

丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の 設計・施工マニュアル

－ 抜 粹 版 －

平成 28 年 2 月

福井県土木部

目 次

本マニュアルで使用する記号	iv
第 1 章 マニュアルの利用方法	1
1.1 背景と目的	1
1.2 適用条件	1
1.3 丸太杭の選定方法	2
第 2 章 福井県における木材利用	5
2.1 福井県の森林・林業の現状	5
2.1.1 県内の森林資源の状況	5
2.1.2 県内の木材需要の動向	5
2.1.3 県産材利用における課題	5
2.1.4 間伐材の利用	6
2.2 木材利用が福井県にもたらすメリット	
2.2.1 森林が持つ公益的機能の発揮	6
2.2.2 地球環境に貢献する木材利用	6
2.2.3 再生産が可能な木材	6
2.2.4 林業・木材産業の活性化による地域経済への寄与	7
第 3 章 木材の特性	9
3.1 本材の基本事項	9
3.2 コンクリート杭や鋼管杭と比較した丸太杭の長所および短所	10
3.2.1 丸太杭の長所	10
3.2.2 丸太杭の短所	10
3.3 丸太杭の耐久性	10
3.3.1 木材劣化の要因	10
3.3.2 木材が腐朽する条件	11
3.3.3 木材の種類による耐朽性の違	12
第 4 章 設計に用いる地盤定数	15
4.1 設計に必要な調査	15
4.2 周面支持力度	16
4.3 変形係数	17
第 5 章 ボックスカルバートの設計方法	19
5.1 丸太杭基礎の選定と支持機構	19

5.1.1	対象とするカルバートの種類	19
5.1.2	丸太杭基礎の選定フロー	20
5.1.3	丸太杭基礎の支持機構	21
5.1.3.1	丸太杭基礎の支持力の考え方	21
5.1.3.2	丸太杭一底盤系基礎の支持力の考え方	21
5.1.3.3	丸太杭一底盤系基礎の支持力計算	21
5.2	基礎の設計	23
5.2.1	設計の基本	23
5.2.2	丸太杭一底盤系基礎の設計	24
5.2.2.1	丸太杭一底盤系基礎の支持力概念	24
5.2.2.2	丸太杭一底盤系基礎の設計手順	25
5.2.2.3	丸太杭の配置	26
5.2.3	丸太杭一底盤系基礎における底盤基礎地盤の鉛直支持力算定	27
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	27
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	30
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	32
5.2.4	丸太杭一底盤系基礎における丸太杭の鉛直周面支持力算定	33
5.2.5	荷重の考え方	34
5.2.5.1	荷重の種類	34
5.2.5.2	死荷重	34
5.2.5.3	鉛直土圧	35
5.2.5.4	活荷重	35
5.3	基礎設計に関する構造細目	36
5.3.1	杭頭処理	36
5.3.2	丸太杭の配置例	36
第6章	擁壁の設計方法	39
6.1	丸太杭基礎の選定と支持機構	39
6.1.1	対象とする擁壁の種類	39
6.1.2	丸太杭基礎の選定フロー	40
6.1.3	丸太杭基礎の支持機構	41
6.1.3.1	丸太杭基礎の支持力の考え方	41
6.1.3.2	丸太杭一底盤系基礎の支持力の考え方	41
6.1.3.3	丸太杭一底盤系基礎の支持力計算	41
6.2	基礎の設計	42
6.2.1	設計の基本	42
6.2.2	丸太杭一底盤系基礎の支持力	43
6.2.2.1	丸太杭一底盤系基礎の鉛直支持力	43
6.2.2.2	丸太杭一底盤系基礎の水平支持力	44

6.2.2.3	丸太杭の配置	45
6.2.3	丸太杭－底盤系基礎における底盤基礎地盤の鉛直周面支持力算定	45
6.2.3.1	道路橋示方書による基礎地盤の鉛直支持力計算	45
6.2.3.2	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	46
6.2.3.3	建築基礎構造設計指針による基礎地盤の鉛直支持力	46
6.2.4	丸太杭－底盤系基礎における木杭の鉛直周面支持力算定	46
6.2.5	丸太杭－底盤系基礎における基礎地盤の水平支持力算定	47
6.2.6	丸太杭－底盤系基礎の設計	48
6.2.6.1	鉛直支持力の計算	48
6.2.6.2	一般部擁壁の水平支持力の計算	51
6.2.6.3	施工時の照査	53
6.2.7	荷重の考え方	54
6.2.7.1	荷重の種類	54
6.2.7.2	活荷重	55
6.3	基礎設計に関する構造細目	56
6.3.1	杭頭処理	56
6.3.2	丸太杭の配置例	57
第7章	施工と維持管理	59
7.1	施工	59
7.1.1	施工フロー	59
7.1.2	準備工	60
7.1.3	丸太杭工事	60
7.1.4	丸太杭打設時の安全対策	60
7.2	施工管理	60
7.2.1	品質管理	60
7.2.2	出来形管理	63
7.3	施工時の留意事項	64
7.3.1	施工前	64
7.3.2	杭打ち込み	64
7.3.3	施工安全	64
7.4	腐朽対策の方法	65
7.5	出来形管理基準および規格値	65
第8章	他工法との経済比較	66
8.1	ボックスカルバート	66
8.2	プレキャストL型擁壁	66

本マニュアルで使用する記号

	単位
A : 丸太杭の断面積	(mm ²)
A_e : 有効載荷面積 ($A_e = B_e \cdot L$)	(m ²)
A_p : 丸太杭先端 (末口) 面積	(m ²)
B : L型擁壁のフーチング幅 (第6章)	(m)
B : 載荷幅 (第7章)	(m)
B_e : フーチングの有効載荷幅	(m)
B_{H0} : 歩道幅員	(m)
b : 杭間隔	(m)
C_c : 未改良層の圧縮指数	
c : 基礎底面下地盤の粘着力	(kN/m ²)
c_B : 基礎底面と地盤との間の付着力	(kN/m ²)
c_u : すべり面に沿う非排水粘着力	(kN/m ²)
D : 杭直径 (元口)	(m)
D_f : 基礎有効根入れ深さ	(m)
D_f' : 良質地盤への根入れ深さ	(m)
d : 丸太杭の直径 (末口)	(m)
E : 丸太杭のヤング (弾性) 係数	(kN/m ²)
E_{soil} : 杭間地盤の変形係数	(kN/m ²)
E_{wood} : 丸太杭の軸方向変形係数	(kN/m ²)
E_0 : 地盤の変形係数	(kN/m ²)
e_B : フーチング幅中心から外力作用位置までの偏心量	(m)
e_0 : 未改良層の初期間隙比	
F_{Hb} : 基礎地盤の水平支持力に関する安全率 (= 1.5)	
F_s : 安全率	
F_{swood} : 丸太杭の耐力に対する安全率 (≥ 1.2)	
F_{Vb} : 基礎地盤の鉛直支持力に関する安全率 (= 3)	
F_{Vp} : 丸太杭の鉛直周面支持力に関する安全率 (= 1.5)	
f_i : i 番目土層の周面摩擦力度	(kN/m ²)
f_i : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度	(kN/m ²)
H : 基礎コンクリート底面に作用する擁壁1基当たりの水平荷重	(kN)
H_L : L型擁壁の壁高	(m)
H_p : 丸太杭に作用する水平荷重	(kN)
H_{pi} : i 番目木杭に作用する水平荷重	(kN)
H_1 : 丸太杭を打設した地層の厚さ	(m)
H_2 : 未改良層の厚さ	(m)
Δh_1 : 丸太杭を打設した地層における沈下量	(m)
Δh_2 : 丸太杭先端以深の沈下量	(m)
I : 丸太杭の断面2次モーメント	(m ⁴)
i : 衝撃係数	

i_c, i_q, i_y	: 荷重傾斜に関する補正係数	
K_H	: 水平方面地盤反力係数	(kN/m ³)
L	: L型擁壁の1基当たりの延長	(m)
ℓ	: 細片部のすべり面長さ (第7章7.2)	(m)
ℓ	: 丸太杭間の距離 (第7章7.5)	(m)
L_i	: i 番目土層の層厚	(m)
L_p	: 丸太杭長さ	(m)
M_{max}	: 丸太杭に生じる地中部最大モーメント	(kN・m)
N_c, N_q, N_γ	: 支持力係数	
N_{sw}	: 回転により貫入した時の1m当たり半回転数	(回/m)
n_f	: 丸太杭周面摩擦力に対する安全率 (=2)	
n_p	: 丸太杭本数	(本)
n_p	: 先端支持力に対する安全率 (=3)	
p	: 杭間に作用する上載荷重	(kN)
p_c	: 杭間地盤に作用する盛土荷重	(kN)
p_p	: 丸太杭1本が負担する上載荷重	(kN)
q_c	: コーン貫入抵抗	(kN/m ²)
q_d	: 丸太杭先端部の単位面積当たりの極限支持力度	(kN/m ²)
q_L	: 上載荷重	(kN/m ²)
q	: 底盤地盤に作用する上載荷重	(kN/m ²)
q_u	: 基礎地盤の極限鉛直支持力度	(kN/m ²)
q_{Vba}	: 基礎地盤の許容鉛直支持力度	(kN/m ²)
q_2	: 未改良層中央深さにおける増加応力	(kN/m ²)
R_a	: 杭の鉛直方向許容押し込み支持力	(kN)
R_f	: 丸太杭の最大周面摩擦力	(kN)
R_{Hb}	: 基礎底面と地盤との間のせん断抵抗力	(kN)
R_{Hba}	: 基礎地盤の許容水平支持力	(kN)
R_{Hbu}	: 基礎底面の極限水平支持力	(kN)
R_{Hbp}	: 丸太杭 - 底盤系基礎の許容水平支持力	(kN)
R_{Hpa}	: 丸太杭の許容水平支持力	(kN)
R_p	: 丸太杭先端の極限支持力	(kN)
R_{Vba}	: 基礎地盤の許容鉛直支持力	(kN)
R_{Vbp}	: 丸太杭 - 底盤系基礎の許容鉛直支持力	(kN)
R_{Vbu}	: 基礎地盤の極限鉛直支持力	(kN)
R_{Vpa}	: 丸太杭の許容鉛直周面支持力	(kN)
R_{Vpai}	: i 番目の木杭の許容鉛直周面支持力	(kN)
R_{Vpai}'	: 擁壁設置時の i 番目の木杭の許容鉛直周面支持力	(kN)
R_{Vpui}	: i 番目の木杭の極限鉛直周面支持力	(kN)
S_c, S_q, S_γ	: 寸法効果に関する補正係数	
S_{wood}	: 丸太杭のせん断抵抗	(kN/m ²)
T_s	: 改良層の厚さ	(m)

U	: 丸太杭周長 (末口)	(m)
V	: 基礎底面に作用する擁壁1基当たりの鉛直荷重 (第6章)	(kN)
V'	: 擁壁設置時に基礎コンクリート底面に作用する鉛直荷重	(kN)
V_c	: 杭間地盤に荷重を作用させる盛土体積	(m ³)
V_p	: 丸太杭に作用する鉛直荷重	(kN)
V_p	: 丸太杭の体積 (第7章)	(m ³)
V_{pi}	: i 番目の木杭1本に作用する鉛直荷重	(kN)
W	: 細片部の土の全質量	(kN/m)
W_{d1}	: L型擁壁自重	(kN)
W_{d2}	: 裏込め土重	(kN)
W_{d3}	: 基礎コンクリート自重	(kN)
W_{d4}	: 基礎コンクリート上の土重	(kN)
W_{d5}	: 基礎コンクリート上の土重	(kN)
W_s	: 主働土圧	(kN)
W_{sw}	: 荷重だけによって貫入が進む荷重の大きさ	(N)
W_{th}	: 活荷重による側圧	(kN)
x_i	: フーチング幅 B の中心から各杭中心までの水平距離	(m)
Z	: 丸太杭の断面係数	(mm ³)
α	: 細片部のすべり面平均傾斜角	(°)
α, β	: 形状係数	
β	: 丸太杭の特性値 (第6章)	(m ⁻¹)
β	: 丸太杭のせん断抵抗 S_{wood} が得られるときの地盤のせん断抵抗の比 (第7章)	
ϕ	: 土 (盛土材) の内部摩擦角	(°)
ϕ_0	: 丸太杭の元口径	(m)
ϕ_B	: 基礎底面と地盤との間の摩擦角 (粘性土の場合、考慮しない)	(°)
ϕ_e	: 丸太杭の末口径	(m)
ϕ_u	: 非排水せん断抵抗角	(°)
γ_1	: 基礎底面下地盤の単位体積重量	(kN/m ³)
γ_2	: 基礎底面より上方地盤の単位体積重量	(kN/m ³)
γ_{wood}	: 水中にある丸太杭の単位体積重量	(kN/m ³)
η	: 基礎の寸法効果に関する補正係数	
θ	: 主働崩壊角	(°)
κ	: 根入れ効果に関する割増し係数	
λ, ν, μ	: 寸法効果の程度を表す係数	
σ_{ca}	: 丸太杭の許容曲げ圧縮応力度	(N/mm ²)
σ_{ba}	: 丸太杭の許容曲げ引張応力度	(N/mm ²)
σ_b	: 丸太杭の曲げ圧縮 (引張) 応力度	(N/mm ²)
σ_{v0}	: 未改良層中央深さにおける初期土被り圧	(kN/m ²)
σ_{wood}	: 丸太杭の軸方向許容圧縮応力度	(kN/m ²)

第1章 本マニュアルの利用方法

1.1 背景と目的

近年、環境を考慮した土木技術が求められていることから地球温暖化防止や国土保全のため、土木分野における木材利用の拡大が課題となっている。その中で、道路の軟弱地盤対策に丸太杭を用いる工法は、大量に木材を利用する工法として期待が集まっている。

ところが、福井県で小規模構造物や道路の軟弱地盤対策に丸太杭を用いる場合、全国版基準等では対応が十分ではなかった。

そこで、全国版基準や他県のマニュアルを整理・考証し、福井県の地盤特性に適合した丸太杭を用いた軟弱地盤対策の設計・施工法についてまとめた。

【解説】

公共工事の設計は、全国版基準の考え方に従って行われることが多い。自治体が国の補助を受けて行う工事では、そのことが必要条件とされる場合もある。しかし、丸太杭を用いた軟弱地盤対策の場合、全国版基準等では対応が十分ではなかった。具体的には、道路橋示方書・同解説(2012)¹⁾では、先端支持力3、周面支持力4の安全率を採用しているが、これに基づき擁壁やボックスカルバートを設計するとコスト高であるのみならず丸太杭の設計は末口寸法で設計することから、末口と元口の寸法の違いにより杭間隔が狭くなり、杭の打設も困難となる場合がある²⁾。

このような背景から、本マニュアルでは、小規模構造物(擁壁、ボックスカルバート)の軟弱地盤対策に丸太杭を積極的に利用できるようにすることを目的として設計・施工方法についてまとめた。

1.2 適用条件

本マニュアルの対象は、内空1m×1m～2m×2mのカルバート、擁壁高0.6～2.0m程度の擁壁とする。

【解説】

本設計マニュアルのカルバート編で対象とするのは、内空が1m×1m程度以上で2m×2mまでの水路用ボックスカルバート、および360°コンクリート基礎のパイプカルバートを対象とする。擁壁編では、施工実績の多い擁壁高0.6～2.0mのプレキャストL型擁壁、および同規模の重力式擁壁やU型擁壁とする。

高さ0.6～2.0mのL型擁壁の中で幅員2m以上の歩道部に設置される壁高1.2m以下のものについては、以下のことを踏まえて設計では土圧力と活荷重による側圧を考慮しないものとする。ただし、背面土(路床材)が砂質土の場合は通常の検討により側圧を考慮する。

- (1) 幅員2m以上の歩道に設置する壁高1.2m以下の擁壁においては、擁壁底板背面から立ち上げた荷重影響線は歩道内に収まり、擁壁の安定計算に輪荷重が影響しないこと(図1.2.1参照)
- (2) 擁壁背面土は幾らかの粘着力を有し、これによる土の自立高が期待できること(佐賀マニュアル参考資料²⁾参照)。
- (3) 荷重偏心を考慮した計算手法による丸太杭一底盤系基礎の支持力は、丸太杭の本数ならびに長さについて、これまで施工された丸太杭基礎と比べて過大となること(ただし、佐賀県

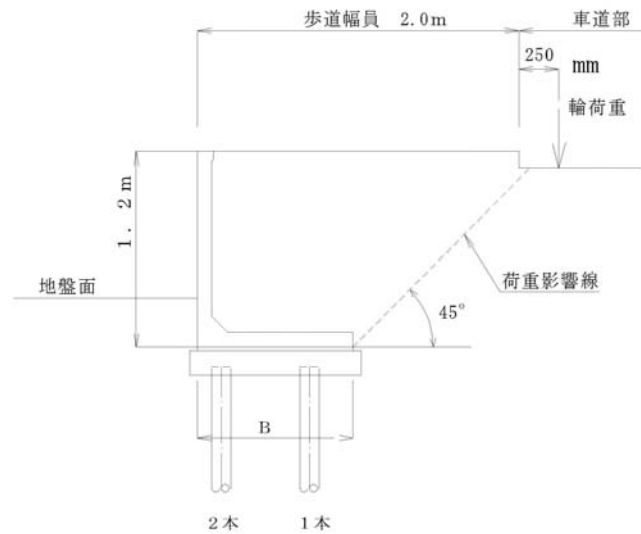


図-1.2.1 歩道部擁壁に作用する活荷重

における施工実績であり、背面土が粘性土または改良土の場合に限定する)。

以上より、本設計マニュアルで対象とする擁壁は次の2種類とする。

- ・粘性土地盤における歩道幅員2m以上の歩道に設置の壁高1.2m以下の擁壁（以下、歩道部擁壁という）
- ・上記以外の壁高2m以下の擁壁（以下、一般部擁壁という）

本設計マニュアルに記載されていない事項に関しては「道路土工擁壁工指針⁴⁾」および関連する基準書等（道路橋示方書、土地改良事業計画設計基準、建築基礎構造設計指針）を準用するものとする。

1.3 丸太杭の選定方法

丸太杭の選定は、材料供給を考慮して適切に定めるものとする。

【解説】

材料供給状況を踏まえ、使用する丸太は表-1.3.1から選定するものとする。

※1m、2mは別途加工費がかかることがある。

表-1.3.1 使用材料

杭長(m) 末口径(cm)	杭長(m)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
9~13	○	○	○	○				
14	◎	◎	◎	◎	△			
16	◎	◎	◎	◎	○			
18	◎	◎	◎	◎	○	△	△	

◎入手容易 ○要確認 △特注

①調査の必要性

供給条件から選定条件を設定する必要があるため、木材の種類、末口径、長さに関する調査が必要である。

②丸太杭の許容応力度

丸太杭の許容応力度は、表-1.3.2より求める。

表-1.3.2 木材の許容応力度⁵⁾

樹 種		許容応力度 (単位 N/mm ²)				
		圧縮	引張	曲げ	せん断	めり込み
針葉樹	アカマツ、クロマツ	5.7	4.5	7.2	0.6	2.3
	ヒノキ、カラマツ、ヒバ	5.3	4.2	6.9	0.5	2.0
	ツガ	4.9	3.8	6.5	0.5	1.5
	スギ、モミ、エゾマツ、トドマツ	4.5	3.5	5.7	0.5	
広葉樹	カシ類	6.9	6.2	9.9	1.1	3.1
	クリ、ブナ、ケヤキ、ナラ類	5.4	4.6	7.6	0.8	2.8

注) 建築基準法施行令第89条及び建設省告示H12第1452号、国土交通省告示H13第1024号による常時湿潤状態における長期荷重に対する許容応力度（無等級材）である。

注) 圧縮・引張・曲げは、木材の繊維方向に応力が働く場合の値である。

注) めり込みは、木材の繊維方向に直角に加圧する場合の値である。

③丸太杭の変形係数

丸太杭の変形係数は、表-1.3.3より求める。

表-1.3.3 木材の基準ヤング係数⁵⁾

樹 種		ヤング係数 (単位 kN/mm ²)
針葉樹	ヒノキ、ヒバ	9.0
	カラマツ、クロマツ、アカマツ、ツガ	8.0
	スギ、モミ、エゾマツ、トドマツ	7.0
広葉樹	カシ類	10.0
	クリ、ブナ、ケヤキ、ナラ類	8.0

注) 日本建築学会(2006):「木質構造設計基準・同解説－許容応力度・許容耐力設計法－」P339、普通構造材の基準弾性係数による。

④丸太杭の密度

飽和状態にある丸太杭の密度は、式 (1.3.1)、(1.3.2) および表-1.3.4より求める。

$$u = 100 \frac{(1.5 - \rho_0)}{1.5 \rho_0} + 28 \quad \dots\dots\dots (1.3.1)$$

$$\rho_u = \rho_0 + \frac{u}{100} \cdot \rho_0 \quad \dots\dots\dots (1.3.2)$$

ここで、 ρ_0 : 木材の気乾密度 ($\times 10^3 \cdot \text{kg/m}^3$)
 ρ_u : 飽和状態にある木材の密度 ($\times 10^3 \cdot \text{kg/m}^3$)
 u : 飽和状態にある木材の含水率

注) 木材の分野の含水率は地盤工学の含水比に相当

表-1.3.4 木材の気乾密度 ($\times 10^3 \cdot \text{kg/m}^3$)

樹 種		気乾密度
針葉樹	ヒノキ	0.44
	(ベイ) ヒバ	0.49
	カラマツ	0.50
	クロマツ	0.54
	アカマツ	0.52
	(ベイ) ツガ	0.47
	スギ	0.38
	エゾマツ	0.43
広葉樹	クリ	0.60
	ブナ	0.65
	ケヤキ	0.69

注) 岡野健 祖父江信夫：木材科学ハンドブック (2006), p.115 表5.2より抜粋

⑤呼び径と設計計算末口径

呼び径と設計計算末口径に差を設けることは、設計ミスにつながる危険性もあるため、末口径に統一するのがよい。

参考文献

- 1) (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.
- 2) 三浦哲彦：軟弱粘土地盤における木杭基礎 ローカルルール作りの歩み, 木材利用シンポジウム福井講演概要集, 2010.
- 3) 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：プレキャストL型擁壁 (H≤2m) の木杭-底盤系基礎～設計マニュアル (第1版) ～, p.47, 2008.
- 4) (社) 日本道路協会：道路土工 擁壁工指針, 2012
- 5) (社) 日本治山治水協会 日本林道協会：森林土林製構造物施工マニュアル, pp.18-19, 2006.

第4章 設計に用いる地盤定数

4.1 設計に必要な調査

構造物の基礎の計算に必要な地盤定数は、地盤の強度、単位体積重量及び変形係数などがある。軟弱地盤の粘土について設計に必要な地盤調査方法は表-4.1.1の通りである。

表-4.1.1 地盤定数を求める調査法

試験等の項目 調査の項目	ボーリング	サンプリング	サウンディング			物理試験				力学試験			原位置試験		得られる定数	調査頻度
			標準貫入試験	静的コーン貫入試験	スウェーデン式	土粒子の密度試験	含水比試験	粒度試験	液性・塑性限界試験	土の湿潤密度試験	一軸圧縮試験	三軸圧縮試験	圧密試験	土の湿潤密度試験		
外力の計算						○	○		○	○				◎	γ	(擁壁・路体補強) 100mに 1箇所程度
基礎支持力の計算	地盤支持力	◎	◎	○	◎	○	○		△	△	◎	◎	△		◎	
	杭周面支持力	◎	◎	○	◎	○					◎	◎				
試料の種類						乱した	乱した	乱した	乱した・粘性土	乱さない・粘性土	乱さない・粘性土	乱さない	乱さない			(ボックスカルバート) 両端で各 1箇所程度

◎：特に有効な調査方法 ○：有効な調査方法

△：場合によっては用いられる調査方法

注) 旧水路は軟弱でありその位置に構造物を設置する場合には調査を行い設計をする。

【解説】

(1) ボーリング調査位置

基礎支持力の計算に用いる地盤定数の調査位置は、一般には擁壁・路体補強においては延長100mに1箇所程度、ボックスカルバートにおいては両端で各1箇所程度とされるが、旧地形を考慮して地質の変化が想定される場合は追加調査を行う必要がある。

(2) 地盤調査深さ

木杭-底盤系基礎設計に必要な地盤調査深さは、一般に構造物基礎底面から下方に10m程度と考えられる。なお、中間砂層がある場合は、この中間砂層の支持層としての層厚判断ができるよう調査深さに注意する必要がある。

(3) 土の単位体積重量

荷重・土圧の計算に用いる単位体積重量は、砂及び砂れき 20kN/m^3 、砂質土 19kN/m^3 、粘性土 18kN/m^3 とする。ただし、この値と異なる盛土材、埋め戻し材を用いる場合は締固め試験などによって定めなければならない。なお、地下水位以下にある土の単位体積重量は、 9kN/m^3 を差し引いた値とする。

4.2 周面支持力度

粘性土の場合の周面支持力度 f_i は次式による。

$$f_i = c_i = \frac{1}{2} q_{ui} \dots\dots\dots (4.2.1)$$

- c_i : i 番目土層の粘着力 (kN/m²)
- f_i : i 番目土層の周面支持力度 (粘性土は粘着力 c 、砂質土は $2N$) (kN/m²)
- q_{ui} : i 番目土層の一軸圧縮試験の圧縮強度 (kN/m²)

ポータブルコーン貫入試験の場合は $f_i = \frac{1}{10} q_{ci} \dots\dots\dots (4.2.2)$

電気式静的コーン試験の場合は $f_i = \frac{1}{10} q_{ci} \dots\dots\dots (4.2.3)$

オランダ式二重管コーン貫入試験の場合は $f_i = \frac{1}{10} \sim \frac{1}{17} q_{ci} \dots\dots\dots (4.2.4)$

f_i : i 番目土層のコーン指数 (kN/m²)

砂質土の場合の周面支持力度 f_i は次式による。

$$f_i = 2N \dots\dots\dots (4.2.5)$$

N : 標準貫入試験の N 値 (回)

【解説】

粘性土地盤に対しては、できるだけ貫入試験など原位置試験を行い、設計に用いる粘着力や粘性土層厚さなどを決定することが望ましい。

また、設計箇所近傍の既往土質調査等データをできるだけ入手し、原位置試験データと合わせて総合的に粘着力を判断することが望ましい。

標準貫入試験による N 値しかデータがない場合、粘性土地盤の粘着力の目安として式 (4.2.6) による値を用いても良い。

また N 値等のデータも無い場合、粘性土地盤の粘着力の最低値として式 (4.2.7) による値を用いても良い。しかし、この値を用いると不経済な設計になることが考えられる。

$$c = \frac{1}{2} q_u = \frac{1}{2} \cdot 12.5N = 6.25N \dots\dots\dots (4.2.6)$$

$$c = c_u / p \cdot \gamma \cdot Z = \frac{1}{3} \gamma \cdot Z \dots\dots\dots (4.2.7)$$

ここに、

- c : 粘性土地盤の粘着力 (kN/m²)
- q_u : 粘性土地盤の一軸圧縮強度 (kN/m²)
- N : 標準貫入試験による N 値 (回)
- p : 有効土被り圧 (kN/m²)
- c_u/p : 強度増加率で $1/3$ とする。
- γ : 土の単位体積重量で、 18 kN/m^3 とする。
なお、地下水位以下にある土の単位体積重量は 9 kN/m^3 とする。
- Z : 地表面からの深さ (m)

4.3 変形係数

変形係数 E_0 と地盤反力の換算係数 α は、表-4.3.1より求める。

表-4.3.1 変形係数と地盤反力の換算係数¹⁾

変形係数 E_0 の推定方法	地盤反力係数の推定に用いる係数 α
直径0.3mの剛体円板による平板載荷試験の繰返し曲線から求めた変形係数の1/2	1
坑内水平載荷試験で測定した変形係数	4
供試体の一軸圧縮試験または三軸圧縮試験から求めた変形係数	4
標準貫入試験の N 値より $E_0=2,800N$ で推定した変形係数	1

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路橋至方書・同解説 I 共通編IV下部工編, 2012.

第5章 ボックスカルバートの設計方法

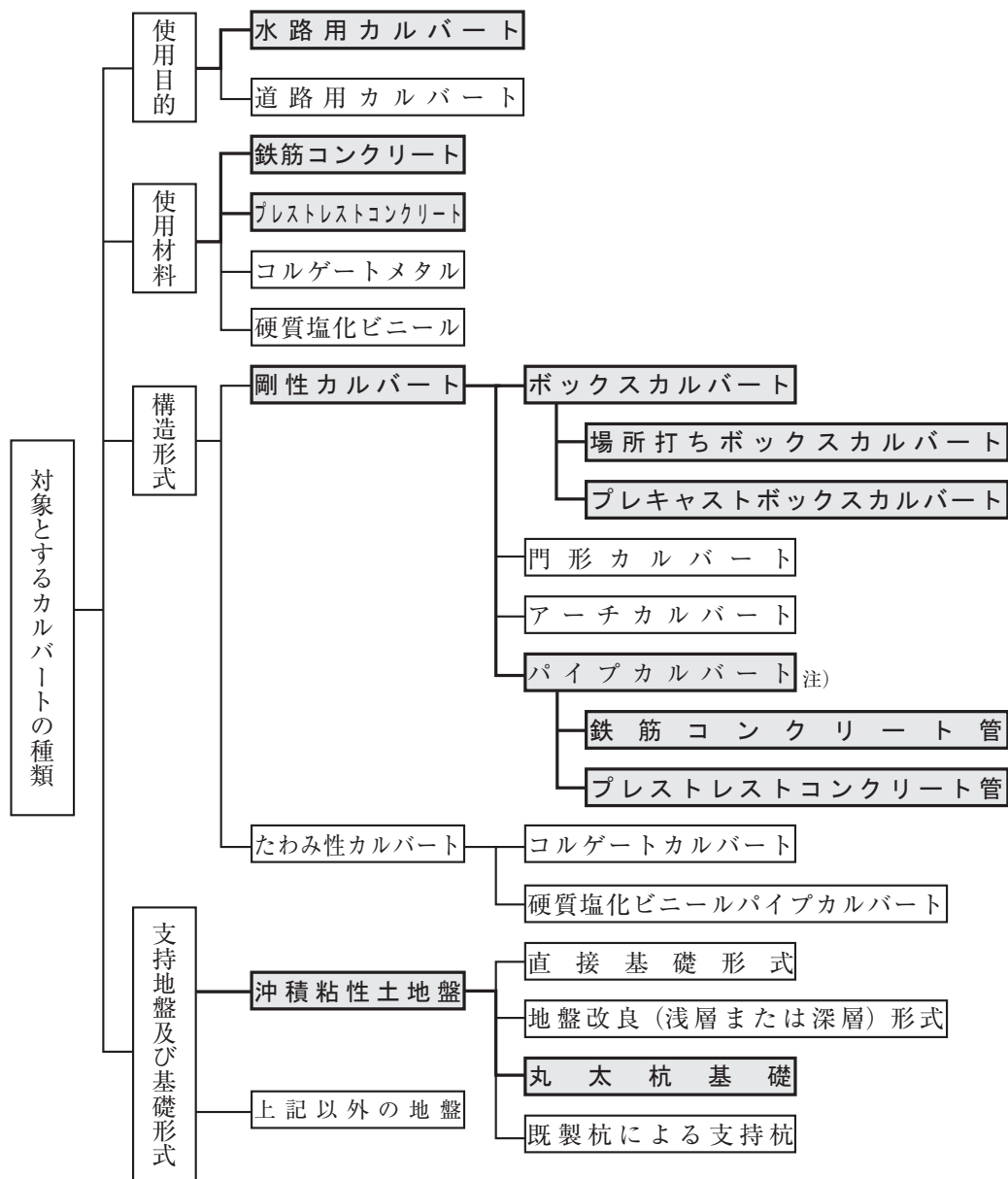
5.1 丸太杭基礎の選定と支持機構

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。

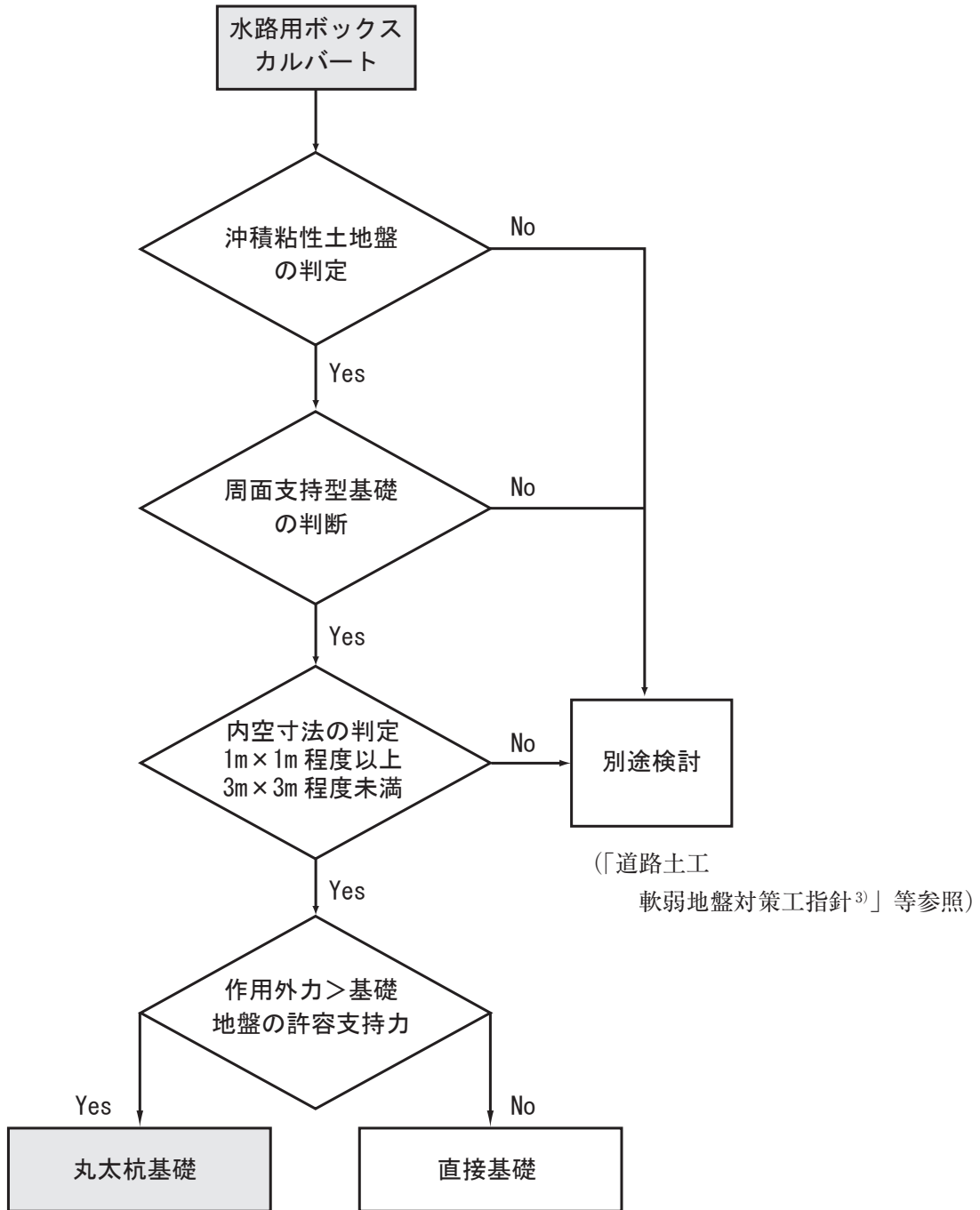


図-5.1.2 基礎選定フロー²⁾

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。

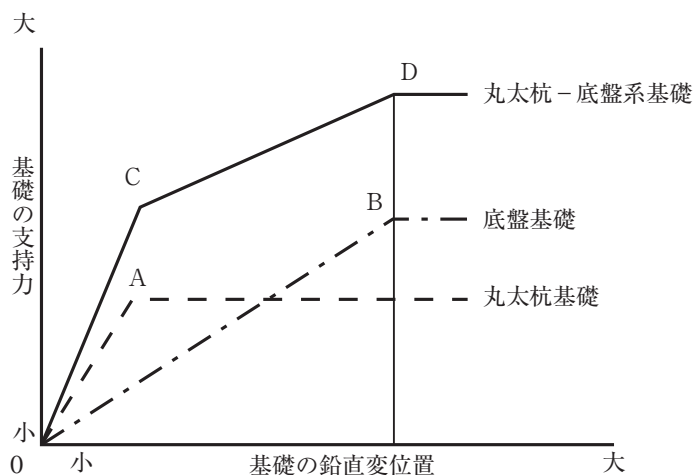


図-5.1.3 丸太杭-底盤系基礎の支持力発現の模式図²⁾

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。

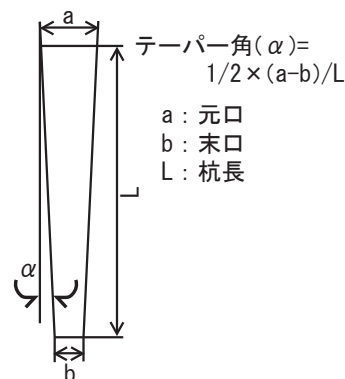
丸太杭を用いたボックスカルバートの設計は、「水路用ボックスカルバートの木杭-底盤系基礎設計マニュアル」の考え方に基づいている。当マニュアルでは、軟弱地盤において木杭の周面摩擦力のみを期待し、木杭の安全率を1.5、底盤の安全率を3とした場合に、木杭と底盤が協働して上部荷重を支持して行くことが検証されている。

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。

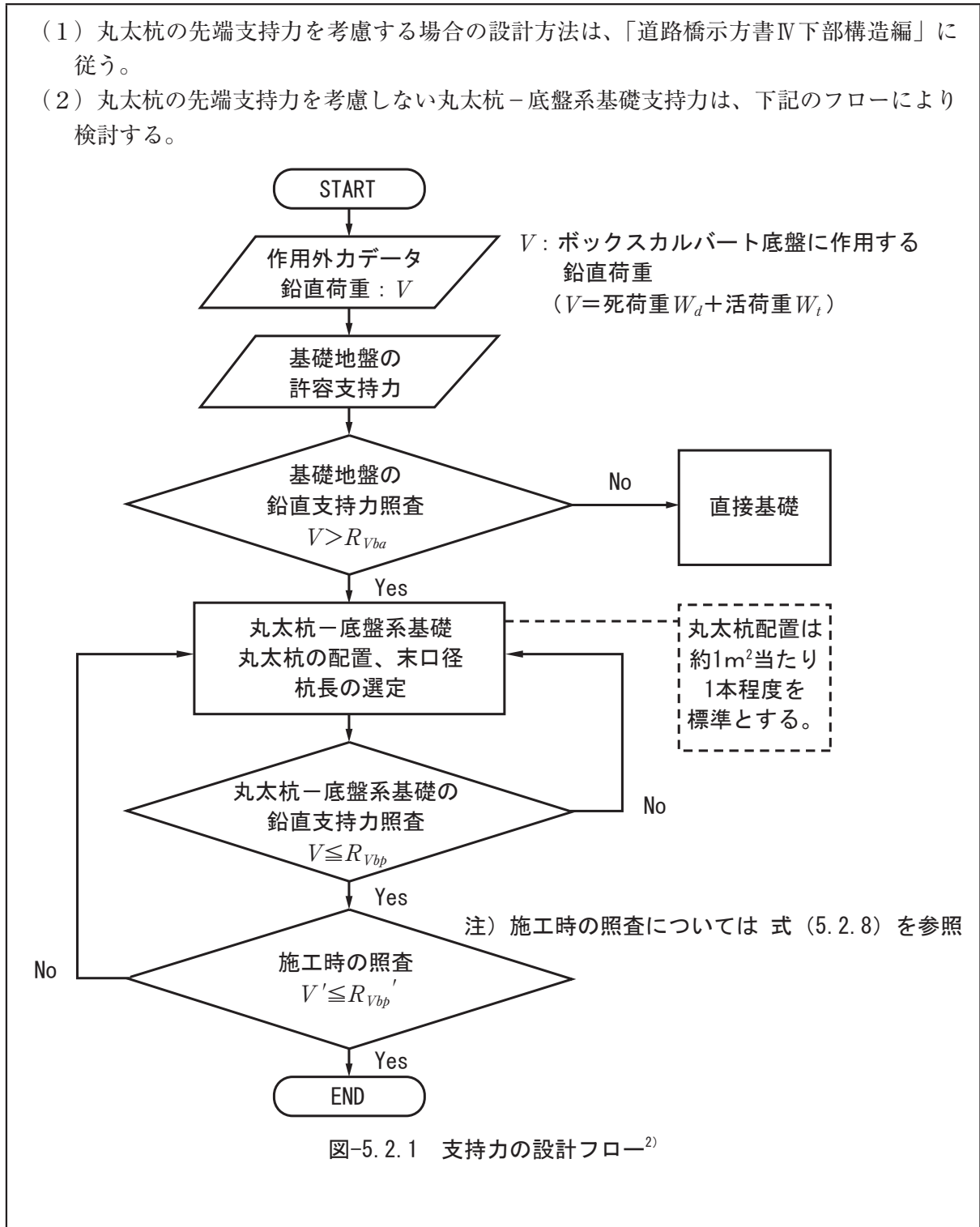


図-5.2.1 支持力の設計フロー²⁾

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)

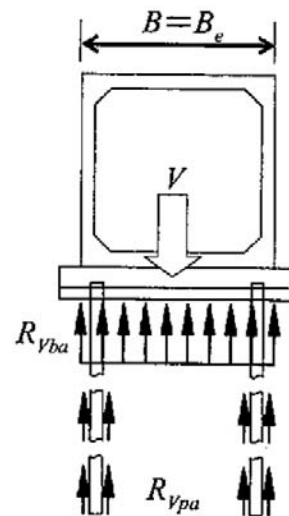


図-5.2.2 丸太杭－底盤系基礎による支持力の概念図²⁾

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。

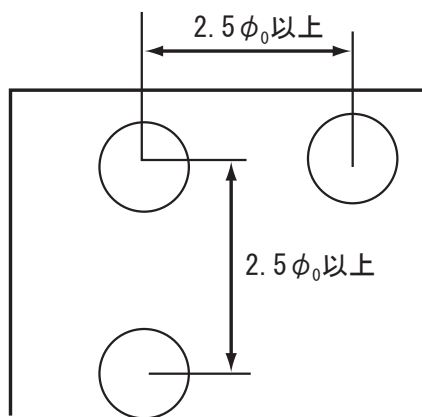


図-5.2.3 杭の最小中心間隔

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)

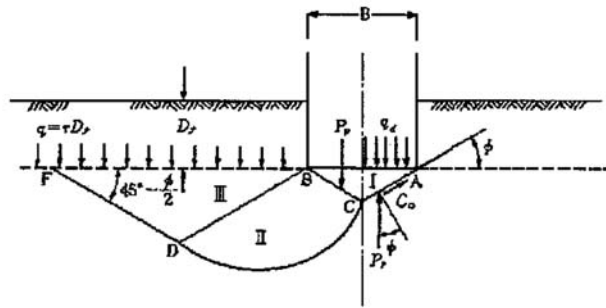


図-5.2.4 連続フーチング下の地盤における塑性平衡状態と根入れ効果の説明図
(粗い底面で土被りがあるとき、テルツァギーの方法)

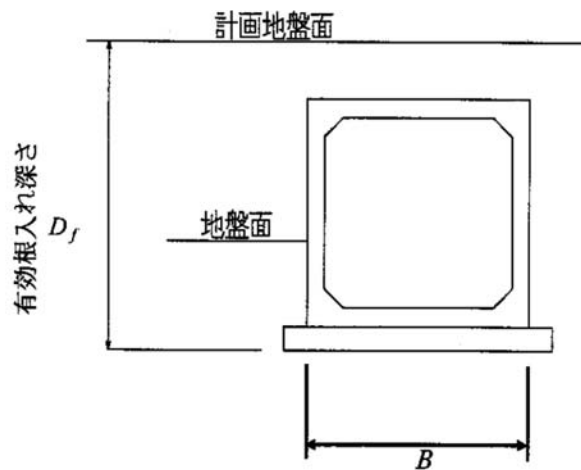


図-5.2.5 基礎の有効根入れ深さの説明図

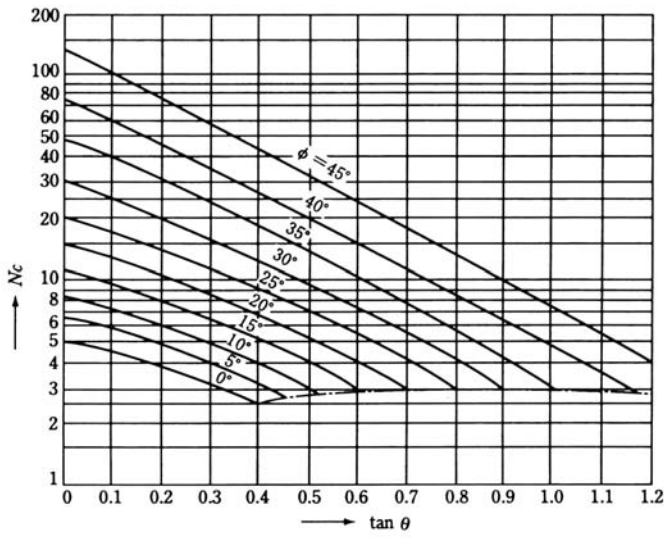


図-5.2.6 支持力係数 N_c を求めるグラフ

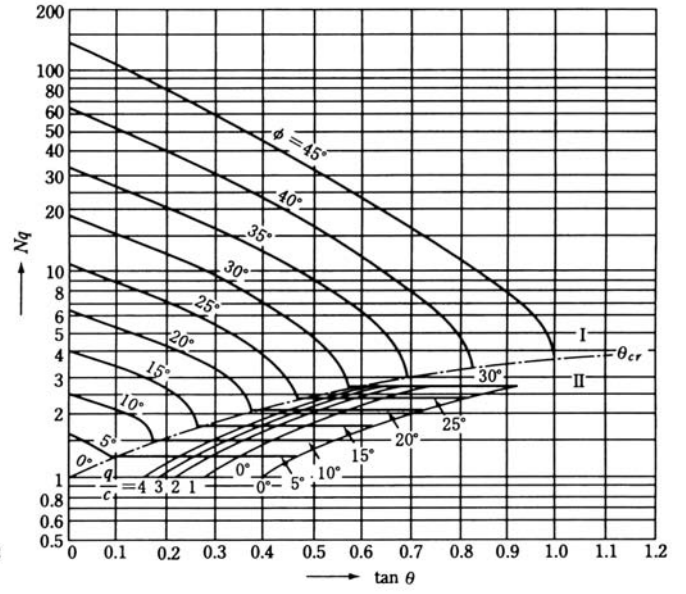


図-5.2.7 支持力係数 N_q を求めるグラフ

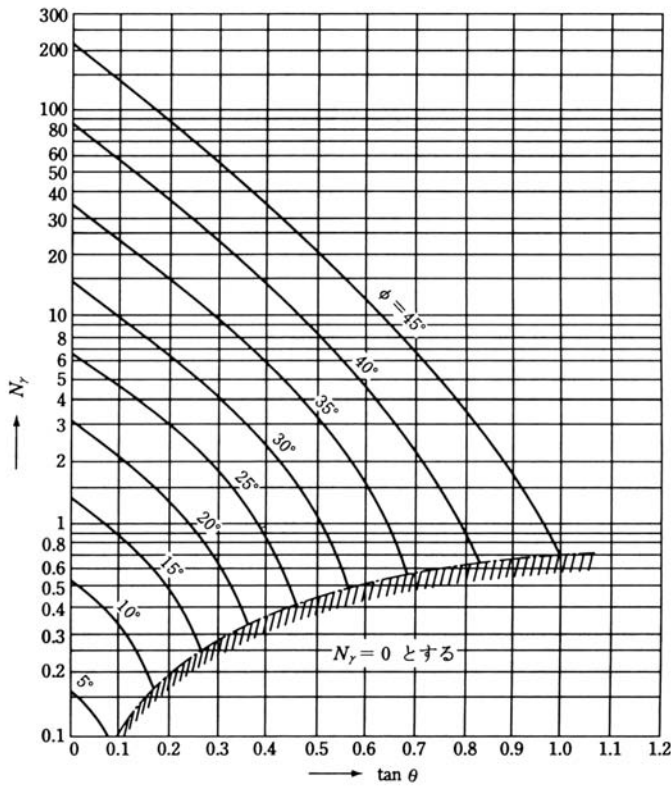


図-5.2.8 支持力係数 N_y を求めるグラフ

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

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。

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

『土地改良事業計画設計基準 設計（農道）⁵⁾』を準用

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

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

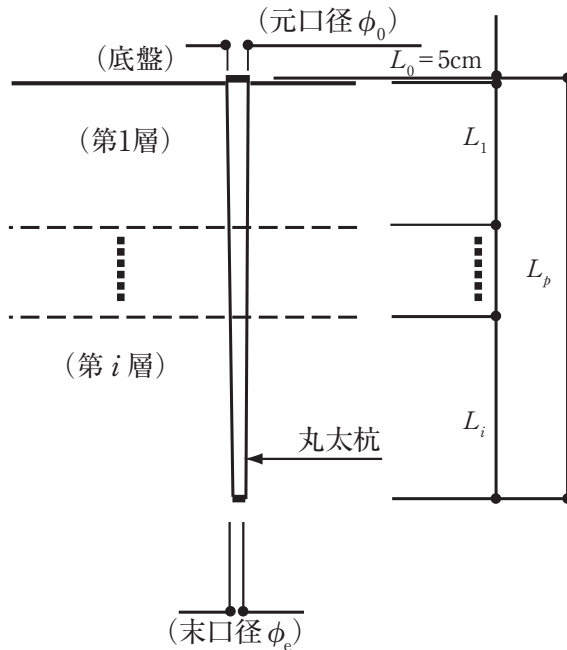
丸太1本の許容鉛直周面支持力の算定は次式による。

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

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

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

- $R_{V_{pai}}$: 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_{V_p} : 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。
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】

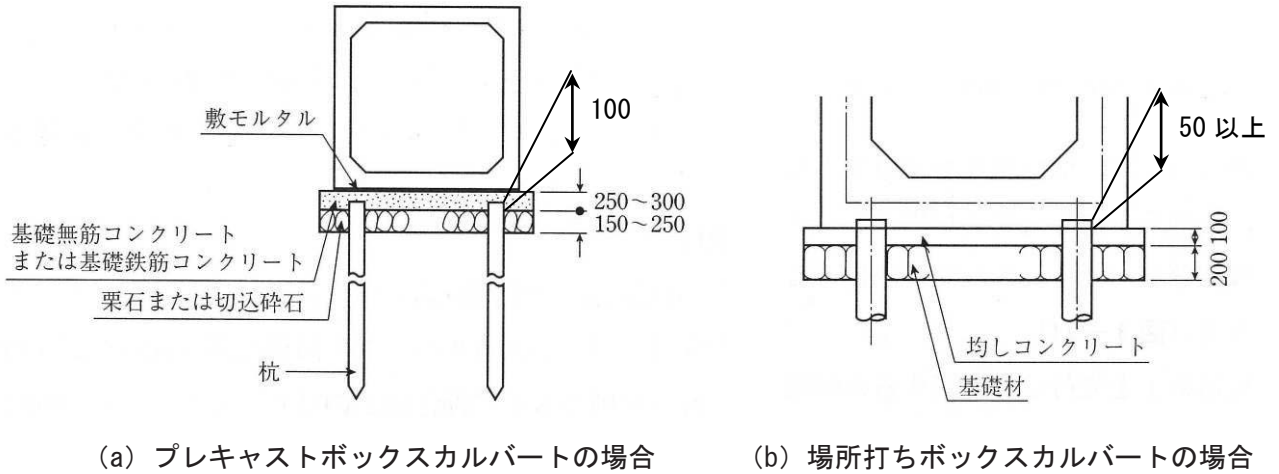


図-5.3.1 杭頭処理の例²⁾一部加筆

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】

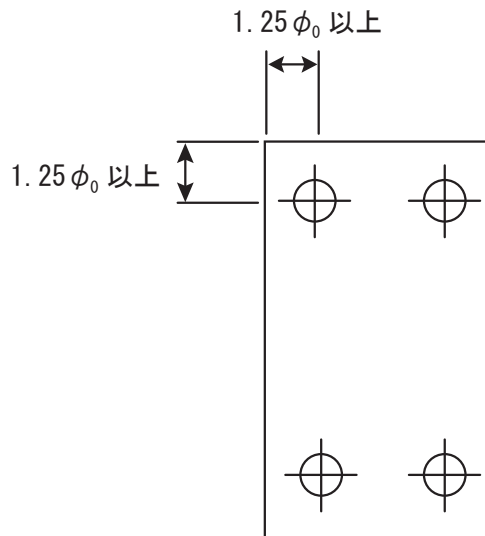


図-5.3.2 ボックスカルバートの丸太杭配置例

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.
- 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.

第6章 擁壁の設計方法

6.1 丸太杭基礎の選定と支持機構

6.1.1 対象とする擁壁の種類

本マニュアルで対象とする擁壁の種類は、道路用、農道用、宅地造成用のプレキャストL型擁壁、重力式擁壁およびU型擁壁とする。

【解説】

対象とする擁壁の種類は、下表の四角（太い実線）で囲んだものとし、道路用、農道用、宅地造成用については、道路土工 擁壁工指針（2012）¹⁾の解図1-3における擁壁の分類のうち、壁高2m以下の一般的に用いられる構造でかつ丸太杭設置に有効な一定幅の底版を有する、プレキャストL型擁壁、重力式擁壁およびU型擁壁を対象としている。また、基礎工法については、沖積粘性土地盤における「丸太杭基礎」を対象としている。

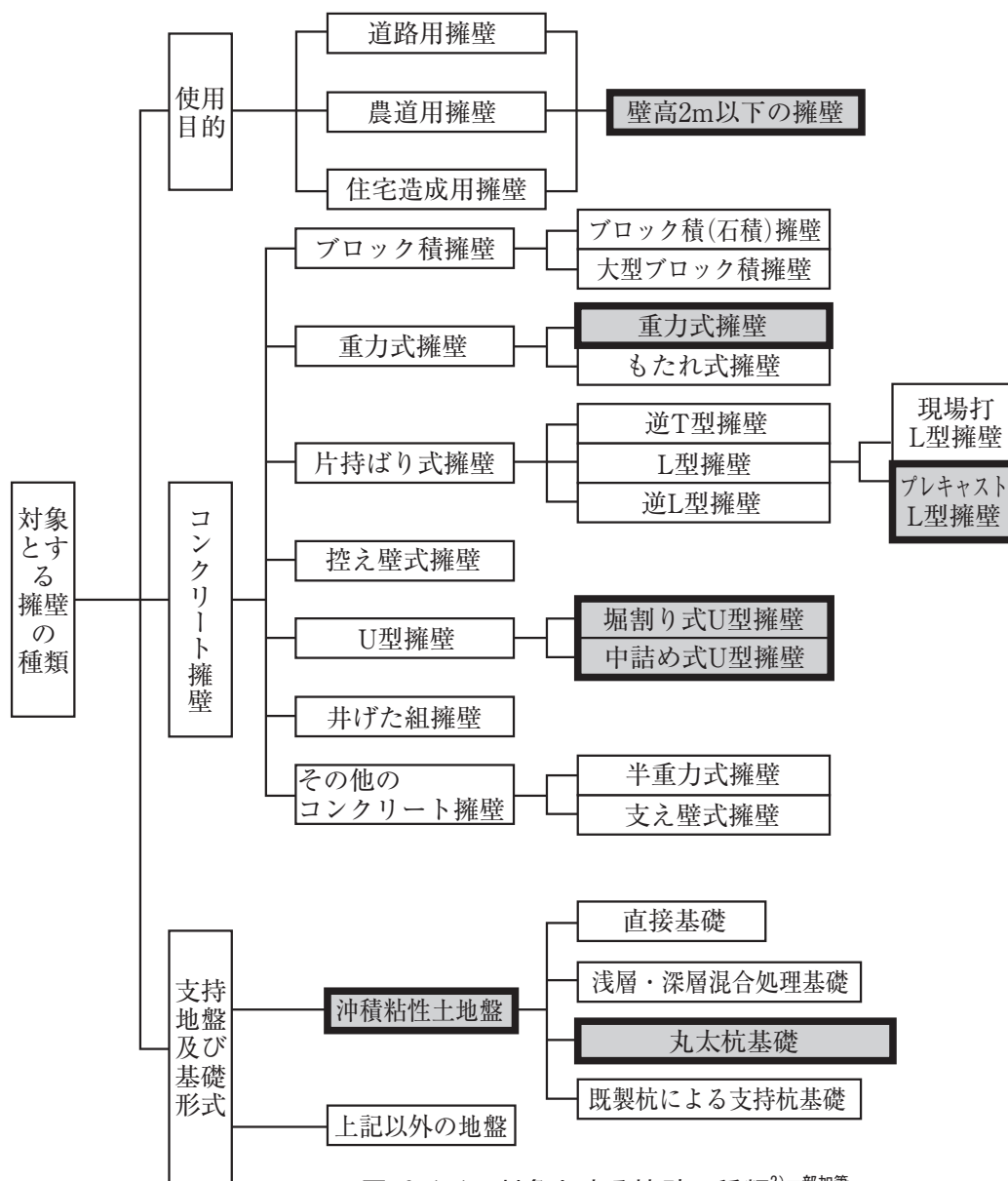


図-6.1.1 対象とする擁壁の種類²⁾一部加筆

6.1.2 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】

丸太杭基礎の選定フローを以下に示す。

本設計マニュアルで対象とする擁壁は次の2種類とする。

- ・粘性土地盤における歩道幅員2m以上の歩道に設置の壁高1.2m以下の擁壁（以下、歩道部擁壁という）
- ・上記以外の壁高2m以下の擁壁（以下、一般部擁壁という）

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。

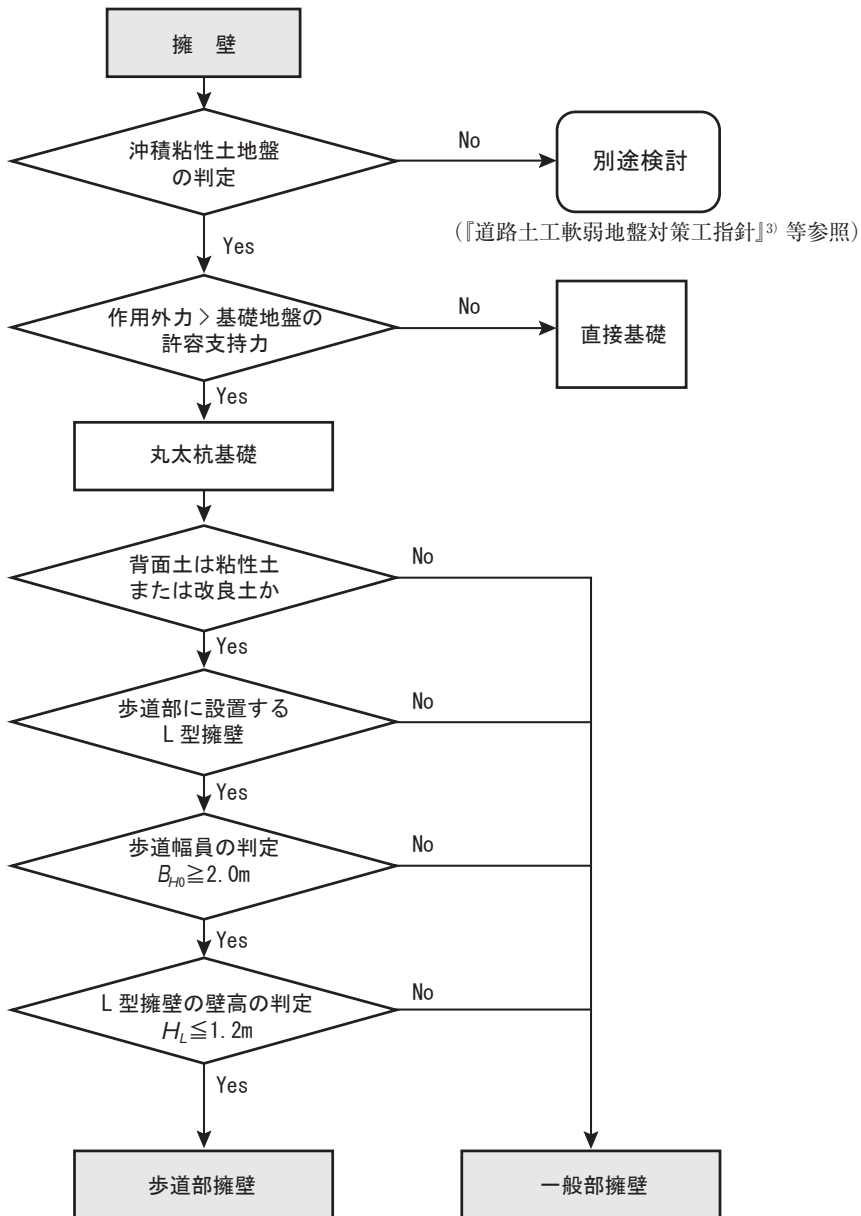


図-6.1.2 対象とする擁壁の種類²⁾一部加筆

6.1.3 丸太杭基礎の支持機構

6.1.3.1 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ツ協会：プレキャストL型擁壁(H≤2m)の木杭－底盤系基礎～設計マニュアル(第1版)～、2008」による方法である。

6.1.3.2 丸太杭－底盤系基礎の支持力の考え方

第5章 5.1.3.2 と同一である (p.21参照)。

6.1.3.3 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、鉛直力と水平力に対して以下の手順で行う。

- (1) 鉛直力：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。
- (2) 水平力：底盤水平支持力を計算して、不足支持力を木杭の水平抵抗力で補う。

【解説】

鉛直力に対する丸太杭－底盤系基礎の計算は、5.1.3.3と同一である (p.22参照)。

水平力に対する丸太杭－底盤系基礎の計算は、擁壁に採用する水平力と基礎地盤の許容水平支持力の差を丸太杭に作用する水平荷重とし、丸太杭の杭体応力度を照査する方法で行う。

6.2 基礎の設計

6.2.1 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、以下の基本事項により検討する。
- 1) 丸太杭－底盤系基礎の照査は底盤支持力の不足支持力を丸太杭の周面支持力で支持させるものとする。
 - 2) 丸太杭－底盤系基礎における鉛直力は、6.2.2.1に規定する丸太杭－底盤系基礎の許容鉛直支持力以下とする。
 - 3) 丸太杭－底盤系基礎における水平力は、6.2.2.2に規定する丸太杭－底盤系基礎の許容水平支持力以下とする。
 - 4) 擁壁設置時における鉛直力は、6.2.4に規定する丸太杭の許容鉛直周面支持力以下とする。

丸太杭－底盤系基礎の標準的な設計計算フローを図-6.2.1に示す。

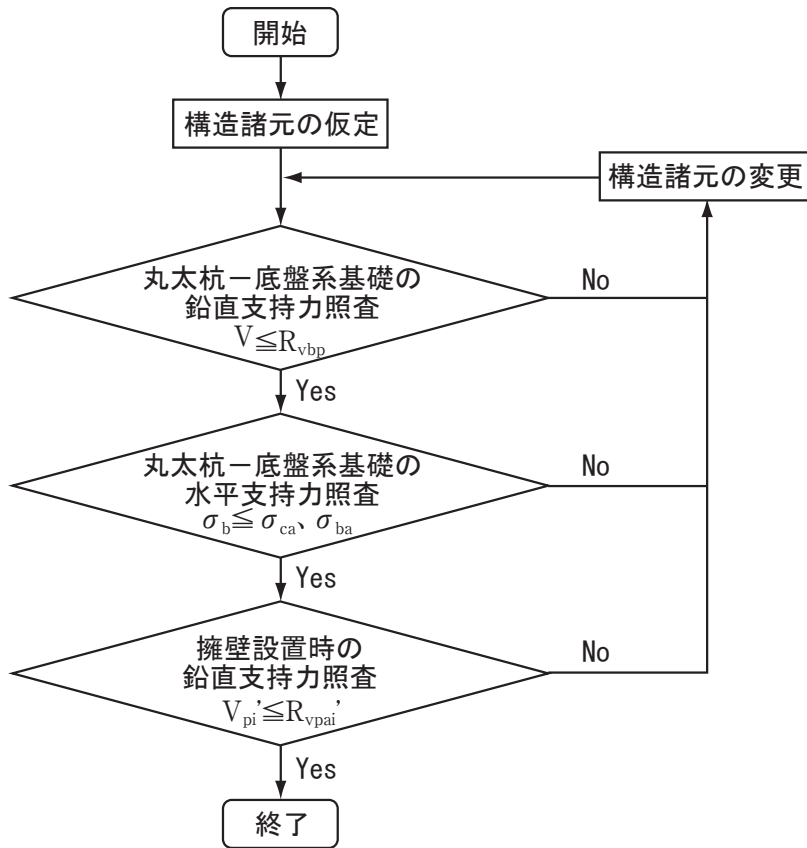


図-6.2.1 丸太杭－底盤系基礎の設計計算フロー²⁾一部加筆

【解説】

- 1) 丸太杭－底盤系基礎の基本的な考え方について規定したものである。
- 2) 鉛直力に対する照査について規定したものである。

- 3) 水平力に対する照査について規定したものである。本マニュアルの設計方法では、6.2.6.2に示すように、基礎地盤の許容水平支持力の不足分の水平荷重が丸太杭頭部に作用するとして丸太の設計を行い、杭体の応力度を杭体の強度以下とする。
- 4) 擁壁設置時における鉛直力に対する照査について規定したものである。擁壁設置時においては、擁壁の前倒れにより前面丸太杭に擁壁自重が集中し、かつ6.2.3に規定する有効根入れ深さ D_f も期待できない。このため擁壁設置時の安定照査は、擁壁自重に対して前面丸太杭のみで支持するものとした。この時の丸太杭許容周面支持力算定の安全率は $Fs'=1.2$ を用いるものとする。

6.2.2 丸太杭－底盤系基礎の支持力

6.2.2.1 丸太杭－底盤系基礎の鉛直支持力

丸太杭－底盤系基礎の許容鉛直支持力は荷重の偏心を考慮した底盤基礎地盤の許容鉛直支持力と丸太杭の許容鉛直周面摩擦力の和とし、式(6.2.3)により算出するものとする。

$$R_{Vbp} = R_{Vba} + R_{Vpa} \quad \dots\dots\dots (6.2.1)$$

$$R_{Vba} = \frac{R_{Vbu}}{F_{Vb}} \quad \dots\dots\dots (6.2.2)$$

ここに、

- 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た基礎地盤の許容鉛直支持力 (kN)
- R_{Vpa} : 6.4に示す丸太杭の許容鉛直周面支持力 (kN)
- R_{Vbu} : 6.3に示す荷重の偏心を考慮した基礎地盤の極限鉛直支持力 (kN)
- F_{Vb} : 基礎地盤の鉛直支持力に関する安全率 (=3)

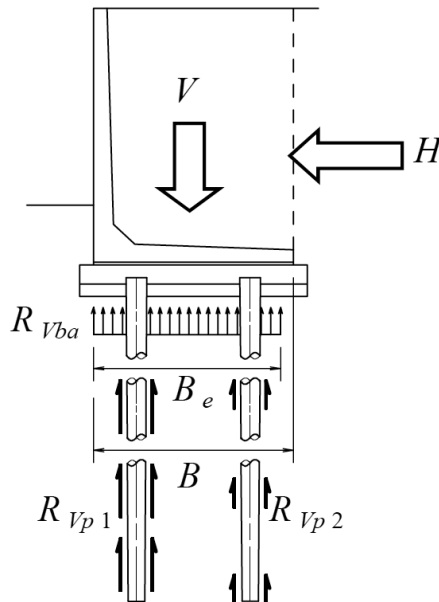


図-6.2.2 丸太杭－底盤系基礎による鉛直支持力の概念図²⁾

【解説】

丸太杭－底盤系基礎の許容鉛直支持力の算出は荷重の偏心を考慮した基礎地盤の許容鉛直支持力と丸太杭の許容鉛直周面摩擦力の和によるものとした。

6.2.2.2 丸太杭－底盤系基礎の水平支持力

丸太杭－底盤系基礎の許容水平支持力は荷重の偏心を考慮した基礎地盤の許容水平支持力と丸太杭の許容水平支持力の和とし、式(6.2.3)により算出するものとする。

$$R_{Hbp} = R_{Hba} + R_{Hpa} \quad \dots\dots\dots (6.2.3)$$

$$R_{Hba} = \frac{R_{Hbu}}{F_{Hb}} \quad \dots\dots\dots (6.2.4)$$

ここに、

R_{Hbp} : 丸太杭－底盤系基礎の許容水平支持力 (kN)

R_{Hba} : 荷重の偏心を考慮した基礎地盤の許容水平支持力 (kN)

R_{Hpa} : 丸太杭の許容水平支持力 (kN)

ただし、本マニュアルの設計方法では、6.2.6.2に示すように、 R_{Hpa} を直接求めることはしないで、基礎地盤の許容水平支持力の不足分の水平荷重が丸太杭頭部に作用するとして、丸太杭の設計を行う。

R_{Hbu} : 6.2.5に示す荷重の偏心を考慮した基礎地盤の極限水平支持力 (kN)

F_{Hb} : 基礎地盤の水平支持力に関する安全率 (=1.5)

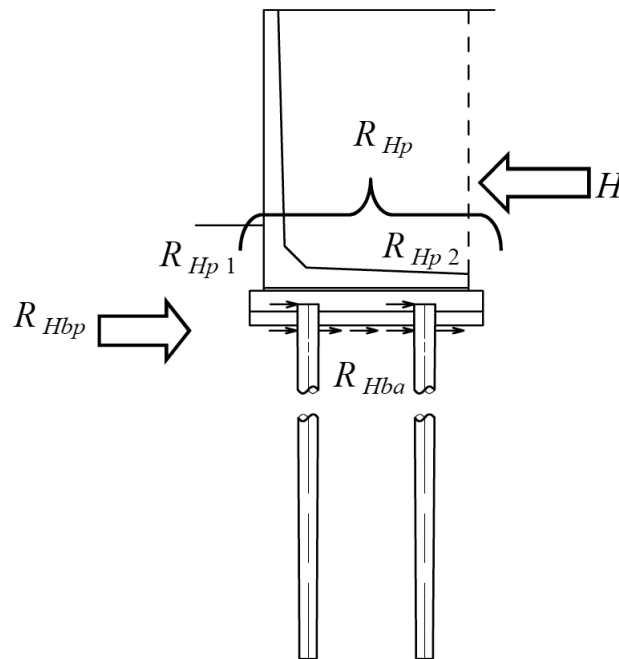


図-6.2.3 丸太杭－底盤系基礎による水平支持力の概念図²⁾一部加筆

【解説】

丸太杭－底盤系基礎の許容水平支持力の算出は荷重の偏心を考慮した基礎地盤の許容水平支持力と丸太杭の許容水平支持力の和によるものとした。

道路土工擁壁工指針¹⁾には「杭頭変位については、橋梁基礎のように上部構造から定まる許容変位量を規定する必要がないと考えられることから、杭頭部における許容変位量は規定しないものとする。」と記述されている。本マニュアルにおいても杭頭変位量は考慮しない。

6.2.2.3 丸太杭の配置

第5章 5.2.2.3 と同一である (p. 26参照)。

6.2.3 丸太杭—底盤系基礎における底盤基礎地盤の鉛直周面支持力算定

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。

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

【解説】

6.2.3.1 道路橋示方書による基礎地盤の鉛直支持力計算⁴⁾

第5章 5.2.3.1 と計算方法は同一である (p. 27参照)。

形状係数 α 、 β については、帯状構造物の値 (表-6.2.1参照) を用いる。

表-6.2.1 形状係数

基礎荷重面の形状	帯 状
α	1.0
β	1.0

基礎の根入れ深さは図-6.2.4を参考に設定する。

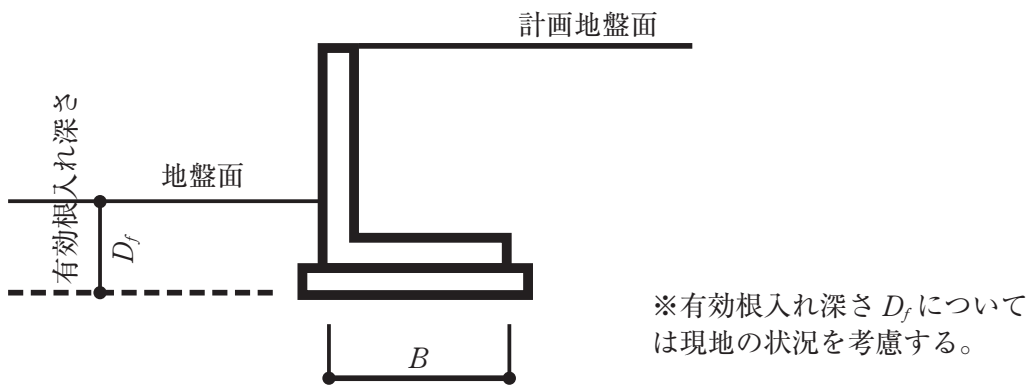


図-6.2.4 基礎の有効根入れ深さの説明図

また、支持力係数 N_c, N_q, N_γ を求める際の $\tan \theta$ に関して、歩道部擁壁では $\tan \theta = 0$ とする。²⁾

6.2.3.2 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⁾

第5章 5.2.3.2 と計算方法は同一である (p. 30参照)。

形状係数 α 、 β については、連続構造物の値 (表-6.2.2参照) を用いる。

表-6.2.2 形状係数

基礎荷重面の形状	連 続
α	1.0
β	0.5

また、有効載荷面積 A_e を求める際の B_e に関して、歩道部擁壁では $B_e = B$ とする。²⁾

6.2.3.3 建築基礎構造設計指針による基礎地盤の鉛直支持力⁶⁾

第5章 5.2.3.3 と計算方法は同一である (p. 32参照)。

形状係数 α 、 β については、連続構造物の値 (表-6.2.3参照) を用いる。

表-6.2.3 形状係数

基礎荷重面の形状	連 続
α	1.0
β	0.5

また、有効載荷面積 A_e を求める際の B_e に関して、歩道部擁壁では $B_e = B$ とする。²⁾

6.2.4 丸太杭一底盤系基礎における木杭の鉛直周面支持力算定

第5章 5.2.4 と同一である (p. 33参照)。

6.2.5 丸太杭－底盤系基礎における基礎地盤の水平支持力算定

「6.2.2.2 丸太杭－底盤系基礎の水平支持力」の R_{Hbu} 、 R_{Hba} は、以下に示す式 (6.2.5)、式 (6.2.6) より求める。

- (1) 基礎地盤の水平支持力は基礎コンクリートと地盤との間に働くせん断抵抗力に対して安全率1.5を確保する。
 (2) 上記せん断抵抗力は、道路橋示方書Ⅳ下部構造編p.308の式 (10.3.2) を準用し式 (6.2.5) で求める。

$$R_{Hbu} = c_B \cdot A_e + R_{Vba} \cdot \tan \phi_B \quad \dots\dots\dots (6.2.5)$$

$$R_{Hba} = \frac{R_{Hbu}}{F_{Hb}} \quad \dots\dots\dots (6.2.6)$$

R_{Hbu} : 基礎底面の極限水平支持力 (kN)

c_B : 基礎底面と地盤との間の付着力 (基礎底面地盤の粘着力 c を用いる) (kN/m²)

ϕ_B : 基礎コンクリート底面と地盤との間の摩擦角 (粘性土では考慮しない) (°)

A_e : 有効載荷面積 (m²)

R_{Vba} : 基礎地盤の許容鉛直支持力 (kN)

R_{Hba} : 基礎地盤の許容水平支持力 (kN)

F_{Hb} : 基礎地盤の水平支持力に関する安全率 (=1.5)

【解説】

本設計マニュアルでは鉛直支持においては底盤の許容鉛直支持力の不足分を丸太杭基礎が分担するとしていることから、底盤の許容支持力は100%発揮されていると考える。このため基礎底面の極限水平支持力算出においては、底盤の許容鉛直支持力を用いることとした。

6.2.6 丸太杭一底盤系基礎の設計

6.2.6.1 鉛直支持力の計算

丸太杭に作用する鉛直荷重は、次式で求める。

$$V_p = V - R_{Vba} \dots\dots\dots (6.2.7)$$

V ：基礎コンクリート底面に作用する擁壁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)

V_p ：丸太杭に作用する鉛直荷重 (kN)

(1) 歩道部擁壁の場合、丸太杭配置を擁壁前面側に2本、背面側に1本としたときの杭1本に作用する最大鉛直荷重は下式で求める。

$$V_{p2} = \frac{V_p}{2} \leq R_{Vpai} \dots\dots\dots (6.2.8)$$

(2) 一般部擁壁において丸太杭配置が前面2本、背面1本の場合、擁壁前面の丸太杭1本の鉛直荷重 V_{p1} および擁壁背面の丸太杭1本の鉛直荷重 V_{p2} は下式で求める。

$$V_{p1} = \frac{V_p \cdot (x + e_B)}{4x} \leq R_{Vpai} \dots\dots\dots (6.2.9)$$

$$V_{p2} = \frac{V_p \cdot (x - e_B)}{2x} \leq R_{Vpai} \dots\dots\dots (6.2.10)$$

(3) 一般部擁壁において丸太杭配置が前面2本、背面2本の対称の場合、丸太杭1本に作用する鉛直荷重は下式により求める。

$$V_{pi} = \frac{V_p}{n_p} + \frac{V_p \cdot e_B}{\sum (n_i \cdot x_i^2)} \cdot x_i \leq R_{Vpai} \dots\dots\dots (6.2.11)$$

V_{pi} ： i 番目の丸太杭に作用する鉛直荷重 (kN)

R_{Vpai} ： i 番目丸太杭の許容鉛直周面支持力 (kN)

n_p ：丸太杭本数 (本)

e_B ：L型擁壁フーチング幅中心から外力作用位置までの偏心量 (m)

x_i ：フーチング幅 B の中心から各杭中心までの水平距離 (m)

$\sum (n_i \cdot x_i^2)$ ：杭群の二次モーメント (本・ m^2) $n_1 \cdot x_1^2 + n_2 \cdot x_2^2$

B ：L型擁壁のフーチング幅 (m)

【解説】

(1) 歩道部擁壁の場合

歩道部擁壁の丸太杭配置は、本設計マニュアル“6.3.2丸太杭の配置パターン例”に示す擁壁前面側に2本、背面側に1本としている。このような配置での丸太杭1本に作用する最大鉛直荷重は、擁壁背面の丸太杭に作用しその鉛直荷重は式 (6.2.9) と式 (6.2.10) において V_{p2} に $e_B = 0$ を代入した式 (6.2.8) で求められる。

(2) 一般部擁壁において丸太杭配置が前面2本、背面1本の場合

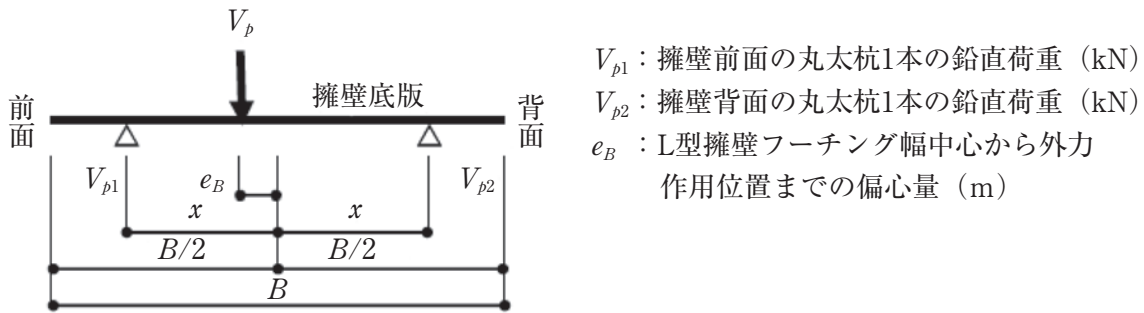
鉛直方向の力の釣合から

$$2V_{p1} + V_{p2} = V_p \quad \dots\dots\dots (6.2.12)$$

擁壁底版背面回りのモーメントの釣合から

$$2V_{p1} \cdot \left(\frac{B}{2} + x\right) + V_{p2} \cdot \left(\frac{B}{2} - x\right) = V_p \cdot \left(\frac{B}{2} + e_B\right) \quad \dots\dots\dots (6.2.13)$$

式 (6.2.12) と式 (6.2.13) の2式から式 (6.2.9) と式 (6.2.10) が導かれる。



V_{p1} : 擁壁前面の丸太杭1本の鉛直荷重 (kN)
 V_{p2} : 擁壁背面の丸太杭1本の鉛直荷重 (kN)
 e_B : L型擁壁フーチング幅中心から外力作用位置までの偏心量 (m)

図-6.2.5 丸太杭に作用する鉛直荷重図

(3) 一般部擁壁において丸太杭配置が前面2本、背面2本の対称の場合

一般部擁壁で丸太杭配置が対称の場合の丸太杭-底盤系基礎における丸太杭に作用する鉛直荷重は、『道路橋示方書・同解説IV下部構造編』（平成24年3月）“12章杭基礎の設計”の変位法による計算における杭配列が対称で鉛直杭の場合のp.416の（解12.7.8）式、杭の杭軸方向力 P_{mi} から算出する。

$$P_{mi} = \frac{V_o}{n} + \frac{M_o + \frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot H_o}{\sum x_i^2 + \frac{n}{K_v} \left(K_4 - \frac{K_2^2}{K_1} \right)} \cdot x_i \quad \dots\dots\dots (6.2.14)$$

ここに、杭頭ヒンジのときは $1/2 \cdot \lambda \cdot H_o = 0$ とする。

- V_o : フーチング底面より上に作用する鉛直荷重 (kN)
- H_o : フーチング底面より上に作用する水平荷重 (kN)
- M_o : 原点Oまわりの外力のモーメント (kN・m)
- n : 杭の総本数 (本)
- x_i : i 番目の杭の杭頭の x 座標 (m)
- K_v : 杭頭に単位量の軸方向変位を生じさせる杭軸方向力 (杭の軸方向バネ定数) (kN/m)
- K_1 : 杭頭部に回転を生じさせないようにして、杭頭部を杭軸直角方向に単位量だけ変位させるとき、杭頭部に作用させるべき軸直角方向力 (kN/m)
- K_2 : 杭頭部に移動を生じさせないようにして、杭頭部を単位量だけ回転させるとき、杭頭部に作用させるべき軸直角方向力 (kN/rad)

丸太杭-底盤系基礎の丸太杭は、基礎コンクリートに5cm根入れしているだけであるので、丸太杭と基礎コンクリートの結合状態はヒンジ結合と考える。

さらに同示方書p.409の“表-解12.6.1杭の軸直角方向バネ定数”から杭頭ヒンジ結合の場合の K_2 、

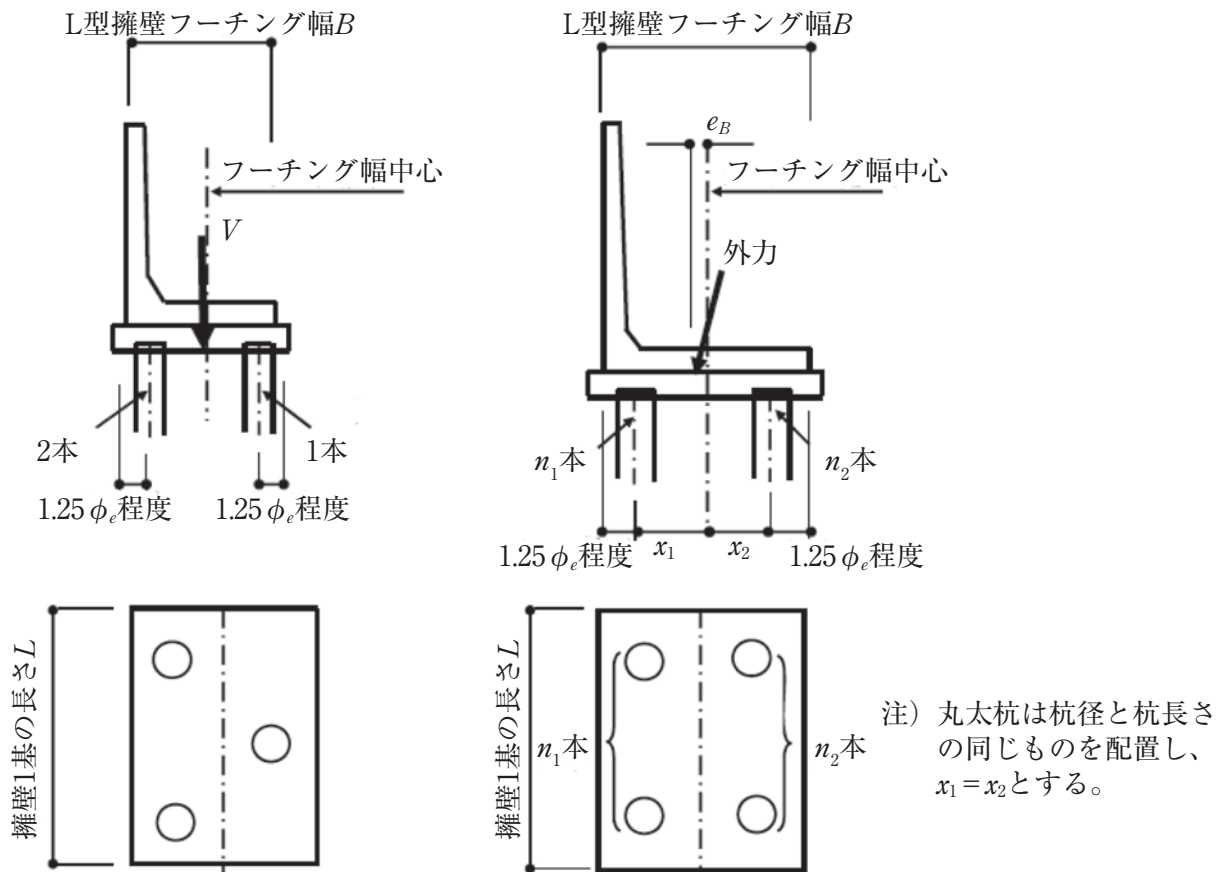
K_3 、 K_4 はいずれも0（ゼロ）となる。

このようなことから、一般部擁壁における一本の丸太杭に作用する鉛直荷重を求める式は式(6.2.14)に $1/2 \cdot \lambda \cdot H_0 = 0$ 、 $K_2 = K_3 = K_4 = 0$ を代入すると以下のような式となる。

$$\begin{aligned}
 P_{ni} &= \frac{V_o}{n} + \frac{M_o + \frac{1}{2} \cdot \lambda \cdot H_o}{\Sigma x_i^2 + \frac{n}{K_v} \left(K_4 - \frac{K_2^2}{K_1} \right)} \cdot x_i \\
 &= \frac{V_o}{n} + \frac{M_o + 0}{\Sigma x_i^2 + \frac{n}{K_v} \left(0 - \frac{0}{K_1} \right)} \cdot x_i \\
 &= \frac{V_o}{n} + \frac{M_o}{\Sigma x_i^2} \cdot x_i \quad \dots\dots\dots (6.2.15)
 \end{aligned}$$

(1) 歩道部擁壁の場合

(2) 一般部擁壁の場合



6.2.6.2 一般部擁壁の水平支持力の計算

丸太杭頭部に作用する水平荷重は、丸太杭に均等に作用するとして次式で求める。

$$H_p = H - R_{Hba} \quad \dots\dots\dots (6.2.16)$$

$$H_{pi} = \frac{H_p}{n_p} \quad \dots\dots\dots (6.2.17)$$

H_p : 丸太杭に作用する水平荷重 (kN)

H : 基礎コンクリート底面に作用する擁壁1基当たりの水平荷重 (kN)

R_{Hba} : 基礎地盤の許容水平支持力 (kN)

H_{pi} : i 番目丸太杭に作用する水平力 (杭軸直角) (kN)

n_p : 丸太杭本数 (本)

丸太杭頭部の水平力により丸太杭に生じる地中部最大モーメント M_{max} は丸太杭頭部をヒンジ結合の半無限長の杭として次式により算出する。

$$M_{max} = -0.3224 \frac{H_{pi}}{\beta} \quad (\text{kN} \cdot \text{m}) \quad \dots\dots\dots (6.2.18)$$

杭体の応力度を杭体の強度以下とする。杭体応力度は次式により算出する。

$$\sigma_b = \frac{V_{pi} \cdot 10^3}{A} \pm \frac{M_{max} \cdot 10^6}{Z} \leq \begin{bmatrix} \sigma_{ca} \\ \sigma_{ba} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (6.2.19)$$

σ_b : 曲げ圧縮 (引張) 応力度 (N/mm²)

Z : 丸太杭の断面係数 $\pi / 32 \cdot \phi_e^3$ (mm³)

A : 丸太杭1本当たりの断面積 (mm²)

V_{pi} : i 番目丸太杭に作用する鉛直荷重 (kN)

σ_{ca} : 丸太杭の許容曲げ圧縮応力度 (N/mm²)

σ_{ba} : 丸太杭の許容曲げ引張応力度 (N/mm²)

β : 丸太杭の特性値

【解説】

丸太杭に生じる地中部最大モーメント M_{max} の算出式は道路橋示方書・同解説IV下部構造編p.628平成24年3月を参照している。

なお丸太杭の特性値 β は簡便的に一様地盤と考えて式 (6.2.20) より算出する。

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_H \cdot \phi_e}{4 \cdot E \cdot I}} \quad (\text{m}^{-1}) \quad \dots\dots\dots (6.2.20)$$

$$K_H = K_{H0} \left(\frac{B_H}{0.3} \right)^{-3/4} \quad (\text{kN} \cdot \text{m}^3) \quad \dots\dots\dots (6.2.21)$$

$$K_{H0} = \frac{1}{0.3} a \cdot E_0 \quad \dots\dots\dots (6.2.22)$$

$$B_H = \left(\frac{\phi_e}{\beta_0} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (6.2.23)$$

$$I = \left(\frac{\pi \cdot \phi_e^4}{64} \right) \dots\dots\dots (6.2.24)$$

- α : 地盤反力係数の推定に用いる係数
 K_H : 水平方向地盤反力係数 (kN/m³)
 E_0 : 地盤の変形係数 (kN/m²)
 ϕ_e : 丸太杭末口 (m)
 E : 丸太杭のヤング (弾性) 係数 (kN/m²)
 I : 丸太杭の断面2次モーメント (m⁴)

6.2.6.3 施工時の照査

丸太杭に作用する鉛直荷重は、次式で求める。

$$V_p' = V' \quad \dots\dots\dots (6.2.25)$$

V' : 基礎コンクリート底面に作用する擁壁1基当たりの施工時鉛直荷重 (kN)
(擁壁 + 基礎コンクリート、均しモルタル等の自重)

V_p' : 丸太杭に作用する施工時鉛直荷重 (kN)

- (1) 歩道部擁壁または一般部擁壁における非対称配置 (擁壁前面側に2本、背面側に1本)、
(2) 一般部擁壁における対称配置 (擁壁前面側に2本、背面側に2本) の場合の施工時最大鉛直荷重は下式で求める。

$$V_{pi}' = \frac{V_p'}{2} \leq R_{Vpai}' \quad \dots\dots\dots (6.2.26)$$

$$R_{Vpai}' = \frac{R_{Vpai}}{F_s'} \quad \dots\dots\dots (6.2.27)$$

V_{pi}' : i 番目の丸太杭に作用する施工時鉛直荷重 (kN)

R_{Vpai}' : 丸太杭1本の施工時許容鉛直周面支持力 (kN)

R_{Vpai} : 丸太杭1本の極限鉛直周面支持力 (kN)

F_s' : 丸太杭の鉛直周面支持力に関する施工時安全率 (=1.2)

【解説】

擁壁における施工時の照査は、前面側に極端な偏心荷重が作用することを考慮して、擁壁等の自重を前面側の杭のみで受け持つことを確認する。

- (1) 歩道部擁壁または一般部擁壁における非対称配置 (丸太杭配置が前面2本、背面1本) の場合、施工時の安定照査における擁壁前面丸太杭に作用する鉛直荷重は、式 (6.2.9) で $e_B = x$ を代入した次式で求められる。

$$V_{p1}' = \frac{V_p' \cdot (x + e_B)}{4x} = \frac{V_p'}{2} \quad \dots\dots\dots (6.2.28)$$

- (2) 一般部擁壁における対象配置 (丸太杭配置が前面2本、背面2本) の場合
施工時の安定照査における擁壁前面木杭に作用する鉛直荷重は、式 (6.2.11) で $e_B = x$ 、 $n_p = 4$ を代入した次式で求められる。

$$V_{p1}' = \frac{V_p'}{n_p} + \frac{V_p' \cdot e_B}{\sum (n_i \cdot x_i^2)} \cdot x_i = \frac{V_p'}{4} + \frac{V_p' \cdot x}{4x^2} \cdot x = \frac{V_p'}{2} \quad \dots\dots\dots (6.2.29)$$

6.2.7 荷重の考え方

6.2.7.1 荷重の種類

擁壁の設計で考慮する荷重の種類は以下のとおりである。

表-6.2.4 荷重の種類（擁壁）²⁾

項 目		擁壁本体の 断面計算	本マニュアル	
			歩道部擁壁の 基礎の計算	一般部擁壁の 基礎の計算
死 荷 重	擁壁自重 W_{d1}	○	○	○
	裏込め土重 W_{d2}	○	○	○
	基礎コンクリート自重 W_{d3}	○	○	○
	基礎コンクリート上の土重 W_{d4}, W_{d5}	×	× _{注1}	× _{注1}
活 荷 重	擁壁上の活荷重 q_L	○	○ _{注2}	○ _{注4}
	活荷重による側圧 W_{th}	○	×	○
	衝撃係数 i	×	×	×
土 圧	主働土圧（試行くさび法） W_s	○	×	○
	静止土圧	×	×	×
	受働土圧	×	×	×
残 留 水 圧		×	×	×
浮 力		×	×	×
風 荷 重		×	×	×
衝 突 荷 重		×	× _{注3}	× _{注3}
地 震 の 影 響		×	×	×

○：必ず考慮する荷重 ×：考慮する必要のない荷重

注1：当荷重を考慮して底盤の許容鉛直支持力を基礎コンクリート幅で算出した場合、丸太杭に作用する荷重が小さくなる。このため、安全側の設計として次頁に示すように擁壁底版幅 B を載荷幅として基礎コンクリート上の土重 W_{d4} と W_{d5} （図-6.2.7）は考慮しない。

注2：擁壁の壁背面からフーチング後端までの範囲に載荷する群集荷重を考慮する。

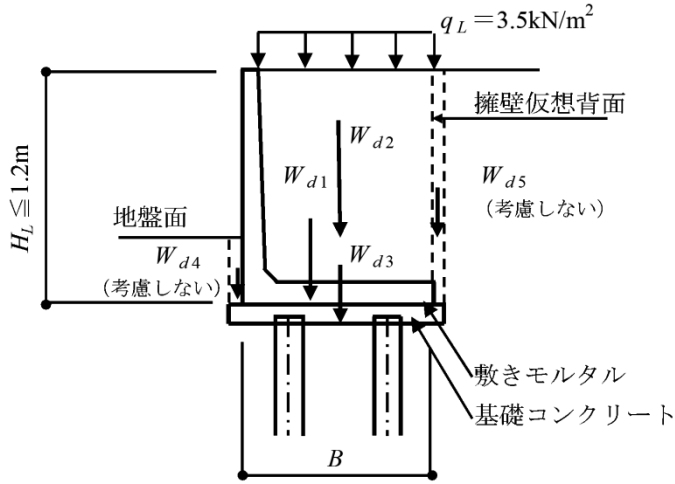
注3：擁壁の頂部に車両用防護柵などを設ける場合、その位置は擁壁から離して接地するものとし、防護柵に作用する衝突荷重は考慮しない。

注4：上載活荷重 q_L の載荷位置は、安定計算上最も不利な位置に載荷する必要がある。

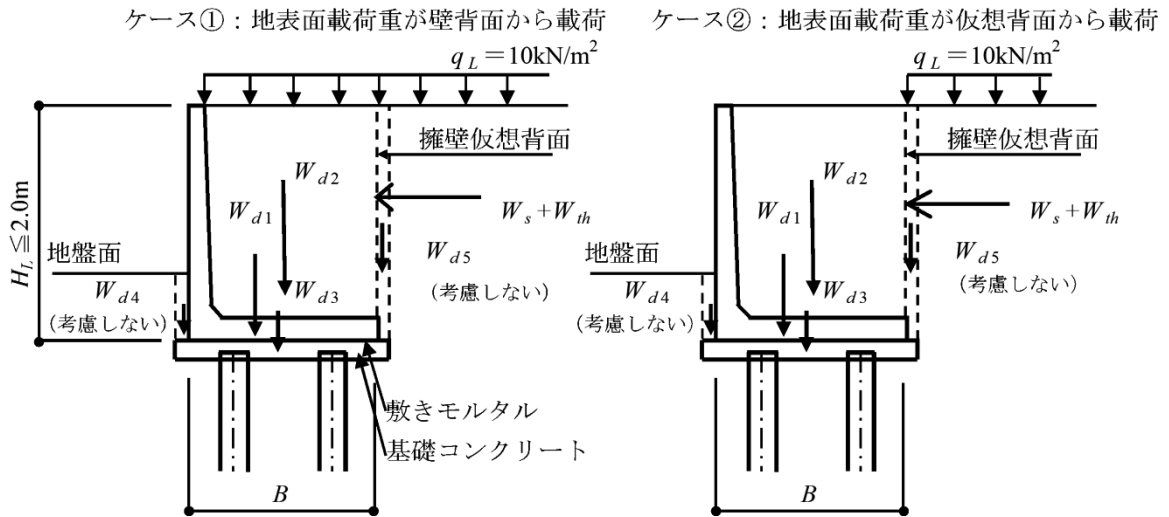
このため、一般部擁壁では図-6.2.7のケース①およびケース②の両方で計算を行う。

【解説】

(a) 歩道部擁壁の場合



(b) 一般部擁壁の場合



H_L : プレキャストL型擁壁の壁高 (m)

B : プレキャストL型擁壁のフーチング幅 (m)

図-6.2.7 擁壁基礎の安定計算に用いる荷重²⁾

6.2.7.2 活荷重

擁壁基礎検討用の上載活荷重としては、“道路土工 擁壁工指針”p.52を準用し、下記のように定める。

【解説】

(a) 車道部

設計に用いる上載荷重は、活荷重などを考慮した分布荷重 $q_L = 10(\text{kN/m}^2)$ とする。

(b) 歩道部

歩道には群集に重として $q_L = 3.5(\text{kN/m}^2)$ を載荷する。

6.3 基礎設計に関する構造細目

6.3.1 杭頭処理

擁壁の杭頭部は基礎コンクリートに50mm埋込むものとする。

【解説】

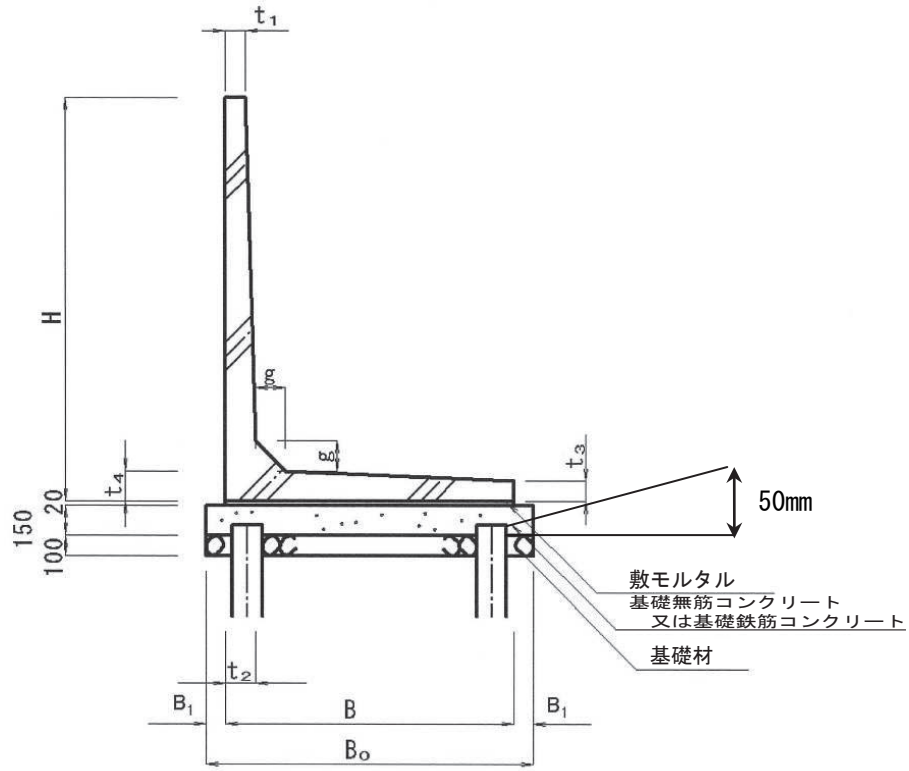


図-6.3.1 杭頭処理の例¹⁾

6.3.2 丸太杭の配置例

丸太杭は擁壁1個（製品1個当たり）に原則3本以上配置するものとする。

【解説】

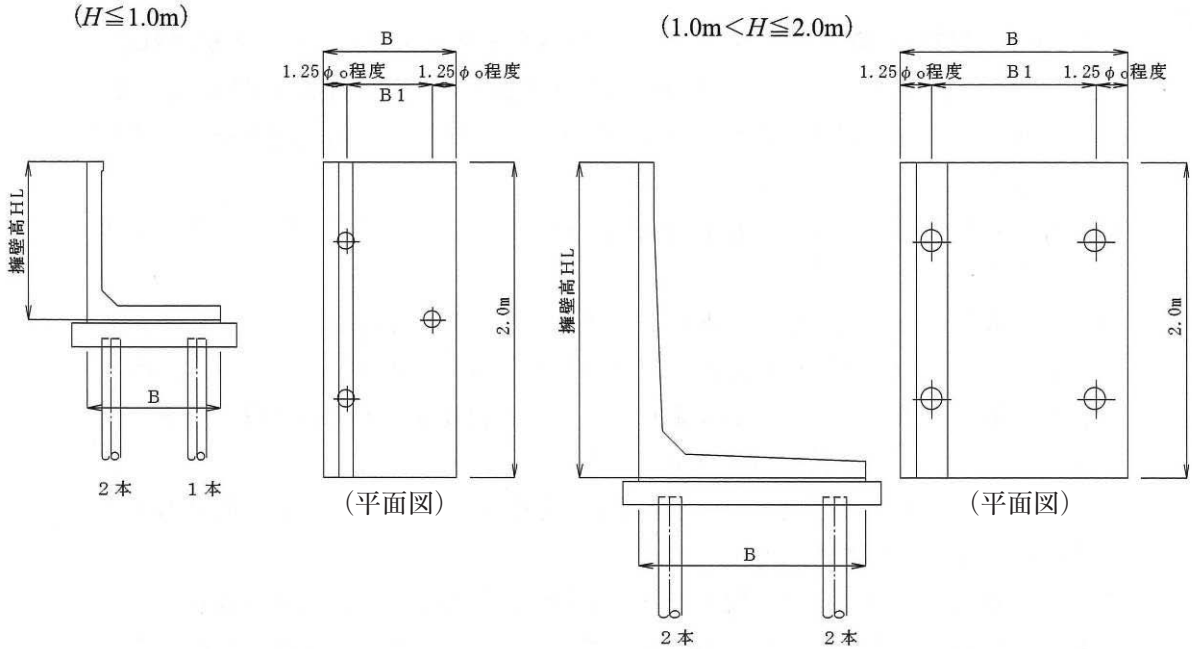


図-6.3.2 一般部擁壁の丸太杭配置例²⁾

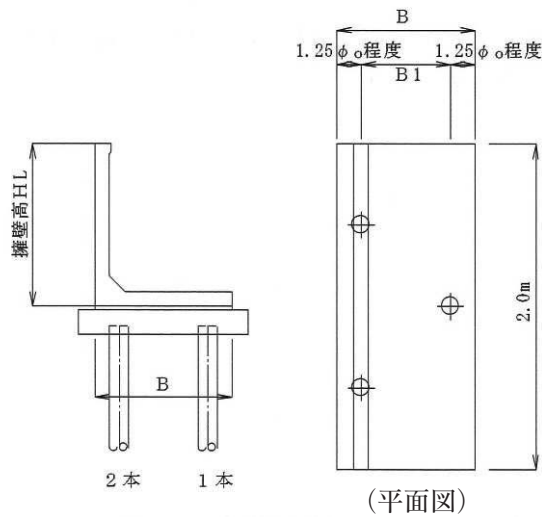


図-6.3.3 歩道部擁壁の丸太杭配置例²⁾

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路土工 擁壁工指針，2012.
- 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：プレキャストL型擁壁（ $H \leq 2m$ ）の木杭-底盤系基礎～設計マニュアル（第1版）～，2008.
- 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.

第7章 施工と維持管理

7.1 施工

本章は、施工と維持管理について示す。

7.1.1 施工フロー

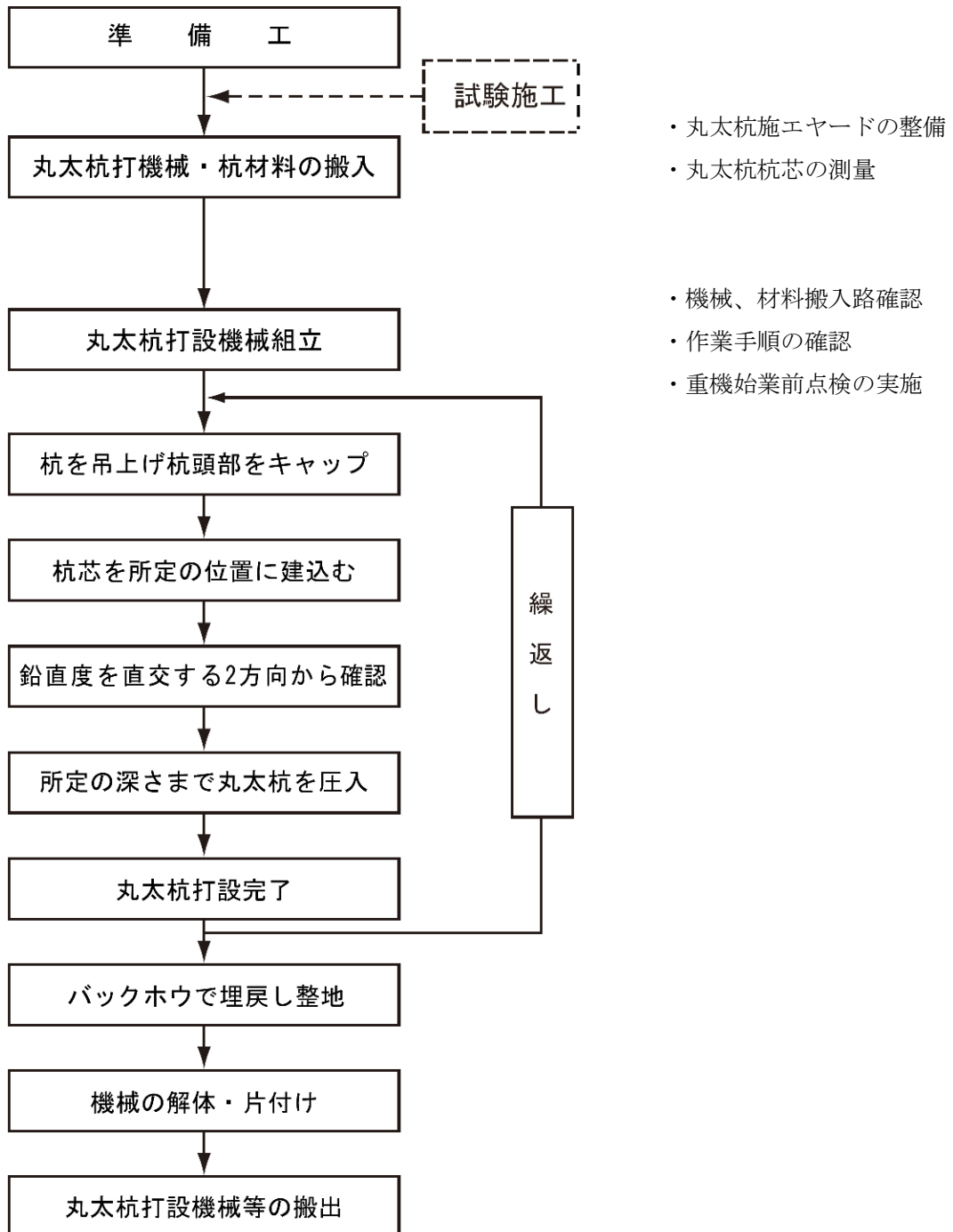


図-7.1.1 全体施工フロー

7.1.2 準備工

(1) 丸太杭施エヤード整備

準備工として、丸太杭施エヤードにおいて工事進入路・資材置場・施エヤードの整備をする。

(2) 事前測量

基準点を使用し、丸太杭施工位置を測量する。施工範囲については、丸太杭施工場所の両サイドに丁張りを設置して位置・高さの基準を設ける。

7.1.3 丸太杭工事

作業開始前に、作業ヤードの地盤状況を確認し凹凸の無い様に、バックホウ（O石 m³）により平坦に均し、重機足場を確保し丸太杭打設時の転倒防止をはかる。

丸太杭の運搬は、資材置場からクレーン付バックホウ（0.45m³）を使用して作業場所まで小運搬する。

丸太杭建込み作業は、人力を基本としてバックホウの用途外使用を避ける。

丸太杭打込作業は、バックホウ又はオーガー使用杭打機を用いて圧入する。

丸太杭の垂直度確認は重機の操作を止めて、水準器により2方向を確認しながら圧入する。

丸太杭打設時、表層が硬い場合や丸太杭打設が困難な場合はオーガーにより先行穿孔して施工する。この際に掘削深さは最小限とする。

7.1.4 丸太杭打設時の安全対策

- (1) 丸太杭打設時の作業員と重機の接触防止のため、丸太杭打設時は、重機作業範囲内は立入禁止とする（カラーコーンによる立入禁止措置の明示）。
- (2) 作業場所と材料置場を考慮して、作業半径内に障害物の無いように計画する。
- (3) 重機足場を確保して、重機の転倒防止をはかる。
- (4) 丸太杭打設開始・終了合図は、重機運転手の見える位置で合図する。
- (5) 重機アタッチメントの状況を常に点検をし、挟まれ防止をはかる。
- (6) 機材・資材搬入は、他工事と調整して実施する。

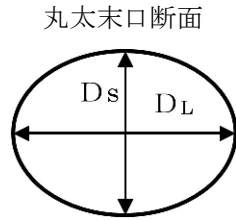
7.2 施工管理

7.2.1 品質管理

使用する丸太杭は、設計の寸法を満足し、有害な腐朽・割れなどの欠損がないことを確認する。

(1) 丸太径

平均末口径（ D_a ）は、 $D_a = \text{巾}L + D_s \div 2$ で求め、小数点以下切り捨ての cm 単位とする。



DE : 最長末口径

DS : 最短末口径

(2) 丸太長さ

丸太長 L は、設計長を満足すること。

(3) 丸太杭の加工

丸太杭は、皮剥ぎ加工を行うこと。

切断面は、可能な限り杭軸に直角に切断すること。

(4) 腐朽

使用する木杭の腐朽は、JIS K 1571 に示される腐朽度評価基準を用い、目視による被害度を 2 以下とすること。ただし、被害度が 3 以上のものであっても最も腐朽が進行している箇所のプロディン貫入試験によるピン貫入量が 30mm 未満のものは、被害度を 2 以下とみなして良い。

表-7.2.1 腐朽度評価基準

被害度	観察状態	判定
0	健全	○
1	部分的に軽度の虫害または腐朽	○
2	全面的に軽度の虫害または腐朽	○
3	2つの状態のうえに部分的に激しい虫害または腐朽	×
4	全面的にはげしい虫害または腐朽	×
5	虫害または腐朽により形がくずれる	×



丸太杭曲がり断面図

(5) 曲がり

丸太杭の曲がりは、丸太杭の両端中心線を結ぶ直線が丸太杭外側に出ないこと。

(6) 品質記録（出荷記録）

品質記録として、1本毎の丸太について、①平均末口径、②長さ、③産地証明、④腐朽度の判定、⑤曲りの良否、⑥出荷日を記録する。

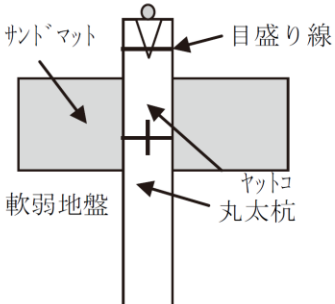
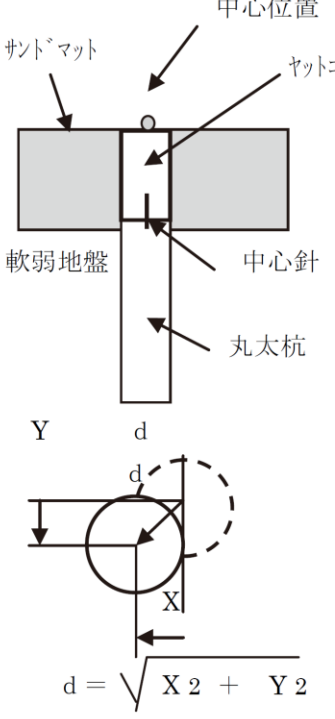
また、平均末口径と長さは、別途、丸太に専用チョークで直接記入すること。

※材料検収は材料搬入日に1回もしくは、100本に1回抜取り検査を実施し、DL、DS、L、腐朽判定、曲りを確認する。

7.2.2 出来形管理

丸太杭の出来形管理基準は、表-7.2.2.1 出来形管理基準一覧表のとおりとする。

表-7.2.2.1 出来形管理基準一覧表

工種	測定項目	規格値 (mm)	測定基準 (※ 測定基準は、 パイルネット工法に準 拠する。)	測定箇所
丸太杭工事	基準高	※ ±50	丸太頭部に設置したヤットコの高さで測定 (100m ² に1箇所以上、100m ² 未満は2箇所測定)	
	偏心量	※ ±100	ヤットコ中心で測定 サンドマット表面高さにヤットコ頭部を打設した時点で測定 (100m ² に1箇所以上、100m ² 未満は2箇所測定)	
	鉛直載荷試験	設計荷重以上	1回/500本 (最低3回)	

7.3 施工時の留意事項

7.3.1 施工前

- (1) 施工にあたり測量を行い、現地の地形を詳細に把握し、設計図書通りの施工が可能かどうかを確認する。
- (2) 腐朽防止のため、丸太杭頭は地下水位より下に位置することを確認する。
- (3) 試験打ちは本工事に先立って必要に応じて実施するものとし、打ち止め位置の確認をするとともに選定した工法、施工機械が適切であるか否かを確認する。
- (4) 地下埋設物が近接する場合は、図上調査の他、試掘等原位置での確認を必要に応じて行う。
- (5) 施工箇所が家屋に近接する場合、振動騒音などの周辺環境に影響を与えないように配慮する。

7.3.2 杭打ち込み

- (1) 本工法では、一般に杭一本に期待する支持力は小さいので、打ち込機械の重量の小さいもので、杭頭の破損が無い程度に支持層に到達させる。
- (2) 杭打ち施工により周辺地盤が乱されるため、強度の回復（約1週間）を待って次工程を進める。
- (3) 中間砂層等により打設困難となった場合、速やかに監督員と協議し高止まりとして杭頭を切断する等の判断を行う。

現場載荷試験の結果、バックホウを用いた場合、最大で下記の荷重を載荷できることを確認した。

したがって、設計計算での支持力と比較して、下記の荷重の方が大きい場合は、バックホウの押し込み不可能な段階で杭の打ち止めとしてよい。逆の場合は、杭の配置計画を見直すなどの対処を行う。

表-7.3.2 現場載荷試験結果

	ジャストポイント (90°)	アームが伸びきった状態 (135°)
バックホウ 0.25m ³ 級	25kN	18kN
バックホウ 0.45m ³ 級	30kN	25kN

- (4) 土留め矢板を打設する場合は、丸太杭の打設深度よりも浅くすること。
- (5) 側方変形を防止するため盛土材のまきだしは、できるだけ均一な厚さにするよう十分注意する必要がある。

7.3.3 施工安全

- (1) 本工法は軟弱地盤に計画されることが多いので、杭施工機械の転倒事故が発生しないよう対策を講じる。
- (2) 打込み作業中は、機械周囲の立人禁止措置を行い安全を確保する。

7.4 腐朽対策の方法

丸太杭を地下水位以浅で使用する場合、何等かの防腐対策を行わなければならない。具体的には、丸太杭に防腐処理する方法や丸太杭に酸素が供給されないように盛土部分の透水係数を小さくする方法、コンクリート杭に置き換える方法等がある。

7.5 出来形管理基準および規格値

丸太杭打設工の出来形管理基準および規格値は、土木工事共通編の一般施工の地盤改良工のパイルネットエに準拠する。また、サンドマットエの出来形管理基準および規格値は、土木工事共通編の一般施工の地盤改良工のサンドマットエに準拠する。

第8章 他工法との経済比較

8.1 ボックスカルバート

従来の工法選定では、丸太杭は杭基礎として検討されるため不経済、支持層が不明との理由で工法選定の対象にならなかった。従来工法（固化改良、コマ型基礎）と丸太杭工法を経済比較すると丸太杭の方が安価である¹⁾。

【解説】

従来の工法選定では、丸太杭は直接基礎として検討されるため不経済、支持層が不明との理由で工法選定の対象にならなかった。第5章の考え方にに基づき設計すると従来工法（固化改良、コマ型基礎）より安価となる。また、コマ型基礎の場合、コマ型基礎に置き換えた分だけ残土処分が発生するが、丸太杭の場合、残土処理が発生しないため残土処分費用がかからない。セメント改良の場合は、六価クロム発生など周辺環境への影響に留意する必要があるが、丸太杭の場合は不要である。

8.2 プレキャストL型擁壁

従来の工法選定では、丸太杭は直接基礎として検討されるため不経済、支持層が不明との理由で工法選定の対象にならなかった。コマ型基礎と丸太杭を経済比較すると丸太杭の方が安価である¹⁾。

【解説】

従来の工法選定では、丸太杭は直接基礎として検討されるため不経済、支持層が不明との理由で工法選定の対象にならなかった。第6章の考え方にに基づき設計するとコマ型基礎より安価となる。また、コマ型基礎の場合、コマ型基礎に置き換えた分だけ残土処分が発生するが、丸太杭の場合、残土処理が発生しないため残土処分費用がかからない。

参考文献

- 1) 久保光, 吉田雅穂, 沼田淳紀, 平山竜朗, 正田大輔: 福井県における小規模構造物の軟弱地盤に杭丸太を用いた施工事例, 本材利用研究論文報告集, pp.67-73, 2012.

丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の
設計・施工マニュアルー設計事例ーについて

本書は、平成 25 年 3 月に福井県木材利用研究会と福井県雪対策・建設技術研究所（現 福井県建設技術研究センター）が共同で発刊した「丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の設計・施工マニュアル」（以下、マニュアル）より、その設計方法に関係する頁を抜粋・編集したものです。本書は以下のように編集されています。

- ・ 本書は、マニュアルの目次、使用語句、第 1 章、第 4 章～第 7 章から抜粋・編集して掲載しています。
- ・ マニュアルの内容を一部修正して掲載しています。
- ・ 上記の修正に伴う、行番号、式番号等の繰り上げ、繰り下げは行なっていません。

以上

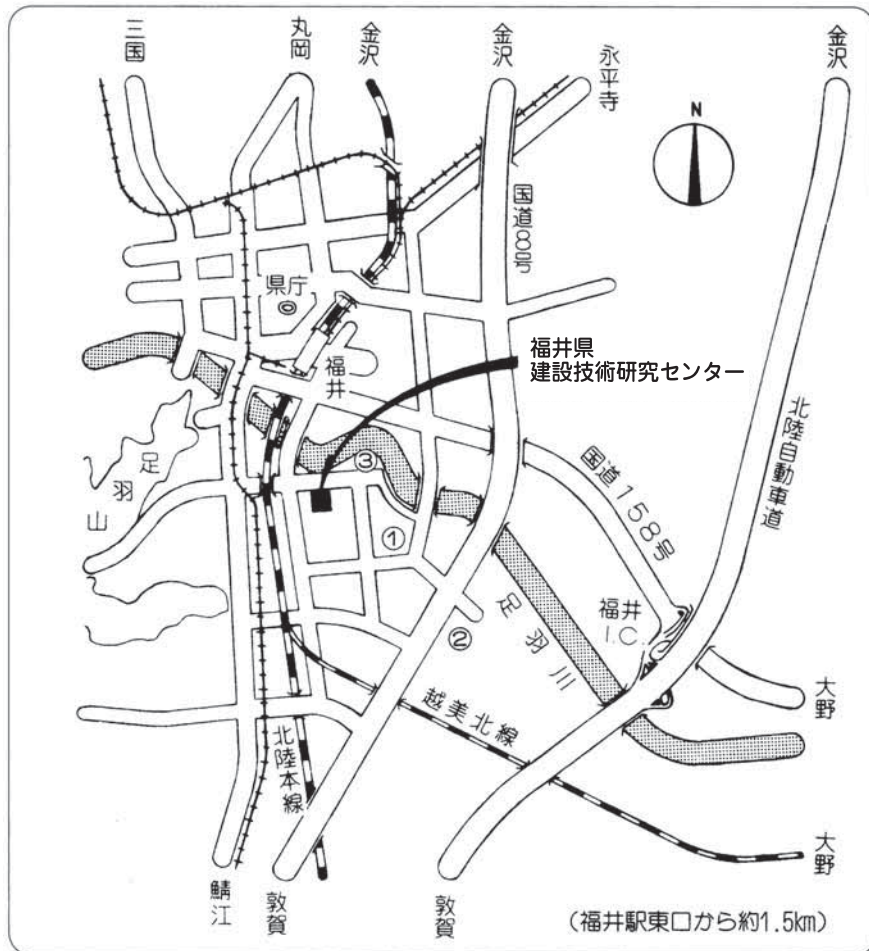
平成 26 年 1 月

「丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の設計・施工マニュアルー設計事例ー」
編集委員会

「丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の設計・施工マニュアルー設計事例ー」
編集委員会 名簿

委員 長	荒井 克彦	NPO 福井地域地盤防災研究所
委員	吉田 雅穂	福井工業高等専門学校
	梅田 祐一	株式会社デルタコンサルタント
	藤田 貴準	株式会社キミコン
	久保 光	福井県丹南土本事務所
	梶村 周平	福井県建設技術研究センター

所在地見取図



- (注) ① 福井南郵便局
② 福井県産業会館
③ 福井刑務所

丸太杭工法を用いた軟弱地盤対策の 設計・施工マニュアル — 抜粋版 —

発行日 平成26年1月

発行所 福井県木材利用研究会
〒918-8108 福井市春日3丁目303
福井県建設技術研究センター内

TEL 0776-35-2412

FAX 0776-35-2445

印刷所 足羽印刷株式会社

TEL 0776-23-3732
