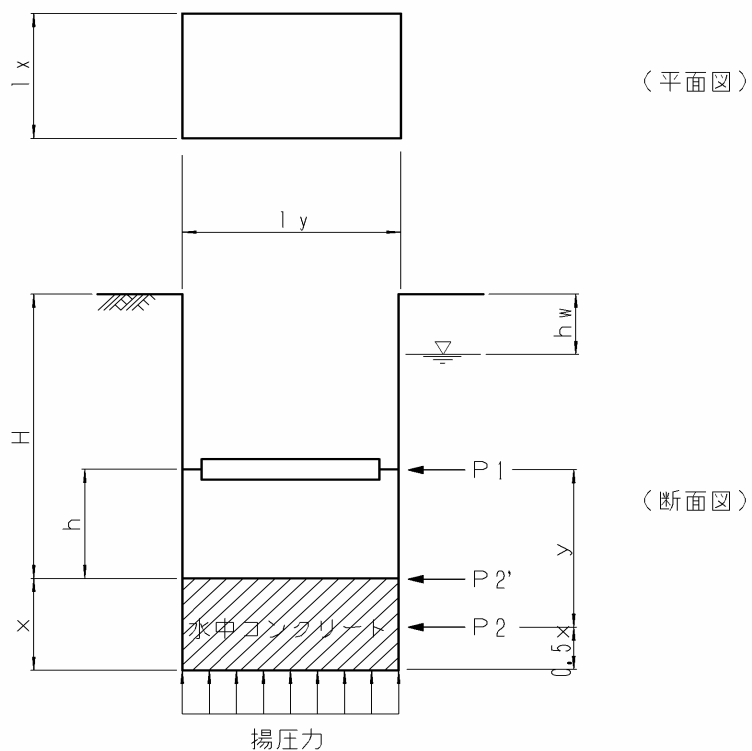


立坑水中コンクリート底盤厚の計算

1) 計算条件

立坑幅 (短辺)	l_x (m)	=	3.20
立坑長さ (長辺)	l_y (m)	=	5.20
立坑面積	$A = l_x \cdot l_y$	=	16.64 m ²
立坑深さ	H (m)	=	9.60
最下段切梁高さ	h (m)	=	2.30
地下水位	h_w (m)	=	1.00
地下水の単位重量	γ_w (kN/m ³)	=	10.0
水中コンクリートの単位体積重量	γ_c (kN/m ³)	=	23.0
水中コンクリートと山留壁の許容付着応力度	f (kN/m ²)	=	720 (7日60%強度)
水中コンクリートの許容せん断応力度	τ_a (kN/m ²)	=	210 (7日60%強度)
水中コンクリートの許容曲げ引張応力度	σ_a (kN/m ²)	=	270 (7日60%強度)
水平外力	最下段梁位置	P_1 (kN/m ²)	= 83.1
	床付け位置	P_2' (kN/m ²)	= 122.2
安全率	押し抜き抵抗に対して	F_{s1}	= 1.50
	せん断応力に対して	F_{s2}	= 1.00
	曲げ応力に対して	F_{s3}	= 1.00



主働土圧、水圧の計算

ランキン・レザールによる主働土圧は次式で表される。

$$P_a = (q + \gamma \cdot h) \tan^2(45^\circ - \varphi / 2) - 2 \cdot c \cdot \tan(45^\circ - \varphi / 2)$$

また、地下水圧は

$$P_w = 10 h'$$
$$P_n = P_a + P_w$$

ここに、 P_a, P_w, P_n : 各深度における土圧 (および水圧) 強度 (kN/m^2)
 q : 地表面での上載荷重 = 10 kN/m^2
 γ : 土の湿潤単位体積重量 (kN/m^3)
(地下水位以下では水中単位体積重量 γ)
 h : 地表面からの深さ (m)
 h' : 地下水位面からの深さ (m)
 φ : 土のせん断抵抗角 ($^\circ$)
 c : 土の粘着力 (kN/m^2)

片方だけ入力											
番号	層厚	h' h	γ	γ	φ	c	$q + \gamma h$	P_a	P_w	P_n	摘要
1	1.00	1.00	18.0		0	30.0	10.0	-50.0			
							28.0	-32.0			
2	3.40	3.40		9.0	0	30.0	28.0	-32.0			
		4.40					58.6	-1.4	34.0	34.0	
3	1.15	4.55		8.0	25	0.0	58.6	23.8	34.0	57.8	
		5.55					67.8	27.5	45.5	73.0	
4	1.75	6.30		7.0	0	30.0	67.8	7.8	45.5	53.3	P1
		7.30					80.1	20.1	63.0	83.1	
5	2.30	8.60		7.0	0	30.0	80.1	20.1	63.0	83.1	P2'
		9.60					96.2	36.2	86.0	122.2	
							96.2				

2) 押し抜き抵抗による必要厚さ: t1

揚圧力に対して、水中コンクリート重量と山留め壁との付着力で抵抗させる。

$$U = (H - h_w + x) A \cdot \gamma_w$$

$$= (9.60 - 1.00 + x) \times 16.64 \times 10.0 = 166.4 x + 1431.0$$

$$W = A \cdot \gamma_c \cdot x$$

$$= 16.64 \times 23.0 x = 382.7 x$$

$$F = 2(l_x + l_y) x \cdot f$$

$$= 2 \times (3.20 + 5.20) x \times 720.0 = 12,096.0 x$$

ここに U : 揚圧力 (kN)
W : 水中コンクリートの重量 (kN)
F : 山留め壁との付着力 (kN)

$$F_{s1} = \frac{W + F}{U} \quad \text{より}$$

$$F_{s1} \cdot U = W + F$$

$$1.50 \times (166.4 x + 1431.0) = 382.7 x + 12,096.0 x$$

$$12,229.1 x = 2146.5$$

$$x = 0.18$$

$$t1 = 0.18 \text{ m}$$

3) せん断応力による必要厚さ: t_2

水中コンクリート底盤に作用する外力 w (kN/m^2) は

$$\begin{aligned} w &= U - \gamma_c \cdot x \\ &= \gamma_w (H - h_w + x) - \gamma_c \cdot x \\ &= 10.0 \times (9.60 - 1.00 + x) - 23.0 x \\ &= -13.0 x + 86.0 \end{aligned}$$

二方向スラブにおける短辺の荷重分担係数 k は

$$\begin{aligned} k &= \frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4} \\ &= \frac{5.20^4}{3.20^4 + 5.20^4} = 0.87 \end{aligned}$$

$$l_x / l_y = 3.20 \div 5.20 = 0.62 \quad 0.4$$

$$k = 0.87$$

故に、水中コンクリート底盤短辺の受ける外力 w_x は

$$\begin{aligned} w_x &= k \cdot w \\ &= 0.87 \times (-13.0 x + 86.0) \\ &= -11.4 x + 75.2 \end{aligned}$$

水中コンクリート底盤に作用する最大せん断力 $S_{\max}$ (kN/m) は $l = l_x$ より、

$$S_{\max} = \frac{w_x \cdot l}{2}$$

$$= \frac{(-11.4 \times + 75.2) \times 3.20}{2}$$

$$= -18.2 \times + 120.3$$

また、許容せん断応力度 $\tau_a(\text{kN/m}^2)$ は

$$\tau_a = \frac{S_{\max}}{b \cdot x} = \frac{S_{\max}}{x} \quad \text{但し、} b : \text{単位長} = 1.0 \text{ m}$$

の関係があるから、必要底盤厚さ $x(\text{m})$ は安全率を見込むと

$$x = \frac{F_{s2} \cdot S_{\max}}{\tau_a}$$

$$= \frac{1.00 \times (-18.2 \times + 120.3)}{210}$$

$$228.2 \times = 120.3$$

$$x = 0.53$$

$$t_2 = 0.53 \text{ m}$$

4) 曲げ応力による必要厚さ: t_3

水中コンクリート底盤に対して主働側の土圧、水圧による軸力が作用するものとして計算する。

3) より、底盤短辺方向に作用する外力は

$$w_x = -11.4 x + 75.2$$

最大曲げモーメント $M_{\max}$ (kN・m) は、単純梁として解く。

$w = w_x$ $l = l_x$ とすれば、

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \frac{w \cdot l^2}{8} = \frac{(-11.4 x + 75.2) \times 3.20^2}{8} \\ &= -14.6 x + 96.3 \end{aligned}$$

水平方向の外力 P_1, P_2 (kN/m²) は

$$\text{最下段梁点 } P = 83.1$$

$$\begin{aligned} \text{軸力作用点 } P &= 0.5 x (P_2' - P_1) \div h + P_2' \\ &= 0.5 x \times (122.2 - 83.1) \div 2.30 + 122.2 \\ &= 8.5 x + 122.2 \end{aligned}$$

軸力 N (kN/m) は、 $P_1 \sim P_2$ の支間距離を y (m) とすれば、

$$y = 0.5x + h = 0.5x + 2.30$$

$$\begin{aligned} N &= \frac{y}{6} (2P_2 + P_1) \\ &= \frac{0.5x + 2.30}{6.0} \times \{2 \times 8.5 x + 122.2\} + 83.1 \} \end{aligned}$$

$$= (0.1 x + 0.4) \times (17.0 x + 327.5)$$

$$= 1.4 x^2 + 33.8 x + 125.5$$

また、水中コンクリートの曲げ引張力応力度 σ_t (kN/m²) は次式による。

$$\sigma_t = \frac{M_{\max}}{Z} - \frac{N}{A}$$

$$\text{ここで、} \sigma_a : = 270 \text{ kN/m}^2 = \sigma_t$$

$$Z : \text{断面係数 (m}^3\text{)} = \frac{b \cdot x^2}{6} = \frac{x^2}{6}$$

$$A : \text{断面積 (m}^2\text{)} = b \cdot x = x$$

$$b : \text{単位長 (m)} = 1.0$$

$$270 = \frac{-14.6 x + 96.3}{x^2 / 6} - \frac{1.4 x^2 + 33.8 x + 125.5}{x}$$

上式を満足する x は

$$x = 1.08$$

安全率 $F_{s3} = 1.00$ より、必要底盤厚さ t_3 は

$$t_3 = F_{s3} \cdot x$$

$$= 1.00 \times 1.08$$

$$= 1.08 \text{ m}$$

5) 必要厚さの決定

押し抜き抵抗による必要厚さ $t_1 = 0.18 \text{ m}$

せん断応力による必要厚さ $t_2 = 0.53 \text{ m}$

曲げ応力による必要厚さ $t_3 = 1.08 \text{ m}$

以上の計算結果より、採用厚さ t は

$t = 1.10 \text{ m}$