

## 1.2.6 荷重と外力

### (A) 力の組合せ

- 基本の5荷重：固定、積載、積雪、風、地震
  - ⇒ プラス2荷重：土圧、水圧
  
- 許容応力度設計とは：「材料が耐えうる応力度」 $\geq$ 「部材に生じる応力」なら安全
- 2つのシチュエーション：常時と非常時があります
  - ⇒ 常時の荷重を対象とした材料の普通の耐力における安全性確認（＝長期許容応力度設計）、材料の火事場の馬鹿力（短い時間しか耐えられません…）に期待した非常時の安全性確認（＝短期許容応力度設計）
  - ⇒ 非常時とは：大風、大地震、大雪（豪雪地域は常時になったりします）
  
- 荷重の組み合わせに関する問題
  - ⇒ 長期荷重に関する問題の留意点
    - 多雪地域：
  
  - ⇒ 短期荷重に関する問題の留意点
    - 短期荷重の加算：
  
    - 多雪地域での加算：

表 1-1 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

### (B) 固定荷重

- 固定荷重とは：建物自身の重さ（仕上げ等も含まれます）、材料ごとの単位重量に容量をかけて求めたり、部材ごとの重さを個別にカウントして合算したり…
  - ⇒ 構造種別単位重量：主な構造の荷重は基準法施行令第54条に記載
    - 普通コンクリート：23 [kN/m<sup>3</sup>]
    - 高強度コンクリート：23.5 [kN/m<sup>3</sup>]
    - 鉄筋：さらに+1 [kN/m<sup>3</sup>]（ゆえに普通コンクリート RC は 24、高強度コンクリート RC は 24.5 [kN/m<sup>3</sup>])



### (C) 積載荷重

- 積載荷重とは：床の上に載っているもの達（基本的には竣工後に入っていくる物  
品や人）、床面積に単位荷重をかける
  - ⇒ 単位荷重留意点その1（構造計算対象ごと）：採用値異なる
    - 構造計算対象ごと：
  - ⇒ 単位荷重留意点その2（室用途ごと）：用途別でも代入する値が異なる
    - 用途別傾向：
    - 倉庫の留意点：
  - ⇒ 複層（複数階）の建物：支えるフロア数に応じて積載荷重の低減が可
    - そのまま全フロア分を足していくと最下層の荷重が非常に大きくなる  
ので…、複数階を支える柱の圧縮力算定時には、支えるフロア数に応じて  
積載荷重の低減が可能（0.6倍まで、劇場・映画館・集会所、倉庫は除く）
  - ⇒ 限界耐力計算時：限界耐力計算とは、とんでもない荷重に対して材料強度のフル  
スペックで勝負をしようとする安全性確認法、対象となる荷重は地震と風  
のみ（地震は5倍、風は1.6倍）
    - 限界耐力計算時の積載荷重の扱い：

### (D) 積雪荷重

- 積雪荷重とは：
  - ⇒ 単位荷重：
  - ⇒ 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
  - ⇒ 多雪地域とは：垂直積雪量 1m 以上、もしくは積雪の年平均日数が 30 日  
以上の条件下の豪雪地域…
    - 多雪地域での積雪荷重の取り扱い：あまり雪が降らない地域では積雪荷  
重は短期荷重、多雪地域（豪雪地域）では常時荷重に分類（ただし 0.7 倍）  
され、さらに地震や風荷重とも合算されることもある（ただし 0.35 倍）
  - ⇒ 低減処置：



## (E) 風荷重

- 風荷重とは：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 (受風面積の  
ような概念)」
  - ⇒ 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 (Cf) × 速度圧 (q)
    - 風力係数の留意点：

→ 速度圧 (q)：

⇒ 地表面粗度区分：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 (都市部はビルが乱立しているのでその抵抗により風は弱まります、局所的なビル風等は除く、また風の乱れに関しては都市部の方が大きいのですが…)

→  $E_r$  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、ゆえに E は平坦な地域のほうが大

→  $E_r$  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

→  $G_f$ ：ガスト影響係数、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

→ E：平坦な地域ほど値が大きい ( $E_r$  を 2 乗するので  $G_f$  よりも影響が大きい)

⇒ 風を受けた際の建物の挙動：



(F) 地震荷重

- 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：

⇒ 地震層せん断力係数 ( $C_i$ )：

→ 地域係数：

→ 振動特性係数：

→ 高さ分布係数：

→ 標準せん断力係数：

- 地下部分の地震層せん断力：地下部分の地震力+地上最下層の地震層せん断力  
⇒ 地下部分の地震力：

- 突出部の地震層せん断力：

- 耐震性の検証：保有水平耐力計算や限界耐力計算等もあるが、詳しくは後日…

1.2.7 構造設計 ⇒ 第8回講義にて



## 1.3 地盤と基礎

### 1.3.1 地盤

#### (A) 土粒子

- **粒形**：粒径の大小程度はチェックしておいてください（砂>シルト>粘土）

#### (B) 地盤の種類

- 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  
⇒ **地盤の固有周期**：

#### (C) 地盤調査

- 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  
⇒ **調査時の留意点**：  
  
⇒ **地盤の支持力**：
- 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）  
⇒ **N 値**：
- 圧縮試験：サンプリングを行った試料（筒状になっていますよ）に実験室において加圧し特性を把握  
⇒ **加圧条件**：
- 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水平耐力をチェック（主に杭基礎の耐力算定に用いる）  
⇒ **調査時の留意点**：
- 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  
⇒ **調査時の留意点**：



## (D) 砂と粘土の比較

- 耐力の発現：砂質土は内部摩擦角、粘性土は粘着力により耐力が生じる
  - ⇒ 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）
- 沈下：粘性土では圧密沈下、砂質土では即時沈下が生じる
  - ⇒ **圧密沈下**：
  - ⇒ **即時沈下**：

表 1-2 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

- ・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）

- 液状化とは：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）
  - ⇒ **液状化の注意が必要な条件**：
- 液状化判定：貫入試験用サンブラーでの採取も可能
  - ⇒ **判定が必要な条件**：

## 1.3.2 基礎の設計

### (A) 直接基礎

- 直接基礎の検討
  - ⇒ **許容地耐力**：「許容支持力 (Ra)」と「許容沈下量」のいずれか小さい方
    - 許容支持力 (Ra)：地盤がせん断破壊する際の極限支持力 (Ru) を所定の安全率で割った値（例えば長期ならば安全率は 3）
      - 極限支持力 (Ru)：極限鉛直支持力度×基礎底面積
      - 極限鉛直支持力度 (qa)：算定には「支持力算定式」「平板載荷試験」「地盤種別の許容応力度表」がある



➤ 地盤の許容支持力（鉛直支持力度）算定：

⇒ 支持力式による

→ 長期： $q_a = \frac{1}{3}(i_c \alpha C N_c + i_r \beta \gamma_1 B N_\gamma + i_q \gamma_2 D_f N_q)$

➤ 土質調査結果をもとに算定、粘着力/内部摩擦角/基礎形状/地盤傾斜補正/地盤重量/基礎底面最小幅/根入れ効果の影響を加味(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)

→ 短期： $q_a = \frac{2}{3}(i_c \alpha C N_c + i_r \beta \gamma_1 B N_\gamma + i_q \gamma_2 D_f N_q)$

➤ ⇒ 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≠長期×2」

→ 許容応力度が低くなる条件：粘着力低い/内部摩擦角小さい/基礎底面小さい(特に短辺側が短い)/地盤が傾斜している/地盤が軽い/根入れ深さが浅い

⇒ 平板載荷試験に基づく

→ 長期： $q_a = q_t + \frac{1}{3} N' \gamma_2 D_f$       → 短期： $q_a = 2q_t + \frac{1}{3} N' \gamma_2 D_f$

➤ 短期許容応力度はこちらも2倍にはなりません

➤ 地盤の特性

⇒ 傾斜地：

⇒ 地震時：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

(B) 杭基礎

➤ 杭の分類：

⇒ 支持による分類：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

⇒ 工法による分類

表 1-3 杭の分類（工法）

既製杭	打込工法	打撃工法
		プレボーリング併用打撃工法
	圧入工法	埋込み法
		回転貫入工法
	埋込工法	プレボーリング工法
		中掘工法
現場打ちコンクリート杭	アースドリル工法	
	リバースサーキュレーションドリル工法	
	オールケーシング工法	



(C) 杭の支持力算定式

- 杭の支持力：

(D) 杭の支持力に影響する要素

- 群杭：

負の摩擦力：

(E) 杭の水平耐力

- 杭に作用する水平力：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
  - ⇒ 地震時に作用する水平力は、建物規模/根入れ深さによって低減可能
  - ⇒ 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）
- 杭頭に生じる応力：曲げモーメントに留意
  - ⇒ 応力の大小：
- 杭頭に生じる水平変位：水平荷重を受けることにより水平方向へ変形が生じる
  - ⇒ 水平変位が小さくなる条件：





(F) 水平載荷試験による杭の水平耐力の確認

- 杭の水平耐力の確認：水平載荷試験により水平耐力を確認
  - ⇒ 水平地盤反力係数：

(G) 留意すべき事項

- 杭の引き抜き
  - ⇒ 杭基礎引き抜き荷重：

(H) 各種杭

- 先端支持力：ガンガン打ち込むと先端固まる、沈下量：先端支持力と逆、周面摩擦力：ガンガン打ち込むと周面滑らか
  - ⇒ 先端支持力：
  
- ⇒ 沈下量：埋め込み>打ち込み（打ち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：

1.3.3 基礎スラブの設計

- 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：
  
- ⇒ 沈下の限界値：
  
- 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）
  - ⇒ 支持力の傾向：根入れが深いほど支持力大、地下水位高いと支持力低
  
  - ⇒ 地震時の支持力：基礎底面と地盤の摩擦による（液状化は生じていないこと）



- 基礎部分重量の扱い：基礎構造設計時と地震荷重計算時で異なるので留意
  - ⇒ 基礎構造設計時：
  
  - ⇒ 地震荷重算定時：
  
- 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
  - ⇒ 異種基礎：
  
  
  - ⇒ パイルドラフト基礎：

#### 1.3.4 擁壁

##### (A) 荷重

- 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
- 水圧：地下水位以深の部分は水圧も考慮、地下水位が高いほど地下外壁に作用する圧力は高い
  - ⇒ 低減：
  
- 土圧
  - ⇒ 土圧係数：
    - 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

##### (B) 設計

- 安全性の確認：転倒と滑りを検証
  - ⇒ 安定モーメント：
  
  
  - ⇒ 擁壁の抵抗力：

