

## 山岳地の傾斜地盤における構造物基礎形式選定について

戸田建設(株) 正会員 ○國分 智志, 柴田 靖, 安田 好伸

## 1. はじめに

山岳地の多くは地表面に傾斜が存在しており,同様に地中層にも傾斜の存在が想定される.そこで,山岳地では平坦地と比較して傾斜地であることを考慮した構造物基礎設計が必要である.傾斜地盤上に構造物の直接基礎がある場合は,水平地盤上にある場合と比較して極限支持力が低下する.本稿では,ボーリング調査結果から支持層の傾斜角度等に着目し,詳細な基礎構造設計の前に,調査箇所の地盤状況がいずれの基礎形式に適しているか検討した結果を報告する.

## 2. 調査概要

計画する構造物基礎は 20.0m×20.0m 程度の設置寸法とし,基礎底面は切土面に設置する計画とした.所定のヤード計画高さにて切り盛り造成を行う.ボーリング位置については基礎設置予定箇所の中心(No.1-1)と,そこから斜面谷側方向へ 15m 離れた箇所(No.1-2)で実施した(図-1 参照).

支持層および工学的基盤の確認のため,標準貫入試験,PS 検層を実施した.調査ボーリング結果に基づき土質柱状図を作成し,岩盤等級を判定した<sup>1)</sup>.2本のボーリング柱状図から支持層の斜面角度を推定し,地質断面図を作成する.支持層の判定基準は,N値 $\geq 50$ かつ厚さ5m以上とし,工学的基盤の判断基準はS波速度 $V_s \geq 400\text{m/sec}$ とした<sup>2)</sup>.

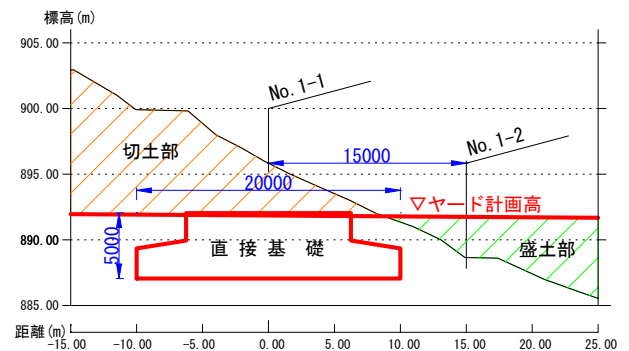


図-1: ボーリング調査位置断面図

表-1: N 値からの内部摩擦角の推定式<sup>3)</sup>

土質名	N	C (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
砂質土	>20	0	$15 + \sqrt{15N} < 45^\circ$
粘性土	>10	10N	0
砂岩・礫岩 花崗岩・マサ	>20	$15.2N^{0.327}$	$5.10 + \log N + 29.3$

## 3. 調査結果

表-2に調査結果から算出した地盤定数一覧表を示す.下限深度についてはボーリング No.1-1 箇所での各層の地表からの高さを示している.粘着力,内部摩擦角はN値より表-1の推定式にて設定した<sup>3)</sup>.

図-2, 図-3にボーリング柱状図と地質断面図を重ね合わせたものを示す.本地点ではGL-11.0m以深に分布するGCL層(強風化閃緑岩)が $V_s \geq 400\text{m/sec}$ を満たす工学的基盤面かつ,設計N値50以上となる確実な支持層と考えられる.

地質断面図より,地表面の傾斜角度は約23°,GD層・GCL層は地表面よりも傾斜角度が大きく分布し,GCL層の上面で傾斜角度が約40°であると推定した.

表-2: 地盤定数一覧表

土質名	下限深度 (GL-m)	地層 記号	岩盤 等級	設計 N値	粘着力 C (kN/m <sup>3</sup> )	内部 摩擦角 $\phi$ (°)	S波速度 Vs (m/s)
表土/粘土質砂礫	1.60	Ts	-	3.0	30.0	0.0	79
マサ(中粗砂)	5.50	ss	-	8.7	0.0	26.4	124
マサ(砂礫)	8.60	sg	-	19.5	0.0	32.1	194
強風化閃緑岩	11.00	GD	D級	39.4	50.5	37.4	290
強風化閃緑岩	17.35	GCL	CL級	67.1	60.1	38.6	511
風化閃緑岩	22.00	GCL	CL級	67.1	60.1	38.6	872
閃緑岩	24.54	GCM	CM級	263	94.0	41.6	1,217

キーワード 直接基礎, 杭基礎, 地質調査

連絡先 〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5 戸田建設(株) 土木技術統轄部 TEL(代)03-3535-1354

#### 4. 地質調査結果からの設計方針の考え

直接基礎で検討した場合は以下の3点の課題が挙げられる。①直接基礎の場合は基礎下端から支持層までの深さが最大約9.5mと推定した(図-2参照)。ラップルコンクリートで非支持層の置き換え処理を行うには施工性・コスト面からも不経済である。②計画用地に制約があり、ヤード計画高が決定事項のため、計画高の変更は困難であった。③支持層上面での鉛直支持力の低下が考えられる。本地点のケースにおいて、傾斜地盤上に直接基礎を設置する場合には、水平地盤上と比較して極限支持力が低下する。傾斜地盤上の鉛直支持力低下率は、斜面の角度、斜面の高さ、法肩からの距離を考慮し、建築基礎構造設計指針に従って評価する<sup>2)</sup>。また、基礎底面に作用する荷重が、偏心・傾斜荷重となることを留意する必要がある。

以上を判断し、当該箇所の基礎形式は杭基礎にて検討した。構造物基礎の検討形状は従来の構造物基礎寸法を参考に、幅員18.5m、高さ4.9mとし、杭基礎の寸法は杭径 $\phi 1800$ mm、杭長10.5mとした(図-3参照)。杭については支持層(工学的基盤)と判断したGCL層への杭の定着長を杭径以上とした。

図-4に支持層の傾斜に応じて杭長を設定した場合を示す。このとき杭長/杭径の比が5程度以下となる場合は引き抜き抵抗力が小さくなり、杭先端が直接基礎に近い挙動を示す可能性がある<sup>3)</sup>。そのため、図-3に示す杭長については杭径の5倍以上に設定した。

#### 5. まとめ

本稿では支持層傾斜が地表面傾斜と比較して想定以上である場合、確実な支持層(工学的基盤)の把握や十分な地質情報を得るため、複数箇所を調査し詳細な地層分布を把握できた。今回は基礎中心箇所と斜面谷側方向の2箇所を調査したが、斜面直角方向等にも複雑な地層分布が推定される場合は、追加調査を実施した方がよい。また、山岳地では冬季の積雪により調査困難な期間があること、モノレール等の仮設設備が必要な箇所が多いことなどからも、段階的な調査計画を立案し設計検討するのが望ましい。

#### 参考文献

- 1) ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱・保管要領(案)・同解説[2015年6月]
- 2) 建築基礎構造設計指針[2019年版]
- 3) 風力発電設備支持物構造設計指針・同解説[2010年版]

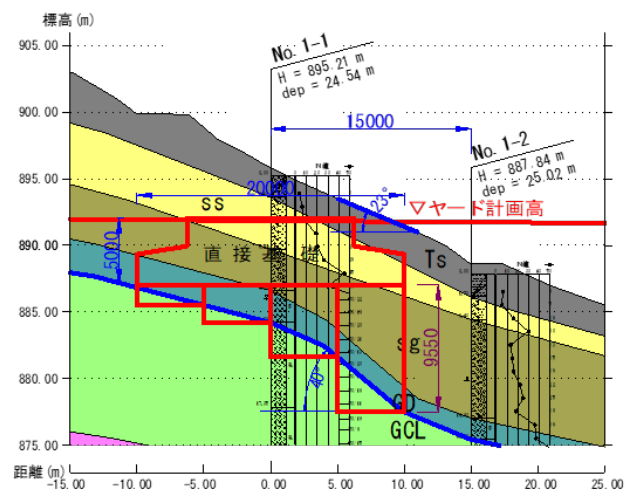


図-2：地質断面図  
(直接基礎及びラップルコンクリート検討時)

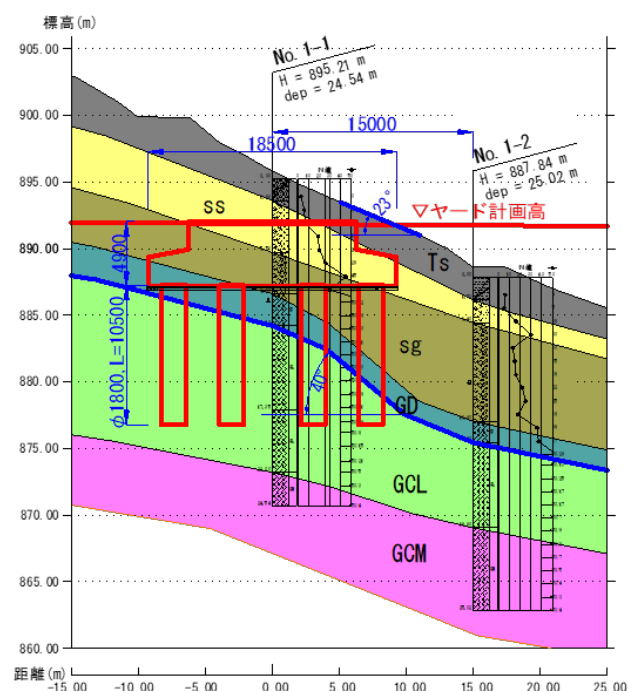


図-3：地質断面図(杭基礎検討時)

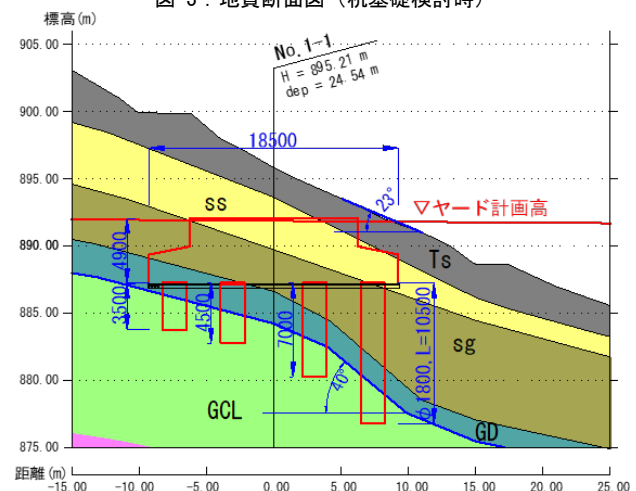


図-4：長い杭と短い杭を併用する場合