

第5章

ボックスカルバートの設計方法

第5章 ボックスカルバートの設計方法

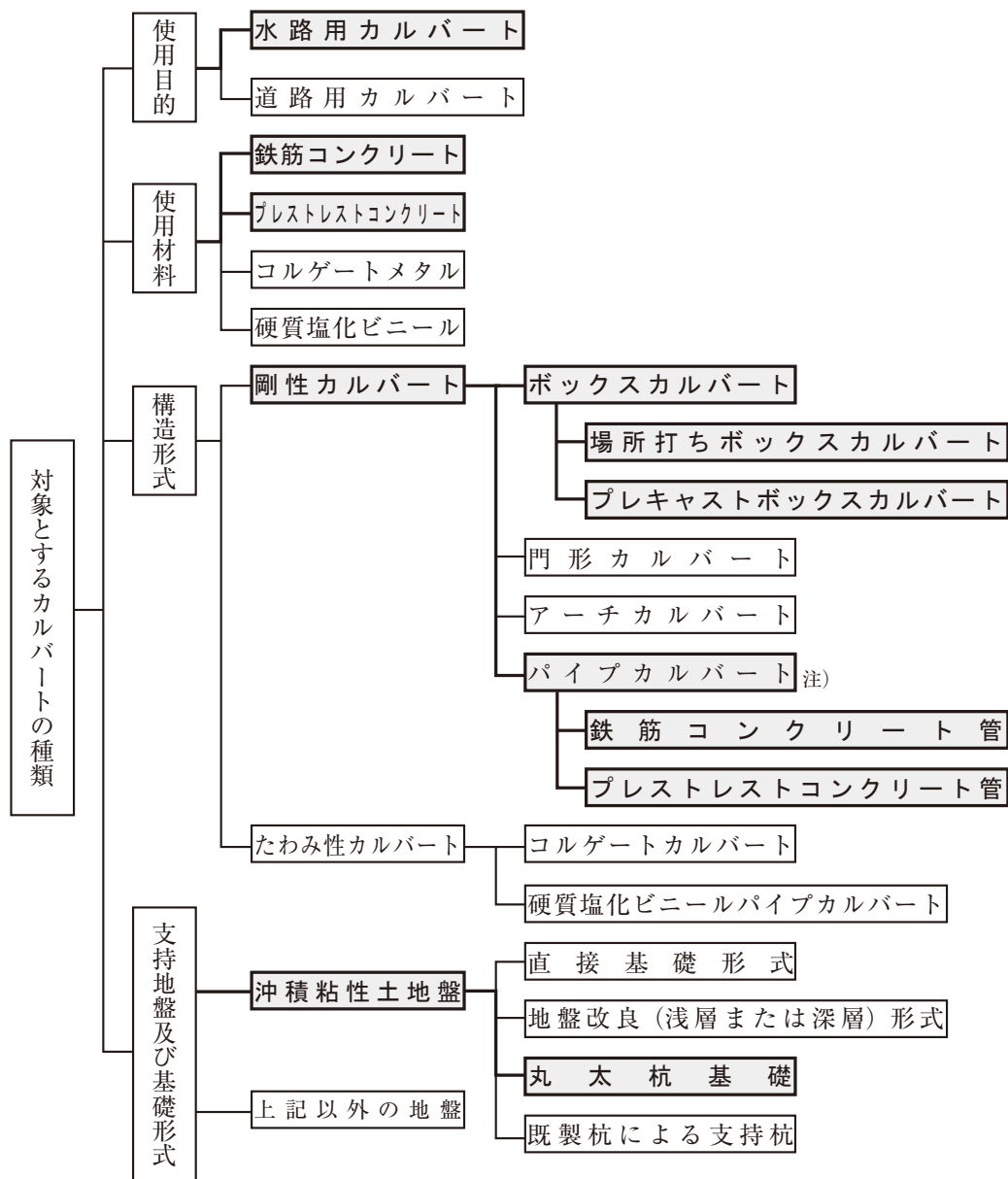
5.1 丸太杭基礎の選定と支持機構

5.1.1 対象とするカルバートの種類

本マニュアルで対象とするカルバートの種類は、水路用のボックスカルバートおよびパイプカルバートとする。

【解説】

対象とするカルバートの種類は、下表の四角（太い実線）で囲んだものとする（ボックスカルバートの内空寸法は1m×1m程度以上で3m×3m程度までを対象）。



注) 360° コンクリート基礎に適用できる¹⁾

図-5.1.1 対象とするカルバートの種類²⁾一部加筆

5.1.2 丸太杭基礎の選定フロー

丸太杭基礎は、沖積粘性土地盤において、作用外力が基礎地盤の許容支持力を上回る場合に適用する。

【解説】

図-5.1.2に基礎選定フローを示す。

なお、支持層以深に沈下層が存在する場合は、7.5 盛土の沈下の検討に従い圧密沈下の検討を行う。

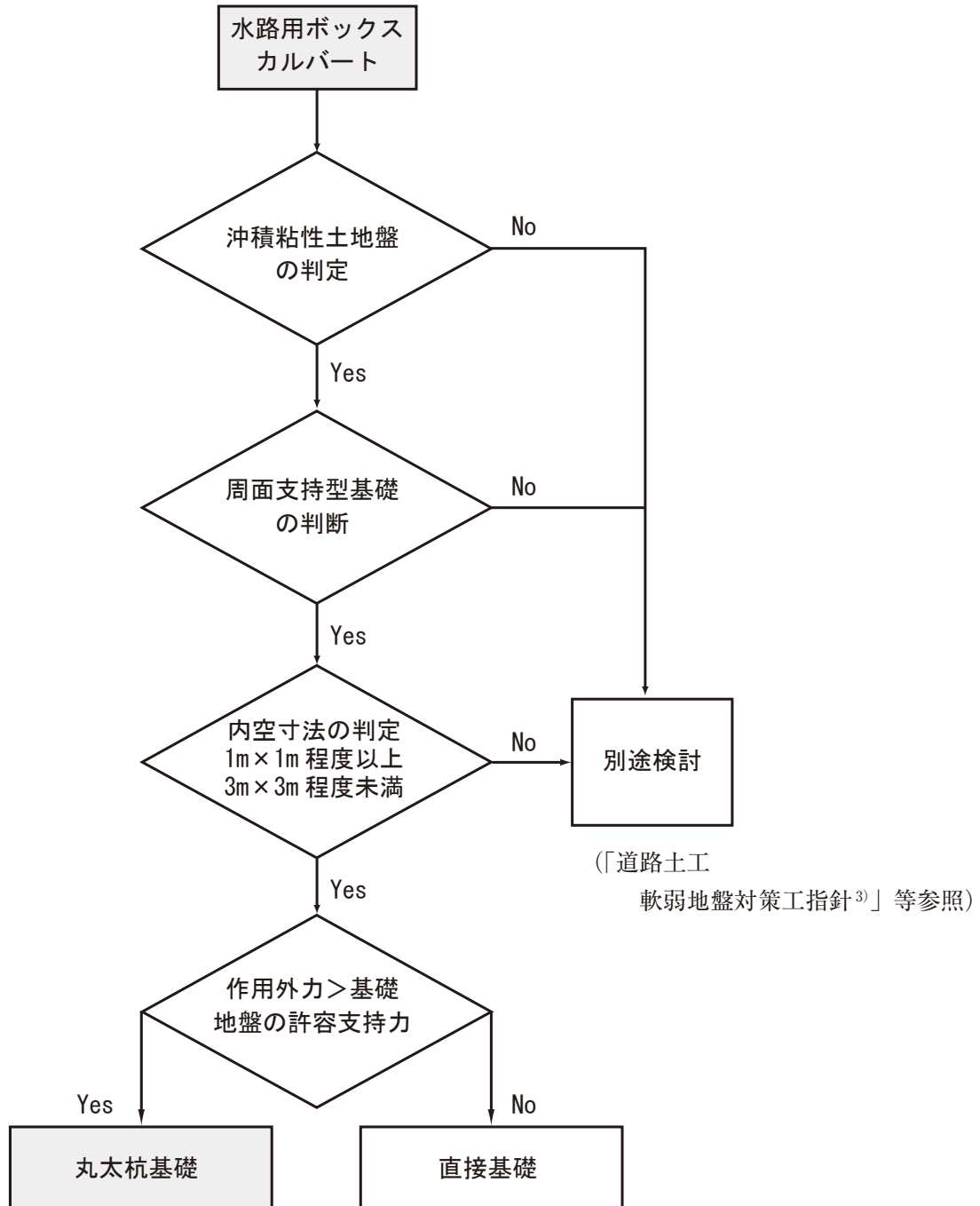


図-5.1.2 基礎選定フロー²⁾

5.1.3 丸太杭基礎の支持機構

5.1.3.1 丸太杭基礎の支持力の考え方

- (1) 丸太杭の明確な先端支持層がある場合には、一般的な杭の設計方法に従って、杭の摩擦抵抗と先端支持力を合せて丸太杭の支持力とする。この場合では、底盤の支持力は考慮しない。設計方法は、「道路橋示方書Ⅳ下部構造編」に従う。
- (2) 丸太杭の先端支持層がない場合には、摩擦杭としての丸太杭－底盤系基礎の支持力計算方法を用いる。

【解説】

杭の鉛直支持抵抗は、摩擦抵抗、先端支持抵抗、底盤支持抵抗の順で発揮されると考えられる。後述する丸太杭－底盤系基礎の支持力計算方法では、摩擦抵抗が先に発揮された後、底盤の支持力が発揮されることで、変形の関係から見て摩擦杭に適用することが妥当な設計法と判断される。

杭の先端支持力を考慮する場合、先端支持力は小さな沈下で発揮されることから、安全率で先端支持力を割った小さな沈下の段階で、底盤支持力を考慮することに疑問が残る。このため、先端支持力を考慮する場合は、底盤支持力を考慮せず、一般的な杭の設計方法に従って、杭の摩擦抵抗と先端支持力を合せて木杭の支持力とする。先端支持力を考慮する場合の設計は、「道路橋示方書Ⅳ下部構造編」に従って行う。

杭の先端支持力を考慮しない場合の設計方法は、以下に述べる丸太杭－底盤系基礎の支持力計算方法を用いる。丸太杭－底盤系基礎の支持力計算方法は、「佐賀県県土づくり本部・(財)佐賀県土木建築技術協会・(社)佐賀県県土づくりコンサルタント協会：水路用ボックスカルバートの木杭－底盤系基礎～設計マニュアル～(改訂版)、2009」²⁾による方法である。

5.1.3.2 丸太杭－底盤系基礎の支持力の考え方

丸太杭－底盤系基礎の支持力計算では、簡便的に丸太杭周面支持力と底盤支持力がそれぞれに極限支持力を発揮しているものと考え、それぞれの極限支持力を重ね合わせて求めるものとする。

【解説】

丸太杭の周面支持力ならびに底盤支持力の現れ方は、地盤の変位によって大きく異なる。図-5.1.3は、変位に伴う底盤地盤支持力と丸太杭の周面支持力の発現の様子を模式的に示したものである²⁾。同図に示すように、底盤の支持力は一般に地盤の変位に伴って大きくなり丸太杭の周面支持は比較的小さな変位の間にピークに達し一定値を保つ特性を有している。これに対し、丸太杭－底盤系基礎は底盤基礎と丸太杭基礎それぞれの支持力を重ね合わせた支持力にほぼ等しいものとなっている。

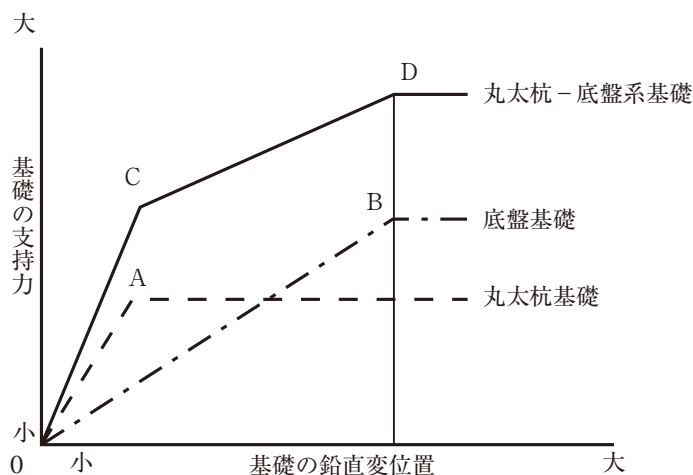


図-5.1.3 丸太杭-底盤系基礎の支持力発現の模式図²⁾

5.1.3.3 丸太杭-底盤系基礎の支持力計算

丸太杭-底盤系基礎の計算は、底盤鉛直支持力を計算して、不足支持力を木杭の鉛直周面支持力で補うという手順で行う。

【解説】

丸太杭周面摩擦力計算における安全率は、木杭の特徴であるテーパー効果などを考慮して1.5とする。底盤支持力計算における安全率は3.0を用いる。

計算手順は、外力に対する基礎地盤の支持力不足を木杭の周面摩擦力により補完すると考え、まず底盤支持力を計算し、不足支持力を丸太杭の周面支持力で補うという手順で行う。また、丸太杭の周面支持力と底盤地盤支持力のそれぞれについて独立の安全率を設定する。

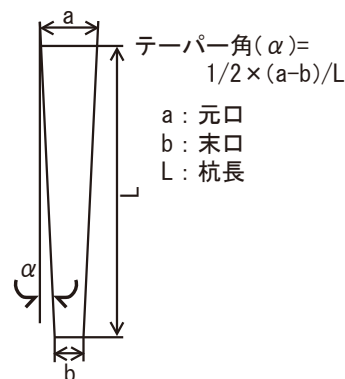
丸太杭を用いたボックスカルバートの設計は、「水路用ボックスカルバートの木杭-底盤系基礎設計マニュアル」の考え方に基づいている。当マニュアルでは、軟弱地盤において木杭の周面摩擦力のみを期待し、木杭の安全率を1.5、底盤の安全率を3とした場合に、木杭と底盤が協働して上部荷重を支持して行くことが検証されている。

注) 丸太杭を粘土地盤に打込んだ直後は、周辺粘土の乱れによる強度低下の影響で支持力は小さい。1週間程度経過するとシキソトロピー現象により粘土地盤の強度はある程度回復する²⁾。シキソトロピーは、粘土を乱した時に強度が一時的に低下し、時間と共に強度回復する現象をいう。丸太杭周面支持力は粘土地盤の強度が回復した後の値とする。

丸太杭はテーパー※を有しており、

- 1) テーパーにより、周辺地盤を締め固める効果があるものとされている
- 2) 木材の吸水作用により地盤の密着性に優れているものとされている
- 3) 丸太杭の設計では、末口に基づいて周面摩擦力を算出しており、末口の周面積に比べて実周面積は大きいことから、周面摩擦力は安全側に働く

※丸太杭のテーパー 木杭の元口(a)と末口(b)の口径差のこと。テーパー角で度合いをあらわす。(右図参照)



5.2 基礎の設計

5.2.1 設計の基本

- (1) 丸太杭の先端支持力を考慮する場合の設計方法は、「道路橋示方書IV下部構造編」に従う。
- (2) 丸太杭の先端支持力を考慮しない丸太杭-底盤系基礎支持力は、下記のフローにより検討する。

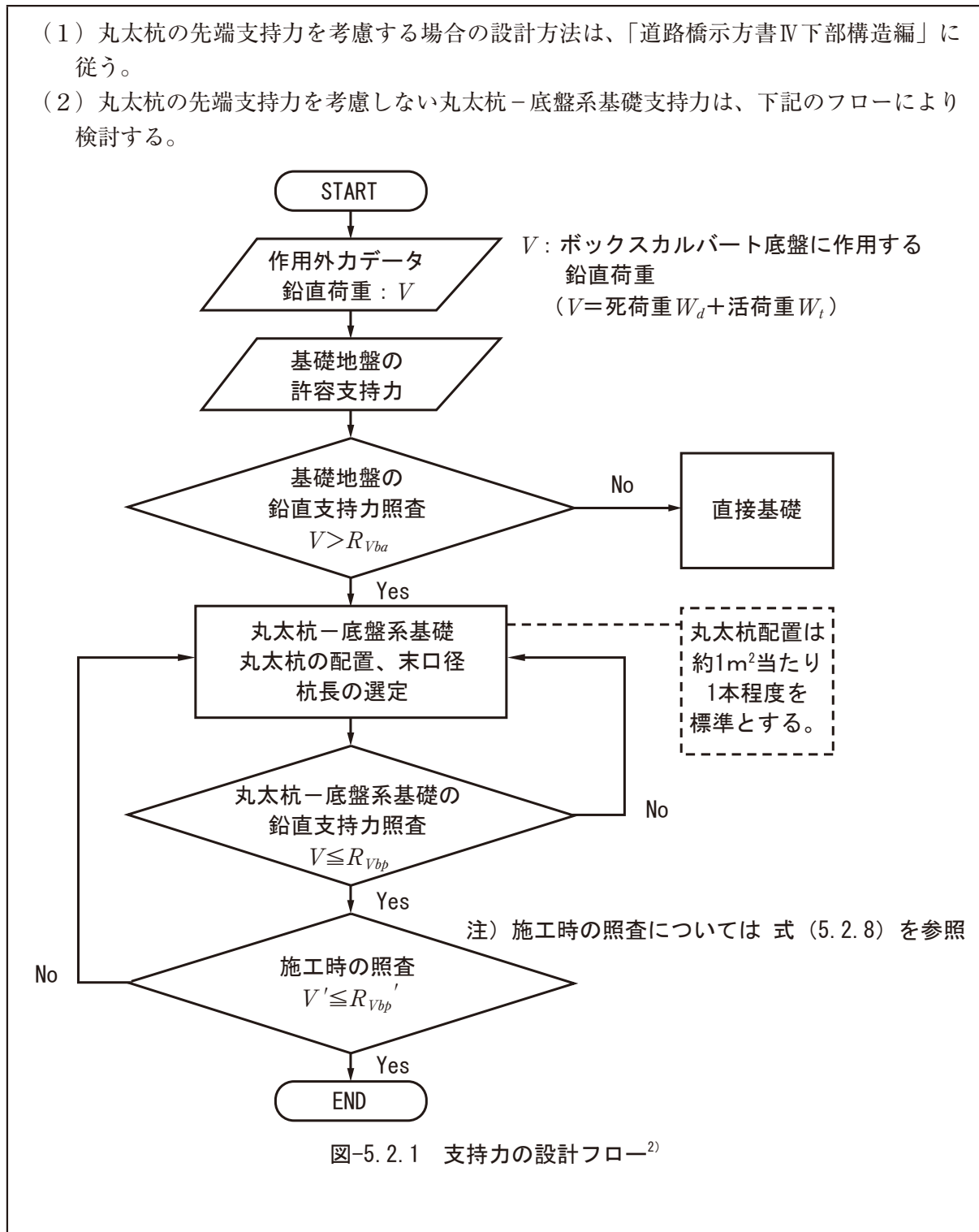


図-5.2.1 支持力の設計フロー²⁾

5.2.2 丸太杭－底盤系基礎の設計

5.2.2.1 丸太杭－底盤系基礎の支持力概念

丸太杭－底盤系基礎の計算は、底盤支持力を計算して、不足支持力を丸太杭の周面支持力で補うという手順で行う。

丸太杭－底盤系基礎におけるボックスカルバートの底盤下面に作用する鉛直荷重に対し、基礎地盤の支持力と木杭周面支持力の両方で支持する。このため、基礎の支持力に関しては式 (5.2.1) ～式 (5.2.4) を満足する丸太杭配置が必要である。

$$V \leq R_{Vbp} \quad \dots\dots\dots (5.2.1)$$

$$R_{Vbp} = R_{Vba} + R_{Vpa} \quad \dots\dots\dots (5.2.2)$$

$$R_{Vba} = \frac{R_{Vbu}}{F_{Vb}} \quad \dots\dots\dots (5.2.3)$$

$$R_{Vpa} = \frac{R_{Vpui}}{F_{Vp}} \cdot n_p \quad \dots\dots\dots (5.2.4)$$

V : 基礎コンクリート底面に作用するボックスカルバート1基当たりの鉛直荷重 (kN)

R_{Vbp} : 丸太杭－底盤系基礎の許容鉛直支持力 (kN)

R_{Vba} : 荷重の偏心を考慮しない基礎地盤の許容鉛直支持力 (kN)

“5.2.3丸太杭－底盤系基礎における底盤基礎地盤の鉛直支持力算定”を参照

R_{Vbu} : 荷重の偏心を考慮しない基礎地盤の極限鉛直支持力 (kN)

“5.2.3丸太杭－底盤系基礎における底盤基礎地盤の鉛直支持力算定”を参照

F_{Vb} : 基礎地盤の鉛直支持力に関する安全率 (=3)

R_{Vpa} : 丸太杭の許容鉛直周面支持力 (kN)

“5.2.4丸太杭－底盤系基礎における丸太杭の鉛直周面支持力算定”を参照

R_{Vpui} : 丸太杭1本の極限鉛直周面支持力 (kN)

F_{Vp} : 丸太杭の鉛直周面支持力に関する安全率 (=1.5)

n_p : 丸太杭の総本数 (本)

B_e : ボックスカルバート底盤幅の有効載荷幅 (m)

$$B_e = B - 2e_B = B$$

B : ボックスカルバート底盤幅 (m)

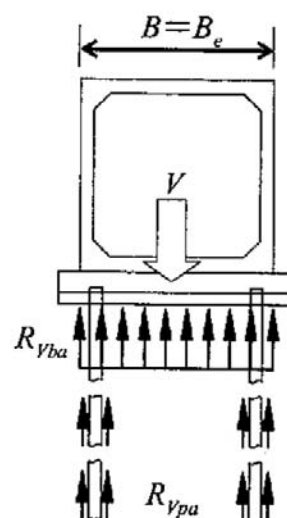


図-5.2.2 丸太杭－底盤系基礎による支持力の概念図²⁾

5.2.2.2 丸太杭－底盤系基礎の設計手順

丸太杭－底盤系基礎の設計手順を以下に示す。

丸太杭に作用する鉛直荷重は、次式で求める。

$$V_p = V - R_{Vba} \quad \dots\dots\dots (5.2.5)$$

$$V_p < n_p \cdot R_{Vpai} \quad \dots\dots\dots (5.2.6)$$

$$R_{Vpai} = \frac{R_{Vpui}}{F_{Vp}} \quad \dots\dots\dots (5.2.7)$$

V_p : 丸太杭に作用する鉛直荷重 (kN)

V : 基礎底面に作用するボックスカルバート1基当たりの鉛直荷重 (kN)

R_{Vba} : 基礎地盤の許容鉛直支持力 (kN)

n_p : 丸太杭の総本数 (本)

R_{Vpai} : 丸太杭1本の許容鉛直周面支持力 (kN)

R_{Vpui} : 丸太杭1本の極限鉛直周面支持力 (kN)

F_{Vp} : 丸太杭の鉛直周面支持力に関する安全率 (=1.5)

施工時の安全性は次式によって照査する。

$$V' \leq R_{Vbp}' \quad \dots\dots\dots (5.2.8)$$

$$V' \leq \frac{R_{Vbu}'}{F_{Vb}'} + \frac{n_p \cdot R_{Vpui}}{F_{Vp}'} \quad \dots\dots\dots (5.2.9)$$

V' : ボックスカルバート施工時に基礎コンクリート底面に作用する鉛直荷重 (kN)

$$V' = W_{d1} + W_{d2}$$

W_{d1} : ボックスカルバート自重 (kN)

W_{d2} : 基礎コンクリート自重 (kN)

R_{Vbp}' : 施工時における丸太杭－底盤系基礎の許容鉛直支持力 (kN)

R_{Vbu}' : 施工時における基礎地盤の極限鉛直支持力 (kN) (Df は考慮しない)

F_{Vb}' : 施工時における基礎地盤の鉛直支持力に関する安全率 (=2)

n_p : 丸太杭の総本数 (本)

R_{Vpui} : 丸太杭1本の極限鉛直周面支持力 (kN)

F_{Vp}' : 施工時における丸太杭の鉛直周面支持力に関する安全率 (=1.0)

5.2.2.3 丸太杭の配置

丸太杭の配置は原則1m²当たり1本程度とする。

【解説】

丸太杭の配置は、杭打設時の隣接杭への影響や施工実績における経験から、原則1m²当たり1本程度とする。杭の中心間隔は元口径 ϕ_0 の2.5倍以上とする。元口径が不明な場合は、経験的に丸太杭の長さが1m長くなるごとに末口よりも元口は1.5cm大きくなると考えられる。よって、これを目安とし、材料調達時に再度検討することとする。

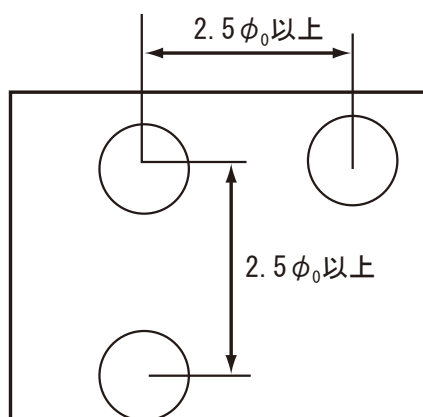


図-5.2.3 杭の最小中心間隔

5.2.3 丸太杭－底盤系基礎における底盤基礎地盤の鉛直支持力算定

底盤基礎地盤の支持力計算では下記の3種類の算定基準を、上部構造物の種類に応じて用いる。

- 5.2.3.1 道路橋示方書（道路用擁壁）
- 5.2.3.2 土地改良事業計画設計基準（農道用擁壁）
- 5.2.3.3 建築基礎構造設計指針（宅地造成用擁壁）

【解説】

5.2.3.1 道路橋示方書による基礎地盤の鉛直支持力計算⁴⁾

$$R_{Vbu} = A_e \cdot (a \cdot \kappa \cdot c \cdot N_c \cdot S_c + \kappa \cdot q \cdot N_q \cdot S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \cdot \beta \cdot B_e \cdot N_\gamma \cdot S_\gamma) \dots\dots\dots (5.2.10)$$

『道路橋示方書・同解説 I 共通編 IV 下部構造編』⁴⁾を準用

R_{Vbu} ：荷重の偏心傾斜、支持力係数の寸法効果を考慮した基礎地盤の極限鉛直支持力（kN）

A_e ：有効載荷面積（ m^2 ） $A_e = B_e \cdot L$

L ：ボックスカルバート1基当たりの延長（m）

c ：基礎底面下地盤の粘着力（丸太杭根入れ部分の平均粘着力）（ kN/m^2 ）

q ：底盤地盤に作用する上載荷重（ kN/m^2 ）

γ_1 ：基礎底面下地盤の単位体積重量（ kN/m^3 ）

地下水位以下にある場合は水中単位体積重量

γ_2 ：基礎底面より上方地盤の単位体積重量（ kN/m^3 ）

地下水位以下にある場合は水中単位体積重量

B_e ：ボックスカルバート底盤幅の有効載荷幅（m） $B_e = B - 2e_B = B$

B ：ボックスカルバート底盤幅（m）

e_B ：ボックスカルバート底盤幅中心から外力作用位置までの偏心量（m）

D_f ：基礎の有効根入れ深さ（m）（図-5.2.4、図-5.2.5参照）

α, β ：形状係数（表-5.2.1参照）

表-5.2.1 形状係数

基礎荷重面の形状	長方形
α	$1+0.3 (B_e/L_e)$
β	$1-0.4 (B_e/L_e)$

κ ：根入れ効果に関する割増し係数 $\kappa = 1 + 0.3 \frac{D_f'}{B_e}$

D_f' ：良質地盤への根入れ深さ（m）

本設計マニュアルでは底盤支持力を考慮しているため、根入れ部の地盤は支持地盤と同程度の地盤とし $D_f' = D_f$ とする。

N_c, N_q, N_γ : 支持力係数 (図5.2.6、図5.2.7、図5.2.8参照)

S_c, S_q, S_γ : 寸法効果に関する補正係数

$$S_c = (c^*)^\lambda \qquad S_q = (q^*)^\nu \qquad S_\gamma = (B^*)^\mu$$

$$c^* = \frac{c}{c_0} \qquad q^* = \frac{q}{q_0} \qquad B^* = \frac{Be}{B_0}$$

ただし、 $1 \leq q^* \leq 1.0$ $1 \leq c^* \leq 1.0$ $1 \leq B^* \leq 1.0$

λ, ν, μ : 寸法効果の程度を表す係数で $\lambda = \nu = \mu = -\frac{1}{3}$ としよ。

c_0 : 10 (kN/m²)

q_0 : 10 (kN/m²)

B_0 : 1.0 (m)

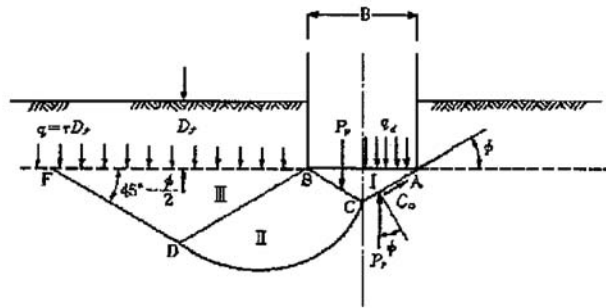


図-5.2.4 連続フーチング下の地盤における塑性平衡状態と根入れ効果の説明図
(粗い底面で土被りがあるとき、テルツァギーの方法)

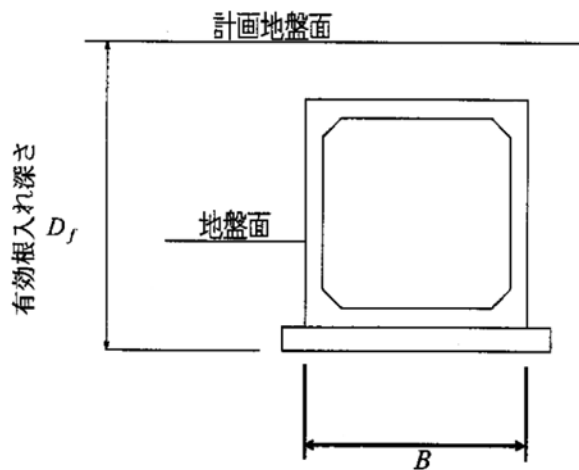


図-5.2.5 基礎の有効根入れ深さの説明図

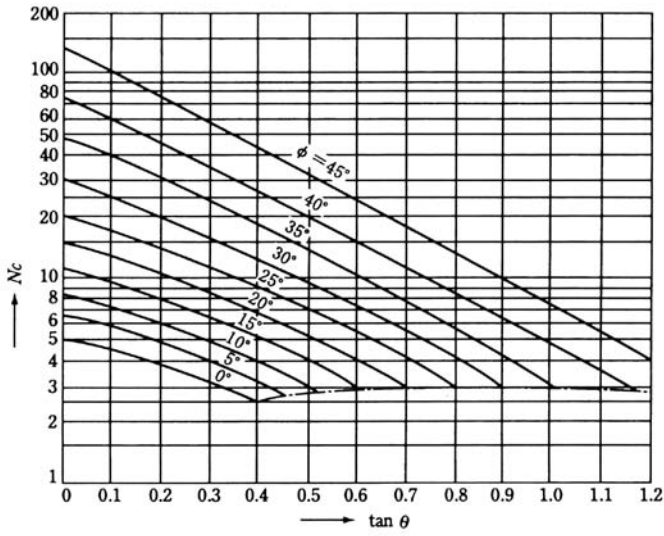


図-5.2.6 支持力係数 N_c を求めるグラフ

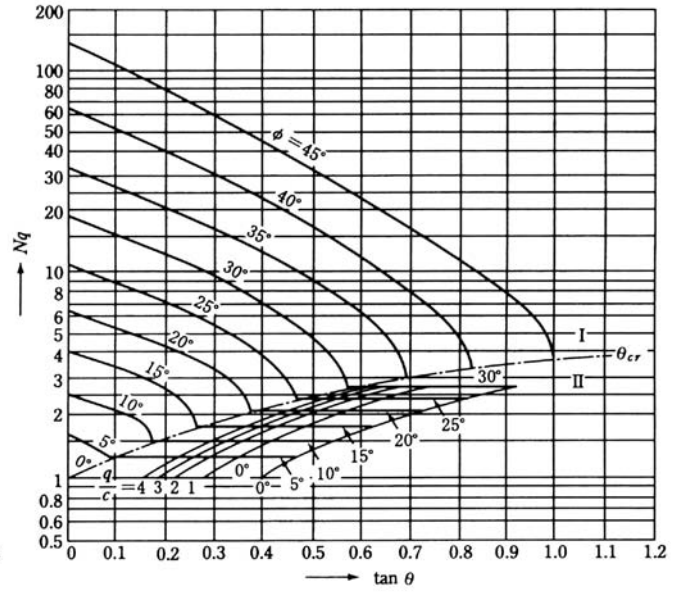


図-5.2.7 支持力係数 N_q を求めるグラフ

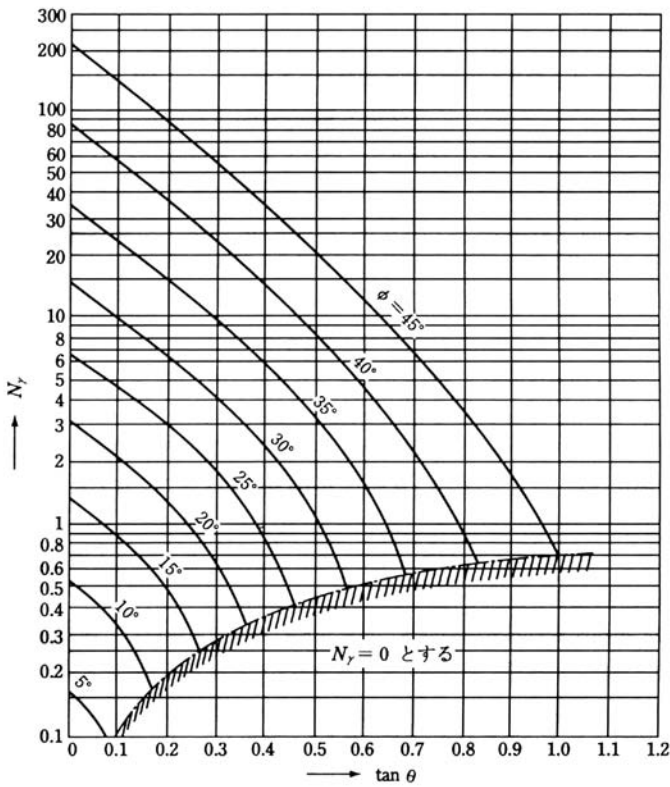


図-5.2.8 支持力係数 N_y を求めるグラフ

$$\tan \theta = \frac{H}{V}$$

ϕ : 土の内部摩擦角 (°)

5.2.3.2 土地改良事業計画設計基準による基礎地盤の鉛直支持力⁵⁾

『土地改良事業計画設計基準 設計（農道）』（平成17年3月）の“第9章付帯構造物の設計 9.1 擁壁”の基礎地盤の支持力に対する検討では、基礎地盤の長期許容支持力度によることになっている。

本マニュアルの丸太杭－底盤系基礎においては、支持力度ではなく支持力で検討を行うこととしていることから、同基準の許容支持力度算定式に擁壁底盤の面積を掛けたものを基礎地盤の許容鉛直支持力とした。

$$q_{Vb} = \frac{1}{3} (a \cdot c \cdot N_c + \frac{1}{2} \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q) \dots\dots\dots (5.2.11)$$

『土地改良事業計画設計基準 設計（農道）⁵⁾』を準用

$$R_{Vba} = q_{Vb} \cdot A_e \dots\dots\dots (5.2.12)$$

ここに、

- q_{Vba} : 基礎地盤の許容鉛直支持力度 (kN/m²)
- R_{Vba} : 基礎地盤の許容鉛直支持力 (kN)
- A_e : 有効載荷面積 (m²) $A_e = B_e \cdot L$
- L : ボックスカルバート1基当たりの延長 (m)
- c : 基礎底面下地盤の粘着力 (木杭根入れ部分の平均粘着力) (kN/m²)
- γ_1 : 基礎底面下地盤の単位体積重量 (kN/m³)
地下水位以下にある場合は水中単位体積重量
- γ_2 : 基礎底面より上方地盤の単位体積重量 (kN/m³)
地下水位以下にある場合は水中単位体積重量
- B : ボックスカルバート底盤幅 (m)
- B_e : ボックスカルバート底盤幅の有効載荷幅 (m) $B_e = B - 2e_B = B$
- e_B : ボックスカルバート底盤幅中心から外力作用位置までの偏心量 (m)
- D_f : 基礎の有効根入れ深さ (m)
- α, β : 形状係数 (表-5.2.2参照)
- N_c, N_q, N_γ : 支持力係数 (表-5.2.3参照)

表-5.2.2 形状係数

基礎荷重面の形状	長方形
α	1+0.3 (B/L)
β	0.5-0.1 (B/L)

表-5.2.3 支持力係数

荷重傾斜 $\theta (^{\circ})$		せん断抵抗角 $\phi (^{\circ})$								
		0	5	10	15	20	25	30	35	40
0	N_y	0.0	0.2	0.6	1.4	3.2	6.9	15.3	35.2	86.5
	N_q	1.0	1.6	2.5	3.9	6.4	10.7	18.4	33.3	64.2
	N_c	5.1	6.5	8.3	11.0	14.8	20.7	30.1	46.1	75.2
5	N_y		0.1	0.4	1.0	2.3	5.0	11.1	24.4	61.4
	N_q		1.2	2.2	3.4	5.6	9.2	15.6	27.9	52.7
	N_c		5.8	7.4	9.7	12.6	17.9	25.6	38.6	62.1
10	N_y		—	0.2	0.6	1.5	3.4	7.5	17.4	41.8
	N_q		—	1.5	2.8	4.7	7.7	12.9	22.8	42.4
	N_c		5.1	6.4	8.3	11.0	15.1	21.3	31.7	49.8
15	N_y		—	—	0.3	0.9	2.2	7.9	11.3	27.6
	N_q		—	—	1.7	3.6	6.1	10.4	18.1	33.3
	N_c		4.3	5.4	6.9	9.1	12.4	17.4	25.4	39.3
20	N_y		—	—	—	0.3	1.2	2.9	6.9	16.4
	N_q		—	—	—	2.1	4.6	8.0	13.9	25.4
	N_c		3.4	4.4	5.6	7.4	9.9	13.8	19.9	30.3
25	N_y			—	—	—	0.4	1.5	3.9	9.6
	N_q			—	—	—	2.4	5.7	10.2	18.7
	N_c			3.4	4.4	5.7	7.7	10.6	15.1	22.7
30	N_y				—	—	—	0.4	1.8	5.0
	N_q				—	—	—	2.8	6.9	13.1
	N_c				3.2	4.2	5.7	7.8	11.2	16.5
35	N_y						—	—	0.5	2.2
	N_q						—	—	3.1	8.4
	N_c						4.0	5.6	7.9	11.6
40	N_y							—	—	0.5
	N_q							—	—	3.4
	N_c							3.7	5.3	7.8
45	N_y								—	—
	N_q								—	—
	N_c								3.3	4.9

5.2.3.3 建築基礎構造設計指針による基礎地盤の鉛直支持力⁶⁾

$$q_u \cdot A_e = (i_c \cdot a \cdot c \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q) \cdot A_e \quad \dots\dots\dots (5.2.13)$$

『建築基礎構造設計指針⁶⁾』を準用

$$R_{Vbu} = q_u \cdot A_e \quad \dots\dots\dots (5.2.14)$$

ここに、

- R_{Vbu} : 基礎地盤の極限鉛直支持力 (kN)
- q_u : 基礎地盤の極限鉛直支持力度 (kN/m²)
- A_e : 有効載荷面積 (m²) $A_e = B_e \cdot L$
- a, β : 形状係数 (表-5.2.4参照)
- c : 基礎底面下地盤の粘着力 (丸太杭根入れ部分の平均粘着力) (kN/m²)
- γ_1 : 基礎底面下地盤の単位体積重量 (kN/m³)
- γ_2 : 基礎底面より上方地盤の単位体積重量 (kN/m³)
(γ_1, γ_2 は、地下水位以下の場合には水中単位体積重量)
- N_c, N_q, N_γ : 支持力係数 (表-5.2.5参照)
- η : 基礎の寸法効果に関する補正係数
- i_c, i_q, i_γ : 荷重の傾斜に関する補正係数
- L : ボックスカルバート1基当たりの延長 (m)
- B : ボックスカルバート底盤幅 (m)
- e_B : ボックスカルバート底盤幅中心から外力作用位置までの偏心量 (m)
- B_e : ボックスカルバート底盤幅の有効載荷幅 (m) $B_e = B - 2e_B = B$
- D_f : 基礎の有効根入れ深さ (m)

表-5.2.4 形状係数

基礎荷重面の形状	長方形
a	$1.0 + 0.2 (B/L)$
β	$0.5 - 0.2 (B/L)$

表-5.2.5 支持力係数

ϕ	N_c	N_q	N_γ
0°	5.1	1.0	0.0
5°	6.5	1.6	0.1
10°	8.3	2.5	0.4
15°	11.0	3.9	1.1
20°	14.8	6.4	2.9
25°	20.7	10.7	6.8
28°	25.8	14.7	11.2
30°	30.1	18.4	15.7
32°	35.5	23.2	22.0
34°	42.2	29.4	31.1
36°	50.6	37.8	44.4
38°	61.4	48.9	64.1
40°以上	75.3	64.2	93.7

5.2.4 丸太杭—底盤系基礎における丸太杭の鉛直周面支持力算定

丸太1本の許容鉛直周面支持力の算定は次式による。

$$R_{V_{pai}} = \frac{R_{V_{pui}}}{F_{Vp}} \quad \dots\dots\dots (5.2.7)$$

$$R_{V_{pui}} = U \cdot \sum_{i=1}^{n_e} (f_i \cdot L_i) \quad \dots\dots\dots (5.2.15)$$

$$= \pi \cdot \phi_e \cdot (f_1 \cdot L_1 + f_2 \cdot L_2 + \dots + f_{ne} \cdot L_{ne})$$

$R_{V_{pai}}$: 丸太杭1本の許容鉛直周面支持力 (kN)

$R_{V_{pui}}$: 丸太杭1本の極限鉛直周面支持力 (kN)

U : 丸太杭周長 (末口) $\pi \cdot \phi_e$ (m)

ϕ_e : 丸太杭の末口径 (m)

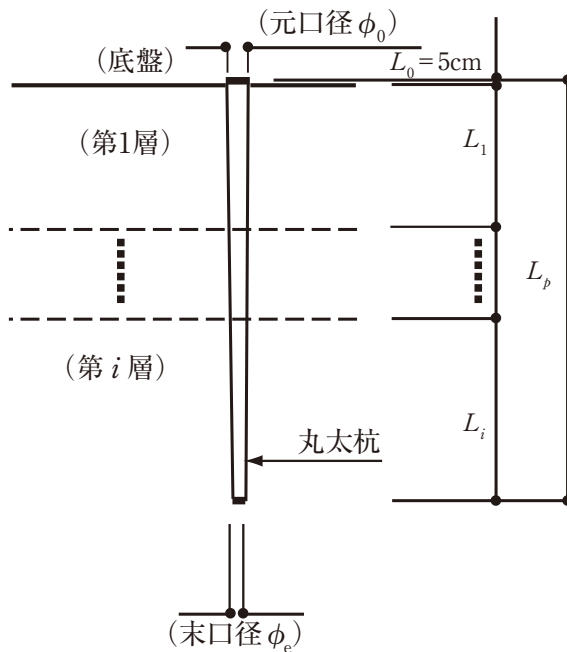
f_i : i 番目土層の周面摩擦力度 (粘性土は粘着力 c 、砂質土は $2N$) (kN/m²)

各粘土層の粘着力は平均値とする (N は標準貫入試験での N 値を示す)。

L_p : 丸太杭長さ (m)

L_i : i 番目土層の層厚 (m)

F_{Vp} : 丸太杭の鉛直周面支持力に関する安全率 (=1.5)



注) 丸太杭1本の許容鉛直周面支持力の計算に用いる丸太杭長さは丸太杭先端の先研ぎ部も含める。

$$\text{丸太杭長さ} = L_p - L_0$$

L_0 : 基礎コンクリートへの根入れ長

図-5.2.9 丸太杭の鉛直周面支持力の算定²⁾

5.2.5 荷重の考え方

5.2.5.1 荷重の種類

ボックスカルバートの設計で考慮する荷重の種類は以下のとおりである。

表-5.2.6 荷重の種類（水路用ボックスカルバート）²⁾

項 目		ボックスカルバート 基礎の計算
死荷重 W_d	ボックスカルバート自重 W_{d1}	○
	基礎コンクリート自重 W_{d2}	○
	ボックスカルバート内の水重 W_{d4}	△
土圧	鉛直土圧（上載荷重） W_{d3}	○ _{注1}
	水平土圧	△ _{注2}
活荷重 W_t	ボックスカルバート上の活荷重 W_1	○
	活荷重による側圧 W_{th}	×
衝 撃 係 数 i		×
水 圧		×
浮 力		×

○：必ず考慮する荷重（道路用ボックスカルバートは別途検討）

△：その荷重による影響が特にある場合を除いて、一般には考慮する必要のない荷重

×：考慮する必要のない荷重

注1）鉛直土圧は「道路土工 カルバート工指針¹⁾」のp.45を参照する。

注2）斜角、偏土圧が考えられる場合に考慮する。

5.2.5.2 死荷重

ボックスカルバート自重 W_{d1} については、プレキャストボックスカルバートを使用する場合は、当該製品の自重と製品断面積と鉄筋コンクリート単位重量から求めた重量とを比較して大きい方を用いる。

【解説】

ボックスカルバート内の水重 W_{d4} は特別な場合を除いて考慮しないものとする。これは対象とする水路用ボックスカルバートの多くは地下水位の高い低平地において施工することによる。

5.2.5.3 鉛直土圧

鉛直土圧は土被り厚さに単位体積重量を乗じて求める。

【解説】

本マニュアルで対象とするボックスカルバートは一般に土被り厚さが薄いこと、ならびに変位許容型のフローティング基礎形式であることを考慮して、鉛直土圧は土被り厚さに単位体積重量を乗じて求める。ボックスカルバートの縦断方向に土被りが大きく変化する場合には、丸太杭の長さや配列を変えることで対応する。

丸太杭先端を堅固な支持層あるいは中間砂層に着けるときの土被り厚さが比較的厚い場合には、 W_{ds} に対して「道路土工カルバート工指針¹⁾」p.97に示される鉛直土圧係数を考慮に入れることが望ましい。

5.2.5.4 活荷重

ボックスカルバート基礎検討用活荷重としては、「道路土工 カルバート指針」と「道路橋示方書」から以下のとおり定める。

(1) 車道部

T荷重を載荷し、T荷重はボックスカルバート縦断方向には2組を限度とし、3組目からは1/2に低減するものとする。また、丸太杭－底盤系基礎の段差緩和により、活荷重による衝撃は考慮しない。

(2) 歩道部

歩道等には群集荷重として 3.5kN/m^2 を載荷するものとする。

【解説】

以下に、「道路橋示方書・同解説 I 共通編⁴⁾」、「道路土工カルバート工指針¹⁾」からの抜粋を掲載する。

1) 道路土工 カルバート工指針

- ・ p.62 “カルバートの設計に用いる活荷重は道路橋示方書・同解説 I 共通編に示すT荷重を用いる。”

2) 道路橋示方書・同解説 I 共通編

- ・ p.21 “下部構造を設計する場合の上部構造に載荷する活荷重は原則としてp.19の主桁を設計する場合の活荷重とする。”
- ・ p.19 主桁を設計する場合の活荷重のうち“支間長がとくに短い主桁や床版橋は、T荷重L荷重のうち不利な応力を与える荷重とする。”
- ・ p.19 “T荷重は橋軸直角方向には2組を限度とし、3組目からは1/2に低減するものとする。”
- ・ p.20 “歩道等には群集荷重として 3.5kN/m^2 を載荷するものとする。”
- ・ p.29 “下部構造の設計に用いる上部構造反力には、活荷重による衝撃を考慮しない。”

※施工時の切り回し等がある場合は、これを考慮した活荷重の載荷とする。

5.3 基礎設計に関する構造細目

5.3.1 杭頭処理

プレキャスト及び場所打ちボックスカルバートの杭頭処理について、プレキャストの場合、基礎コンクリートに100mm埋込むものとし、場所打ちの場合は、カルバートに50mm以上埋込むものとする。

【解説】

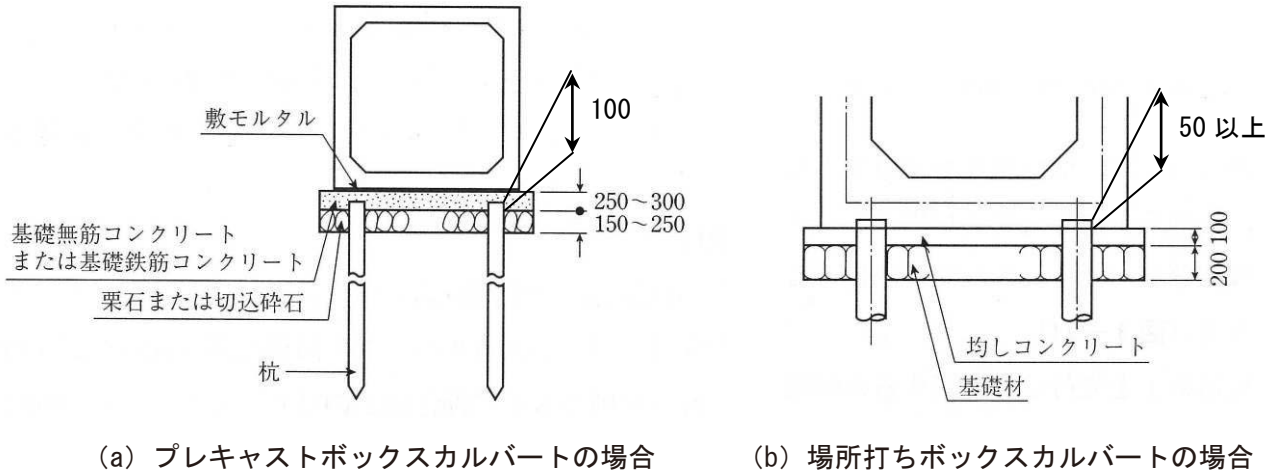


図-5.3.1 杭頭処理の例²⁾一部加筆

5.3.2 丸太杭の配置例

丸太杭の配置例を以下に示す。なお丸太杭はボックスカルバート1個（製品1個当たり）に最小4本配置とする。

【解説】

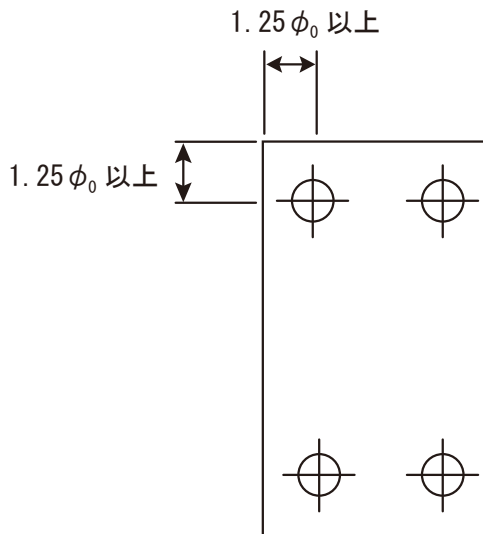


図-5.3.2 ボックスカルバートの丸太杭配置例

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路土工 カルバート工指針, 2010.
- 2) 佐賀県県土づくり本部・(財) 佐賀県土木建築技術協会・(社) 佐賀県県土づくりコンサルタンツ協会：水路用ボックスカルバートの木杭－底盤系基礎～設計マニュアル～ (改訂版), 2009.
- 3) (社) 日本道路協会：道路土工 軟弱地盤対策工指針, 2012.
- 4) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編IV下部構造編, 2012.
- 5) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準 設計 (農道), pp.554-555, 2005.
- 6) (社) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針, pp.105-111, 2001.