

花峯橋を対象とした土木遺産の保存における 3次元モデルの利用可能性

本田 泰寛¹・佐藤 藍羅²・小林 一郎³

¹正会員 第一工科大学工学部環境エネルギー工学科 (〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2)

E-mail: y-honda@daiichi-koudai.ac.jp

²正会員 株式会社建設技術コンサルタンツ

³正会員 熊本大学大学院特任教授

1929(昭和4)年宮崎県日南市に建設された花峯橋は、一部補修や変更を受けてはいるものの、橋梁全体にわたって劣化が著しく、崩落している部分も認められる。しかしながら、現状では修復の目途が立っていないため、崩壊・消滅の可能性もある。一方、完成時の図面資料は今のところ確認されておらず、さらに現橋も健全な状態をとどめていないため、保存や将来的な修復を念頭に置いたなんらかの対応が必要なのではないかと考える。本研究ではその一手法として CAD ソフトを用いた花峯橋の3次元モデルを作成し、その利用可能性について検討する。

Key Words: timber bridge, civil engineering heritage, Hanamine Bridge, conservation, 3D-Model

1. はじめに

著者らは現在、土木遺産の保存・活用における3次元モデルの活用可能性について研究を行っている¹⁾。今回、宮崎県日南市の堀川運河に架かる木造橋である花峯橋を対象とした事例研究を行った。

建設から90年以上が経過した花峯橋は、一部補修や変更を受けてはいるものの、橋梁全体にわたって劣化が著しく、崩落している部分も認められる(写真-1)。しかしながら、現状では修復の目途が立っていないため、崩壊・消滅の可能性もある。一方、完成時の図面資料は今のところ確認されておらず、さらに現橋も健全な状態をとどめていないため、保存や将来的な修復を念頭に置いたなんらかの対応が必要なのではないかと考える。



写真-1 花峯橋全景(下流側)

本研究ではその一手法として CAD ソフトを用いた花峯橋の3次元モデルを作成し、その利用可能性について検討した。本稿ではその成果を報告する。近年は、経年劣化による崩壊だけでなく、自然災害による被災や撤去なども散見されるが、3次元モデルは様々な形で活用可能であると考えられる。

2. 花峯橋の概要

(1) 建設の経緯

花峯橋は1929(昭和4)年に宮崎県日南市の堀川運河上に架けられた橋長26.8m、幅員6.1m、スパン約9mの3径間の木造方杖橋である²⁾。橋台は石造布積、橋脚はコンクリート製の基礎に脚柱及び方杖が据えられている(橋脚は1950(昭和25)年頃にコンクリート基礎に改造された)。堀川運河は、飢肥藩伊東家の特産品である飢肥杉の積み出しのため、広渡川と油津港を結ぶために1686(貞享3)年に完成したもので、花峯橋にもこの飢肥杉が用いられている。

本橋は、仕口などの加工に伝統木造の技術が見られるのと同時に、ボルトやかすがい、金物など伝統的な木造橋梁とは異なる工法が併用されている。飯村によれば³⁾、この工法は昭和初期に我が国で発展した「新興木

構造⁴⁾」と呼ばれるもので、鉄材不足を補うための代用資材として木材が再認識され、工学に基本を置いた新しい木造として発展したもので、当時の日南に飢肥杉を利用した新興木構造を受け入れる素地があったことを示している。

このように花峯橋は、当時の我が国における木造橋建設技術を今に伝える土木遺産であり、2004（平成16）年には、現存する数少ない木造方杖形式の道路橋のひとつとして、堀川運河護岸、広渡川石堰堤ともに、登録有形文化財となった。また、2021（令和3）年には土木学会選奨土木遺産にも認定もされた。

(2) 保存状態

このように文化財、土木遺産としての価値が認識されてはいるが、完成から90年以上が経過した本橋は、木材の腐食や割れ等が橋梁全体にわたって認められる。主桁に相当する木材の崩落が主要因となって、橋面は2ヶ所が写真-2のように大きく陥没している。これに伴い、木製高欄も継ぎ手が分離している。木材を連結するために各所に設けられたかすがいや金属板も各所で腐食が認められる（写真-3）。前述のコンクリート橋脚基礎にもクラックや欠損が生じている。

こうした劣化による交通への影響は20年近く前から起こっており⁵⁾、2003（平成15）年頃には重量2t以上の車両を通行禁止とする措置が取られた。その後、2012



写真-2 上流・左岸側の橋脚付近



写真-3 金具およびボルト

（平成24）年には防護柵設置による幅員制限（W=3.0m）が実施され、翌2013（平成25）年には車両通行止めとなった。2014（平成26）年1月には右岸側の橋面の陥没が著しい箇所の補強が行われるなどの対策も取られ、その後車道としての解体復元や歩道橋としての存続を目指した議論がなされたが、2018（平成30）年には建設課から生涯学習課へと移管され、2019（平成31）年3月に市議会で市道花峯橋線廃止が議決された。崩落の可能性もある状況であるとのことで現在は通行禁止となっている。

3. 3次元モデルの作成

(1) モデル作成における課題

花峯橋のモデル作成にあたって現地調査を実施した結果、以下に挙げるような点が課題として明らかになった。

- ① 全体的に崩壊が進行しているため、現橋の保存自体が極めて困難
- ② 木材、金物の劣化も著しく、健全であった状態の推定が困難になりつつある
- ③ 復元や架け替えを想定した場合、木材の接合、部材形状や金具の配置、基礎の構造などを任意の視点で確認することが困難

3次元モデルを作成しておくことは、こうした課題の解決に貢献できるのではないかと考える。

(2) 作成に用いた資料

上述のように、花峯橋が建設されたときに作成された図面資料は現時点では確認できていない。このため本研究では、日南市教育委員会が作成した現橋の一般図⁶⁾および現地での目視による確認に基づいて3次元モデルを作成した。さらに、劣化が進んで元の状態が十分に確認できない部分や、ボルトの位置や床版の構造のように目視での確認ができない部分については、花峯橋が建設された昭和初期に刊行された木構造の設計に関する教科書を参照した⁷⁾。3次元モデルの作成にあたってはAutodesk社のCivil3DおよびInfraworksを用いた。

4. 3次元モデルの活用例

(1) 疑似的な保存

今回作成した花峯橋の3次元モデルを図-1に示す。このモデルは現橋の諸元が反映されているため、実際の寸法情報を持っている。また、木材の中に埋め込まれたボルトや金属板なども作成しているため、一種の保存にもなりうる（図-2）。また、写真やレーザースキャナのような外観だけではなく、内部の構造（図-3）まで作成することができるため、図面資料としての活用もできる。

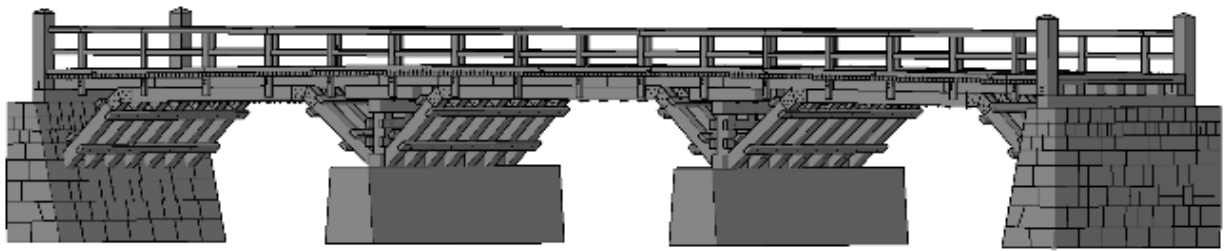
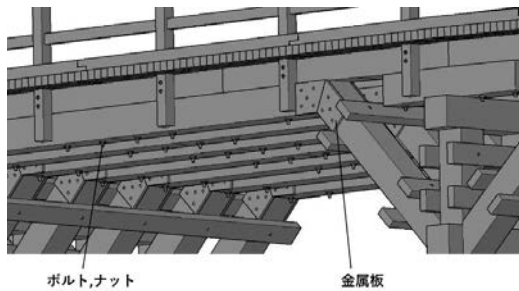


図-1 花峯橋の3次元モデル



ボルト, ナット

金属板

図-2 中央径間部の拡大図

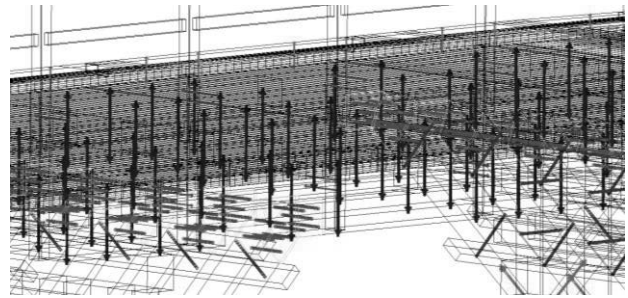


図-3 金属材料のみの表示

(2) 外観の復元

花峯橋には木材だけではなく、石材やコンクリート、金属など複数の材料が用いられている。しかし現状は劣化が著しく、目視でこれを理解することは困難である。図-4は花峯橋の3次元モデルに、材料別の着色を施したものであるが、これだけでも材料の種別と配置を容易に理解できるようになる。これは、健全な状態に近い外観の復元のひとつであり、花峯橋に用いられている新興木構造という技術的な特徴も表現されていると言える。

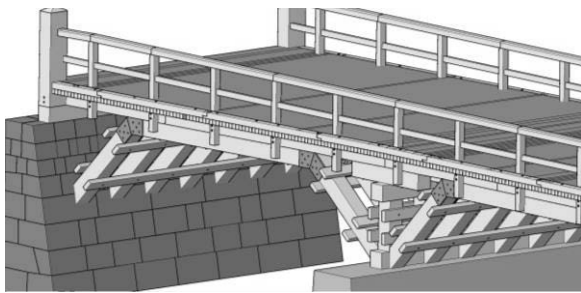


図-4 材料別に着色したモデル

表-1 腐朽度の判定表

腐朽度	状態	識別
A(0~20%)	良好	
B(20~40%)	ほぼ良好	
C(40~60%)	軽度	
D(60~80%)	顕著	
E(80~100%)	深刻	

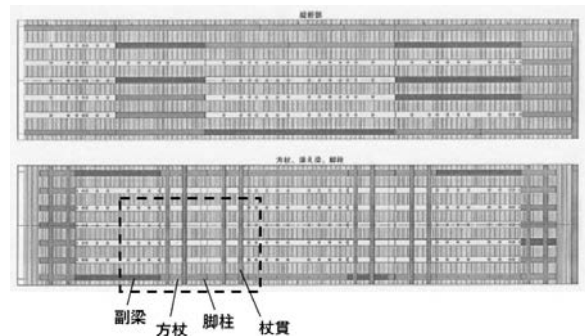


図-5 木材の腐朽状態調査結果(文献8)に加筆

(3) 腐朽度の可視化

2015(平成27)年時点における花峯橋の各部材の腐朽・劣化状態の診断が実施された⁸⁾。表-1は腐朽度の判定表である。文献8)では、腐朽度A~B(0~40%)の部分は再利用できるが、腐朽度C~E(40~100%)の部分は再利用は不可能とされている。

図-5は診断結果を図示したもので、上段は床版直下にある縦桁部、下段は方杖、副梁、脚柱の状態がそれぞれ

平面図で示されている。この図からは、立体的に組み合わされた方杖、副梁、脚柱の位置関係や、実際にどの部材がどの程度劣化しているかを把握することは容易ではない。そこで、この図の診断結果を3次元モデルに反映させた。図-6は、図-5の破線で囲った部分を示しているが、これにより部材と腐朽度の対応の把握が容易になる。

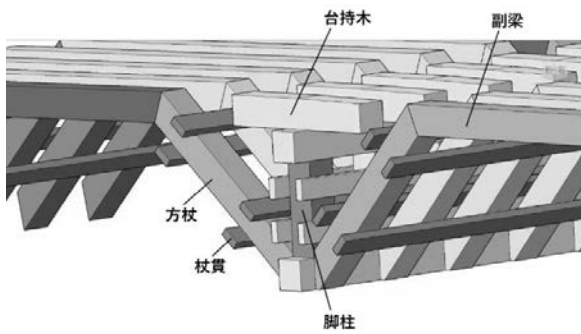


図-6 腐朽度別に着色した3次元モデル

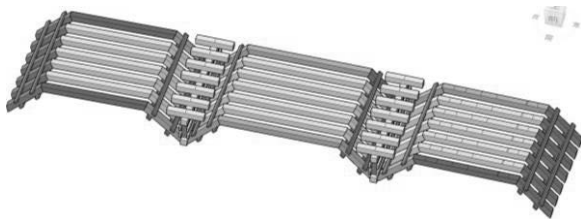


図-7 方杖，副梁，脚柱のみを表示

次に、同じ3次元モデルの視点を変えたものを図-7に示す。ここでは方杖，副梁，脚柱のみが表示されているが、腐朽度の高い部材に対して、腐朽度の小さい部材の割合が大きいことがわかる。また腐朽度の高い部材の分布をみると、橋台上に設置された方杖材と、外側に位置する副梁に集中する傾向も見取れる。

これはあくまでも一例であるが、3次元モデルを用いることによって、平面図だけでは把握が困難な情報を多様な関係者間で共有することが可能である。なお、図-7を見ると主構造となる副梁の多くは再利用可能であることがわかる。ここで文献8)の判定結果を容易に否定しうるものではないが、3次元モデルを活用することで、土木遺産の保存方針を検討する際に様々な視点を得るきっかけになるのではないかと考える。

(4) 施工手順の可視化

橋梁の大まかな施工手順を再現することで、施工・解体手順の検討や、橋梁全体の部材の配置、部材や金具の組み方や手順などを示すことができる。また、来訪者に対する橋梁の仕組みの説明などにも利用できる。

(5) 疑似的な現地保存

橋梁本体のモデルを地形や建物などの3次元モデル組み合わせることで、土木遺産とその周辺空間をある程度の精度で再現することができる。例えば花峯橋が東側の小丘（花峯山）に対して山アテとなっていることや（図-8）、花峯橋が堀川運河上に架かっている様子など（図-9）、花峯橋と架橋位置との関係も一括で保存することができる。

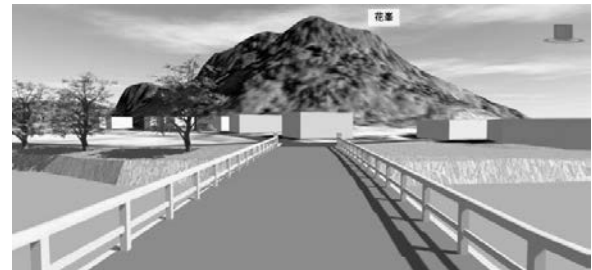


図-8 花峯橋上から花峯方向への眺め



図-9 堀川運河の斜路跡から花峯橋方向への眺め

5. おわりに

本研究では、花峯橋を対象に3次元モデルを作成し、その活用方法を提示した。土木遺産の3次元モデルをひとつ作っておくことで、消滅の危機にある土木遺産の保存の一手段となるだけでなく、修復や架け替えにおけるツールとして様々な形で活用できる可能性を有していると考えられる。

謝辞：本研究の遂行にあたって、日南市教育委員会生涯学習課文化財係の平原様には多大なるご協力をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 小林ほか：錦帯橋の大工技術伝承における3D-CAD利用の可能性，土木史研究講演集 Vol.31, pp.81-84, 2011
- 2) 日南市教育委員会：『日南市の文化財』，p 61, 2011
- 3) 飯村ほか：75年間の供用に耐えた木造車道橋「花峯橋」，第3回木橋技術に関するシンポジウム論文報告集, pp.107-114, 2004
- 4) 堀口甚吉：『新興木構造学』，竹原文泉社，1941
- 5) 日南市教育委員会生涯学習課：花峯橋にかかる経緯，2019
- 6) 花峯橋現況一般図（日南市教育委員会提供）
- 7) 例えば，中村謙一：『近世橋梁學上巻』，工業雜誌社，1925 や，福田武雄：『木構造学』，技報堂，1953 など
- 8) 日南市建設課保全係：【花峯橋改修事業】資料，2015

(2022. 4. 18 受付)