

土木研究所資料

松木川河道計画水理模型実験報告書(Ⅱ)

昭和59年 3 月

建設省土木研究所
砂 防 研 究 室

ま え が き

本報告書は、昭和57年度に行った実験に引き続き、松木川における砂防施設計画を立案するための基礎資料を得ることを目的として実施した松木川河道計画水理模型実験（Ⅱ）の結果を整理し、とりまとめたものである。

昨年度は、現在の河道特性及びその問題点を把握するために、現況河道の模型を製作し実験を行ったが、本年度は、砂防施設計画に基づく構造物を設置して実験を行い、計画構造物の位置、形状等の諸元について検討を加えた。

現況実験からも明らかなように、松木川はここ数年、全般的な河床低下傾向が著しく、浜岸の保全、既設護岸工、根固工等の維持管理の面からみて憂慮されているところである。しかしながら、松木川河道は、湾曲部が多い上に河幅の変化も激しく、計画洪水流量も比較的大きいために、河道計画の立案はひじょうにむずかしい課題となっている。

本実験においては、河道計画案の適否を、流量条件、給砂条件等をいろいろに設定して確認し、実験的に計画案の改良を試みた。その結果、今後の詳細な設計を待つべき課題も多いが、一応、模型実験からみた最適な河道計画案を作成した。

本実験にあたっては、関東地方建設局渡良瀬川工事事務所の皆様方から多大のご協力を賜った。深く感謝の意を表します。

昭和59年3月

建設省土木研究所砂防研究室

室長	瀬尾克美
研究員	万膳英彦
	鈴木浩之

目 次

は じ め に

§ 1. 現況河道の問題点	1
§ 2. 河道計画の基本方針	1
§ 3. 実験の概要	4
(1) 実験の目的	4
(2) 実験の諸元	4
(3) 模型の相似	4
(4) 実験方法及び測定項目	5
(5) 実験条件	5
(6) 実験ケース	7
§ 4. 実験の結果	8
(1) 実験の内容	8
(2) 各ケースの実験結果	8
(3) 計画構造物の配置と周辺の流況	8
(4) 土砂収支	8
§ 5. 実験に基づく河道計画案	121
§ 6. 河道計画案の問題点と課題	122

§ 1. 現況河道の問題点

昭和57年に行った現況河道の模型実験、現地における河床変動測量の成果、現地踏査等から、松木川の河道特性をまとめると次のとおりである。

- ① 実験対象区間（足尾ダム～神子内川合流点までの約4.2 km）は、全般的に河床低下傾向がみられる。とくに足尾ダム直下流から古河橋付近までの上流区間の河床低下が著しい。これは、足尾ダムによって上流域から河道区間へ流入する土砂量が少なくなっていることが主因となっているものと考えられるが、かなり古い時代に設置されたと思われる模構造物の天端が現在の河床高付近にみられる場所があり、これから類推すると、足尾ダム設置以前には上昇傾向にあった河床が、上流域の土砂整備の進歩に伴って低下傾向をたどり、現在の河床高まで戻ったものとみることとも可能である。
- ② このような河床低下により、溪岸部の側方侵食、河床が高い時期につくられた既存構造物の機能、安全性の低下が進み、河道沿いの人家、道路、工場、公共施設等の危険性が増下しつつある。
- ③ 松木川の河道形態は、地形、地質条件に大きく支配されており、湾曲部、狭さく部、拡幅部、兩岸からの基岩のはり出し等が各所に存在する。このため、水衝部や局所洗掘、固定砂洲（ポイント・バー）の形成と流水の集中、橋台の冠水等、流況はひじょうに乱れ、治水砂防上問題となる箇所が数多く存在する。
- ④ 現在、足尾ダムは未満砂（計画貯砂量500万 m^3 に対して、現堆砂量は約300万 m^3 である）であり、また、堆砂地からは、毎年流入土砂量とほぼ同量程度の土砂採取を行っているため、松木川への土砂供給はかなり少ないものと考えられる。このような状況は今後も続くものと思われるが、将来的には、足尾ダムが満砂して上流からの給砂が十分ある場合も考慮に入れる必要がある。

§ 2. 河道計画の基本方針

§ 1で述べたような現況河道の問題点をふまえて、次のような基本方針のもとに松木川河道計画を検討した。

- ① 全般的な河床低下傾向を防止するために、床固工、帯工等の落差の比較的小さな横工を設置して河道の安定を図る。
- ② 計画河床高は、ほぼ現在の河床高を維持するように設定することを基本とするが、橋梁への影響、洪水氾濫の危険性を十分に考慮する。
- ③ 計画河床勾配は、河床の動的及び静的安定勾配を考慮して設定する。
- ④ 法線形については、地形、地質条件からみて現河道の平面形状を改良するのは困難であるので、基本的には現河道の形状とする。ただし、溪岸からの岩のはりだしにより、流況が著しく悪化している箇所については、岩の撤去も検討する。
- ⑤ 水衝部や流水が集中する地点には、現在護岸工や根固工が施工されていたり、基岩が露出しているところが多いので、溪岸侵食や局所洗掘を防止するための護岸工、根固工等の縦工の新規計画については、保全対象の有無、溪岸の強度等の現地状況をさらに調査した上で別途検討する。

- ⑥ 流水の集中による局所洗掘や、砂洲の形成による流況の乱れについては、横工の向きを規制することによって極力解消を図るものとする。
- ⑦ 94k + 137m の地点の渡良瀬取水堰は既設構造物と考える。取水堰の構造図を図2-1に示す。本取水堰以外には、既設の横工は存在しない。

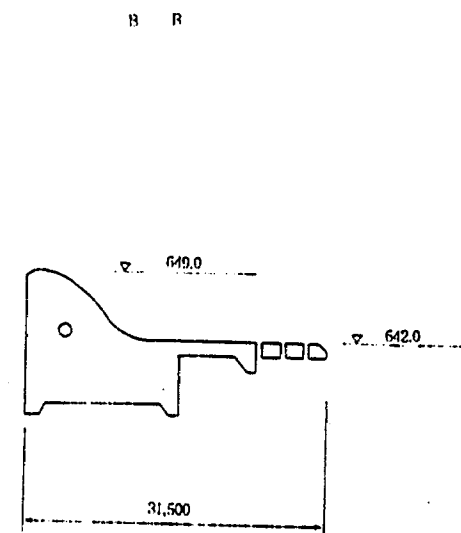
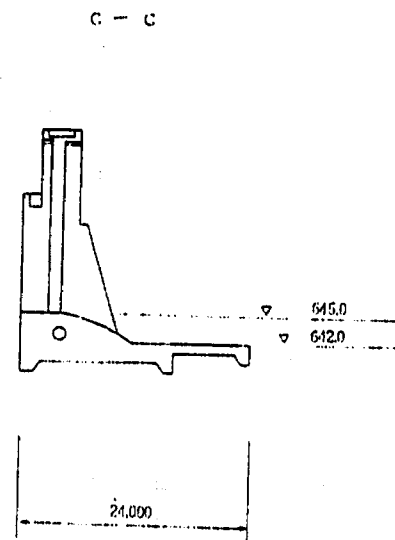
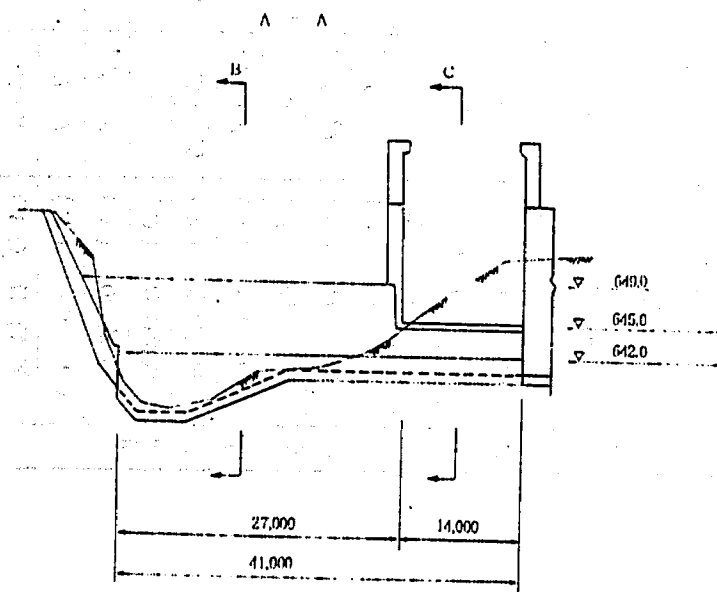
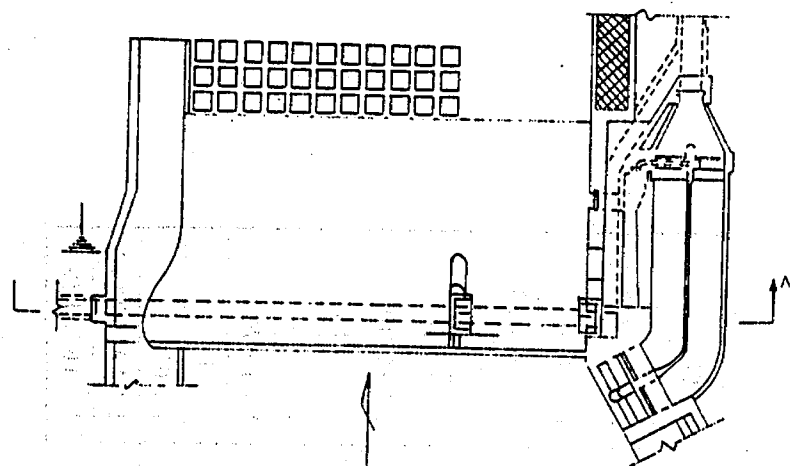


图 2-1 渡良瀬取水堰構造図

§ 3 実験の概要

(1) 実験の目的

本実験は、河道計画の基本方針に基づいて渡良瀬川工事事務所で策定された松木川河道計画案(当初案)の妥当性を検証し、改良を加えることを目的とする。最終結果としては、最適な河道計画案を作成するものであるが、限られた実験ケースの中で、あらゆる条件を満足する計画案を立案するのはひじょうに困難であり、今後の詳細な検討及び設計が必要となる項目も多い。それらについては「§ 6 河道計画案の問題点と課題」にとりまとめた。

(2) 実験の諸元

① 実験対象区間

実験対象区間は、松木川 0.0 km 地点 (渡良瀬橋) ～足尾ダムまでの約 4.2 km である。昭和 57 年度の実験では支川からの流量は見込まなかったが、本年度は右支川出川及び左支川深沢からも給水を行った。

出川：流域面積 2.65 km²，計画高水流量 55 m³/s

深沢：流域面積 3.91 km²，計画高水流量 85 m³/s

② 模型縮尺

模型の縮尺は 1/60 である。

(3) 模型の相似

模型と実物との間の相似関係については、模型形状は幾何学的な相似、力学的相似としてはフルードの相似則を適用した。したがって、模型と実物の諸量間には、表 3-1 に示すような関係が成立する。

表 3-1 諸量の縮率

諸 量		次 元 ($L-F-T$)	縮 率	
			比	縮 尺
幾何学的な量	水 平 (x)	L	x_r	1 : 60
	鉛直(h) (水深, 標高)	L	h_r	1 : 60
	勾 配 (h/x)	—	$h_r \cdot x_r^{-1}$	1 : 1
	面 積 (A)	L^2	$h_r \cdot x_r$	1 : 3600
	体 積 (V)	L^3	$h_r \cdot x_r^2$	1 : 216000
流水に関する量	フルード数 (F_r)	—	1	1
	流 速 (V)	$L \cdot T^{-1}$	$h_r^{1/2}$	1 : 7.746
	流 量 (Q)	$L^3 \cdot T^{-1}$	$x_r \cdot h_r^{3/2}$	1 : 27885.5
	時 間 (T)	T	$x_r \cdot h_r^{-1/2}$	1 : 7.746
	圧力の強さ (P)	$F \cdot L^{-2}$	h_r	1 : 60
	粗度係数 (n)	$L^{-1/2} \cdot T$	$h_r^{1/2} \cdot x_r^{-1/2}$	1 : 1.979
	流量係数 (C)	—	1	1
	掃 流 力 (τ)	$F \cdot L^{-2}$	h_r	1 : 60
	エネルギー (E)	$F \cdot L$	h_r^3	1 : 12960000
	運 動 量 (mV)	$F \cdot T$	$h_r^{1/2}$	1 : 1673129

(4) 実験方法及び測定項目

① 実験方法

昭和57年度に製作した河道模型に木製の構造物模型を設置した。河床材料を固定床上に等厚 (20cm) に敷きつめ、計画河床に整形して元河床とした。また、通水については、量水槽で三角ぜきを用いて流量調整を行ったのち、整流装置を通して河道部へ導いた。なお、本年度は出川、深沢の2支川からの流量を考慮している。

給砂は、足尾ダム上流約 1.5 mの地点から堆砂池へ供給した。支川からの給砂は行っていない。

② 測定項目

測定項目は次のとおりである。

(i) 流況観察

構造物周辺の流況、河床変動、局所洗掘、砂洲の形状と位置、越水、水衝部、流速等について観察、測定し、流況の問題点について考察する。

(ii) 水位及び河床変動高測定

指定した横断測線について横断測量を行い、通水中の水位及び河床高を測定する。

(iii) 流砂量測定

模型最下流端から流出する土砂を、原則として3分間隔に採取し、流砂量の時間的变化を測定する。

(iv) 流向測定

模型上方より、定流実験においては10分間隔に、不定流実験においては流量変化ごとに、流線や砂洲の平面形状を写真撮影する。

(v) 流速測定

プロベラ流速計を用いて、横断測線及び水衝部における流速を測定する。

(vi) 河床高測定

通水終了後に、各測線ごとの横断測量を行い、河床変化高、砂洲等の形状を測定する。

(5) 実験条件

① 河道の初期条件

後述する実験ケースNo.1とNo.2については、主として支川からの流量の影響をみるために、現況河道について実験を行った。ケースNo.3以降については、まず初めに、松木川河道計画当初案について実験を行い、構造物の配置が適切でない場合には、適宜計画案に改良を加えて最終計画案を策定した。

② 流量条件

流量については、定流 $1,100\text{ m}^3/\text{s}$ (計画高水流量)、 $500\text{ m}^3/\text{s}$ (中規模出水時の流量) 及び不定流 (計画洪水波形) を与えた。洪水波形については、昭和22年9月15日洪水時の実績ハイドログラフに基づき、図3-1に示す流量を設定した。

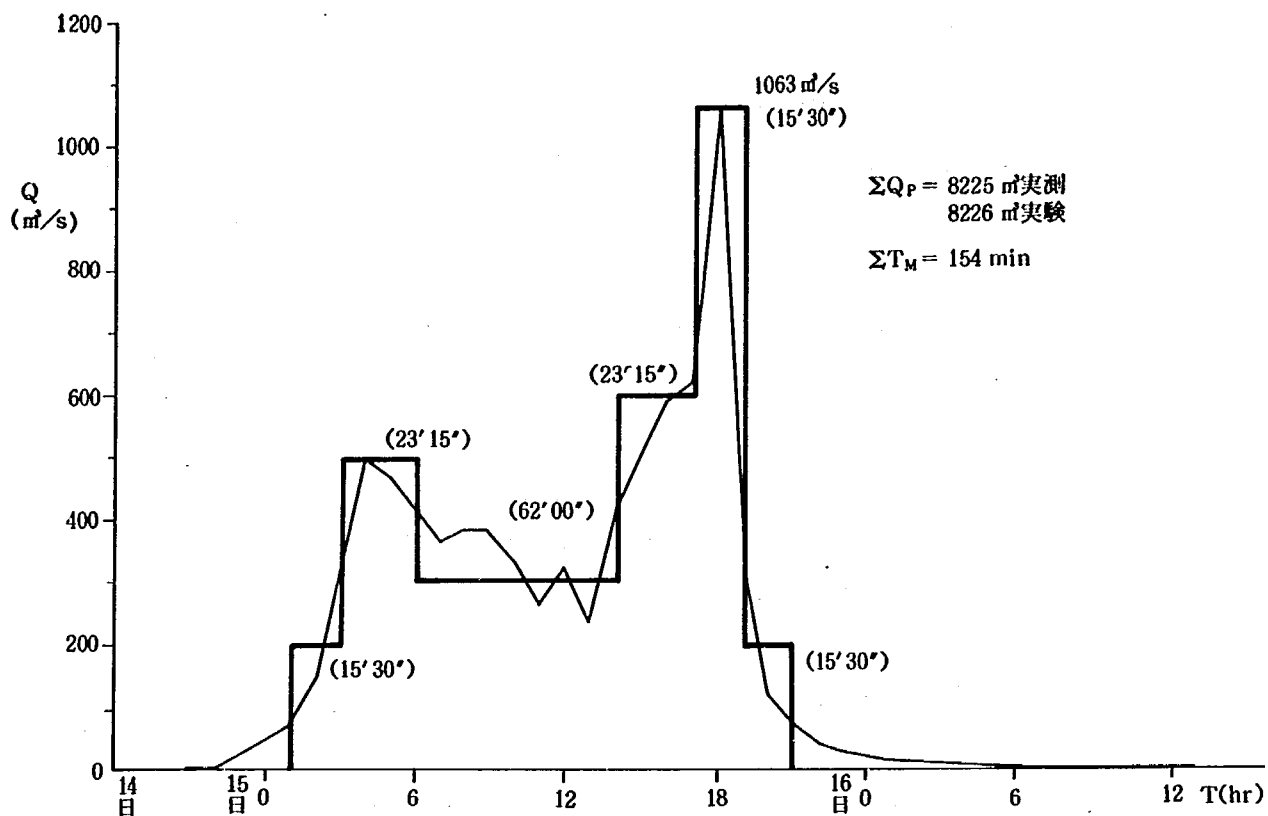


図 3-1 不定流実験の洪水波形

③ 河床材料

河床材料については、既往の河床材料調査資料より、図 3-2 に示す粒径加積曲線を作成し、これに基づいて調合した混合粒径自然砂 ($d_m = 2.2 \text{ mm}$) を使用した。

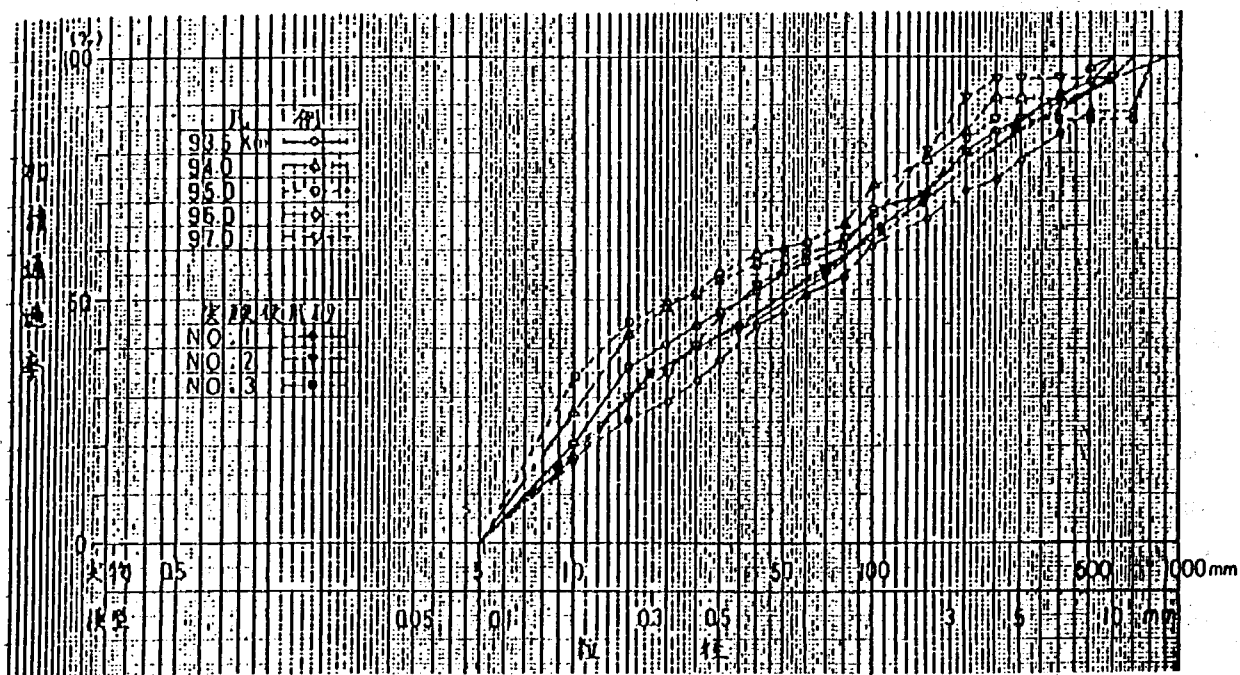


図 3-2 粒径加積曲線図

④ 給砂条件

給砂は、満砂後の足尾ダム堆砂地の河床勾配（堆砂勾配1/61）が常に一定に保たれるように与えた。
また、給砂材料は河床材料と同一のものを用了。

⑤ 実験時間

実験時間については、定流実験は1時間、不定流実験は洪水波形の継続時間（2時間34分）とした。

（6）実験ケース

本実験は、最適な河道計画案を策定することを目的とするので、同一の流量条件、給砂条件のもとで計画構造物の位置、規模、形状等を変化させている。なお現在の河道状況を考慮して、流量条件としては計画高水流量（ $Q = 1,100 \text{ m}^3/\text{s}$ ）、給砂条件としては無給砂（ $q_s = 0$ ）の場合を主体として実験を行った。

実験ケース一覧表を表3-2に示す。本年度の実験は全部で16ケースである。

表3-2 実験ケース一覧表

実験 順序	ケース 番号	実 験 条 件			測 定 項 目				
		流 量 (m^3/s)	給 砂	時 間 (分)	流況観察	水位及び 河床変動高	流 砂 量	流 向	河 床 高
1	1	1,100	無	60	○	—	—	—	20 ^{断面}
2	2	1,100	有	60	○	—	—	—	20
3	3	1,100	無	60	○	—	—	—	20
4	4	1,100	有	60	○	—	—	—	20
5	5	500	無	60	○	—	—	—	20
6	6	1,100	無	60	○	—	—	—	20
7	7	1,100	無	60	○	—	—	—	20
8	8	1,100	無	60	○	—	—	—	20
9	9	1,100	無	60	○	—	—	—	20
10	13	1,100	無	60	○	20 ^{断面}	○	○	67
11	11	1,100	有	60	○	20	○	○	67
12	16	洪水波形	有	154	○	20	○	○	67
13	14	洪水波形	無	154	○	2.0	○	○	67
14	10	500	有	60	○	20	○	○	67
15	12	500	無	60	○	20	○	○	67
16	15	1,100	有	60	○	20	○	○	67

§ 4 実験の結果

(1) 実験の内容

各実験コースごとの目的、模型形態は表 4-1 に示すとおりである。

計画(1)は当初案、計画(4)は最終案である。計画(2)及び計画(3)は途中の改良過程の中で検討した計画案である。計画(1)～(4)のほかにも軽微な改良を加えているが、それらについては模型形態の項に記述した。

(2) 各ケースの実験結果

各ケースの実験結果を示す。

(3) 計画構造物の配置と周辺の流況

各計画構造物について、各ケースの流況及び改良箇所を表 4-18 に示す。

(4) 土砂収支

ケース10～ケース16について給砂量と流出土砂量を調べ、土砂収支を求めると表 4-19 のとおりである。

同一流量の場合には、給砂の有無にかかわらず流出土砂量はほぼ同じになる。また、流量条件が異なっても、流出土砂量の平均濃度の差異は少ない。

図 4-38 は、流出土砂濃度の時間的変化を示したものである。これによると、流出土砂濃度は、時間をおって小さくなる傾向がみられ、河床が安定化しているものと思われる。

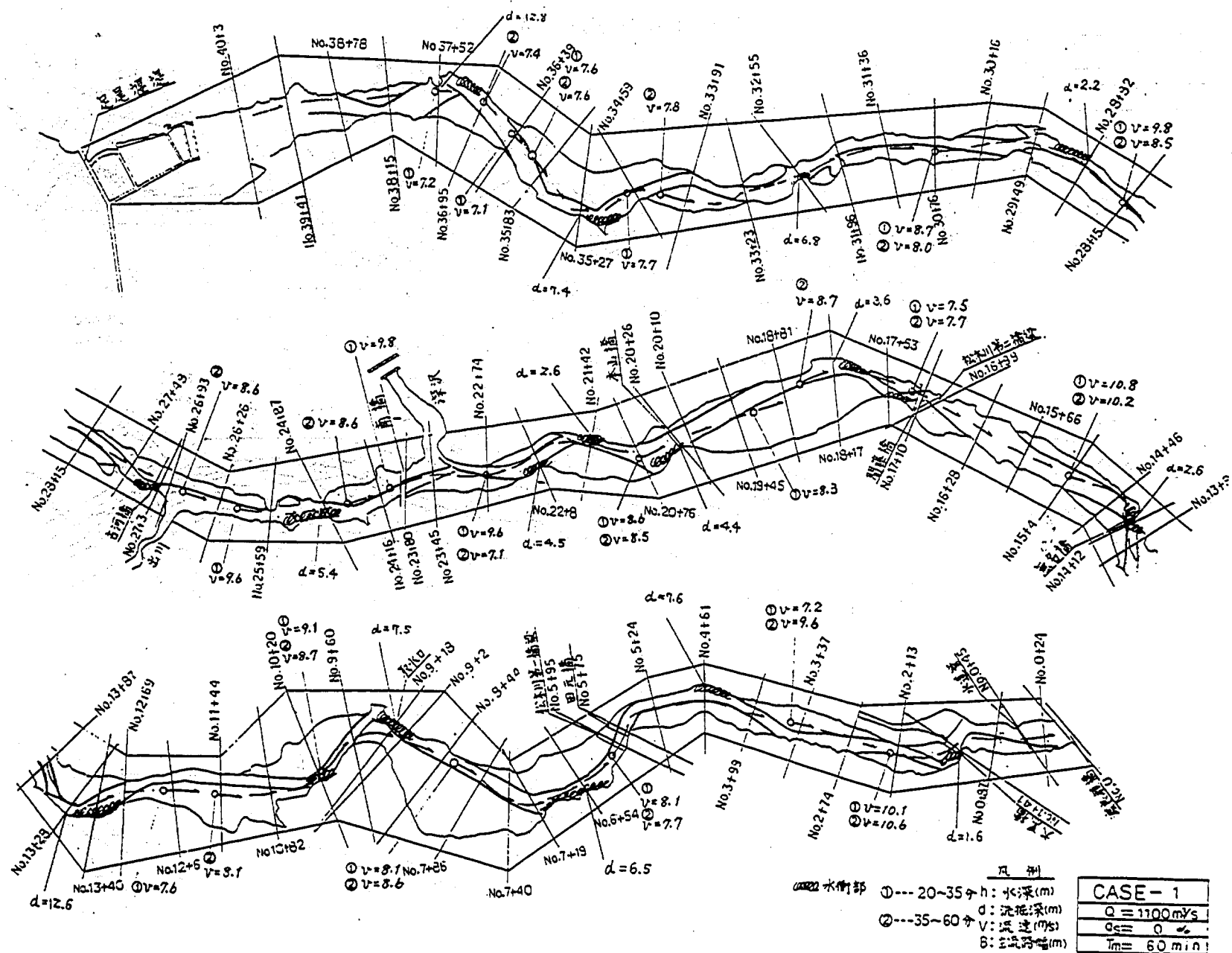


图 4-1 流況觀察平面図

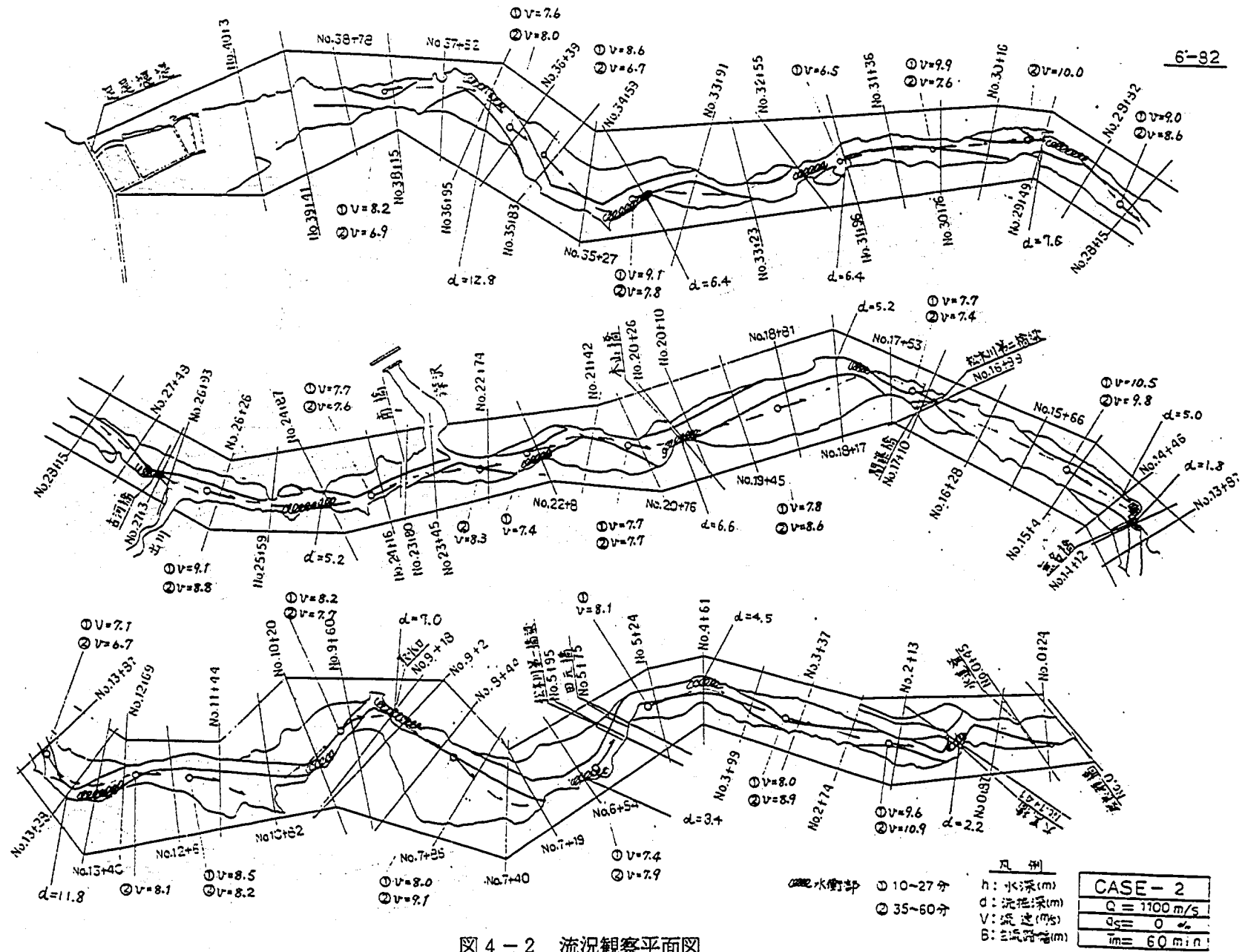


图 4-2 流況觀察平面図

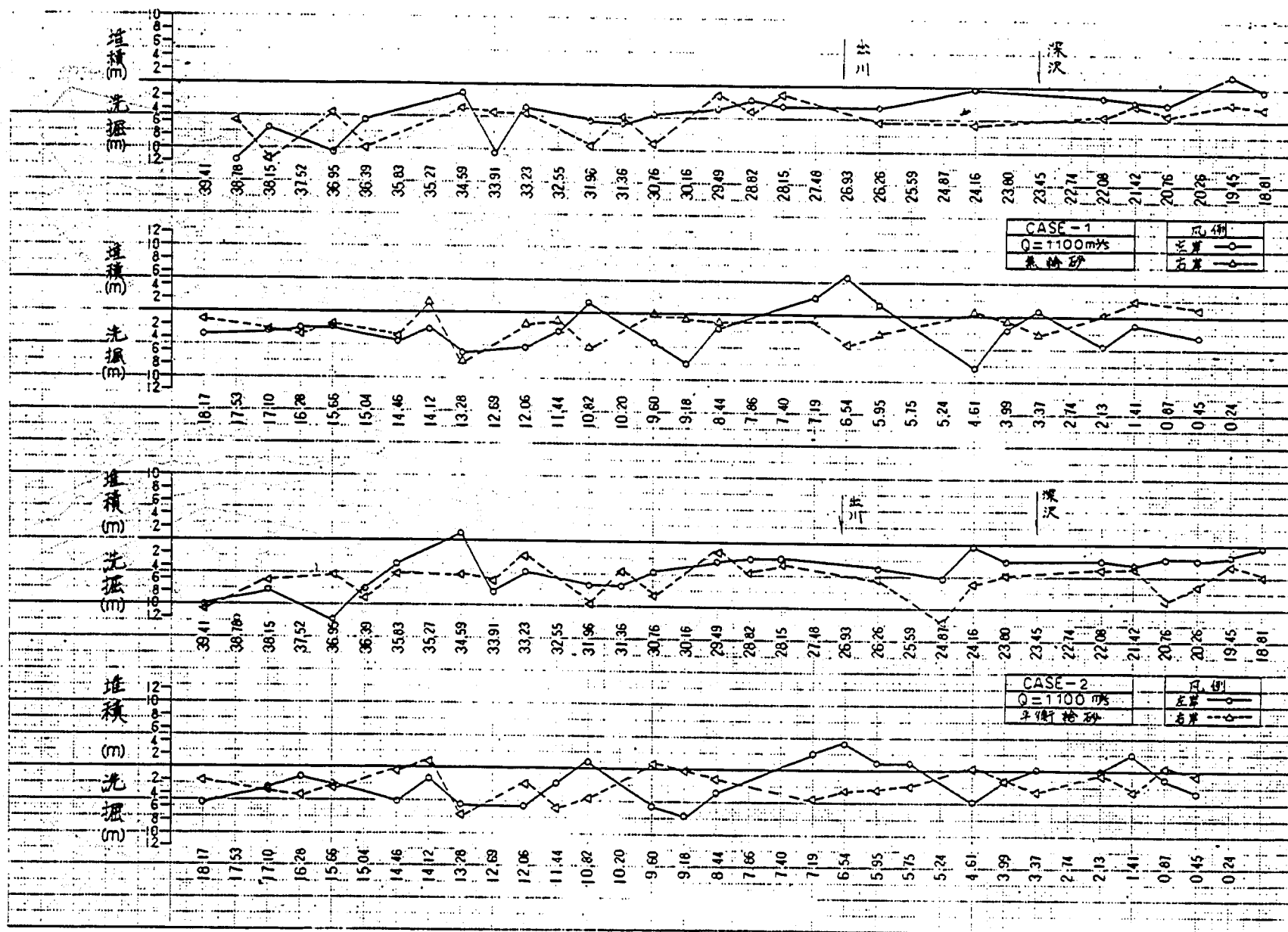
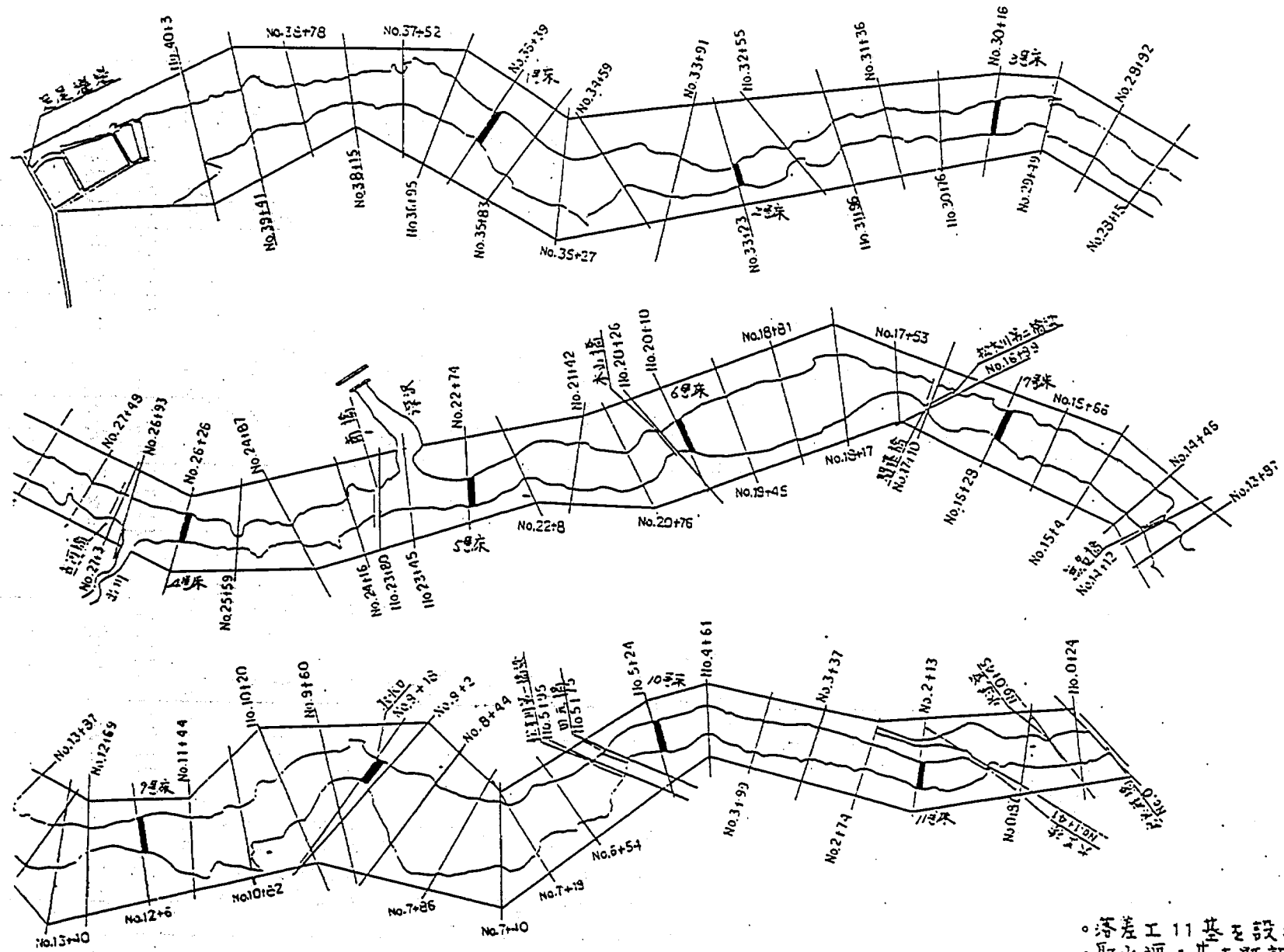


図 4 - 3 洗掘堆積縦断面図



- 落差工 11 基を設置する。
- 取水堰 1 基を既設とする。

図 4-4 平面図 (計画(1))

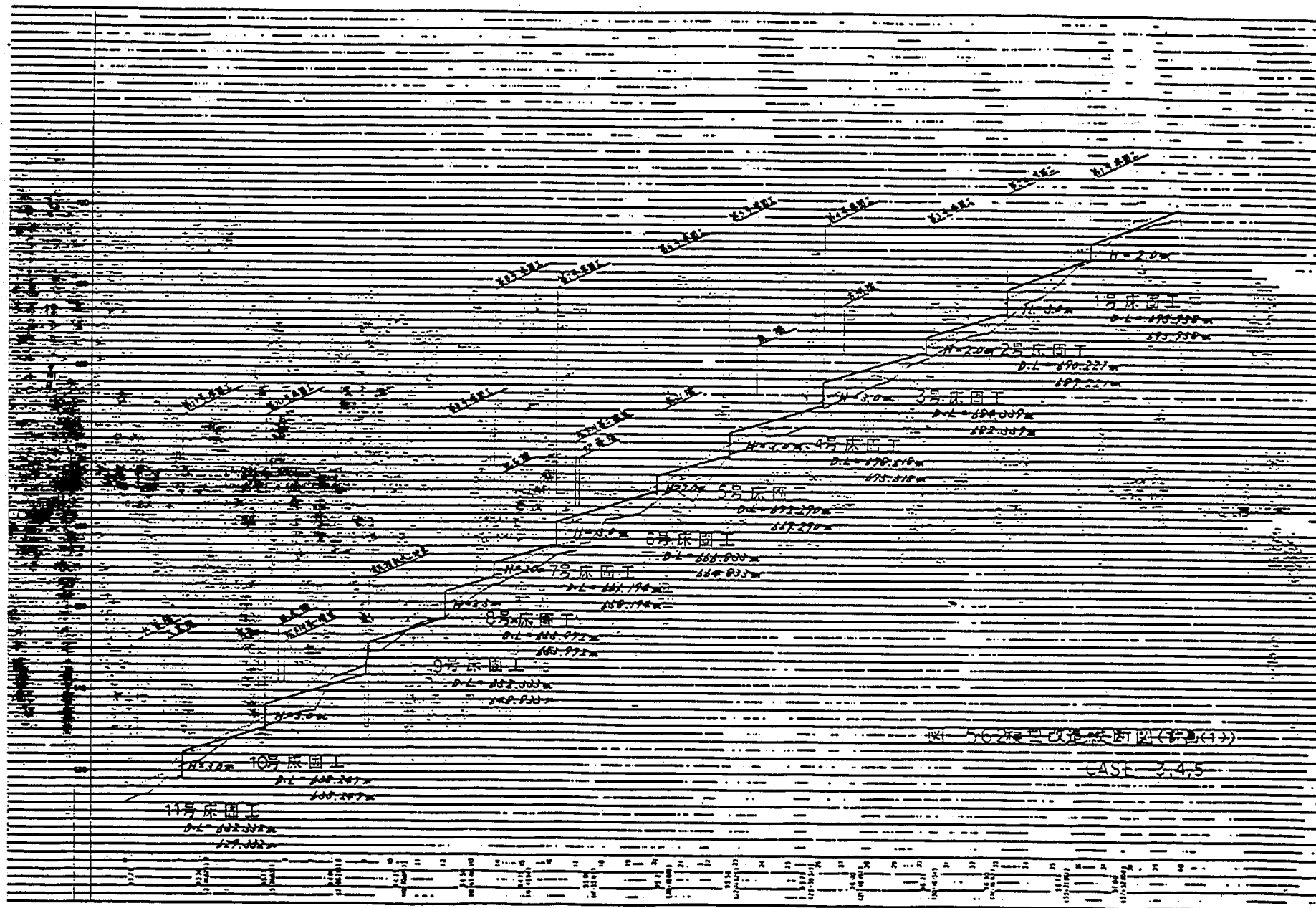


图 4-5 縦断面图 (計画(1))

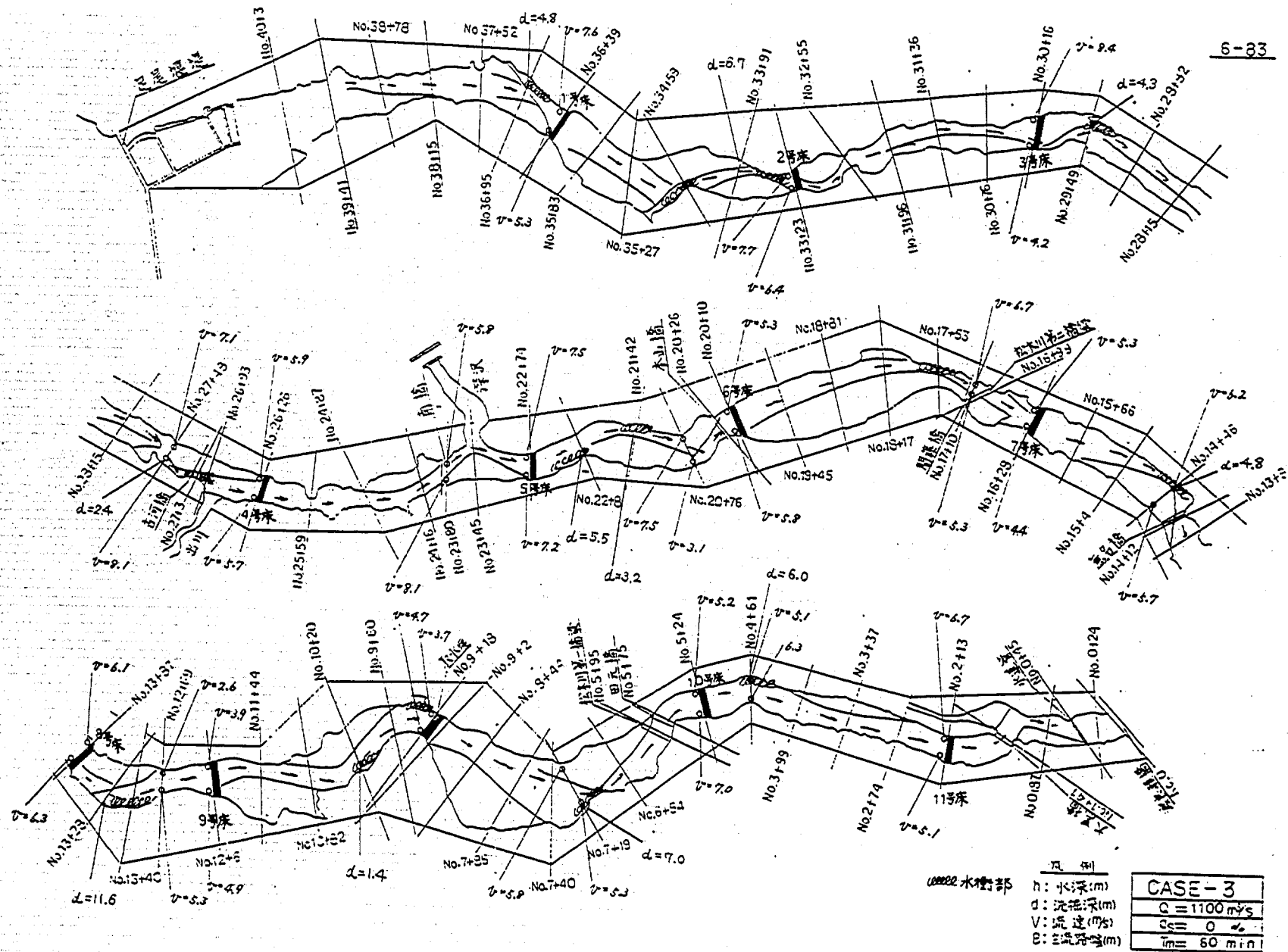


图 4-6 流況觀察平面図

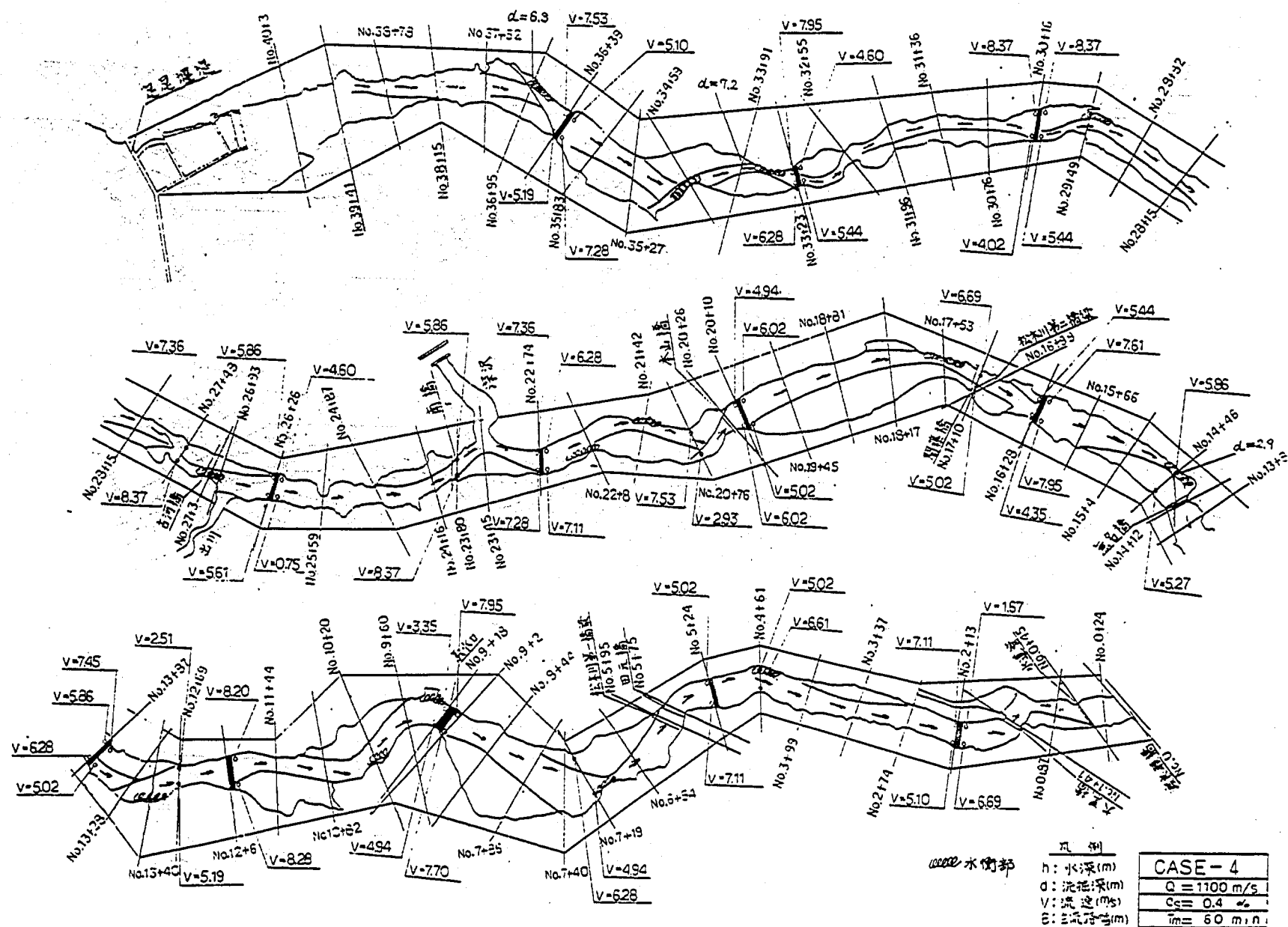


図 4 - 7 流況観察平面図

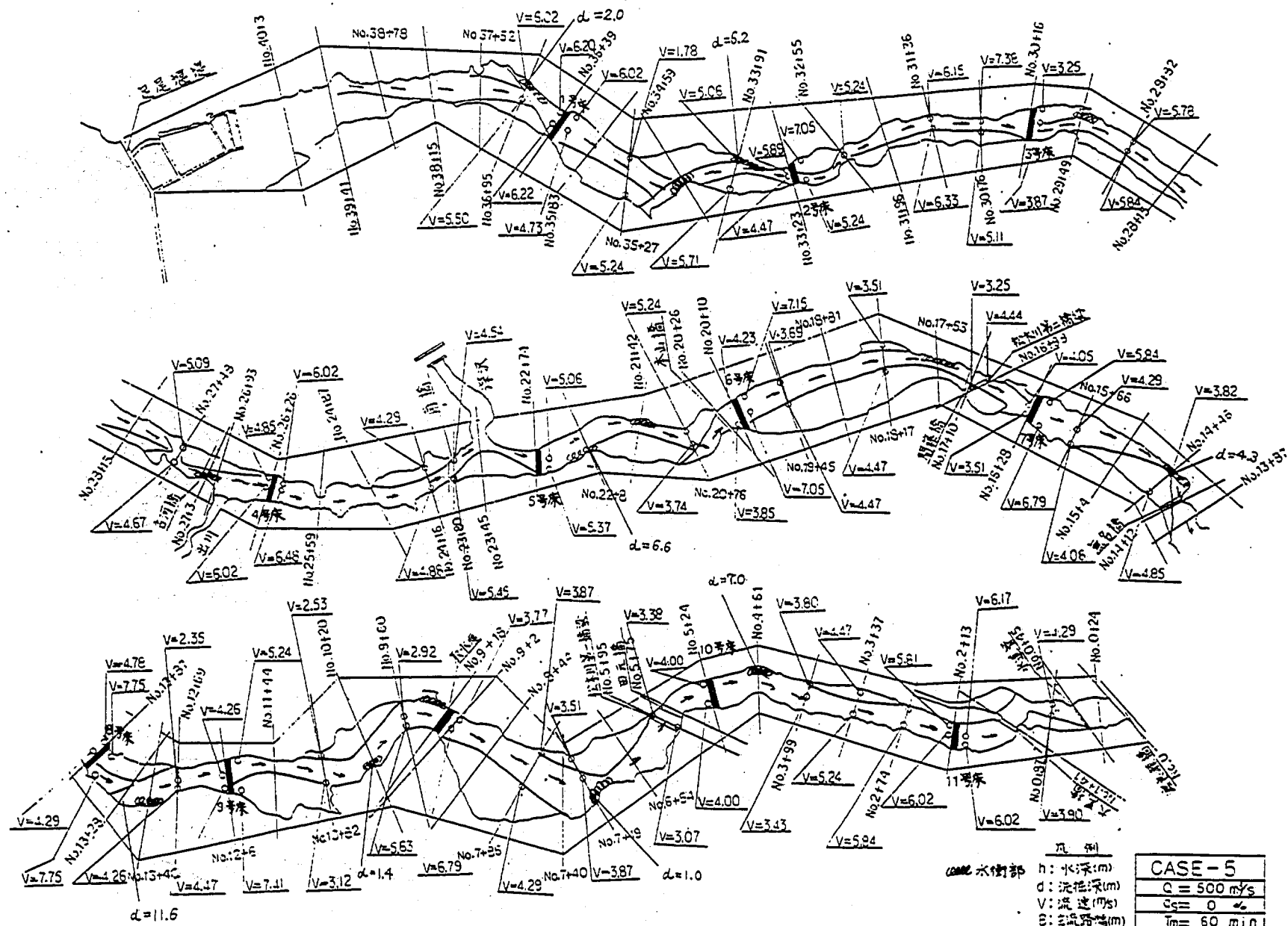
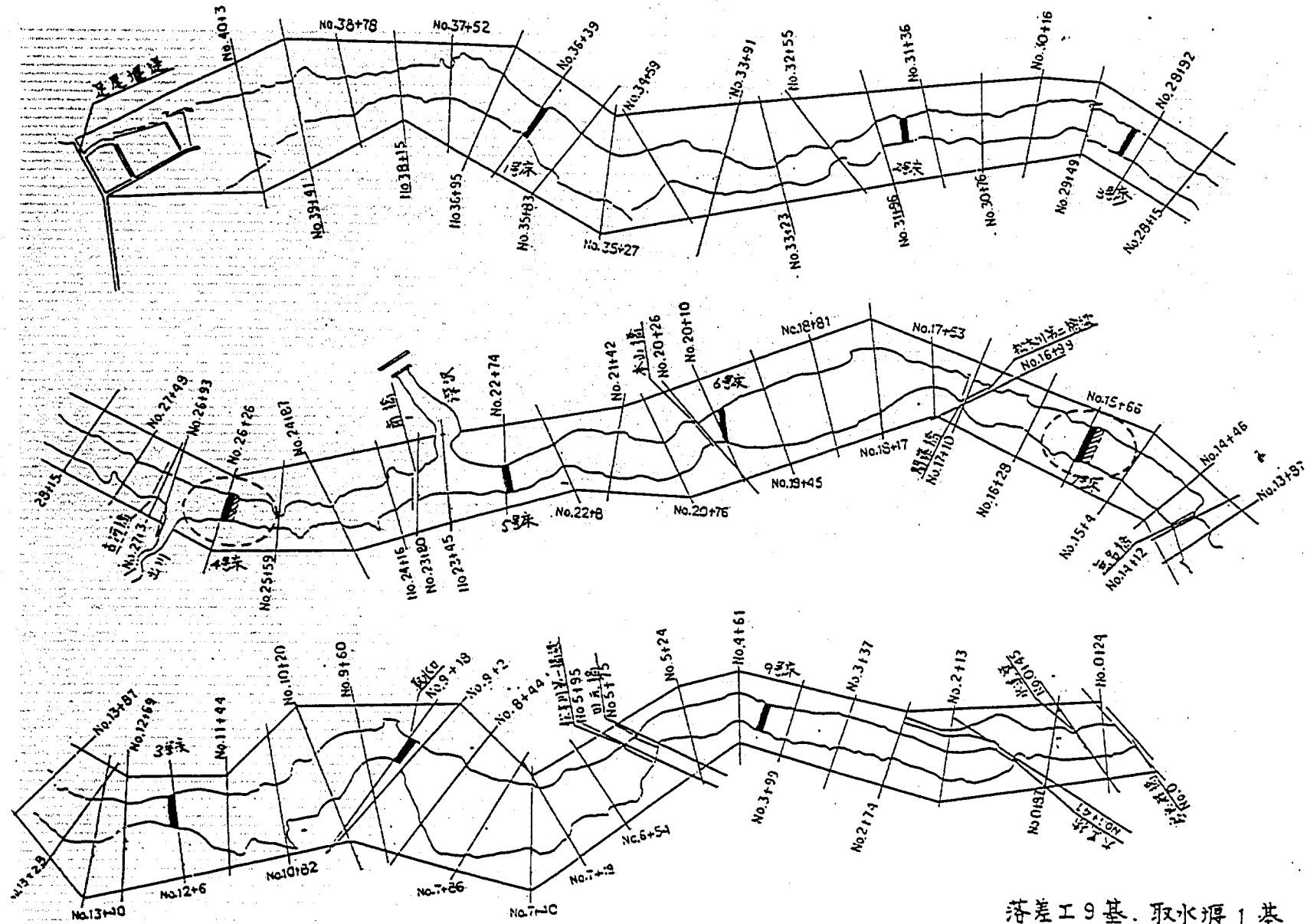


图 4-8 流況觀察平面図



落差工 9 基. 取水堰 1 基
4号.7号床固工に長さ15mの護床工を設置する。

図 4 - 9 平面図 (計画(2))

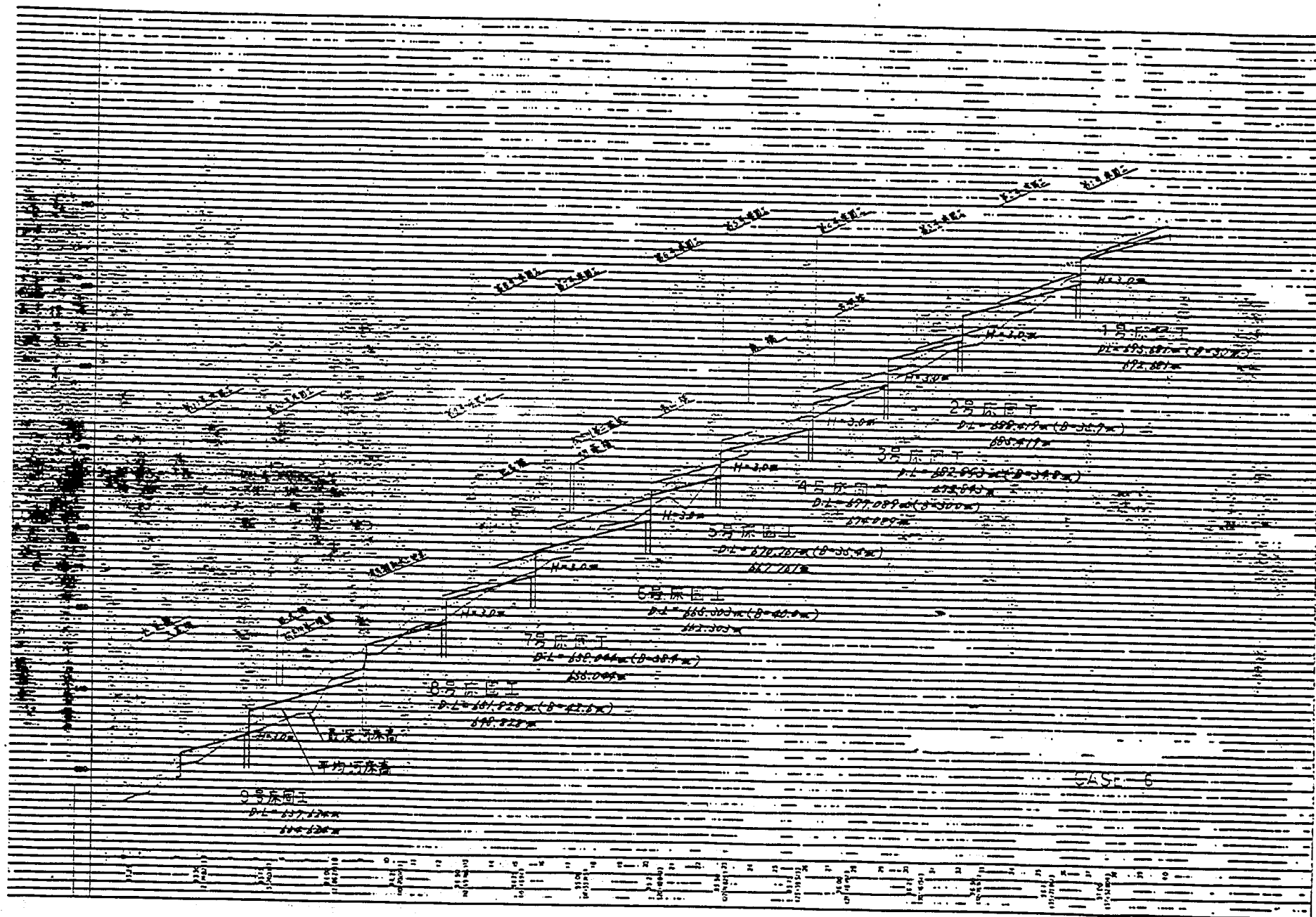


図 4-10 縦断面図 (計画②)

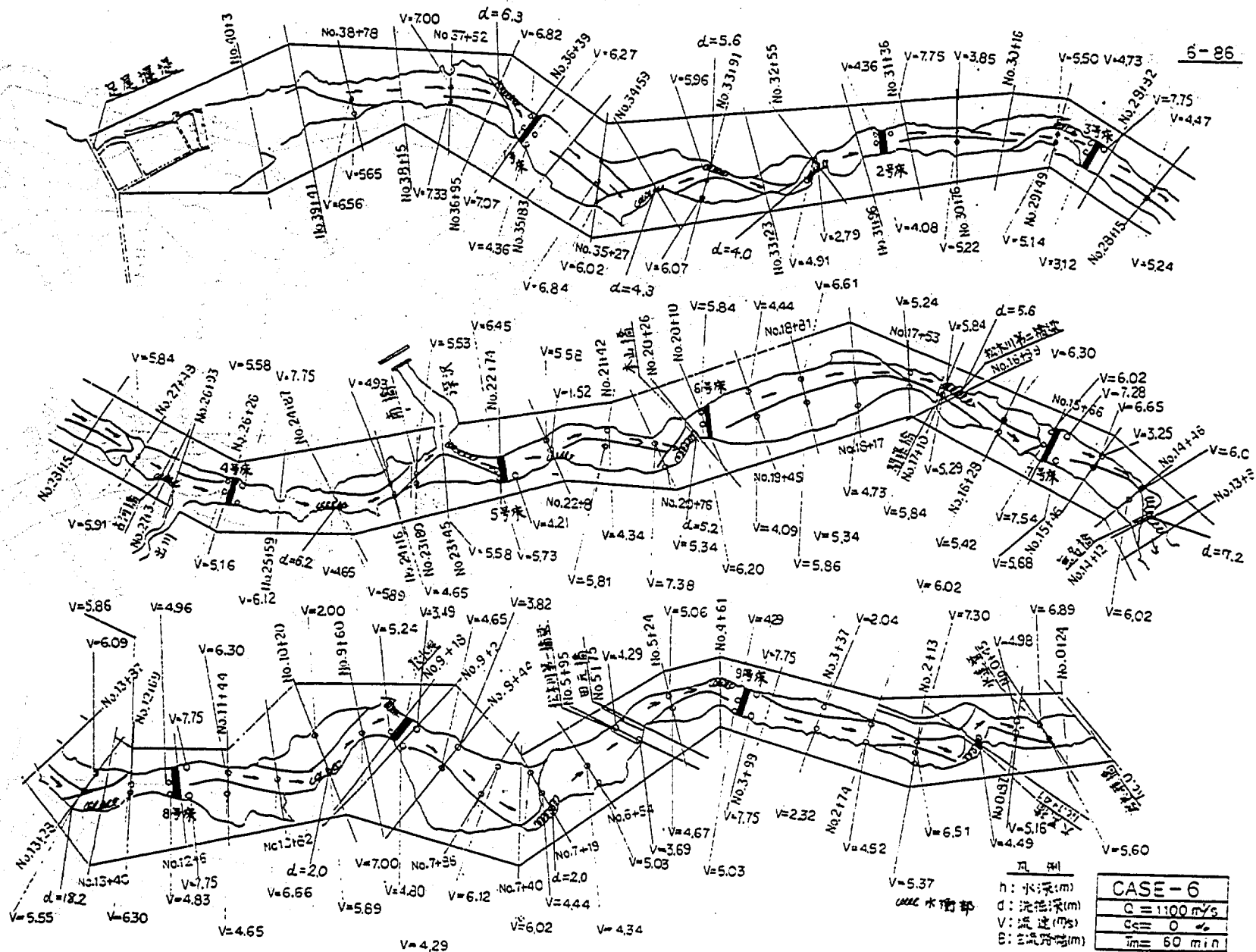
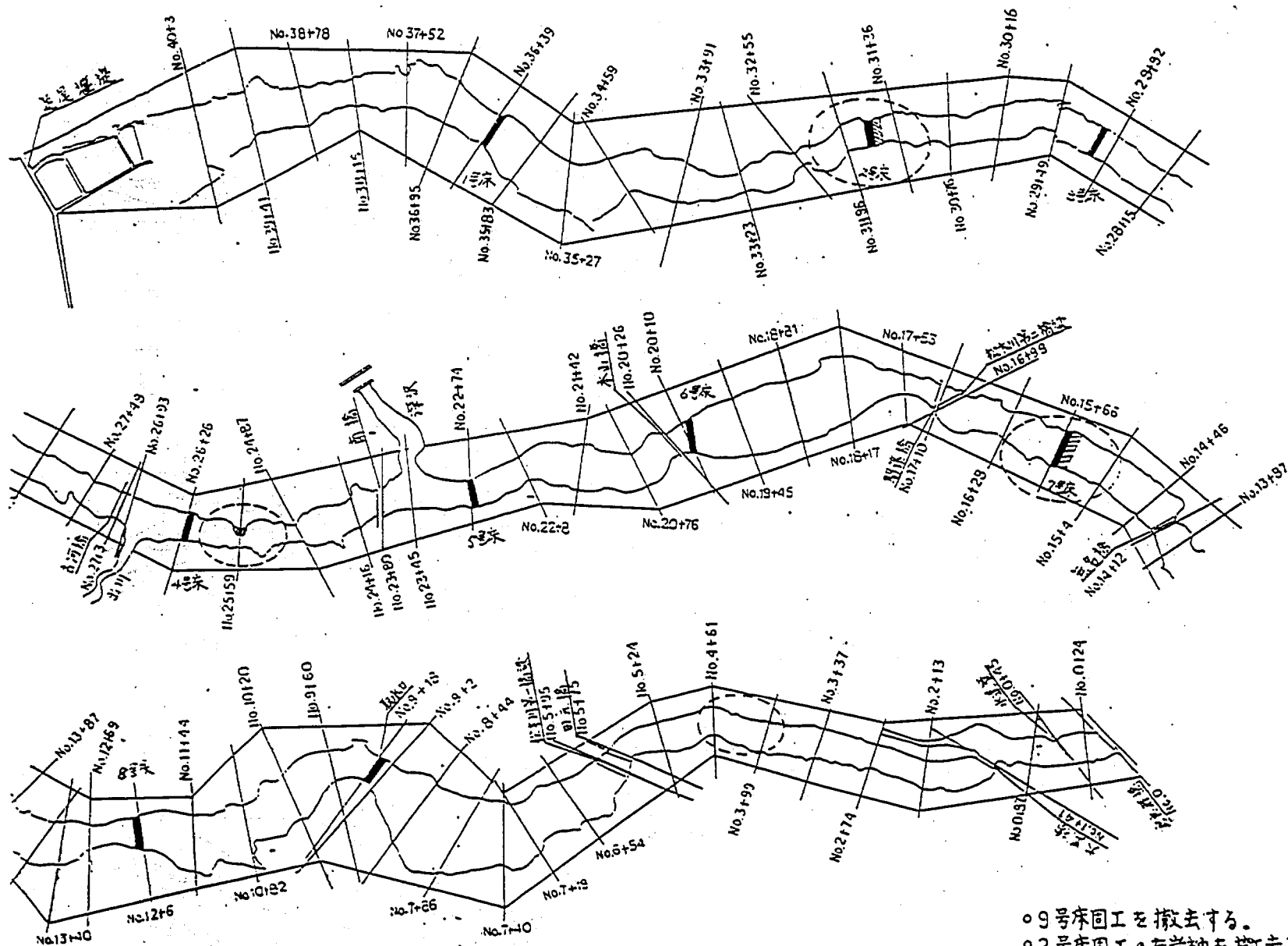
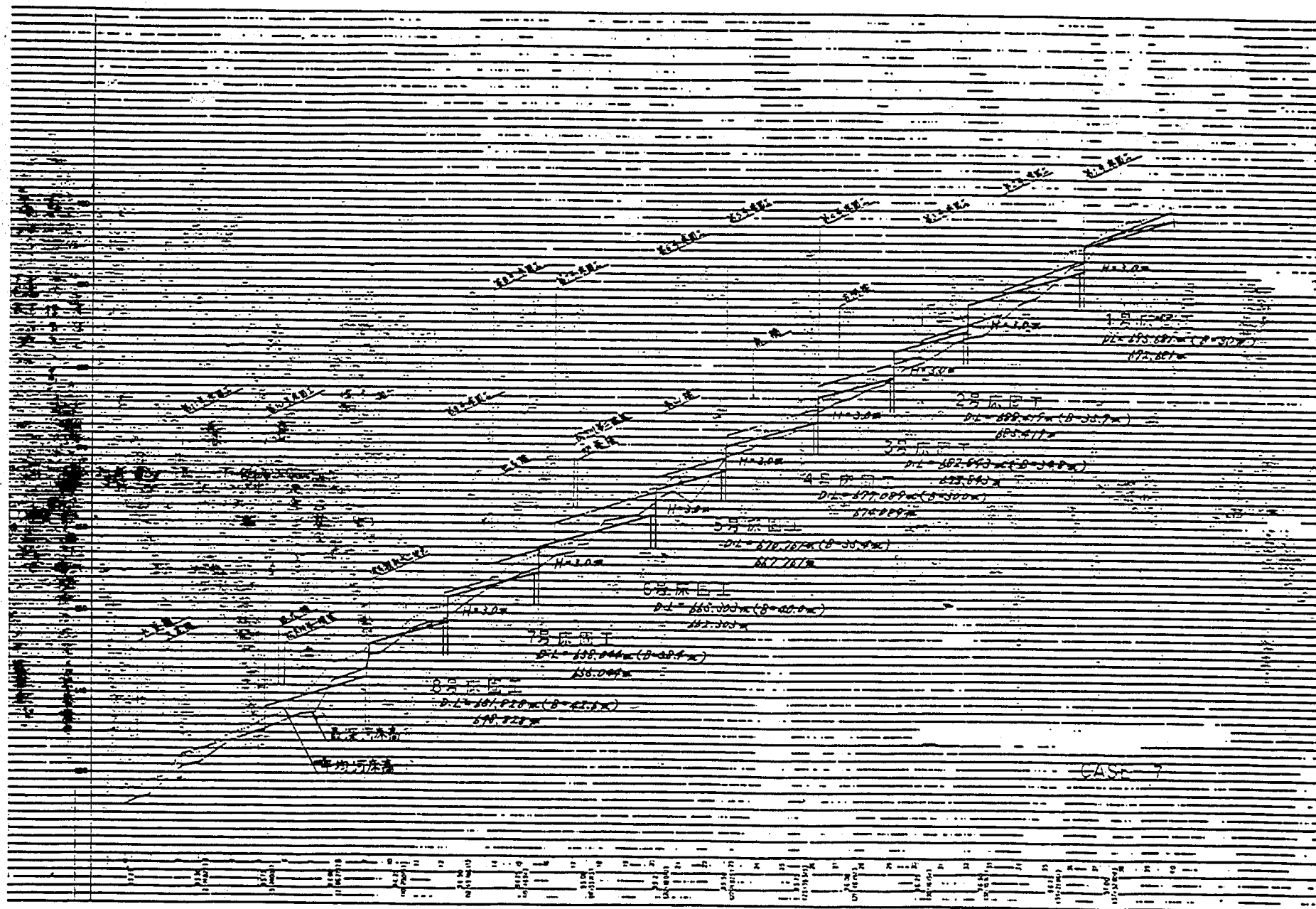


图 4-11 流況觀察平面図



- 9号床固工を撤去する。
- 2号床固工の右岸袖を撤去する。
- 護床工を2号、7号床固工に設置する。
- No.22,59地点の左岸側の岩を撤去する。

図 4-12 平面図 (計画(3))



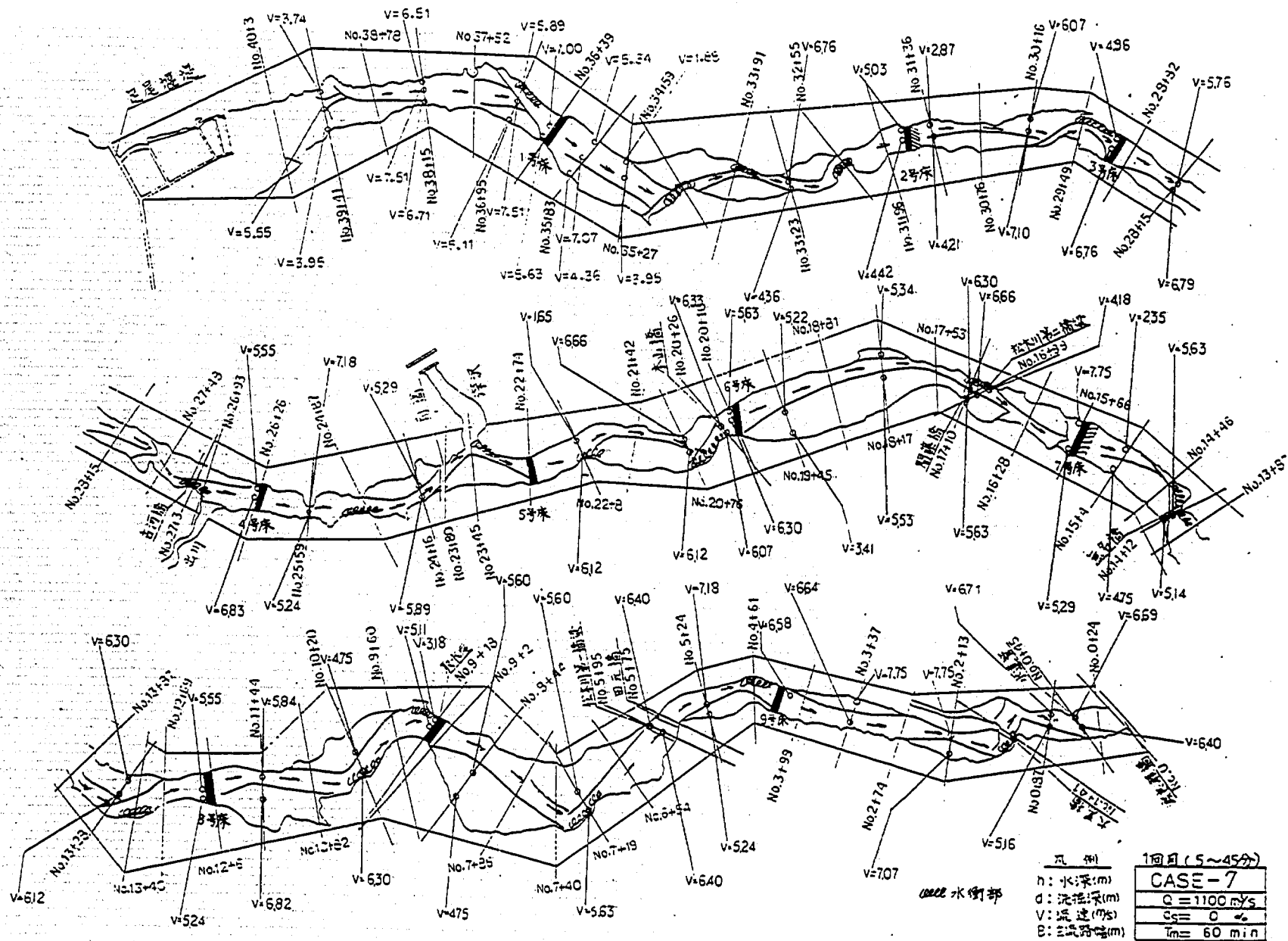


図 4-14(1) 流況観察平面図

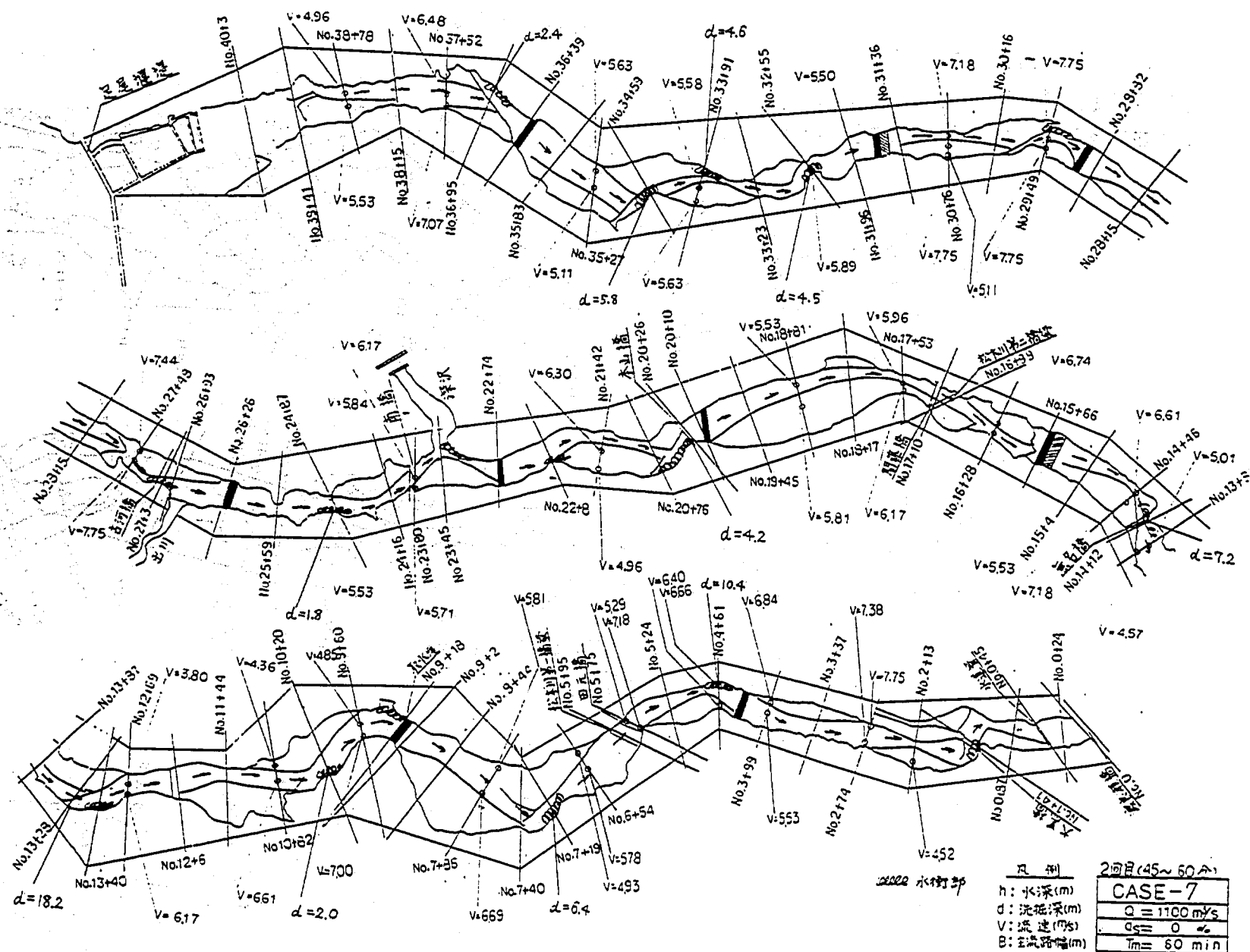
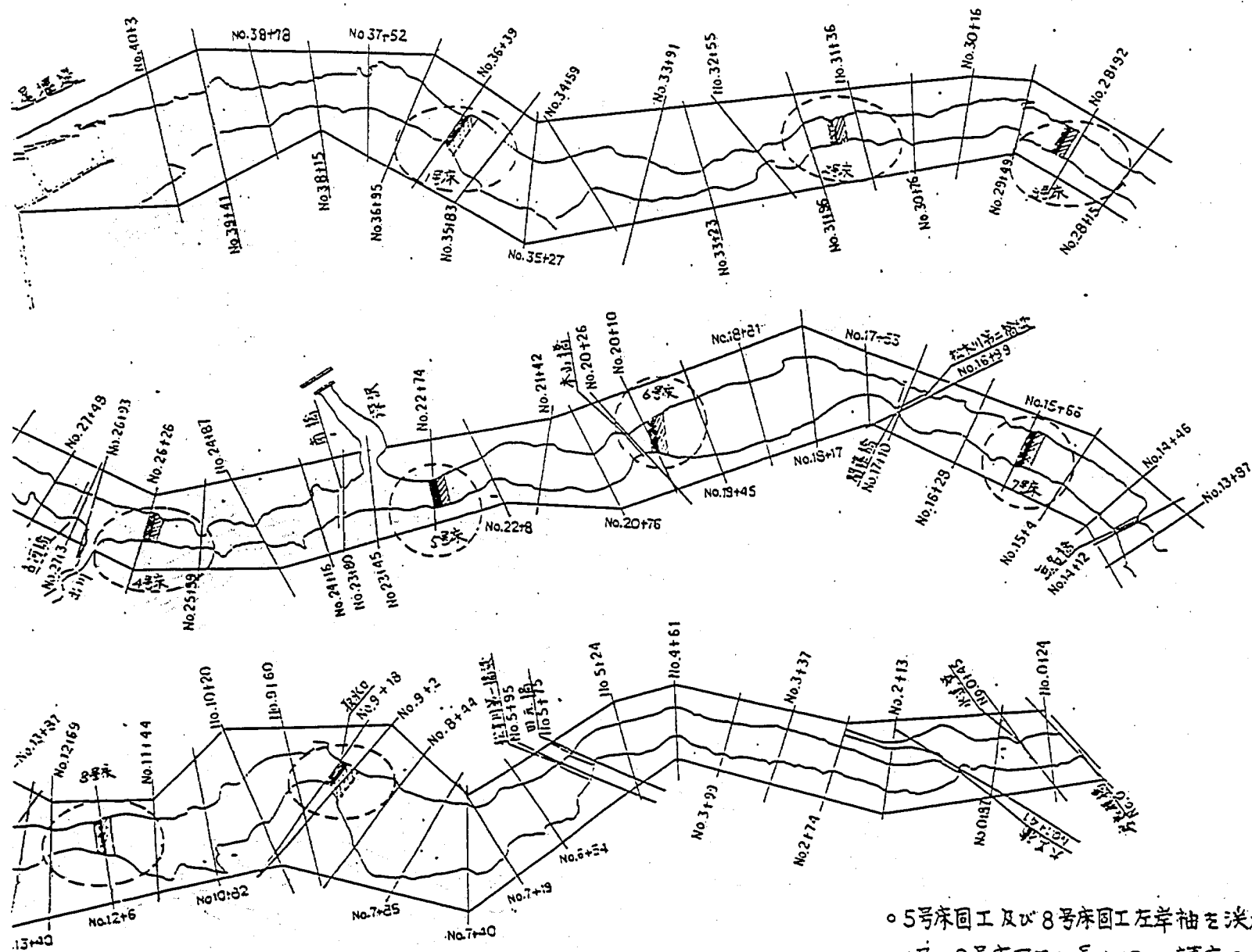
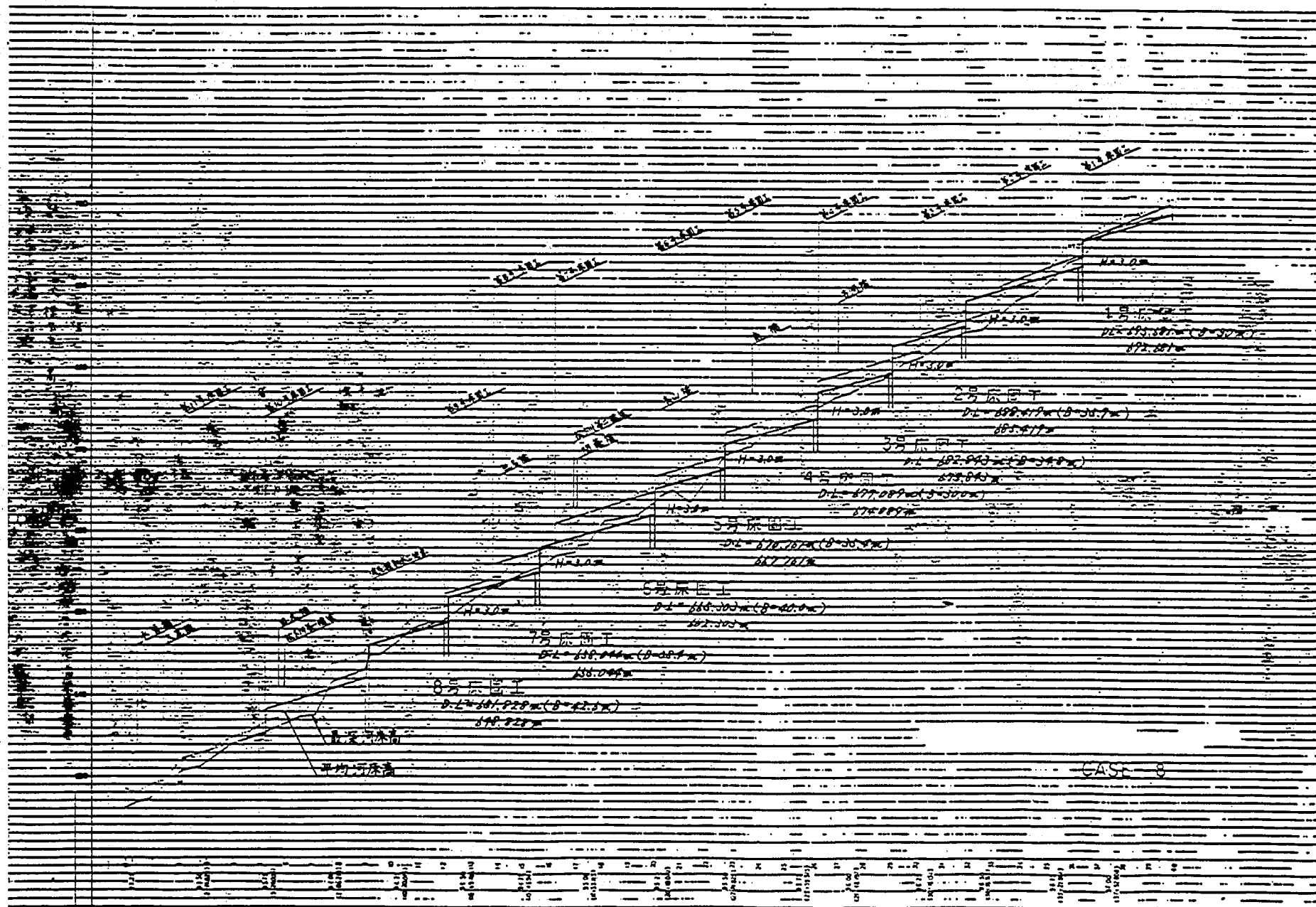


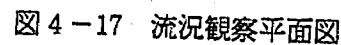
图 4-14(2) 流況觀察平面図



- 5号床固工及び8号床固工左岸袖を浚岸部分まで撤去
- 1号～8号床固工に長さ15mの護床工を設置する。
- 取水堰下流に30mの護床工を設置する。

図 4 - 15 平面図 (計画(3))





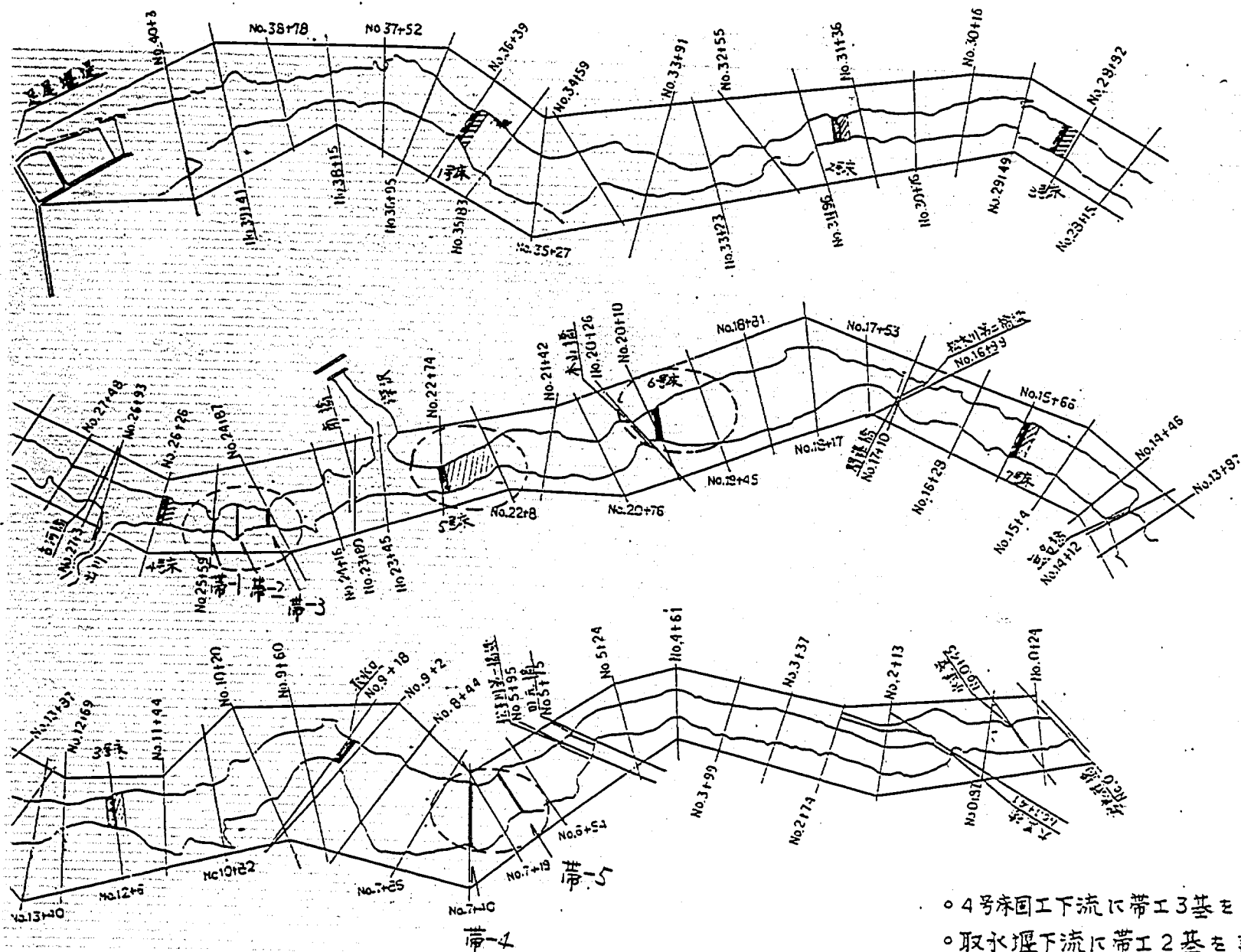


图 4-18 平面图 (計画(3))

- 4号床固工下流に帯工3基を設置する。
- 取水堰下流に帯工2基を設置する。
- 5号床固工の護床工をNo.22.8地点まで延長
6号床固工の護床工を撤去する。

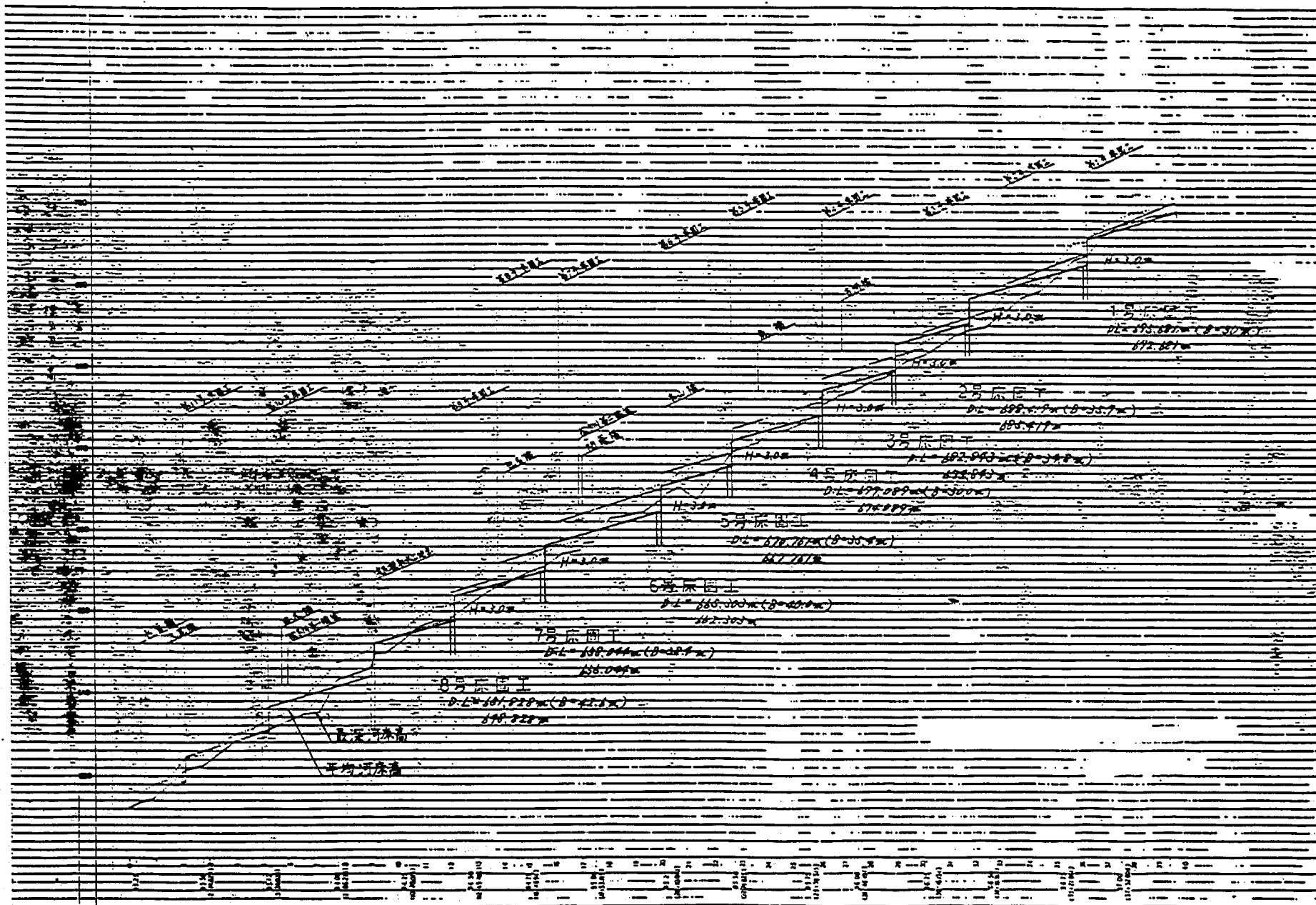


図 4-19 縦断面図 (計画(3))

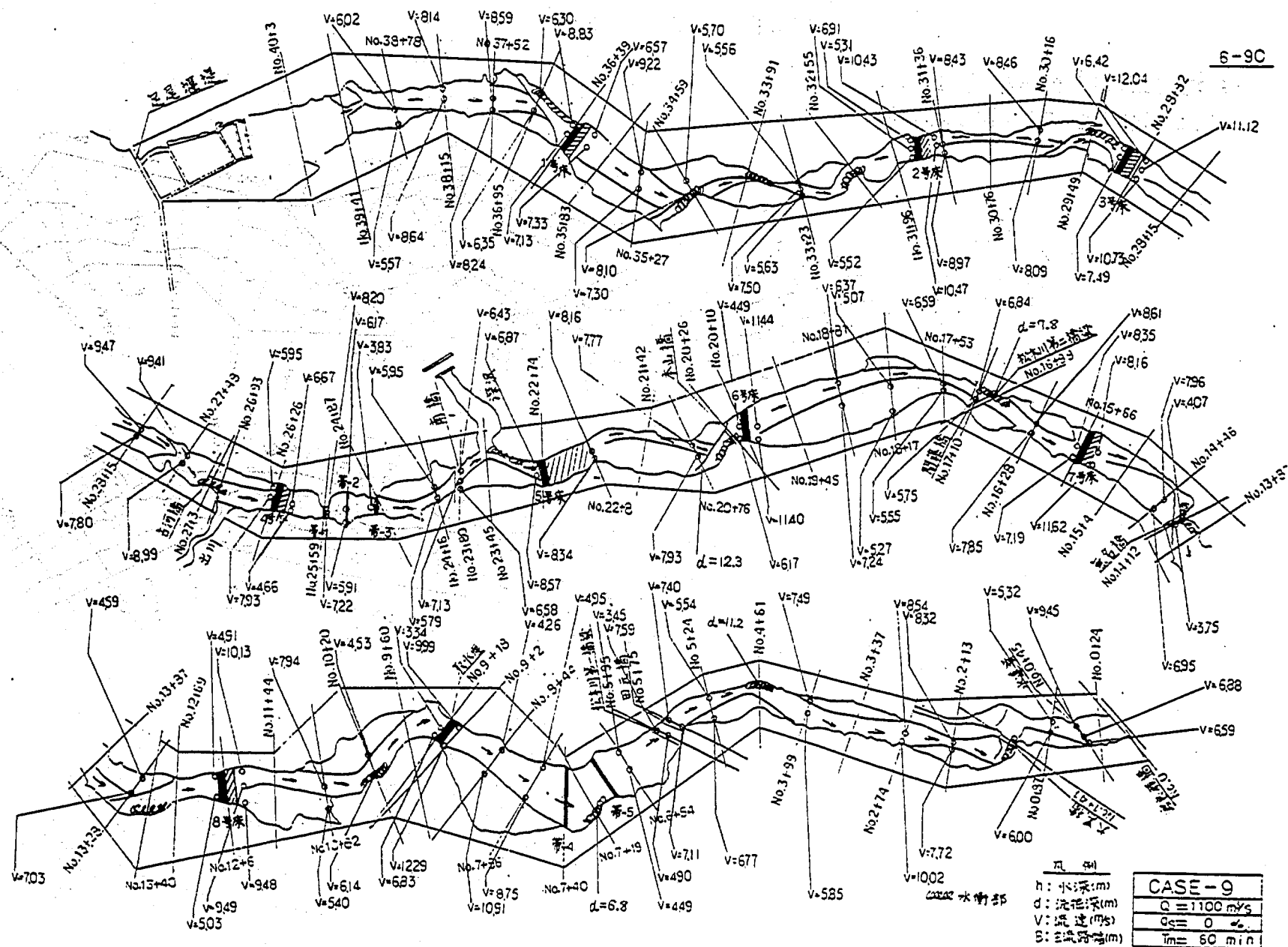
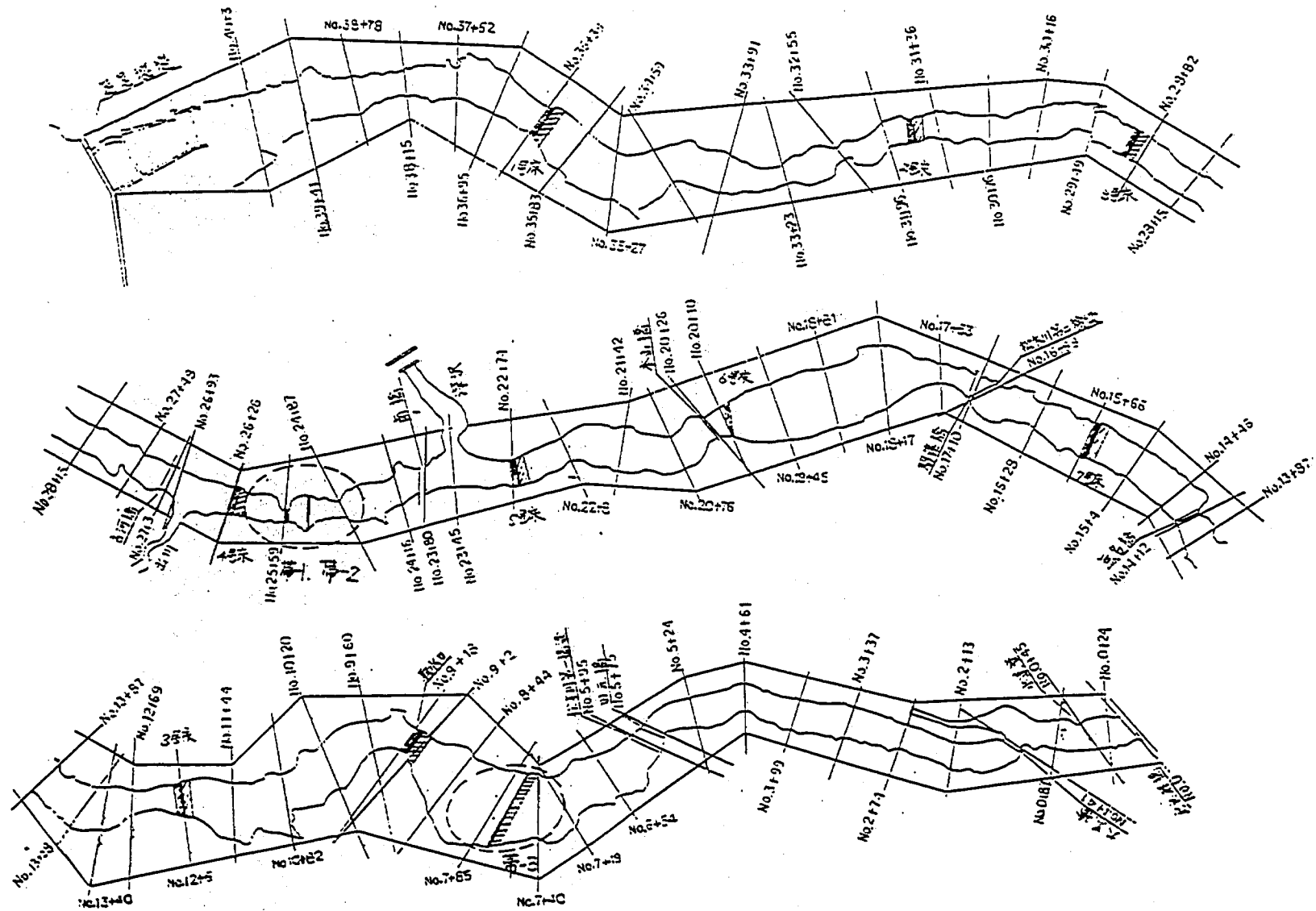


图 4-20 流況觀察平面图



- 4号床園工下流の帯工1基を撤去する。
- 取水堰下流に帯工1基を設置する(長さ15mの護岸)

図 4 - 21 平面図 (計画(3))

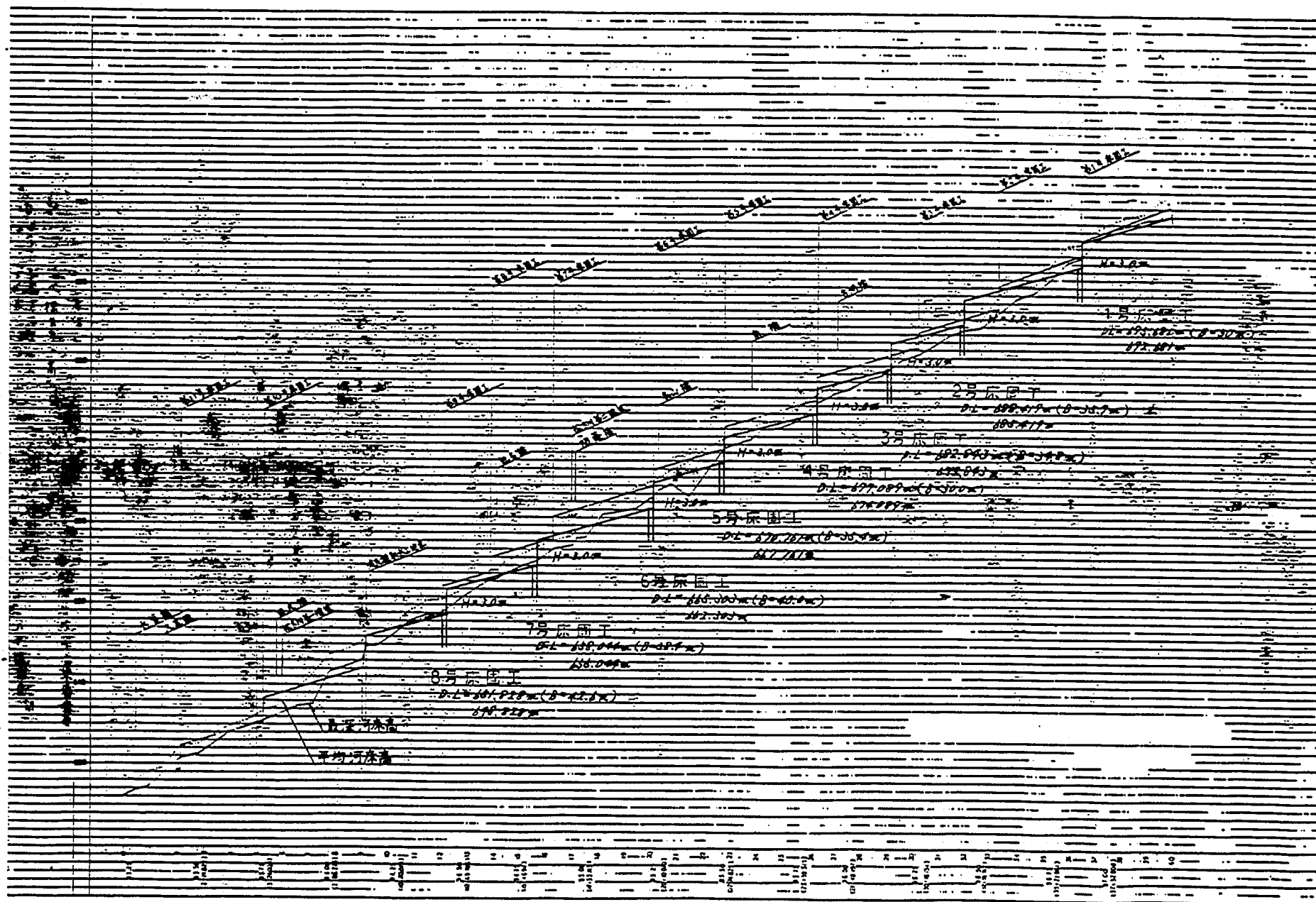


図 4-22 縦断図 (計画(3))

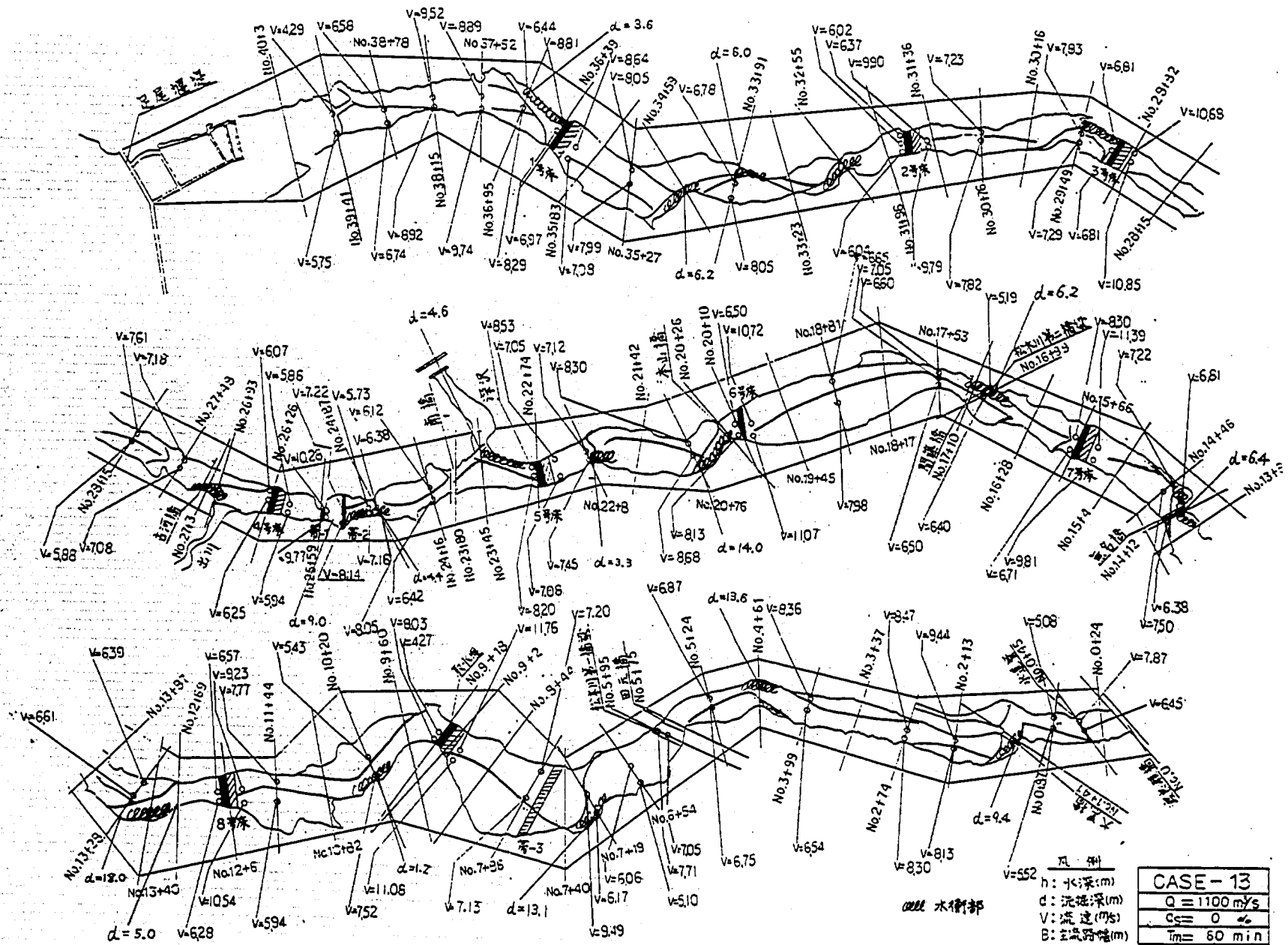
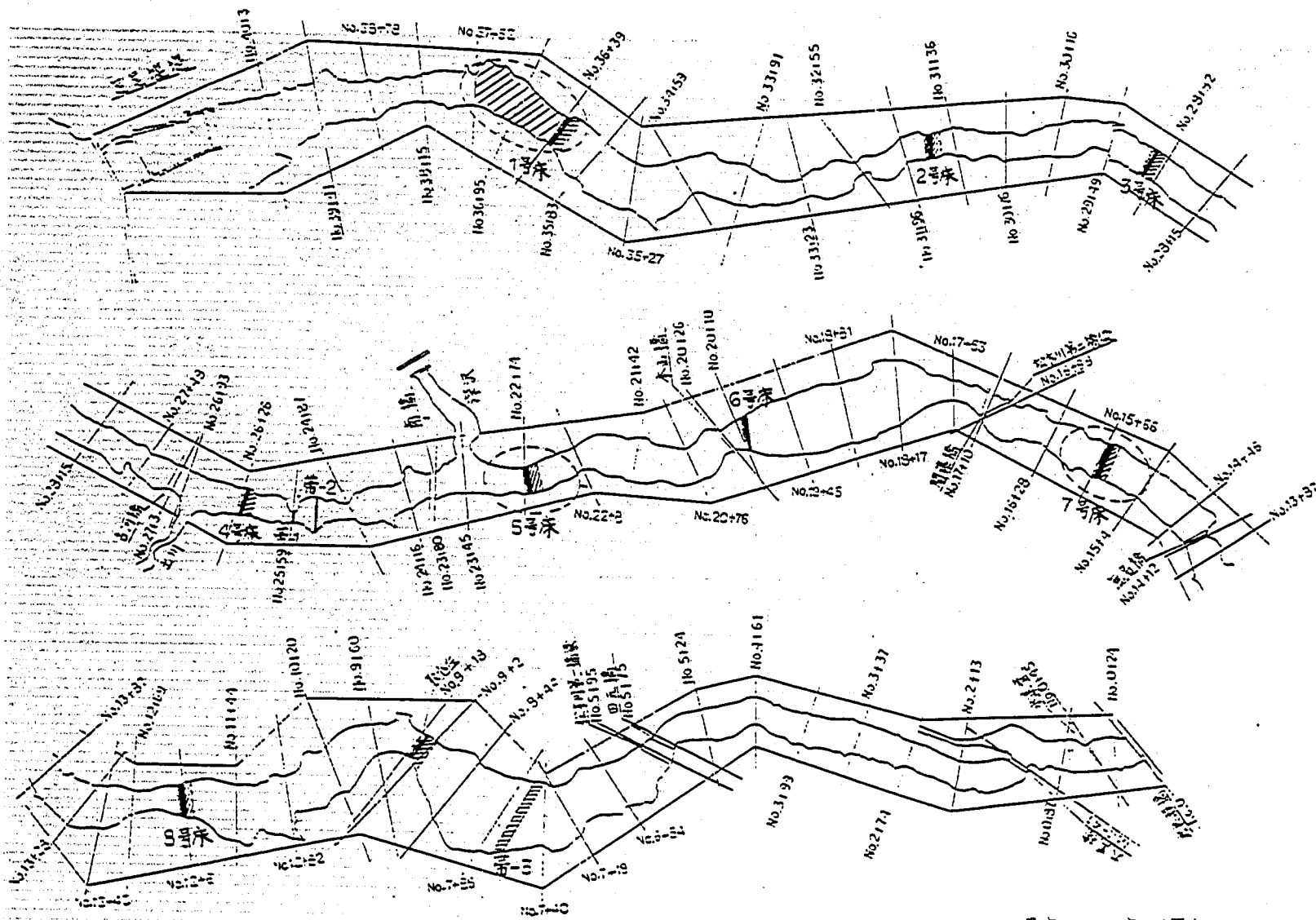
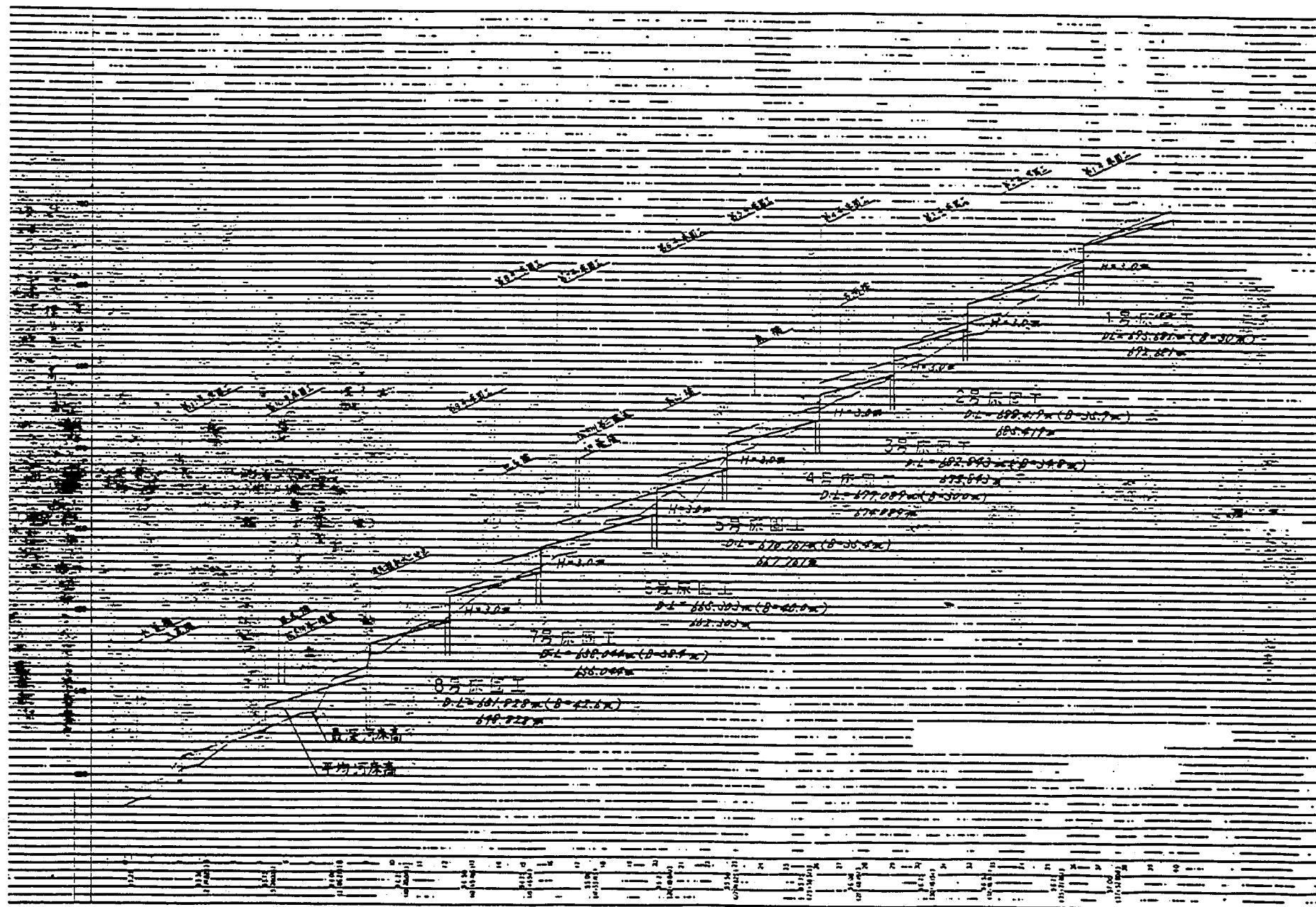


图 4-23 流況觀察平面図



- 7号床固工下流の護床工を長さ10mにする。
- 1号床固工上流の河底整正を行なう。
- 5号床固工前庭部の護床工を長さ15mにする。

図 4-24 平面図 (計画(3))



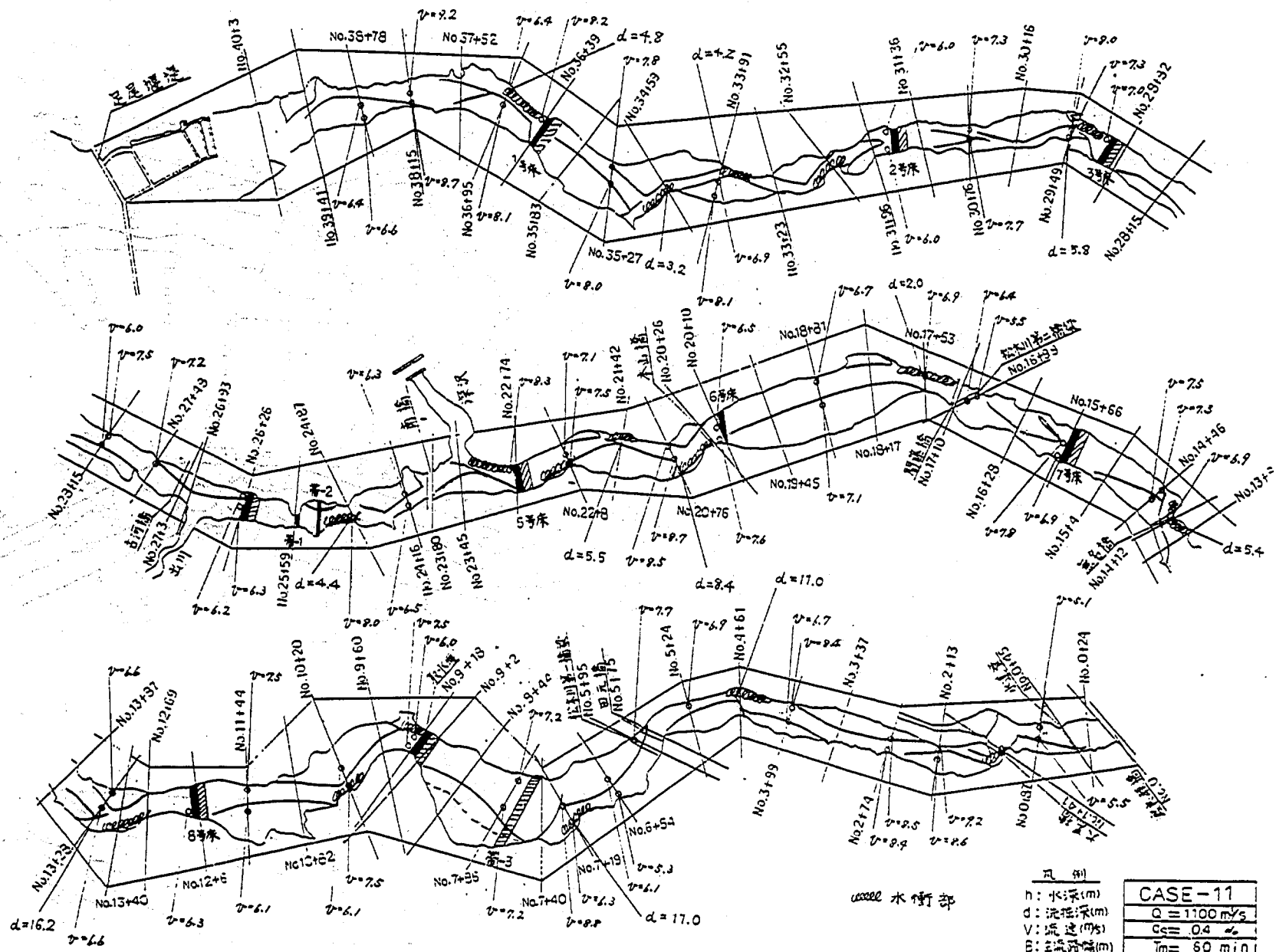
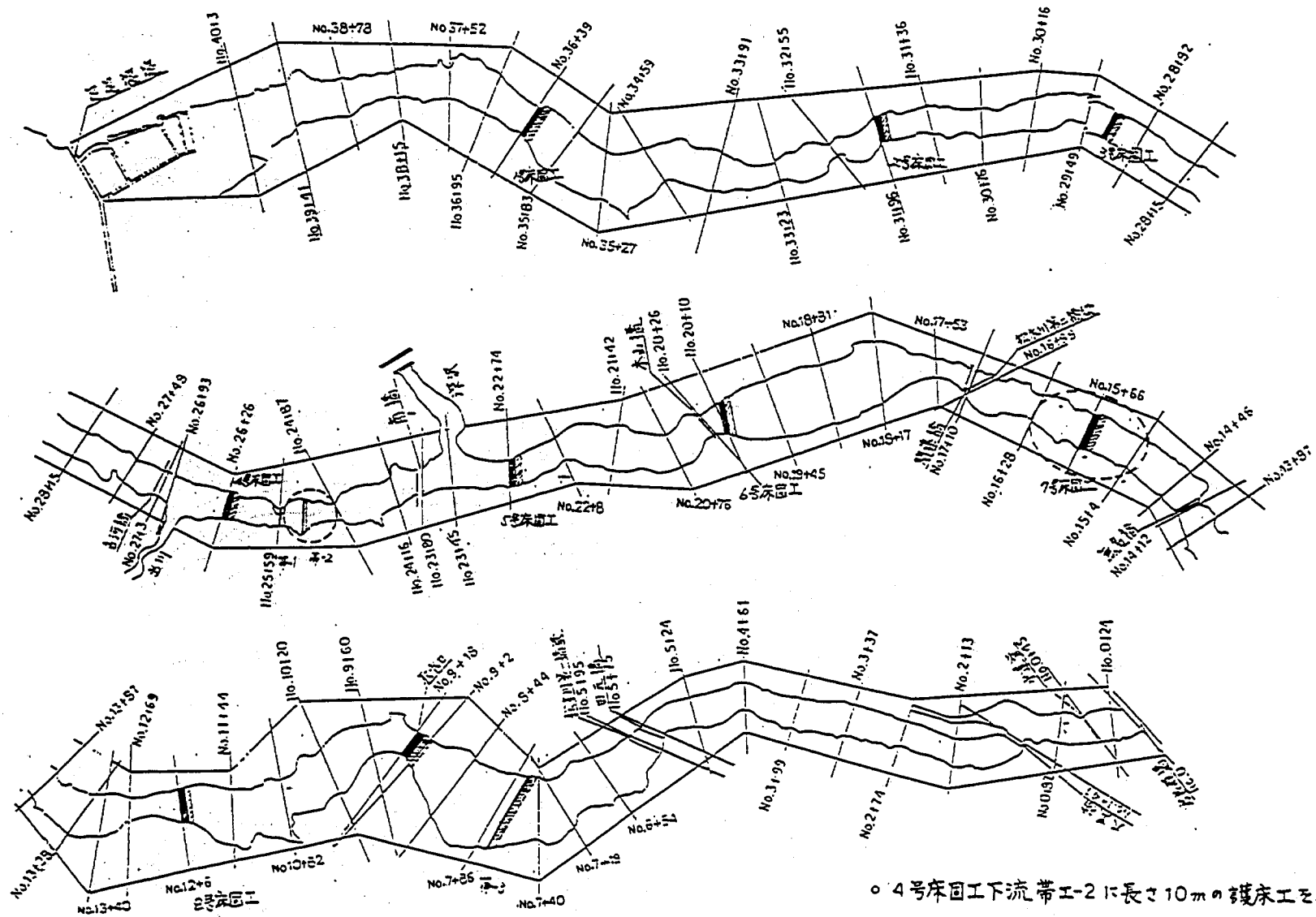


图 4-26 流況觀察平面図



- 4号床回工下流帯工-2に長さ10mの護床工を設置する。
- 7号床回工下流の護床工を15mにする。

図 4-27 平面図 (計画(3))

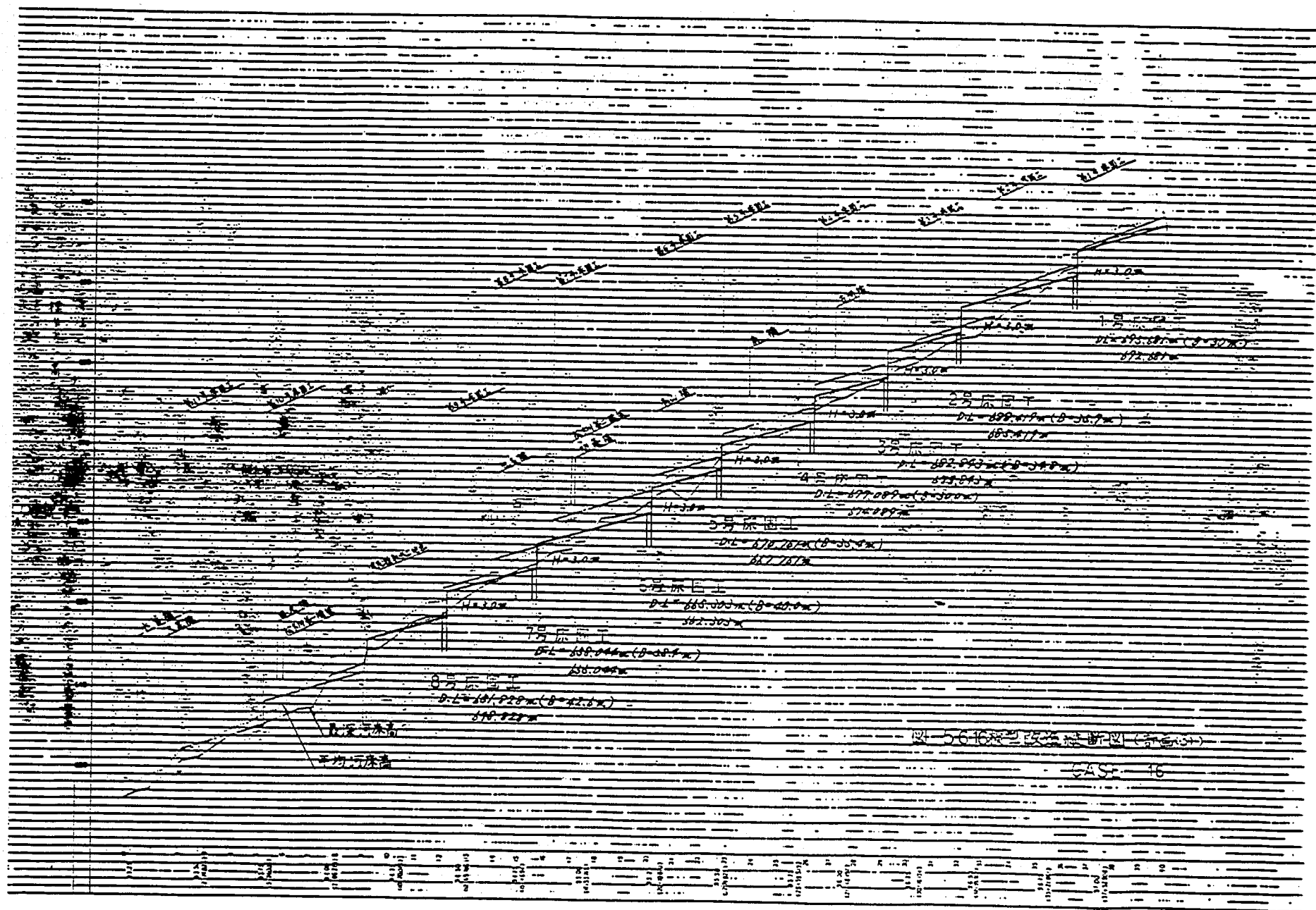


图 4-28 縱断面图 (計畫(3))

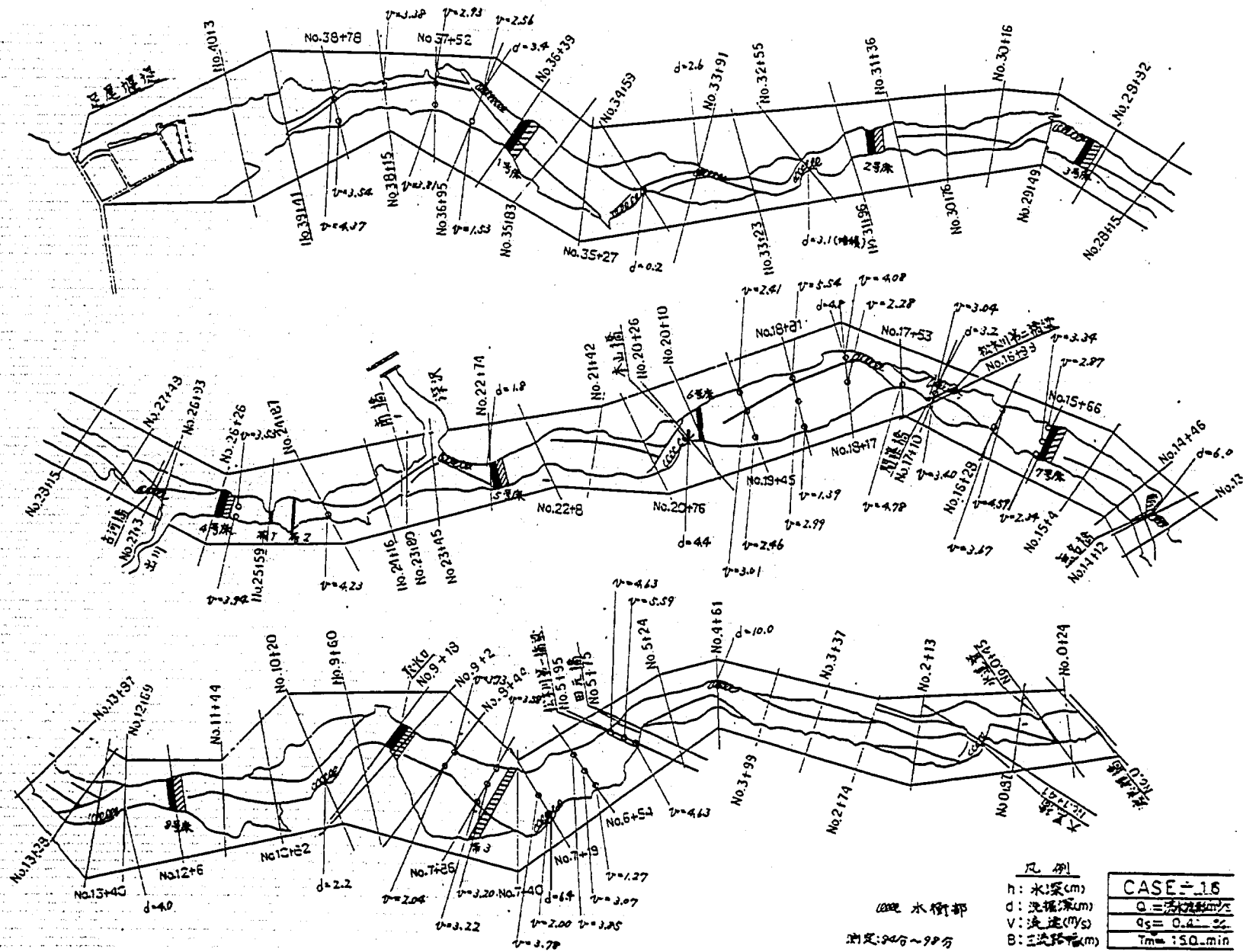
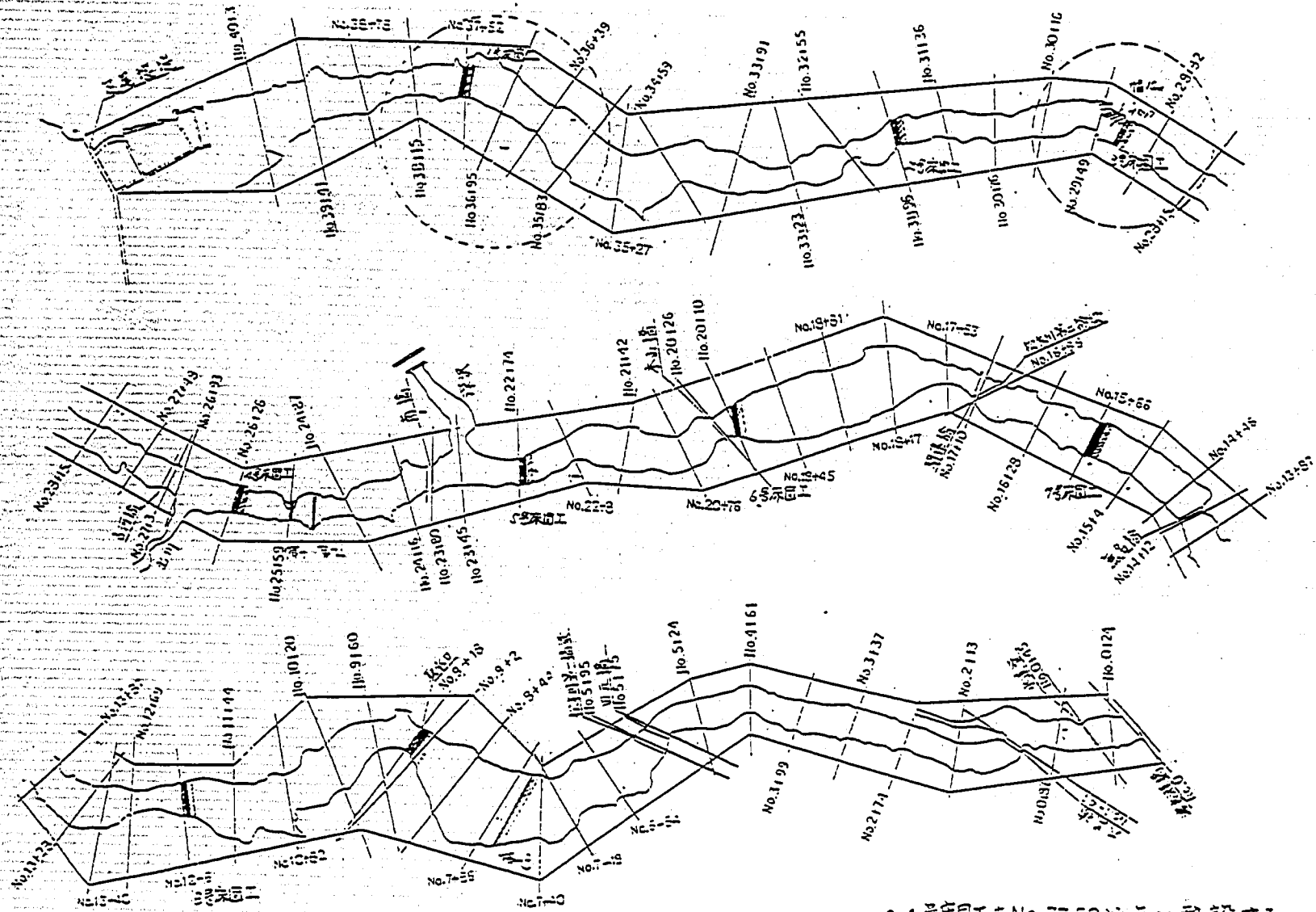


図 4-29 流況観察平面図



- 1号床回工をNo.37.52地点に移設する。
- 3号床回工上流き半割に根回工を設置する。

図4-30 平面図 (計画(4))

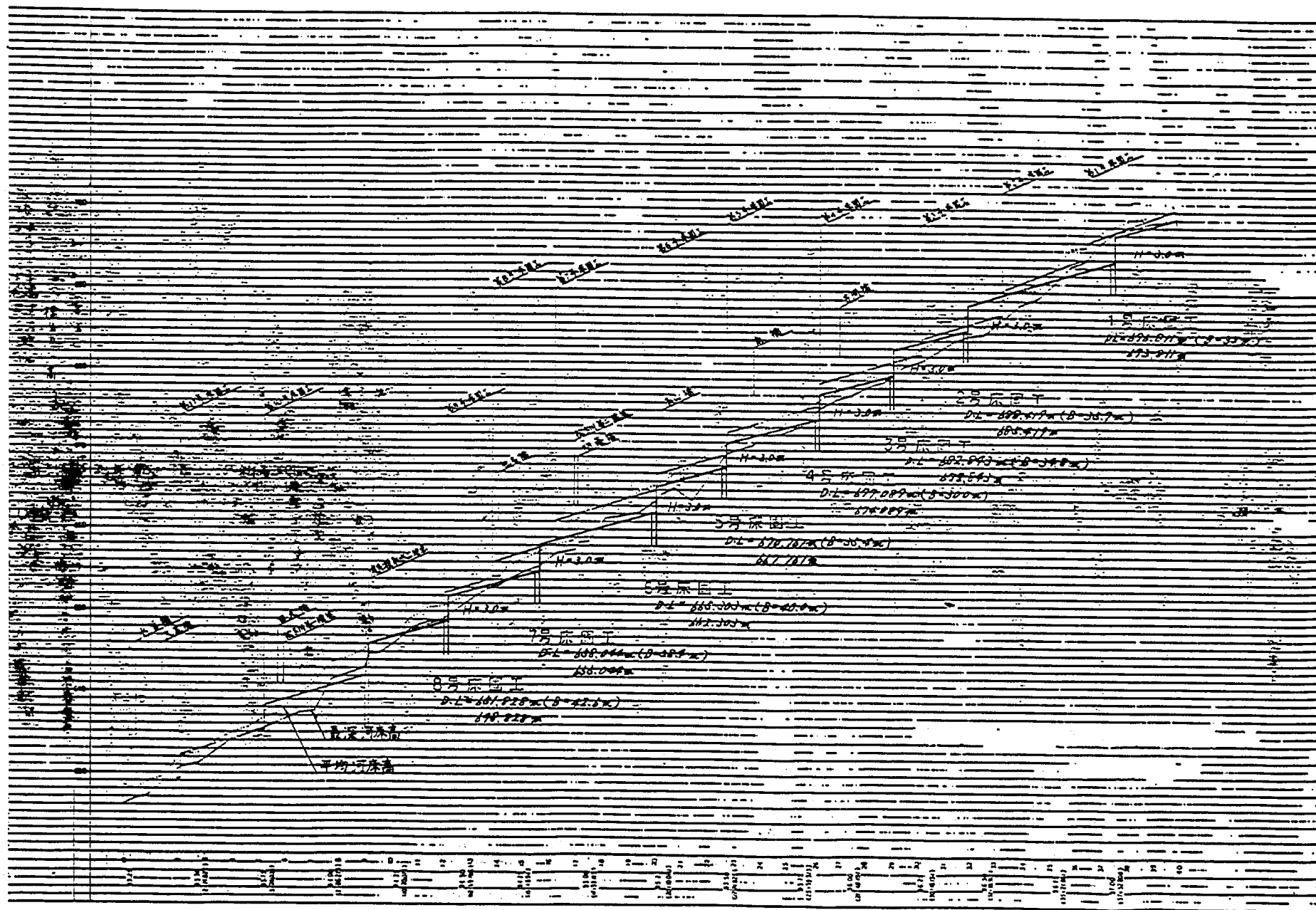


図4-31 縦断面図 (計画(4))

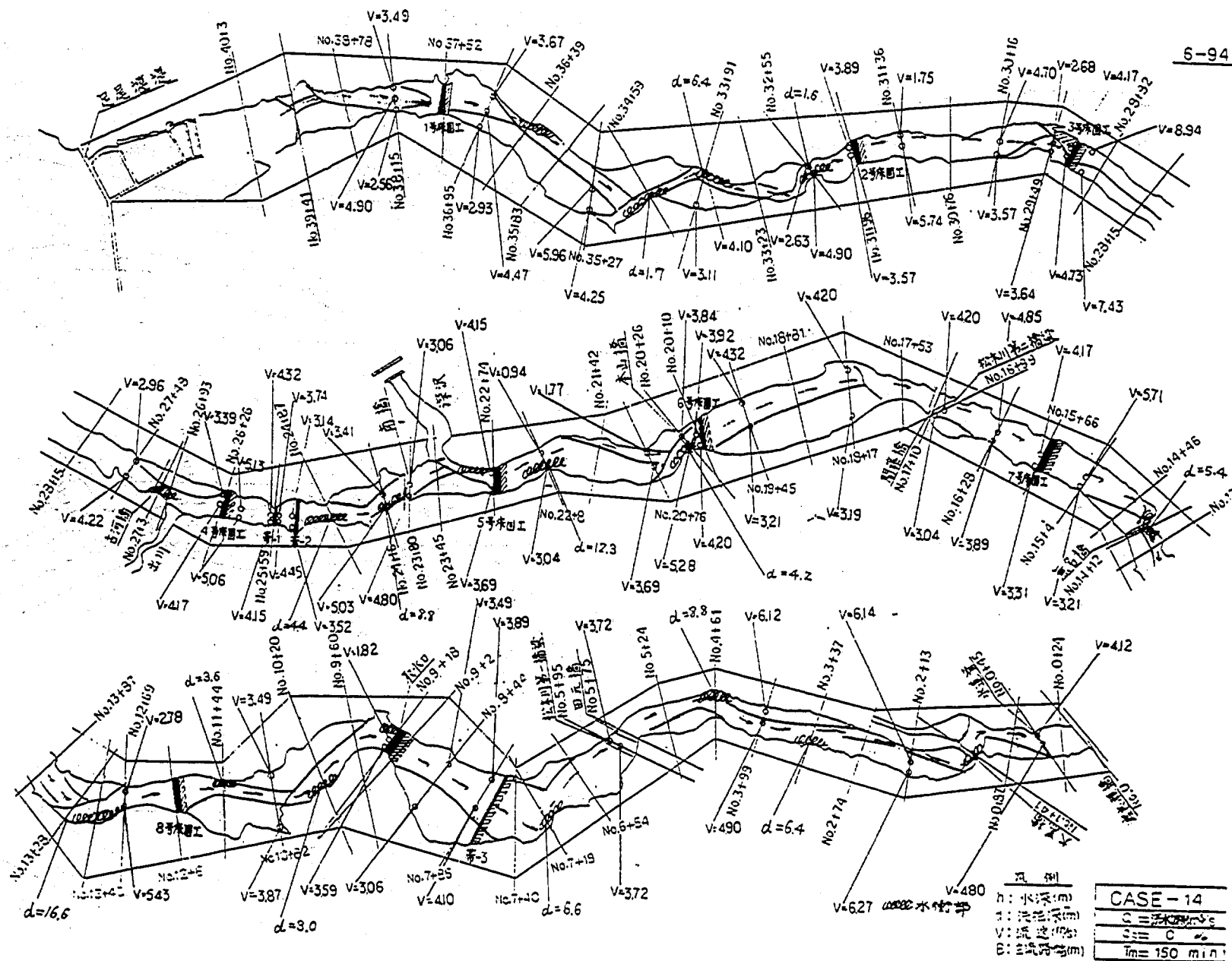
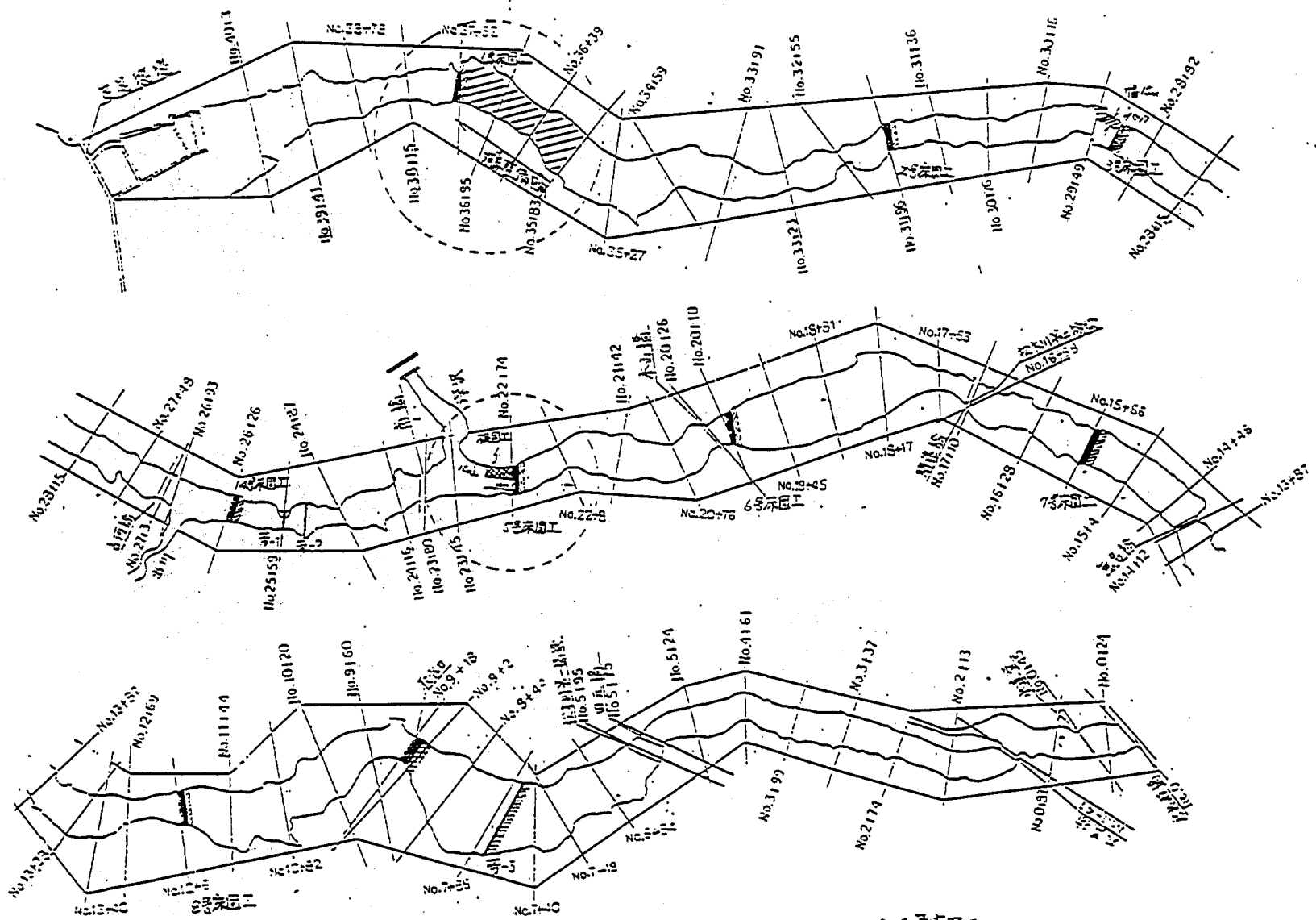
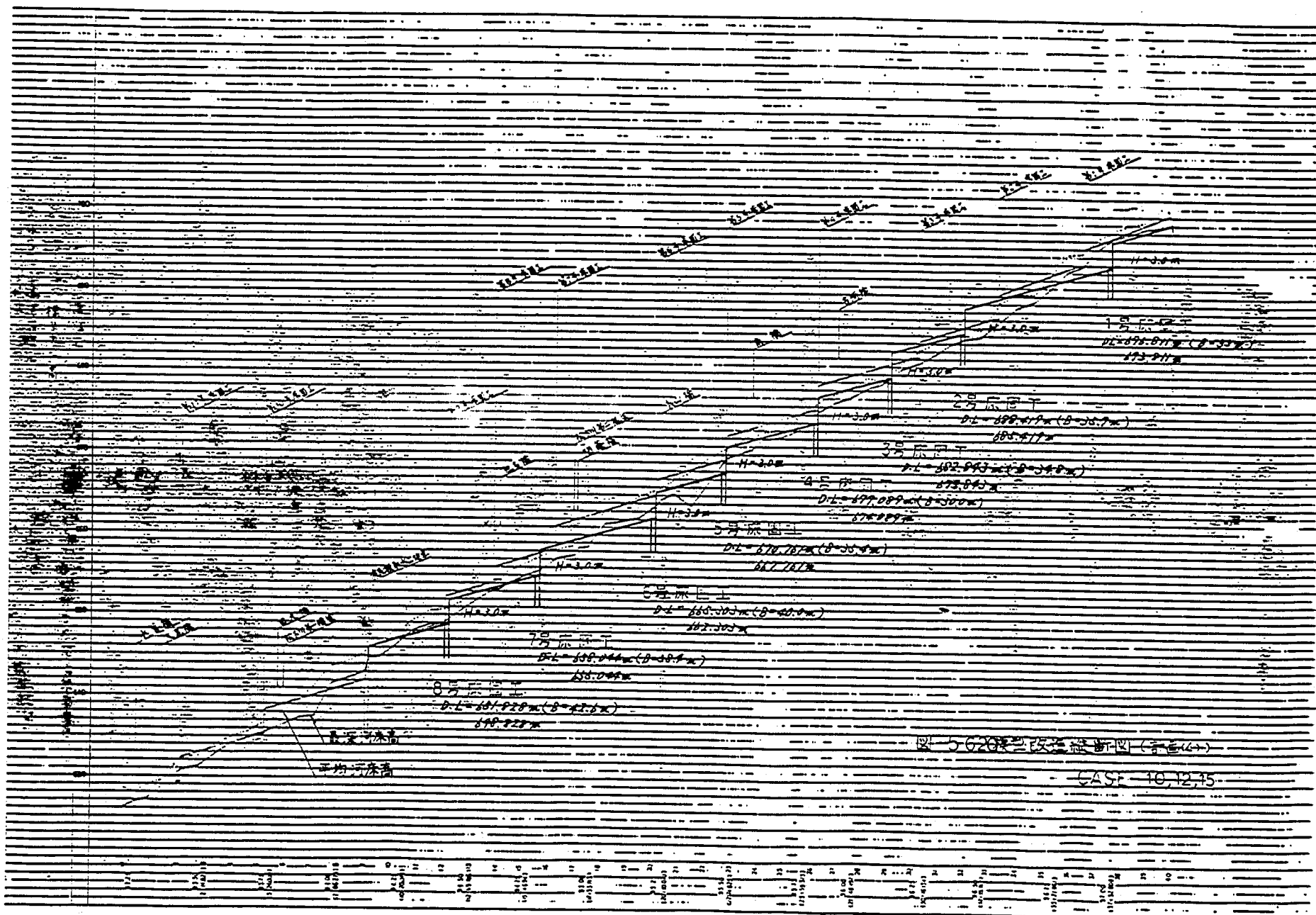


图 4-32 流況觀察平面图



- 1号床固工～No.35.83地点間の河道を整正する。
- 5号床固工上流左岸側に根固工を設置する。

図 4-33 平面図 (計画(4))



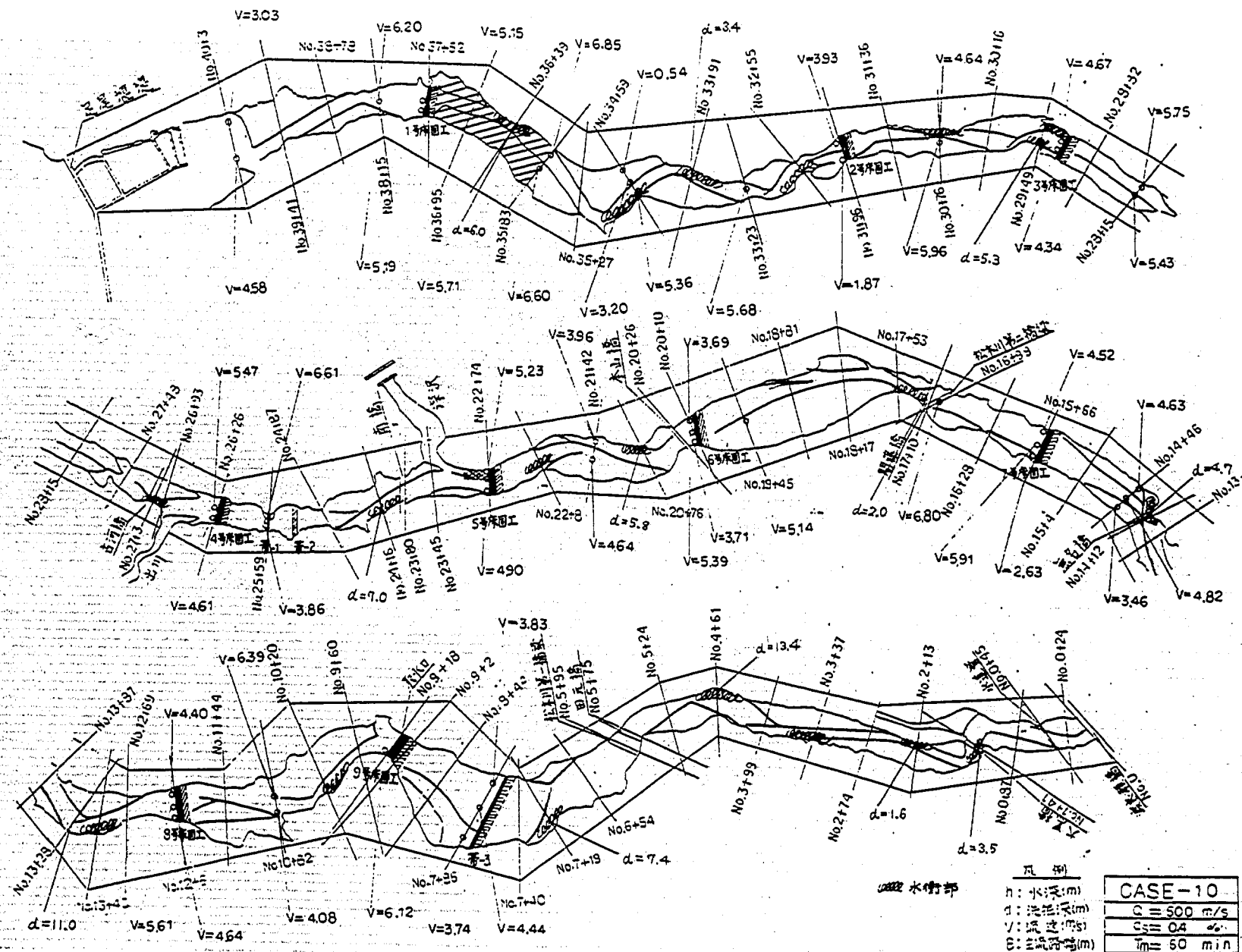


图 4-35 流況觀察平面図

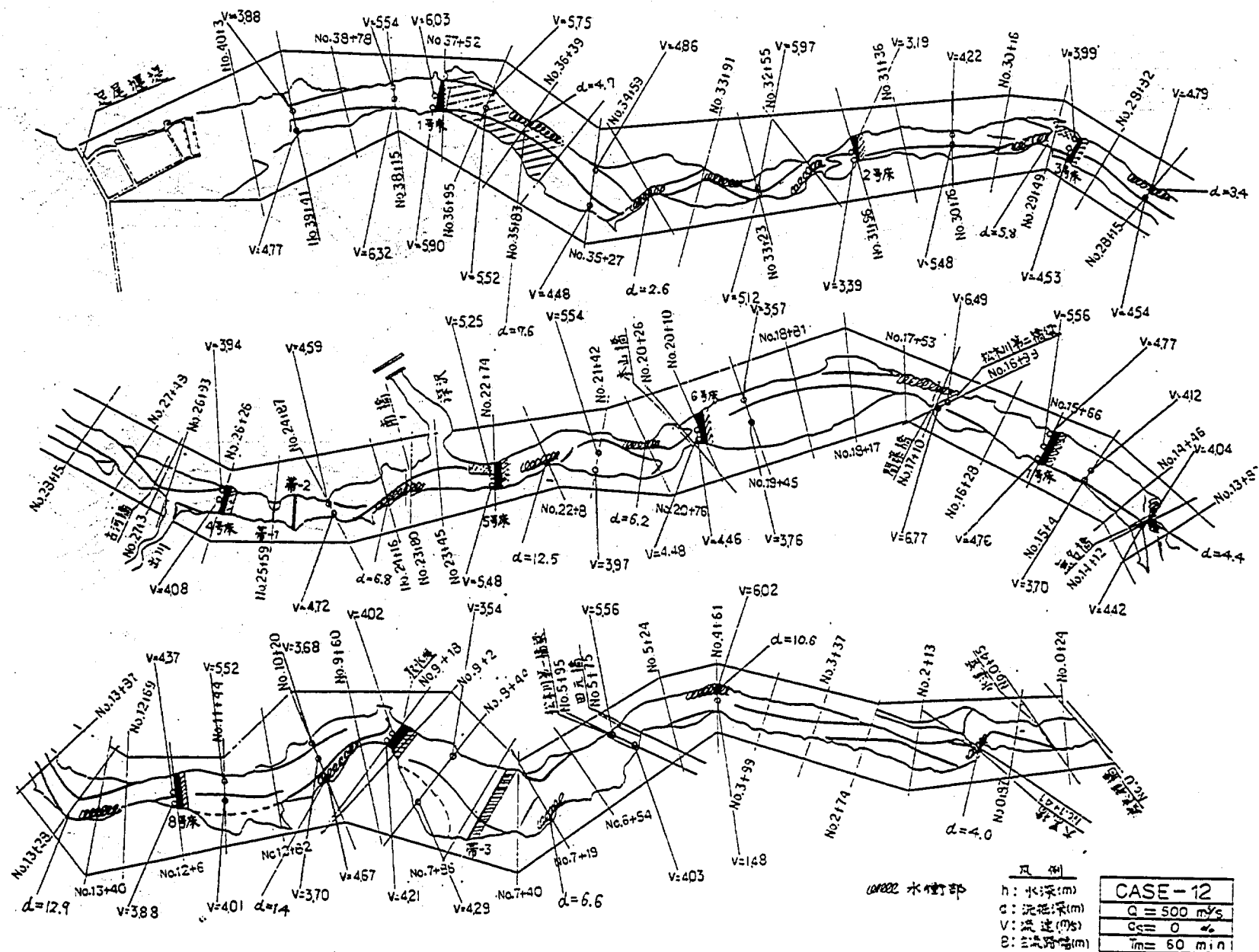


图 4-36 流況觀察平面図

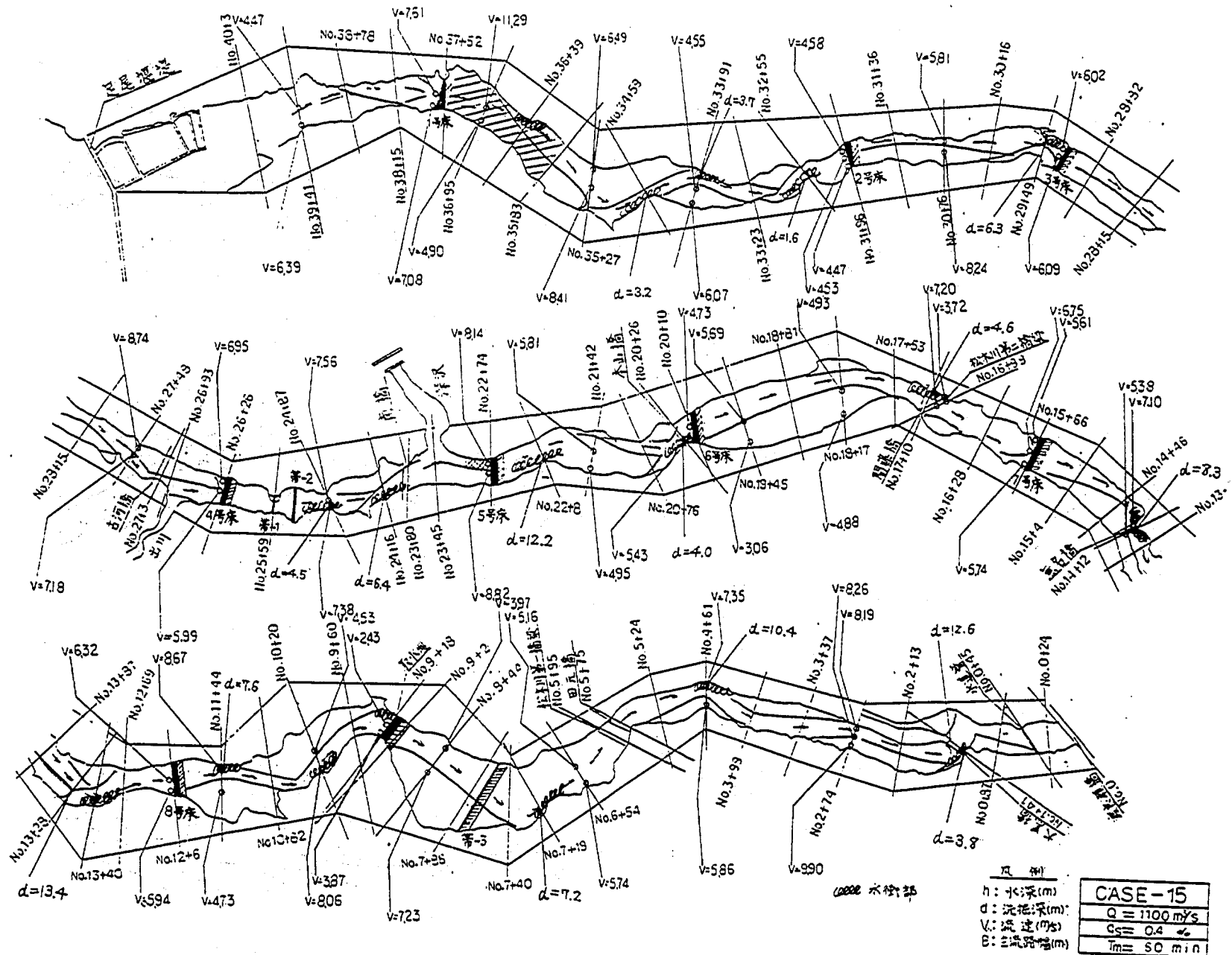


图 4-37 流況觀察平面図

表 4 - 1 実験の内容

順序	CASE	流量 (m ³ /s)	給砂	実験 時間 (hr)	予備 ・ 本	実 験 目 的	模 型 形 態
1	1	1100	無	1.0	予	・現状河道（出川及び深沢を含む）に計画 高水流量を与えた場合の現河道における 問題点	・現状河道（昭和57年製作）に出川，深川の 2支川を追加する。
2	2	1100	有	1.0	予	同 上	同 上
3	3	1100	無	1.0	予	・計画(1) 落差工による河床低下防止効果の検討	・落差工11基を設置する。 ・取水堰1基を既設とする。 (平面図-附図-1 縦断面図-附図-2)
4	4	1100	有	1.0	予	同 上	同 上
5	5	500	無	1.0	予	同 上	同 上
6	6	1100	無	1.0	予	・計画(2) 計画(1)に対する改良案の検討	・落差工9基，取水堰1基 ・4号，7号床固工に長さ15mの護床工を設 置する。
7	7	1100	無	1.0	予	・計画(3) 計画(2)に対する改良案の検討	・9号床固工を撤去する。 ・2号床固工の右岸袖を撤去する。 ・護床工を2号，7号床固工に設置する。 ・No 22,59地点の左岸側の岩を撤去する。
8	8	1100	無	1.0	予	・8号床固工上流の局所洗掘防止 ・取水堰下流の局所洗掘防止	・5号床固工及び8号床固工左岸袖を溪岸部 分まで撤去。 ・1号～8号床固工に長さ15mの護床工を設 置する。 ・取水堰下流に30mの護床工を設置する。
9	9	1100	無	1.0	予	4号床固工及び取水堰下流の洗掘防止 ・5号床固工下流の局所洗掘防止 ・6号床固工の前庭保護工の必要性の検討	・4号床固工下流に帯工3基を設置する。 ・取水堰下流に帯工2基を設置する。 ・5号床固工の護床工をNo 22.8 地点まで延長 ・6号床固工の護床工を撤去する。
10	13	1100	無	1.0	本	・4号床固工下流の洗掘防止の検討 ・取水堰下流の洗掘防止の検討	・4号床固工下流の帯工1基を撤去する。 ・取水堰下流に帯工1基を設置する（長さ15 mの護床工）。
11	11	1100	有	1.0	本	同 上	・7号床固工下流の護床工を長さ10mにする。 ・1号床固工上流の河道整正を行なう。 ・5号床固工前庭部の護床工を長さ15mにす る。
12	16	洪水 波形	有	2.5	本	・洪水波形を与えた場合の流下状況の検討	・4号床固工下流帯工-2に長さ10mの護床 工を設置する。 ・7号床固工下流の護床工を15mにする。
13	14	洪水 波形	無	2.5	本	・計画(4) ・洪水波形を与えた場合の流下状況の検討 ・1号床固工位置の検討 ・3号床固工上流の局所洗掘防止の検討	・1号床固工をNo 37.52地点に移設する。 ・3号床固工上流左岸側に根固工を設置する。
14	10	500	有	1.0	本	・1号床固工位置の検討 ・5号床固工上流の局所洗掘防止の検討	・1号床固工～No 35.83地点間の河道を整正 する。 ・5号床固工上流左岸側に根固工を設置する。
15	12	500	無	1.0	本	同 上	同 上
16	15	1100	有	1.0	本	同 上	同 上

表 4 - 2 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-1 $Q = 1,100 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_D = 55 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_F = 85 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = \text{無給砂}$ $T_m = 60 \text{ min}$	現況河道(出川・深沢を含む)に計画 高水流量を与えた場合の 流下状況の検討	○ 支川(出川・深沢)の影響 出川及び深沢からの流量は、本川の流量に比べ小さいので、本川の流れが片寄りを生じることもなく、特に支川の流れによる本川への影響はないと思われる。 (写真4-1～4-4) ○ 橋脚への影響 ・ 松木川第1橋梁河道中央部の橋脚周辺では、流水は橋脚床盤下約2m付近までせり上がるが床版の冠水はない。橋脚周辺では、6m/s前後の高速流で3～4mの局所洗掘を生じている(写真4-5)。 ・ 松木川第2橋梁 松木川第2橋梁付近では、河道の屈曲による影響により、流れが左岸寄りに集中し、左岸側アバット部分で6～7m/sの流速で5～6mの局所洗掘を生じている(写真4-6)。 ・ 無名橋 左岸橋脚周辺では、7m/s前後の高流速で8m前後の局所洗掘を生じている(写真4-7)。		



写真4-1 右支川出川合流点
付近の状況を示す



写真4-2 左支川深沢合流付近の流下状況を示す



写真4-3 出川合流付近の
河床状況



写真4-4 深沢合流点付近の河床状況



写真4-5 松木川第1橋梁付近
の流下状況を示す



写真4-6 松木川第二橋梁付近の流下状況



写真4-7 無名橋付近の流下
状況を示す

表 4 - 3 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-2 $Q = 1,100 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_b = 55 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_r = 85 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = 0.4\%$ 平衡給砂 $T_m = 60 \text{ min}$	現況河道（出川，深沢を含む）に計画高水流量（平衡給砂）を与えた場合の流下状況の検討	○支川（出川・深沢）の影響 出川，深沢からの流量は，本川の流量に比べ小さく，本川の流れへの影響はないと思われる。 (写真 4-8～4-9) ○本山橋～No18，17地点内では土砂堆積が著しく，流水は左岸寄りに集中し，No17，53～本山橋付近では，流水の集中により局所洗掘を生じる。(写真 4-10) ○無名橋地点左岸側及びNo13.28地点右岸側では，河道の屈曲により，局所洗掘を生じる。(写真 4-11) ○足尾ダム～No27付近の間では，河床低下が著しい。 (図 4-3，写真 4-12)	○足尾ダム下流では，河床低下が著しい。	○横工等により河床低下を防止する対策が考えられる。



写真 4-8

出川合流付近の流下状況を示す。
出川の流が本川の流に影響することは少ない。

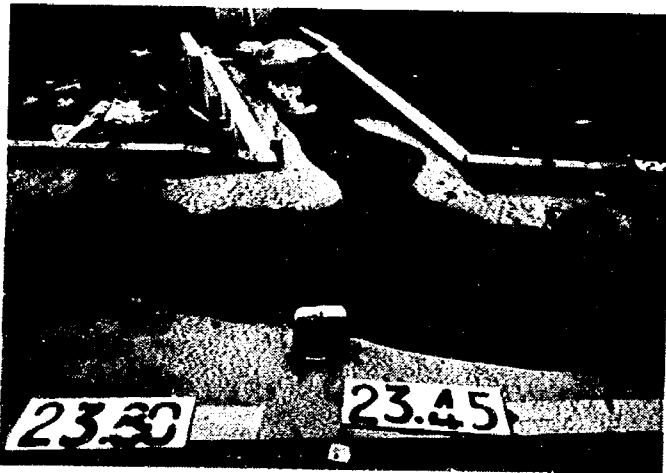


写真 4-9

深沢合流点付近の流下状況を示す。
深沢の流が本川の流に影響することは少ない。



写真 4-10

本山橋付近の流下状況を示す。



写真 4 - 11

無名橋地点左岸側及びNo. 13.28
右岸側では河道の屈曲により、
局所洗掘を生じる。



写真 4 - 12

足尾ダム下流では河床低下が
著しい。

表 4 - 4 (1) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-3 $Q=1,100\text{ m}^3/\text{s}$ $Q_D=55\text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_F=85\text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s=\text{無給砂}$ $T_m=60\text{ min}$	計画(1) 計画(1)案に計画 高水流量(無給砂) を与えた場合の流下 状況の検討 対策工 床固工 11基 取水堰 1基	○ 1号床固工 ・本堰上流面左岸側で5～6mの局所洗掘を生じる。 ・1号下流では土砂堆積の影響及び落差が2mであることから、もぐり状態で流下する。(写真4-13) ○ 2号床固工 ・No32, 55地点の狭窄部の影響による流水のせき上げにより2号床固工はもぐりの状態で流下する。(写真4-14) ○ 3号床固工 ・水叩上に土砂を堆積し、流れはもぐり状態で流下する。 ・床固工下流のNo29.49付近の屈曲部で局所洗掘を生じる。(写真4-15) ○ 4号床固工 ・本堤上流面の洗掘は少ないが、前庭部で5～6mの局所洗掘を生じる。(写真4-16) ○ 5号床固工 ・本堤上流面左岸側で5～6mの局所洗掘を生じる。 ・床固工前庭部ではNo22.8付近まで局所洗掘が著しく7～8mの洗掘を生じNo22.8右岸側では、床見え状態になる。(写真4-17)	○ もぐり状態になる。 (落差2m) ○ もぐり状態になる。 ○ もぐり状態になる。 (落差2m) ○ 前庭部の局所洗掘が著しい。(落差3m) ○ 本堤上流面の洗掘及び前庭部での局所洗掘が著しい。 (落差3m)	・落差大きくする。 ・落差を大きくとるか、狭窄部下流に移動する ・No29.49地点左岸側の局所洗掘を防止する必要がある。 ・前庭保護工が必要である。 ・本堤上流面及び、前庭部の保護が必要である。

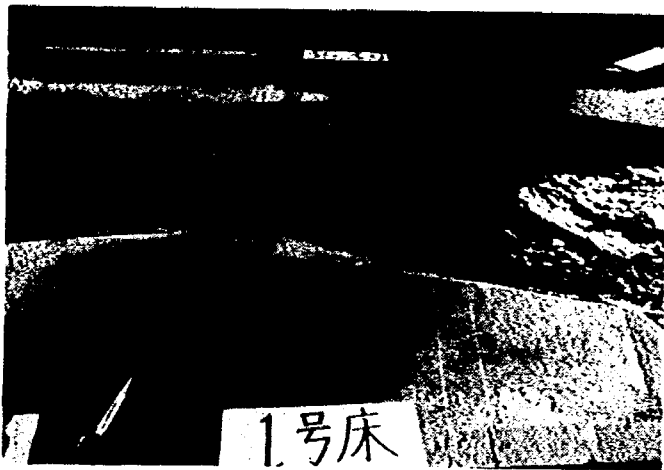


写真4-13

1号床固工は下流の土砂堆積によりもぐり状態で流下する。(落差20m)



写真4-14

2号床固工付近の流下状況



写真4-15

3号床固工は、もぐり状態で流下する。

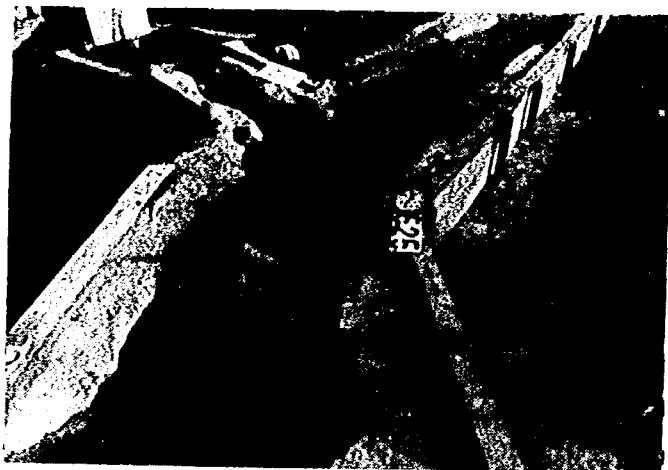


写真 4-16

4号床固工前庭部で5～6mの局所洗掘を生じる。



写真 4-17

5号床固工
本堤上流左岸側で5～6mの局所洗掘を生じる。

表 4 - 4 (2) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-3		○ 6号床固工 ・本堤上流面右岸側で3 m前後の局所洗掘を生じる。 ・前庭部は、No 1 7.5 地点の狭窄部及び拡幅部の土砂堆積の影響により床固工が埋没する。(写真4-18) ○ 7号床固工 ・7号床固工による水位上昇により、松木川第2橋梁では水面と床盤との差が1～1.5 mまで水位が上昇する。(写真4-19) ○ 8号床固工 ・床固工による水位上昇により無名橋左岸橋脚付近で床盤を、0.5～1 m冠水する。(写真4-20) ・本堤上流面左岸側で5 m前後の洗掘を生じる。 ○ 9号床固工 ・本堤上流面で2～3 mの局所洗掘を生じる。 ・床固工前庭部で3～4 mの洗掘を生じる。 ○ 取水堰 - 取水堰～9号床固工間では堆積傾向にある。	・下流側の土砂堆積の影響により床固工が埋没する。 (落差2 m) ・松木川第2橋梁のクリアランスが小さくなる。 ・水位上昇により無名橋を冠水する。 ・本堤上流面及び前庭部で局所洗掘を生じる。	・落差を大きくし、床固工の方向が変わる。 ・床固工を低く計画する。 ・床固工を低く計画する。 ・本堤上流面及び前庭部で保護工が考えられる。

表 4 - 4 (3) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-3		・前庭部では約30mの範囲で3～4mの洗掘を生じる。 (写真4-21) ○10号床固工 ・床固工による水位上昇により松木川第1橋梁では水面と床盤との差が1m程度まで水位が上昇する。 (写真4-22) ○11号床固工 ・床固工による水位上昇により左岸護岸を越流し、道路を冠水する。(写真4-23)	・前庭部で局所洗掘を生じる。 ・松木川第1橋梁のクリアランスが小さくなる。 ・水位上昇により左岸側の道路を冠水する。	・前庭保護工が考えられる。 ・床固工を低く計画する。

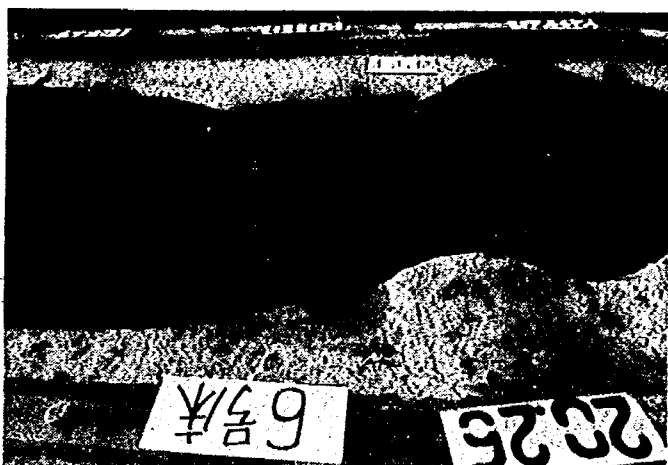


写真4-18

6号床固工

下流の土砂堆積により床固工が埋没する傾向にある。



写真4-19

7号床固工による水位上昇により、松木川第2橋梁地点では水面と床盤のクリアランスが小さくなる。

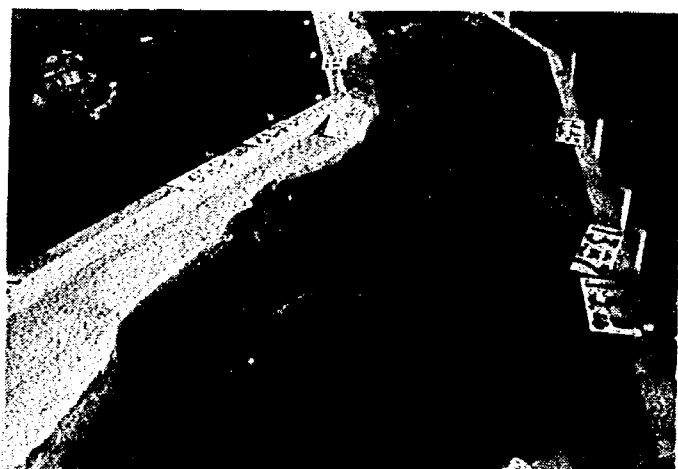


写真4-20

8号床固工付近の流下状況を示す。
両岸の袖を0.5～1mの水深で冠水する。



写真4-21

取水堰付近の流下状況を示す



写真4-22

10号床固工による水位上昇により、松川
第1橋梁地点で床盤とのクリアランスが
なくなる。



写真4-23

11号床固工の影響により左岸護岸を冠水
する。

表 4 - 5 (1) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-4 $Q = 1.100 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_D = 5.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $Q_F = 8.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = 0.4\%$ 平衡給砂 $T_m = 60 \text{ min}$	計画(1) 計画(1)案に計画 高水流量(平衡給砂) を与えた場合の流下 状況の検討	○ 1号床固工 水叩部に土砂を堆積し、もぐりの状態で流下する。 (写真4-24) ○ 2号床固工 No.32.55地点の狭窄部の影響により前庭部で段波を生じる。(写真4-25) ○ 3号床固工 水叩工上に土砂を堆積し、流れはもぐり状態で流下する。 (写真4-26) ○ 4号床固工 本堤上流の洗掘はないが前庭部で5~6mの局所洗掘を生じる。 ○ 5号床固工 本堤上流面で5~6mの局所洗掘を生じる。 ○ 6号床固工 No.17.5地点の狭窄部及び拡幅部の土砂堆積の影響により床固工が埋没する傾向にある。(写真4-27)	・ もぐり状態で流下する。 ・ もぐり状態で流下する。 ・ もぐり状態で流下する。 ・ 前庭部の局所洗掘が著しい。 ・ 下流の土砂堆積の影響により床固工が埋没する。	・ 落差を大きくとる。 ・ 床固工の位置を狭窄部下流に移動する。 ・ 落差を大きくとる。 ・ 護床工もしくは、横工により洗掘を防止する。 ・ 護床工もしくは、横工により洗掘を防止する。 ・ 床固工の落差を大きくする。

表 4 - 5 (2) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-4		○ 7号床固工 床固工による水位上昇により松木川第2橋梁地点では、水面と床盤との差が1～1.5mとなる。 ○ 8号床固工 床固工による水位上昇により、無名橋左岸側で床盤を0.5～1mで冠水する。 ○ 9号床固工 本堤上流面で2～3mの局所洗掘を生じる。 床固工前庭部で3～4mの局所洗掘を生じる。 ○ 10号床固工 ・ 床固工による水位上昇により、松木川第1橋梁では、水面と床盤との差が1m程度まで水位が上昇する。 ○ 11号床固工 ・ 床固工による水位上昇により左岸護岸を越水し、道路を冠水する。 (写真4-28)	・ 水位上昇により松木川第2橋梁へ影響する。 ・ 水位上昇により無名橋を冠水する。 ・ 本堤上流面及び前庭部で局所洗掘を生じる ・ 松木川第1橋梁地点では水位上昇によりクリアランスが小さくなる。 ・ 水位上昇により左岸側の道路を冠水する。	・ 床固工を低く計画し、水位を下げる。 ・ 床固工を低く計画し、水位を下げる。 ・ 本堤上流面及び前庭部で局所洗掘防止の保護工を施す。 ・ 床固工を低く計画し、水位を下げる。 ・ 床固工を低く計画し、水位を下げる。

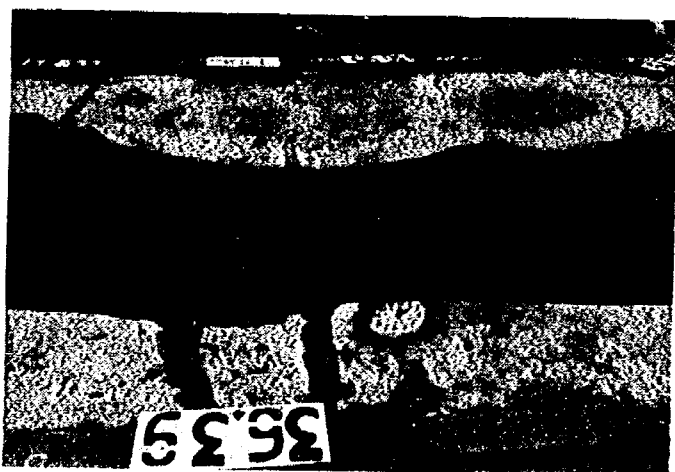


写真4-24

1号床固工はもぐり状態で流下する。

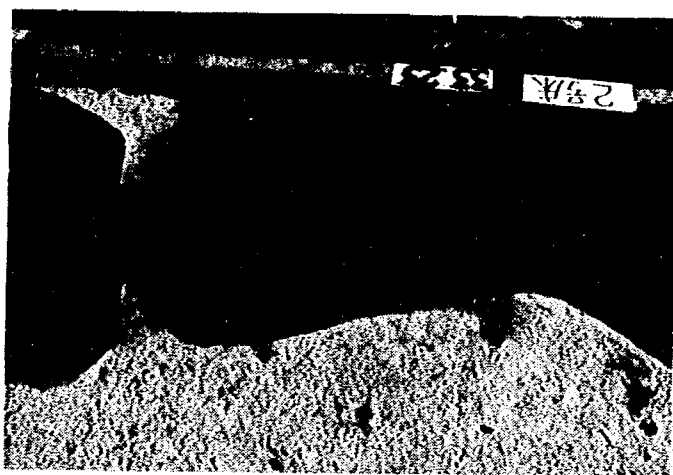


写真4-25

2号床固工は両岸袖を0.5～1mで越流する。



写真4-26

3号床固工はもぐり状態で流下する。



写真4-27

6号床固工下流の堆積状況を示す



写真 4 - 28

11号床固工を設置したことにより、床固
工上流の左岸護岸を冠水する。

表 4 - 6 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-5 $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_o = 27.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_F = 42.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = \text{無給砂}$ $T_m = 60 \text{ min}$	計画(1) 中規模出水流量(無給砂)を与えた場合の流下状況の検討	○ 1号床固工 ・本堤上流面左岸側で3~4mの局所洗掘を生じる。(河道の屈曲による影響) ・前庭部左岸側では1~2mの洗掘を生じ、右岸側で堆積傾向にある。(写真4-29) ○ 3号床固工 ・本堤上流面の洗掘はない。 ・床固工下流の土砂堆積により、水叩上にも土砂を堆積する。(写真4-30) ○ 4号床固工 ・床固工前庭部では5m前後の局所洗掘を生じる。 ○ 5号床固工 ・床固工前庭部で局所洗掘が著しく、特に22.8付近では7~8mの局所洗掘を生じる。(写真4-31) ○ 11号床固工 ・ピーク流量時に左岸側の道路を冠水していた流れはなくなる。 ・大黒橋上流右岸側で8~9mの局所洗掘を生じる。 ○ 流量 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ では、床固工を設置したことによる水位上昇が橋梁への影響を及ぼすことはない。	・本堤上流面で局所洗掘を生じる。 ・水叩上に土砂を堆積する傾向にある。 ・前庭部の洗掘が著しい	・根固工(ブロック)等による局所洗掘防止が考えられる。 ・床固工の計画高を変える。 ・根固ブロック及び横工等による対策が考えられる。 ・根固ブロック及び横工等による対策が考えられる。



写真 4-29

1号床固工付近の流下状況を示す。



写真 4-30

3号床固工の水叩上に土砂を堆積する傾向にある。

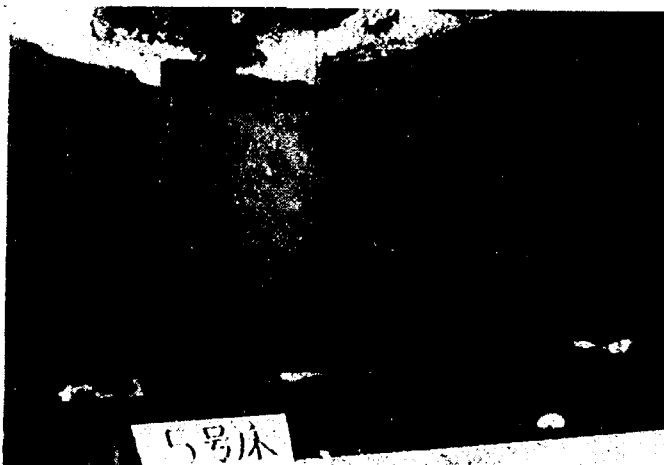


写真 4-31

5号床固工付近の流下状況を示す。

表 4 - 7 (1) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-6 $Q=1,100\text{ m}^3/\text{s}$ $Q_b=55\text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_r=85\text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s=\text{無給砂}$ $T_m=60\text{ min}$	計画(2) 計画(1)案に対する改良案の検討。 対策工諸元 ・計画河床勾配は取水堰を基準に1/100に統一する。 ・床固工は9基から成り落差はすべて3.0mに統一する。	○1号床固工 ・河道の屈曲による影響により本堤上流面左岸側で5～6mの局所洗掘を生じる。 ・床固工前庭部は左岸側で1～2mの洗掘を生じ右岸側では湾曲の影響により堆積を生じる。(写真4-32) ○2号床固工 ・袖高が不足し、両袖天端を0.5～1mで越水する。 ・本堤上流面で2～3mの局所洗掘を生じる。 ・前庭部で4～5mの局所洗掘を生じる。(写真4-33) ○3号床固工 ・本堤上流面左岸側で7～8mの洗掘を生じる。(河道の屈曲による影響)(幅20mで約40mの範囲) ・前庭部では、30～35mの範囲で3～4mの局所洗掘を生じる。(写真4-34) ○4号床固工 ・本堤上流面の洗掘はない。 ・床固工前庭部で5～6mの局所洗掘を生じる。 No.25+59地点の左岸側の岩の影響により二次流を生じ局所洗掘の原因となる。(写真4-35)	・床固工上下流の局所洗掘が著しい。 ・床固工袖を越水する。 ・本堤上流面で局所洗掘が著しい。 ・前庭部で局所洗掘が著しい。 ・床固工下流の局所洗掘が著しい。	・根固工等による洗掘防止が考えられる。 ・両側の袖を徹去し、断面を拡幅する。 ・床固工本堤上流面及び前庭部をブロック等により保護する。 No.25+59地点の岩を徹去する。

表 4 - 7 (2) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-6		○ 5号床固工 ・本堤上流左岸側で5～6mの局所洗掘を生じる。(左岸袖による影響) ・床固工前庭部では河道の屈曲により、床固工垂直壁～No.2 2.8地点で局所洗掘を生じる (No.2 2.8地点右岸側では12mの局所洗掘を生じる) ・左岸袖天端を0.5～1mで越流する。(写真4-36) ○ 6号床固工 ・6号床固工の方向を改良したことにより、床固工下流では流水の片寄りが少なくなり、砂礫堆の形成高も小さくなる。 ・本堤上流面右岸側で2～3mの局所洗掘を生じる。 ・落差を3mにしたことにより水叩上の堆積はなくなる。(写真4-37) ・前庭部で2m前後の局所洗掘を生じる。 ○ 7号床固工 ・床固工左岸袖の影響により上流面で2～3mの局所洗掘を生じる。 ・前庭部では1～2mの洗掘を生じる。	・床固工本堤上流面及び前庭部で局所洗掘を生じる。 ・本堤上流面左岸側で2～3mの局所洗掘を生じる。 ・左岸袖の影響により上流面で局所洗掘を生じる。	・左岸袖を溪岸部分まで撤去する。 ・前庭部に護床工及び横工を施す。 ・根固工(ブロック)等により防止する。 ・左岸袖を溪岸部分まで撤去する。



写真4-32

1号床固工本堤上流左岸側で5～6mの局所洗掘を生じる。



写真4-33

通水終了後の2号床固工付近の河床状況を示す。



写真4-34

3号床固工上流面で7～8mの局所洗掘を生じる。



写真4-35

4号床固工前庭部の流下状況を示す。

表 4 - 7 (3) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-6		○ 8号床固工 ・ 床固工左岸袖の影響により上流面で2～3mの局所洗掘を生じる。 ・ 床固工前庭部の洗掘はない。(写真4-38) ○ 9号床固工 ・ 床固工による水位上昇により松木川第1橋梁では床盤と水面との差が1m前後まで上昇する。 ・ 床固工下流で狭窄部になっているため河床低下が著しい。(写真4-39) ○ 7号床固工(C-5)及び8号床固工(C-5)の位置を変更したことにより、松木川第2橋梁及び無名橋地点の水位が下がる。(写真4-40, 写真4-41) ○ 11号床固工を撤去したことによりNo.2.13地点の左岸側の道路を冠水する現象は解消された。	・ 左岸袖の影響により上流面で局所洗掘を生じる。 ・ 水位上昇により松木川第1橋梁のクリアランスが小さくなる。	・ 左岸袖を溪岸部分まで撤去する。 ・ 床固工の計画高を変えるか設置位置を変えることが考えられる。



写真 4-36

5号床固工付近の流下状況を示す。



写真 4-37

6号床固工下流では床固工の方向を変えたことにより流水の片寄りが少なくなる。



写真 4 - 38

8号床固工付近の流下状況を示す



写真 4 - 39

9号床固工前庭部では河床低下が著しく10m前後の洗掘を生じる。



写真 4 - 40

松川第2橋梁付近では、7号床固工（C-5）を撤去したことにより、水位が下がる。



写真 4 - 41

無名橋地点では、8号床固工（C-5）を撤去したことにより水位が下がる。

表 4 - 8 (1) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-7 $Q = 1.100 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_o = 5.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_r = 8.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = \text{無給砂}$ $T_m = 60 \text{ min}$	計画(3) 計画(2)に対する改良案の検討 対策工 ・9号床固工を撤去する。 ・2号床固工の右岸袖を溪岸部分まで撤去する。 ・前庭保護工を2号, 3号, 7号床固工に設置する(長さ15m) 2号, 3号床固工は水叩面より1m下げて設置し7号床固工は3m下げて設置した ・No.2259地点の左岸側の岩を撤去する	・9号床固工 ・9号床固工(C-6で設置)を撤去したことにより, 松木川第1橋梁地点では水位が下がり床盤とのクリアランスが4m前後になる。(写真4-42) ・2号床固工 ・床固工の右岸袖を撤去したことにより, 本堤上流面の洗掘は1~2mとなる。また, 前庭部に護床工を設けたことにより局所洗掘が緩和された。(写真4-43) ・3号床固工 ・床固工前庭部に護床工を設けたことにより, 前庭部の局所洗掘は護床工下流左岸側で2m前後まで緩和された。本堤上流面左岸側では, 河道の屈曲による影響により8m前後の局所洗掘を生じる。(写真4-44) ・7号床固工 ・床固工前庭部の洗掘が著しいことから, 護床工を水叩面より3m下げて設置した結果, 護床工下流の洗掘も全くなく効果的である。(写真4-45) ・8号床固工 ・床固工上流面では, 左岸袖への流水の直撃により生じる二次流の影響により2~3mの局所洗掘を生じる。	・3号床固工本堤上流面左岸側では洗掘が著しい。 ・8号床固工上流面左岸側で局所洗掘を生じる	・ブロック等による局所洗掘防止が必要である。 ・左岸袖を溪岸部分まで撤去する。



写真4-42

松木川第1橋梁地点では水位が下がり、クリアランスが4 m前後になる。



写真4-43

2号床固工前庭部では、護床工を設けたことにより局所洗掘が緩和された。



写真4-44

3号床固工前庭部では、護床工を設けたことにより局所洗掘が緩和された。



写真4-45

7号床固工前庭部では、護床工を水叩面より3 m 下げて計画した。

表 4 - 8 (2) 実験結果の要約

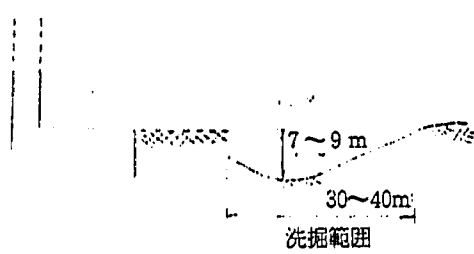
実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-7		- 取水堰 9号床固工を撤去したことにより取水堰下流では、河床低下が著しく、流路は左岸寄りに固定される。取水堰前庭部では30mの範囲で6～8mの局所洗掘を生じる。(写真4-46) 4号床固工下流 - No.2.5.9地点左岸側の岩を撤去(河道幅が27mから43mに拡幅される)した結果、河道幅が43mに拡幅されたが、通水断面積としては狭いために洗掘防止としては、9m前後の洗掘が7m前後に緩和された程度で特に大きな効果は得られなかった。	- 取水堰下流で河床低下が著しい。 4号床固工下流では局所洗掘が著しい。	- 横工等により河床低下を防止する。 - 横工等による局所洗掘を防止する対策が考えられる。



写真 4 - 46

取水堰下流の河床低下の状況を示す。

表 4 - 9 (1) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-8 $Q = 1,100 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_b = 55 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_F = 85 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = \text{無給砂}$ $T_m = 60 \text{ min}$	計画(3) 5号及び8号床固工上流面の局所洗掘防止 - 取水堰下流の局所洗掘防止対策工 5号床固工及び8号床固の左岸袖を溪岸部分までカットする - 取水堰前庭部に長さ30mの護床工を設置する。 1号～8号床固工前庭部に長さ15mの護床工を設置する。	5号床固工 5号床固工左岸袖を撤去した結果、袖に直撃する流れによる袖上流面の局所洗掘は解消されたが地形の屈曲による流れの集中により2～3mの洗掘を生じる。 (写真4-47) 8号床固工 8号床固工の左岸側の袖を撤去したことにより、袖による流水の乱れがなくなり上流面の河床の局所的な洗掘が解消された。(写真4-48) - 護床工 - 床固工前庭部の局所洗掘を防止するために15mの前庭保護工を各床固工に設置したが、4号、5号床固工前庭部では下図に示すように護床工下流30～40mの範囲で局所洗掘を生じる。 - 他の床固工前庭部では護床工により局所洗掘が緩和される。 	5号床固工上流面で局所洗掘を生じる。	根固工等により洗掘を防止する。

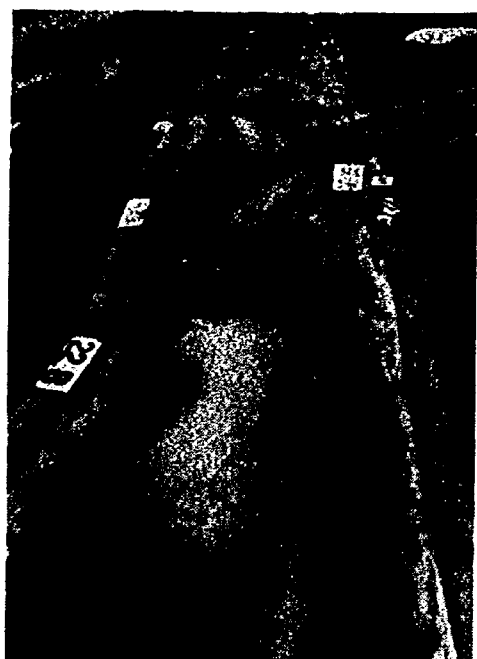


写真 4 - 47

5号床固工前庭部に長さ15mの
護床工を設置したがその下流で
局所洗掘を生じる。



写真 4 - 48

8号床固工左岸袖を撤去したこと
により、床固工上流面の局所洗掘
が解消される。

表 4 - 9 (2) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-8		- 取水堰 - 取水堰下流に長さ30mの護床工を設置したが、取水堰下流の河床低下が著しく5m前後の河床低下を生じ流水が固定される。(写真4-49)	取水堰下流で河床低下が著しい。	横工等により河床低下を防止する対策が考えられる。

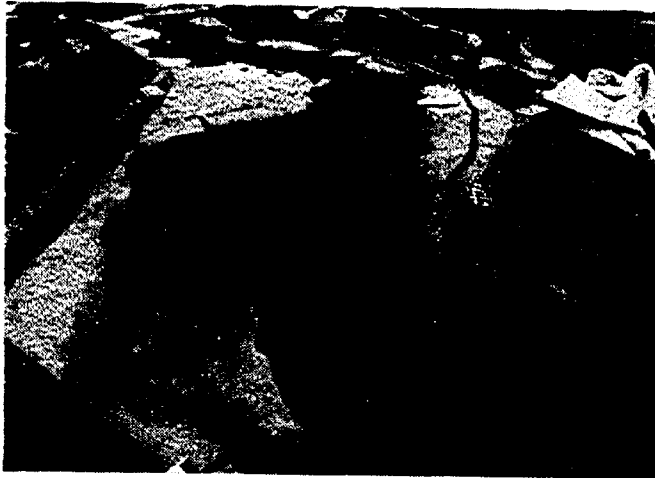


写真 4 - 49

取水口前庭部では、河床低下が著しい。

表 4 - 10 (1) 実験結果の要約

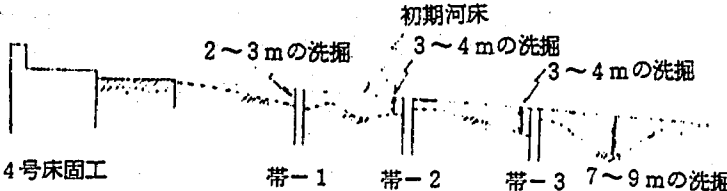
実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-9 $Q = 1,100 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_D = 55 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_F = 85 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = \text{無給砂}$ $T_m = 60 \text{ min}$	計画 (3) 4号, 5号床固工及び取水堰下流の洗掘防止。 6号床固工の前庭保護工の必要性の検討。 対策工 4号床固工下流に帯工を3基計画する (写真4-50)。 - 取水堰下流に帯工を2基計画する (写真4-51)。 5号床固工の前庭保護工をNo.2.2.8地点まで延長する 6号床固工前庭部の護床工を撤去する。	4号床固工下流の洗掘防止 - 下図に示すように, 帯工上流面での洗掘が著しい。 30分経過後, 帯-3を撤去した結果, 帯-3下流で7~9mの洗掘を生じていた現象はなくなり, 帯-2下流の洗掘は, 3m前後に緩和される。  5号床固工前庭部 5号床固工前庭部の護床工をNo.2.2.8地点まで延長した結果No.2.2.8地点右岸側の地形の張り出しの影響により, 流水が直撃し, 護床工前庭部で6~8mの局所洗掘を生じる。 (写真4-52) - 取水堰下流の河床低下を防止する目的で帯工を2基設置したが, 河道が屈曲しており, 流水の片寄りにより帯工前庭部で8~10mの局所洗掘を生じる。 (写真4-53)	- 帯-3の上下流で局所洗掘を生じる。 5号床固工前庭部で洗掘が著しい。 - 帯工前庭部で局所洗掘を生じる。	- 帯-3を撤去する。 - 護床工を延長するか, 横工により対処する。 - 帯工の位置を屈曲部より上流に設置する。 - 護床工を設置する必要がある。

表 4 - 10 (2) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-9		○ 6号床固工前庭部 ・ 床固工前庭部で護床工を撤去した結果、前庭部で2～3mの局所洗掘を生じる。		・ 護床工を設置する必要がある。



写真 4 - 50

4号床固工下流の帯工の設置状況



写真 4 - 51

取水堰下流の帯工の設置状況



写真 4 - 52

5号床固工前庭部護床工下流の局所洗掘の状況を示す。



写真 4 - 53

帯-4 前庭部では4～5mの洗掘
帯-5 前庭部では8～10mの局所洗掘を生じている。

表 4 - 11 実験結果の要約

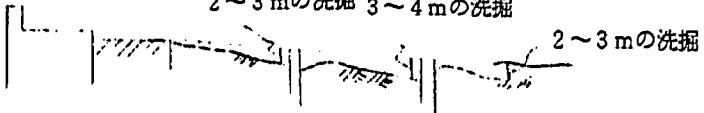
実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-13 $Q = 1,100 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_D = 55 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_F = 85 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = \text{無給砂}$ $T_m = 60 \text{ min}$	計画 (3) 4号床固工下流の洗掘防止の検討。 - 取水堰下流の洗掘防止の検討。 対策工 4号床固工下流の帯工 (帯-3) を撤去する。 - 取水堰下流の洗掘を1基設置する。 帯工前庭部には、長さ10mの護床工を設置する。	4号床固工下流の洗掘防止 4号床固工下流に、2基の帯工を計画したことにより床固工前庭部の局所洗掘は解消されたが、帯工上下流面で洗掘を生じる。(写真4-54)  - 取水堰下流の洗掘防止 - No. 7.86 断面下流に帯工を設置した結果、帯工による効果により取水堰下流の河床低下は防止することはできた。また、帯工前庭部の洗掘も生じない。(写真4-55)	帯-1, 帯-2 上下流面で洗掘を生じる。	



写真 4 - 54

通水後の 4 号床固工下流の河床
状況

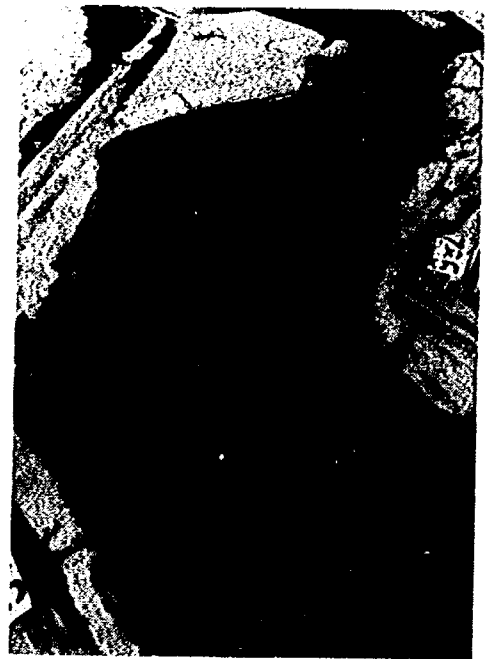


写真 4 - 55

帯 - 4 前庭部の洗掘はない

表 4 - 12 (1) 実験結果の要約

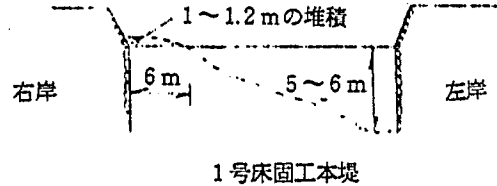
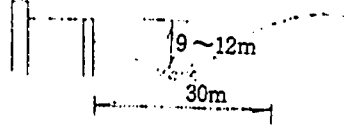
実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-11 $Q = 1,100 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_D = 55 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_F = 85 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = \text{平衡給砂}$ 0.4% $T_m = 60 \text{ min}$	計画(3) ・CASE-13の計画案に給砂を与えた場合の流下状況の検討。 対策工 ・1号床～No.38.15地点間について、河道整正を行った。	○1号床固工上流について ・1号床固工～No.38+15地点間について河道整正を行ったが通水開始5分経過頃より地形の湾曲による影響により床固工上流左岸側で5～6mの局所洗掘を生じる。(写真4-56)  ○足尾ダム第3垂直壁下流について ・第3垂直壁下流では、下図に示すように30mの範囲で局所洗掘を生じる。(写真4-57) 	・床固工本堤上流面で局所洗掘を生じる。 ・第3垂直壁前庭部で局所洗掘を生じる。	・根固工(ブロック)等により局所洗掘を防止する。 ・護床工及び横工等による対策が考えられる。

表 4 - 12 (2) 実験結果の要約

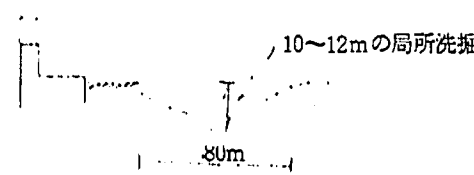
実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-11		○ 5号床固工下流  5号床固工下流No.2 2.8 地点右岸溪岸沿いで地形の張り出しによる影響により12mの局所洗掘を生じる。 (写真4-58) ○ 4号床固工 ・ 帯-1上流面で2~3mの洗掘、帯-2上流面で3~4mの洗掘を生じる。 ○ 取水堰下流の洗掘防止 ・ 帯-3を設置したことにより取水堰下流の河床低下は防止できた。	・ 5号床固工下流で局所洗掘を生じる。	・ 横工による洗掘防止及び河道の改良等が考えられる。



写真 4 - 56

1 号床固工上下流では河道の屈曲
により右岸側に砂礫堆を形成する

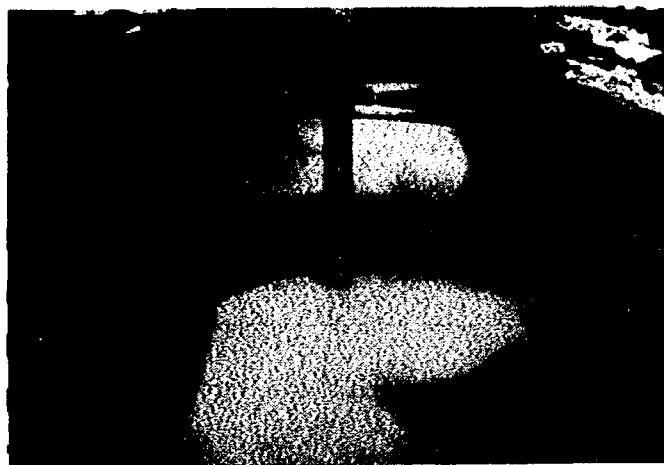


写真 4 - 57

足尾堰堤下流端の垂直壁前庭部では8.~10mの局
所洗掘を生じている。



写真 4 - 58

5 号床固工下流No 2 2.8 付近右岸側では地形の影
響により10m前後の局所洗掘を生じる。

表 4 - 13 (1) 実験結果の要約

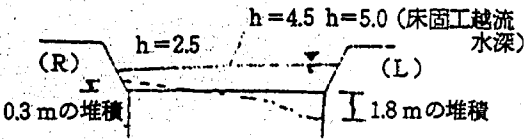
実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-16 Q = 洪水波形 q_s = 平衡給砂 $T_m = 154 \text{ min}$	計画 (3) CASE-11 の計画に洪水波形を考えた場合の流下状況の検討	○ $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$ 流下時 - 各床固工の本堤上流面及び前庭部での局所洗掘は全く生じない。 ○ 1号床固工 $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$ 本堤上流左岸側で 1.8 m の洗掘を生じる。右岸側は堆積傾向にある。(河道の屈曲) 前庭部の洗掘はない。 $Q = 600 \text{ m}^3/\text{s}$ 時も変わらない。  1号床固工本堤上流面 $Q = 1,063 \text{ m}^3/\text{s}$ 本堤上流左岸側では 6 m 前後の局所洗掘を生じる。 前庭部では左岸より 18 m の範囲で堆積を生じる。(屈曲部内湾側) 水叩上では左岸袖天端まで堆積する。	・本堤上流面左岸側で局所洗掘を生じる。	・床固工上流面の局所洗掘を防止する必要がある。

表 4 - 13 (2) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-16		• $Q = 200 \text{ m}^3/\text{s}$ 本堤上流の局所洗掘は埋め戻され洗掘はなくなる。 前庭部は下流側の土砂堆積によりピーク流量時と同様垂直壁袖天端まで堆積する。 ◦ 2号床固工 • $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q = 600 \text{ m}^3/\text{s}$ 本堤上流面右岸側で 1.8 m の局所洗掘 前庭部の洗掘はない。 • $Q = 1,063 \text{ m}^3/\text{s}$ 床固工下流の洗掘はない。上流面では右岸側で 1 ~ 2 m の局所洗掘を生じる。 ◦ 3号床固工 • $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q = 600 \text{ m}^3/\text{s}$ 本堤上流面左岸側で 1.8 m の局所洗掘 前庭部護床上下流で 1.8 m の局所洗掘 • $Q = 1,063 \text{ m}^3/\text{s}$ 本堤上流面左岸側で 7 ~ 8 m の局所洗掘を生じる (河道の屈曲) 前庭部護床上下流で 1.8 m の局所洗掘 (写直 4 - 59)	• 3号床固工上流面左岸側で局所洗掘を生じる	• 根固工等により局所洗掘を防止する必要がある。

表 4 - 13 (3) 実験結果の要約

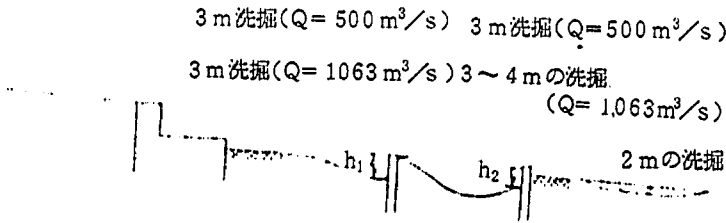
実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-16		○ 4号床固工 ・ $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q = 600 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q = 1,063 \text{ m}^3/\text{s}$ 本堤上流, 流水の片寄りはなく, 本堤上流面の局所洗掘は生じない。 帯-1, 帯-2付近では下図のような洗掘を生じる。 (写真4-60)  ○ 5号床固工 ・ 床固工護床工下流よりNo.2 2.8 付近間において洗掘を生じる。特にNo.2 2.8 付近では地形の張り出しにより右岸側で12mの局所洗掘を生じる。 ○ 6号床固工 ・ 本堤上流右岸側で2~3mの局所洗掘を生じる。 ・ 前庭部の洗掘はない。 ○ 7号, 8号床固工 ・ 本堤上流及び前庭部とも洗掘は生じない。	・ 5号床固工下流で局所洗掘を生じる。	・ 横工による洗掘防止及び張り出した部分の地形の掘削等が考えられる。



写真 5 — 59

3号床固工上流面左岸側では流水の片寄りにより3m前後の局所洗掘を生じる。



写真 4 — 60

4号床固工下流の帯工前庭部で2m前後の洗掘を生じている。

表 4 - 14 (1) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-14 Q=洪水波形 q_s=無給砂 T_m=154min	計画(4) - 洪水波形(無給砂)を与えた場合の流下状況の検討。 - 対策工 1号床固工をNo.37.52地点に移設する。 (写真4-61) 3号床固工上流左岸側に根固工(ブロック)を設置する。	200m³/s 流下時 各床固工の本堤上流面及び前庭部での局所洗掘は全く生じない。 1号床固工 200m³/s 時には、床固工下流右岸側に堆積し、水叩上まで及ぶが500m³/s 流量時には、水叩上に堆積していた土砂は押し流される。 - 床固工本堤上流面の洗掘は、ピーク流量時においても床固工の位置を移動したことにより全く生じない。 - 床固工前庭部の洗掘も全く生じない。 3号床固工 - 床固工上流面左岸側に局所洗掘防止の根固工を設置した結果、600m³/s 流下時までは維持することができたが、ピーク流量時にはブロックの一部が破壊され流出する。(写真4-61, 写真4-62) 4号床固工 - 床固工本堤上流面の洗掘は全く生じない。 - 床固工前庭部は帯工を設置したことにより局所洗掘は解消されたが、帯工上下流面で洗掘を生じる。 (写真4-63)	ピーク流量時には根固工(ブロック)が破壊される。	

表 4 - 14 (2) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-14		・帯-1の上流面で3 m前後の洗掘(1,063m³/s) ・帯-2の上流面で3~4 mの洗掘(1,063m³/s) ○取水堰下流 ・取水堰下流に帯工を設置したことより、取水堰下流の河床低下は防止された。 ・帯工前庭部の洗掘も生じない。 ○橋梁への影響 ・無名橋左岸側では河道の屈曲による流水の集中により、6~8 mの局所洗掘を生じる。(写真4-64) ・松川第1橋梁左岸側で5 m前後の河床低下を生じる。(写真4-65) ・大黒橋右岸側では河道の屈曲及び河積不足により、流量570m³/s時において、右岸側の道路を冠水する。(写真6-14-8) ・松木川第2橋梁左岸側では6~8 mの局所洗掘を生じ、河道中央の橋脚周辺では2~3 mの洗掘を生じる。	・帯工上流面で局所洗掘を生じる。 ・無名橋左岸側で局所洗掘を生じる。 ・松木川第2橋梁右岸側で洗掘が著しい。	・根固工(ブロック)等による対策が考えられる ・ブロック等により洗掘を防止する。 ・ブロック等により、洗掘を防止する。



写真 4-61

1号床固工をNo.3 7.5 2 地点に移設する。



写真 4-61

3号床固工付近の流下状況



写真 4-62

通水終了後の3号床固工付近の河床状況を示す。

上流に設置したブロックの一部が流出する。



写真 4-63

通水終了後、帯一1,帯一2の間で4m前後の洗掘を生じている。

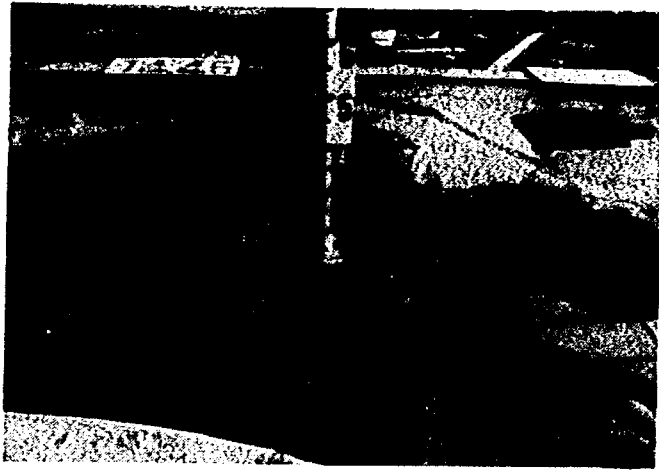


写真 4 - 64
無名橋地点の洗掘状況



写真 4 - 65
松木第一橋梁地点の河床状況を示す。

表 4 - 15 (1) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-10 $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_b = 27.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_r = 42.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = \text{平衡給砂}$ 0.4% $T_m = 60 \text{ min}$	- 中規模出水流量 ($Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$) を考えた場合の流下状況の検討。 1号床固工位置の検討。 5号床固工上流の局所洗掘防止の検討 - 対策工 1号床固工下流 (1号床~No.35.83) の河道を計画河床高で河道整正を行う。(右岸側の堆積層を撤去する) 3号床固工上流左岸側及び5号床固工上流左岸側に局所洗掘防止を目的にブロック (重さ45g) を2段に設置した。	1号床固工 1号床固工上流は、足尾ダム第3垂直壁前庭部で下図に示すように局所洗掘を生じるが、その下流から1号床固工間では1号床固工の効果により河床低下が少ない。(写真4-66) - 本堤上流面の洗掘は、床固工計画位置を変更したことにより全く生じない。 - 床固工前庭部では地形が湾曲しているために右岸側(内湾側)にポイントバーを形成し、下図に示すように水叩上に堆積する。 1号床固工垂直壁断面図		

表 4 - 15 (2) 実験結果の要約

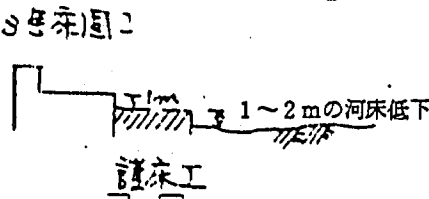
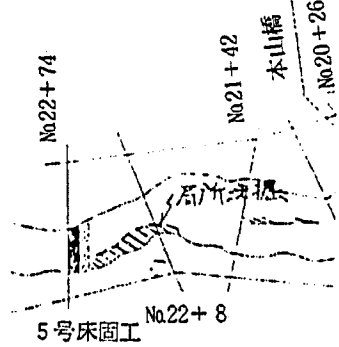
実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-10		○ 3号床固工 3号床固工上流左岸側の局所洗掘を防止するために設置した根固工は効果があり局所洗掘を生じない。 3号床固工前庭部護床工下流で1～2mの河床低下を生じる。  ○ 5号床固工 - 床固工上流左岸側の局所洗掘を防止する目的で設置した根固工は通水開始10分後に破壊され流出する。そのため床固工上流左岸側では3m前後の局所洗掘を生じる。 - 床固工下流では、地形の屈曲による影響により下図に示すように右岸側で局所洗掘を生じる。特にNa22+8地点では地形の屈曲による影響も加わり8～10mの局所洗掘を生じる。	5号床固工上流に計画した根固工が流水の集中により破壊される。	根固工の施工範囲を広く、又上流へ長く施工することが考えられる。

表 4 - 15 (3) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-10		○ 4号床固工 4号床固工下流では河床低下を防止する目的で帯工を2基計画しているが下図に示すように帯工周辺で洗掘を生じる。  4号床固工 帯-1 帯-2 帯工上流でそれぞれ2.5m～3mの洗掘を生じる ○ 取水堰 - 帯工-3の効果により取水堰下流の河床低下防止されている。 - 帯工右岸側では河床は堆積傾向にある。(右岸側で1m前後の堆積) - 帯工-3前庭部の洗掘はない。	4号床固工下流に計画した帯工周辺で局所洗掘を生じる。	ブロック等により局所洗掘を防止する。

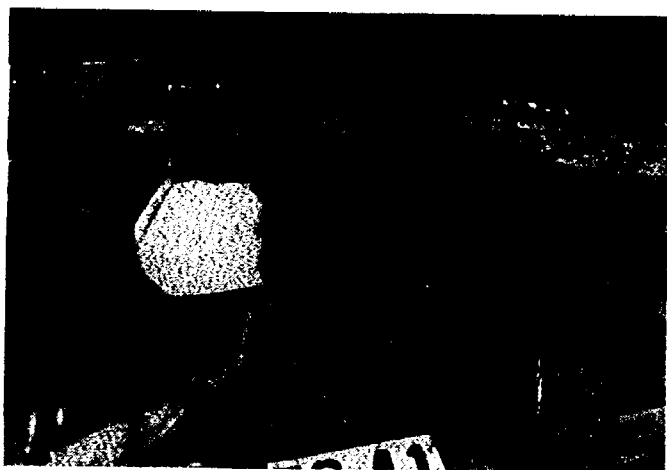


写真4-66

足尾ダム第3垂直壁前庭部で6～7mの
局所洗掘を生じる。

表 4 - 16 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-12 $Q = 500 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_b = 275 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_F = 425 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = \text{無給砂}$ $T_m = 60 \text{ min}$	計画(4) ○ 中規模出水(無給砂)を考えた場合の流下状況の検討 ○ 5号床固工上流の根固用のブロックを5号本堤より上流70mの範囲まで設置	○ 1号床固工 ・ 1号床固工本堤上流面の洗掘は全く生じない。 ・ 1号床固工下流で給砂を行った場合(C-10)には、右岸側の土砂堆積により、床固工水叩部分が埋没したが、給砂が無い場合には写真4-67に示すように右岸側の土砂堆積が無く、流水の片寄りが少ない。 ○ 3号床固工 ・ 3号床固工上流面に局所洗掘防止として、ブロック(45g)を設置した結果、流量 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ においては移動することはなく安定している。 ○ 5号床固工 ・ 5号床固工上流面に局所洗掘防止として、ブロック(45g)を設置した結果、流量 $500 \text{ m}^3/\text{s}$ においては移動することなく安定している。		

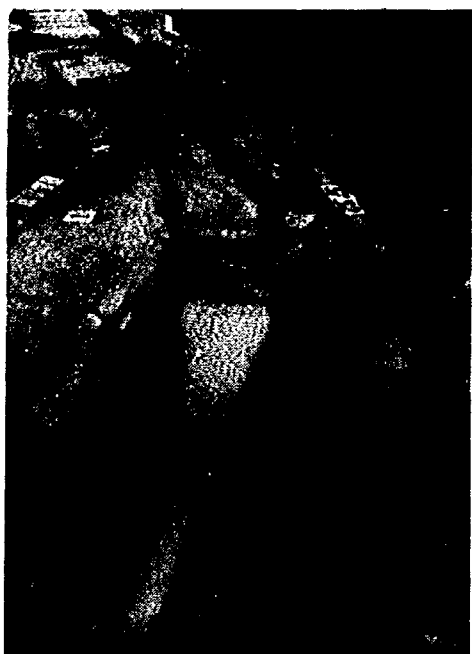


写真 4 - 67

1 号床固工付近の通水後の河床形状
を示す。

1 号床固工より上流の河床低下は少
ない。

表 4 - 17 (1) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-15 $Q = 1,100 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_b = 55 \text{ m}^3/\text{s}$ (出川) $Q_r = 85 \text{ m}^3/\text{s}$ (深沢) $q_s = 0.4 \%$ 平衡給砂 $T_m = 60 \text{ min}$	計画(4) ・CASE-10の計画案に計画高水流量(平衡給砂)を考えた場合の流下状況の検討	○1号床固工 ・床固工本堤上流面の洗掘は全く生じない。 ・足尾ダム～1号床固工間では、垂直壁下流で局所洗掘を生じる程度で、1号床固工により河床低下は防止された。 ・床固工前庭部の洗掘は全くない。(写真4-68) ○2号床固工 ・本堤上流面及び前庭部の洗掘は全く生じない。 ○3号床固工 ・床固工上流面の局所洗掘を防止するためにブロックを設置したが10分経過後破壊され流出する。 ・床固工前庭部では、左岸側で流水の集中により1.5～2.0mの洗掘を生じる。 ○4号床固工 ・床固工本堤上流面の洗掘はない。 ・床固工前庭部は、帯工の効果により洗掘はないが帯工上下流で洗掘を生じる。(写真4-69) ○5号床固工 ・床固工上流面の局所洗掘を防止するために、ブロックを設置した結果ブロックの一部が破壊され流出する。 ・床固工下流では、地形の屈曲による影響によりNo.22.8	・床固工上流面に設置したブロックが破壊される ・床固工下流では局所洗掘が著しい。	・横工による洗掘防止及び

表 4 - 17 (2) 実験結果の要約

実験条件	実験目的	実験結果	問題点	考えられる対策
CASE-15		地点右岸側で8～10mの局所洗掘を生じる。 (写真4-70) ○ 6号床固工 ・ 床固工上流右岸側の河道の屈曲により本堤上流面で2～3mの局所洗掘を生じる。 ・ 床固工前庭部の洗掘はない。 ○ 7号床固工 ・ 本堤上流面及び前庭部の洗掘は全くない。 ○ 8号床固工 ・ 本堤上流面及び前庭部の洗掘は全くない。 ○ 橋梁への影響 ・ 松木川第2橋梁 ピーク流量時の水面は、床盤下3m前後まで上昇する。(写真4-71) ・ 無名橋 ピーク流量時の水面は、床盤下1m前後まで上昇する。(写真4-72) ・ 松木川第1橋梁 ピーク流量時の水面は、床盤下5m前後まで上昇する。また、中央の橋脚周辺では1～2m程度である。 (写真4-73)	・ 本堤上流右岸側で局所洗掘を生じる。	張り出した部分の地形の掘削等が考えられる。 ・ 根固工(ブロック)等による対策が考えられる。



写真 4-68

1号床固工付近の河床状況を示す。
床固工上下流での洗掘は全く見
られない。



写真 4-69

4号床固工下流の河床形状を示す。

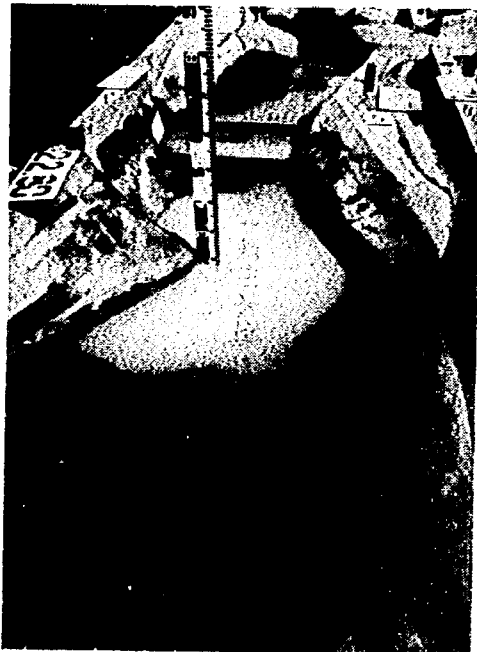


写真 4-70

5号床固工前庭部局所洗掘状況を示す。



写真 4-71

松木川第 2 橋梁付近の流下状況を示す。



写真 4-72

無名橋付近の流下状況を示す。



写真 4-73

松川第一橋梁地点の流下状況を示す。

表4-18 構造物の配置と周辺の流況

CASE	1号床園工	2号床園工	3号床園工	4号床園工	部-1	部-2	部-3	5号床園工	6号床園工	7号床園工	8号床園工	9号床園工	取水堰	部-4	部-5	10号床園工	11号床園工	備考
C-3	・河道の屈曲により流水は左岸側に集中する。 ・もぐり状態を低下する。 ・上流で5～6mの場所を流す。 ・両岸地を0.5～1mで越流する。 ・足尾第3垂道～1号床園工間の河床底下が緩和される。	・下流の狭小部によりもぐり状態を低下する。 ・右岸地を0.5～1mで越流する。	・もぐり状態を低下する。 ・地盤の緩みはない。	・前庭で5～6mの場所を流す。 ・右岸地を0.5mで越流する。	—	—	—	・本堤上流で5～6mの場所を流す。 ・左右岸地を0.3～0.5mで越流する。	・下流の上り地盤により床園工が埋没する傾向にある。 ・本堤上流右岸側で3m前後の場所を流す。 ・両岸地を0.5m前後で越流する。	・床園工による水位上昇により松川第2橋梁のクリアランスが1～1.5mになる。 ・右岸地を0.5m前後で越流する。 ・6号～7号床園工間では土砂堆積が著しい。	・床園工による水位上昇により無名橋梁を0.5～1mで越流する。 ・両岸地を0.5～1.0mで越流する。 ・左岸側に流水が滞留する。	・流水の滞留はない。 ・上流で2～3mの場所を流す。 ・右岸地を0.3～0.5mで越流する。	・取水堰～9号床園工間は埋没傾向にある。 ・前庭で3～4mの場所を流す。 ・右岸地を1m前後で越流する。	—	—	・床園工による水位上昇により松川第1橋梁では床園工のクリアランスが1m程度まで水位が上昇する。 ・左岸地を1m前後で越流する。	・床園工による水位上昇により床園工上流左岸側を越流し道路を冠水する。	
C-4	同上	同上	同上	同上	—	—	—	同上	同上	同上	同上	同上	同上	—	—	同上	同上	
C-5	・河道の屈曲により流水は左岸側に集中し、本堤上流左岸側で3～4mの場所を流す。	・上流及び前庭の流況は生じない。	・床園工上流に土砂が堆積する傾向にある。	・床園工前庭で5m前後の場所を流す。	—	—	—	・前庭で場所を流す。 ・左岸地を0.3～0.5mで越流する。	・前庭の流況は全く生じない。	・第2橋梁への影響はない。	・無名橋への影響はない。	・上流で2m前後の場所を流す。 ・前庭で3m前後の場所を流す。	・取水堰～9号床園工間は埋没傾向にある。 ・前庭で3m前後の場所を流す。	—	—	・第1橋梁への影響はない。	・左岸側を越流する現象は見られない。	・Q=500m ³ /sでは床園工は越流する流況は生じない。
C-6	計画・高さ ・河道の屈曲により流水は左岸側に集中する。 ・本堤上流左岸側で5～6mの場所を流す。 ・前庭左岸側で1～2mの場所を流す。	位置 ・本堤上流で2～3mの場所を流す。 ・(右岸地による影響) ・前庭で4～5mの場所を流す。 ・両岸地を0.5～1mで越流する。	位置・高さ ・本堤上流で7～8mの場所を流す。 ・前庭で3～4mの場所を流す。 ・河道の屈曲により流水は左岸側に集中する。	計画 ・床園工前庭で5～6mの場所を流す。 ・No.25・59左岸側の影響により場所を流す(9m前後の流況)。 ・両岸地を0.3～0.5mで越流する。	—	—	—	計画・高さ ・河道の屈曲により流水は左岸側に集中する。 ・本堤上流左岸側で5～6mの場所を流す。 ・床園工前庭～No.228地点間で8～9mの場所を流す。 ・左岸地を0.5～1mで越流する。	計画・方向・高さ ・床園工の方向を変えたことにより下流側の流況の片寄りが緩和される。 ・本堤上流右岸側で2～3mの場所を流す。 ・前庭で2m前後の場所を流す。	位置 ・左岸地の影響により床園工上流で2～3mの場所を流す。 ・前庭では1～2mの場所を流す。	位置・高さ ・左岸地の影響により本堤上流で2～3mの場所を流す。 ・床園工、前庭の流況はない。	位置・高さ ・床園工による水位上昇により松川第1橋梁では床園工と水面のクリアランスが1m前後まで水位が上昇する。 ・床園工下流では河床底下が著しい。	・取水堰前庭では3～4mの場所を流す。 ・取水堰～9号床園工間は埋没傾向にある。	—	—	撤去 ・7号、8号床園工(計画)を撤去したことにより第2橋梁、無名橋梁の水位が低下する。 ・11号床園工(計画)を撤去したことによりNo.213地点左岸側の流況は解消された。		
C-7	同上	・右岸地を撤去したことにより本堤上流の流況は1～2mに緩和された。 ・前庭に流床工を設けたことにより場所を流すは緩和された。	・前庭に流床工を設けたことにより、左岸側で2m前後の流況を生じる程度まで緩和された。	・No.25・59地点、左岸側の岩を撤去し河道を拡幅したため流況が改善された。 ・前庭、9m前後の流況は緩和された。 ・7m前後の流況は緩和された。	—	—	—	同上	同上	・流床工を3m下げて設置した結果流床工下流の流況は全く生じない。	同上	撤去 ・前庭で6～8mの場所を流す。	・9号床園工を撤去したことにより取水堰下流では河床底下が著しい。 ・前庭で6～8mの場所を流す。	—	—	—	—	・9号床園工(計画)を撤去したことにより、松木第1橋梁地点の水位が低下する。
C-8	・前庭の流況は流床工を設けたことにより解消された。	同上	同上	・床園工前庭では7～9mの場所を流す。	—	—	—	・左岸地を撤去したことにより上流の流況は2～3mに緩和された。 ・前庭では7～9mの場所を流す。	同上	同上	同上	同上	・取水堰下流で5m前後の河床底下を生じ流水は左岸側に固定される。	—	—	—	—	
C-9	同上	同上	同上	・床園工前庭の流況は流床工を設けたことにより解消された。	設置 ・本堤上流で2～3mの場所を流す。	設置 ・本堤上流で3～4mの場所を流す。	設置 ・本堤上流で3～4mの場所を流す。 ・本堤下流で7～9mの場所を流す。	・No.228地点右岸側の地形の影響により流床工下流で6～8mの場所を流す。 ・No.228地点では10～12mの場所を流す。	・流床工を撤去した結果前庭で2～3mの場所を流す。	同上	同上	—	・取水堰下流の河床底下は防止することが出来た。	・本堤前庭で4～5mの場所を流す。	・本堤前庭で8～10mの場所を流す。	—	—	
C-13	同上	同上	同上	同上	同上	・本堤上流で3～4mの場所を流す。 ・部-3(C-9)を撤去したことにより本堤下流では2～3mの流況に緩和される。	撤去	同上	同上	同上	同上	—	同上	位置 ・No.786地点に流床工を設けたことにより取水堰下流の河床底下は防止される。 ・本堤前庭の流況は生じない。 ・以下「部-4」を「部-3」と呼びかえる。	撤去	—	—	
C-11	・床園工上流の河道修正を行なったが、地形の屈曲により影響が強く、床園工上流左岸側で5～6mの場所を流す。	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	—	同上	同上	—	—	—	
C-16	・本堤上流でピーク流量時に6m前後の場所を流す。 ・前庭の流況は生じない。	同上	同上	同上	同上	同上	—	同上	同上	同上	同上	—	同上	同上	—	—	—	
C-14	位置 ・床園工を移設したことにより、床園工上流及び前庭の流況は全く生じない。 ・足尾第3垂道～1号床園工間では河床底下が少ない。	同上	・流量600m ³ /s時までは、部-3は維持できるがピーク流量時には破壊される。	同上	同上	同上	—	同上	同上	同上	同上	—	同上	同上	—	—	—	
C-10	・河道の屈曲により右岸側にポイントバーを形成する。 ・床園工上流の流況はない。	同上	・部-3は効果的であり場所を流すは生じない。	同上	・本堤上流で2.5～3mの場所を流す。	・本堤上流で2.5～3mの場所を流す。	—	・床園工上流に設置した部-3は設置位置が低かったことから、破壊され流出する。	同上	同上	同上	—	同上	同上	—	—	—	
C-12	・上流からの砂が溜り、場合によっては右岸側のポイントバーの形成が強く、流水の片寄りが少ない。	同上	同上	同上	同上	同上	—	・部-3の設置位置を長くしたことにより破壊されることがなく場所を流すは防止された。	同上	同上	同上	—	同上	同上	—	—	—	
C-15	・本堤上流及び前庭の流況は全く生じない。	・本堤上流及び前庭の流況は全く生じない。	・本堤上流に設置したブロックは破壊され流出する。 ・前庭左岸側で1.5～2.0mの場所を流す。	・本堤上流及び前庭の流況は全く生じない。	同上	同上	—	・本堤上流に設置したブロックは破壊され流出する。 ・前庭では地形の影響により流況が著しくNo.228地点右岸側で8～10mの場所を流す。	・本堤上流で2～3mの場所を流す。 ・前庭の流況は全く生じない。	・本堤上流及び前庭の流況は全く生じない。	・本堤上流及び前庭の流況は全く生じない。	—	同上	同上	—	—	—	

表 4 - 19 土砂収支

CASE	実験条件	給砂量 (A)	流出土砂量 (B)	A / B	変動量
10	Q= 500m ³ /s T= 60min	55,700m ³ (0.4%)	57,200m ³ (0.36%)	0.97	- 1,500m ³
11	Q=1,100m ³ /s T= 60min	122,600 (0.4%)	117,500 (0.34%)	1.04	+ 5,100
12	Q= 500m ³ /s T= 60min	— (0%)	55,600 (0.35%)	—	- 55,600
13	Q=1,100m ³ /s T= 60min	— (0%)	131,400 (0.38%)	—	-131,400
14	Q=洪水波形 T= 154min	— (0%)	121,900 —	—	-121,900
15	Q=1,100m ³ /s T= 60min	122,600 (0.4%)	127,900 (0.37%)	0.96	- 5,300
16	Q=洪水波形 T= 154min	122,900 (0.4%)	124,400 —	0.98	- 1,500

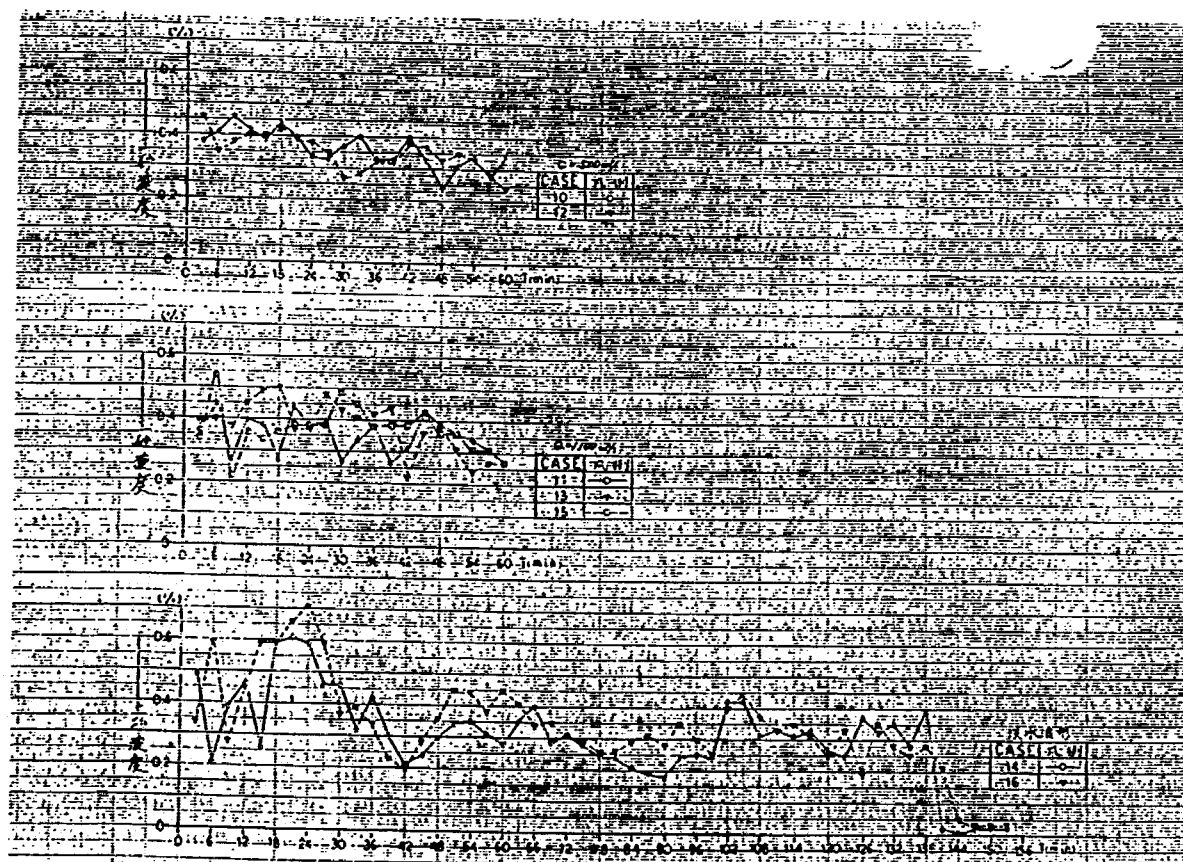


図 4 - 38 流出土砂濃度の時間的变化

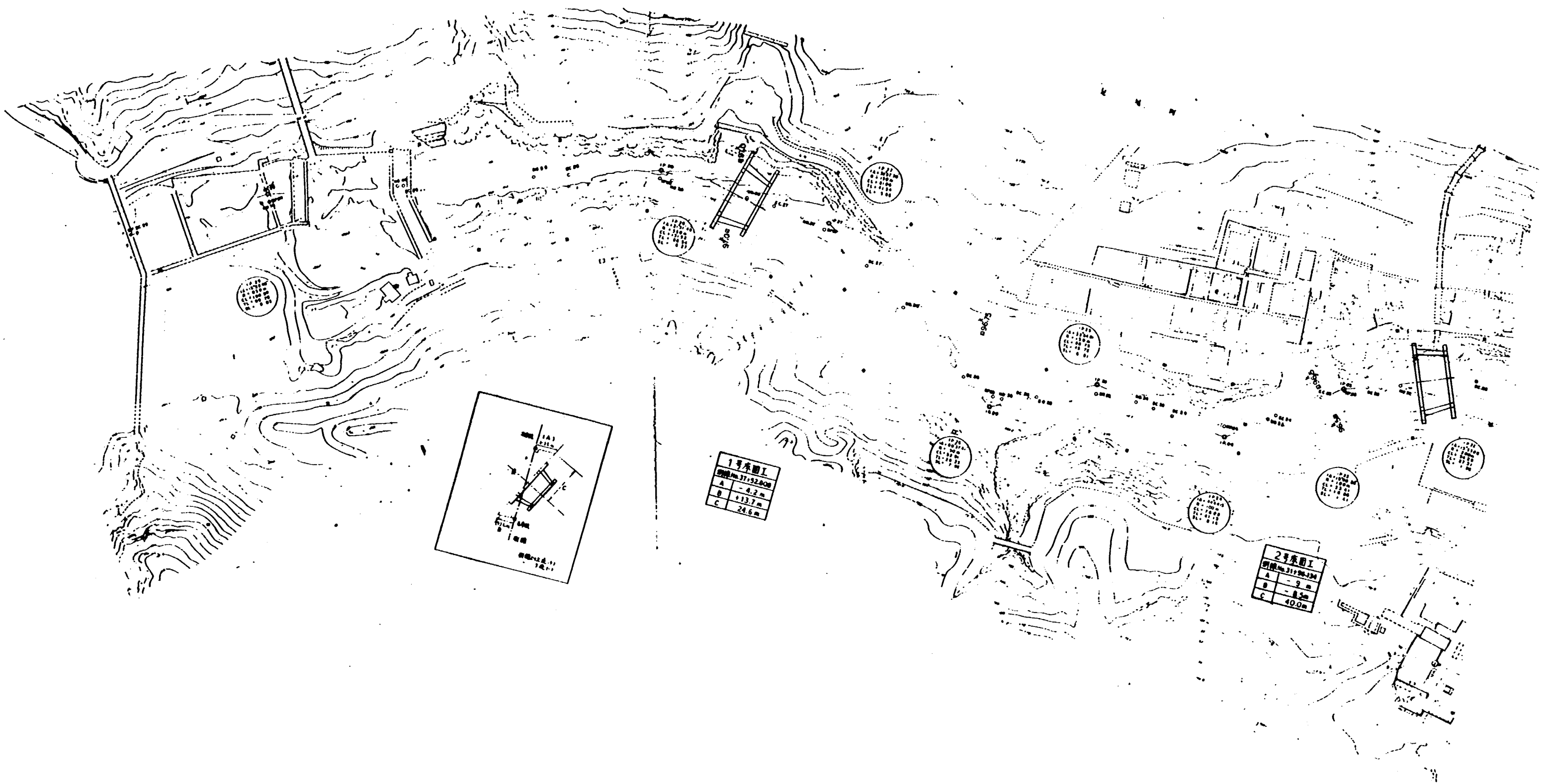
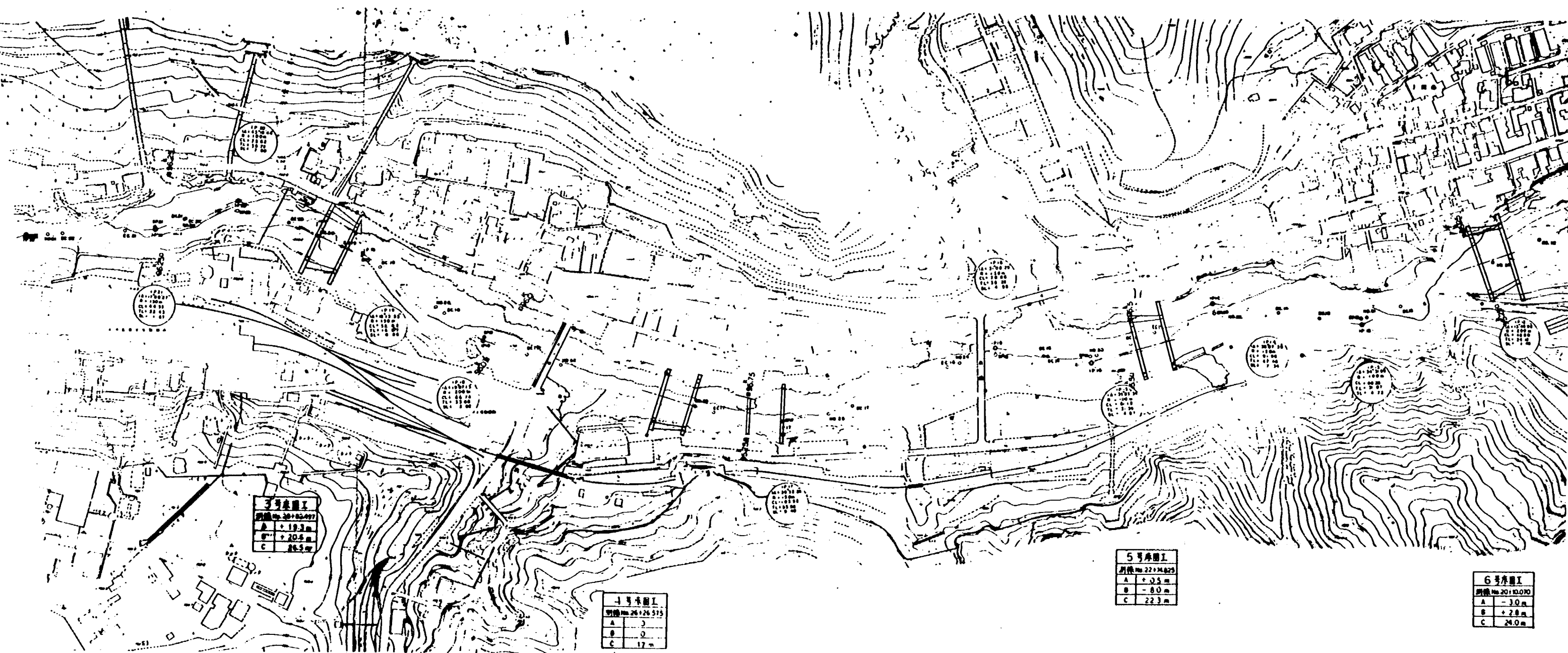


図4-39 河道計画平面図

100-100000-100

1000



3号断面

点	高程 (m)
A	+19.3
B	+20.5
C	26.5

4号断面

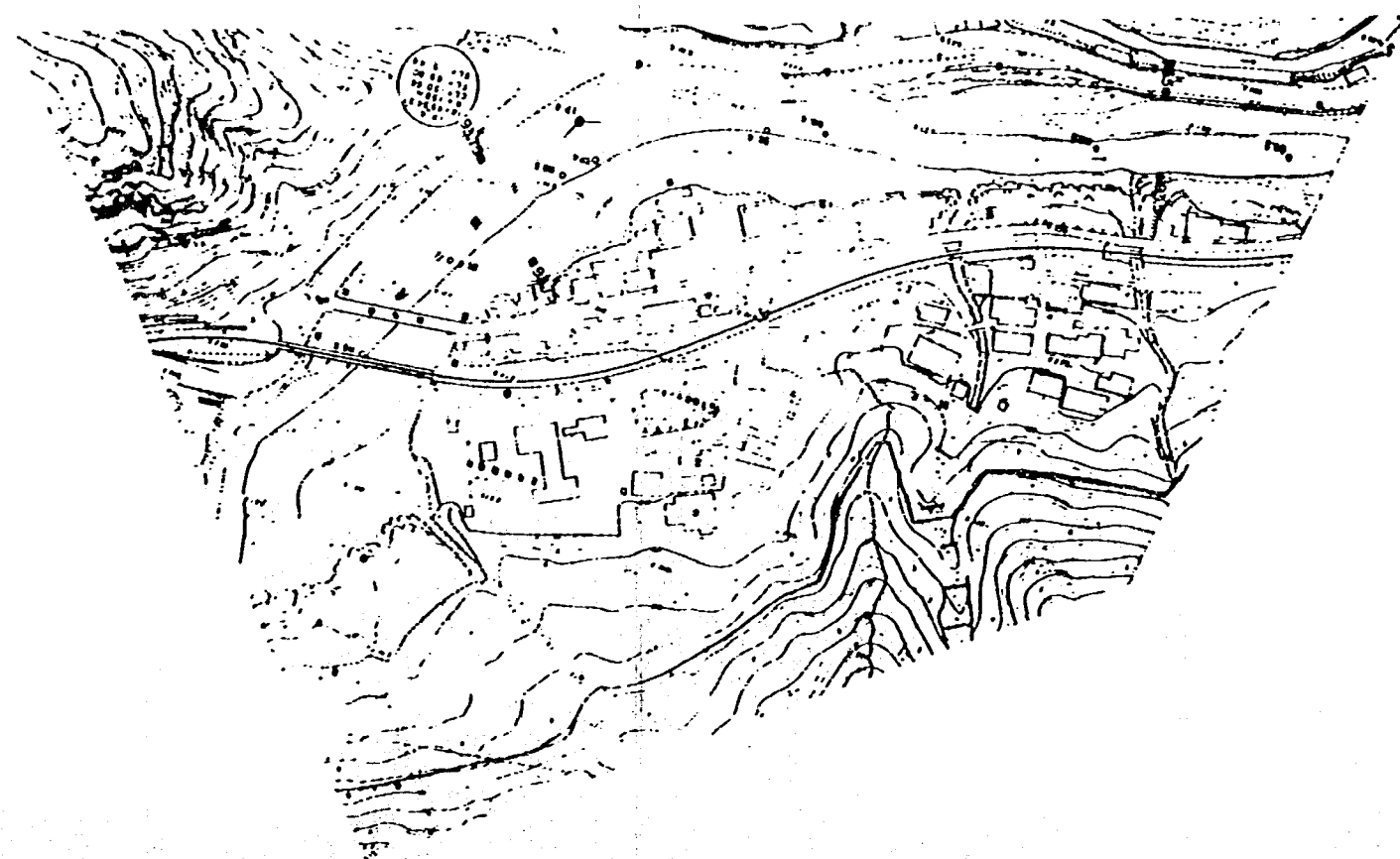
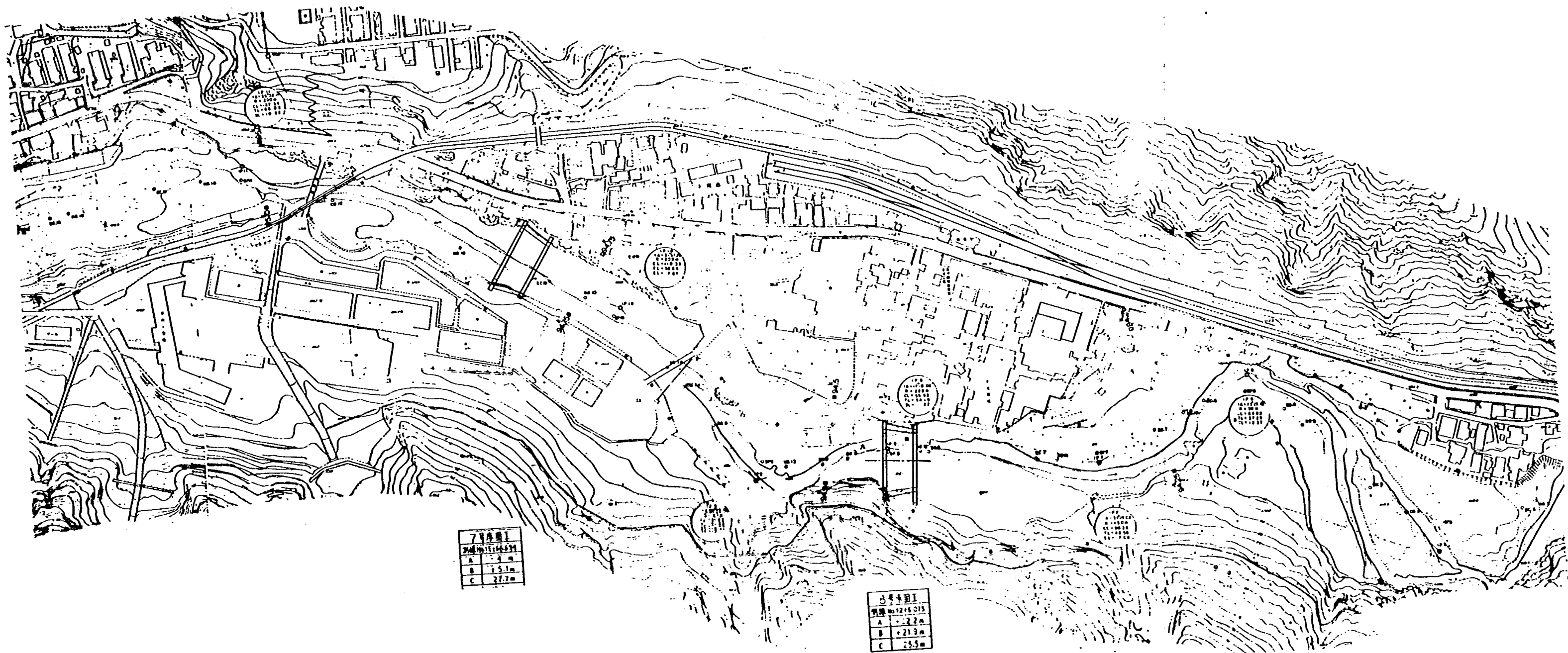
点	高程 (m)
A	3
B	0
C	17

5号断面

点	高程 (m)
A	+0.5
B	-8.0
C	22.3

6号断面

点	高程 (m)
A	-3.0
B	+2.8
C	24.0



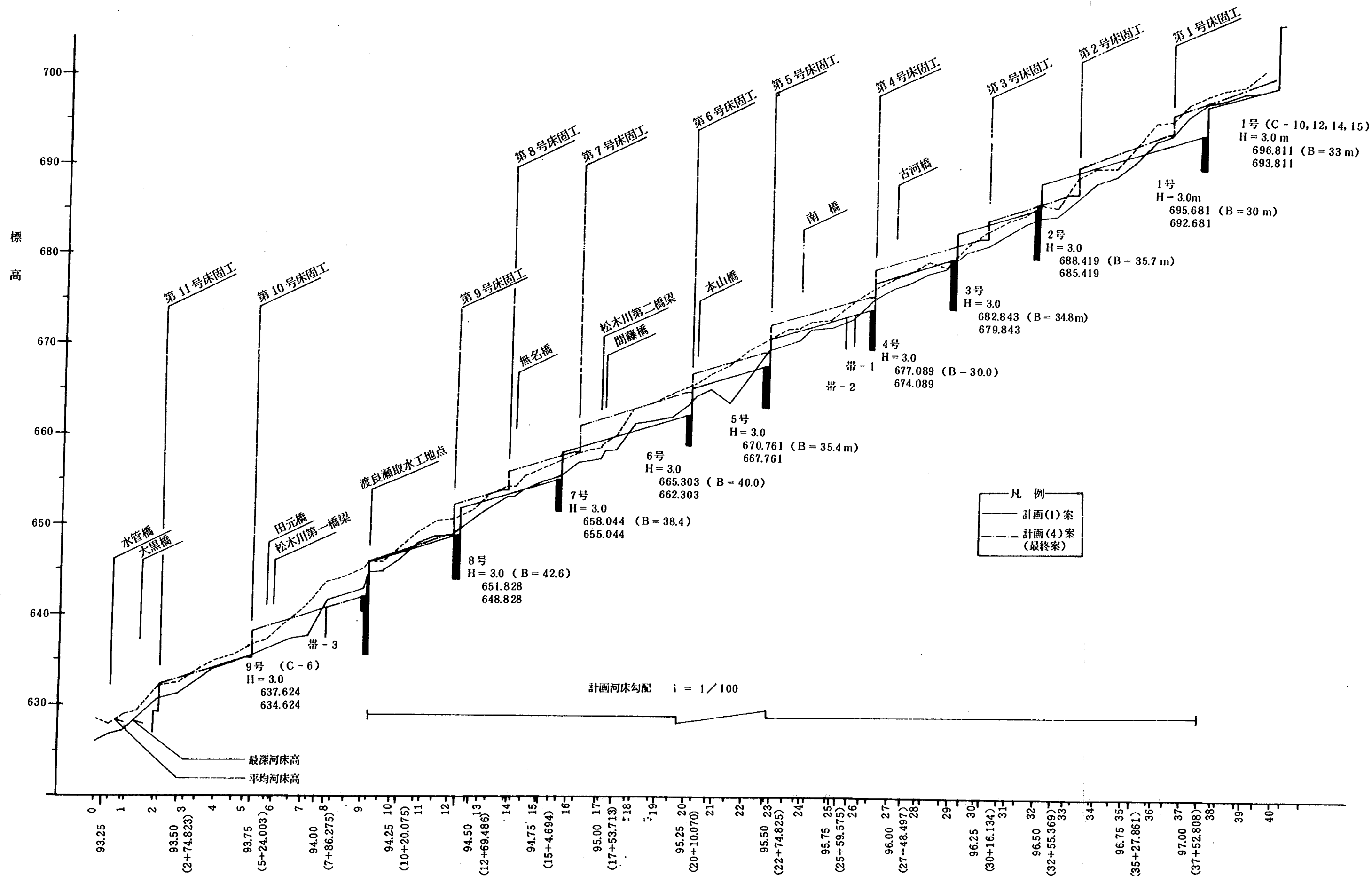


図4-40 河道計画縦断図

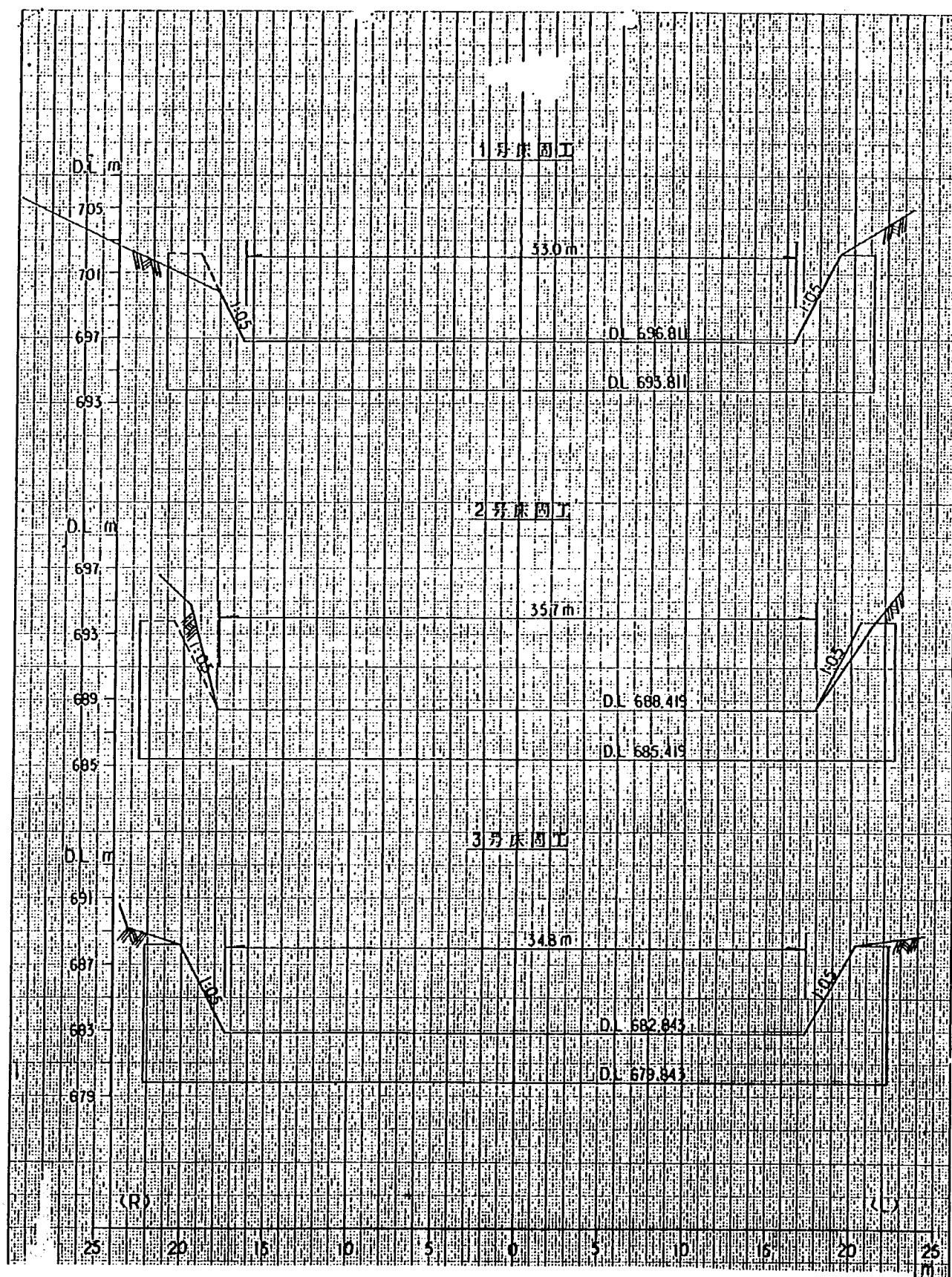


图 4-41(1) 計画構造図

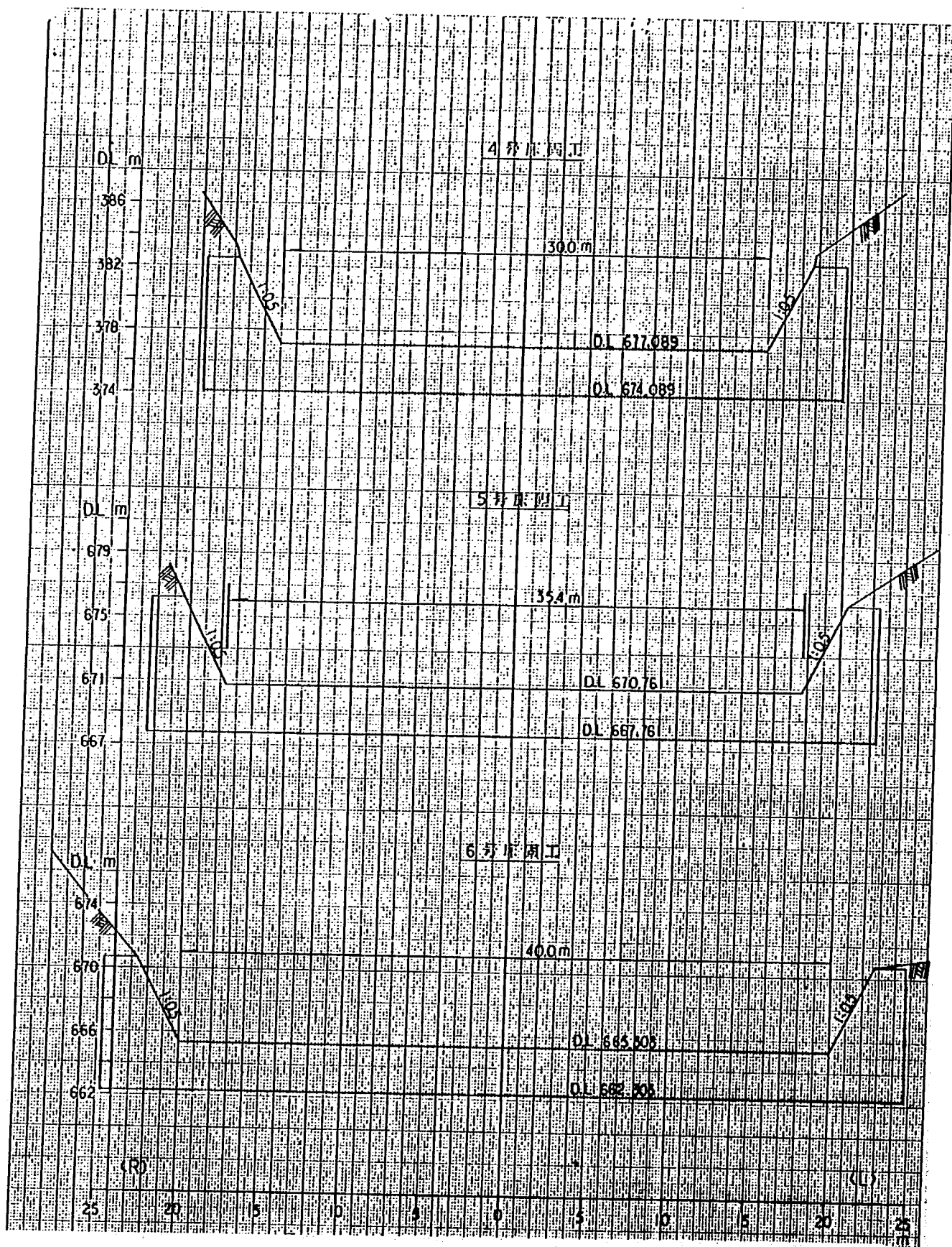


図 4 - 41(2) 計画構造図

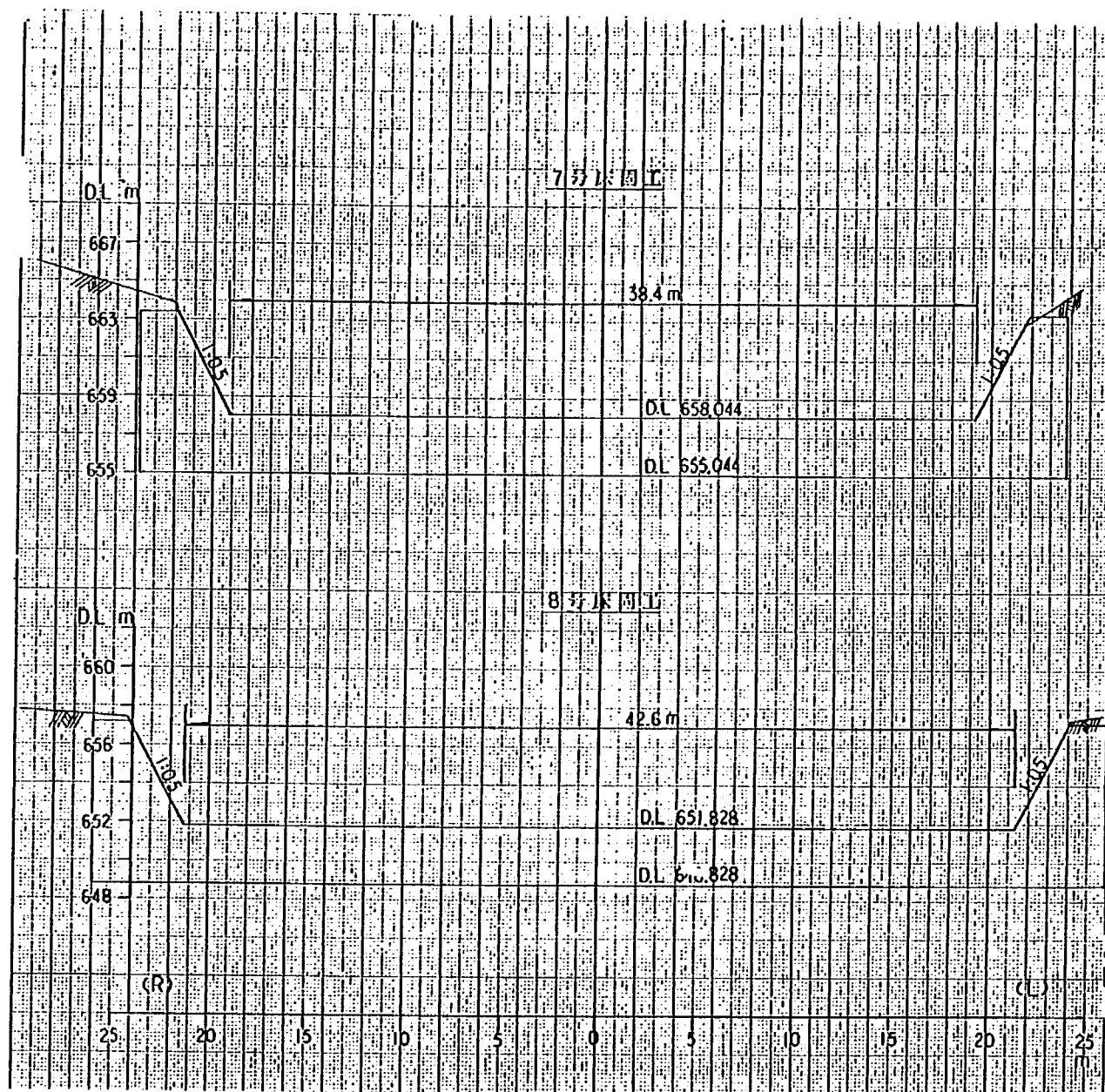


図 4 - 41 (3) 計画構造図

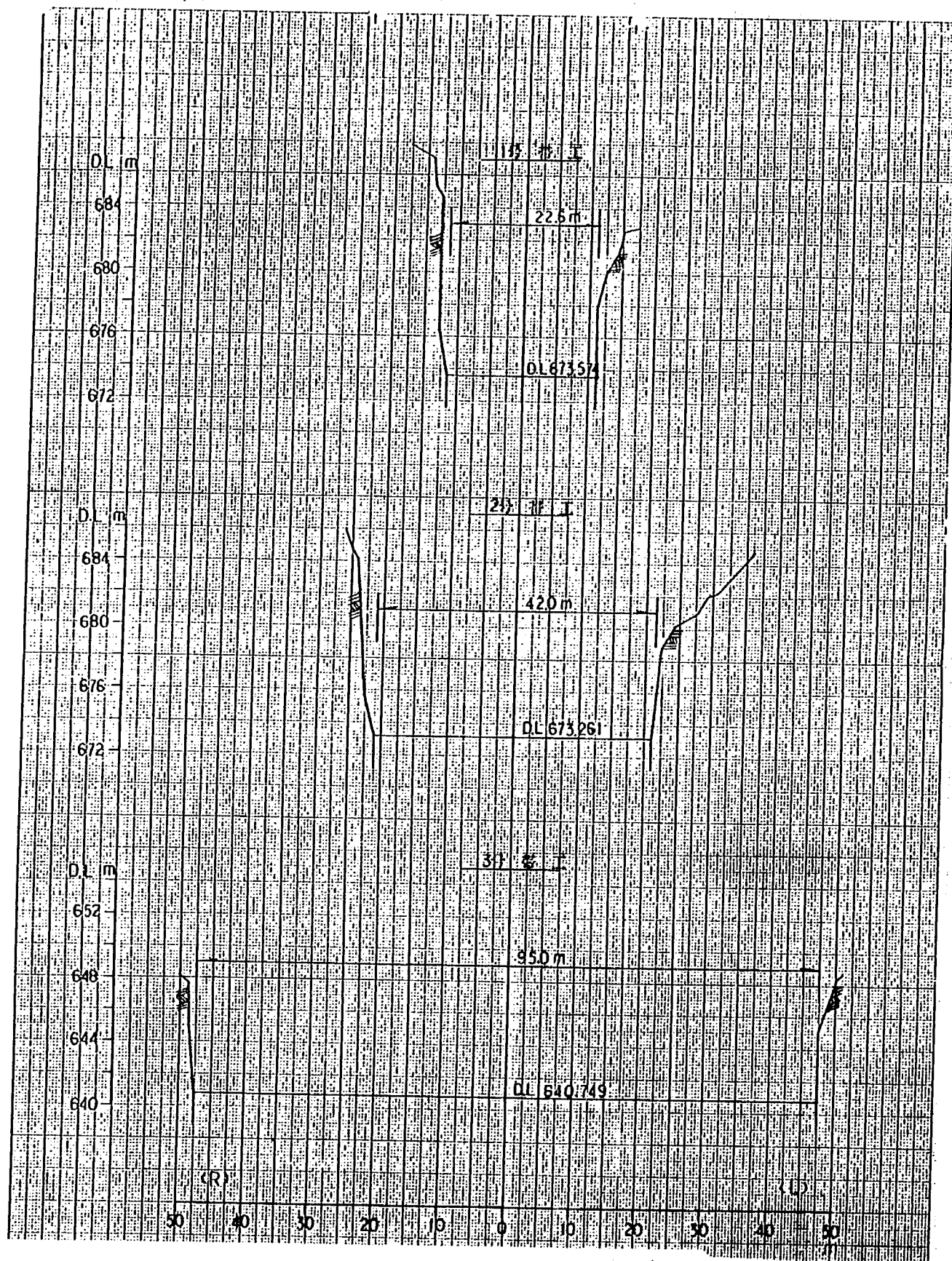


图 4 - 41 (4) 計画構造図

§ 5 実験に基づく河道計画案

実験に基づく最適な河道計画案（最終案）を、図4-39河道計画平面図、図4-40河道計画縦断図、図4-41計画構造図に示した。河道計画案の要点は次のとおりである。

- ① 実験対象区間内の主要構造物としては、床固工8基、帯工3基を設置する。なお、渡良瀬取水堰は既設構造物と考える。
- ② 各床固工及び帯工の前庭部には、長さ15m程度の護床工を設ける。
- ③ 4号床固工下流No.25.59左岸側からはり出している基岩は撤去する。
- ④ 3号床固工及び5号床固工上流左岸では、袖の影響による局所洗掘が生じる恐れがあるので、根固工によって洗掘を防止する。

§ 6 河道計画案の問題点と課題

最終的な河道計画案により、現況河道の問題点はほぼ解決されたものと考えられるが、局部的にみると今後さらに検討しなければならない課題も残されている。以下それらを列挙する。

① 取水堰下流の帯工-3から神子内川合流点までの区間における河道計画については、大黒橋付近の河積不足を考慮した合流点処理を含めて検討する必要がある。本年度の実験では、神子内川の流量を見込んでいないので、この間の河道計画を実験的に検討するためには、神子内川からも給水を行わなければならない。

② 本河道計画においては、法線形は基本的には現河道のままとしている。したがって、横工を主体とする構造物のみでは局所的な洗掘を防止できない箇所が存在する。このような箇所については、実験結果をふまえて箇別に対策工を検討しなければならないが、比較的堅硬な基岩や背後に保全対象がない場合もあるので、現地の状況を十分に勘案する必要がある。とくに局所洗掘が著しく、対策を要すると思われる箇所は次のとおりである。

- ・ 3号床固工上流左岸
- ・ 4号床固工下流帯工周辺
- ・ 5号床固工上流左岸及び下流No.2 2.8 km 付近右岸
- ・ 無名橋 (No.1 4.1 2 km) 付近

③ 松木川第1橋梁、松木川第2橋梁、無名橋の各橋梁周辺では流況が乱れ、橋脚周辺の局所洗掘、計画高水時のクリアランス不足がみられる。これらについては、各橋梁の安全性を考慮して対策を検討する必要がある。

④ 本河道計画案については、上流からの給砂がある場合とない場合の二通りの条件で実験を行っており、一応どちらの条件のもとでも適切な計画であると思われるが、施工順位の検討にあたっては、将来的な給砂量を把握しておかなければならない。

⑤ 本実験においては、構造物の位置、形状等に関する概略設計を行った。施工にあたっては、現地の地形、地質状況を考慮した詳細設計が必要となる。とくに、床固工の水通し断面形状については、最終案の方が当初案よりも大きく設計されているが、ピーク流量 ($Q = 1,100 \text{ m}^3/\text{s}$) 時には袖を越流する箇所もみられるので、十分に余裕を持たせた計画とすることが望ましい。

松木川河道計画
水理模型実験報告書(Ⅱ)

ISSN 0386-5878

土研資料第2109号

昭和59年3月(1984)

瀬尾克美・万膳英彦・鈴木浩之

キーワード：流路工（河道計画）

要 旨

松木川の河道計画について水理模型実験を行った結果をとりまと
めたものである。



郵便はがき

40円切手
をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所
砂防研究室 御中

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地

No. _____

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2109号 部
松木川河道計画水理模型実験報
告書(Ⅱ)
上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名

㊦