鋼管杭・鋼管矢板基礎の設計と施工

「道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編　（平成 24 年）」

鋼管杭・鋼管矢板に係る改定のポイント

平成２４年８月

一般社団法人　鋼管杭・鋼矢板技術協会

ま　え　が　き

本資料は，平成 24 年 3 月に改定発刊された道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編（許容応力度設計版）のうち，鋼管杭・鋼管矢板基礎に関連する改定内容を中心にわかりやすくまとめたものである。

前回平成 14 年 1 月の改定は，性能規定型の技術基準を目指した要求性能の明確化や規定の書式の変更，耐久性に関する規定の強化等が主な内容であった。今回の改定では，前回の改定以降に蓄積された技術的知見を取り込むことおよび維持管理への配慮と品質の確保の重要性の視点から，以下のような点について改定がなされている。

Ⅰ　共通編

①維持管理の容易さに加えて，維持管理の確実性についても規定された。

②供用期間中に予定する維持管理の方法や必要となる維持管理設備等について，橋の設計段階から適切に配慮することが規定された。

③供用期間にわたって適切な維持管理を行うために必要となる調査，設計，施工，品質管理等の各種の記録について，維持管理に活用できるように保存することが規定された。

④一部の部材の損傷等が原因となって，橋の崩壊などの致命的な状態となる可能性について配慮して構造設計することが規定された。

⑤使用材料に降伏点の高い鉄筋（SD390，SD490）が新たに導入された。

Ⅳ　下部構造編

①近年の施工時及び供用中の不具合事例等を踏まえて

・調査位置，注意すべき条件など調査に関する規定が充実された。

・軟弱地盤及び斜面上の基礎の設計に関する規定が充実された。

・各基礎工法の施工管理に関する規定が充実された。

②平成 23 年東北地方太平洋沖地震など近年の地震による被災事例を踏まえて，

・支承部，落橋防止構造等からの荷重に対する橋脚および橋台の設計に関する規定が充実された。

・橋台と背面側の盛土等との間に位置する構造部分を橋台背面アプローチ部と位置づけ，設計および施工について規定された。

③施工性の向上を図ることを目的として

・従来の規定よりも降伏点の高い鉄筋（SD390，SD490）について，適用範囲，許容応力度，曲げ内半径等が規定された。

・鉄筋定着方法や継手方法など鉄筋コンクリート部材の構造細目に関する規定が充実された。

④新技術等を評価する際に必要となる道路橋基礎に求められる基本事項が規定された。

⑤回転杭工法，深礎基礎の設計及び施工，橋台部ジョイントレス構造の設計について新たに規定された。

本資料が，鋼管杭・鋼管矢板基礎の設計，施工を担当される技術者にとって実務の一助となれば幸いである。

平成２４年８月

一般社団法人　鋼管杭・鋼矢板技術協会
代表理事　　岡原　美知夫

目　　次

1.「道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編」の主要改定項目……1

2. 下部構造に関連する改定事項……3
　2．1　全体に共通する事項……3
　2．2　鋼管杭・鋼管矢板基礎の設計に関連する事項……15
　2．3　鋼管杭・鋼管矢板基礎の施工に関連する事項……37
　2．4　その他の基礎に関連する事項……46

3. 杭頭接合部の設計に関する補足・解説……49
　3．1　杭頭接合部の設計に関する改定概要……49
　3．2　影響の把握……50
　3．3　杭頭接合部の計算例……51
　　3．3．1　新道示[道路橋示方書・同解説（H24）]に基づく杭頭接合部の計算例……51
　　3．3．2　旧道示[道路橋示方書・同解説（H14）]に基づく杭頭接合部……53
　　3．3．3　新旧道示による杭頭接合の比較……53

4. 斜杭基礎について……54
　4．1　はじめに……54
　4．2　斜杭の特長……54
　4．3　斜杭に関連する改定事項……55
　4．4　斜杭基礎の適用例……56
　4．5　圧密沈下が生じる地盤中での斜杭の照査……57

【参考資料】……62
　1. 各基礎形式の適用性の目安……63
　2. 中掘り鋼管杭　コンクリート打設方式の施工実績……64
　3. 鋼管ソイルセメント杭　被圧地下水条件での施工実績……65
　4. 斜杭の配置例（橋脚の場合）……66

本資料から許可無く引用・転載することを禁ずる。
「道路橋示方書・同解説」の条文等は，（社）日本道路協会に許可を得て引用したものであり，この資料から再度の引用・転載については許可されていない。

1.「道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編」の主要改定項目

改定の主な項目は以下の通りである。

(1)新規に規定された工法，構造
橋台ジョイントレス構造，橋台背面アプローチ構造，インテグラルアバット，斜杭構造，回転杭工法，深礎杭工法
(2)基礎の設計に関する事項
杭頭部設計，斜杭の設計照査，杭の配列，現場溶接部許容応力度，水平変位の制限を緩和する杭基礎，圧密沈下が生じる地盤中の斜杭の照査等
(3)施工管理，施工性向上に関する事項
試験杭，ソイルセメント柱の造成(プレボーリング杭工法，鋼管ソイルセメント杭工法)，鉄筋かごの製作及び建て込み(場所打ち杭)，頂版接合部の施工(鋼管矢板基礎)等

改定のポイントをまとめたマップを次ページに示す。

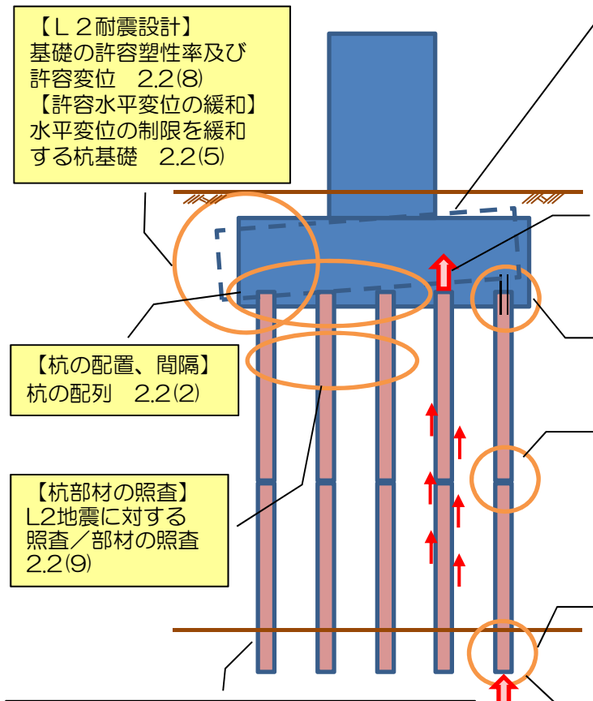
なお，本資料の作成にあたって，個別の項に記載した以外に以下のような文献・資料を参考としている。

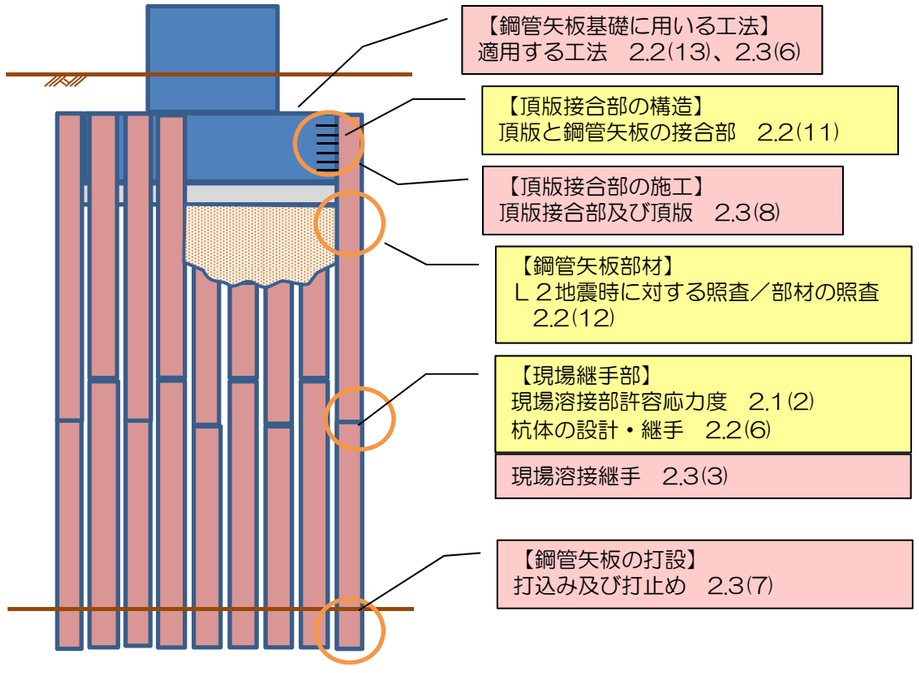
・道路橋示方書・同解説　Ⅰ共通編　Ⅳ下部構造編，平成 24 年 3 月，(社)日本道路協会
・道路橋示方書・同解説　Ⅰ共通編　Ⅳ下部構造編，平成 14 年 3 月，(社)日本道路協会
・杭基礎設計便覧　平成 18 年度改訂版，平成 19 年 1 月，(社)日本道路協会
・杭基礎施工便覧　平成 18 年度改訂版，平成 19 年 1 月，(社)日本道路協会
・鋼管矢板基礎設計施工便覧，平成 9 年 12 月，(社)日本道路協会
・鋼管矢板基礎－その設計と施工－，(一社)鋼管杭・鋼矢板技術協会
・鉄道構造物等設計標準・同解説　基礎工構造物，平成 24 年 1 月，(公財)鉄道総合技術研究所編

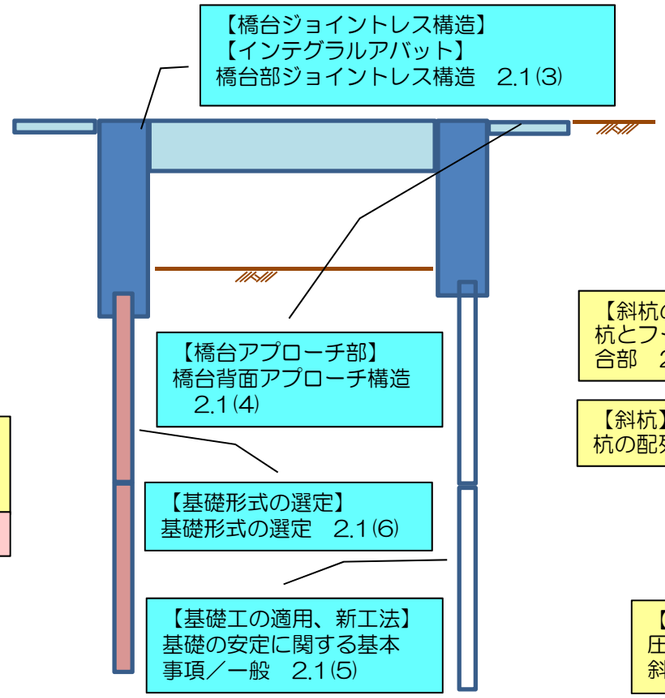
「道路橋示方書･同解説　Ⅳ下部構造編　（平成24年）」 鋼管杭･鋼管矢板に係る改定ポイントMAP

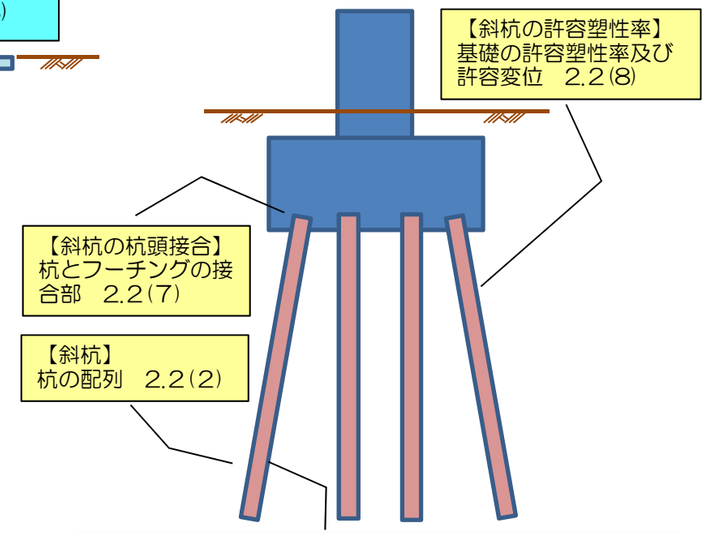
一般社団法人　鋼管杭・鋼矢板技術協会

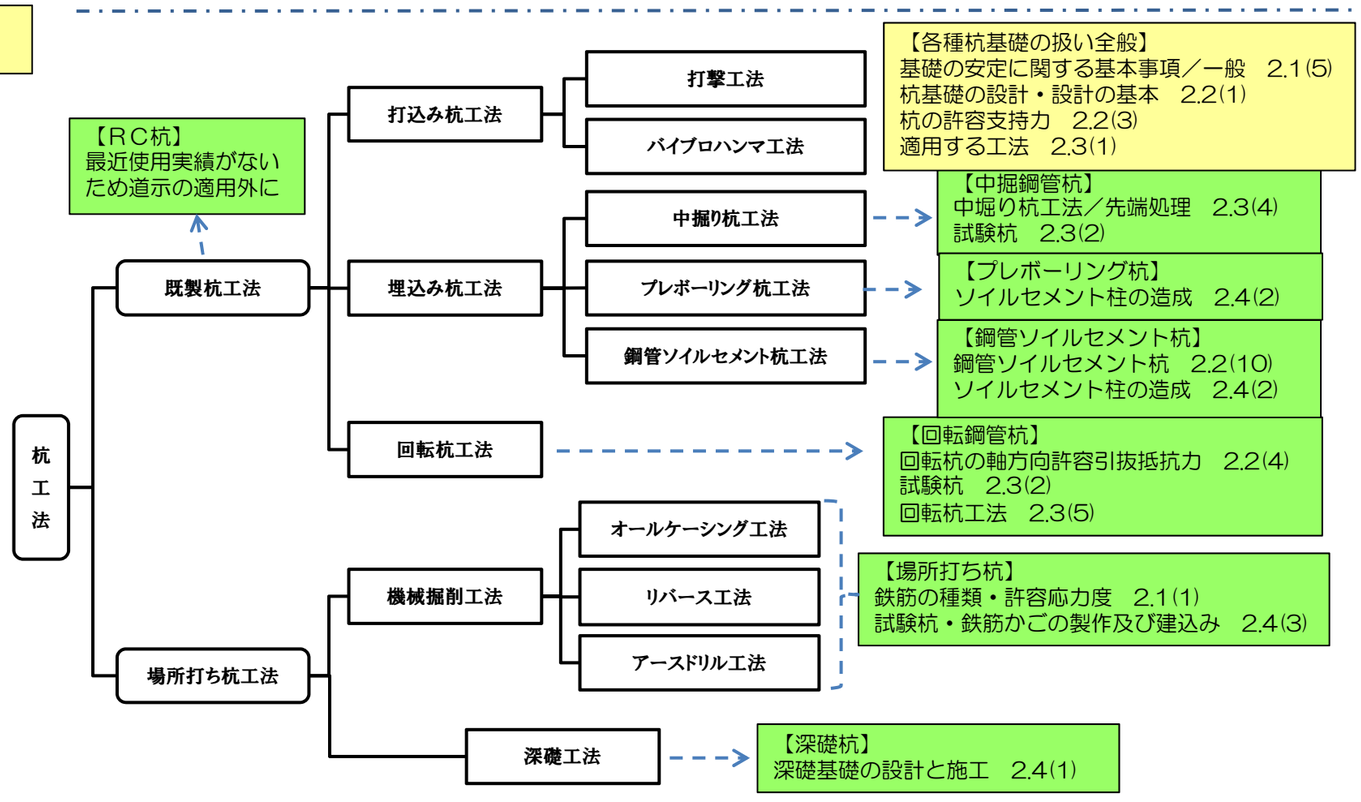
図中の数字は、本テキストでの解説
目次項目番号を示しています











2．下部構造に関連する改定事項

2．1　全体に共通する事項

項目	(1)鉄筋の種類，許容応力度	
該当箇所	改定版　4 章　許容応力度　4.3 鉄筋の許容応力度	P.165- P.166
	旧版　4 章　許容応力度　4.3 鉄筋の許容応力度	P.155- P.156

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

(1) 鉄筋の許容応力度は，直径 51mm 以下の鉄筋に対して表-4.3.1 の値とする。

表-4. 3. 1　鉄筋の許容応力度（N/mm²）

応力度，部材の種類 ＼ 鉄筋の種類			SD345	SD390	SD490
引張応力度	1) 活荷重及び衝撃以外の主荷重が作用する場合（はり部材等）		100	100	100
	荷重の組合せに衝突荷重又は地震の影響を含まない場合の基本値	2) 一般の部材	180	180	180
		3) 水中又は地下水位以下に設ける部材	160	160	160
	荷重の組合せに衝突荷重又は地震の影響を含む場合の基本値	4) 軸方向鉄筋	200	230	290
		5) 上記以外	200	200	200
	6) 鉄筋の重ね継手長又は定着長を算出する場合の基本値		200	230	290
7) 圧縮応力度			200	230	290

【鉄筋の種類の見直し】

下部構造での使用実績がほとんどない SR235 及び SD295 を削除し，近年その使用実績が増加し技術的知見が蓄積された SD390 及び SD490 を新たに規定した。

【SD390 及び SD490 の許容応力度】

はり部材のように活荷重及び衝撃以外の主荷重が作用する場合，ひび割れの進展を抑制する観点から，SD390 又は SD490 の許容応力度は，鉄筋強度によらず SD345 と同じとした。

【SD390 及び SD490 を使用する場合のコンクリート強度】

SD390 及び SD490 の適用性の検証実験は，30N/mm² 以上の強度を有するコンクリートを用いて実施されているため，実際に使用する場合には，設計基準強度 σ_{ck}=30 N/mm² のコンクリートを選定するのがよい。

補足

杭とフーチングの接合部への適用

今回の改定により，杭とフーチングの接合部へ SD390 及び SD490 の適用が可能となった。

「12.9.3 杭とフーチングの接合部(P.426)」参照のこと。

項目	(2)構造用鋼材の現場溶接部の許容応力度	
該当箇所	改定版 4章 許容応力度 4.4 構造用鋼材の許容応力度	P.167- P.168
	旧版 4章 許容応力度 4.4 構造用鋼材の許容応力度	P.156- P.157

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

表-4.4.1 構造用鋼材の許容応力 (N/mm²)

区分			応力度の種類＼鋼材記号	SS 400 SM 400 SMA 400W SKK 400 SKY 400	SM 490 SKK 490 SKY 490	SM 490Y SM 520 SMA 490W	SM 570 SMA 570W
母材部			引張	140	185	210	255
			圧縮	140	185	210	255
			せん断	80	105	120	145
溶接部	工場溶接	全断面溶込みグループ溶接	引張	140	185	210	255
			圧縮	140	185	210	255
			せん断	80	105	120	145
		すみ肉溶接，部分溶込みグループ溶接	せん断	80	105	120	145
	現場溶接		引張 圧縮 せん断	原則として工場溶接と同じ値とする。			

注) SS400 は溶接構造に用いてはならない。

【現場溶接部の許容応力度】

従来，現場溶接部の許容応力度は工場溶接の 90%としていたが，適切な施工管理が行われていれば，十分な溶接品質が確保できることがこれまでの実績から明らかになったため，工場溶接と同じ許容応力度とした。

ただし，適切な技能を有する溶接工が適切な溶接環境のもとで施工するとともに，非破壊検査や施工過程の記録化などにより品質管理等を行うことが前提となることを「18.7 現場溶接継手(P.552)」で規定した。

補足

①現場溶接部の許容応力度

適切な施工管理が行われることを前提に，現場溶接部の許容応力度は工場溶接と同様に母材部の許容応力度と同じ値を用いてよいものと改定された。

②鋼管杭の現場縦継ぎ溶接部の品質管理についての参考資料

鋼管杭の現場縦継ぎ溶接の溶接管理方法や記録方法は，「18.7 現場溶接継手(P.552)」の解説に記載される「道路橋における鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領(鋼管杭・鋼矢板技術協会，平成24年3月)」(鋼管杭・鋼矢板技術協会のホームページからダウンロード可)を参照されたい。

③鋼管杭の現場縦継ぎ溶接位置の選定に関する注意事項

鋼管杭の現場縦継ぎ溶接位置の選定には従来どおり注意する必要がある。「12.9.2 継手(P.424)」参照のこと。

項目	(3)橋台部ジョイントレス構造	
該当箇所	8 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 8.8 橋台部ジョイントレス構造	P.256- P.260

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

(1) 橋台部ジョイントレス構造は，構造条件及び地盤条件による影響を適切に考慮して適用性の検討を行わなければならない。

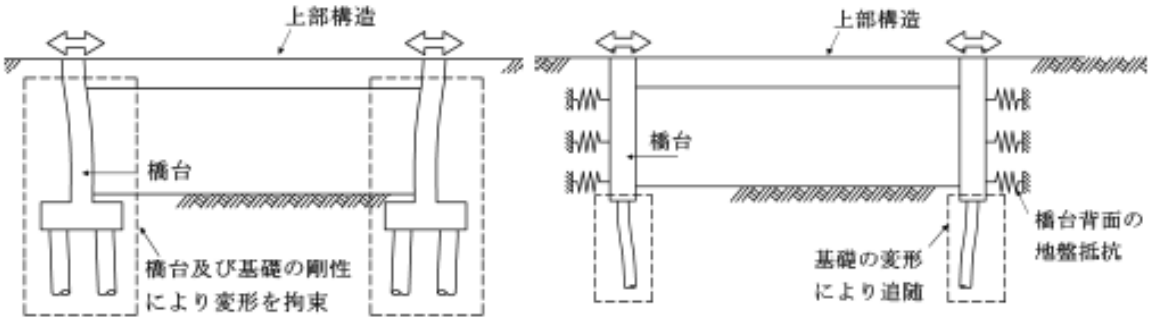
(2) 橋台部ジョイントレス構造は，施工時に生じる構造系の変化並びに供用中に生じる不静定力及び変位を適切に考慮して設計しなければならない。

(3) 橋台部ジョイントレス構造は，施工時及び供用中に生じうる土圧のうち，最も不利となる条件を考慮して設計しなければならない。

(4) 断面力は，不静定構造であることによる影響を適切に評価できる解析モデルを用いて算出しなければならない。

(5) 橋台背面の地盤抵抗を期待する場合においては，橋台背面の地盤抵抗が確実に発揮できる構造とするとともに，橋台背面の材料及び施工時の品質を考慮した上で適切に地盤反力係数等を設定しなければならない。

(6) 上部構造と橋台の接合部は，部材相互に断面力が確実に伝達されるとともに，耐久性を適切に考慮して設計しなければならない。



(a) 門型ラーメン構造　　(b) インテグラルアバット構造

図-解 8.8.1　橋台部ジョイントレス構造の概要

【橋台部ジョイントレス構造】

比較的短い支間の単純橋などでは橋台部ジョイントレス構造を採用することにより，支承と伸縮装置が不要となり将来の維持管理の軽減が期待でき，地震時に落橋に至るリスクが低下するという利点もある。

【橋台部ジョイントレス構造の構造形式】

門型ラーメン構造：上部構造に生じる変形を橋台躯体及び基礎の剛性により拘束する構造

インテグラルアバット構造：上部構造に生じる変形に対して橋台基礎の変形により追随する構造

	【橋台部ジョイントレス構造の適用性】 橋台部ジョイントレス構造は不静定構造となるため，p.258 の解説に記載の 1)構造条件，2)地盤条件を考慮して適用性検討を行う必要がある。 **（門型ラーメン構造）** 実績的には単径間，径間長 50m 程度，橋台高さ 15m程度まで，斜角は 75° 以上で適用 **（インテグラルアバット構造）** 実績的には径間長 40m 程度，橋台高さ 10m 程度まで，直橋のみで適用 橋台背面アプローチ部は背面土の抵抗機構の明確な土のみを用い，軽量材料は適用不可
補足	**①インテグラルアバット構造に適した杭** 鋼管杭は変形性能が優れていることからインテグラルアバット構造に適している。 **②適用事例** 欧米ではインテグラルアバット橋は普及しており，特に米国では現在までに約 2 万件の採用実績がある。日本では 10 年程度前から旧日本道路公団にて導入が検討され，15 橋程度の実績がある。 **【参考文献】** 「橋台部ジョイントレス構造の設計法に関する共同研究報告書 H16.4，(独)土木研究所，鋼管杭協会，(社)プレストレス・コンクリート建設業協会，(社)日本橋梁建設協会，(社)建設コンサルタンツ協会」

項目	(4)橋台背面アプローチ構造	
該当箇所	8 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 8.9 橋台背面アプローチ部	P.261- P.264

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

(1) 橋台背面アプローチ部は，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しなければならない。

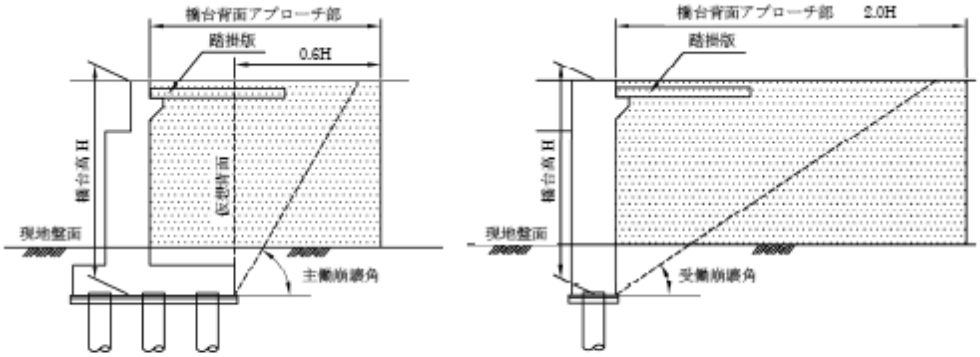
(2) (1)を満たすため，橋台背面アプローチ部は，良質な材料を用いるとともに，1)から 3)を考慮して設計及び施工を行わなければならない。

1) 常時及び地震時における基礎地盤の安定性

2) 常時及び地震時における橋台背面アプローチ部の安定性

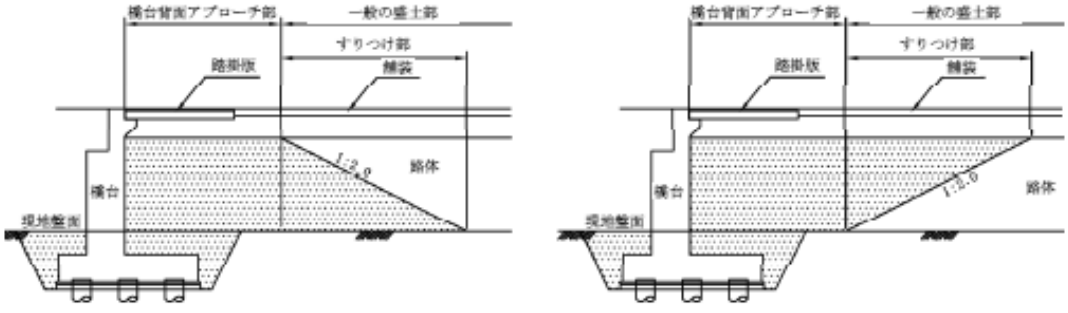
3) 降雨の作用に対する排水性

(3) 橋の複雑な地震応答や地盤の流動化による地盤変位等の原因により，橋台背面に著しい沈下が生じる場合においても，通行機能の確保が必要な橋においては，踏掛版の設置等適切な対策を講じることが望ましい。



(a) 一般の橋台の場合　　(b) 背面受働抵抗を考慮する橋台の場合

図-解 8.9.1 橋台背面アプローチ部の範囲



(a)橋台背面アプローチ部先行施工の場合　　(b)一般の盛土部先行施工の場合

図-解 8.9.2 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

	【橋台背面アプローチ部の構造】 橋台背面アプローチ部は地震時に橋台部と盛土部で橋台背面に段差が生じやすいため，橋本体の損傷よりも橋台背面の段差により通行が困難となる事例が増えている。そこで，一般の盛土等よりも構造の設計，材料の選定，施工に関して特段の配慮が必要である。 **【橋台背面アプローチ部に用いる材料】** 橋台背面アプローチ部に用いる材料は，「参考資料 4. 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(P.608)」を参照するとよい。 **【踏掛版の設計】** 東北地方太平洋沖地震の際，踏掛版を設置していた橋は速やかな通行機能の回復が可能であった。設計は「参考資料 5. 踏掛版の設計法（案）(P.611)」を参照してよい。
補足	橋の安全性や供用性の観点から道路橋の機能を確保するために，橋台背面アプローチ部が橋梁の設計として記載された。鋼管杭・鋼矢板技術協会でも，東北地方太平洋沖地震後に橋梁の被災状況の調査を実施した際に，踏掛版が設置された橋の被災状況が軽減されていたことを確認している。

項目	(5)基礎の安定に関する基本事項／一般	
該当箇所	9章 基礎の安定に関する基本事項 9.1 一 般	P.266- P.268
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	(1) 基礎は，1)及び2)を満たさなければならない。 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も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) 直接基礎，ケーソン基礎，杭基礎，鋼管矢板基礎，地中連続壁基礎及び深礎基礎について10章以降の規定により設計及び施工を行う場合においては，(1)を満たすものとみなす。 **【新しい基礎形式を適用する場合の適用条件】** ①支持力特性(極限支持力，沈下特性，水平力-変位関係)が明らかであること。 ②杭と地盤の間に緩みが無く，変位の小さな段階から地盤抵抗を確保できること。 ③繰返し曲げ載荷に対する塑性変形性能，曲げ耐力・せん断耐力の算定法が明らかであること。 ④工法の施工管理方法や杭製造時の管理方法が明らかであること。 **【過去に検証を行っていない施工方法を適用する場合】** 12 章に示す中掘り杭工法，プレボーリング杭工法，鋼管ソイルセメント杭工法及び回転杭工法において規定の範囲を超えて用いる場合で過去に検証を行っていない構造や施工方法を適用しようとする場合には，鉛直載荷試験結果(支持層を砂層，砂れき層とする地盤でそれぞれ3例以上)により設計で考慮する極限支持力と同等以上の杭頭支持力が確認されているとともに，施工管理方法が確立されていることを確認する必要がある。 **【岩盤中の場所打ち杭の周面抵抗を期待して設計する際の注意事項】** 場所打ち杭工法を用いた場合の岩盤中の周面抵抗に関するデータはほとんどなく支持力推定方法が明確でないことなどから，岩盤中の場所打ち杭の周面抵抗を期待して設計する際には個別に載荷試験を行う必要がある。先行的に地盤を掘削し，砂等を充填した後に杭や矢板を埋込む施工方法についても，個別の載荷試験が必要である。	
補足	**①回転杭の新道路橋示方書への記載** 回転杭は上記に示される新しい基礎形式を適用する場合の適用条件を満足していることから，今回の道路橋示方書に記載された。 **②岩盤に対する杭の支持力評価** 載荷試験結果が十分に得られていないため，標準的な推定式は得られておらず，載荷試験により支持力評価するのがよい。「12.4.1 1本の杭の軸方向許容押込み支持力(P.383)」参照のこと。 また，軟岩・土丹を支持層とする打込み鋼管杭の軸方向押込み支持力の推定方法は以下を参照のこと。 「道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編 参考資料 10. 軟岩・土丹を支持層とする打込み鋼管杭の軸方向押込み支持力の推定方法(案)(P.625)」	

項目	(6)基礎の安定に関する基本事項／基礎形式の選定	
該当箇所	改定版　9 章　基礎の安定に関する基本事項　9.3　基礎形式の選定	P.275- P.276
	旧版　　9 章　基礎の安定に関する基本事項　9.1　基礎形式の選定	P.243
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	(1) 基礎形式は，9.1 の規定を満たすものから，地形や地質条件，施工条件，環境条件等を考慮して，必要に応じて補完性又は代替性が確保されるものを選定しなければならない。 (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おいては，橋に有害な影響を与えないように設計しなければならない。 **【斜面上の基礎の構造（杭本数）】** 山岳部などの斜面上に基礎を設置する場合，杭基礎は橋脚及び橋台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本以上の組杭構造とするのがよい。 **【オールケーシング工法を適用する場合の注意事項】** 軟弱地盤にオールケーシング工法で杭を構築する場合，N 値が1以下の軟弱な粘性土・有機シルト地盤で，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細りが生じた事例があり，こうした条件ではオールケーシング以外の基礎工法の適用を検討するのがよい。 **【異種基礎（1基の下部構造で異種の基礎形式を併用する場合）】** 1基の下部構造に異種の基礎形式を併用しないことを原則とするが，水平支持力はケーソン基礎，鉛直支持力は杭基礎でそれぞれ支持させる場合などは，地震時の挙動について十分検討し，安全性を有することや上部構造に有害な変位を与えないことを確かめておく必要がある。 **【異種基礎（1つの上部構造を支える下部構造で異種の基礎形式を併用する場合）】** 支持杭と摩擦杭のように支持機構や長期的な沈下特性が異なる場合は，沈下量の差により有害な影響を及ぼすことがないよう，上部構造を連続化しないなどの配慮が必要となる。	
補足	基礎形式の選定は，「2章　調査」に規定される調査結果をもとに 6 形式の基礎（直接基礎，ケーソン基礎，杭基礎，鋼管矢板基礎，地中連壁基礎，深礎基礎）について詳細に検討のうえ，細部形式を選定する必要があり，「参考資料 6.基礎形式の適用性（P.613）」の表-参 6.1 により選定すればよいというものではない。	

項目	(7)基礎の安定に関する基本事項／支持層の選定と根入れ深さ	
該当箇所	改定版　9 章　基礎の安定に関する基本事項　9.4　支持層の選定と根入れ深さ	P.276-P.280
	旧版　　9 章　基礎の安定に関する基本事項　9.3　支持層の選定と根入れ深さ	P.249-P.251

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

(1) 直接基礎，ケーソン基礎及び深礎基礎は，良質な支持層に支持させなければならない。
(2) 杭基礎は，上部構造の形式と機能，地質条件，杭の支持機構及び施工性を考慮して適切な根入れ深さを決めなければならない。
(3) 鋼管矢板基礎の鋼管矢板先端及び地中連続壁基礎の地中連続壁先端は，良質な支持層に根入れさせなければならない。

【良質な支持層の定義】

良質な支持層とは長期的に安定して存在し(斜面の影響により不安定とならない，洗掘の影響を受けない，液状化等により地震時に不安定にならない，圧密沈下の影響を受けない)，基礎を確実に支持できる地層を指す。

【良質な支持層の目安の追加】

支持層と想定する層の下(基礎底面から基礎幅(換算載荷幅)の 3 倍程度の範囲)に圧密層が存在する場合，圧密の影響が生じる可能性があるため注意が必要であることが追記された。

なお，中掘り杭工法セメントミルク噴出撹拌方式，鋼管ソイルセメント杭，プレボーリング杭については，根固め部の施工，仕様及び出来高管理などが必要支持層厚に影響するので注意が必要である。

【圧密沈下の影響を受ける可能性の判定】

一般的な規模の橋において圧密沈下の影響を受ける可能性については，基礎底面から基礎幅の 3 倍の深さを目安に粘性土層の有無を確認したうえで，粘性土層上面において式(解 9.4.1)により判定を行えばよい。

$$(q_c - \sigma_z) \leqq \frac{1}{n}(p_c - \sigma_z) \cdots\cdots\cdots\cdots \quad (解\ 9.4.1)$$

ここに，

q_c ：基礎設置後の粘性土層上面に作用する鉛直応力 (kN/m²)

p_c ：粘性土層の圧密降伏応力 (kN/m²)

σ_z ：基礎設置前の粘性土層上面に作用する鉛直応力 (kN/m²)

n ：安全率で 1.5 とする。

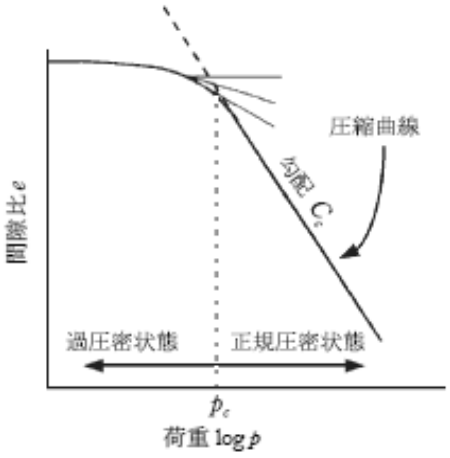


図-解 9. 4. 1　間隙比-荷重曲線

	【直接基礎の土留め材や仮締切材の施工・撤去の留意点】 均等係数の小さい均質な砂を支持層とする直接基礎で，土留めや仮締切材の施工・撤去の際にウォータージェット併用バイブロハンマ工法を用いる場合は，過剰間隙水圧が上昇して支持層の強度が低下し，基礎の傾斜等が生じる恐れがあるため，施工中も十分配慮できるように設計図書等に留意事項を明記するのがよい。 **【深礎基礎の支持層】** 斜面上に設置され基礎前面地盤が有限であるため，岩盤中に設置する場合でも過度に水平抵抗に依存することは望ましくなく，良質な支持層を選定し確実に支持させることが重要である。
補足	**①支持層の調査深度** 一般的には杭下端（根固めを有する場合は根固め底面）から 5D かつ 5m 以上とされている。 **②薄層支持杭** 場所打ち杭を薄層支持杭として適用する条件は，杭基礎設計便覧（H19）より，杭下端から下位粘性土層までの支持層の有効層厚が3D（D は杭径）以下となる場合である。 また，打撃工法，中掘り杭工法，鋼管ソイルセメント杭工法については，薄層支持に関する研究が現在行われており，また既往の文献・資料等があるのでそれらを参考にするとよい。なお，「鉄道構造物等設計標準・同解説　基礎工構造物　平成 24 年 1 月」では，不完全支持の杭基礎（薄層支持杭）についての杭種の制限はない。 **<薄層支持に関する参考文献>** （打撃工法） 「鉄道構造物等設計標準・同解説　基礎工構造物　抗土圧構造物 H12.6」 （中掘り杭工法） 「大径・中掘り・薄層支持鋼管杭の載荷試験　土木学会第 46 回年次学術講演会 H3.9」等 「先端根固め中掘り鋼管杭の根固めコンクリートが薄層支持特性に及ぼす影響　第 47 回地盤工学研究発表会 H24.7」 「薄層に支持された先端根固め中掘り鋼管杭の先端支持特性に及ぼす粘土層の強度と支持層厚の影響　第 47 回地盤工学研究発表会 H24.7」 （鋼管ソイルセメント杭工法） 「薄層に支持された鋼管ソイルセメント杭（HYSC）の支持力について　第 44 回地盤工学研究発表会 H21.8」

項目	(8)基礎の安定に関する基本事項／地盤反力係数	
該当箇所	改定版　9 章　基礎の安定に関する基本事項 9.6.2.地盤反力係数	P.284-P.287
	旧版　9 章　基礎の安定に関する基本事項 9.5.2 地盤反力係数	P.254-P.257
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	地盤反力係数は，各種の調査，試験結果により得られた変形係数を用いて，基礎の載荷幅等の影響を考慮して定めることを原則とする。 **【N 値が 5 未満である場合の地盤反力係数】** N 値が 5 未満である場合には，標準貫入試験から得られた N 値と基礎の静的載荷試験結果から得られる地盤反力係数の関係は土質に関わらずばらつきが著しいため，N 値から変形係数や地盤反力係数を推定することは適切ではない。したがって，このような場合には，乱れの少ない試料による室内試験や原位置での孔内水平載荷試験，平板載荷試験などの結果から変形係数を求めるのがよい。 **【盛りこぼし橋台の地盤反力係数】** 盛りこぼし橋台の場合は，盛り土材料，施工管理，排水条件により地盤反力係数が変わることとなるため，想定する施工条件を設定するとともに，前提となる施工管理等の条件を設計図書等に明記する必要がある。	
補足	今回の改定により，N 値が 5 未満である場合には地盤の変形係数を Eo＝2800N の式を用いて算出することは不適当となったので注意が必要である。また，地盤定数の設定にあたっては「2.2.4　設計に用いる地盤定数の評価(P.139)」を参照のこと。	

項目	(9)基礎形式の適用性	
該当箇所	改定版　参考資料 6　基礎形式の適用性	P.613
	旧版　　参考資料1　基礎形式選定表	P.544
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	【「表-参 6.1　各基礎形式の適用性の目安」 の位置付け】 旧版:基礎形式選定表として掲載 改定版:過去の施工実績に基づく各基礎形式の適用性の目安を示した表として掲載。基礎形式の選定は同表を参考にしつつ，個別の条件を考慮して判断する必要があることが解説文として明記された。 【表中の記載内容の見直し】 ・基礎形式に記載の基礎工法が一部変更 RC 杭は削除，回転杭工法が追加，鋼管矢板基礎は打込み工法についての記載に絞られた。 ・適用条件の項目の変更 支持層の土質／「軟岩・土丹」，「硬岩」が追加 支持層の状態／旧版での「傾斜が大きい(30 度程度以上)」，「支持層面の凹凸が激しい」の2項目が「傾斜が大きい，層面の凹凸が激しい等，支持層の位置が同一深度では無い可能性が高い」に統合 荷重規模／項目全体が削除 【表中の判定の見直し】 ○:適用性が高い，△:適用性がある，×:適用性が低いの評価区分を採用し，過去の道路橋での施工実績も加味して判定が見直された ＜主な判定の変更点＞ 摩擦杭:打込み杭，場所打ち杭，鋼管ソイルセメント杭のみ○，他工法× 地表 2m 以上の被圧地下水:中掘り杭，鋼管ソイルセメント杭×，打込み杭，回転杭○ 地下水流速 3m/min 以上:中掘り杭，鋼管ソイルセメント杭×，打込み杭，回転杭○ 支持層の状態　中掘り鋼管杭コンクリート打設方式 砂・砂れき(30≦N)×⇒○，粘性土(20≦N)△⇒×，軟岩・土丹・硬岩　×	
補足	①「表-参 6.1　各基礎形式の適用性の目安」について ・同表が基礎選定の初期検討で利用される実態にもあることから引続き参考資料として採録されたが，使用上の注意を促す意味で表の位置付け等の説明文が追加され，表の内容も一部見直された。**参考資料1**に表の詳細を示す。 ・表中の判定はあくまでも目安であり，×(適用性が低い)となっている場合でも個々の条件によっては適用可能なケースもあることに留意する必要がある。 ②中掘り鋼管杭コンクリート打設方式 中掘り鋼管杭コンクリート打設方式の施工実績については**参考資料2**に示すように少なくとも 35 件程度の実績がある。 ③被圧地下水条件での鋼管ソイルセメント杭 地表 2m 以上の被圧地下水がある条件での施工について，鋼管ソイルセメント杭では適用性が低いとの判定になっているが，本資料の**参考資料3**に示す施工実績がある。 ④鋼管矢板基礎の中掘り工法 基礎形式の適用性の目安の表では，「鋼管矢板基礎(打込み工法)」と限定がついた取り上げ方となったが，中掘り工法については本文に記載されており，従来通り，適用可能である。	

2．2 鋼管杭･鋼管矢板基礎の設計に関連する事項

項目	(1)杭基礎の設計／設計の基本	
該当箇所	改定版 12 章 杭基礎の設計 12.1 設計の基本	P.377- P.379
	旧版 12 章 杭基礎の設計 12.1 設計の基本	P.348- P.350

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

> (1) 常時，暴風時及びレベル 1 地震時に対する杭基礎の照査は，次によらなければならない。
> 1) 各杭頭部の軸方向反力は，12.4 に規定する杭の許容支持力以下とする。
> 2) 杭基礎の変位は，9.2 に規定する許容変位以下とする。
> 3) 杭基礎の各部材に生じる応力度は，4 章に規定する許容応力度以下とする。
> (2) レベル 2 地震時に対する杭基礎の照査は，12.10 の規定によらなければならない。

【杭基礎の対象となる杭種】

回転杭が追加され，道路橋の基礎への採用状況を踏まえ RC 杭が削除された。

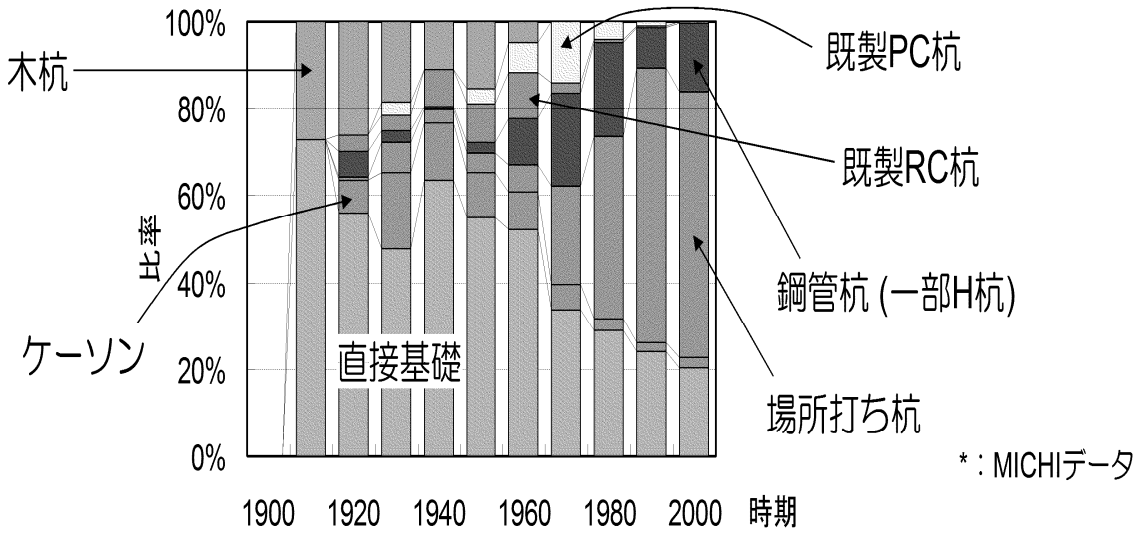
【プレボーリング杭工法の設計上の留意点】

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，杭体と杭周面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。このことから，レベル 2 地震時に基礎の塑性化を考慮する橋にプレボーリング杭工法を用いる場合には，「9 章 基礎の安定に関する基本事項 9.1(1)」の規定を満たすため，あらかじめレベル 2 地震後にソイルセメント柱が有効でなくなった場合も想定して，常時，暴風時及びレベル 1 地震時の照査を行うのがよい。

補足

①道路橋基礎での RC 杭の採用状況

下図に示すように，RC 杭は 1960 年代に採用のピークを迎えるが，その後の採用は減少し 2000 年頃から採用実績はほとんどない。



②鋼管ソイルセメント杭とプレボーリング杭のソイルセメント柱の違い

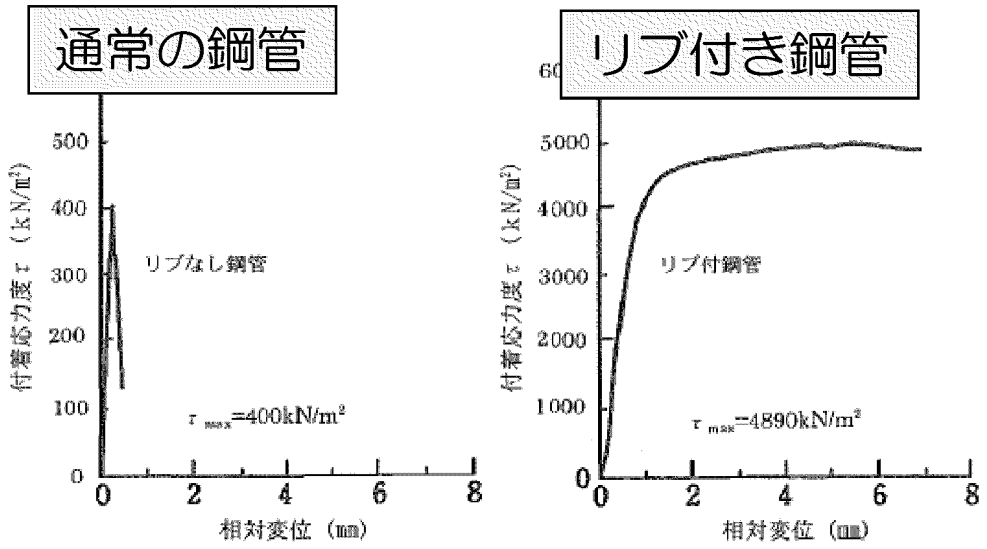
鋼管ソイルセメント杭は外面リブ付き鋼管杭の周囲にソイルセメント柱を構築するものであり，プレボーリング杭のソイルセメント柱とは造成過程や変形性能が大きく異なるものである。

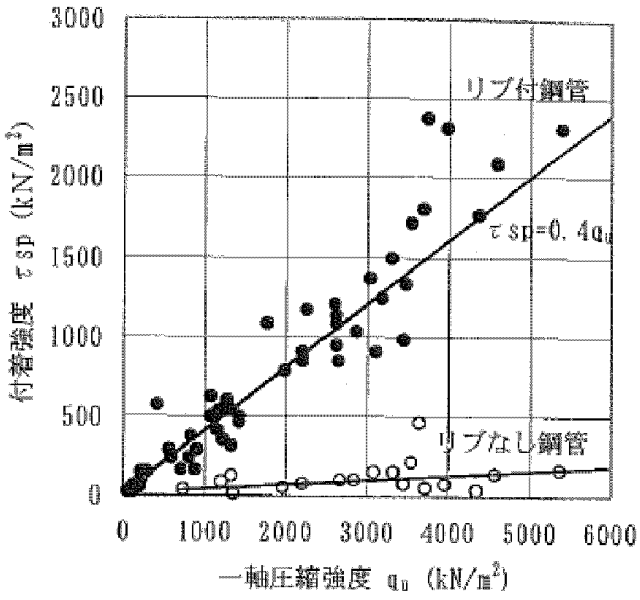
③プレボーリング杭のレベル 2 地震後のソイルセメント柱の取り扱い

プレボーリング杭工法における杭周面のソイルセメント柱のように，大きな荷重や変位を受けた後に部分的に破壊が生じ，抵抗特性の変化が避けられない場合には，破壊後の抵抗特性を考慮した設計も併せて行うなど対処方法を明らかにして設計に反映させる必要がある。「9.1 一般(P.267)」参照のこと。

④鋼管ソイルセメント杭のレベル2地震時の設計

リブ付き鋼管を有する鋼管ソイルセメント杭工法の場合は，杭と杭周面セメント固化体は繰返し載荷を受けても一体であることが実大試験や室内試験等から検証されたことから，プレボーリング杭工法のようにソイルセメント柱を無視した設計は不要とされた。





項目	(2)杭基礎の設計／杭の配列	
該当箇所	改定版　12 章 杭基礎の設計　12.3　杭の配列	P.381- P.382
	旧版　　12 章 杭基礎の設計　12.3　杭の配列	P.351- P.352

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

> 杭の配列は，杭基礎上の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，長期の持続荷重に対して過度に特定の杭に荷重が集中せず，できる限り均等に荷重を受けるように定めなければならない。

【回転杭の杭中心間隔】

回転杭の場合は D＋D_w(D_wは羽根外径)とする。通常は 2.5D。

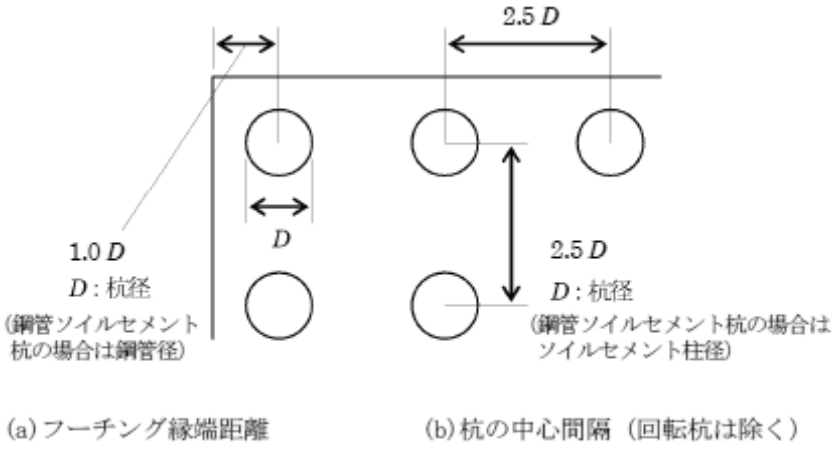


図-解 12.3.1　杭の最小中心間隔及びフーチング縁端距離

【最外周の杭とフーチングの縁端との距離(縁端距離)】

標準的には 1.0D(鋼管ソイルセメント杭，回転杭も同様)。但し，仮想鉄筋コンクリート断面の寸法等を考慮する必要がある。

【斜杭の配列】

水平力が安定して保持される変位の領域が小さくなるため，当面は全杭本数のうち 1/3 以上は直杭とするのがよい。

【斜杭の傾斜角】

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を考慮して，傾斜角は 10 度程度までとした。

補足

①縁端距離の変更について

鋼管ソイルセメント杭の縁端距離は，従来「ソイルセメント径」の 1.0D であったが，「鋼管径」の 1.0D に変更された。また，打込み杭，中掘り杭，プレボーリング杭の縁端距離は従来 1.25D であったが，実験結果を踏まえ 1.0D に変更された。

【参考文献】

「杭基礎の大変形挙動後における支持力特性に関する共同研究報告書 ，(独)土木研究所，(一社)鋼管杭・鋼矢板技術協会，(社)コンクリートパイル建設技術協会，H23.4」

	なお，標準的な縁端距離（1.0D）を縮小することもできるが，その場合には，常時・レベル 1 地震時，レベル 2 地震時に対する水平押抜きせん断等の照査や仮想鉄筋コンクリート断面等の確保により所要の性能を満たすように設計する必要がある。 **②斜杭の角度** 杭基礎設計便覧（H19）では 15 度とされていた。 **③斜杭の適用杭種** 鋼管杭を用いた工法では，回転杭，打撃杭，一部の中掘り鋼管杭が斜杭に適用可能である。 **④斜杭の配置に関する条件** ・1 つの基礎を構成する杭群の 1/3 以上は直杭とする ・1つの基礎を構成する杭のうち，1列の杭に直杭と斜杭が混在するような配置は避ける（辺部に直杭を配し，隅角部に斜杭を配する配置は可） **参考資料4**に斜杭の配置例を示すので参照されたい。 **⑤斜杭を隅角部に設置する場合の斜杭の角度に関する注意事項** 例えば，正方形のフーチングの隅角部の対角線方向(橋軸 45 度方向)に斜杭を設置する場合に斜杭の角度を 10 度とすると，橋軸はまたは橋軸直角方向に投影した杭角度は約7度となる。 **⑥斜杭の施工上の留意点** ヤットコを用いる場合など杭打設開始位置と杭頭打止め位置が異なる場合は，施工重機の配置に留意し施工ヤードを確保する必要がある。

項目	(3)杭基礎の設計／杭の許容支持力	
該当箇所	改定版　12 章 杭基礎の設計　12.4 杭の許容支持力	P.383- P.395
	旧版　12 章 杭基礎の設計　12.4 杭の許容支持力	P.353- P.363

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

(3) 地盤から決まる杭の極限支持力を支持力推定式から算出する場合においては，式（12.4.3）による。

$$R_u = q_d A + U\sum L_i f_i \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (12.4.3)$$

ここに，

R_u ：地盤から決まる杭の極限支持力（kN）

q_d ：杭先端における単位面積あたりの極限支持力度（kN/m^2）

A ：杭先端面積（m^2）

U ：杭の周長（m）。ただし，鋼管ソイルセメント杭の場合においてはソイルセメント柱の周長とする。

L_i ：周面摩擦力を考慮する層の層厚（m）

f_i ：周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度（kN/m^2）

【摩擦杭に適用可能な杭種】

打込み杭，場所打ち杭，鋼管ソイルセメント杭のみ（中掘り杭，プレボーリング杭，回転杭は先端支持力の割合が相対的に大きく，道路橋基礎での採用実績はほとんどなし）

【摩擦杭の杭先端部の地盤抵抗の考え方】

摩擦杭で「支持杭と同一の安全率を適用できる」条件を満たし，かつ鉛直載荷試験を行う場合は杭先端部の地盤抵抗を見込むことは可能である。

【杭先端の支持力と周面摩擦力の考え方】

標準的な推定式は，打込み杭を除き，杭先端を良質な支持層に杭径程度以上根入れする場合，杭先端の支持力は杭底面から杭径程度上方までの杭周面及び底面の地盤抵抗力を含んだもの，杭周面の摩擦力はこれより上方の杭周面の地盤抵抗を示している。

【岩盤に対する杭の支持力評価】

載荷試験結果が十分に得られていないため，標準的な推定式は得られておらず，載荷試験により支持力評価するのがよい。

【打込み杭の適用径及び対象工法】

打込み杭工法の杭先端の極限支持力度算定図（図-解 12.4.2）は，杭径φ1500 ㎜程度までの範囲で，かつ，杭先端地盤がれき，砂及び粘性土地盤に適用されるもので，岩や軟岩類は適用外である。なお，ここでのバイブロハンマ工法は，ウォータージェットを併用しない工法を対象としている。

【場所打ち杭の杭先端極限支持力度】

支持層の地盤種別の表現が，「硬質粘性土層」から「粘性土層（N≧20,qu≧0.4N/mm^2）」に変更された。

条文と解説のポイント

【プレボーリング杭の根固め部】

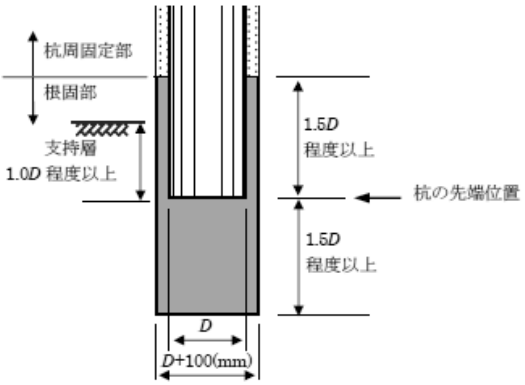


図-解 12.4.4　プレボーリング杭の根固部

①根固部への杭の貫入深さ 1.5D 程度以上，杭先端から根固め部先端までの深さ 1.5D 程度以上
②杭周固定部及び根固部の径は D+100，片側かぶり 50 ㎜を標準
※杭の先端位置は PHC 杭または SC 杭の先端位置

【鋼管ソイルセメント杭の杭先端固化部】

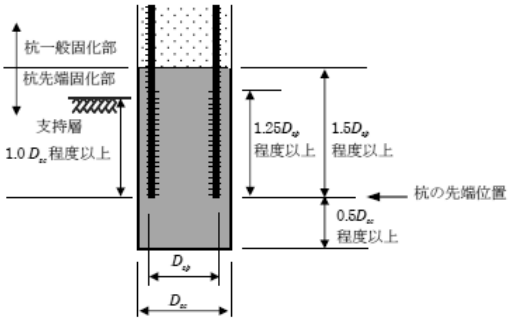


図-解 12.4.5　鋼管ソイルセメント杭の杭先端固化部

①杭先端固化部への鋼管の貫入深さは $1.5D_{sp}$ 程度以上，鋼管先端から $1.25D_{sp}$ 程度以上の範囲にはリブまたは付着金物が必要
②鋼管先端からソイルセメント柱先端までの深さ $0.5D_{sc}$ 程度以上
※杭の先端位置は鋼管先端位置（従来はソイルセメント柱先端位置）

【回転杭】

適用杭径はφ400～1200㎜，先端閉塞タイプまたは開端タイプ（開口径 $1/2D_p$ 以下，切欠長さが全周の 1/8 以下），支持層への根入れ深さ D_p 程度以上

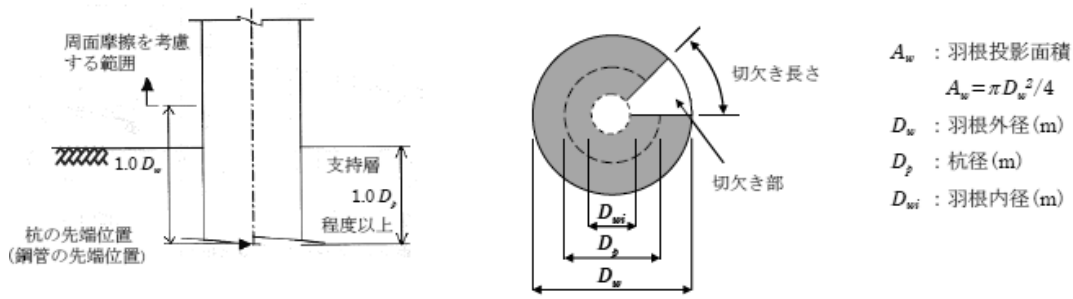


図-解 12.4.6　回転杭の先端投影面積と周面摩擦を考慮する範囲

（先端の極限支持力度）

砂層　　1.5 倍径　120N（≦6,000kN/m²）　2.0 倍径　100N（≦5,000kN/m²）
砂れき層　1.5 倍径　130N（≦6,500kN/m²）　2.0 倍径　115N（≦5,750kN/m²）

（周面摩擦力度）

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上面まで，又は鋼管先端から羽根外径分だけ上方までの位置のいずれか浅い方

砂質土　3N（≦150kN/m²），粘性土c又は 10N（≦100kN/m²）

【周面摩擦力度を期待できる範囲(回転杭以外)】

場所打ち杭，中掘り杭工法，プレボーリング杭工法及び鋼管ソイルセメント杭工法の場合は，杭先端から杭径分だけ上方の位置までを押込みに対して周面摩擦力を考慮する範囲とする。

【N 値 5 未満の軟弱層の周面摩擦力度】

「2.2.4 設計に用いる地盤定数の評価(P.140)」に示されるように，N 値が 5 未満の軟弱層では粘着力を N 値によって推定することは困難であるため，別途土質試験により推定するのがよい。

補足

①鋼管ソイルセメント杭の適用径

鋼管ソイルセメント杭の一般的な範囲の表記が，ソイルセメント柱径で従来の φ700～φ1500mm が φ1000～φ1500mm に，鋼管径で従来の φ500～φ1200mm が φ800～φ1300mm に変更された。

②許容押込み支持力算定時の杭先端の周面摩擦力の取り扱い

打込み杭工法以外は，杭の先端から杭径分だけ上方位置まで(回転杭の場合は，支持層区間，又は鋼管先端から羽根外径分だけ上方までのいずれか厚い方)の杭周面摩擦力は期待できないことに注意する必要がある。ただし，引抜き抵抗力は，回転杭を除き，杭先端の位置までの範囲の周面摩擦力を考慮できる。

③杭先端の支持力と周面摩擦力の考え方

打込み杭工法以外は，支持層の根入れを増やしても押込み支持力の増加がそれほど見込めないことに注意する必要がある。

従来，杭先端部の支持力と周面摩擦力は別々に考慮していたが，今回の改定で，打込み杭工法以外(場所打ち杭，中掘り杭工法，プレボーリング杭工法，鋼管ソイルセメント杭工法及び回転杭工法))の杭先端支持力は，杭先端部の周面摩擦力を含む考え方に変更されている。これは昭和39年に発刊された「道路橋下部構造設計指針　くい基礎の設計篇」の考え方と同様である。

④N 値 5 未満の軟弱層の周面摩擦力度

従来は N 値 2 以下の軟弱層の場合に，土質試験により N 値を推定する必要があった。

⑤回転杭の記載に関する杭基礎設計便覧との違い

杭先端の極限支持力度と杭周面の最大周面摩擦力度のそれぞれの値は杭基礎設計便覧(H19)と道路橋示方書(H24)で異なるが，先端支持力と周面摩擦力の支持力の合計は概ね等しい。

1)杭先端の極限支持力度

杭基礎設計便覧(H19)では杭先端で羽根外径の 10%の変位が生じたときの反力を整理していたが，道路橋示方書(H24)では杭頭部で杭径の 10%の変位が生じたときに見直した。

表-1 杭先端における単位面積当たりの極限支持力度 (kN/m²)

施工法	先端地盤	杭基礎設計便覧(H19)	道路橋示方書(H24)
回転杭工法 (D_w / D_p≦1.5)	粘性土	－	－
	砂質土	135 N (N≦50)	120 N (N≦50)
	砂礫	150 N (N≦50)	130 N (N≦50)
回転杭工法 (1.5＜D_w / D_p≦2.0)	粘性土	－	－
	砂質土	100 N (N≦50)	100 N (N≦50)
	砂礫	150 N (N≦50)	115 N (N≦50)

ただし，N は杭先端地盤における標準貫入試験の N 値，D_w は羽根外径，D_p は杭径を示す。

2)杭周面の最大周面摩擦力度

周面抵抗力を載荷試験データの下限での評価から平均値での評価に変更されている。

表-2 最大周面摩擦力度(kN/m²)

施工法	周面地盤	杭基礎設計便覧(H19)	道路橋示方書(H24)
回転杭工法	粘性土	cまたは 10N (≦80)	cまたは 10N (≦100)
	砂質土	2N (≦100)	3N (≦150)

ただし，N は杭周面地盤の平均 N 値，c は粘性土の粘着力(kN/m²)

項目	(4)杭基礎の設計／回転杭の軸方向許容引抜き抵抗力	
該当箇所	12 章 杭基礎の設計 12.4 杭の許容支持力 12.4.2 1本の杭の軸方向許容引抜き抵抗力	P.395- P.398

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

(3) 地盤から決まる杭の極限引抜き抵抗力を支持力推定式から算出する場合においては，式（12.4.5）による。

$$P_u = U\sum L_i f_i \quad \cdots\cdots (12.4.5)$$

ここに，

P_u ：地盤から決まる杭の極限引抜き抵抗力（kN）

U ：杭の周長（m）。ただし，鋼管ソイルセメント杭の場合においてはソイルセメント柱の周長とする。

L_i ：周面摩擦力を考慮する層の層厚（m）

f_i ：周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度（kN/m²）

ただし，回転杭の場合においては，式(12.4.6)で求めてよい。

$$P_u = U\sum L_i f_i + P_w \quad \cdots\cdots (12.4.6)$$

ここに，

P_w ：杭先端羽根の極限引抜き抵抗力（kN）

【回転杭の引抜き抵抗力】

回転杭の引抜き抵抗力（式 12.4.6)及び羽根のアンカー効果による抵抗力の解説が追加

$$P_w = \pi D_w\left(\sum \gamma_i' L_i + \gamma\frac{H}{2}\right)H\beta\tan\phi \quad \cdots\cdots (解\ 12.4.1)$$

ここに，

D_w ：羽根外径（m）

γ_i' ：支持層より上で地表面から i 番目の層の土の有効単位体積重量（kN/m³）

L_i ：支持層より上で地表面から i 番目の層の層厚（m）

γ ：支持層の土の有効単位体積重量（kN/m³）

H ：羽根上方の局所せん断破壊域の広がる高さでの支持層への根入れ長（m），ただし，$H \leqq 2.5D_w$ とする。

β ：引抜き係数。せん断破壊面の抵抗係数を表し支持層のせん断抵抗角に応じた値を適用する。（表-解 12.4.7）

ϕ ：支持層のせん断抵抗角（°）（N 値から推定する場合は参考資料 2 による）

【引抜き抵抗力を考慮できる範囲】

回転杭を除き，杭先端の位置までの範囲の周面摩擦力を考慮できる。

【回転杭の引抜き抵抗（支持層への根入れが深い場合の留意点）】

支持層への根入れが深い場合には，羽根から上方に発達するせん断破壊面が隣接する杭相互で重なる可能性があるが，引抜き抵抗力の評価が不明であるため，別途慎重な検討が必要である。一般に支持層への根入れが $1.5D_p$ 以下である場合には，引抜き抵抗力の群杭効果を考慮しなくてよい。

補足	**支持層への根入れ長に関する注意事項** 　許容引抜き力を増加させるために支持層への根入れを深くする場合は，事前に施工検討を実施するなど現場施工に配慮して支持層への根入れ長を決定する必要がある。

項目	(5)杭基礎の設計／特殊な条件における杭基礎の設計／水平変位の制限を緩和する杭基礎	
該当箇所	改定版　12 章 杭基礎の設計 12.8 特殊な条件における杭基礎の設計	P.416- P.422
	旧版　12 章 杭基礎の設計 12.8 特殊な条件における杭基礎の設計	P.382- P.387

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

次に示すような特殊な条件における杭基礎の設計にあたっては，地盤の特性，荷重条件，杭基礎全体の安全性等について，総合的に検討しなければならない。

(1) フーチング根入れ部の水平抵抗を考慮する杭基礎
(2) 杭体に水平荷重を受ける杭基礎
(3) 同一フーチングに著しく異なった長さの杭を有する杭基礎
(4) 斜面上に設けられる杭基礎
(5) 水平変位の制限を緩和する杭基礎

水平変位の制限を緩和する杭基礎

【適用地盤条件】

特に軟弱な沖積粘土地盤(N 値が 5 未満の粘性土を想定)

【水平変位の制限値】

杭径の 3.5%(≦50 ㎜)(橋台は適用不可)

【水平変位の制限を緩和する杭基礎】

鋼管杭，鋼管ソイルセメント杭，回転杭，PHC 杭，SC 杭のみ

【水平変位を緩和する場合の地盤反力係数】

非線形性考慮(1/2 乗則)

【液状化時の適用】

液状化時にも適用可

補足

水平変位の制限を緩和する杭基礎

①適用条件(特に軟弱な沖積粘性土地盤の N 値)

杭基礎設計便覧(H19)に記載の「N 値 4 程度以下」が「N 値 5 未満」に変更されているが，それ以外は同じ内容である。

②水平変位の制限値

水平変位の制限値 3.5%は，杭基礎設計便覧(H19)に示されるように，弾性限界変位 S_y を杭径 D で除した S_y/D の対数正規分布の平均値 5.3%に安全率を見込んで定められている。

(参考)許容水平変位量(水平変位を緩和しない杭基礎)

弾性限界変位 S_y を杭径 D で除した S_y/D の平均値は，鋼管杭で 4.1%，PC，PHC 杭で 3.7%，場所打ち杭で 1%以下であり，杭種によってバラつきはあるものの，許容水平変位量は杭径の 1%とされている。

項目	(6)杭基礎の設計／杭体の設計／継手	
該当箇所	改定版 12 章 杭基礎の設計 12.9 杭体の設計 12.9.2 継手	P.424
	旧版 12 章 杭基礎の設計 12.9 杭体の設計 12.9.2 継手	P.398
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	(1) 杭の継手は，所要の剛性を有するとともに施工時及び完成後に作用する荷重に対して安全でなければならない。 (2) 杭の継手は，断面の余裕，地盤の剛性変化，腐食等を考慮し，その影響が少ないところに設けなければならない。 **【継手位置】** 杭頭部や地中部の曲げモーメントが最大となる箇所では継手を設けないのが望ましい。	
補足	**①鋼管杭の現場縦継ぎ溶接位置の選定に関する注意事項** 現場溶接の許容応力度が工場溶接と同じ許容応力度となったが，これは鋼管杭の縦継溶接位置が設計時の杭体の発生応力度によらず自由に選定できるようになったということではない。「12.9.2 継手(P.424)」に示されるように，継手は力学特性に関する信頼性が必ずしも杭本体と同等ではないことに注意する必要があることから，杭頭部や地中部の曲げモーメントが最大となる箇所など設計上断面力が大きくなるようなところに継手を設けないことが望ましい。 **②鋼管杭の現場縦継ぎ溶接位置の選定に関する望ましくない事例** 例えば，杭長 14m の杭を設計する際，輸送制約が杭長 12m 以下の場合，上杭 2m，下杭 12m という杭割りを設定できるようにみえる。しかし，杭頭付近の曲げモーメントが大きく生じる位置に現場溶接継手が設けられることになるため，望ましい設計ではない。	

項目	(7)杭基礎の設計／杭体の設計／杭とフーチングの接合部	
該当箇所	改定版　12 章 杭基礎の設計 12.9　杭体の設計　12.9.3 杭とフーチングの接合部	P.424- P.428
	旧版　　12 章 杭基礎の設計 12.9　杭体の設計　12.9.3 杭とフーチングの接合部	P.398- P.402

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

杭とフーチングの接合部は原則として剛結し，接合部に生じる力に対して安全であることを照査する。

【杭頭の接合方式】

方法 A(フーチングの中に杭を一定長さだけ埋込む方法)については，近年はほとんど使用されていないことから記述が削除された。

【設計の基本(照査項目の省略)】

剛体と仮定できる厚さを有するフーチングに，構造細目を満足するように杭をフーチングに接合することを前提とし，標準的な縁端距離を確保する場合には，杭頭部に作用する押込み力，引抜き力，水平力及びモーメントに対する照査を省略することができる。

【仮想 RC 断面の照査】

仮想 RC 断面の直径は，鋼管径 D に 0.25D+100mm(≦400)(D:鋼管径，鋼管ソイルセメント杭も鋼管径)を加えた値とする。

仮想 RC 断面は，杭頭接合部の補強鉄筋の応力度照査を行い，コンクリートの応力度照査は省略してよい。

【定着長】

フーチング内，鋼管内の定着長は両方ともに(必要定着長＋10φ)以上。但し，フーチング内はフーチングの下端鉄筋の中心軸位置から定着長を確保する。

【中詰め補強鉄筋を用いた鉄筋かご方式が前提】

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とする。施工品質の確保が困難な鋼管に鉄筋を溶接することによる補強は用いない。

【中詰め補強鉄筋の鉄筋径及びコンクリート強度】

SD345 の中詰め補強鉄筋では配置が困難な場合は，SD390，SD490 を用いる。

その場合はコンクリート設計基準強度を $\sigma_{ck}=30N/mm^2$ とする。

【斜杭の接合方法(鋼管杭)】

フーチングへの斜杭の埋込み長さは最小部分が 100mm となるようにする。鋼管杭がフーチングの下面鉄筋と干渉する場合は，斜杭天端部を水平に切断する等の処理を行う。

【PHC，SC 杭】

基本的には鋼管杭同様，杭体内補強鉄筋は考慮可

【鉄筋の定着長】

$la=\sigma_{sa}/4\tau_{0a}\times\phi$ (式 7.8.1　P.196)により算出

一般的には 35φ以上としてよい，との記述があるが，SD390，SD490 の場合は注意が必要。

補足

①SD490 の鉄筋のフック　「7.7　鉄筋のフック及び鉄筋の曲げ形状(P.193)」参照

SD490 は直角フックのみを用いることができる。

②異形棒鋼の曲げ内半径　「7.7　鉄筋のフック及び鉄筋の曲げ形状(P.194)」参照

SR235，SD295 が削除され，SD345，SD490 の曲げ内半径が追記された。

表-7.7.1　異形棒鋼の曲げ内半径（mm）

記　　号	曲げ内半径	
	フック	フック以外
SD345	2.5ϕ	2.0ϕ
SD390	3.0ϕ	2.5ϕ
SD490	3.5ϕ	3.0ϕ

ここにϕ：鉄筋の直径（mm）

③インテグラルアバット橋の杭とフーチングの接合部

インテグラルアバット橋の杭とフーチングの接合部は方法 A（フーチングの中に杭を一定長さだけ埋込む方法）とすることも考えられるが，その際は杭基礎設計便覧（H19）を参考にするのがよい。

④高強度鉄筋の定着長

高強度鉄筋を使用する際に定着長が長くなるが，定着長をとるためにフーチング厚を大きくする設計をするのではなく，定着体を活用するなど他の方法をとることが望ましい。

本資料の**「3．杭頭接合部の設計に関する補足・解説」**に新旧道示による設計比較や照査例等を記述したので，併せて参照されたい。

項目	(8)杭基礎の設計／レベル2地震時に対する照査／基礎の許容塑性率及び許容変位	
該当箇所	改定版 12 章 杭基礎の設計 12.10 レベル2地震時に対する照査 12.10.3 基礎の許容塑性率及び許容変位	P.432- P.433
	旧版 12 章 杭基礎の設計 12.10 レベル2地震時に対する照査 12.10.3 基礎の許容塑性率及び許容変位	P.405- P.406
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	杭基礎の許容塑性率及び許容変位は，杭基礎に生じる損傷が橋としての機能の回復が容易に行い得る程度に留まるように定めなければならない。 【許容塑性率】 橋脚基礎： 直杭 4，斜杭適用 3，場所打ち杭(高強度鉄筋)2 橋台基礎： 直杭 3，斜杭適用 2，場所打ち杭(高強度鉄筋)基礎の塑性化不可	
補足	斜杭及び高強度鉄筋(SD390，SD490)を用いた場所打ち杭の許容塑性率の目安が追加された。 橋脚の杭基礎における許容変位は，フーチング底面位置の回転角で0.02rad 程度を目安とすることで変更なし。	

<table>
<tr><td>項目</td><td colspan="2">(9)杭基礎の設計／レベル2地震時に対する照査／部材の照査</td></tr>
<tr><td rowspan="2">該当箇所</td><td>改訂版　12 章 杭基礎の設計 12.10 レベル2地震時に対する照査　12.10.5 部材の照査</td><td>P.440- P.441</td></tr>
<tr><td>旧版　12 章 杭基礎の設計 12.10 レベル2地震時に対する照査　12.10.5 部材の照査</td><td>P.413- P.414</td></tr>
<tr><td>条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ</td><td colspan="2">杭基礎の各部材は，12.10.4 の規定により算出する部材に生じる断面力が当該部材の耐力以下となることを照査しなければならない。
【杭とフーチングの接合部】
基礎に主たる塑性化を考慮しない場合：仮想 RC 断面降伏モーメント≧杭頭発生曲げモーメント
基礎に主たる塑性化を考慮する場合：　仮想 RC 断面降伏モーメント≧杭体降伏曲げモーメント</td></tr>
<tr><td>補足</td><td colspan="2">仮想RC断面の照査曲げモーメントが明確化された。</td></tr>
</table>

項目	(10)構造細目／鋼管杭及び鋼管ソイルセメント杭	
該当箇所	改定版　12 章 杭基礎の設計 12.11 構造細目　12.11.4　鋼管ソイルセメント杭	P.451- P.453
	旧版　12 章 杭基礎の設計 12.11 構造細目　12.11.5　鋼管ソイルセメント杭	P.428- P.429

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

(1) 鋼管ソイルセメント杭に使用する外面突起付き鋼管は JIS A 5525 の規格に適合するとともに，ソイルセメントとの付着を確保するための外面突起が JIS A 5525 附属書 A に適合するものを標準とする。

(2) 鋼管ソイルセメント杭に用いる鋼管各部の厚さは，腐食による減厚を生じても安全なように決定する。次による場合においては，これを満たすものとみなす。

1) 鋼管ソイルセメント杭に用いる鋼管各部の厚さは，設計上必要な厚さに腐食による減厚を加えたものとし，最小肉厚は 9mm とする。施工時に杭に生じる応力に対しては全断面を有効としてよい。

2) 鋼管ソイルセメント杭に用いる鋼管の腐食減厚は，鋼管がソイルセメントに接する面について考慮する。ただし，鋼管の内面については考慮しなくてもよい。

(3) 鋼管ソイルセメント杭に用いるソイルセメントは，所要の強度を有しなければならない。

(4) 鋼管ソイルセメント杭に用いる鋼管の現場継手は，所要の強度及び剛性を有し，施工性を考慮した構造とする。

【外面突起付き鋼管】

外面突起は JIS A 5525 附属書 A に適合するものを標準とすることが記載された。

【機械式継手】

「12.11.3 鋼管杭の解説(5)(P.450)」に機械式継手が紹介された。

補足

①外面突起付き鋼管の JIS 化

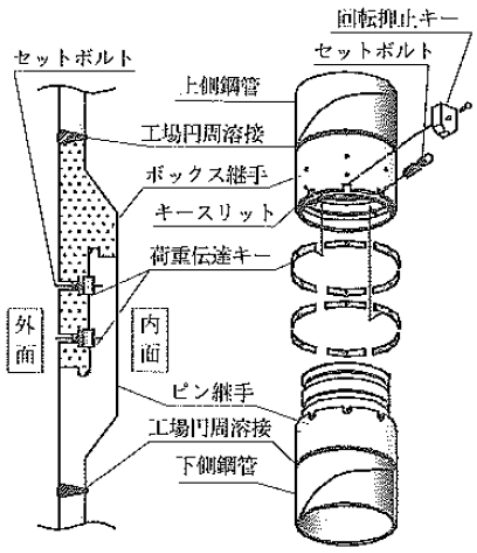
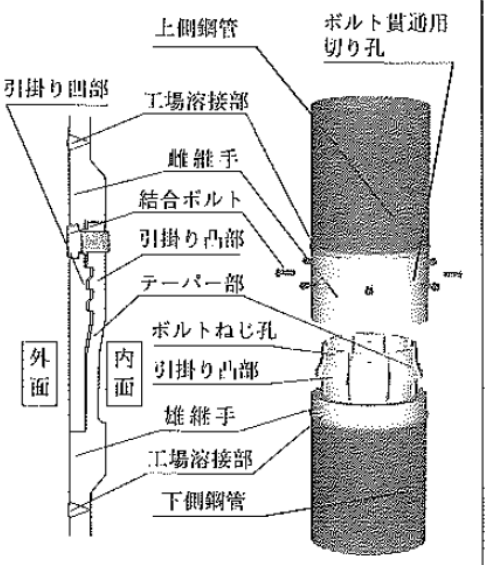
JIS A 5525 の外面突起付き鋼管は SKK400-OR, SKK490-OR である。ちなみに内面突起付き鋼管は SKK400-IR, SKK490-IR である。

②機械式継手の概要

杭基礎設計便覧(H19)(P.323)参照。

補足

表-III. 7. 7　鋼管杭機械式継手の概要

	A 方 法	B 方 法
概略図		
適用範囲（標準）	外径400～1,600mm　板厚9～27mm	外径400～1,600mm　板厚6～30mm
施工手順	①上下杭接合→②セットボルトの押込み→③押込み深さ検査（接合完了）	①上下杭接合→②結合ボルトの締付け→③結合ボルト締付けトルク確認（接合完了）
継手部強度	継手付き鋼管の強度および変形性能が，鋼管本体と同等以上(継手適用による許容応力照査・低減が不要)	継手付き鋼管の強度および変形性能が，鋼管本体と同等以上(継手適用による許容応力照査・低減が不要)

③回転杭の板厚の設計

回転杭の場合，施工時の回転トルクを考慮して，鋼管杭の板厚及び継手仕様を決定する必要がある。

「12.9.4 施工時の設計(P.429)」参照のこと。

項目	（11）鋼管矢板基礎の設計／基礎各部材の設計／頂版と鋼管矢板の接合部	
該当箇所	改定版 13 章 鋼管矢板基礎の設計 13.7 基礎各部材の設計 13.7.3 頂版と鋼管矢板の接合部	P.477
	旧版 13 章 鋼管矢板基礎の設計 13.7 基礎各部材の設計 13.7.3 頂版と鋼管矢板の結合部	P.454- P.455
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	頂版と鋼管矢板の接合部は，頂版に作用する荷重を円滑かつ安全に鋼管矢板に伝える構造としなければならない。 **【接合方式の削除】** 実績の多いスタッド方式の記載のみとし，プレートブラケット方式，差し筋方式は削除された。 **【施工管理】** スタッド方式で施工する場合，厳重な施工管理のもとで行うことが追記された。 **【呼称変更】** 「鉄筋スタッド方式」から「スタッド方式」に呼称が変更された。	
補足	**①他の基準類での頂版と鋼管矢板の接合方式** 「国土交通省土木工事積算基準」では，スタッド方式を標準としている。「鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎工構造物 H24」では，本編はスタッド方式のみとし，プレートブラケット方式は付属資料に記載されている。 **②施工管理** 「20.6.2 頂版接合部及び頂版(P.581)」に解説されているので参照のこと。 **③1段当たりの鉄筋本数** 「図-解 13.7.3 異形形状のスタッドを用いた接合方法の例(P.477)」では，1段当たりの鉄筋が 2 本となっているが，「国土交通省土木工事積算基準」では1段当たりの鉄筋は 4 本が標準とされている。	

項目	（12）鋼管矢板基礎の設計／レベル2地震時に対する照査／部材の照査	
該当箇所	改定版 13 章 鋼管矢板基礎の設計 13.9 レベル2地震時に対する照査 13.9.5 部材の照査	P.484
	旧版 13 章 鋼管矢板基礎の設計 13.9 レベル2地震時に対する照査 13.9.5 部材の照査	P.462
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	鋼管矢板基礎の各部材は，13.9.4 の規定により算出する部材に生じる断面力が当該部材の耐力以下となることを照査しなければならない。 **【設計断面力の変更】** 頂版と鋼管矢板との接合部の設計は，接合部に生じる曲げモーメント，鉛直力，水平力に対して降伏しないことを照査することに変更された。	
補足	これまで実設計で用いていた「鋼管矢板基礎設計施工便覧（H9.12）」の設計方法に見直されたため，実設計に影響はない。	

項目	(13)鋼管矢板基礎の設計／構造細目	
該当箇所	改定版 13 章 鋼管矢板基礎の設計 13.10 構造細目	P.484-P.485
	旧版 13 章 鋼管矢板基礎の設計 13.10 構造細目	P.463-P.464
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	(1) 鋼管矢板は，JIS A 5530 の規格に適合するものを標準とする。 (2) 鋼管矢板の各部の厚さは，腐食による減厚を生じても安全なように決定する。次による場合においては，これを満たすものとみなす。 鋼管矢板各部の厚さは，設計上必要な厚さに腐食による減厚を加えたものとし，最小肉厚は 9mm とする。このとき，鋼管矢板の腐食減厚は，鋼管矢板が土又は水に接する面について考慮する。ただし，鋼管矢板の内面については考慮しなくてもよい。 (3) 鋼管矢板の現場継手は，所要の強度及び剛性を有し，施工性を考慮した構造とする。 (4) 鋼管矢板の打設時に鋼管矢板に変形を生じるおそれがあると判断される場合には補強を行う。 (5) 仮締切兼用方式の鋼管矢板基礎では，頂版との接合部付近の鋼管矢板内に中詰めコンクリートを打設し補強を行う。 (6) 鋼管矢板基礎の継手管部は，基礎の剛性を高めるために継手管の内部の土砂を排土した後，モルタルを充てんすることを原則とする。 **【打込み杭工法の最小板厚】** バイブロハンマ工法又は打撃工法により施工する鋼管矢板(鋼管矢板径 1000mm 以下)の場合は，t/D(板厚 t と鋼管矢板径 D の比)を 1.4%以上とする。	
補足	**①打込み杭工法の最小板厚** 従来は t/D(板厚 t と鋼管矢板径 D の比)が 1.4%未満の場合，必要に応じて杭頭部の補強を行うこととされていたが，今回の改定で t/D を 1.4%以上とすることが前提となった。ただし，t/D を 1.4%以上とした場合でも，施工時に杭体が損傷することが想定される場合は，「12.11.3 鋼管杭(P.447)」の規定に基づき必要に応じて杭頭部及び杭先端部の補強を行うのが良い。 **②バイブロハンマ工法の留意点** バイブロハンマ工法は，鋼管矢板を押し引きしながら施工が可能で，精度良く鋼管矢板を打設することができるというメリットがあることから，打撃工法による鋼管矢板基礎の場合に下鋼管矢板を建込むための工法として採用される場合が多い。しかし，杭長が長い場合や地盤が固い場合など，バイブロハンマ工法で長時間連続して施工すると，t/D を 1.4%以上にした場合でも鋼管矢板に損傷を与える可能性があるので，施工に要する時間を十分に検討する必要がある(60 分程度が目安)。「20.4 打込み及び打止め(P.578)」参照。	

項目	（14）圧密沈下が生じる地盤中での斜杭の照査（新規追加）	
該当箇所	参考資料 9　圧密沈下が生じる地盤中での斜杭の照査	P.622- P.624

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

【適用範囲】

・圧密沈下を生じる粘性土中に施工される打込み杭工法，中掘り杭工法，回転杭工法

・圧密層表層の沈下量が層厚の 5%以下及び 1m 以下の地盤（互層地盤は対象外）

・側方移動など地盤の水平変位が生じるおそれのある場合には，別途の対策により地盤変位に伴う杭への作用を生じさせないことが前提

【考慮する荷重】

①活荷重及び衝撃を除く主荷重（死荷重等）

②地盤の圧密沈下により杭軸直角方向に作用する荷重

・作用範囲は，**図-1** に示す換算載荷長 L_H の範囲

・L_H は，実験的・解析的検討の結果に基づき，**図-2** により求める

・L_H の式及び圧密沈下による影響評価係数 t_M が新たに規定された

・荷重は三角形分布を仮定

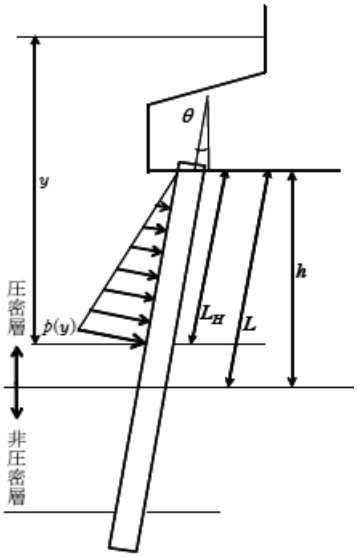
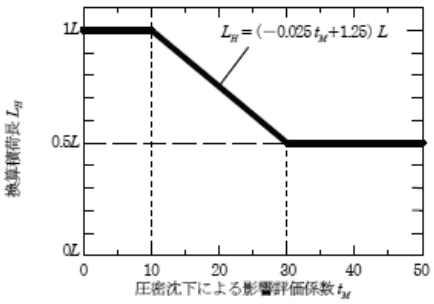


図-1　p(y)及び L_H の概念図



ここに，

L_H ：換算載荷長（m）

t_M ：圧密沈下による影響評価係数で，$\beta L(L/\delta\sin\theta)^{1/5}$

β ：基礎の特性値

δ ：地表面の圧密沈下量（m）

θ ：斜角

L ：フーチング下端から圧密層下端までの杭軸方向の距離（m）で，$(h/\cos\theta)$

h ：フーチング下端から圧密層下端までの距離（m）

図-2　L_H の算定図

$$p(y) = \alpha D \gamma y \sin\theta$$

p(y)：載荷範囲下端において，地盤の圧密沈下により斜杭の杭軸直角方向に作用する荷重（kN/m）

α：杭の中心間隔の比で，3.0 を上限とする

D：杭径（m）

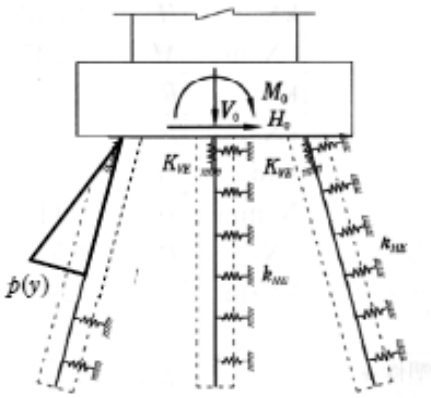
γ：圧密層（粘性土層）の単位体積重量（kN/m^3）

y：載荷範囲下端の地表面からの深度（m）

θ：斜杭の角度（°）

③地盤の圧密沈下により杭軸方向に作用する荷重

・直杭の場合の負の周面摩擦力と同様に求める

	【計算モデル及び応力度照査】 杭頭がフーチングに剛結されたラーメン構造とし，上記の荷重を作用させて杭体に発生する断面力を算出し，杭体応力度を照査する。  **図-3 計算モデル**
補足	・斜杭の施工実績が増えてきたこともあり，今回規定された。 ・斜杭を圧密沈下が生じるような地盤に適用した場合，杭軸方向の負の摩擦力とともに，杭に曲げ変形が生じる可能性がある。こうした場合の照査方法は昭和 60 年度版杭基礎設計便覧の参考資料に東名高速道路の久能高架橋の計算例が掲載されている。具体的には，圧密層の 80%の深さかつ杭間隔の幅の影響範囲で，三角形分布荷重が杭に作用するという計算方法である。しかし，この方法では曲げ変形が過大になる場合があるため，平成 4 年度版杭基礎設計便覧では記載がなくなり，平成 18 年度改定版においても記載がなかったが，今回の道示改定版では参考資料として掲載された。 ・負の摩擦力と同様，地震時は圧密沈下の影響は考慮しなくてよい。

2．3 鋼管杭･鋼管矢板基礎の施工に関連する事項

項目	(1)杭基礎の施工／適用する工法	
該当箇所	改定版 18 章 既製杭基礎の施工 18.1 適用する工法	P.548- P.549
	旧版 17 章 既製杭基礎の施工 17.1 適用する工法	P.502- P.503
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	本章の規定は，打込み杭工法，中掘り杭工法，プレボーリング杭工法，鋼管ソイルセメント杭工法又は回転杭工法により既製杭基礎の施工を行う場合に適用する。 **【適用工法】** 回転杭工法が追加された。 **【対象とする既製杭】** RC 杭が削除された。 **【プレボーリング杭工法の解説の変更】** ＜旧版＞ 「プレボーリング杭工法には種々の工法があるが，ここでは掘削ビット及びロッドで地盤を掘削し，根固め液及び杭周固定液を注入した後，工場製作によるRC 杭，PHC 杭又はSC 杭を沈設する工法である。ここでいうプレボーリング杭工法は，掘削孔壁と杭体周面との空隙を確実に充てんできる工法に限定している。」 ＜改定版＞ 「プレボーリング杭工法として，ここでは掘削ビット及びロッドで地盤を掘削，泥土化した掘削孔内の地盤に根固液及び杭周固定液を注入，攪拌混合してソイルセメント状にした後，PHC 杭又は SC 杭を沈設する工法を対象としている。ここでいうプレボーリング杭工法は，掘削孔壁と杭体周面との間がソイルセメントで確実に満たされている工法に限定している。」 **【既製杭の施工に適用できる工法の前提】** 下記解説文が追記された。 「既製杭基礎は，設計で想定している支持層への根入れや杭先端部の拡径などが適切に行われていることが所定の支持力を発揮する前提となる。この前提を満たすためには，あらかじめ試験杭でこれらが確実に行われることを確認した施工管理方法により施工するとともに，それを客観的に確認できるよう所定の施工管理項目について記録する必要がある。また，このような施工管理方法や記録方法が確立されていることが，既製杭の施工に適用できる工法の前提となる。」	
補足	プレボーリング杭工法の解説を追記し，既製杭の施工に適用できる工法の前提を明確化した。	

項目	(2)杭基礎の施工／試験杭	
該当箇所	改定版　18 章 既製杭基礎の施工　18.3　試験杭	P.549- P.550
	旧版　　17 章 既製杭基礎の施工　17.3　試験杭	P.503- P.504
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	杭の施工に際しては，施工性や，設計で考慮した条件が満たされることを確認するために，あらかじめ試験杭の施工を行わなければならない。 **【試験杭の施工】** 旧版条文では，「ただし，施工地点における杭の施工性が十分把握されている場合は試験杭の施工を省略することができる。」と規定されていたが，改定版では削除された。 **【試験杭の長さ】** 「本杭より1～2m長いものを用いる」(旧版)の記載が，「支持層深度等の不確実性を考慮して適切な長さの杭を用いる。」(改定版)に変更された。 **【杭の自重による沈下トラブルに関する注意喚起】** 「杭が安定するまで所定の位置で保持し，必要となる保持時間を確認して本施工での目安とするのがよい。」の文章が追記された。 **【支持層の確認】** 打込み杭工法以外の工法について，支持層の確認方法の説明が追加された。 「中掘り杭工法(最終打撃方式以外)，プレボーリング杭工法，鋼管ソイルセメント杭工法及び回転杭工法における支持層の確認は，支持層付近で掘削速度を極力一定に保ち，掘削抵抗値(オーガ駆動電流値，積分電流値又は回転抵抗値)の変化をあらかじめ調査している土質柱状図と対比して行う。この際の施工記録に基づき，本施工における支持層判定等の管理指標を定める。 ただし，掘削抵抗値の変化の度合いは，土質条件，杭の大型化やこれに伴う施工機械の掘削能力の向上などにより，必ずしも明確に確認できない場合もある。このような場合，例えばオーガヘッドの先端部に付着している掘削土と土質柱状図を照合するなど，総合的な観点から本施工における管理指標を定めるのがよい。」	
補足	**①試験杭の義務化** 杭の施工に際し，あらかじめ試験杭を施工することが明文化された。 **②杭の沈下に対する注意喚起** 中掘り杭工法(最終打撃方式以外)，プレボーリング杭工法及び鋼管ソイルセメント杭工法について設置後に自重により沈下する場合があるため，注意喚起文が追加された。	

項目	(3)杭基礎の施工／現場溶接継手	
該当箇所	改定版 18 章 既製杭基礎の施工 18.7 現場溶接継手	P.552- P.553
	旧版 17 章 既製杭基礎の施工 17.7 現場溶接継手	P.505- P.506

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

(1) 既製杭の現場溶接継手は，アーク溶接継手を原則とする。

(2) 現場溶接に際しては，知識経験のある溶接施工管理技術者を常置させなければならない。溶接施工管理技術者は溶接工の選定並びに溶接の管理，指導，検査及び記録を行う。

(3) 溶接工は，JIS Z 3801 及び JIS Z 3841 に定められた試験の種類のうち杭の現場溶接に必要な試験，又はこれと同等以上の検定試験に合格した者のうち，6 か月以上溶接工事に従事した者とする。

(4) コンクリート杭の現場溶接は，JIS A 7201 に従って慎重に行わなければならない。また，鋼管杭の現場溶接についても，これに準じて行う。

(5) 杭の現場溶接継手にあたっては，良好な溶接環境の確保や適切な溶接管理を行うとともに，溶接条件，溶接作業，検査結果等を記録しなければならない。

(6) 溶接部の検査は，指定された方法，個数及び箇所について行う。検査の結果，発見された欠陥のうち手直しを要するものについては，適切な方法により補修し，かつ，補修状況が確認できるように記録をしなければならない。

【杭の現場溶接の管理項目】

良好な溶接環境の確保，適切な溶接管理が追加された。

【現場の管理技術者，溶接工の資格】

具体的な記述が追加された。

溶接施工監理技術者:WES 7601 に合格した者等

溶接工:JIS Z 3801 及び JIS Z 3841 に合格した者，さらに WES 8106 等に合格した者が望ましい

【適用規格】

現場溶接(JIS A 7201)，目違いやルート間隔の許容差(JIS A 5525)の他に溶接継手部の間隔の確保，裏当てリングの使用(WES 7601)を追加

【溶接管理方法や記録項目について】

参照とする文献が明記された。

①鋼管杭

「道路橋における鋼管杭現場縦継ぎ溶接作業要領」(鋼管杭・鋼矢板技術協会，平成 24 年 3 月)

⇒鋼管杭・鋼矢板技術協会のホームページからダウンロード可

②既製コンクリート杭

「道路橋における既製コンクリート杭の現場溶接継手作業要領」(コンクリートパイル建設技術協会，平成 24 年 3 月)

【現場溶接後の検査方法(鋼管杭)】

外部きず・・・・肉眼による全数検査 及び 一定頻度で浸透探傷試験(JIS Z 2343)

内部きず・・・・一定頻度で放射線透過試験(JIS Z 3104) あるいは超音波探傷試験(JIS Z 3060)

⇒1 類から 3 類であることを確認

補足

①現場溶接の品質，検査方法

現場溶接部の許容応力度が工場溶接の 90%から 100%に変更になったことに伴い，現場溶接の品質，検査方法について具体的な解説が追加され，参照文献が記載された。

②既製コンクリート杭の現場溶接継手部の検査

既製コンクリート杭の溶接継手部の内部きずは，構造上の理由から放射線透過試験や超音波探傷試験により確認することができない。

適切なプロセス管理を行うことにより一定の溶接品質を確保できることが実験により確認された。

非破壊検査技術者(JIS Z 2305)による浸透探傷試験の頻度を溶接箇所の 10%から 20%に増やすことで品質向上を図ることとなった。

③鋼管杭の現場溶接継手部の検査

管理方法は事業者により異なるが国交省，NEXCO の例を下表に示す。

表-1 鋼管杭の現場溶接継手の管理

	管理方法	管理基準(頻度)
国土交通省	浸透探傷試験	全数の杭の全現場円周溶接部(現場自主検査)
	超音波探傷試験	溶接20箇所毎に1箇所
	放射線透過試験	溶接20箇所毎に1箇所 中掘り杭工法・鋼管ソイルセメント杭工法等，放射線透過試験が困難な場合，超音波探傷試験での代替可能。
NEXCO	浸透探傷試験	全数の杭の全現場円周溶接部
	放射線透過試験	溶接50箇所毎に1箇所 施工開始直後の2本の杭については全現場円周溶接部

<table>
<tr><td>項目</td><td colspan="2">(4)杭基礎の施工／中掘り杭工法／先端処理</td></tr>
<tr><td rowspan="2">該当箇所</td><td>改定版　18 章 既製杭基礎の施工 18.10 中掘り杭工法 18.10.1 掘削，沈設及び保持，18.10.2 先端処理</td><td>P.558- P.560</td></tr>
<tr><td>旧版　17 章 既製杭基礎の施工 17.11 中掘り杭工法 17.11.1 掘削及び沈設，17.11.2 先端処理</td><td>P.510- P.513</td></tr>
<tr><td>条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ</td><td colspan="2">(1) 掘削及び沈設中は，土質性状の変化や杭の沈設状況等に注意し，杭先端部及び杭周辺地盤を乱さないようにしなければならない。
(2) 杭は，設計で考慮した支持力を確保するために，試験杭の施工により確認した支持層等の状況を踏まえて所定の深さまで沈設するとともに，必要に応じ所定の位置に保持しなければならない。

【タイトルの変更】
掘削及び沈設⇒掘削，沈設及び保持
【杭の保持について】
以下の説明文が追加された。
「杭が所定の深さより深く自沈することのないように，試験杭での確認結果に基づき，必要に応じて一定の時間杭を所定の位置に保持する。」

杭先端が所定の深さに達した後，設計で考慮した支持力を確保するために，先端処理方法に応じ，適切な施工管理のもとで次に示す方法により確実に杭先端を処理しなければならない。
(1) 最終打撃方式による場合においては，18.9 の規定により行う。
(2) セメントミルク噴出攪拌方式による場合においては，セメントミルクを所定の圧力で噴出しながら杭先端部周辺地盤の砂れき又は砂と十分攪拌し，所定の形状の根固部を築造する。
(3) コンクリート打設方式による場合においては，19 章の規定により行う。

【掘削中の先掘り】
掘削中は過大な先掘りを行ってはならず，施工手順上やむを得ない場合でも1m以内に留める必要がある。⇒1m以内という具体的な値が追加された。
【拡大掘りを行う場合の管理方法，留意事項】
以下の解説が追加された。
オーガ駆動装置の電流値の増加による確認，及び，拡翼の事実が痕跡として残る機構を設け記録する方法などを採用　⇒施工管理方法の特性を理解して，試験杭施工時に管理が可能か判断</td></tr>
<tr><td>補足</td><td colspan="2">近年の施工トラブル事例を踏まえ，文言の見直し，追加がなされた。先端処理における掘削ビットの拡大確認方法については「鋼管杭の中掘り杭工法（セメントミルク噴出撹拌方式）施工要領」（鋼管杭協会，平成 20 年 7 月）の参考資料（3）「鋼管杭中掘り杭工法（セメントミルク噴出撹拌方式）杭先端根固め部築造における掘削ビットの拡大確認方法」を参照されたい。</td></tr>
</table>

項目	(5)杭基礎の施工／回転杭工法(新規追加)	
該当箇所	18 章 既製杭基礎の施工 18.13 回転杭工法	P.565
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	(1) 回転杭は，土質性状の変化や杭の貫入状況等に注意し，傾斜や曲がり，杭先端の損傷等が生じないように貫入しなければならない。 (2) 回転杭は，試験杭の施工により確認した支持層等の状況を踏まえて，所定の深さに設計上必要な根入れ長を確保できるまで貫入させることを原則とする。 **【施工の留意事項】** ・杭の傾斜や曲がり，杭先端の損傷等が生じないこと。 ・施工は杭先端の羽根による推進力によって行い，杭体に過度な押込み力を付加することは避ける。 ・斜杭の施工では施工機械の水平精度に注意するとともに，貫入開始直後は杭芯がずれることがあるため，杭の斜角の確認を行う必要がある。 ・所定の深さに設計上必要な根入れ長を確保できるまで貫入させることを原則とする。 ・回転抵抗値(電流値やトルク値)，貫入量，押込み力等により管理，支持層を確認し，必要な根入れ長を確保，打止めること。 支持層が非常に硬く所定の深度までの貫入が困難となる場合，杭材の破断，支持層を乱すおそれがあり，無理に杭径以上の根入れをせず，土質柱状図や試験杭でのデータなどを参考に打止める。所定の根入れが行われなかった場合は別途引抜き抵抗力の検証が必要。	
補足	**【参考文献】** 「回転杭の設計施工事例 -道路橋示方書の改定内容-」，土木施工 2012 年 7 月号	

項目	(6)鋼管矢板基礎の施工／適用する工法	
該当箇所	改定版 20 章 鋼管矢板基礎の施工 20.1 適用する工法	P.576- P.577
	旧版 19 章 鋼管矢板基礎の施工 19.1 適用する工法	P.529- P.530

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

> 本章の規定は，打込み工法又は中掘り工法により鋼管矢板基礎の施工を行う場合に適用する。

文言の変更はないが，中掘り工法の先端処理については「18.10.2 先端処理(P.559)」に準拠。

補足

①鋼管矢板基礎の適用工法について

打込み工法では油圧ハンマによる打撃工法がほとんどで，建て込み時に一部バイブロハンマを使用する。

②鋼管矢板基礎の現場溶接位置について

基本的には鋼管杭の場合と同様であるが，鋼管矢板基礎において，打込み工法などで下鋼管矢板を井筒形状に先に閉合させ，その後に上鋼管矢板を縦継ぎして打設してゆく施工工程をとる場合，隣接する下側鋼管矢板を同じ高さに打ち止めた状態で縦継しようとすると，連結継手管の溶接が困難な部位が生じてくる。このことから，下図に示すように，隣接する鋼管天端に30cm程度以上の差を付けておくことが必要となる。2本継ぎ，3本継ぎと現場縦継ぎ箇所が増えると，縦継ぎ溶接の位置が順次下がって行くことになることから，鋼管矢板を何本継ぎするかを踏まえて，杭の施工及び現場縦継ぎ溶接や検査の作業に支障が生じないように，作業構台や導枠，溶接足場，縦継ぎ時の打止め高さなどを総合的に計画する必要がある。

なお，中掘り工法で施工する場合は，1本の鋼管矢板を現場縦継溶接でつなぎながら打設しきってしまうことが原則となるため，上記のような継ぎ位置の高さの変化を考慮した作業足場の検討は不要となる。

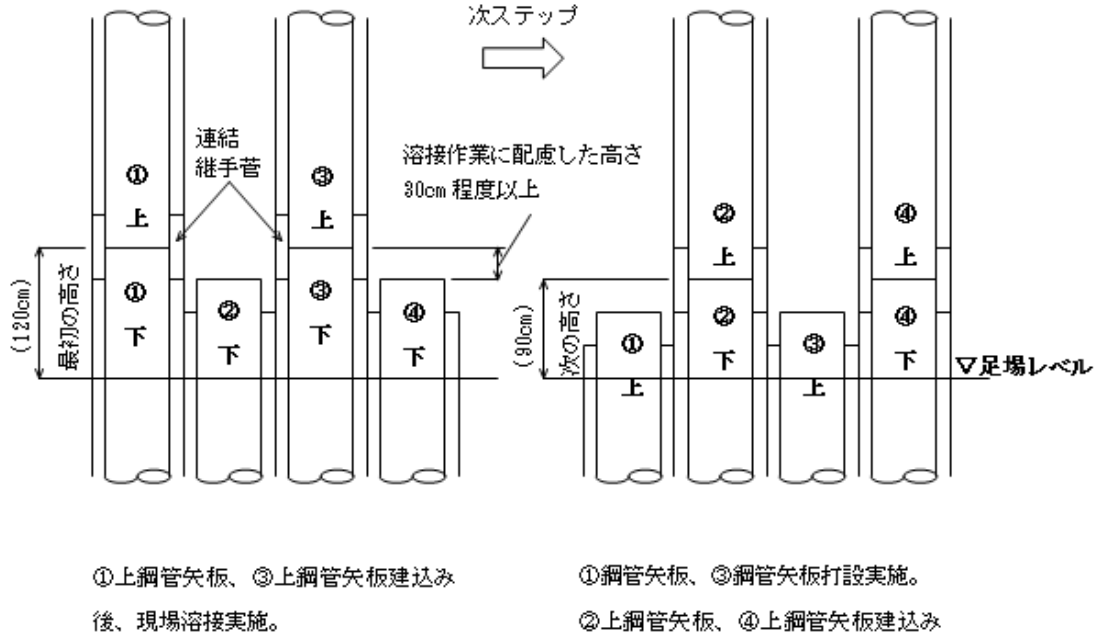


図-1 鋼管矢板を井筒形状に先に閉合打設する場合の現場縦継ぎ位置

項目	(7)鋼管矢板基礎の施工／打込み及び打止め	
該当箇所	改定版 20 章 鋼管矢板基礎の施工 20.4 打込み及び打止め	P.578- P.579
	旧版 19 章 鋼管矢板基礎の施工 19.4 打込み及び打止め	P.531- P.532

条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ

(1) 鋼管矢板の打込み順序は，基礎の形状，打込み方法，杭打ち機の種類と配置，打込み精度への影響等を考慮して決めなければならない。

(2) 打込みに際しては，常に打込み精度と貫入状況に注意し，また，鋼管矢板に損傷を与えないように打込まなければならない。

(3) 中掘り工法においては，土質性状の変化や鋼管矢板の沈設状況等に注意し，鋼管矢板先端部及び周辺地盤を乱さないように掘削及び沈設するとともに，必要に応じ所定の位置に保持しなければならない。

(4) 鋼管矢板は，設計で考慮した支持力を確保するために，試験杭の施工により確認した支持層等の状況を踏まえて所定の深さまで根入れすることを原則とする。

【バイブロハンマ工法の長時間連続施工】

下記の注意喚起文が追加された。

鋼管矢板に損傷を与える可能性があることから，採用にあたっては，施工に要する時間を十分に検討する必要がある。

【中掘り工法の先掘り】

留意事項の説明文が変更され，具体的数値が示された。

旧版：状況に応じて杭径程度の先掘りを行うことはやむを得ないが・・・・・・

改定版：過大な先掘りを行ってはならず，施工手順上やむを得ない場合でも 1m 以内に留める必要がある。このためには，鋼管矢板先端位置とスパイラルオーガ先端位置の関係を常に観測しておく必要がある。

補足

中掘り工法の先掘りの規定（1m 以内）は「18.10.1 掘削，沈設及び保持(P.558)」に同様。

<table>
<tr><td>項目</td><td colspan="2">(8)鋼管矢板基礎の施工／仮締切及び頂版／頂版接合部及び頂版</td></tr>
<tr><td rowspan="2">該当箇所</td><td>改定版 20 章 鋼管矢板基礎の施工 20.6 仮締切及び頂版 20.6.2 頂版接合部及び頂版</td><td>P.581</td></tr>
<tr><td>旧版 19 章 鋼管矢板基礎の施工 19.6 仮締切り及び頂版 19.6.2 頂版結合部及び頂版</td><td>P.533- P.534</td></tr>
<tr><td>条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ</td><td colspan="2">頂版と鋼管矢板との接合部及び頂版は，頂版に作用する荷重が鋼管矢板に確実に伝達されるように施工しなければならない。

【呼称の変更】
頂版結合部⇒頂版接合部，鉄筋スタッド方式⇒スタッド方式
【頂版接合部のスタッド溶接の管理】
以下が規定された。
①許容応力度
スタッドの材質がSM材相当で，電流値，アーク時間及び押引き量について全数管理ができる施工方法を用いる場合に限り，「表-4.3.1 鉄筋の許容応力度(P.165)」の値を用いることが可能。
②現場溶接の品質管理
以下の2点を規定。
・同一の施工条件で別途施工した試験用スタッドに対する曲げ試験及び引張試験
・スタッド全数の溶接状況の監視，施工後の外観検査及び記録</td></tr>
<tr><td>補足</td><td colspan="2">頂版接合部の施工法がスタッド方式のみになり，現場溶接の施工管理，品質管理について詳細に規定された。
①スタッド径
鋼管矢板の板厚tにより，次のように使い分ける。t＜12→D19，t≧12→D22
②スタッド方式の品質管理方法
(1)溶接短絡の検出
スタッド筋の押込み前にアークが切れてしまう短絡により重大な内部欠陥が発生するため，これを検知できる装置を使用する。スタッド筋の押込み量，引上げ量を全数測定，記録することも重要。
(2)施工前確性試験の実施による所定強度の確認
(3)モニタリングによる溶接管理
溶接状況を常時監視し，溶接条件が下表の範囲を満たすことを確認する。
表-1 モニタリングデータ管理値(標準値)
<table><tr><td>項 目</td><td>D19</td><td>D22</td></tr><tr><td>溶接電流</td><td>1400～1900A</td><td>1700～2100A</td></tr><tr><td>アークタイム</td><td>0.9～1.30sec</td><td>0.9～1.30sec</td></tr><tr><td>引上げ</td><td>1.5～3.5mm</td><td>1.5～3.5mm</td></tr><tr><td>押込み</td><td>4.5～7.0mm</td><td>4.5～7.0mm</td></tr><tr><td>短絡</td><td>検出できること</td><td>検出できること</td></tr></table>③鋼橋上部工等におけるスタッドとの違い
鋼橋上部工等でずれ止めとして用いる「スタッド」(頭付きスタッド)とは，設計・施工管理・検査での扱いが異なる部分があるので注意を要する。</td></tr>
</table>

２．４ その他の基礎に関連する事項

<table>
<tr><td>項目</td><td colspan="2">（1）深礎基礎の設計と施工（新規追加）</td></tr>
<tr><td>該当箇所</td><td>15 章　深礎基礎の設計
22 章　深礎基礎の施工</td><td>P.508- P.533
P.590- P.596</td></tr>
<tr><td>条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ</td><td colspan="2">15.1 設計の基本
(1) 常時，暴風時及びレベル 1 地震時に対する深礎基礎の照査は，次によらなければならない。
1) 深礎基礎底面における鉛直地盤反力度は，15.4.1 に規定する基礎底面地盤の許容鉛直支持力度以下とする。
2) 深礎基礎底面におけるせん断地盤反力は，15.4.2 に規定する基礎底面地盤の許容せん断抵抗力以下とする。
3) 深礎基礎の変位は，9.2 に規定する許容変位以下とする。
4) 深礎基礎の各部材に生じる応力度は，4 章に規定する許容応力度以下とする。
(2) レベル 2 地震時に対する深礎基礎の照査は，15.8 の規定によらなければならない。

22.1 適用する工法
本章の規定は，深礎工法により深礎基礎の施工を行う場合に適用する。
深礎工法は，一般に掘削全長にわたる土留めを行いながら，掘削機械又は人力によって所定の深さまで掘削する工法である。土留構造はライナープレート等の土留材を用いるものと，モルタルライニングや吹付けコンクリートによるものがある。土留材は原則として撤去しないものとし，ライナープレートを用いた場合は周囲にモルタル等を注入して空隙を充てんする。
深礎工法は，地盤の性質，深礎基礎の諸元，施工地点の状況等から種々の対応策が要求されており，また，施工技術そのものも改良を加えられていること等から多くの応用工法がある。したがって，この応用の程度が著しく進んだ工法又は基本工法以外の工法を採用する場合には，その内容を十分理解して別途検討し，慎重に施工する必要がある。</td></tr>
<tr><td>補足</td><td colspan="2">近年，山間部で採用実績が増えた深礎基礎の設計及び施工に関する事項が規定された。</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td>項目</td><td colspan="2">(2)プレボーリング杭工法の施工／ソイルセメント柱の造成</td></tr>
<tr><td rowspan="2">該当箇所</td><td>改定版　18 章 既製杭基礎の施工 18.11 プレボーリング杭工法 18.11.2 ソイルセメント柱の造成</td><td>P.560- P.564</td></tr>
<tr><td>旧版　 17 章 既製杭基礎の施工 17.12 プレボーリング杭工法</td><td>P.513- P.516</td></tr>
<tr><td>条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ</td><td colspan="2">(1) 掘削中は土質性状の変化や掘削抵抗に注意し，掘削孔に傾斜や曲がりが生じないように掘削しなければならない。また，掘削孔が崩壊しないように十分注意しなければならない。
(2) 掘削は，試験杭の施工により確認した支持層等の状況を踏まえて所定の深さまで行わなければならない。

【掘削径及び根固部の径，杭周のソイルセメント柱の片側かぶり】
新規に規定された。
・掘削径及び根固部の径 ⇒杭径に 100mm を加えたもの
・杭周のソイルセメント柱の片側かぶり ⇒50mm

(1) ソイルセメント柱の造成は，ソイルセメントが所定の強度を発現するように，根固液や杭周固定液の配合及び攪拌混合方法を十分検討して行わなければならない。
(2) ソイルセメント柱は，試験杭の施工により確認した支持層等の状況を踏まえて所定の深さに造成しなければならない。

【ソイルセメント柱の造成】
条文として新規に規定された。
【杭周固定液の強度】
原位置水平載荷試験結果等を踏まえ，杭体と杭周面のソイルセメント柱間の付着力がより確実に得られるように，ソイルセメントの所要強度が変更された。
旧版 $\sigma_{28} \geqq 0.5 N/mm^2$ ⇒改定版 $\sigma_{28} \geqq 1.5 N/mm^2$</td></tr>
<tr><td>補足</td><td colspan="2">①杭周固定液の強度
プレボーリング工法では最終的な破壊形態が地盤とソイルセメント柱ではなく，ソイルセメントと杭の間での滑り破壊になる可能性があることや，ソイルセメント柱の強度のばらつきについて十分なデータが蓄積されていないことから，強度が上記のように変更された。これに対し，鋼管ソイルセメント杭工法では従来と同じ強度を有していれば所定の性能を発揮することが過去の知見より明らかであるため，ソイルセメント強度は変更されていない。
【参考文献】
「杭基礎の大変形挙動後における支持力特性に関する共同研究報告書 その1(試験結果)，(独)土木研究所他，第 418 号，2011.4」</td></tr>
</table>

項目	(3)場所打ち杭の施工／試験杭，場所打ち杭の施工／鉄筋かごの製作及び建込み(新規追加)	
該当箇所	改定版　19 章場所打ち杭の施工　19.3 試験杭，19.8 鉄筋かごの製作及び建込み	P.568,P.572- P.573
	旧版　18 章場所打ち杭の施工　18.3 試験杭	P.519
条文と解説のﾎﾟｲﾝﾄ	杭の施工に際しては，施工性や，設計で考慮した条件が満たされることを確認するために，あらかじめ試験杭の施工を行わなければならない。 **【軟弱地盤での施工の際の杭径の細りについて】** 工法検討及び対策が新規に規定された。 軟弱な地盤にオールケーシング工法で場所打ち杭を構築する場合，杭径が所定の径より細くなることがある。このため， ・N 値が 1 以下の軟弱な粘性土・有機シルトがある地盤⇒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。 ・N 値が 1 を超える場合でも細りが生じるおそれがある場合⇒作業基盤の補強などの対策を検討する。 (1) 鉄筋の加工及び組立ては，鉄筋かごが必要な精度を確保し，堅固となるように行わなければならない。ただし，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ってはならない。 (2) 鉄筋かごの建込み中は，鉛直度と位置を正確に保ち，孔壁に接触して土砂の崩壊を生じさせないよう施工しなければならない。 (3) 鉄筋かごの建込み中及び建込み後に，ねじれ，曲り，座屈，脱落等により鉄筋かごが変形しないように施工しなければならない。 (4) 所要のかぶりが確保できるように，鉄筋かごには適切な強度を有するスペーサーを配置しなければならない。 **【鉄筋かごの製作及び建込み】** 施工の留意点が新規に規定された。 「・・・ただし，鉄筋の組立においては，組立て上の形状保持などのための溶接を行ってはならない。」⇒組立時の溶接禁止，無溶接工法やなまし鉄線の使用を規定。 従来，場所打ち杭の鉄筋かごの組立時には，溶接による仮止めが行われることが多かったが，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，今回の改定で溶接を用いてはならないことが規定された。	
補足	場所打ち杭の施工管理が厳格化された。	

3. 杭頭接合部の設計に関する補足・解説

3．1　杭頭接合部の設計に関する改定概要

道示・同解説の「12.9.3　杭とフーチングの接合部」(P.424～P.428)は，今回大幅に改定された。

従来の方法A(フーチングの中に杭を一定長さだけ埋込む方法)については，近年ほとんど使用されていないという実態に照らして表記が削除された。必要な場合には，「杭基礎設計便覧」(H18年度版)などを参考にして検討することになる。

一方，従来方法 B と呼ばれていた接合方法(フーチングへの杭の埋込み長を最小限に留め，主として鉄筋で補強することにより杭頭曲げモーメントに抵抗する方法)については，照査方法が大きく変更された。その主な変更点は次のとおりである。

① 規定された構造細目を満たす場合には，鉛直及び水平方向の押抜きせん断及び支圧に対する照査が不要となった。

② 補強鉄筋の照査を行うために仮定する仮想鉄筋コンクリート断面の直径が従来の D+200mm(D:杭径)から 0.25D+100mm(D+400mm を上限とする)に変更となった。

③ 補強鉄筋の杭体内への定着長が従来の L_{op} から L_{op}+10 ϕ (L_{op}:付着応力度より算出する定着長，ϕ:鉄筋径)となった。

④ 鉄筋の溶接による補強(杭外周への鉄筋溶接等)は用いないこととされた。

⑤ フーチングコンクリートの設計基準強度を σ_{ck}=30N/mm^2(従来:一般には 24N/mm^2)とすることを前提に，補強鉄筋には従来よりも高強度の材料である SD390 や SD490 が使用できるようになった。

なお，杭径と②で規定される仮想鉄筋コンクリート(RC)断面の直径との関係は**図-3.1** に示すとおりとなる。杭径 400mm 以上では，照査に用いる仮想断面が改定版の評価式の方が大きくなり，経済的な照査結果を与える。一方で，杭径 400mm 未満の場合には改定版は従来より厳しい補強を要求することになっているので注意が必要である。

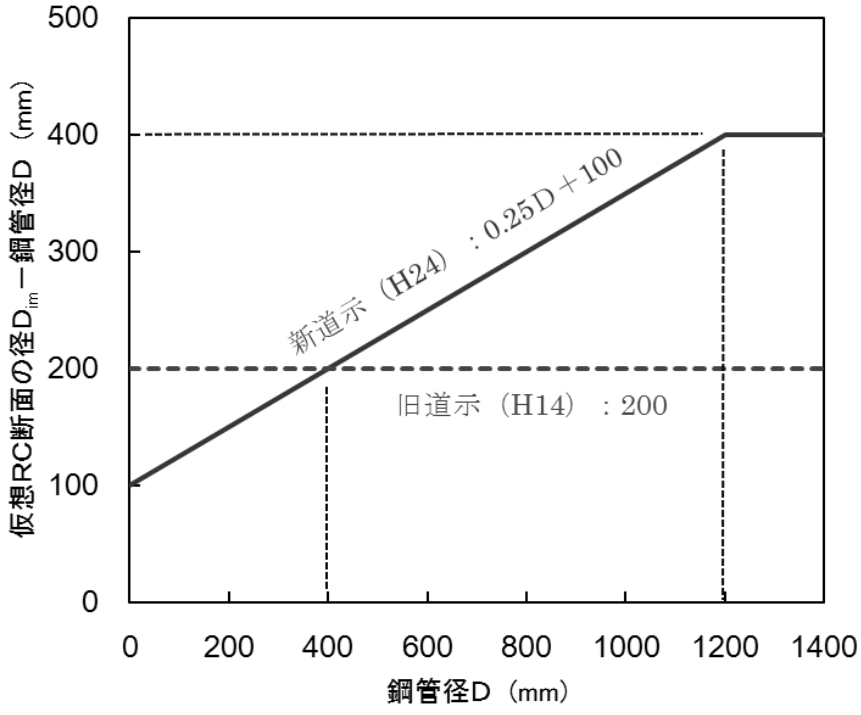


図-3.1　鋼管杭径と杭頭接合部仮想鉄筋コンクリート断面との関係

3．2 影響の把握

前述④のように，鉄筋を溶接することによる補強を用いないこととなったが，この点に関して，改定前の「道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成 14 年 3 月版）」に基づいて設計された道路橋基礎を対象に 28 の杭頭接合部事例を収集し，改定版の「道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成 24 年 4 月版）」で求められている内容を満足するかどうかを検証した。

28 の事例は全て鋼管ソイルセメント杭工法によるものである。これは，溶接による補強鉄筋が併用される割合は鋼管ソイルセメント杭工法が最も高いとの調査結果[1)]が得られていることによる。

照査結果を**表-3.1** 及び**図-3.2** に示す。改定前では 57%で杭外周への鉄筋溶接による補強が必要であったものが，改定後には全て中詰め補強鉄筋のみで設計が成立する結果となった。

なお，溶接による補強鉄筋が必要となるのは，一般にレベル 2 地震時に対する照査の結果であることが多いので，ここでの確認はレベル 2 地震時に対する照査のみを行い，基礎に主たる塑性化が生じる状況を想定した。すなわち，仮想鉄筋コンクリート断面の降伏曲げモーメントが杭体の降伏曲げモーメントを上回るように補強鉄筋の数量を決定したものである。

表-3.1 杭頭接合部の照査結果

						旧道示(H14)			新道示(H24)		
						SD345, fck=24, 仮想RC柱径=D+200			SD490、σck=30, 仮想RC柱径=D+(0.25D+100)		
検討ケース	杭径 (mm)	板厚 (mm)	材質	死荷重反力 (kN・m)	杭体My (kN・m)	中詰め補強鉄筋	外周溶接鉄筋	仮想RC・My (kN・m)	中詰め補強鉄筋	外周溶接鉄筋	仮想RC・My (kN・m)
1	φ 1,000	19	SKK 490	2,341	3,638	30 – D 35	16 – D 35	3,747	26 – D 35	–	3,870
2	φ 1,000	19	SKK 490	2,389	3,626	30 – D 35	16 – D 35	3,747	26 – D 35	–	3,870
3	φ 1,000	19	SKK 490	2,924	3,497	30 – D 35	14 – D 35	3,575	24 – D 35	–	3,618
4	φ 800	21	SKK 490	2,236	2,498	22 – D 35	18 – D 35	2,586	22 – D 35	–	2,519
5	φ 800	20	SKK 490	2,062	2,394	22 – D 35	16 – D 35	2,449	22 – D 35	–	2,519
6	φ 800	21	SKK 490	1,871	2,567	22 – D 35	18 – D 35	2,586	22 – D 38	–	2,677
7	φ 800	19	SKK 490	1,928	2,282	22 – D 35	14 – D 35	2,311	20 – D 35	–	2,330
8	φ 800	18	SKK 490	1,708	2,185	22 – D 35	14 – D 35	2,311	20 – D 35	–	2,330
9	φ 800	17	SKK 490	1,807	2,027	22 – D 35	10 – D 35	2,057	18 – D 35	–	2,143
10	φ 800	13	SKK 490	1,440	1,528	22 – D 35	–	1,596	14 – D 35	–	1,738
11	φ 800	14	SKK 490	2,127	1,539	22 – D 35	–	1,596	14 – D 35	–	1,738
12	φ 1,000	14	SKK 490	1,511	2,713	30 – D 35	–	2,719	18 – D 35	–	2,840
13	φ 1,000	13	SKK 490	2,273	2,298	26 – D 35	–	2,401	16 – D 35	–	2,567
14	φ 1,000	15	SKK 490	3,034	2,571	30 – D 35	–	2,719	18 – D 35	–	2,840
15	φ 1,000	15	SKK 490	2,560	2,686	30 – D 35	–	2,719	18 – D 35	–	2,840
16	φ 800	13	SKK 490	1,129	1,588	22 – D 35	–	1,596	14 – D 35	–	1,738
17	φ 800	12	SKK 490	1,419	1,387	20 – D 35	–	1,479	12 – D 35	–	1,530
18	φ 800	12	SKK 490	1,182	1,433	20 – D 35	–	1,479	12 – D 35	–	1,530
19	φ 800	13	SKK 490	1,443	1,527	22 – D 35	–	1,596	14 – D 35	–	1,738
20	φ 800	13	SKK 490	1,620	1,493	22 – D 35	–	1,596	12 – D 35	–	1,526
21	φ 800	15	SKK 490	1,611	1,782	22 – D 35	8 – D 35	1,918	16 – D 35	–	1,943
22	φ 800	17	SKK 490	1,555	2,075	22 – D 35	12 – D 35	2,195	18 – D 35	–	2,143
23	φ 800	15	SKK 490	1,075	1,885	22 – D 35	8 – D 35	1,918	16 – D 35	–	1,943
24	φ 1,000	15	SKK 490	1,910	2,844	30 – D 35	6 – D 35	2,915	20 – D 35	–	3,108
25	φ 800	16	SKK 490	1,526	1,940	22 – D 35	10 – D 35	2,057	18 – D 35	–	2,143
26	φ 800	13	SKK 490	1,181	1,578	22 – D 35	–	1,596	14 – D 35	–	1,738
27	φ 1,000	18	SKK 490	2,208	3,447	30 – D 35	14 – D 35	3,575	24 – D 35	–	3,618
28	φ 1,000	15	SKK 490	1,741	2,885	30 – D 35	6 – D 35	2,915	20 – D 35	–	3,108

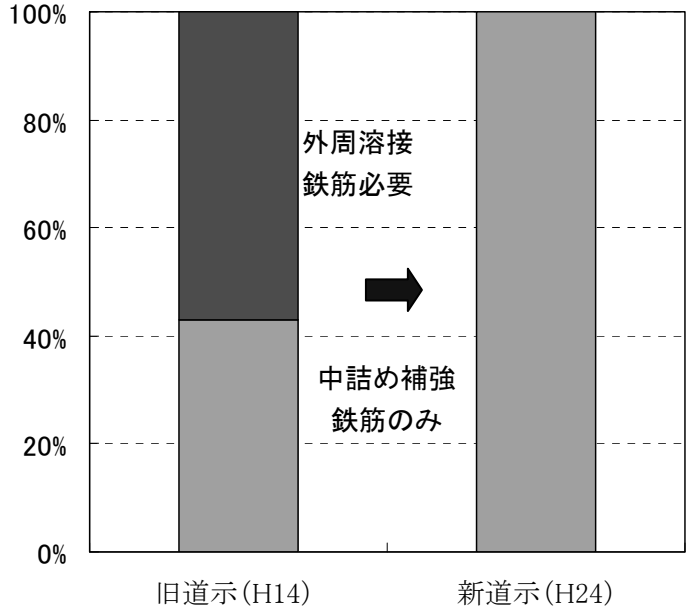


図-3.2 照査結果の内訳

3．3 杭頭接合部の計算例

ここでは，同一の設計条件を与えた上で，新旧それぞれの道路橋示方書にしたがって杭頭接合部の照査を行い，杭頭補強鉄筋の数量を比較してみる。新道示にしたがった照査についてはその過程も示す。前述したように，一般に杭頭補強鉄筋の数量はレベル2地震時に対する照査で決定されることが多いため，ここではレベル2地震時に対する照査内容を示す。

鋼管杭の仕様は，SKK490－φ1,000×t22 とする。また，杭体の降伏曲げモーメントの計算に用いる死荷重反力は，降伏軸力の 0.2 倍とする。

一般に死荷重反力は降伏軸力の 0.15 倍程度であると言われることが多い。先に示した 28 の事例を対象にこの値を調べたところ，平均値 μ は 0.15，標準偏差 σ は 0.028 であった。ここで仮定する値である 0.2 倍は，$\mu+1.79\sigma$ となる。

3.3.1 新道示[道路橋示方書・同解説(H24)]に基づく杭頭接合部の計算例

1)仮想鉄筋コンクリート断面

(ⅰ)鉄筋コンクリート　σ_{ck}=30N/mm^2，τ_{0a}＝1.8N/mm^2，ヤング係数比　n＝15

(ⅱ)使用鉄筋

中詰め補強鉄筋　28－D35(@ 95mm)，A_s＝26,785mm^2 ，材質 SD490(σ_{sa}＝290N/mm^2) とする

(ⅲ)補強鉄筋配置間隔(円周配置の中心直径)

中詰め補強鉄筋　Ds＝850mm

このとき

- 鉄筋とずれ止めのあき　:23.5mm(＞15mm)〈OK 〉
- 鉄筋と杭のあき　:35.5 mm(＞鉄筋径φ＝35mm)〈OK 〉

(ⅳ)仮想鉄筋コンクリート直径　D_{im}＝1,350mm　(=1000×1.25+100)

2)鉄筋の定着長

鉄筋の定着長は，定着板の取付け有り・無しの 2 通りを示す。

① フーチングコンクリートへの定着長

フーチングコンクリートへの定着長 L_{s1} は，フーチング下側主鉄筋の中心位置から L_{0f}+10d を確保する。

$$L_{0f} = \frac{\sigma_{sa} \cdot \phi}{4 \cdot \tau_{oa}}$$ σ_{sa}:鉄筋の許容応力度，ϕ:鉄筋径，τ_{0a}:コンクリートの許容付着応力度

$$L_{0f} = \frac{290 \times 35}{4 \times 1.8} = 1{,}410mm$$

なお，鉄筋の端部に定着板等の定着体を取付ける場合は，L_{0f}の 2/3 倍以上とする。したがって，

＜定着板有りの場合＞

$L_{s1} = 2/3 \times L_{0f} + 10\phi = 2/3 \times 1{,}410 + 10 \times 35 = 1{,}290mm$ 以上とする。

＜定着板無しの場合＞

$L_{s1} = L_{0f} + 10\phi = 1{,}410 + 10 \times 35 = 1{,}760mm$ 以上とする。

② 中詰めコンクリート内への定着長

中詰めコンクリート内への定着長 L_{s2} は，L_{0p}+10d を確保する。

$$L_{0p} = \frac{\sigma_{sa} \cdot \phi}{4 \cdot \tau_{oa}}$$

$$L_{0p} = \frac{290 \times 35}{4 \times 1.8} = 1{,}410mm$$

なお，鉄筋の端部に定着板等の定着体を取付ける場合は，L_{0p}の 2/3 倍以上とする。したがって，

＜定着板有りの場合＞

$L_{s2} = 2/3 \times L_{0p} + 10\phi = 2/3 \times 1{,}410 + 10 \times 35 = 1{,}290mm$ 以上とする。

＜定着板無しの場合＞

$L_{s2} = L_{0p} + 10\phi = 1{,}410 + 10 \times 35 = 1{,}760mm$ 以上とする。

3)レベル 2 地震時の照査

レベル 2 地震時の照査は，基礎に主たる塑性化が生じる場合として，杭頭部の仮想鉄筋コンクリート断面の降伏曲げモーメントが杭体の降伏曲げモーメントを上回ることを照査する。

（ⅰ）杭体の降伏曲げモーメント

鋼管杭断面　φ1,000×t22(SKK490)，A=64,456mm^2，Z=15,419,000mm^3

死荷重時軸力 N=4,061kN

${}_sM_y = (\sigma_y - N/A) \cdot Z = (315.0 - 4{,}061 \times 10^3 / 64{,}456) \times 15{,}419{,}000 \times 10^{-6} = 3{,}886kN \cdot m$

（ⅱ）仮想鉄筋コンクリート断面の降伏曲げモーメント

コンクリートの設計基準強度　σ_{ck}=30N/mm^2

鉄筋の降伏強度　σ_y=490N/mm^2

(a)使用鉄筋

中詰め補強鉄筋　28－D35(@ 95mm)A_s＝26,785mm^2

(b)補強鉄筋配置間隔(円周配置の中心直径)

中詰め補強鉄筋　　850mm

(c)仮想鉄筋コンクリート直径　1,350mm

軸力 N = 0

以上より，$_cM_y$ = 4,118.2kN･m

よって，仮想鉄筋コンクリート $_cM_y$ = 4118.2kN･m≧鋼管杭本体 $_sM_y$ = 3886kN･m　＜OK＞

3.3.2 旧道示[道路橋示方書･同解説(H14)]に基づく杭頭接合部

照査過程は割愛するが，旧道示による照査では下記の杭頭接合仕様となる。

･鉄筋コンクリート　σ_{ck}＝24N/mm^2，τ_{0a}＝1.6N/mm^2，ヤング係数比　n＝15

･使用鉄筋

中詰め補強鉄筋　26－D38(@　101mm)A_s＝29,640mm^2 材質 SD345(σ_{sa}＝200N/mm^2)

杭外周溶接鉄筋　22－D32(@　147mm)A_s＝17,472mm^2 材質 SD345(σ_{sa}＝200N/mm^2)

このとき

- 鉄筋のあき（D38）：101mm(＞ 2.5d＝95.0mm)〈OK 〉
  （D32）：147mm(＞ 2.5d＝80.0mm)〈OK 〉
- 鉄筋とずれ止めのあき ： 27mm(＞15mm)〈OK 〉
- 鉄筋と杭のあき　　： 39 mm(＞鉄筋径 ϕ ＝38mm)〈OK 〉

3.3.3 新旧道示による杭頭接合の比較

図-3.3 に新旧道示に基づいて設計した杭頭接合の概略図を示す。

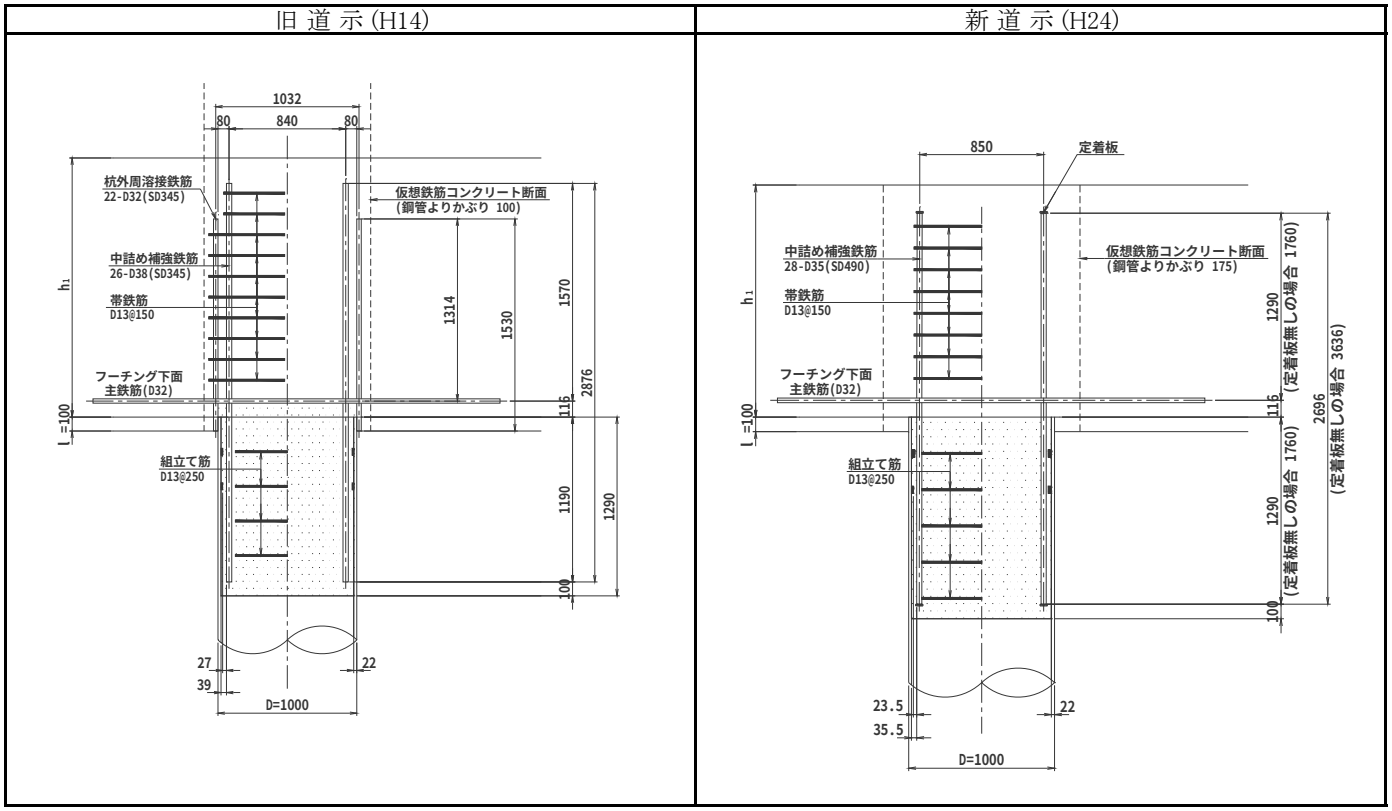


図-3.3　杭頭接合概略図

【参考文献】

1)(独)土木研究所:構造物基礎形式の選定手法調査，土木研究所資料，4037 号，2007.

4．斜杭基礎について

4．1 はじめに

斜杭とは，鉛直に施工する直杭に対して，傾斜させて施工する杭である。一般的に，直杭では水平力に対して杭体の曲げ剛性で抵抗するが，斜杭では杭の軸心が斜角を有することから，水平力に対して杭体の軸剛性も抵抗要素として加わる。このため，杭の寸法・材質・本数が同じ場合，斜杭基礎は直杭基礎と比較して大きな水平耐力が得られることから，水平変位を抑制することができるといった構造特性があり，「杭基礎設計便覧（平成 18 年度改訂版） 」に参考資料として「斜杭の設計法」が記載された。

さらに，「道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成24年3月）」においても，斜杭に関する事項が記載された。以下にその内容について述べる。

4．2 斜杭の特長

表-4.1 に斜杭基礎と直杭基礎の違いを，**図-4.1** に斜杭基礎と直杭基礎の水平抵抗特性の比較例を示す。

表-4.1 斜杭基礎と直杭基礎の違い[1)]

	斜杭基礎	直杭基礎
基礎の降伏荷重	大	小
基礎の降伏変位	小	大
最大耐力	大	小
最大耐力時変位	小	大

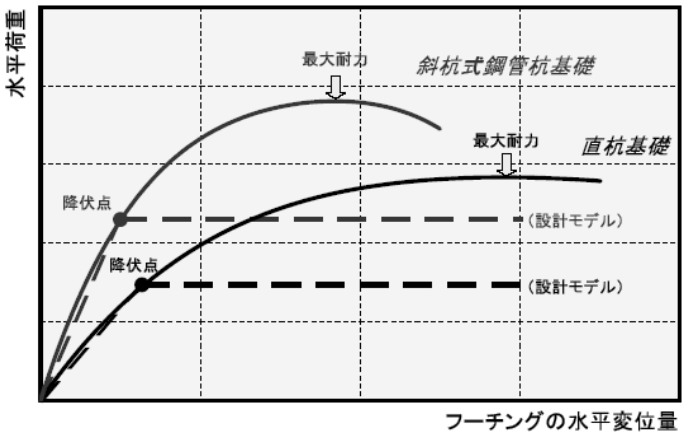
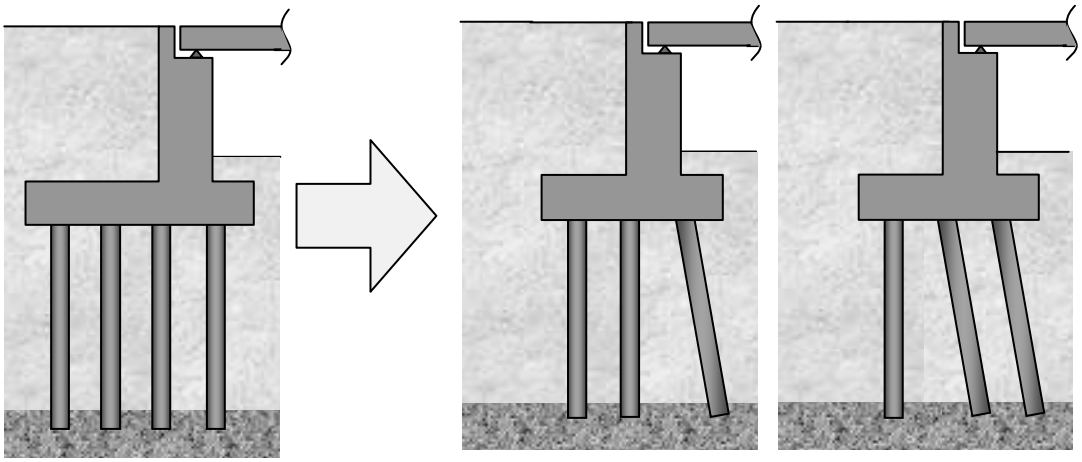


図-4.1 斜杭基礎と直杭基礎の水平抵抗特性の比較例 [1)]

斜杭基礎は，以下のような特長から建設コストの縮減が期待できる。**図-4.2** に斜杭を用いた場合の杭本数低減のイメージを示す。

- 水平変位量が抑制できる
- 杭本数が低減できる
- フーチングの大きさが低減できる



※作用荷重に応じて杭配置を変更可能

図-4.2 斜杭を用いた杭本数低減イメージ

4．3 斜杭に関連する改定事項

「道路橋示方書・同解説 Ⅳ下部構造編（平成 24 年 3 月）」では，以下の内容（抜粋）が斜杭に関連して追加された。

【12.3 杭の配列】

斜杭を設計する上で懸案となっていた直斜比率および斜角が規定された。

- 斜杭を用いる場合，全杭本数のうち 1/3 以上は直杭とするのがよい。
- 斜杭の傾斜角は，10 度程度までとするのがよい。

【12.9.3 杭とフーチングの接合部】

- フーチングへの杭の埋込み長さは最小の部分が 100mm となるようにする。
- フーチング下面鉄筋と干渉する場合には，鋼管杭を水平に切断する等の処理を行う(**図-4.3**)。

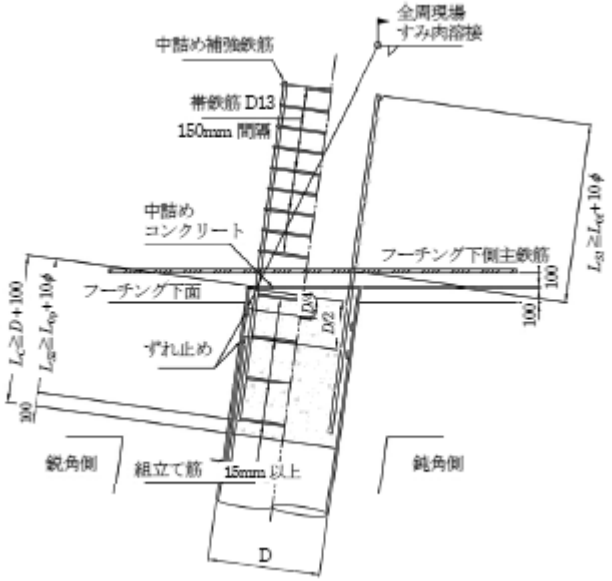


図-4.3 鋼管杭を斜杭として用いるときの接合方法[2)]

【12.10.3　基礎の許容塑性率及び許容変位】

「杭基礎設計便覧（平成 18 年度改訂版）」参考資料7で示された値を採用している。

- 斜杭を用いる場合の橋脚の杭基礎の許容塑性率は 3 程度を目安とするのがよい。
- 斜杭を用いる場合の橋台の杭基礎の許容塑性率は 2 程度を目安とするのがよい。

【18.13　回転杭工法】

施工時の注意事項が記載された。

- 貫入前，貫入中における施工機械の水平精度に注意する。
- 貫入開始直後は杭心がずれることがあるため，特に注意して杭の斜角の確認を行う。
  ＜補足＞斜杭にヤットコを用いる場合は施工基面での杭心の位置等に注意が必要となる。

【参考資料 6. 基礎形式の適用】

- 斜杭への適用性が高い○　とされた工法は，打込み杭工法と回転杭工法である。
  ＜補足＞中掘り杭工法においても施工実績がある。

4．4　斜杭基礎の適用例

回転杭工法を用いた，直杭基礎と斜杭基礎の比較試算例を以下に示す。斜杭基礎は，「杭基礎設計便覧（H18 年度改訂版）参考資料 7. 斜杭の設計法」に基づいて設計した。

なお，設計便覧に記載されている，設計時のポイントは以下の通りである。

- 地盤バネ k_H，杭の軸方向バネ K_V，は直杭と同じ値を用いる。
- 許容押込み支持力，許容引抜き力についても直杭と同様に算出する。
- 周面摩擦力は，杭長ではなく層厚で評価する。
- 杭間隔及びフーチング縁端距離は，フーチング下面位置でのものとする。

設計条件を**図-4.4** および**図-4.5** に，比較結果を**表-4.2** に示す。

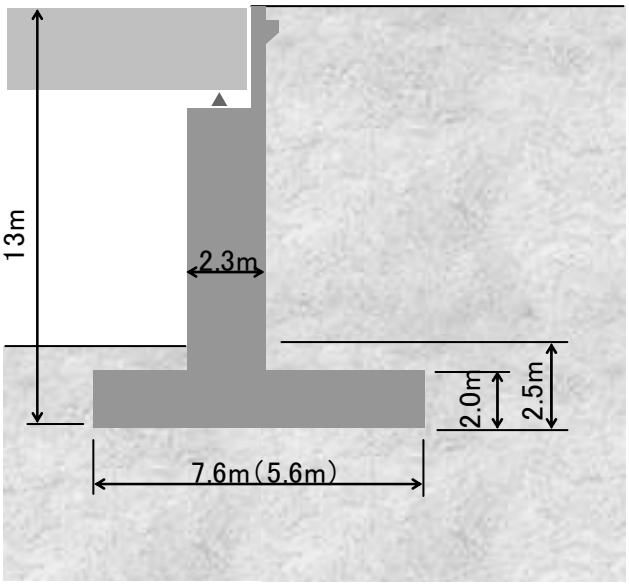


図-4.4　橋台寸法

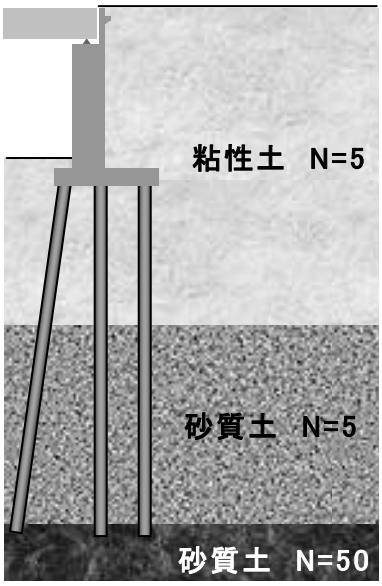
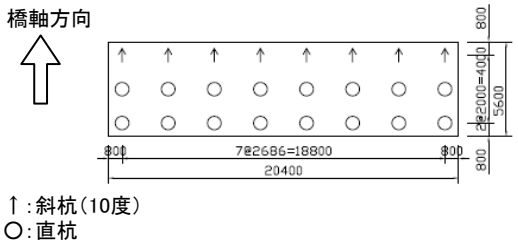
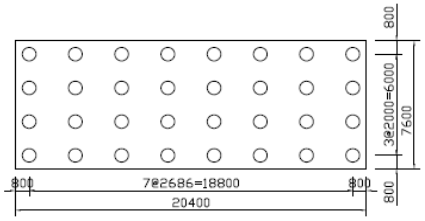


図-4.5　地盤条件

表-4.2 比較試設計結果

	斜杭基礎(回転杭)	直杭基礎(回転杭)
平面形状		
杭径	φ800/1200(杭径/羽根径)	φ800/1200(杭径/羽根径)
杭長	25.0m	25.0m
断面	板厚16/9 SKK400	板厚14/9 SKK490/400
本数	24本	32本
杭頭変位	δ =14.9mm(L1地震時)	δ =14.6mm(L1地震時)

試設計の結果，斜杭を用いることにより杭列数が 1 列減り，杭本数で 25%，フーチング体積で 26%の削減が可能となった。このように，斜杭を用いることにより経済的な設計が可能となる。また，基礎全体が小型化されることから，工期も短縮される。

4．5 圧密沈下が生じる地盤中での斜杭の照査

斜杭については，地盤の圧密沈下にともなって杭軸直角方向にも力が作用し，大きな杭体応力度が発生する可能性がある。そのような場合の照査方法については，昭和 60 年度版の杭基礎設計便覧で，参考資料として東名高速道路の久能高架橋における計算例が示されている[3)]。具体的には，圧密層の 80%の深さかつ杭間隔の幅の影響範囲で，三角形分布荷重が杭に作用するという計算方法である。この方法は，一つの実橋における計測結果に基づき評価した設計であるため，場合によっては杭にとっては極めて大きな荷重となり，斜杭を採用すると非経済的，非合理的な設計となることが知られていた。

そこで，今回の改定において，実験・解析的検討に基づき，より合理的な照査方法が参考資料に記載された。以降に概要と照査例を示す。

(1)適用範囲

1)圧密沈下を生じる粘性土中に施工される打込み杭工法，中掘り杭工法，回転杭工法

2)圧密層表層の沈下量が層厚の 5%以下及び 1m 以下の地盤(互層地盤は対象外)

3)側方移動など地盤の水平変位が生じるおそれのある場合には，別途の対策により地盤変位に伴う杭への作用を生じさせないことが前提

(2)考慮する荷重

1)活荷重及び衝撃を除く主荷重(死荷重等)

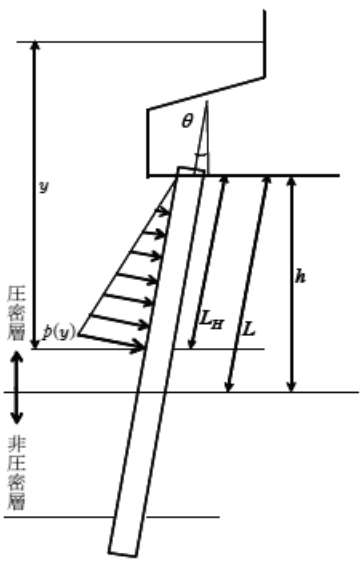
2)地盤の圧密沈下により杭軸直角方向に作用する荷重

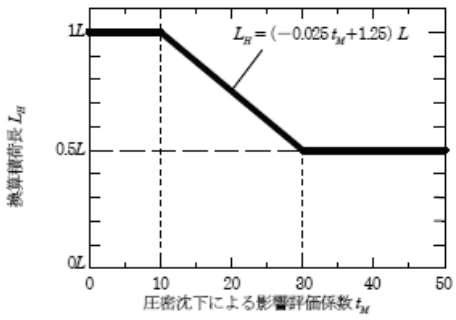
・作用範囲は，**図-4.6** に示す換算載荷長 L_H の範囲

・L_H は，実験的・解析的検討の結果に基づき，**図-4.7** により求める

・L_H の式及び圧密沈下による影響評価係数 t_M が新たに規定された

・荷重は**図-4.6** のような三角形分布を仮定し，式(4.1)により求める





ここに，
L_H：換算載荷長（m）
t_M：圧密沈下による影響評価係数で，$\beta L(L/\delta\sin\theta)^{1/6}$
β：基礎の特性値
δ：地表面の圧密沈下量（m）
θ：斜角
L：フーチング下端から圧密層下端までの杭軸方向の距離（m）で，$(h/\cos\theta)$
h：フーチング下端から圧密層下端までの距離（m）

図-4.7 L_Hの算定図[2)]

図-4.6 p(y)及び L_Hの概念図[2)]

$$p(y) = \alpha D \gamma y \sin\theta \quad \cdots\cdots\cdots\cdots \text{式(4.1)}$$

p(y)：載荷範囲下端において，地盤の圧密沈下により斜杭の杭軸直角方向に作用する荷重(kN/m)
α：杭の中心間隔の比で，3.0 を上限とする
D：杭径(m)
γ：圧密層(粘性土層)の単位体積重量(kN/m^3)
y：載荷範囲下端の地表面からの深度(m)
θ：斜杭の角度(°)

3)地盤の圧密沈下により杭軸方向に作用する荷重
直杭の場合の負の周面摩擦力と同様に求める。

(3)計算モデル及び応力度照査

杭頭がフーチングに剛結されたラーメン構造とし，(2)の荷重を作用させて杭体に発生する断面力を算出し(**図-4.8**)，杭体応力度が鋼材の降伏応力度の 1/1.2 以下であることを照査する。

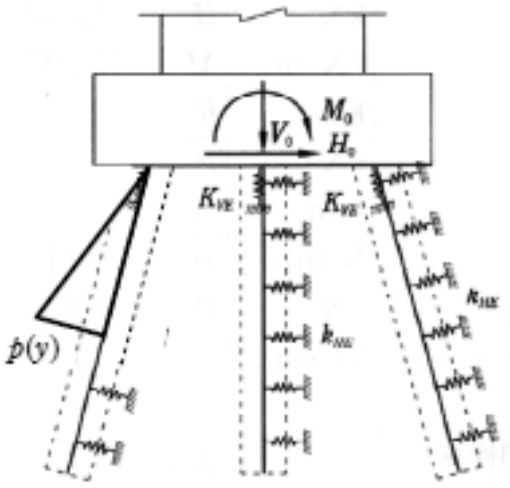


図-4.8 計算モデル[2)]

(4)照査例

1)計算条件

【基礎形式】

・工法:回転杭工法

・鋼管明細:SKK400, D=800mm, t=16mm/9mm

(腐食しろは鋼管外面 1mm を考慮)

・杭長:25.0m

・本数:24 本(3×8)

(前列 8 本が 10 度の斜角を有する斜杭)

・杭間隔(橋軸直角方向):2.686m

(杭間隔比は 3.36 のため, α=3)

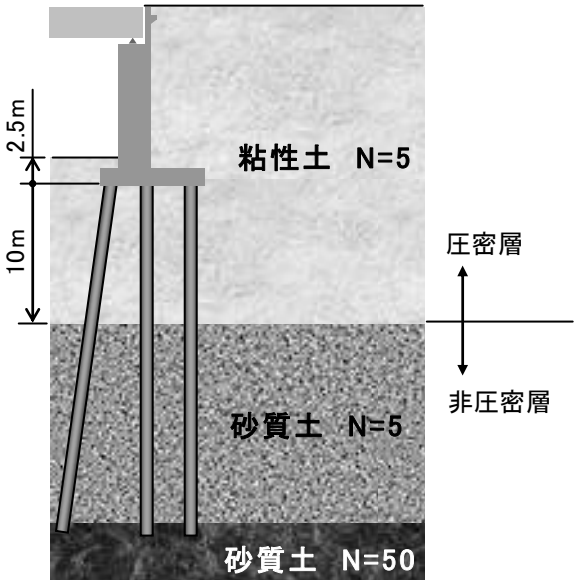


図-4.9 地盤条件

【土質条件】

・**図-4.9** の通り

・地表面の圧密沈下量: δ=0.3m

・圧密層の単位体積重量: γ=7.0kN/m^3(水位以下)

【その他の計算条件】

・基礎の特性値: β=0.257

・フーチング下端から圧密層下端までの距離:h=10m

・フーチング下端から圧密層下端までの杭軸方向の距離:$L = h/\cos\theta = 10/\cos10^\circ = 10.154$m

・地表面から圧密層下端までの深度:12.5m

2)換算載荷長 L_H の計算

$$t_M = \beta L(L/\delta \sin\theta)^{1/5} = 0.257\times10.154\times(10.154/0.3/\sin10^\circ)^{1/5} = 7.49$$

図-4.7 より, $t_M < 10$ であるので,

$$L_H = L = 10.154\text{m}$$

3)考慮する荷重

①活荷重及び衝撃荷重を除く主荷重(死荷重等)

照査に用いるフーチング下面中心での作用力を**表-4.3** に示す。

表-4.3 フーチング下面中心での作用力

	鉛直荷重(kN)	水平荷重(kN)	モーメント(kN・m)
橋軸方向	36787.0	5936.5	14575.9

②地盤の圧密沈下により杭軸直角方向に作用する荷重

$$p(y) = \alpha D \gamma y \sin\theta = 3\times0.8\times7\times12.5\times\sin10^\circ = 36.47\text{ kN}$$

ここで,

p(y):載荷範囲下端において, 地盤の圧密沈下により斜杭の杭軸直角方向に作用する荷重(kN)

α:杭の中心間隔の比で, 上限 3.0 α=3

D:杭径 D=0.8 (m)

γ:圧密層の単位体積重量 7.0(kN/m^3, 水位以下)

y:載荷範囲下端の地表面からの深度 y=12.5 (m)

θ:斜杭の角度 θ=10(°)

③地盤の圧密沈下により杭軸方向に作用する荷重

杭軸方向に作用する荷重は,「道示Ⅳ12.4.3　負の周面摩擦力(P.398)」の規定に準じて計算する。

$R_{nf} = U\Sigma L_i \cdot f = 0.8 \times \pi \times 10 \times 50 = 1,256.64$ kN

ここで,

R_{nf}:杭 1 本あたりの負の周面摩擦力(kN)

U:杭の周長　U=0.8×π (m)

L_i:フーチング底面から中立点までの各層厚　ここでは L_i=10 (m)とする

f:杭周面に働く最大周面摩擦力度　f = 10N = 50 (kN/m^2)

4)杭体応力度の照査

図-4.8 の計算モデルにて杭体に発生する断面力を求めた。

図-4.10 に, 破線で死荷重のみ作用した場合の曲げモーメントを, 実線で圧密荷重も作用した場合の曲げモーメントを示す。

なお, 本例では最前列の杭に発生する断面力が最も厳しいため, 最前列杭に発生する応力度を照査した。

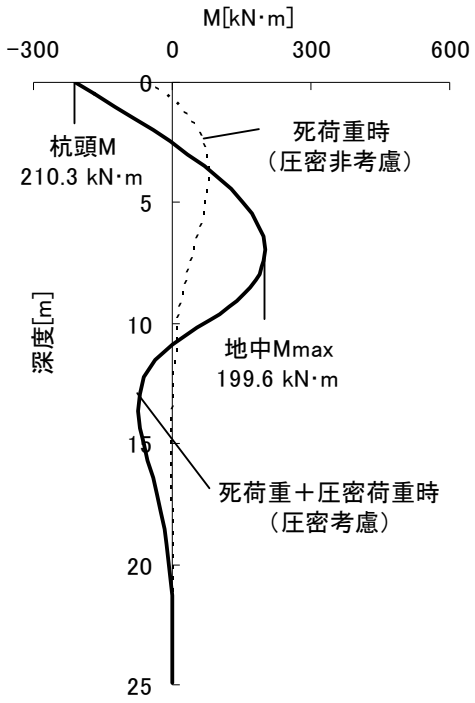


図-4.10　曲げモーメント図

杭体に発生する断面力及び鋼管の断面諸元

(SKK400 φ800×t16, 腐食しろ外面 1mm)

軸力　N = 3340.8 kN

最大モーメント　M = 210.3 kN･m

断面積　$A_p = 3.69 \times 10^{-2}$ m^2

断面係数　$Z = 7.09 \times 10^{-3}$ m^3

$\sigma = N/A_p + M/Z$

$= 90,537 + 29,661 = 120,198$ kN/m^2

$= 120.2$ N/mm^2 ＜ 235/1.2 = 195.8 N/mm^2

＜ OK ＞

図-4.11 に, 破線で L1 地震時の曲げモーメントを, 実線で圧密考慮時の曲げモーメントを示す。また, 鋼管断面との関係も示す。本照査例では, 断面変化位置は L1 地震時で決まっており, 第 2 断面に発生する応力度を同様に照査した。

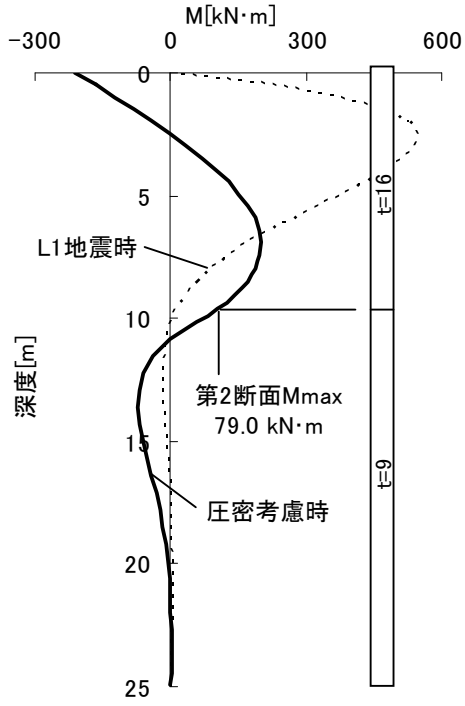


図-4.11　曲げモーメントと鋼管断面の関係

杭体に発生する断面力及び鋼管の断面諸元

(SKK400 φ800×t9, 腐食しろ外面 1mm)

軸力　N = 3340.8 kN

最大モーメント　M = 79.0 kN･m

断面積　$A_p = 1.99 \times 10^{-2}$ m^2

断面係数　$Z = 3.88 \times 10^{-3}$ m^3

$\sigma = N/A_p + M/Z$

$= 167,879 + 20,361 = 188,240$ kN/m^2

$= 188.2$ N/mm^2 ＜ 235/1.2 = 195.8 N/mm^2

＜ OK ＞

このように，地盤の圧密沈下により作用する荷重を考慮すると，杭頭および地中部に大きな曲げモーメントが発生する。圧密層の条件によっては，非常に大きな曲げモーメントが発生し，鋼管断面の見直し等が必要になるケースも考えられる。また，地中部にはより深い位置に大きな曲げモーメントが発生する傾向にあるため，断面変化位置を含む断面の照査に注意が必要となる。

【参考文献】

1）杭基礎設計便覧　平成 18 年度改訂版 （平成 19 年 1 月　日本道路協会）
2）道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編 （平成 24 年 3 月　日本道路協会）
3）杭基礎設計便覧 （昭和 61 年 1 月　日本道路協会）

【参考資料】

参考資料１　　各基礎形式の適用性の目安

参考資料２　　中掘り鋼管杭　コンクリート打設方式の施工実績

参考資料３　　鋼管ソイルセメント杭　被圧地下水条件での施工実績

参考資料４　　斜杭の配置例（橋脚の場合）

参考資料1　各基礎形式の適用性の目安

道示・同解説　表－参6.1　各基礎形式の適用性の目安

適用条件 ＼ 基礎形式				直接基礎	杭基礎															深礎基礎		ケーソン基礎		鋼管矢板基礎（打込み工法）	地中連続壁基礎
					打込み杭工法			中掘り杭工法						鋼管ソイルセメント杭工法	プレボーリング杭工法	場所打ち杭工法			回転杭工法	組杭深礎	柱状体深礎	ニューマチック	オープン		
					PHC杭・SC杭	鋼管杭		PHC杭・SC杭			鋼管杭					オールケーシング工法	リバース工法	アースドリル工法							
						打撃工法	バイブロハンマ工法	最終打撃方式	噴出攪拌方式	コンクリート打設方式	最終打撃方式	噴出攪拌方式	コンクリート打設方式												
地盤条件	支持層までの状態	表層近傍又は中間層にごく軟弱層がある		／	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○	○	○	×	×	○	△	○	○
		中間層にごく硬い層がある		／	△	△	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	×	○	○	○	○	△	△	○
		中間層にれきがある	れき径　50mm以下	／	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			れき径　50～100mm	／	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	×	○	○	○	○	○	○	△	△
			れき径　100～500mm	／	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	×	×	×	○	○	○	△	×	△
		液状化する地盤がある		／	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	／	／	○	○	○	○
	支持層の状態	深度	5m未満	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	／	×	×	×	×
			5～15m	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○	△	△
			15～25m	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			25～40m	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	○	△	△	○	○	○	○	○
			40～60m	×	△	○	○	△	△	△	○	○	○	○	○	△	○	×	○	×	×	△	○	○	○
			60m以上	×	×	△	△	×	×	×	×	×	×	△	△	×	△	×	○	×	×	×	△	△	△
		土質	砂・砂れき（30≦N）	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
			粘性土（20≦N）	○	○	○	○	○	△	×	○	△	×	△	△	○	○	○	△	○	○	△	△	○	○
			軟岩・土丹	○	×	○	△	○	△	×	○	△	×	△	△	○	○	○	△	○	○	○	○	○	○
			硬岩	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	△	△	△	×	○	○	△	×	×	△
		傾斜が大きい，層面の凹凸が激しい等，支持層の位置が同一深度では無い可能性が高い		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	○	○	○	○	△	×	○	○
	地下水の状態	地下水位が地表面近い		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	○	△	△	○	○	○	△
		湧水量が極めて多い		△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	○	×	×	○	○	○	△
		地表より2m以上の被圧地下水		×	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	△	△	○	×
		地下水流速3m/min以上		×	○	○	○	○	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	×	○	△	○	×
支持形式		支持杭		／	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	／	／	／	／	／
		摩擦杭		／	○	○	○	×	×	×	×	×	×	○	×	○	○	○	×	／	／	／	／	／	／
施工条件	水上施工	水深5m未満		△	○	○	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×	×	×	○	／	／	△	△	○	×
		水深5m以上		×	△	○	○	△	△	△	△	△	△	×	×	×	×	×	○	／	／	△	△	○	×
	作業空間が狭い			○	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	△	○	○	△	△	×	△
	斜杭の施工			／	○	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	×	／	／	／	／	／
	有害ガスの影響			／	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	×	○	○	○
	周辺環境	振動騒音対策		○	×	×	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	○
		隣接構造物に対する影響		○	×	△	△	△	○	○	△	○	○	○	○	○	○	○	○	△	△	△	△	△	○

○：適用性が高い、△：適用性がある、×：適用性が低い
標準的な条件における適用性の目安を示したもので，過去の施工実績も加味して定めている。
基礎形式を選定する際には，目安を参考にしつつ，個別の条件や「9.2 設計の基本」などの規定に基づき適切に判断する必要がある。

鋼管杭・鋼管矢板基礎に関するポイントについては，本資料**「2．1（9）基礎形式の適用性」**（p.14）に記載した。
また，関連する事項として以下の参考資料を掲載したので，併せて参照されたい。

・鋼管杭の中掘り杭工法コンクリート打設方式の施工実績　：　**参考資料2**
・被圧地下水の条件下での鋼管ソイルセメント杭の施工実績　：　**参考資料3**

参考資料2　中掘り鋼管杭 コンクリート打設方式の施工実績

鋼管杭・鋼矢板技術協会にて確認した過去の施工事例(2004年まで)。最近の実績については未調査。

杭仕様については，代表寸法で表記している。

工事名称	場所	施工時期	杭仕様		支持層の地質
			外径 (mm)	長さ (m)	
国道485号西ノ島BP改築工事	島根県	1995年11月	800	7.0	玄武岩
大東東出雲線内馬工区工事	島根県	1996年1月	700	5.5	流紋岩
綾南町総合運動公園管理施設	香川県	1996年8月	812.8	6.0	風化花崗岩
潮川小規模河川改修工事	島根県	1997年1月	600	7.5	頁岩
市道C80号線八日市橋	石川県	1998年1月	800	15.0	泥岩
仮谷橋下部工工事	宮城県	1998年3月	800	43.0	頁岩
小松山中線絵馬堂	石川県	1998年5月	700	11.0	泥岩
倉敷飽浦線道路改良工事	岡山県	1998年7月	800	20.0	風化岩
二級里見川改修工事	岡山県	1999年1月	800	7.0	風化岩
潮静通り橋梁基礎工事	北海道	2000年7月	500	18.5	泥岩
乳呑川浦河町小規模改修橋梁	北海道	2000年12月	500	18.0	風化泥岩
一般地方道三行庄野線工事	三重県	2001年1月	800	13.5	固結ｼﾙﾄ
朝日5条通り道路整備工事	北海道	2001年8月	600	18.0	泥岩
主要県道橘東和線道路改良工事	山口県	2001年12月	1000	7.5	風化岩
平成13年度上の土居改良工事	高知県	2001年12月	800	7.0	風化岩
朝日5条通り道路整備工事その2	北海道	2002年8月	600	18.0	泥岩
横撫橋下部工工事	島根県	2002年9月	600	15.0	泥岩
不動寺町地内橋梁架替工事	石川県	2003年1月	700	13.0	泥岩
八尾川広域基幹河川改修工事	島根県	2003年4月	700	16.5	玄武岩
中横引橋下部工工事	島根県	2003年6月	600	40.0	泥岩
国道431号川津BP改良(改築)工事	島根県	2003年6月	600～700	7.0	頁岩
新厚東川橋高架橋工事	山口県	2003年7月	800	23.5	頁岩
上浦漁港海岸高潮対策工事その2	北海道	2003年10月	500	7.5	泥岩
菅川水路橋橋台工事	兵庫県	2003年11月	600	12.5	強風化岩
蛸島港線昭和橋	石川県	2003年11月	600～700	32.0	泥岩
垂木川水管橋下部工	静岡県	2003年11月	500	18.0	泥岩
潮川統合二級河川整備工事	島根県	2003年12月	800	12.0	頁岩
津田平川河川緊急整備工事	島根県	2004年1月	600	14.0	凝灰岩
蛸島港線昭和橋	石川県	2004年1月	600～700	32.0	泥岩
西長江工区大規模自転車道整備工事	島根県	2004年2月	600	7.5	泥岩
国道432号東岩坂BP改築(改良)工事	島根県	2004年6月	700	15.5	泥岩
倉見高梁橋工事	石川県	2004年6月	800	28.5	砂質泥岩
助田高架橋工事	山口県	2004年7月	800	18.5	頁岩
大野高架橋	富山県	2004年7月	800	37.0	泥岩
矢田部高架橋	富山県	2004年7月	1000	24.0	泥岩

参考資料3 鋼管ソイルセメント杭 被圧地下水条件での施工実績

鋼管杭・鋼矢板技術協会にて収集した被圧地下条件下での施工事例(2010年まで)。

鋼管長については，寸法を丸め表記。
同一工事内で複数の杭仕様があるものは、より大きいもので代表させている。

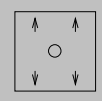
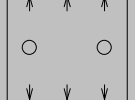
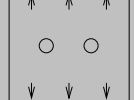
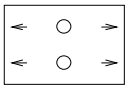
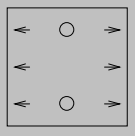
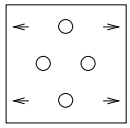
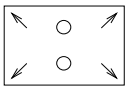
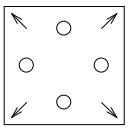
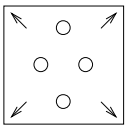
工事名称	場所	施工時期	杭仕様			被圧水頭 地表面上
			杭径	鋼管径	鋼管長	
			(mm)	(mm)	(m)	
石巻浄化センター沈砂池・ポンプ棟工事	宮城県	H06.06	1000	800	66.0	7.6m
太田川耐震対策河川工事 仿僧川水門基礎	静岡県	H07.03	1000	800	23.5	4.5m
太田川耐震対策河川工事 仿僧川水門基礎(2期)	静岡県	H11.01	800	600	15.5	2m以上
替佐3号橋工事第3工区	長野県	H12.12	1000	800	21.5	6m
替佐3号橋工事第2工区	長野県	H12.12	1000	800	9.5	6m
替佐3号橋工事第4工区	長野県	H12.12	1000	800	36.5	6m
出雲バイパス 新内藤川橋下部工事	島根県	H13.3	1000	800	43.5	1.5m
第二東名高速道路 下糟屋地区基礎工事	神奈川県	H13.9	1200	1000	16.0	1m
多ノ郷高架橋下部工事	高知県	H13.11	1000	800	17.5	未測定
出雲バイパス 大津高架橋下部第3工事	島根県	H14.6	1000	800	46.0	3m
出雲バイパス 大津高架橋下部第4工事	島根県	H14.6	1000	800	44.0	3m
出雲バイパス 大津高架橋下部第7工事	島根県	H14.10	1000	800	42.5	3m
佐野川橋下部工工事	長野県	H14.11	1000	800	32.0	2m
県営農免農道整備事業新田地区(3工区)	宮崎県	H14.11	1000	800	24.0	未測定
県営農免農道整備事業新田地区(4工区)	宮崎県	H15.1	1000	800	22.5	未測定
平成14年度 県営農免農道整備事業新田地区3工区(A1)	宮崎県	H15.2	1000	800	27.5	未測定
県営農林漁業用揮発油税財源身替農道整備新田地区5工区	宮崎県	H15.12	1000	800	34.5	未測定
美浜東BP佐柿高架橋下部工事	福井県	H16.2	1000	800	12.5	2.5m
佐野川橋下部工事	長野県	H16.6	1000	800	25.5	2.7m
国道117号下水内郡豊田村替佐3号橋工事(A1橋台)	長野県	H16.9	1000	800	7.0	6m
上古橋拡幅工事	福井県	H17.1	800	600	38.0	3m
国道117号下水内郡豊田村替佐3号橋工事(P1橋台)	長野県	H16.9	1000	800	9.5	6m
平成17年年度地交5-2-001号 下屋浦橋梁(下部工)工事	宮城県	H18.1	1200	1000	40.0	未測定
日本海東北自動車道荒川IC工事(木ノ芽川橋)	新潟県	H18.8	1000	800	20.5	未測定
北陸幹(黒・富)上市竹鼻BL他工事その1	富山県	H18.10	1400	1200	37.5	5.0m
日本海東北自動車道 荒川IC工事(大出橋)	新潟県	H19.5	1000	800	11.0	未測定
圏央道谷川橋下部その1工事	千葉県	H19.9	1000	800	7.5	1m
北陸幹(黒・富)上市竹鼻BL他工事その2	富山県	H19.10	1500	1300	41.0	5m
圏央道谷川橋下部その2	千葉県	H20.6	1000	800	9.5	1m
北陸新幹線富山水橋下砂子坂高架橋	富山県	H20.12	1500	1300	39.0	3m
秦野市大根川ポンプ場建設工事	神奈川県	H21.11	1200	900	34.5	6.5m
北海道新幹線 大野川橋りょう他	北海道	H22.01	1500	1300	24.5	4.5m

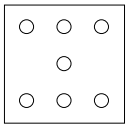
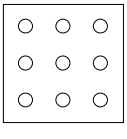
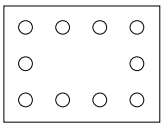
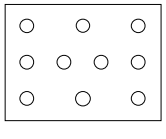
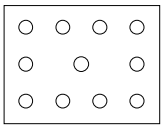
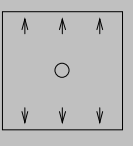
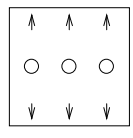
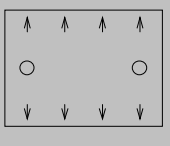
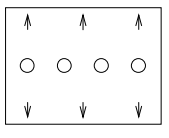
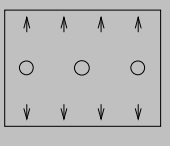
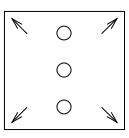
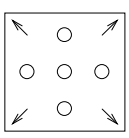
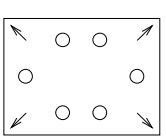
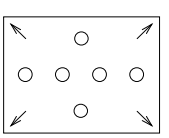
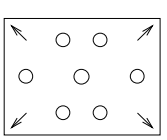
参考資料4　斜杭の配置例（橋脚の場合）

斜杭と直杭の割合について，「当面は全杭本数のうち1/3以上は直杭とするのがよい」とされた。
このことから，配置例の考え方を整理し，杭本数別に斜杭の配置例（橋脚）を示し、1基あたりの直杭の本数が1/3以上か否かを確認した。

□　：　1基当たりの直杭本数が1／3以上の組合せのもの（道示の要求仕様内）
■　：　1基当たりの直杭本数が1／3以下の組合せのもの（道示の要求仕様外）

【配置例の考え方】
- ○：直杭、←→↑↓：矢印方向へ傾斜した斜杭を表す。
- 橋軸方向、橋軸直角方向における同列の斜杭は全て同方向とし、直杭と斜杭を混在させない
- 45°方向の斜杭は、フーチング隅角部（四隅）のみとする。

本数／方向	4	5	6	8	8
↑↓ 橋軸方向					
←→ 橋軸直角方向					
隅角部 ↖↗↙↘ 45°方向					

本数／方向	7	9	10	10	11
↑↓ 橋軸方向					
←→ 橋軸直角方向					
隅角部 ↖↗↙↘ 45°方向					

鋼管杭・鋼管矢板基礎の設計と施工

「道路橋示方書・同解説　Ⅳ下部構造編　（平成 24 年)」
鋼管杭・鋼管矢板に係る改定のポイント

鋼管杭・鋼矢板技術協会　道路鉄道技術委員会　編

平成２４年８月　初版発行

発　行　　一般社団法人　鋼管杭・鋼矢板技術協会
〒103-0025　東京都中央区日本橋茅場町3-2-10　鉄鋼会館６階
☎　０３（３６６９）２４３７（代表）

URL　　http://www.jaspp.com/

印刷・製本　　昭和情報プロセス株式会社
〒108-0073　東京都港区三田5-14-3
TEL　03-3452-8451　FAX　03-3452-3294