

Excelで解く樋門設計(2連構造編)

第2章 設計計画

[「スタートメニュー」に戻る](#)

【メモ】

・ 流下断面の計算

排水工の流下能力を求めるには、函体をレベルとして計算する。この場合、吐口に限界水深を与え、上流に向かって不等流計算をおこない呑口における高さを求め、これに余裕高を加算して流下断面を決定する。

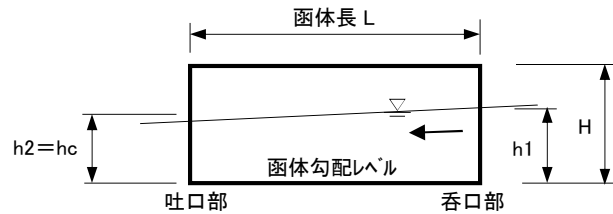


図 2.1.1 函体内の水面形

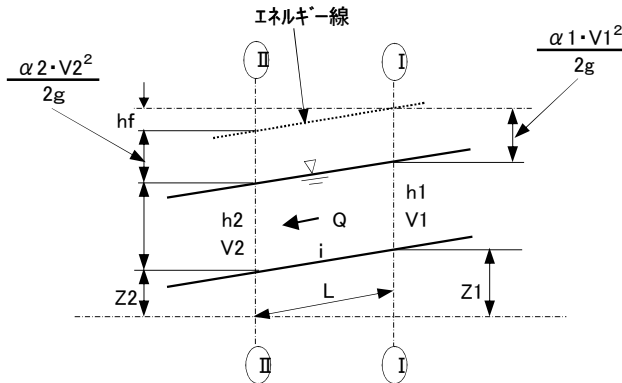


図 2.1.2 不等流計算(逐次法)

2-1. 流下断面の計算

ここでは、「矩形函体断面」として流下断面を検討する。なお、断面の同じ2連BOXなので計画排水量の1/2で1BOXの流下能力を検討する。

① 吐口部限界水深の計算

・ 計算条件

計画排水流量	$Q_p = 35.00 \text{ m}^3/\text{sec}$
1BOXの設計流量	$Q = Q_p/2 = 17.50 \text{ m}^3/\text{sec}$
函体断面(仮定)	BOX- $2.50 \text{ m} \times 2.50 \text{ m} \times 2 \text{ 連}$
函長(仮定)	$L = 15.50 \text{ m}$
重力の加速度	$g = 9.8 \text{ m}/\text{sec}^2$

・ 限界水深の計算

吐口部における限界水深  $h_c (=h_2)$  は、

$$h_c = \left( \frac{17.50^2}{9.8 \times 2.50^2} \right)^{1/3} = 1.710 \text{ m}$$

限界水深における流下断面積  $A_2 (\text{m}^2)$  は、

$$A_2 = h_c \cdot B = 1.71 \times 2.50 = 4.275 \text{ m}^2$$

以上から、吐口部における管内流速  $V_2 (\text{m}/\text{sec})$  は、

$$V_2 = \frac{17.50}{4.275} = 4.094 \text{ m}/\text{sec}$$

② 呑口部水深の計算

呑口部での水深  $h_1$  は、吐口部での水深  $h_2$  より不等流計算の基本式で求める。

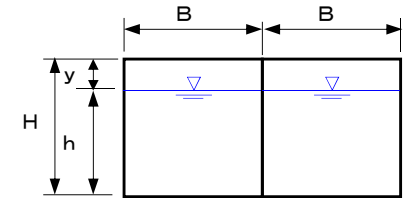
$$h_1 + \frac{\alpha_1 \cdot Q^2}{2g \cdot A_1^2} + Z_1 = h_2 + \frac{\alpha_2 \cdot Q^2}{2g \cdot A_2^2} + Z_2 + h_f$$

左辺項(呑口部)                      右辺項(吐口部)

・ 右辺項(吐口部)の計算

水位 $w_2 (\text{m})$	$= 1.710 \text{ m}$
水深 $h_2 (\text{m})$	$= 1.710 \text{ m}$
断面積 $A_2 (\text{m}^2)$	$= 4.275 \text{ m}^2$
潤辺 $P_2 (\text{m}) = 2 \cdot h_c + B$	$= 2 \times 1.71 + 2.50 = 5.920 \text{ m}$
径深 $R_2 (\text{m}) = A_2 / P_2$	$= 4.275 / 5.920 = 0.722 \text{ m}$
粗度係数 $n_2$	$= 0.020$
流速 $V_2 (\text{m}/\text{sec})$	$= 4.094 \text{ m}/\text{sec}$
敷高 $Z_2 (\text{m})$	$= 0.00 \text{ m}$

$$\text{右辺項} = 1.710 + \frac{1.0 \times 17.50^2}{2 \times 9.8 \times 4.275^2} + 0.00 + h_f = 2.565 + h_f$$



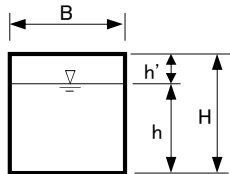
ここに、  
 $h$  : 流下水深(m)  
 $y$  : 余裕高(m)  
 $y = 0.10 \cdot H$   
 ただし、矩形断面の場合

第2章 設計計画

設計基準・使用文献および資料・略図

設 計 計 算

① 矩形断面(BOX)の流下断面算出



ここに、  
 H : BOXの内高  
 B : BOXの内幅  
 h : 流下水深  
 h' : 余裕高(満流で0.10・H)

・吐口部での限界水深の算出

矩形断面の限界水深  $h_c$  は、

$$h_c = \left[ \frac{Q^2}{g \cdot B^2} \right]^{1/3}$$

ここに、

Q : 計画排水流量(m<sup>3</sup>/sec)  
 g : 重力の加速度  $g = 9.8 \text{ m/sec}^2$   
 B : 函体の内幅

・呑口部での水深の算出

呑口部での水深は、吐口部での限界水深を起算水位とした不等流計算により求める。ここに、不等流計算の基本式は次による。

$$h_1 + (\alpha \cdot Q^2 / 2g \cdot A_1^2) + Z_1 = h_2 + (\alpha \cdot Q^2 / 2g \cdot A_2^2) + Z_2 + hf$$

ここに、

$$hf = \frac{Q^2 \cdot l}{2} \left[ \frac{n_1^2}{R_1^{4/3} \cdot A_1^2} + \frac{n_2^2}{R_2^{4/3} \cdot A_2^2} \right]$$

ここに、

Z1、Z2 : 基準面から水路底までの高さ(m)  
 l : I、II断面区間の斜距離(m)  
 A1、A2 : I、II断面の通水断面積(m<sup>2</sup>)  
 h1、h2 : I、II断面の水深(m)  
 hf : I、II断面で生じた水頭損失(m)  
 R1、R2 : I、II断面の径深(m)  
 n1、n2 : I、II断面の粗度係数  $n_1 = n_2 = 0.020$   
 $\alpha$  : エネルギー補正係数  $\alpha = 1.0$

流下断面の計算は、函体をレベルとし吐口部に限界水深を与え呑口側に向かって不等流計算(逐次法)をおこなって呑口部の水深を求め、これに余裕高を加算して断面を決定する。

表 2.1.1 呑口部での水深の計算

呑口部計算水深h1(m)	左辺項(呑口部)								右辺項(吐口部)	エネルギー誤差	結果
	断面積A1(m <sup>2</sup> )	潤辺P1(m)	径深R1(m)	粗度係数n1	流速V1(m/s)	敷高Z1(m)	左辺項	水頭損失hf(m)			
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪=⑧-⑩	
2.147	5.368	6.794	0.790	0.020	3.260	0.000	2.689	0.125	2.690	-0.001	×
2.148	5.370	6.796	0.790	0.020	3.259	0.000	2.690	0.125	2.690	0.000	×
2.149	5.373	6.798	0.790	0.020	3.257	0.000	2.690	0.125	2.690	0.000	○
2.150	5.375	6.800	0.790	0.020	3.256	0.000	2.691	0.125	2.690	0.001	○
2.151	5.378	6.802	0.791	0.020	3.254	0.000	2.691	0.125	2.690	0.001	○

計算入力データ  
 ・ BOX幅B = 2.50 m      ・ BOX高H = 2.50 m      ・ 粗度係数n2 = 0.020  
 ・ 計画排水量Q = 17.50 m<sup>3</sup>/sec      ・ 径深R2 = 0.722 m  
 ・ 重力の加速度g = 9.8 m/sec<sup>2</sup>      ・ 断面積A2 = 4.275 m<sup>2</sup>  
 ・ 函体長L = 15.50 m      ・ 右辺項定数 = 2.565

③ 断面の決定

呑口部における水深は、 $h_1 = 2.149 \text{ m}$  となるので、これに余裕高「 $y = 0.10 \cdot H$ 」を加算し仮定断面と比較する。

・ 仮定した断面高との照査

$$0.10 \times 2.50 + 2.149 = 2.399 \text{ m} < \text{仮定断面高 } H = 2.50 \text{ m} \dots \text{OK}$$

以上から決定するBOX断面は次に示す断面に決定する。

・ H = 2.50 m  
 ・ B = 2.50 m

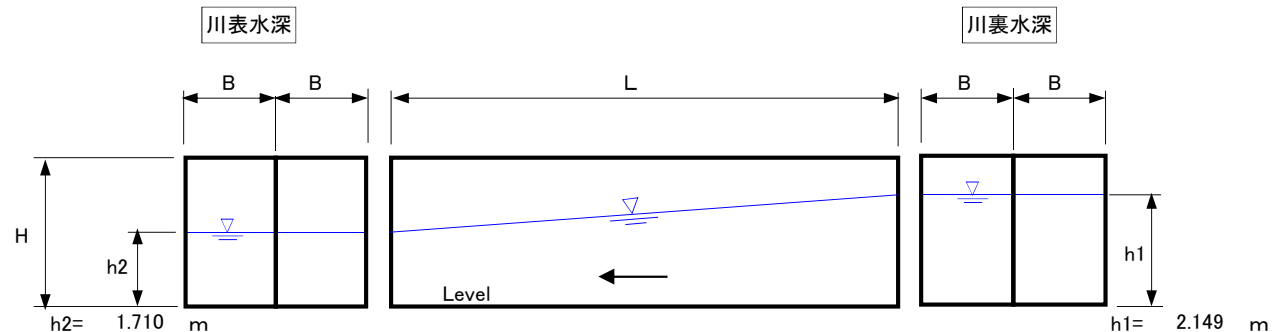


図 2.1.3 不等流計算による水面形

ここに、  
 L = 15.50 m

【参考資料】 2断面の流下による断面の計算

参考-1-1. BOX断面の流下能力

ここでは、「矩形函体断面」として流下断面を検討する。なお、断面は2BOX断面で計算する。

① 吐口部限界水深の計算

・ 計算条件

計画排水流量  $Q_P = 35.00 \text{ m}^3/\text{sec}$   
 2BOXの設計流量  $Q = Q_P/2 = 35.00 \text{ m}^3/\text{sec}$

函体断面(仮定) BOX-  $2.50 \text{ m} \times 5.00 \text{ m} \times 2 \text{ 連}$   
 函長(仮定)  $L = 15.50 \text{ m}$

重力の加速度  $g = 9.8 \text{ m}/\text{sec}^2$

・ 限界水深の計算

吐口部における限界水深  $h_c (=h_2)$  は、

$$h_c = \left( \frac{35.00^2}{9.8 \times 5.00^2} \right)^{1/3} = 1.710 \text{ m}$$

限界水深における流下断面積  $A_2 (\text{m}^2)$  は、

$$A_2 = h_c \cdot B = 1.71 \times 5.00 = 8.550 \text{ m}^2$$

以上から、吐口部における管内流速  $V_2 (\text{m}/\text{sec})$  は、

$$V_2 = \frac{35.00}{8.55} = 4.094 \text{ m}/\text{sec}$$

② 呑口部水深の計算

呑口部での水深  $h_1$  は、吐口部での水深  $h_2$  より不等流計算の基本式で求める。

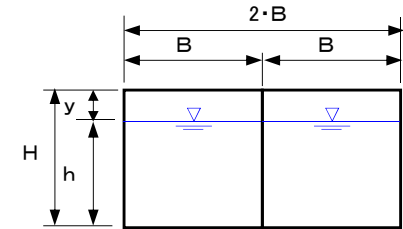
$$h_1 + \frac{\alpha_1 \cdot Q^2}{2g \cdot A_1^2} + Z_1 = h_2 + \frac{\alpha_2 \cdot Q^2}{2g \cdot A_2^2} + Z_2 + h_f$$

左辺項(呑口部)                      右辺項(吐口部)

・ 右辺項(吐口部)の計算

水位  $wl_2 (\text{m}) = 1.710 \text{ m}$   
 水深  $h_2 (\text{m}) = 1.710 \text{ m}$   
 断面積  $A_2 (\text{m}^2) = 8.550 \text{ m}^2$   
 潤辺  $P_2 (\text{m}) = 4 \cdot h_c + 2 \cdot B = 4 \times 1.71 + 5.00 = 11.840 \text{ m}$   
 径深  $R_2 (\text{m}) = A_2 / P_2 = 8.550 / 11.840 = 0.722 \text{ m}$   
 粗度係数  $n_2 = 0.020$   
 流速  $V_2 (\text{m}/\text{sec}) = 4.094 \text{ m}/\text{sec}$   
 敷高  $Z_2 (\text{m}) = 0.00 \text{ m}$

$$\text{右辺項} = 1.710 + \frac{1.0 \times 35.00^2}{2 \times 9.8 \times 8.550^2} + 0.00 + h_f = 2.565 + h_f$$



ここに、  
 $h$  : 流下水深(m)  
 $y$  : 余裕高(m)  
 $y = 0.10 \cdot H$   
 ただし、矩形断面の場合

参考 1.1 呑口部での水深の計算

呑口部計算水深 $h_1$ (m)	左辺項(呑口部)								右辺項(吐口部)	エネルギー誤差 ⑪=⑧-⑩	結果
	断面積 $A_1$ ( $m^2$ )	潤辺 $P_1$ (m)	径深 $R_1$ (m)	粗度係数 $n_1$	流速 $V_1$ (m/s)	敷高 $Z_1$ (m)	左辺項	水頭損失 $h_f$ (m)			
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪=⑧-⑩	
2.147	10.735	13.588	0.790	0.020	3.260	0.000	2.689	0.125	2.690	-0.001	×
2.148	10.740	13.592	0.790	0.020	3.259	0.000	2.690	0.125	2.690	0.000	×
2.149	10.745	13.596	0.790	0.020	3.257	0.000	2.690	0.125	2.690	0.000	○
2.150	10.750	13.600	0.790	0.020	3.256	0.000	2.691	0.125	2.690	0.001	○
2.151	10.755	13.604	0.791	0.020	3.254	0.000	2.691	0.125	2.690	0.001	○

計算入力データ

- ・ BOX幅 $B=$  5.00 m
- ・ BOX高 $H=$  2.50 m
- ・ 粗度係数 $n_2=$  0.020
- ・ 計画排水量 $Q=$  35.00  $m^3/sec$
- ・ 径深 $R_2=$  0.722 m
- ・ 重力の加速度 $g=$  9.8  $m/sec^2$
- ・ 断面積 $A_2=$  8.550  $m^2$
- ・ 函体長 $L=$  15.50 m
- ・ 右辺項定数 $=$  2.565

③ 断面の決定

呑口部における水深は、 $h_1 = 2.149$  m となるので、これに余裕高「 $y=0.10 \cdot H$ 」を加算し仮定断面と比較する。

・ 仮定した断面高との照査

$$0.10 \times 2.50 + 2.149 = 2.399 \text{ m} < \text{仮定断面高 } H = 2.50 \text{ m} \dots \text{OK}$$

以上から決定するBOX断面は次に示す断面に決定する。

- ・  $H = 2.50$  m
- ・  $B = 5.00$  m

以上の検討結果は次のとおりである。

- ・ 計画排水量の1/2を1BOXで計算した水位 :  $h_1 = 2.149$  m
- ・ 計画排水量を2BOXで計算した水位 :  $h_1 = 2.149$  m