

2.2.1 杭打ち機械

(1) 概要

杭の施工法を分類すると、工場で製作された杭を現場で打込みあるいは埋込む「既製杭工法」と現場でコンクリートを打ち込む「場所打ち工法」に大別される。さらに施工手順、使用機械等により下表のように分類される。

表 2.2.1 杭打ち工法の分類

分類		工法名	特長
既製杭工法	打込み杭	打撃工法（ディーゼルハンマなど）	施工能率大であるが、騒音・振動も大
		油圧式圧入工法	騒音・振動小だが、適用地質が限定
		振動杭打ち工法	騒音は小だが、特殊な振動が発生
	埋込み杭	アースオーガ工法	プラント必要、掘削残土発生
場所打ち杭工法		オールケーシング工法	適用地質（玉石層等）が広範囲
		アースドリル工法	施工費小、機動性大
		リバースサーキュレーション工法	騒音・振動小、掘削泥水処理手間大
		深礎工法	危険性大、能率低い、騒音・振動小

(2) 杭打ち機械の歴史

杭基礎の施工法の歴史は古く、人力により丸太などの木杭の頭を石塊でたたいて打ち込む方法が古代から行われてきた。その後、櫓や三叉を組んでロープと滑車でモンケンを引き上げ、その落下によるエネルギーで木杭を打ち込む方法やウインチによる省人化が図られてきた。近年では支持強度の大きな支持層まで杭先端を到達させなければならなくなり、ディーゼルハンマや油圧ハンマへと発展していった。また、これら既製杭打ち込みには打撃による騒音振動が伴うため、戦後は市街地における低振動・低騒音工法として先行削孔工法や大型場所打ち工法が導入され、今日に至っている。

また、場所打ち杭としての歴史は、1908年（明治40年）東洋コンプレッソル（株）がコンプレッソルパイルを導入したのが始まりだと考えられている。この工法は先行して傘状の錘を押し込んだ後、コンクリートを打ち込み、後から真矢で突き固めて拡幅する工法である。この工法は、ほぼ同時期に導入されたペDESTAL杭に押され、大正期に姿を消した。

(a) PC杭工法

PC杭は1939年にアメリカのレイモンドパイル社において開発され、我が国には1962年に高速1号線の東品川地区栈橋に採用したのが始まりである。

(b) オールケーシング工法

日本で機械掘削方式の場所打ち杭が採用されたのは1954年（昭和29年）で、旧国鉄の長崎総裁がフランス外遊時に目にとめ、国鉄がフランスのベント社からNO.6号機を輸入し橋脚、構台基礎に適用したのが始まりである。

(c) アースドリル工法

1960年(昭和35年)アメリカのカルウェルド社から150A型を輸入したのが始まりであり、しばらくの間「カルウェルド工法」とも呼ばれていた。

(d) リバース工法

正式にはリバースサーキュレーション工法といい、1962年(昭和37年)西ドイツのザルツギッター社から輸入したのが始まりで、東京品川駅構内で公開実験を行った。

(3) 打撃式杭打ち機

近年、打撃式杭打ち機は騒音・振動が他の工法に比較して大きなことから、山間部や港湾地区等を除き、市街地ではほとんど採用されなくなってきた。

代表的な打撃式杭打ち機である油圧ハンマの作動原理を以下に示す。

ハンマを作動状態にすると圧油はバルブAまで行くが、バルブAは閉じているためシリンダロッド部には供給されずアキュムレータAに蓄圧される。

コントロールボックスからの上昇の電気信号によりバルブAが開、バルブBが閉になる。

バルブAを通して油圧シリンダのロッド側に圧油が供給され、ラムが上昇する。

さらに、アキュムレータAからも油が供給され、ラムの上昇速度が増す。

シリンダ上部の油はチェックバルブを通してパワーユニットに戻されるが、このとき、アキュムレータBにも蓄圧される。

ラムが所定の高さに上昇すると、コントロールボックスからの信号が止まり、バルブAが閉じ、ラムの上昇は停止する

同時にバルブBは開くため、油圧シリンダのロッド側と上側が連通し、ラムは自重により急速落下する。

ラムが落下している間、ポンプの油は、バルブAが閉じているためアキュムレータAに蓄圧される。

(4) 振動杭打ち機

振動杭打ち機はバイブロハンマとも称されており、杭に上下方向の振動を与え、杭と土の間の摩擦抵抗を著しく減少させて、杭の打込み及び引抜きを行う機械である。

その振動発生原理は、本体内部の左右に等しい大きさの偏心モーメントを持った偏心重錘をギヤをかみ合わせ配置し、これを同一回転数でかつ反対方向に高速回転させ、発生した遠心力により上下振動を得ている。

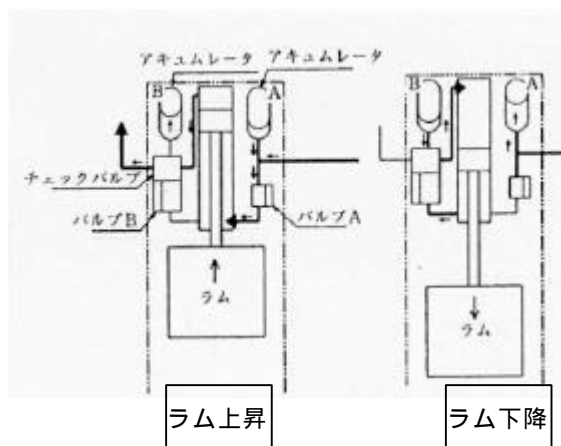


図 2.2.1 打撃の作動原理

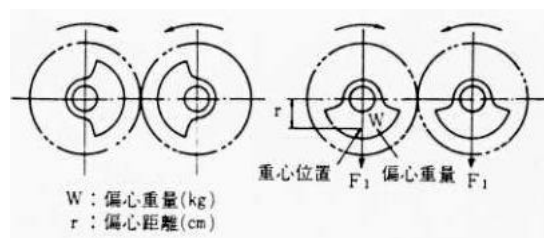


図 2.2.2 上下振動の作動原理

(5) 油圧式圧入機

油圧式圧入機はやぐら、機械の重量、アンカなどを反力として油圧ジャッキにより杭に静的な圧力を加えて地中に押し込む工法である。振動・騒音がほとんどなく、杭の全数に対してその耐力が確認できるという利点はあるものの、圧入対象地質、杭形状に制限があるため本設杭ではほとんど使用されず、仮設の栈橋構台杭等に利用されている。

(6) アースオーガ

アースオーガとは、両方向に回転可能な垂直のスクリュ上部に駆動用のモータ・減速機を据えた機械で、揚土方向に回転させながら所定の深度まで地中を掘進・排土し、既製杭を埋込む。通常、確実な支持力を得るため、埋込み後の既製杭は頭部を打撃し支持層に定着させる。排土後の孔壁が自立しない場合は、引き上げ時にスクリュ先端より注入液を充填することもある。

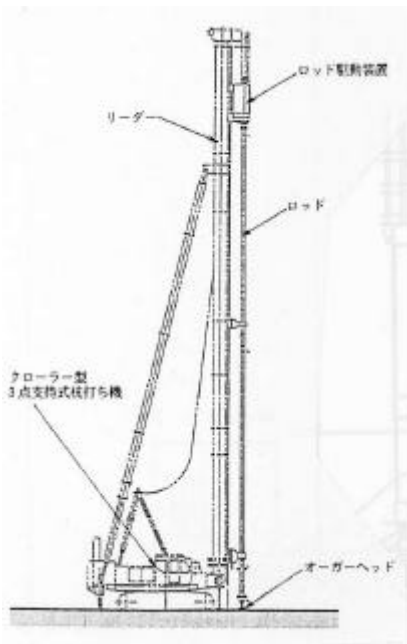


図 2.2.3 アースオーガ

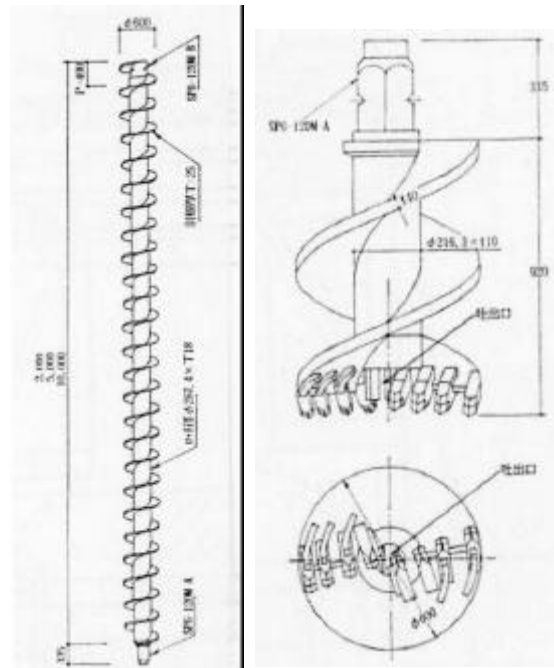


図 2.2.4 オーガスクリュと刃先部

(7) オールケーシング工法

オールケーシング工法は、通常ベント工法とも呼ばれ、フランスのベント社が開発した場所打ち杭用掘削機を使用した工法で、1954年に初めて我が国に導入されたものである。この掘削機の特長は、揺動装置でケーシングを揺動させながら周辺摩擦を切り、油圧シリンダにより貫入・引抜きを行い、ハンマクラブでケーシングの内部を掘削する。掘削完了後、鉄筋籠を挿入しケーシングを引き抜きながらコンクリートを打設して杭を築造する。

この工法の特長は、次の通りである。

- (a) ケーシングにより孔壁を保持するため信頼性が高く、周辺の地盤にほとんど影響を与えない。
- (b) 適用地質として、れき層、玉石層や硬質地盤などに対応が可能である。
- (c) 掘削排出される土砂を目視できるため、支持層への到達を確実に確認できる。
- (d) 掘削機械、ケーシングが高価であり、施工費が他の場所打ち工法に比較しコストアップとなる。
- (e) よく締まった中間細砂層にケーシングが取られ、引抜き不能となることがある。

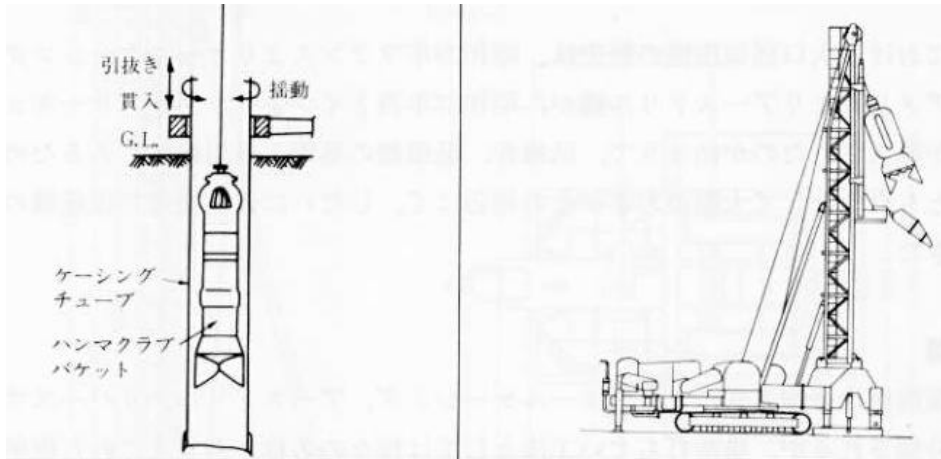


図 2.2.5 オールケーシング工法の概念図及び姿図

なお、通常のオールケーシング工法はケーシングを左右に揺動して圧入、引抜きを行うが、これに対して1方向にケーシングを旋回させながら、先端の特殊カッターにより転石、岩盤なども掘削することが可能とした「全旋回掘削機」も用途により使用されている。

(8) アースドリル工法

アースドリル工法は、1925年頃にアメリカのカルウェルド社で開発されたもので、我が国では1960年にカルウェルド社製のものが輸入されたのが始まりである。

地表面の孔壁保護のため表層ケーシングを建て込み、地下水のない粘性土掘削では素掘が行われることもあるが、通常はベントナイト安定液を孔内に張り、孔壁の崩壊を防ぎながら掘削する。掘削はリングギヤによる回転力とケーリーバ、バケットなどの自重による推力を利用して行われる。

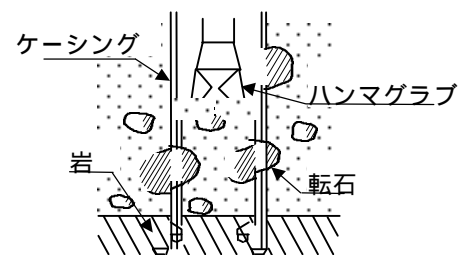


図 2.2.6 全旋回工法による掘削

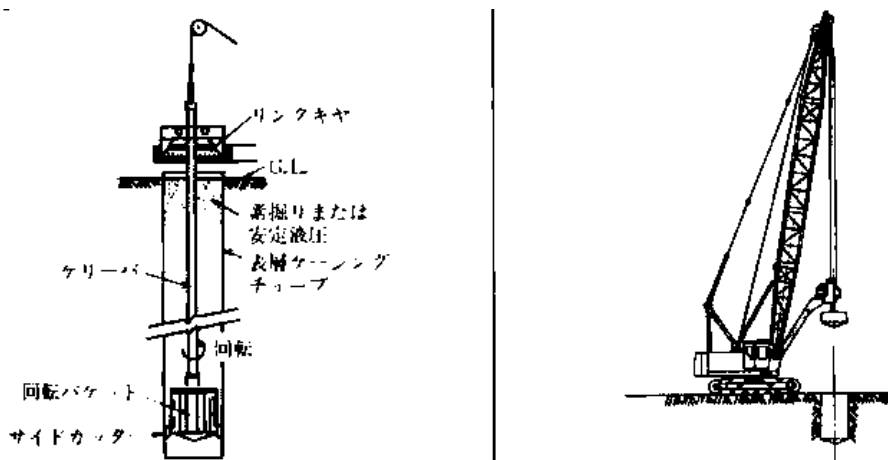


図 2.2.7 アースドリル工法の概念図及び姿図

この工法の特長は、次の通りである。

(a) 付属機械が少なく施工効率が高いため、工事費が他の工法に比較して安い。

- (b) 掘削機のベースマシンは通常、クローラクレーンであるため機動性がよい。
- (c) バケットの上下動により孔壁を傷つけたり崩壊させる恐れがある。
- (d) 転石や埋れ木などがある場合は、バケットに取り込めず、掘削が困難あるいは不可になる場合がある。

(9) リバースサーキュレーションドリル工法

リバースサーキュレーションドリル工法は、1955年西独のザルツギッター社によって開発されたもので、我が国には1961年に初めて導入された。

リバース工法は、ドリルロッドと孔壁の間に満たされた循環水が、ドリルロッドの先に接続されたビットの先端開口部から、土砂とともにロッド内に吸い込まれて揚水され貯水槽に戻される仕組みになっており、一般のボーリングマシンで削孔する場合の循環水が中空のドリルロッドの中を送られ、ロッドの外側と孔壁の間を掘削された土砂と一緒に戻ってくる方式と逆になっているところから、逆環流式工法またはリバース工法とよばれている。掘削の機構としては、回転ビットにより掘削された土砂をドリルパイプを通して水とともに孔外に搬出して、沈殿槽に貯留し、その表面水あるいは泥水分離装置などにより土砂分を除去した泥水を再び孔内に環流しながら掘削する。

この工法の特長は、次の通りである。

- (a) 大口径、大深度の仕様にも対応でき、掘削機を上下する必要はないため大深度における連続掘削のメリットは大きい。
- (b) 拡底・拡頭の杭にもビットの交換のみで容易に対応できる。
- (c) 多量の水を必要とし、排出された土砂、泥水を処理する諸設備が必要となる。
- (d) ドリルロッドを通過しないような玉石層の掘削は困難である。

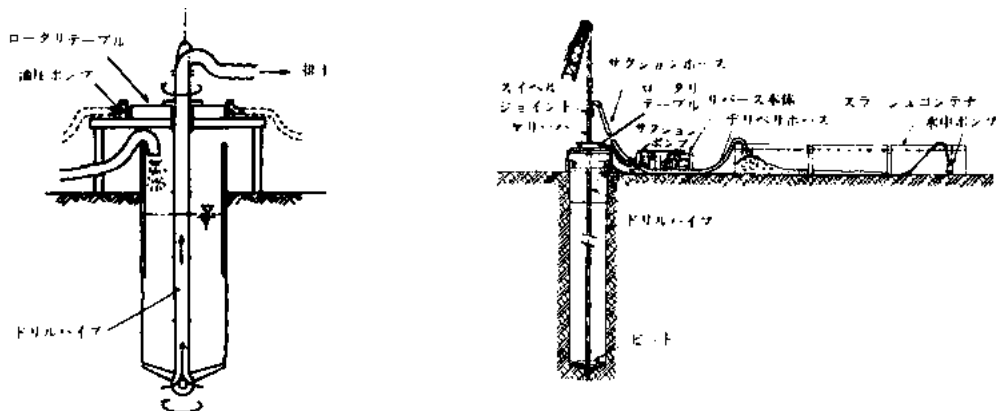


図 2.2.8 リバースサーキュレーションドリル工法の概念図及び姿図

(10) 拡底杭施工機

場所打ちコンクリート拡底杭は、戦前の人力掘削による深礎の先端拡大から始ったが、逆傾斜の側面の崩壊や酸欠などの危険性があり、土質や地下水の状況から十分安全であることが判断される場合を除いて、一般的には行われていない。それに代わって、1970年頃から、機械式の拡底リバース、拡底アースドリル工法が発達してきた。

拡底杭の特長は、杭先端底面積を拡大するため、軸径が同じ場所打ち杭に対し許容支持力が増大することである。このため、柱部に特に大きな垂直荷重のかかる高層ビル等では有効的な設計がで

きる。また、同許容支持力の一般杭に対して杭体積が減少するため、掘削土量・生コン量の削減、コストダウンにつなげることができる。これらの理由から、大規模な建築基礎においては、拡底杭工法が積極的に採用されている。

拡底工法は建築センターの認定工法であり、拡底機構により様々な方式が考案され、認定されている。

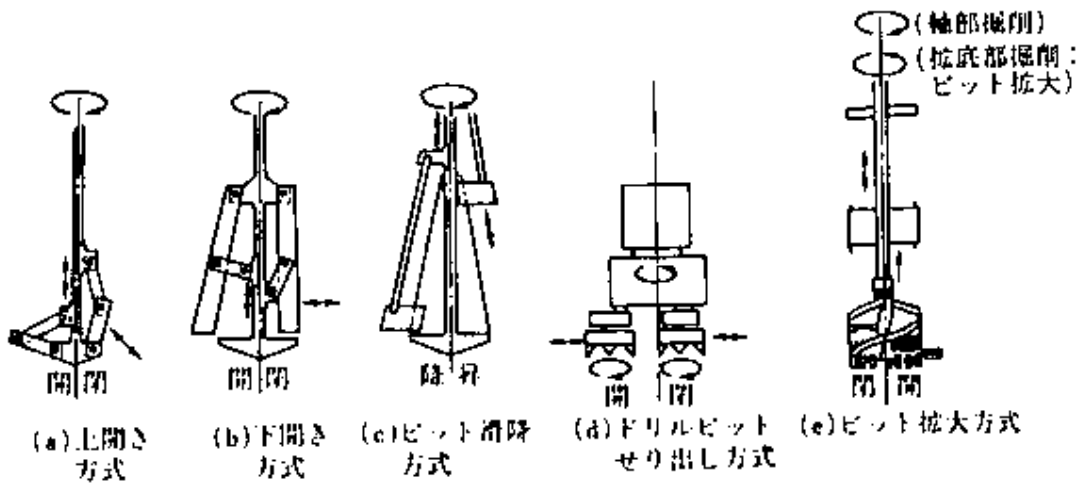


図 2.2.9 拡底方式の分類

アースドリル拡底工法の 1 方式についてそのメカニズムについて説明する。(下図参照)

拡底バケットは油圧シリンダの伸縮によって開閉する 2 枚の拡大翼を備えており、拡大量を同調させ左右への押し出し量を同一にするイコライザリングによって連結されている。

掘削機オペレータの操作によって拡大翼油圧シリンダに高圧油が送られ、シリンダ内のピストンを押し出すことにより拡翼される。縮小は反対の操作によりピストンを戻すことによって行われる。完全に翼を閉じると、バケットの軸部の昇降には差し支えない寸法となる。

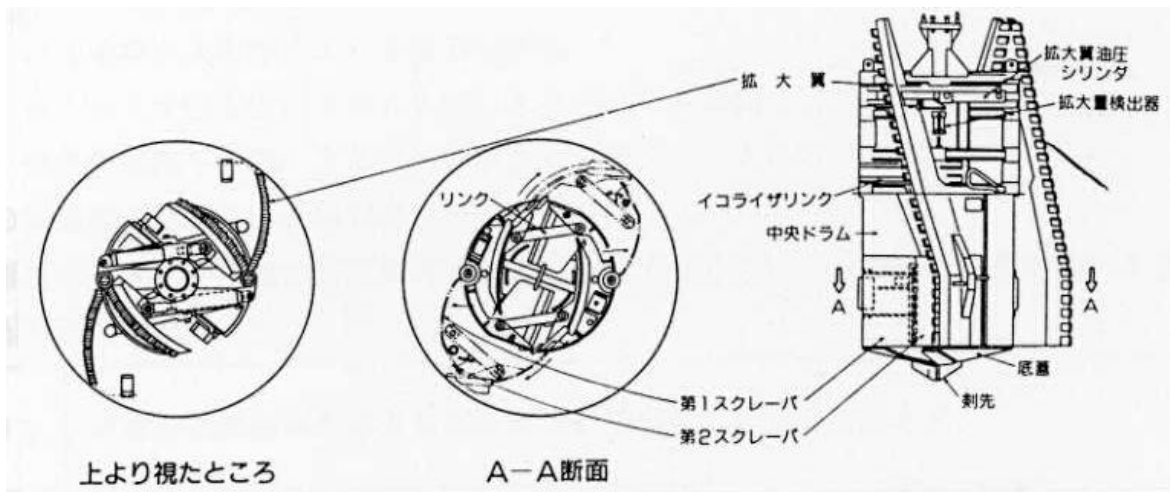


図 2.2.10 拡底バケットの機構