

京都府景観資産を織り成す 「流れ橋」の再生

セントラルコンサルタント株式会社 須田 花織

論文要旨

京都府の久御山町と八幡市を結ぶ、木津川下流部を横過する上津屋橋(以下、流れ橋)は、昭和28年、洪水時に水の流れを阻害しない工夫として流れる構造にて施工されている。この独特の構造より、通称「流れ橋」と呼ばれている。現在では、京都府の景観遺産や文化庁の日本遺産に指定され、八幡市の観光資源のひとつとして多くの方々に愛されている木造橋である。

本業務では、近年の頻発する集中豪雨により流出回数が増えた流れ橋に対して、流れ橋の特性や景観を保ちつつ流出頻度を低減させるために復旧詳細設計を実施した。本稿では、その復旧方針と設計内容について紹介する。

Key Words : 木造橋, 流出構造, 復旧, 景観

1. はじめに

本業務は、図-1に示す京都府南部を流れる一級河川木津川に架かる橋長L=356.5mの流れ橋の復旧設計を行ったものである。

架設位置周辺は昭和20年代当時、上下流3km以内に橋がなく、左岸側にある日本三大八幡宮のひとつである石清水八幡宮への参拝者や近隣住民は、木津川の渡河に渡し船を利用しており、地元から橋梁を設置するよう強い要望があった。そこで、短期間で安価に平水位を渡河できる橋種として、昭和28年に高水敷を結ぶ高さに木造橋が架橋された(図-2)。また、河川の増水時に水の流れを阻害しないように配慮し流れる構造が採用された。



図-1 位置図

流れ橋は竣工以降、60年間で21回(3年に1回程度のペース)流出している。最近は4年連続で流出しており、本業務の着手直前にも台風による大雨で流出していた。近年の流出頻度の増加により、流出後の復旧費用が増加し、流れにくい流れ橋への復旧が望まれていた。

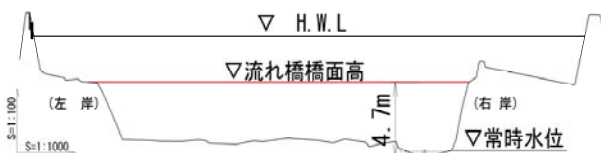


図-2 旧橋上部工天端高とH.M.L.の比較

2. 橋梁概要

(1) 橋梁諸元

橋梁名	上津屋橋
路線名	府道 八幡城陽線
橋梁規格	人道橋
設計荷重	群衆荷重(載荷幅2.0m)
橋長	356.5m
全幅員	3.3m
有効幅員	3.0m
縦断線形	LEVEL
横断勾配	LEVEL
橋梁形式	木造橋

(2) 流れる構造

流れ橋は河川の増水時、図-3に示すように流れる仕組みとなっている。

- ①大雨により木津川の水位が上昇する。
- ②川の水位が橋桁高さまで増加すると、ユニット化された上部工が浮かび上がり、3径間ごとにワイヤーロープでつながれた13ブロックに分かれる。
- ③各ブロックはワイヤーロープで繫留橋脚に繋がっており、流失することなく筏のように流れ、大水を受け流し、被害を最小限に抑える。
- ④水位が低下後、流出した上部工を橋脚の上に戻すことによって、流出前の状態に復旧することができる。

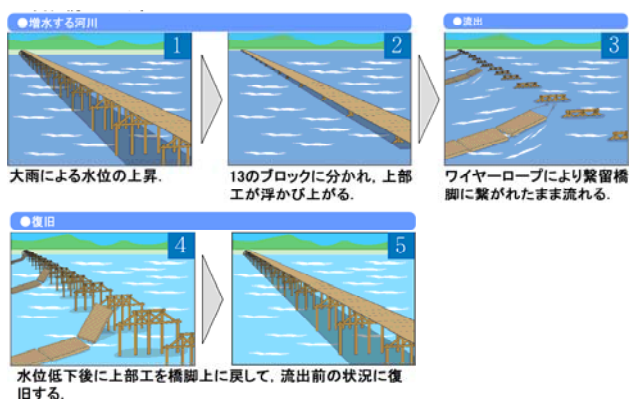


図-3 流れ橋のしくみ

昭和28年当初、上部工は径間毎にバラバラに流出する構造であったが、平成になり被災したところから順に上部工をユニット化し、再利用しやすい形状に改められた。これにより、被災時に上部工が下流まで流出してしまうことがなく、流出した上部工が原型を留めたまま持ちこたえることが可能となった。また、ユニット化した上部工をつなぎとめている橋脚を、繫留橋脚と言う。

この流れる仕組みが流れ橋と呼ばれる所以である。本業務では、この特性を保ったまま流出頻度を低減する復旧設計を行った。

3. 旧橋からの変更点

流れ橋は、八幡市の観光資源のひとつであり、景観を損なうことなく流出頻度を低減させる必要があった。これに対し、学識経験者、地元住民の参加した『上津屋橋(流れ橋)あり方検討委員会』が計5回開催された。次に示す要因に対して議論がなされ、対応策が決定された。

(1) 流出要因

流れ橋の流出回数増加の原因としては、次の3つが考えられる。

- ・集中豪雨の増加による水位上昇回数の増加

- ・橋脚及び橋桁への流木の接触による破損
- ・木杭の老朽化による劣化

(2) 構造変更時の問題点

流出回数を減らすために構造の変更を行う上で、以下のような問題が考えられた。

- ・水の流れを阻害せず、且つ、景観への配慮から高欄の設置は不可。
- ・端部の繫留橋脚が低水路法面近傍に設置されている(図-5)ため、上部工流出時に法面が削られる。
- ・旧橋では、繫留橋脚とその他の橋脚で構造が違っており、景観を阻害していた。

(3) 構造変更

(1)に挙げた流出要因へ対応し、(2)の問題点を解決するため、以下の事項について構造変更を行った。

a) 橋面の嵩上げ

流出頻度を低減するため、橋面の嵩上げを行った。旧橋のイメージを損うことなく、利用者の高所転落による危険性を考慮し、河床から橋面までの高さを5.7m以内(現況からの嵩上げを1.0m以内)とすることを基本の考え方とした。加えて、5年確率での水位を算出し、河床から橋面までの高さを5.45m(現況からの嵩上げ高さ0.75m)になるよう嵩上げを行った。

b) 支間長の延長及び橋脚位置の決定

流木等の橋脚への接触を低減させるため、支間長を現在の2倍程度の間隔まで延長した。また、橋脚位置は、図-4に示したとおり、旧橋の橋脚位置を基本とし、流出しなかった控え木をできるかぎり再利用できる位置として決定した。

橋脚位置を設定した結果、支間長は8.678~10.100m、橋脚数は40基となった。平均径間長は、旧橋の4.9mから9.1mとなった。

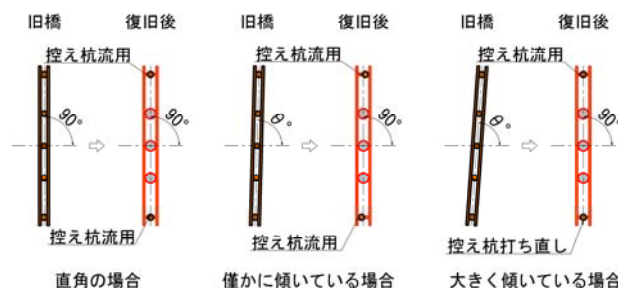


図-4 控え杭流用の方針(橋梁中心線との関係)

c) 繫留橋脚の決定

図-5に示すように、旧橋における繫留橋脚は、9~11径間に1箇所端部から順に設けられ、低水路法面近傍にも設置されていた。旧橋のように低水路法面近傍に繫留されたブロックは、低水路法面を損傷させる原因となっており、河川管理者からは改善が望まれていた。

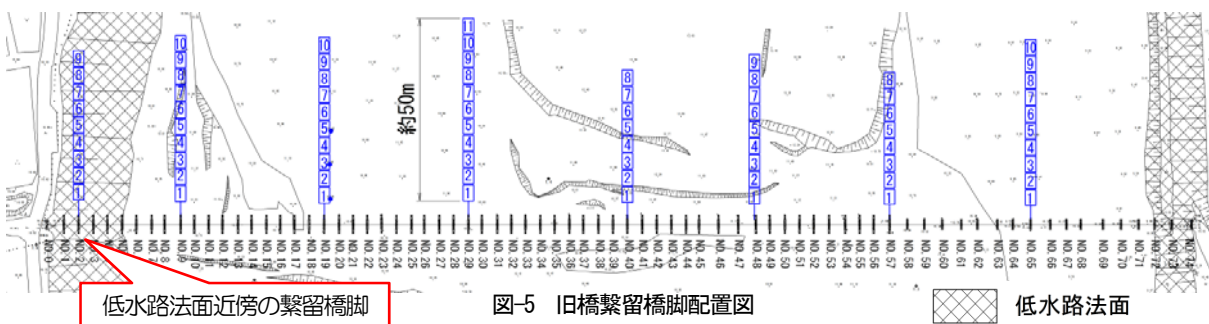


図-5 旧橋繫留橋脚配置図

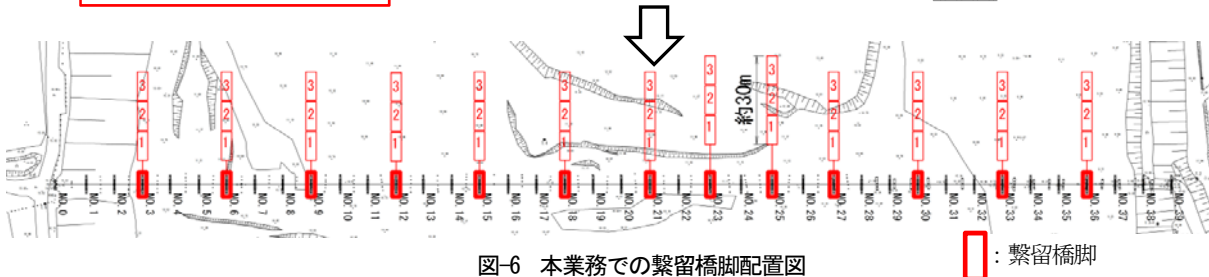


図-6 本業務での繫留橋脚配置図

そこで図-6に示すように、低水路法面近傍から出来るだけ遠ざけたNo.3橋脚より、3スパン毎を基本に13基を繫留橋脚とした。また、繫留橋脚を増やすことで、一体化された上部工ブロックの最大長さを50mから30mと短くできた。これにより、上部工流出時に流れる力を減少させることができ、繫留橋脚とその他の橋脚を同一の構造とすることが出来た。

d) 橋脚構造の変更

木材の老朽化による橋脚流出の低減と、支間長が長くなったことによる支持力増強のため、橋脚の杭木を控え杭を除いてPHC杭に置き換えた。また、旧橋のイメー

ジを損なわないよう、PHC杭の大きさをφ300とし、杭を木材と同色系に着色し、コンクリート製であることが目立たないように配慮した。

(4) 復旧形状

復旧後の橋梁形状は図-7のとおりである。

4. 復旧詳細設計

(1) 活荷重たわみの許容値

本橋のたわみの許容値は支間長Lの1/270とした。この値は他の基準類に示されるたわみより大きくなっている¹²⁾が、旧橋における活荷重たわみが支間長Lの1/270程度であったことに加え、丸太を主桁とした構造としては、意匠の面からも限界であったことに起因する。また、当該許容値は先に示した上津屋橋(流れ橋)あり方検討委員会での承認により採用に至ったものである。

(2) 杉材の許容応力度

本橋の桁木である丸太材の曲げ引張の許容値は9.5N/mm²とした。これは建築材における、針葉樹製材の繊維方向の許容応力度³⁾である。

(3) 杉材のヤング係数

本橋の桁木である丸太材のヤング係数は7.0×10³N/mm²とした。これは新橋で使用する杉材を供給頂く製材所からの提案値である。ちなみに鋼材のヤング係数は2.0×10⁵N/mm²であり、鋼材の70分の1程度の値である。

(4) 上部工断面の検討

支間長が旧橋の約2倍になったことにより、桁木の直

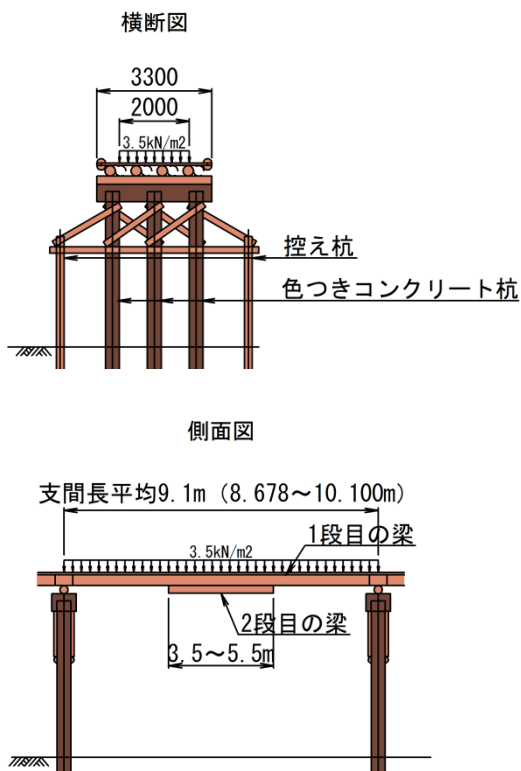


図-7 復旧後の橋梁形状

径を旧橋の22cmから30cmに変更したが、φ300の杉丸太だけでは、許容応力度、許容たわみ量とも満足させることができなかった。ここで設定した直径30cmは、長さ9m以上の杉材で大量に調達できる直径の限界値であった。そこで、旧橋の桁木を曲げモーメントが最大となる支間中央部分に2段目の梁として設置し重ね梁とした。2段目の桁木に旧橋の桁木を流用することで資源の有効利用にもつながった。この2段目の桁木の長さは、モーメント図から必要範囲を決定し、この必要範囲よりも支点寄りに配置されている1段目と2段目の桁木を接合するボルトを包括させるため、必要長(必要範囲)+50cmで決定した。このルールに従い2段目の桁木の長さは、支間長によって変化し10cmラウンドに切り上げ、3.5~5.5mとした。また、桁木だけでは全ての許容値を満足できなかったため、挟み木を構造部材として考慮した。図-8の着色部が構造部材である。

また、全ての部材はボルト接合されており、全ての部材が一体挙動するものとみなし合成断面で設計した。

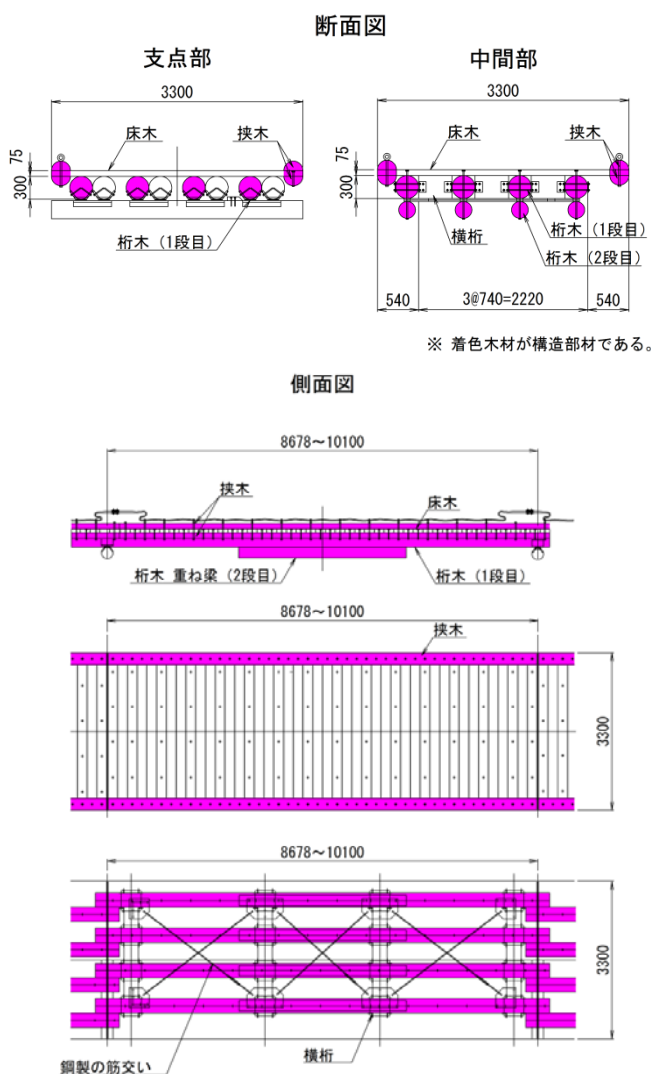


図-8 上部工構造部材

(5) ユニット化による復旧性の向上

本橋では、上部工部材である桁木、床木、挟み木が流出時にばらばらにならないよう、上部工のユニット化を行った。上部工の各部材をボルトで接合するとともに、1径間毎に2箇所設置した中間横桁によって仕切られたパネルごとに鋼製の筋交いを配置し、形状保持のための補強を施した。

(6) 下部工の設計

PHC杭及び杭頭部のRC梁については道路橋示方書に準じて設計を行った。ただし、PHC杭の施工にはプレボーリング最終打撃工法を採用した。当該工法は道路橋示方書に規定がないため、他工法を推奨したが、発注者の指定工法として当該工法を採用し、支持力には建築での基準を採用した。しかしながら当社成果としての妥当性検証も含め打ち込み杭工法としての成果も示した上で設計を終えている。

(7) 橋脚周りの飾り木

PHC杭に取り付けてある飾り木はPHC杭に設置するスタッドボルトを溶植した鉢巻状の鋼製パーツを製作し、これに各飾り木に取り付け孔を穿孔して取り付けた。

5. おわりに

流れ橋流出後の復旧工事費は、1回でおよそ3千万程度となる。近年の流出頻度を考えると、2年に1度流出する予測が立てられていた。それゆえ、今後50年のLCCはおよそ7億5千万円程度と想定される。本設計の想定どおり、今後5年に1度に流出頻度が抑えられた場合、50年でのLCCは3億円となる。本設計での工事費約3.8億円を加算しても6億8千万円となり、およそ7千万円のコスト縮減となった。

本業務は、発注者からの評価が高く、橋梁設計にとどまらず、広報用のビデオ・パンフレット・案内看板・模型作成と関連業務を受注するに至っている。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，2012
- 2) 日本道路協会：立体横断施設技術基準・同解説，pp34, 1979
- 3) 日本建築学会：木質構造設計規準・同解説—許容応力度・許容耐力設計法，pp158, 2006

図-1及び図-2を除く図は下記業務報告書の抜粋であり、図-3は京都府の流れ橋パンフレットからの抜粋である。

「管内一円(八幡城陽線)橋りょう維持修繕業務委託(山北26橋修第999号の2の5)他」