

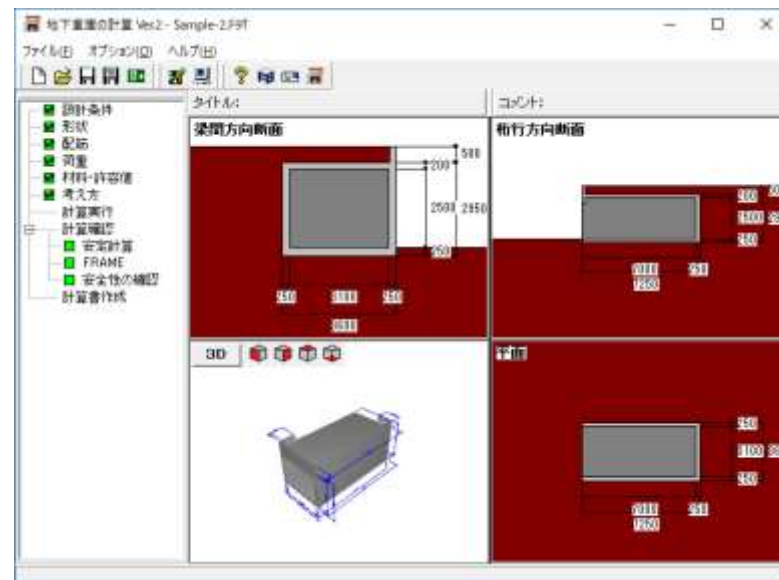
地下車庫の設計概要

II

地下車庫の設計概要

概要

- 「建築基準法」「鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説（2010改訂）」「建築基礎構造設計指針（2001改訂）」等に準じて鉄筋コンクリート製地下車庫（地下1階）を対象に長期・短期の設計を行います。
- 横方向、縦方向に対して「転倒チェック」、「地耐力チェック」、「滑り出しチェック」の安定計算を行ないます。
- 横方向に対してFRAME解析（屋根、床、左右壁のラーメンモデル）、版（後壁）により断面力を計算し、曲げに対する断面算定、せん断応力度照査を行います。



地下車庫の設計概要

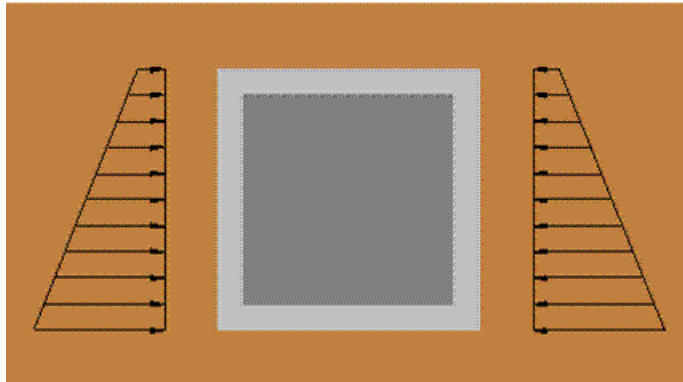
適用基準

建築基準法	
建築基準法施工令	
建築基準法等関連告示	
鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説	日本建築学会 2010年
鉄筋コンクリート構造計算用資料集(2001)	日本建築学会 2001年
建築基礎構造設計指針(2001改訂)	日本建築学会 2001年

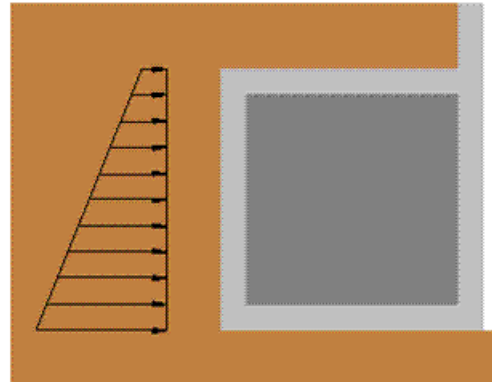
地下車庫の設計概要

作用土圧

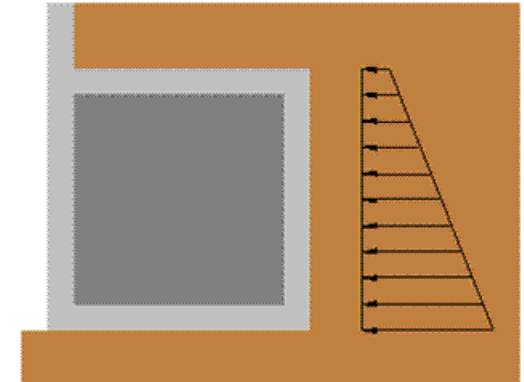
- 3種類から選択可能



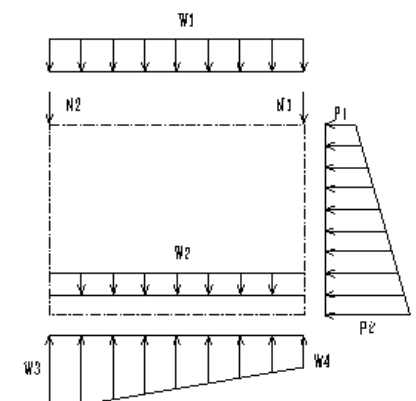
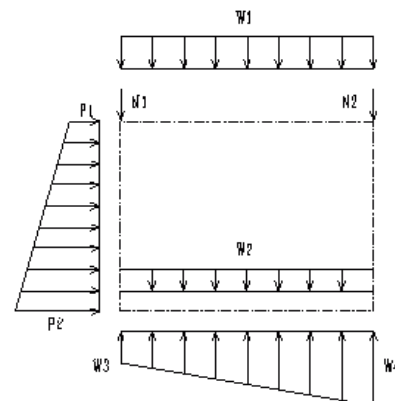
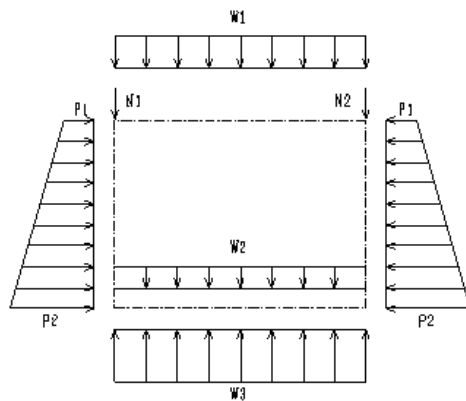
両側土圧



左側土圧



右側土圧



地下車庫の設計概要

土圧算定方法

- ・土圧係数は、「入力値」「クーロンの土圧係数（長期：クーロン式、短期：物部・岡部式）」から選択。

「クーロンの土圧係数」は、以下の式により求める。

長期 : クーロン式

$$K = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

短期 : 物部・岡部式

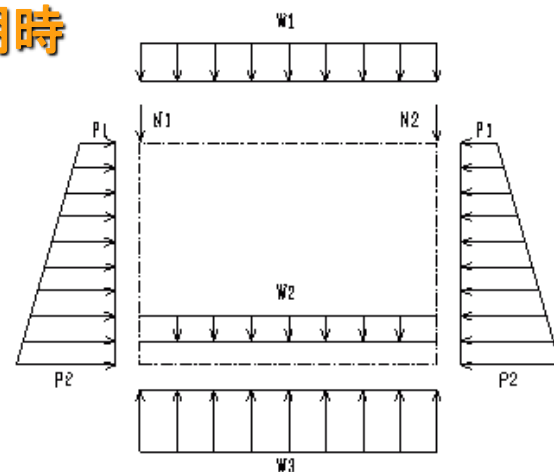
$$K = \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \theta)}{\cos(\theta) \cdot \cos^2(\alpha) \cdot \cos(\alpha + \delta + \theta) \cdot \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cdot \sin(\phi - \beta - \theta)}{\cos(\alpha + \delta + \theta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right)^2}$$

地下車庫の設計概要

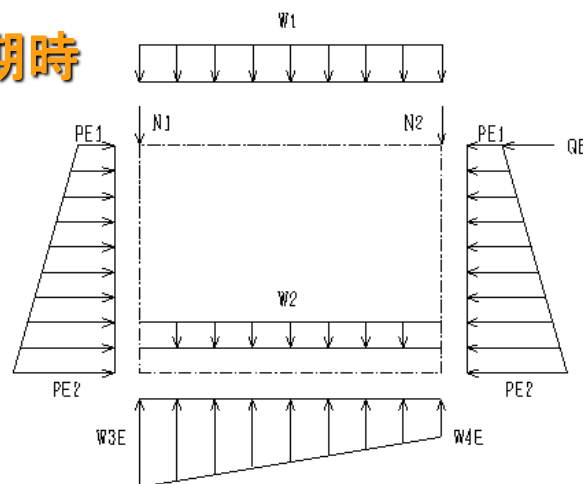
載荷状態

長期	鉛直荷重	W1 : 屋根自重+屋根の載荷荷重 W2 : 床自重+床の載荷荷重 W3 : 接地圧 W4 : 接地圧 N1 : 左壁自重 N2 : 右壁自重
	水平荷重	P1 : 土圧 P2 : 土圧
短期	鉛直荷重	W1 : 屋根自重+屋根の載荷荷重 W2 : 床自重+床の載荷荷重 W3E : 接地圧 W4E : 接地圧 N1 : 左壁自重 N2 : 右壁自重
	水平荷重	P1E : 土圧 P2E : 土圧 QE : 地震力

長期時



短期時



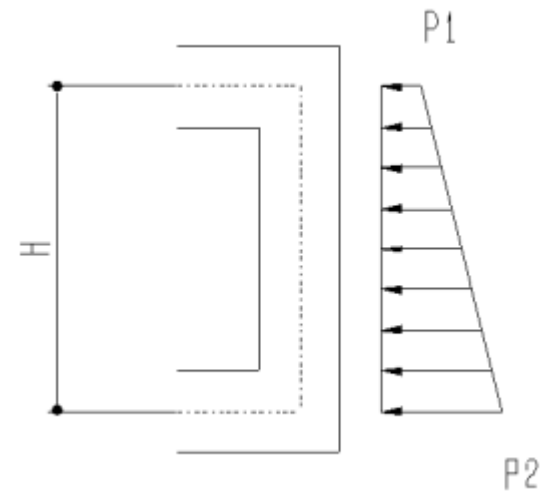
$QE' = \text{地上部設計水平震度} \times \text{地上部重量} +$
 $\text{地下部設計水平震度} \times \text{地下部重量}$

$QE = QE' / \text{桁行長}$

地下車庫の設計概要

載荷状態 後壁(スラブ計算)

長期	水平荷重	P1 : 土圧 P2 : 土圧
短期	水平荷重	P1 : 土圧 P2 : 土圧

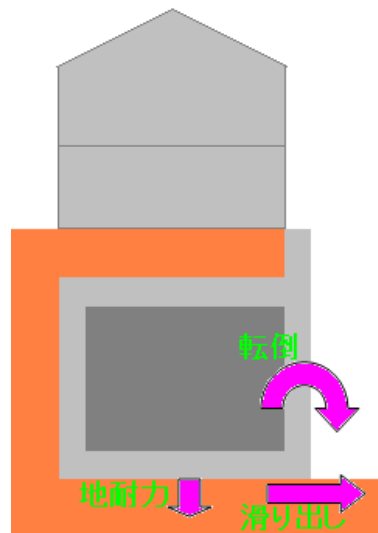


地下車庫の設計概要

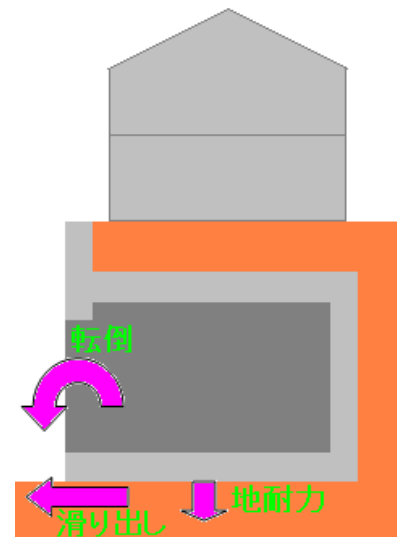
安定計算

- 転倒
 - 地耐力
 - 滑り出し
- 長期時、短期時それぞれ
横方向(X方向)及び縦方向(Y方向)検討

横方向



縦方向



地下車庫の設計概要

転倒チェック(安定計算)

(1) 転倒モーメント

$$M_t = \left\{ \frac{1}{3} \cdot P_S \cdot H + \frac{1}{2} \cdot P_T \cdot H \right\} \cdot L$$

M_t : 転倒モーメント (kN.m)

P_S : 等変分布水平土圧力 (kN/m)

P_T : 等分布水平土圧力 (kN/m)

H : 高さ (m)

L : 奥行き長 (m)

(2) 抵抗モーメント

次の式にて、屋根、床、左壁、右壁、後壁、パラペットの分を求めます。

$$M_r = \gamma_c \cdot W_w \cdot W_h \cdot W_d \cdot X$$

M_r : 抵抗モーメント (kN.m)

γ_c : コンクリートの単位重量 (kN/m³)

$W_{w, h, d}$: 幅, 高さ, 奥行き長 (m)

X : 重心までの距離 (m)

(3) 安全率F

$$F = \frac{M_r}{M_t}$$

地下車庫の設計概要

地耐力チェック(安定計算)

(1) 自重

次の式にて、屋根、床、右壁、左壁、後壁、パラペットの分を求めます。

なお床については、 W が大きくなる(σ_{max} が大きくなる)積載荷重を含んだものとなります。

$$W = \gamma_c \cdot W_w \cdot W_h \cdot W_d$$

W : 自重 (kN)

γ_c : コンクリートの単位重量 (kN/m³)

W_w, h, d : 幅, 高さ, 奥行き長 (m)

(2) 鉛直力の重心位置

鉛直力の重心位置は、抵抗モーメント算出時の基点からの水平距離となります。

なお抵抗モーメント、および鉛直力の床重量には、積載荷重を含んだものを使用します。

$$d = \frac{M_r - M_t}{\sum W}$$

d : 鉛直力の重心位置 (m)

M_r : 抵抗モーメント (kN.m)

M_t : 転倒モーメント (kN.m)

(3) 偏心量

偏心量は、底面中心から鉛直力の重心位置までの水平距離となります。

$$e = \frac{B}{2} - d$$

e : 偏心量 (m)

B : 底面幅 (m)

d : 鉛直力の重心位置 (m)

地下車庫の設計概要

地耐力チェック(安定計算)

(4) 接地圧

1) $|e| < B/6$ のとき

接地圧は台形分布となります。

$$\sigma_{\max} = \frac{\Sigma W}{B \cdot L} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot |e|}{B} \right)$$

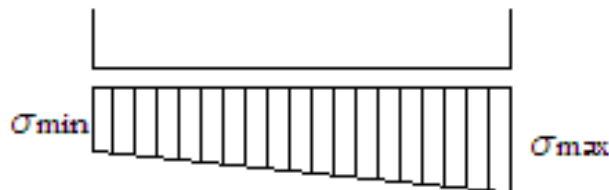
$$\sigma_{\min} = \frac{\Sigma W}{B \cdot L} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot |e|}{B} \right)$$

σ : 接地圧 (kN/m²)

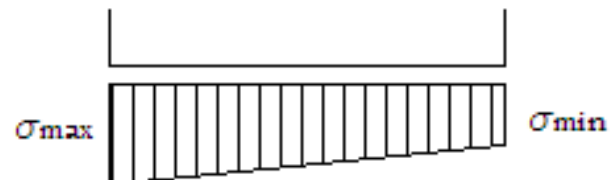
ΣW : 鉛直力 (kN)

L : 底面奥行き長 (m)

- 転倒モーメントが時計回り
(土圧と地震力が右向き)



- 転倒モーメントが反時計回り
(土圧と地震力が左向き)



地下車庫の設計概要

地耐力チェック(安定計算)

- 2) $B/6 \leq |e| < B/2$ のとき
接地圧は三角形分布となります。

$$\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot \sum W}{3 \cdot \left(\frac{B}{2} - |e| \right) \cdot L}$$

$$\sigma_{\min} = 0$$

$$x = 3 \cdot \left(\frac{B}{2} - |e| \right)$$

σ : 接地圧 (kN/m²)

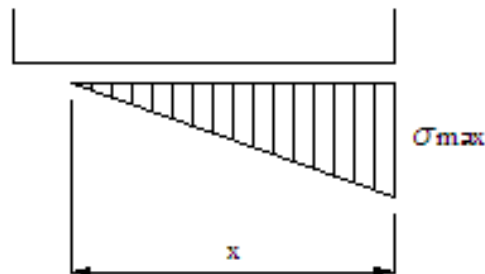
$\sum W$: 鉛直力 (kN)

B : 底面幅 (m)

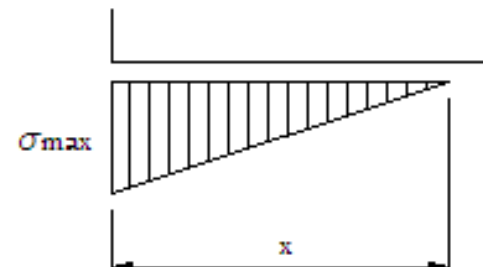
L : 底面奥行き長 (m)

e : 偏心量 (m)

- 転倒モーメントが時計回り
(土圧と地震力が右向き)



- 転倒モーメントが反時計回り
(土圧と地震力が左向き)



地下車庫の設計概要

地耐力チェック(安定計算)

- 3) $B/2 \leq |e|$ のとき
接地長が0(転倒して接地部がない状態)となるため、
解を求められません。

(5)判定

接地圧 $\sigma_{\max} \leq$ 地耐力

地下車庫の設計概要

滑り出しチェック(安定計算)

(1) 水平力

$$PAH = PA \cdot L$$

PAH: 水平力 (kN)

PA: 床底端の土圧力 (kN/m)

L: 奥行き長 (m)

(2) 摩擦抵抗

$$RH = W \cdot \mu + C \cdot A$$

RH: 摩擦抵抗 (kN)

W: 重量 (kN) μ : 摩擦係数

C: 土の粘着力 (kN/m²) A: 有効載荷面積 (m²)

(3) 安全率

$$F = \frac{RH}{PAH}$$

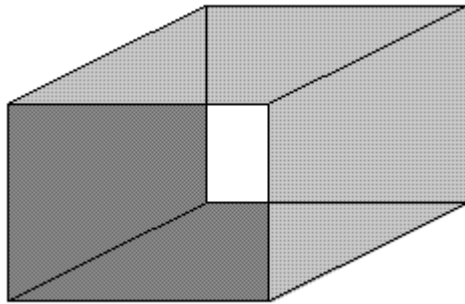
F: 安全率

地下車庫の設計概要

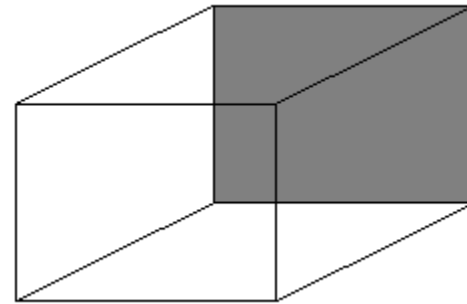
断面算定

- 曲げに対する断面算定
- せん断応力度

長期時、短期時それぞれ検討



梁間方向部材:ボックスラーメン



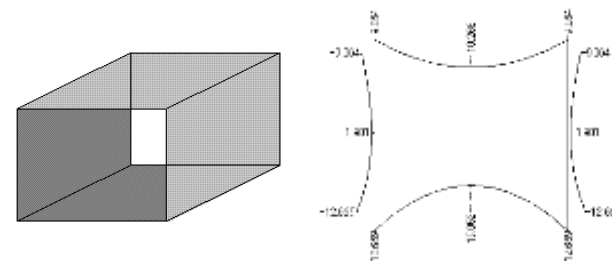
後壁:スラブ

地下車庫の設計概要

断面力の算出

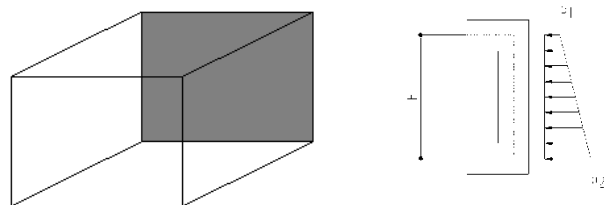
● 梁間方向

屋根、床、左右壁の部材中心線を軸線とし、
奥行き 1 m 当りで骨組み (FRAME) モデル化
部材線形の平面骨組み解析により断面力を算出

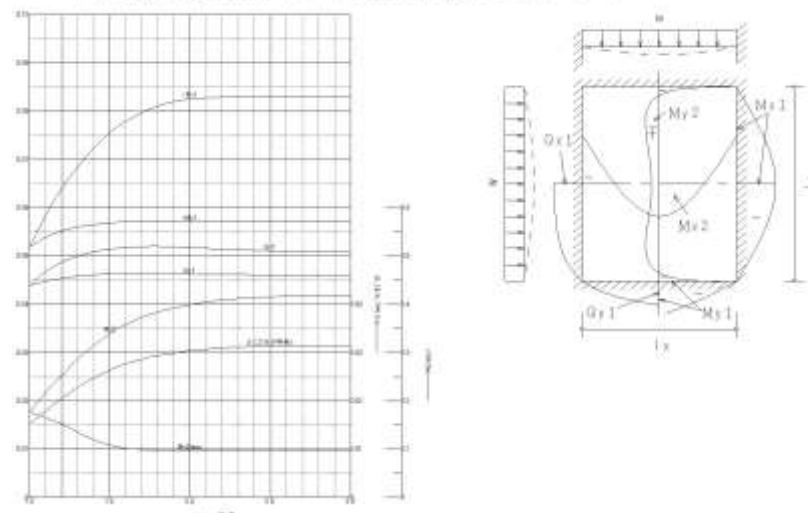


● 後壁

等分布荷重と等辺分布荷重の合成モーメントが作
用する四辺固定支持スラブとして算出



等分布荷重時四辺固定スラブの応力図と中央点のたわみ $(y=0)$



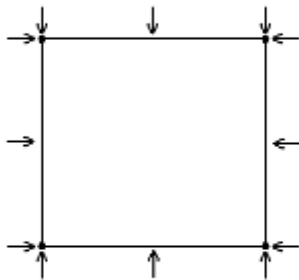
「鉄筋コンクリート構造計算用資料
集」に記述の「長方形スラブの応力
とたわみの関係」より算出

地下車庫の設計概要

照査位置

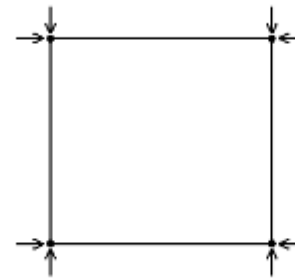
● 梁間方向

曲げ照査位置



両端部／中央

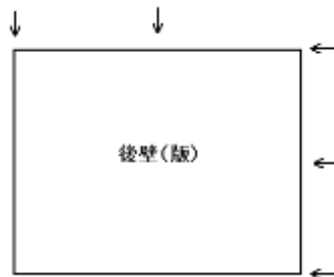
せん断照査位置



両端部

● 後壁

曲げ照査位置



鉛直方向
両端部／中央
水平方向
端部／中央

せん断照査位置



鉛直方向
両端部
水平方向
端部

地下車庫の設計概要

曲げに対する断面算定

許容曲げモーメントが設計曲げモーメント以上であることを照査し、あわせて使用鉄筋量が必要とされる鉄筋量以上であることを確認。
許容曲げモーメントは、引張鉄筋比と釣合鉄筋比の大小関係を考慮して算出

・引張鉄筋比

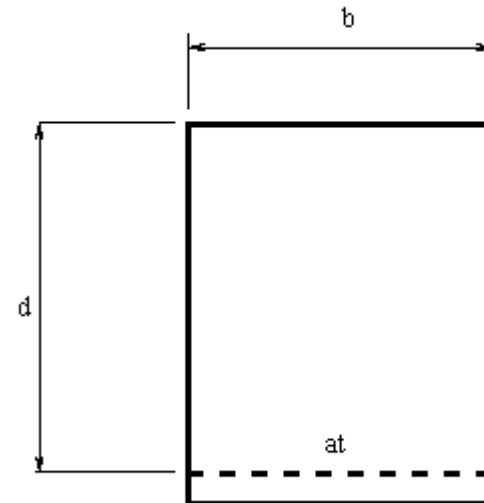
$$P_t = \frac{a_t}{b \cdot d}$$

P_t : 引張鉄筋比

a_t : 使用鉄筋量 (mm²)

b : 断面幅(=1000mm)

d : 有効せい (mm)



地下車庫の設計概要

曲げに対する断面算定

・**釣合鉄筋比** ……圧縮縁コンクリートの応力度と鉄筋の応力度がともに許容応力度となる状態

$$P_{tb} = \frac{1}{2 \cdot \left(1 + \frac{f_t}{n \cdot f_c} \right) \cdot \frac{f_t}{f_c}}$$

P_{tb} : 釣合鉄筋比

n : ヤング係数比

f_c : コンクリートの許容圧縮応力度 (N/mm²)

f_t : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

中立軸位置

$$x = \frac{f_c}{f_c + \frac{f_t}{n}} \cdot d \quad \dots \textcircled{1}$$

コンクリートに生じる圧縮力 = 鉄筋に生じる引張力

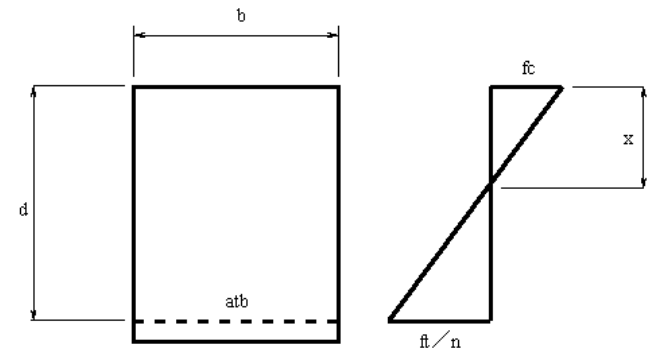
$$\frac{1}{2} \cdot f_c \cdot x \cdot b = f_t \cdot atb \quad \dots \textcircled{2}$$

②式に①式を代入してまとめると

$$\frac{atb}{b \cdot d} = \frac{1}{2} \cdot f_c \cdot \frac{f_c}{\left(f_c + \frac{f_t}{n} \right) \cdot f_t}$$

左辺は釣合鉄筋比

右辺をまとめたものが上記式



地下車庫の設計概要

曲げに対する断面算定

・許容曲げモーメント

◆ 引張鉄筋比 ≤ 釣合鉄筋比 の場合

$$M_a = a_t \cdot f_t \cdot j$$

M_a : 許容曲げモーメント (N.mm)

a_t : 使用鉄筋量 (mm²)

f_t : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)

j : 応力中心距離 (mm) = $7/8 \cdot d$ d : 有効せい (mm)

◆ 引張鉄筋比 > 釣合鉄筋比 の場合

圧縮縁コンクリートの応力度が許容応力度となるときの曲げモーメントを許容曲げモーメントとして算出

$$M_a = \frac{1}{2} \cdot f_c \cdot x \cdot b \cdot \left(d - \frac{x}{3} \right)$$

$$x = -\frac{n}{b} \cdot a_t + \sqrt{\left(\frac{n \cdot a_t}{b} \right)^2 + \frac{2 \cdot n \cdot a_t \cdot d}{b}}$$

f_c : コンクリートの許容圧縮応力度 (N/mm²)

b : 断面幅 (=1000mm)

x : 中立軸位置 (mm)

a_t : 使用鉄筋量 (mm²)

n : ヤング係数比

地下車庫の設計概要

曲げに対する断面算定

使用鉄筋量 \geq 必要鉄筋量であることを確認

・必要鉄筋量

設計曲げモーメントに対して、圧縮縁コンクリートおよび鉄筋の応力度が許容応力度以下となる最小の鉄筋量を必要鉄筋量 a_{t_req} として算出

必要鉄筋量の引張鉄筋比が釣合鉄筋比以下と仮定して以下で算出

$$a_{t_req} = \frac{M}{f_t \cdot j}$$

a_{t_req} : 必要鉄筋量 (mm²)
 M : 設計曲げモーメント (N.mm)
 f_t : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm²)
 j : 応力中心距離 (mm) $= 7/8 \cdot d$ d : 有効せい (mm)

上記で求めた a_{t_req} による引張鉄筋比が釣合鉄筋比を超える場合は、圧縮縁コンクリートの応力度が許容応力度となるときの鉄筋量を求め、これを必要鉄筋量とする

$$a_{t_req} = \frac{\frac{1}{2} \cdot b \cdot x^2}{n \cdot (d - x)}$$

b : 断面幅 (=1000mm)
 x : 中立軸位置 (mm)
 n : ヤング係数比

$$x = \frac{3 \cdot d - \sqrt{9 \cdot d^2 - \frac{24 \cdot M}{f_c \cdot b}}}{2}$$

地下車庫の設計概要

曲げに対する断面算定

長期時に最小鉄筋量を考慮する場合には、

- ・ $0.004 \cdot b \cdot d$ (b : 部材幅, d : 有効せい)
- ・ 必要鉄筋量の4/3倍

のうち小さい方の鉄筋量以上であることを確認

使用鉄筋量が必要とされる鉄筋量以上であることを鉄筋間隔で確認する場合は、次のようにして確認

$$\text{鉄筋間隔} \leq \text{部材幅} \div \text{必要とされる鉄筋量} \cdot \text{鉄筋 1 本の断面積}$$

地下車庫の設計概要

せん断に対する断面算定

せん断応力度が許容せん断応力度以下であることを照査（せん断応力度照査）

$$\tau = \frac{S}{b \cdot j} \leq \tau_a$$

τ :せん断応力度 (N/mm²)

S :設計せん断力 (kN)

b :断面幅 (=1000mm)

j :応力中心距離 (mm) = 7/8・ d

d :有効せい (mm)

地下車庫の設計概要



これにて「地下車庫の設計概要」の解説を終わります。