埋設支障物近傍での長距離自在ボーリングによる既設構造物直下の液状化対策

大成建設　　正会員　　○吉岡　鋭二
正会員　　田端　宏治
三信建設工業　　城　　浩市

１．はじめに

消防法の改正により，旧法令に基づき建設されたタンク（旧法タンク）について，安全性評価が求められた．そのうち耐震性に劣るタンクについては，補強対策（液状化対策）が義務付けられ，容量 1,000kL 以上 1 万 kL 未満のタンクでは平成 25 年末が対策実施期限であったため，補強対象となるタンクにおいては早急な対策を迫られた．一方，既存タンク下の液状化対策の施工にあたっては，多くの制約が課されるため，大型の施工機械を用いることなく，地中に挿入した削孔管を通して薬剤を供給する薬液注入改良が有効になる．しかし，タンク周辺から斜め方向に直線ボーリングを行う方法では，タンク直下中心付近に未改良部分が残ってしまう．また，立坑を設置し，水平に直線ボーリングを行う方法では，周辺に広い施工スペースを必要とし，立坑設置にあたり周辺地盤への影響等が懸念される．

このような施工上の課題を解決する技術として，直線，曲線状の方向制御が可能な自在ボーリングと薬液注入を融合させた技術“グランドフレックスモール工法”が開発され，これまでにも施工事例が報告されている[1)2)]．本報では，屋外貯蔵タンク 3 基（容量 1,760kL～4,710kL）を対象に，埋設支障物を回避した上で長距離・多段削孔で施工した旧法タンクの液状化対策事例を紹介する．

２．計画概要

三重県内のコンビナート地区内に併設された屋外貯蔵タンクを，消防法の旧法タンク安全性評価に従って検討した結果，新基準に適合しないと判断され，液状化対策を講じることとなった．対象地盤は，礫混じりの砂層が主体であり，シルト層，粘土層が混在する複雑な構成で，深度 10m までは N 値が概ね 10 以下であった．

削孔位置計画にあたっては，タンクヤード内の占用に対する制限，外周道路の通行止めに対する制限から，東側の構内道路からの削孔とした．削孔線形計画にあたっては，埋設物の存在や既設防油堤基礎との干渉を回避するための基礎地中根入深さの把握が重要となるため，試掘による先行埋設調査を実施した．その結果，更に旧防潮堤基礎の存在が判明し，この旧防潮堤基礎と既設防油堤基礎，ボックスカルバートとの干渉を回避し

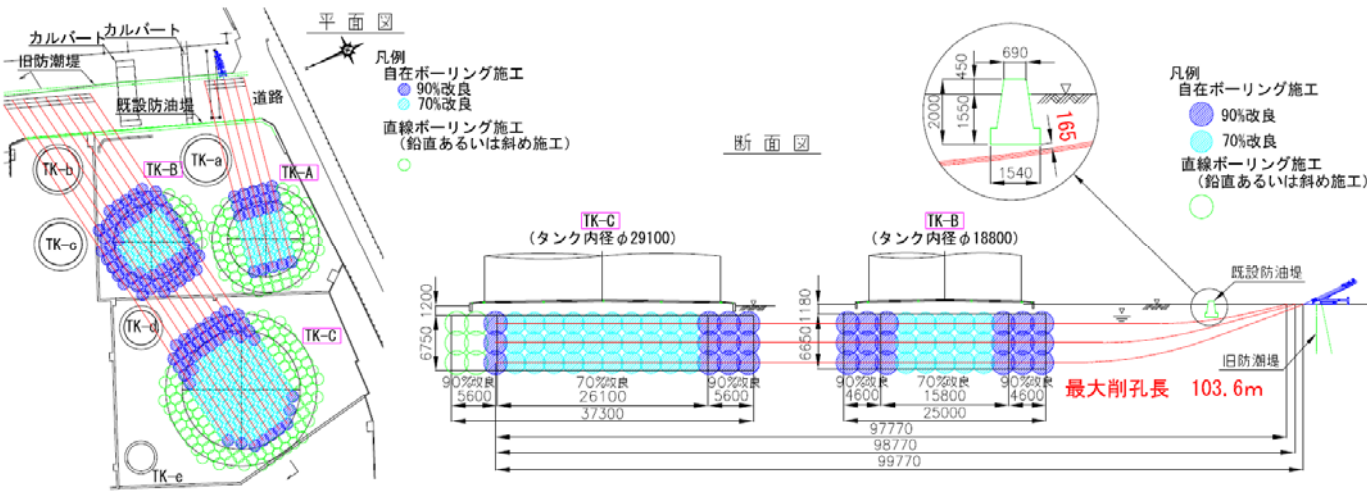

図-1　液状化対策薬液注入工　平面図及び断面図

液状化，薬液注入，自在ボーリング，長距離削孔
〒450-6047　名古屋市中村区名駅 1-1-4　大成建設㈱　TEL052-562-7527

た線形計画により，最大103.6mの長さを含む削孔計画となり，**図-1**に示すような配置計画となった.

３．施工

削孔開始位置には旧防潮堤があり,曲線線形部分には既設防油堤基礎があり,いずれも離隔に余裕のない状況下での削孔であるため,正確な削孔が求められた（**図-2**）．既設防油堤基礎を回避した後も100m超の長距離削孔のため,削孔機の向き,削孔管の角度のわずかなズレが命とりとなるため,貫入開始時の削孔管方向をトランシットで直接測量しながら調整し,削孔を進めた.

自在ボーリングにおいては，先端部が「へら」状のボーリングロッドを用い,このへらの向きを変える事でボーリングの方向を制御することができる（**図-3**）.削孔線の確認にあたっては,タンクヤード手前までは,地上より磁気式ロケーティング方式で計測を行い,タンクヤード内では,削孔管内にてジャイロ式ロケーティング方式で計測を行った.適宜ジャイロ式ロケーティングを実施し,計画ライン±30 cmの管理目標を逸脱した場合には,一旦引き抜き再削孔し,管理値に入るまで削孔を繰り返した.また,夜間の作業中断後の再削孔時や礫混じり層の通過時に地盤の締め付けを受け,貫入･引抜抵抗が大きくなった場合には,パーカッションにてロッドに打撃を加える事で削孔を継続し,全本数管理目標値に収めた.

注入速度の設定にあたっては,注入速度試験を行い，注入圧により地盤に亀裂の生じる割裂注入にならないよう14L/minを管理目安とした.試験時に決定した注入圧力+0.2Mpa以下を基準として注入圧管理を行った.注入に際しては,水盛式沈下計（警報システム付）を該当タンク及び近接タンク,既設防油堤に設置し,24時間計測監視し，タンクの鉛直変位量が17mm以下(管理限界値は,TK-A,B：30mm，TK-C：45mm)に収まった.

事後調査では,タンク周辺部から複数のボーリング試料を採取し，一軸圧縮強さ，薬液の主成分であるシリカ含有量を調査し，改良効果を確認した.実施工程としては,削孔に2ヶ月半,注入に4ヶ月（夜間作業含む），事後効果確認2ヶ月で，全工程を終了した.

４．あとがき

当工事においては,グランドフレックスモール工法を用い，長距離・多段削孔で特徴付けられる補強対策を実施した．自在ボーリングを用いた地盤改良については，当工事のように地中埋設支障物を回避して,幹線道路下の地中構造物や,港湾構造物等に対して,敷地利用の制約の中で通常の施設利用を極力妨げることなく,耐震補強を施す事が出来る．首都圏直下地震,東・南海沖地震等の発生が今後予想されるなか,地盤災害の防止・軽減に有効活用していけるよう，技術の蓄積・向上に努めていきたい.

図-2　削孔状況

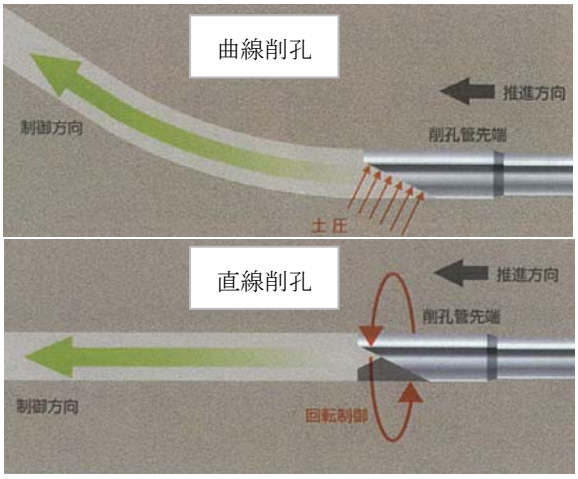

図-3　削孔時方向制御イメージ

【参考文献】1）石井裕泰「グランドフレックスモール工法／WinBLADE 工法　-既設構造物直下・周辺狭隘部向け地盤改良工法-」，土木施工，Vol.55，No.1，2014.　　2）岡谷ら「自在 ボーリングによる長距離・多段削孔で施工した既設構 造物直下の液状化対策」，土木学会第67回年次学術講演会，VI-318，P635-636.