

旧法タンクにおける注入固化工法による液状化対策の施工

極東石油工業（株）千葉製油所 工務部

佐藤 弘隆

大成建設（株）土木設計部

正会員 ○佐藤 将路

1. はじめに

消防法により定められている屋外貯蔵タンクの耐震基準は、平成6年の「危険物の規制に関する規則」にて改正された。この改正により、昭和52年以前に設置されたタンク（＝旧法タンク）は、一定期間内に新基準に適合するように改修する必要がある。タンクの支持地盤については、液状化に関する安全性を評価し、必要な場合には対策工を実施することになっている。

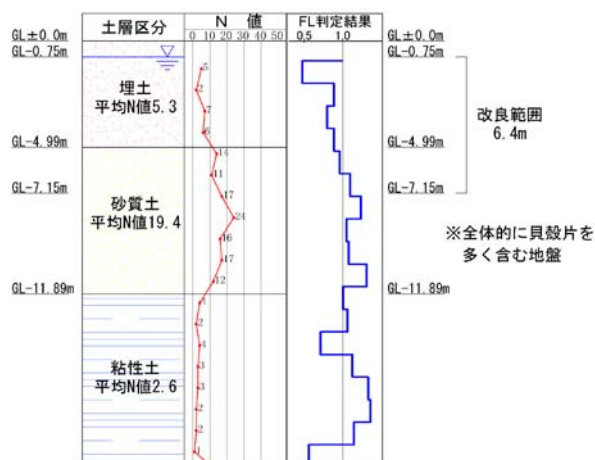
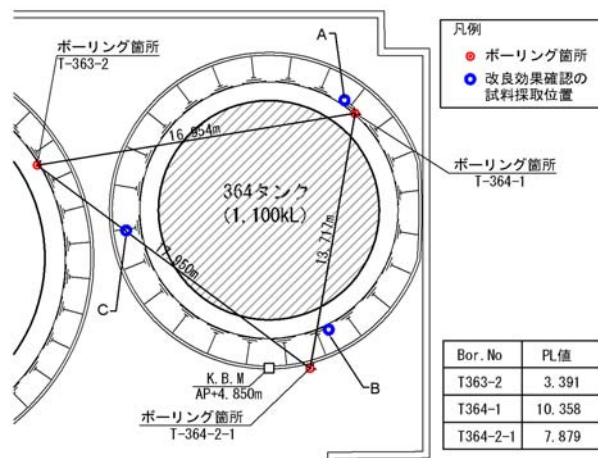
今回の工事では、液状化対策工法として注入固化工法を採用した。この工法は、施工機械が比較的小さく、タンクの周辺に配管等が存在しても施工が可能という特徴を持つが、施工後の改良効果が確認できない場合、他工法による追加対策が必要となる。本稿では、1,100 kl 旧法タンクの注入固化工法による液状化対策の設計から施工および改良効果の確認までの内容を報告する。

2. 設計

対象タンクは許可容量 1,100 kl、タンク径 11.62 m、基礎形式が直接基礎の旧法タンクである。

1) 地盤の概要・液状化判定

タンクの周囲 3ヶ所のボーリング調査による土層図と、当該地盤の設計水平震度 $kh=0.2$ を用いて各地点で液状化判定（ F_L 値）を行った結果を図-1 に示す。この結果、図-2 に示すように2ヶ所の P_L 値が5以上となり、液状化の可能性が高いことが判明した。

図-1 土層図と F_L 値図-2 ボーリング箇所および P_L 値

2) 改良仕様の設定

a. 設計基準強度

改良後地盤の設計基準強度を $q_{uck} = 70 \text{ kN/m}^2$ と設定した。また配合目標強度 q_{ul} は設計基準強度 q_{uck} の2倍の値とし、 $q_{ul} = 2 \times q_{uck} = 140 \text{ kN/m}^2$ と設定した。

b. 配合設計

今回の工事で使用した薬液は、溶液型活性シリカグラウトである。配合試験に用いる試料を原位置から採取し、シリカ濃度を4%、6%、8%とした3種類の供試体を作製した。これらの1週、2週、4週強度を測定した結果としては、4%濃度でも目標強度を満足する結果であったが、今回は改良対象地盤が貝殻片を多く含むことや施工のバラツキに配慮し、配合目標強度 140 kN/m^2 を確保するシリカ濃度を6%と高めに設定した。

また、改良範囲の平均細粒分含有率は9.9%となったため、注入速度を標準的な値（マニュアル参照）である 15 L/min と仮定した。目標ゲルタイムは、施工を考慮して260分とし、薬液の仕様を決定した。

c. 改良範囲・改良率・注入配置

鉛直方向の改良範囲については P_L 値が5以下を満足するように地下水位位置から6.4mまでの範囲とした。また、平面方向の改良範囲および改良率は「浸透固化処理工法技術マニュアル」に従い、直径2.6mの改良体を図-3に示すようにバランスよく配置した。

キーワード 液状化対策、浸透固化、注入固化、旧法タンク、直接基礎

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 （新宿センタービル） TEL 03-5381-5418

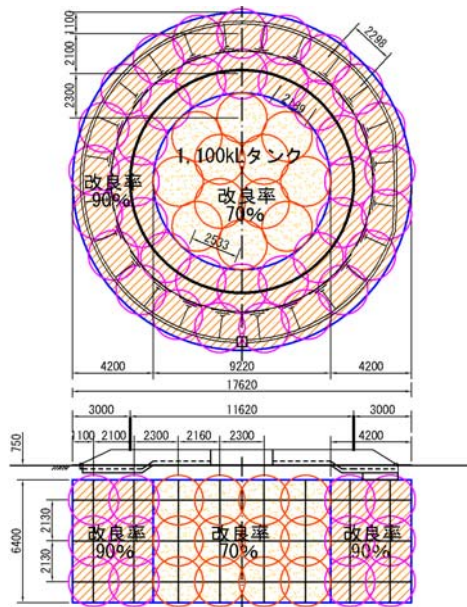


図-3 注入固化配置図

3. 施工

1) 限界注入速度試験

薬液注入状態は、注入速度の上昇に伴い浸透状態から割裂状態に変化する。均質で十分な改良効果を得るためには浸透状態で施工する必要がある。薬液注入前に、限界注入速度試験を行った結果、図-4 に示すように、仮定した注入速度 15 L/min が妥当であることが確認でき、この値を管理値として薬液注入を行った。

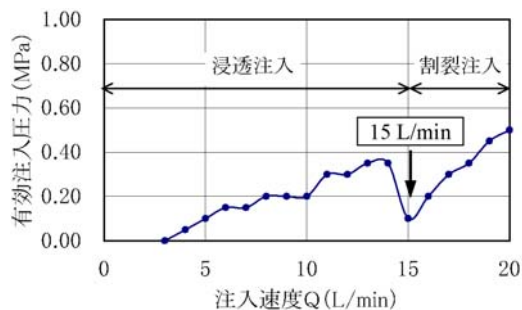


図-4 限界注入速度試験結果

2) 注入孔削孔

一般的にはタンク周辺地盤は鉛直削孔、タンク底板直下地盤は周辺の盤下げによる斜め削孔および水平削孔で行う。今回の対象タンクは、底板撤去によりタンク直下地盤を露出させることが可能であったため、写真-1 に示すように鉛直削孔を行った。

3) 薬液注入

今回の工事では改良体の天端が GL-0.75 m と浅く、薬液が地表面から流出する可能性があった。このため施工の手順を通常と異なり、図-5 右に示すように上部の改良体から施工を行うこととした。これにより薬液の浸透を下方にも分散させるのと同時に、上部改良体



写真-1 削孔状況 (左-タンク周囲 右-タンク内)

が下部の改良体を施工するときの流出防止の効果を得られるように施工順序を決定し、薬液注入を行った。

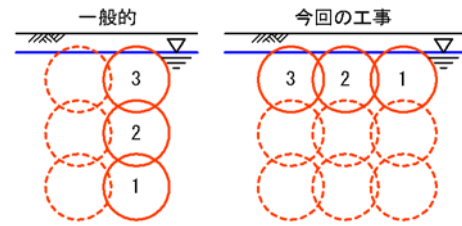


図-5 施工順序

4. 改良効果の確認

改良効果の確認とは、改良体が所定の品質を満足しているかを確認することであり、一軸圧縮強さで評価することを基本としている。不攪乱試料 (3ヶ所) をトリプルサンプラーで採取後、改良体の上部・中部・下部にて各々3個 (計27個) の供試体を作製し、試験を行った。表-1 に示すように設計基準強度 $q_{uck} = 70 \text{ kN/m}^2$ 以上となり、改良効果を確認することができた。

表-1 改良効果確認〔試験結果の各平均値 (kN/m^2)〕

	採取位置-A	採取位置-B	採取位置-C
上部	188.6 (適合)	198.0 (適合)	115.9 (適合)
中部	188.0 (適合)	233.0 (適合)	200.1 (適合)
下部	186.4 (適合)	137.5 (適合)	223.7 (適合)

5. まとめ

一軸圧縮試験結果(表-1)の全体平均値(約 186 kN/m^2)は設計基準強度の2倍以上となったが、試験結果の最小値は設計基準強度程度であった。注入固化工法は再注入できないため、1回の注入で確実な改良効果を要求される。今回の工事では改良体の注入順序を上部改良体から行ったことや、シリカ濃度の設定を高めることで改良を確実に行うことができたといえる。

参考文献

- 1) 「浸透固化処理工法 技術マニュアル」平成15年3月 (財団法人 沿岸開発技術研究センター)、
- 2) 「旧法タンクの液状化対策工法に関する自主研究報告書」平成12年3月 (危険物保安技術協会)