

第10章 擁壁の基礎工

10.1 基礎工の基本的事項

1. 直接基礎の基本

直接基礎は、良質な支持層上に設けなければなりません。
したがって、必要支持力が期待できないような軟弱地盤等の場合には、良質な支持層まで擁壁を根入れするかあるいは地盤改良を行う必要があります。

2. 杭基礎の基本

良質な支持層が深い位置にあり、直接基礎の設計が不可能な場合は、杭基礎を考慮するものとします。

10.2 軟弱地盤上の直接基礎

1. 浅層地盤改良(比較的浅い位置に良質な支持層が存在する場合)

(1) 浅層地盤改良の基本原則

改良地盤に必要な強度は、擁壁底版下面での最大地盤反力から決定するものとし、必要な範囲を一樣な強度で改良することを原則とします。

(2) 改良厚と改良幅との関係

設計支持地盤下の軟弱層を、良質な支持層まで置換え又は安定処理等を行って地盤改良する場合の改良厚と改良幅との関係及び実質上の施工範囲は、図.10-1を標準とし、地中応力の分散角は一般的に $1:2$ ($\theta=26.6^\circ$)とし、浅層改良後の地盤摩擦係数は原則0.5とします。

なお、改良を実施しても基礎砕石や均しコンクリートは必要です。また、設計時には、基礎砕石等は改良厚に含まずに構造計算を行うものとします。

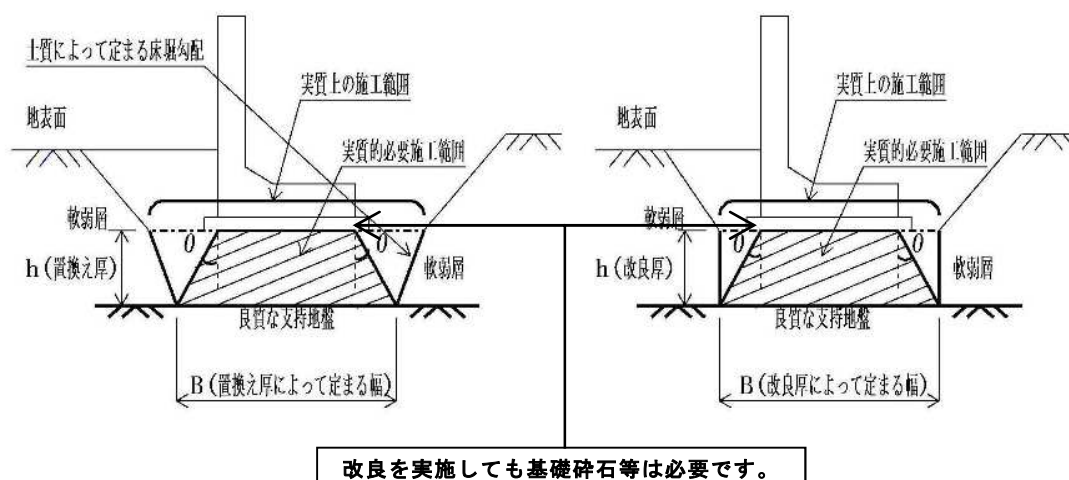


図-(a). 置 換 え 工

図-(b). 安 定 処 理 工

図.10-1. 浅層地盤改良工(L型擁壁の例)

2. 深層地盤改良(深い位置に良質な支持層が存在する場合)

深層地盤改良により良質な支持層まで改良する場合などの具体的な設計及び施工については、表.10-1に掲げる最新の指針等により行うものとします。

表.10-1. 地盤改良に関する指針等の名称

指 針 ・ 示 方 書 等	発 刊 社
建築基礎構造設計指針	日本建築学会
小規模建築物基礎設計指針	
(改訂版)建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針 ーセメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法ー	日本建築センター
道路土工・軟弱地盤対策工指針	日本道路協会

10.3 杭基礎

1. 設計及び施工上の基本的事項

杭基礎の設計及び施工については、本章のほか、具体的な手法は、表.10-2に掲げる最新の指針、示方書等に準拠して行うものとします。

表.10-2. 杭基礎に関する指針・示方書等の名称

指 針 ・ 示 方 書 等	発 刊 社
建築基礎構造設計指針	日本建築学会
鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説	日本建築学会
地震力に対する建築物の基礎の設計指針	日本建築センター
道路橋示方書・同解説・IV下部構造編	日本道路協会
杭基礎設計便覧	日本道路協会
杭基礎施工便覧	日本道路協会

2. 設計の基本

杭基礎は、やむを得ない場合を除いては支持杭設計が原則で、常時、地震時とも、下記の(1)～(4)に掲げる各設計条件を満足しなければなりません。

(1) 杭の許容支持力

杭基礎に作用する荷重によって生じる各杭頭部の軸方向反力は、表.10-4に掲げる杭の許容支持力を超えないものとします。(令第9条第2項第4号)

(2) 杭基礎の水平変位量

杭頭に生じる水平変位は、表.10-10に掲げる許容水平変位量を標準とします。

(3) 杭体の許容応力度

杭基礎の各部材に生じる応力度は、表.10-7又は表.10-9に掲げる許容応力度以下とします。

(4) 杭の負の反力

主荷重又は主荷重と温度変化の影響に対し、杭に負の反力を生じさせないものとします。

3. 杭の配列(「道路橋示方書・同解説・IV下部構造編(日本道路協会)」)

(1) 杭の配列の原則

長期の持続荷重に対して均等に荷重を受けるように配列することを原則とします。

(2) 杭の配列の基本

図. 10-2 に示すように、左右対称の単純な配置とすることが望ましい。

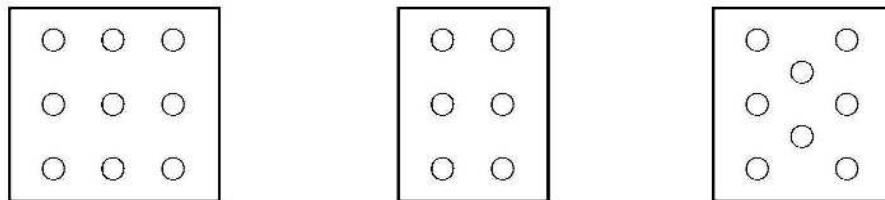


図-(a). 正方形配列 図-(b). 長方形配列 図-(c). 千鳥配列

図.10-2. 杭の配列の原則

4. 杭の最小中心間隔(S)及び縁端距離(d)(「道路橋示方書・同解説・IV下部構造編(日本道路協会)」)

杭の最小中心間隔及は、杭径(D)の2.5倍以上とします。また、最外周杭中心と底版縁端距離は、表. 10-3に掲げる数値とし、その数値の取り方は、図. 10-3を基準とします。

表.10-3. 杭の縁端距離

杭の種類	縁端距離(d)
打込み杭, 中掘り杭	1.25D
場所打ち杭	1.0D

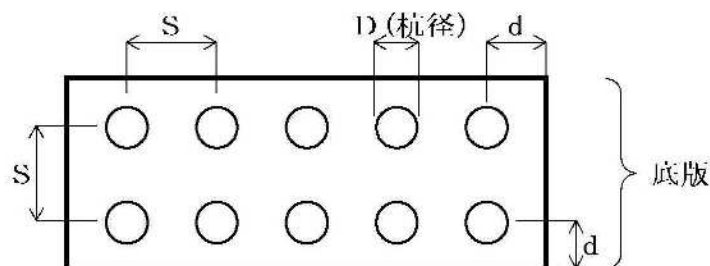


図. 10-3. 杭の最少間隔・縁端距離の取り方

5. 杭の許容支持力(令第9条第3項第2号, 建基法施行令第93条, 国土交通省告示第1113号平成13年7月2日)

支持杭の許容支持力は、セメントミルク工法による埋込み杭、アースドリル工法等による場所打ちコンクリート杭又は打込み杭の場合にあつては、表.10-4に掲げる表中の式により計算された地盤の許容支持力又は表.10-7又は表.10-9に掲げる杭体の許容圧縮応力度のうち、いずれか小さい方の数値とします。

表.10-4. 支持杭の許容支持力 (kN)

	長期応力に対する 地盤の許容支持力	短期応力に対する 地盤の許容支持力
算定式	$R_a = q_p \cdot A_p + \frac{1}{3} R_F$	$R_a = 2 q_p \cdot A_p + \frac{2}{3} R_F$

ここにおいて、表.10-4に掲げる各記号は、それぞれ次の数値を表します。

R_a (kN) : 基礎地盤の長期又は短期応力に対する許容支持力

q_p (kN/m²) : 基礎杭先端の地盤の許容応力度で、表.10-5に掲げる基礎杭の種類に応じた式により計算された数値

表.10-5. 基礎杭先端の地盤の許容応力度

地盤の許容応力度 基礎杭の種類	基礎杭先端の 地盤の許容応力度
セメントミルク工法による埋込み杭	$q_p = \frac{200}{3} N$
アースドリル工法等による場所打杭	$q_p = \frac{150}{3} N$
打込み杭	$q_p = \frac{300}{3} N$
N : 基礎杭の先端付近の地盤の標準貫入試験による 打撃回数(回)の平均値(回) ただし、60回を超えるときは60回	

A_p (m²) : 基礎杭先端の有効断面積

R_F (kN) : 表.10-6に掲げる式により計算された基礎杭とその周辺の地盤との摩擦力(地震時に液状化する恐れのある地盤を除く)

表. 10-6. 基礎杭とその周辺の地盤との摩擦力

	基礎杭とその周辺の地盤との摩擦力
算 定 式	$R_F = \left(\frac{10}{3} \bar{N}_s \cdot L_s + \frac{1}{2} \bar{q}_c \cdot L_c \right) \phi$
\bar{N}_s (回)	基礎杭の周囲の地盤のうち、砂質土地盤の標準貫入試験による打撃回数 の平均値ただし、30回を超えるときは30回
L_s (m)	基礎杭がその周囲の地盤のうち、砂質土地盤に接する長さの合計
L_c (m)	基礎杭がその周囲の地盤のうち、粘性土地盤に接する長さの合計
\bar{q}_c (kN/m ²)	基礎杭の周囲の地盤のうち、粘性土地盤の一軸圧縮強度の平均値 ただし、200を超えるときは200
ϕ (m)	基礎杭の周の長さ

6. 杭体の許容応力度 (国土交通省告示第1113号平成13年7月2日)

(1) PHC 杭コンクリートの許容応力度

PHC 杭体の許容応力度は、表. 10-7 に掲げる有効プレストレス量に応じた数値によるものとします。

表. 10-7. PHC 杭体の許容応力度 (N/mm²)

応力の種類 有効プレストレス量 許容応力度種別	N/mm ²	長期応力に対する 許容応力度	短期応力に対する 許容応力度
許容圧縮応力度	4	20	40
	8	24	42.5
	10		
許容曲げ引張応力度	4	1.0	2.0
	8	2.0	4.0
	10	2.5	5.0
許容斜め引張応力度	4	1.2	1.8
	8		
	10		

ここにおいて、表. 10-7 に掲げる杭体の許容応力度に対するコンクリートの設計基準強度は、表. 10-8 に掲げる有効プレストレス量に応じた数値によるものとします。

表. 10-8. PHC 杭に用いるコンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

有効プレストレス量 (N/mm ²)	コンクリートの設計基準強度
4	80 以上
8	85 以上
10	

(2) 場所打ち杭のコンクリートの許容応力度

場所打ち杭に用いるコンクリートの許容応力度は、表. 10-9 に掲げる杭体の打設の方法に応じた数値によるものとします。

表. 10-9. 場所打ち杭のコンクリートの許容応力度 (N/mm²)

応力の種類 施工条件 許容応力度 種別	長期応力に対する許容応力度		短期応力に対する 許容応力度
	杭体の打設方法		
	掘削時に泥水等を使用しない場合	掘削時に泥水等を使用する場合	
許容圧縮 応力度	$\frac{F}{4}$	$\frac{F}{4.5}$ かつ 6 以下	長期応力に対する 許容応力度の それぞれの 数値の 2 倍
許容せん断 応力度	$\frac{F}{40}$ かつ $\frac{3}{4} \left(0.49 + \frac{F}{100} \right)$ 以下	$\frac{F}{45}$ かつ $\frac{3}{4} \left(0.49 + \frac{F}{100} \right)$ 以下	長期応力に対する 許容応力度の それぞれの 数値の 1.5 倍
許容付着 応力度	$\frac{3F}{40}$ かつ $\frac{3}{4} \left(1.35 + \frac{F}{25} \right)$ 以下	$\frac{F}{15}$ かつ $\frac{3}{4} \left(1.35 + \frac{F}{25} \right)$ 以下	

ここにおいて、表. 10-9 に掲げるコンクリートの設計基準強度 F は、次の数値を表します。

F : 18 N/mm²以上(建基法施行令第 74 条第 1 項第 2 号)

7. 杭の許容水平変位量

杭の許容水平変位量は、常時、地震時共、表. 10-10 に掲げる杭径に応じた数値とします。

表. 10-10. 杭の許容水平変位量

杭 径 (φ)	φ ≤ 1,500mm	φ > 1,500mm
変 位 量 (cm)	1.5	φ × 1%

8. 支持層の選定と根入れ長(「杭基礎設計便覧(日本道路協会)」)

(1) 支持層の選定

支持層は、擁壁基礎に作用する荷重の規模、擁壁の重要度等に応じて選定するのを基本としますが、一般には下記の 1) 及び 2) に掲げる土質の層を目安とします。

- 1) 岩盤及びN値 30 程度以上の砂礫層・砂質土層で、杭径の 5 倍以上の層
- 2) N値 20 程度以上(一軸圧縮強度 0.4 N/mm^2)の粘性土層で、杭径の 5 倍以上の層

(2) 杭先端の根入れ長

杭先端は、良質な支持層に根入れするものとし、その根入れ長の具体的な数値については「杭基礎施工便覧(日本道路協会)」等を参考としてよいものとしませんが、一般的には根入れ長は、杭径程度以上を確保することが望ましい。

9. 杭の負の周面摩擦力(「道路橋示方書・同解説・IV下部構造編, 杭基礎設計便覧(日本道路協会)」)

支持層の上が高盛土層, 厚い軟弱粘土層等にあつて, これらの層を貫いて深い支持杭を構築する必要がある場合には, 必要に応じて杭に生じる負の周面摩擦力(ネガティブフリクション)に対する検討を行ってください。

10. 杭本体の設計(「道路橋示方書・同解説・IV下部構造編(日本道路協会)」)

(1) 杭軸方向力

安定計算で得られた杭頭反力をそのまま用いるものとします。

(2) 地中部における断面力

軸直角方向力, 杭頭モーメントによる杭体各部の曲げモーメント及びせん断力は杭体を弾性床上のはりとして求めるものとします。

(3) 杭本体設計用曲げモーメント

杭頭剛結合として得られた杭頭曲げモーメントの値と, 杭頭ヒンジ結合として得られた地中部最大曲げモーメントの値とを比較して, その大きい方の曲げモーメントに対して設計するものとします。

11. 杭と底版の結合部構造及び設計の基本(「道路橋示方書・同解説・IV下部構造編, 杭基礎設計便覧(日本道路協会)」)

杭と底版の結合部分は, 剛結合として設計するものとし, その結合方法には方法Aと方法Bとがありますが, 一般的な規模の擁壁にあつては, 通常, 方法Bを標準とします。

ただし, 擁壁が大規模で重要度が高い場合にあつては, 結合部の剛結度の高い, 方法Aによるものとします。

(1) 結合方法A

擁壁底版内の中に杭を一定長だけ埋め込み, 埋め込んだ部分によって杭頭曲げモーメントに抵抗する方法をいい, 杭頭部の埋込み長は杭径以上とします。

(2) 結合方法 B

擁壁底版内の杭の埋め込み長を最小限度にとどめ、主として鉄筋で補強することにより杭頭曲げモーメントに抵抗する方法をいい、杭頭部の埋込み長は 10cm とします。

(3) 杭頭結合部の設計の基本

- 1) 杭頭結合部は、原則的に剛結合として設計するものとします。
- 2) 設計断面力は、杭頭を剛結合とした場合の杭頭でのモーメント、水平力、押し込み力及び引抜き力に対して抵抗できるように設計するものとします。

12. 杭頭における設計荷重に対する応力度の照査(「杭基礎設計便覧(日本道路協会)」)

(1) 結合方法 A

P H C 杭の杭頭における設計荷重に対して、次の応力度を照査します。

1) 押し込み力に対する照査

- ① 底版コンクリートの垂直支圧応力度が、コンクリートの許容支圧応力度以下であること。
- ② 底版コンクリートの押抜きせん断応力度が、コンクリートの許容押抜きせん断応力度以下であること。

2) 引抜き力に対する照査

杭外周におけるせん断応力度が、杭とコンクリートの許容付着応力度以下であること。

3) 水平力及びモーメントに対する照査

- ① 底版コンクリートの水平支圧応力度が、コンクリート許容水平支圧応力度以下であること。
- ② 底版コンクリート端部の杭に対する水平方向の押抜きせん断応力度が、コンクリートの許容押抜きせん断応力度以下であること。

(2) 結合方法 B

P H C 杭及び場所打ち杭の杭頭における設計荷重に対して、次の応力度を照査します。

1) 押し込み力に対する照査

- ① 底版コンクリートの垂直支圧応力度が、コンクリートの許容支圧応力度以下であること。

② 底版コンクリートの押し抜きせん断応力度が、コンクリートの許容押し抜きせん断応力度以下であること。

2) 引抜き力に対する照査

引抜き力が作用する場合には、杭体内補強筋(杭頭部を切断する場合に、あらかじめ杭頭部に配置しておく補強筋)で抵抗するものとして設計するので、原則として引抜きせん断応力度に対する照査は行う必要はありません。

3) 水平力及びモーメントに対する照査

① 底版コンクリートの水平支圧応力度が、コンクリート許容水平支圧応力度以下であること。

② 底版コンクリート端部の杭に対する水平方向の押し抜きせん断応力度が、コンクリートの許容押し抜きせん断応力度以下であること。

4) 仮想鉄筋コンクリート断面の応力度

外力として、杭頭部に押し込み力 P とモーメント M 又は引抜き力 P とモーメント M とが作用する場合には、底版内に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します。

なお、仮想鉄筋コンクリート断面の直径は、杭の直径に20cmを加えた長さとしPC鋼材は無視します。

5) 鉄筋の必要定着長

鉄筋の底版内及び杭体内への必要定着長を照査します。

13. PHC杭の押し抜きせん断に抵抗する底版の有効厚(「杭基礎設計便覧(日本道路協会)」)

(1) 結合方法Aにおける押し抜きせん断に抵抗する底版の有効厚は、図.10-4に示すとおりです。

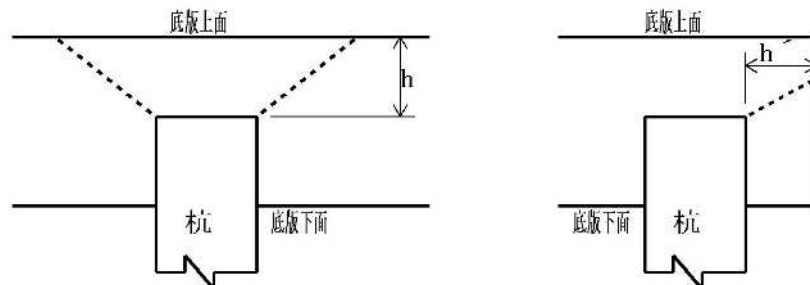


図-(a). 垂直方向有効厚

図-(b). 水平方向有効厚

図.10-4. 結合方法Aにおける押し抜きせん断に抵抗する底版の有効厚

(2) 結合方法Bにおける押し抜きせん断に抵抗する底版の有効厚は、図. 10-5 に示すとおりです。

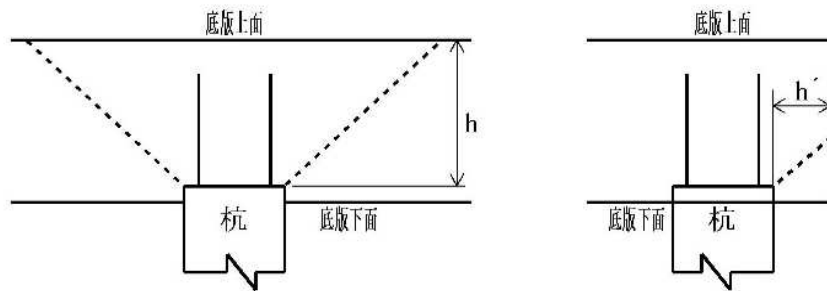


図-(a). 垂直方向有効厚

図-(b). 水平方向有効厚

図. 10-5. 結合方法Bにおける押し抜きせん断に抵抗する底版の有効厚

ここにおいて、図. 10-4 及び図. 10-5 に掲げる記号は、次の数値を表します。

h : 垂直方向の押し抜きせん断力に抵抗する底版の垂直方向の有効厚

h' : 水平方向の押し抜きせん断力に抵抗する底版の水平方向の有効厚

14. 杭頭結合部の構造細目(「道路橋示方書・同解説・IV下部構造編(日本道路協会)」)

(1) 結合方法A

PHC杭の杭頭結合部の構造細目は、図. 10-6 を標準とし、杭頭をカットオフする場合は、杭の埋込み長 L は、杭径 D 又は 50ϕ (ϕ cm : PC鋼材の外径)のうち、大きい方とします。

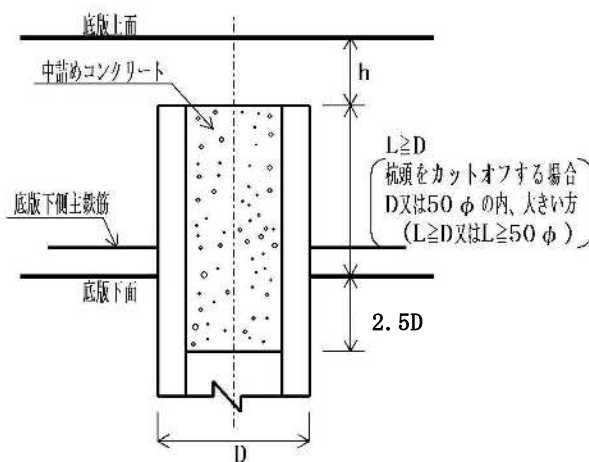


図. 10-6. 構造細目図

(2) 結合方法 B

1) PHC 杭

PHC 杭の杭頭結合部の構造細目は、図. 10-7 を標準とします。

ただし、杭頭をカットオフする場合には、鉄筋の杭体内への定着長は、図. 10-7 に示すように、必要最小限の定着長に P C 鋼材切断に伴う応力減少範囲として、 50ϕ (ϕ cm : P C 鋼材の外径) を加算するものとします。

なお、中詰めコンクリートには中詰め補強鉄筋を設けることを原則とし、その補強鉄筋は原則として鉄筋かご方式によるものとします。

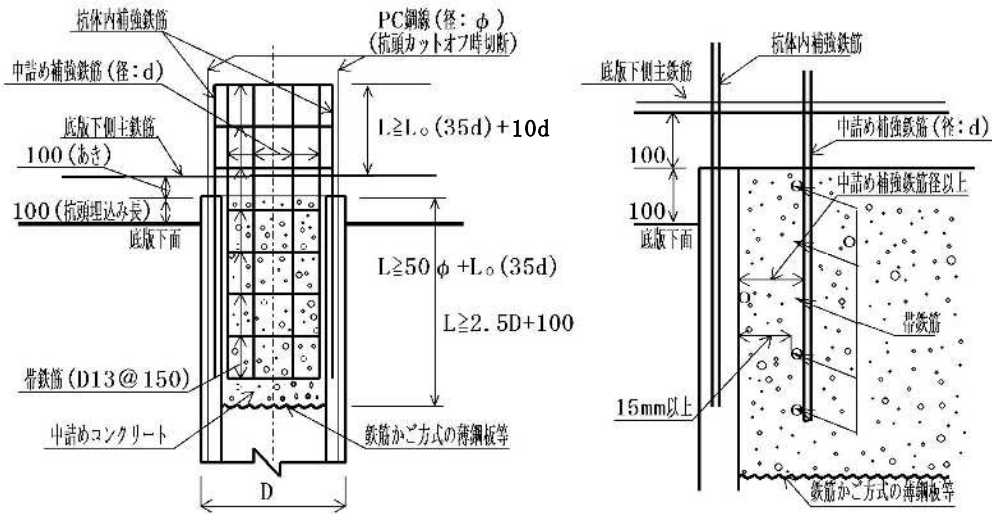


図-(a). 構造細目標準図

図-(b). 細部拡大図

図. 10-7. 杭頭結合部の構造細目

2) 場所打ち杭

場所打ち杭の杭頭結合部の構造細目は、図. 10-8 を標準とします。

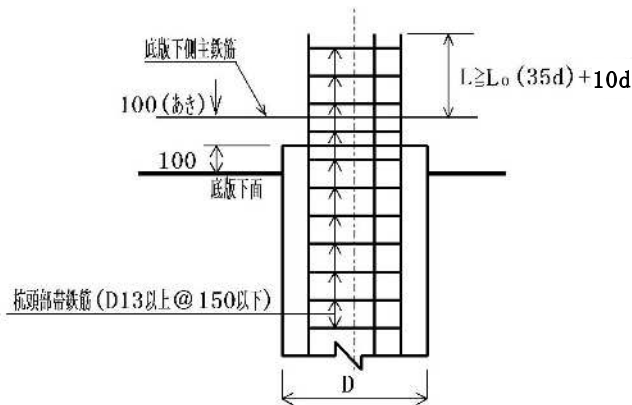


図. 10-8. 構造細目図

ここにおいて、図. 10-7 及び図. 10-8 に掲げる記号は、次の数値を表します。

L : 鉄筋の必要定着長 (cm) L₀ : 鉄筋の必要最小限定着長 (cm) = 35 d

d : 定着する補強鉄筋径 (cm) D : 杭の外径 (cm)

φ : P C 鋼線の外径 (杭外径 300 mm ~ 1,000 mm : φ = 9 mm)

15. PHC杭の杭頭仕上げ(「杭基礎施工便覧(日本道路協会)」)

PHC杭の杭頭仕上げは、下記の(1)～(3)に掲げる施工基準を一般原則とします。

- (1) 杭頭を油圧ジャッキ式切断機等を用いて切断するにあたっては、杭に縦ひびの発生及びプレストレスの減少を防止するための鋼製バンドを取り付けて施工するものとします。
- (2) 切断にあたっては、杭体内補強鉄筋を損傷しないように露出させ、付着コンクリートはできるだけ取り除くものとします。
- (3) 杭内空部に設置する中詰め補強鉄筋の中詰めコンクリートは、擁壁底版のコンクリートとの同時打設を行ってはならない。(中詰めコンクリート単独打設の原則)

16. 杭の建込み及び掘削精度

杭の建込み及び掘削における杭心のずれ並びに杭の傾斜精度については、杭工法別に標準的な管理値(経験値)を設定し、その数値を目安として施工するものとしませんが、その具体的な管理値等については、「建築基礎構造設計指針(日本建築学会)」、「杭基礎施工便覧(日本道路協会)」等を参考としてください。

17. 杭基礎の施工にあたっての生活環境の保全等に関する基本的留意事項(「杭基礎施工便覧(日本道路協会)」)

(1) 騒音, 振動

杭工法の選定にあたっては、地形条件、地質条件、施工条件等について考慮することはもちろんのこと、特に造成計画区域の周辺的生活環境に配慮し、騒音、振動等について事前調査を実施するなど十分な検討を加えるものとします。

なお、調査の結果、振動、騒音等が問題となるような場合、「騒音規制法」、「振動規制法」等に基づく基準及び地方自治体の条例等によって規制されている地域においては、その基準を遵守してください。

(2) 残土処理及び廃棄泥水処理

場所打ち杭等の施工時に発生する掘削残土及び廃棄泥水の処分にあたっては、生活環境の保全及び公衆衛生の向上をはかるよう努力するとともに、「水質汚濁防止法」、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」等の基準及び地方自治体の条例等によって規制されている場合は、その基準を遵守してください。