

格子状地盤改良による液状化対策の検討  
その2：均質化法にもとづく壁間隔の検討

清水建設 ○石川 明・福武毅芳・吉田 順

1. はじめに その2では、均質化法を用いた格子状改良地盤の簡易液状化評価法<sup>1)</sup>により、その1<sup>3)</sup>と同じ地盤・外力の条件のもとで壁間隔について検討した結果を示す。

2. 検討条件

**地盤の液状化強度** 簡易液状化評価法では、まず、液状化に関する既往の実験事実—沖積砂の応力—ひずみ関係、せん断応力度と累積損傷度の関係、過剰間隙水圧比と累積損傷度の関係—などから、初期せん断ひずみ（過剰間隙水圧比が上昇する前のせん断ひずみ）—過剰間隙水圧比の関係を求める。この関係は、図1に示すように地盤の液状化強度に依存する関係である。本計算で想定した2つの地震波のうち、「東京湾北部地震」についてはN値から求めたR<sub>20</sub>を液状化強度として用いたが、「311地震」については、余震をふくめた継続時間の長さを考慮して繰返し数100回のR<sub>100</sub>を用いた<sup>4)</sup>（表1）。

**等価な繰返しせん断応力比** 均質化法により求めた改良地盤の等価なせん断剛性により、格子状改良地盤に生じる初期せん断ひずみを求める。ここで、改良地盤に作用する外力を簡易液状化判定法などで用いられる（1）式により求めた。

$$\frac{\tau_d}{\sigma_v} = \gamma_n \times \frac{\sigma_v}{\sigma_v} \times \frac{\alpha_{max}}{g} \times (1 - 0.015 \times z) \quad (1)$$

ここに、 $\gamma_n$ ：等価な繰返しに関する補正係数、 $\alpha_{max}$ ：未改良地盤での地表面最大加速度、 $z$ ：深度(m)、 $g$ ：重力加速度、 $\sigma_v$ ：鉛直有効応力、 $\sigma_v$ ：鉛直全応力である。（1）式のうち $\alpha_{max}$ は、「その1」の3次元有効応力解析結果にもとづいて、「311地震」 $\alpha_{max} = 1.5 \text{ m/s}^2$ (150 Gal)、「東京湾北部地震」 $\alpha_{max} = 4.0 \text{ m/s}^2$ (400 Gal)と設定した。また、補正係数 $\gamma_n$  (=0.1(M-1))は、「311地震」0.8、「東京湾北部地震」0.65を用いた。表1は、検討した3深度（GL-7.0, -11.0, -15.0 m）の未改良地盤の液状化安全率を示したものである。いずれの地震波、深度でも1を大きく下回り、液状化が生じやすい地盤であることがわかる。

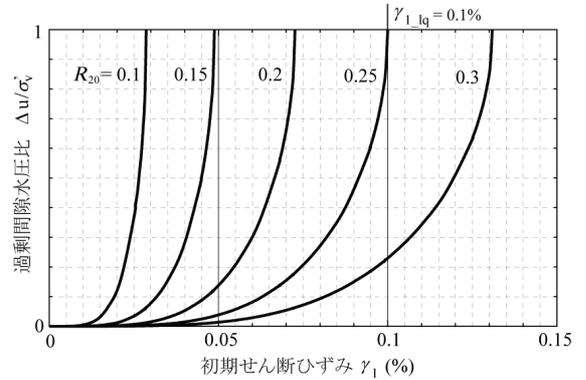


図1 初期せん断ひずみと過剰間隙水圧比の関係<sup>1)</sup>

**深さ幅比の補正** 1街区の短辺方向の長さは34 mであり、改良深さに対して十分に大きいとは言えない。この改良地盤の深さ幅比の影響を短辺方向のせん断変形を考える際に考慮し<sup>2)</sup>、均質化法で求めたせん断剛性を0.9倍した。その他の地盤・改良体の物性は、その1<sup>3)</sup>の三次元有効応力解析と同条件とした。

表1 改良前の液状化安全率

地盤条件				計算条件	等価繰返しせん断応力比						液状化抵抗比		液状化安全率	
下端深度	地盤区分	単位体積重量 $\gamma_t$	せん断波速度	計算深度	全応力 $\sigma_z$	間隙水圧 $p$	有効応力 $\sigma'_z$	低減率 $\gamma_d$	$\tau_d / \sigma'_z$		$\tau_1 / \sigma'_z$		$F_1$	
G.L.-m		kN/m <sup>3</sup>	m/s	G.L.-m	kPa	kPa	kPa		311地震 ( $\alpha_{max} = 1.5 \text{ m/s}^2$ )	東京湾北部 ( $\alpha_{max} = 4.0 \text{ m/s}^2$ )	311地震 (R100)	東京湾北部地震 (R20)	311地震	東京湾北部地震
1.5	埋土(細砂)	15.3	90											
7	埋土(細砂)	15.3	130	4.3	65.0	27.5	37.5	0.936	0.20	0.43	0.11	0.17	0.57	0.39
11	細砂	14.4	130	9.0	135.9	75	60.9	0.865	0.24	0.51	0.12	0.18	0.51	0.35
15	細砂	17.1	140	13.0	198.9	115	83.9	0.805	0.23	0.51	0.15	0.23	0.66	0.45

\* 地下水位 G.L.-1.5m

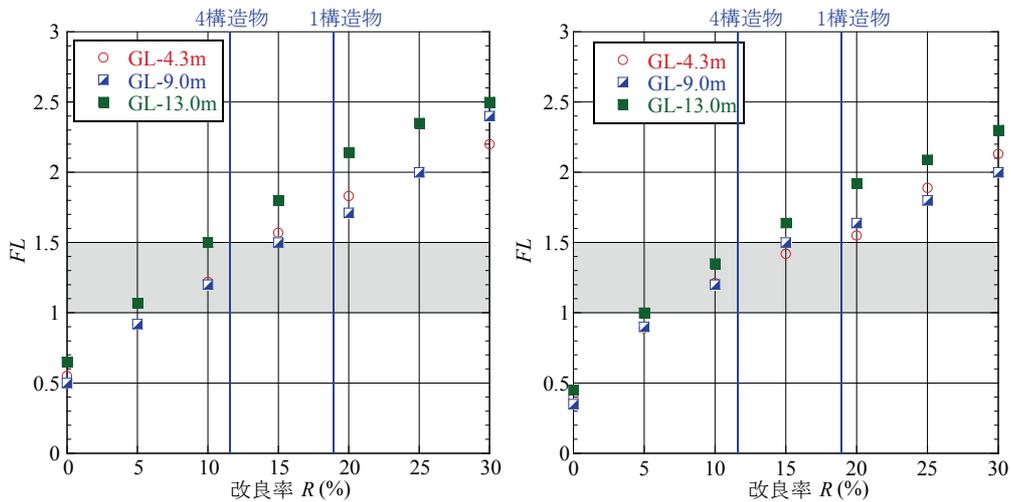
キーワード 液状化対策, 過剰間隙水圧比, 格子状改良, 均質化法

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株) 技術研究所 Fax. 03-3820-5959

3. 検討結果

図2は、格子状地盤改良の改良率と改良後の液状化安全率  $FL$  の関係を示したものである。ここで、改良率は一街区全体の面積と改良部分の面積比としている。 $FL=1$  以下を液状化が完全におきる領域、 $FL=1\sim 1.5$  を液状化がおこる可能性がある領域、 $FL=1.5$  を液状化に対して安全な領域とすると、改良率 15 %以上で液状化は生じないということになる。4つの構造物ごとに改良した場合の改良率は約 12 %、1つの構造物の場合は約 19 %であることから、提案する検討法によれば、1つの構造物ごとに改良すると過剰間隙水圧の抑制に効果があることがわかる。

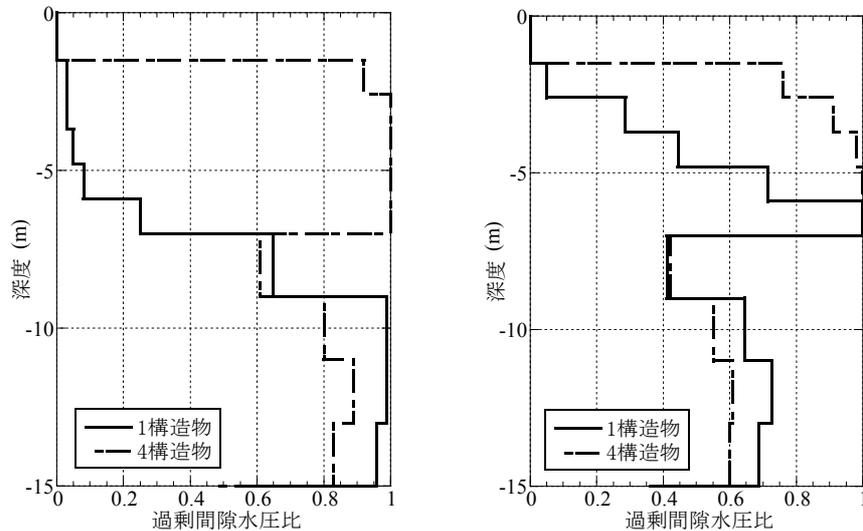
図3は、その1で計算した過剰間隙水圧比の深度分布を示したものである。4つの構造物ごとの改良に比べて、1つの構造物ごとに改良した場合は水圧比の上昇が抑制されて液状化しておらず、上記の結果に整合している。



(a) 3 1 1 地震

(b) 東京湾北部地震

図2 格子状改良の改良率と  $FL$  の関係



(a) 3 1 1 地震

(b) 東京湾北部地震

図3 三次元有効応力解析により求めた過剰間隙水圧比の深度分布

4. まとめ 提案する格子状改良の簡易液状化評価法によれば、1つの構造物ごとに改良すれば過剰間隙水圧比の抑制に対して効果があるという結果となった。この結果は、その1<sup>3)</sup>に示した三次元有効応力解析の結果とも整合している。

参考文献 1) 石川明・社本康広・張至鎬・木村匠：格子状改良体で拘束された砂地盤の簡易液状化評価法，土木学会論文集，Vol.68, No.2, 2012 2) 石川明：地震時の地盤応答に及ぼす地盤改良の深さ幅比の影響，日本建築学会大会学術講演梗概集，2006. 3) 福武毅芳・石川明・吉田順：格子状地盤改良による液状化対策の検討 その1：沈下量に着目した改良パターン，土木学会第67回年次学術講演会 III，2012(投稿中) 4) 福武毅芳・張至鎬：2011年東北地方太平洋沖地震における浦安地区の地盤の有効応力解析による検討，土木学会論文集 A1, Vol.68, No.4, 地震工学論文集第31b巻，登載決定