

等流・不等流計算システム

Ver1.5

適用基準

土地改良事業設計計画基準「水路工」(H26/3)
土木学会「水理公式集」(H17/11&S60/1)

出力例

- 等流計算：河川断面
- 不等流計算：台形水路

開発・販売元

(株)SIP システム お問い合わせ先：大阪事務所（技術サービス）

〒542-0081 大阪府大阪市中央区南船場 1-18-24-501

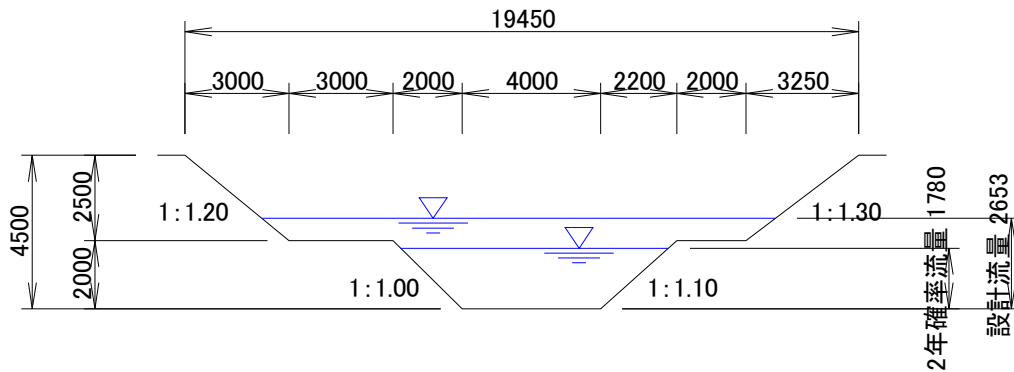
TEL：06-6125-2232 FAX：06-6125-2233

<http://www.sipc.co.jp> mail@sipc.co.jp

等流計算例（河川断面）

1. 複断面河川

1.1 断面寸法



1.2 設計条件

1.2.1 設計流量

流量 50.00 (m³/s)
 許容最小流速 0.70 (m/s)
 許容最大流速 3.00 (m/s)

1.2.2 2年確率流量

流量 20.00 (m³/s)
 許容最小流速 0.70 (m/s)
 許容最大流速 4.50 (m/s)

1.3 水路勾配

$I = 1.000$ (‰)

1.4 粗度係数

左高水敷法面 $n_1 = 0.0150$
 左高水敷 $n_2 = 0.0160$
 低水敷左法面 $n_3 = 0.0170$
 低水敷 $n_4 = 0.0180$
 低水敷右法面 $n_5 = 0.0190$
 右高水敷 $n_6 = 0.0200$
 右高水敷法面 $n_7 = 0.0210$

1.5 計算式

1.5.1 流速および流量

開水路の平均流速は式(1)のマニング公式により求める。

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで、V : 平均流速 (m/s)
 n : 粗度係数
 R : 径深 R=A/P (m)
 A : 通水断面積 (m²)
 P : 潤辺 (m)
 I : 水路勾配

なお、開水路における流量と流速の関係は式(2)のようになる。

$$Q = A \cdot V, \quad V = \frac{Q}{A} \quad \dots\dots\dots (2)$$

1.5.2 フルード数

フルード数は式(3)で求められる。

$$Fr = \sqrt{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot A^3} \cdot \frac{\partial A}{\partial h}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、Fr : フルード数
 α : エネルギー補正係数
 Q : 流量 (m³)
 g : 重力の加速度 (m/s²)
 A : 通水断面積 (m²)
 ∂A/∂h : 水深hにおける通水断面積の増分
 すなわち、水深hにおける水面幅

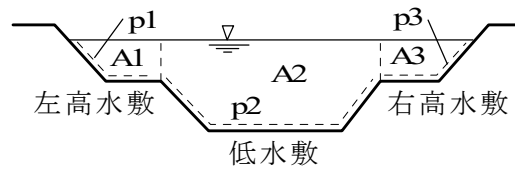
フルード数は常流では1.0より小さく、射流では1.0より大きくなる。また、フルード数が1.0に等しいなら限界流である。

1.5.3 限界勾配および限界水深・限界速度

一定の流量Qが流下する時、流れが限界流となる勾配が限界勾配であり式(4)を満足する勾配として求められる。そして、このときの水深および流速が限界水深および限界流速である

$$\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot A^3} \cdot \frac{\partial A}{\partial h} = 1.0 \quad \dots\dots\dots (4)$$

1.6 満水位（最大流量）



水深

$$d = 4.500 \text{ (m)}$$

通水断面積

$$\text{左高水敷 } A_1 = 3.000 \times (4.500 - 2.000) + \frac{1.200}{2} \times (4.500 - 2.000)^2 = 11.250 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{低水敷 } A_2 &= 4.000 \times 4.500 + (1.000 + 1.100) \times 2.000 \times (4.500 - \frac{2.000}{2}) \\ &= 32.700 \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\text{右高水敷 } A_3 = 2.000 \times (4.500 - 2.000) + \frac{1.300}{2} \times (4.500 - 2.000)^2 = 9.063 \text{ (m}^2\text{)}$$

潤 辺

$$\begin{aligned} \text{左高水敷 } P_1 &= (4.500 - 2.000) \times \sqrt{1 + 1.200^2} + 3.000 \\ &= 3.905 + 3.000 = 6.905 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{低水敷 } P_2 &= 2.000 \times \sqrt{1 + 1.000^2} + 4.000 + 2.000 \times \sqrt{1 + 1.100^2} \\ &= 2.828 + 4.000 + 2.973 = 9.802 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{右高水敷 } P_3 &= 2.000 + (4.500 - 2.000) \times \sqrt{1 + 1.300^2} \\ &= 2.000 + 4.100 = 6.100 \text{ (m)} \end{aligned}$$

径 深

$$\text{左高水敷 } R_1 = \frac{A_1}{P_1} = \frac{11.250}{6.905} = 1.629 \text{ (m)}$$

$$\text{低水敷 } R_2 = \frac{32.700}{9.802} = 3.336 \text{ (m)}$$

$$\text{右高水敷 } R_3 = \frac{9.063}{6.100} = 1.486 \text{ (m)}$$

合成粗度係数

左高水敷

$$n_1 = \left(\frac{\sum p_i \cdot n_i^{3/2}}{\sum p_i} \right)^{2/3} = \left(\frac{3.905 \times 0.0150^{3/2} + 3.000 \times 0.0160^{3/2}}{6.905} \right)^{2/3} = 0.0154$$

低水敷

$$n_2 = \left(\frac{2.828 \times 0.0170^{3/2} + 4.000 \times 0.0180^{3/2} + 2.973 \times 0.0190^{3/2}}{9.802} \right)^{2/3} = 0.0180$$

右高水敷

$$n_3 = \left(\frac{2.000 \times 0.0200^{3/2} + 4.100 \times 0.0210^{3/2}}{6.100} \right)^{2/3} = 0.0207$$

平均流速

左高水敷

$$V_1 = \frac{1}{n_1} \cdot R_1^{2/3} \cdot I^{1/2} = \frac{1}{0.0154} \times 1.629^{2/3} \times 0.001000^{1/2} = 2.836 \text{ (m/sec)}$$

低水敷

$$V_2 = \frac{1}{0.0180} \times 3.336^{2/3} \times 0.001000^{1/2} = 3.917 \text{ (m/sec)}$$

右高水敷

$$V_2 = \frac{1}{0.0207} \times 1.486^{2/3} \times 0.001000^{1/2} = 1.991 \text{ (m/sec)}$$

流量

$$\begin{aligned} Q &= \sum V_i \cdot A_i \\ &= 2.836 \times 11.250 + 3.917 \times 32.700 + 1.991 \times 9.063 \\ &= 31.906 + 128.101 + 18.047 = 178.054 \text{ (m}^3/\text{s)} \end{aligned}$$

フルード数

左高水敷

$$Fr_1 = \sqrt{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot A^3} \cdot \frac{\partial A}{\partial h}} = \sqrt{\frac{1.00 \times 31.906^2}{9.8 \times 11.250^3}} \times 6.000 = 0.662 < 1.0 \text{ (常流)}$$

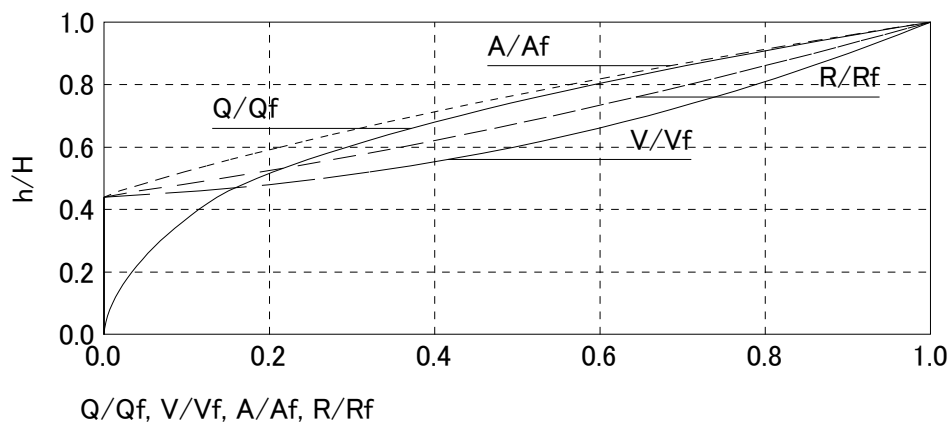
低水敷

$$Fr_2 = \sqrt{\frac{1.00 \times 128.101^2}{9.8 \times 32.700^3}} \times 8.200 = 0.627 < 1.0 \text{ (常流)}$$

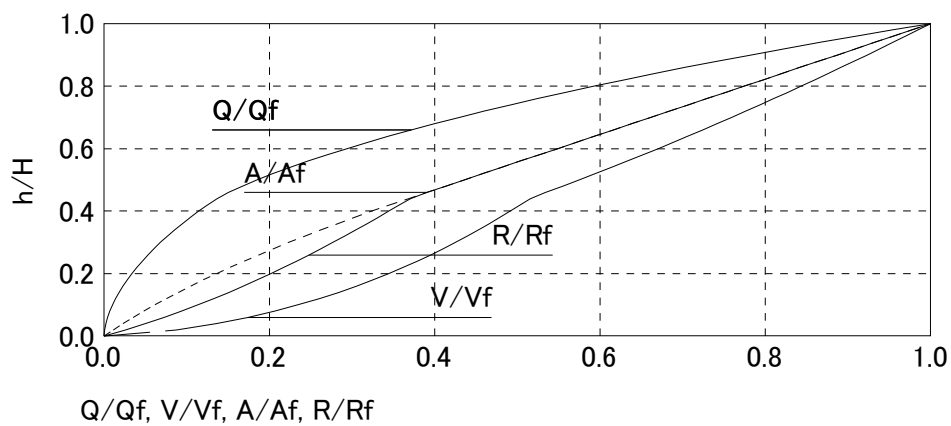
右高水敷

$$Fr_3 = \sqrt{\frac{1.00 \times 18.047^2}{9.8 \times 9.063^3}} \times 5.250 = 0.484 < 1.0 \text{ (常流)}$$

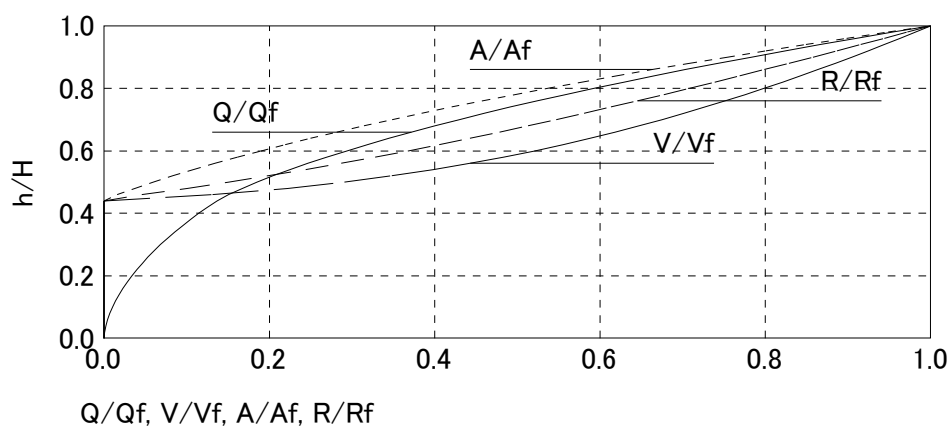
水理特性曲線(左高水敷)



水理特性曲線(低水敷)



水理特性曲線(右高水敷)



1.7 設計流量

水深

$$d = 2.653 \text{ (m)}$$

通水断面積

$$\text{左高水敷 } A_1 = 3.000 \times (2.653 - 2.000) + \frac{1.200}{2} \times (2.653 - 2.000)^2 = 2.215 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned} \text{低水敷 } A_2 &= 4.000 \times 2.653 + (1.000 + 1.100) \times 2.000 \times (2.653 - \frac{2.000}{2}) \\ &= 17.555 \text{ (m}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\text{右高水敷 } A_3 = 2.000 \times (2.653 - 2.000) + \frac{1.300}{2} \times (2.653 - 2.000)^2 = 1.583 \text{ (m}^2\text{)}$$

潤 辺

$$\begin{aligned} \text{左高水敷 } P_1 &= (2.653 - 2.000) \times \sqrt{1 + 1.200^2} + 3.000 \\ &= 1.020 + 3.000 = 4.020 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{低水敷 } P_2 &= 2.000 \times \sqrt{1 + 1.000^2} + 4.000 + 2.000 \times \sqrt{1 + 1.100^2} \\ &= 2.828 + 4.000 + 2.973 = 9.802 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{右高水敷 } P_3 &= 2.000 + (2.653 - 2.000) \times \sqrt{1 + 1.300^2} \\ &= 2.000 + 1.071 = 3.071 \text{ (m)} \end{aligned}$$

径 深

$$\text{左高水敷 } R_1 = \frac{A_1}{P_1} = \frac{2.215}{4.020} = 0.551 \text{ (m)}$$

$$\text{低水敷 } R_2 = \frac{17.555}{9.802} = 1.791 \text{ (m)}$$

$$\text{右高水敷 } R_3 = \frac{1.583}{3.071} = 0.516 \text{ (m)}$$

合成粗度係数

左高水敷

$$n_1 = \left(\frac{\sum p_i \cdot n_i^{3/2}}{\sum p_i} \right)^{2/3} = \left(\frac{1.020 \times 0.0150^{3/2} + 3.000 \times 0.0160^{3/2}}{4.020} \right)^{2/3} = 0.0157$$

低水敷

$$n_2 = \left(\frac{2.828 \times 0.0170^{3/2} + 4.000 \times 0.0180^{3/2} + 2.973 \times 0.0190^{3/2}}{9.802} \right)^{2/3} = 0.0180$$

右高水敷

$$n_3 = \left(\frac{2.000 \times 0.0200^{3/2} + 1.071 \times 0.0210^{3/2}}{3.071} \right)^{2/3} = 0.0204$$

平均流速

左高水敷

$$V_1 = \frac{1}{n_1} \cdot R_1^{2/3} \cdot I^{1/2} = \frac{1}{0.0157} \times 0.551^{2/3} \times 0.001000^{1/2} = 1.350 \text{ (m/sec)}$$

低水敷

$$V_2 = \frac{1}{0.0180} \times 1.791^{2/3} \times 0.001000^{1/2} = 2.588 \text{ (m/sec)}$$

右高水敷

$$V_3 = \frac{1}{0.0204} \times 0.516^{2/3} \times 0.001000^{1/2} = 0.999 \text{ (m/sec)}$$

$$\begin{aligned} \text{許容最小流速 } V_a &= 0.700 \text{ (m/s)} < V = 0.999 \text{ (m/s)} \cdots \cdots \text{ (OK)} \\ \text{許容最大流速 } V_a &= 3.000 \text{ (m/s)} > V = 2.588 \text{ (m/s)} \cdots \cdots \text{ (OK)} \end{aligned}$$

流 量

$$\begin{aligned}
 Q &= \Sigma V_i \cdot A_i \\
 &= 1.350 \times 2.215 + 2.588 \times 17.555 + 0.999 \times 1.583 \\
 &= 2.990 + 45.428 + 1.582 = 50.000 \text{ (m}^3/\text{s)} \\
 &< Q_{\max} = 178.054 \text{ (m}^3/\text{s)} \cdots \cdots \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

フルード数

左高水敷

$$Fr_1 = \sqrt{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot A^3} \cdot \frac{\partial A}{\partial h}} = \sqrt{\frac{1.00 \times 2.990^2}{9.8 \times 2.215^3}} \times 3.784 = 0.563 < 1.0 \cdots \cdots \text{(常 流)}$$

低水敷

$$Fr_2 = \sqrt{\frac{1.00 \times 45.428^2}{9.8 \times 17.555^3}} \times 8.200 = 0.565 < 1.0 \cdots \cdots \text{(常 流)}$$

右高水敷

$$Fr_3 = \sqrt{\frac{1.00 \times 1.582^2}{9.8 \times 1.583^3}} \times 2.849 = 0.428 < 1.0 \cdots \cdots \text{(常 流)}$$

余裕高

左高水敷

$$\begin{aligned}
 F_b 1 &= 0.070 d + 1.000 \frac{V_1^2}{2g} + 0.150 \\
 &= 0.070 \times 2.653 + 1.000 \frac{1.350^2}{2 \times 9.8} + 0.150 = 0.429 \text{ (m)} \\
 d + F_b 1 &= 2.653 + 0.429 = 3.082 \text{ (m)} < 4.500 \text{ (m)} \cdots \cdots \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

低水敷

$$\begin{aligned}
 F_b 2 &= 0.070 \times 2.653 + 1.000 \frac{2.588^2}{2 \times 9.8} + 0.150 = 0.677 \text{ (m)} \\
 d + F_b 2 &= 2.653 + 0.677 = 3.330 \text{ (m)} < 4.500 \text{ (m)} \cdots \cdots \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

右高水敷

$$\begin{aligned}
 F_b 3 &= 0.070 \times 2.653 + 1.000 \frac{0.999^2}{2 \times 9.8} + 0.150 = 0.387 \text{ (m)} \\
 d + F_b 3 &= 2.653 + 0.387 = 3.040 \text{ (m)} < 4.500 \text{ (m)} \cdots \cdots \text{(OK)}
 \end{aligned}$$

1.8 2年確率流量

水 深

$$d = 1.780 \text{ (m)}$$

通水断面積

$$A = 4.000 \times 1.780 + \frac{1.000 + 1.100}{2} \times 1.780^2 = 10.445 \text{ (m}^2\text{)}$$

潤 辺

$$\begin{aligned}
 P &= 1.780 \times \sqrt{1 + 1.000^2} + 4.000 + 1.780 \times \sqrt{1 + 1.100^2} \\
 &= 2.517 + 4.000 + 2.646 = 9.163 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

径 深

$$R = \frac{A}{P} = \frac{10.445}{9.163} = 1.140 \text{ (m)}$$

合成粗度係数

$$n = \left(\frac{\sum p_i \cdot n_i^{3/2}}{\sum p_i} \right)^{2/3}$$

$$= \left(\frac{2.517 \times 0.0170^{3/2} + 4.000 \times 0.0180^{3/2} + 2.646 \times 0.0190^{3/2}}{9.163} \right)^{2/3} = 0.0180$$

平均流速

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = \frac{1}{0.0180} \times 1.140^{2/3} \times 0.001000^{1/2} = 1.915 \text{ (m/sec)}$$

$$\text{許容最小流速 } V_a = 0.700 \text{ (m/s)} < V = 1.915 \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

$$\text{許容最大流速 } V_a = 4.500 \text{ (m/s)} > V = 1.915 \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

流 量

$$Q = \Sigma V \cdot A = 1.915 \times 10.445 = 20.000 \text{ (m}^3/\text{s)}$$

$$< Q_{\max} = 178.054 \text{ (m}^3/\text{s)} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

フルード数

$$Fr = \sqrt{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot A^3} \cdot \frac{\partial A}{\partial h}}$$

$$= \sqrt{\frac{1.00 \times 20.000^2}{9.8 \times 10.445^3}} \times 7.738 = 0.526 < 1.0 \dots\dots\dots (\text{常 流})$$

余裕高

$$F_b = 0.070 d + 1.000 \frac{V^2}{2g} + 0.150$$

$$= 0.070 \times 1.780 + 1.000 \frac{1.915^2}{2 \times 9.8} + 0.150 = 0.462 \text{ (m)}$$

$$d + F_b = 1.780 + 0.462 = 2.241 \text{ (m)} < 4.500 \text{ (m)} \dots\dots\dots (\text{OK})$$

1.9 断面一覧表

			設計流量			2年確率流量		
			左高水敷	低水敷	右高水敷	左高水敷	低水敷	右高水敷
水路幅	B	(m)	19.450			19.450		
水路深さ	H	(m)	4.500			4.500		
最大流量	Q_{max}	(m^3/s)	178.054			178.054		
流量	Q	(m^3/s)	50.000 ^{OK}			20.000 ^{OK}		
水深	d	(m)	2.653			1.780		
流速	V	(m/s)	1.350 ^{OK}	2.588 ^{OK}	0.999 ^{OK}		1.915 ^{OK}	
許容最小流速	V_a	(m/s)	0.700			0.700		
許容最大流速	V_a	(m/s)	3.000			4.500		
フルード数	F_r		0.563 常流	0.565 常流	0.428 常流		0.526 常流	
余裕高	F_b	(m)	0.429	0.677	0.387		0.462	
$d+F_b$		(m)	3.082 ^{OK}	3.330 ^{OK}	3.040 ^{OK}		2.241 ^{OK}	
判定			OK	OK	OK		OK	
備考								

1. 隅R付き台形水路水面形追跡計算

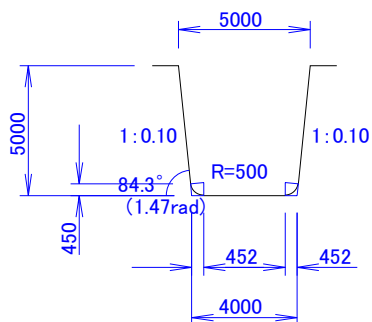
1.1 設計条件

1.1.1 設計流量

流量 26.80 (m³/s)
 水深 3.800 (m)
 許容最小流速 0.70 (m/s)
 許容最大流速 3.00 (m/s)

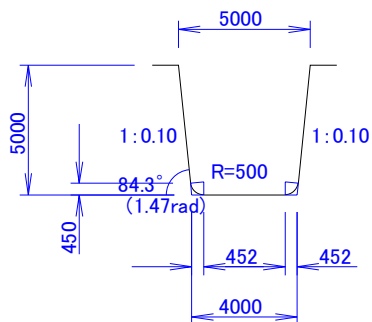
1.2 水路断面

1.2.1 No 1+8.000



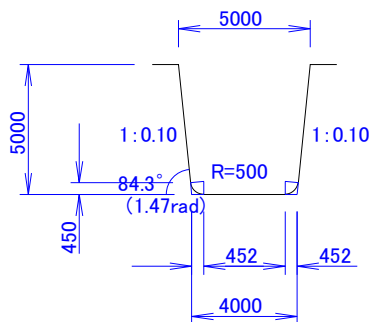
水路底標高 17.560 (m) , 粗度係数 $n = 0.0300$

1.2.2 No 3+12.500



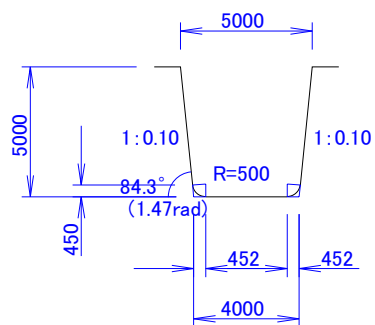
水路底標高 17.450 (m) , 粗度係数 $n = 0.0300$

1.2.3 No 4+18.300



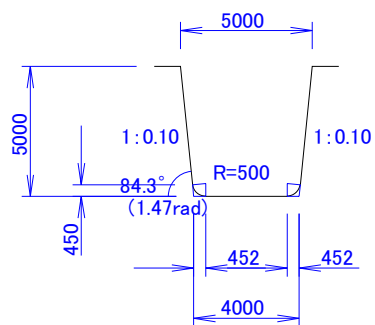
水路底標高 17.400 (m) , 粗度係数 $n = 0.0300$

1.2.4 No 5+13.300



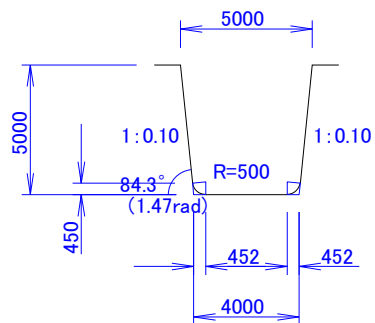
水路底標高 17.030 (m) , 粗度係数 $n = 0.0300$

1.2.5 No 6+8.000



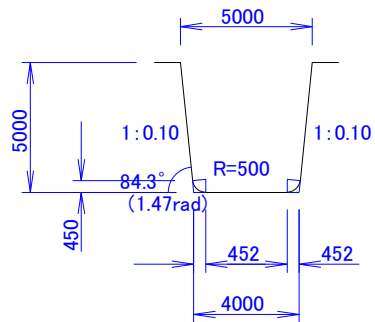
水路底標高 17.000 (m) , 粗度係数 $n = 0.0300$

1.2.6 No 8+12.500



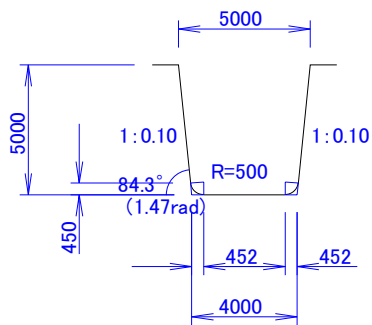
水路底標高 16.900 (m) , 粗度係数 $n = 0.0300$

1.2.7 No 10+2.300



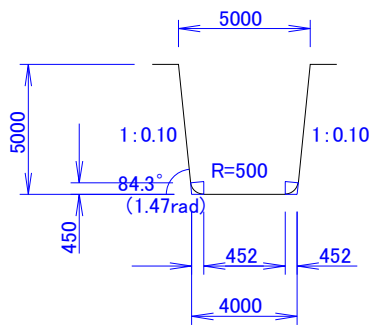
水路底標高 16.850 (m) , 粗度係数 $n = 0.0300$

1.2.8 No 10+15.000



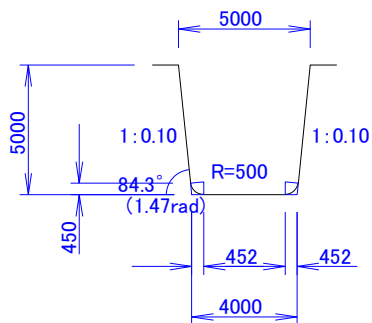
水路底標高 16.830 (m) , 粗度係数 n = 0.0300

1.2.9 No 12+6.000



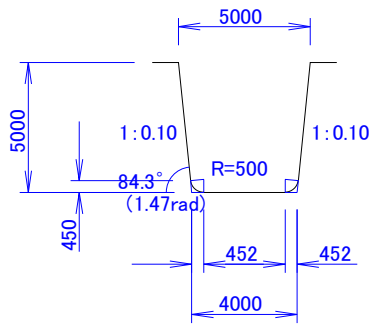
水路底標高 16.760 (m) , 粗度係数 n = 0.0300

1.2.10 No 13+18.000



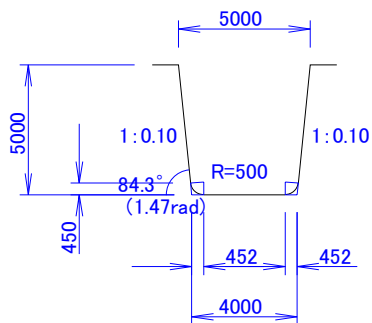
水路底標高 16.680 (m) , 粗度係数 n = 0.0300

1.2.11 No 15+6.600



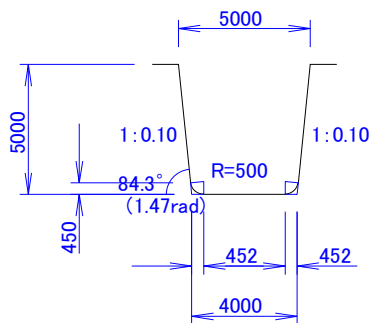
水路底標高 16.400 (m) , 粗度係数 n = 0.0300

1.2.12 No 17+12.000



水路底標高 16.250 (m) , 粗度係数 n = 0.0300

1.2.13 No 20+5.000



水路底標高 16.200 (m) , 粗度係数 n = 0.0300

1.3 計算式

1.3.1 流速および流量

計算始点断面における平均流速は式(1)のマニング公式により求める。

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

- ここで、V : 平均流速 (m/s)
- n : 粗度係数
- R : 径深 R=A/P (m)
- A : 通水断面積 (m²)
- P : 潤辺 (m)
- I : 水路勾配

なお、開水路における流量と流速の関係は式(2)のようになる。

$$Q = A \cdot V , V = \frac{Q}{A} \quad \dots\dots\dots (2)$$

1.3.2 水面形の追跡

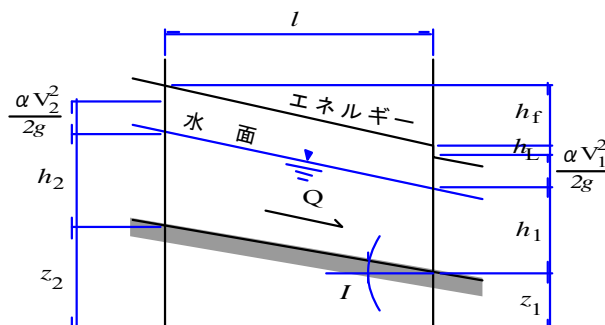
不等流の水面計算は水路を適当な計算区間に分割し、各区間で式(3)に示すベルヌーイの定理を満足するように、水深が既知である断面から上下流に向かって逐次行う。
 なお、計算を開始する断面では式(1), (2)を用いて水深を求める。

$$h_2 + \frac{\alpha}{2g} \cdot V_2^2 + z_2 = h_1 + \frac{\alpha}{2g} \cdot V_1^2 + z_1 + h_f + h_L \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$h_f = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{n_1^2}{R_1^{4/3}} \cdot V_1^2 + \frac{n_2^2}{R_2^{4/3}} \cdot V_2^2 \right)$$

ここで、

- h_1, h_2 : 断面Iおよび断面IIにおける水深 (m)
- z_1, z_2 : 断面Iおよび断面IIにおける基準面から水路底までの高さ (m)
- V_1, V_2 : 断面Iおよび断面IIにおける流速 (m/s)
- Q : 流量 (m³/s)
- α : エネルギー補正係数
- g : 重力の加速度 (m/s²)



1.3.3 フルード数

フルード数は式(4)で求められる。

$$Fr = \sqrt{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot A^3} \cdot \frac{\partial A}{\partial h}} \quad \dots\dots\dots (4)$$

- ここで、 Fr : フルード数
- α : エネルギー補正係数
- Q : 流量 (m³)
- g : 重力の加速度 (m/s²)
- A : 通水断面積 (m²)
- $\partial A / \partial h$: 水深hにおける通水断面積の増分
すなわち、水深hにおける水面幅

フルード数は常流では1.0より小さく、射流では1.0より大きくなる。また、フルード数が1.0に等しいなら限界流である。

1.3.4 限界勾配および限界水深・限界速度

一定の流量Qが流下する時、流れが限界流となる勾配が限界勾配であり式(5)を満足する勾配として求められる。そして、このときの水深および流速が限界水深および限界流速である

$$\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot A^3} \cdot \frac{\partial A}{\partial h} = 1.0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

1.4 始点断面 (No 20+5.000) における水深および流量

1.4.1 最大流量

水深
 $d = 5.000 \text{ (m)}$

通水断面積

$$A = (4.000 - 2 \times 0.452) \times 0.450 + 0.500^2 / 2 \times [2 \times 1.471 - \sin(2 \times 1.471)] \\ + [4.000 + 0.10 \times (5.000 - 0.450)] \times (5.000 - 0.450) = 22.006 \text{ (m}^2\text{)}$$

潤 辺

$$P = 4.000 - 2 \times 0.452 + 2 \times 0.500 \times 1.471 \\ + 2 \times (5.000 - 0.450) \times \sqrt{1 + 0.100^2} = 13.711 \text{ (m)}$$

径 深

$$R = \frac{A}{P} = \frac{22.006}{13.711} = 1.605 \text{ (m)}$$

平均流速

$$V = \frac{30.884}{22.006} = 1.403 \text{ (m/sec)}$$

流 量

$$Q = 30.884 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

フルード数

$$Fr = \sqrt{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot A^3} \cdot \frac{\partial A}{\partial h}} \\ = \sqrt{\frac{1.00 \times 30.884^2}{9.8 \times 22.006^3} \times 5.090} = 0.216 < 1.0 \dots\dots \text{(常流)}$$

1.4.2 設計流量

水深
 $d = 3.800 \text{ (m)}$

通水断面積

$$A = (4.000 - 2 \times 0.452) \times 0.450 + 0.500^2 / 2 \times [2 \times 1.471 - \sin(2 \times 1.471)] \\ + [4.000 + 0.10 \times (3.800 - 0.450)] \times (3.800 - 0.450) = 16.258 \text{ (m}^2\text{)}$$

潤 辺

$$P = 4.000 - 2 \times 0.452 + 2 \times 0.500 \times 1.471 \\ + 2 \times (3.800 - 0.450) \times \sqrt{1 + 0.100^2} = 11.299 \text{ (m)}$$

径 深

$$R = \frac{A}{P} = \frac{16.258}{11.299} = 1.439 \text{ (m)}$$

平均流速

$$V = \frac{26.800}{16.258} = 1.648 \text{ (m/sec)}$$

許容最小流速 $V_a = 0.700 \text{ (m/s)} < V = 1.648 \text{ (m/s)} \dots\dots \text{(OK)}$
 許容最大流速 $V_a = 3.000 \text{ (m/s)} > V = 1.648 \text{ (m/s)} \dots\dots \text{(OK)}$

流 量

$$Q = 26.800 \text{ (m}^3 \text{ / s)}$$

$$< Q_{\max} = 30.884 \text{ (m}^3 \text{ / s)} \cdots \cdots \text{(OK)}$$

フルード数

$$Fr = \sqrt{\frac{\alpha \cdot Q^2}{g \cdot A^3} \cdot \frac{\partial A}{\partial h}}$$

$$= \sqrt{\frac{1.00 \times 26.800^2}{9.8 \times 16.258^3}} \times 4.850 = 0.288 < 1.0 \cdots \cdots \text{(常 流)}$$

余裕高

$$F_b = 0.070 d + 1.000 \frac{V^2}{2g} + 0.150$$

$$= 0.070 \times 3.800 + 1.000 \times \frac{1.648^2}{2 \times 9.8} + 0.150 = 0.555 \text{ (m)}$$

$$d + F_b = 3.800 + 0.555 = 4.355 \text{ (m)} < \text{水路壁高 } 5.000 \text{ (m)} \cdots \cdots \text{(OK)}$$

限界勾配 $I_c = 14.210 \text{ (‰)}$

限界水深 $h_c = 1.695 \text{ (m)}$

限界流速

$$V_c = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = \frac{1}{0.0300} \times 0.972^{2/3} \times 0.014210^{1/2} = 3.900 \text{ (m / sec)}$$

1.5 不等流水面追跡計算表

1.5.1 設計流量

1.5.1.1 水面計算表

流 量 $Q = 26.800 \text{ (m}^3/\text{s)}$

ベルヌーイの定理 $h_{i-1} + h_{v,i-1} + z_{i-1} = h_i + h_{v,i} + z_i + h_f + h_L$

速度水頭 $h_{v,i} = \alpha / 2g \times V_i^2$

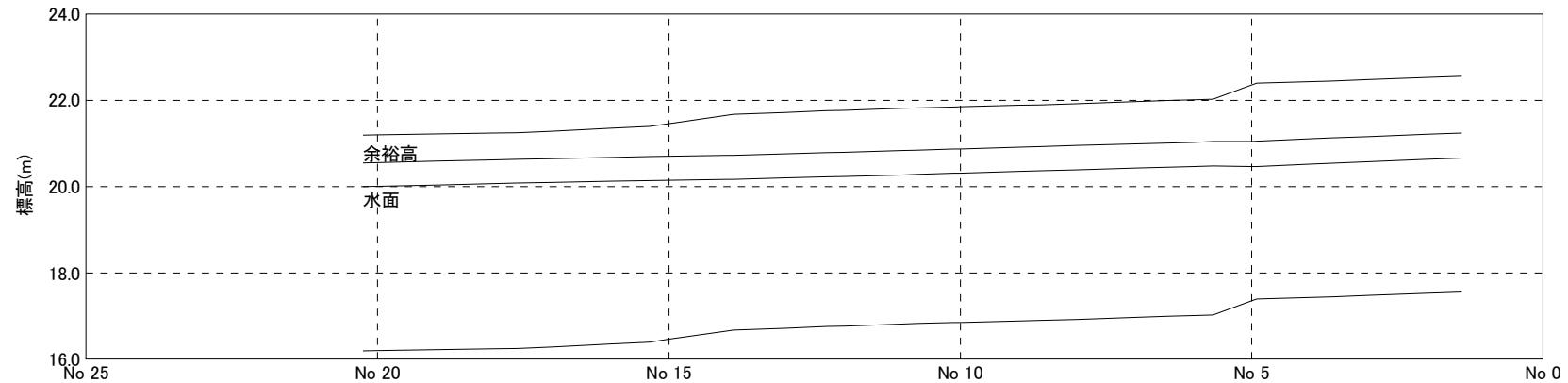
エネルギー補正係数 $\alpha = 1.00$

注) 測点の*印は支配断面を表す。

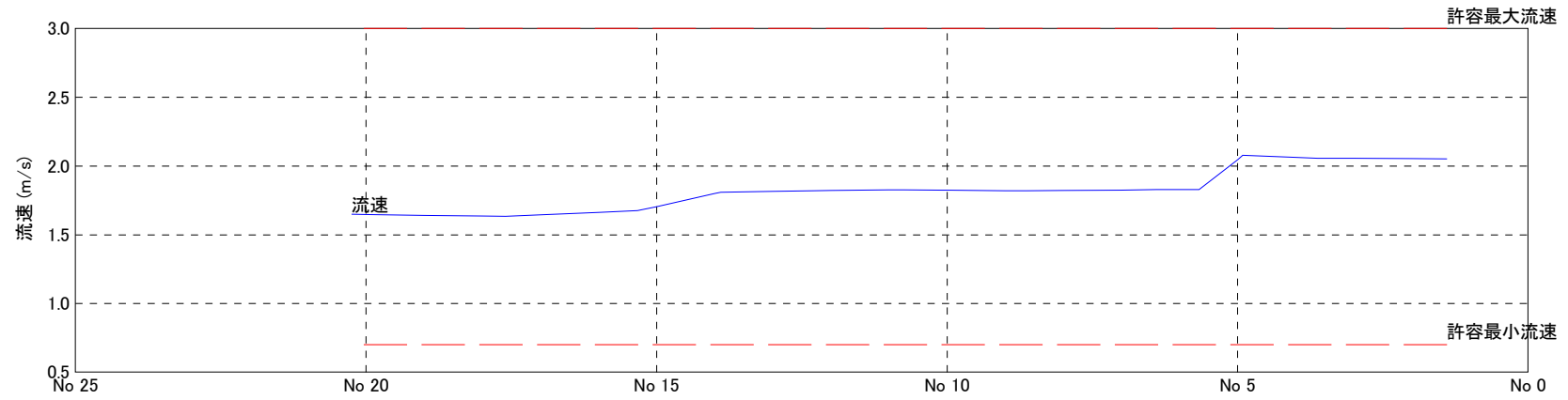
測 点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	区 間 距 離 l (m)	水路底 の標高 z (m)	水路深 H (m)	水路幅 B (m)	水 深 h (m)	通 水 断面積 A (m ²)	潤 辺 P (m)	径 深 R (m)	粗 度 係 数 n	流 速 V (m/s)	速 度 水 頭 h _v (m)	摩 擦 損 失水頭 h _f (m)	その他 の損失 h _o (m)	h+h _v +z (m)	h+h _v +z +h _f +h _o (m)
No 1+ 8.000		17.560	5.000	5.000	3.106	13.066	9.905	1.319	0.0300	2.051	0.2146			20.881	
No 2+ 0.000	12.000	17.530	5.000	5.000	3.104	13.057	9.901	1.319	0.0300	2.053	0.2149	0.0314		20.850	20.881
No 3+ 0.000	20.000	17.481	5.000	5.000	3.101	13.040	9.893	1.318	0.0300	2.055	0.2155	0.0525		20.797	20.850
No 3+12.500	12.500	17.450	5.000	5.000	3.098	13.030	9.889	1.318	0.0300	2.057	0.2158	0.0329		20.764	20.797
No 4+ 0.000	7.500	17.435	5.000	5.000	3.092	13.002	9.876	1.316	0.0300	2.061	0.2168	0.0198		20.744	20.764
No 4+18.300	18.300	17.400	5.000	5.000	3.070	12.901	9.831	1.312	0.0300	2.077	0.2202	0.0490	0.0054	20.690	20.744
No 5+ 0.000	1.700	17.358	5.000	5.000	3.114	13.100	9.920	1.321	0.0300	2.046	0.2135	0.0045		20.685	20.690
No 5+13.300	13.300	17.030	5.000	5.000	3.455	14.656	10.605	1.382	0.0300	1.829	0.1706	0.0303		20.655	20.685
No 6+ 0.000	6.700	17.016	5.000	5.000	3.455	14.659	10.606	1.382	0.0300	1.828	0.1705	0.0131		20.642	20.655
No 6+ 8.000	8.000	17.000	5.000	5.000	3.456	14.663	10.608	1.382	0.0300	1.828	0.1704	0.0156		20.626	20.642
No 7+ 0.000	12.000	16.973	5.000	5.000	3.460	14.681	10.616	1.383	0.0300	1.825	0.1700	0.0234		20.603	20.626
No 8+ 0.000	20.000	16.928	5.000	5.000	3.467	14.713	10.629	1.384	0.0300	1.822	0.1693	0.0388		20.564	20.603
No 8+12.500	12.500	16.900	5.000	5.000	3.471	14.733	10.638	1.385	0.0300	1.819	0.1688	0.0242		20.540	20.564
No 9+ 0.000	7.500	16.887	5.000	5.000	3.469	14.723	10.634	1.385	0.0300	1.820	0.1690	0.0145		20.526	20.540
No 10+ 0.000	20.000	16.854	5.000	5.000	3.463	14.697	10.622	1.384	0.0300	1.824	0.1697	0.0387		20.487	20.526
No 10+ 2.300	2.300	16.850	5.000	5.000	3.463	14.694	10.621	1.383	0.0300	1.824	0.1697	0.0045		20.482	20.487
No 10+15.000	12.700	16.830	5.000	5.000	3.457	14.669	10.610	1.383	0.0300	1.827	0.1703	0.0247		20.458	20.482
No 11+ 0.000	5.000	16.819	5.000	5.000	3.459	14.677	10.614	1.383	0.0300	1.826	0.1701	0.0097		20.448	20.458
No 12+ 0.000	20.000	16.774	5.000	5.000	3.466	14.710	10.628	1.384	0.0300	1.822	0.1694	0.0388		20.409	20.448
No 12+ 6.000	6.000	16.760	5.000	5.000	3.468	14.720	10.632	1.384	0.0300	1.821	0.1691	0.0116		20.397	20.409
No 13+ 0.000	14.000	16.725	5.000	5.000	3.477	14.761	10.650	1.386	0.0300	1.816	0.1682	0.0270		20.370	20.397
No 13+18.000	18.000	16.680	5.000	5.000	3.489	14.816	10.674	1.388	0.0300	1.809	0.1669	0.0344		20.336	20.370
No 14+ 0.000	2.000	16.660	5.000	5.000	3.507	14.897	10.710	1.391	0.0300	1.799	0.1651	0.0038		20.332	20.336
No 15+ 0.000	20.000	16.465	5.000	5.000	3.684	15.718	11.066	1.420	0.0300	1.705	0.1483	0.0351		20.297	20.332
No 15+ 6.600	6.600	16.400	5.000	5.000	3.743	15.993	11.185	1.430	0.0300	1.676	0.1433	0.0106		20.287	20.297

測点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	区 間 距 離 l (m)	水路底 の標高 z (m)	水路深 H (m)	水路幅 B (m)	水深 h (m)	通水 断面 積 A (m ²)	潤 辺 P (m)	径 深 R (m)	粗 度 係 数 n	流 速 V (m/s)	速 度 水 頭 h _v (m)	摩 擦 損 失 水 頭 h _f (m)	そ の 他 の 損 失 h _o (m)	h+h _v +z (m)	h+h _v +z +h _f +h _o (m)
No 16+ 0.000	13.400	16.356	5.000	5.000	3.769	16.112	11.236	1.434	0.0300	1.663	0.1412	0.0208		20.266	20.287
No 17+ 0.000	20.000	16.290	5.000	5.000	3.808	16.294	11.314	1.440	0.0300	1.645	0.1380	0.0304		20.235	20.266
No 17+12.000	12.000	16.250	5.000	5.000	3.831	16.404	11.362	1.444	0.0300	1.634	0.1362	0.0178		20.218	20.235
No 18+ 0.000	8.000	16.242	5.000	5.000	3.827	16.383	11.353	1.443	0.0300	1.636	0.1365	0.0118		20.206	20.218
No 19+ 0.000	20.000	16.224	5.000	5.000	3.815	16.328	11.329	1.441	0.0300	1.641	0.1375	0.0297		20.176	20.206
No 20+ 0.000	20.000	16.205	5.000	5.000	3.803	16.272	11.305	1.439	0.0300	1.647	0.1384	0.0299		20.146	20.176
* No 20+ 5.000	5.000	16.200	5.000	5.000	3.800	16.258	11.299	1.439	0.0300	1.648	0.1386	0.0075		20.139	20.146

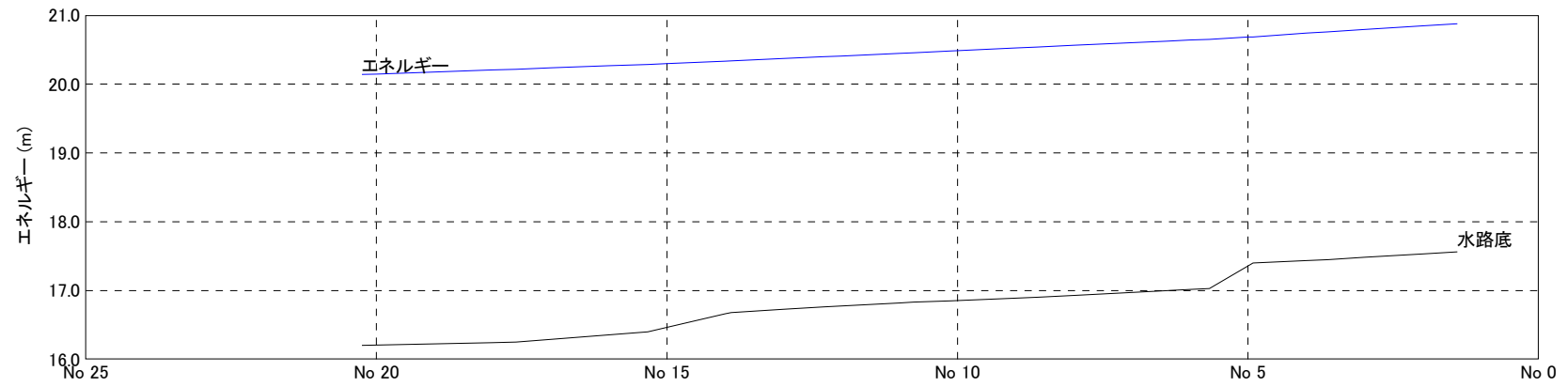
1.5.1.2 水面形



1.5.1.3 流速分布



1.5.1.4 エネルギー線



1.5.1.5 摩擦損失水頭計算表

$$h_{fi} = 1/2 \times (n_i^2/R_i^{4/3} \times V_i^2 + n_{i-1}^2/R_{i-1}^{4/3} \times V_{i-1}^2)$$

注) 測点の*印は支配断面を表す。

測点	区間距離 l (m)	径深 R (m)	粗度係数 n	流速 V (m/s)	$n_i^2/R_i^{4/3} \times V_i^2$	摩擦損失水頭 h_f (m)
No 1+ 8.000		1.319	0.0300	2.051	0.00262	
No 2+ 0.000	12.000	1.319	0.0300	2.053	0.00262	0.0314
No 3+ 0.000	20.000	1.318	0.0300	2.055	0.00263	0.0525
No 3+12.500	12.500	1.318	0.0300	2.057	0.00264	0.0329
No 4+ 0.000	7.500	1.316	0.0300	2.061	0.00265	0.0198
No 4+18.300	18.300	1.312	0.0300	2.077	0.00270	0.0490
No 5+ 0.000	1.700	1.321	0.0300	2.046	0.00260	0.0045
No 5+13.300	13.300	1.382	0.0300	1.829	0.00195	0.0303
No 6+ 0.000	6.700	1.382	0.0300	1.828	0.00195	0.0131
No 6+ 8.000	8.000	1.382	0.0300	1.828	0.00195	0.0156
No 7+ 0.000	12.000	1.383	0.0300	1.825	0.00195	0.0234
No 8+ 0.000	20.000	1.384	0.0300	1.822	0.00194	0.0388
No 8+12.500	12.500	1.385	0.0300	1.819	0.00193	0.0242
No 9+ 0.000	7.500	1.385	0.0300	1.820	0.00193	0.0145
No 10+ 0.000	20.000	1.384	0.0300	1.824	0.00194	0.0387
No 10+ 2.300	2.300	1.383	0.0300	1.824	0.00194	0.0045
No 10+15.000	12.700	1.383	0.0300	1.827	0.00195	0.0247
No 11+ 0.000	5.000	1.383	0.0300	1.826	0.00195	0.0097
No 12+ 0.000	20.000	1.384	0.0300	1.822	0.00194	0.0388
No 12+ 6.000	6.000	1.384	0.0300	1.821	0.00193	0.0116
No 13+ 0.000	14.000	1.386	0.0300	1.816	0.00192	0.0270
No 13+18.000	18.000	1.388	0.0300	1.809	0.00190	0.0344
No 14+ 0.000	2.000	1.391	0.0300	1.799	0.00188	0.0038
No 15+ 0.000	20.000	1.420	0.0300	1.705	0.00164	0.0351
No 15+ 6.600	6.600	1.430	0.0300	1.676	0.00157	0.0106
No 16+ 0.000	13.400	1.434	0.0300	1.663	0.00154	0.0208
No 17+ 0.000	20.000	1.440	0.0300	1.645	0.00150	0.0304
No 17+12.000	12.000	1.444	0.0300	1.634	0.00147	0.0178
No 18+ 0.000	8.000	1.443	0.0300	1.636	0.00148	0.0118
No 19+ 0.000	20.000	1.441	0.0300	1.641	0.00149	0.0297
No 20+ 0.000	20.000	1.439	0.0300	1.647	0.00150	0.0299
* No 20+ 5.000	5.000	1.439	0.0300	1.648	0.00151	0.0075

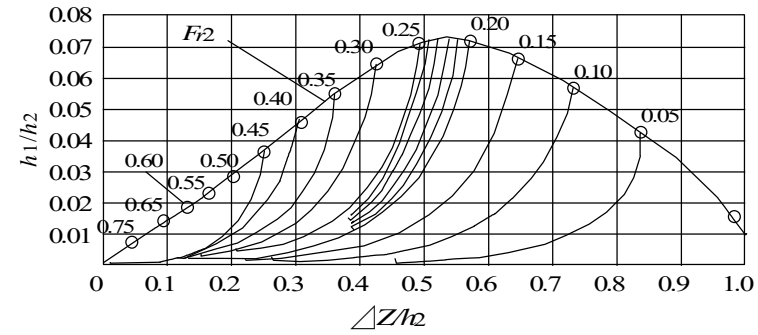
1.5.1.6 その他の損失水頭

(1) 測点 No4+18.300 (段落ち)

$$h_0 = 0.0017 \times h_2 = 0.0017 \times 3.070 = 0.0054 \text{ (m)}$$

ここで、 h_0 : 段落ちによる損失水頭 (m)

h_2 : 下流断面における水深 (m)



1.5.1.7 水路断面の照査

常流時余裕高 $F_b = 0.070h + 1.000V^2/2g + 0.150$ 射流時余裕高 $F_b = 0.600 + 0.037V \cdot h^{1/3}$

測点	流量に対する照査		流速に対する照査			水路深に対する照査					判定
	流量 Q (m ³)	最大流量 Q _{max} (m ³)	流速 V (m/s)	許容最小流速 V _a (m/s)	許容最大流速 V _a (m/s)	水深 h (m)	フルード数 F _r	余裕高 F _b (m)	h+F _b (m)	水路深 (m)	
No 1+ 8.000	26.800	49.992 ^{OK}	2.051	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.106	0.393 常流	0.582	3.688	5.000 ^{OK}	OK
No 2+ 0.000	26.800	49.992 ^{OK}	2.053	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.104	0.394 常流	0.582	3.686	5.000 ^{OK}	OK
No 3+ 0.000	26.800	49.992 ^{OK}	2.055	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.101	0.395 常流	0.583	3.683	5.000 ^{OK}	OK
No 3+12.500	26.800	49.992 ^{OK}	2.057	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.098	0.395 常流	0.583	3.681	5.000 ^{OK}	OK
No 4+ 0.000	26.800	44.265 ^{OK}	2.061	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.092	0.396 常流	0.583	3.675	5.000 ^{OK}	OK
No 4+18.300	26.800	157.922 ^{OK}	2.077	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.070	0.401 常流	0.585	3.655	5.000 ^{OK}	OK
No 5+ 0.000	26.800	157.922 ^{OK}	2.046	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.114	0.392 常流	0.581	3.695	5.000 ^{OK}	OK
No 5+13.300	26.800	157.922 ^{OK}	1.829	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.455	0.334 常流	0.562	4.017	5.000 ^{OK}	OK
No 6+ 0.000	26.800	45.424 ^{OK}	1.828	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.455	0.334 常流	0.562	4.018	5.000 ^{OK}	OK
No 6+ 8.000	26.800	47.666 ^{OK}	1.828	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.456	0.333 常流	0.562	4.018	5.000 ^{OK}	OK
No 7+ 0.000	26.800	47.666 ^{OK}	1.825	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.460	0.333 常流	0.562	4.022	5.000 ^{OK}	OK
No 8+ 0.000	26.800	47.666 ^{OK}	1.822	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.467	0.332 常流	0.562	4.029	5.000 ^{OK}	OK
No 8+12.500	26.800	47.666 ^{OK}	1.819	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.471	0.331 常流	0.562	4.033	5.000 ^{OK}	OK
No 9+ 0.000	26.800	41.187 ^{OK}	1.820	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.469	0.331 常流	0.562	4.031	5.000 ^{OK}	OK
No 10+ 0.000	26.800	41.187 ^{OK}	1.824	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.463	0.332 常流	0.562	4.025	5.000 ^{OK}	OK
No 10+ 2.300	26.800	41.187 ^{OK}	1.824	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.463	0.332 常流	0.562	4.025	5.000 ^{OK}	OK
No 10+15.000	26.800	47.781 ^{OK}	1.827	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.457	0.333 常流	0.562	4.020	5.000 ^{OK}	OK
No 11+ 0.000	26.800	47.781 ^{OK}	1.826	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.459	0.333 常流	0.562	4.021	5.000 ^{OK}	OK
No 12+ 0.000	26.800	47.781 ^{OK}	1.822	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.466	0.332 常流	0.562	4.028	5.000 ^{OK}	OK
No 12+ 6.000	26.800	50.276 ^{OK}	1.821	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.468	0.332 常流	0.562	4.030	5.000 ^{OK}	OK
No 13+ 0.000	26.800	50.276 ^{OK}	1.816	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.477	0.330 常流	0.562	4.039	5.000 ^{OK}	OK
No 13+18.000	26.800	99.491 ^{OK}	1.809	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.489	0.328 常流	0.561	4.050	5.000 ^{OK}	OK
No 14+ 0.000	26.800	99.491 ^{OK}	1.799	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.507	0.326 常流	0.561	4.067	5.000 ^{OK}	OK
No 15+ 0.000	26.800	99.491 ^{OK}	1.705	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.684	0.302 常流	0.556	4.240	5.000 ^{OK}	OK
No 15+ 6.600	26.800	99.491 ^{OK}	1.676	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.743	0.294 常流	0.555	4.299	5.000 ^{OK}	OK
No 16+ 0.000	26.800	57.797 ^{OK}	1.663	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.769	0.291 常流	0.555	4.324	5.000 ^{OK}	OK
No 17+ 0.000	26.800	57.797 ^{OK}	1.645	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.808	0.287 常流	0.555	4.362	5.000 ^{OK}	OK
No 17+12.000	26.800	57.797 ^{OK}	1.634	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.831	0.284 常流	0.554	4.386	5.000 ^{OK}	OK
No 18+ 0.000	26.800	30.884 ^{OK}	1.636	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.827	0.284 常流	0.554	4.381	5.000 ^{OK}	OK
No 19+ 0.000	26.800	30.884 ^{OK}	1.641	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.815	0.286 常流	0.555	4.370	5.000 ^{OK}	OK
No 20+ 0.000	26.800	30.884 ^{OK}	1.647	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.803	0.287 常流	0.555	4.358	5.000 ^{OK}	OK
No 20+ 5.000	26.800	30.884 ^{OK}	1.648	0.700 ^{OK}	3.000 ^{OK}	3.800	0.288 常流	0.555	4.355	5.000 ^{OK}	OK