



危険物関係用語の解説 第46回 【地盤改良】

1. はじめに

前号(第179号)では、地盤の「液状化」について、解説しました。液状化の可能性のある軟弱地盤においては、液状化対策として、「地盤改良」が有効とされています。地盤改良は、原地盤の特性や改良目的に応じた各種工法等が多く考案され、実用化されています。

屋外タンク貯蔵所の地盤においても、軟弱地盤対策として地盤の特性等に応じた地盤改良工法が用いられていますが、本稿では、地盤改良の目的・分類等を解説した後、屋外タンク貯蔵所の地盤改良として採用されている主な2つの工法について解説することとします。

2. 地盤改良の概要

(1) 地盤改良の目的

土木・建築等の工事を行う際、原地盤をそのまま用いると、構造物等の安定性に様々な問題を生じる場合があります。構造物の安定性を確保するためには、基礎・地盤の堅固さ・安定性を確保することが前提となりますが、地盤そのものの性質を改善したり補強したりすることにより地盤の安定性を増大させることを、一般的に「地盤改良」と呼んでいます。地盤の支持力不足や沈下、液状化等の問題に対し、地盤の特性を人工的に改善し、適切な対策を施すことが地盤改良の目的です。

屋外タンク貯蔵所の地盤も例外ではなく、地盤上に、タンク本体及び基礎を構築しますが、地盤調査結果に基づき地盤の支持力、沈下、液状化等を検討し、その安全性が確保できない場合には、地盤改良等の対策が必要となります。

なお、消防法令においては、特定及び準特定屋外貯蔵タンクの基礎及び地盤は、当該基礎・地盤上に設置する屋外貯蔵タンク及びその付属設備の自重、貯蔵する危険物の重量等によって生じる応力に対して安全なものでなければならないと規定されており、改良後の地盤についても応力等に対する安全性を確認しています。

(2) 地盤改良工法の原理による分類

地盤改良は、地盤の安定性を増大させることを意味しますが、改良工法を大別すると、I) 土そのものを機械的・化学的に改良する工法、II) 軟弱土を良質な砂や礫等に置き換える工法、III) 地盤を他の材料(シート、鋼矢板等)で拘束し、地盤を補強する工法に分類することができます。

また、I) 土そのものを機械的・化学的に改良する工法には、i) 土の密度を増大する工法、ii) 土を化学的反応により固結させる工法に分類することができます。

さらには、i) 土の密度を増大する工法には、a) 粘性土地盤中の間隙水を排水する工法、b) 緩い砂地盤を振動や衝撃等によって締め固める工法に細分できます。

地盤改良工法は、名称等で分類すると、さらに詳細に分類することができますが、本稿では、屋外貯蔵タンクの地盤改良に比較的多く採用されているi) 土の密度を増大する工法のうちの一つの「サンドコンパクションパイル工法」と、ii) 土を化学的反応により固結させる工法のうちの一つの「深層混合処理工法」の2つの工法について解説することとします。

(3) 屋外貯蔵タンクにおける地盤改良の実績(直近10年間)

地盤改良工法等の解説の前に、当協会が審査受託した特定及び準特定タンクの設置申請案件に関して、直近10年間の実績を紹介します。

図1に地盤改良の実施状況を示しますが、特定タンクでは約8割、準特定タンクでは約4割のタンクで地盤改良が実施されています。

特定タンクは、地表面から15mまでの範囲の地盤の液状化が許容されないことから、液状化対策としての地盤改良が多く実施されています。準特定タンクは、告示第4条の22の7に規定される液状化の恐れがある地盤に設置することが出来る

基礎構造（スラブ基礎等）を採用するケースや、液状化する層の影響を考慮した上で、杭基礎形式とするケースがあることから、特定タンクに比べて地盤改良の割合は、若干少ないものとなっています。

図1に示すとおり、屋外貯蔵タンクの地盤改良には、サンドコンパクションパイル（SCP）工法、深層混合処理工法が多く採用されています。なお、図1の「その他工法」の中には、置換工法等が含まれます。

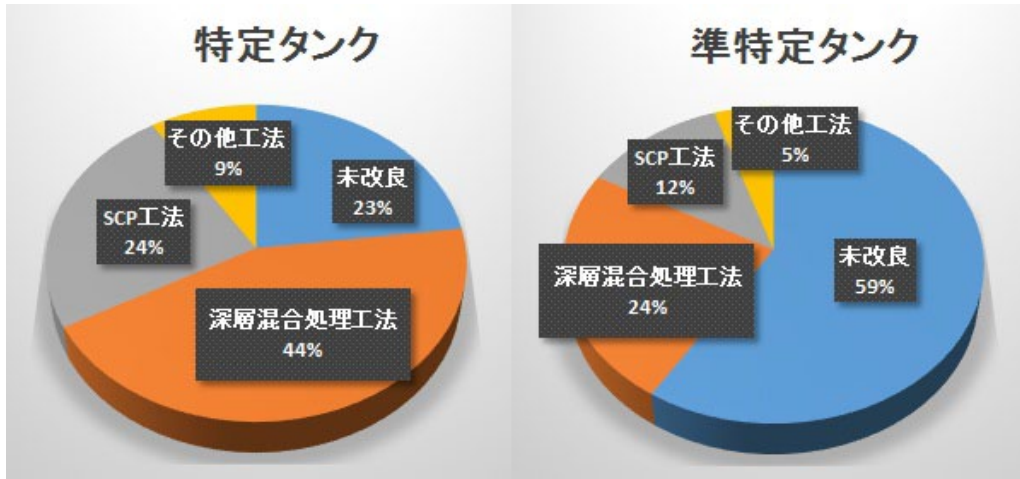


図1 屋外貯蔵タンク審査実績(H20年度～H29年度まで直近10年間を対象)

3. サンドコンパクションパイル工法

(1) 原理

緩い砂地盤に振動や衝撃等の動的な力を加えると、砂粒子はより密な状態に配列し、砂質土は良く締め固められます。良く締め固まった地盤は、新たな荷重に対して圧縮量が小さくなり、堅固さが増すこととなります。

サンドコンパクションパイル工法は、こうした原理を利用し、振動又は衝撃等の動的な力を利用して地盤中に締め固められた砂杭を造成し、原地盤の密度を増大させ、支持力の増強と沈下の低減、地盤の液状化防止等を図る工法です。

(2) 施工方法等

サンドコンパクションパイル工法の施工手順例を図2に示します。

ケーシングパイプを地盤中に貫入し、ケーシングパイプに動的な振動力を与えながら、引き抜き打ち戻しを繰り返すとともに砂を地盤中に圧入し、拡径した砂杭を造成します。地盤中に締め固めた砂杭を強制的に造成することにより、原地盤の密度を増大させます。

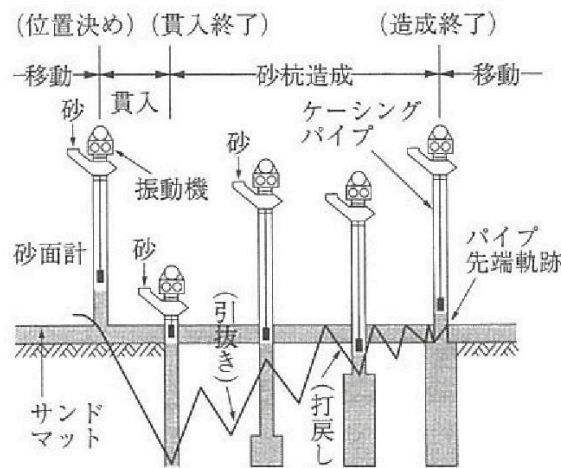


図2 サンドコンパクションパイル工法の施工手順¹⁾

サンドコンパクションパイル工法は、動的な力を利用して地盤を締固める工法の一つですが、最近では、振動や騒音が少なく、既設構造物近接での施工を可能にした「静的締固め砂杭工法」も多く採用されるようになりました。

静的締固め砂杭工法は、砂杭の造成に当たって、振動機等の動的な力を利用するのではなくケーシングパイプの昇降及び回転エネルギーを用いた静的な力によって砂杭を造成していく工法です。地盤改良の原理及び施工手順は、サンドコンパクションパイル工法とほぼ変わりはありません。

4. 深層混合処理工法

(1) 原理

地盤中でセメントや石灰等を混合・攪拌したり、地盤中の間隙に薬液等を注入したりすると土が固結し、そのせん断特性、圧縮性及び透水性等が改善されます。固結工法はこうした化学的な反応を利用し、堅固な安定した地盤に改良する工法です。

深層混合処理工法は、地盤中にセメント系固化材を供給し、原地盤と混合・攪拌することにより、柱状の改良体を築造し、支持力の増強、沈下の低減、地盤の液状化防止等を図る固結工法のうちの一つです。

なお、深層混合処理工法を特定及び準特定タンクに採用する場合の技術的な運用基準は、平成7年消防危第150号及び平成11年消防危第27号通知によりそれぞれ示されています。当該通知では、改良率は78%以上とされており、改良体の設計基準強度は300kN/m²以上と規定されています。

(2) 施工方法等

深層混合処理工法の機械式攪拌工法の手順を図3に示します。

先端に攪拌翼を持った処理機を地盤中へ貫入し、スラリー状(液状)のセメント系固化材を攪拌翼付近から吐出し、原地盤と強制的に混合・攪拌を行います。固化材の化学的反応により所要の強度を持つ改良体が築造されます。

図3の右側に示すように、固化材の吐出方法には、処理機の貫入時に固化材を吐出する方法と引抜き時に吐出する方法があります。固化材の吐出方法は、一般的には貫入時吐出方法ですが、地盤が不均質で固い層が介在する場合や、40m以上の大深度施工の場合には、引抜き時吐出方法が採用されることがあります。

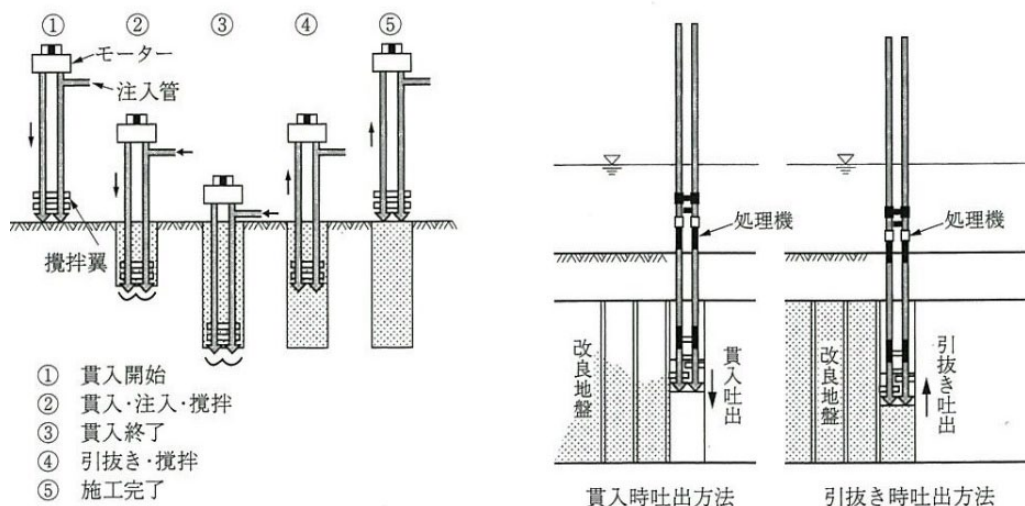


図3 機械式攪拌工法の施工順序²⁾

5. おわりに

Safety & Tomorrow第177号より、4回にわたり「地盤調査」、「地盤種別」、「液状化」、「地盤改良」といった屋外タンク貯蔵所の地盤に関する用語について解説を行いました。

地盤改良については、地盤の特性や改良目的に応じて、これまで数多くの工法が開発され、多種多様な工法が実用化されています。今回は、屋外タンク貯蔵所で採用された実績の多いサンドコンパクションパイル工法と深層混合処理工法について、その概要を解説しました。

屋外タンク貯蔵所の地盤は、タンク本体及び基礎を支持する部分であり、特にタンク本体の安定性、ひいては危険物流出等の防止のためには、地盤の液状化に対する安全性や地盤の堅固さを確保することは設計上の重要なポイントになります。

屋外タンク貯蔵所に係る地盤改良を計画するにあたっては、地盤調査結果に基づき、地盤特性に応じた施工方法及び改良深度（範囲）等を設定し、場合によっては、道路・港湾・建築等、他分野の設計手法も参考にしながら、適切な方法により検討を行うことが重要となります。

【参考文献】

- 1) (社)地盤工学会 地盤改良の調査・設計と施工—戸建住宅から人工島まで— P110
- 2) 同上 P142