

3D 計測を活用した既設橋梁の各種損傷のモデル化および耐荷性能評価

長崎大学大学院 学生会員 ○大山 智也

長崎大学大学院 正会員 山口 浩平

1. 研究目的

現在、日本では橋梁の老朽化が社会的な問題となっている。また、架設年度が不明な橋梁や詳細な一般図が残っていない橋梁が多数存在しており、橋梁の効果的な維持管理・更新の方法を確立することが求められている。そこで本研究では、中小規模の既設橋梁を対象に、3D計測結果などのデジタルデータから有限要素解析モデルを作成し、車両の通行を制限することなく、また橋梁を傷つけることなく耐荷性能を効率的に評価する方法について検討した。

2. 対象橋梁

対象橋梁を写真1(a)に示す、1934年に架設されたと推定されている6径間単純RCT桁形式の橋側歩道橋(架設後40数年間は道路橋として供用)である。計測は第6径間を対象とし、鉄筋腐食、剥離・鉄筋露出などの著しい損傷が確認されている。主桁の損傷状況を写真1(b)に示す。また、その他にも様々な損傷が確認され、直近の定期点検での橋梁毎の健全性はIIIと、橋梁構造の安全上に支障があると診断されている。

3. 研究概要

本研究の概要を図1に示す。有限要素解析は汎用プログラムであるMSC.Marcを使用した。はじめに、図2(a)に示す桁モデルでの解析を行った。対象は、主桁4本のうち特に損傷の著しい耳桁のG4である。健全な桁の解析後、鉄筋腐食、剥離・鉄筋露出、スターラップ破断の3種の損傷をそれぞれモデル化し、解析を行った。その後、図2(b)に示す全支間モデルでの解析を行った。全支間モデルでは、建設当初の健全なモデル、現況のモデル、損傷の進行性を考慮した3種のモデルにより、損傷の進展に伴う耐荷性能の変化を評価した。

4. 各種損傷を考慮した桁モデルの耐荷性能評価

4. 1. 鉄筋腐食の損傷の程度が耐荷性能に及ぼす影響

「損傷の程度」をパラメータとした解析を行った。鉄筋腐食は文献¹⁾を参考にして、主鉄筋の断面積を減少さ

せることで再現し、損傷の程度は主鉄筋の断面積減少率で表した。本解析では、鉄筋腐食の位置は支間中央とし、腐食部の主鉄筋(Φ22)20本の断面積を一様に減少させた。G4は、支間中央部の主鉄筋は橋軸方向に2m程度腐食し、断面積が40%程度減少していたため、モデルを図3(a)のように作成した。また、作用荷重は道路橋示方書²⁾で規定されている死荷重とB活荷重(T荷重)を採用し、剛体ブロックを支間中央に接触させる1点载荷とした。結果は、健全なモデルの降伏荷重は823kN、鉄筋腐食を考慮したモデルの降伏荷重は538kNと35%程度低下した。次に、腐食範囲を2mで一定とし、断面積減少率を10%から60%まで6パターン変化させた。降伏荷重と断面積減少率の関係を図3(b)に示す。また、参考値として、RCはり理論によって降伏荷重を求めた結果(同図中のCALC.)も併記する。これより、降伏荷重と断面積減少率は比例関係にあることがわかる。このことは、主鉄筋の断面積減少率からおおよそその降伏荷重の低下率が推定できることを示唆している。



(a) 全景

(b) 主桁の損傷状況

写真1 対象橋梁



図1 研究概要

キーワード 有限要素解析, 既設橋梁, 耐荷性能評価

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学大学院工学研究科構造工学コース TEL 095-819-2591

4. 2. 剥離・鉄筋露出の範囲が耐荷性能に及ぼす影響

「損傷の範囲」をパラメータとした解析を行った。モデルを図4(a)のように作成し、剥離・鉄筋露出の範囲を0.4m, 0.8m, 1.2m, 1.6m, 2.0m, 4.0m, 6.0mの7パターンで変化させた。降伏荷重と剥離・鉄筋露出範囲の関係を図4(b)に示す。剥離・鉄筋露出の範囲が狭い場合の降伏荷重は健全時とほぼ同等であること、剥離・鉄筋露出の範囲が広がるにつれて降伏荷重は健全時より低下することがわかった。その低下理由は、コンクリートが剥落している範囲が広いほど、曲げ剛性が小さくなるため支間中央の曲げ変形が大きくなり、それに伴い鉄筋のひずみが大きくなるからであると推察される。

5. 全支間モデルの耐荷性能評価

5. 1. 現況の耐荷性能評価

対象橋梁の現在の損傷状況を参考に、損傷の著しい耳桁(G1・G4)を図5(a)のようにモデル化し、損傷を考慮した解析を行った。図6に降伏荷重の比較を示す。現況のモデルの降伏荷重は2076kNと健全なモデルに対して35%程度低下することがわかった。このように、損傷をモデル化した数値解析により、耐荷性能を簡便に評価することが可能となる。

5. 2. 損傷の進行性を考慮した場合の耐荷性能評価

損傷が進展していくことを想定した未来の全支間モデル3パターンについて検討した。未来①は、5.1で示した損傷を、耳桁のみではなく全ての桁に対して適用したモデルである。そして、さらに損傷が進展することを想定し、図5(b)に示すように、鉄筋腐食および剥離・鉄筋露出位置は支間中央、範囲は5m、断面積減少率は60%とした解析を行った。耳桁のみに適用した場合を未来②、全ての桁に対して適用した場合を未来③とした。図6に健全なモデル、現況のモデル、未来①・②・③のモデルの降伏荷重を示す。これより、損傷が進展するほど降伏荷重が低下することがわかる。最も損傷の著しいモデルである未来③は、現行の設計荷重の2.32倍と、活荷重に対する安全率が3を下回っており構造安全上、危険な状態になることがわかった。

6. まとめ

本研究では、3D計測結果から作成した有限要素解析モデルを用いて、各種損傷が耐荷性能に及ぼす影響を、建設当初から現在、そして未来を想定して評価することができた。今後は、他の損傷を考慮した場合や他の橋種での耐荷性能評価を行うことにより、より効率的な維持

管理システムの構築を目指す。

参考文献

- 1) 加藤絵万, 濱田洋志, 岩波光保, 横田 弘: 局所的に生じた鉄筋腐食がRCはりの構造性能に及ぼす影響, 港湾空港技術研究報告, Vol.47, No.1, pp.57-82, 2008.3
- 2) 公益社団法人日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 <I>共通編, 公益社団法人日本道路協会, 2017.11

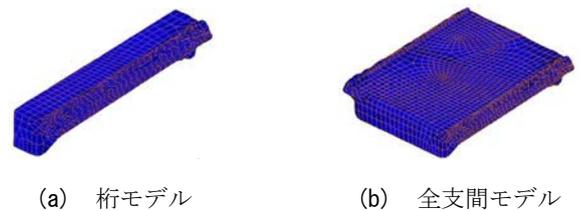


図2 FEMモデル

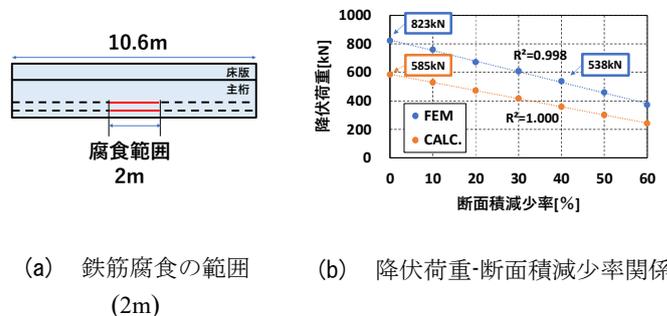


図3 パラメータ: 損傷の程度

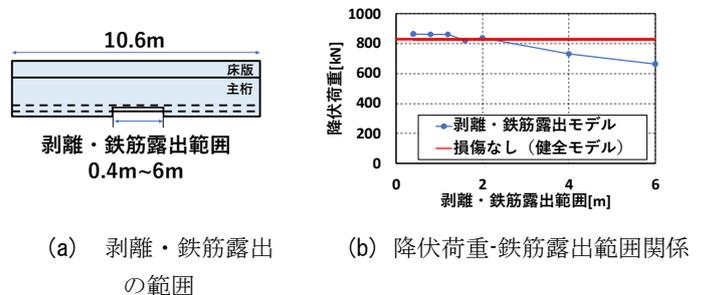


図4 パラメータ: 範囲

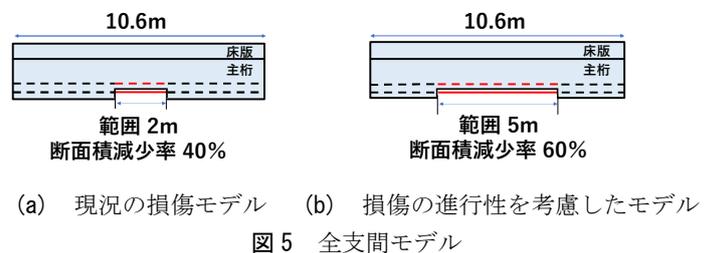


図5 全支間モデル

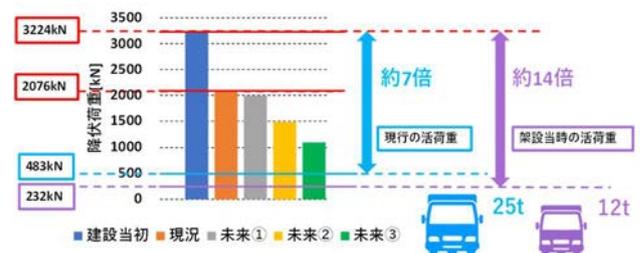


図6 降伏荷重と設計荷重の比較