

構造計算例

鉄筋コンクリート造擁壁の構造計算例

1 常時

1 - 1 設計条件

(1) 擁壁の型式及び高さ

型 式:片持梁式鉄筋コンクリート造 L 型擁壁

擁壁の高さ: $H' = 3.00\text{m}$

擁壁の全高: $H = 3.50\text{m}$

(2) 外力

土圧の作用面は縦壁背面とする。

上載荷重 : $q = 10\text{kN/m}^2$

フェンス荷重 (水平力) : 1kN/m

(3) 背面土

土質の種類 : 関東ローム

土の単位体積重量 : $s = 16.0 \text{ kN/m}^3$

内部摩擦角 : $= 20.0$

粘着力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$

壁背面と土との摩擦角 : $= 10.00$ (透水マット使用時)

(透水マット: $1/2$ 、碎石: $2/3$)

壁背面と鉛直面とのなす角度: $= 2.73$

地表面と水平面とのなす角度: $= 0.00$

角度の単位「°」の表記は省略 (以下全て同様)

(4) 土圧 (常時)

クーロンの土圧式による。

(5) 支持地盤

土質の種類 : 関東ローム

内部摩擦角 : $= 20.0$

粘着力 : $C = 20.0 \text{ kN/m}^2$

許容地耐力 : $f_e = 100 \text{ kN/m}^2$

底面の摩擦係数 : $\mu = \tan 20.0 = 0.364$

(6) 材料の許容応力度 (常時)

コンクリート設計基準強度 : $28 = 21 \text{ N/mm}^2$

コンクリートの圧縮応力度 : $c_a = 7.0 \text{ N/mm}^2$

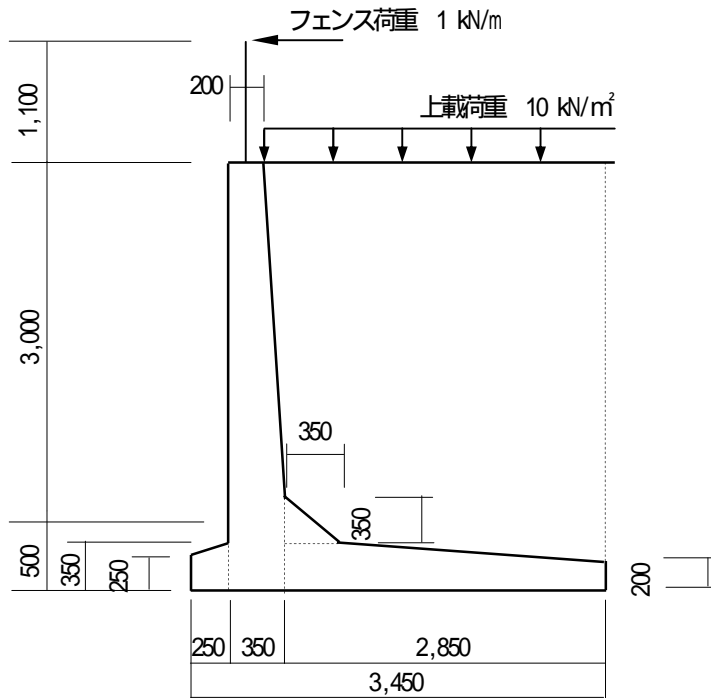
コンクリートのせん断応力度 : $c_a = 0.7 \text{ N/mm}^2$

鉄筋 (SD295) の引張応力度 : $s_a = 195.0 \text{ N/mm}^2$

(7) 単位体積重量

鉄筋コンクリート : $c = 24.0 \text{ kN/m}^3$

1 - 2 擁壁断面の形状・寸法及び荷重の計算（常時）



地表面と水平面とのなす角度 = 0.00
 壁背面と鉛直面とのなす角度 = 2.73
 擁壁全高さ H = 3.50m

(1) 自重

区分	面積 A (m ²)	単位重量 (kN/m ³)	重量 W (kN/m)	重心距離(m)		モーメント(kN・m/m)	
				x	y	W・x	W・y
たて壁	$3.150 \times (0.200 + 0.350) / 2 + 0.350 \times 0.350 = 0.989$	24.0	23.736	0.395		9.376	
かかと版	$2.850 \times (0.350 + 0.200) / 2 = 0.784$	24.0	18.816	1.895		35.656	
つま先版	$0.250 \times (0.350 + 0.250) / 2 = 0.075$	24.0	1.800	0.132		0.238	
ハンチ	$0.350 \times 0.350 / 2 = 0.061$	24.0	1.464	0.717		1.050	
背面土	$3.150 \times (2.850 + 3.000) / 2 + 2.850 \times 0.150 / 2 - 0.061 = 9.367$	16.0	149.872	2.012		301.542	
法面土							
前面土							
合計			195.688			347.862	

重心 x = $W \cdot x / W = 347.862 / 195.688 = 1.778\text{m}$

(2) 上載荷重

背面上載荷重・・・ $W = 10.00 \times 3.000 = 30.000\text{kN/m}$

(3) 擁壁に及ぼす土圧

ア 主働土圧係数 (KA)

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

$$= \frac{\cos^2(20.00 - 2.73)}{\cos^2 2.73 \cdot \cos(2.73 + 10.00) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(20.00 + 10.00) \cdot \sin(20.00 - 0.00)}{\cos(2.73 + 10.00) \cdot \cos(2.73 - 0.00)}} \right\}^2}$$

$$= 0.465$$

イ 背面土による土圧

$$PA = 1/2 \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H^2 = 1/2 \times 0.465 \times 16.0 \times 3.500^2 = 45.570 \text{ kN/m}$$

$$PAX = PA \cdot \cos(\alpha + \beta) = PA \cdot \cos(10.00 + 2.73)$$

$$= 45.570 \times 0.975 = 44.431 \text{ kN/m}$$

ウ 背面上載荷重による土圧

$$PA = K_A \cdot q \cdot H = 0.465 \times 10.0 \times 3.500 = 16.275 \text{ kN/m}$$

$$PAX = PA \cdot \cos(\alpha + \beta) = PA \cdot \cos(10.00 + 2.73) = 16.275 \times 0.975 = 15.868 \text{ kN/m}$$

エ 作用点の位置

$$PAX : y = H/3 = 3.500/3 = 1.167 \text{ m}$$

$$PAU : y = H/2 = 3.500/2 = 1.750 \text{ m}$$

(4) 荷重の集計

荷重の種類	鉛直力 V (kN/m)	水平力 H (kN/m)	作用点(m)		モーメント(kN・m/m)	
			x	y	V・x	H・y
自重(W)	195.688		1.778		347.862	
土圧(PA)		44.431		1.167		51.851
土圧(PA)		15.868		1.750		27.769
背面上載荷重	30.000		1.950		58.500	
前面上載荷重						
フェンス荷重		1.000		4.600		4.600
合計	225.688	61.299			406.362	84.220

自重(W)のモーメント V・x は 1 - 2 (1) 自重の表中 モーメント W・x の合計による。

1 - 3 安定性の検討 (常時)

(1) 転倒に対する検討

$$\text{抵抗モーメント } M_r = V \cdot x = 406.362 \text{ kNm/m}$$

$$\text{転倒モーメント } M_o = H \cdot y = 84.220 \text{ kNm/m}$$

$$\text{合力の作用位置 } d = (M_r - M_o) / V = (406.362 - 84.220) / 225.688 = 1.427 \text{ m}$$

$$\text{偏 心 距 離 } e = (B/2) - d = (3.450/2) - 1.427 = 0.298 \text{ m}$$

$$< B/6 = 3.450/6 = 0.575 \text{ m} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{転 倒 安 全 率 } F = M_r/M_o = 406.362/84.220 = 4.825 > 1.5 \quad \text{O.K.}$$

(2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

接地圧 ()

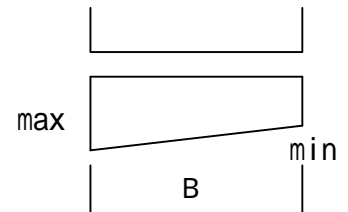
$$= (V/B) \cdot \{1 \pm (6e/B)\}$$

$$= (225.688/3.450) \times \{1 \pm (6 \times 0.298/3.450)\}$$

$$\text{max} = 99.320 \text{ kN/m}^2 < 100.0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{min} = 31.514 \text{ kN/m}^2$$

最小接地圧 (min) は中立軸までの距離の比から算出しています。



(3) 滑り出しに対する検討

$$\text{水平力の総和 } H = 61.299 \text{ kN/m}$$

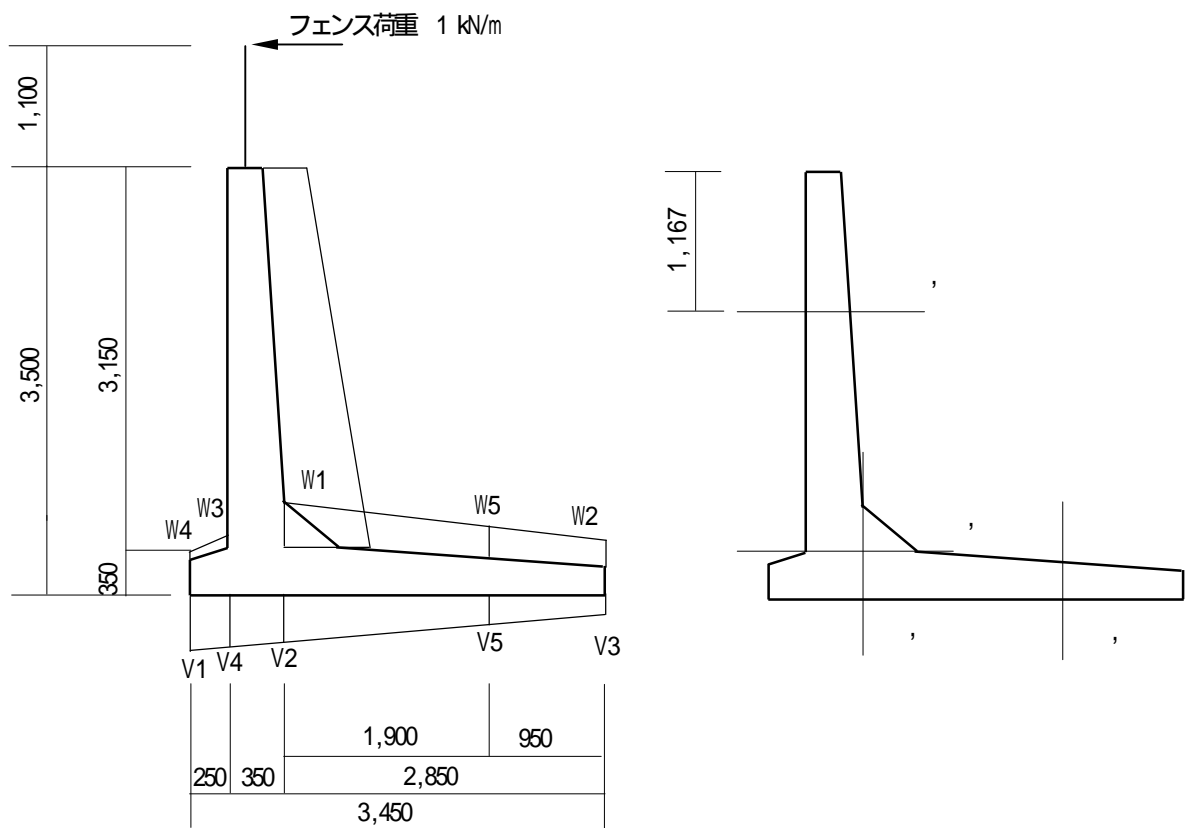
$$\text{滑動に対する抵抗力 } R_H = C \cdot B + V \cdot \mu$$

$$= 20.0 \times 3.450 + 225.688 \times 0.364$$

$$= 151.150 \text{ kN/m}$$

$$\text{滑 動 安 全 率 } F = R_H / H = 151.150/61.299 = 2.466 > 1.5 \quad \text{O.K.}$$

1 - 4 断面の検討 (常時)



中立軸までの距離

$$X_n = (B/2) \cdot [1 + \{B/(6e)\}] = (3.450/2) \times [1 + \{3.450/(6 \times 0.298)\}] = 5.053\text{m}$$

$$V_1 = 99.320\text{kN/m}^2 \quad V_4 = 94.406\text{kN/m}^2 \quad V_2 = 87.527\text{kN/m}^2 \quad V_5 = 50.181\text{kN/m}^2$$

$$V_3 = 31.508\text{kN/m}^2$$

$$W_1 = (3.150 \times 16.0) + (0.350 \times 24.0) + 10.00 = 68.800\text{kN/m}^2$$

$$W_5 = (3.250 \times 16.0) + (0.250 \times 24.0) + 10.00 = 68.000\text{kN/m}^2$$

$$W_2 = (3.300 \times 16.0) + (0.200 \times 24.0) + 10.00 = 67.600\text{kN/m}^2$$

$$W_3 = (0.350 \times 24.0) + 0.00 = 8.400\text{kN/m}^2$$

$$W_4 = (0.250 \times 24.0) + 0.00 = 6.000\text{kN/m}^2$$

(1) たて壁 (全高さの 2 / 3 部分) - ' ,

$$PAX=1/2 \cdot K_A \cdot s \cdot H^2 \cdot \cos(10.00 + 2.73)$$

$$=1/2 \times 0.465 \times 16.0 \times 1.167^2 \times 0.975=4.940\text{kN/m}$$

$$PAX=K_A \cdot q \cdot H \cdot \cos(10.00 + 2.73)=0.465 \times 10.0 \times 1.167 \times 0.975=5.291\text{kN/m}$$

フェンス荷重 $H=1\text{kN/m}$

$$M=PAX \cdot h + PAX \cdot h + H \cdot y$$

$$=\{4.940 \times (1.167/3) + 5.291 \times (1.167/2) + 1.000 \times 2.267\} \times 10^5=727596\text{Ncm/m}$$

$$S=PAX + PAX + H=(4.940 + 5.291 + 1.000) \times 10^3=11231\text{N/m}$$

$$D=25.556\text{cm} \quad c=6\text{cm} \quad d'=6+1.6/2=6.8\text{cm}$$

D16を仮定 (断面積 $s=1.986\text{cm}^2$ 周長 5.0cm)

$$d=D-d'=18.756\text{cm} \quad j_1=d \times 7/8=16.412\text{cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

許容引張応力度 $f_t=19500\text{N/cm}^2$ 許容付着応力度 $f_a=140.00\text{N/cm}^2$

$$\text{面積 } a_t=M/(f_t \cdot j_1)=727596/(19500 \times 16.412)=2.273\text{cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長 } =S/(f_a \cdot j_1)=11231/(140.00 \times 16.412)=4.888\text{cm/m}$$

$$\text{ピッチ } 1000 \times 1.986/2.273 = 873.74\text{mm@} \quad \dots \text{面積から}$$

$$1000 \times 5.0/4.888 = 1022.91\text{mm@} \quad \dots \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D16-250@ とする。

$$A_s=1.986 \times 1000/250=7.944\text{cm}^2/\text{m} > 2.273\text{cm}^2/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$\text{この時 周長 } 5.0\text{cm} \times 1000/250=20.0\text{cm/m} > 4.888\text{cm/m} \quad \text{O.K}$$

$$n=15 \quad b=100\text{cm}$$

$$p=A_s/(b \cdot d)=794.400/(1000 \times 187.56)=0.00424$$

$$k=\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$=\{2 \times 15 \times 0.00424 + (15 \times 0.00424)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00424=0.299$$

$$j_2=1 - (k/3)=1 - (0.299/3)=0.900$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c=2M/(k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$$

$$=2 \times 7275960/(0.299 \times 0.900 \times 1000 \times 187.56^2)=1.537\text{N/mm}^2$$

$$< c_a=7.0\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・鉄筋の引張応力度

$$s=M/(A_s \cdot j_2 \cdot d)=7275960/(794.400 \times 0.900 \times 187.56)=54.259\text{N/mm}^2$$

$$< s_a=195\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c=S/(b \cdot j_2 \cdot d)=11231/(1000 \times 0.900 \times 187.56)=0.067\text{N/mm}^2$$

$$< c_a=0.7\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

(2) たて壁 (固定部) - ' ,

$$PAX=1/2 \cdot K_A \cdot s \cdot H^2 \cdot \cos(10.00 + 2.73)$$

$$=1/2 \times 0.465 \times 16.0 \times 3.150^2 \times 0.975=35.989\text{kN/m}$$

$$PAX=K_A \cdot q \cdot H \cdot \cos(10.00 + 2.73)$$

$$=0.465 \times 10.0 \times 3.150 \times 0.975=14.281\text{kN/m}$$

フェンス荷重 $H=1\text{kN/m}$

$$M=PAX \cdot h + PAX \cdot h + H \cdot y$$

$$=\{35.989 \times (3.150/3) + 14.281 \times (3.150/2) + 1.000 \times 4.250\} \times 10^5$$

$$=6453103\text{Ncm/m}$$

$$S = PAX + PAX + H = (35.989 + 14.281 + 1.000) \times 10^3 = 51270 \text{ N/m}$$

$$D = 35.00 \text{ cm} \quad c = 6 \text{ cm} \quad d' = 6 + 1.6/2 = 6.8 \text{ cm}$$

D16を仮定(断面積 $s = 1.986 \text{ cm}^2$ 周長 5.0cm)

$$d = D - d' = 28.20 \text{ cm} \quad j_1 = d \times 7/8 = 24.675 \text{ cm}$$

延長 1 m当たりの必要鉄筋量

許容引張応力度 $f_t = 19500 \text{ N/cm}^2$ 許容付着応力度 $f_a = 140.00 \text{ N/cm}^2$

$$\text{面積} \quad a_t = M / (f_t \cdot j_1) = 6453103 / (19500 \times 24.675) = 13.411 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長} \quad = S / (f_a \cdot j_1) = 51270 / (140.00 \times 24.675) = 14.842 \text{ cm/m}$$

$$\text{ピッチ} \quad 1000 \times 1.986 / 13.411 = 148.09 \text{ mm@} \quad \cdot \cdot \cdot \text{面積から}$$

$$1000 \times 5.0 / 14.842 = 336.88 \text{ mm@} \quad \cdot \cdot \cdot \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D16-125@ とする。

$$A_s = 1.986 \times 1000 / 125 = 15.888 \text{ cm}^2/\text{m} > 13.411 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$\text{この時 周長} \quad 5.0 \text{ cm} \times 1000 / 125 = 40.0 \text{ cm/m} > 14.842 \text{ cm/m} \quad \text{O.K}$$

$$n = 15 \quad b = 100 \text{ cm}$$

$$p = A_s / (b \cdot d) = 1588.800 / (1000 \times 282.00) = 0.00563$$

$$k = \{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$= \{2 \times 15 \times 0.00563 + (15 \times 0.00563)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00563 = 0.335$$

$$j_2 = 1 - (k/3) = 1 - (0.335/3) = 0.888$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c = 2M / (k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$$

$$= 2 \times 64531030 / (0.335 \times 0.888 \times 1000 \times 282.00^2) = 5.456 \text{ N/mm}^2$$

$$< c_a = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・鉄筋の引張応力度

$$s = M / (A_s \cdot j_2 \cdot d) = 64531030 / (1588.800 \times 0.888 \times 282.00) = 162.195 \text{ N/mm}^2$$

$$< s_a = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c = S / (b \cdot j_2 \cdot d) = 51270 / (1000 \times 0.888 \times 282.00) = 0.205 \text{ N/mm}^2$$

$$< c_a = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

(3) かかと版(固定部)

$$M_1 = (W_1 + 2 \cdot W_2) \cdot B^2 / 6 = (68.800 + 2 \times 67.600) \times 2.850^2 / 6 = 276.165 \text{ kNm/m}$$

$$S_1 = (W_1 + W_2) \cdot B / 2 = (68.800 + 67.600) \times 2.850 / 2 = 194.370 \text{ kN/m}$$

$$M_2 = (V_2 + 2 \cdot V_3) \cdot B^2 / 6 = (87.527 + 2 \times 31.508) \times 2.850^2 / 6 = 203.798 \text{ kNm/m}$$

$$S_2 = (V_2 + V_3) \cdot B / 2 = (87.527 + 31.508) \times 2.850 / 2 = 169.625 \text{ kN/m}$$

$$M = |M_1 - M_2| = |276.165 - 203.798| \times 10^5 = 7236700 \text{ Ncm/m}$$

$$S = |S_1 - S_2| = |194.370 - 169.625| \times 10^3 = 24745 \text{ N/m}$$

$$D = 35.00 \text{ cm} \quad c = 6 \text{ cm} \quad d' = 6 + 2.2/2 = 7.1 \text{ cm}$$

D19, D22を仮定(断面積 $s = 3.368 \text{ cm}^2$ 周長 6.5cm)

$$d = D - d' = 27.90 \text{ cm} \quad j_1 = d \times 7/8 = 24.413 \text{ cm}$$

延長 1 m当たりの必要鉄筋量

許容引張応力度 $f_t = 19500 \text{ N/cm}^2$ 許容付着応力度 $f_a = 140.00 \text{ N/cm}^2$

$$\text{面積} \quad a_t = M / (f_t \cdot j_1) = 7236700 / (19500 \times 24.413) = 15.201 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長} \quad = S / (f_a \cdot j_1) = 24745 / (140.00 \times 24.413) = 7.240 \text{ cm/m}$$

$$\text{ピッチ} \quad 1000 \times 3.368 / 15.201 = 221.56 \text{ mm@} \quad \cdot \cdot \cdot \text{面積から}$$

$$1000 \times 6.5 / 7.240 = 897.79 \text{ mm@} \quad \cdot \cdot \cdot \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D19,D22-125@ とする。

$$As=3.368 \times 1000/125=26.944\text{cm}^2/\text{m} > 15.201\text{cm}^2/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$\text{この時 周長 } 6.5\text{cm} \times 1000/125=52.0\text{cm}/\text{m} > 7.240\text{cm}/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$n=15 \quad b=100\text{cm}$$

$$p=As/(b \cdot d)=2694.400/(1000 \times 279.00)=0.00966$$

$$k=\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$=\{2 \times 15 \times 0.00966 + (15 \times 0.00966)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00966=0.413$$

$$j_2=1 - (k/3)=1 - (0.413/3)=0.862$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c=2M/(k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$$

$$=2 \times 72367000/(0.413 \times 0.862 \times 1000 \times 279.00^2)=5.223\text{N}/\text{mm}^2$$

$$< ca=7.0\text{N}/\text{mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・鉄筋の引張応力度

$$s=M/(As \cdot j_2 \cdot d)=72367000/(2694.4 \times 0.862 \times 279.00)=111.678\text{N}/\text{mm}^2$$

$$< sa=195\text{N}/\text{mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c=S/(b \cdot j_2 \cdot d)=24745/(1000 \times 0.862 \times 279.00)=0.103\text{N}/\text{mm}^2$$

$$< ca=0.7\text{N}/\text{mm}^2 \quad \text{O.K}$$

(4) かかと版 (かかと版幅の 2 / 3 部分)

$$M1=(W5 + 2 \cdot W2) \cdot (B/3)^2/6=(68.000 + 2 \times 67.600) \times 0.950^2/6=30.565\text{kNm}/\text{m}$$

$$S1=(W5 + W2) \cdot (B/3)/2=(68.000 + 67.600) \times 0.950/2=64.410\text{kN}/\text{m}$$

$$M2=(V5 + 2 \cdot V3) \cdot (B/3)^2/6=(50.181 + 2 \times 31.508) \times 0.950^2/6=17.027\text{kNm}/\text{m}$$

$$S2=(V5 + V3) \cdot (B/3)/2=(50.181 + 31.508) \times 0.950/2=38.802\text{kN}/\text{m}$$

$$M=|M1 - M2|=|30.565 - 17.027| \times 10^5=1353800\text{Ncm}/\text{m}$$

$$S=|S1 - S2|=|64.410 - 38.802| \times 10^3=25608\text{N}/\text{m}$$

$$D=25.00\text{cm} \quad c=6\text{cm} \quad d'=6+1.9/2=6.95\text{cm}$$

$$D19\text{を仮定 (断面積 } s=2.865\text{cm}^2 \text{ 周長 } 6.0\text{cm})$$

$$d=D-d'=18.05\text{cm} \quad j_1=d \times 7/8=15.794\text{cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

$$\text{許容引張応力度 } ft=19500\text{N}/\text{cm}^2 \quad \text{許容付着応力度 } fa=140.00\text{N}/\text{cm}^2$$

$$\text{面積 } at=M/(ft \cdot j_1)=1353800/(19500 \times 15.794)=4.396\text{cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長 } =S/(fa \cdot j_1)=25608/(140.00 \times 15.794)=11.581\text{cm}/\text{m}$$

$$\text{ピッチ } 1000 \times 2.865/4.396 = 651.73\text{mm}@ \quad \cdot \cdot \cdot \text{面積から}$$

$$1000 \times 6.0/11.581 = 518.09\text{mm}@ \quad \cdot \cdot \cdot \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D19-250@ とする。

$$As=2.865 \times 1000/250=11.46\text{cm}^2/\text{m} > 4.396\text{cm}^2/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$\text{この時 周長 } 6.0\text{cm} \times 1000/250=24.00\text{cm}/\text{m} > 11.581\text{cm}/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$n=15 \quad b=100\text{cm}$$

$$p=As/(b \cdot d)=1146.000/(1000 \times 180.50)=0.00635$$

$$k=\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$=\{2 \times 15 \times 0.00635 + (15 \times 0.00635)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00635=0.351$$

$$j_2=1 - (k/3)=1 - (0.351/3)=0.883$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c=2M/(k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$$

$$=2 \times 13538000 / (0.351 \times 0.883 \times 1000 \times 180.50^2) = 2.681 \text{N/mm}^2$$

$$< ca = 7.0 \text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・鉄筋の引張応力度

$$s = M / (As \cdot j_2 \cdot d) = 13538000 / (1146.000 \times 0.883 \times 180.50) = 74.119 \text{N/mm}^2$$

$$< sa = 195 \text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c = S / (b \cdot j_2 \cdot d) = 25608 / (1000 \times 0.883 \times 180.50) = 0.161 \text{N/mm}^2$$

$$< ca = 0.7 \text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

(5) つま先版 (固定部)

$$M1 = (W3 + 2 \cdot W4) \cdot B0^2 / 6 = (8.400 + 2 \times 6.000) \times 0.250^2 / 6 = 0.213 \text{kNm/m}$$

$$S1 = (W3 + W4) \cdot B0 / 2 = (8.400 + 6.000) \times 0.250 / 2 = 1.800 \text{kN/m}$$

$$M2 = (V4 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (94.406 + 2 \times 99.320) \times 0.250^2 / 6 = 3.053 \text{kNm/m}$$

$$S2 = (V4 + V1) \cdot B0 / 2 = (94.406 + 99.320) \times 0.250 / 2 = 24.216 \text{kN/m}$$

$$M = |M1 - M2| = |0.213 - 3.053| \times 10^5 = 284000 \text{Ncm/m}$$

$$S = |S1 - S2| = |1.800 - 24.216| \times 10^3 = 22416 \text{N/m}$$

$$D = 35.00 \text{cm} \quad c = 6 \text{cm} \quad d' = 6 + 1.6 / 2 = 6.8 \text{cm}$$

D16を仮定 (断面積 $s = 1.986 \text{cm}^2$ 周長 5.0cm)

$$d = D - d' = 28.2 \text{cm} \quad j_1 = d \times 7 / 8 = 24.675 \text{cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

$$\text{許容引張応力度 } ft = 19500 \text{N/cm}^2 \quad \text{許容付着応力度 } fa = 140.00 \text{N/cm}^2$$

$$\text{面積 } at = M / (ft \cdot j_1) = 284000 / (19500 \times 24.675) = 0.590 \text{cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長 } = S / (fa \cdot j_1) = 22416 / (140.00 \times 24.675) = 6.489 \text{cm/m}$$

$$\text{ピッチ } 1000 \times 1.986 / 0.590 = 3366.10 \text{mm@} \quad \dots \text{面積から}$$

$$1000 \times 5.0 / 6.489 = 770.53 \text{mm@} \quad \dots \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D16-250@ とする。

$$As = 1.986 \times 1000 / 250 = 7.944 \text{cm}^2/\text{m} > 0.590 \text{cm}^2/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$\text{この時 周長 } 5.0 \text{cm} \times 1000 / 250 = 20.00 \text{cm/m} > 6.489 \text{cm/m} \quad \text{O.K}$$

$$n = 15 \quad b = 100 \text{cm}$$

$$p = As / (b \cdot d) = 794.4 / (1000 \times 282.0) = 0.00282$$

$$k = \{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$= \{2 \times 15 \times 0.00282 + (15 \times 0.00282)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00282 = 0.252$$

$$j_2 = 1 - (k/3) = 1 - (0.252/3) = 0.916$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c = 2M / (k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$$

$$= 2 \times 2840000 / (0.252 \times 0.916 \times 1000 \times 282.0^2) = 0.309 \text{N/mm}^2$$

$$< ca = 7.0 \text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・鉄筋の引張応力度

$$s = M / (As \cdot j_2 \cdot d) = 2840000 / (794.400 \times 0.916 \times 282.00) = 13.840 \text{N/mm}^2$$

$$< sa = 195 \text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c = S / (b \cdot j_2 \cdot d) = 22416 / (1000 \times 0.916 \times 282.00) = 0.087 \text{N/mm}^2$$

$$< ca = 0.7 \text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

2 大地震時（水平力 = 慣性力 + 常時土圧）

大地震時において転倒・滑動・支持力度が安全率 1.0 以上、合力の作用位置が $B / 2$ 以内であり、かつ部材応力度が設計基準強度以下であることを照査する。

2 - 1 設計条件

(1) 外力

上載荷重 : $q = 10 \text{ kN/m}^2$

(2) 背面土

土質の種類 : 関東ローム
土の単位体積重量 : $s = 16.0 \text{ kN/m}^3$
内部摩擦角 : $= 20.0$
粘着力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
壁背面と土との摩擦角 : $= 10.00$
壁背面と鉛直面とのなす角度 : $= 2.73$
地表面と水平面とのなす角度 : $= 0.00$

(3) 土圧（大地震時）

クーロンの土圧式による。（水平震度 $K_h = 0.25$ ）

(4) 支持地盤

土質の種類 : 関東ローム
内部摩擦角 : $= 20.0$
粘着力 : $C = 20.0 \text{ kN/m}^2$
許容地耐力 : $f_e = 300 \text{ kN/m}^2$
底面の摩擦係数 : $\mu = \tan 20.0 = 0.364$

(5) 材料の許容応力度（大地震時）

コンクリート設計基準強度 : $28 = 21 \text{ N/mm}^2$
コンクリートの圧縮応力度 : $ca = 21.0 \text{ N/mm}^2$
コンクリートのせん断応力度 : $ca = 2.1 \text{ N/mm}^2$
鉄筋（SD295）の引張応力度 : $sa = 295.0 \text{ N/mm}^2$

(6) 単位体積重量

鉄筋コンクリート : $c = 24.0 \text{ kN/m}^3$

2 - 2 荷重の計算

(1) 自重

区分	面積 A (m ²)	単位重量 (kN/m ³)	重量 W (kN/m)	重心距離(m)		モーメント(kN・m/m)	
				x	y	W・x	W・y
たて壁	$3.150 \times (0.200 + 0.350) / 2 + 0.350 \times 0.350 = 0.989$	24.0	23.736	0.395	1.583	9.376	37.574
かかと版	$2.850 \times (0.350 + 0.200) / 2 = 0.784$	24.0	18.816	1.895	0.141	35.656	2.653
つま先版	$0.250 \times (0.350 + 0.250) / 2 = 0.075$	24.0	1.800	0.132	0.151	0.238	0.272
ハンチ	$0.350 \times 0.350 / 2 = 0.061$	24.0	1.464	0.717	0.467	1.050	0.684
背面土	$3.150 \times (2.850 + 3.000) / 2 + 2.850 \times 0.150 / 2 - 0.061 = 9.367$	16.0	149.872	2.012	1.901	301.542	284.907
法面土							
前面土							
合計			195.688			347.862	326.090

$$\text{重心 } x = W \cdot x / W = 347.862 / 195.688 = 1.778\text{m}$$

$$\text{重心 } y = W \cdot y / W = 326.090 / 195.688 = 1.666\text{m}$$

(2) 上載荷重

$$\text{背面上載荷重} \cdots W = 10.00 \times 3.000 = 30.000\text{kN/m}$$

(3) 擁壁に及ぼす土圧

ア 主働土圧係数

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

$$= \frac{\cos^2(20.00 - 2.73)}{\cos^2 2.73 \cdot \cos(2.73 + 10.00) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(20.00 + 10.00) \cdot \sin(20.00 - 0.00)}{\cos(2.73 + 10.00) \cdot \cos(2.73 - 0.00)}} \right\}^2}$$

$$= 0.465$$

イ 背面土による土圧

$$P_A = 1/2 \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H^2 = 1/2 \times 0.465 \times 16.0 \times 3.500^2 = 45.570\text{kN/m}$$

$$P_{AX} = P_A \cdot \cos(\alpha + \beta) = P_A \cdot \cos(10.00 + 2.73) = 45.570 \times 0.975 = 44.431\text{kN/m}$$

ウ 背面上載荷重による土圧

$$P_A = K_A \cdot q \cdot H = 0.465 \times 10.0 \times 3.500 = 16.275\text{kN/m}$$

$$P_{AX} = P_A \cdot \cos(\alpha + \beta) = P_A \cdot \cos(10.00 + 2.73) = 16.275 \times 0.975 = 15.868\text{kN/m}$$

エ 作用点の位置

$$P_{AX} : y = H/3 = 3.500/3 = 1.167\text{m}$$

$$P_{AX} : y = H/2 = 3.500/2 = 1.750\text{m}$$

(4) 荷重の集計 (大地震時)

安定性の検討に用いる地震時荷重は「地震時土圧による荷重」と「擁壁の自重に起因する地震時慣性力に常時の土圧を加えた荷重」のうち大きい方を採用する。

(水平力 = 慣性力 + 常時土圧)

荷重の種類	鉛直力 V (kN/m)	水平力 H (kN/m)	作用点(m)		モーメント(kN・m/m)	
			x	y	V・x	H・y
自重(W)	195.688	48.922	1.778	1.666	347.862	81.504
土圧(PA)		44.431		1.167		51.851
土圧(PA)		15.868		1.750		27.769
背面上載荷重	30.0000	7.500	1.950	3.500	58.500	26.250
前面上載荷重						
合計	225.688	116.721			406.362	187.374

自重(W)のモーメント V・x は 2 - 2 (1)自重の表中 モーメント W・x の合計による。

2 - 3 安定性の検討 (大地震時)

(1) 転倒に対する検討

抵抗モーメント $M_r = V \cdot x = 406.362 \text{ kNm/m}$

転倒モーメント $M_o = H \cdot y = 187.374 \text{ kNm/m}$

合力の作用位置 $d = (M_r - M_o) / V = (406.362 - 187.374) / 225.688 = 0.970 \text{ m}$

偏心距離 $e = (B/2) - d = (3.450/2) - 0.970 = 0.755 \text{ m}$

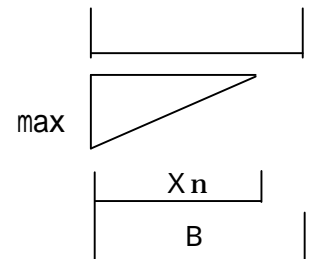
$< B/2 = 3.450/2 = 1.725 \text{ m} \quad 0.K$

転倒安全率 $F = M_r / M_o = 406.362 / 187.374 = 2.169 > 1.0 \quad 0.K$

(2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

最大接地圧

$$\begin{aligned} \max &= (V/B) \cdot [2 / \{3 \times (1/2 - e/B)\}] \\ &= (225.688 / 3.450) \times [2 / \{3 \times (1/2 - 0.755 / 3.450)\}] \\ &= 155.112 \text{ kN/m}^2 < 300.0 \text{ kN/m}^2 \quad 0.K \end{aligned}$$



(3) 滑り出しに対する検討

水平力の総和 $H = 116.721 \text{ kN/m}$

$X_n = 3 \{ (B/2) - e \} = 3 \times \{ (3.450/2) - 0.755 \} = 2.910 \text{ m}$

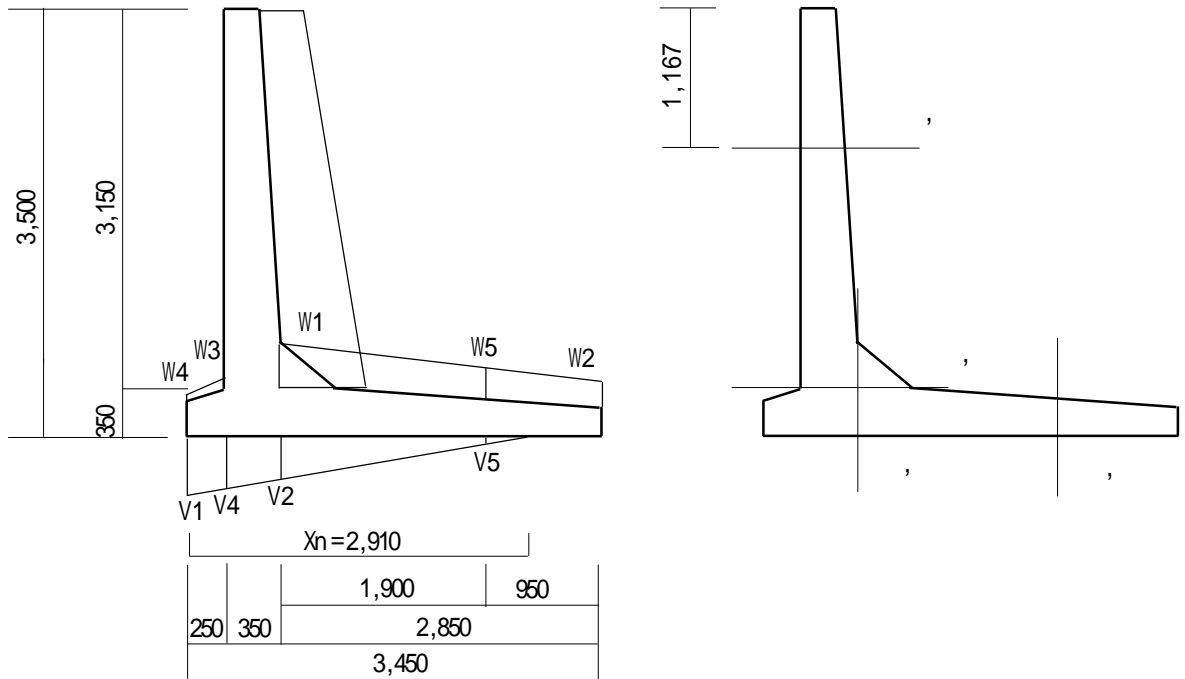
滑動に対する抵抗力 $R_H = C \cdot B + V \cdot \mu$ (浮き上がりがある場合 $B > X_n$)

$= 20.0 \times 2.910 + 225.688 \times 0.364$

$= 140.350 \text{ kN/m}$

滑動安全率 $F = R_H / H = 140.350 / 116.721 = 1.202 > 1.0 \quad 0.K$

2 - 4 断面の検討 (大地震時)



中立軸までの距離

$$V1=155.112\text{kN/m}^2 \quad V4=141.786\text{kN/m}^2 \quad V2=123.130\text{kN/m}^2 \quad V5=21.854\text{kN/m}^2$$

$$W1=(3.150 \times 16.0) + (0.350 \times 24.0) + 10.00=68.800\text{kN/m}^2$$

$$W5=(3.250 \times 16.0) + (0.250 \times 24.0) + 10.00=68.000\text{kN/m}^2$$

$$W2=(3.300 \times 16.0) + (0.200 \times 24.0) + 10.00=67.600\text{kN/m}^2$$

$$W3=(0.350 \times 24.0) + 0.00=8.400\text{kN/m}^2$$

$$W4=(0.250 \times 24.0) + 0.00=6.000\text{kN/m}^2$$

(1) たて壁 (全高さの 2 / 3 部分) - ' ,

$$PAX=1/2 \cdot K_A \cdot s \cdot H^2 \cdot \cos(10.00 + 2.73)$$

$$=1/2 \times 0.465 \times 16.0 \times 1.167^2 \times 0.975=4.940\text{kN/m}$$

$$PAX= K_A \cdot q \cdot H \cdot \cos(10.00 + 2.73)=0.465 \times 10.0 \times 1.167 \times 0.975=5.291\text{kN/m}$$

$$\text{たて壁重量 } W=6.378\text{kN/m}$$

$$M=PAX \cdot h + PAX \cdot h + W \cdot Kh \cdot y$$

$$=\{4.940 \times (1.167/3) + 5.291 \times (1.167/2) + 6.378 \times 0.25 \times 0.560\} \times 10^5$$
$$=590188\text{Ncm/m}$$

$$S=PAX + PAX + W \cdot Kh = (4.940 + 5.291 + 6.378 \times 0.25) \times 10^3=11826\text{N/m}$$

$$D=25.556\text{m} \quad c=6\text{cm} \quad d'=6+1.6/2=6.8\text{cm}$$

$$D16\text{を仮定 (断面積 } s=1.986\text{cm}^2 \text{ 周長 } 5.0\text{cm})$$

$$d=D-d'=18.756\text{m} \quad j_1=d \times 7/8=16.412\text{cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

$$\text{許容引張応力度 } f_t=29500\text{N/cm}^2 \quad \text{許容付着応力度 } f_a=210.00\text{N/cm}^2$$

$$\text{面積 } a_t=M/(f_t \cdot j_1)=590188/(29500 \times 16.412)=1.219\text{cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長 } =S/(f_a \cdot j_1)=11826/(210.00 \times 16.412)=3.431\text{cm/m}$$

$$\text{ピッチ } 1000 \times 1.986/1.219 = 1629.20\text{mm@} \quad \dots \text{面積から}$$

$$1000 \times 5.0/3.431 = 1457.30\text{mm@} \quad \dots \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D16-250@ とする。

$$A_s=1.986 \times 1000/250=7.944\text{cm}^2/\text{m} > 1.219\text{cm}^2/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$\text{この時 周長 } 5.0\text{cm} \times 1000/250=20.0\text{cm/m} > 3.431\text{cm/m} \quad \text{O.K}$$

$$n=15 \quad b=100\text{cm}$$

$$p=A_s/(b \cdot d)=794.400/(1000 \times 187.56)=0.00424$$

$$k=\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$=\{2 \times 15 \times 0.00424 + (15 \times 0.00424)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00424=0.299$$

$$j_2=1 - (k/3)=1 - (0.299/3)=0.900$$

・ コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c=2M/(k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$$

$$=2 \times 5901880/(0.299 \times 0.900 \times 1000 \times 187.56^2)=1.247\text{N/mm}^2$$

$$< c_a=21.0\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・ 鉄筋の引張応力度

$$s=M/(A_s \cdot j_2 \cdot d)=5901880/(794.400 \times 0.900 \times 187.56)=44.012\text{N/mm}^2$$

$$< s_a=295\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・ コンクリートのせん断応力度

$$c=S/(b \cdot j_2 \cdot d)=11826/(1000 \times 0.900 \times 187.56)=0.070\text{N/mm}^2$$

$$< c_a=2.1\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

(2) たて壁 (固定部) - ' ,

$$PAX=1/2 \cdot K_A \cdot s \cdot H^2 \cdot \cos(10.00 + 2.73)$$

$$=1/2 \times 0.465 \times 16.0 \times 3.150^2 \times 0.975=35.989\text{kN/m}$$

$$PAX= K_A \cdot q \cdot H \cdot \cos(10.00 + 2.73)$$

$$=0.465 \times 10.0 \times 3.150 \times 0.975=14.281\text{kN/m}$$

$$\text{たて壁重量 } W=22.260\text{kN/m}$$

$$M=PAX \cdot h + PAX \cdot h + W \cdot Kh \cdot y$$

$$=\{35.989 \times (3.150/3) + 14.281 \times (3.150/2) + 22.260 \times 0.25 \times 1.345\} \times 10^5$$

$$=6776595\text{Ncm/m}$$

$$S=PAX + PAX + W \cdot Kh = (35.989 + 14.281 + 22.260 \times 0.25) \times 10^3 = 55835\text{N/m}$$

$$D=35.00\text{cm} \quad c=6\text{cm} \quad d'=6+1.6/2=6.8\text{cm}$$

D16を仮定(断面積 $s=1.986\text{cm}^2$ 周長 5.0cm)

$$d=D-d'=28.20\text{cm} \quad j_1=d \times 7/8=24.675\text{cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

$$\text{許容引張応力度 } f_t=29500\text{N/cm}^2 \quad \text{許容付着応力度 } f_a=210.00\text{N/cm}^2$$

$$\text{面積 } a_t=M/(f_t \cdot j_1)=6776595/(29500 \times 24.675)=9.310\text{cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長 } =S/(f_a \cdot j_1)=55835/(210.00 \times 24.675)=10.775\text{cm/m}$$

$$\text{ピッチ } 1000 \times 1.986/9.310 = 213.32\text{mm@} \quad \dots \text{面積から}$$

$$1000 \times 5.0/10.775 = 464.04\text{mm@} \quad \dots \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D16-125@ とする。

$$A_s=1.986 \times 1000/125=15.888\text{cm}^2/\text{m} > 9.310\text{cm}^2/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$\text{この時 周長 } 5.0\text{cm} \times 1000/125=40.0\text{cm/m} > 10.775\text{cm/m} \quad \text{O.K}$$

$$n=15 \quad b=100\text{cm}$$

$$p=A_s/(b \cdot d)=1588.800/(1000 \times 282.00)=0.00563$$

$$k=\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$=\{2 \times 15 \times 0.00563 + (15 \times 0.00563)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00563=0.335$$

$$j_2=1 - (k/3)=1 - (0.335/3)=0.888$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c=2M/(k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$$

$$=2 \times 67765950/(0.335 \times 0.888 \times 1000 \times 282.00^2)=5.729\text{N/mm}^2$$

$$< c_a=21.0\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・鉄筋の引張応力度

$$s=M/(A_s \cdot j_2 \cdot d)=67765950/(1588.800 \times 0.888 \times 282.00)=170.326\text{N/mm}^2$$

$$< s_a=295\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c=S/(b \cdot j_2 \cdot d)=55835/(1000 \times 0.888 \times 282.00)=0.223\text{N/mm}^2$$

$$< c_a=2.1\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

(3) かかと版(固定部)

$$M_1=(W_1 + 2 \cdot W_2) \cdot B^2/6=(68.800 + 2 \times 67.600) \times 2.850^2/6=276.165\text{kNm/m}$$

$$S_1=(W_1 + W_2) \cdot B/2=(68.800 + 67.600) \times 2.850/2=194.370\text{kN/m}$$

$$M_2=V_2 \cdot B_1^2/6=123.130 \times 2.310^2/6=109.506\text{kNm/m}$$

$$S_2=V_2 \cdot B_1/2=123.130 \times 2.310/2=142.215\text{kN/m}$$

$$M=|M_1 - M_2|=|276.165 - 109.506| \times 10^5=16665900\text{Ncm/m}$$

$$S=|S_1 - S_2|=|194.370 - 142.215| \times 10^3=52155\text{N/m}$$

$$D=35.00\text{cm} \quad c=6\text{cm} \quad d'=6+2.2/2=7.1\text{cm}$$

D19, D22を仮定(断面積 $s=3.368\text{cm}^2$ 周長 6.5cm)

$$d=D-d'=27.90\text{cm} \quad j_1=d \times 7/8=24.413\text{cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

$$\text{許容引張応力度 } f_t=29500\text{N/cm}^2 \quad \text{許容付着応力度 } f_a=210.00\text{N/cm}^2$$

$$\text{面積 } a_t=M/(f_t \cdot j_1)=16665900/(29500 \times 24.413)=23.141\text{cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長 } =S/(f_a \cdot j_1)=52155/(210.00 \times 24.413)=10.173\text{cm/m}$$

$$\text{ピッチ } 1000 \times 3.368/23.141 = 145.543\text{mm@} \quad \dots \text{面積から}$$

$$1000 \times 6.5 / 10.173 = 638.95 \text{mm@} \quad \dots \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D19,D22-125@ とする。

$$A_s = 3.368 \times 1000 / 125 = 26.944 \text{cm}^2/\text{m} > 23.141 \text{cm}^2/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$\text{この時 周長 } 6.5 \text{cm} \times 1000 / 125 = 52.0 \text{cm/m} > 10.173 \text{cm/m} \quad \text{O.K}$$

$$n = 15 \quad b = 100 \text{cm}$$

$$p = A_s / (b \cdot d) = 2694.400 / (1000 \times 279.00) = 0.00966$$

$$k = \{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$= \{2 \times 15 \times 0.00966 + (15 \times 0.00966)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00966 = 0.413$$

$$j_2 = 1 - (k/3) = 1 - (0.413/3) = 0.862$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c = 2M / (k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$$

$$= 2 \times 166659000 / (0.413 \times 0.862 \times 1000 \times 279.00^2) = 12.028 \text{N/mm}^2$$

$$< c_a = 21.0 \text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・鉄筋の引張応力度

$$s = M / (A_s \cdot j_2 \cdot d) = 166659000 / (2694.400 \times 0.862 \times 279.00) = 257.191 \text{N/mm}^2$$

$$< s_a = 295 \text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c = S / (b \cdot j_2 \cdot d) = 52155 / (1000 \times 0.862 \times 279.00) = 0.217 \text{N/mm}^2$$

$$< c_a = 2.1 \text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

(4) かかと版 (かかと版幅の 2 / 3 部分) - '

$$M_1 = (W_5 + 2 \cdot W_2) \cdot (B/3)^2 / 6 = (68.000 + 2 \times 67.600) \times 0.950^2 / 6 = 30.565 \text{kNm/m}$$

$$S_1 = (W_5 + W_2) \cdot (B/3) / 2 = (68.000 + 67.600) \times 0.950 / 2 = 64.410 \text{kN/m}$$

$$M_2 = V_5 \cdot B_2^2 / 6 = 21.854 \times 0.410^2 / 6 = 0.612 \text{kNm/m}$$

$$S_2 = V_5 \cdot B_2 / 2 = 21.854 \times 0.410 / 2 = 4.480 \text{kN/m}$$

$$M = |M_1 - M_2| = |30.565 - 0.612| \times 10^5 = 2995300 \text{Ncm/m}$$

$$S = |S_1 - S_2| = |64.410 - 4.480| \times 10^3 = 59930 \text{N/m}$$

$$D = 25.00 \text{cm} \quad c = 6 \text{cm} \quad d' = 6 + 1.9 / 2 = 6.95 \text{cm}$$

D19を仮定 (断面積 $s = 2.865 \text{cm}^2$ 周長 6.0cm)

$$d = D - d' = 18.05 \text{cm} \quad j_1 = d \times 7/8 = 15.794 \text{cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

$$\text{許容引張応力度 } f_t = 29500 \text{N/cm}^2 \quad \text{許容付着応力度 } f_a = 210.00 \text{N/cm}^2$$

$$\text{面積 } a_t = M / (f_t \cdot j_1) = 2995300 / (29500 \times 15.794) = 6.429 \text{cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長 } = S / (f_a \cdot j_1) = 59930 / (210.00 \times 15.794) = 18.069 \text{cm/m}$$

$$\text{ピッチ } 1000 \times 2.865 / 6.429 = 445.64 \text{mm@} \quad \dots \text{面積から}$$

$$1000 \times 6.0 / 18.069 = 332.06 \text{mm@} \quad \dots \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D19-250@ とする。

$$A_s = 2.865 \times 1000 / 250 = 11.460 \text{cm}^2/\text{m} > 6.429 \text{cm}^2/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$\text{この時 周長 } 6.0 \text{cm} \times 1000 / 250 = 24.0 \text{cm/m} > 18.069 \text{cm/m} \quad \text{O.K}$$

$$n = 15 \quad b = 100 \text{cm}$$

$$p = A_s / (b \cdot d) = 1146.000 / (1000 \times 180.50) = 0.00635$$

$$k = \{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$= \{2 \times 15 \times 0.00635 + (15 \times 0.00635)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00635 = 0.351$$

$$j_2 = 1 - (k/3) = 1 - (0.351/3) = 0.883$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c=2M/(k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$$

$$=2 \times 29953000 / (0.351 \times 0.883 \times 1000 \times 180.50^2) = 5.933 \text{N/mm}^2$$

$$< ca=21.0 \text{N/mm}^2 \quad 0.K$$

・鉄筋の引張応力度

$$s=M/(As \cdot j_2 \cdot d)=29953000 / (1146.000 \times 0.883 \times 180.50) = 163.990 \text{N/mm}^2$$

$$< sa=295 \text{N/mm}^2 \quad 0.K$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c=S/(b \cdot j_2 \cdot d)=59930 / (1000 \times 0.883 \times 180.50) = 0.376 \text{N/mm}^2$$

$$< ca=2.1 \text{N/mm}^2 \quad 0.K$$

(5) つま先版 (固定部)

$$M1=(W3 + 2 \cdot W4) \cdot B0^2/6=(8.400 + 2 \times 6.000) \times 0.250^2/6=0.213 \text{kNm/m}$$

$$S1=(W3 + W4) \cdot B0/2=(8.400 + 6.000) \times 0.250/2=1.800 \text{kN/m}$$

$$M2=(V4 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2/6=(141.786 + 2 \times 155.112) \times 0.250^2/6=4.708 \text{kNm/m}$$

$$S2=(V4 + V1) \cdot B0/2=(141.786 + 155.112) \times 0.250/2=37.112 \text{kN/m}$$

$$M=|M1 - M2|=|0.213 - 4.708| \times 10^5=449500 \text{Ncm/m}$$

$$S=|S1 - S2|=|1.800 - 37.112| \times 10^3=35312 \text{N/m}$$

$$D=35.00 \text{cm} \quad c=6 \text{cm} \quad d'=6+1.6/2=6.8 \text{cm}$$

D16を仮定 (断面積 $s=1.986 \text{cm}^2$ 周長 5.0cm)

$$d=D-d'=28.20 \text{cm} \quad j_1=d \times 7/8=24.675 \text{cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

許容引張応力度 $ft=29500 \text{N/cm}^2$ 許容付着応力度 $fa=210.00 \text{N/cm}^2$

$$\text{面積} \quad at=M/(ft \cdot j_1)=449500 / (29500 \times 24.675) = 0.618 \text{cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長} \quad =S/(fa \cdot j_1)=35312 / (210.00 \times 24.675) = 6.815 \text{cm/m}$$

$$\text{ピッチ} \quad 1000 \times 1.986 / 0.618 = 3213.59 \text{mm@} \quad \dots \text{面積から}$$

$$1000 \times 5.0 / 6.815 = 733.68 \text{mm@} \quad \dots \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D16-250@ とする。

$$As=1.986 \times 1000 / 250 = 7.944 \text{cm}^2/\text{m} > 0.618 \text{cm}^2/\text{m} \quad 0.K$$

$$\text{この時 周長} \quad 5.0 \text{cm} \times 1000 / 250 = 20.0 \text{cm/m} > 6.815 \text{cm/m} \quad 0.K$$

$$n=15 \quad b=100 \text{cm}$$

$$p=As/(b \cdot d)=794.40 / (1000 \times 282.0) = 0.00282$$

$$k=\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$=\{2 \times 15 \times 0.00282 + (15 \times 0.00282)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00282 = 0.252$$

$$j_2=1 - (k/3)=1 - (0.252/3) = 0.916$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c=2M/(k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$$

$$=2 \times 4495000 / (0.252 \times 0.916 \times 1000 \times 282.00^2) = 0.490 \text{N/mm}^2$$

$$< ca=21.0 \text{N/mm}^2 \quad 0.K$$

・鉄筋の引張応力度

$$s=M/(As \cdot j_2 \cdot d)=4495000 / (794.40 \times 0.916 \times 282.00) = 21.905 \text{N/mm}^2$$

$$< sa=295 \text{N/mm}^2 \quad 0.K$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c=S/(b \cdot j_2 \cdot d)=35312 / (1000 \times 0.916 \times 282.00) = 0.137 \text{N/mm}^2$$

$$< ca=2.1 \text{N/mm}^2 \quad 0.K$$

3 大地震時（水平力 = 地震時土圧）

3 - 1 荷重の計算

(1) 擁壁に及ぼす土圧（岡部・物部式）

水平震度 $K_h = 0.25$ 鉛直震度 $K_v = 0.00$

地震合成角 $k = \tan^{-1}\{K_h / (1 - K_v)\} = \tan^{-1}\{0.25 / (1 - 0.00)\} = 14.04$

ア 地震時主働土圧係数（ K_A ）

$$K_A = \frac{(1 - K_v) \cos^2(\alpha - \delta - k)}{\cos k \cos^2 \delta \cos(\alpha + \delta + k) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\alpha - \delta - k) \sin(\alpha + \delta)}{\cos(\alpha + \delta + k) \cos(\alpha - \delta)}} \right\}^2}$$

$$= \frac{(1 - 0.00) \cos^2(20.00 - 2.73 - 14.04)}{\cos 14.04 \cos^2 2.73 \cos(10.00 + 2.73 + 14.04) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(20.00 - 0.00 - 14.04) \sin(20.00 + 10.00)}{\cos(10.00 + 2.73 + 14.04) \cos(2.73 - 0.00)}} \right\}^2}$$

$$= 0.748$$

イ 背面土による土圧

$PA = 1/2 \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H^2 = 1/2 \times 0.748 \times 16.0 \times 3.500^2 = 73.304 \text{ kN/m}$

$PAX = PA \cdot \cos(\alpha + \delta) = PA \cdot \cos(10.00 + 2.73) = 73.304 \times 0.975 = 71.471 \text{ kN/m}$

ウ 背面上載荷重による土圧

$PA = K_A \cdot q \cdot H = 0.748 \times 10.0 \times 3.500 = 26.180 \text{ kN/m}$

$PAX = PA \cdot \cos(\alpha + \delta) = PA \cdot \cos(10.00 + 2.73) = 26.180 \times 0.975 = 25.526 \text{ kN/m}$

エ 作用点の位置

$PAX : y = H/3 = 3.500/3 = 1.167 \text{ m}$

$PAX : y = H/2 = 3.500/2 = 1.750 \text{ m}$

(2) 荷重の集計（大地震時）

（水平力 = 地震時土圧）

荷重の種類	鉛直力 V (kN/m)	水平力 H (kN/m)	作用点(m)		モーメント(kN・m/m)	
			x	y	V・x	H・y
自重(W)	195.688		1.778		347.862	
土圧(PA)		71.471		1.167		83.407
土圧(PA)		25.526		1.750		44.671
背面上載荷重	30.0000		1.950		58.5000	
前面上載荷重						
合計	225.688	96.997			406.362	128.078

自重(W)のモーメント V・x は 2 - 2 (1) 自重の表中 モーメント W・x の合計による。

3 - 2 安定性の検討 (大地震時)

(1) 転倒に対する検討

$$\text{抵抗モーメント } M_r = V \cdot x = 406.362 \text{ kNm/m}$$

$$\text{転倒モーメント } M_o = H \cdot y = 128.078 \text{ kNm/m}$$

$$\text{合力の作用位置 } d = (M_r - M_o) / V = (406.362 - 128.078) / 225.688 = 1.233 \text{ m}$$

$$\text{偏 心 距 離 } e = (B/2) - d = (3.450/2) - 1.233 = 0.492 \text{ m}$$

$$< B/2 = 3.450/2 = 1.725 \text{ m} \quad \text{O.K.}$$

$$\text{転 倒 安 全 率 } F = M_r / M_o = 406.362 / 128.078 = 3.173 > 1.0 \quad \text{O.K.}$$

(2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

接地圧 ()

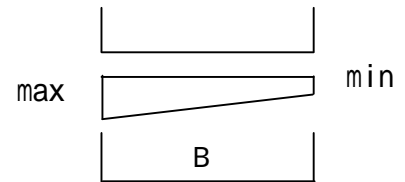
$$= (V/B) \cdot \{1 \pm (6e/B)\}$$

$$= (225.688/3.450) \times \{1 \pm (6 \times 0.492/3.450)\}$$

$$\text{max} = 121.391 \text{ kN/m}^2 < 300.0 \text{ kN/m}^2 \quad \text{O.K.}$$

$$\text{min} = 9.443 \text{ kN/m}^2$$

最小接地圧 (min) は中立軸までの距離の比から算出しています。



(3) 滑り出しに対する検討

$$\text{水平力の総和 } H = 96.997 \text{ kN/m}$$

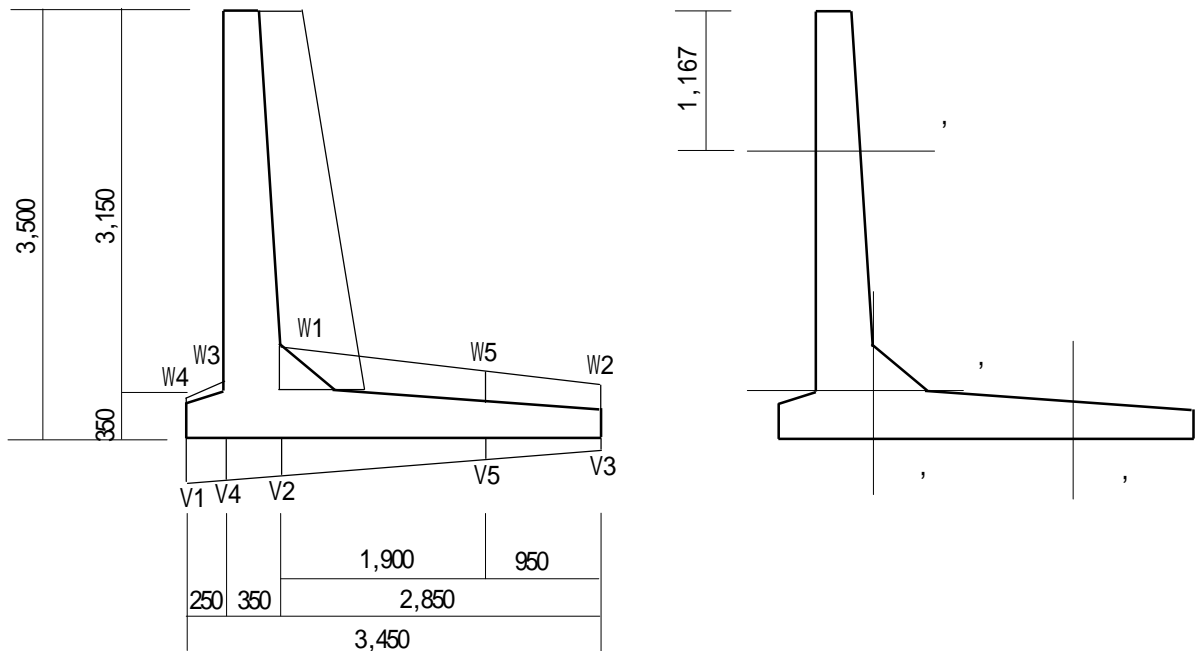
$$\text{滑動に対する抵抗力 } R_H = C \cdot B + V \cdot \mu$$

$$= 20.0 \times 3.450 + 225.688 \times 0.364$$

$$= 151.150 \text{ kN/m}$$

$$\text{滑 動 安 全 率 } F = R_H / H = 151.150 / 96.997 = 1.558 > 1.0 \quad \text{O.K.}$$

3 - 3 断面の検討（大地震時）



中立軸までの距離

$$X_n = (B/2) \cdot \{1 + (B/6e)\} = (3.450/2) \times \{1 + (3.450 / (6 \times 0.492))\} = 3.741\text{m}$$

$$V_1 = 121.391\text{kN/m}^2 \quad V_4 = 113.279\text{kN/m}^2 \quad V_2 = 101.922\text{kN/m}^2 \quad V_5 = 40.269\text{kN/m}^2 \quad V_3 = 9.443\text{kN/m}^2$$

$$W_1 = (3.150 \times 16.0) + (0.350 \times 24.0) + 10.00 = 68.800\text{kN/m}^2$$

$$W_5 = (3.250 \times 16.0) + (0.250 \times 24.0) + 10.00 = 68.000\text{kN/m}^2$$

$$W_2 = (3.300 \times 16.0) + (0.200 \times 24.0) + 10.00 = 67.600\text{kN/m}^2$$

$$W_3 = (0.350 \times 24.0) + 0.00 = 8.400\text{kN/m}^2$$

$$W_4 = (0.250 \times 24.0) + 0.00 = 6.000\text{kN/m}^2$$

(1) たて壁 (全高さの 2/3 部分)

$$PAX=1/2 \cdot K_A \cdot s \cdot H^2 \cdot \cos(10.00 + 2.73)$$

$$=1/2 \times 0.748 \times 16.0 \times 1.167^2 \times 0.975=7.946\text{kN/m}$$

$$PAX=K_A \cdot q \cdot H \cdot \cos(10.00 + 2.73)=0.748 \times 10.0 \times 1.167 \times 0.975=8.511\text{kN/m}$$

$$M=PAX \cdot h + PAX \cdot h = \{7.946 \times (1.167/3) + 8.511 \times (1.167/2)\} \times 10^5=805716\text{Ncm/m}$$

$$S=PAX + PAX=(7.946 + 8.511) \times 10^3=16457\text{N/m}$$

$$D=25.556\text{cm} \quad c=6\text{cm} \quad d'=6+1.6/2=6.8\text{cm}$$

D16を仮定(断面積 $s=1.986\text{cm}^2$ 周長 5.0cm)

$$d=D-d'=18.756\text{cm} \quad j_1=d \times 7/8=16.412\text{cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

$$\text{許容引張応力度 } f_t=29500\text{N/cm}^2 \quad \text{許容付着応力度 } f_a=210.00\text{N/cm}^2$$

$$\text{面積 } a_t=M/(f_t \cdot j_1)=805716/(29500 \times 16.412)=1.664\text{cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長 } =S/(f_a \cdot j_1)=16457/(210.00 \times 16.412)=4.775\text{cm/m}$$

$$\text{ピッチ } 1000 \times 1.986/1.664 = 1193.51\text{mm@} \quad \dots \text{面積から}$$

$$1000 \times 5.0/4.775 = 1047.12\text{mm@} \quad \dots \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D16-250@ とする。

$$A_s=1.986 \times 1000/250=7.944\text{cm}^2/\text{m} > 1.664\text{cm}^2/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$\text{この時 周長 } 5.0\text{cm} \times 1000/250=20.0\text{cm/m} > 4.775\text{cm/m} \quad \text{O.K}$$

$$n=15 \quad b=100\text{cm}$$

$$p=A_s/(b \cdot d)=794.400/(1000 \times 187.56)=0.00424$$

$$k=\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$=\{2 \times 15 \times 0.00424 + (15 \times 0.00424)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00424=0.299$$

$$j_2=1 - (k/3)=1 - (0.299/3)=0.900$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c=2M/(k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$$

$$=2 \times 8057160/(0.299 \times 0.900 \times 1000 \times 187.56^2)=1.702\text{N/mm}^2$$

$$< c_a=21.0\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・鉄筋の引張応力度

$$s=M/(A_s \cdot j_2 \cdot d)=8057160/(794.400 \times 0.900 \times 187.56)=60.084\text{N/mm}^2$$

$$< s_a=295\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c=S/(b \cdot j_2 \cdot d)=16457/(1000 \times 0.900 \times 187.56)=0.097\text{N/mm}^2$$

$$< c_a=2.1\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

(2) たて壁 (固定部)

$$PAX=1/2 \cdot K_A \cdot s \cdot H^2 \cdot \cos(10.00 + 2.73)$$

$$=1/2 \times 0.748 \times 16.0 \times 3.150^2 \times 0.975=57.892\text{kN/m}$$

$$PAX=K_A \cdot q \cdot H \cdot \cos(10.00 + 2.73)=0.748 \times 10.0 \times 3.150 \times 0.975=22.973\text{kN/m}$$

$$M=PAX \cdot h + PAX \cdot h$$

$$=\{57.892 \times (3.150/3) + 22.973 \times (3.150/2)\} \times 10^5=9696908\text{Ncm/m}$$

$$S=PAX + PAX=(57.892 + 22.973) \times 10^3=80865\text{N/m}$$

$$D=35.00\text{cm} \quad c=6\text{cm} \quad d'=6+1.6/2=6.8\text{cm}$$

D16を仮定(断面積 $s=1.986\text{cm}^2$ 周長 5.0cm)

$$d=D-d'=28.20\text{cm} \quad j_1=d \times 7/8=24.675\text{cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

$$\text{許容引張応力度 } f_t=29500\text{N/cm}^2 \quad \text{許容付着応力度 } f_a=210.00\text{N/cm}^2$$

面積 $at=M/(ft \cdot j_1)=9696908/(29500 \times 24.675)=13.322\text{cm}^2/\text{m}$

周長 $=S/(fa \cdot j_1)=80865/(210.00 \times 24.675)=15.606\text{cm}/\text{m}$

ピッチ $1000 \times 1.986/13.322 = 149.08\text{mm}@$. . . 面積から

$1000 \times 5.0/15.606 = 320.39\text{mm}@$. . . 周長から

採用鉄筋ピッチ D16-125@ とする。

$As=1.986 \times 1000/125=15.888\text{cm}^2/\text{m} > 13.322\text{cm}^2/\text{m}$ O.K

この時 周長 $5.0\text{cm} \times 1000/125=40.0\text{cm}/\text{m} > 15.606\text{cm}/\text{m}$ O.K

$n=15$ $b=100\text{cm}$

$p=As/(b \cdot d)=1588.800/(1000 \times 282.00)=0.00563$

$k=\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$

$=\{2 \times 15 \times 0.00563 + (15 \times 0.00563)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00563=0.335$

$j_2=1 - (k/3)=1 - (0.335/3)=0.888$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$c=2M/(k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2)$

$=2 \times 96969080/(0.335 \times 0.888 \times 1000 \times 282.00^2)=8.198\text{N}/\text{mm}^2$

$< ca=21.0\text{N}/\text{mm}^2$ O.K

・鉄筋の引張応力度

$s=M/(As \cdot j_2 \cdot d)=96969080/(1588.800 \times 0.888 \times 282.00)=243.726\text{N}/\text{mm}^2$

$< sa=295\text{N}/\text{mm}^2$ O.K

・コンクリートのせん断応力度

$c=S/(b \cdot j_2 \cdot d)=80865/(1000 \times 0.888 \times 282.00)=0.323\text{N}/\text{mm}^2$

$< ca=2.1\text{N}/\text{mm}^2$ O.K

(3) かかと版(固定部)

$M1=(W1 + 2 \cdot W2) \cdot B^2/6=(68.800 + 2 \times 67.600) \times 2.850^2/6=276.165\text{kNm}/\text{m}$

$S1=(W1 + W2) \cdot B/2=(68.800 + 67.600) \times 2.850/2=194.370\text{kN}/\text{m}$

$M2=(V2+2 \cdot V3) \cdot B^2/6=(101.922+2 \times 9.443) \times 2.850^2/6=163.544\text{kNm}/\text{m}$

$S2=(V2+V3) \cdot B/2=(101.922+9.443) \times 2.850/2=158.695\text{kN}/\text{m}$

$M=|M1 - M2|=|276.165 - 163.544| \times 10^5=11262100\text{Ncm}/\text{m}$

$S=|S1 - S2|=|194.370 - 158.695| \times 10^3=35675\text{N}/\text{m}$

$D=35.00\text{cm}$ $c=6\text{cm}$ $d'=6+2.2/2=7.1\text{cm}$

D19, D22を仮定(断面積 $s=3.368\text{cm}^2$ 周長 6.5cm)

$d=D-d'=27.90\text{cm}$ $j_1=d \times 7/8=24.413\text{cm}$

延長 1 m当たりの必要鉄筋量

許容引張応力度 $ft=29500\text{N}/\text{cm}^2$ 許容付着応力度 $fa=210.00\text{N}/\text{cm}^2$

面積 $at=M/(ft \cdot j_1)=11262100/(29500 \times 24.413)=15.638\text{cm}^2/\text{m}$

周長 $=S/(fa \cdot j_1)=35675/(210.00 \times 24.413)=6.959\text{cm}/\text{m}$

ピッチ $1000 \times 3.368/15.638 = 215.37\text{mm}@$. . . 面積から

$1000 \times 6.5/6.959 = 934.04\text{mm}@$. . . 周長から

採用鉄筋ピッチ D19, D22-125@ とする。

$As=3.368 \times 1000/125=26.944\text{cm}^2/\text{m} > 15.638\text{cm}^2/\text{m}$ O.K

この時 周長 $6.5\text{cm} \times 1000/125=52.0\text{cm}/\text{m} > 6.959\text{cm}/\text{m}$ O.K

$n=15$ $b=100\text{cm}$

$p=As/(b \cdot d)=2694.400/(1000 \times 279.00)=0.00966$

$k=\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$

$=\{2 \times 15 \times 0.00966 + (15 \times 0.00966)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00966=0.413$

$$j_2 = 1 - (k/3) = 1 - (0.413/3) = 0.862$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c = 2M / (k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2) \\ = 2 \times 112621000 / (0.413 \times 0.862 \times 1000 \times 279.00^2) = 8.128 \text{ N/mm}^2 \\ < ca = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad 0.K$$

・鉄筋の引張応力度

$$s = M / (As \cdot j_2 \cdot d) = 112621000 / (2694.400 \times 0.862 \times 279.00) = 173.798 \text{ N/mm}^2 \\ < sa = 295 \text{ N/mm}^2 \quad 0.K$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c = S / (b \cdot j_2 \cdot d) = 35675 / (1000 \times 0.862 \times 279.00) = 0.148 \text{ N/mm}^2 \\ < ca = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad 0.K$$

(4) かかと版 (かかと版幅の 2 / 3 部分) - ' ,

$$M1 = (W5 + 2 \cdot W2) \cdot (B/3)^2 / 6 = (68.000 + 2 \times 67.600) \times 0.950^2 / 6 = 30.565 \text{ kNm/m}$$

$$S1 = (W5 + W2) \cdot (B/3) / 2 = (68.000 + 67.600) \times 0.950 / 2 = 64.410 \text{ kN/m}$$

$$M2 = (V5 + 2 \cdot V3) \cdot (B/3)^2 / 6 = (40.269 + 2 \times 9.443) \times 0.950^2 / 6 = 8.898 \text{ kNm/m}$$

$$S2 = (V5 + V3) \cdot (B/3) / 2 = (40.269 + 9.443) \times 0.950 / 2 = 23.613 \text{ kN/m}$$

$$M = |M1 - M2| = |30.565 - 8.898| \times 10^5 = 2166700 \text{ Ncm/m}$$

$$S = |S1 - S2| = |64.410 - 23.613| \times 10^3 = 40797 \text{ N/m}$$

$$D = 25.00 \text{ cm} \quad c = 6 \text{ cm} \quad d' = 6 + 1.9 / 2 = 6.95 \text{ cm}$$

D19を仮定 (断面積 $s = 2.865 \text{ cm}^2$ 周長 6.0cm)

$$d = D - d' = 18.05 \text{ cm} \quad j_1 = d \times 7/8 = 15.794 \text{ cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

許容引張応力度 $f_t = 29500 \text{ N/cm}^2$ 許容付着応力度 $f_a = 210.00 \text{ N/cm}^2$

$$\text{面積} \quad at = M / (f_t \cdot j_1) = 2166700 / (29500 \times 15.794) = 4.650 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長} \quad = S / (f_a \cdot j_1) = 40797 / (210.00 \times 15.794) = 12.300 \text{ cm/m}$$

$$\text{ピッチ} \quad 1000 \times 2.865 / 4.650 = 616.13 \text{ mm} @ \quad \dots \text{面積から}$$

$$1000 \times 6.0 / 12.300 = 487.80 \text{ mm} @ \quad \dots \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D19-250@ とする。

$$As = 2.865 \times 1000 / 250 = 11.46 \text{ cm}^2/\text{m} > 4.650 \text{ cm}^2/\text{m} \quad 0.K$$

$$\text{この時 周長} \quad 6.0 \text{ cm} \times 1000 / 250 = 24.0 \text{ cm/m} > 12.300 \text{ cm/m} \quad 0.K$$

$$n = 15 \quad b = 100 \text{ cm}$$

$$p = As / (b \cdot d) = 1146.000 / (1000 \times 180.50) = 0.00635$$

$$k = \{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\}^{1/2} - n \cdot p$$

$$= \{2 \times 15 \times 0.00635 + (15 \times 0.00635)^2\}^{1/2} - 15 \times 0.00635 = 0.351$$

$$j_2 = 1 - (k/3) = 1 - (0.351/3) = 0.883$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c = 2M / (k \cdot j_2 \cdot b \cdot d^2) \\ = 2 \times 21667000 / (0.351 \times 0.883 \times 1000 \times 180.50^2) = 4.291 \text{ N/mm}^2 \\ < ca = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad 0.K$$

・鉄筋の引張応力度

$$s = M / (As \cdot j_2 \cdot d) = 21667000 / (1146.400 \times 0.883 \times 180.50) = 118.584 \text{ N/mm}^2 \\ < sa = 295 \text{ N/mm}^2 \quad 0.K$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c = S / (b \cdot j_2 \cdot d) = 40797 / (1000 \times 0.883 \times 180.50) = 0.256 \text{ N/mm}^2 \\ < ca = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad 0.K$$

(5) つま先版 (固定部)

$$M1=(W3+2\cdot W4)\cdot B0^2/6=(8.400+2\times 6.000)\times 0.250^2/6=0.213\text{kNm/m}$$

$$S1=(W3+W4)\cdot B0/2=(8.400+6.000)\times 0.250/2=1.800\text{kN/m}$$

$$M2=(V4+2\cdot V1)\cdot B0^2/6=(113.279+2\times 121.391)\times 0.250^2/6=3.709\text{kNm/m}$$

$$S2=(V4+V1)\cdot B0/2=(113.279+121.391)\times 0.250/2=29.334\text{kN/m}$$

$$M=|M1-M2|=|0.213-3.709|\times 10^5=349600\text{Ncm/m}$$

$$S=|S1-S2|=|1.800-29.334|\times 10^3=27534\text{N/m}$$

$$D=35.00\text{cm} \quad c=6\text{cm} \quad d'=6+1.6/2=6.8\text{cm}$$

D16を仮定 (断面積 $s=1.986\text{cm}^2$ 周長 5.0cm)

$$d=D-d'=28.20\text{cm} \quad j_1=d\times 7/8=24.675\text{cm}$$

延長 1 m 当たりの必要鉄筋量

許容引張応力度 $f_t=29500\text{N/cm}^2$ 許容付着応力度 $f_a=210.00\text{N/cm}^2$

$$\text{面積} \quad a_t=M/(f_t\cdot j_1)=349600/(29500\times 24.675)=0.480\text{cm}^2/\text{m}$$

$$\text{周長} \quad =S/(f_a\cdot j_1)=27534/(210.00\times 24.675)=5.314\text{cm/m}$$

$$\text{ピッチ} \quad 1000\times 1.986/0.480=4137.50\text{mm@} \quad \dots \text{面積から}$$

$$1000\times 5.0/5.314=940.91\text{mm@} \quad \dots \text{周長から}$$

採用鉄筋ピッチ D16-250@ とする。

$$A_s=1.986\times 1000/250=7.944\text{cm}^2/\text{m} > 0.480\text{cm}^2/\text{m} \quad \text{O.K}$$

$$\text{この時 周長} \quad 5.0\text{cm}\times 1000/250=20.0\text{cm/m} > 5.314\text{cm/m} \quad \text{O.K}$$

$$n=15 \quad b=100\text{cm}$$

$$p=A_s/(b\cdot d)=794.400/(1000\times 282.00)=0.00282$$

$$k=\{2n\cdot p+(n\cdot p)^2\}^{1/2}-n\cdot p$$

$$=\{2\times 15\times 0.00282+(15\times 0.00282)^2\}^{1/2}-15\times 0.00282=0.252$$

$$j_2=1-(k/3)=1-(0.252/3)=0.916$$

・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$c=2M/(k\cdot j_2\cdot b\cdot d^2)=2\times 3496000/(0.252\times 0.916\times 1000\times 282.00^2)=0.381\text{N/mm}^2$$

$$< c_a=21.0\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・鉄筋の引張応力度

$$s=M/(A_s\cdot j_2\cdot d)=3496000/(794.400\times 0.916\times 282.00)=17.037\text{N/mm}^2$$

$$< s_a=295\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

・コンクリートのせん断応力度

$$c=S/(b\cdot j_2\cdot d)=27534/(1000\times 0.916\times 282.00)=0.107\text{N/mm}^2$$

$$< c_a=2.1\text{N/mm}^2 \quad \text{O.K}$$

4 中地震時

中地震時において、部材応力度が短期強度以下であることを照査する。

その計算方法は大地震時と同様とする。

4 - 1 設計条件

(1) 水平震度 $K_h=0.2$

(2) 材料の許容応力度 (中地震時)

$$\text{コンクリート設計基準強度} \quad : \quad 28 = 21 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{コンクリートの圧縮応力度} \quad : \quad c_a = 14.0 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{コンクリートのせん断応力度} \quad : \quad c_a = 1.05 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{鉄筋 (SD295) の引張応力度} \quad : \quad s_a = 295.0 \text{ N/mm}^2$$