

三条大橋の歴史的価値及び災害時性能を踏まえた構造デザインの提案

京都大学 正会員 ○高橋 良和
 京都大学 学生会員 森 章太郎
 京都大学 正会員 米山 望

1. 研究背景・目的

京都の中心地に位置する三条大橋は、インフラとしての機能は勿論のこと、周辺環境を含む一体が原風景として固有の価値を有している。現在老朽化等により補修・修景が計画されているが、官民学合同で行われたデザイン検討会議では、構造的検討に関して議論されていない。そこで本研究では、技術の進歩に伴い災害時の挙動が正確に把握できるようになったからこそ三条大橋の美しい風景を次世代に継承するために、固有の歴史的価値の保存と、地震時・洪水時の構造的検討を両立させた最適な補修方法の提案を行う。

2. 構造デザインと三条大橋の歴史的価値

一般の利用者は、橋梁の姿形の変化から災害に対する性能の向上を理解する。そこで本研究では、力学的性状を表す「構造」、外観の意匠性や副次的な装飾性ではなく、構造的要素に起因した視覚情報から認知できる構造物の形状を「視覚的フォルム」と定義し、併せて「構造デザイン」とする。

本研究では、三条大橋の歴史的価値を象徴する「擬宝珠付き木製高欄」、「石柱橋脚」、「多柱式構造」(図-1)に着目した。構造の変化を時系列的に整理し、都市計画事業の影響や鴨川における洪水の被害などに伴い、度々架け替えや補修が行われてきたが、視覚的フォルムに大きな変化は見られないことが確認された。

また、歴史的価値の保存に向けた取り組みと災害に対する構造的検討を両立して補修が行われ、視覚的フォルムが維持継承された事例(図-2)を分析した。



(a)擬宝珠付き木製高欄 (b)石柱橋脚 (c)多柱式構造

図-1 三条大橋の歴史的価値



(a) 錦帯橋 (b) 常磐橋 (c) 殿橋
 図-2 再整備が実施された歴史的橋梁

3. 水理的検討

(1) 概要

「多柱式構造」という特徴から河積が狭く、流下方向に脚柱が5本並列しているため橋脚周辺の水の流れは複雑になると考えられる。また、近年大雨による洪水が頻発し、著しい水位上昇が確認され部材の流出等が懸念される。そこで、本研究では洪水時の流水圧の影響、特に最下流橋脚上部に位置する石柱に作用する流水圧を把握し、石柱流出の可能性を定量的に評価した。解析手法に関して米山らが開発した3次元非静水圧解析モデル(H-FRESH)を用いた¹⁾。解析モデルは図-3の通りである。本解析では、中層梁で繋がれた5本の橋脚を「ユニット」と定義し、流量は京都市が定める計画流量 $680\text{m}^3/\text{s}$ 、水位は計画高水位 3.8m を用いた。

(2) 解析結果及び考察

図-4に解析結果を示す。洪水時の石柱橋脚への流水圧は 4kN 程度で概ね一致することから、ユニットの有無による流水圧の影響は小さいと判断できる。また、過去の植村らの検討²⁾に倣い、石柱橋脚に対して Zero-length section element を採用した静的解析の結果を図-5

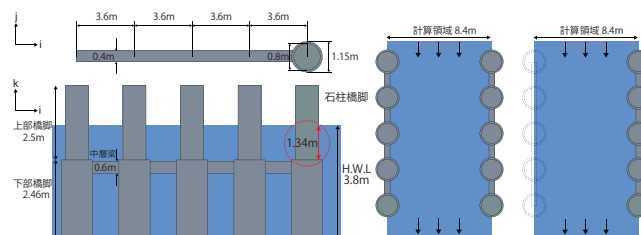


図-3 解析モデル

キーワード 構造デザイン, 補修計画, 歴史的価値, 流体解析, 静的非線形解析

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-139 TEL:075-383-3246 FAX:075-383-3244

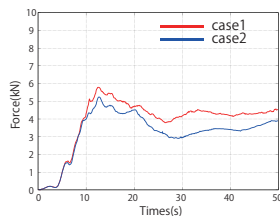


図-4 解析結果

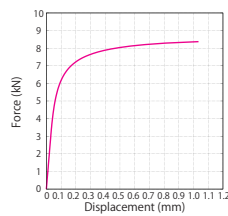


図-5 解析結果

に示す。流水圧が 8.37kN の時、流出することが確認でき、図-4 と比較して計画流量及び計画高水位時における石柱の流出可能性は低いと考えられる。

4. 構造的検討

(1) 概要

橋軸直角方向の耐震性能を把握するために、ファイバー要素を用いて橋脚のモデル化を行い、Pushover 解析を実施した。载荷は 0.1mm 間隔で変位を与える変位制御で 300mm まで変形させ、エネルギー一定則を用いた構造系の終局判定を実施し耐震性能の定量的な評価を行なった。なお、鉄筋の定着長が不十分であり、ラーメン構造として機能しているとは判断し難い箇所に関して、ピン接合とした構造についてもモデル化を行なった。(図-6, 7)

(2) 解析結果及び考察

荷重-変位関係(図-8)を見ると、水平変位450mm以降で解析が収束しなかったため地震時最大応答変位の算出には至らなかったが、塑性ヒンジ部は全て先行して終局に至っている。

5. 提案構造

ピン接合箇所を剛接合化し、耐震性能を向上させるとともに、歴史的価値の保存という観点から、視覚的フォルムを固定化した補修方法の提案を行う。

上部橋脚に対して、下部橋脚と径が等しくなるよう巻立て補強を実施する場合(case1(図-9))、図-8 と比較して3倍以上の復元力が現れ地震時応答の低減が確認でき、耐震性能が向上していると判断できる。

また、中層梁に対して、巻きたて補強を実施する場合(case4(図-10))、地震時応答の低減効果は小さいが、図-8 と比較して耐震補強効果が確認できる。施工性の観点からも効率的な補修方法であると考えられる。

6. まとめ

流体解析を実施し、洪水時に「石柱橋脚」が流出する可能性は低いことが確認された。また、現況の耐震性能を把握し、視覚的フォルムを固定化した補修方法

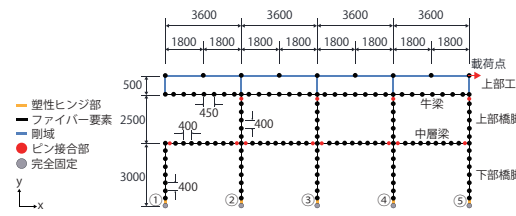


図-6 解析モデル(牛梁下ピン接合化)

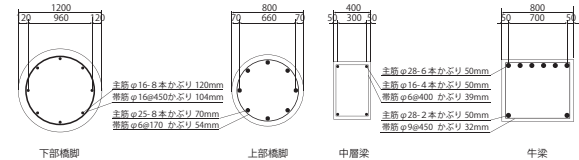


図-7 断面のモデル

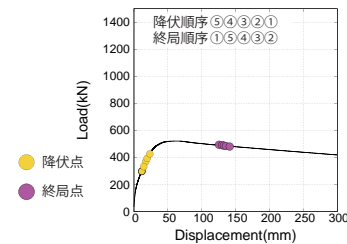


図-8 荷重変位関係

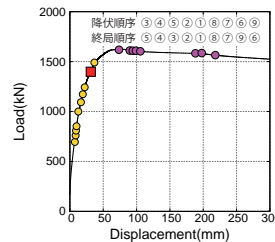


図-9 解析結果と完成イメージ(case1)

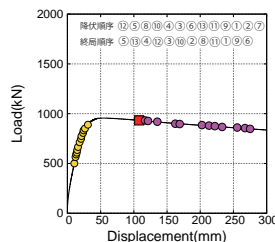


図-10 解析結果と完成イメージ(case4)

の提案を行なった結果、全てのケースにおいて耐震性能が向上していることが確認できた。

謝辞：京都市建設局土木管理部及び内外エンジニアリング株式会社には、調査結果及び解析用図面をご提供いただきました。謝意を表します。

参考文献

- 1) 米山ら：複雑な移動・回転を考慮した津波漂流物の三次元数値解析手法の開発，土木学会論文集 B2,65(1),266-270,2009.
- 2) 植村ら：復旧時の要求性能を実現するコンクリートヒンジの開発とそれを埋め込んだRC柱の正負交番載荷実験，土木学会論文集A1,77(4),I_266-I_283,2021.