

第6章 杭基礎による立ち下げ

基礎を立ち下げる方法として杭基礎を採用する場合は、次の各項の条件に適合したものとする。

- (1) 杭は、がけの安定角度線以深で、かつ杭の応力が、がけに影響を及ぼさない深さまで貫入させる。
- (2) 細径鋼管杭を採用する場合は、大臣認定杭や信頼できる指定性能評価機関による「任意の技術評定」、あるいは「技術審査証明」等による杭（以下認定杭等という）が望ましい。

認定杭等でない場合は、少なくとも同様な支持地盤、施工方法による載荷試験により杭耐力及び施工管理方法を確認出来るもの、あるいは沈下量等から、がけに影響を及ぼさないことを確認出来るものとする。ただし、回転圧入工法で、施工管理方法等の条件に適合したものは、「回転圧入鋼管杭 杭間隔表」（資料編－6）によることができる。（木造2階建の住宅に限る）

- (3) 原則として建築物全体を杭基礎として計画し、上部建築物荷重を杭基礎に伝達するために十分な強度を有する基礎梁を有効に連続して設ける。

特に軟弱地盤や盛土等の圧密が生ずる地盤の場合は、全体を杭基礎とする。その他の場合で、部分的に杭基礎を採用する場合は、異なる基礎形式となるので沈下や変形により上部構造に有害な障害が生じないことを確認する。

- (4) 大地震時や豪雨時等にごけが崩れても、建築物が安定していて倒壊しないものとする。
- (5) 杭基礎による立ち下げを採用する場合には、当該工事に着手する7日前までに『建築基準法第12条第5項に基づく工事計画書（一杭基礎による立ち下げ一）』（資料編－2）を提出する。

また、杭の施工にあたっては、がけの安定角度線以深への根入れ等を適正に施工監理し、施工監理状況について『建築基準法第12条第5項に基づく（工事監理・工事状況）報告書』に『基礎立ち下げ関係工事監理・工事施工状況（添付）報告書』（資料編－7）を添付し、中間検査時に提出する。

【解説】

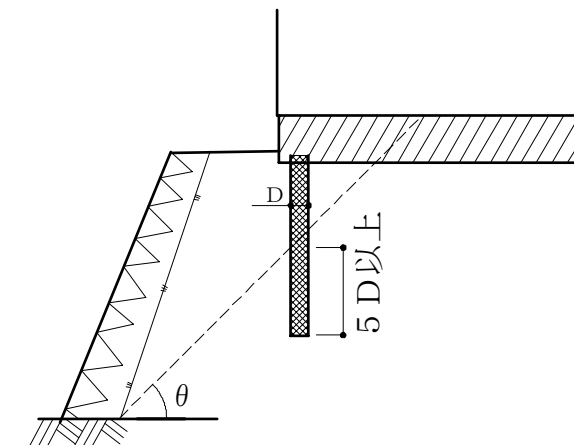
- (1) 基礎を立ち下げる方法として杭基礎を採用する場合、杭種としては、鋼管杭、既成コンクリート杭、場所打ちコンクリート杭等の支持杭を対象とするが、崩壊時の土圧を受ける点や上部建築物の安定性にもかわるので杭径、杭材については、曲げ抵抗を有するものを採用するよう配慮する必要がある。

杭は、支持杭とすることが望ましい。杭先端の圧力球根が斜面の影響範囲外にあれば先端支持力はそれほど斜面の影響を受けないものと考えられる。

がけ下端からがけの安定角度線との関係では、通常採用される鋼管杭等は細径のものが多くことから最低5D（D：杭の直径）以上がけの安定角度線以深に根入れするものとする。（図－17）

がけの安定角度線以深の根入れがないと、角度線より上部の土については、がけが崩壊しなければ押さえ効果はあるものの、崩壊した状態を想定すれば、水平地盤上に杭を設置した状態に近いものとなる。したがって、杭の許容支持力算定の際の先端支持地盤評価としても、がけの安定角度線からの一定の根入れを前提とすべきである。なお、この点については、「斜面地指針」5.4 斜面上の杭基礎の支持力が参考となる。

この根入れ長さを長くすることは、がけ崩壊時の杭の安定性向上という観点からも有効である。



図－17 がけの安定角度線以深の杭の根入れ長さ

以上のことから、先端支持力が期待出来ないような摩擦杭や不完全な中間層で止める杭は、その目的から、沈下量を確認し、がけに影響を及ぼさないことを確認しない限り使用すべきではない。

なお、地震時に液状化のおそれのある砂質地盤等については、先端支持力あるいは周面摩擦力共、支持力を期待できなくなるだけでなく、地震時に水平地盤反力係数が著しく低下することから、杭の水平抵抗上も変位が増大する等の危険性があるので注意する必要がある。地盤の液状化については、「横浜市構造設計指針」、及び「建築基礎構造設計指針 2001 年版」(社)日本建築学会等が参考になる。

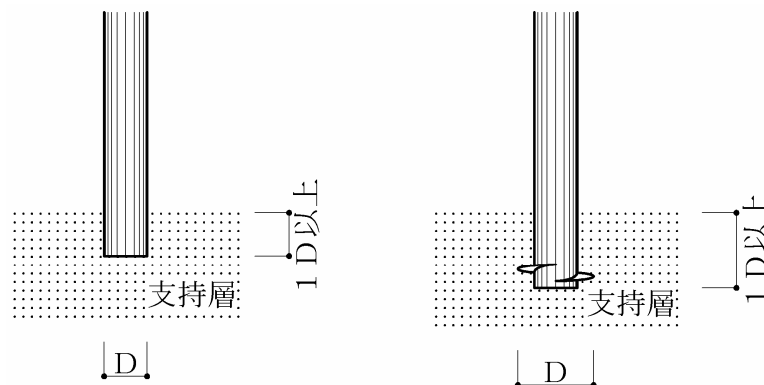
各杭は、基本的には 1 本あたりの鉛直荷重が許容支持力以内であることを確認し配置する。杭の長期鉛直許容支持力を算出する際は、がけの安定角度線より上部分の杭周面に作用する摩擦力は、算入出来ない。また杭施工にあたって、オーガーを使用し、先行して孔を開け、細径鋼管杭を挿入後、回転圧入する場合は、先行掘削部の杭周面摩擦力を、算入出来ないので注意する必要がある。

各杭の工法としては、平 13 国交告第 1113 号に定められた打ち込み杭や埋め込み杭がまず考えられるが、打ち込み杭は、打撃時のがけへの振動等の影響が避けられないこと、また埋め込み杭は、がけ近傍で杭周固定液が逸散してしまうおそれが高いことから、基礎立ち下げ工法としては一般的に適さない。

(2) 近年は、戸建住宅を中心に回転圧入工法の細径鋼管杭が広く使われるようになってきている。

そのような杭を使用する場合には、杭の支持力算定方法が明確で、それに対応した杭工法や施工管理方法が整理されている認定杭等によることが望ましい。

細径鋼管杭の場合、支持層への根入れ長さについては、回転圧入工法の細径鋼管杭の例でも 1 D (D : 杭直径、杭先端に翼を有する場合はその直径) 以上とするのが一般的であるので、支持層への根入れ長さは、最低でも 1 D 以上確保する必要がある。(図一 1 8)



図一 1 8 鋼管杭の支持層への根入れ長さ

認定杭等の場合、各認定等の条件との関係があるが、杭先端の支持層としては、N 値 10 程度以上の地盤とするのが一般的である。そしてその支持層の層厚についても 2m 程度以上あることを確認するとともに、その下部に軟弱層等の圧密層がないことについても確認しておくことが望ましい。

木造 2 階建程度の小規模な建築物の場合は、細径鋼管杭を沈下防止等のための地盤改良的に使用するケースも考えられるが、基礎立ち下げとして細径鋼管杭を採用する場合は、沈下によってがけに影響を及ぼすことが考えられることから、一般的には適さない。したがって細径鋼管杭を採用する場合には、杭材料、杭工法、杭耐力の算出方法、杭の施工管理等の条件が明確となっている認定杭等をその条件の範囲内で、支持杭として使用することが望ましい。

認定杭等でない場合は、少なくとも同様な支持地盤、施工方法による載荷試験により杭耐力及び施工管理方法を確認出来るもの、あるいは沈下量等から、がけに影響を及ぼさないことを確認出来るものと

する。ただし、回転圧入工法で、下記の杭材料、杭工法及び施工管理方法等の条件に適合したものは、「回転圧入細径鋼管杭 杭間隔表」（資料編－6）によることができる。（木造2階建の住宅に限る）

ア 鋼管杭を回転圧入させる工法であること。

イ 杭支持層の条件 杭先端平均N値： $\bar{N} \geq 10$ であること。

ウ 鋼管材は、JIS G 3444(一般構造用炭素鋼管)を使用すること。

エ 杭先端は、原則として蓋を付けた閉端杭とする。ただし、良好な支持地盤中に貫入された杭で、閉塞効果を適正に評価出来る場合はこの限りでない。

なお、杭先端部にフリクションカット用の掘削刃等を取り付ける場合は、杭の支持力性能（杭周面摩擦力）を低下させないように十分配慮すること。

オ 中間層で軟弱な粘性土地盤が存在する場合は、その層厚に相当する周面摩擦力は考慮しない。（杭周面摩擦有効長： L_f に算入しない。）

カ 杭の最大施工長さは、杭径の130倍以下とする。

キ 支持地盤の確認方法としては、地盤調査箇所近傍で、試験杭の施工を行ない、回転トルク値を計測装置で測定記録し、回転トルク値と地盤調査結果の関係から杭支持層打ち止め管理トルク値を設定し、管理トルク値に達した深さを支持層とし、その深さより1D以上回転圧入し、本設杭の打ち止め管理を行うものとする。

ク 杭を継ぐ場合は、密着した裏当て金具（裏当てリング）を介した突合わせ溶接（アーク溶接）継手、または同等以上の性能を有する継手方式とする。突合わせ溶接とする場合の開先は、JASS 6 付則5の開先標準等によることとし、溶接は有資格者が行うものとする。

ケ 杭の圧入装置としては、支持層まで回転圧入出来る能力を有する施工機械を選定すること。

また、杭の建て込み、回転圧入にあたっては、直角2方向からトランシット、又は水準器等により視準し、それぞれの方向の鉛直性を確認しながらすすめること。杭の傾斜角度は、1/100 以内を管理基準値とする。

その場合の支持層についても、認定杭の場合と同様にN値10程度以上の地盤で、層厚2m程度以上であることを確認するとともに、その下部に軟弱層等の圧密層がないことについても確認しておくことが望ましい。

なお杭の載荷試験方法は、原則として「杭の鉛直載荷試験方法・同解説 第一回改訂版」地盤工学会基準にある静的載荷試験方法「杭の押込み試験方法（JGS1811－2002）」によることとするが、「杭の急速載荷試験方法（JGS 1815－2002）」等も、静的載荷試験との相関性等を適正に評価することが出来れば、杭の支持力評価の方法とすることも可能と考えられる。

木造2階建住宅の場合、鉛直荷重については、資料編－3の『木造住宅標準重量表』により、がけ面に平行な壁単位長さ当りの重量を算出することが出来るので、杭の長期鉛直許容支持力がわかれば、容易に杭の配置を決定することが出来る。

杭材については、法第37条から、日本工業規格（JIS）適合品としなければならない。

また細径鋼管杭を使用する場合には、平12国交告第1347号第1項が適用されるので、杭の肉厚は6mm以上かつ杭の直径の1/100以上としなければならない。ただし、構造計算により局部座屈や腐食等に関する検討を行い安全性を確認出来る場合は、この限りではない。（平12国交告第1347号第2項）

特に、回転圧入鋼管杭を施工する場合、杭を施工する機械の回転トルク値に比較し、鋼管杭の肉厚が薄く、鋼管材としてのねじれ抵抗が小さい杭を用いると、過大なトルクにより、杭材が雑巾を絞るとき

うにねじれてしまうことや杭先端部、あるいは杭頭部が損傷することがあるので、施工にあたっては、杭体のねじり強さ等が施工時の回転トルク値を上回るように鋼管材等、及び施工機械を選定し、回転圧入等の施工をすすめる必要がある。

また、杭先端に翼を取り付けた細径鋼管杭や細径鋼管杭の外側に突出物があるような杭を施工する場合は、杭周辺地盤を乱してしまうことがあるので、施工に当っては杭周面摩擦力との関係からも十分注意する必要がある。また、特に既存擁壁等にあまり接近して施工すると、既存擁壁等に影響を与えることがあるので注意する必要がある。

なお、杭径が比較的大きい場合にも、回転圧入時の排土効果（土を押し出す影響）により、同様に既存擁壁等に影響を与えることがあるので注意する必要がある。

鋼管杭を施工する場合の限界長さは、地盤条件、杭工法、杭径等に応じて施工が確実に行える範囲となり一概に決定することはできないが、従来から一般の鋼管杭では、長さ径比： $L/D=100\sim 130$ が杭材耐力の低減、あるいは杭長の限界値となっている。（「横浜市構造設計指針」2-5-2 参照）

戸建住宅の場合、杭頭はピンとして計画することが一般的であるが、がけ崩壊時、杭と建築物杭基礎の一体化が必要なことから、基礎底盤内に数10mm程度埋め込むことを原則とする。

さらに鉄筋（2-D10程度以上）を細径鋼管杭頭部及び建築物基礎底盤内に定着、あるいは溶接して、細径鋼管杭と基礎底盤とを緊結しておくことが望ましい。

なお特殊なケースとして、既存擁壁が鉄筋コンクリート造L型擁壁等の場合で、立ち下げ杭が、その擁壁底盤に当たってしまうことがある。その場合は、擁壁に影響を与えない範囲で、擁壁底盤を貫通して所定の支持層に支持させる方法も考えられるが、施工上擁壁底盤を貫通することが困難であるケースが多いので、そのような場合立ち下げ杭の配置は、擁壁底盤を避けた位置とし、そこから片持ち梁により持ち出す方式とすることが望ましい。その場合、持ち出し長さは1.82m程度以下とし、基礎梁断面等は構造計算により決定する。（図-19）

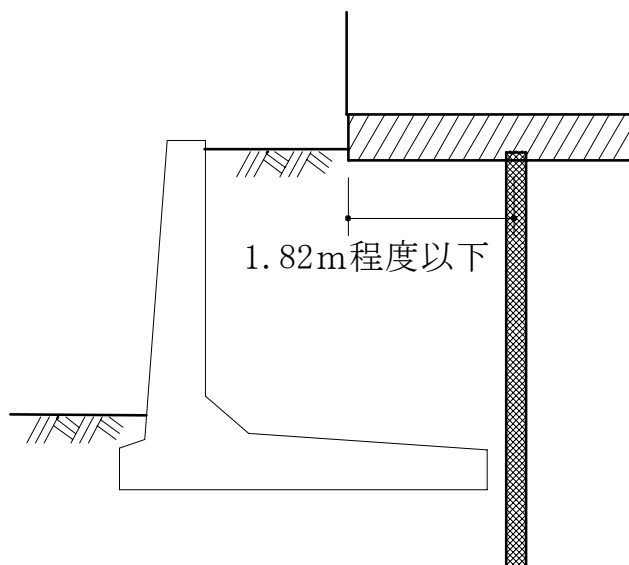


図-19 R C擁壁底盤を避けて設ける立ち下げ杭

ただし、杭1本あたりの許容支持力が比較的小さい場合で、擁壁底盤下部地盤に十分な余裕があり、かつ杭施工により擁壁底盤を損傷することがなく、また杭先端を確実に擁壁底盤に到達させることが出来、応力伝達上支障ない場合はこの限りでない。

そのような意味からも、L型擁壁等の場合は、事前に設計図等により、あるいは設計図がない場合はSWS試験等により十分調査し、底盤端位置を確認しておく必要がある。

(3) 令第38条第2項で、「建築物には、異なる構造方法による基礎を併用してはならない。」と規定しており、杭基礎と直接基礎というように支持力や変形性状が異なる基礎形式を併用する場合には、鉛直荷重や水平荷重に対して、静的にも動的にもそれぞれの基礎が異なった挙動を示すことから、特にその境界部分で障害が生じやすい傾向がある。従ってそのように異なる基礎形式を併用する計画は、出来るだけ避けることが望ましい。

基礎躯体等の重量を含め建築物の上部荷重を杭基礎に伝達させるため、また上部建築物の根元を固めるための基礎梁の剛性、耐力を確保するために、杭間隔に応じ、十分な強度を有する基礎梁を有効に連続して設ける必要がある。

基礎梁断面については、構造計算により算出することを原則とするが、杭間隔が 1.82m 以下の場合、梁幅 150 mm 以上、梁成 500 mm 以上で、主筋は上下 2-D13 以上、あばら筋 D10@200 とすることが出来る。なお、杭間隔が 1.365m 以下の場合、梁成 500 mm 以上で、主筋は上下 1-D13 以上、あばら筋 D10@250 としても良い。(表-5 杭間隔に応じた基礎梁断面表 参照)

表-5 杭間隔に応じた基礎梁断面表

基礎梁断面 杭間隔 (L)	梁 幅	梁 成	主 筋	あばら筋
$1.365\text{m} < L \leq 1.82\text{m}$	150 mm 以上	500 mm 以上	上下 2-D13 以上	D10@200
$L \leq 1.365\text{m}$	150 mm 以上	500 mm 以上	上下 1-D13 以上	D10@250

沈下量等の計算により、上部構造物に有害な障害が生じないことが確認出来る場合は、異なる基礎形式を採用することは可能である。(令第 38 条第 4 項)

しかし、木造 2 階建程度の建築物では、直接基礎部分の支持地盤が関東ローム層程度以上の良好な地盤で、基礎を立ち下げ方法として、やむを得ず部分的に杭基礎を採用する場合、沈下や変形により上部構造に有害な障害が生じないことを確認することが難しいケースが多い。

そのような場合には、直接基礎、杭基礎それぞれの部分の沈下性状を把握した上で、その境界部等について、多少の不同沈下があっても耐えられるように一定の強度を有する基礎梁を有効に連続して設けるという方法も考えられる。その場合、杭間隔、及び杭とがけの安定角度線と基礎梁下端交点との間隔は、原則として 1.82m 以下とする。基礎梁断面及び配筋については、上記のとおりとして良い。

(図-20)

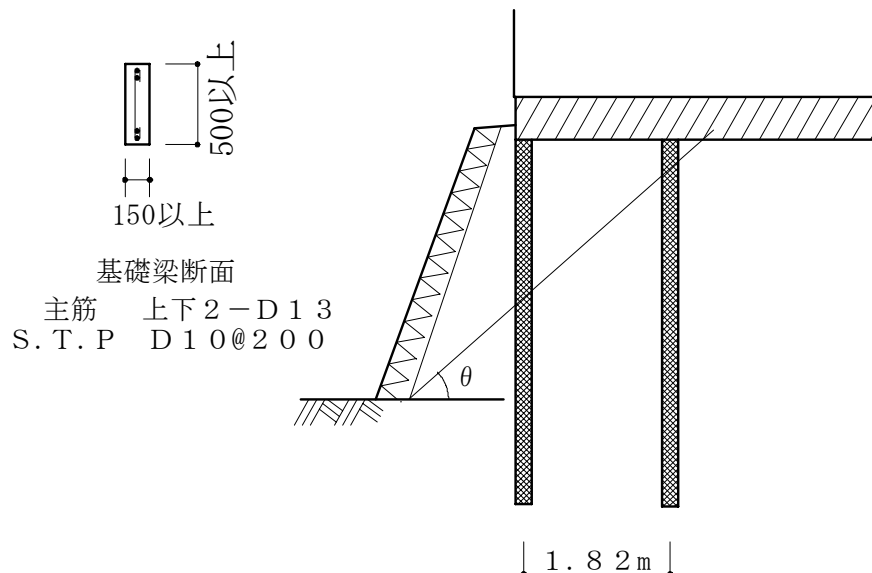


図-20 がけ側部分を立ち下げ杭基礎、内側部分を直接基礎とした場合

また、水平荷重に対しても境界部分で障害が生じやすいことから、基礎面あるいは 1 階床面での面剛

性を確保することが望ましい。

関東ローム層の沈下性状としては、一般的に以下のようなことが言われている。

圧密試験で得られる $e - \log \sigma$ 曲線は、間隙比を縦軸にとり、応力の対数を横軸にとれば、通常（図-21）の実線のような形状となる。通常先行圧密応力 σ'_0 とは、粘性土の場合過去に受けた最大の圧密応力をいう。

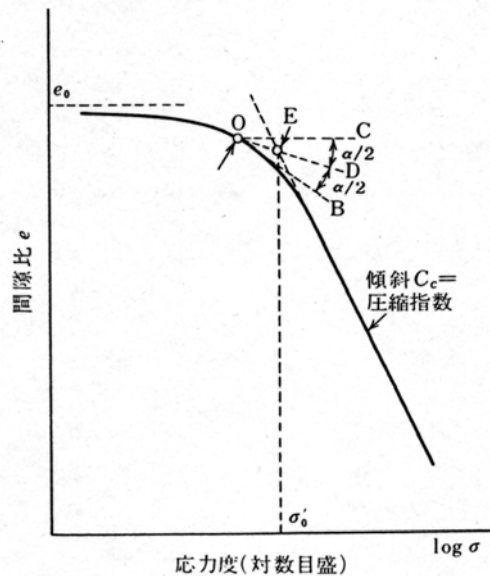


図-21 圧密試験で得られる $e - \log \sigma$ 曲線一般形状図
 （「建築基礎構造設計指針」1988年版より）

関東ローム層地山の乱さない試料についての測定によると、 $\sigma = 1 \sim 3 \text{ kg/c m}^2$ ($100 \sim 300 \text{ kN/m}^2$) において曲線勾配が大きく変化しており、先行圧密応力 σ'_0 がこの付近にあることが知られている。

この値は、現在の有効上載荷重に比べて著しく大きく、過去の上載荷重によるものとしても到底考えられないものであって、関東ロームの生成過程の特殊性にもとづくものと考えられている。

建物建設後の地中応力が、なお先行圧密応力 σ'_0 よりも小さい場合は、通常は沈下量： $S=0$ とみなされる。しかし、実際には過圧密状態の場合であっても、若干の圧密沈下が生じる。これは、図-21に示したように、 $\sigma < \sigma'_0$ 部分の曲線も若干の傾斜を有しているためである。以上のことから、木造2階建程度、すなわち 10 kN/m^2 程度の重量であれば、沈下量については、無視して考えて良い。

以上の内容は、自然状態の固結した地山としてのローム層を前提としたものであり、中には雨で流されて谷間の低地などに堆積した二次堆積ローム層などもある。そのような堆積したローム層や盛土したローム層は、強度が低く、沈下しやすいものが多いので注意する必要がある。

また、各立ち下げ杭の沈下性状については、載荷試験データなども参考の上、杭先端支持地盤下部の応力影響範囲を含めた沈下量を確認する必要がある。

- (4) がけが崩壊した場合の安定性については、大地震時や豪雨時が特に問題となる。過去の地震被災例でも、石積みや粗雑な擁壁の倒壊が数多くみられたが、擁壁が崩壊しても建物が安全であるように杭を配置した建物では、周囲の建物が全壊したにもかかわらず、建物本体には被害が生じなかった事例もある。

(P4 写真-1、写真-2 参照)

杭基礎による立ち下げの場合、がけ崩壊時の人命保護を目的として、その安定性、自立性について一定の確認が必要となる。その確認のための重要な要素としては、杭の剛性、杭の本数、杭頭固定度、がけ下からのがけの安定角度線と基礎底盤下面との交点より内側基礎の範囲割合、がけ下からのがけの安

定角度線以深の杭の根入れ長さ、基礎梁の剛性・耐力及び基礎底盤下面あるいは1階床面の面剛性等が上げられる。

細径鋼管杭等の場合には、鉛直支持力が十分でも、がけ崩壊時の土圧や崩壊後の地震時の水平抵抗については、必ずしも十分とは言えない。

しかし、木造2階建程度の建築物で、崩壊時の土圧を含めた安定性を検証するのは、難しいケースが多い。

その場合、上記の安定性、自立性の判断要素の内、特に重要と思われる内側基礎の範囲割合と基礎面あるいは1階床面の面剛性の確保、及びがけ下からのがけの安定角度線以深の杭の根入れ長さに着目し、がけの安定角度線と基礎の底盤下面との交点の位置関係に応じて、それぞれ下記のように検討する方法が考えられる。

ア がけの安定角度線と基礎の底盤下面との交点より内側基礎の範囲割合を全体の1/2程度以上確保し、かつ安定角度線以深へ杭を基礎梁下端から安定角度線交点までの杭の長さ(H)程度以上根入れ出来る場合には、一定の安定性を有するものと判断することが出来る。なおこの場合には、基礎面又は1階床面の面剛性を確保することが望ましい。(図-22)

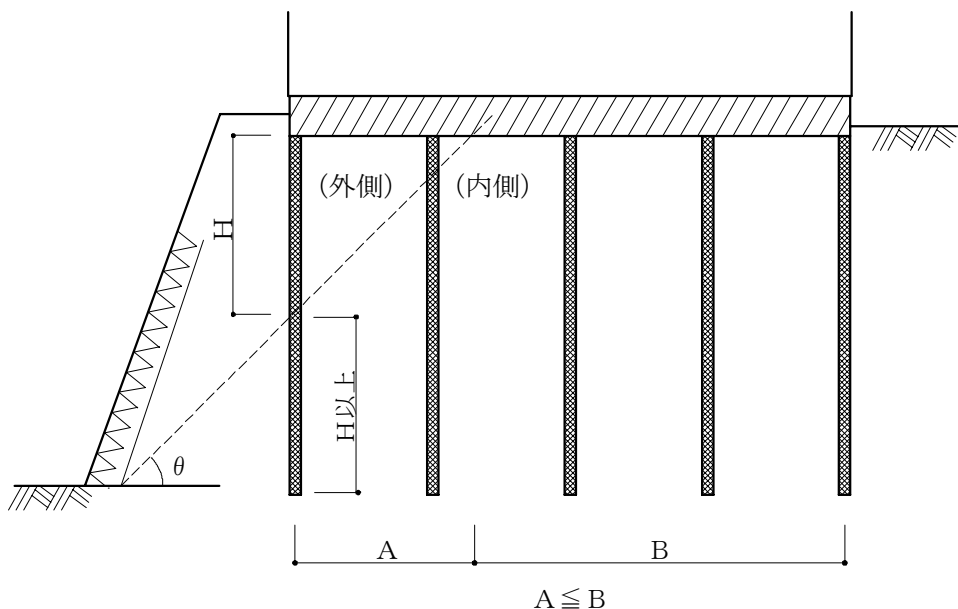
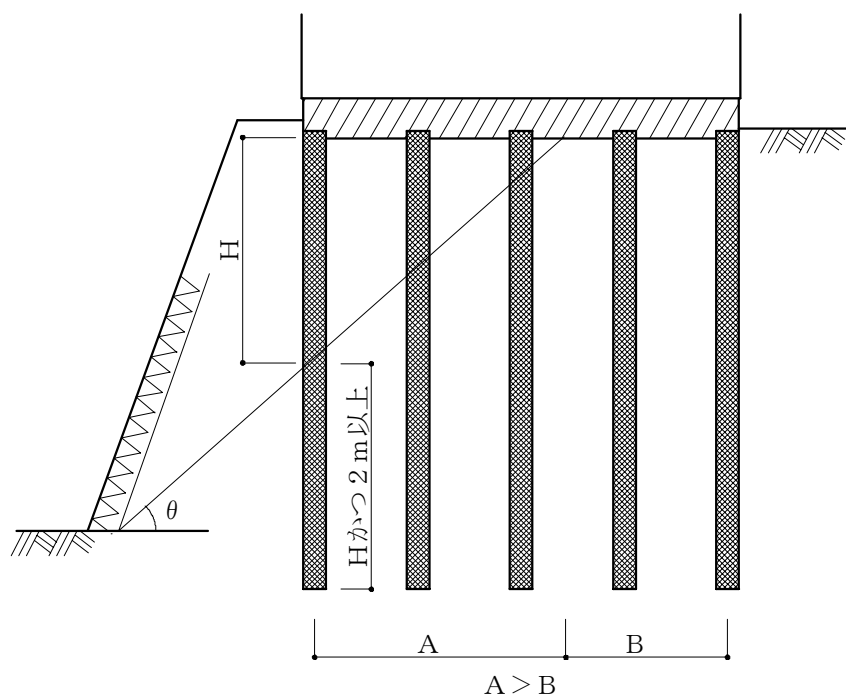


図-22 内側基礎の範囲割合が1/2以上確保出来る場合

イ がけの安定角度線と基礎の底盤下面との交点より内側基礎の範囲割合が全体の1/2未満となる場合は、内側基礎の範囲割合や、杭周辺地盤の拘束性(地盤反力係数)等にもよるが、がけの安定角度線以深へ杭を基礎梁下端から安定角度線交点までの杭の長さ(H)程度以上、かつ2m以上根入れし、かつ基礎面又は1階床面の面剛性を確保する。また、杭間隔は原則として、1.82m以下とし、杭頭は、固定として設計することが望ましい。その場合、杭頭の曲げ応力を基礎梁で負担出来るものとする必要がある。

その他の要素として、杭の剛性(杭径)、杭の本数等についても必要に応じ配慮し、総合的に安定性を有するものとする必要がある。(図-23)

なお杭頭固定の条件としては、杭頭部の定着筋を鋼管杭に溶接する等の方法が一般的である。したがって、基礎底盤についても、それに相応した幅及び高さ等を有するものとする必要がある。



図一 2 3 内側基礎の範囲割合が 1/2 未満となる場合

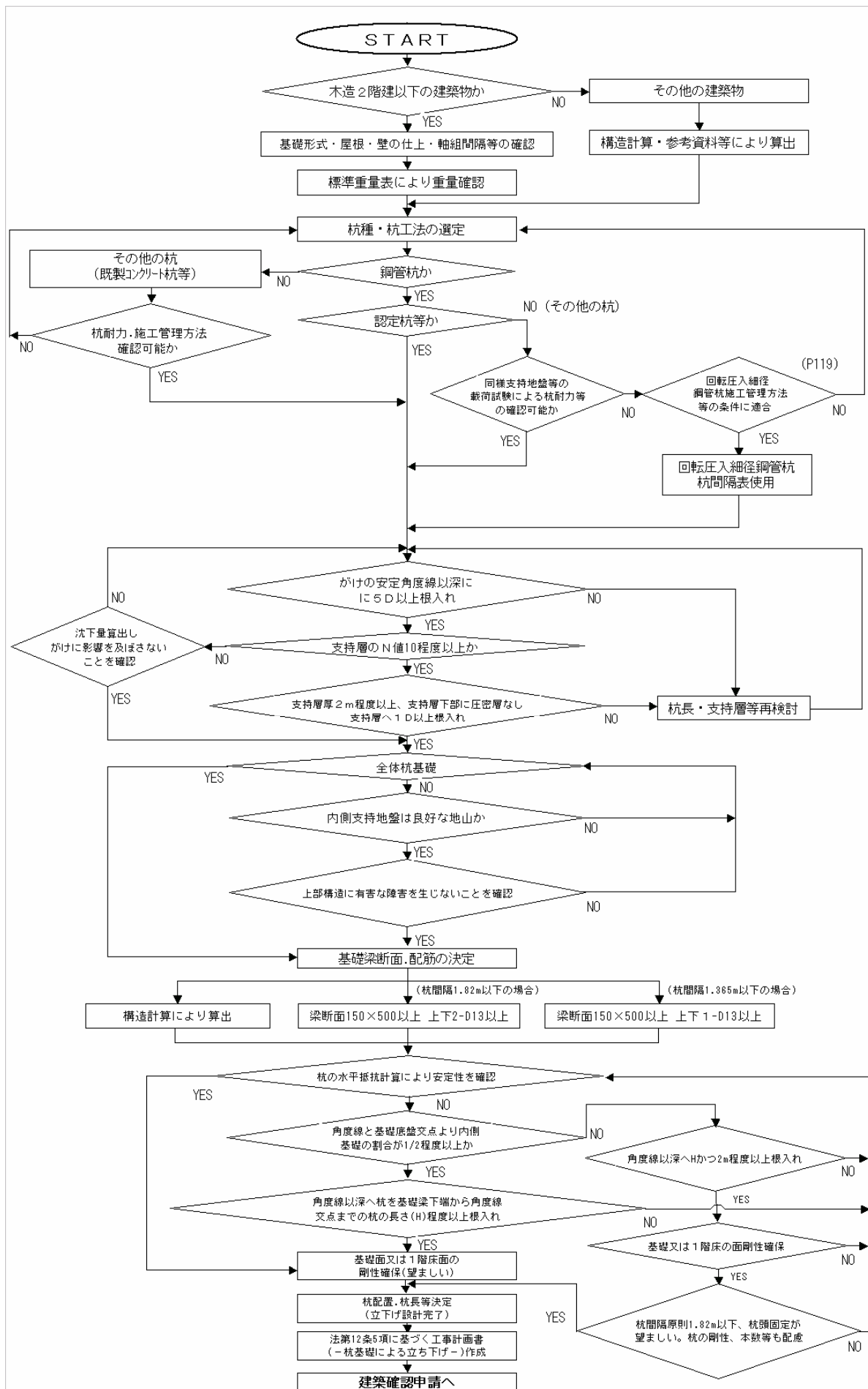
- (5) 杭基礎による立ち下げを採用する場合には、建築確認申請の段階で、その計画が決定していることが望ましいが、地盤調査がまだ行われていない場合や、杭工法等が決定していないことも多い。そのような場合には、当該工事に着手する 7 日前までに『建築基準法第 12 条第 5 項に基づく工事計画書（一杭基礎による立ち下げ）』（資料編一 2）を提出する必要がある。この工事計画書は、木造住宅の仕様による荷重や、杭工法等を決めることにより自動的に杭間隔を算出し決定出来るようになっている。なお杭の配置は、柱直下、耐力壁の両端、コーナー部等に配慮したものとする必要がある。

施工段階では、(1)～(3)で触れたように、支持層への根入れ、がけの安定角度線以深への根入れ、安定性にかかわる内側の基礎の範囲、基礎面又は 1 階床面の面剛性等について適正に施工監理を行う必要がある。

その施工監理状況については、中間検査時報告する『建築基準法第 12 条第 5 項に基づく（工事監理・工事状況）報告書』に『基礎立ち下げ関係工事監理・工事施工状況（添付）報告書』（資料編一 7）を添付し提出する。

その際、杭施工にかかわる杭材料関係資料、地盤調査結果資料、杭施工管理（支持地盤の確認）方法資料、杭工事施工記録写真等の施工関係資料を提示する。

図一 2 4（P36）に、杭基礎による立ち下げ設計フローを示す。



※角度線はがけの安定角度線のことをいう。

図-24 杭基礎による立下げ設計フロー