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

大林組 正会員 〇伊藤 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。地中構造物の耐震補強では、構造物両脇に改良固結体を含む水平載荷試験とそ の解析から、固結体による補強効果が検討されている¹⁾。そこで、液状化地盤での地中構造物両脇の固結工法 による液状化対策において、RC製地中構造物、液状化地盤に加えて固結体の材料非線形性を考慮した有効応 力解析を行い、液状化地盤での固結体による補強効果を検討した。

2. 方法

固結体の材料非線形性では、液状化地盤で用いる下負荷面モデルを図1の引張強度も考慮する材料モデルに

拡張した $^{2),3)}$ 。固結体の材料定数では、修正カムクレイモデルのp-q面(p: 平均有効応力、q: 軸差応力)で固結体の圧縮強度 σ 。、引張強度 σ に相当する 2点を満たす正規降伏面の初期値 F 。、引張強度比 ξ を設定した。固結体では、液状化地盤と異なり、回転硬化なし、弾性係数の平均有効応力依存なしを仮定した。

3. 条件

図2の液状化地盤中のRC製地中構造物を検討対象とし、図3の構造物の寸法と仕様を用いた4)。解析では、対策なしと固結体形状がブロック状の液状化対策で改良幅3m、6m、9mの4ケースを行い、液状化地盤を

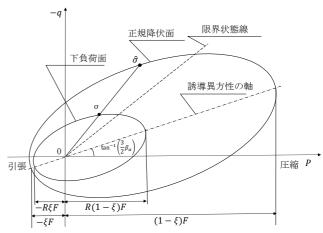


図1 p-q面における正規降伏面と下負荷面

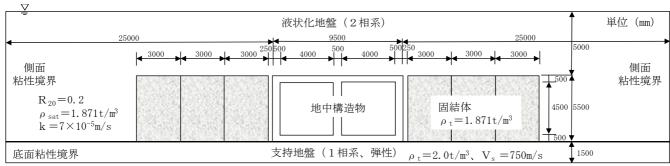


図2 検討対象

表 1 材料定数 (液状化地盤)

圧縮指数	$\lambda/(1+e_0)$	0.00211
膨潤指数	$\kappa / (1 + e_0)$	0.00047
内部摩擦角	ϕ_{f}	33°
正規降伏面の初期値	F ₀	$100\mathrm{kN/m^2}$
ポアソン比	ν	0.33
回転硬化限界面	Фь	33°
回転硬化発展則	$b_{\rm r}$	100
正規降伏比Rの発展則	u	5000
	ζ	1000
規準平均有効応力	σ' _{m,ref}	$100\mathrm{kN/m^2}$
弾性係数	$E_{\rm ref}$	$218647\mathrm{kN/m^2}$

表2 材料定数(固結体)

圧縮指数	$\lambda/(1+e_0)$	0. 31125
膨潤指数	$\kappa / (1 + e_0)$	0. 01085
内部摩擦角	φf	40°
正規降伏面の初期値	F_0	$2927\mathrm{kN/m^2}$
ポアソン比	ν	0. 167
回転硬化限界面	Фь	0
回転硬化発展則	$b_{ m r}$	0
正規降伏比Rの発展則	u	5000
	ζ	0
引張強度比	ξ	0.0728
弹性係数	Εo	$3500000 kN/m^2$

キーワード 地中構造物、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 TEL042-495-1103

平面要素、構造物を埋込み鉄筋の平面要素、地盤と構造物との境界をジョイント要素、支持地盤を弾性とした。

表 1 に液状化地盤(液状化強度比 R_{20} =0.2)の定数、表 2 に固結体の定数を示す。固結体の F_0 、 ξ は σ_c = 2250kN/ m^2 、 σ_t =450kN/ m^2 、限界状態線 M_c =1.636、 M_t =1.059 から設定し、構造物の材料モデル、材料定数は文献 4)と同じとした。入力波は、レベル 2 地震動として図 4 の JMA 神戸 NS の継続時間 20 秒とした。

4. 結果

図5に液状化地盤(自由地盤)の時刻歴、図6に構造物側壁、中壁の相対変位(頂版と底版との差)の時刻歴と固結体の補強効果を示す。液状化地盤では概ね一様に液状化が生じ、約6秒で地表変位が最大である。対策なしの地中構造物では、液状化地盤の変位に対応して約6秒で相対変位(変形角)が最大である。地中構造物の固結工法による液状化対策では、側壁、中壁で同様に、改良幅の増加に応じて相対変位(変形角)を低減できる。

図7に対策なしの構造物の変形と鉄筋ひずみ(5.7秒)、図8に改良幅3mの固結体の八面体せん断応力と八面体せん断ひずみ(7.5秒)を示す。対策なしではx方向鉄筋で最大0.27%、y方向鉄筋で最大0.79%の鉄筋降伏が生じ、改良幅3mでは鉄筋降伏を抑えられるものの固結体の隅角部で約0.3%のせん断ひずみが生じている。したがって、地中構造物のブロック状の固結工法による液状化対策では、構造物高相当の改良幅が必要である。

5. まとめ

RC製地中構造物、液状化地盤に加えて固結体の材料 非線形性の考慮により、固結工法の液状化対策において 合理的な改良仕様(改良幅等)を設定できる。

参考文献

- 1) 浦野和彦、西村毅、足立有史、河村眞:地盤改良体を用いた 地中構造物の耐震補強に関する水平載荷試験、ハザマ研究所報、 (2012.2).
- 2) 伊藤浩二、江尻譲嗣: 地震時および地震後の液状化対策地盤の変状評価、大林組技術研究所報、No. 78、(2014).
- 3) K. Hashiguchi, T. Mase: Extended yield condition of soils with tensile yield strength and rotational hardening, INTERNATIONAL JOURNAL OF PLASTICITY 23, 1939-1956, (2007).
- 4) 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).

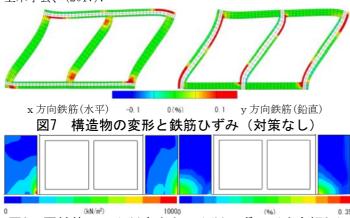
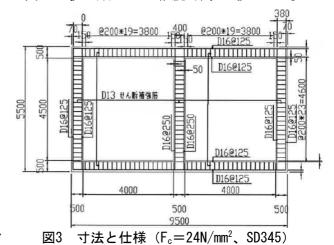
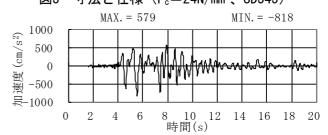
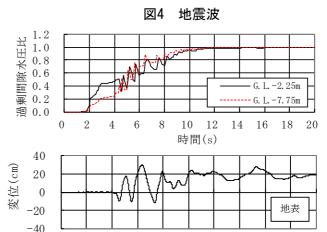


図8 固結体のせん断応力とせん断ひずみ(改良幅3m)







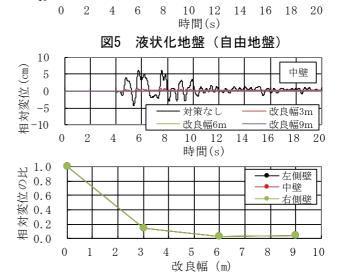


図6 構造物の相対変位と固結体の補強効果