

1.2.6 荷重と外力

(A) 荷重の組み合わせ

ポイント

- ・ 「許容応力度設計」においては2つのシチュエーション（長期・短期）で検討を行う
- ・ 許容応力度設計：材料が耐えうる応力度 $\geq$ 部材に生じる応力、ならば安全
- ・ 長期：常時 or 積雪時（ただし多雪地域のみ）のこと、材料の耐えうる応力度は「長期許容応力度」
- ・ 短期：地震時・暴風時のこと、常時かかっている長期荷重＋風荷重（or 地震荷重）、「短期許容応力度」で検討
- ・ ほぼすべての建物において（横浜ランドマークタワー除く）、短期荷重は地震時が最大
- ・ 条件ごとの荷重の組み合わせに注意、積載・積雪荷重をあえて除いて検討する場合もあり

表 荷重の組み合わせ

力の種類	想定する条件	一般	多雪区域
長期荷重	常時	$G + P$	$G + P$
	積雪時		$G + P + 0.7S$
短期荷重	積雪時	$G + P + S$	$G + P + S$
	暴風時	$G + P + W$	$G + P + W$
			$G + P + 0.35S + W$
	地震時	$G + P + K$	$G + P + 0.35S + K$

G：固定、P：積載、S：積雪、W：風、K：地震

過去問

- ☆ 地震と風は同時に生じないものとする、ただし多雪地域の場合には地震+積雪、風+積雪はあり
- ☆ 暴風時・地震時の応力算定において積載・積雪荷重を除く場合もあり（積載無くなると引張が増える事あり）
- ☆ 一般的に地震発生時が短期荷重最大となるが、建物の特性により暴風時の方が大きくなる場合もあり

(B) 固定荷重

ポイント

- ・ 建物自身の重さ、鉄筋コンクリートの単位容積重量は 24kN/m^3 程度、主な構造の荷重は基準法施行令第54条に記載
- ・ 仕上げも含む

過去問

- ☆ 普通コンクリートは立米あたり 23kN 、高強度コンクリートは 23.5kN 、鉄筋分は 1kN プラス



(C) 積載荷重

ポイント

- ・ 室の用途別に基準重量が定められている
- ・ 構造計算のシチュエーションにおいても値が異なる「床設計時」>「柱・梁設計時」>「地震荷重算定時」
- ・ 「室の用途別基準重量」比較：人・物品が多い、人・物品の配置がアンバランスになる等の場合、荷重が大きくなる
- ・ 連絡通路の積載荷重は、避難誘導時を考慮して大きな値となる
- ・ 特記事項：積載荷重による柱への圧縮力算定の際に、支える床の数に応じて0.6倍まで低減可能（劇場・映画館・集会所、倉庫は除く）⇒ 隅っこの柱（外壁に面する）は内部の柱に比べて半分の量の床しか支えていませんね（半分外だし）
- ・ 特記事項：「限界耐力計算（極めて稀な地震・暴風対象）」においても値は変化しない（地震5倍、風1.6倍）

表 積載荷重

室の種類		床設計用 (N/m ²)	柱・梁設計用 (N/m ²)	地震力算定用 (N/m ²)
住宅の居室・病室		1800	1300	600
事務室		2900	1800	800
教室		2300	2100	1100
店舗の売り場		2900	2400	1300
集会所	固定	2900	2600	1600
	そのほか	3500	3200	2100
自動車車庫		5400	3900	2000
廊下・階段		3500	3200	2100
屋上広場・	一般	1800	1300	600
	学校・百貨店	2900	2400	1300

過去問

- ☆ 床設計用 > 柱・はり・基礎設計用 > 地震力算定用
- ☆ 床設計時：集会所（固定席ではない）>事務室＝店舗＝集会所（固定席）＝学校のバルコニー>教室>病室＝居室
- ☆ 連絡通路の積載荷重：一般の室よりも大きい（百貨店の売り場だろうが何だろうが連絡通路はその他の用途、避難時を想定）
- ☆ 百貨店屋上の積載荷重：売り場の積載荷重相当
- ☆ 劇場の積載荷重：固定席の場合よりもその他の場合の方が大きい（理由は以下）
- ☆ 平面に均等に荷重がかからない場合（局所荷重）の方が積載荷重は大きくなる可能性あり
- ☆ 柱の垂直荷重による圧縮力算定時には、支える床の数において積載荷重を低減可能（劇場など・倉庫は除く）
- ☆ 許容応力度計算で使用する荷重と限界耐力計算で使用する荷重は同等



(D) 積雪荷重

ポイント

- ・ 積雪荷重の算定式：積雪荷重＝「積雪の単位荷重」×屋根の水平投影面積×その地方の「垂直積雪量」
- ・ 単位荷重：積雪 1cm あたり 20N/m²以上、ただし不均一に雪が分布している方が荷重が大きくなる場合もある
- ・ 垂直積雪量：「その区域の標高・海率」「周辺地域等の観測資料」より算定
- ・ 多雪地域：垂直積雪量 1m 以上、積雪の年平均日数が 30 日以上 ← 長期荷重に相当
- ・ 低減処置：屋根勾配（60 度で 0）、雪下ろし（垂直積雪量 1m まで）

過去問

- ☆ 積雪荷重：積雪の単位荷重×屋根の水平投影面積×その地方の垂直積雪量
- ☆ 単位荷重：積雪 1cm あたり 20N/m²以上、ただし不均一に雪が分布している方が荷重が大きくなる場合もある
- ☆ 垂直積雪量：「その区域の標高・海率」「周辺地域等の観測資料」より算定
- ☆ 多雪地域：積雪量 1m 以上、または積雪期間が年平均で 30 日間以上ある地域 ← 長期荷重になるので注意
- ☆ 屋根勾配により低減可能、また勾配が 60° を超える場合は積雪荷重は 0、雪下ろしを行う地域では最大深度 1m
- ☆ 最大深度 1m の低減を行った建物には、出入り口・主要な居室等に低減の実況・必要事項を記載すること
- ☆ 3 ヶ月以上荷重継続期間がある場合は長期荷重とみなす、また長期積雪荷重は短期積雪荷重の 0.7 倍とする

(E) 風荷重

ポイント

- ・ 風荷重：建物に対し水平方向に作用する荷重、フロアごとに値を求める
- ・ 風荷重の算定式：風荷重（W）＝ 風圧力（P）×見付け面積
- ・ 見付け面積：各フロアを鉛直方向で 2 等分、各フロアの梁の上下 2 ブロックが受風面積（見付け面積）
- ・ 風圧力（P）：風力係数（C_f）×速度圧（q）
- ・ 風力係数（C_f）：建物の形状・部分で異なる、風洞実験もしくは建物の内外圧係数の差で求める、円形の場合は 0.7 倍
- ・ 速度圧（q）：0.6×E×V₀²、E…屋根高さ・周辺条件より算定、V₀…「基準風速」、建物全体で同じ値を用いる
- ・ $E = E_r^2 \times G_f$ にて求める、両係数ともに「地域粗度区分」によって決定
- ・ 地域粗度区分：地表面の状況、Ⅰ（極めて平坦、障害物なし）からⅣ（都市化が著しい）までの 4 段階、値が大きいほど地表面の抵抗が大きく、風速は弱まる
- ・ 地域粗度区分注意事項：E_r は平坦な地域ほど値が大、G_f は都市化地域のほうが値が大、E は平坦な地域のほうが大
- ・ 地域粗度区分注意事項：E_r は建物が高いほど大、G_f は建物が低いほど値が大、E は建物が高いほど大
- ・ G_f：風の乱れを表す係数、都市化が著しい地域の方が値が大きい
- ・ 基準風速：気象庁のデータ（ごく稀に発生する暴風時の地上 10m における 10 分間平均風速）より国交省が決定
- ・ 特記事項：構造骨組み用荷重よりも外装材用荷重のほうが大きい（構造部材には間接的に荷重がかかるので）
- ・ 特記事項：トラス・ラチスなどの鉄塔でも風荷重の検討は必要（部材が風をうけるので）
- ・ 超高層建築物の風揺れ：風直交方向の方が揺れが大きい、ねじれ振動が生じる、制振装置で抑制可能



過去問

- ☆ 風荷重 (W) : 風圧力 (P) × 見付け面積 (受風面積のようなもの…)
- ☆ 風圧力 (P) : 風力係数 (Cf) × 速度圧 (q)
- ☆ 風圧力 (P) : 構造骨組み用圧力よりも外装材用のほうが大きい (構造部材には間接的に荷重がかかるので)
- ☆ 風力係数 (Cf) : 風洞実験もしくは建築物の断面・平面形状から算出
- ☆ 風力係数 (Cf) : 閉鎖型の建築物における風力係数は、建築物の外圧係数と内圧係数を用いて求める
- ☆ 風力係数 (Cf) : 高さ 13m 以下の建築物の屋根ふき材への風圧力算定時においても、規定の風力係数を用いることが可能
- ☆ 風力係数 (Cf) : 屋根の軒先などの局部の風力係数は屋根面・壁面よりも大きくなる場合がある
- ☆ 速度圧 (q) : $0.6 \times E \times V_o^2$ 、ただし E : 屋根高さ・周辺状況、 V_o : 基準風速 (地方区分による)
- ☆ 基準風速 (V_o) : 稀に発生する暴風時の地上 10m における 10 分間の平均風速に相当 (30m/s ~ 46m/s)
- ☆ 平均風速の高さ方向の分布を表す係数 : 平坦で障害物が無い地域 > 都市化が極めて著しい地域 ← 地表面粗度分布
- ☆ 地表面粗度区分 : 決定には、都市計画区域指定の有無、海岸線からの距離、建物高さ等を考慮
- ☆ ガスト影響係数 : 風の時間的変動を考慮するために使用する
- ☆ ガスト影響係数 : 建物高さに比例して小さくなり、都市化が著しい地域の方が平坦で障害物の無い地域よりも値が大
- ☆ 制振装置 : 強風時の振動を抑えることが可能になり居住性能が向上する (塔状の建物にも有効)
- ☆ 超高層建築物は風方向よりも風直交方向の方が揺れが大きい
- ☆ 風直交方向の振動 (風方向よりも大きいですよ)、ねじれ振動についても安全性の確認を行う
- ☆ 風荷重は水平のみとは限らない ← 傾斜した面 (屋根面) に鉛直荷重として作用
- ☆ 緩い勾配 (10 度以下程度) の片流れ屋根への水平な風は、屋根面に対して吹き上げ力として作用

(F) 地震荷重

ポイント

- ・ 地震荷重 : 建物に対し水平方向に作用する荷重、フロアごとに値を求める
- ・ 地震層せん断力 (Q_i) = 地震層せん断力係数 (C_i) × 対象層以上の総重量 (W_i)
- ・ 地震層せん断力 : 柱へのせん断力として働くものとして計算を行う、低層階ほど値が大きい (W_i が大きくなるので)
- ・ 地震層せん断力係数 (C_i) = 地震地域係数 (Z) × 振動特性係数 (R_t) × 高さ分布 (A_i) × 標準せん断力係数 (C_o)
- ・ 地域係数 : 大規模地震の発生が懸念される地域ほど値が大きい、地域ごとに 0.7 から 1.0 の値が設定
- ・ 振動特性係数 : 建物の固有周期と地盤の相性を評価した係数、地盤の固有周期は短い + 建物の固有周期は長い、両者の固有周期が近くなると共振現象により大きな振動が発生する (地盤の長周期化・建物の短周期化は危険)
- ・ 高さ分布係数 : 固有周期と建物重量より求める、上階ほど値が大きい、最下層のフロアは 1.0
- ・ 標準せん断力係数 : 構造計算のシチュエーションによって値が変化、1 次設計では 0.2 以上 (軟弱地盤の木造・低層 S 造では 0.3 以上)、2 次設計の保有水平耐力算定時には 1.0 以上 (地震力が 5 倍に相当…)
- ・ 地下部分の地震力 : 建物長期荷重 × 水平震度 (深いほど値が小さい、ただし地下 20m を超える深さでは一定)
- ・ 地下部分の地震層せん断力 : 地下部分の地震力 × 地下部分重量 + 地上最下層の地震層せん断力
- ・ 屋上からの突出物の地震力 : 突出部重量 × 水平震度 (地域係数に 1.0 以上の値をかけたもの)、より大きな荷重がかかる
- ・ 保有水平耐力 > 必要保有水平耐力 (= 地震の水平力 × 構造特性係数 × 形状係数) 詳しくは耐震にて



過去問

- ☆ 地震層せん断力 (Q_i) : 地震層せん断力係数 (C_i) $\times$ 対象層以上の総重量 (W_i)
- ☆ 地震層せん断力係数 (C_i) : 地震地域係数 (Z) $\times$ 振動特性係数 (R_t) $\times$ 高さ分布 (A_i) $\times$ 標準せん断力係数 (C_o)
- ☆ 地震層せん断力係数 (C_i) : 建物高さが高くなるほど小さくなる、上層部ほど値が大きい
- ☆ 地震地域係数 (Z) : 地域により異なり、本州太平洋側が最も大きく (1.0)、沖縄地域が最も小さい (0.7)
- ☆ 地震地域係数 (Z) : 広告塔等の地震地域係数は $0.5Z$ 以上、突出部では $1.0Z$ 以上
- ☆ 振動特性係数 (R_t) : 地盤が固いほど (第一種地盤) 値が小さい、固有周期が長いほど (高層な建物ほど) 値が小さい
- ☆ 振動特性係数 (R_t) : 岩盤・硬質砂礫層などは第 1 種地盤 (地盤)、沖積シルト層深さ 30m 以上などは第 3 種地盤 (軟弱)
- ☆ 高さ方向の分布係数 (A_i) : 建物上層部ほど値が大きい、また固有周期 T (1 次固有周期) が長いほど値が大きい
- ☆ 標準せん断力係数 (C_o) : 1 次設計では 0.2 (木造軟弱地盤 0.3)、2 次設計 (保有水平耐力・層間変形など) では 1.0 以上
- ☆ 地下部分の地震層せん断力 : 地下部分の地震力 (以下参照) $+1$ 階部分の地震層せん断力
- ☆ 地下部分の地震力 : 固定荷重と積載荷重の和に水平震度を乗じて求める
- ☆ 水平震度 (k) : 地下部分の地震力計算に用いる水平震度 (k) は、深いほど値が小さい、ただし 20m 以下は一定値
- ☆ 水平震度 (k) : 屋上から突出する煙突等の地震力計算に用いる水平震度 (k) は、地域係数に 1.0 以上の値をかけて求める
- ☆ 塔屋・屋上からの突出物などは、建物全体に比べ大きな加速度が作用する
- ☆ 鉄骨造の固有周期は建物高さ $\times 0.03$ 、鉄筋コンクリート造の場合は建物高さ $\times 0.02$
- ☆ 建物の減衰定数が小さいほど大きな振動が生じる
- ☆ 設計用地震力 : 同じ規模の建物の場合、固有周期が長いほど値が小さくなる (振動特性係数も小さくなるしね)
- ☆ 震度階とマグニチュードは算定方式が異なる
- ☆ 必要保有水平耐力 (Q_{un}) = 水平力 (Q_{ud}) $\times$ 構造特性係数 (D_s) $\times$ 形状係数 (F_{es})
- ☆ 大規模地震を対象とする限界耐力計算における水平保有耐力算定時には構造特性係数 (D_s) は使用不可
- ☆ 多雪地域においては積雪荷重も建物自重に含める
- ☆ 建物を軽量化する程地震力を低減できる
- ☆ 地震の荷重は水平のみとは限らない ← 荷重計算では水平のみですが…
- ☆ RC 造事務所建築では、地上部における地震力計算用荷重 (固定荷重と積載荷重の和) は床面積 1m^2 あたり 10~15kN 程度

1.3 地盤と基礎

1.3.1 地盤

(A) 土粒子

ポイント

- ・ 無いです…粒径の大小程度はチェックしておいてください

過去問

- ☆ 粒径の大小 : 砂 > シルト > 粘土



(B) 地盤の種類

ポイント

- ・ 地盤の耐力：古い地層ほど耐力が大きい、第三期層＞洪積層＞沖積層

過去問

- ☆ 耐力：洪積層 > 沖積層（氷河期から現在までに堆積した地層、軟弱なものが多い）
- ☆ 堅いローム層の長期許容応力度は 100kN/m^2 を採用可能、密実な砂質土層における長期許容応力度は 200kN/m^2
- ☆ 地盤の許容応力度：岩盤 > 密実な砂質地盤 > 粘土質地盤
- ☆ 第三種地盤の地盤周期は $T_c=0.8$ 秒

(C) 地盤調査

ポイント

- ・ 平板載荷試験：支持地盤上に鉄板を置いて荷重をかけて耐力推定、平板近傍の地盤特性のみ把握可能
- ・ 標準貫入試験：直径 50mm、長さ 800mm の土質資料採取用のチューブをハンマーで打込み、300mm 貫入するまでの打撃回数を計測（打撃回数＝N 値）、地盤の耐力推定、資料採取も可能、N 値 5 の場合砂質土では緩い地盤、粘性土では非常に固い
- ・ 圧縮試験：サンプリングを行った試料に実験室において加圧を行い特性を把握する、加圧条件に一軸と三軸がある
- ・ ボーリング孔内水平載荷試験：穴をほって試験機を投入、試験機を膨らますような感じで地盤の抵抗力をチェック
- ・ スウェーデン式サウンディング試験：重石をかけたドリルを人力でグリグリ回して地盤に穴を掘り、地盤の許容支持力を調査する

過去問

- ☆ 平板載荷試験：長期許容支持力を求める場合には最大荷重度×1/3、極限支持力度の 1/3 いずれか小さいほうの値
- ☆ 平板載荷試験：調査可能範囲は板幅の 2 倍程度の深さまで
- ☆ 平板載荷試験：長期許容支持力度を算定時、極限支持力の 1/3、もしくは最大荷重度の 1/3 の何れか小さい方を採用
- ☆ 標準貫入試験：N 値 5 の場合、砂質土では緩い地盤、粘性土では非常に固い
- ☆ 標準貫入試験：砂質土では N 値が大きいほど内部摩擦角は大きくなる
- ☆ 圧縮試験：一軸圧縮試験は粘性土の強度を調べる試験、粘性土の摩擦力、変形係数、非排水せん断郷土等の算定が可能
- ☆ 圧縮試験：三軸圧縮試験は拘束圧を作用させた状態における圧縮強さを求める試験、土の粘着力、内部摩擦角の算定が可能
- ☆ ボーリング孔内水平積荷試験：杭の水平耐力を検討する際に用いる変形係数を推定可能、水平地盤反力係数を求めることも可能
- ☆ ボーリング調査時の試料採取：砂質土の方が粘土よりも困難、安定に運搬し室内の実験室で詳細な調査を行う
- ☆ スウェーデン式サウンディング試験：荷重による貫入と回転貫入を併用した試験、地表近傍地盤の静的貫入特性を調査、ハンマー未使用
- ☆ スウェーデン式サウンディング試験：比較的小規模な建築物対応の試験、加力の上限があるので算定可能な許容応力度にも上限あり
- ☆ 圧密試験：粘性土の沈下特性（圧密降伏応力・圧縮指数・圧密係数等）を求める際に用いる
- ☆ 地盤周期の測定には、常時微動測定、せん断波速度測定等を行う



(D) 砂と粘土の比較

ポイント

- ・ 内部摩擦角：砂時計の砂山の傾斜のような感じ…傾斜が急なほど内部摩擦角が大きい（＝滑りにくいので耐力大）
- ・ 圧密沈下：土中の水分が抜けることにより間隙が減少して生じる沈下、長期にわたる（地震時の検討不要）、粘性土地盤で生じる
- ・ 即時沈下：荷重がかかった際にサクッと生じる沈下、沈下が生じた後はすぐに安定、砂質土で生じる、基礎の面積が大きほど即時沈下の量も大きい（基礎面がかかえる土中のエリアが広がるので、要図解）
- ・ 用語の定義：間隙比（土・砂粒子の体積と隙間の比、値が大きいほどスカスカ）、含水比（土・砂の重量と含まれる水の重量の比、値が大きいほどジャブジャブ）、細粒分含有率（土・砂の細かさ、値が大きいほど細かい、値が大きいほど含水比も高くなる）、透水係数（地盤に含まれる水の流れやすさ、値が大きいほど流れ出しやすい）

表 粘性土と砂質土の比較

	内部摩擦角	粘着力	間隙比	細粒分含有率	含水比	透水係数	即時沈下	圧密沈下
粘性土	小	大	大	大	大	小	小	大
砂質土	大	小	小	小	小	大	大	小

過去問

- ☆ 土質比較：内部摩擦角⇒きれいな砂＞シルト、粘着力⇒硬質粘土＞シルト
- ☆ 土質比較：砂質土では即時沈下・液状化、粘土層では圧密沈下に注意
- ☆ 土質比較：砂質土の方が粘土よりも透水係数が大きい、間隙比は小さい
- ☆ 含水比（含水率）：細粒土含有率大きくなるほど増加する
- ☆ 圧密沈下：長期間にわたり土中の水分が搾り出されることにより生じる
- ☆ 圧密沈下：粘土層において地震などの短期応力による圧密沈下の検討は不要
- ☆ 圧密沈下：過圧密された粘土層では地中応力が先行圧密応力以下ならば沈下量を見捨てる
- ☆ 圧密沈下：含水比が大きい地盤では一次圧密終了後もクリープ的な二次圧密沈下にも留意
- ☆ 即時沈下：砂質土において等しい荷重を加えた場合、基礎面積が大きいほど即時沈下量は大きい

(D') 液状化

ポイント

- ・ 地震により間隙水圧が上昇し、土粒子間に働く応力が0になる現象（地盤がシェイクされて水が浮き上がって土・砂が浮いてしまう感じ…、噴砂現象を引き起こす、液状化の危険がある場合には水平地盤反力係数を低減しておく）
- ・ 液状化の注意が必要な条件：砂質土、細粒分含有率が低い（地表から20m程度以内で35%以下）、粒径の分布が均一、N値が小さい、地下水位が高い、埋立地（新旧問わず）など（総じて水が多くて緩い地盤ってこと）



過去問

- ☆ 液状化：土中の間隙水圧が高くなり、土粒子間に働く有効応力が 0 になる現象
- ☆ 液状化：噴砂現象を生じる事がある
- ☆ 液状化：粒径が比較的均一でゆるい飽和地盤や細粒土含有率が低い地盤では地震動により液状化が生じやすい
- ☆ 液状化：細粒土含有率（粒土分布）が低い、N 値が小さい、地下水面が高い程起こりやすい
- ☆ 液状化：自然含水比が液性限界よりも大きい土は液状化の可能性あり
- ☆ 液状化：比較的新しい埋め立て地盤のみならず、時間の経過した砂質地盤の湖沼埋立地についても留意
- ☆ 液状化：発生の恐れのある地盤においては水平地盤反力係数を低減する
- ☆ 液状化判定：地表面から 20m 程度以内の深さの沖積層で細粒土含有率が 35% 以下の場合に必要
- ☆ 液状化判定：地震の地表面水平加速度を損傷限界で $150 \sim 200 \text{ cm/s}^2$ 、終局限界で 350 cm/s^2 と想定し検討

1.3.2 基礎の設計

(A) 直接基礎

地盤の支持力

ポイント

- ・ 許容支持力度と地盤の許容応力度は同じ意味です
 - ・ 支持力の傾向：内部摩擦角・粘着力・単位容積重量・基礎の幅が大きい、根入れ深さが深いと支持力が大きい、地下水位が高いほど支持力は小さい（水の浮力が生じるので）、傾斜地は地盤のすべりを考慮すると支持力が低下する
 - ・ 極限鉛直支持力：これ以上荷重がかかるとせん断破壊を起こしちゃうっていう極限の荷重、 $R_u = qu \times A$ （極限鉛直支持力度に基づいて基礎の底面積を乗じて求める）
 - ・ 許容応力度：極限鉛直支持力度に基づいて安全率をかけて求める、地質検査による算定、平板載荷試験による方法の 2 種がある（算定式が異なるので注意）
- 支持力式による許容応力度（長期）： $q_a = \frac{1}{3}(i_c \alpha C N_c + i_r \beta \gamma_1 B N_\gamma + i_q \gamma_2 D_f N_q)$ $\Rightarrow$ 土質調査結果をもとに算定、粘着力＋地盤重さ＋根入れ効果（各項の N は内部摩擦角により決定し内部摩擦角が大きいほど許容応力度大きいですよ、B は基礎の短辺長さ）
- 支持力式による許容応力度（短期）： $q_a = \frac{2}{3}(i_c \alpha C N_c + i_r \beta \gamma_1 B N_\gamma + i_q \gamma_2 D_f N_q)$ $\Rightarrow$ 計算式上は長期の 2 倍ですが、係数代入時に選択する「傾斜角（ θ ）」が長期と短期で変化してしまうので代入する数値が異なってしまうことにより「短期 $\neq$ 長期 $\times 2$ 」
- 平板載荷試験に基づく許容応力度（長期）： $q_a = q_t + \frac{1}{3} N' \gamma_2 D_f$
- 平板載荷試験に基づく許容応力度（短期）： $q_a = 2q_t + \frac{1}{3} N' \gamma_2 D_f$



過去問

- ☆ 地盤の許容応力度：支持力式による算定では、基礎荷重面の形状・大きさ・根入れ深さにより変化する
- ☆ 地盤の許容応力度：支持力式による算定では、土の性質の内、単位体積重量、粘着力、内部摩擦角を用いる
- ☆ 地盤の許容応力度：支持力式による算定では、地盤の内部摩擦角、粘着力が大きいほど高い
- ☆ 地盤の許容応力度：支持力式による算定では、短期許容応力度の値は長期許容応力度の値の 2 倍とはならない ⇒ 以下参照
⇒ 算定式上は 2 倍なんだけど…式中の係数の値が短期と長期で異なるので、最終的に値としては 2 倍とならない！怒
- ☆ 地盤の許容応力度：平板載荷試験における算定では、短期は長期の 2 倍にはならない（根入れの効果が長期＝短期なので）
- ☆ 地盤の許容応力度：基礎の根入れ効果を加算しないほうが安全側の計算となる（考慮しなくてもクリアするならなお安全）
- ☆ 地盤の許容応力度：岩盤＞密実な砂質地盤＞粘土質地盤
- ☆ 地盤の許容応力度：深さ方向に地質が同じ地盤ならば深い地点の方が大きい
- ☆ 地盤の許容応力度：傾斜地のほうが水平地盤よりも極限鉛直支持力（地盤の許容応力度）は低い
- ☆ 支持力の確認：浅い砂質地盤（深さが基礎幅の 2 倍以下）の下に粘土層がある場合には、その粘土層の支持力も要確認
- ☆ 内部摩擦角が 10 度以下の場合、基礎底面の最小幅が大きくなっても支持力は変化しない
- ☆ 地盤の極限鉛直支持力は、地盤のせん断破壊が生じることにより決定
- ☆ 許容地耐力は許容支持力と許容沈下量を考慮、いずれか小さいほうの値を採用
- ☆ 地下水位以下の地盤の単位容積重量は水による浮力を差し引く
- ☆ 地震動が作用している軟弱な地盤では地盤のせん断ひずみが大きいほどせん断剛性が低下し、減衰定数が増加
- ☆ 緩い粘性土地盤の地震動せん断剛性の低下よりも、緩い砂質地盤の液状化のほうが急激

（B）杭基礎

ポイント

- ・ 杭の大分類：支持杭（先端抵抗力＋周面摩擦力）、摩擦杭（周面摩擦力のみ）、両支持力は載荷試験もしくは支持力算定式にて評価を行う
- ・ 先端抵抗力（先端支持力）：杭先端付近の N 値の平均とする
- ・ 周面摩擦力：極限周面摩擦力は、砂質土・粘性土それぞれの極限周面摩擦力の和
- ・ 杭の支持力：基礎スラブ底面の支持力は加算しない（地盤沈下により基礎底面が浮き上がる可能性があるので）
- ・ 群杭：1 つのパイルキャップを複数の杭で支えるもの、支える地盤の杭同士による取り合いが生じるので杭 1 本あたりの支持力は低下、ただし砂質土の場合は締め固め効果により 1 本あたりの支持力が向上する、沈下量は増加
- ・ 負の摩擦力：ネガティブフリクション、地盤の沈下に杭が引張られてしまう現象（粘性土で多い）、支持杭で影響が大きい（先端部分に大きな軸方向力、ただし先端以深が沈下している場合は検討不要）、杭の沈下量や基礎の変形ならびに杭の強度等の検証が必要、短期荷重検討時には考慮不要



過去問

- ☆ 杭の支持力：支持杭の支持力の算定においては、先端の支持力に杭周囲の摩擦抵抗を加算して求める
- ☆ 杭の支持力：鉛直載荷試験または施工方法を考慮した支持力算定式により評価を行う
- ☆ 杭の支持力：杭基礎の許容支持力は杭の支持力のみで、基礎スラブ底面の地盤の支持力は加算しない
- ☆ 極限周面摩擦力：砂質土、粘性土それぞれの極限周面摩擦力の和で算定
- ☆ 水平地盤反力係数：杭幅（杭径）が大きくなるほど小さい値となる
- ☆ 杭先端の地盤の許容応力度を計算で求める場合のN値は、先端付近のN値の平均とする（ただし、最大で60まで）
- ☆ 地盤に要求される性能は、地盤全体の安定性が失われないこと・杭基礎の最大抵抗力に達しないこと
- ☆ 杭基礎の終局状態に要求される性能：脆性破壊を起こさない、変形限界に達して急激な変形を起こさない
- ☆ 杭に作用する水平力は、建物地上部分高さ・基礎スラブの根入れの深さに応じて低減することが可能
- ☆ 杭に生じる地盤の変位に起因する応力も考慮
- ☆ 群杭：単杭とみなした場合の一本あたりの耐力の総和よりも耐力は低くなる
- ☆ 群杭：抵抗力は、「群杭全体としての抵抗力」と「各単杭の引き抜き抵抗力の合計」のうち小さい方
- ☆ 群杭：一本あたりの杭頭荷重が同じ場合の沈下量：群杭 > 単杭
- ☆ 負の摩擦力：圧密未完了のシルト層、途中に粘性土にはさまれる砂質土がある場合、負の摩擦力の検討必要
- ☆ 負の摩擦力（杭周囲に下向きに作用する力）が生じると、杭先端部に加わる軸方向力は増加する
- ☆ 負の摩擦力：支持杭の場合に影響が大きい、摩擦杭の場合は考慮不要
- ☆ 負の摩擦力：杭先端以深が地盤沈下を起こしている場合、負の摩擦力は働かない
- ☆ 負の摩擦力：負の摩擦力が生じている場合には杭中間部が大きな軸力を受ける
- ☆ 負の摩擦力：地震などの短期荷重に関しては考慮しなくても良い
- ☆ 負の摩擦力：杭の長期荷重算定時には杭に作用する負の摩擦力も考慮
- ☆ 負の摩擦力：地盤の先行圧密応力以上に荷重が加えられる場合にはいかなる地盤においても負の摩擦力を考慮する
- ☆ 負の摩擦力：負の摩擦力を受けている場合には、杭の沈下量・基礎の変形・基礎の傾斜・杭の強度の検討が必要

1.3.3 杭の水平耐力

ポイント

- ・ 構造体の根入れ部分や杭側面の地盤反力により水平力が作用する（杭への水平力はボーリング孔内水平載荷試験にて推定可能）、杭には全水平力のうち3割以上を負担させる（その際には杭の頭を固定として構造計算）
- ・ 杭頭の曲げモーメント：水平地盤反力が高いほど杭頭のMは小さい、杭頭の固定度が低いほど杭頭の曲げMは小さい（ただし杭中間部の曲げモーメントは増加する）
- ・ 杭頭の水平変位が小さくなる条件：杭の曲げ剛性が高い、杭頭固定度が高い、水平地盤反力係数が高い、杭径が太い
- ・ 杭頭露出：圧密沈下等により杭頭が露出する場合は、その部分の水平耐力にも留意



過去問

- ☆ 杭の水平耐力を検討する際に用いる変形係数はボーリング孔内水平積荷試験により推定可能
- ☆ 杭頭が固定の場合、水平地盤反力が大きいほど杭頭の曲げモーメントは小さい（上部構造のせん断力が小さくなるので）
- ☆ 杭頭の水平変位は杭の曲げ剛性・地盤反力係数・杭径が大きいほど小さくなる
- ☆ 杭頭の固定度が高いほど杭頭の曲げモーメントは大きく、地中部分の最大曲げモーメントは小さく、水平変位は小さくなる
- ☆ 杭に水平耐力を負担させる場合には杭頭を固定として計算
- ☆ 短杭の変位・曲げモーメントを求める場合、杭剛性、支持地盤の強さ、杭先の貫入深さを考慮
- ☆ 圧密沈下が生じやすい地盤において杭頭が露出する場合には突出部の水平耐力も考慮
- ☆ 杭頭は各応力に対して強度・変形性能を有すること
- ☆ 杭頭接合部については各応力に対する強度、及び変形性能を有する設計とする
- ☆ 地下室を設けると、杭頭に働く水平力を低減させる効果あり
- ☆ 地震時に杭に作用する水平力は、建物地上部高さ・根入れ深さに応じて一定範囲において低減可能
- ☆ 地震時に液状化の可能性がある場合には、水平地盤反力係数を低減して杭の水平耐力の検討を行う

1.3.4 留意すべき事項

ポイント

- ・ 以下一読のこと

過去問

- ☆ 地下階を有する建築物でさえも全体の水平力の3割以上は杭に負担させる（ただし、両耐力は分けて検討する）
- ☆ 基礎面下の地盤の破壊時に、すべり面の及び範囲は基礎底面から幅の2倍程度に渡る
- ☆ 杭基礎引き抜き荷重：地下部分の浮力、地震・暴風時の建物転倒モーメントを考慮、ただし杭の自重はプラス要因
- ☆ 軟弱地盤に計画する場合は、地震時の杭頭慣性力と地盤変位との影響を重ね合わせて設計を行う方法もあり
- ☆ 杭径が同じでも支持層が傾斜して杭長が異なる場合には各杭に負担する水平力は異なる

1.3.5 各種杭

ポイント

- ・ 杭の種類：既製杭（工場生産、打込み・圧入・埋込み工法）、鋼杭（閉端・開端）、既製コンクリート杭（遠心力を用いた製法により中空）、現場打ちコンクリート杭（アースドリル・リバースサーキュレーション・オールケーシングなど）
- ・ セメントミルク工法：杭径よりも太めの孔を開け杭を埋設、杭と地盤の隙間に根固め液（セメントミルク）注入
- ・ 先端支持力：打ち込み＞埋込み（セメントミルク工法）＞現場打ちコンクリート（孔底のスライム留意）、閉端＞開端
- ・ 沈下量：埋め込み＞打ち込み（打込みは打撃により先端部分が締め固められるので）
- ・ 周面摩擦力：現場打ちコンクリート＞埋め込み（セメントミルク）＞打込み
- ・ 埋め込み杭は打込み杭よりも騒音・振動が少ない
- ・ 杭の引抜き：地下水位による浮力、地震・暴風による建物転倒モーメントなど
- ・ 鋼杭の腐食対策として、防錆塗装を行わず腐食分を予め見込んで杭の肉厚を増す（1mm程度）方法もあり
- ・ 杭の許容応力度：圧縮では短期＝長期×2、せん断では短期＝長期×1.5倍、長さ径比で低減



過去問

- ☆ 既製杭の許容圧縮力は杭の長さ径比に応じて低減する
- ☆ 既製杭の支持力においては、埋め込み工法（予め孔を掘る、静か）の場合は打撃工法の場合よりも低く設定
- ☆ 既製杭の溶接継ぎ手が十分な施工管理のもとに溶接される場合は継ぎ手の耐力低下を考慮しない
- ☆ 杭の沈下量：埋め込み杭 > 打ち込み杭
- ☆ 先端支持力：打ち込み杭 > 埋込み杭（セメントミルク工法） > 現場打ちコンクリート杭
- ☆ 周面摩擦力度：現場打ちコンクリート杭 > 埋込み杭（セメントミルク工法） > 打ち込み杭
- ☆ アースドリル工法：現場打ちコンクリート杭、孔内に安定剤を注入すること
- ☆ 現場打ちコンクリート杭において、孔底のスライムは先端の支持力を低下させる
- ☆ 泥水中で現場打ちコンクリートを打設する場合の長期許容圧縮応力は $1/4.5$ 、泥水なしで $1/4$ とする
- ☆ 鋼杭の腐食対策として、防錆塗装を行わず腐食分を予め見込んで杭の肉厚を増す方法もあり

1.3.6 基礎スラブの設計

ポイント

- ・ 沈下の検討：長期荷重（即時沈下と圧密沈下の検討必要）、短期荷重（即時沈下のみ検討必要）、液状化にも留意
- ・ 沈下量：基礎底部面積が大きいほど沈下量は大きい（基礎が抱きかかえる地盤の沈下圏が大きいので）、即時沈下量は基礎の短辺長さに比例する
- ・ 沈下の限界値：独立フーチング<布基礎<べた基礎、独立フーチングを採用する場合には基礎梁の剛性を向上させる
- ・ 支持力：極限鉛直支持力＝基礎底面積×極限鉛直支持力度（地盤の粘着力+地盤自重+根入れ効果）、地下水位に留意
- ・ 基礎部分重量の扱い：基礎の構造設計では基礎の自重・埋戻し土の重量は含めない、地震荷重算定時には基礎の自重・埋戻し土の重量を含める（構造体の固定荷重として加味される）
- ・ 基礎底面の摩擦力：直接基礎は上部構造からの水平力に対し、基礎底面と地盤との摩擦力により抵抗可能（ただし、液状化などがなければ）
- ・ 異種基礎：傾斜地とうでやむなく採用する場合は不同沈下等に十分留意する
- ・ パイルドラフト基礎：直接基礎底部の耐力を合算可能（通常の杭基礎では不可）、ただし不同沈下等には留意



過去問

- ☆ 沈下：即時沈下量は基礎の短辺長さ、沈下係数、基礎にかかる荷重に比例
- ☆ 沈下：底面積の異なる直接基礎に単位面積当たりに同一の荷重が作用する場合、底面積が大きいほうが即時沈下は大きい
- ☆ 沈下：地盤沈下・液状化等の地盤変状による影響も考慮し設計を行う
- ☆ 基礎形状：独立フーチング基礎では、採用時に不同沈下の心配がある場合には基礎ばりの剛性を高めておく
- ☆ 基礎形状：連続フーチング基礎では、地盤反力によって基礎ばりに生じる曲げモーメントの分布は上部構造のはりの逆になる
- ☆ 基礎形状：独立基礎よりもべた基礎の方が圧密沈下に関する許容沈下量は大きい
- ☆ 支持力：極限鉛直支持力＝基礎底面積×極限鉛直支持力度（地盤の粘着力+地盤自重+根入れ効果）
- ☆ 支持力：許容支持力度は基礎の根入れ深さが深いほど大きくなる
- ☆ 支持力：直接基礎の鉛直支持力を算定する際の地盤定数は、地盤の粘着力、地盤の内部摩擦角、根入れ部の土の重さを考慮
- ☆ 支持力：地下水位が高いほど直接基礎の支持力は低下する
- ☆ 支持力：許容支持力度は基礎底面の形状により変化、地震時の水平耐力は基礎底面と地盤の摩擦により生じる
- ☆ 基礎部重量の扱い：基礎構造に対する地震時設計外力算定時には基礎部の重量も考慮する
- ☆ 基礎部重量の扱い：基礎スラブの構造強度の検討時には基礎スラブの自重は（および埋め戻し土の重量も）含めない
- ☆ 基礎部重量の扱い：基礎にかかる固定荷重は基礎スラブ上の土被りも考慮
- ☆ 基礎構造に対する地震力は地盤の地震応答や地盤と基礎の動的相互作用の影響を加味する
- ☆ 直接基礎は上部構造からの水平力に対し、基礎底面と地盤との摩擦力により抵抗可能（ただし、液状化などがなければ）
- ☆ 基礎の変形角・傾斜角は上部構造に対する影響を確認するための項目である
- ☆ 傾斜地盤に基礎を設ける場合には傾斜への滑りだしの検討が必要、平坦地盤よりも耐力低下するので注意
- ☆ 設計時に考慮すべき荷重は、上部構造体からの軸力・水平力・曲げ、基礎自重、埋め戻しの土重量
- ☆ 異種基礎併用：異なる種類の基礎を併用する場合は不同沈下に注意
- ☆ 異種基礎併用：パイルド・ラフト基礎：パイル（杭）とラフト（直接）の併用基礎、両者が対抗、不同沈下には留意

1.3.7 擁壁

ポイント

- ・ 土圧係数：受働土圧（2～3） > 静止土圧（0.5） > 主動土圧（0.2～0.5）
- ・ 主動土圧：土が擁壁を押すことにより擁壁が土から離れる側に移動した際に作用する圧力、擁壁の設計に用いられる土圧（必要に応じて地震動も考慮、通常時の二～三割増し程度）
- ・ 受働土圧：受働土圧により構造体が土を押し返す圧力
- ・ 静止土圧：構造体と土が静止状態にある場合の圧力
- ・ 主動土圧と受働土圧は土が変形して地盤が崩壊に達した場合を想定している
- ・ 擁壁に常時作用する圧力：静止土圧（深いほど大）+水圧（深いほど大）+地盤上の載荷物
- ・ 地盤が安定状態（内部摩擦角が大きい）ほど、静止土圧は小さくなる
- ・ 安定モーメント：主動土圧による転倒モーメントの 1.5 倍以上を見込むこと
- ・ 擁壁の抵抗力：土圧による滑動力の 1.5 倍以上を見込む
- ・ 留意事項：伸縮継ぎ手（30m ごと）、背面の排水（土圧・水圧の上昇防止）



過去問

- ☆ 地下水位が高いほど地下外壁に作用する圧力は高い
- ☆ 作用する土圧は背面土の内部摩擦角が大きくなるほど小さくなる
- ☆ 擁壁の設計に用いる土圧は、主動土圧とし、必要に応じて地震動を考慮した土圧も検討する
- ☆ 受働土圧とは擁壁が土を押しつける側に移動しようとする際に擁壁に作用する
- ☆ 土圧係数：受働土圧（2～3） > 静止土圧（0.5） > 主動土圧（0.2～0.5）
- ☆ 地震時に作用する主動土圧は通常時の 20～30% 増し程度（震度 $k=0.2$ 程度ならば）
- ☆ 擁壁背面に排水層を設けると土圧、水圧の低減
- ☆ 極端に地盤条件が変化する箇所に長く続く擁壁は 30m 毎に伸縮継ぎ手が必要
- ☆ 地下外壁に作用する土圧＝地表面荷重が無い場合の土圧＋地表面の等分布荷重に静止土圧係数を乗じた値
- ☆ 擁壁に作用する土圧は背面土の内部摩擦角から求めた主動土圧係数を用いて算定する
- ☆ 擁壁に作用する土圧の合力（分布荷重の集中荷重化）は基礎底部より鉛直上方 $H/3$ の位置に作用するものとして計算
- ☆ 擁壁基礎のすべりに対する抵抗力は土圧等による水平力の 1.5 倍を上回ること
- ☆ 安定モーメントは、土圧等による滑動モーメントの 1.5 倍を上回るように設計する
- ☆ 大地震の際にも滑動が生じないように設計を行う
- ☆ フーチング底面の滑動への抵抗力は、粘土質地盤よりも砂質地盤の方が大きい（摩擦係数が大きいから）
- ☆ 長い擁壁には伸縮継ぎ手が必要
- ☆ 擁壁背面の排水が困難な場合には水圧も考慮して設計を行う
- ☆ L 型擁壁のフーチング上の土の重量は、擁壁の転倒に対する抵抗として考慮することができる



1.2.6 荷重と外力

(A) 荷重の組み合わせ

- ☆ 地震と風は同時に生じないものとする、ただし多雪地域の場合には地震+積雪、風+積雪はあり
- ☆ 暴風時・地震時の応力算定において積載・積雪荷重を除く場合もあり（積載無くなると引張が増える事あり）
- ☆ 一般的に地震発生時が短期荷重最大となるが、建物の特性により暴風時の方が大きくなる場合もあり

(B) 固定荷重

- ☆ 普通コンクリートは立米あたり 23kN、高強度コンクリートは 23.5kN、鉄筋分は 1kN プラス

(C) 積載荷重

- ☆ 床設計用 > 柱・はり・基礎設計用 > 地震力算定用
- ☆ 床設計時：集会所（固定席ではない）> 事務室＝店舗＝集会所（固定席）＝学校のパルコニー> 教室> 病室＝居室
- ☆ 連絡通路の積載荷重：一般の室よりも大きい（百貨店の売り場だろうが何だろうが連絡通路はその他の用途、避難時を想定）
- ☆ 百貨店屋上の積載荷重：売り場の積載荷重相当
- ☆ 劇場の積載荷重：固定席の場合よりもその他の場合の方が大きい（理由は以下）
- ☆ 平面に均等に荷重がかからない場合（局所荷重）の方が積載荷重は大きくなる可能性あり
- ☆ 柱の垂直荷重による圧縮力算定時には、支える床の数において積載荷重を低減可能（劇場など・倉庫は除く）
- ☆ 許容応力度計算で使用する荷重と限界耐力計算で使用する荷重は同等

(D) 積雪荷重

- ☆ 積雪荷重：積雪の単位荷重×屋根の水平投影面積×その地方の垂直積雪量
- ☆ 単位荷重：積雪 1cm あたり 20N/m²以上、ただし不均一に雪が分布している方が荷重が大きくなる場合もある
- ☆ 垂直積雪量：「その区域の標高・海率」「周辺地域等の観測資料」より算定
- ☆ 多雪地域：積雪量 1m 以上、または積雪期間が年平均で 30 日間以上ある地域 ← 長期荷重になるので注意
- ☆ 屋根勾配により低減可能、また勾配が 60° を超える場合は積雪荷重は 0、雪下ろしを行う地域では最大深度 1m
- ☆ 最大深度 1m の低減を行った建物には、出入り口・主要な居室等に低減の実況・必要事項を記載すること
- ☆ 3 ヶ月以上荷重継続期間がある場合は長期荷重とみなす、また長期積雪荷重は短期積雪荷重の 0.7 倍とする

(E) 風荷重

- ☆ 風荷重 (W)：風圧力 (P) × 見付け面積（受風面積のようなもの…）
- ☆ 風圧力 (P)：風力係数 (C_f) × 速度圧 (q)
- ☆ 風圧力 (P)：構造骨組み用圧力よりも外装材用のほうが大きい（構造部材には間接的に荷重がかかるので）
- ☆ 風力係数 (C_f)：風洞実験もしくは建築物の断面・平面形状から算出
- ☆ 風力係数 (C_f)：閉鎖型の建築物における風力係数は、建築物の外圧係数と内圧係数を用いて求める
- ☆ 風力係数 (C_f)：高さ 13m 以下の建築物の屋根ふき材への風圧力算定時においても、規定の風力係数を用いることが可能
- ☆ 風力係数 (C_f)：屋根の軒先などの局部の風力係数は屋根面・壁面よりも大きくなる場合がある
- ☆ 速度圧 (q)：0.6 × E × V₀²、ただし E：屋根高さ・周辺状況、V₀：基準風速（地方区分による）
- ☆ 基準風速 (V₀)：稀に発生する暴風時の地上 10m における 10 分間の平均風速に相当（30m/s～46m/s）
- ☆ 平均風速の高さ方向の分布を表す係数：平坦で障害物が無い地域 > 都市化が極めて著しい地域 ← 地表面粗度分布
- ☆ 地表面粗度区分：決定には、都市計画区域指定の有無、海岸線からの距離、建物高さ等を考慮
- ☆ ガスト影響係数：風の時間的変動を考慮するために使用する
- ☆ ガスト影響係数：建物高さに比例して小さくなり、都市化が著しい地域の方が平坦で障害物の無い地域よりも値が大
- ☆ 制振装置：強風時の振動を抑えることが可能になり居住性能が向上する（塔状の建物にも有効）
- ☆ 超高層建築物は風方向よりも風直交方向の方が揺れが大きい
- ☆ 風直交方向の振動（風方向よりも大きいですよ）、ねじれ振動についても安全性の確認を行う
- ☆ 風荷重は水平のみとは限らない ← 傾斜した面（屋根面）に鉛直荷重として作用
- ☆ 緩い勾配（10 度以下程度）の片流れ屋根への水平な風は、屋根面に対して吹き上げ力として作用



(F) 地震荷重

- ☆ 地震層せん断力 (Q_i) : 地震層せん断力係数 (C_i) $\times$ 対象層以上の総重量 (W_i)
- ☆ 地震層せん断力係数 (C_i) : 地震地域係数 (Z) $\times$ 振動特性係数 (R_t) $\times$ 高さ分布 (A_i) $\times$ 標準せん断力係数 (C_o)
- ☆ 地震層せん断力係数 (C_i) : 建物高さが高くなるほど小さくなる、上層部ほど値が大きい
- ☆ 地震地域係数 (Z) : 地域により異なり、本州太平洋側が最も大きく (1.0)、沖縄地域が最も小さい (0.7)
- ☆ 地震地域係数 (Z) : 広告塔等の地震地域係数は $0.5Z$ 以上、突出部では $1.0Z$ 以上
- ☆ 振動特性係数 (R_t) : 地盤が固いほど (第一種地盤) 値が小さい、固有周期が長いほど (高層な建物ほど) 値が小さい
- ☆ 振動特性係数 (R_t) : 岩盤・硬質砂礫層などは第 1 種地盤 (地盤)、沖積シルト層深さ 30m 以上などは第 3 種地盤 (軟弱)
- ☆ 高さ方向の分布係数 (A_i) : 建物上層部ほど値が大きい、また固有周期 T (1 次固有周期) が長いほど値が大きい
- ☆ 標準せん断力係数 (C_o) : 1 次設計では 0.2 (木造軟弱地盤 0.3)、2 次設計 (保有水平耐力・層間変形など) では 1.0 以上
- ☆ 地下部分の地震層せん断力 : 地下部分の地震力 (以下参照) + 1 階部分の地震層せん断力
- ☆ 地下部分の地震力 : 固定荷重と積載荷重の和に水平震度を乗じて求める
- ☆ 水平震度 (k) : 地下部分の地震力計算に用いる水平震度 (k) は、深いほど値が小さい、ただし 20m 以下は一定値
- ☆ 水平震度 (k) : 屋上から突出する煙突等の地震力計算に用いる水平震度 (k) は、地域係数に 1.0 以上の値をかけて求める
- ☆ 塔屋・屋上からの突出物などは、建物全体に比べ大きな加速度が作用する
- ☆ 鉄骨造の固有周期は建物高さ $\times 0.03$ 、鉄筋コンクリート造の場合は建物高さ $\times 0.02$
- ☆ 建物の減衰定数が小さいほど大きな振動が生じる
- ☆ 設計用地震力 : 同じ規模の建物の場合、固有周期が長いほど値が小さくなる (振動特性係数も小さくなるしね)
- ☆ 震度階とマグニチュードは算定方式が異なる
- ☆ 必要保有水平耐力 (Q_{un}) = 水平力 (Q_{ud}) $\times$ 構造特性係数 (D_s) $\times$ 形状係数 (F_{es})
- ☆ 大規模地震を対象とする限界耐力計算における水平保有耐力算定時には構造特性係数 (D_s) は使用不可
- ☆ 多雪地域においては積雪荷重も建物自重に含める
- ☆ 建物を軽量化する程地震力を低減できる
- ☆ 地震の荷重は水平のみとは限らない ← 荷重計算では水平のみですが…
- ☆ RC 造事務所建築では、地上部における地震力計算用荷重 (固定荷重と積載荷重の和) は床面積 1m^2 あたり 10~15kN 程度

1.3 地盤と基礎

1.3.1 地盤

(A) 土粒子

- ☆ 粒径の大小 : 砂 > シルト > 粘土

(B) 地盤の種類

- ☆ 耐力 : 洪積層 > 沖積層 (氷河期から現在までに堆積した地層、軟弱なものが多い)
- ☆ 堅いローム層の長期許容応力度は 100kN/m^2 を採用可能、密実な砂質土層における長期許容応力度は 200kN/m^2
- ☆ 地盤の許容応力度 : 岩盤 > 密実な砂質地盤 > 粘土質地盤
- ☆ 第三種地盤の地盤周期は $T_c=0.8$ 秒



(C) 地盤調査

- ☆ 平板載荷試験：長期許容支持力を求める場合には最大荷重度×1/3、極限支持力度の1/3 いずれか小さいほうの値
- ☆ 平板載荷試験：調査可能範囲は板幅の2倍程度の深さまで
- ☆ 平板載荷試験：長期許容支持力度を算定時、極限支持力の1/3、もしくは最大荷重度の1/3の何れか小さい方を採用
- ☆ 標準貫入試験：N値5の場合、砂質土では緩い地盤、粘性土では非常に固い
- ☆ 標準貫入試験：砂質土ではN値が大きいほど内部摩擦角は大きくなる
- ☆ 圧縮試験：一軸圧縮試験は粘性土の強度を調べる試験、粘性土の摩擦力、変形係数、非排水せん断郷土等の算定が可能
- ☆ 圧縮試験：三軸圧縮試験は拘束圧を作用させた状態における圧縮強さを求める試験、土の粘着力、内部摩擦角の算定が可能
- ☆ ホーリング孔内水平積荷試験：杭の水平耐力を検討する際に用いる変形係数を推定可能、水平地盤反力係数を求めることも可能
- ☆ ホーリング調査時の試料採取：砂質土の方が粘土よりも困難、安定に運搬し室内の実験室で詳細な調査を行う
- ☆ スウェーデン式サウンディング試験：荷重による貫入と回転貫入を併用した試験、地表近傍地盤の静的貫入特性を調査、ハンマー未使用
- ☆ スウェーデン式サウンディング試験：比較的小規模な建築物対応の試験、加力の上限があるので算定可能な許容応力度にも上限あり
- ☆ 圧密試験：粘性土の沈下特性（圧密降伏応力・圧縮指数・圧密係数等）を求める際に用いる
- ☆ 地盤周期の測定には、常時微動測定、せん断波速度測定等を行う

(D) 砂と粘土の比較

- ☆ 土質比較：内部摩擦角⇒きれいな砂>シルト、粘着力⇒硬質粘土>シルト
- ☆ 土質比較：砂質土では即時沈下・液状化、粘土層では圧密沈下に注意
- ☆ 土質比較：砂質土の方が粘土よりも透水係数が大きい、間隙比は小さい
- ☆ 含水比（含水率）：細粒土含有率大きくなるほど増加する
- ☆ 圧密沈下：長期間にわたり土中の水分が搾り出されることにより生じる
- ☆ 圧密沈下：粘土層において地震などの短期応力による圧密沈下の検討は不要
- ☆ 圧密沈下：過圧密された粘土層では地中応力が先行圧密応力以下ならば沈下量を無視できる
- ☆ 圧密沈下：含水比が大きい地盤では一次圧密終了後もクリープ的な二次圧密沈下にも留意
- ☆ 即時沈下：砂質土において等しい荷重を加えた場合、基礎面積が大きいほど即時沈下量は大きい

(D') 液状化

- ☆ 液状化：土中の間隙水圧が高くなり、土粒子間に働く有効応力が0になる現象
- ☆ 液状化：噴砂現象を生じる事がある
- ☆ 液状化：粒径が比較的均一でゆるい飽和地盤や細粒土含有率が低い地盤では地震動により液状化が生じやすい
- ☆ 液状化：細粒土含有率（粒土分布）が低い、N値が小さい、地下水面が高い程起こりやすい
- ☆ 液状化：自然含水比が液性限界よりも大きい土は液状化の可能性あり
- ☆ 液状化：比較的新しい埋め立て地盤のみならず、時間の経過した砂質地盤の湖沼埋立地についても留意
- ☆ 液状化：発生の恐れのある地盤においては水平地盤反力係数を低減する
- ☆ 液状化判定：地表面から20m程度以内の深さの沖積層で細粒土含有率が35%以下の場合に必要
- ☆ 液状化判定：地震の地表面水平加速度を損傷限界で $150\sim 200\text{cm/s}^2$ 、終局限界で 350cm/s^2 と想定し検討



1.3.2 基礎の設計

(A) 直接基礎

- ☆ 地盤の許容応力度：支持力式による算定では、基礎荷重面の形状・大きさ・根入れ深さにより変化する
- ☆ 地盤の許容応力度：支持力式による算定では、土の性質の内、単位体積重量、粘着力、内部摩擦角を用いる
- ☆ 地盤の許容応力度：支持力式による算定では、地盤の内部摩擦角、粘着力が大きいほど高い
- ☆ 地盤の許容応力度：支持力式による算定では、短期許容応力度の値は長期許容応力度の値の2倍とはならない ⇒ 以下参照
⇒ 算定式上は2倍なんだけど…式中の係数の値が短期と長期で異なるので、最終的に値としては2倍とならない！怒
- ☆ 地盤の許容応力度：平板載荷試験における算定では、短期は長期の2倍にはならない（根入れの効果が長期＝短期なので）
- ☆ 地盤の許容応力度：基礎の根入れ効果を加算しないほうが安全側の計算となる（考慮しなくてもクリアするならなお安全）
- ☆ 地盤の許容応力度：岩盤＞密実な砂質地盤＞粘土質地盤
- ☆ 地盤の許容応力度：深さ方向に地質が同じ地盤ならば深い地点の方が大きい
- ☆ 地盤の許容応力度：傾斜地のほうが水平地盤よりも極限鉛直支持力（地盤の許容応力度）は低い
- ☆ 支持力の確認：浅い砂質地盤（深さが基礎幅の2倍以下）の下に粘土層がある場合には、その粘土層の支持力も要確認
- ☆ 内部摩擦角が10度以下の場合、基礎底面の最小幅が大きくなっても支持力は変化しない
- ☆ 地盤の極限鉛直支持力は、地盤のせん断破壊が生じることに由り決定
- ☆ 許容地耐力は許容支持力と許容沈下量を考慮、いずれか小さいほうの値を採用
- ☆ 地下水位以下の地盤の単位容積重量は水による浮力を差し引く
- ☆ 地震動が作用している軟弱な地盤では地盤のせん断ひずみが大いほどせん断剛性が低下し、減衰定数が増加
- ☆ 緩い粘性土地盤の地震動せん断剛性の低下よりも、緩い砂質地盤の液化化のほうが急激

(B) 杭基礎

- ☆ 杭の支持力：支持杭の支持力の算定においては、先端の支持力に杭周囲の摩擦抵抗を加算して求める
- ☆ 杭の支持力：鉛直載荷試験または施工方法を考慮した支持力算定式により評価を行う
- ☆ 杭の支持力：杭基礎の許容支持力は杭の支持力のみで、基礎スラブ底面の地盤の支持力は加算しない
- ☆ 極限周面摩擦力：砂質土、粘性土それぞれの極限周面摩擦力の和で算定
- ☆ 水平地盤反力係数：杭幅（杭径）が大きくなるほど小さい値となる
- ☆ 杭先端の地盤の許容応力度を計算で求める場合のN値は、先端付近のN値の平均とする（ただし、最大で60まで）
- ☆ 地盤に要求される性能は、地盤全体の安定性が失われないこと・杭基礎の最大抵抗力に達しないこと
- ☆ 杭基礎の終局状態に要求される性能：脆性破壊を起こさない、変形限界に達して急激な変形を起こさない
- ☆ 杭に作用する水平力は、建物地上部分高さ・基礎スラブの根入れの深さに応じて低減することが可能
- ☆ 杭に生じる地盤の変位に起因する応力も考慮
- ☆ 群杭：単杭とみなした場合の一本あたりの耐力の総和よりも耐力は低くなる
- ☆ 群杭：抵抗力は、「群杭全体としての抵抗力」と「各単杭の引き抜き抵抗力の合計」のうち小さい方
- ☆ 群杭：一本あたりの杭頭荷重が同じ場合の沈下量：群杭 > 単杭
- ☆ 負の摩擦力：圧密未完了のシルト層、途中に粘性土にはさまれる砂質土がある場合、負の摩擦力の検討必要
- ☆ 負の摩擦力（杭周囲に下向きに作用する力）が生じると、杭先端部に加わる軸方向力は増加する
- ☆ 負の摩擦力：支持杭の場合に影響が大きい、摩擦杭の場合は考慮不要
- ☆ 負の摩擦力：杭先端以深が地盤沈下を起こしている場合、負の摩擦力は働かない
- ☆ 負の摩擦力：負の摩擦力が生じている場合には杭中間部が大きな軸力を受ける
- ☆ 負の摩擦力：地震などの短期荷重に関しては考慮しなくても良い
- ☆ 負の摩擦力：杭の長期荷重算定時には杭に作用する負の摩擦力も考慮
- ☆ 負の摩擦力：地盤の先行圧密応力以上に荷重が加えられる場合にはいかなる地盤においても負の摩擦力を考慮する
- ☆ 負の摩擦力：負の摩擦力を受けている場合には、杭の沈下量・基礎の変形・基礎の傾斜・杭の強度の検討が必要



1.3.3 杭の水平耐力

- ☆ 杭の水平耐力を検討する際に用いる変形係数はボーリング孔内水平積荷試験により推定可能
- ☆ 杭頭が固定の場合、水平地盤反力が大きいほど杭頭の曲げモーメントは小さい（上部構造のせん断力が小さくなるので）
- ☆ 杭頭の水平変位は杭の曲げ剛性・地盤反力係数・杭径が大きいほど小さくなる
- ☆ 杭頭の固定度が高いほど杭頭の曲げモーメントは大きく、地中部分の最大曲げモーメントは小さく、水平変位は小さくなる
- ☆ 杭に水平耐力を負担させる場合には杭頭を固定として計算
- ☆ 短杭の変位・曲げモーメントを求める場合、杭剛性、支持地盤の強さ、杭先の貫入深さを考慮
- ☆ 圧密沈下が生じやすい地盤において杭頭が露出する場合には突出部の水平耐力も考慮
- ☆ 杭頭は各応力に対して強度・変形性能を有すること
- ☆ 杭頭接合部については各応力に対する強度、及び変形性能を有する設計とする
- ☆ 地下室を設けると、杭頭に働く水平力を低減させる効果あり
- ☆ 地震時に杭に作用する水平力は、建物地上部高さ・根入れ深さに応じて一定範囲において低減可能
- ☆ 地震時に液状化の可能性がある場合には、水平地盤反力係数を低減して杭の水平耐力の検討を行う

1.3.4 留意すべき事項

- ☆ 地下階を有する建築物でさえも全体の水平力の3割以上は杭に負担させる（ただし、両耐力は分けて検討する）
- ☆ 基礎面下の地盤の破壊時に、すべり面の及び範囲は基礎底面から幅の2倍程度に渡る
- ☆ 杭基礎引き抜き荷重：地下部分の浮力、地震・暴風時の建物転倒モーメントを考慮、ただし杭の自重はプラス要因
- ☆ 軟弱地盤に計画する場合は、地震時の杭頭慣性力と地盤変位との影響を重ね合わせて設計を行う方法もあり
- ☆ 杭径が同じでも支持層が傾斜して杭長が異なる場合には各杭に負担する水平力は異なる

1.3.5 各種杭

- ☆ 既製杭の許容圧縮力は杭の長さ径比に応じて低減する
- ☆ 既製杭の支持力においては、埋め込み工法（予め孔を掘る、静か）の場合は打撃工法の場合よりも低く設定
- ☆ 既製杭の溶接継ぎ手が十分な施工管理のもとに溶接される場合は継ぎ手の耐力低下を考慮しない
- ☆ 杭の沈下量：埋め込み杭 > 打ち込み杭
- ☆ 先端支持力：打ち込み杭 > 埋込み杭（セメントミルク工法） > 現場打ちコンクリート杭
- ☆ 周面摩擦力度：現場打ちコンクリート杭 > 埋込み杭（セメントミルク工法） > 打ち込み杭
- ☆ アースドリル工法：現場打ちコンクリート杭、孔内に安定剤を注入すること
- ☆ 現場打ちコンクリート杭において、孔底のスライムは先端の支持力を低下させる
- ☆ 泥水中で現場打ちコンクリートを打設する場合の長期許容圧縮応力は1/4.5、泥水なしで1/4とする
- ☆ 鋼杭の腐食対策として、防錆塗装を行わず腐食分を予め見込んで杭の肉厚を増す方法もあり



1.3.6 基礎スラブの設計

- ☆ 沈下：即時沈下量は基礎の短辺長さ、沈下係数、基礎にかかる荷重に比例
- ☆ 沈下：底面積の異なる直接基礎に単位面積当たりに同一の荷重が作用する場合、底面積が大きいほうが即時沈下は大きい
- ☆ 沈下：地盤沈下・液状化等の地盤変状による影響も考慮し設計を行う
- ☆ 基礎形状：独立フーチング基礎では、採用時に不同沈下の心配がある場合には基礎ばりの剛性を高めておく
- ☆ 基礎形状：連続フーチング基礎では、地盤反力によって基礎ばりに生じる曲げモーメントの分布は上部構造のはりの逆になる
- ☆ 基礎形状：独立基礎よりもべた基礎の方が圧密沈下に関する許容沈下量は大きい
- ☆ 支持力：極限鉛直支持力＝基礎底面積×極限鉛直支持力度（地盤の粘着力+地盤自重+根入れ効果）
- ☆ 支持力：許容支持力度は基礎の根入れ深さが深いほど大きくなる
- ☆ 支持力：直接基礎の鉛直支持力を算定する際の地盤定数は、地盤の粘着力、地盤の内部摩擦角、根入れ部の土の重さを考慮
- ☆ 支持力：地下水位が高いほど直接基礎の支持力は低下する
- ☆ 支持力：許容支持力度は基礎底面の形状により変化、地震時の水平耐力は基礎底面と地盤の摩擦により生じる
- ☆ 基礎部重量の扱い：基礎構造に対する地震時設計外力算定時には基礎部の重量も考慮する
- ☆ 基礎部重量の扱い：基礎スラブの構造強度の検討時には基礎スラブの自重は（および埋め戻し土の重量も）含めない
- ☆ 基礎部重量の扱い：基礎にかかる固定荷重は基礎スラブ上の土被りも考慮
- ☆ 基礎構造に対する地震力は地盤の地震応答や地盤と基礎の動的相互作用の影響を加味する
- ☆ 直接基礎は上部構造からの水平力に対し、基礎底面と地盤との摩擦力により抵抗可能（ただし、液状化などがなければ）
- ☆ 基礎の変形角・傾斜角は上部構造に対する影響を確認するための項目である
- ☆ 傾斜地盤に基礎を設ける場合には傾斜への滑りだしの検討が必要、平坦地盤よりも耐力低下するので注意
- ☆ 設計時に考慮すべき荷重は、上部構造体からの軸力・水平力・曲げ、基礎自重、埋め戻しの土重量
- ☆ 異種基礎併用：異なる種類の基礎を併用する場合は不同沈下に注意
- ☆ 異種基礎併用：パイルド・ラフト基礎：パイル（杭）とラフト（直接）の併用基礎、両者が対抗、不同沈下には留意

1.3.7 擁壁

- ☆ 地下水位が高いほど地下外壁に作用する圧力は高い
- ☆ 作用する土圧は背面土の内部摩擦角が大きくなるほど小さくなる
- ☆ 擁壁の設計に用いる土圧は、主動土圧とし、必要に応じて地震動を考慮した土圧も検討する
- ☆ 受働土圧とは擁壁が土を押しつける側に移動しようとする際に擁壁に作用する
- ☆ 土圧係数：受働土圧（2～3） > 静止土圧（0.5） > 主動土圧（0.2～0.5）
- ☆ 地震時に作用する主動土圧は通常時の 20～30%増し程度（震度 $k=0.2$ 程度ならば）
- ☆ 擁壁背面に排水層を設けると土圧、水圧の低減
- ☆ 極端に地盤条件が変化する箇所に長く続く擁壁は 30m 毎に伸縮継ぎ手が必要
- ☆ 地下外壁に作用する土圧＝地表面荷重が無い場合の土圧＋地表面の等分布荷重に静止土圧係数を乗じた値
- ☆ 擁壁に作用する土圧は背面土の内部摩擦角から求めた主動土圧係数を用いて算定する
- ☆ 擁壁に作用する土圧の合力（分布荷重の集中荷重化）は基礎底部より鉛直上方 $H/3$ の位置に作用するものとして計算
- ☆ 擁壁基礎のすべりに対する抵抗力は土圧等による水平力の 1.5 倍を上回ること
- ☆ 安定モーメントは、土圧等による滑動モーメントの 1.5 倍を上回るように設計する
- ☆ 大地震の際にも滑動が生じないように設計を行う
- ☆ フーチング底面の滑動への抵抗力は、粘土質地盤よりも砂質地盤の方が大きい（摩擦係数が大きいから）
- ☆ 長い擁壁には伸縮継ぎ手が必要
- ☆ 擁壁背面の排水が困難な場合には水圧も考慮して設計を行う
- ☆ L 型擁壁のフーチング上の土の重量は、擁壁の転倒に対する抵抗として考慮することができる

