

『市街化区域の硬質砂礫地盤に応じた護岸設計』

不二総合コンサルタント株式会社 設計部

山田 真弓

1. はじめに

1.1 事業概要

栃山川水系**黒石川**は、焼津市大住を起点とし、市街地を流れ焼津漁港(小川工区)で木屋川に

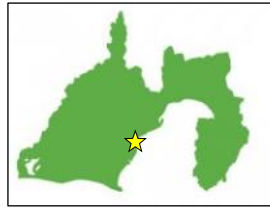


図 1.1 位置図

合流する延長約 3km の**二級河川**である(図 1.1)。流域は人口・資産の集積が顕著で、土地区画整理事業による**土地利用の高度化**も進んでいる。

主な浸水被害^{※2}は、平成 16 年 6 月豪雨で右岸小川地区(写真 1.1)、平成 25 年 7 月豪雨で黒石川と泓の川に挟まれた小川地区にて発生した。

河川整備計画^{※1}では、浸水被害の解消または軽減を目的に、0.0K(焼津漁港小川工区)より 3.25K(黒石川橋)の区間を**護岸整備**と**河道掘削**により河積を拡大し、黒石川の水位上昇を抑える河



写真 1.1
平成 16 年 6 月黒石川流域の浸水状況写真(出典：河川整備計画^{※1})

川改修を計画している。静岡県島田土木事務所では、交付金事業で河川改修を下流より順次進めている(写真 1.2)。



写真 1.2 航空写真(出典：地理院地図に加筆)

1.2 業務概要

当社では、平成 23 年度より令和 4 年度まで、0.0K(焼津漁港 小川工区)から 0.8K(下河原橋)での河川改修に関わる設計業務を実施した。

黒石川の**護岸詳細設計**では、河川整備計画を基に川幅を広げ河道掘削することで河積を拡大するよう**ブロック積**と**鋼矢板**を組み合わせた護岸構造を設計した(図 1.2)。鋼矢板の形式及び長さは、地質調査結果による土質条件、背後地の高さ・形状、掘削深を設計条件として自立式鋼矢板の安定計算により決定し、設計条件に応じてハット形鋼矢板・U形鋼矢板・鋼管矢板を選定した。

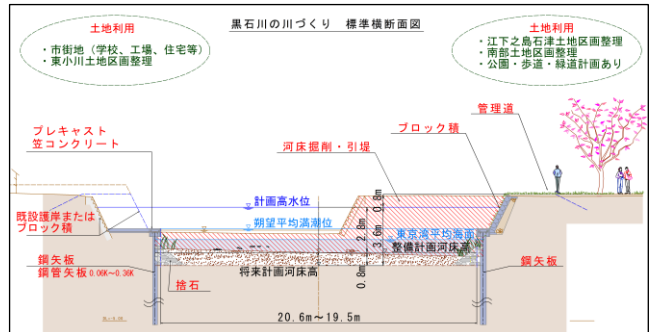


図 1.2 黒石川の川づくり標準横断面図(出典：R4 設計成果)

施工計画では、市街地であり**騒音振動対策**を必要とすること、**硬質砂礫地盤**に応じた鋼矢板の**打込み工法を選定**すること、**左岸側**に学校・工場・民家・商業施設が連担し、**施工ヤードの制約がある**ことを考慮した施工計画を立案した。

さらに、**仮設計画**では、兩岸工事の施工手順をふまえ、非出水期の**施工期間中の流水が安全に流下する**ことを確認して河川内工事用道路を計画した。

本稿では、護岸設計及び施工計画の事例を紹介するとともに、工事の実際について報告する。

2. 課題と対応策

2.1 経済的な鋼矢板・鋼管矢板の選定

(1) 課題

矢板護岸は、材料費・施工費とも高額であり、矢板護岸の安定を確保して経済的な鋼矢板・鋼管矢板の形式を選定することが課題であった。

(2) 対応策

1) 矢板護岸の安定度を照査

矢板護岸の形式には自立式・控式があるが、黒石川は市街地で護岸背面に用地制約を受けることから自立式構造を採用した。護岸安定計算では、現地の地質調査結果に基づく土質条件を反映して常時・地震時の外力・側圧などから鋼矢板の変位量・必要根入長・応力度の安全度を照査して、安定を確保した。計算の結果、鋼矢板及び左岸の外力の大きい区間では鋼管矢板を選定した。

2) 経済的な鋼矢板・鋼管矢板の形式を選定

河川護岸に使用する鋼矢板について紹介する。U形鋼矢板(以下「U形」と略す)は最も普及している鋼矢板で400mm～600mmの幅があり、本設には600mm幅が多く用いられている。ハット形鋼矢板(以下「ハット形」と略す)(静岡県新技術・新工法N0.1276)は、有効幅900mmと大断面であり、同一施工延長での打込み枚数が少なくて済むという特長がある。平成26年には45H・50Hのサイズも拡充され(表2.1)、施工機械の開発・導入も進んでいる。

表 2.1 鋼矢板の断面性能一覧表
(出典：河川構造物設計要領^{※3}より編集)

種類	形式	有効幅 mm	壁幅 1m 当り		
			断面積 cm ² /m	断面 2 次 モーメント cm ⁴ /m	断面係数 cm ³ /m
U 形	2W	600	131.2	13,000	1,000
	3W	600	173.2	32,400	1,800
	4W	600	225.5	56,700	2,700
	5L	500	267.6	63,000	3,150
	6L	500	306.0	86,000	3,820
ハット形	10H	900	122.2	10,500	902
	25H	900	160.4	24,400	1,610
	45H	900	207.8	45,000	2,450
	50H	900	236.3	51,100	2,760

黒石川の鋼矢板は、経済性・施工性を比較分析のうえ、ハット形を標準とした。

(表 2.2)。また、ハット形で断面性能が不足する場合はU形 5L・6Lを採用し、さらに大きな断面性能を必要とする場合は鋼管矢板を採用した。

左岸の下流より 0.37K 間は、経済性や背後地への影響を比較分析のうえ、管径 800mm の鋼管矢板を採用した(表 2.3)。

以上より、経済的な U形・ハット形・鋼管矢板を選定した(表 2.4)。

表 2.4 採用鋼矢板

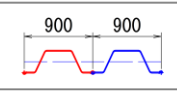

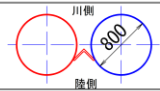
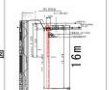
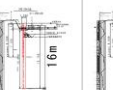

種類	ハット形	U形	鋼管矢板
形状			
形式	25H・45H・50H	5L・6L	φ800

表 2.2 右岸鋼矢板比較事例
(出典：R4 設計成果より編集)

護岸名称	第1案 U形鋼矢板(3W)		第2案 ハット形鋼矢板(SP-25H)	
	標準断面	金額(円)	標準断面	金額
経済性(直工)	材料費	3,000,000	材料費	2,640,000
	圧入工費	2,105,000	圧入工費	1,776,000
	合計(10m当り)	5,105,000	合計(10m当り)	4,416,000
施工性	5,105,000 (1.16)◎		4,416,000 (1.00)◎	
	(6.1枚/日=3.66m/日)		(4.5枚/日=4.05m/日)	
総合評価	◎		◎	

表 2.3 左岸鋼管矢板の比較表
(出典：H26 設計成果より編集)

護岸名称	第1案：鋼管φ700	第2案：鋼管φ800	第3案：鋼管φ900
標準断面			
経済性(直工)	99m(111本)当り 105,030,000円 △	99m(100本)当り 98,230,000円 ◎	99m(91本)当り 101,910,000円 ◎
背後地への影響	1.07 △	1.00 ◎	1.04 △
総合評価	◎	◎	◎

2.2 市街化区域の硬質砂礫地盤に応じた鋼矢板の打込み工法の選定

(1) 課題

黒石川の設計区間は、大井川下流域に形成された沖積平野に位置し、流路の変化等により土層分布が変化している。浅層部では、密度・稠度が中位な砂礫層・砂層・粘性土層が互層分布し、その下には厚さ5～7m程度の密な砂礫層が分布する。この砂礫層は最大N値90程度の硬質砂礫地盤であり、硬質砂礫地盤に応じた鋼矢板の打込み工法の選定が課題であった。さらに、市街化区域で学校・工場・民家などが連担しており、騒音振動対策した工法の選定も課題であった。

(2) 対応策

1) 鋼矢板の打込み工法の選定

右岸の鋼矢板の打込み工法の選定では、矢板形式・環境対策・打込長・最大N値(Nmax)を条件とする。U形の5L(6L)は、環境対策で無振動、打込長 $4m \leq L \leq 20m$ 、 $65(50) < N_{max} \leq 600$ として、油圧式杭圧入引抜機(硬質地盤専用)による圧入工法が、国土交通省の標準積算基準書にて標準化されている。硬質地盤専用圧入工法は、鋼矢板とオーガを連動させながら圧入することで、騒音・振動を最小限に抑える工法である。



写真 2.1 鋼矢板圧入写真

これまでに、U形は予定通り施工されている(写真 2.1、2.2)。



写真 2.2 施工時、近くでカモやサギが休息

ハット形 25H・45H・50H についても、同工法でハット形対応の硬質地盤専用圧入機(静岡県新技術・新工法 NO.1323)を選定した。

2) 鋼管矢板の打込み工法の選定

左岸の鋼管矢板の打込み工法の選定では、下流より 0.28K までは両岸とも工場や学校等が近接していることから、施工ヤードを考慮して工法選定した(表 2.5)。

表 2.5 左岸鋼管矢板の工法比較表(出典：H26 設計成果より編集)

工法名	第1案 オーガ併用圧入工法+仮設構台	第2案 硬質地盤専用圧入工法の自走工法	第3案 先端ビット付鋼管の回転圧入工法の自走工法
工法概要	・鋼管打込は騒音・振動対策工法 ・空気圧縮機は届出が必要 ・P-T継手	・鋼管打込は騒音・振動対策工法 ・P-T継手	・鋼管打込は騒音・振動対策工法 ・鋼管間は山形鋼アングルを貫入
経済性(直工)	・圧入工費 29,590,000 円 ・材料費 31,850,000 円 ・仮設構台 25,640,000 円 合計 87,080,000 円 1.05	・圧入工費 96,100,000 円 (自走工法) ・材料費 33,650,000 円 合計 129,750,000 円 1.57	・圧入工費 42,619,300 円 (自走工法) ・材料費 40,191,842 円 合計 82,810,000 円 1.00
施工性	・仮設構台を必要として工費が増えるため、自走工法に比べて施工性に劣る。	・自走工法であり、河川内の施工ヤードは不要である。	・自走工法であり、河川内の施工ヤードは不要である。
総合評価	○	△	◎

第1案・第2案のオーガ併用工法に対し、第3案は先端ビット付鋼管自体を回転させて圧入する工法(静岡県新技術・新工法 NO.1503)で、経済性と自走施工が可能であることから、本設計では第3案を選定した。この工法により、鋼管矢板打込み工事は順次進んでいる(写真 2.3)。



写真 2.3 左岸鋼管矢板施工写真

2.3 施工ヤード制約への対応

(1) 課題

護岸築造にあたり、左岸側に学校・工場・民家・商業施設が連担し、左岸側の背後地に施工ヤードを確保するのが難しいなかでの施工計画が課題であった(図 2.1)。

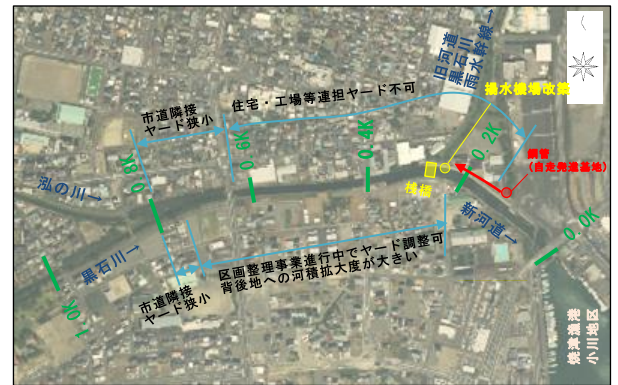


図 2.1 施工制約整理図(出典：地理院地図に加筆)

(2) 対応策

ステップ1：現況河道は、0.06K から 0.24K の区間で河積が狭く、河積を拡大することで早期の治水効果が期待できることから、この区間の工事を最優先する計画とした。左岸鋼管矢板は、0.14K 付近の学校駐車場を借地して自走工法の発進基地とし、上流まで自走工法(完成杭の天端を作業軌道として進んでいく工法)にて施工計画した。

ステップ2：上述の自走工法を採用している期間は、笠コンクリート・ブロック積が施工できない。さらに、旧河道に接続する 0.26K 付近の揚水機場の改築には近接した施工ヤードを必要とする。そこで、右岸護岸を引堤して河積拡大した後、仮栈橋を架橋して右岸から左岸へ渡り、

揚水機場の改築及び栈橋付近の鋼管矢板を築造する計画とした。左岸下流側の笠コンクリート・ブロック積は並行施工を可能とした(写真 2. 4)。



写真 2. 4 右岸護岸施工後仮栈橋を架橋して左岸揚水機場を改築
ステップ 3 : 0. 28K から上流についても、右岸護岸を引堤して河積拡大した後、仮栈橋を架橋して右岸から左岸へ渡り、鋼管矢板・鋼矢板を築造する手順とした。なお、仮栈橋は、揚水機場の改築時の上部工を買い取って現地に仮置きし、2 回目以降はこれを流用した。

左岸の施工ヤード制約へ対応して、上記のステップ 3 を繰り返すことで、上流へ向かって護岸整備を延伸する施工計画とした。

2. 3 施工期間中の流下能力の確保

(1) 課題

ステップ 2 から 3 において、右岸護岸を引堤して河積拡大後、仮栈橋を架橋して左岸護岸の鋼管矢板や鋼矢板の打込みを仮栈橋から施工する。

一方、笠コンクリートやブロック積の施工には河川内に仮設道路を設置する必要があった。このため、河川内に道路を設置した時の施工期間中の流下能力の確保が課題であった(図 2. 2)。

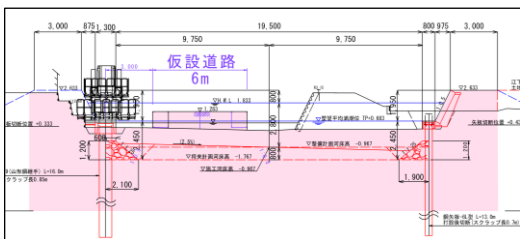


図 2. 2 左岸仮設計画横断面図(出典 : R4 設計成果)

(2) 対応策

改修前の現況河道は、非出水期の施工時対象流量(施工月間の過去 5 年の 1 位)に対して流下能力を満足していた。施工時の河道は、仮設道路の設置により河積が狭くなる一方で、下流では河川改修が進み、施工箇所の右岸護岸は引堤により河積を拡大している(図 2. 3)。この河道形状で施工時対象流量による不等流計算を行い、流下能力を有することを確認した。

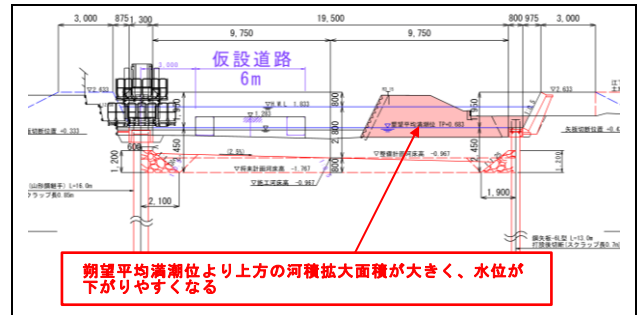


図 2. 3 右岸河積拡大効果説明図(出典 : R4 設計成果)

3. おわりに

黒石川の護岸設計業務は、鋼矢板の経済比較・安定計算を行って設計を進めてきた。施工計画では、過年度の竣工図や年度ごとの工事計画を確認してから仮栈橋の位置を決め、地質条件を基に仮栈橋の設計計算を行った。さらに、施工時対象流量を更新したうえで流下能力確認のための不等流計算を実施した。

工事発注までに多くの工程【矢板計算・栈橋設計計算・仮設計画(不等流計算)・設計図・新工法や栈橋を含めた積算】を要するところが業務のポイントであった。今後の業務についても、発注者と密に情報共有して工程管理に努めていきたい。

—以上—

<参考文献>

- ※1. 栃山水系河川整備計画(平成 22 年 4 月)
【静岡県交通基盤部河川砂防局河川企画課】
(https://www.pref.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page/_001/029/344/tochiyama_keikaku.pdf)
- ※2. 小石川・黒石川流域総合的治水対策アクションプラン
(平成 29 年 12 月)
【小石川・黒石川流域総合的治水対策推進協議会】
(<https://shimada.doboku.pref.shizuoka.jp/wp/wp-content/uploads/171228koishikuroishiAP.pdf>)
- ※3. 河川構造物設計要領(平成 28 年 11 月)
【国土交通省 中部地方整備局 河川部】