

(タイトル) ○○基礎検討書

件名： (件名) ○○設置工事

装置種別： (装置種別) ○○装置

(日付) ○○年○○月

--

§ 1. 一般事項	・・・・・・・・・・	P. 2
1) 概要		
2) 構造計算方針・準拠基準		
3) 使用材料及び許容応力度		
§ 2. 設計条件	・・・・・・・・・・	P. 3
1) 装置・基礎概略図		
2) 装置・基礎情報		
3) 地盤情報		
4) 地盤の許容応力度		
§ 3. 設計荷重の算出	・・・・・・・・・・	P. 6
1) 鉛直荷重算出		
2) 水平荷重算出		
3) 転倒モーメント算出		
§ 4. アンカーボルトの検討	・・・・・・・・・・	P. 9
§ 5. 転倒・滑動の検討	・・・・・・・・・・	P. 10
1) 転倒の検討		
2) 滑動の検討		
§ 6. 接地圧の検討	・・・・・・・・・・	P. 11
§ 7. 基礎の検討	・・・・・・・・・・	P. 12
1) 基礎形状により決まる定数		
2) 基礎に作用する荷重		
3) 下端筋側に作用する応力		
4) 上端筋側に作用する応力		
5) 基礎の断面検討		
6) コンクリートのせん断応力度		

§ 1. 一般事項

1) 概要

本書は、屋外に設置する設備機器を支持する基礎の構造安全性を検討したものである。

地震時に装置へ作用する水平力に対し、基礎の転倒および滑動、地盤の許容応力度に対する接地圧、アンカーボルトの引張・せん断を検討する。あわせて、基礎の主筋（曲げ・付着）およびコンクリートのせん断応力度について検討する。

2) 構造計算方針・準拠基準

- ・建築基準法・同施行令・規則・告示
- ・建築設備耐震設計・施工指針（一般財団法人 日本建築センター）
- ・建築基礎構造設計指針（日本建築学会）
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 2018年改定版（日本建築学会）

3) 使用材料及び許容応力度

基礎コンクリート	設計基準強度 (f_c)	21	[N/mm ²]
	単位重量 (γ_c)	24	[kN/m ³]

鉄筋・アンカーボルト

[単位: N/mm²]

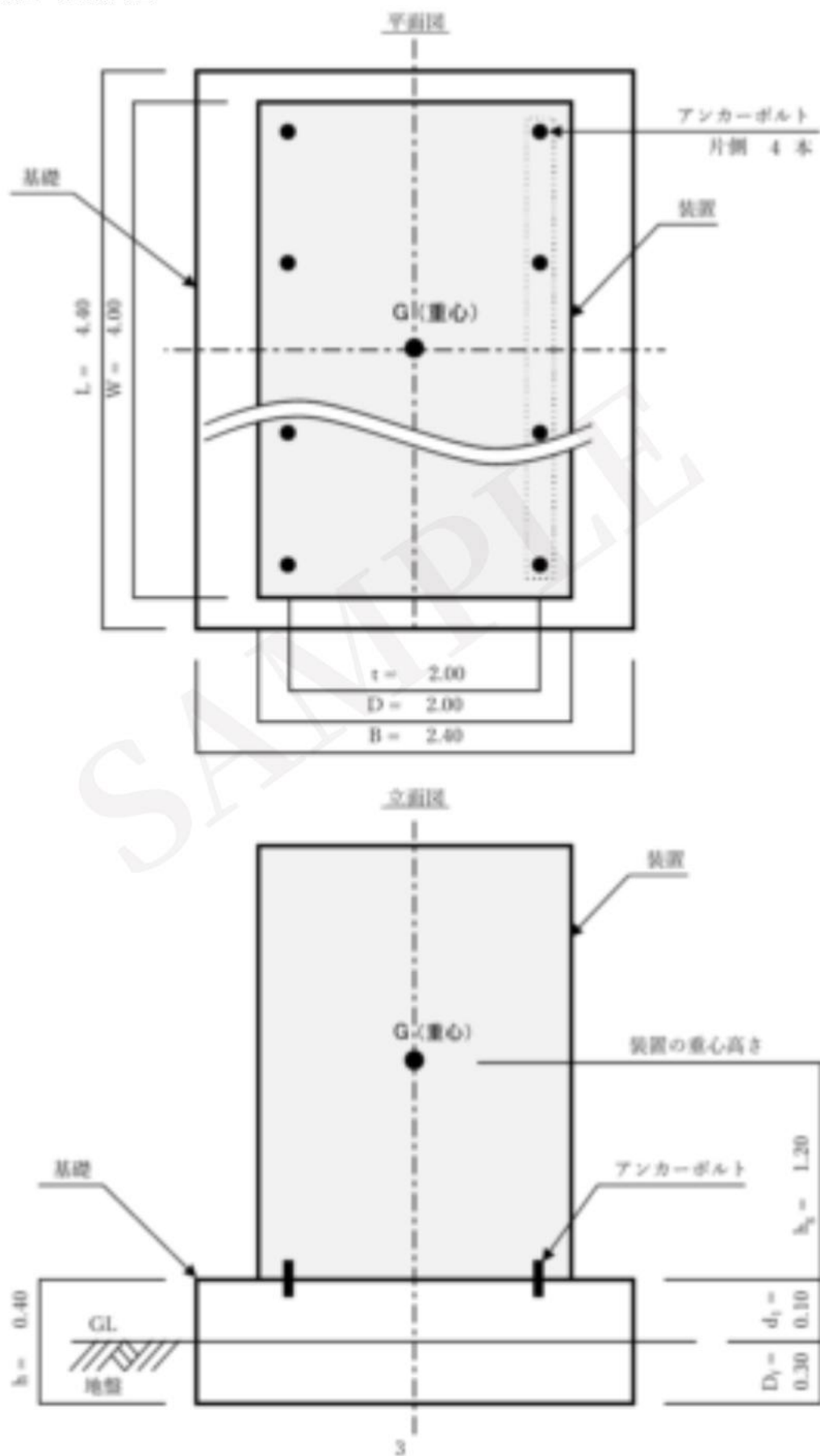
種別	長期					短期				
	圧縮	引張	せん断	付着		圧縮	引張	せん断	付着	
				上端	その他				上端	その他
コンクリート	7.00	—	0.70	1.40	2.10	14	—	1.05	2.10	3.15
SS400	157	157	90	—	—	235	235	135	—	—
SD295	195	195	113	—	—	295	295	170	—	—
SD345	215	195	132	—	—	345	345	199	—	—
SUS304	137	137	78	—	—	205	205	118	—	—

準拠規格一覧

- ・建築基準法施行令第91条、平成12年建設省告示第1450号
- ・鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 2018年版（日本建築学会）
- ・建築基準法施行令第90条、平成12年建設省告示第2464号
(一般鋼材式) (平成19年国土交通省告示第623号改正)
- ・JIS G3101、JIS G3112、JIS G4303、JIS G4321

§2. 設計条件

1) 装置・基礎概略図



※ 本書は書式・記載項目の確認用サンプルです。詳細な計算式は低解像度処理をしています。

2) 装置・基礎情報

① 装置情報

装置幅（長辺）	W	4.00	[m]
装置幅（短辺）	D	2.00	[m]
装置高さ	H	2.50	[m]
重心高さ	h_g	1.20	[m]
装置重量	W_p	10.00	[kN]

② 基礎情報

基礎幅（長辺）	L	4.40	[m]
基礎幅（短辺）	B	2.40	[m]
底面積	A	10.56	[m]
基礎厚	h	0.40	[m]
GL-	D_1	0.30	[m]
GL+	d_1	0.10	[m]

③ アンカーボルト

強度区分	SS400		
ボルトサイズ	ϕ	M12	
本数（片側）	N	4	[本]
間隔	t	2.00	[m]

④ 鉄筋

鉄筋サイズ	D13		
種別	SDX295		
主筋ピッチ	250		[mm]
かぶり	60		[mm]

3) 地盤情報

地盤種別	粘性土		
N値	20		
地下水位（GL-）	h_w	2.00	[m]
土の単位重量（12～18）	γ_1	16.0	[kN/m ³]
	γ_2	16.0	[kN/m ³]

4) 地盤の許容応力度

建築基準法施行令 第93条に掲げられる地盤の許容応力度

地盤	長期に生ずる力に対する 許容応力度 $[\text{kN/m}^2]$	短期に生ずる力に対する 許容応力度 $[\text{kN/m}^2]$
岩盤	1,000	長期に生ずる力に対する 許容応力度のそれぞれの 数値の二倍とする
固結した砂	500	
土丹盤	300	
密実な礫層	300	
密実な砂質地盤	200	
砂質地盤	50	
堅い粘土質地盤	100	
粘土質地盤	20	
堅いローム層	100	
ローム層	50	

地盤種別 : 0

- ・ 地盤の長期許容応力度

$$q_{aL} = \#N/A \quad [\text{kN/m}^2]$$

- ・ 地盤の短期許容応力度

$$q_{aS} = \#N/A \quad [\text{kN/m}^2]$$

4) 地盤の許容応力度

国土交通省告示 第1113号 (一) 算定式 (1) 項の式より地盤の許容応力度を求める

① 地盤許容応力度算定式

- ・ 地盤の長期許容応力度 $[\text{kN/m}^2]$

$$q_{aL} = \frac{1}{3} (i_c \alpha C N_c + i_\gamma \beta \gamma_1 B N_\gamma + i_q \gamma_2 D_f N_q)$$

- ・ 地盤の短期許容応力度 $[\text{kN/m}^2]$

$$q_{aS} = \frac{2}{3} (i_c \alpha C N_c + i_\gamma \beta \gamma_1 B N_\gamma + i_q \gamma_2 D_f N_q)$$

D_f	0.30	[m]	基礎に近接した最低地盤面から基礎荷重面までの深さ
	2	[倍]	地下水位を考慮する範囲 (基礎幅 $\times X$)
γ_1	16.0	$[\text{kN/m}^3]$	基礎荷重面下にある地盤の単位体積重量
	9.7	$[\text{kN/m}^3]$	地下水を考慮した体積単位重量
γ_2	16.0	$[\text{kN/m}^3]$	基礎荷重面より上方にある地盤の単位体積重量
	16.0	$[\text{kN/m}^3]$	地下水を考慮した体積単位重量

L	4.40	[m]	基礎底面形状が長方形の場合の長辺 [m]
B	2.40	[m]	基礎荷重面の短辺又は短径 [m]
α	1.11	形状係数	$\alpha = 1 + 0.2 \frac{B}{L}$
β	0.39		
			$\beta = 0.5 - 0.2 \frac{B}{L}$

地盤内部の摩擦角に応じて定まる支持力係数

ϕ	0	5	10	15	20	25	28	32	36	40度以上
N_c	5.1	6.5	8.3	11.0	14.8	20.7	25.8	35.5	50.6	75.3
N_γ	0.0	0.1	0.4	1.1	2.9	6.8	11.2	22.0	44.4	93.7
N_q	1.0	1.6	2.5	3.9	6.4	10.7	14.7	23.2	37.8	64.2

※中間の内部摩擦角は、表に掲げる数値をそれぞれ直線的に補間した数値とする

N_c	5.1
N_γ	0.0
N_q	1.0

傾斜角に応じて計算した数値 (長期は1.0) ※ θ が ϕ を超える場合は $\theta = \phi$

i_c, i_q	1.00	$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta}{90}\right)^2$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\phi}\right)^2$
i_γ	-		
θ	0.0	基礎に作用する荷重の鉛直方向に対する傾斜角	

国土交通省式		$\phi = \sqrt{15N} + 15$
ϕ	0	地盤の特性によって求められた内部摩擦角[度]
C	125	基礎荷重面下にある地盤の粘着力 $[\text{kN/m}^2]$
		粘性土の粘着力 (N値からの推定)

$$q_u = 12.5 \text{ N} \Rightarrow C = \frac{q_u}{2} = 6.25 \text{ N}$$

② 地盤許容応力度算定結果

- ・ 地盤の長期許容応力度

$$q_{as} = \frac{1}{3} \times (1.0 \times 1.11 \times 125.00 \times 5.1 + 1.0 \times 16.0 \times 0.30 \times 1.0)$$

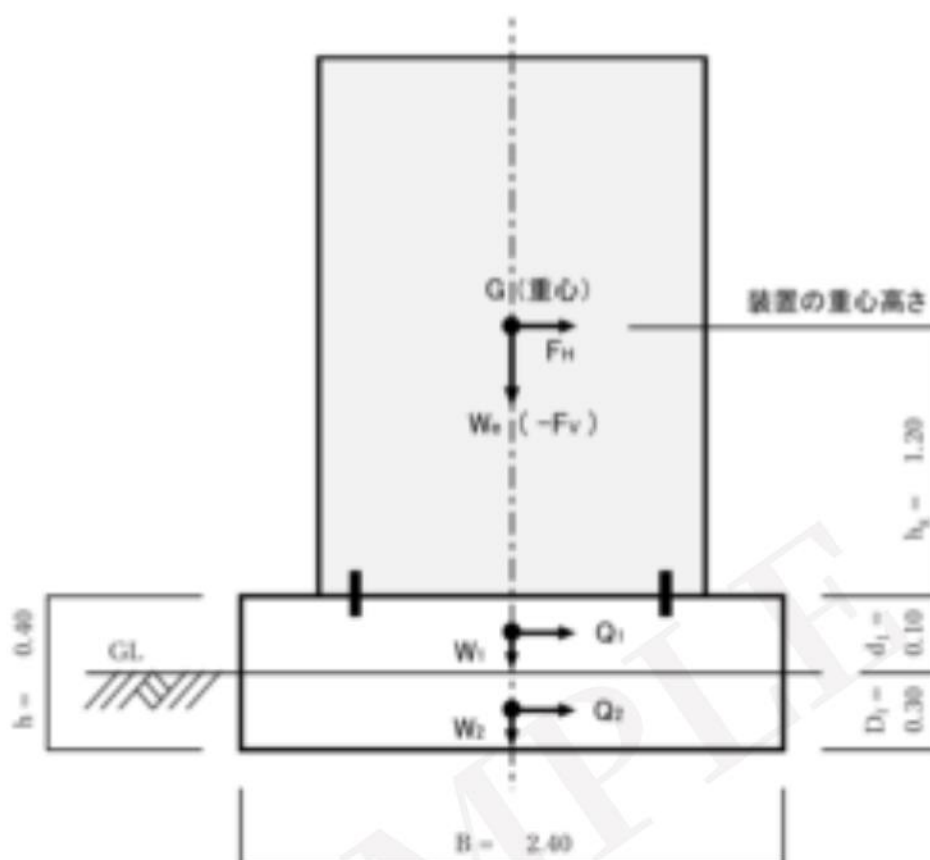
$$q_{as} = 1.6 \Rightarrow \underline{237 \text{ [kN/m}^2\text{]}}$$

- ・ 地盤の短期許容応力度

$$q_{as} = \frac{2}{3} \times (1.00 \times 1.11 \times 125.00 \times 5.1 + 1.00 \times 16.0 \times 0.30 \times 1.0)$$

$$q_{as} = 475.0 \Rightarrow \underline{475 \text{ [kN/m}^2\text{]}}$$

§ 3. 設計荷重の算出



※ 装置の平面の重心位置は中央とし、装置及び基礎の短辺方向の地震力について検討する

地震力の条件

設計用水平震度（地上部）

$K_1 = 0.6$

設計用水平震度（地下部）

$K_2 = 0.1$

設計用鉛直震度 $K_V = K_1 / 2$

$K_V = 0.3$ （アンカーボルト検討時使用）

1) 鉛直荷重算出

① 装置とコンクリート基礎の重量

・装置重量 (W_e) $W_e = 10.0 \quad [\text{kN}]$

・コンクリート基礎重量

(コンクリート基礎地上部)

$$W_1 = V_1 \times \gamma_c = 1.06 \times 24.0 = 25.3 \quad [\text{kN}]$$

(コンクリート基礎地中部)

$$W_2 = V_2 \times \gamma_c = 3.17 \times 24.0 = 76.0 \quad [\text{kN}]$$

② コンクリート基礎底面に作用する荷重 (ΣW)

$$\Sigma W = W_e + W_1 + W_2 = 111.4 \quad [\text{kN}]$$

2) 水平荷重算出 (地震力)

① 基礎に掛かる水平荷重

・装置の地震荷重 (Q_e)

$$F_H = K_1 \times W_e = 0.6 \times 10.0 = 6.0 \quad [\text{kN}]$$

・基礎地上部の地震荷重 (Q_1)

$$Q_1 = K_1 \times W_1 = 0.6 \times 25.3 = 15.2 \quad [\text{kN}]$$

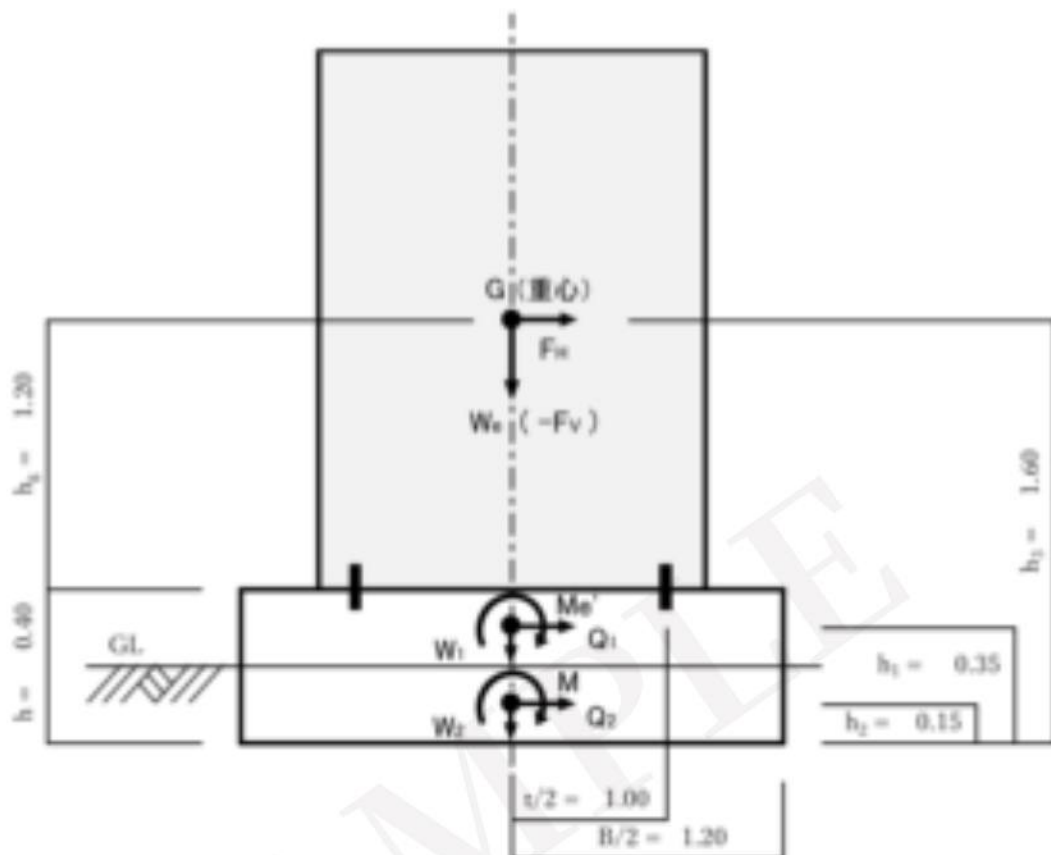
・基礎地中部の地震荷重 (Q_2)

$$Q_2 = K_2 \times W_2 = 0.1 \times 76.0 = 7.6 \quad [\text{kN}]$$

② 水平荷重の合計

$$\Sigma Q = F_H + Q_1 + Q_2 = 28.8 \quad [\text{kN}]$$

3) 転倒モーメント算出



① 長期転倒モーメント 作用しない

② 短期転倒モーメント

・基礎底面に作用する転倒モーメント (ΣM)

各水平荷重 × 基礎底面から水平荷重作用高さの合計

$$\begin{aligned}
 M_s &= F_H \times h_3 = 6.0 \times 1.60 = 9.6 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \\
 M_1 &= Q_1 \times h_1 = 15.2 \times 0.35 = 5.3 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \\
 M_2 &= Q_2 \times h_2 = 7.6 \times 0.15 = 1.1 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] \\
 \Sigma M &= M_s + M_1 + M_2 = 16.1 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}]
 \end{aligned}$$

§4. アンカーボルトの検討

使用アンカーボルト

強度区分

SS400

ボルトサイズ

ϕ

M12

本数 (片側)

N

4

[本]

間隔

t

200

[mm]

有効断面積

A_s

84

[mm²]

許容引張応力度 (短期)

f_t

235

[N/mm²]

許容せん断応力度 (短期)

f_v

135

[N/mm²]

1) せん断力の検討

- ・ アンカーボルト 1 本当たりのせん断力 (Q_b)

$$Q_b = F_H / 2N = 6.0 / 8 = 0.8 \quad [\text{kN}]$$

- ・ アンカーボルトのせん断応力度 (τ)

$$\tau = Q_b / A_s = 750 / 84 = 8.9 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\text{引張応力度比 } \tau / f_v = 8.9 / 135 = 0.07 \leq 1.0 \quad \dots \text{OK}$$

2) せん断力と引抜力を同時に受けるボルトの検討

- ・ 装置底面に作用する転倒モーメント (M_e') ※アンカーボルト検討時使用

$$M_e' = F_H \times h_k = 6.0 \times 1.20 = 7.2 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}]$$

- ・ 装置重量の鉛直地震荷重 (F_V)

$$F_V = W_e \times K_V = 10.0 \times 0.3 = 3.0 \quad [\text{kN}]$$

- ・ 抵抗モーメント (M_{er})

$$M_{er} = (W_e - F_V) \times (t/2) = 7.0 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}]$$

- ・ アンカーボルト 1 本当たりの引張力 (R_b)

$$R_b = (M_e' - M_{er}) / t / N$$

$$= 0.03 \quad [\text{kN}]$$

- ・ アンカーボルト引張応力度 (σ_t)

$$\sigma_t = R_b / A_s = 25.0 / 84 = 0.3 \quad [\text{N/mm}^2]$$

- ・ せん断力と引抜力を同時に受けるボルトの引張応力度 (f_{ts})

$$f_{ts} = 1.4 \times f_t - 1.6 \times \tau \quad \text{かつ} \quad f_{ts} \leq f_t$$

$$f_{ts} = 1.4 \times 235 - 1.6 \times 8.9 = 315 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$f_{ts} \leq f_t$ より

$$f_{ts} = 235 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\text{引張応力度比 } \sigma_t / f_{ts} = 0.3 / 235 = 0.00 \leq 1.0 \quad \dots \text{OK}$$

§ 5. 転倒・滑動の検討

1) 転倒の検討

- ・基礎底面に作用する短期転倒モーメント (ΣM)

$$\Sigma M = M_1 + M_2 + M_3 = 16.1 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}]$$

- ・抵抗モーメント (M_r)

不利となる短辺方向の抵抗モーメントについて検討する

$$M_r = \Sigma W \times B / 2 = 111.4 \times 1.20 = 133.6 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}]$$

- ・転倒に対する安全率 (F_m)

$$\begin{aligned} F_m &= M_r / \Sigma M = 133.6 / 16.1 \\ &= 8.3 > 1.5 \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

2) 滑動の検討

- ・基礎にかかる水平力 (ΣQ)

$$\Sigma Q = F_H + Q_1 + Q_2 = 28.8 \quad [\text{kN}]$$

- ・摩擦抵抗力 (R_h)

$$\mu = 0.40 \quad \text{基礎底面と地盤の摩擦係数}$$

$$R_h = \Sigma W \times \mu = 111.37 \times 0.40 = 44.6 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}]$$

- ・滑動に対する安全率 (F_m)

$$\begin{aligned} F_m &= R_h / \Sigma Q = 44.6 / 28.8 \\ &= 1.55 > 1.0 \quad \dots \text{OK} \end{aligned}$$

§ 6. 接地圧の検討

1) 長期接地圧の検討

・長期接地圧 (σ_L)

$$\begin{aligned}\sigma_L &= \Sigma W / A = 111.37 / 10.6 \\ &= 10.6 \leq 237 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \dots \quad \text{OK} \\ &\quad (q_{aL})\end{aligned}$$

2) 短期接地圧の検討

地震時短辺方向

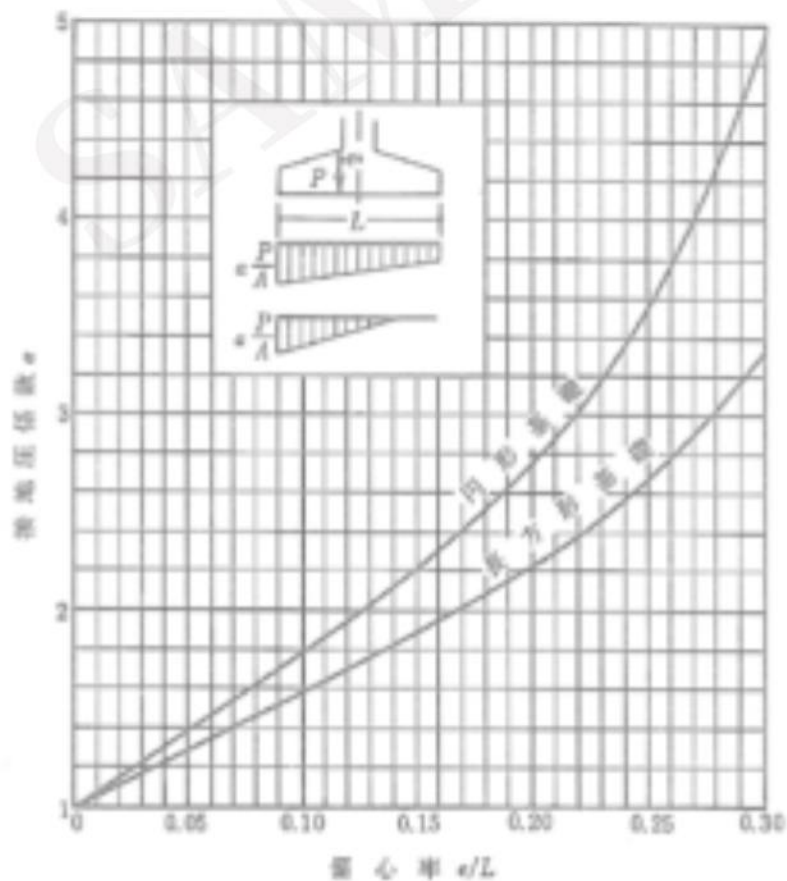
・偏心距離 (e)、接地圧係数 (α)

$$\begin{aligned}e &= \Sigma M / \Sigma W = 16.1 / 111.37 = 0.14 \quad [\text{m}] \\ e/B &= 0.14 / 2.40 = 0.058 \quad (\text{表1}) \text{より } \alpha = 1.35\end{aligned}$$

・短期接地圧 (σ_S)

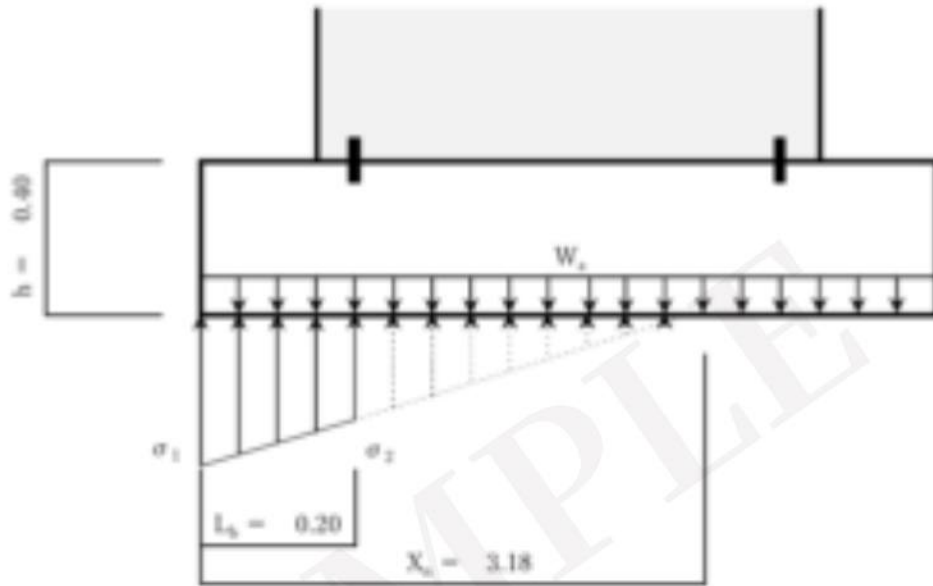
$$\begin{aligned}\sigma_S &= \alpha \times \Sigma W / A = 1.35 \times 111.4 / 10.6 \\ &= 14.2 \leq 475 \quad [\text{kN/m}^2] \quad \dots \quad \text{OK} \\ &\quad (q_{aS})\end{aligned}$$

(表1) ※参考図(記号は異なる)



§7. 基礎の検討

検討は、接地圧の高い短期の短辺方向について実施する。装置アンカーボルト位置から張出す片持ち梁として、単位幅（1.0m）当たりについて検討する。検討対象は主筋（曲げ・付着）およびコンクリートのせん断応力度のみとし、配力筋・ひび割れ・たわみの検討は対象外とする。下端筋は接地圧（基礎自重控除）による曲げに対し、上端筋は接地圧が作用しない状態での基礎自重による曲げに対して検討する。鉄筋はSD295とし、上端筋・下端筋は同一径・同一かぶりとするため、設計長さ L_b ・付着長さ l_b ・鉄筋径 d_b ・かぶり厚さ d_c ・有効せい d ・応力中心距離 j は上下端共通の値を用いる。



1) 使用鉄筋及び基礎形状により決まる定数

・使用する鉄筋（主筋）	SD295 D13 @ 250	
・鉄筋径	$d_b = 13$	[mm]
・断面積	$A_0 = 127.0$	[mm ²]
・かぶり厚さ	$d_c = 60$	[mm]
・設計長さ	$L_b = 0.20$	[m]
・付着長さ	$l_b = L_b - d_c = 140.0$	[mm]
・圧縮縁端から中立軸までの距離	$X_n = 3 \times (B / 2 - e) = 3.18$	[m]
・有効せい高さ	$d = h - d_c - d_b / 2 = 333.5$	[mm]
・応力中心距離	$j = d \times 7/8 = 291.8$	[mm]

2) 基礎に作用する荷重

- ・圧縮縁端における最大地盤反力（ σ_1 ）

$$\sigma_1 = 14.2 \quad [\text{kN/m}^2]$$

- ・アンカーボルトにおける地盤反力（ σ_2 ）

$$\sigma_2 = \sigma_1 \times (X_n - L_b) / X_n = 13.3 \quad [\text{kN/m}^2]$$

- ・基礎重量による荷重

$$W_s = h \times \gamma_c = 9.6 \quad [\text{kN/m}^2]$$

3) 下端筋側に作用する応力

① モーメント (M_{f1})

$$M_{f1} = (\sigma_2 - W_s) \times l_b^2 / 2 + (\sigma_1 - \sigma_2) \times l_b^2 / 3$$

$$= 4 \times 0.04 / 2 + 0.9 \times 0.04 / 3 = 0.1 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] / \text{m}$$

② 接地圧によるせん断力 (Q_{f1})

$$Q_{f1} = (\sigma_2 - W_s) \times l_b + (\sigma_1 - \sigma_2) \times l_b / 2$$

$$= 3.7 \times 0.20 + 0.9 \times 0.20 / 2 = 0.8 \quad [\text{kN}] / \text{m}$$

$$\sigma_2 - W_s = 13.3 - 9.6 = 3.7 \quad [\text{kN}/\text{m}^2]$$

$$\sigma_1 - \sigma_2 = 14.2 - 13.3 = 0.9 \quad [\text{kN}/\text{m}^2]$$

4) 上端筋側に作用する応力

① モーメント (M_{f2})

$$M_{f2} = W_s \times l_b^2 / 2$$

$$= 9.6 \times 0.20^2 / 2 = 0.2 \quad [\text{kN}\cdot\text{m}] / \text{m}$$

② 基礎自重によるせん断力 (Q_{f2})

$$Q_{f2} = W_s \times l_b = 9.6 \times 0.20 = 1.9 \quad [\text{kN}] / \text{m}$$

5) 基礎の断面検討

① 下端筋の検討 (ピッチ 250 mm、1m当たり $n = 4$ 本とする)

・付着の検討 [RC標準2018・16条]

$$\sigma_{d1} = M_{f1} / (n \times A_{d1} \times j) = 0.6 \quad [\text{N}/\text{mm}^2]$$

σ_{d1} : 下端筋の存在応力度

$$\tau_{d1} = \sigma_{d1} \times d_b / (4 \times l_b) \leq f_{td}$$

τ_{d1} : 下端筋の設計用付着応力度 (平均付着応力度)

$$f_{td}: \text{許容付着応力度 (短期・その他の鉄筋)} \quad f_{td} = 3.15 \quad [\text{N}/\text{mm}^2]$$

$$\tau_{d1} = 0.01 \leq 3.15 \quad [\text{N}/\text{mm}^2] \quad (\text{検定比 } 0.00) \quad \text{OK}$$

・必要鉄筋断面積 (A_{t1})

$$A_{t1} = \max (M_{f1} / (f_t \times j), \min (0.2\% \times b \times d, 4/3 \times \text{必要量}))$$

$$f_t: \text{鉄筋の許容引張応力度 (短期)} \quad f_t = 295 \quad [\text{N}/\text{mm}^2]$$

$$\text{鉄筋断面積}/\text{m}: n \times A_{d1} = 4 \times 127.0 = 508.0 \quad [\text{mm}^2] / \text{m}$$

$$M_{f1} / (f_t \times j) = 90,000 / (295 \times 291.8) = 1.1$$

$$0.2\% \times b \times d = 667 \quad b = 1,000\text{mm (単位幅)}$$

$$4/3 \times \text{必要量} = 1.4$$

$$A_{t1} = 1.4 \leq 508.0 \quad [\text{mm}^2] / \text{m} \quad (\text{検定比 } 0.00) \quad \text{OK}$$

② 上端筋の検討 (ピッチ 250 mm、1m当たり n = 4 本とする)

・付着の検討 [RC規準2018・16条]

$$\sigma_{\alpha} = M_{\alpha} / (n \times A_s \times j) = 1.3 \quad [\text{N/mm}^2]$$

σ_{α} : 上端筋の存在応力度

$$\tau_{\alpha} = \sigma_{\alpha} \times d_b / (4 \times l_b) \leq f_{\alpha 2}$$

$\tau_{\alpha 2}$: 上端筋の設計用付着応力度 (平均付着応力度)

$$f_{\alpha 2} : \text{許容付着応力度 (短期・上端筋)} \quad f_{\alpha 2} = 2.10 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\tau_{\alpha} = 0.03 \leq 2.10 \quad [\text{N/mm}^2] \quad (\text{検定比 } 0.01) \quad \text{OK}$$

・必要鉄筋断面積 (A_{s2})

$$A_{s2} = \max (M_{\alpha} / (f_t \times j), \min (0.2\% \times b \times d, 4/3 \times \text{必要量}))$$

$$f_t : \text{鉄筋の許容引張応力度 (短期)} \quad f_t = 295 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$\text{鉄筋断面積/m} : n \times A_s = 4 \times 127.0 = 508.0 \quad [\text{mm}^2] / \text{m}$$

$$M_{\alpha} / (f_t \times j) = 190,000 / (295 \times 291.8) = 2.2$$

$$0.2\% \times b \times d = 667 \quad b=1,000\text{mm (単位幅)}$$

$$4/3 \times \text{必要量} = 2.9$$

$$A_{s2} = 2.9 \leq 508.0 \quad [\text{mm}^2] / \text{m} \quad (\text{検定比 } 0.01) \quad \text{OK}$$

6) コンクリートのせん断応力度 (τ)

$$\tau = Q_d / (b \times j), \quad b=1000\text{mm (単位幅)}$$

$$f_s : \text{コンクリートの許容せん断応力度 (短期)} \quad f_s = 1.05 \quad [\text{N/mm}^2]$$

$$Q_d : \text{せん断力最大値} \quad Q_d = 1.9 \quad [\text{kN}] / \text{m} \Rightarrow [\text{N}] / \text{mm}$$

$$\tau = 1.9 / (291.8)$$

$$= 0.01 \leq 1.05 \quad [\text{N/mm}^2] \quad (\text{検定比 } 0.01) \quad \text{OK}$$