



# 宅地地盤調査 マニュアル 2014



一般社団法人 全国地質調査業協会連合会  
Japan Geotechnical Consultants Association

平成 26 年 4 月

## 発刊に当たって

近年、宅地地盤に係わる問題が頻発し、一部には社会問題となっているケースもあります。特に、一戸建て住宅はその価格水準などから、多額の経費をかけて十分な地質調査を実施することが困難であり、簡易な調査に頼ったり、極端な場合は調査なしで地盤の状況を判断している場合も見受けられ、トラブルに結びついている例も多いようです。

特に、2011年3月に発生した東日本大震災では、津波による種々の被害が甚大であり、報道もそちらに集中していますが、津波以外の原因による住宅の被害も大変多く発生しました。その中には地震動そのものによる被害もありますが、液状化や造成宅地盛土のすべりといった地盤の変状に起因する家屋等の被害が数多く発生しました。被害が発生した範囲は東北は勿論のこと、東京湾岸まで広範囲にわたっており、自分の住んでいる地盤の安定性に关心を持つ人が急増する現象も生じました。

2000年に施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）」により、住宅の供給者に10年の瑕疵担保責任が義務づけられました。基礎については構造耐力上主要な部分と位置付けられこの対象となっていますが、地盤は含まれないとされています。旧建設省の解説書でも「地盤の状況を適切に調査した上で、調査結果に対応した基礎の設計・施工を行うべき義務がある」と間接的に触れられているに過ぎません。宅地地盤の調査が品確法とどうかかわっているか明確になっていませんが、われわれ地盤調査を専門とする業界として、この問題に積極的に取り組んでいく必要があると考えます。2013年2月には地盤工学会や当連合会など7機関が参加し地盤品質判定士協議会が設立されました。本協議会において地盤の評価（品質判定）に関わる調査・試験の立案、調査結果に基づく適切な評価と対策工の提案等を行う能力を有する技術者を社会的に明示することを目的として「地盤品質判定士資格制度」が制定されました。この制度が適切に運用されることにより、宅地地盤の品質が少しでも向上することが期待されます。

宅地地盤の造成地は、軟弱な地盤や傾斜地など次第に条件の悪い地域に拡大しており、今後地盤に關係するトラブルの増大も予想され、地盤調査の重要性・必要性はますます高くなっています。一戸建て住宅の設計者は必ずしも地盤に関する知識が豊富であるとは限らず、かつ、宅地地盤調査の方法についても、わかりやすい指導書が少ないこともあります、地盤状況の把握とそれに基づく地盤にあった基礎設計を難しくしています。

また最近では、宅地地盤の地質調査方法として、スウェーデン式サウンディングが広く使われ、建築基準法施行令第93条に伴う国土交通省告示第11135号に示された調査方法にも明記されています。しかし、スウェーデン式サウンディングは、簡易な調査法でその適用には限界があるとされているにもかかわらず、必要以上に利用されている懸念があります。一方、品確法の施行にともない、地盤調査を保険・保証制度と関連させた動きが広まっていますが、技術的な裏付けが十分でない場合も多く見受けられます。

当連合会では、こうした宅地地盤の調査が抱える多くの課題への対応策の1つとして、

平成 13 年に技術委員会に「宅地地盤の調査に関するワーキンググループ」を設置し、地質調査業の立場から木造住宅など一戸建てを対象とした宅地地盤に関する地質調査のあるべき姿という観点から検討を行い、「宅地地盤マニュアル（平成 14 年 3 月発行）」を刊行し公表いたしました。しかしながら、発行からかなり長い時間が経過し、その間に東日本大震災によって社会問題化した“液状化”や関係する法令および技術指針等の改定への対応が必要となったことから、前述のマニュアルの内容の見直しを実施し、この度、新マニュアル「宅地地盤マニュアル 2014」として発行することとなりました。

本書は、当連合会が創立 50 週年を記念して平成 25 年 10 月に公表した「全地連アクションプログラム 2013」の中で“新分野・新市場創出モデル構築”推進事業の一環として企画されたものであります。今後の事業拡大の方向を宅地地盤調査に向けることを検討される際や実際に宅地地盤の調査に携わる場合の参考書として、会員の皆様をはじめ広く読まれることを期待しております。

最後に、本書の作成に加わっていただき、原稿執筆から編集作業まで多くの能力と時間をご提供いただいた次にお名前を揚げた編集担当の方々に感謝申し上げます。

#### [宅地地盤マニュアル 2014]

編集担当	岡嶋眞一	日本物理探鑽（株）
	千葉久志	基礎地盤コンサルタンツ（株）
	中村裕昭	中央開発（株）
	彦坂 茂	サンコーコンサルタント（株）
	深澤和行	（株）アサノ大成基礎エンジニアリング
	利藤房男	応用地質（株）
(五十音順)		

平成 26 年 4 月

一般社団法人 全国地質調査業協会連合会  
会長 成田 賢



8.	地盤対策 .....	131
8.1	地盤対策の目的.....	132
8.2	地盤対策の基本的考え方 .....	132
8.3	地盤対策の種類と留意事項.....	137
8.4	修復工事.....	147
9.	宅地の造成.....	150
9.1	宅地造成等規制法 .....	150
9.2	宅地造成に関する工事の技術的基準および留意事項 .....	155



地盤が軟弱である場合が圧倒的に多く、畠地として利用されていたところは周囲より微妙に土地が高く、水はけが良くて比較的締まった地盤であることを示している。このように性質の異なる地盤の境界で、平坦に造成された宅地では、隣の家に沈下による被害が無いからと言って、自分の宅地も大丈夫という保証はない。

問題のある造成地（軟弱な地層が分布する場所や十分に締め固められていない盛土造成地など）では、地盤の性状に起因して、建物の建築後に地盤が徐々に沈下して（この現象を不同沈下と言う）建物や基礎に亀裂が発生する、建物が傾く、地盤や建物が変形して下水が流れないのでの被害が発生することがしばしばある。これら不同沈下で生じた被害の修復には数百万円の費用を要する場合もある。

また、東日本大震災では大きな河川や海岸近くの平地、埋立地（一般的に緩い砂質土が堆積しあつ地下水位が高いため液状化が発生しやすい）、さらにはそのような条件には該当しない内陸部でも液状化被害が発生し、傾いた家屋の修復や耐震補強に多額の費用負担を強いられている。

自分の大切な財産である住宅を不同沈下に伴うトラブルや、地盤の液状化に伴う被害等から守るためにには、地盤調査を実施し、その結果を設計・施工に反映することは必要不可欠と言える。

地盤調査の方法は、後に詳しく述べるようにいろいろな方法があるが、対象となる宅地に適合した方法を選定すべきと考えている。

この問題を私たちの身体の不具合を例にとって考えることにする。例えば、医師は、私たちの診察の時にしばしば用いる打診と問診で不具合に対するあたりをつけて、その後に体の検査を実施し、更に問題がある場合には、内視鏡などで直接内部の状況を調べ、異常が発見されれば組織の一部を採取して検査するなどして、総合的に検討して診断結果を出す。それと同様に、地盤調査も地面に振動などを与えてその伝わりかたから地盤を間接的に調べる方法や、直接地盤に穴を開けて固さを調べたり、その穴から土を採取して試験室に持ち帰って調べる方法などいろいろな調査方法がある。

地盤調査は、対象とする宅地地盤の特性の把握に長年の経験を基にしたノウハウを必要とするために、どの業者が実施しても同じ結果になるとは限らない。

最新設備を整えた病院でも医師ならびにスタッフが一流でなければ病気を治すことは困難である。それと同様なことが地盤調査にも言える。つまり、設備を整えて、コンピューターを用いて解析し、見た目にすばらしい画像処理技術で売り込みをしても、その解析部分がブラックボックスで結果に問題があったり、技術者の経験と技術力が未熟なために計算誤差や許容範囲を考慮せずに求められた結果を鵜呑みにして解釈する場合などがあり、成果としての結果に差が出ることも考えられる。

さらに住宅の品質確保の促進等に関する法律（いわゆる品確法）の施行に伴って、新築住宅の供給者は住宅の引き渡しから 10 年間の瑕疵担保責任が課せられるため、住宅における地盤調査の重要性は以前よりも増してきている状況にある。

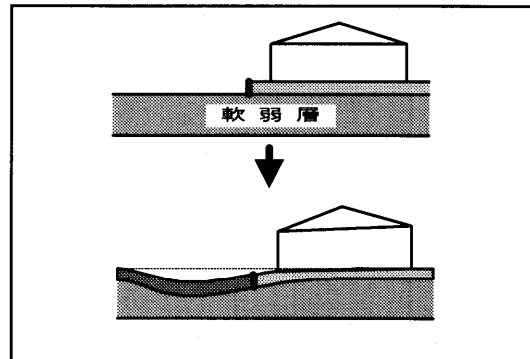
## 1. 2 住宅地盤に関する主なトラブルの事例

地盤に関するトラブルは、何らかの理由により不同沈下が生じ、建物に影響が及んだ場合が多い。トラブルの主な事例のパターンを示す。

### 隣接地の盛土によって不同沈下が発生！

盛土造成をして住宅建設後、約2年が経過した時点で、隣接地（当該地と同様に以前に水田として利用）で盛土された。

隣接地の盛土造成後に住宅が隣接地側に傾いてしまった。

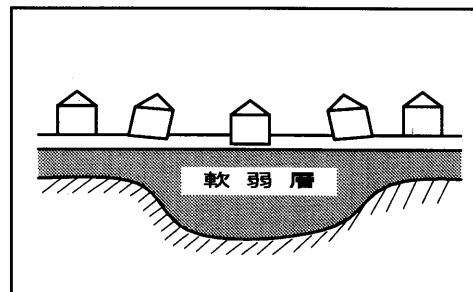


原因究明のためのボーリング調査で軟弱な粘土層が分布していることが明らかにされ、隣接地の盛土によって地盤が沈下し、住宅に不同沈下の被害が出た。

### 軟弱層の厚さが変化して不同沈下が発生

規模の大きな住宅造成地のある区画に建築した家屋に不同沈下が原因と考えられる被害が発生した。

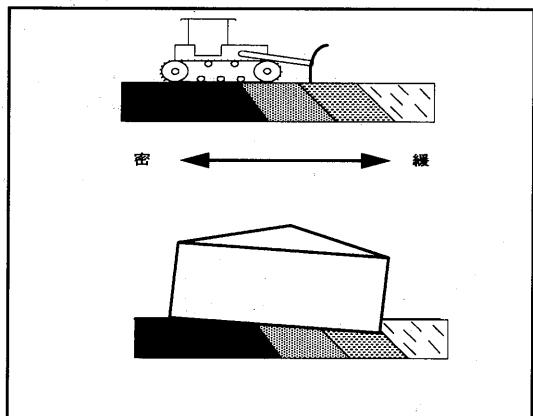
軟弱な地層が分布することは当初から分かってはいたが、厚さがこの区画で急激に変化することが原因究明調査で明らかにされ、沈下量の違いによって被害が出たことが分かった。



丘陵地などの造成では、造成以前の旧地形図などから軟弱層の層厚変化が分かる場合もあるが、事前の地盤調査が必要不可欠である。

## 造成盛土の転圧不足による不同沈下

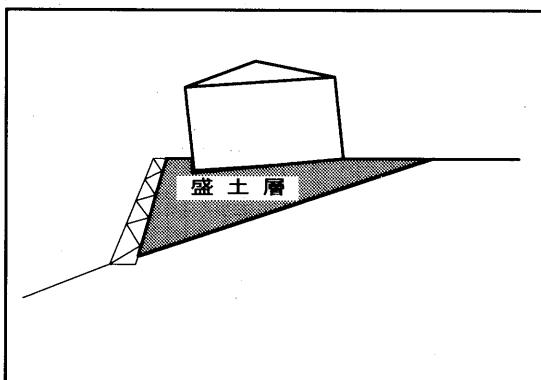
盛土造成は既設道路側から順次実施したため道路側が十分転圧されていたが、最も奥の転圧が不十分なまま住宅が建設され、不同沈下が発生した。



住宅建設時に十分な調査を実施していれば盛土の性状を把握できただけで、基礎構造の変更あるいは地盤改良などの対処で問題を回避できた。

## 傾斜地造成地における不同沈下被害

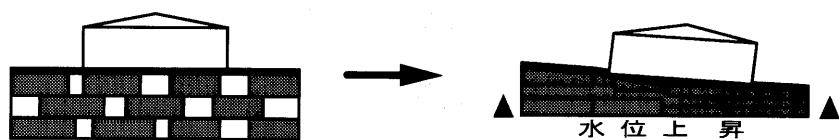
傾斜地の谷側を擁壁で抑えて盛土造成した宅地において、建物荷重で盛土が沈下し、盛土が厚い谷側に家が傾いてしまった。



スウェーデン式サウンディング試験で支持力は得られていたが、変形に対する情報が不足していた。

## 盛土地盤の水浸沈下による住宅被害

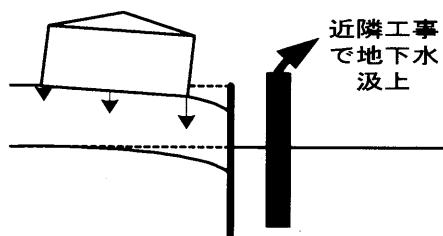
丘陵地の谷部に周囲の丘陵を構成する硬質粘土を崩してブルドーザーで2～4回転圧して約10mの盛土造成した宅地において、住宅完成直後に地盤が急激に沈下して住宅に被害が発生した（水浸圧密）。沈下は、住宅基礎から雨水が浸透して盛土材の塊状を呈する硬質粘土が吸水して脆弱化（スレーキング）して沈下したものであった。



この事例は昭和40年代の造成工事の例で、同様の現象が風化花崗岩盛土造成地でも発生した。当時の施工実績からの研究で、造成時に十分な転圧を実施することで、水浸沈下を防止できることが確認された。

## 近隣地下水揚水で住宅が沈下

台地を削り込んだ沖積低地の住宅が、隣接マンション地下工事の際に地下水を揚水したことで、住宅の基礎地盤が圧密沈下を生じて住宅が傾いてしまった。

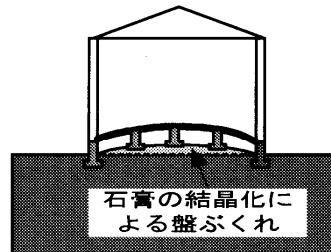


マンションの設計・施工者が地盤及び地下水の状況を把握していないために発生したもので、周辺の地形・地質を考慮した事前の調査・設計が十分になされていれば回避されることが多い。

## 泥岩の上に建てた住宅の基礎に亀裂が発生

丘陵地の泥岩を切土して平坦に造成した宅地に建設した住宅において、床下の基礎地盤が盤ぶくれを起こして床がふくれあがり、布基礎に亀裂が入る被害が発生した。

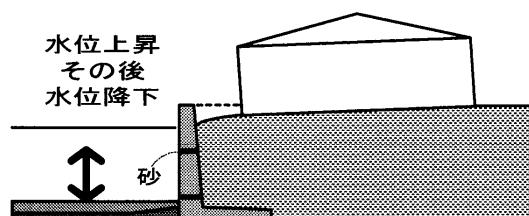
原因は、泥岩に微量に含まれる硫化物が、地下水位より上の不飽和帯で酸化して硫酸を生成し、造岩鉱物の方解石を溶解させ、溶けたイオンが乾燥している床下に上昇して石膏として再結晶するときの結晶圧で盤ぶくれが発生したことによる。硫化物の酸化反応は泥岩中の鉄酸化細菌が触媒的に作用したと考えられている。



盤ぶくれに対しては、緩衝材として砂を敷く等が考えられる。地盤が酸性を呈することでコンクリート基礎が劣化することを防ぐにはシート等で遮断する対策がとられる。

## 盛土材が水路に吸い出されて住宅が水路側に傾いた

水路に面して擁壁を設置して砂で造成した宅地に建てられた住宅が、豪雨時に水路が水位上昇し、その後の水位降下時に盛土材の砂が吸い出され、住宅が水路側に傾いた。



擁壁背面に吸い出し防止材を入れてなかつたために砂が吸い出された施工不良のケースである。吸い出し防止材を入れてあっても、盛土の転圧が不足する場合には水締めによって盛土が沈下する場合がある。

## 土石流で流されてきた多量の樹木の上に盛土造成

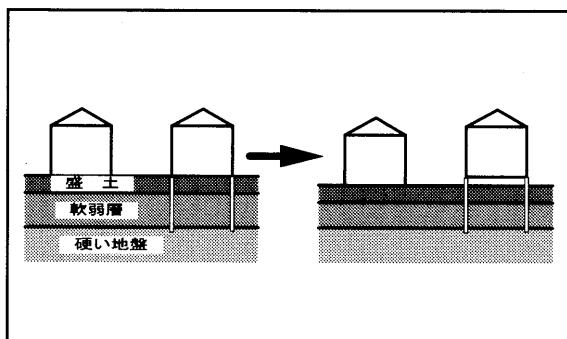
集中豪雨時に発生した土石流によってもたらされた多量の樹木が農地の一角にあった。多量の樹木を撤去せずに覆土して耕作地として復旧した。その後、宅地として使用する計画が進められた。

地盤調査によって複雑な地盤状況であることが把握され、聞き込み調査によって多量の樹木が埋めてあることが判明した。

バックホウで盛土内の樹木を取り除いて再転圧して事なきを得た。

## 杭で支持させたために住宅が抜け上がった

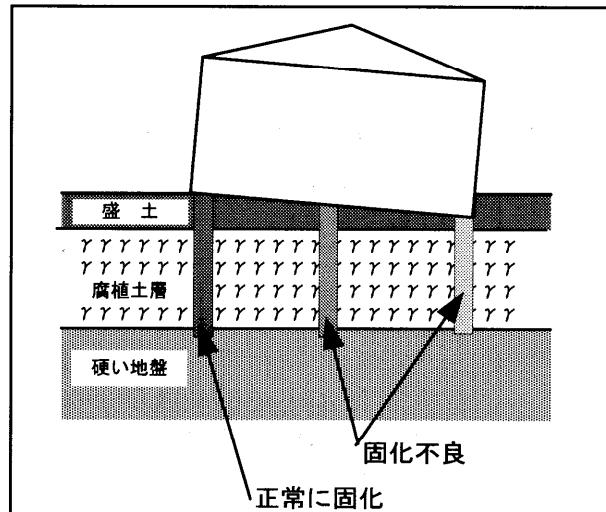
水田として利用されていた土地を造成して区画割した宅地に住宅が建設された。沈下対策として杭基礎を採用した住宅とベタ基礎を採用した住宅が隣接して建てられた。杭基礎を採用した住宅は建物が抜け上がったが、ベタ基礎を採用した住宅は地盤の沈下に建物が追従したために大きな問題は生じなかった。



軟弱層の土質が均一で厚さにも変化が見られない場合や広域に地盤沈下を生じている地域では、沈下が均等に生ずるので、杭を採用したこと、結果的に抜け上がりという問題として現れたケースである。

## 不適切な地盤改良(柱状改良)で不同沈下発生

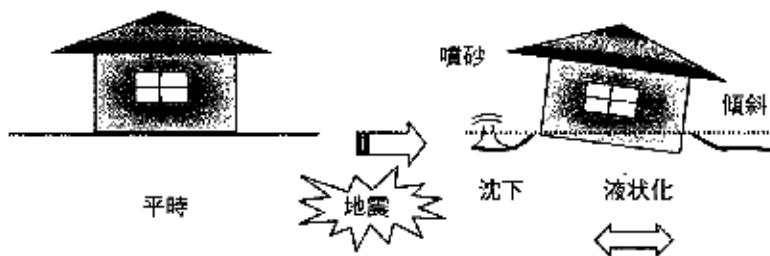
スウェーデン式サウンディングで地盤が軟弱であることが報告され、柱状改良を実施したが、改良体が設計強度に達しておらず、不同沈下を生じた。



ボーリング調査で腐植土層が分布していることが確認された。固化材が腐植土に適合していなかったために、改良体の強度が目標強度に達しなかったことにより不同沈下を生じたもので、スウェーデン式サウンディングの限界を示すケースである。

## 地盤の液状化によって不同沈下や噴砂が発生

地盤の液状化とは、主に飽和した緩い砂地盤において、地震等による地盤の揺れによって間隙水圧が上昇、有効応力が低下して地盤のせん断抵抗が失われることで、あたかも地盤が液体のように振る舞う現象のことである。

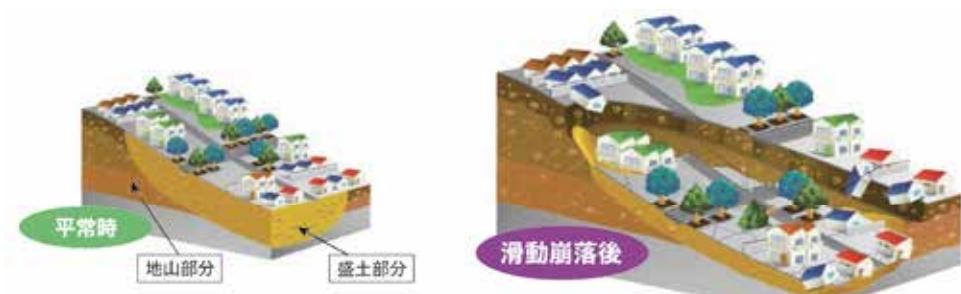


2011年発生した東日本大震災では、浦安市を初めとする東京湾の埋立地や、茨城県利根川下流部の砂地盤地域において、液状化による顕著な住宅被害が発生した。戸建て住宅は直接基礎構造が主であるため、沈下・傾斜といった被害が多数発生するとともに、噴砂が建物内へ流入して家屋内部が砂で埋まる等の被害も同時に発生した。

挿入図は「地震による液状化とその対策」平成24年9月、関東地質調査業協会 液状化研究会編より引用

## 谷埋め盛土の地すべり的な変動に伴う被害

1995年兵庫県南部地震、2004年新潟県中越地震等では、大規模に谷を埋めた造成宅地（いわゆる谷埋め盛土）において、盛土と地山との境界面等における盛土全体の地すべり的な変動が生じ、家屋の倒壊・崩壊、死傷者を出す被害が発生した。



その発生リスクは、谷埋め盛土の（幅／深さ比）が大きい、つまり盛土厚に比べて谷幅が広い場合に高いとされている。谷埋め盛土は盛土内に地下水が溜まりやすいため、盛土材料に泥岩等のスレーキングしやすいものを用いている場合、底面付近の盛土が地下水の影響で強度低下する、またマサ土の場合には地震動により地下水位以深が液状化して強度低下する、などが発生要因としてあげられる。

挿入図は「宅地耐震化の取組みに関するパンフレット」国土交通省都市・地域整備局より引用



ラブル事例が増えている現状を見ると、保険・保証によって、すべて処理できるものでもない。むしろ、地盤の調査手法それぞれの適用範囲や限界を明らかにし、最も合理的な宅地地盤の調査が行われるように提案していくべきと考えられる。

### （3）地質調査業界としての対応

宅地地盤の調査は、着工戸数から見る限りは、今後大幅に増加することは考えられない。しかし、先に述べたように、地盤調査の重要性が増加すること、単に地盤の強度だけではなく、土壌汚染の問題なども、今後増大すると想定されることを勘案すれば、地質調査業界にとって無視できない市場になることも考えられる。

地盤調査を専門とする業界としては、市場としての面からも、積極的に関わっていく必要があると考えられるが、宅地地盤の調査や、保険・保証制度に技術的裏付けが不十分であり、混乱や不透明な部分も見受けられる現状から、むしろ技術的な面からの貢献が重要になってくるものと考えられる。

たとえば、スウェーデン式サウンディングについては、建築基準法に基づく「地盤の許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力を求めるための方法等を定める件」の改正により、国土交通省の告示に地盤の許容応力度を定める方法の換算式として明示された。また、試験方法については、自動試験装置の普及や品確法の施行にともなう地盤評価の認識の高まりなどを踏まえて、地盤工学会主導のもと JIS 規格の改正作業が行われ、2013 年 3 月 21 日に「JIS A 1221:2013」が制定された。スウェーデン式サウンディングについては、従来から小規模な宅地地盤の調査に多用され、適用範囲を超えた利用がなされているとの指摘も多いが、今まで以上に宅地地盤の調査に利用されることが予想される。そのため、スウェーデン式サウンディングの適用範囲や限界などを技術的に明確にしておく必要がある。

また、一戸建て住宅は個人にとっては大きな金額であっても、公共土木工事に比較すれば小規模事業である。保険・保証制度の例でも調査費と保険掛金の合計が 10 万円程度と安価なものである。宅地地盤の調査は一定規模に成長するものと考えられるが、実際に全国連会員企業のビジネスとして可能になるためには、協業化や異業種も含めた連携などにより、大幅な合理化、コストの縮減などが必要であろう。

このような動向を踏まえ、まとめられたものが本マニュアルであり、会員企業の参考として活用されるものと考えられる。





## 2. 地形・地質と宅地地盤

最近の戸建て住宅は、1章で述べたように、宅地としてあまり適さない地盤に建てられるケースが増えている。このような地盤に住宅を建設した場合、住宅の基礎や建物に変状を生じることがあり、日常の生活に不便をきたしているだけではなく、補修をしても事態が改善されずに、訴訟などに発展するケースも増えてきている。

基礎や建物の変状は、住宅の施工不良によるものを除けば、宅地造成前の地形・地質に起因して発生したものが殆どを占めている。

以上のような実態があるにも関わらず、宅地や住宅を販売する会社は、住宅を建てようと考えている施主に対して、住宅を支える地盤についてその良否を事前に説明することはほとんどない。

したがって、快適なマイホームを得るためにには、宅地を取得して住宅を建てようとする本人が、「自分の大切な財産は自分自身で守る」という観点から地盤を調べる、あるいは信頼のおける我々のような専門業者に調査を委託することが重要なポイントとなる。

なお、調査の方法は、5章で詳しく述べる。

本章では宅地地盤の地形・地質について、その特徴や問題点をまとめ、宅地の条件や宅地化する前の地形や地盤の概要について述べることにする。昔の地名がその土地の以前の状態を示していることがあるので、この点について後で述べることにする。

### 2. 1 宅地地盤として利用されている土地の地形と地盤の特徴と問題点

宅地として利用することを考えている土地の現在の地形は、構成する地層や地質構造などの地質的な土台に、浸食作用や堆積作用などが働いた結果として形成されたものである。なお、人為的な地形改変が著しい都市部周辺ではかつての地形が全く失われていることが多く、自然に形成された地形は、古い地形図を読みこまない限り判断ができないので注意が必要となる。

宅地地盤としての地形の読み方は、住宅を建設しようとする土地（場所）を、

1. 山地
2. 丘陵地
3. 台地
4. 低地

に区分すると比較的分かりやすくなる。

代表的な地形区分と地盤の特徴を図2.1に示す。

以下、宅地として利用される代表的な地形について、その特徴と地盤についての概要を述べる。



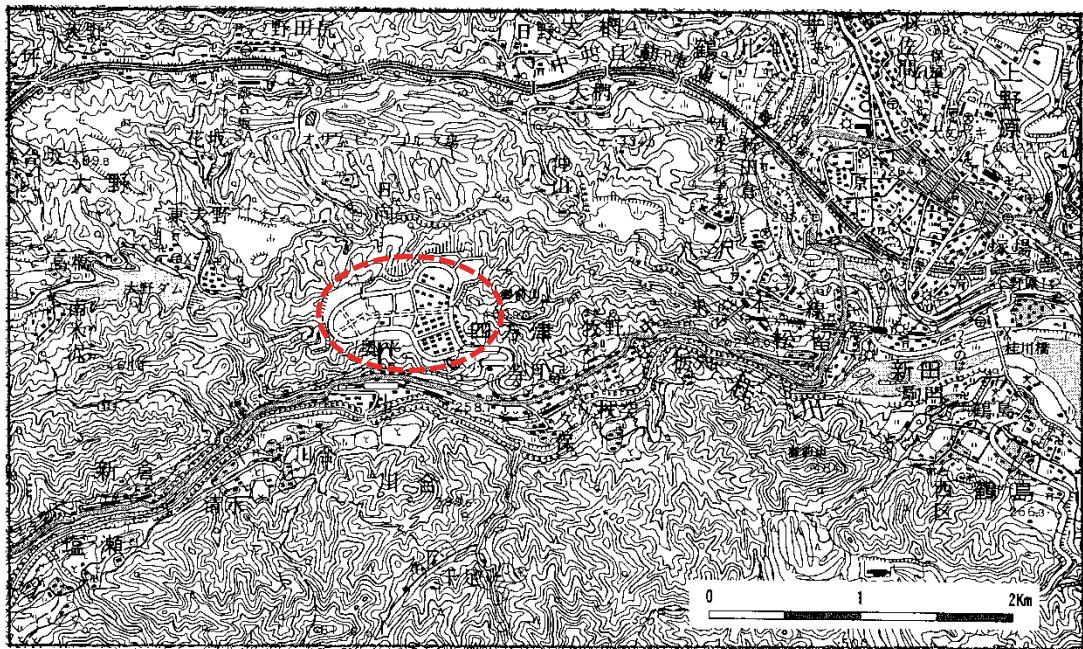


図 2.2 山地における宅地開発事例 (1/5 万地形図 上野原 明治 41 年測量 平成 7 年修正)

### 2.1.2 丘陵地

丘陵地は、低地や台地の奥にある山地の縁の部分に位置し、丘頂部の緩斜面ないし平坦面、急斜面、丘陵麓の緩斜面、丘陵を削った谷沿いの小段丘面および谷底の低地からなる複雑な地形を呈している（これを複合地形と言う）。

丘陵地は宅地地盤としては、谷底低地の一部を除いて殆ど問題はない。谷底低地は谷地や谷戸などと呼ばれて、湧水が見られることがあり、かつては水田として利用されており、有機物（植物の遺骸）を多く含む軟弱な粘土が分布することがある。最近では市民団体の環境保護への関心に配慮して、谷戸としての自然環境を残す傾向が多くなってきており、一部では谷戸そのものを残地するように指導している東京都のような自治体もある。

大都市近郊では、緑豊かな丘陵地が大規模造成等で地形が改変されて、宅地化している場合が多く見受けられる。切土と盛土の境界や締固めが不十分な盛土などでは平坦に見えても地下の地盤構成が変化する事があり、不同沈下に対して注意を要する。

一般的に宅地開発された丘陵地は、旧来の地形を有効に活用してひな壇状をなしている。つまり、図 2.3 の模式図に示すように、高いところを削って発生した土砂で低いところに盛土して平坦面を形成したものが集合してひな壇を形成している。このようなことを考えると、見晴らしの良い宅地は盛土（締固めの程度で地盤状況が変化する）で構成され、中央部が切り盛り境（地盤の状況が異なる）で見晴らしの良くないひな壇の奥が地盤の良いこともあり得る。

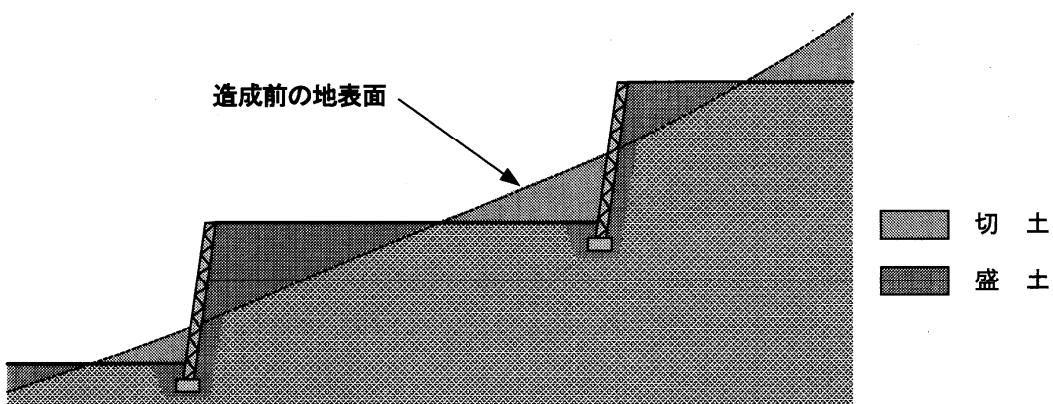


図 2.3 丘陵地の造成の概念図

したがって、丘陵地では、住宅を建てようと考えている地盤が、旧地形図でどのようなところであったかを判読することが重要となる。

丘陵地における宅地開発の事例を図 2.4 に示す。図の中央部に都立大（首都大学東京）、その南側に京王電鉄相模原線の南大沢駅が読み取れる。周辺一帯は、多摩丘陵の一部に相当し、1960 年代以降多摩ニュータウンとして開発された造成地が広がっている。

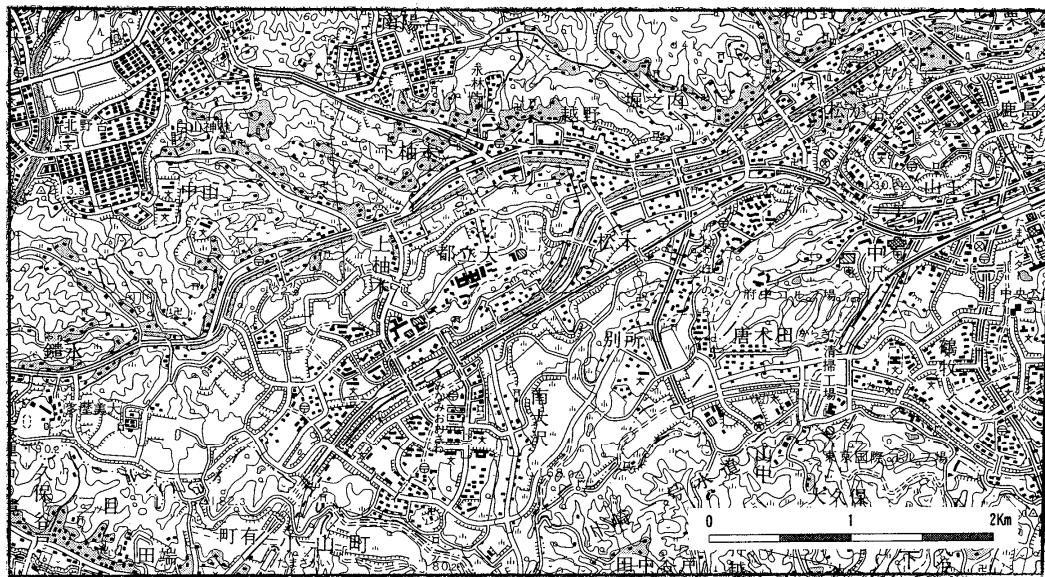


図 2.4 丘陵地における宅地開発例 (1/5 万地形図 八王子 明治 37 年測量 平成 7 年修正)

### 2.1.3 台地（段丘）

台地（段丘）は、広くて平坦な段丘面と、段丘面の周縁部にある急傾斜をなす段丘崖から構成されている。一般的に、段丘面と段丘崖は、海・川・湖などに隣接して階段状に配列していて、それぞれ海岸段丘・河岸段丘・湖岸段丘と呼ばれており、高位の（高い位置にある）ものほど古い時代に形成されたものである。

段丘面の表面は、ローム層（火山灰）で覆われていることがあり、古い段丘（高い位置

の段丘）ほど数多くのローム層を載せている。

ローム層は戸建て住宅に対しては良好な地盤といえる。ただし、水中で堆積した火山灰層として知られる凝灰質粘土（東京では渋谷粘土層や板橋粘土層と呼称されている）は軟弱な粘土層で、沈下が問題となることがある。

なお、段丘崖の直下や直上は、集中豪雨時の斜面崩壊（崖崩れ）には注意が必要である。比較的地盤が良好な台地部でもその周辺部では注意すべき地形がある。

台地を小河川が削って形成した帶状の低地を谷底低地あるいは谷底平野と呼んでいる。谷底平野には、地下水の浸みだす部分があり、そのような場所は湿地化しており、有機物（植物の遺骸）を多く含む軟弱な粘土が堆積していることがある。

谷底平野は、水の乏しい段丘面に比べると人類によって古くから耕作地や住宅として利用されていた反面、近年まで水田や湿地として残されていた箇所もある。このような湿地は、周囲と同様の高さに造成されていたとしても、一皮むけば非常に軟弱な地盤であることが多いので注意を要する（ここでも旧地形の判読が有効な手段になる）。近年は段丘面の都市化が進んで畠地や雑木林が戸建て住宅や集合住宅に変化し、降雨などが地面から地中に浸透する割合が減少して、豪雨時などに降水が集中的に谷底平野に集まることによる都市型の洪水がしばしばニュースとして取り上げられることもあり、谷底平野は住宅地としての土地取得には注意が必要と思われる。

#### 2.1.4 低 地

低地は、隣接している海・川・湖などの水面との比高差が小さい（相対的な高さが低い）土地を総称して呼んでいる。その主要なものは、沖積低地（沖積平野）である。沖積平野は、最終氷期（今から約 2 ないし 1.8 万年前）で海面が低下した際に浸食され形成された地形上に、その後の海面上昇に伴って砂や粘土などが堆積して形成された。沖積平野の模式的な平面を図 2.5 に示す。

沖積平野は、山麓部から海に至るまでの形成位置によって、山麓部の扇状地部、中流域の氾濫原部と下流域から河口にかけての三角州部ならびに人工的な埋立地などに分けることができる。

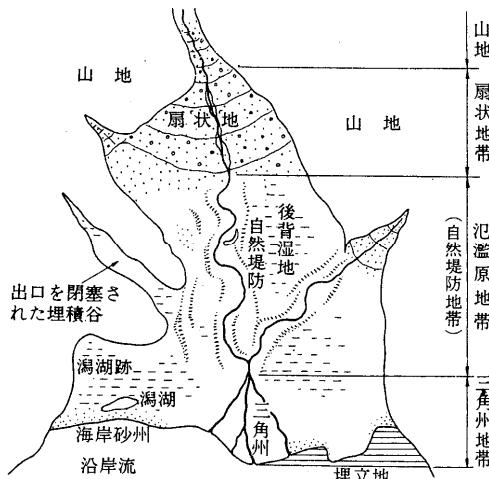


図 2.5 山地から河口に至る間の地形概念図（建設設計画と地形・地質：土質工学会より抜粋）

## ① 扇状地部

扇状地は、河川が山地から平野部に移行した位置に、かつての洪水流の繰り返し氾濫によって山地から供給された堆積物によって形成された緩傾斜の地形で、河川の流路が現在ではほぼ固定された状態となっている。その地盤は、ほとんど砂礫層から構成されていて、宅地地盤としては良好といえる。扇状地の例を図 2.6 に示す。図の東側は木曽山脈の一部で、大田切川は西から東に流下し、駒ヶ根高原に入ると河川勾配と流速が減少する。運搬されてきた砂礫は堆積し、扇状地（図中の点線）が形成される。

なお、扇状地の半径が 100~300m 程度の小規模な扇状地（沖積錐）は、ごく最近の土石流堆積物で形成されたもので、集中豪雨時には再び土石流被害が発生することが考えられるので、住宅用地としては問題がある土地といえる。

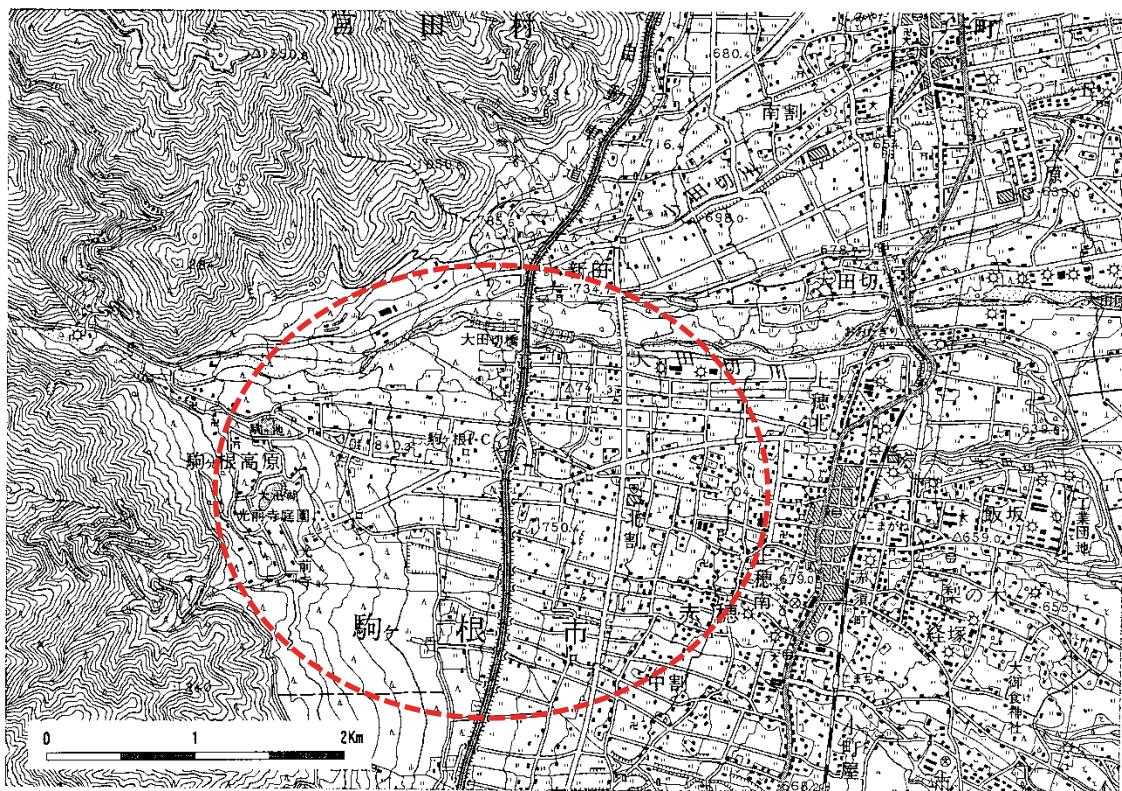


図 2.6 扇状地の一例 (1/5 万地形図 赤穂 明治 41 年測量 平成 7 年修正)

## ② 沩濫原部

氾濫原部は、扇状地部と後に述べる三角州部との中間部に位置して、大まかには

- a) 旧河道
- b) 自然堤防
- c) 自然堤防の背後に広がる土地の低い後背湿地
- d) 小さな谷の出口が大きな川の土砂で堰き止められた埋積谷

に区分することができる。

これら低地の代表的な地形を図 2.7 に示す。図中央よりや左下の「増森」「須賀」付近の蛇行した低地は、旧利根川の河道跡（旧河道）。図左上から蛇行しながら、中央下部に流下していた旧利根川（大落古利根川）の両岸には自然堤防上の集落が確認できる。これらの集落の東側（右）には後背湿地が広がっており、水田として利用されている。図中央下部では、水田であったと想定される箇所が、宅地造成されている状況が読み取れる。

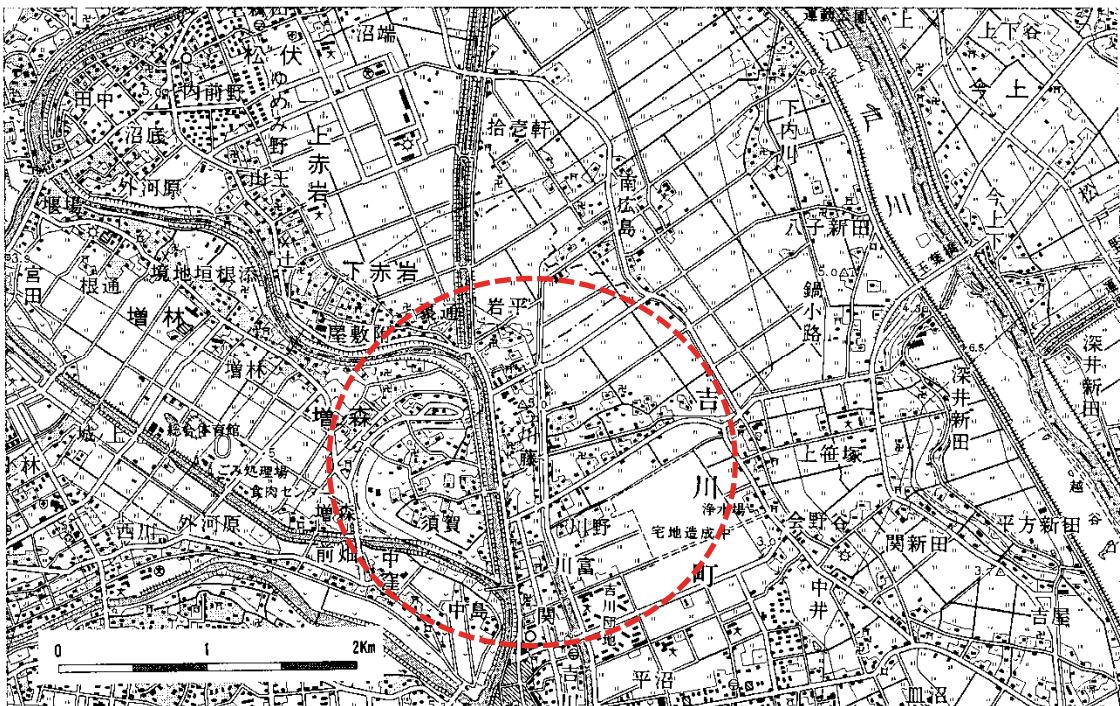


図 2.7 沔濫原部の代表地形例 (1/5 万地形図 野田 明治 39 年測量 平成 2 年修正)

以下、氾濫原部の地形と地盤についてその特徴を述べることにする。

### a) 旧河道

旧河道は、かつては川が流れていた流路の跡で、周囲の地盤より 0.5~1m 程度低い帶状の凹地形を呈しており、水田（ただし湿田）などとして利用されるか、三日月湖と呼ばれる沼地として放置されていた土地で、排水が悪くて洪水時には浸水被害の危険が考えられる場所である（遊水池として利用されている場合もある）。

地盤は、軟弱な粘土層や腐植土層などで構成されているために、不同沈下の発生が懸念されることから宅地としては問題がある。

旧河道は、良質材と考えられる砂などで埋土して宅地化されていたとしても、地下水位が地表面付近にあるために、地震時に液状化し易いことも特徴としてあげられるので、やはり宅地としては問題がある（ここでも旧地形の判読が重要となる）。

### b) 自然堤防

自然堤防は、旧河道や現河道に沿って分布しており、かつての洪水時に河川からあ

ふれ出た土砂が堆積したもので、周囲より高い帶状の微高地（周囲より2~3m程度高くなっている土地）を形成しており地表面付近の地盤は砂や砂礫層で構成されている。

自然堤防は、洪水に対しても冠水することも少ないとから昔から人々が家を建てて集落を形成していた。

したがって、宅地としては沖積低地中では良好な地盤と考えられている。ただし、後述する後背湿地に面する部分などでは地盤高が低く地下水位が地表面近くになるため、地震時の液状化が問題となることがある。

自然堤防と後背湿地の関係を示す模式図を図2.8に示す。

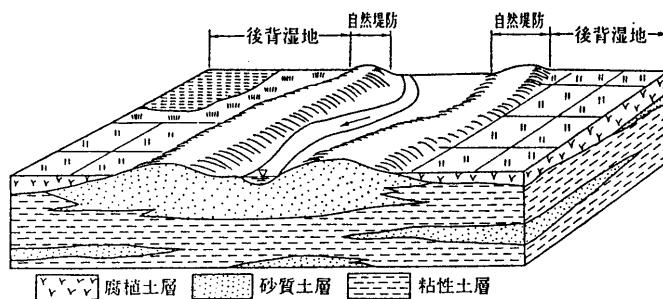


図2.8 自然堤防と後背湿地の模式図（建設計画と地形・地質：土質工学会より抜粋）

#### c) 後背湿地

後背湿地は、自然堤防の背後に広がる低くて平らな低地のことを呼んでいる。

後背湿地は、広大な湿地帯をなしており古来より新田開発が進められ、水田として耕作面積を広げて利用されてきた。この縁豊かで広大な水田地帯は、地下水の豊かな涵養源となっていたが、大都市近郊においては次に述べるように大きく変貌している。

大都市近郊の水田地帯は、道路・鉄道などの交通網の整備によって、大規模宅地開発が進められて、数々のニュータウンとなっている。

ところで、後背湿地の地盤は、軟弱な粘性土や有機質土（植物の遺骸を多量に含む粘性土）で構成されている。そして、洪水氾濫が起こると排水に時間をして冠水時間が長引くことがある。住宅地盤としては多くの問題を抱えているといえる。

#### d) 出口を閉塞された埋積谷

小さな河川が大きな河川に合流する地点において、大きな河川の土砂供給量が多い場合、小さな河川の出口が塞がれることがある。このようなところでは小さな河川の河口部に水の澱んだ沼地が形成される。そして湿地性の植物が繁茂し、その遺骸で構成されるスポンジのような腐植土層や、小さな河川の上流から供給される泥水によって有機質土が堆積して、極めて軟弱な地盤が形成される。

出口を閉塞された埋積谷は、非常に地盤の悪い湿地帯となっているために、最近までは湿田として利用されるか、開発されずに沼地として放置されている場所が殆どであった。しかし、このような土地にもバブルの波が押し寄せて、地盤は悪いが地価は

安いことから宅地化が積極的に進められるようになった。

劣悪な地盤でも平坦に造成されてしまうと、周囲との差の見極めが難しくなり、一般の方では地盤が悪い部分がどこに分布するかが分からない場合が殆どである（このような場合には旧地形の判読が非常に重要となる）。

以上に述べたように、宅地としては不同沈下による建物被害や豪雨時の冠水などの他に、たとえ地盤改良などの対策が施してあってもライフラインの被害（例えば、下水道の逆流、建物に引き込んだ線などの切断）が懸念され、宅地としては最も用心すべき土地といえる。

出口を閉塞された埋積谷の模式断面を図2.9、その地形の一例を図2.10に示す。地形図の中央付近を南から北に流下する手縄川は、「八幡台」付近で印旛沼に注ぎ込む。手縄川周辺は水田として利用されているが、埋積谷になっているものと想定される。

印旛沼自体も利根川（古鬼怒川）の堆積物によって出口を閉塞された規模の大きな堆積谷である。

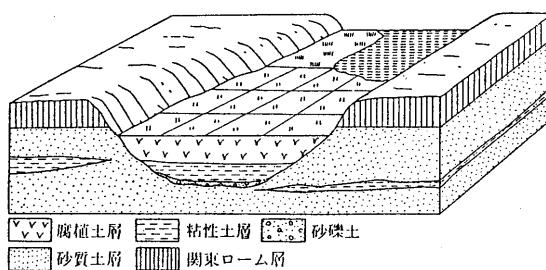


図2.9 出口を閉塞された埋積谷の模式断面（建設計画と地形・地質：土質工学会より抜粋）

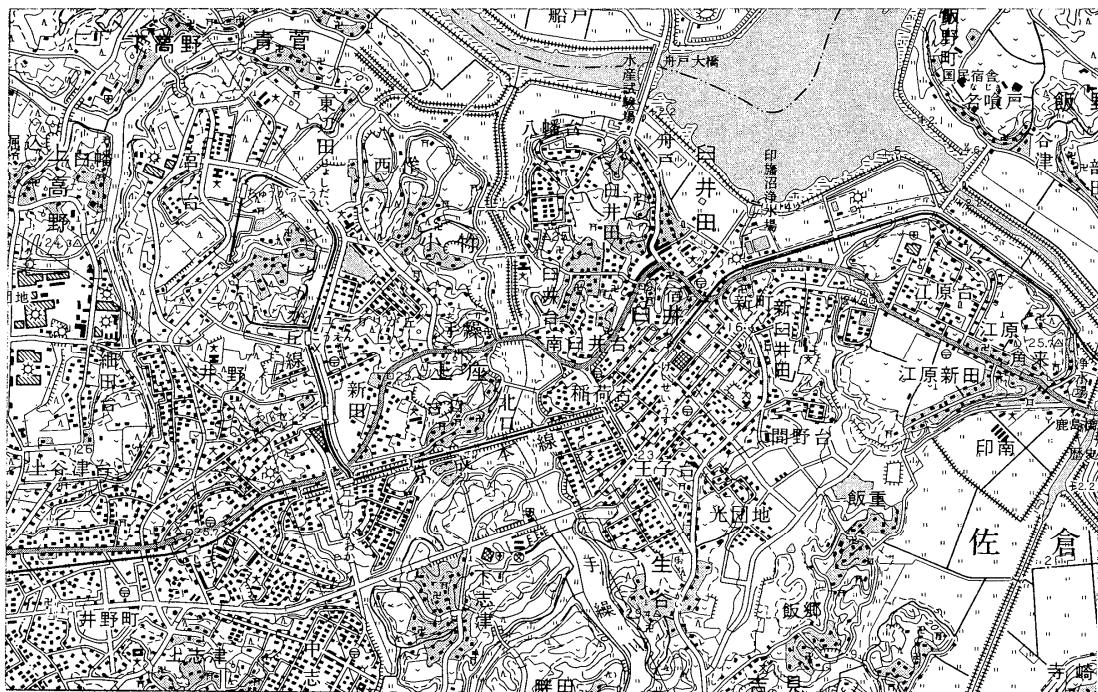


図2.10 出口を閉塞された埋積谷の地形一例（1/5万地形図 佐倉 明治36年測量 平成5年修正）

### ③ 三角州部

三角州部は、河川によって運搬された土砂が静かな海や湖に注ぐ河口付近に堆積して自然の埋立地盤として形成された土地で、低平な地形を呈している。三角州は、沿岸流よりも河川の土砂運搬力が優る場合に大きく発達する。

#### a) 三角州

三角州の表層地盤は、河道の変化、堆積面の海（あるいは湖）への前進、微妙な海面変動や河川上流からの土砂供給量の変化などによって、礫～砂～シルト～粘土と土質が粗いものから細かいものへと変化する。いずれの場合も表層地盤の下は軟弱な粘土地盤で構成されている。三角州の模式断面を図 2.11 に示す。

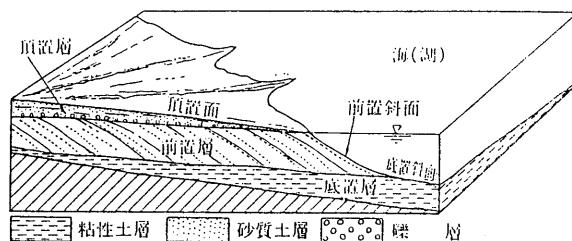


図 2.11 三角州の模式断面（建設計画と地形・地質：土質工学会より抜粋）

三角州は、全般に軟弱な地盤であるために、高潮災害、地震時の災害ならびに広域的な地盤沈下などの問題を抱えている場合がある。

三角州の地形例を図 2.12 に示す。図中で、小櫃川が蛇行しながら東京湾に注ぎ込んでいる部分は、広義の三角州（円弧状三角州）に分類される。

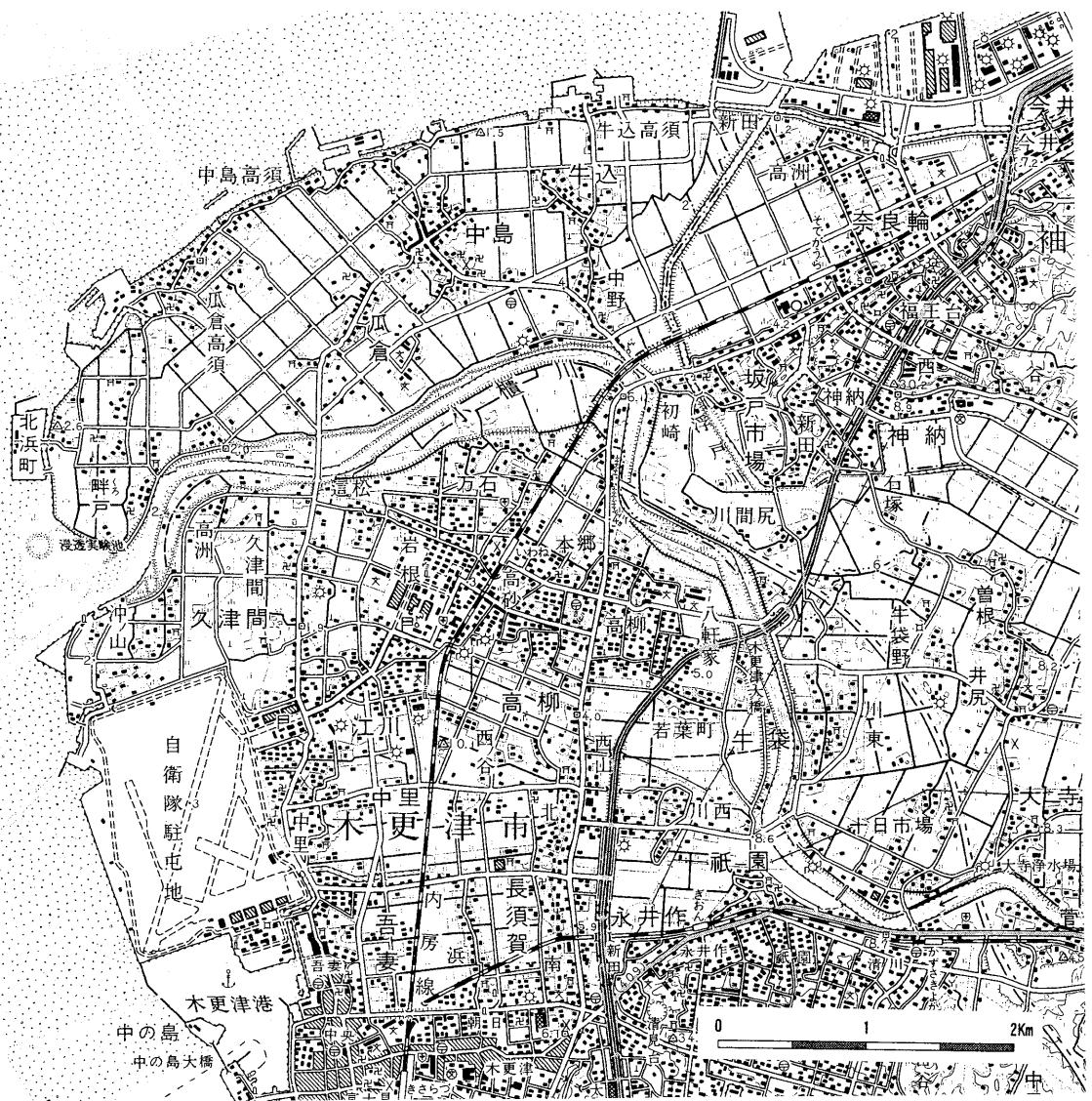


図 2.12 三角州の地形例 (1/5 万地形図 木更津 明治年測量 平成年修正)

### b) 鴻湖跡地

海岸砂州の内陸側には外海と隔離された浅い潟湖（ラグーン）ができる。このようなところでは、湿地性の植物が繁茂してスポンジのような腐植土や有機質土が堆積する。そして潟湖は徐々に湿地化（極端に言えば沼澤地から陸地化）するが、地下は軟弱な地盤で構成されていることに変わりはない。

先に述べた出口を閉塞された埋積谷と同様に、近年まで開発の手が入らなかった問題の多い土地といえる。

海岸砂州と潟湖跡地の模式図を図 2.13 に示し、地形例を図 2.14 に示す。地形図中の中央部左側の左潟・御手洗潟の周辺部は海岸線とほぼ平行な低地を形成しており、潟湖跡地に分類される。また、海岸線と潟湖・潟湖跡地の間は、やや標高の高い砂丘が形成されている。

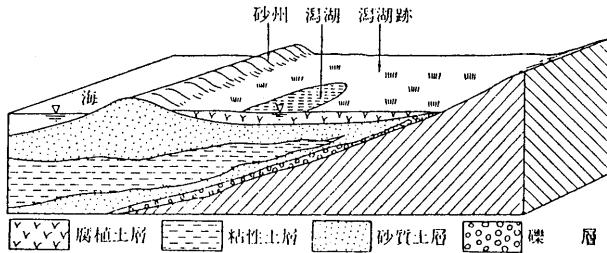


図 2.13 海岸砂州と潟湖を示す模式図（建設計画と地形・地質：土質工学会より抜粋）

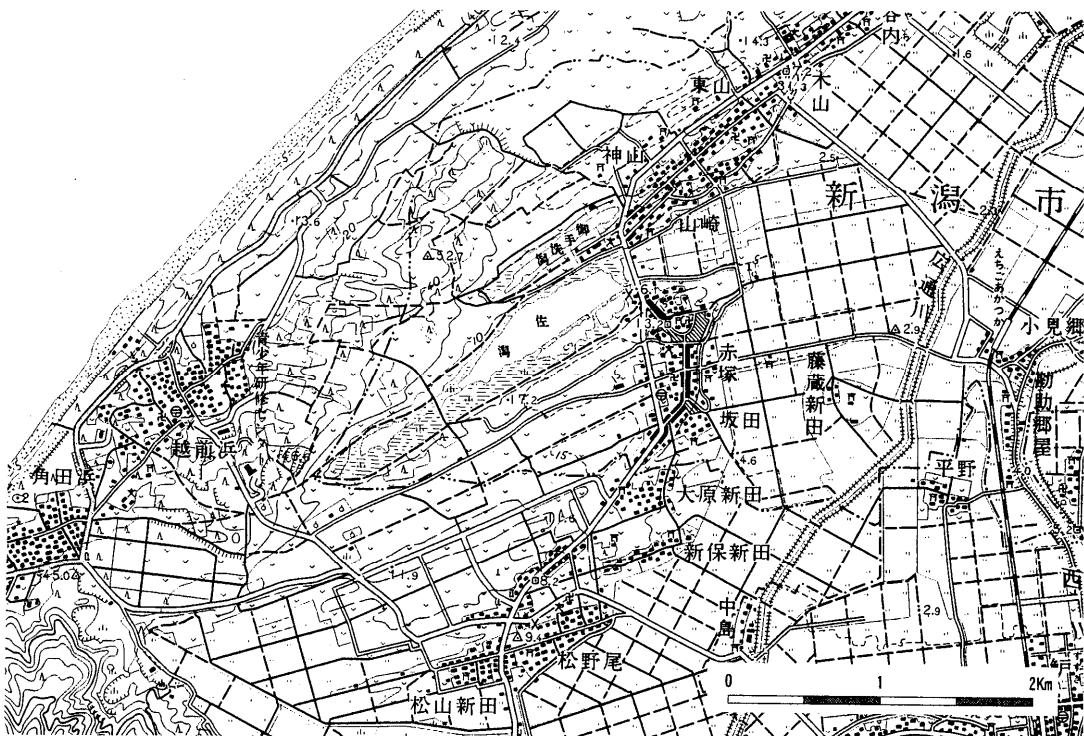


図 2.14 海岸砂丘と潟湖跡の地形例（1/5 万地形図 弥彦 明治 44 年測量 平成 3 年修正）

#### ④ 海岸砂州

砂州は、浅海で沿岸流によって運搬されてきた砂が堆積して形成されたものである。

この砂が波によって打ち上げられて細長い高まり（浜堤）が形成される。さらにその浜堤が風によって長い年月をかけて砂が高まりのように堆積して砂丘を形成する。

砂州や砂丘そのものは宅地地盤としては、周囲にある三角州に比べると比較的良好といえる。ただし、砂丘のすそ野の地下水が深いところと砂州は地震時の液状化が問題となる。

なお、砂丘が数列並んでいる場合の砂丘の間は、砂丘間低地と呼ばれて軟弱な有機質土が堆積しているので、宅地としては注意が必要となる。

## ⑤ 人工造成地（埋立地）

我が国の沿岸部では、江戸時代から新田開発などの人工造成地（埋立による土地の拡大）が造られてきた。この頃の埋め立ては、機械化が進んでいないため、時間をかけた造成といえる。したがって、人力に頼っていた埋立地では、目立った地盤の変状は少なかったと考えられる（埋め立てによる荷重の増加と地盤沈下の速度がうまく釣り合っていたものと考えられる）。

人工造成地は、近代化が進むにつれてその範囲が拡大されると共に施工速度が早くなつた。埋立地の造成は、第二次世界大戦後のいわゆる高度成長期にピークを迎えて、機械化による大規模な埋め立てが各地で押し進められた。それに伴つて風光明媚な海岸線や水鳥の楽園として水質浄化に寄与していた干潟が、無機質な直線で構成される人工造成地へと大幅な地形改変が行われることが全国で見受けられた。

しかし、最近では環境問題が重要視されるようになって、大規模な埋め立てが見送られるようになってきた。

以上に述べた近年の人工造成地（埋立地）の地盤は、自然地盤に比べると極めて新しく、埋め立てに用いた材料も良質な岩盤を碎いたものや山砂から、海底のヘドロのように極めて軟弱な粘土を浚渫したものや廃棄物で造成されていることもある。

人工造成地は、埋立地盤そのものが極めて軟弱である場合が多い上に、埋め立て以前の自然地盤そのものが軟弱な粘土層で形成されているために、地盤改良を行っていない場合には地盤沈下が長期間に渡つて継続することが懸念される。

人工造成地では、地盤沈下が全体的に生じるために問題がなかなか見えない面もあるが、杭で支えた構造物が抜け上がって余分なステップが必要となる、ライフラインの不都合（マンホール部分の抜け上がりや引き込み線の切断）などとして日常生活に支障を来すことも見受けられる。

埋め立てが良質な山砂で造成されている場合には、地震時の液状化の被害と液状化に伴う噴砂（地下水と一緒に地中の砂が噴出する現象）によって道路などの通行に支障をきたして周囲から孤立することなども懸念される。

埋立地の地形例を図 2.15 に示す。図は東京湾の埋立地で、東京湾の埋め立ては江戸時代にさかのぼり、図の範囲内はほとんどが埋立地である。埋め立ての材料は時代と共に変化している。

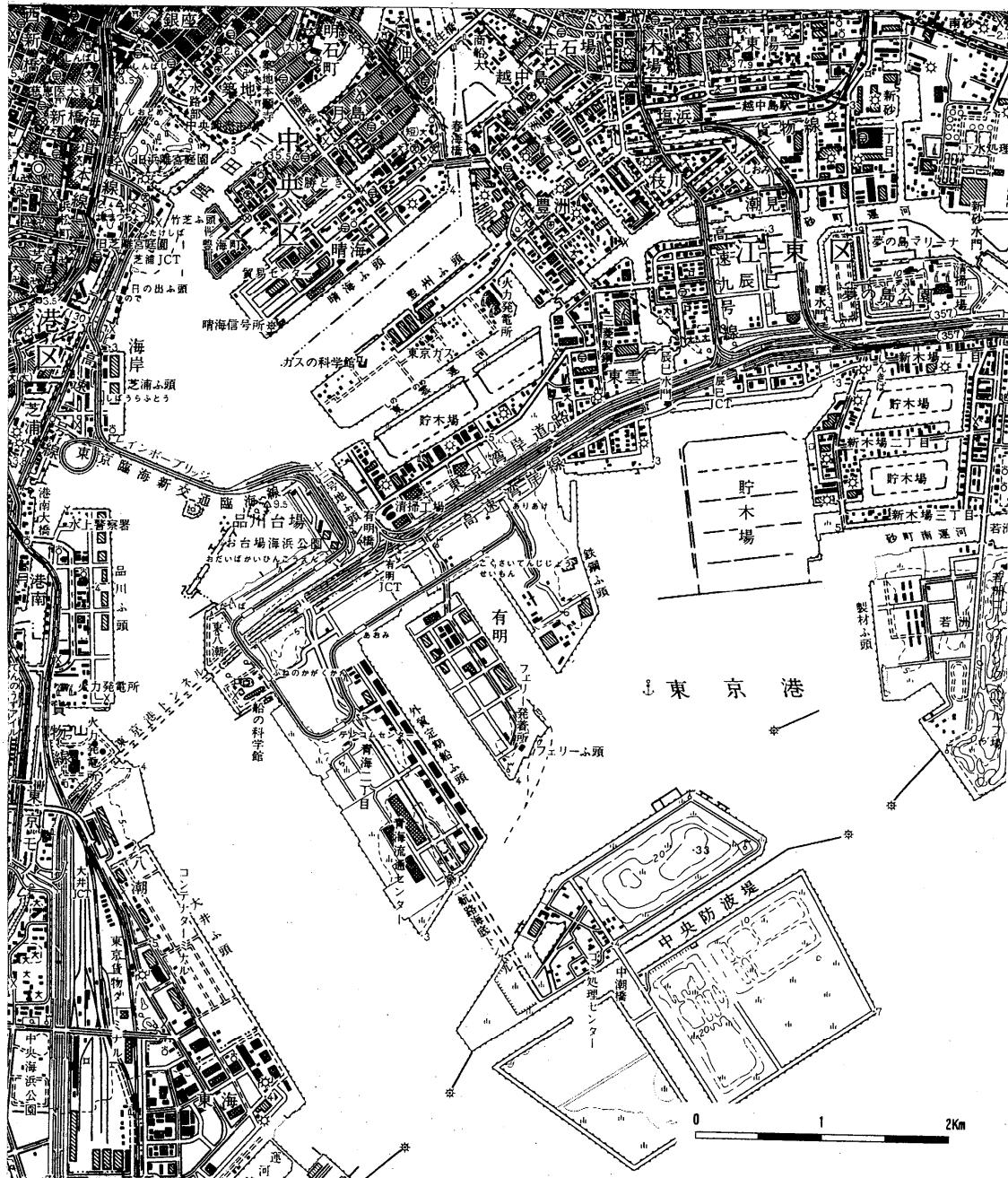


図 2.15 埋立地の一例 (1/5 万地形図 東京東南部 明治 42 年測量 平成 6 年修正)

## 2. 2 地形の調べ方

### 2.2.1 地名の起源による方法

地名には、地形や植生などから命名されているものが多く、軟弱地盤や崩壊性地盤などを読み取ることが可能な場合がある。表 2.1 には、地形とその特徴を示唆する代表的な地名を示した。

表 2.1 地名と地形

地形	代表的 地名
低 湿 地	アクダ、アクド（悪田） アト（阿戸） アベ（阿部） アワラ（芦原） ウダ（宇田） エダ（江田） カツタ（勝田） カツマタ（勝俣） カマタ（蒲田） クボ（久保） コタ（古田） ゴミ（五味） ゴンダ（権田） タイマ（当間） タクマ（託間） トダ（戸田） トベ（戸部） トロ、ドロ（土呂） トンダ、ドンダ（頓田） ニタ、ニト（仁田） ヌカタ（額田） ヌタ（沼田） ノタ（野田） ノマ（野間） フケ（富家） フダ（布太） ホダ（法田） ミドロ（美土路） ムタ（牟田） ヤノ（矢野） ヤダ（八田） ヤチ（谷地） ヤツ（谷津） ヤト（谷戸） ヤハラ（矢原） ヨド（淀）
新田干拓地	オキ（沖） カラミ（搦） コウヤ（興野） コモリ（小森） シンザイケ（新在家） シンポ（新保） シンヤシキ（新屋敷） タシロ（田代） チサキ（地先） ナンゲンヤ（何軒家） ハダチ（羽立） ベッショ（別所） ベフ（別府）
砂州・干潟	イサ（伊砂） イサゴ（砂子） シカ（鹿田） ス（州） スカ（須賀） テマ（手間） ユサ（由左） ユラ（由良）
崩 崖	アヅ（小豆沢） アゾ（阿曾原） アボ（阿保） ウツ（宇津） オシダシ（押出） カケ（掛け） カレ（干） カロ（賀露） カンカケ（鍵掛け） クエ（久江） サル（猿山） ザレ（座連） ダシ（出谷） ツエ（津江） ナギ（黒薙） ヌケ（抜谷） ホキ（保木） ボケ（歩危）

[注] 鏡味完二ほか：地名の語源、角川小辞典、昭和 52. 3 ほかより作成

### 2.2.2 地形判読のヒント

低地に該当する地盤がすべて軟弱地盤と区分されるものではないが、台地に比べた場合、問題となる地盤が多いことは事実である。

地形区分図などの地形図資料の入手と併せて宅地周辺において、次の事項が該当するかどうかで地形判読が可能な場合がある。

#### ①住宅地盤の近くでの河川、橋、暗渠などの有無

河川は高い～低い方向に自然に流れる。河川ならびに付随する施設が存在することは低地であることを、さらに道路と橋に段差が見られれば軟質粘土層が厚い可能性が高いことを示唆している。暗渠は遊歩道となっている場合がある。台地内においても、凹部に相当し平坦部に比べ問題は多い。

## ②坂道の有無

地形の起伏は道路の傾斜（坂道）にあらわれる。

## ③水田の有無

水田の水はけの悪さが好条件となる。また、河川から水を引くことからも低地であることを示唆している。

## ④池のある公園の有無

自然湧水の池は、台地との地形境に位置することが多い。このことは、池の位置が谷地地形の谷地頭に相当していることを意味する。

## ⑤お宮、墓地の有無と位置関係

お宮や墓地は昔より出水から守られた位置（台地、高台など）にある。従って、台地の可能性が高いことを示唆している。低地の場合でも、自然堤防のような微高地に位置している場合が多い。

## ⑥鉄道、道路など線上施設の構造

極端な勾配変化を嫌う構造物では、低地部分を高架や盛土で通過することが多い。

従って、高架や盛土構造が連続する部分は低地であることを示唆している。

## ⑦植生

雑木林などは台地部分に相当することが多い。また、竹林は地下水が高い斜面、すなわち崖錐部などの地形境に相当することが多い。

## ⑧道路の荷重規制や傷み

地盤の悪さは道路の傷みとして現れる場合がある。また、このような場合には交通荷重制限をしている場合が多い。

## ⑨大きな倉庫や工場の有無

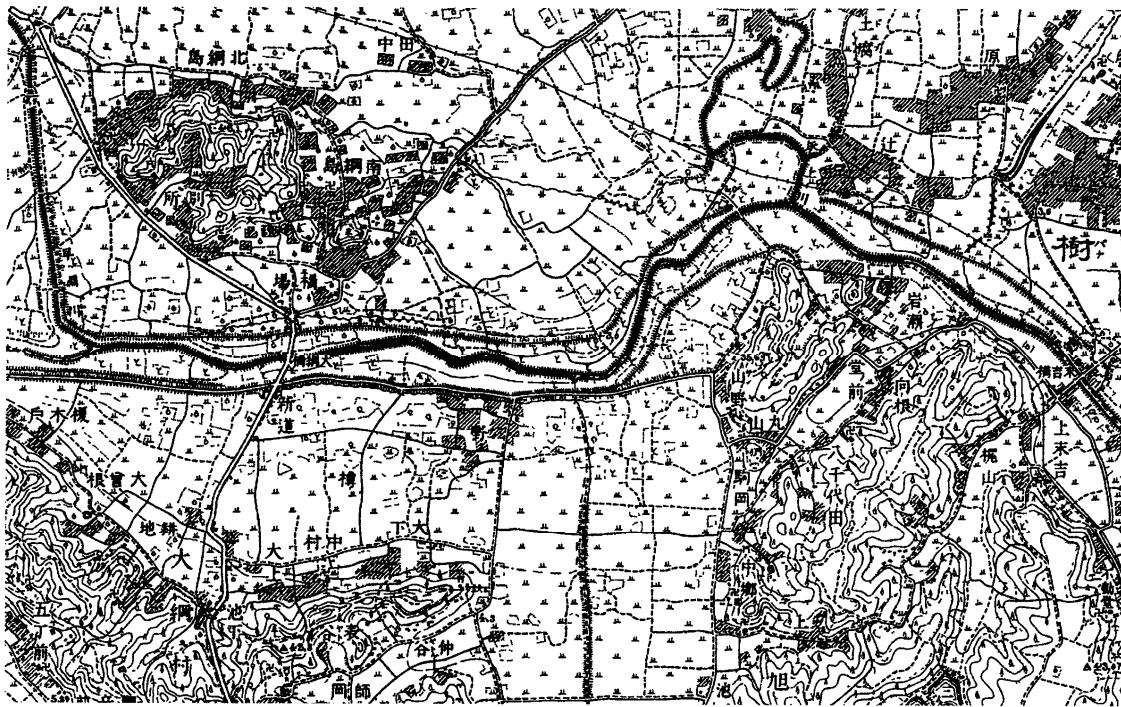
大きな倉庫や工場は意外に軽量のものが多い。また、広大な土地の利用は敬遠されがちな低地に該当していることが多い。

## ⑩擁壁や地下車庫の有無

斜面利用のためであり、地形境に該当していることが多い。

図 2.16 に、最もよく使われている 2 万 5 千分の 1 の地形図による旧地形と現況地形の比較の参考例を示す。

- ・旧地形図…『大正・昭和 東京周辺地形図集成—京葉・京浜・多摩地区—』：柏書房  
(大正 6 年測図 2 万 5 千分の 1 地形図「川崎」より抜粋)
- ・現況地形図 (国土地理院発行 2 万 5 千分の 1 地形図 平成 5 年測量「川崎」より抜粋)



(a)横浜市綱島周辺の旧地形図（大正 6 年測量）



(b)横浜市綱島周辺の地形図（平成 5 年測量）

図 2.16 旧地形図と現況地形図との比較

<参考文献>

- 1) (社)地盤工学会：地盤工学ハンドブック， 1999
- 2) (社)土質工学会(現 地盤工学会)：土質基礎工学ライブラリー26 建設計画と地形・地質， 1984
- 3) (社)土質工学会(現 地盤工学会)：土質工学ハンドブック， 1982
- 4) 鏡味完二ほか：地名の語源、角川小辞典、1977

### 3. 軟弱地盤における沈下

#### 3. 1 軟弱地盤の概念

宅地地盤での軟弱地盤とは、盛土及び構造物（戸建住宅、擁壁など）の荷重により大きな沈下が生じ、支持力等が不足して盛土のり面のすべりや、地盤が側方移動する等の変形が著しく、盛土及び構造物に対して有害な支障を起こす地盤を言う。また、地震時に液状化が発生する恐れのある砂質土地盤は、一種の軟弱地盤と考えられる。

軟弱地盤は、一般に、沖積平野、沼沢地および台地や丘陵地の谷部等に分布し、軟らかく圧縮性に富む粘性土や高有機質土、腐植土等で構成されている。

表 3.1.1 は、「軟弱地盤技術指針」（独立行政法人都市再生機構）に示されている軟弱地盤の分類表に一部加筆修正したものである。軟弱地盤の目安としては、高有機質土で  $W_{sw}=1kN$  以下（自沈）、細粒土（粘性土）で  $N$  値 2 以下、 $W_{sw}=1kN$ （自沈）以下または  $q_c=0.4MN/m^2$  以下、砂粒土（砂質土）で  $N$  値 10 以下、 $N_{sw}=50$  以下または  $q_c=4.0MN/m^2$  以下である。

表 3.1.1 軟弱地盤の目安<sup>1)</sup>

主な地形的 分布地域	地盤 タイプ	土層・土質区分	記 号	土質定数					
				$W_n$	$e_n$	$q_u$	$N$ 値	$\frac{W_{sw}}{N_{sw}}$	$q_c$
枝谷	泥炭質 地盤	高有機 質土 [Pt]	ピート (Pt)	繊維質の高有機質土	300 以上	7.5 以上	—	—	$W_{sw}=1kN$ (自沈)
おぼれ谷			黒泥 (Mk)	分解の進んだ高有 機質土	300 ~200	7.5 ~5	—	—	
後背湿地 潟湖性低地		細粒土 [F]	有機質 土 (O)	塑性図 A 線の下、 有機質土	200 ~100	5 ~2.5	0.03 以下	2 以下	$W_{sw}=1kN$ (自沈)
三角州低地			火山灰 質粘性 土(V)	塑性図 A 線の下、火山 灰質二次堆積粘性土	—	—	—	—	
臨海埋立地			シルト (M)	塑性図 A 線の下、 ダイレタンシー大	100 ~50	2.5 ~1.25	—	—	
自然堤防 海岸砂州			粘性土 (C)	塑性図 A 線の上、又はそ の付近ダイレタンシール	—	—	—	—	
砂質 地盤	砂粒土 [S]	砂質土 (SF)	75 $\mu$ 以下 15 ~ 50%	50 ~30	1.25 ~0.8	—	10 以下	$N_{sw}=50$ 以 下	4.0 以下
		砂 (S)	75 $\mu$ 以下 15%未 満	30 以下	0.8 以下	—	—	—	—

（「軟弱地盤技術指針」独立行政法人都市再生機構、平成 20 年 4 月、一部加筆修正）

なお、土質定数欄の記号の意味は次のとおりである。

$W_n$  : 自然含水比 (%)

$e_n$  : 自然間隙比

$q_u$  : 一軸圧縮強さ (MN/m<sup>2</sup>)

$N$  値 : 標準貫入試験によって得られる打撃回数

$W_{sw}$  : スウェーデン式サウンディング試験において、沈下を生じる（自沈）おもりの重量 (kN)

$N_{sw}$  : スウェーデン式サウンディング試験における 1m 貫入するのに要する半回転数

$q_c$  : オランダ式二重管コーン貫入試験におけるコーン指数 (MN/m<sup>2</sup>)

参考) 他の基準による軟弱地盤の判定の目安

(1) 「宅地防災マニュアルの解説 第二次改訂版」(宅地防災研究会)

軟弱地盤の判定の目安は、地表面下 10m までの地盤に次のような土層の存在が認められる場合とする。

1) 有機質土・高有機質土

2) 粘性土で標準貫入試験で得られる  $N$  値が 2 以下、スウェーデン式サウンディング試験において 1kN 以下の荷重で自沈するもの、又はオランダ式二重管コーン貫入試験におけるコーン指数 ( $q_c$ ) が  $0.4\text{MN}/\text{m}^2$  以下のもの

3) 砂質土で、標準貫入試験で得られる  $N$  値が 10 以下、スウェーデン式サウンディング試験において半回転数 ( $N_{sw}$ ) が 50 以下のもの、又はオランダ式二重管コーン貫入試験におけるコーン指数 ( $q_c$ ) が  $4.0\text{MN}/\text{m}^2$  以下のもの

なお、軟弱地盤の判定に当たって土質試験結果が得られている場合には、そのデータも参考にすること。

① 粘性土の “ $N$  値 2 以下” は表 3.1.2、図 3.1.1 を参考としている。

表 3.1.2  $N$  値と粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さ  $q_u$  の関係 (Terzaghi and peck)<sup>2)</sup>

$N$ 値	$q_u$ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )	コンシステンシー
0~2	0.0~24.5	非常に柔らかい
2~4	24.5~49.1	柔らかい
4~8	49.1~98.1	中位の
8~15	98.1~196.2	硬い
15~30	196.2~392.4	非常に硬い
30~	392.4~	固結した

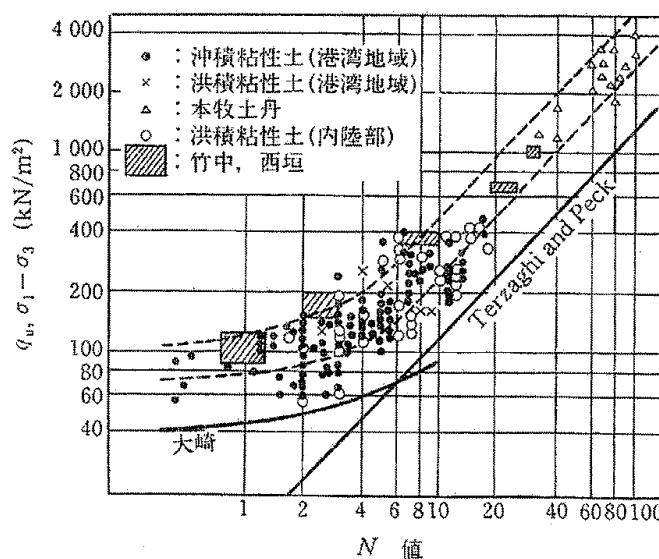


図 3.1.1  $q_u$  と  $N$  値との関係 (奥村に加筆修正)<sup>3)</sup>

② 砂質土の “ $N$  値 10 以下” は「設計要領第一集、東日本・中日本・西日本高速道路株式会社、平成 22 年 7 月」による基準を、砂質土の “スウェーデン式サウンディングの

半回転数 ( $N_{sw}$ ) 50 以下”は建築研究所の実験データを参考としている。

(2) 「河川砂防技術基準 調査編」(国土交通省水管理・国土保全局, 平成 24 年 6 月)

粘性土・有機質土の地盤では、

- 1) 標準貫入試験による  $N$  値が 4 以下の地盤
  - 2) オランダ式二重管コーン貫入値が  $300\text{kN/m}^2$  以下の地盤
  - 3) スウェーデン式サウンディング試験において  $1\text{kN}$  以下の荷重で沈下する地盤
- 一方、軟弱層の基底は、以下の項目に該当するかを目安に判断する。
- 1) 粘性土で  $N$  値 4~6 以上の層
  - 2) スウェーデン式サウンディング試験では、粘性土で 1m当たりの半回転数が 100程度以上
  - 3) オランダ式二重管コーン貫入試験では、粘性土で  $q_u=1000\text{kN/m}^2$  程度以上、砂質土で  $4000\sim6000\text{kN/m}^2$  程度以上

(3) 「設計要領 第一集」(東日本・中日本・西日本高速道路株式会社, 平成 25 年 7 月)

表 3.1.3 軟弱地盤の目安<sup>4)</sup>

地盤	泥炭質地盤および粘土質地盤		砂質地盤
全層厚	10m 未満	10m 以上	—
$N$ 値	4 以下	6 以下	10 以下
$q_u$ ( $\text{MN}/\text{m}^2$ )	0.06 以下	0.1 以下	—
$q_c$ ( $\text{MN}/\text{m}^2$ )	0.8 以下	1.2 以下	4.0 以下

$q_u$  : 一軸圧縮強さ

$q_c$  : オランダ式二重管コーン貫入試験におけるコーン指数

(4) 「道路土工 軟弱地盤対策工指針」((社) 日本道路協会, 平成 24 年 8 月)

軟弱層の基盤はサウンディング結果などにより判定する。盛土等の通常の土構造物を想定した場合、軟弱層の基盤とみなし得る目安を  $N$  値で判断する場合は、粘性土では 4 ~6 以上、砂・砂質土で 10~15 以上の層となる。また、スウェーデン式サウンディングで判断する場合は、粘性土に対して 1m 当たりの半回転数が 100 程度以上、オランダ式二重管コーン貫入試験によるコーン指数で判断する場合には、粘性土は  $q_c=1.0\text{MN}/\text{m}^2$  程度以上、砂・砂質土では  $q_c=4.0\sim6.0\text{MN}/\text{m}^2$  程度以上の層である。

### 3. 2 軟弱地盤上の基礎の沈下

軟弱地盤上に戸建住宅を建設した場合、基礎の沈下等の問題が生じることがある。

基礎の沈下について、これまでの事例を以下の①～⑩に示す。

#### ① 盛土による沈下が継続している場合

厚い軟弱地盤での盛土造成直後に戸建住宅を建設すると、盛土による圧密沈下が進行中のために、建物に傾斜、亀裂・隙間などの有害な障害が発生する。

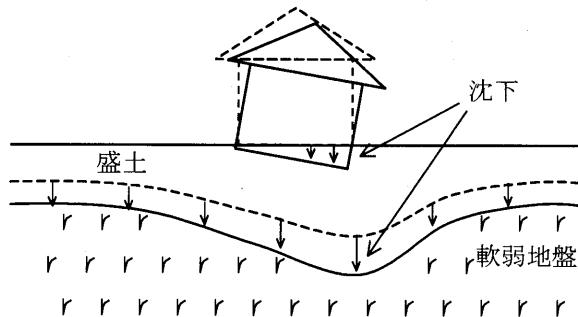


図 3.2.1 (a)

#### ② 軟弱地盤の厚さが異なる場合（地層傾斜）

軟弱地盤の厚さが異なることによって、基礎に不同沈下が生じ、建物が傾斜する。

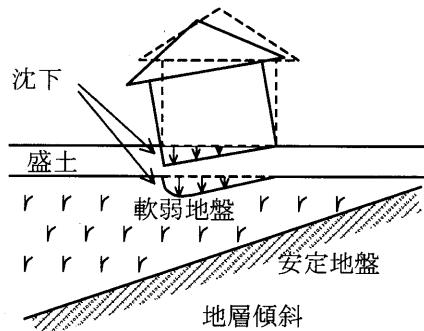


図 3.2.1 (b)

#### ③ 軟弱地盤の土質が宅地内で異なる場合

軟弱地盤の土質が宅地内で異なることによって、基礎に不同沈下が生じ、建物が傾斜する。

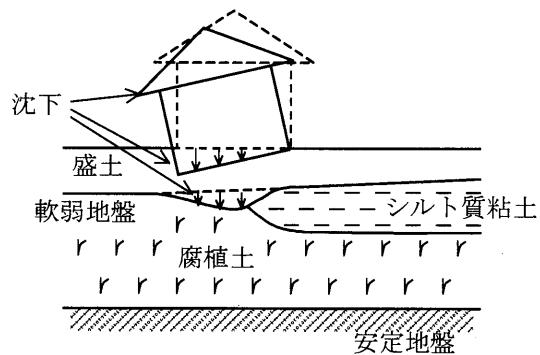


図 3.2.1 (c)

#### ④ 盛土部と切土部にかかる場合

宅地が盛土部と切土部にかかり、軟弱地盤上の盛土部の方が多く沈下して建物が傾斜する。

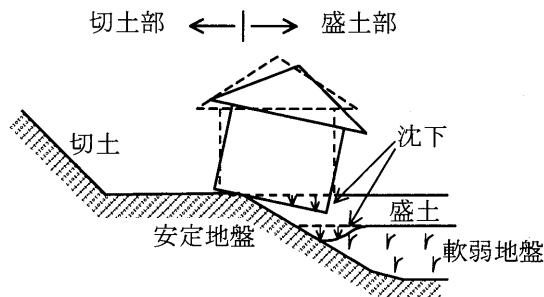


図 3.2.1 (d)

#### ⑤ 軟弱地盤が厚い場合

軟弱地盤が厚いために、沈下が大きく発生し、これに伴い基礎の剛性が乏しい建物では相対沈下量が大きくなり、建物に亀裂・隙間などが発生する。また、盛土自体も長期間に亘って沈下が継続する

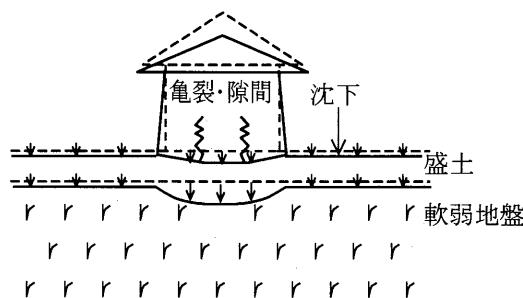


図 3.2.1 (e)

#### ⑥ 建物荷重が偏る場合

建物の重い部分の基礎の方多く沈下し、不同沈下が生じて建物が傾斜する。

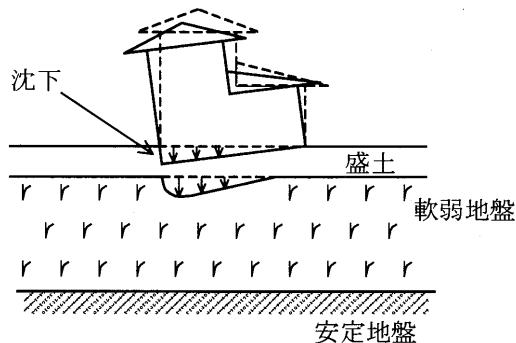


図 3.2.1 (f)

⑦ 隣接して盛土・重い建築物ができる場合

建物に隣接した盛土・重い建築物の荷重により、軟弱地盤が沈下し、建物が傾斜する。

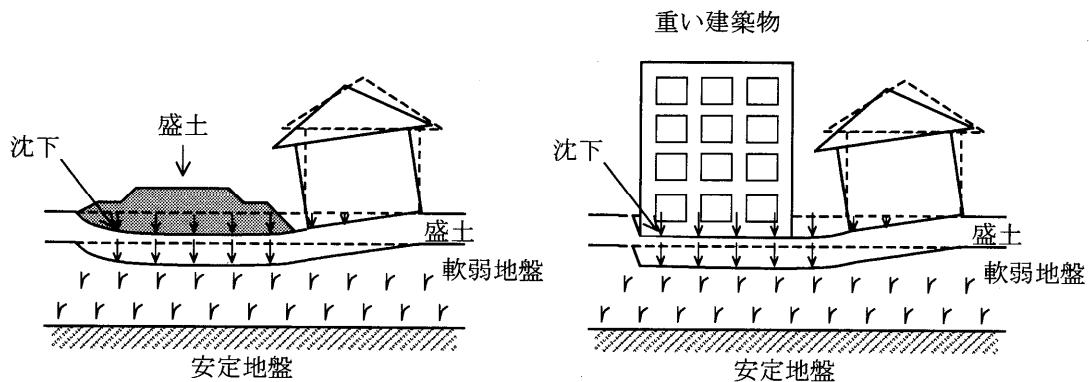


図 3.2.1 (g)

⑧ 隣接して地盤を掘削する場合

建物に隣接した地盤の掘削により、軟弱地盤が掘削側に側方変形し、建物が傾斜する。

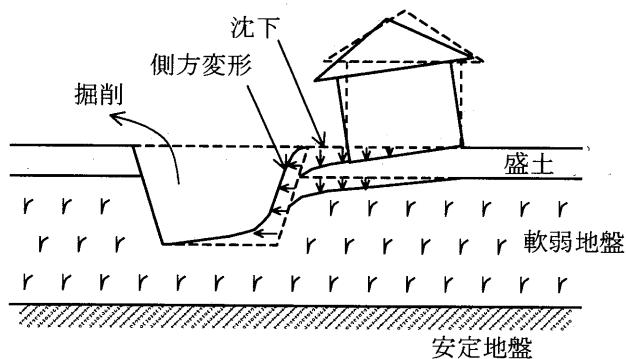


図 3.2.1 (h)

⑨ 隣接した工事等で地下水汲み上げ（地下水位低下）を行う場合

根切り工事等での地下水汲み上げにより地下水位低下が生じ、これにより軟弱地盤が沈下し、基礎に不同沈下が発生して建物が傾斜する。

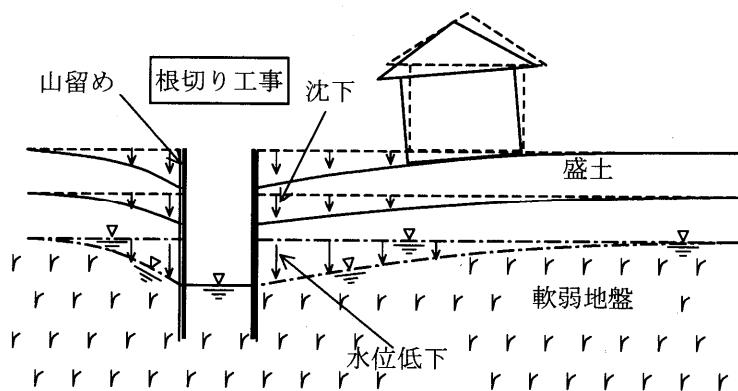


図 3.2.1 (i)

#### ⑩ 緩い飽和砂質土の液状化による沈下

地震により、緩い飽和砂質土が液状化し、これに伴い、基礎の支持力が低下して建物が沈下・傾斜する。

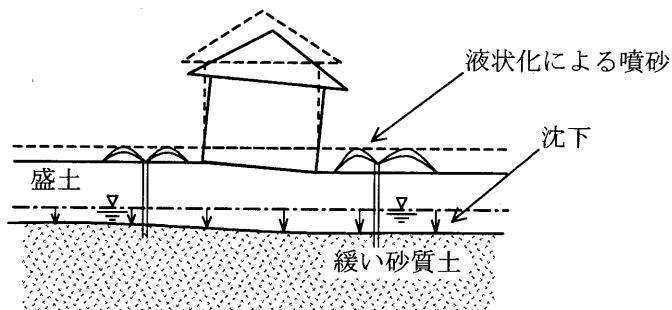


図 3.2.1 (j)

軟弱地盤の沈下の特性は、土の種類、盛土等の載荷重の大きさ、軟弱層厚及び地盤の強さによって異なる。一般に、良く締まった砂質地盤は、沈下しづらい地盤であるが、含水の多い粘土質地盤及び有機質地盤では沈下量が大きく、長期間にわたって沈下が継続する。地盤の沈下量と時間の関係を、有機質地盤、粘土質地盤、砂質地盤の3種類に分けて模式的に描くと、図3.2.2のとおりである。

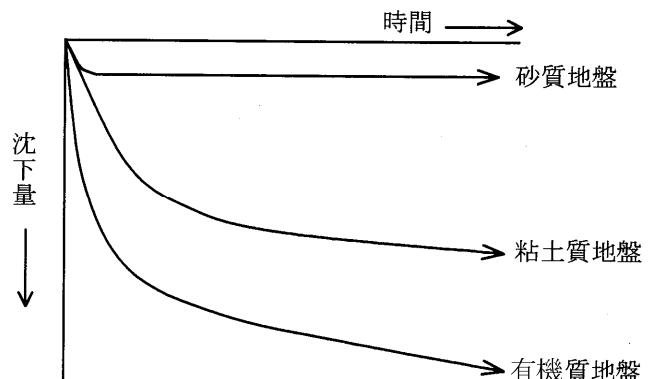


図 3.2.2 軟弱地盤の沈下特性の模式図

#### ① 有機質地盤の沈下

短時間での沈下量が大きく、長期間にわたって沈下が継続する。

#### ② 粘土質地盤の沈下

沈下は時間の経過とともに徐々に増大し、長期間にわたって継続する。沈下量は、有機質地盤より少ない。この沈下は圧密沈下と言われる。

#### ③ 砂質地盤の沈下

沈下は載荷とともに直ぐに生じ、その後は沈下の累積が少ない。この沈下は、即時沈下と言われる。沈下量は、他の地盤より非常に少ない。

### 3. 3 盛土地盤での沈下

盛土地盤に戸建住宅を建設した場合に発生した沈下等の事例を以下の①～⑦に示す。

#### ① 盛土部と切土部にかかる場合

宅地が盛土部と切土部にかかり、盛土部の基礎の方が多く沈下して建物が傾斜する。

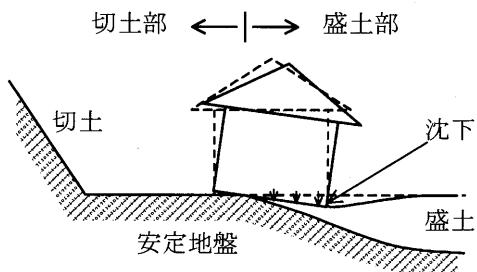


図 3.3.1 (a)

#### ② 転圧不足による場合

盛土の転圧不足により、基礎に不同沈下が生じ、建物が傾斜する。特に、擁壁・車庫周りの盛土では、転圧不足により、沈下が発生しやすい。

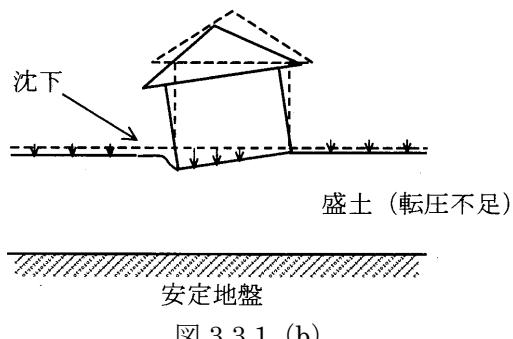


図 3.3.1 (b)

#### ③ 盛土厚の違いによる場合

盛土厚の厚いほうが多い沈下し、建物が傾斜する。

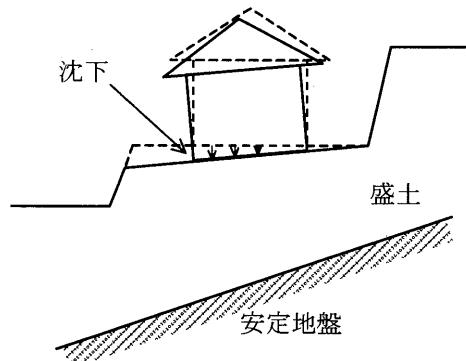


図 3.3.1 (c)

#### ④ 宅地擁壁の変状による場合

戸建住宅及び盛土の重量により、宅地擁壁がはらみだしなどの変状を起こし、これに伴い盛土地盤が沈下し建物が傾斜する。

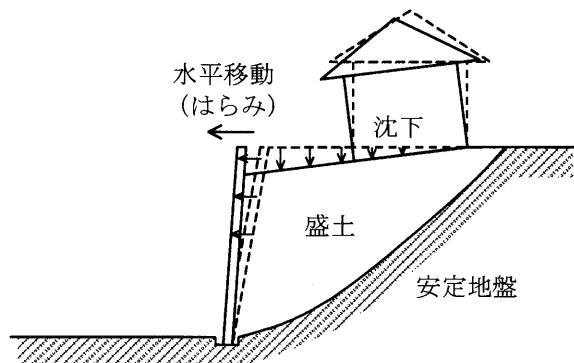


図 3.3.1 (d)

#### ⑤ ごみ・コンクリート塊・瓦礫などの盛土による場合

ごみ（生ごみや腐朽性のあるごみを含む）・コンクリート塊・瓦礫などでの盛土の場合、沈下が均一にならず、不同沈下が発生し、建物が傾斜する。

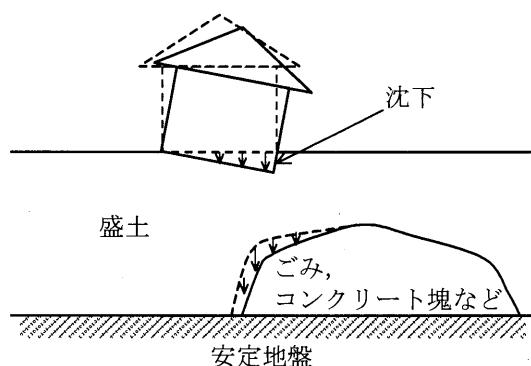


図 3.3.1 (e)

#### ⑥ スレーキング材料による盛土の場合

盛土材が、水の影響を受けて軟化する（スレーキング）材料の場合、盛土造成後に大きな沈下が生じ、建物が傾斜する。

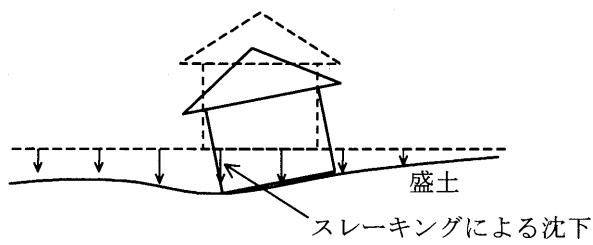


図 3.3.1 (f)

## ⑦ 不適な盛土材料による盛土の場合

盛土材が  $q_c < 0.4 \text{ MN/m}^2$  の転圧できない土で施工された盛土の場合、締固めが不足して基礎に不同沈下が生じ、建物が傾斜する。

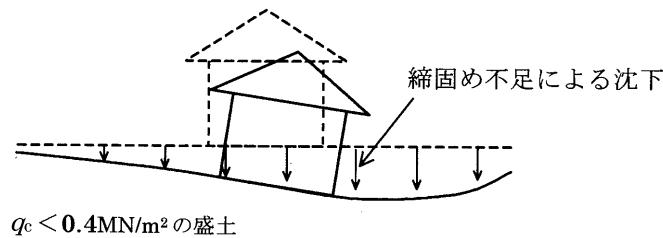


図 3.3.1 (g)

## 3. 4 木造建築物の不同沈下による障害

木造建築物の不同沈下による沈下傾斜の形状を図示すると図 3.4.1 のように分類され、障害程度および損傷程度は、不同沈下量の増大に伴い表 3.4.1 および表 3.4.2 のように進行する。また、小規模建築物の傾斜角と変形角の限界値については、表 3.4.3 が目安となる。

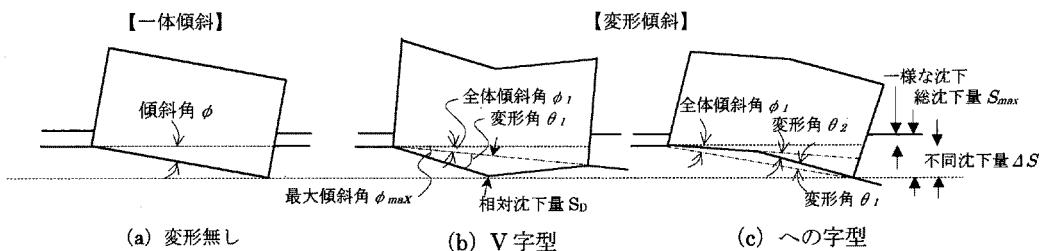


図 3.4.1 各種沈下量と傾斜・変形角<sup>5)</sup>

表 3.4.1 傾斜角と機能的障害程度の関係<sup>5)</sup>

傾斜角	障害程度	区分
3/1000 以下	品確法技術的基準レベルー1相当	1
4/1000	不具合が見られる	
5/1000	不同沈下を意識する 水はけが悪くなる	2
6/1000	品確法技術的基準レベルー3相当 不同沈下を強く意識し申し立てが急増する	3
7/1000	建具が自然に動くのが顕著に見られる	
8/1000	ほとんどの建物で建具が自然に動く	4
10/1000	配水管の逆勾配	
17/1000	生理的な限界値	5

表 3.4.2 変形角  $\theta_2$  と損傷程度の関係<sup>6)</sup>

変形角	損傷程度	区分
2/1000 以下	損傷が明らかでない範囲	1
2~3/1000	建付と内外壁の損傷が 5 割を超える損傷が目立つ。内外壁の損傷は 0.5mm 程度、建付隙間 3mm 程度、木工仕口隙間 2mm 以下	2
3~5/1000	損傷の程度が著しくなる。基礎亀裂の拡大傾向が見られ、無筋基礎、内外壁の損傷が 0.5mm 程度、建付隙間 5mm 程度、木工仕口隙間 2mm を超える	3
5~8/1000	多くの損傷発生が 5 割を超える頗著。有筋基礎でも多くの建物で 0.5mm を超える亀裂、内外壁の損傷は 1mm、建付隙間は 10mm を超え、木工仕口隙間 4mm 程度以上となる	4
8~12/1000	損傷程度はさらに著しくなるが損傷発生率は頭打ち塑性的傾向を示す。有筋基礎でも 1mm 程度の亀裂、内外壁の損傷 2mm 程度、建付隙間 15mm 程度、木工仕口隙間 5mm 程度となる	5

表 3.4.3 小規模建築物の傾斜角と変形角の限界値<sup>7)</sup>

沈下傾斜量	下限	標準	上限
傾斜角	4/1000	6~8/1000	—
変形角 ( $\theta_2$ )	3/1000	5/1000	8/1000

下限：一部（概ね 2 割程度）の建物で著しい不具合が生ずるレベル

標準：多くの（5 割を超える程度）の建物で著しい不具合が生ずるレベル

上限：大部分の（概ね 7 割程度）の建物で著しい不具合が生ずるレベル

沈下による建物の構造的な障害は、主に相対沈下量が増えることにより、変形角の大きさが許容限度を超えることによって発生する。構造的な障害が発生する限界となる変形角は、建物に生じる沈下の種類や構造形式によっても異なるが、過去に実施された建物の被害調査や文献などによる提案値などを総合し、中低層建物の沈下実測と沈下障害の関係より導かれた構造別の限界値の例を表 3.4.4～表 3.4.6 に示した（これらの表において、地盤条件によって限界値が異なるのは、沈下の進行の早さなどの条件が異なることによると考えられる）。表 3.4.4 は変形角について、表 3.4.5 および表 3.4.6 は、相対沈下量ならびに総沈下量の限界値について示している。表から分かるように、おのおのの限界値（限界値を超えると、建物には沈下による何らかの障害が発生する確率が高い）は対象とする建物の基礎形式や支持地盤によって異なる値となる。

表 3.4.4 構造別の限界変形角の例<sup>8)</sup>

支持地盤	構造種別*	基礎形式	下限変形角 ×10 <sup>-3</sup> rad	上限変形角 ×10 <sup>-3</sup> rad
圧密層	RC	独立, 布, べた	0.7	1.5
	RCW	布	0.8	1.8
	CB	布	0.3	1.0
	W	布	1.0	2.0~3.0
風化花崗岩 (まさ土)	RC	独立	0.6	1.4
	RCW	布	0.7	1.7
砂 層	RC・RCW	独立, 布, べた	0.5	1.0
	CB	布	0.3	1.0
洪積粘性土	RC	独立	0.5	1.0
すべての地盤	S	独立, 布(非たわみ性仕上げ)	2.0	3.5

[注] 下限変形角：亀裂の発生する区間数が発生しない区間数を超える変形角のこと、亀裂発生確率が 50%を越える変形角または亀裂発生区間累加数が 30%を超える変形角のこと

上限変形角：ほとんど亀裂の出る変形角のこと、亀裂発生区間累加数が 70%を超える変形角のこと

※ 略号は以下の構造種別を示す（表 3.4.5, 表 3.4.6 の略号も同じ）

RC : 鉄筋コンクリート造 RCW : 壁式鉄筋コンクリート構造

CB : コンクリートブロック構造 W : 木造 S : 鉄骨造

表 3.4.5 構造別の相対沈下量の限界値の例<sup>9)</sup> (単位 : cm)

支持地盤	構造種別	CB	RC・RCW		
		基礎形式	独立	布	べた
圧密層	標準値	1.0	1.5	2.0	2.0~3.0
	最大値	2.0	3.0	4.0	4.0~6.0
風化花崗岩 (まさ土)	標準値	—	1.0	1.2	—
	最大値	—	2.0	2.4	—
砂 層	標準値	0.5	0.8	—	—
	最大値	1.0	1.5	—	—
洪積粘性土	標準値	—	0.7	—	—
	最大値	—	1.5	—	—
すべての地盤	構造種別	仕上材		標準値	最大値
	S	非たわみ性仕上げ		1.5	3.0
	W	非たわみ性仕上げ		0.5	1.0

表 3.4.6 構造別の総沈下量の限界値の例<sup>9)</sup> (単位 : cm)

支持地盤	構造種別	CB	RC・RCW		
		基礎形式	独立	布	べた
圧密層	標準値	2	5	10	10~ (15)
	最大値	4	10	20	20~ (30)
	風化花崗岩 (まさ土)	—	1.5 2.5	2.5 4.0	—
砂層	標準値	1.0	2.0	—	—
	最大値	2.0	3.5	—	—
洪積粘性土	標準値	—	1.5~2.5	—	—
	最大値	—	2.0~4.0	—	—
圧密層	構造種別	基礎形式		標準値	最大値
	W	布 べた		2.0 2.5~(5.0)	5.0 5.0~(10.0)
即時沈下	W	布		1.5	2.5

[注] 圧密層については圧密終了時の沈下量（建物の剛性無視の計算値），そのほかについては即時沈下量、（ ）は2重スラブなど十分剛性の大きい場合  
W造の全体の傾斜角は標準で1/1000，最大で2/1000～(3/1000)以下

## &lt;参考文献&gt;

- 1) 独立行政法人都市再生機構：軟弱地盤技術指針，p. I -12, 2008.4.
- 2) 公益社団法人地盤工学会：地盤調査の方法と解説，p.308, 2013.3.
- 3) 公益社団法人地盤工学会：地盤調査の方法と解説，p.309, 2013.3.
- 4) 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社：設計要領第一集，p.5-5, 2013.7.
- 5) 一般社団法人日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，p.254, 2008.2.
- 6) 一般社団法人日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，p.255, 2008.2.
- 7) 一般社団法人日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，p.261, 2008.2.
- 8) 一般社団法人日本建築学会：建築基礎構造設計指針 第2版，p.153, 2001.10.
- 9) 一般社団法人日本建築学会：建築基礎構造設計指針 第2版，p.154, 2001.10.

## 4. 地震による液状化

### 4. 1 液状化現象

我が国は、過去、地震により地盤の液状化が発生し、再三にわたって被害を受けてきた。地震被害は、主に、建築構造物・土木構造物及びライフラインに多く見られ、その被害額は甚大となっている。特に、軟弱な沖積層や厚い盛土地盤上の建築構造物では、地震被害が大きくなっているほか、盛土、擁壁及びがけ等の崩壊により、建築構造物に致命的な損傷を与えていている。

建築構造物・土木構造物及びライフライン等に被害をもたらした地盤の液状化現象については、これまでの研究により明らかにされており、以下のとおりである。

飽和状態にある緩い砂質土が地震によって揺すられた場合、砂粒子間に存在する間隙水の水圧が次第に上昇し、ついには砂粒子のかみ合わせがはずされて、砂粒子が水の中に浮いた状態となる。このような砂質土が液体状になる現象を液状化現象と呼んでいる。

図 4.1.1 は、砂質土地盤が液状化するまでの状態を模式的に示したものである。また、図中の上段は、地盤の液状化により発生する被害の一例を模式的に図化したものであり、被害の発生形態としては、液状化時の基礎地盤の支持力低下による建築物の沈下、傾斜、転倒や、過剰間隙水圧の発生による地中埋設管等の浮き上がりなどがある。

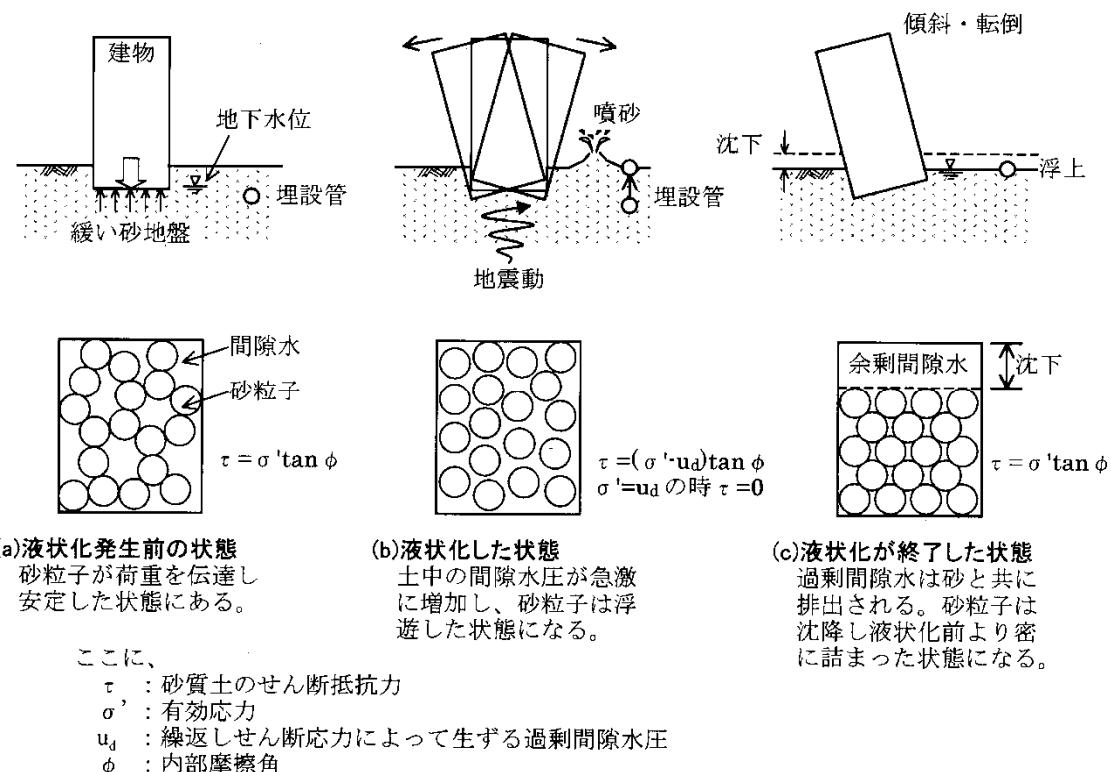


図 4.1.1 液状化現象の模式図

地盤の液状化現象が発生するためには、大きな地震動と液状化現象を生じさせる条件を持つ地盤の存在が必要である。

液状化が発生する地震動の強さの下限は、地盤の状況により異なるが、一般に液状化しやすい地盤については、

- ・地表面加速度が 90～100gal 程度以上
- ・気象庁震度階が 4～5 の境界付近以上

であり、さらには地震動の継続時間の長さも影響すると言われている。

一方、液状化現象が発生しやすい地盤条件としては、一般に、

- ・地下水位が浅いこと
- ・緩く堆積した砂質土の層が存在すること
- ・砂質土の組成が粒径の揃った細砂や中砂であること

が挙げられ、建築基礎構造設計指針（日本建築学会編）では、以下の①～②のように地盤の範囲を定めている。

- ①深度 : 飽和土層の内、地表面より 20m 程度以浅の沖積層  
②細粒分含有率  $F_c$  :  $F_c$  が 35% 以下の土層。ただし、 $F_c$  が 35% 以上であっても粘土分含有率が 10% 以下、または塑性指数が 15% 以下の埋立あるいは盛土地盤（シルトが対象）

なお、過去の事例では、 $N$  値が 20～30 以下の砂地盤では液状化現象の発生しやすい範囲と考えられる。液状化は、地下水位が 3m 以浅で、特に、 $N$  値が 10 以下の砂地盤に発生頻度が高い。

さらに、地形区分からも液状化の可能性について大まかな判断をすることができる。表 4.1.1 は、微地形から見た液状化の可能性の程度を示したものである。液状化可能性の程度が大きい代表的な微地形区分としては、自然堤防（縁辺部・低比高タイプ）、旧河道・池沼、砂丘間低地などが挙げられる。

表 4.1.1 微地形から見た液状化の可能性<sup>1)</sup>

地盤表面の液状化可能性の程度	微地形区分
大	自然堤防縁辺部、比高の小さい自然堤防、蛇行州、旧河道、旧池沼、砂疊質の河原、砂丘末端緩斜面、人工海浜、砂丘間低地、堤間低地、埋立地、湧水地点(帯)、盛土地*
中	アルタ型谷底平野、緩斜状地、自然堤防、後背低地、湿地、三角州、砂州、干拓地
小	扇状地型谷底平野、扇状地、砂疊質の河原、砂疊州、砂丘、海浜

\*：崖・斜面に隣接した盛土地、低湿地、干拓地・谷底平野の上の露上地を指す。これ以外の盛土地は、盛土前の地形の区分と同等に扱う。

建築基礎構造設計指針では、以下の液状化判定方法が示されている。

① 検討地点の地盤内の各深さに発生する等価な繰返しせん断応力比

$$\frac{\tau_d}{\sigma'_z} = \gamma_n \frac{\alpha_{\max}}{g} \frac{\sigma_z}{\sigma'_z} \gamma_d$$

ここに、

$\tau_d$ ：水平面に生じる等価な一定繰返しせん断応力振幅(kN/m<sup>2</sup>)

$\sigma'_z$ ：検討深さにおける有効土被り圧（鉛直有効応力）(kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_n$ ：等価な繰返し回数に関する補正係数  $\gamma_n=0.1 (M-1)$

$M$ ：地震のマグニチュード

$\alpha_{\max}$ ：地表面における設計用水平加速度(cm/s<sup>2</sup>)

200cm/s<sup>2</sup>（損傷限界検討用） 350cm/s<sup>2</sup>（終局限界検討用）

$g$ ：重力加速度 (980cm/s<sup>2</sup>)

$\sigma_z$ ：検討深さにおける全土被り圧（鉛直全応力）(kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_d$ ：地盤が剛体でないことによる低減係数  $\gamma_d=1-0.015z$

$z$ ：地表面からの検討深さ(m)

② 各深さにおける補正N値 ( $N_a$ ) を次式及び図 4.1.1 を用いて計算する。

$$N_a = N_1 + \Delta N_f$$

ここに、

$$N_1 = C_N \cdot N$$

$$C_N = \sqrt{(98/\sigma'z)}$$

$N_a$ ：補正N値

$N_1$ ：換算N値

$\Delta N_f$ ：細粒分含有率に応じた補正N値増分（図 4.1.1 による）

$C_N$ ：拘束圧に関する換算係数

$N$ ：実測N値

③ 図 4.1.2 のせん断ひずみ振幅 5% 曲線を用い、補正N値 ( $N_a$ ) に対応する飽和土層の液状化抵抗比  $R=\tau_1/\sigma'_z$  を求める。

④ 各深さにおける液状化発生に対する安全率  $F_1$  を次式により計算する。

$$F_1 = \frac{\tau_1 / \sigma'_z}{\tau_d / \sigma'_z}$$

液状化の判定は  $F_1$  値によっておこない、

$F_1 > 1 \cdots \cdots \cdots$  液状化発生の可能性がない

$F_1 \leq 1 \cdots \cdots \cdots$  液状化発生の可能性がある  
と判定する。

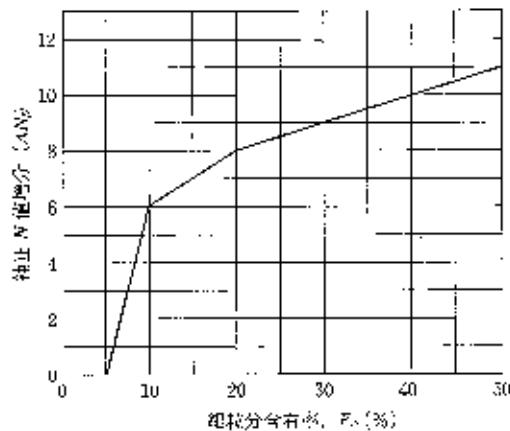


図 4.1.1 細粒分含有率と  $N$  値の補正係数<sup>2)</sup>

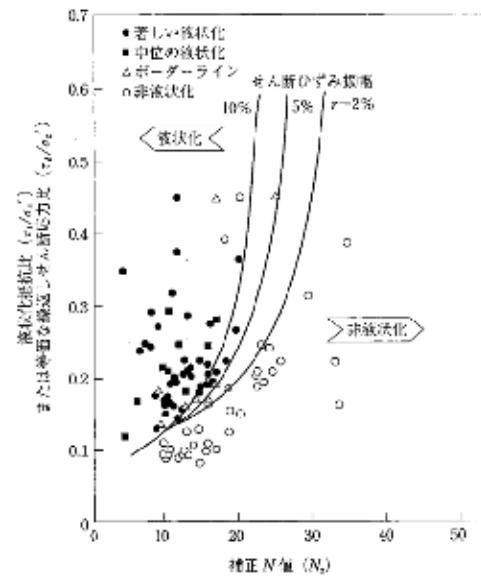


図 4.1.2 補正  $N$  値と液状化抵抗、動的せん断ひずみの関係<sup>2)</sup>

図 4.1.3 に、小規模建築物基礎設計指針に示されている液状化の影響が地表面に及ぶ程度の判定図を示す。この判定方法は、沖積層を対象として土質と地下水位を確認することにより、液状化によって発生する地表面の変状程度を推定しようとするものである。具体的には、確認した土質と地下水位によって図 4.1.3(b)に基づき、非液状化層厚  $H_1$  とその下部の液状化層厚  $H_2$  を設定し、図 4.1.3(a)によって液状化の影響が地表面に及ぶ程度を判定する。ここで、非液状化層とは地下水位より浅い砂層、または粘性土（細粒分含有率  $F_c > 35\%$  の粒度の土層）であり、液状化層とは非液状化層下面から地表面下 5m までの砂層をいう。

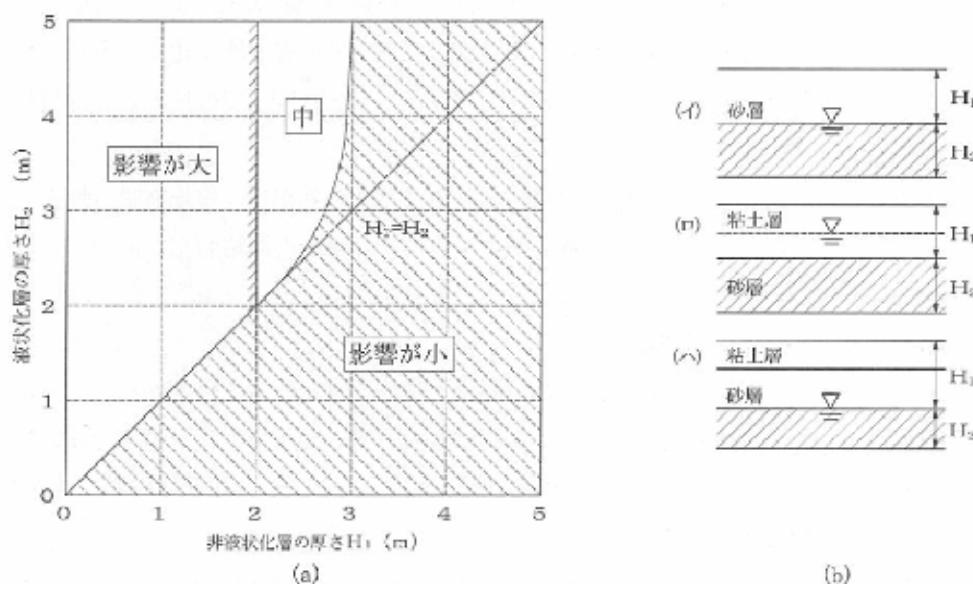


図 4.1.3 液状化の影響が地表面に及ぶ程度の判定<sup>3)</sup>  
(地表面水平加速度値  $200\text{cm/s}^2$  相当)

## 4. 2 液状化による地震被害

新潟地震、日本海中部地震、千葉県東方沖地震、兵庫県南部地震及び東北地方太平洋沖地震等では、液状化現象による被害が顕著であった。特に、2011年の東北地方太平洋沖地震においては、世界最大規模の面積で液状化現象が発生している。

新潟地震は、砂地盤の液状化現象により甚大な被害が報告された最初の地震であり、新潟市内では、約1500棟の鉄筋コンクリート造りの建築物のうち、約1/5にあたる310棟が被害を受け、このうち液状化現象の発生により約200棟が傾斜・沈下の被害を受けた。

日本海中部地震では、秋田県内で砂地盤の液状化により戸建住宅等の小規模建築物で不同沈下等による被害が多く発生した。

千葉県東方沖地震等では、沖積平野等の造成盛土上に建築された戸建住宅等で砂地盤の液状化による被害が発生したほか、首都圏の臨海埋立地においても液状化現象が発生した。

兵庫県南部地震では、六甲山のマサ土を使用して造成された人工島（ポートアイランド、六甲アイランド）において、広範囲で液状化現象が発生した。

東北地方太平洋沖地震では、関東地方南部の沿岸に至る広い範囲で液状化やそれに伴う地盤沈下の被害が発生した。千葉県浦安市では、埋立地における液状化に伴う被害が著しく、建築物等の液状化被害は、埋立に用いた細粒分を多く含む「埋立砂層」が厚いほど、また、地下水位が浅いほど被害が大きくなる傾向を示した。戸建住宅など小規模建築物（直接基礎建物）については、液状化に伴う基礎地盤の支持力低下や噴砂による体積減少などのため不同沈下を起こし、約3700棟の建築物が半壊以上（1/100以上の傾斜）の被害認定を受けるなどの甚大な被害となった。一方、大・中規模建築物は、その殆どが支持杭、摩擦杭で施工されていたことにより、建物本体には大きな被害は発生しなかったものの、建築物周辺の地盤沈下による出入口の段差やライフルайнの寸断などの被害が発生した。



写真 4.2.1 液状化被害状況：浦安市<sup>4)</sup>  
(噴出した泥水)



写真 4.2.2 液状化被害状況：浦安市<sup>4)</sup>  
(噴出した土砂)



写真 4.2.3 液状化被害状況：浦安市<sup>4)</sup>  
(建物の傾斜)

これまでの地盤の液状化により発生した地震被害の事例から、戸建住宅等の小規模建築物等についての被害を整理すると、表 4.2.1 のように分類される。

小規模建築物が受けた被害のうち、基礎が受けた被害は、支持層である地盤の変状に直接依存する被害形態をとっている。また、建物の沈下・傾斜による被害についても、地盤の良否が直接関与している。

表 4.2.1 液状化による小規模建築物（戸建住宅）の被害の分類<sup>5)</sup>

被害形態の種類	被害が生じる原因	地盤の被害形態			基礎が受ける被害形態		建物全体が受ける被害形態		
		曲げ破壊	引張り破壊	せん断破壊	全体の等沈下または不同沈下	中央部床組の沈下や浮上り	土台と基盤のはずれ	建物の分断や広がり	
①支持力低下（大きな地盤変動を伴わない）	液状化により地盤の強度、変形特性が低下するためにはじまる。	地盤の支持力低下により、基礎および建物は沈下する。	○		○	○			
②局所的な沈下や陥没	地盤が液状化した後、噴砂・噴水で体積が収縮したり、局所的に土が流出するためにはじまる。	局所的に基礎の下の地盤がなくなるため、曲げ応力などが集中する。	○			○	○		
③敷地端部の崩れ	盛土地盤で擁壁の崩壊などにより端部が崩れるためにはじまる。	局所的な陥没と同様に基盤に大きな曲げなどが発生する。ただし、影響は局所的な陥没より大きい。	○			○	○	○	
④地割れ	水平方向の地盤の不均衡さや地震動により生じるひずみ分布の不均一さのためににはじまる。またすべりや流出とともに生じる。	基礎に水平や上下方向の強制変形を与え、曲げ応力などが集中する。	○	○					○
⑤ひな段上の流动	敷地が傾斜していると、液状化により地盤の強度が低下して発生する。	基礎に上下や水平方向の強制変形を与える。地割れより影響は大きい。	○	○	○		○	○	
⑥地盤全体のすべり	同 上	基礎に水平や上下方向の強制変形を与える。地割れより影響は大きい。また墓地に土圧を加えることもある。	○	○	○		○	○	

(注) ○印は主要な被害の形態を示しており、これ以外にも被害を受ける可能性はある。

建築基礎構造設計指針では、地表変位を  $D_{cy}$  とし液状化程度の指標とする方法が示されている。

表 4.2.2  $D_{cy}$  と液状化の程度の関係<sup>6)</sup>

$D_{cy}$ (cm)	液状化の程度
0	なし
5 以下	軽微
5 を超え 10 以下	小
10 を超え 20 以下	中
20 を超え 40 以下	大
40 を超える	甚大

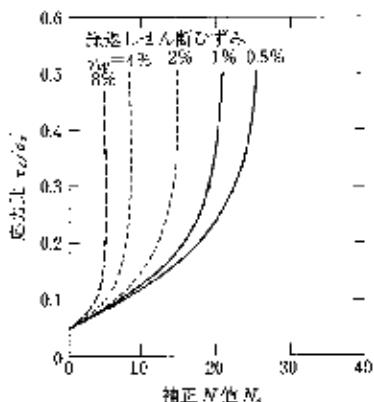


図 4.2.1 補正  $N$  値と繰返せん断ひずみの関係<sup>6)</sup>

地表変位  $D_{cy}$  は、図 4.2.1 から補正  $N$  値 :  $N_a$  と繰返せん断応力比  $\tau_d/\sigma_z'$  に対応する各層の繰返せん断ひずみ  $\gamma_{cy}$  を推定する。各層の繰返せん断ひずみが同一方向に発生すると仮定して、これを鉛直方向に積分して、振動中の最大水平変位分布とする。

同様に、沈下量  $S$  を求めたい場合は、 $\gamma_{cy}$  を体積ひずみ  $\varepsilon_v$  と読み換えればよい。

液状化層厚さ  $H=5\text{m}$ 、 $\tau_d/\sigma_z'=0.3$ 、 $N_a=20$  の地盤が液状化すると  $\gamma_{cy}=1\%$  なので、 $D_{cy}=S=H \times \gamma_{cy}=5\text{cm}$  となり、表 4.2.2 より液状化の程度は”軽微”となる。

#### 4. 3 被害を受けやすい建築物

過去の地震による小規模構造物（戸建住宅）の液状化被害事例から、液状化により特に被害を受けやすい建築物の基礎及び上部構造について整理すると、表 4.3.1 のようにまとめられる。

基礎は、無筋の場合や有筋であってもその量が少ない場合には被害を受けやすい。また、建物の上部構造については、剛性がアンバランスなものや、水平耐力が小さいものが被害を受けやすい。

表 4.3.1 液状化により特に被害を受けやすい基礎・建物

分類	被害を受けやすいもの
基 础	①ブロックの基礎 ②鉄筋の入っていない、又は鉄筋量の少ない基礎
建 物	①長い開口部をもつ建物 ②開口位置が隅角部をはさんで2面に広がったりして、ねじれ破壊が生じやすい建物 ③壁が少ない建物

小規模建築物を対象とした液状化対策としては、図 4.3.1 に示すようなものが一般的であり、この他に液状化層の不飽和化（広域的な地下水位低下、空気注入等）などが挙げられる。

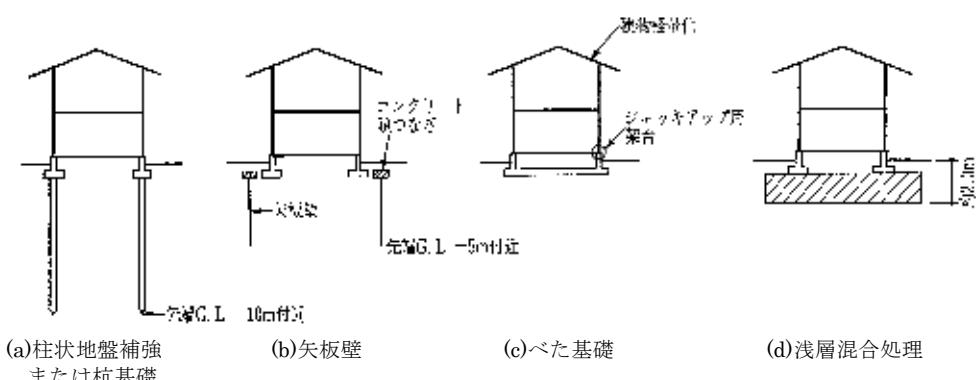


図 4.3.1 液状化対策例<sup>7)</sup>

#### <参考文献>

- 1) 一般社団法人日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針, p.89, 2008.2.
- 2) 一般社団法人日本建築学会：建築基礎構造設計指針 第2版, p.63, 2001.10.
- 3) 一般社団法人日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針, p.90, 2008.2.
- 4) 浦安市液状化対策技術検討調査委員会：平成23年度浦安市液状化対策技術検討調査報告書, p.8, 2012.3.
- 5) 静岡県：液状化対策手法の開発調査, 1985
- 6) 一般社団法人日本建築学会：建築基礎構造設計指針 第2版, p.66, 2001.10.
- 7) 一般社団法人日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針, p.92, 2008.2.

## 5. 地盤調査方法

### 5. 1 地盤調査方法の概要

地盤調査の手順は、図 5.1.1 のような流れで行われるのが一般的である。地盤調査に際しては、事前に既存資料を収集整理し、その結果に基づき現地踏査を行い、調査対象地区の地盤の問題点を抽出し、本調査計画を立案していくことが重要である。

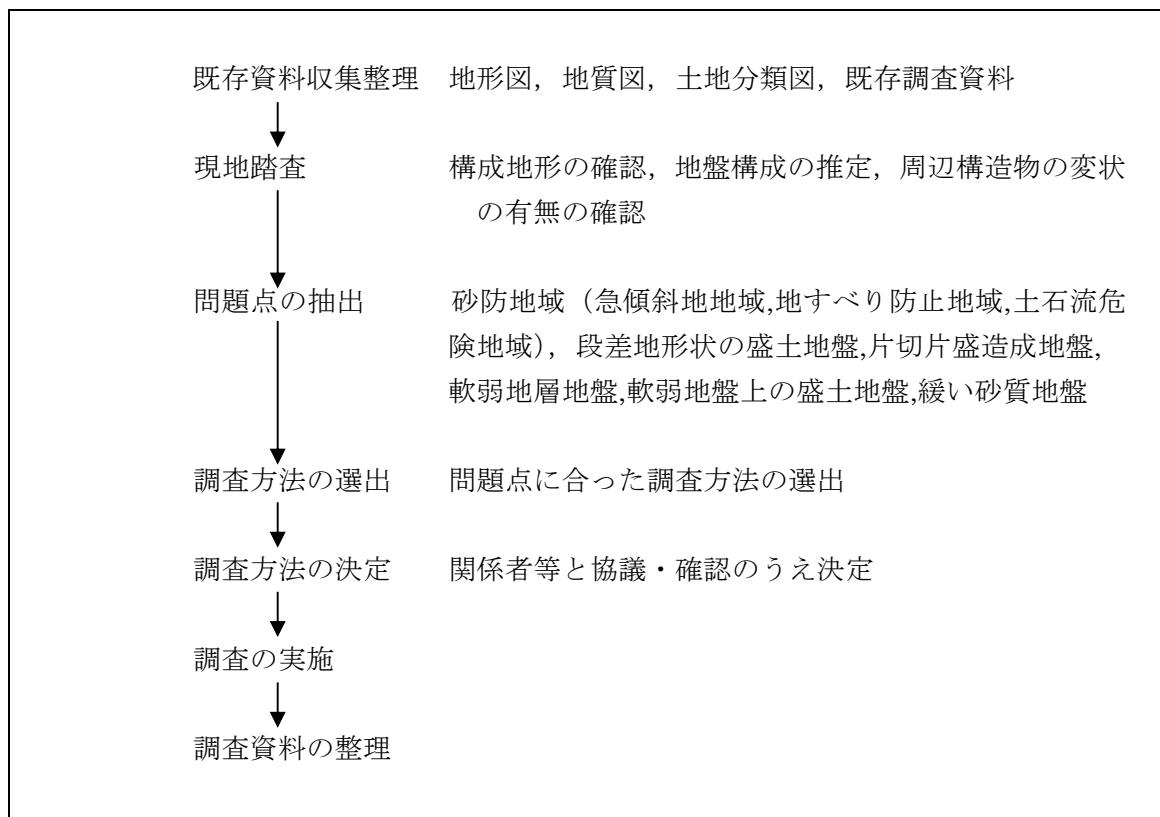


図 5.1.1 地盤調査の手順

宅地地盤調査に用いられる地盤調査方法を表 5.1.1 に、土質試験の種類は、表 5.1.2 にまとめた。

小規模な宅地地盤の調査で最もよく利用されているのは、スウェーデン式サウンディング試験であり、標準貫入試験や平板載荷試験なども利用されている。また、動的なサウンディングとしてラムサウンディング、静的なサウンディングとして電気式コーン貫入試験が、更に地盤の状況を断面的に把握できる物理探査技術の一つとして表面波探査が利用されている。

最近では、スウェーデン式サウンディング試験の利用が広まり、平成 13 年の国交省告示 1113 号において、スウェーデン式サウンディングに基づく地盤の長期許容応力度の評価手法が導入されている。しかし、スウェーデン式サウンディング試験は、きわめて簡易な試験方法であり、その適用の限界には十分留意する必要がある。

スウェーデン式サウンディング試験はボーリング調査の補助法として有効であり、簡易な土層区分の判断に適する。調査深さの比較的浅い場合に、軟弱地盤の下の杭支持層深さの追跡など、特定の地層の分布状況の調査などにボーリングと併用すると効果的な調査ができるが、試験の精度はそれほどよくはない。土木工事や大規模な造成工事などではボーリング調査の補完調査として、ボーリングの位置選定やボーリングを補間・内挿する調査として利用される。

スウェーデン式サウンディング試験は玉石・転石を除くあらゆる土を対象とするが、固結度の高い粘性土、締まった砂・礫は貫入困難である。適用深度は一般には 10m 程度以下である。土層の判別は、ハンドルの感触による概略的なものであり、精度はよくない。強度指数値など土質定数との関係は数多くの換算式が提案されているが、測定値と他の強度指数値との関係は土の種類、土の地域特性、試験深度により異なる。また単管式のロッドであるため、測定値には周面摩擦の影響が避けられず、精度はよくないので、注意を要する。

スウェーデン式サウンディング試験は、堅い支持層を探すとともに、軟弱地盤を見つけるのに適した調査法と考えるほうがよい。スウェーデン式サウンディング試験のみによつて、杭の支持層を判別したり、軟弱地盤改良工法を選定することは適当でない。また、沈下量を推定することも困難である。このような場合は、ボーリングなど他のより精度の高い調査を併用するか既存資料などを含めて判断すべきである。

戸建て住宅は荷重が小さく、発生している応力が及ぶ範囲は 8m 程度と言われており、基礎工法の選定などに利用できるが、その適用範囲には留意する必要がある。

スウェーデン式サウンディングに関わる最近の話題として、スウェーデン式サウンディング孔を利用してサンプルを採取し、土質試験により土質を判別しようとの動きがある。ただし、サンプラーが十分密閉せず地盤に貫入すると、目的の深度以外の土を採取してしまうなどの問題点も存在する。また、最新の機器として、スクリュードライバーサウンディング (SDS) が開発されている。この試験機は、スウェーデン式サウンディングを改良したもので、従来のロッドの載荷「荷重」のみならず、ロッドに回転力を与えてロッドの「回転トルク」と 1 回転あたりの「沈下量」の三要素を同時に測定し、これらのデータを解析することにより、沖積層、洪積層、腐植土層の土質を判定することが可能となっている。

表 5.1.1 地盤調査の種類

調査・試験の種類	適用地盤と問題点	調査可能深さの目安 (m)	測定値又は求まるもの	測定値からの推定値
スウェーデン式 サウンディング試験	玉石・礫・締まった砂を除く地盤(固い層があると貫入不能)	10m	$W_{sw}$ $N_{sw}$	$N$ 値, $q_u$ 地盤の支持力 $q_a$
標準貫入試験	ロータリー式機械ボーリングを伴う。すべての地盤	50m～100m	$N$ 値 乱した試料	$c_u$ , $\phi_u$ 地盤の支持力 $q_a$ 土質の確認
地盤の平板載荷試験	全ての地盤	地表面近く	荷重と沈下量 時間と沈下量	地盤の支持力 $q_a$ 地盤反力係数 $K_v$
オートマチックラム サウンディング試験	玉石・礫・締まった砂を除く地盤(固い層があると貫入不能)	20m～30m	$N_d$ 値	$N$ 値 地盤の支持力 $q_a$
電気式コーン貫入試験	玉石・礫・締まった砂を除く地盤(固い層があると貫入不能)	10m～50m	$q_c$ 間隙水圧 $u$ 周面摩擦 $f_s$	$c_u$ , $\phi_u$ 地盤の支持力 $q_a$ 土質の確認
機械式コーン貫入試験	玉石・礫・締まった砂を除く地盤(固い層があると貫入不能)	10m～20m	$q_c$ 周面摩擦 $f_s$	$c_u$ , $\phi_u$ 地盤の支持力 $q_a$
簡易動的コーン 貫入試験	玉石・礫・締まった砂を除く地盤	3m	$N_d$ 値	$N$ 値, $q_u$ 地盤の支持力 $q_a$
ポータブルコーン 貫入試験	有機質土, 柔らかい粘性土, ゆるい砂地盤	3m	$q_c$ 値	$c_u$ 地盤の支持力 $q_a$
オーガーボーリング	有機質土, 軟らかい粘性土地盤,(地下水位以下の砂は掘削不能)	3m	乱した試料	土質の確認 地下水位
表面波探査	全ての地盤	10m～20m	$S$ 波速度	$S$ 波構造(二次元)

表 5.1.2 土質試験方法

土質試験の種類	対称とする土質	求まるもの	値の利用方法	用いる試料の状態
粒度試験	粗粒土(砂・砂礫)	10%粒径 ( $D_{10}$ ) 50%粒径 ( $D_{50}$ )	土の分類 液状化の検討	乱した試料
液性・塑性限界試験	有機質土 粘性土	液性限界 ( $w_L$ ) 塑性限界 ( $w_p$ )	土の分類 圧縮性の程度	乱した試料
一軸圧縮試験	粘性土	一軸圧縮強さ ( $q_u$ ) 変形係数 ( $E_{50}$ )	地盤の支持力 地盤の変位	乱れの少ない試料
圧密試験	粘性土	圧縮指数 ( $C_c$ ) 圧密降伏応力 ( $p_c$ ) 圧密係数 ( $c_v$ )	圧密沈下量 圧密沈下時間	乱れの少ない試料

## 5. 2 既存資料調査の方法

既存資料調査の目的は、対象となる敷地およびその周辺の地盤に関する情報を把握し、現地踏査や地盤調査計画の作成に資することにある。また、地盤調査結果の妥当性を検証する補足的な資料ともなる。

既存資料には、対象となる敷地の地盤（地形・地質、地盤状況）に関するものと、その地域周辺あるいは同様な地盤の特性による災害事象の記録などがある。

地盤に関する基本的な資料は地図類である。地図は作成される用途と使用目的によって、「一般図」と「主題図」に分けられる。一般図は、地形・地名・集落・交通路など多様な情報を、特定のテーマに重点をおくことなく描いた地図と定義されている。主題図は、地形・地質・火山・植生・土地利用・防災など、特定の主題に重点をおいて描いた地図とされている。地形分類図や地質図は、代表的な主題図の1つである。最近では、国土地理院において地理情報システムが整備されてきている。Web上で各種主題図の閲覧・入手が可能となっている（「地理院地図－電子国土 Web」を参照）。

地盤状況を知る資料としては、地盤情報データベースがある。従来は、地盤図として諸機関や民間ベースで整理・刊行されてきたものが、データベースとしてボーリング柱状図や土質試験結果等を含む資料として整備され、Web上で公開されている。また、調査地周辺の既存構造物に関する調査報告書・設計図書・施工記録などは調査計画の立案や地盤状況の問題点の把握などに有用な資料となる。

地盤の特性による災害事象の記録には、ハザードマップや災害記録等がある。これらは、当該自治体や国の機関で閲覧できる場合もある。また、国土交通省では「ハザードマップポータルサイト」を開設しており、各地方の災害予測情報が確認できる。

既存資料の種類と概要については、表 5.2.1 に示した。

以下に各資料の概要と利用上の留意点を記す。

### （1）地形図・地質図

#### ①地形図、空中写真（航空写真）、衛星画像

一般図としての地形図は、電子地形図 25000 及び数値地図（国土基本情報）が利用でき、国土地理院により公開されている。地方自治体によっては、都市計画図として 1/2500 程度の地形図が発行されており利用できる。また、地歴の確認として旧版の地形図が利用でき、作成年代や地域については国土地理院 HP で確認できる。

表 5.2.3 に空中写真的種類と特徴を示した。空中写真（航空写真）は、電子国土基本図（正射写真）が利用しやすい。真上から地上を見たときのように傾きのない画像に、位置情報が付与されており、建物や道路などの形状に歪がない。また、地歴資料として第二次大戦後に撮影された米軍による空中写真も利用できる。

衛星画像は、空中写真と同様な使い方ができ撮影頻度が多いことから、災害時の地変を確認するために利用されることがある。表 5.2.3 に衛星画像の特徴を示した。

表 5.2.1 既存資料の種類と概要<sup>1)</sup>

分類	資料の種類	発行・提供機関	主要なデータと概要
地形・地質	地形図 都市計画図	国土地理院 地方自治体	明治時代の地形図が入手可能で、新旧の比較により地形の改変や地歴の推定資料となる。2万5千分の1, 2千5百分の1など。
	空中写真 (航空写真)	国土地理院 民間会社	地形図と同様な利用が可能、微地形・建物・植生などの判読に利用。撮影縮尺8千~1万5千分の1。
	衛星画像	宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	代表的な衛星画像として、地球観測衛星「ALOS(だいち)」による衛星画像で広域の防災活動への利用がある。撮影頻度1回/46日。
	土地条件図	国土地理院	平野部が中心で、主に地形分類（山地・丘陵地、台地・段丘、低地、水部、人口地形など）について示されている。2万5千分の1。
	土地利用図	国土地理院	土地の利用区分（田、畠、果樹園、森林、荒地、建物用地、幹線交通用地、湖沼、河川など）を整備。2万5千分の1。
	土地分類図	国土交通省 土地・水資源局	地形・表層地質・土壤などの自然的要素、土地の利用現況、災害履歴などがまとめられている。地図と説明書。5万分の1~50万分の1
	地質図	産業技術総合研究所 地方自治体、大学	表土を除いた表層の地質分布や時代区分が示されている。地質平面図・地質断面図および説明書あり。
地盤状況など	地盤図	学会、地方自治体、研究機関、地質調査業協会	主に平野部の表層地質。ボーリング柱状図、土質試験データ等。
	設計図書 施工記録	地方自治体 国の機関	既存構造物の地盤調査報告書・設計図書・施工記録などである。入手困難な場合が多い。
	埋設物台帳	地方自治体 民間会社	埋設物（上下水道・電気・光ケーブル・ガスなど）の位置を示した地図。
	学会出版物など 関連報告	学会	地盤工学会、日本建築学会、土木学会、日本地質学会、応用地質学会などの学会誌、論文集、研究発表会概要集など
災害	ハザードマップ	地方自治体 国土交通省	種々の災害の発生の可能性を地図上に表現したもので、液状化、土砂災害、活断層などがある。

(日本建築学会(2009) : 建築基礎設計のための地盤調査計画指針, p 30 より抜粋引用)

表 5.2.2 地形図・地質図などの種類

資料名	種類	発行・提供機関	備考
地形図類	地形図 1/10,000、1/25,000 都市計画図 1/2,500、1/5,000 旧版地形図 1/25,000、1/50,000	国土地理院 市町村など 国土地理院	電子版 一部電子版 電子版
地形分類図	土地条件図 1/25,000 沿岸海域土地条件図 1/25,000 治水地形分類図 1/25,000 首都圏活断層図 1/25,000	国土地理院 国土地理院 国土地理院 国土地理院	電子版 電子版 電子版 電子版
地質図	地質図幅 1/50,000, 1/75,000 ほか 土地分類基本調査図 1/50,000	産業技術総合研究所ほか 国土交通省土地・水資源局	地質分布 表層土質分布

表 5.2.3 空中写真と衛星画像

種類	特徴	発行機関
モノクロ 空中写真	昭和 35 年以降、5 年～10 年周期で平野部および周辺地域の縮尺 2 万分の 1～2 万 5 千分の 1（都市地域は一部は 1 万分の 1）の撮影縮尺。	国土地理院
カラー 空中写真	市街地や農地の土地利用、植生あるいは道路、建物など各施設の状態を容易に判読することが可能。 平野部は 8 千分の 1～1 万分の 1、丘陵地・山岳部は 1 万分の 1～1 万 5 千分の 1 の撮影縮尺。撮影頻度 1 回／数年	国土地理院
衛星画像	代表的な衛星画像として、地球観測衛星「ALOS（だいち）」による衛星画像で広域の防災活動への利用がある。水平方向精度は 3～10m 程度、高さ方向は 5m 程度とされている。 撮影頻度 1 回／46 日。	宇宙航空研究開発機構（JAXA）

利用上留意することとして、地形図は基本的な図面であるが限られた情報の集約である。空中写真や衛星画像データを併用しながら読図することで、より多くの情報が得られる。

一般に、主題図として土地分類図や土地条件図・土地利用図などに地形分類情報が記載されている。これらの主題図の作成に当たっては、上記の地形図・空中写真・衛星画像が利用されている。調査地域について改めて解釈するとき以外は、地形分類が含まれている主題図を利用する方が便利である。

なお、数値地図（地形図）・空中写真・衛星画像などの種類の詳細と入手方法については、「地盤調査の方法と解説、第 3 章既存資料調査」（地盤工学会、2013）に詳しく記載されている。

## ②土地条件図、土地利用図、土地分類図

土地条件図とは、「防災対策や土地利用・土地保全・地域開発等の計画策定に必要な、土地の自然条件等に関する基礎資料を提供する目的で、昭和 30 年代から実施している土地条件調査の成果を基に、主に地形分類（山地・丘陵、台地・段丘、低地、水部、人工地形など）について示したもの」（国土地理院 HP、「土地条件図」より引用）とされている。整備されている区域は、主に全国の都市部及びその近郊で、埋立地や造成地等の地形の改変の著しい箇所（関東平野、濃尾平野の一部）は、平成 22 年度以降に内容が更新されている。

土地利用図とは、「土地の利用状態を現地調査及び空中写真・資料等により、商業・工業などの機能区分、農地の利用区分、林地の植生区分など合計 34 区分に分類して色分け表示したもの」（国土地理院 HP、「土地条件図」より引用）とされている。2 万 5 千分の 1 は全国の平野部をほぼカバーしており、1975～1985 年の調査により作成されたものである。

土地分類図は、土地分類調査により作成された分布図類の総称で数種類の分布図がある。例えば、5 万分の 1 土地分類基本調査の主な成果図は地形分類図・土地利用現況図・表層地質図・土壤図などである。また、首都圏・中部圏・近畿圏ほかについては、地下利用などを想定して、東西南北 2km ごとの地質断面図が作成されている。

利用上留意することとして、土地条件図の利用に際しては、作成年代に留意する必要がある。都市部の一部ではあるが埋立てや造成などの人工改変地形もカバーされている。これらの利用に際しては、改変された年代を確認しておくことも重要な要素の1つとなる。

土地利用図（1/25,000）は、1975～1985年 の調査により作成されていることから、その当時の利用区分（田、畠、果樹園、森林、荒地、建物用地、幹線交通用地、湖沼、河川など）を知ることができる。

土地分類図は、基本的に1/50,000の基図をもとに作成されている。調査地周辺のやや広いエリヤの地形や表層地質の把握には便利であるが、作成されている図幅（エリヤ）については、Web上で確認する必要がある。

また、最近では土地分類基本調査（土地履歴調査）による資料が公開されている。表5.2.4に公開されている調査成果図情報、表5.2.5に地形分類の表示内容を引用した。公開されている地域は限られているので注意が必要である。

表5.2.4 土地履歴調査成果で公開されている成果図情報<sup>2)</sup>

分類	地図情報	簡易 WebGIS	PDF
調査成果図	自然地形分類図	○	※ 1枚に編集
	人工地形分類図	○	
	土地利用分類図(第Ⅰ期:1900年頃)	○	
	土地利用分類図(第Ⅱ期:1960年頃)	○	
	災害履歴図(地震災害)	○	
	災害履歴図(水害)	○	
	災害履歴図(地盤沈下)	○	
重ね合わせ図	自然地形分類図+人工地形分類図	○	※ 簡易Web GISのみ で公開
	自然地形分類図+災害履歴図(水害)	○	
	人工地形分類図+災害履歴図(地震災害)	○	
	自然地形及び人工地形分類図+災害履歴(地震災害)	○	
背景地図	縮尺5万分の1地形図	○	簡易Web GISのみ で公開
参考図	旧版地図(1907年頃)	○	
	空中写真(1947年頃)	○	
	現在(調査年)の空中写真又は衛星画像	○	

(国土交通省土地・水資源局(平成22年10月)：  
土地分類基本調査(土地利用調査)成果利活用マニュアル,p2)

表 5.2.5(1) 自然地形分類図の表示内容（凡例の分類と解説）<sup>3)</sup>

分類		定義
山地・火山地	山地斜面等	山地・丘陵地の斜面や台地縁辺の斜面等をいう。海岸の磯や岩礁、離れ岩等を含む。
	火山地斜面等	第四紀火山噴出物からなる火山地または火山丘陵地の斜面等をいう。火砕流や溶岩の堆積地、火山体の開析により形成される火山麓扇状地または泥流堆積地等の火山麓地を含む。
	麓層面及び崖錐	斜面の下方に生じた岩屑または風化土からなる堆積地形。
	土石流堆積地	岩塊、泥土等が水を含んで急速に移動、堆積して生じた地形で、渓床または谷の出口にあるもの。
台地	岩石台地	地表の平坦な台状または段丘状の地域で、基盤岩が出ていてかまたはきわめて薄い未固結堆積物でおおわれているもの。隆起サンゴ礁台地を含む。
	砂礫台地	地表の平坦な台状または段丘状の地域で、表層が厚く、且つ未固結の砂礫層からなるもの
	ローム台地	地表の平坦な台状または段丘状の地域で、表層が厚いローム層（火山灰質粘性土）からなるもの。
低地	扇状地	山麓部にあって、主として砂や礫からなる扇状の堆積地形。
	谷底低地	山地、丘陵地、台地を刻む河川の堆積作用が及ぶ狭長な平坦地。
	氾濫原低地	扇状地と三角州・海岸低地中間に位置し、河川の堆積作用により形成された広く開けた平坦地で、自然堤防、旧河道または湿地を除く低地。
	自然堤防	過去の河川の氾濫により、流路沿い又は周辺に繰り返し砂やシルトが堆積して形成された微高地。
	旧河道	過去の河川流路で、周囲の低地より低い帯状の凹地。
	湿地	自然堤防や、砂州等の後背に位置するため、河川の堆積作用が比較的及ばない沼沢性起源の低湿地、現況の湿地を含む。
	三角州・海岸低地	河口における河川の堆積作用で形成された低平地や、過去の浅海堆積面が海堆により陸化した平坦地。
	砂州・砂堆（礫州・礫堆）	現在の海岸及び過去の海岸や湖岸付近にあって、波浪や沿岸流によってできた砂または礫からなる微高地。
	砂丘	風によって生じた、砂からなる波状の堆積地形。
	天井川及び天井川沿いの微高地	堤防設置によって周囲の地形面より高くなった河床及びこれに沿って形成された微高地。
	河原・河川敷	現況の河原及び河川敷（低水敷・高水敷）をいい、堤内地の旧河原・旧河川敷を含む。
	浜	海岸線付近の砂や礫でおおわれた平坦地（砂浜及び礫浜）をいい、人工改変地内の旧浜を含む。
水部	現水部	現況が海または河川、水路、湖沼等の水部。干潟を含む。
	旧水部	過去の海または湖沼等で、現存しないもの。

(国土交通省土地・水資源局(平成22年10月) :

土地分類基本調査(土地利用調査)成果利活用マニュアル,p3)

表 5.2.5(2) 人工地形分類図の表示内容（凡例の分類と解説）<sup>4)</sup>

分類		定義
人工平坦地 (切り盛り造成地)	宅地等	山地・丘陵地や台地などの斜面を切土または盛土により造成した平坦地や緩傾斜地のうち、主として住宅や工業団地等の造成によるもの。造成に伴って生じた人工斜面を含む。
	農地等	上記のうち、主に農地整備、ゴルフ場造成等によるもの。造成に伴って生じた人工斜面を含む。
	旧谷線	人工平坦地が造成される以前に存在した谷の軸線。
盛土地		低地等に盛土して造成された土地。台地上の凹地・浅い谷等の部分の盛土地を含む。
埋立地		水部などを埋立てて造成された土地。
干拓地		水部や干潟、湿地等を堤防で仕切り、排水することによって陸化した土地。
改変工事中の区域		人工的な地形改変が進行している区域及び採石・採土場、採鉱地等及びその跡地。

(国土交通省土地・水資源局(平成22年10月) :

土地分類基本調査(土地利用調査)成果利活用マニュアル,p4)

### ③地質図

全国的に統一された地質図としては、産業技術総合研究所が発行している「5万分の1地質図幅」がある。その他、各地方自治体が発行している地質図、大学や研究機関が作成した地質図などがある。

大規模な宅地開発や、地滑り・斜面崩壊、地震などの災害予測に際して、基盤地質の岩種や地質構造を確認することは、重要な要素となる場合がある。一般的に、支持層の確認や表層の土質性状を確認する場合は、地盤図を利用することが多い。

利用上留意することとして、「5万分の1地質図幅」は、順次改訂されており最新版を入手して利用することが望ましい。地質図には表層の土質や岩石の風化の程度は記載されていない。花崗岩などでは深層風化が懸念される場合もある。

沖積低地や河川沿いの沖積平野については、「表層地質図」（土地分類図）や地盤図で、有用な情報を得られることが多い。

## （2）地盤状況など

### ①地盤図

主にボーリング柱状図に代表される資料で、対象となる周辺の既存資料として利用できる。地盤図には、ボーリング地点位置図、土質・地質区分、土層・地質断面図及び原位置試験結果や土質試験結果などのデータも公開されている場合があり、地盤性状や支持層の把握などに有用である。また、調査計画を立案する際の計画数量の把握に重要な資料となる。

代表的な地盤データベースとして、「KuniJiban」があげられる。国土交通省の道路・河川・港湾事業などの地質・土質調査成果が地盤情報として提供されている。データ数は約110,500（2012年11月15日現在、国土地盤情報検索サイト「KuniJiban」参照）である。また、表5.2.6に地方自治体による地盤データベースの公開状況を示した。

利用上留意することとして、「KuniJiban」によるボーリングデータは比較的統一された書式で整理されているが、道路・河川・港湾等を対象としているため、幹線国道や1級河川など調査箇所が限定されている。一方、地方自治体によるボーリングデータは比較的多いが、記述内容が不統一であることが多く、支持層に達していないデータも見受けられるので、利用にあたっては注意が必要である。

地盤図に添付されている土層・地質断面図には、ボーリング資料がなく想定で記載されているものや、柱状図に記載されている薄層などが省略されている場合があり、利用目的によっては元の柱状図データを確認することが推奨される。

表 5.2.6 地方自治体による地盤情報（ボーリング柱状図等）の公開状況一覧<sup>5)</sup>

	名称	整備・運営主体	対象エリア	提供方法	公開範囲	公開ボーリングデータ数（約本）	その他公開情報	URL
都道府県	東京の地盤(Web版)	東京都土木技術支援・人材育成センター	東京都	インターネット	無償一般公開	7,000		<a href="http://doboku.metro.tokyo.jp/start/03-youhou/geoweb/00-index.html">http://doboku.metro.tokyo.jp/start/03-youhou/geoweb/00-index.html</a>
	地質環境インフォメーションバンク	千葉県	千葉県	インターネット	無償一般公開	21,000	地盤沈下変動図 測量水準点位置図 地下水位変動図	<a href="http://www.pref.chiba.lg.jp/phgeogis/servlet/infoank_index?hp_number=005294734">http://www.pref.chiba.lg.jp/phgeogis/servlet/infoank_index?hp_number=005294734</a>
	埼玉県地理環境情報WebGIS 「e.(イ)～コト」環境マップ	埼玉県環境科学国際センター	埼玉県	インターネット	無償一般公開	4,300	電子地図及び各種空間情報	<a href="http://www.kankyou.pref.saitama.lg.jp/kankyou/">http://www.kankyou.pref.saitama.lg.jp/kankyou/</a>
	かながわ地質情報MAP	(財)神奈川県都市整備技術センター	神奈川県	インターネット	無償一般公開	12,050	土質試験結果	<a href="http://www.toshigeki-boring.jp/">http://www.toshigeki-boring.jp/</a>
	群馬県ボーリングMap	(財)群馬県建設技術センター	群馬県	インターネット	無償一般公開	7,441		<a href="http://www.gunma-kengi.or.jp/boring/">http://www.gunma-kengi.or.jp/boring/</a>
	とらぎ地図情報公開システム「とらぎ地盤マップ」	栃木県	栃木県	インターネット	無償一般公開	不明	土砂災害危険箇所 浸水想定区域図 等	<a href="http://www.dgis.pref.tochigi.lg.jp/map/login.aspx">http://www.dgis.pref.tochigi.lg.jp/map/login.aspx</a>
	静岡地質情報MAP	静岡県	静岡県	インターネット	無償一般公開	1,400	旧版地形図	<a href="http://www.gis.pref.shizuoka.jp/?sc=01&amp;sp=001">http://www.gis.pref.shizuoka.jp/?sc=01&amp;sp=001</a>
	岡山県地盤情報	岡山地質情報活用協議会	岡山県	インターネット	無償一般公開	2,777	土質試験一覧表	<a href="http://www.jiban-okayama.jp/index.php">http://www.jiban-okayama.jp/index.php</a>
	しまね地盤情報配信サービス	協同組合 島根県土質技術研究センター	島根県	インターネット	一部無償公開 有償公開(会員等)	2,000	島根県の公共事業のデータ	<a href="http://www.shimane.geonavi.net/shimane/miyou.htm">http://www.shimane.geonavi.net/shimane/miyou.htm</a>
	徳島県地盤情報検索サイト「AwaJiban(あわじばん)」	徳島県	徳島県	インターネット	無償一般公開	3,437	コア写真 土質試験結果	<a href="http://e-musatsu.pref.tokushima.jp/awa_jiban/">http://e-musatsu.pref.tokushima.jp/awa_jiban/</a>
	統合化地下構造データベース「ジョ・ステーション」	防災科学技術研究所(茨城県が地盤情報提供)	茨城県	インターネット	無償一般公開	10,801		<a href="http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/">http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/</a>
	統合化地下構造データベース「ジョ・ステーション」	防災科学技術研究所(長崎県が地盤情報提供)	長崎県	インターネット	無償一般公開	7,970		<a href="http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/">http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/</a>
	統合化地下構造データベース「ジョ・ステーション」	防災科学技術研究所(滋賀県が地盤情報提供)	滋賀県	インターネット	無償一般公開	1,225		<a href="http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/">http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/</a>
	地盤地図情報 「地盤View(じ盤ひゆー)」	横浜市	横浜市	インターネット	無償一般公開	8,000		<a href="http://www.city.yokohama.lg.jp/index.asp?dtm=3">http://www.city.yokohama.lg.jp/index.asp?dtm=3</a>
	川崎市地図情報システム「ガイドマップかわさき」	川崎市	川崎市	インターネット	無償一般公開	不明		<a href="http://kawasaki.aeccloud.jp/webgis/?mp=38">http://kawasaki.aeccloud.jp/webgis/?mp=38</a>
市町村	神戸JIBANKUN	神戸の地盤・減災研究会	神戸市	CD-ROM	有償公開(会員)	6,000	原位置試験結果 土質試験結果	<a href="http://www.kobe-toshi-seibi.or.jp/matsuen/jibankun/jibankun.htm">http://www.kobe-toshi-seibi.or.jp/matsuen/jibankun/jibankun.htm</a>
	鈴鹿市地理情報サイト (土地情報)	鈴鹿市	鈴鹿市	インターネット	無償一般公開	不明		<a href="http://www.genavis-map.ne.jp/aigssuzuka/Main.aspx">http://www.genavis-map.ne.jp/aigssuzuka/Main.aspx</a>
	統合化地下構造データベース「ジョ・ステーション」	防災科学技術研究所(水戸市が地盤情報提供)	水戸市	インターネット	無償一般公開	652		<a href="http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/">http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/</a>
地域ブロック	高知地盤灾害関連情報ポータルサイト	高知市域地盤災害情報協議会	高知市	インターネット	無償一般公開	1,000		<a href="http://www.geonews.ip/kochi/">http://www.geonews.ip/kochi/</a>
	北海道地盤情報データベース (社)地盤工学会北海道支部	北海道道央地区	CD-ROM	有償一般販売	13,000			<a href="http://www.jiban.or.jp/ogenari/shibu/hokkaido/hokkaido.html">http://www.jiban.or.jp/ogenari/shibu/hokkaido/hokkaido.html</a>
	とうほく地盤情報システム「みちのくGIDAS」	とうほく地盤情報システム運営協議会	東北地区	インターネット	無償一般公開 有償公開(会員)	不明		<a href="http://takumei01.tohoku001.in/gidas/index.html">http://takumei01.tohoku001.in/gidas/index.html</a>
	ほぐりく地盤情報システム	北陸地盤情報活用協議会(社)北陸建設弘済会	北陸地区	インターネット	有償公開(会員)	31,441	室内土質試験結果一覧表	<a href="http://www.jiban.usr.wakawak.ne.jp/index.html">http://www.jiban.usr.wakawak.ne.jp/index.html</a>
	関西圏地盤情報協議会 関西圏地盤DB運営機構	近畿地区	CD-ROM	有償公開(会員)	56,000	土質試験結果		<a href="http://www.kg-net2005.jp/">http://www.kg-net2005.jp/</a>
	四国地盤情報データベース	四国地盤情報活用協議会	四国地区	CD-ROM	有償公開(会員)	10,000		不明
	九州地盤情報共有データベース	(社)地盤工学会九州支部	九州地区	CD-ROM	有償一般販売	30,000		<a href="http://150.69.34.50/xoopsigsk/">http://150.69.34.50/xoopsigsk/</a>

(出所) 各サイト掲載情報等より作成 (2013年3月末現在)

(総務省(平成 25 年 6 月), 地盤情報の公開・二次利用促進のためのガイド, p 10)

## ②設計図書・施工記録, 埋設台帳, 関連報告など

既存の構造物の設計図書・施工記録は、地盤状況の把握や基礎形式の選定に有用な資料である。しかしながら、事業主体によっては、公開されていない場合も多い。また、取扱いについては所有者と充分な協議を行っておく方がよい。

設計・施工時において、周辺の埋設物への影響などを検討する場合がある。埋設物などは、地方自治体や民間会社で管理していることが多く、台帳などで閲覧できる場合が多い。

その他の資料として、学会誌や研究発表会資料などを利用できる場合がある。

利用上留意することとして、上記の資料については、公開あるいは非公開の確認が必要である。公開されている資料についても、出典の明示や、所有者との協議が必要となることがある。取扱いには注意が必要である。

### (3) 地盤の特性による災害事象の記録

#### ①液状化

液状化については、地方自治体の地震被害予測の一連の作業内容として、液状化の可能性を検討し、ハザードマップとして公表しているものもある。また、大きな地震の発生時には被害状況調査報告書として、学会、地方自治体や公共構造物の管理主体などが液状化の分布図を作成している場合がある。ある程度、集約されたものとして「日本の液状化履歴マップ 745-2008」(若松(2011)) が参考となる。

全国的に公表されている液状化のハザードマップは「国土交通省 ハザードマップポータルサイト」から閲覧できる。

利用上留意することとして、国や地方自治体が作成する液状化のハザードマップは、微地形や地盤データを反映させたものであるが、250～500m程度のメッシュで作成されており、ボーリング位置や現地での微地形の確認を合わせて考慮する必要がある。

#### ②地震動

地震動については、地方自治体の地震被害予測の一連の作業内容として、震度・加速度分布図を作成して公表しているものもある。また、大きな地震の発生時には被害状況調査報告書として、学会、地方自治体や公共構造物の管理主体などが地震被害分布図を作成している場合がある。

全国的に公表されている震度被害のハザードマップは「国土交通省 ハザードマップポータルサイト」から閲覧できる。

利用上留意することとして、国や地方自治体が作成するハザードマップは、250～500m程度のメッシュで作成されている。地震動予測では、深部地盤の影響は同程度のメッシュでもよいが、表層部の地盤の影響は工学的基盤までの深度によって大きく変化する。当該予測地点のボーリングデータの有無などを確認し、予測精度を確認しておく。

#### ③土砂災害、造成宅地

土砂災害（地すべり、土石流、急傾斜地崩壊など）の危険箇所や警戒区域は、都道府県ごとに公開されている（国土交通省HPで閲覧可能）。市町村ごとに作成されているものもあり、Web上で事前に確認できる。

造成宅地については、谷埋盛土による不同沈下の例や、地震時の被害などが多数報告されている。仙台市では、造成宅地の履歴や地震危険度マップを公表している。

利用上留意することとして、土砂災害の危険箇所や警戒区域については、Web上で事前に確認し、対象とするエリヤに該当する場合や近い場合は現地確認とともに当該自治体に確認して資料を収集することが重要となる。

### 5. 3 現地踏査の方法

現地踏査の目的は、既存資料を収集・整理した結果をもとに現地での確認作業を行うこと、及び資料では得られない調査地の地形・地質、地盤状況を把握することにある。また、調査地での着眼点を絞り込んでおくと、効率的な現地踏査が可能となる。

現地踏査では、観察の一般的な要点として

- ①切土斜面の観察
- ②切土、盛土境界の確認
- ③雨水の処理状況の確認
- ④排水溝の確認
- ⑤周辺の水域（川・池沼・湿地）からの高低差の確認
- ⑥盛土材料の確認
- ⑦擁壁などの亀裂・変状の確認

などがあげられる。既存資料を整理した段階で、表 5.3.1 に示すような現地踏査のチェックリストを作成しておくと便利である。

以下では、地形分類ごとに地盤や家屋の代表的な変形状態の模式図を参考例として示す。現地踏査では、収集資料や模式図を参考にして家屋・擁壁・塀・水路・電柱など、周辺の構造物の変状を細かく観察しておくことも推奨される。

#### （1）山地

山地においては、主に土砂災害が懸念される。

##### ① 土砂災害（急傾斜地地域、地すべり地域、土石流地域）の確認

土砂災害警戒区域については、「土砂災害警戒区域における土砂防止対策の推進に関する法律（土砂災害防止法）」により規制されている土砂災害警戒区域や土砂災害特別警戒区域に入るかどうかを確認する必要がある。区域内にあれば、開発行為はできないことになる。土砂災害警戒区域は、区域境界部の見やすい場所に立看板で表示されている。以下に、イメージ図を示す。

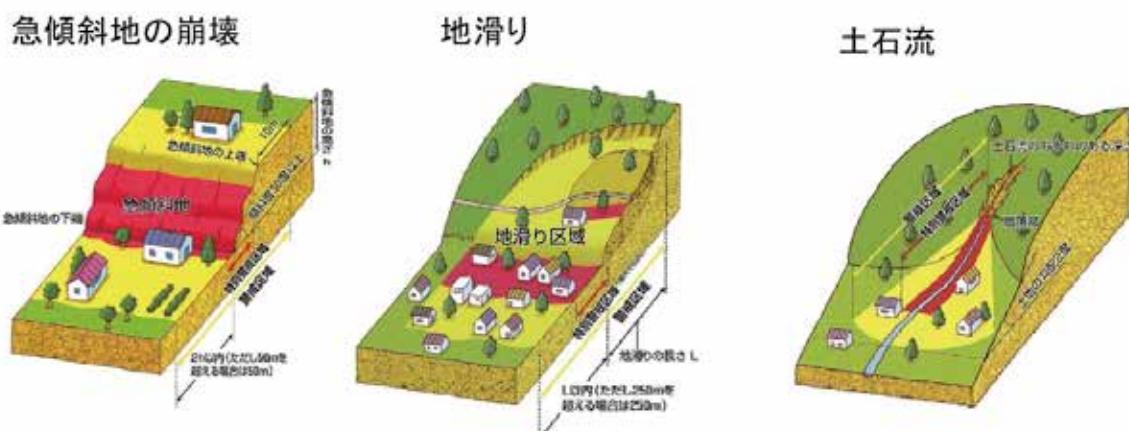


図 5.3.1 土砂災害警戒区域<sup>6)</sup>

対象地は、この範囲に入るのかどうかを現地において実測し確認する。また、丘陵地や台地部においても同様の確認が必要である。

## (2) 丘陵・台地部

丘陵や台地部は、比較的安定した地盤であるが切土や盛土により、宅地地盤として整地した場合に問題が発生しやすい。

### ①段差地形状の盛土地盤と切盛地形

丘陵や台地部における宅地地盤ではよく見られ、以下のような不同沈下が想定される。

- ・切土等の安定地盤と盛土個所が接して分布する地域の境界部に生じる不同沈下
- ・盛土層厚の違いにより生じる盛土の不同沈下
- ・盛土末端部の山留等の変形による不同沈下

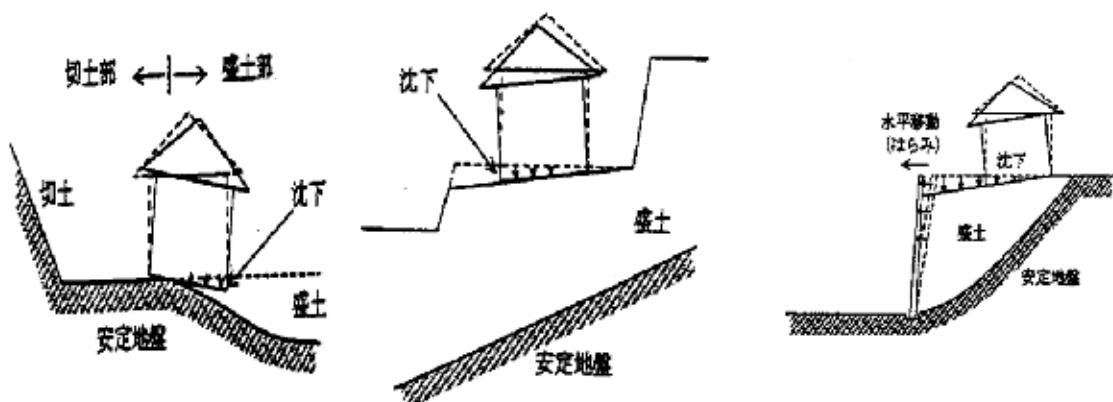


図 5.3.2 切土と盛土の境界、安定地盤と低地が接する箇所

### ②安定地盤上に施工された盛土

盛土転圧不足や不均質な盛土材（建設廃材、ごみ）の混入によって、不同沈下を生じている場合がある。

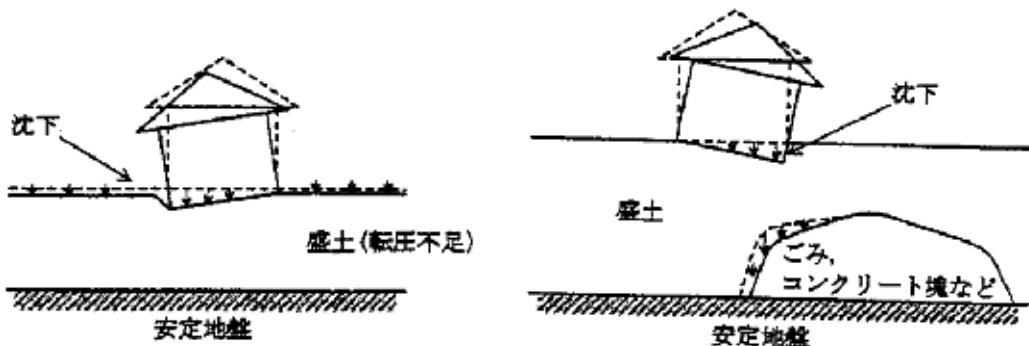


図 5.3.3 安定地盤上の盛土

### ③丘陵地や台地と接する沢部および谷埋盛土

丘陵や台地と沢部の境界では、沢部の軟弱層の圧密沈下により不同沈下が生じる。また、

沢部を埋めた盛土では、沢部に堆積する軟弱層の層厚の違いにより不同沈下や排水不良によるのり面や盛土の崩壊が発生しやすい。

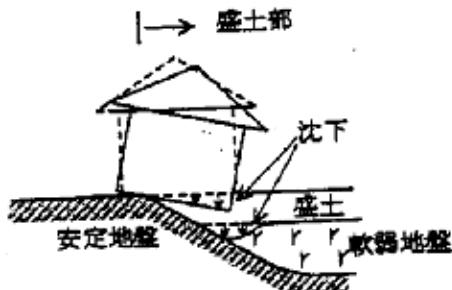


図 5.3.4 丘陵地や台地と接する沢部

### (3) 平野部

平野部では、氾濫原・後輩湿地・溺れ谷などに施工された宅地での変状例を示した。

#### ①粘性土や砂質土が複雑に堆積する氾濫原

氾濫原地域では、地盤の圧密や支持力不足による沈下や、粘性土と砂質土の不規則な堆積による不同沈下などが発生しやすい。

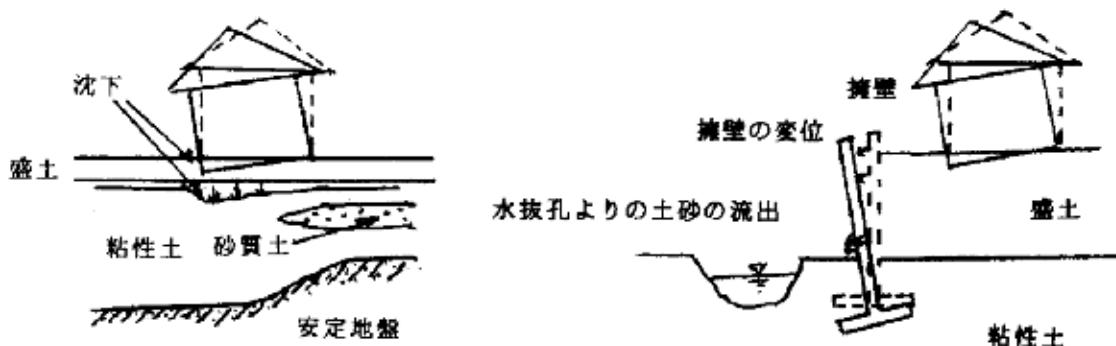


図 5.3.5 平野部の氾濫原地域

#### ②後背湿地や溺れ谷

粘性土層が厚く分布し、腐植土層が分布している場合が多く、新たな盛土等の引き込み沈下により宅地地盤が傾いている場合がある。

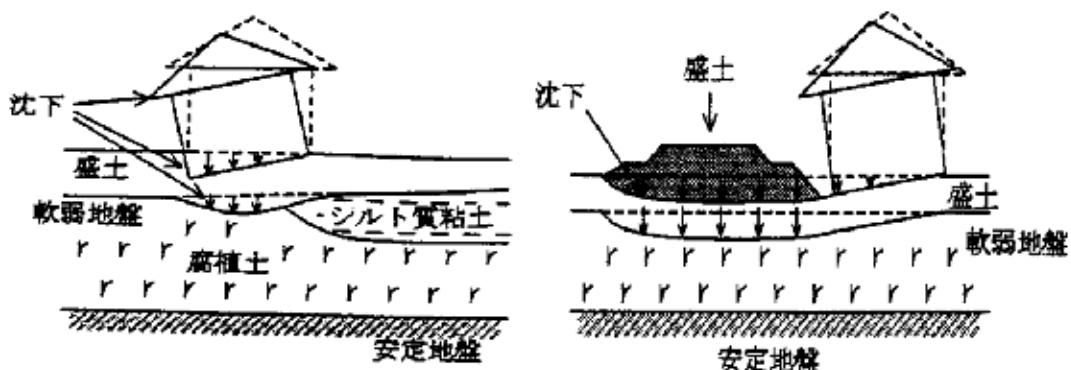


図 5.3.6 有機質土や軟らかい粘性土により構成される地域

### ③三角洲性低地部

三角州による低地部で、軟らかい粘性土地盤を埋め立てて造成した宅地では、粘性土の圧密沈下が継続し、変状が発生している場合がある。また、地下水位が高く緩い砂層が分布する場合には、地震時に液状化が発生して、変状している場合がある。

- ・埋立地盤

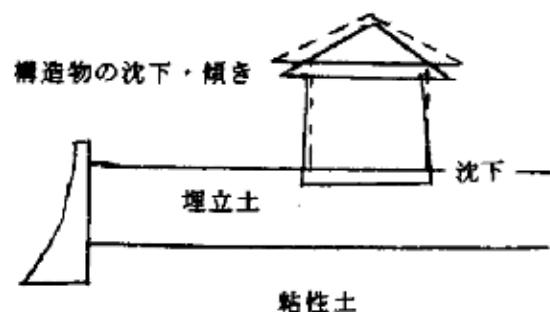


図 5.3.7 軟らかい粘性土層を埋め立てて造成した地盤

- ・地下水位が高く緩い砂層により構成される地盤



図 5.3.8 地下水位の高い砂地盤

表 5.3.1 現地踏査のチェックリストの例<sup>7)</sup>

点検項目		点検細目
基本資料	既存資料	地形図・旧地形図・地盤図・地質図・土地条件図・その他( )
地形観察	地形判別	山地・丘陵・崖錐・洪積台地・扇状地・自然堤防・後背湿地・谷底低地・おぼれ谷・旧河道・三角州・海岸砂州・砂丘・堤間低地・潟湖跡(干潟・干拓地)
	付近の水域からの高低差	敷地からみた川・池沼・湿地までの高さ(GLー ) m
地表の傾斜	傾斜度	急傾斜地・緩傾斜地・平坦地・(斜度 15 度以上を急傾斜とする)
	主傾斜の方向	主傾斜が(南・北・西・東・北東・北西・南東・南西)向き斜面
表層土質	表層地質の地層区分	沖積層・洪積層・第三紀層・その他( )
	露頭の土質	掘削面無・岩盤・固結土・砂質土・粘性土・ローム・その他( )
起伏の位置関係	丘陵尾根との関係	裾地・中腹・頂上付近などの鞍部
	台地・崖地との関係	崖麓・中腹・崖端・台地上の平坦地
	微地形境界(傾斜転換点) 線上からの位置	低地側平坦部・地形境界の接合端部・高地側傾斜部
土地利用	周辺の土地利用	旧来からの宅地・水田・畑地・山林・原野・果樹園・沼沢・その他( )
	地域地盤特性	凍上地帯・水害常襲地・地盤沈下地帯・崖崩れ危険地域・液状化履歴地・特記なし
	宅地化の状況	家屋が(まばらである・多い・密集している)
植生	植物の種類	かん木が目立つ・湿地性植物・砂丘性植物・その他( )・特記なし
周辺異常	電柱の傾斜	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
	道路の波打ち・亀裂	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
	排水溝・水路の波打ち	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
	家屋の壁・基礎の亀裂	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
	塀の不陸・傾斜	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
	擁壁の異常	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
敷地履歴	敷地の現況	既成宅地・不整地の原野・水田・畑・その他( )
	敷地の履歴	原野・山林・崖地・畑・水田・池沼・河川敷・その他( )
	過去の災害履歴	有( )・無
造成状態	地表面形状	敷地傾斜 無・有( ) m 段差 無・有( ) m
	盛土の厚さ	( ) m~( ) m・不明
	盛土の経過時間	在来地盤・10 年以上・5 年以上~10 年未満・3 年以上~5 年未満・1 年以上~3 年未満・1 年未満・解体後の敷地(推定 20 年)・不明
	切・盛土の境界	明瞭・不明瞭
	新規盛土予定	新規盛土なし・予定有り( ) m~( ) m・未定

(日本建築学会(2008) : 小規模建築物基礎設計指針, p 29 より引用)

## 5.4 地盤調査の方法

### 5.4.1 スウェーデン式サウンディング

#### (1) 試験方法と結果の整理方法

スウェーデン式サウンディング試験方法は JIS A 1221 に定められている。2013 年 3 月 21 日に規格が改正されている。

スウェーデン式サウンディングは、段階荷重による貫入と回転による貫入を併用したサウンディング調査方法であり、土の静的貫入抵抗を測定し、その硬軟又は締まり具合を判定する試験方法である。この試験は、スウェーデンの国有鉄道で採用され、我が国においては 1954 年頃に建設省の堤防調査で初めて使用され、その後日本道路公団などでボーリングを補完する技術として普及した。最近では、その調査の簡便さ、迅速性等の利点により、戸建て住宅の調査法として広く用いられるようになった。

スウェーデン式サウンディングの試験装置は、図 5.4.1～5.4.3 に示すスクリューポイント、クランプ、おもりからなる。また、手動による試験装置の例を図 5.4.4 に示す。

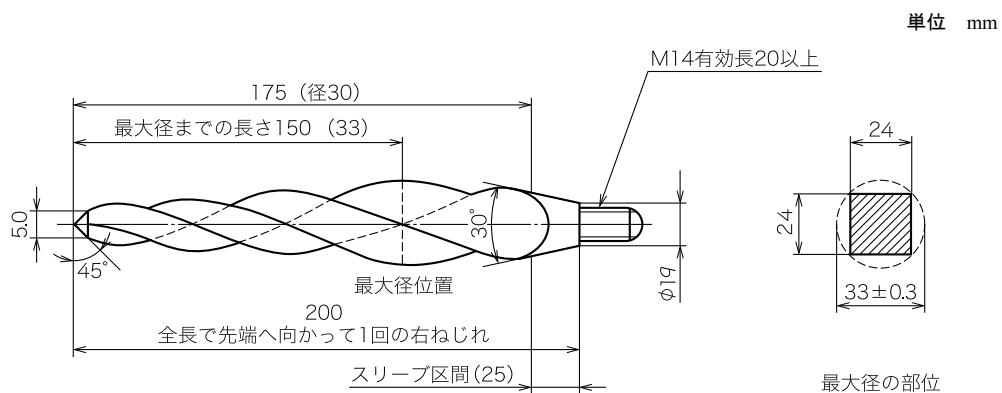


図 5.4.1 スクリューポイントの例<sup>8)</sup>

単位 mm

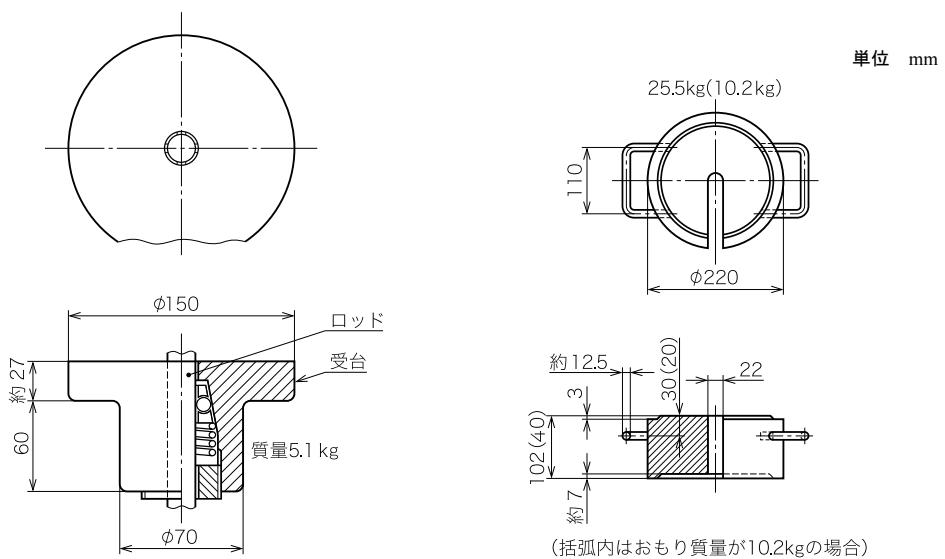


図 5.4.2 クランプの例<sup>8)</sup>

図 5.4.3 おもりの例<sup>8)</sup>

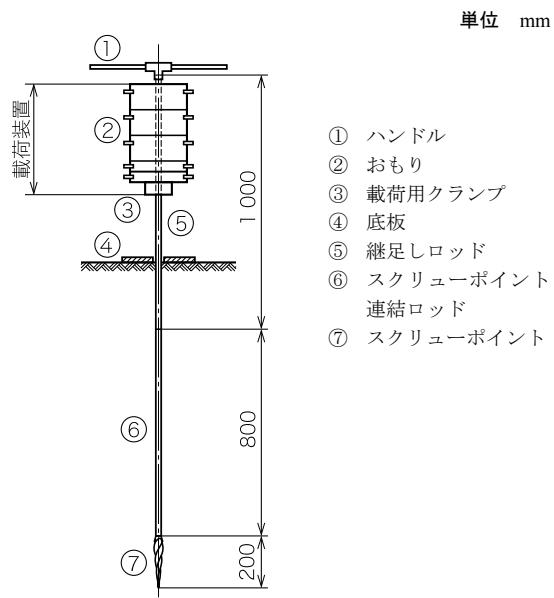


図 5.4.4 手動による試験装置の例<sup>8)</sup>

スウェーデン式サウンディングの種類としては、手動（全ての作業が手動で行われるもの）、半自動（回転のみが機械式に自動で行われるもの）及び全自動（回転・載荷・試験記録全てが自動で行われるもの）が存在している。

自動試験装置の場合は、必ずしも実荷重（おもり）を用いなくとも良いこととなっている。また、自動試験装置の能力に配慮し、最小荷重が 500N の載荷装置が許容されている。図 5.4.5 に自動試験機の例を示す。自動試験装置における荷重制御方法は、試験機の性能により多様であるが、おもりを用いるもの、おもりと本体フレーム自重を合わせたもの、本体フレーム自重と反力を合わせたもの、荷重制御が自動化されたのもなどが実用化されている。

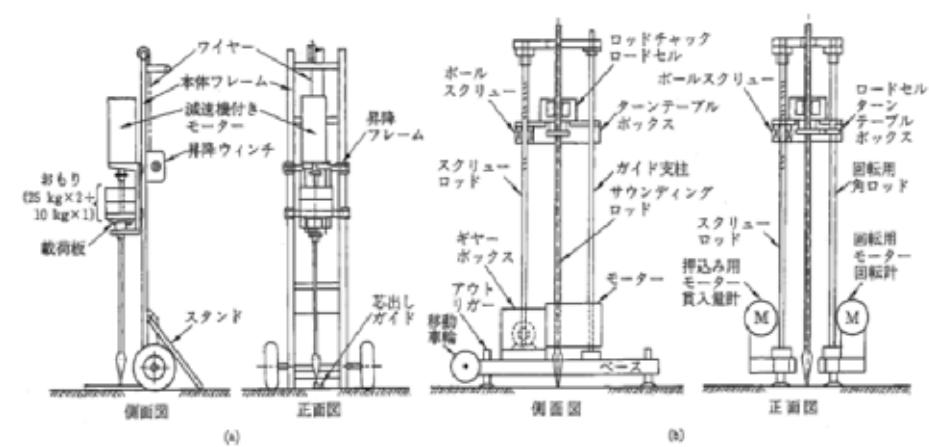


図 5.4.5 自動試験機の例<sup>8)</sup>

スウェーデン式サウンディングの試験方法は、以下のように JIS で規定されている<sup>1)</sup>。

- a) 試験前に、スクリューポイント、載荷装置及び回転装置が損傷していないこと並びにロッド、ねじ部の変形及び損傷がないことを点検する。使用するスクリューポイントは、最大径が 3 mm 以上摩耗したもの用いない。また、自動記録装置を使用する場合には、試験前に機能チェックを行う。
- b) スクリューポイント連結ロッドの先端にスクリューポイントを取り付け、ロッドに載荷用クランプを固定し、調査地点上に鉛直に立てて支える。貫入時に載荷装置が地盤にめり込むおそれのある場合には、あらかじめ底板などを設置し、めり込みを防止する。
- c) 最初に 100 N の荷重をクランプへ載荷する。試験の目的に応じて、最初に 500 N の荷重を載荷してもよい。
- d) 荷重でロッドが地中に貫入するかどうかを確かめ、貫入する場合は強制的に停止せずに貫入が止まったときの貫入量を測定し、その荷重の貫入量とする。また、このときの貫入状況を観察する。
- e) 段階的に荷重を増加して d) の操作を繰り返す。荷重の段階は、50 N, 150 N, 250 N, 500 N, 750 N 及び 1 000 N とする。試験の目的に応じて荷重段階を 500 N, 750 N 及び 1 000 N としてもよい。
- f) 載荷装置下端が地表面に達したら、荷重を除荷し、ハンドルを取り外し、鉛直性を確認しながらロッドを継ぎ足し、載荷用クランプを引き上げて固定し、ハンドルを取り付け、c)～e) の操作を行う。
- g) 1 000 N でロッドの貫入が止まった場合は、その貫入量を測定した後、鉛直方向に力を加えないようにロッドを右回りに回転させ、次の目盛線まで貫入させるのに要する半回転数を測定する。その際、回転速度を 1 分間に 60 半回転数程度以下とする。  
なお、これ以後の測定は、0.25 m (目盛線) ごとに行う。
- h) 回転貫入の途中で、貫入速さが急激に増大した場合は、回転を停止して、1 000 N の荷重だけで貫入するかどうかを確かめる。貫入する場合は d) に、貫入しない場合は g) に従って以後の操作を行う。
- i) 測定において、e) の作業の途中で急激な貫入又は h) の作業の途中で回転を与えるなくとも急激に貫入が生じた場合は、いったん貫入が止まるまで荷重を速やかにおろし、その間の作業内容を記録し、e) の作業から始める。
- j) 次の状態が確認された場合は測定の終了について検討する。
  - 1) スクリューポイントが硬い層に達し、貫入量 0.05 m 当たりの半回転数が 50 回以上となる場合
  - 2) ロッド回転時の抵抗が著しく大きくなる場合
  - 3) 地中障害物に当たり貫入不可となった場合  
記録には測定終了事由及び終了深度を記録する。
- k) 試験終了後、載荷装置を外し、引抜き装置によってロッドを引き抜き、その本数を点検し、スクリューポイントの異常の有無を調べる。

また、試験結果の記録及び整理に関しても、以下のように JIS で規定されている<sup>1)</sup>。

- a)荷重だけによって貫入が進む場合は、荷重の大きさ  $W_{sw}$  とスクリューポイント先端の地表面からの貫入量を求める。
- b)荷重 1 000 N で、回転によって貫入が進む場合は、半回転数  $N_a$  に対応する貫入後のスクリューポイント先端の地表面からの貫入深さを記録し、そのときの貫入量  $L$  を計算する。
- c)貫入量 1 m 当たりの値は、次の式で計算し、小数点第一位を四捨五入し表示する。  
 ここに,  $N_{sw}$  : 贯入量 1 m 当たりの半回転数  
 $N_a$  :  $L$  の長さの貫入に要した半回転数  
 $L$  : 贯入量 (cm)  $L=25 \text{ cm}$  の場合は  $N_{sw}=4N_a$
- d)貫入速さが急激に増大したり減少する場合は、貫入の状況を記録する。
- e)試験結果は、荷重、半回転数、貫入量 1 m 当たりの半回転数を記録する。

## (2)結果の利用方法

スウェーデン式サウンディングと他の試験を比較した例としては、稻田により  $N$  値との関係が図 5.4.6 に、一軸圧縮強さとの関係が図 5.4.7 に示されている。

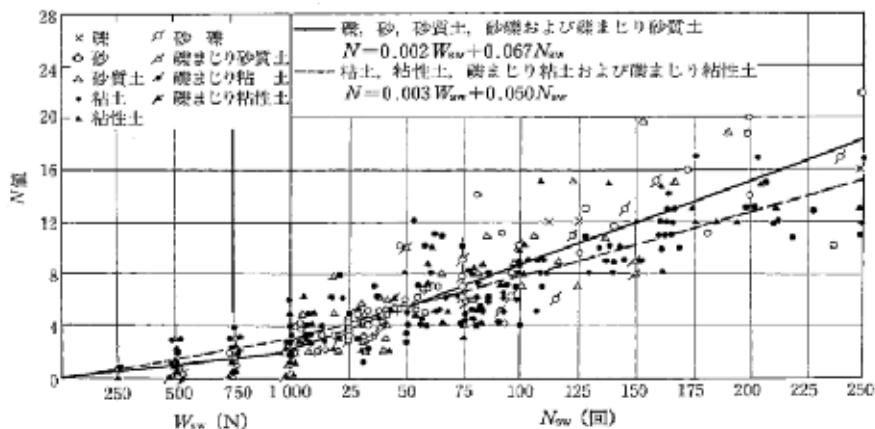


図 5.4.6  $N$  値と  $W_{sw}$ ,  $N_{sw}$  との関係<sup>8)</sup>

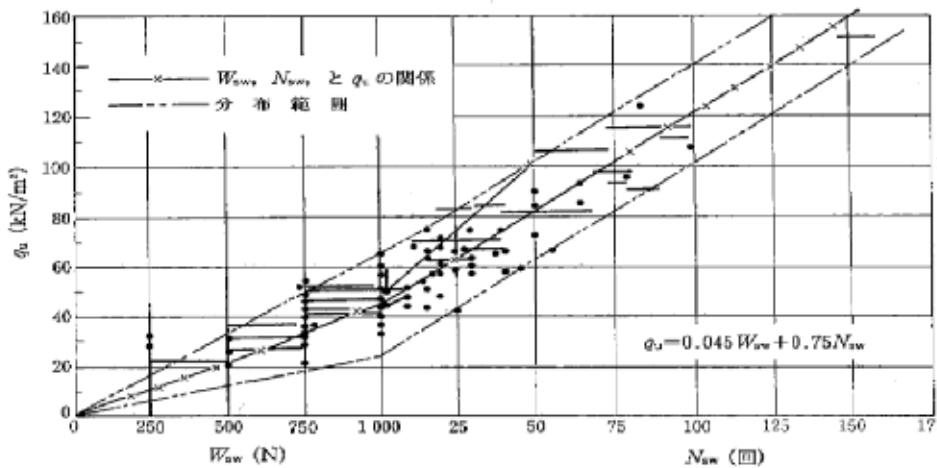


図 5.4.7 一軸圧縮強さと  $W_{sw}$ ,  $N_{sw}$  との関係<sup>8)</sup>

## 5.4.2 標準貫入試験

### (1) 試験方法と結果の整理方法

標準貫入試験（SPT）は、SPT サンプラーを動的貫入することによって地盤の硬軟、締まり具合の判定、及び土層構成を把握するための試料の採取を目的とする。標準貫入試験は、事実上岩盤を除くほとんどの土質地盤に適用されている。ただし、礫質土に対する適用性には限界があり、90%粒径がサンプラー外径を越える礫質土への適用は避けることが望ましい。更に、ロッド自沈や  $N$  値が 1～2 などの非常に軟弱な地盤では、設計用地盤情報として用いるには問題がある。

標準貫入試験の概念図を図 5.4.8 に示す。標準貫入試験から得られる  $N$  値とは、質量  $63.5 \text{ kg} \pm 0.5 \text{ kg}$  の鋼製ハンマーを  $760 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$  の高さから自由落下させてロッド頭部に取り付けたアンビルを打撃し、ロッド先端に取り付けた SPT サンプラーを地盤に  $300 \text{ mm}$  打ち込むのに必要な打撃回数のことである。

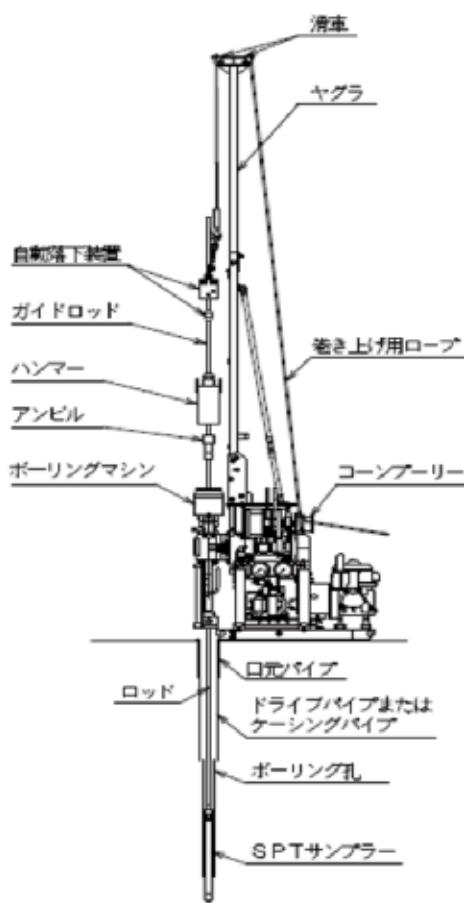


図 5.4.8 標準貫入試験の概念図<sup>9)</sup>

標準貫入試験方法は 2005 年に国際規格 (ISO 22476-3) として規格化され、これに伴い JIS 規格も ISO 規格に準じる形で 2013 年に改正された。ISO では、サンプラー形状が従来の JIS 規格と異なっているが、このサンプラーから得られる  $N$  値は設計に用いることが出来ず、設計に用いる場合は従来の JIS で規定されていた SPT サンプラー (図

5.4.9 参照) を用いることとなっている。

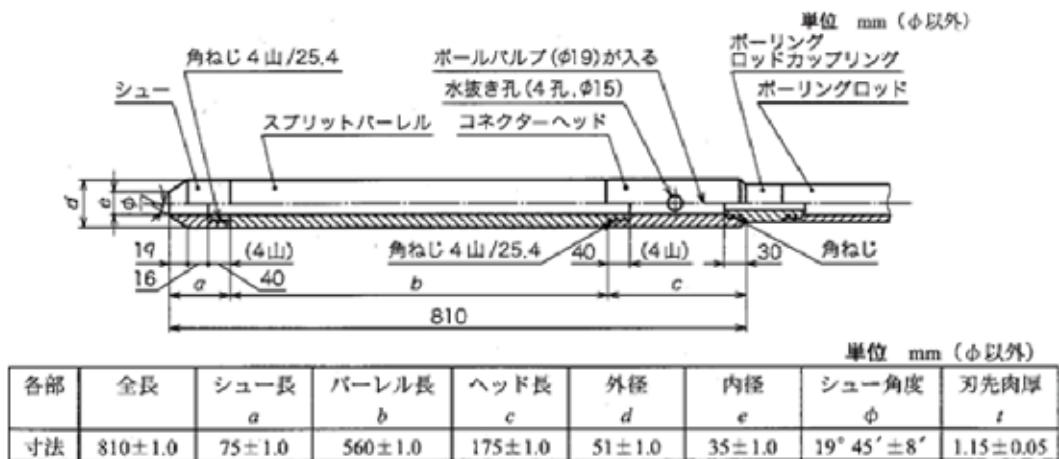


図 5.4.9 設計に用いる N 値のための SPT サンプラー<sup>9)</sup>

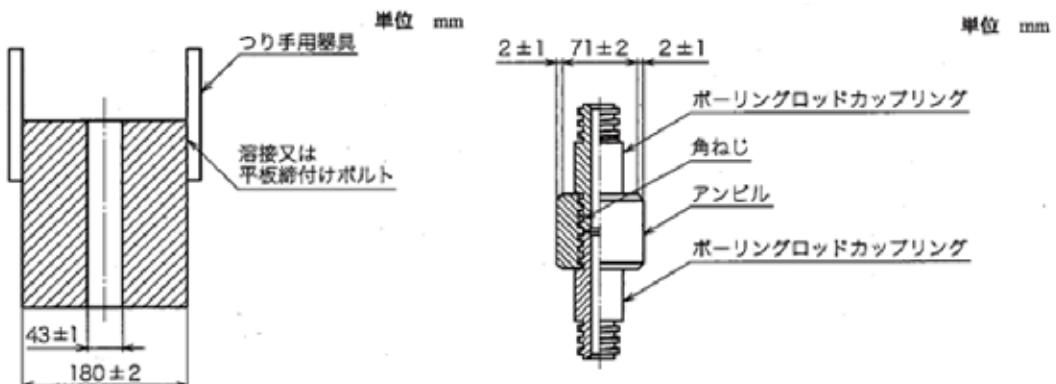


図 5.4.10 標準貫入試験の主な用具<sup>9)</sup>

標準貫入試験に用いる主な用具は、ポーリング機械 1 式のほか、図 5.4.10 に示すような SPT サンプラー、アンビル、ハンマー及びロッドや落下装置からなる。SPT サンプラーは、シュ、二つ割りにできるスプリットバーレル及びカップリングからなる鋼製のものである。シュは、損傷しにくい熱処理を施した構造用合金鋼製のもので、外面及び内面は摩擦の少ない仕上げ面をもつものである。アンビルは、ハンマーの打撃を直接受け、そのエネルギーをロッドへ伝える装置である。ハンマーは、質量が 63.5 kg で、SPT サンプラーを打ち込むのに必要なエネルギーを発生させるための打撃装置の一部で、「もんけん」と呼ばれることがある。ロッドは、呼び径 40.5 (JIS M-1001) を用いる。呼び径 40.5 のロッド質量は、カップリングを含め平均  $4.5 \text{ kg/m} \pm 0.3 \text{ kg/m}$  である。ロッド長は、通常 3m が標準で、この他に短管といわれる長さ 1.5 m, 1 m のものが用いられている。落下装置は、ハンマーを吊り上げて自由落下させることができるもので、設計に用いる N 値を求める場合には、自動落下（全自動落下型又は半自動落下型）とする必要がある。従来、手動落下法（コーンペリ法、とんび法）がしばしば用いられて

いたが、今回の JIS 改正から、この方法は  $N$  値を設計に用いる場合には使用できないこととなった。

標準貫入試験方法（JIS A 1219-2013）と結果の整理方法は、以下のとおりである。

- ① 所定の試験深度まで試験孔を掘削し、試験孔底のスライムを取り除く。その際に孔底以深の地盤を乱してはならない。
- ② ロッドの先端に SPT サンプラーを取り付け、試験孔底へ降ろす。そして、打撃装置を取り付ける。この時点での貫入量を記録する。軟弱地盤で自沈を生じる場合は、ロッド自沈あるいはハンマー自沈に分けて記録する。
- ③ 63.5 kg のハンマーを 760 mm の高さから自由落下させ、試験孔底から 150 mm まで（自沈を含む）予備打ちを行う。予備打ちは、軟弱な地盤ではハンマー落下高を小さくして、軽打撃によって貫入抵抗を確認しながら貫入する。また、 $N$  値 50 以上と想定される地盤では、予備打ちを本打ちに代えることができる。
- ④ 予備打ち後、63.5 kg のハンマーを 760 mm の高さから自由落下させ、SPT サンプラーを 300 mm 贯入する。必要な打撃回数は、100 mm 贯入ごとに記録する。ただし、打撃 1 回ごとの貫入量が 100 mm を超えた場合は、その貫入量を記録する。
- ⑤ 本打ちの打撃回数は、特に必要のないかぎり 50 回を限度とする。予備打ち後に 300 mm 贯入させるに必要な全打撃回数をその試験区間の  $N$  値とする。
- ⑥ 所定の打撃回数で貫入量が 300 mm に達しない場合、打撃回数に対する貫入量を記録する。なお、必要に応じて打撃回数を 100 回まで増やしてもよい。
- ⑦ 採取された試料は、逆止弁の位置に到達してはいけない。
- ⑧ 測定を終了した後、地表に SPT サンプラーを引き上げ、シュー及びカップリングを取り外し、スプリットバーレルを二つに割り、採取試料の観察を行う。代表的な試料を透明な容器に保存する。なお、採取試料が複数の土層にまたがる場合は、試料の上下関係を保ったまま、試料間にしきいを挟んで試料を保存する。
- ⑨ 試験結果は、 $N$  値又は打撃回数に対する貫入量として報告する。

標準貫入試験の結果は、図 5.4.11 に示したような柱状図（標準貫入試験結果一覧図）に整理し利用されている。この図の内、採取試料の観察結果などから地層構成や定性的な強度・変形・含水量、混入物の情報を、 $N$  値の深度分布から地盤の硬さや締まりの程度を読み取ることができる。更に、これらの情報は、地層の堆積年代、支持層としての評価、圧密層や液状化層の判断、地下水位や透水性の評価などに有効に活用できる。

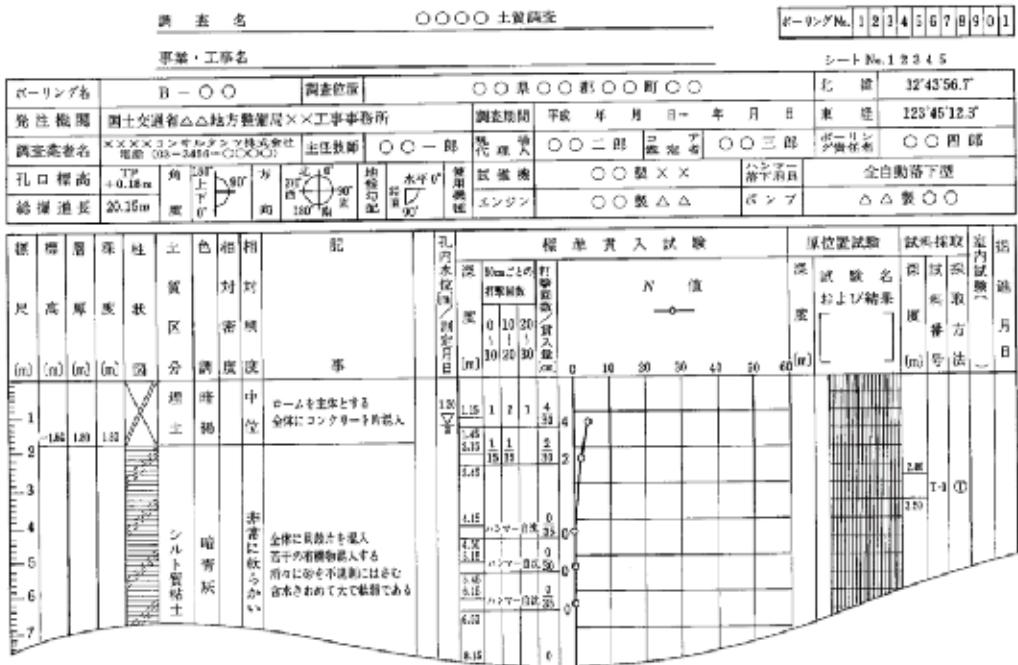


図 5.4.11 ボーリング柱状図（標準貫入試験結果一覧図）<sup>10)</sup>

## (2) 結果の利用方法

標準貫入試験が普及している理由の一つに、豊富なデータの蓄積がある。N値は砂質土の相対密度やせん断抵抗角、更に液状化強度比など地盤定数との関係が数多く提案されている。N値とせん断抵抗角の関係は、Terzaghi and Peck, Meyerhof, Dunham (ダナム), 大崎らなどにより提案されており、表 5.4.1 及び図 5.4.12 に示す。N値と粘性土の一軸圧縮強さの関係は、Terzaghi and Peck により、表 5.4.2 及び図 5.4.13 のよう に示されている。また、竹中・西垣、奥村は、Terzaghi and Peck の N値と  $q_u$  の関係が過小であることをし、図 5.4.14 を示している。

表 5.4.1 N値と内部摩擦角の関係<sup>9)</sup>

N値 (相対密度)	内部摩擦角 $\phi$ (度)				
	Terzaghi ・Peck	Meyerhof	Dunham	大崎 <sup>※1</sup>	道路橋 <sup>※2</sup>
0 ~ 4 (非常に緩い)	28.5 >	30 >	①粒子丸・ 粒度一様 $\sqrt{12N} + 15$		
4 ~ 10 (緩い)	26.5 ~ 30	30 ~ 35	②粒子丸・ 粒度良 $\sqrt{12N} + 20$		
10 ~ 30 (中位の)	30 ~ 36	35 ~ 40	③粒子角・ 粒度一様 $\sqrt{12N} + 25$	$\sqrt{20N} + 15$	$\sqrt{15N} + 15$ (N ≥ 5)
30 ~ 50 (密な)	36 ~ 41	40 ~ 45			
> 50 (非常に密な)	> 41	> 45			

※1：建築基礎構造設計指針に引用されている。

※2：道路橋示方書1996年版以前で採用されていた。

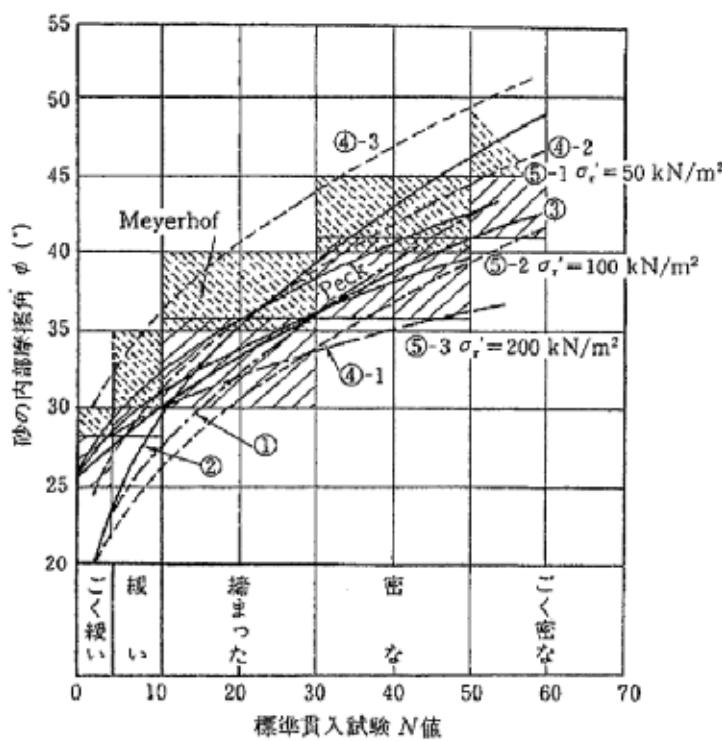


図 5.4.12  $N$  値と砂の内部摩擦角の関係<sup>11)</sup>

表 5.4.2  $N$  値と粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さの関係<sup>12)</sup>

$N$ 値	$q_u$ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )	コンシステンシー
0~2	0.0~24.5	非常に柔らかい
2~4	24.5~49.1	軟らかい
4~8	49.1~98.1	中位の
8~15	98.1~196.2	硬い
15~30	196.2~392.4	非常に硬い
30~	392.4~	固結した

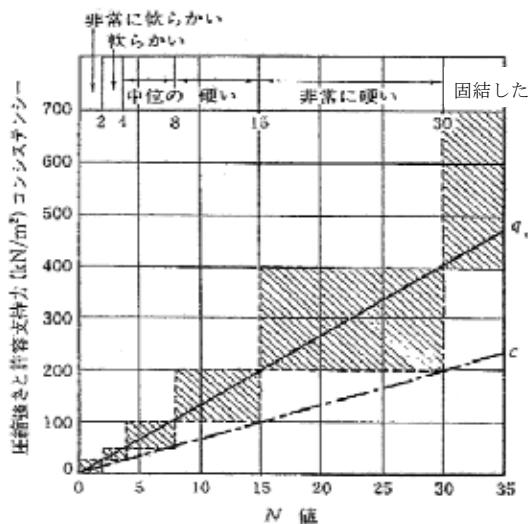


図 5.4.13  $N$  値と粘土のコンシステンシー、一軸圧縮強さの関係<sup>12)</sup>

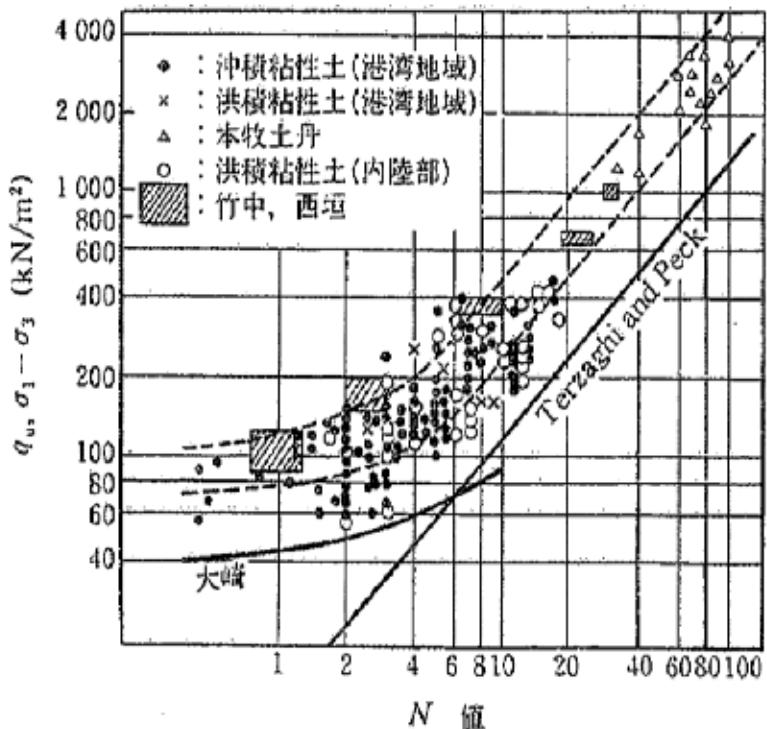


図 5.4.14  $q_u$  と N 値の関係<sup>13)</sup>

### 5.4.3 平板載荷試験

#### (1) 試験方法と結果の整理方法

平板載荷試験は、地盤に直接荷重を載荷することで地盤の変形特性や支持力特性を直接的に測定する試験方法である。2012年の地盤工学会基準の改正に伴い、従来の基準では主に土質地盤を対象とした支持特性を求めるための「地盤の平板載荷試験（JGS 1521）」と、軟岩から硬岩までの原位置岩盤を対象とした変形特性を求めるための「剛体載荷板による岩盤の平板載荷試験（JGS 3521）」を「平板載荷試験（JGS 1521-2012）」として両者の統合が図られている。本章では、主に土質地盤を対象とした支持特性を求めるための試験方法について記載する。

平板載荷試験装置の構成と設置状況を図5.4.15に示す。平板載荷試験に用いる載荷板は、試験地盤の変位に対して載荷板のたわみが無視できる、十分な剛性を持つ上下面が平滑な鋼製の円形剛板で、直径は300mm以上、厚さは25mmのものが用いられる。また、載荷板には図5.4.16示すような補強リブを付けることもある。

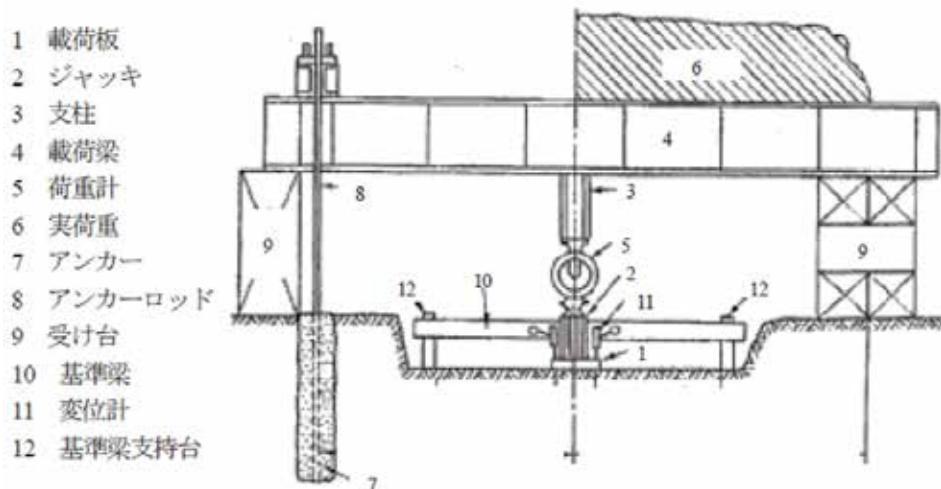


図5.4.15 試験装置の例<sup>14)</sup>

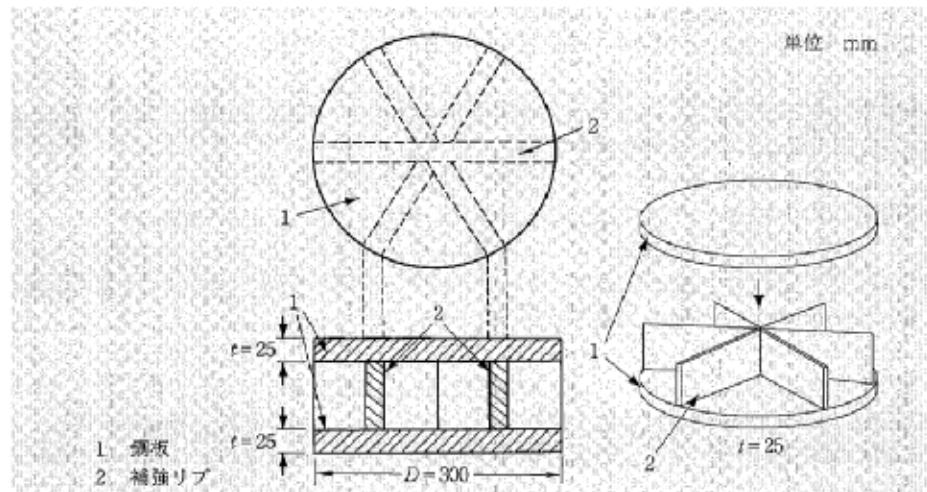


図5.4.16 補強リブ付き載荷板の例(載荷板直径300mm, 鋼板厚さ25mmの場合)<sup>14)</sup>

試験方法は、以下のとおりである。

- ① 試験位置の選定は、計画構造物の種類、規模、基礎の大きさや地盤状況を十分に検討して、地盤を代表しうる位置を適切に選定する必要がある。
- ② 試験地盤面の整形は、載荷板の中心から載荷板直径の3倍以上の範囲を水平に整地する。また、試験地盤に礫を混入する場合は、礫の大きさが載荷板の寸法に比較して過大とならないようにする必要がある。許容される礫の最大径は、載荷板直径の1/5程度である。
- ③ 載荷板は、試験地盤面に密着するように設置する。載荷板と試験地盤の密着性を良くするために、試験地盤面に乾燥砂を薄く敷いても良い。
- ④ 載荷パターンは、土質地盤で支持力を求める場合は、図5.4.17に示す「段階式載荷」、「段階式繰返し載荷」が一般的に用いられる。段階式載荷は、主に地盤の支持力特性を把握する場合に採用されることが多い。段階式繰返し載荷は、多サイクルに載荷・除荷を繰返すことから、各荷重段階での変形特性を求めることが可能である。
- ⑤ 載荷時には、載荷板と地盤の接触面とのなじみを良くするために、第1段階荷重を超えない範囲で予備載荷を2~3回繰り返して行う。
- ⑥ 計画最大荷重は、試験の目的が達成できるように、地盤条件や設計荷重を基に設定する。載荷パターンは試験最大荷重を5~8段階の等分割の一定荷重となるよう設定する。荷重保持時間は、載荷時30分、除荷及び再載荷時は5分程度とする。
- ⑦ 測定の記録は、各荷重段階において所定の荷重に達した後、0分、1分、2分、5分及び以降5分毎とすることが多い。

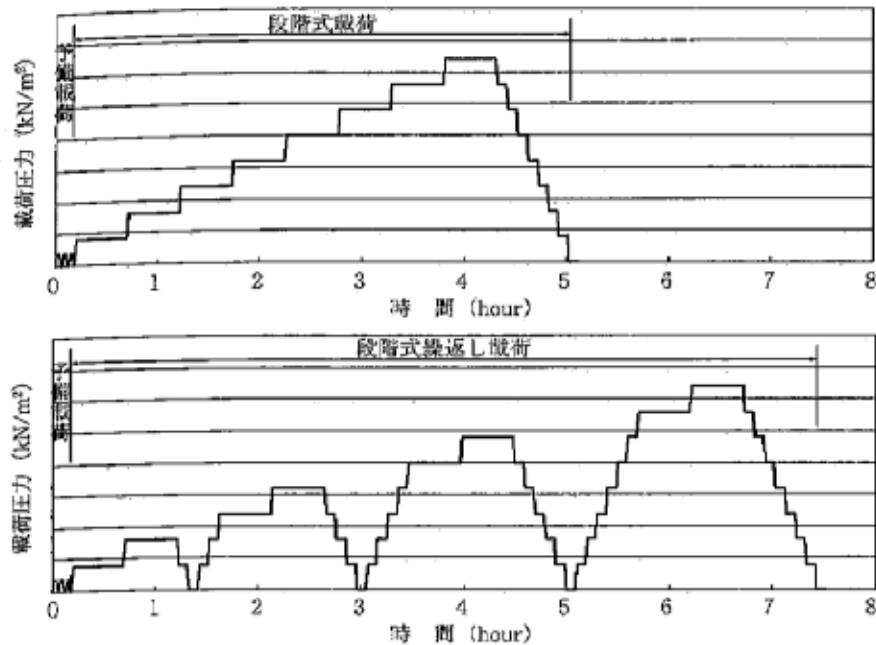


図5.4.17 載荷パターンの例<sup>14)</sup>

測定結果に基づいて「時間・荷重強さ曲線」、「時間・沈下量曲線」、「載荷圧力・沈下量曲線」及び「載荷圧力・残留沈下量、除荷量曲線」を作成する。また、地盤反力係数  $K_{vs}$ (MN/m<sup>3</sup>)を「載荷圧力・沈下量曲線」から次式より求める。

$$K_{vs} = \frac{\Delta p}{\Delta S} = \frac{p_2 - p_1}{S_2 - S_1}$$

ここに、 $\Delta p$ : 載荷圧力の変化量 (kN/m<sup>2</sup>)

$\Delta S$ :  $\Delta p$  に対応する沈下量 (mm)

$p_1, p_2$ : 載荷圧力 (kN/m<sup>2</sup>)

$S_1, S_2$ : 各々の沈下量 (mm)

ただし、 $p_1$  は無負荷時 (荷重強さ 0),  $p_2$  は最大載荷圧力の 1/3 とすることを原則とする。

「載荷圧力・沈下量曲線」で沈下量が急激に増加し始めるとき、もしくは載荷板やその周辺地盤の状況が急激に変化し、載荷が難しくなり始めたときの荷重を極限支持力として読み取る。図 5.4.18 に載荷圧力・沈下量曲線の例を、図 5.4.19 に極限支持力の推定図を示す。なお、段階式繰返し載荷の試験では、「載荷圧力・残留沈下量曲線」および「除荷曲線」を作成する。

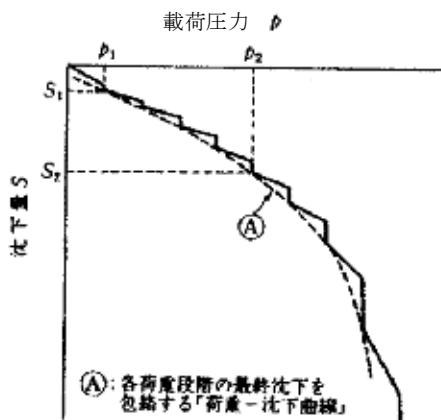


図 5.4.18 載荷圧力・沈下量曲線<sup>14)</sup>

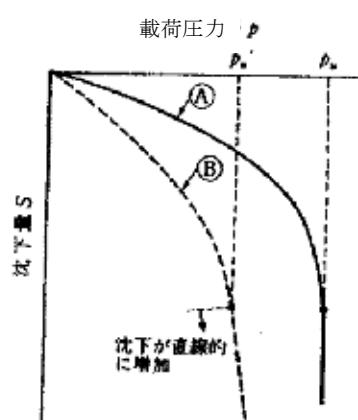


図 5.4.19 載荷圧力・沈下量曲線の形と極限支持力<sup>14)</sup>

## (2) 結果の利用方法

平板載荷試験の結果は、載荷板の載荷圧力・沈下量関係より、基礎の支持地盤の沈下および支持力の検討に用いられる。しかし、平板載荷試験の結果を直接実大規模の構造物基礎の沈下や支持力に関する設計に適用してもよいことにはならない。基礎の沈下や支持力は、基礎の根入れ、形状、大きさ、剛性、地盤構成、地下水位、載荷量、載荷時間などいろいろな条件に支配される。

載荷面積の違いによる載荷の影響範囲の概念図を図 5.4.19 に示す。平板載荷試験による支持力特性は、載荷板直径の 1.5~2.0 倍程度の深さの地盤が対象になる。このように、平板載荷試験の結果は載荷板の大きさに対応した地盤の支持力特性であることを十分

認識する必要がある。したがって、載荷板寸法の2倍程度より深い地盤を対象とする場合は、更に深く掘削して載荷試験を実施する必要がある。

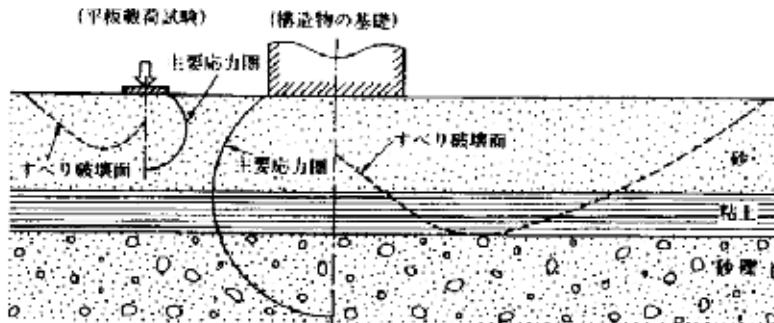


図 5.4.19 構造物の基礎と載荷板の大きさの関係<sup>14)</sup>

一般に設計荷重強さが許容できるか否かについては、以下の点を参考に判断することが多い。

- ①地盤の長期許容支持力は極限荷重 1/3 とする。
  - ②極限荷重強さが認められなかった場合は、試験時の最大載荷重を極限支持力とする。
- 既往の平板載荷試験の実施例を参考に、地盤の極限支持力と地盤反力係数を算定した結果を表 5.4.2 に示した。

表 5.4.2 平板載荷試験で求めた極限支持力、地盤反力係数の一例<sup>14)</sup>

地盤	試験結果	極限支持力 (kN/m <sup>2</sup> )	地盤反力係数 (MN/m <sup>3</sup> )
関東コーム（立川、武藏野）	662～666	—	
洪積砂層（成田層）	900	—	
砂礫地盤	2 750～3 400	—	
洪積粘性土（大阪層群）	1 300～	300～1 000	
洪積砂質土	1 000～	40～80	
洪積砂礫土	1 600	130～200	
埋立て地盤	330～340*	88～103	
盛土地盤（碎石）	630*	243	
沖積砂地盤	830*	40	

\* 載荷試験結果の降伏荷重

「建築基準法施行令・国土交通省告示第 1113 号」では、地盤の長期許容応力度は、次式によるものとなっている。

$$q_a = q_t + 1/3 N_c \gamma_2 D_f$$

ただし、 $q_a$ ：地盤の長期許容応力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$q_t$ ：平板載荷試験による降伏荷重の 1/2 の数値又は極限荷重の 1/3 の値うちいずれか小さな値 (kN/m<sup>2</sup>)

$N'$  : 地盤の支持力係数（無次元）で、締まった砂質地盤では 12, 緩い砂質地盤では 6, 粘性土地盤では 3 とする。

$\gamma_2$  : 基礎底面までの深さ(m)

日本建築学会「建築基礎構造設計指針」では、次のように求めるとなっている。

支持地盤の支持力係数 ( $cN_c$ あるいは $\gamma_1 N_\gamma$ ) を求める

$$\text{粘土地盤の場合} : cN_c = \frac{Q_u}{\alpha_t}$$

$$\text{砂質地盤の場合} : \gamma_1 N_\gamma = \frac{Q_u}{\beta_t \cdot B_t}$$

ここに、

$Q_u$  : 平板載荷試験から求められる地盤の極限支持力(kN/m<sup>2</sup>)

$cN_c$  : 支持地盤の粘着力  $c$  の項目を含めた支持力係数(kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_1 N_\gamma$  : 支持地盤の単位体積重量  $\gamma_1$  の項目を含めた支持力係数(kN/m<sup>3</sup>)  
 $\alpha_t, \beta_t$  : 試験に用いた載荷板の形状係数で、直径 30cm の円板を使用した場合は、 $\alpha_t=1.2, \beta_t=0.3$  となる。

$B_t$  : 載荷板の幅(m)

#### 5.4.4 オートマチックラムサウンディング試験

##### (1) 試験方法と結果の整理方法

オートマチックラムサウンディングは、スウェーデンで開発された動的コーン貫入試験方法で1974年に日本に導入された。試験装置は、図5.4.20に示す自動連続貫入装置、自動引抜き装置、ロッド及びコーンで構成されている。この試験は、ハンマー質量が63.5kg、落下高さが500mmであり、貫入量200mm毎の打撃回数を測定する。また、ロッドをトルクレンチで回転させトルクを測定することにより、ロッド周面摩擦を補正することができる。周面摩擦の影響は、一般的に次式で補正される。

$$N_d = N_{dm} \cdot N_{mantle}$$

$$= N_{dm} \cdot 0.040 M_v$$

ここに、

$N_d$ ：補正された打撃回数

$N_{dm}$ ：測定された打撃回数

$N_{mantle}$ ：周面摩擦相当の打撃回数

$M_v$ ：回転トルク (N・m)

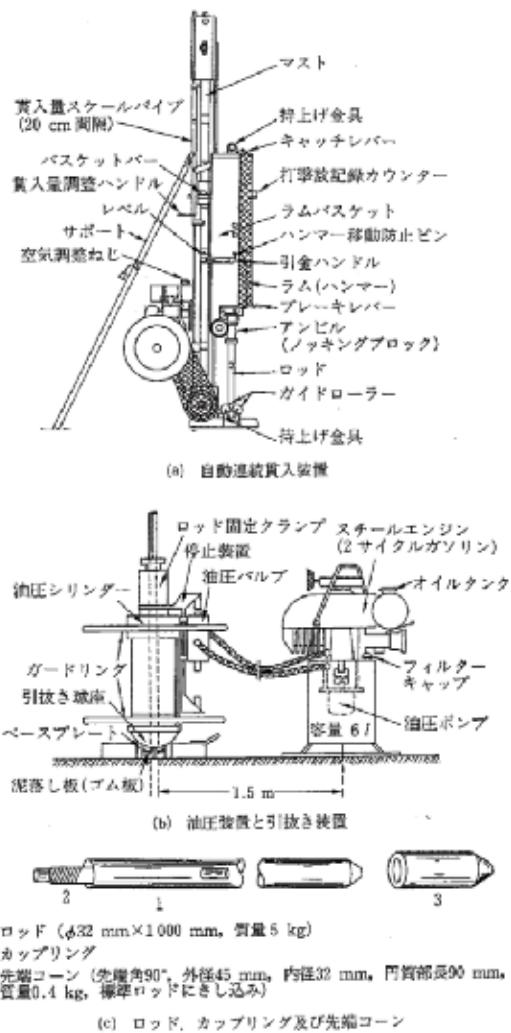


図5.4.20 オートマチックラムサウンディング試験装置 15)

## (2) 結果の利用方法

オートマチックラムサウンディングから得られる  $N_d$  値と  $N$  値の関係を図 5.4.21 に示す。同図によると、ほぼ  $N_d$  値 =  $N$  値の関係が成り立っている。

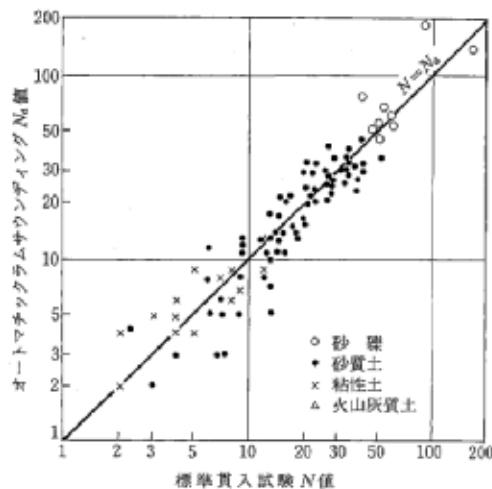


図 5.4.21  $N$  値と  $N_d$  値の関係<sup>15)</sup>

## 5.4.5 電気式コーン貫入試験

### (1) 試験方法と結果の整理方法

電気式コーン貫入試験は、地盤特性を連続的に把握できる試験方法で、ヨーロッパを中心広く用いられている。国内では 1965 年電気式コーンペネトロメータとして実用化され、最近ではコーンの先端抵抗、周面摩擦及び間隙水圧の三成分を測定するタイプが標準的に用いられている。本試験は、地盤工学会基準の「電気式コーン貫入試験方法 (JGS1435-2012)」として基準化されている。コーン先端抵抗と周面摩擦の測定形式を図 5.4.22 に示す。

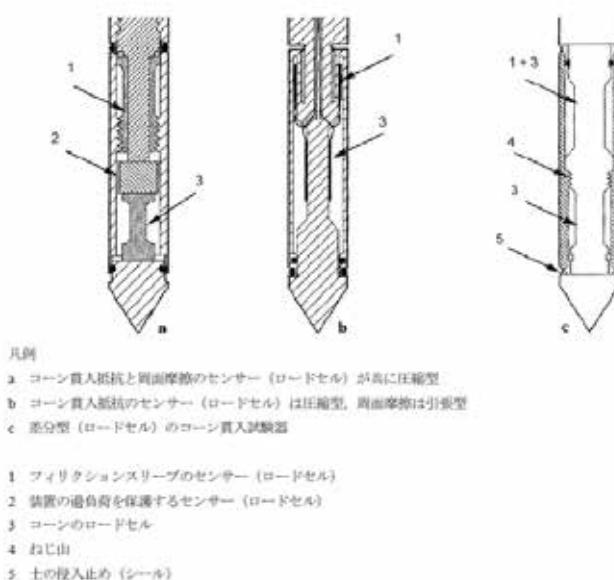


図 5.4.22 コーン先端抵抗と周面摩擦の測定形式<sup>16)</sup>

## (2)結果の利用方法

ロバートソンにより提案されている、先端抵抗に対する摩擦比と間隙水圧の関係に基づく土質分類チャートを図 5.4.23 に示す。この分類図では、指標として次式のように定義される先端抵抗  $Q_t$ 、周面摩擦比  $F_r$  及び間隙水圧比  $B_q$  が用いられている。

$$Q_t = \frac{(q_t - \sigma_{v0})}{\sigma_{v0}'}, \quad F_r = \frac{f_s}{(q_t - \sigma_{v0})} \times 100 (\%),$$

$$B_q = \frac{(u - u_0)}{(q_t - \sigma_{v0})}$$

ここに、

$\sigma_{v0}$ ：当該深さにおける鉛直全応力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$\sigma_{v0}'$ ：当該深さにおける鉛直有効応力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

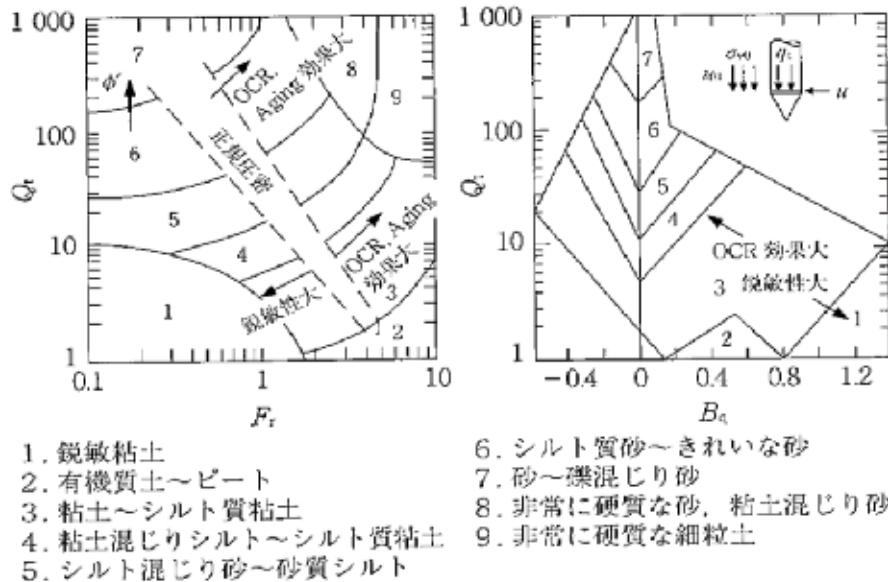


図 5.4.23 ロバートソンによる土質分類チャート<sup>16)</sup>

また、先端抵抗  $q_t$  と粘性土の非排水せん断強さ  $c_u$  は、次式で関連付けられる。

$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$$

ここに、

$N_{kt}$ ：コーン係数

$c_u$ ：非排水せん断強さ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$\sigma_{v0}$ ：鉛直全応力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

コーン係数  $N_{kt}$  は、理論的あるいは実験的な方法で求められている。図 5.4.24 には、田中により求められたわが国の海成粘土でのコーン係数  $N_{kt}$  と塑性指数  $I_p$  の関係を示す。

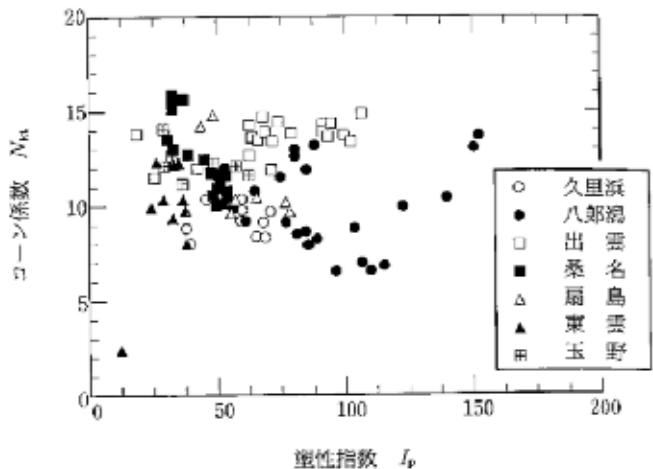


図 5.4.24 わが国海成粘土で得られたコーン係数  $N_{kt}$ (せん断強さを  $q_u/2$  で求めた場合)<sup>16)</sup>

#### 5.4.6 機械式コーン貫入試験

##### (1) 試験方法と結果の整理方法

機械式コーン貫入試験は電気式コーン貫入試験と同様に、コーンを地盤に静的に圧入する事によって、地盤構成、土の種類及び地盤定数を調査する目的で用いられている。機械式コーン貫入試験はオランダで開発・発展した試験方法であり、このため国内外で「オランダ式二重管コーン貫入試験」と呼ばれていた。本試験方法は、日本工業規格で「オランダ式二重管コーン貫入試験 (JIS A 1220-2001)」として規格化されていたが、機械式コーンの国際規格 (ISO 22476-12:2009) の制定を受け、ISO との整合性や試験法の名称を含めた JIS の全面改正が行われ、現在は「機械式コーン貫入試験方法 (JIS A 1220:2013)」として規格化されている。

新しい JIS 規格では、図 5.4.25 に示す 3 種類の貫入先端が示されている。一番左のマントルコーンが、従来のオランダ式二重管コーン貫入試験の貫入先端である。

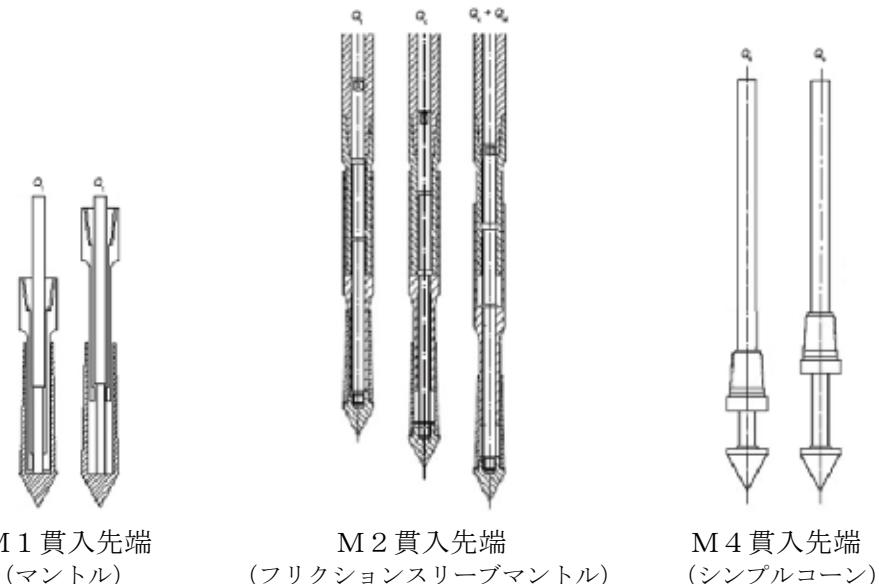


図 5.4.25 機械式コーンの貫入先端<sup>17)</sup>

## (2)結果の利用方法

機械式コーン貫入試験の1種であるオランダ式二重管コーン貫入試験は、北海道で泥炭の地盤定数を求めることが広く行われている。これは、盛土の破壊事例と原位置ベーン試験によって求められたせん断強度との関係から、 $a_u=1/20 \cdot q_c$  の関係が確立されている背景がある<sup>18)</sup>。

### 5.4.7 簡易動的コーン貫入試験

#### (1)試験方法と結果の整理方法

簡易動的コーン貫入試験は図 5.4.26 に示すように、質量  $5 \pm 0.05\text{kg}$  のハンマーを  $500 \pm 10\text{mm}$  の高さから自由落下させ、原位置における地盤の動的な貫入抵抗を簡易に求めることを目的にしている。この試験は、簡易なサウンディングとして地盤表層部の調査などに幅広く用いられており、地盤工学会基準「簡易動的コーン貫入試験方法(JGS 1433-2012)」として基準化されている。

試験結果は、 $100\text{mm}$  ごとの打撃回数  $N_d$  値と貫入長さの関係を整理する。 $N_d$  値は次式から求める。

$$N_d = 100 N \Delta h$$

ここに、 $N$ : 打撃回数

$\Delta h$ : 貫入量(mm)

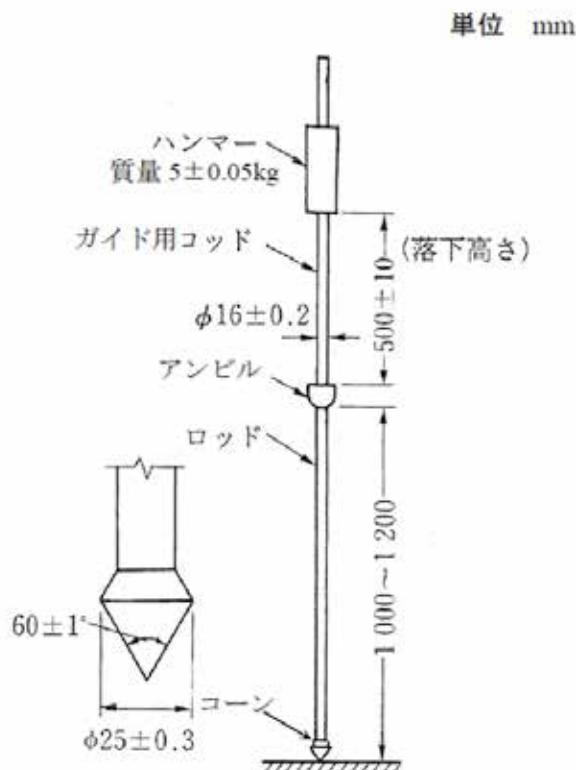


図 5.4.26 簡易動的コーン貫入試験機<sup>19)</sup>

## (2)結果の利用方法

本試験機は比較的軽量であるため、短時間で多くの調査が可能であること、打撃エネルギーが小さいことからわずかな土層の貫入抵抗の変化を把握できることから、主として斜面崩壊地の風化層の調査などに用いられている。また、急傾斜地以外では、盛土や切土などの土構造物の表層部の調査にも適用されている。

### 5.4.8 ポータブルコーン貫入試験

#### (1)試験方法と結果の整理方法

ポータブルコーン貫入試験は、粘性土や腐植土などの軟弱地盤に人力で静的にコーンを貫入させることによってコーン貫入抵抗を求め、軟弱層の地層構成や厚さ、粘性土の粘着力などを簡便、迅速に求めることができる。本試験は、地盤工学会基準の「ポータブルコーン貫入試験方法（JGS 1431-2012）」として基準化されている。試験機は図 5.4.27 に示す。

試験結果から、コーン貫入抵抗  $q_c$  を次式から求める。

$$q_c = \frac{Q_c}{A}$$

ここに、 $Q_c = Q_{rd} + (m_0 + n \cdot m_1)g_n / 1000$

$Q_c$  : コーンの貫入力 (kN)

$A$  : コーンの底面積 ( $m^2$ )

( $A=0.000645m^2$ )

$Q_{rd}$  : 荷重計測定値 (kN)

荷重計に力計を用いた場合、 $Q_{rd}$  は次の式で算出する。

$$Q_{rd} = KD$$

$K$  : 荷重計の構成係数 (kN/目盛)

$D$  : 荷重計の読み値

$m_0$  : コーンの質量 (kg)

$m_1$  : 単管ロッド、又は二十管ロッド内管 1 本の質量 (kg)

$g_n$  : 標準重力加速度 ( $m/s^2$ )

$n$  : 単管ロッド、又は二十管ロッド内管の使用本数 (本)

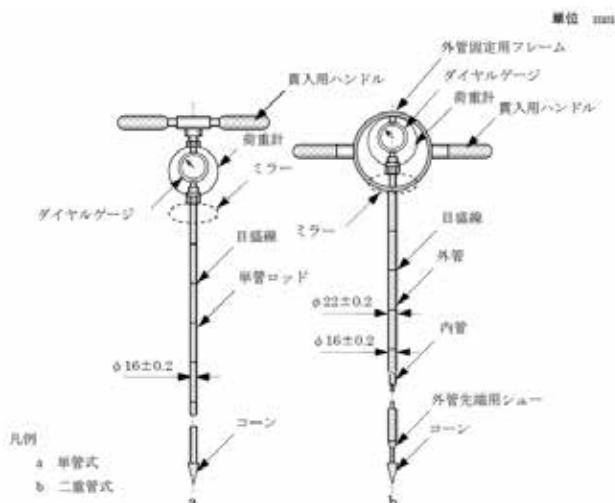


図 5.4.27 ポータブルコーン貫入試験機 20)

## (2)結果の利用方法

粘性土を対象に実施したポータブルコーン貫入試験と一軸圧縮試験の結果を図 5.4.28 に示す。これによると、ほぼ以下の関係が認められる。

$$q_c = 5 q_u$$

$$= 10 c_u$$

ここに、

$q_u$  : 一軸圧縮強さ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$c_u$  : 非排水せん断強さ ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

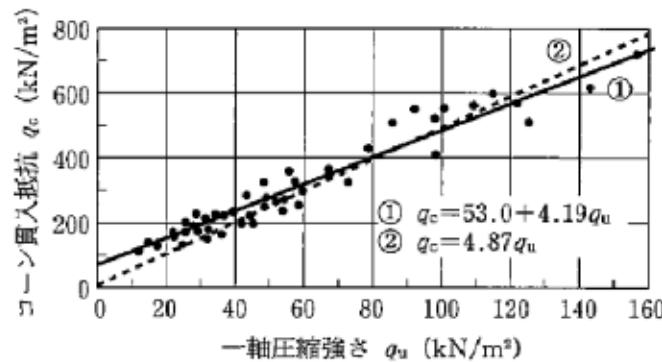


図 5.4.28 ポータブルコーン貫入試験による  $q_c$  と  $q_u$  との関係<sup>20)</sup>

## 5.4.9 オーガーボーリング

オーガーボーリングは、ハンドオーガー方式とマシンオーガー方式に分類される。ハンドオーガー方式の例を図 5.4.29 に示す。本方式は、マシンを用いないで人力にてオーガーに取り付けたハンドルを回転させることにより、先端の刃先に回転力と軸力を与えて掘削し、土試料を採取する方法である。本手法は地表から数 m の浅い地盤を対象としており、土壤調査、路床調査あるいは地下埋設物確認のための試掘の手段として用いられている。マシンオーガー方式は、エンジンなどの動力によりロッドを回転させて掘削する方法で、最近では自走式の大型のものも開発されている。

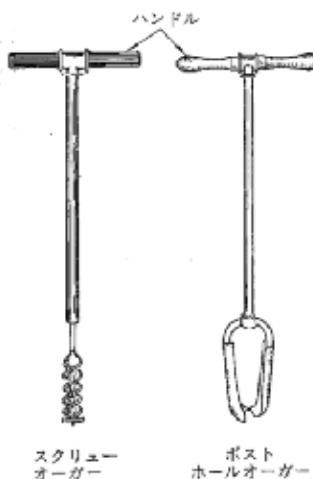


図 5.4.29 ハンドオーガーの例<sup>21)</sup>

#### 5.4.10 表面波探査

ハンマーの打撃やバイブレータなどを使って地表で人工的に弾性波波動を発生させると、地盤中には実体波（P波あるいはS波）が伝搬するとともに、地表面に沿って表面波が伝搬する。この表面波を用いた方法が表面波探査である。

屈折法や反射法の測定システムを用いた多チャンネル式表面波探査の測定システムを図5.4.30に示す。起振源としてはハンマー打撃や重錐落下を用いて、衝撃波を発生させる。測定線上に等間隔（1～5m）に多数（24～48チャンネル）の受信器を設置し、伝搬してきた波形を収録することで、測線上的S波分布を得ることができる。

表面波探査は、市街地での宅地地盤調査、地中埋設管路敷設地盤調査、堤防診断調査あるいは液状化予測調査など、地下10～15mの地盤状況を断面的にとらえる手段として幅広く活用されている。

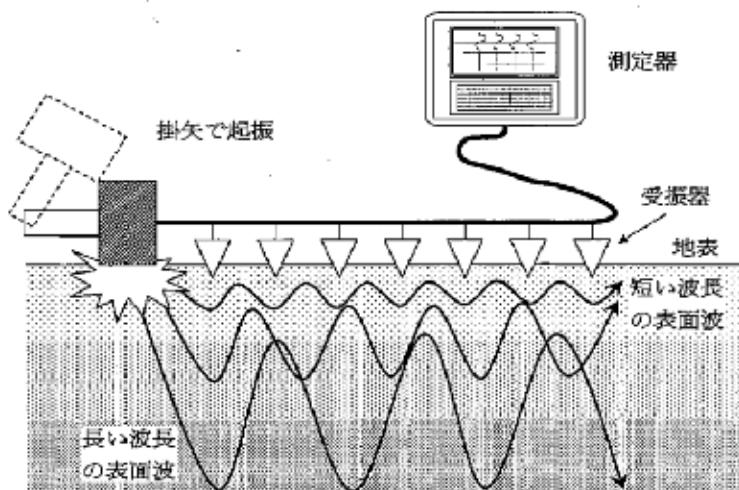


図5.4.30 多チャンネル式表面波探査測定<sup>22)</sup>

#### <参考文献>

- 1) 日本建築学会(2009)：建築基礎設計のための地盤調査計画指針, p 30
- 2) 国土交通省土地・水資源局(平成22年10月)：  
土地分類基本調査(土地利用履歴調査)成果利活用マニュアル,p2
- 3) 国土交通省土地・水資源局(平成22年10月)：  
土地分類基本調査(土地利用履歴調査)成果利活用マニュアル,p3
- 4) 国土交通省土地・水資源局(平成22年10月)：  
土地分類基本調査(土地利用履歴調査)成果利活用マニュアル,p4
- 5) 総務省(平成25年6月), 地盤情報の公開・二次利用促進のためのガイド, p 10
- 6) 国土交通省国土保全・水管理局砂防部(平成26年3月)  
土砂災害防止法に基づく取り組み パンフレット,p3
- 7) 日本建築学会(2008)：小規模建築物基礎設計指針, p 29

- 8) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第6編サウンディング，第4章スウェーデン式サウンディング，pp.325～336，2013.
- 9) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第6編サウンディング，第2章標準貫入試験，pp.279～316，2013.
- 10) 全国地質調査業協会連合会：ボーリングポケットブック，6章ボーリング孔を利用する原位置試験，pp.307～366，2013.
- 11) 地盤工学会：地盤調査法，第6編サウンディング，p.201，1995.
- 12) Terzaghi, K and Peck, R. B : Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley & Sons, 1948.
- 13) 奥村樹郎：港湾構造物の設計におけるN値の考え方と利用例，基礎工，Vol.10, No.6, pp.57～62, 1982.
- 14) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第8編載荷試験，第3章平板載荷試験，pp.697～735，2013.
- 15) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第6編サウンディング，第13章規格・基準以外の方法，pp.460～470，2013.
- 16) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第6編サウンディング，第7章電気式コーン貫入試験，pp.366～403，2013.
- 17) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第6編サウンディング，第6章機械式コーン貫入試験，pp.345～365，2013.
- 18) 佐々木晴美，能登繁幸：サウンディングによる泥炭のせん断強さの決定について，土と基礎，Vol.24, No.7, pp.13～18, 1976.
- 19) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第6編サウンディング，第3章簡易動的コーン貫入試験，pp.317～324，2013.
- 20) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第6編サウンディング，第5章ポータブルコーン貫入試験，pp.337～344，2013.
- 21) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第4編ボーリング，第4章その他のボーリング，pp.197～200，2013.
- 22) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，第3編物理探査・検層，第9章その他の弾性波探査，pp.143～163，2013.

## 6. 地盤の評価

### 6. 1 地盤評価の目的

地盤評価に関して種々の評価項目があるが、住宅の荷重を支持するという観点から見れば、許容地耐力という考え方最も重要な項目である。「地耐力」とは、地盤の応力度と沈下量の両方の要素を含んだ概念であって、地盤の荷重支持に対する性能を一つの単語で表現しようとするものである。そのため、「許容地耐力」とは、地盤の破壊に対して十分な安全性を有し、かつ有害な沈下を生じない直接基礎の接地圧力の限度値と考えることができる。

地盤評価の目的は、基礎の設計に必要な地盤の支持力と増加荷重による沈下量（絶対沈下量と相対沈下量）を正確に求めることである。

### 6. 2 地盤評価の方法

建物の荷重は基礎を介して地盤へ伝達される。基礎と載荷メカニズムが同じである代表的な調査方法として平板載荷試験がある。この試験は直接地耐力を求めることができるが、試験に要する時間が長くかかり、作業効率が低いこと、載荷地盤の地盤構成や地下水位を求めることができないなどの短所がある。

一方、スウェーデン式サウンディング試験、機械式コーン貫入試験、簡易動的コーン貫入試験などのサウンディングは、調査手法が簡便で、安価であるため広く一般的に用いられている。中でもスウェーデン式サウンディング試験は宅地造成地盤の地耐力の調査目的と適度な貫入性と機動性を兼ねた手法であり、玉石・礫層を除く地層に適応可能であるため、宅地地盤の調査方法として多く用いられている。詳細は第5章を参照されたい。

### 6. 3. 支持力の検討

直接基礎の支持力は、スウェーデン式サウンディングや標準貫入試験結果などから支持力公式により求める方法、平板載荷試験により直接的に求める方法がある。

#### 6.3.1 支持力公式による方法（スウェーデン式サウンディング結果による方法）<sup>1)</sup>

1)建築基準法施行令第93条に伴う国土交通省告示第1113号（平成13年7月2日）による方法

長期許容応力度  $q_a$  とスウェーデン式サウンディング試験の  $N_{sw}$  の関係を以下のように示している。

$$q_a = 30 + 0.6 \overline{N_{sw}} \quad (\text{kN/m}^2)$$

ここで、 $\overline{N_{sw}}$ ：スウェーデン式サウンディング試験における貫入量1mあたりの半回転数（150を越える場合は150とする）の平均値（回）

#### 2)小規模建築物設計指針2008年版による方法<sup>1)</sup>

長期許容応力度  $q_a$  とスウェーデン式サウンディング試験の  $W_{sw}$ 、 $N_{sw}$  の関係を以下

のように示している。

$$q_a = 30 \overline{W_{sw}} + 0.64 \overline{N_{sw}} \quad (\text{kN/m}^2)$$

ここで、 $\overline{W_{sw}}$ ：スウェーデン式サウンディング試験における貫入時の荷重の平均値 (kN)

$\overline{N_{sw}}$ ：スウェーデン式サウンディング試験における貫入量 1mあたりの半回転数（150 を越える場合は 150 とする）の平均値（回）

### 3)独立行政法人 都市再生機構による方法<sup>2)</sup>

独立行政法人 都市再生機構では、平均の長期許容応力度  $\overline{qa}$  とスウェーデン式サウンディング試験の  $N_{sw}$  の関係を以下の式から求めることとしている。

$$q_{ai} = 38 W_{sw} + 0.64 N_{sw} \quad (\text{kN/m}^2)$$

ここで、 $q_{ai}$ ：第 i 層の長期許容応力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$W_{sw}$ ：1kN 以下の荷重で貫入する場合の荷重 (kN)

$N_{sw}$ ：地表面下 0.5m～2.0mまでの間における、1kN の荷重で貫入が止まった後、回転により所定の目盛り線まで貫入させた時の半回転数から換算した貫入量 1mあたりの半回転数

$$\overline{qa} = \Sigma (H_i \cdot q_{ai}) / \Sigma H_i$$

ここで、 $\overline{qa}$ ：層厚 H なる区間の平均長期許容応力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$H_i$ ：第 i 層の層厚 (m)

$q_{ai}$ ：第 i 層の長期許容応力度 (kN/m<sup>2</sup>)

ただし、調査深度は貫入不能地盤が明らかに連続する場合を除き、地表面下最も 5.5mまで行うものとある。

#### 6.3.2 支持力公式による方法（標準貫入試験 N 値による方法）

土質試験や標準貫入試験結果などから、原地盤の地盤定数を推定し、支持力公式により、地盤の支持力を求める。支持力公式は建築基準法と 2001 年に改訂された建築基礎構造設計指針では異なるが、本書では建築基準法による推定式を示す。

なお、建築基礎構造設計指針の改定では、将来の性能設計や限界状態設計法への移行も考慮し、直接基礎の設計として基本事項でその要求性能を示し、その要求性能の確認事項の一つとして鉛直支持力を示している。また、支持力式はその接地圧分布までを考慮したものでないことから、旧指針では許容支持力度（応力）で示したものを極限応力（力）で示すことになった。詳細は建築基礎構造設計指針を参照されたい。

$$q_a = 1/3 \cdot (i_c \cdot \alpha_c \cdot N_c + i_r \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_r + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q)$$

ここで、 $q_a$ ：長期許容応力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$c$ ：直接基礎下にある地盤の粘着力 (kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma_1$ ：直接基礎下にある地盤の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

地下水位以下にある場合は水中単位体積重量を採用する

$\gamma_2$ ：基礎底面よりも上方にある地盤の平均単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

地下水位以下にある場合は水中単位体積重量を採用する

$\alpha, \beta$ ：表 6.3.1 に示す形状係数

$N_c, N_r, N_q$ ：表 6.3.2 に示す支持力係数 (内部摩擦角  $\phi$  の関数)

$i_c, i_r, i_q$ ：荷重の傾斜に対する補正係数

$$i_c = i_q = (1 - \theta / 90)^2$$

$$i_r = (1 - \theta / \phi)^2$$

ここで、 $\theta$ ：基礎に作用する荷重の鉛直方向に対する傾斜角。  $\theta$

が  $\phi$  を越える場合には  $\phi$  とする。 (°)

$\phi$ ：地盤の内部摩擦角 (°)

$D_f$ ：基礎に近接する最低地盤面から基礎底面までの深さ (m)

$B$ ：基礎底面の最小幅 (m)

表 6.3.1 形状係数

基礎底面の形状	円形	円形以外の形状
$\alpha$	1.2	$1.0 + 0.2B/L$
$\beta$	0.3	$0.5 - 0.2B/L$

※B：長方形の短辺長さ， L：長方形の長辺長さ

表 6.3.2 支持力係数

$\phi$	$N_c$	$N_q$	$N_r$
0°	5.1	1.0	0.0
5°	6.5	1.6	0.1
10°	8.3	2.5	0.4
15°	11.0	3.9	1.1
20°	14.8	6.4	2.9
25°	20.7	10.7	6.8
28°	25.8	14.7	11.2
32°	35.5	23.2	22.0
36°	50.6	37.8	44.4
40° 以上	75.3	64.2	93.7

この表に掲げる内部摩擦角以外の内部摩擦角に応じた  $N_c$ ,  $N_r$  および  $N_q$  は、この表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補間した数値とする。

### 6.3.3 平板載荷試験により直接求める方法

平板載荷試験は第5章で示した調査方法により実施する。

極限支持力の考え方は、建築基準法と2001年に改訂された建築基礎構造設計では異なるが、本書では建築基準法の推定方法を示す。なお、建築基礎構造設計では支持力係数を平板載荷試験から算出し、6.3.2で示した支持力公式により求めることとしている。

建築基準法による方法では、極限支持力は載荷試験結果から、極限応力度あるいは最大荷重度の1/3のうち、小さい値をとるものとする。なお、試験位置は地表面下0.5m付近とする。

## 6.4 圧密沈下の検討

### 6.4.1 圧密沈下の検討

沈下の種類には、即時沈下と圧密沈下が存在する。即時沈下は透水性の高い砂質土に生じ、沈下は早期に終了する。即時沈下は比較的表層部の弾性的な変形と考えられ、小規模建築物のような荷重度が小さい場合、即時沈下が問題になることはほとんどない。圧密沈下は、増加荷重により土中の間隙水が長時間を経て排水され、結果として体積が減少する沈下である。

圧密沈下量の計算は次の3つの方法があるが、建築基礎構造設計指針ではa)の方法がとられている。

$$a) \quad s = \Sigma \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \cdot H$$

$$b) \quad s = \Sigma m_v \cdot \Delta p \cdot H$$

$$c) \quad s = \Sigma \frac{Cc}{1 + e_0} \cdot \log \frac{p_0 + \Delta p}{p_0} \cdot H$$

ただし、 $s$ ：圧密沈下量

$e_0$ ：初期間隙比

$e_1$ ：荷重増加量に対する間隙比

$H$ ：軟弱層厚

$m_v$ ：体積圧縮係数

$\Delta p$ ：増加荷重

$C_c$ ：圧縮指数

$p_0$ ：初期荷重

なお、圧密沈下がほぼ終了する段階から、二次圧密が発生する。建築基礎構造設計指針では二次圧密を考慮した沈下予測法を提案している。対象とする地盤で、軟弱層が厚い場合や盛土厚が高い場合には、二次圧密を考慮することも必要である。

#### 6.4.2 沈下・変形量の許容値

建物に生じる総沈下量（絶対沈下量には）には建物全体に生じる一様な沈下量と建物の剛体回転による傾斜分が含まれている。通常問題になるのは相対沈下量であり、建築基礎構造設計指針では支持地盤が圧密層の場合、木造家屋の限界値は次のように述べられている。

表 6.4.1 木造家屋の限界値

基礎形式	布基礎	べた基礎
下限変形角	$1.0 \times 10^{-3}$ rad	—
上限変形角	(2.0～3.0)×10 <sup>-3</sup> rad	—
総沈下量	2.0cm	2.5～5.0cm

なお、これらの沈下・変形量はあくまでの目安値であり、地盤条件や構造物荷重等によって異なる。二次圧密を生じやすい泥炭質地盤もしくは軟弱層の厚い地盤等では、別途考慮する必要がある。

## 6. 5 坑土圧構造物の安定性評価および留意事項

### 6.5.1 宅地擁壁の基本的な考え方

宅地造成等規制法施行令第6条第1項、及び都市計画法施行規則第23条第1項においては、下記要件を満たす「崖」<sup>\*</sup>が生ずる場合には、崖面の崩落を防止するため擁壁の設置が義務付けられている。（この場合の擁壁を「義務設置の擁壁」という）

※ここにいう「崖」とは、地表面が水平に対して30度を超える角度をなす土地で、硬岩盤（風化の著しいものを除く）以外の地盤条件のものをいう。

開発事業において、次のような「崖」が生じた場合には、崖面の崩落を防ぐために、原則としてその崖面を擁壁で覆わなければならない。

- 1) 切土した土地の部分に生ずる高さが2mを超える「崖」
- 2) 盛土した土地の部分に生ずる高さが1mを超える「崖」
- 3) 切土と盛土とを同時にした土地の部分に生ずる高さが2mを超える「崖」

ただし、切土した土地の部分に生ずることとなる崖部分で、図6.5.1に該当する崖面については、擁壁を設置しなくてもよい。

区分 土質	(A) 擁壁不要	(B) かけの上端から 垂直距離5mまで 擁壁不要	(C) 擁壁を要する
軟岩（風化の著しいものを除く。）	かけ面の角度が60度以下のもの  $\theta \leq 60^\circ$	かけ面の角度が60度を超え80度以下のもの  $60^\circ < \theta \leq 80^\circ$	かけ面の角度が80度を超えるもの  $\theta > 80^\circ$
風化の著しい岩	かけ面の角度が40度以下のもの  $\theta \leq 40^\circ$	かけ面の角度が40度を超え50度以下のもの  $40^\circ < \theta \leq 50^\circ$	かけ面の角度が50度を超えるもの  $\theta > 50^\circ$
砂利、真砂土、関東ローム、硬質粘土その他これらに類するもの	かけ面の角度が35度以下のもの  $\theta \leq 35^\circ$	かけ面の角度が35度を超え45度以下のもの  $35^\circ < \theta \leq 45^\circ$	かけ面の角度が45度を超えるもの  $\theta > 45^\circ$

図6.5.1 切土において擁壁を要しない崖または崖の部分<sup>3)</sup>

「義務設置の擁壁」については、宅地造成等規制法施行令第6条において、「切土又は盛土をした土地に生ずる崖面において、適用除外の範囲以外の場合には擁壁を設置するものとし、この擁壁は鉄筋コンクリート造、無筋コンクリート造または間知石練積み造その他の練積み造のものとしなければならない」と規定されている。その構造については、宅地造成等規制法施行令第7条～第10条に規定されている。

なお、崖面を擁壁で覆わない場合には、宅地造成等規制法施行令第12条、及び都市計画法施行規則第23条第4項の規定により、「石張り、芝張り、モルタルの吹付け等によって風化その他の侵食に対して保護しなければならない」と定められている。

#### 6.5.2 拥壁の種類及び選定

開発事業において一般的に用いられる擁壁は、材料及び形状により図6.5.2に示すように、練積み造、無筋コンクリート造、鉄筋コンクリート造、補強土壁（大臣認定擁壁）に大別される。

この他に空積み造や枠組式などの擁壁、鉄筋コンクリートの特殊な形状の擁壁及び新工法等による擁壁などがある。表6.5.1に各種擁壁の概要を示す。

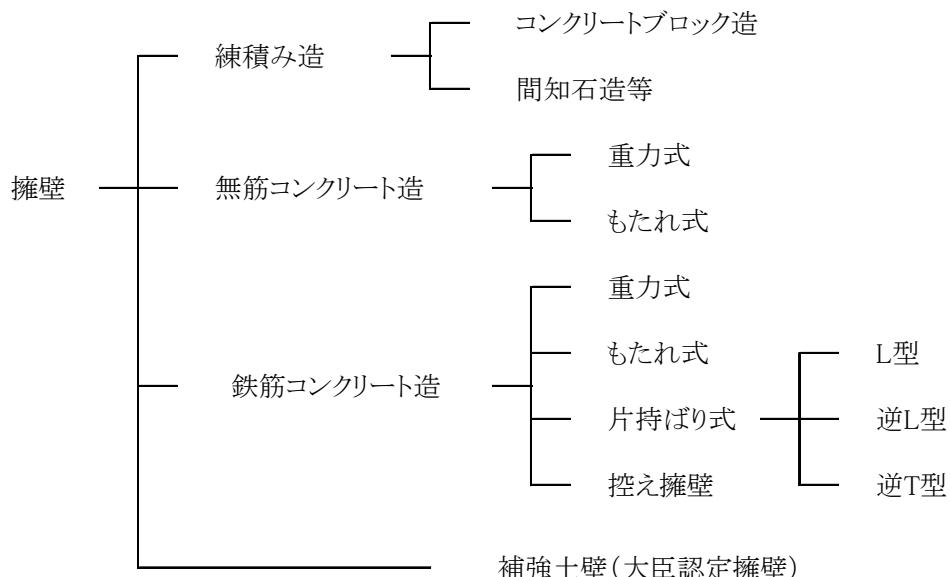


図6.5.2 拥壁の種類<sup>2)</sup>

表 6.5.1 各種擁壁の概要<sup>4)</sup>

種類	形 状	特 徴	採用の留意点
練積み擁壁		コンクリートブロックあるいは間知石を積み重ねた簡易な擁壁である。のり勾配、のり長及び線形を自由に変化させることができ、のり留及び構造物との取り合いなどが簡易で、従来より広く用いられる。	地山が締まっている場合や背面土が良好であるなど土圧が小さい場合に用いる。
重力式擁壁		擁壁自体の重量により土圧に抵抗する擁壁で、壁体内にコンクリート許容引張力以上の引張力が生じないように設計する。	基礎地盤が良好である場合に使用される。
もたれ式擁壁		地山あるいは裏込め土などに支えられながら自重によって対抗するものであり、自立はできない。	主として切土部に用いられる。支持地盤は、岩盤等堅固な地盤が望ましい。
半重力式擁壁		コンクリート量を節約するために、軀体内に生ずる引張力に対し、擁壁の背面附近に少量の鉄筋を入れて抵抗させるようにしたものである。	擁壁に加わる土圧に抵抗する要素としては、擁壁の壁自身の重量だけである。このためこの種の擁壁を、高さの高い擁壁として用いることは不経済である。
片持ちばり式擁壁	現場打ち	片持ばり式擁壁は、たて壁と底版からなる。 この構造形式の擁壁には、逆T型とL型等がある。壁体は鉄筋コンクリート構造で、水平荷重に対しては、片持ばりとして抵抗し、底版上の土の重量を安定に利用できる。	現場打ちの逆T、L型擁壁は、杭基礎が必要な場合やプレキャストの適用が難しい場合に用いられる。
	プレキャスト	工場によるプレキャスト部材で、L型状の形状が主体である。寸法的にはL=2m程度を連続的に配置するものある。	L型擁壁は、壁面に土地境界が接する場合等、つま先版が設けられない場合に用いられる。
控え壁式擁壁		擁壁・底版及び底版との間に三角形の控え壁で支持されるものと考えるため、片持ばり式擁壁に比べ高さが高い場合に有利である。この種の擁壁は壁高が7m以上の場合によく用いられる。	軀体の施工及び背面土の施工が難しい。杭基礎が必要な場合に用いられる。
補強土壁		補強材と土の摩擦によって土を補強して壁体を形成するものである。 補強材上の地表面は、土地利用の制約が生じる。	補強効果を発揮するためにある程度の変形が生じる。 比較的軟弱地盤においても適用出来る場合があるが、全体安定などに対して十分な検討が必要である。

「道路土工 擁壁工指針」(社)日本道路協会 平成11年3月 一部加筆修正)

### 6.5.3 擁壁の変状・損傷の発生形態

擁壁で発生する変状・損傷は、設置する箇所における地形、地質・土質、降雨、地下水、湧水等の調査・検討およびその対応が不十分であることに起因することが大半を占めている。

一般的に留意すべき擁壁の変状・損傷の発生形態とその主な原因について、以下に示す。

(参考文献：「道路土工 擁壁工指針」平成24年7月)

#### (1) 滑動

擁壁に作用する荷重の増加や滑動抵抗力の低下が生じ、水平方向の荷重が基礎地盤の抵抗力を超過すると、擁壁が前面側に押し出される現象が起き、擁壁天端と背面盛土の接地面に地割れや擁壁のブロック間にずれが発生する。

荷重増加の原因としては、裏込め土への雨水や湧水等の浸透による土圧や水圧の増加、地震動による慣性力や地震時土圧の作用がある。

滑動抵抗力の低下の原因としては、擁壁の前面地盤の掘削や洗掘による前面抵抗の喪失、雨水の浸透等による基礎地盤の飽和化に伴うせん断抵抗力の低下や浮力の影響がある。また、基礎の根入れが浅い場合には、凍結融解や乾湿の繰返し等による基礎地盤のせん断抵抗力の低下も原因となることがある。このほか施工時における不適切な基礎地盤の掘削・整地によっても滑動抵抗力不足の原因となることもある。

#### (2) 転倒・支持力不足

擁壁に作用する荷重の増加や支持力の低下によって、擁壁前面側に回転させるモーメントに対して抵抗するモーメントが不足する場合や、鉛直方向の荷重に対して地盤の支持力が不足する場合、擁壁が前面方向に傾倒して前面側が地盤にめり込み、擁壁天端と背面盛土の接地面に地割れや擁壁のブロック間にずれや段差等が発生する。

荷重増加の原因としては前述の滑動と同様である。

支持力低下の原因としては、降雨等の影響での地下水位の上昇による支持力の低下がある。このような現象は、調査・設計時における斜面地盤での地層構成や湧水等の調査不足、あるいは施工時における支持層の確認不足により基礎地盤が必要な支持力を有していないことによっても生じる。

#### (3) 軟弱地盤における沈下

軟弱な土層を含む地盤上に擁壁が設置されると、背面盛土等の影響で軟弱な土層に圧密沈下が生じる。この圧密沈下量が大きいと、擁壁が背面側に倒れ込むような現象が起き、擁壁のブロック間で不同沈下によるずれや段差等が発生する。

このような現象は、横断及び縦断方向の地層構成等の調査不足により生じることが大半であるが、背面盛土高さの設計変更や地下水の汲み上げ等による地下水位の低下による圧密の進行が原因となることもある。

また、杭基礎の場合、圧密沈下の生じる恐れのある地盤では、杭周面に下向きに作用する負の周面摩擦力（ネガティブフリクション）による影響も考えられる。

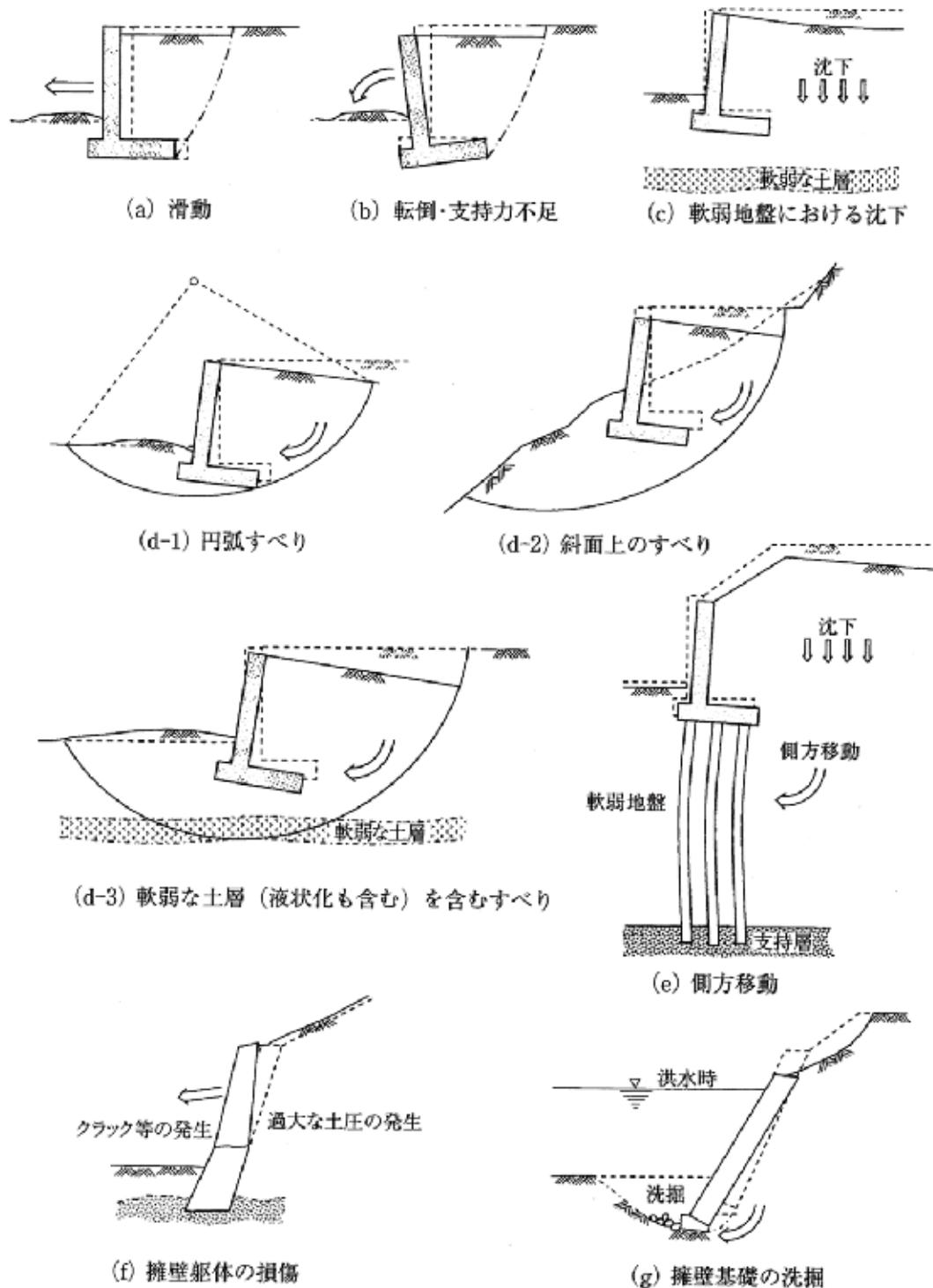


図 6.5.3 擾壁の変状・損傷の発生形態<sup>5)</sup>

#### (4) すべり破壊

擁壁に作用する荷重の増加や背面盛土および基礎地盤を含む地盤のせん断抵抗力の低下によって、せん断抵抗力が作用荷重よりも小さくなると、背面盛土や基礎地盤を通るすべりが生じる。これに伴い擁壁が背面方向に回転し、前面側の地盤が盛り上がる現象が起き、擁壁のブロック間でずれや段差等が発生する。

荷重増加の原因としては前述の滑動と同様である。

せん断抵抗力の低下原因としては、降雨等による地下水位や湧水量の変動がある。このような現象は、横断及び縦断方向の地層構成等の調査不足によっても生じる。特に、斜面地盤や基礎地盤の下方に軟弱な土層がある場合には、擁壁や背面盛土の高さに応じた規模のすべりが発生することが多く、注意が必要である。

#### (5) 側方移動

軟弱地盤に設置する杭基礎の擁壁では、背面盛土による偏荷重を受け、杭基礎が側方移動を起こし、擁壁が背面方向に回転しながら倒れ込み、沈下し、擁壁のブロック間ではずれや段差が発生する。

これは、側方移動に対する設計時の不適切な対処、施工における背面盛土の不適切な盛土材料の使用による重量の増加、横断及び縦断方向の地層構成等の調査不足が主な原因と考えられる。

#### (6) 擁壁駆体の損傷

擁壁駆体の耐力が不足すると、駆体の途中に屈折やずれが発生する。

これは、地震動による慣性力や地震時土圧の作用、降雨等の影響による盛土内水位の上昇に伴う水圧や土圧の増加、ブロック積擁壁の胴込めコンクリートの強度や充填厚さ不足、重力式擁壁やもたれ式擁壁の駆体コンクリートの打継ぎ目の不適切な施工、コンクリートの劣化や鉄筋の腐食等が主な原因と考えられる。このほか、ブロック積擁壁では水抜き孔から水と一緒に背面盛土が流失し、背面盛土に空洞または陥没、駆体の破損が発生することもある。

#### (7) 擁壁基礎の洗掘

擁壁基礎の根入れ部および基礎地盤の土砂が流水や波浪により洗い流された場合、擁壁が前面側に傾いたり、ずれ落ちるような現象が起きる。

これは、河川の河道変動のほか、将来の洗掘が予想される箇所での根入れ深さの不足や洗掘防止工（根固め工）の未設置等が原因と考えられる。なお、河川の湾曲部、水衝部、狭隘部等では、河床の低下が生じやすく、供用後に洗掘される可能性は相対的に高いと考えられるので、特に注意が必要である。

#### 6.5.4 基礎地盤の許容応力度

宅地造成等規制法施行令第7条第3項第2号では、基礎地盤の許容応力度は建築基準法施行令第93条及び第94条に基づいて定めた値を採用することになっている。

国土交通省告示第1113号には、建築基準法施行令第93条の規定に基づいて、地盤の許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力を求めるための地盤調査の方法、およびその結果に基づき地盤の許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力を定める方法が示されている。

地盤の許容応力度を定める方法としては、第2項(1)、同(2)および同(3)に掲げる式を用いる方法が示されている。ただし、地震時に液状化するおそれのある地盤の場合または第2項(3)に掲げる式を用いる場合において、基礎の底部から下方2m以内の距離にある地盤にスウェーデン式サウンディングの荷重が1kN以下で自沈する層が存在する場合若しくは基礎の底部から下方2mを超える5m以内の距離にある地盤にスウェーデン式サウンディングの荷重が500N以下で自沈する層が存在する場合にあっては、建築物の自重による沈下その他の地盤の変形等を考慮して建築物又は建築物の部分に有害な損傷、変形及び沈下が生じないことを確かめなければならないと規定している。

なお、擁壁高さが5m程度以下の工事の場合には、地盤調査結果で判明した地盤の種類に応じて、建築基準法施行令第93条に示す表の値を使用することができる。(表6.5.2参照)

表6.5.2 地盤の許容応力度 (建築基準法施行令第93条、一部加筆修正)<sup>4)</sup>

地盤	長期応力に対する許容応力度 (単位:kN/m <sup>2</sup> )	短期応力に対する許容応力度 (単位:kN/m <sup>2</sup> )
岩盤	1,000	長期応力に対する許容応力度のそれぞれの数値の2倍とする。
固結した砂	500	
土丹盤	300	
密実な礫(れき)層	300	
密実な砂質地盤	200	
砂質地盤(地震時に液状化のおそれのないものに限る)	50	
堅い粘土質地盤	100	
粘土質地盤	20	
堅いローム層	100	
ローム層	50	

以下に、国土交通省告示1113号が規定する地盤の許容応力度を定める3つの方法を示す。  
(参考文献:「第二次改訂版 宅地防災マニュアルの解説 I」編集:宅地防災協会, 平成19年12月, p.318~320)

(1) 支持力式による方法 [国土交通省告示第 1113 号第 2 項 (1)]

$$\text{長期 } q_a = 1/3 \left( i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q \right)$$

$$\text{短期 } q_a = 2/3 \left( i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q \right)$$

ここに、 $q_a$  : 地盤の許容応力度 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$i_c, i_\gamma, i_q$  : 基礎に作用する荷重の傾斜に応じた補正係数 (次式による)

$$i_c = i_q = (1 - \theta / 90)^2 \quad i_\gamma = (1 - \theta / \phi)^2$$

$\theta$  : 基礎に作用する荷重の鉛直方向に対する傾斜角 (度)

ただし、 $\theta \leq \phi$  とし、 $\theta$  が  $\phi$  を超える場合は  $\phi$  とする。

$\alpha, \beta$  : 基礎荷重面の形状に応じた係数 (表 6.5.3 による)

$B$  : 基礎荷重面の短辺幅 (m)

$L$  : 基礎荷重面の長辺幅 (m)

$c$  : 基礎荷重面下の地盤の粘着力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$N_c, N_\gamma, N_q$  : 表 6.5.4 および図 6.5.4 に示す支持力係数

$\gamma_1$  : 基礎荷重面下の地盤の単位体積重量 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )

$\gamma_2$  : 基礎荷重面より上の根入れ部分の土の平均単位体積重量 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )

( $\gamma_1, \gamma_2$  とも地下水位以下の場合は水中単位体積重量をとる)

$D_f$  : 根入れの深さ (m)

表 6.5.3 基礎の形状係数<sup>6)</sup>

基礎底面 の形状	長方形	円形
$\alpha$	$1.0 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$	1.2
$\beta$	$0.5 - 0.2 \cdot \frac{B}{L}$	0.3

表 6.5.4 支持力係数<sup>6)</sup>

内部摩擦角 $\phi$	支持力係数		
	$N_c$	$N_\gamma$	$N_q$
0°	5.1	0.0	1.0
5°	6.5	0.1	1.6
10°	8.3	0.4	2.5
15°	11.0	1.1	3.9
20°	14.8	2.9	6.4
25°	20.7	6.8	10.7
28°	25.8	11.2	14.7
32°	35.5	22.0	23.2
36°	50.6	44.4	37.8
40° 以上	75.3	93.7	64.2

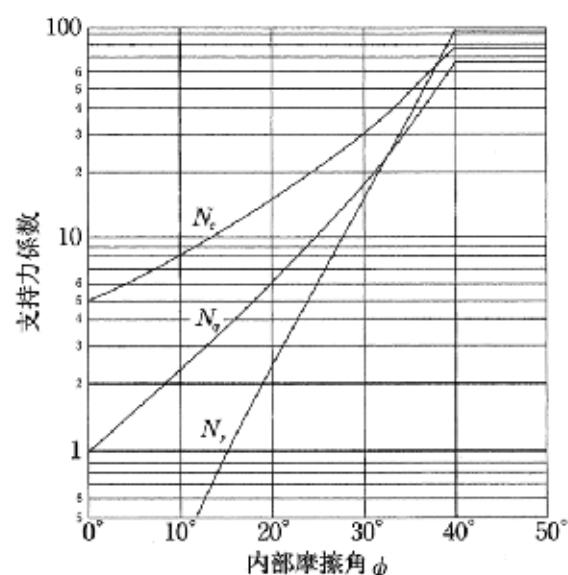


図 6.5.4 支持力係数<sup>6)</sup>

(2) 平板載荷試験による方法 [国土交通省告示第 1113 号第 2 項 (2)]

長期の許容応力度

$$q_a = q_t + 1/3 \cdot N' \cdot \gamma_2 \cdot D_f$$

短期の許容応力度

$$q_a = 2 \cdot q_t + 1/3 \cdot N' \cdot \gamma_2 \cdot D_f$$

ここに、 $q_a$ ：地盤の許容応力度 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$q_t$ ：平板載荷試験による降伏荷重の  $1/2$  の数値または極限応力度の  $1/3$  の数値のいずれか小さい数値 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

$N'$ ：基礎荷重面下の地盤の種類に応じた係数 (表 6.5.5 による)

$\gamma_2$ ：基礎荷重面より上の根入れ部分の土の平均単位体積重量 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )  
(地下水位以下の場合は水中単位体積重量をとる)

$D_f$ ：根入れの深さ (m)

表 6.5.5 基礎荷重面下の地盤の種類に応じた係数<sup>6)</sup>

係数	地盤の種類		
	密実な 砂質土地盤	砂質土地盤 (密実なものを除く)	粘性土地盤
$N'$	12	6	3

(3) スウェーデン式サウンディングによる方法 [国土交通省告示第 1113 号第 2 項 (3)]

長期の許容応力度

$$q_a = 30 + 0.6 \overline{N_{sw}}$$

短期の許容応力度

$$q_a = 60 + 1.2 \overline{N_{sw}}$$

ここに、 $q_a$ ：地盤の許容応力度 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

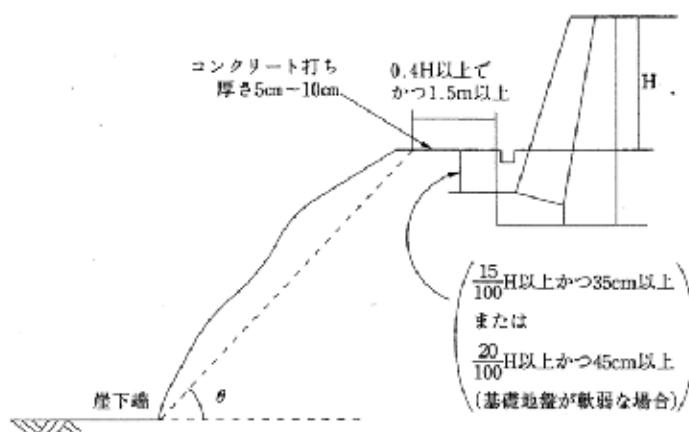
$\overline{N_{sw}}$ ：基礎の底部から下方 2m 以内の距離にある地盤のスウェーデン式サウンディングにおける 1m あたりの半回転数の平均値 (150 を超える場合は 150 とする) (回)

### 6.5.5 擁壁設置上の留意点

崖や擁壁に近接してその上部に新たな擁壁を設置する場合は、下部の崖または擁壁に有害な影響を与えないよう設置位置について十分配慮する。設置する場合の一般的注意事項を以下に示す。

#### (1) 斜面上に擁壁を設置する場合

図6.5.5に示すように、擁壁基礎前端より擁壁高さの0.4H以上で、かつ1.5m以上だけ土質に応じた勾配線( $\theta$ )より後退し、その部分はコンクリート打ち等により風化侵食のおそれのない状態にする。



図VIII.3-24 斜面上に擁壁を設置する場合

『構造図集 擁壁』((社)日本建築士会連合会、平成13年12月、一部加筆修正)

表VIII.3-12 土質別角度 ( $\theta$ )

背面土質	軟岩	風化の著しい岩	砂利、真砂土、関東ローム、硬質粘土その他これらに類するもの	盛土又は腐植土
角度( $\theta$ )	60°	40°	35°	25°

図6.5.5 斜面上に擁壁を設置する場合の留意事項<sup>2)</sup>

## (2) 二段擁壁となる場合

図 6.5.6 に示す擁壁で図中の  $\theta$  角度内に入っていないものは、二段擁壁と見なされるため、一体の擁壁として設計を行うことが必要である。なお、 $\theta$  角度内に入っている場合は、個別の擁壁として扱うが、水平距離を  $0.4H$  以上かつ  $1.5m$  以上離さなければならぬことに留意する必要がある。

二段擁壁となる場合は、下段の擁壁に設計以上の積載荷重がかからぬよう上部擁壁の根入れ深さを深くする、基礎地盤を改良する、あるいは RC 拠壁の場合は杭基礎とする等して、下部擁壁の安全を確保するよう措置するとともに、上部擁壁の基礎の支持力についても十分な安全を見込んでおくことが必要である。

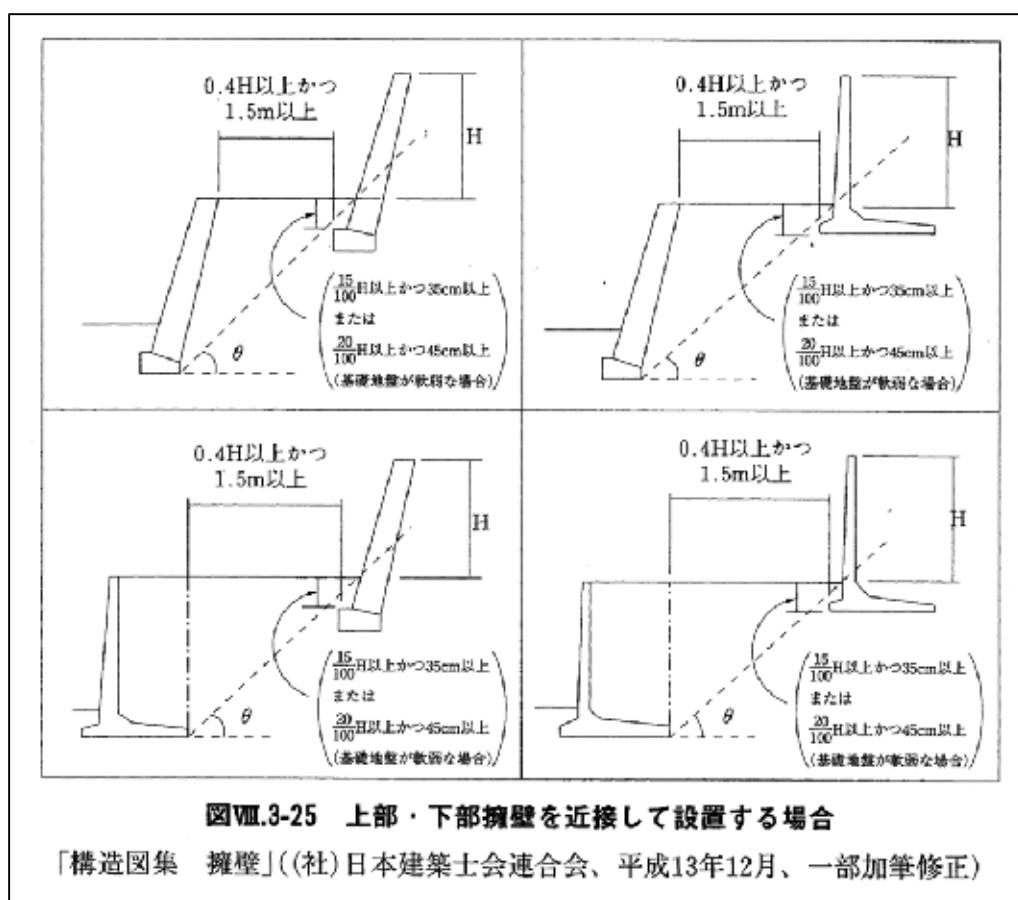


図 VIII.3-25 上部・下部擁壁を近接して設置する場合

「構造図集 擁壁」((社)日本建築士会連合会、平成13年12月、一部加筆修正)

図 6.5.6 上部・下部擁壁を近接して設置する場合の留意事項<sup>5)</sup>

### <参考文献>

- 1) 日本建築学会、小規模建築物基礎設計指針、pp.74~75、2008.
- 2) 独立行政法人 都市再生機構、宅地地盤性能評価基準（案）、pp.2-13~2-16、2005.
- 3) 宅地造成等規制法の解説：(社)日本建築士会連合会、平成6年7月
- 4) 道路土工 擁壁工指針：(社)日本道路協会、平成 24 年 7 月
- 5) 第二次改訂版 宅地防災マニュアルの解説 I : 宅地防災研究会、平成 19 年 12 月
- 6) 国土交通省告示第 1113 号第 2 項

## 7. 基礎形式

一口に建築物基礎と言っても、中・大規模建築物（中・高層ビル等）と小規模建築物（木造・鉄骨造などの平屋～3階程度），あるいは公共施設と個人所有の戸建住宅等とでは、主に荷重条件、建物規模、敷地環境、コスト等の観点から、採用される基礎の形式も基礎選定のための地盤評価方法も異なっている。ここでは、小規模建築物の内、主に個人所有の戸建住宅を対象に、荷重条件と地盤条件を踏まえた小規模建築物用基礎形式選定の要領、基礎の計画・設計上の留意点等について述べる。

### 7.1 戸建住宅における基礎形式

#### (1) 基礎の構造

上部構造（建物本体）の荷重を地盤に伝え、建物を支えて建物の安定を維持するための構造体を基礎（foundation）と呼んでいる。

基礎構造は一般的には浅い基礎（直接基礎等）と深い基礎（杭基礎等）に大別されるが、小規模建築物の場合は浅い基礎が主体で、地盤条件が悪くて地耐力不足の場合には、地盤対策を施した上で浅い基礎を採用することが多い。浅い基礎は一般的には鉄筋コンクリート造である。

地盤と建物を繋ぐのが基礎とは言っても、実際には図7.1に示すように、地盤と基礎の間に地業（碎石と捨てコンクリート）があり、基礎と建物構造との間には土台が設置される。土台は、基礎の上に水平に設置してアンカーボルトで固定される角材で、柱荷重を基礎に伝える役割を担っている。便宜上、土台は上部構造物の一部に区分される。また、最近は土台と基礎の間に防湿シートや基礎パッキン（土台パッキンとも呼ぶ）などを挟むことが多い。

なお、強固な地盤や表層改良した地盤では、地業としての碎石や捨てコンクリートを省略する場合がある。碎石や捨てコンクリートを省略した場合を地肌地業と呼んでいる。

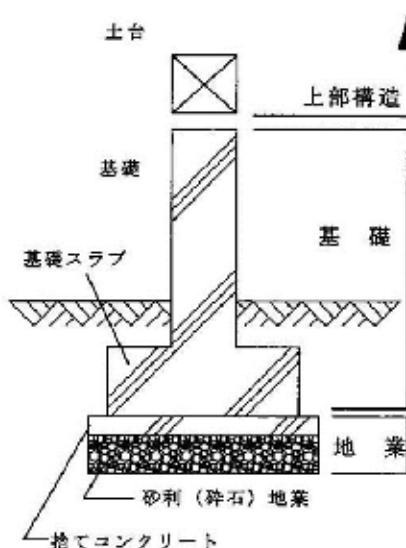


図 7.1 基礎回りの構造<sup>1)</sup>

## (2) 小規模建築物の荷重

基礎に加わる小規模建築物の荷重は、表 7.1 に示すように平屋建で単位面積当たりの標準的な平均荷重（以降、単に荷重と表記）は  $4 \text{ kN/m}^2$  程度、2 階建で  $7 \text{ kN/m}^2$  程度、3 階建で  $10 \text{ kN/m}^2$  程度である。但し、これはあくまでも目安であって、建物本体の使用材料、屋根の構造、や住居者の用途（ピアノや書籍等の重量物条件等）によって異なるし、多雪地域では 1 階数分程度の荷重が上載せされる。なお、多雪あるいは寒冷地等では地盤の凍上や雪降ろし等から基礎構造や隣接地との離隔距離等において設計上特別な配慮が必要となるので、それぞれの地域特性を踏まえた設計・施工が要求される。

これら一般地域での建物荷重に基礎構造の荷重を加味すると、単位面積当たりの平均荷重は概略表 7.2 のようになる。べた基礎等では、この表 7.2 の値が目安となる。

表 7.1 上部構造荷重の目安値（建築単位面積当たりの平均荷重）<sup>2)</sup>

平均荷重 ( $\text{kN/m}^2$ )	一般地域での階数	多雪区域 (100cm) での階数
4	平屋建て	—
7	2 階建て	平屋建て
10	3 階建て	2 階建て
12.5	—	3 階建て

[注] 上記荷重には、1 階床荷重および基礎の自重は含まれていない。

表 7.2 標準的な小規模建築物（木造・鉄骨造などの住宅）の平均荷重<sup>3)</sup>

階数	平均荷重 ( $\text{kN/m}^2$ )
平屋建て	7 (5~9)
2 階建て	10 (8~12)
3 階建て	14 (12~16)

ここで、荷重 = 総荷重 / 建築面積

一方、布基礎の場合には地盤との接地面積が少なくなることから、べた基礎に比べて必要な地盤の長期許容応力度が大きくなる。参考までに、地盤の長期許容応力度に対する布基礎の底盤幅の最低値の目安を表 7.3 に示す。

表 7.3 建設省告示 1347 号（平成 12 年 5 月 23 日）による布基礎の底盤幅の最低値の目安

地盤の長期に生ずる力 に対する許容応力度 (単位 $\text{kN/m}^2$ )	底盤の幅 (単位 cm)		
	木造又は鉄骨造その他これに類する重量 の小さな建築物		その他の建築物
	平屋建て	2 階建て	
30 以上 50 未満	30	45	60
50 以上 70 未満	24	36	45
70 以上	18	24	30

### (3) 基礎形式と基礎形式選定の基本的考え方

前述したが、一般的に基礎構造は浅い基礎（直接基礎等）と深い基礎（杭基礎等）に大別されるが、小規模建築物の場合は浅い基礎が主体で、地盤条件が悪くて地耐力（支持力と沈下性状）不足の場合には、地盤対策（地盤補強）を施した上で浅い基礎を採用することが多い。

小規模建築物の基礎構造の選定基準は、以下に示すように『建設省告示 1347 号（平成 12 年 5 月 23 日）：建築物の基礎の構造方法及び構造計算の基準を定める件（以降、告示 1347 号と略記）』で規定されている。

#### 建設省告示 1347 号（平成 12 年 5 月 23 日） 建築物の基礎の構造方法及び構造計算の基準を定める件

建築基準法施行令（以下「令」という。）第 38 条第 3 項に規定する建築物の基礎の構造は、次の各号のいずれかに該当する場合を除き、地盤の長期に生ずる力に対する許容応力度（改良された地盤にあっては、改良後の許容応力度とする。以下同じ。）が  $20kN/m^2$  未満の場合にあっては基礎ぐいを用いた構造と、 $20kN/m^2$  以上  $30kN/m^2$  未満の場合にあっては基礎ぐいを用いた構造又はべた基礎と、 $30kN/m^2$  以上の場合にあっては基礎ぐいを用いた構造、べた基礎又は布基礎としなければならない。

上記告示 2347 号で示された基礎形式選定基準を表 7.4 にまとめた。

表 7.4 建設省告示 1347 号（平成 12 年 5 月 23 日）による基礎形式選定基準

地盤の長期許容応力度※	基礎の構造
$20kN/m^2$ 未満の場合	基礎ぐいを用いた構造
$20kN/m^2$ 以上 $30kN/m^2$ 未満の場合	基礎ぐいを用いた構造又はべた基礎
$30kN/m^2$ 以上の場合	基礎ぐいを用いた構造、べた基礎又は布基礎

※ 改良された地盤にあっては、改良後の許容応力度

これより、告示 1347 号では、地盤の長期許容応力度に関する  $20kN/m^2$  と  $30kN/m^2$  の 2 つの閾値によって、3 つの代表的基礎形式〔基礎ぐい、べた基礎、布基礎〕選定の判断基準が示された。また、この地盤条件（地盤の長期許容応力度）は地盤対策を施して得られる値でもよいとされていることから、基礎形式の選択肢は地盤対策の有無を加味して

- ・地盤補強なしの基礎ぐい [ $20kN/m^2$  未満の地盤の場合]
- ・地盤補強なしのべた基礎 [ $20kN/m^2$  以上の地盤の場合]
- ・地盤補強なしの布基礎 [ $30kN/m^2$  以上の地盤の場合]
- ・地盤補強ありのべた基礎 [ $20kN/m^2$  未満の地盤の場合]
- ・地盤補強ありの布基礎 [ $30kN/m^2$  未満の地盤の場合]

の5通りとなる。この5通りの基礎形式と地盤条件（地盤の長期許容応力度）との関係を表7.5にまとめた。これより理屈の上では、何れの地盤条件とも3通りずつの基礎形式（地盤対策の有無を加味した形式）の選択肢が得られることになる。

表 7.5 建設省告示1347号（平成12年5月23日）を踏まえた基礎形式と地盤補強の選択

地盤補強有無	地盤補強なし			地盤補強あり		
地盤条件	基礎形式	基礎 ぐい	べた 基礎	布基礎	20kN/m <sup>2</sup> 以上に地盤補強してべた基礎	30kN/m <sup>2</sup> 以上に地盤補強して布基礎
20kN/m <sup>2</sup> 未満の地盤	○	—	—	○	○	○
20kN/m <sup>2</sup> 以上 30kN/m <sup>2</sup> 未満の地盤	○	○	—	—	—	○
30kN/m <sup>2</sup> 以上の地盤	○	○	○	—	—	—

ここで『地盤対策』『地盤補強』『地盤改良』という3つの類似用語が混在して用いられている。この3用語の意味の違いは第8章で解説する。

## 7.2 地盤条件と基礎形式選定要領

告示 1347 号で示された基礎形式選定基準によれば、 $20\text{kN/m}^2$  と  $30\text{kN/m}^2$  の 2 つの閾値に区切られた 3 地盤条件（表 7.4, 表 7.5 参照）とも、基礎ぐいと地盤対策の有無を含めて、3 通りずつの基礎形式の選択肢が想定できる。

しかし実際の基礎形式選定に当たっては、地盤の長期許容応力度を評価する前に、巨視的・大局的観点から、敷地全体の安定性を評価しておく必要がある。即ち、敷地境界に擁壁を備える傾斜地形の造成地や谷埋め・腹付け盛土等の人工地盤の敷地全体の安定性評価を先ず行わなければならない。

例えば表 7.6 や表 7.7 に例示するようなチェックリストを利用して、調査地を含む周辺状況の把握が重要である。

### (1) 事前調査

事前調査は大別して以下に示す 2 つの意義がある。

- ① 敷地（宅地地盤）全体の安定性評価の基礎情報の把握
- ② 対象敷地の地耐力評価の基礎情報の把握

表 7.6 に事前調査のチェックリストの例を示したが、この内、点検項目小区分の上から 6 番目『表層地質の地層区分』の細目の『その他（ ）』の欄には、地域地盤特性として特殊土やローカルソイルが分布する場合にはその特殊土名等を記載する。この記載が非常に重要である。後述するが、スウェーデン式サウンディング試験（以降、SWS 試験と略記）では、土質の詳細区分はできないので、ここに地域地盤特性の記載がないと、対象とする敷地での地盤工学的課題（地盤リスク）を見逃してしまう可能性が高い。点検項目大区分の下から 3 番目『周辺異常』のチェックも非常に重要である。何らかの周辺異常が見られると地盤工学的課題（地盤リスク）の手掛かりになる場合がある。

表 7.7 に設計・施工条件設定のための確認事項を一覧表で示した。

表 7.8 に地形と地盤リスクとの関係をまとめた。

十分な地盤調査が実施できない戸建て住宅では、これらのチェックリストをうまく利用して地盤工学的課題を漏らすことなく抽出することが重要である。

### 1) 敷地（宅地地盤）全体の安定性評価の基礎情報の把握

敷地の安定性評価には主に以下の 6 つの視点が重要である。

- ① 地形の大区分：低地あるいは台地・丘陵地・山地
- ② 地盤の大区分：自然地盤あるいは人工地盤（埋立地、嵩上げ地、盛土地）
- ③ 微地形（人工改変地の場合は改変前の地形）：例えば、氾濫原、自然堤防、旧河道、谷底低地、扇状地、三角州、他
- ④ 地域地盤特性：例えば、高有機質土、火山灰土、関東ローム、まさ土、しらす、他
- ⑤ 人工地盤の規模と対策工の有無と内容：埋立地の場合は埋立層厚と軟弱地盤対策工の有無と有りの場合はその内容、盛土地の場合は盛土区分（谷埋め盛土 or 腹付け盛土、等）、盛土厚と地震や雨等に備えた盛土安定対策工の有無と有りの場合はその内容、
- ⑥ 地盤リスク・災害リスクのスクリーニング：リスク項目を抽出してリスク対応を検討する

先ず地形を『低地』と『台地・丘陵地・山地』に、地盤を『自然地盤』と『人工地盤』とに大別する。表7.8に示したように、この4区分によって敷地の戸建て用地としての地盤工学的課題（地盤リスク・災害リスク）を大きく絞り込むことができ、更に微地形と地域地盤特性を把握することで地盤リスク・災害リスクのスクリーニングを行うことができる。

## 2) 対象敷地の地耐力評価の基礎情報の把握

戸建て住宅を対象とした地盤調査は、スウェーデン式サウンディング試験（以降、SWS試験と略記）が中心となっている現実がある。SWS試験は本来、原位置調査手法の中では簡易法・簡便法に位置し、調査ボーリング等の補間手法と考えられている。

従って、SWS試験だけの地盤調査によって、地盤状況（各層の土質区分と厚厚分布）を一義的に（マニュアル的に）誰もが同じレベルで把握することは難しい。SWS試験を中心とした地盤調査の場合には、あくまでも事前に想定した地盤状況（下記、①～⑧）の例等参照）をSWS試験によって検証するという姿勢が求められる。

地盤工学的課題解決の基本は、土の分類（識別）にあるがSWS試験だけでは、一般的に粘土・砂・礫の3区分以上の分類は難しい。地域地盤特性に関する知見を踏まえた結果の評価が不可欠である。

### 『事前に想定する地盤状況の例』

- ① 先ず、巨視的視野で敷地周辺の地形地質環境から敷地自体の安定性(表層地盤自体には地耐力があつても、敷地全体が滑り崩壊したのでは元も子もない)を想定する。
- ② 人工地盤(造成地)である場合には、造成前の旧地形図で旧地形を確認する。
- ③ 自然地盤である場合は『地形は地下を映す鏡』の法則に従って、地形から地盤の地盤状況を類推する。
- ④ 地盤に関する地域特性から、対象地に分布する可能性のある地盤を想定する。例えば、関東ローム層、高有機質土層、等々。
- ⑤ 過去の地盤既往データ等から工学的な支持層深度(もしくは軟弱層厚)を想定する。
- ⑥ 敷地周辺の地形地質環境や既往データ等から工学的な支持層の起伏や傾斜の可能性を想定する。
- ⑦ 擁壁基礎や埋設管等の地下構造物の存在可能性を想定する。
- ⑧ その他、地域での特殊事情等々。

表 7.6 事前調査のチェックリストの例(調査地を含む周辺状況)(文献 4)に一部修正加筆

点検項目		点検細目
基本資料	既存資料	地形図・旧地形図・地盤図・地質図・土地条件図・その他( )
地形観察	地形判別	山地・丘陵・崖鋸・洪積台地・扇状地・自然堤防・後背湿地・谷底低地・おぼれ谷・旧河道・三角州・海岸砂州・砂丘・堤防低地・潟湖跡(干渉・干拓地)
	付近の水域からの高低差	敷地からみた川・池沼・湿地までの高さ(GL- ) m
地表の傾斜度	傾斜度	急傾斜地・緩傾斜地・平坦地・(斜度 15 度以上を急傾斜とする)
	主傾斜の方向	主傾斜が(南・北・西・東・北東・北西・南東・南西)向き斜面
表層土質	表層地質の地層区分	沖積層・洪積層・新第三紀層・その他( )
	露頭の土質	掘削面無・岩盤・固結土・砂質土・粘性土・ローム・その他( )
起伏の位置関係	丘陵尾根との関係	裾地・中腹・頂上付近などの鞍部
	台地・崖地との関係	崖麓・中腹・崖端・台地上の平坦部
	微地形境界(傾斜転換点)線上からの位置	低地側平坦部・地形境界の接合端部・高地側傾斜部
土地利用	周辺の土地利用	旧来からの宅地・水田・畑地・山林・原野・果樹園・沼沢・その他( )
	地域地盤特性	凍上地帯・水害常襲地・地盤沈下地帯・崖崩れ危険区域・液状化履歴地・特記なし
	宅地化の状況	家が(まばらである・多い・密集している)
植生	植物の種類	かん木が目立つ・湿地性植物・砂丘性植物・その他( )・特記なし
周辺異常	電柱の傾斜	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
	道路の波打ち・亀裂	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
	排水溝・水路の波打ち	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
	家屋の壁・基礎の亀裂	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
	塀の不陸・傾斜	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
	擁壁の異常	無し・有り わずか・目立つ・かなり目立つ
敷地履歴	敷地の現況	既成宅地・不整地の原野・水田・畑・その他( )
	敷地の履歴	原野・山林・崖地・畑・水田・池沼・河川敷・その他( )
	過去の災害履歴	有( )・無
造成状態	地表面形状	敷地傾斜 無・有( ) m, 段差 無・有( ) m
	盛土の厚さ	( ) m ~ ( ) m・不明
	盛土の経過時間	在来地盤・10 年以上・5 年以上~10 年未満・3 年以上~5 年未満・1 年以上~3 年未満・1 年未満・解体後の敷地(推定 20 年)・不明
	切・盛土の境界	明瞭・不明瞭
	新規盛土予定	新規盛土なし・予定有り( ) m ~ ( ) m・未定

表 7.7 設計・施工条件設定のための確認事項一覧表<sup>5)</sup>

確認対象	確認内容	
	設計に関する事項	施工に関する事項
建物	・建物の用途、規模、平面・立面形状、配置 計画、構造種別、構造形式、接地圧など	
地形・地層	・地形・地層の区分 ・災害(風害、雪害、水害、地震、斜面崩壊、 地すべり、塩害、液状化等)記録 ・造成地の場合:旧地形、造成時期、盛土・ 切土の状況、盛土の種類 ・傾斜地・崖の影響 ・地盤沈下 ・地下水の有無および水位・水質 ・湧水、伏流水・被圧水の有無	・地下水の有無および水位・水質 ・湧水、伏流水・被圧水の有無
敷地境界	・敷地境界と建物の離隔距離 ・屋外工作物との関係	・近接施工の必要性 ・山留めの必要性 ・擁壁・法面への影響 ・道路のL型側溝・U字溝への影響
敷地状況	・敷地の広さ・形状・高低差・傾斜 ・法的規制の有無(危険区域指定など)	・敷地の広さ・形状・高低差・傾斜、表層状態 ・施工機械の施工性・稼働性 ・擁壁などの構造・経年変化
敷地地盤	・地盤の構造安定性(液状化の可能性、支持地盤の連続性、層厚・深さ・傾斜・不陸・凍結深度・地盤沈下の影響) ・地層構成、土質 ・地歴 ・土壤汚染の有無 ・擁壁・地下車庫の築造による部分的な掘削・埋戻しの有無	・地歴 ・土壤汚染の有無 ・地中障害物の有無
敷地周辺	・近接構造物の現状(種別、規模、重要度、構造、基礎、経年変化など) ・敷地周辺道路・鉄道などの交通振動	・周辺道路の状況(道路の幅員、交通規制、交通状況など) ・地中・地上の障害物(ガス・水道管、電柱、架線など)の設置状況 ・施工に伴う周辺への影響(騒音・振動、地盤変状、作業時間、資機材・掘削土砂などの搬出・搬入、産廃の搬出・処分、地下水の影響、掘削などに伴う近接構造物への影響) ・近接構造物の現状(種別、規模、重要度、構造、基礎、経年変化など) ・周辺水路などへの影響

表 7.8 地形と地盤リスク

地形大区分	地盤大区分	地形・表層地盤の特徴	地盤リスク例	
低地	自然地盤	軟弱な粘性土地盤	支持力不足(せん断破壊) 不同沈下	
		グレーボーン(中間土, 特殊土)	同上, かつ, 同下	
		飽和した緩い砂地盤	支持力不足(せん断破壊) 液状化	
		臨海埋立地, 低湿地埋立および嵩上げ盛土(客土), 低平地嵩上げ盛土(客土)	支持力不足(せん断破壊) 不同沈下 液状化 地盤汚染	
	人工地盤		支持力不足(せん断破壊) 不同沈下 液状化 地盤汚染	
			支持力不足(せん断破壊) 不同沈下 液状化 地盤汚染	
			支持力不足(せん断破壊) 不同沈下 液状化 地盤汚染	
	台地・丘陵地	急傾斜地(直下)	落石	
		急傾斜地(直上, 直下)	崖崩れ(急傾斜地崩壊)	
		地滑り地形	地滑り	
		危険渓流下流部	土石流	
		谷埋め盛土(対策不良) 腹付け盛土(対策不良) (盛土材による障害)	地盤変状(滑り, 沈下), せん断破壊 地盤汚染, 強酸性海成粘土, 膨潤性粘土, 脆弱性泥岩(スレーキング), コラプス, その他	
その他	その他	—	陥没, 浸水(内水氾濫, 外水氾濫), 自然由来有害物質, 地盤汚染, 有害ガス, 燃焼, 活断層, 火山災害, 他	

## (2) 地形・地質による基礎形式・地盤対策の選定要領

地盤を地形と地質から評価して、その地盤に対応する基礎形式および地盤補強を選定する要領を図 7.2 に示す。この内、土質については SWS 試験だけの場合は、特殊土の区分をしていない場合があるので、SWS 試験結果だけを鵜呑みにせず、チェックシートや地域地盤特性等で必ず土質区分の検証をすることが重要である。

一方、告示 1347 号に示された地盤の長期許容応力度に関する  $20\text{kN/m}^2$  と  $30\text{kN/m}^2$  の 2 つの閾値に対応する SWS 試験結果の静的貫入抵抗値  $W_{sw}$  によって、基礎形式を選定する要領が小規模建築物基礎設計指針<sup>7)</sup>に示されている。

但し、国土交通省告示第 1113 号（平成 13 年 7 月 2 日）（以降、告示 1113 号と略記）によれば以下に示すように第 2 項に地震時に液状化のおそれのある地盤の場合で『基礎の底部より下 2m 未満までの間にスウェーデン式サウンディングの荷重が 1kN 以下で自沈する層が存在する場合、告示 1347 号第 2 に定める構造計算を行う』と記載されており、この場合、SWS 試験の静的貫入抵抗  $W_{sw}$  の閾値が異なっている〔小規模建築物基礎設計指針

の図 7.3 では 0.75kN、告示 1347 号では 1kN] ので注意が必要である。

国土交通省告示第 1113 号（平成 13 年 7 月 2 日）

地盤の許容応力度及び基礎ぐいの許容支持力を求めるための方法等を定める件

第 2 項

地盤の許容応力度を定める方法は、次の表の(1)項、(2)項又は(3)項に掲げる式によるものとする。ただし、地震時に液状化のある地盤の場合又は(3)項に掲げる式を用いる場合において、基礎の底部より下 2m 未満までの間にスウェーデン式サウンディングの荷重が 1kN 以下で自沈する層が存在する場合、若しくは基礎の底部より下 2m から 5m までの間にスウェーデン式サウンディングの荷重が 500N 以下で自沈する層が存在する場合にあっては、平成 12 年建設省告示第 1347 号第 2 に定める構造計算を行うものとする。

対象地盤に荷重に対応する地盤の沈下量を算出し、不同沈下量  $S_d$  の設計目標値〔表 7.11、表 7.12 等参照〕との関係を踏まえての基礎形式選定要領を図 7.4 に示す。

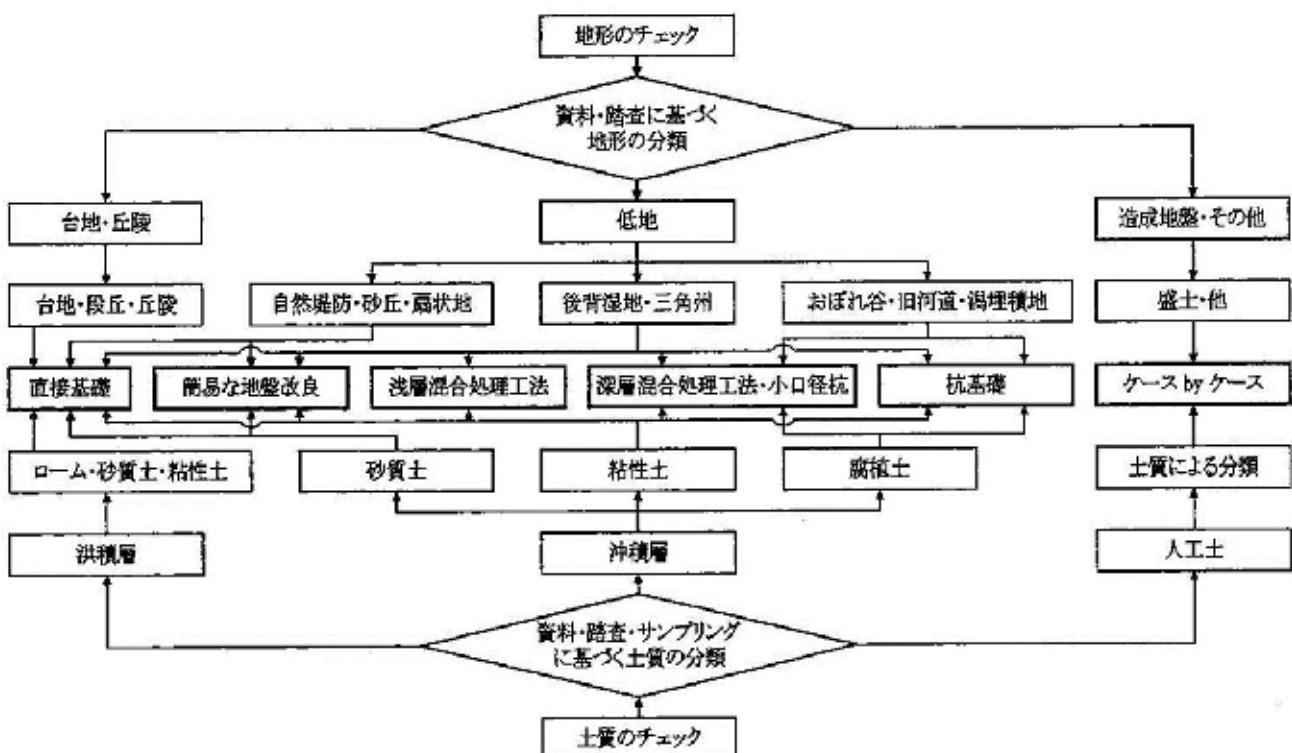


図 7.2 地形・土質による基礎形式・地盤補強の選定例<sup>6)</sup>

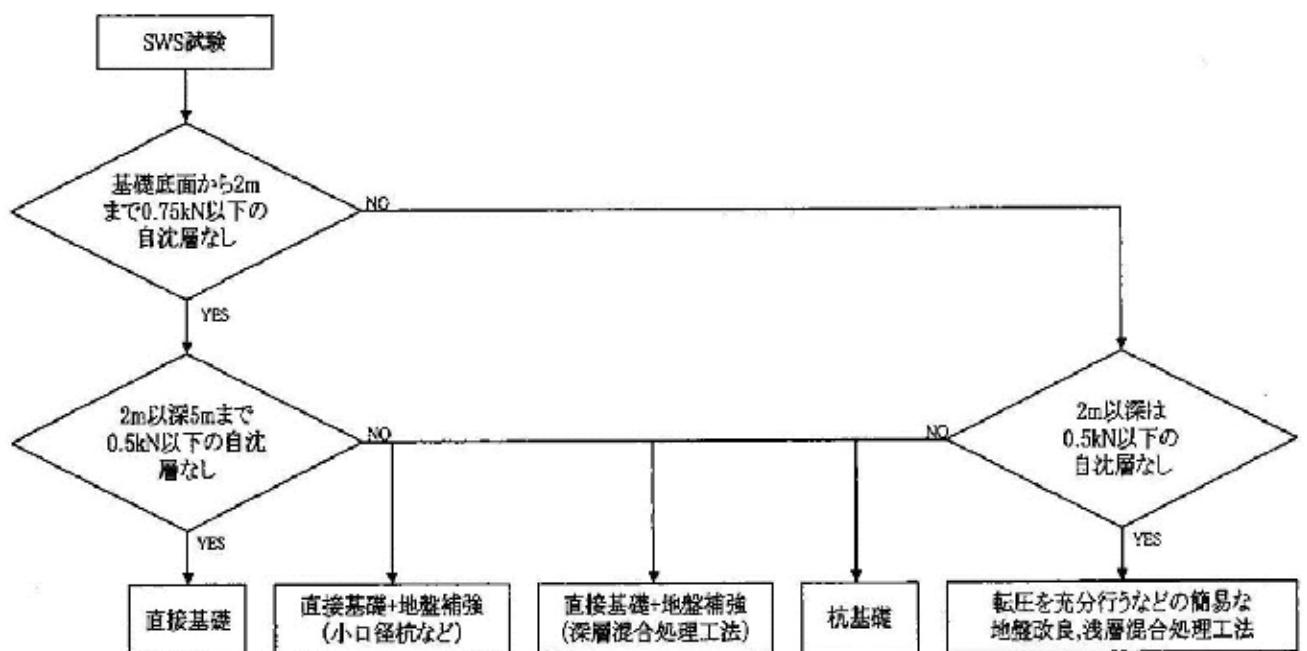


図 7.3 SWS 試験の静的貫入抵抗値による基礎形式の選定例<sup>6)</sup>

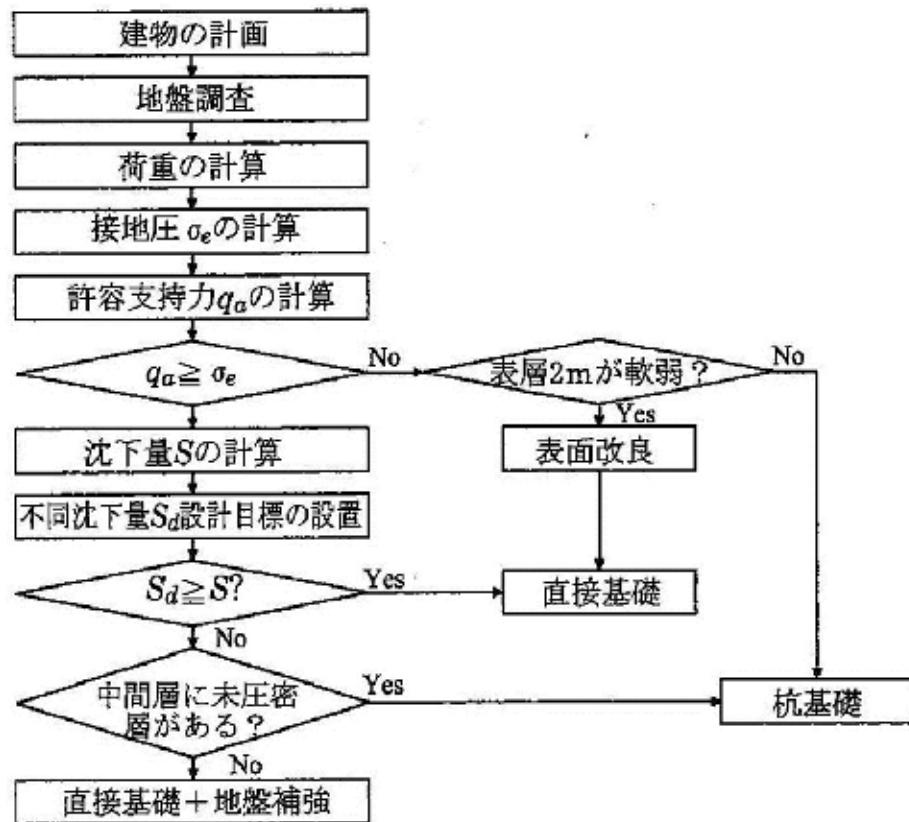


図 7.4 戸建住宅のための基礎形式選定フロー<sup>7)</sup>

### (3) 基礎形式と地盤対策の種類

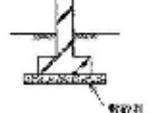
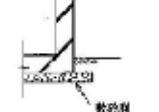
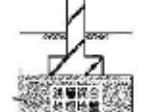
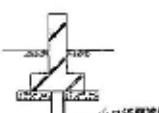
7.1節(3)に示した告示1347号、及び図7.2～図7.4の選定フローからも基礎形式と地盤対策(地盤補強)の組合せは以下の5パターンであり

- ・地盤補強なしの基礎ぐい〔20kN/m<sup>2</sup>未満の地盤の場合〕
- ・地盤補強なしのべた基礎〔20kN/m<sup>2</sup>以上の地盤の場合〕
- ・地盤補強なしの布基礎〔30kN/m<sup>2</sup>以上の地盤の場合〕
- ・地盤補強ありのべた基礎〔20kN/m<sup>2</sup>未満の地盤の場合〕
- ・地盤補強ありの布基礎〔30kN/m<sup>2</sup>未満の地盤の場合〕

地盤補強の内、一般的に普及している工法としては第8章で解説するように、浅層混合処理工法(表層改良)、深層混合処理工法(柱状改良)、小口径鋼管杭工法に代表される。

基礎形式と代表的地盤補強との組合せ例を表7.9に示す。

表7.9 基礎形式・地盤補強工法一覧表(その1)<sup>8)</sup>

基礎形式	基礎部材	地盤補強		基礎形式または地盤補強の概要	基礎断面例
		補強種別	補強材料・工法		
直接基礎	基礎スラブ ／ 布基礎	無補強	—	上部構造の壁または柱からの荷重を柱脚のフーチングによって地盤に伝える基礎で、フーチングは鉄筋コンクリート造、断面形状は逆T字型などである。	
	基礎スラブ ／ べた基礎			上部構造の広範囲な面積内の荷重を単一の基礎スラブまたは格子架と基礎スラブで地盤に伝える基礎で、基礎スラブは鉄筋コンクリート造である。	
直接基礎 + 地盤補強	基礎スラブ ／ 布基礎またはべた基礎	地盤改良	浅層混合処理工法	支持力の増加および沈下量の低減を目的として、建物周囲を含め、基礎スラブまたは基礎フーチング直下を全面的にセメント系同化材と原位置土を搅拌混合して薄層状に改良する。改良深さは、基礎スラブ直下2m以浅である。固化材の添加方式には、粉体状とスラリー状があり、混合方式にもそれぞれ原位置混合方式と事前混合方式がある。	
			深層混合処理工法	支持力の増加および沈下量の低減を目的として、円形断面を有する柱状改良体を、基礎スラブまたは基礎フーチング直下に杭のように配置する。搅拌混合方式には機械式搅拌や噴射ジェット式搅拌などがあり、スラリー状の固化材を用いた機械式搅拌混合工法が多用されている。搅拌装置や搅拌方法の違いによって多くの工法がある。	
	小口径杭	小口径鋼管杭		支持力は基礎フーチングで確保し、沈下量の低減を目的として、鋼管杭を回転貫入または圧入によって設置する工法である。	

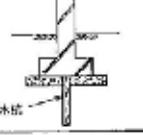
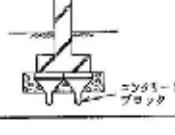
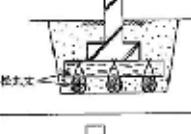
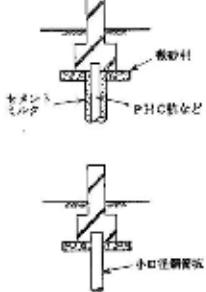
上述の代表的地盤補強工法〔浅層混合処理工法(表層改良)、深層混合処理工法(柱状改良)、小口径鋼管杭工法〕以外の基礎形式と地盤補強例を表7.10に紹介する。

- ・木杭：柱状地盤補強工法としての小口径杭3素材〔鋼管杭、既成コンクリート杭(PC

杭), 木杭] の 1 つ

- ・ コンクリートブロック碎石: コマ型基礎とも呼ばれ, 置換工法に区分される
- ・ 松丸太, 碎石: 脳木基礎, 梯子脳木基礎, 井桁基礎とも呼ばれ, 置換工法に区分される
- ・ 杭基礎: 地盤補強としてではなく深い支持層に杭を介して直接支持させる基礎形式

表 7.10 基礎形式・地盤補強工法一覧表 (その 2)<sup>8)</sup>

基礎形式	基礎部材	地盤補強		基礎形式または地盤補強の概要	基礎断面例
		補強種別	補強材料・工法		
直接基礎 + 地盤補強	基礎スラブ / 布基礎またはべた基礎	小口径杭	木杭	束口直径120 mm以上、長さ3m以上の外皮を剥いた松材またはそれと同等以上の耐久性のある木杭を間隔2m以下で地下水の常水面下に圧入によって設置し、支持力の増加と沈下量の低減を図る工法である。	
		置換	コンクリートブロック、碎石	基礎スラブ直下の軟弱地盤を、格子状の鉄筋で固定したコマに似た形状のコンクリートブロックとそのブロック間に充填する碎石で置換する。これらが壁構造を形成することによって、支持力の増加と沈下量低減効果が期待できる。	
		置換	松丸太、碎石	基礎スラブ直下の軟弱地盤を、縦横に井桁状に組んだ松丸太を内蔵した碎石に置換し、これらが壁構造を形成することによって、支持力の増加と沈下低減効果が期待できる。	
*杭基礎	パイプキャップ	—	小口径杭	小口径のRC杭、PC杭、節杭あるいは鋼管杭の支持力によって上部構造を支持する基礎である。鋼管杭の形状には、先端部および軸部、または先端部のみに羽根を装着したものや先端部が錐状になっているものなど多くのものがある。杭設置の施工法としてRC杭、PC杭、節杭はスクリューオーガによって事前に地盤を削孔し、その掘削孔にセメントミルクを注入した後、杭を沈没する方法と、地盤中に直接圧入する方法がある。また、鋼管杭は回転貫入による方法が多い。	

\*杭基礎の設計は「建築基礎構造設計指針2001」によるものとする。

### 7.3 基礎の計画・設計上留意すべき地形・地質条件

#### (1) 地盤リスクを避ける

地形と地盤の大区分と主要な地盤リスクとの関係を表7.8に示した。

戸建て住宅では、主にコストの制約から中・大規模建築物や公共施設に比べて十分かつ厳密な地盤調査と地盤解析が行えないことが多い。

地下は見えないこと、および地盤に関する知識不足から、地盤リスクを想定せずに、あるいは地盤リスクに気付かないまま家を建て、建物荷重や地震時の液状化による不同沈下(建物傾斜)が発生して初めて、地盤に問題があったことに気付かされることになる。

例え中・大規模建築物や公共施設で実施するような十分かつ厳密な地盤調査や地盤解析が行えなくても、最小限の的確な手順を踏んで、地盤リスクのスクリーニングと検討を行っておけば、地盤トラブルはかなりの割合で避けることができる。

戸建て建築後の地盤を原因とする建物トラブルを避けるには、

- ① 地盤リスクのある土地は避ける。
- ② 地盤リスクのある用地を使わざるを得ない場合には、事前に地盤対策を実施してから建物を構築する。

何れにしても地盤リスクの把握が重要である。

地盤リスクは地形と地質(地盤)に依存することから、地形と地質をきちんと見極めれば、地盤リスクはある程度想定できる。

人工改変(開発)がなければ、地形は目で確認することができるが、地盤は人工改変の有無に関わらず、一般的には目で直接確認することができないことが最大の特徴である。従って、地盤構造や地盤物性の想定は、以下の3つの手法の何れか、もしくは組合せでアプローチする。

- ① 周辺の既往地盤情報を参照する。
- ② 『地形は地下を映す鏡である』という原則に従って、地形を通じて地盤状況を想定する。
- ③ 地盤調査を実施する。

一方、人工地盤の場合は人間がオーダーメードで作ったものなので、仕上がり造成敷地を見ても、地下の地盤構造(盛土構造)を想定することができない。言い換えれば、実態が掴めないだけに、盛土地盤は自然地盤に比べて地盤リスクが大きいことに注意が必要である。具体的には、表7.7を参照して欲しい。

## (2) 不同沈下の原因例

- 地盤に不具合があると、建物の傾斜と地盤(地表面)の不同沈下となって現れる。
- 不同沈下(建物の傾斜)を引き起こす主な原因是図7.5および表7.11にまとめたように、
- (a) 建物直下に軟弱地盤が分布し、その層厚が平面的に見て不均一な(偏っている)場合。
  - (b) 建物直下に軟弱地盤が分布し、建物荷重が平面的に見て偏っている場合。
  - (c) 擁壁で囲われた(区切られた)盛土地盤に建物が構築され、擁壁が変状し、それに連動して地盤も変状する場合。
  - (d) 擁壁裏込め埋戻し土の締め固め不足で、埋戻し土部分が沈下し、そこに建物が載っている場合。
  - (e) 柱状地盤補強(柱状改良や小口径杭)において設計長の見込み違いから、先端(下端)が良質地盤(相対的支持地盤)に未到達となった場合。
  - (f) セメント系固化材による浅層改良や柱状改良は、関東ロームや高有機質土(腐植土)の場合、土質毎の専用の固化材を用いたり、十分な添加量(例えば、一般的な粘土に比べて関東ロームで2~3割増し、高有機質土(腐植土)で3~5割り増し)を投入しないと固化不良となる場合がある。特に高有機質土(腐植土)が不規則に介在する地層を対象とした柱状改良では検証が難しい。
  - (g) 嵩上げ盛土造成地盤等において、下位に軟弱な粘土層が分布している場合、盛土荷重と建物荷重で軟弱粘土層が圧密するような場合。
  - (h) 各種盛土造成地盤において、盛土材に不良材(盛土に不適な材料:粘性土系やスレーリング材等)を用いたり、転圧(締め固め)不足で盛土が沈下する場合。
  - (i) 切盛造成地において、建物が切土部と盛土部に跨る場合。
  - (j) 既設建物の近傍で掘削工事等が実施され、その影響が既設建物の基礎地盤に及ぶ場合。等が不同沈下の代表的原因として考えられる。

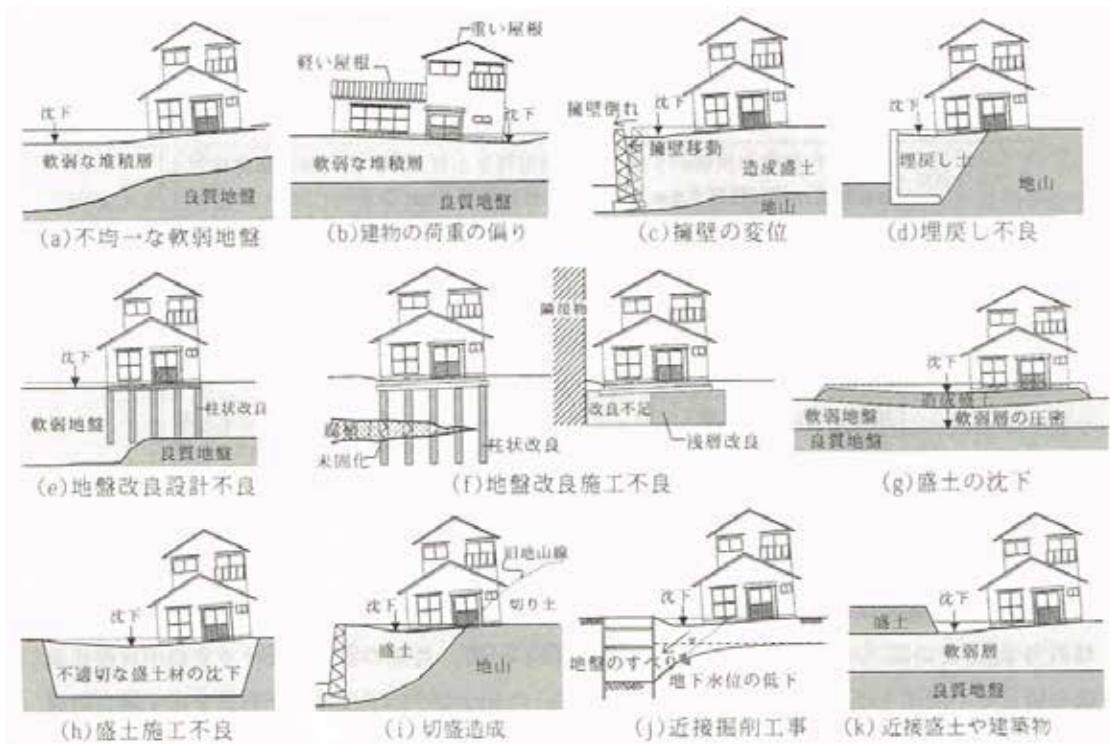


図 7.5 不同沈下の原因例<sup>9)</sup>

表 7.11 不同沈下の原因例<sup>10)</sup>

区分		原因	図
既存地盤	軟弱地盤	不均一に堆積した軟弱地盤上に建築した場合	(a)
	建物荷重の偏り	平面的に建築物の重量が偏る場合	(b)
擁壁等	擁壁等の変位	擁壁の変位などに伴う背面地盤の変位と沈下	(c)
	埋戻し不良	擁壁や地下車庫等の構築に伴う背面埋戻し不良による沈下	(d)
地盤改良	設計不良	工法選定ミスや軟弱層厚が不均一な場合の杭長不足など	(e)
	施工不良	改良体の支持力不足や腐植土層などによる未固化など	(f)
宅造盛土	盛土の沈下	盛土や建物荷重による盛土自体および下部地盤による盛土上の沈下	(g)
	盛土施工不良	不適切な盛土材、転圧不足、盛土時期や盛土厚さの違いなど	(h)
	切盛造成	切土と盛土にまたがる敷地に建築した場合	(i)
近接工事	掘削工事	土留変形や矢板引抜、地下水位低下による圧密沈下	(j)
	盛土および建築物	敷地に近接した盛土や建築物の荷重による沈下	(k)

### (3) 不同沈下における傾斜角と変形角

不同沈下に伴う建物の傾斜形状は図 7.6 に概念図を示すように、便宜的に、建物両端を直線で結んだ時に床版が下方に向て凸状に変形している場合はV字型変形、凹状に変形している場合はへの字型変形と呼び、これらを併せて変形傾斜と呼んでいる。これに対して床版の変形がないものを一体傾斜と呼んでいる。

この傾斜と変形を定量的に表現する場合には、図 7.6～図 7.9 に定義図を示すように便宜的に傾斜角と変形角を用いている。

先ず、建物両端を直線で結んだ傾きを全体傾斜角  $\phi_1$ 。V字型変形の場合の床版の最大傾斜角  $\phi_{max}$  と全体傾斜角  $\phi_1$  との差を変形角  $\theta_1$ 、への字型変形の場合の床版の最大傾斜角  $\phi_{max}$  と全体傾斜角  $\phi_1$  との差を変形角  $\theta_2$  と定義している。

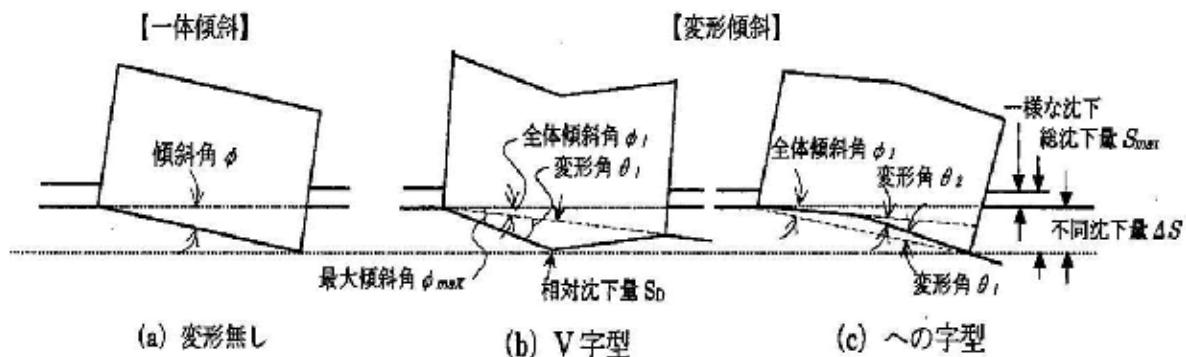


図 7.6 沈下傾斜の形状分類<sup>11)</sup>

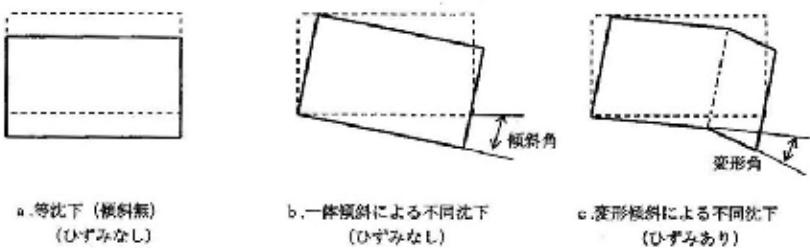


図 7.7 建物の変形<sup>13)</sup>

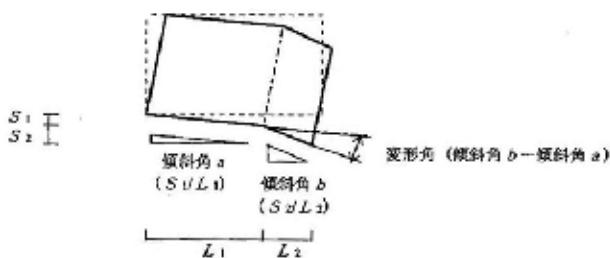


図 7.8 傾斜角と変形角<sup>12)</sup>

$$\begin{aligned} \text{傾斜角 } a &= BC \text{ 間の沈下量 } (a - \beta) \div \text{距離 } L1 \\ \text{傾斜角 } b &= AB \text{ 間の沈下量 } (\beta) \div \text{距離 } L2 \\ \text{変形角 } \theta_2 &= \text{傾斜角 } a - \text{傾斜角 } b \end{aligned}$$

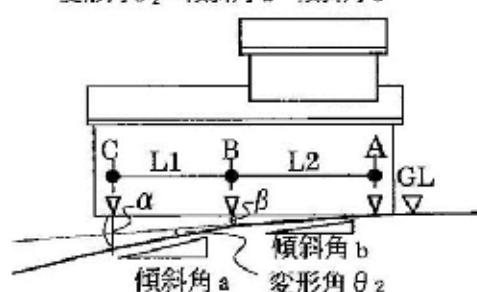


図 7.9 沈下量の算出方法<sup>13)</sup>

建築基礎構造設計指針では、許容沈下量の参考値として表 7.12 の値が示され、小規模建築物基礎設計指針では、設計時点での不同沈下の設計目標値の目安として表 7.13 の値が、沈下修復の要否判断の目安として表 7.14 が示されている。ここで、表 7.13 の値は表 7.14 標準の値の 1/2 の関係である。

表 7.12 許容沈下量の参考値<sup>14)</sup>

沈下の種類	即時沈下(cm)		圧密沈下(cm)	
基礎形式	布基礎	べた基礎	布基礎	べた基礎
標準値	2.5	3~(4)	10	10~(15)
最大値	4	6~(8)	20	20~(30)

( ) : 剛性の高いべた基礎の値

表 7.13 不同沈下の設計目標値の参考値<sup>15)</sup>

不同沈下	設計目標値
傾斜角	3/1,000 以下
変形角	2.5/1,000 以下

設計目標値：設計時点における不同沈下の設計目標値の目安で、表 7.14 の標準の 1/2 の値  
 傾斜角：測点の高低差 S を測点間の距離 L で除したもので、X/1,000 で表す。測点は高さの局部的な影響がでないように考慮し、測点間の距離は 3 m 程度以上離れた測点を選定する。  
 変形角：建築物途中から傾斜が変化している場合の傾斜角の緩やかな部分と急な部分の差であり、Y/1,000 で表す。屈曲点は明瞭になるとは限らず放物線条を示すことが多いので、測点などについて適正な値が採用できるよう配慮する。測点は高さの局部的な影響がでないように考慮し、測点間の距離は基本的に 3 m 程度以上離れた測点を選定する。

表 7.14 不同沈下の設計目標値の参考値<sup>16)</sup>

沈下傾斜量	下限	標準	上限
傾斜角	4/1,000	6~8/1,000	—
変形角(θ <sub>2</sub> )	3/1,000	5/1,000	8/1,000

下限：一部（概ね 2 割程度）の建物で著しい不具合が生じるレベル

標準：多くの（5 割を超える程度）の建物で著しい不具合が生じるレベル

上限：大部分の（概ね 7 割程度）の建物で著しい不具合が生じるレベル

伊奈ら<sup>17)</sup>によって不同沈下による戸建住宅の居住性に関わる機能的障害程度と傾斜角、および耐久性に関わる障害としての損傷程度と変形角との関係がまとめられ、障害程度と損傷程度の評価区分が付与されて小規模建築物基礎設計指針に収録されている（表 7.15、表 7.16 参照）。これより居住性には傾斜角が、建築物の寿命には変形角が影響することが分かる。

更に、表 7.17 住宅品質確保促進法による不同沈下の評価基準が、建設省告示第 1653 号（平成 12 年）住宅品質確保促進法 第 70 条に基づく「住宅紛争処理の参考となるべき技術基準」に示されている。

表 7.15 傾斜角と機能的障害程度の関係<sup>12)</sup>

傾斜角	障害程度	区分
3/1000 以下	品確法技術的基準レベル 1 相当	1
4/1000	不具合が見られる	2
5/1000	不同沈下を意識する 水はけが悪くなる	
6/1000	品確法技術的基準レベル 3 相当。不同沈下を強く意識し申し立てが急増する。	3
7/1000	建具が自然に動くのが顕著に見られる	
8/1000	殆どの建物で建具が自然に動く	4
10/1000	排水管の逆勾配	
17/1000	生理的な限界値	5

出典】日本建築学会編：小規模建築基礎設計指針、日本建築学会発行、2008. 2, p. 255 より転載

表 7.16 変形角( $\theta_2$ )と損傷程度の関係<sup>10)</sup>

変形角( $\theta_2$ )	損傷程度	区分
2/1000 以下	損傷が明らかでない範囲	1
2 ~ 3/1000	建付と内外壁の損傷が 5 割を超える損傷が目立つ。内外壁の損傷は 0.5 mm 程度、建付隙間 3 mm 程度、木工仕口隙間 2 mm 以下	2
3 ~ 5/1000	損傷程度が著しくなる。基礎亀裂の拡大傾向が見られ、無筋基礎、内外壁の損傷が 0.5 mm 程度、建付隙間 5 mm 程度、木工仕口隙間が 2 mm を超える。	3
5 ~ 8/1000	多くの損傷が 5 割を超える損傷が目立つ。有筋基礎でも多くの建物で 0.5 mm を超える亀裂、内外壁の損傷は 1 mm、建付隙間は 10 mm を超え、木工仕口隙間 4 mm 程度以上となる。	4
8 ~ 12/1000	損傷程度はさらに著しくなるが損傷発生率は頭打ち塑性的傾向を示す。有筋基礎でも 1 mm 程度の亀裂、内外壁の損傷 2 mm 程度、建付隙間 15 mm 程度、木工仕口隙間 5 mm 程度となる。	5

出典】日本建築学会編：小規模建築基礎設計指針、日本建築学会発行、2008. 2, p. 255 より転載

表 7.17 住宅品質確保促進法による不同沈下の評価基準

レベル	木造、鉄骨造、鉄筋コンクリート造または鉄骨鉄筋コンクリート造の勾配の傾斜	構造耐力上主要な部分に瑕疵が存在する可能性
1	3 / 1,000 未満 凹凸の少ない床の平面における 2 点 (3 m 程度離れたものに限る) の間を結ぶ直線の水平面に対する角度をいう	低い
2	3 / 1,000 以上 6 / 1,000 未満	一定程度存在する
3	6 / 1,000 以上	高い

出典】建設省告示第 1653 号(平成 12 年)住宅品質確保促進法 第 70 条に基づく「住宅紛争処理の参考となるべき技術基準」

#### (4) 基礎形式の違いによる設計検討項目

直接基礎はべた基礎と布基礎(連続基礎)に代表されるが、その他に布基礎の変形として独立基礎、偏心布基礎、片側に土圧を受ける布基礎、等がある。これら直接基礎の設計におけるそれぞれの検討項目を表 7.18 に示すが、基礎の種類によって設計検討項目が異なることに留意する必要がある。直接基礎の種類の概念図は図 7.10 に示す。

表 7.18 基礎設計における検討項目<sup>18)</sup>

検討項目 \ 基礎の種類	布基礎	偏心布基礎	片側に土圧を受ける基礎	べた基礎	独立基礎
地盤	支持力	○	○	○	○
	不同沈下*	○	○	○	○
	滑動		○		
基礎スラブ	曲げモーメント	○	○	○	○
	せん断力	○	○	○	○
基礎梁	曲げモーメント	○	○	○	
	せん断力	○	○	○	
	ねじりモーメント		○	○	
	面外方向曲げモーメント			○	
	面外方向せん断力			○	

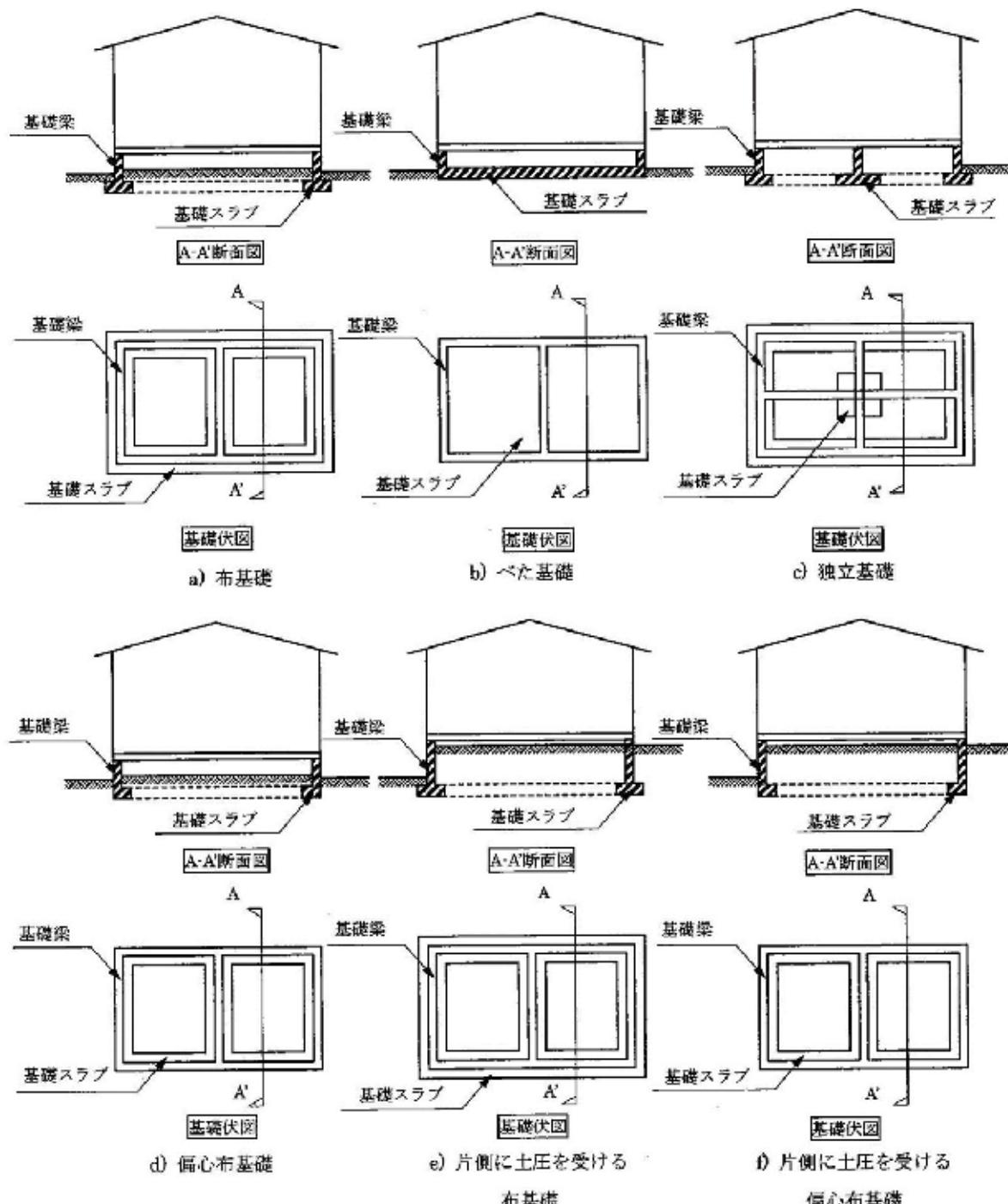


図 7.10 直接基礎の種類<sup>19)</sup>

## (5) 基礎設計上のその他の留意点

特異な地形・地質条件や隣接地との関係を踏まえた基礎設計上の留意点を以下に列記する。

### 1) 谷埋め盛土、腹付け盛土、地すべり地の場合の留意点

表層地盤の地耐力が十分にあっても、敷地全体の地盤が滑動・崩壊する可能性があるので、滑り・崩壊に関する安定解析と対策検討が必要である。

### 2) 表層に緩い砂地盤が分布する地盤に基礎を設置する場合の留意点

液状化リスクを検討し、リスク内容を十分に理解・納得した上で対策メニューを整理する。液状化防止ではなく液状化に伴う有害な被害の軽減の観点で考えることがポイントである。液状化対策と圧密沈下対策は、相互にトレードオフ関係になる場合があるので留意する。

### 3) 擁壁に近接して基礎を設置する場合の留意点

基礎底端部から切土地盤の場合で 45 度、盛土地盤の場合で 30 度の応力影響線を引き、擁壁が応力影響線にかからないよう基礎の深度と配置を工夫する。

### 4) 切盛造成地で建物を切土と盛土に跨って施工する場合の留意点

不同沈下や地震時に変状が生じ易いので、慎重な検討と対策が必要である。

### 5) 表層地盤は同一地層で平坦だが下位の良質地盤(支持地盤)の不陸が激しい場合の基礎設計の留意点

既存情報で地域特性の事前把握が基本。支持地盤の不陸を前提とした基礎設計と対策がポイント。

### 6) 台地・丘陵地の良質地盤での嵩上げ盛土地盤に基礎を設置する場合の留意点

本来の地盤は良質でも嵩上げ盛土や擁壁の施工が粗悪だと、それが原因で不同沈下等の地盤トラブルに発展する場合があるので注意。

### 7) 周囲で近接施工(盛土や掘削)が実施される場合の対象地への影響。対象地での基礎施工が隣接地に対して近接施工となる場合の留意点

近接施工としての相互影響を事前に十分検討するとともに、施工時・施工後の定期的な影響監視(観測)が欠かせない。

### 8) その他 7.3(2)で列挙した不同沈下の各種原因例に該当する地盤に基礎を設置する場合の留意点

地盤トラブル(不同沈下)が想定される地盤であるので、それを念頭に慎重に検討する。

<参考文献>

1) 一般社団法人 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，p. 216, 2008. 2.

出典は一般社団法人日本建築学会：小規模建築物基礎設計の手引き, p. 4, 1988

- 2) 前掲 1), p. 54
- 3) 前掲 1), p. 82
- 4) 前掲 1), p. 29
- 5) 前掲 1), p. 68
- 6) 前掲 1), p. 73
- 7) 前掲 1), p. 74
- 8) 前掲 1), pp. 71～72
- 9) 前掲 1), p. 256
- 10) 前掲 1), p. 255
- 11) 前掲 1), p. 254
- 12) 前掲 1), p. 86
- 13) 前掲 1), p. 260
- 14) 前掲 1), p. 85
- 15) 前掲 1), p. 87
- 16) 前掲 1), p. 261

出典は日本建築学会構造系論文集 No. 614 pp61-68, 伊奈潔他

- 17) 伊奈 潔・藤井 衛・田村昌仁・須々田幸治：戸建住宅の不同沈下による障害と傾斜角および変形角の関係，日本建築学会構造系論文集，第 614 号，pp. 61～68, 2007. 4.
- 18) 前掲 1), p. 96
- 19) 前掲 1), p. 94

## 8. 地盤対策

『地盤対策』『地盤補強』『地盤改良』は類似用語だが、図 8.1 に示すように地盤対策は地盤補強と地盤改良およびそれ以外の対策(例えば排水等)も包括する概念、地盤補強は地盤改良およびそれ以外の補強方法(例えば補強材等)も包括する概念であり、この3つの用語の意味は厳密には異なっている。

しかし実務面では、必ずしも明確な定義によって使い分けられているとは限らず、慣用的に類似用語として混用されている感もある。それぞれの本来的な用語の意味を便宜的に表 8.1 に整理した。

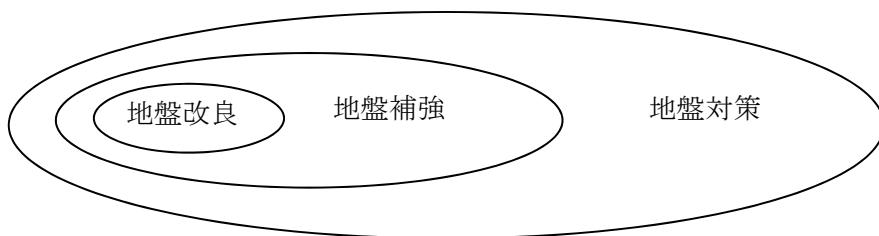


図 8.1 『地盤対策』『地盤補強』『地盤改良』の関係

表 8.1 『地盤対策』『地盤補強』『地盤改良』の意味の違い

用語	解説例
地盤対策	地盤補強と地盤改良を含む概念ではあるが、地盤補強の反対の意味となる、地盤を軟化させることも含む概念である。例えば軟弱地盤対策工法という用語があるが、地盤条件の観点で、そのままでは目的の用途に使うことができない時に、目的の用途に使えるよう地盤条件を改善することを地盤対策と総称している。改善対象は地盤の強度・変形特性の補強だけではなく、透水性の改善（排水性の促進もあれば遮水性確保もある）や硬質地盤を軟化させる場合もある。
地盤補強	地盤改良を含む概念である。小口径杭工法（鋼管杭、既成コンクリート杭、木杭）は地盤改良とは言い難い面があることから、浅層・深層改良工法と併せて総称する場合は地盤補強と呼ぶ。また、谷埋め盛土や腹付け盛土の安定確保の為に用いる、抑止杭やアンカー工法等の盛土強化対策も地盤補強で括られる。
地盤改良	例えば、セメント系固化材等によって、地盤を混合処理して地盤の性質そのものを改善する工法。

## 8.1 地盤対策の目的

戸建て敷地の地盤対策の目的には、大略、以下の5項目が考えられる。

### (1) 浸水対策

降雨時に建物が水に浸からないよう、もしくは建物内に水が浸入しないための対策。

### (2) 隣接斜面対策

敷地が急傾斜面に隣接している場合、隣接急傾斜面の崩壊から建物を守るための対策。

### (3) 切盛り造成地盤の安定対策

台地、丘陵地、山間地等の切盛り造成地における、階段状敷地部、谷埋め盛土部、および腹付け盛土部等での、地震時や長雨時および長期耐久性を踏まえた地盤の安定対策。

### (4) 支持力・沈下対策

支持力不足もしくは沈下懸念のある表層地盤における支持力向上もしくは沈下防止(抑止)のための地盤対策。

### (5) 液状化対策

地震時に表層地盤が液状化して建物に有害な被害(建物傾斜による隣接施設との接触障害、めり込み沈下、不同沈下、等)が想定される場合の被害防止もしくは軽減のための地盤対策。

## 8.2 地盤対策の基本的考え方

前節で地盤対策の代表的目的を5つ挙げたが、敷地によってはこれらのリスクを複数重なって有する場合がある。複数の対策が必要な場合、それぞれを別々に検討すると、相互関係においてトレードオフの関係になる場合があるので、対策は総合的に検討する必要がある。

例えば、浸水と圧密沈下が想定される場合に、浸水対策として嵩上げ盛土を採用すると、これは圧密促進工法となり、圧密対策と整合がとれない場合がある。あるいは圧密沈下と液状化被害が想定される場合に、地下水位低下工法や碎石ドレン工法を採用すると、この場合も圧密促進工法となってしまい、圧密対策と整合がとれなくなる場合がある。何れも総合解析・検討が必要である。

### (1) 浸水対策

周囲、特に前面道路よりも敷地の地盤高を高くし、かつ敷地地盤高に対する家屋床高との比高を確保すること、および表層地盤の水捌けをよくするとともに、地盤内への浸透を促進する雨水浸透貯留施設を設置したり敷地内の雨水を速やかに外部水路に排出できる排水設備を確保するのが基本である。

## (2) 隣接斜面対策

まず自治体が作成している土砂災害ハザードマップ等によって、周囲が急傾斜地崩壊危険区域、土砂災害警戒区域、特別警戒区域、等に指定されていないかチェックする。但し、新規造成地の場合は、例え危険斜面であっても指定されていない場合があるので注意する。

## (3) 切盛り造成地盤の安定対策

傾斜地の造成では必ず隣地境界に高低差が生じる。この高低差は擁壁で支えられることが多い。擁壁については、常時だけでなく地震時や降雨時の長期的な安定を確保できる構造かつ対策が求められるが、高さ2m以内（但し、造成盛土部では1m以内）の擁壁は建築基準法または宅地造成規制法上の手続きが省略されることから、構造設計や対策が疎かになる場合があるが、法律上の手続きの有無と安全性の確保とは無関係なので、高さ2m以内の擁壁であっても安全性の検討を省略してはいけない。

擁壁自体の安定にはL型擁壁や十分な根入の確保、アンカー工による補強や各種補強土工法がある。また、降雨時に擁壁背面に過度な水圧がかからないよう、まず地盤内への雨水浸透の抑制（地表排水）および地下水の排水（地下排水）促進のためのドレン設備を配置する。擁壁自体の安定が確保されていても、裏込め埋め戻し土の締め固め不足によって埋め戻し部が経年的に沈下があるので、埋め戻し土の締め固めは念入りに行う必要がある。

大規模な切盛り造成地では、いわゆる谷埋め盛土部や腹付け盛土部の地震時・降雨時の長期耐久性が懸念される。谷埋め盛土部や腹付け盛土部の擁壁は2m以上あることから、建築基準法または宅地造成規制法上の一定の検討はなされるが、谷埋め盛土特有条件の考慮方法や地震条件、降雨条件、あるいは地盤条件の経年変化の評価方法等については、必ずしも一般化していないこともあり、現状では甘めの検討に留まっている例が多いものと思われる。今後は、東日本大震災での被害事例を踏まえ、谷埋め盛土部と腹付け盛土部については、厳しい条件設定のもとに安定検討と対策の導入が望まれる。また、その検討結果と対策内容を書類化して、土地購入者に引き継がれていく必要がある。

谷埋め盛土部と腹付け盛土部の安定確保も、高さ2m以内の擁壁の場合と基本的考え方は共通しているが、比高が大きいことから、盛土構造によっては排水工も大規模化するし、抑止杭等大規模対策が必要となる場合もある。

## (4) 支持力・沈下対策

戸建て住宅を支える地盤の支持力・沈下性能については、建築基準法上（告示1113号や告示1347号）は、基礎底面下2mまでの地盤の地盤特性で支持力性能が、基礎底面下5mまでの地盤特性で沈下性能が決まるという考え方方が基本となっている。しかし、基礎底面下5m以深はどうでもよいということではなく、相対的な評価は必要である。

一方、「住宅の品質確保の促進等に関する法律（平成11年法律第81号、住宅品質確保促進法）」および「特定住宅瑕疵担保責任の履行の確保等に関する法律（平成19年法律第66号、住宅瑕疵担保履行法）」を踏まえ、新築住宅の提供者に対して瑕疵担保責任が問われるようになり、瑕疵担保保険が義務付けられるようになり、この責任の範囲に地盤の支持力・沈下性能の確保も含まれている。新築住宅を供給する住宅事業者が「保険申込」

により資力確保を行う場合に遵守しなければならない設計施工基準は、平成21年7月に国土交通省の指導によって全保険法人で統一されている。

戸建て住宅地盤の支持力・沈下性能の確保のための地盤対策方法について、この設計施工基準の第5条において、地盤対策の主要3工法〔浅層混合処理工法（表層改良）、深層混合処理工法（柱状改良）、小口径鋼管杭〕が取り上げられており、戸建て住宅においては、この3工法がデ・ファクト・スタンダード化している。

国土交通大臣指定の全住宅瑕疵担保責任保険法人共通の『設計施工基準』の第1条（主旨）と第5条（地盤補強及び地業）を以下に転載する。

#### 設計施工基準（国土交通大臣指定の全住宅瑕疵担保責任保険法人共通）

平成21年7月1日 制定

（主旨）

#### 第1条

この基準は、特定住宅瑕疵担保責任の履行の確保等に関する法律（平成19年法律第66号）第19条第一号及び第二号に掲げる保険契約の申込みを行う住宅（以下、「申込住宅」という。）の設計施工に関する技術的な基準を定める。

#### （地盤補強及び地業）

#### 第5条

1 地盤調査の結果の考察又は基礎設計のためのチェックシートによる判定（以下「考察等」という）に基づき地盤補強の要否を判断し、地盤補強が必要である場合は、考察等に基づき地盤補強工法を選定し、建物に有害な沈下等が生じないように地盤補強を施すこととする。

2 小口径鋼管杭、深層混合処理工法（柱状改良）又は浅層混合処理工法（表層改良）を行う場合は、次の各号により、建物に有害な沈下等の生じるおそれがないことを確認する。

（1）浅層混合処理工法（表層改良）を行う場合において、改良地盤直下の層が建物に有害な圧密沈下等の生じるおそれがない地盤であることを確認し、改良地盤の厚さは施工性を考慮して決定することとする。

（2）深層混合処理工法（柱状改良）を行う場合において、改良体の径、長さ及び配置は、長期許容鉛直支持力及び原則として沈下量の計算により決定することとする。ただし、改良体直下の層が建物に有害な沈下等の生じるおそれがない地盤であることが確認できた場合は沈下量の計算を省略することができる。また、やむを得ず改良体の先端を軟弱層までとする場合の長期許容鉛直支持力の計算は、土質が把握できる調査又は試験等の結果に基づいて行うこととする。

（3）小口径鋼管杭を使用する場合において、杭先端は建物に有害な沈下等への対策として有効な支持層に達するものとする。

3 碎石地業等必要な地業を行うこととする。

戸建て住宅基礎の基本は、直接基礎である。直接基礎を採用するには告示1113号（7章、

表7.4、表7.5参照)によって地盤の長期許容応力度(支持力)が規定されており、所定の支持力が確保できない場合には、地盤対策によって所定の支持力が確保できるよう地盤補強しなければならない。また瑕疵担保責任の観点からも不同沈下が厳しく規定(7章、表7.17参照)されており、地盤沈下が起こらないよう、対策が求められている。

戸建て住宅地盤では、地盤対策工法として浅層混合処理工法(表層改良)、深層混合処理工法(柱状改良)、小口径鋼管杭工法が普及しているが、特に浅層混合処理工法(表層改良)、深層混合処理工法(柱状改良)については、通常の公共工事等で採用されている工法に比べて、コストと工期の観点から配合設計を省略する等、経験則に従って大幅に手順が簡便化しており、実務にあたっては地盤特性との関係も踏まえ、十分な注意が必要である。

#### (5) 液状化対策

液状化対策には以下に列記するように2つの考え方がある。

- ① 地震時に液状化を起きない地盤を作る。
- ② 地震時に液状化が発生しても構造物に有害・甚大な被害を及ぼさないような被害軽減策を講じる。

液状化現象が発生する地盤の深度は、過去の実地震での実績から、地下水面～深度20m迄程度までと言われている。一方、液状化の発生深度と地上構造物被害との関係については、震度5程度の過去の実地震での実績から、戸建て住宅のような小規模構造物には、基礎底面下深度5m程度迄の地盤の液状化が影響しており、例え深度5m以深の地盤が液状化しても顕著な被害は生じ難いと言われている。

上記知見を踏まえ、国土交通省は宅地の液状化被害可能性判定に関わる技術指針を2013年4月1日に公表した。図8.2に指針の概要を示す。

戸建て住宅地盤での液状化対策の基本的考え方を、以下に列記する。

- 1) 中地震動(震度5程度)を想定〔いわゆるレベル1地震動〕して対策を考える。
- 2) 液状化現象発生の有無に拘るのではなく、あくまでも液状化が発生した場合の地上建物への有害な影響の有無に焦点を当てて検討する。
- 3) 被害を完全に防止するというよりも、有害な被害の回避、即ち被害の軽減という意識で対応する。
- 4) 図8.2で液状化すると顕著な被害の可能性が大きいゾーン(C)の地盤を、液状化し難い地盤に改善するのを基本とする。経済的に余裕があり、対策レベルを挙げられる条件の場合は、液状化すると顕著な被害の可能性が大きいゾーン(B)の地盤までを、液状化し難い地盤に改善するのが望ましい。

## 宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針の概要

ボーリングデータを基に、「建築基礎構造設計指針(日本建築学会)」等により、各種数値を算定し、下図により3段階で評価。(算出手法の一部を微修正。)

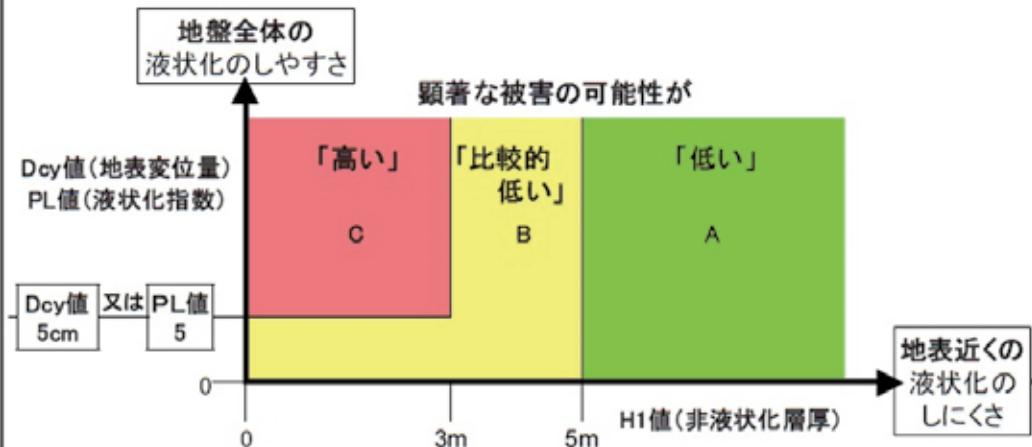


図 8.2 宅地の液状化被害可能性判定に係る技術指針(国土交通省都市局, 2013. 4. 1.)の概要

以下、本章では戸建て住宅用地盤の支持力・沈下対策と液状化対策に絞って、対策工事の種類と留意事項について解説する。

### 8.3 地盤対策の種類と留意事項

#### (1) 支持力と沈下対策

支持力と沈下に対する地盤対策工法選定に必要な情報は主に以下の4項目である。

- ① 支持層深度もしくは軟弱層厚
- ② 軟弱層の土質
- ③ 軟弱層の強度・変形特性
- ④ 支持層の強度特性

戸建て住宅の場合は、これらの情報をスウェーデン式サウンディング試験（SWS試験）から得ることが多いが、SWS試験を実施すれば、上記必要情報が一義的に得られるかというと、必ずしも、そのような仕組みにはなっていない。そもそもSWS試験は、試験時の感触情報（貫入状況）等から多くの地盤状況把握に関わる手掛かり情報は得られるものの、SWS試験の静的貫入抵抗等の客観情報だけでは、地盤対策工法の仕様設定や基礎の設計を行うことはできない。地盤対策工法の仕様設定や基礎の設計で最も重要な情報は土の種類の特定である。土の種類が特定できなければ、静的貫入抵抗も使いものにならない。また、SWS試験では、粘土と砂、礫の識別はある程度可能だが、粘土と腐植土・関東ロームの識別は難しい。地域の地盤状況に関する知見が重要であるとともに、SWS試験で土の識別が難しい場合には、土の採取を行い、目視によって土を直接見ることが極めて重要である。

前節で触れた地盤対策主要3工法のイメージを図8.2に示し、工法の概要を表8.2にまとめた。これより、対策深さの2mと8mという深さの指標が、3工法使い分けの大きなポイントとなっている。しかし、地下水位が浅い場合には浅層改良工法の適用が難しかったり、地盤に固化不良の可能性のある高い有機質土層が分布する場合は柱状改良工法の適用が難しい場合もあるので、深さの要因だけで機械的に工法選択はせず、地下水位条件や地盤条件をよく見極めて的確な地盤補強工法を選択する必要がある。

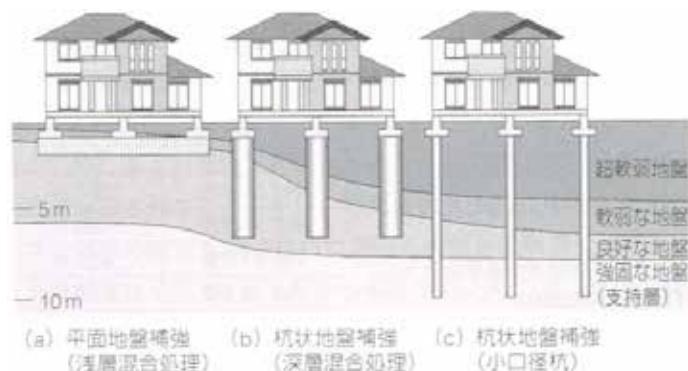


図8.2 主な地盤対策工法のイメージ図<sup>1)</sup>

出典】日本材料学会地盤改良部門委員会編：実務者のための戸建て住宅の地盤改良・補強工法 考え方から適用まで, p. 13, 2010. 2.

表 8.2 主な地盤対策工法の概要

工法種別	概要	適用深度	工法区分		
			平面地盤補強工法	セメント系固化材(粉体)搅拌混合処理工法	杭状地盤補強工法
深層混合処理工法（浅層改良）	ごく表層（2m程度）のみが軟弱層で、かつ下位に圧密沈下層がない場合に適用される。主に掘削、搅拌（混合）、転圧の3工程からなる。対策改良層を掘り返すので、地盤を目視確認できるのが利点。基本は地下水位以浅であること。	深さ2m程度迄	○	○	—
深層混合処理工法（柱状改良）	深さ8m程度まで軟弱層が分布する場合に適用される。スラリーを注入・搅拌しながら直径600mm前後で掘進・引き上げを一般的には2サイクル繰り返して、柱状改良体を地下に構築する。地下水位以深でも施工可。高有機質土は固化不良を起しやすいので要注意。	深さ8m程度迄	—	○	○
小口径鋼管杭工法	軟弱層が厚い（8m以上）場合や高有機質土層が分布する場合等に適用される。深い基礎（杭基礎）には該当せず、あくまでも地盤補強として用いられる。直径は50～200mm程度、杭長は軟弱層部の1.5倍以上が目安となる。小口径杭には、鋼管の他に、既成コンクリート杭や木杭も利用される。	深さ15m程度迄	—	—	○

上記工法の内、浅層と深層の混合処理工法は何れもセメント系固化材を使用するが、表8.3に示すように、土の種類によって固化材を使い分ける必要がある。

表 8.3 土の種類とセメント系固化材の適用（セメント協会）

固化材の種類		特徴
一般品	一般軟弱地盤用	軟弱地盤（砂質土・シルト・粘土・火山灰質粘性土）に幅広く使用できる汎用品
	特殊土用	土の種類（火山灰質粘性土など）によっては、溶出するおそれのある六価クロムの溶出量を抑制する効果がある固化材
	高有機質土用	腐植土・有機質土・ヘドロなどの有機物含有量の多い土に効果がある固化材
特殊品	発塵抑制型	粉体で仕用した場合に発塵の少ない固化材

セメント系固化材を用いた混合処理工法の場合、通常は配合設計によって、土の種類に見合った、かつ六価クロムが発生しない、固化剤の選定と、所定の強度を満足する添加量を調べて仕様を決定するのが基本であるが、戸建て地盤対策においては、コストと工期の

制約等から慣用的に土の種類ごとに改良仕様を標準化して運用している実態がある。このことから、土の種類を見誤ると、例えば、有機質土や関東ローム層なのに、粘性土と評価して添加量を設定して施工すると、固化不良を招き、結果不同沈下の原因になったりすることがある。

表 8.4 戸建て地盤対策におけるセメント混合処理添加量の実態

工法区分	固化材区分	改良体設計基準強度	固化材添加量
浅層混合処理工法（浅層改良）	粉体	$F_c = 150 \sim 200 \text{ kN/m}^2$	砂質土：70～90 kg/m <sup>3</sup> 粘性土：100～120 kg/m <sup>3</sup> 関東ローム：100～150 kg/m <sup>3</sup> 有機質土：130～180 kg/m <sup>3</sup>
深層混合処理工法（柱状改良）	スラリー状	$F_c = 500 \sim 800 \text{ kN/m}^2$	標準：300kg/m <sup>3</sup> 砂質土～粘性土：280～350 kg/m <sup>3</sup>

柱状地盤補強工法〔深層混合処理工法と小口径鋼管杭工法〕の場合は、先端が相対的支持層に達していることが要件であるが、SWS 試験結果の深度情報から機械的に改良長や杭長が地盤補強仕様として設定され、その使用に忠実に従って施工したために、改良長不足となって、不同沈下の原因となる場合がある。SWS 試験の先端スクリューポイントの長さは 20cm であり、スクリューポイントのどの位置が最も地盤構造と対応するかは、一概には言えず、地盤条件によって大きく異なるという性質を備えている。地盤補強の対象地盤の上位深度と下位深度には、SWS 試験の分解能と地盤構造の不均質性も考慮して、それぞれ 25cm ずつ、上下合わせると 50cm の分解能誤差があり得ることを認識して、改良仕様を設定しなければならない。また、地盤調査時の地盤高と地盤対策工施工時の地盤高が敷地嵩上によって異なっている場合がある。これらの事情が改良長不足の原因となる場合がある。何れにしても SWS 試験という簡便調査法には限界があるので、

- ① 土の識別に不安がある場合には、必ず土のサンプリングをして、目視で直接土の種類を識別する。
- ② 対策長には SWS 試験の分解能誤差と、嵩上盛土による基準高のずれが反映して改良長深度不足となる場合があるので、設計時にこれらの誤差を見込むとともに、施工時にも着底確認を怠らない等の配慮が欠かせない。

地盤対策主要 3 工法の施工管理の一般的なポイントを、表 8.5 に浅層混合処理工法（浅層改良）、表 8.6 に深層混合処理工法（柱状改良）、表 8.7 に小口径鋼管杭工法について示す。

表 8.5 浅層混合処理工法(浅層改良)の施工管理のポイント<sup>2)</sup>

出典】日本建築学会編：小規模建築物基礎設計指針，p. 247, 2008. 2.

管理項目	施工管理のポイント
①施工位置・設計レベル確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地配置図と縄張りおよび施工位置マーキングとの照合</li> <li>改良天端の設計レベル、ベンチマークの高さや位置の確認</li> </ul>
②固化材の入荷管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>固化材の変質・硬化の確認、固化材の袋を地面に直接置かないための処置、雨濡れおよび湿気防止のためのビニールシート養生</li> <li>固化材の入荷数量の確認、入荷ごとの写真撮影</li> </ul>
③固化材配合管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>一袋(通常は1t/袋)あたりの散布面積のブロック分け(予期せぬ土質、地下水の発生や雨天などにより、所定の強度確保が困難と考えられる場合は固化材の配合量を変更する)</li> </ul>
④1層あたりの掘削深度・混合攪拌の管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>掘削底面の高さ、土質の確認</li> <li>改良厚さの確認(1層あたり50cm以内の改良が一般的)</li> <li>添加による色むらが無くなるまで固化材の混合・攪拌</li> </ul>
⑤仕上がり状況の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>振動ローラーなどの転圧による改良天端の仕上げ</li> <li>改良天端高さ精度の確認</li> </ul>

表 8.6 深層混合処理工法(柱状改良)の施工管理のポイント<sup>2)</sup>

出典】日本建築学会編：小規模建築物基礎設計指針，p. 246, 2008. 2.

管理項目	施工管理のポイント
①施工位置の確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工位置のマーキングと敷地配置図および改良体配置図との照合(位置ずれ:改良体の直径の1/10以内)</li> </ul>
②固化材の入荷管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>固化材の変質・硬化の確認、固化材の袋を地面に直接置かないための処置、雨濡れおよび湿気防止のためのビニールシート養生</li> <li>固化材の入荷数量の確認、入荷ごとの写真撮影</li> </ul>
③スラリーの配合管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>マッドバランスによるスラリーの比重確認(1回/日)</li> <li>水/固化材比の設計仕様の保持(ただし、含水量の低い土質の場合は、状況に応じて60~100%の範囲で調整する)</li> </ul>
④掘削注入～混合攪拌	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工機械に設置された角度計による鉛直性の確認(建込み精度:1/100以内)</li> <li>スラリーの吐出量(L/min)とロッドの昇降速度の保持(地盤が変化した場合は適宜調整を行なう)</li> <li>改良体単位長さあたりの攪拌回数、スラリーの地表漏れの有無などによる攪拌混合度の確認</li> <li>オーガーの電流値またはトルク値による負荷変動による支持地盤の確認</li> <li>改良体先端部の往復混合(改良体先端部より上方約0.5m間は2往復程度上下移動する)</li> </ul>
⑤仕上がり高さ、天端処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>仕上がり高さ、天端仕上げの平滑性</li> </ul>

表 8.7 小口径杭工事の施工管理のポイント<sup>2)</sup>

出典】日本建築学会編：小規模建築物基礎設計指針，p. 239, 2008. 2.

工 程	施工管理のポイント
①杭の建込み	<ul style="list-style-type: none"> <li>施工機械に設置された角度計による鉛直性の確認 (建込み精度：1/100以内)</li> </ul>
②杭の固定	<ul style="list-style-type: none"> <li>心ずれの確認</li> <li>杭の振止め装置との固定の確認</li> </ul>
③回転埋設	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験施工などによる土質・回転埋設時間・貫入量・圧入力との関係の把握</li> <li>回転駆動モーターのトルク値管理（杭体のねじり強さ以下）</li> </ul>
④杭の接続 <sup>10.4.3</sup>	<p>◆溶接にて杭を継ぐ場合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>降雨や降雪により母材の水濡れの確認</li> <li>気温の確認（気温0°C以下の時の作業中止。ただし、気温-15°C以上で、溶接部より10 cm の範囲内の母材温度を36度以上になるようにバーナーなどで余熱を与えるれば施工は可能）</li> <li>溶接面の土・錆・ごみ等のワイヤーブラシ、グラインダーによる除去および充分な乾燥</li> <li>継手溶接部の仕上り確認（欠陥がないことを全数目視確認）</li> </ul> <p>◆機械式継ぎ手の場合</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>継ぎ手部分のねじ切り部への損傷、ボルト結合部分の緩みなどの確認</li> </ul>
⑤予定深度到達確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験杭のトルク値と本設杭のトルク値との比較による予定深度到達の確認</li> <li>予定深度からの根入れ確認（根入れ深度：杭径以上）</li> </ul>
⑥埋設完了 <sup>10.4.4</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高さ精度の確認（±20 mm以内）</li> <li>杭心の偏心量の確認（偏心量：100 mm以内）</li> </ul>

なお、戸建て住宅地盤に用いられる地盤対策工法は前述した3工法だけではなく、その他にも多数の実績がある。2010年頃までに開発された戸建て住宅地盤向けの地盤対策工法については、文献2)に認定工法として51例が収録されている。

後述する液状化対策工法にも通ずるが、どのような地盤にも共通して採用できる万能の地盤対策工法は存在しない。地盤条件と敷地条件によって、最適の対策工法を選択するという手順と、施工時に現場合合わせによって設計仕様を修正することが重要である。

また、液状化対策と支持力・沈下対策とで、個別に検討した場合には、トレードオフに陥る場合があるので、一体的検討が重要である。

## (2) 液状化対策

戸建て住宅地盤での液状化対策には、新設時地盤と既設建物地盤とで、対策工法選択の制約条件が大きく異なっている。既設建物地盤では、建物直下地盤の地盤対策が難しいこと、作業スペースが建物周囲の隣地とに挟まれた狭隘地となるため、施工法が大きく制約される。図 8.3 に主に新設の戸建て住宅における液状化対策例を、図 8.4 に既設の直接基礎構造物の液状化対策事例を示した。また、表 8.8 には、新設/既設の区分を含め被害軽減技術の分類とそれぞれの適用性を示した。

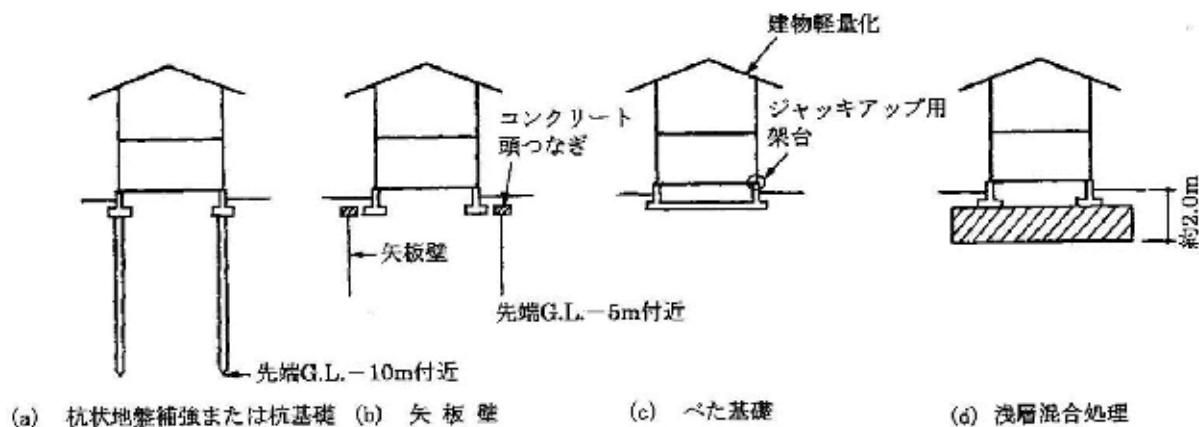


図 8.3 主に新設の戸建て住宅における液状化対策例<sup>3)</sup>

出典】日本建築学会編：小規模建築物基礎設計指針，p. 92, 2008. 2.

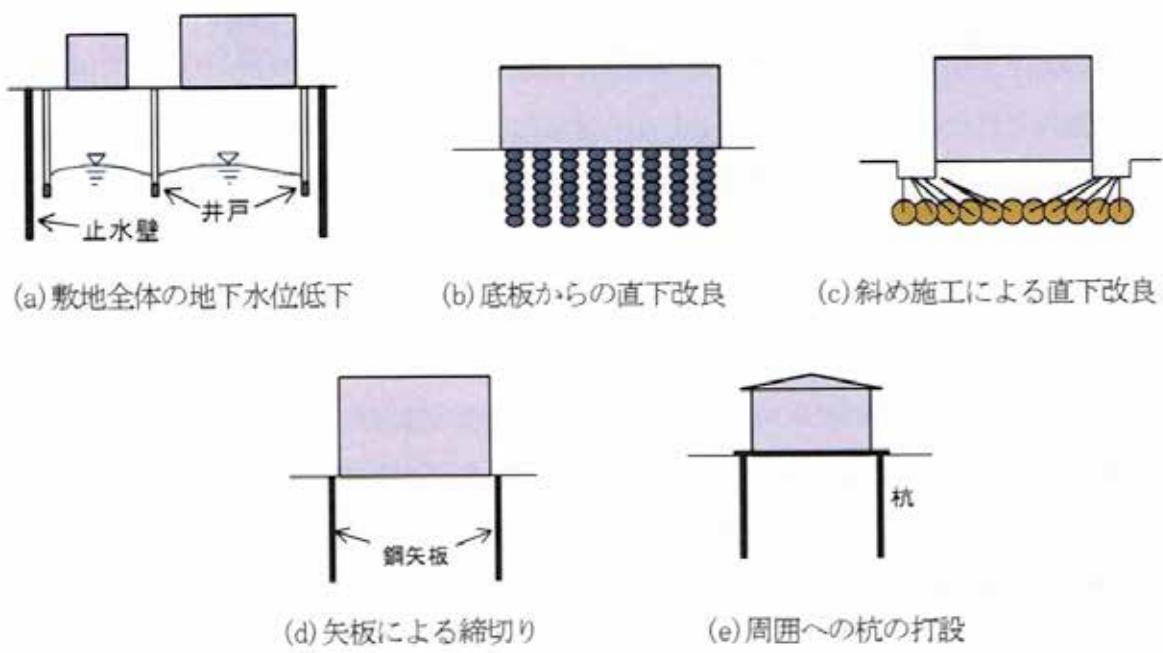


図 8.4 既設の直接基礎構造物の液状化対策事例<sup>4)</sup>

出典】地盤工学会関東支部 造成宅地の耐震対策に関する研究委員会編：液状化から戸建て住宅を守るための手引き，p. 28, 2013. 5.

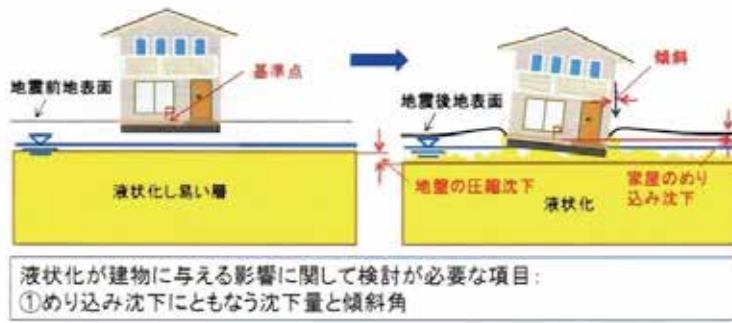
表 8.8 被害軽減技術の分類と適用<sup>5)</sup>

出典】地盤工学会関東支部 造成宅地の耐震対策に関する研究委員会編：液状化から戸建て住宅を守るための手引き，p. 84, 2013. 5.

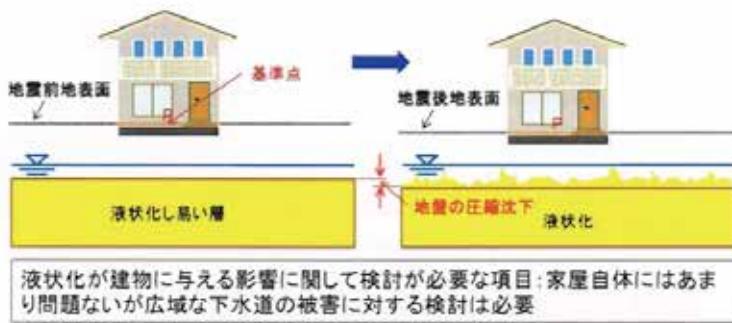
分類	原理	具体的な工法	概要	適用		適用に関する事項			留意事項	
				新設	既設	施工中の周辺影響		地盤変位の大きさ		
						振動	踏音			
液状化の防止	密度増大	動的締固め工法	砂などの材料を地盤中に圧入することによって周辺地盤を圧縮して密度の増大を図る。	○	×	大きい	大きい	留意が必要	大	地盤の細粒分含有率などによって締固め効果が異なる。工法の原理上地盤変位には特に留意が必要。
		静的締固め工法		○	×	小さい	小さい	留意が必要	大～中	
		圧入締固め工法		○	○	小さい	小さい	留意が必要	小	
	固化	浚層混合処理工法	固化材と地盤とを攪拌混合して地盤を固化させる。	○	×	小さい	小さい	小さい	大～中	セメントの混合量などを事前に確認する必要がある。機械式攪拌、高圧噴射攪拌では施工方法によっては周辺地盤への変位に留意する必要がある。
		浸透注入工法		○	○	小さい	小さい	小さい	小	
		巻管式攪拌工法		○	×	小さい	小さい	留意が必要	大～中	
		高圧噴射攪拌工法		○	○	小さい	小さい	留意が必要	小	
	せん断変形抑制	格子状改良	地盤を格子状に区切る地盤時あるいは液状化時の地盤のせん断変形を抑制して液状化の発生を抑止する。	○	○	小さい	小さい	留意が必要	大～中	格子の開口によって液状化の抑制効果が変わること。
		セル状人工材料		○	×	小さい	小さい	留意が必要	小	
	間隙水压消散工法	グラベルドレン工法	地震時に地盤内に発生する過剰間隙水压を速やかに消散して液状化を防ぐ。	○	×	小さい	小さい	小さい	大～中	表面に排水層が必要になる。
		人工材ドレン工法		○	×	小さい	小さい	小さい	大～中	
	地下水位低下		地下水位を低下し、不飽和層を表層付近に設けるとともに、地盤内の有効拘束圧を増加させ液状化抑制する。	○	○	小さい	小さい	留意が必要	小	地下水位低下に対する留意が必要。また、地下水位を一定に保つための維持管理が必要。
	載荷盛土		表層の非液状化層を厚くするとともに地盤内の有効拘束圧を増加させ液状化を抑止する工法。	○	×	小さい	小さい	留意が必要	小	載荷盛土による周辺地盤の変状などについて確認する必要がある。
	飽和度低下		空気や泡の混入した水を地盤中に注入したり真空で吸引することによって部分的に飽和度を低下させ液状化抑制する。	○	○	小さい	小さい	小さい	小	長期の安定性の確認が必要。
	過圧密	真空吸引	液状化層を過圧密にして液状化強度を増加させる。	○	○	小さい	小さい	小さい	小	過圧密効果の定量的評価の確認が必要。
構造的対処	杭支持	柱状改良	液状化する層の下部にある堅固な層で支持できるように杭状に深さ方向に打ち込み液状化時の変形を抑制する。	○	○	小さい	小さい	留意が必要	中～小	堅固な非液状化層の支持力および沈下に関する確認が必要。
		小口径杭工法		○	○	小さい	小さい	小さい	中～小	
	壁状締め切り	矢板	矢板などの壁を地中に配置して締め切ることにより、構造物直下の液状化層の運動を防止して沈下を抑制する。	○	○	小さい	小さい	小さい	中～小	壁の深さ・剛性などに注意する必要がある。
		ソイルセメント壁		○	○	小さい	小さい	小さい	中～小	
	基礎	二重型基礎	二重型基礎	○	×	小さい	小さい	無い	小	液状化程度によっては設置深さや厚さなどを検討する。

次に、図 8.5 と図 8.6 には 液状化による戸建て住宅の被害パターン、図 8.7 には狭い土地に個々の家屋を新設する場合に液状化被害を軽減する方法例、図 8.8 には、狭い土地にある既設の住宅での対策方法案を参考までに示した。これらの図表を参考に、対象敷地の地盤特性と敷地環境を踏まえて、最適な対策工法を選択する必要がある。

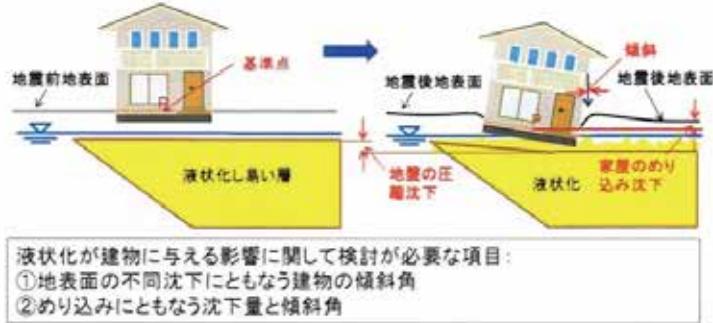
#### タイプA-1: 水平地盤で液状化層厚が一定で浅い所にある場合



#### タイプA-2: 水平地盤で液状化層厚が一定であるが深い所にある場合



#### タイプB-1: 水平地盤で液状化層厚が場所によって大きく異なり浅い所にある場合



#### タイプB-2: 水平地盤で液状化層厚が場所によって大きく異なるが深い所にある場合

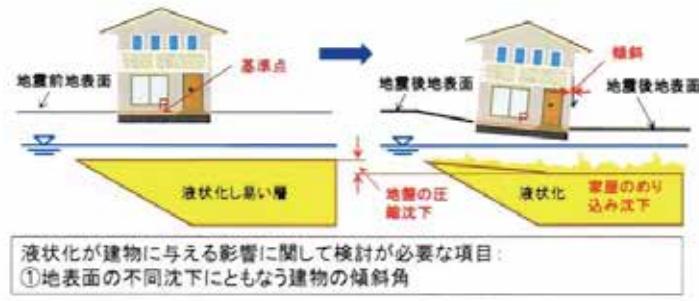
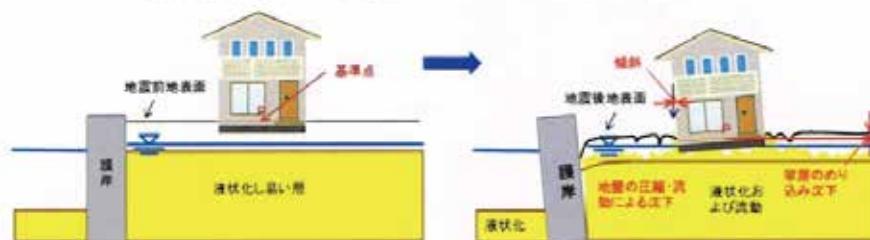


図 8.5 液状化による戸建て住宅の被害パターン(1)<sup>6)</sup>

出典】地盤工学会関東支部 造成宅地の耐震対策に関する研究委員会編: 液状化から戸建て住宅を守るための手引き, p. 5, 2013. 5.

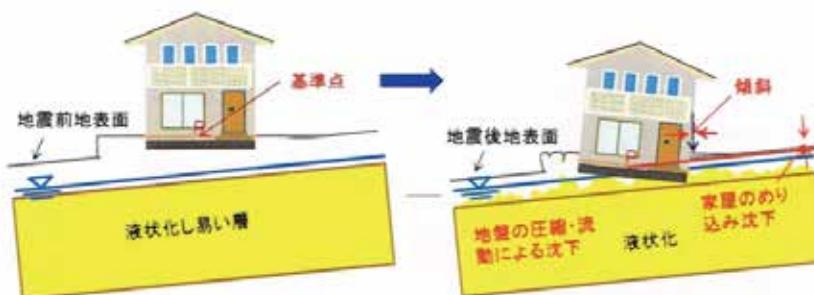
タイプC-1：護岸背後の水平地盤で護岸の孕み出しにより地盤の流動が生じる場合



液状化が建物に与える影響に関して検討が必要な項目：

- ① 流動による地表面の不同沈下量による建物の傾斜角
- ② めり込みにともなう沈下量と傾斜角（液状化層上面が浅い場合のみ）
- ③ 流動による水平方向の地盤の引っ張りひずみによる基礎の亀裂

タイプC-2：緩やかな傾斜地盤で地盤の流動が生じる場合



液状化が建物に与える影響に関して検討が必要な項目：

- ① 流動による地表面の不同沈下量による建物の傾斜角
- ② めり込みにともなう沈下量と傾斜角（液状化層上面が浅い場合のみ）
- ③ 流動による水平方向の地盤の引っ張り・圧縮ひずみによる基礎の破損

図 8.6 液状化による戸建て住宅の被害パターン(2)<sup>6)</sup>

出典】地盤工学会関東支部 造成宅地の耐震対策に関する研究委員会編：液状化から戸建て住宅を守るための手引き，p. 6, 2013. 5.

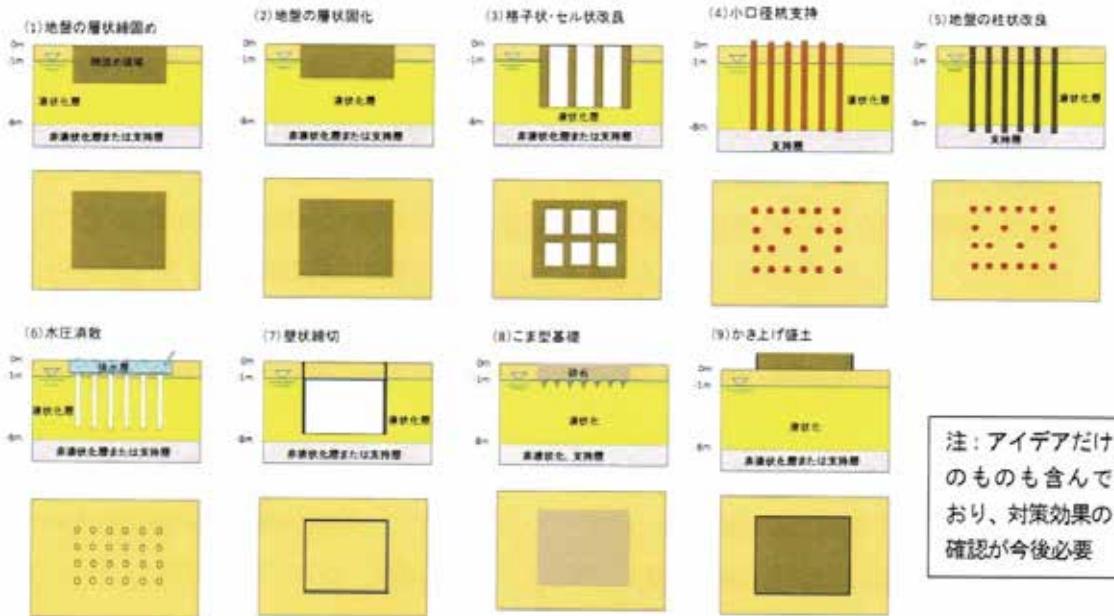


図 8.7 狹い土地に個々の家屋を新設する場合に液状化被害を軽減する方法例<sup>7)</sup>

出典】地盤工学会関東支部 造成宅地の耐震対策に関する研究委員会編：液状化から戸建て住宅を守るための手引き，p. 31，2013.5.

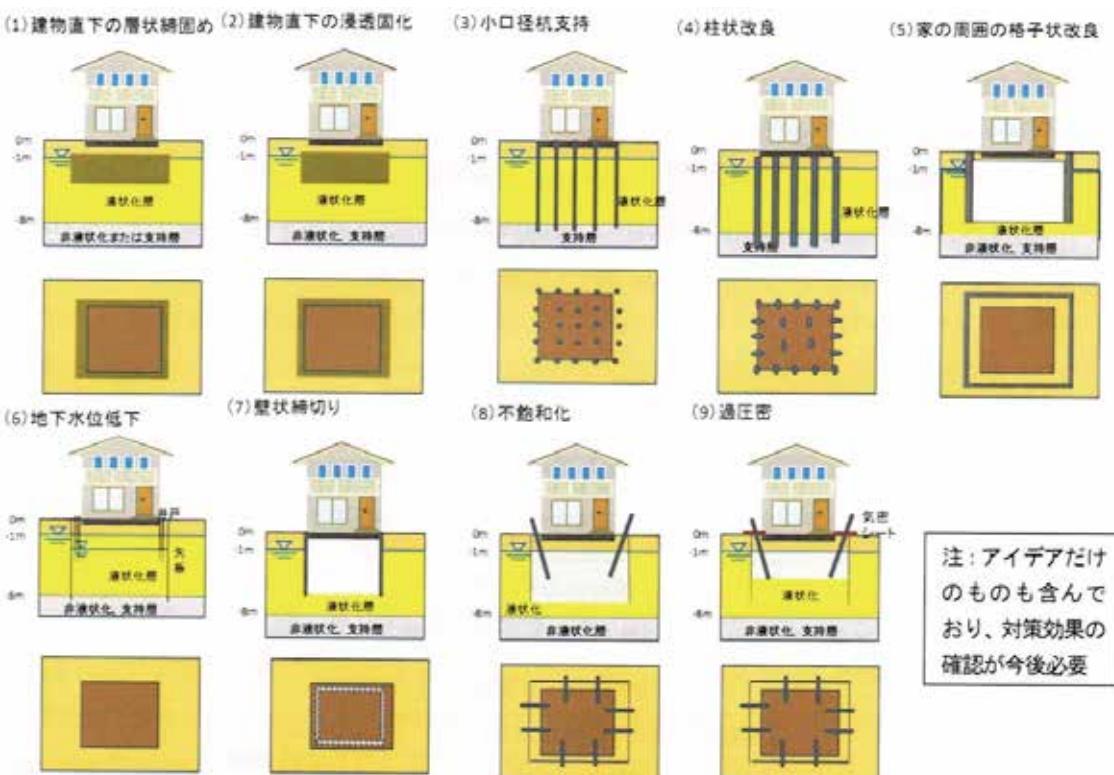


図 8.8 狹い土地にある既設の住宅での対策方法案<sup>7)</sup>

出典】地盤工学会関東支部 造成宅地の耐震対策に関する研究委員会編：液状化から戸建て住宅を守るための手引き，p. 31，2013.5.

## 8.4 修復工事

### (1) 不同沈下の修復工事(修正工事)

7章で述べたが、不同沈下には一体傾斜と変形傾斜とがある。一体傾斜は建物が傾いて居住性能が損なわれても、建物自体はしっかりとしていて、沈下・傾斜を修正さえすれば、建物はそのまま使えることが多い。ただ、沈下・傾斜修正工事は対処療法であって、不同沈下の原因対策とはなっていないので、原因を放置したままだと、一旦建物の傾きを修整しても、時間経過とともに再び不同沈下を繰り返す可能性がある。修復工事は沈下・傾斜修正と地盤対策(地盤補強)を同時に実施することが基本である。

但し、戸建て住宅では、コストや敷地環境、時間的制約等から、不同沈下の原因解明と不同沈下に伴う地下の変状実態の把握を十分に行うことができないのが一般的で、限られた情報(状況証拠)から原因を類推して、最善の地盤対策工法を選定せざるを得ないのが実情である。

一方、変形傾斜の場合には、建物の構造部材に亀裂が入る等、構造や材料が損傷していることから、沈下・傾斜を単に修正して、併せて地盤対策を実施したとしても、本質的な修復とはならず、抜本的な建物本体の改修が必要であったり、耐久性が落ちて建物寿命が縮む可能性さえある。図8.9に基礎の沈下修復工法選定手順を示す。

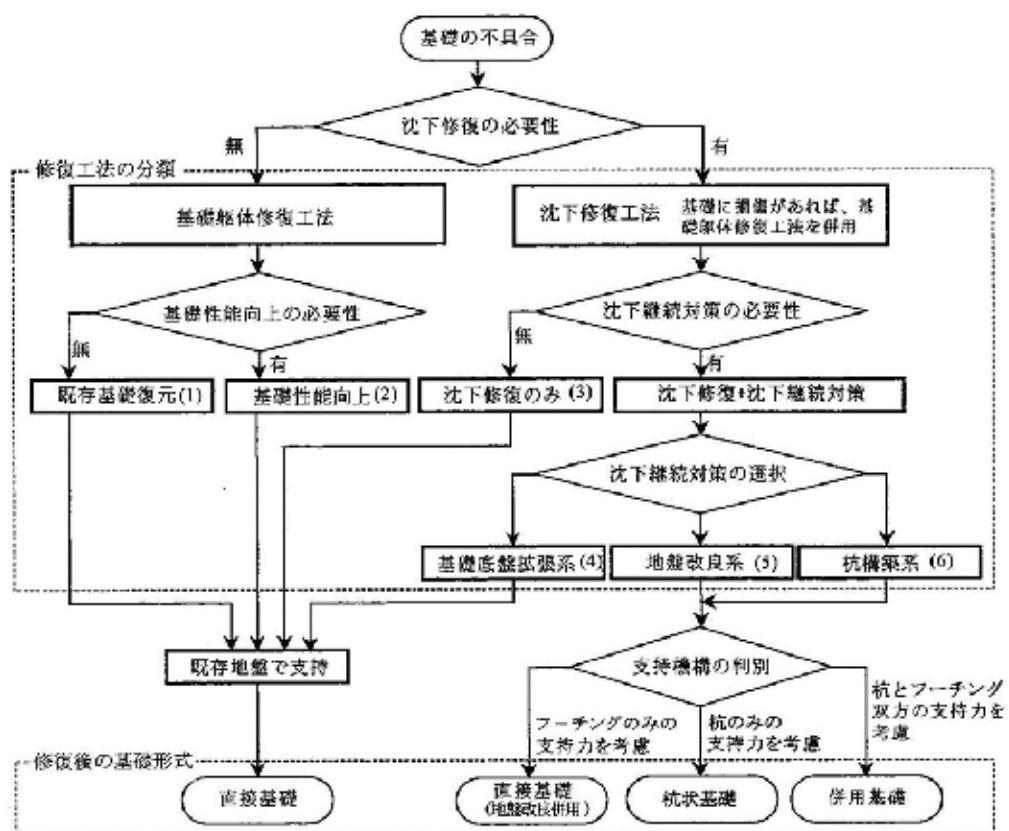


図 8.9 基礎の沈下修復工法選定手順<sup>8)</sup>

出典】一般社団法人 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，p. 258，2008.2.

次に、基礎の修復工法の種類と概要を表 8.9 に、工法のイメージを図 8.10 に示す。反力機構と作業スペースがポイントで、薬注工法の場合には、隣接地へ薬液が流れないよう、細心の注意を踏まえた監視・制御が重要である。

表 8.9 基礎の沈下修復工法例<sup>9)</sup>

出典】一般社団法人 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，p. 264, 2008. 2.

分類	工 法	概 要	反力	継続対策	区分	図
土台 から 嵩上げ	根がらみ工法	床および内外壁の一部を解体して鋼材などの根がらみ材を土台下または柱に固定してジャッキアップする。基礎を再施工する場合に多い(在来屋)	既存地盤	×	(3)	
	ポイント ジャッキ工法	基礎を一部掘り土台下に爪付きジャッキを挿入してジャッキアップする。補強などを行い既存基礎を再使用する場合が多い	既存地盤	×	(3)	
基礎 から 嵩上げ	耐圧版工法	基礎下を順次掘削して仮受けと打設を繰り返して良質な地盤面に一体の耐圧版を構築し、耐圧版を反力にジャッキアップする	C・E	○	(3)	
	钢管打入工法	基礎下を掘削して建物荷重により 1m 程度の钢管杭を継ぎ足しながらジャッキで圧入する。支持層まで貫入後、これを反力にジャッキアップする	A・B	◎	(5)(6)	
	ブロック圧入 工法	基礎下を掘削し建物荷重により既製コンクリートブロックをジャッキで圧入する。圧入により地盤を締め固め摩擦抵抗を反力にジャッキアップする	A・B	◎	(5)	
	薬液等注入 工法	基礎下へグラウトや薬液などを注入し、注入・膨張圧によりアップする	D	○	(5)	

反力機器 A : 支持杭 B : 地盤貫入物による周面摩擦および圧密化 C : 底盤拡張による接地圧減少

D : 地盤改良効果 E : 良好地盤への浸透化

継続対策 ◎：効果的 ○：不確定要素があるが効果的 ×：不適

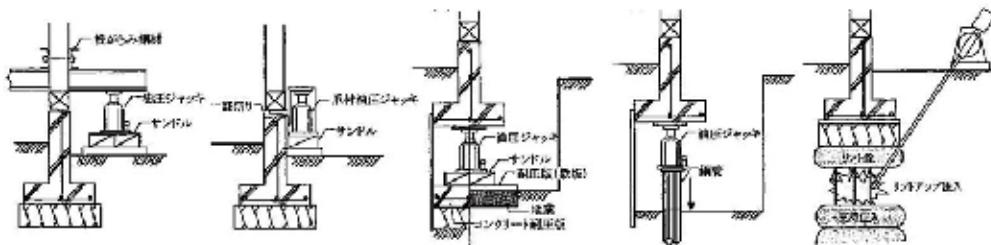


図 8.10 基礎の沈下修復工法例<sup>10)</sup>

出典】一般社団法人 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，p. 265, 2008. 2.

<参考文献>

- 1) 日本材料学会地盤改良部門委員会：実務者のための戸建住宅の地盤改良・補強工法－考え方から適用まで－，オーム社，p. 13, 2010. 2.
- 2) 一般社団法人 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針, p. 239, p. 246, p. 247, 2008. 2.
- 3) 地盤工学会関東支部 造成宅地の耐震対策に関する研究委員会編：液状化から戸建て住宅を守るための手引き, p. 28, 2013. 5.
- 4) 前掲 2) の p. 92.
- 5) 前掲 3) の p. 84
- 6) 前掲 3) の pp. 5～6
- 7) 前掲 3) の p. 31
- 8) 前掲 2) の p. 258.
- 9) 前掲 2) の p. 264.
- 10) 前掲 2) の p. 265.

## 9. 宅地の造成

### 9. 1 宅地造成等規制法（昭和三十六年法律第百九十一号）

宅地造成等規制法は、宅地造成に関する工事等において、がけ崩れまたは土砂の流出等の災害の防止に必要な規制を行い、国民の生命および財産の保護を図り、公共の福祉に寄与することを目的としている。

宅地造成に伴いがけ崩れまたは土砂の流出によって災害が発生するおそれがある場所は、傾斜地や特殊な地質の区域であり、このような区域は「宅地造成工事規制区域」として、都道府県知事（指定都市、中核市、特例市の長を含む）が関係市町村（特別区の長を含む）の意見を聞いて指定する。

以下に、宅地造成等規制法の概要を示す。

#### 1) 目的（法第一条）

宅地造成に伴う崖崩れまたは土砂の流出による災害の防止のため、必要な規制を行うことにより、国民の生命および財産の保護を図り、もって公共の福祉に寄与することを目的とする。

#### 2) 用語の定義（法第二条）

##### ① 宅地

宅地とは、農地、採草放牧地および森林ならびに道路、公園、河川その他政令で定める公共の用に供する施設の土地以外の土地をいう。

##### ② 宅地造成

宅地造成とは、宅地以外の土地を宅地にするため、宅地において行う土地の形質の変更で、政令で定めるもの（宅地を宅地以外の土地にする場合を除く）をいう。

##### 【補足】

政令で定める土地の形質の変更は、以下に該当するものである。

- a) 切土で、切土した土地に高さ 2m を超える崖を生ずるもの。
- b) 盛土で、盛土した土地に高さ 1m を超える崖を生ずるもの。
- c) 切土と盛土を同時にする場合に、盛土した土地に高さ 1m 以下の崖を生じ、かつ、切土および盛土をした部分に高さ 2m を超える崖を生ずるもの。
- d) 上記に該当しない切土または盛土で、切土または盛土をする土地の面積が 500 m<sup>2</sup> を超えるもの。

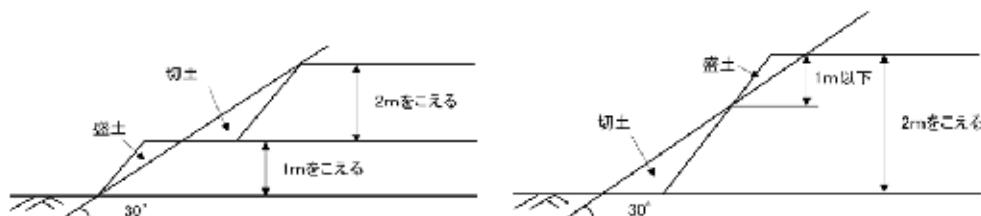


図 9.1.1 宅地造成の概念図

### ③ 災 害

災害とは、崖崩れまたは土砂の流出をいう。

### ④ 設 計

設計とは、その者の責任において、設計図書（宅地造成に関する工事を実施するために必要な図面（現寸図その他これに類するものを除く）および仕様書）をいう。

### ⑤ 造成主

造成主とは、宅地造成に関する工事の請負契約の注文者または請負契約によらないで自らその工事をする者をいう。

### ⑥ 工事施工者

工事施工者とは、宅地造成に関する工事の請負人または請負契約によらないで自らその工事をする者をいう。

### ⑦ 造成宅地

造成宅地とは、宅地造成に関する工事が施行された宅地をいう。

## 3) 宅地造成工事規制区域（法第三条）

都道府県知事（指定都市、中核市、特例市の長を含む）は、この法律の目的を達成するために必要があると認めるときは、関係市町村長（特別区の長を含む）の意見を聞いて、宅地造成に伴い災害が生ずるおそれが大きい市街地または市街地となろうとする土地の区域で、宅地造成に関する工事について規制を行う必要があるものを、宅地造成工事規制区域として指定することができる。

## 4) 宅地造成に関する工事の許可（法第八条第一項）

宅地造成工事規制区域内で行われる宅地造成に関する工事については、造成主は、当該工事に着手する前に、国土交通省令で定めるところにより、都道府県知事の認可を受けなければならない。

ただし、都市計画法第二十九条第一項または第二項の許可を受けて行われる当該許可の内容に適合した宅地造成に関する工事については、この限りではない。

## 5) 宅地造成に関する工事の技術的基準等（法第九条第一項）

宅地造成工事規制区域内において行われる宅地造成に関する工事は、政令で定める技術的基準に従い、擁壁、排水施設その他宅地造成に伴う災害を防止するため必要な措置が講ぜられたものでなければならない。

## 6) 設計者の資格制限（法第九条第二項）

法第九条第一項の規定より講ずる措置のうち、政令で定めるものの工事は政令で定める資格を有するものの設計によらなければならない。

### 【補 足】

設計者の資格が制限される工事は以下のとおりである。

a) 高さが 5m を超える擁壁の設置。

b) 切土または盛土する土地の面積が 1,500m<sup>2</sup> を超える土地における排水施設の設置。

## 7) 国または都道府県の特例（法第十一條）

国または都道府県（指定都市、中核都市または特例市の区域内においては、それぞれ指定都市、中核都市または特例市を含む）が、宅地造成工事規制区域内において行う宅地造成に関する工事については、国または都道府県と都道府県知事との協議が成立することをもって、宅地造成に関する工事の許可（法第八条第一項）があつたものとみなす。

## 8) 変更の許可（法第十二条第一項）

宅地造成工事の許可（法第八条第一項）を受けた者は、当該許可に係る宅地造成に関する工事の計画を変更する場合には、国土交通省令で定めるところにより、都道府県知事の許可を受けなければならない。ただし、国土交通省令で定める軽微な変更をしようとするときは、この限りでない。

## 9) 工事完了の検査（法第十三条第一項）

宅地造成工事の許可（法第八条第一項）を受けた者は、当該許可に係る工事を完了した場合には、工事が宅地造成に関する工事の技術的基準等（法第九条第一項）の規定に適合しているかどうかについて、都道府県知事の検査を受けなければならない。

## 10) 監督処分（法第十四条第一項）

都道府県知事は、宅地造成工事規制区域内において行われている宅地造成工事で、偽りその他不正な手段により、宅地造成に関する工事の許可（法第八条第一項）もしくは変更の許可（法第十二条第一項）を受けた者またはその許可に付した条件に違反した者に対して、その許可を取り消すことができる。

### ① 法第十四条第二項

宅地造成工事規制区域内において行われている工事で、無許可工事、許可条件違反工事または技術的基準不適合工事については、造成主または請負人（請負工事の下請人を含む）もしくは現場管理者に対して、工事の施行停止、擁壁等の設置その他災害防止措置を命令することができる。

### ② 法第十四条第三項

無許可で宅地造成に関する工事が施工された宅地、検査未実施、検査の結果規定に適合しないと認められた宅地については、宅地の所有者、管理者もしくは占有者または造成主に対して、宅地の使用禁止あるいは使用制限または擁壁等の設置その他災害防止措置を命令することができる。

### ③ 法第十四条第四項

工事の施行停止を命じようとする場合において、緊急の必要がある場合に限り、弁明の機会の付与を行わないで、工事の停止を命ずることができる。

## 11) 工事等の届出（法第十五条第一項）

宅地造成工事規制区域指定の際、当該宅地造成工事規制区域内において行われている宅地造成工事の造成主は、その指定があつた日から 21 日以内に、国土交通省令で定めるところにより、当該工事について都道府県知事に届け出なければならない。

## ① 法第十五条第二項

宅地造成工事規制区域内の宅地において、高さ 2mを超える擁壁、地表水等を排除するための排水施設または地滑り防止ぐい等の全部あるいは一部の除去工事を行おうとする者は、工事に着手する日の 14 日前までに、国土交通省令で定めるところにより、都道府県知事に届け出なければならない。

## ② 法第十五条第二項

宅地造成工事規制区域内において、宅地以外の土地を宅地に転用した者は、その転用した日から 14 日以内に、国土交通省令で定めるところにより、都道府県知事に届け出なければならない。

## 12) 宅地の保全等（法第十六条第二項）

都道府県知事は、宅地造成規制区域内の宅地について、宅地造成に伴う災害防止のため必要があると認める場合においては、その宅地の所有者、管理者、占有者、造成主または工事施行者に対し、擁壁等の設置または改造その他宅地造成に伴う災害防止のため必要な措置をとることを勧告することができる。

## 13) 改善命令（法第十七条第一項）

都道府県知事は、宅地造成工事規制区域内の宅地で、宅地造成に伴う災害防止のため必要な擁壁等が設置されていない、または極めて不完全であるために、これを放置するときは、宅地造成に伴う災害発生のおそれが大きいと認められるものがある場合においては、必要限度において、当該宅地または擁壁の所有者、管理者または占有者に対して、相当の猶予期限を設けて、擁壁等の設置もしくは改造または地形もしくは盛土の改良のための工事を行うことを命ずることができる。

## 14) 立入検査（法第十八条）

都道府県知事またはその命じた者もしくは委任した者は、宅地造成に関する工事の許可（法第八条第一項）、変更の許可（法第十二条第一項）、工事完了の検査（法第十三条第一項）および監督処分（法第十四条第一項から第四項）の規定により権限を行うため必要がある場合においては、当該宅地に立入り、当該宅地または宅地において行われている宅地造成に関する工事の状況を検査することができる。

## 15) 報告の徴収（法第十九条）

都道府県知事は、宅地造成工事規制区域内における宅地の所有者、管理者または占有者に対して、当該宅地または当該宅地において行われている工事の状況について報告を求めることができる。

### 【補 足】

報告を求めることができる事項は次のとおりである。

- a ) 宅地の面積および崖の高さ、勾配その他の現況。
- b ) 拥壁、排水施設および地滑り防止ぐい等の構造、規模その他の現況。
- c ) 宅地に関する工事の計画および施行状況。

## 16) 造成宅地防災区域（法第二十条）

都道府県知事は、この法律の目的を達成するために必要があると認めるときは、関係市町村長の意見を聴いて、宅地造成に伴う災害で相当数の居住者その他の者に危害を生ずるもののおそれが大きい一団の造成宅地（これに附帯する道路その他の土地を含み、宅地造成工事規制区域内の土地を除く）の区域であって、政令で定める基準に該当するものを、造成宅地防災区域として指定することができる。

### 【補 足】

政令で定める基準は以下のとおりである。

- a) 以下のいずれかに該当する一団の造成宅地の区域であって、安定計算によって、地震力およびその盛土の自重による当該盛土の滑り出す力が、その滑り面に対する最大摩擦抵抗力その他の抵抗力を上回ることが確かめられたもの。
  - ・盛土した土地の面積が  $3,000\text{m}^2$  以上であり、かつ、盛土したことにより、当該盛土した土地の地下水位が盛土をする前の地盤面の高さを超えて、盛土の内部に侵入しているもの。
  - ・盛土をする前の地盤面が水平面に対して  $20^\circ$  以上の角度をなし、かつ、盛土の高さが 5m 以上であるもの。
- b) 切土または盛土をした後の地盤の滑動、宅地造成に関する工事により設置された擁壁の沈下、切土または盛土をした土地の部分に生じた崖の崩落その他これらに類する事象が生じている一団の造成宅地の区域。

## 17) 災害の防止のための措置（法第二十一条）

造成宅地防災区域内の造成宅地の所有者、管理者または占有者は、造成宅地防災区域（法第二十条）の災害が生じないよう、その造成宅地について擁壁等の設置または改造その他必要な措置を講ずるように努めなければならない。

## 9. 2 宅地造成に関する工事の技術的基準および留意事項

### (1) 切土および盛土

#### 1) 地盤について講ずる措置に関する技術的基準

法第九条第一項で規定する、宅地造成工事規制区域内において行われる宅地造成工事に関する工事において、政令で定める技術的基準で地盤について講ずる措置は、以下のとおりである。

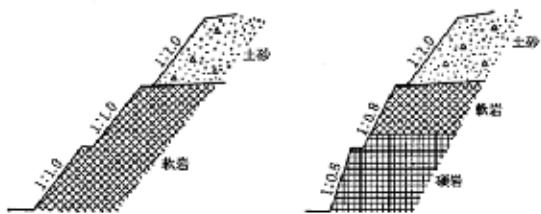
- a) 切土または盛土をする場合においては、崖の上端に続く地盤面には、特別な事情がない限り、その崖の反対方向に雨水その他の地表水が流れるように勾配をつけること。
- b) 切土をする場合において、切土をした後の地盤に滑りやすい土質の層があるときは、その地盤に滑りが生じないように、地滑り抑止ぐいまたはグラウンドアンカーなどの土留めの設置、土の置換えなどの措置を講ずること。
- c) 盛土をする場合においては、盛土をした後の地盤に雨水その他の地表水または地下水の浸透による緩み、沈下、崩壊または滑りが生じないように、おおむね 30 cm 以下の厚さに分けて土を盛り、かつ、その層の土を盛るごとに、これをローラーその他これに類する建設機械を用いて締め固めるとともに、必要に応じて地滑り抑止ぐい等の設置などの措置を講ずること。
- d) 著しく傾斜している土地において盛土をする場合においては、盛土をする前の地盤と盛土とが接する面が滑り面とならないように、段切りなどの措置を講ずること。

### 2) 切 土

#### ① 切土のり面の形状

切土のり面の形状の基本的な考え方を、図 9.2.1 に示す。

- a) 地層が深度方向およびのり面縦横断方向に等しい場合には、単一勾配ののり面形状とすることが可能である。
- b) 地層が深度方向に変化する場合でも、のり面勾配を最も緩い地層に対応したのり面勾配に合わせれば、単一勾配とすることが可能である。
- c) 切土のり面勾配を地層に合せて変化させる場合には、原則として上段ののり面勾配は下段ののり面勾配よりも緩くすること。また、のり面勾配の変化点には、小段を設けること。
- d) のり高が大きい切土の場合には、のり高 5m 程度ごとに幅 1~2m の小段を設けること。



(a) 単一勾配のり面の例

(b) 土質・岩質により勾配を変化させたのり面の例

図 9.2.1 地山状態とのり面形状の説明図<sup>1)</sup>

## ② 切土のり面の勾配と擁壁の設置

切土のり面の勾配が  $30^{\circ}$  を超える場合には、宅地造成等規制法施行令第六条第一項の規定により、擁壁の設置が必要となる。

ただし、のり面の土質とのり高およびのり面勾配の関係が、表 9.2.1 に該当する場合には、擁壁の設置を必要としない。

表 9.2.1 切土のり面勾配（擁壁の設置を要しない場合）<sup>2)</sup>

のり面の土質	のり高	① $H \leq 5m$ (がけの上端からの垂直距離)	② $H > 5m$ (がけの上端からの垂直距離)
軟 岩 (風化の著しいものは除く)		80 度（約 1 : 0.2）以下	60 度（約 1 : 0.6）以下
風化の著しい岩		50 度（約 1 : 0.9）以下	40 度（約 1 : 1.2）以下
砂利、まさ土、関東ローム、硬質粘土、その他これらに類するもの		45 度（1 : 1.0）以下	35 度（1 : 1.5）以下

## ③ 切土の検討における留意事項

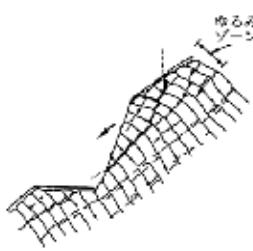
切土の検討を行う場合には、のり面の地層、地下水位、湧水の状態等は重要な判断材料となる。特に、のり面の状態が以下に示す場合には、のり面勾配の決定において留意する必要がある。

### a) 割れ目の多い岩

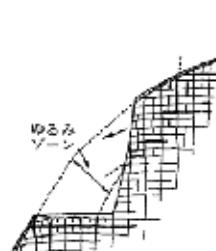
断層破碎帯、冷却時の収縮によってできた柱状・板状節理等岩盤には多くの弱線が発達している。この様な割れ目も多い岩盤においては、図 9.2.2 に示すような崩壊のおそれがある。



(a)くさび状不安定土塊



(b)受け盤の表層のゆるみゾーンの崩壊



(c)水平・鉛直割れ目の発達する岩の表層のゆるみゾーンの崩壊

図 9.2.2 割れ目の多い岩の崩壊模式図<sup>3)</sup>

b) 割れ目が流れ盤

層理、片理、節理等一定方向に規則性を持った割れ目が発達している場合で、この割れ目の傾斜の方向とのり面の傾斜の方向が同じ方向となった流れ盤の場合には崩壊が起こることがある。

c) 風化の速い岩

第三紀の泥岩、頁岩、固結度の低い凝灰岩、蛇紋岩等は切土による応力開放、その後の乾燥湿潤の繰返しや凍結融解の繰返し作用等によってのり面表層から次第に土砂化して崩壊が発生することが多い。

d) 侵食に弱い土質

まさ土、しらす、山砂、段丘礫層等主として砂質土からなる土砂は、表流水による浸食に特に弱く、落石や崩壊、土砂の流失が起こることが多い。

e) 崩 積 土

崖錐、風化岩、火山泥流等が分布する斜面、その他旧崩壊地等では固結度の低い土砂が堆積し、斜面の傾斜が地山の限界斜面勾配を示していることがある。この様な箇所を地山より急な勾配で切土すると不安定となり、崩壊が発生することがある。

f) 地下水が多い

のり面の崩壊の大部分は直接、間接的要因に地下水が影響している場合が多い。したがって、地下水の動きを把握することが重要であるが、地下水の動きは極めて複雑であり、地下水調査を機械的に行っても調査の目的に添わない場合があるので注意が必要である。

g) 長大のり面

長大のり面は、のり面全体の地質が均質で堅硬であることは希で、断層、変質等の弱層を伴っていることが多い、切土が進行してからの変更（切直し）は経済的にも施工性からも不利な面が多いため、地質、地下水状況等をより詳細に調査する必要がある。

### 3) 盛 土

#### ① 盛土のり面勾配とのり面形状

盛土のり面勾配とのり面形状については、盛土高さ、地盤条件、盛土材料および維持管理等を総合的に判断して決定する必要がある。

一般的に盛土高が高くなる場合には、盛土高5m程度ごとに幅1～2mの小段を設ける必要があり、小段にはさまれた部分ののり面は単一勾配とし、小段には下段ののり面と反対方向に排水勾配をつけること。図9.2.3に高盛土における小段の設置例を示す。

なお、盛土ののり面勾配が30°を超える場合は、宅地造成等規制法施行令の規定荷より、擁壁の設置が必要となる。

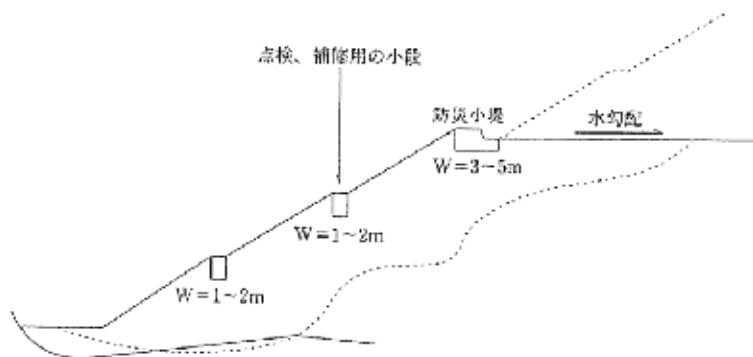


図9.2.3 高盛土における小段の設置例<sup>4)</sup>

#### ② 盛土の検討における留意事項

盛土の高さ、地山、地下水の状況が以下に示す内容に該当する場合には、特に検討において留意する必要がある。

- a) 盛土のり高が15m以上の高盛土。
- b) 盛土が地山からの湧水の影響を受けやすい。
- c) 盛土箇所の原地盤が不安定である。
- d) 盛土が崩壊すると隣接地に重大な影響を与えるおそれがある。
- e) 腹付け盛土。

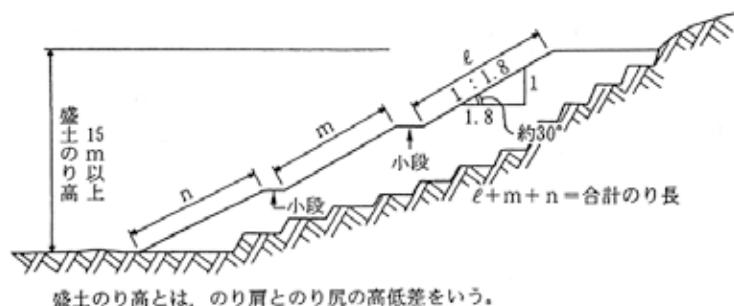


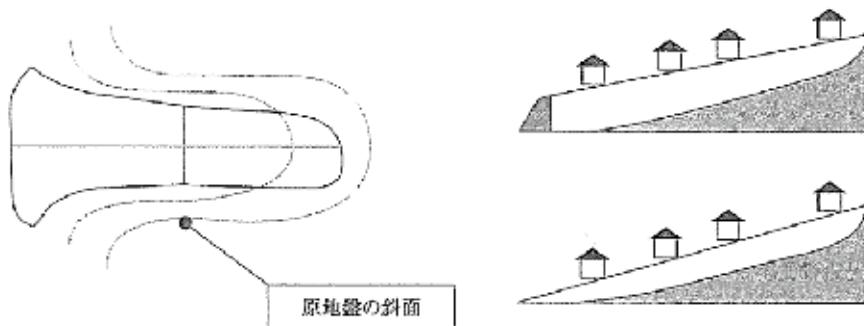
図9.2.4 盛土のり高<sup>5)</sup>

### ③ 盛土全体の安定性の検討

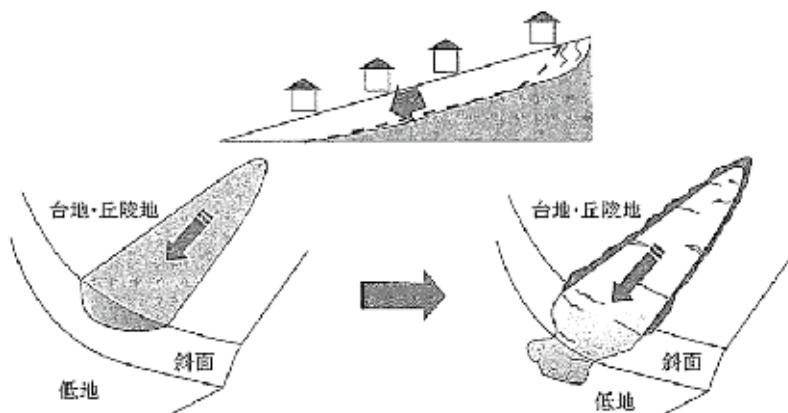
阪神・淡路大震災、新潟県中越地震等では、谷や沢を大規模に埋めた盛土造成地や傾斜地盤上に腹付けした盛土造成地において、盛土全体の変動による地盤の災害が発生した。このような災害に対応するため、宅地造成等規制法の法改正が行われ、造成盛土の規模が以下の内容に該当する盛土においては、盛土全体の安定性の評価を行う必要がある。

谷埋め型大規模盛土： 盛土する土地の面積が  $3,000\text{m}^2$  以上であり、かつ盛土をしたことにより、盛土をした土地の地下水位が盛土をする前の地盤面の高さを超えて、盛土の内部に侵入することが想定されるもの。図 9.2.5 に谷埋め型大規模盛土造成地のイメージ図を示す。

腹付け型大規模盛土： 盛土をする前の地盤面が水平面に対して  $20^\circ$  以上の角度をなし、かつ盛土の高さが 5m 以上であるもの。図 9.2.6 に腹付け型大規模盛土造成地のイメージ図を示す。

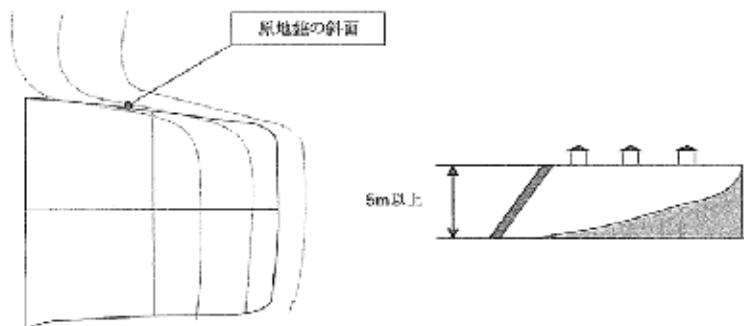


(a) 谷埋め型大規模盛土造成地のイメージ

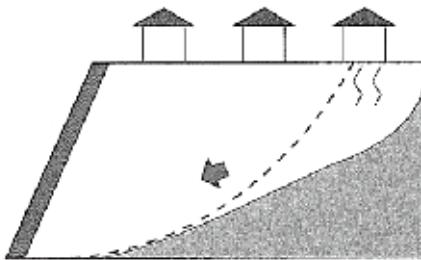


(b) 谷埋め型大規模盛土造成地で発生する滑動崩落のイメージ

図 9.2.5 谷埋め型大規模盛土造成地<sup>6)</sup>



(a) 腹付け型大規模盛土造成地のイメージ



(b) 腹付け型大規模盛土造成地で発生する滑動崩落のイメージ

図 9.2.6 腹付け型大規模盛土造成地<sup>6)</sup>

#### a ) 安定計算

谷埋め型大規模盛土造成地のすべり面は、複数の円弧または直線に近似できることを想定しているため、安定検討は、二次元の分割法により検討することを標準とする。

腹付け型大規模造成盛土のすべり面は、単一の円弧で構成されることを想定しているため、安定検討は、二次元の分割法のうち簡便法により検討することを標準とする。

#### b ) 設計強度定数

安定検討に用いる設計地盤定数は、調査ボーリング結果ならびに当該地の土質試験結果から総合的に判断して設定する。

#### c ) 間隙水圧

盛土の安定計算を行う場合には、盛土の下部または側方からの浸透水による水圧を間隙水圧  $u$  として、必要に応じて、雨水の浸透によって形成される地下水による間隙水圧および盛土施工に伴って発生する過剰間隙水圧を考慮する。原則として、これらの間隙水圧は、現地の実測によって求めることとする。

#### d ) 最小安全率

盛土の安定検討では、常時の安全性を確保するとともに、地震時の最小安全率  $F_s$  は  $F_s \geq 1.0$  とする。なお、地震力については、当該盛土の自重に、水平震度 0.25 に建築基準法施行令第八十八条第一項に規定する  $Z$  の数値を乗じて得た数値を乗じた値とする。

#### ④ 盛土施工における留意事項

##### a) 原地盤の処理

軟弱地盤上の盛土を除いた一般的な盛土では、盛土完了後に有害な変位が発生しないように、以下に示す原地盤の処理を行う必要がある。

なお、軟弱地盤上への盛土については圧密沈下、すべり破壊に対する詳細検討を行い、施工方法を決定する必要がある。

- ・樹木の伐開および除根、除草を行う。
- ・施工重機のトラフィカビリティを確保するために、図 9.2.7 に示すように原地盤に溝を掘って排水溝を設けて、透水性のよい碎石や有孔管等を用いるなどして、盛土敷の外側に排水を行う。また、水田など地下水位が高い地盤で、排水溝では十分な排水機能を得ることができない場合には、サンドマットを厚さ 0.3~1.2m で敷設して排水機能を確保する。

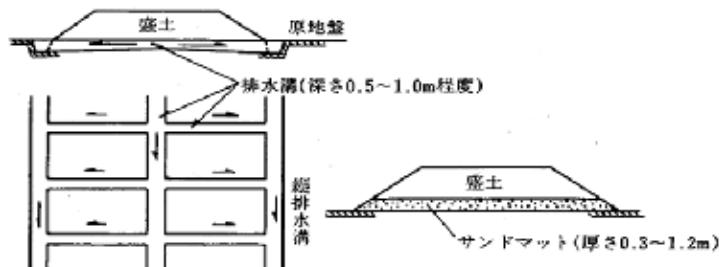


図 9.2.7 素掘り排水溝、サンドマットの概念図<sup>7)</sup>

##### b) 傾斜地盤上の盛土における段切り

盛土を行う地盤の勾配が 1 : 4 (15 度程度) 程度より急な場合には、図 9.2.8 に示すように地盤と盛土を密着させるために地盤に段切りを行う。

段切りの寸法は、原地盤の土質や施工方法により一様ではないが、一般的に高さ 0.5m、幅 1m 程度以上とし、段切り面には排水のために勾配を設ける。

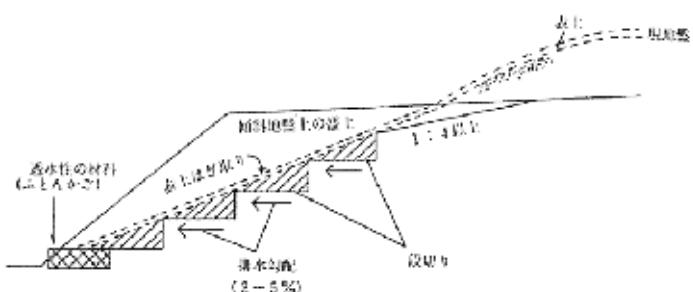


図 9.2.8 段切りと排水処理<sup>7)</sup>

#### ⑤ 盛土材料

切土あるいは土取場から採取した盛土材料を用いる場合には、事前に材料試験を行

い材料の特性を十分に把握して施工方法を決定することが重要である。

一般的には、「締固め後の強度が大きく圧縮性が少ない」、「敷均し、締固め施工が容易」、「雨水などによる浸食、スレーキングに対して強い」および「吸水による膨潤性が低い」などの特性を有している材料が望ましい。

盛土材料の使用において、特に注意する必要がある代表的な盛土材料の特徴を以下に示す。

a) 高含水比の粘性土

高含水比の粘性土は、施工機械によるこね返しにより強度が低下して圧縮性が高くなる。しかし、適切な施工法による場合や、安定処理等の対策が施された場合には盛土全体の安定性を満足させることは可能であるが、採用にあたっては事前に十分な検討が必要である。

b) 岩塊・転石・玉石

岩塊は硬いしっかりした硬岩材料で、転石や玉石等は一般の土砂と比較して粒径が大きく、盛土材料としては敷均しや締固め作業が困難で扱いにくい材料である。しかし、適切に施工された場合には、高い盛土の安定性を確保できることが可能である。これらの材料を使用する場合には、大きな岩塊等は盛土の下部や盛土の均一性にあまり影響のない部分に用いて、岩塊のすき間を土などで十分充填したり、岩塊の大きさを制限して使用するなど、盛土の安定性を確保するための確実な工法を用いる必要がある。

c) 風化の速い土

第三紀の泥岩、頁岩、凝灰岩、風化した蛇紋岩等は、スレーキングや破碎の著しい現象を生じる脆弱岩である。脆弱岩は掘削時には硬く塊状で、盛土材料として使用した場合には、施工中に細粒化できず残った塊状の岩が時間の経過とともに徐々に細粒化して、盛土完成後に長期に渡る圧縮沈下を引き起こしたり、地震時に被害を受けることがある。

d) 粒度分布のよい礫質土、砂質土

粒度分布のよい礫質土や砂質土を盛土材料として使用する場合には、地下水位が高く締まっていない飽和した状態では、地震時の繰り返し荷重により液状化現象が発生することがある。液状化現象の発生を防止するためには、盛土各層を十分に締固めるとともに、地下水位を下げることが有効な手段である。

## ⑥ 敷均し

盛土材料の敷均しは、図 9.2.9 に示すように水平薄層で施工を行い、高まき施工を行ってはならない。1回あたりの敷均し厚さ（まき出し厚さ）は 0.3m 以下として、均一に所定の厚さに仕上げる。特に、切土と盛土の境界付近では敷均し厚さが不明確で厚くなりやすいことから注意を要する。



(a)水平薄層施工

(b)高まき施工

図 9.2.9 盛土材料の敷均し<sup>7)</sup>

## ⑦ 盛土の締固め管理

盛土の安定を確保するためには、材料試験等により盛土材料の締固め特性を十分に把握して、所定の締固め管理値で盛土を行うことが重要である。

表 9.2.1 に、関係機関の締固め管理基準を示す。

表 9.2.1 各関係機関の締固め管理基準<sup>7)</sup>

機 関	対 象	締固め管理値		
		締固め度(密度比)	飽和度	空気間隙率
国土交通省地方建設局 「土木工事必携」 (平成 8 年度版)	河川堤防	砂質換：85%以上 RT計器：90%以上	—	—
(社) 国土開発技術研究センター 「河川土工マニュアル」 (平成 5 年 6 月)	河川堤防	平均90%以上 (下限80%)	85~95% (粘性土) <sup>**</sup> 15%以下 (砂質土) <sup>**</sup>	2~10% (粘性土) <sup>**</sup> 15%以下 (砂質土) <sup>**</sup>
都市基盤整備公団 「土木施工管理基準」 (平成13年版) 【RT計器を用いた盛土の締固め管理基準 (案)】	宅地 盛土 <sup>**</sup>	砂質換： GL0~-0.5m 85%以上 GL-0.5~-2.5m 88%以上 GL-2.5~-5.5m 85%以上 RT計器： GL0~-0.5m 87%以上 GL-0.5~-2.5m 90%以上 GL-2.5~-5.5m 87%以上	—	砂質換： GL0~-0.5m 15%以下 GL-0.5~-2.5m 12%以下 GL-2.5~-5.5m 15%以下 RT計器： GL0~-0.5m 13%以下 GL-0.5~-2.5m 10%以下 GL-2.5~-5.5m 13%以下 $qc \geq 400$ (200) kN/m <sup>2</sup>
	道路・ 河川土工	RT計器：90%以上	—	RT計器：10%以下 $qc \geq 400$ (200) kN/m <sup>2</sup>
国土交通省地方建設局 「土木工事必携」 (平成 8 年度版)	路 体	砂質換：85%以上 RT計器：90%以上	—	—
	路 床	90%以上 (砂質換・RTとも)	—	—
(社) 日本道路協会 「道路土工・施工指針」 (昭和61年11月)	路 体	90%以上	粘土：85%以上 砂：—	粘土：10%以下 砂：15%以下
日本道路公団 「施工管理要領基準集」 (平成 8 年 5 月)	下部路体 上部路体 下部路床 上部路床	92%以上 A: 15% <sup>**</sup> 以下 B: 8% <sup>**</sup> 以下	—	—
鉄道関係 「鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物」 (平成 4 年 10 月)	上部盛土 下部盛土	K3P 値：68,647~107,873 kN/m <sup>2</sup> (7~11kgf/cm <sup>2</sup> ) または 107,873kN/m <sup>2</sup> (11kgf/cm <sup>2</sup> ) 以上	—	細粒分50%以上：10% 以下 細粒分20~50%：15% 以下

注1) 粘性土：[I]、砂質土 [SF] (25%≤75 μmふるい通過分<50%)

注2) 振幅は土木施工管理基準によること

注3) A: (20%≤75 μmふるい通過分<50%)

B: (50%≤75 μmふるい通過分<50%)

#### 4) のり面保護

切土または盛土ののり面（擁壁で覆われたのり面は除く）においては、風化や降雨等の表流水による浸食を防止するための、のり面保護が必要である。

##### ① のり面保護工の種類

のり面保護工には、のり面を植物で覆う植生工とコンクリート等で覆う構造物工とがあり、土質・地質、地下水および周辺環境等に配慮した総合的判断により工種を選定する必要がある。

表 9.2.2 に、のり面保護工の主な工種と目的を示す。

表 9.2.2 のり面保護工の主な工種と目的<sup>8)</sup>

分類	工 種	目 的
のり面緑化工 (植生工)	種子散布工 客土吹付工 植生基材吹付工（厚層基材吹付工） 植生シート工 植生マット工	浸食防止、凍上崩落抑制、植生による早期全面被覆
	植生筋工	盛土で植生を筋状に成立させることによる浸食防止、植物の侵入・定着の促進
	植生土のう工 植生基材注入工	植生基盤の設置による植物の早期生育 厚い生育基盤の長期間安定を確保
	張芝工	芝の全面張り付けによる浸食防止、凍上崩落抑制、早期全面被覆
	筋芝工	盛土で芝の筋状張り付けによる浸食防止、植物の侵入・定着の促進
	植栽工	樹木や草花による良好な景観の形成
	苗木設置吹付工	早期全面被覆と樹木等の生育による良好な景観の形成
構造物工	金網張工 繊維ネット張工	生育基盤の保持や流下水によるのり面表層部のはく落の防止
	柵工 じやかご工	のり面表層部の浸食や湧水による土砂流出の抑制
	プレキヤスト鉢工	中詰の保持と浸食防止
	モルタル・コンクリート吹付工 石張工 ブロック張工	風化、浸食、表流水の浸透防止
	コンクリート張工 吹付鉢工 現場打ちコンクリート鉢工	のり面表層部の崩落防止、多少の土圧を受ける恐れのある箇所の土留め、岩盤はく落防止
	石積、ブロック積擁壁工 かご工 井桁組擁壁工 コンクリート擁壁工 連続長繊維補強土工	ある程度の土圧に対抗して崩壊を防止
	地山補強土工 グラウンドアンカー工 杭工	すべり土塊の滑動力に対抗して崩壊を防止

## ② のり面保護工の選定における留意事項

のり面保護工の選定においては、のり面の長期的な安定確保を第一に考え、自然環境の保全、修景および土質、気象条件、周辺環境、経済性や施工性等を考慮する必要がある。

以下に、工種選定における留意事項を示す。

- a) のり面勾配が軟岩や粘性土は1:1.2、砂や砂質土は1:1.5より緩い場合は、一般には植生工のみで対応可能であるが、湧水や浸食が懸念される場合には簡易のり枠工や柵工との併用が必要である。
- b) 岩盤以外ののり面で1:0.8より急な場合は、植生工と緑化基礎工の併用ではのり面の浸食や崩壊を防止することは困難であることが多い。このため、構造物工の適用を検討し、可能ならば植生工の併用について検討すべきである。
- c) 砂質土等の浸食されやすい切土のり面において、湧水や表流水による浸食の防止が必要な場合には、のり枠工や柵工等の緑化基礎工と植生工を併用する。
- d) 砂質土からなる盛土のり面は、厚さ30~50cm程度以上の土羽土で保護することが望ましい。
- e) 湧水が多いのり面では、地下排水溝や水平排水孔等の地下排水施設を積極的に導入するとともに、のり面保護工としては井桁組擁壁、ふとんかご、じやかご、中詰めにぐり石を用いたのり枠等の開放型の保護工を適用するのがよい。
- f) 礫混じり土砂や風化した軟岩等では小規模な落石が発生するので、植生工と併用して浮石を押さえる落石防止網を設置したり、落石を防止する落石防護柵を設置する。
- g) 寒冷地においては、シルト分の多い土質のり面では、凍上や凍結融解作用によって植生がはく離したり滑落することが多い。このようなおそれのある場合は、のり面勾配ができるだけ緩くしたり、のり面排水工を行うことが望ましい。
- h) 密実な砂質土（土壌硬度が27mmを超えるもの）、硬い粘性土（土壌硬度が23mmを超えるもの）および土丹等の硬いのり面に対して植物を導入する場合は、導入植物に適した土壤成分を有する材料で安定した植生基盤を造成することが必要である。
- i) のり面の土壤のpHが当初から4以下である場合や、湖沼の底泥が隆起した古い地層等で、切土によって急に空気にさらされると短期間で極めて強い酸性に変わる地層では、そのままでは植物の生育が困難である。そのような場合には、植生工の基盤材にゼオライト、セメントや石灰を混入して吸着や中和を図るか、構造物によるのり面保護工を採用する。
- j) 連続するのり面でも土質や湧水の状況が必ずしも一様でない場合が多いので、それぞれの条件に適合した工種を選定しなければならない。その際には、排水工等の地山処理をしたうえで、景観に配慮してなるべく類似した工法を採用することが望ましい。

### ③ のり面緑化工の検討における留意事項

のり面緑化工は、のり面を植生して風化や侵食を防止し、それと併せて自然環境の保全や修景を行うのり面保護工である。

のり面緑化工は、目標とする効果が発揮されるまでには時間要する点と、施工後の降水量や気温の変動等によって成果に差が生じやすい点に留意する必要がある。

以下に、のり面緑化工の検討における留意事項を示す。

- a) のり面の状態は、植物の生育基盤が侵食・崩壊に対して安定していること。
- b) 選定した植物がのり面の地質、勾配等と気象条件に適合していること。
- c) 植物が施工対象地域の環境条件に適合していること。
- d) 緑化の目標に適合した植物の種類が選定されていること。
- e) 植物が定着し十分繁茂するまで侵食を受けず、植生が永続して成立することができる工法であること。
- f) 植物が生育し、のり面が侵食を受けない程度に成長するまでの時期と期間が確保できること。

### ④ 緑化基礎工

緑化基礎工は、植生工を施工する場合にそれ単独では施工が困難な場合に採用する構造物工で、ネットや吹付枠等を用いて植物の生育環境を整備するものである。

緑化基礎工の目的は以下のとおりであり、選定する植生工の種類や、のり面勾配等からその必要性と種類および構造を検討する。

- a) 生育基盤の侵食、崩壊を防止する。
- b) 植物にとって好ましい生育基盤を造成する。
- c) 風、雨、日照、温度等、植物の発芽、生育に支障を与える要因を緩和する。

表 9.2.3 に、主な緑化基礎工の特徴を示す。

表 9.2.3 主な緑化基礎工の特徴と留意点及び併用する植生工の例<sup>9)</sup>

種類	特徴	留意点	併用する植生工の例
のり枠工	吹付枠工 現場打ちコンクリート枠工	のり面の浅部で発生する崩壊に対し、形状、規模に対応できる構造とすることが可能である。のり面の凹凸に対応できる。	膨張性または収縮性のある岩、あるいは、凍結深が深くなる土砂のり面への適用時は十分に検討する必要がある。
	プレキヤスト枠工	植物の生育基盤となる土砂や植生土のうをのり面に固定保持することができる。	のり面に発生する土圧には対応できないので、はらみ出し、凍上等を生じる場合は避ける。 勾配 1:1.0 よりも緩いのり面で枠が洗掘等で沈下しない箇所に適用する。
柵工		崩落土砂の部分固定や表流水勢の緩和あるいは落石、雪崩を緩衝できる。	将来的な機能確保のため木本類の導入(播種工、植栽工)を併用することが望ましい。
ネット張工	金網張工	のり表面の表流水、凍上等によるはく落防止及び生育基盤の保持、落石防止に効果がある。	網目が小さすぎたり、機能が長期間持続するものは、木本類の成長に支障となる場合もある。
	織維ネット張工	のり表面の表流水によるはく落防止や造成基盤の保持に効果がある。	剛性がないので、凍上や落石への対応が難しい。
防風工		網目の細かいネット張工やフェンス工等は、幼芽、稚樹の乾燥や風衝の緩和に効果がある。	風向、風力、効果の程度や範囲を見極める。
連続長織維補強土工		連続長織維を混入した補強土塊の抑止力による地山の安定と、厚い生育基盤の形成が可能である。	湧水や補強土背面の流下水の処理を目的として、排水材をあらかじめ設置する。

## ⑤ 構造物によるのり面保護工

構造物によりのり面保護工の設計は、のり面の浸食や風化および表層の滑落や崩壊を防止する等のり面の長期的な安定を図ることを目的とし、無処理では安定を確保できないのり面のうち、以下のようないのり面に用いる。

- a) のり面緑化が不適なのり面
- b) のり面緑化工だけでは浸食に対して長期安定が確保できないのり面
- c) 表層滑落、崩壊、落石等の不安定化が発生するおそれのあるのり面

施工に当たっては設計の意図するところを理解し、所要の機能を確保するため、施工中に新たに明らかになった事項についても考慮して、より合理的な施工が行われるよう工程管理、品質管理に留意しなければならない。

- a) 構造物工は、のり面の侵食、表層滑落、崩壊等の安定対策として用いられるが、設計に当たり、発生予測規模、範囲や環境への影響等の調査結果を反映する必要がある。
- b) 岩塊、土塊の崩落、崩壊の防止および安定を図る目的で設計する場合には、調査結果に基づいた崩壊の深さや荷重等を設定し、その荷重に対抗できるように構造物の使用材料、形状寸法、構造断面や必要な品質等を設計する。
- c) のり面の崩壊には表流水や地下水等が原因となることが極めて多く、のり面に湧水がある場合や、のり面に流下水が集まる場合等は、のり面排水工の併用が必要である。
- d) 施工時に、設計条件と異なる地質や湧水等を確認した場合には、施工中に追加調査を行い、調査結果によっては設計の見直しなどの対応が必要である。

## (2) 排水施設

### 1) 排水施設の設置に関する技術的基準

切土または盛土をする場合において、地表水等により崖崩れまたは土砂の流出が生ずるおそれがあるときは、その地表水等を排除することができるよう、排水施設で以下のいずれかに該当するものを設置すること。

- ① 堅固で耐久性を有する構造のものであること。
- ② 崖崩れまたは土砂の流出の防止上支障がない場合においては、専ら雨水その他地表水を排除すべき排水施設は、多孔管その他雨水を地下に浸透させる機能を有するものとすることができる。
- ③ 管渠の勾配および断面積が、その排除すべき雨水その他の地表水を支障なく流下させることができるものであること。
- ④ 専ら雨水その他の地表水を排除すべき排水施設は、その暗渠である構造の部分の以下の箇所に、ますまたはマンホールが設けられているものであること。
  - a) 管渠の始まる箇所
  - b) 排水の流路方向または勾配が著しく変化する箇所
  - c) 管渠の内径または内寸法幅の 120 倍を超えない範囲内の長さごとの管渠の部分の清掃上適当な箇所
  - d) ますまたはマンホールに、蓋が設けられているものであること。
  - e) ますの底に、深さが 15 cm 以上の泥溜めが設けられているものであること。

### 2) のり面排水工

のり面排水工には、表流水を対象とするものと、地下水・湧水を対象とするものがあり、目的および排水計画をもとに適切な施設を選定し設計・施工を行う。

#### ◎表面排水工

- ・のり肩排水溝：のり面内への表流水の流下を防ぐ。
- ・小段排水溝：のり面内に生じる表流水、湧水等を縦排水溝へ導く。
- ・縦排水溝：のり肩排水溝、小段排水溝の水をのり尻へ導く。

#### ◎地下排水工

- ・地下排水溝：のり面内の地下水を排除する。
- ・じやかご工：地下排水工と併用してのり尻を補強する。
- ・水平排水孔：湧水をのり面の外へ抜く。

#### ① のり肩排水溝

隣接地からの表流水がのり面に流入しないように、のり肩に沿って排水溝を設ける。図 9.2.10 に、のり肩排水溝の設置例を示す。

のり肩の排水溝の断面は流量に応じて定めるが、地形、傾斜、土質等を考え多少余裕を持たせる。のり肩排水溝にはコンクリート排水溝、鉄筋コンクリート U 形溝、石張り排水溝等がある。流量、延長ともに大きくなると、鉄筋コンクリート U 形溝等を用いることが望ましい。

排水溝の延長が長くなると、勾配も一様ではなくなり、あふれた水によって排水溝

の外側が洗掘され排水溝が破損し、のり面を破壊することもあるので、適切な位置に縦排水溝を設け、のり尻に導くようにする。U形溝のかわりにコルゲートを用いることもあります。

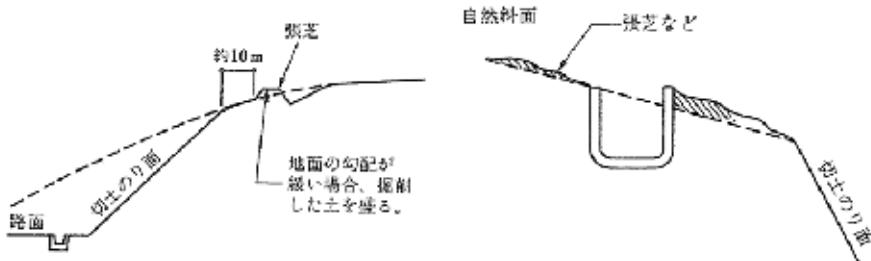


図 9.2.10 のり肩排水溝の例<sup>10)</sup>

## ② 小段排水溝

一般にのり面が長くなると、降雨時にのり面を流下する表流水が、のり面下部ではかなりの量になるので、図 9.2.11 に示すように小段に排水溝を設けるなどして、のり面を流下する表流水の量を最小限に抑える。小段は、排水溝の方向に 5 % 程度の下り勾配をつけて施工し、排水溝に水が流れるようにする。

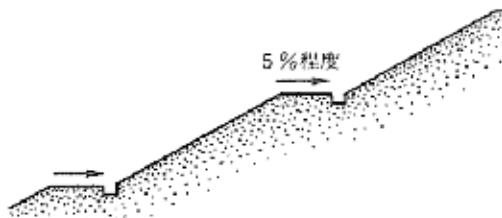


図 9.2.11 のり面小段排水溝<sup>10)</sup>

## ③ 縦排水溝

縦排水溝はのり面に沿って設ける水路で、図 9.2.12 に示すようにのり肩排水溝や小段排水溝からの水をのり尻の水路に導くためのものであり、鉄筋コンクリートU形溝、半円管、鉄筋コンクリート管、石張水路等が用いられる。

豪雨等により縦排水溝に土砂が大量に流れ込んだり、草木等により排水溝が閉塞されたりすることもあるので、現地の状況に応じて断面を大きくしておく必要がある。

また、縦排水溝を流下する水は速度が大きいため水がはね出し、両側を洗掘するおそれがあるので、側面に勾配をつけ、張芝や石張を施すことが望ましい。

以下、縦排水溝の留意事項を示す。

- a) 流量の分散を図るために間隔は 20m 程度とする
- b) のり長 3m 程度の間隔で、縦排水溝下部にすべり止めを設置する。
- c) 縦排水溝の側面は、勾配をつけ張芝や石張りを施す。
- d) 縦排水溝の設置は、地形的にできるだけ凹部の水の集まりやすい箇所を選定

する。

- e) 縦排水溝の断面は流量を検討して決定するが、接続する横排水溝の断面、土砂や枝葉等の流入、堆積物を考慮して十分余裕のあるものとする。
- ・のり面の上部に自然斜面が続いて、その斜面に常時流入のある沢や水路がある場合は、縦排水溝の断面に十分余裕を持たせることが必要である。
  - ・排水溝の合流する箇所には、ますを設ける。ますには蓋および泥溜を設けるものとする。

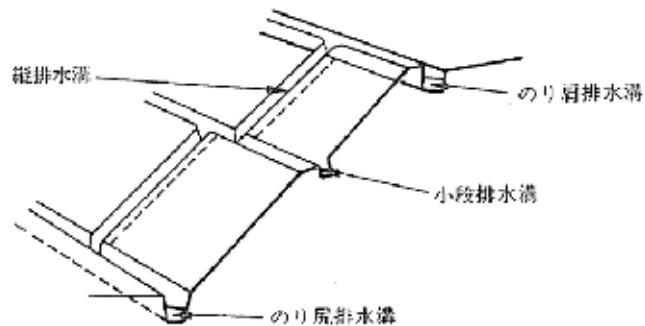


図 9.2.12 縦排水溝<sup>10)</sup>

#### ④ のり尻排水溝

のり尻排水溝は、のり面を流下する地表水が宅地および開発事業区域外等に流出することを防止する。集水量が多い場合には、流量計算に基づいて断面を決定し、適切な流末処理を行う。また、浸透によりのり面のすべりが生じないように十分な検討を行う必要がある。

図 9.2.13 に、のり尻排水溝の例を示す。

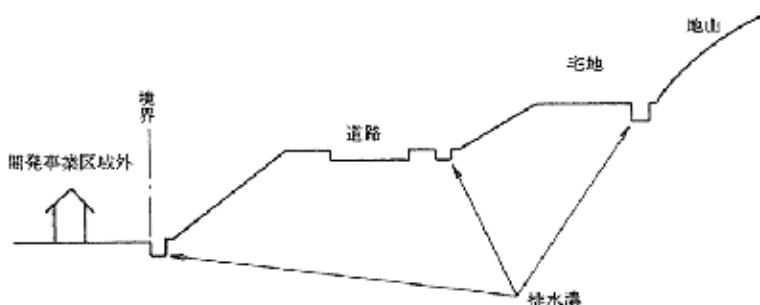


図 9.2.13 のり尻排水溝の例<sup>10)</sup>

#### ⑤ 地下排水溝

地中に浸透した水は地下の排水施設により速やかに地表の排水溝に導かなければならぬが、このための最も有効な方法は地下排水溝である。

図 9.2.14 に、地下排水溝の標準断面を示す。

- a) 盛土において、地山に沿って流下する地下水を排除するには、地山の谷筋に

地下排水溝を設け、その後盛土を行う。

- b) 切土のり面において、地表近くの浸透水を排除することを目的とする場合は、暗渠排水管等をなるべく深く掘り下げるが敷設することが望ましい。しかし、実際には施工が困難であるため、一般的には1~2m程度の深さとすることが多い。
- c) 地下排水溝は暗渠排水管または碎石構造とする。
- d) 暗渠排水管等の上面や側面には、そだ、砂利などのフィルターを設ける。

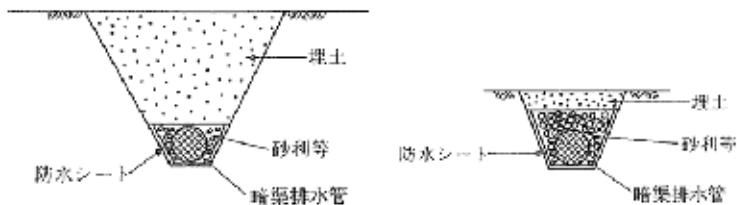


図 9.2.14 地下排水溝の標準断面<sup>10)</sup>

#### ⑥ 水平排水孔

のり面に小規模な湧水がある場合には、図9.2.15に示すように孔を掘って穴あき管等を挿入して水を抜くとよい。

一般的には、水平排水孔の長さが2m以上、勾配は10%以上として施工する。

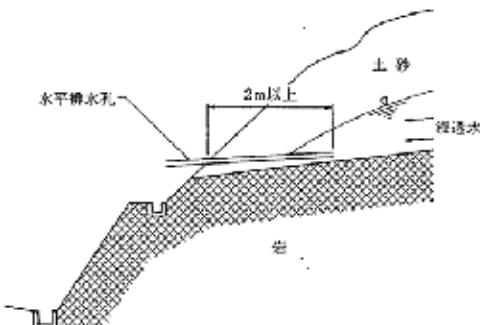


図 9.2.15 水平排水工の例<sup>11)</sup>

#### ⑦ のり面排水工の流末処理

のり面に十分な機能をもった排水施設が作られても、これに接続する流末施設の能力が十分でない場合は下流に被害を及ぼすこともある。このため、のり面排水工は、流末の排水能力のある施設に接続するよう設計・施工することが重要である。

### (3) 擁壁

#### 1) 擁壁の設置に関する技術的基準

法第九条第一項で規定する、宅地造成工事規制区域内において行われる宅地造成に関する工事において、政令で定める技術的基準のうち擁壁の設置に関するものは、以下のとおりである。

- ① 切土または盛土をした土地の部分に生ずる崖面で、以下に示す崖面以外のものには擁壁を設置すること。
  - a) のり面の土質とのり高の関係が、表 9.2.4(A)の場合は擁壁不要。
  - b) のり面の土質とのり高の関係が、表 9.2.4(B)の場合は、がけの上端から垂直距離 5m までは擁壁不要。
  - c) 土質試験その他の調査または試験に基づき地盤の安定計算をした結果、崖の安定を保つために擁壁の設置が必要でないと判断された場合。

表 9.2.4 切土の場合で擁壁を要しない崖または崖の部分

区 分 土 質	(A) 擁 壁 不 要	(B) がけの上端から垂直距離 5m までは擁壁不要	(C) 擁 壁 を 要 す る
軟岩 (風化の著しいものを除く)	がけ面の角度が 60 度以下	がけ面の角度が、60 度を超 え 80 度以下	がけ面の角度が 80 度を超 える
風化の著しい岩	がけ面の角度が 40 度以下	がけ面の角度が、40 度を超 え 50 度以下	がけ面の角度が 50 度を超 える
砂利、まさ土、関東ローム、 硬質粘土その他これらに類 するもの	がけ面の角度が 35 度以下	がけ面の角度が、35 度を超 え 45 度以下	がけ面の角度が 45 度を超 える

- ② 鉄筋コンクリート造または無筋コンクリート造の擁壁の設計においては、構造計算によって以下の項目についての安全性を検討すること。
  - a) 土圧、水圧および自重によって擁壁が破壊されないこと。
  - b) 土圧等によって擁壁が転倒しないこと。
  - c) 土圧等によって擁壁の基礎が滑らないこと。
  - d) 土圧等によって擁壁が沈下しないこと。
- ③ 間知石鍊積み造の擁壁の構造は、擁壁の勾配、高さおよび下端部分の厚さが、崖の土質に応じて、図 9.2.16 に定める基準に適合し、かつ、擁壁の上端の厚さは図 9.2.17 の第一種、第二種に該当する場合は 40 cm 以上、第三種に該当する場合は 70 cm 以上であること。
- ④ 石材、その他の粗積材は、控え長さを 30 cm 以上とし、コンクリートを用いて一体の擁壁とし、かつ、その背面に栗石、砂利または砂利混じり砂で裏込めすること。
- ⑤ 崖の状況によりはらみ出しその他の破壊のおそれがあるときは、適当な間隔に鉄筋コンクリート造りの控え壁を設けること。

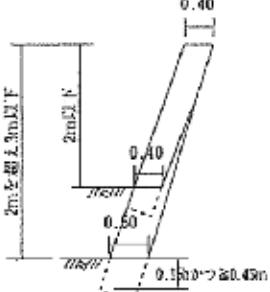
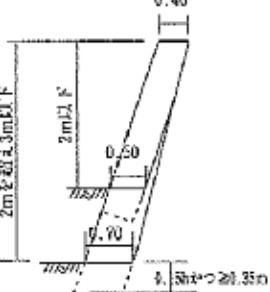
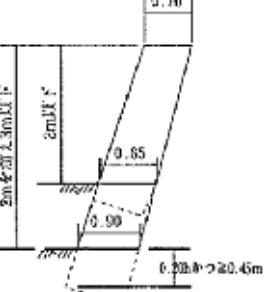
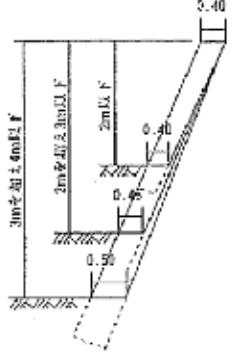
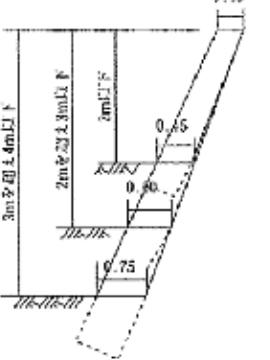
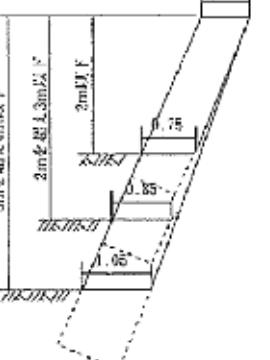
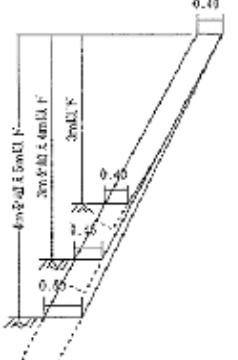
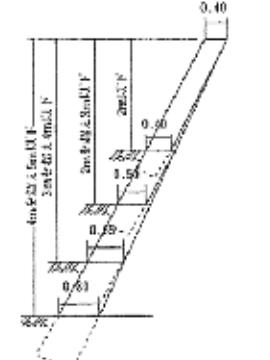
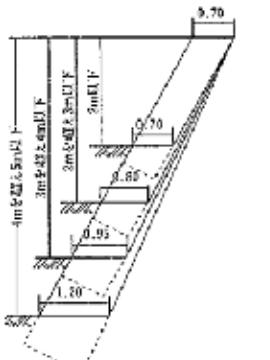
がけの 土質 擁壁 の勾配	第 1 種	岩、岩層、砂利又は 砂利混り砂	第 2 種	まさ土、関東ローム、 硬質粘土その他これら に類するもの	第 3 種	その他の土質
70° を超え 75° 以下 (約 3 分)						
65° を超え 70° 以下 (約 4 分)						
65° 以下 (約 5 分)						

図 9.2.16 練積み造用擁壁の構造<sup>12)</sup>

⑥ 岩盤を除いて、擁壁の全面の根入れ深さは、擁壁の設置される地盤が、図 9.2.16 の第一種、第二種に該当する場合は、擁壁の高さの 15/100 以上（高さが 35 cm に満たない場合は 35 cm）、第三種に該当する場合は 20/100 以上（高さが 45 cm に満たない場合は 45 cm）とし、かつ、擁壁の滑りおよび沈下に対して安全な基礎を設けること。

⑦ 擁壁裏面背面の排水のため、壁面の面積  $3\text{m}^2$  以内毎に少なくとも 1 個の内径が  $7.5\text{cm}^2$  以上の水抜き孔を設けること。

なお、擁壁裏面の水抜孔周辺その他必要な場所には、砂利などで排水層を設けること。

## 2) 擁壁の種類

擁壁は、材料、形状等により練積み造、無筋コンクリート造、鉄筋コンクリート造等に分類される。

擁壁の選定にあたっては、設置箇所の地形、地盤状況ならびに施工条件などから総合的に判断して、擁壁に求められる安全性を確保できるものを選定する必要がある。

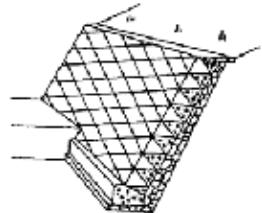
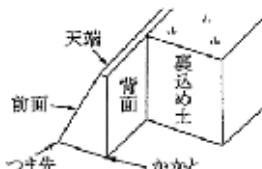
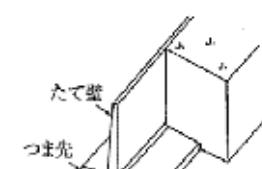
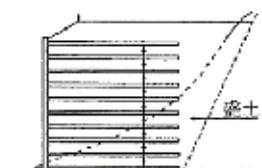
表 9.2.5 に、各種擁壁の概要を示す。

## 3) 擁壁の形状・損傷の発生形態

擁壁の損傷が発生する要因は、設置箇所における地形、地質、降雨、地下水、湧水等の調査・検討および対策が不十分であることが大半である。

図 9.2.17 に、一般的に留意すべき擁壁の形状・損傷の発生形態を示す。

表 9.2.5 各種擁壁の概要<sup>13)</sup>

種類	形 状	特 徴	留 意 点
ブロック（石積）擁壁		コンクリートブロックあるいは石を積み重ね、胴込めコンクリートにより一体化を図り、自重により急勾配のり面を保持する擁壁。	背面の地山が締まっている切土部や比較的良質な裏込め材料で十分な締固めがされる盛土部等、背面地盤からの土圧が小さい場合に適用できる。
重力式擁壁		軀体自重により土圧に抵抗するコンクリート製の擁壁。重力式擁壁の軀体断面を減じ、軀体内に生じる引張力を鉄筋によって抵抗させる半重力式擁壁もある。	基礎地盤が良好である場合に使用される。
もたれ式擁壁		擁壁自体では自立せず、地山あるいは裏込め土等にもたれた状態で自重によって土圧に抵抗する形式の擁壁。	基礎地盤が良好で、擁壁背面が比較的安定した地山や切土部に適用できる。
片持ちばかり式擁壁		たて壁と底版とからなる鉄筋コンクリート製の擁壁。たて壁の位置により逆T型、L型、逆L型と呼ばれる。壁体は鉄筋コンクリート構造で、水平荷重に対しては、片持ちばかりとして抵抗し、底版上の土の重量を安定に利用できる。	擁壁の形状・寸法は、擁壁の安定性、部材の安定性、設置場所の状況や施工性を考慮して決定する。
補強土壁		盛土内に敷設した補強材と鉛直または鉛直に近い壁面材とを連結し、壁面材に作用する土圧と補強材の引抜き抵抗力の釣り合いを保つことにより、土留め壁として安定を保つ土工構造物。	補強土壁の力学的な安定のメカニズムや特徴、使用される材料の特性およびその適用性について十分認識しておく必要がある。

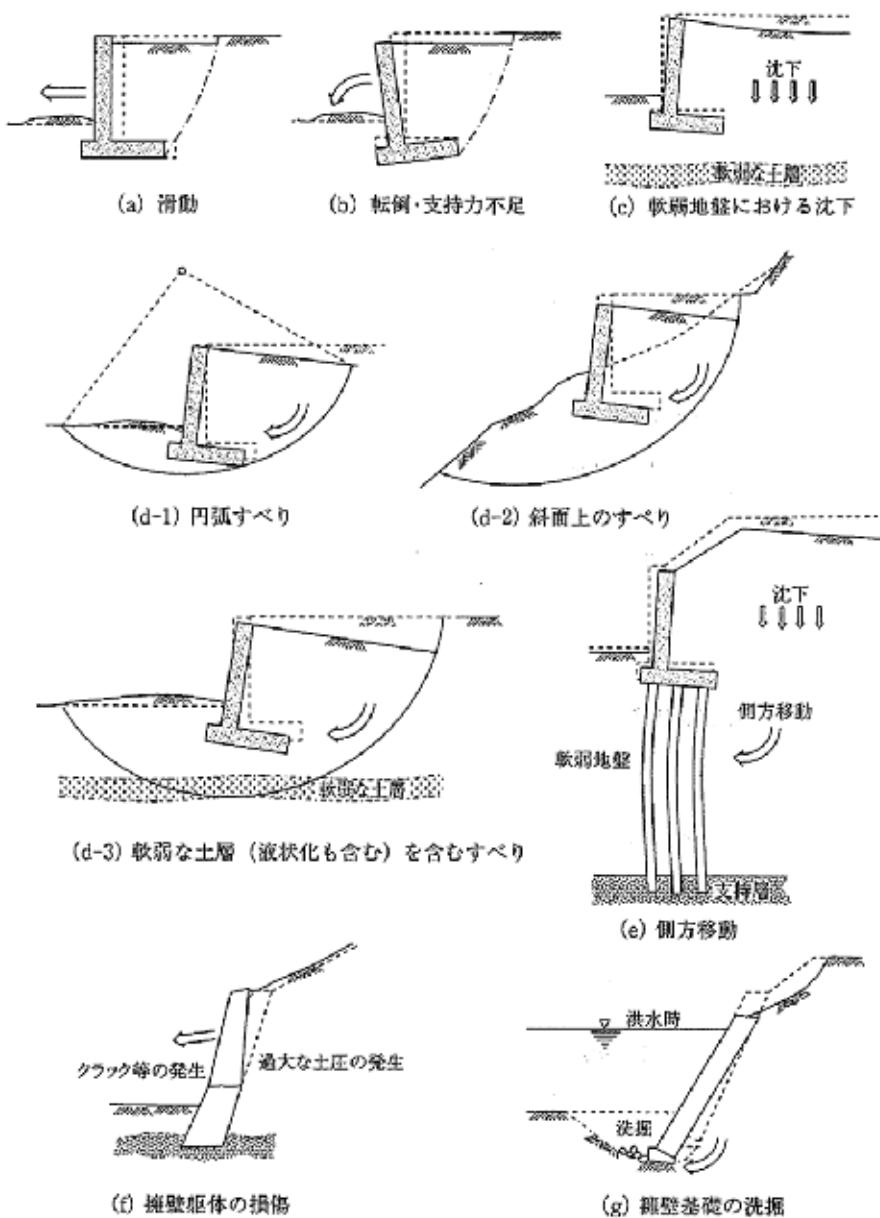


図 9.2.17 擁壁の形状・損傷の発生形態<sup>13)</sup>

<参考文献>

- 1) 日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針、第6章切土工、6-3 切土のり面の設計、pp150、平成21年6月
- 2) 宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説<第二次改訂版>[I]、第V章切土、V.1. 切土のり面の勾配、pp101、平成19年12月
- 3) 日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針、第6章切土工、6-2 切土部の調査、pp130、平成21年6月
- 4) 宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説<第二次改訂版>[I]、第VI章盛土、VI.4. 盛土のり面の形状、pp147、平成19年12月
- 5) 宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説<第二次改訂版>[I]、第VI章盛土、VI.2. 盛土のり面の勾配、pp129、平成19年12月
- 6) 宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説<第二次改訂版>[I]、第VI章盛土、VI.5. 盛土全体の安定性の検討、pp150～151、平成19年12月
- 7) 宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説<第二次改訂版>[I]、第VI章盛土、VI.6. 盛土の施工上の留意事項、pp157～176、平成19年12月
- 8) 日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針、第8章のり面保護工、8-1 のり面保護工の種類と目的、pp192、平成21年6月
- 9) 日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針、第8章のり面保護工、8-3 のり面緑化工、pp206、平成21年6月
- 10) 宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説<第二次改訂版>[I]、第VII章のり面保護、VII.6. のり面排水工の設計・施工上の留意事項、pp278～282、平成19年12月
- 11) 日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針、第7章のり排水、7-3 のり面排水工、pp175、平成21年6月
- 12) 宅地防災研究会：宅地防災マニュアルの解説<第二次改訂版>[I]、第VIII章擁壁、VIII.3. 擁壁の設計及び施工、pp363、平成19年12月
- 13) 日本道路協会：道路土工 擁壁工指針、第1章総説、1-3 擁壁の概要、pp4～15、平成24年7月

## 宅地地盤調査マニュアル2014

---

発行日 平成26年4月

発行所 一般社団法人 全国地質調査業協会連合会

〒101-0047 東京都千代田区内神田1

－5－13 内神田TKビル3階

TEL：03（3518）8873

FAX：03（3518）8876

---

