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

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。

ただし、道路橋示方書（平成29年版）は従来の許容応力度法が廃止され、限界状態設計法、部分係数法を導入しているため示方書を参照する事項については、新旧の内容を十分に比較したうえで適切に準拠すること。

「道路橋示方書Ⅳ下部構造編」（平成29年（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」（令和2年　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

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　$L_e/B<\frac{1}{2}$

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

ここに、　L_e　：基礎の有効根入れ深さ(m)
　　B　：基礎短辺幅(m)
　　β　：基礎の特性値(m^{-1})

$$\beta=\sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}}$$

　　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$1/\beta$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Ⅳ．8．2」に従い記述した。詳細はこれを参照されたい。

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Ⅴ　耐震設計編3．6」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：qu＞100～200kN/m^2)

であれば、良好な支持層と考えられる。

2) 支持地盤の種類と許容支持力度、基礎底面と地盤との間の摩擦係数と付着力は「道路土工-擁壁工指針」(P69-70) を参照すること。

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ϕ_Bは現場打ちコンクリート擁壁では$\phi_B=\phi$、プレキャストコンクリート擁壁では$\phi_B=2\phi/3$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$\phi_B=\phi$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_Bは施工時の地盤の乱れなどを考慮して決定する。

3)　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

①　洗掘および地盤面の低下
②　圧密沈下
③　凍結融解の影響
④　施工による地盤の乱れ

特に、①②④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、

①　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。

②　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。

③　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15㎜とする。

【解　　説】

杭基礎の設計については道路橋示方書を参照しているが道路橋示方書（平成29年版）は従来の許容応力度法が廃止され、限界状態設計法、部分係数法を導入しているため示方書を参照する事項については、新旧の内容を十分に比較したうえで適切に準拠すること。

また、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（平成24年版）の規定に従い、杭径1.5m以下の杭では常時、地震時共に15㎜とした。また、道路橋示方書（平成29年版）を適用する場合の杭の水平変位の制限値は杭径の１％に相当する値とする。ただし最小値は15㎜、最大値は50㎜とする。

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) 杭とフーチング結合部の照査、杭頭構造細目の詳細は「道路橋示方書」、「道路土工-擁壁工指針」(P201-203)、「杭基礎設計便覧」(P312-333) を参照すること。

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となる様行わなければならない。

(2) 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「杭基礎設計便覧」(P263-293、P334-373) を参照すること。

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。

道路付属施設の基礎杭計算例は本要領の「第2集 道路付帯施設　参考資料 21.防雪柵基礎」を参考とすること。