

# シリカ薄液による液状化対策工法の開発

- 耐震性能に関する一次元液状化解析 -

奥村組 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  
 土木部 正会員 柳原純夫・技術開発部 正会員 高橋一成  
 土木設計部 正会員 古賀 明

## 1. まえがき

恒久グラウトである溶液型超微粒子シリカを用い、既設構造物を対象とした液状化対策工法が開発されている<sup>1)</sup>。著者らは室内の配合実験から、シリカ薄液による改良砂は一軸圧縮強さ  $q_u$  が 13kPa もあれば相当な液状化抵抗と耐震性能を有することを明らかにした<sup>2)</sup>。また、埋立地盤において実施した現場注入実験から、原液を2倍希釈した薄液の注入では浸透距離によらず改良体内でほぼ同程度の液状化強度が得られること、その靱性は極めて優れていることを示した<sup>3)</sup>。

本稿では、シリカ薄液注入による改良土の耐震性能を一次元の液状化解析を通して解析的に検討する。対象地盤は、兵庫県南部地震において鉛直アレー観測が実施されたポートアイランド地盤とする。

## 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 FLIP<sup>4)</sup>を用いる。使用する構成式は、いわゆる全ひずみ型のモデルで、せん断挙動と体積ひずみ挙動が分離されたものである。せん断に関しては、多重せん断パネモデルが用いられ、主応力軸の回転も含めた任意方向のせん断の評価が可能である。個々のせん断パネには双曲線モデルが、この履歴特性には修正した Masing 則が適用される。修正した Masing 則とは、せん断ひずみ振幅に応じて履歴ループの大きさ（減衰定数）を調整したものである。体積ひずみに関しては、せん断仕事モデルが用いられる。塑性せん断仕事と一般化したせん断応力に基づいて液状化フロントと状態変数を定め、この状態変数から塑性体積ひずみを決定している。

解析対象地盤を図-1 に示す。ポートアイランド地盤では、GL-0 ~ -18m の埋土に六甲まさ土が使用されている。本解析では、まさ土の代わりにシリカ薄液の現場注入実験を行った地盤（未改良富津砂）を用いた場合と改良砂（6倍希釈と2倍希釈）を用いた場合の違いを調べる。未改良富津砂の液状化強度は、六甲まさ土の液状化強度<sup>5)</sup>と同程度である。

入力地震動は、アレー観測における GL-32.4m での加速度記録（NS成分）を図-1 の砂レキ層下端から地中振幅（E+F）として入力する。

## 3. 解析結果と考察

最大絶対加速度、最大相対変位、最大せん断ひずみの深さ方向分布を図-3、4、5 に示す。地表面の最大加速度は2倍希釈の場合が最も小さい。これは、埋土の強度を高めることで図-5 にみられるように下部

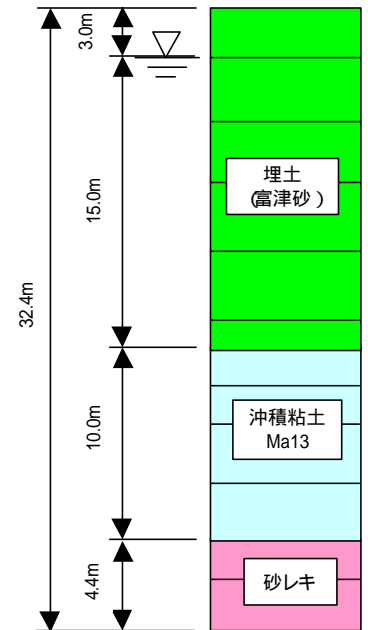


図-1 解析モデル

表-1 パラメーター

パラメーター	未改良	6倍希釈	2倍希釈
r (kPa)	98	98	98
G (kPa)	112400	112400	112400
K (kPa)	299700	299700	299700
(deg.)	37	37	41
m (deg.)	28	28	30
S1	0.005	0.005	0.005
W1	7.0	8.5	10.0
P1	0.5	0.5	0.5
P2	1.3	1.0	0.8
C1	4.0	4.0	6.0

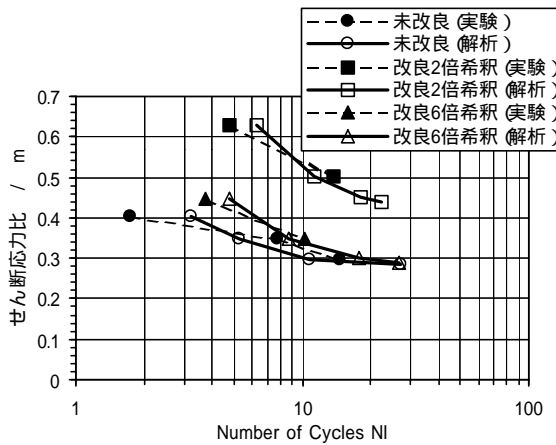


図-2 液状化強度曲線

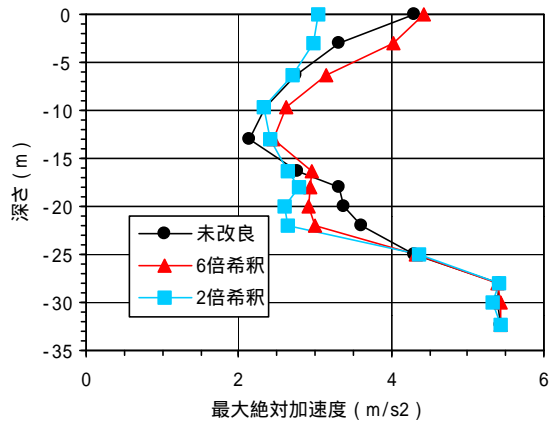


図-3 最大絶対加速度の深度分布

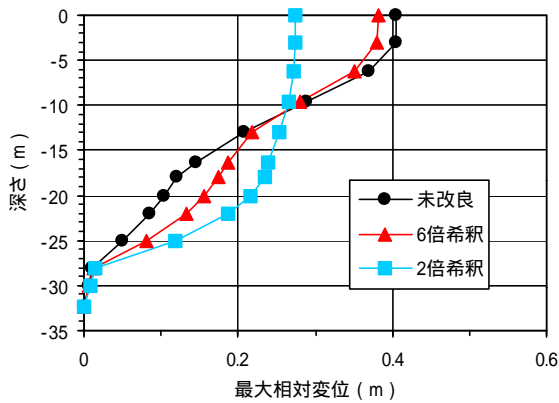


図-4 最大相対変位の深

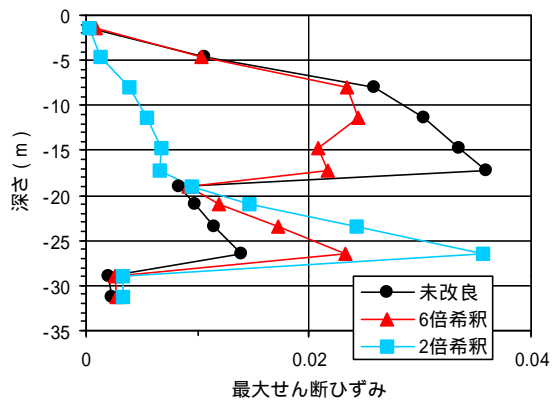


図-5 最大せん断ひずみの深度分布

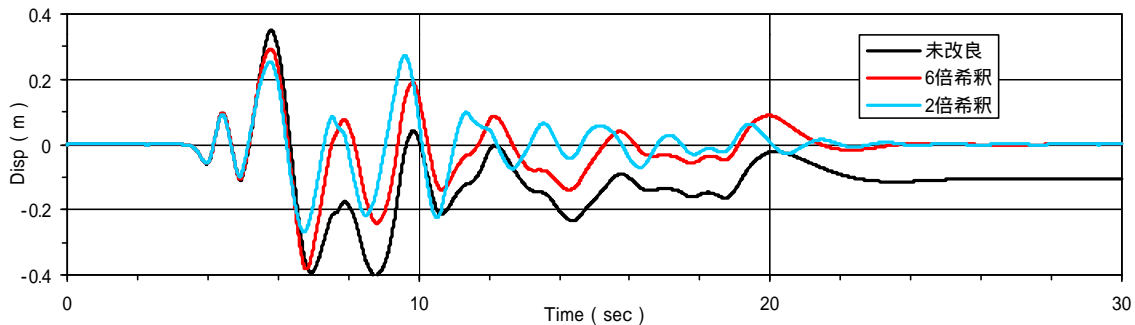


図-6 地表面の相対変位時刻歴

の Ma13 にせん断ひずみが集中し、地表への波動伝播が抑えられたためであろう。地表面の最大変位は、2倍希釈の場合が最小(27cm)で、未改良と6倍希釈は同程度(約40cm)である。図-6に地表面の相対変位時刻歴を示す。この解析は、地震動の20秒以降の加速度をゼロとして、残留変形量をみたものである。未改良では10cm程度の残留変形が生じているのに対し、2倍希釈と6倍希釈の残留変形はほぼゼロである。6倍希釈の場合、 $q_u$ は13kPa程度である。この程度の $q_u$ であっても、液状化が進行した後のねばりにより残留せん断ひずみが抑えられ、残留変形が低下したものである。

#### 4. まとめ

L2 地震動による地盤の耐震性能を検討するとき、土のねばりが重要である。6倍希釈改良土の液状化強度は未改良土と大差ないが、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。

#### 参考文献

- 1) 善功企、山崎浩之、林健太郎、吉川立一、藤澤伸行、名越崇：薬液注入による液状化防止対策工法 新潟実証実験報告、第32回地盤工学研究発表会、pp. 2347~2348、1997.
- 2) 日下部伸、森尾敏：大ひずみ履歴がシリカ薄液改良砂の液状化抵抗に与える影響、土木学会第54回年次学術講演会、A80、pp. 160~161、1999.

- 3) 日下部伸、森尾敏、高橋一成、山本史士、古賀明：現場注入によるシリカ薄液改良体の液状化抵抗、第35回地盤工学研究発表会、1999.(投稿中)
- 4) 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、pp.57-83、1990.
- 5) 阪神淡路大震災・地盤調査研究会 平成9年度報告書