

新技術開発探訪

はげがわ
波介川水門における
耐震化工事の事例紹介

国土交通省 四国地方整備局 高知河川国道事務所 仁淀川出張所 かまだ 鎌田 ゆうき 祐輝

1. はじめに

波介川水門は、仁淀川本川からの逆流防止を目的として仁淀川右岸の支川波介川へ昭和55年に設置された管内最大級の水門である（図-1）。

一方、波介川流域は、今後30年以内に60～70%の確率で発生すると言われていた「東南海・南海地震」発生時の津波により土佐市中心市街地が浸水するなど、大規模な被害が想定されている。

しかしながら、耐震性能照査の結果、波介川水門はレベル2地震動に対する耐震性能を満足していないことが明らかになったため、地震発生後においても水門としての機能を保持できる性能へすることを目的とし耐震化工事を行うこととなった。

2. 耐震性能照査について

波介川水門についてレベル1及びレベル2地震動に基づく耐震性能照査を行った。なお、レベル2地震動の地震波形については、「中央防災会議想定地震動（平成15年）」及び「高知県想定地震動（平成16年）」をプレート境界型であるレベル2-1、「道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編（平成14年）」掲載の波形を内陸直下型であるレベル2-2に想定した。

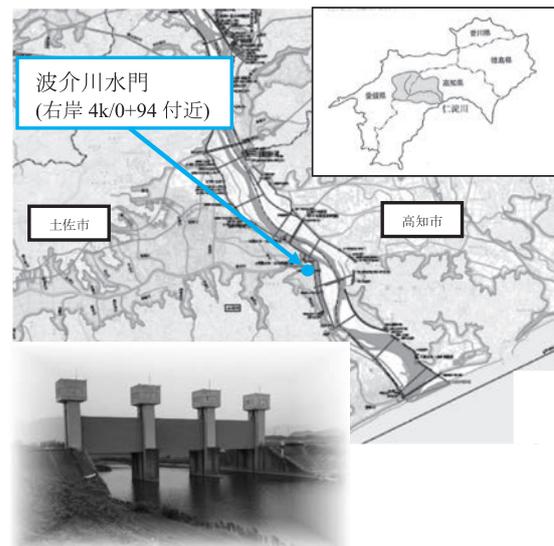


図-1 波介川水門位置図及び写真

動的解析手法FLIPによる照査の結果、レベル1地震動に対しては安全性が確保されているが、レベル2地震動に対しては床版、堰柱、門柱並びに操作台梁において耐力不足であることが分かった。門柱についてはせん断耐力及び曲げ耐力が、門柱以外の部材についてはせん断耐力が不足している。

3. 耐震補強工法の選定について

耐震補強工法の選定にあたっては、施工性や経済性のみならず、河川特有の条件として河積阻害の有無、部材が河川流水や潮等外力の影響を受けるかどうかが大きく関係する。

まず、床版及び堰柱は「せん断補強」の必要があるが、当部材は河道内及び感潮区間にあり、常時河川流水及び潮の影響を受けることから、部材厚増加により河積阻害となってしまう鉄筋コンクリート巻立て工法等や潮により鋼板が腐食してしまう鋼板巻立て工法は採用できない。よって、部材厚を増加させずともせん断補強が可能となる「Post-Head-bar工法（以下、PHb工法）」を採用した。PHb工法とは、補強鉄筋の先端に銅製プレートを取り付けた後施工プレート定着型せん断補強鉄筋（Post-Head-bar）を既設構造体に削孔挿入し、充てん材で固定して構造躯体と一体化をはかり、部材のせん断耐力を向上させる新技術工法（NETIS番号：KT-090022-V）である。PHb工法には次の特長がある。

- ・ 摩擦圧接したプレートの突起により補強筋先端の定着性を向上できる。
- ・ Post-Head-barが構造物と一体で挙動することで、せん断破壊に対する安全性が向上する。
- ・ 既設の地中コンクリート構造物においても、内空側からの施工による耐震補強が可能。
- ・ 狭い空間や夜間作業など、制約の大きい補強工事にも容易に適用可能。
- ・ 幅広い鉄筋径、鉄筋強度に対応可能。

図-2にPHb工法の模式図を示す。

次に、門柱及び操作台梁であるが、当部材は床版及び堰柱のような水理的制約条件が無いことから、施工性と経済性により工法を選定した。「せん断補強」及び「曲げ補強」の必要がある門柱については、最も経済性に優れる鉄筋コンクリート巻立て工法を採用した。「せん断補強」の必要がある操作台梁については、流水直角方向の補強は施工性と経済性に優れるポリマーセメントモルタ

ル巻立て工法を採用した。一方、流水方向の補強は、既設の装置類が支障となり増厚が不可能であるため、増厚を伴わない「PHb工法」を採用するものとした。

以上の耐震性能照査結果及び補強工法を表-1にまとめた。

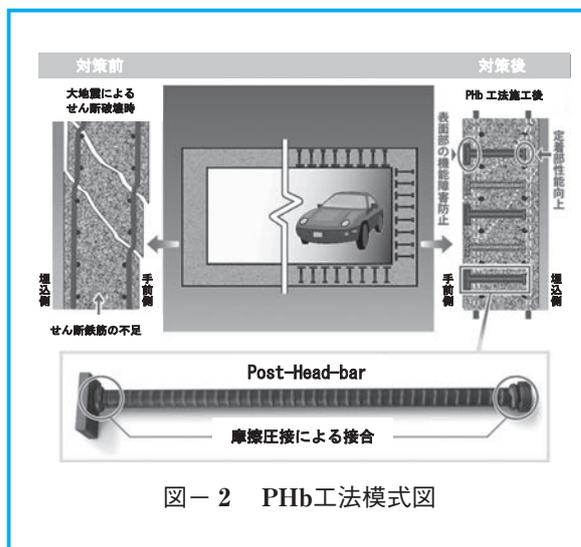


図-2 PHb工法模式図

表-1 耐震性能照査結果及び補強工法

部材名	耐力不足方向	不足耐力	補強工法
床版	流水直角方向	せん断	PHb工法
堰柱	流水直角方向	せん断	PHb工法
門柱	流水方向	せん断, 曲げ	鉄筋コンクリート巻立て工法
	流水直角方向	せん断, 曲げ	鉄筋コンクリート巻立て工法
操作台梁	流水方向	せん断	PHb工法
	流水直角方向	せん断	ポリマーセメントモルタル巻立て工法

4. 施工状況について

(1) 施工条件

常時流水の影響を受ける床版及び堰柱はドライ施工を行う必要がある。また、非出水期施工を原則とし、水門仮締め切り時には波介川の通水を阻害することなく、流下させることが条件である。そのため、床版及び堰柱の施工中は、1門を仮締

め切りして残りの2門で通水させる計画とした。

(2) PHb工法の施工

① 準備工

Post-Head-barの設計位置を墨出しし、図-2に示す埋込側既設鉄筋の位置を鉄筋探査機器により調査する。調査結果を踏まえ、設計位置と既設鉄筋位置を確認し、Post-Head-barの挿入位置を決定する(写真-1)。



写真-1 鉄筋探査状況

② 削孔工

PHb工法専用ドリルにて削孔を行う(写真-2)。



写真-2 削孔状況

③ 拡大部削孔工

所定の径のコアチューブをセットし、孔口から計画深さまで拡大部の削孔を行う。

④ 定着工

削孔完了後、孔内を集塵機により清掃し、噴霧器や濡れたスポンジ等を用いて孔内の湿潤処理を行う。これは水分の逸失による充てん材の粘性増加に起因して、Post-Head-barの挿入が困難あるいは不可能なることを防止するためである。

次に、充てん材を注入する。なお、ここで用いる充てん材は以下の特長を有する材料を用いている。

- ・無収縮性を有する。
- ・あらかじめ決められた所要量の水と混合するだけのプレミックス材料を使用。
- ・手押しグラウトポンプにより注入作業が容易。
- ・先端定着部まで確実な充てんが可能。

そして、孔内へPost-Head-barを所定の位置まで人力挿入し、溢れ出てきた充てん材を除去する(写真-3)。なお、本工事で用いるPost-Head-barの仕様は以下のとおりである(補強部材毎に異なる)。

鉄筋径：D19, D25, D29, D32

規格：SD345

長さ：最小2,294mm, 最大3,466mm

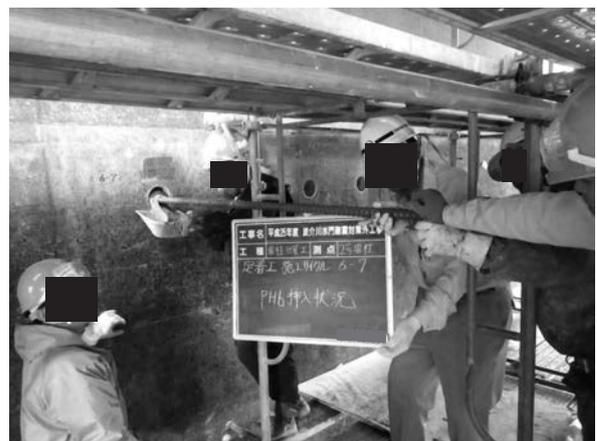


写真-3 Post-Head-bar挿入状況

⑤ 断面修復工

Post-Head-bar挿入完了後、拡大削孔部を断面修復材で修復する。

完成状況を写真-4に示す。

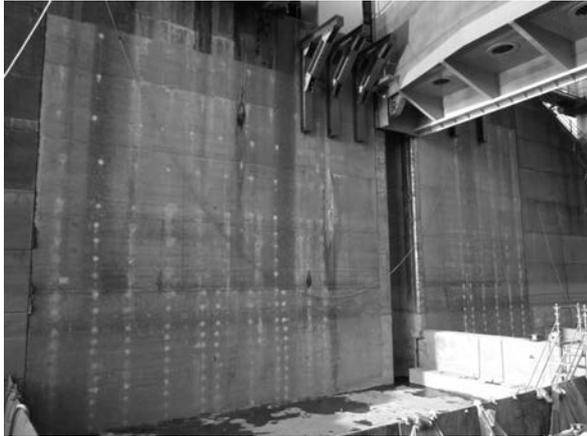


写真-4 PHb工法完成状況

(3) 鉄筋コンクリート巻立て工法の施工

① 準備工

定着アンカーの設計位置を墨出しし、既設鉄筋の位置を鉄筋探査機器により調査する。調査結果を踏まえ、設計位置と既設鉄筋位置を確認し、定着アンカーの挿入位置を決定する。

② 削孔工

ハンマードリルにて削孔を行う。

③ 下地処理（チップング）工

チップングハンマにて既設コンクリートをはつり、健全部を露出させる。

④ 鉄筋組立工

削孔内部を乾燥及び清掃後、エポキシ樹脂系接着剤を注入し、定着アンカーを挿入する。その後、鉄筋の組み立てを行う（写真-5）。



写真-5 鉄筋組立状況

⑤ コンクリート打設工

型枠を組み立て後、コンクリートポンプ車によりコンクリート（設計基準強度：24N/mm²）を打設し、養生する。

完成状況を写真-6に示す。

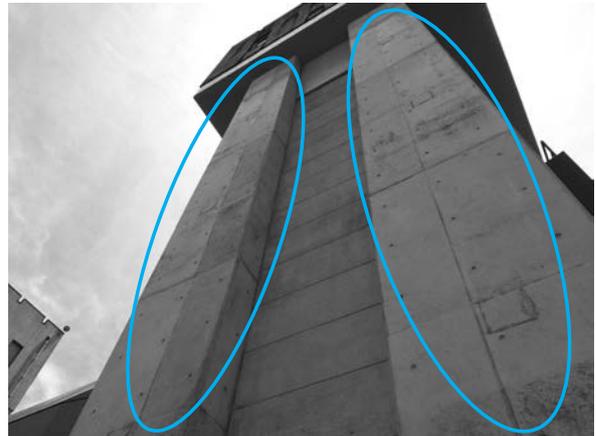


写真-6 鉄筋コンクリート巻立て工法完成状況

(4) ポリマーセメントモルタル巻立て工法の施工

① 準備工

定着アンカーの設計位置を墨出しし、既設鉄筋の位置を鉄筋探査機器により調査する。調査結果を踏まえ、設計位置と既設鉄筋位置を確認し、定着アンカーの挿入位置を決定する。

② 削孔工

ハンマードリルにて削孔を行う。

③ 下地処理（チップング）工

チップングハンマにて既設コンクリートをはつり、健全部を露出させる。

④ 鉄筋組立工

削孔内部を乾燥及び清掃後、エポキシ樹脂系接着剤を注入し、定着アンカーを挿入する。その後、鉄筋の組み立てを行う。

⑤ ポリマーセメントモルタル塗布工

型枠を組み立て後、ポリマーセメントモルタルをコテ塗りし、養生する（写真-7）。

完成状況を写真-8に示す。



写真-7 ポリマーセメントモルタル塗布状況

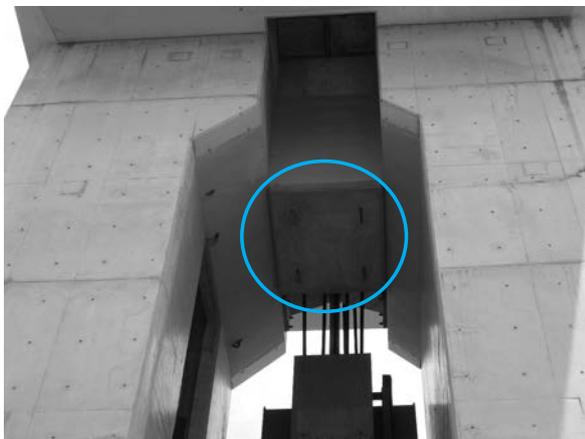


写真-8 ポリマーセメントモルタル巻立て工法完成状況

5. 施工中に発生した課題について

本工事においては、施工中、様々な課題が発生した。主な課題を以下に挙げる。

- ・ Post-Head-bar及び定着アンカーの削孔挿入にあたって、事前に鉄筋探査機器を用いて既設鉄筋位置を調査したが、設計上の位置では既設鉄筋に干渉してしまう箇所が多々存在した。そのため、既設鉄筋に干渉しないように、かつ、設計上の位置から極力外れないように削孔位置を微調整する手間が生じた。
- ・ 床版及び堰柱については仮締め切りによるドライ施工としていたが、非出水期にもかかわらず

出水により締め切り内へ河川水が流入し、ドライ状態に戻すまでの1～2日間工事が中断した。なお中断は工事期間中に計10回発生した。

- ・ 仮締め切りの設置にあたって事前に河道内の土砂を撤去したが、現地の土砂は河川流出物を大量に含むヘドロ状の堆積物(写真-9)であり、流用土としては利用できない状態であった。そのため産業廃棄物処理の必要が生じた。



写真-9 ヘドロ状の堆積物

6. おわりに

今回の工事では、河道内施工や狭小な作業空間等の厳しい現場条件下において、確実な耐震補強を行うことが求められていた。

そして、PHb工法、鉄筋コンクリート巻立て工法、ポリマーセメントモルタル巻立て工法といった適材適所の工法を採用したことにより、高い品質を確保しつつ、河積を阻害することなく、かつ安全に工事を完成させることができた。結果、波介川水門はレベル2地震動に対する耐震性能を満足し、地震発生後も水門としての機能を保持できる性能となった。

「東南海・南海地震」はいつ発生するかは分からないが、いつかは必ず発生する。今後も流域住民の安全・安心を守るため、ひとつひとつ確実に対策を進めていきたい。