

### 3 横谷川移設に伴う基本計画図の作成

松山市斎場再整備にあたり、敷地に隣接する横谷川の移設を行う予定である。そのため、移設整備に必要な事項を検討し、移設後の河川断面図、進入路及び移設ルートなどの基本計画図を作成する。

#### 3.1 合理式法による計画流量の算定

##### (1) 流出係数 $f$

流出係数は下表より山地の 0.7 を設定する。

表 3-1 合理式の流出係数

| 工種別   | 流出係数 |
|-------|------|
| 密集市街地 | 0.9  |
| 一般市街地 | 0.8  |
| 畑、原野  | 0.6  |
| 水田    | 0.7  |
| 山地    | 0.7  |

出典:「改訂新版」建設省河川砂防技術基準(案)計画編」,p19」

##### (2) 降雨強度 $r$

###### 1) 洪水到達時間 $t$

洪水到達時間は、クラーヘン式より、雨水が流域から河道に至る流入時間  $t_0$  と河道内の流下時間  $T$  の和で算出する。

###### a) 流入時間 $t_0$

流入時間は、流域上流部が急こう配の地形となっている部分もあるため、安全側の設定として「特に急傾斜面区域」の 20 分とする。

雨水が流域から河道に流入するまでの時間については、以下の値を標準として用いることとする。

- ・ 山地流域 : 2km<sup>2</sup> 30 分
- ・ 特に急傾斜面区域 : 2km<sup>2</sup> 20 分
- ・ 下水道整備区域 : 2km<sup>2</sup> 30 分

b) 勾配  $I=H/L$ 

勾配は流路長と標高差から算出し、下表の勾配と洪水伝播速度の関係から洪水伝播速度を設定する。

表 3-2 勾配 I と洪水伝播速度 W の関係

|   |          |             |          |
|---|----------|-------------|----------|
| I | 1/100 以上 | 1/100～1/200 | 1/200 以下 |
| W | 3.5m/s   | 3.0m/s      | 2.1m/s   |

ここに、I:河道上流端と懸案地点の標高差 H(m)を流路長(L)で割ったもの

$H=22.6\text{m}$ ,  $L=500\text{m}$  の場合、 $I=1/22$

勾配 I は 1/100 以上の場合に該当し、洪水伝播速度 W は 3.5m/s とする。

## c) 河道の流下時間 T

$$\begin{aligned} T &= 1/3600 \times L/W \\ &= 1/3600 \times 500/3.5 \\ &= 0.04\text{hr} = 2.4\text{min} \end{aligned}$$

## d) 洪水到達時間 t

合理式に用いる洪水到達時間(t)は一般に流入時間( $t_0$ )と流下時間(T)の和により求められる。

$$\begin{aligned} t &= t_0 + T \\ &= 20 + 2.4 \\ &= 22.4\text{min} \end{aligned}$$

## 2) 降雨強度 r

降雨強度は、図 3-2 より、愛媛県中予地区の 10 年確率を用いて算出すると、70.1 mm/hr となる。

$$\begin{aligned} r_{10} &= a/(t^n + b) \quad a=648.19, b=2.37, n=0.62, t=22.4\text{min} \\ &= 648.19/(22.4^{0.62} + 2.37) \\ &= 70.1\text{mm/hr} \end{aligned}$$

## 3) 計画流量 Q

流域面積は、次頁図に示すとおり、2.7 km<sup>2</sup>である。

計画流量は合理式により算出し、以下のとおり、40.0m<sup>3</sup>/s とする。

$$\begin{aligned} Q &= 1/3.6 \times f \times r \times A \\ &= 1/3.6 \times 0.7 \times 70.1 \times 2.7 \\ &= 36.8\text{m}^3/\text{s} \approx 40.0\text{m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

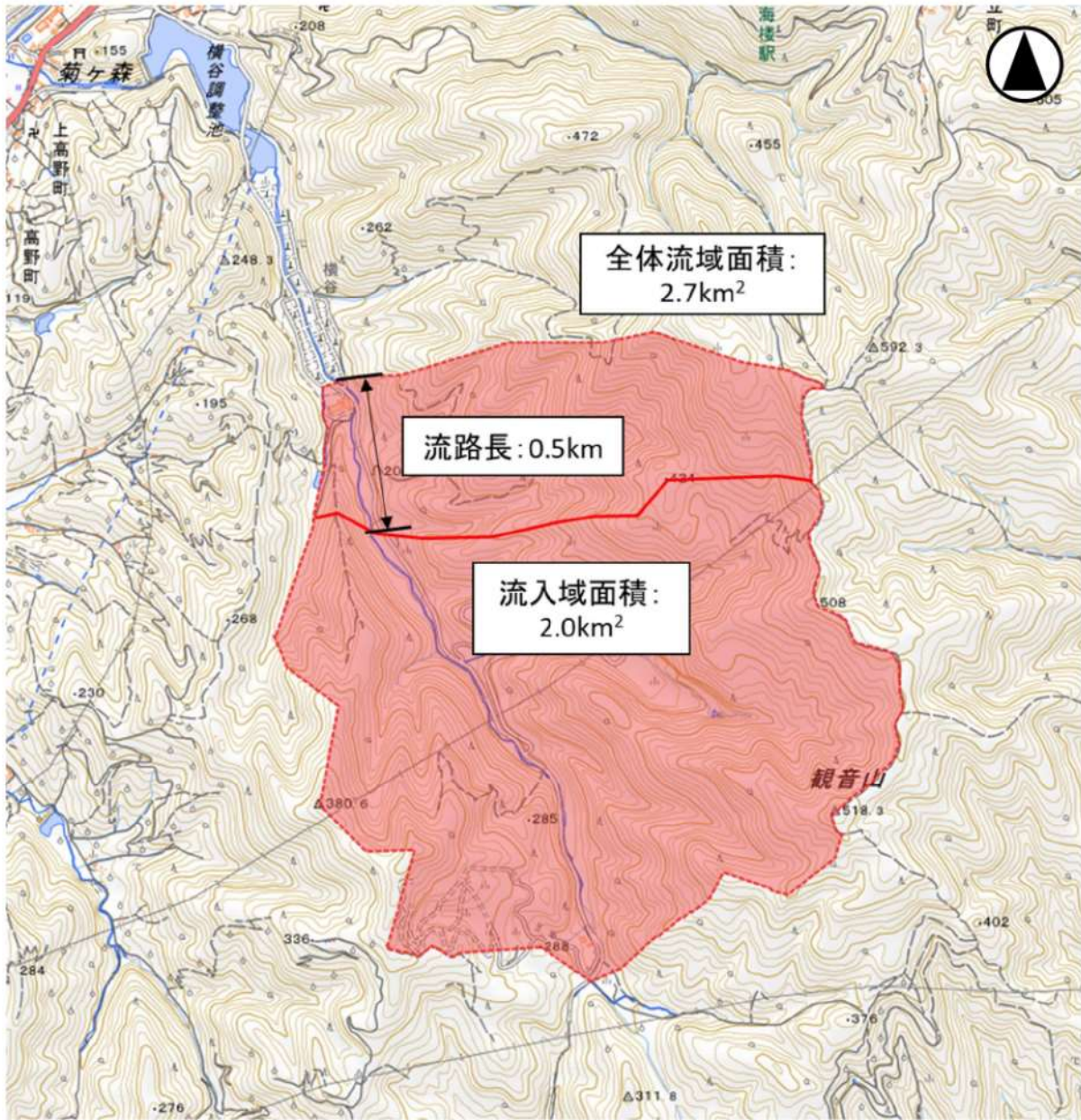
Q: 流量(m<sup>3</sup>/s)

1/3.6: 単位の変換係数

f: 流出係数

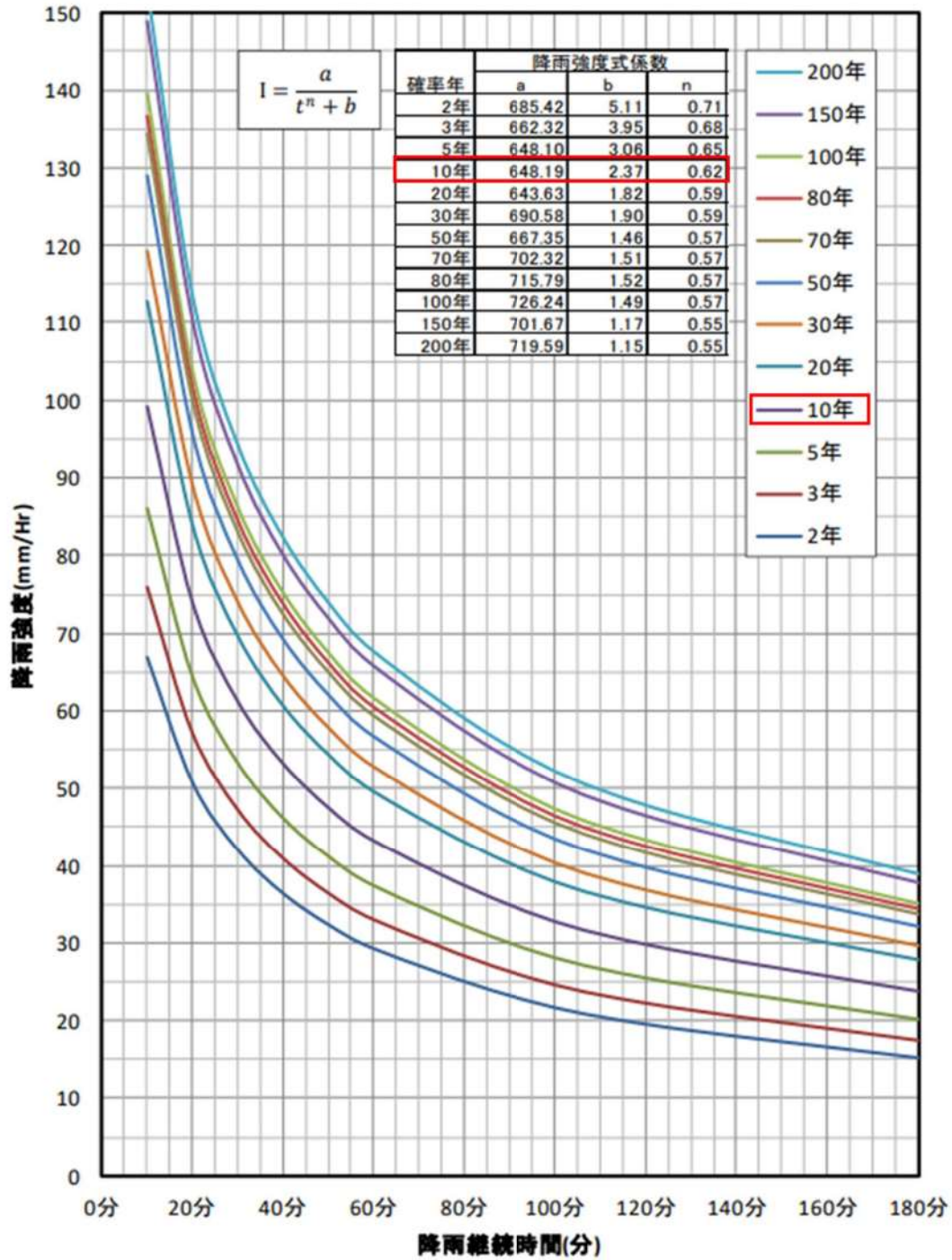
r: 到達時間内における平均雨量強度(mm/h)

A: 流域面積(km<sup>2</sup>)



出典:「国土地理院地図より作図」

図 3-1 横谷川流域図(検討対象区間)



中予地区 降雨強度式  
(N=123 \_ M23~H30 (一部欠測あり) 、Gumbel)

出典:愛媛県ホームページ「愛媛県内の降雨強度式」

図 3-2 愛媛県中予地区降雨強度式

## 3.2 現況河道の評価水位

### (1) 現況河道の水位算定手法(計算条件)

現況河道の水位を評価する際の計算条件は下表のとおりである。

表 3-3 現況河道計算の計算条件

| 計算条件 |      | 設定                         |
|------|------|----------------------------|
| 1    | 対象区間 | 0.0k～0.24k (測点 No.1～No.13) |
| 2    | 計算手法 | 一次元不等流計算                   |
| 3    | 出発水位 | 0.0k における等流水深              |
| 4    | 粗度係数 | n=0.030 (表 3-4 参照)         |
| 5    | 評価水位 | 現況堤防天端高                    |

#### 1) 水位計算法

現況河道の水位は、一次元不等流計算により算定する。不等流計算の概要は次頁のとおりである。

不等流計算式を以下に示す。

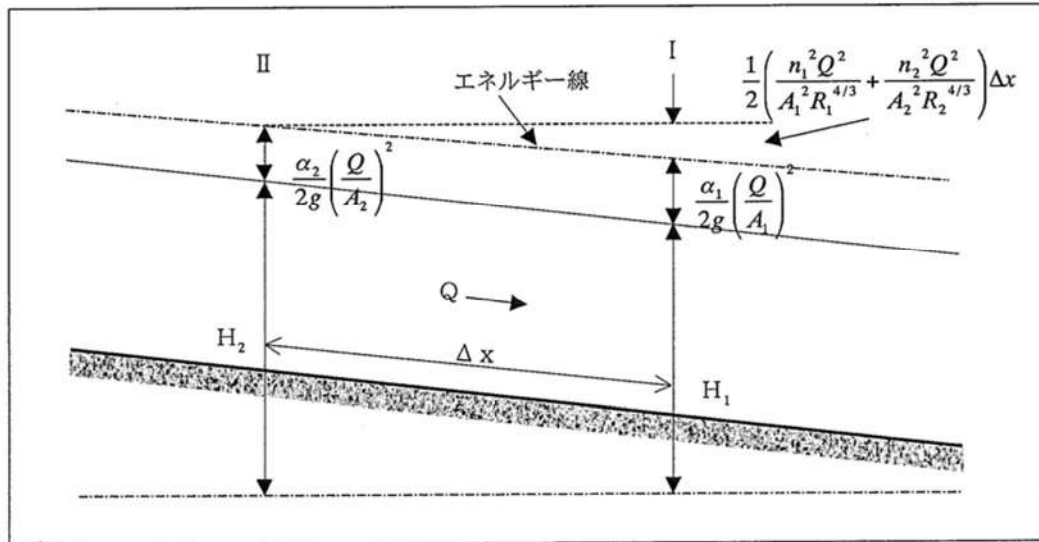
$$H_2 + \frac{\alpha_2}{2g} \left( \frac{Q}{A_2} \right)^2 - \frac{n_2^2 Q^2}{A_2^2 R_2^{4/3}} \frac{\Delta x}{2} = H_1 + \frac{\alpha_1}{2g} \left( \frac{Q}{A_1} \right)^2 - \frac{n_1^2 Q^2}{A_1^2 R_1^{4/3}} \frac{\Delta x}{2}$$

ここに、 $H$ ：水位(m)、 $Q$ ：流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )、 $A$ ：断面積( $\text{m}^2$ )、 $R$ ：径深

$\alpha$ ：エネルギー補正係数、 $n$ ：粗度係数、 $g$ ：重力加速度( $\text{m}/\text{s}^2$ )

上式で、 $Q$ 、 $n_1$ 、 $n_2$ 及び $\Delta x$ は既知である。また河川の流れは一般に常流であるので、境界条件として下流端における水位が与えられる。不等流計算はまず下流端を断面Ⅰとして行う。そうすると、 $H_1$ が与えられるので、流水断面積 $A$ 及び径深 $R$ は水位 $H$ の関数として表示されるので、 $A_1$ 、 $R_1$ も与えられることになる。

したがって、上式における未知数は $H_2$ だけとなり、この式を解くことにより $H_2$ が求まる。次に、断面Ⅱを断面Ⅰとして順次上流に向けて計算を進めていくと、各断面における水位が求まる。なお、本プログラムでは射流区間においては限界水深を与え、水位を算出している。



出典：「新河道計画システム」

図 3-3 不等流計算の概要

## 2) 粗度係数

横谷川河床部の粗度係数  $n$  は下表より、「山地流路、砂利、玉石」の 0.030 とする。

表 3-4 河川や水路の状況と粗度係数の範囲

| 河川や水路の状況                  |                  | マンニングの $n$ の範囲 |
|---------------------------|------------------|----------------|
| 人工<br>水路<br>・<br>改修<br>河川 | コンクリート人工水路       | 0.014~0.020    |
|                           | スパイラル半管水路        | 0.021~0.030    |
|                           | 両岸石張小水路(泥土床)     | 0.025(平均値)     |
|                           | 岩盤掘放し            | 0.035~0.05     |
|                           | 岩盤整正             | 0.025~0.04     |
|                           | 粘土性河床、洗掘のない程度の流速 | 0.016~0.022    |
|                           | 砂質ローム、粘土質ローム     | 0.020(平均値)     |
|                           | ドラグライン掘しゅんせつ、雑草少 | 0.025~0.033    |
| 自然<br>河川                  | 平野の小流路、雑草なし      | 0.025~0.033    |
|                           | 平野の小流路、雑草、灌木有    | 0.030~0.040    |
|                           | 平野の小流路、雑草多、礫河床   | 0.040~0.055    |
|                           | 山地流路、砂利、玉石       | 0.030~0.050    |
|                           | 山地流路、玉石、大玉石      | 0.040 以上       |
|                           | 大流路、粘土、砂質床、蛇行少   | 0.018~0.035    |
|                           | 大流路、礫河床          | 0.025~0.040    |

出典:「改訂新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説調査編 p.132」

## (2) 現況河道水位の算定結果

次々頁に現況河道水位の算定結果(水位縦断図)を示す。算定結果から、前述の計画流量(40m<sup>3</sup>/s)時には、現況河道水位は堤防天端高におさまっている。このことから、現況河道は計画流量をほぼ確保できている河道である。

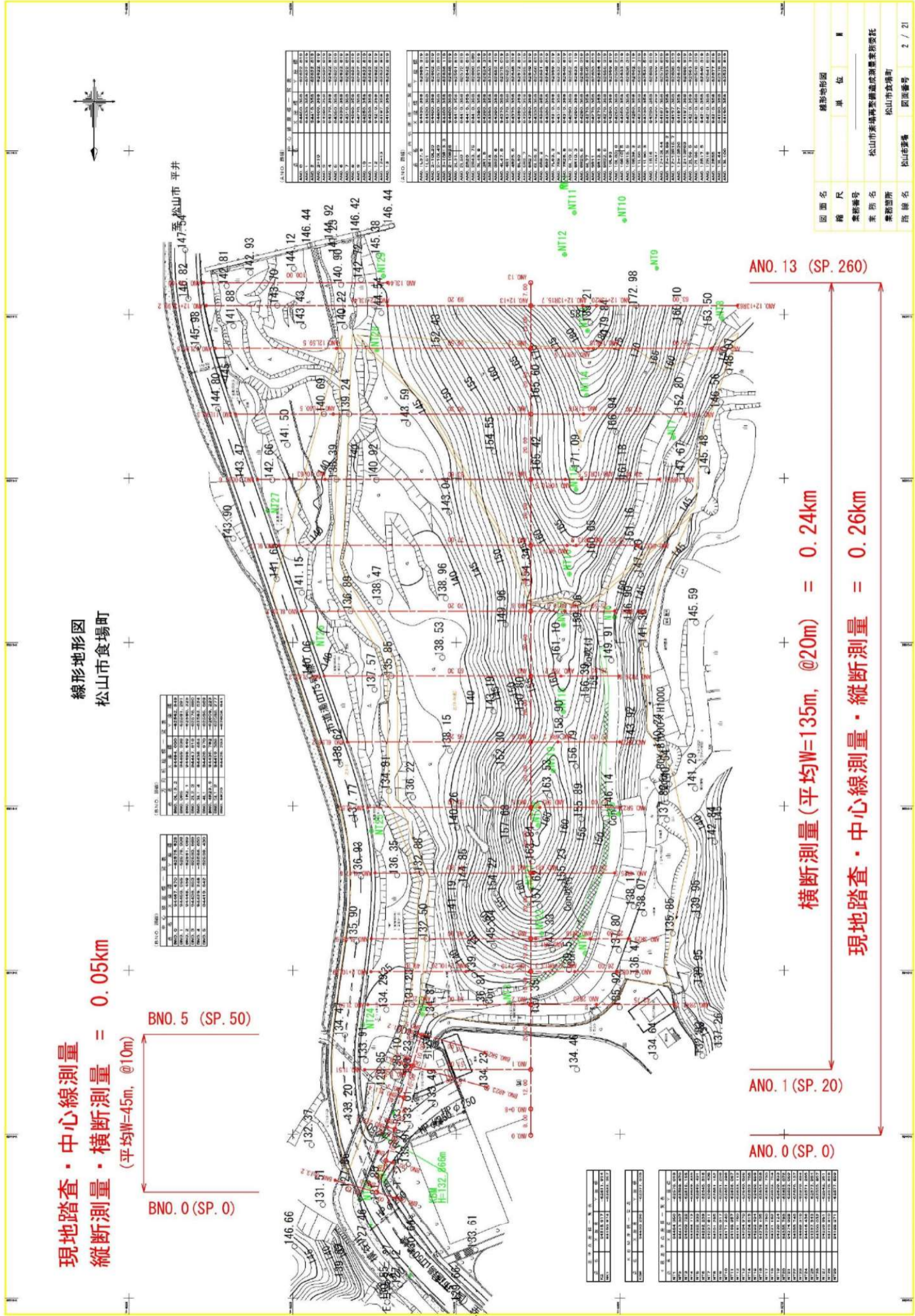


図 3-4 地形図



現況流下能力計算結果縦断面図

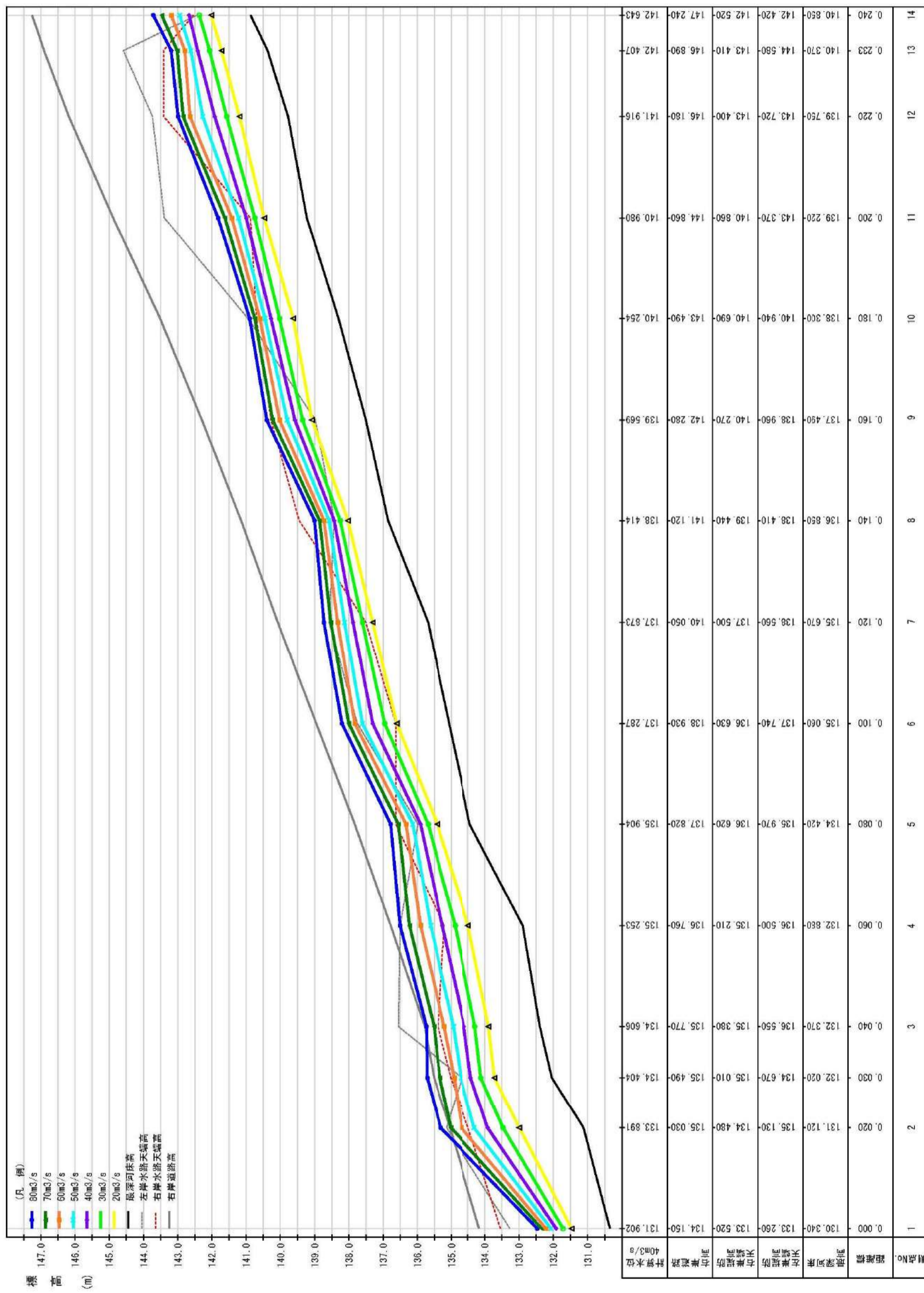


図 3-5 現況流下能力計算結果

現況水路横断面図

縮尺 縦:1/180横:1/1400

現況水路横断面図

縮尺 縦:1/180横:1/1400

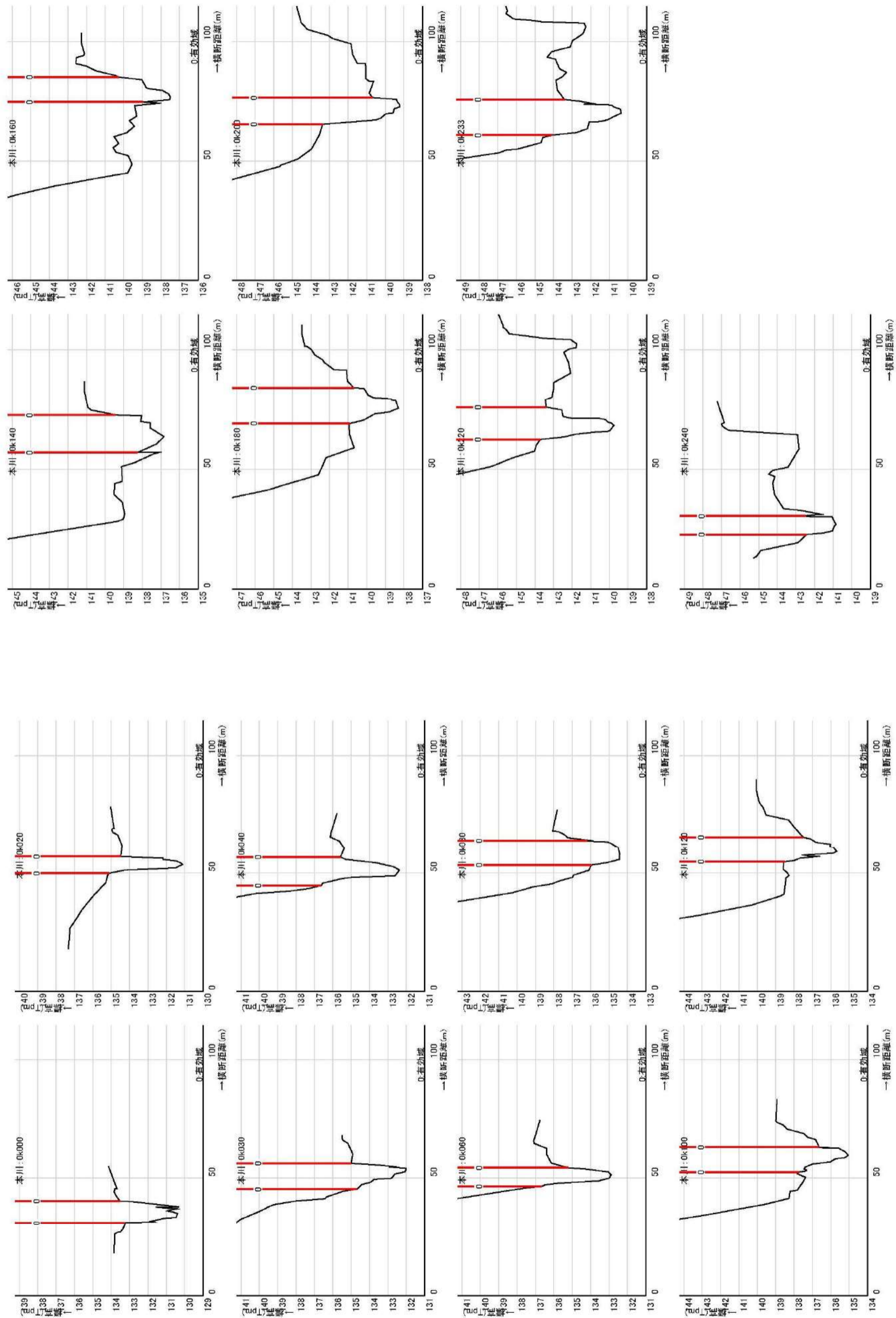


図 3-6 現況水路断面図

## 3.3 計画水路の検討

## (1) 計画水路の設定条件

計画水路断面の設定条件は下表のとおりである。

表 3-5 粗度係数の「設定内容」

| 設定条件 |        | 設定内容  |
|------|--------|---|
| 1    | 水深 h   | ・現況河道と水路の連続性を確保する。<br>・各測点における計画流量時(40m <sup>3</sup> /s)の水深の平均値: 2.0m 「(p42 の)(再掲)表 3-4 参照」を採用する。 |
| 2    | 流路延長 L | ・付け替え河川の延長: 237.4m<br>(図 3-7 参照)  |
| 3    | 標高差 H  | ・付け替え河川両端の標高差<br>140.2m-129.0m=11.2m(図 3-7 参照)  |
| 4    | 河床勾配 I | H/L=1/22 とする。(前述)   |
| 5    | 粗度係数 n | ・下流の現況河道断面を踏まえて台形断面とする。<br>・両岸石張小水路(泥土床) n=0.025(平均値)を採用<br>(表 3-4 参照)                            |

各測点における計画流量時(40m<sup>3</sup>/s)水深の平均値計算結果は下表に示す。

表 3-6 計画流量時の水深平均値

| 測点 No. | 最深河床高(m) | 計算水位(m) | 水深(m) |
|--------|----------|---------|-------|
| 1      | 130.3    | 131.9   | 1.6   |
| 2      | 131.1    | 133.9   | 2.8   |
| 3      | 132.4    | 134.6   | 2.2   |
| 4      | 132.9    | 135.3   | 2.4   |
| 5      | 134.4    | 135.9   | 1.5   |
| 6      | 135.1    | 137.3   | 2.2   |
| 7      | 135.7    | 137.9   | 2.2   |
| 8      | 136.9    | 138.4   | 1.6   |
| 9      | 137.5    | 139.6   | 2.1   |
| 10     | 138.3    | 140.3   | 2.0   |
| 11     | 139.2    | 141.0   | 1.8   |
| 12     | 139.8    | 141.9   | 2.2   |
| 13     | 140.9    | 142.6   | 1.8   |

合計 26.4m

平均値 2.0m

基本計画図 造成計画平面図

松山市食場町



図 3-7 松山市食場町造成計画平面図

(再掲)表 3-4 河川や水路の状況と粗度係数の範囲

| 河川や水路の状況                  |                  | マンニングの n の範囲 |
|---------------------------|------------------|--------------|
| 人工<br>水路<br>・<br>改修<br>河川 | コンクリート人工水路       | 0.014~0.020  |
|                           | スパイラル半管水路        | 0.021~0.030  |
|                           | 両岸石張小水路(泥土床)     | 0.025(平均値)   |
|                           | 岩盤掘放し            | 0.035~0.05   |
|                           | 岩盤整正             | 0.025~0.04   |
|                           | 粘土性河床、洗掘のない程度の流速 | 0.016~0.022  |
|                           | 砂質ローム、粘土質ローム     | 0.020(平均値)   |
|                           | ドラグライン掘しゅんせつ、雑草少 | 0.025~0.033  |
| 自然<br>河川                  | 平野の小流路、雑草なし      | 0.025~0.033  |
|                           | 平野の小流路、雑草、灌木有    | 0.030~0.040  |
|                           | 平野の小流路、雑草多、礫河床   | 0.040~0.055  |
|                           | 山地流路、砂利、玉石       | 0.030~0.050  |
|                           | 山地流路、玉石、大玉石      | 0.040 以上     |
|                           | 大流路、粘土、砂質床、蛇行少   | 0.018~0.035  |
|                           | 大流路、礫河床          | 0.025~0.040  |

出典:「改訂新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説調査編 p.132」

(2) 計画水路断面の設定

計画水路断面は、マンニング公式より、台形断面の流量を算出(表 3-8)し、計画流量を確保できる断面として表 3-7 のとおり設定する。

・マンニング公式:  $Q=Av$  ( $v=1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2}$ )

表 3-7 台形断面の流量算出結果

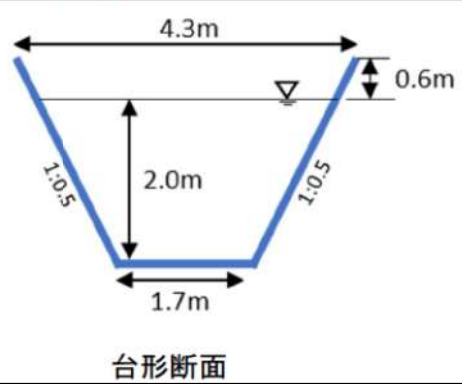
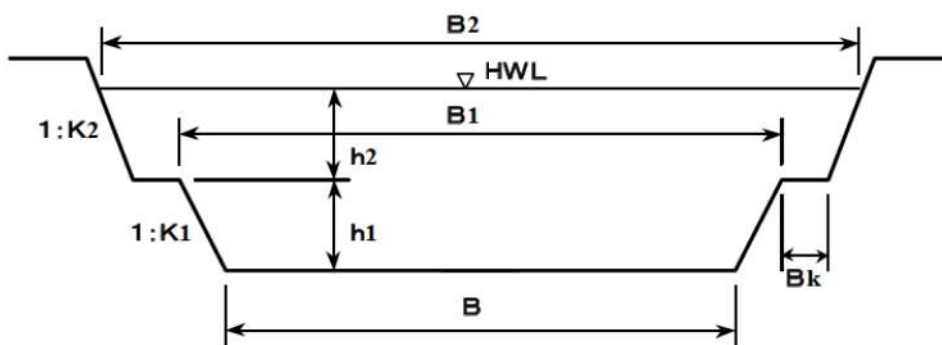
|                        |  |
|------------------------|--|
| 断面                     |  |
| 水深 h (m)               | 2.0 (+余裕高 0.6m)  |
| 河床勾配 I                 | 1/22   |
| 粗度係数 n                 | 0.025  |
| 河床幅 B (m)              | 1.7  |
| 流量 (m <sup>3</sup> /s) | 42.3 > 40.0(計画流量)  |

表 3-8 台形断面の流量算出表

| 項 目      |       | 値     |
|----------|-------|-------|
| 河床幅      | B(m)  | 1.70  |
| 小段までの高さ  | h1(m) | 2.00  |
| 低水勾配     | K1    | 0.50  |
| 小段幅      | Bk(m) | 0.00  |
| 高水位までの高さ | h2(m) | 0.00  |
| 高水勾配     | K2    | 0.00  |
| 低水位幅     | B1(m) | 3.70  |
| 水面幅      | B2(m) | 3.70  |
| 粗度係数     | n     | 0.025 |
| 動水勾配     | I     | 1/22  |

## 計算結果

| 項 目   |                      | 値     |
|---|----------------------|-------|
| 断面積   | A(m <sup>2</sup> )   | 5.40  |
| 潤辺  | P(m)                 | 6.17  |
| 径深(R=A/P)                                       | R(m)                 | 0.88  |
| 流速<br>( $v=1/n \times R^{2/3} \times I^{1/2}$ ) | v(m/s)               | 7.83  |
| 流量 (Q=Av)                                       | Q(m <sup>3</sup> /s) | 42.28 |



## ・余裕高

表 3-7 にて計算した結果を踏まえると、余裕高は下表より、計画高水流量が  $200\text{m}^3/\text{s}$  未満の場合の  $0.6\text{m}$  となる。

第 20 条 堤防(計画高水流量を定めない湖沼の堤防を除く)の高さは、計画高水流量に応じ、計画高水水位に次の表の下欄に掲げる値を加えた値以上とするものとする。ただし、堤防に隣接する堤内の土地の地盤高(以下「堤内地盤高」という)が計画高水水位より高く、かつ、地形の状況等により治水上の支障がないと認められる区間にあつては、この限りでない。

| 項                        | 1      | 2                | 3                 | 4                  | 5                   | 6        |
|--------------------------|--------|------------------|-------------------|--------------------|---------------------|----------|
| 計画高水流量(単位 1 秒間につき立方メートル) | 200 未満 | 200 以上<br>500 未満 | 500 以上<br>2000 未満 | 2000 以上<br>5000 未満 | 5000 以上<br>10000 未満 | 10000 以上 |
| 計画高水位に加える値(単位メートル)       | 0.6    | 0.8              | 1                 | 1.2                | 1.5                 | 2        |

出典:「改定解説・河川管理施設等構造令 p115」

## (3) 水路構造の決定

ここでは、(1)(2)の設定条件による「両岸ブロック積み構造の水路」を想定し、構造上の問題の有無について検討する。

- ① 前述の表 3-8 に示した計画水路断面による流速は、計算上  $7.83\text{m/s}$  であり、これは次頁表 3-9 の「ブロック積み・石積み護岸(練積)」の設計流速である  $8\text{m/s}$  を下回る。よって、「両岸ブロック積み構造」は、護岸としての構造上の問題はない。
- ② 移設による新たな水路の勾配は現況の横谷川の勾配と同等であり、移設対象区間の下流も右写真のとおり、計画水路と同様の形態(ブロック積み水路)となっている。



図 3-8 現状の水路

以上から、水路構造は「両岸ブロック積み構造」を採用することとする。

表 3-9 護岸工法設計流速関係表(C表)

護岸の法勾配が1:1.5より急な場合に適用する工法例  
(他工法等の施工実績を踏まえ、今後見直していくものとする。)

| セグメント |               |              | 復旧工法例   |                    |                         | 設計流速  |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|-------|---------------|--------------|---------|--------------------|-------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
| 山間地河道 | 谷地平原<br>扇状地河道 | 自然堤防等<br>三角州 | 素材      | 構造                 | 工法                      | (m/s) |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    |                         | 2     | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | ~ |  |  |  |  |
|       |               |              | 石系      | 自然石(練)             | 1 巨石積(練)                | 4~8   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    | 2 野面石積(練)               | 4~8   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    | 3 間知石積(練)               | 4~8   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         | 自然石(空)             | 4 巨石積(空)                | 5     |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    | 5 野面石積(空)               | 5     |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    | 6 間知石積(空)               | 5     |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    | 7 連結自然石(空積)             | 8     |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    | 8 アンカー式空石積              | 8     |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              | コンクリート系 | コンクリート<br>ブロック(練積) | 9 コンクリート<br>ブロック練積      | 4~8   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    | 10 ポーラスコンクリート<br>ブロック練積 | 4~8   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         | コンクリート<br>ブロック(空積) | 11 コンクリート<br>ブロック空積     | 5     |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    | 12 ポーラスコンクリート<br>ブロック空積 | 5     |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              | かご系     | かご(多段)             | 13 鉄線籠型多段積工             | 6.5   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    | 14 パネル枠工<br>(ダクタイルパネル)  | 4.5   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              | 木系      | 丸太格子               | 15 丸太格子<br>(片法枠工舎)      | 4     |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    | 木製ブロック                  | 4     |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         | 杭柵                 | 17 杭柵                   | 4     |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|       |               |              |         |                    | 18 板柵                   | 4     |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |

※上表の適用範囲は目安であるため、設計流速に適用できる合理的な工法は積極的に採用して良い。  
※復旧工法の留意事項を十分考慮し、工法を選定する。

注) 植生の復元を図るため、可能な範囲で残土を使うようにし、法肩や水際に覆土を行うこと。

出典:「美しい山河を守る災害復旧基本方針」



### 3.4 進入路及び移設ルートなどの基本計画図の作成

#### (1) 移設ルート 計画図の作成

##### a) 進入路について

進入路の設置により水路の有効断面阻害など水路及び道路の機能及び構造に影響を与えないよう計画する。進入路は基本構想に倣い幅員 18mを確保し、2 分割ボックスカルバートにて計画する。配置については水路に対して直角方向に配置する。また、強度、構造、安全対策としての転落防止柵(高欄)の設置等については、設計時に十分検討するものとする。

進入路の設置位置については、「4 造成する敷地の造成計画図の作成」にて検討するものとする。

##### b) 流路について

河川の流路は基本構想のものを参考とし、上流部及び下流部の一部は既存の横谷川の流路を利用する計画とした。

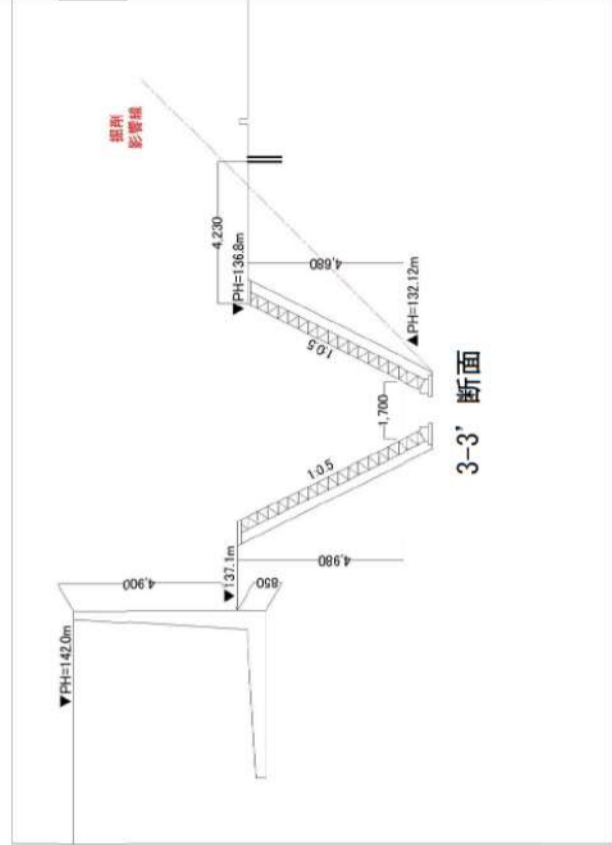
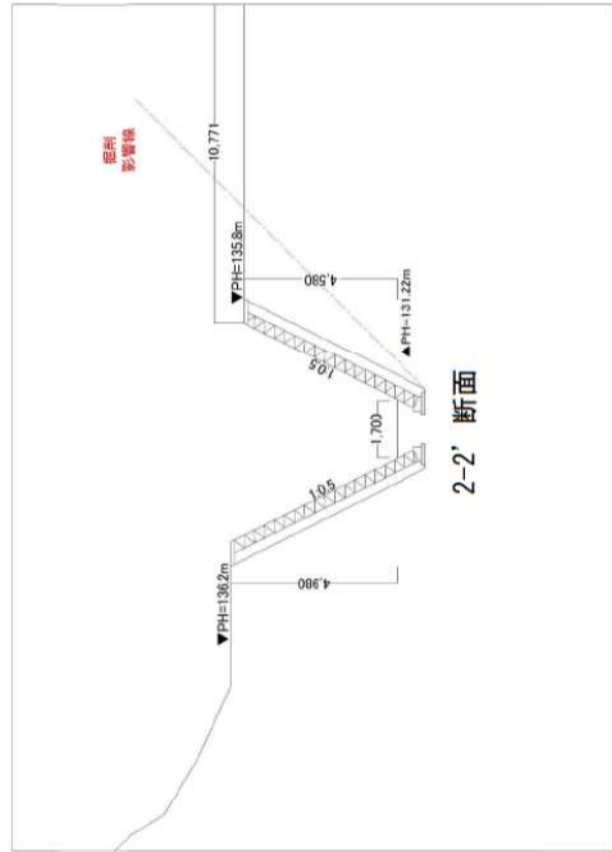
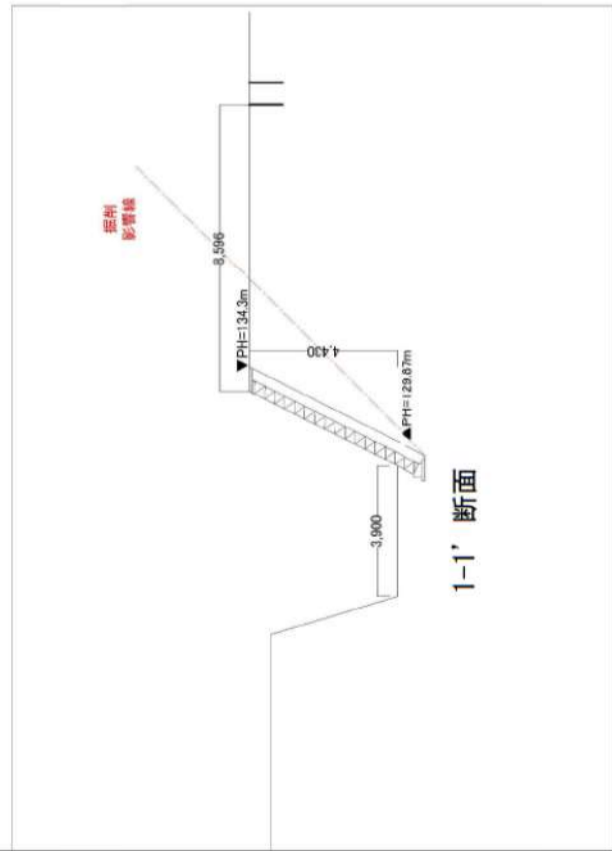
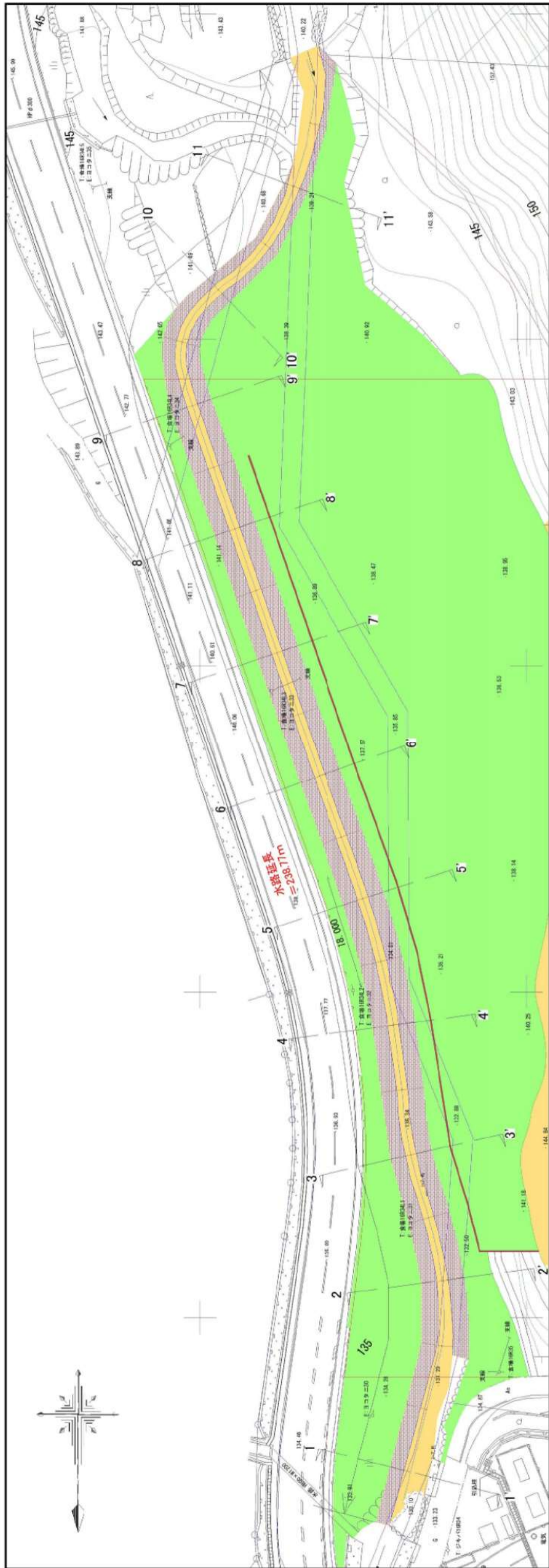
##### c) 起点と終点の標高及び水路延長について

起点 PH=140.22m、終点 PH=129.54m、標高差:10.68m、水路延長 238.77mとなる。

##### d) 護岸の計画高さ及び構造について

右岸側について、護岸の高さは松山市道湯山 75 号線の標高と同じとし、電柱やガードレール等を設置するスペースとして道路から 2.5m以上の離隔を確保する計画とした。

護岸は間知ブロック積みにて計画を行うが、松山市開発許可申請の手引きには「練積み造擁壁の地上高さは 5m を限度とする。」との記載がある。したがって、宅盤の標高と河床の標高の差が 5m 以上となる箇所については、河床から 5m までの部分を間知ブロック積み護岸、5m 以上の箇所については L 型擁壁を採用し、2 段の擁壁となるように計画を行う。



| 基本計画図 造成計画断面図 |                      |
|---------------|----------------------|
| 図面名           | 基本計画図 造成計画断面図        |
| 縮尺            | 単位                   |
| 業務番号          |                      |
| 業務名           | 松山市河川再整備造成工事基本設計業務委託 |
| 業務箇所          | 松山市食糧町               |
| 路線名           | 松山市河川                |
| 図面番号          | /                    |

図 3-9 移設ルート 計画図

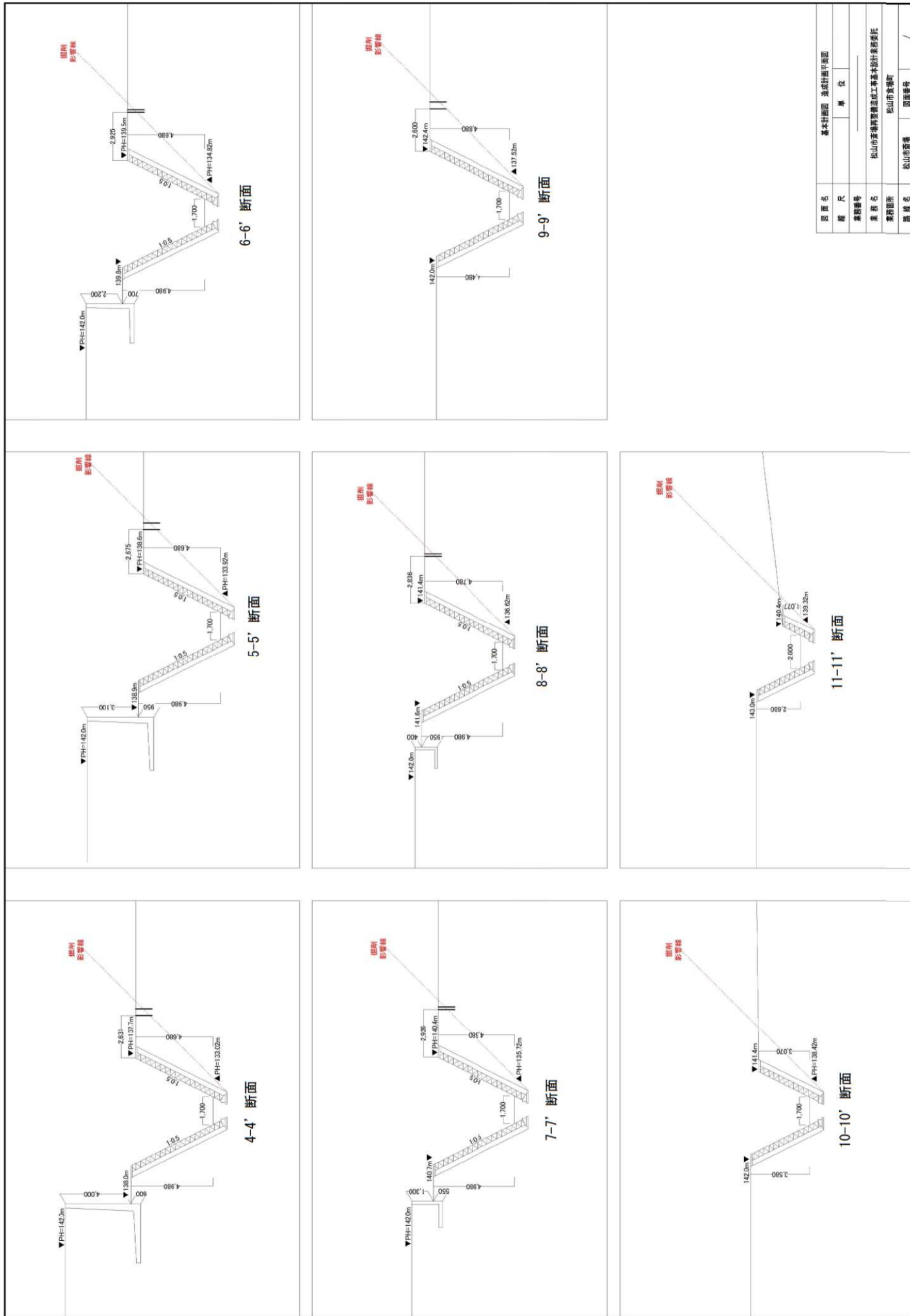


図 3-10 移設ルート 計画図

- (2) 移設ルートにおける計画水路の流下能力の確認  
 移設ルートにおける計画水路は流下能力として、以下に示すとおり、計画流量(40m<sup>3</sup>/s)を確保している。

表 3-10 台形断面の流量算出表

| 項目       | 値     |
|----------|-------|
| 河床幅      | B(m)  |
| 小段までの高さ  | h1(m) |
| 低水勾配     | K1    |
| 小段幅      | Bk(m) |
| 高水位までの高さ | h2(m) |
| 高水勾配     | K2    |
| 低水位幅     | B1(m) |
| 水面幅      | B2(m) |
| 粗度係数     | n     |
| 動水勾配     | I     |

## 計算結果

| 項目  | 値                    |
|---|----------------------|
| 断面積   | A(m <sup>2</sup> )   |
| 潤辺  | P(m)                 |
| 径深(R=A/P)                                     | R(m)                 |
| 流速<br>( $v=1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$ ) | v(m/s)               |
| 流量(Q=Av)                                      | Q(m <sup>3</sup> /s) |

