

IV. 下部構造編

1. 設計一般	1
1.1. 設計の基本.....	1
1.2. 作用の種類及び組合せ.....	1
1.3. 使用材料及び材料の特性値.....	3
1.3.1. コンクリート.....	3
1.3.2. 鉄筋.....	3
1.4. 設計手順.....	4
1.5. 設計図等の記載すべき事項.....	7
2. 耐荷性能に関する部材及び接合部の設計	8
2.1. 一般.....	8
2.2. 鉄筋コンクリート部材の構造細目.....	10
3. 耐久性能に関する部材及び接合部の設計	12
3.1. 一般.....	12
3.2. 鋼材の腐食.....	12
3.3. 疲労.....	14
3.4. 長寿命化に向けた構造細目.....	15
4. 橋台の設計	18
4.1. 一般.....	18
4.1.1. 設計の手順.....	18
4.1.2. 橋台形状の計画.....	19
4.1.3. 土圧の考え方.....	20
4.1.4. 躯体幅の大きい橋台.....	20
4.1.5. 斜め橋台.....	21
4.2. 逆T式橋台.....	23
4.2.1. パラペット.....	23
4.2.2. たて壁.....	24
4.2.3. フーチング.....	25
4.2.4. ウイング.....	27
4.2.5. 橋台背面アプローチ部.....	28
4.2.6. 踏掛版.....	30
4.2.7. 配筋要領.....	31
4.3. ラーメン式橋台.....	37
4.4. 箱式橋台.....	38
5. 橋脚の設計	39

5.1. 一般	39
5.1.1. 設計の手順	39
5.1.2. 橋脚形状の計画	40
5.1.3. 躯体幅の大きい橋脚	41
5.2. T型橋脚	41
5.2.1. 張出ばり	41
5.2.2. コーベル	42
5.2.3. 柱及び壁	43
5.2.4. フーチング	43
5.2.5. 配筋要領	44
5.3. ラーメン橋脚	50
5.4. その他の橋脚	50
5.4.1. 鋼製橋脚	50
6. 橋座部の設計	51
6.1. 設計一般	51
6.2. 支承縁端距離	52
6.3. 橋座の耐力	53
7. 基礎の安定に関する基本事項	54
7.1. 設計の基本	54
7.2. 基礎形式及び形状	56
7.3. 支持層の選定	57
7.4. 設計上の地盤面	57
7.5. 地盤定数	58
7.6. 圧密沈下が生じる地盤中の深い基礎	58
7.7. 軟弱地盤における側方流動の影響を受ける基礎	59
8. 直接基礎	60
8.1. 設計の基本	60
8.2. 荷重分担	60
8.3. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における安定の設計	61
8.3.1. 基礎の変位の制限	61
8.3.2. 鉛直荷重に対する支持の限界状態 1・限界状態 3	61
8.3.3. 水平荷重に対する抵抗の限界状態 1・限界状態 3	62
8.3.4. 転倒モーメントに対する抵抗の限界状態 1・限界状態 3	62
8.4. フーチングの設計	64
8.5. 斜面上の直接基礎	64

8.6. 基礎底面の処理及び埋戻し材料	66
8.6.1. 基礎底面処理	66
8.6.2. 埋戻し方法	66
9. 杭基礎	68
9.1. 設計の基本	68
9.2. 杭種・杭径	71
9.3. 荷重の分担	72
9.4. 杭の配列	72
9.5. 支持層の選定と根入れ	73
9.6. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における安定の設計	73
9.7. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における杭反力、変位及び杭体の断面力の計算	74
9.8. 特殊な条件における杭基礎の設計	76
9.8.1. 群杭の考慮	76
9.8.2. 圧密沈下の影響	76
9.8.3. 基礎の側方移動	77
9.8.4. 同一フーチング内に著しく異なった長さの杭を有する杭基礎	78
9.8.5. 斜面上に設けられる杭基礎	78
9.9. 杭体の設計	78
9.10. 杭とフーチングの接合部の設計	79
9.11. レベル2地震動を考慮する設計状況における設計	80
9.12. 構造細目	83
9.12.1. 鋼管杭	83
9.12.2. 場所打ち杭	85
10. ケーソン基礎	88
10.1. 設計の基本	88
10.2. 荷重分担	89
10.3. 工法の選定	90
10.4. 形状寸法	94
10.5. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における安定の設計	94
10.6. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における地盤反力度、変位及び断面力の計算	95
10.7. 部材及び接合部の設計	97
10.8. レベル2地震動を考慮する設計状況における設計	99
10.9. 構造細目	101
10.9.1. 配筋要領	101
10.9.2. ニューマチックケーソンのシャフト孔周辺	101

11. 深礎基礎	103
11.1. 設計の基本.....	103
11.2. 設計上の地盤面の選定.....	104
11.3. 荷重分担.....	105
11.4. 深礎基礎の形状寸法及び配列.....	107
11.5. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における安定の計算.....	108
11.6. レベル2地震時を考慮する設計状況における設計.....	109
11.7. 構造細目.....	109
11.7.1. 深礎径.....	109
11.7.2. せん断補鉄筋.....	110
11.8. 土留め構造の設計.....	111
11.8.1. 土留め工法の選定.....	111
11.8.2. 設計計算法.....	112
11.8.3. 土留材の仕様.....	112
12. その他の基礎	114
12.1. 鋼管矢板基礎.....	114
12.1.1. 概要.....	114
12.1.2. 特徴.....	114
12.1.3. 設計の流れ.....	114
12.2. 地中連続壁基礎.....	115
12.2.1. 概要.....	115
12.2.2. 特徴.....	115
12.2.3. 設計の流れ.....	115
13. 施工	116
13.1. ニューマチックケーソン基礎の施工.....	116
13.1.1. 施工方式.....	116
13.1.2. 施工手順.....	117
13.1.3. 施工設備概要.....	118
13.1.4. 地耐力試験.....	118
13.1.5. 施工計画時の留意点.....	119
13.2. オープンケーソン基礎の施工.....	121
13.2.1. 掘削方式.....	121
13.2.2. 施工手順.....	121
13.2.3. 施工設備概要.....	122
13.2.4. 施工計画時の留意点.....	122
13.3. 打込み杭工法の施工.....	123

13.3.1. 施工方法	123
13.3.2. ハンマの選定	123
13.3.3. 標準的な施工ヤード	124
13.3.4. 施工計画時の留意点	124
13.4. 中掘り杭工法の施工	125
13.4.1. 施工方法	125
13.4.2. 標準的な施工ヤード	125
13.4.3. 施工計画時の留意点	126
13.5. 場所打ち杭基礎の施工	127
13.5.1. 施工方法	127
13.5.2. 掘削機	127
13.5.3. オールケーシング工法の施工ヤード	128
13.5.4. 施工計画時の留意点	128
13.6. 深礎基礎の施工	131
13.6.1. 施工方法	131
13.6.2. 施工計画時の留意点	131
14. 仮設工	133
14.1. 一般	133
14.1.1. 設計の基本	133
14.1.2. 仮設構造物の名称	133
14.2. 土留め・仮締切工	134
14.2.1. 土留め工の形式と特徴	134
14.2.2. 土留め・仮締切工の種類	135
14.2.3. 土留め・仮締切工の工法の選定	136
14.2.4. 土留め・仮締切工の設計	138
14.3. 仮橋・作業構台	142
14.3.1. 仮橋・作業構台の構造	142
14.3.2. 設計上の基本的検討事項	143
14.3.3. 使用部材	143
14.3.4. 許容応力度	143
14.3.5. 荷重	144
14.3.6. 設計手順	144
14.3.7. 覆工板の設計	144
14.3.8. 覆工受け桁の設計	145
14.3.9. けた受けの設計	146
14.3.10. 支持杭の設計	147

14.3.11. 綾構（水平継材及び斜材）の設計 147

1. 設計一般

1.1. 設計の基本

- (1) 橋脚、橋台、基礎及び橋台背面アプローチ部の設計は、「H29 道示 I,III,IV,V編」に準拠する。
- (2) 下部構造の設計にあたっては、施工の条件を適切に考慮して行う。

- 上部構造からの作用及び下部構造自体に作用する荷重を安全に地盤に伝えるように、また、上部構造より与えられた設計条件を満たすように設計する。
- 長期にわたる使用目的との適合性及び構造物の安全性を確保するため、耐久性の確保についても検討する。
- 下部構造の補修や補強は大規模な工事を伴い、また、交通や周辺環境に与える影響が大きいため、下部構造の設計にあたっては、耐久性の確保の観点から検討を行う。特に、鉄筋コンクリート構造の場合には、コンクリート及び鉄筋それぞれの劣化因子に対して耐久性を有するように検討する。
- 橋台背面アプローチ部は、橋と橋台背面盛土等との路面の連続性を確保できる構造とする。
- 立地条件によっては、流水や波浪の影響等を考慮する。

1.2. 作用の種類及び組合せ

- (1) 作用の種類は「H29 道示 I 3.1 作用の種類」、作用の組合せは「H29 道示IV 3.3 作用の組合せ及び荷重係数」による。

- 一般的に橋脚に作用する荷重は図 1-1 に示す通りである。なお、河川内橋脚の場合は、流水圧、地震時動水圧等を考慮する。
- 一般に橋台に作用する荷重は図 1-2 に示す通りである。
- 浮力を考慮する場合の水位の考え方は、以下のとおりとする。水位は安定等に対し危険側となる場合もあるため、浮力無視の場合も考慮する。

(陸上部の場合)

→ ボーリング孔内水位、又はフーチング上面のいずれか高い方を設計水位とする。

(河川部の場合)

→ 常時に対しては HWL、地震時に対しては地下水位または平水位（または MWL）の高い方を設計水位とする。

平水位（一年を通じて 185 日はこれを下回らない水位）の決定に際しては過去の水位資料によることを基本とする。水位資料が無い場合の平水位は、協議により、通常次の水位等から総合的に勘案して決定しても良い。

- ボーリングの孔内水位
- 河川横断測量時の水位
- 標準設計の考え方(MWL)
- 下部工フーチングの上面
- 河川計画断面による MWL
- HWL と LWL から決定した水位 (MWL)

【参考】 H29 道示IV 3.1
p-34～37

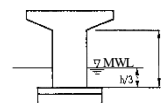
【補足】

劣化因子には、中性化、塩化物イオンの浸入、凍結融解作用、化学的浸食等がある。

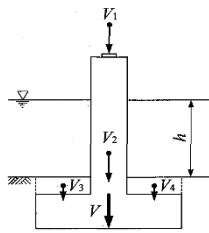
【参考】 H29 道示 I 3.1
p.41～46
H29 道示IV 3.3
p.39～40

【補足】

河川内橋脚で MWL が設定できない場合は、「建設省土木構造物標準設計 S58.2」の考え方に準じ、柱部分の高さの 1/3 とする。



①地震の影響を含まない場合

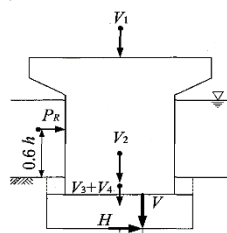


$$V = \sum_{i=1}^4 V_i$$

$$H = 0$$

$$M = V e$$

②地震の影響を含む場合

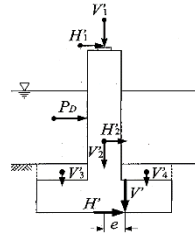


$$V = \sum_{i=1}^4 V_i$$

$$H = P_R$$

$$M = V e$$

P_R : 流水圧

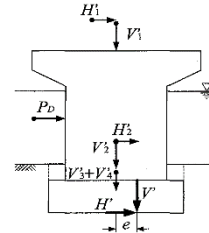


$$V' = \sum_{i=1}^4 V_i$$

$$H' = \sum_{i=1}^3 H_i + P_D$$

$$M' = V' e$$

P_D : 動水圧



$$V' = \sum_{i=1}^4 V_i$$

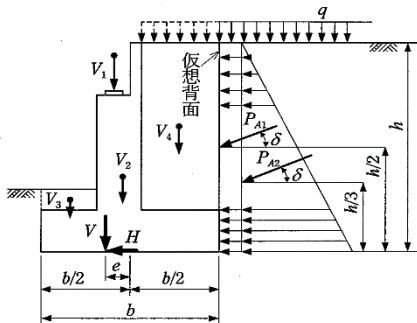
$$H' = \sum_{i=1}^3 H_i + P_D$$

$$M' = V' e$$

P_D : 動水圧

図 1-1 橋脚基礎の安定照査時の荷重状態例

①地震の影響を含まない場合



②地震の影響を含む場合

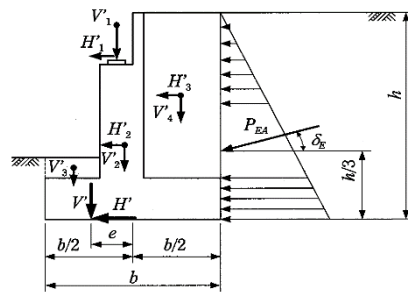


図 1-2 橋台基礎の安定照査時の荷重状態例

1.3. 使用材料及び材料の特性値

1.3.1. コンクリート

(1) 使用コンクリートは表 1-1 を標準とする。

表 1-1 コンクリートの使用区分

種類 設計基準強度	セメントの種類	使用区分
$\sigma_{ck}=24 \text{ N/mm}^2$	高炉セメント	橋台及び橋脚の躯体ならびにフーチング
$\sigma_{ck}=24 \text{ N/mm}^2$	早強セメント	ケーソン
$\sigma_{ck}=18 \text{ N/mm}^2$	高炉セメント	ニューマチックケーソン基礎の中詰め
$\sigma_{ck}=24 \text{ N/mm}^2$ (呼び強度 30)	高炉セメント	場所打ち杭(人力掘削を除く)
$\sigma_{ck}=18 \text{ N/mm}^2$	高炉セメント	均しコンクリート、置換えコンクリート

- 河川内橋脚等で躯体形状寸法に制約を受ける場合は、高強度コンクリートの使用について検討し、道路整備課と協議する。
- コンクリート圧縮強度の特性値は設計基準強度とする。
- 疲労に対する耐久性の照査に用いるコンクリートの圧縮応力度の制限値は「H29 道示Ⅲ 表-6.3.2」による。

【参考】H29 道示Ⅲ 4.1.3
p.44

【参考】H29 道示Ⅲ
表-6.3.2
p.188

1.3.2. 鉄筋

(1) 使用鉄筋は、SD345 を使用し、最小径 13mm、最大径 32mm を標準とする。
(2) 軸方向鉄筋は直径 16mm 以上とする。

- 軸方向鉄筋において、躯体形状寸法に制約を受ける場合や細径では不経済となることが明白である場合には、D51 までの太径鉄筋を使用してよい。
- 河川内橋脚等で躯体形状寸法に制約を受ける場合は、高強度鉄筋の使用について道路整備課と協議する。
- 鉄筋の強度の特性値は「H29 道示Ⅲ 表-4.1.1」による。
- 内部鋼材の腐食に対する耐久性の照査に用いる鉄筋の引張応力度の制限値は「H29 道示Ⅲ 表-6.2.1」による。
- 疲労に対する耐久性の照査に用いる鉄筋の引張応力度の制限値は地下水以浅では「H29 道示Ⅲ 表-6.3.1」、地下水以深では「H29 道示Ⅳ 表-6.3.1」による

【参考】H29 道示Ⅲ 4.1.2
p.42~44

【参考】H29 道示Ⅲ 6.2.1
p.180~181

【参考】H29 道示Ⅲ 6.3.2
p.187~191
H29 道示Ⅳ 6.3
p.88~89

1.4. 設計手順

下部構造の設計手順をに図 1-3 示す。

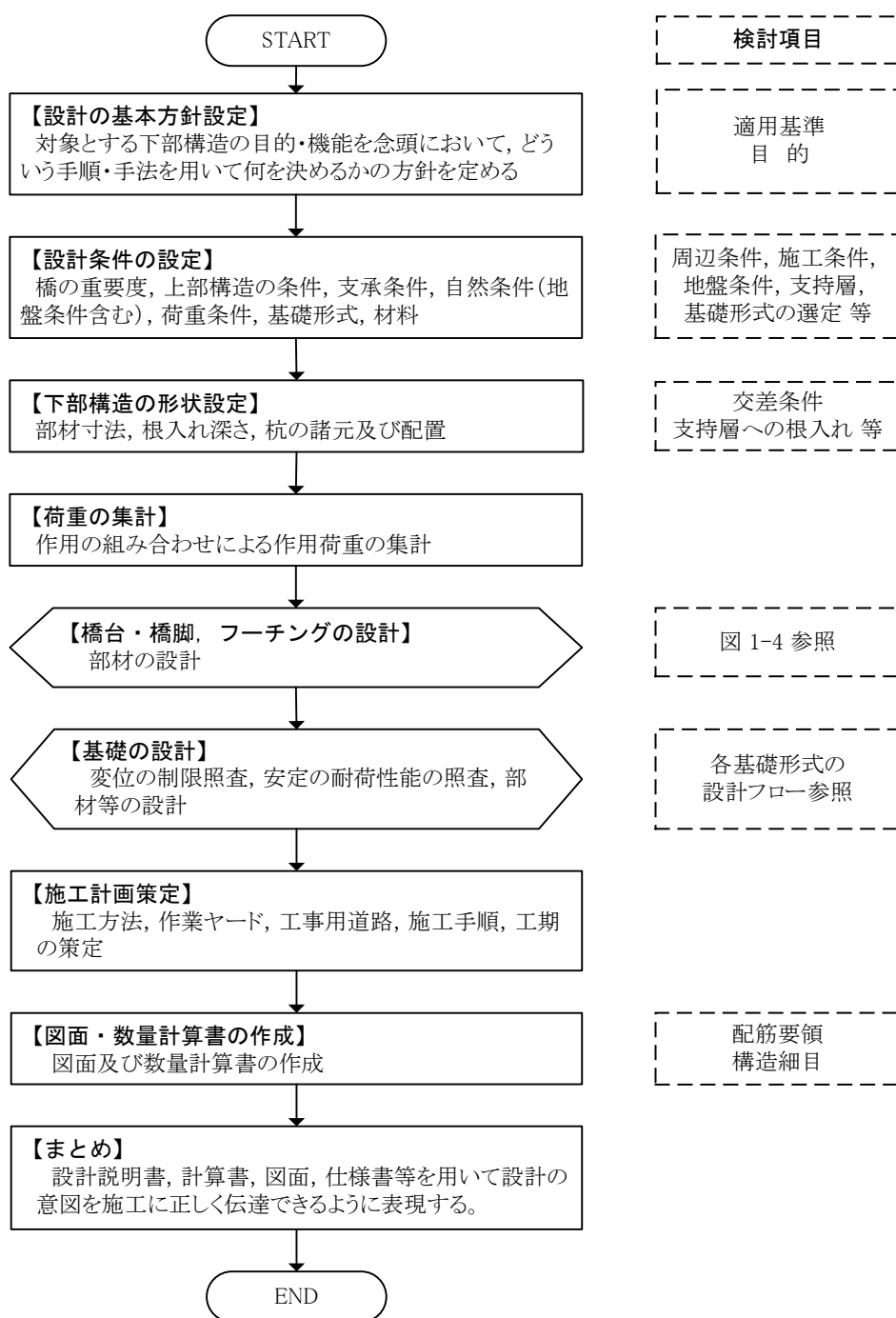


図 1-3 下部構造の設計フロー

鉄筋コンクリート部材の設計手順を図 1-4 に示す。

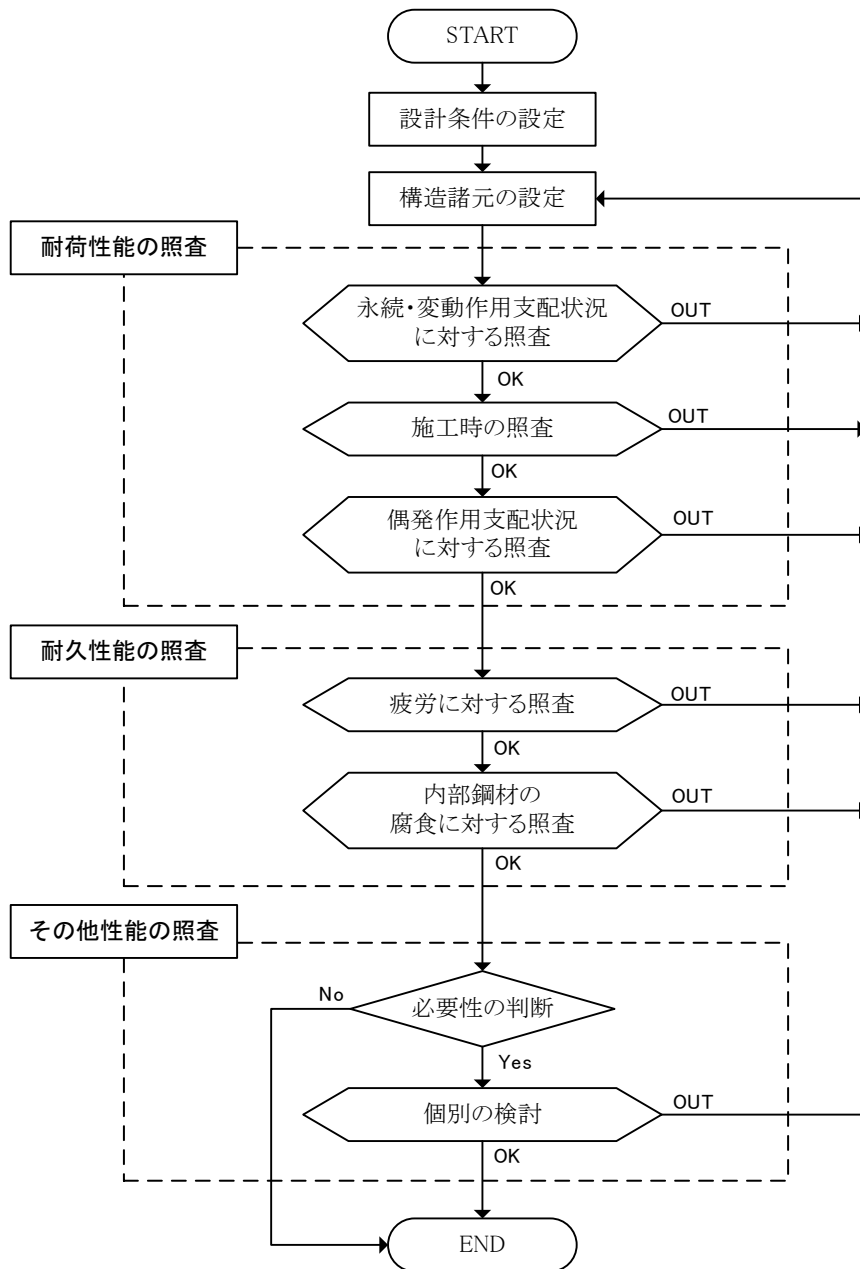


図 1-4 鉄筋コンクリート部材の設計フロー

(1)永続作用支配状況及び変動作用支配状況における照査は、以下の①～③の照査を行う

①曲げモーメントによる照査

【限界状態1】

- ・ 設計曲げモーメント $M_d \leq$ 部材降伏に対する制限値 M_{yd}

【限界状態3】

- ・ 設計曲げモーメント $M_d \leq$ 部材破壊に対する制限値 M_{ud}

②せん断力による照査

【限界状態1】

- ・ 限界状態3に対する照査を満足する

【限界状態3】

- ・ 平均せん断応力度 $\tau_m \leq$ コンクリートのせん断応力度に対する上限値
- ・ 設計せん断力 $S_d \leq$ 斜引張破壊に対する制限値 S_{usd}
- ・ 設計せん断力 $S_d \leq$ コンクリートの圧壊に対する制限値 S_{ucd}

(2)施工時の照査は、施工方法や施工条件等により個別に検討する。

(3)偶発作用支配状況の照査は、橋の重要度がB種の場合は、限界状態2及び限界状態3の照査を行う。

(4)耐久性の照査は、以下の①、②の照査を行う。

①コンクリート部材の疲労に対する照査

- ・ 鉄筋の引張応力度 \leq 制限値
- ・ コンクリートの圧縮応力度 \leq 制限値

②内部鋼材の腐食に対する照査

- ・ かぶりの確保
- ・ 鉄筋の引張応力度 \leq 制限値

(5)その他性能の検討は、以下の①、②の検討を行う。

①検討の必要性の確認

「H29 道示 I 7章 橋の使用目的との適合性を満足するために必要なその他検討」の規定により、必要な性能を検討する。

②個別の検討

- ・ 長寿命化対策の検討
- ・ 橋台背面アプローチ部の検討 等

【参考】 H29 道示 I 7章
p-90～91

1.5. 設計図等の記載すべき事項

(1) 設計図等には「H29 道示IV 1.7 設計図等に記載すべき事項」に準じる。

【参考】 H29 道示IV 1.7
p-6~7

(1) 下部構造においては下記の項目等について記載すること。

1) 下部構造関係

- ① 下部構造形式
- ② 下部構造の設計荷重
- ③ 使用材料の特性(コンクリートの設計基準強度, コンクリートの耐久性又は水密性から定められた水セメント比, セメントの種類, 粗骨材の最大寸法, 鉄筋の規格等)
- ④ 地盤の特性(地盤構成, 液状化層の有無, 地下水位, 被圧水の有無, 支持層, 地盤定数の設定根拠等)
- ⑤ 許容応力度, 許容支持力, 許容変位等
- ⑥ 橋台背面アプローチ部の条件(範囲, 使用材料, 構造諸元, 踏掛版の有無, 品質管理項目・管理基準等を含めた施工管理方法等)

2) 設計の前提とした施工の条件

設計時に想定した性能を確保するため, 前提とした施工の条件を記載し, 施工時にはこれを遵守する必要がある。基礎の施工方法や近接構造物の条件などがこれに相当し, 設計時に想定した施工時の留意点等も記載するのがよい。

3) 設計の前提とした維持管理に関する事項

維持管理に関して設計時に前提とした条件及び配慮事項等を記載する。

下部構造に係る維持管理上留意すべき事項の例を以下に示す。

- ① 洗掘
- ② 長期の圧密沈下や側方移動
- ③ 地震による液状化・流動化
- ④ 橋台背面アプローチ部の沈下

4) 設計において適用した技術基準等

設計に適用した技術基準等が特定出来るように, 適用した技術基準や参考とした学協会等の技術論文や図書について名称や発行年などを記載する。

2. 耐荷性能に関する部材及び接合部の設計

2.1. 一般

- (1) 下部構造を構成する鋼部材の設計は「H29 道示IV 7章 橋脚、橋台、フーチング及び橋台背面アプローチ部の設計及び9章 直接基礎の設計から14章 深礎基礎の設計」の規定に従ったうえで、「H29 道示II 5章 耐荷性能に関する部材の設計」の規定による。
- (2) 下部構造を構成するコンクリート部材の設計は「H29 道示IV 5.2 鉄筋コンクリート部材の設計、7章 橋脚、橋台、フーチング及び橋台背面アプローチ部の設計及び9章 直接基礎の設計から14章 深礎基礎の設計」の規定に従ったうえで、「H29 道示III 5章 耐荷性能に関する部材の設計」の規定による。
- (3) 下部構造を構成する部材の接合部の設計は「H29 道示IV 7章 橋脚、橋台、フーチング及び橋台背面アプローチ部の設計及び9章 直接基礎の設計から14章 深礎基礎の設計」の規定に従ったうえで、「H29 道示II 9章 接合部」及び「H29 道示III 7章 接合部」の規定による。

【参考】 H29 道示IV 5章
p-65~82

【参考】 H29 道示IV 7章
p-90~163
H29 道示IV9章~14章
p-196~465
H29 道示II 5章
p-65~138
H29 道示III 5章
p-54~176

- 「H29 道示IV 5章 耐荷性能に関する部材及び接合部の設計」は、H24 道示IVにおける「4章 許容応力度、5章部材の照査及び7章鉄筋コンクリート部材の構造細目」に概ね対応するものである
- H29 道示における、下部構想を構成する鉄筋コンクリート部材の主な構造細目の規定箇所を表 2-1 に示す。

表 2-1 下部構造を構成する鉄筋コンクリート部材の H29 道示における主な構造細目の規定箇所

項目	規定箇所	Ⅲ編又はⅣ編に規定する理由
最小鉄筋量、最大鉄筋量	Ⅳ編 5.2.1	一般に低鉄筋・大断面構造という下部構造の特徴を考慮するため。
鉄筋のかぶり	Ⅳ編 5.2.2	地中部等における腐食の影特等を考慮するため。
鉄筋のあき	Ⅲ編 5.2.4	上部構造・下部構造に関わらず、コンクリート部材共通であるため。
鉄筋の定着	Ⅲ編 5.2.5	上部構造・下部構造に関わらず、コンクリート部材共通であるため。
鉄筋のフック及び鉄筋の曲げ形状	Ⅲ編 5.2.6 の規定を基本とし、曲げ加工の端部からまっすぐのばす値をⅣ編 5.2.3 で規定	曲げ加工の端部からまっすぐ伸ばす値は、地震の影響に対する構造設計上の配慮としてⅢ編の規定よりも長く設定。
鉄筋の継手	Ⅲ編 5.2.7 の規定を基本とし、水中で施工する部材の付着応力度についてはⅣ編 5.2.6 で規定	水中コンクリートについては下部構造でしか使用されないため、Ⅳ編で規定。
軸方向鉄筋の配置	Ⅳ編 5.2.4	下部構造の構造特性や従来の設計実績等を踏まえ、Ⅳ編で規定。
せん断補強鉄筋の配置	Ⅳ編 5.2.5	下部構造の構造特性や従来の設計実績等を踏まえ、Ⅳ編で規定。

- H29 道示における、下部構造を構成する鉄筋コンクリート部材の耐荷性能に関する主な照査の規定箇所を表 2-2 に示す。
- 下部構造を構成する接合部とは、躯体（柱）と基礎の接合部、支承を設置する橋座面、杭とフーチングの接合部等が挙げられる。

表 2-2 下部構造を構成する鉄筋コンクリート部材の耐荷性能に関する主な照査

照査	制限値	規定箇所	Ⅲ編又はⅣ編に規定する理由
耐荷性能	永続作用支配状況・変動作用支配状況・レベル2地震動を考慮する設計状況:Ⅰ編 3.3 に規定される①~⑩の作用の組合せ	Ⅲ編 5.5.1	上部構造・下部構造に関わらず、コンクリート部材共通であるため。
	永続作用支配状況・変動作用支配状況:Ⅰ編 3.3 に規定される①~⑩の作用の組合せ	Ⅲ編 5.7.1	上部構造・下部構造に関わらず、コンクリート部材共通であるため。
前提条件の検討	せん断力に対する限界状態3:斜引張破壊時のせん断力, ウェブコンクリート圧壊時のせん断力	Ⅲ編 5.7.2 の規定を基本とし、係数 c_p 及び c_{ds} , c_{de} 及び有効高さの変化の扱いについては、Ⅳ編 5.2.7 で規定	下部構造の構造特性や、荷重作用条件等を踏まえ、Ⅳ編で規定。
	永続作用支配状況・変動作用支配状況:Ⅰ編 3.3 に規定される①~⑩の作用の組合せ	Ⅳ編 5.2.7	下部構造の構造特性を踏まえ、Ⅳ編で規定。

- せん断スパン a が $d/1.15$ より小さい場合には、せん断ひび割れを横切る斜引張鉄筋量を過大に見積もることのないよう、「H29 道示Ⅲ 式(5.4.1)」中の $d/1.15$ に代わって a を用いる必要がある (図 2-1 参照)。

【参考】 H29 道示Ⅲ
式 (5.4.1)
p-116

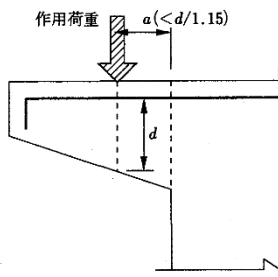


図 2-1 せん断スパン a が $d/1.15$ より小さい場合

2. 耐荷性能に関する部材及び接合部の設計 2.2. 鉄筋コンクリート部材の構造細目

2.2. 鉄筋コンクリート部材の構造細目

- (1) 鉄筋コンクリート部材の構造細目は「H29 道示IV 5.2.1 最小鉄筋量, 最大鉄筋量～5.2.5 せん断補強鉄筋の配置」の規定に従ったうえで、「道示III 5.2 部材設計における共通事項」の規定による。
- (2) 鉄筋のかぶりは, 表 2-3 とする。
- (3) 鉄筋の継手長は「H29 道示III 5.2.7 鉄筋の継手」による。
- (4) 鉄筋の定着は「H29 道示III 5.2.5 鉄筋の定着」による。

(2) 表 2-3 に最小かぶりの値を示す。また, 表 2-3 を満足させる配筋として, 設計・施工の簡素化およびミス防止を目的として, 主鉄筋中心までの距離を一律 150mm とし, これを標準とする。(場所打ち杭基礎のフーチング下面のみ 250mm)

表 2-4 に, 橋台・橋脚の各部材の軸方向鉄筋中心までの距離の目安値を示す。

表 2-3 最小かぶり (mm)

環境条件	部材の種類	はり	柱	底版	摘要
大気中の場合		45	50	—	—
水中および土中の場合		—	80	80	コンクリートを水中で打設する構造物は除く。

※) コンクリート面から一番外側にある鉄筋面までの距離を「かぶり」と呼ぶ。

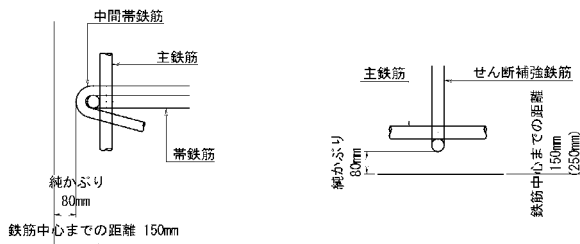


図 2-2 鉄筋のかぶり

表 2-4 橋台・橋脚の各部材の軸方向鉄筋中心までの距離 (例)

		必要とする軸方向鉄筋中心までの距離の例 (mm)	標準化した軸方向鉄筋中心までの距離 (mm)	
逆 T 式橋台	パラペット	$80+32/2+22=118$	150	
	たて壁	$80+32/2+22+22=140$	150	
	フーチング	上面	$80+32/2+25+22=143$	150
		下面	$80+32/2+25+22=143$	150 (250)
張出し式橋脚	はり(上面)	$45+32/2+22=83$	150	
	柱	$80+32/2+22+22=140$	150	
	フーチング	橋軸方向(上面)	$80+32/2+25+22=143$	150
		橋軸方向(下面)	$80+32/2+25+22=143$	150 (250)

※1) パラペット, 堅壁, フーチング部材: 軸方向鉄筋 D32, 配力筋 D25, せん断補強筋 D22, 梁部, 柱部材: 軸方向鉄筋 D32, せん断補強筋 D22 とした場合。

※2) 太径を使用した場合などは, 表 2-3 を満足する値を別途設定すること。

※3) () 内の値は, 杭基礎の場合の値を示す。

- ・ パラペット, ウイング等の部材厚が薄い場合は, 部材厚とかぶりの関係を踏まえて, 表 2-3 の最小純かぶりを確保した上で標準値以下としてもよい。

【参考】 H29 道示IV 5.2.1
～5.2.5
p-67～78
H29 道示III 5.2
p-68～97

【参考】 H29 道示III 5.2.7
p-84～87

【参考】 H29 道示III 5.2.5
p-76～81

【県の運用】
表 2-3

【補足】
この規定に関しては, 耐久性や施工誤差を考慮の上, 「NEXCO 設計要領第二集 H28.8」の考え方を参考にし, 「道示 IV 5.2.2 鉄筋のかぶり」に規定されるかぶりに 10mm の余裕を加えることにした。

- 鉄筋の間隔は最小 100mm、最大 300mm とし 25mm ピッチで 100、125、250 の中から選定する。ただし、円形断面の配筋については 25mm ピッチとしなくてよい。

(3)鉄筋の継手長は「H29 道示Ⅲ 5.2.7 鉄筋の継手」によるが、継手長は 10mm ラウンドとする。

- 鉄筋の継手は、図 2-3 を標準とする（定着長 l_a は「本要領 I-43」参照）。
- 異なる径の鉄筋を重ね継手で継ぐ場合は、継ぐ位置において必要となる鉄筋の径をもとに継手長を算出する。
- 重ね継手、段落し位置が打継目と重なる場合には、構造上の弱点となることから、これらは打継目から必要定着長程度以上離す。

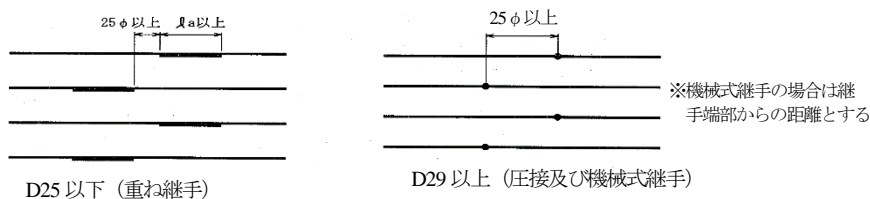


図 2-3 鉄筋の継手

表 2-5 一般的な施工条件における鉄筋の継手

	～D16	D19～D25	D29～D35	D38～D51
重ね継手	◎	◎		
ガス圧接継手		○	◎	○
機械式継手		○	◎	◎

(◎:比較的多用されている継手, ○:用いられている継手)

(4)鉄筋の組立作業の効率化を図るため「機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン H28.7」に準じ、図 2-4 に示すような両端フックのせん断補強鉄筋について、片側の端部に機械式定着体を用いてもよい。ただし、じん性を確保するための横拘束鉄筋については現段階では使用しないものとする。また、はりやスラブ部材のせん断補強鉄筋で、引張鉄筋と圧縮鉄筋を取り囲んで、フックをつけて圧縮側コンクリートに定着する外周鉄筋や、柱や壁部材で軸方向鉄筋を断面周長方向に囲むせん断補強鉄筋に対しても使用しない。

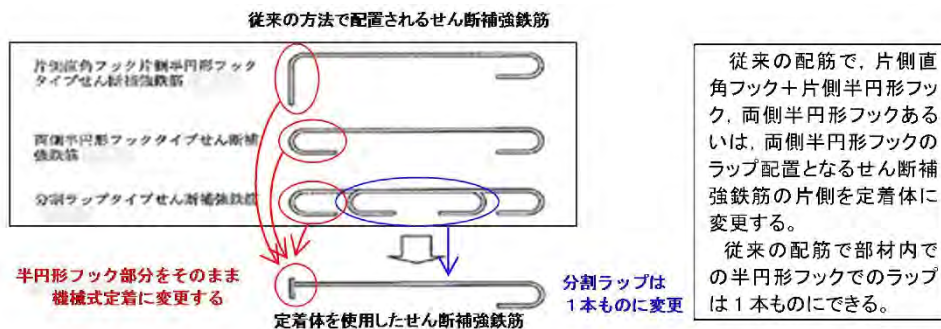


図 2-4 定着体を使用したせん断補強鉄筋の使用方法の概念図

【参考】H29 道示Ⅲ 5.2.7 p-84～87

【補足】

機械式継手を用いた場合は、かぶりに対する注意が必要である。

ガス圧接継手:鉄筋端面同士を突き合わせ、その周辺を酸素・アセチレン炎で加熱すると同時に軸方向に圧縮力を加えて加圧することで、接合面を超えて鉄筋の原子が移動し、マクロ的には結晶粒が接合面を超えて金属結合されて一体となる継ぎ手

機械式継手:機械的に鉄筋をつなぎ合わせる継手

ねじ節鉄筋継手:トルク固定方式/無機グラウト方式/有機グラウト方式/併用方式

端部ねじ加工

鋼管圧着継手

モルタル充填式継手

【出典】表 2.5

土木研究所資料 第 4143 2009.6

【出典】図 2-4

機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン H28.7 図解 1-1-1

3. 耐久性能に関する部材及び接合部の設計

3.1. 一般

- (1) 下部構造の設計にあたっては、経年的な劣化による影響に対し必要な耐久性能を確保しなければならない。
- (2) 耐久性に関する部材及び接合部の設計については、「H29 道示IV 6章 耐久性能に関する部材及び接合部の設計」の規定によるほか、長寿命化に向けた構造細目を考慮する。

【参考】H29 道示IV 6.1
p-83~85

【参考】H29 道示IV 6章
p-83~89

(2) 下部構造の耐久性に関する部材及び接合部の設計では、鋼材部の腐食及び疲労、並びにコンクリート部材の内部鋼材の腐食及び疲労等について照査する必要がある(表 3-1 参照)。また、道示の規定のほか、構造物の長寿命化対策として「本編 3.4.」に示す構造細目を考慮する。

表 3-1 下部工を構成する鉄筋コンクリート部材の耐久性に関する主な照査

照査	制限値	規定箇所	Ⅲ編又はⅣ編に規定する理由
耐久性	永続作用支配状況：Ⅰ編 3.3 ①の作用の組合せ	鉄筋の引張応力度の制限値*	Ⅲ編 6.2.2 上部構造・下部構造に関わらず、コンクリート部材共通であるため。
	Ⅲ編式(6.3.1)に規定される作用の組合せ	鉄筋の引張応力度の制限値	気中：Ⅲ編 6.3 水中：Ⅳ編 6.3 水中又は地下水位以下に位置するコンクリートについては、Ⅳ編で独自に規定。
		コンクリートの曲げ圧縮応力度、軸圧縮応力度の制限値	Ⅲ編表-6.3.2 上部構造・下部構造に関わらず、コンクリート部材共通であるため。

*：気中に置かれる部材を対象とする。

3.2. 鋼材の腐食

- (1) 鋼部材及び接合部の腐食に関する耐久性能の確保については「H29 道示Ⅱ 6章 耐久性能に関する部材の設計」の規定による。ただし、鋼管杭、鋼管ソイルセメント杭及び SC 杭については、「H29 道示IV 10.10 構造細目」の規定、鋼管矢板については「H29 道示IV 12.11 構造細目」の規定による。
- (2) コンクリート部材の内部鋼材の腐食に対する耐久性能の確保については1)又は2)による。また、コンクリート部材の接合部の内部鋼材の腐食に対する耐久性能の確保については「H29 道示Ⅲ 7.4 接合部の耐久性能に関する設計」の規定による。
- 1) 気中にある部材の内部鋼材の防食については「H29 道示Ⅲ 6.2 内部鋼材の防食」による。ただし、海岸線に近く、塩害を受ける地域における最小かぶりは表 3-2 に示す値とする。
 - 2) 水中又は土中にある部材の内部鋼材の防食については以下による。
 - ・ 橋脚、構台及びブーチングについては「H29 道示IV 5.2.2 鉄筋のかぶり」に規定されるかぶりを確保する。
 - ・ PHC 杭、場所打ち杭については「H29 道示IV 10.10 構造細目」の規定、ケーソン基礎の側壁については「H29 道示IV 11.10 構造細目」、地中連続壁基礎については「H29 道示IV 13.10 構造細目」の規定による。

【参考】H29 道示IV 6.2
p-85~88

【参考】H29 道示Ⅱ 6章
p-139~140

H29 道示IV 10.10
p-302~316

H29 道示IV 12.11
p-409~412

【参考】H29 道示Ⅲ 7.4
p-204

H29 道示Ⅲ 6.2
p-180~187

H29 道示IV 5.2.2
p-71~72

H29 道示IV 10.10
p-302~316

H29 道示IV 11.10
p-375~378

H29 道示IV 13.10
p-433~437

H29 道示Ⅲ 表-6.2.3
p-183

H29 道示Ⅲ 図-6.2.1
p-184

(2) 海岸線に近く、「H29 道示Ⅲ 表-6.2.3 及び図-6.2.1」に示す塩害を受ける地域における最小かぶりは、表 3-2 による。

表 3-2 鋼材の腐食を生じさせないための最小かぶり (mm)

塩害の影響度合い	部材の種類 対策区分	はり, 柱, 壁
影響が激しい	S	90*
	I	90
影響を受ける	II	70
	III	50

* 塗装鉄筋又はコンクリート塗装等かぶりによる方法以外の方法を併用する

- ・ 海岸から飛来する塩分のほかに、路面凍結防止剤等を使用することが予想される橋、これに隣接すると考えられる橋については、同等の条件下における既設下部構造の損傷状況を十分に把握し、適切な対策区分を想定して必要なかぶりを確保する必要がある。一般には対策区分 I 相当の最小かぶりを確保することが望ましい。
- ・ 塩害を受けにくい構造とするためには、ひび割れ幅の制御に加えて、塩分が付着、滞留しにくい断面形状の採用、密実なコンクリートの打設等の配慮を行う。
- ・ 直接外気に接し、かつ、永続作用支配状況の作用組み合わせが作用する状態で常に引張り応力が発生する部材は、ひび割れ幅の低減に配慮して、「H29 道示Ⅲ 6.2.2」に従い鉄筋の発生応力度を低く抑える必要がある。一方、常に水中部又は土中部にある鉄筋コンクリート部材に対しては、「H29 道示Ⅲ 6.2.2.3」に従う必要はない。
- ・ 塩害対策としては、かぶりを増加させる方法、塗装鉄筋の使用、コンクリート表面塗装があり、これらが実績としては多いが、一般的には“かぶりの増加”，“塗装鉄筋の使用”，“コンクリート表面塗装等”の順とする。
- ・ エポキシ樹脂塗装鉄筋を使用する場合の鉄筋の品質規格は、「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針」（土木学会,平成 15 年 11 月）を参考にする。
- ・ 対策区分は、架橋地点の地形、気象、海象の状況、付近のコンクリート構造物の塩害の状況等を勘案して 1 段階ずつ変更することができる。
- ・ 海岸線の位置は、基本的に図 3-1 に示す位置である。ただし、護岸構造物等が無く海岸線が明確でない場合は、「海岸施設設計便覧」（土木学会,平成 12 年 11 月）の定義による海岸保全区域の陸側境界線を海岸線とみなす。

【参考】H29 道示Ⅲ 6.2.2
p-181~183

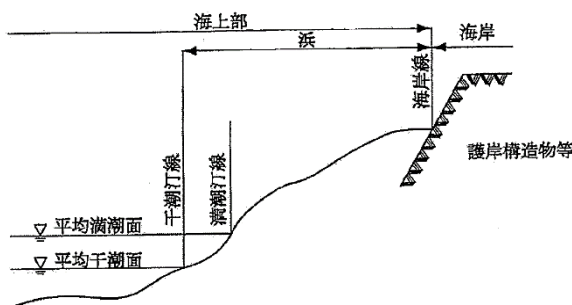


図 3-1 海岸線の位置

3.3. 疲労

- (1) 鋼部材及び接合部の疲労に対する耐久性能の確保については、「H29 道示Ⅱ 8章 疲労設計」の規定による。ただし、鋼管杭、鋼管ソイルセメント杭及びSC杭については「H29 道示Ⅳ 10.8 部材及び接合部の設計」の規定を満足したうえで「H29 道示Ⅳ 10.10 構造細目」の規定による。また、鋼管矢板については「H29 道示Ⅳ 12.8 部材及び接合部の設計」の規定を満足したうえで、「H29 道示Ⅳ 12.11 構造細目」の規定による。
- (2) コンクリート部材の疲労に対する耐久性能の確保については「H29 道示Ⅲ 6.3 コンクリート部材の疲労」の規定、コンクリート部材の接合部の疲労に対する耐久性能の確保については「H29 道示Ⅲ 7.4 接合部の耐久性能に関する設計」の規定による。ただし、水中又は地下水位以下に設ける鉄筋コンクリート部材の鉄筋の引張応力度の制限値については「H29 道示Ⅳ 表-6.3.1」による。また、PHC杭及びSC杭については「H29 道示Ⅳ 10.8 部材及び接合部の設計」の規定による。

- (2) この照査は、鉄筋コンクリート部材に配置された引張鉄筋、せん断補強鉄筋の主鉄筋を対象とし、照査に用いる作用の組み合わせは「H29 道示Ⅲ 式(6.3.1)」に対して行う。

【参考】 H29 道示Ⅳ 6.3
p-88～89

【参考】 H29 道示Ⅱ 8
章 p-147～207

H29 道示Ⅳ 10.8
p-271～289

H29 道示Ⅳ 10.10
p-302～316

H29 道示Ⅳ 12.8
p-400～404

H29 道示Ⅳ 12.11
p-409～412

【参考】 H29 道示Ⅲ 6.3
p-187～191

H29 道示Ⅲ 7.4
p-204

H29 道示Ⅳ 表-6.3.1
p-88

H29 道示Ⅳ 10.8
p-271～289

H29 道示Ⅳ 式(6.3.1)
p-187

3.4. 長寿命化に向けた構造細目

- (1) 下部構造の設計にあたっては、維持管理が確実かつ容易に行えるよう、設計の段階から維持管理に配慮する必要がある。
- (2) 橋座面と土工面が近接している場合、構造物の耐久性の低下が懸念されることから、橋座面の設定にあたっては、以下の点に留意する。
 - ① 橋台前面の法面と橋座面は1.5m以上の高低差を確保する。
 - ② 橋台側面の法面と橋座面は0.5m以上の高低差を確保する。
- (3) 橋脚梁部を伝わって雨水が橋脚柱部に流れ、コンクリートの劣化を助長することを防ぐために、橋脚の梁下面に水切り溝を設置する。
- (4) 支承前面の桁下空間は、支承を交換する場合の支承取替えスペースとして、400mm以上確保する。支承高が小さい場合は必要に応じてコンクリート台座を設ける。
- (5) 橋座面の滞水防止のため、橋座面には橋軸方向に2%程度の排水勾配を設ける。
- (6) 凍結防止剤等を散布する区間に該当する場合で、伸縮装置を有する橋台及び橋脚の橋座周辺部は、表面保護のために表面含浸材の塗布を検討した方がよい。
- (7) 重要路線と立体交差する場合は、第三者被害防止として剥落防止等の対策にも配慮する。

- (2) 排水等による橋台前面の侵食に対する法面処理や排水計画、点検時のアクセス等による影響に対しても注意が必要である（図 3-2 参照）。

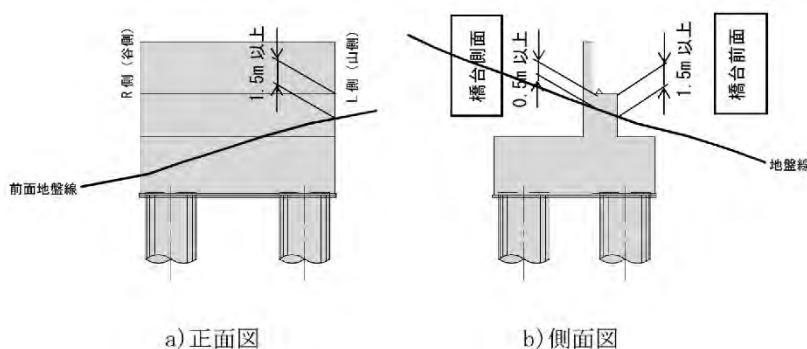


図 3-2 橋座面と整形地盤面との関係の例

【県の運用】

3.4

【出典】

中部地方整備局「橋梁の長寿命化に向けた設計の手引き(案) (第2版)」より

【補足】

鉄筋コンクリート構造物を施工する時の注意事項として、コンクリートの打設（気温、運搬方法、打込み場所、打込み順序等）、締固め（内部振動機、型枠振動機等）、養生（湿潤状態、打継目処理等）が重要である。

(3) 梁下面の水切り形状の例を図 3-3 に示す。水切り溝の部分においても鉄筋のかぶりを確実に確保する。

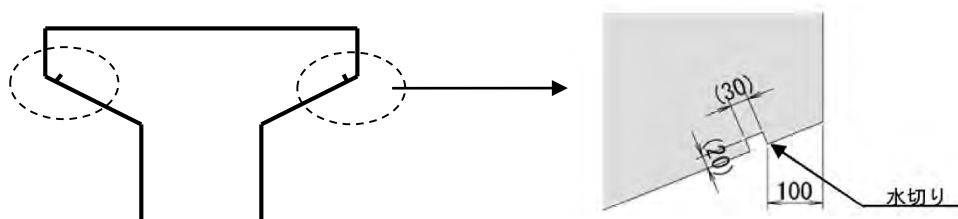


図 3-3 梁下面水切り形状の例

(4) 桁下空間の確保の例を図 3-4 に示す。

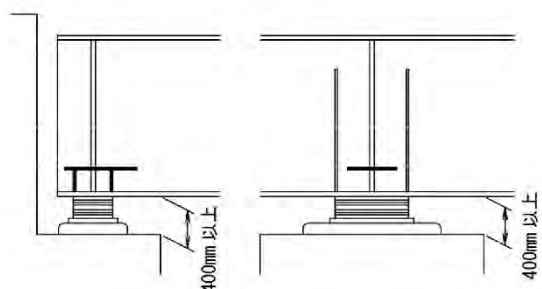


図 3-4 桁下空間の例

(5) 橋座面の排水勾配は、図面に寸法として明記する (図 3-5 参照)。

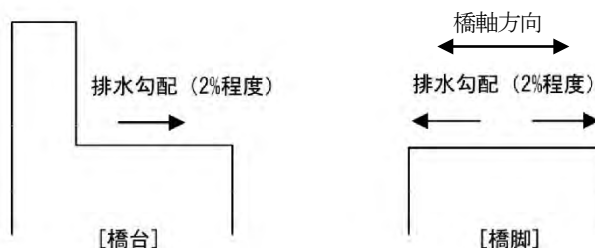


図 3-5 排水勾配の例

(6) 橋座周辺の表面保護の塗布範囲の例を図 3-6 に示す。また、表面含浸材の仕様は、「本要領 III コンクリート橋編」を参照。

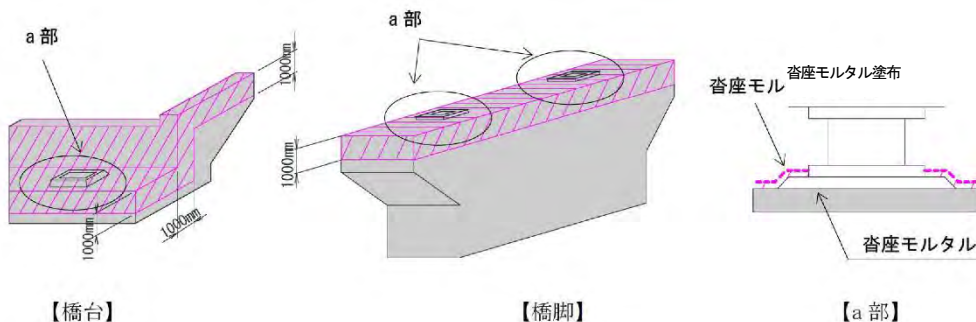


図 3-6 橋台・橋脚表面含浸材塗布範囲の例

- (7) 鉄道等への影響範囲となる対策範囲は剥落防止とし、高速道路や直轄国道等の重要路線の跨道橋の影響範囲となる対策範囲は剥落予防とする。対策範囲は剥落防止対策施設の端から 75° の範囲とする(図3-7参照)。

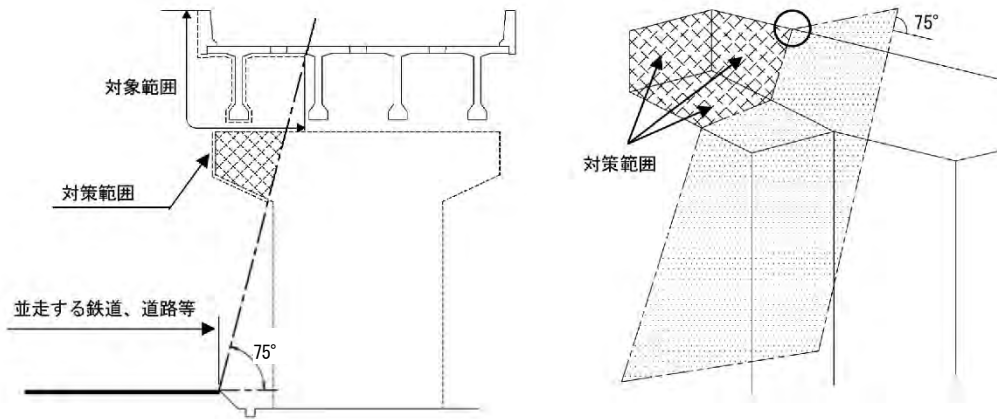


図 3-7 橋梁下部構造の対策範囲（橋脚）の例

4. 橋台の設計

4.1. 一般

4.1.1. 設計の手順

橋台は以下の手順に従い設計を行う。ただし、裏込め土が無い橋台については、橋脚の設計手順（図 4-1 参照）に準じて設計を行う。

【参考】 H29 道示IV 7.4
p.99～113

【出典】 図 4-1
平成 29 年度道路橋
示方書に基づく道路橋
の設計計算例 H30.6
(社)日本道路協会

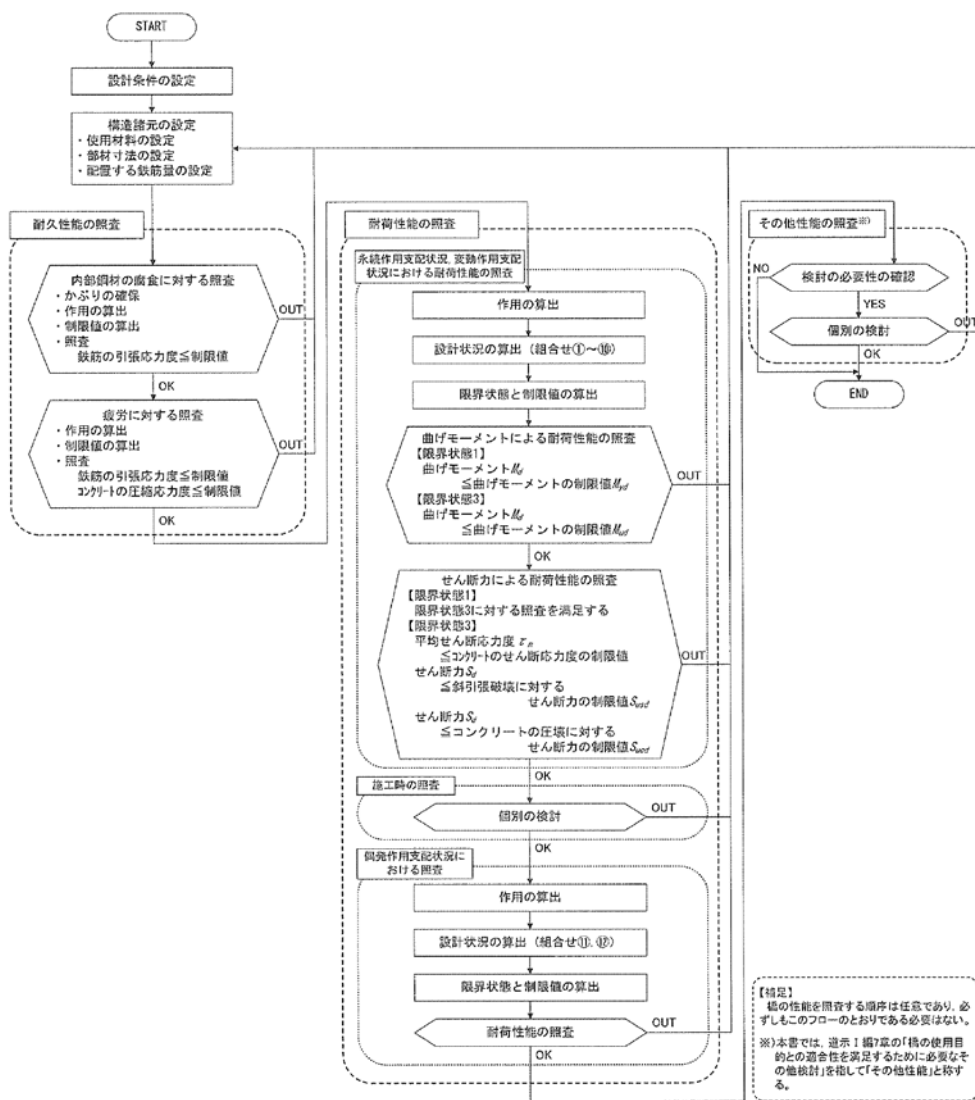
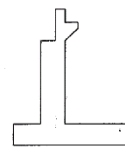


図 4-1 一般的な橋台の設計フロー

4.1.2. 橋台形状の計画

- (1) 橋台の躯体形状は、単純化した形状を基本とする。
- (2) 躯体寸法の決定にあたっては、基礎形式に応じた基本単位に丸める。
- (3) フーチングは、基礎の安定計算の前提として剛体と仮定する場合には、剛体とみなせる厚さを確保する。

(1) 橋台（重力式は除く）のたて壁の形状は、原則として変化させない。また、橋台のフーチング上面のテーパは、原則として設けない（図 4-2 参照）。



単純化した形状

図 4-2 橋台の形状

(2) 全高表示は図 4-3 に示すとおり、道路中心位置とし、直接基礎の場合は 50cm 単位、杭基礎の場合は 10cm 単位とする。また、橋軸方向のフーチング幅は、直接基礎の場合は 50cm 単位、杭基礎の場合は 10cm 単位とする。

- ・ 杭基礎の場合のフーチング厚は、図 4-5 を参考とし、杭頭結合鉄筋の定着長を確保した上で、フーチング上側鉄筋との余裕を確保した厚さとする。
- ・ その他の各部の寸法は図 4-4 を参考とし、10cm 単位とする。

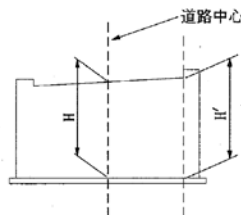


図 4-3 高さの表示

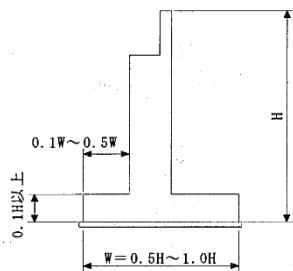
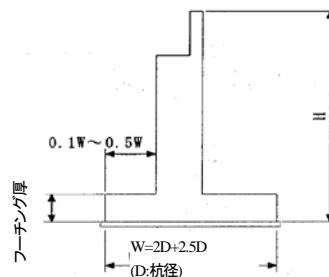


図 4-4 逆 T 式橋台寸法の目安（直接基礎の場合）



フーチング厚 $\geq 200 + \text{定着長} + 100 (\text{余裕量}) + 150 (\text{かぶり})$

図 4-5 逆 T 式橋台寸法の目安（杭基礎の場合）

(3) 「H29 道示IV 式（解 7.7.3）」を満たす場合はフーチングを剛体と見なしてよい。

立地条件により十分なフーチング厚さが確保できない場合、大きな地下埋設物がフーチング下に位置しているため 1 つのフーチングの中で杭配置に著しい片寄りが生じ、底面の反力分布が著しく不均一になる場合等には、フーチングの曲げ変形を考慮した解析モデルで設計を行う。

- ・ 岩盤等のように変形係数が大きく比較的硬い地盤上に設置されるフーチングの場合は、フーチング厚さの上限値はフーチング長辺の 1/5 程度とする。
- ・ 橋台のように壁に接合するフーチングの場合は、橋軸方向のフーチング幅から壁厚を差引いた値の 1/5 程度をフーチング厚さの上限値とする。この場合は、剛体フーチングと同様の設計とする。

【出典】

土木構造物設計が「ドキュメント」
 (社)全日本建設技術協会
 p-36 修正・加筆

【参考】 H29 道示IV
 式（解 7.7.3）
 p-127～128

【補足】
 フーチング厚は足場の有無にも配慮して決定する。

4.1.3. 土圧の考え方

(1) 橋台に作用する土圧は、「H29 道示 I 8.7 土圧」および「H29 道示 V 4.2 地震時土圧」による。

【参考】 H29 道示 I 8.7
p-115~121
H29 道示 V 4.2
p-98~102

(1) 図 4-6(a)の重力式橋台のように、後フーチングを必要としない橋台や後フーチングが極端に短い橋台に作用させる土圧は、躯体コンクリート背面に直接作用させる。また、図 4-6(b)の逆T式橋台などのように後フーチングの長さが十分にある橋台の場合は、安定計算は仮想背面 (d-c 面)、断面計算は躯体コンクリート背面 (a-b 面) に作用させる。ここで、十分な長さの後フーチングとは土圧作用高さの 1/10 以上の長さとし、最小 1m とする。また、ラーメン式橋台や箱式橋台の後フーチングに関しても、同様とする (表 4-1 参照)。

- 橋台設計においてウイングが八の字に大きく開く場合や道路縦断が橋台背面方向に急な勾配等で土圧の増減が無視できないと判断される場合、斜橋や曲線部に設置され、躯体左右の高さが極端に違う場合などの橋台設計には、その影響を考慮しなければならない。

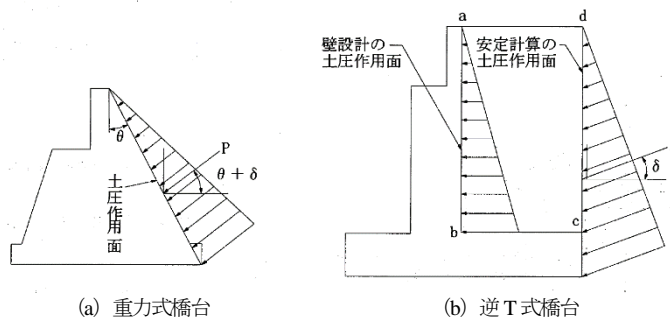


図 4-6 土圧作用面

表 4-1 土圧作用面の壁面摩擦角

橋台の種類	計算の種類	摩擦角の種類	壁面摩擦角	
			常時 δ	地震時 δ_E
重力式橋台 $L < 0.1H$ かつ 1m 未満の場合	安定計算 壁の断面計算	土とコンクリート	$\phi/3$	0
逆T式橋台 $L \geq 0.1H$ かつ 1m 以上の場合	安定計算	土と土	ϕ	$\phi/2$
	壁の断面計算	土とコンクリート	$\phi/3$	0

ϕ : 土のせん断抵抗角 (度)
L : 後フーチングの長さ
H : 土圧作用高さ

4.1.4. 躯体幅の大きい橋台

(1) 躯体幅の大きい橋台は、「H29 道示 IV 7.2.2 幅の大きい躯体の設計」により、温度変化、乾燥収縮、上部構造の死荷重等による鉛直亀裂、横方向における不同沈下等を考慮して設計する。

【参考】 H29 道示 IV 7.2.2
p-91~92

(1) 躯体幅の大きい橋台の場合、擁壁と同じくたて壁の前面と背面では温度変化や乾燥収縮量が異なり、鉛直方向のひび割れの原因となる場合が多いことから、次のような処理を行い、防止する。

- 上部工が上下線分離構造などで、橋台躯体幅が 15m 以上となる場合は、たて壁のクラック発生を緩和するために適切な位置 (一般的には中央分離帯の中心) に縁切り目地を設けることを標準とする (図 4-7)。
- 上部工が上下線一体構造で橋台躯体幅が 15m 以上となる場合は、たて壁のクラック発生を緩和する

4. 橋台の設計 4.1. 一般 4.1.4. 躯体幅の大きい橋台 4.1.5. 斜め橋台

ために適切な位置（10m 程度以内に一カ所）に V 型の収縮目地を設け、シーラ材を充填することを標準とする。この時鉄筋は連続した状態とするとともに、表 2-3 の純かぶりを確保する（図 4-8）。

- 縁切り目地を設けた場合であっても、縁切り目地によって分割された橋台の幅が 15m 程度以上となる場合には、適切な位置に V 型の収縮目地を設ける。

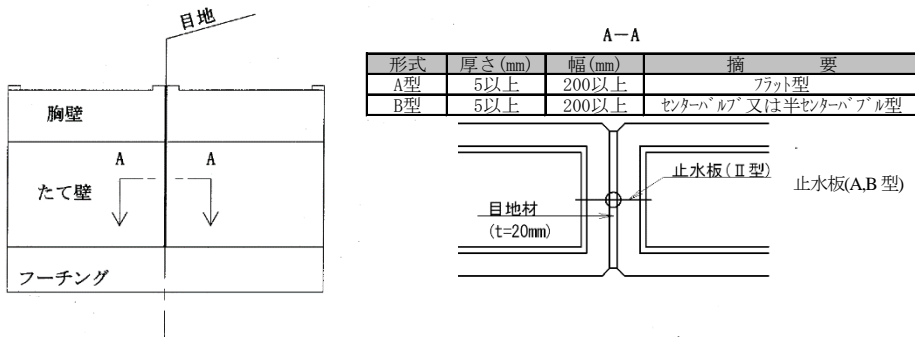


図 4-7 上・下線分離の場合の例

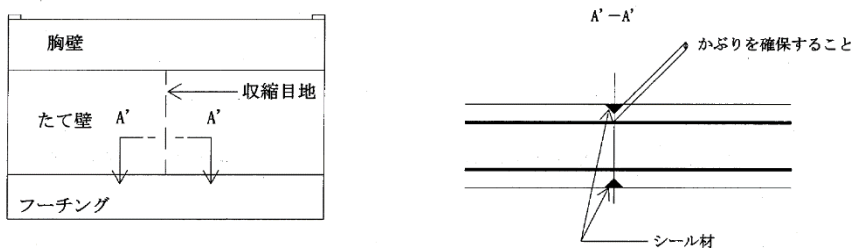


図 4-8 上・下線一体の場合の例

- 枕梁式のような躯体形状の橋台において、躯体幅に比べ支承の数が少なく、上部構造の死荷重が比較的大きなものは、橋座面中央部付近に鉛直荷重による鉛直方向のひび割れが発生する場合がありますので、割裂の照査を行うなど鉛直方向のひび割れに配慮して配筋を決定する。
- 躯体幅が大きいと橋軸直角方向の不同沈下により躯体天端にひび割れを生じる場合がありますので、橋軸直角方向の基礎の不同沈下の照査を行うなど鉛直方向のひび割れに配慮して配筋を決定する。

4.1.5. 斜め橋台

(1) 斜め橋台の設計は、「H29 道示IV 7.4.3 斜め橋台」により、安定計算ならびに部材断面の応力計算は、背面直角方向及び橋軸方向について行う。

1) 図 4-9 のように、橋梁が斜角を有しており、その斜角の値が小さい場合には、基礎の安定ならびに部材の照査において橋軸方向より橋台背面直角方向の方が厳しい場合があるため、両方向について照査する。

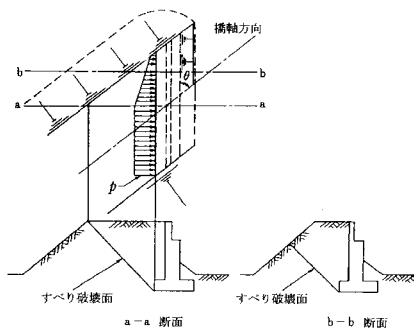


図 4-9 斜め橋台

【県の運用】

10m 程度に 1 箇所
伸縮目地の例

【出典】

土工—カルバート工指針
(H21 改訂版)
5-7 解説(5)
p-130~134

【参考】 H29 道示IV 7.4.3
p-103~105

2) フーチングの形状

- フーチングの形状は橋台の斜角が 75° 未満の場合、フーチング両側面を平行にして 90° まで拡大することを標準とする (図 4-10 参照)。
- 90° まで拡大することが著しく不経済となる場合、または地形条件および用地上の制約等で困難な場合には、フーチングの両側面を平行にして 75° までの拡大とすることができる。

【県の運用】
フーチングの形状

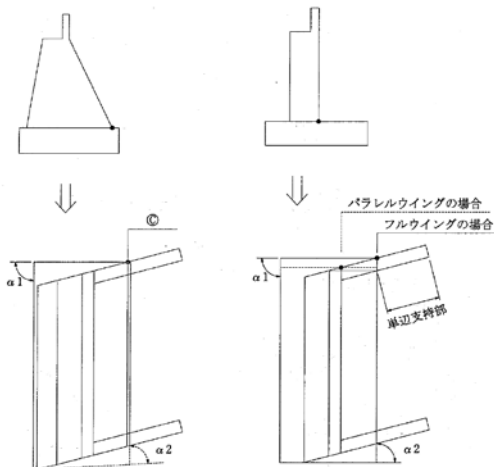


図 4-10 斜め橋台のフーチング形状

3) フーチング拡大部の補強 (直接基礎の場合)

2)に従い、フーチングを拡大した場合は、図 4-11 に示す方法で鉄筋による補強を検討する。

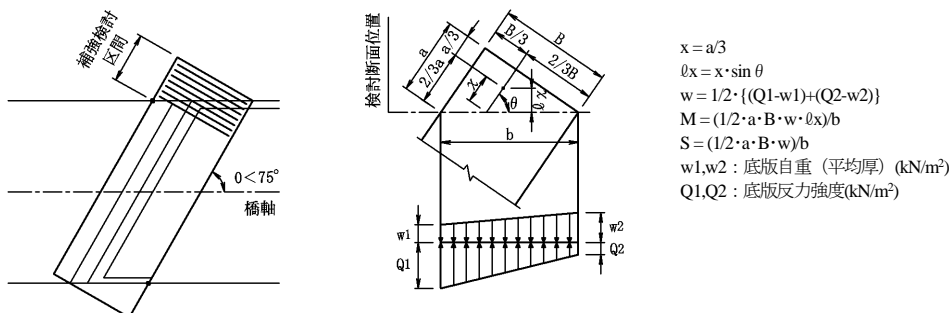


図 4-11 拡大部の補強

4) フーチング拡大部の補強 (杭基礎の場合)

2)に従い、フーチングを拡大した場合は、図 4-12 に示す方法で鉄筋による補強を検討する。

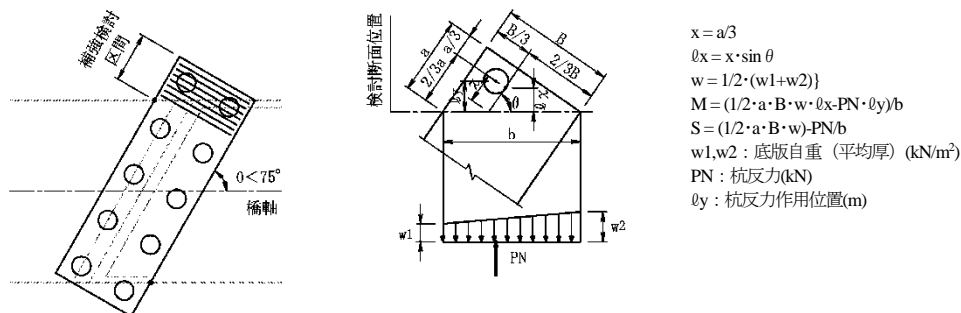


図 4-12 拡大部の補強

5) 杭基礎の場合の留意事項

斜め橋台に杭基礎を採用した場合、土圧力の不均等により鉛直軸周りのモーメントが発生する。土圧力の不均等が大きい場合にはこのモーメントによる杭本体断面力への影響が大きくなることから、この影響を考慮し、杭本体の安全性を確認するものとする。

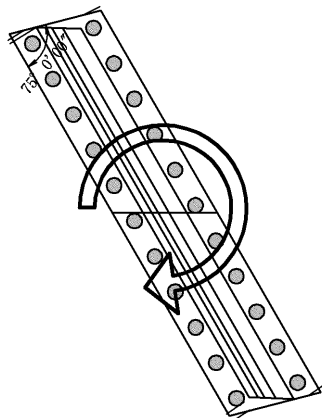


図 4-13 斜め橋台土圧力の不均等によるねじりモーメント

4.2. 逆T式橋台

4.2.1. パラペット

- (1) パラペットの設計は、「H29 道示IV 7.4.4 パラペット」により、土圧、橋台背面に作用する活荷重及び踏掛版から作用する力に対して安全であることを照査する。
- (2) 橋台のパラペットに落橋防止構造を取付ける場合は、落橋防止構造から作用する力に対して安全であることを照査する。

パラペットの照査は、荷重状態に応じて行う。なお、パラペットの配力鉄筋は、落橋防止構造の有無に関わらず、荷重の分配や耐久性の確保を目的に、鉛直方向鉄筋の外側に配置する。

- (1) パラペットの設計に用いる活荷重はT荷重とする。

1) 踏掛版を設置する場合

a) パラペット前面鉄筋の計算

前面の鉄筋は、図 4-14 に示すように、踏掛版及びそのの上の載荷重（舗装等）並びに活荷重のT荷重によって発生する曲げモーメントに対して制限値以下となるように決定する。

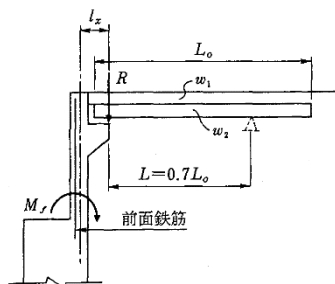


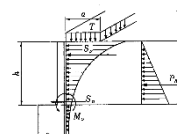
図 4-14 踏掛版を設置する場合の断面力(常時)

【参考】H29 道示IV 7.4.4
p-106～111

【補足】

踏掛版を設置しない場合

パラペット背面の鉄筋は活荷重ならびに常時土圧によって発生する曲げモーメントならびにせん断力に対して制限値以下となるように決定する。



b) パラペット背面鉄筋の計算

背面の鉄筋は、図 4-15 に示すように、パラペット、受け台及び踏掛版の自重による慣性力と地震時土圧によって発生する曲げモーメントならびにせん断力に対して制限値以下となるように決定する。

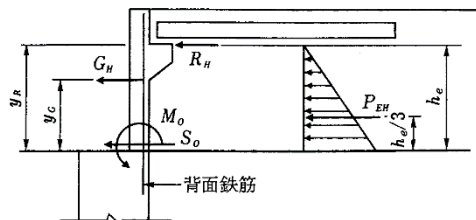
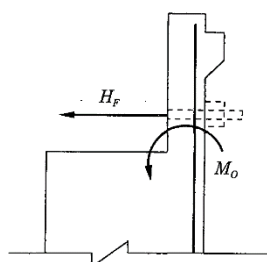


図 4-15 踏掛版を設置する場合の断面力(レベル1地震時)

(2) 落橋防止構造を取付ける場合

- パラペットに落橋防止構造が取付けられる場合は、図 4-16 に示すように、落橋防止構造からの荷重によりパラペット基部に発生する曲げモーメントが降伏曲げモーメント以下であること、及びせん断力がせん断耐力以下であることを照査する。
- 落橋防止構造の取付部が破壊しないよう、押抜きせん断力が制限値以下であることを照査する。
- 照査では、上部構造が橋座から落下する直前の状態を想定しているため、背面土圧や踏掛版からの荷重は考慮しなくてもよい。



H_F : 落橋防止構造の設計に用いる地震力 (kN)

M_o : 落橋防止構造からの荷重によりパラペット基部に発生する曲げモーメント (kN・m)

図 4-16 落橋防止構造を取付ける場合の荷重

4.2.2. たて壁

- たて壁の設計は、「H29 道示IV 7.4.2 逆T式橋台」により、上部構造から作用する荷重を確実に基礎に伝達するとともに、橋台背面から作用する荷重に抵抗できるように設計する。
- たて壁は、フーチングとの接合部を固定端とする片持ばりとして設計する。

- 一般的な橋台の場合、図 4-17 に示すように、橋軸方向の土圧が橋台の挙動に支配的な要因となる。しかし、橋台背面アプローチ部に補強土壁を用いた場合や軽量材料のように一般的な土と特性が異なる材料を用いる場合は、橋台背面から作用する荷重や橋台背面アプローチ部の挙動等が一般的な橋台の場合と異なる可能性があるため、設計の際に橋台背面からの作用等を適切に評価するとともに橋軸直角方向の安定性についても考慮する。

【参考】H29 道示IV 7.4.2
p-100~103

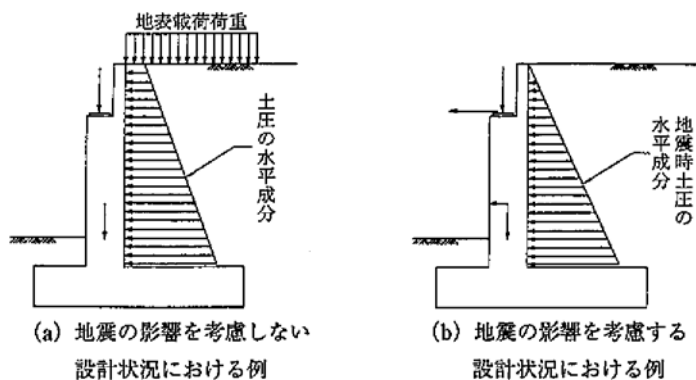


図 4-17 逆T式橋台の断面計算における荷重状態

- (2) 逆T式橋台の壁の断面計算に用いる荷重は、上部構造からの鉛直ならびに水平反力、たて壁の自重ならびに慣性力、常時土圧ならびに地震時土圧等とし、たて壁の背面鉄筋はこれらの荷重によって発生する曲げモーメントならびにせん断力に対して制限値以下となるように決定する。

4.2.3. フーチング

【参考】 H29 道示IV 7.7
p-122~144

- (1) フーチングの設計は、「H29 道示IV 7.7 フーチングの設計」により、フーチング自重、土砂等の上載荷重、浮力の有無、地盤反力、基礎からの反力等により、設計上最も不利となる荷重状態を考慮して設計する。
- (2) フーチングは、たて壁との接合部を固定端とする片持ばりとして設計する。

- (1) 一般に橋台は偏土圧を受けるが、このような構造物のフーチングを設計する場合は、前フーチングと後フーチングでは安全側となる荷重状態が異なる。

- 前フーチングの場合、フーチング上の埋戻し土が長期にわたり必ずしも存在するとは限らず、また、埋戻し土の影響を考慮しても鉛直荷重、曲げモーメント等の増減は、一般に僅かであることから、フーチングの設計に際しては土砂等の上載荷重は無視し、フーチング自重及び地盤反力、杭反力及び浮力の有無を考慮して設計するのがよい（図 4-18 参照）。
- 河川堤防内等のように、前フーチングでも土砂の上載荷重が無視し得ないほど大きい場合は、施工時の状況、完成後の状態等を十分考慮のうえ、安全側となる荷重状態を想定して設計する。
- 前フーチングの場合、上記の荷重で支配的になるのは下側鉄筋であり、上記の荷重により発生する曲げモーメントならびにせん断力に対して制限値以下となるように鉄筋を決定する。
- 後フーチングの場合は、裏込め土の影響が大きくその変動が少ないこと等から、一般には設計荷重として土砂等の上載荷重の影響を考慮して設計する（図 4-18 参照）。
- 後フーチングの場合、上記の荷重で支配的になるのは、上側鉄筋であり、上記の荷重により発生する曲げモーメントならびにせん断力に対して制限値以下となるように鉄筋を決定する。

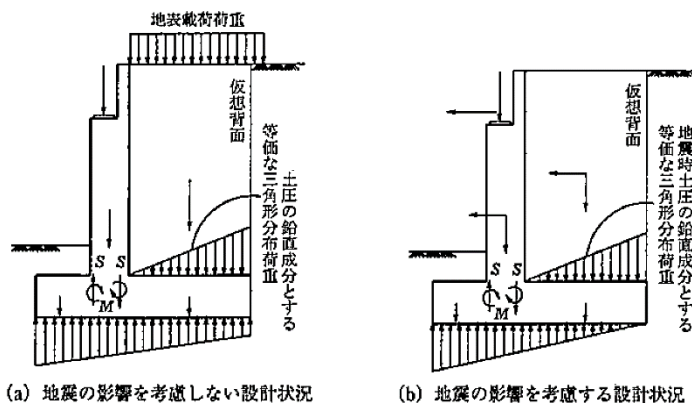


図 4-18 逆T式橋台フーチングの断面計算における荷重状態の例

- たて壁幅とフーチング幅が異なる場合には、図 4-19、図 4-20 に示すように、フーチング直角方向に張出部が存在することから、基礎形式に応じた荷重を考慮した上で、フーチングの直角方向張出部の照査を行う必要がある。

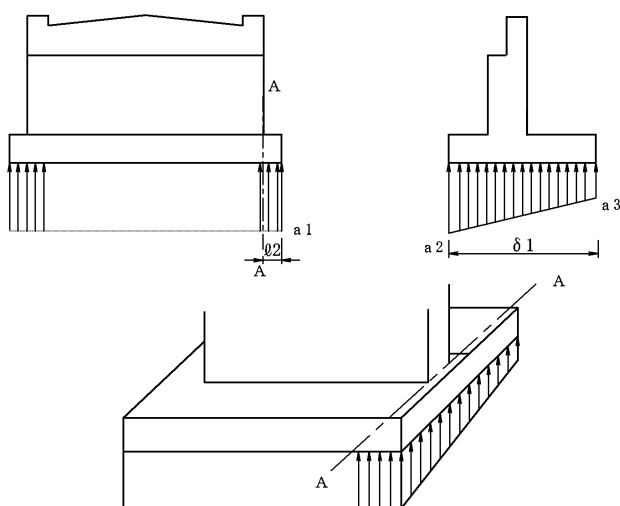


図 4-19 直角方向張出部の荷重状態（直接基礎の場合）

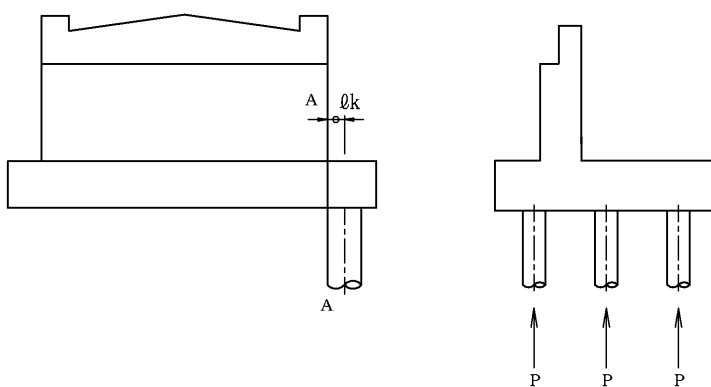


図 4-20 直角方向張出部の荷重状態（杭基礎の場合）

4.2.4. ウイング

【参考】 H29 道示IV 7.4.5
p-111～113

- (1) ウイングの設計は、「H29 道示IV 7.4.5 ウイング」により、活荷重と土圧に対して安全であることを照査する。
- (2) ウイングは、壁に固定された片持版又は壁とフーチングに固定された2辺固定版として慣用的な方法で設計する。

- 1) ウイングの種別は図 4-21 に示すように、版が壁に固定された片持ち版（パラレルタイプ）、もしくは、壁とフーチングに固定された2辺固定版（側壁タイプまたは側壁+パラレルタイプ）とする。

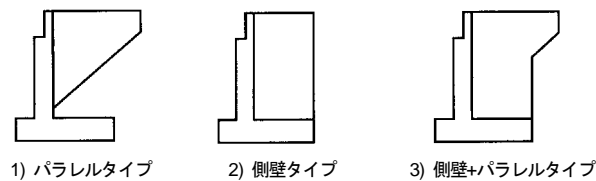


図 4-21 ウイングの種別

- 2) ウイングは、一般には主働土圧により設計する。ただし、前壁とウイングによりU字形状となる橋台において、次の条件を全て満足する場合については、静止土圧により設計する（図 4-22 参照）。

- ① 踏掛版が設置されていない。
- ② 1m 以上の歩道や路肩等が設けられていない。
- ③ 橋台の前壁とウイングとの角度が 90 度未満である。
- ④ ウイングの形状が側壁タイプである。

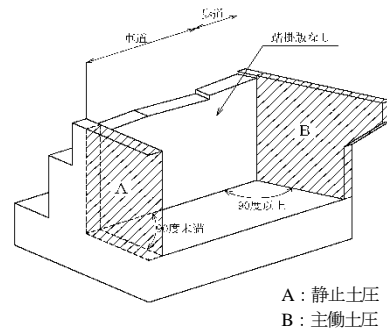


図 4-22 主働土圧により設計を行うウイング形状

- 3) ウイングの最大長さは 8m とする。ただし、パラレルタイプの最大長さは 6m とする。
- ・ ウイングの長さが 8m を超える場合は慣用的な方法では不経済な設計となりやすいため、2辺固定版として設計する。

- 4) ウイングの土かぶりとは図 4-23 を標準とする。
- ・ ウイング部の巻き込み勾配は前後の盛土勾配に合わせる。
 - ・ パラレルタイプの付根の大部分がパラペットで支持される場合は、パラペット付根にクラックが生じ易いので $n1 > n2$ とするか、側壁タイプの採用が望ましい。

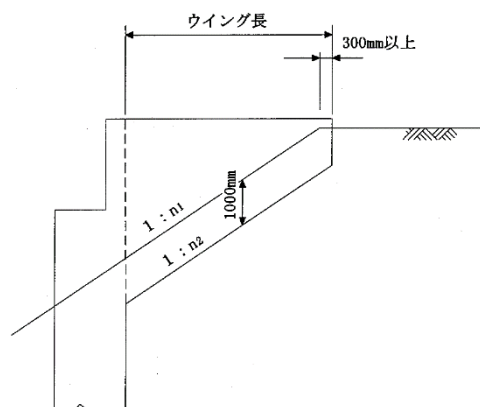


図 4-23 ウイングの土かぶり

【県の運用】
ウイング形状

4.2.5. 橋台背面アプローチ部

【参考】 H29 道示IV 7.9
p-156~163

- (1) 橋台背面アプローチ部は、「H29 道示IV 7.9 橋台背面アプローチ部」により、橋と背面側の盛土等との路面の連続性を確保できる構造とする。
- (2) 橋と背面側の盛土等との路面の連続性を確保するために、踏掛版を設けることを原則とする。
- (3) 橋台背面アプローチ部には、良質な材料を用いるものとする。
- (4) 橋台背面アプローチ部には、排水工を設けるものとする。

(1) 橋台背面アプローチ部は、①橋台背面アプローチ部から橋台への作用等が明らかであること、②経年的な変化への対処方法が明らかであること、③①②を満足するための設計、施工及び維持管理の方法が明らかであることを満足する構造としなければならない。このため、橋台背面アプローチ部に通常の盛土構造以外（例えば、固化により自立する構造や補強土壁等）の構造を用いる場合は、地震時の影響を考慮する場合を含めた設計で、各状況において考慮する橋台への作用が想定通りに作用すること、また、路面の連続性を確保するために必要となる設計・施工・維持管理方法が、実験等により検証されて事前に明らかとなっている事が採用の前提となる。また、地震の際等における構造体の安全性、変位の程度や修繕方法、日常の維持管理方法など、路面の連続性等を確保するために必要となる様々な事項について明らかにしておく必要がある。よって、橋台背面アプローチ部に補強土壁や固化により自立する構造を用いざるを得ない場合は、道路整備課と協議する。なお、採用にあたっては以下の点に留意する

- ・ 補強土壁は、橋台の地震時の挙動とは異なるため、橋台への作用を明らかにする。また、路面の連続性に影響を及ぼす場合があり、橋台背面アプローチ部の変状が生じた場合の修復の判断の方法や修復の方法について検討する。
- ・ 補強土壁は沈下による変形が生じた場合に一般に修復が困難であるため、基礎地盤が十分に安定している箇所に限定して用いる。
- ・ 軽量盛土は軟弱な地盤上の場合に採用されるが、橋台の地震時の挙動とは異なるため、橋台背面アプローチ部に変状が生じた場合の修復の判断や修復の方法についての検討、軽量盛土が沈下した場合の修復の方法について検討する。
- ・ 補強土壁と隣接する境界部では、地震動などの作用に対する構造物の変形性能の違いにより、開きやズレを生じて隙間から補強土壁の裏込め材がこぼれ出すおそれがあるため、裏込め材のこぼれ出しを防止するための適切な措置を講じる（図 4-24 参照）。

【参考】 NEXCO 第2集
擁壁編 10-7 p-69-170

【出典】 NEXCO 第2集
擁壁壁 図 7-2 p-70

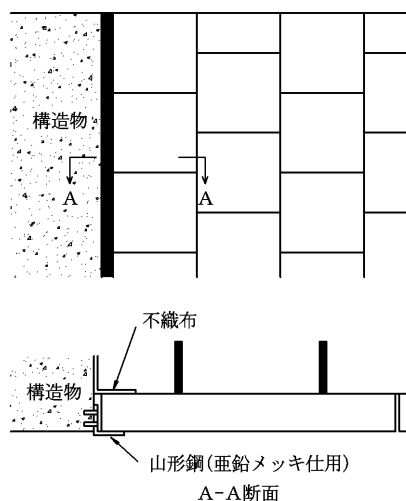


図 4-24 補強土壁との取り合い (例)

橋台背面アプローチ部の範囲は、図 4-25 に示すとおり、一般的な橋台では、背面からの主働土圧を考慮し、後フーチング下面端部からの主働崩壊角を踏まえて、後フーチング長に橋台高の 0.6 倍を加えた範囲とする。

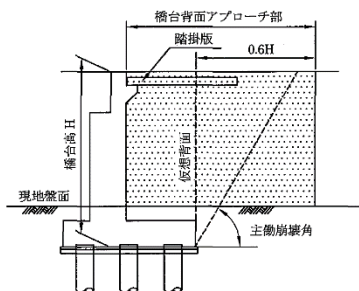


図 4-25 橋台背面アプローチ部の範囲

(3) 橋台背面アプローチ部に用いる材料は、締固めが容易で、非圧縮性、透水性があり、かつ、水の浸入によっても強度の低下が少ない安定したものをを用いる。使用材料や施工品質に関しては「H29 道示IV 参考資料3. 橋台背面アプローチ部の材料の仕様及び締固め管理値並びに排水工の例」を参考とする。

【参考】 H29 道示IV 参3
p-542~544

- 橋台背面アプローチ部と一般の盛土部とのすりつけ方法は、図 4-26 を参考にするのがよい。

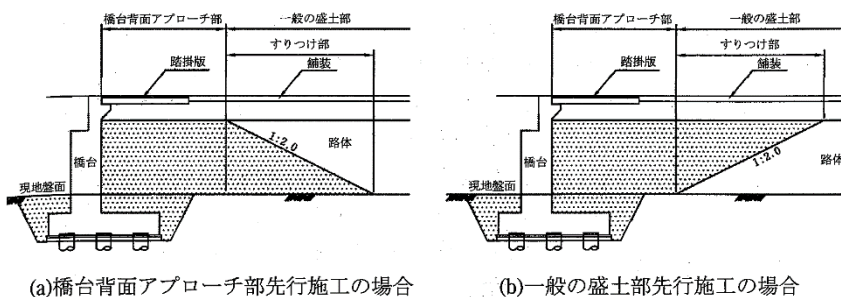


図 4-26 橋台背面アプローチ部と一般の盛土部とのすりつけの例

(4) 橋台背面アプローチ部に設ける排水工には以下のものを設ける (図 4-27 参照)。

【参考】 H29 道示IV 参3
p-542~544

- 表面排水工：雨水等の表面水が橋台背面アプローチ部内部に浸透することを防ぐために設ける。
- 裏込排水工：橋台背面アプローチ部内部に浸入した水を速やかに排除するために設ける。
- 地下排水工：地下水位が浅い場所の場合は、橋台背面アプローチ部内部に水が滞らないように地下排水工(基盤排水層、水平排水層、地下排水溝)を設け、集水したものを盛土外に導く。

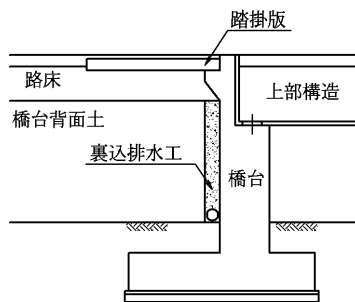


図 4-27 橋台背面アプローチ部の排水工の構造例

4.2.6. 踏掛版

【参考】 H29 道示IV 参4 p-545~546

- (1) 踏掛版の設計は、「H29 道示IV 参考資料4.踏掛版の設計法(案)」により、踏掛版の長さの70%を支間とした単純ばりとして設計する。
- (2) 踏掛版は、橋台形式及び盛土高に応じた長さのものを設置する。
- (3) 設置位置は、舗装構成のうちの基層(As)の下面とし、設置幅は車線及び内外両路肩を含む幅とする。

- ・ 踏掛版が交差点内に位置する場合、軟弱地盤上の橋台の場合については、本規定によらず道路整備課と協議を行う。
- ・ 設置位置は、舗装構成が表層のみの場合であっても、踏掛版上は基層を施工し、舗装面から最小10cmの位置とする。また、踏掛版上面の勾配は、道路縦断および横断勾配を考慮して決定し、上面高さは、路面の横断勾配を考慮して土かぶりが最も厳しくなる箇所で決定する。
- ・ 斜角のある橋台に設置される踏掛版は、橋軸方向に長さをとり、原則として短辺長を5.0mとした台形とする(図4-29参照)。
- ・ 幅員が広い場合や斜角がきつことから長辺(台形の下底辺)が長くなる場合などは、踏掛版を分割することができる。この場合、踏掛版の設計支間は、最も大きい支間とすること。

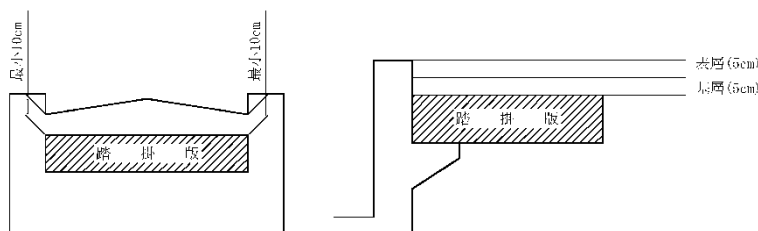


図 4-28 踏掛版の位置

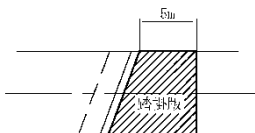


図 4-29 斜角のある踏掛版の設置の例

表 4-2 橋台接続部における踏掛版設置長さ

橋台の形式	地盤の種類		普通地盤		軟弱地盤
	裏込め材の種類	盛土高	切込砂利、硬岩等締固めによって細粒化しないもの	左記以外の材料	すべての条件
全ての橋台形式		6m 未満	設置しない (設置しない)	5 (5)	8 (8)
		6m 以上 12m 未満	5 (5)	5 (5)	8 (8)
		12m 以上	8 (5)	8 (5)	8 (8)

(注) 盛土高とは、フーチングの下面から舗装面までの高さとする。
 数字は踏掛版の長さ(m)。ただし、括弧のないものは設計速度 80km/h 以上の場合に、括弧のあるものは設計速度 80km/h 未満の場合にそれぞれ適用する。
 * 「踏掛版を設置しない」に該当した場合は、道路整備課と協議する。

【出典】
 土工-盛土工指針(H22版)

解表 4-10-2
 p-183~184

4.2.7. 配筋要領

(1) パラペット

1) 鉛直方向鉄筋の定着

- 鉛直方向鉄筋の定着は以下の式による（図 4-30 参照）。

$$\text{前面鉄筋} : La1 = Lo + d2/2 \quad \text{背面鉄筋} : La2 = Lo + d1$$

Lo : 「H29 道示Ⅲ 5.2.7」に示す重ね継手長

d : 部材の有効高

ただし、パラペット背面の鉛直方向鉄筋とたて壁背面の鉛直方向鉄筋が同ピッチの場合、 $La2$ はたて壁背面の鉛直方向鉄筋との重ね継手長を確保すれば良い。

2) 軸方向鉄筋

- 橋台のパラペットの鉛直方向鉄筋は、設計荷重で決定した鉄筋を配置する（図 4-30 参照）。

3) 配力鉄筋と側面鉄筋

- 配力鉄筋は落橋防止構造の有無に関わらず、荷重の分配や耐久性の確保を目的に、鉛直方向鉄筋の外側に配置する（図 4-31 参照）。
- 配力鉄筋として鉛直方向鉄筋の 1/3 以上を鉛直方向鉄筋の外側へ配置する。
- パラペットはじん性を期待する部材ではないため、重ね継手位置および両端にフックは不要とする。ただし、配力鉄筋にも引張力が作用する恐れがあるため、継ぎ手位置を一ヶ所に集中させない配置や落橋防止構造設置位置付近には継ぎ手を設けない配慮をする。
- 側面鉄筋は従来通りの形状・配置とし、フック長は 15ϕ とする（図 4-31 参照）。

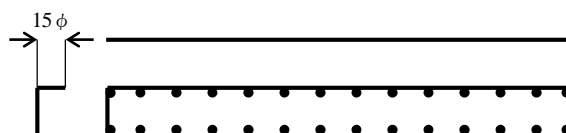


図 4-31 配力鉄筋と側面鉄筋形状

4) 鉛直方向鉄筋のかぶり

- 鉛直方向鉄筋のかぶりは 150mm とし、「本編 2.2.」に規定する最小純かぶり以上を確保する。
- 背面側の鉛直方向鉄筋は、施工上、たて壁背面の鉛直方向鉄筋に合わせることを望ましく、前面側の鉛直方向鉄筋中心までの距離も、配筋ミスや煩雑さをさけるために 150mm とする。
- 側面のかぶりもたて壁やウイングのかぶりを考慮して 150mm とする。

5) 組み立て筋およびせん断補強鉄筋

- せん断補強鉄筋は引張鉄筋を取り囲み、フックを付けて圧縮側鉄筋にかけるように配置する。その間隔は有効高の 1/2 以下かつ 300mm 以下とする。
- パラペットにせん断補強鉄筋が必要とならない場合には、部材の有効高以下に、形状が同じものを千鳥配置（フックの向き）で配置する。
- せん断補強鉄筋形状を図 4-32 に示す。

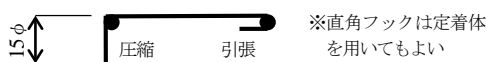
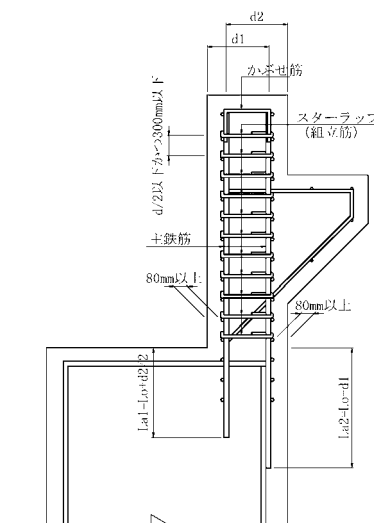


図 4-32 パラペットのせん断補強鉄筋形状

- パラペットはじん性を期待しない部材なので、せん断補強鉄筋に横拘束効果は期待しないが、せん断

【参考】 H24 道示Ⅳ 7.4.4
p-106~111

【参考】 H29 道示Ⅲ 5.2.7
p-84~87



（落橋防止システムが取付く場合）

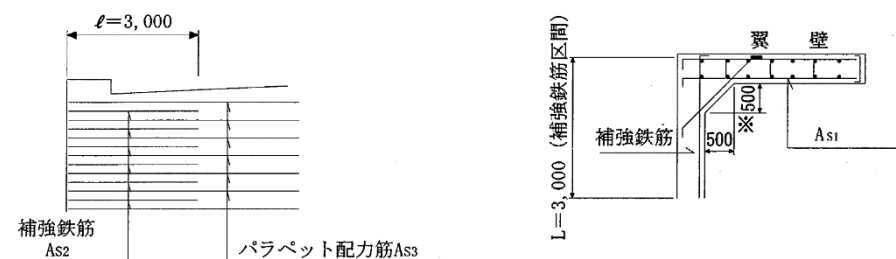
図 4-30 パラペットの配筋の例

【参考】 H29 道示Ⅳ 5.2.5
p-74~78

補強鉄筋として引張側の鉛直方向鉄筋を取り囲む形状とする。

6) ウイングがある場合

- ウイングがある場合には、パラペットとウイングの隅角部にはハンチを設け、ウイングに作用する土圧によって生じる曲げモーメントに対し補強を行う（図 4-33 参照）。
- ハンチの寸法はウイング厚またはパラペット厚が 1m を超える場合には、部材厚が大きい方の 1/2 以上のハンチ高を確保する。



※) $A_{S2} + A_{S3} \geq A_{S1}$ ただし、 A_{S2} は A_{S1} と同径以上。

図 4-33 ウイング接続部の補強の例

7) 後打ち部の鉄筋

- 伸縮装置などの後打ち部は、伸縮装置の構造に合わせて寸法を決定し、設計図面に明示する。

8) 開口部の補強

- 橋梁添架物などによりパラペットに開口部を設ける場合は、応力集中などによってひび割れが生じないように、開口部により欠損した鉄筋量と同等以上の補強鉄筋を開口部周辺に配置する。

(2) たて壁

1) 鉛直方向鉄筋

- 鉛直方向鉄筋の段落しは原則として行わない。
- 鉛直方向鉄筋の定着は、「H29 道示IV 7.5 躯体と基礎の接合部」により、「H29 道示III 5.2.7(3)2」の定着長を確保し、かつ、フーチング下面鉄筋位置まで延ばし、その端部は「H29 道示IV 5.2.3 鉄筋のフック及び鉄筋の曲げ形状」に規定するフックをつけて定着させる。
- 定着長がフーチング厚よりも長くなる場合は、下面鉄筋位置まで延ばし、その位置から折り曲げ下面鉄筋に添って配置してもよい。ただし、このような場合で、フックをつける場合は「H29 道示III 5.2.5 鉄筋の定着」に規定される定着長の 2/3 倍以上、フックをつけない場合では「H29 道示III 5.2.5 鉄筋の定着」に規定される定着長以上でなければならない。

2) 圧縮鉄筋および側面鉛直鉄筋

- 前面側鉛直方向鉄筋は背面側鉛直方向鉄筋の 1/2 以上を配置する。
- 常時に側方移動の恐れがある橋台や土質定数の低減係数 D_E が 1 未満となる土層を有する地盤上にある橋台においては、たて壁前面側にも背面側と同量の鉛直方向鉄筋を配置する。
- 側面に配置される鉛直方向の鉄筋は、たて壁の鉛直方向鉄筋ではないので、ひび割れ防止鉄筋として長さ 1m 当たり 500mm^2 以上の断面積の鉄筋を中心間隔 300mm 以下で配置する。

【参考】H29 道示IV 7.4.5
p-111～113

【参考】H29 道示IV 5.2.4
p-73～74

H29 道示IV 7.5
p-114～115

H29 道示III 5.2.7
p-84～87

H29 道示IV 5.2.3
p-72～73

H29 道示III 5.2.5
p-76～84

【参考】H29 道示IV 7.4.2
p-100～103

3) 配力鉄筋と側面鉄筋

- 配力鉄筋は前面・背面鉛直方向鉄筋のそれぞれの 1/3 以上かつD13 以上の鉄筋を鉛直方向鉄筋の外側へ 300mm 以下の間隔で配置する。
- 配力鉄筋は、荷重の分配や耐久性の確保を目的として配置するとともに、せん断補強鉄筋と共同して横拘束効果を期待するものであるで、その端部にはフックをつけて鉛直方向鉄筋にかけて定着する。
- 側面鉄筋は図 4-34 の形状・配置とし、フック長は 15ϕ とする。
- 配力鉄筋に継ぎ手を設ける場合は、両側に半円形または鋭角フックを設け、 40ϕ 以上の重ね継ぎ手を用いる。

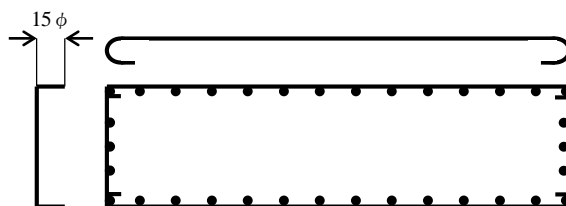


図 4-34 配力鉄筋と側面鉄筋形状

4) 中間帯鉄筋

- せん断補強鉄筋として必要とならない場合であっても、変形能の確保を目的として橋脚躯体の中間帯鉄筋と同様に配置する。
- 配力鉄筋と同径・同材質を配置する。
- 前面と背面の配力鉄筋径が異なる場合には、いずれか太い方の径を配置するものとする。配置間隔は図 4-35 に示すように、鉛直方向に 0.6m 以内、水平方向に 1m 以内の間隔で配力鉄筋にフックをかけるように配置する。
- 施工上の制約などによりやむを得ず一方を直角フックとする場合には、直角フックの位置が千鳥状になるように中間帯鉄筋を配置する。
- 2組の中間帯鉄筋を橋台断面内部で重ねて継ぐ場合には、中間帯鉄筋の直径の 40 倍以上重ね、その端部にはフックを設ける。
- 逆T式橋台においては、直角方向の中間帯鉄筋は配置しなくてもよい。
- 中間帯鉄筋がせん断補強筋を兼ねる場合は、鉛直方向の間隔が部材有効高の 1/2 以下となるように配置する。

【参考】H29 道示IV 7.4.2
p-100~103

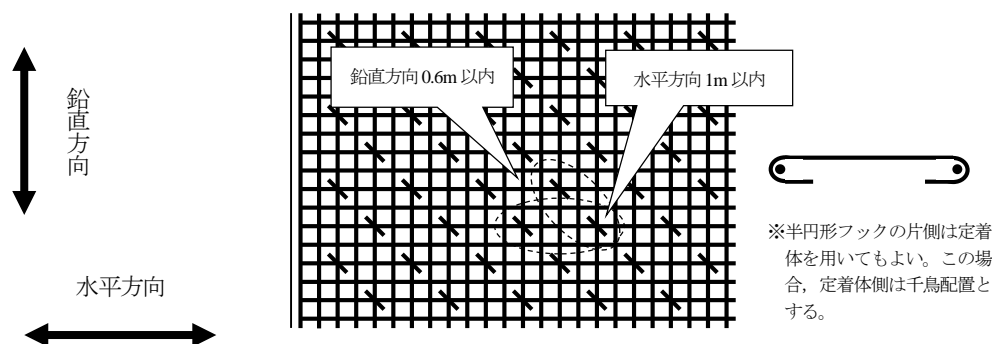


図 4-35 たて壁の中間帯鉄筋形状とその配置間隔の例

5) 橋座水平補強筋

- 「H29 道示IV 7.6 橋座部の設計」により、計算上必要のない場合でもD16以上の鉄筋を橋座の鉄筋と同間隔に配置する(図4-36参照)。

- 形状は中間帯鉄筋と同じとする。

6) 支圧補強筋

- D16鉄筋を沓座モルタル幅以上の範囲に格子状に配置し、その間隔は支承アンカーボルトの箱抜き部を除き100mm程度とする(図4-37参照)。

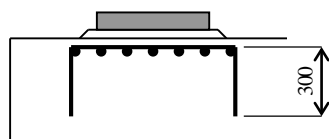


図 4-37 支圧補強筋形状の例

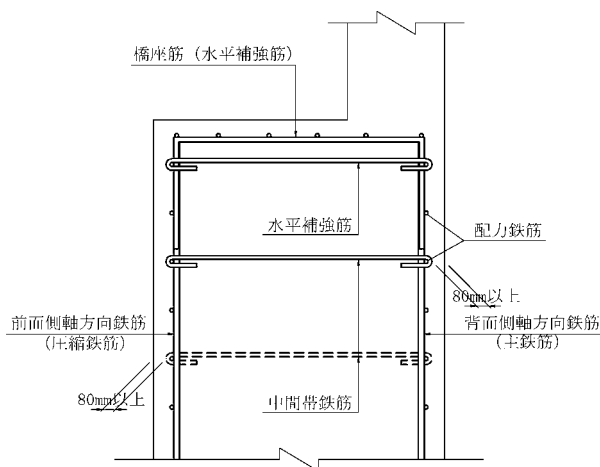


図 4-36 たて壁の配筋の例

7) 軸方向鉄筋のかぶり

- 基本的に150mmとし、「本編2.2.」に規定する最小かぶり以上を確保する。また、側面のかぶりも同じとする。

(3) フーチング

1) 主鉄筋の定着

- 主鉄筋は、図4-38に示すように、「本編2.2.」に規定する定着長を確保し、かつ、前フーチングの引張鉄筋は壁背面側、後フーチングの引張鉄筋は壁前面側の鉛直方向鉄筋の位置まで伸ばすか、これを超えて定着する。

2) 圧縮鉄筋および配力鉄筋と端部補強筋

- 橋台背面側に慣性力が作用すること等を考慮し、引張主鉄筋の1/2以上を前フーチングの上面及び後フーチングの下面に配置する。
- 配力鉄筋は、上・下側それぞれの主鉄筋の1/3以上を主鉄筋の外側へ配置する。
- 端部の補強筋については、H24道示にも規定が無いため、H8道示に従い、フーチングの張出長に関わらず常にD19ctc200とし、フーチング軸方向鉄筋がD16の場合はD16ctc200とする。

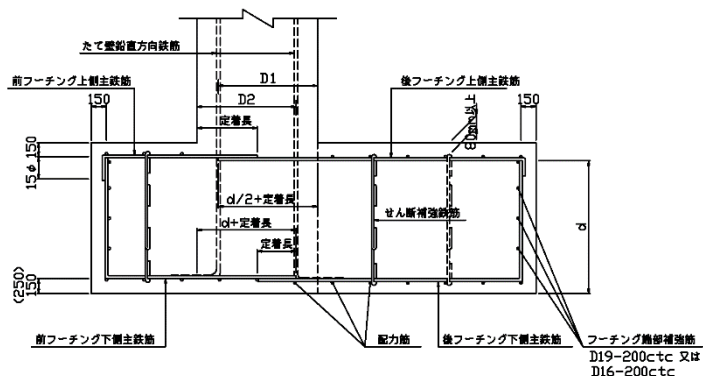
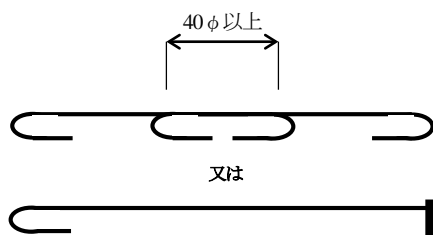


図 4-38 フーチングの配筋例

【参考】 H29 道示IV 7.6
p-115~122【参考】 H29 道示IV 7.7.5
p-142~144

3) セン断補強鉄筋

- セン断補強鉄筋は引張鉄筋を取り囲み、フックを付けて圧縮鉄筋にかけるように配置する。
- 間隔は有効高の 1/2 以下とする。
- セン断補強鉄筋を必要としない場合であっても、形状は図 4-39 に示す形状とし、有効高以下の間隔で配置する。
- セン断補強鉄筋は図 4-39 に示すとおり、両端半円形フックとする 1 本ものとし、重ね継手をいれ上下から設置する。また、重ね継手には両側半円形フックを設け、40φ以上の重ね継手を確保する。



※片側に定着体を用いた場合、定着体側は千鳥配置とする。

図 4-39 セン断補強鉄筋形状

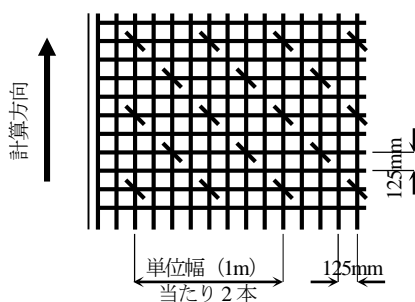


図 4-40 セン断補強鉄筋の数え方 (2本 ctc250 の例)

【参考】 H24 道示IV 7.10
p-198~202

【補足】
施工、種類の簡素化等の理由により、前フーチング、後フーチングの別をなくすためである。

4) 軸方向鉄筋のかぶり

- かぶりは 150mm とし、「本編 2.2.」に規定する最小かぶり以上を確保することとし、橋軸・橋軸直角方向の側面かぶりも同じとする。
- 杭基礎の場合の下側主鉄筋かぶりは 250mm とする。

(4) ウイング

1) 水平方向鉄筋の定着

- ウイングの背面側(内側)の水平方向鉄筋は引張鉄筋(軸方向鉄筋)となることから、その定着は「H29 道示III 7.3.3 異なる機能を有するコンクリート部材の連結」に規定する [定着長+有効高 ($l_a+d/2$)] 以上の長さを確保する (図 4-41 参照)。
- ウイング前面側(外側)の水平方向鉄筋は圧縮鉄筋であることから「H29 道示III 5.2.7 鉄筋の継手(4)」により、「H29 道示III 5.2.7 鉄筋の継手 式 (5.2.1)」から求まる継ぎ手長の 80%以上、かつ鉄筋径の 20 倍以上とする。
- 鉄筋の定着長がパラペット厚以上となる場合には、パラペット前面側の配力鉄筋位置まで延ばし、直角フックにて定着を行うものとする。

【参考】 H29 道示III 7.3.3
p-200~202
H24 道示III 5.2.7
p-84~87

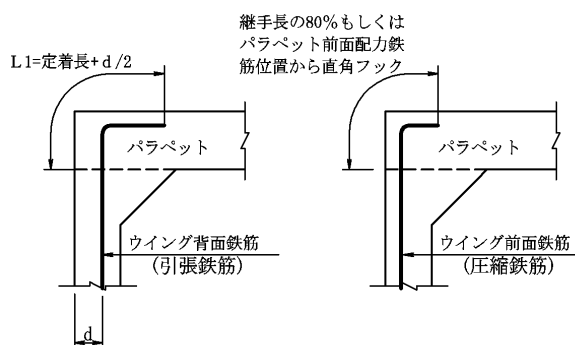


図 4-41 ウイングの水平方向鉄筋の定着

2) 鉄筋の配置

- パラレルタイプのウイングは水平方向鉄筋が軸方向鉄筋であり、鉛直方向鉄筋が配力鉄筋となる。
- 側壁タイプのウイングは水平方向と鉛直方向の鉄筋それぞれが主鉄筋であり、かつ配力鉄筋となる。
- ウイングはじん性を確保しなくても良い部材であり、橋台パラペットおよびたて壁との配筋の取り合いを考慮に入れ、ウイングの鉄筋は水平方向鉄筋を外側に、鉛直方向鉄筋を内側に配置することとし、配力鉄筋は軸方向鉄筋の1/3以上の鉄筋量とする。
- パラレルタイプの場合には、他の部材と主鉄筋と配力鉄筋の配置が異なるが、ウイングのタイプにより配筋の使い分けを行うことは、非常に煩雑となるため、全タイプ(側壁、側壁+パラレル、パラレル)共通の配置とする。

3) せん断補強鉄筋及び組立て筋

- せん断補強鉄筋及び組立て筋は水平方向鉄筋にかけるようにし、図4-42に示す形状とする。
- せん断補強鉄筋を用いる場合はウイング引張側に半円形フックが向くように配置する。
- せん断補強鉄筋が必要とならない場合には、鉄筋径 D13 の組立て筋を配力鉄筋に掛ける様に配置する。
- 組立て筋のフック長については定着を期待していないこと等から、鉄筋径ごとにフック長を変化させる必要はないと考え150mmのフック長とする。

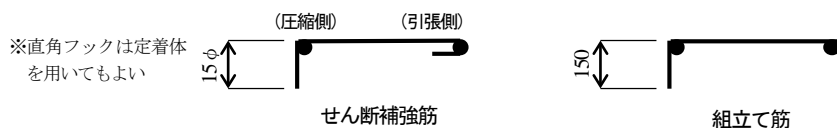


図 4-42 ウイングのせん断補強筋および組立て筋形状

4) 鉄筋のかぶり

- かぶりの標準値は他部材と同じく基本的に150mmとするが、鉄筋径が細い場合は最小純かぶりを確保した上で最小100mmとしてもよい。

(5) 踏掛版

1) 軸方向鉄筋の配置とかぶり

- 引張側鉄筋は150mm、圧縮側鉄筋は300mmを基本配置間隔とし、軸方向鉄筋までの純かぶりを引張側、圧縮側共に70mm以上とする(図4-43参照)。

2) 圧縮鉄筋

- 圧縮鉄筋は、軸方向鉄筋の1/3以上を配置し、最大径は25mm程度を目安とする。

3) 配力鉄筋

- 配力鉄筋は軸方向鉄筋の内側に配置し、引張側の配力鉄筋は引張主鉄筋の1/4以上とする。
- 斜角が60°以上の場合は引張主鉄筋の2/3程度とし、60°未満の場合はその影響を別途考慮する。
- 圧縮側の配力鉄筋は引張側の1/2程度とする。

【参考】 H29 道示IV 参4
p-545~546

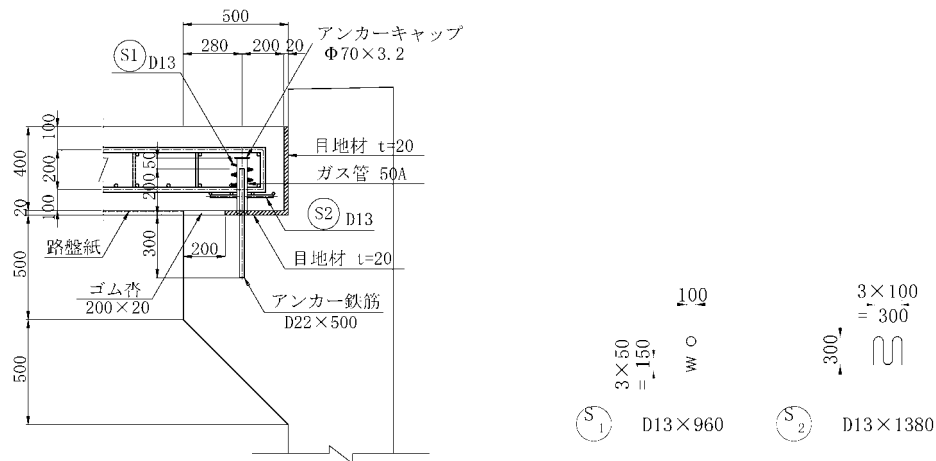


図 4-43 踏掛版の配筋および受け台形状の例

4.3. ラーメン式橋台

- 橋台位置において道路を交差させる必要がある場合は、ラーメン式橋台を採用してもよい。
- ラーメン式橋台の形状は図 4-44 を参考とし、経済性、施工性等を検討の上決定する。
- 施工中に生じる構造系の変化ならびに供用中に生じる不静定力及び変位に対して設計を行う必要がある。
- 土圧に関しては、施工時及び供用中に生じる最も不利となるもので設計を行う必要がある。
- 上床版は橋軸直角方向に水平とし、橋軸方向には排水勾配を確保する。

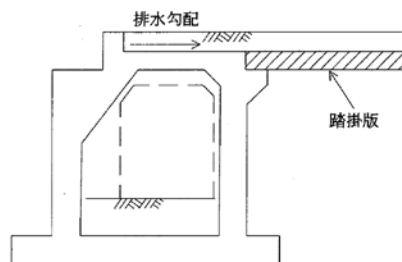


図 4-44 ラーメン式橋台

4.4. 箱式橋台

- 箱式橋台は逆 T 式橋台に比べ施工性に劣るため、橋台高さが 15m を超える場合や逆 T 式橋台では構造的に不利であり、結果的に不経済になる場合などのやむを得ない場合に採用することが望ましい。
- 直接基礎の場合は、滑動に抵抗するために箱内に土砂を詰める構造がよい。
- 杭基礎の場合は、鉛直荷重を小さくするために中空構造とする場合が多い。
- 側壁等には頂版施工時の支保工を撤去するための開口部が必要となる。
- 設計については、「NEXCO 設計要領第二集」を参考とする。
- 箱式橋台の頂版位置は踏掛版と合わせる(図 4-45 参照)。

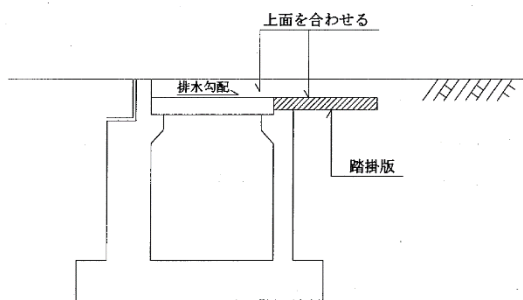


図 4-45 箱式橋台に設置する踏掛版の例

5. 橋脚の設計

5.1. 一般

5.1.1. 設計の手順

支承を有する一般的な橋脚は、以下の手順に従い設計を行う。

【参考】 H29 道示IV 7.3
p-93~99

【出典】 図 5-1
平成 29 年度道路橋
示方書に基づく道路橋
の設計計算例 H30.6
(社)日本道路協会

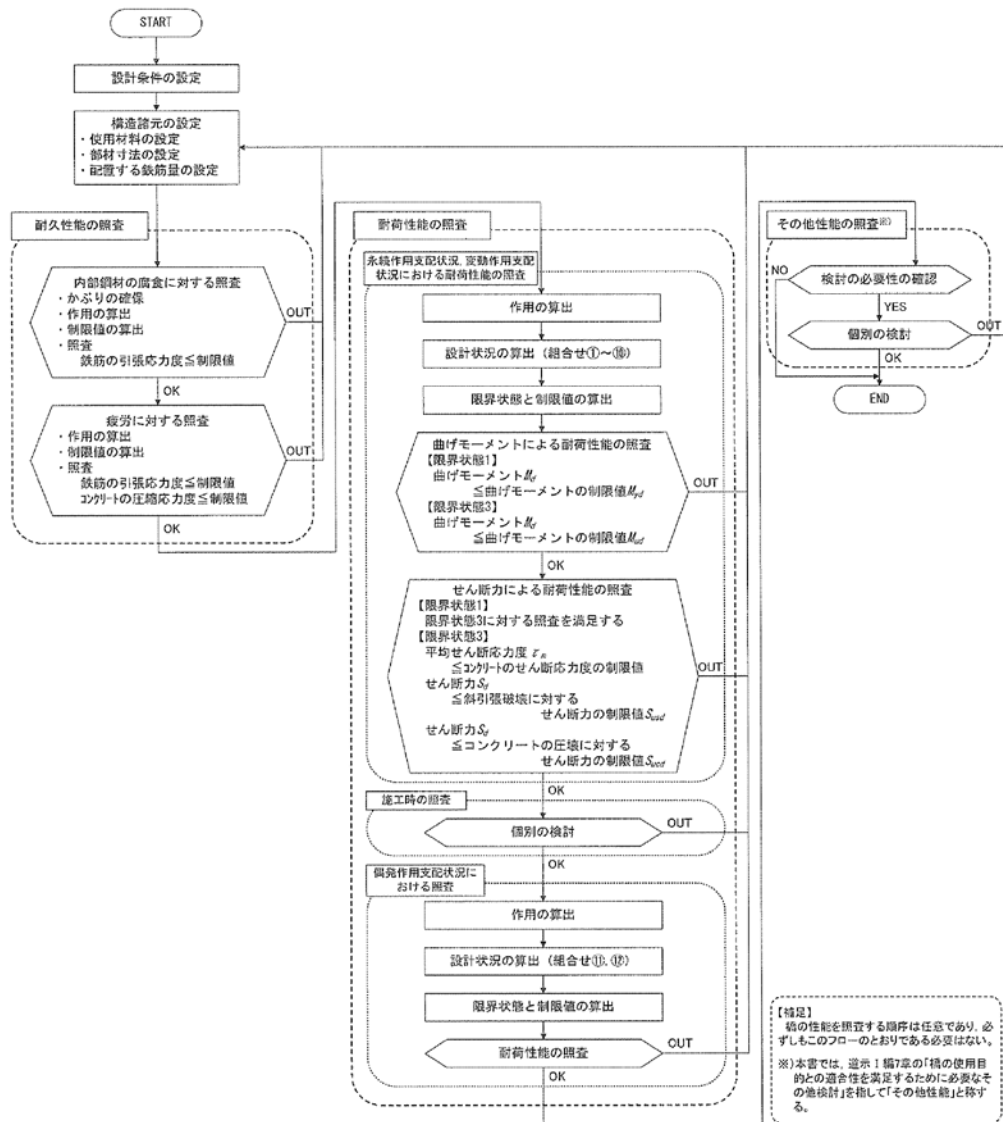


図 5-1 橋脚の設計フロー

【補足】
橋の性能を照査する順序は任意であり、必ずしもこのフローのとおりである必要はない。
※)本書では、道示「橋7章の「橋の使用目的との適合性を満足するために必要なその他の検討」を指して「その他性能」と称する。

5.1.2. 橋脚形状の計画

- (1) 橋脚の躯体形状は、単純化した形状を基本とする。
- (2) 躯体寸法の決定にあたっては、基礎形式に応じた基本単位に丸めるものとする。

(1) 柱の形状（矩形・円形・小判）は、架橋位置の状況および耐震性・経済性などを考慮して決定する。また、フーチング上面のテーパは、原則として設けない（図 5-2 参照）。

- ・ 景観に配慮する必要がある場合は、面取り等の工夫を行う。
- ・ 道路中心と構造物中心が一致しない橋脚については、図 5-3 のように中心線の離れ(D)を明記する。

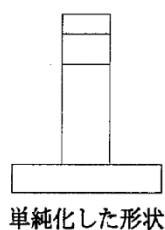


図 5-2 橋脚の形状

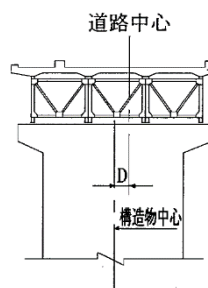


図 5-3 離れの表示

(2) 全高表示（設計計算高）Hは図 5-4 に示す位置とし、直接基礎の場合は全高 H とフーチング幅 W1、W2 を 50cm 単位、杭基礎の場合は全高 H とフーチング幅 W1、W2 を 10cm 単位とする。

- ・ 柱部材（円柱式または小判式）の円形部分の直径は 50cm 単位を標準とし、やむを得ない場合は 10cm 単位とする。
- ・ 梁（柱）の橋軸方向幅は縁端距離を確保し、直角方向幅については、桁橋の場合は、一般的に上部工地上覆外側、床版橋の場合は主版幅にあわせた 10cm 程度単位の幅とする。
- ・ 杭基礎の場合のフーチング厚さは、杭頭結合鉄筋の定着長を確保した上で、フーチング上面鉄筋との余裕を確保した厚さとする。
- ・ その他の各部の寸法は図 5-5 を参考とし、10cm 単位とする。

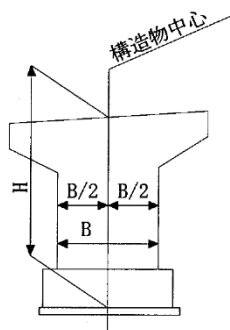


図 5-4 高さの表示

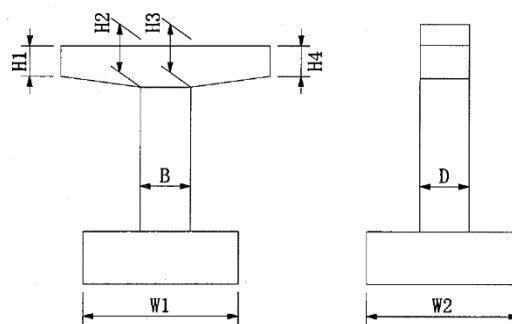


図 5-5 橋脚寸法

【出典】

土木構造物設計が이드라인
(社)全日本建設技術協会
p-36 修正・加筆

5.1.3. 躯体幅の大きい橋脚

(1) 躯体幅の大きい橋脚は、「H29 道示IV 7.2.2 幅の大きい躯体の設計」により、温度変化、乾燥収縮、上部構造の死荷重等による鉛直亀裂、横方向における不同沈下等を考慮して設計する。

- 躯体幅の大きい橋脚の場合、擁壁と同じくたて壁の前面と背面では温度変化や乾燥収縮量が異なり、鉛直方向のひび割れの原因となる場合が多いことから、「本編 4.1.4.」に示す処理を行い、防止する。

【参考】 H29 道示IV 7.2.2
p-91～92

5.2. T型橋脚

5.2.1. 張出ばり

(1) 張出ばりの設計は、「H29 道示IV 7.3.2 T形橋脚」により、上部構造からの荷重を確実に基礎に伝達できるように設計する。

(2) 張出ばりは、

- 片持ばりとして設計
- 張出長は柱断面が長方形の場合においては柱前面における鉛直断面から、円形の場合においては柱外面より柱直径の 1/10 内側へ入った位置からはり先端までの長さとして設計する。

【参考】 H29 道示IV 7.3.2
p-95～98

(1) はりなど取付けられる側の部材の照査の際には、取付く構造が機能する条件(荷重条件)、荷重の大きさ・方向等を機能に応じて適切に考慮する。

- 橋脚の張出ばりの付根断面は、常時の鉛直荷重等に対して設計するほか地震時の作用を考慮して設計する。
- 地震の影響を考慮する設計状況においては、固定支承又は弾性支承では支承水平反力、可動支承では摩擦によって生じる水平力のほか、上部構造の水平方向の慣性力により生じる鉛直方向の支承反力も考慮する（図 5-6 参照）。また、張出ばりに落橋防止構造や横変位拘束構造が取付く場合には、こうした構造物から作用する荷重についても考慮する。
- 張出ばりに落橋防止構造や横変位拘束構造が取付く場合には、その構造から作用する荷重についても考慮する。
- 鉄筋コンクリート部材の耐久性を考慮して、「H29 道示III 6.2.2 耐久性確保の方法」に従い鉄筋の引張応力度が $100\text{N}/\text{mm}^2$ 以下となるように照査する。

【参考】 H29 道示IV 7.3.1
p-93～95

【参考】 H29 道示III 6.2.2
p-181～183

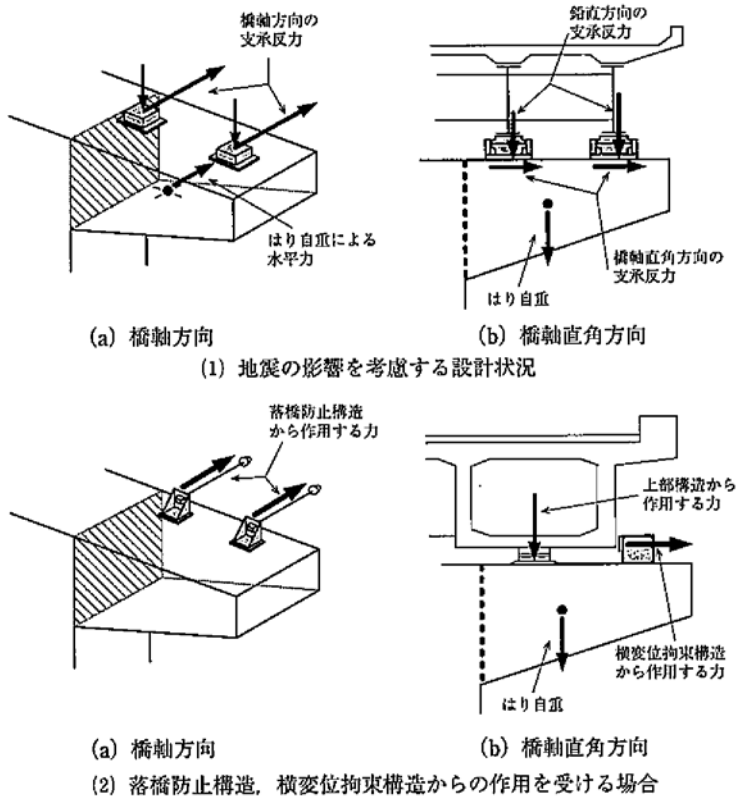


図 5-6 橋脚の張出ばりに作用する荷重の例

5.2.2. コーベル

(1) 張出ばりの張出し長さ L とはりの高さ H の比 (L/H) が 1.0 未満となる場合には、コーベルとして扱う。ただし、図 5-7(b) に示すような作用荷重が主として集中荷重 P となる場合には、張出し部固定端より荷重作用位置までの距離 a を張出長さ L とする。

- コーベルとなる場合は「H29 道示Ⅲ 5.2.12 コーベルの形状及び鉄筋の配置」の規定に従い設計する。
- 引張主鉄筋は、はり先端部で折り曲げて支持部材に定着する。
- コーベルの場合も同様に、鉄筋コンクリート部材の耐久性を向上させるため、鉄筋の引張応力度を 100N/mm^2 以内に抑える。

【参考】 H29 道示Ⅲ 5.1.2
p-61~64

【参考】 H29 道示Ⅲ 5.2.12
p-95~97

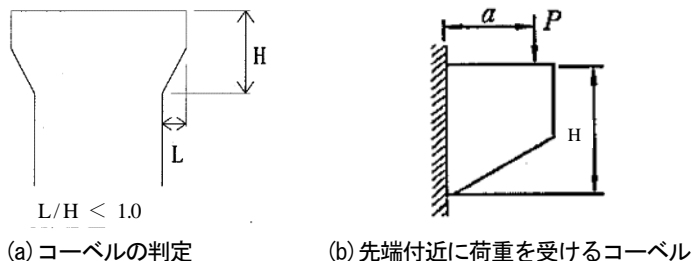


図 5-7 コーベル

5.2.3. 柱及び壁

- (1) 柱及び壁の設計は、「H29 道示IV 7.3 橋脚の設計」により、上部構造からの荷重を確実に基礎に伝達できるように設計する。
- (2) T 形橋脚の柱及び壁は、フーチングとの接合部を固定端とする片持ばりとして設計する。このとき、最も不利となる軸力及び曲げモーメントの組合せを用いる。

【参考】 H29 道示IV 7.3
p-93～99

(2) T 形橋脚の柱は「H29 道示IV 7.3.2 T 形橋脚」による。一般には最大曲げモーメントに対して、最大の軸力及び最小の軸力を組合せて照査する。

【参考】 H29 道示IV 7.3.2
p-95～98

- 橋脚の柱は、一般には、面内及び面外 2 方向の曲げが同時に作用すると仮定した照査は行なわない。ただし、常時大きな偏心を受ける橋脚においては、2 軸方向の曲げに対して照査する必要がある。
- 曲げモーメントに対して橋脚を設計する場合、常時、暴風時及びレベル 1 地震時に対する設計においては、水平荷重作用方向に直交する方向の鉄筋のみを計算上考慮し、他方向の鉄筋は無視する。

5.2.4. フーチング

- (1) フーチングの設計は、「H29 道示IV 7.7 フーチングの設計」により、フーチング自重、土砂等の上載荷重、浮力の有無、地盤反力、基礎からの反力等により、設計上最も不利となる荷重状態を考慮して設計する。
- (2) フーチングは、片持ばり、単純ばり、連続ばり等のはり部材として設計する。また、必要に応じて、版としての挙動を考慮して設計する。

【参考】 H29 道示IV 7.7
p-122～144

(1) 橋脚の場合、市街地構造物のように、他の制約条件からフーチング上載荷重に差があるもの、また、河川内構造物のように、洗掘を受けて上載土砂の厚さが変化するもの等があり、上載荷重の考慮は危険側にも安全側にもなり得るので、予想される状況に対し安全側となる荷重状態で設計する。

(2) フーチングは一般に照査断面で支持される片持ばりとみなすが、ラーメン橋脚等の連続フーチングにおける柱間のフーチングの設計においては基本的には連続ばりとして設計する。

- 柱に対するフーチングの剛度比が小さい場合には、柱、はり、基礎を一体のラーメン構造として設計する。

5.2.5. 配筋要領

(1) はり

1) 鉛直方向主鉄筋の定着

- 鉛直方向主鉄筋の2段目の柱部材への定着は、「H29 道示Ⅲ 7.3.3 異なる機能を有するコンクリート部材の連結」に従い、図 5-8 に示とおりとす。

$$L_a = d + l_a$$

- l_a : 「H29 道示Ⅲ 5.2.7」に示す重ね継手長
- d : 部材の有効高

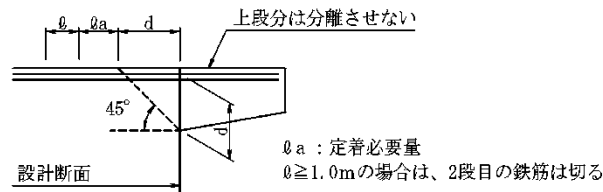


図 5-8 2段目主鉄筋の配置

2) 圧縮鉄筋と圧縮鉄筋の定着

- 圧縮鉄筋は「H29 道示Ⅳ 7.7.5 鉄筋の配置」の橋脚フーチングに準じ、鉛直方向主鉄筋の1/3以上を配置する。
- 圧縮鉄筋の定着は以下の通りとする。

$$L_a = b + d/2 \quad \text{または} \quad b + 0.8L_o \quad \text{の大きい方}$$

- L_o : 「H29 道示Ⅲ 5.2.7」に示す重ね継手長
- d : 部材の有効高
- b : 小半柱の場合は柱部の半径、矩形の場合 $b=0$

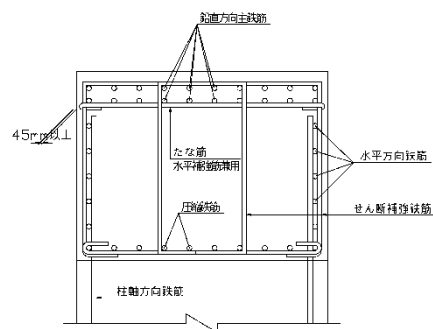


図 5-9 梁の配筋例

3) せん断補強鉄筋

- せん断補強鉄筋は引張鉄筋を取り囲み、部材全体に渡って梁の有効高さの1/2以下かつ300mm以下に配置する。
- 張出し梁はじん性を期待しない部材ではあるが、水平方向のせん断耐力向上のために図 5-10 に示すように圧縮側のせん断補強鉄筋に半円形または鋭角フックを付けて、梁全体を取り囲む形状とする。

【参考】H29 道示Ⅲ 7.3.3
p-200~202【参考】H29 道示Ⅲ 5.2.7
p-84~87【参考】H29 道示Ⅳ 7.7.5
p-142~144【参考】H29 道示Ⅲ 5.2.7
p-84~87

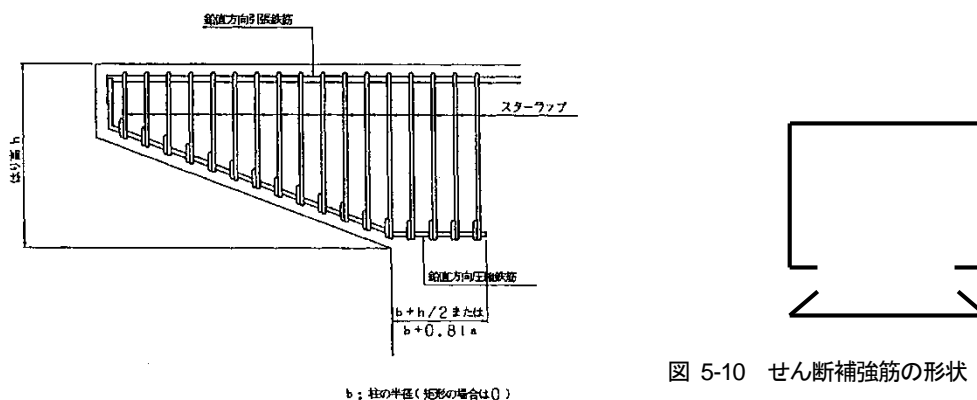


図 5-10 せん断補強筋の形状

図 5-11 圧縮鉄筋の定着とせん断補強筋の配置範囲

- 施工性を考慮して、それぞれの鉄筋の配置位置を上下逆にしてもよい。
- 加工寸法は柱のせん断補強鉄筋と水平方向鉄筋のどちらか太い径を用いて決定する。

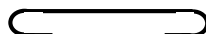
4) 水平方向鉄筋

- 水平方向鉄筋は柱軸方向鉄筋の外側に配置する。
- 水平方向鉄筋が配置される部分は、柱の外側帯鉄筋・中間帯鉄筋のフック部等、非常に複雑に配筋される部分であるので、現場での配筋のしやすさを考慮する。
- 計算上必要のない場合においても、両側で鉛直方向主鉄筋の 1/4 程度以上の鉄筋を配置する。

5) 橋座の水平補強筋および主鉄筋 2 段目用棚筋

- 橋座の水平補強筋は「H29 道示IV 7.6 橋座の設計」により、計算上必要のない場合でもせん断補強鉄筋と同間隔に D16 以上の鉄筋を両側半円形フックとし、せん断補強筋に掛けるように配置し、梁主鉄筋が 2 段以上となる場合は棚筋を兼ねることとする (図 5-12 参照)。

【参考】H29 道示IV 7.6
p-115~122



※半円形フックの片側は定着体を用いてもよい。この場合、定着体側が交互となるように配置する。

図 5-12 水平補強筋および棚筋の形状

6) 鉄筋のかぶり

- 鉛直方向主鉄筋・水平方向鉄筋・せん断補強鉄筋のかぶりは「本編 2.2.」に従い、最小かぶりを 45mm 以上確保すること。
- 上記 5)により水平補強筋をせん断補強鉄筋にかけるので、最小かぶりは梁側面位置となる場合が多く、その影響は柱の軸方向鉄筋のかぶりにもおよぶ場合があるので注意が必要である。

7) 支圧補強筋

- 橋台と同様の考え方とする。

(2) 柱

1) 軸方向鉄筋の定着

- 橋台たて壁と同様、軸方向鉄筋の定着は「H29 道示IV 7.5 躯体と基礎の接合部」により、「H29 道示 III 5.2.7(3)2」の定着長を確保し、かつ、フーチング下面鉄筋位置まで延ばし、その端部は「H29 道示 IV 5.2.3 鉄筋のフック及び鉄筋の曲げ形状」に規定するフックをつけて定着させる。

【参考】H29 道示IV 5.2.4
p-73~74
H29 道示IV 7.5
p-114~115
H29 道示III 5.2.7
p-84~87
H29 道示IV 5.2.3
p-72~73

- 定着長がフーチング厚よりも長くなる場合は、下面鉄筋位置まで延ばし、その位置から折り曲げ下面鉄筋に添って配置してもよい。ただし、このような場合で、フックをつける場合は「H29 道示Ⅲ 5.2.5 鉄筋の定着」に規定される定着長の2/3倍以上、フックをつけない場合では「H29 道示Ⅲ 5.2.5 鉄筋の定着」に規定される定着長以上でなければならない。

【参考】H29 道示Ⅲ 5.2.5
p-76～84

2) 軸方向鉄筋の断面変化および継ぎ手

- 「H29 道示Ⅴ 8.9.2 塑性変形能を確保するための構造細目」より、原則的として軸方向鉄筋の段落しを行ってはならない。また、塑性化を考慮する領域では継手を設けてはならない。
- やむをえない場合については、「H29 道示Ⅲ 5.2.7」の規定に基づきガス圧接継ぎ手や機械継ぎ手を用いた継ぎ手構造を採用してよいが、試験を行い継ぎ手部の強度を定め、かぶりコンクリートが剥離して軸方向鉄筋が露出しても、確実に機能できる継ぎ手構造を採用するものとする。
- 重ね継ぎ手・ガス圧接継ぎ手に関わらず、鉄筋直径の25倍以上ずらして配置する。
- 重ね継ぎ手又は段落し位置が打継目と重なる場合には構造上の弱点となるため、これらは打継目から1m程度以上離す。

【参考】H29 道示Ⅴ 8.9.2
p-210～216

【参考】H29 道示Ⅲ 5.2.7
p-84～87

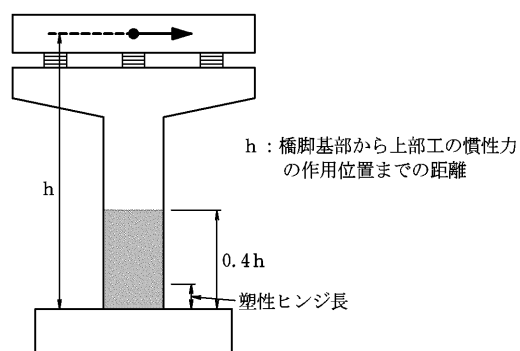


図 5-13 塑性化を考慮する領域

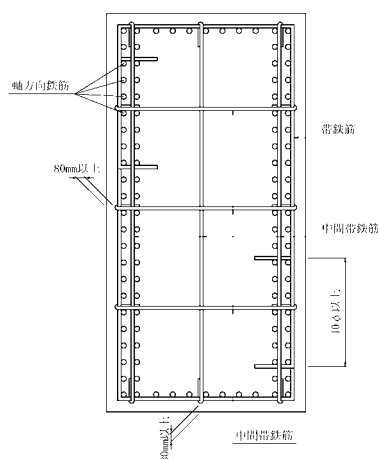


図 5-14 柱の配筋例

3) 帯鉄筋

- 帯鉄筋の構造細目は、「H29 道示V 8.9.2 塑性変形能を確保するための構造細目」に準じる。
- 高さ方向に対して途中で帯鉄筋の間隔を変化させる場合には、その間隔を徐々に変化させるものとし、急激に変化させてはならない。
- 帯鉄筋の定着および形状は、直角フックでコンクリート内部へ定着する（図 5-16 参照）が、重ね継ぎ手 40ϕ の継ぎ手部には必ず中間帯鉄筋を掛けるようにして、梁内部へ $B/2$ 区間、フーチング内部は $B/2$ 区間または $H/2$ の大きい方の範囲に柱部材と同等のピッチで配置する（ B ：柱の短辺長もしくは直径， H ：フーチング厚）。

【参考】H29 道示V 8.9.2
p-210~216

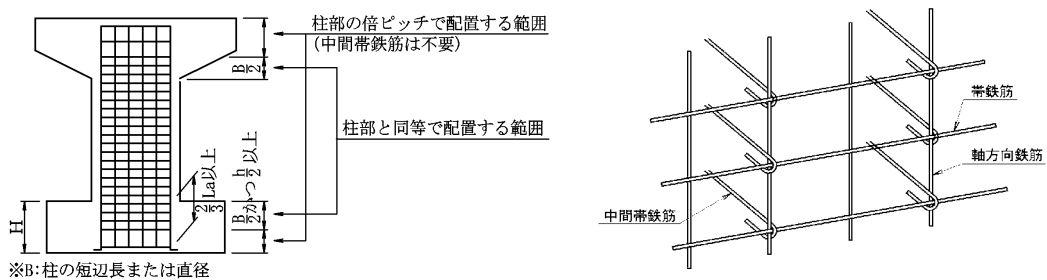


図 5-15 外側帯鉄筋の配置

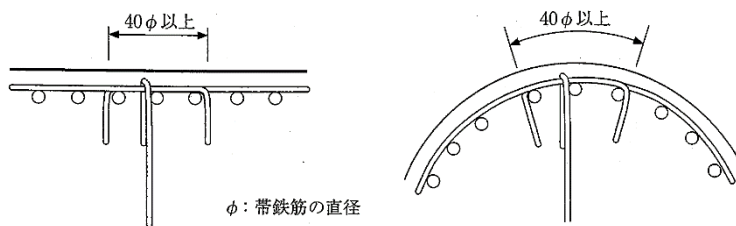


図 5-16 外側帯鉄筋形状

4) 中間帯鉄筋

- 両側半円形フック（図 5-17 参照）にて帯鉄筋へかけることを原則とし、配置区間は帯鉄筋と同じとする。
- 加工形状は図 5-17 の通りとするが、柱断面が大きく柱内部で継ぎ手が必要な場合は、重ね継ぎ手部を 40ϕ 以上確保し、可能な限り千鳥に配置する。
- 重ね継ぎ手部のフックも半円形フックとする。

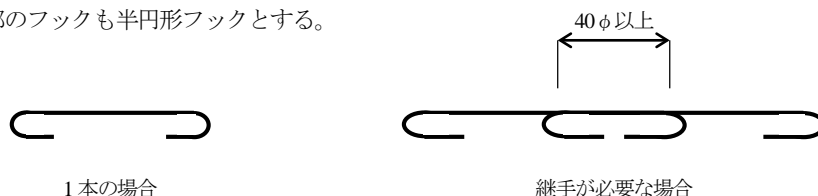


図 5-17 横拘束鉄筋の形状

- 施工上の制約条件などによりやむを得ない場合には、中間帯鉄筋の一方のフックを直角フックとして定着してもよいが、直角フックを千鳥状に配置すると共に、設計においては直角フックによる横拘束効果を低減するために、「H29 道示V 6.2.3 コンクリートの応力度—ひずみ曲線及び鉄筋の応力度—ひずみ曲線」の考え方の有効長を 1.5 倍した値を用いるものとする。

【参考】H24 道示V 6.2.3
p-138～142

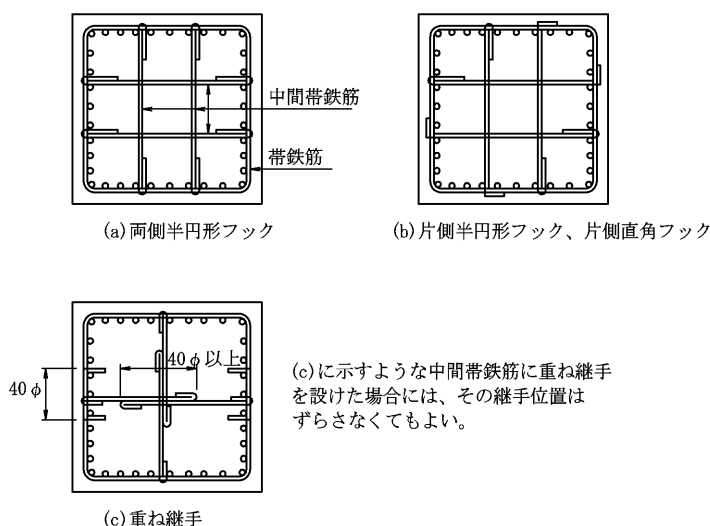


図 5-18 中間帯鉄筋の配筋例

5) 軸方向鉄筋のかぶり

- 軸方向鉄筋のかぶりは 150mm とする。
- 横拘束鉄筋は帯鉄筋にかけるので、横拘束鉄筋の径からかぶりが決定する場合がある。
- 「本編 2.2.」に規定する最小かぶり以上を確保する。

(3) フーチング

1) 軸方向鉄筋の配置

- 橋脚のフーチングの鉄筋は、橋軸方向・橋軸直角方向の上下共に、それぞれが軸方向鉄筋、かつ配力鉄筋であるので、橋軸または直角方向の鉄筋の内、主要な方向の鉄筋を内側に配置することが望ましいが、橋脚ごとに内側に配置する鉄筋を変えることは設計・施工を非常に煩雑となり、ミス防止も考慮に入れて、一般的に主方向となる橋軸方向の上下面の主鉄筋を内側へ配置し、橋軸直角方向の上下面の主鉄筋を橋軸方向の主鉄筋の外側へ配置することを基本とする。

2) 圧縮鉄筋

- 「H29 道示IV 7.7.5 鉄筋の配置」に準じ、橋軸・直角方向それぞれ下面主鉄筋の1/3以上を配置する。

【参考】H29 道示IV 7.7.5
p-142~144

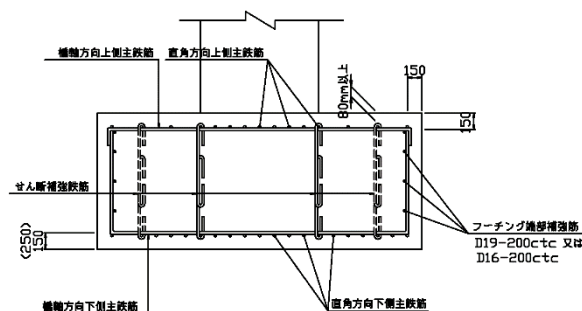


図 5-19 フーチングの配筋例

3) 配力鉄筋と端部補強筋

- 「H29 道示IV 7.7.5 鉄筋の配置」に準じ、フーチング上面、下面において、各方面の鉄筋は直交する鉄筋の1/3以上を配置する。
- フーチング端部補強筋は橋台と同じとする。

【参考】H29 道示IV 7.7.5
p-142~144

4) せん断補強鉄筋

- せん断補強鉄筋は上下の直角方向主鉄筋にかけるように、部材の有効高の1/2の間隔で配置する。
- せん断補強鉄筋を必要としない場合であっても、図 5-19 に示す形状のものを部材の有効高以下の間隔で配置し、組立て筋も兼ねることとする。

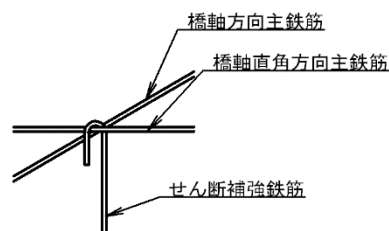


図 5-20 せん断補強鉄筋のかけ方

5) 主鉄筋のかぶり

- 主鉄筋のかぶりは上・下側共に150mmとするが、「当編2.2.」に規定する純かぶり以上を確保する。
- 杭基礎の場合の下側主鉄筋かぶりは「H29 道示IV 10.8.7 杭とフーチングの接合部」に配慮し250mmとする。

【参考】H29 道示IV 10.8.7
p-284~289

5.3. ラーメン橋脚

- ・ ラーメン橋脚の設計は、「H29 道示IV 7.3.3 ラーメン橋脚」の規定による。
- ・ 一般的には、ラーメンの面内方向（通常は橋軸直角方向）に対して平面骨組み解析、ラーメンの面外方向（通常は橋軸方向）に対しては柱として設計を行う。
- ・ 図 5-21 (a) のような形式の平面骨組み解析は、各部材の節点は剛結された構造とし、杭を含めた全体系で設計し、図 5-21 (b) のような形式の平面骨組み解析は、各部材の節点は剛結された構造とし、柱下端を固定端として設計する。
- ・ ラーメンの軸線は、部材の断面図心にあるものとして各部材の剛比を計算する。
- ・ ラーメンの面外方向に対して柱として設計を行うときは、柱の荷重分配を考慮して設計する。



(a) フーチングが独立している場合 (b) フーチングが一体で剛体とみなせる場合

図 5-21 ラーメン橋脚と解析モデル

5.4. その他の橋脚

5.4.1. 鋼製橋脚

- ・ 鉄筋コンクリート橋脚に比べて同じ荷重に対し部材寸法を小さくすることが可能であるため、架橋位置での制約条件が厳しい場合に採用されることが多い。
- ・ 道路橋示方書に記載されていない事項等は、都市高速の建設を行う機関の設計基準を参考にする。
- ・ 本橋脚構造を採用する場合は、道路整備課と協議する。

【参考】 H29 道示IV 7.3.3
p-98~99

6. 橋座部の設計

6.1. 設計一般

- (1) 橋座部の設計は、「H29 道示IV 7.6 橋座部の設計」により、支承部等からの鉛直力や水平力に対して安全であることを照査する。
- (2) 橋座部は、支承や桁の腐食を生じさせないように配慮する。
- (3) 橋座部は、維持管理の確実性及び容易さを考慮して構造的に配慮する。
- (4) 路面の横断勾配は原則として橋座と台座で調整する。

【参考】 H29 道示IV 7.6
p-115~122

- (1) 橋座部は、支承部から作用する力の外、落橋防止構造等を取付けている場合には、これらから作用する力に対しても十分な耐力を有するように設計する。
- (2) 橋座部は水がたまりやすく狭隘なことから、支承や桁の腐食が生じることが多いため、橋座部の設計を行う際には、橋座部に適切な排水勾配をつける等の配慮をする。
- (3) 橋座部には支承等の点検・補修などが確実に行える空間を確保するとともに、柵などを設け、点検者等の安全性に配慮する。また、支承の交換や桁端部の補修等が容易に行えるよう、桁の仮受け等を想定して強度を確保するなどの構造的配慮を行う。
- (4) 横断勾配の調整は図 6-1 により計画する。

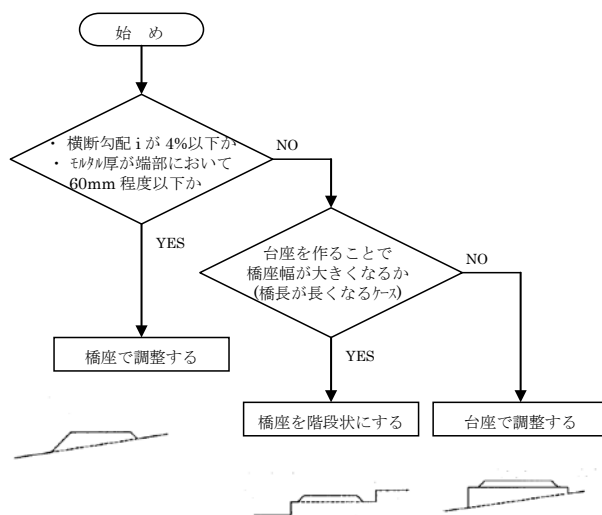


図 6-1 橋座形状の選定手順の例

- ・ 台座コンクリートの「H29 道示 I 10.1.9 支承部の耐久性能に関する設計」の図-解 10.1.2 台座コンクリートの高さに準じ、最小高さ 150mm 程度以上、台座部の支承縁端距離は台座高さ以上、下沓プレートの端部からの 45° 線が橋座に伝わるように計画すること (図 6-2 参照)。

【参考】 H29 道示 I 10.1.9
p-174~177

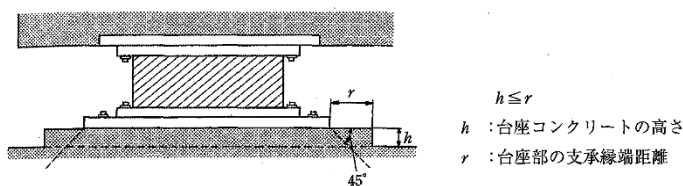


図 6-2 台座コンクリート詳細の例

- 沓座モルタルの最小厚は30mm程度以上とし、最大厚は60mm程度とする。
- 沓座モルタルの下面は、30mm厚の箱抜きを行う（図 6-3 参照）。
- アンカーボルト箱抜き径は10mm ラウンドとする。

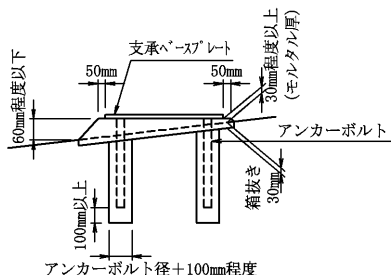


図 6-3 台座モルタル詳細の例

6.2. 支承縁端距離

(1) 支承縁端距離

(1) 支承縁端距離は「H29 道示IV 7.6 橋座部の設計」の式 (6.1) による。

(1) 斜橋又は曲線橋の場合は、橋軸直角方向にも橋軸方向と同様に、式(6.1)の条件を満たすように支承縁端距離 S を確保する。

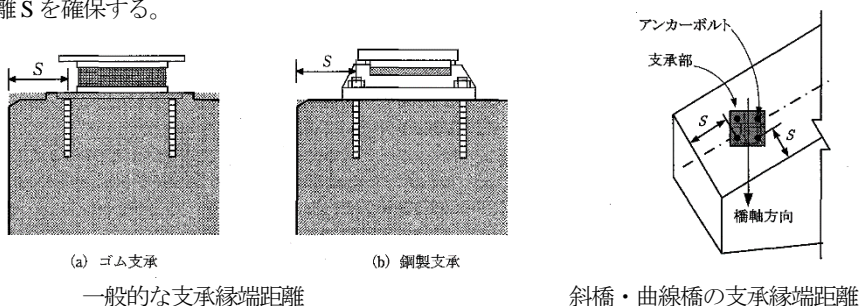


図 6-4 支承縁端距離 (S) の取り方

$$S \geq 0.2 + 0.005l \dots\dots\dots (6.1)$$

ここに、

S : 支承縁端距離 (m)

l : 支間長 (m)

(2) 桁かかり長

(1) 桁かかり長は、「H29 道示V 13.3 落橋防止システム」の規定により、橋軸方向、橋軸直角方向、回転方向に「H29 道示 V 13.3.5 必要桁かかり長」により算出される値以上確保する。

- 橋軸方向の必要桁かかり長は「H29 道示V 13.3.5(1)」の規定による。必要桁かかり長は一連の上部構造端部から橋軸方向に確保する。
- 橋軸直角方向の必要桁かかり長は上部構造が下部構造に対して相対的に橋軸直角方向に「H29 道示V 13.3.5(1)」の規定により算出した長さ分だけ移動した場合に、安定して下部構造に留まることのできる長さとする。必要桁かかり長は橋軸直角方向に確保する。

【参考】 H29 道示IV 7.6
p-115～122

【参考】 H29 道示V 13.3
p-275～296
H29 道示V 13.3.5
p-285～290

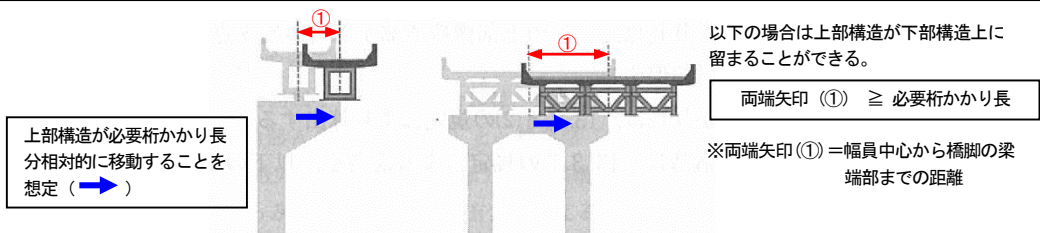


図 6-5 橋軸直角方向に上下部構造間の相対変位が生じた際に安定した状態で残存する例

- ・ 回転方向の必要桁かかり長の確保は、一連の上部構造の水平面内での回転挙動を想定した場合に、これに隣接する上部構造、橋脚の段違い部又は橋台のパラペットで挙動が拘束されないときに行う。必要桁かかり長は「H29 道示V 13.3.5(2)」の規定により算出する。必要桁かかり長は、一連の上部構造端部から当該支座位の支承線に直角な方向に確保する。

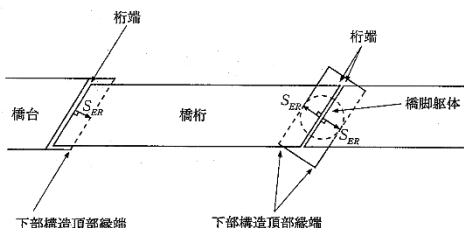


図 6-6 回転方向の必要桁かかり長の取り方

6.3. 橋座の耐力

- (1) 橋座部は「H29 道示IV 7.6 橋座部の設計」により、支承部からの水平力に対して十分な耐荷性能を有するように設計する。
- (2) 橋座部における水平力の制限値は、「H29 道示IV 式(7.6.2)～式(7.6.4)」により算定する。

- (1) レベル 2 地震動を考慮する設計状況において、支承部から作用する水平力が制限値を越えない事を照査する。支承部から作用する水平力は、「H29 道示V 13.1.1 支承部に作用する力」による。

【参考】H29 道示IV 7.6 p-115～122

【参考】H29 道示V 13.1.1 p-259～264

表 6-1 支承部の設計に用いる水平力

照査方法	各部材の状態	水平力の考え方
静的照査法	—	上部構造の慣性力
	鉄筋コンクリート橋脚に塑性化を考慮	橋脚の終局水平耐力
	基礎に塑性化を考慮	橋脚基礎の変形による上部構造の慣性力作用位置における応答変位に相当する水平力
動的照査法	—	動的解析により算出した支承部の最大応答値

- (2) 橋座の耐力を算出する際、補強鉄筋の負担分は橋座部の耐力の 5 割程度以下となるようにアンカーボルト取付け位置や補強鉄筋量を設計する。
 - ・ 固定装置や横変位拘束構造等にアンカーバーを用いる場合においても、アンカーバーが取付く部分が設計地震力に対し十分な耐力を有するように設計する。
 - ・ アンカーバーについても支承縁端距離 S を確保する。この時の S はアンカーバーの中心から下部構造頂部縁端までの距離とする。
 - ・ 支承部が台座上に設置されている構造においては、コンクリートの抵抗面積を台座を除いた範囲で定める。

7. 基礎の安定に関する基本事項

7.1. 設計の基本

- (1) 基礎は、以下の1)及び2)を満足しなければならない。
- 1) 基礎に作用する荷重に対する抵抗要素とその力学的特性が明らかであり、限界状態、照査項目、照査値及び解析モデルについて、相互の関係性を含めて実験等により適切に検証されていること。
 - 2) 1)を一定の信頼性をもって実現させるための基礎の施工管理方法が確立していること。
- (2) 基礎の安定に関する照査では、鉛直荷重、水平荷重及び転倒モーメントに対して耐荷性能を満足するとともに、基礎の変位が橋の機能に影響を与えないとみなせる範囲に留まるようにしなければならない。
- (3) 基礎の設計にあたっては、抵抗要素及びその力学的特性を適切に考慮しなければならない。
- (4) 基礎は、長期的に安定して存在し、確実な地盤抵抗が得られる地層により支持させなければならない。

【参考】 H29 道示IV 8.1
p-164~166
H29 道示IV 8.2
p-167~175

- (1) 直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎、鋼管矢板基礎、地中連続壁基礎及び深礎基礎について、「H29 道示IV 9章 直接基礎の設計」以降の規定により設計及び施工を行う場合は(1)を満足するとみなしてよい。
- (2) ラーメン橋やアーチ橋の橋軸方向のように橋の構造上転倒が生じないと判断できる場合には転倒に対する照査を行う必要はない。

表 7-1 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における各基礎形式の標準的な各基礎の安定照査項目

基礎形式	荷重	変位の制限の照査			耐荷性能の照査		
		I 編 3.3 に規定される①の作用の組合せ IV編 8.2(3)(2)に規定される作用の組合せ			I 編 3.3 に規定される①から⑩の作用の組合せ		
		鉛直荷重	水平荷重	転倒モーメント	鉛直荷重	水平荷重	転倒モーメント
直接基礎		○	○	○	○	○	○
杭基礎		○*	○	—	○*	○	—
ケーソン基礎		○	○	—	○	○	—
鋼管矢板基礎		○*	○	—	○*	○	—
地中連続壁基礎		○	○	—	○	○	—
深礎基礎		○	○	—	○	○	—

* 杭基礎及び鋼管矢板基礎については、押し込み力及び引抜き力に対して照査を行う

- (3) 「H29 道示IV」に示されている設計手法は、各基礎形式の施工法、基礎の支持条件、荷重分担及び基礎の剛性を考慮した設計計算モデルであり、その適用範囲には限界がある。
- 設計法の区分は主に構造形式及び施工法による基礎形式の区分によるものとし、基礎と地盤の相対的な剛性を評価する βL_e については設計法の実用的な適用範囲として表 7-2 が目安となる。
 - ① 直接基礎とケーソン基礎・地中連続壁・柱状体深礎基礎の設計法は、施工法によらず根入れ深さと基礎幅の比に応じ、表 7-3 の区分による。ただし、 $1/2 < L_e/B < 1$ の根入れ深さの浅いケーソン基礎等のうち、根入れ部前面の抵抗が期待できない場合には、直接基礎の挙動に類似することから、直接基礎として安定に関する設計を行うのが良い。
 - ② ケーソン基礎、鋼管矢板基礎、地中連続壁基礎及び柱状体深礎基礎と杭基礎及び組杭深礎基礎の設計法の区分は、基礎を1本の柱状体として取扱うか、複数の柱部材をフーチングで接合したラーメンとして取扱うかの違いである。
 - ③ 杭基礎は、杭先端の支持力を考慮する支持杭と考慮しない摩擦杭に区分して設計する。
 - ④ ケーソン基礎、鋼管矢板基礎、地中連続壁基礎及び柱状体深礎基礎のような柱状体基礎は、 βL_e の値に関係なく、基礎の曲げ剛性を考慮して水平方向の安定性を照査する。

【参考】 R2 杭基礎設計便覧 3.5.3
p-222~226

⑤ 組杭深礎基礎の設計法の対象は、 $L_e/B \geq 1$ が標準となる。

表 7-2 各基礎の安定性照査の基本と設計法の適用範囲

基礎形式	照 査 内 容					基礎の剛性評価	設計法の適用範囲を示す βL_e の目安			
	転倒モーメント	鉛直荷重		水平荷重			1	2	3	4
	照査項目	照査位置	照査項目	照査位置	照査項目					
直接基礎	偏心した鉛直力の作用位置	底面	地盤反力度	底面	せん断抵抗力 [受動抵抗力]	剛体				
杭基礎	—	設計上の地盤面又は杭頭	支持力 引抜き抵抗力	設計上の地盤面又は杭頭	水平変位	弾性体	←————→			
ケーソン基礎	—	底面	支持力度	設計上の地盤面	水平変位	弾性体	←————→			
鋼管矢板基礎	—	設計上の地盤面	支持力	設計上の地盤面	水平変位	弾性体	←————→			
地中連続壁基礎	—	底面	支持力度	設計上の地盤面	水平変位	弾性体	←————→			
深礎基礎	—	底面	支持力度	設計上の地盤面	水平変位	弾性体	←————→			

L_e : 基礎の有効根入れ深さ (m)

β : 基礎の特性値 (m^{-1}), $\beta = \sqrt[4]{\frac{k_H D}{4EI}}$

EI : 基礎の曲げ剛性 ($kN \cdot m^2$)

D : 基礎の幅又は直径 (m)

k_H : 基礎の水平方向地盤反力係数 (kN/m^3) (βL_e の判定には地震の影響を含まない場合の k_H を用いる。)

表 7-3 直接基礎とケーソン基礎の区分

基礎形式	L_e/B		
	0	1/2	1
直接基礎		←————→	
ケーソン基礎・地中連続壁基礎・柱状体深礎基礎		○————→	

L_e : 基礎の有効根入れ深さ (m)

B : 基礎の短辺幅 (m)

* L_e : 基礎の有効根入れ深さ—設計上の地盤面から基礎底面又は先端までの深さ。ただし、有限長杭の基礎の有効根入れ深さの取り方は、杭先端が支持層に入っている場合は杭底面ではなく支持層上面までとする。

7.2. 基礎形式及び形状

- (1) 基礎形式は、地形や地質条件、施工条件、環境条件等を考慮して選定する。
- (2) 1基の下部構造には異種の基礎形式を併用しないことを原則とする。
- (3) 1つの上部構造を支える下部構造間で異なる基礎形式を選定する場合には、橋に有害な影響を与えないように設計する。
- (4) 杭基礎を選定する場合には、支持杭とすることを基本とする。
- (5) 杭基礎、ケーソン基礎又は深礎杭基礎を選定した場合には、支持層に支持させなければならない。
- (6) 杭基礎のうち支持杭基礎、鋼管矢板基礎又は地中連続壁基礎を選定した場合には、基礎先端を支持層に根入れさせなければならない。
- (7) 杭基礎のうち摩擦杭を選定した場合には、上部構造の形式と機能、地盤条件等を考慮して、適切な根入れ深さを設定しなければならない。
- (8) 基礎の形状を定める際には、地盤の抵抗ができる限り均等になるように配慮しなければならない。

【参考】 H29 道示IV 8.4
p-179～182

(1) 基礎は、形式によって施工方法が異なるため、地盤など現地の条件に対する適用性が形式毎に異なるため、地盤など現地の条件に対する適用性が異なる。また、一部の地盤変動の影響のように照査において荷重としては考慮しない作用が影響するような条件では、基礎の形式や形状によって作用に対する抵抗特性に差が出る。このため、架橋位置における地形・地質条件、施工条件、環境条件等を十分に考慮して基礎形式を選定しなければならない。

- 軟弱地盤にオールケーシング工法で杭を構築する場合、杭径が所定の径より細くなることもある。特にN値が1以下の軟弱な粘性土・有機質シルトがある地盤では、十分な施工管理を実施したにも関わらず杭頭付近で杭の先細りが生じた事例もあるため、オールケーシング工法以外の基礎工法の適用を検討するのが良い。
- 基礎の設置位置が斜面安定対策で想定する斜面崩壊の範囲にかかるなどの斜面の変状の影響が想定される場合には、構造設計上の配慮のうち補完性の観点から、抵抗特性の優れた基礎形式・形状を選定することが考えられる。具体的には、杭基礎や組杭深礎基礎を選定する場合には、複数列となる組杭構造とするのがよい。なお、橋脚基礎として適用される柱状体深礎基礎のような場合、複数列の組杭基礎とは抵抗機構が異なるものの、組杭構造に比べてすべり力を受ける幅が相対的に小さいことなどの理由により、組杭深礎基礎に変更する必要はない。
- 斜面の変状だけではなく、軟弱地盤や液状化などにより地盤から流動力を受けることが想定される条件においても構造設計上の配慮を行うことが考えられ、杭基礎の場合には流動方向に対して複数列として抵抗特性が優れた形状とするのが良い。
- 支持層が比較的浅い位置にある直接基礎の場合、基礎の下側にある斜面の崩壊や浸食に伴って基礎を支持する層の変形や喪失が生じ、基礎の沈下等の不具合が発生するほか落橋に至った事例も報告されている。したがって、このような条件においては、斜面の崩壊・浸食等による支持特性への影響を考慮して、支持層や基礎形式・形状を慎重に定める必要がある。

7.3. 支持層の選定

- (1) 支持層は、長期的に安定して存在し、基礎を支持するための十分な地盤抵抗を得られるものでなければならない。
- (2) 長期的に安定して存在する地層とは、少なくとも、次の影響を受けないとみなせる地層とする。
 - 1) 斜面崩壊等
 - 2) 洗堀・浸食
 - 3) 液状化
 - 4) 圧密沈下

- ・ 斜面の影響に対しては、「H29 道示IV2.4.1 一般」に示す斜面崩壊等の発生が考えられる地形・地質に対する調査を適切に実施し、斜面崩壊等が生じない層を支持層として選定する必要がある。
- ・ 河川の流れや潮汐などによる洗堀、風雨による浸食の影響を受けて、供用期間中に基礎下方に位置する土砂等が喪失すると支持力が低下するため、このような影響を受けない層を支持層とする必要がある。
- ・ 液状化が生じる可能性がある土層を有する地盤に対しては、「H29 道示IV2.4.1 一般」に示す調査を適切に行うとともに、必要に応じて「H29 道示V7章 地盤の液状化」に示す判定等を行い、このような土層を支持層としない。
- ・ 圧密沈下に対しては、想定する支持層より下に粘性土層がある場合に圧密沈下の影響を受ける可能性を検討し、影響を受けないとみなせる位置を支持層として選定するのがよい。

【参考】 H29 道示IV 8.3
p-175～178

7.4. 設計上の地盤面

- (1) 設計上の地盤面は、長期にわたり安定して存在し、かつ、水平抵抗が期待できることを考慮して設定しなければならない。
- (2) 設計上の地盤面は、(1)を満足するため、少なくとも、次の影響を考慮して設定する。
 - 1) 斜面崩壊等
 - 2) 洗堀・浸食
 - 3) 圧密沈下
 - 4) 施工による地盤の乱れ
 - 5) 凍結融解

- ・ 永続作用支配状況及び変動作用支配状況においては、より確実に橋の供用性を確保できるようにするための構造設計上の配慮として、一般に杭基礎フーチング前面の地盤抵抗は無視するのが良い。
- ・ レベル 2 地震動を考慮する設計状況においも基本的にはフーチング前面の地盤抵抗は無視するのが良い。ただし、レベル2地震動を考慮する設計状況では、永続作用支配状況及び変動作用支配状況よりも大きな変位が生じ、発生するフーチング前面の地盤抵抗が基礎全体の挙動に与える影響が大きいため、フーチング周辺の埋戻しが十分に行われ、地盤面が長期にわたり安定して存在する場合には、フーチング前面の地盤抵抗を抵抗要素として考慮してもよい。

【参考】 H29 道示IV 8.5.2
p-184～186
H29 道示V 3.5
p-66～68

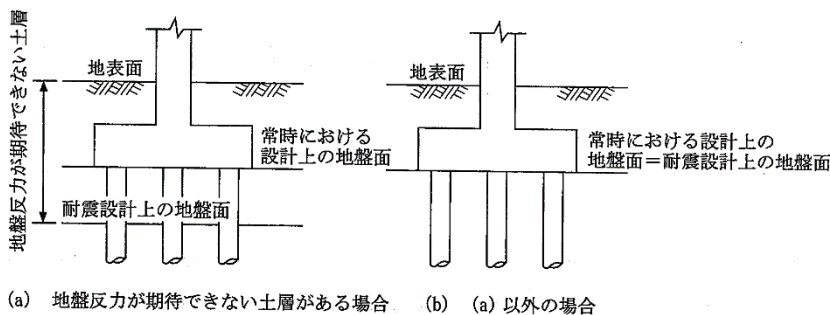


図 7-1 橋脚における耐震設計上の地盤面

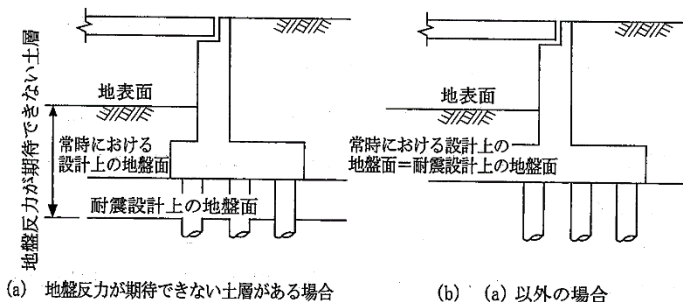


図 7-2 橋台における耐震設計上の地盤面

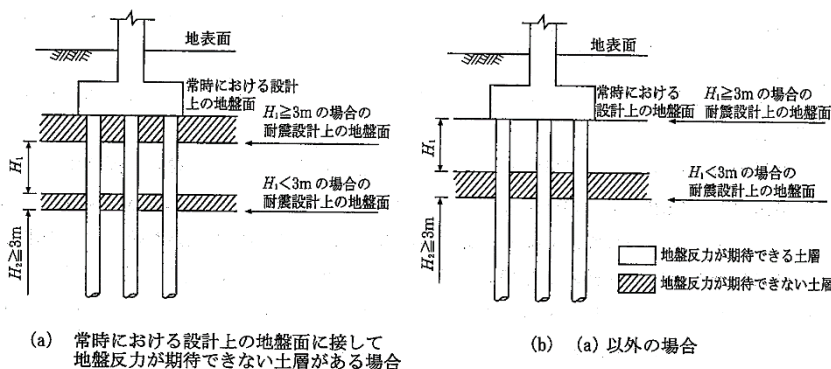


図 7-3 地盤反力が期待できない土層が互層状態で存在する場合の耐震設計上の地盤面

7.5. 地盤定数

(1) 地盤定数は「本要領 I. 共通編 3.4 地盤の調査」による。

7.6. 圧密沈下が生じる地盤中の深い基礎

(1) 圧密沈下が生じる地盤中の深い基礎は「H29 道示IV 10.7.2, 11.7, 12.7, 13.7 圧密沈下の影響」により、地盤の沈下により生じる負の周面摩擦力等が基礎に及ぼす影響について検討する。

(1) 圧密沈下が生じるおそれのある層を貫いて支持層に到達する深い基礎では、地盤の沈下が生じた場合、基礎周面と地盤との摩擦により基礎は下向きの力を受けることになる。そのため、周面摩擦力は支持力として期待できず、逆に荷重として作用するため、この荷重に対して基礎の支持力や部材の応力度について照査する。

- 圧密沈下により地盤の沈下が生じる場合は、水平抵抗を期待できない領域が生じる可能性があるため、設計上の地盤面を下げた基礎を突出させた設計を行うものとする。

【参考】 H29 道示IV 10.7.2 p-265~270
 H29 道示IV 11.7 p-349~350
 H29 道示IV 12.7 p-398~399
 H29 道示IV 13.7 p-427~428

7.7. 軟弱地盤における側方流動の影響を受ける基礎

(1) 軟弱地盤上の基礎で、「H29 道示IV 8.6 軟弱地盤における側方流動の影響を受ける基礎」により、永続的な偏荷重を受ける軟弱地盤上の基礎で側方移動のおそれがある場合には、その影響について検討する。

(1) 橋台のように盛土荷重によって永続的に偏荷重を受ける構造物を軟弱地盤に設ける場合には、基礎が側方移動するおそれがある。側方移動により基礎が移動・傾斜することで、伸縮装置が壊れたり、橋台のパラペットと上部構造が接触して変状が生じたり、また、支承が破損したりすることがあるので注意が必要である。

- 側方移動を起こす基礎と側方移動を起こさない基礎は「H29 道示IV 式（解 8.6.1）」によって算定される側方移動判定値（I 値）を用いて区分する。但し、道示IV 式（解 8.6.1）は既往の事例に基づき定められた経験式であるため、地層構成が複雑であったり、支持層が大きく傾斜しているような地盤条件においては、同式のみで側方移動の可能性を判定することは難しい。このような場合には、必要に応じて円弧すべりによる判定など他の手法も適用したり、同種の条件の事例を参考にするなどしたうえで、側方移動の可能性について総合的に評価するのがよい。
- 側方移動のおそれがある場合は対策を行うが、基本的には、盛土下の粘性土層に、基礎に影響を与えるような変位を生じさせないようにする。対策としては、盛土載荷重工法により軟弱層の強度を一様に向上させる対策を基本とする。
- 対策効果が高い背面の盛土の沈下を促進させるために盛土載荷重工法やドレーン工法を実施する場合には、盛土の沈下が収束した後で橋台を施工する必要があることから、橋台と盛土の施工手順が入れ替わることがないように設計図書等に明記する。
- やむを得ず固結工法や盛土荷重を軽減する工法を適用する場合には、不具合の可能性を十分に勘案したうえで、橋台設置位置の選定や設計上の地盤面の設定、将来荷重が増加した場合の対応方策などについて十分に検討したうえで、慎重に設計及び施工を行うことが必要である。

【参考】 H29 道示IV 8.6
p-190～193

【補足】

「土木研究所資料 4124 橋台の側方移動対策ガイドライン策定に関する検討 平成 21 年 1 月」を参考にする。

【補足】

「土木研究所資料 4174 橋台の側方移動対策ガイドライン策定に関する検討（その2）平成 22 年 6 月」を参考にする。

8. 直接基礎

8.1. 設計の基本

(1) 直接基礎の設計は「H29 道示IV 9章 直接基礎の設計」による。

【参考】 H29 道示IV 9章
p-196~225

【出典】 図 8-1
平成 29 年度道路橋示
方書に基づく道路橋の
設計計算例 H30.6
(社)日本道路協会

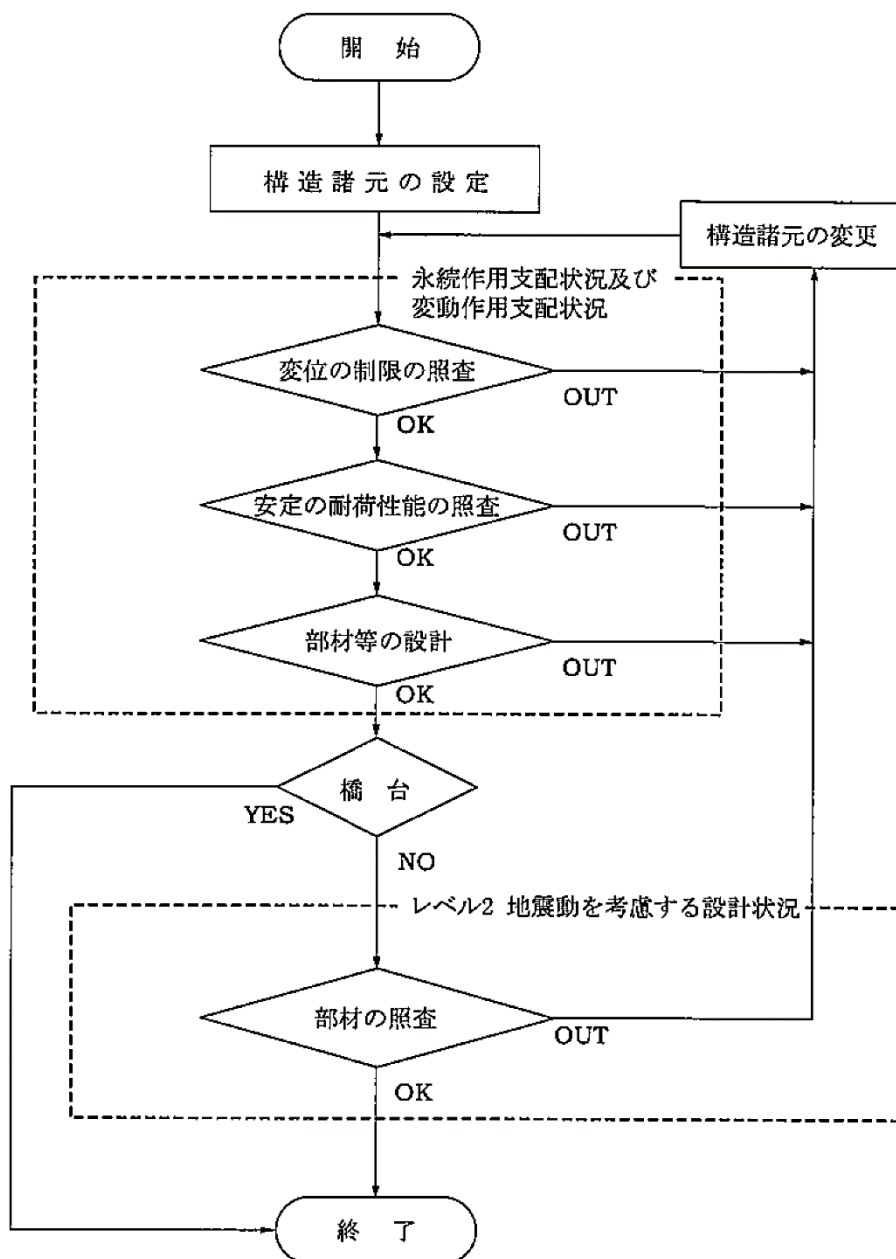


図 8-1 直接基礎の設計フロー

8.2. 荷重分担

- (1) 鉛直荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力のみで抵抗させる。
- (2) 水平荷重は、基礎底面地盤のせん断地盤反力のみで抵抗させる。

【参考】 H29 道示IV 9.3
p-200~201

8.3. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における安定の設計

8.3.1. 基礎の変位の制限

(1) 基礎の変位の制限は、「H29 道示IV 9.5.1 基礎の変位の制限」による。

【参考】 H29 道示IV 9.5.1
p-201～204

(1) 基礎の過大な沈下を避けるため、永続作用支配状況においては支持力照査とは別に、制限値を設定して照査を行う必要がある。

- ・ 支持層が砂れき地盤、砂地盤、粘性土地盤の場合には、鉛直地盤反力度が表 8-1 に示す制限値を超えないこととする。

表 8-1 基礎の変位を制御するための基礎底面の鉛直地盤反力度の制限値（砂れき、砂、粘性土地盤）

地盤の種類	鉛直地盤反力度の制限値 (kN/m ²)
砂れき地盤	700
砂地盤	400
粘性土地盤	200

- ・ 岩盤の極限支持力は、亀裂・割れ目等により左右されるため、地盤定数の評価には不確定な要素が多く、支持力推定により極限支持力を推定することは困難である。岩盤においては設計の実状を考慮し、母岩の一軸圧縮強度を目安とし、鉛直地盤反力度を表 8-2 に示す制限値を超えないこととする。

表 8-2 基礎の変位を制御するための基礎底面の鉛直地盤反力度の制限値（岩盤）

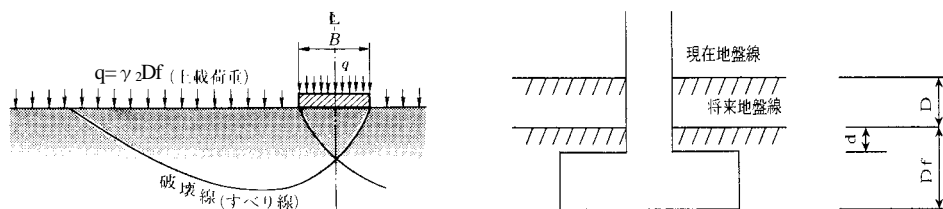
岩盤の種類	鉛直地盤反力度の制限値 (kN/m ²)		目安とする値	
	変位の制限の照査	耐荷性能の照査	一軸圧縮強度 (MN/m ²)	孔内水平載荷試験による変形係数 (MN/m ²)
硬岩	亀裂が少ない	2,500	3,750	500 以上
	亀裂が多い	1,000	1,500	
軟岩・土丹	600	900	1 以上	500 未満

8.3.2. 鉛直荷重に対する支持の限界状態 1・限界状態 3

- (1) 鉛直荷重に対する支持の限界状態 1 は、「H29 道示IV 9.5.2 鉛直荷重に対する支持の限界状態 1」により照査する。
- (2) 鉛直荷重に対する支持の限界状態 3 は、「H29 道示IV 9.5.3 鉛直荷重に対する支持の限界状態 3」により照査する。

【参考】 H29 道示IV 9.5.2
p-204～211
H29 道示IV 9.5.3
p-212

- ・ 静力学公式における基礎の有効根入れ深さは、図 8-2 に示す様に上載土が一様に存在する場合に考慮できる。



- Df : 基礎の有効根入れ深さ
- D : 現況または将来の地盤高が Df より高い場合に設定する土かぶり
- d : 計画地盤高さまでの土かぶり。通常の場合は最小 50cm を標準とする。
- ※1) D が存在する場合には、土かぶり「D+d」および「d」の 2 ケースで設計すること。
- ※2) 河川内では「河川構造令」に基づき低水敷は 2m、高水敷は 1m を標準とし、河川管理者と協議の上決定すること。

図 8-2 有効根入れ深さの設定

- 高架部は計画地盤面からフーチング下面までを Df とする。
- 堤防内の基礎の有効根入れ深さ (Df) については、長期的に安定した上載荷重のみを考慮するものとし、河床が洗掘される恐れがある場合には、現況河床高または計画河床高から洗掘深を差し引いた高さを Df とすることを基本とする。なお、河床が長期的に安定している場合であってもフーチング前側の上載土高を採用してはならない。
- 支持地盤あるいは支持地盤と同程度良質な地盤に根入れした深さ (Df) を考慮する場合は、破壊線の全線にわたり一様に支持地盤と同程度良質な地盤の広がりが必要であり、十分な調査検討が必要である。なお中小河川においては、フーチング底面を河床 (現況河床と計画河床の深い方) に深に設置する。

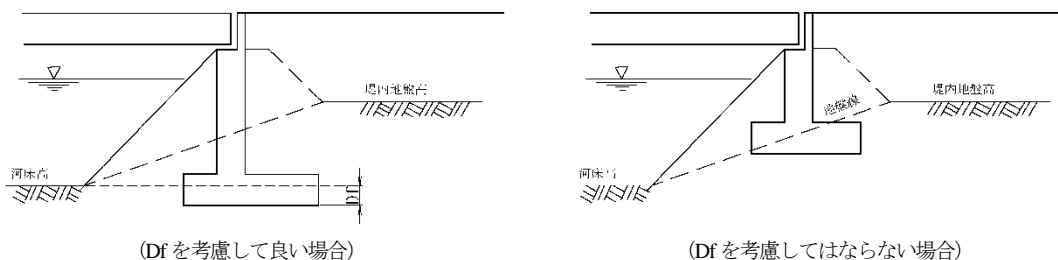


図 8-3 Df の考え方の例

8.3.3. 水平荷重に対する抵抗の限界状態 1・限界状態 3

- 水平荷重に対する抵抗の限界状態 1 は、「H29 道示IV 9.5.4 水平荷重に対する抵抗の限界状態 1」により照査する。
- 水平荷重に対する抵抗の限界状態 3 は、「H29 道示IV 9.5.5 水平荷重に対する抵抗の限界状態 3」により照査する。

- 土とコンクリートの間に砕石を用いた場合は、栗石を用いた場合と同様と用いる。
- 岩には、N 値 50 以上程度以上の風化軟岩を含む。

8.3.4. 転倒モーメントに対する抵抗の限界状態 1・限界状態 3

- 転倒モーメントに対する抵抗の限界状態 1 は、「H29 道示IV 9.5.6 転倒モーメントに対する抵抗の限界状態 1」により照査する。
- 転倒モーメントに対する抵抗の限界状態 3 は、「H29 道示IV 9.5.7 転倒モーメントに対する抵抗の限界状態 3」により照査する。

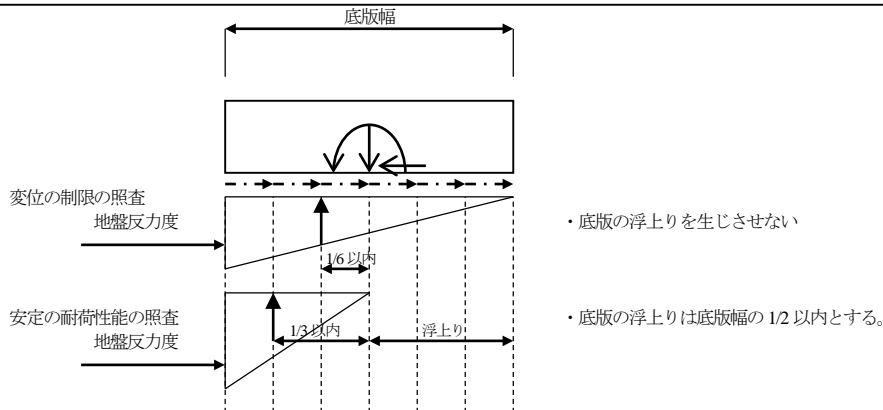


図 8-4 安定条件

【参考】 H29 道示IV 9.5.4
9.5.5
p-212~218

【参考】 H29 道示IV 9.5.6
9.5.7
p-218

8 直接基礎 8.3 永続委作用支配状況及び変動作用支配状況における安定の設計

表 8-3 直接基礎の安定に関する照査項目

照査	作用力等			
	鉛直荷重	水平荷重	転倒モーメント	
永続作用支配状況における変位の制限の照査 (変位の制限の照査)	・鉛直地盤反力度 $q_{max} \leq 700^{※1}$ … 道示IV編 9.5.1 (2) 表 9.5.1	・基礎底面のせん断地盤反力 $H \leq H_{dp}^{※2} = \lambda_b H_d$ … 道示IV編 9.5.1 (3)	・鉛直力の作用位置 転倒モーメントにより偏心した鉛直力の作用位置 \leq 基礎底面中心から底面幅の 1/6 … 道示IV編 9.5.1 (4)	
永続作用支配状況及び変動作用支配状況における耐荷性能の照査 (安定の耐荷性能の照査)	限界状態 1	・基礎底面の支持力 $F_r \leq Q_{sd}^{※3} = \xi_1 \Phi_v Q_s$ … 道示IV編 9.5.2 (2)	… ^{※4} … IV編 9.5.4	・鉛直力の作用位置 転倒モーメントにより偏心した鉛直力の作用位置 \leq 基礎底面中心から底面幅の 1/3 … 道示IV編 9.5.6 (2)
	限界状態 3	… ^{※5} … 道示IV編 9.5.3	・基礎底面のせん断地盤反力 $H \leq H_d^{※2} = \xi_1 \xi_2 \Phi_{1T} H_d$ … 道示IV編 9.5.5	… ^{※5} … 道示IV編 9.5.7

※1：支持層が砂れきの場合（粘性土の場合は 200kN/m²，砂の場合は 400 kN/m²）
 ※2：根入れ部分の地盤抵抗を考慮する場合は，その水平抵抗力も指標となる。
 ※3：支持層を粘性土地盤，砂地盤，砂れき地盤とする場合
 ※4：限界状態 3 の照査で担保
 ※5：限界状態 1 の照査で担保

【出典】表 8-3
 平成 29 年度道路橋示
 方書に基づく道路橋の
 設計計算例 H30.6
 (社)日本道路協会

荷重ケース名	種類	基礎の変位の制限			判定
		転倒 e (m) e _c (m)	地盤反力 q _{av} (kN/m ²) q _c (kN/m ²)	水平荷重 H (kN) H _{av} (kN)	
D	永続	0.000 1.667 OK	171.605 700.000 OK	0.00 6692.59 OK	OK
1.0 (D+L)	—	0.000 1.667 OK	163.025 700.000 OK	0.00 6357.96 OK	OK

荷重ケース名	種類	限界状態 1		限界状態 3	判定
		転倒 e (m) e _c (m)	底面合力 F (kN) Q _{av} (kN)	水平荷重 H (kN) H _{av} (kN)	
D	永続	0.000 3.333 OK	17160.50 53769.13 OK	0.00 8803.34 OK	OK
D+L	変動	0.000 3.333 OK	21923.00 53769.13 OK	0.00 11246.50 OK	OK
D+EQ	変動	1.662 3.333 OK	33654.98 53769.13 OK	3571.91 8803.34 OK	OK

耐荷性能の照査に関する一覧

転倒モーメントにより偏心した鉛直力の作用位置 \leq 基礎底面中心から底面幅の 1/3

基礎底面のせん断地盤反力 $H \leq$ せん断地盤反力の制限値 H_d

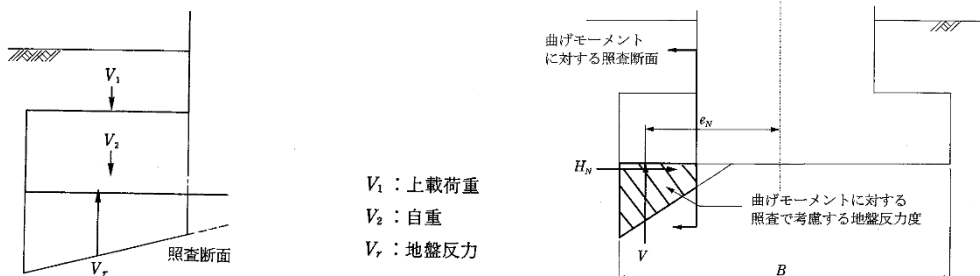
基礎底面に作用する合力 $F_r \leq$ 基礎底面地盤の支持力の制限値 Q_{sd}

基礎底面のせん断地盤反力 $H \leq$ せん断地盤反力の制限値 H_d

8.4. フーチングの設計

【参考】 H29 道示IV 7.7
p-122～144

- (1) 直接基礎のフーチングの設計は「H29 道示IV 7.7 フーチングの設計」により、橋脚柱又は橋台たて壁から作用する加重を確実に地盤に伝達できる構造としなければならない。
- (2) フーチングの設計にあたっては、フーチングの自重、土砂等の上載荷重、浮力の有無、地盤反力基礎からの反力等により、設計上最も不利となる荷重状態を考慮する。
- (3) フーチングは、片持ち張ばり、単純ばり、連続ばり等のはり部材として設計することを標準とする。ただし、必要に応じて、版としての挙動を考慮する。



(a) 永続作用及び変動作用支配状況におけるの荷重状態 (b) レベル2地震動を考慮した荷重状態

図 8-6 フーチングの設計に用いる荷重状態

8.5. 斜面上の直接基礎

- (1) 斜面上の直接基礎は「H29 道示IV」に記載がないため、「NEXCO 設計要領第二集 4 章 基礎構造」を参考にして設計を行う。

(1) 斜面上の直接基礎とは、10° 以上傾斜した基礎地盤上に設ける段差なしフーチング基礎と段切り基礎を指す。

1) 斜面上の直接基礎の計画

- ・ 斜面上に直接基礎を設ける計画の場合は、掘削土量および永久法面の規模を考慮し、段切り基礎としてもよい。
- ・ 段切り基礎は段差フーチングを原則とする。
- ・ 図 8-7 に示すように段差が 2 方向となる場合など、やむを得ず置換えフーチングを用いる場合は、全体の安定が損なわないように十分留意する。

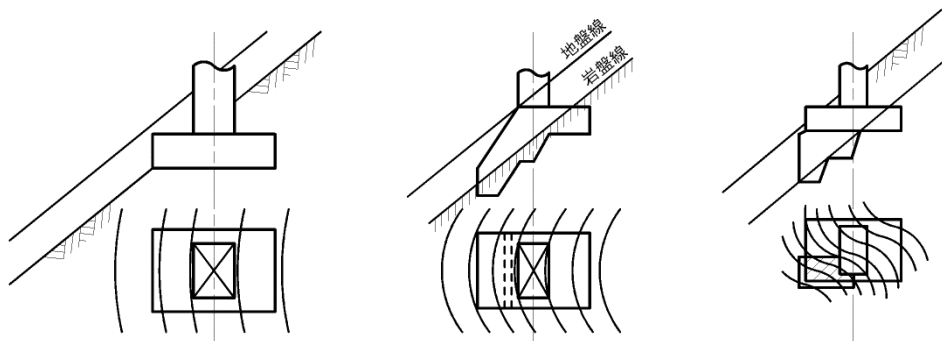


図 8-7 斜面上の直接基礎の例

- ・ 斜面上の橋台の前面余裕幅 S は、図 8-8 を標準とする。

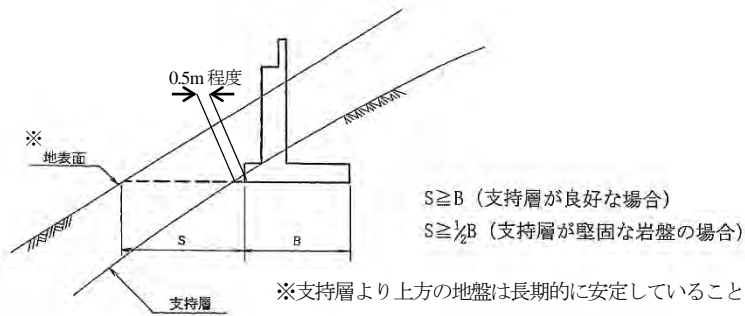


図 8-8 斜面上の直接基礎位置 (NEXCO 設計要領第二集)

2) 斜面の安定

- ・ 斜面上に直接基礎を設ける場合は、フーチング後端を通る支持力的な斜面破壊と基礎を含む一般的な斜面破壊に対して、斜面の安定の検討を行う (図 8-9 に常時の場合の概念図を示す)。

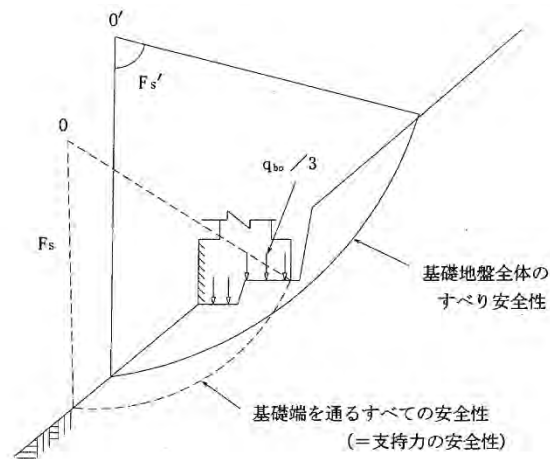


図 8-9 斜面安定の概念図

8.6. 基礎底面の処理及び埋戻し材料

(1) 直接基礎の基礎底面の処理及び埋戻し材料は「H29 道示IV 15.6.2 フーチングの施工」による。

【参考】 H29 道示IV 15.6.2
p-473~475

8.6.1. 基礎底面処理

- フーチングの底面は支持地盤に荷重を伝達させ、かつ適切な施工性を確保するため、図 8-10 を標準とする。
- 河川堤防内に設置する構造物の基礎底面には、基礎材を敷設しないものとする。ただし、直接基礎で河川堤防内以外に設置されている場合には設置する。

【補足】
良質な礫層上で均しコンクリート (18N/mm²) のみの処理を行う場合は、摩擦角 (ϕ_B) は「土とコンクリート」の場合になるので注意すること。

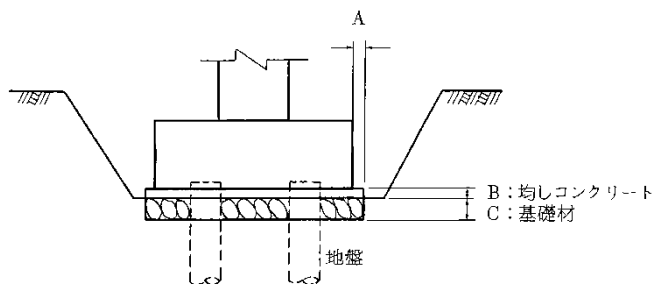


図 8-10 基礎底面の処理

表 8-4 均しコンクリート及び基礎材の数値

	粘性土		砂質土		礫質土		岩盤	
	直接基礎	杭基礎	直接基礎	杭基礎	直接基礎	杭基礎	直接基礎	杭基礎
A	10	10	10	10	10	10	10	10
B	10	10	10	10	10	10	10	10
C	(20)	(20)	(20)	—	(20)	—	—	—

* ()内数値は、河川堤防内以外に設置される場合を示す。

8.6.2. 埋戻し方法

(1) 岩盤上の基礎の埋戻しコンクリート

- 基礎岩盤を切り込んで直接基礎を施工する場合には、岩盤の風化等を防止するため、コンクリート(無筋)で埋め戻すことを基本とする。

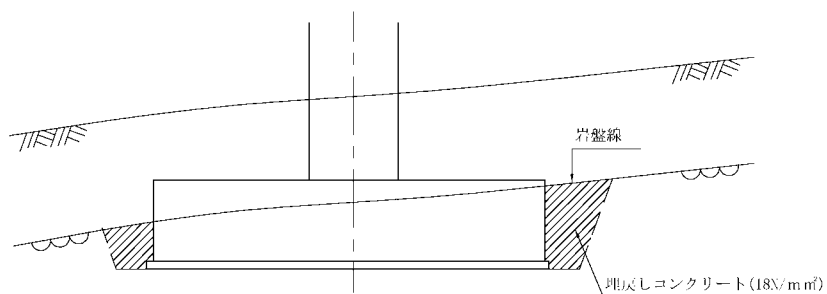


図 8-11 支持層が岩盤の場合の埋戻しコンクリート範囲

【補足】
岩盤線との関係より掘削線、埋戻しコンクリート範囲を考慮すること。

(2) 一般的な埋戻し土砂

1) 橋台の場合

- 橋台の前趾側はフーチング天端まで良質な埋戻し土を用い、十分締め固めるものとする。後趾側については、「本編 4.2.5.」に準じた橋台背面アプローチ部として施工する。

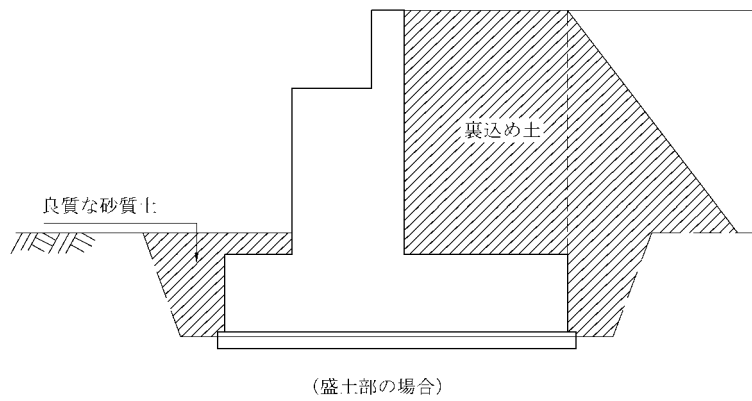


図 8-12 橋台の埋戻し材の例

2) 橋脚の場合

- 橋脚の場合は、良質な埋戻し土を用い、規定の土被りが確保できる高さまで埋め戻すものとし、特にフーチング天端までは、十分な締め固めを行うものとする。

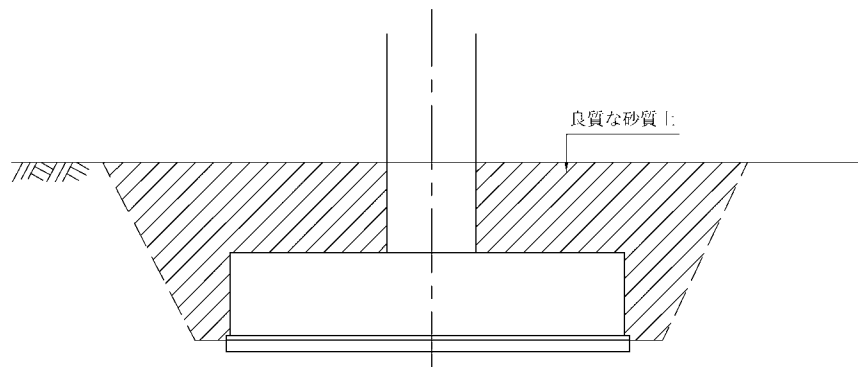


図 8-13 橋脚の埋戻しの例

9. 杭基礎

9.1. 設計の基本

(1) 杭基礎の設計は「H29 道示IV 10 章 杭基礎の設計」による。

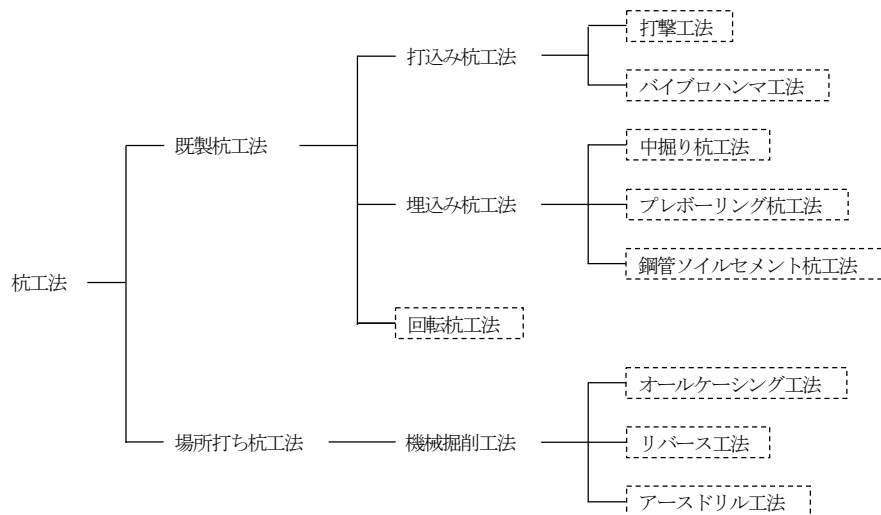


図 9-1 杭の工法による分類

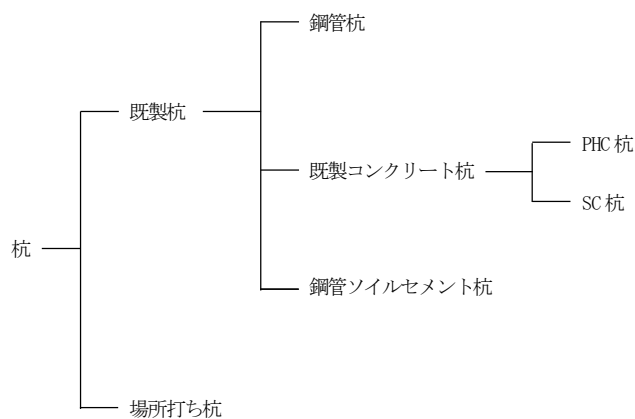


図 9-2 杭の材質と形状による分類

【参考】 H29 道示IV 10 章 p-226～316

【補足】

プレボーリング杭工法の場合は、水平変位が大きくなる杭頭近くの浅い領域では、杭体と杭周囲のソイルセメント柱が分離し、支持力機構が変化する可能性が指摘されている。

【出典】

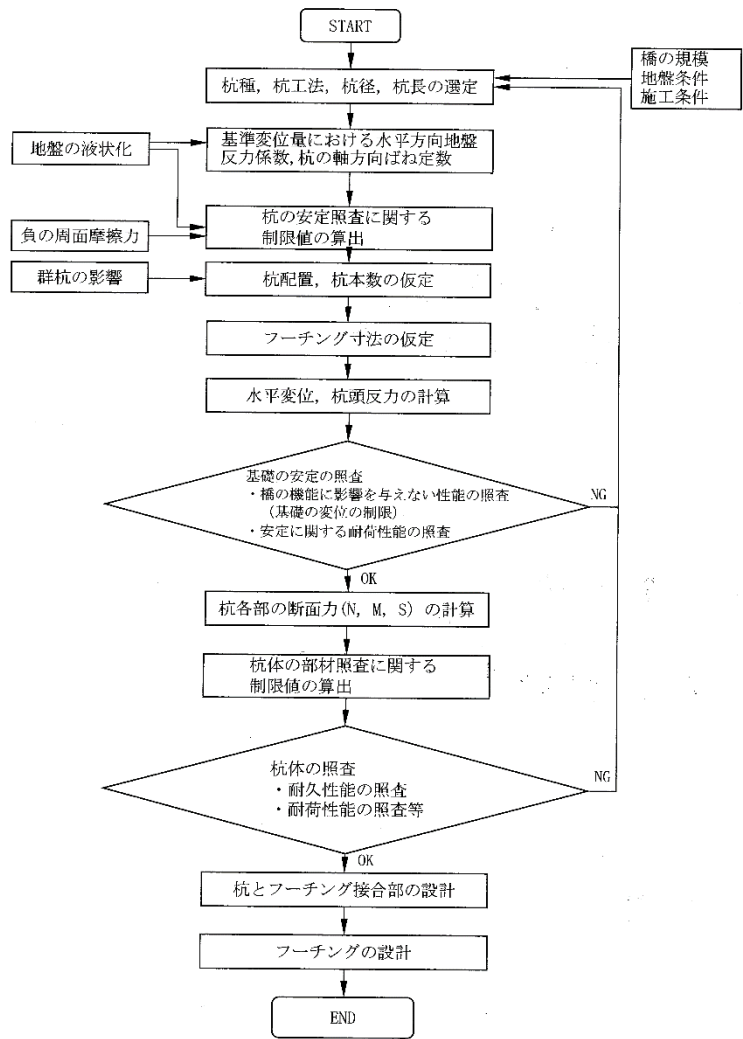
R2 杭基礎設計便覧 図-参.3.1 p-438

【出典】

R2 杭基礎設計便覧 図-参.3.2 p-439

【補足】

- ・RC杭は道路橋への採用状況を踏まえてH24 道示IVから削除された。
- ・回転杭は使用する材質が鋼管杭であることから、鋼管杭に分類される。
- ・既製コンクリート杭は材質と形状により、PHC杭とSC杭に分類される。



【出典】
R2 杭基礎設計便覧
図-III.2.1p-168

図 9-3 杭基礎の安定及び部材等の強度に関する照査の流れ
(レベル2地震動を考慮する設計状況における耐荷性能の照査を除く)

【出典】
R2 杭基礎設計便覧
図-III.2.2p-171

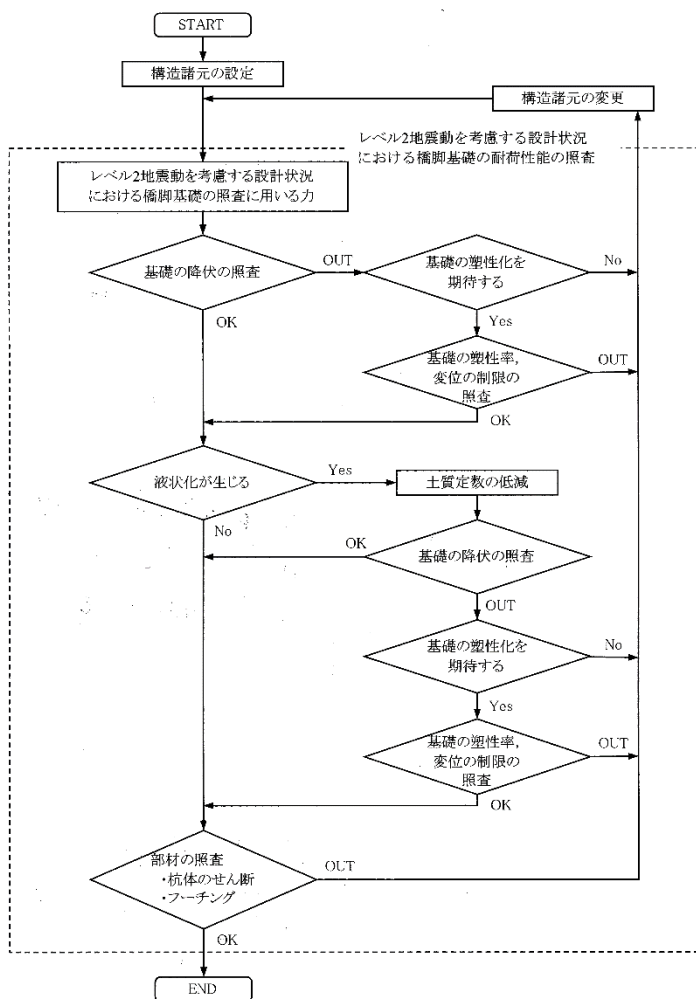


図 9-4 レベル2地震動を考慮する設計状況における橋脚基礎の耐荷性能の照査の流れ

【出典】
R2 杭基礎設計便覧
図-III.2.3p-172

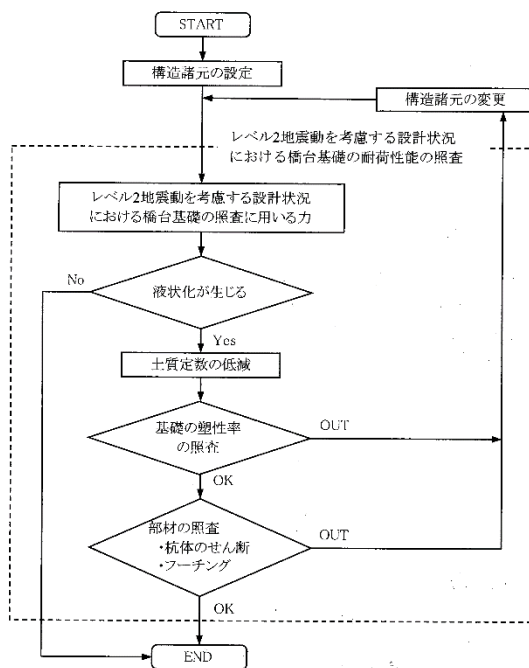


図 9-5 レベル2地震動を考慮する設計状況における橋台基礎の耐荷性能の照査の流れ

9.2. 杭種・杭径

表 9-1 一般的な杭種・杭径および杭長

杭種および施工法（施工機械）			標準的な杭径 (mm)	標準的な杭長 (m)						
				10	20	30	40	50	60	70
打込み杭	PHC杭 鋼管杭	ディーゼルバイルハンマ	400～800							
		振動バイルドライバ	600～800							
中掘り杭	PHC杭 鋼管杭	スパイラルオーガハンマグラブ	400～800							
		リバースサーキュレーション	600～800							
場所打ち杭	RC杭	オールケーシング工法	1000～1500							
		リバース工法	1000～2000							
		アースドリル工法	1000～1500							
鋼管ソイルセメント合成杭		スパイラルオーガハンマグラブ	800～1500 (600～1200) ()内は鋼管径							
回転杭(開端タイプ) (開端タイプ)		全周回転機	500～1200							
			500～1600							

※) 実線は施工実績の多い範囲を表わす。

- 杭種・杭径および杭長の選定は、橋梁規模・地盤条件・施工条件・環境条件および施工条件などを総合的に勘案し、最も経済的・合理的なものを選定する。
- 表 9-1 は一般的なものであるため、荷重条件および地盤条件等により、SC 杭や SL 杭等の採用も検討する。

9.3. 荷重の分担

- (1) 鉛直荷重は、杭のみで支持させる。
- (2) 水平荷重は、杭のみで支持させる。

【参考】 H29 道示IV 10.3
p-232

9.4. 杭の配列

- (1) 杭の配列は「H29 道示IV 10.4 杭の配列」により、橋脚又は橋台の形状や寸法、杭の寸法や本数、群杭の影響、施工条件、斜杭の適用等を考慮し、永続作用に対して過度に特定の杭に荷重が集中させず、均等に荷重を受けるようにする。

【参考】 H29 道示IV 10.4
p-233~234
H29 道示IV 10.8.7
p-284~289

【参考】 H24 道示IV
図解 10.8.8 p-289

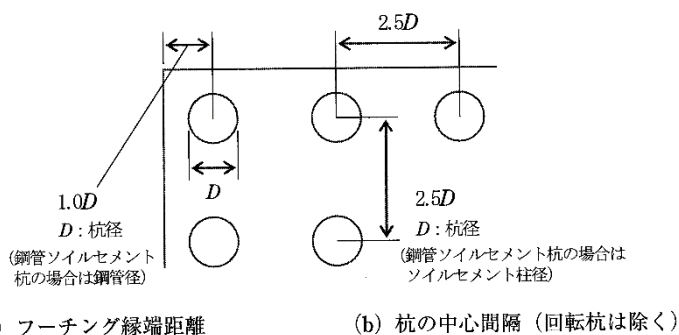


図 9-6 杭の最小中心間隔及びフーチング縁端距離

- ・ 回転杭は杭先端に羽根を有しており、杭径 D_p と羽根部の外径 D_w が異なる。杭の最小中心間隔を羽根外径が杭径の 1.5 倍の場合は $2.5D_p$ 、2.0 倍の場合は $3.0D_p$ とし、杭先端の羽根どうしの純間隔とし $1.0D_p$ 以上確保する。
- ・ 最外周の杭とフーチング縁端との距離(縁端距離)は、標準的には杭径の 1.0 倍とする。ただし、杭径が小さい既製杭を用いる場合には、杭中心から杭径の 1.0 倍よりも仮想鉄筋コンクリート断面の径が大きくなることから、仮想鉄筋コンクリート断面の寸法等を考慮して縁端距離を確保する。
- ・ 地盤が軟弱で基礎に生じる水平変位が大きくなるような条件では、斜杭を用いることでより合理的な構造となる可能性がある。斜杭を用いる場合、直杭と斜杭の割合は全杭本数のうち 1/3 以上は直杭とする。
- ・ 斜杭の傾斜角は、施工実績や斜杭の傾斜角が大きい場合のフーチングとの接合部の応力状態について不明な点が多いことなどを考慮して 10 度程度までとする。
- ・ フーチングが剛体とみなせない場合や杭間隔 (LD) が大きい場合 (一般的には 5D 程度以上) には、フーチングを弾性体として設計するなどの検討を行う。

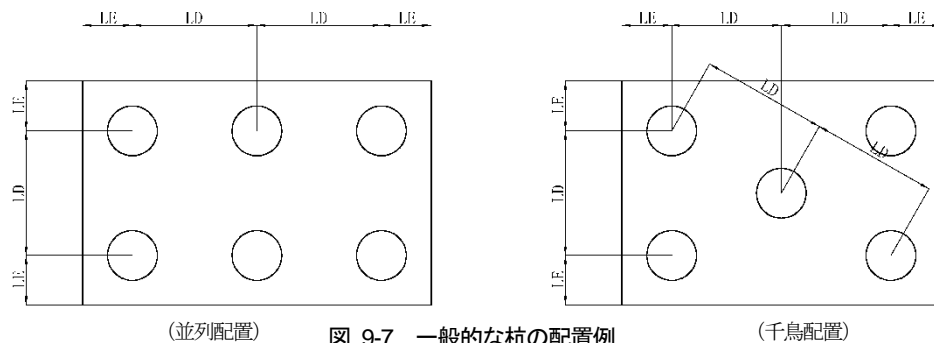


図 9-7 一般的な杭の配置例

9.5. 支持層の選定と根入れ

(1) 杭基礎は良質な支持地盤へ杭径程度以上根入れした支持杭を原則とする。なお、薄層の支持層に支持させる場合には、杭先端支持力や支持層直下の地盤の支持力・沈下に対して検討を行う。

- ・杭先端の支持層への根入れ深さは杭径以上とする。
- ・支持層の深さには、地盤調査の頻度や地盤の不均一性等による誤差が含まれていることから、杭長は0.5m刻みで決定する。

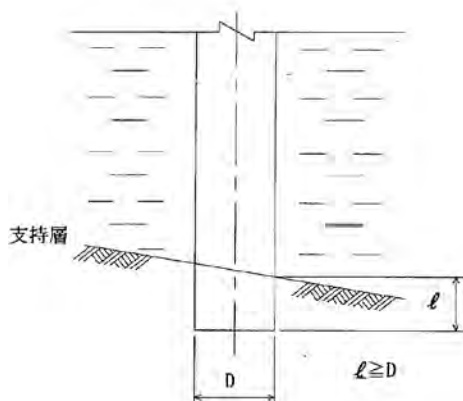


図 9-8 支持層への根入れ

【参考】H29 道示IV 8.4
p-179～182

9.6. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における安定の設計

- (1) 永続作用支配状況において、変位は「10.5.1 基礎の変位の制限」の制限値を満足することを照査する。
- (2) 杭の軸方向押し込み力に対する支持は、「H29 道示IV 10.5.2 杭の軸方向押し込み力に対する支持の限界状態 1, 10.5.3 杭の軸方向押し込み力に対する支持の限界状態 3」を満足するように照査する。
- (3) 杭の軸方向引抜き力に対する抵抗は、「H29 道示IV 10.5.4 杭の軸方向引抜き力に対する抵抗の限界状態 1, 10.5.5 杭の軸方向引抜き力に対する抵抗の限界状態 3」を満足するように照査する。
- (4) 水平荷重に対する抵抗は、「H29 道示IV 10.5.6 水平荷重に対する抵抗の限界状態 1, 10.5.7 水平荷重に対する抵抗の限界状態 3」を満足するように照査する。

【参考】H29 道示IV 10.5,
p-235～256

- (1) 死荷重や活荷重により生じる変位を制限する観点から、従来の設計における常時の許容押し込み支持力、許容引抜き抵抗力や許容水平変位に相当する値が制限値として規定されている。
- (2) ～(4)安定に対する耐荷性能の照査は、従来と同様に、杭の軸方向押し込み力及び引抜き力、水平荷重に対して行うこととされ、具体的な内容は「H29 道示IV 10.5.2～10.5.7」に示されている。
- (2) ・場所打ち杭工法、中掘り杭工法、プレボーリング杭工法の場合には、杭の先端から杭径だけ上方の区間を押し込みに対して周面摩擦力を考慮できる範囲とする。一方、鋼管ソイルセメント杭工法の場合には杭先端からソイルセメント柱径だけ上方の位置まで、打込み杭工法や中掘り杭工法（最終打撃工法）の場合には杭先端から杭径の2倍だけ上方の位置までとする。
- ・回転杭工法において周面摩擦を期待できる範囲は、フーチング下面から支持層の上面の位置まで、又は鋼管の先端から羽根外径分だけ上方の位置までのいずれか浅い方とする。

9. 杭基礎 9.7 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における杭反力、変位及び杭体の断面力の計算

(3)引抜き抵抗の場合には、回転杭を除き、杭の先端位置までの範囲の周面摩擦力を考慮できる。また、回転杭では他の杭工法と異なり、杭体に作用する引抜き力に対し、杭体の周面摩擦力による抵抗のほか、杭先端に設けた羽根のアンカー効果による抵抗力を見込むことができる。

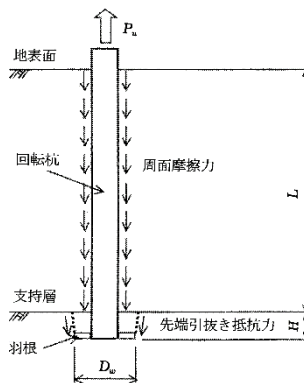


図 9-9 回転杭の引抜き抵抗機構

【出典】H29 道示IVp-253
図解 10.5.5

9.7. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における杭反力、変位及び杭体の断面力の計算

- (1) 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における杭基礎の杭反力、変位及び杭体の断面力は、荷重分担、地盤条件、構造条件及び施工方法等を適切に考慮して算出する。
- (2) 剛体とみなせる厚さが確保されたフーチングに円形断面の杭を連結した杭基礎について、1) から3) に従って杭反力、変位及び杭体の断面力を算出する場合には、(1) を満足する。
 - 1) 基礎本体は、フーチングを剛体、杭を弾性体とし、フーチングと杭が剛結されたラーメン構造としてモデル化する。
 - 2) 地盤抵抗は、「H29 道示IV 10.6.2 地盤反力係数」に規定される地盤反力係数及び「H29 道示IV 10.6.3 杭の軸方向ばね定数」に規定される杭の軸方向ばね定数を用いて評価する。
 - 3) 杭が設計上の地盤面より上に突出する場合には、突出部の杭体に作用する水圧及び突出部の杭体の慣性力等について、適切に考慮する。

【参考】H29 道示IV 10.6,
p-257~263

(2)1)従来、杭体の設計においては、杭とフーチングとの接合を剛結となるように設計する場合でも、杭頭接合部を剛結と仮定する場合とヒンジと仮定する場合の両方の場合に対して断面力を計算し、安全側となるように断面力分布を仮定してきた。しかし、組杭模型を用いて大型実験の結果より、H29 道示では剛結のみの条件で杭の断面力を計算すればよいこととされた。

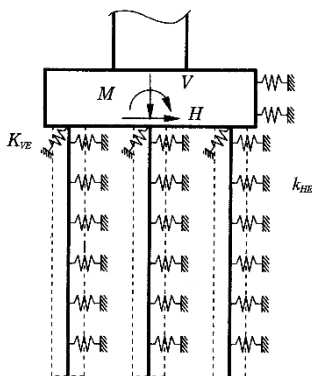


図 9-10 杭基礎の解析に用いるモデル（ラーメンモデル）

9. 杭基礎 9.7 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における杭反力、変位及び杭体の断面力の計算

変位の制限の照査			安定の耐荷性能の照査 EQ無し			安定の耐荷性能の照査 EQ有り		
略称	1.0 (D+L)		略称	D+L		略称	D+EQ	
Vo	kN	17358.53	Vo	kN	18736.46	Vo	kN	15548.96
Ho	kN	0.00	Ho	kN	0.00	Ho	kN	3571.91
Mo	kN.m	0.00	Mo	kN.m	0.00	Mo	kN.m	28516.72
変位	mm	0.00 ≤ 15.00 OK	変位	mm	0.00 ≤ 43.20 OK	変位	mm	6.82 ≤ 43.20 OK
PNMax	kN	1928.7 ≤ 4676.0 OK	PNMax	kN	2081.8 ≤ 6167.0 OK	PNMax	kN	3442.1 ≤ 6167.0 OK
PNMin	kN	1928.7 ≥ 0.0 OK	PNMin	kN	2081.8 ≥ -2027.0 OK	PNMin	kN	13.2 ≥ -2027.0 OK
PH	kN	0.0	PH	kN	0.0	PH	kN	396.9
Mt	kN.m	0.0	Mt	kN.m	0.0	Mt	kN.m	-317.5
Mm	kN.m	0.0	Mm	kN.m	0.0	Mm	kN.m	425.4

フーチング底面中心における断面力

変位が制限値内であることを照査

PNmax, PNminが制限値内であることを照査
PNmax: 最大杭反力
PNmin: 最小杭反力

図 9-11 場所打ち杭基礎の安定計算結果の例

軸力及び曲げモーメントに対する限界状態1および限界状態3

No	荷重名称	行	列	M (kN.m)		N (kN)	Myc (kN.m)	Muc (kN.m)	Myd (kN.m)		Mud (kN.m)		判定
				正曲げ	負曲げ				正曲げ	負曲げ	正曲げ	負曲げ	
4	D+EQ	1	1	317.53	425.38	3442.12	2079.96	3517.55	1871.97	1871.97	2849.22	2849.22	OK
			3	317.53	425.38	13.21	1782.72	2546.67	1604.44	1604.44	2062.81	2062.81	

せん断力に対する限界状態3

No	荷重名称	行	列	S (kN)	M (kN.m)	N (kN)	Susd (kN)	Sued (kN)	$\tau_m \leq$ 制限値 (N/mm ²)	判定
4	D+EQ	1	1	396.88	317.53	3442.12	1570.42	2841.90	0.402 ≤ 2.600	OK
			3	396.88	317.53	13.21	1491.22	2841.90	0.402 ≤ 2.600	

Myd ≤ Myc, Mud ≤ Muc, $\tau_m \leq$ 制限値であることを照査

図 9-12 場所打ち杭基礎の杭体計算結果の例

9.8. 特殊な条件における杭基礎の設計

9.8.1. 群杭の考慮

群杭の影響は「H29 道示IV 10.7.1 群杭の影響」により、杭と杭間の地盤が一体として挙動することによる支持力及び沈下量への影響並びに杭どうしの干渉による水平変位への影響を考慮する。

群杭の軸方向押し込み支持力は、杭中心間隔がある程度より密になると杭と杭間の地盤が一体となって、あたかも1基のケーソン基礎としての挙動を示すようになり、杭1本あたりの支持力が低下する。図9-13に示すような仮想ケーソン基礎を考慮し、ケーソン基礎の極限支持力なども参考にして群杭としての軸方向押し込み支持力を求め、永続作用支配状況及び変動作用支配状況における押し込み支持力に対する検討を行う。

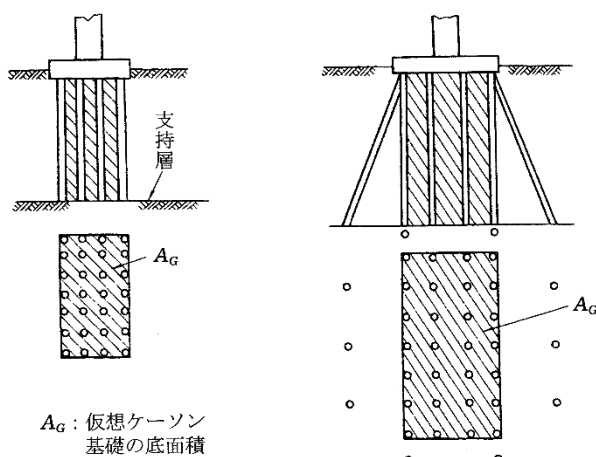


図 9-13 仮想ケーソン基礎

杭の中心間隔が $5D$ (D は杭径)以下になると群杭の影響が現れ、荷重方向に対し、前列の杭から後列にいくほど、両側面の杭から中央にいくほど荷重の分担が小さくなること、杭中心間隔が小さくなるほど単杭に対する効率低下が著しくなること等から杭中心間隔が $2.5D$ 以下の場合、単杭の水平方向地盤反力係数の低減を考慮する。

9.8.2. 圧密沈下の影響

圧密沈下が生じると考えられる地盤中に杭を打設する場合には、杭体の損傷を防ぎ、橋の機能を確保するために、杭の支持力、杭体応力度及び杭頭部の沈下量について、負の周面摩擦力等による影響を考慮して検討する。

(1) 負の周面摩擦力

地下水の汲み上げ、盛土などにより有効応力が増加し圧密沈下が生じると考えられる地盤を貫いて打設される杭では、杭周面に下向きに作用する負の周面摩擦力を考慮する必要がある。

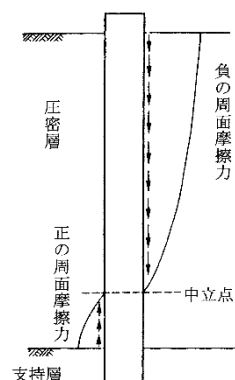


図 9-14 負の周面摩擦力と中立軸

【参考】

H29 道示IV 10.7.1
p-264～265

【参考】

R2 杭基礎設計便覧 4.1
p-228～232

【参考】

H29 道示IV 10.7.2
p-265～270

【参考】

H29 道示IV 10.7.2
p-265～270

【参考】

R2 杭基礎設計便覧 4.4
p-243～250

(2)薄層に支持された杭の設計

場所打ち杭で薄層に支持された杭の場合は以下の事項に関して注意する。

- 支持層になり得る層の層厚が薄く（目安として5m以下）、その下に弱層もしくは圧密層がある場合には、支持層の厚さが杭基礎を仮想ケーソンと考えたときの最小幅の1.5倍以下の場合、下層地盤の支持力及び沈下について「R2杭基礎設計便覧 参考資料 5 薄層に支持された杭の先端支持力の照査」に従い検討する。
- 1.5倍以上ある場合でも3倍以内に軟弱層または圧密層がある場合にはその沈下について検討しなければならない。

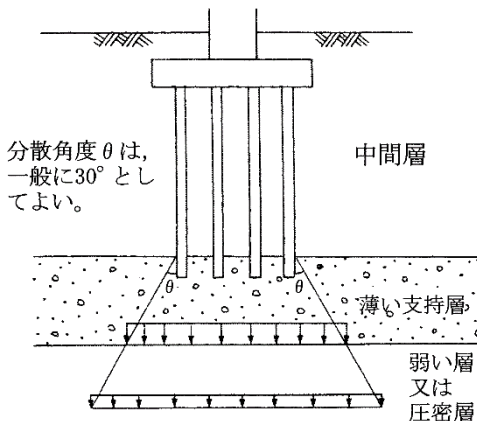


図 9-15 薄層支持の場合の荷重分散の考え方

【参考】
H29 道示IV 図解 10.7.6
p-270

【参考】
R2 杭基礎設計便覧 参 5
p-459~466

9.8.3. 基礎の側方移動

(1) 軟弱地盤上の基礎で、永続的な荷重による側方流動の影響により側方移動のおそれのある場合には、その影響について検討する。

(1) 側方移動により基礎が移動・傾斜し、伸縮装置の損傷、橋台のパラペットと上部構造の接触ならびに支承の破損等が生じるため、軟弱地盤の場合は注意するが必要である。

過去の側方移動事例等によると、N値が6以下、又は一軸圧縮強度が120kN/m²以下である粘性土層が分布する場合は注意が必要である。

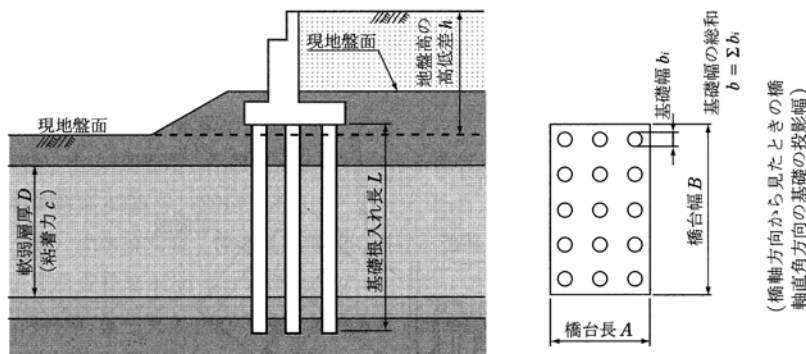


図 9-16 側方移動の判定

【参考】 H29 道示IV 8.6
p-190~193

【参考】
R2 杭基礎設計便覧 4.2
p-232~243

【補足】
「土木研究所資料 4124 橋台の側方移動対策ガイドライン平成21年1月」を参考。

9.8.4. 同一フーチング内に著しく異なった長さの杭を有する杭基礎

支持層が傾斜している場合のように、同一フーチング内に著しく異なった長さの杭を有する杭基礎の場合は、各杭固有のばね定数 K_{1i} 、 K_{2i} 、 K_{3i} 、 K_{4i} 及び K_{vi} を用いて、変位法で計算する。

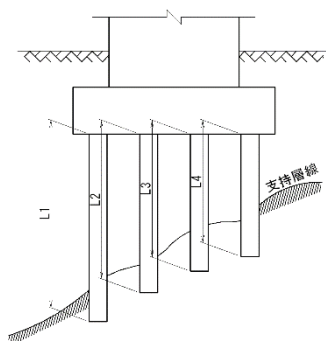


図 9-17 同一フーチング内で著しく異なった長さの杭を有する杭基礎

9.8.5. 斜面上に設けられる杭基礎

斜面上に杭基礎を設置する場合には、設計にあたって斜面の影響を考慮する。

斜面上では杭の前面地盤が有限であるため、地盤が平坦な場合に比べて水平方向地盤反力係数の低下の影響が考えられる。この場合、一般の杭のように水平方向地盤反力係数を一定とみなすことは不適切なため「H29 道示IV 14.6.2 地盤反力係数」等を参考にして、地盤反力係数を低減して設計を行う。

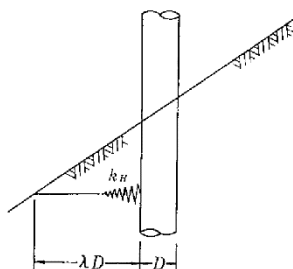


図 9-18 斜面を考慮した水平方向地盤反力係数

9.9. 杭体の設計

杭体の設計は「H29 道示IV 10.8 部材及び接合部の設計」ならびに「R2 杭基礎設計便覧」より、永続作用支配状況及び変動作用支配状況において鉛直荷重、水平荷重、水平変位及び転倒モーメントにより杭体に生じる軸力及び曲げモーメント、せん断力に対して、杭体の強度に関する限界状態 1 及び 3 を超えないことを確認する。

- 杭が地盤上に突出して用いる場合は、突出部に作用する荷重を考慮する。また、座屈により断面が決定されることもある。

【参考】

H29 道示IV 参6 3.3
p-558

【参考】 H29 道示IV10.7.3
p-270

H29 道示IV14.6.2
p-451~454

【参考】

R2 杭基礎設計便覧 4.3
p-243

【参考】 H29 道示IV10.8
p-271~289

9.10. 杭とフーチングの接合部の設計

(1) 杭とフーチングの接合部の設計は「H29 道示IV 10.8.7 杭とフーチングの接合部」により、杭が限界状態3に達したときの断面力も含めて、部材相互の断面力を確実に伝達できるようにする。

- 杭頭部の接合方法は、原則として剛結として設計する。
- 接合方法の細目は「H29 道示IV 10.8.7」ならびに「R2 杭基礎設計便覧 5.3」を参照。
- 中詰めコンクリートはフーチングと同じ強度のものとする。また、フーチング用鉄筋の配筋前に単独で打設するのを原則とする。
- 鋼管杭及び鋼管ソイルセメント杭のずれ止めの厚さは表 9-2 による。また、ずれ止めの幅はずれ止めの厚さの2倍以上とする。

表 9-2 杭体内外ずれ止めの厚さ

杭 径 (mm)	ずれ止め厚さ (mm)
800 未満	9
800 以上～1,200 未満	12
1,200 以上～1,500 未満	16

- ずれ止めの取付構造は図 9-19 とする。ずれ止めの現場溶接は、ずれ止め上側一面の全周すみ肉溶接とする。溶接サイズは、ずれ止めに作用するせん断力の大きさを考慮すれば、一般にずれ止めの厚さに等しくすれば十分である。また、工場溶接の場合は溶接脚長（溶接サイズ）はずれ止め肉厚の約 80% 程度とする。図 9-19 は現場溶接の場合であり、工場溶接ではストッパー等の溶接補助材は不要となる場合がある。

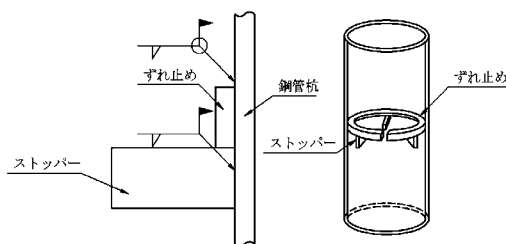


図 9-19 ずれ止めの取付構造

【参考】

H29 道示IV 10.8.7
p-284～289

【参考】

R2 杭基礎設計便覧 5.3
p-312～333

9.11. レベル2地震動を考慮する設計状況における設計

- (1) 杭基礎の応答変位が降伏変位を超えない場合には、レベル2地震動を考慮する設計状況における限界状態1を超えないとみなせる。
- (2) 杭基礎の応答塑性率及び応答変位が、塑性率の制限値及び変位の制限値を超えない場合には、レベル2地震動を考慮する設計状況における限界状態2を超えないとみなせる。
- (3) 杭基礎は(1)又は(2)を満足する場合には、レベル2地震動を考慮する設計状況における限界状態3を超えないとみなせる。

レベル2地震動を考慮する設計状況における杭基礎の照査の基本的な考え方は、「H29 道示V 6章 地震の影響を考慮する状況における部材等の設計, 10章 橋脚基礎, 11章 橋台及び橋台基礎」に規定されている。「H24 道示IV 10.9 レベル2地震動を考慮する設計状況における設計」では、杭基礎における限界状態や断面力及び変位の計算法について規定されている。

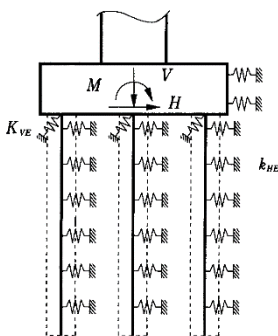
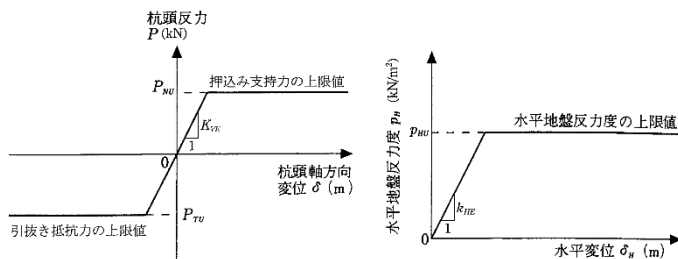


図 9-20 杭基礎の解析モデル



(a) 杭の軸方向の抵抗特性 (b) 杭の軸直角方向の抵抗特性

図 9-21 杭の抵抗特性

【参考】 H29 道示IV 10.9
p-289~301

【参考】 R2 杭基礎設計便覧 6.5.
p-347~368

9. 杭基礎 9.11 レベル2地震動を考慮する設計状況における設計

		単位	(1)杭	(2)杭	
基礎の耐力照査	最大曲げモーメント	Mmax	kN・m	2185.72	1903.13
	降伏曲げモーメント	My	kN・m	2291.20	1752.20
	抽出条件		—	条件2	条件3
	発生深さ		m	0.000	0.000
	杭体区間		—	1	1
	判定		—	Mmax < My	Mmax ≥ My
			—	降伏していない杭がある OK	
	杭頭最大鉛直反力	PN	kN	7212.16	
	押込み支持力の上限値	PNu	kN	13775.00	
	判定		—	PN < PNu	
		—	押込み支持力の上限値に達しない OK		
せん断力の照査	杭基礎のせん断力	S	kN	9661.82	
	杭反力分		kN	9661.82	
	杭体慣性力分		kN	—	
	斜め引張破壊の制限値	Susd	kN	15502.03	
	ウェブ圧壊の制限値	Sucd	kN	28418.97	
	判定		—	S ≤ Susd, Sucd OK	

Mmax ≤ Myであることを照査

PN ≤ PNuであることを照査

S ≤ Susd, Sucdであることを照査

図 9-22 場所打ち杭基礎のレベル2地震動に対する照査結果の例(耐力照査)

9. 杭基礎 9.11 レベル2地震動を考慮する設計状況における設計

		単位	(1)杭	(2)杭	
基礎の耐力照査	最大曲げモーメント	Mmax	kN.m	2291.20	1934.82
	降伏曲げモーメント	My	kN.m	2291.20	1752.20
	抽出条件	—	—	条件3	条件3
	発生深さ	—	m	0.000	0.000
	杭体区間	—	—	1	1
	判定	—	—	Mmax ≥ My	Mmax ≥ My
				全ての杭が降伏した	
	杭頭最大鉛直反力	PN	kN	7249.03	
押込み支持力の上限值	PNu	kN	13775.00		
判定	—	—	PN < PNu		
			押込み支持力の上限值に達しない	OK	

Mmax ≤ Myであることを照査
⇒全ての杭が降伏

PN ≤ PNuであることを照査

応答塑性率の照査	基礎の応答塑性率	μFr	—	1.743
	基礎の塑性率の制限値の目安	μFl	—	4.000
	判定	—	—	$\mu Fr \leq \mu Fl$ OK
	基礎の応答変位	δFr	m	0.1619
変位照査	フーチングの回転角	αFo	rad	0.0042
	回転角の制限値の目安	αFoa	rad	0.0200
	判定	—	—	$\alpha Fo \leq \alpha Foa$ OK
	せん断力の照査	杭基礎のせん断力	S	kN
杭反力分			kN	10316.06
杭体慣性力分			kN	—
斜め引張破壊の制限値		Susd	kN	15542.21
ウェブ圧壊の制限値		Sued	kN	28418.97
判定		—	—	$S \leq Susd, Sued$ OK

$\mu Fr \leq \mu Fl$ であることを照査

$\alpha Fo \leq \alpha Foa$ であることを照査

$S \leq Susd, Sued$ であることを照査

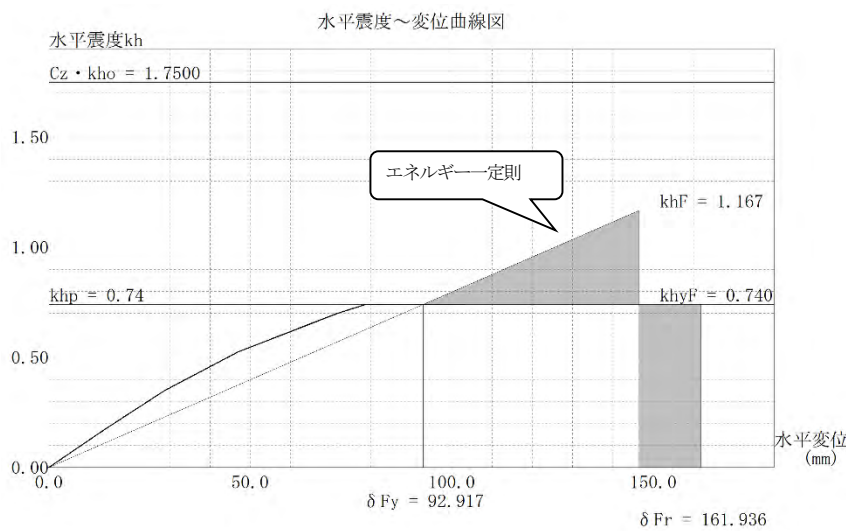


図 9-23 場所打ち杭基礎のレベル2地震動に対する照査結果の例(応答塑性率照査)

9.12. 構造細目

9.12.1. 鋼管杭

(1) 鋼管杭の構造細目は「H29 道示IV 10.10.1 鋼管杭」による。

- 鋼管の長さは輸送方法、施工機械の能力、現場溶接箇所数等を考慮して決定する。一般に単管の標準長さは6m以上で、0.5m刻みとする。
- 施工時に杭体に偏打等による座屈が生じるおそれのない中掘り杭工法に用いる鋼管杭の板厚は、 t/D (板厚と鋼管径の比)が1%以上かつ9mm以上とする。
- 回転杭工法では、施工時の回転トルクも考慮して厚さを決める。
- 杭頭部の補強鉄筋は、施工品質の確保が可能な中詰め補強鉄筋を用いた鉄筋かご方式による。
- 施工品質の確保が困難な溶接による補強は用いない。
- SD345の中詰め補強鉄筋では配置が困難な場合には、高強度鉄筋を用いて施工性に配慮する。ただし、その場合にはコンクリートの設計基準強度を30N/mm²とする。
- 鋼管杭及び鋼管ソイルセメント杭に用いる鋼管の板厚は、強度計算上必要となる厚さに、腐食による減厚分を加えたものとする。また、バイブロハンマ工法により施工する場合は、施工時の起振力に対する安全性を考慮して板厚を決定する。

表 9-3 打撃工法に用いる鋼管杭の径と板厚の範囲

呼び径(mm)	板厚の範囲(mm)
400	9~12
500	9~14
600~ 800	9~16
900~ 1,100	12~19
1,200~ 1,400	14~22
1,500~ 1,600	16~25
1,800~ 2,000	19~25

- 鋼管杭施工時の打込みに対する補強及び打込み性向上のため、鋼管の先端外面に板厚9mmの補強バンドを取り付ける(図9-24参照)。

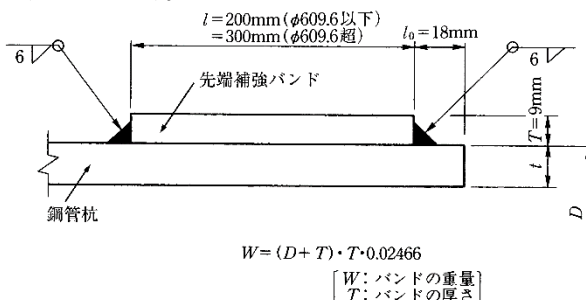


図 9-24 補強バンド取付け部標準

- 中掘り杭工法に用いる鋼管杭のフリクションカッター厚は表9-4に示す値以上とする。

表 9-4 標準的なフリクションカッター厚さの最大値

杭径 D	フリクションカッター厚さ t(mm)
800mm 未満	9 以下
800mm~1,000mm	12 以下

【参考】

H29 道示IV 10.10.1
p-302~304

【参考】

H29 道示IV
表解 10.10.1, p-303

【参考】

R2 杭基礎設計便覧
図-III.7.2, p-378

- 鋼管杭の現場溶接継手形状は図 9-25, 図 9-26, 表 9-5, 表 9-6 とする。

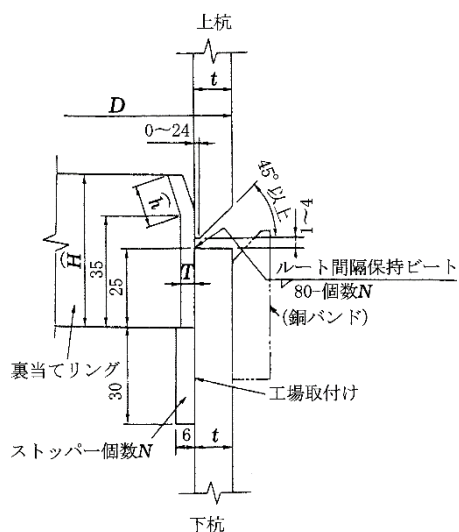


図 9-26 現場溶接継手の形状

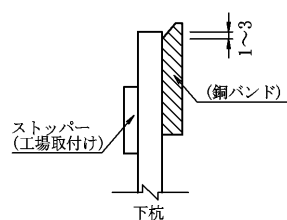


図 9-25 銅バンドの形状

表 9-5 銅バンドの寸法

外径(mm)	厚さ (mm)	幅 (mm)
609.6 以下	10	50
609.6 超え 1,016 以下	12	50
1,016 超えるもの	12	75

表 9-6 ストップパー及びビート間隔保持ビート個数

外径D(mm)	N (個数)
609.6 以下	4
609.6 超え 1,016 以下	6
1,016 超えるもの	8

- 現場溶接継手に使用する裏当てリングは表 9-7, 図 9-27 とする。

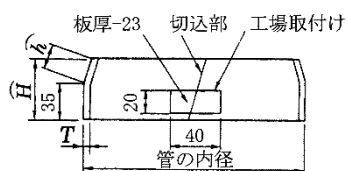


図 9-27 裏当てリングの形状

表 9-7 裏当てリングの厚さ及び高さ

外径D(mm)	T (mm)	H (mm)	H (mm)
1,016 以下	4.5	50	H=50 の場合 15
1,016 超えるもの	6.0	70,50*	H=70 の場合 35

* 中掘り杭工法, 鋼管ソイルセメント杭工法適用の場合は原則 50mm とする。

- 標準的な吊金具の例を図 9-28 に示す。

図 9-28 吊金具の参考例

【参考】
H29 道示IV
図-解 10.10.2, p-304

【参考】
H29 道示IV
図-解 10.10.2, p-304

【参考】
R2 杭基礎設計便覧
図-III.7.5, p-382

9.12.2. 場所打ち杭

(1) 場所打ち杭の構造細目は「H29 道示IV 10.10.5 場所打ち杭」による。

- 軸方向鉄筋位置は基本的には 160mm とする。ただし、純かぶり 120mm が確保できない場合は純かぶりを確保できる位置とする。
- 軸方向鉄筋の継手は、重ね継手とし、杭体応力度の大きい箇所や深度方向に地盤の剛性が著しく異なる箇所は避けた位置とする。
- 帯鉄筋は施工性を考慮して最小径を 13mm，最大径を 22mm とする。
- 帯鉄筋の中心間隔は，最大間隔は 300mm，最小間隔は 125mm とする。
- 帯鉄筋の継手は，鋭角または半円形フックを用いた重ね継手を基本とする。
- 杭径が小さく、トレミー管が帯鉄筋のフックに当たるおそれがある場合はスパイラル鉄筋や機械式継手等を用いる。

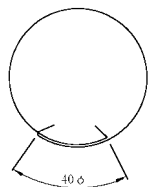


図 9-29 帯鉄筋の形状

- 杭先端部の構造は，図 9-30 を標準とする。

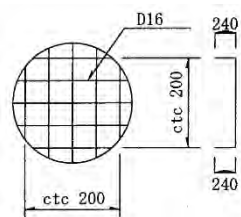


図 9-30 先端の配筋

- スペーサーの標準構造を図 9-31 に示す。設置間隔は千鳥配置で 3m 以下とする。

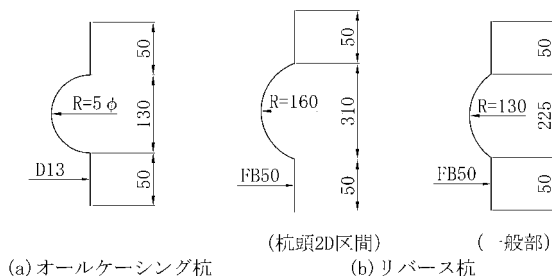


図 9-31 スペーサーの形状の例

【参考】

H29 道示IV 10.10.5
p-310~314

【補足】

主鉄筋D32, 帯鉄筋D19
の場合,
120mm+19mm+32mm/2
=155mm→160mm

【参考】

R2 杭基礎設計便覧
7.4.3(2) p-396~398

【補足】

溶接の施工品質の確保が困難であり鉄筋の断面減少等の欠陥が生じるおそれがあるため，“鉄筋の組立てにおいては、組立て上の形状保持などのための溶接を行なってはならない。”と規定されたためである。

H29 道示IV 15.8.7
p-502

- ・ 場所打ち杭の図面には、「鉄筋かごの組立時には溶接による仮止めは行わないこと。鉄筋かごの組立ては、無溶接工法やなまし鉄線を用い鋼材や補強鉄筋を配置して堅固とすること。」と注記する。
- ・ 組立て用補強材は、鉄筋かご制作の定規と形状保持、吊りワイヤーロープ取付け部の補強および挿入時の変形防止等のために、主鉄筋の内側に取り付けられる。
- ・ 組立て用補強材の設置間隔は3m程度を目安とし、吊り時の取り扱い方法も含めて、鉄筋かごが変形しないよう十分堅固にする。なお、鉄筋かごが極端に短い場合であっても、最低限上下2箇所以上を配置する。

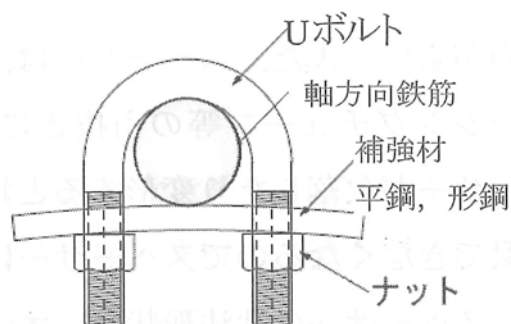
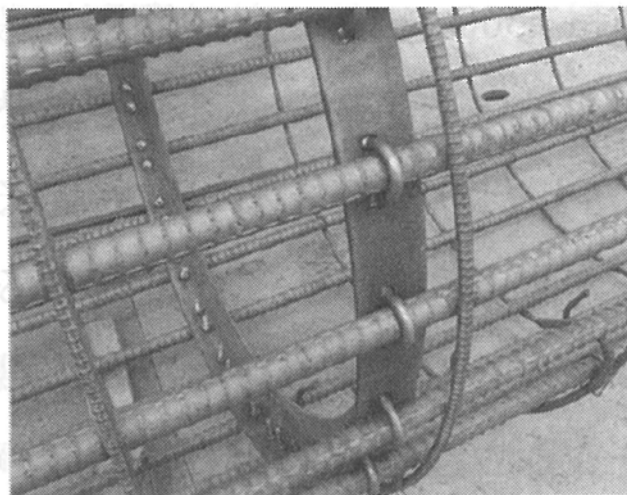


図 9-32 Uボルトを用いた例

【参考】

R2 杭基礎施工便覧
図-II.2.24, p-296

【補足】

鉄筋かごの組立については、杭基礎設計便覧、施工便覧及び「場所打ちコンクリート杭の鉄筋かご無溶接工法設計・施工に関するガイドライン」も参考にするとよい。

●主として：主鉄筋と組立筋

●主鉄筋の重ね継手部の結合

／組立筋・帯鉄筋の重ね継手部の結合

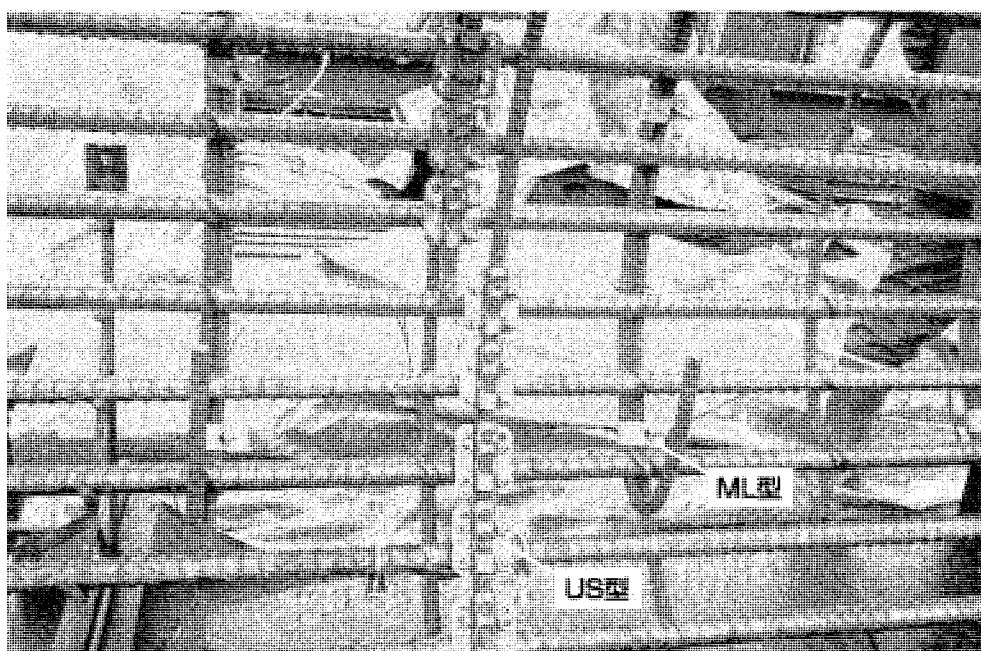
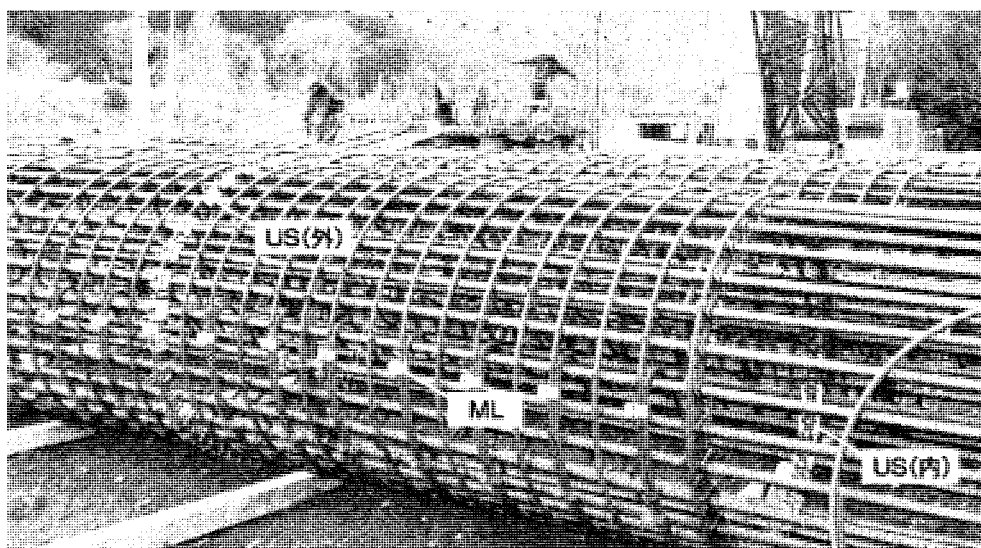
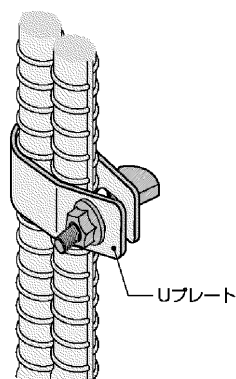
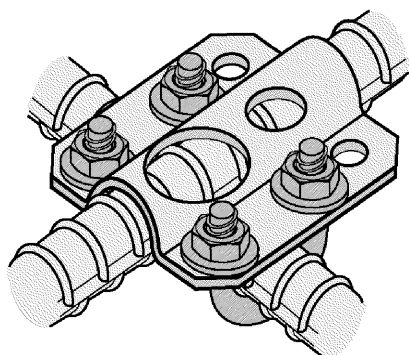


図 9-33 場所打ち杭の無溶接工法のその他の例

10. ケーソン基礎

10.1. 設計の基本

(1) ケーソン基礎の設計は「H29 道示IV 11 章 ケーソン基礎の設計」により、永続作用支配状況、変動作用支配状況及びレベル2地震動を考慮する設計状況において安全性を確保する。

【参考】H29 道示IV 11 章, p-317~378

【参考】
わかりやすいケーソン
基礎の計画と設計
(総合土木研究所)
図-3.1 p-46

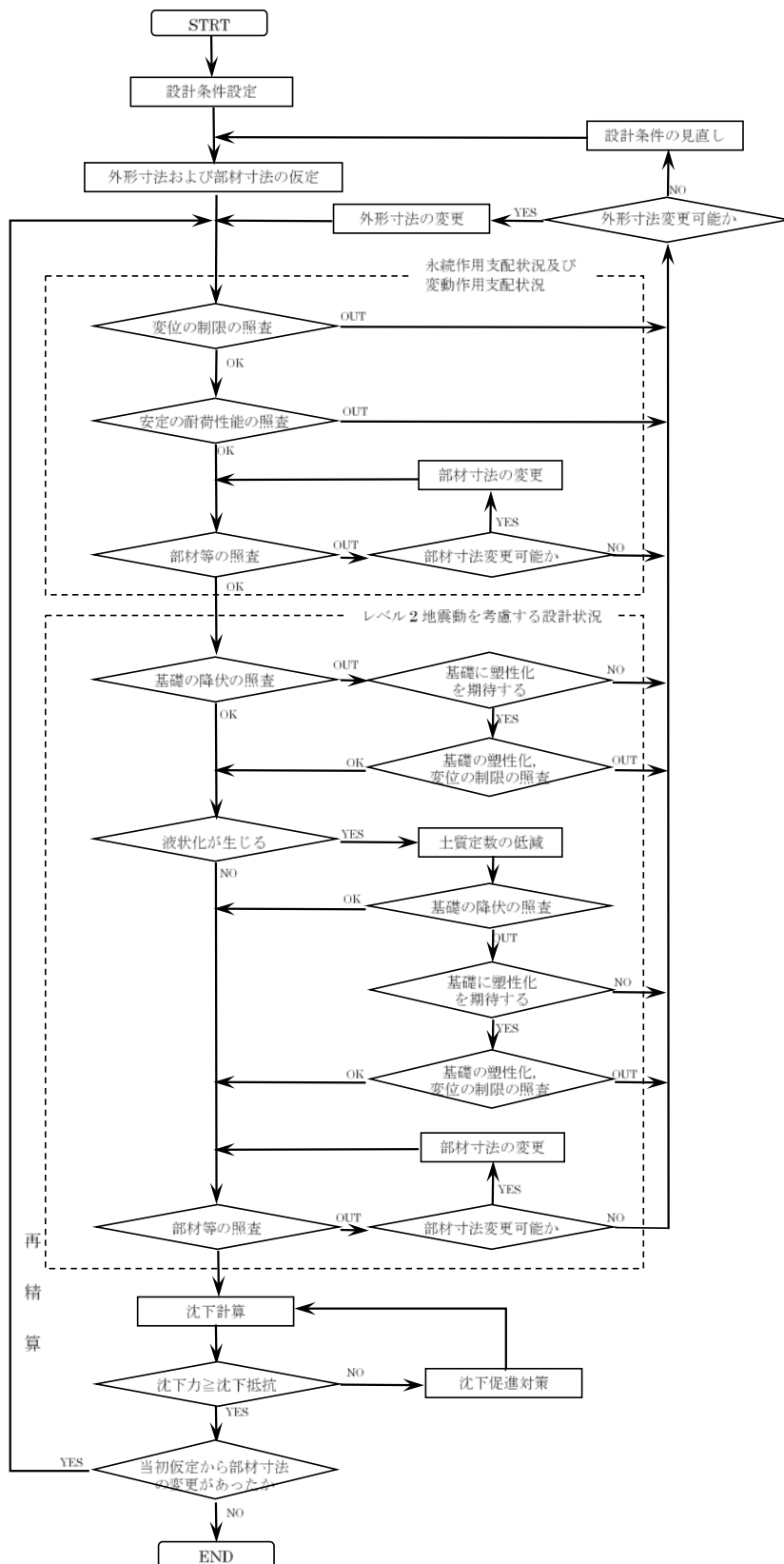


図 9-10-1 橋脚のケーソン基礎の設計フロー

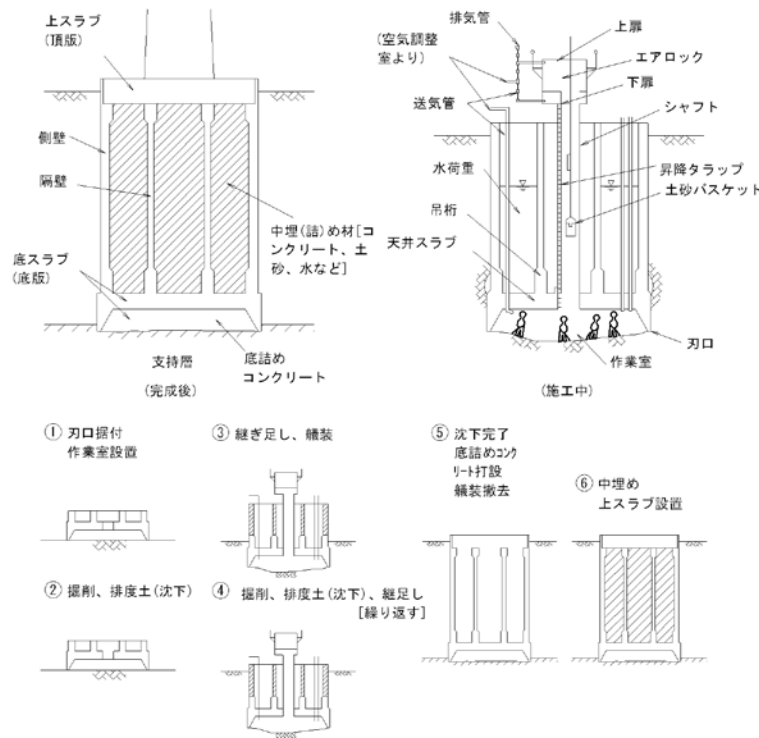


図 10-2 ニューマチックケーソン基礎

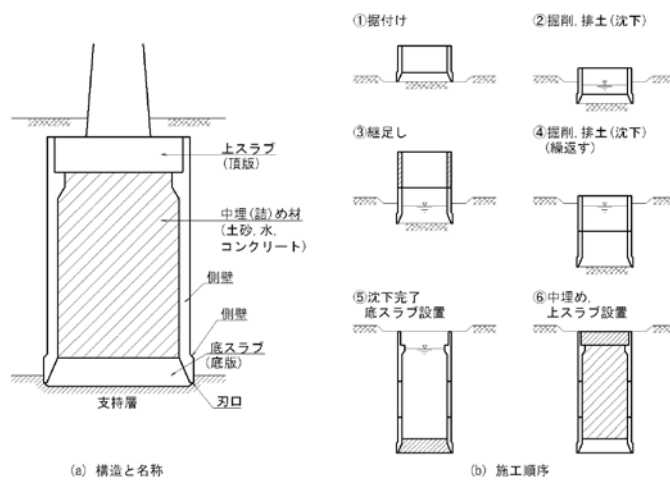


図 10-3 オープンケーソン基礎

10.2. 荷重分担

- (1) 鉛直荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力のみで抵抗させる。
- (2) 水平荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力とせん断地盤反力、前面地盤の水平地盤反力、側面地盤の水平せん断地盤反力及び周面地盤の鉛直せん断地盤反力で抵抗させる。

【出典】
「土木設計の要点」
③改訂版 基礎構造物／
地中構造物
(鹿島出版会)
図 1.4-1 p-130

【出典】
「土木設計の要点」
③改訂版 基礎構造物
／地中構造物
(鹿島出版会)
図 1.4-1 p-130

【参考】 H29 道示IV 11.3
p-322～323

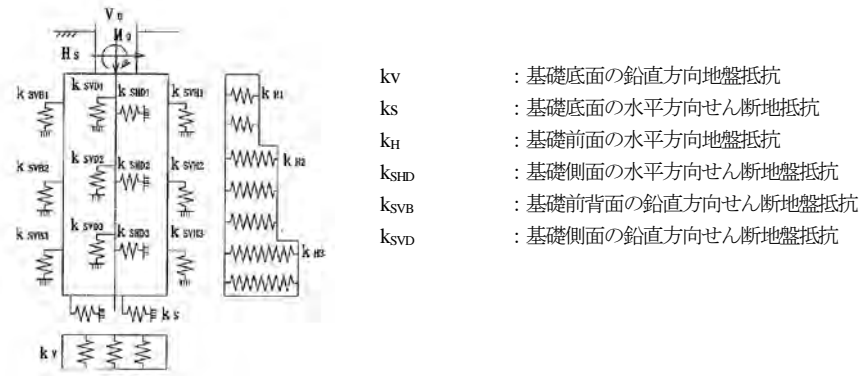


図 10-4 地盤抵抗要素 (3層地盤の場合)

【出典】 H29 道示IVp-322
図解 11.3.1

10.3. 工法の選定

- ケーソン基礎は、施工法によりオープンケーソン工法（圧入工法を含む）とニューマチックケーソン工法の2種類に分類される。ケーソン工法の選定では、各々の工法の特徴を踏まえた上で最適なケーソン工法を選定する（図 10-5～図 10-7, 表 10-1, 表 10-2 参照）。

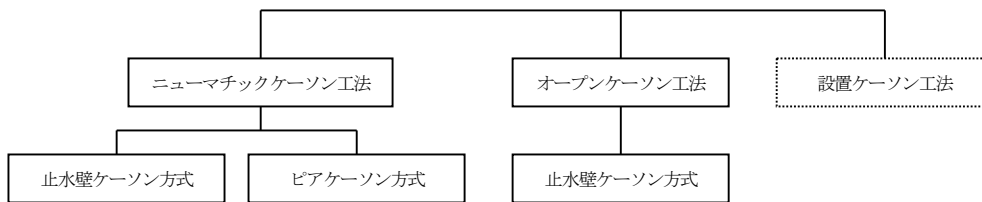


図 10-5 施工法による分類

【出典】
わかりやすいケーソン
基礎の計画と設計
(総合土木研究所)
図-2.1 p-19

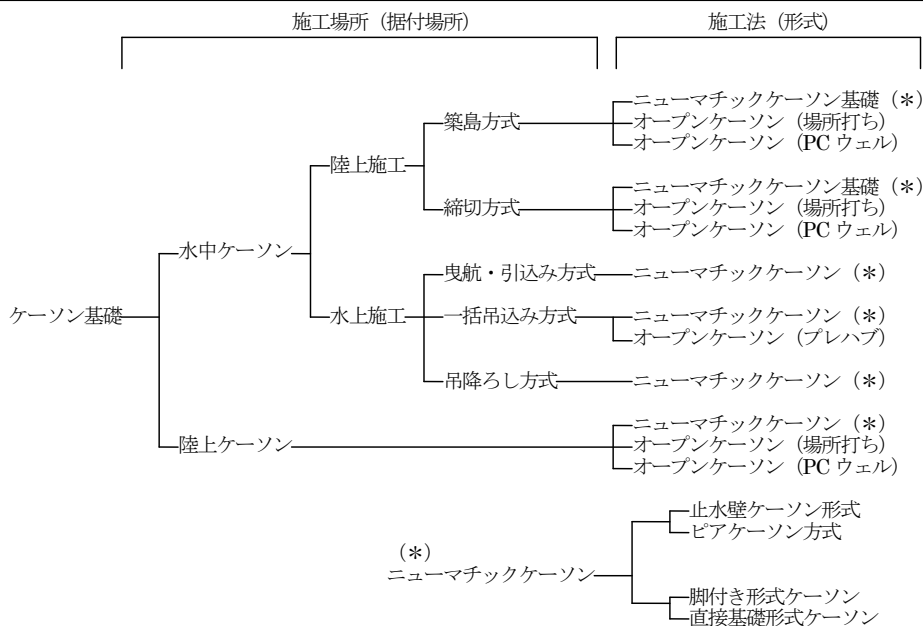


図 10-6 施工場所と施工法の一般的な組合せ

【出典】
わかりやすいケーソン
基礎の計画と設計
(総合土木研究所)
図-2.5 p-26

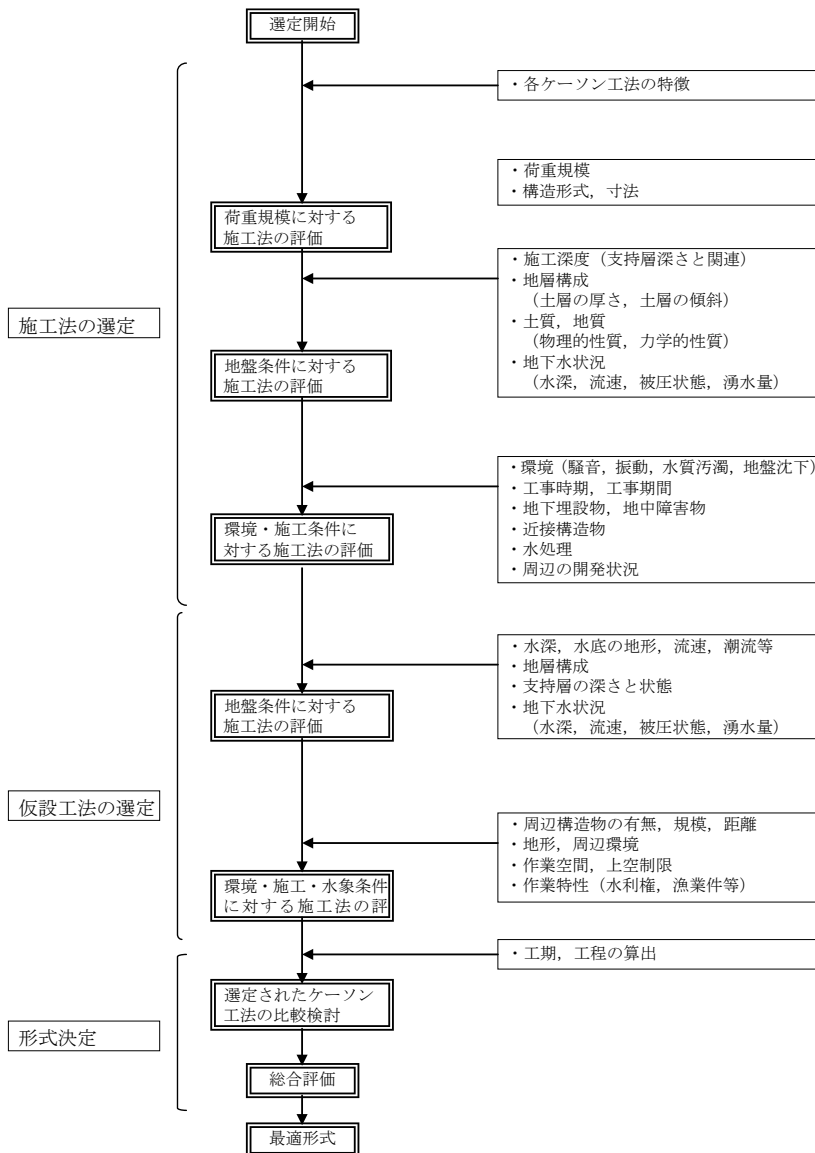


図 10-7 ケーソン形式の選定フロー

【出典】
わかりやすいケーソン
基礎の計画と設計
(総合土木研究所)
図-2.6 p-27

表 10-1 ニューマチックケーソン工法とオープンケーソン工法の特徴

	ニューマチックケーソン基礎	オープンケーソン基礎
形 状	円形、小判形、矩形が一般的。 平面形状が大きい場合は、隔壁を配置。	円形、小判形、矩形の実績はあるが、施工性からは円形、小判形の隔壁なしが望ましい。
平面寸法	小規模から大規模構造に適用できる。一般的には、 ・ 円 形 最大 15.0m程度 ・ 小判形 最大 30.0m 程度 (長辺) ・ 矩 形 最大 70.0m 程度	小規模から中規模構造が適する。一般的には、 ・ 円 形 最大 10.0m 程度 ・ 小判形 最大 15.0m 程度 (長辺)
掘削深さ	有人掘削の場合、作業気圧換算で 4kgf/cm ² 程度まで可能。 無人掘削の場合は、最大 7kgf/cm ² 程度まで可能。	一般には 60m 程度までであるが、それ以上の実績もある。
土質の影響	期中掘削により土質を確認しながら掘削するため土質の制約を受けない、 軟弱地盤から岩盤まで施工可能。	中間に玉石・転石層がある場合の掘削は困難。 岩盤層の水中掘削は、水中発破ができない限りほぼ不可能。
沈下制御	掘削時、刃口周囲に掘り残す地盤の位置や面積調整と、沈下促進工との組合せにより調整が可能。	自沈のみでは制御が難しい場合、圧入装置により制御することが多い。ジェットの併用も一般的である。
沈下精度	沈下精度が容易にできるため高い施工精度が得られる。	一般に、ニューマチックケーソンに比べ精度は劣るが、圧入工法を併用すれば高い精度が得られる。
設 備	掘削機械、クレーン等の他に、圧気設備や糞装設備が必要となり、オープンケーソンよりは大幅に増える。	掘削機械とクレーン等の簡単な設備でよい。必要に応じて圧入装置を使う。
作 業 環 境	高気圧作業安全衛生規則に定められた作業となり、作業時間の制約を受ける。ただし、無人化で施工する場合は、労働環境に問題はない。	大気圧の作業であるため労働環境に問題はない。
工 程	空中掘削により土質の制約を受けないため、確実な工程が期待できる。	掘削困難な地盤がある場合は、工程が大きく延びる可能性がある。

【出典】

わかりやすいケーソン
基礎の計画と設計
(総合土木研究所)
表-2.7 p-28

表 10-2 ケーソン工法の選定表

【出典】
わかりやすいケーソン
基礎の計画と設計
(総合土木研究所)
表-2.8 p-29

項目	ケーソン工法		オープンケーソン工法					ニューマチックケーソン					留意事項
	水	中	陸	水		陸	水		中	水	中	中	
				陸上施工	水中施工		陸上施工	水中施工					
PCウェル	場所打ち	場所打ち	場所打ち	ヤード	島	切	み	み	し				
水深	0m~5m	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	水深に対する適否は、架設工法から選定され、浅い瀬に築島、吊降ろし、一括吊り込み、曳航、引込みとなる。
	5m~10m	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	10m~20m	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
	20m~40m	×	×	×	×	△	×	×	△	△	△	×	
	40m~60m	×	×	×	×	△	×	×	×	×	×	×	
	60m以上	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
荷重規模	鉛直	大きい	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	PCウェルは比較的小規模構造に適用され、ニューマチックケーソンは小規模から大規模構造まで適用されることが多い。
	水	大きい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	水平	大きい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	水平	小さい	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
施工深度	0m~10m	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	オープンケーソン工法の場合、深い掘削が可能であるが、ニューマチックケーソンでは、作業気圧の上限值を超えての掘削は補助工法（ディープウェル）や無人掘削が必要となる。
	10m~20m	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	20m~40m	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	40m~60m	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	
	60m以上	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
土質	表層	軟弱~普通土	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	軟弱地盤では据付け地盤の改良が必要な場合がある。傾斜地では据付け基礎の整備調整が必要。
	表層の傾斜	○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	
	中間層	軟弱~普通土	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	オープンケーソン工法は、中間層（転石）の掘削が困難になりがちである。
	礫・玉石・転石(30cm以上)	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	
	支持層	砂礫	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	機会掘削によるオープンケーソン工法は、硬い層の掘削が困難である。
	軟岩	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	
硬岩	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
支持層の傾斜	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○		
地下水	ボーリング	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	オープンケーソン工法は砂質地盤でボーリング、粘性土地盤でヒービングに注意する必要がある。
	ヒービング	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	
	地下水の流速が3m/min以上	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	オープンケーソン工法の底スラブ打設時、コンクリートの硬化に影響する。
	地表面より2m以上の被圧地下水	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	
環境	騒音・振動	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	コンプレッサ等（ニューマチックケーソン）の振動・騒音は、防護工により対策は可能である。
	地盤沈下	○	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	
	水質汚濁	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	有毒ガス（ニューマチックケーソン）が発生する場合でも、安全管理を十分行うことで施工は可能である。
	有害ガスの影響	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	
	酸欠	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	△	
	廃棄物処理	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	
近接施工	近接構造物に対する影響	○	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	オープンケーソン工法（場所打ち）は、周辺地盤を乱しやすいので、防護対策等が必要となる。
	作業面積	○	△	△	△	△	○	△	△	△	△	△	
	作業空間の制約	作業高さ	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	築島や締切を行う場合には、施工時の河床阻害率に対する検討が必要となる。
作業高さ	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	上空制限がある場合、クレーンや掘削機械の高さの確認が必要となる。築島の場合にはその高さも加味される。	

* ○：実績が多い △：実績がある ×：実績が少ない

10.4. 形状寸法

(1) ケーソン基礎の形状寸法は、橋脚等の形状や寸法、基礎の安定、ケーソン各部材の安全性の他、施工条件も考慮して決定する。

- ケーソンの平面の橋軸方向及び直角方向の寸法の差が大きくなると、沈下時の安定性が悪く、偏心を生じやすいので、長短辺の比は最大 3:1 程度とする。
- ケーソンの形状が決定したあと、ケーソンの沈下関係を想定し、沈下作業を照査する。

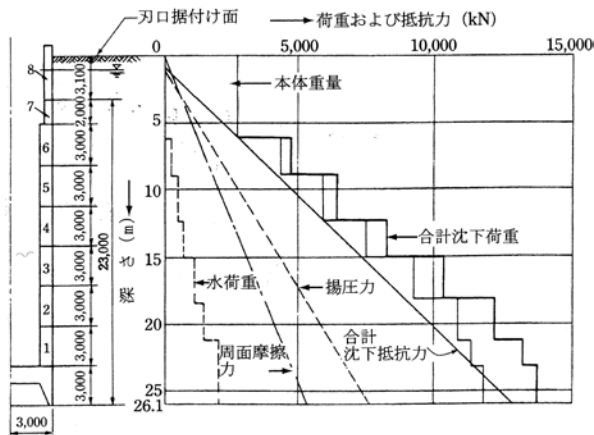


図 10-8 沈下関係図の例

- ケーソンは底面積が大きいこと、支持層の傾斜等を考慮し、支持層への根入れは不陸を考慮して 0.5m 以上とする。
- ケーソン基礎本体を構成している部材は、隣接する部材が相互に関連することから、部材間の応力伝達が円滑となるような合理的な部材設計を行う。
- 部材設定を行う場合は、表 10-3 を目安とする。

表 10-3 部材設定上の目安

部材名称	最小値	変更幅	備考
パラペット厚	0.3m	0.1m	
頂版厚	1.5m	0.5m	2.5~4.5mが多い
側壁厚	0.7m	0.1m	
隔壁厚	0.5m	0.1m	側壁厚-0.2m程度
作業空天井スラブ厚	0.8m	0.1m	ニューマチックのみ。側壁厚と同程度
シャフト孔径	1.2m	—	ニューマチックのみ。
作業室高さ	1.8m	—	ニューマチックのみ。労働安全規則では 1.8m 以上で、機械の作業性を考慮して 2.3m 程度が望ましい。
フリクションカット幅	0.0m	0.05m	0.05m が望ましい。軟弱地盤等では小さくする。

10.5. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における安定の設計

(1) 永続作用支配状況において、鉛直荷重及び水平荷重によって生じる変位は「11.5.1 基礎の変位の制限」の制限値を満足することを照査する。

(2) 鉛直荷重に対する支持は、「H29 道示IV 11.5.2 鉛直荷重に対する支持の限界状態 1, 11.5.3 鉛直荷重に対する支持の限界状態 3」を満足するように照査する。

(3) 水平荷重に対する抵抗は、「H29 道示IV 11.5.4 水平荷重に対する抵抗の限界状態 1, 11.5.5 水平荷重に対する抵抗の限界状態 3」を満足するように照査する。

(1)基礎の過大な沈下を避けるため、支持力照査とは別に制限値を設定して照査を行う必要がある。基礎の変位を抑制するための基礎底面の鉛直地盤反力度の制限値を図 10-9 に示す。

【参考】 H29 道示IV 11.4 p-323~325

【出典】 H29 道示IVp-325 図解 11.4.1

【補足】 設計計算、施工計画及び積算に必要となる資料であるため、沈下関係図は必ず作成する。

【出典】 わかりやすいケーソン基礎の計画と設計 (総合土木研究所) 表-3.4 p-53 修正・加筆

【参考】 H29 道示IV 11.5 p-325~334

10. ケーソン基礎 10.6 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における地盤反力度、変位及び断面力の計算

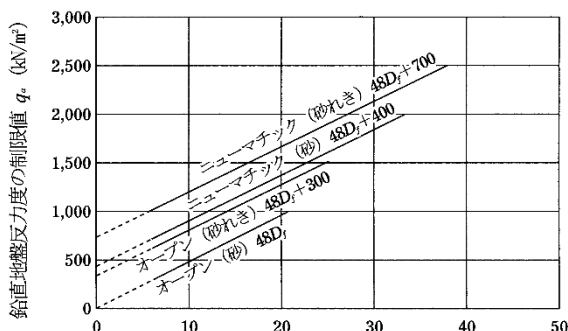


図 10-9 基礎の変位を抑制するための基礎底面の鉛直地盤反力度の制限値 (支持層が砂地盤又は砂れき地盤の場合)

【出典】 H29 道示IVp-327 図解 11.5.1

10.6. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における地盤反力度、変位及び断面力の計算

【参考】 H29 道示IV 11.6 p-334～348

- (1) 永続作用支配状況及び変動作用支配状況におけるケーソン基礎の地盤反力度、変位及び断面力は、荷重分担、地盤条件、構造条件及び施工方法等に適切に考慮して算出する。
- (2) 1) 及び 2) に従って地盤反力度、変位及び断面力を算出する場合には、(1) を満足する。
 - 1) 基礎本体は、弾性体とする。
 - 2) 地盤抵抗は、「H29 道示IV 11.6.2 地盤反力係数」に規定される地盤反力係数及び「H29 道示IV 11.6.3 地盤反力度の上限値」に規定される地盤反力殿上限値を用いて評価する。

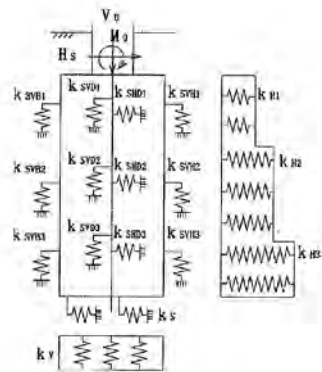
(2)H24 道示では、ケーソン基礎の常時・レベル 1 地震時とレベル 2 地震動の照査に用いる設計計算モデルは地盤抵抗のモデル化が一部異なっていたが、H29 道示では一部照査項目の見直しや平均的挙動を推定できるモデルへの見直しという観点から、設計状況に関わらず地盤抵抗モデルの統一化が図られている。ただし、基礎底面の鉛直地盤抵抗については、永続作用支配状況及び変動作用支配状況において弾性範囲内に留めることから、地盤抵抗の線形とし、レベル 2 地震動とは異なっている。表 10-4 にケーソン基礎の設計計算モデル概要を示す。

【出典】 H29 道示IVp-335 表-解 11.6.1

表 10-4 設計計算のモデル概要

		永続作用支配状況及び変動作用支配状況	レベル 2 地震動を考慮する設計状況
地盤抵抗要素	基礎本体 (剛性)	・線形	・曲げ剛性の低下を考慮
	基礎底面の鉛直方向地盤抵抗	・線形	・バイリニア型 ・上限値は基礎底面の最大鉛直支持力による。
	基礎底面の水平方向せん断地盤抵抗	・バイリニア型 ・上限値は基礎底面の最大せん断抵抗力による。	
	基礎前面の水平方向地盤抵抗	・バイリニア型 ・上限値は低減領域の 3 次元的な広がり を考慮した基礎前面地盤の受動土圧強度による。	
	基礎側面の水平方向せん断地盤抵抗	・バイリニア型 ・上限値は最大周面摩擦力による。	
	基礎前背面の鉛直方向せん断地盤抵抗	・バイリニア型 ・上限値は最大周面摩擦力による。	
	基礎側面の鉛直方向せん断地盤抵抗	・バイリニア型 ・上限値は最大周面摩擦力による。	

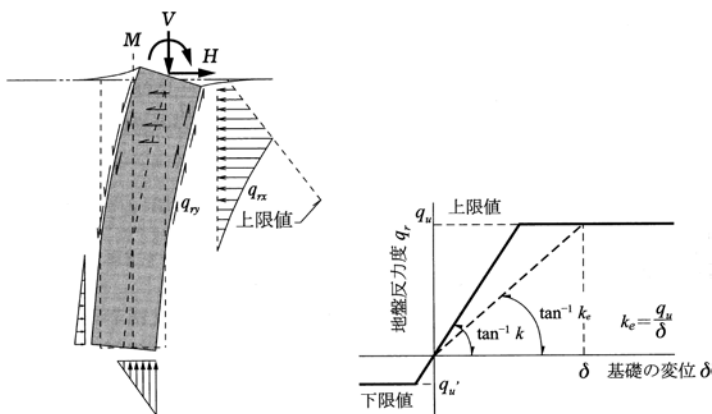
10. ケーソン基礎 10.6 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における地盤反力度、変位及び断面力の計算



- k_v : 基礎底面の鉛直方向地盤反力係数
- k_s : 基礎底面の水平方向せん断地盤反力係数
- k_h : 基礎前面の水平方向地盤反力係数
- k_{shd} : 基礎側面の水平方向せん断地盤反力係数
- k_{svb} : 基礎前面の鉛直方向せん断地盤反力係数
- k_{svd} : 基礎側面の鉛直方向せん断地盤反力係数

【出典】 H29 道示IVp-322
図解 11.3.1

図 10-10 安定計算モデル



【出典】 H29 道示IVp-336
図解 11.6.1, 11.6.2

図 10-11 地盤抵抗ならびに地盤反力度と変位の関係

項目		単位	D	D+EQ
作用力	Vp	kN	76611.6	70740.6
	Hp	kN	0.0	22617.0
	Mp	kN・m	0.0	29076.6
設計地盤面	変位 δ	mm	0.0	7.0
	回転角 θ	mrad	0.000	0.496
底面に作用する鉛直力		VB	kN	111491.6
底面鉛直地盤反力度	最大	qmax	kN/m ²	724.0
	最小	qmin	kN/m ²	631.5
底面せん断地盤反力		HB	kN	3301.9
有効底面積		A'	m ²	154.00
有効底面幅		d	m	7.000
制限値	設計地盤面変位量		mm	50.0
	底面鉛直地盤反力度		kN/m ²	6530.0
最大モーメント		Mmax	kN・m	107983.3
Mmax発生位置		Lm	m	7.200
最大せん断力		Smax	kN	22617.0
Smax発生位置		Ls	m	0.000
最大前面地盤反力度		pmax	kN/m ²	156.6
pmax発生位置		lp	m	2.200
判定			OK	OK

図 10-12 ケーソン基礎の安定の耐荷性能の照査例

10.7. 部材及び接合部の設計

ケーソン基礎の各部材の設計は「H29 道示IV 11.8 部材及び接合部の設計」により、作用する荷重を適切に考慮しなければならない。

- 1) ケーソン基礎の側壁及び隔壁は、施工時及び完成時に作用する荷重に対して照査する必要がある。
- 2) ケーソン基礎の頂版は、橋脚柱又は橋台たて壁から作用する荷重を確実に基礎に伝達できる構造とし、橋脚のコンクリートがまだ硬化しない場合と橋脚のコンクリートが硬化した場合の各々について照査する必要がある。
- 3) 頂版支持部は、頂版の浮上り、支持部の支圧及び滑動に対して照査する必要がある。
- 4) オープンケーソンの底版は底面地盤反力、揚圧力、中埋め土砂又は水の重量及び底版の自重による荷重に対して照査する必要がある。
- 5) 刃口はケーソンの沈下が容易にできるような形状とし、刃口内外の圧力差等によって生じる施工時の荷重に対して照査する必要がある。
- 6) ニューマチックケーソン作業室天井スラブは、完成後の荷重のほか、沈下荷重や作業気圧の変化等によって生じる施工時の荷重に対して照査する必要がある。
- 7) ケーソン基礎のパラペットは、止水壁の構造も考慮して、施工時に作用する荷重に対して照査する必要がある。

【参考】H29 道示IV 11.8,
p-351~369

項目	単位	外側引張	内側引張
荷重ケース	—	水替え時	水替え時
曲げモーメント	kN・m	-1218.3	656.2
軸力	kN	905.1	905.1
部材幅	cm	100.0	100.0
部材高	cm	150.0	150.0
必要鉄筋量	外側	cm ²	34.28
	内側	cm ²	5.17
外側鉄筋	1段目かぶり鉄筋	mm	120
	鉄筋量	mm	D29@150
内側鉄筋	1段目かぶり鉄筋	mm	120
	鉄筋量	mm	D29@150
中立軸	cm	49.81	71.42
応力度	σ_c	N/mm ²	4.92
	σ_s	N/mm ²	130.6
応力度制限値	σ_{ca}	N/mm ²	8.00
	σ_{sa}	N/mm ²	160.0

発生応力度と制限値を比較し、
 $\sigma_c \leq \sigma_{ca}$, $\sigma_s \leq \sigma_{sa}$ であることを照査

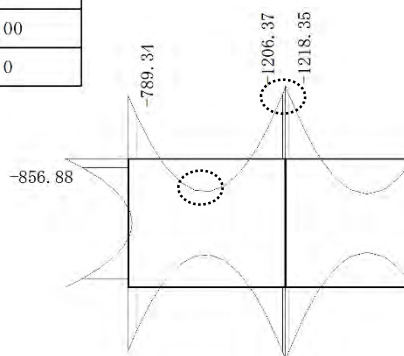


図 10-13 ケーソン側壁水平方向の部材設計結果【施工時】の例

項目		単位	外側引張	内側引張
荷重ケース		—	水平荷重作用時 橋軸直角方向	水平荷重作用時 橋軸直角方向
曲げモーメント		kN・m	-773.2	403.3
軸力		kN	466.1	466.1
部材幅		cm	100.0	100.0
部材高		cm	150.0	150.0
必要鉄筋量	外側	cm ²	23.99	5.13
	内側	cm ²	23.99	5.13
外側鉄筋	1段目かぶり鉄筋	mm mm	120 D29@150	
	鉄筋量	cm ²	42.827	
内側鉄筋	1段目かぶり鉄筋	mm mm	120 D29@150	
	鉄筋量	cm ²	42.827	
中立軸		cm	46.06	62.95
腐食	応力度	σ_s N/mm ²	—	—
	制限値	σ_{sa} N/mm ²	—	—
疲労	応力度	σ_c N/mm ²	3.12	1.61
		σ_s N/mm ²	93.3	28.7
	制限値	σ_{ca} N/mm ²	8.00	8.00
		σ_{sa} N/mm ²	160.0	160.0

応力度と制限値を比較し、 $\sigma_c \leq \sigma_{ca}$, $\sigma_s \leq \sigma_{sa}$ であることを照査

図 10-14 ケーソン側壁水平方向の部材設計結果【耐久性能照査】の例

項目		単位	外側引張	内側引張
荷重ケース		—	永続作用	永続作用
曲げモーメント		kN・m	-961.6	517.9
軸力		kN	714.4	714.4
部材幅		cm	100.0	100.0
部材高		cm	150.0	150.0
外側鉄筋	1段目かぶり鉄筋	mm mm	120 D29@150	
	鉄筋量	cm ²	42.827	
内側鉄筋	1段目かぶり鉄筋	mm mm	120 D29@150	
	鉄筋量	cm ²	42.827	
部材降伏	特性値 Myc	kN・m	-2313.4	2313.4
	制限値 Myd	kN・m	-1769.7	1769.7

限界状態1
曲げモーメントが制限値を満足していることを照査

項目		単位	外側引張	内側引張
荷重ケース		—	永続作用	永続作用
曲げモーメント		kN・m	-961.6	517.9
軸力		kN	714.4	714.4
部材幅		cm	100.0	100.0
部材高		cm	150.0	150.0
外側鉄筋	1段目かぶり鉄筋	mm mm	120 D29@150	
	鉄筋量	cm ²	42.827	
内側鉄筋	1段目かぶり鉄筋	mm mm	120 D29@150	
	鉄筋量	cm ²	42.827	
部材破壊	特性値 Muc	kN・m	-2452.2	2452.2
	制限値 Mud	kN・m	-1589.0	1589.0

限界状態3
曲げモーメントが制限値を満足していることを照査

図 10-15 ケーソン側壁水平方向の部材設計結果【耐荷性能照査】の例

10.8. レベル2地震動を考慮する設計状況における設計

【参考】H29 道示IV 11.9, p-369~375

- (1) ケーソン基礎のレベル2地震時に対する設計は「H29 道示IV 11.9 レベル2地震時を考慮する設計状況における設計」に規定される限界状態や断面力及び変位の計算法に従って行う。
- (2) レベル2地震動を考慮する設計状況においては、基礎本体と地盤を合わせて一つの照査単位とみなし、これに対して地盤の塑性化や基礎本体の塑性化を考慮して限界状態を定めて照査を行う。

- ・ ケーソン基礎の降伏とは、基礎の全体挙動における水平荷重-水平変位関係の中で、上部構造の慣性力の作用位置での水平変位が急増し始めるときを指す。ケーソン基礎の降伏に影響を及ぼす主要因としては、基礎本体の塑性化、地盤抵抗の塑性化、基礎の浮上り等がある。
- ・ 基礎の全体挙動における水平荷重 P -水平変位 S の関係から降伏を設定する方法としては、 $\log P$ - $\log S$ 法等がある (図 10-17 参照)。

項 目		単位	kh = 0.530	
作用力	Vp	kN	68798.1	
	Hp	kN	38771.8	
	Mp	kN.m	560367.4	
基礎天端	変位	δ	mm	65.6
	回転角	θ	mrad	4.569
上部構造慣性力作用位置変位		δ	mm	148.3
底面に作用する鉛直力		VB	kN	103678.1
底面鉛直地盤反力度	最大	qmax	kN/m ²	1207.5
	最小	qmin	kN/m ²	139.0
有効底面積		A'	m ²	154.00
有効底面幅		d	m	7.000
底面せん断抵抗力		Hu	kN	49074.8
底面せん断地盤反力度の上限値		τL	kN/m ²	318.67
最大モーメント		Mmax	kN.m	727023.0 ≤ 760513.0
Mmax発生位置		Lm	m	7.200
最大せん断力		Smax	kN	66581.2
Smax発生位置		Ls	m	15.400
最大前面地盤反力度		pmax	kN/m ²	684.8
pmax発生位置		Lp	m	20.000
前面塑性率			%	51.50 ≤ 60.00
底面浮き上がり率			%	0.00 ≤ 60.00
降伏判定				OK

ケーソン天端
中心における
断面力

降伏モーメント

Mmax ≤ 降伏モーメントで
あることを照査

基礎前面地盤の塑性領域率
(前面塑性率)が60%以下で
あることを照査

基礎底面の浮上がり面積率
(底面浮上がり率)が60%以下
であることを照査

図 10-16 ケーソン基礎のレベル2地震動を考慮する設計状況における照査の例 (耐力照査の場合)

10. ケーソン基礎 10.8 レベル2地震動を考慮する設計状況における設計

項目		単位	kh = 0.563	
作用力	Vp	kN	68798.1	
	Hp	kN	41185.9	
	Mp	kN.m	619846.7	
基礎天端	変位	δ	mm	56.6
	回転角	θ	mrad	3.413
上部構造慣性力作用位置変位		δ	mm	121.8
底面に作用する鉛直力		VB	kN	103678.1
底面鉛直地盤反力度	最大	qmax	kN/m ²	1968.9
	最小	qmin	kN/m ²	0.0
有効底面積		A'	m ²	105.36
有効底面幅		d	m	15.051
底面せん断抵抗力		Hu	kN	49074.8
底面せん断地盤反力度の上限値		τL	kN/m ²	465.79
最大モーメント		Mmax	kN.m	883057.5 \leq 2009948.0
Mmax発生位置		Lm	m	10.400
最大せん断力		Smax	kN	41185.9
Smax発生位置		Ls	m	0.000
最大前面地盤反力度		pmax	kN/m ²	970.5
pmax発生位置		Lp	m	12.000
前面塑性率			%	60.50 > 60.00
底面浮き上がり率			%	31.59 \leq 60.00
降伏判定				降伏

ケーソン天端
中心における
断面力

Mmax \leq 降伏モーメントで
あることを照査

基礎前面地盤の塑性領域率(前面
塑性率)が 60%以下であることを
照査

基礎底面の浮上がり面積率(底面
浮上がり率)が 60%以下であるこ
とを照査

	計算結果	判定
基礎の応答塑性率 μFR	1.650 \leq 9.674	OK
上部構造慣性力作用位置の応答変位 δFR (mm)	200.9	—
基礎天端の応答回転角 θFo (mrad)	5.599 \leq 20.000	OK

基礎の応答塑性率が塑性率の制
限値以下であることを照査

基礎天端の応答回転角が
回転角の制限値(20mrad)以下で
あることを照査

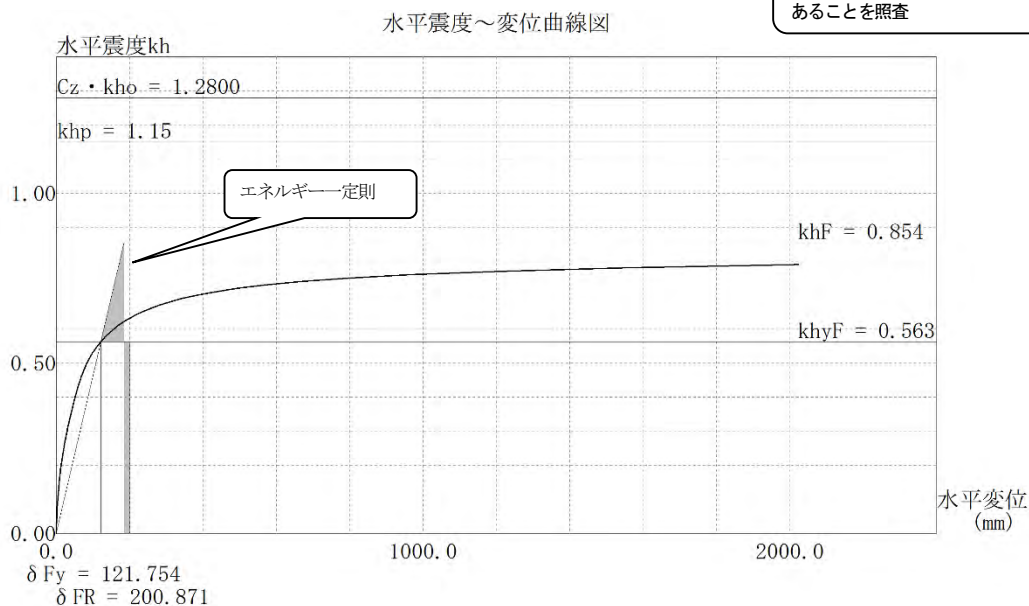


図 10-17 ケーソン基礎のレベル2地震動を考慮する設計状況における照査の例(応答塑性率照査の場合)

10.9. 構造細目

【参考】H29 道示IV 11.10
p-375～377

10.9.1. 配筋要領

(1) 側壁等の鉛直筋

- ・ ケーソン基礎は、リフト単位で構築・沈下を繰返して施工するため、側壁等の鉛直筋はリフト境界付近で継手を設ける（図 10-18）。
- ・ 継手位置やリフト長の決定に際しては、鉄筋の継手長を確保し、継手が同位置に集中しないように留意する。

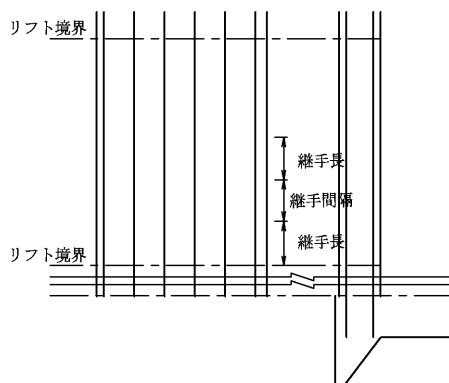


図 10-18 リフトを考慮した配筋

(2) 側壁水平筋・中間帯鉄筋

側壁には本体のせん断破壊の防止、かつ十分な変形性能をもたせるために、十分な側壁水平筋および中間帯鉄筋を配置する。

中間帯鉄筋の最小鉄筋量は次のとおりとする。

- ・ 側壁水平筋と同材質でD16以上の鉄筋を用い、壁厚方向に配置する。
- ・ 水平方向の配置間隔は壁厚以内（壁厚が1m以下の場合には1m以内）。ただし、レベル2地震動を考慮する設計状況において基礎の塑性化を考慮する場合には、配置間隔を1m以内とする。
- ・ 鉛直方向の配置間隔は壁厚以内（壁厚が1m以下の場合には1m以内）。ただし、地震時保有水平耐力法において基礎の塑性化を考慮する場合には、水平筋の配置される全ての断面で配筋する。



図 10-19 側壁水平断面の配筋

10.9.2. ニューマチックケーソンのシャフト孔周辺

- ・ 作業室天井スラブ等はシャフトにより開孔が必要となるため「H29 道示IV 11.10.2 ニューマチックケーソンのシャフト孔周辺」に基づき十分に補強する。
- ・ ピアケーソンの場合の脚柱部および頂版部シャフトの箱抜きは、図 10-21 のコルゲートパイプφ1800を用いることを基本とする。

- 頂版部の開孔補強は作業室天井スラブ部の補強と同様とするが、脚柱部の開孔補強は、図 10-20 に示すように、シャフトにより連続しない中間帯鉄筋をコルゲートの環状鉄筋にフックをつけて結合する。

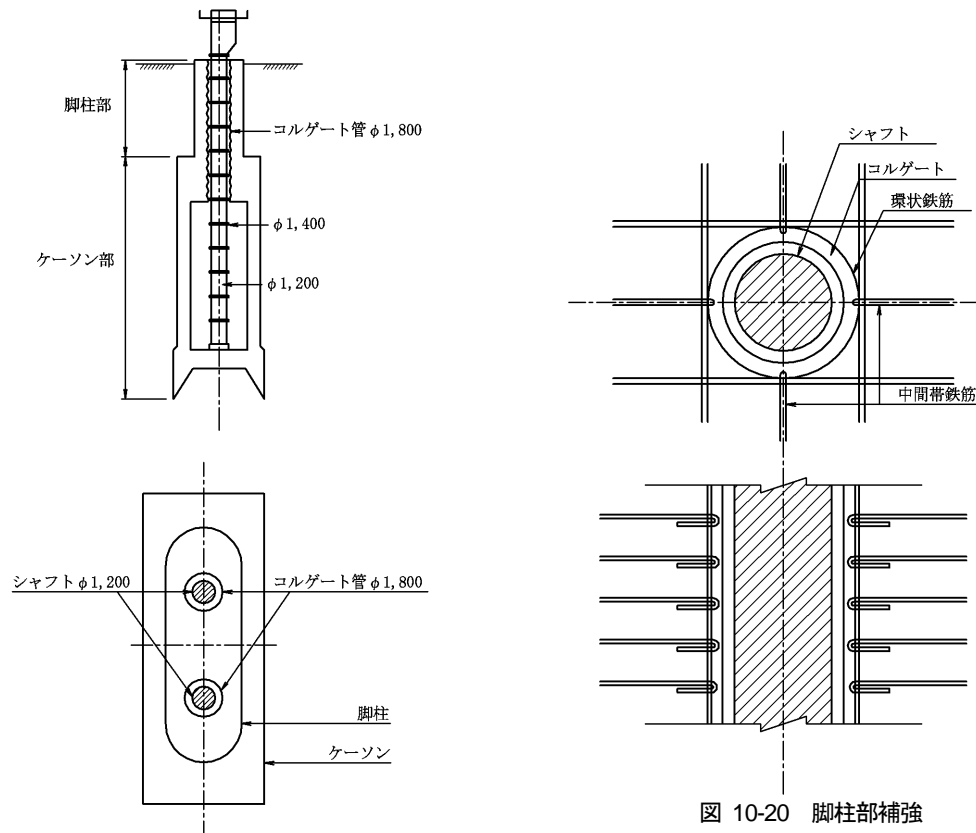


図 10-21 ピアケーソンの箱抜き

図 10-20 脚柱部補強

11. 深礎基礎

11.1. 設計の基本

(1) 深礎基礎の設計は「H29 道示IV 14 章 深礎基礎の設計」及び「斜面上の深礎基礎設計施工便覧」による。

- 地表面の傾斜が 10 度以上の斜面上において深礎工法により施工され、一般に根入れ深さが基礎幅と比較して大きい深礎基礎を対象とする。
- 土留構造は、自立性の低い又は湧水のある地盤などで適用されるライナープレート等の土留材を用いるものと、自立性の高い地盤で適用されるモルタルライニングや吹付けコンクリートを用いるものを対象としている。
- 深礎基礎は、斜面上に建設されるため、設計時に適切に斜面の影響を考慮する必要がある。なお、10 度未満の斜面に設置される深礎基礎については、ケーソン基礎等の設計法も参考にして「H29 道示 IV 14 章 深礎基礎の設計」により設計させる基礎と同等の性能を確保する。
- 深礎基礎は、基礎に主たる塑性化を生じさせない設計とする。

【参考】

H29 道示IV 14 章
p-438～465

【補足】

NEXCO では、柱状体深礎基礎を大口径深礎杭と呼んでいる。

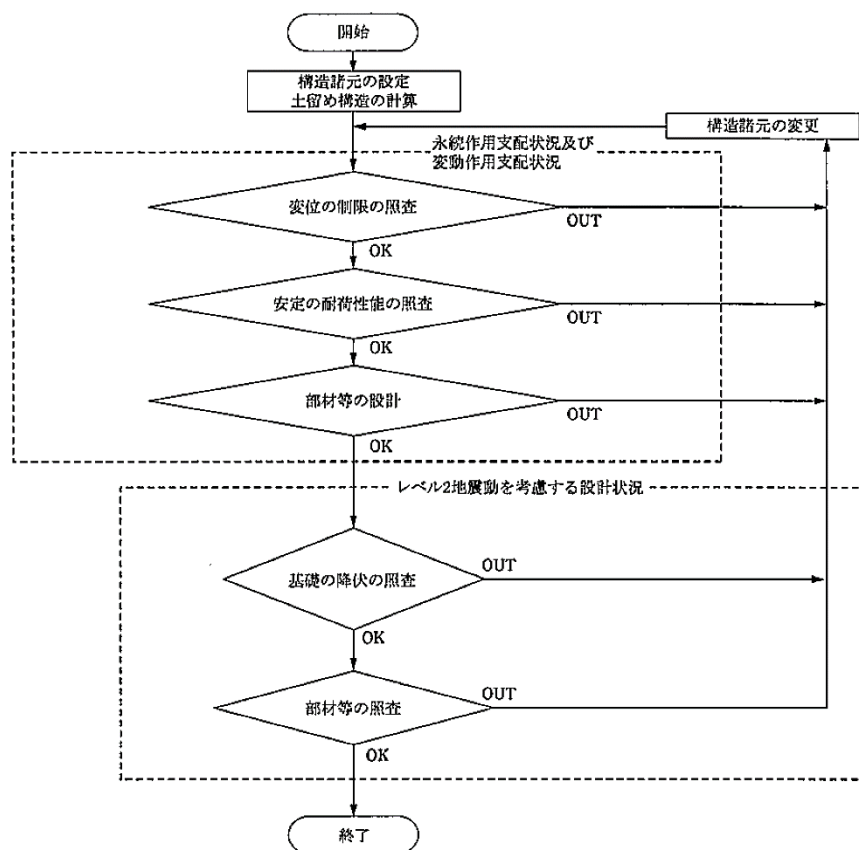


図 11-1 橋脚の深礎杭の設計フロー

- 山岳部などの斜面上に基礎を設置する場合は、表層部の崖錐等の評価に不確実性が多く、斜面が不安定になることで杭基礎の基礎前面地盤が部分的に喪失したり、基礎周辺地盤の水平移動・沈下等の変状により基礎に変位や沈下が生じたりすることも考慮する必要がある。
- 基礎の設計においては、斜面の安定性に対する不確実性も踏まえて安全性を確保する構造とする。具体的には、橋脚基礎及び橋台基礎のいずれについても、橋軸及び橋軸直角方向それぞれに対して複数の杭からなる 4 本以上の組杭構造を基本とする。
- 平坦部においても単列深礎杭は採用しない。

11.2. 設計上の地盤面の選定

(1) 設計上の地盤面は、長期にわたり安定して存在し、かつ水平抵抗が期待できることを考慮して設定する。

(1) 斜面上の深礎基礎においては、表層土の強度及び地盤構成、周辺地帯での崩壊の有無、地下水の状況などについて調査を行い、十分に安定していると判断される層を設計上の地盤面として設定する。

- 調査によっても、風化の度合いの著しい軟岩が表層にある斜面で明確な地層境界がなく、十分に安定していると判断される層の設定が困難と考えられる場合は、円弧すべり面を仮定した斜面の安定計算を行い、必要な安全率を確保できる面を設計上の地盤面として設定する。
- 図 11-2 に示すように、必要な安全率以下の円弧すべり面よりも下にある面を設計上の地盤面として設定する。この時の安全率 F_s は、常時で $F_s \geq 1.5$ 、地震時で $F_s \geq 1.2$ とする。
- 設計水平震度は H29 道示 V で規定しているレベル 1 地震時の地盤面の設計水平震度 k_{hg} とする。レベル 2 地震時における設計上の地盤面は、兵庫県南部地震による道路盛土の被災事例の分析等を踏まえて、レベル 1 地震時において安定性が担保される地盤面と同じとする。

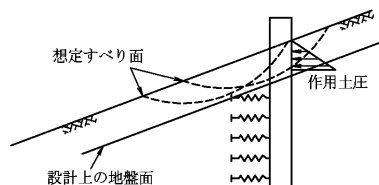


図 11-2 設計上の地盤面

- 施工時に斜面を掘削する場合は、その影響を考慮して設計上の地盤面を設定する。
- 耐震設計上の地盤面は、常時における設計上の地盤面とする。ただし、フーチングを有する組杭深礎基礎では、常時における設計上の地盤面がフーチング下面より上方にある場合には、耐震設計上の地盤面はフーチング下面とする。
- 設計上の地盤面以浅の土砂は深礎基礎に土圧として作用するものと考え、主働土圧で考慮する。考慮する作用幅は基礎径の 3 倍とし、組杭深礎基礎で隣接する深礎杭の中心間隔が基礎径の 3 倍以下の場合には深礎杭間隔とする。
- レベル 1 地震時における地震時土圧の算定の震度は H29 道示 V の地盤面の設計水平震度 k_{hg} とする。地震時保有水平耐力法で考慮する作用土圧は H29 道示 V の地震時主働土圧とする。
- 基礎前面の受働土圧強度を算出する際は、設計上の地盤面以浅の土砂は斜面のすべり面より上の上載土を考慮して設定し、斜面のすべり又は斜面崩壊の可能性が高い場合にはそれらの状況を踏まえた上で算出する。

11.3. 荷重分担

【参考】H29 道示IV 14.3
p.442~443

- (1) 荷重分担は「H29 道示IV 14.3 荷重分担」により、
- 1) 鉛直荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力で抵抗。
 - 2) 水平荷重は、基礎底面地盤の鉛直地盤反力とせん断地盤反力、前面地盤の水平地盤反力で抵抗。
 - 3) 自立性の高い地山で基礎周面地盤のせん断抵抗を期待できる土留構造を用いる場合は、基礎側面地盤の水平せん断地盤反力及び周面地盤の鉛直せん断地盤反力を考慮。

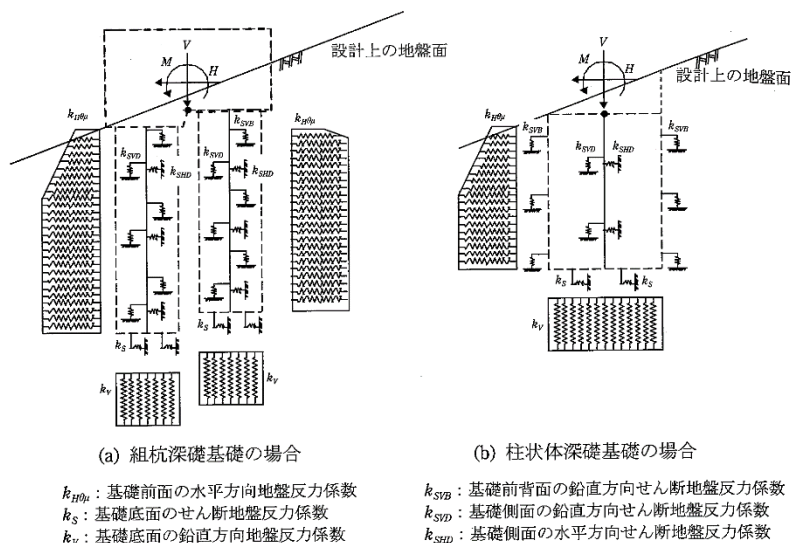


図 11-3 地盤抵抗要素

表 11-1 安定計算モデル

		常時、暴風時及び レベル1地震時に対する照査	レベル2地震時に対する照査
基礎の剛性		・線形	・曲げ剛性の低下を考慮
地盤抵抗要素	基礎底面の鉛直方向の地盤抵抗	・線形	・バイリニア型 ・上限値は基礎底面の最大鉛直支持力による。
	基礎底面の水平方向せん断地盤抵抗	・線形	・バイリニア型 ・上限値は基礎底面のせん断抵抗力による。
	基礎前面の水平方向地盤抵抗	・バイリニア型* ・上限値は斜面の影響を考慮した基礎前面地盤の受働土圧強度による。	・同左
	基礎側面の水平方向せん断地盤抵抗**	・バイリニア型* ・上限値は最大周面摩擦力による。	・同左
	基礎前面の鉛直方向せん断地盤抵抗**	・バイリニア型* ・上限値は最大周面摩擦力による。	・同左
	基礎側面の鉛直方向せん断地盤抵抗**	・バイリニア型* ・上限値は最大周面摩擦力による。	・同左

* 硬岩の場合、岩のピークせん断強度とピーク強度に達した後の強度低下の影響を考慮できるモデルとする。

** モルタルライニングや吹付けコンクリートのように基礎周面地盤のせん断抵抗を期待できる土留め構造を用いる場合に考慮することができる。

- ・ 基礎周面地盤のせん断抵抗は、土留め構造にモルタルライニングや吹付けコンクリートを用いる場合に限る。
- ・ 斜面の傾斜が急になるほど、深礎基礎を構成する山側杭と谷側杭との外力に対する荷重分担に大きな差を生じ、設計上無視できないものとなることから、荷重分担を算出した上で設計を行う。
- ・ 組杭深礎の荷重分担は、深礎杭がフーチングに剛結されたラーメンモデルを用いて算出する。ただし、最小分担率は、全荷重を荷重作用に対して直交する杭列で除した値とする。

【補足】

施工時に土留めの形式を変更する場合は、設計における基礎周辺地盤のせん断抵抗の考え方について注意する

① 荷重方向に対して地層や基礎長の変化が無い場合 (図 11-4(a))

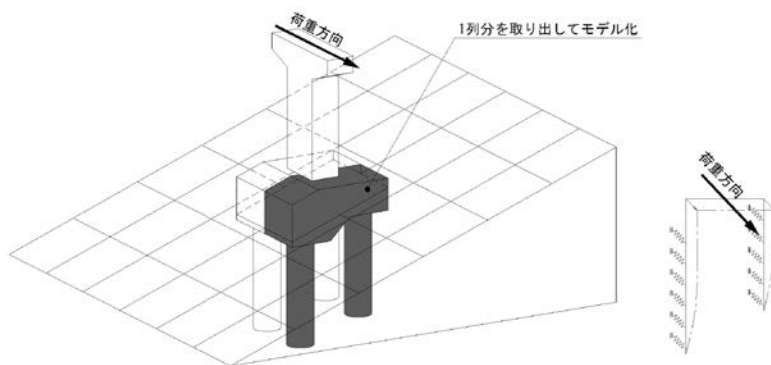
荷重直交方向に並んだ一列のラーメン構造を取り出し、荷重方向に対する面外の平面ラーメンモデルによる計算を行い、杭頭のせん断力を求めることで荷重直交方向の各杭列の荷重分担率を決定する。

② 荷重方向に対して地層や基礎長の変化がある場合 (図 11-4(b))

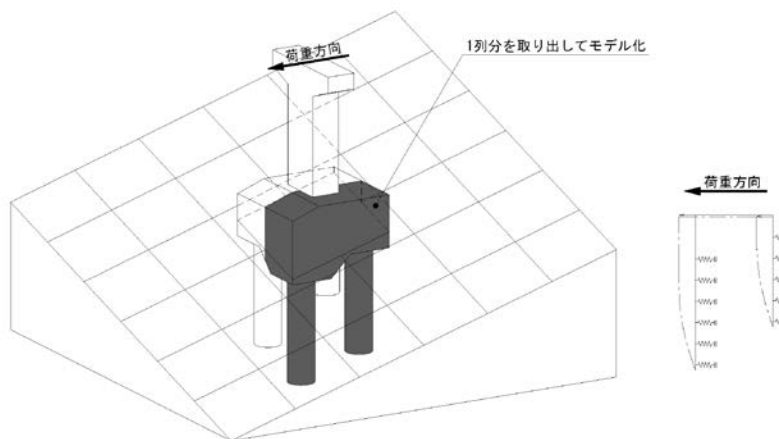
荷重方向に対して直交する杭列毎のラーメン構造を対象に面内の平面ラーメンモデルを作成し、単位荷重を与えて、各杭列の変位を算出し、その逆数比によって荷重分担率を計算する。

$$(i \text{ 列の分担率}) = (1/\delta_i) / (1/\delta_1 + \dots + 1/\delta_n)$$

ここに、荷重方向と直交する杭列数 = n 列



(a) 面外平面ラーメンモデルによる分担計算の方法



(b) 面内平面ラーメンモデルによる分担計算の方法

図 11-4 荷重分担率の求め方

【出典】

斜面上の深礎基礎設計
施工便覧 H24.4

図-III 2.28 p-119

11.4. 深礎基礎の形状寸法及び配列

- (1) 深礎基礎の形状寸法及び配列は「H29 道示IV 14.4 形状寸法及び配列」により、橋脚又は橋台の形状や寸法、基礎の安定、斜面の影響、深礎基礎各部に発生する応力度のほか、施工条件も考慮して定めることとし、組杭深礎または柱状体深礎基礎を原則とする。
- (2) 組杭深礎基礎の配列は、深礎杭の寸法や本数、斜面の影響、施工条件等を考慮して、長期の持続荷重に対して過度に特定の深礎杭に荷重が集中せず均等に荷重を受けるように設定する。

- 柱状体深礎基礎の場合には、下部構造躯体の軸方向鉄筋が確実に定着できるような寸法であることや躯体の剛性に比して十分な大きさを有することが必要であり、5m 以上を目安とする。
- 組杭深礎基礎の場合には、掘削や支持層状況の確認、基礎本体の構築を孔内で行うため、安全性や施工性を考慮する必要があるため、2m 以上とする。
- 深礎基礎は傾斜地に設けられることから、支持層の傾斜を考慮して支持層への根入れは0.50m 以上とする。
- 深礎杭の最小間隔は、基礎を隣接して施工する際の地山の緩みによる地盤抵抗の減少や深礎杭が建設される斜面の不安定化への影響などに配慮し、杭径の2倍とする。
- 縁端距離は250mm 以上とし、設計荷重レベルに応じた杭頭結合部の照査を行う。

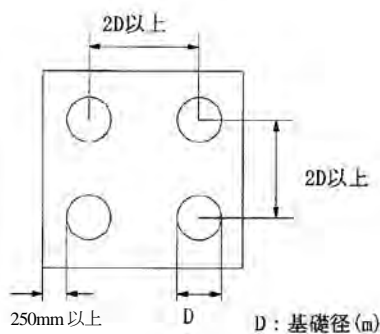


図 11-5 杭の配置

【参考】 H29 道示IV 14.4
p-444～445

【補足】

支持層の傾斜を考慮して、ケーソン基礎と同等の根入れ長を確保することとした。周辺の起伏や地質調査の状況を踏まえ、支持層位置に懸念がある場合は1.0m程度としてもよい

【参考】

縁端距離は NEXCO と同様に最小 250mm とした。

11.5. 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における安定の計算

- (1) 永続作用支配状況において、「H29 道示IV 14.6 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における地盤反力度、変位及び断面力の計算」により算出された基礎底面の鉛直地盤反力度及び設計地盤面の水平変位が、「H29 道示IV 14.5.1 基礎の変位の制限」に示す制限値を越えない事を照査する。(変位の照査)
- (2) 永続作用支配状況及び変動作用支配状況において、「H29 道示IV 14.6 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における地盤反力度、変位及び断面力の計算」により算出された基礎底面の鉛直地盤反力度が、「H29 道示IV 14.5.2 鉛直荷重に対する支持の限界状態 1」に示す制限値を越えない事を照査する。(鉛直荷重に対する支持の限界状態 1 及び限界状態 3 の照査)
- (3) 永続作用支配状況及び変動作用支配状況において、「H29 道示IV 14.6 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における地盤反力度、変位及び断面力の計算」により算出された設計上の地盤面位置における水平変位が、「H29 道示IV 14.5.4 水平荷重に対する抵抗の限界状態 1」に示す制限値を越えない事を照査する。(水平荷重に対する抵抗の限界状態 1 及び限界状態 3 の照査)
- (4) 永続作用支配状況及び変動作用支配状況において、「H29 道示IV 14.6 永続作用支配状況及び変動作用支配状況における地盤反力度、変位及び断面力の計算」により算出された各部材及び接合部の断面力等が、「H29 道示IV 5 章 耐荷性能に関する部材及び接合部の設計」及び「H29 道示IV 14.7 部材及び接合部の設計」を満足することを照査する。(部材及び接合部の照査)

- ・ 組杭深礎基礎のフーチングの設計は、水平地盤上の杭基礎とは異なり、段差フーチングのような複雑な形状や深礎杭の剛性との相対的な関係で剛体とならない場合もあることから、橋脚柱又は橋台壁の端部を固定端とした片持ばりと仮定した計算モデルと、ラーメン骨組みの解析モデルの両方の断面力を用いて設計する。
- ・ フーチングの照査は、橋軸方向及び橋軸直角方向の両方向で照査を行う。
- ・ 組杭深礎基礎の深礎杭とフーチングの接合部は、深礎杭頭部に作用する押込み力、引抜き力、水平力及び曲げモーメントに対して安全であることを照査する。
- ・ 組杭深礎基礎の杭の軸方向鉄筋のフーチングへの定着は、定着部がラーメン構造の接点部であることに配慮し、“定着長+有効高/2”の長さをフーチング下面から確保する。
- ・ 柱状体深礎基礎の躯体との接合部は図 11-6 に準じるものとする。
- ・ 躯体軸方向鉄筋に高強度鉄筋を用いた場合は、SD490 のように半円形フックが使用できない場合には、直角フックどうしが重ならないように配置し、コンクリートの充填性に配慮する。

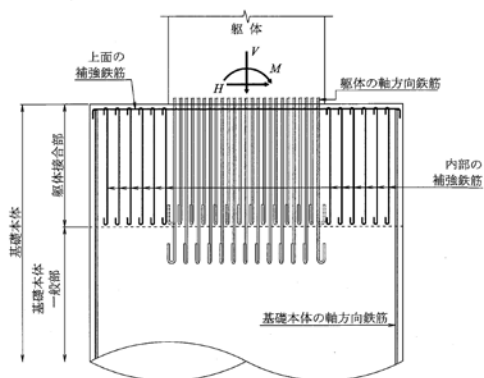


図 11-6 柱状体深礎基礎各部の構造例

【参考】H29 道示IV 14.5
p.445～449

H29 道示IV 14.6
p.450～457

H29 道示IV 14.7
p.458～460

H29 道示IV 5 章
p.65～82

【補足】

柱状体深礎杭の主鉄筋に高強度鉄筋を使用した場合は、道示の考え方に準じ、柱状体深礎杭のコンクリートは設計基準強度 $\sigma_{ck} = 30\text{N/mm}^2$ のコンクリートを用いる。

11.6. レベル2地震時を考慮する設計状況における設計

【参考】H29 道示IV 14.8
p-461～462

(1) レベル2地震時を考慮する設計では、「H29 道示IV 14.8.3 断面力、地盤反力及び変位の計算」に従って算出される応答変位が、「H29 道示IV 14.8.2 基礎の降伏」の規定に基づいて算出する降伏変位の制限値を越えない事を照査する。(限界状態1及び限界状態3の照査)

- 岩盤における塑性化後のせん断強度の低下や地震時の斜面の不安定化など、塑性化後の深礎基礎の挙動については不確実な点が多いことから、基礎が降伏までの状態に留めるように限界状態1に対する照査のみを行う。
- 基礎の降伏とは、基礎の全体挙動における荷重-変位関係の中で、上部構造の慣性力の作用位置での水平変位が急増し始める時とする。深礎基礎の変位が急増する要因としては、基礎の塑性化、前面地盤の塑性化及び基礎底面の浮上りが考えられるが、深礎基礎は周辺地盤の抵抗特性等に応じて基礎の降伏が著しく変わるため、基礎の降伏について一律に目安を示すことは困難である。このため、基礎の全体挙動における荷重-変位関係を計算し、logP-logS 法等の降伏判定手法を用いて基礎の降伏を定めるものとする。ただし、基礎本体に著しい損傷が生じることを回避するため、水平変位が急増し始める前に、①組杭深礎基礎の場合で、全ての杭体が降伏曲げモーメントに達する、②柱状体深礎基礎の場合には、基礎本体が降伏曲げモーメントに達する、状態となった場合はその状態に達した時を基礎の降伏と判定する。

11.7. 構造細目

11.7.1. 深礎径

(1) 深礎基礎の公称径

- 公称径は原則として2.0m以上とし、0.5mピッチを標準とする。

(2) 深礎基礎の設計径

- 土留め内側の基礎径を安定計算及び断面計算に用いる設計径とする。
- ライナープレートを用いる場合には安定計算に限りライナープレートの軸線に対する径を用いるものとする。

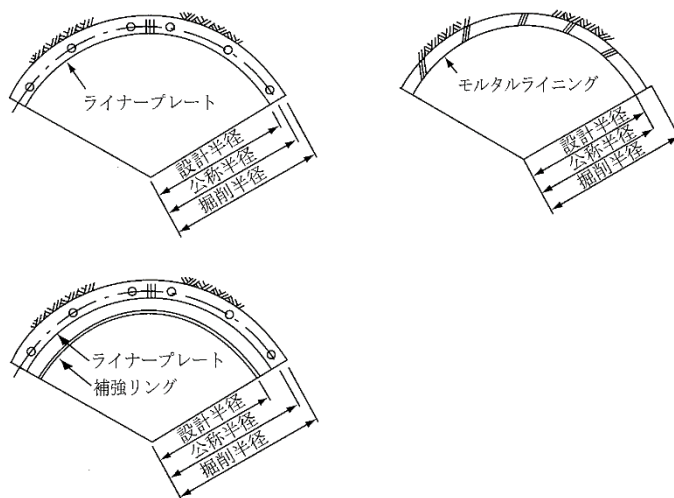


図 11-7 深礎基礎の設計径

(3) 深礎径と深さの関係

- ・ 深礎径と深さの関係は、施工上の作業性および安全性より掘削深さを径の 10 倍程度までとし、最長 30m までを目安とする。

(4) 軸方向鉄筋位置

- ・ 軸方向鉄筋位置は、帯鉄筋の最外縁鉄筋が設計半径よりかぶり 80mm を確保できる位置とする。
- ・ 軸方向鉄筋の継ぎ手は機械式継手とし、継手位置は千鳥配置とする。

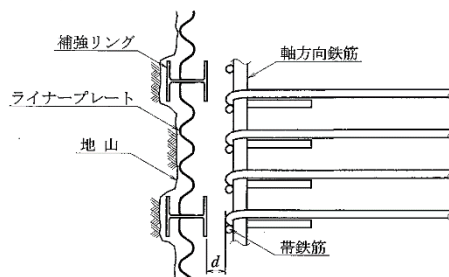


図 11-8 鉄筋の最小かぶり

(5) 軸方向鉄筋の径および間隔

- ・ 軸方向鉄筋は異形棒鋼を使用するものとし、その径および間隔は表 11-2 を標準とする。
- ・ 軸方向鉄筋は 2 段配筋までを標準とする。

表 11-2 軸方向鉄筋の径および間隔

項目	最大	最小
呼び径	D51 (一般には D32 程度)	D22
間隔	鉄筋の中心間隔として 300mm	鉄筋径の 2 倍以上または粗骨材最大寸法の 2 倍以上のうち大きい方

(6) 軸方向鉄筋の断面変化

- ・ 軸方向鉄筋は頭部から曲げモーメント最大位置までは断面変化させない。
- ・ 曲げモーメント最大位置より下方については $M_{max}/2$ の位置で変化させ、 $M_{max}/2$ 以深の断面変化位置については場所打ち杭に準ずる。

11.7.2. せん断補鉄筋**(1) せん断補強鉄筋の最小鉄筋配置**

- ・ 組杭深礎基礎のせん断補強鉄筋は「H29 道示IV 10.10.5 場所打ち杭」に準じ、最大径は D22 とする。
- ・ 柱状体深礎基礎のせん断補強鉄筋は、軸方向鉄筋の 1/4 以上を基礎全長にわたり配筋するものとする。

【参考】

H29 道示IV 10.10.5
p-310~314**(2) 帯鉄筋の定着**

- ・ 鉄筋の定着は「H24 道示IV 10.10.5 場所打ち杭」に従い、鋭角または半円形フックを用いた重ね継手 (40ϕ) とする。
- ・ 中間にせん断補強鉄筋が必要となる場合には、中間のせん断補強鉄筋の鋭角または半円形フックをせん断補強鉄筋の重ね継ぎ手部分にかける方法を用いて、せん断補強鉄筋のフックは直角フックとする。
- ・ 軸方向鉄筋が 2 段以上配置される場合の内側のせん断補強鉄筋には直角フックを用いてよい。ただし、地震時保有水平耐力法における拘束効果は期待しないものとする。

【参考】

H29 道示IV 10.10.5
p-310~314

(3) せん断補強筋

- 中間にせん断補強筋を設置する場合には「H29 道示V 8.9.2 塑性変形能を確保するための構造細目」に準じ、2組のフック鉄筋を継いだ形状を標準とする。

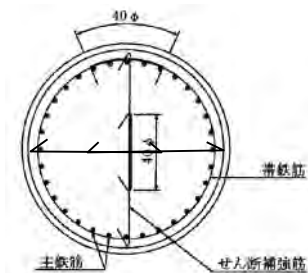


図 11-9 帯鉄筋とせん断補強筋

【参考】H29 道示V 8.9.2
p-210~216

(4) せん断補強鉄筋の加工

- せん断補強鉄筋の加工は、鉄筋定尺長や構造的・施工性を考慮して分割して良い。

11.8. 土留め構造の設計

11.8.1. 土留め工法の選定

- (1) 深礎杭掘削時の土留め構造の選定は図 11-10 のフローを標準とする。
- (2) 深礎杭の施工に用いる土留め構造は、モルタルライニングまたはコンクリート吹き付け等、基礎と地山との周面せん断抵抗が期待できる工法によることを原則とする。

- (1) 土留め構造の選定は、地質調査の結果に基づいて経済性、施工性を含め、総合的に判断する。地層構成によってはモルタルライニングとライナープレートの併用も検討する。

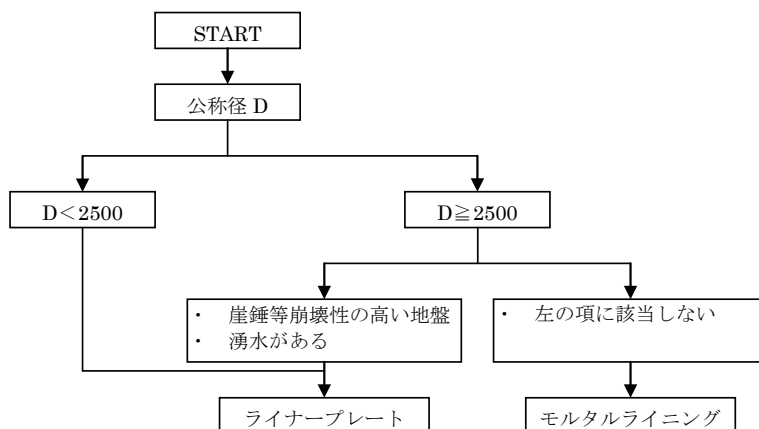


図 11-10 土留め工法選定フロー

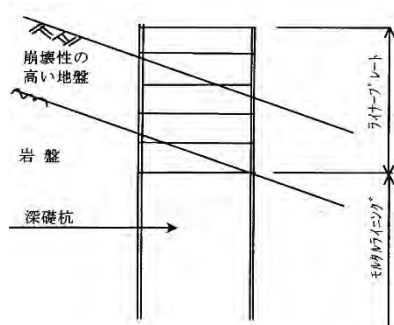


図 11-11 モルタルライニングとライナープレートの併用例

11.8.2. 設計計算法

(1) モルタルライニングおよび吹付けコンクリートの設計は、ライナープレートの設計方法に準じて行う。

- 1) 深礎基礎施工のための立杭断面外周から均等な土圧が作用するものとして、次の検討を行う。
 - ・ 円環断面の座屈に対する検討
 - ・ 円環断面の圧縮応力に対する検討
 - ・ 径 3.5m 以上の土留め構造については、組立誤差や偏土圧などによって楕円状を呈する影響が無視できないので、曲げ応力に対する検討

11.8.3. 土留材の仕様

(1) モルタルライニングおよび吹付けコンクリートによる土留め構造

- ・ 土留め構造の最小厚さは 100mm とする。
- ・ 土留め構造に用いるモルタルは $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ を標準とする。なお、土留め構造の設計に際しては、掘削サイクルと硬化時間を十分勘案の上、許容応力度を決定しなければならない（一般的なサイクルとして材齢 15 時間後のモルタルの品質基準は $\sigma_c=3\text{N/mm}^2$ 、 $E_c=6.8 \times 10^3\text{N/mm}^2$ とする）。

(2) ライナープレートによる土留め構造

- ・ ライナープレートの材質は SS330、もしくはこれと同等以上のものとする。
- ・ ライナープレートの許容応力度は、以下に示すとおりとする。

SS330 : 175N/mm^2 、SPHC : 145N/mm^2

- ・ 補強リングの材質は SS400 もしくはこれと同等以上のものとする。
- ・ 補強リングの許容応力度は 210N/mm^2 (SS400) とする。
- ・ ライナープレートについては最小肉厚 $t=2.7\text{mm}$ から検討するが、掘削用に火薬を使用する場合は $t=3.2\text{mm}$ 以上とする。
- ・ 大きな土圧が作用する箇所では補強リングの使用を検討する。

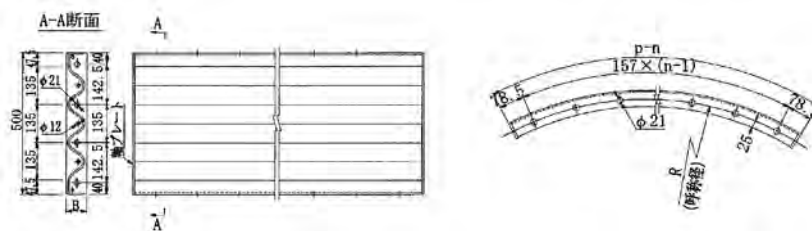


図 11-12 ライナープレートの構造

(3) 柱状体深礎基礎の土留め構造

- ・ 柱状体深礎基礎の土留め構造は、表層部の崖錐等土砂部に適用する坑口部土留め構造と岩盤部に適用する岩盤部土留め構造で構成する。
- ・ 坑口部土留めは、吹付けコンクリートとH型鋼による鋼製リング支保工を標準とし、ライナープレートに準じた構造計算とする。また、坑口部土留め天端にはガイドウォールを設ける。
- ・ 岩盤部土留めは、吹付けコンクリートとロックボルトによることを標準とし、地盤の状況を十分に考慮した上で孔壁の安全性を確保するように設計する。

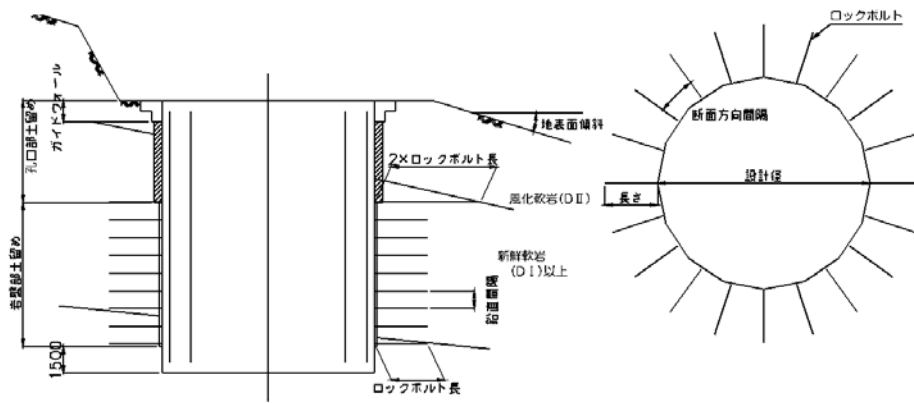


図 11-13 柱状体深礎の土留め構造

【出典】
 斜面上の深礎基礎設計
 施工便覧 H24.4
 図参 8.6 p-237

12. その他の基礎

12.1. 鋼管矢板基礎

12.1.1. 概要

鋼管矢板基礎は鋼管矢板を現場で円形・小判形・矩形などの閉塞形状に組み合わせて打設し、継手部をモルタルで充填するとともに、頂版を設けることにより頭部を剛結し、所定の水平抵抗・鉛直支持力が得られるようにした基礎である。鋼管矢板基礎の形式を施工により分類すると、図 12-1 に示すように仮締切り兼用方式・立上り方式・締切り方式とに分けられる。また、構造形式から分類すると、図 12-2 に示すように全部の鋼管を支持層に根入れさせた井筒型と、支持層が深く比較的良好な中間層がある場合で約半数の鋼管矢板を支持層まで到達させて残りの鋼管矢板を中間層で打ち止める脚付型とに分けられる。

【参考】

H29 道示IV 12 章
p-379～412

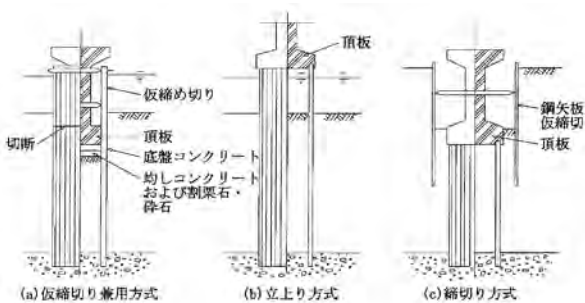


図 12-1 施工方法による分類

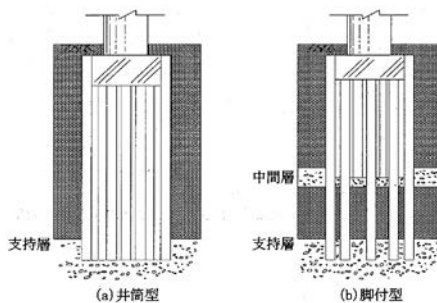


図 12-2 支持形式による分類

12.1.2. 特徴

鋼管矢板基礎には以下のような特徴がある。

- 鋼管杭工法と同様な施工法であり、現場状況に合わせて打撃工法と中掘り工法が選択できる。
- 仮締切り兼用型とすれば大水深でも施工可能である。
- 仮締切り兼用型であれば、仮締切り工や築島工が不要であり、工期短縮や工費低減が期待できる。
- 設計条件・現場条件に合わせて断面形状・構造形式・鋼管矢板サイズを選択できる。

12.1.3. 設計の流れ

鋼管矢板基礎の設計フローを図 12-3 に示す。設計の詳細は、「H24 道示IV 13 章 鋼管矢板基礎の設計」を参照。

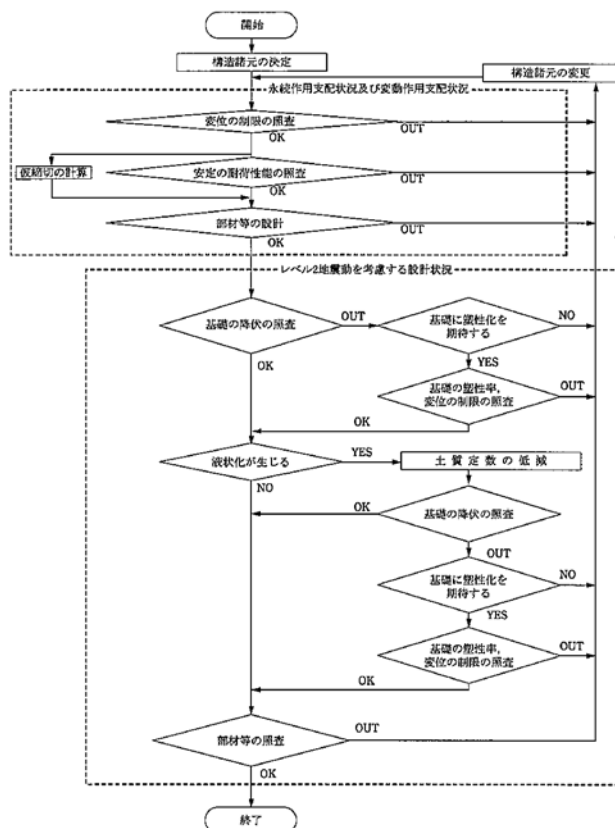


図 12-3 鋼管矢板基礎の設計フロー

12.2. 地中連続壁基礎

12.2.1. 概要

地中連続壁基礎とは、地中連続壁のエレメント相互間を構造継手により一体化して矩形もしくは多角形併合断面として基礎全体として剛性の高い断面とした後、頭部に頂版を設けて橋脚柱と地中連続壁が一体となるように構築し基礎とする工法である。

最近では地中連続壁の一種として、並列壁式基礎（壁基礎）と呼ばれる基礎形式が採用されるようになった。この基礎形式は地中連続壁基礎のエレメント間の継手をなくし、それぞれ独立した壁を頂版で結合して基礎としたものである。

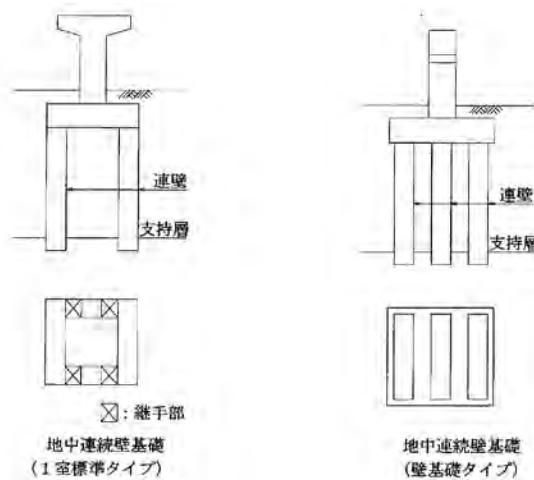


図 12-4 地中連続壁基礎の例

12.2.2. 特徴

地中連続壁基礎には以下のような特徴がある。

- 地盤との密着に優れ、基礎側面の摩擦抵抗が大きい。
- 矩形や多角形等の閉合断面を形成するため、剛性の高い基礎が築造できる。
- 小さな基礎から大きな基礎まで任意断面形状の基礎形状を構築でき、基礎の深さは170mまで実績がある。
- 地上からの機械施工であるため安全で、しかも低騒音低振動で建設公害を防止できる。
- 周辺地盤を乱すことなく施工できるため、近接施工が可能である。

12.2.3. 設計の流れ

地中連続壁基礎の設計フローを図12-5に示す。設計の詳細は、「道示IV 14章 地中連続壁の設計」を参照。

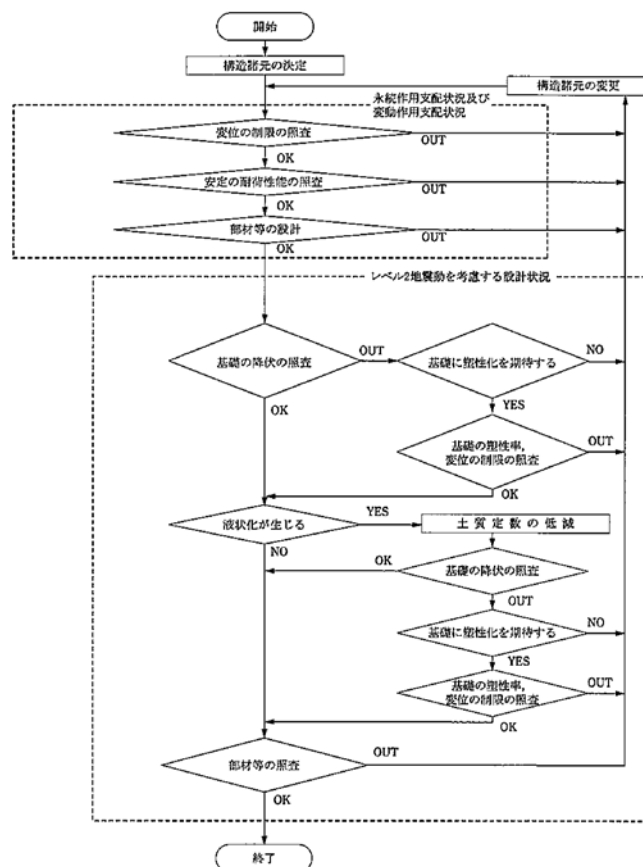


図 12-5 地中連続壁基礎の設計フロー

【参考】

H29 道示IV 13章
p-413~437

13. 施工

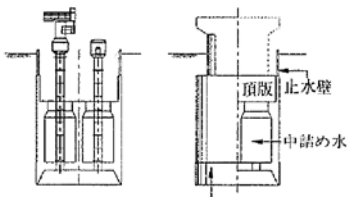
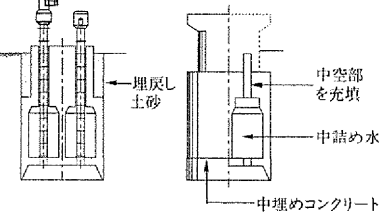
13.1. ニューマチックケーソン基礎の施工

13.1.1. 施工方式

ニューマチックケーソンには、ケーソン天端上の周囲に止水壁を設けて沈設する止水壁方式と、ケーソン頂版の構築に引き続き橋脚躯体を連続的に構築し、沈設させるピアケーソン方式がある。両者の違いを表13-1に示す。

工法を選定するにあたっては、施工法の違いを十分理解した上で選定する。

表 13-1 止水壁方式とピアケーソン方式の比較

	止水壁ケーソン方式	ピアケーソン方式
概念図		
工法概要	<p>ケーソン構築時にバラベット上部に止水壁を設置し、沈下完了後に頂版と橋脚躯体を構築した後、止水壁を撤去する方式。</p>	<p>ケーソン構築時に橋脚躯体も同時に構築してケーソンと一帯に沈下させる方式。ケーソン頂版と橋脚躯体には、シャフトを立ち上げるための中空部を設ける。</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 橋脚躯体は沈下完了後に構築するため、ピアケーソンに比べ精度の高い下部工が築造できる。 所定の支持地盤で確実に支持力が得られない場合でも、沈下深さの調整が比較的容易。 施工基面からケーソン天端までが深い場合には、支保工の規模が相当大きくなり、腹越しの盛替えなどの時間も多大となる。一般に10mを超えた場合には、作業性が著しく低下する。 止水壁を撤去する場合、止水壁内外の荷重のつり合いに十分な注意が必要。 止水壁と橋脚躯体との間に足場、型枠のスペースとして最小1.0～1.5m程度が必要になるため、施工から決まる最小平面寸法はピアケーソンより大きくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 橋脚躯体構築後に沈下させることから、止水壁方式に比べて施工管理に細心の注意が必要となる。 頂版重量、橋脚躯体重量、直上土砂重量が沈下荷重となるため、止水壁方式に比べ、沈下が容易。 頂版、橋脚躯体を連続的に施工し、止水壁の設置、撤去がないため、止水壁方式に比べ、工期が短縮できる。 橋脚躯体の断面欠損が構造的に問題となる場合は、沈設後、中空部をコンクリートで充填する。 止水壁が不要なため、止水壁方式よりケーソンの最小寸法を小さくできる。 橋脚躯体内部にシャフト孔(φ1.8m程度)を通すため躯体の最小寸法は2.4m程度が必要となる。 <p>* 大形ケーソンでは橋脚躯体の外にシャフトを設置することもある。</p>

【出典】

わかりやすいケーソン基礎の計画と設計
(総合土木研究所)
図-2.2 p-21

13.1.2. 施工手順

ニューマチックケーソンの陸上施工の施工順序を図 13-1 に示す。

また、水上施工の施工例を図 13-2 に示す。

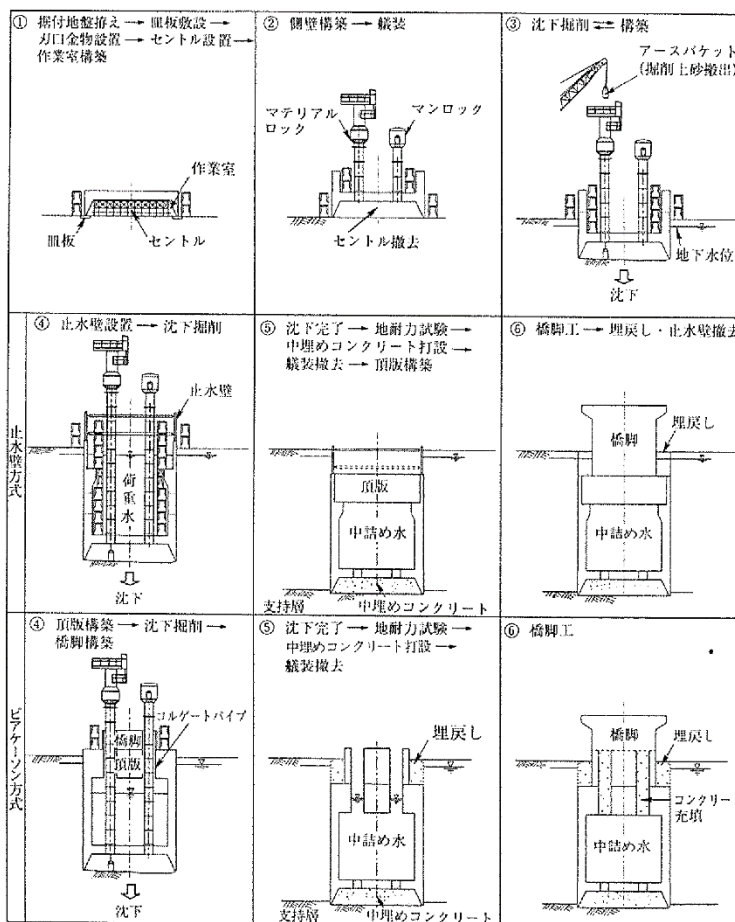


図 13-1 陸上施工の手順

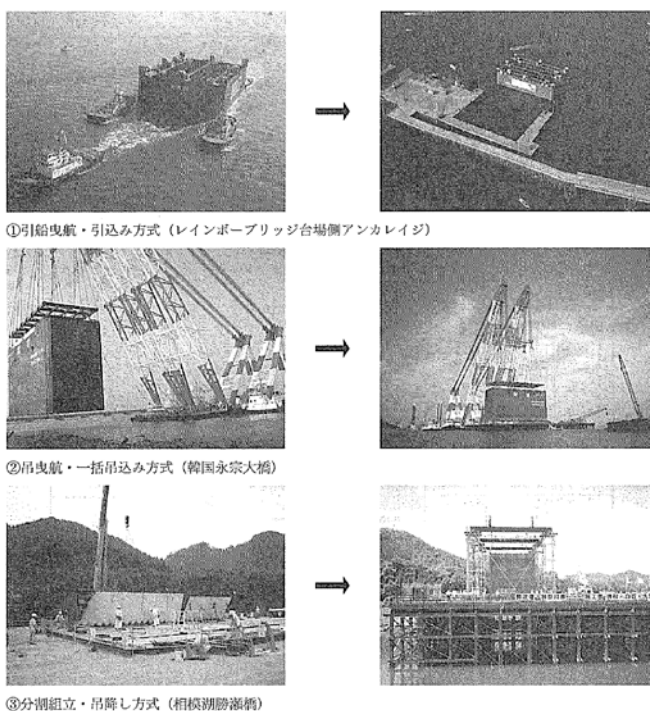


図 13-2 水上施工による各方式の施工例

【出典】
わかりやすいケーソン
基礎の計画と設計
(総合土木研究所)
図-2.8 p-33

13.1.5. 施工計画時の留意点

ニューマチックケーソン工事では、施工計画時の検討（施工方法・手順・仮設備等）の良否が、実施工における工程、安全、品質等の全てに影響するため、確実な検討・計画立案を行う必要がある。

表 13-3～表 13-7 に示す留意点を踏まえて、施工計画を立案する。

表 13-3 地盤状況別据付け地盤拵え方法及び留意点

① 現況地盤は比較的強固な場合	② 現況地盤に軟弱層が存在する場合	③ 表層付近に転石・ガラなどの支障物がある場合
表面の凸凹、上土を水平にすき均し、血板敷設のための敷砂（一般に0.3～0.5m程度）を行い、水平な据付け地盤を造成する。	表層部（3m程度まで）に軟弱層がある場合、一般的にはその部分を掘削し、良質な砂や碎石に置換え、初期構築荷重を確実に支持し、不等沈下が生じないようにする。 軟弱層が厚い場合は、初期構築に対して、上記に示した表層部の置換えを行うとともに、途中の沈下が土砂の堀残し（開口率）で対処できるかの検討を行い、必要に応じて地盤改良（方法、範囲）に対する検討を行う。	地盤支持力としては十分な強度を有していても、表層（～2m）付近に転石やガラなどの支障物がある場合は②と同様に、良質な砂や碎石に置き換えるのがよい。刃口が貫入していない状態で、刃先下に転石や支障物が出現すると、ケーソンは傾斜しやすく、初期の傾斜は移動につながる。特に刃先下の転石は確実に除去する必要があり、刃先が貫入していない状態では発破が不可能なためである。

【出典】
土木施工管理フェックボイント
基礎工事II(山海堂)
表-1.10 p-25

表 13-4 排土方法の選定及び配置上の留意点

排土設備	選定及び配置上の留意点
クローラークレーン (50t 吊り)	<ul style="list-style-type: none"> 一般的にはクローラークレーン排土を標準とする。 クローラークレーン旋回時の作業半径と土砂ホップの位置関係を確認する。 クローラークレーンがマンロック上を旋回することがないように配置する。 クローラークレーンのブームと構築足場（特に外足場）が接触しないことを確認する。 クローラークレーンの後方旋回半径内に設備がないことを確認する。 複数基のマテリアルロックから同時に排土する場合は、お互いのクレーンの旋回方向と旋回作業範囲を確認する。
キャリア、 水平クレーン	<ul style="list-style-type: none"> 大形ケーソンで構築と掘削の併行作業を行う場合は、クローラークレーン排土では構築用のクレーンと旋回が錯綜する可能性がある。また、クレーン旋回内で構築作業を行うのは、上下作業となり危険となるため、アースバケットの通過範囲が最小限となるキャリア排土を選定するか、クローラークレーン排土との混成方式を採用するケースが多い。 排土設備として水平クレーンを使用する場合は、キャリアと比較し、許容吊荷重が小さいため、作業半径（マテリアルロックとの位置関係）に留意する。

【出典】
土木施工管理フェックボイント
基礎工事II(山海堂)
表-1.22 p-42

表 13-5 中詰めコンクリート打設時の留意点

項目	留意点
準備	<ul style="list-style-type: none"> 打設前にケーソン底面地盤の浮土を除去する。また、スラブや刃口部に付着した土砂などを確実に清掃する。 連続打設による確実な充填を行うため、打設数量を確実に把握する。 打設に先立ち、ロック送気にはボールバルブを、ブローパイプにはグラウトロックを取り付ける。 シャフト穴は、過打設を防止するため、盲蓋を取り付けるほうがよい。
打設	<ul style="list-style-type: none"> 打設に伴う作業気圧の上昇に留意し、気圧調整を確実に進行。 充填状況を確認し、ブローパイプの操作（排気）を的確に行う。 打設数量の最終調整（判断）を迅速に行う。
充填確認	<ul style="list-style-type: none"> 充填確認は、マンロックからの目視による確認とブローパイプの詰まり確認による。現在はロックに設置したテレビカメラや作業室スラブに取り付けたセンサーで確認する場合もある。 通常は24時間以上の圧気養生の後、断気する。

【出典】
土木施工管理フェックボイント
基礎工事II(山海堂)
表-1.31 p-60

表 13-6 コンタクトグラウト施工上の留意点

項目	留意点
準備	<ul style="list-style-type: none"> 滑剤注入パイプを兼用する場合は、噴出口を通常より大きめ（5～7mm）とするとともに、刃口部にも1段配管する。 事前に試験練りを行い、必要強度に対する配合を決定する。
注入	<ul style="list-style-type: none"> 施工は、中詰めコンクリート終了後、ある程度ケーソンが安定した後、速やかに行う。沈設後、直ぐに行くと滑剤注入と同じ状態となる。逆に遅れると、噴出口が詰まって注入不可能となる場合がある。 注入は原則として、昼夜連続で休まずに行う。途中で中断すると注入材が硬化し、他の噴出口を塞いでしまう可能性がある。
充填確認	<ul style="list-style-type: none"> 充填確認は、注入管理と注入圧力管理の両方で行う。

【出典】
土木施工管理フェックボイント
基礎工事II(山海堂)
表-1.32 p-60

表 13-7 騒音、振動対策

対 象	対 策 の 内 容
コンプレッサ騒音振動対策	コンプレッサの騒音・振動対策は、一般的にコンプレッサ室を防音ハウス（写真-①）とし、本体のベースに防振ゴムを取り付ける。
マテリアルロックからの排気音対策	マテリアルロックの排気音にはロックのドア開閉に伴う排気音とワイヤボックスからの漏気音がある。 それぞれの騒音を低減させる方法としては、以下の対策がある。 <ul style="list-style-type: none"> 排気サイレンサの取付け（写真-②） 消音効果の大きい大型の排気サイレンサの取付けや排気サイレンサをケーソン躯体枒内に投入することによりさらに低減効果を計ることができる。 ワイヤボックス消音装置の取付け ワイヤボックスの消音装置には、ワイヤボックスに直接消音装置を取り付けるタイプ（図-①）と、さらに硬化の大きな全体を防音パネルで覆うタイプ（写真-③）がある。

【出典】

土木施工管理技師協会 土木基礎工事Ⅱ(山海堂)
表-1.35 p-65

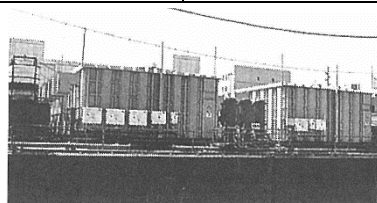


写真-① コンプレッサの防音ハウス

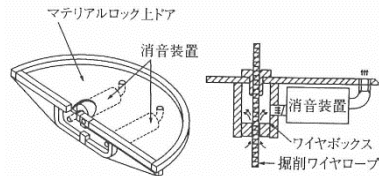


図-① ワイヤボックス消音装置①

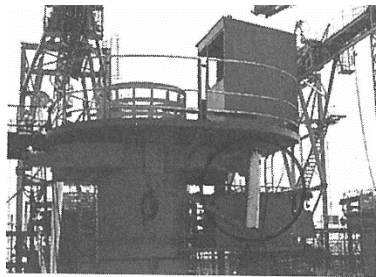


写真-② 排気サイレンサ

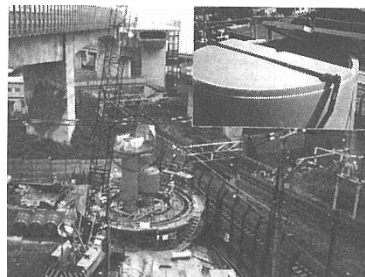


写真-③ ワイヤボックス消音装置②

13.2. オープンケーソン基礎の施工

13.2.1. 掘削方式

オープンケーソンの掘削方式には、水中掘りと陸掘りがある。オープンケーソンは底部が開放された筒状であり、地下水位面以下に沈下するとケーソン内部に水が侵入し、水を張った状態で、クラムシェルなどで水中掘削を行う（表 13-5 参照）。

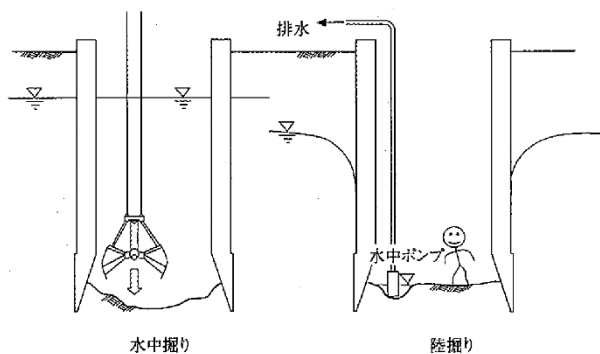


図 13-5 水中掘りと陸掘り

13.2.2. 施工手順

陸上部施工でのオープンケーソン基礎の施工順序を図 13-6 に示す。

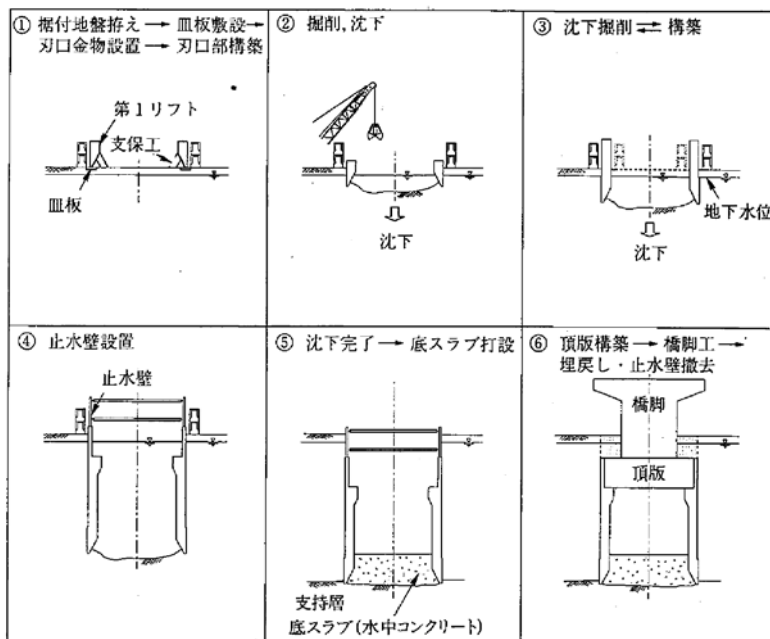


図 13-6 陸上施工の手順

【出典】
わかりやすいケーソン
基礎の計画と設計
(総合土木研究所)
図-2.12 p-37

13.2.3. 施工設備概要

オープンケーソン基礎の標準的な施工設備は図 13-7 とする。

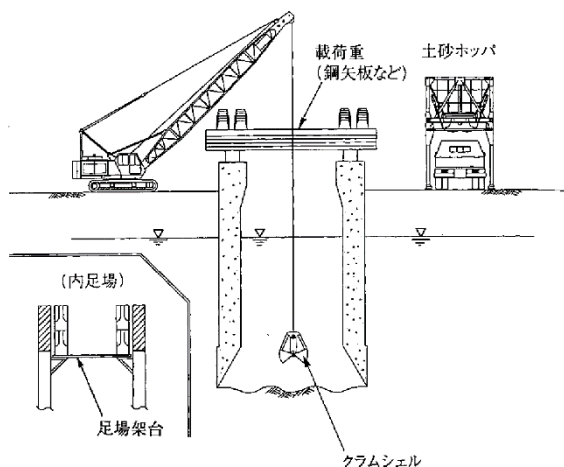


図 13-7 標準施工設備図

13.2.4. 施工計画時の留意点

一般的にオープンケーソン工法は、クラムシェルなどにより躯体内部の土砂を水中掘削し、主に躯体自重により自然沈下させる工法である。しかし、躯体自重が軽く、沈下力が不足する場合や刃口先端抵抗が大きい場合は、補助工法として圧入設備を施し、圧入オープンケーソン工法を検討する。

下記のような硬質地盤では、陸掘りへの対応の検討を行い、不可能な場合は沈設地盤を事前に先行削孔砂置換杭工などの対策工の検討を行う。

- N値の大きい ($N > 20$) 粘性土
- N値の大きい ($N > 50$) 締まった砂質、礫質土
- 径 $\phi 100\text{mm}$ 以上の玉石層、大玉石層、岩盤（風化岩も含む）

【出典】

わかりやすいケーソン
基礎の計画と設計
(総合土木研究所)
図-2.14 p-38

13.3. 打込み杭工法の施工

13.3.1. 施工方法

打込み杭工法の場合の施工手順を図 13-8 に示す。

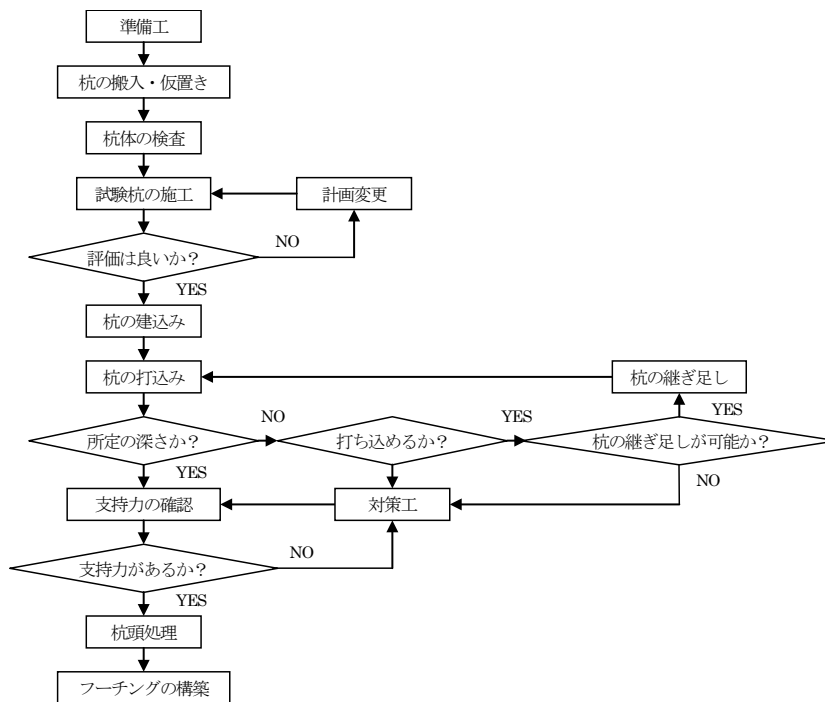


図 13-8 打込み工法の施工手順

13.3.2. ハンマの選定

打込み工法の場合のハンマの選定は図 13-9 により行う。

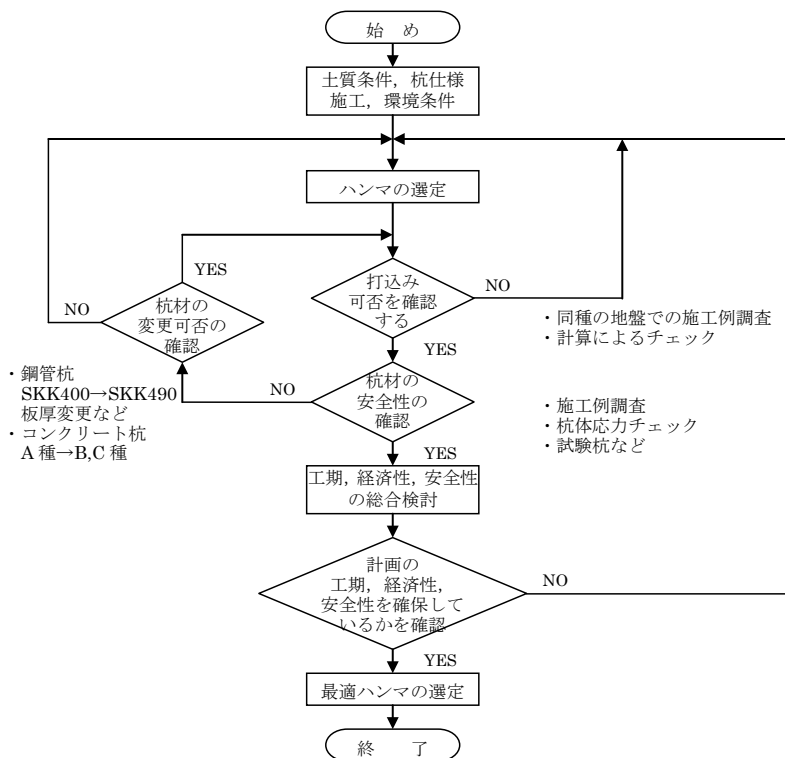


図 13-9 ハンマの選定フロー

【出典】

土木施工管理チェックポイント
基礎工事 I (山海堂)

図 3.8 p-74

【参考】

R2 杭基礎施工便覧

図-II.1.15 p-84

13.3.3. 標準的な施工ヤード

打込み工法の場合の施工ヤードならびに施工機械は図 13-10、図 13-11 を標準とする。

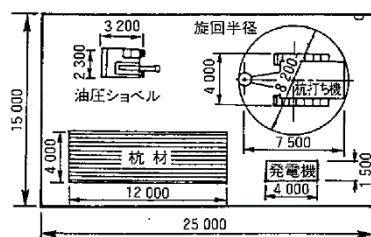


図 13-10 標準的作業ヤードの例

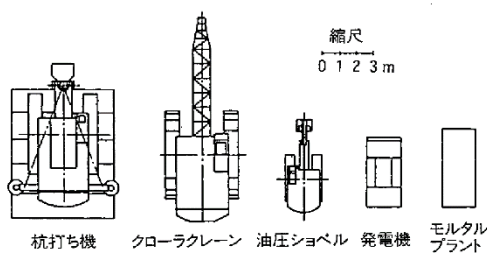


図 13-11 施工機械のモデル図

【出典】

土木施工管理チェックポイント
基礎工事 I (山海堂)
図 3.18 p-82

【出典】

土木施工管理チェックポイント
基礎工事 I (山海堂)
図 3.19 p-82

13.3.4. 施工計画時の留意点

(1) 地盤・施工条件と適正既製杭の種類とハンマの選定

- ① 地盤条件：支持層の深度・強度特性・傾斜，中間層の深度・強度特性・層厚，地下水位（被圧）・流速，玉石・軽石の径と混入量など
- ② 荷重規模：上部構造荷重と杭配置から設計時に定められた杭 1 本あたりの荷重
- ③ ハンマの選定：最適なハンマを選定する

(2) 敷地条件・環境条件

- ① 敷地：施工時に必要な敷地面積は図 13-10 に示すように発電機，杭置き場などの資機材用の用地と，施工機械が無理なく稼働できるスペースが必要である。
- ② 周辺道路：杭打ち機，杭の運搬時に際しては，運搬経路の選定（交差点などの回転半径，橋梁の荷重制限，高さ制限など）と関係官庁と事前に協議し通行許可をもらう必要がある。
- ③ 近接構造物：杭の施工時の障害物あるいは近接構造物がある場合には，それぞれ事前に位置関係の調査および必要に応じて保護・移設の処置を講じることが必要である。また，地盤が軟らかい場合には杭の打込みに伴う体積増により近接構造物が側方へ移動したり，隆起したりするので，杭打ち工法の選定あるいは補助工法の採用などを検討する必要がある。
- ④ 騒音振動：周辺に民家，学校，病院あるいは鳥獣の生息地などで，杭打ちに伴う振動・騒音を小さく抑える必要がある場合には，防音カバー，防音壁，シートなどの騒音対策あるいは遮断溝などの振動対策を採用するか埋込み杭工法など他の工法への変更も検討する。

13.4. 中掘り杭工法の施工

13.4.1. 施工方法

中掘り杭工法の場合の施工手順を図 13-12 に示す。

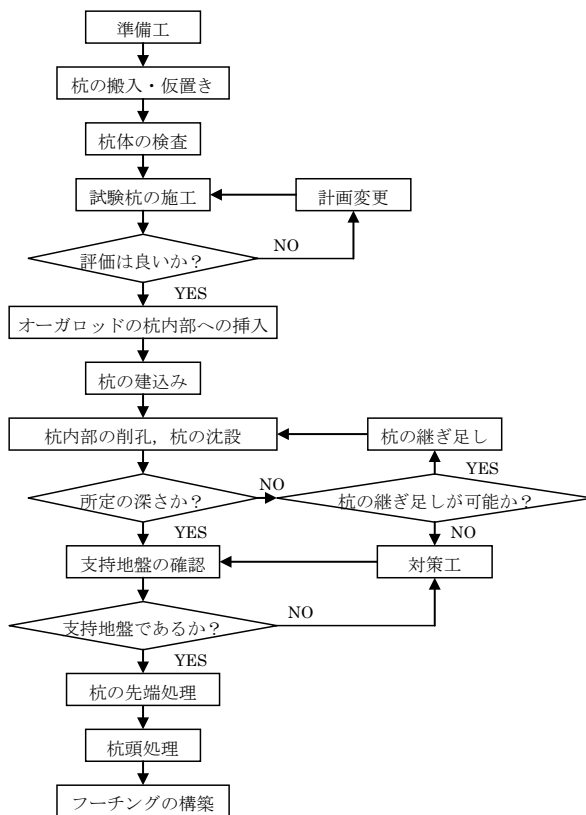


図 13-12 中掘り杭工法の施工手順

13.4.2. 標準的な施工ヤード

中掘り杭工法の場合の施工ヤードは図 13-13 を標準とする。

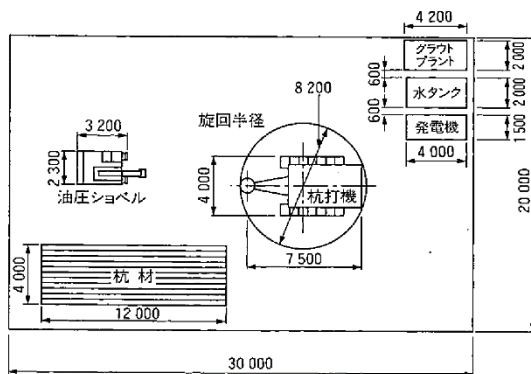


図 13-13 標準的な施工ヤード

【出典】
土木施工管理フェックボイント
基礎工事 I (山海堂)
図 3.36 p-101

【出典】
土木施工管理フェックボイント
基礎工事 I (山海堂)
図 3.45 p-112

13.4.3. 施工計画時の留意点

(1) 地盤・設計条件と適正既製杭と工法の選定

1) 中掘り杭工法

中掘り工法の場合、各工法の適用性について種々の実績を考慮して基準に示されている。

セメントミルク噴出攪拌による工法については、過去の鉛直載荷試験結果からその支持力特性は明らかとされ、「H24 道示IV 式(12.4.3)」により求まる極限支持力と同等以上の杭頭での支持力が確認されており、さらにその施工管理方法が確立されている工法に限定されている。

2) プレボーリング工法

プレボーリング工法については、過去の鉛直載荷試験結果からその支持力特性が明らかにされ、「H24 道示IV 式(12.4.3)」により求まる極限支持力と同等以上の支持力が確認されているとともに、孔壁と杭体周面との間をソイルセメントで確実に満たすことによって、地盤の水平抵抗が期待でき、さらに施工管理方法が確立している工法に限定されている。

(2) 敷地条件・環境条件

1) 敷地条件

施工時に必要な敷地面積は、グラウトプラント・発電機類、杭仮置き場などの資機材用の用地と施工機械類が無理なく稼働できるスペースが必要である。

杭の施工に際しては、打込み杭の必要スペースの他にグラウトプラント、水タンクなどの給水設備が別途必要となる。

2) 周辺道路

杭打ち機、杭の運搬時に際しては、運搬経路の選定（交差点などの回転半径、橋梁の荷重制限、高さ制限など）と関係官庁と事前に協議し通行許可をもらう必要がある。

3) 近接構造物

杭の施工時の障害物あるいは近接構造物がある場合には、それぞれ事前に位置関係の調査および必要に応じて保護・移設の処置を講じることが必要である。

4) 騒音振動

低振動低騒音工法である。

【参考】

認定されている工法

TAIP 工法/TN 工法/
TBS 工法/

FB9 工法/KING 工法/
CMJ 工法/NAKS 工法/

STJ 工法/DANK 工法

R2 杭基礎施工便覧

参考資料 参照

【参考】

認定されている工法

COPITA 型プレボーリング
杭工法

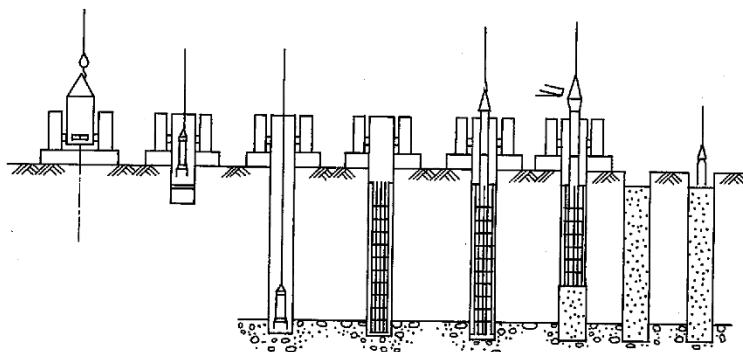
R2 杭基礎施工便覧

参考資料 参照

13.5. 場所打ち杭基礎の施工

13.5.1. 施工方法

場所打ち杭工法の場合の施工手順を図 13-14 に示す。



掘削機設置	ケーシングチューブ建込み 掘削開始	掘削完了 孔底処理	鉄筋かご 建込み	トレミー 挿入	コンクリート 打設, ケーシングチューブ引き抜き	杭体完成 埋戻し
-------	----------------------	--------------	-------------	------------	-----------------------------	-------------

図 13-14 オールケーシング工法の施工方法

13.5.2. 掘削機

場所打ち杭工法の場合の掘削機の概要ならびに適用範囲は図 13-15, 図 13-16 に示す。

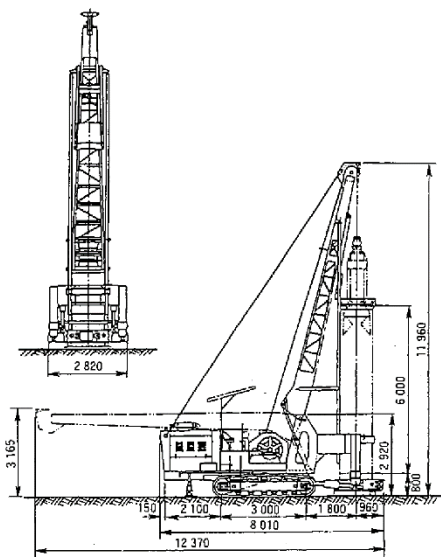


図 13-15 掘削機の概要

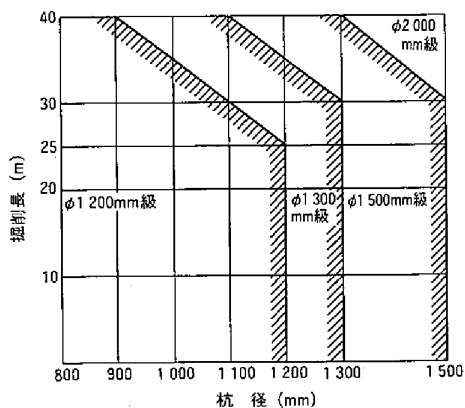


図 13-16 掘削機の適用範囲

【出典】

土木施工管理テキスト
基礎工事 I (山海堂)

図 4.2 p-164

【出典】

土木施工管理テキスト
基礎工事 I (山海堂)

図 4.3 p-165

【出典】

土木施工管理テキスト
基礎工事 I (山海堂)

図 4.4 p-165

13.5.3. オールケーシング工法の施工ヤード

場所打ち杭工法の場合のヤードならびに最小施工ヤードは図 13-17, 図 13-18 を標準とする。

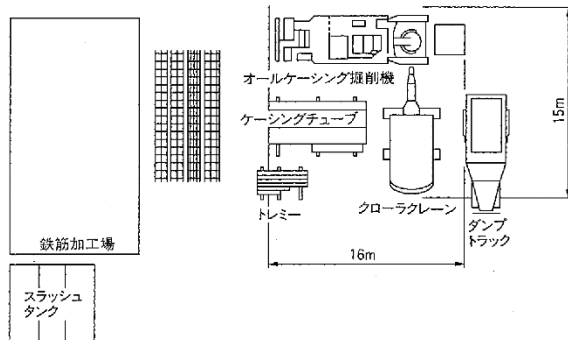


図 13-17 オールケーシング工法の施工ヤードの例

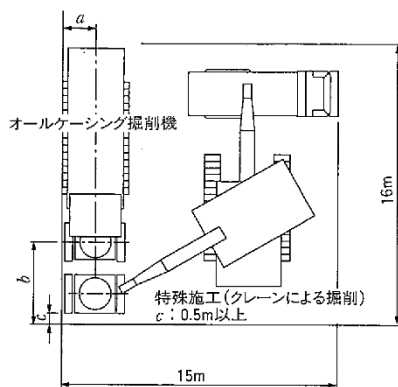


図 13-18 オールケーシング工法の最小離間距離

13.5.4. 施工計画時の留意点

(1) 掘削地盤

土質調査資料に基づいて適正な諸機械を選定するが、施工上問題がある土質及び土層構成、地下水状態を表 13-8 に示す。

表 13-8 施工上問題のある土質及び地下水

土質	項目	問題点	対策
表層土	粘性土 $N \leq 2$ 砂質土 $N \leq 5$	移動・据付 引抜き反力	補強する
ゆるい細砂層	粒土 層厚 $> 5m$	引抜き不能	土質に適応した掘削方法
密な砂質土 (縮まった)	層厚	揺動押込み 引抜き不能	"
れき	れき径, 構成	掘削可否, 先行掘削 引抜き不能	れき $> 1/3$ ケーシングチューブ径のとき施工不可
砂質土	表 13-9 参照	掘削可否 先行掘削	土質に適応した掘削方法
地下水位	GL±0	コンクリート 打設作業	ケーシングチューブ天端を高くするポンプ打ち・栈橋架設
被圧地下水	同上	ボイリング	先行量を確保し孔内水と地下水とのバランスを保つ
伏流水	3m/分以下	セメントの流出	遮水壁の築造

【出典】

土木施工管理テキスト
基礎工事 I (山海堂)

図 4.6 p-170

【出典】

土木施工管理テキスト
基礎工事 I (山海堂)

図 4.7 p-170

【出典】

土木施工管理テキスト
基礎工事 I (山海堂)

表 4.6 p-169

表 13-9 種々の地盤への対応策（オールケーシング工法）

地盤条件	対応方法
ゆるい砂層 中位の砂質土層	ケーシングチューブの揺動圧入操作により砂層が締めり、引抜き困難となる。細砂層が5m以上となった場合は以下の点に注意する。 ・ハンマグラブの落下高さを低くする。 ・ケーシングチューブの揺動圧入、引抜き動作は必要最小限にとどめる。 ・作業足場に敷鉄板などを敷設、掘削機の揺動、重量を緩衝、分散させる。 ・原則として作業は中断しない。 ・ケーシングチューブは地盤中に長時間放置しない。
締まった砂質土層 砂れき層	揺動圧入、引抜き動作を繰り返し、周面摩擦力を低減するその際、ケーシングチューブの引抜き過ぎにより掘削孔壁を解放しないように注意する。孔底でボイリングの恐れがある場合は注水し、地下水位とのバランスを図る。ケーシングチューブの先行圧入が困難な場合は、周辺地盤をゆるめぬように孔内水位と地下水位とのバランスを確保しながら先行掘削を行うこともやむを得ない。ただし、20～50cm程度とする。
転石層、玉石層	転石や玉石が密に存在する場合や、ケーシングチューブ内径の1/3以上のものが存在する場合は、標準的な機械では掘削困難となる。チゼルなどにより破碎しながら掘削する。掘削可能な転石、玉石層は、その粒度構成により異なる。以下の場合、困難ではあるが標準的な機械で掘削可能である。 ・粘性土中に玉石が混入している場合。 ・れき層に転石、玉石が多少混入している場合。
軟弱な粘性土層	作業足場に敷鉄板などを敷設して掘削機の不同沈下を防止し、かつケーシングチューブの引抜き反力を確保する。ヒーピングの恐れがある場合はケーシングチューブ径以上の先行圧入量を確保する。ただし、過大にケーシングチューブを先行させると引き抜けにくいことがある。
粘性土層	粘性が高い場合には掘削土がハンマグラブに付着し、排土しにくくなる。最悪の場合、ハンマグラブに付着した土砂をスコップなどでかき出す。
硬質粘性土層	ハンマグラブが地盤にくい込まないため、掘削能率が低下する。ケーシングチューブを揺動圧入し、ケーシングチューブにより切削した土砂をハンマグラブにより排土する。ハンマグラブシエルが閉じないようにロックした状態で数回落下し地盤を破碎する。
傾斜した地盤	硬質な地層が30°以上の傾斜角を持つ場合は、刃先がスリップしないように注意して掘削する。
地下水	地表面水位より高い被圧水に対しては、ケーシングチューブの天端を地表面より高くして孔内水位と地下水位とのバランスを保つ。掘削時の孔内水位は、常に地下水位より高くする必要がある。ボイリングが発生しないことを確認できた場合は水張りを行わずに掘削する場合もある。
地中障害物	地中障害物は掘削を困難にする。ケーシングチューブの中に取り込める場合は、ハンマグラブつかみ取る。深度が浅く孔内に水がない場合は、人力により除去することも可能である。一般に、障害物を破碎しながら除去するが、すべて除去できるわけではなく、障害物の把握、施工性、経済性、工期などに加え、杭位置の変更も含めて検討する。浅い場合は開削などで事前に撤去し、砂で埋め戻すこともある。

【出典】

土木施工管理フェックボイント
基礎工事Ⅰ(山海堂)

表 4.11 p-174

(2) 作業ヤード

作業ヤードとしては掘削機やクレーンなどの作業スペースを含んだ占有面積、ケーシングチューブ、トレミー、スラッシュタンクおよび鉄筋かごの置き場、工所用諸車両の待機場所および通路などが必要である。

また、既設構造物との最小離間距離についても把握しておくことが重要である。

(3) 準備工

電力および給水の仮設備は、使用諸機械の仕様などを考慮して、いくぶん、余裕がある設備とすることが望ましい。

作業ヤードは、凸凹や傾斜がないよう整地するとともに、地盤が軟弱な場合には、掘削機・重機の所要接地圧が確保できるように、良質な土砂での置換、地盤改良材による現地盤の増強などを行うことが必要である。

(4) 鉄筋建込み

場所打ち杭の杭先端のかぶり、オールケーシング工法では先端の井桁筋を下方に伸ばし、リバーシ工法、アースドリル工法では先端にコンクリートブロックやスペーサーを取り付けて確保する。

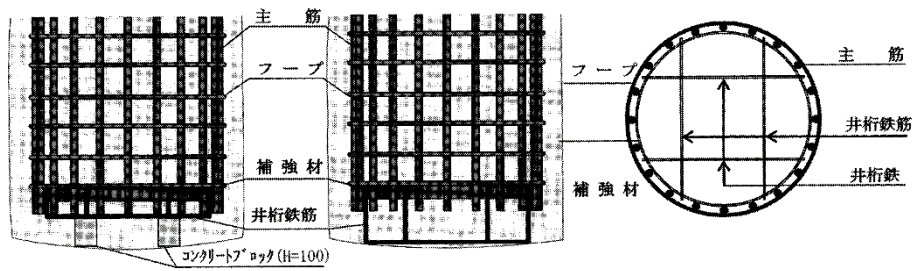


図 13-19 先端かぶり確保の例

【参考】

R2 杭基礎施工便覧
図-II.2.26, p-298

13.6. 深礎基礎の施工

13.6.1. 施工方法

深礎工法は、図 13-20 に示すように、特殊な山留め鋼材（ライナープレートなど）で孔壁を保護しながら、人力（またはクラムシェル型バケット）で掘削し、基盤に達したら鉄筋を組立、コンクリートを打設して杭体を構築する工法である。

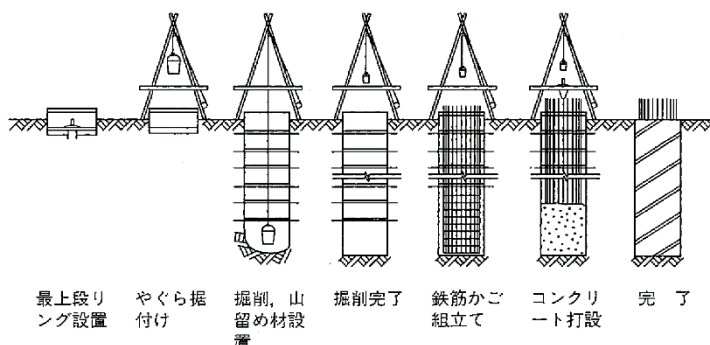


図 13-20 深礎工法の施工方法

13.6.2. 施工計画時の留意点

(1) 掘削地盤への対応

地下水が低いか、釜場排水やディープウェルによって地下水位の低下が可能な地盤であれば適用できる。しかし、ヒービングが生じる軟弱な地盤では適用できない。

孔底に作業員が入って人力掘削で掘り下げることができる工法であるので、発破を必要とする岩盤でも施工が可能である。

(2) 作業ヤード及び近接作業

人力掘削の場合には、重機械などを使用しないので、狭隘な場所でも施工が可能である。また、近隣作業についても、簡易やぐらなどが設置できる程度の隣接構造物からの離間距離があれば、施工が可能である。

(3) 準備工

電力設備は、他の場所打ち杭工法に比べて小規模なものでよいが、掘削地盤の種類により使用器具も異なる場合があるので、これらを考慮してその容量を決めることが必要である。山岳部などでの施工には、発電機が用いられている。

給水設備については、コンクリート打設時の洗水の水の他は必要ないので、特別な設備は不要である。

作業ヤードは、凸凹や傾斜がないよう整地するとともに、地盤が軟弱な場合には、掘削機・重機の所要接地圧が確保できるように、良質な土砂での置換、地盤改良材による現地盤の増強などを行うことが必要である。

(4) 掘削工

深礎杭基礎は設計で考慮した支持力を確保するために、掘削は所定の深さまで確実に行う。特に湧水がある場合は、孔壁の崩壊の防止や安全確保の面から、ある特定の箇所には湧水が集中しないように掘削を連続して行うのがよい。また、支持層付近に達したときは慎重に掘削を行ない、支持層を緩めないように注意する必要がある。一般に深礎杭の純間隔が直径の2倍程度（中心間隔が直径の3倍程度）以下の場合には、これら近接する2本の深礎杭を同時に掘削するとお互いの影響により崩壊を生じる恐れがある。したがって、このような場合には、一方の深礎杭の本体コンクリートの打込み及び裏込注入が完了した後に他方の掘削を開始するのがよい。

【出典】

土木施工管理チェックポイント
基礎工事 I (山海堂)
図 4.32 p-216

【出典】

斜面上の深礎基礎設計
施工便覧 H24.4
3-1 掘削一般 p-164

掘削が所定の深度に到達した場合には、設計で考慮した支持層に到達していることを確認する。土質と深度を設計図書及び土質調査資料と対比し、目視による支持層の確認を行う。また、必要に応じ地盤の支持力と変形特性を確認できる平板載荷試験を行う。

(5) 掘削時の計測管理

深礎基礎の掘削では、設計時想定した地質条件と同等であることを確認するため、地山の観察を行う。掘削中に連続的に地山を観測出来るため、地質構成や地層の傾斜を確認する。それぞれの掘削深度付近では設計で想定した地層に達しているかを確認する。

同様に、土留構造が設計時に考慮した所定の機能を発揮していることを確認するため、土留材の変状を観察する。深礎基礎の施工時に確認されている変状に対しては、掘削が進むほど、変状の対策に大掛かりな設備が必要になるため、それぞれの項目に管理基準を定めて計測管理し、早期に異常を発見し対応する必要がある。

【出典】

斜面上の深礎基礎設計
施工便覧 H24.4
3-5 支持層の確認 p-169

【出典】

斜面上の深礎基礎設計
施工便覧 H24.4
3-7 計測管理 p-171

14. 仮設工

14.1. 一般

14.1.1. 設計の基本

- (1) 仮設工の設計は、「道路土工—仮設構造物工指針」ならびに「土木工事 仮設計画ガイドブック (I)(II)」に準じるものとする。

14.1.2. 仮設構造物の名称

仮設構造物は、本体構造物（永久構造物）を構築するために工事中一時的につくられる構造物であるが、仕上がりを左右する重要な構造物である。ただし、経済性を重んじたばかりに重大事故を起こすこともあるため、経済性と安全性の相反する要因を適切に判断して設計する必要がある。

仮設構造物は、大別すると主として地上に構築される型枠、支保工、地下・水中に構築される土留め、栈橋などに分類される。

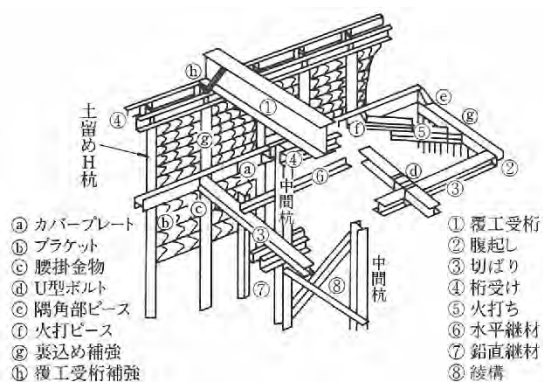


図 14-1 親杭横矢板による土留め名称図

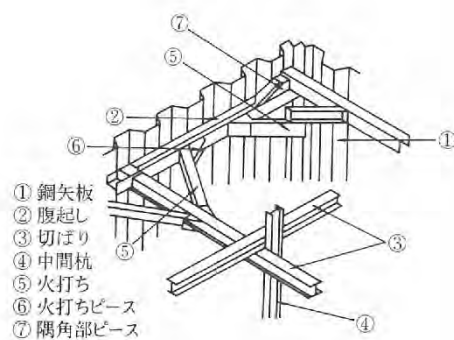


図 14-2 鋼矢板による土留め名称図

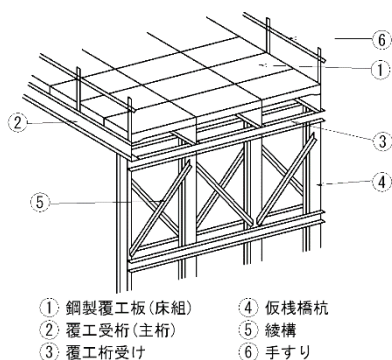


図 14-3 仮栈橋名称図

14.2. 土留め・仮締切工

14.2.1. 土留め工の形式と特徴

土留め工の形式とその特徴を表 14-1 に示す。

表 14-1 土留め工の形式と特徴

種類	概念図	概要	特徴
自立式土留め		切梁、腹越し等の支保工を用いず、主として掘削側の地盤の抵抗によって、土留め壁を支持する工法である。	<ul style="list-style-type: none"> 比較的良好な地盤で浅い掘削に適する。 掘削面内に支保工がないので掘削が容易である。 支保工がないため土留め壁の変形が大きくなる。
切梁式土留め		切梁、腹越し等の支保工と掘削側の地盤の抵抗によって土留め壁を支持する工法である。	<ul style="list-style-type: none"> 現場の状況によって支保工の敷配当の変更が可能である。 機械掘削に際して支保工が障害となりやすい。 掘削面積が広い場合、支保工が増える。
アンカー式土留め		掘削周辺地盤中に定着させた土留めアンカーと掘削側の地盤の抵抗によって土留め壁を支持する工法である。	<ul style="list-style-type: none"> 掘削面内に切梁がないので機械掘削が用意である。 偏土圧が作用する場合や任意形状の掘削にも適用が可能である。 良好な定着地盤が必要である。 掘削周辺にアンカーの打設が可能な敷地が必要となる。 掘削周辺に既設構造物およびその基礎、地下埋設物があると、アンカーの施工の障害となり、適用は困難である。 土留めの施工終了後、アンカーを地中に残置した場合、将来障害になるなどの問題が発生する。
控え杭タイロッド式土留め		土留め壁の背面地盤中にH形鋼、鋼矢板等の控え杭を設置し、土留め壁とタイロッドでつなげ、これと地盤の抵抗により土留め壁を支持する工法である。	<ul style="list-style-type: none"> 比較的良好な地盤で浅い掘削に適し、自立式土留めでは変位が大きくなる場合に用いられる。 掘削面内に切梁がないので機会掘削が容易である。 アンカー式土留めより経済的である。 掘削周辺に控え杭およびタイロッドを設置するための敷地が必要である。

14.2.2. 土留め・仮締切工の種類

土留め工は、その構造形式（土留め支保工との関連）により、自立式、切梁式、アンカー式に大別され、さらに使用材料の種類により図 14-4 に分類される。

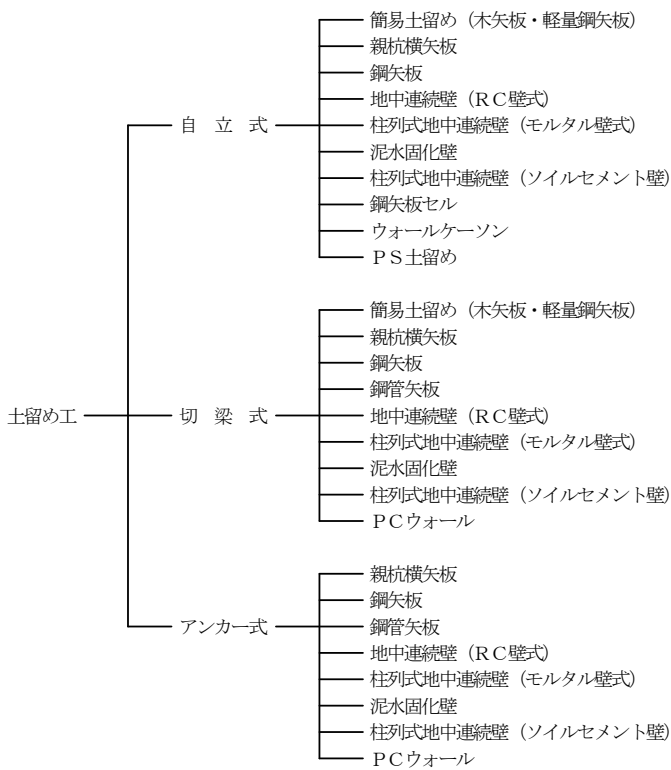


図 14-4 主な土留め工の種類と区分

仮締切工は、施工方式、構造形式、使用材料、支保工等によって分類されるが、構造形式によって図 14-5 に分類される。

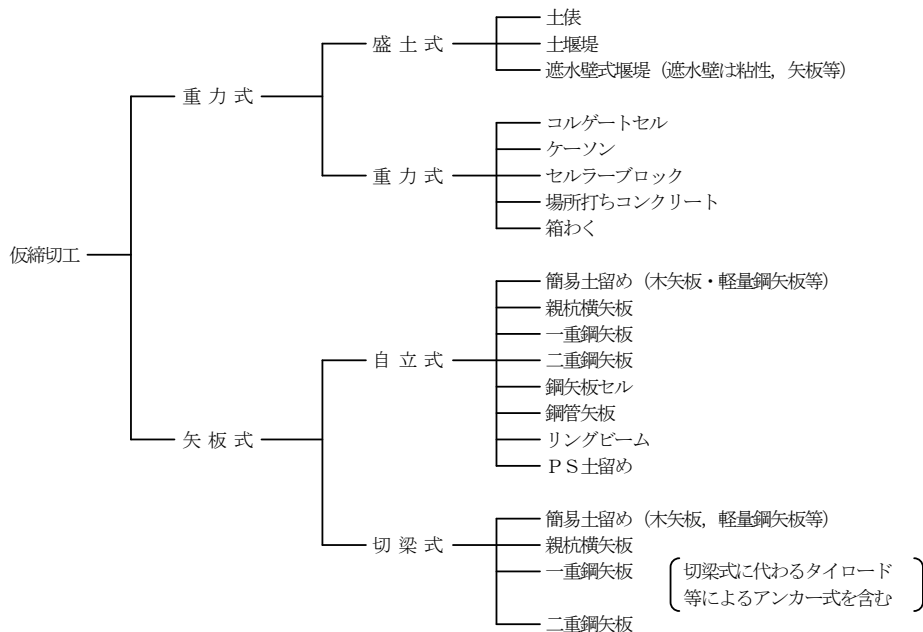


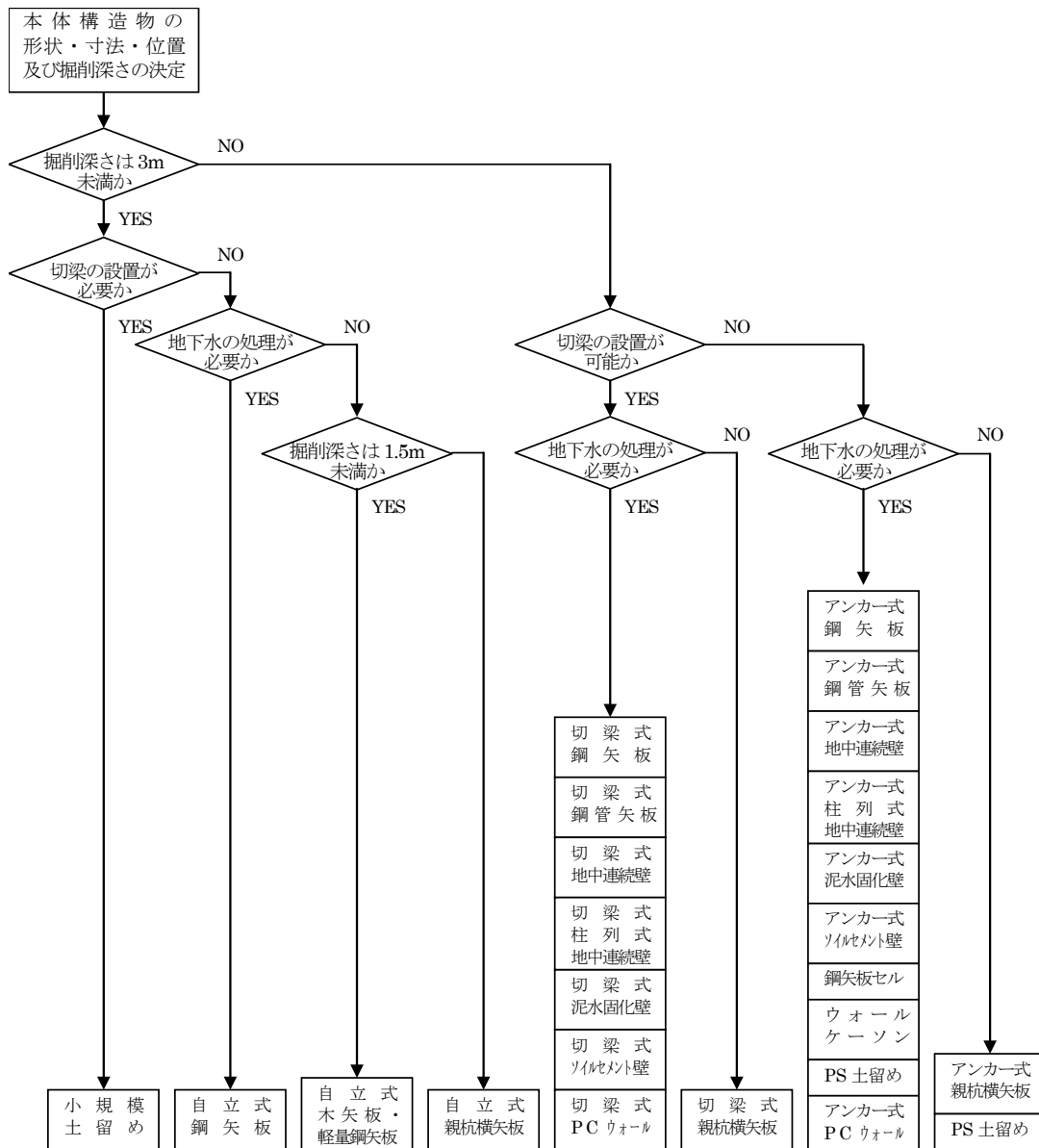
図 14-5 主な仮締切工の種類と区分

【出典】
改訂版土木工事仮設計画
ガイドブック
(社)全日本建設技術協会
図-1.1.8 p-7

【出典】
改訂版土木工事仮設計画
ガイドブック
(社)全日本建設技術協会
図-1.1.9 p-11

14.2.3. 土留め・仮締切工の工法の選定

- 土留め工及び仮締切工の工法の選定にあたっては、各工法の特徴を考慮し、地盤条件ならびに周辺環境に応じた適切な工法を選定する。
- 仮設構造物の計画・設計が不適切な場合、工事中の事故が発生したり、周辺構造物に被害を与える恐れがあることから、工法の選定にあたっては、必要に応じて地下水位低下工法や地盤改良工法等の各種補助工法を併用し、施工時の安全を確保する。
- 土留め工法選定フローを図 14-6 に示す。また、主な土留め工法の一般的な判定を図 14-6 に示す。



注) 1. 軟弱地盤の場合は掘削深さが3m以下でも自立式は無理である。
 2. 土留め工法の選定は壁体の剛性からも決まるので掘削深さ等土留めの規模に応じて考慮する必要がある。

図 14-6 土留め工法選定フロー

【出典】
 改訂版土木工事仮設計画
 ガイドブック
 (社)全日本建設技術協会
 図-1.2.3 p-30

表 14-2 主な土留め工法の一般的な判定

検討項目 土留め壁	地盤の状態				施工条件				掘削の規模		の支保 合せと 工 期	工 費	
	軟弱地盤	粘性土	砂質土	多地下水	性打 良好 好み	等騒音 振動 の制約	周辺の 沈下	深 い	広 い				
軽量鋼矢板	×	○	○	×	◎	△	×	×	△	◎	◎	◎	◎
親杭横矢板	△	◎	◎	×	◎	△	△	△	◎	◎	○	◎	○
鋼 矢 板	◎	◎	◎	◎	◎	△	○	○	◎	◎	◎	◎	○
鋼管矢板	◎	○	○	○	○	△	◎	◎	○	○	×	×	×
地中連続壁	◎	○	△ (注1)	◎ (注2)	△	○	◎	◎	○	○	×	×	×
柱列式地中 連続壁	○	○	△ (注1)	△ (注2)	△	○	○	△ (注4)	○	○	×	○	×
泥水固化壁	◎	○	○	○ (注2)	△	○	◎	△	○	○	×	△	△
ソイルセメント	○	○	△ (注1)	△ (注2)	△	○	○	△	○	○	×	○	×
PCウォール	△	○	△	△	△	△	△	△	○	×	×	○	×

(凡例) 丸：有利 ○：普通 ×：不利 △：検討を要する

- 注) 1. 掘削時の孔壁の崩壊の恐れがある
 2. 地下水の流速が3m/minを超えるとコンクリートの品質が困難である。
 3. 本体構造物の一部となる場合を除く。
 4. 近接構造物・地下埋設物や土質の制約を受けるが、掘削深さ30~40mの実績もある。

仮締切工法選定フローを図 14-7 に示す。

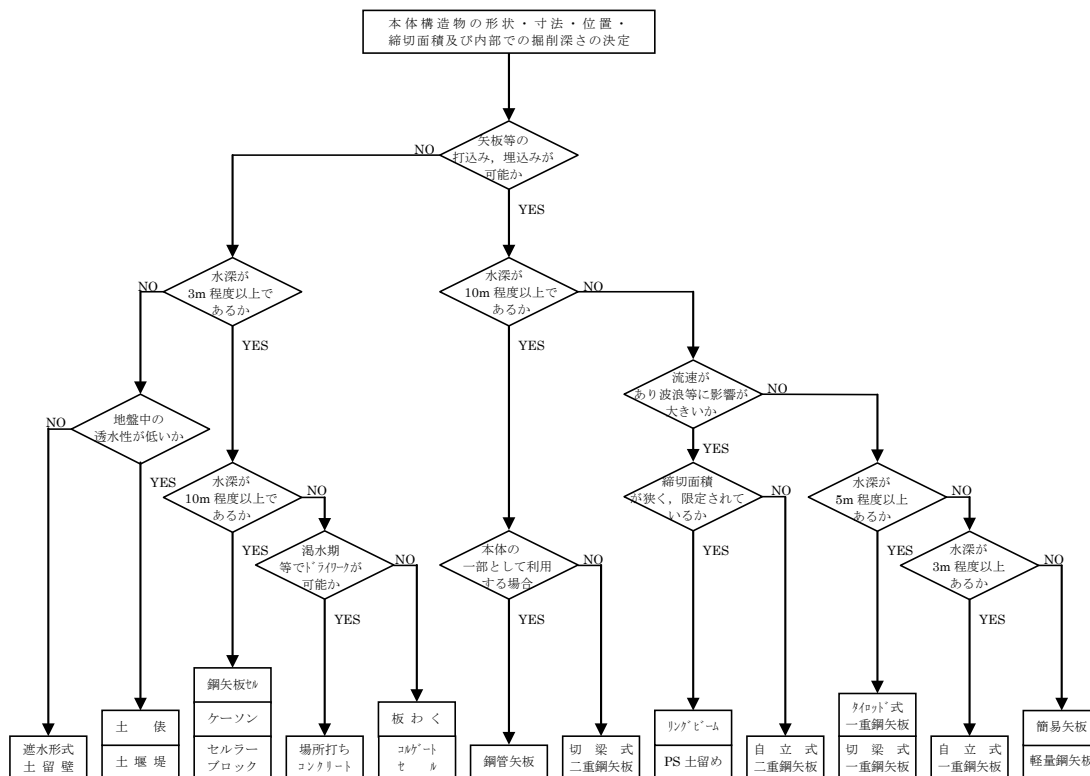


図 14-7 主な仮締切工選定フロー

【出典】

改訂版土木工事仮設計画
 ガイドブック
 (社)全日本建設技術協会
 表-1.2.5 p-31

【出典】

改訂版土木工事仮設計画
 ガイドブック
 (社)全日本建設技術協会
 図-1.2.4 p-33

14.2.4. 土留め・仮締切工の設計

(1) 設計フロー

土留工・仮締切工の設計の基本的な手順を図 14-8 に示す。

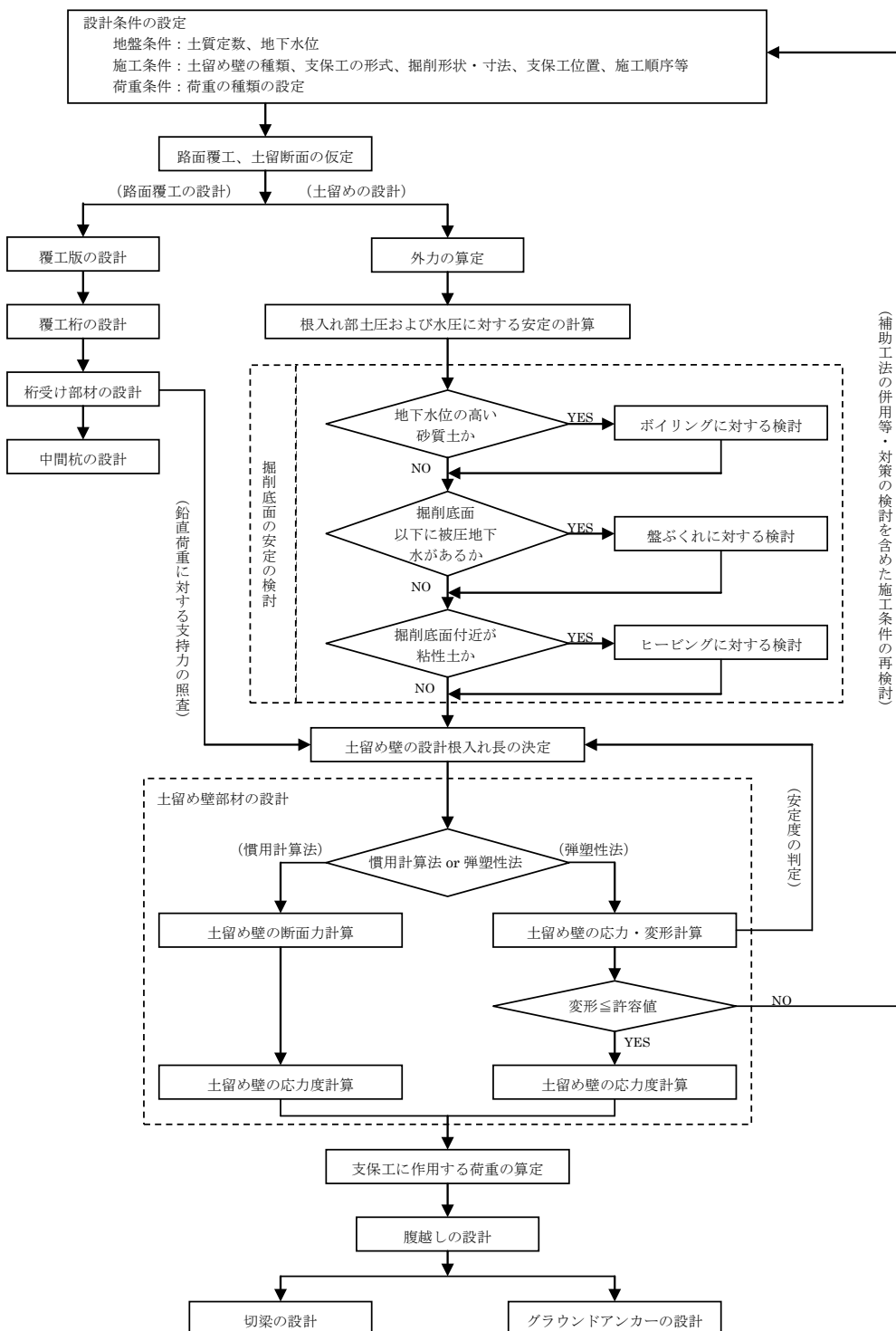


図 14-8 土留め工・仮締切工の設計手順

【出典】
改訂版土木工事仮設計画
ガイドブック
(社全日本建設技術協会)
図-1.2.5 p-37

(2) 設計手法ならびに適用範囲

土留工・仮締切工の設計手法を表 14-3 に示す。また、各設計手法の適用条件等を以下に示す。

表 14-3 土留めの設計手法の分類

支保工形式	掘削深さ	土留めの応力・変形の計算法
切ばり式 アンカー式	$H \leq 3.0\text{m}$	小規模土留め設計法 (慣用法)
	$3.0\text{m} < H \leq 10.0\text{m}$	慣用法 ^{注1)}
	$H > 10.0\text{m}$ ^{注2)}	弾塑性法
自立式	$H \leq 3.0\text{m}$ ^{注3)}	弾性床上のはり理論

注1) 慣用法では土留め壁の変形量を求めることができないため、近接構造物が存在し変形量を求める必要がある場合は弾塑性法によるのがよい。

注2) N 値が 2 以下もしくは粘着力が 20kNm^2 程度以下の軟弱地盤においては掘削深さ $H > 8.0\text{m}$ に対して適用する。

注3) 良質地盤においては概ね掘削深さが 4m 以下に適用する。

a) 小規模土留め設計法

- 掘削深さ 3m 以下で、支保工が 1 段ないし 2 段の腹越切梁の場合。
- 土留め壁には H 形鋼、鋼矢板、軽量鋼矢板を用いること（H 形鋼は $H-150 \times 150$ 、矢板は II 型以上とする）。
- 腹越し及び支保工には H 形鋼を用いること（最小部材の規定無し）。
- 土留めの最小根入れは、掘削深さの $1/2$ とする。
- 仮想支持点の最小位置は最小根入れ長の $1/2$ とする。また、土留め剛性の検討は行わなくて良い。
- 第 1 段目の支保工は、地表面から 0.5m 以内で、余掘り深さは 0.5m 以下とする。
- 掘削底面の検討は基本省略するが、「仮設構造物工指針 2-13-4(4)」に該当する場合は行う必要がある。

b) 慣用法

- 掘削深さ $3\text{m} \sim 10\text{m}$ 程度の場合。
- 親杭の場合の最小根入れは 1.5m 、鋼矢板場合は 3.0m とする。ただし、非常に硬質な地盤で施工上最小値入を確保することが困難な場合は受働抵抗の十分な検討を行った上で、短くしても良い。
- 安定計算から決まる鋼矢板の根入れ長の最大値が掘削深さの 1.8 倍を超える場合は、支保工配置の見直しや地盤改良の実施等の対策を行う。
- 仮想支持点の最小位置は掘削底面以深 0.75m とする。
- 鋼矢板の剛性の検討を行う際の最大変位量は 0.3m 程度を目安とする（この変位量は実際の変形形状や変位量を表すものではないので、実際の変位量が必要な場合は弾塑性法等によって求める）。
- 支保工撤去時の検討は、通常、行わなくてもよいが、設置時と撤去時の状況が異なる等の場合は行う。
- 腹起しの最小部材は $H-300 \times 300$ とする。鉛直方向は 3m 程度とし、土留め頭部から 1m 以内に第 1 段目の腹越しを設置する。
- 切はりには $H-300 \times 300$ を最小部材とし、設置間隔は水平方向に 5m 程度以下を原則とする。
- 許容軸方向圧縮応力度の計算に用いる (ℓ / r) の ℓ (有効座屈長) は、切梁と切梁相互、切梁と腹越し、切梁と中間杭の交点間距離とするが、鉛直方向、水平方向の拘束条件を踏まえて算出する。

【出典】

土工—仮設構造物工指針
表 2-1-1 p-28

【参考】

土工—仮設構造物工指針
2-13 p-156～160

【参考】

土工—仮設構造物工指針
2-9 p-64～115

c) 弾塑性法

- 鋼矢板，親杭横矢板を用いる 10m を超える深い掘削の場合。
- 親杭の場合の最小根入れは 1.5m，鋼矢板場合は 3.0m とする。ただし，非常に硬質な地盤で施工上最小値入を確保することが困難な場合は受働抵抗の十分な検討を行った上で，短くしても良い。
- 腹起しの最小部材は H-300x300 とする。鉛直方向は 3m 程度とし，土留め頭部から 1m 以内に第 1 段目の腹越しを設置する。
- 切りは H-300x300 を最小部材とし，設置間隔は水平方向に 5m 程度以下を原則とする。
- 許容軸方向圧縮応力度の計算に用いる (ℓ / r) の ℓ (有効座屈長) は，切梁と切梁相互，切梁と腹越し，切梁と中間杭の交点間距離とするが，鉛直方向，水平方向の拘束条件を踏まえて算出する。

【参考】

土工—仮設構造物工指針
2-9-5 p-94~109

d) 掘削底面の安定

- 掘削の進行に伴い，掘削面側と背面側の力の不均衡が増大し，掘削底面の安定が損なわれ，地盤の状況に応じた種々の現象が発生する (図 14-9 参照)。施工中に掘削底面に安定が損なわれないようにする。

【参考】

土工—仮設構造物工指針
2-9-3 p-76~87

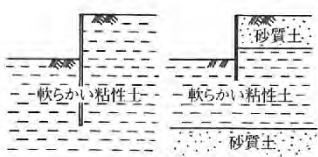
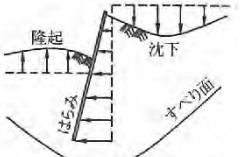
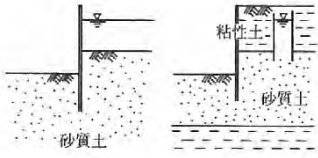
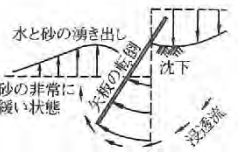
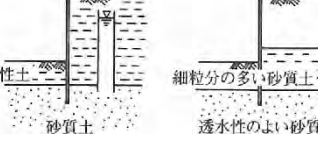
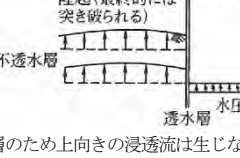

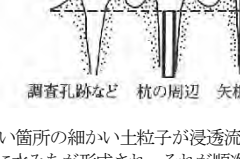
分類	地盤の状況	現象
ヒービング	 <p>掘削底面付近に軟らかい粘性土がある場合、主として沖積粘性土地盤で、塑性・含水比の高い粘性土が厚く堆積する場合</p>	 <p>土留め背面の土の重量や土留めに近接した地表面荷重などにより、すべり面が生じ、掘削底面の隆起、土留め壁のはらみ、周辺地盤の沈下が生じ、最終的には土留め壁の崩壊に至る</p>
ボーリング	 <p>地下水位の高い砂質土の場合、土留め付近に河川、海など地下水の供給源がある場合</p>	 <p>透水性の土留め壁を用いた場合、水位差により上向きの浸透流が生じる。この浸透圧が土の有効重量を超えると、沸騰したように湧き上がり、掘削定見の土がせん断抵抗を失い、土留めの安定性が損なわれる。</p>
盤ぶくれ	 <p>掘削底面付近が不透水層、水頭の高い透水層の順で構成されている場合、不透水層には粘性土だけではなく、細粒分の多い砂質土も含まれる。</p>	 <p>不透水層のため上向きの浸透流は生じないが、不透水層下面に上向きの水圧が作用し、これが上方の土の重さ以上となる場合は掘削底面が浮上り。最終的には不透水層が突き破られ、ボーリングの状の破壊に至る。</p>
バイピング	 <p>ボーリング、盤ぶくれと同じ地盤で、水みちがしやすい状態がある場合、人工的な水みちとしては上図に示すものがある。</p>	 <p>地盤の弱い箇所細かい土粒子が浸透流によって洗い流され、土中に水みちが形成され、それが順次上流側に及び、粗い粒子をも流れ出し、水みちが拡大する。最終的にはボーリング状の破壊に至る。</p>

図 14-9 掘削底面の破壊現象

(3) 許容応力度の設定

- 許容応力度は、仮設構造物であることを考慮し、常時の許容応力度を 1.5 倍した値を標準値とする。
- 軸方向圧縮力と曲げモーメントを同時に受ける部材は、応力度の照査のほか、安定に対する検討を行う。

(4) 全体安定の検討

- 斜面上に設置される場合等、土留めを含む全体地盤の安定性を「道路土工一切土工・斜面安定工指針 (H21 版)」に示す円弧すべり計算法により行う (図 14-10 参照)。

【参考】

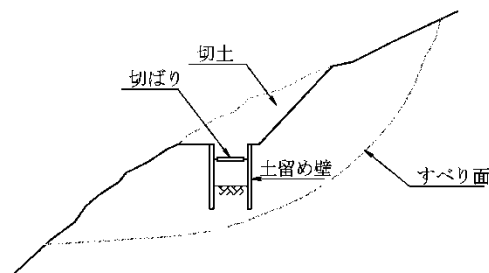
土工—仮設構造物工指針
2-7 p-54~57

図 14-10 外的安定性

- 偏土圧が作用する土留めは、相対する面の条件を同じと仮定した設計法ではその挙動を予測できず、過大な変位や応力の発生等、危険な状況が考えられるため、偏土圧の程度に応じた設計を行う (図 14-11 参照)。

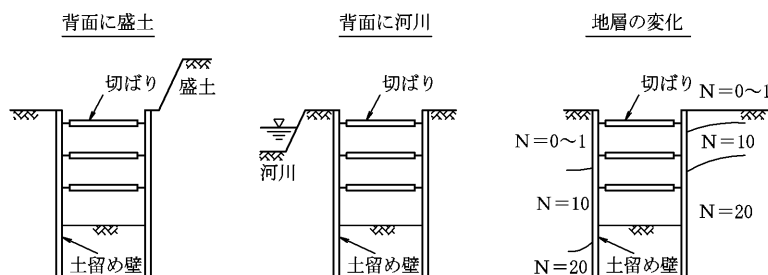


図 14-11 偏土圧が作用する土留め

(5) 周辺構造物への影響に関する検討

- 掘削は地下埋設物や土留め壁背面の既設構造物等の周辺構造物に与える影響が大きいため、事前にその影響について十分な検討を行う。
- 周辺構造物に影響を与える主な要因を以下に示す。
 - 土留め壁の変形に伴う地盤変形
 - 地下水位の低下に伴う地盤沈下
 - 土留め壁の引抜きに伴う地盤沈下
 - 応力開放によるリバウンド
- 周辺構造物への影響に関する検討では、近接程度の判定を行い、周辺構造物への影響度を把握する。
- 近接程度の判定により地盤変形の影響が及ぶと考えられる範囲と判定された場合には、地盤変形および近接構造物への影響を検討する。

【参考】

土工—仮設構造物工指針
2-8 p-57~63

14.3. 仮橋・作業構台

14.3.1. 仮橋・作業構台の構造

仮橋・作業構台の構造は、図 14-12 に示すとおり、覆工板を覆工受け桁（主けた、主に I 形鋼及びH形鋼）で受け、その荷重を受けけたで支柱（橋脚）に伝達する構造である。

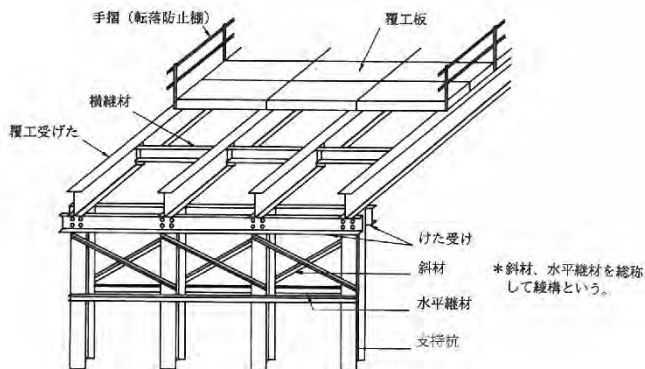


図 14-12 仮橋・作業構台の構造

また、河川を横断する場合等で制約条件により、長大スパンの仮橋が要求される場合は、主桁を鋳桁タイプやトラスタイプの構造としてスパンを伸ばすことも可能である（図 14-13、図 14-14 参照）。

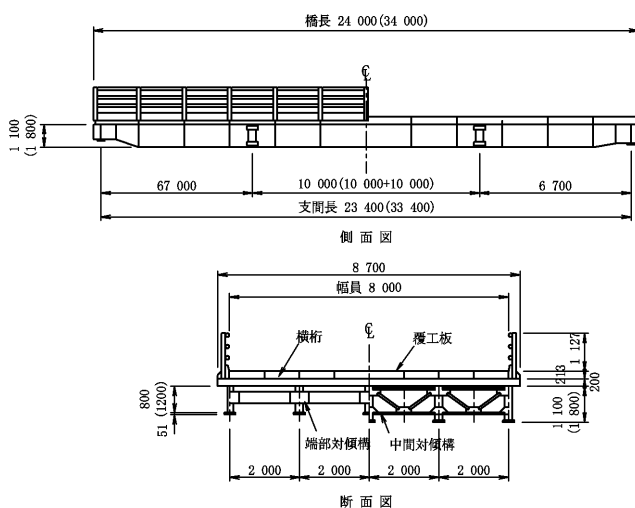


図 14-13 鋳桁タイプ構造による仮橋・作業構台

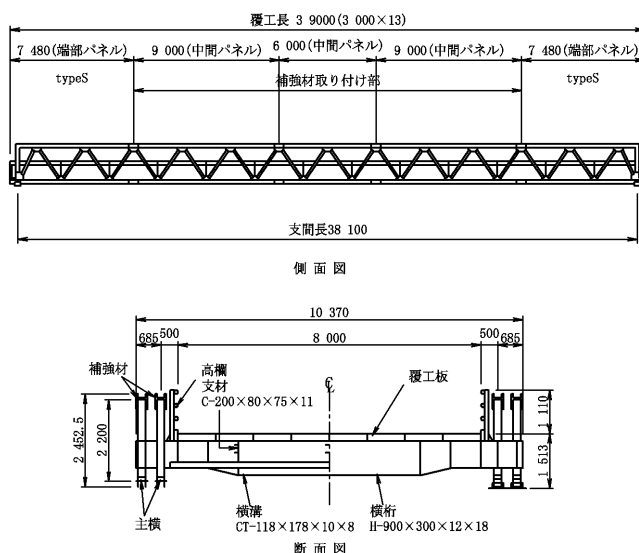


図 14-14 トラスタイプ構造の仮橋・作業構台

14.3.2. 設計上の基本的検討事項

(1) 幅員

- 幅員は、仮橋の使用目的を考慮し決定する。
- 車両通行用の仮橋は6m程度の幅員が多く用いられている。通行の安全上、幅員は最低4m（縦架設の場合は最低6m）必要、通行車両を対面通行させる場合は8m程度とする。
- 作業構台の場合は、施工計画を検討し、作業に使用する機種、作業半径、機械の組立て解体に必要な幅、通行余裕幅等を考慮して、幅員を決定する。
- 待避所は車線幅員が4mで橋長が長い場合には設ける。待避所の幅は、迂回路用の仮橋では道路構造令に準拠し、その他の仮橋は工事車輛の通行状況により必要に応じて決定する。

(2) 路面勾配

- 路面勾配は、工事の作業性・安全性を考慮し、横断勾配は設けない。
- 縦断勾配もできるだけ水平を保つように計画し、縦断勾配を設ける場合でも6%以下とする。
- 地形条件等により勾配が6%を超える場合には、勾配による水平分力を水平荷重に付加する。また、綾構等で橋軸方向を補強する。

(3) 支間

- 覆工受け桁の支間は5～6m程度のものが多く用いられているが、杭打ち機などの作業機械の性能、施工方法を考慮して決定する。
- 河川上の仮橋では、航路帯などの問題があるため、管理者などと協議する。
- 仮橋を河川に設ける場合には、その計画について河川管理者の承認を要し、構造については、「河川管理施設等構造令(第8章)」の規定に準じ、河川管理者の承認または許可を受ける。

(4) けた下空間

- けた下空間は、仮橋予定地点の制限条件及び維持管理に必要な空間を考慮して決定する。

(5) 出入口の位置

- 作業構台の位置は、車輛の進入が容易に行えるところを選定する。

14.3.3. 使用部材

使用部材は、市場性を考慮して決定する。また、部材の最小断面は、表 14-4 のとおりとする。

表 14-4 部材の最小断面

覆工受け	H-250x250x9x14
横継材	[-300x90x9x13
桁受け	[-250x90x9x13
斜材・水平継材	L-100x100x10
杭	H-300x300x10x15

14.3.4. 許容応力度

- 許容応力度は、仮設構造物であることを考慮し、常時の許容応力度を 1.5 倍した値を標準値とする。
- 軸方向圧縮力と曲げモーメントを同時に受ける部材は、応力度の照査のほか、安定に対する検討を行う必要がある。
- 一般交通の通行を許容する仮橋の場合は、構造物の重要度、荷重条件、設置期間等を踏まえた上で許容応力度を設定する必要がある。

【参考】

土工—仮設構造物工指針
2-11-2 p-135～136

【参考】

改訂版土木工事仮設計画
ガイドブック
(社)全日本建設技術協会
7.2.1(2) p-51

【参考】

土工—仮設構造物工指針
2-11-3 p-137～138

【参考】

土工—仮設構造物工指針
2-6 p-46～53

14.3.5. 荷重

仮橋・作業構台の設計にあたっては、以下の荷重を考慮して行う。また、現場条件等に応じてその他の荷重を考慮する。

- 1) 死荷重
- 2) 活荷重：自動車荷重，群衆荷重，建設用機械の荷重，仮橋・作業構台上の車両重機による水平力
- 3) 衝撃荷重
- 4) 水平荷重：施工精度から生じる鉛直荷重の傾斜方向の分力，地震荷重，波圧・流水圧，衝撃荷重

また、仮橋・作業構台の構造部位ごとの通常の荷重の組合せは、表 14-5のとおりとする。

表 14-5 荷重の組合せ

			死荷重	活荷重	衝撃	土圧	水圧	温度変化の影響	その他
仮橋・作業構台	覆工受け桁 桁受け	断面	○	○	○				必要に応じて考慮
		たわみ		○					
土留め	土留め壁	根入長				○	○		
		支持力	○	○	○				
		断面	○	○	○	○	○		
	腹越し	断面				○	○	○*	
	切梁	断面				○	○	○	
	火打ち	断面				○	○	○	
支柱（橋脚）		断面力	○	○	○				
		断面	○	○	○				

* 腹越しの計算に軸力を考慮する場合

14.3.6. 設計手順

仮橋・作業構台の設計手順を図 14-15 に示す。

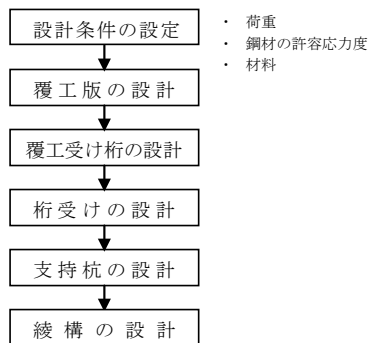


図 14-15 設計手順

14.3.7. 覆工板の設計

- ・ 市場に流通している覆工板は、長辺を支間として使用するよう設計されているため、短辺が支間となるような使用をしてはならない。
- ・ 覆工板には各種あるが、車輛の安全走行を考慮し、すべり止めの付いたものを選択する。
- ・ 覆工板の選定（2mもの、3mもの）にあたっては、設置場所の状況や設置期間、施工性等を検討し、安全性を十分確認したうえで選定する。
- ・ 覆工板の単位面積当たりの重量は表 14-6を参考にする。

【参考】

土工—仮設構造物工指針
2-3 p-31～44

【補足】

地震荷重は、従来、通常の仮設構造に対しては考慮していない。これは仮設構造物が工事現場に設置されている期間が比較的短いから、考慮すべき程の大きな地震に遭遇する機会は少ないという考え方からきている。しかしながら、迂回路用の仮橋のように、仮設構造物の中でも重要構造物(工事的目的物)で、長期間供用される場合には、地震荷重を考慮することが必要となる。

【出典】

改訂版土木工事仮設計画
がっぱ
(社)全日本建設技術協会
図-7.2.11 p-63

【参考】

改訂版土木工事仮設計画
がっぱ
(社)全日本建設技術協会
7.2.2(4)2 p-64～65

表 14-6 覆工板の重量

種類	単位面積当たりの質量 (kN/m ²)	
	長さ 2m	長さ 3m
鋼製	2.0	2.0
鋼製 (アスファルト舗装付)	2.5	2.6
鋼・コンクリート剛性	2.8	3.3

14.3.8. 覆工受け桁の設計

- 覆工受け桁の間隔は覆工板の寸法に合わせ2m～3mとし、 載荷される諸荷重に対し十分な強度と剛性を持ったものとする。
- 最小断面はH-250×250×9×14とする。
- 覆工受け桁の端部には横桁を設ける。
- 支間6m程度以上の主桁には、長さに応じて中間横桁を設ける。
- 覆工受け桁の支間は5～6m程度が最も多く用いられているが、杭打機などの作業機械の性能、施工方法を考慮して決定する。
- 覆工受け桁の支間が長い場合は、許容曲げ圧縮応力度が小さくなるので、横倒れ座屈防止のための横継材を取付け、フランジ固定間距離を短縮する。

【参考】

改訂版土木工事仮設計画
がっく
(社)全日本建設技術協会
7.2.2(4)3) p-66～69

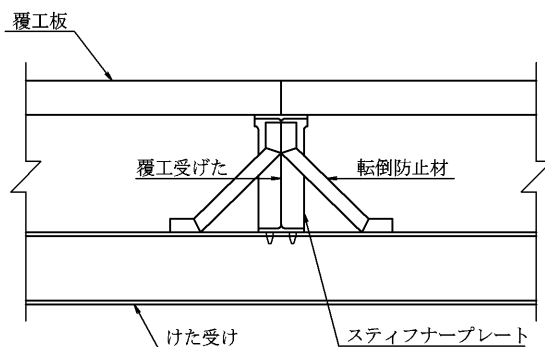


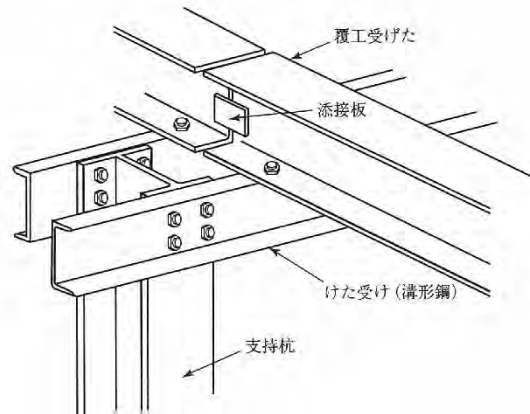
図 14-16 覆工受け桁の転倒防止工の例

14.3.9. けた受けの設計

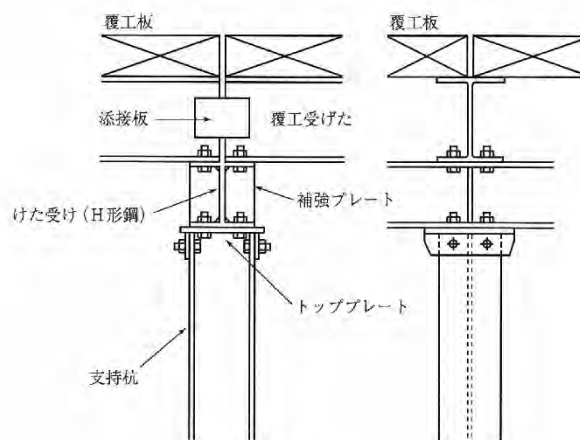
- ・ 杭の頭部にはけた受けを設け、覆工受けたを支える構造とする。
- ・ けた受けの最小断面は[-250×90×9×13とする。
- ・ 埋設物等により杭間隔が大きくなる場合は、または桁受けの支間中央付近に覆工受桁が取り付く場合は、たわみに対する照査を行う。この時のたわみの制限値は、覆工受桁と同様とする。
- ・ 杭がH形鋼で桁受け材に溝形鋼を使用する場合、桁受け材の継手部は、原則として杭の中心付近とし、図 14-18に示す補強を行う。

【参考】

改訂版土木工事仮設計画
がたブック
(社)全日本建設技術協会
7.2.2(4) p.70~71



溝形鋼の場合



H形鋼の場合

図 14-17 けた受けの例

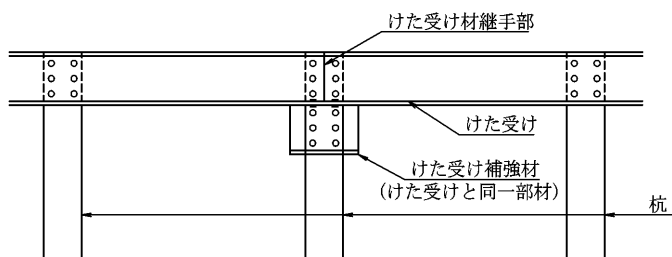


図 14-18 桁受け材継手部の補強

14.3.10. 支持杭の設計

- ・ 杭の橋軸直角方向の間隔は、覆工受け桁の間隔と合わせ2～3mとする。
- ・ 杭の最小断面はH-300×300×10×15とする。
- ・ 杭先端は良質な層へ2m以上根入れする。
- ・ 地盤が軟弱な場合や杭の突出長が長い場合等には、水平荷重に対する検討を行う。
- ・ 仮橋の支持杭の水平荷重に対する検討は、危険側となる橋軸直角方向（走行直角方向）の杭列に対して行えばよい。

(1) 支持杭の間隔及び打設位置

- ・ 埋設物があるなどの理由で杭間隔を広げる場合は、けた受け材の十分な照査を行う必要がある。
- ・ 河川内の仮橋支持杭の位置を決める時は、流水に対して直角方向の投影面積が少なくなる配置とする。また、手延べ(片押し)作業となることから、そのサイクルが効率的となるよう計画する。
- ・ 仮橋直下を掘削する場合は、全体の掘削計画や構造物の形状に応じて支持杭を配置する。

(2) 河川内に支持杭を打設する場合の支持杭の根入れ長さ及び支持力の確保

- ・ 河川内の支持杭は河床面からの突出長が大きくなるため、水平力作用時の曲げモーメント及び変位量も大きくなることに注意する。
- ・ 洪水時に根入れ部分が洗掘される恐れがあり、根入れ長さについても十分な検討を行う。

(3) 斜面に平行に構築される仮橋の計画

- ・ 斜面上の仮橋は、支持杭長さが異なることから、水平力の負担が均等にならず、短い杭ほど水平力の負担が大きいことに注意する。

14.3.11. 綾構（水平継材及び斜材）の設計

- ・ 斜材・水平継材は杭列の各杭に水平荷重を分布させ、かつ杭頭の回転を拘束する部材及び構造とする。
- ・ 仮橋では、橋軸直角方向に斜材・水平継材を取り付けることを原則とする。
- ・ 斜材・水平継材の最小断面は、L-100×100×10とする。

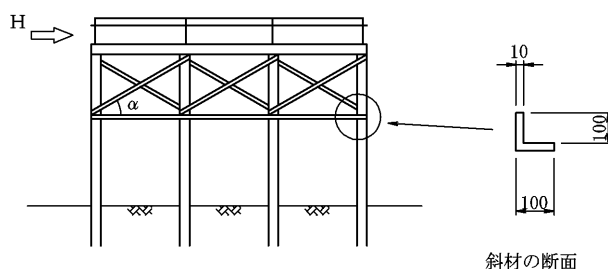


図 14-19 綾構の断面の例

【参考】

改訂版土木工事仮設計画
ガイドブック
(社)全日本建設技術協会
7.2.2(4)5 p-72～77

【参考】

改訂版土木工事仮設計画
ガイドブック
(社)全日本建設技術協会
7.2.2(4)6 p-78～79