

[共通セッション] 新設および大規模改修時における橋梁計画

新設および大規模改修時における橋梁計画 (2)

2019年9月3日(火) 10:25 ~ 11:55 CS-4 (幸町研究交流棟 5F会議室)

[CS3-15] 史跡鳥取城跡 擬宝珠橋の設計

Restoration design of the wooden bridge at the historic site of Tottori Castle

*松井 幹雄¹、初鹿 明¹、金箱 温春²、潤井 駿司²、赤澤 泰³ (1. 大日本コンサルタント、2. 金箱構造設計事務所、3. 文化財保存計画協会)

キーワード：復元橋、ステンレス鋼材、歩道橋、水中梁、木橋、文化財

Restoration design, stainless steel, footbridge, beam in the water, wooden bridge, heritage

鳥取市において整備を進めている鳥取城跡「大手登城路」の復元整備の内、中ノ御門跡大手橋（擬宝珠橋）の復元設計について報告する。設計の特徴は、既存RC橋梁の上部工と橋脚を撤去し、その基礎構造を利用して2相ステンレス製の3径間の水中梁を架け、その上に8径間の木橋を復元した点にある。復元に至る歴史的背景と経緯、ステンレス製水中梁と木橋との一種のハイブリッド構造となった設計の概要と工夫点などを報告する。

史跡鳥取城跡・擬宝珠橋の設計

大日本コンサルタント株式会社 正会員 ○松井幹雄、初鹿明
 有限会社金箱構造設計事務所 金箱温春、潤井駿司
 株式会社文化財保存計画協会 赤澤泰

1. はじめに

鳥取城は、戦国時代の山城を起源とし、江戸時代には国内 12 番目の規模を誇った鳥取藩 32 万石の居城として整備され、現在は国の史跡に指定されている。今回、復元した史跡鳥取城跡・擬宝珠橋は、17世紀前半に創建され、その後幾度かの架替えを経て、1868年(明治元年)に架替えられた、木橋として最後のもの(1897年頃まで存続)を参照したものである。

現在進められている復元事業は、鳥取市の中核都市移行記念事業及び明治 150 年記念事業として計画されたもので、城の正面景観を回復し、近世鳥取城の顕在化を目的に、擬宝珠橋(大手橋)だけでなく、中ノ御門(大手門)、太鼓御門の建物復元を含めた大手登城路の全体的な復元整備を行っているものである。^{1)、2)、3)、4)}

本事業開始時は、擬宝珠橋があった場所には、1963年(昭和38年)に建設された3連の PC 単純中空床版橋(L=35.080m)が、鳥取城三の丸跡地に立地する県立高校の通用道として利用されていた。本計画は、その橋の利活用も含めて、復元計画のあり方を検討するところから始まった。

2. 復元計画にあたっての課題

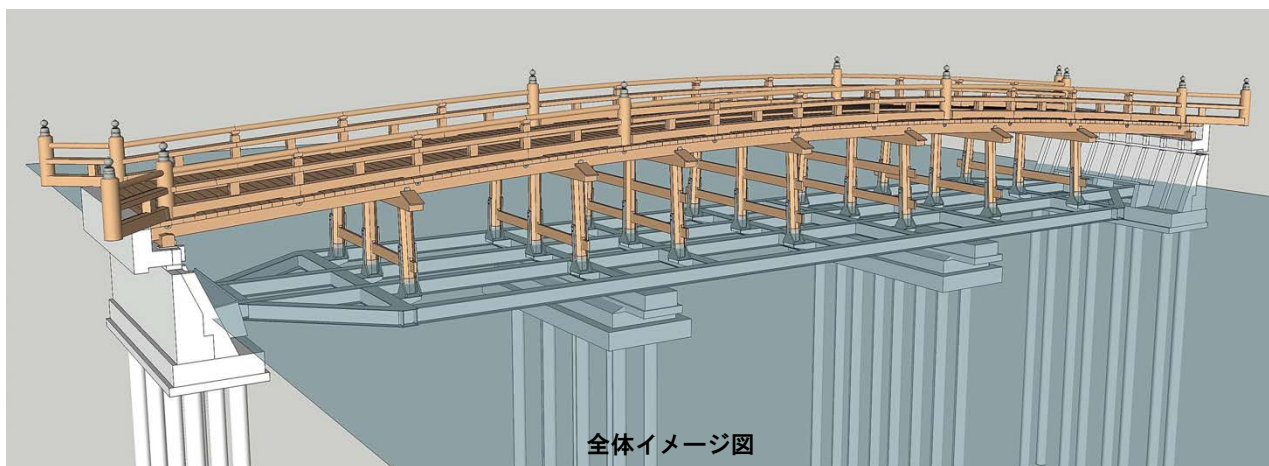
復元に先立ち、2011年(平成23年)に橋の痕跡を確認する調査が行われた。その結果、堀底から江戸時代

及び明治時代以降の計 3 世代の異なる橋脚の基底部 69 本が検出された。この調査から、復元を目指す擬宝珠橋の橋脚について、三本を一橋脚とする 7 列全てを確認し、復元根拠となるデータを取得した。そして、確認された全ての橋脚遺構(国指定文化財)を傷つけることなく、また、既にある状況(既設橋の存在)を前提に、史跡の本質的価値の回復に値する復元となる工事をどのように計画するかが、解決すべき課題となった。

3. 復元計画の概要(解決策)

堀底の遺構保護が前提条件であったため、復元を実現するための構造は、自ずと既設RC橋基礎を再利用した梁を水中に架け渡し、その上に木造橋を載せる二重構造とする発想となった。そこで、橋脚遺構を避ける井桁状の水中梁の形状を、パズルを解くように設定し、その実現性をまず確認した。遺構を避けることは可能であったが、最新の耐震基準をクリアするためには追加の基礎杭を打設する工事が必要であった。ただし、この方向性は堀底の文化財を毀損する可能性があったため採用は見送られ、現在の状況の中でできる限りの耐震性や耐久性を確保することとなった。

最終的に、現況非悪化の考えに則り、できるだけ軽量化を図ること、耐震性は水平震度0.3に耐えることが大きな設計方針となった。



Keyword 復元橋、歩道橋、木橋、鋼橋、水中梁、ステンレス鋼材、文化財

設計の結果として、木橋部の保有水平耐力(橋軸直角方向)は、概ね水平震度換算値で 0.8 程度、既存の橋脚基礎にかかる設計荷重は6割程度に軽減されたものとなっている。

4. 復元設計の概要

設計荷重は、「道路橋示方書・同解説(2012)」、「立体横断施設技術基準・同解説(1976)」及び「防護柵の設置基準・同解説」に準じて、死荷重、活荷重、雪荷重、地震荷重、風荷重、高欄推力を設定した。活荷重は特定の自動車輪荷重(軽トラック相当)、群衆荷重とし、群衆荷重は床板設計用として 5.0 [kN/m²]、主桁等設計用として 3.5 [kN/m²]、地震時照査用として 1.0 [kN/m²]を採用した。

構造設計は常時荷重として死荷重+活荷重+雪荷重(圧雪時)+高欄推力(SP 種)を考慮し、短期荷重として常時荷重に加えてレベル1地震動(Kh=0.3)、風荷重を考慮して許容応力度設計を行い、レベル2地震動に対しては保有水平耐力計算を行った。

木橋部は、史実より脚柱・床板にクリ材、桁・高欄にヒノキ材を用いている。主な部材の寸法は、脚柱が 300 φ、主桁と横桁が 360×360、貫が 75×270、床板が 100 mm 厚である。木材どうしの接合部は、嵌合や接着具を用いるが、何れも木部のめり込みによって強度や剛性が決まるため、接合部の強度や剛性は母材よりもはるかに小さなものとなり、全体挙動に与える影響が支配的となる。このような木質構造部材の剛性評価や断面検討は日本建築学会の諸規準^{5)、6)、7)}に準拠して行った。構造詳細に関しては、資料が明確なものはそれに準拠し、そうでないものは既存工法の再現に拘わることなく構造として必要な強度を確保させることが重要と考えて対処した。水平力に対する基本的な抵抗メカニズムは、橋軸方向は、橋桁の圧縮軸力により片側の橋台に伝達し、橋直角軸方向では、丸柱の柱脚および貫仕口部が曲げモーメントを負担し靱性を持って水平力に抵抗することとなる。これらを成立させるための接合部は基本的にはボルトや金物類を使用したが、それが見えないような工夫を行った。

水中梁は復元木橋を支える基礎として水中にあるだけでなく、木柱を支える部材は最も腐食しやすい水際部に位置することから、高耐久材料であるステンレス(二相ステンレス鋼材)を採用し、その設計は「ステンレス鋼土木構造物の設計・施工指針(案)」に準拠した。主要部材

断面は、活荷重等のたわみにより遺構を損傷させる恐れがない曲げ剛性を確保し、橋軸方向の梁は高さ 400、幅 320 の組み立て H 型鋼、橋軸直角方向の横梁は高さ 400、幅 320 の組立箱型断面とした。遺構の木杭を避けるように配置した水中梁は、新しい木柱の直下には無く、横梁からブラケットを張り出して支持することとしている。それによって生じるねじりモーメントに抵抗するため横梁は箱型断面としている。接合部は現場の施工性を考慮してボルト接合とした。

木柱と水中梁の接合部は耐久性を考えた際に最も重要な部位である。水中梁から張り出すブラケットに木柱を載せ、軸力、せん断力、曲げモーメントが伝達でき、取り換え時の工事がしやすく、外観もすっきりしているディテールを検討し採用した⁹⁾。

5. おわりに

本橋は国内最長(全長約 36m、幅 6m)の城郭復元橋で、多くの参加者が見守る中、平成 30 年(2018 年)10 月 8 日に完成式が行われた。今後、橋の正面に中ノ御門が、その奥に太鼓御門が復元予定であり、着々と大手登城路の復元が進む予定である。

地域のアイデンティティを掘り起こす、意義のある本事業に関わることができた喜びを感じている。事業者の鳥取市様をはじめ関係者の皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) 細田隆博(鳥取市教育委員会):『【鳥取城】幕末の姿を復元する大手登城路整備』「城人」お城の現場より～発掘・復元の最前線第5回 (2018)
- 2) 赤澤泰:鳥取県 史跡鳥取城跡大手登城路整備事業-擬宝珠橋復元工事-、文建協通信、134
- 3) 日経コンストラクション2019.03.25、土木のチカラ「擬宝珠橋(鳥取市)」
- 4) 道路構造物ジャーナルネット:現場を巡る「鳥取市擬宝珠橋」、<https://www.kozobutsu-hozen-journal.net/walks/detail.php?id=227&page=1>
- 5) 木質構造設計規準・同解説(2006):日本建築学会
- 6) 木質構造接合部設計マニュアル(2009):日本建築学会
- 7) 限界耐力計算による伝統木造建築物構造計算指針・同解説(2013):日本建築学会
- 8) ステンレス鋼土木構造物の設計・施工指針(案)(2015):日本鋼構造協会
- 9) 松井幹雄、初鹿明:ステンレスアプリケーション「史跡鳥取城跡擬宝珠橋復元工事 その設計について」、JSSC.2019.WINTER NO.36