

総説

小規模建築物基礎における 技術認証の分類と概要

真島 正人*

1 はじめに

建築物の基礎や地盤を対象とした技術認証は、「性能評価」と「技術審査証明」に大別される。

「性能評価」は建築基準法に基づく技術評価制度であり、現在、(一財)日本建築センター、(一財)ベタリーピング、一般財団法人日本建築総合試験所、日本ERI(株)の4機関が指定性能評価機関として登録されている。

一方、「技術審査証明」は民間で開発された新規性・独自性のある地盤・基礎に関する技術を対象として、学識者などで構成された審査機関が第三者の立場から、その技術の内容と性能を審査して任意の証明書を発行するもので、法的拘束力はないが、その技術の普及促進や建築確認審査の迅速化に貢献している。審査機関は建築分野の技術のみを対象とする機関だけでなく、土木分野の技術審査を主体とするものの建築分野にも適用できる技術を審査する機関を含めて凡そ10機関があり、名称も審査機関や技術内容により「技術審査証明」、「基礎評定」、「性能証明」など様々である。これらの技術認証のうち、4号建築物を含む地上3階以下、建物高さ13m以下、軒高9m以下、延べ面積500m²以下のいわゆる小規模建築物¹⁾の基礎や地盤を対象とした技術認証は、「性能評価」

に比べて「技術審査証明」の方が圧倒的に多いが、本書では「性能評価」も含めてこれらの工法(方法)を用途、審査内容、技術内容などの観点から分類し、その概要を述べる。

なお、前述のように、「技術審査証明」には様々な名称があるが、本書では煩雑さを避けるため「審査証明」と統一して呼ぶことにする。

2 技術認証取得工法の用途別分類

小規模建築物の基礎や地盤を対象として技術認証を取得した杭工法、地盤改良工法および地盤補強工法などの用途には表-1に示す4種類に加え、これらの工法を設計する際に必要となる地盤調査方法と施工の信頼性を確保するための施工(品質)管理方法とがある。

2.1 地耐力増加対策

建物を安全に支持するために必要となる鉛直支持力を確保する、あるいは建物に有害となる(不同)沈下を抑制することを目的とした対策で、後述する基礎杭(杭工法)、地業としての杭状地盤補強、平面地盤補強、複合地盤補強など様々な工法が地耐力増加を目的として性能評価や審査証明を取得しており、取得件数は最も多い。

ただし、性能評価を取得した杭工法はいずれも支持力算定方法に関する定量的な評価を受けているが、審査証明を取得した工法には、支持力算定法に関する定量的評価を受けている工法と(不同)沈下抑制効果など定性的評価のみを受けている工法とがある。

2.2 安息角対策

擁壁近傍や法面近傍の地盤に小規模建物を建築する場合、地盤と建物の安全性を確認できない、あるいは必要安全率を確保できていないケースでは、いわゆる安息角ライン(通常は擁壁下端や法尻より30度の勾配)より上の地盤に建物荷重を作用させないようにするための対策が施され、これを安息角対策と呼ぶ⁶⁾。

安息角対策として審査証明を取得した工法は建築分野では実績はないが、靱性の高い杭状補強体を安息角ライン下方の硬質層まで貫入する杭状地盤補強工法や、安息角より上方の地盤をセメント系固化材により帯状あるいはブロック状に固化し、改良体を介して安息角以下の地盤に建物荷重を伝達する工法などがある(図-1)。

もちろん、擁壁や斜面そのものを補強する技術として技術認証を取得している工法もあるが、これらはいずれも土木分野の技術であるので本報では扱わないことにする。

2.3 液状化対策

液状化の可能性のある地盤に建築物を建設する場

表-1 技術認証を取得した工法の用途

用途	目的	評価
地耐力対策	支持力増加	定量的
	沈下抑制	定性的
液状化対策	液状化防止	定性的
	被害軽減	—
安息角対策	建物安全性確保	—
振動対策	振動遮断	定性的
	振動緩衝	定性的

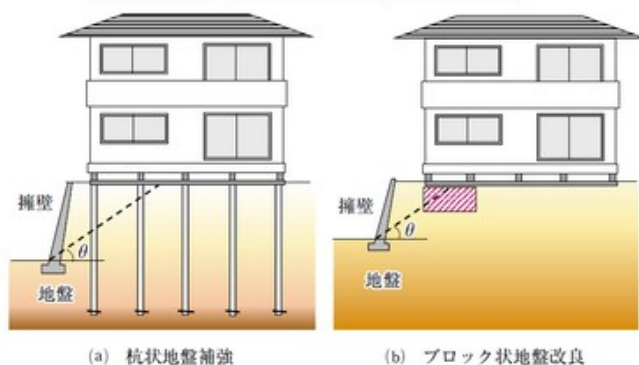


図-1 安息角対策

*MAJIMA Masato (株)設計室ソイル 取締役会長、工博 | 東京都中央区日本橋3-3-12 E-1ビル4F

合、建物の下部地盤（条件によっては建物の近傍地盤も含む）の液状化を防止する、あるいは液状化しても建物に沈下障害などの悪影響を及ぼさないことを目的とした対策で、東日本大震災の液状化による住宅の被害を教訓として審査証明の取得件数も増加している。

一般建築物でも既に実績の多い、①セメント系固化材を用いた深層混合処理工法により格子状（あるいは蜂の巣状）に地盤改良する変形抑制工法、②地盤中に碎石、丸太、ドライモルタルなどの杭状体を密に打設し地盤密度を増加させる締固め工法、③透水性の高い碎石パイルや基礎下に碎石による排水層を設けて過剰間隙水圧を早期に消散させる排水促進工法などを小規模建築物向けに特化して開発・改良した工法がある（図-2）。ただし、これらの工法は液状化対策設計法に関する審査証明をしているわけではなく、多くは建築物用の設計指針などに準拠して設計している^{1)~5)}。また、地耐力増加対策として審査証明を取得した工法でも、2次的な効果として液状化対策を謳っている工法もある。

一方、前記地耐力増加対策のうち、比較的靱性の高い補強材を使用する杭状地盤補強工法では、補強体先端を非液状層まで貫入させて液状化層より上部の摩擦抵抗を無視して必要支持力を確保することにより、液状化しても建物の沈下を抑止できることを期待して採用するケースも少なくない。その他、建物外周地盤を薄肉鋼矢板で囲うことにより、地盤の支持力低下や側方流動による建物のめり込み沈下を低減する工法もある（図-3）。

2.4 振動対策

鉄道（地下鉄含む）や交通量の多い道路に近い敷地に小規模建築物を建築する際の振動障害を防止するための対策で、基礎と土台との間に防振ゴム・シートを挟む方法や制振装置を設置するなど建物側で対策する方法もあるが、地盤あるいは地盤-基礎間で対応する方法として、以下の2種類の方法が定性的評価を受けている（図-4）。

2.4.1 振動遮断対策

発振源となる鉄道や道路と建物との間の地盤、または建物下の地盤を深層混合処理工法によって改良し、剛性の高いソイルセメント柱列壁を線状または格子状（蜂の巣状）に設けることにより、発振源から伝搬する振動をこの地中壁で遮断する。

2.4.2 振動緩衝対策

建物基礎下の地盤を0.2~1m程度掘削し、その間にEPSブロック、ゴムチップを板状に加工したマット、碎石詰め土嚢など振動緩衝（吸収・絶縁）効果のある材料を敷き詰めて、地盤から建物に伝搬する振動をこの層により低減する。

3 審査内容別分類

3.1 性能評価

性能評価は基礎杭のみを対象としており、平成13年国土交通省告示第1113号第6項第1号に規定にされた地盤



図-2 液状化対策（液状化防止）



図-3 液状化対策（被害軽減）

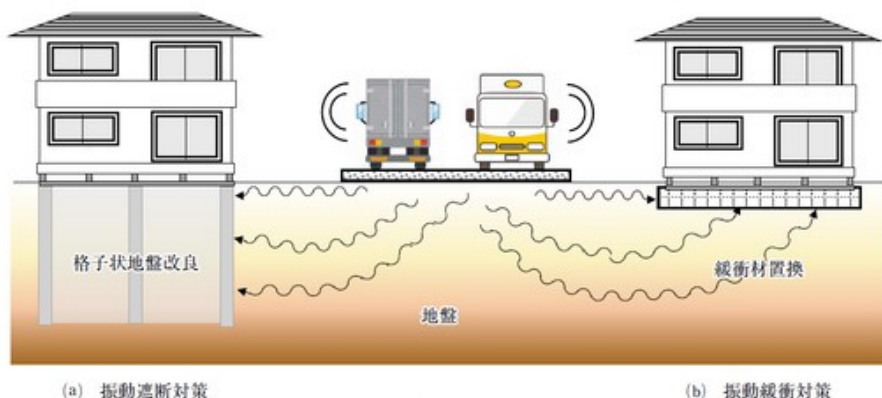


図-4 振動対策

から決まる基礎杭の（押込み方向の）鉛直支持力の計算式において、標準貫入試験による N 値と一軸圧縮強さ q_u に乘じる支持力係数（ α 、 β 、 γ ）を、同告示に対応する施行規則第1条の3第1項第1号ロ(2)の評価基準に適合することを性能評価機関で審査を受け、性能評価を取得することで国土交通大臣認定を取得することができる。つまり、性能評価を取得した工法は、載荷試験を実施せずとも標準貫入試験と粘性土層の一軸圧縮試験を実施すれば、許容鉛直支持力を計算することができる。杭基礎で設計される一般建築物で鋼管杭や既成コンクリート杭（PC杭）を使用する場合には、大多数が性能評価（大臣認定）を取得した工法が採用される。

一方、小規模から中規模建築物までを適用対象、あるいは小規模建築物に特化して性能評価を取得した基礎杭工法はそれほど多くはないが、その中でも軸径100~200mmの先端翼付き鋼管杭の比率が大きく、その他、小径のPC杭やソイルセメントと鋼管との合成杭もある。ただし、肉厚6mm未満の鋼管を使用する杭工法は建築基準法上の扱いが曖昧で、 N 値や q_u を使用して支持力を算定するものの、基礎杭としてではなく地業（杭状地盤補強）として設計されることも少なくない⁷⁾。

3.2 審査証明

対象とする技術は設計に係わる技術、施工に係わる技術、地盤調査に係わる技術など多岐にわたっており、凡

そ下記10項目に分類される。

- ①鉛直支持力の算定方法
- ②杭の引抜き抵抗
- ③鋼管杭の継手
- ④セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法による改良体の設計基準強度、変動係数
- ⑤同上改良体の品質検査
- ⑥鋼管杭の打止め管理
- ⑦建物の（不同）沈下抑制効果
- ⑧建物の液状化対策効果
- ⑨建物の振動低減効果
- ⑩地盤調査方法

このうち、⑦～⑨については2章および4章の内容と重複するので、本節では①～⑥および⑩の概要を述べる。

3.2.1 鉛直支持力の算定方法

性能評価は標準貫入試験と室内土質試験を実施し、 N 値と q_u 値を測定した地盤での杭の鉛直載荷試験により、基礎杭の（許容）支持力計算に用いる支持力係数（ α 、 β 、 γ ）を定めているのに対して、審査証明では原則、スクリーウエイト貫入試験（以下、SWS試験）を実施した地盤での載荷試験により支持力係数（ α 、 β 、 γ ）、あるいは許容鉛直支持力度の計算式を定めている。

- ① 杭状地盤補強：測定された抵抗値（ W_{sw} 、 N_{sw} ）、または、この抵抗値より求めた換算 N 値や換算 q_u 値より支持力係数（ α 、 β 、 γ ）を定めている。
- ② 平面地盤補強：測定された抵抗値（ W_{sw} 、 N_{sw} ）より補強地盤の許容応力度計算式を定めている。
- ③ 複合地盤補強：杭状補強体の極限支持力 P_d をSWS試験に基づく支持力係数（ α 、 β 、 γ ）より求め、かつ地盤の極限支持力 q_u を W_{sw} 、 N_{sw} より求め、それぞれの負担面積比（改良率）に応じて複合地盤の極限支持力度を求め、この値を所定の安全率で除して許容応力度を計算している。ただし、砕石パイル工法ではパイルのせん断強度と改良率からパイルの極限支持力を求めている。

なお、杭状補強体と地盤の支持力に対して、同一の安全率を採用している工法が多いが、異なる安全率を設定している工法もある。

3.2.2 杭の引抜き抵抗

基礎杭の鉛直支持力に関する性能評価（国土交通大臣認定）を取得した杭のみを対象とし、標準貫入試験による N 値に基づいて引抜き方向の支持力を計算するための支持力係数（ κ 、 λ 、 μ ）の審査証明を取得している。小規模建築物から大規模建築物を対象として様々な種類・形状・サイズの杭が審査証明を取得しているが、小規模建築物を対象とした杭はいずれも軸径100～200mm前後の先端翼付き鋼管杭であり、翼形状の工夫や支持層への根入れ長の規定により大きな先端支持力係数 κ を採用する工法、逆に先端支持力を期待せずに摩擦抵抗（ λ 、 μ ）と杭自重のみを期待する工法もある。

3.2.3 鋼管継手

杭状地盤補強に用いる小口径鋼管の継手方法は現場溶接が主流であるが、継手部の品質が溶接作業者の技量や作業環境に大きく左右され、かつ使用する鋼管が薄肉であるがゆえに品質の安定性に課題がある。また、継手ごとに支持力の低減も必要になる。審査証明を取得した技術は、継手の品質確保と作業の簡素化のために開発され

た現場溶接を行わない継手工法で、上下の鋼管を特殊加工した継手部品とピンあるいはボルトにより接続するものが主流である。

一方、新築建物の地耐力増加対策としてではなく、不同沈下障害を生じた小規模建築物を修復するアンダーピニング用の鋼管を、建物重量を反力として圧入する際の継手として審査証明を取得した工法もある。

3.2.4 改良体の設計基準強度、変動係数

セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理による地盤改良工法を対象とし、適用土質・改良寸法・形状を規定した上で、改良体の設計基準強度 F_c および配合設計と改良後の品質検査に用いる現場抜取りコアの一軸圧縮強さの変動係数 V に関する審査証明を取得している。共回り防止装置を含む攪拌翼の工夫や反復方法の工夫、あるいは混和剤の添加により品質のばらつきを抑えるなどの特徴を有しており、直径400～600mmの小規模建築物向けだけでなく、中規模建築物までを適用対象として直径1mを超える改良体を造成する工法も多い。

3.2.5 品質管理

基礎杭や杭状補強体の支持力性能を確認する方法、およびセメント系固化材を用いた混合処理工法により、施工された改良体の品質を確認する方法が品質管理に係わる審査証明を取得している。いずれの工法も、SWS試験による推定土質に基づいて支持力計算と配合設計が実施されるが、後述するように、SWS試験による推定土質の信頼性には課題があり、この対策として支持性能や改良体の均一性を確認することを目的として開発されている。

- 1) セメント系固化材による改良体の品質
セメント系固化材を用いた混合処理工法の品質管理は材令28日の現場コア強度により行うのが原則であるが、これを補完する方法として、以下4種類の検査手法が審査証明を取得しており、品質管理の時間短縮および施工数量が多い場合や改良面積が広い現場で利用される。
 - ① 電気比抵抗法：スラリー系深層混合処理工法により施工された直後の未固結状態の改良体に電気比抵抗測定用プローブを挿入し、深度方向の測定値のばらつきの大小により改良体の均質度を確認する。
 - ② SWS試験法：工法は限定されるが、浅層地盤改良後の早期材齢時に現場でSWS試験を実施し、施工後の経過時間と抵抗値（ N_{sw} ）の関係より改良体の品質を確認する。
 - ③ せん断波速度法：所定日数が経過した原位置改良地盤上で、ペンダーエレメント法によりせん断波速度（ V_s ）を測定し、予め室内試験で求めておいた改良土の q_u - V_s 関係より推定 q_u 値が設計基準強度以上であることを確認する。
 - ④ 全長コアの画像処理法：全長ボーリングにより採取したコアをスマホで撮影し、この画像を過去のデータを学習させた画像認識AIアプリで解析することにより不良コアを早期に発見するもので、品質管理の一次判定法として利用されている。

2) 鋼管杭の打止め管理

基礎杭および杭状補強体の支持性能を現場で確認することを目的として、従来から採用されている基礎杭の鉛直載荷試験の一種である動的載荷試験（衝撃載荷試験、急速載荷試験）を、小規模建築物用の小口径杭（あるいは杭状補強体）に特化して小型化を図った技術であり、

施工直後の杭体頭部に重錘を落下させることにより、短時間・低コストで杭の支持性能に関する品質検査を全数で行うことができる。さらに、予め残留沈下基準値を定め、基準値を満足するまで重錘の落下を繰り返すことにより、先端地盤を締め固めること（打止め管理）ができることを特徴としている。

載荷時間の違いにより、以下2つのタイプがある。

- ① 衝撃載荷タイプ：施工直後の杭（杭状補強体）の頭部に測定器を装着した重錘を所定の高さから落下させ、その応答値から杭に作用した最大衝撃荷重を推定するとともに、残留沈下量を計測し、両者の関係に基づいて支持性能を確認する。
- ② 急速載荷タイプ：施工直後の杭（杭状補強体）の頭部に荷重計、加速度計およびクッション材を設置した状態で重錘を落下させ、落下による衝撃力を急速荷重に変換した荷重と加速度より計算した変位との関係より支持性能を確認する。

3.2.6 地盤調査

小規模建築物を対象としたボーリング調査は、地下室を有する比較的重い建物や集合住宅などの面積の大きな建物、あるいは液状化の可能性のある砂層が厚い地盤など特殊な条件に限定され、通常は短時間・低コストで調査可能なSWS試験が実施される。この試験は、敷地内の複数点で実施されるため地層の傾斜・不陸が確認できる、国土交通省告示第1113号第2項に基づき、基礎直下から2m以内の抵抗値（ W_{sw} 、 N_{sw} ）より地盤の許容応力度（支持力）を直接求めることができる長所がある反面、スクリーポイントの貫入音で土質を推定するため、サンプル採取しない限り土質を正確に判別できず、腐植土層の存在を見落とし、土質に応じて適用される N 値や q_u 値の換算式の精度に課題がある。また、孔壁が崩壊してしまうため地下水位の計測が難しく、スクリーロッドに付着した水分の状態で地下水位を推定するため、液状化危険度評価などにも課題がある。これらの課題を解決するために開発された下記の技術が審査証明を取得している。

1) スクリュードライバー・サウンディング試験

SWS試験と同一のスクリーポイントを使用するが、1kNの荷重を7段階に分割し、各荷重段階でスクリーロッド1回転時の回転トルクと貫入量、貫入速度などを計測し、これを深さ方向に連続して行うことにより、SWS試験より正確に土質判別することができる試験法で、通常はSWS試験と併用される。さらに、これに関連して N 値、平板載荷試験による q_t および W_{sw} の推定法も審査証明を取得している（図-5）。

2) 表面波探査法

地表面を起振機により振動させて励起した表面波を所定間隔で設置した2つの検出器で抽出し、この位相差から表面波速度 V_s を求めるもので、周波数を変化させることにより、その断面の地層境界深度（地層厚さ）と各層の速度 V_s を求め、せん断波速度 V_s に換算する調査法である。この調査を敷地内の複数点で行うことにより、地盤の立体構造を把握できる。なお、別途調査した各層の推定土質より支持力計算用の N 値（ ϕ ）、 q_u 、即時沈下計算用の変形係数、および圧密判定用の圧密降伏応力を推定している。

3) 衝撃加速度法

三脚の中央部から加速度計を内蔵したランマーを地盤面に落下させ、その衝撃加速度の最大値から地盤支持力や沈下量計算に必要な地盤パラメーターを換算する装置で、簡易支持力測定器と呼ばれている。複雑な地形や広い宅造地などで他の地盤調査法（SWS試験や平板載荷試験など）と併用して地盤判定を行ったり、造成盛土の締め固め管理としても利用される（図-6）。

4) 振動貫入式ボーリング

大規模宅造地で複数実施されるボーリング調査の時間短縮を目的として、深さ1mごとに行う標準貫入試験の間を振動圧入方式で削孔し、掘削深度、 N 値、貫入長を自動記録する地盤調査法。

5) 地下水測定法

SWS試験後の孔内にスクリーロッドと同一径の有孔管を挿入し、2極型の比抵抗電極を用いて管内の水位を高精度に測定する地下水位測定法。

4 地耐力増加工法の分類と概要

前述のように、技術認証を取得した地耐力増加工法は①基礎杭または杭状地盤補強、②平面またはブロック状地盤補強、③複合地盤補強の3種類に分類できる。

4.1 基礎杭または杭状地盤補強

建物基礎下に基礎杭または杭状補強体を設置して、これらの杭や補強体の周面摩擦抵抗と先端支持力により建物を支持する工法で、杭状補強体には小口径鋼管、深層混合処理工法による柱状改良体、木杭、PC杭、場所打ちモルタル杭など様々な種類がある（図-7）。

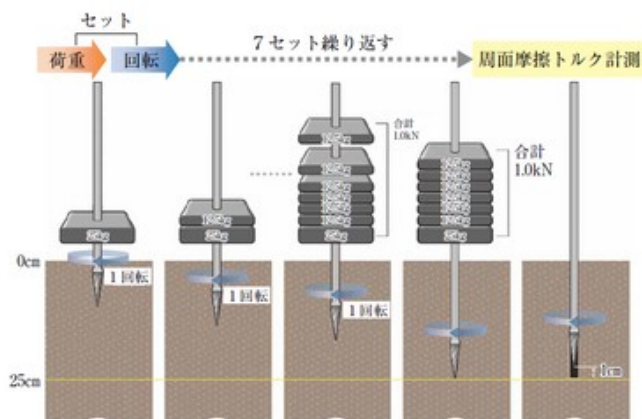


図-5 スクリュードライバー・サウンディング試験

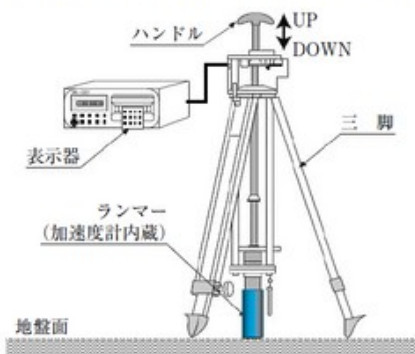


図-6 衝撃加速度法の測定器

4.1.1 小口径鋼管杭

軸径80～160mm程度の小口径鋼管を使用し、周面摩擦抵抗はほとんど期待できないものの、硬質層の先端支持力を期待し、かつ貫入性能や貫入速度などの施工性を優先した軸径の2～4倍の径を持つ先端翼付き鋼管杭工法が主流である。ただし、先端翼の形状と回転貫入速度の工夫や鋼管周囲の地盤を固化することなどにより摩擦抵抗を確保する工法、扁平鋼管を所定の深度まで貫入した後、管内を液体で加圧することにより拡張させて摩擦抵抗を確保する工法などもある。

4.1.2 ソイルセメント改良体

直径400～600mmの柱状改良体を造成する、いわゆるセメント系固化材による深層混合処理工法が主流である。これらの工法は、鉛直支持力に関する技術認証を取得しているわけではなく、改良強度の変動係数や設計基準など改良体の品質に関する審査証明を取得し、鉛直支持力の計算や水平力に対する設計は、建築物のための地盤改良設計・施工指針³⁾に準拠して行っている工法が大半である。ただし、改良体により下記のような特殊処理を施すことにより、SWS試験結果に基づく支持力算定法（算定式）について審査証明を取得している工法もある。

- ① 改良体が未固結の状態のうちに、付着力を確保するための処理を施した細径鋼管や木材を中央部に挿入して改良体との一体性を確保する工法。
- ② ケーシング先端に特殊加工した攪拌翼を装着することにより、らせん状または異径の改良体を造成することで摩擦抵抗や先端支持力を高める工法。
- ③ 削孔時に土砂を排出し、地上で粉体の固化材と掘削土（またはスラグ）を混合した後、地盤中に戻して均一性の高い柱状改良体を造成する工法。

4.1.3 木杭

腐朽処理やシロアリ対策を施した直径150～200mm程度のストレートまたはテーパ型丸太を回転せずに圧入する工法。表層に硬質層が存在する場合には先行削孔し、この部分の摩擦抵抗は考慮せずに支持力を算定する。

4.1.4 PC杭

PC鋼線によりプレストレスを導入した直径200mm程度の中空円筒形、あるいは幅200mm程度のH型コンクリート杭を回転せずに圧入する工法。表層に硬質層が存在する場合には木杭と同様な方法で支持力を算定する。

4.1.5 場所打ちモルタル杭

通常の場所打ちコンクリート杭が地盤を円筒状に掘削・排土した後、掘削孔内に鉄筋籠を挿入し、生コンクリートを打設するのに対して、この種の工法は先端に翼を装着したケーシングを回転により所定深度まで貫入した後、ケーシング内にスラリー状の固化液またはモルタルを供給しながらケーシングを引き抜き、直径150～200mm程度の杭体を造成するもので、非排土である（掘削土が発生しない）こと、小径であること、無筋であることが特徴である。また、貫入時にケーシング径より大きな先端翼を装着し、ケーシング引き抜き時にこれを残置することにより大きな先端支持力を期待する工法もある。

4.2 平面またはブロック状地盤補強

地表面から1～2m程度までの比較的浅い位置に軟弱層が存在する地盤において、建物基礎下の軟弱層を、べた基礎にあっては版状または格子状に、布基礎にあっては帯状または格子状に、独立基礎にあってはブロック状

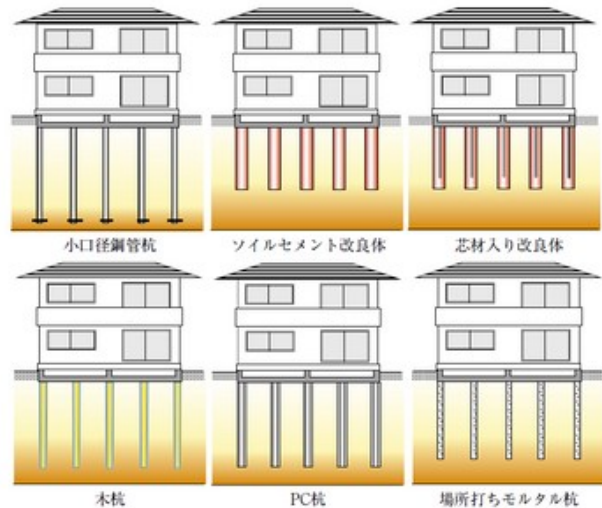


図-7 杭状地盤補強工法

に、粉体またはスラリー状の固化材と現地土とを攪拌効率を高めるように工夫した特殊形状のバケットにより混合する表層地盤改良工法が主流である。

ただし、埋蔵文化財などのため深くまで改良できない敷地、重機の入らない極小地、現場の高低差が激しく通常の改良機の揚重・搬入に問題のある現場などを対象に、比較的軽量・小型の施工機械を使用して基礎下の表層地盤を全体あるいは部分的に置換あるいは改良する様々な形態の工法が審査証明を取得している。以下に、これら工法の概要を示す（図-8）。

4.2.1 超軽量ブロック置換工法

基礎下の地盤（軟弱層）を1m前後掘削し、この部分を超軽量のブロックと置換することによって建物荷重を相殺し、建物の（不同）沈下を抑制する工法で、超軽量材にはEPS（発砲スチロール）ブロックと合成樹脂製の多空隙箱型構造体の2種類がある。これらの工法では、証明内容外ではあるが、2次的な効果として、ブロックの振動緩衝効果により地震や交通振動などによる建物の揺れを低減できることや液状化対策としても効果を期待できると謳っている。

4.2.2 砕石詰め土嚢工法

砕石を強化プラスチックの袋（土嚢）に詰め（これを特殊なバンドで締め付けることにより土嚢の強度と剛性を高め）、この土嚢を基礎下の軟弱層を撤去した部分に敷き詰めることにより、地盤支持力を高めるとともに建物の不同沈下を抑制する工法。証明内容外ではあるが、2次的な効果として振動低減効果、砕石の排水促進効果により液状化対策としても効果を期待できると謳っている。

4.2.3 コンクリートブロック工法

軟弱地盤上に井桁に組んだ鉄筋枠を設置し、その枠に特殊形状のコンクリートブロックを敷き詰め、さらにその上面に鉄筋を配置固定してブロック間の隙間に砕石を充填する工法で、版構造を形成することで地盤の支持力を高め、建物の不同沈下を抑制する工法。

4.2.4 砕石敷シート工法

基礎下の軟弱層を撤去し、掘削表面を砕石敷転圧した後、その上に長尺の合成樹脂製強化シート（織布）を重ね合わせて敷き、シート両端を専用の部品で地面に固定後に端部をコンクリートで固める工法で、シートと砕石

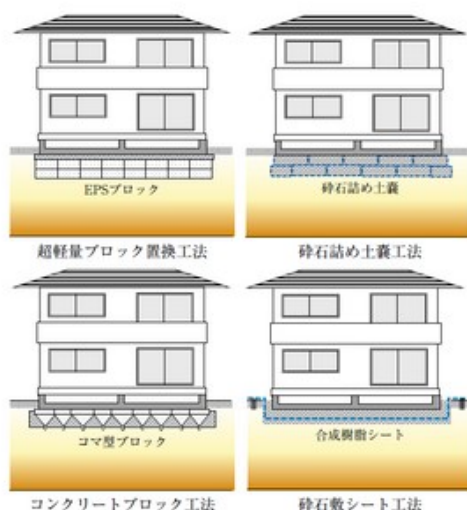


図-8 セメント系固化工材以外の平面地盤補強工法

の摩擦抵抗やシートの張力により支持力を高め、建物の不同沈下を抑制する工法。

4.3 複合地盤補強

杭状または壁状補強体の支持力と地盤の支持力とを複合して建物を支持する工法と締め固めた砕石（またはスラグ、モルタル）パイルを用いる工法とがある（図-9）。

4.3.1 杭状補強体を用いた工法

この種の工法では、4.1に示した杭状補強工法として鉛直支持力に関する審査証明を取得した後に、より合理化（補強体の数量削減）を志向し、複合地盤としての性能証明を取得している工法が多い。ただし、補強材として極細径の鋼管やプラスチック材を使用し、複合地盤のみの審査証明を取得している工法もある。これらの工法では基礎下地盤の支持力も期待するため、適用地盤条件として基礎下地盤の抵抗値の下限、適用除外の土質（液状化層、腐植土層）を規定している工法が多い。

4.3.2 砕石パイルを用いた工法

直径300～600mmの締め固められた砕石パイルの支持力と地盤の支持力を複合して建物下部地盤の支持力を高める工法で、砕石パイルの中央部に丸太（間伐材）が挿入されている工法もある。砕石パイルの造成方法には排土型と非排土型の2種類がある。

- ① 排土型：特殊なケーシングオーガーにより、掘削土を排出しながら削削し、所定深度まで達したら地表面から砕石を投入しオーガーを逆回転させて、砕石を締め固めながら50cm程度の間隔で徐々に引き上げて、締め固め砕石パイルを造成する。
- ② 非排土型：地盤を押し退けながらケーシングを所定深度まで貫入し、引き上げ時にケーシング内部（先端）から砕石を地盤中に押し出し、ケーシング先端で砕石を締め固めながら引き上げて締め固め砕石パイルを造成する。

これらの工法は地耐力増加対策として審査証明を取得しているものが多いが、締め固め効果または排水促進効果による液状化対策を謳っている工法も多い。

5 おわりに

小規模建築物の基礎や地盤を対象として技術認証を取

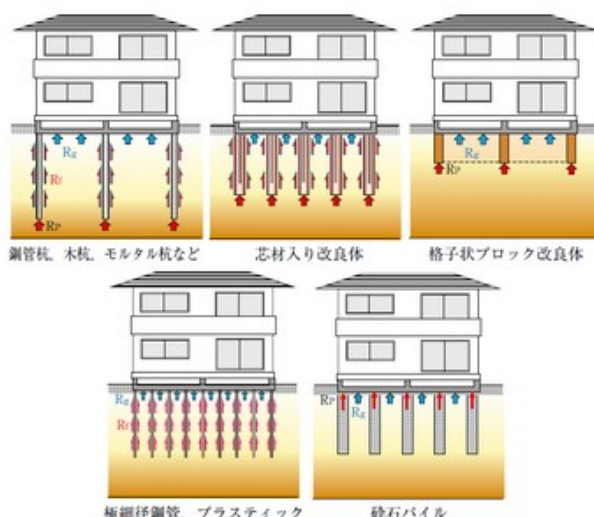


図-9 複合地盤補強工法

得した技術のうち、性能評価を取得した工法は多くはないが、技術審査証明については2023年9月現在、セメント系固化工材を用いた地盤改良工法や地盤補強工法を中心に、200を超える技術が様々な審査機関から証明書の発行を受けて、小規模建築物の基礎や地盤に関する信頼性確保や技術促進、建築確認審査の迅速化に貢献している。

一方、審査内容には建物規模のほか、地盤の抵抗値、土質、液状化の有無など様々な適用条件（制約）が規定されている。また、効果の定性的な証明を受けているものの、定量的な証明（例えば、支持力、沈下量、液状化対策効果の評価式など）を受けていない技術、および証明内容以外の2次的な効果を謳っている技術もある。したがって、技術を提供する側、利用する側ともに、これらの点に十分留意されたい。

最後に、本書の執筆に当たり、各審査機関から公開されている資料、審査証明取得業者がSNS上で公開している技術資料、筆者の実務経験や独自に開取した情報を利用したが、前述のように審査証明を所得した技術は極めて多く、加えて日々改訂作業も行われており、記述内容に漏れや不正確な点が多々あると思われる。

不快と思われた関係者には謝罪の意を表するとともに、執筆にご協力いただいた関係者に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) (株)日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，2008年2月。
- 2) 一般社団法人日本建築学会：建築基礎構造設計指針，2018年11月。
- 3) 一般財団法人日本建築センター，一般財団法人ベターリビング：2018年版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針—セメント系固化工材を用いた深層・浅層混合処理工法—，2018年11月。
- 4) (株)日本建築学会：建築基礎のための地盤改良設計指針案，2006年11月。
- 5) 一般社団法人レジリエンスジャパン推進協議会：住宅を対象とした液状化調査・対策の手引書，平成28年8月。
- 6) 神奈川県県土整備局建築住宅部建築指導課：神奈川県建築基準条例などの解説，平成30年12月。
- 7) 国土交通省国土技術政策総合研究所監修ほか：2020年版 建築物の構造関係技術基準解説書，2020年11月。