

河川構造物(コンクリート構造)の被害

株式会社エイト日本技術開発
保全・耐震・防災事業部
関西支社 保全・耐震・防災部

藤田 亮一

1. はじめに

本論では、コンクリート造の河川構造物(水門・重力式ダム)の被害状況について報告する。水門の被害は津波によるものと地震動によるものに大別され、深刻な被害は主として津波によるものであった。重力式ダムは本体の損傷はほとんど認められず、付属構造物に若干損傷が見られる程度であった。

2. 水門の被害

2. 1 被害の特徴

水門の被害として特徴的に確認されたのは以下の状態である。

(1)主に津波による被害

- ・鋼製門扉、操作橋の流失
- ・戸当り部の損傷

(2)主に地震動による被害

- ・門柱基部のひび割れ
- ・管理橋の損傷
- ・戸当り部の損傷

津波による被害については、津波襲来時に上部にあった操作橋や門扉が流失する傾向にあり、下部にあったものは残存しているものが多かった。道路橋の上部構造と同様に揚圧力・浮力による被害と思われる

一方、地震動による被害については、本体は損傷なしあるいは軽微な損傷にとどまっており、付属物が損傷する傾向であった。構造物の安全性の観点では被害がほとんど無かったが、機能保持の観点では問題が生じていたと思われる。

以下にそれぞれの事例を列挙する。

2. 2 津波による被害例

津波による被害例として、南三陸町の河口付近に設置された防潮水門の例を挙げる。写真1は歌津川河口付近の防潮水門の被災状況である。参考として平成21年頃に同施設を撮影した写真を写真2に示す。



写真1 歌津川河口付近の防潮水門



写真2 平成21年頃の様子



写真3 門柱付近の損傷状況



写真4 水門と操作橋の流出

本施設は3門の水門を有しているが、そのうちの1門が流出しており、同じ箇所のお操作橋も上流側に落下している。写真3に示すように、戸当たり部の上部でコンクリートが欠損しており、津波襲来時に巻き上げられていた門扉が津波により押し流される際にゲートの主ローラーから大きな荷重が作用してコンクリートが破損したと考えられる。操作橋にはチェーンタイプの落橋防止装置がついているが、門扉が流出した箇所については津波により定着部から引き抜かれてしまっている。操作橋直下に門扉があり、津波の波力が操作橋に伝わりやすい状況になっていた(操作橋の下を水が通り抜けず、せき上げのような効果により波力が操作橋に作用した)と考えられる。

もう一つの被災事例として水尻川河口付近の防潮水門を挙げる。写真5および写真6は被災前後の水門の状況である。さきほどの事例と同様に、上部にあった操作橋が流失している(写真7)。門扉は全て残存していたが、戸当たり部を確認すると、主ローラーが戸当たりコンクリートに衝突したと思われる痕跡が確認できた。門扉が津波により押し流され、主ローラーと戸当たりが激しく衝突したと思われる。

この戸当たりコンクリートについては、FEMによる解析で、かなり大きな津波力が作用しても損傷が限定され致命的な状態にはならないことが他施設における検討で確認できている。今回挙げた施設についても、設計時の想定以上の荷重が作用していたと思われるが、戸当たりコンクリートの



写真7 操作橋・管理橋の流出



写真8 ローラーの衝突痕

損傷が限定的であったのは解析結果とよく整合しているといえ、設計上 NG であったとしてもそれが直接機能消失にはつながらないと考えられる。

2.3 地震動による被害例

次に、地震動による水門の被害例として南沢川水門を挙げる。当該施設は北上川の支流である南沢川が合流する箇所にある施設である。昭和56年に竣工しており、いわゆるレベル2地震動に対しての設計はなされていないと考えられるが、この付近は震度6弱程度の揺れを生じており、入力された地震動のレベルはレベル2相当であったと推定される。したがって、それなりに損傷を生じてもおかしくない状況であったと思われるが、損傷は極めて限定的であった。

写真9は南沢川水門の被災後の外観であるが、二径間の片側で上部の操作橋が撤去されていた。支持金物に切断したような痕跡が見えることから(写真10)、地震後に不安定になっていたものを切断・撤去したと考えられる。撤去された操作橋は管理橋上に保管されていた(写真11)。門柱にも若干のコンクリートの損傷が認められたが、いずれも付属物とのとりあい部に生じており、構造



写真5 水尻川河口付近の防潮水門



写真6 平成21年頃の様子

物本体の振動が原因では無く、付属物との振動周期の差に起因するものと思われる。以上のように、構造本体には大きな損傷は生じておらず、付属物の損傷が目立っていた。



写真9 南沢川水門



写真10 操作橋支持部の損傷



写真11 撤去された操作橋



写真12 門柱基部のひび割れ

3. 重力式ダムの被害

3.1 被害の特徴

重力式ダムの被害として特徴的に確認されたのは以下の状態である。

(1) 堤体本体の被害

- ・ 堤体軸線折れ点でのひび割れ、目開き
- ・ 堤体目地、打継目でのひび割れ、目開き

(2) 付属構造物の被害

- ・ 一体型取水塔建屋の損傷
- ・ 管理橋高欄の損傷

堤体本体の被害はほとんど認められなかったが、堤体軸線が折れ線になっているような構造変化点を有するもので若干ひび割れ等が確認された。

付属構造物の被害については、堤体天端付近に設置された施設に被害が多く見られた。重力式コンクリートダムの堤体天端の加速度は、一般に基部の3～5倍に増幅されるため、大きな加速度で付属物が損傷したと考えられる。

3.2 堤体の被害例

堤体の被害例として岳ダムを挙げる。当該ダムの堤体軸線は2カ所で折れ曲がっているが、そこにひび割れや目地の目開きが生じており、構造的な弱点となっていたと考えられる。堤体下流面にはところどころコンクリートの剥落が確認された。管理事務所の方の話によれば、堤体の漏水量は地震前後で変化していないようであり、上記のような損傷は認められたものの、堤体の健全性は保たれていると考えられる。



写真13 岳ダムの堤体下流側



写真14 堤体天端(軸線が折れている)



写真 15 堤体のひび割れ

3. 3 付属施設の被害例

付属施設の被害例として三春ダムの例を挙げる。当該ダムでは堤体の損傷は確認できなかったが、堤体一体型の取水塔建屋と、堤体天端の高欄でコンクリートのひび割れや剥落が確認された。

取水塔建屋については、堤体天端での本体との取り合い部であり、堤体によって取水塔が大きな加速度で振動させられた結果であると思われる。



写真 16 取水塔建屋基部のコンクリート剥落



写真 17 堤体天端の高欄のひび割れ

同様な理由から、堤体天端にある高欄にも鋼製手摺とコンクリート壁の接合部付近でひび割れが多数生じていた。堤体はレベル2地震動相当の荷重に対しても大きな損傷は生じないが、付属施設、特に耐震設計をしていないものについては損傷を生じる可能性が高く、場合によっては機能面で大きな支障を生じる可能性があるといえる。

4. おわりに

本論では、コンクリート造の河川構造物(水門・重力式ダム)の被害状況について報告した。津波による部材の流失についてはこれまでにあまり知見が無かったため、これからの地震対策の中で設計法・照査法を含めて検討していく必要があると考えられる。地震動による被害については、設計法にはまだ十分反映されていないものの、解析と実現象はある程度整合していると思われる。今後は、実現象をふまえた設計法の改良や、本体構造以外の付属施設・付属物に着目した地震対策が重要になってくると考えられる。