

屋外貯蔵タンクの基礎・地盤は、設置され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ずる応力に対して安全なものでなければなりません。

従って、屋外貯蔵タンクの地盤は、支持力、沈下及びすべり破壊並びに地震時に発生する液状化に対する所要の安全性を確保する必要があります。これらの安全性を確認・検討するのに必要なデータを得るために、各種地盤調査が行われます。

地盤調査には、ボーリングにより地盤を掘削し、ボーリング孔を利用して行われる「原位置試験」（現場において地盤の特性を直接調べる試験）とボーリング孔から採取した試料を用いた「土質試験」（室内で行う土の物理的、力学的特性を把握する試験）があります。原位置試験の代表的なものとしては、標準貫入試験、現場透水試験、物理探査等があります。また、土質試験の代表的なものとしては、粒度試験、圧密試験、一軸圧縮試験等があります。

今回は、地盤調査に関する用語解説ですが、そのうち、地盤調査の基本とされる「ボーリング」と、原位置試験のうち、液状化、支持力、沈下等の評価を行う際に幅広く活用される「標準貫入試験」及び土質試験のうち、土質分類の推定、液状化の検討に必要なデータを得るための試験でもある「粒度試験」の3つについて解説します。

1. ボーリング

ボーリングとは、原位置試験や土質試験に必要な土質試料の採取を行うために地盤を掘削することをいいます。

ボーリングには様々な方法があり、実施される原位置試験やサンプリング（試料の採取）の目的や方法、予想される地盤条件などを総合的に判断したうえで、用途に応じたボーリング機械及びその他機材を選定して行う必要があります。

ボーリングの中で最も代表的なものが、やぐらを組み立て、ボーリング機械を設置し、機械の力で掘削するロータリーボーリングです（図-1参照）。屋外貯蔵タンクの地盤調査のために行われるボーリングのほとんどがこの方法を採用しています。

ボーリングでは、ボーリング孔内の水位を計測することにより、地盤中の地下水位を推定することも可能となります。

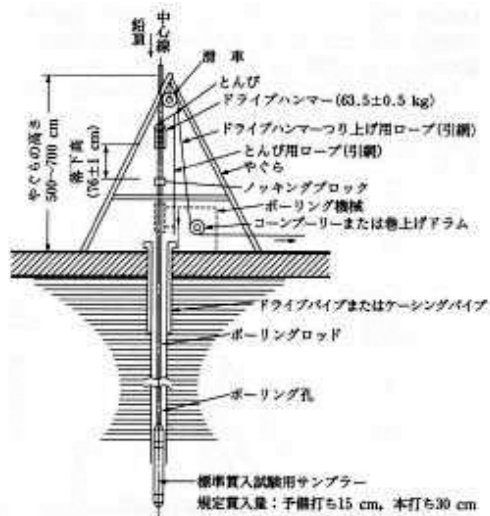


図-1 ボーリング機械の設置状況（※1）

2. 標準貫入試験

標準貫入試験は、地盤の硬軟、締まり具合を知るための試験であり、ボーリング孔を利用し

て行われます。

標準貫入試験の方法は、JISA1219「標準貫入試験方法」に定められており、写真-1に示すように重量 $63.5 \pm 0.5\text{kg}$ のハンマーを $76 \pm 1\text{cm}$ の高さから自由落下させて、標準貫入試験用サンプラー(図-2)を地盤中に打込みます。一般的に、標準貫入試験は深度1mごとに行われます。

標準貫入試験は、写真-2に示すように、原則15cmの予備打ちの後、30cmの本打ちを行います。本打ちの打撃回数は10cmごとに記録し、30cmの打撃回数を合計します。この30cmの打撃回数の合計が「N値」と呼ばれるものです。なお、予備打ちは、ボーリングにより孔底が泥水(ボーリング作業中に孔内を循環する流体で、掘りくずを地上に上げるなどの目的を持つ)やスライム(掘削土砂)などで乱されているため、適切なN値の確認ができない等の理由から行われるものです。

この試験の特徴は、N値を確認するほか、標準貫入試験用サンプラー内に土質試料が同時に採取(写真-3)され、地盤中の土質性状を直接的に目視確認できるとともに、採取された試料を粒度試験等の土質試験にも活用できることです。

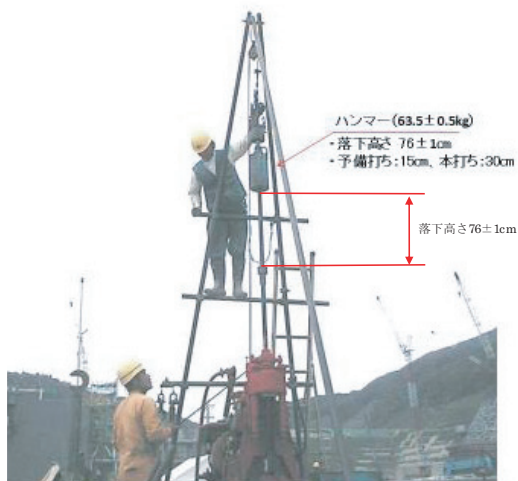


写真-1 標準貫入試験実施状況

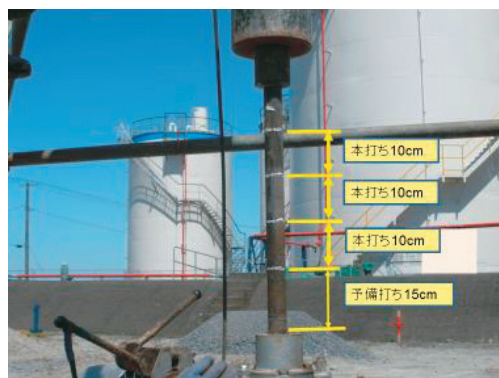
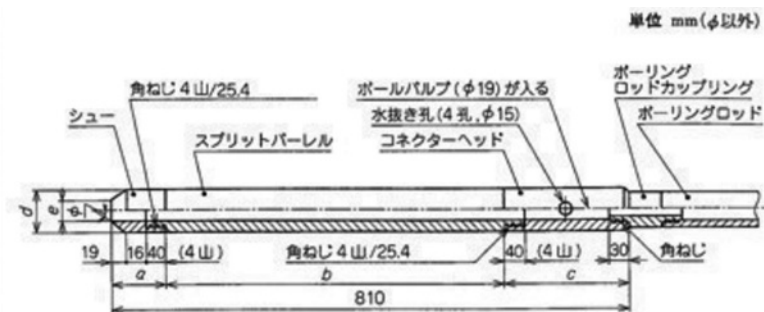


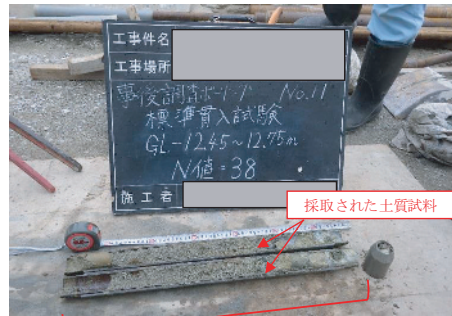
写真-2 標準貫入試験の貫入深度



各部	全長	シュー長	バーレル長	ヘッド長	外径	内径	シュー角度	刃先肉厚
		a	b	c	d	e	ϕ	t
寸法	810±1.0	75±1.0	560±1.0	175±1.0	51±1.0	35±1.0	19° 45'±8'	1.15±0.05

図-2 標準貫入試験用サンプラー(※2)

標準貫入試験により得られたN値は、地下水位及び土質区分等を含め図-3に示す「ボーリング柱状図」にまとめられ、屋外貯蔵タンクの地盤の支持力、沈下及び液状化判定等、多くの検討項目に必要とされています。



標準貫入試験用サンプラー

写真-3 土質試料採取の状況

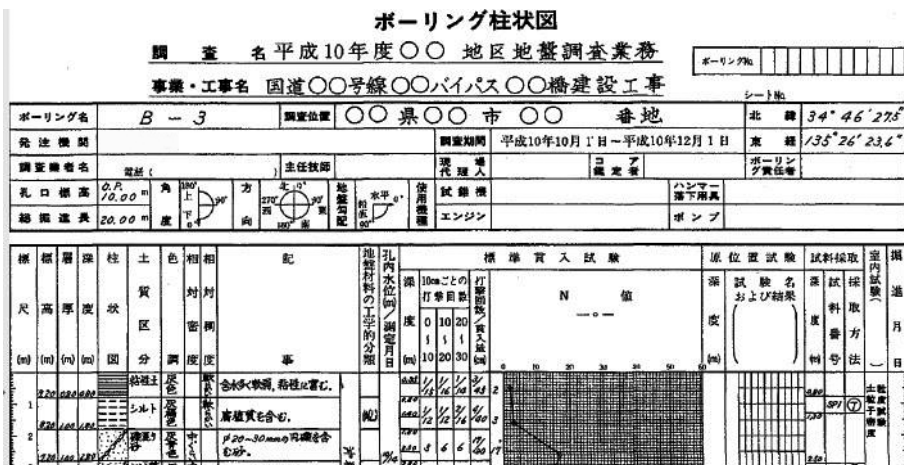


図-3 ボーリング柱状図(※3)

3. 粒度試験

地盤を構成する土粒子は、粒径の大きさにより砂やシルト等に区分されます。表-1に示すように、工学的には粒径75mm以上は石、75mm～2mmは礫、2mm～0.075mmは砂、0.075mm～0.005mmはシルト、0.005mm未満

は粘土に区分されます。

このように、地盤は様々な粒径の土粒子により構成されていますが、ある粒径の土粒子が試料全体の中にどの程度の割合で含まれているのか、その分布状態を質量百分率で表したものを「粒度」といいます。そして、「粒度」を求める

表-1 土粒子の粒径区分と呼び名(※4)

		粒 径 (mm)										
		0.005	0.075	0.25	0.85	2	4.75	19	75	300		
粘土	シルト	細砂	中砂	粗砂	細礫	中礫	粗礫	粗石(コブル)	巨石(ボルダー)			
		砂			礫			石				
細粒分		粗粒分						石分				

ために行われる試験のことを粒度試験といいます。

粒度試験の方法は、JIS A 1204「土の粒度試験方法」に定められています。まず、採取した試料（代表的な採取方法として写真-3によるものがあります）を用いて以下の流れで試験を行います。

図-4に示すように試料を2mmのふるいに通し、粒径2mm以上と粒径2mm未満の土粒子に分けます。次に、粒径2mm以上は図-5、粒径2mm未満は図-6にそれぞれ示すよう

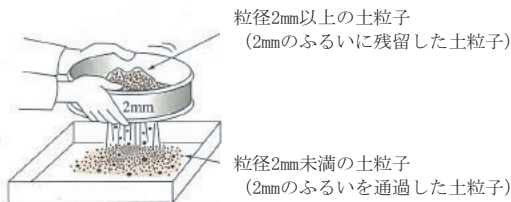


図-4 2mmのふるいを用いたふるい分け (※5)

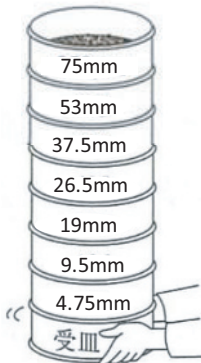


図-5 粒径2mm以上の土粒子のふるい分け (※6)

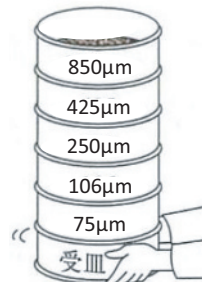
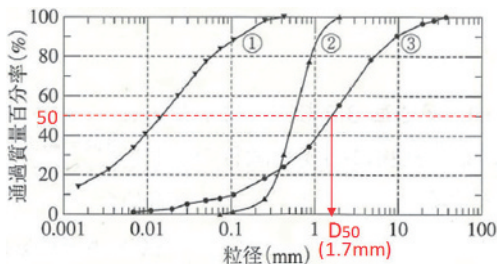


図-6 粒径2mm未満の土粒子のふるい分け (※7)



粒度による土の一般的特徴

- ①：細粒分が多い土
- ②：粒径がせまい範囲に集中している（分級された）
締固め特性の悪い土
- ③：粒径が広い範囲にわたって分布する（粒径幅の
広い）締固め特性の良い土

D₅₀: 通過質量百分率の50%に対応する粒径

図-7 粒径加積曲線の例 (※8)

に、上から目の大きい順に重ねたふるいを通し、それぞれのふるいに残った土の質量を計測します。

そのふるい目を通過した土粒子の質量を累積し、質量百分率の関係で示したものが図-7に示す「粒径加積曲線」と呼ばれるものです。粒径加積曲線を作成すると、試料を採取した地盤の土粒子の構成や土質性状等が分かります。図-7は、異なる3箇所の土層の試料を採取し、粒径加積曲線を作成した事例です。図-7の①に示す粒径加積曲線は、全体的に粒径の細かい方（グラフの左側）に片寄っているため、この層は細粒分が多い特徴をもった土層であることが分かります。図-7の②は、粒径の分布が狭い範囲に集中しています。このような粒度分布を示す土は締め固め特性が悪い土とされています。図-7の③は、粒径が広い範囲にわたって分布しています。このような土は締め固め特性がよい土とされています。

また、粒径加積曲線から通過質量百分率の50%に対応する粒径を読みとったものが平均粒径 (D_{50}) と呼ばれるものです。平均粒径 (D_{50}) は、その土を構成している土粒子の平均的な粒径を示したものです。図-7の③の例では、平均粒径 (D_{50}) は1.7mmとなります。

その他、粒度試験で得られる土質データとして、細粒分含有率 (Fc) と呼ばれるものがあります。細粒分含有率 (Fc) とは、0.075mmのふるいを通した土粒子の通過質量が、全土粒子の質量に占める割合であり、前述した平均粒径 (D_{50}) と同様、屋外貯蔵タンクの地盤の液状化判定等の検討が必要とされています。

4. 地盤調査により得られたデータの活用

ここで地盤調査により得られたデータが、屋外貯蔵タンクの基礎・地盤の設計でどのように活用されているかを比較的分かり易い地盤の液状化の検討 (新法タンク) を例として紹介します。

新法タンクでは、図-8に示すA及びBの範囲の地盤が砂質土であり、かつ、次の①~③の全てに該当する場合、一般的に「液状化の可能性ある地盤」と判定されます。(告示第四条の八)

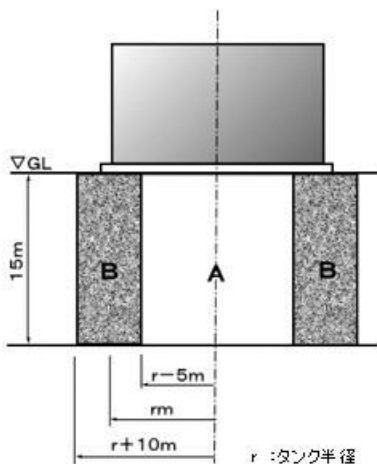


図-8 液状化の検討範囲

- ①地下水によって飽和されていること。
- ②平均粒径 (D_{50}) が2.0mm以下であること。
- ③細粒分含有率 (Fc) の区分に応じた標準貫入試験値 (N値) が表-2に示す値以下であること。

表-2 細粒分含有率 (Fc) と標準貫入試験値 (N値) の関係

細粒分含有率(Fc)	標準貫入試験値(N値)	
	A	B
5%未満	12	15
5%以上10%以下	8	12
10%超え35%未満	6	7

①については、ボーリング孔内の水位により確認できます。②については、粒度試験より得られた平均粒径 (D_{50}) により確認できます。③については、粒度試験より得られた細粒分含有率 (Fc) と標準貫入試験より得られたN値により確認できます。

このように、地盤調査から得られたデータは、基準に適合するか否かを判定する際に活用されます。

今回は紙面の都合上、屋外貯蔵タンクの基礎・地盤の設計に必要な地盤調査の代表的項目に限定して解説しましたが、今回解説できなかったその他不明な地盤調査等があれば、危険物保安技術協会土木審査部に相談していただければ幸いです。

参考文献

- ・地盤調査の方法と解説 (社)地盤工学会(※1、2)
- ・新・ボーリング柱状図を読む 理工図書(株)(※3)
- ・土質試験 基本と手引き (第一回改訂版) (社)地盤工学会 (※4、5、6、7、8)

なお、※4、5、6、7、8の図の一部に加筆しております。