

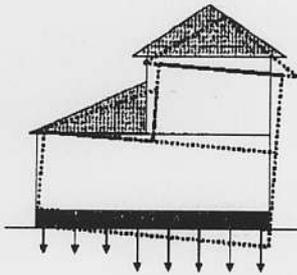
住宅基礎の地盤の重要性について

Q1： 木造住宅の基礎に構造計算がなぜ必要ですか

(1) 住宅基礎と言えども建築基準法（施行令第38条）に則った設計施工が必要です。建築基礎には上の建物の荷重を地盤に伝える働きが必要です。いくら丈夫な建物でも足元（基礎）が弱ければ不足の事故が発生します。家が傾いたり、基礎にひび割れが入ったり、不同沈下しないようにするには建物の荷重を考慮し、基礎の構造計算を行い建物の荷重を安全に地盤に伝えなければなりません。上物、基礎、地盤は一体の物と考え、基礎の構造計算を行う必要があります。

(2) 建築基準法施行令第38条（基礎）

建築の基礎は、建物に作用する荷重及び外力を安全に地盤に安全に伝え、かつ、地盤の沈下または変形に対して構造耐力上安全なものとしなければならない。



不同沈下；地盤を更正する「土」は単一の性質なく複雑であるため、地盤の沈下は均一には起こりにくく、より弱い方へ傾いていきます。このような不均等な沈下現象を「不同沈下」と言います。

Q2：なぜ地盤調査が必要ですか

(1) 地盤調査は必ず行う必要があります。建物は基礎で支えられ、基礎を支えているのが地盤です。いくら基礎を丈夫に造っても地盤が弱くてはどうしようもありません。地盤を構成する土の性質はその水分量や堆積過程等により様々であり均一な性質ではありません。

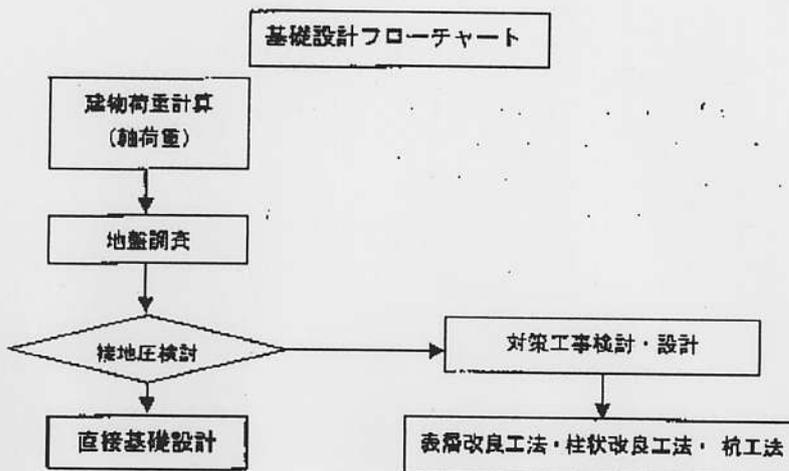
(2) 地盤調査の目的・・・地盤が建物を安全に支持するための方法を調べることです。敷地地盤の地耐力の確認と土質（粘性土、砂質土等）を確認することにより、適切な地盤の地耐力にふさわしい基礎形式（ベタ基礎、布基礎、杭基礎等）を選択できます。

(3) 地盤調査をしないまま軟弱な地盤の上に住宅を建ててしまった場合、上部建物に対する必要地耐力が敷地地盤の地耐力を超えていると不同沈下等のトラブルの原因になります。

又、盛土と地山の混ざっている地盤に跨って家を建てた場合、適切な対策をとらず施工すると不同沈下が生じます。地盤調査結果によっては、地盤改良が必要になります。

(4) 不同沈下の原因とされる盛土地盤、腐植土層等の有無を地形図、近隣の状況から把握することも重要です。

Q3：基礎設計の流れはどのようになっていますか



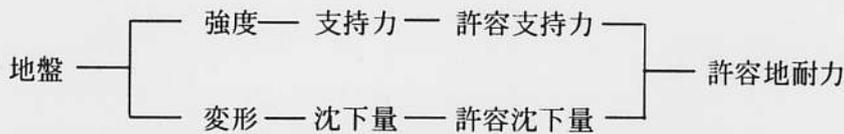
Q4：地耐力について説明して下さい

- (1) 地耐力とは地盤がどの程度の建物荷重まで受ける事が出来るかの強さをいいます。
- (2) 一般に言われている地耐力何kNというのは、多くの場合、許容支持力のことを示しています。ところが本当の意味での許容地耐力というのは、**許容支持力+許容沈下量**の両方の条件を満たさなければなりません。地耐力は通常単位面積当たり（kN/m²）で表します。
- (3) 木造住宅の地盤の許容支持力の算定は、スウェーデン式サウンディング試験（SWS 試験）等の結果より算定しますので地盤調査を行う必要があります。

Q5：許容支持力の算定はどのように行いますか

地盤の判定（地盤の許容応力度の算定）

(1) 地盤の支持力（地盤の許容応力度の算定）の判定式は、告示第 1113 号（法律）に従って算定します。基礎工法（基礎補強工法）の選定に当たって、その敷地に建設される建物の荷重に対し地盤がこれを支える許容地耐力があるかどうかを判定する必要があります。



告示第 1113 号第 2 では、長期（短期）に生ずる力に対する地盤の許容応力度を定める場合について許容支持力式が示されています。

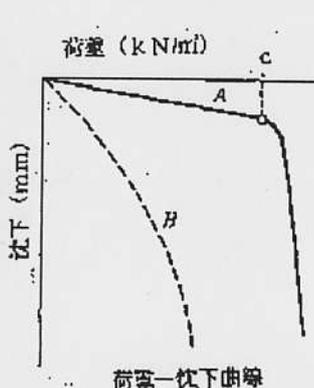
(1) 式	標準貫入試験、土質試験等により評価	$q_a = 1/3(ic \alpha C N_c + i r \beta \gamma_1 B N_r + i q \gamma_2 D_f N_q)$ (長期)
(2) 式	平板载荷試験より評価	$q_a = q_t + 1/3 N' \gamma_2 D_f$ (長期)
(3) 式	スウェーデン式サウンディング試験 (SWS 試験) より評価	$q_a = 30 + 0.6 N_{sw}$ (長期)

- ・ 告示第 1113 号には示されていませんが、慣用式として $q_a = 30 W_{sw} + 0.6 N_{sw}$ (長期) が用いられる場合があります。
- ・ 木造住宅の基礎の構造計算は、ほとんど (三) 式の SWS 試験結果による算定式が用いられています。

(2) 管轄行政庁指導により許容地耐力が決定されている場合があります。

(例、江戸川区役所 30 kN/m²)

地盤の支持力について・・・締まった土とゆるい土



①締まった土（例 関東ローム）で载荷試験を行うと荷重—沈下曲線は、図Aのようになり、初め沈下量は荷重の増加に比例して 進行し沈下曲線の勾配はゆるく沈下量は小さい。ところが荷重がある点に沈下量は急激に増大し荷重を支えられなくなる。このときの荷重が支持力の限度であって、これを極限支持力といいます。

これを単位面積当たり (kN/m^2) で表したものを極限支持力度とといいます。

②一方、ゆるい土 (例、ゆるい砂、砂質粘土) の荷重—沈下曲線は

図Bのように勾配は初めから急で、A曲線のような降伏性状を示さないので極限支持力は沈下量で判別します。平板載荷試験では載荷板 (直径 30cm) の直径 10%

3cm を超える場合の荷重を極限支持力としています。

③長期荷重のための許容支持力度は、極限支持力度に対して安全率 3 をとります。短期荷重に対して安全率 1.5 をとります。

$$\text{長期許容支持力度} = \text{極限支持力度} / 3$$

$$\text{短期許容支持力度} = \text{極限支持力度} / 1.5 = \text{長期許容支持力度} \times 2$$

Q6：許容沈下量について説明して下さい

- ① SWS 試験結果のみでは、沈下量の計算式は告示、指針等に提案されていません。
- ② 木造住宅においては、不攪乱試料 (敷地の乱されていない試料) を採取して圧密試験を行い沈下量を算定することが望ましいがコスト的に難しい。
- ③ 従って、一般に沈下量の計算は余り行われず、下記の条件から沈下状況を推定して、基礎工法を選定しています。・・・地形、土質種類、許容地耐力、既存建物、ブロック塀の沈下状況、ひび割れ状況、近隣のN値、Nsw, Wsw の値等を検討する。
- ④ 盛土の場合 (特に擁壁がある場合) 不同沈下の可能性があるため、状況によっては細径鋼管杭等の検討が必要です。
- ⑤ 沈下量の大きい土質種類は粘性土 (シルト) 層でとくに腐植土層が大きい。
- ⑥ 木造住宅の許容沈下量 (単位 cm) の一例 (文献 1) によると
布基礎、ベタ基礎・・・標準値 2.5cm、最大値 5.0cm としています。

Q7：即時沈下と圧密沈下について説明して下さい

即時沈下・・・一般に砂質土の場合の沈下で、砂質土は透水性が高く、荷重をかけた途端に土中の水が移動し、沈下はすぐに終了する。これを即時沈下と言います。

即時沈下は建物が建設して最中に発生し、完成する頃に終了するとされています。

圧密沈下・・・一般に粘性土の場合の沈下で、粘性土は透水性が低く、含水比が高いので荷重がかかった場合、ゆっくりと土中の水が移動し、沈下も時間をかけて進行する。これを圧密沈下と言います。

粘性土は、透水性の違いや粘土層の厚さの違いがあり一律に沈下しないので、圧密沈下は不同沈下を引き起こすこととなります。住宅等で年数を経ての地盤沈下問題は、ほとんどが、この圧密沈下によるものとされています。

Q8：地質年代から見た場合、地盤の耐力はどのように考えますか

地質年代から見ると地層は

- ① 今～1万年 沖積層・・・軟らかい土 (新しい土)
- ② 1万年～200万年 洪積層・・・安定した土 (古い土)
- ③ 200万年～ 第3紀層以前・・・固結した土≒岩 (もっと古い土)

(1) 沖積層

流水によって運ばれてきた土砂等が堆積した地層で軟弱地盤となっています。

低い地域に堆積し、河川等の影響を受け、水分を含んだ土であり、堆積する土の種類は、砂、シルト、粘土、腐植土等です。圧縮性の大きい沖積層の厚い地盤では、地盤沈下等の障害を生じやすい。沖積層は、現在以上の重みを受けたことがなく、比較的緩い状態にあり、強度も低いいわゆる軟弱層を形成しています。

(2) 洪積層・

土の種類は、流水によって運ばれてきた土砂の他に風によって運ばれた土も多く、ロームはその代表となっています。

洪積世の時代は、火山活動が活発な時期で火山の噴煙（灰、砂、礫等）は風によって運ばれ、降下し堆積する。洪積層は、一度かなりの厚さに堆積し、その後、侵食を受けて薄くなったため、過去に大きな土の重みで押し付けられて密な状態になっており、比較的大きな強度をもっています。

強度特性は、1万年以上前に堆積した土であることから、先行圧密や年代効果により安定しています。

例えば、関東ローム等は、標準貫入試験ではN値3程度でも、100kN/m²程度の地耐力があるとされています。

地形の種類としては、台地、段丘、丘陵地等は洪積層です。

Q9：住宅の基礎に加わる荷重について説明して下さい

下記のように示されています。

長期荷重・・・常時作用する荷重で建物自重、家具の重量、多雪地域の雪荷重、土圧、水圧

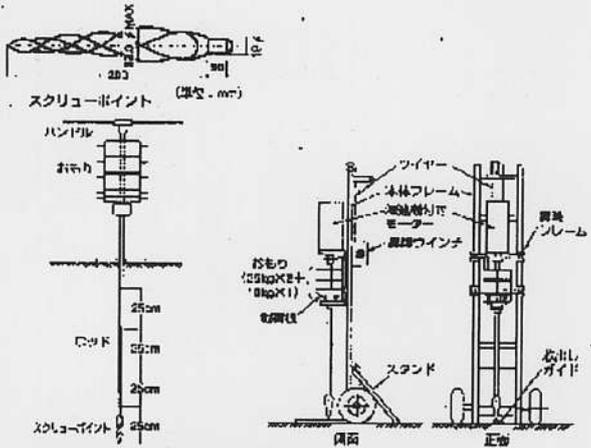
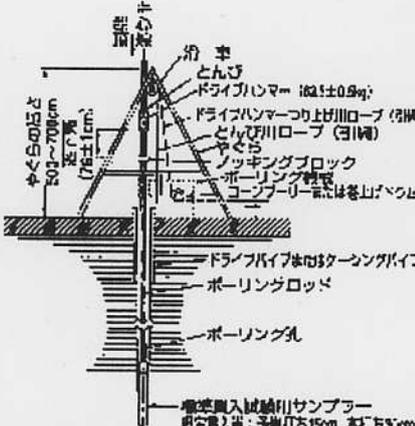
短期荷重・・・地震、風荷重、雪荷重（多雪地域以外）

（注）木造住宅の場合、3階建てで搭状の場合を除き、短期荷重で基礎が決定されることは少なく、ほとんど長期荷重で決定されています。

SE構法の躯体の概算自重（基礎自重含む）

一般住宅の2階建	14.0～17.0 k N/m ²
一般住宅の3階建	21.0～25.0 k N/m ²
多雪住宅の3階建	25.0～29.0 k N/m ²

Q10：木造住宅の場合、どのような地盤調査方法がありますか 文献 2)

	調査名	調査内容	コメント
1	スエーデン式 サウンディング 試験 (SWS式試験) 試験基準 JISA1221	<ul style="list-style-type: none"> ・スクリーポイントを取り付けたロッドの頭部に 100kg までの荷重を加えて貫入を測り、貫入が止まったらハンドルに回転を加えて地中にねじ込み、1mのねじ込むのに必要な半回転を測定する方法。(Nsw) ・ NSW, Nsw を測定 	<ul style="list-style-type: none"> ・木造住宅に最も使用されています。 ・告示第 1347 号に地盤許容応力度の適用式有り ・木造住宅の基礎の地盤調査は、ほとんどこの方法が用いられています。
2	標準貫入試験 JISA1219	<ul style="list-style-type: none"> ・ $63.5 \pm 0.5 \text{ kg}$ のハンマーで $75 \pm 1 \text{ cm}$ の高さから自由落下させ 30 cm 打ち込むのに要する打撃回数 (N値) を測定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コストが高く住宅向きではありませんが状況により使用される場合があります。 ・告示第 1347 号に適用式有り
3	平板載荷試験 JGS1521	<ul style="list-style-type: none"> ・直径 30cm の鋼板に荷重を段階的に載荷し沈下量を測定することで地盤支持力を測定する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・状況により使用される場合があります。 ・告示第 1347 号に適用式有り
4	表面波探査 (試験基準 無)	<ul style="list-style-type: none"> ・起振器で人工的に弾性波を発生させ、地盤の振動速度を計測して地盤速度を求める方法。 ・告示第 1347 号に適用式は提案されていません。 	<ul style="list-style-type: none"> ・造成地、大型分譲地等広範囲に地盤を把握したい場合には有力な方法とされている。

Q11：地盤改良にはどんな方法がありますか 文献 2)

(1) 目的・・・地盤の鉛直支持力の増強、不同沈下の防止、水平抵抗力の増強、液状化抵抗等を行うことにより、常時の鉛直荷重（建物重量）及び地震力に対し、改良地盤上の建物が有害な変形（沈下等）を生じさせないことです。

(2) 地盤改良の種類・・・木造 2,3 階の軟弱地盤に対する対策工法は、一般に柱状改良、表層改良、細径鋼管杭による地盤改良（RES-P 工法）、杭工法（細径鋼管杭）等が用いられています。

・調査方法は原則として SWS 試験、細径鋼管杭は標準貫入試験

工 法	工 法 内 容		技術審査証明の有無
表層改良	表層の土そのものを固化材で版状に固めてしまう	改良厚 2m 以内、セメント系固化材（添加量 原土 1m ³ に対して 100~150 kg）で改良する。改良土の一軸圧縮強度は 500 kN/m ² 程度	無し
柱状改良	土そのものを固化材で杭のように固めてしまう	杭径 600mm 改良長 2~8m セメントミルク W/G=60% 注入量は原土 1m ³ に対して 250~300 kg 改良体の一軸圧縮強度 F28=500~1000 kN/m ²	・技術審査証明は地盤改良会社により取得している工法と無い工法があります。 ・個別認定工法
RES-P 工法 (地盤改良)	支持力 30kN/m ² の地盤を細径鋼管で補強することにより支持力を 50kN/m ² まで支持力を増加させ、かつ沈下を低減する。	細径鋼管（Φ48.6mm）を回転圧入する。改良長 7m 以内。標準布基礎幅 450mm の場合、配置間隔は 455mm、シングルベタ基礎は 700x700mm ピッチ	技術審査証明は大成建設が取得しています。
杭工法 (細径鋼管杭)	鋼管杭を支持層まで回転圧入する。	鋼管杭（Φ89.1~Φ267.4）を回転圧入する。	技術審査証明又は大臣認定は地盤改良会社により取得している工法と無い工法があります。

Q12 砂地盤の液状化現象について説明して下さい 文献 3)

(1) 液状化現象・・・水で飽和したゆるい砂層が、地震などの強い振動・衝撃を受け（間隙水圧が上昇してせん断抵抗を失い）液状となることが砂地盤の液状化現象です。

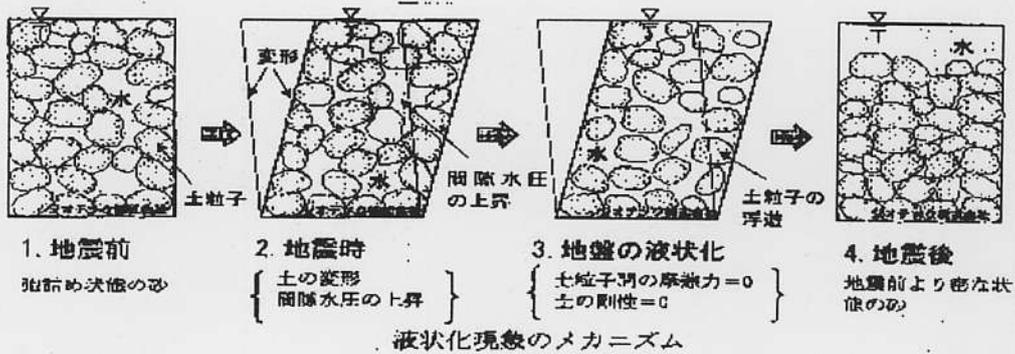
(2) 液状化の検討範囲・・・沖積層のゆるい砂地盤で地下水位が浅い場合に、地震時の液状化の検討が必要です。木造住宅のように軽量の構造物では、地表面から 5m 程度検討しておけば十分としています。地下水位が地表面から 5m 以深の場合は、検討を省略してよいとしています。

(3) 液状化地盤の被害例・・・1983 年日本海中部地震の木造住宅の液状化による被害調査例では、地下水位が 3m 以浅で、N 値が 10 以下の砂地盤に発生したとされています。

(4) 液状化対策例

①杭先端位置が地表面から 10m 程度の位置までの杭を打つ。

②基礎底面下の表層土を建築物全体にわたって 2m 程度の厚さに地盤改良を行う。



Q13 住宅性能表示制度で「基礎・地盤に関する事項」がありますが内容を説明して下さい 文献4)

□基本的な考え方・・・「基礎・地盤に関する事項」は、住宅の性能そのものを評価・表示するものではありませんが、消費者の判断の際に参考となる情報を提供する目的で採用された項目です。

(1) 地盤又は杭の許容支持力等及びその設定方法

表示事項は、下記の通りです。

□地盤の許容支持力[kN/m^2]

□杭の許容支持力[kN/本]

□地盤調査方法等[]スウェーデン式サウンディング試験、標準貫入試験等

・地盤改良を実施した(又はする予定)場合には、改良後の調査方法(必ずしも地盤の再測定を要しない)が明らかとなっている必要があるとしている。

(2) 基礎の構造方法及び形式等

□直接基礎 構造方法[]RC造等 形式[]独立基礎、布基礎、ベタ基礎等

□杭基礎 杭種[]支持杭、摩擦杭等、既製杭、場所打杭等
杭径[単位cm] 杭長[単位m]

(3) 地盤及び杭の許容支持力は、長期(常時作用する荷重に対する許容支持力等)の数値を指定された単位で表示することとしている。

Q14 フラット35(公庫証券化支援住宅)の「木造住宅工事仕様書」平成17年改訂(全国版)

(監修 住宅金融公庫)が発行されていますが「地盤関係」について内容を説明して下さい

「地盤関係」の主な内容は下記の通りとなっています。

(1) 地盤調査の必要性及び方法

・建築予定敷地の地盤調査を行い許容地耐力を確認し、構造的に安全な基礎の設計を行う必要があるとしている。

・主な地盤調査方法として「スウェーデン式サウンディング試験」が簡便に許容地耐力を確認できるとしている。その他の方法として標準貫入試験等を明示している。

・基礎の構造

告示第1347号に則り「地盤に対応した基礎の種類」について明示している。

地盤の長期に生ずる力に対する許容応力度	基礎の種類
20kN/m ² 未満	基礎ぐいを用いた構造
20kN/m ² 以上 30kN/m ² 未満	ベタ基礎又は基礎ぐいを用いた構造
30kN/m ² 以上	布基礎、ベタ基礎又は基礎ぐいを用いた構造

・本仕様書では、基礎ぐいを用いた構造、ベタ基礎を採用する場合にあたっては、建設地の状況や可住条件を個別に把握し、構造計算等によって基礎の形状、鉄筋の配置方法等を決定し、その仕様を特記することとしています。

Q15 許容地耐力 20~30kN/m²未満 の地盤の基礎はどのように考えますか

(1) 告示第 1347 号では 20~30 k N/m²未満の場合「ベタ基礎又は基礎ぐいを用いた構造」としています

(2) ベタ基礎で計画する場合、30 k N/m²未満の地盤は沈下量が大きくなると考えられるので、許容沈下量の検討が必要です。許容沈下量より大きい場合は、杭基礎となります。

許容沈下量：Q7 参照

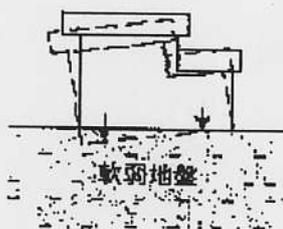
(3) 20~30 k N/m²未満でベタ基礎にする場合には、原則として地盤種類は台地、段丘、丘陵地等圧密沈下のおそれのない地盤が望ましいと考えます。又、接地圧のバランスの考慮が必要です。

Q16 不同沈下は、どのような地盤で起こりやすいのですか 文献 6)

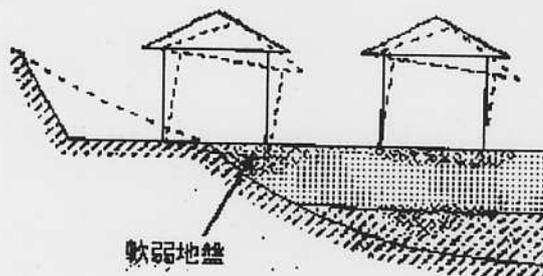
木造住宅の地盤におけるトラブルの多くは不同沈下が原因とされています。

(1) 自然に形成された軟弱地盤

(a) 軟弱な地盤上に荷重の不均等な建物荷重(部分2階)の場合、大きい側の沈下量が大きくなる。



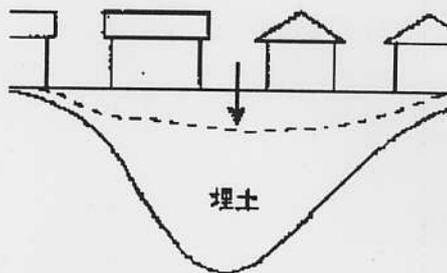
(b) 建物が性質の異なる基礎地盤に跨っている場合、あるいは下部の硬質層(地山)が傾斜している場合には、上部の軟弱層の分布範囲や層厚の違いから、不同沈下が発生しやすい。



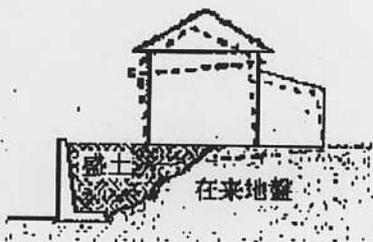
(2) 人為的に形成された軟弱地盤

(a) 造成、盛土の精度の悪い造成地

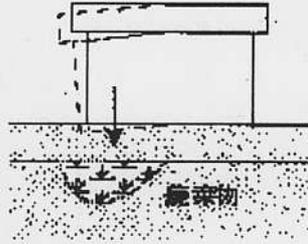
広範囲な埋土地盤では各所で埋土の厚さが不均一であるため、埋土自体の沈下と建物荷重によって不同沈下が発生しやすい。



(b) 擁壁がある場合、盛土と在来地盤が混ざっていて、擁壁の埋戻し土が不完全な場合、不同沈下となる

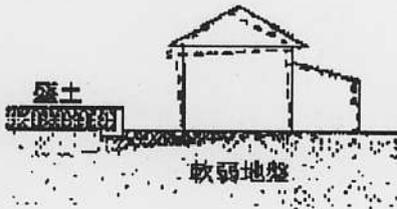


(c) 建物の下に建設廃材、ゴミ、ガラ等が埋められている場合、不同沈下となる。

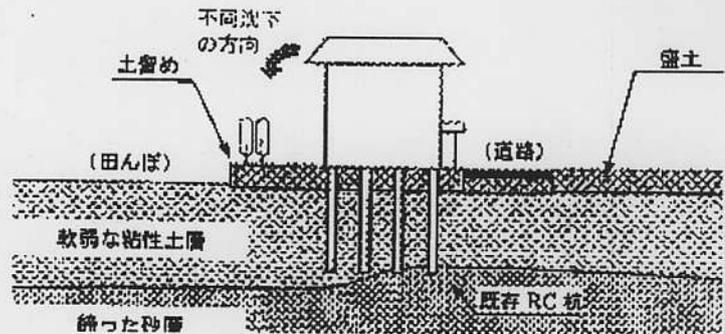


(3) 近隣の影響による不同沈下

付近一帯が軟弱地盤の場合、建物の近隣で過大な盛土が実施されると、その荷重で周辺地盤が沈下する。



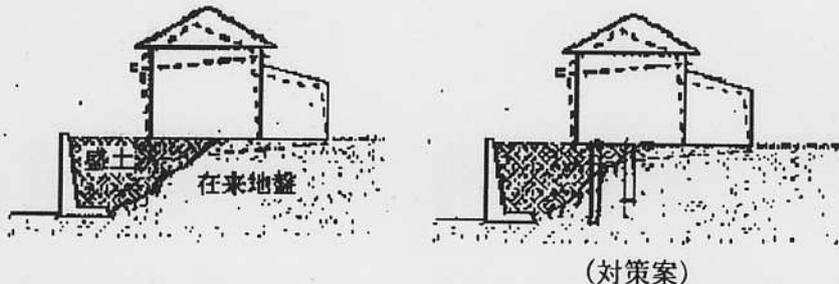
(4) 傾斜した支持層に対し、杭長を調整しなかった場合杭長を一律の長さ ($L=4\text{m}$) にしたため一部の杭が支持層の深度変化に対応していないことから不同沈下となった。



Q17・Q16の不同沈下が起こりやすい地盤に対する基礎の補強方法はどのような方法がありますか
不同沈下に対する防止対策は、地質状況、地域状況に異なると考えられるので、下記に対策案の一例を示すので参考として下さい。

(1) 人為的に形成された軟弱地盤

(a) 擁壁がある場合、盛土と在来地盤が混ざっていて、擁壁の埋戻し土が不完全な場合、不同沈下となる。



(対策案) 2m以上の擁壁は、「建築検査済」の許可の受領の確認を行い、柱状改良、鋼管杭等により支持層まで打設する。

(b) 建物の下に建設廃材、ゴミ、ガラ等が埋められている場合、不同沈下となる



(対策案) 地盤調査結果から、建設廃材、ゴミ、ガラ等の種類、平面的な広がり、層厚の確認を行い、例えば、埋設物が浅い場合は撤去する。又深い場合は施工（貫入）が可能であることを確認し、鋼管杭等を打設する。

(2) 近隣の影響による不同沈下

付近一帯が軟弱地盤の場合、建物の近隣で過大な盛土が実施されると、その荷重で周辺地盤が沈下る。

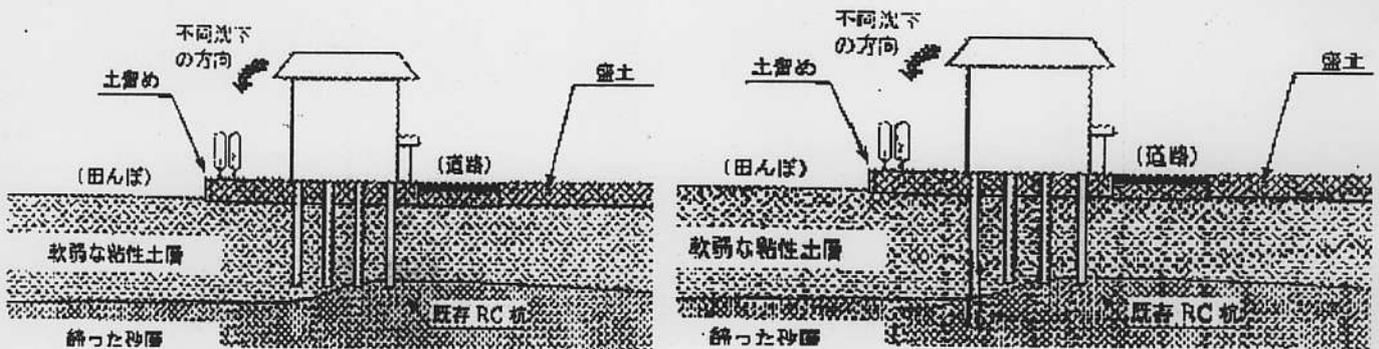
(対策案) 盛土を予測して柱状改良、鋼管杭等を打設することは現実的に難しい。

出来れば、軟弱地盤であることから不同沈下対策として柱状改良、鋼管杭、RES-P工法等を支持層まで打設することが望ましい。



(3) 傾斜した支持層に対し、杭長を調整しなかった場合

杭長を一律の長さ (L=4m) にしたため一部の杭が支持層の深度変化に対応していないことから不同沈下となった。



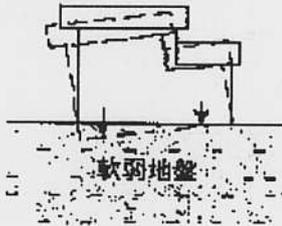
(対策案)

(対策案) 地盤調査結果から支持層の深度変化を確認し、柱状改良、鋼管杭等を支持層まで打設する。

□ 以下の不同沈下が予測される地盤については、最適な対策工を選定することは難しい。
従って、十分な地盤調査を行い、支持杭等、その他複数の補強案を検討し、専門家と打合わせの上、最適な補強方法を選定することが重要である。

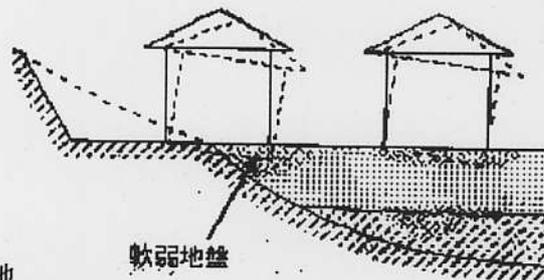
(1) 自然に形成された軟弱地盤

軟弱な地盤上に荷重の不均等な建物荷重（部分2階）の場合、大きい側の沈下量が大きくなる。



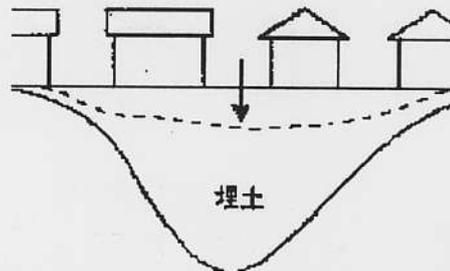
(2) 人為的に形成された軟弱地盤

(a) 建物が性質の異なる基礎地盤に跨っている場合、あるいは、下部の硬質層（地山）が傾斜している場合には、上部の軟弱層の分布範囲や層厚の違いから、不同沈下が発生しやすい。



(b) 造成、盛土の精度の悪い造成地

広範囲な埋土地盤では各所で埋土の厚さが不均一であるため、埋土自体の沈下と建物荷重によって不同沈下が発生しやすい。



1

(参考文献)

- 1) 建築技術「住宅基礎の設計ガイドブック」 「住宅基礎に生じやすい現象と対策」
- 2) 建築技術 2005.04 「住宅の地盤調査と評価・補強方法を知る」
- 3) 日本建築学会「小規模建築物基礎設計の手引き」 S 63.1
- 4) 日本住宅性能表示基準・評価方法基準 技術解説 2001 監修 国土交通省住宅局住宅生産課
- 5) フラット 35（公庫証券化支援住宅）の「木造住宅工事仕様書」平成 17 年改訂（全国版）
（監修 住宅金融公庫）
- 6) ジオテック(株)ホームページ
- 7) (株)アーステクト 資料