

# 馬込川河口部導流堤の災害復旧

駒田燎亮<sup>1</sup>・長縄清貴<sup>1</sup>・立松敦史<sup>1</sup>・近藤繁<sup>1</sup>・福田達樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中日本建設コンサルタント（株） 水工技術本部第3部（〒460-0003 名古屋市中区錦1丁目8-6）

<sup>2</sup>静岡県交通基盤部河川砂防局河川海岸整備課海岸整備班（〒426-8601 静岡県静岡市葵区追手町9-6）

令和4年9月23日～24日に発生した台風15号により、静岡県浜松市内を流れる二級河川馬込川で既往最大規模の洪水が発生し、河口部導流堤が被災した。本報告は、災害復旧として、被災メカニズムの推定、復旧設計（護岸詳細設計）を迅速に行った事例である。被災時カメラ画像は一部あったが、被災に至った経緯が明確ではなく、かつ、被災箇所は流速が大きく、濁りもあり、潜水調査が困難で、被災メカニズムを把握することが課題であった。また、河口閉塞防止の観点から、現況の導流堤形状を維持する必要があるため、川幅は現位置で変更できない。さらに、過年度災害復旧時に、コンクリート殻が障害物となり、通常のバイブロ工法では、施工困難な課題があった。

被災メカニズムの推定では、点群データを活用し、シミュレーションモデル構築の効率化（時間短縮）を図り、かつ詳細な河道形状を表現した精度の高い流況解析を実施した。復旧設計では、地中障害物の撤去と現位置での施工可否より工法を選出し、全周回転掘削機での施工では、コンクリート殻撤去に大規模な仮設が必要であり、費用が増大することが課題となった。よって、コンクリート殻を壊しながら、鋼管杭を打設することができるジャイロプレス工法を用いることで川幅を変更することなく、仮設レスとなり経済性でも優位な復旧設計を実施した。

**Key Words** : 災害復旧, 被災メカニズム, 平面二次元不定流解析, 洗掘, ジャイロプレス工法

## 1. はじめに

令和4年9月23日～24日に発生した台風15号により、静岡県浜松市の馬込川で既往最大規模の洪水が発生し、河口部導流堤が被災した。本事例は、災害復旧に係る資料整理として、被災メカニズムの推定、復旧設計を迅速に行うことを目的とした。

被災状況は、現況のコンクリート矢板倒壊、中詰め材が流出、床板コンクリートまで崩落していることを確認した。しかし、被災に至った経緯が不明であった。さらに、パラペットにはクラックが入っており、今後、被災範囲が広がる可能性から、早急に対策する必要があった。



図-1 被災位置



床板コンクリート

コンクリート矢板

パラペットに  
クラックが入った

図-2 被災状況

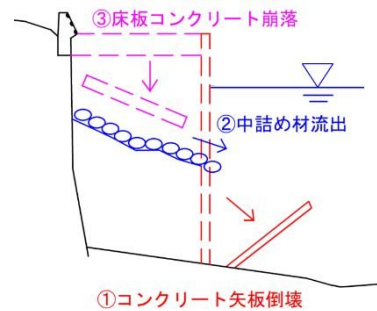


図-3 被災推定図

## 2. 被災メカニズムの推定

復旧設計を行うにあたり、再度災害を防止するため、被災メカニズムの推定を実施した。

まず、河口部における被災時の流況（流速等）が観測されていないことから、カメラ画像・動画以上の情報を得られない。さらに、被災箇所は流速が大きく、濁りもあり、潜水調査が困難で被災メカニズムを把握することが困難であった。そのため、シミュレーションモデルを構築し、当時の状況を再現し、被災時の情報を整理した。

### (1) シミュレーションモデルの選定・構築

馬込川河口部は、横断的に河道が大きく変化する区間である。特に、河口部導流堤は流下方向に対し、横断の変化が大きいため、横断方向の洪水流の動向を追跡する必要があった。

そのため、流向・流速の横断変化が解析可能な一般座標系の平面二次元不定流計算モデル（iRIC）を採用した。

モデル化範囲は、馬込川河口部導流堤の上流に、馬込川の支川である芳川が流入していることと、馬込川としては大きく湾曲する形状となっているため、湾曲及び芳川の流入を表現できる範囲をモデル化範囲として設定した。

また、災害復旧を目的としており、早急に復旧設計に取り掛かるため、迅速に被災メカニズムを明らかにする必要があった。そのため、点群データを活用して、モデル構築の効率化を図ることを提案した。

その結果、点群データを用いることで時間短縮を図ることができた。加えて、従来の横断測量データでは表現が難しい測線間の地形形状を詳細に表現することができ、高精度なモデルを構築することが可能となった。

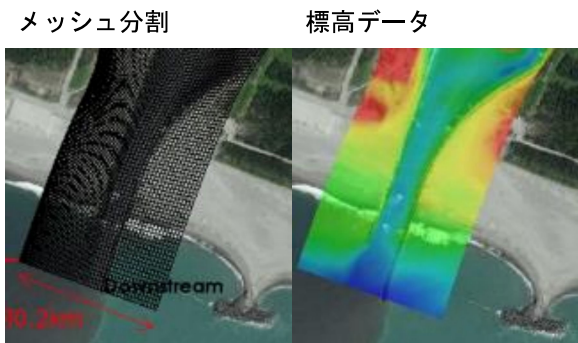


図-4 メッシュ分割と標高データ（導流堤部）

### (2) 水理解析

図-5に、被災時のシミュレーション結果を示す。流速分布図より、導流堤入口にかけ、左岸側に流心があることが分かった。

0.3k+75左岸付近では、最大流速3.2m/sとなった。

その後、左岸側の導流堤に沿うように流れ、0.3k地点付近から流心が右岸側へ移動する。洗掘深が大きい0.2k付近右岸でも最大流速3.2m/sとなっている。

被災して洗掘深が大きい「0.3k+75左岸付近」と「0.2k右岸付近」の流速の時間変化（時系列流速変化図）を図-6及び図-7に示す。また、洪水の流速が長時間続いていることが分かった。

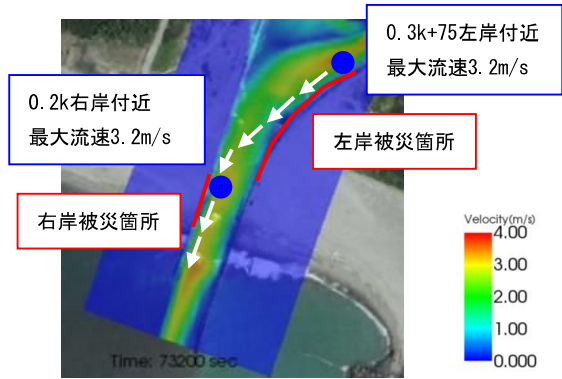


図-5 流速分布図（導流堤部）

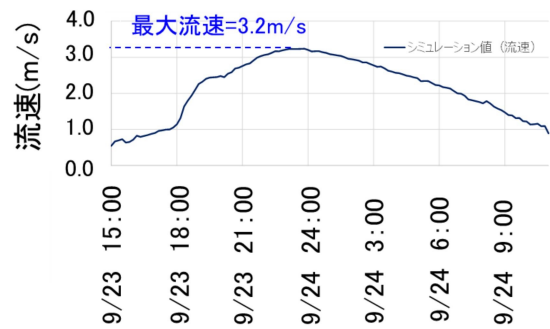


図-6 シミュレーション結果  
（時系列流速変化図，0.3k+75付近左岸）

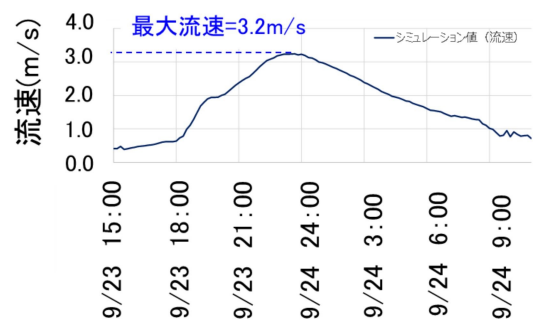


図-7 シミュレーション結果  
（時系列流速変化図，0.2k付近右岸）

### (3) 被災原因の推定

河床材料は砂であり、砂の移動限界速度となる「限界摩擦速度 $u^*c$ 」を岩垣の公式<sup>1)</sup>より算定した。限界摩擦速度は「 $u^*c=1.75\text{cm/s}$  (0.0175m/s)」となった。

図-8. 図-9の摩擦速度と限界摩擦速度の比較をすると、摩擦速度が、限界摩擦速度を上回る時間が長時間（20時間以上）継続していたと考えられた。土砂が海域へ流出する時間が長時間継続し、河床が低下したと考えられる。

さらに、被災箇所では、部分的に高流速が発生したことで、洗掘が進行しやすい状況であったと考えられる。また、左岸側では反転流による局所的な渦が発生し、複雑な流れによる局所的な洗掘も発生したと考えられる。

よって、被災原因は洗掘が発生したことで、建設当時より60年程度経過し、老朽化していたコンクリート矢板が転倒し、中詰め材が流出、床板コンクリート崩落が発生したと考えられた。

復旧設計では、被災原因を踏まえて、洗掘が起きにくい構造とする必要が生じた。

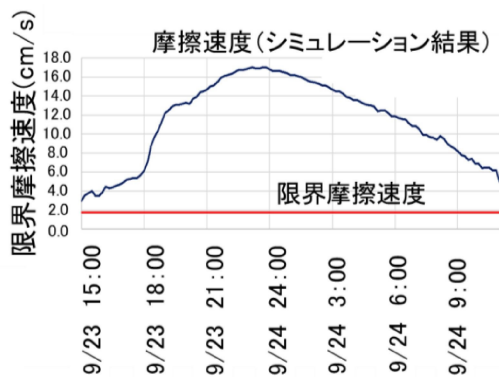


図-8 導流堤被災部左岸 時系列摩擦速度図

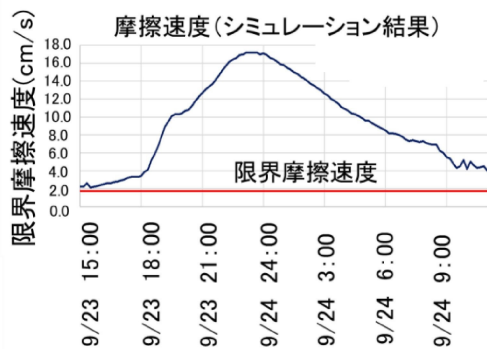


図-9 導流堤被災部右岸 時系列摩擦速度図

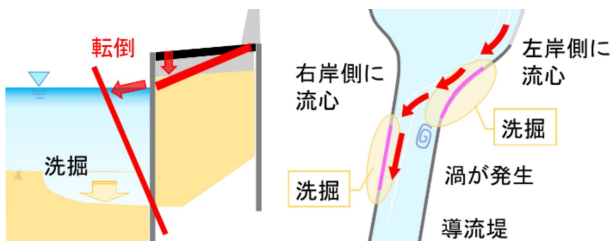


図-10 被災メカニズム (まとめ)

### 3. 復旧設計

#### (1) 前提条件

復旧設計にあたって、2点の前提条件があった。

前提条件1点目は、河口閉塞防止の観点から、現況の導流堤形状を維持する必要がある、川幅は現位置で変更できないことであった。

図-11より、平成18年～平成26年の期間における導流堤部分の最深河床の状況から、T.P. -2.0～-3.0 mくらいの間で、堆積と洗掘を繰り返して平衡を保っており、現状の河口部の形状（＝導流堤部の線形、河道断面形状）で河口閉塞は起こっていないことが確認できた。このため、川幅は現況川幅のままとする。

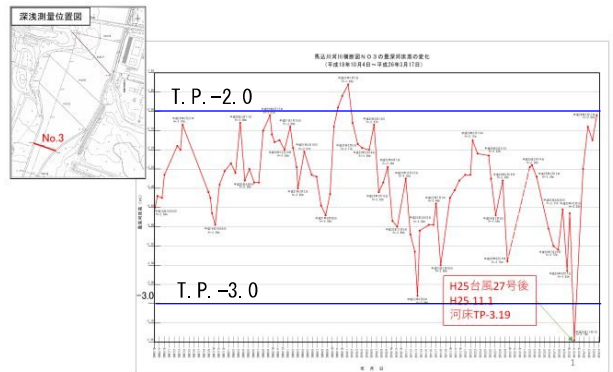


図-11 平成18年から平成26年の最深河床の状況

前提条件2点目は、通常のパイロハンマ工法では、平成18年の災害復旧施工時に、地中（河床）に消波ブロックの残骸が大量に埋まっており、打設矢板先端部が欠損し、施工困難な実績があった。

そのため、地中障害物の撤去を踏まえた工法を選定することが前提条件であった。

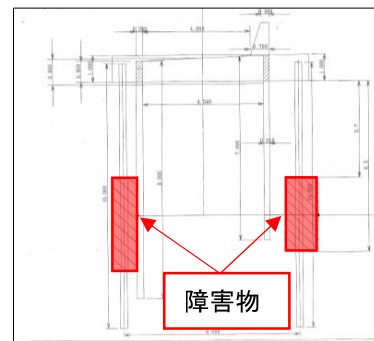


図-12 平成18年災の施工時の障害物（横断位置）



図-13 平成18年災の施工時の矢板打設困難な状況

(2) 復旧工法

前提条件を踏まえて、復旧工法を選定した。以下のステップを踏んで検討を行った。

表-1の復旧工法比較表(1)に示す第1ステップでは、現位置施工可否と地中障害物の撤去を比較項目とした。

結果、現位置施工可能であり、地中障害物の撤去が可能な工法の3案を選定した。

- 案1：全周回転掘削機（鋼矢板）+パイプロハンマ
- 案2：全周回転掘削機（鋼管杭）
- 案3：ジャイロプレス工法

表-1 復旧工法比較表(1)

工法	現位置施工可否	地中障害物の撤去	評価
鋼矢板			
パイプロハンマ	×撤去工法の併用必須	×不可能	×
硬質地盤クリア工法	×撤去工法の併用必須	×不可能	×
案1 全周回転掘削機+パイプロハンマ	△現位置の場合は掘削孔の埋戻しが必要	○可能 鉄筋コン可	○
ダウンザホールハンマ+硬質地盤クリア工法	○	×破碎のみ可 ※水中や斜面不可	△
鋼管杭			
打込み杭	×撤去工法の併用必須	×不可能	×
中掘工法	×撤去工法の併用必須	×不可能 全周回転掘削機により除去後、施工	×
回転杭	×撤去工法の併用必須	×不可能 同上の理由	×
案2 全周回転掘削機	○ 1本/日	○可能 鉄筋コン可	○
案3 ジャイロプレス工法	○ 1本/日	○可能 鉄筋コン可	○

表-2の復旧工法比較表(2)に示す第2ステップでは、仮設工、経済性や復旧工事の期間を比較項目とした。

表-2 復旧工法比較表(2)

案	全周回転掘削機+パイプロハンマ(鋼矢板)	全周回転掘削機(鋼管杭)	ジャイロプレス工法(鋼管杭)
施工概要	先行して地中障害物を破壊した後、埋戻し、同じ位置に鋼矢板を打込む。	杭先端に刃先を取付け、既設を破壊しながら同時に杭を圧入する。	杭先端に刃先を取付け、既設を破壊しながら同時に杭を圧入する。
仮設工	△ 工事用道路 仮設構台及び覆工板作業床(大規模な仮設)	△ 工事用道路 仮設構台及び覆工板作業床(大規模な仮設)	○ 工事用道路
経済性	△21億円 全周回転掘削機とパイプロの施工機械が異なり、施工機械や輸送費2倍	△23億円 案1に鋼矢板と鋼管杭の差額が加わる。	○19億円 仮設構台及び覆工板作業床の費用が必要ない。
復旧工事の期間	△全周回転掘削機での掘削、埋戻し後、地盤の支持力が戻り待ちがあり、施工期間が長い。	△施工機械の移動と設置に時間を要するため、案3より若干劣る。	○最も早く復旧できる
総合評価	×	△	○

案1と案2の全周回転掘削機案であると、現況の二重鋼矢板を覆うように大規模な仮設工が必要となり、経済的に劣ることが課題となった。

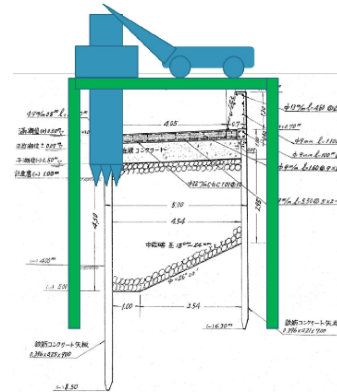


図-14 仮設図(案1と案2)

そのため、杭先端に刃先を取付けており、コンクリート殻を撤去せず、現位置に鋼管杭が打設可能な工法であり、鋼管杭の上部に施工に必要な機械を据えることができるため、大規模な仮設工が必要なく、経済性に優位であり、復旧工事の期間も最も早くなるジャイロプレス工法を選定した。

(3) 再度災害防止

シミュレーション結果より、砂の流出により洗掘が生じ、コンクリート矢板が倒壊、中詰め材が流出、床板コンが崩落したと推定した。

再度災害防止のため、鋼管杭の前面に根固めブロックを置き、洗掘防止対策を施す設計とした。重量は、今回災害時の最大流速3.2m/sに耐えうる自重(2t)を選定した。<sup>2)</sup>

4. おわりに

本論文は、災害復旧対応であり、限られた時間で被災メカニズムの推定、再度災害防止の観点を踏まえた復旧設計について、迅速に実施することができた。

ただし、施工までの期間に河道形状や既設護岸の崩壊状況は日々変化するため、継続的にモニタリングし、設計にフィードバックするように留意する必要がある。

謝辞：本論文の執筆にあたりご協力いただきました静岡県交通基盤部河川砂防局河川海岸整備課海岸整備班の福田達樹様にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 河川砂防技術基準 調査編 国土交通省水管理・国土保全局 令和4年6月部分改定 第4章第6節-34
- 2) 河川構造物設計要領 国土交通省中部地方整備局 平成30年5月改定 第2編河川編 第3章護岸 P101