

河川用ゲート更新で生じた課題とその解決 の事例紹介

— 既設更新という制約・コスト・長寿命化 を踏まえた解決 —

小池 喬

関東地方整備局 江戸川河川事務所 施設管理課 (〒278-0005 千葉県野田市宮崎134)

完成後46年経過した排水樋管において、長寿命化を目的としてゲート（扉体）をステンレス製に更新する詳細設計付き工事を発注したが、発注後の詳細設計の結果、ゲートの一部（水压荷重を門柱に伝達する重要部分）で強度不足となることが判明した。限られた工期とコストの中、土木構造物も含めた大規模な改造を行うことなく、ゲート構造を工夫することにより課題解決を図った。加えて、将来の維持管理性という観点も踏まえゲート構造の検討を行った、今回工事の工夫事例を紹介する。

キーワード ゲート、更新、ステンレス製、主ローラ、強度不足、軸受、長寿命化

1. はじめに

江戸川河川事務所では、人口、資産が集中する首都圏を流れる江戸川、中川、綾瀬川を管理しており、洪水から地域を守るために、日本最大級の排水能力を有する排水機場から径間1m程度の樋管ゲートまで、大小様々な100近くの河川管理施設（機械設備）を管理している。

近年、高度経済成長期に集中的に整備された社会インフラの老朽化が社会的な問題となっているが、江戸川河川事務所でも河川管理施設の高齢化が進んでおり、5年後の2023年には、建設後40年以上経過する施設が全体の約50%にも達する状況である。

このような中、老朽化した河川管理施設は計画的に修繕を行っているが、将来も見据え、修繕にあわせて長寿命化や維持管理コスト縮減につながる設備改良にも積極的に取り組んでいる。

本稿では、このような背景の中、長寿命化を目的に実施した古ヶ崎排水樋管のゲート更新工事において生じた課題とその解決の事例を紹介する。

なお、ダム・堰施設技術基準等で「扉体」と定義されている装置だが、一般的に「ゲート」や「水門」と呼ばれることが多く、本稿ではわかりやすい説明を優先し「ゲート」と記載している。

2. 古ヶ崎排水樋管ゲート更新工事の概要

(1) 古ヶ崎排水樋管の概要

古ヶ崎排水樋管は、江戸川の左岸、千葉県松戸市に位置している。内水流域の坂川や六間川の水質改善のため、古ヶ崎排水樋管に隣接して浄化施設が設置されており、古ヶ崎排水樋管は、平常時は坂川流域の水を浄化施設へと流す役割がある一方、江戸川の水位が高くなる洪水時には、江戸川から内水流域への逆流を防ぐ役割もあり、ゲートの開閉によりその役割の切り替えを行っている。



写真-1 古ヶ崎排水樋管の役割

(2) ゲート設備の概要

今回のゲート更新工事の概要を説明する前に、ゲート設備の構成と各装置の役割を簡単に説明する。

古ヶ崎排水樋管のゲート設備は、ゲート（扉体）、戸当り、開閉装置から構成されており、ゲートが閉まることにより洪水時の逆流を止水する。戸当りはゲートに作用した水圧荷重を門柱のコンクリート構造物に伝達する部分であり、開閉装置はゲートを開閉させるための装置である。

ゲートの寸法は、幅が約5.5m、高さが約4.6mである。



写真-2 ゲート設備の構成

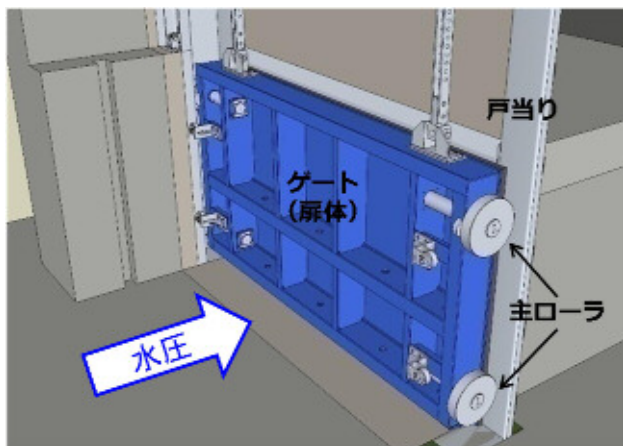


図-1 ゲートと戸当りの構造図

図-1は、ゲートと戸当りの構造を示したイメージ図である。逆流防止のためにゲートが閉まると、ゲートの前面と後面では異なる水位となり水圧荷重が作用する。この水圧荷重はゲートの「主ローラ」という部分を通じて戸当りに伝達される構造となっている。

また、ゲートが開閉する際、主ローラが戸当り面を転がりながら開閉する。このことで、主ローラと戸当りの

摩擦抵抗は小さく、開閉装置の能力も小さくすることができており、主ローラの回転はゲート開閉機能において重要な動きである。

(3) ゲート更新工事の概要

今回工事は、完成後46年経過し老朽化したゲートと開閉装置を更新するもので、ゲートは長寿命化を図るため、耐久性の高いステンレス製に更新することとした。なお、戸当りは劣化や不具合が見られなかったため既設流用とした。

工期は2017年7月～2018年3月までの9ヶ月間で、まずは各装置の工場製作を行い、洪水の可能性が低くなる11月以降に既設置更新の現地施工を行う計画で発注した。

また、工事受注者がゲート構造等の詳細設計を実施する詳細設計付き工事として発注した。

3. 工事で生じた課題とその解決

(1) ゲート強度不足の発覚

工事発注後、現行の技術基準に基づき詳細設計を実施した結果、ゲート主ローラと戸当りが接触する部分において、強度不足となることが判明した。(図-2)

古いゲート設備の部分更新においては、適用する技術基準の違いから、現行技術では強度不足となる事例があるかと思う。詳細を検討した上、場合によっては古い技術基準の考え方を踏襲するケースもあるかと思う。

今回の強度不足箇所は、前述のとおり、ゲートに作用した水圧荷重を戸当りに伝達する重要部分であり、止水機能及び開閉機能に大きく影響する部分であることから、現行技術基準での強度不足の解決を図ることとした。

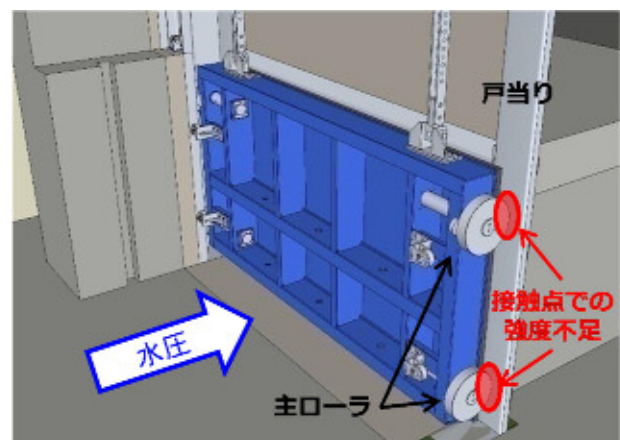


図-2 強度不足の発生箇所

(2) 強度不足の解決方法の検討

強度不足は主ローラと戸当りの接触点の応力不足であることから、まずは一般的な解決方法である以下2つの対策を検討した。

① 主ローラを高強度(高硬度)の材質に変更する。

- 主ローラと接触する戸当り側も高硬度の材質に変更する必要があり、戸当り更新が必要。

② 主ローラの径を大きくする。

- 戸当り寸法も大きくする必要があり、戸当り更新が必要。

上記2案ともに、戸当り更新が必要であり、併せて門柱コンクリートのはつりも含めた大幅な改造となるため、今回工事での適用には以下の課題が生じた。

- ・コストを要すること。
- ・出水期の6月までの完成が不可能な可能性あり。
- ・水路をドライにするため浄化施設の運用に影響あり。
- ・現場周辺は民家が隣接しており大規模な仮設が困難。

そこで、次に以下の解決方法を考え検討した。

③ 主ローラと戸当りの接触面を増やす。

- 一般的なゲートでは、主ローラと戸当りは「点」接触で設計するが、「線」接触で設計する。
- 線接触とするために、調芯機能がある軸受を採用する。

ゲートは水圧荷重を受けてたわみ(変形)が生じる。このゲートたわみにより、主ローラの断面が角張っていると円滑な回転ができなくなる恐れがある。このことから、一般的なゲートでは主ローラの断面に「曲率」という円弧を設けており、点接触で円滑に回転する構造としている。(図-3)(例えとして、一輪手押し車をイメージしてほしい。手押し車のタイヤは丸みを帯びており、旋回時に円滑にタイヤが回転するのと同じようなイメージである。)

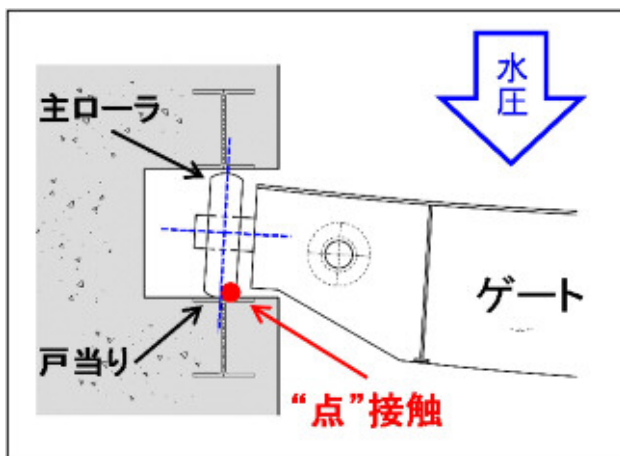


図-3 点接触イメージ図(ゲート上方から見た断面図)

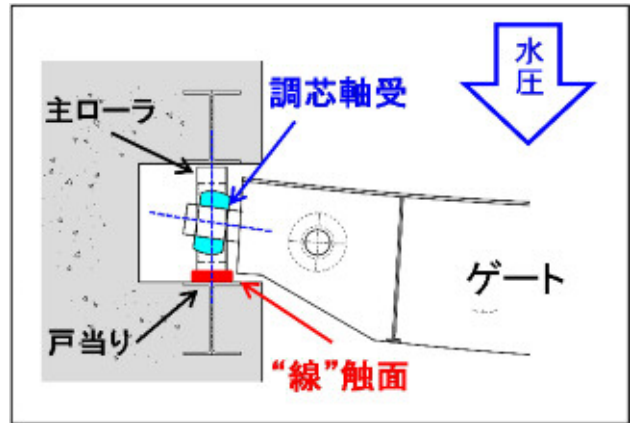


図-4 線接触イメージ図(ゲート上方から見た断面図)

図-4は今回検討した線接触のイメージ図である。ゲートにたわみが生じても、自動で調芯する調芯軸受を採用することで、主ローラと戸当りが線接触となる。

この線接触という条件で再度設計計算を実施した。強度不足の解消傾向は見られたが、強度不足の解決には至らなかった。

そこで次に以下の解決方法も考え検討した。

④ 主ローラの個数を増やす。

- 一般的なゲートでは、1門あたり片側2個、計4個の主ローラ個数だが、主ローラ個数を増やし荷重分散を図る。
- 片側3個以上の主ローラを設置する場合は、各主ローラが均一に戸当りに接するよう「ロッカービーム式」を採用する。

ゲートに片側3個以上の主ローラを設置すると、水圧荷重によるゲートたわみにより、戸当りと接触しない主ローラがでてくる可能性があることから、ダム・堰施設技術基準の中でも「ロッカービーム式」の採用が記載されている。

「ロッカービーム式」は、一般的に高さが高いゲートや、大荷重が作用する大形ゲート等で採用されているものであり、各主ローラが戸当りと均一に接触するように、主ローラの動きを補助する役割のものである。

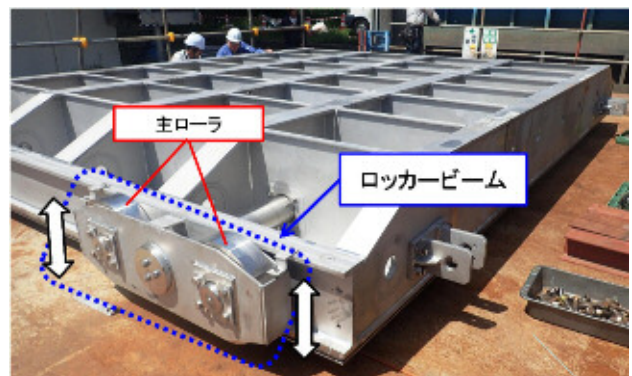


写真-3 ロッカービーム

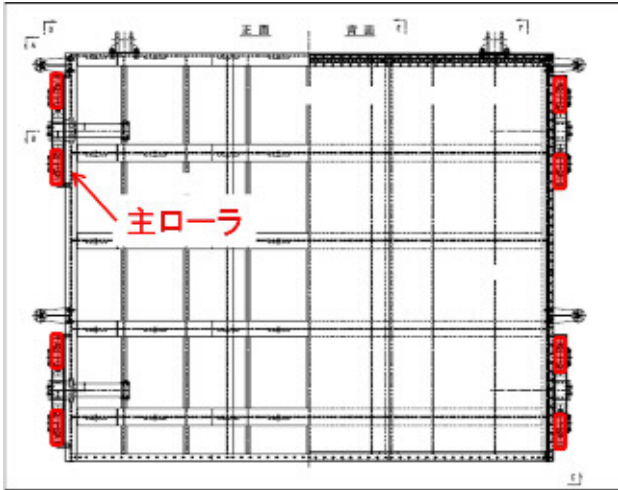


図-5 ゲート正面図(主ローラ8個)

図-5は、今回の更新ゲートにおいて、主ローラを片側4個、計8個まで増やした図である。ロッカービームは重量が重く、これ以上主ローラを増やすと既設の開閉能力を超えてしまい、土木構造物への影響も出ることから、今回は、主ローラ8個が増やす限界であった。

この主ローラ8個という条件で設計計算を実施した。強度不足の解消傾向は見られたが、強度不足の解決には至らなかった。

⑤ (③+④) 主ローラの個数を増やし線接触とする。

「③接触面を増やす」と「④主ローラ個数を増やす」は強度不足解消の傾向が見られたため、この2つをミックスすることで強度不足解消が図れないか考え、設計計算を行った。その結果、強度不足は解消されることが確認できた。

(3) 強度不足解決方法の検証

前述(2)で検討した解決方法⑤について、強度不足解消以外の観点で採用に問題ないか検証した。検証した項目と検証結果は、以下のとおりである。

- ア) 止水機能、開閉機能への影響。
- イ) 出水期の6月までの工事完成。
- ウ) ゲート機能の停止期間。
- エ) 解決に要するコスト。
- オ) 将来の維持管理性。

ア) からウ) までは問題がなく、エ) についてもコスト増加は微量であり、工事受注者からも問題ない旨の承諾が得られた。

しかしながら、オ) 将来の維持管理性では大きな問題があった。強度不足の解消という目的に囚われるすぎて、主ローラ個数や調芯軸受といった部品点数が多くなって

しまい、本工事の本来の目的である「長寿命化」「維持管理コスト縮減」の検討が不十分であることがわかった。そこで、将来の維持管理性向上につながる更なる工夫を検討した。

(4) 将来の維持管理も考慮した更なる工夫

a) 調芯軸受に無給油すべり軸受を採用

前述(2)③「接触面を増やす」の解決方法で採用した「調芯軸受」だが、一般的には「ころがり軸受」を採用している事例が多く、最初は「調芯ころがり軸受」を採用の候補としていた。

「ころがり軸受」は、ダム・堰施設技術基準の中でも、保守管理方法をよく検討した上で採用する旨の記載がある。今回ゲートの主ローラ部は、ロッカービーム式を採用したこともあり、重量が重く、取り外しが困難である。

よって、長寿命で高い耐久性が求められる部分であることから、再度市場調査を実施し、他分野で活用され商品化されている「調芯すべり軸受」を採用することとした。また、軸受部への給油も困難なことから無給油タイプの軸受を採用し維持管理性の向上を図った。

b) 軸受部に樹脂製軸受の採用

前述(2)④「主ローラ個数を増やす」の解決方法を採用したことにより、主ローラやロッカービームの軸受部品点数が大幅に増えた。

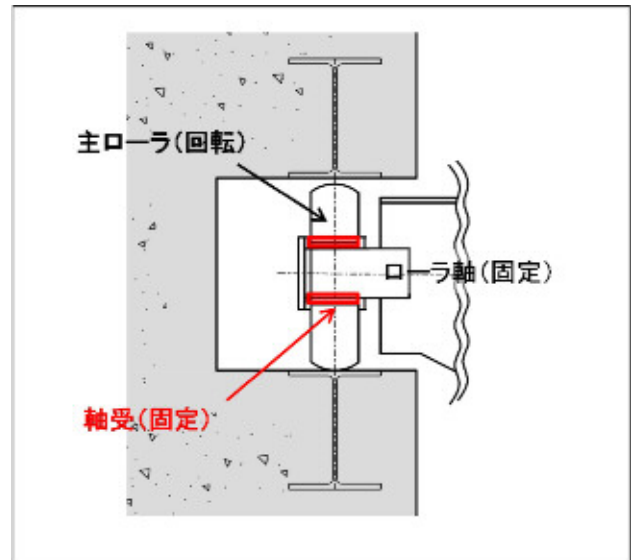


図-6 主ローラ軸受部の構造

図-6は主ローラ軸受部の構造図だが、主ローラ等の回転部分には回転を円滑にするための軸受が必要であり、この軸受部の固着が過去からゲートでは問題となっていた(撤去したゲートでも主ローラ部の固着が見られた)。今回ゲートは、可動頻度が点検時と洪水時のみ少なく、またロッカービームの回転域もごく微少であることから、

固着の心配がある。

そこで、NETISにて技術検索を行い、微少回転域でも潤滑性が期待でき、かつ腐食による固着の心配がない「樹脂製無給油軸受」を採用し維持管理性の向上を図った。

4.まとめ

今回工事では、発注後の詳細設計の結果、ゲート主ローラと戸当りの接触部にて強度不足となることが判明した。限られた工期とコストの中、土木構造物も含めた大規模な改造を行うことなく、ゲート構造を工夫することにより課題解決を図った。加えて、将来の維持管理性という観点も踏まえゲート構造の検討も行えた。



写真-4 完成したゲート設備

5.今後の課題と取り組み

(ア) 今回の維持管理性を考慮した工夫は、将来の維持管理において効果が期待されるものであり、継続的な評価が重要と考える。そのため、以下の取り組みを行っていく。

- ・定期的に主ローラ部のモニタリング調査を行い、効果検証を行う。
- ・今回の工夫点や設計思想をまとめたパネルを現地に掲示し、点検者や後任者が容易に把握できるようにする。
- ・設計思想をまとめ、データとして後任者に引き継げるようにする（設備毎の設計思想は人事異動等により過去から十分な引き継ぎがされていなく、過去の工事書類からの検索にも多大な労力を要する。このような現状の反

省から)

(イ) 今回と同様なゲート更新工事は今後多数実施されることと思う。今回工事の事例は、工夫して対応した一事例としての活用のみならず、発注前の検討段階での注意点として、他施設ゲート更新の際の参考になると考えるため、他事務所へも情報提供を図っていきたい。

(ウ) 撤去したゲートは、設置後46年経過したものであり、主ローラ部は固着していた。撤去して鉄くずとして売り払うだけではなく、今後の維持管理の参考となるいい教材であるため、今後主ローラ部の分解を行い、固着原因の検証を行う計画である。

6.さいごに

近い将来、社会インフラが一斉に老朽化するという初めての経験に我々は直面しようとしている。国全体として戦略的に取り組んでいるところだが、老朽化等の課題に直面する各現場技術者のアイデアや工夫が今後重要になると思っている。経験豊富な上司や先輩達にアドバイスをいただきながら、今後も積極的な工夫に取り組んでいきたい。