

# 円山川下流部の矢板護岸工事における 施工上の課題と対策について

西口 喜隆<sup>1</sup>

<sup>1</sup>近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所 豊岡出張所 (〒668-0026兵庫県豊岡市元町13-32)

円山川では現在、近年大きな被害を受けた2004年10月発生の台風23号と同規模の洪水発生時に、家屋等の浸水被害を軽減するために治水対策を実施している。

本稿は、円山川下流部左岸の無堤対策として整備している特殊堤護岸について、施工状況を報告するものである。

キーワード 軟弱地盤、護岸（特殊堤）

## 1. はじめに

円山川は2004年10月に発生した台風23号による被災の早期復旧を図るため、河川激甚災害対策特別緊急事業として、堤防嵩上・河道掘削・橋梁架替等の治水対策を行ってきた。

また、2013年3月に円山川水系河川整備計画を策定し、治水面では台風23号と同規模洪水が発生しても家屋等の浸水被害の軽減を図れるよう、無堤対策、遊水地、内水対策、堤防質的強化の整備を行っている。(図-1)

本報告では、円山川下流部左岸の無堤対策として整備している特殊堤護岸について、施工上の課題と取組について報告する。

## 2. 円山川下流域の特徴

### (1) 治水の現状

円山川下流域は、河床勾配が1/9,000程度と非常に緩いため潮位の影響を受けやすく、また、河口部では山地が両岸に迫り川幅が狭い地形のため、洪水が流下しにくい状況にある。

特に、下流の左岸においては、県道や鉄道が河道に併走しているため、土堤構造の堤防を整備することが困難な箇所となっている。(図-2)

### (2) 環境

円山川下流域は、山陰海岸国立公園に属し、山陰海岸ジオパークとして世界ジオパークネットワークに加盟認定(2010年10月)やラムサール条約湿地登録(2012年7月)される等、流れが緩やかな感潮域のため、良好な自

然環境が多くあり、治水対策を行うにあたっては景観・自然環境の保全や配慮が必要である。

### (3) 地質

円山川沿川にはシルト・粘土層が多く分布しており、下流域では40~50mの厚さがあり、築堤施工による沈下や周辺地盤の隆起など、施工・維持管理の面で周辺地盤の変位抑制が課題となっている。(図-3)



図-1 整備箇所位置図



図-2 下流部左岸無堤状況図

### 3. 工事概要

#### (1) 整備方針

円山川下流部左岸の無堤対策は、城崎大橋（3.6k）～支川奈佐川合流点（9.0k）の約5.4kmの区間で整備中である。（写真-1）

軟弱地盤上であり、県道・鉄道が隣接していることから、地盤変位をFEM解析により求め、特殊堤として計画している。（図-4）

また、併走する県道の嵩上が必要となってくるため、Ⅰ期施工として2009年8月出水（平成21年台風9号）の外水位、Ⅱ期施工として2004年10月出水（平成6台風23号）の外水位に対応した段階的な整備を行うこととしており、現在、Ⅰ期施工を整備している。

設計上、特徴的な点は、①動的解析による耐震設計により自立式構造の特殊堤を採用、②捨石勾配を1:2.5とすることにより捨石の大きさを縮小、③道路横断の排水処理はフラップゲートを採用し、人為的操作を行わない管理手法の採用、④景観に配慮して、特殊堤に化粧型枠水際に植生復帰を促すコンクリートボックスを採用した点である。

#### (2) 施工手順

県道が豊岡市街地と観光名所である城崎温泉を結ぶ地方主要道であることから、施工協議にて隣接する県道・鉄道の管理者と施工手順・安全確保について確認し、交通管理者・地域住民と県道の規制方法や作業時間について施工前に調整を行っている。

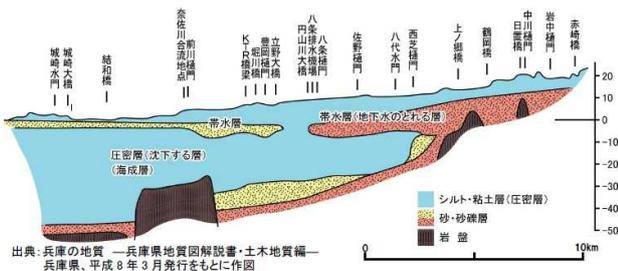


図-3 地質縦断図



写真-1 円山川 4.4k付近（城崎町今津地先）

特に、2013年度は8件の工事が近接・同時施工であり、道路規制や資材置場、使用機械の走行ルートが重複したため、工事間調整する場として下流部治水対策協議会を設立し、安全対策・工程確保に努めた他、情報交換の場とし活用した。

施工手順は図-5に示すとおりであり、主に台船による水上施工で行っている。（写真-2）

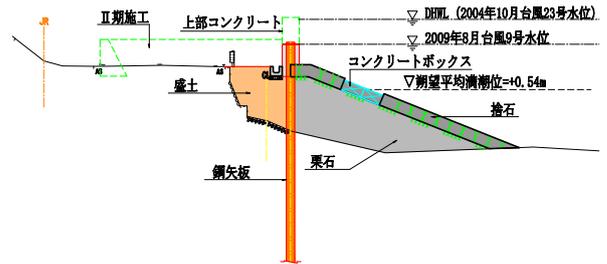


図-4 標準構造図

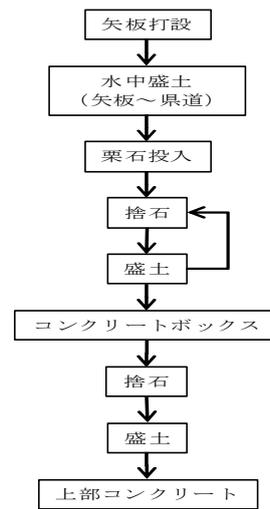


図-5 施工手順



写真-2 矢板打設状況

4. 施工時の課題と取組

隣接する県道が豊岡市街地と城崎温泉を結ぶ大動脈であり、冬期はカニ・温泉などの観光シーズンであるため、県道の交通規制日数を短縮する必要があった。

以下に取り組んだ課題と工夫を記述する。

(1) 矢板打設時

a) 継ぎ矢板の長尺化による施工効率の向上

設計段階では 8m 前後の矢板を継ぎ足して施工する計画となっていたが、溶接の冬期施工や溶接部の品質確認に 1 時間程度を要することから、溶接を必要としない長尺矢板 (10~12m) を採用した。

その結果、作業効率が向上 (溶接が 1 箇所の場合、12.5 日 (100 時間) の工程短縮) し、県道規制日数や工程短縮に寄与することができた。

なお、採用にあたっては、クレーン台船が大型化 (ローラー台船が 50t から 70~80t に変更) するため、台船の喫水深や曳航経路の確認、及び異常出水時の係留方法など安全面に注意が必要である。

b) 矢板打込み工法の工夫

本設計は自立式のため、厚いシルト・粘土層に着眼して検討しているが、試験ボーリングやH鋼による試験打設の結果、起伏の激しい岩盤が存在することが判明した。

想定岩盤線が浅い場合、鋼矢板の必要根入れ長が確保できなくなる。

また、鉄道に近接する区間では、軌道への影響を低減させるために、設計段階で鋼矢板の岩盤貫入長を 1~2.9mとしている。

そのため、鋼矢板打設を当初予定していた、ウォータージェット併用パイプロハンマ工法で行ったが打設不能であったため、打込み工法を再検討した。

その結果、硬質地盤クリア工法・ロックオーガ工法・ダウンザホール併用超高周波パイプロ工法から工法比較をし、ダウンザホール (以下、DH という) 工法を選定した。(表-1、写真3~4)



写真3 DHビット部



写真4 DH施工状況

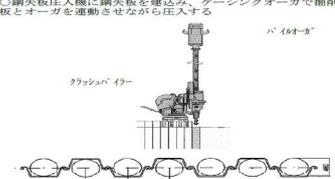
工法名	第 1 案 硬質地盤クリア工法	第 2 案 ロックオーガ工法による先行掘削	第 3 案 小口径ダウンザホール併用 高起振力パイプロハンマ工法
施工概略	鋼矢板圧入機に鋼矢板を挿入し、ケーシングオーガで掘削し、鋼矢板とオーガを連動させながら圧入する。 	高下タガのオーガ (90kW 級以上) にて、地盤をスクリー掘削機掘削後、パイプロハンマで鋼矢板を打込む。地盤によっては、内部スクリー、外部ケーシング掘削を行う。 	ダウンザホールハンマによる打撃で掘削し、掘削後に高起振力加圧パイプロハンマ (ICE) で鋼矢板を打込む。軟岩、玉石、基岩 (硬岩) を高速にて掘削できる。 
適応地盤	・N値500以下までの土質	×	○
騒音	・無騒音である	○	○
振動	・無振動である	○	○
工期	・掘削・排土処理、砂置き換え等が不要なため、掘削~打設の1工程で完了する	○	△
長所	・機械がコンパクトで、狭所や傾斜地でも施工可能である。 ・すでに圧入された杭を本体クランプでチャッキングするため、転倒の危険性は皆無。	○	○
短所	・反力鋼矢板の有効根入れが不足する場合、圧入機本体の反力不足となり施工不能となる。(寄置6m程度の反力が必要となる) ・岩盤線が傾斜している場合は、スクリー ロットが流れ、垂直施工が困難になる。	△	△
施工特性	・本工事においては土質調査の結果、矢板根入れ部分には中硬岩、硬質クラス (換算N値<math>100</math>、貫入不能) の岩盤層が存在する。したがって、本機での能力はN値600以下であり、掘削圧入は不可能と判断する。	×	×
経済性	—	—	△
総合評価	× (掘削不可能)	× (施工機械の配置不可能)	◎

表-1 工法比較検討表

施工手順として、DHで岩盤削孔し、超高周波パイプ  
ロにて矢板打設を行うところだが、岩盤到着後も高い起  
震力を与え続けた場合、矢板先端部やセクション部（継  
手部）が変形し、矢板の打込・引抜ができなくなり、継  
続した矢板打設が困難になる可能性がある。

そのため、DH削孔後に、補強矢板による打込・引抜  
を行ってから、本矢板の打込みという手順を採用した。

**(写真-5)**

打設速度は20枚/日（岩盤なし：パイプロ打設）と比  
較して、3～5枚/日と大きく低下し、工程確保に苦慮し  
たが、DHで自由面を形成してから、矢板を打設する手  
順であるため、必要な根入れ長が確実に確保できた。

この施工により、矢板打設が確実に行え、早期の矢板  
打設が行えた結果、県道の交通規制に関し、関係機関や  
地元との調整がスムーズに行えた。

なお、DHの削孔径はφ450、削孔間隔は600mm（矢板  
幅）で行っている。（**図-6**）

安全面では、DH削孔時のエア吹上げや震動による  
県道護岸の防護対策として、仮設防護板の設置を講じた  
ほか、県道・鉄道への影響監視として、定点での高さ確  
認や路面変状確認を削孔、打設毎に行い、異常の早期発  
見に努めた。

施工管理面では、DHでの岩盤位置の確認が音・削孔  
速度など五感に頼るところが多く、試験ボーリング箇所  
で削孔状況を確認後、H鋼による試験打設を5～20m間  
隔で行うことで想定岩盤線を精査し、根入れ不足が発生  
しないよう努めた。



写真-5 補強矢板先端部の状況

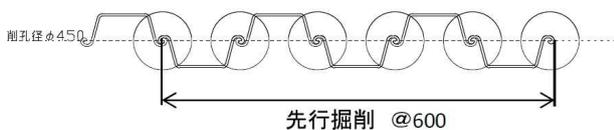


図-6 DH削孔位置図

**2)盛土・捨石の施工時**

川側・道路側で、どちらか一方を先行盛土すると、矢  
板変位が発生する恐れがあることから、矢板～県道間の  
盛土高と捨石高に高低差がでないよう、段階的な盛土・  
捨石の施工を行っている。（**写真-6**）

また、土砂・捨石投入時には濁水発生を最小限にする  
ため、投入石材に土砂が付着しないよう敷鉄板上に仮置  
きしたり、沈殿効果を高める凝集剤を汚濁防止フェンス  
に取付けるなどの対策に取り組んでいる。

**5. 今後の課題**

施工面・維持管理面で今後、対応が必要となる課題を  
下述する。

**(1)特殊堤の点検方法**

維持管理マニュアルによれば、矢板の経年変化を継続  
確認すべきところだが、地上部は上部コンクリートで被  
覆され、水中部は盛土・捨石で矢板が隠れる構造となっ  
ているため、マニュアルによらない点検手法の確立が必要  
である。

**(2)矢板の有効利用**

岩線が浅くなったことで、未使用や切断残材の鋼矢板  
が多くあることから、応力集中しない継手位置の検討な  
ど、今後の施工で有効利用を図っていく必要がある。

**(3)管理区域**

現在、道路管理者と道路区域・河川区域の見直し・再  
整理を行っている状況にあり、今後、占用変更を行って  
いく必要がある。

**謝辞：**本報告にあたり協力を頂きました、豊岡河川国  
道事務所をはじめ、多くの方々に指導を賜ったことを感  
謝いたします。



写真-6 捨石と盛土の作業状況