

表-3.2.11 伊波導水トンネルルートと比較表

(1/3)

項目	トンネルルート		
	1 案	2 案	3 案
1. 延長	トンネル部 L1≒2,130m 道路部 L2≒ 540m 計L≒2,670m	トンネル部 L1≒1,460m 道路部 L2≒1,490m 計L≒2,950m	トンネル部 L1≒1,180m 道路部 L2≒1,890m 計L≒3,070m
2. 管径	φ1,500		
3 施工性	1) 施工工程	トンネル工区数は、延長 1,460m より 1 工区とする。工期は 1 案より短くなるが、3 案より長くなる。 同 左	トンネル工区数は、延長 1,180m より 1 工区とする。工期は 1、2 案より短くできる。 同 左
	工期の短い順	3	2
	2) 施工上の条件及び問題点	① トンネルルートは土波りの関係で若干カーブとなる。 ② 沢の横断が 2ヶ所あり、土波りは 10m 以下となるため、湧水の懸念がある。 ③ 当区間は主に千枚岩が分布している。ボーリングデータより、表層部 8.5m まで強風化千枚岩で 29.0m までが風化千枚岩となっている。トンネルの掘削部は千枚岩となっているが、部分的に風化岩がみられ、岩級区分では CL となる。場所によっては切羽の自立性に乏しい所が出てくる。 ④ 土波りが 10~30m となっており、一部土波りが薄いことと到達坑口付近に人家があるため、発破工法では発破による振動及び沈下の影響が懸念される。このため、施工方法は機会掘削工法となる。 ⑤ 発進坑口は、近くに人家がなく、空地があり、県道石川仲泊線に隣接する伊波側となる。工事用地面積は約 1,000㎡ しか確保できず、施工性が良くないが、県道に接しているため、工事用車による隣接住民への影響が少ない。 ⑥ 到達坑口は、思納村の富着側となる。工事用地面積は、到達坑口用地として約 900㎡ が確保できる。しかし人家が隣接すること、国道 58 号線までの約 340m は道路幅が狭いため、運行には十分な対策が必要となる。 ⑦ 道路部の配管は県道の歩道部を約 120m 布設し、90° 曲がって県道を横断し、伊波増圧ポンプ場へ接続する。	① トンネルルートは、極力ゴルフ場用地を避けるため、カーブとなる。 ② 沢の横断なし ③ 同 左 ④ 同 左 ⑤ 発進坑口は、近くに人家がなく、工事用地(農地：畑)が確保できる伊波側とする。用地面積は農地の区画形状より約 4,000㎡ 確保できる。工事用道路は農道(幅 5.0m)を利用できる。 ⑥ 同 左 ⑦ 道路部の配管ルートは農道～空地～県道を横断し、伊波増圧ポンプ場へ接続する。この内空地部分は民地のため用地買収が必要となる。
問題点の少ない順	2	1	1

(2/3)

項目	トンネルルート			
	1 案	2 案	3 案	
4. 環境への影響	① 沢横断が 2ヶ所あり上流のため、河川(ユマサ川)への影響が若干懸念される。トンネルルート上には河川横はないが、水源(農地用ため池、1ヶ所)及び農地(畑：トウモロコシ、野菜等)があり、トンネルへの湧水による地下水の低下を引き起こした場合、水源への影響が懸念される。 ② ユマサ川流域内を通るトンネル延長は約 1,200m で 2、3 案より河川及び農地への影響は大きい。 ③ 発進坑口が県道石川仲泊線に接しているため、直接的には住民への影響はない。 ④ トンネル工事中に湧水が発生した場合、下流河川への放流となり、農業用貯水池への流入とならないため、2、3 案より水源への影響は若干懸念される。 ⑤ 発進坑口側で一部霊園墓地の下を通過するため、墓石への影響がないよう施工する必要がある。	① トンネルルート上には河川横はないが、農地(畑：トウモロコシ、野菜等)があり、トンネルへの湧水による地下水の低下を引き起こした場合、水源への影響が懸念される。 ② ユマサ川流域内を通るトンネル延長は約 570m で 1 案より河川及び農地への影響は少ない。ただし、ルートが 1 案よりゴルフ場側となるため、ゴルフ場への影響は 1 案より若干懸念要素となる。 ③ 発進坑口への影響があるため安全な交通方法、工事交通量、工事内容について十分な説明が必要となる。 ④ トンネルルート上の土地改良地区の農地への給水は、散水栓を用いており、仮にトンネル工事中に湧水が発生した場合は、散水のため農業用貯水池(調整池も兼ねる)に流入させるため、水源への影響は非常に少ないと考えられる。	① 同 左 ② ユマサ川流域内を通るトンネル延長は約 300m (1 案の 1/4、2 案の 1/2) で 1、2 案より河川及び農地への影響は少ない。ただし、ルートが 1、2 案より最もゴルフ場へ隣接するため、ゴルフ場への影響は 1、2 案より若干懸念要素となる。 ③ 同 左 ④ 同 左	
	影響の少ない順	2	1	1
	5. 協議調整対象	1) 自治体調整 ① 関係市町村・・・思納村、石川市 2) 河川占用協議なし 3) 環境関係法令等による規則等の状況 ① 沖繩県環境影響評価要綱による協議事業の対象にはならない 4) 自治体調整及び住民説明 ① 関係市町村・・・思納村、石川市 ② 国道、県道、村道沿い及び坑口付近の集落 5) その他の調整事項 ① トンネル上部地の区分地上権等の補償問題及び用地買収が必要となる(地権者)。	1) 自治体調整 同 左 2) 河川占用協議なし 3) 環境関係法令等による規則等の状況 同 左 4) 自治体調整及び住民説明 同 左 5) その他の調整事項 ① 同 左 ② 農道布設による協議が必要	1) 自治体調整 同 左 2) 河川占用協議なし 3) 環境関係法令等による規則等の状況 同 左 4) 自治体調整及び住民説明 同 左 5) その他の調整事項 ① 同 左 ② 農道布設による協議が必要
協議項目の少ない順	1	2	2	

項目	トンネルルート		
	1 案	2 案	3 案
6. 概算工事費	①トンネル部 φ1500 2,130m × 889千円/m ≒ 1,894,000千円 ②道路部 φ1500 540m × 454千円/m ≒ 245,000 〃 概算工事費計 2,139,000千円 工事費は2, 3案より高くなる。	①トンネル部 φ1500 1,460m × 889千円/m ≒ 1,298,000千円 ②道路部 φ1500 1,490m × 454千円/m ≒ 676,000 〃 概算工事費計 1,974,000千円	①トンネル部 φ1500 1,180m × 889千円/m ≒ 1,049,000千円 ②道路部 φ1500 1,890m × 454千円/m ≒ 858,000 〃 概算工事費計 1,907,000千円 工事費は他案に比べて一番安い
工事費の安い順	3	1	1
7. 順位による評価	1 …… 1, 2 …… 2, 3 …… 2	1 …… 2, 2 …… 3, 3 …… 0	1 …… 4, 2 …… 1, 3 …… 0
8. 総合評価	(1) 施工性 ① 施工工期が短くてできる順位としては、3案、2案、1案となる。 ② 施工上の問題点（騒音、土振りが薄いことによる農地への影響）は機械掘削工法とすれば特に問題はないが、1案は土振りが薄い河川横断があり、施工上の対策が必要となる。 2, 3案は特にこのような問題ヶ所はない。 (2) 環境への影響は、2, 3案より1案若干懸念されるヶ所がある。 (3) 協議調整対象項目が少ない順位は1案で、2, 3案は同じとなる。 (4) 概算工事費が安くなる順位は、3案、2案、1案となる。ただし、3案共、工事の条件次第では同程度か、逆転の可能性がある。 上記項目を各案についてまとめると、次のようになる。 (イ) 1案 …… 農道での布設がないため占用協議が少なくよいが、河川への影響、土振りが薄い所（10m以下、2ヶ所）の沢横断での施工性の問題があり、工事費が高くなる。 (ロ) 2案 …… 総合評価より2案は3案より若干劣る。 (ハ) 3案 …… 工事費は1案、2案に比べて安く、河川への影響も少ないが、ルートがゴルフ場に隣接するため、ゴルフ場への影響が1案に比べて若干懸念される。 よって、伊波導水トンネルルートは、以上の評価と7.順位による評価より、3案を採用する。		

表-3.2.12(1) トンネル掘削断面比較表 (1)

断面番号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
トンネル断面の設定理由	φ1,500mm 管路を配管できる最小トンネル断面 (巻き込み管による施工)	掘削作業を機械施工できる最小トンネル断面 φ1,500mm 管路の配管が通常の施工方法で可能	トンネル掘削機械 (TBM) による最小トンネル断面	施工上必要な最小トンネル断面 (断面内に待避スペースを考慮)
断面	形状	上部半円下部矩形	円形	上部半円下部矩形
	掘削断面 断面積	D=1,950mm, H=1,000mm 3.44m ²	D=2,250mm, H1,300mm 4.91m ²	φ=2,600mm 5.31m ²
断面形状				
トンネル工掘削条件	(在来工法) ・レグドドリルによる人力削孔 ・発破工法 ・ずり積み機、運搬車は特殊仕様となる。 ・100m 毎に坑内待避所 (幅 2.6m 程度) が必要となる。 ・平均日進 2~3m (機械工法) ・TBMによる実績はない。 ・自由断面掘削機による施工は可能であるが、地質条件を考慮すると採用は難しい。 (通常一軸圧縮強度 200kgf/cm ² の軟岩ないし土砂に採用)	(在来工法) ・2ブームジャンボによる機械削孔 ・発破工法 ・ずり積み機、運搬車は標準仕様車の使用が可能 ・100m 毎に坑内待避所 (幅 2.6m 程度) が必要となる。 ・平均日進 4~6m (機械工法) ・TBM (φ2,000mm) は特注となり、工事費が割高となる。地質が概ね均一であることが必要である。 ・自由断面掘削機は、地質条件から採用が難しい。	(機械工法) ・TBMによる施工実績がある。 ・地質が概ね均一である必要がある。 ・100m 毎に坑内待避所 (下部矩形とする拡幅が必要となる) ・平日日進 10~15m	(在来工法) ・2ブームジャンボによる機械削孔 ・発破工法 ・ずり積み機、運搬車は標準仕様車の使用が可能 ・平均日進 4~6m

表-3.2.12(2) トンネル掘削断面比較表 (2)

断面番号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	
導水管の配管条件	・巻き込み管による特殊施工となり、工事費が割高となるとともに工期も長くなる	・内面溶接による通常施工	・内面溶接による通常施工	・内面溶接による通常施工 ・間隙が大きくモルタル充填費が割高となる。	
特色および問題点	・断面が小さいため、導水管との間隙が少なくモルタル充填量が少なくて済む。 ・断面が小さいため、トンネル掘削において人力による作業が多くなり、作業環境の劣化と能力が低下する。 ・保安対策上の問題が生じる恐れがある。 ・工事期間が長くなる。	(発破方法) ・発破工法では、火薬の爆発によって巨大なエネルギーを発生させるので周辺に振動と騒音を与え生活環境を損ない、近接した構造物に損傷を与える恐れがある。 ・日進速度は5m/日程度と想定されるため、名護トンネルが工程計画上ネックとなる。 (機械工法・自由断面掘削機) ・自由断面掘削機が対象とする地盤の一軸圧縮強度は、通常200kgf/cm ² 以下であり、対象となる地質(200~400kgf/cm ² と指定)に対しては、能率の極端な低下が懸念される。 ・一軸圧縮強度200kgf/cm ² 以下の地盤に対する日進速度は、実績等から発破工法と概ね同等と考えられる。	(TBM工法) ・掘削速度が、在来工法に比べ格段に速い。 ・騒音、振動が少なく、掘削地山を緩める度合いが小さい。 ・余掘が少なく、モルタルの充填量の増大を防ぐことができる。 ・2~3人の切羽作業員で掘削可能であるとともに、切羽付近は防護ルーフがあり、労働災害の機会が減少できる。 ・掘削機械は高価であり、掘削延長が長い等の特徴がなければ掘削単位数あたりの微細費が割高となる。 ・岩盤の強度に対する適応性は、比較的大きいが、頻繁に岩質の変化する地層には自在性が低く、効率が落ちる。 ・仕稼電力量が大幅に増加する。	・断面が比較的大きいため、施工性が良く、待避所を設ける必要がなく、安全性が向上する ・断面が大きいため、導水管との間隙が大きくモルタル充填量が多くなり、経済性に劣る。	
概算工事費	導水管設置費	359,000 円/m	277,000 円/m	277,000 円/m	
	間隙充填費	110,000 円/m	204,000 円/m	191,000 円/m	
	トンネル掘削費	発破工法 858,000 円/m	発破工法 416,000 円/m	TBM工法 (3,000m全損) 642,000 円/m (9,400m全損) 661,000 円/m (10,670m全損) 534,000 円/m 526,000 円/m	発破工法 429,000 円/m
	計(工事価格)	1,327,000 円/m	897,000 円/m	1,110,000(994,000) 円/m	976,000 円/m
総合評価	・トンネル断面が小さすぎるため、作業効率が極端に低下し、不経済となる。 ・トンネル間隙充填日は割安となるが、導水管の配管が特殊施工となるため、全体として割高となる。	・経済性では最も割安となる。ただし、名護トンネルの立孔の工事費を考慮していないためTBM工法との差は小さくなる。 ・住宅が坑口付近にあり、発破による騒音、振動が懸念される。	・経済性では、発破工法にやや劣るが、周辺環境に及ぼす影響は少ない。 ・TBM機械を購入し、名護トンネルを含めて工程計画を立てることにより、工事費をかなり低減できる。 ・施工速度が速く、工事の安全性が高い。	・トンネル断面が大きく、施工はし易いが、間隙のモルタル充填量が多くなる等、経済性に劣る。 ・断面を大きくするメリットが小さい。	

表-3.2.13(1) 伊波導水トンネル掘削方式の比較 (その1)

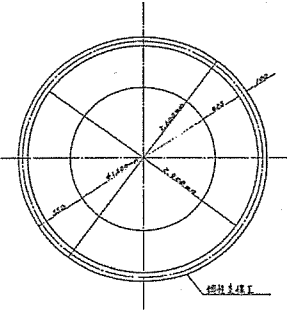
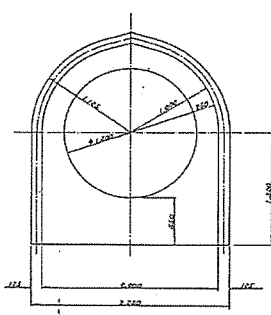
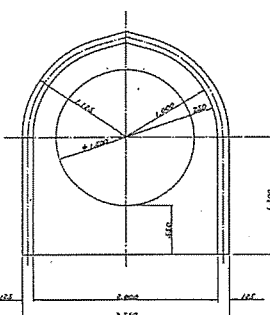
掘削方式		TBM工法	自由断面機械掘削工法	発破工法
項目	断面形状	断面形状：円形断面 断面寸法：φ2.60m 断面積：5.3m ² 	断面形状：上部半円下部矩形断面 断面寸法：D=2.25m、H=1.30m 断面積：5.0m ² 	断面形状：上部半円下部矩形断面 断面寸法：D=2.25m、H=1.30m 断面積：5.0m ² 
	掘削工法	・TBMによる機械掘削 ・連続ベルコンによるズリ積み ・鋼車によるズリ出し	・ミゼットマイナーによる機械掘削 ・ベルコンによるズリ積み ・鋼車によるズリ出し	・2ブームジャンボによる削孔 ・発破工法 ・ズリ積み機 ・鋼車によるズリ出し
地質 適応性	B	286m ○	△	○
	C I	665m ○	○	○
	C II	184m ○	○	○
	D I	105m ○	○	○
	D II	20m ○	△	△
地質別 支保方式	B	無支保	H-125 鋼製支保工@1.5m 掛矢板 (割岩工法)	H-125 鋼製支保工@1.5m 掛矢板 (割岩工法)
	C I	吹きつけコンクリート (t=100mm)	H-125 鋼製支保工@1.2m 掛矢板	H-125 鋼製支保工@1.2m 掛矢板
	C II	"	"	"
	D I	吹きつけコンクリート+リング支保工	H-125 鋼製支保工@0.9m 送り矢板	H-125 鋼製支保工@0.9m 送り矢板
	D II	鋼製セグメント B=750mm	H-125 鋼製支保工@1.2m 縫地 (AGS注入工法)	H-125 鋼製支保工@1.2m 縫地 (AGS注入工法)

表-3.2.13(2) 伊波導水トンネル掘削方式の比較 (その2)

掘削方式		TBM工法	自由断面機械掘削工法	発破工法
工法の特 性	地質対応	軟弱土層から硬岩まで全地質に対応可能 複雑な地質条件に対して、適応する型式の選定が可能 湧水に対しても適応性があり、施工可能	軟弱土質および硬岩の掘削には補助工法が必要となる。	基本的には全地質に対応可能であるが、地山を緩め易く、崩壊に対する注意を要する。 湧水に対して、適切な排水対策が必要である。 軟弱土質には、補助工法が必要となる。
	掘削	余堀が少ないため経済的 掘削後の支保工の施工が容易 小半径の曲線部の施工は不可能	発破工法ほどは余堀が大きくなるはない	硬岩ほど余堀が多くなり、間隙充填モルタルの量が多くなり不経済となる。 比較的小半径の曲線部の施工が可能。 削孔、発破とズリ運搬が同時にできない。
	公害衛生	発破による振動、騒音等近隣への影響が少ない。 岩盤の緩みが生じにくく、シールド内の作業環境のため、崩壊に対する安全度が高い。 各種の制御、運転管理が小人数の作業員で行うことができる。 発破によるじん肺や振動障害等、作業員の健康障害を回避できる。	発破による振動、騒音等近隣への影響が少ない。 各種の制御、運転管理が小人数の作業員で行うことができる。 発破によるじん肺や振動障害等、作業員の健康障害を回避できる。	発破による振動、騒音等近隣への影響を与える可能性が高い。 岩盤を緩め易く、崩壊等の危険性が懸念される。 発破によるじん肺や振動障害等、作業員の健康管理に配慮する必要がある。
	施工性	掘削、ズリ出しの同時作業が可能 鋼製支保工の施工性が良い。 支保工と掘削の同時作業が可能 掘削速度 300m/月 (実績平均)	掘削、ズリ出しの同時作業が可能 鋼製支保工の施工性が悪い。 支保工と掘削の同時作業は不可能 掘削速度 150m/月 (実績平均)	掘削、ズリ出し、支保工建込みの同時作業が不可能なため施工速度が遅い。 鋼製支保工の施工性が悪い。 掘削速度 110m/月 (実績平均)
工期		掘進速度 250m/月~350m/月 掘進工期 7.5ヶ月 全体工期 16.0ヶ月	掘進速度 100m/月~170m/月 掘進工期 10.0ヶ月 全体工期 18.5ヶ月	掘進速度 80m/月~150m/月 掘進工期 12.5ヶ月 全体工期 21.0ヶ月
工事費	掘削機	860,524千円	780,366千円	557,123千円
	管敷設費	314,748千円	314,748千円	314,748千円
	間隙充填費	235,394千円	232,974千円	232,974千円
	合計	1,410,666千円	1,328,088千円	1,104,845千円
総合評価		以下の点では優れているが、経済的に最も高く本工区においては採用し難い。 ・騒音、振動等周辺環境へ与える影響が少ない ・地質への対応性が自由断面掘削機に比べ高い ・地山を緩める事が少なく、安全性が高い ・作業環境が良好である。	経済性ではTBM工法に比べ有利とはなるが、以下の点でTBM工法にやや劣る。 ・最小規模の掘削機械を使用するため、硬岩では、掘削できないことが懸念される。(割岩工法等の補助工法若しくは発破工法への切換えて対応可能) ・地山を緩める懸念は、発破工法に比べ少ない 経済性及び周辺環境に与える影響等を考慮すれば、本工区においては最適と考えられる。	経済的には、機械掘削工法に比べ有利であるが以下の点で劣るため、本工区では採用し難い。 ・発破による騒音、振動が周辺環境へ与える恐れがある。 ・発破時に上部道路の交通遮断が必要となる。 ・地山を緩め、崩落事故の危険が顕在される。 ・作業環境が悪く、作業員の健康管理に配慮が必要である。
		○	◎	△

① 導水管敷設工

トンネル内に敷設する導水管は、φ1,500mm、板厚B種管(t=11mm)、定尺長=9m、エアーモルタル充填時の浮き上がりを防止するために9mに1箇所浮き上がり防止金具を取り付け、充填時の圧力(P=2kg/cm²)による変形を防止するために、内面補強治具を注入時に設置した。鋼管の溶接継ぎ目については、超音波探傷試験によって管理することとした。

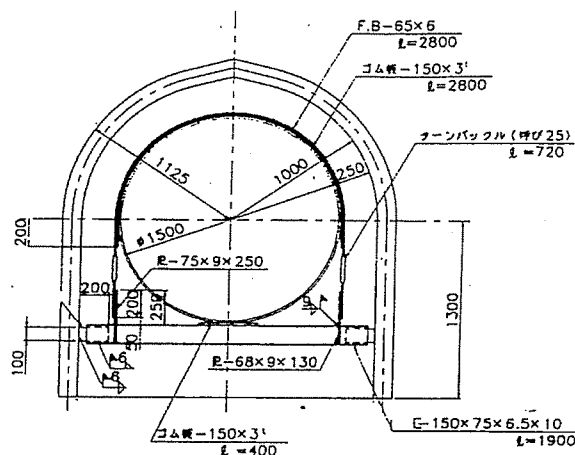


図-3.2.7 導水管敷設工

② エアーモルタル充填工

掘削トンネルと鋼管の空隙を充填し、地震時などによる鋼管の蛇行を防ぐとともに、地山の地表への悪影響を防止するためにエアーモルタルによる充填を行った。空気量 58%、目標強度 15kg/cm²程度として配合は以下の通りとした。

セメント : 250 kg


細骨材 : 375 kg

水 : 166 kg

気泡材 : 1.32 L

③ 主要機械

表-3.2.14 トンネル施工における主要機械

工種	機 械
トンネル掘削	自由断面掘削機 MM-9、第二ベルトコンベア L=13.2m 
坑内ずり出し	バッテリーカー 4t×2台、鋼車 (2m ³) ×4台
エアーモルタル工	フォームクリータ注入機、ローターステーター式モノイポンプ 30kW

④ 仮設備計画

表-3.2.15 トンネル施工における仮設備

設備の種類	概 要
受電設備	石川側 : 500kVA、富着側 : 200kVA
換気設備	ターボブロア (37kW) φ400 mm風管
濁水処理設備	ユニット式高速沈殿装置 30m ³ /h 
荷役設備	門型クレーン (4.8t) 1基、バッテリー機関車
仮排水設備	清濁分離 2インチ : 1系統、3インチ : 2系統
仮建物設備	JV事務所、監督員詰所他

⑤ 施工

本工事は、恩納村富着地内の約 1.27km を約 6m²のトンネルで掘削し、その中に φ1,500 mmの鋼管

を敷設した。

トンネルの掘削は、石川側の仮設ヤード内に深さ約 10m の立坑を掘削し、立坑内から自由断面掘削機によって掘削し、掘削後は H 型鋼 (H-125) を地山区分に応じた間隔で建て込み、その間を矢板で塞いでいく。

トンネル掘削完了後は、トンネル中間地点から鋼管 (L=9m) を配管・溶接し、その後鋼管とトンネルの隙間をエアーモルタルで充填する。

伊波トンネルについては、平成 8 年 9 月に着工し、平成 9 年 12 月トンネル掘削が終了した。

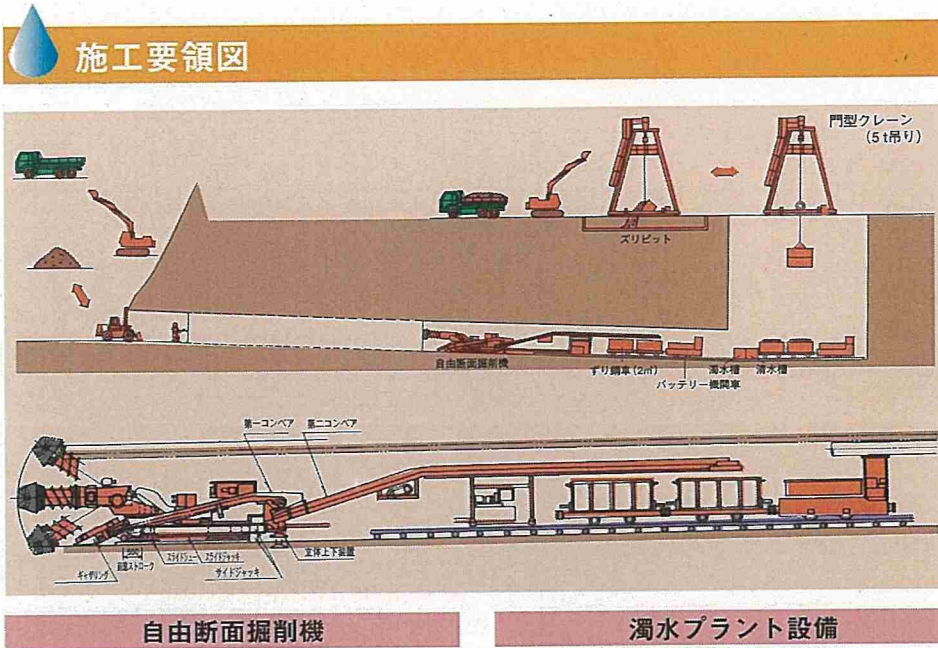


図-3.2.8 施工要領図

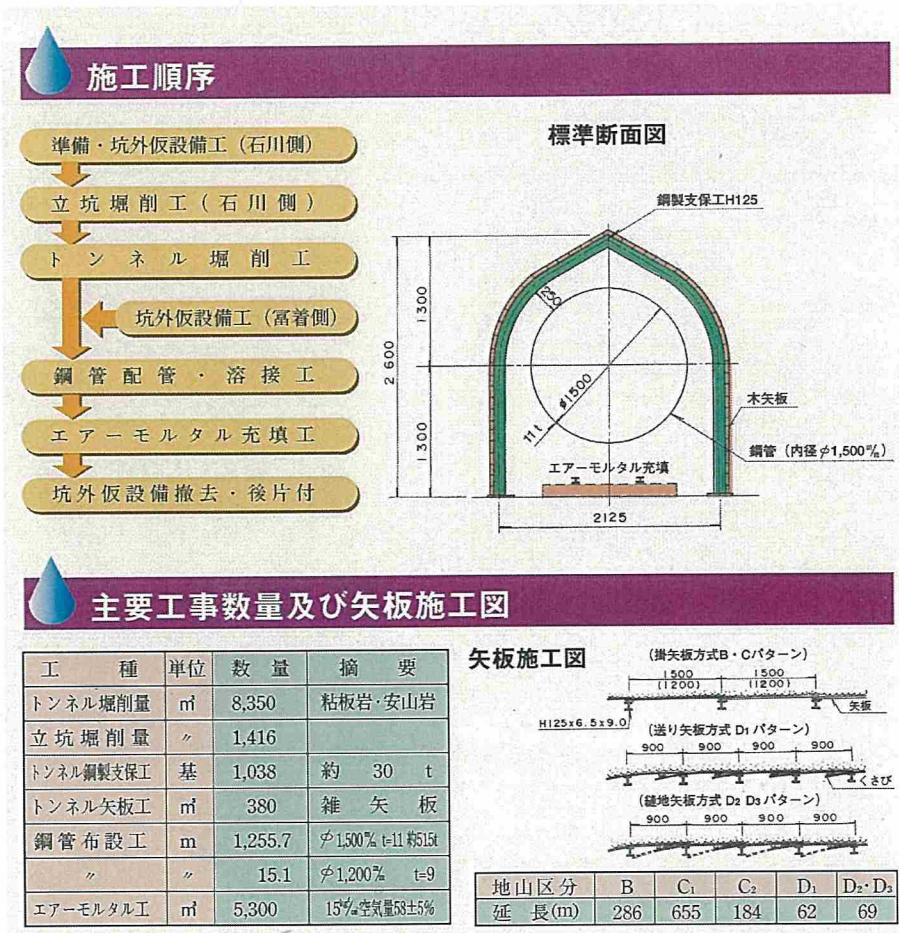


図-3.2.9 施工順序及び主要工事数量



工事工程

工 事	数 量	標 準 率	平成8年度						平成9年度														
			9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月		
準備工	一式	1.2%	■																				
立坑工	一式	7.2			■																		
トンネル工	一式	42.8			■																		
管布設工	一式	30.0																■					
充填工	一式	10.7																		■			
付帯工	一式	0.8																		■			
開削工	一式	7.3																		■			
後片付	一式	—																				■	

坑外仮設備平面図

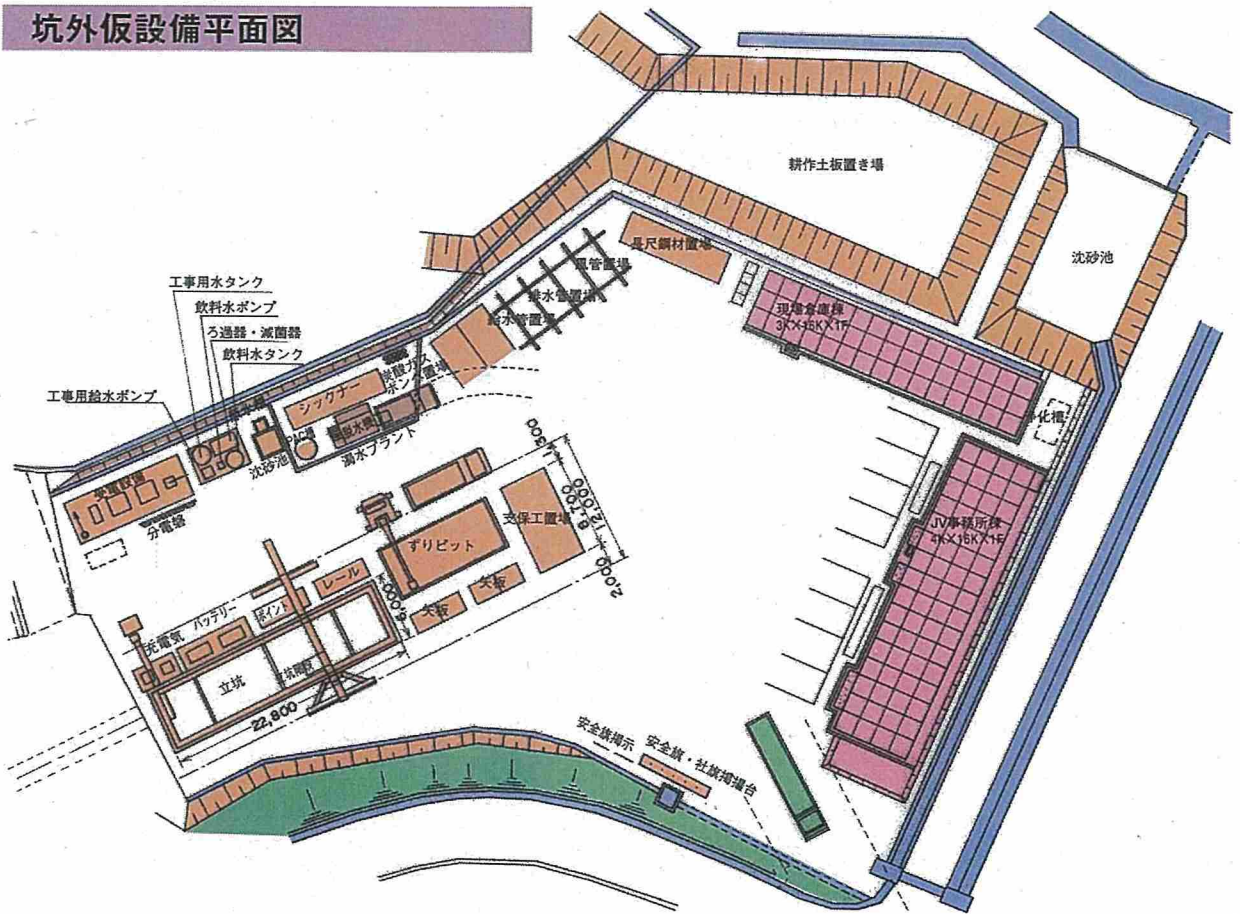


図-3.2.10 工事工程及び仮設備平面図

(5) 施工写真

導水路敷設工事の代表例として、①トンネル工法、②シールド工法、③開削工法について以下に示した。

① トンネル工法による施工 (名護トンネル第1工区 (その2:数久田工区))

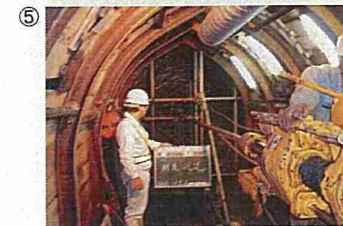
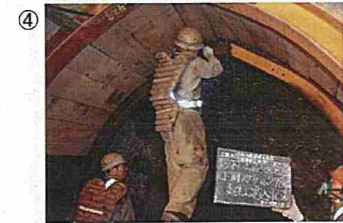
立坑工

- ① 調査ボーリング工
- ② 土工(床堀)
- ③ 山留工
- ④ コンクリート工(床版)
- ⑤ 天端コンクリート工



トンネル工

- ① 掘削機搬入
- ② 掘削工
- ③ ずり運搬工
- ④ 支保工
- ⑤ トンネル補助工法



薬液注入工

- ① 薬液注入工
- ② 注入止水工
- ③ スラリー攪拌工法
- ④ 調査ボーリング工



仮設備工

- ① 工事用換気設備
- ② 工事用軌道設備
- ③ 門型クレーン設備
- ④ 予備電源設備
- ⑤ 沈殿池築造
- ⑥ 濁水処理設備



8

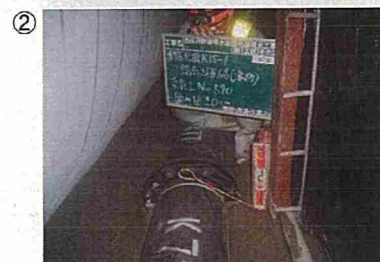
充填工 モルタル充填準備工

- ① 有孔排水管設置
- ② 遮水シート設置
- ③ 木矢板追加設置
- ④ モルタル主材圧送管設置



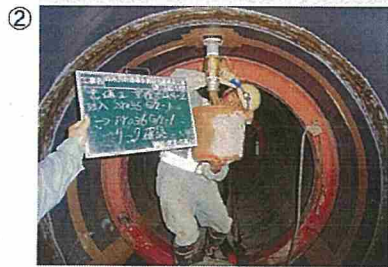
充填工 中詰充填工

- ① モルタルパック設置
- ② 中詰充填1層目打設
- ③ 中詰充填2層目打設
- ④ 中詰充填3層目打設



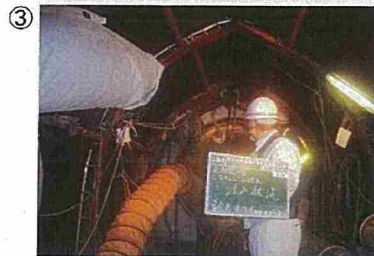
充填工 空隙充填工

- ① 空隙充填1回目
- ② 空隙充填2回目



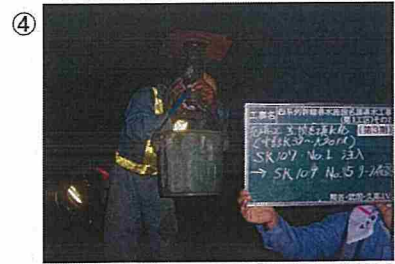
充填工 止水壁築造工

- ① 止水壁基礎掘削
- ② 止水壁注入
- ③ フリージング対策用空隙充填



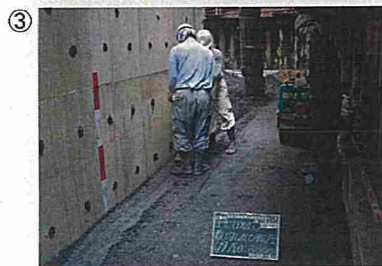
充填工 コンクリート打設

- ① 妻枠設置
- ② 圧送管設置
- ③ コンクリート打設
- ④ 空隙充填
- ⑤ プリージング対策用空隙充填



弁室築造工 土工事

- ① 床掘
- ② 埋戻土運搬
- ③ 埋戻し
- ④ 保護砂埋戻し
- ⑤ 床掘(SMW部)
- ⑥ SMW撤去



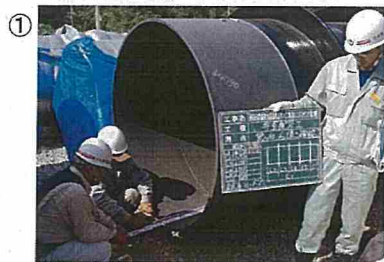
弁室築造工 躯体工事

- ① 足場工
- ② 鉄筋工
- ③ 支保工
- ④ 型枠工
- ⑤ 水平打継目工
- ⑥ コンクリート工



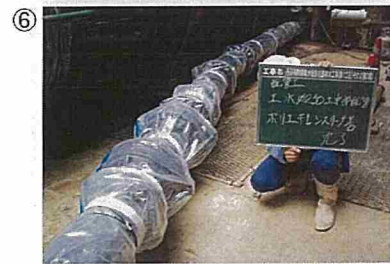
弁室配管工 鋼管布設工

- ① 資材検収
- ② 配管布設
- ③ 鋼管溶接(内面)
- ④ 鋼管溶接(外面)
- ⑤ 超音波探傷試験
- ⑥ 溶接部塗装



配管工 配管布設工

- ① 資材検収
- ② 配管布設(管口清掃)
- ③ 配管布設(滑材塗布)
- ④ 配管布設(締付け)
- ⑤ 配管布設(トルク確認)
- ⑥ ポリエチレンスリーブ被覆



開削工 土工・配管工

- ① 資材検収
- ② 床掘り
- ③ 配管布設
- ④ 埋戻し
- ⑤ 締固め



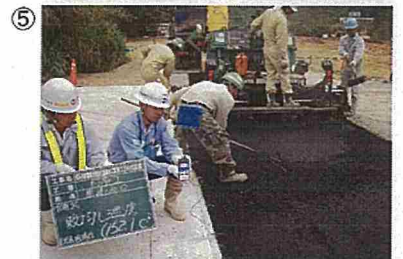
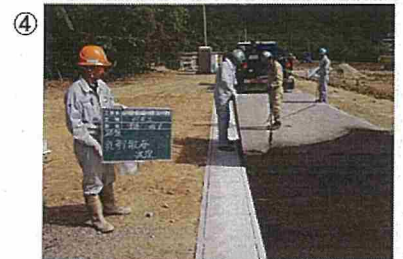
付帯工 排水工

- ① 床掘り
- ② 基面修正 転圧
- ③ 基礎碎石 敷均し転圧
- ④ 敷きモルタル敷均し
- ⑤ 側溝布設
- ⑥ 埋戻し



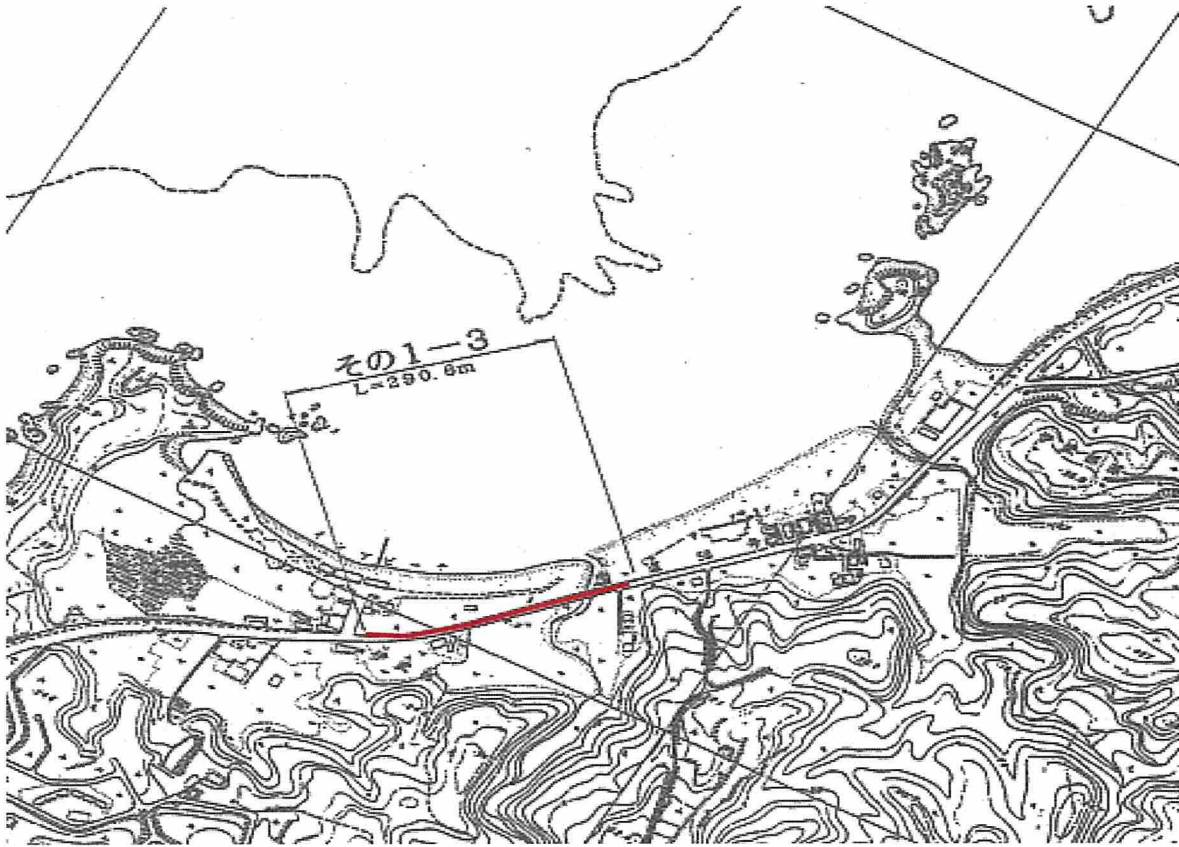
付帯工 舗装工

- ① 路体 敷均し転圧
- ② 路床 不陸修正
- ③ 路盤 不陸修正
- ④ 乳剤散布
- ⑤ アスファルト敷均し
- ⑥ アスファルト転圧



② シールド工法

幸喜～富着間導水管埋設工事



No.11 発進立坑

鋼矢板建込み



覆工板設置状況



覆工板設置完了



支保工設置状況



地盤改良工(孔ピッチ確認)



地盤改良工(改良状況)



シールド工法 1/14



管吊降し状況



ロックリング仮締測定



坑内配管完了



埋戻し(山原石粉)転圧状況



埋戻し(山原石粉)転圧状況



現場密度試験



埋戻し(被り厚検測)



埋戻し(山原石粉)転圧状況



現場密度試験



現場密度試験



文保上撤去状況



埋戻し(切込砕石)転圧状況



鋼矢板引抜状況



埋戻し(切込砕石)転圧状況



仮舗装(乳剤散布状況)



仮舗装(AS敷均し状況)



仮舗装(AS転圧状況)



LU型側溝(破損確認)



発進立坑

発進立坑



LU型側溝(製品設置)



1号緑石(基礎材転圧)



1号緑石(基礎材出来形)



1号緑石(製品設置)



1号舗装止(基礎材転圧)



1号舗装止(製品設置)



舗装工(歩道部)路床転圧



舗装工(歩道部)現場密度試験



舗装工(歩道部)路床出来形



舗装工(歩道部)路盤転圧状況



舗装工(歩道部)現場密度試験



舗装工(歩道部)路盤出来形



舗装工(歩道部)乳剤散布状況



舗装工(歩道部)敷均し状況



舗装工(歩道部)敷均温度



舗装工(歩道部)転圧状況



舗装工(歩道部)コア採取状況



舗装工(歩道部)コア出来形

発進立坑

発進立坑

No.1 O 到達立坑

鋼矢板建込み



覆工板設置状況



覆工板設置完了



支保工設置状況



薬液注入工(孔ピッチ確認)



地盤改良工(孔ピッチ確認)



到達立坑

地盤改良工(改良状況)



掘削状況



支保工設置状況



地盤改良工(改良効果確認)



均レコンクリート打設状況



到達受台据付状況



到達立坑

シールド機撤去状況



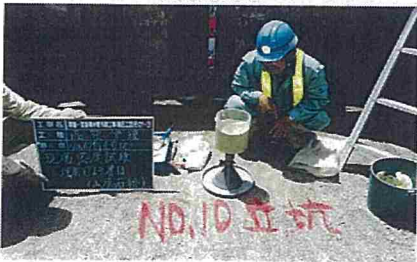
埋戻し(山原石粉)転圧状況



埋戻し(山原石粉)転圧状況



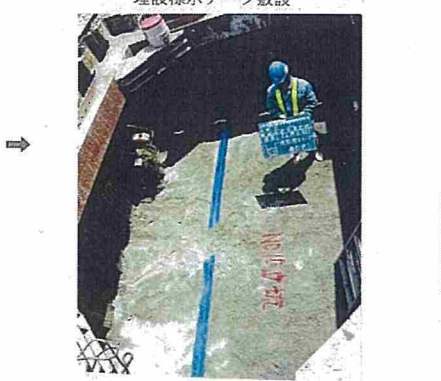
現場密度試験



埋戻し(被り厚検測)



埋設標示テープ敷設



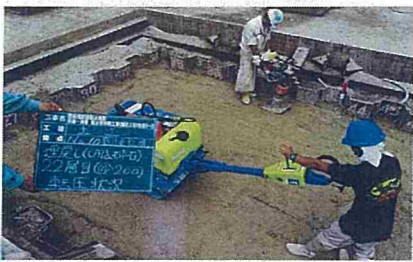
埋戻し(切込砕石)転圧状況



現場密度試験



埋戻し(切込砕石)転圧状況



鋼矢板引抜状況



埋戻し(切込砕石)転圧状況



仮舗装(AS転圧状況)



LU型側溝(破損確認)



LU型側溝(取壊し状況)



LU型側溝(基礎材転圧状況)



LU型側溝(基礎材出来形)



到達立坑

到達立坑

LU型側溝(型枠組立状況)



LU型側溝(生コン打設状況)



LU型側溝(生コン養生状況)



LU型側溝(生コン打設状況)



LU型側溝(出来形検測)



LU型側溝(出来形検測)



LU型側溝(埋戻し転圧)



LU型側溝(製品設置)



到達立坑

1号集水樹(基礎材転圧)



1号集水樹(基礎材出来形)



1号集水樹(製品設置)



1号縁石(基礎材転圧)



1号縁石(基礎材出来形)



1号縁石(製品設置)



到達立坑

1号舗装止(基礎材転圧)



1号舗装止(基礎材出来形)



1号舗装止(製品設置)



シールド工法 7/14



開削部(取付No.4)



到達立坑

到達立坑
開削部

支保工設置完了



管吊降し状況



管布設完了



埋戻し(山原石粉)投入状況



埋戻し(山原石粉)水締状況



埋戻し(山原石粉)転圧状況



開削部

埋戻し(山原石粉)転圧状況



埋戻し(被り厚検測)



現場密度試験



埋設標示テープ敷設



埋戻し(切込砕石)転圧状況



現場密度試験



埋戻し(切込砕石)転圧状況



鋼矢板引抜状況



仮舗装(路盤転圧状況)



開削部



開削部



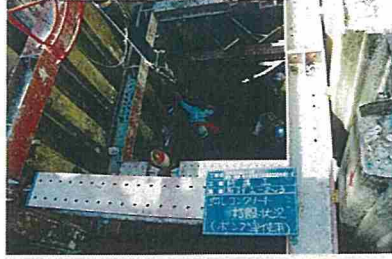
開削部

管防護工(基礎栗石転圧)



【管防護工(取付No.2)】

管防護工(均しコンクリート打設状況)



管防護工(均しコンクリート出来形)



管防護工(配筋検測)



管防護工(配筋検測)



管防護工(型枠組立)



管防護工(配筋検測)



管防護工(配筋検査)



【管防護工(取付No.2)】

管防護工(生コン打設)



管防護工(生コン仕上)



管防護工(生コン養生)



管防護工(防護コン出来形)



管防護工(防護コン出来形)



管防護工(防護コン出来形)



管防護工(防護コン出来形)



管防護工(栗石敷均し)



【管防護工(取付No.1)】

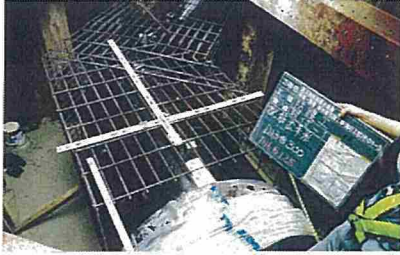
管防護工(均しコン打設)



管防護工(均しコン出来形)



管防護工(配筋検測)



管防護工(配筋・型枠完了)



管防護工(配筋・型枠検測)



管防護工(生コン打設)



管防護工(生コン養生)



管防護工(防護コン出来形)



管防護工(均しコン出来形)



【管防護工(取付No.3)】

管防護工(打設前清掃)



管防護工(生コン打設)



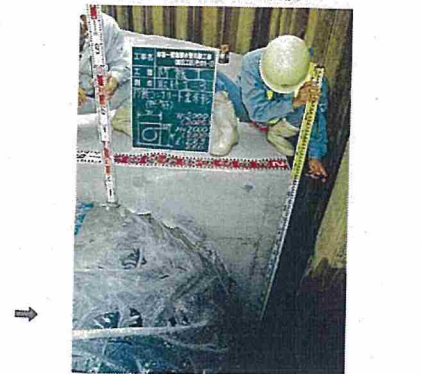
管防護工(防護コン面仕上)



管防護工(生コン養生)



管防護工(防護コン出来形)



管防護工(防護コン出来形)



管防護工(防護コン出来形)



空気弁室(フランジ取付)



【空気弁室】

空気弁室(打設前清掃)



空気弁室(生コン打設)



空気弁室

空気弁室(コンクリート出来形)



空気弁室(躯体設置)



空気弁室(躯体設置)



空気弁室(急速空気弁設置)



空気弁室(水圧計設置)



空気弁室(床版設置)



空気弁室(製品設置)



【空気弁室】

空気弁室(製品設置)



空気弁室(人孔鉄蓋設置)



頂版型枠組立



頂版コンクリート打設



頂版コンクリート出来形



躯体生コン打設



躯体・頂版養生



躯体コンクリート出来形



制水弁
制水弁(基礎砕石転圧)



制水弁(埋設標示テープ敷設)



制水弁(防護コン出来形)



制水弁(埋戻し・被り厚検測)



制水弁(保護コン出来形)



制水弁設置



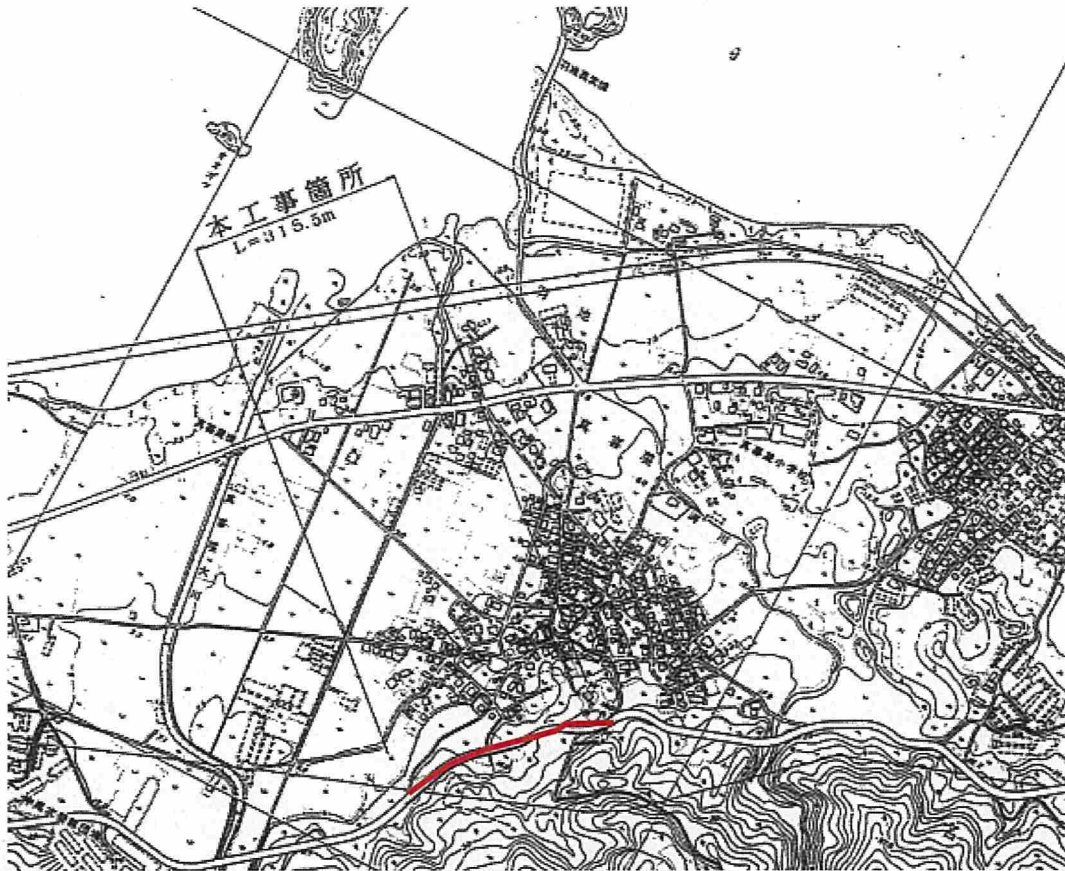
制水弁(基礎材検測)



制水弁筐

③ 開削工法（通常工法）

田港～田井等間の導水管敷設工事



3.2.3 水圧試験

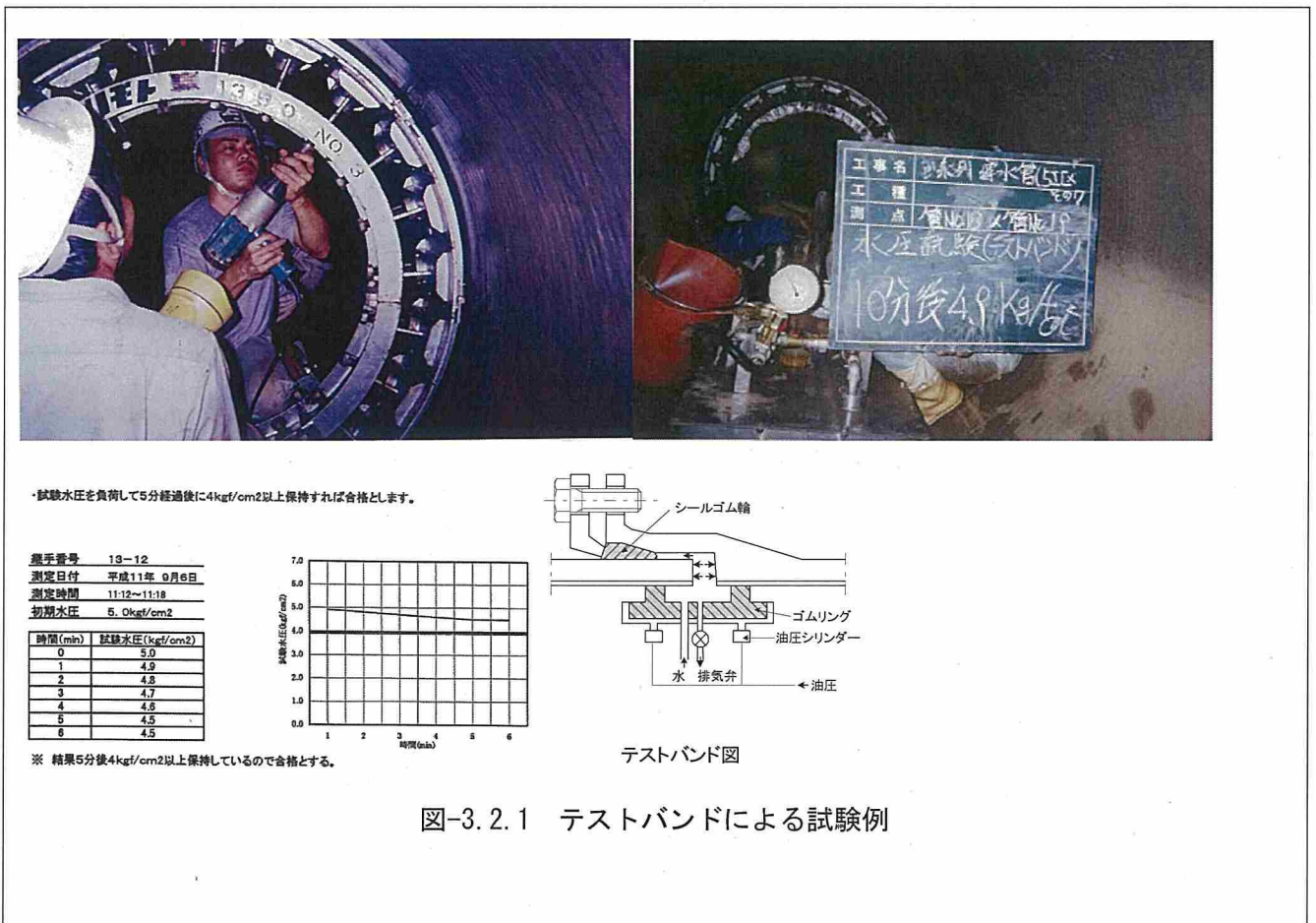
(1) 水圧試験

導水管敷設後には水圧試験を行って、導水路（管路等）の水密性や安全性を確認する。水圧試験にあたっては、急激な加圧により管路を破壊することのないように、充水に時間をかけ、充水後1昼夜おいてから、水圧試験を行う。

これにより異常が発見された場合は、音聴・相関調査を行って漏水箇所の特定制を行い、補修を行う。その後、再度水圧試験を行い、それでも不明な場合は掘削により確認を行うなどの手順を踏む。漏水調査にあつてはトレーサーを用いた実績もある。

(2) テストバンド

テストバンドは、水圧試験の代替えとすることもあり、西系列では補修後の確認として実施した。継手部のみを対象として実施するもので、屈曲部などは適用されない。「水道施設設計指針・解説 7.5.11 水圧試験」に従って実施される。漏水がなくても圧力は減少するので、通常試験水圧 0.49MPa の場合、5分後に 0.39MPa 確保されていれば合格とする。



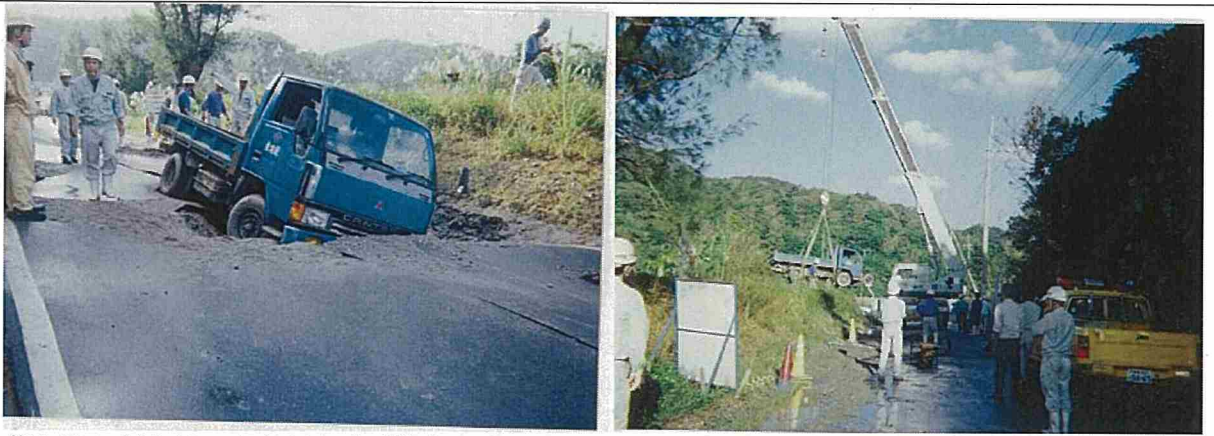
3.2.4 導水施設工事中のトピックス

導水施設の施工中のトピックスとして、以下の事項を挙げる。

- 通水試験中の道路陥没
- 伸縮可撓管の性能試験
- 通水試験中の道路等の浮き上がり
- 名護トンネル世富慶工区の天端崩落
- 名護トンネル世富慶工区の湧水
- 名護トンネル許田工区のガス対策

(1) 通水試験中の道路陥没

平成10年11月25日、大保～源河工区の通水試験中に急激な圧力低下があったため、直ちに試験を中止した。漏水箇所付近で漏水による道路陥没があり（県道9号）、陥没した穴に2tトラックが落ち込む事故が発生した。幸にもけが人はなく、運転手はその日のうちに運転して帰宅した。また、道路は、その日の内に復旧した。



落ち込んだトラックと吊り上げられるトラック



その日のうちに道路は復旧

西系列導水管通水試験時間経過

ダクタイル鉄管φ1350
 延長 8.13 km
 予定試験水圧 6.9 kg/cm²

時刻	内容
平成10年 11月25日 (2日目)	
13:20	空気弁 A-20 水と空気出始める
13:23	空気弁 A-11 空気出始める
13:26	空気弁 A-12 空気出始める
	空気弁 A-24 管圧1.0kg/cm ² で安定
	V-1 管圧3.8kg/cm ²
13:26	充水流量1500m ³ /hから1000m ³ /hへ下げる
	管圧上昇 充水流量150m ³ /hに下がる
13:29	充水流量40m ³ /hで安定
	空気弁 A-20 満水 管圧3.0kg/cm ²
13:30	空気弁 A-11 満水 管圧2.0kg/cm ²
13:31	空気弁 A-24 管圧3.8kg/cm ²
	空気弁 A-21 管圧3.0kg/cm ²
13:35	充水流量50m ³ /hで安定
13:40	空気弁 A-11 仮設排水停止 管圧2.2kg/cm ²
	充水流量13m ³ /h
13:43	空気弁 A-12 水出始める
13:45	空気弁 A-12 管圧2.2kg/cm ²
13:51	空気弁 A-11 仮設排水停止 管圧2.4kg/cm ² 満水
	充水流量7m ³ /h
13:52	根路銘水量 2500m ³ /h 管圧4.0kg/cm ²
13:55	空気弁 A-22 管圧3.4kg/cm ²
	空気弁 A-23 管圧3.4kg/cm ²
	空気弁 A-24 管圧3.4kg/cm ²
	空気弁 A-25 管圧3.6kg/cm ²
	空気弁 A-26 管圧3.6kg/cm ²
14:08	空気弁等異常なし
	V-1 管圧4.0kg/cm ² メーター 67.857
	充水完了 差引 3.550m ³
14:30	西系列幹線水圧試験φ1350mm試験開始 フルプ操作開始
	根路銘水量 2,500m ³ /h 管圧4.0kg/cm ²
	制御室内バイパス弁を管圧を見ながら徐々に閉めていく
14:34	根路銘水量 2,500m ³ /h 管圧4.2kg/cm ²
14:34	バイパス弁(V-1) 4.3kg/cm ² に上昇
14:39	V-1 圧力4.8kg/cm ² に上昇
	充水 40m ³
	根路銘水量 2,498m ³ /h 管圧4.8kg/cm ²
14:41	V-1 圧力 5.1kg/cm ² に上昇
14:43	根路銘 圧力 5.7kg/cm ²
14:44	V-1 圧力 6.0kg/cm ² に上昇
	根路銘水量 2,000m ³ /h 管圧5.8kg/cm ²
14:47	V-1 圧力 6.6kg/cm ² に上昇
	根路銘水量 1,750m ³ /h 管圧6.4kg/cm ²
14:48	V-1 圧力 6.8kg/cm ² に上昇
	根路銘水量 1,630m ³ /h 管圧6.6kg/cm ²
	排水弁D-1から少量の漏れあり
14:50	管内圧力 6.9kg/cm ² 予定試験水圧に達し 同圧力保持
	根路銘水量 1,600m ³ /h 管圧6.6kg/cm ²
14:53	管内圧力の急激な低下あり 1.4kg/cm ²

西系列導水管通水試験時間経過

ダクタイル鉄管φ1350
 延長 8.13 km
 予定試験水圧 6.9 kg/cm²

時刻	内容
平成10年 11月25日 (2日目)	
14:55	根路銘水量 2,500m ³ /h 管圧4.1kg/cm ²
	既設管路は異常なし
15:00	排水弁D-1からの水漏り停止 確認
15:02	県道9号線のバタ弁室(V-3)付近で漏水発生(報告あり)
	本部より数名現場確認へ
15:03	大保流量計室 宇出那願系は通常に要す
15:04	バタ弁室(V-3)の1次側2~3m付近で道路陥没(報告あり)
15:04	V-1 全閉
	バタ弁(V-2, V-4)閉を指示
15:09	道路陥没箇所にて2トントラック転落しているとの報告あり
	運転者は無傷
	道路通行不可
	バタ弁(V-4)閉操作は塩屋側から迂回し国道側から入るよう指示
	陥没箇所からの漏水を抑えるため排水弁(D-3)を開
15:16	バタ弁(V-2)全閉完了確認
15:17	バタ弁(V-4)全閉完了確認
15:22	道路陥没箇所からの漏水停止
	緊急時間係機関連報
15:34	陥没状況(幅4m,長さ5.3m,深さ1.1m)報告あり
	道路管理者(北部土木事務所)へ詳細情報報告(第2報)
15:42	転落2トントラックつり上げ用クレーン車現場到着
15:46	運転手名 池原篤雄氏(東建設) 確認
15:52	2トントラック吊り上げ
	池原篤雄氏 2トントラックを運転し帰社
16:00	水圧試験中止決定、陥没箇所の道路復旧機材手配
	道路管理者(北部土木事務所)の現場確認待機
16:20	道路管理者(北部土木事務所)の現場到着
	復旧方法承諾を得る
16:30	道路復旧開始
17:00	バタ弁(V-5)を全閉し水圧試験体制解除
20:00	交通規制の全面通行止めを解除し片側交互通行変更
21:30	道路全面復旧交通規制解除



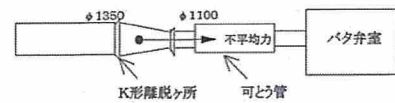
原因となった漏水部

(さし受け片落管、路盤材の砂利がかんでいる)

6. 漏水事故(詳細 報告書)

原因

原因調査に先立ち漏水箇所の管割図等から、片落ち管の不均力により可とう管が収縮しK形接合箇所が離脱したとの予測のもとに管内調査を行った。



バタ弁室(V-3)のフランジアダプターを取り外し管内部から漏水事故箇所(可とう管、片落ち管前後)の調査を行った結果、一次側の片落ち管は離脱している状況であり、20mm程開いた接合部分の管全周に渡って路盤材(砂利)が噛んだ状態であった。(別紙写真)
 片落ち管に近接した管の接合副付け間隔を測定した結果、片落ち管から2本目くらいまでは抜け出しの影響が確認された。(可とう管の収縮も確認された)

また、2次側片落ち管についても離脱の兆候が確認されたが継輪接合のため離脱には至らなかったと思われる。

調査結果から、事前の予測どおり片落ち管の不均力により、可とう管が収縮しK形接合箇所が離脱したと思われる。

対策

バタ弁室(V-3・V-8)前後の1次・2次側片落ち管に防護コンクリートを施すこととして一部管割の変更を行う。(別紙施工計画参照)

バタ弁室(V-3)の可とう管はメーカーに持ち帰り点検・検査を行う。

なお、現在までに施工済または施工中の西系列導水管全区間に渡って弁室回りの管割についても調査を行った。(調査結果 参照)

(2) 伸縮可撓管の試験

平成 11 年 10 月 16 日、田港～田井等工区の V-1～V-9 の内、平南川横断区間において、通水試験時の漏水が特定できず（テストバンドは異形管ではできない）、伸縮可撓管に原因があるのではないかととして、可撓管 2 箇所をメーカーの試験場（秋田）送付し、沖縄県企業局立会いのもと性能試験を実施した。種々の試験を実施したが、異常は認められなかった。

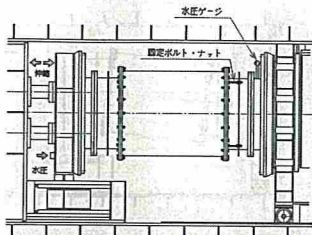
その後、可撓管と接続部にずれが生じたことが想定され、可撓管が接続する前後の導水管に防護コンクリートを施し補修を完了した。その後、問題は発生していないことから想定どおりと考えられている。ダクタイル鋳鉄管の屈曲部は、原則として防護コンクリートによる保護が必要である。



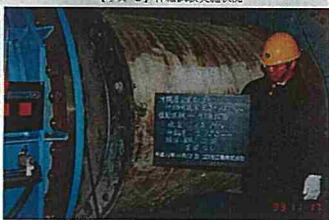
漏水箇所（平南橋左岸可撓管 E3 型）の取り外し

2 伸縮試験

試験内容 調査品を試験装置に真直状態で取付け、調査品の片側を固定ボルト・ナットにて固定し、水圧 0 MPa から 1.5 MPa まで徐々に加圧し、1.5 MPa を保持しながら規定の伸縮量の 1/2（片側の伸縮量）伸び 125 mm、縮み 125 mm を 5 回繰り返す、漏水などの異常の有無を確認します。



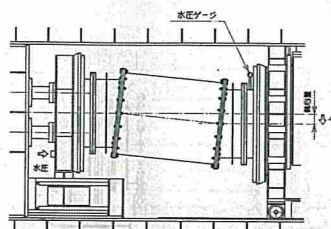
【写真・2】伸縮試験実施状況



試験結果：異常ありません。

3 偏芯試験

試験内容 調査品を試験装置に真直状態で取付け、水圧 0 MPa から 1.5 MPa まで徐々に加圧し、1.5 MPa を保持しながら偏芯量 0 mm から規定の偏芯量 200 mm を動かし 0 mm まで戻す。この動作を 5 回繰り返す漏水などの異常の有無を確認します。



【写真・3】偏芯試験実施状況



試験結果：異常ありません。

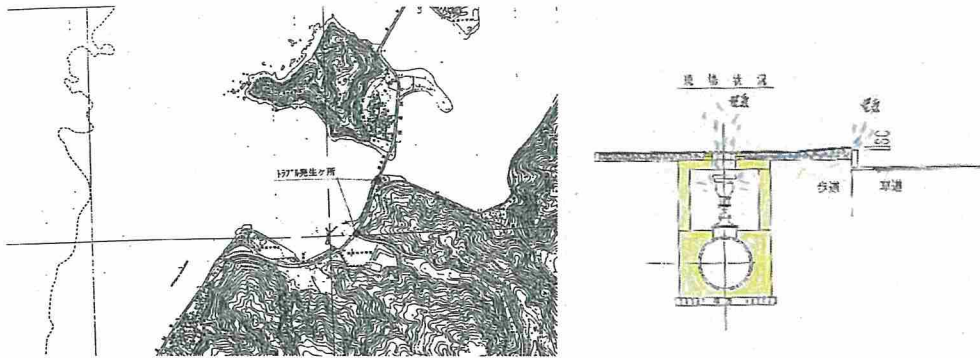
図-3.2.12 伸縮可撓管の伸縮試験及び偏芯試験状況（平成 11 年 11 月 16 日～17 日）

※その他、耐圧試験、戴荷試験を行い、問題のない結果を得た。

(3) 漏水箇所調査中の道路舗装の浮き上がり

平成 11 年 10 月 15 日、大保～源河間の大宜味中学校前及び宮城橋前にて、漏水箇所調査中に空気弁室からの空気漏れにより、道路及び歩道のアスファルト舗装が持ち上がる事故が発生した。これは、マンホール蓋の空気排出口からの排出が間に合わずマンホールブロック周辺から空気が吹き出し、路盤とアスファルトを剥離させ盛り上がったものと推定された。

国道事務所維持出張所パトロール車及び管理課へ連絡を取り、応急処置として歩行の妨げにならないよう振動ローラにて転圧を行った。道路管理者へ正式な報告は、平成 11 年 10 月 18 日に行った。本復旧は、後日実施している。



位置図



浮き上がった歩道の舗装 (約 10cm)
大宜味中学校前



応急措置後



道路のマンホールの浮き上がり 宮城橋手前



応急措置後

図-3.2.14 漏水箇所調査中の道路舗装の浮き上がり (宮城橋前地点)

(4) 名護トンネル世富慶工区の天端崩落

平成15年2月7日、世富慶工区の世富慶立坑から514.5m (No485) 付近において、小規模な崩落(高さ1.5m)が発生した。当区間の地質は粘板岩粘土層の互層(D岩盤)で、地山を改良する方法として、先進ボーリングによる性状確認・透水試験、モルタル注入による先山の改良を行った。

また、平成15年2月11日よりNo470~No485(約10m区間)においてトンネルの変形計測を行ったところ、22日経過後、天端方向で最大30mm、全幅方向で最大27mmの変形が観測された。後荷変状対策として、軽量矢板を用いてモルタル充填するなど支保工の補強を行った。

表-3.2.16 天端崩落後の工法比較検討

工法	①高圧噴射工	②ウレタン系注入式フォアボーリング	③薬液注入工	
概略図				
概要	先進ボーリングマシンにより掘削し、高圧(200kg/cm ²)で硬化材を吐出し改良岩を造成する。(CCP水圧工の場合)特に天端面粘土層部(都市部トンネル)で重要構造物等の対策として用いられることが多い。	中空式のフォアホドを行き、30~60kg/孔程度の発泡ウレタンを注入して、地山を固結改良する。	ホドにより注入管を建て込み、ダブルバックを導入して高圧、発泡材を吐出して地盤を強化する。(ダブルバック工法)	
問題点	1.排泥処理が必要である。 2.地盤層による改良で範囲外への影響が考えられる。 3.小断面トンネルにおける施工実績はほとんどない。 4.高圧粘板岩土では改良効果の余り期待できない。	1.ロッドがホド打設機械の強要必要であり、厚肉型が困難である。 2.限定された範囲を確実に固結改良することができるが、当該粘板岩土では、改良効果が余り期待できない。	1.ホド注入設備が別途必要になる。 2.2次降土のバックヘッドが必要となる。 3.粘板岩土での採用は慎重に行う必要がある。(試験工等の天端)	
対策工、掘削工の施工性	ホド・造成が連続で行える施工性は良いが、小断面トンネルにおける排泥処理が困難である。	掘削機械の入替、設置対策(掘削機)が不利な施工性は悪い。	一般に粘板岩土には懸濁液薬液で施工する。粘着力の大きい物質には一般に不向きであるが、高強度の薬材で対応でき、高圧力注入が可能である。(試験工等必要)	
評価	施工性	△	×	○
	信頼性	×	△	○
	工費(概定)	820(千円)/m ○	1,760(千円)/m ×	1,440(千円)/m △
	工期(掘削工含む)	△	△	△
	総合評価	×	△	◎

未固結粘土状粘板岩部における施工フロー

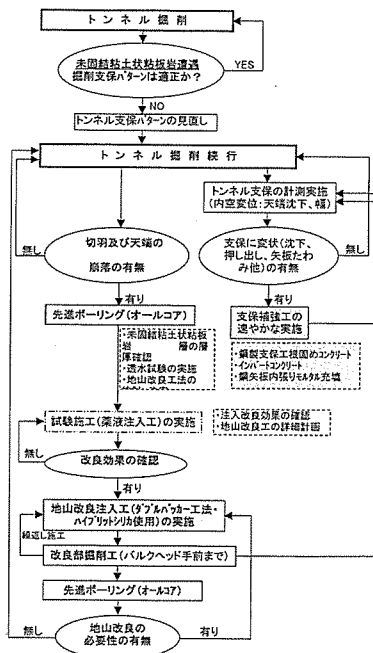
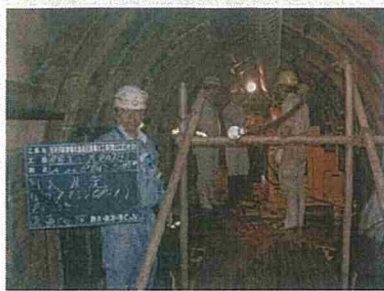
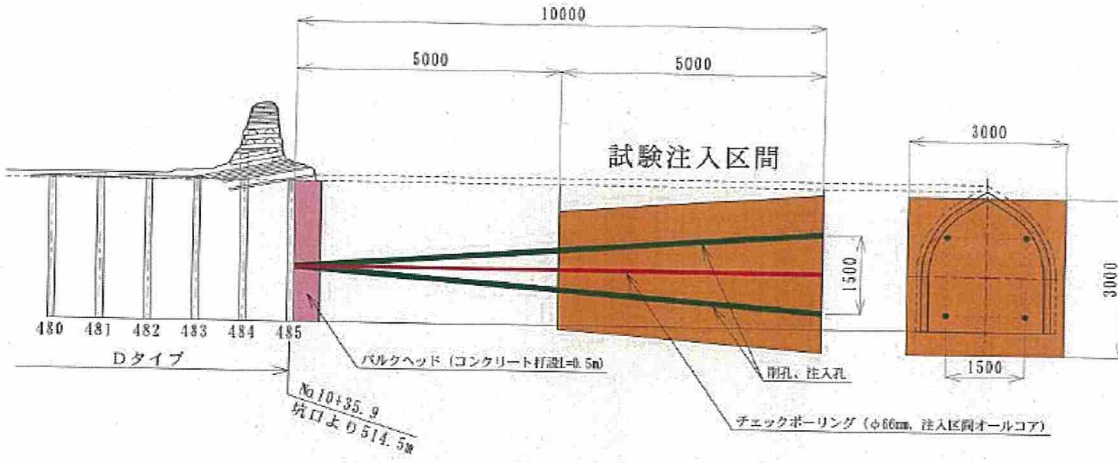


図-3.2.15 未固結粘土状粘板岩の施工フロー

試験注入施工図



第4回先進ボーリング

No.10+35.9~No.11+32.9(L=47.0m)

削孔状況

立会: 施工監理



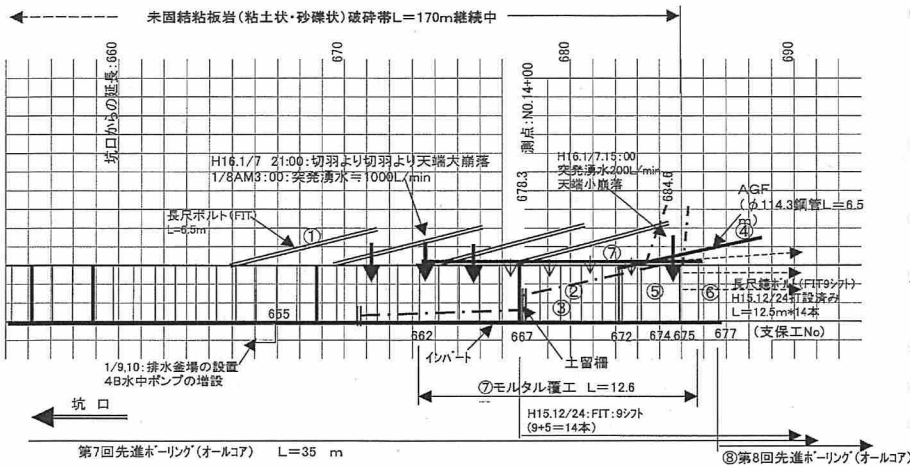
透水試験状況



残尺確認

図-3.2.16 試験注入施工図及び写真

測点No14+0付近(支No.660~674)の突発湧水による天端崩落状況及び復旧工詳細図



2. 復旧工経緯

- ①長尺ボルト(FITL=6.5m×12本)打設・シリカゼン注入
 ・大量突発湧水による天端空洞状況の探り
 ・復旧(崩落土砂撤去、トンネル支保の保持)に先立ち、天端部を補強する(シリカゼン注入)。
 ・天端空洞部の充填(特に支No674付近)
 (1/14~19日:シリカゼン12,076kg注入完了)
- ②崩落土砂の撤去(支667~切羽)
 湧水箇所を補強、空洞充填した後、手前から順次、慎重に崩落土砂の撤去。
- ③変形支保工の縫い返し・インバート工(～支672)
 土砂撤去⇒支保工縫い返し⇒インバート工打設
- ④鋼管ファイバリングAGF(先受け工)
 φ114.3鋼管 L=6.5m×16本の打設・シリカゼン注入による天端崩落箇所先受け
- ⑤支保工の縫い返し工(支673,674)
- ⑥掘削工(支No675~677)
- ⑦突発湧水・天端崩落区間のモルタル覆工
 支保工内側へ鋼矢板を溶接し、モルタルを注入。
- ⑧第8回先進ホーリング(オールコア)L=45m
 先方地山の調査(破砕帯の状況、湧水状況等調査)
 尚、切羽付近の湧水量 920L/minとほとんど減水なし。

1. 異常突発湧水発生及び天端崩落の経緯

H16.1/7.15:00: 支No674建込み完了(湧水なし)後、675の掘削中、突発湧水(200L/min程度)発生。天端崩落(2m程度)、切羽は長尺ボルト効果により自立安定。支No667~674(7基)に側圧後荷により100~150mm程度の押出し変状あり。

1/7.21:00: 上記変状支保工部へ丸太にて内梁設置・機械撤去後、インバートを打設すべく準備中、切羽天端から湧水と共に崩落開始。支No667と669基へ流入防止土留柵を設ける。

1/8.03:00: 上記崩落と共に、異常突発湧水発生(上図参照)。
 切羽湧水量(切羽付近全体): 約1000L/min、崩落流出土砂、約30m³。

以後、排水設備の補充、排水釜場の設置し、崩落・湧水状況静観。1/12~湧水箇所処理(防水シート張り)。



平成 16 年 1 月 8 日
 支 No660~No674 区間で突発湧水(約 1000 リットル/min) 土止め柵の設置



切羽の状況、約 30m³ の崩落土砂。



支 No674 縫い返し作業



崩落箇所天端補強（長尺ボルト打設、シリカレジン注入）、その他先受け工実施。

西系列幹線導水施設名護導水工事（第2工区）

平成 21年 7月 1日 作成 (最終全体工程)

(当初全)

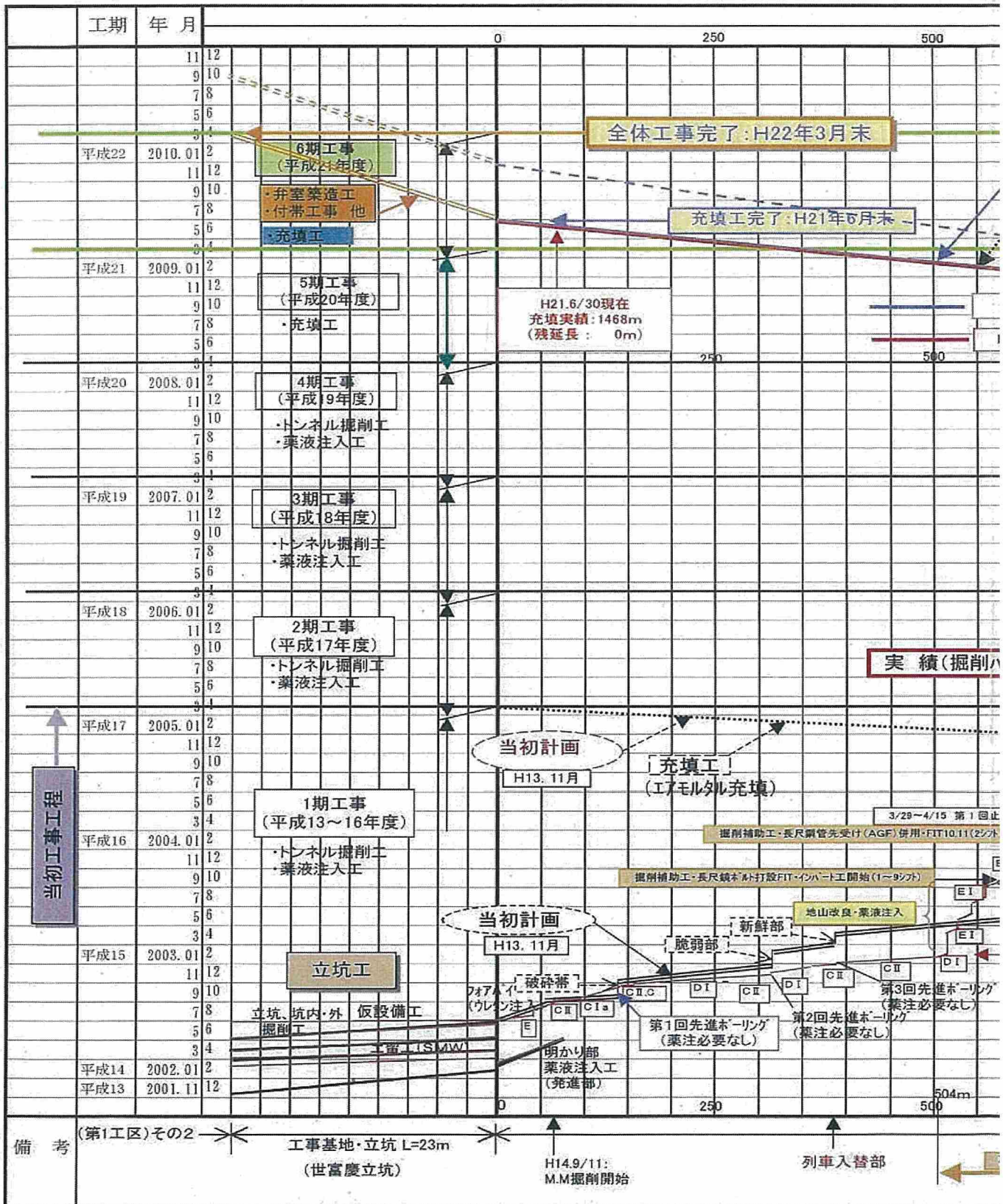
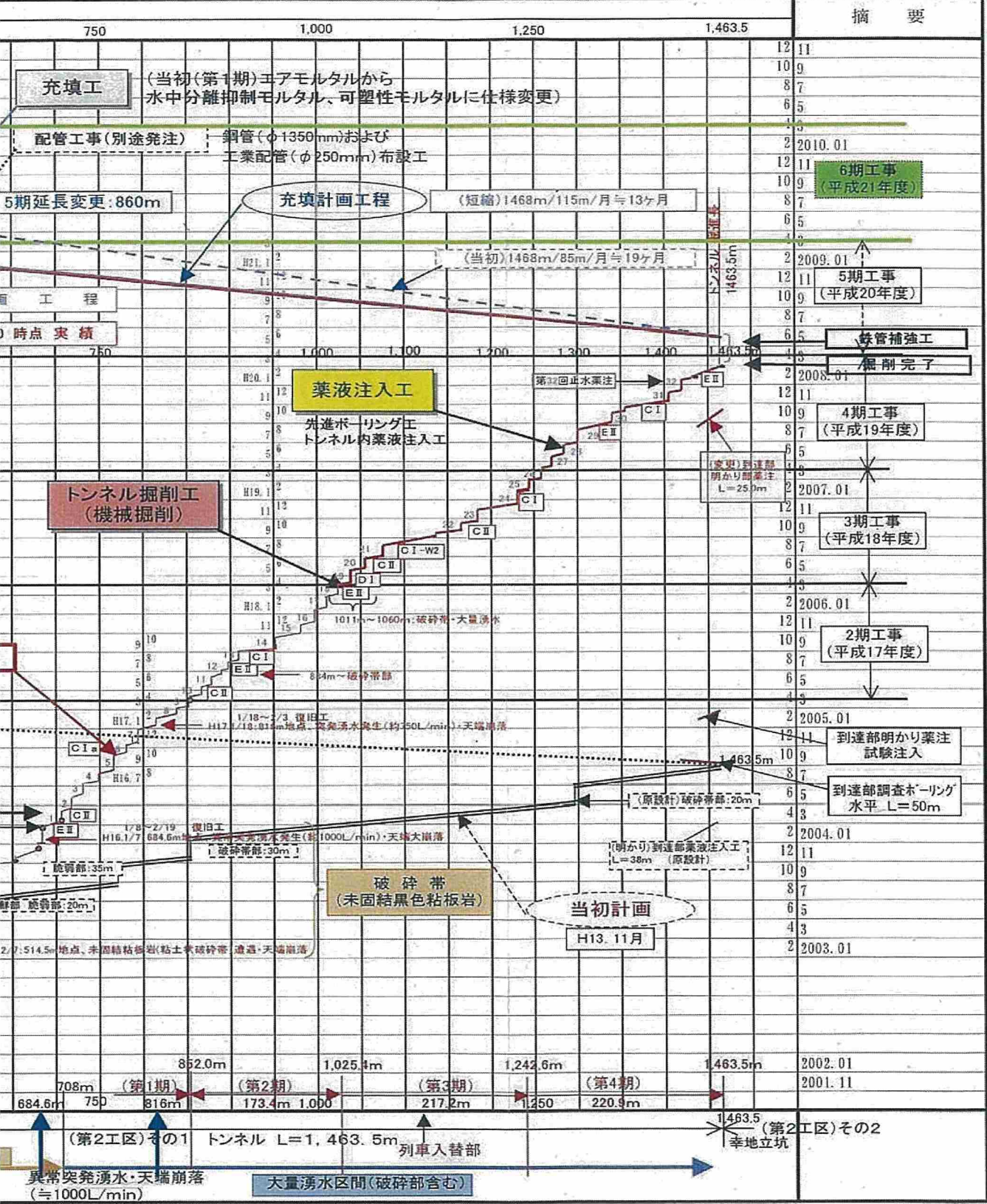


図-3.2.17 西系列幹線導水施設名護導水工事（世富慶工区）

の1 (第6期) (世富慶工区) 工事工程表

— 実施対比表

名護トンネル作業所



※ 当初計画では3年予定であったが、8年かかった。

(6) 名護トンネル許田工区のガス対策

① 概要

平成17年2月、名護導水トンネル許田工区（No27+46.41付近）において、可燃性ガス（メタンガス）が検出されたため工事を中断し、ガス抜きボーリング、葉注などの対策を行った。

労働安全衛生規則によって可燃ガスの濃度は規制されており、ガス抜き工で爆発下限界濃度の30%LEL、坑内で5%LELが求められている。（メタンガス濃度5%=100%LELなので、30%LELは1.5%のメタンガスの濃度。例えば坑内で30%LELが検出された場合は直ちに退避が求められるなど、段階的な基準が定められている。）

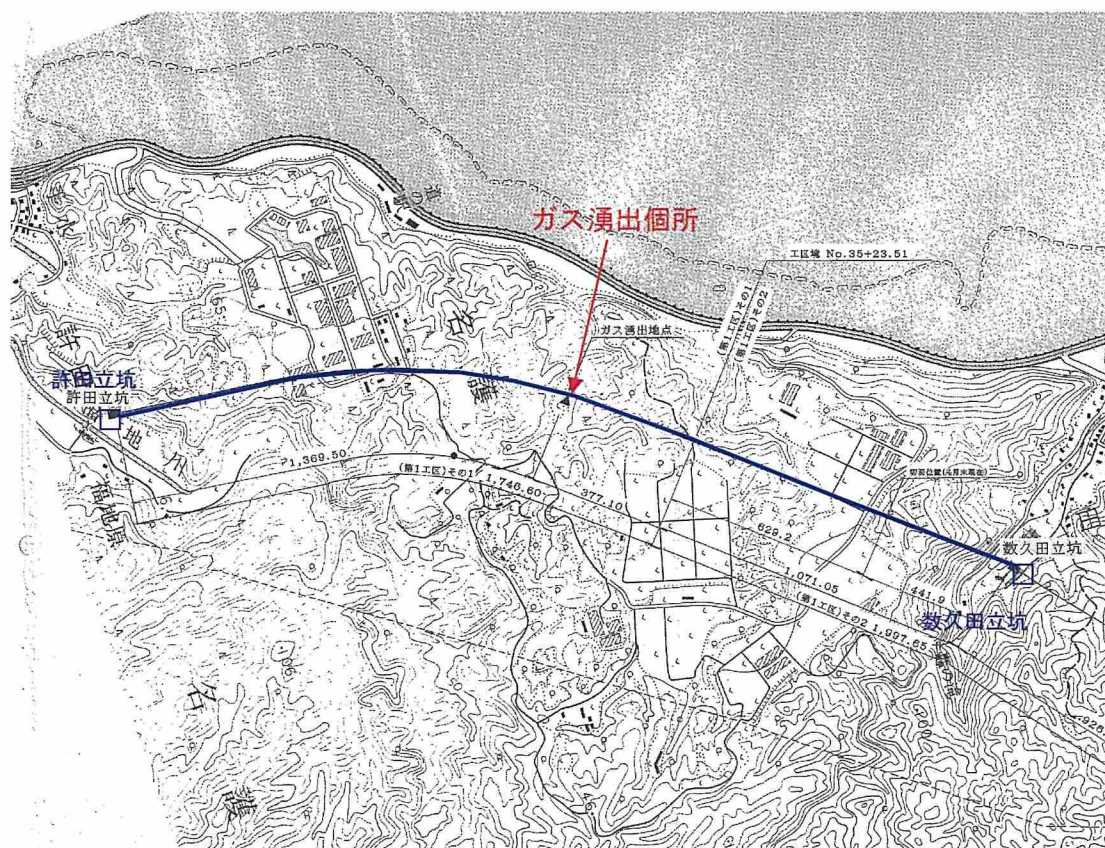


図-3.2.18 ガス湧出箇所（許田工区）

② 対策工の考え方

坑内の平常作業基準は、ガス濃度5%LEL以下であり、切羽前方（10m区間）の可燃性ガス賦存量に対しては、十分な換気設備を設置していることから坑内作業については問題ない。

しかし、ミゼットマイナーによる機械掘削により、ビット先端部で火花が発生する可能性があること、調査孔やガス抜き孔からのガス濃度を30%LEL以下にした上で、掘削を再開する必要があった。

可燃性ガス発生状況については、実施した調査ボーリング（3本）及びガス抜き孔（18本）について、

削孔後 16 日間放置後も、ガス濃度は 12 孔が 30%LEL を超え、1 本は 100%LEL over を示した。ガス浸出量の低減傾向が見られないことから、対策検討フローに従い、薬液注入工等による対策を行った。

一般的な対策は、換気立坑または薬液注入などが想定されるが、費用や工期を考慮して薬液注入によるガス抑制工を採用した。

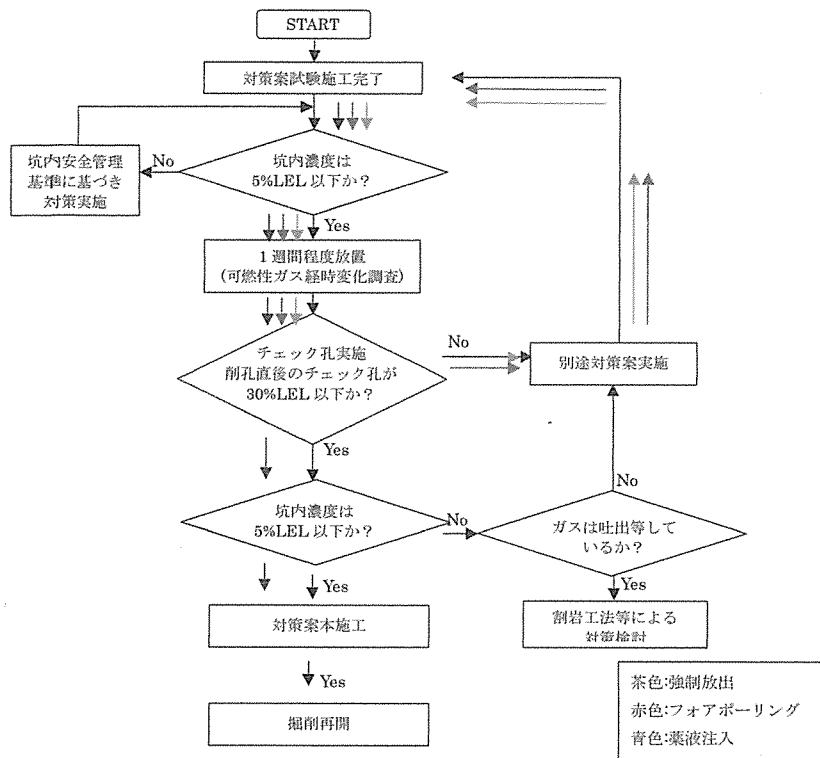


図-3. 2. 19 対策実施フロー

表に示す追加対策は、①から③に向かって対策の規模が大きく、対策①→対策②→対策③、の手順で実施し、断面内のガス濃度が 30%LEL 以下となった時点で掘削を再開するものとした。

表-3. 2. 18 追加対策工の比較検討

追加対策案		対策概要	長所と短所	結果
対策①	強制放出による ガス抑制工	インパート部のガス抜き孔を利用し、切羽前方 10m 区間の可燃性ガスを吸気により強制的に別系統の配管により坑外へ排出する。 ガス抜き孔のガス濃度を 30%LEL 以下となった時点で掘削を再開する。	<ul style="list-style-type: none"> ・効果が確認できれば、最も設備も軽微で、工費が安い。 ・吸気を止めると、またガス濃度が上昇する可能性があり、掘削中も吸気する必要がある。 	×
対策②	注入式フォアボーリングによる ガス抑制工	短尺の注入式フォアボーリングにより、切羽前方約 3m 区間のガスを供給している割れ目をウレタンで充填し、ガス浸出を抑制する。 ガス抜き孔のガス濃度を 30%LEL 以下となった時点で掘削を再開する。	<ul style="list-style-type: none"> ・通常の補助工法の要領で実施でき、またウレタンの止水効果が確認されていることからガス浸出抑制の効果が期待できる。 ・レグによる人力削孔となる。このため、3m 程度ごとのサイクルを繰り返し実施する必要がある。 	×
対策③	薬液注入による ガス抑制工	切羽にバルクヘッドを設け、ガスが浸出している切羽前方 10m 区間の掘削断面周囲を薬液注入することにより、断面内のガス浸出を抑制する。 ガス抜き孔のガス濃度を 30%LEL 以下となった時点で掘削を再開する。	<ul style="list-style-type: none"> ・対策の規模は大きいですが、密に施工すれば効果が期待できる。 ・工期がかかり、また対策①、②と比較して工費が最も高い。 	○

対策の工程は以下の通りで、平成17年2月4日の検出から調査・対策を行い、10月13日に掘削を再開した。

表-3.2.19 名護トンネル ガス対策の工程

平成17年	対策工等	その他
2月4日	切羽にて可燃性ガス検知 掘削作業中止 切羽にてガス濃度測定開始（毎日測定）	
2月8日		
2月9日	有害ガス対策検討書提出	名護労働基準監督署報告
2月10日		
2月24日	換気設備設置 地上ターボブロア 135.80m ³ 中継ターボブロア 115.75m ³ 風管φ400、L2,830m	
3月14日	換気設備設置完了	
3月15日	有害ガス自動計測システム及び 自動警報システム設置	
3月19日	有害ガス自動計測システム及び 自動警報システム設置完了	
3月21日	先進調査ボーリング開始（60m）	
4月4日		名護労働基準監督署改善報告書提出
4月11日	先進調査ボーリング完了（94m）	
4月13日		名護労働基準監督署来所
4月26日	ガス抜きボーリング完了（L10.0m×14本 L5.0m×4本）	
5月16日	①強制放出によるガス抑制工試験	
5月21日	②注入式フォアボーリングによる ガス抑制工試験	
6月4日	薬液注入によるガス抑制工試験施工	
6月24日	③第1回薬液注入によるガス抑制工	
8月1日	第1回薬液注入効果確認	
8月3日	安全教育、掘削再開準備	名護労働基準監督署報告
8月22日	③第2回薬液注入によるガス抑制工	
10月11日	第2回薬液注入効果確認	名護労働基準監督署報告
10月13日	安全教育、掘削再開	

3.3 ダム（注水）

3.3.1 瑞慶山ダム（4 河川導水の貯留施設）

(1) 瑞慶山ダム（倉敷ダム）計画の概要

比謝川総合開発事業は、比謝川水系与那原川の左岸沖縄県石川市字楚南および右岸沖縄県沖繩市字倉敷原地先に位置する瑞慶山ダムの再開発を主体とする事業で、沖縄本島河川総合開発の一環をなすものである。再開発後の瑞慶山ダムは、ゾーン型ロックフィルダムとし本ダム(堤高 33.5m、堤頂長 441m、堤体積 876 千 m³)と脇ダム(堤高 15.0m、堤頂長 200m、堤体積 80 千 m³)からなり、貯水容量 7,100,000m³、有効貯水容量 6,900,000m³で、洪水調節、流水の正常な機能の維持および水道用水の供給を目的とするものである。

○洪水調節

ダム地点の計画高水流量 90m³/s のうち、80m³/s の洪水調節を行いダム下流地域の水害を防除する。

○流水の正常な機能の維持

ダム地点下流の与那原川および比謝川沿岸の既得用水の補給を行う等、流水の正常な機能の維持と増進を図る。

○水道用水

沖縄本島地域に対し、ダム地点において、水道用水として新たに日量 26,400m³/日 (0.306m³/s) の取水を可能ならしめる (S56.8)。

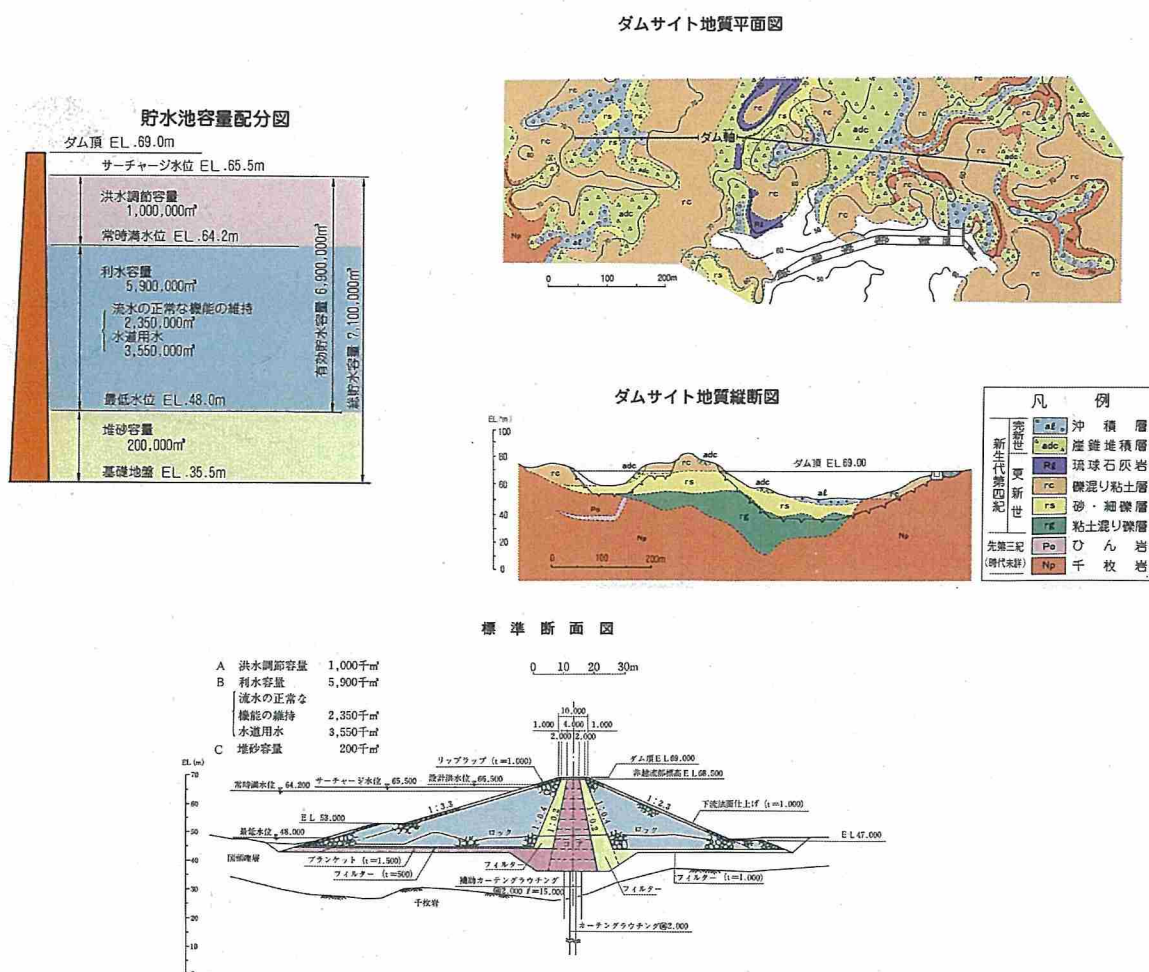


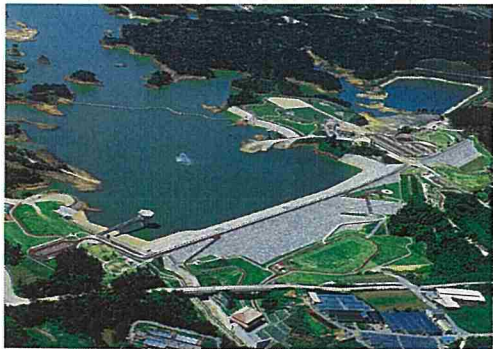
図-3.3.1 倉敷ダム計画諸元



再開発前の瑞慶山ダム



再開発前の瑞慶山ダム



再開発後の瑞慶山ダム(倉敷ダム) 平成7年4月



再開発後の瑞慶山ダム(倉敷ダム)

		旧瑞慶山ダム	倉敷ダム	
			本ダム	脇ダム
ダム	型式	均一型アースダム	ゾーン型ロックフィルダム	
	堤高	16.4m	33.5m	15.0m
	堤頂長	380.0m	441.0m	200.0m
	堤体積	82,000m ³	876,000m ³	80,000m ³
貯水池	集水面積	4.7km ²	4.7km ²	
	総貯水容量	2,550,000m ³	7,100,000m ³	
	有効貯水容量	2,350,000m ³	6,900,000m ³	
	洪水調節容量	-----	1,000,000m ³	
	利水容量	2,350,000m ³	5,900,000m ³ ※	

(※) 流水の正常な機能の維持に必要な容量を含む。

S36年1月 米国民政府により、旧瑞慶山ダム完成。
 S47年5月 沖縄本土復帰後、沖縄県企業局の管理となる。
 S54年4月 予備調査開始。
 S57年4月 建設事業着手。
 S61年9月 転流工工事着手。
 S63年12月 用地補償基準締結。

H元年3月 本体工事着手。
 H3年10月 盛立開始。
 H5年10月 盛立完了。
 H6年1月 試験湛水開始。
 H7年2月 竣工式。
 H7年6月 試験湛水完了。
 H8年3月 瑞慶山ダム建設事業完了。
 H8年4月 管理開始。名称を「倉敷ダム」に変更。

(2) 倉敷ダムの特色

倉敷ダムは、米国民政府が昭和36年に建設した旧瑞慶山ダム(利水専用)を、高さで約2倍、貯水容量で約3倍の多目的ダムに再開発したダムで、昭和57年度から沖縄開発庁沖縄総合事務局と沖縄県企業局の共同事業として建設され、平成8年3月に完成した。倉敷ダムは次のような特徴を持ったダムとなっている。

① 兼用工作物

「特定多目的ダム法」に基づくいわゆる「特ダム」ではなく、河川法(第17条)に基づくダムであり、国と沖縄県企業局の共同事業として建設された兼用工作物である。このため、沖縄本島北部の5ダムや漢那ダム、羽地ダム、大保ダムなどのように「特定多目的ダム法」で定められている「ダム使用权」の設定はなく、瑞慶山ダムそのものに利水者も財産権が存在している。

平成8年4月の管理開始に際し、国から沖縄県(土木建築部)への引き継ぎが行われ、管理は沖縄県土木建築部(河川管理者)と沖縄県企業局(利水者)の共同管理(管理の実務は沖縄県土木建築部が実施)となっている。

② 他流域からの導水

ダムの流域面積が4.7km²と狭いことから、沖縄本島北部の4河川で豊水時に取水・導水した水を、瑞慶山ダムで安定化することにより開発効率を上げ、新たに28,800m³/日(当初計画)の開発を可能としている。大保ダム建設中は、大保ダムへ導水される予定の9河川についても、瑞慶山ダムへ導水し安定化を先行した。

③ 米軍基地

貯水池周辺は嘉手納弾薬庫等の米軍基地となっているが、ダム再開事業に際しダム本体や貯水池等のいわゆる河川区域については、一括返還された(一部は共同使用区域)。また、弾薬庫の保安区域について、ダム本体や付帯施設に掛かる弾薬庫については、補償し移転することとしたものの、貯水池についてはそのほとんどが依然として弾薬庫の保安区域内にある。このため、貯水池への立ち入りは必要最小限に止め、貯水池を一周する管理用道路は設置していない。

④ 基礎処理

ダムサイトの地質は基礎の一部に第三紀の未固結砂礫層(国頭礫層)が分布し全層厚は最大40mに達していた。基礎掘削では、砂・粘土混じり礫層(rg層)は地盤改良が可能なことから基礎地盤として残し、粗砂・砂礫層(rs層)については、ダム高15m以下の箇所について改良した上で基礎として残し、また、コア敷上流側に土質ブランク工を併用し止水性を補った。表層の強風化した赤褐色粘土(rc層)については掘削除去した。礫層部のグラウチングは通常のステージ工法ではなく、孔壁崩壊を防ぎ確実なパッカー設置が可能な二重管ダブルパッカー工法を採用し、最終的に所定の止水性を確保した。

⑤ 自然環境保全対策

沖縄の河川に生息する淡水魚、甲殻類のうち海と回遊するものは、エビ、カニおよびハゼ類である。これらはかなりの勾配の箇所でも湿った部分を伝って往来することが知られており、この特性を踏まえ、植石を施した幅1.0m程度の側溝を貯水池とダム下流河道間に施工し魚道とした。湛水開始まもないころからゴラクハゼ、スジエビ、トゲナシヌマエビ等が確認され効果を上げた。

この他工事によって発生する裸地をできるだけ早く元の森林に戻すため、在来種の苗木を植栽し、小動物保護のための緩傾斜型側溝を採用した。

⑥ 景観および周辺環境整備

沖縄本島では、地形的な要因からダム建設適地は北部地域が中心であるが、瑞慶山ダムは本島中部に建設され、市街地も近い。ダム建設地点は急峻な地形ではなく、緩やかな丘陵地形をうまく利

用して建設した。例えば、盛立材のストックヤードや資材置場については、建設後は周辺環境整備を行っており、その整備した面積は約 14ha にのぼる。周辺環境整備に際しては、人工河川やんばるの川、ダム資料館、展望タワー等を設けており、市街地も近いことから多くの来場者が訪れている。

また、景観面でも、ダム天端高欄に自然石を採用している他、管理庁舎、取水塔、バルブ室の屋根には沖縄赤瓦を葺きシーサーを載せ、壁面を琉球石灰岩で仕上げることにより沖縄の郷土色を演出するなどの配慮を行った。

瑞慶山ダムは「倉敷郷友会」からの要望もあり、その所在地の地名を採り平成 8 年 4 月の管理開始を期に「倉敷ダム」と名称を変更した。

(3) 倉敷ダムの注水施設

注水施設は、西系列河川からの豊水取水を、大保ダム完成前は 12 河川、大保ダム完成後は 4 河川について倉敷ダムへ注水する施設である。

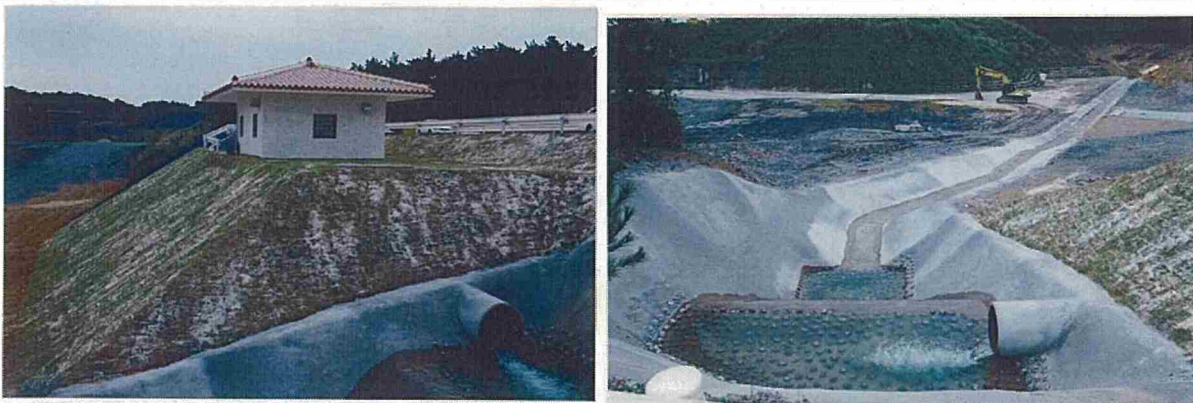
位置：石川市楚南福地原 878-1

敷地面積：692m²

建物：RC 造、地上 1 階地下 1 階

注水能力：1m³/s (86,400m³/日)

事業費：約 230 百万円（土木建築工事 100、電気計装 70、遠方監視制御 60 百万円）



注水施設完成直後時

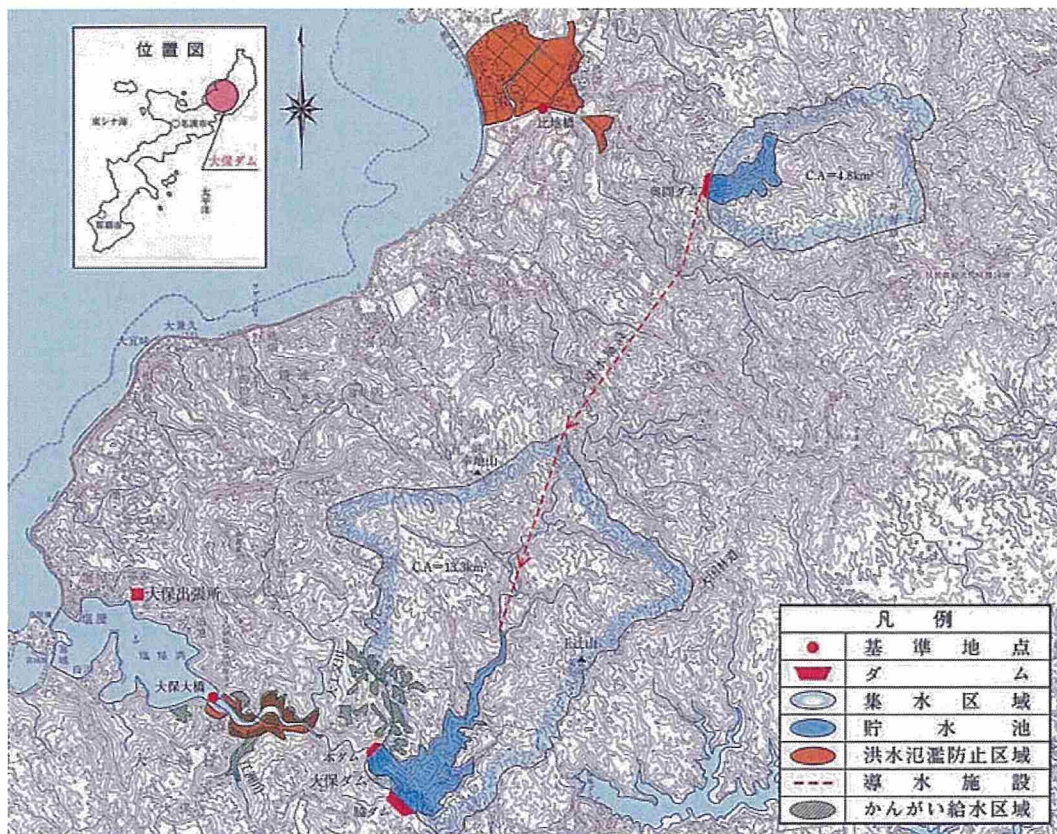


運用後のヤンバルムイ（山原の森）

3.3.2 大保ダム（8 河川導水の貯留施設）

大保ダムの建設については国が実施しているので、ここでは、大保ダムの計画概要と西系列河川からの注水施設について述べる。

(1) 大保ダム計画概要



位置	沖縄県国頭郡大宜味村字田港地先
形式	本ダム 重力式コンクリートダム 脇ダム ロックフィルダム
堤高	本ダム 77.5m 脇ダム 66.0m
堤頂長	本ダム 363.3m 脇ダム 445.0m
堤頂標高	本ダム EL 73.5m 脇ダム EL 75.0m
堤体積	本ダム 400,000m ³ 脇ダム 1,930,000m ³
集水面積	13.3km ²
湛水面積	0.89km ²
総貯水容量	20,050,000m ³
有効貯水容量	19,350,000m ³

●貯水容量配分図

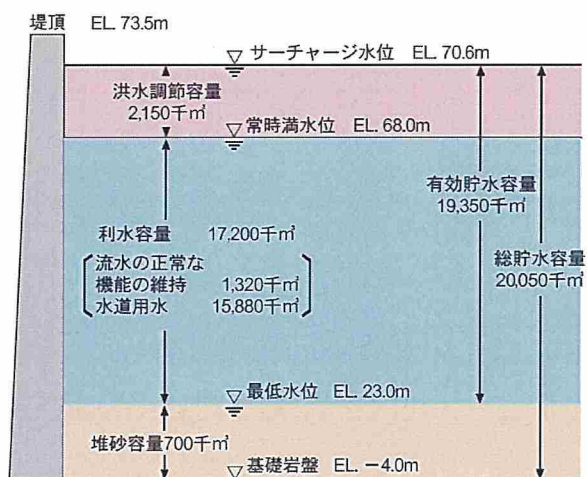
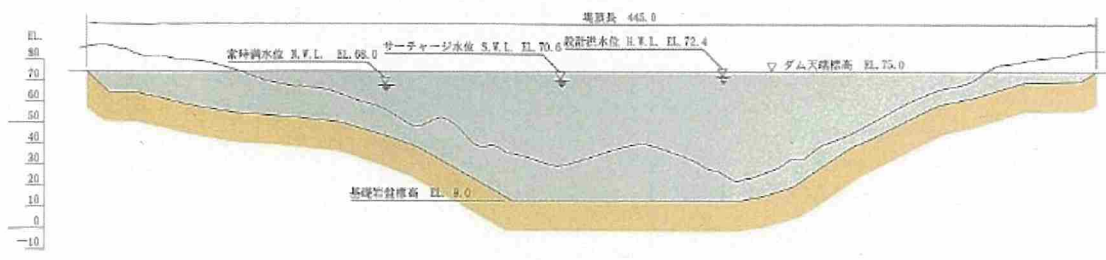
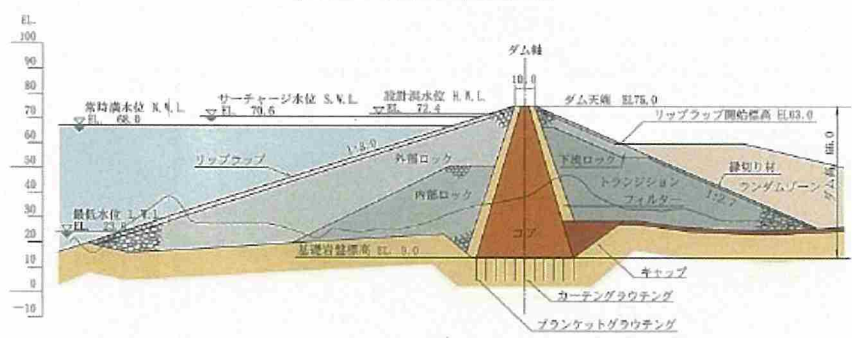
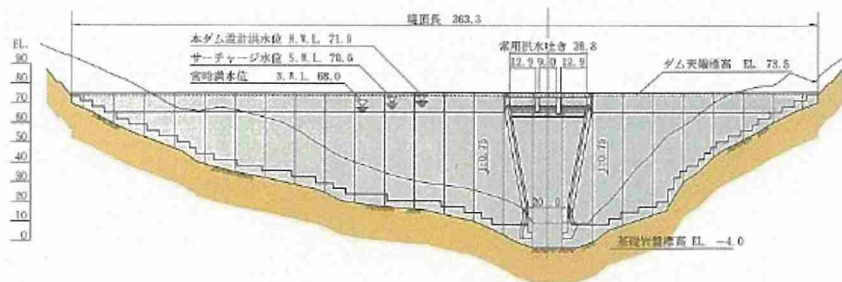
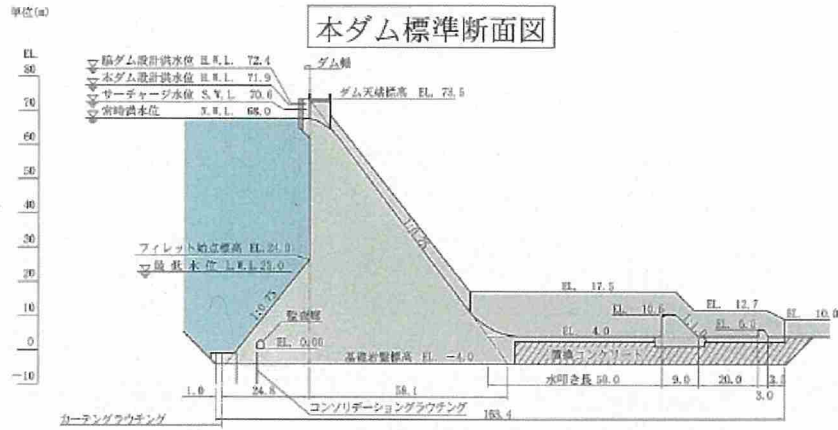


図-3.3.6 大保ダム計画諸元（大保ダムパンフレットより）



(2) 大保ダム関連諸施設

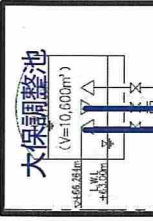
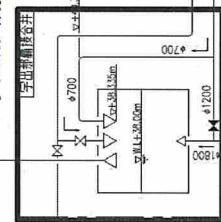
① 大保ダム周辺施設の概要

大保ダム周辺の施設としては、大保流量制御弁室、注水施設、大保ポンプ場、大保調整池、宇出那覇接合弁などがあり、西系列河川から取水した水を制御して大保ダムに注水し、大保ダムから取水後は、西系列及び東系列の双方への導水を可能としている。

大保ダム関連施設の「西系列水道水源開発事業」は、大保流量制御弁室、大保調整池、注水施設及び管路等を含む。

大保取水ポンプ場 フロアシート

宇出那覇接合弁

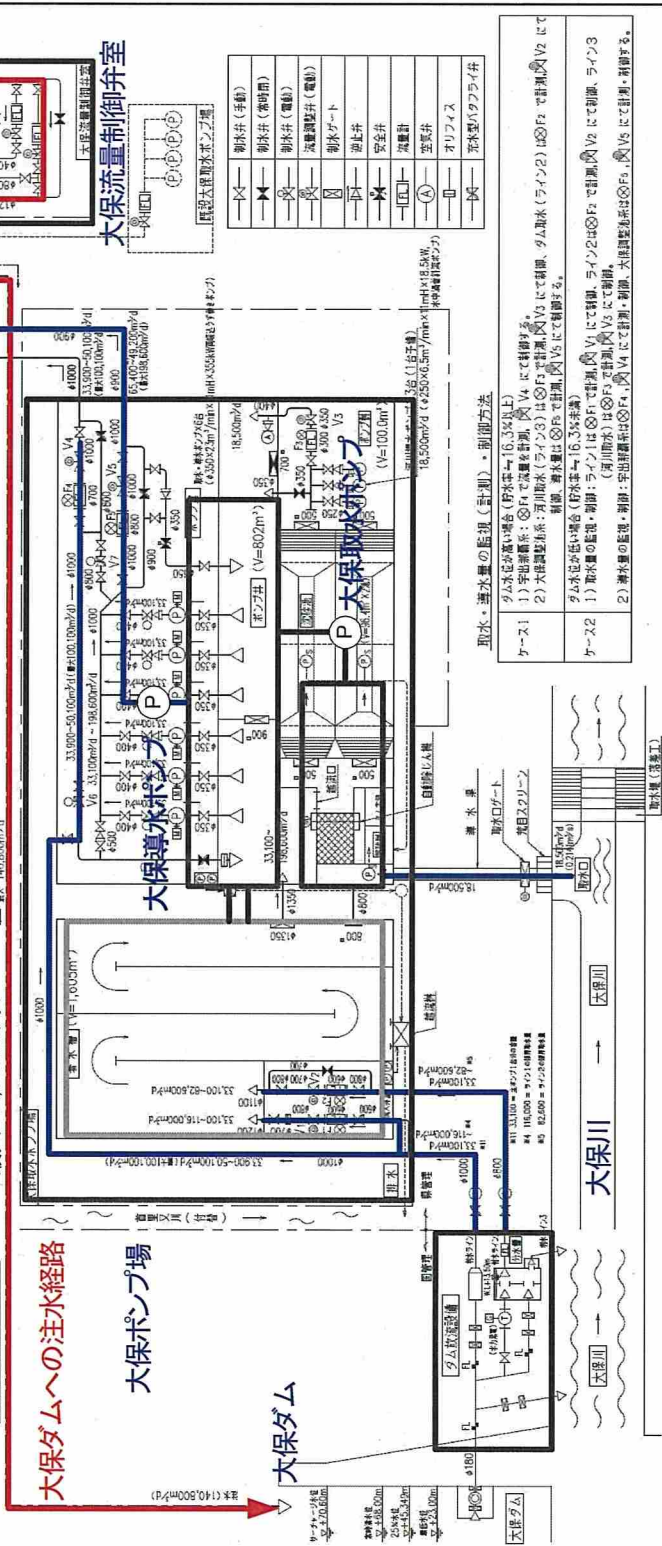


大保調整池 (V=10,000m³)

取水方式	取水能力	送水容量	ポンプ容量
ライン1 (ダム取水)	33,900m ³ /d	33,900m ³ /d	116,000m ³ /d (常時)
ライン2 (ダム取水)	46,900m ³ /d	46,900m ³ /d	82,000m ³ /d
ライン3 (河川取水)	18,500m ³ /d	18,500m ³ /d	0m ³ /d
計	99,300m ³ /d	99,300m ³ /d	198,600m ³ /d

CASE	水深 (E.L.m)	取水能力	送水容量	ポンプ容量
1	WL>+45.470	33,900 (50,100)	33,900 (50,100)	116,000
2	WL>+40.253 ~ +45.470	33,900	65,400 ~ 49,200	82,000
3	WL>+23.000 ~ +40.253	0	~50,100	0
4	WL>+15.349	0	198,600	0

最大140,800m³/日



- 初水弁 (手動)
- 初水弁 (電動)
- 流量調整弁 (電動)
- 初水ゲート
- 停止弁
- 安全弁
- 流量計
- 空気弁
- オリフィス
- 浮力型ワフライ弁

取水・送水量の監視 (計測) ・制御方法

ケース1
ダム水位が高い場合 (貯水率16.3%以上)
1) 宇出那覇弁: ⑤Fで流量計測, ④V₄にて制御
2) 大保調整池: ⑤Fで流量計測, ④V₄にて制御, ④V₅にて制御

ケース2
ダム水位が低い場合 (貯水率16.3%未満)
1) 加水量の監視・制御: ライン1は⑤Fで計測, ④V₁にて制御, ライン2は⑤Fで計測, ④V₂にて制御
2) 取水量の監視・制御: 宇出那覇弁は⑤F, ④V₄にて計測, 大保調整池弁は⑤F, ④V₅にて計測, 制御する。

図-3.3.8 大保ポンプ場 フロアシート

② 大保ダム注水施設

西系列河川から導水された水は、大保ダムの注水施設により注水される。ダムへの注水は 2 系統あり、流水を見せながら貯水池へ注水するルート(河川放流管：写真)、直接大保ダム貯水池に注水するルート(ダム湖放流管)がある。企業局の施設管理の範囲(施工範囲)は放流柵までである。



「学習の川」 注水試験時の写真 (H22. 1)



「学習の川」 注水試験時の写真 (H22. 1)



「学習の川」 注水試験時の写真 (H22. 1)



注水施設建屋 (H22. 10)



第 1 回大保ダムまつり (H22. 10. 31)



第 1 回大保ダムまつり (H22. 10. 31)



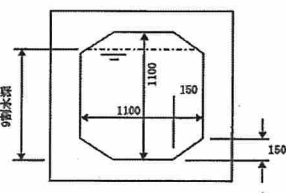
第1回大保ダムまつり (H22. 10. 31)



大保ダム貯水池 注水施設周辺俯瞰写真

本施設は、西系列河川から取水した河川水（根路銘増圧ポンプ場経由）を大保ダムへ注水するもので、自然流下で「学習の川」へ放流する「河川放流管路」とダム湖へ放流する「ダム湖放流管路」に分けられる。計画諸元は以下の通りである。

表-3.3.1 大保ダム注水施設計画諸元

項目	諸元
計画流量	Q=140,800m ³ /日 (1.630m ³ /s)
河川放流量	最大 35,000m ³ /日 (0.405m ³ /s)
ダム湖への放流	常時最大 105,800m ³ /日 (1.225m ³ /s) 非常時最大 140,800m ³ /日 (1.630m ³ /s)
着水井	W4.6m×L6.0m×H4.6m
河川放流管	DCIP φ 450
ダム湖放流管	ボックスカルバート 1.1m×1.1m 

③ 大保流量制御弁室

大保流量制御弁室の役割は、根路銘増圧ポンプ場からの導水を大保ダム（宇出那覇接合井含む）、中系列へ分配を制御する施設である。

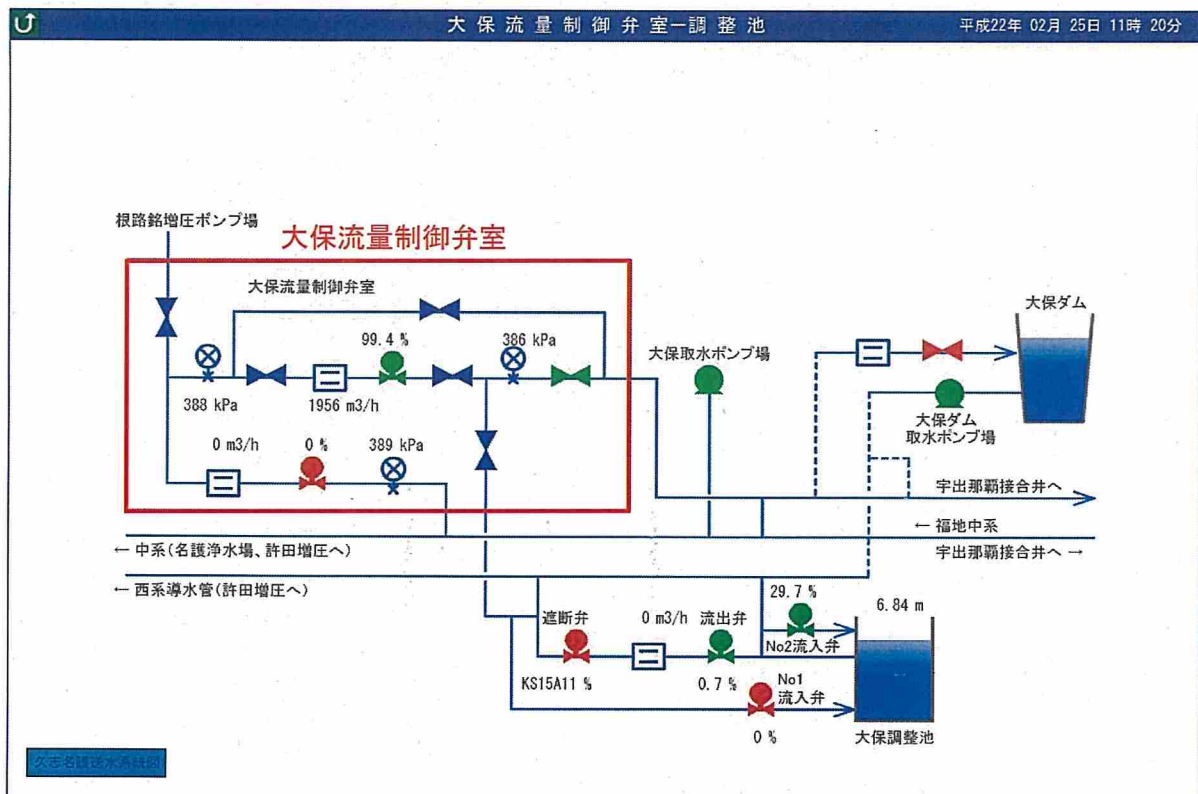


図-3.3.11 大保流量制御弁室周辺の導水フロー

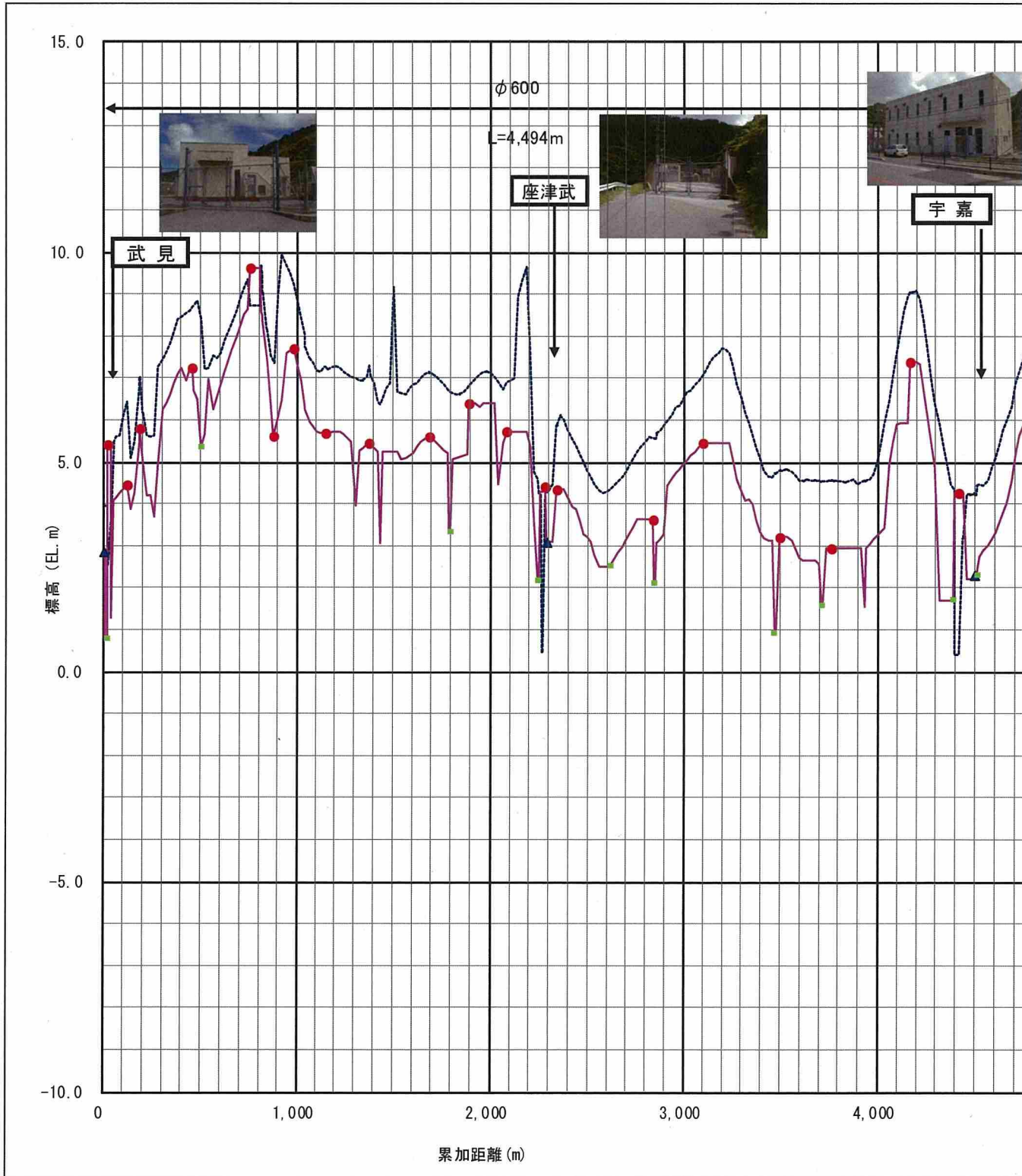
3.4 導水路縦断図

3.4.1 導水路縦断図

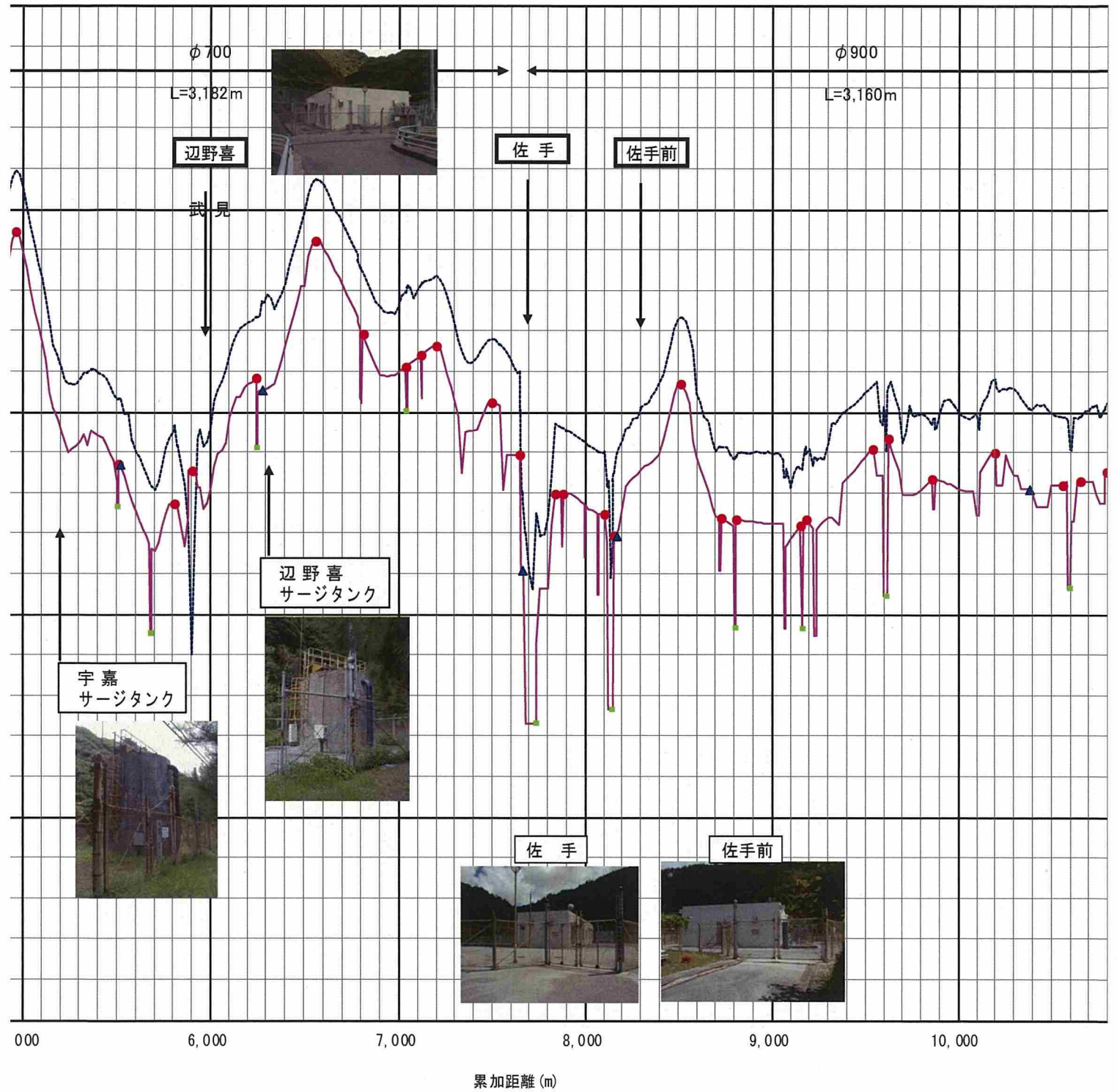
西系列水道水源開発事業で敷設された 132km の導水管路について、縦断図を以下に示した。

- 武見～根路銘
- 根路銘～宇出那覇
- 満名～名護
- 許田～伊波
- 伊波～嘉手納

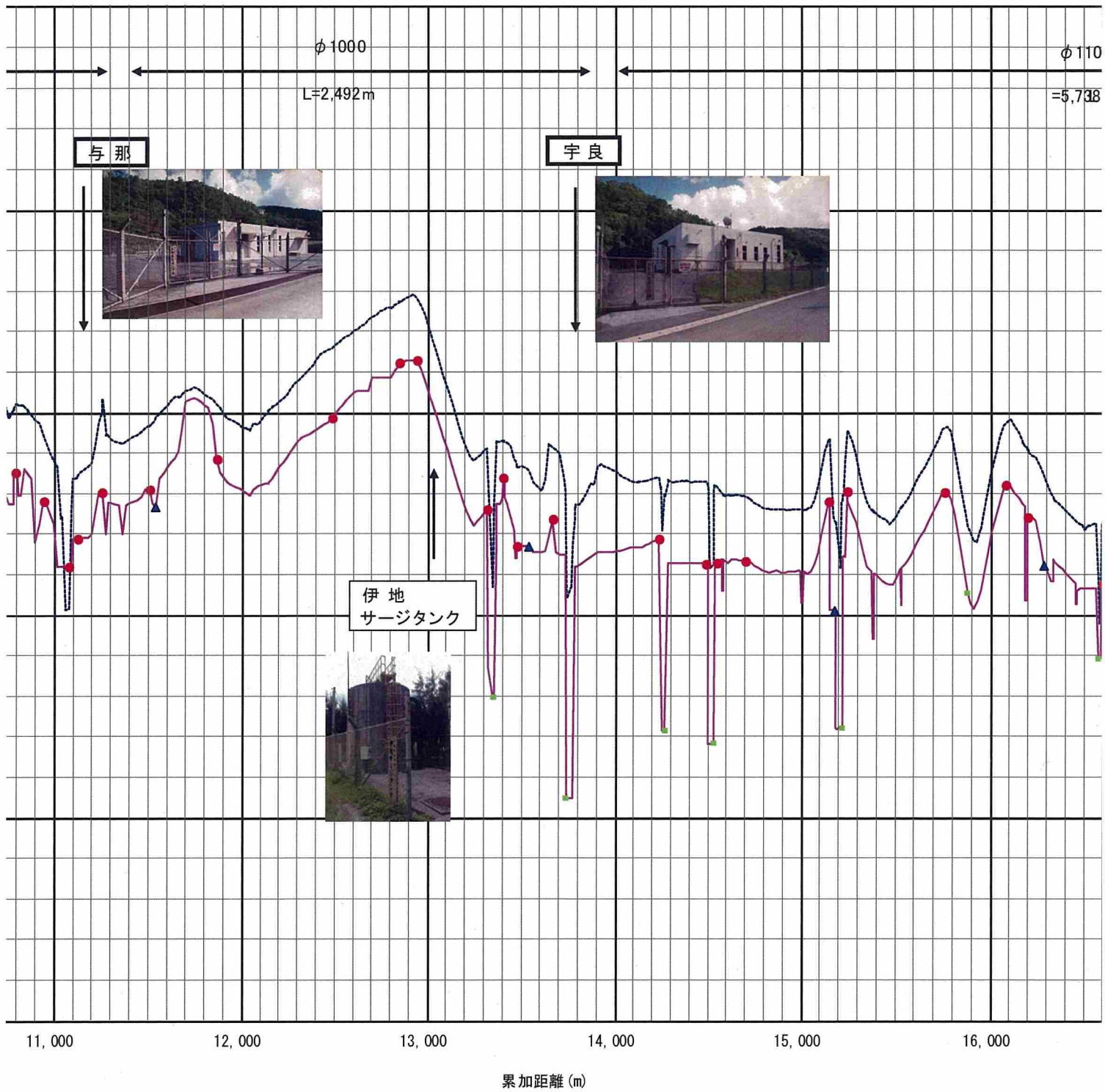
武見～根路銘導水路縦断面図(1/5)



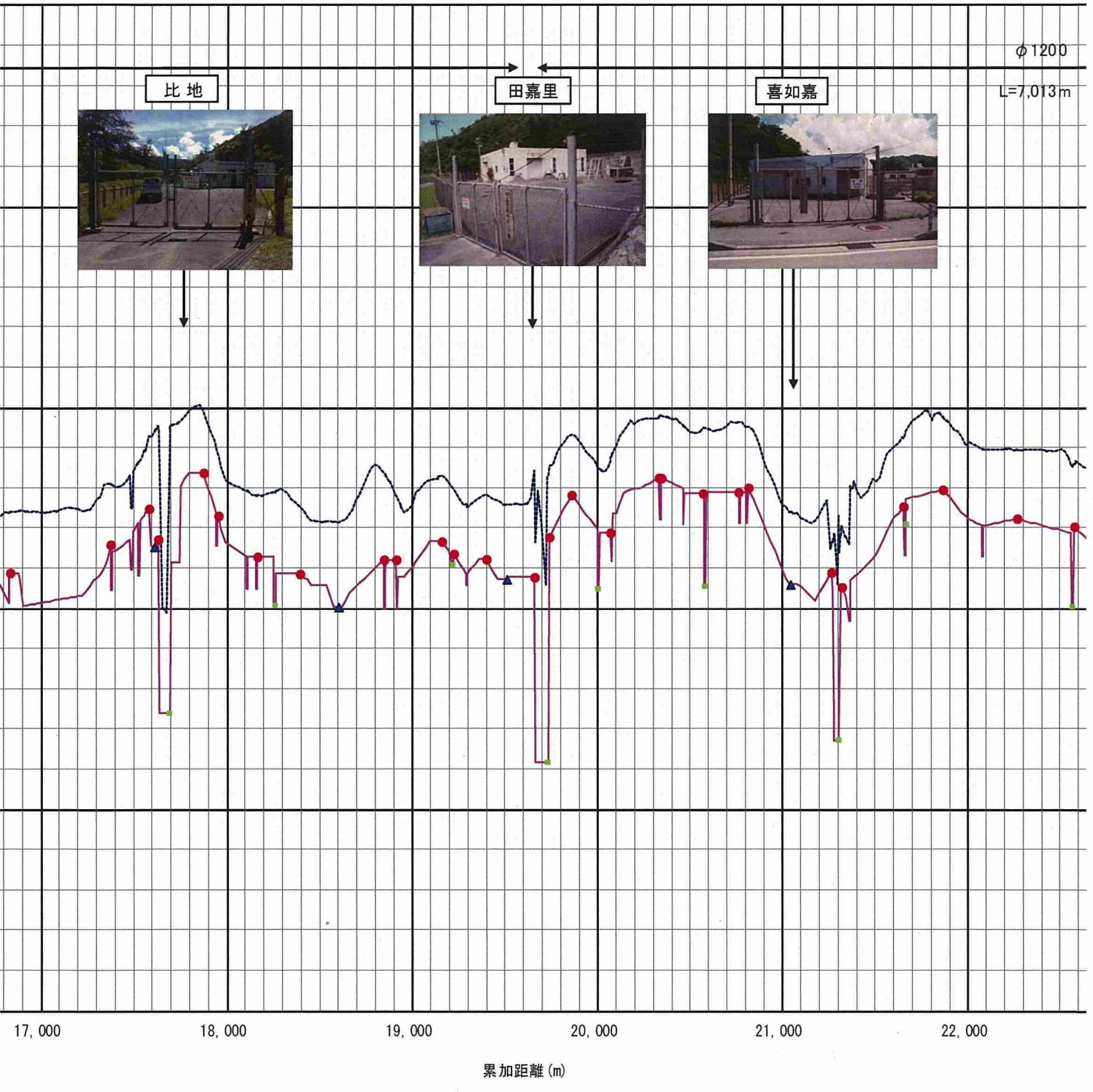
武見～根路銘導水路縦断図(2/5)



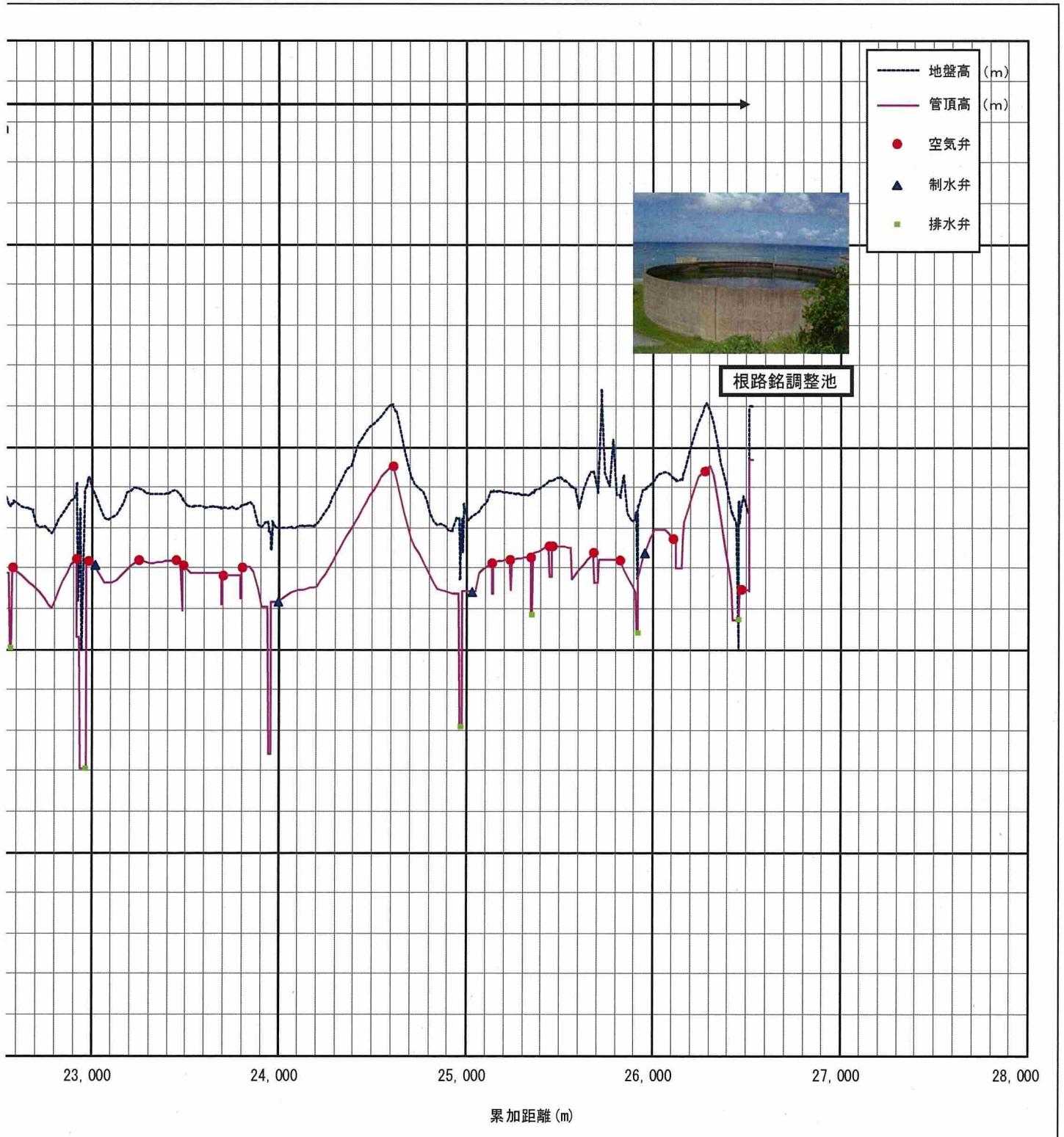
武見～根路銘 導水路縦断図 (3/5)



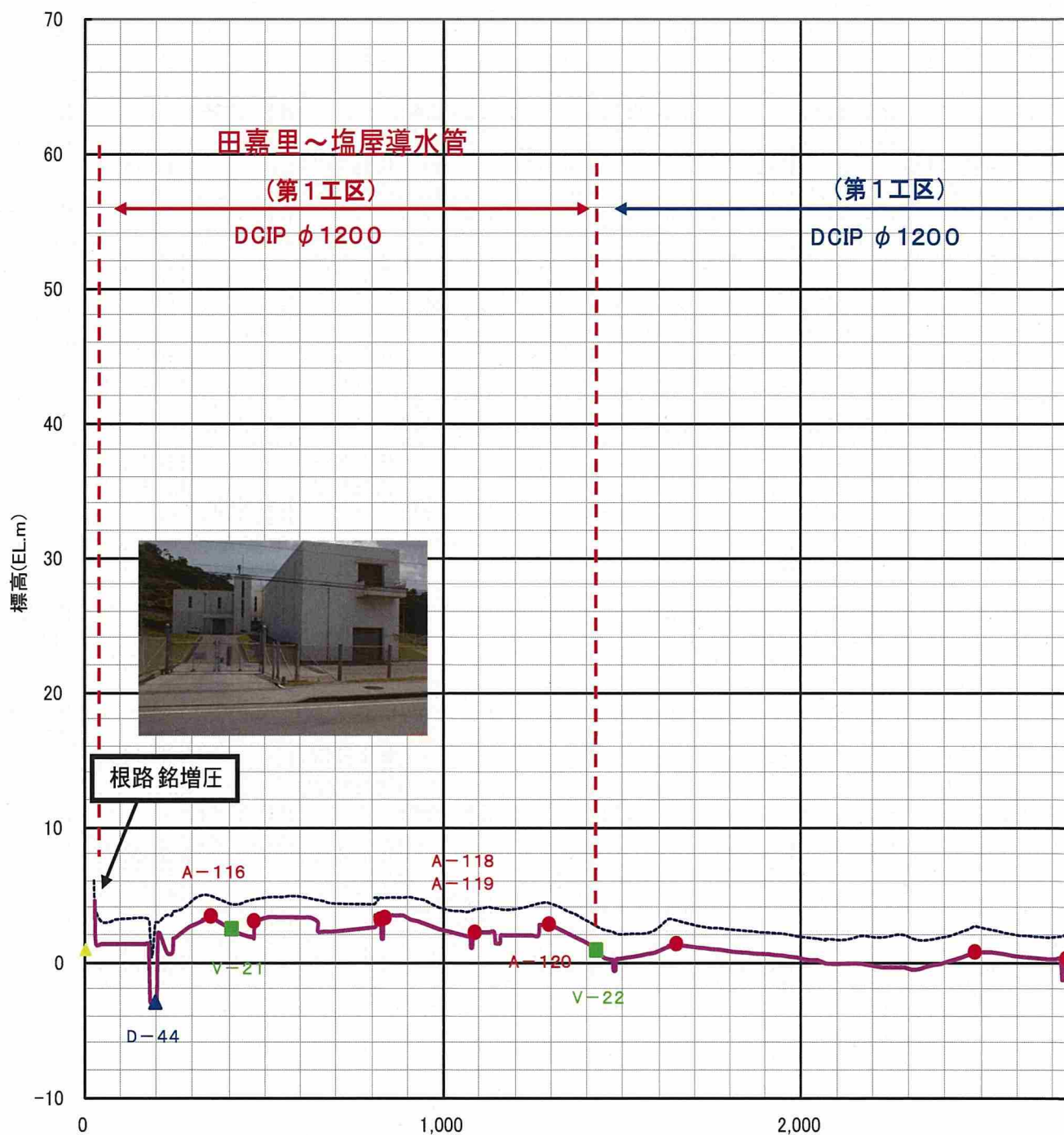
武見～根路銘 導水路縦断図 (4/5)



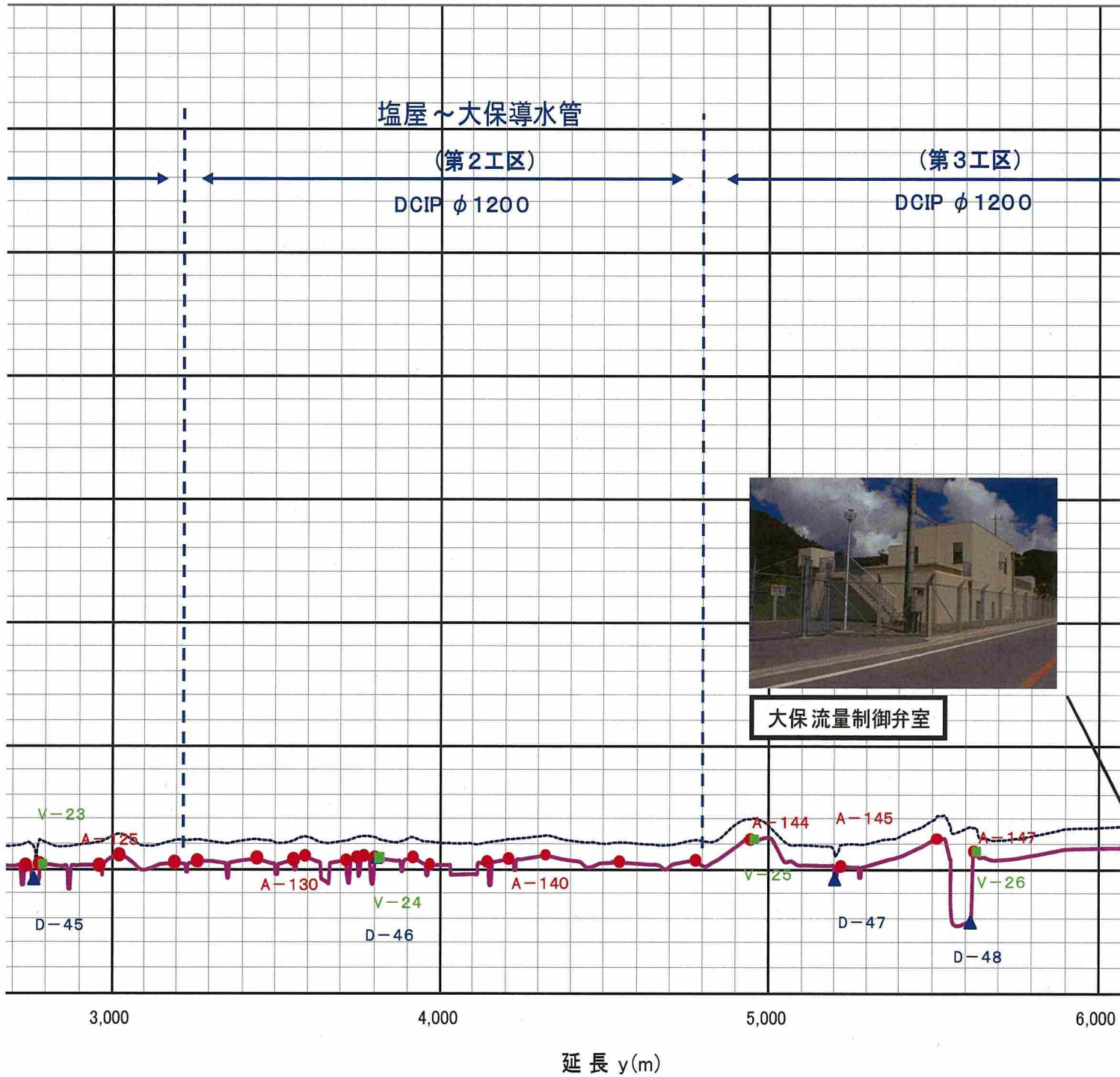
武見～根路銘 導水路縦断図 (5/5)



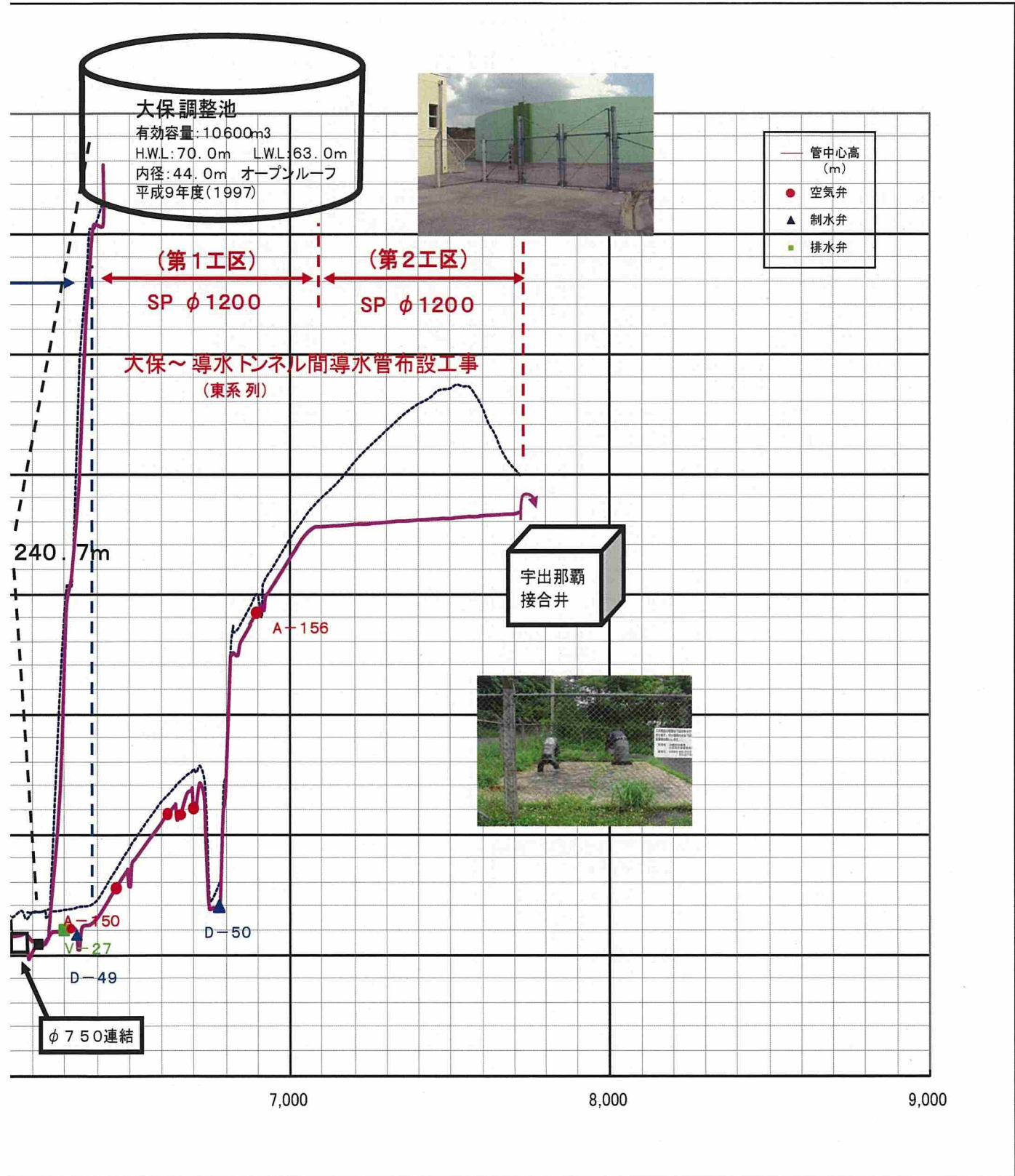
根路銘一宇出那覇導水路縦断面図 (1/3)



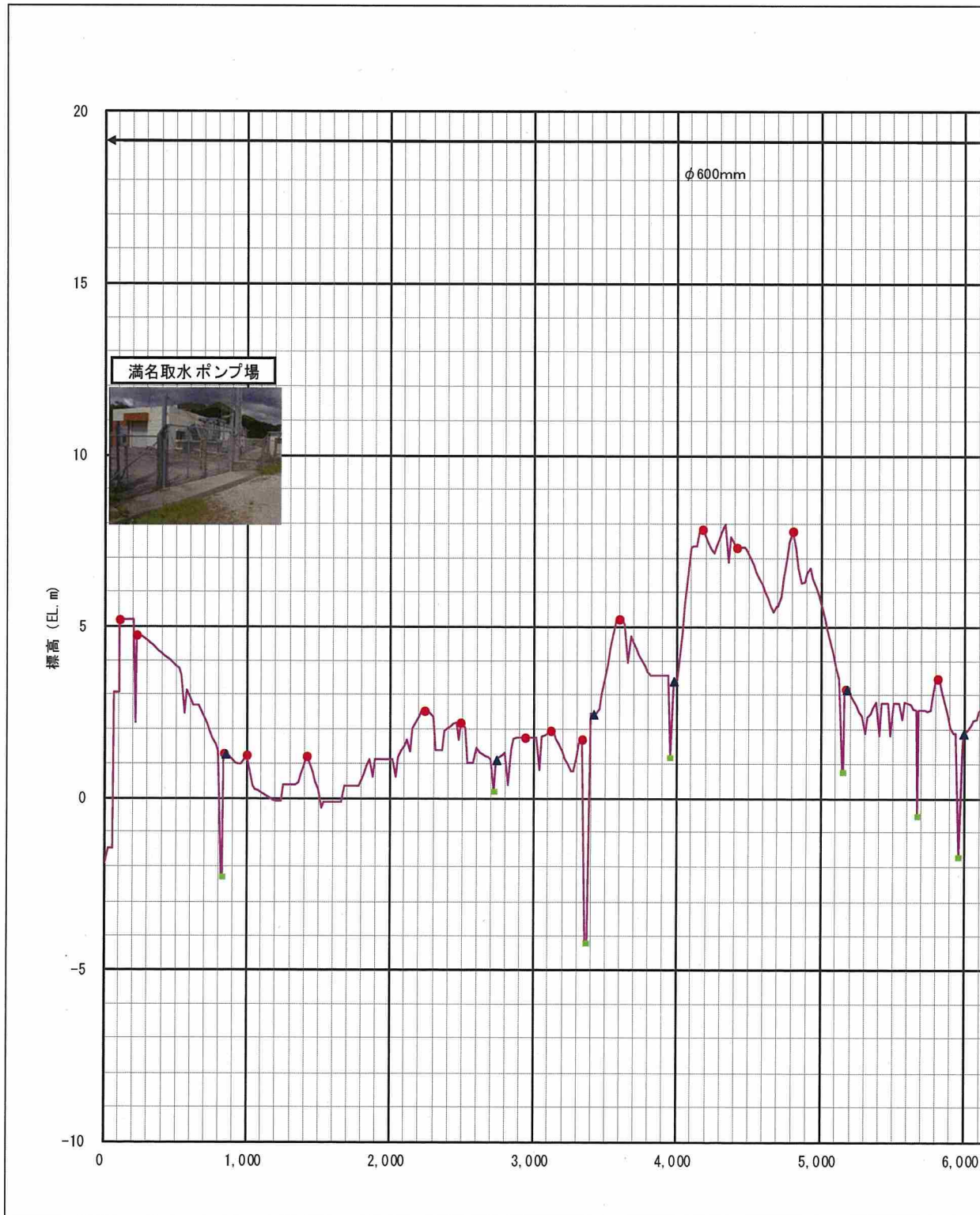
根路銘一字出那覇導水路縦断図 (2 / 3)



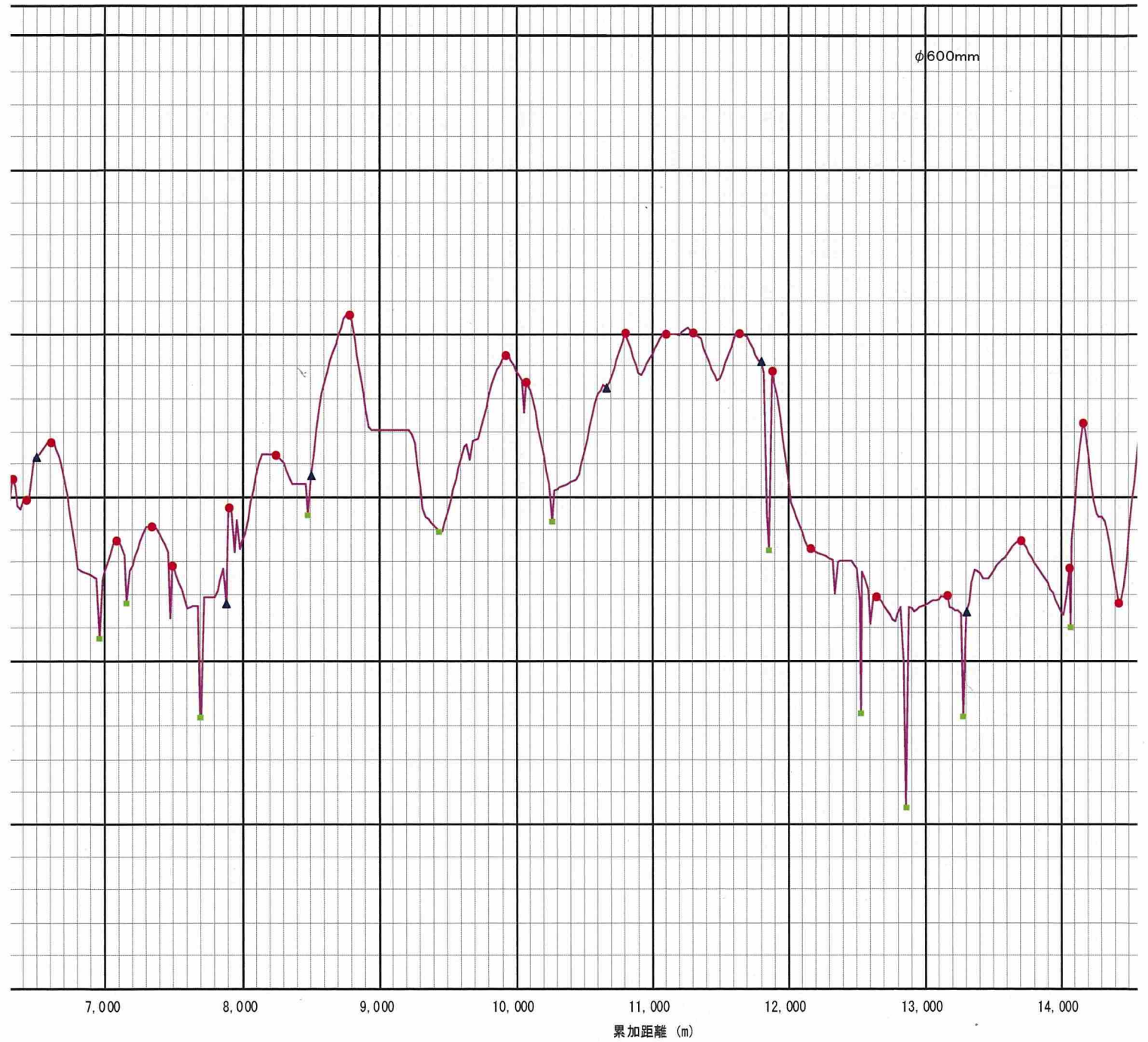
根路銘一字出那覇導水路縦断面図 (3/3)



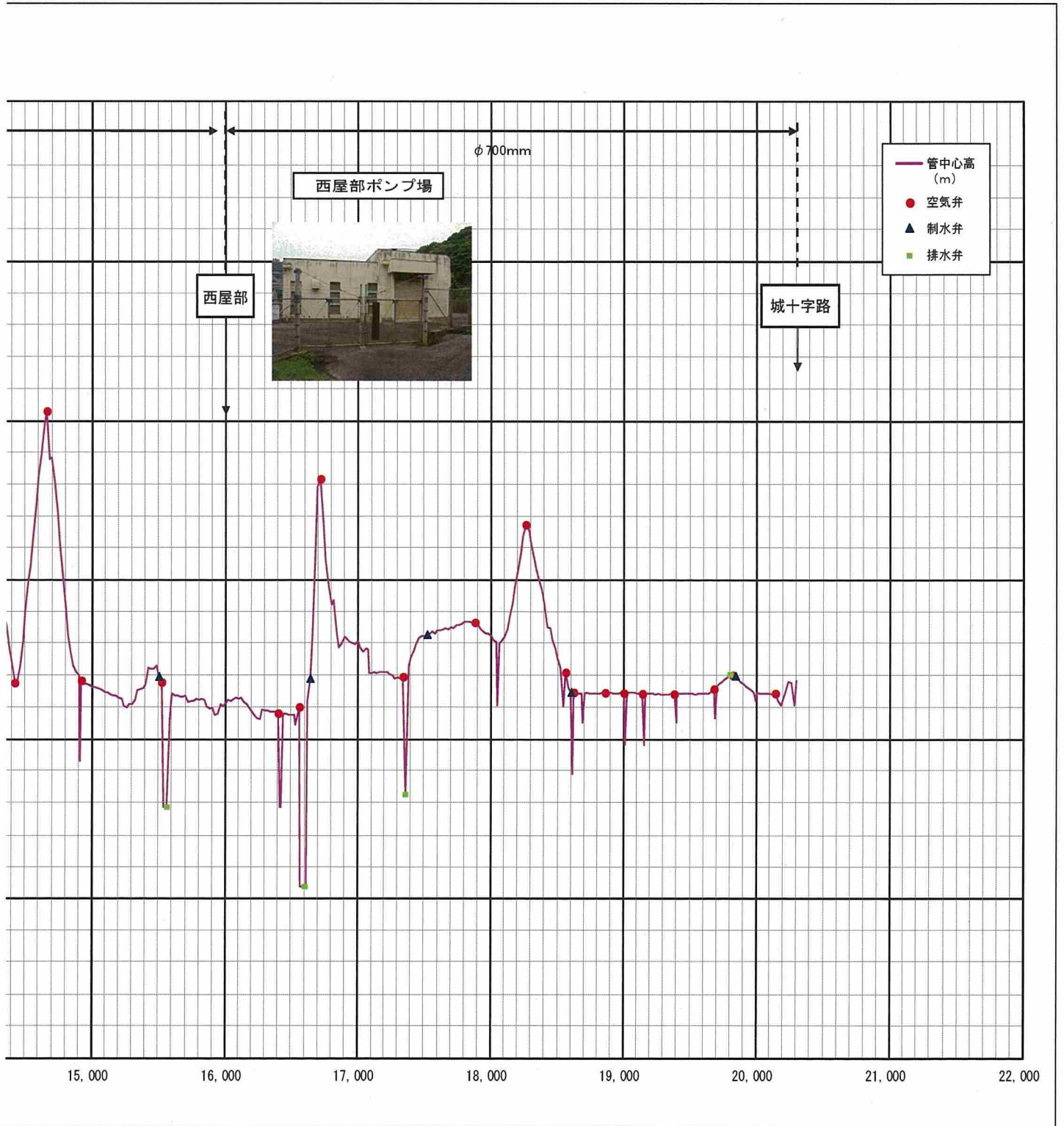
満名～名護（中系列） 導水路断面（1／3）



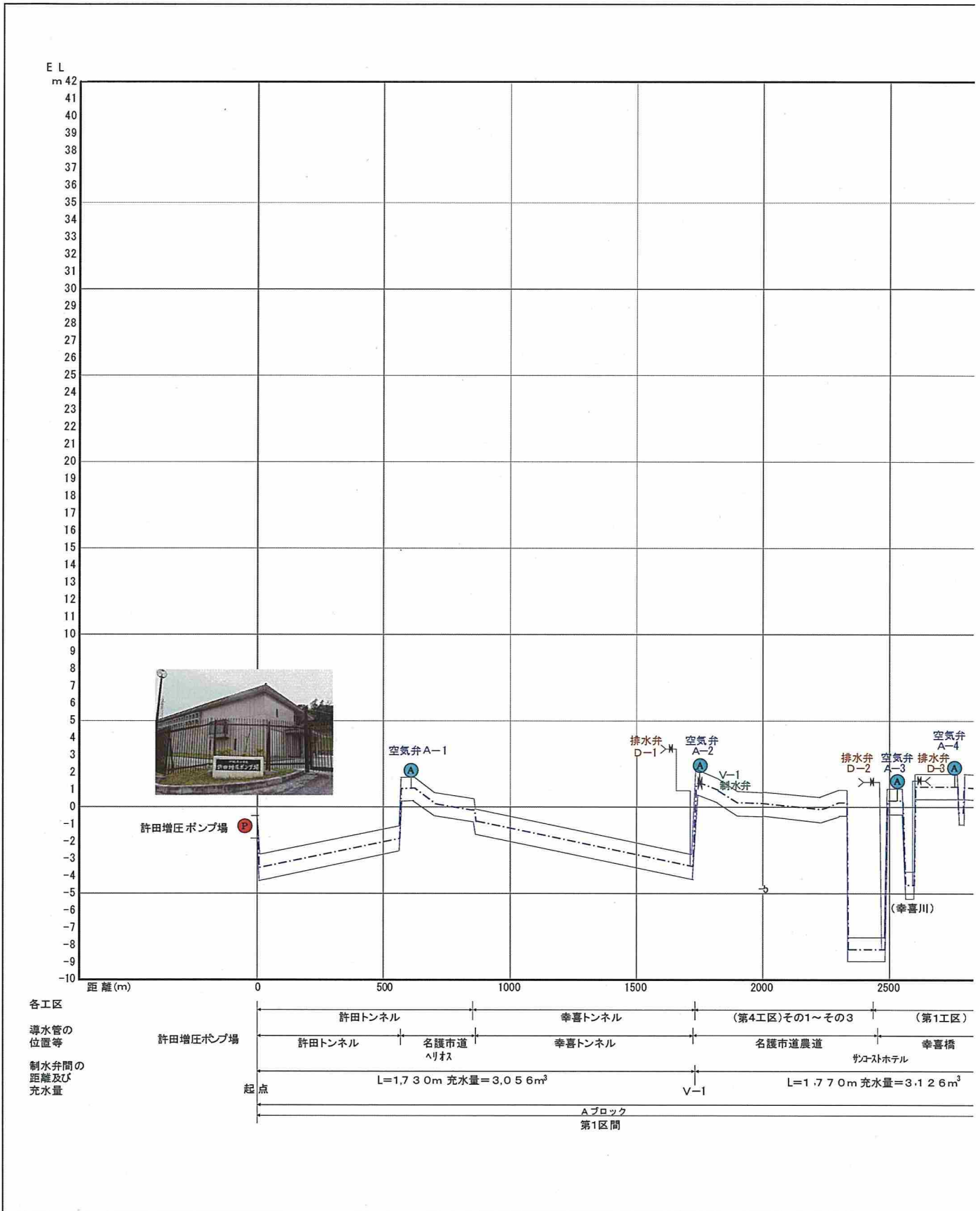
満名～名護（中系列） 導水路断面（2 / 3）



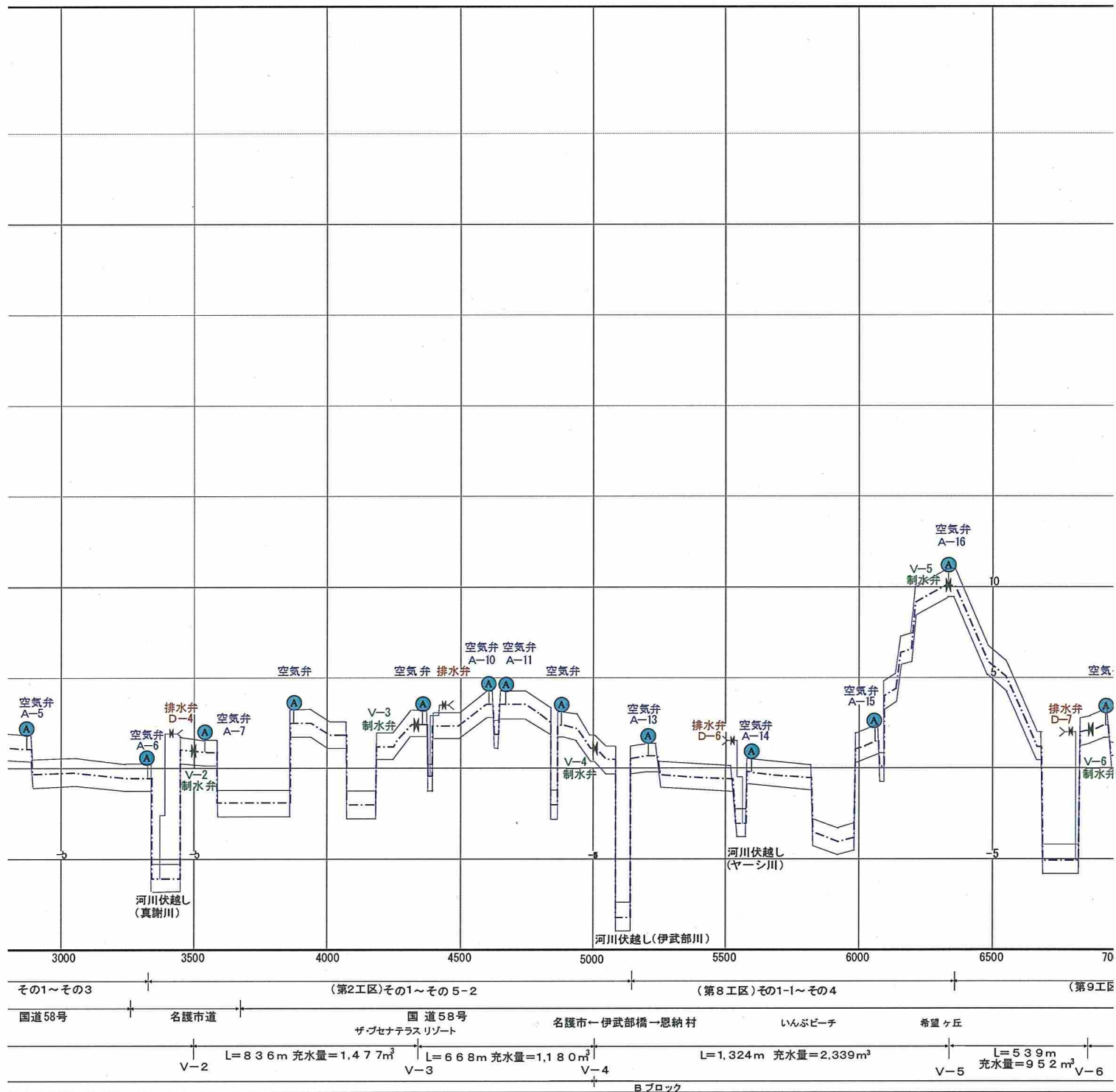
満名～名護（中系列） 導水路断面（3 / 3）



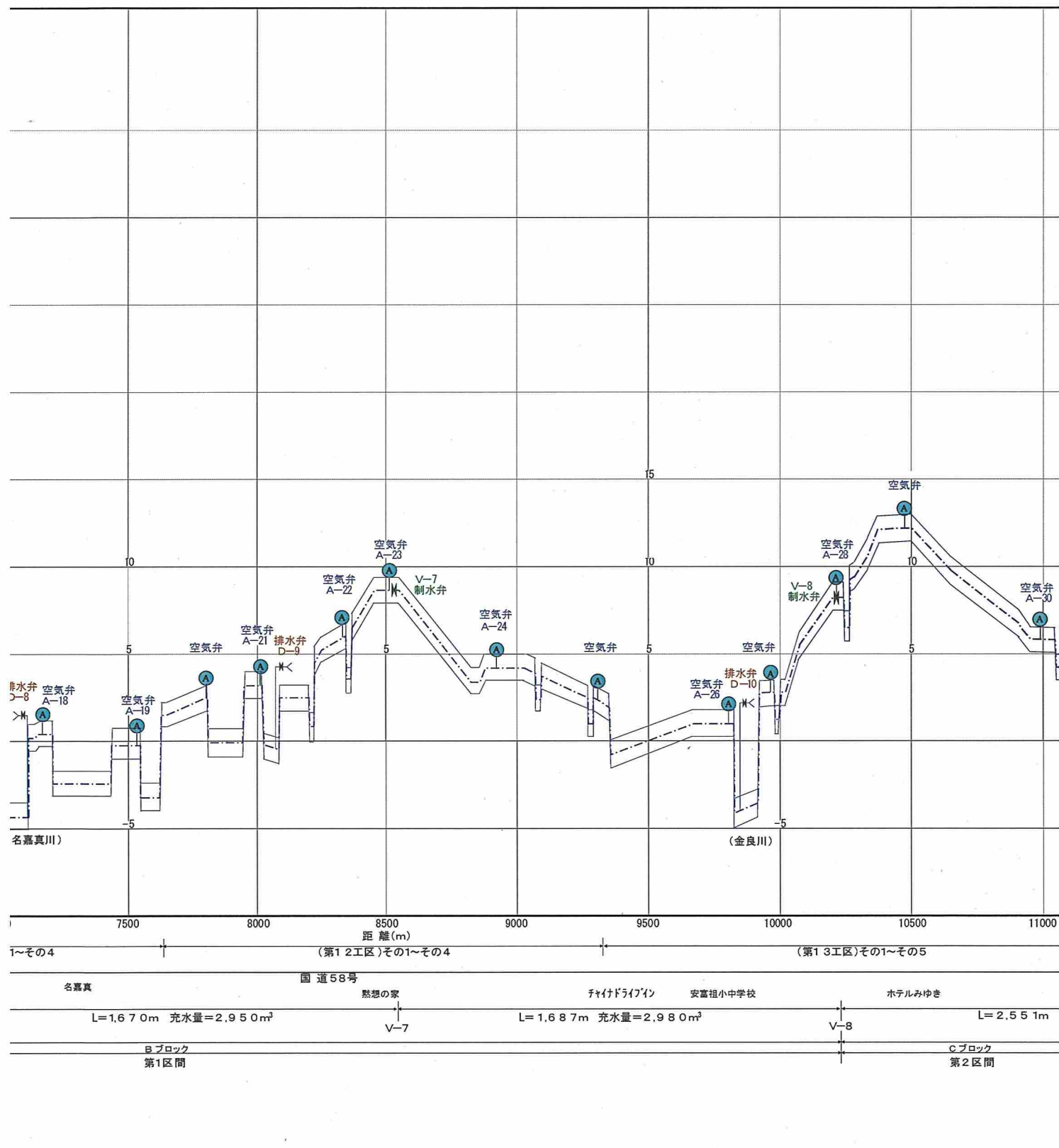
許田～伊波 導水路縦断図 (1/10)



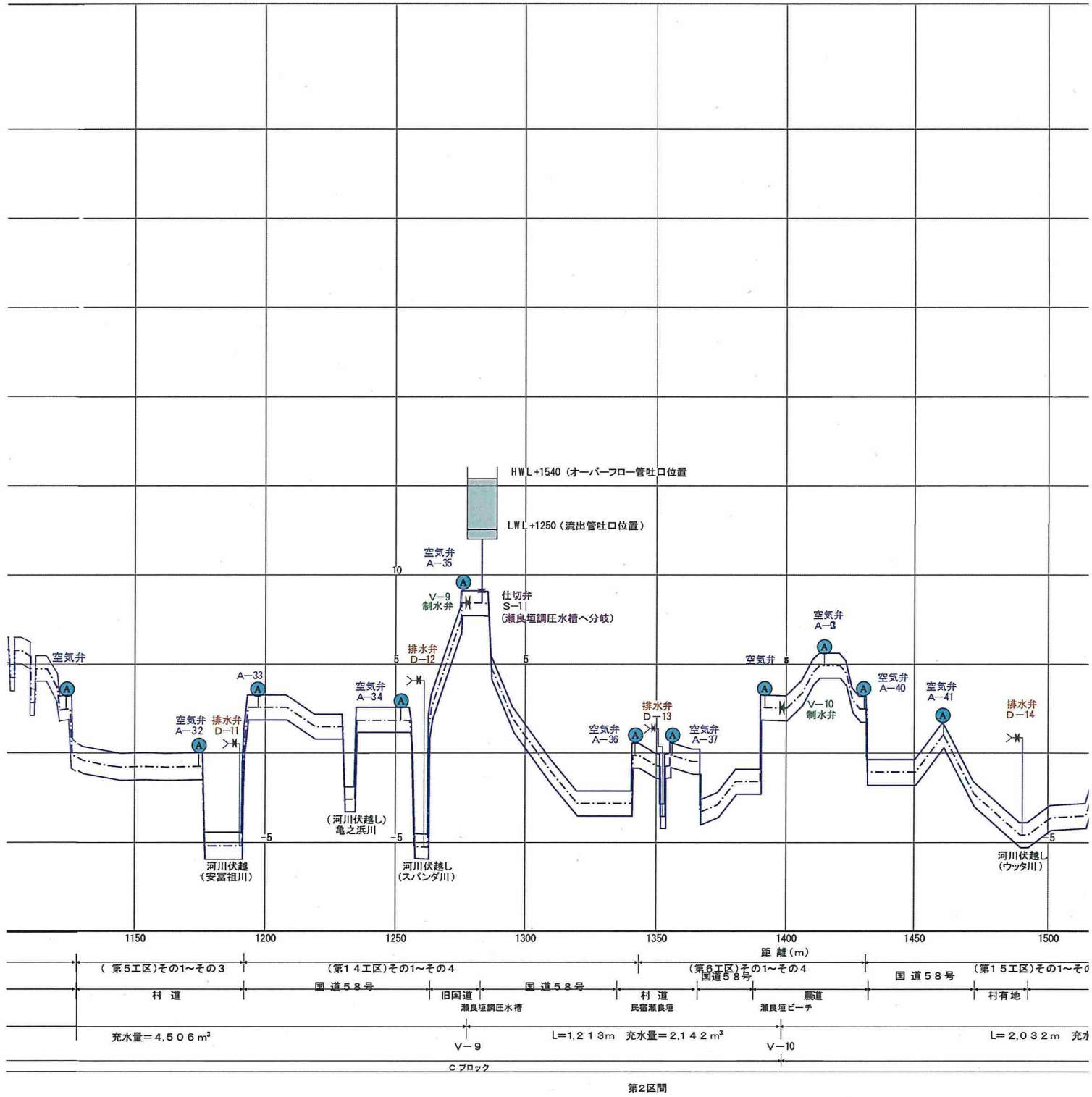
許田～伊波 導水路縦断面図 (2/10)



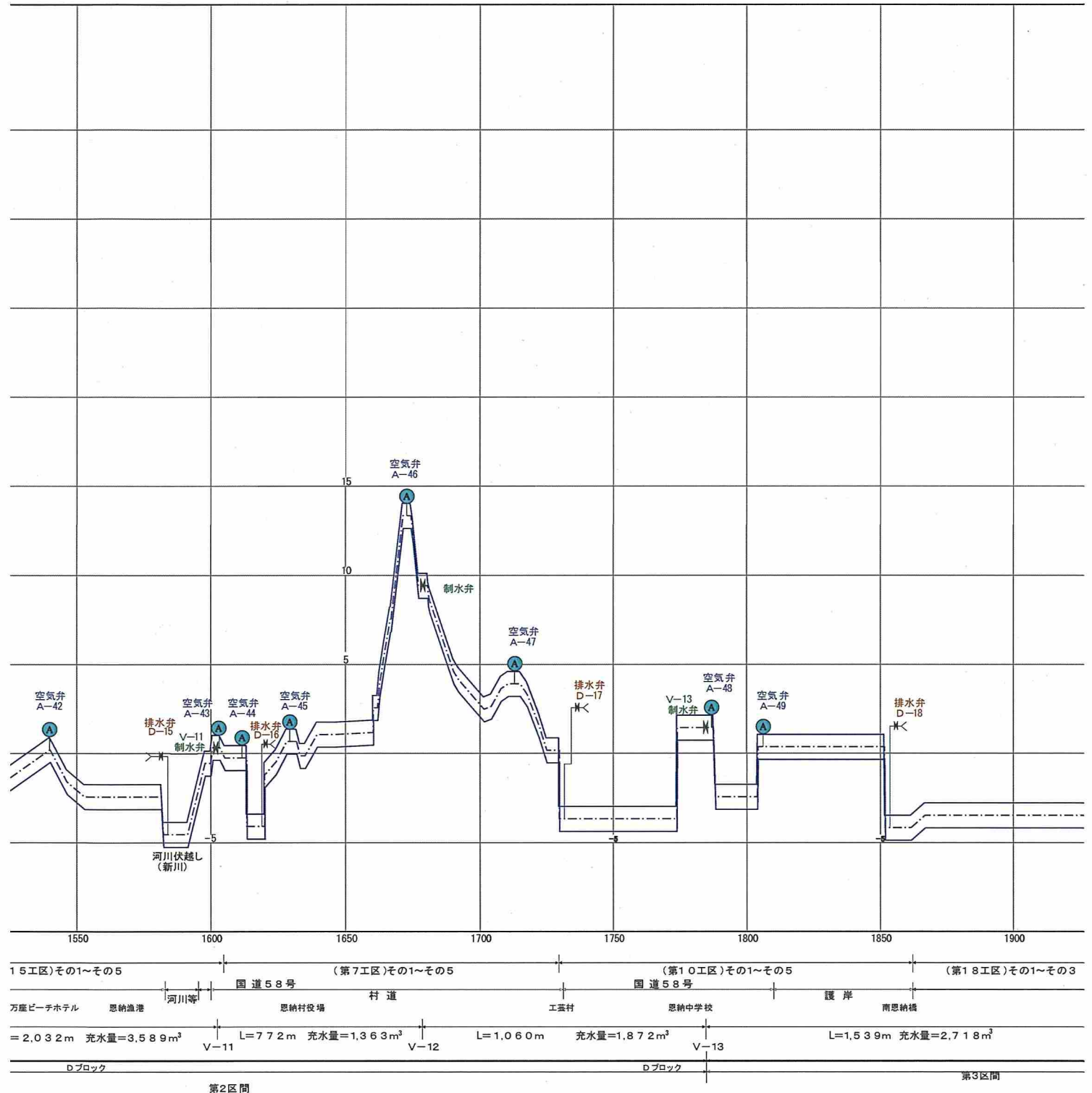
許田～伊波 導水路縦断図 (3 / 10)



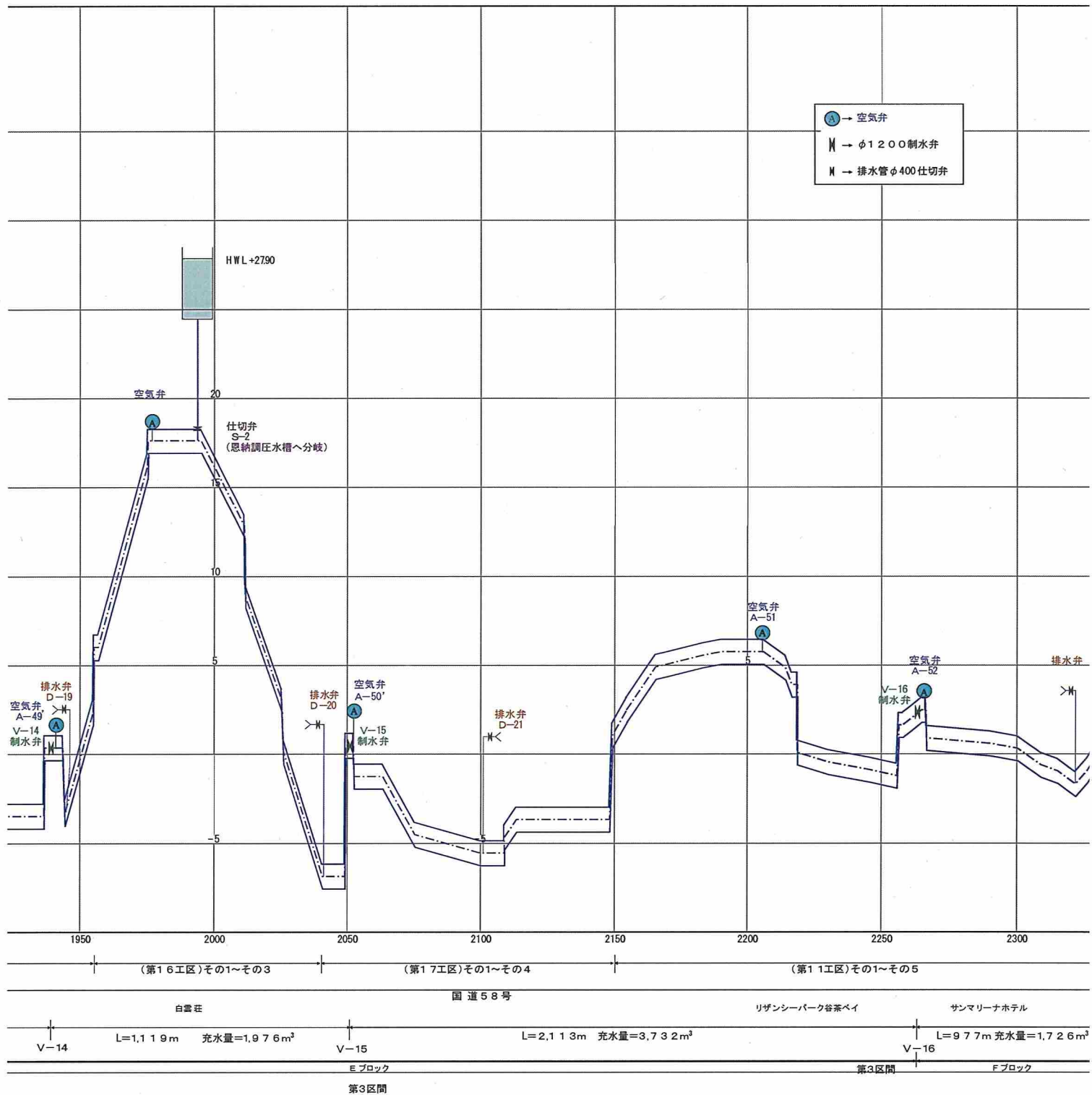
許田～伊波 導水路縦断図 (4 / 10)



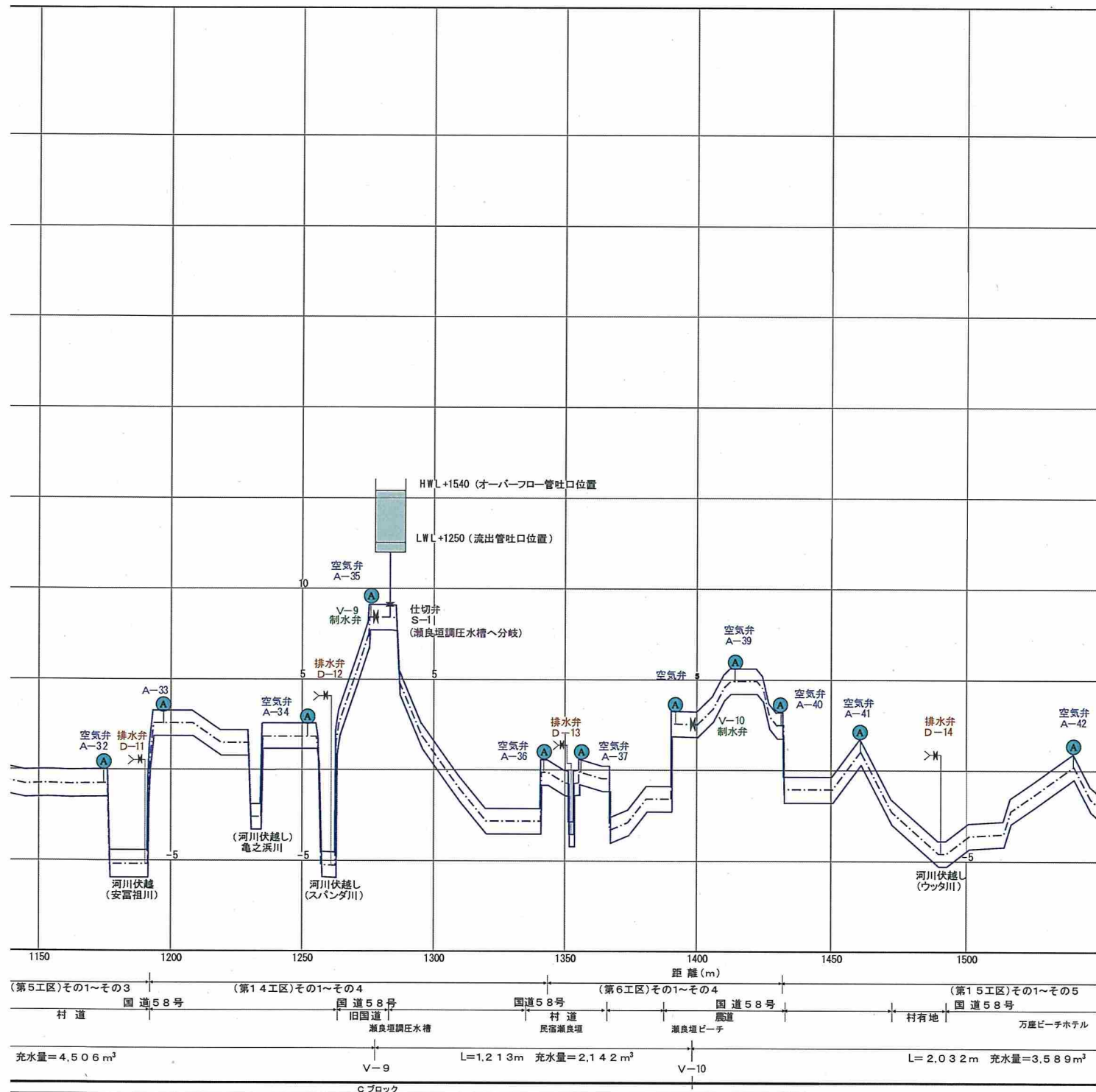
許田～伊波 導水路縦断図 (5 / 10)



許田～伊波 導水路縦断図 (6/10)

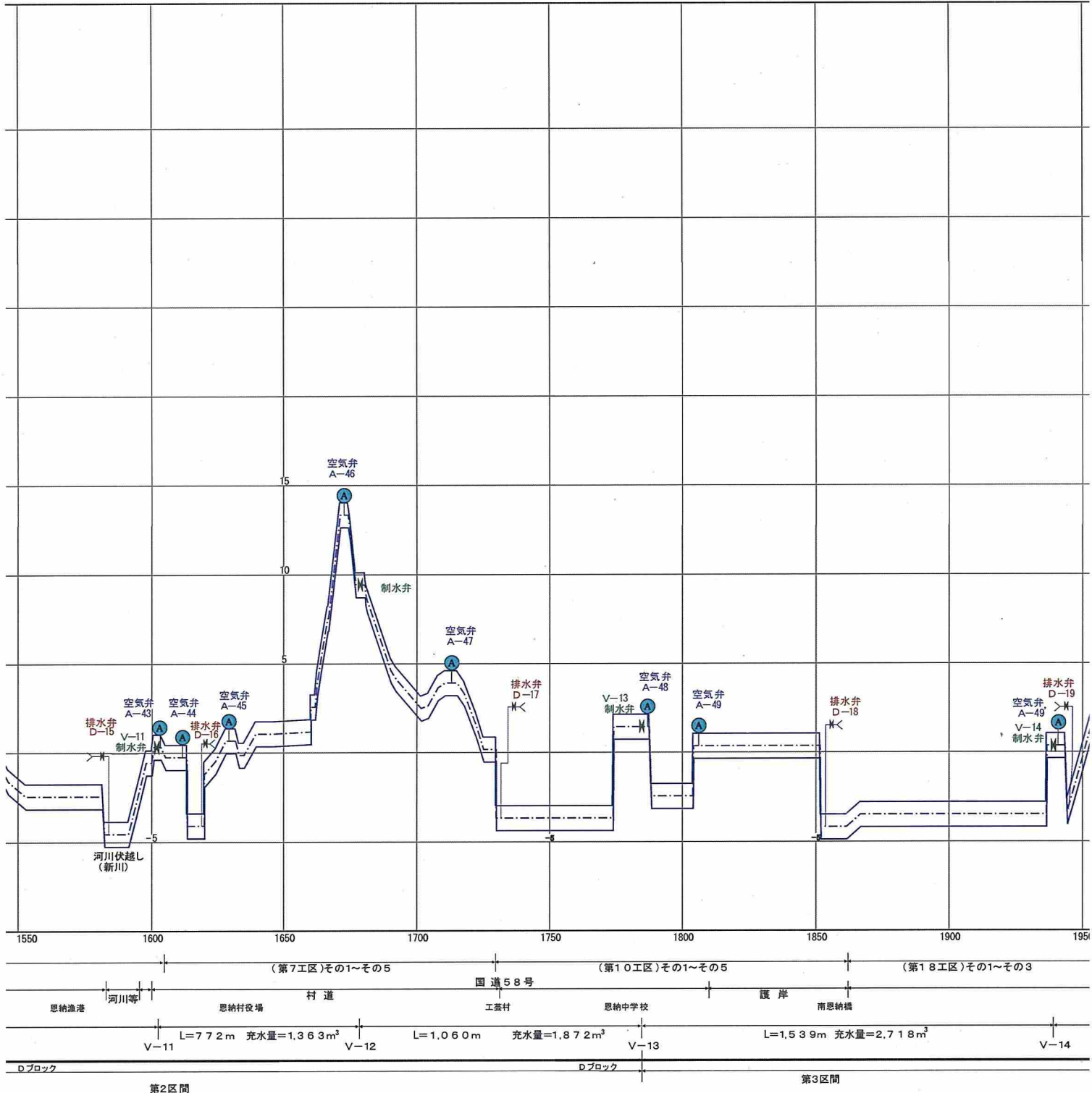


許田～伊波 導水路縦断図 (7/10)

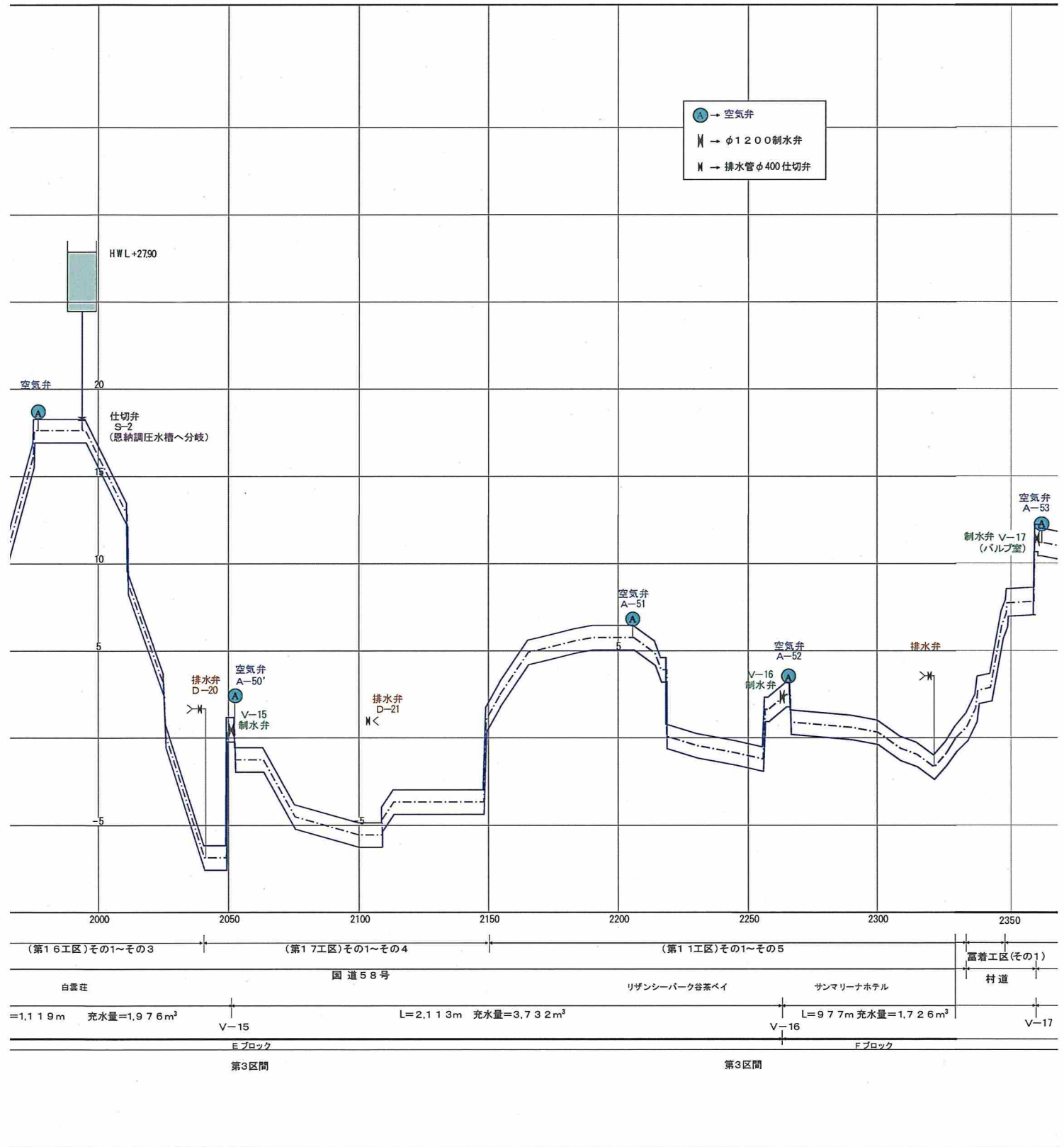


第2区間

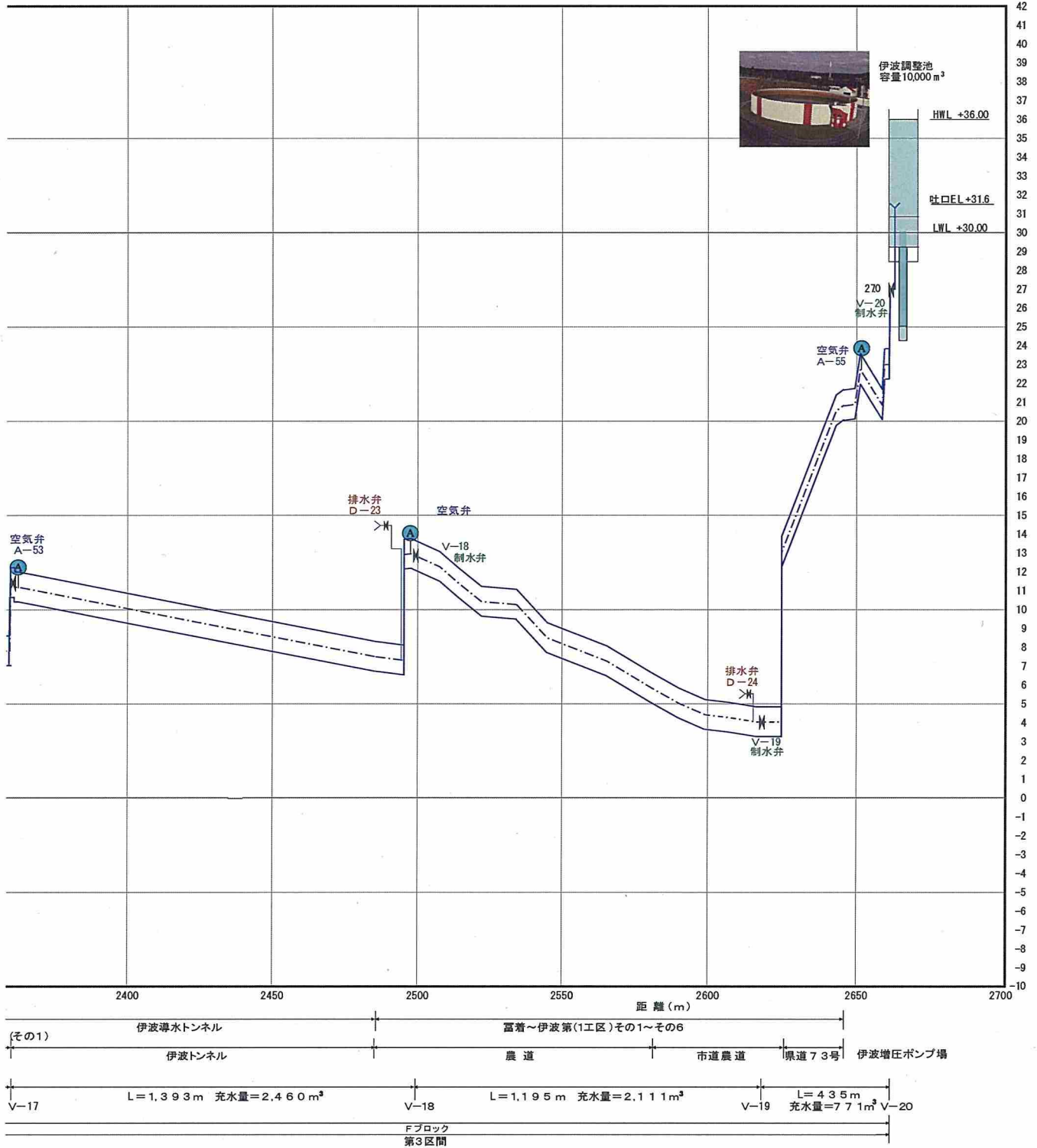
許田～伊波 導水路縦断図 (8 / 10)



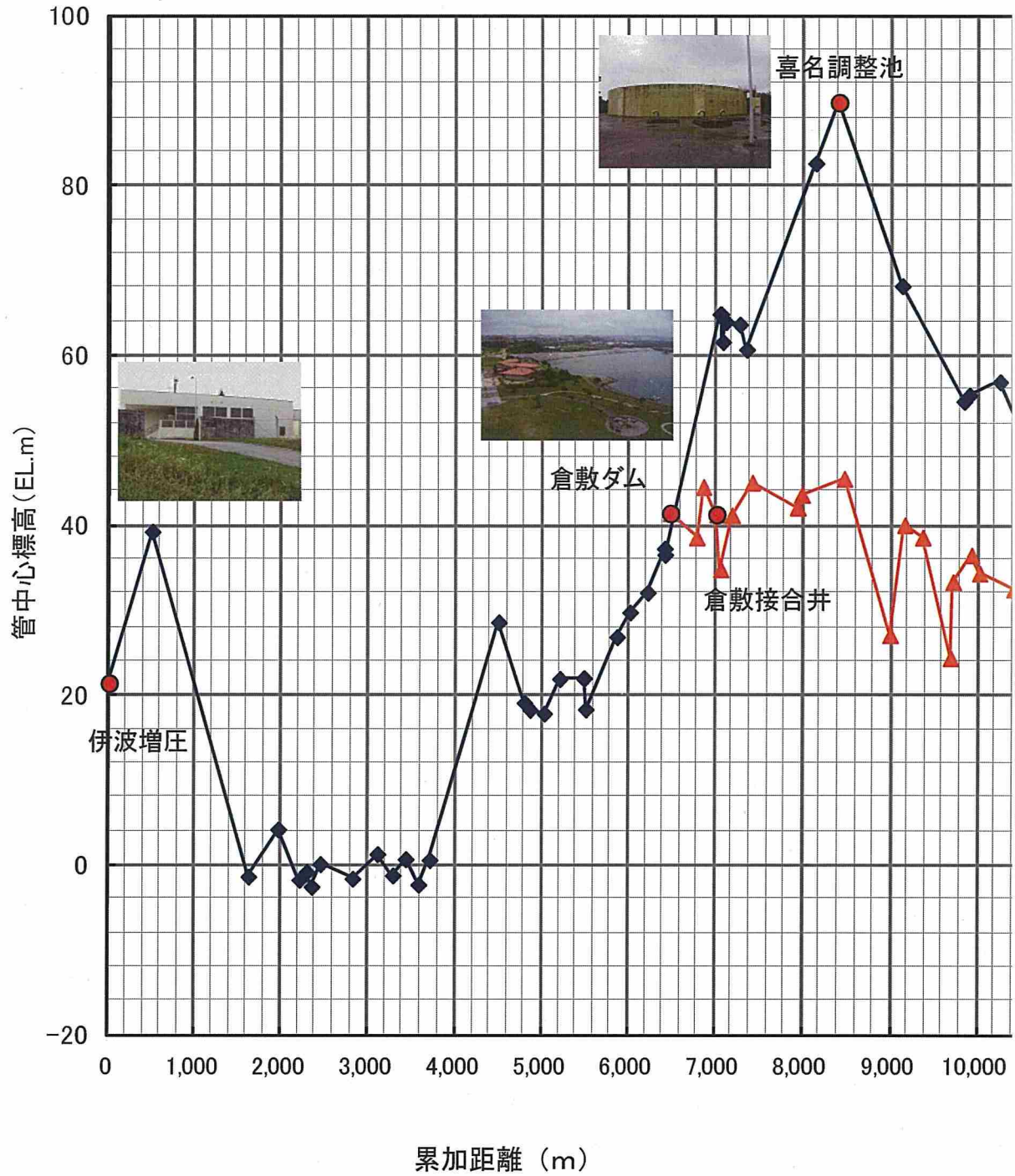
許田～伊波 導水路縦断図 (9/10)



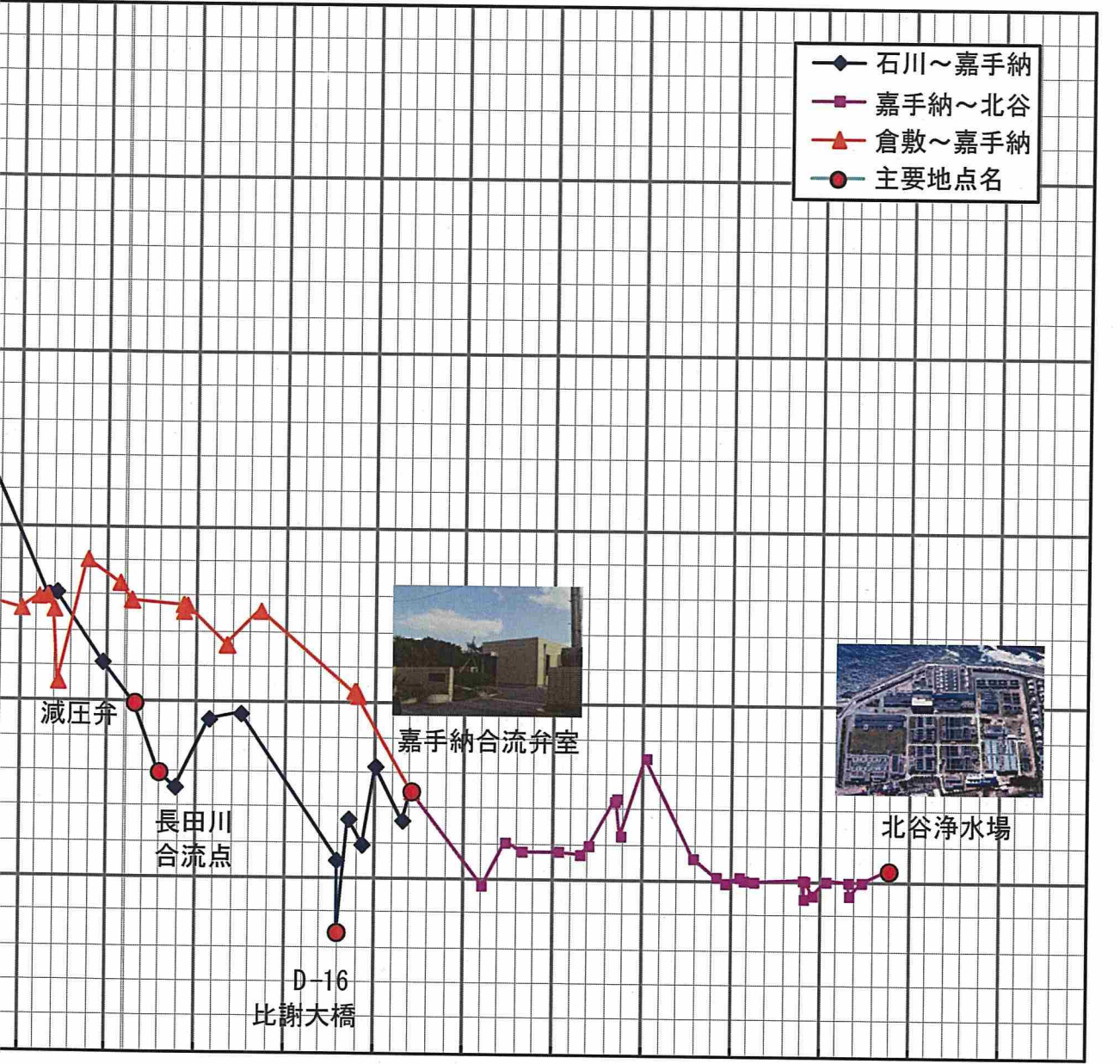
許田～伊波 導水路縦断面図 (10/10)



伊波増圧～北谷浄水場（伊波～嘉手納、倉敷～嘉手納、嘉手納～北谷）



- ◆ 石川～嘉手納
- 嘉手納～北谷
- ▲ 倉敷～嘉手納
- 主要地点名



3.4.2 大保調整池～伊波増圧ポンプ場 水理計算

表-3.4.1 大保調整池～許田増圧P 水理計算書

項目	区間	流速係数C=105 単位:m											備考	
		導水量	管口径	管延長	流速	起点			動水勾配	管ロス	終点			
		(m ³ /日)	(mm)	(m)	(m/s)	地盤高 B	有効水頭 C=D-B	動水頭 D	‰ E	F=A*E/1000	地盤高・HWL G	動水頭 H		有効水頭 I=H-G
計画 導水 ルート	大保調整池 ～+11.78km	168,900	1,350	11,780	1.37	63.00	0.00	63.00	1.56	18.4	6.00	44.60	38.60	
	+11.78km ～+14.65km	168,900	1,350	2,840	1.37	6.00	38.60	44.60	1.56	4.4	36.00	40.20	4.20	
	+14.65km ～我部祖河川(合流)	168,900	1,350	1,710	1.37	36.60	3.60	40.20	1.56	2.7	13.50	37.50	24.00	
	我部祖河川(合流) ～世富慶(合流点)	190,500	1,350	5,000	1.54	13.50	24.00	37.50	1.95	9.8	20.00	27.80	7.80	
	世富慶(合流点) ～許田P	235,400	1,500	4,830	1.54	20.00	7.80	27.80	1.73	8.4	8.00 (HWL)	19.50	11.50	
		44,900												

表-3.4.2 許田増圧P～伊波増圧P、名嘉真P～西系列合流点 水理計算書

項目	区間	流速係数C=105 単位:m											ポンプ揚程 J=C+3.0	
		導水量	管口径	管延長	流速	起点			動水勾配	管ロス	終点			
		(m ³ /日)	(mm)	(m)	(m/s)	地盤高 B	有効水頭 C=D-B	動水頭 D	‰ E	F=A*E/1000	地盤高・HWL G	動水頭 H		有効水頭 I=H-G
計画 導水 ルート	許田P ～名嘉真	235,400	1,500	7,190	1.54	2.50 (HWL)	85.00	87.50	1.72	12.4	5.80	75.10	69.30	88.00≒89.00
	名嘉真(合流) ～富着	241,400	1,500	15,520	1.58	5.80	69.30	75.10	1.81	28.1	6.00	47.10	41.10	有効水頭を5.0mとする
	富着 ～伊波	241,400	1,500	3,360	1.58	6.00	41.10	47.10	1.81	6.1	36.00	41.00	5.00	
	名嘉真取水P ～導水管合流点(許田P+7.6km)	6,000	300 400	120	0.98 0.55	2.00	73.7 73.2	4.92 1.21	4.92 1.21	0.60 0.10	3.00	75.10 75.10	72.10 72.10	76.70≒77.00 76.20≒77.00