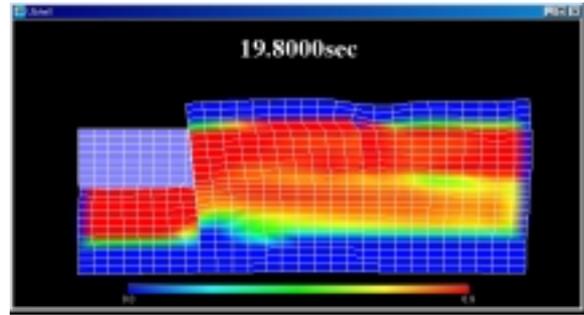


図 - 4 液状化状況(19.8秒後)

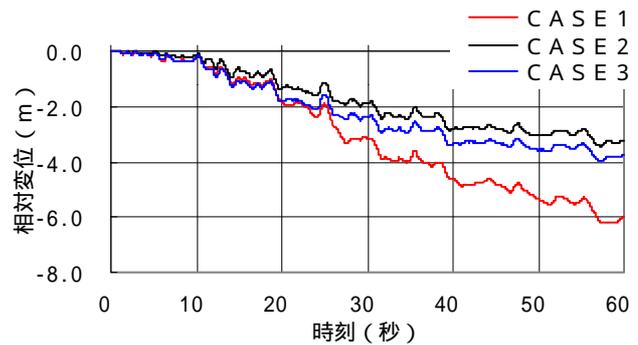


図 - 5 鋼管矢板頭部水平変位

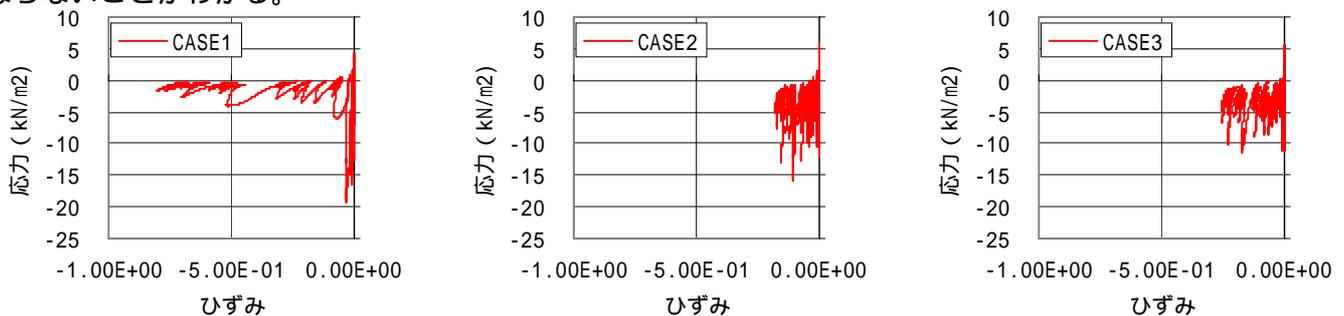


図 - 6 各ケースの地盤の応力ひずみ関係 (BS1層)

4. まとめ

初期せん断応力を有する二次元地盤においても、シリカ薄液改良土は有効応力が低下した後のねばりがあり、優れた変形性能を有する可能性があることがわかった。L2地震動における有効な対策工法としてさらなる検討が必要である。

- 1) 森尾敏、日下部伸ら：シリカ薄液による液状化対策工法の開発、土木学会第55回年次学術講演会、1990（投稿中）
- 2) 井合進、松永康男、亀岡知弘：サイクリックモビリティのモデルのパラメタの同定、港湾技術研究所報告、第29号、第4号、p.57-83、1990。