

第4章 構造物基礎工

第4章 構造物基礎工

4.1 基礎一般	2-4-1
4.1.1 基礎形式の選定	2-4-1
4.1.2 基礎形式の区分	2-4-3
4.1.3 支持層の選定および根入れ深さ	2-4-4
4.1.4 基礎の近接施工	2-4-5
4.2 杭基礎	2-4-6
4.2.1 杭基礎の設計	2-4-6
4.2.2 杭とフーチングの結合部	2-4-7
4.2.3 杭の応力検討と継手断面変化点	2-4-15
4.2.4 道路付属施設における基礎杭計算例	2-4-15

第4章 構造物基礎工

4.1 基礎一般

4.1.1 基礎形式の選定

基礎型式の選定に際しては、地形および地質条件、構造物の特性、施工条件、環境条件等を考慮して選定しなければならない。

【解 説】

基礎全般について本要領に示されていない事項については下記指針等に準拠されたい。

「道路橋示方書 下部構造編」(平成24年 日本道路協会)

「道路土工 - 擁壁工指針」(平成24年 日本道路協会)

「道路土工 - カルバート工指針」(平成22年 日本道路協会)

「杭基礎設計便覧」(平成26年度改訂版 日本道路協会)

ボックスカルバート基礎設計については本要領の「第1集 道路 第8章 カルバート」を参照

一般的な基礎形式選定図表を表4.1.1に示す。

表4.1.1 基礎形式選定図表

基礎形式		直	打込み杭基礎						中掘り杭基礎			鋼管ソイルセメント杭基礎	プレボーリング杭基礎	回転杭	場所打ち杭基礎			深礎基礎		
			R	P	鋼管杭		PHC杭・SC杭		鋼管杭						オールケーシング	リバース	アースドリル			
					打撃工法	パイプロハンマ工法	最終打撃方式	噴出攪拌方式	コンクリート打設方式	最終打撃方式	噴出攪拌方式								コンクリート打設方式	
																				場所
選定条件		基礎	杭	杭	杭	杭	杭	杭	杭	杭	杭	杭	杭	杭	杭	杭	杭			
地盤条件	支持層までの状態	表層近傍または中間層に極軟弱層がある	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	×	
		中間層に極硬い層がある	×	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	×	○	
		中間層にれきがある	れき径 50mm以下	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			れき径 50~100mm	×	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	△	×	○	○
			れき径 100~500mm	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	○
	液状化する地盤がある	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	
	支持層の状態	深	5m未満	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○
			5~15m	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○
			15~25m	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			25~40m	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△
			40~60m	×	×	△	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○	△	○	×	×
		60m以上	×	×	×	△	△	×	×	×	×	×	△	△	○	×	△	×	×	
		土質	砂・砂れき(30≦N)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			粘性土(20≦N)	○	○	○	○	○	△	×	○	△	×	△	△	△	○	○	○	○
			軟岩・土丹	○	×	×	○	△	○	△	×	○	△	×	△	△	△	○	○	○
			硬岩	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	△	○
	傾斜が大きい、層面の凹凸が激しい等、支持層の位置が同一深度では無い可能性が高い		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	
	地下水の状態	地下水位が地表面近い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	
		湧水量が極めて多い	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	○	△	△	△	×	
		地表より2m以上の被圧地下水	×	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×	
地下水流速3m/min以上		×	○	○	○	○	○	×	×	○	×	×	×	○	×	×	×	×		
支持形式	支持杭	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
	摩擦杭	○	○	○	○	×	×	×	×	×	×	○	×	×	○	○	○	△		
施工条件	水上施工	水深5m未満	△	○	○	○	○	△	△	△	△	△	×	×	○	×	×	×		
		水深5m以上	×	△	△	○	○	△	△	△	△	△	×	×	○	×	×	×		
	作業空間が狭い	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○		
	斜杭の施工	△	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	×	×		
	有害ガスの影響	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×		
	周辺環境	振動騒音対策	○	×	×	×	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	
		隣接構造物に対する影響	○	×	×	△	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	△	

○ : 適合性が高い △ : 適合性がある × : 適合性が低い

4.1.2 基礎形式の区分

基礎形式の設計上の区分は下記によるものとする。

直接基礎 $L_0/B < \frac{1}{2}$

杭基礎 ($L_0 > 1$) $\begin{cases} \text{有限長の杭} & 1 < L_0 < 3 \\ \text{半無限長の杭} & 3 \leq L_0 \end{cases}$

ここに、 L_0 : 基礎の有効根入れ深さ(m)

B : 基礎短辺幅(m)

ρ : 基礎の特性値(m^{-1})

$$\rho = \sqrt[4]{\frac{K_H D}{4EI}}$$

EI : 杭の曲げ剛性($kN \cdot m^2$)

D : 杭の幅または直径(m)

K_H : 杭の水平方向地盤反力係数(kN/m^3)

(杭基礎においては、地表面から1/ ρ までの位置における平均的な値)

【解 説】

基礎形式の設計上の区分を「道路橋示方書 9.2」に従い記述した。詳細はこれを参照されたい。なお、通常慣用的には下記のとおり分類もある。

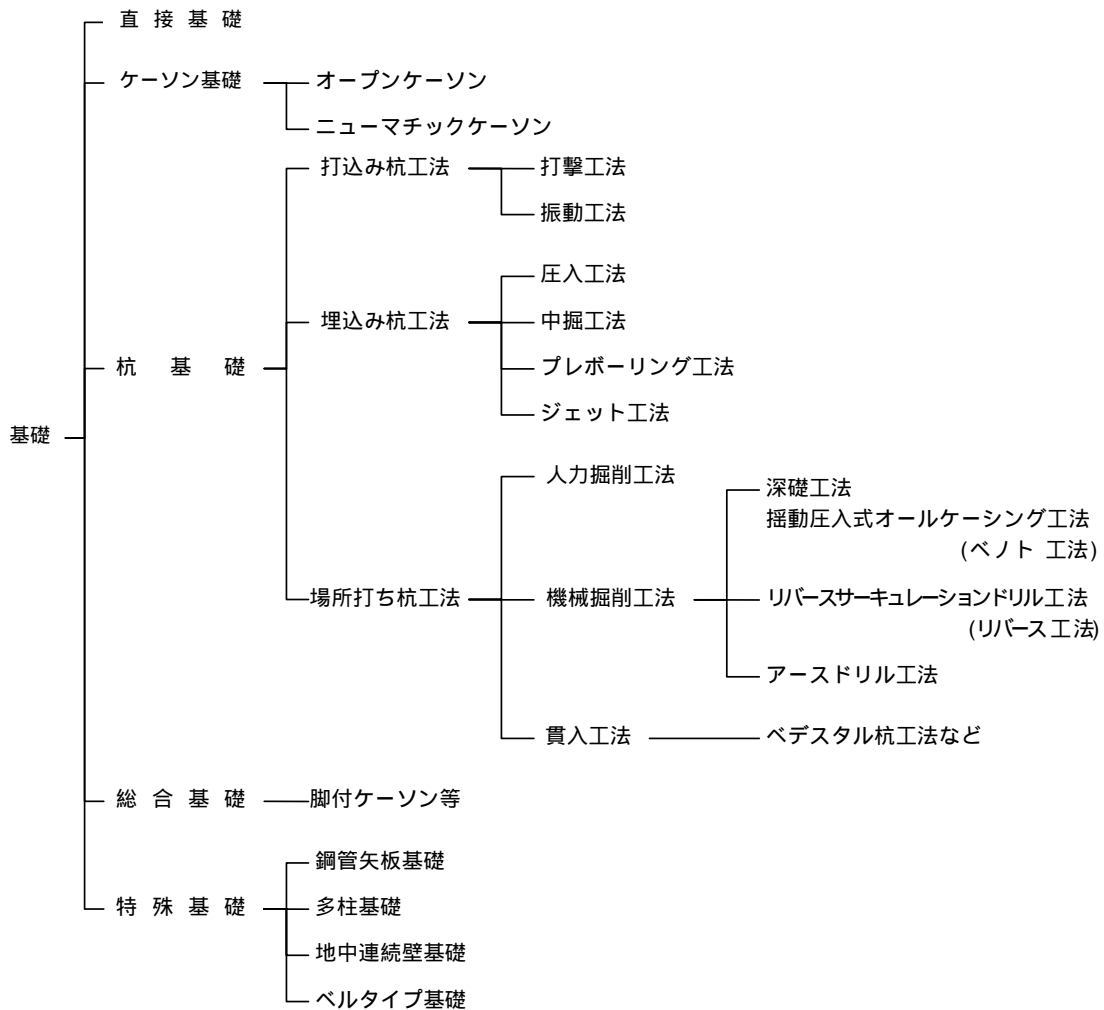


図4.1.1 基礎の工法別、型式分類

4.1.3 支持層の選定および根入れ深さ

(1) 支持層の選定

- ・ 直接基礎は、良質な支持層に支持させるものとする。
- ・ 杭基礎は、構造物の形式と機能、杭の支持機構、施工性を考慮して適切な根入れ深さを決めなければならない。

(2) 設計上の地盤面(基礎底面の根入れ)

常時における設計上の地盤面は、洗掘および地盤面の低下、圧密沈下、凍結融解の影響、施工による地盤の乱れ等を考慮して定めるものとする。

耐震設計を行う場合は、耐震設計上の地盤面について「道路橋示方書 耐震設計編4.6」により定めるものとする。

【解説】

(1) 良好な支持層の判定

良好な支持層とは、基礎からの荷重を安全に支持できる良質な地盤をいう。

1) 直接基礎

{ N値が大略20以上の砂層、砂礫層

{ N値が大略10～15程度以上の粘性土層(一軸圧縮強度の目安値： $q_u > 100 \sim 200 \text{ kN/m}^2$)

であれば、良好な支持層と考えられる。

表4.1.2 支持地盤の種類と許容支持力度(常時値)

支持地盤の種類		許容支持力度 q_a (kN/m^2)	目安とする値	
			一軸圧縮強度 q_u (kN/m^2)	N 値
岩 盤	亀裂の少ない均一な硬岩	1000	10000以上	- -
	亀裂の多い硬岩	600	10000以上	- -
	軟岩・土丹	300	1000以上	- -
礫 層	密なもの	600	- - -	- -
	密でないもの	300	- - -	- -
砂 質 地 盤	密なもの	300	- - -	30～50
	中位なもの	200	- - -	20～30
粘 土 質 地 盤	非常に堅いもの	200	200～400	15～30
	堅いもの	100	100～200	10～15

表4.1.3 基礎底面と地盤との間の摩擦係数と付着力

せん断の条件	支持地盤の種類	摩擦係数 $\mu = \tan \delta$	付着力 c_B
岩または礫とコンクリート	岩 盤	0.7	考慮しない
	礫 層	0.6	考慮しない
土と基礎のコンクリートの間に割り栗石または碎石を敷く場合	砂 質 土	0.6	考慮しない
	粘 性 土	0.5	考慮しない

注) プレキャストコンクリートでは、基礎底面が岩盤であっても、摩擦係数は0.6を越えないものとする。

土質試験や地盤調査により支持地盤のせん断定数 c 、 ϕ が求められた場合、基礎底面の摩擦角 δ は現場打ちコンクリート擁壁では $\delta = \phi$ 、プレキャストコンクリート擁壁では $\delta = 2/3\phi$ とする。

ただし、プレキャストコンクリート擁壁は基礎コンクリートおよび敷きモルタルを設置して施工することを原則とするが、基礎コンクリートおよび敷きモルタルが良質な材料で適切に施工されている場合には $\delta = \phi$ としてよい。

なお、支持地盤が土の場合およびプレキャストコンクリートでは、摩擦係数 μ の値は0.6を超えないものとする。

底版と地盤との付着力 c_g は施工時の地盤の乱れなどを考慮して決定する。

2) 杭基礎

支持杭、不完全支持杭、摩擦杭等の支持機構により異なるので留意しなければならない。

{ N値が大略30以上の砂層、砂礫層

{ N値が大略20以上の粘性土層

であれば、良好な支持層と考えられる。

注) 標識、柵等の道路付属物基礎では各設置基準により支持層を選定し安定性の照査を行う。

{ 例: 「道路標識設置基準・同解説」 N値10程度の砂質土を仮定 }

(2) 基礎の根入れ

基礎の根入れを定めるにあたっての留意点は

- { 洗掘および地盤面の低下
- { 圧密沈下
- { 凍結融解の影響
- { 施工による地盤の乱れ

特に、凍結融解について考慮しなくてもよい一般の基礎については、以下のとおり考えてよい。

- 1) 支持力を満足する良好な支持層(直接基礎)
- 2) 凍結融解の影響を考慮する(直接基礎、杭基礎)。

2)については、

凍結深さ等を考慮し、フーチング天端辺までの最小土被り厚さを50cm以上確保し、フーチング下面は凍結作用を受けない深さとする。

ブロック積擁壁においては、ブロック1個が土中に没する程度の根入れを確保するものとする。

道路付属物の基礎については、昭和50年7月15日建設省道企発第52号「道路付属物の基礎について」によるものとする。

4.1.4 基礎の近接施工

既設構造物に近接して新設構造物を計画する場合は、新設構造物完成後ならびに施工中に既設構造物に与える影響を考慮して、構造物の設計を行わなければならない。

【解説】

近接施工については「第3集 橋梁」に建設省の「近接基礎設計施工要領(案)」と鉄道の「近接施工の設計施工指針」が掲載されているので参照されたい。

4.2 杭基礎

4.2.1 杭基礎の設計

- (1) 杭基礎は構造物の特徴、杭の支持機構、施工等を考慮して適切な根入れ深さを決めなければならない。
- (2) 杭頭結合法は構造物の種類、規模等により適切に選定するものとする。
- (3) 鉛直方向の許容支持力は、静力学公式により定めるものとする。
- (4) 変位法により杭基礎の設計計算をする場合、杭頭剛結合の許容変位量は杭径1.5m以下では15mmとする。

【解説】

杭基礎の設計については「第3集 橋梁」に準じているが、一般に橋梁以外の場合は構造物の規模は小さく、また重要度も低い場合が多い。

このため、杭頭結合法等は「道路土工 - 擁壁工指針」等に準じ、橋梁に較べて多少のグレードダウンした表現とした。

(1) について

本文は「第3集 橋梁」と同じとした。詳細については、これに解説が述べられている。

(2) について

杭頭結合法は、4.2.2に詳述している。

(3) について

杭頭結合法に関係なく適用される。なお、開発局の道路河川工事仕様書「第4節 基礎工」にある各種杭の規定により、杭の打ち込み長および杭の鉛直支持力を現場にて確認することが重要である。

(4) について

変位法で設計計算をする杭頭剛結合の場合の杭の許容変位量は、道路橋示方書の規定に従い、杭径1.5m以下の杭では常時、地震時共に15mmとした。道路橋示方書によれば、変位法で計算する際の地盤反力係数 k 値は、 k 値から決まる の逆数の範囲までの深さの平均 k 値であるから繰り返し計算が必要となる。しかし、 B_H 、 k_H 、 の式を連立させて解くと次のように、一義的に k 値が決まる。

$$\log k_H = \frac{32}{29} \log k_{H0} - \frac{3}{29} \log (4EI D^3) + \frac{24}{29} \log 0.3$$

ここに、 k_{H0} ：直径30cmの剛体円板による平板載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数

$$k_{H0} = 1/0.3 \cdot E_0 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

：地盤反力係数の推定に用いる係数

E_0 ：設計の対象とする位置での地盤の変形係数(kN/m²)

D ：杭径(m)

EI ：杭の曲げ剛性(kN・m²)

ここで求まる k 値は常時の値で、地震時の値はこれを単に2倍にすればよい。

杭頭ヒンジ結合の場合は、地震の影響を考慮した設計を行わず変位も制限しない。

軟弱地盤等では、変位により杭の断面、本数が決まる場合がある。この時は、杭の断面力(軸力、せん断力、曲げモーメント)・変位・施工性・環境、その他総合的に勘案し、杭種、杭径、断面等充分検討することが重要である。

4.2.2 杭とフーチングの結合部

- (1) 杭頭とフーチングの結合方法は、一般に剛結合とヒンジ結合があり、擁壁への適用に当っては、擁壁の重要度、変位に対する制約、杭体の強度、経済性等を考慮して決定しなければならない。
なお、地震時の影響を考慮する場合や変位量を制限する必要がある場合、軟弱地盤上に擁壁を設置する場合等は剛結合とするのがよい。
- (2) 結合方法は、方法Bを基本とする。但し、道路付属物の基礎は方法Aを選定しても良いものとする。
- (3) 杭とフーチングの結合部は、杭頭部に作用する押込み力ないしは引抜き力、水平力およびモーメントすべてに対して抵抗できるように設計する。
- (4) 杭頭の構造細目は、杭頭結合の条件に即した措置を講ずるものとする。

【解説】

- (1) ここでは橋梁以外の構造物基礎工について言及している。具体的には、擁壁、覆道、カルバート等をさす。

擁壁について、地震時の考慮及び杭頭結合は、「第1集 第7章 擁壁」参照。

ボックスカルバートへの杭基礎の採用は地盤改良案等との比較も含め十分な検討が必要。

杭頭の結合条件をヒンジ結合として設計した場合でも、現実にはかなりの固定度があると考えられる。従って、杭頭付近では固定度による曲げモーメントの影響が考えられるため、地中部最大曲げモーメントで定まった杭の断面をそのまま杭頭まで延長することとし、杭頭付近での曲げモーメントの減少に合わせて杭体の抵抗曲げモーメントを減少させてはならない。

- (2) 杭基礎(擁壁・覆道・カルバート等)の杭頭構造は、ヒンジ結合、剛結合にかかわらず、方法Bによる。

一般的に杭とフーチングの結合方法は、フーチングが鉄筋コンクリート構造の場合、方法Bのほうがフーチングの鉄筋に支障することなく結合できるため施工性が良い。このため本要領では杭とフーチングの結合方法として方法Bを基本としている。

しかし、防雪柵のような道路付属物の基礎で無筋コンクリートと杭の結合の際に、方法Aのほうが経済的で省力化となる場合には方法Aを採用しても良い。

(3) 杭頭部の照査方法

1) ヒンジ結合の場合(方法B)

押込み力に対する照査

-) フーチングコンクリートの垂直支圧応力度

$$c_v = \frac{P}{D^2/4} \quad ca$$

-) フーチングコンクリートの押抜きせん断応力度

$$v = \frac{P}{(D+h)h} \quad a$$

引抜き力に対する照査

原則として引抜き力に対する照査は行わなくてよい。

水平力に対する照査

-) フーチングコンクリートの水平支圧応力度

$$c_h = \frac{H}{D\ell} \quad ca$$

-) フーチング端部の杭に対する水平方向の押抜きせん断応力度

$$h = \frac{H}{h'(2l + D + 2h')} \quad a$$

-) ヒンジ結合に必要な鉄筋量の算出

$$A_{sReq} = \frac{H}{s_a}$$

2) 剛結合(方法B)

鋼管杭(方法B)

-) 押込み力に対する照査

- a. フーチングコンクリートの垂直支圧応力度

$$c_v = \frac{P}{D^2/4} \quad ca$$

- b. フーチングコンクリートの押抜きせん断応力度

$$v = \frac{P}{(D+h)h} \quad a$$

-) 引抜き力に対する照査

原則として引抜き力の照査は行わなくてよい。

-) 水平力およびモーメントに対する照査

- a. フーチングコンクリートの水平支圧応力度

$$c_h = \frac{H}{D\ell} \quad ca$$

- b. フーチング端部の杭に対する水平方向押抜きせん断応力度

$$h = \frac{H}{h'(2l + D + 2h')} \quad a$$

- c. 仮想鉄筋コンクリート断面の応力度

軸方向押込み力PとモーメントM、または軸方向引抜き力PtとモーメントMが作用する場合には、鉄筋コンクリート断面を仮定して、コンクリート鉄筋の応力度を照査する。仮想鉄筋コンクリート断面の直径は、杭径D(ただし鋼管ソイルセメント杭の場合は鋼管径:mm)に0.25D + 100(mm)〔ただし最大400mm〕を加えた径とする。

- d. 鉄筋の定着

鉄筋の定着長は次式により求める。

$$L_o = \frac{s_a A_{st}}{o_a U}$$

- e. 斜杭を用いる場合には、フーチングへの杭の埋込み長さは最小の部分が10cmとする。

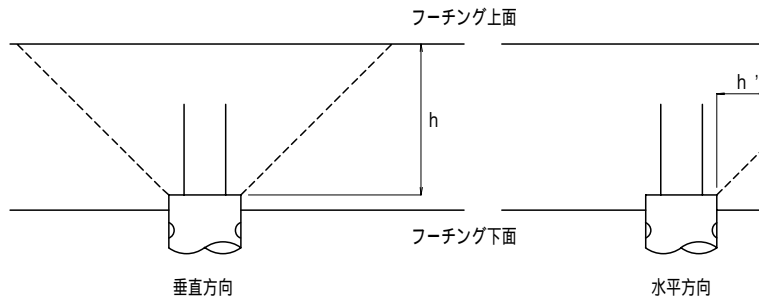


図4.2.1 押抜きせん断に対するフーチングの有効高(鋼管杭・方法B)

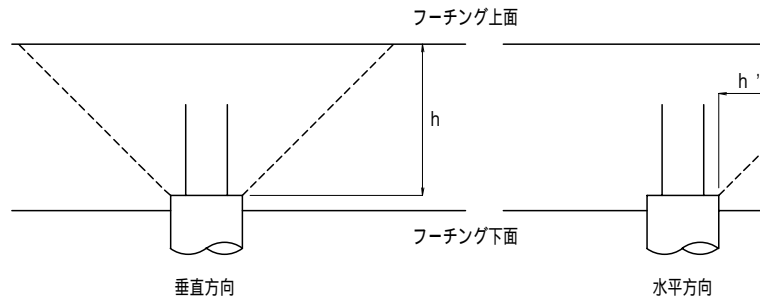


図4.2.2 押抜きせん断に対するフーチングの有効高(PHC杭・方法B)

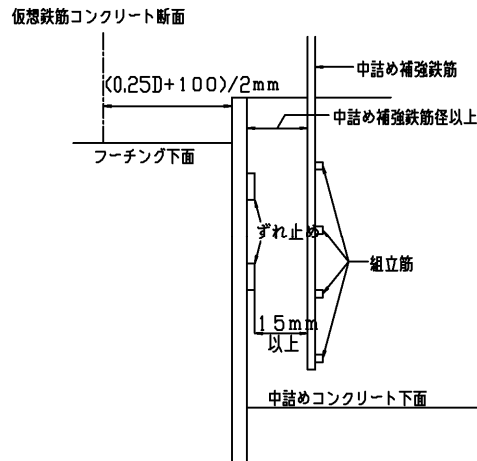


図4.2.3 方法Bの構造詳細図(鋼管杭)

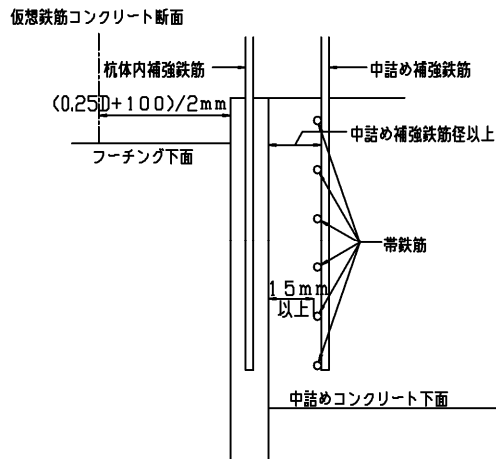


図4.2.4 方法Bの構造詳細図(PHC杭)

PHC杭(方法B)

) 押し込み力に対する照査

- a. フーチングコンクリートの垂直支圧応力度

$$c_v = \frac{P}{D^2/4} \quad c_a$$

- b. フーチングコンクリートの押抜きせん断応力度

$$v = \frac{P}{(D+h)h} \quad a$$

) 引抜き力に対する照査

原則として引抜き力に対する照査は行わなくてもよい。

) 水平力およびモーメントに対する照査

- a. フーチングコンクリートの水平支圧応力度

$$c_h = \frac{H}{D\ell} \quad c_a$$

- b. フーチング端部の杭に対する水平方向の押抜きせん断応力度

$$h = \frac{H}{h'(2l + D + 2h')} \quad a$$

- c. 仮想鉄筋コンクリート断面の応力度

軸方向押し込み力PとモーメントM、または軸方向引抜き力PとモーメントMが作用する場合には、鉄筋コンクリート断面を仮定して、コンクリートと鉄筋の応力度を照査する。ここで、仮想鉄筋コンクリート断面の直径は杭径Dに0.25D + 100(mm)〔ただし最大400mm〕を加えた径とする。なお、PC鋼材は無視する。

仮想コンクリート断面は、杭体内補強鉄筋と中詰め補強鉄筋を考慮するが、杭体内補強鉄筋だけでも応力的に安全が確保されている場合でも、中詰めコンクリートの補強のため中詰め補強鉄筋を配置するのが望ましい。

- d. 鉄筋に定着長は鋼管杭(B方法)の d. によることとする。杭頭カットオフにより鉄筋の定着長は50 だけ増大し、この部分の杭は鉄筋コンクリート断面として扱う。

RC杭

原則としてPHC杭に準拠して設計する。

場所打ち鉄筋コンクリート杭

原則としてPHC杭に準拠して設計する。

記号の説明

c_v : 垂直支圧応力度(N/mm²)

c_h : 水平支圧応力度(N/mm²)

c_a : コンクリートの許容支圧応力度(N/mm²)

v : 垂直方向の押抜きせん断応力度(N/mm²)

v_t : 垂直方向の引抜きせん断応力度(N/mm²)

h : 水平方向の押抜きせん断応力度(N/mm²)

c : PHC杭の外周におけるせん断応力度(N/mm²)

a : コンクリートの許容押抜きせん断応力度(N/mm²)

a_t : コンクリートの許容引抜きせん断応力度(N/mm²) (= a)

a_c : PHC杭とコンクリートの許容付着応力度(N/mm²)

a_s : 鉄筋の許容引張応力度(N/mm²)

a_o : 鉄筋とコンクリートの許容付着応力度(N/mm²)

P : 押し込み力(N)

P_t : 引抜き力(N)

H : 水平力(N)

M : モーメント(N・mm)

\cdot : 杭の埋込み長(mm)

D : 杭の外径(mm)

A_{st} : 鉄筋の断面積(mm²)

A_{srEq} : 鉄筋の必要断面積(mm²)

- U : 鉄筋の周長(mm)
- L_0 : 鉄筋の必要定着長(mm)
- : PC鋼材の径(mm)
- h : 垂直方向の押抜きせん断力に抵抗するフーチングの有効高(mm)
- h' : 水平方向の押抜きせん断力に抵抗するフーチングの有効高(mm)
- h_t : 引抜きせん断力に抵抗するフーチングの有効高(mm)

なお、 $\sigma_a (= \sigma_{at})$ は道路橋示方書 下部構造編「4.2コンクリートの許容応力度」に規定する許容押抜きせん断応力度 σ_{a3} とするが、杭頭結合部は杭とフーチングとの複合構造であり、その応力伝達機構や破壊機構が複雑であること、また、せん断耐力はコンクリートの強度ばかりでなく、部材の断面の形状や引張鉄筋量等に関係することなどを総合的に判断し、荷重の組合せによる割増しを行わないものとする。

(4) 杭頭の構造細目は、ヒンジ結合と剛結合の2通りがある。

ヒンジ結合のうち、水平力あるいは曲げモーメントの作用しない鉛直力だけの杭は、フーチングと杭との連結鉄筋を省略することができる。

1) ヒンジ結合の構造細目

図4.2.5及び4.2.6にヒンジ結合の配筋例を示す。

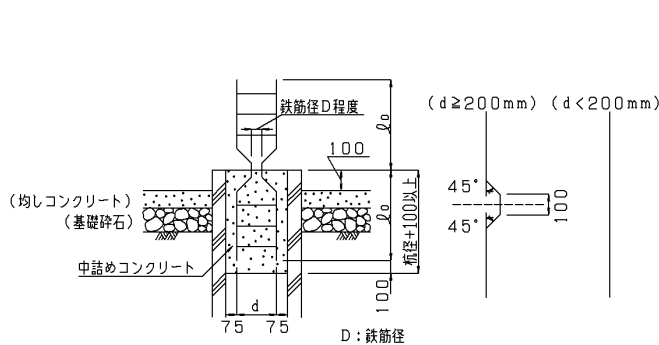


図4.2.5 既成杭方法B

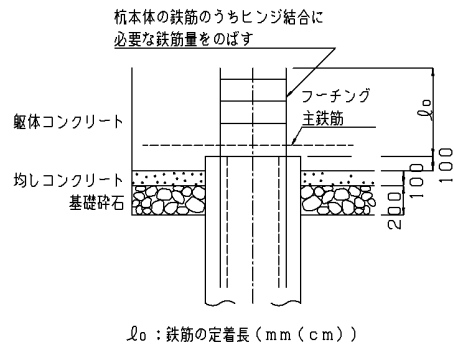


図4.2.6 場所打ち杭

- 注)1. 中埋コンクリートは躯体コンクリートと同等のものを使用する。
 2. 帯鉄筋はD13 - 150mmピッチとする。
 3. 鉄筋かご径(d_1)が200mm未満の場合はストレー - トのかごとする。(中間でしぼらない)
 4. 場所打鉄筋コンクリート杭を杭頭ヒンジ構造の基礎杭に、もし使用する場合はヒンジ結合に必要な鉄筋量を、杭本体鉄筋の一部をのばして確保するものとする。
 5. 擁壁の杭頭結合において、フーチングがうすいために結合鉄筋の定着長を鉛直に確保することが困難な場合については、鉄筋に曲げ加工を施すなど十分な定着力を発揮する構造とすること。
 6. 杭頭鉄筋は、最小鉄筋量としてD16を杭径に応じて4～6本配置する。
 7. 無筋構造の底版に杭頭結合する場合は、過大なひび割れを防止する目的で底版に補強筋を配置する。

2) 剛結合の構造細目

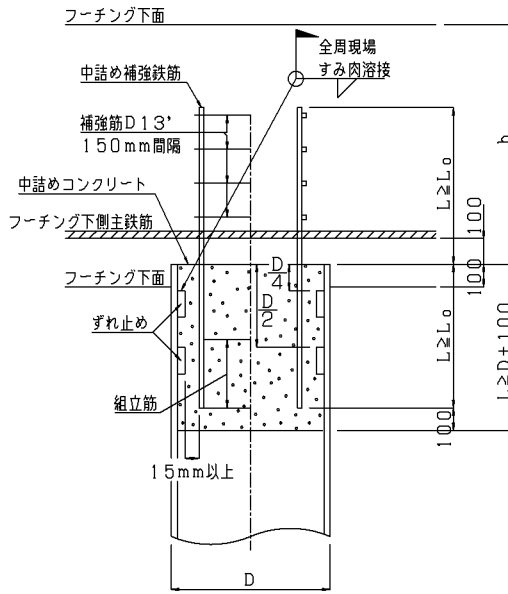


図4.2.7 鋼管杭方法B

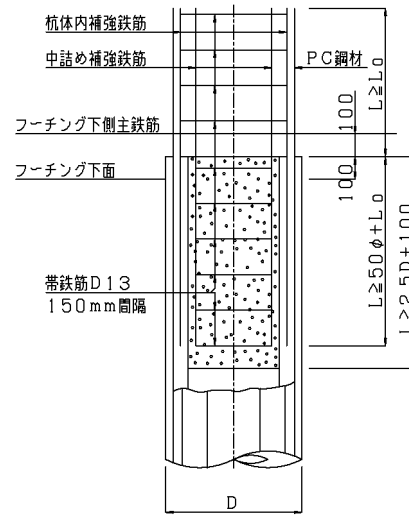


図4.2.8 PHC杭方法B

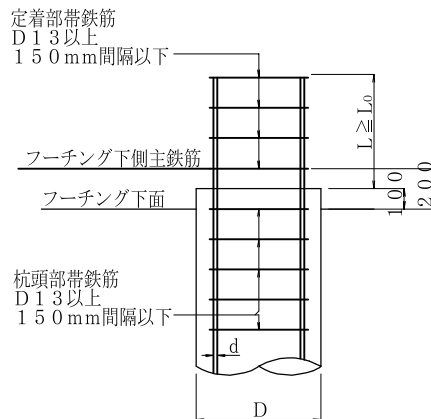


図4.2.9 場所打ち杭方法B

鋼管杭の構造細目を図4.2.7に示す。

-) 杭体内のずれ止めは図4.2.10によるものとする。
-) ずれ止めと鉄筋のあきは一般に15mm以上、杭と鉄筋のあきは鉄筋径以上とする。
-) 鉄筋の定着長

$$L_0 = \frac{sa A_{st}}{oa U}$$

一般には、 L_0 35dとして良い。

ここに、 L_0 : 必要定着長(mm)

A_{st} : 鉄筋の断面積(mm²)

oa : コンクリートの許容付着応力度(N/mm²)

U : 鉄筋の周長(mm)

sa : 鉄筋の許容引張応力度(N/mm²)

d : 鉄筋径(mm)

「道路橋示方書」によれば、杭頭鉄筋の定着長は $L_0 + 10d$ であるが、擁壁等の杭頭鉄筋の定着長は、地震時において橋梁のような大きな振動が生じにくいと考えられることから、これまでの規定と同じ L_0 を確保すればよい。

-) 鋼管杭B方法の中詰め補強鉄筋は原則として図4.2.7に示す鉄筋かご方式によるものとする。
-) 斜杭を用いる場合にはフーチングへの杭の埋込み長さは最小の部分が10cmとする。PHC杭の構造細目を図4.2.8に示す。
-) 杭体内補強鉄筋を配置する場合は道路橋示方書 (12.9.3)の規定による。
-) 仮想鉄筋コンクリート断面により照査を行う場合にはPC鋼材は無視する。
-) 補強鉄筋の定着長は鋼管杭B方法によることとする。なお、杭頭をカットオフする場合は鉄筋の長さは50 だけ増大し、この部分の杭は鉄筋コンクリート断面として扱う。この場合にPC鋼材は無視する。

ここに、 d : PC鋼材の径(mm)

RC杭の構造細目はPHC杭に準じるものとする。

場所打ち杭の構造細目を図4.2.9に示す。

ずれ止め取付け構造は、図4.2.11を標準とする。鋼管杭頭部の内面には、「現場溶接ずれ止め」を取付けるものとする。ずれ止めは、表4.2.1とする。

また、ずれ止めの取付け位置は

$$\text{ずれ止めが2段の場合} \quad \begin{cases} Z_1 = D/4 \\ Z_2 = D/2 \end{cases}$$

を標準とする。(図4.2.10参照)

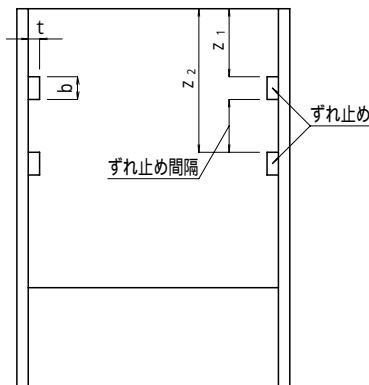


図4.2.10

表4.2.1 ずれ止めの肉厚

杭 径 (mm)	ずれ止め厚さ (mm)
800未満	9
800以上～1200未満	12
1200以上～1500未満	16

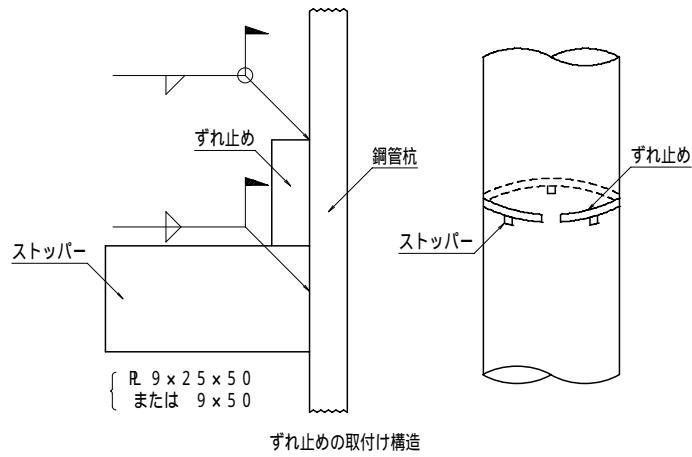


図4.2.11

中詰めコンクリート打設について、ここで扱う杭基礎は通常小規模であることから

-) 土砂充填法
-) 吊型枠法
-) 補強鉄筋型枠法

のうち、最も簡単な) を標準とする。(図4.2.12参照)

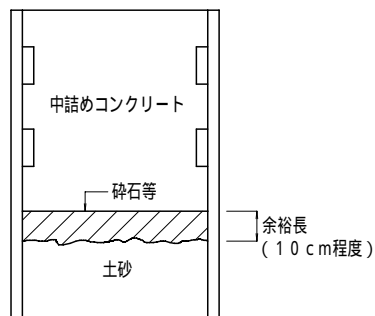


図4.2.12

4.2.3 杭の応力検討と継手断面変化点

- (1) 杭の設計は杭体に作用する軸力、水平力、曲げモーメントに対して安全なる様行わなければならない。
- (2) 杭頭部剛結の場合でも杭の応力検討に用いる曲げモーメントは杭頭固定とした場合と杭頭ヒンジとした場合の両方について検討するものとする。
- (3) 杭継手位置、断面変化点は、杭中間部の曲げモーメント分布を検討して定めるものとする。

【解 説】

詳細については「第3集 橋梁」を参照されたい。

4.2.4 道路付属施設における基礎杭計算例

道路付属施設において鋼管杭を採用する場合、STK（一般構造用炭素鋼管）とSKK（鋼管杭）を比較し、市場性を考慮したうえで経済的となる材種、杭径を選定するものとする。

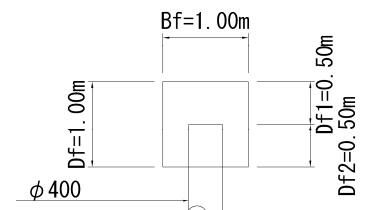
1. 防雪柵の鋼管杭基礎の計算例

〔参考文献：「道路吹雪対策マニュアル(平成23年改訂版)」

(独立行政法人土木研究所寒地土木研究所 平成23年3月)〕

(1) 設計条件

風荷重	$W = 25.1 \times 10^3 \text{ kN}$
地盤平均N値	$N = 5$
杭材料	鋼管 400 t = 6 mm
腐食代	t = 1 mm
基準変位量	y = 15 mm
杭長	L = 6.0 m



鋼管杭 φ400 t=6mm

(2) 杭長の計算

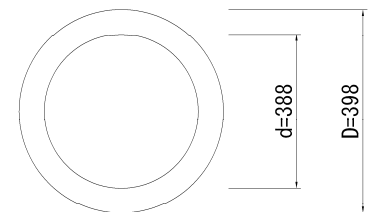
杭の特性値()は

$$= \sqrt{\frac{K_H \cdot D}{4 \cdot E \cdot I_x}} \quad (\text{changの式})$$

ここに、	:	杭の特性値	(m^{-1})
K_H	:	水平方向地盤反力係数	(N/m^3)
D	:	杭 径	(m)
E	:	杭のヤング係数	($2.0 \times 10^{11} \text{ N}/\text{m}^2$)
I	:	腐食代1mmを見込んだ杭の断面2次モーメント	(m^4)

$$K_H = K_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-3/4}$$

ここに、 K_H	:	水平方向地盤反力係数	(N/m^3)
B_H	:	基礎の換算載荷幅	(m)
K_{H0}	:	平板載荷試験の値に相当する水平方向地盤反力係数	(N/m^3)



杭の断面2次モーメントは

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \\
 &= \frac{\pi}{64}(398^4 - 388^4) \\
 &= 119.2 \times 10^6 \text{ mm}^4 = 119.2 \times 10^{-6} \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

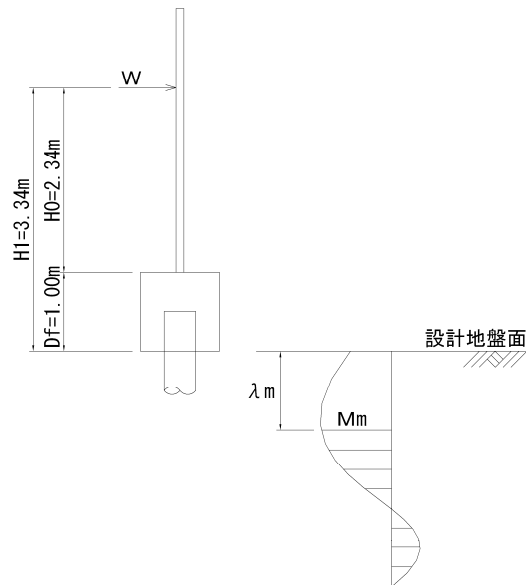
ここで、 $\beta = 0.5464$ と仮定すると

$$\begin{aligned}
 B_H &= \sqrt{\frac{D}{\beta}} = \sqrt{\frac{0.4}{0.5464}} = 0.856 \text{ m} \\
 E_0 &= 5 \times 2,800 = 14.0 \times 10^3 \text{ k N/m}^3 = 14.0 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \\
 K_{H0} &= \frac{1}{0.3} \cdot E_0 = \frac{1}{0.3} \times 1 \times 14.0 \times 10^6 = 46.67 \times 10^6 \text{ N/m}^2 \\
 K_H &= K_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3}\right)^{-3/4} = 46.67 \times 10^6 \times \left(\frac{0.856}{0.3}\right)^{-3/4} = 21.26 \times 10^6 \text{ N/m}^3 \\
 &= \sqrt[4]{\frac{K_H \cdot D}{4 \cdot E \cdot I_x}} \\
 &= \sqrt[4]{\frac{21.26 \times 10^6 \times 0.4}{4 \times 2.0 \times 10^{11} \times 119.2 \times 10^{-6}}} = 0.5464 \text{ m}^{-1}
 \end{aligned}$$

$$\cdot L = 0.5464 \times 5.5 \text{ m} = 3.01$$

$\cdot L > 3$ のため、無限長として検討する。

(3) 水平力に対する検討



$$\text{風荷重 } W = 25.1 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\text{水平力作用位置 } 3.34 \text{ m}$$

底板下面に作用する曲げモーメント

$$M_t = W \cdot H_1 = 25.1 \times 10^3 \times 3.34 = 83.83 \times 10^3 \text{ N}\cdot\text{m}$$

最大曲げモーメントの位置は

$$\begin{aligned}x_m &= \frac{1}{2 \cdot \alpha} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{1}{1 + 2 \cdot \alpha \cdot H_1} \right) \\&= \frac{1}{0.5464 \times 10^{-3}} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{1}{1 + 2 \times 0.5464 \times 10^{-3} \times 3.34 \times 10^3} \right) \\&= 388 \text{ mm}\end{aligned}$$

最大曲げモーメントは

$$\begin{aligned}M_m &= \frac{W}{2 \cdot \alpha} \cdot \sqrt{(1 + 2 \cdot \alpha \cdot H_1)^2 + 1} \cdot \exp(-\alpha \cdot x_m) \\&= \frac{25.1 \times 10^3}{2 \times 0.5464 \times 10^{-3}} \times \sqrt{(1 + 2 \times 0.5464 \times 10^{-3} \times 3.34 \times 10^3)^2 + 1} \\&\quad \times \exp(-0.5464 \times 10^{-3} \times 388) \\&= 88.37 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}\end{aligned}$$

曲げ応力度は

$$\begin{aligned}\sigma_b &= \frac{M_m}{Z} \\Z &= \frac{I}{(D/2)} = \frac{119.20 \times 10^6}{(398/2)} = 0.599 \times 10^6 \text{ mm}^3 \\ \sigma_b &= \frac{M_m}{Z} = \frac{88.37 \times 10^6}{0.599 \times 10^6} = 148 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{ba} = 175 \text{ N/mm}^2 \quad \text{OK!}\end{aligned}$$

杭頭の変位量は

$$\begin{aligned} &= \frac{1 + \alpha \cdot H_1}{2 \cdot E \cdot I \cdot \alpha^3} \cdot W \\ &= \frac{1 + 0.5464 \times 10^{-3} \times 3.34 \times 10^3}{2 \times 2.0 \times 10^5 \times 119.20 \times 10^6 \times (0.5464 \times 10^{-3})^3} \times 25.1 \times 10^3 \\ &= 9.12 \text{ mm} < \delta_a = 15 \text{ mm} \quad \text{OK!}\end{aligned}$$