

III - B 250

リング状地盤改良による地上式タンクの液状化防止対策に関する一考察

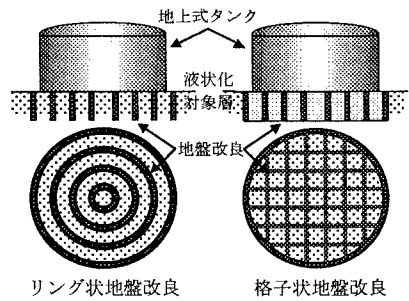
(株) 竹中工務店 LNG 本部 正会員 ○鈴木一彦
 同上 正会員 上田貴夫
 竹中工務店技術研究所 鬼丸貞友

1. はじめに

地盤の液状化防止対策として、深層混合処理工法を用いた格子状地盤改良が数多く施工されているが、地上式タンクなどの円形基礎地盤への適用例や研究報告は少ない。そこで筆者らは、地上式タンクの円形基礎形状に最適と思われるリング状地盤改良を考案した。本報告は、その開発第一段階として行ったリング状地盤改良の液状化防止効果の確認と、従来の格子状地盤改良とを比較した解析結果について述べる。

2. リング状地盤改良の概要

リング状地盤改良は、深層混合処理工法を用いて液状化対象地盤を多重のリング形状に地盤改良し、地震時に生じる地盤変形を抑制して液状化防止対策を行うものである。図-1 に地上式タンクの液状化防止対策として、リング状地盤改良と格子状地盤改良を適用した場合の改良配置ケースを示す。



リング状地盤改良 格子状地盤改良
 図-1 改良配置ケース

3. 解析モデル

本検討は、世界最大級のLNG地上式タンク(基礎の直径: $\phi 84.4\text{m}$)の杭基礎の液状化防止対策を想定し、その地盤改良範囲をタンク基礎直下とした。ただし、改良体と杭の配置関係や相互作用は考慮していない。表-1 に示す地盤条件は、阪神大震災で格子状地盤改良による液状化防止効果が立証された臨海部の埋立地盤¹⁾を用いることとし、液状化対象層はGL-1.4m~GL-10.3mの埋立砂質土層とした。図-2 にリング状地盤改良の軸対象解析モデルを示す。リング状地盤改良の配置は、第1改良体の半径を6.5m、第2~第5改良体の間隔を9mピッチとし、改良深度はGL-15.8mの砂質粘土層までとした。また、格子状地盤改良の解析モデルは、面内方向(解析モデルの断面方向)をリング状解析モデルに合わせ、面外方向(奥行方向)は面内方向の改良間隔と同一にした。その結果、リング状地盤改良の地盤改良率(総改良面積/総改良範囲)は約15%、格子状地盤改良ではその約2倍の30%の設定となった。

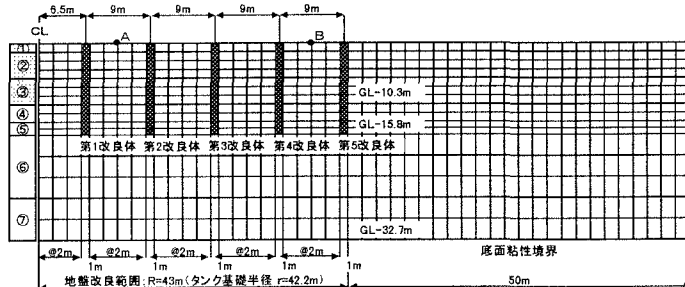


図-2 解析モデル

表-1 地盤条件

記号	深さ (m)	液状化対象層	地盤			改良体								
			地質名称	密度 (t/m^3)	N値	Q_0 (t/m^2)	Q_0 (t/m^2)							
①	1.4	○	埋立砂質土	2.00	6	3400	1.95	185000						
②	5.7													
③	10.3													
④	13.4								砂質シルト	1.75	8	7300	1.73	76000
⑤	15.8								砂質粘土	1.90	10	3500		
⑥	26.1	砂質シルト	1.90	15	14100	-	-							
⑦	32.7	シルト質粘土	1.70	27	9200	-	-							

4. 解析方法

リング状地盤改良の解析方法は、地盤の材料非線形特性を考慮した等価線形解析法による3次元軸対象FEM動的解析(解析コード: Super-ALUSH)とし、格子状地盤改良においては2次元FEM動的解析(解析コード: Super-FLUSH)とした。入力地震波はレベル2地震動に対する液状化防止対策を想定し、高圧ガス設備等耐震設計指針に準じた1995神戸海洋気象台波300galを水平方向のみ入力した。

キーワード: 地盤改良、液状化対策、深層混合処理工法、タンク

連絡先住所: 〒104-8182 東京都中央区銀座8-21-1、TEL: 03-3542-7100、FAX: 03-3545-0974

5. 解析結果

図-3～図-5に解析モデルのA、B地点における地盤の応答解析結果を示す。地表面加速度は、無改良地盤の550galに対してリング状改良の半径方向と円周方向は同レベルの1.1倍、格子状改良は0.8倍となった。地表面変位量は、無改良の12cmに対してリング状改良の半径方向と円周方向は同レベルの0.7倍、格子状改良は0.6倍となった。液状化対象層全体を平均した地盤の最大せん断応力は、無改良の4.5kgf/cm²に対してリング状改良の半径方向は0.6倍、円周方向では0.5倍となり、格子状改良は0.3倍となった。また、図-6に第2改良体と第5改良体に生じた最大せん断応力を示す。許容せん断強度20kgf/cm²¹に対してリング状改良の半径方向は5kgf/cm²、円周方向では12kgf/cm²、格子状改良は6kgf/cm²となった。

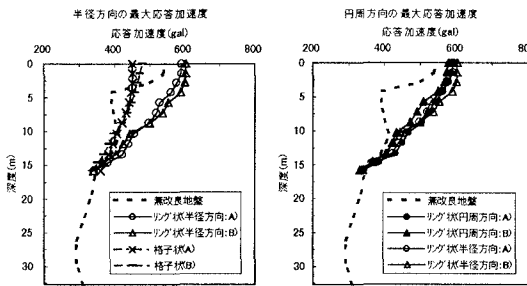


図-3 地盤の最大応答加速度

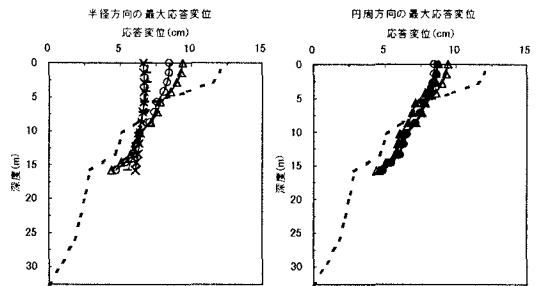


図-4 地盤の最大応答変位

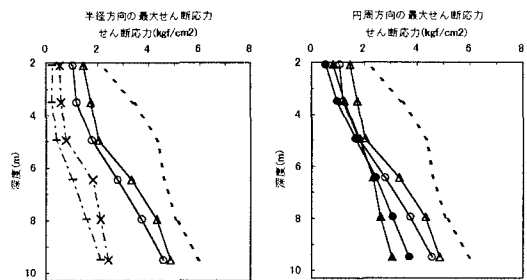


図-5 地盤の最大せん断応力

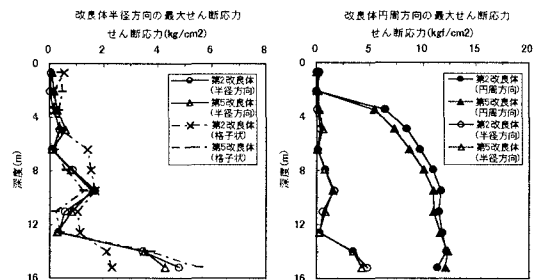


図-6 改良体の最大せん断応力

6. リング状地盤改良の効果および考察

図-7に道路橋示方書に準じたFL判定と土質定数の低減係数DEを示す。この結果からリング状地盤改良による液状化防止効果を確認できたが、リング状地盤改良の半径が大きいほど液状化防止効果が小さく、格子状地盤改良に比べて液状化防止効果の低いことがわかった。このことは、リング状地盤改良の地盤改良率や改良体の剛性が大きく影響しているためと考えられる。

一方、リング状改良の半径方向より円周方向の液状化防止効果の方が大きかった要因として、地盤の両側面のみを拘束しても高い液状化防止効果が得られた実験報告²⁾や地盤のリング効果による影響などが挙げられる。しかし、解析方法や解析モデルによる要因も考えられるため、今回行った検討方法とは異なる手法によって検証することが必要と思われる。

7. まとめ

今回の解析から、リング状地盤改良による地上式タンクの液状化防止対策の効果を示唆できたが、改良円周方向の液状化防止効果の検討方法や地盤改良率や改良体剛性などの検討課題がわかった。今後、これらの問題点を踏まえ、3次元動的有効応力解析や振動模型実験などによる検討を行っていく予定である。

【参考文献】1) 鈴木吉夫、他：兵庫県南部地震における格子状地盤改良効果の検討、日本建築学会大会（1996）

2) 中角功、他：深層混合処理工法による砂地盤の液状化対策に関する模型振動実験、土木学会第41回大会（1986）

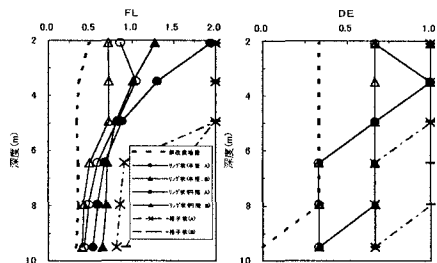


図-7 FL、DE