

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

長崎大学工学部 学生会員 井手 優花

長崎大学大学院 学生会員 鈴木 航作・大山 智也 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進み, 社会的な問題となっている. また, 一般図が残っておらず, 架設年も不明な橋梁が多数存在しており, 維持管理に支障が生じている. そのため, 効率的な維持管理・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, 3D レーザースキャナを用いて橋梁の 3D 計測を行い, デジタルデータから数値解析モデル(FEM)を作成する. そして, 特定の損傷について, その程度や位置などを変化させたパラメータ解析を行い, 損傷が耐荷性能に及ぼす影響を評価する. それにより, 地方自治体管理の損傷の著しい小規模橋梁の構造安全性を含めた効率的な維持管理手法を提案する.

2 対象橋梁

対象橋梁は, 写真 1(a)に示す 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. 本計測では第 6 径間を対象とし, 腐食, 剥離・鉄筋露出などの著しい損傷が見られる. 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と構造安全上支障がある. 断面図を図 1 に示す.

3 鉄筋腐食を考慮した耐荷性能評価

3.1 鉄筋腐食を考慮した解析モデルについて

はじめに鉄筋腐食のみに着目し, パラメータを変化させて, 図 2(a)に示す桁モデルの解析を行う. 対象は, 主桁 4 本のうち, 特に損傷が著しい耳桁の G4 である. 載荷方法は, 道路橋示方書¹⁾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 点載荷とする. 桁モデルに加えて, 図 2(b)に示す全支間モデルの解析を行う.

3.2 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²⁾を参考にして, 鉄筋の断面積を減少させることで再現し, 損傷の程度は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, 腐食部における曲げ補強筋($\phi 22$) 20 本の断面積を一律に減少させた. 損傷を考慮していないモデルは健全時のモデルと定義した. 対象橋梁の G4 では, 支間中央部の曲げ補強筋は橋軸方向に 2m 程度腐食, 鉄筋の断面積が 40%程度減少しているため, モデルを図 3(a)のように作成した. 健全時のモデルでは降伏荷重が 823kN となり, このモデルでは降伏荷重が 538kN となった. このことから, G4 の降伏荷重は 35%程度低下しているものと推測される. 次に, 腐食範囲を 2m と一定にして, 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 はり理論の結果(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の間には比例関係があることがわかる. このことは, 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.

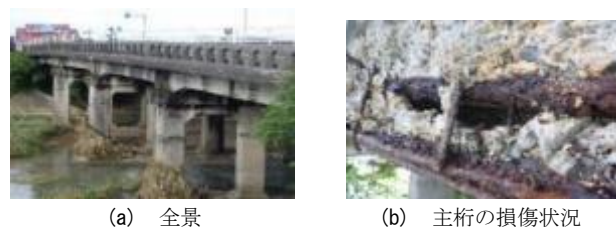


写真 1 対象橋梁

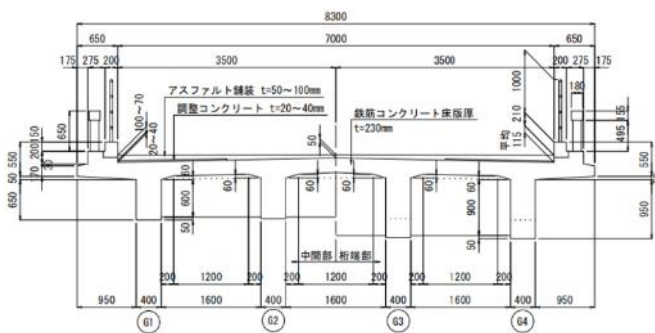


図 1 断面図

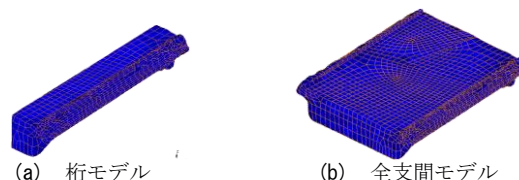


図 2 FEM モデル

3.3 鉄筋腐食の範囲が耐荷性能に及ぼす影響

「範囲」をパラメータとした解析を行った。図 4(a)のように鉄筋腐食の位置は支間中央とし、腐食範囲をパラメータとして 0.4m, 0.8m, 1.2m, 1.6m, 2m, 4m, 6m, 8m, 10m の 9 パターンとした。断面積減少率ごとの降伏荷重と腐食範囲の関係を図 4(b)に示す。これより、腐食範囲に関わらず断面積減少率ごとに降伏荷重はほぼ一定となった。このことから、範囲が変化しても、本解析の荷重条件は支間中央に最大曲げモーメントが発生するため、腐食範囲は降伏荷重に影響しないことがわかった。

3.4 鉄筋腐食の位置が耐荷性能に及ぼす影響

「位置」をパラメータとした解析を行った。図 5(a)のように鉄筋の腐食範囲を支間中央から左右に 1m ずつ一定とし、腐食範囲と腐食範囲の間の距離(腐食間距離)を拡張して腐食の位置を変化させた。腐食間距離をパラメータとし、0m, 1m, 2m, 3m, 3.6m, 4m, 4.4m, 5m, 6m, 7m, 8m の 11 パターンとした。なお断面積減少率は実橋を想定して 40%とした。降伏荷重と腐食間距離の関係を図 5(b)に示す。腐食間距離が短くなる、すなわち支間中央位置の鉄筋が腐食すると降伏荷重は低下したが、腐食間距離 4.4m 以上では降伏荷重は一定となり、健全時と同程度となった。鉄筋が最初に降伏した位置は、降伏荷重が健全時よりも低下した区間では鉄筋腐食を設けた位置、降伏荷重が健全時と同等の区間では、鉄筋腐食のない、最大曲げモーメントが作用している支間中央であった。これらのことから、腐食範囲の鉄筋に生じる引張応力が、最大曲げモーメントが作用する位置の鉄筋に生じる引張応力を上回る場合、腐食範囲の鉄筋が先に降伏し、降伏荷重が低下することがわかった。

3.5 鉄筋腐食を考慮した全支間モデルの耐荷性能

対象橋梁のすべての桁を、鉄筋腐食位置は支間中央、断面積減少率は 40%、腐食の範囲は 2m と仮定した全支間モデルについて検討した。図 6 にこのモデルの降伏荷重(オレンジ色)、損傷を考慮していないモデルの降伏荷重(緑色)、設計荷重の比較を示す。鉄筋腐食を考慮したモデルの降伏位置は、G2 支間中央の載荷ブロックの下段曲げ補強筋となった。また、そのモデルの降伏荷重は 2270kN となり、降伏荷重が 30%程度低下することがわかった。これにより、鉄筋腐食のみを考慮した場合の橋梁の耐荷性能を評価することができた。

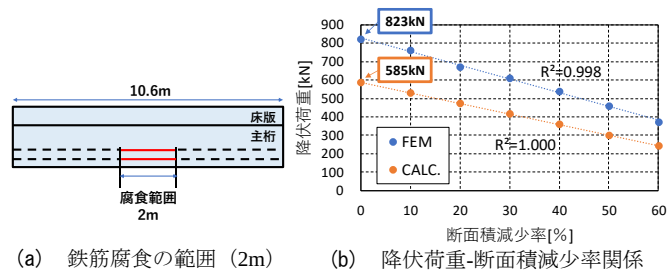


図 3 パラメータ: 損傷の程度

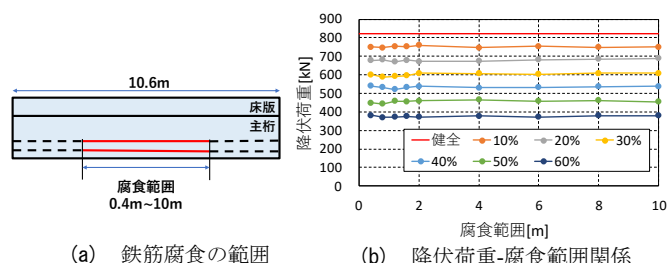


図 4 パラメータ: 範囲

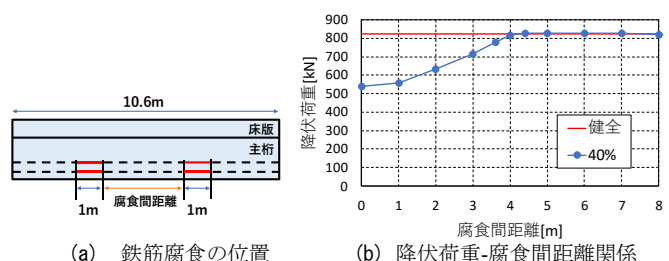


図 5 パラメータ: 位置

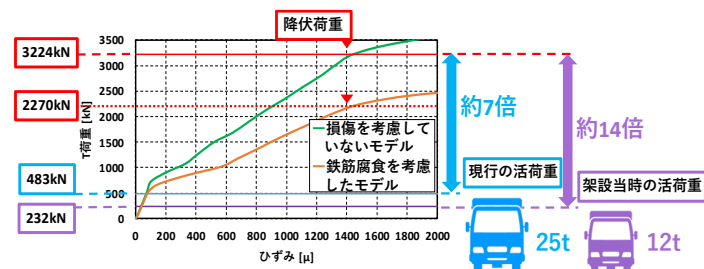


図 6 降伏荷重と設計荷重の比較

4 今後の展望

今後は、剥離・鉄筋露出、スターラップ破断などの種々の損傷について、損傷のモデル化、解析、考察を行う。最終的には、対象橋梁の主たる損傷をモデルに反映させることで、種々の損傷を有する実橋の耐荷性能について検討する。

参考文献

- 1) 公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説<1>共通編，公益社団法人日本道路協会，2017，11
- 2) 加藤絵乃，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