



Q1104. 道路附属物の基礎に必要な地盤調査について教えて？

A1104. 日本地工では、サウンディング（標準貫入試験、スウェーデン式サウンディング試験等）をお勧めしております。

道路附属物の基礎に必要な地盤調査は、本来、基礎形式ごとに異なります。ただし、サウンディングによって得られる N 値は、他の調査試験から得られる地盤情報との相関について数多く研究されております¹⁾。そのため、道路附属物の基礎は N 値によって、基礎形式の選定や基礎寸法を決定することが可能です。ただし、杭基礎設計便覧²⁾では、「 N 値から地盤定数等を求める手法は、一定の条件での試験結果から求められた相関関係に基づく間接的な推定手法となっている。よって、信頼できるサンプリング試料の三軸圧縮試験など信頼性の高い調査結果がある場合には、その結果を踏まえて地盤定数等を設定するのがよい」とされております。従って、日本地工においても N 値と信頼性の高い調査結果が両方ある場合、信頼性の高い調査結果を用いて設計しております。

基礎形式毎に必要な地盤定数等と本来必要とする代表的な調査手法についてまとめたものを表1に示します。なお、 N 値の測定が可能なサウンディングの代表的な試験方法につきましては、[こちら](#)をご参考下さい。

表1 基礎形式毎に必要な地盤定数等と代表的な調査手法

基礎形式	[設計] 安定 照査	必要な地盤定数等			代表的な調査手法	N値 から 推定
		項 目	記号	単位		
埋込み式基礎 縦長剛体基礎	水平	土の単位体積重量	γ	kN/m ³	砂置換法土密度試験	○
		N 値	-	-	サウンディング	-
直接基礎	鉛直	地耐力	-	kN/m ²	平板載荷試験	○
	滑動	粘着力	c	kN/m ²	一軸又は三軸圧縮試験	○
		内部摩擦角	ϕ	度	三軸圧縮試験	○
	転倒	-	-	-	-	-
杭基礎	鉛直	N 値	-	-	サウンディング	-
		粘着力	c	kN/m ²	一軸又は三軸圧縮試験	○
	水平 変位	変形係数	E_0	kN/m ²	平板載荷試験	○
					孔内水平載荷試験	
					一軸又は三軸圧縮試験	
	回転 (単杭)	土の単位体積重量	γ	kN/m ³	砂置換法土密度試験	○
		粘着力	c	kN/m ²	一軸又は三軸圧縮試験	○
内部摩擦角		ϕ	度	三軸圧縮試験	○	

N 値は他の調査試験から得られる地盤情報との相関について、数多く研究されております。そこで、日本地工で採用する道路附属物の基礎の設計に用いる様々な地盤定数の N 値による推定方法について、以下にご紹介します。なお、以下に示す推定方法は代表的なものであり、お客様からご指定がある場合や準拠する基準・仕様書等に記載がある場合、そちらに従っております。



① 土の単位体積重量 γ (kN/m³)

道路橋示方書・同解説²⁾に示す土の単位重量(表2参照)と、地盤調査の方法とその解説¹⁾に示すN値と砂の相対密度および粘土のコンシステンシー(表3参照)を用いて推定しております。

表2 土の単位重量 γ (kN/m³)

地盤	土質	ゆるいもの	密なもの
自然 地盤	砂及び砂れき	18	20
	砂質土	17	19
	粘性土	14	18
盛 土	砂及び砂れき	20	
	砂質土	19	
	粘性土	18	

表3 N値と砂の相対密度および粘土のコンシステンシー

砂	N値	相対密度	粘土	N値	相対密度
	0~4	非常にゆるい		2以下	非常にやわらかい
	4~10	ゆるい		2~4	やわらかい
	10~30	中位の		4~8	中位の
	30~50	密な		8~15	かたい
	50以上	非常に密な		15~30	非常にかたい
			30以上	固結した	

② 地盤の許容支持力 q_a (kN/m²)

国土交通省告示第1113号第2(三)項に示す、スウェーデン式サウンディング試験で得られる半回転数 N_{sw} から地盤の長期許容支持力 q_a を求める方法(式1)から推定しております。なお、短期は長期の2倍としております。スウェーデン試験結果から得られるN値と長期許容支持力 q_a の関係につきましては、[こちら](#)をご参考下さい。

$$q_a = 30 + 0.6N_{sw} \dots\dots\dots (式1)$$

ここに、

q_a : 地盤の長期許容支持力 (kN/m²)

N_{sw} : 貫入量1m当たりの半回転数(半回転数/m)で、対象は基礎底部から下方2m以内の距離の平均(個々の値が150を超える場合は150とする)

また、地盤の許容支持力については、その他に道路橋示方書・同解説³⁾による場合や建築基礎構造設計指針⁴⁾による場合があります。支持力公式については、それぞれの基準をご参考下さい。なお、どの支持力公式を採用するかについては、適用条件等を考慮して決定しております。



③ 粘着力 c (kN/m²)

地盤を乱すことが小さい場合、土研資料 4102 号⁵⁾に示す (式 2) から推定しております。

$$\left. \begin{array}{l} N \geq 5 \quad c = 12.5N \\ N < 5 \quad c = 0.5(40 + 5N)^{1.15} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (式 2)$$

また、パイプロハンマ工法における杭の周面抵抗力度の粘着力は、土研資料 4139 号⁶⁾に示す (式 3) から推定しております。

$$c = 8N (\leq 50) \dots\dots\dots (式 3)$$

その他、代表的なものに Trezaghi and Peck らが提唱した $c = 6.25N$ ($c = q_u / 2$, $q_u = 12.5N$) や平成 8 年までの道路橋示方書・同解説^{例えぼ⁷⁾}には「やむを得ない場合」に用いて良いとの注釈付で $c = (6 \sim 10)N$ の推定式が解説中に示されておりました。どの粘着力の推定式を採用するかについては、適用条件等を考慮して決定しております。

④ 内部摩擦角 ϕ (°)

道路橋示方書・同解説³⁾の参考資料に示す (式 4) から推定しております。

$$\phi = 4.8 \ln N_1 + 21 \dots\dots\dots (式 4)$$

ここに、 N_1 : 有効上載圧 100kN/m² 相当に換算した N 値で次式による。

$$N_1 = 170N / (\sigma'_v + 70)$$

N : 標準貫入試験から得られる N 値

σ'_v : 有効上載圧(kN/m²) で、次式による。ただし、原位置の σ'_v が $\sigma'_v < 50$ kN/m² である場合には、 $\sigma'_v = 50$ kN/m² として算出する。

$$\sigma'_v = \gamma x$$

γ : 土の単位体積重量(kN/m³)

x : 深さ(m)

なお、平成 8 年までの道路橋示方書・同解説^{例えぼ⁷⁾}には設計上の配慮から下限値を与える式として (式 5) を用いてもよいと示されておりました。

$$\phi = 15 + \sqrt{15N} \dots\dots\dots (式 5)$$

その他、代表的なものに大崎らが提唱した $\phi = 15 + \sqrt{20N}$ 、鉄道道関係で用いられる $\phi = 1.85\{N / (0.01\sigma'_v + 0.7)\}^{0.6} + 28$ など ϕ と N 値の関係については、数多くの推定式が存在しております。どの内部摩擦角の推定式を採用するかについては、適用条件等を考慮して決定しております。

⑤ 地盤の変形係数 E_0 (kN/m²)

道路橋示方書・同解説³⁾に示す (式 6) から推定しております。

$$E_0 = 2,800N \dots\dots\dots (式 6)$$



参考文献

- 1) 地盤調査の方法と解説（地盤工学会、平成 25 年 3 月）
- 2) 杭基礎設計便覧（日本道路協会、平成 26 年）
- 3) 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（日本道路協会、平成 24 年 3 月）
- 4) 建築基礎構造設計指針（日本建築学会、平成 20 年 3 月）
- 5) レベル 2 地震時における杭基礎の設計に用いる部分係数の検討 土木研究所資料第 4102 号(平成 20 年)
- 6) 杭の軸方向の変形特性に関する研究 土木研究所資料第 4139 号(平成 21 年)
- 7) 道路橋示方書・同解説 IV 下部構造編（日本道路協会、平成 8 年 12 月）