

第1章 はじめに

1.1 基礎工の概要

本書は、杭基礎に関する技術をまとめたものであるが、杭基礎の周辺の知見をおさらいする意味で、杭基礎を含む基礎工全体を概観する。

基礎工は、建造物の重量を支持地盤へ伝達することを目的として地中に築造される構造物の一部であり、一般に人の目に触れないものの非常に重要な構造物である。基礎工に要求される性能は、

基礎工に作用する荷重を支持地盤に伝達すること

過大な変位を発生させないこと

の2点である。この性能を満足するために、基礎工周辺の地盤の評価および基礎工を構成する部材の設計と施工に種々の規定が設けられ、これらの規定に準拠して設計と施工がなされている。

基礎工は、直接基礎、杭基礎、その他の基礎(ケーソン基礎、鋼管矢板基礎、地中連続壁基礎等)の3種類に分類できるが、荷重の種類と大きさ、地盤の状況、施工条件等を考慮して、安全で経済的な基礎を選択しなければならない。

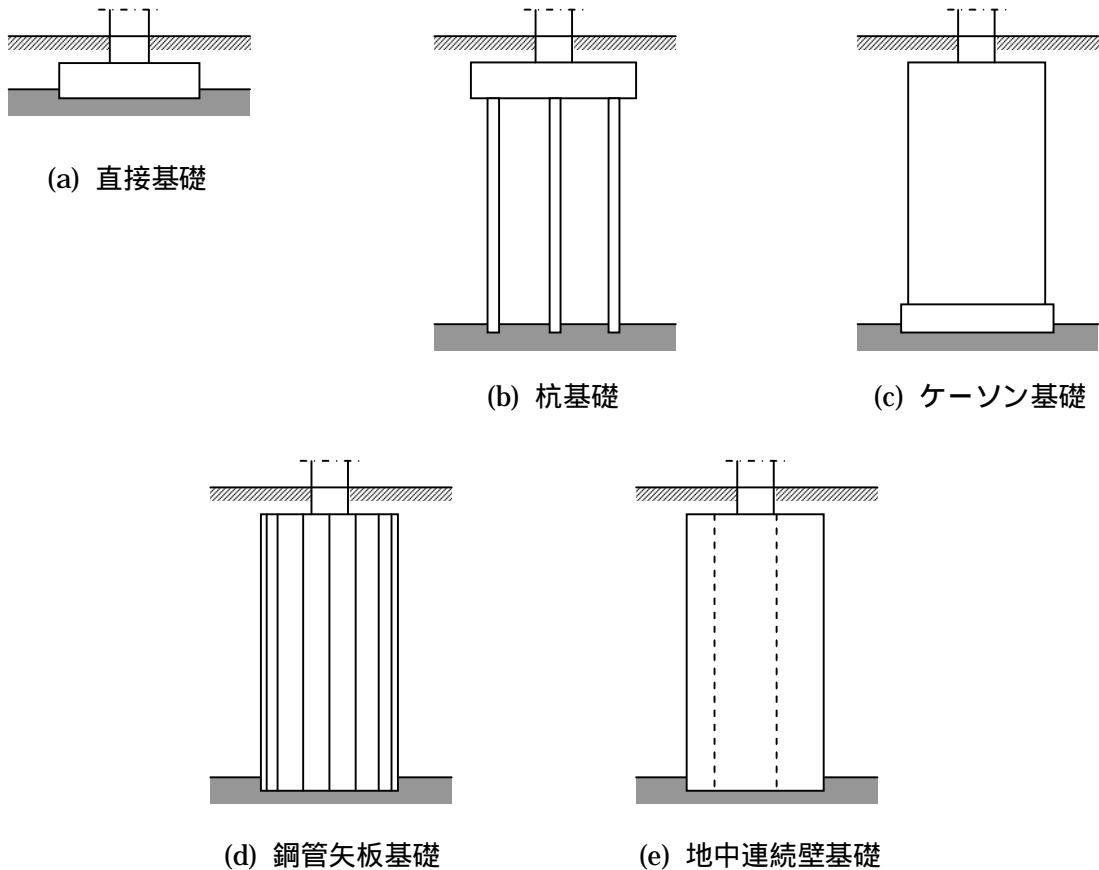


図-1.1 基礎工の種類

(1) 直接基礎

直接基礎は、施工性と経済性に優れた構造であるが、この構造が採用の可否は支持層の深さによる。支持層が浅い場合は、当然、直接基礎が採用されるが、支持層が少し深い場合には、杭基礎やその他の基礎との比較検討を行う必要がある。

(2) 杭基礎

杭基礎は、支持層が深い場合に広く採用される構造であり、杭体と施工法に種々のものがある。杭体の材質を大別すると、鋼、コンクリート、合成構造(鋼とコンクリートの合成構造)の3種類になる。杭体の形状は、円柱が多いが角柱が用いられることがある(角柱は外国での使用例が多い)。また、杭体の施工場所により、既製杭と場所打ちコンクリート杭に分けられる。

杭の施工方法を大別すると、打込み工法、埋込み工法、回転工法、機械掘削工法、人力掘削工法になる。このうち、打込み工法、埋込み工法、回転工法の3工法は既製杭を対象とした工法であり、機械掘削工法と人力掘削工法の2工法は場所打ちコンクリート杭を対象とした工法である。

(3) その他の基礎

その他の基礎には、ケーソン基礎、鋼管矢板基礎、地中連続壁基礎等がある。いずれも、支持層が深く、作用する荷重が大きい場合に用いられる。これらの基礎は、表層および中間層が軟弱な場合、河川中および海中での施工となる場合、基礎の平面形状を狭くする必要がある場合、水平変位量を抑制する必要がある場合等では、杭基礎より有利となることが多い。

・ケーソン基礎

ケーソン基礎の形状には、全体を箱型の鉄筋コンクリート構造とするケーソンの他に、上部を箱型の鉄筋コンクリート構造とし、下部を杭基礎とする脚付きケーソンがある。また、ケーソンの施工法には、自重による沈下と掘削を交互に行うオープンケーソン(井筒)、グラウンドアンカーを用いて沈下させる圧入ケーソン、圧気を用いて地下水を排除しながら掘削するニューマチックケーソンがある。

・鋼管矢板基礎

鋼管矢板基礎の最大の特徴は、本体構造としての鋼管矢板を仮締め切り工に使用できる点であり、このことから河川中および海中での施工に適した工法である。鋼管矢板基礎の形状には、全ての鋼管矢板を支持層に貫入させる井筒型と、鉛直支持層に対して必要のなくなった鋼管矢板を支持層より上方で切断する脚付き型とがある。

・地中連続壁基礎

地中連続壁基礎は、地中に築造したRC連続壁をそのまま構造物の基礎本体に利用するものである。構造は、地中連続壁を継ぎ手により一体化した矩形や多角形などの閉合断面や単体壁がある。

1.2 杭基礎に求められる性能

杭基礎は基礎工法を代表するものであることから、当然に、基礎に求められる性能を満

足しなければならない。すなわち、基礎工に作用する荷重を支持地盤に伝達すること、過大な変位を発生させないこと、が要求される。

基礎工に要求されるこれらの性能を規定したのものには種々のものがあるが、代表的な規定を以下に示す。

1.2.1 杭基礎施工便覧(日本道路協会：平成 18 年度改訂版)¹⁾での規定

鉛直載荷試験及び水平載荷試験の結果から、支持力特性が明らかである。ここで、支持力特性とは、鉛直方向には極限支持力及び沈下特性であり、また、水平方向には水平力～変位関係である。

杭と地盤との間にゆるみがなく、変位の小さい段階から地盤抵抗を確保できる。

杭体の変形性能、曲げ耐力及びせん断耐力の算定方法が載荷試験結果より明らかである。

工法の施工管理手法が明らかであり、所定の手法によれば、上記、及び が確実に発揮できる。

1.2.2 建築基礎構造設計指針(日本建築学会：2001 年版)²⁾での規定

性能レベルとして、終局限界状態、損傷限界状態、使用限界状態に着目し、その各状態に対して、上部構造に対する影響、基礎部材、地盤の 3 視点から性能を規定している。

(1) 終局限界状態

上部構造に対する影響・・・杭基礎の破壊または変位によって、上部構造が破壊しない。
また、上部構造が転倒しない。

基礎部材・・・基礎部材が脆性的な破壊を生じない。また、変形性能の限界に達して、急激な耐力低下を生じない。

地盤・・・敷地地盤全体の安定性が失われない。また、杭基礎に作用する荷重が地盤から定まる杭基礎全体の最大抵抗力に達しない。

(2) 損傷限界状態

上部構造に対する影響・・・杭の変位によって、上部構造に構造上の補修、補強を必要とするような損傷を生じない。

基礎部材・・・基礎部材に構造上の補修、補強を必要とするような損傷を生じない。

地盤・・・残留変位が小さい。繰返し荷重による変位の増加が小さい。

(3) 使用限界状態

上部構造に対する影響・・・杭の変位によって、上部構造の使用性及び耐久性に支障が生じない。

基礎部材・・・基礎部材の耐久性に支障が生じない。

1.3 基礎形式の選定

基礎形式を選定するために必要となる条件は、大別すると地盤条件、構造物の条件、施

工条件の 3 条件となる。

地盤条件は、中間層の状態(支持層までの状態)、支持層の状態、地下水の状態に分けられ、構造物の条件は、構造物から伝達される荷重の種類と規模、沈下に対する条件(完全支持か摩擦杭を認めるか)に分けられる。また、施工条件は、施工基盤面の状況(地上施工か水上施工か)、工事用地の広さ、斜杭の有無、有毒ガスの影響、周辺環境(振動・騒音や近接構造物)等である。

図-1.2 に基礎形式の選定手順を、また、表 1-1 に基礎形式の選定表を示した。

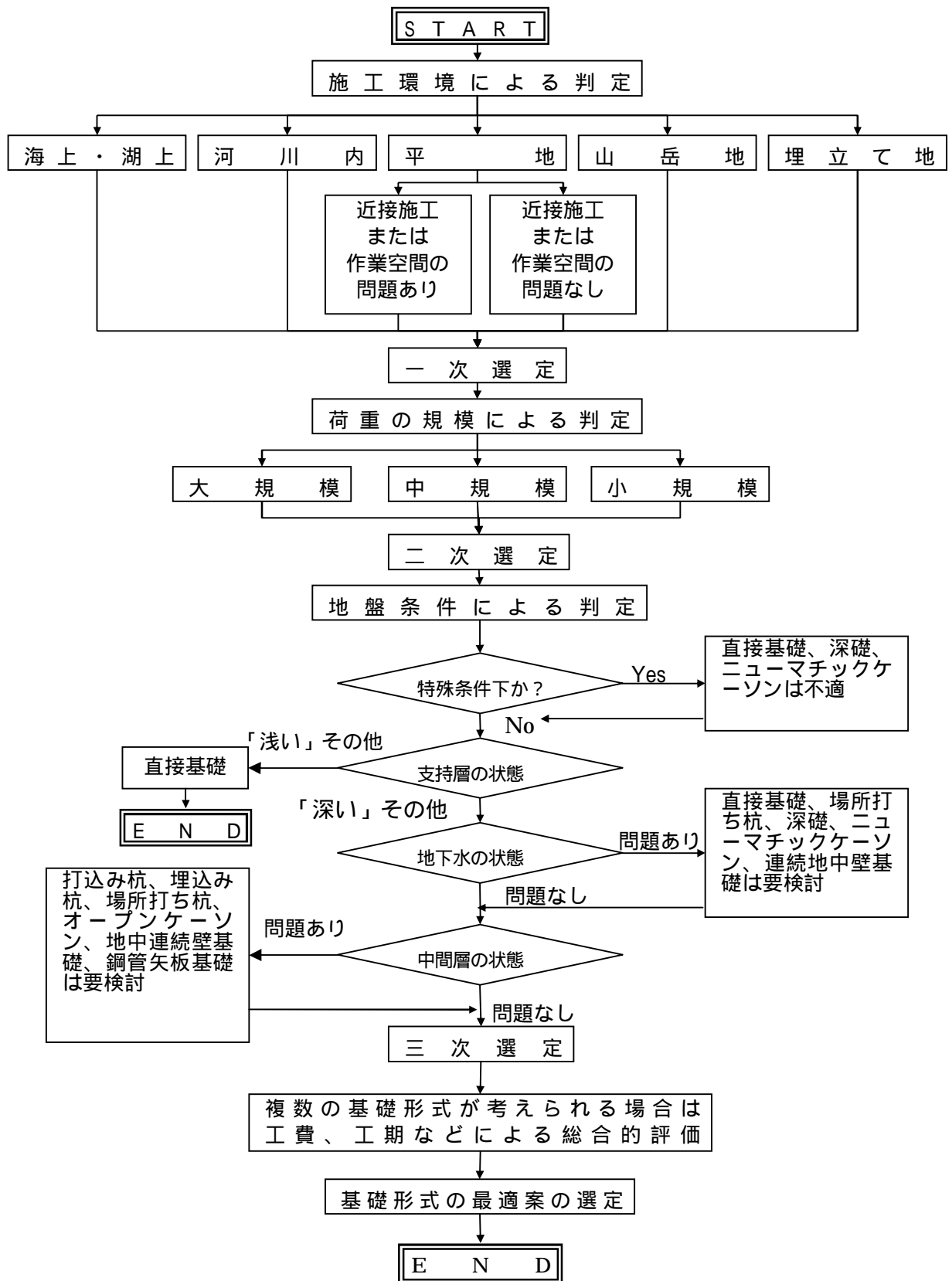


図-1.2 基礎形式の選定手順³⁾

表-1.1 基礎形式の選定表⁴⁾

選定条件		基礎形式	直 接 基 礎	打込み杭 基礎			中掘り杭基礎					場所打ち杭 基礎			ケーソ ン基礎		鋼管 矢板 基礎	地中 連続 壁基礎				
				R C 杭	P C ・ P H C 杭	鋼管 杭	PC・PRC 杭		鋼管杭			オ ー ル ケー シング	リ バ ース	ア ー ス ト リ ル	深 礎	ニ ー マ チ ック			オ ー プ ン			
							最終 打撃 方法	噴出 攪拌 方式	コ ン ク リ ー ト	打設 方式	最終 打撃 方法									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	中間層に極軟弱層がある																				
		中間層に極硬い層がある	×																			
		中間層に礫がある	礫径 5cm																			
			礫径 5～10cm	×																		
			礫径 10～50cm	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×				×			
	液状化する地盤がある																					
	支持層の状態	支持層の深度	5m 未満		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
			5～15m																			
			15～25m	×																		
			25～40m	×	×																	
			40～60m	×	×											×	×					
			60m 以上	×	×	×		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×				
		支持層の土質	粘土質(20 N)						×			×										
			砂・砂礫(30 N)							×			×									
		傾斜が大きい(30 程度以上)		×																		
	支持層面の凹凸が激しい																					
地下水の状態	地下水水位が地表面近い																					
	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	×					×	×		×	×	×	×	×	×					×		
構造物の特徴	荷重規模	鉛直荷重が小さい(支間20m 以下)																×		×	×	
		鉛直荷重が普通(支間20～50m)																				
		鉛直荷重が大きい(支間50m 以上)	×																			
		鉛直荷重に比べ水平荷重が小さい																				
		鉛直荷重に比べ水平荷重が大きい	×																			
	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																				×	
	斜坑の施工	/					×	×	×					×	×	×	/	/	/	/	/	
	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		×	×																	×	

(注) :適合性が高い :適合性がある ×:適合性が低い

第2章 杭基礎の分類と一般的な特徴

2.1 材質

2.1.1 材質による分類

(1) 道路関係の規定⁵⁾

図-2.1 に、最近、改定された道路関係の規定¹⁾に示されている材質による分類を示した。ここで、従来は用いられていた PC 杭が除外されているが、これは PC 杭が橋梁基礎として用いられ機会が少なくなったことと、平成 5 年の JIS の改定により JIS の規定から除外されたことによる。なお、図-2.1 中の RC 杭は鉄筋コンクリート杭、PHC 杭は高強度プレストレストコンクリート杭、また SC 杭は外殻鋼管付きコンクリート杭を、それぞれ意味する。

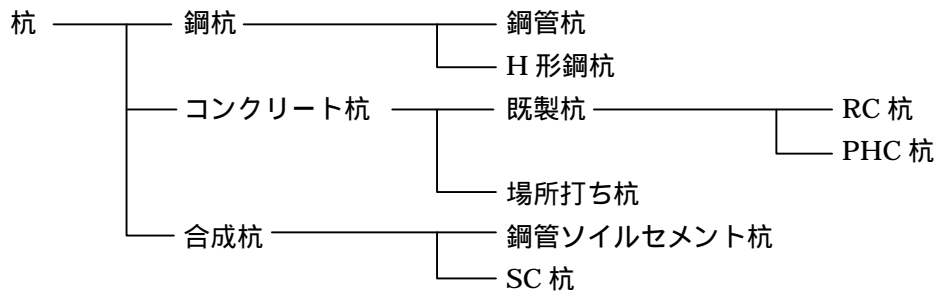


図-2.1 材質による分類(道路関係)⁵⁾

(2) 建築関係の規定⁶⁾

図-2.2 に、建築関係の規定²⁾に示されている材質による分類を示した。

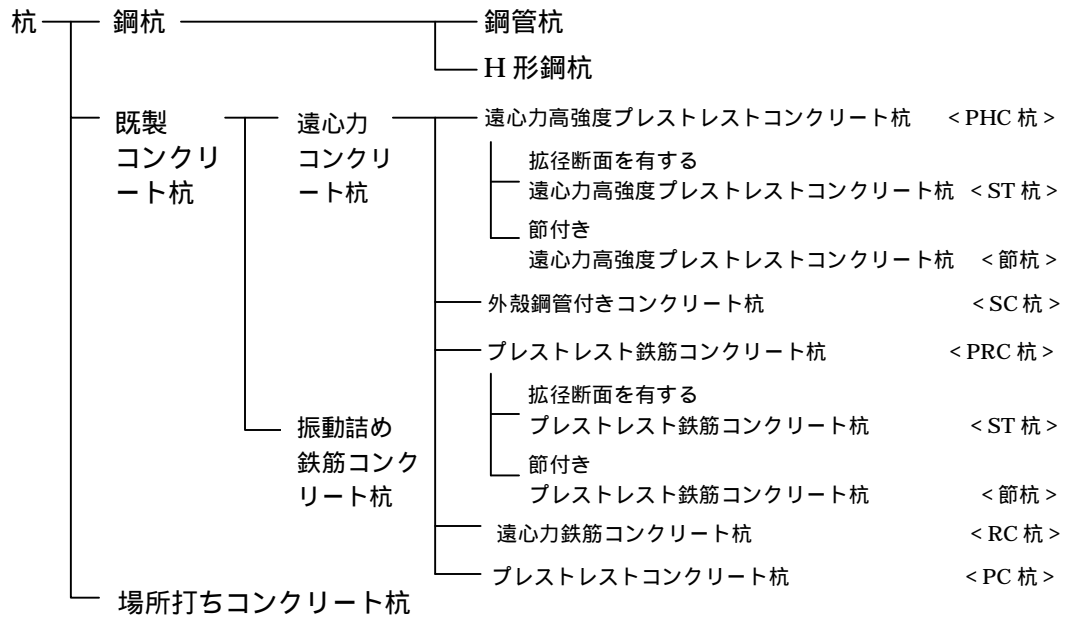


図-2.2 材質による分類(建築関係)⁶⁾

図-2.1 と図-2.2 を比較すると、最終的な杭の種類が道路では 7 種類であるのに対して、建築では 12 種類と多くなっている。

(3) 地盤工学会の分類⁷⁾

図-2.3 に、地盤工学ハンドブック³⁾に記載されている分類を示す。

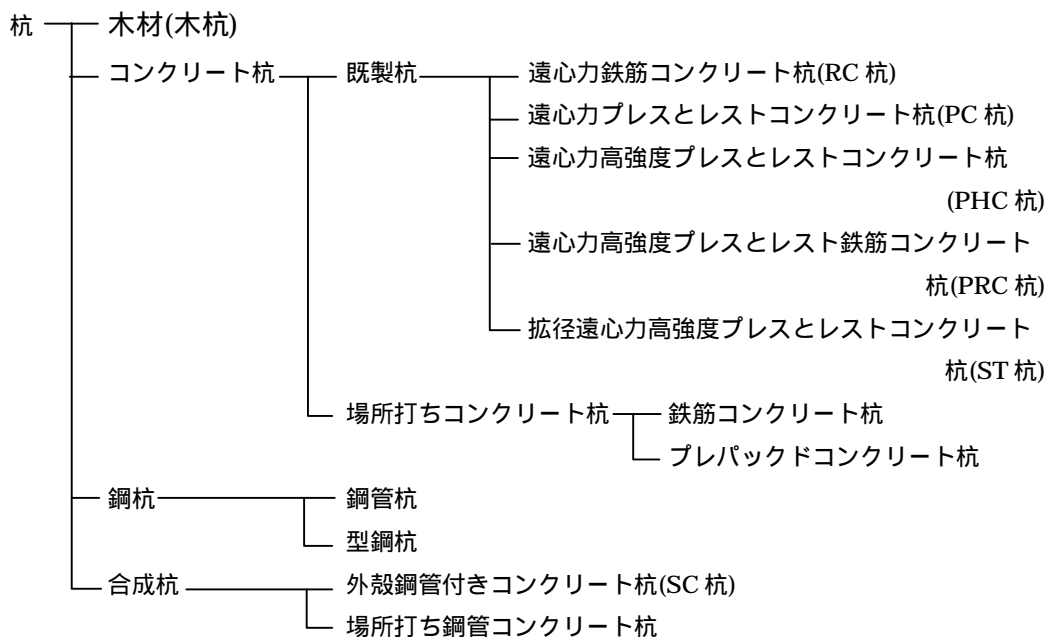


図-2.3 材質による分類(地盤工学ハンドブック)⁷⁾

2.1.2 各杭材の特徴

上記のように、杭の分類には種々のものがあるが、ここでは図-2.3 に示す分類に従って、各杭に対する若干の説明を加える。

(1) 木材(木杭)

木材を使用した杭(木杭)は、コンクリート杭や鋼杭が出現するまでは一般的に使用されていたが、最近ではほとんど使用されることがない。

(2) コンクリート杭

コンクリート杭のうちの既製杭、鋼杭、および合成杭のうちの SC 杭は、いずれも工場製品であり、安定した品質が得られる。

・コンクリート既製杭

コンクリート既製杭は、あらかじめ組立てた鉄筋や PC 鋼材を鋼製型枠内にセットし、コンクリートを型枠内に投入して遠心力による締固めを行った後、養生を行って製作される。既製コンクリート杭では RC 杭が最も曲げ耐力が小さく、PC 杭、PHC 杭、PRC 杭と曲げ耐力が大きくなる。なお、PC 杭は平成 5 年に JIS 規格から除外された。水平荷重が大きい場合で PHC 杭を用いる場合には、PHC 杭を下杭に使用し上杭に PRC 杭を用いることが多い。ST 杭は、支持力を大きくするために杭先端を 5~20cm 太くしたものである。

・場所打ちコンクリート杭

場所打ちコンクリート杭は、地盤を種々の工法により掘削し、鉄筋かごを建込んだ後に、

コンクリートを打設して築造される杭である。場所打ちコンクリート杭は既製杭に比較して太く、しかも長い杭の施工が可能で、曲げ耐力と支持力が既製杭に比較して大きい。適切な施工管理を行わないと、期待する品質が得られないことがある。なお、プレパックスドコンクリート杭は、特殊な杭であり、使用されることは少ない。

(3) 鋼杭

・型鋼杭(H形鋼杭等)

鋼杭のうちの型鋼杭(H形鋼杭等)は、先端支持に問題があるために、仮設構造物では使用するものの、永久構造物には一般的に使用しない。

・鋼管杭

鋼管杭は曲げ耐力が大きいこと、応力に応じて材質や肉厚を変えた合理的な設計ができること、支持地盤の不陸に対応しやすいこと、コンクリート杭に比較して軽く取扱いが容易であること等の長所があるが、腐食に対する対策が必要であること、大口径で薄肉の鋼管は局部座屈を生じることがあること、先端開放型の打込み杭では支持地盤への根入れが十分でないと十分な支持力が得られないことがある等に留意が必要である。

(4) 合成杭

・SC杭

合成杭のうちのSC杭は、鋼管中に膨張材を混入したコンクリートを投入し、既製コンクリート杭と同様に、遠心力を用いて製作されるもので、コンクリート杭に比較して曲げ耐力および靱性に優れている。

・場所打ち鋼管コンクリート杭

場所打ち鋼管コンクリート杭は、杭頭部の曲げ耐力を増加させるために、場所打ちコンクリート杭の上部にリブ付き鋼管を取付けた杭である。

2.2 形状等

完成した(荷重を受ける状態での)杭の形状には、表-2.1 に示すものがある。

表-2.1 杭の形状による分類

杭の部分	分類
標準部の断面	円形(中実)、円形(円環)、多角形
先端部	無処理、セメントミルク噴出攪拌処理、コンクリート打設処理、標準部より大きな断面(拡底)
標準部の深さ方向変化	等断面、部材厚さの変化(円環の場合)、鉄筋量の変化、節付き

杭の標準部の断面形状は、日本では中実あるいは中空の形状が一般的であるが、海外でのRC既製杭は、正方形の断面を有するものも珍しくない。

杭の形状について、図-2.3 に示した杭材の分類に従って、若干の説明を加える。

(1) 木材(木杭)

木材(木杭)は、円形(中実)で、外径は最大でも30cm、長さは最大で10m程度である。

(2) コンクリート杭

・コンクリート既製杭

コンクリート既製杭は、円形のものが多く、これらは遠心力を用いて製作することから、円環断面となる。コンクリート既製杭で多角形の場合は、振動締固めをすることから、中実となる。外径は30～120cmであるが、40～80cm程度のものが一般に用いられる。杭の分割された長さは5～15mであるが、一般には10～15m程度である。また、杭の最大長は杭の材質により異なり、RC杭で25m程度、PHC・PRC杭で60m程度である。

・場所打ちコンクリート杭

場所打ちコンクリート杭は、施工の関係で、その断面形状は円形(中実)となる。杭の外径は60～300cmであるが、100～150cm程度のものが多く使用される。杭の最大長は施工方法により異なり、深礎工法とでアースドリル工法40m程度、オールケーシング工法で60mである。リバーシ工法では60mを超えて施工することができる。

(3) 鋼管杭

鋼管杭は円環断面であり、その厚さは4.5～60mm程度で、4.5～20mm程度がよく使用される。杭の分割された長さは、運搬や吊込み作業の関係から決まるが、一般には12m程度以下となるようにすることが多い。鋼管杭の全長は、地盤と施工方法により異なるが、60mを超えて施工することもある。

(4) 合成杭

合成杭のうちのSC杭は、コンクリート既製杭と同様に考えてよく、場所打ち鋼管コンクリート杭と同様に考えてよい。

2.3 施工方法

2.3.1 施工方法による分類

(1) 道路関係の規定

図-2.4に、道路関係で規定されている施工方法による分類を示す。この図で、2列目の「既製杭」と「場所打ち杭」は施工方法ではないが、杭の種類により施工方法が異なるので、図中に入れたものである。

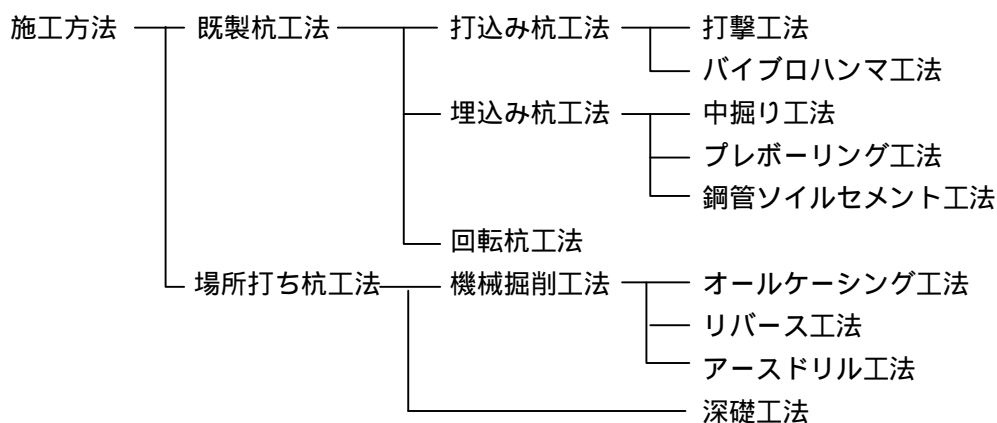


図-2.4 施工方法による分類(道路関係)⁸⁾

(2) 建築関係の規定

図-2.5 に、建築関係で規定されている施工方法による分類を示す。

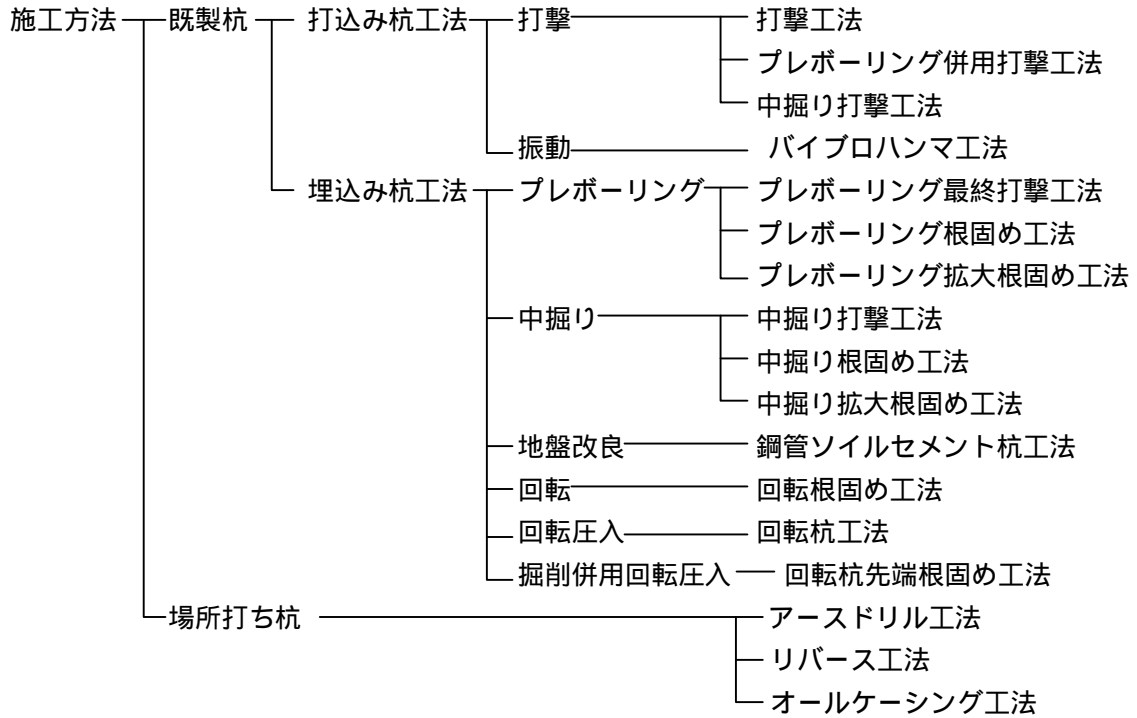


図-2.5 施工方法による分類(建築関係)⁹⁾

図-2.4 と図-2.5 を比較すると、建築関係のほうが詳しく分類されているといえる。中でも、プレボーリング、中掘り、および回転については詳しくなっている。

(3) 地盤工学会の分類

図-2.5 に、地盤工学ハンドブック¹⁰⁾に記載されている分類を示す。

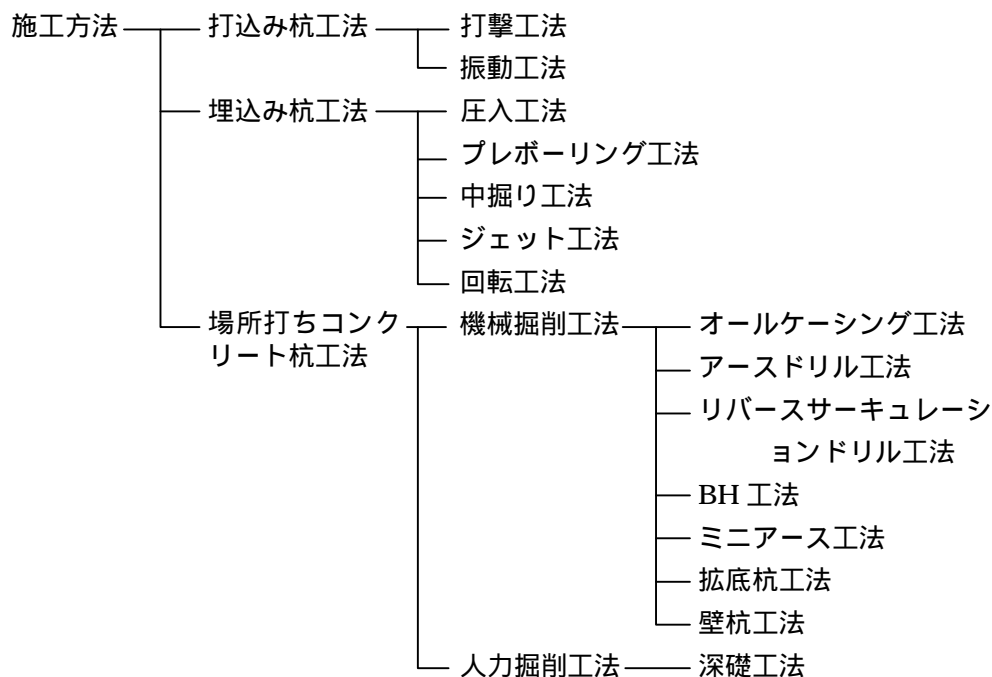
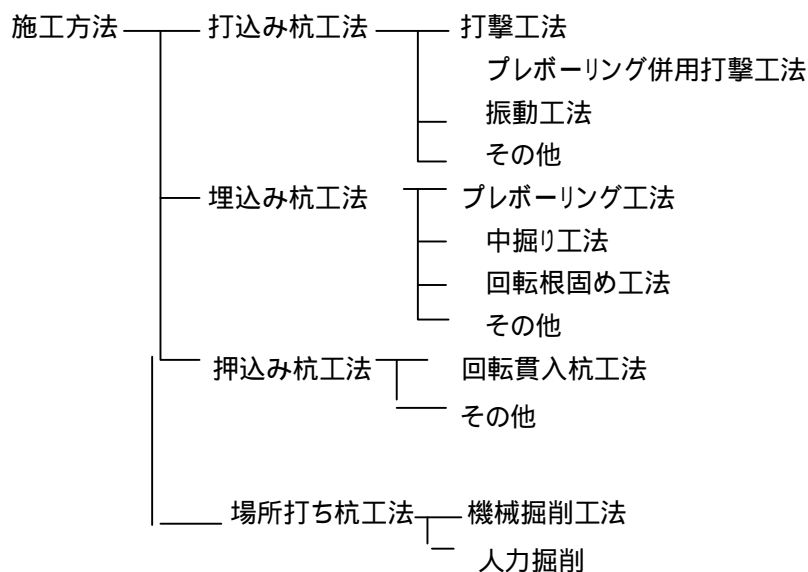


図-2.6 施工方法による分類(地盤工学ハンドブック)¹⁰⁾

*** 基礎杭工法 Navi での分類について**

今回建設 Navi 掲載にあたり、施工方法による分類は以下に示すとおりとした。



杭基礎以外に以下の工法も掲載しています。

ケーソン基礎工法・杭継手工法・その他(補助工法)

2.3.2 各施工方法の一般的な特徴

図-2.6 に示したように、杭の施工方法を大別すると、打込み杭工法、埋込み杭工法、および場所打ちコンクリート杭工法の3種類になる。

(1) 打込み杭工法

打込み杭工法は、打撃工法と振動工法に分けられるが、いずれも、以下の特徴がある。

長所

- ・ 施工速度が速い
- ・ 経済的である(小規模でも割高にならない)
- ・ 機械設備が他の工法に比較して大きくない
- ・ 地下水位に関わらず施工ができる

短所

- ・ 施工中の騒音・振動等の建設公害を生じやすい
- ・ 近接する既設構造物に影響を及ぼすことがある
- ・ 杭が長い場合には継手が必要になる
- ・ 所定の高さで打止まりとならない場合には長さの調整が必要になる
- ・ 運搬時に杭体を傷つけることがある

打込み杭工法のうちの打撃工法は、最も歴史のある施工方法で、木杭、鋼杭、既製コンクリート杭等を各種のハンマを用いて地中に打込む方法である。上記の特徴のほかに、以下の長所がある。

長所

- ・ 斜杭の施工が容易である
- ・ 施工中に支持力の確認が可能である
- ・ 振動工法は打撃工法に比較して、騒音・振動を抑えることができる(しかし埋め込み杭工法や場所打ちコンクリート杭工法に比較すると振動・騒音は問題となることが多い)

打込み杭工法のうちの振動工法には、以下の特徴がある。

長所(打撃工法に比較して)

- ・ 騒音が小さくなる
- ・ 小規模の施工設備で施工できる
- ・ 効率的で利便性に優れる

短所

- ・ ヤットコの使用には制限がある(打ち止め時に杭頭が地表面以下となる場合には所定の深さまで掘削が必要になる)

(2) 埋込み杭工法

埋込み杭工法は、打込み杭工法の短所を改良するために考えられた工法である。

長所(打込み杭工法に比較して)

- ・ 騒音および振動が少ない

- ・近接構造物への影響が少ない

短所(打込み杭工法に比較して)

- ・施工管理(支持力の確認を含む)が難しい
- ・泥水や廃土の処理が必要になる
- ・地盤を乱すために支持力が小さい

(3) 場所打ちコンクリート杭工法(鋼管ソイルセメント杭を含む)

場所打ちコンクリート杭工法は、現場で削孔してから杭を築造することから以下の特徴がある。

長所

- ・周面摩擦力が大きい
- ・杭の長さが調整できる
- ・振動および騒音が打込み杭工法に比較して小さい
- ・大口径の杭を築造できる
- ・コンクリート杭の場合には継手が必要でなく1本の杭を築造できる
- ・掘削土を観察することにより支持層を確認できる
- ・近接構造物への影響が小さい

短所(留意事項を含む)

- ・施工管理が他の工法に比較して難しい
- ・泥水や廃土の処理が必要になること(埋込み杭工法より多い)
- ・小口径の施工ができない
- ・地盤を乱すために先端支持力が小さい
- ・掘削孔の底部にたまるスライムの除去を確実に行わないと先端支持力が低下する
- ・杭本体の品質に対する信頼性は他の工法に比較して低い
- ・超軟弱地盤では、孔壁が崩壊することがある
- ・地表面近くにピート層のような著しく軟弱な地層が存在する場合には、コンクリートの打設に注意が必要である

第3章 杭の施工方法と特徴

3.1 「打ち込み杭工法」に分類される施工方法と特徴

3.1.1 打撃による施工

(1) 打撃工法

打撃工法は、図-3.1 に示した杭打ち機を用いて、リーダーに沿わせて杭を設置し、リーダー上部に取付けられているハンマーを作動させて杭を地盤中に貫入させるものであり、外径が60cm以下の杭の施工に使用される。鋼杭と既製コンクリート杭が対象である。

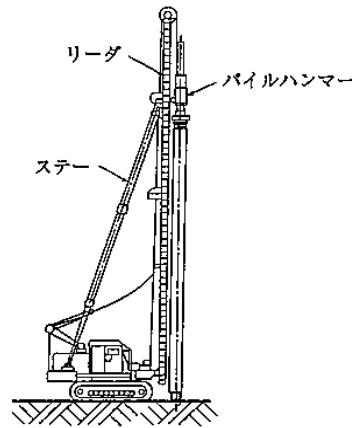


図-3.1 杭打ち機¹¹⁾

(2) プレボーリング併用打撃工法

プレボーリング併用打撃工法は、打撃工法の振動・騒音を軽減することを目的として開発された工法で、図-3.2 に示したように、アースオーガーを用いて一定深さまで掘削した後、杭を建込み、打撃する工法である。硬い中間層を貫入させる場合や騒音・振動を軽減させる場合に有効である。オーガーの掘削径は70cm以下とするべきである。

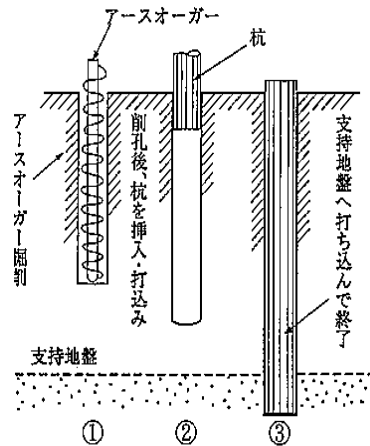


図-3.2 プレボーリング併用打撃工法¹²⁾

3.1.2 振動による施工

振動を用いた施工は、打撃工法のハンマ(ドロップ半間、ディーゼル半間、油圧半間)を、バイプロハンマに取替えるだけで、その他は打撃と同様である。

従来は土留め壁に用いる鋼矢板の施工や開削工事での土留め杭や中間杭に用いる H 型鋼の打設に広く用いられてきたが、杭の施工にはあまり用いられなかった。これは打撃工法のように施工中の支持力の確認ができないと思われていたことによるが、最近になって支持力の評価が可能となったことから、この工法が認められるようになった。

3.1.3 打込み杭工法の適用が難しい状況

打込み杭工法の適用が難しい状況を以下に示すが、施工方法だけでなく杭の種類によっても状況が異なるので、以下では杭の種類別に記述する。

(1) RC 杭

- ・ 中間層として硬い地層が存在する場合
- ・ 中間層として礫層が存在し、その礫径が 5cm を超える場合
- ・ 杭の長さが 5m 未満、あるいは 25m を超える場合
- ・ 支持層の傾斜が大きい場合(30 度程度以上)
- ・ 鉛直荷重が大きい場合
- ・ 水平荷重が大きい場合
- ・ 振動および騒音が問題となる場合
- ・ 近接施工が問題となる場合

(2) PHC 杭・PRC 杭等

- ・ 中間層として礫層が存在し、その礫径が 10cm を超える場合
- ・ 杭の長さが 5m 未満、あるいは 60m を超える場合
- ・ 振動および騒音が問題となる場合
- ・ 近接施工が問題となる場合

(3) 鋼管杭

- ・ 中間層として礫層が存在し、その礫径が 10cm を超える場合
- ・ 杭の長さが 5m 未満の場合
- ・ 振動および騒音が問題となる場合

3.2 「埋込み杭工法」に分類される施工方法

3.2.1 プレボーリングによる施工

(1) プレボーリング最終打撃工法

プレボーリング最終打撃工法の施工手順は、図-3.3 に示したように、オーガーによる掘削の後に、杭周固定液の注入と攪拌、杭体の建込みと圧入、特殊モンケンによるシューの打設、杭中詰め材の打設を行うものである。

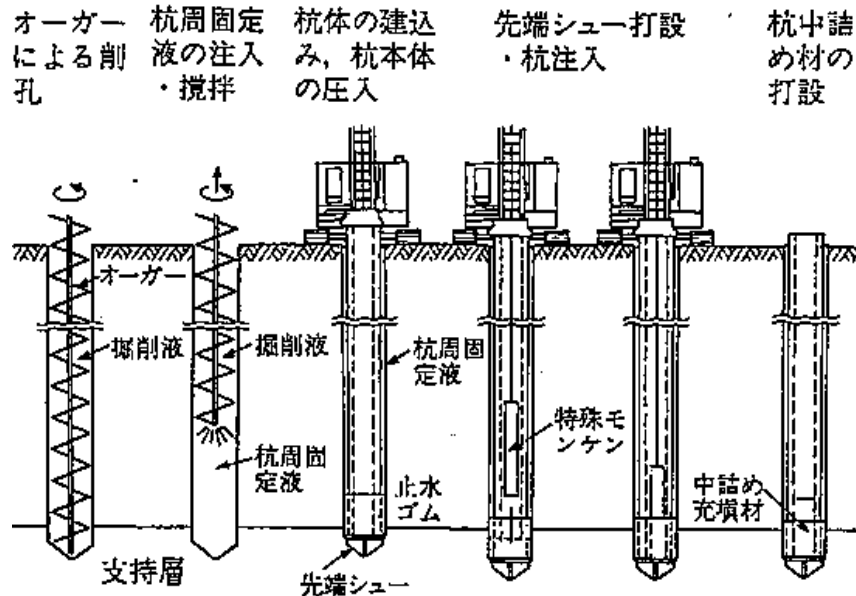


図-3.3 プレボーリング最終打撃工法¹³⁾

(2) プレボーリング根固め工法

プレボーリング根固め工法はセメントミルク工法とも呼ばれ、図-3.4 に示すように、安定液をアースオーガーの先端から噴出させながら所定の深さまで掘削した後に、根固め液に切り替えて所定量を注入し、杭周固定液を注入しながらアースオーガーを引上げ、杭を建込む工法である。

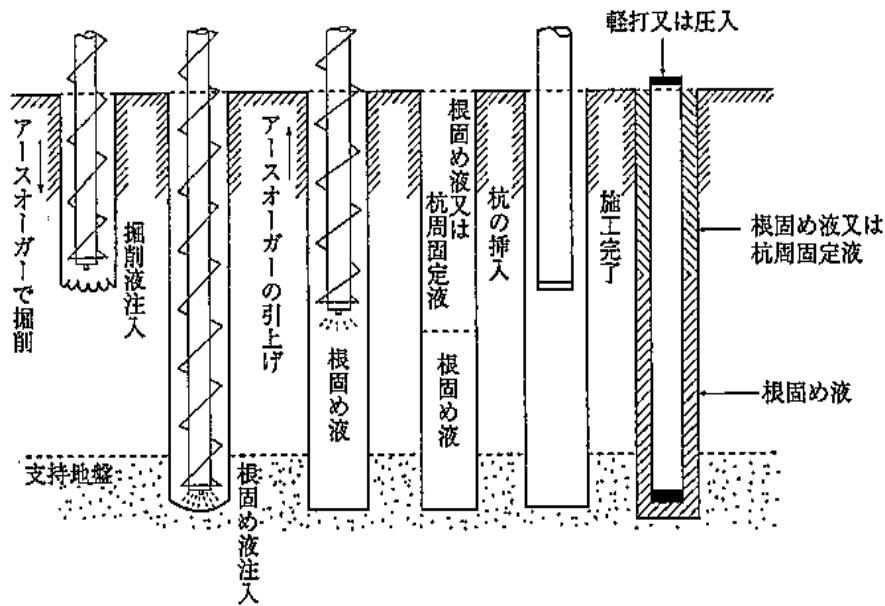


図-3.4 プレボーリング根固め工法(セメントミルク工法)¹⁴⁾

(3) プレボーリング拡大根固め工法

プレボーリング拡大根固め工法には種々のものがあるが、その代表的なものは、図-3.5

に示すように、攪拌翼を有する掘削ロッドを用いて、掘削液を出しながら所定の深さまで掘削し、根固め液に切替えて根固めのための球根を築造した後に、杭体を挿入して回転力を加えて杭体を球根に定着させる工法である。

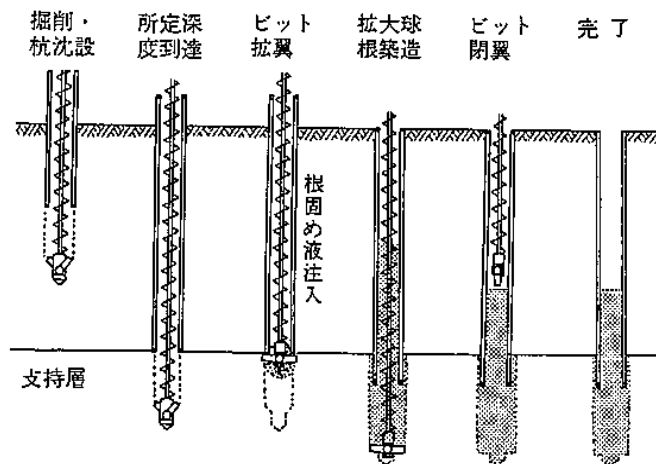
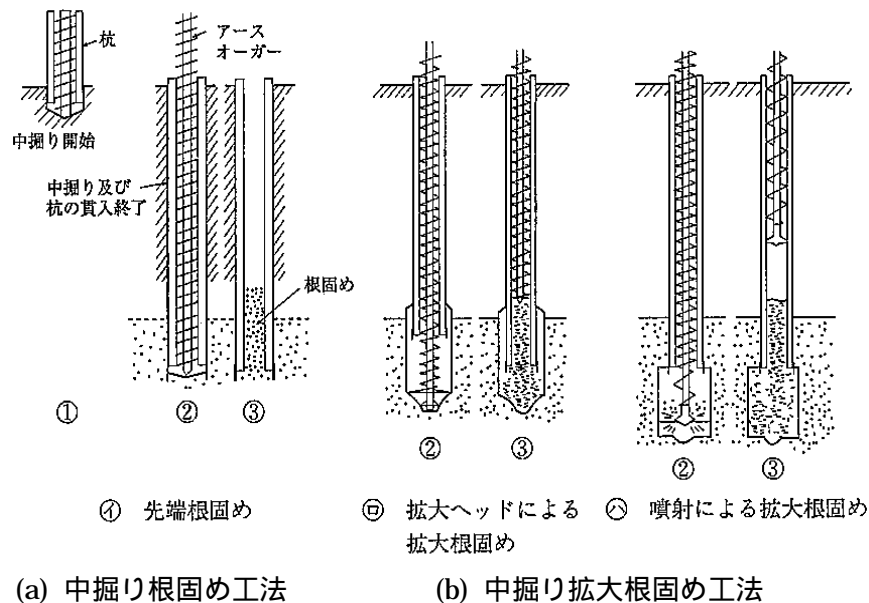


図-3.5 プレボーリング拡大根固め工法¹⁵⁾

3.2.2 中掘りによる施工

中掘り工法は、円環断面を有する既製杭に適用できる施工方法で、杭の中空部にスパイラルオーガーを挿入して、オーガーを回転させて掘削し、土砂をオーガーにより上昇させながら杭を沈下させるもので、最終段階で打撃をするか根固め液を注入して、所定の支持力を発揮させる工法である。

図-3.6 に、中掘り根固め工法と中掘り拡大根固め工法の施工手順を示した。



(a) 中掘り根固め工法

(b) 中掘り拡大根固め工法

図-3.6 中掘り工法¹⁶⁾

3.2.3 地盤改良による施工(鋼管ソイルセメント工法)

鋼管ソイルセメント工法は、オーガーにより地盤改良杭(ソイルセメント柱)を造り、その地盤改良杭が固まらないうちに、外面に突起(リブ)を有する鋼管を沈設して、鋼管とソイル

セメントが一体となって挙動するようにしたものである。鋼管の外面からの地盤改良体の厚さは、一般に 10～20cm 程度とする。地盤改良体の造成と突起付き鋼管定着を同時に行う方法もある(図-3.7 参照)。

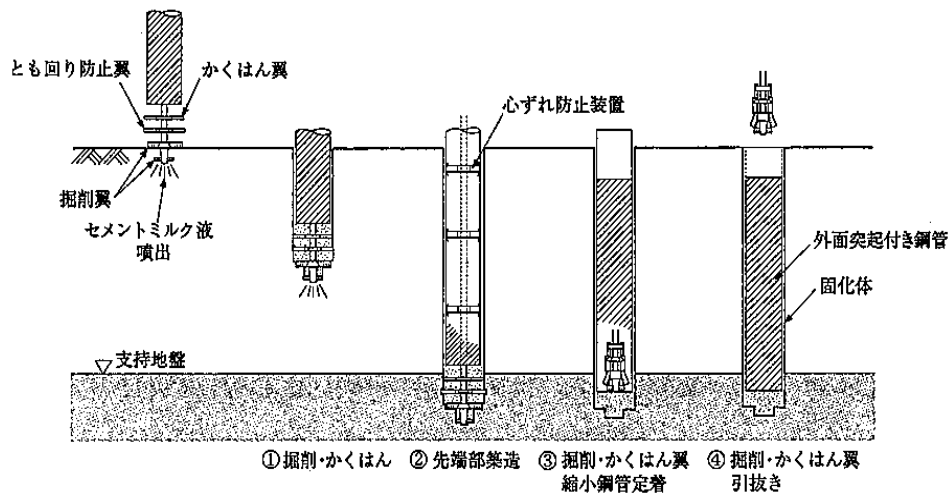


図-3.7 地盤改良による施工(鋼管ソイルセメント工法)¹⁷⁾

3.2.4 回転による施工

(1) 既製コンクリート杭を用いた回転根固め工法

既製コンクリート杭を、回転を用いて施工する方法の代表例として回転根固め工法を取上げ、その概要を図-3.8 に示した。この工法は、杭先端金物部で掘削を行い、杭に回転圧入して、杭を所定の位置に設置する工法である。一般に先端支持力確保のため根固めをする。

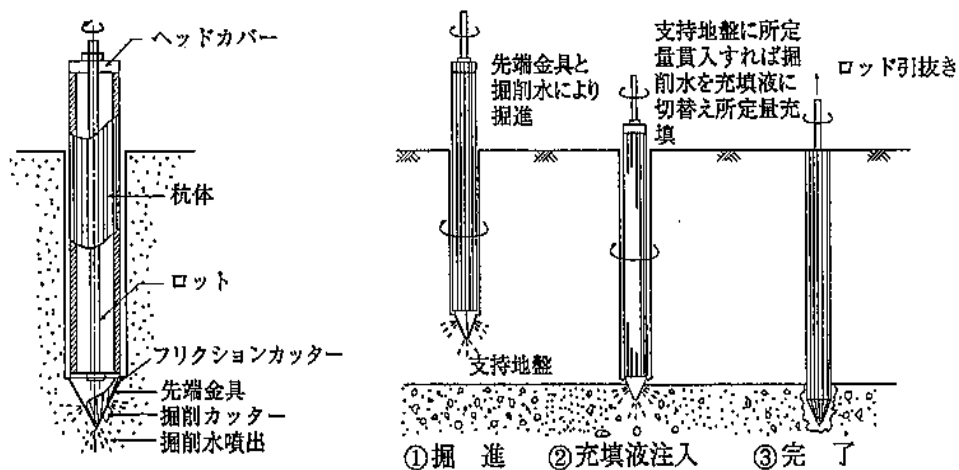


図-3.8 既成コンクリート杭を用いた回転根固め工法¹⁸⁾

(2) 鋼管杭を用いた回転圧入工法

鋼管杭の先端に掘削用の治具を取付け、これを回転圧入することにより、所定の深さに杭を設置する工法である。掘削用の治具には、スパイラル状の鉄筋、翼状の掘削翼、スクリュー状の掘削翼がある。

鋼管杭の中に土砂を取込むことになっているので排土量が少ないこと(無排土ともいわれている)、大きな支持力が得られるなどの長所があるが、鋼管杭の厚さ(回転力に耐えることができる厚さ)、および中間層が硬い場合の施工可能性等について検討が必要である。

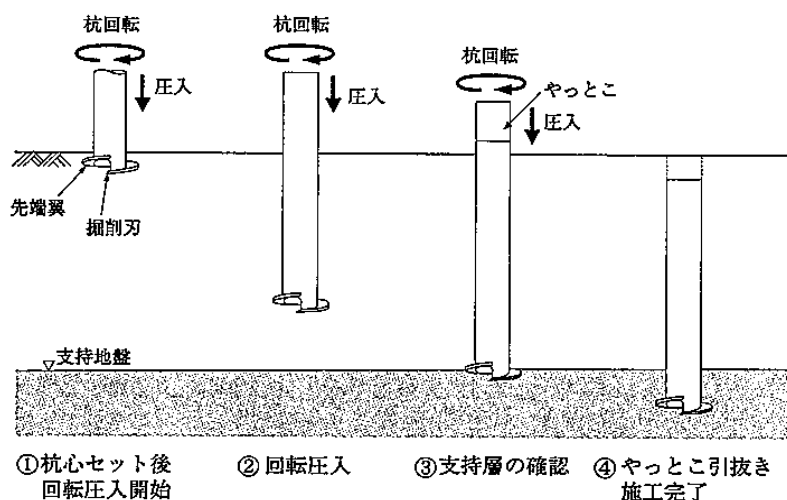


図-3.9 鋼管杭を用いた回転圧入工法¹⁹⁾

3.2.5 埋込み杭工法の適用が難しい状況

埋込み杭工法の適用が難しい状況を以下に示すが、施工方法だけでなく杭の種類と、杭先端処理の方法によっても状況が異なるので、以下では杭の種類と杭先端処理の方法別に記述する。

(1) PHC 杭・PRC 杭等

1) 杭先端処理を最終打撃による場合

- ・ 中間層として礫層が存在し、その礫径が 10cm を超える場合
- ・ 杭の長さが 5m 未満、あるいは 60m を超える場合
- ・ 地表面より 2m 以上の被圧地下水がある場合
- ・ 斜杭の施工

2) 杭先端処理を噴出攪拌による場合

- ・ 中間層として礫層が存在し、その礫径が 10cm を超える場合
- ・ 杭の長さが 5m 未満、あるいは 60m を超える場合
- ・ 支持層が粘性土で N 値が 20 を超える場合
- ・ 地表面より 2m 以上の被圧地下水がある場合
- ・ 地下水の流速が 3m/min 以上の場合
- ・ 斜杭の施工

3) 杭先端処理をコンクリート打設による場合

- ・ 中間層として礫層が存在し、その礫径が 10cm を超える場合
- ・ 杭の長さが 5m 未満、あるいは 60m を超える場合
- ・ 支持層が砂質土で N 値が 30 を超える場合

- ・ 地表面より 2m 以上の被圧地下水がある場合
- ・ 地下水の流速が 3m/min 以上の場合
- ・ 斜杭の施工

(2) 鋼管杭

1) 杭先端処理を最終打撃による場合

- ・ 中間層として礫層が存在し、その礫径が 10cm を超える場合
- ・ 杭の長さが 5m 未満、あるいは 60m を超える場合
- ・ 地表面より 2m 以上の被圧地下水がある場合

2) 杭先端処理を噴出攪拌による場合

- ・ 中間層として礫層が存在し、その礫径が 10cm を超える場合
- ・ 杭の長さが 5m 未満、あるいは 60m を超える場合
- ・ 支持層が粘性土で N 値が 20 を超える場合
- ・ 地表面より 2m 以上の被圧地下水がある場合
- ・ 地下水の流速が 3m/min 以上の場合

3) 杭先端処理をコンクリート打設による場合

- ・ 中間層として礫層が存在し、その礫径が 10cm を超える場合
- ・ 杭の長さが 5m 未満、あるいは 60m を超える場合
- ・ 支持層が砂質土で N 値が 30 を超える場合
- ・ 地表面より 2m 以上の被圧地下水がある場合
- ・ 地下水の流速が 3m/min 以上の場合

3.3 「場所打ちコンクリート杭工法」に分類される施工方法

3.3.1 アースドリル工法

アースドリル工法は、掘削治具を取付けたバケット(ドリリングバケット)を剛な鋼材(ケーリーバー)に固定し、これを回転圧入してドリリングバケットの下端から土砂をバケット内に取り込む方式で地盤を削孔し、鉄筋かごを挿入後、コンクリートを打設して鉄筋コンクリート杭を築造する工法である(図-3.10 参照)。排土はドリリングバケットを取り付けたケーリーバーを引上げて行う。地表付近の孔壁の崩壊を防止するためにスタンドパイプを打設することが一般的であり、深部の孔壁の崩壊を防止するために孔内を安定液で満たすことが多い。

この工法の適用が難しい場合を以下に示す。

- ・ 中間層が硬く礫径が 10cm を超える場合
- ・ 杭の長さが 5m 未満、あるいは 40m を超える場合
- ・ 被圧地下水位が地表面より 2m 以上ある場合、および地下水流が 2m/min 以上の速度を有する場合
- ・ 水深が 5m 以上ある水上での施工

・斜杭の施工

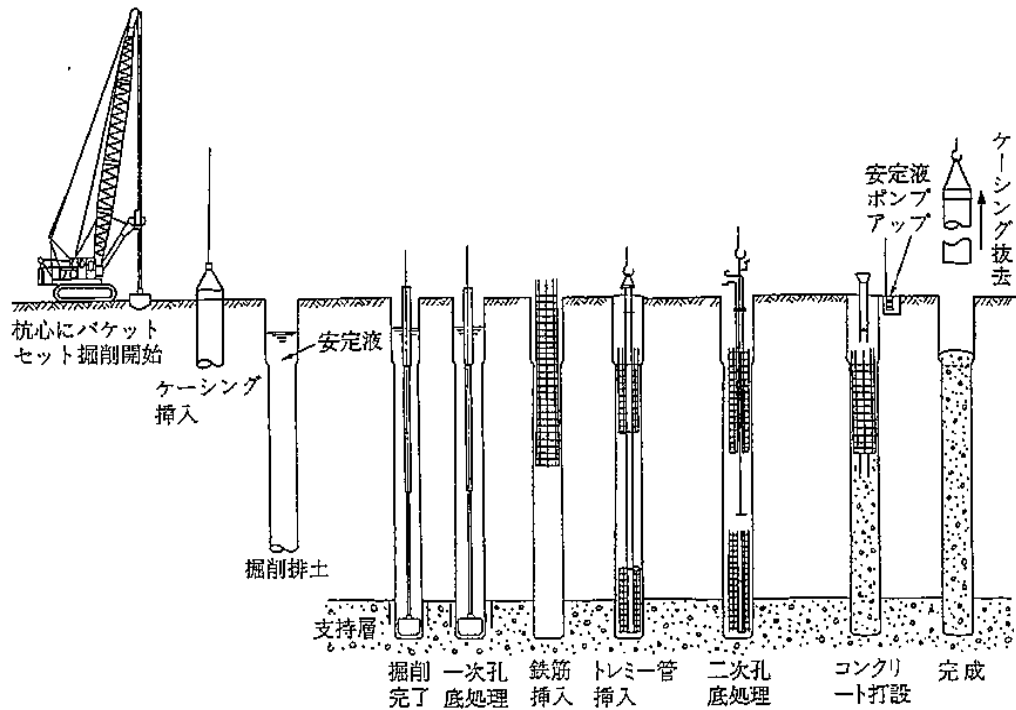


図-3.10 アースドリル工法²⁰⁾

3.3.2 リバースサーキュレーション工法(リバース工法)

リバースサーキュレーション工法は、掘削と排土の方法、および孔壁の安定方式を除いて、上記のアースドリル工法と同じである。掘削方法は、先端に削孔用のビットが付いたドリルパイプを改定させることにより行い、排土はドリルパイプを使用して孔内の泥土を吸引して行く。そのために孔内は清水で満たし、この清水で孔壁を安定させる。吸引された泥土は泥水処理機により土砂と水とに分け、水は孔内へ戻す。

この工法の適用が難しい場合を以下に示す。

- ・ 中間層に礫層が存在する場合で、その礫径が 10cm を超える場合
- ・ 杭の長さが 5m 未満の場合
- ・ 被圧地下水位が地表面より 2m 以上ある場合、および地下水流が 2m/min 以上の速度を有する場合
- ・ 斜杭の施工

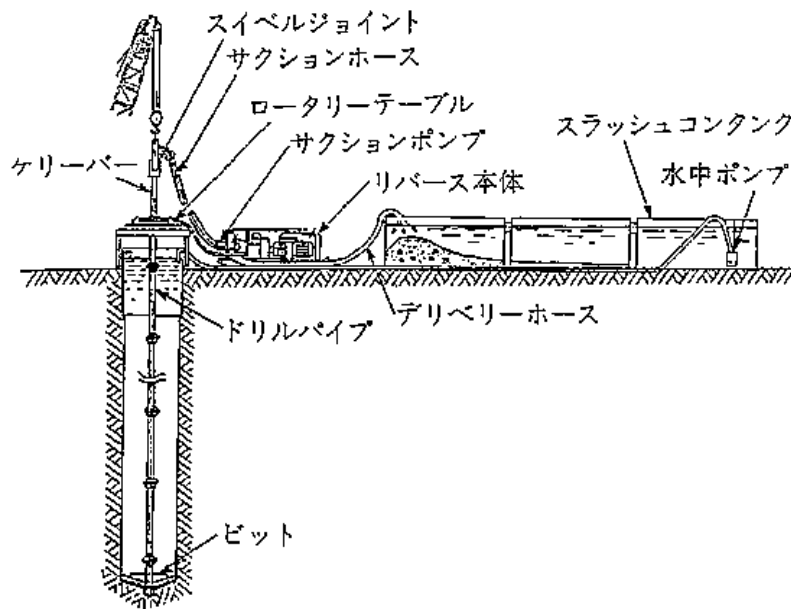


図-3.11 リバースサーキュレーション工法²¹⁾

3.3.3 オールケーシング工法

オールケーシング工法も、リバースサーキュレーション工法と同様に、掘削と排土の方法、および孔壁の安定方式を除いて、前記のアースドリル工法と同じである。掘削と排土はハンマグラブと呼ばれる土砂をつかみ取る掘削装置を上下させて行い、孔壁の保護は揺動圧入させる鋼製のケーシングチューブで行う。このケーシングチューブは、コンクリート打設に合わせ、2m以上ラップさせるようにして引き抜く。

この工法の適用が難しい場合を以下に示す。

- ・ 杭の長さが 5m 未満、あるいは 60m を超える場合
- ・ 被圧地下水位が地表面より 2m 以上ある場合、および地下水流が 2m/min 以上の速度を有する場合
- ・ 水上での施工

3.3.4 深礎工法

深礎工法は、人力または機械を用いて地盤を掘削しながら土留めを行って孔壁の崩壊を防ぎ、所定の深さまで掘削した後、鉄筋を組み立て、コンクリートを打設して鉄筋コンクリート杭を築造する工法である。土留めには、ナマコ板、鋼製ライナープレート、鋼管などが用いられる。

深礎工法を、アースドリル工法等の機械掘削工法と比較すると、狭い敷地や傾斜地での施工が可能なこと、深い地下室を有する建築物では地下室掘削後に深礎を施工することができ経済的となる場合があること、転石や埋木等の障害物がある場合でも施工ができること、施工による支持地盤の乱れが少ないこと、支持地盤の目視確認が可能なこと等の長所

がある。短所は、湧水や有毒ガスの発生がある場合には対策が必要であることである。

この工法の適用が難しい場合を以下に示す。

- ・ 中間にごく軟弱な地層がある場合
- ・ 杭の長さが 40m を超える場合
- ・ 湧水量が極めて多い場合
- ・ 被圧地下水位が地表面より 2m 以上ある場合、および地下水流が 2m/min 以上の速度を有する場合
- ・ 水上での施工
- ・ 斜杭の施工
- ・ 有毒ガスが発生する場合

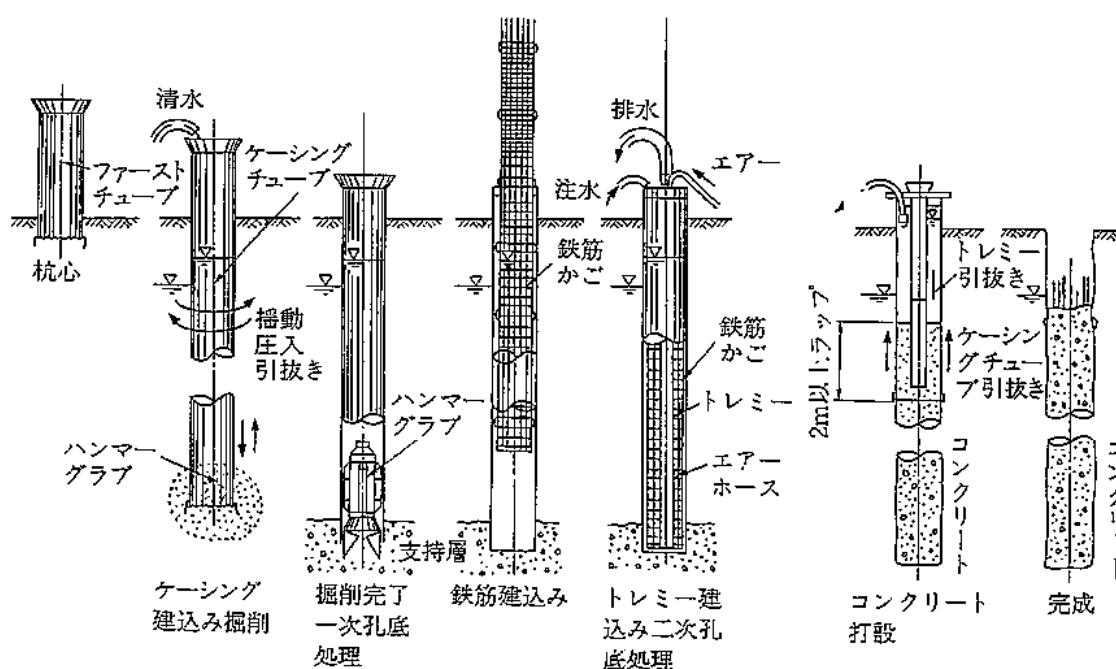


図-3.12 オールケーシング工法²²⁾

[参考文献]

- 1) 日本道路協会：杭基礎施工便覧 平成 18 年度改訂版 pp1
- 2) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針 第 2 版 2001 年 10 月 pp173
- 3) 地盤工学会：地盤工学ハンドブック 平成 11 年 3 月 pp741
- 4) 地盤工学会：地盤工学ハンドブック 平成 11 年 3 月 pp742
- 5) 日本道路協会：杭基礎施工便覧 平成 18 年度改訂版 pp2
- 6) 公共建築協会：建築工事監理指針(平成 19 年度版) 平成 19 年 9 月 pp203
- 7) 地盤工学会：地盤工学ハンドブック 平成 11 年 3 月 pp785
- 8) 日本道路協会：杭基礎施工便覧 平成 18 年年度改訂版 pp2
- 9) 公共建築協会：建築工事監理指針(平成 19 年度版) 平成 19 年 9 月 pp231
- 10) 地盤工学会：地盤工学ハンドブック 平成 11 年 3 月 pp786
- 11) 公共建築協会：建築工事監理指針(平成 19 年版) 平成 19 年 9 月 pp199

- 12) 公共建築協会：建築工事監理指針(平成 19 年版) 平成 19 年 9 月 pp199
- 13) 地盤工学会：地盤工学ハンドブック 平成 11 年 3 月 pp856
- 14) 公共建築協会：建築工事監理指針(平成 19 年版) 平成 19 年 9 月 pp200
- 15) 地盤工学会：地盤工学ハンドブック 平成 11 年 3 月 pp857
- 16) 公共建築協会：建築工事監理指針(平成 19 年版) 平成 19 年 9 月 pp201
- 17) 公共建築協会：建築工事監理指針(平成 19 年版) 平成 19 年 9 月 pp233
- 18) 公共建築協会：建築工事監理指針(平成 19 年版) 平成 19 年 9 月 pp201
- 19) 公共建築協会：建築工事監理指針(平成 19 年版) 平成 19 年 9 月 pp234
- 20) 地盤工学会：地盤工学ハンドブック 平成 11 年 3 月 pp858
- 21) 地盤工学会：地盤工学ハンドブック 平成 11 年 3 月 pp861
- 22) 地盤工学会：地盤工学ハンドブック 平成 11 年 3 月 pp860