

§ 1. 一般事項(常時)

1-1 工作物の概要

- ・ 築造地 : 奈良市
- ・ 形 式 : 片持梁式鉄筋コンクリート造擁壁

1-2 使用材料 及 許容応力度

- ・ コンクリート
 - 設計基準強度 : $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
 - 許容圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2$
 - 許容せん断応力度 : $\tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2$
 - 許容付着応力度 : $f_a = 1.4 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄 筋
 - 許容引張応力度 : $f_t = 195.0 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄筋コンクリート
 - 単位体積重量 : $r = 24.0 \text{ kN/m}^3$

1-3 設計条件

◎背面土

- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 土の単位体積重量 : $\gamma_s = 17.0 \text{ kN/m}^3$
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 土(仮想背面)と土との摩擦角 : (安定計算時) $\delta = 0.00^\circ$
- ・ 壁背面と土との摩擦角 : (断面計算時) $\delta = 16.00^\circ$

○土圧

直接入力 $KA = 0.4$

◎支持地盤

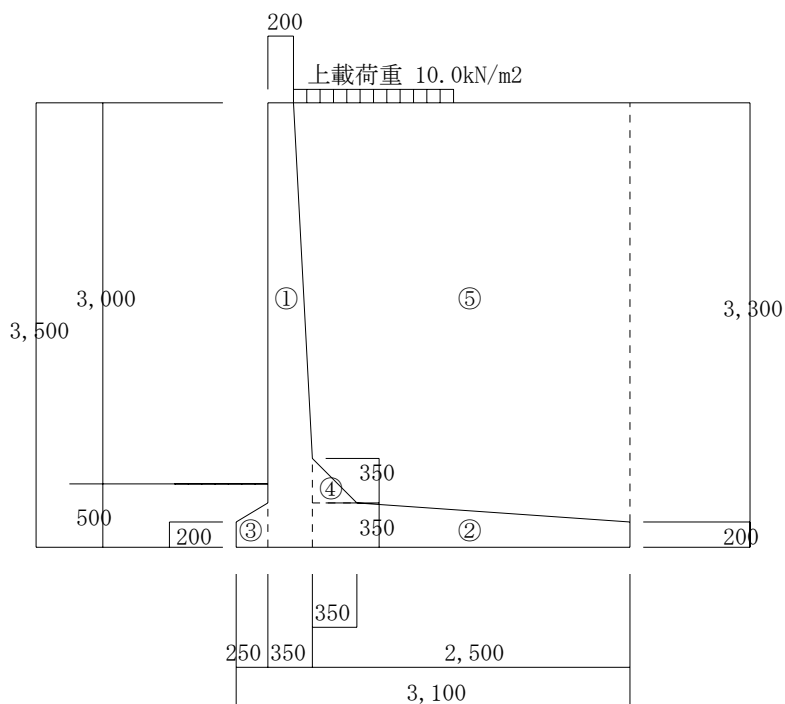
- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 許容地耐力 : $f_e = 100 \text{ kN/m}^2$
- ・ 底盤の摩擦係数 : $\mu = 0.4$

1-4 設計方針

- ・ 本計算は、片持梁式鉄筋コンクリート擁壁として、すべて土圧にて行う。
- ・ 本計算は、宅地造成等規制法、同施行令、建築基準法、同施行令、及び、日本建築学会諸基準「鉄筋コンクリート構造計算基準、建築基礎構造設計指針」に準拠して行う。
なお、応力計算は、日本土木学会「コンクリート標準示方書」による。

§ 2. RC擁壁 (L1) の設計

2-1 荷重の計算 (常時)



地表面と水平面とのなす角度 $\alpha = 0.00^\circ$
 壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 0.00^\circ$ (仮想背面)
 擁壁全高さ $H = 3.50\text{m}$

1) 自重

区 分	面 積 $A \text{ (m}^2\text{)}$	単位重量 $\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	重 量 $W \text{ (kN/m)}$	重心距離 (m)		モーメント (kN・m/m)	
				x	y	$W \cdot x$	$W \cdot y$
① たて壁	$3.150 \times (0.200 + 0.350) / 2 = 0.9888$	24.0	23.7300	0.395	—	9.3765	—
② かかと版	$2.500 \times (0.350 + 0.200) / 2 = 0.6875$	24.0	16.5000	1.736	—	28.6500	—
③ つま先版	$0.250 \times (0.350 + 0.200) / 2 = 0.0688$	24.0	1.6500	0.136	—	0.2250	—
④ ハンチ	$0.350 \times 0.350 / 2 = 0.0613$	24.0	1.4700	0.717	—	1.0535	—
⑤ 背面土	$3.150 \times (2.500 + 2.650) / 2 + 2.500 \times 0.150 / 2 = 8.2375$	17.0	140.0375	1.836	—	257.0576	—
⑥ 法面土							
⑦ 前面土							
合 計 Σ		—	183.3875	—	—	296.3626	—

重心 $x = \Sigma W \cdot x / \Sigma W = 296.363 / 183.387 = 1.616\text{m}$

2) 上載荷重

背面上載荷重 $\cdots W = 10.00 \times 2.650 = 26.500\text{kN/m}$

3) 擁壁に及ぼす土圧

主働土圧係数 $K_A=0.40$

背面土による土圧

$$PA=1/2 \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H^2=1/2 \times 0.40 \times 17.0 \times 3.500^2=41.6500\text{kN/m}$$

$$PAX=PA \cdot \cos \delta =PA \cdot \cos 0.00^\circ=41.6500 \times 1.0000=41.6500\text{kN/m}$$

$$PAY=PA \cdot \sin \delta =PA \cdot \sin 0.00^\circ=41.6500 \times 0.0000=0.0000\text{kN/m}$$

背面上載荷重による土圧

(宅造法施行令の別表第二を用いるので、上載荷重から 5kN/m^2 を差し引いて算定する。)

$$\Delta PA=K_A \cdot q \cdot H=0.40 \times (10.0-5.0) \times 3.500=7.0000\text{kN/m}$$

$$\Delta PAX=\Delta PA \cdot \cos \delta =\Delta PA \cdot \cos 0.00^\circ=7.0000 \times 1.0000=7.0000\text{kN/m}$$

$$\Delta PAY=\Delta PA \cdot \sin \delta =\Delta PA \cdot \sin 0.00^\circ=7.0000 \times 0.0000=0.0000\text{kN/m}$$

作用点の位置

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

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

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)	183.3875	——	1.616	——	296.3626	——
土圧(PA)	0.0000	41.6500	3.100	1.167	0.0000	48.5917
土圧(Δ PA)	0.0000	7.0000	3.100	1.750	0.0000	12.2500
背面上載荷重	26.5000	——	1.775	——	47.0375	——
前面上載荷重						
合 計 Σ	209.8875	48.6500	——	——	343.4001	60.8417

2-2 安定性の検討 (常時)

1) 転倒に対する検討

抵抗モーメント $M_r = \Sigma V \cdot x = 343.400 \text{ kNm/m}$

転倒モーメント $M_o = \Sigma H \cdot y = 60.842 \text{ kNm/m}$

転倒安全率 $F = M_r / M_o = 343.400 / 60.842 = 5.644 > 1.5 \quad \therefore \text{O.K.}$

2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

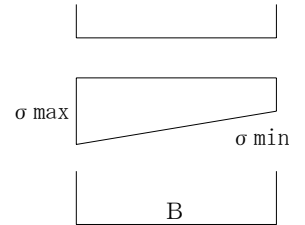
合力の作用位置 $d = (M_r - M_o) / \Sigma V = (343.400 - 60.842) / 209.888 = 1.346 \text{ m}$

偏心距離 $e = (B/2) - d = (3.100/2) - 1.346 = 0.204 \text{ m}$

最大接地圧 $\sigma_{\max} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 + (6e/B)\}$
 $= (209.888/3.100) \times \{1 + (6 \times 0.204/3.100)\}$
 $= 94.407 \text{ kN/m}^2$

最小接地圧 $\sigma_{\min} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 - (6e/B)\}$
 $= (209.888/3.100) \times \{1 - (6 \times 0.204/3.100)\}$
 $= 41.004 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min} < 100.0 \text{ kN/m}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$



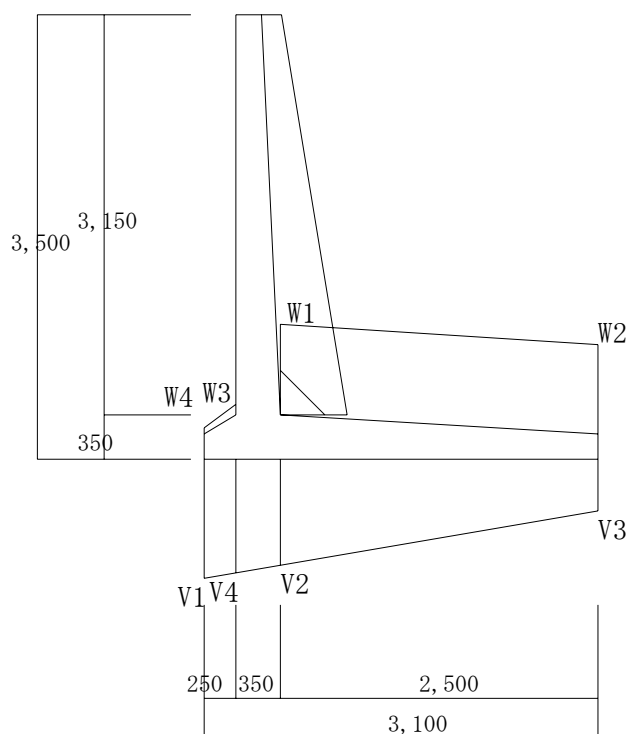
3) 滑り出しに対する検討

水平力の総和 $\Sigma H = 48.650 \text{ kN/m}$

滑動に対する抵抗力 $RH = C \cdot B + \Sigma V \cdot \mu = 0.0 \times 3.100 + 209.888 \times 0.4 = 83.955 \text{ kN/m}$

滑動安全率 $F = RH / \Sigma H = 83.955 / 48.650 = 1.726 > 1.5 \quad \therefore \text{O.K.}$

2-3 断面の検討（常時）



中立軸までの距離

$$X_n = (B/2) \cdot [1 + \{B/(6e)\}] = (3,100/2) \times [1 + \{3,100/(6 \times 0.204)\}] = 5.480\text{m}$$

$$V1=94.407\text{kN/m}^2 \quad V4=90.101\text{kN/m}^2 \quad V2=84.071\text{kN/m}^2 \quad V3=41.004\text{kN/m}^2$$

$$W1=(3,150 \times 17.0) + (0.350 \times 24.0) + 10.00=71.950\text{kN/m}^2$$

$$W2=(3,300 \times 17.0) + (0.200 \times 24.0) + 10.00=70.900\text{kN/m}^2$$

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

$$W4=(0.200 \times 24.0) + 0.00=4.800\text{kN/m}^2$$

地表面と水平面とのなす角度 $\beta=0.00^\circ$

壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta=2.73^\circ$

主働土圧係数 $K_A=0.40$

1) たて壁 (中央部)

$$\begin{aligned}
 PAX &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(16.00^\circ + 2.726^\circ) = 1/2 \times 0.40 \times 17.0 \times 1.575^2 \times 0.9471 = 7.988 \text{ kN/m} \\
 \Delta PAX &= KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(16.00^\circ + 2.726^\circ) = 0.40 \times (10.0 - 5.0) \times 1.575 \times 0.9471 = 2.983 \text{ kN/m} \\
 M &= PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{7.988 \times (1.575/3) + 2.983 \times (1.575/2)\} \times 10^5 = 654282 \text{ Ncm/m} \\
 S &= PAX + \Delta PAX = (7.988 + 2.983) \times 10^3 = 10971 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 27.50 \text{ cm} & d &= 20.70 \text{ cm} & j &= 18.113 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 654282 / (19500 \times 18.113) = 1.852 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 10971 / (140.00 \times 18.113) = 4.326 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D16-1072@ -----> ∴ D16-300@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 & b &= 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 662.000 / (1000 \times 207.00) = 0.00320 \\
 k &= \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00320 + (15 \times 0.00320)^2\} - 15 \times 0.00320 = 0.265 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.265/3) = 0.912
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 6542824 / (0.265 \times 0.912 \times 1000 \times 207.00^2) = 1.262 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 6542824 / (662.000 \times 0.912 \times 207.00) = 52.381 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 10971 / (1000 \times 0.912 \times 207.00) = 0.058 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

2) たて壁 (固定部)

$$\begin{aligned}
 PAX &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(16.00^\circ + 2.726^\circ) = 1/2 \times 0.40 \times 17.0 \times 3.150^2 \times 0.9471 = 31.951 \text{ kN/m} \\
 \Delta PAX &= KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(16.00^\circ + 2.726^\circ) = 0.40 \times (10.0 - 5.0) \times 3.150 \times 0.9471 = 5.966 \text{ kN/m} \\
 M &= PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{31.951 \times (3.150/3) + 5.966 \times (3.150/2)\} \times 10^5 = 4294536 \text{ Ncm/m} \\
 S &= PAX + \Delta PAX = (31.951 + 5.966) \times 10^3 = 37917 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 35.00 \text{ cm} & d &= 28.20 \text{ cm} & j &= 24.675 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 4294536 / (19500 \times 24.675) = 8.925 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 37917 / (140.00 \times 24.675) = 10.976 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D16-222@ -----> ∴ D16-150@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 & b &= 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 1324.000 / (1000 \times 282.00) = 0.00470 \\
 k &= \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00470 + (15 \times 0.00470)^2\} - 15 \times 0.00470 = 0.311 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.311/3) = 0.896
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 42945360 / (0.311 \times 0.896 \times 1000 \times 282.00^2) = 3.870 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 42945360 / (1324.000 \times 0.896 \times 282.00) = 128.345 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 37917 / (1000 \times 0.896 \times 282.00) = 0.150 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

3) かかと版 (固定部)

$$\begin{aligned}
 M1 &= (W1 + 2 \cdot W2) \cdot B^2/6 = (71.950 + 2 \times 70.900) \times 2.500^2/6 = 222.656 \text{ kNm/m} \\
 S1 &= (W1 + W2) \cdot B/2 = (71.950 + 70.900) \times 2.500/2 = 178.563 \text{ kN/m} \\
 M2 &= (V2 + 2 \cdot V3) \cdot B^2/6 = (84.071 + 2 \times 41.004) \times 2.500^2/6 = 172.999 \text{ kNm/m} \\
 S2 &= (V2 + V3) \cdot B/2 = (84.071 + 41.004) \times 2.500/2 = 156.344 \text{ kN/m} \\
 M &= |M1 - M2| = |222.656 - 172.999| \times 10^5 = 4965715 \text{ Ncm/m} \\
 S &= |S1 - S2| = |178.563 - 156.344| \times 10^3 = 22219 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.20 \text{ cm} \quad j = 24.675 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 4965715 / (19500 \times 24.675) = 10.320 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 22219 / (140.00 \times 24.675) = 6.432 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D16-192@ ----> ∴ D16-150@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 1324.000 / (1000 \times 282.00) = 0.00470 \\
 k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00470 + (15 \times 0.00470)^2} - 15 \times 0.00470 = 0.311 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.311/3) = 0.896
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 49657150 / (0.311 \times 0.896 \times 1000 \times 282.00^2) = 4.475 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 49657150 / (1324.000 \times 0.896 \times 282.00) = 148.404 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 22219 / (1000 \times 0.896 \times 282.00) = 0.088 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

4) かかと版 (中央部)

$$\begin{aligned}
 M1 &= \{ (W1 + W2) / 2 + 2 \cdot W2 \} \cdot (B/2)^2/6 = (71.425 + 2 \times 70.900) \times 1.250^2/6 = 55.527 \text{ kNm/m} \\
 S1 &= \{ (W1 + W2) / 2 + W2 \} \cdot (B/2) / 2 = (71.425 + 70.900) \times 1.250/2 = 88.953 \text{ kN/m} \\
 M2 &= (V5 + 2 \cdot V3) \cdot (B/2)^2/6 = (62.538 + 2 \times 41.004) \times 1.250^2/6 = 37.642 \text{ kNm/m} \\
 S2 &= (V5 + V3) \cdot (B/2) / 2 = (62.538 + 41.004) \times 1.250/2 = 64.713 \text{ kN/m} \\
 M &= |M1 - M2| = |55.527 - 37.642| \times 10^5 = 1788527 \text{ Ncm/m} \\
 S &= |S1 - S2| = |88.953 - 64.713| \times 10^3 = 24240 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 27.50 \text{ cm} \quad d = 20.70 \text{ cm} \quad j = 18.113 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 1788527 / (19500 \times 18.113) = 5.064 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 24240 / (140.00 \times 18.113) = 9.559 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D16-392@ ----> ∴ D16-300@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 662.000 / (1000 \times 207.00) = 0.00320 \\
 k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00320 + (15 \times 0.00320)^2} - 15 \times 0.00320 = 0.265 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.265/3) = 0.912
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 17885270 / (0.265 \times 0.912 \times 1000 \times 207.00^2) = 3.450 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 17885270 / (662.000 \times 0.912 \times 207.00) = 143.188 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 24240 / (1000 \times 0.912 \times 207.00) = 0.128 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

5) つま先版 (固定部)

$$\begin{aligned}
 M1 &= (W3 + 2 \cdot W4) \cdot B0^2 / 6 = (8.400 + 2 \times 4.800) \times 0.250^2 / 6 = 0.188 \text{ kNm/m} \\
 S1 &= (W3 + W4) \cdot B0 / 2 = (8.400 + 4.800) \times 0.250 / 2 = 1.650 \text{ kN/m} \\
 M2 &= (V4 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (90.101 + 2 \times 94.407) \times 0.250^2 / 6 = 2.905 \text{ kNm/m} \\
 S2 &= (V4 + V1) \cdot B0 / 2 = (90.101 + 94.407) \times 0.250 / 2 = 23.063 \text{ kN/m} \\
 M &= |M1 - M2| = |0.188 - 2.905| \times 10^5 = 271787 \text{ Ncm/m} \\
 S &= |S1 - S2| = |1.650 - 23.063| \times 10^3 = 21413 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.20 \text{ cm} \quad j = 24.675 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 271787 / (19500 \times 24.675) = 0.565 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 21413 / (140.00 \times 24.675) = 6.199 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

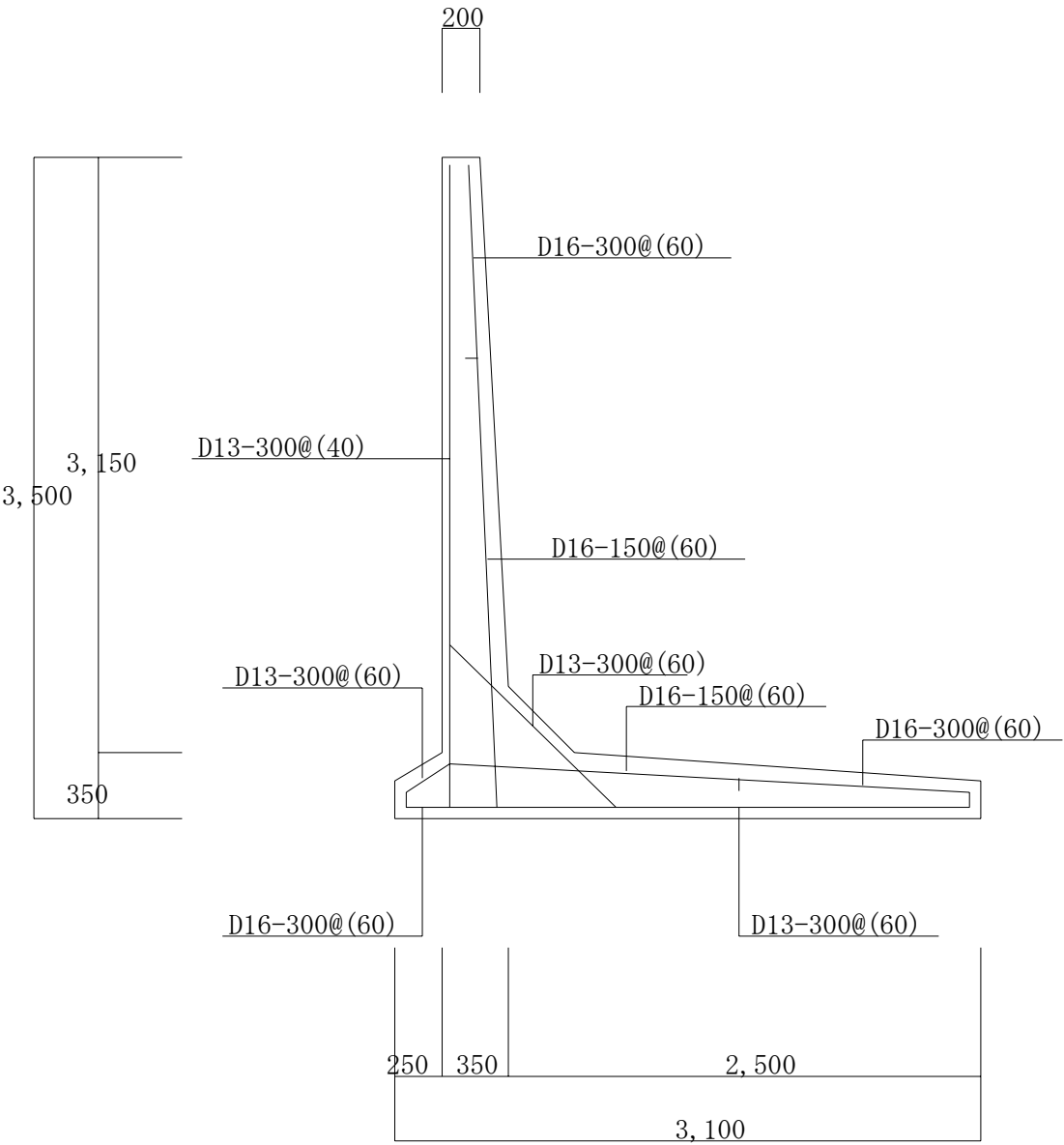
配筋 D16-806@ -----> ∴ D16-300@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 662.000 / (1000 \times 282.00) = 0.00235 \\
 k &= \text{sqr} \{ 2n \cdot p + (n \cdot p)^2 \} - n \cdot p = \text{sqr} \{ 2 \times 15 \times 0.00235 + (15 \times 0.00235)^2 \} - 15 \times 0.00235 = 0.232 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.232/3) = 0.923
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 2717867 / (0.232 \times 0.923 \times 1000 \times 282.00^2) = 0.319 \text{ N/mm}^2$
 $\lt \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 2717867 / (662.000 \times 0.923 \times 282.00) = 15.782 \text{ N/mm}^2$
 $\lt \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 21413 / (1000 \times 0.923 \times 282.00) = 0.082 \text{ N/mm}^2$
 $\lt \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

2-4 略配筋図

()内は、鉄筋のかぶり厚さ(コンクリート表面から鉄筋表面までの最小間隔)を示す。



§ 1. 一般事項(常時)

1-1 工作物の概要

- ・ 築造地 : 奈良市
- ・ 形 式 : 片持梁式鉄筋コンクリート造擁壁

1-2 使用材料 及 許容応力度

- ・ コンクリート
 - 設計基準強度 : $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
 - 許容圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2$
 - 許容せん断応力度 : $\tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2$
 - 許容付着応力度 : $f_a = 1.4 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄 筋
 - 許容引張応力度 : $f_t = 195.0 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄筋コンクリート
 - 単位体積重量 : $r = 24.0 \text{ kN/m}^3$

1-3 設計条件

◎背面土

- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 土の単位体積重量 : $\gamma_s = 17.0 \text{ kN/m}^3$
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 土(仮想背面)と土との摩擦角 : (安定計算時) $\delta = 10.00^\circ$
- ・ 壁背面と土との摩擦角 : (断面計算時) $\delta = 16.00^\circ$

○土圧

クーロンの土圧式による。

◎支持地盤

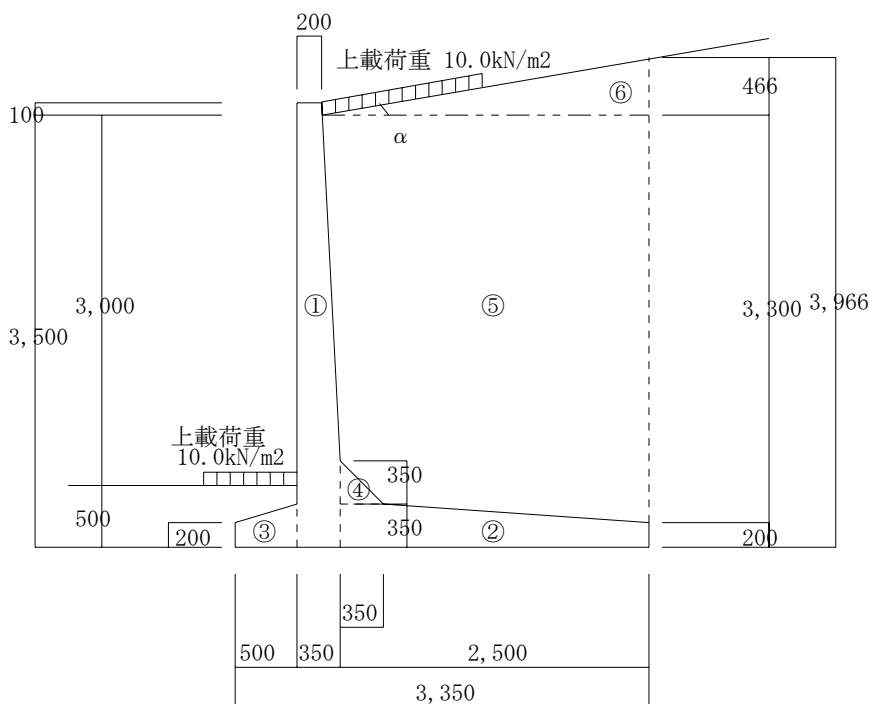
- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 20.0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 許容地耐力 : $f_e = 100 \text{ kN/m}^2$
- ・ 底盤の摩擦係数 : $\mu = 0.4$

1-4 設計方針

- ・ 本計算は、片持梁式鉄筋コンクリート擁壁として、すべて土圧にて行う。
- ・ 本計算は、宅地造成等規制法、同施行令、建築基準法、同施行令、及び、日本建築学会諸基準「鉄筋コンクリート構造計算基準、建築基礎構造設計指針」に準拠して行う。
なお、応力計算は、日本土木学会「コンクリート標準示方書」による。

§ 3. RC擁壁（L2）の設計

3-1 荷重の計算（常時）



地表面と水平面とのなす角度 $\alpha = 10.00^\circ$
 壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 0.00^\circ$ （仮想背面）
 擁壁全高さ $H = 3.50\text{m}$

1) 自重

区 分	面 積 $A \text{ (m}^2\text{)}$	単位重量 $\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	重 量 $W \text{ (kN/m)}$	重心距離 (m)		モーメント (kN・m/m)	
				x	y	$W \cdot x$	$W \cdot y$
① たて壁	$3.250 \times (0.200 + 0.350) / 2 + 0.350 \times 0.350 = 1.0163$	24.0	24.3900	0.645	—	15.7320	—
② かかと版	$2.500 \times (0.350 + 0.200) / 2 = 0.6875$	24.0	16.5000	1.986	—	32.7750	—
③ つま先版	$0.500 \times (0.350 + 0.200) / 2 = 0.1375$	24.0	3.3000	0.273	—	0.9000	—
④ ハンチ	$0.350 \times 0.350 / 2 = 0.0613$	24.0	1.4700	0.967	—	1.4210	—
⑤ 背面土	$3.150 \times (2.500 + 2.645) / 2 + 2.500 \times 0.150 / 2 - 0.0613 = 8.2302$	17.0	139.9139	2.087	—	291.9745	—
⑥ 法面土	$2.645 \times 0.466 / 2 = 0.6170$	17.0	10.4885	2.468	—	25.8879	—
⑦ 前面土							
合 計 Σ		—	196.0625	—	—	368.6904	—

重心 $x = \Sigma W \cdot x / \Sigma W = 368.690 / 196.062 = 1.880\text{m}$

2) 上載荷重

背面上載荷重・・・ $W = 10.00 \times 2.645 = 26.454\text{kN/m}$
 前面上載荷重・・・ $W = 10.00 \times 0.500 = 5.000\text{kN/m}$

3) 擁壁に及ぼす土圧

主働土圧係数

$$\begin{aligned}
 K_A &= \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cos(\theta + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\theta + \delta) \cos(\theta - \beta)}} \right)^2} \\
 &= \frac{\cos^2(24.00^\circ - 0.00^\circ)}{\cos^2(0.00^\circ) \times \cos(0.00^\circ + 10.00^\circ) \times \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(24.00^\circ + 10.00^\circ) \times \sin(24.00^\circ - 10.00^\circ)}{\cos(0.00^\circ + 10.00^\circ) \times \cos(0.00^\circ - 10.00^\circ)}} \right)^2} \\
 &= \frac{0.8346}{1.0000 \times 0.9848 \times \left(1 + \sqrt{\frac{0.5592 \times 0.2419}{0.9848 \times 0.9848}} \right)^2} \\
 &= 0.449
 \end{aligned}$$

背面土による土圧

$$\begin{aligned}
 PA &= 1/2 \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H^2 = 1/2 \times 0.449 \times 17.0 \times 3.966^2 = 60.0440 \text{ kN/m} \\
 PAX &= PA \cdot \cos \delta = PA \cdot \cos 10.00^\circ = 60.0440 \times 0.9848 = 59.1318 \text{ kN/m} \\
 PAY &= PA \cdot \sin \delta = PA \cdot \sin 10.00^\circ = 60.0440 \times 0.1736 = 10.4265 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

背面上載荷重による土圧

$$\begin{aligned}
 \Delta PA &= K_A \cdot q \cdot H = 0.449 \times 10.0 \times 3.966 = 17.8094 \text{ kN/m} \\
 \Delta PAX &= \Delta PA \cdot \cos \delta = \Delta PA \cdot \cos 10.00^\circ = 17.8094 \times 0.9848 = 17.5388 \text{ kN/m} \\
 \Delta PAY &= \Delta PA \cdot \sin \delta = \Delta PA \cdot \sin 10.00^\circ = 17.8094 \times 0.1736 = 3.0926 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

作用点の位置

$$\begin{aligned}
 PAX : y &= H/3 = 3.966/3 = 1.322 \text{ m} & PAY : x &= 3.350 \text{ m} \\
 \Delta PAX : y &= H/2 = 3.966/2 = 1.983 \text{ m} & \Delta PAY : x &= 3.350 \text{ m}
 \end{aligned}$$

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)	196.0625	—	1.880	—	368.6904	—
土 圧 (PA)	10.4265	59.1318	3.350	1.322	34.9289	78.1812
土 圧 (△PA)	3.0926	17.5388	3.350	1.983	10.3601	34.7834
背面上載荷重	26.4538	—	2.027	—	53.6301	—
前面上載荷重	5.0000	—	0.250	—	1.2500	—
合 計 Σ	241.0354	76.6706	—	—	468.8594	112.9646

3-2 安定性の検討 (常時)

1) 転倒に対する検討

抵抗モーメント $M_r = \Sigma V \cdot x = 468.859 \text{ kNm/m}$

転倒モーメント $M_o = \Sigma H \cdot y = 112.965 \text{ kNm/m}$

転倒安全率 $F = M_r / M_o = 468.859 / 112.965 = 4.150 > 1.5 \therefore \text{O.K.}$

2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

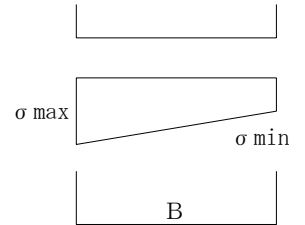
合力の作用位置 $d = (M_r - M_o) / \Sigma V = (468.859 - 112.965) / 241.035 = 1.477 \text{ m}$

偏心距離 $e = (B/2) - d = (3.350/2) - 1.477 = 0.198 \text{ m}$

最大接地圧 $\sigma_{\max} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 + (6e/B)\}$
 $= (241.035/3.350) \times \{1 + (6 \times 0.198/3.350)\}$
 $= 97.528 \text{ kN/m}^2$

最小接地圧 $\sigma_{\min} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 - (6e/B)\}$
 $= (241.035/3.350) \times \{1 - (6 \times 0.198/3.350)\}$
 $= 46.374 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min} < 100.0 \text{ kN/m}^2 \therefore \text{O.K.}$



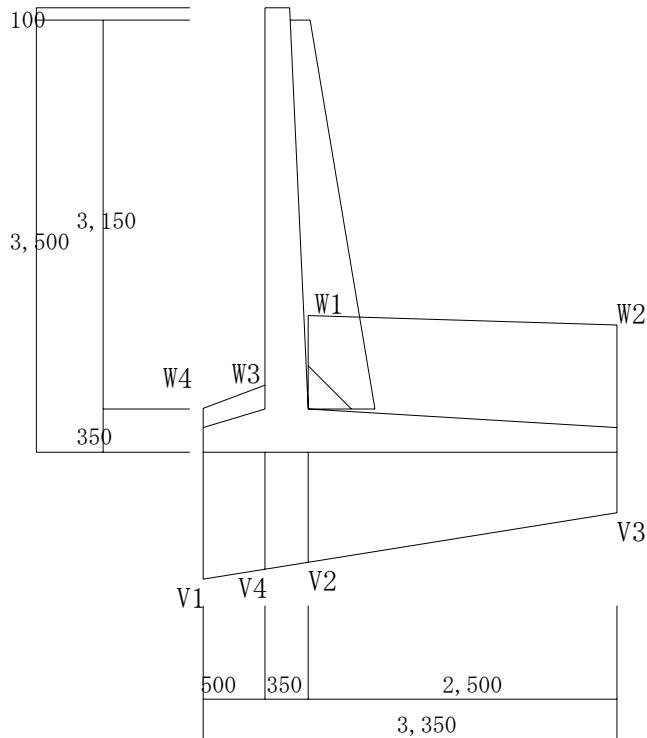
3) 滑り出しに対する検討

水平力の総和 $\Sigma H = 76.671 \text{ kN/m}$

滑動に対する抵抗力 $RH = C \cdot B + \Sigma V \cdot \mu = 20.0 \times 3.350 + 241.035 \times 0.4 = 163.414 \text{ kN/m}$

滑動安全率 $F = RH / \Sigma H = 163.414 / 76.671 = 2.131 > 1.5 \therefore \text{O.K.}$

3-3 断面の検討（常時）



中立軸までの距離

$$X_n = (B/2) \cdot [1 + \{B/(6e)\}] = (3.350/2) \times [1 + \{3.350/(6 \times 0.198)\}] = 6.387\text{m}$$

$$V1=97.528\text{kN/m}^2 \quad V4=89.893\text{kN/m}^2 \quad V2=84.548\text{kN/m}^2 \quad V3=46.374\text{kN/m}^2$$

$$W1 = (3.150 \times 17.0) + (0.350 \times 24.0) + 10.00 = 71.950\text{kN/m}^2$$

$$W2 = (3.766 \times 17.0) + (0.200 \times 24.0) + 10.00 = 78.830\text{kN/m}^2$$

$$W3 = (0.350 \times 24.0) + 10.00 = 18.400\text{kN/m}^2$$

$$W4 = (0.200 \times 24.0) + 10.00 = 14.800\text{kN/m}^2$$

地表面と水平面とのなす角度 $\beta = 10.00^\circ$

壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 2.64^\circ$

主働土圧係数

$$\begin{aligned} K_A &= \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cos(\theta + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\theta + \delta) \cos(\theta - \beta)}} \right)^2} \\ &= \frac{\cos^2(24.00^\circ - 2.64^\circ)}{\cos^2(2.64^\circ) \times \cos(2.64^\circ + 16.00^\circ) \times \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(24.00^\circ + 16.00^\circ) \times \sin(24.00^\circ - 10.00^\circ)}{\cos(2.64^\circ + 16.00^\circ) \times \cos(2.64^\circ - 10.00^\circ)}} \right)^2} \\ &= \frac{0.8674}{0.9979 \times 0.9475 \times \left(1 + \sqrt{\frac{0.6428 \times 0.2419}{0.9475 \times 0.9918}} \right)^2} \\ &= 0.464 \end{aligned}$$

1) たて壁 (中央部)

$$PAX = 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(16.00^\circ + 2.643^\circ) = 1/2 \times 0.464 \times 17.0 \times 1.525^2 \times 0.9475 = 8.691 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAX = KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(16.00^\circ + 2.643^\circ) = 0.464 \times 10.0 \times 1.525 \times 0.9475 = 6.705 \text{ kN/m}$$

$$M = PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{8.691 \times (1.525/3) + 6.705 \times (1.525/2)\} \times 10^5 = 953029 \text{ Ncm/m}$$

$$S = PAX + \Delta PAX = (8.691 + 6.705) \times 10^3 = 15396 \text{ N/m}$$

$$D = 27.50 \text{ cm} \quad d = 20.55 \text{ cm} \quad j = 17.981 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 953029 / (19500 \times 17.981) = 2.718 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 15396 / (140.00 \times 17.981) = 6.116 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-981@ -----> ∴ D19-300@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 205.50) = 0.00465$$

$$k = \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00465 + (15 \times 0.00465)^2\} - 15 \times 0.00465 = 0.310$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.310/3) = 0.897$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 9530288 / (0.310 \times 0.897 \times 1000 \times 205.50^2) = 1.623 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 9530288 / (955.000 \times 0.897 \times 205.50) = 54.160 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 15396 / (1000 \times 0.897 \times 205.50) = 0.084 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

2) たて壁 (固定部)

$$PAX = 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(16.00^\circ + 2.643^\circ) = 1/2 \times 0.464 \times 17.0 \times 3.150^2 \times 0.9475 = 37.081 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAX = KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(16.00^\circ + 2.643^\circ) = 0.464 \times 10.0 \times 3.150 \times 0.9475 = 13.849 \text{ kN/m}$$

$$M = PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{37.081 \times (3.150/3) + 13.849 \times (3.150/2)\} \times 10^5 = 6074743 \text{ Ncm/m}$$

$$S = PAX + \Delta PAX = (37.081 + 13.849) \times 10^3 = 50930 \text{ N/m}$$

$$D = 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 6074743 / (19500 \times 24.544) = 12.693 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 50930 / (140.00 \times 24.544) = 14.822 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-225@ -----> ∴ D19-150@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00681$$

$$k = \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00681 + (15 \times 0.00681)^2\} - 15 \times 0.00681 = 0.361$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.361/3) = 0.880$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 60747430 / (0.361 \times 0.880 \times 1000 \times 280.50^2) = 4.860 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 60747430 / (1910.000 \times 0.880 \times 280.50) = 128.908 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 50930 / (1000 \times 0.880 \times 280.50) = 0.206 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

3) かかと版 (固定部)

$$M1 = (W1 + 2 \cdot W2) \cdot B^2 / 6 = (71.950 + 2 \times 78.830) \times 2.500^2 / 6 = 239.176 \text{ kNm/m}$$

$$S1 = (W1 + W2) \cdot B / 2 = (71.950 + 78.830) \times 2.500 / 2 = 188.475 \text{ kN/m}$$

$$M2 = (V2 + 2 \cdot V3) \cdot B^2 / 6 = (84.548 + 2 \times 46.374) \times 2.500^2 / 6 = 184.684 \text{ kNm/m}$$

$$S2 = (V2 + V3) \cdot B / 2 = (84.548 + 46.374) \times 2.500 / 2 = 163.653 \text{ kN/m}$$

$$M = |M1 - M2| = |239.176 - 184.684| \times 10^5 = 5449269 \text{ Ncm/m}$$

$$S = |S1 - S2| = |188.475 - 163.653| \times 10^3 = 24822 \text{ N/m}$$

$$D = 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 5449269 / (19500 \times 24.544) = 11.386 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 24822 / (140.00 \times 24.544) = 7.224 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-251@ -----> ∴ D19-150@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00681$$

$$k = \sqrt{2np + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00681 + (15 \times 0.00681)^2} - 15 \times 0.00681 = 0.361$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.361/3) = 0.880$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 54492690 / (0.361 \times 0.880 \times 1000 \times 280.50^2) = 4.360 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 54492690 / (1910.000 \times 0.880 \times 280.50) = 115.636 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 24822 / (1000 \times 0.880 \times 280.50) = 0.101 \text{ N/mm}^2$$

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

4) かかと版 (中央部)

$$M1 = \{ (W1 + W2) / 2 + 2 \cdot W2 \} \cdot (B/2)^2 / 6 = (75.390 + 2 \times 78.830) \times 1.250^2 / 6 = 60.690 \text{ kNm/m}$$

$$S1 = \{ (W1 + W2) / 2 + 2 \cdot W2 \} \cdot (B/2) / 2 = (75.390 + 78.830) \times 1.250 / 2 = 96.387 \text{ kN/m}$$

$$M2 = (V5 + 2 \cdot V3) \cdot (B/2)^2 / 6 = (65.461 + 2 \times 46.374) \times 1.250^2 / 6 = 41.200 \text{ kNm/m}$$

$$S2 = (V5 + V3) \cdot (B/2) / 2 = (65.461 + 46.374) \times 1.250 / 2 = 69.897 \text{ kN/m}$$

$$M = |M1 - M2| = |60.690 - 41.200| \times 10^5 = 1948960 \text{ Ncm/m}$$

$$S = |S1 - S2| = |96.387 - 69.897| \times 10^3 = 26490 \text{ N/m}$$

$$D = 27.50 \text{ cm} \quad d = 20.55 \text{ cm} \quad j = 17.981 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 1948960 / (19500 \times 17.981) = 5.558 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 26490 / (140.00 \times 17.981) = 10.523 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-515@ -----> ∴ D19-300@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 205.50) = 0.00465$$

$$k = \sqrt{2np + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00465 + (15 \times 0.00465)^2} - 15 \times 0.00465 = 0.310$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.310/3) = 0.897$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 19489600 / (0.310 \times 0.897 \times 1000 \times 205.50^2) = 3.319 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 19489600 / (955.000 \times 0.897 \times 205.50) = 110.759 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 26490 / (1000 \times 0.897 \times 205.50) = 0.144 \text{ N/mm}^2$$

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

5) つま先版 (固定部)

$$\begin{aligned}
 M1 &= (W3 + 2 \cdot W4) \cdot B0^2 / 6 = (18.400 + 2 \times 14.800) \times 0.500^2 / 6 = 2.000 \text{ kNm/m} \\
 S1 &= (W3 + W4) \cdot B0 / 2 = (18.400 + 14.800) \times 0.500 / 2 = 8.300 \text{ kN/m} \\
 M2 &= (V4 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (89.893 + 2 \times 97.528) \times 0.500^2 / 6 = 11.873 \text{ kNm/m} \\
 S2 &= (V4 + V1) \cdot B0 / 2 = (89.893 + 97.528) \times 0.500 / 2 = 46.855 \text{ kN/m} \\
 M &= |M1 - M2| = |2.000 - 11.873| \times 10^5 = 987285 \text{ Ncm/m} \\
 S &= |S1 - S2| = |8.300 - 46.855| \times 10^3 = 38555 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 987285 / (19500 \times 24.544) = 2.063 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 38555 / (140.00 \times 24.544) = 11.221 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

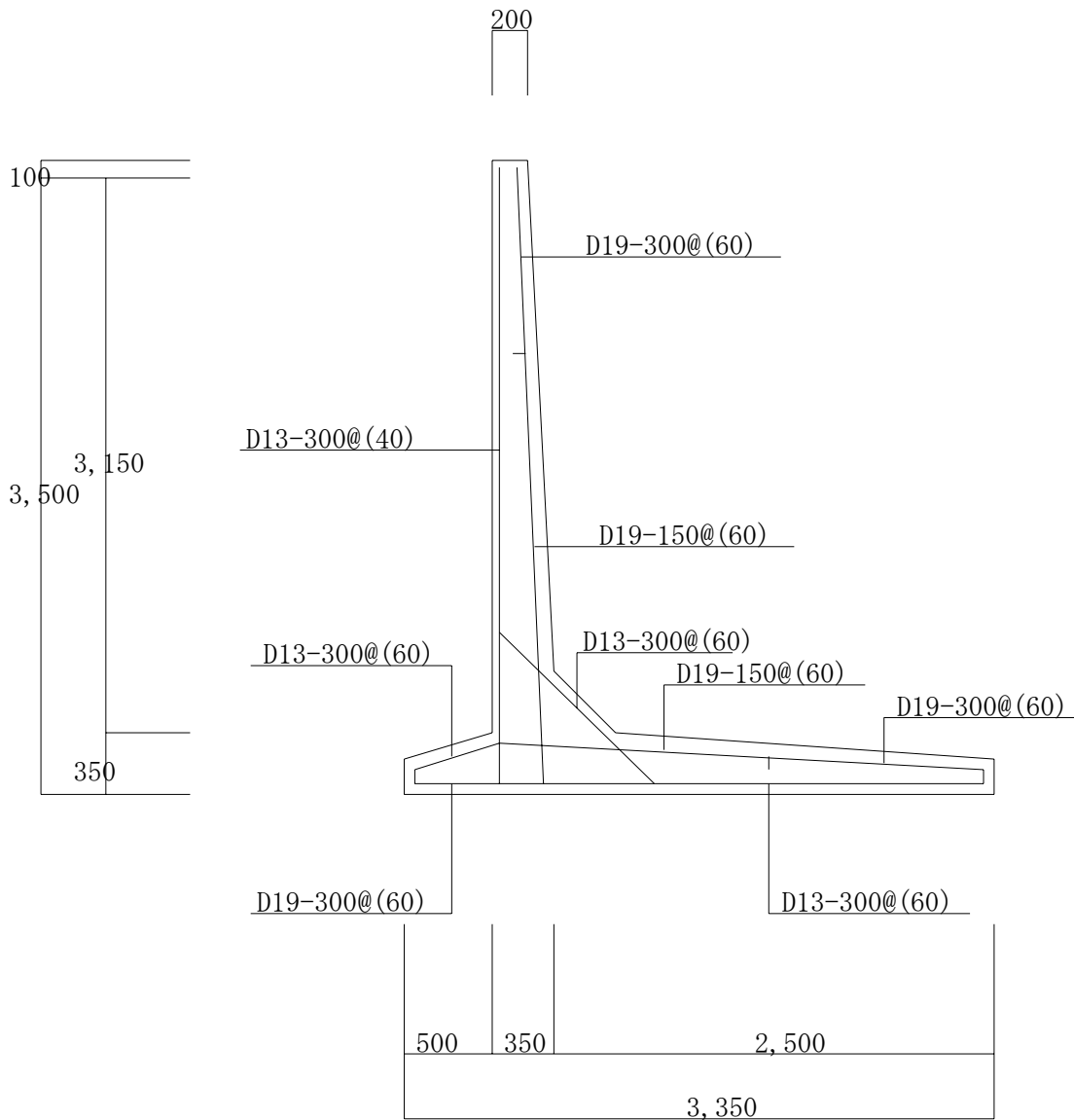
配筋 D19-534@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00340 \\
 k &= \text{sqr} \{ 2n \cdot p + (n \cdot p)^2 \} - n \cdot p = \text{sqr} \{ 2 \times 15 \times 0.00340 + (15 \times 0.00340)^2 \} - 15 \times 0.00340 = 0.273 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.273/3) = 0.909
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 9872849 / (0.273 \times 0.909 \times 1000 \times 280.50^2) = 1.013 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 9872849 / (955.000 \times 0.909 \times 280.50) = 40.539 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 38555 / (1000 \times 0.909 \times 280.50) = 0.151 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

3-4 略配筋図

()内は、鉄筋のかぶり厚さ(コンクリート表面から鉄筋表面までの最小間隔)を示す。



§ 1. 一般事項(常時)

1-1 工作物の概要

- ・ 築造地 : 奈良市
- ・ 形 式 : 片持梁式鉄筋コンクリート造擁壁

1-2 使用材料 及 許容応力度

- ・ コンクリート
 - 設計基準強度 : $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
 - 許容圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2$
 - 許容せん断応力度 : $\tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2$
 - 許容付着応力度 : $f_a = 1.4 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄 筋
 - 許容引張応力度 : $f_t = 195.0 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄筋コンクリート
 - 単位体積重量 : $r = 24.0 \text{ kN/m}^3$

1-3 設計条件

◎背面土

- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 土の単位体積重量 : $\gamma_s = 17.0 \text{ kN/m}^3$
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 土(仮想背面)と土との摩擦角 : (安定計算時) $\delta = 0.00^\circ$
- ・ 壁背面と土との摩擦角 : (断面計算時) $\delta = 16.00^\circ$

○土圧

クーロンの土圧式による。

◎支持地盤

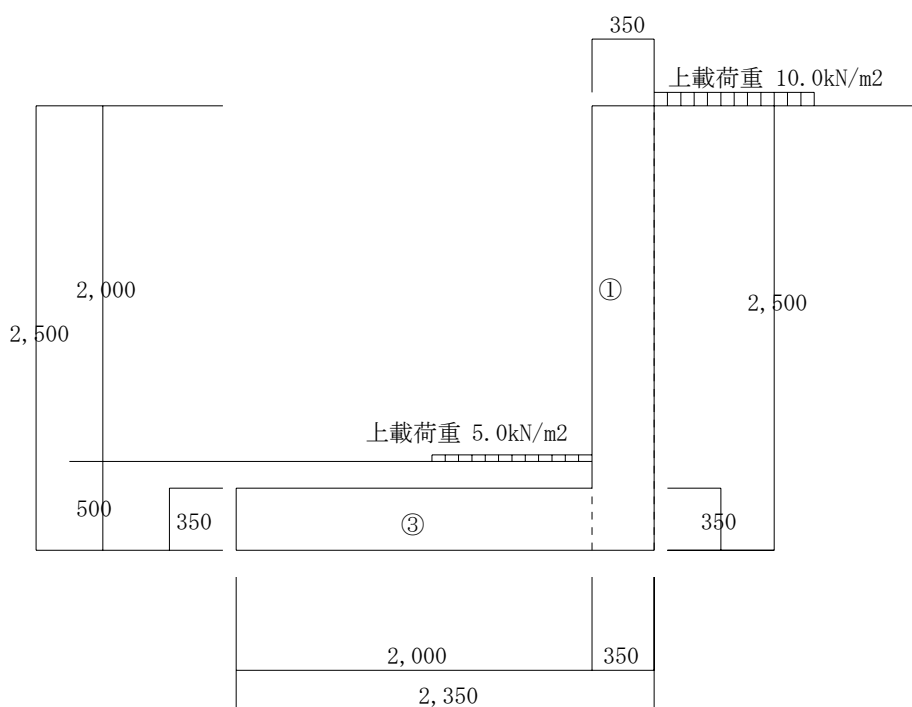
- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 20.0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 許容地耐力 : $f_e = 100 \text{ kN/m}^2$
- ・ 底盤の摩擦係数 : $\mu = \tan 24.0^\circ = 0.445$

1-4 設計方針

- ・ 本計算は、片持梁式鉄筋コンクリート擁壁として、すべて土圧にて行う。
- ・ 本計算は、宅地造成等規制法、同施行令、建築基準法、同施行令、及び、日本建築学会諸基準「鉄筋コンクリート構造計算基準、建築基礎構造設計指針」に準拠して行う。
なお、応力計算は、日本土木学会「コンクリート標準示方書」による。

§ 4. R C擁壁（L3）の設計

4-1 荷重の計算（常時）



地表面と水平面とのなす角度 $\alpha = 0.00^\circ$
 壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 0.00^\circ$ （仮想背面）
 擁壁全高さ $H = 2.50\text{m}$

1) 自重

区 分	面 積 $A \text{ (m}^2\text{)}$	単位重量 $\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	重 量 $W \text{ (kN/m)}$	重心距離 (m)		モーメント (kN・m/m)	
				x	y	$W \cdot x$	$W \cdot y$
① たて壁	$0.350 \times 2.500 = 0.8750$	24.0	21.0000	2.175	—	45.6750	—
② かかと版							
③ つま先版	$2.000 \times 0.350 = 0.7000$	24.0	16.8000	1.000	—	16.8000	—
④ ハンチ							
⑤ 背面土							
⑥ 法面土							
⑦ 前面土							
合 計 Σ		—	37.8000	—	—	62.4750	—

重心 $x = \Sigma W \cdot x / \Sigma W = 62.475 / 37.800 = 1.653\text{m}$

2) 上載荷重

背面上載荷重・・・ $W = 10.00 \times 0.000 = 0.000\text{kN/m}$
 前面上載荷重・・・ $W = 5.00 \times 2.000 = 10.000\text{kN/m}$

3) 擁壁に及ぼす土圧

主働土圧係数

$$\begin{aligned} KA &= \tan^2(45^\circ - \phi/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 24.00^\circ/2) \\ &= \tan^2(33.00^\circ) \\ &= 0.422 \end{aligned}$$

背面土による土圧

$$\begin{aligned} PA &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 = 1/2 \times 0.422 \times 17.0 \times 2.500^2 = 22.4188 \text{ kN/m} \\ PAX &= PA \cdot \cos \delta = PA \cdot \cos 0.00^\circ = 22.4188 \times 1.0000 = 22.4188 \text{ kN/m} \\ PAY &= PA \cdot \sin \delta = PA \cdot \sin 0.00^\circ = 22.4188 \times 0.0000 = 0.0000 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

背面上載荷重による土圧

$$\begin{aligned} \Delta PA &= KA \cdot q \cdot H = 0.422 \times 10.0 \times 2.500 = 10.5500 \text{ kN/m} \\ \Delta PAX &= \Delta PA \cdot \cos \delta = \Delta PA \cdot \cos 0.00^\circ = 10.5500 \times 1.0000 = 10.5500 \text{ kN/m} \\ \Delta PAY &= \Delta PA \cdot \sin \delta = \Delta PA \cdot \sin 0.00^\circ = 10.5500 \times 0.0000 = 0.0000 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

作用点の位置

$$\begin{aligned} PAX : y &= H/3 = 2.500/3 = 0.833 \text{ m} \\ \Delta PAX : y &= H/2 = 2.500/2 = 1.250 \text{ m} \end{aligned}$$

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)	37.8000	——	1.653	——	62.4750	——
土圧 (PA)	0.0000	22.4187	2.350	0.833	0.0000	18.6823
土圧 (ΔPA)	0.0000	10.5500	2.350	1.250	0.0000	13.1875
背面上載荷重						
前面上載荷重	10.0000	——	1.000	——	10.0000	——
合 計 Σ	47.8000	32.9687	——	——	72.4750	31.8698

4-2 安定性の検討 (常時)

1) 転倒に対する検討

抵抗モーメント $M_r = \Sigma V \cdot x = 72.475 \text{ kNm/m}$

転倒モーメント $M_o = \Sigma H \cdot y = 31.870 \text{ kNm/m}$

合力の作用位置 $d = (M_r - M_o) / \Sigma V = (72.475 - 31.870) / 47.800 = 0.849 \text{ m}$

偏心距離 $e = (B/2) - d = (2.350/2) - 0.849 = 0.326 \text{ m} < B/6 = 2.350/6 = 0.392 \text{ m} \therefore \text{O.K.}$

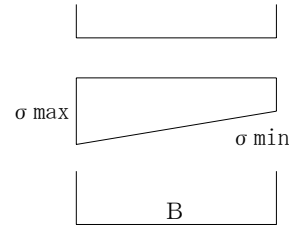
転倒安全率 $F = M_r / M_o = 72.475 / 31.870 = 2.274 > 1.5 \therefore \text{O.K.}$

2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

最大接地圧 $\sigma_{\max} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 + (6e/B)\}$
 $= (47.800/2.350) \times \{1 + (6 \times 0.326/2.350)\}$
 $= 37.246 \text{ kN/m}^2$

最小接地圧 $\sigma_{\min} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 - (6e/B)\}$
 $= (47.800/2.350) \times \{1 - (6 \times 0.326/2.350)\}$
 $= 3.435 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min} < 100.0 \text{ kN/m}^2 \therefore \text{O.K.}$



3) 滑り出しに対する検討

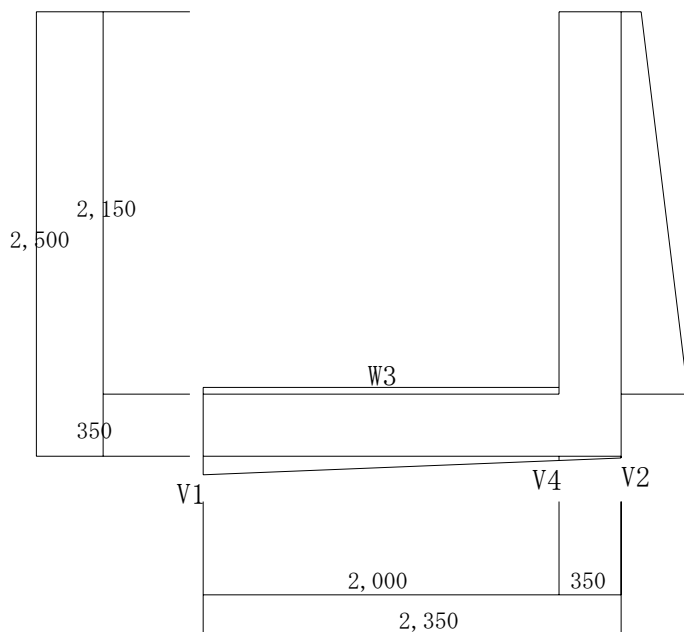
底版の有効載荷面積 $A' = B - 2e = 2.350 - 2 \times 0.326 = 1.699 \text{ m}^2/\text{m}$

水平力の総和 $\Sigma H = 32.969 \text{ kN/m}$

滑動に対する抵抗力 $RH = C \cdot A' + \Sigma V \cdot \mu = 20.0 \times 1.699 + 47.800 \times 0.445 = 55.250 \text{ kN/m}$

滑動安全率 $F = RH / \Sigma H = 55.250 / 32.969 = 1.676 > 1.5 \therefore \text{O.K.}$

4-3 断面の検討（常時）



中立軸までの距離

$$X_n = (B/2) \cdot [1 + \{B/(6e)\}] = (2,350/2) \times [1 + \{2,350/(6 \times 0.326)\}] = 2,589\text{m}$$

$$V1 = 37.246\text{kN/m}^2 \quad V4 = 8.471\text{kN/m}^2 \quad V2 = 3.435\text{kN/m}^2$$

$$W3 = (0.350 \times 24.0) + 5.00 = 13.400\text{kN/m}^2$$

地表面と水平面とのなす角度 $\beta = 0.00^\circ$

壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 0.00^\circ$

主働土圧係数

$$\begin{aligned} K_A &= \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cos(\theta + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\theta + \delta) \cos(\theta - \beta)}} \right)^2} \\ &= \frac{\cos^2(24.00^\circ - 0.00^\circ)}{\cos^2(0.00^\circ) \times \cos(0.00^\circ + 16.00^\circ) \times \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(24.00^\circ + 16.00^\circ) \times \sin(24.00^\circ - 0.00^\circ)}{\cos(0.00^\circ + 16.00^\circ) \times \cos(0.00^\circ - 0.00^\circ)}} \right)^2} \\ &= \frac{0.8346}{1.0000 \times 0.9613 \times \left(1 + \sqrt{\frac{0.6428 \times 0.4067}{0.9613 \times 1.0000}} \right)^2} \\ &= 0.375 \end{aligned}$$

1) たて壁 (中央部)

$$PAX = 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(16.00^\circ + 0.00^\circ) = 1/2 \times 0.375 \times 17.0 \times 1.075^2 \times 0.9613 = 3.541 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAX = KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(16.00^\circ + 0.00^\circ) = 0.375 \times 10.0 \times 1.075 \times 0.9613 = 3.875 \text{ kN/m}$$

$$M = PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{3.541 \times (1.075/3) + 3.875 \times (1.075/2)\} \times 10^5 = 335167 \text{ Ncm/m}$$

$$S = PAX + \Delta PAX = (3.541 + 3.875) \times 10^3 = 7416 \text{ N/m}$$

$$D = 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.20 \text{ cm} \quad j = 24.675 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 335167 / (19500 \times 24.675) = 0.697 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 7416 / (140.00 \times 24.675) = 2.147 \text{ cm/m}$$

配筋 D16-2329@ -----> ∴ D16-300@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 662.000 / (1000 \times 282.00) = 0.00235$$

$$k = \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00235 + (15 \times 0.00235)^2\} - 15 \times 0.00235 = 0.232$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.232/3) = 0.923$$

- コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 3351668 / (0.232 \times 0.923 \times 1000 \times 282.00^2) = 0.393 \text{ N/mm}^2$$

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

- 鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 3351668 / (662.000 \times 0.923 \times 282.00) = 19.462 \text{ N/mm}^2$$

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

- コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 7416 / (1000 \times 0.923 \times 282.00) = 0.029 \text{ N/mm}^2$$

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

2) たて壁 (固定部)

$$PAX = 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(16.00^\circ + 0.00^\circ) = 1/2 \times 0.375 \times 17.0 \times 2.150^2 \times 0.9613 = 14.163 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAX = KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(16.00^\circ + 0.00^\circ) = 0.375 \times 10.0 \times 2.150 \times 0.9613 = 7.750 \text{ kN/m}$$

$$M = PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{14.163 \times (2.150/3) + 7.750 \times (2.150/2)\} \times 10^5 = 1848190 \text{ Ncm/m}$$

$$S = PAX + \Delta PAX = (14.163 + 7.750) \times 10^3 = 21914 \text{ N/m}$$

$$D = 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.20 \text{ cm} \quad j = 24.675 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 1848190 / (19500 \times 24.675) = 3.841 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 21914 / (140.00 \times 24.675) = 6.343 \text{ cm/m}$$

配筋 D16-517@ -----> ∴ D16-300@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 662.000 / (1000 \times 282.00) = 0.00235$$

$$k = \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00235 + (15 \times 0.00235)^2\} - 15 \times 0.00235 = 0.232$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.232/3) = 0.923$$

- コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 18481900 / (0.232 \times 0.923 \times 1000 \times 282.00^2) = 2.167 \text{ N/mm}^2$$

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

- 鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 18481900 / (662.000 \times 0.923 \times 282.00) = 107.318 \text{ N/mm}^2$$

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

- コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 21914 / (1000 \times 0.923 \times 282.00) = 0.084 \text{ N/mm}^2$$

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

5) つま先版 (固定部)

$$\begin{aligned} M1 &= (W3 \cdot B0^2) / 2 = (13.400 \times 2.000^2) / 2 = 26.800 \text{ kNm/m} \\ S1 &= W3 \cdot B0 = 13.400 \times 2.000 = 26.800 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V4 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (8.471 + 2 \times 37.246) \times 2.000^2 / 6 = 55.308 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V4 + V1) \cdot B0 / 2 = (8.471 + 37.246) \times 2.000 / 2 = 45.716 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |26.800 - 55.308| \times 10^5 = 2850801 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |26.800 - 45.716| \times 10^3 = 18916 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.20 \text{ cm} \quad j = 24.675 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 2850801 / (19500 \times 24.675) = 5.925 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 18916 / (140.00 \times 24.675) = 5.476 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

配筋 D16-335@ -----> ∴ D16-300@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 662.000 / (1000 \times 282.00) = 0.00235 \\ k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00235 + (15 \times 0.00235)^2} - 15 \times 0.00235 = 0.232 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.232/3) = 0.923 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 28508010 / (0.232 \times 0.923 \times 1000 \times 282.00^2) = 3.343 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 28508010 / (662.000 \times 0.923 \times 282.00) = 165.536 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 18916 / (1000 \times 0.923 \times 282.00) = 0.073 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

6) つま先版 (中央部)

$$\begin{aligned} M1 &= (W3 \cdot (B0/2)^2) / 2 = (13.400 \times 1.000^2) / 2 = 6.700 \text{ kNm/m} \\ S1 &= W3 \cdot B0 / 2 = 13.400 \times 1.000 = 13.400 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V6 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (22.858 + 2 \times 37.246) \times 1.000^2 / 6 = 16.225 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V6 + V1) \cdot B0 / 2 = (22.858 + 37.246) \times 1.000 / 2 = 30.052 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |6.700 - 16.225| \times 10^5 = 952490 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |13.400 - 30.052| \times 10^3 = 16652 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.20 \text{ cm} \quad j = 24.675 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 952490 / (19500 \times 24.675) = 1.980 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 16652 / (140.00 \times 24.675) = 4.820 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

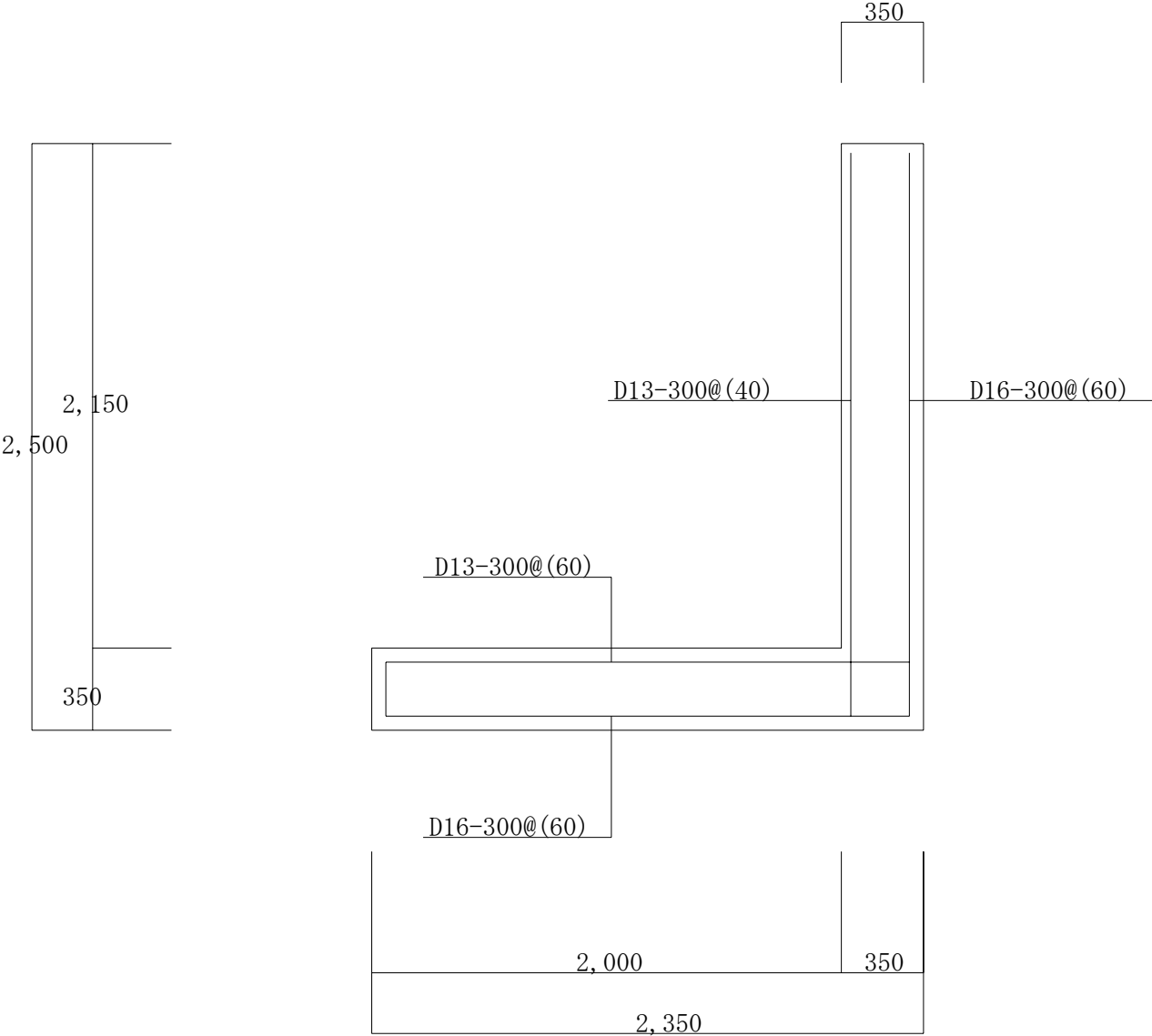
配筋 D16-1003@ -----> ∴ D16-300@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 662.000 / (1000 \times 282.00) = 0.00235 \\ k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00235 + (15 \times 0.00235)^2} - 15 \times 0.00235 = 0.232 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.232/3) = 0.923 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 9524898 / (0.232 \times 0.923 \times 1000 \times 282.00^2) = 1.117 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 9524898 / (662.000 \times 0.923 \times 282.00) = 55.308 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 16652 / (1000 \times 0.923 \times 282.00) = 0.064 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

4－4 略配筋図

()内は、鉄筋のかぶり厚さ(コンクリート表面から鉄筋表面までの最小間隔)を示す。



§ 1. 一般事項(常時)

1-1 工作物の概要

- ・ 築造地 : 奈良市
- ・ 形 式 : 片持梁式鉄筋コンクリート造擁壁

1-2 使用材料 及 許容応力度

- ・ コンクリート
 - 設計基準強度 : $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
 - 許容圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2$
 - 許容せん断応力度 : $\tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2$
 - 許容付着応力度 : $f_a = 1.4 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄 筋
 - 許容引張応力度 : $f_t = 195.0 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄筋コンクリート
 - 単位体積重量 : $r = 24.0 \text{ kN/m}^3$

1-3 設計条件

◎背面土

- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 土の単位体積重量 : $\gamma_s = 17.0 \text{ kN/m}^3$
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 土(仮想背面)と土との摩擦角 : (安定計算時) $\delta = 0.00^\circ$
- ・ 壁背面と土との摩擦角 : (断面計算時) $\delta = 16.00^\circ$

○土圧

クーロンの土圧式による。

◎支持地盤

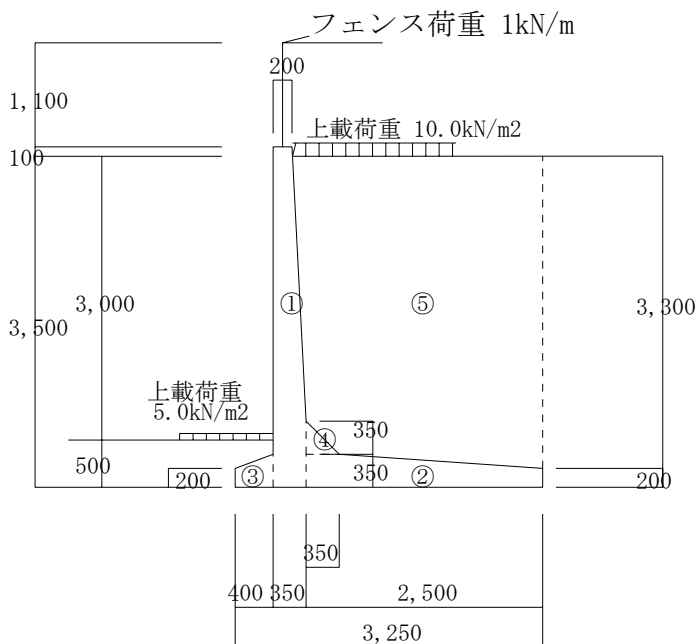
- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 許容地耐力 : $f_e = 100 \text{ kN/m}^2$
- ・ 底盤の摩擦係数 : $\mu = \tan 24.0^\circ = 0.445$

1-4 設計方針

- ・ 本計算は、片持梁式鉄筋コンクリート擁壁として、すべて土圧にて行う。
- ・ 本計算は、宅地造成等規制法、同施行令、建築基準法、同施行令、及び、日本建築学会諸基準「鉄筋コンクリート構造計算基準、建築基礎構造設計指針」に準拠して行う。
なお、応力計算は、日本土木学会「コンクリート標準示方書」による。

§ 5. RC擁壁 (L4) の設計

5-1 荷重の計算 (常時)



地表面と水平面とのなす角度 $\alpha = 0.00^\circ$
 壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 0.00^\circ$ (仮想背面)
 擁壁全高さ $H = 3.50\text{m}$

1) 自重

区 分	面 積 $A \text{ (m}^2\text{)}$	単位重量 $\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	重 量 $W \text{ (kN/m)}$	重心距離 (m)		モーメント (kN・m/m)	
				x	y	$W \cdot x$	$W \cdot y$
① たて壁	$3.250 \times (0.200 + 0.350) / 2 + 0.350 \times 0.350 = 1.0163$	24.0	24.3900	0.545	—	13.2930	—
② かかと版	$2.500 \times (0.350 + 0.200) / 2 = 0.6875$	24.0	16.5000	1.886	—	31.1250	—
③ つま先版	$0.400 \times (0.350 + 0.200) / 2 = 0.1100$	24.0	2.6400	0.218	—	0.5760	—
④ ハンチ	$0.350 \times 0.350 / 2 = 0.0613$	24.0	1.4700	0.867	—	1.2740	—
⑤ 背面土	$3.150 \times (2.500 + 2.645) / 2 + 2.500 \times 0.150 / 2 - 0.0613 = 8.2302$	17.0	139.9139	1.987	—	277.9832	—
⑥ 法面土							
⑦ 前面土							
合 計 Σ		—	184.9139	—	—	324.2512	—

重心 $x = \Sigma W \cdot x / \Sigma W = 324.251 / 184.914 = 1.754\text{m}$

2) 上載荷重

背面上載荷重... $W = 10.00 \times 2.645 = 26.454\text{kN/m}$
 前面上載荷重... $W = 5.00 \times 0.400 = 2.000\text{kN/m}$

3) 擁壁に及ぼす土圧

主働土圧係数

$$\begin{aligned} KA &= \tan^2(45^\circ - \phi/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 24.00^\circ/2) \\ &= \tan^2(33.00^\circ) \\ &= 0.422 \end{aligned}$$

背面土による土圧

$$\begin{aligned} PA &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 = 1/2 \times 0.422 \times 17.0 \times 3.500^2 = 43.9408 \text{ kN/m} \\ PAX &= PA \cdot \cos \delta = PA \cdot \cos 0.00^\circ = 43.9408 \times 1.0000 = 43.9408 \text{ kN/m} \\ PAY &= PA \cdot \sin \delta = PA \cdot \sin 0.00^\circ = 43.9408 \times 0.0000 = 0.0000 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

背面上載荷重による土圧

$$\begin{aligned} \Delta PA &= KA \cdot q \cdot H = 0.422 \times 10.0 \times 3.500 = 14.7700 \text{ kN/m} \\ \Delta PAX &= \Delta PA \cdot \cos \delta = \Delta PA \cdot \cos 0.00^\circ = 14.7700 \times 1.0000 = 14.7700 \text{ kN/m} \\ \Delta PAY &= \Delta PA \cdot \sin \delta = \Delta PA \cdot \sin 0.00^\circ = 14.7700 \times 0.0000 = 0.0000 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

作用点の位置

$$\begin{aligned} PAX : y &= H/3 = 3.500/3 = 1.167 \text{ m} \\ \Delta PAX : y &= H/2 = 3.500/2 = 1.750 \text{ m} \end{aligned}$$

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)	184.9139	—	1.754	—	324.2512	—
土圧 (PA)	—	43.9408	—	1.167	—	51.2642
土圧 (ΔPA)	—	14.7700	—	1.750	—	25.8475
背面上載荷重	26.4538	—	1.927	—	50.9847	—
前面上載荷重	2.0000	—	0.200	—	0.4000	—
フェンス荷重	—	1.0000	—	4.700	—	4.7000
合 計 Σ	213.3678	59.7107	—	—	375.6359	81.8117

5-2 安定性の検討 (常時)

1) 転倒に対する検討

抵抗モーメント $M_r = \Sigma V \cdot x = 375.636 \text{ kNm/m}$

転倒モーメント $M_o = \Sigma H \cdot y = 81.812 \text{ kNm/m}$

合力の作用位置 $d = (M_r - M_o) / \Sigma V = (375.636 - 81.812) / 213.368 = 1.377 \text{ m}$

偏心距離 $e = (B/2) - d = (3.250/2) - 1.377 = 0.248 \text{ m} < B/6 = 3.250/6 = 0.542 \text{ m} \therefore \text{O.K.}$

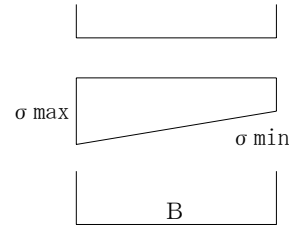
転倒安全率 $F = M_r / M_o = 375.636 / 81.812 = 4.591 > 1.5 \therefore \text{O.K.}$

2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

最大接地圧 $\sigma_{\max} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 + (6e/B)\}$
 $= (213.368/3.250) \times \{1 + (6 \times 0.248/3.250)\}$
 $= 95.700 \text{ kN/m}^2$

最小接地圧 $\sigma_{\min} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 - (6e/B)\}$
 $= (213.368/3.250) \times \{1 - (6 \times 0.248/3.250)\}$
 $= 35.603 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min} < 100.0 \text{ kN/m}^2 \therefore \text{O.K.}$



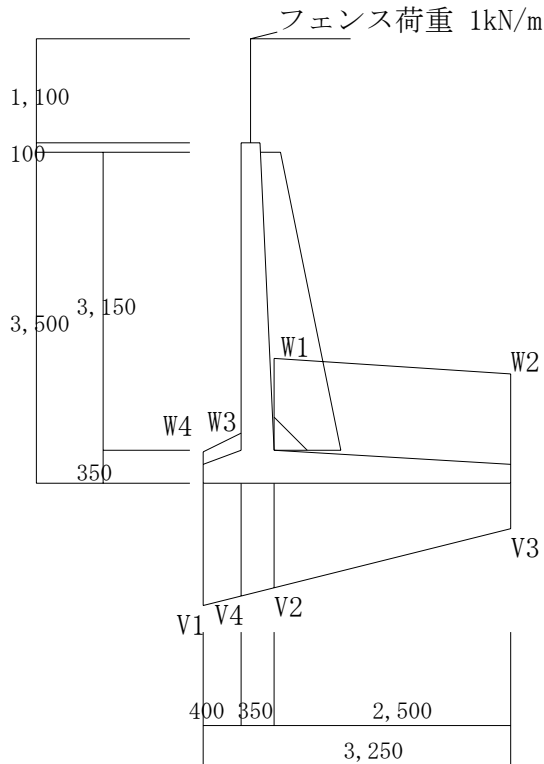
3) 滑り出しに対する検討

水平力の総和 $\Sigma H = 59.711 \text{ kN/m}$

滑動に対する抵抗力 $RH = C \cdot B + \Sigma V \cdot \mu = 0.0 \times 3.250 + 213.368 \times 0.445 = 94.949 \text{ kN/m}$

滑動安全率 $F = RH / \Sigma H = 94.949 / 59.711 = 1.590 > 1.5 \therefore \text{O.K.}$

5-3 断面の検討（常時）



中立軸までの距離

$$X_n = (B/2) \cdot [1 + \{B/(6e)\}] = (3,250/2) \times [1 + \{3,250/(6 \times 0.248)\}] = 5.175\text{m}$$

$$V1 = 95.700\text{kN/m}^2 \quad V4 = 88.304\text{kN/m}^2 \quad V2 = 81.832\text{kN/m}^2 \quad V3 = 35.603\text{kN/m}^2$$

$$W1 = (3,150 \times 17.0) + (0.350 \times 24.0) + 10.00 = 71.950\text{kN/m}^2$$

$$W2 = (3,300 \times 17.0) + (0.200 \times 24.0) + 10.00 = 70.900\text{kN/m}^2$$

$$W3 = (0.350 \times 24.0) + 5.00 = 13.400\text{kN/m}^2$$

$$W4 = (0.200 \times 24.0) + 5.00 = 9.800\text{kN/m}^2$$

地表面と水平面とのなす角度 $\beta = 0.00^\circ$

壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 2.64^\circ$

主働土圧係数

$$\begin{aligned} K_A &= \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2\theta \cos(\theta + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\theta + \delta) \cos(\theta - \beta)}} \right)^2} \\ &= \frac{\cos^2(24.00^\circ - 2.64^\circ)}{\cos^2(2.64^\circ) \times \cos(2.64^\circ + 16.00^\circ) \times \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(24.00^\circ + 16.00^\circ) \times \sin(24.00^\circ - 0.00^\circ)}{\cos(2.64^\circ + 16.00^\circ) \times \cos(2.64^\circ - 0.00^\circ)}} \right)^2} \\ &= \frac{0.8674}{0.9979 \times 0.9475 \times \left(1 + \sqrt{\frac{0.6428 \times 0.4067}{0.9475 \times 0.9989}} \right)^2} \\ &= 0.394 \end{aligned}$$

1) たて壁 (中央部)

$$\begin{aligned}
 PAX &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(16.00^\circ + 2.643^\circ) = 1/2 \times 0.394 \times 17.0 \times 1.525^2 \times 0.9475 = 7.380 \text{ kN/m} \\
 \Delta PAX &= KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(16.00^\circ + 2.643^\circ) = 0.394 \times 10.0 \times 1.525 \times 0.9475 = 5.693 \text{ kN/m} \\
 \text{フェンス荷重 } H &= 1 \text{ kN/m} \\
 M &= PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n + H \cdot y \\
 &= \{7.380 \times (1.525/3) + 5.693 \times (1.525/2) + 1.000 \times 2.725\} \times 10^5 = 1081753 \text{ Ncm/m} \\
 S &= PAX + \Delta PAX + H = (7.380 + 5.693 + 1.000) \times 10^3 = 14073 \text{ N/m} \\
 D &= 27.50 \text{ cm} \quad d = 20.55 \text{ cm} \quad j = 17.981 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 1081753 / (19500 \times 17.981) = 3.085 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 14073 / (140.00 \times 17.981) = 5.590 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D19-928@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 205.50) = 0.00465 \\
 k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00465 + (15 \times 0.00465)^2} - 15 \times 0.00465 = 0.310 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.310/3) = 0.897
 \end{aligned}$$

- コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 10817530 / (0.310 \times 0.897 \times 1000 \times 205.50^2) = 1.842 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- 鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 10817530 / (955.000 \times 0.897 \times 205.50) = 61.476 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 14073 / (1000 \times 0.897 \times 205.50) = 0.076 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

2) たて壁 (固定部)

$$\begin{aligned}
 PAX &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(16.00^\circ + 2.643^\circ) = 1/2 \times 0.394 \times 17.0 \times 3.150^2 \times 0.9475 = 31.487 \text{ kN/m} \\
 \Delta PAX &= KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(16.00^\circ + 2.643^\circ) = 0.394 \times 10.0 \times 3.150 \times 0.9475 = 11.760 \text{ kN/m} \\
 \text{フェンス荷重 } H &= 1 \text{ kN/m} \\
 M &= PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n + H \cdot y \\
 &= \{31.487 \times (3.150/3) + 11.760 \times (3.150/2) + 1.000 \times 4.350\} \times 10^5 = 5628295 \text{ Ncm/m} \\
 S &= PAX + \Delta PAX + W = (31.487 + 11.760 + 1.000) \times 10^3 = 44247 \text{ N/m} \\
 D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 5628295 / (19500 \times 24.544) = 11.760 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 44247 / (140.00 \times 24.544) = 12.877 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D19-243@ -----> ∴ D19-150@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00681 \\
 k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00681 + (15 \times 0.00681)^2} - 15 \times 0.00681 = 0.361 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.361/3) = 0.880
 \end{aligned}$$

- コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 56282950 / (0.361 \times 0.880 \times 1000 \times 280.50^2) = 4.503 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- 鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 56282950 / (1910.000 \times 0.880 \times 280.50) = 119.435 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 44247 / (1000 \times 0.880 \times 280.50) = 0.179 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

3) かかと版 (固定部)

$$M1 = (W1 + 2 \cdot W2) \cdot B^2 / 6 = (71.950 + 2 \times 70.900) \times 2.500^2 / 6 = 222.656 \text{ kNm/m}$$

$$S1 = (W1 + W2) \cdot B / 2 = (71.950 + 70.900) \times 2.500 / 2 = 178.563 \text{ kN/m}$$

$$M2 = (V2 + 2 \cdot V3) \cdot B^2 / 6 = (81.832 + 2 \times 35.603) \times 2.500^2 / 6 = 159.414 \text{ kNm/m}$$

$$S2 = (V2 + V3) \cdot B / 2 = (81.832 + 35.603) \times 2.500 / 2 = 146.793 \text{ kN/m}$$

$$M = |M1 - M2| = |222.656 - 159.414| \times 10^5 = 6324239 \text{ Ncm/m}$$

$$S = |S1 - S2| = |178.563 - 146.793| \times 10^3 = 31769 \text{ N/m}$$

$$D = 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 6324239 / (19500 \times 24.544) = 13.214 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 31769 / (140.00 \times 24.544) = 9.246 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-216@ -----> ∴ D19-150@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00681$$

$$k = \sqrt{2np + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00681 + (15 \times 0.00681)^2} - 15 \times 0.00681 = 0.361$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.361/3) = 0.880$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 63242380 / (0.361 \times 0.880 \times 1000 \times 280.50^2) = 5.060 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 63242380 / (1910.000 \times 0.880 \times 280.50) = 134.203 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 31769 / (1000 \times 0.880 \times 280.50) = 0.129 \text{ N/mm}^2$$

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

4) かかと版 (中央部)

$$M1 = \{ (W1 + W2) / 2 + 2 \cdot W2 \} \cdot (B/2)^2 / 6 = (71.425 + 2 \times 70.900) \times 1.250^2 / 6 = 55.527 \text{ kNm/m}$$

$$S1 = \{ (W1 + W2) / 2 + 2 \cdot W2 \} \cdot (B/2) / 2 = (71.425 + 70.900) \times 1.250 / 2 = 88.953 \text{ kN/m}$$

$$M2 = (V5 + 2 \cdot V3) \cdot (B/2)^2 / 6 = (58.717 + 2 \times 35.603) \times 1.250^2 / 6 = 33.834 \text{ kNm/m}$$

$$S2 = (V5 + V3) \cdot (B/2) / 2 = (58.717 + 35.603) \times 1.250 / 2 = 58.950 \text{ kN/m}$$

$$M = |M1 - M2| = |55.527 - 33.834| \times 10^5 = 2169327 \text{ Ncm/m}$$

$$S = |S1 - S2| = |88.953 - 58.950| \times 10^3 = 30003 \text{ N/m}$$

$$D = 27.50 \text{ cm} \quad d = 20.55 \text{ cm} \quad j = 17.981 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 2169327 / (19500 \times 17.981) = 6.187 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 30003 / (140.00 \times 17.981) = 11.918 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-463@ -----> ∴ D19-300@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 205.50) = 0.00465$$

$$k = \sqrt{2np + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00465 + (15 \times 0.00465)^2} - 15 \times 0.00465 = 0.310$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.310/3) = 0.897$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 21693270 / (0.310 \times 0.897 \times 1000 \times 205.50^2) = 3.695 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 21693270 / (955.000 \times 0.897 \times 205.50) = 123.282 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 30003 / (1000 \times 0.897 \times 205.50) = 0.163 \text{ N/mm}^2$$

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

5) つま先版 (固定部)

$$\begin{aligned}
 M1 &= (W3 + 2 \cdot W4) \cdot B0^2 / 6 = (13.400 + 2 \times 9.800) \times 0.400^2 / 6 = 0.880 \text{ kNm/m} \\
 S1 &= (W3 + W4) \cdot B0 / 2 = (13.400 + 9.800) \times 0.400 / 2 = 4.640 \text{ kN/m} \\
 M2 &= (V4 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (88.304 + 2 \times 95.700) \times 0.400^2 / 6 = 7.459 \text{ kNm/m} \\
 S2 &= (V4 + V1) \cdot B0 / 2 = (88.304 + 95.700) \times 0.400 / 2 = 36.801 \text{ kN/m} \\
 M &= |M1 - M2| = |0.880 - 7.459| \times 10^5 = 657879 \text{ Ncm/m} \\
 S &= |S1 - S2| = |4.640 - 36.801| \times 10^3 = 32161 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 657879 / (19500 \times 24.544) = 1.375 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 32161 / (140.00 \times 24.544) = 9.360 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

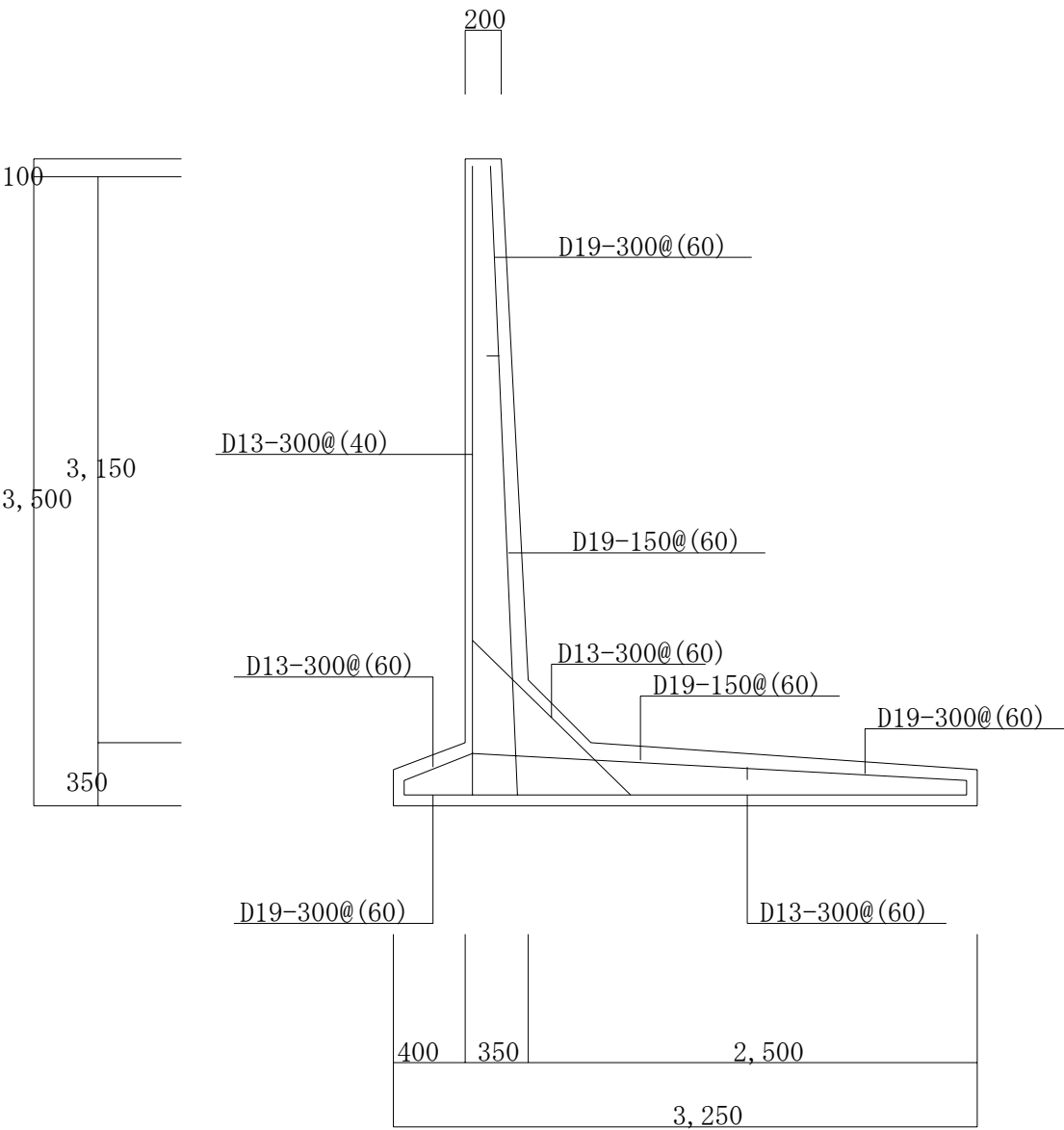
配筋 D19-641@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00340 \\
 k &= \text{sqr} \{ 2n \cdot p + (n \cdot p)^2 \} - n \cdot p = \text{sqr} \{ 2 \times 15 \times 0.00340 + (15 \times 0.00340)^2 \} - 15 \times 0.00340 = 0.273 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.273/3) = 0.909
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 6578794 / (0.273 \times 0.909 \times 1000 \times 280.50^2) = 0.675 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 6578794 / (955.000 \times 0.909 \times 280.50) = 27.013 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 32161 / (1000 \times 0.909 \times 280.50) = 0.126 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

5－4 略配筋図

()内は、鉄筋のかぶり厚さ(コンクリート表面から鉄筋表面までの最小間隔)を示す。



§ 1. 一般事項(常時)

1-1 工作物の概要

- ・ 築造地 : 奈良市
- ・ 形 式 : 片持梁式鉄筋コンクリート造擁壁

1-2 使用材料 及 許容応力度

- ・ コンクリート
 - 設計基準強度 : $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
 - 許容圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2$
 - 許容せん断応力度 : $\tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2$
 - 許容付着応力度 : $f_a = 1.4 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄 筋
 - 許容引張応力度 : $f_t = 195.0 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄筋コンクリート
 - 単位体積重量 : $r = 24.0 \text{ kN/m}^3$

1-3 設計条件

◎背面土

- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 土の単位体積重量 : $\gamma_s = 16.0 \text{ kN/m}^3$
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 土(仮想背面)と土との摩擦角 : (安定計算時) $\delta = 0.00^\circ$
- ・ 壁背面と土との摩擦角 : (断面計算時) $\delta = 16.00^\circ$

○土圧

クーロンの土圧式による。

◎支持地盤

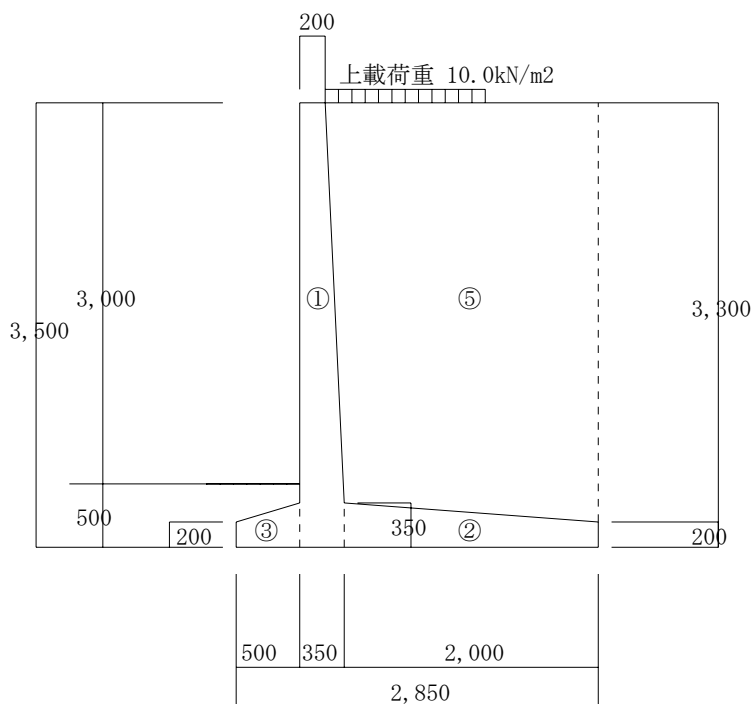
- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 許容地耐力 : $f_e = 100 \text{ kN/m}^2$
- ・ 底盤の摩擦係数 : $\mu = \tan 24.0^\circ = 0.445$

1-4 設計方針

- ・ 本計算は、片持梁式鉄筋コンクリート擁壁として、すべて土圧にて行う。
- ・ 本計算は、宅地造成等規制法、同施行令、建築基準法、同施行令、及び、日本建築学会諸基準「鉄筋コンクリート構造計算基準、建築基礎構造設計指針」に準拠して行う。
なお、応力計算は、日本土木学会「コンクリート標準示方書」による。

§ 6. RC擁壁 (L5) の設計

6-1 荷重の計算 (常時)



地表面と水平面とのなす角度 $\alpha = 0.00^\circ$
 壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 0.00^\circ$ (仮想背面)
 擁壁全高さ $H = 3.50\text{m}$

1) 自重

区 分	面 積 $A \text{ (m}^2\text{)}$	単位重量 $\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	重 量 $W \text{ (kN/m)}$	重心距離 (m)		モーメント (kN・m/m)	
				x	y	$W \cdot x$	$W \cdot y$
① たて壁	$3.150 \times (0.200 + 0.350) / 2 + 0.350 \times 0.350 = 0.9888$	24.0	23.7300	0.645	—	15.3090	—
② かかと版	$2.000 \times (0.350 + 0.200) / 2 = 0.5500$	24.0	13.2000	1.759	—	23.2200	—
③ つま先版	$0.500 \times (0.350 + 0.200) / 2 = 0.1375$	24.0	3.3000	0.273	—	0.9000	—
④ ハンチ							
⑤ 背面土	$3.150 \times (2.000 + 2.150) / 2 + 2.000 \times 0.150 / 2 = 6.6863$	16.0	106.9800	1.820	—	194.7440	—
⑥ 法面土							
⑦ 前面土							
合 計 Σ		—	147.2100	—	—	234.1730	—

重心 $x = \Sigma W \cdot x / \Sigma W = 234.173 / 147.210 = 1.591\text{m}$

2) 上載荷重

背面上載荷重・・・ $W = 10.00 \times 2.150 = 21.500\text{kN/m}$

3) 擁壁に及ぼす土圧

主働土圧係数

$$\begin{aligned} KA &= \tan^2(45^\circ - \phi/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 24.00^\circ/2) \\ &= \tan^2(33.00^\circ) \\ &= 0.422 \end{aligned}$$

背面土による土圧

$$\begin{aligned} PA &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 = 1/2 \times 0.422 \times 16.0 \times 3.500^2 = 41.3560 \text{ kN/m} \\ PAX &= PA \cdot \cos \delta = PA \cdot \cos 0.00^\circ = 41.3560 \times 1.0000 = 41.3560 \text{ kN/m} \\ PAY &= PA \cdot \sin \delta = PA \cdot \sin 0.00^\circ = 41.3560 \times 0.0000 = 0.0000 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

背面上載荷重による土圧

$$\begin{aligned} \Delta PA &= KA \cdot q \cdot H = 0.422 \times 10.0 \times 3.500 = 14.7700 \text{ kN/m} \\ \Delta PAX &= \Delta PA \cdot \cos \delta = \Delta PA \cdot \cos 0.00^\circ = 14.7700 \times 1.0000 = 14.7700 \text{ kN/m} \\ \Delta PAY &= \Delta PA \cdot \sin \delta = \Delta PA \cdot \sin 0.00^\circ = 14.7700 \times 0.0000 = 0.0000 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

作用点の位置

$$\begin{aligned} PAX : y &= H/3 = 3.500/3 = 1.167 \text{ m} \\ \Delta PAX : y &= H/2 = 3.500/2 = 1.750 \text{ m} \end{aligned}$$

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)	147.2100	——	1.591	——	234.1730	——
土圧 (PA)	——	41.3560	——	1.167	——	48.2487
土圧 (ΔPA)	——	14.7700	——	1.750	——	25.8475
背面上載荷重	21.5000	——	1.775	——	38.1625	——
前面上載荷重						
合 計 Σ	168.7100	56.1260	——	——	272.3355	74.0962

6-2 安定性の検討 (常時)

1) 転倒に対する検討

抵抗モーメント $M_r = \Sigma V \cdot x = 272.336 \text{ kNm/m}$

転倒モーメント $M_o = \Sigma H \cdot y = 74.096 \text{ kNm/m}$

転倒安全率 $F = M_r / M_o = 272.336 / 74.096 = 3.675 > 1.5 \therefore \text{O.K.}$

2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

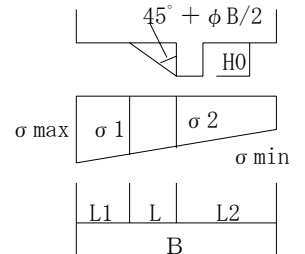
合力の作用位置 $d = (M_r - M_o) / \Sigma V = (272.336 - 74.096) / 168.710 = 1.175 \text{ m}$

偏心距離 $e = (B/2) - d = (2.850/2) - 1.175 = 0.250 \text{ m}$

最大接地圧 $\sigma_{\max} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 + (6e/B)\}$
 $= (168.710/2.850) \times \{1 + (6 \times 0.250/2.850)\}$
 $= 90.349 \text{ kN/m}^2$

最小接地圧 $\sigma_{\min} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 - (6e/B)\}$
 $= (168.710/2.850) \times \{1 - (6 \times 0.250/2.850)\}$
 $= 28.044 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min} < 100.0 \text{ kN/m}^2 \therefore \text{O.K.}$



3) 滑り出しに対する検討

水平力の総和 $\Sigma H = 56.126 \text{ kN/m}$

滑動に対する抵抗力 $RH = C \cdot B + \Sigma V \cdot \mu = 0.0 \times 2.850 + 168.710 \times 0.445 = 75.076 \text{ kN/m}$

滑動安全率 $F = RH / \Sigma H = 75.076 / 56.126 = 1.338 > 1.0 \longrightarrow$ 突起を設ける

・突起の計算

$H_0 = 0.360 \text{ m}$

$L = H_0 \cdot \tan(45^\circ + \phi B/2) = 0.360 \times \tan\{45^\circ + (24.00^\circ/2)\} = 0.360 \times 1.540 = 0.554 \text{ m}$

$\sigma_{\min} = 28.044 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_1 = 69.676 \text{ kN/m}^2 \quad \sigma_2 = 57.557 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_0 = (\sigma_1 + \sigma_2)/2 = (69.676 + 57.557)/2 = 63.616 \text{ kN/m}^2$

$P = \sigma_0 \cdot \tan^2(45^\circ + \phi B/2)$

$= 63.616 \times \tan^2\{45^\circ + (24.00^\circ/2)\} = 63.616 \times 2.371 = 150.845 \text{ kN/m}^2$

$W_1 = \{(\sigma_{\max} + \sigma_1)/2\} \cdot L_1 + \{(\sigma_2 + \sigma_{\min})/2\} \cdot L_2$

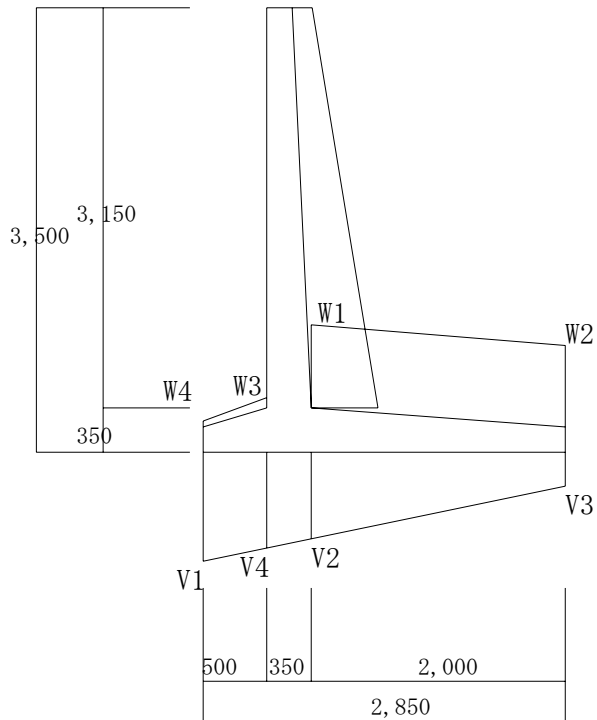
$= \{(90.349 + 69.676)/2\} \times 0.946 + \{(57.557 + 28.044)/2\} \times 1.350 = 133.444 \text{ kN/m}^2$

滑動安全率 $F = (C \cdot B + W_1 \cdot \mu + P \cdot H_0) / \Sigma H$

$= (0.0 \times 2.850 + 133.444 \times 0.445 + 150.845 \times 0.360) / 56.126$

$= 2.026 > 1.5 \therefore \text{O.K.}$

6-3 断面の検討（常時）



中立軸までの距離

$$X_n = (B/2) \cdot [1 + \{B/(6e)\}] = (2,850/2) \times [1 + \{2,850/(6 \times 0.250)\}] = 4.133\text{m}$$

$$V1=90.349\text{kN/m}^2 \quad V4=79.418\text{kN/m}^2 \quad V2=71.767\text{kN/m}^2 \quad V3=28.044\text{kN/m}^2$$

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

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

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

$$W4=(0.200 \times 24.0) + 0.00=4.800\text{kN/m}^2$$

地表面と水平面とのなす角度 $\beta=0.00^\circ$

壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta=2.73^\circ$

主働土圧係数

$$\begin{aligned} K_A &= \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cos(\theta + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\theta + \delta) \cos(\theta - \beta)}} \right)^2} \\ &= \frac{\cos^2(24.00^\circ - 2.73^\circ)}{\cos^2(2.73^\circ) \times \cos(2.73^\circ + 16.00^\circ) \times \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(24.00^\circ + 16.00^\circ) \times \sin(24.00^\circ - 0.00^\circ)}{\cos(2.73^\circ + 16.00^\circ) \times \cos(2.73^\circ - 0.00^\circ)}} \right)^2} \\ &= \frac{0.8684}{0.9977 \times 0.9471 \times \left(1 + \sqrt{\frac{0.6428 \times 0.4067}{0.9471 \times 0.9989}} \right)^2} \\ &= 0.395 \end{aligned}$$

1) たて壁 (中央部)

$$\begin{aligned} PAX &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(16.00^\circ + 2.726^\circ) = 1/2 \times 0.395 \times 16.0 \times 1.575^2 \times 0.9471 = 7.424 \text{ kN/m} \\ \Delta PAX &= KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(16.00^\circ + 2.726^\circ) = 0.395 \times 10.0 \times 1.575 \times 0.9471 = 5.892 \text{ kN/m} \\ M &= PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{7.424 \times (1.575/3) + 5.892 \times (1.575/2)\} \times 10^5 = 853739 \text{ Ncm/m} \\ S &= PAX + \Delta PAX = (7.424 + 5.892) \times 10^3 = 13316 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 27.50 \text{ cm} \quad d = 20.55 \text{ cm} \quad j = 17.981 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 853739 / (19500 \times 17.981) = 2.435 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 13316 / (140.00 \times 17.981) = 5.290 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

配筋 D19-1134@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 205.50) = 0.00465 \\ k &= \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00465 + (15 \times 0.00465)^2\} - 15 \times 0.00465 = 0.310 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.310/3) = 0.897 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 8537387 / (0.310 \times 0.897 \times 1000 \times 205.50^2) = 1.454 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 8537387 / (955.000 \times 0.897 \times 205.50) = 48.518 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 13316 / (1000 \times 0.897 \times 205.50) = 0.072 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

2) たて壁 (固定部)

$$\begin{aligned} PAX &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(16.00^\circ + 2.726^\circ) = 1/2 \times 0.395 \times 16.0 \times 3.150^2 \times 0.9471 = 29.695 \text{ kN/m} \\ \Delta PAX &= KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(16.00^\circ + 2.726^\circ) = 0.395 \times 10.0 \times 3.150 \times 0.9471 = 11.784 \text{ kN/m} \\ M &= PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{29.695 \times (3.150/3) + 11.784 \times (3.150/2)\} \times 10^5 = 4973956 \text{ Ncm/m} \\ S &= PAX + \Delta PAX = (29.695 + 11.784) \times 10^3 = 41479 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 4973956 / (19500 \times 24.544) = 10.393 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 41479 / (140.00 \times 24.544) = 12.071 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

配筋 D19-275@ -----> ∴ D19-150@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00681 \\ k &= \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00681 + (15 \times 0.00681)^2\} - 15 \times 0.00681 = 0.361 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.361/3) = 0.880 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 49739560 / (0.361 \times 0.880 \times 1000 \times 280.50^2) = 3.979 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 49739560 / (1910.000 \times 0.880 \times 280.50) = 105.549 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 41479 / (1000 \times 0.880 \times 280.50) = 0.168 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

3) かかと版 (固定部)

$$M1 = (W1 + 2 \cdot W2) \cdot B^2 / 6 = (68.800 + 2 \times 67.600) \times 2.000^2 / 6 = 136.000 \text{ kNm/m}$$

$$S1 = (W1 + W2) \cdot B / 2 = (68.800 + 67.600) \times 2.000 / 2 = 136.400 \text{ kN/m}$$

$$M2 = (V2 + 2 \cdot V3) \cdot B^2 / 6 = (71.767 + 2 \times 28.044) \times 2.000^2 / 6 = 85.237 \text{ kNm/m}$$

$$S2 = (V2 + V3) \cdot B / 2 = (71.767 + 28.044) \times 2.000 / 2 = 99.811 \text{ kN/m}$$

$$M = |M1 - M2| = |136.000 - 85.237| \times 10^5 = 5076324 \text{ Ncm/m}$$

$$S = |S1 - S2| = |136.400 - 99.811| \times 10^3 = 36589 \text{ N/m}$$

$$D = 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 5076324 / (19500 \times 24.544) = 10.607 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 36589 / (140.00 \times 24.544) = 10.648 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-270@ -----> ∴ D19-150@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00681$$

$$k = \sqrt{2np + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00681 + (15 \times 0.00681)^2} - 15 \times 0.00681 = 0.361$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.361/3) = 0.880$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 50763240 / (0.361 \times 0.880 \times 1000 \times 280.50^2) = 4.061 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 50763240 / (1910.000 \times 0.880 \times 280.50) = 107.722 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 36589 / (1000 \times 0.880 \times 280.50) = 0.148 \text{ N/mm}^2$$

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

4) かかと版 (中央部)

$$M1 = \{ (W1 + W2) / 2 + 2 \cdot W2 \} \cdot (B/2)^2 / 6 = (68.200 + 2 \times 67.600) \times 1.000^2 / 6 = 33.900 \text{ kNm/m}$$

$$S1 = \{ (W1 + W2) / 2 + 2 \cdot W2 \} \cdot (B/2) / 2 = (68.200 + 67.600) \times 1.000 / 2 = 67.900 \text{ kN/m}$$

$$M2 = (V5 + 2 \cdot V3) \cdot (B/2)^2 / 6 = (49.905 + 2 \times 28.044) \times 1.000^2 / 6 = 17.666 \text{ kNm/m}$$

$$S2 = (V5 + V3) \cdot (B/2) / 2 = (49.905 + 28.044) \times 1.000 / 2 = 38.975 \text{ kN/m}$$

$$M = |M1 - M2| = |33.900 - 17.666| \times 10^5 = 1623435 \text{ Ncm/m}$$

$$S = |S1 - S2| = |67.900 - 38.975| \times 10^3 = 28925 \text{ N/m}$$

$$D = 27.50 \text{ cm} \quad d = 20.55 \text{ cm} \quad j = 17.981 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 1623435 / (19500 \times 17.981) = 4.630 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 28925 / (140.00 \times 17.981) = 11.490 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-522@ -----> ∴ D19-300@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 205.50) = 0.00465$$

$$k = \sqrt{2np + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00465 + (15 \times 0.00465)^2} - 15 \times 0.00465 = 0.310$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.310/3) = 0.897$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 16234350 / (0.310 \times 0.897 \times 1000 \times 205.50^2) = 2.765 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 16234350 / (955.000 \times 0.897 \times 205.50) = 92.259 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 28925 / (1000 \times 0.897 \times 205.50) = 0.157 \text{ N/mm}^2$$

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

5) つま先版 (固定部)

$$\begin{aligned}
 M1 &= (W3 + 2 \cdot W4) \cdot B0^2 / 6 = (8.400 + 2 \times 4.800) \times 0.500^2 / 6 = 0.750 \text{ kNm/m} \\
 S1 &= (W3 + W4) \cdot B0 / 2 = (8.400 + 4.800) \times 0.500 / 2 = 3.300 \text{ kN/m} \\
 M2 &= (V4 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (79.418 + 2 \times 90.349) \times 0.500^2 / 6 = 10.838 \text{ kNm/m} \\
 S2 &= (V4 + V1) \cdot B0 / 2 = (79.418 + 90.349) \times 0.500 / 2 = 42.442 \text{ kN/m} \\
 M &= |M1 - M2| = |0.750 - 10.838| \times 10^5 = 1008815 \text{ Ncm/m} \\
 S &= |S1 - S2| = |3.300 - 42.442| \times 10^3 = 39142 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 1008815 / (19500 \times 24.544) = 2.108 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 39142 / (140.00 \times 24.544) = 11.391 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D19-526@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00340 \\
 k &= \text{sqr} \{ 2n \cdot p + (n \cdot p)^2 \} - n \cdot p = \text{sqr} \{ 2 \times 15 \times 0.00340 + (15 \times 0.00340)^2 \} - 15 \times 0.00340 = 0.273 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.273/3) = 0.909
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 10088150 / (0.273 \times 0.909 \times 1000 \times 280.50^2) = 1.035 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 10088150 / (955.000 \times 0.909 \times 280.50) = 41.423 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 195 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 39142 / (1000 \times 0.909 \times 280.50) = 0.153 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.7 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

7) 突起部

$$P=150.845\text{kN/m}$$

$$M=P \cdot H_0^2/2=(150.845 \times 0.360^2/2) \times 10^5=977478\text{kNm/m}$$

$$S=P \cdot H_0=(150.845 \times 0.360) \times 10^3=54304\text{kN/m}$$

$$\begin{aligned} D &= 20.00\text{cm} & d &= 13.05\text{cm} & j &= 11.419\text{cm} \\ a_t &= M/(f_t \cdot j) = 977478/(19500 \times 11.419) = 4.390\text{cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S/(f_a \cdot j) = 54304/(140.00 \times 11.419) = 33.969\text{cm}/\text{m} \end{aligned}$$

配筋 D19-176@ -----> \therefore D19-150@ とする

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

$$p=As/(b \cdot d)=1910.000/(1000 \times 130.50)=0.01464$$

$$k=\text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.01464 + (15 \times 0.01464)^2\} - 15 \times 0.01464 = 0.479$$

$$j=1-(K/3)=1-(0.479/3)=0.840$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\begin{aligned} \sigma_c &= 2M/(k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 9774782/(0.479 \times 0.840 \times 1000 \times 130.50^2) = 2.854\text{N/mm}^2 \\ &< \sigma_{ca} = 7.0\text{N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

- ・鉄筋の引張応力度

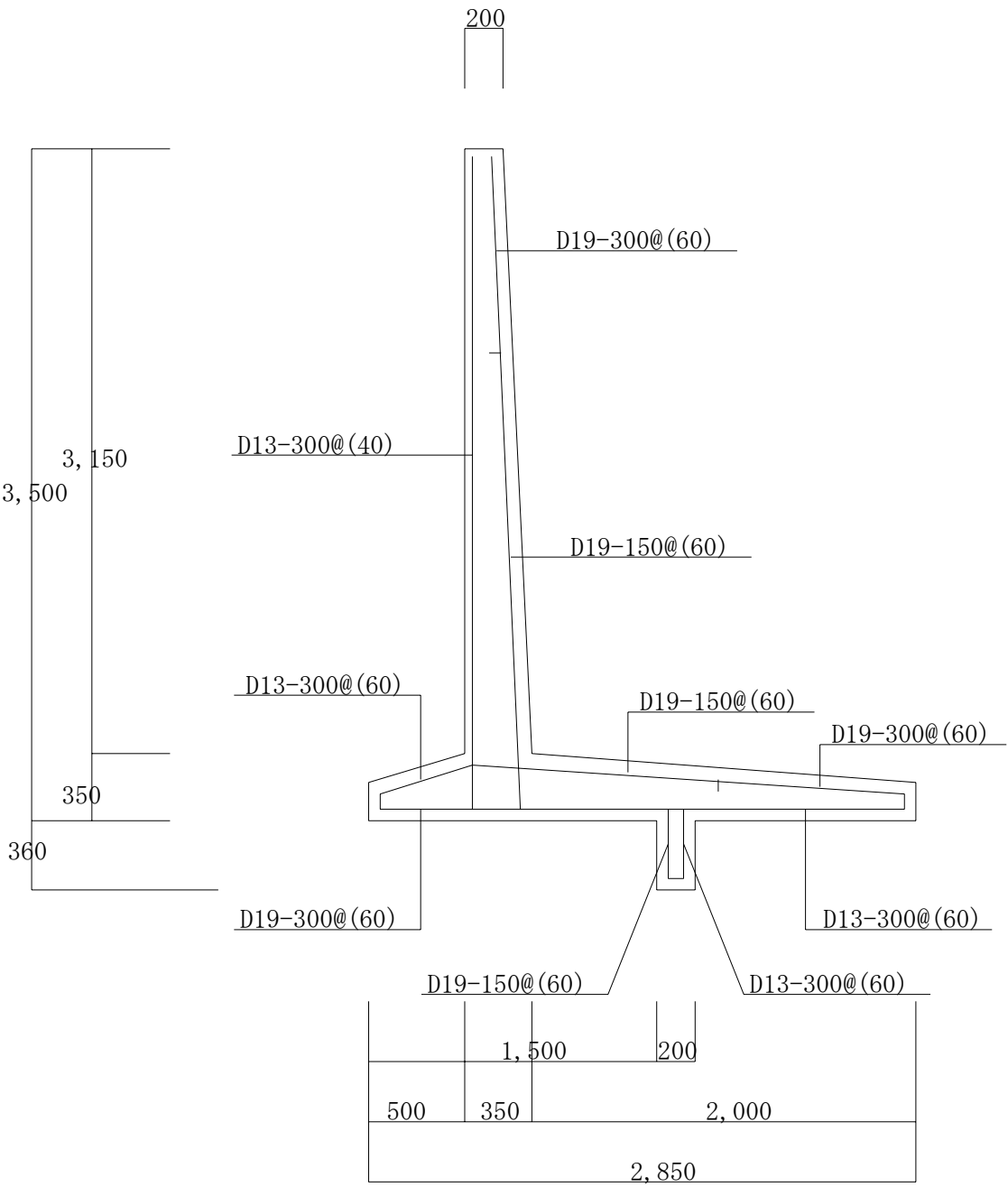
$$\begin{aligned} \sigma_s &= M/(As \cdot j \cdot d) = 9774782/(1910.000 \times 0.840 \times 130.50) = 46.658\text{N/mm}^2 \\ &< \sigma_{sa} = 195\text{N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

- ・コンクリートのせん断応力度

$$\begin{aligned} \tau_c &= S/(b \cdot j \cdot d) = 54304/(1000 \times 0.840 \times 130.50) = 0.495\text{N/mm}^2 \\ &< \tau_{ca} = 0.7\text{N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K} \end{aligned}$$

6-4 略配筋図

()内は、鉄筋のかぶり厚さ(コンクリート表面から鉄筋表面までの最小間隔)を示す。



§ 1. 一般事項(常時)

1-1 工作物の概要

- ・ 築造地 : 奈良市
- ・ 形 式 : 片持梁式鉄筋コンクリート造擁壁

1-2 使用材料 及 許容応力度

- ・ コンクリート
 - 設計基準強度 : $\sigma_{ck} = 21 \text{ N/mm}^2$
 - 許容圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2$
 - 許容せん断応力度 : $\tau_{ca} = 0.36 \text{ N/mm}^2$
 - 許容付着応力度 : $\tau_{0a} = 1.4 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄 筋
 - 許容引張応力度 : $\sigma_{sa} = 180.0 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄筋コンクリート
 - 単位体積重量 : $r = 24.0 \text{ kN/m}^3$

1-3 設計条件

◎背面土

- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 土の単位体積重量 : $\gamma_s = 17.0 \text{ kN/m}^3$
- ・ せん断抵抗角 : $\phi = 30.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 土(仮想背面)と土との摩擦角 : (安定計算時) $\delta = 0.00^\circ$
- ・ 壁背面と土との摩擦角 : (断面計算時) $\delta = 20.00^\circ$

○土圧

クーロンの土圧式による。

◎支持地盤

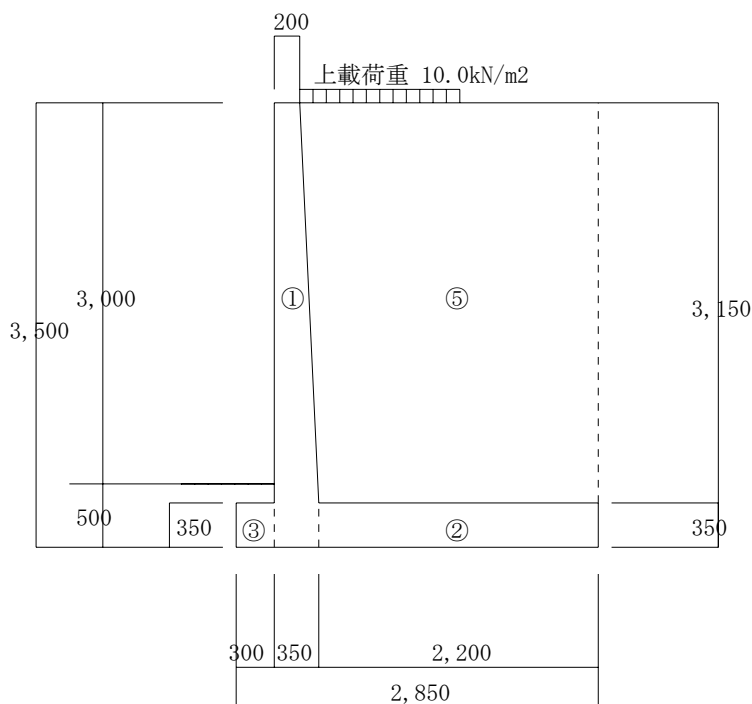
- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ せん断抵抗角 : $\phi = 30.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 許容地耐力 : $q_a = 100 \text{ kN/m}^2$
- ・ 底盤の摩擦係数 : $\mu = 0.6$

1-4 設計方針

- ・ 本計算は、片持梁式鉄筋コンクリート擁壁として、すべて土圧にて行う。
- ・ 本計算は、(社)日本道路協会「道路土工(擁壁工指針)」及び、日本土木学会「コンクリート標準示方書」に準拠して行う。

§ 7. RC擁壁 (L6) の設計

7-1 荷重の計算 (常時)



地表面と水平面とのなす角度 $\alpha = 0.00^\circ$
 壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 0.00^\circ$ (仮想背面)
 擁壁全高さ $H = 3.50\text{m}$

1) 自重

区 分	面 積 A (m ²)	単位重量 γ (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
① たて壁	$3.150 \times (0.200 + 0.350) / 2 + 0.350 \times 0.350 = 0.9888$	24.0	23.7300	0.445	—	10.5630	—
② かかと版	$2.200 \times 0.350 = 0.7700$	24.0	18.4800	1.750	—	32.3400	—
③ つま先版	$0.300 \times 0.350 = 0.1050$	24.0	2.5200	0.150	—	0.3780	—
④ ハンチ							
⑤ 背面土	$(2.200 + 2.350) \times 3.150 / 2 = 7.1663$	17.0	121.8263	1.712	—	208.5773	—
⑥ 法面土							
⑦ 前面土							
合 計 Σ		—	166.5563	—	—	251.8583	—

重心 $x = \Sigma W \cdot x / \Sigma W = 251.858 / 166.556 = 1.512\text{m}$

2) 上載荷重

背面上載荷重・・・ $W = 10.00 \times 2.350 = 23.500\text{kN/m}$

3) 擁壁に及ぼす土圧

主働土圧係数

$$\begin{aligned} KA &= \tan^2(45^\circ - \phi/2) \\ &= \tan^2(45^\circ - 30.00^\circ/2) \\ &= \tan^2(30.00^\circ) \\ &= 0.333 \end{aligned}$$

背面土による土圧

$$\begin{aligned} PA &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 = 1/2 \times 0.333 \times 17.0 \times 3.500^2 = 34.6736 \text{ kN/m} \\ PAX &= PA \cdot \cos \delta = PA \cdot \cos 0.00^\circ = 34.6736 \times 1.0000 = 34.6736 \text{ kN/m} \\ PAY &= PA \cdot \sin \delta = PA \cdot \sin 0.00^\circ = 34.6736 \times 0.0000 = 0.0000 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

背面上載荷重による土圧

$$\begin{aligned} \Delta PA &= KA \cdot q \cdot H = 0.333 \times 10.0 \times 3.500 = 11.6550 \text{ kN/m} \\ \Delta PAX &= \Delta PA \cdot \cos \delta = \Delta PA \cdot \cos 0.00^\circ = 11.6550 \times 1.0000 = 11.6550 \text{ kN/m} \\ \Delta PAY &= \Delta PA \cdot \sin \delta = \Delta PA \cdot \sin 0.00^\circ = 11.6550 \times 0.0000 = 0.0000 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

作用点の位置

$$\begin{aligned} PAX : y &= H/3 = 3.500/3 = 1.167 \text{ m} \\ \Delta PAX : y &= H/2 = 3.500/2 = 1.750 \text{ m} \end{aligned}$$

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)	166.5563	——	1.512	——	251.8583	——
土圧 (PA)	0.0000	34.6736	2.850	1.167	0.0000	40.4526
土圧 (ΔPA)	0.0000	11.6550	2.850	1.750	0.0000	20.3962
背面上載荷重	23.5000	——	1.675	——	39.3625	——
前面上載荷重						
合 計 Σ	190.0563	46.3286	——	——	291.2208	60.8488

7-2 安定性の検討 (常時)

1) 転倒に対する検討

抵抗モーメント $M_r = \Sigma V \cdot x = 291.221 \text{ kNm/m}$

転倒モーメント $M_o = \Sigma H \cdot y = 60.849 \text{ kNm/m}$

合力の作用位置 $d = (M_r - M_o) / \Sigma V = (291.221 - 60.849) / 190.056 = 1.212 \text{ m}$

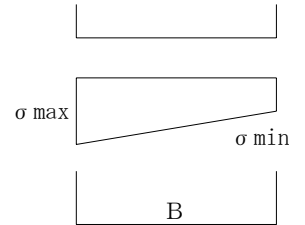
偏心距離 $e = (B/2) - d = (2.850/2) - 1.212 = 0.213 \text{ m} < B/6 = 2.850/6 = 0.475 \text{ m} \therefore \text{O.K}$

2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

最大接地圧 $\sigma_{\max} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 + (6e/B)\}$
 $= (190.056/2.850) \times \{1 + (6 \times 0.213/2.850)\}$
 $= 96.572 \text{ kN/m}^2$

最小接地圧 $\sigma_{\min} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 - (6e/B)\}$
 $= (190.056/2.850) \times \{1 - (6 \times 0.213/2.850)\}$
 $= 36.800 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min} < 100.0 \text{ kN/m}^2 \therefore \text{O.K}$



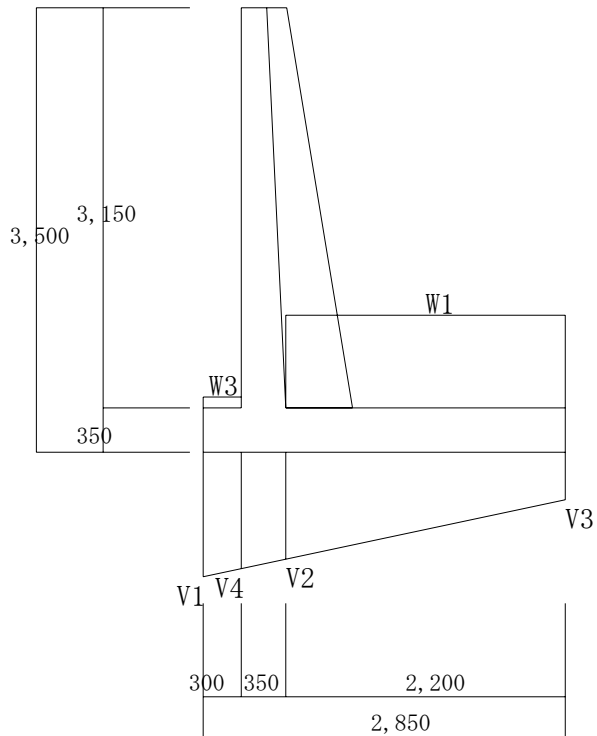
3) 滑り出しに対する検討

水平力の総和 $\Sigma H = 46.329 \text{ kN/m}$

滑動に対する抵抗力 $RH = C \cdot B + \Sigma V \cdot \mu = 0.0 \times 2.850 + 190.056 \times 0.6 = 114.034 \text{ kN/m}$

滑動安全率 $F = RH / \Sigma H = 114.034 / 46.329 = 2.461 > 1.5 \therefore \text{O.K}$

7-3 断面の検討（常時）



中立軸までの距離

$$X_n = (B/2) \cdot [1 + \{B/(6e)\}] = (2,850/2) \times [1 + \{2,850/(6 \times 0.213)\}] = 4.605\text{m}$$

$$V1 = 96.572\text{kN/m}^2 \quad V4 = 90.281\text{kN/m}^2 \quad V2 = 82.940\text{kN/m}^2 \quad V3 = 36.800\text{kN/m}^2$$

$$W1 = (3.150 \times 17.0) + (0.350 \times 24.0) + 10.00 = 71.950\text{kN/m}^2$$

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

地表面と水平面とのなす角度 $\beta = 0.00^\circ$

壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 2.73^\circ$

主働土圧係数

$$\begin{aligned} K_A &= \frac{\cos^2(\phi - \theta)}{\cos^2 \theta \cos(\theta + \delta) \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta)}{\cos(\theta + \delta) \cos(\theta - \beta)}} \right)^2} \\ &= \frac{\cos^2(30.00^\circ - 2.73^\circ)}{\cos^2(2.73^\circ) \times \cos(2.73^\circ + 20.00^\circ) \times \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(30.00^\circ + 20.00^\circ) \times \sin(30.00^\circ - 0.00^\circ)}{\cos(2.73^\circ + 20.00^\circ) \times \cos(2.73^\circ - 0.00^\circ)}} \right)^2} \\ &= \frac{0.7900}{0.9977 \times 0.9224 \times \left(1 + \sqrt{\frac{0.7660 \times 0.5000}{0.9224 \times 0.9989}} \right)^2} \\ &= 0.317 \end{aligned}$$

1) たて壁 (中央部)

$$\begin{aligned}
 PAX &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(20.00^\circ + 2.726^\circ) = 1/2 \times 0.317 \times 17.0 \times 1.575^2 \times 0.9224 = 6.165 \text{ kN/m} \\
 \Delta PAX &= KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(20.00^\circ + 2.726^\circ) = 0.317 \times 10.0 \times 1.575 \times 0.9224 = 4.605 \text{ kN/m} \\
 M &= PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{6.165 \times (1.575/3) + 4.605 \times (1.575/2)\} \times 10^5 = 686321 \text{ Ncm/m} \\
 S &= PAX + \Delta PAX = (6.165 + 4.605) \times 10^3 = 10770 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 27.50 \text{ cm} & d &= 20.55 \text{ cm} & j &= 17.981 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 686321 / (18000 \times 17.981) = 2.120 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 10770 / (140.00 \times 17.981) = 4.278 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D19-1351@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 & b &= 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 205.50) = 0.00465 \\
 k &= \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00465 + (15 \times 0.00465)^2\} - 15 \times 0.00465 = 0.310 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.310/3) = 0.897
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 6863208 / (0.310 \times 0.897 \times 1000 \times 205.50^2) = 1.169 \text{ N/mm}^2$
 $\lt \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 6863208 / (955.000 \times 0.897 \times 205.50) = 39.003 \text{ N/mm}^2$
 $\lt \sigma_{sa} = 180 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot d) = 10770 / (1000 \times 205.50) = 0.052 \text{ N/mm}^2$
 $\lt \tau_{ca} = 0.36 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

2) たて壁 (固定部)

$$\begin{aligned}
 PAX &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(20.00^\circ + 2.726^\circ) = 1/2 \times 0.317 \times 17.0 \times 3.150^2 \times 0.9224 = 24.660 \text{ kN/m} \\
 \Delta PAX &= KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(20.00^\circ + 2.726^\circ) = 0.317 \times 10.0 \times 3.150 \times 0.9224 = 9.210 \text{ kN/m} \\
 M &= PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{24.660 \times (3.150/3) + 9.210 \times (3.150/2)\} \times 10^5 = 4039955 \text{ Ncm/m} \\
 S &= PAX + \Delta PAX = (24.660 + 9.210) \times 10^3 = 33871 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 35.00 \text{ cm} & d &= 28.05 \text{ cm} & j &= 24.544 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 4039955 / (18000 \times 24.544) = 9.145 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 33871 / (140.00 \times 24.544) = 9.857 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D19-313@ -----> ∴ D19-150@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 & b &= 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00681 \\
 k &= \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00681 + (15 \times 0.00681)^2\} - 15 \times 0.00681 = 0.361 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.361/3) = 0.880
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 40399540 / (0.361 \times 0.880 \times 1000 \times 280.50^2) = 3.232 \text{ N/mm}^2$
 $\lt \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 40399540 / (1910.000 \times 0.880 \times 280.50) = 85.729 \text{ N/mm}^2$
 $\lt \sigma_{sa} = 180 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot d) = 33871 / (1000 \times 280.50) = 0.121 \text{ N/mm}^2$
 $\lt \tau_{ca} = 0.36 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

3) かかと版 (固定部)

$$\begin{aligned}
 M1 &= (W1 \cdot B^2) / 2 = (71.950 \times 2.200^2) / 2 = 174.119 \text{ kNm/m} \\
 S1 &= W1 \cdot B = 71.950 \times 2.200 = 158.290 \text{ kN/m} \\
 M2 &= (V2 + 2 \cdot V3) \cdot B^2 / 6 = (82.940 + 2 \times 36.800) \times 2.200^2 / 6 = 126.276 \text{ kNm/m} \\
 S2 &= (V2 + V3) \cdot B / 2 = (82.940 + 36.800) \times 2.200 / 2 = 131.715 \text{ kN/m} \\
 M &= |M1 - M2| = |174.119 - 126.276| \times 10^5 = 4784263 \text{ Ncm/m} \\
 S &= |S1 - S2| = |158.290 - 131.715| \times 10^3 = 26575 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 4784263 / (18000 \times 24.544) = 10.829 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 26575 / (140.00 \times 24.544) = 7.734 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D19-264@ -----> ∴ D19-150@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00681 \\
 k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00681 + (15 \times 0.00681)^2} - 15 \times 0.00681 = 0.361 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.361/3) = 0.880
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 47842630 / (0.361 \times 0.880 \times 1000 \times 280.50^2) = 3.828 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 47842630 / (1910.000 \times 0.880 \times 280.50) = 101.524 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 180 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot d) = 26575 / (1000 \times 280.50) = 0.095 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.36 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

4) かかと版 (中央部)

$$\begin{aligned}
 M1 &= (W1 \cdot (B/2)^2) / 2 = (71.950 \times 1.100^2) / 2 = 43.530 \text{ kNm/m} \\
 S1 &= W1 \cdot (B/2) / 2 = 71.950 \times 1.100 = 79.145 \text{ kN/m} \\
 M2 &= (V5 + 2 \cdot V3) \cdot (B/2)^2 / 6 = (59.870 + 2 \times 36.800) \times 1.100^2 / 6 = 26.917 \text{ kNm/m} \\
 S2 &= (V5 + V3) \cdot (B/2) / 2 = (59.870 + 36.800) \times 1.100 / 2 = 53.169 \text{ kN/m} \\
 M &= |M1 - M2| = |43.530 - 26.917| \times 10^5 = 1661309 \text{ Ncm/m} \\
 S &= |S1 - S2| = |79.145 - 53.169| \times 10^3 = 25976 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 1661309 / (18000 \times 24.544) = 3.760 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 25976 / (140.00 \times 24.544) = 7.560 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D19-761@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00340 \\
 k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00340 + (15 \times 0.00340)^2} - 15 \times 0.00340 = 0.273 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.273/3) = 0.909
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 16613090 / (0.273 \times 0.909 \times 1000 \times 280.50^2) = 1.704 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 16613090 / (955.000 \times 0.909 \times 280.50) = 68.215 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 180 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot d) = 25976 / (1000 \times 280.50) = 0.093 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.36 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

5) つま先版 (固定部)

$$\begin{aligned}
 M1 &= (W3 \cdot B0^2) / 2 = (8.400 \times 0.300^2) / 2 = 0.378 \text{ kNm/m} \\
 S1 &= W3 \cdot B0 = 8.400 \times 0.300 = 2.520 \text{ kN/m} \\
 M2 &= (V4 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (90.281 + 2 \times 96.572) \times 0.300^2 / 6 = 4.251 \text{ kNm/m} \\
 S2 &= (V4 + V1) \cdot B0 / 2 = (90.281 + 96.572) \times 0.300 / 2 = 28.028 \text{ kN/m} \\
 M &= |M1 - M2| = |0.378 - 4.251| \times 10^5 = 387338 \text{ Ncm/m} \\
 S &= |S1 - S2| = |2.520 - 28.028| \times 10^3 = 25508 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= 35.00 \text{ cm} \quad d = 28.05 \text{ cm} \quad j = 24.544 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 387338 / (18000 \times 24.544) = 0.877 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 25508 / (140.00 \times 24.544) = 7.423 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

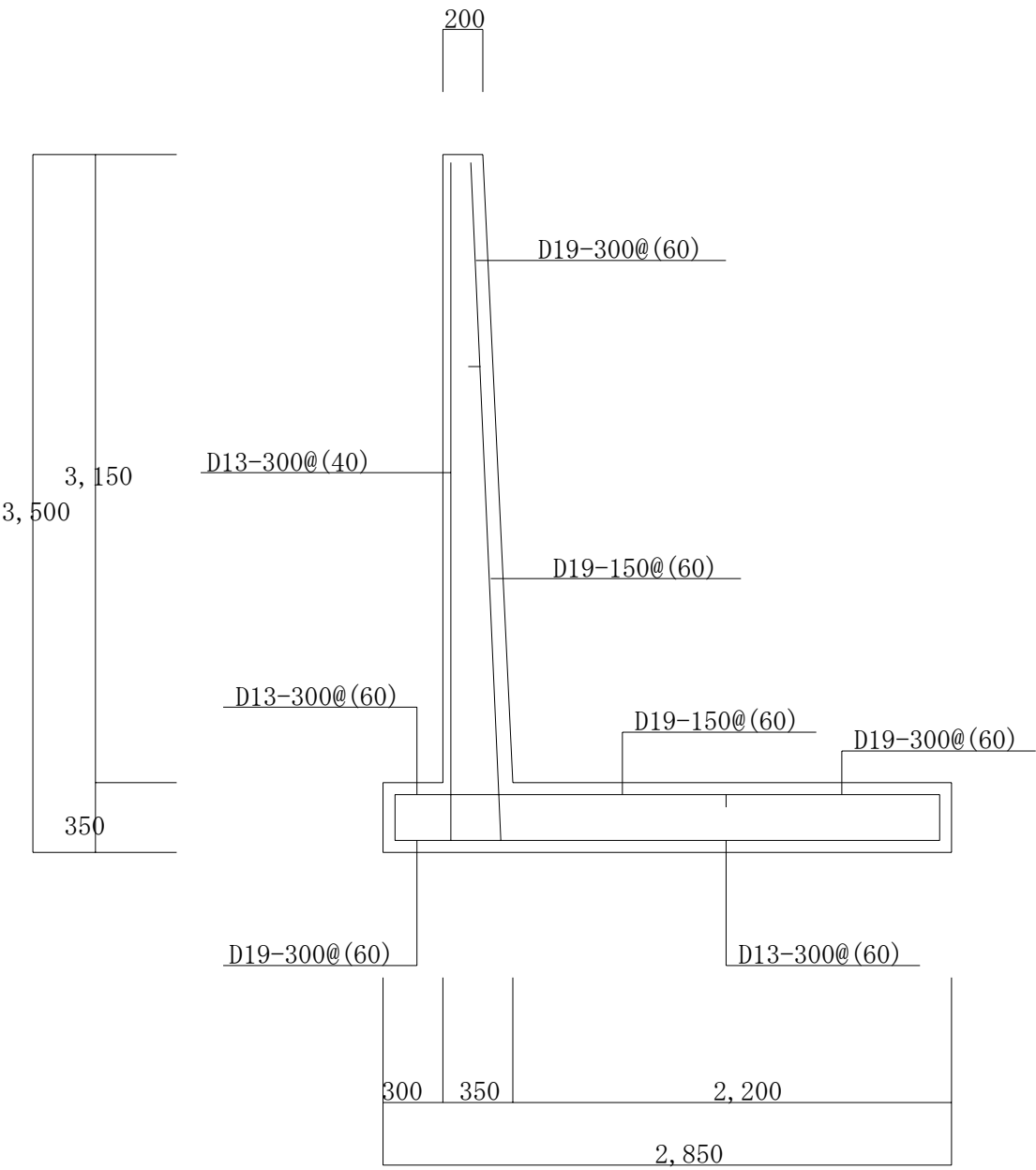
配筋 D19-808@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 280.50) = 0.00340 \\
 k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00340 + (15 \times 0.00340)^2} - 15 \times 0.00340 = 0.273 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.273/3) = 0.909
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 387338 / (0.273 \times 0.909 \times 1000 \times 280.50^2) = 0.397 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 7.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 387338 / (955.000 \times 0.909 \times 280.50) = 15.905 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 180 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot d) = 25508 / (1000 \times 280.50) = 0.153 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.36 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

7-4 略配筋図

()内は、鉄筋のかぶり厚さ(コンクリート表面から鉄筋表面までの最小間隔)を示す。



§ 1. 一般事項(地震時)

1-1 工作物の概要

- ・ 築造地 : 奈良市
- ・ 形 式 : 片持梁式鉄筋コンクリート造擁壁

1-2 使用材料 及 許容応力度

- ・ コンクリート
 - 設計基準強度 : $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
 - 許容圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2$
 - 許容せん断応力度 : $\tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2$
 - 許容付着応力度 : $f_a = 2.1 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄 筋
 - 許容引張応力度 : $f_t = 295.0 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄筋コンクリート
 - 単位体積重量 : $r = 24.0 \text{ kN/m}^3$

1-3 設計条件

◎背面土

- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 土の単位体積重量 : $\gamma_s = 17.0 \text{ kN/m}^3$
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 土(仮想背面)と土との摩擦角 : (安定計算時) $\delta = \text{計算による}$
- ・ 壁背面と土との摩擦角 : (断面計算時) $\delta = 12.00^\circ$

○土圧

岡部・物部式による。(水平震度 $K_h = 0.25$)

◎支持地盤

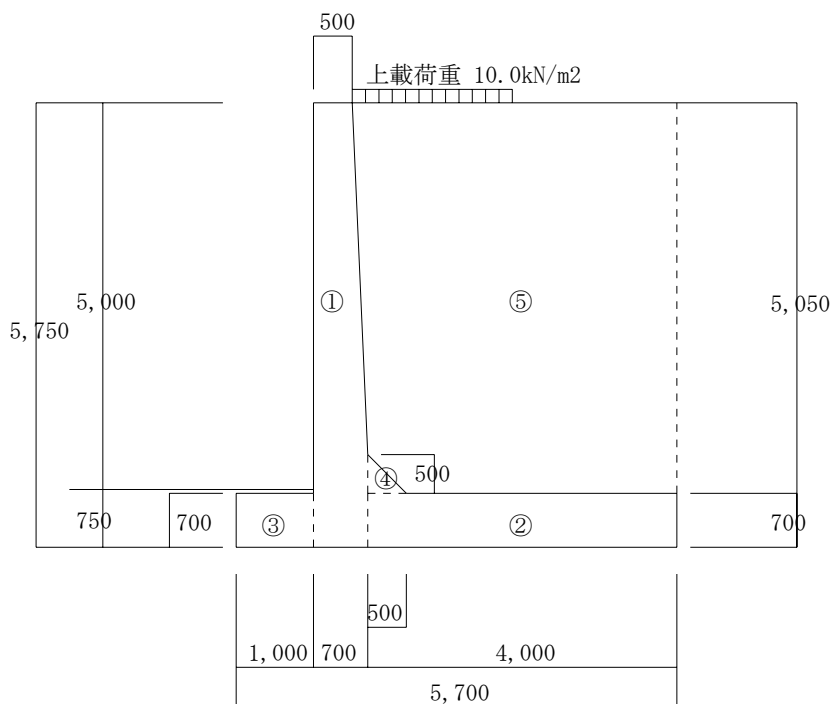
- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 許容地耐力 : $f_e = 200 \text{ kN/m}^2$
- ・ 底盤の摩擦係数 : $\mu = 0.4$

1-4 設計方針

- ・ 本計算は、片持梁式鉄筋コンクリート擁壁として、すべて土圧にて行う。
- ・ 本計算は、宅地造成等規制法、同施行令、建築基準法、同施行令、及び、日本建築学会諸基準「鉄筋コンクリート構造計算基準、建築基礎構造設計指針」に準拠して行う。
なお、応力計算は、日本土木学会「コンクリート標準示方書」による。

§ 8. R C擁壁（L7）の設計

8-1 荷重の計算（地震時）



地表面と水平面とのなす角度 $\alpha = 0.00^\circ$
 壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 0.00^\circ$ （仮想背面）
 擁壁全高さ $H = 5.75\text{m}$

1) 自重

区 分	面 積 A (m ²)	単位重量 γ (kN/m ³)	重 量 W (kN/m)	重心距離 (m)		モーメント (kN・m/m)	
				x	y	$W \cdot x$	$W \cdot y$
① たて壁	$5.050 \times (0.500 + 0.700) / 2 + 0.700 \times 0.700 = 3.5200$	24.0	84.4800	1.309	—	110.6140	—
② かかと版	$4.000 \times 0.700 = 2.8000$	24.0	67.2000	3.700	—	248.6400	—
③ つま先版	$1.000 \times 0.700 = 0.7000$	24.0	16.8000	0.500	—	8.4000	—
④ ハンチ	$0.500 \times 0.500 / 2 = 0.1250$	24.0	3.0000	1.867	—	5.6000	—
⑤ 背面土	$(4.000 + 4.200) \times 5.050 / 2 - 0.1250 = 20.5800$	17.0	349.8600	3.665	—	1282.3627	—
⑥ 法面土							
⑦ 前面土							
合 計 Σ		—	521.3400	—	—	1655.6167	—

重心 $x = \Sigma W \cdot x / \Sigma W = 1655.617 / 521.340 = 3.176\text{m}$

2) 上載荷重

背面上載荷重・・・ $W = 10.00 \times 4.200 = 42.000\text{kN/m}$

3) 擁壁に及ぼす土圧

設計水平震度 $K_h=0.25$ 設計鉛直震度 $K_v=0.00$

地震合成角 $\theta_k = \text{Atn}\{K_h/(1-K_v)\} = \text{Atn}\{0.25/(1-0.00)\} = 14.04^\circ$

土(仮想背面)と土との摩擦角

$$\sin \Delta = \frac{\sin(\beta + \theta_k)}{\sin \phi} = \frac{\sin(0.00^\circ + 14.04^\circ)}{\sin 24.00^\circ} = \frac{0.2425}{0.4067} = 0.5963 \quad \therefore \Delta = 36.61^\circ$$

$$\tan \delta = \frac{\sin \phi \cdot \sin(\theta_k + \Delta - \beta)}{1 - \sin \phi \cdot \cos(\theta_k + \Delta - \beta)} = \frac{\sin 24.00^\circ \times \sin(14.04^\circ + 36.61^\circ - 0.00^\circ)}{1 - \sin 24.00^\circ \times \cos(14.04^\circ + 36.61^\circ - 0.00^\circ)}$$

$$= \frac{0.4067 \times 0.7732}{1 - 0.4067 \times 0.6342} = 0.4238 \quad \therefore \delta = 22.97^\circ$$

地震時主働土圧係数

$$K_{AE} = \frac{(1-K_v) \cos^2(\phi - \theta - \theta_k)}{\cos \theta_k \cos^2 \theta \cos(\delta + \theta + \theta_k) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi - \beta - \theta_k) \sin(\phi + \delta)}{\cos(\delta + \theta + \theta_k) \cos(\theta - \beta)}} \right]^2}$$

$$= \frac{(1-0.00) \times \cos^2(24.00^\circ - 0.00^\circ - 14.04^\circ)}{\cos 14.04^\circ \times \cos^2(0.00^\circ) \times \cos(22.97^\circ + 0.00^\circ + 14.04^\circ) \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(24.00^\circ - 0.00^\circ - 14.04^\circ) \times \sin(24.00^\circ + 22.97^\circ)}{\cos(22.97^\circ + 0.00^\circ + 14.04^\circ) \times \cos(0.00^\circ - 0.00^\circ)}} \right]^2}$$

$$= \frac{1.00 \times 0.9701}{0.9701 \times 1.0000 \times 0.7986 \times \left[1 + \sqrt{\frac{0.1730 \times 0.7310}{0.7986 \times 1.0000}} \right]^2}$$

$$= 0.641$$

背面土による土圧

$$PA = 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 = 1/2 \times 0.641 \times 17.0 \times 5.750^2 = 180.1410 \text{ kN/m}$$

$$PAX = PA \cdot \cos \delta = PA \cdot \cos 22.97^\circ = 180.1410 \times 0.9207 = 165.8575 \text{ kN/m}$$

$$PAY = PA \cdot \sin \delta = PA \cdot \sin 22.97^\circ = 180.1410 \times 0.3902 = 70.2998 \text{ kN/m}$$

背面上載荷重による土圧

$$\Delta PA = KA \cdot q \cdot H = 0.641 \times 10.0 \times 5.750 = 36.8575 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAX = \Delta PA \cdot \cos \delta = \Delta PA \cdot \cos 22.97^\circ = 36.8575 \times 0.9207 = 33.9351 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAY = \Delta PA \cdot \sin \delta = \Delta PA \cdot \sin 22.97^\circ = 36.8575 \times 0.3902 = 14.3836 \text{ kN/m}$$

作用点の位置

$$PAX : y = H/3 = 5.750/3 = 1.917 \text{ m} \quad PAY : x = 5.700 \text{ m}$$

$$\Delta PAX : y = H/2 = 5.750/2 = 2.875 \text{ m} \quad \Delta PAY : x = 5.700 \text{ m}$$

4) 荷重の集計 (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)	521.3400	—	3.176	—	1655.6167	—
土圧(PA)	—	165.8575	—	1.917	—	317.8936
土圧(ΔPA)	—	33.9350	—	2.875	—	97.5633
背面上載荷重	42.0000	—	3.600	—	151.2000	—
前面上載荷重						
合計 Σ	563.3400	199.7926	—	—	1806.8167	415.4569

8-2 安定性の検討（地震時）

1) 転倒に対する検討

抵抗モーメント $M_r = \Sigma V \cdot x = 1806.817 \text{ kNm/m}$

転倒モーメント $M_o = \Sigma H \cdot y = 415.457 \text{ kNm/m}$

転倒安全率 $F = M_r / M_o = 1806.817 / 415.457 = 4.349 > 1.0 \quad \therefore \text{O.K.}$

2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

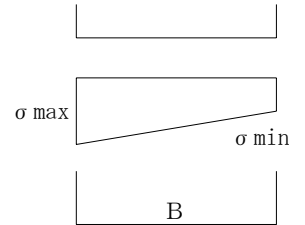
合力の作用位置 $d = (M_r - M_o) / \Sigma V = (1806.817 - 415.457) / 563.340 = 2.470 \text{ m}$

偏心距離 $e = (B/2) - d = (5.700/2) - 2.470 = 0.380 \text{ m}$

最大接地圧 $\sigma_{\max} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 + (6e/B)\}$
 $= (563.340/5.700) \times \{1 + (6 \times 0.380/5.700)\}$
 $= 138.381 \text{ kN/m}^2$

最小接地圧 $\sigma_{\min} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 - (6e/B)\}$
 $= (563.340/5.700) \times \{1 - (6 \times 0.380/5.700)\}$
 $= 59.282 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min} < 200.0 \text{ kN/m}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$



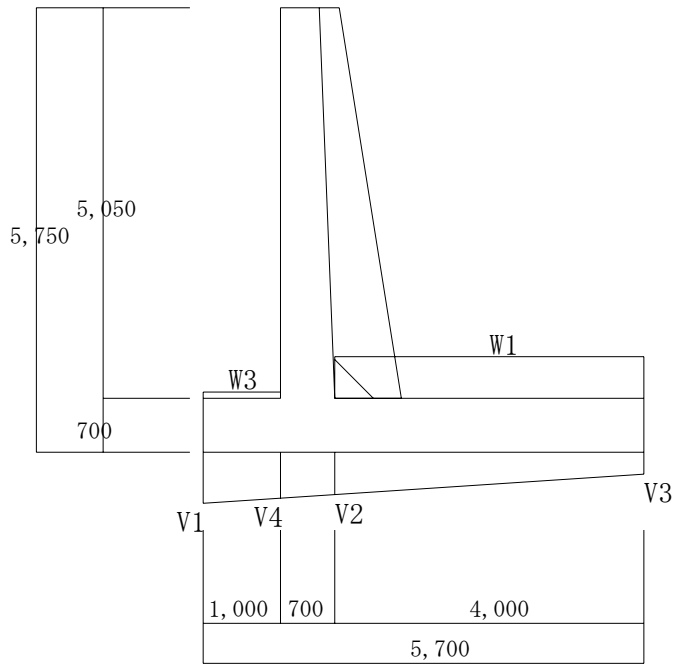
3) 滑り出しに対する検討

水平力の総和 $\Sigma H = 199.793 \text{ kN/m}$

滑動に対する抵抗力 $RH = C \cdot B + \Sigma V \cdot \mu = 0.0 \times 5.700 + 563.340 \times 0.4 = 225.336 \text{ kN/m}$

滑動安全率 $F = RH / \Sigma H = 225.336 / 199.793 = 1.128 > 1.0 \quad \therefore \text{O.K.}$

8-3 断面の検討（地震時）



中立軸までの距離

$$X_n = (B/2) \cdot [1 + \{B/(6e)\}] = (5,700/2) \times [1 + \{5,700/(6 \times 0.380)\}] = 9.972\text{m}$$

$$V1 = 138.381\text{kN/m}^2 \quad V4 = 124.504\text{kN/m}^2 \quad V2 = 114.790\text{kN/m}^2 \quad V3 = 59.282\text{kN/m}^2$$

$$W1 = (5.050 \times 17.0) + (0.700 \times 24.0) + 10.00 = 112.650\text{kN/m}^2$$

$$W3 = (0.700 \times 24.0) + 0.00 = 16.800\text{kN/m}^2$$

地表面と水平面とのなす角度 $\beta = 0.00^\circ$

壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 2.27^\circ$

設計水平震度 $K_h = 0.25$ 設計鉛直震度 $K_v = 0.00$

地震合成角 $\theta_k = \text{Atn}\{K_h/(1-K_v)\} = \text{Atn}\{0.25/(1-0.00)\} = 14.04^\circ$

地震時主働土圧係数

$$\begin{aligned} KAE &= \frac{(1-K_v) \cos^2(\phi - \theta - \theta_k)}{\cos \theta_k \cos^2 \theta \cos(\delta + \theta + \theta_k) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi - \beta - \theta_k) \sin(\phi + \delta)}{\cos(\delta + \theta + \theta_k) \cos(\theta - \beta)}} \right]^2} \\ &= \frac{(1-0.00) \times \cos^2(24.00^\circ - 2.27^\circ - 14.04^\circ)}{\cos 14.04^\circ \times \cos^2(2.27^\circ) \times \cos(12.00^\circ + 2.27^\circ + 14.04^\circ) \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(24.00^\circ - 0.00^\circ - 14.04^\circ) \times \sin(24.00^\circ + 12.00^\circ)}{\cos(12.00^\circ + 2.27^\circ + 14.04^\circ) \times \cos(2.27^\circ - 0.00^\circ)}} \right]^2} \\ &= \frac{1.00 \times 0.9821}{0.9701 \times 0.9984 \times 0.8804 \times \left[1 + \sqrt{\frac{0.1730 \times 0.5878}{0.8804 \times 0.9992}} \right]^2} \\ &= 0.641 \end{aligned}$$

1) たて壁 (中央部)

$$PAX = 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(12.00^\circ + 2.268^\circ) = 1/2 \times 0.641 \times 17.0 \times 2.525^2 \times 0.9692 = 33.666 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAX = KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(12.00^\circ + 2.268^\circ) = 0.641 \times 10.0 \times 2.525 \times 0.9692 = 15.686 \text{ kN/m}$$

$$M = PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{33.666 \times (2.525/3) + 15.686 \times (2.525/2)\} \times 10^5 = 4813918 \text{ Ncm/m}$$

$$S = PAX + \Delta PAX = (33.666 + 15.686) \times 10^3 = 49352 \text{ N/m}$$

$$D = 60.00 \text{ cm} \quad d = 53.05 \text{ cm} \quad j = 46.419 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 4813918 / (29500 \times 46.419) = 3.515 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 49352 / (210.00 \times 46.419) = 5.063 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-814@ -----> ∴ D19-300@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 530.50) = 0.00180$$

$$k = \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00180 + (15 \times 0.00180)^2\} - 15 \times 0.00180 = 0.207$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.207/3) = 0.931$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 4813918 / (0.207 \times 0.931 \times 1000 \times 530.50^2) = 1.776 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 4813918 / (955.000 \times 0.931 \times 530.50) = 102.059 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 295 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 49352 / (1000 \times 0.931 \times 530.50) = 0.100 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

2) たて壁 (固定部)

$$PAX = 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(12.00^\circ + 2.268^\circ) = 1/2 \times 0.641 \times 17.0 \times 5.050^2 \times 0.9692 = 134.664 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAX = KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(12.00^\circ + 2.268^\circ) = 0.641 \times 10.0 \times 5.050 \times 0.9692 = 31.372 \text{ kN/m}$$

$$M = PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n = \{134.664 \times (5.050/3) + 31.372 \times (5.050/2)\} \times 10^5 = 30589920 \text{ Ncm/m}$$

$$S = PAX + \Delta PAX = (134.664 + 31.372) \times 10^3 = 166036 \text{ N/m}$$

$$D = 70.00 \text{ cm} \quad d = 63.05 \text{ cm} \quad j = 55.169 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 30589920 / (29500 \times 55.169) = 18.796 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 166036 / (210.00 \times 55.169) = 14.331 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-152@ -----> ∴ D19-150@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 630.50) = 0.00303$$

$$k = \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00303 + (15 \times 0.00303)^2\} - 15 \times 0.00303 = 0.259$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.259/3) = 0.914$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 30589920 / (0.259 \times 0.914 \times 1000 \times 630.50^2) = 6.494 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 30589920 / (1910.000 \times 0.914 \times 630.50) = 278.061 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 295 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 166036 / (1000 \times 0.914 \times 630.50) = 0.288 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

3) かかと版 (固定部)

$$\begin{aligned} M1 &= (W1 \cdot B^2) / 2 = (112.650 \times 4.000^2) / 2 = 901.200 \text{ kNm/m} \\ S1 &= W1 \cdot B = 112.650 \times 4.000 = 450.600 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V2 + 2 \cdot V3) \cdot B^2 / 6 = (114.790 + 2 \times 59.282) \times 4.000^2 / 6 = 622.279 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V2 + V3) \cdot B / 2 = (114.790 + 59.282) \times 4.000 / 2 = 348.145 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |901.200 - 622.279| \times 10^5 = 27892080 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |450.600 - 348.145| \times 10^3 = 102455 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 70.00 \text{ cm} \quad d = 63.05 \text{ cm} \quad j = 55.169 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 27892080 / (29500 \times 55.169) = 17.138 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 102455 / (210.00 \times 55.169) = 8.843 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

配筋 D19-167@ -----> ∴ D19-150@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 630.50) = 0.00303 \\ k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00303 + (15 \times 0.00303)^2} - 15 \times 0.00303 = 0.259 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.259/3) = 0.914 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 278920800 / (0.259 \times 0.914 \times 1000 \times 630.50^2) = 5.921 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 278920800 / (1910.000 \times 0.914 \times 630.50) = 253.538 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 295 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 102455 / (1000 \times 0.914 \times 630.50) = 0.178 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

4) かかと版 (中央部)

$$\begin{aligned} M1 &= (W1 \cdot (B/2)^2) / 2 = (112.650 \times 2.000^2) / 2 = 225.300 \text{ kNm/m} \\ S1 &= W1 \cdot (B/2) / 2 = 112.650 \times 2.000 = 225.300 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V5 + 2 \cdot V3) \cdot (B/2)^2 / 6 = (87.036 + 2 \times 59.282) \times 2.000^2 / 6 = 137.067 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V5 + V3) \cdot (B/2) / 2 = (87.036 + 59.282) \times 2.000 / 2 = 146.319 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |225.300 - 137.067| \times 10^5 = 8823279 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |225.300 - 146.319| \times 10^3 = 78981 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 70.00 \text{ cm} \quad d = 63.05 \text{ cm} \quad j = 55.169 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 8823279 / (29500 \times 55.169) = 5.421 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 78981 / (210.00 \times 55.169) = 6.817 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

配筋 D19-528@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 630.50) = 0.00151 \\ k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00151 + (15 \times 0.00151)^2} - 15 \times 0.00151 = 0.192 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.192/3) = 0.936 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 88232790 / (0.192 \times 0.936 \times 1000 \times 630.50^2) = 2.474 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 88232790 / (955.000 \times 0.936 \times 630.50) = 156.535 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 295 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 78981 / (1000 \times 0.936 \times 630.50) = 0.134 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

5) つま先版 (固定部)

$$\begin{aligned} M1 &= (W3 \cdot B0^2) / 2 = (16.800 \times 1.000^2) / 2 = 8.400 \text{ kNm/m} \\ S1 &= W3 \cdot B0 = 16.800 \times 1.000 = 16.800 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V4 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (124.504 + 2 \times 138.381) \times 1.000^2 / 6 = 66.878 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V4 + V1) \cdot B0 / 2 = (124.504 + 138.381) \times 1.000 / 2 = 131.442 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |8.400 - 66.878| \times 10^5 = 5847761 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |16.800 - 131.442| \times 10^3 = 114642 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 70.00 \text{ cm} \quad d = 63.05 \text{ cm} \quad j = 55.169 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 5847761 / (29500 \times 55.169) = 3.593 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 114642 / (210.00 \times 55.169) = 9.895 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

配筋 D19-606@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 630.50) = 0.00151 \\ k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00151 + (15 \times 0.00151)^2} - 15 \times 0.00151 = 0.192 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.192/3) = 0.936 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 58477610 / (0.192 \times 0.936 \times 1000 \times 630.50^2) = 1.640 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 58477610 / (955.000 \times 0.936 \times 630.50) = 103.746 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 295 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 114642 / (1000 \times 0.936 \times 630.50) = 0.194 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

6) つま先版 (中央部)

$$\begin{aligned} M1 &= (W3 \cdot (B0/2)^2) / 2 = (16.800 \times 0.500^2) / 2 = 2.100 \text{ kNm/m} \\ S1 &= W3 \cdot B0 / 2 = 16.800 \times 0.500 = 8.400 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V6 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (131.442 + 2 \times 138.381) \times 0.500^2 / 6 = 17.009 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V6 + V1) \cdot B0 / 2 = (131.442 + 138.381) \times 0.500 / 2 = 67.456 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |2.100 - 17.009| \times 10^5 = 1490851 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |8.400 - 67.456| \times 10^3 = 59056 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 70.00 \text{ cm} \quad d = 63.05 \text{ cm} \quad j = 55.169 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 1490851 / (29500 \times 55.169) = 0.916 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 59056 / (210.00 \times 55.169) = 5.097 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

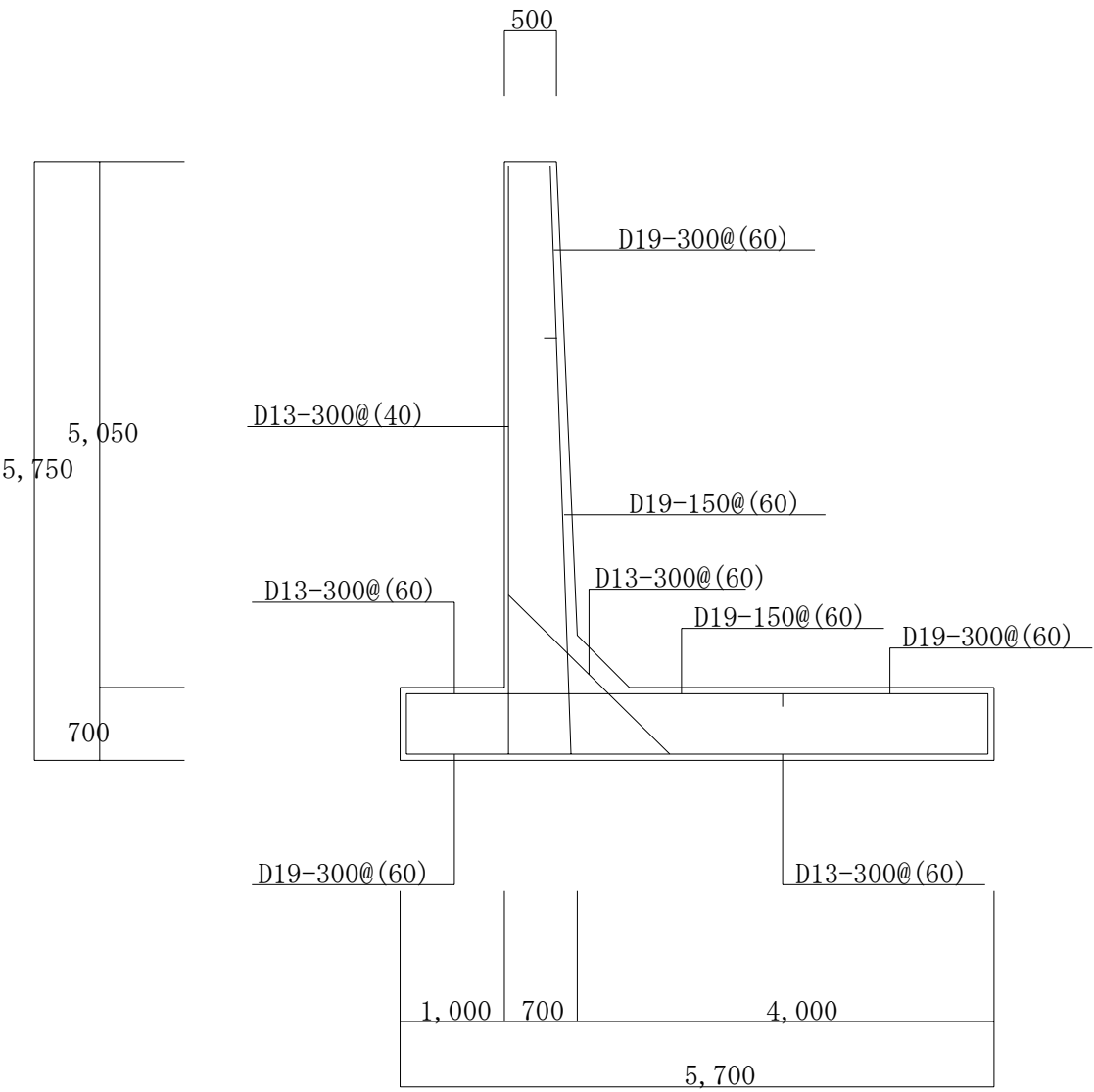
配筋 D19-1177@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 630.50) = 0.00151 \\ k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00151 + (15 \times 0.00151)^2} - 15 \times 0.00151 = 0.192 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.192/3) = 0.936 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 14908510 / (0.192 \times 0.936 \times 1000 \times 630.50^2) = 0.418 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 14908510 / (955.000 \times 0.936 \times 630.50) = 26.449 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 295 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 59056 / (1000 \times 0.936 \times 630.50) = 0.100 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

8－4 略配筋図

()内は、鉄筋のかぶり厚さ(コンクリート表面から鉄筋表面までの最小間隔)を示す。



§ 1. 一般事項(地震時)

1-1 工作物の概要

- ・ 築造地 : 奈良市
- ・ 形 式 : 片持梁式鉄筋コンクリート造擁壁

1-2 使用材料 及 許容応力度

- ・ コンクリート
 - 設計基準強度 : $F_c = 21 \text{ N/mm}^2$
 - 許容圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2$
 - 許容せん断応力度 : $\tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2$
 - 許容付着応力度 : $f_a = 2.1 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄 筋
 - 許容引張応力度 : $f_t = 295.0 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄筋コンクリート
 - 単位体積重量 : $r = 24.0 \text{ kN/m}^3$

1-3 設計条件

◎背面土

- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 土の単位体積重量 : $\gamma_s = 17.0 \text{ kN/m}^3$
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 土(仮想背面)と土との摩擦角 : (安定計算時) $\delta = \text{計算による}$
- ・ 壁背面と土との摩擦角 : (断面計算時) $\delta = 12.00^\circ$

○土圧

直接入力 $K_A = 0.4$ (水平震度 $K_h = 0.25$)

◎支持地盤

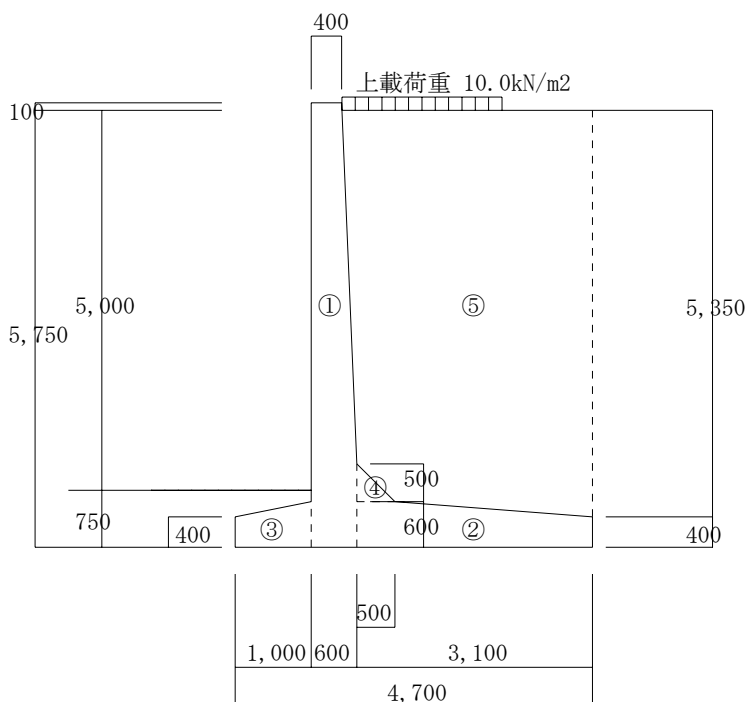
- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 内部摩擦角 : $\phi = 24.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 20.0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 許容地耐力 : $f_e = 200 \text{ kN/m}^2$
- ・ 底盤の摩擦係数 : $\mu = 0.4$

1-4 設計方針

- ・ 本計算は、片持梁式鉄筋コンクリート擁壁として、すべて土圧にて行う。
- ・ 本計算は、宅地造成等規制法、同施行令、建築基準法、同施行令、及び、日本建築学会諸基準「鉄筋コンクリート構造計算基準、建築基礎構造設計指針」に準拠して行う。
なお、応力計算は、日本土木学会「コンクリート標準示方書」による。

§ 9. RC擁壁 (L8) の設計

9-1 荷重の計算 (地震時)



地表面と水平面とのなす角度 $\alpha = 0.00^\circ$
 壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 0.00^\circ$ (仮想背面)
 擁壁全高さ $H = 5.75\text{m}$

1) 自重

区 分	面 積 $A \text{ (m}^2\text{)}$	単位重量 $\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	重 量 $W \text{ (kN/m)}$	重心距離 (m)		モーメント (kN・m/m)	
				x	y	$W \cdot x$	$W \cdot y$
① たて壁	$5.250 \times (0.400 + 0.600) / 2 + 0.600 \times 0.600 = 2.9850$	24.0	71.6400	1.259	2.718	90.1920	194.7420
② かかと版	$3.100 \times (0.600 + 0.400) / 2 = 1.5500$	24.0	37.2000	3.047	0.253	113.3360	9.4240
③ つま先版	$1.000 \times (0.600 + 0.400) / 2 = 0.5000$	24.0	12.0000	0.533	0.253	6.4000	3.0400
④ ハンチ	$0.500 \times 0.500 / 2 = 0.1250$	24.0	3.0000	1.767	0.767	5.3000	2.3000
⑤ 背面土	$5.150 \times (3.100 + 3.296) / 2 + 3.100 \times 0.200 / 2 - 0.1250 = 16.6552$	17.0	283.1382	3.127	3.156	885.3059	893.6292
⑥ 法面土							
⑦ 前面土							
合 計 Σ		—	406.9782	—	—	1100.5339	1103.1351

重心 $x = \Sigma W \cdot x / \Sigma W = 1100.534 / 406.978 = 2.704\text{m}$
 $y = \Sigma W \cdot y / \Sigma W = 1103.135 / 406.978 = 2.711\text{m}$

2) 上載荷重

背面上載荷重 $\cdots W = 10.00 \times 3.296 = 32.962\text{kN/m}$

3) 擁壁に及ぼす土圧

設計水平震度 $K_h=0.25$ 設計鉛直震度 $K_v=0.00$

地震合成角 $\theta_k = \text{Atn}\{K_h/(1-K_v)\} = \text{Atn}\{0.25/(1-0.00)\} = 14.04^\circ$

土(仮想背面)と土との摩擦角

$$\sin \Delta = \frac{\sin(\beta + \theta_k)}{\sin \phi} = \frac{\sin(0.00^\circ + 14.04^\circ)}{\sin 24.00^\circ} = \frac{0.2425}{0.4067} = 0.5963 \quad \therefore \Delta = 36.61^\circ$$

$$\tan \delta = \frac{\sin \phi \cdot \sin(\theta_k + \Delta - \beta)}{1 - \sin \phi \cdot \cos(\theta_k + \Delta - \beta)} = \frac{\sin 24.00^\circ \times \sin(14.04^\circ + 36.61^\circ - 0.00^\circ)}{1 - \sin 24.00^\circ \times \cos(14.04^\circ + 36.61^\circ - 0.00^\circ)}$$

$$= \frac{0.4067 \times 0.7732}{1 - 0.4067 \times 0.6342} = 0.4238 \quad \therefore \delta = 22.97^\circ$$

主働土圧係数 $K_A=0.40$

背面土による土圧

$$PA = 1/2 \cdot K_A \cdot \gamma \cdot H^2 = 1/2 \times 0.40 \times 17.0 \times 5.750^2 = 112.4125 \text{ kN/m}$$

$$PAX = PA \cdot \cos \delta = PA \cdot \cos 22.97^\circ = 112.4125 \times 0.9207 = 103.4993 \text{ kN/m}$$

$$PAY = PA \cdot \sin \delta = PA \cdot \sin 22.97^\circ = 112.4125 \times 0.3902 = 43.8688 \text{ kN/m}$$

背面上載荷重による土圧

(宅造法施行令の別表第二を用いるので、上載荷重から 5 kN/m²を差し引いて算定する。)

$$\Delta PA = K_A \cdot q \cdot H = 0.40 \times (10.0 - 5.0) \times 5.750 = 11.5000 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAX = \Delta PA \cdot \cos \delta = \Delta PA \cdot \cos 22.97^\circ = 11.5000 \times 0.9207 = 10.5882 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAY = \Delta PA \cdot \sin \delta = \Delta PA \cdot \sin 22.97^\circ = 11.5000 \times 0.3902 = 4.4879 \text{ kN/m}$$

作用点の位置

$$PAX : y = H/3 = 5.750/3 = 1.917 \text{ m} \quad PAY : x = 4.700 \text{ m}$$

$$\Delta PAX : y = H/2 = 5.750/2 = 2.875 \text{ m} \quad \Delta PAY : x = 4.700 \text{ m}$$

4) 荷重の集計 (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)	406.9782	101.7446	2.704	2.711	1100.5339	275.7838
土圧(PA)	——	103.4993	——	1.917	——	198.3736
土圧(ΔPA)	——	10.5882	——	2.875	——	30.4410
背面上載荷重	32.9619	8.2405	3.052	5.750	100.5966	47.3827
前面上載荷重						
合計 Σ	439.9401	224.0724	——	——	1201.1305	551.9810

9-2 安定性の検討（地震時）

1) 転倒に対する検討

抵抗モーメント $M_r = \Sigma V \cdot x = 1201.130 \text{ kNm/m}$

転倒モーメント $M_o = \Sigma H \cdot y = 551.981 \text{ kNm/m}$

転倒安全率 $F = M_r / M_o = 1201.130 / 551.981 = 2.176 > 1.0 \quad \therefore \text{O.K.}$

2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

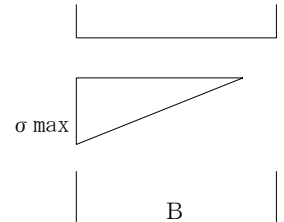
合力の作用位置 $d = (M_r - M_o) / \Sigma V = (1201.130 - 551.981) / 439.940 = 1.476 \text{ m}$

偏心距離 $e = (B/2) - d = (4.700/2) - 1.476 = 0.874 \text{ m}$

最大接地圧 $\sigma_{\max} = (\Sigma V/B) \cdot [2/\{3 \times (1/2 - e/B)\}]$
 $= (439.940/4.700) \times [2/\{3 \times (1/2 - 0.874/4.700)\}]$
 $= 198.770 \text{ kN/m}^2$

最小接地圧 $\sigma_{\min} = 0 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min} < 200.0 \text{ kN/m}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$



3) 滑り出しに対する検討

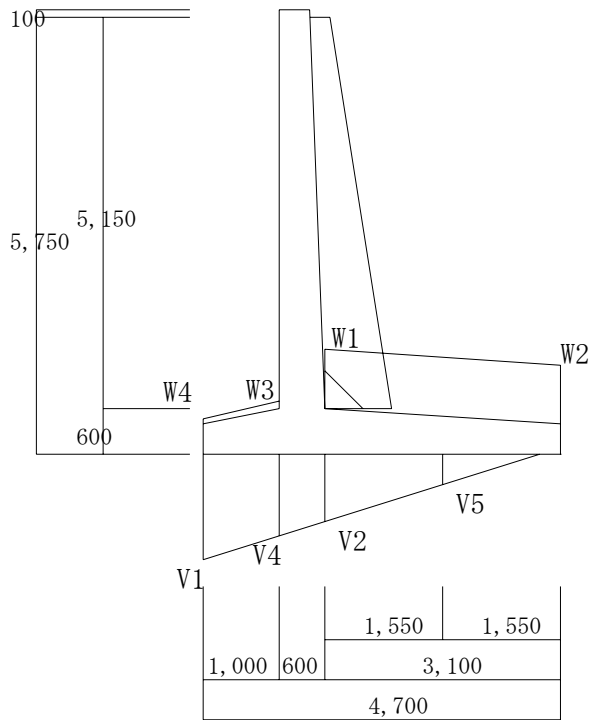
底版の有効載荷面積 $A' = B - 2e = 4.700 - 2 \times 0.874 = 2.951 \text{ m}^2/\text{m}$

水平力の総和 $\Sigma H = 224.072 \text{ kN/m}$

滑動に対する抵抗力 $RH = C \cdot A' + \Sigma V \cdot \mu = 20.0 \times 2.951 + 439.940 \times 0.4 = 234.998 \text{ kN/m}$

滑動安全率 $F = RH / \Sigma H = 234.998 / 224.072 = 1.049 > 1.0 \quad \therefore \text{O.K.}$

9-3 断面の検討（地震時）



中立軸までの距離

$$X_n = 3 \cdot \{ (B/2) - e \} = 3 \times \{ (4.700/2) - 0.874 \} = 4.427\text{m}$$

$$V1 = 198.770\text{kN/m}^2 \quad V4 = 153.867\text{kN/m}^2 \quad V2 = 126.925\text{kN/m}^2 \quad V5 = 57.325\text{kN/m}^2$$

$$W1 = (5.150 \times 17.0) + (0.600 \times 24.0) + 10.00 = 111.950\text{kN/m}^2$$

$$W2 = (5.350 \times 17.0) + (0.400 \times 24.0) + 10.00 = 110.550\text{kN/m}^2$$

$$W3 = (0.600 \times 24.0) + 0.00 = 14.400\text{kN/m}^2$$

$$W4 = (0.400 \times 24.0) + 0.00 = 9.600\text{kN/m}^2$$

地表面と水平面とのなす角度 $\beta = 0.00^\circ$

壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 2.18^\circ$

主働土圧係数 $K_A = 0.40$

1) たて壁 (中央部)

$$\begin{aligned}
 PAX &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(12.00^\circ + 2.182^\circ) = 1/2 \times 0.40 \times 17.0 \times 2.525^2 \times 0.9695 = 21.016 \text{ kN/m} \\
 \Delta PAX &= KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(12.00^\circ + 2.182^\circ) = 0.40 \times (10.0 - 5.0) \times 2.525 \times 0.9695 = 4.896 \text{ kN/m} \\
 \text{たて壁重量 } W1 &= 28.350 \text{ kN/m} \quad \text{背面土重量 } W2 = 139.425 \text{ kN/m} \\
 M &= PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n + W1 \cdot Kh \cdot y1 + W2 \cdot Kh \cdot y2 + q \cdot Kh \cdot y3 \\
 &= \{21.016 \times (2.525/3) + 4.896 \times (2.525/2) + 28.350 \times 0.25 \times 1.264 \\
 &\quad + 139.425 \times 0.25 \times 1.269 + 10.000 \times 0.25 \times 2.525\} \times 10^5 = 8337204 \text{ Ncm/m} \\
 S &= PAX + \Delta PAX + W1 \cdot Kh + W2 \cdot Kh + q \cdot Kh \\
 &= (21.016 + 4.896 + 28.350 \times 0.25 + 139.425 \times 0.25 + 10.000 \times 0.25) \times 10^3 \\
 &= 70356 \text{ N/m} \\
 D &= 50.00 \text{ cm} \quad d = 42.75 \text{ cm} \quad j = 37.406 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 8337204 / (29500 \times 37.406) = 7.555 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 70356 / (210.00 \times 37.406) = 8.957 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D25-670@ -----> ∴ D25-300@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 1689.000 / (1000 \times 427.50) = 0.00395 \\
 k &= \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00395 + (15 \times 0.00395)^2\} - 15 \times 0.00395 = 0.290 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.290/3) = 0.903
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 83372040 / (0.290 \times 0.903 \times 1000 \times 427.50^2) = 3.482 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 83372040 / (1689.000 \times 0.903 \times 427.50) = 127.826 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 295 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 70356 / (1000 \times 0.903 \times 427.50) = 0.182 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

2) たて壁 (固定部)

$$\begin{aligned}
 PAX &= 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(12.00^\circ + 2.182^\circ) = 1/2 \times 0.40 \times 17.0 \times 5.150^2 \times 0.9695 = 87.428 \text{ kN/m} \\
 \Delta PAX &= KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(12.00^\circ + 2.182^\circ) = 0.40 \times (10.0 - 5.0) \times 5.150 \times 0.9695 = 9.986 \text{ kN/m} \\
 \text{たて壁重量 } W1 &= 66.000 \text{ kN/m} \quad \text{背面土重量 } W2 = 283.138 \text{ kN/m} \\
 M &= PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n + W1 \cdot Kh \cdot y1 + W2 \cdot Kh \cdot y2 + q \cdot Kh \cdot y3 \\
 &= \{87.428 \times (5.150/3) + 9.986 \times (5.150/2) + 66.000 \times 0.25 \times 2.346 \\
 &\quad + 283.138 \times 0.25 \times 2.556 + 10.000 \times 0.25 \times 5.150\} \times 10^5 = 40832350 \text{ Ncm/m} \\
 S &= PAX + \Delta PAX + W1 \cdot Kh + W2 \cdot Kh + q \cdot Kh \\
 &= (87.428 + 9.986 + 66.000 \times 0.25 + 283.138 \times 0.25 + 10.000 \times 0.25) \times 10^3 \\
 &= 187199 \text{ N/m} \\
 D &= 60.00 \text{ cm} \quad d = 52.55 \text{ cm} \quad j = 45.981 \text{ cm} \\
 at &= M / (ft \cdot j) = 40832350 / (29500 \times 45.981) = 30.102 \text{ cm}^2/\text{m} \\
 \phi &= S / (fa \cdot j) = 187199 / (210.00 \times 45.981) = 19.387 \text{ cm/m}
 \end{aligned}$$

配筋 D25, D29-190@ -----> ∴ D25, D29-150@ とする

$$\begin{aligned}
 n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\
 p &= As / (b \cdot d) = 3830.000 / (1000 \times 525.50) = 0.00729 \\
 k &= \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00729 + (15 \times 0.00729)^2\} - 15 \times 0.00729 = 0.371 \\
 j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.371/3) = 0.876
 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 408323500 / (0.371 \times 0.876 \times 1000 \times 525.50^2) = 9.098 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 408323500 / (3830.000 \times 0.876 \times 525.50) = 231.497 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 295 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 187199 / (1000 \times 0.876 \times 525.50) = 0.406 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

3) かかと版 (固定部)

$$M1 = (W1 + 2 \cdot W2) \cdot B^2 / 6 = (111.950 + 2 \times 110.550) \times 3.100^2 / 6 = 533.435 \text{ kNm/m}$$

$$S1 = (W1 + W2) \cdot B / 2 = (111.950 + 110.550) \times 3.100 / 2 = 344.875 \text{ kN/m}$$

$$M2 = V2 \cdot B^2 / 6 = 126.925 \times 2.827^2 / 6 = 169.017 \text{ kNm/m}$$

$$S2 = V2 \cdot B / 2 = 126.925 \times 2.827 / 2 = 179.384 \text{ kN/m}$$

$$M = |M1 - M2| = |533.435 - 169.017| \times 10^5 = 36441800 \text{ Ncm/m}$$

$$S = |S1 - S2| = |344.875 - 179.384| \times 10^3 = 165491 \text{ N/m}$$

$$D = 60.00 \text{ cm} \quad d = 52.55 \text{ cm} \quad j = 45.981 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 36441800 / (29500 \times 45.981) = 26.866 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 165491 / (210.00 \times 45.981) = 17.139 \text{ cm/m}$$

配筋 D25, D29-213@ -----> ∴ D25, D29-150@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 3830.000 / (1000 \times 525.50) = 0.00729$$

$$k = \sqrt{2np + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00729 + (15 \times 0.00729)^2} - 15 \times 0.00729 = 0.371$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.371/3) = 0.876$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 364418000 / (0.371 \times 0.876 \times 1000 \times 525.50^2) = 8.120 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 364418000 / (3830.000 \times 0.876 \times 525.50) = 206.605 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 165491 / (1000 \times 0.876 \times 525.50) = 0.359 \text{ N/mm}^2$$

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

4) かかと版 (中央部)

$$M1 = \{ (W1 + W2) / 2 + 2 \cdot W2 \} \cdot (B/2)^2 / 6 = (111.250 + 2 \times 110.550) \times 1.550^2 / 6 = 133.079 \text{ kNm/m}$$

$$S1 = \{ (W1 + W2) / 2 + 2 \cdot W2 \} \cdot (B/2) / 2 = (111.250 + 110.550) \times 1.550 / 2 = 171.895 \text{ kN/m}$$

$$M2 = V5 \cdot (B/2)^2 / 6 = 57.325 \times 1.277^2 / 6 = 15.571 \text{ kNm/m}$$

$$S2 = V5 / 2 \cdot (B/2) / 2 = 57.325 \times 1.277 / 2 = 36.591 \text{ kN/m}$$

$$M = |M1 - M2| = |133.079 - 15.571| \times 10^5 = 11750760 \text{ Ncm/m}$$

$$S = |S1 - S2| = |171.895 - 36.591| \times 10^3 = 135304 \text{ N/m}$$

$$D = 50.00 \text{ cm} \quad d = 42.75 \text{ cm} \quad j = 37.406 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 11750760 / (29500 \times 37.406) = 10.649 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 135304 / (210.00 \times 37.406) = 17.225 \text{ cm/m}$$

配筋 D25-464@ -----> ∴ D25-300@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 1689.000 / (1000 \times 427.50) = 0.00395$$

$$k = \sqrt{2np + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00395 + (15 \times 0.00395)^2} - 15 \times 0.00395 = 0.290$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.290/3) = 0.903$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 117507600 / (0.290 \times 0.903 \times 1000 \times 427.50^2) = 4.908 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 117507600 / (1689.000 \times 0.903 \times 427.50) = 180.163 \text{ N/mm}^2$$

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

- ・コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 135304 / (1000 \times 0.903 \times 427.50) = 0.350 \text{ N/mm}^2$$

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

5) つま先版 (固定部)

$$\begin{aligned} M1 &= (W3 + 2 \cdot W4) \cdot B0^2/6 = (14.400 + 2 \times 9.600) \times 1.000^2/6 = 5.600 \text{ kNm/m} \\ S1 &= (W3 + W4) \cdot B0/2 = (14.400 + 9.600) \times 1.000/2 = 12.000 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V4 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2/6 = (153.867 + 2 \times 198.770) \times 1.000^2/6 = 91.901 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V4 + V1) \cdot B0/2 = (153.867 + 198.770) \times 1.000/2 = 176.319 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |5.600 - 91.901| \times 10^5 = 8630118 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |12.000 - 176.319| \times 10^3 = 164319 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 60.00 \text{ cm} \quad d = 52.90 \text{ cm} \quad j = 46.288 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 8630118 / (29500 \times 46.288) = 6.320 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 164319 / (210.00 \times 46.288) = 16.905 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

配筋 D22-414@ -----> ∴ D22-300@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 1290.333 / (1000 \times 529.00) = 0.00244 \\ k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00244 + (15 \times 0.00244)^2} - 15 \times 0.00244 = 0.236 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.236/3) = 0.921 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 86301180 / (0.236 \times 0.921 \times 1000 \times 529.00^2) = 2.832 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 86301180 / (1290.333 \times 0.921 \times 529.00) = 137.247 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 295 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 164319 / (1000 \times 0.921 \times 529.00) = 0.337 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

6) つま先版 (中央部)

$$\begin{aligned} M1 &= \{ (W3 + W4) / 2 + 2 \cdot W4 \} \cdot (B0/2)^2/6 = (12.000 + 2 \times 9.600) \times 0.500^2/6 = 1.300 \text{ kNm/m} \\ S1 &= \{ (W3 + W4) / 2 + W4 \} \cdot (B0/2) / 2 = (12.000 + 9.600) \times 0.500/2 = 5.400 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V6 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2/6 = (176.319 + 2 \times 198.770) \times 0.500^2/6 = 23.911 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V6 + V1) \cdot B0/2 = (176.319 + 198.770) \times 0.500/2 = 93.772 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |1.300 - 23.911| \times 10^5 = 2261078 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |5.400 - 93.772| \times 10^3 = 88372 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 50.00 \text{ cm} \quad d = 42.90 \text{ cm} \quad j = 37.538 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 2261078 / (29500 \times 37.538) = 2.042 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 88372 / (210.00 \times 37.538) = 11.211 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

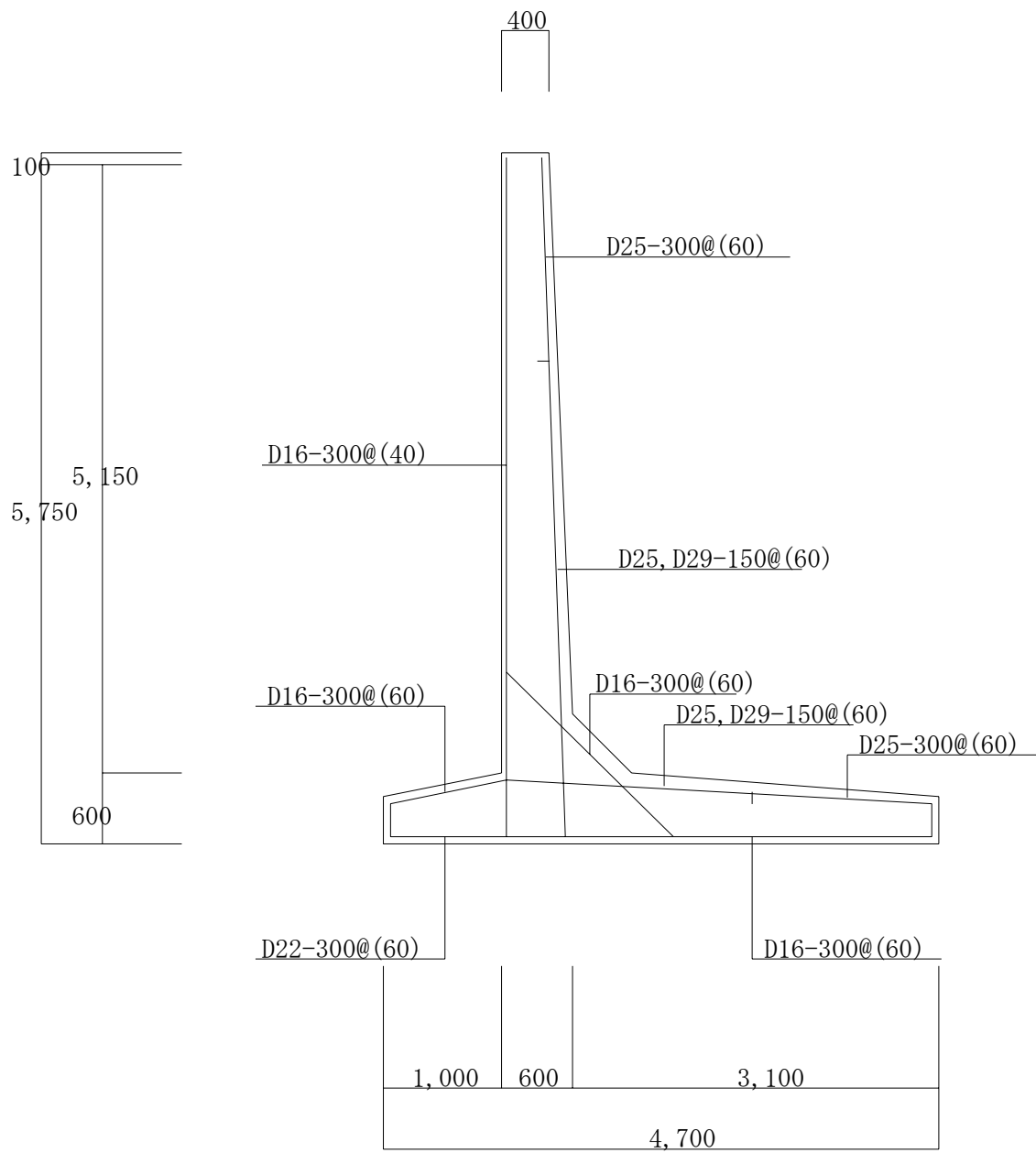
配筋 D22-624@ -----> ∴ D22-300@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 1290.333 / (1000 \times 429.00) = 0.00301 \\ k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00301 + (15 \times 0.00301)^2} - 15 \times 0.00301 = 0.259 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.259/3) = 0.914 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 22610780 / (0.259 \times 0.914 \times 1000 \times 429.00^2) = 1.040 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 21.0 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 22610780 / (1290.333 \times 0.914 \times 429.00) = 44.700 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 295 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot j \cdot d) = 88372 / (1000 \times 0.914 \times 429.00) = 0.225 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 2.1 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

9-4 略配筋図

()内は、鉄筋のかぶり厚さ(コンクリート表面から鉄筋表面までの最小間隔)を示す。



§ 1. 一般事項(地震時)

1-1 工作物の概要

- ・ 築造地 : 奈良市
- ・ 形 式 : 片持梁式鉄筋コンクリート造擁壁

1-2 使用材料 及 許容応力度

- ・ コンクリート
 - 設計基準強度 : $\sigma_{ck} = 21 \text{ N/mm}^2$
 - 許容圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 10.5 \text{ N/mm}^2$
 - 許容せん断応力度 : $\tau_{ca} = 0.54 \text{ N/mm}^2$
 - 許容付着応力度 : $\tau_{0a} = 2.1 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄 筋
 - 許容引張応力度 : $\sigma_{sa} = 270.0 \text{ N/mm}^2$
- ・ 鉄筋コンクリート
 - 単位体積重量 : $r = 24.0 \text{ kN/m}^3$

1-3 設計条件

◎背面土

- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ 土の単位体積重量 : $\gamma_s = 17.0 \text{ kN/m}^3$
- ・ せん断抵抗角 : $\phi = 30.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 土(仮想背面)と土との摩擦角 : (安定計算時) $\delta = \text{計算による}$
- ・ 壁背面と土との摩擦角 : (断面計算時) $\delta = 15.00^\circ$

○土圧

岡部・物部式による。(水平震度 $K_h = 0.2$)

◎支持地盤

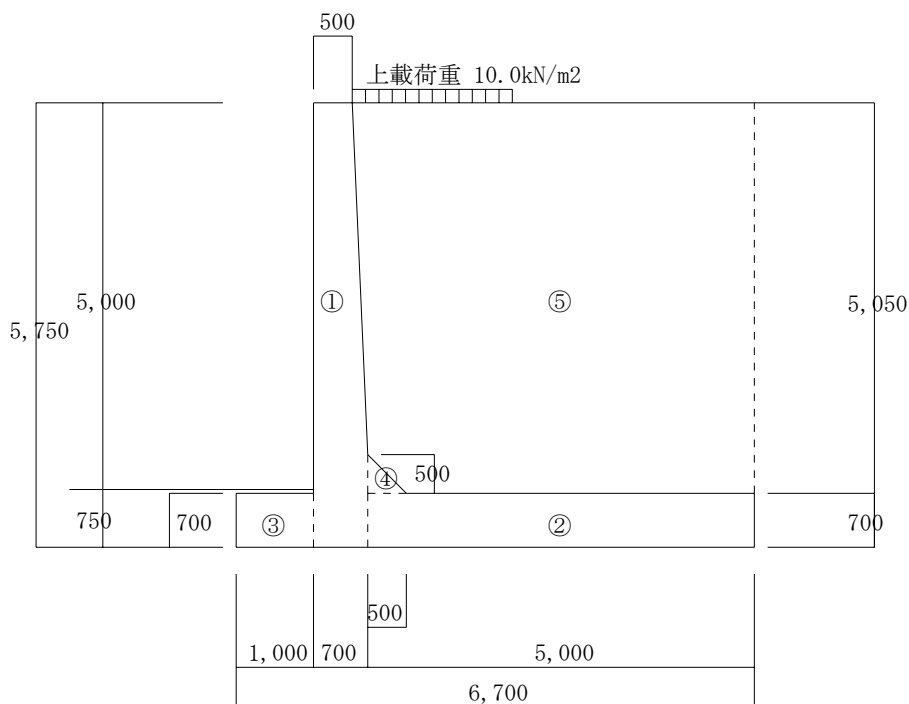
- ・ 土質の種類 : 砂質土
- ・ せん断抵抗角 : $\phi = 30.0^\circ$
- ・ 粘 着 力 : $C = 0 \text{ kN/m}^2$
- ・ 許容地耐力 : $q_a = 150 \text{ kN/m}^2$
- ・ 底盤の摩擦係数 : $\mu = 0.6$

1-4 設計方針

- ・ 本計算は、片持梁式鉄筋コンクリート擁壁として、すべて土圧にて行う。
- ・ 本計算は、(社)日本道路協会「道路土工(擁壁工指針)」及び、日本土木学会「コンクリート標準示方書」に準拠して行う。

§ 10. RC擁壁（L9）の設計

10-1 荷重の計算（地震時）



地表面と水平面とのなす角度 $\alpha = 0.00^\circ$
 壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 0.00^\circ$ （仮想背面）
 擁壁全高さ $H = 5.75\text{m}$

1) 自重

区 分	面 積 $A \text{ (m}^2\text{)}$	単位重量 $\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$	重 量 $W \text{ (kN/m)}$	重心距離 (m)		モーメント (kN・m/m)	
				x	y	$W \cdot x$	$W \cdot y$
① たて壁	$5.050 \times (0.500 + 0.700) / 2 + 0.700 \times 0.700 = 3.5200$	24.0	84.4800	1.309	2.704	110.6140	228.4370
② かかと版	$5.000 \times 0.700 = 3.5000$	24.0	84.0000	4.200	0.350	352.8000	29.4000
③ つま先版	$1.000 \times 0.700 = 0.7000$	24.0	16.8000	0.500	0.350	8.4000	5.8800
④ ハンチ	$0.500 \times 0.500 / 2 = 0.1250$	24.0	3.0000	1.867	0.867	5.6000	2.6000
⑤ 背面土	$(5.000 + 5.200) \times 5.050 / 2 - 0.1250 = 25.6300$	17.0	435.7100	4.166	3.242	1815.0580	1412.3632
⑥ 法面土							
⑦ 前面土							
合 計 Σ		—	623.9900	—	—	2292.4719	1678.6803

重心 $x = \Sigma W \cdot x / \Sigma W = 2292.472 / 623.990 = 3.674\text{m}$
 $y = \Sigma W \cdot y / \Sigma W = 1678.680 / 623.990 = 2.690\text{m}$

2) 上載荷重

背面上載荷重・・・ $W = 10.00 \times 5.200 = 52.000\text{kN/m}$

3) 擁壁に及ぼす土圧

設計水平震度 $K_h = C_Z \cdot K_{ho} = 1.00 \times 0.20 = 0.20$ 設計鉛直震度 $K_v = 0.00$

地震合成角 $\theta_k = \text{Atn}\{K_h / (1 - K_v)\} = \text{Atn}\{0.20 / (1 - 0.00)\} = 11.31^\circ$

土(仮想背面)と土との摩擦角

$$\sin \Delta = \frac{\sin(\beta + \theta_k)}{\sin \phi} = \frac{\sin(0.00^\circ + 11.31^\circ)}{\sin 30.00^\circ} = \frac{0.1961}{0.5000} = 0.3922 \quad \therefore \Delta = 23.09^\circ$$

$$\tan \delta = \frac{\sin \phi \cdot \sin(\theta_k + \Delta - \beta)}{1 - \sin \phi \cdot \cos(\theta_k + \Delta - \beta)} = \frac{\sin 30.00^\circ \times \sin(11.31^\circ + 23.09^\circ - 0.00^\circ)}{1 - \sin 30.00^\circ \times \cos(11.31^\circ + 23.09^\circ - 0.00^\circ)}$$

$$= \frac{0.5000 \times 0.5650}{1 - 0.5000 \times 0.8251} = 0.4809 \quad \therefore \delta = 25.68^\circ$$

地震時主働土圧係数

$$K_{AE} = \frac{(1 - K_v) \cos^2(\phi - \theta - \theta_k)}{\cos \theta_k \cos^2 \theta \cos(\delta + \theta + \theta_k) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi - \beta - \theta_k) \sin(\phi + \delta)}{\cos(\delta + \theta + \theta_k) \cos(\theta - \beta)}} \right]^2}$$

$$= \frac{(1 - 0.00) \times \cos^2(30.00^\circ - 0.00^\circ - 11.31^\circ)}{\cos 11.31^\circ \times \cos^2(0.00^\circ) \times \cos(25.68^\circ + 0.00^\circ + 11.31^\circ) \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(30.00^\circ - 0.00^\circ - 11.31^\circ) \times \sin(30.00^\circ + 25.68^\circ)}{\cos(25.68^\circ + 0.00^\circ + 11.31^\circ) \times \cos(0.00^\circ - 0.00^\circ)}} \right]^2}$$

$$= \frac{1.00 \times 0.8973}{0.9806 \times 1.0000 \times 0.7987 \times \left[1 + \sqrt{\frac{0.3204 \times 0.8259}{0.7987 \times 1.0000}} \right]^2}$$

$$= 0.461$$

背面土による土圧

$PA = 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 = 1/2 \times 0.461 \times 17.0 \times 5.750^2 = 129.5554 \text{ kN/m}$

$PAX = PA \cdot \cos \delta = PA \cdot \cos 25.68^\circ = 129.5554 \times 0.9012 = 116.7590 \text{ kN/m}$

$PAY = PA \cdot \sin \delta = PA \cdot \sin 25.68^\circ = 129.5554 \times 0.4333 = 56.1421 \text{ kN/m}$

背面上載荷重による土圧

$\Delta PA = KA \cdot q \cdot H = 0.461 \times 10.0 \times 5.750 = 26.5075 \text{ kN/m}$

$\Delta PAX = \Delta PA \cdot \cos \delta = \Delta PA \cdot \cos 25.68^\circ = 26.5075 \times 0.9012 = 23.8893 \text{ kN/m}$

$\Delta PAY = \Delta PA \cdot \sin \delta = \Delta PA \cdot \sin 25.68^\circ = 26.5075 \times 0.4333 = 11.4869 \text{ kN/m}$

作用点の位置

$PAX : y = H/3 = 5.750/3 = 1.917 \text{ m}$ $PAY : x = 6.700 \text{ m}$

$\Delta PAX : y = H/2 = 5.750/2 = 2.875 \text{ m}$ $\Delta PAY : x = 6.700 \text{ m}$

4) 荷重の集計 (水平力=慣性力+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)	623.9900	124.7980	3.674	2.690	2292.4719	335.7361
土圧(PA)	56.1421	116.7590	6.700	1.917	376.1519	223.7881
土圧(ΔPA)	11.4869	23.8893	6.700	2.875	76.9620	68.6818
背面上載荷重	52.0000	——	4.100	——	213.2000	——
前面上載荷重						
合計 Σ	743.6190	265.4463	——	——	2958.7859	628.2060

10-2 安定性の検討（地震時）

1) 転倒に対する検討

抵抗モーメント $M_r = \Sigma V \cdot x = 2958.786 \text{ kNm/m}$

転倒モーメント $M_o = \Sigma H \cdot y = 628.206 \text{ kNm/m}$

転倒安全率 $F = M_r / M_o = 2958.786 / 628.206 = 4.710 > 1.0 \quad \therefore \text{O.K.}$

2) 地盤支持力(接地圧)に対する検討

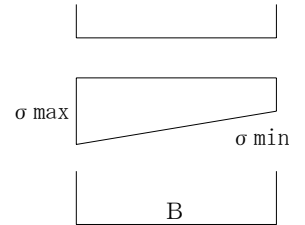
合力の作用位置 $d = (M_r - M_o) / \Sigma V = (2958.786 - 628.206) / 743.619 = 3.134 \text{ m}$

偏心距離 $e = (B/2) - d = (6.700/2) - 3.134 = 0.216 \text{ m}$

最大接地圧 $\sigma_{\max} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 + (6e/B)\}$
 $= (743.619/6.700) \times \{1 + (6 \times 0.216/6.700)\}$
 $= 132.446 \text{ kN/m}^2$

最小接地圧 $\sigma_{\min} = (\Sigma V/B) \cdot \{1 - (6e/B)\}$
 $= (743.619/6.700) \times \{1 - (6 \times 0.216/6.700)\}$
 $= 89.530 \text{ kN/m}^2$

$\sigma_{\max}, \sigma_{\min} < 150.0 \text{ kN/m}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$



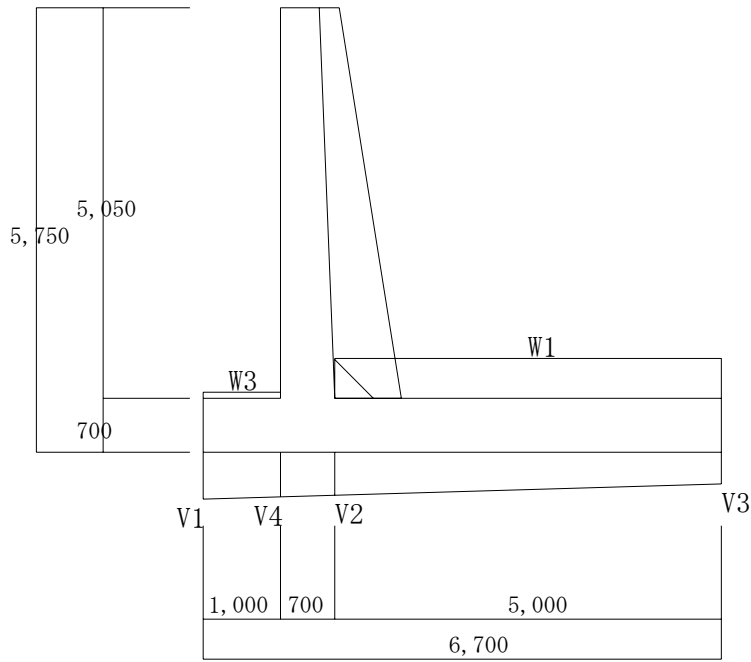
3) 滑り出しに対する検討

水平力の総和 $\Sigma H = 265.446 \text{ kN/m}$

滑動に対する抵抗力 $RH = C \cdot B + \Sigma V \cdot \mu = 0.0 \times 6.700 + 743.619 \times 0.6 = 446.171 \text{ kN/m}$

滑動安全率 $F = RH / \Sigma H = 446.171 / 265.446 = 1.681 > 1.0 \quad \therefore \text{O.K.}$

1 0 - 3 断面の検討 (地震時)



中立軸までの距離

$$X_n = (B/2) \cdot [1 + \{B/(6e)\}] = (6,700/2) \times [1 + \{6,700/(6 \times 0.216)\}] = 20.677m$$

$$V1=132.446kN/m^2 \quad V4=126.041kN/m^2 \quad V2=121.557kN/m^2 \quad V3=89.530kN/m^2$$

$$W1=(5.050 \times 17.0) + (0.700 \times 24.0) + 10.00=112.650kN/m^2$$

$$W3=(0.700 \times 24.0) + 0.00=16.800kN/m^2$$

地表面と水平面とのなす角度 $\beta = 0.00^\circ$

壁背面と鉛直面とのなす角度 $\theta = 2.27^\circ$

設計水平震度 $K_h = C_Z \cdot K_{ho} = 1.00 \times 0.20 = 0.20$ 設計鉛直震度 $K_v = 0.00$

地震合成角 $\theta_k = \text{Atn}\{K_h/(1-K_v)\} = \text{Atn}\{0.20/(1-0.00)\} = 11.31^\circ$

地震時主働土圧係数

$$\begin{aligned} KAE &= \frac{(1-K_v) \cos^2(\phi - \theta - \theta_k)}{\cos \theta_k \cos^2 \theta \cos(\delta + \theta + \theta_k) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi - \beta - \theta_k) \sin(\phi + \delta)}{\cos(\delta + \theta + \theta_k) \cos(\theta - \beta)}} \right]^2} \\ &= \frac{(1-0.00) \times \cos^2(30.00^\circ - 2.27^\circ - 11.31^\circ)}{\cos 11.31^\circ \times \cos^2(2.27^\circ) \times \cos(15.00^\circ + 2.27^\circ + 11.31^\circ) \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(30.00^\circ - 0.00^\circ - 11.31^\circ) \times \sin(30.00^\circ + 15.00^\circ)}{\cos(15.00^\circ + 2.27^\circ + 11.31^\circ) \times \cos(2.27^\circ - 0.00^\circ)}} \right]^2} \\ &= \frac{1.00 \times 0.9201}{0.9806 \times 0.9984 \times 0.8782 \times \left[1 + \sqrt{\frac{0.3204 \times 0.7071}{0.8782 \times 0.9992}} \right]^2} \\ &= 0.470 \end{aligned}$$

1) たて壁 (中央部)

$$PAX = 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(15.00^\circ + 2.268^\circ) = 1/2 \times 0.47 \times 17.0 \times 2.525^2 \times 0.9549 = 24.323 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAX = KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(15.00^\circ + 2.268^\circ) = 0.47 \times 10.0 \times 2.525 \times 0.9549 = 11.333 \text{ kN/m}$$

たて壁重量 $W = 33.330 \text{ kN/m}$

$$M = PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n + W \cdot Kh \cdot y$$

$$= \{24.323 \times (2.525/3) + 11.333 \times (2.525/2) + 33.330 \times 0.2 \times 1.224\} \times 10^5 = 4293972 \text{ Ncm/m}$$

$$S = PAX + \Delta PAX + W \cdot Kh = (24.323 + 11.333 + 33.330 \times 0.2) \times 10^3 = 42321 \text{ N/m}$$

$$D = 60.00 \text{ cm} \quad d = 53.05 \text{ cm} \quad j = 46.419 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 4293972 / (27000 \times 46.419) = 3.426 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 42321 / (210.00 \times 46.419) = 4.342 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-836@ -----> ∴ D19-300@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 530.50) = 0.00180$$

$$k = \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00180 + (15 \times 0.00180)^2\} - 15 \times 0.00180 = 0.207$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.207/3) = 0.931$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 42939720 / (0.207 \times 0.931 \times 1000 \times 530.50^2) = 1.584 \text{ N/mm}^2$$

$$< \sigma_{ca} = 10.5 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$$

- ・鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 42939720 / (955.000 \times 0.931 \times 530.50) = 91.036 \text{ N/mm}^2$$

$$< \sigma_{sa} = 270 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$$

- ・コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot d) = 42321 / (1000 \times 530.50) = 0.080 \text{ N/mm}^2$$

$$< \tau_{ca} = 0.54 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$$

2) たて壁 (固定部)

$$PAX = 1/2 \cdot KA \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \cos(15.00^\circ + 2.268^\circ) = 1/2 \times 0.47 \times 17.0 \times 5.050^2 \times 0.9549 = 97.290 \text{ kN/m}$$

$$\Delta PAX = KA \cdot q \cdot H \cdot \cos(15.00^\circ + 2.268^\circ) = 0.47 \times 10.0 \times 5.050 \times 0.9549 = 22.665 \text{ kN/m}$$

たて壁重量 $W = 75.720 \text{ kN/m}$

$$M = PAX \cdot n + \Delta PAX \cdot n + W \cdot Kh \cdot y$$

$$= \{97.290 \times (5.050/3) + 22.665 \times (5.050/2) + 75.720 \times 0.2 \times 2.297\} \times 10^5 = 25578510 \text{ Ncm/m}$$

$$S = PAX + \Delta PAX + W \cdot Kh = (97.290 + 22.665 + 75.720 \times 0.2) \times 10^3 = 135100 \text{ N/m}$$

$$D = 70.00 \text{ cm} \quad d = 63.05 \text{ cm} \quad j = 55.169 \text{ cm}$$

$$at = M / (ft \cdot j) = 25578510 / (27000 \times 55.169) = 17.172 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\phi = S / (fa \cdot j) = 135100 / (210.00 \times 55.169) = 11.661 \text{ cm/m}$$

配筋 D19-166@ -----> ∴ D19-150@ とする

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

$$p = As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 630.50) = 0.00303$$

$$k = \text{sqr}\{2n \cdot p + (n \cdot p)^2\} - n \cdot p = \text{sqr}\{2 \times 15 \times 0.00303 + (15 \times 0.00303)^2\} - 15 \times 0.00303 = 0.259$$

$$j = 1 - (K/3) = 1 - (0.259/3) = 0.914$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度

$$\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 255785100 / (0.259 \times 0.914 \times 1000 \times 630.50^2) = 5.430 \text{ N/mm}^2$$

$$< \sigma_{ca} = 10.5 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$$

- ・鉄筋の引張応力度

$$\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 255785100 / (1910.000 \times 0.914 \times 630.50) = 232.508 \text{ N/mm}^2$$

$$< \sigma_{sa} = 270 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$$

- ・コンクリートのせん断応力度

$$\tau_c = S / (b \cdot d) = 135100 / (1000 \times 630.50) = 0.214 \text{ N/mm}^2$$

$$< \tau_{ca} = 0.54 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$$

3) かかと版 (固定部)

$$\begin{aligned} M1 &= (W1 \cdot B^2) / 2 = (112.650 \times 5.000^2) / 2 = 1408.125 \text{ kNm/m} \\ S1 &= W1 \cdot B = 112.650 \times 5.000 = 563.250 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V2 + 2 \cdot V3) \cdot B^2 / 6 = (121.557 + 2 \times 89.530) \times 5.000^2 / 6 = 1252.567 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V2 + V3) \cdot B / 2 = (121.557 + 89.530) \times 5.000 / 2 = 527.716 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |1408.125 - 1252.567| \times 10^5 = 15555760 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |563.250 - 527.716| \times 10^3 = 35534 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 70.00 \text{ cm} \quad d = 63.05 \text{ cm} \quad j = 55.169 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 15555760 / (27000 \times 55.169) = 10.443 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 35534 / (210.00 \times 55.169) = 3.067 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

配筋 D19-274@ -----> ∴ D19-150@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 1910.000 / (1000 \times 630.50) = 0.00303 \\ k &= \sqrt{2np + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00303 + (15 \times 0.00303)^2} - 15 \times 0.00303 = 0.259 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.259/3) = 0.914 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 155557600 / (0.259 \times 0.914 \times 1000 \times 630.50^2) = 3.302 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 10.5 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 155557600 / (1910.000 \times 0.914 \times 630.50) = 141.401 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 270 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot d) = 35534 / (1000 \times 630.50) = 0.056 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.54 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

4) かかと版 (中央部)

$$\begin{aligned} M1 &= (W1 \cdot (B/2)^2) / 2 = (112.650 \times 2.500^2) / 2 = 352.031 \text{ kNm/m} \\ S1 &= W1 \cdot (B/2) / 2 = 112.650 \times 2.500 = 281.625 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V5 + 2 \cdot V3) \cdot (B/2)^2 / 6 = (105.543 + 2 \times 89.530) \times 2.500^2 / 6 = 296.461 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V5 + V3) \cdot (B/2) / 2 = (105.543 + 89.530) \times 2.500 / 2 = 243.841 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |352.031 - 296.461| \times 10^5 = 5557025 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |281.625 - 243.841| \times 10^3 = 37784 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 70.00 \text{ cm} \quad d = 63.05 \text{ cm} \quad j = 55.169 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 5557025 / (27000 \times 55.169) = 3.731 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 37784 / (210.00 \times 55.169) = 3.261 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

配筋 D19-767@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 630.50) = 0.00151 \\ k &= \sqrt{2np + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00151 + (15 \times 0.00151)^2} - 15 \times 0.00151 = 0.192 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.192/3) = 0.936 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 55570250 / (0.192 \times 0.936 \times 1000 \times 630.50^2) = 1.558 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 10.5 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 55570250 / (955.000 \times 0.936 \times 630.50) = 98.588 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 270 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot d) = 37784 / (1000 \times 630.50) = 0.060 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.54 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

5) つま先版 (固定部)

$$\begin{aligned} M1 &= (W3 \cdot B0^2) / 2 = (16.800 \times 1.000^2) / 2 = 8.400 \text{ kNm/m} \\ S1 &= W3 \cdot B0 = 16.800 \times 1.000 = 16.800 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V4 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (126.041 + 2 \times 132.446) \times 1.000^2 / 6 = 65.156 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V4 + V1) \cdot B0 / 2 = (126.041 + 132.446) \times 1.000 / 2 = 129.243 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |8.400 - 65.156| \times 10^5 = 5675551 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |16.800 - 129.243| \times 10^3 = 112443 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 70.00 \text{ cm} \quad d = 63.05 \text{ cm} \quad j = 55.169 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 5675551 / (27000 \times 55.169) = 3.810 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 112443 / (210.00 \times 55.169) = 9.706 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

配筋 D19-618@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 630.50) = 0.00151 \\ k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00151 + (15 \times 0.00151)^2} - 15 \times 0.00151 = 0.192 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.192/3) = 0.936 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 56755510 / (0.192 \times 0.936 \times 1000 \times 630.50^2) = 1.592 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 10.5 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 56755510 / (955.000 \times 0.936 \times 630.50) = 100.691 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 270 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot d) = 112443 / (1000 \times 630.50) = 0.337 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.54 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

6) つま先版 (中央部)

$$\begin{aligned} M1 &= (W3 \cdot (B0/2)^2) / 2 = (16.800 \times 0.500^2) / 2 = 2.100 \text{ kNm/m} \\ S1 &= W3 \cdot B0 / 2 = 16.800 \times 0.500 = 8.400 \text{ kN/m} \\ M2 &= (V6 + 2 \cdot V1) \cdot B0^2 / 6 = (129.243 + 2 \times 132.446) \times 0.500^2 / 6 = 16.422 \text{ kNm/m} \\ S2 &= (V6 + V1) \cdot B0 / 2 = (129.243 + 132.446) \times 0.500 / 2 = 65.422 \text{ kN/m} \\ M &= |M1 - M2| = |2.100 - 16.422| \times 10^5 = 1432232 \text{ Ncm/m} \\ S &= |S1 - S2| = |8.400 - 65.422| \times 10^3 = 57022 \text{ N/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= 70.00 \text{ cm} \quad d = 63.05 \text{ cm} \quad j = 55.169 \text{ cm} \\ at &= M / (ft \cdot j) = 1432232 / (27000 \times 55.169) = 0.962 \text{ cm}^2/\text{m} \\ \phi &= S / (fa \cdot j) = 57022 / (210.00 \times 55.169) = 4.922 \text{ cm/m} \end{aligned}$$

配筋 D19-1219@ -----> ∴ D19-300@ とする

$$\begin{aligned} n &= 15 \quad b = 100 \text{ cm} \\ p &= As / (b \cdot d) = 955.000 / (1000 \times 630.50) = 0.00151 \\ k &= \sqrt{2n \cdot p + (n \cdot p)^2} - n \cdot p = \sqrt{2 \times 15 \times 0.00151 + (15 \times 0.00151)^2} - 15 \times 0.00151 = 0.192 \\ j &= 1 - (K/3) = 1 - (0.192/3) = 0.936 \end{aligned}$$

- ・コンクリートの曲げ圧縮応力度
 $\sigma_c = 2M / (k \cdot j \cdot b \cdot d^2) = 2 \times 14322320 / (0.192 \times 0.936 \times 1000 \times 630.50^2) = 0.402 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{ca} = 10.5 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・鉄筋の引張応力度
 $\sigma_s = M / (As \cdot j \cdot d) = 14322320 / (955.000 \times 0.936 \times 630.50) = 25.409 \text{ N/mm}^2$
 $< \sigma_{sa} = 270 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$
- ・コンクリートのせん断応力度
 $\tau_c = S / (b \cdot d) = 57022 / (1000 \times 630.50) = 0.090 \text{ N/mm}^2$
 $< \tau_{ca} = 0.54 \text{ N/mm}^2 \quad \therefore \text{O.K.}$

10-4 略配筋図

()内は、鉄筋のかぶり厚さ(コンクリート表面から鉄筋表面までの最小間隔)を示す。

