# 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

| 大杉 | 木組 | 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。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<sup>1)</sup>。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<sup>2)、3)</sup>。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 $\sigma$ 。、引張強度 $\sigma$ tに相当する 2点を満たす正規降伏面の初期値 $F_0$ 、引張強度比 $\xi$ 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<sup>4)</sup>。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

表1 材料定数(液状化地盤)







表2 材料定数(固結体)

| 圧縮指数       | $\lambda / (1 + e_0)$ | 0.00211                  |            | $\lambda / (1 + e_0)$ | 0.31125                  |
|------------|-----------------------|--------------------------|------------|-----------------------|--------------------------|
| 膨潤指数       | $\kappa / (1 + e_0)$  | 0.00047                  | 膨潤指数       | $\kappa / (1 + e_0)$  | 0.01085                  |
| 内部摩擦角      | $\phi_{ m f}$         | $33^{\circ}$             | 内部摩擦角      | $\phi_{ m f}$         | $40^{\circ}$             |
| 正規降伏面の初期値  | F <sub>0</sub>        | $100 \mathrm{kN/m^2}$    | 正規降伏面の初期値  | F <sub>0</sub>        | $2927 \mathrm{kN/m^2}$   |
| ポアソン比      | ν                     | 0.33                     | ポアソン比      | ν                     | 0.167                    |
| 回転硬化限界面    | $\phi_{ m b}$         | $33^{\circ}$             | 回転硬化限界面    | $\phi_{ m b}$         | 0                        |
| 回転硬化発展則    | br                    | 100                      | 回転硬化発展則    | b <sub>r</sub>        | 0                        |
| 工坦欧仕セロの惑星則 | u                     | 5000                     | 正相降伏比Rの発展則 | u                     | 5000                     |
| 正規與扒比KU无成則 | ζ                     | 1000                     |            | ζ                     | 0                        |
| 規準平均有効応力   | σ' <sub>m,ref</sub>   | $100 \mathrm{kN/m^2}$    | 引張強度比      | ų                     | 0.0728                   |
| 弹性係数       | $E_{\rm ref}$         | $218647 \mathrm{kN/m^2}$ | 弹性係数       | E <sub>0</sub>        | 350000 kN/m <sup>2</sup> |
|            |                       |                          |            |                       |                          |

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 TEL 042-495-1103

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 $\sigma_0=2250$ kN/m<sup>2</sup>、 $\sigma_t=450$ kN/m<sup>2</sup>、限界状態線 $M_0=1.636$ 、 $M_t=1.059$ 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

 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).



