

第4章 深 礎 基 礎

第4章 深 礎 基 礎

4.1 設計一般	3-4-1
4.1.1 適用範囲	3-4-1
4.1.2 杭の配列方法	3-4-1
4.1.3 最小中心間隔	3-4-1
4.1.4 支持層の選定と根入れ深さ	3-4-2
4.1.5 荷重分担	3-4-2
4.1.6 設計に用いる地盤定数の評価	3-4-2
4.2 構造細目	3-4-3
4.2.1 杭の設計径	3-4-3
4.2.2 主鉄筋	3-4-3
4.2.3 帯鉄筋	3-4-3
4.2.4 フーチングとの結合	3-4-3
4.2.5 橋脚と柱状体深礎基礎との結合部	3-4-3
4.3 土留め構造の設計	3-4-4
4.3.1 土留め工法の選定	3-4-4
4.3.2 土留め構造の設計の基本	3-4-6

第4章 深 礎 基 礎

4.1 設 計 一 般

4.1.1 適 用 範 囲

本項は、設計地盤面が 10° 以上傾斜している斜面上に設けられる深礎基礎に適用する。

ここで、深礎基礎には、ケーソン基礎や地中連続基礎と同様に単体の柱状体構造とする柱状体深礎基礎と、複数の深礎杭をフーチングで剛結した組杭とする組杭深礎とがある。

組杭深礎：杭径 $\phi 2.0\text{m}\sim 4.0\text{m}$

柱状体深礎：杭径 $\phi 5.0\text{m}$ 以上

【解 説】

斜面上の深礎基礎の場合、水平地盤上の基礎に比べ基礎が根入れされる地盤の水平方向の抵抗力が基礎の安定に大きく影響するため、基礎前面地盤の水平支持機構を適切に評価して設計する必要がある。

斜面の影響を考慮した地盤反力係数と地盤反力度の上限値は斜面における実験に基づいたものであるが、傾斜角が 10 度未満に設置される深礎基礎への適用性は確認されていない。傾斜角が 10 度未満の斜面又は水平地盤に設置される深礎基礎においては、地盤反力係数と地盤反力度の上限値への斜面による影響は一般に小さいため、ケーソン基礎や杭基礎の設計法を参考にして、道示IVに示されるこれら他工法による基礎と同等の安全性が確保されるように設計する必要がある。

なお、深礎基礎については、道示(H29)IV編 14章 及び斜面上の深礎基礎設計施工便覧に詳述されているため、ここでは、設計する上での基本条件を記すまでとし、具体的な設計手法や考え方については、そちらを参照されたい。

4.1.2 杭の配列方法

道示(H29)IV編 14章 P438 及び 斜面上の深礎基礎設計施工便覧による。

4.1.3 最小中心間隔

道示(H29)IV編 14章 P438 及び 斜面上の深礎基礎設計施工便覧による。

4.1.4 支持層の選定と根入れ深さ

深礎基礎の底面は、所要の支持力が得られる良質な支持層に根入れするとともに、水平方向についても、長期的に安定した地盤に支持させるものとする。

良質な支持層の選定は、道示(H29)IV編 8章 P175 及び 斜面上の深礎基礎設計施工便覧 P127 による。

【解 説】

鉛直支持力が確保出来るよう支持層への根入れは、鉛直方向に50cm程度以上とする。

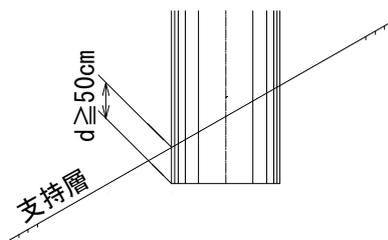


図4.1.1 支持層への根入れ

4.1.5 荷重分担

道示(H29)IV編 14章 P438 及び 斜面上の深礎基礎設計施工便覧による。

4.1.6 設計に用いる地盤定数の評価

傾斜地における深礎基礎では、平地部と異なり地形・地質条件が複雑なため、十分な調査を行った上で、地盤工学的な考察を加えて地盤定数を設定する必要がある。

詳細は、斜面上の深礎基礎設計施工便覧による。

4.2 構造細目

4.2.1 杭の設計径

杭の設計径は1,950mm（公称径2,000mm）以上とする。

【解 説】

表4.2.1 公称径と設計径の関係

適 用	モルタルライニング および吹付けコンクリートの場合	ライナープレートの場合
公 称 径	土留め構造等内径 ただし、2.0m以上（500mmラウンド）	ライナープレート軸線径 ただし、2.0m以上（500mmラウンド）
設 計 径	同上	ライナープレート内径 一般に、公称径-50mm

杭の最小設計径は、安全性、施工性への配慮から近年の施工実績より公称径2,000mmとした。
柱状体深礎基礎の公称径は5,000mm以上で、ライナープレートを用いる場合は、注文生産となるため100mmラウンドで公称径を設定する。

4.2.2 主 鉄 筋

道示(H29)IV編 14章 P438 及び 斜面上の深礎基礎設計施工便覧による。

4.2.3 帯 鉄 筋

道示(H29)IV編 14章 P438 及び 斜面上の深礎基礎設計施工便覧による。

4.2.4 フーチングとの結合

道示(H29)IV編 14章 P438 及び 斜面上の深礎基礎設計施工便覧による。

4.2.5 橋脚と柱状体深礎基礎との結合部

斜面上の深礎基礎設計施工便覧による。

4.3 土留め構造の設計

4.3.1 土留め工法の選定

斜面上の深礎基礎設計施工便覧による。

【解 説】

現場条件による工法選定の要因として、(1)湧水、(2)孔壁自立性、(3)杭径、(4)構造的、さらに(5)施工性・経済性が挙げられる。

(1) 湧水

一般的な自由地下水のみではなく、施工性を左右する湧水、被圧水の有無が工法選定の非常に大きな要因になることから、十分な事前調査に基づく適切な判断が必要となる。モルタルライニング・吹付コンクリートの硬化前にセメント分が流出してしまうほどの湧水量が存在しない場合には同工法を適用する。ただし、大量の湧水がある場合はライナープレート工法、さらに一般的な手法によるポンプ排水が不可能なほど水量が多い場合には、他の基礎形式を選定する。

(2) 孔壁自立性

モルタルライニング及び吹付コンクリートは、掘削後打設・吹付けが完了し、モルタルあるいはコンクリートの強度が発現して土留め工として機能するまで自立できるような、自立性の高いD級以上の硬岩・軟岩などの地山に対して適用する。事前調査の結果、施工中の地山の自立性が期待できないと判断された場合には、ライナープレート等の山留材を用いた土留め構造を検討する必要がある。

(3) 杭径

柱状体深礎基礎の場合には、土留めに高い強度が必要となるため、施工上の制約から部材厚さに制約のあるモルタルライニングや吹付コンクリートのみでは、土留めとしての安全性の確保ができないおそれがある。このため、柱状体深礎基礎においては、施工機械の孔内搬入が可能なことから、杭体の小規模化によるコスト縮減が期待されるロックボルトを併用した吹付コンクリート工法の採用について検討する。

(4) 構造的

モルタルライニングや吹付コンクリートは、基礎周辺地盤のせん断抵抗が期待できるが、ライナープレートによる土留めは、基礎周面のせん断地盤抵抗は考慮できない。従って、設計の際に基礎周辺の地盤抵抗を期待することによる構造の有利性など考慮し、対象とする地層の条件に応じて土留め工を選定する必要がある。

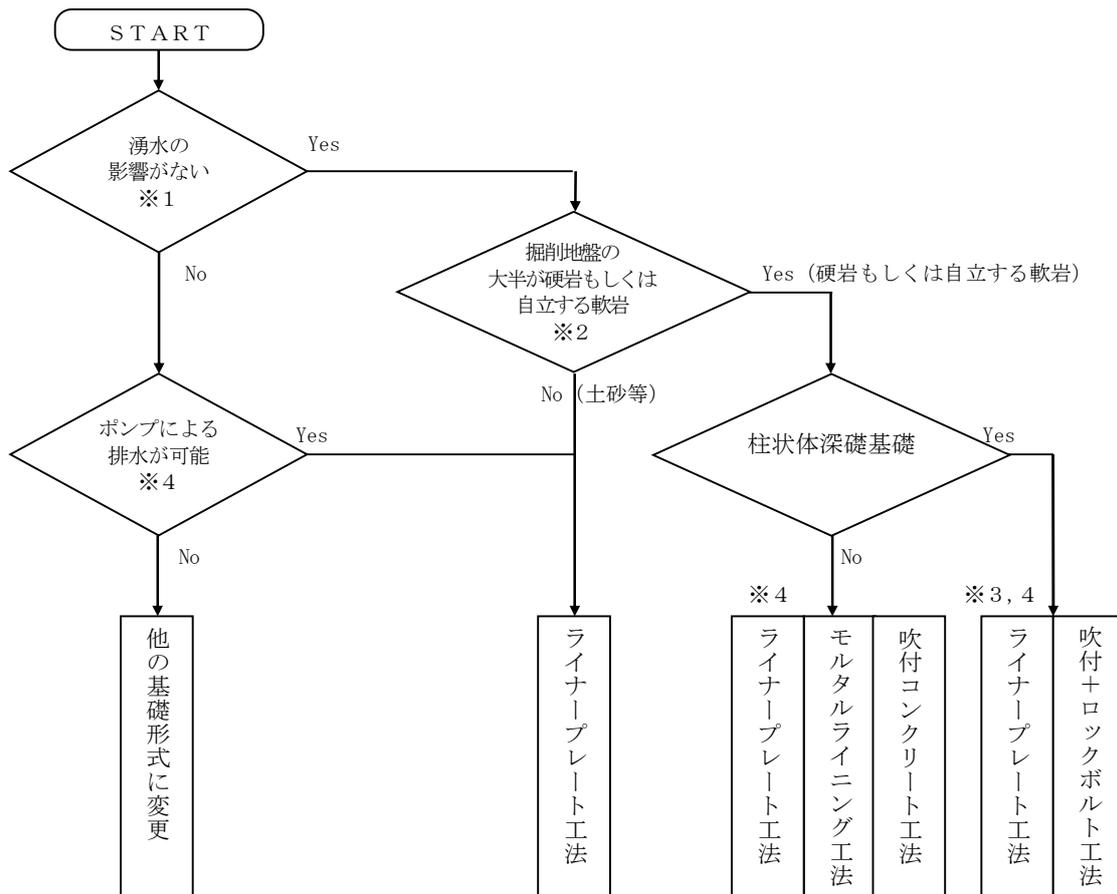
(5) 施工性・経済性

深礎基礎の最終的な工法決定に際しては、構造物の諸元に関わる施工費の経済比較検討も含め、現場条件に応じた「仮設設備」・「施工ヤード」・「段取り替え」を考慮した安全性・施工性や、周辺地形の状態、既存資料などから総合的に決定する。

深礎杭の土留め工法選定フローを図4.3.1に示す。土留め工法の選定にあたっては、詳細な事前調査を行い、同フローを参考に、総合的判断により判定する必要がある。

設計に際しては、事前調査（各物理試験、一軸圧縮試験、RQD、その他必要な地質調査）から4.1.6設計に用いる地盤定数の評価や、「岩盤の強度定数の評価」（北海道開発局 道路設計要領）、「せん断定数の測定例」（日本道路公団設計要領2）等を参考に強度定数、岩級区分を推定することができる（表4.3.1参照）。以上のような各種資料を参考に、設計に必要な定数や条件を定める。

また、柱状体深礎基礎の土留め構造選定に際しては、推定される岩級区分及び地形条件などから、岩盤部土留め構造のパターン例として、「斜面上の深礎基礎設計施工便覧」3）の参考資料7に土留めの設計例を参照し、地山の状況に応じた適切な土留め構造のパターンを決定する。



- ※1 一般的な自由地下水のみを意味するものではなく、吹付コンクリートやモルタルライニングが硬化するまでの間にセメント分が流出するほど湧水量が多い場合とする。
- ※2 岩盤部の土留め工法は、岩質判定（岩盤の強度定数の評価：北海道開発局道路設計要領）、せん断定数の測定例（日本道路公団設計要領第二集²⁾）、斜面上の深礎基礎設計施工便覧（社団法人日本道路協会）などを参考に選定する。
- ※3 孔口部の土留め工法は吹付コンクリート+鋼製リング支保工、またはライナープレート工法のうち経済的となる工法を選定する。
- ※4 工法選定にあたっては、安全性のほか経済性、施工性を考慮して選定する。

図4.3.1 深礎杭土留め工法選定フロー

表4.3.1 岩盤の強度定数対比表

岩盤の強度定数の評価 (北海道開発局道路設計要領)			せん断定数の測定例 (日本道路公団設計要領二集 ²⁾)		
強度区分名	強度定数		岩級区分	せん断定数の代表値(※1)	
	c (kN/m ²)	φ (°)		c (kN/m ²)	φ (°)
I	2,000	50	硬岩	B	1,500~2,500 45
II	1,500	45		C _H	1,000~2,000 40
III	1,000	40		C _M	500~1,250 40
IV	500	40			
V	100	37	軟岩	C _L	100~500 35~37
VI	0	35		D	0 25~35
VII	0	30			
VI'	30	35			
VII'	15	30			

※1 日本道路公団設計要領二集²⁾では、「強度定数の代表値を示した岩種は、粘板岩（ダムサイトの例）、花崗岩（本四連絡橋基礎の例）であり、岩石そのものが軟質なもの（例えば、泥岩、第3紀の砂岩、凝灰岩）を除けば参考とすることができる」としている。

参考文献

- (1) 福島宏文，富澤幸一，三田村浩：
深礎杭の土留工法選定について－北海道開発局道路設計要領選定フロー案の検討－，
北海道開発土木研究所月報 No. 592, pp. 44-48, 2002. 9
- (2) 日本道路公団：設計要領 第二集 橋梁建設編，2000. 12
- (3) 社団法人 日本道路協会：斜面上の深礎基礎設計施工便覧，令和3年10月

4.3.2 土留め構造の設計の基本

斜面上の深礎基礎設計施工便覧による。

【解説】

大規模な深礎径に対する補強リング等の規格については、施工性に配慮しつつ市場性も考慮して最適構造を検討すること。