

各論

指針改定のポイント 基礎の計画(沈下)

高田 徹*

1 はじめに

今回改定された小規模建築物基礎設計指針¹⁾(以下、新指針)の第3章「基礎の計画」における3.4節「沈下の検討」は、以下の2項目で構成されている。

1. 沈下の種類
2. 沈下の検討

本稿では、3.4節のうち、新指針で改定された点および今後の課題について中心的に述べる。

2 沈下の種類

小規模建築物の基礎設計において考慮すべき沈下の種類を表-1に示す。旧指針²⁾では、「即時沈下」と「圧密沈下」のみが示されていたが、新指針では「主に雨水の浸入に起因する沈下」と「液状化による沈下」が新たに追加された。

即時沈下は、建物の荷重や基礎形状に応じて地盤が弾性的に変形する現象であり、載荷とほぼ同時に発生する。小規模建築物のように接地圧が小さい場合、即時沈下が問題となることはほとんどなく、基礎の支持力検討が即時沈下の検討を兼ねているとみなすことができる。

「主に雨水の浸入に起因する沈下」は、主に人工的に改変された不飽和土において生じる沈下である。不飽和土における沈下には、以下のようなものがある。

- ・締固め不良の土が浸水することで、表面張力の喪失により有効応力が低下して生じる沈下(水浸沈下)
- ・乾湿の繰返しによって盛土・埋土材料がスレーキングを起こして生じる沈下
- ・浸透水の流れにより水みちが形成され、その周辺の細粒分が流出することで生じる沈下

新指針では、これらを総称して「主に雨水の浸入に起因する沈下」と定義している。この沈下は比較的短期間で生じる傾向があるが、スレーキングや細粒分の流出による沈下も含まれるため、必ずしも短期間の現象とは限

らない。近年の不同沈下被害の事例分析によると、「主に雨水の浸入に起因する沈下」による被害は比較的多く発生しており、複数の要因が複合して生じた例も確認されている。さらに、細粒分の流出が著しい場合には陥没を引き起こす可能性もあるため、十分な注意が必要である。

圧密沈下とは、増加荷重により土中の間隙水が長時間かけて排水され、その結果として地盤の体積が減少する沈下現象である。主に軟弱な沖積粘性土や有機質土などで生じ、その影響は大きい。特に、水田や沼地などに盛土造成された宅地では注意が必要である。これは、盛土荷重による圧密沈下量が建物の不同沈下に大きく影響するためであり、建物と盛土の両方の荷重について検討する必要がある。

また、高有機質土や著しく軟弱な粘性土のように含水比の高い地盤では、二次圧密沈下が顕著となる。二次圧密沈下とは、一次圧密沈下の終了後にクリープ的な塑性沈下が生じ、時間の対数に対してほぼ直線的に沈下する現象である(図-1)。腐植土などが厚く堆積した地盤に盛土造成された宅地では、造成後10年を経過しても沈下が継続する事例が多く、これは二次圧密沈下によるものと考えられる。ただし、現在の技術レベルでは、二次圧密沈下量の定量的な予測は困難であるとの判断から、新指針では注意喚起にとどめ、具体的な手法の提案は見

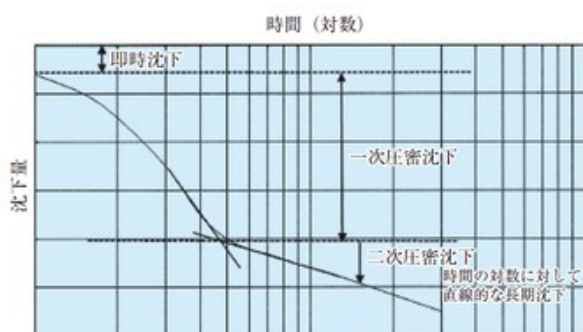


図-1 沈下量と時間の関係(新指針 図3.4.1)

表-1 小規模建築物を対象とした沈下の種類と特徴(新指針 表3.4.1)

種類	対象地盤	特徴	発生時期	影響度
即時沈下	すべての地盤	地盤の弾性的な沈下	載荷とほぼ同時に発生し、短時間で終了	小
主に雨水の浸入に起因する沈下	盛土・埋土地盤	不飽和土が浸水して生じる沈下やスレーキングに起因して生じる沈下など	短期間で生じやすいが、長期に及ぶ場合もある	大
圧密沈下	飽和粘性土地盤	土粒子間の水が排水することによって生じる沈下	数か月～数年、場合によっては数十年	大
液状化による沈下	飽和砂質土地盤	液状化後の土粒子の再配列により生じる沈下	地震直後	大

*TAKATA Tōru (株設計室ソイル 代表取締役、技術士(建設部門)|東京都中央区日本橋3-3-12

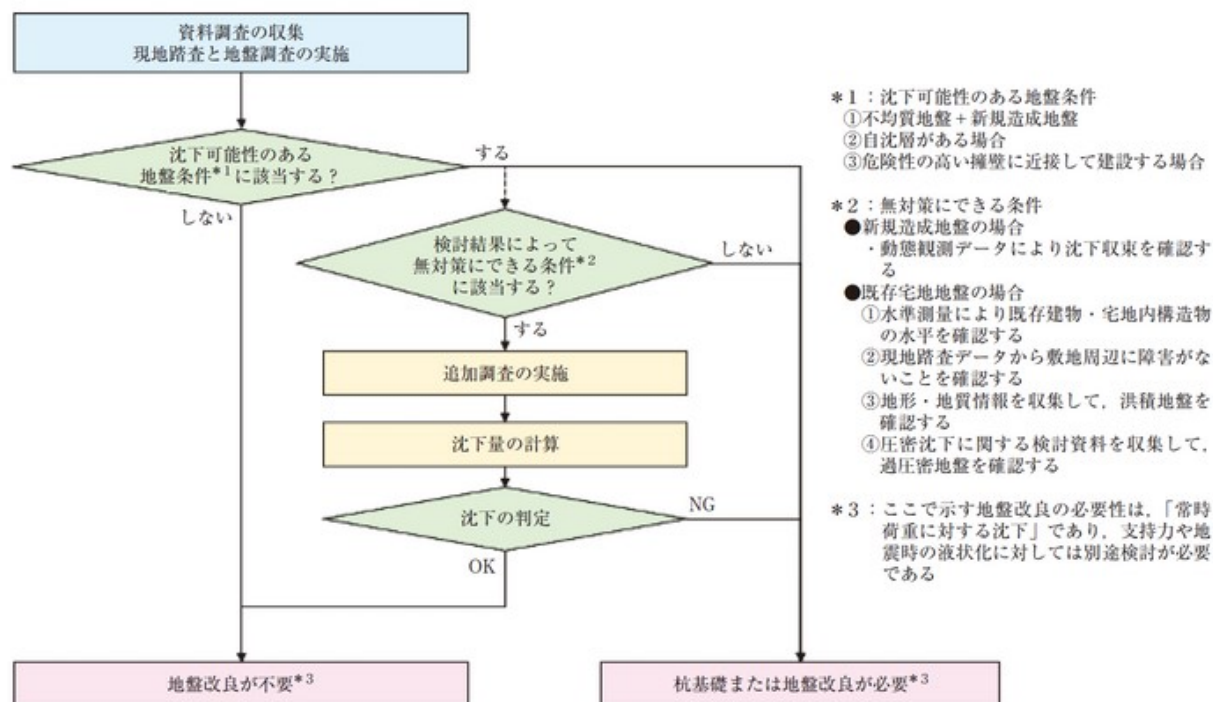


図-2 常時荷重に対する沈下の検討フロー（新指針 図3.4.2）

送っている。必要に応じて、参考文献3)を参照されたい。

液状化による沈下とは、地震により地盤が液状化した後、土粒子が沈降し再配列されることで生じる沈下現象である。小規模建築物においては、液状化による沈下被害の事例が比較的多く報告されており、十分な注意が必要である。

3 沈下の検討

3.1 基本方針と沈下検討の流れ

小規模建築物の地盤に起因する不具合の多くは、支持力の不足ではなく沈下によるものである。これまで、小規模建築物の基礎設計では支持力の検討が中心であり、沈下に対する十分な検討は行われてこなかった。その背景には、建物重量が軽いため荷重作用のみでは不同沈下が生じにくいこと、さらに支持力の検討が沈下対策を兼ねていると誤認識している設計者が少なくないことが挙げられる。さらに、2章で述べたように、主に雨水の浸入に起因する沈下は定量的な評価が困難であり、これにより不同沈下が生じるケースも多い。沈下検討には技術的課題が多く存在することも、十分な検討が行われてこなかった要因の1つである。以上を踏まえ、本指針では宅地に関する各種地盤情報を広く収集し、それらの情報と地盤調査結果をもとに総合的な評価を行うこととした。

具体的には、図-2に示すように、常時荷重により沈下の可能性がある場合は、杭基礎または適切な地盤改良を施したうえで直接基礎にて対応する。ただし、沈下の可能性がある場合でも、施工性や経済性などを考慮し、対策の要否を検討することもある。想定される沈下の種類が圧密沈下で、かつ検討結果によって無対策にできる条件に該当する場合であれば、地盤調査結果ならびに適

切な追加調査を行って、定量的に沈下量を予測する。圧密沈下の検討に当たっては、改良の要否を判断するために、調査精度と費用との関係を説明したうえで、採用された調査精度に応じて、設計者は基礎形式を判断する。他方、現象が主に雨水の浸入に起因する沈下の場合は、現在の技術レベルでは定量的な予測が難しいとの判断から、本指針ではその手法の提案は見送ることとした。よって主に雨水の浸入に起因する沈下のリスクが排除できない場合は、不同沈下の抑制には地盤改良後の直接基礎、または杭基礎による対応が求められる。

3.2 沈下可能性のある地盤条件（一次スクリーニング）

沈下可能性のある地盤条件とは、常時荷重に対する沈下可能性を定性的に見極めるための一次スクリーニング項目である。この条件に該当する場合は、沈下の可能性があるともなし、新指針では以下の3つの条件を提示している。

3.2.1 不均質地盤＋新規造成地盤

軽量な小規模建築物が不同沈下を起こす主な要因は、宅地内の地盤強度が水平方向に均一でなく、強度や地層に大きな差異が存在することにある。このような不均一な地盤条件では、建物に不同沈下が生じやすいため、地盤調査は1測点のみでなく、SWS試験等を用いて複数測点で実施し、面的な評価を行うことが望ましい。

また、新しい造成宅地は、古い造成宅地に比べて造成時の盛土や埋土に雨水が浸入することで沈下が生じやすく、さらに盛土荷重による圧密沈下が未了である場合には、建物に不同沈下が発生する可能性がある。ただし、造成規模や地形・地質、造成工事の内容（締固め管理の状況や地盤改良の有無など）によっては、沈下が問題とならないケースもある。なお、造成に関する資料が乏しく十分な情報が得られない場合は、沈下の可能性がある

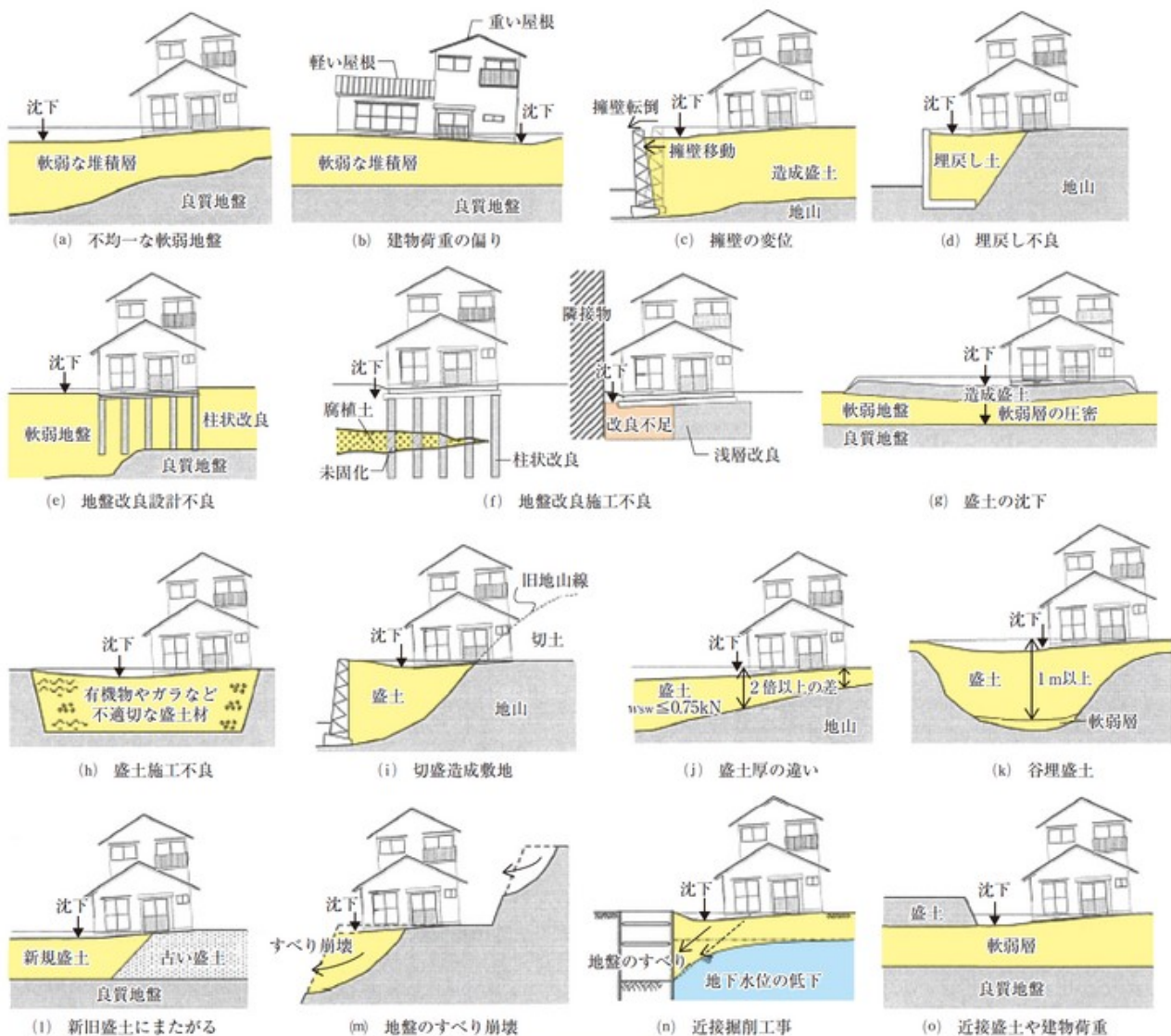


図-3 不同沈下の原因例 (新指針 図3.4.3)

ものとみなして判断する。

図-3は、小規模建築物が不同沈下する主な原因例を示したものである。これらに該当する場合は、沈下の可能性があるため、十分な注意が必要である。なお、図中には不均質地盤や新規造成地盤と直接関係のない原因例も含まれている。ここではそのうち、以下の8つの地盤(図中の(a), (b), (h), (i), (j), (k), (l), (m))に該当する場合には、沈下の可能性があるものとみなして判断する。

3.2.2 自沈層がある場合

SWS試験によって確認される自沈層の存在は、沈下の可能性を判断するための重要な指標となる。例えば、2001年国土交通省告示1113号では、以下のような自沈層が存在する場合には、建物に有害な沈下変形が生じないことを別途確認するよう求めており、参考にできる。

- ・基礎底部から下方2m以内に、1kN以下で自沈する層が存在する場合
- ・基礎底部から下方2～5m以内に、0.5kN以下で自沈する層が存在する場合

ただし、これらの深度および自沈の程度は、一般的

住宅地における戸建住宅の建築を想定した目安であり、新たに厚く盛土された造成宅地などには当てはまらない場合もある。こうした宅地では、より深部に沈下の可能性があるため、注意が必要である。また、建物が重量鉄骨造やRC造などの場合は、木造住宅に比べて重量が大きく、接地圧が適用範囲の上限値に近づくことがあるため、沈下リスクへの配慮が求められる。一方で、自沈層が存在しても、それが洪積層土(例えばローム、ローム層下部に一次堆積した凝灰質粘性土など)である場合には、沈下の可能性は低いと判断できる。

最近の研究では、自沈層は概ね粘性土であると推定されており、砂質土に比べて変形量の大きい土質を概略的に見極める手段として有効である⁴⁾。

以上を踏まえ、新指針では一次スクリーニングとして、深度や W_{sw} の大きさに関係なく、調査深度内に自沈層($W_{sw} \leq 1 \text{ kN}$)が存在する場合は、圧密沈下の可能性があるとみなして判断する。

3.2.3 危険性の高い擁壁に近接して建設する場合

建物荷重が擁壁に作用することで、擁壁の安定が保て

ずに変形し、それが原因で建物に有害な沈下を引き起こすことがある。このように安定性を欠く擁壁は、危険性の高い擁壁に該当するため、十分な注意が必要である。

例えば、空石積み擁壁や増積み擁壁など、構造的に問題のある擁壁に加え、代表的な片持ち梁式鉄筋コンクリート造擁壁であっても、老朽化や劣化が著しい場合や、底版幅が不足して支持力が不足する場合には、沈下のリスクが高まる。既存擁壁の危険度が著しく高いと判断される場合には、擁壁自体の補強や新設も検討する必要がある。

3.3 対策の必要性の検討（二次スクリーニング）

以下は、先述した沈下可能性のある地盤条件「3.2.1 不均質地盤＋新規造成地盤」、「3.2.2 自沈層がある場合」に対して、二次スクリーニングとして沈下の可能性を見極めるための検討項目を示すものである。ただし、これらの地盤条件は「新規の造成地盤」か「既存宅地地盤」かによって危険度が異なるため、それぞれに分けて検討項目を提示する。なお、「3.2.3 危険性の高い擁壁に近接して建設する場合」に該当するケースについては、擁壁自体の補強や新設、あるいは安息角ライン以深まで基礎を深く設けるなどにより安全性を確保しない限り、沈下の可能性があるものとみなされるため、本検討項目には含めない。

3.3.1 新規造成地盤の場合

造成時の軟弱地盤対策に関するデータと、動態観測データが収集されており、沈下の収束が確認できる場合には、追加対策の必要性は低いと判断できる。一方、これらのデータが得られておらず、かつ着工までに十分な余裕がある場合には、自ら沈下板を設置し、動態観測を実施することで、盛土荷重による沈下の収束を確認する方法もある。さらに新規造成地盤は、盛土と切土が混在する地盤や埋戻しが施された地盤など、様々な要因によって沈下が生じる可能性があるため、十分な注意が求められる。これらの点については、以下に示す既存宅地地盤の検討項目も含めて総合的に評価し、対策の必要性を判断することが望ましい。

3.3.2 既存宅地地盤の場合

既存宅地地盤には、過去に建物が存在し荷重履歴を受けた地盤（いわゆる建替え地）と、荷重履歴を受けることなく更地のまま長年放置されてきた宅地がある。前者については、下記の検討項目①～④を対象とし、後者については③）および④）のみを対象として、対策の必要性を総合的に判断する。

- ① 水準測量により既存建物および宅地内構造物の水平状態を確認する。
- ② 現地踏査データから敷地周辺に障害がないことを確認する。

- ③ 地形・地質情報を収集して、洪積層地盤を確認する。
- ④ 圧密沈下に関する検討資料を収集して、過圧密地盤を確認する。

3.4 沈下量の計算

沈下量の計算方法として、新指針¹⁾では圧密沈下に基づく沈下量の算定方法を示しており、旧指針²⁾からの大きな変更はない。

ただし、圧密沈下の算定に用いる地盤定数については、圧密対象層の圧密試験結果から直接求めることが推奨されている。圧密試験を実施しない場合には、指針で提示された推定式を用いて地盤定数を推定することが可能であるが、推定値からさらに推定するような二次的な推定行為は危険であり、原則として実測値に基づく推定を行うこととする。また、曖昧なデータや不適切な計算式の適用は、誤った沈下評価につながるおそれがあるため、推定精度を十分に理解したうえで、適切な評価を行うことが重要である。

4 おわりに

本稿では、今回改定された新指針¹⁾の第3章「基礎の計画」中の3.4節「沈下の検討」における改定内容の概要を整理した。

改定会議では、住宅の不同沈下に関するデータ分析から議論が始まり、その結果、不同沈下の要因は圧密沈下に限らず、むしろ「主に雨水の浸入に起因する沈下」が大きな割合を占めることが指摘された。これを看過できないと判断し、沈下の種類として新たに追加された。一方で、現状の技術レベルではこの沈下要因に対する定量的な評価は困難であるため、今回は定量評価の導入を見送ることとなった。

以上を踏まえ、沈下の検討においては定量評価に重点を置くのではなく、定性的な検討が可能な部分を前面に打ち出す方針が採られた。なお、本稿において3.4節「沈下量の計算」の記述が少ないのは、紙面の都合によるものでなく、3.1～3.3節で示した定性的評価を重視していることを反映したものである。本稿が新指針の理解に少しでも寄与できれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，2025。
- 2) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，2008。
- 3) 土木研究所寒冷地土木研究所：泥炭性軟弱地盤対策工マニュアル，2017。
- 4) 深井公，大島昭彦，安田賢吾，中野将吾，萩原侑大，松谷裕治：スクリーウエイト貫入（SWS）試験結果とN値，su値との新相関式の提案，地盤工学ジャーナル Vol. 16, No. 4, pp. 319～331, 2021。