

地中構造物の格子状固結工法による液状化対策の耐震補強効果

大林組 正会員 ○伊藤 浩二
同 上 正会員 樋口 俊一

1. 目的

地中構造物の耐震設計では、レベル2地震動を想定して、構造物、地盤の非線形域までを対象とした時刻歴応答解析が適用されつつある。前報では、液状化地盤中の地中構造物両脇のブロック状固結工法（固結体をオーバーラップ一体化した全面改良パターン）による液状化対策において、RC製地中構造物、液状化地盤および固結体の材料非線形性を考慮し、固結体の改良幅を変数とした二次元有効応力解析により補強効果を検討した¹⁾。本報では、格子状固結工法（固結体を格子状に形成する改良パターン）による液状化対策において、固結体の形状を忠実に再現し、固結体の改良率を変数とした三次元有効応力解析により補強効果を検討した。

2. 方法

液状化地盤、固結体の材料非線形性では、前報と同様に、引張強度を考慮した下負荷面モデルを用い、材料定数では、液状化地盤で液状化強度比 $R_{20}=0.2$ 、固結体で圧縮強度 $\sigma_c=2250\text{kN/m}^2$ 、引張強度 $\sigma_t=450\text{kN/m}^2$ 、限界状態線 $M_c=1.636$ 、 $M_t=1.059$ から設定した¹⁾。構造物の材料モデル、材料定数は文献2)と同様とした。

3. 条件

図1の液状化地盤中のRC製地中構造物を検討対象とし、構造物の寸法と仕様を前報と同様とした²⁾。使用材料はコンクリートで設計基準強度を $F_c=24\text{N/mm}^2$ 、鉄筋をSD345、頂版と側壁で引張主鉄筋比を $P_t=1.13\%$ と 1.59% （外と内）、底版と中壁で $P_t=0.79\%$ （外と内）、せん断補強筋比を一律に $P_w=0.25\%$ とした。奥行方向は、固結体の格子内部未改良土を含む格子間隔（改良幅）の1ユニットを対象とした。解析では、対策なしと格子状固結体（壁厚 0.8m 、改良深さ 5.5m 、格子寸法比＝格子寸法/改良深さ）で改良率 $a_p=40\%$ （格子間隔 7.1m 、格子寸法 5.5m 、格子寸法比 1.0 ）、 $a_p=50\%$ （格子間隔 5.5m 、格子寸法 3.9m 、格子寸法比 0.71 ）、 $a_p=60\%$ （格子間隔 4.35m 、格子寸法 2.75m 、格子寸法比 0.5 ）の4ケースを行った。

図2にモデルの一例を示す。液状化地盤と格子内部未改良土を二相系、格子状固結体および支持地盤を一相系、構造物を埋込み鉄筋の一相系の六面体要素、地盤と構造物および固結体との境界をジョイント要素とし、

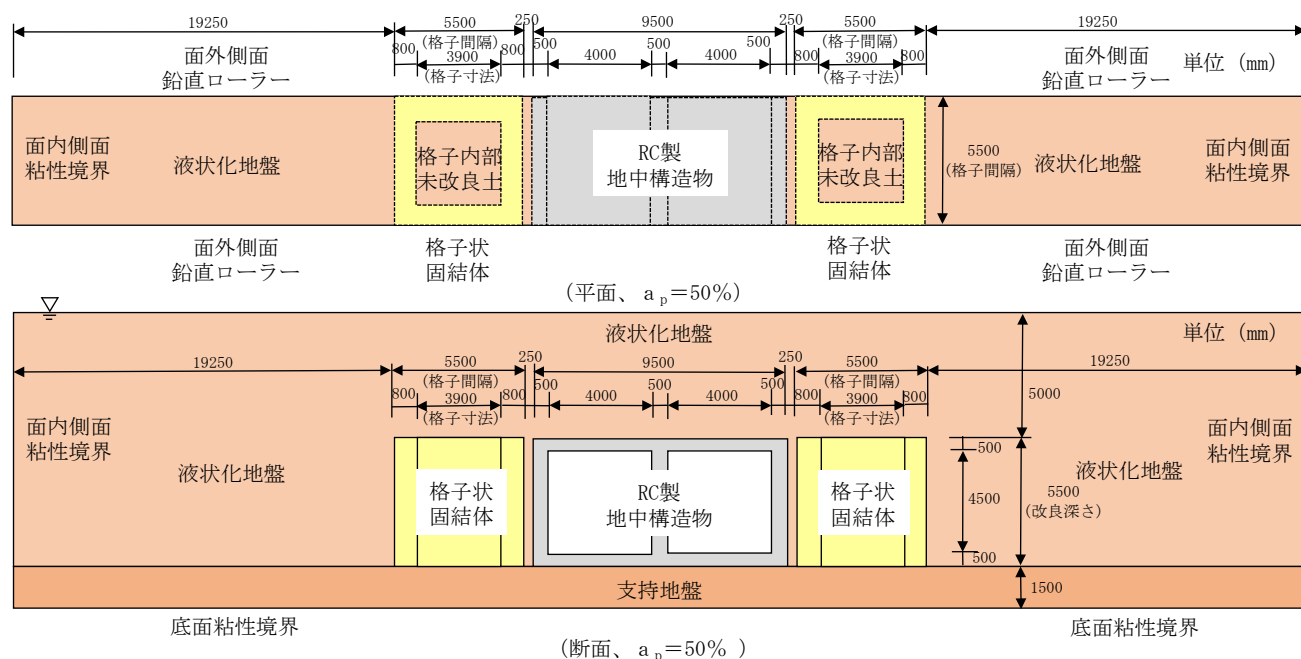


図1 検討対象（格子状固結工法、改良率50%）

キーワード 地中構造物、格子状固結工法、液状化対策、有効応力解析

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組技術研究所 TEL 042-495-1103

支持地盤を弾性とした。入力波は、レベル2地震動として図3のJMA神戸波のNS成分（継続時間14秒）を用いた。

4. 結果

図4に左右の格子状固結体の格子内部未改良土中央（G.L. -7.75m）の過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。ここに、図中には自由地盤で得られた時刻歴も併記している。格子内部未改良土中央の過剰間隙水圧比は、改良率が40%、50%、60%と大きくなるに伴い自由地盤より小さくなる傾向である。

図5に対策なし、改良率に応じた構造物の奥行中央の中壁の相対変位（頂版と底版との差）の時刻歴、対策なしの側壁、中壁の相対変位で正規化して得られる格子状固結体の改良率に応じた補強効果を示す。ここで、改良率では、40%、50%、60%の検討対象で格子間隔（改良幅）がそれぞれ異なることから、格子間隔 5.5mの改良率へ面積換算した改良率 a_p' を用いた。その結果、換算した改良率は $a_p=40\%$ で $a_p'=67\%$ 、 $a_p=50\%$ で $a_p'=50\%$ 、 $a_p=60\%$ で $a_p'=38\%$ となった。対策なしでは中壁の変形角が0.0156、格子状固結工法では側壁、中壁で同様に改良率の増加に応じて相対変位（変形角）が低減し、改良率50%で中壁の変形角が0.0019まで低減した。

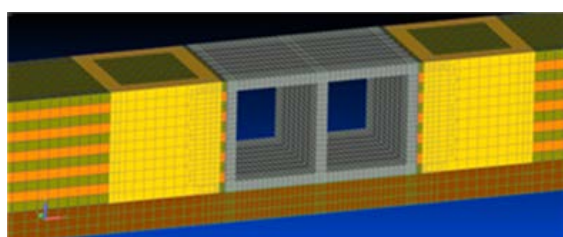


図2 解析モデル(改良率50%)

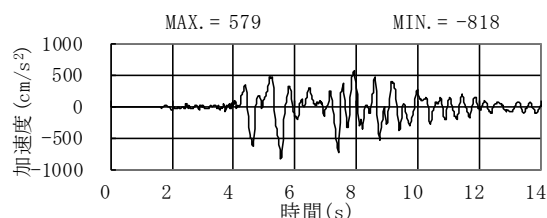


図3 地震波

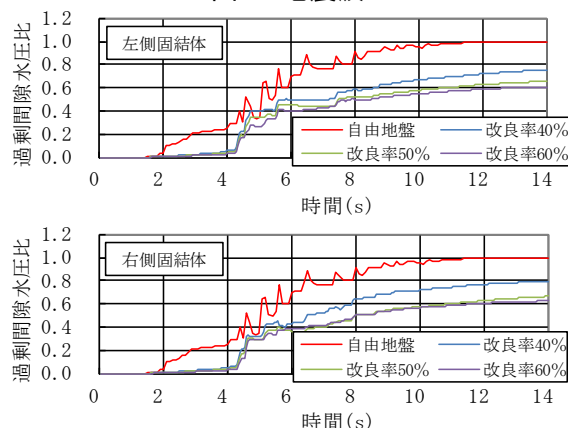


図4 自由地盤、格子内部未改良土中央

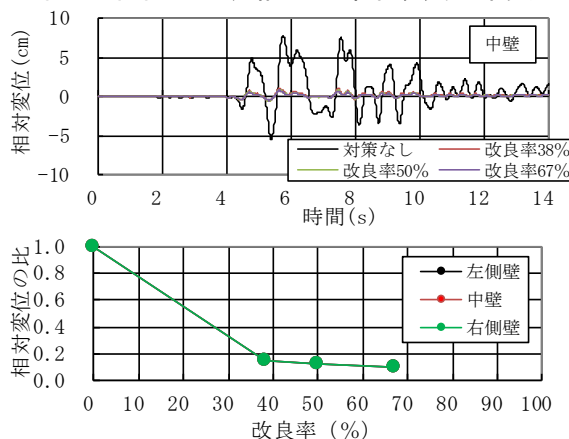


図5 構造物の相対変位と固結体の補強効果

図6に対策なしの構造物の変形と鉄筋ひずみ（5.75s）、図7、8に改良率50%の固結体の八面体せん断応力（5.65s）、八面体せん断ひずみ（5.65s）を示す。対策なしではx方向鉄筋で0.66%、z方向鉄筋で1.03%の引張ひずみで鉄筋降伏が生じた。改良率38%ではx方向鉄筋で0.10%、z方向鉄筋で0.21%の引張ひずみで鉄筋降伏が生じ、固結体の底部の隅角部でせん断応力1252kN/m²、せん断ひずみ0.21%で正規降伏面に到達したが、改良率50%では構造物、固結体で健全となった。

5. まとめ

地中構造物の格子状固結工法による液状化対策では、構造物の高さ相当の改良幅かつ改良率50%程度の仕様により、地中構造物および固結体の健全性を確保できることを確認した。

参考文献

- 1) 伊藤浩二、樋口俊一：地中構造物の固結工法による液状化対策の耐震補強効果、第73回年次学術講演会、(2018)。
- 2) 佐々木智大、樋口俊一：断層変位を受けるボックスカルバートの損傷メカニズムに関する研究、第37回地震工学研究発表会、土木学会、(2017)。

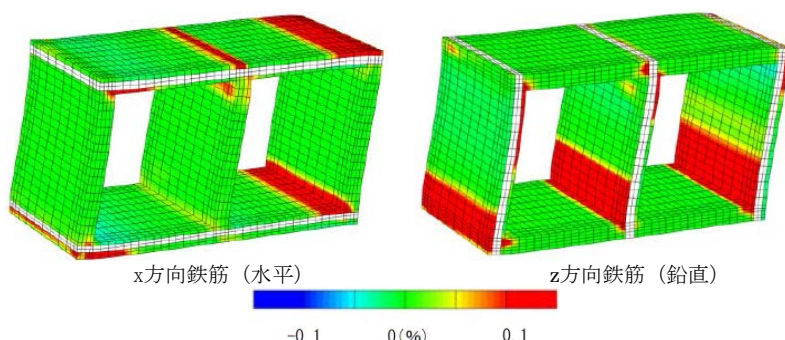


図6 構造物の変形と鉄筋ひずみ(対策なし、変位スケール10倍)

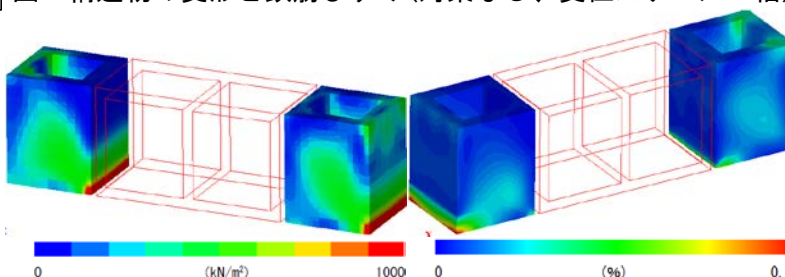


図7 せん断応力(改良率50%)

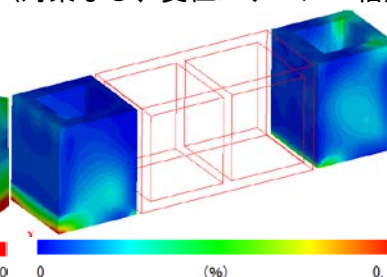


図8 せん断ひずみ(改良率50%)