

主桁下フランジ腐食の発生位置と損傷程度に着目した
フェリー渡橋の終局強度に関する解析的研究

広島大学 学生会員 ○高見 文也
 広島大学 フェロー会員 藤井 堅
 広島大学 学生会員 福田 洋顕

1. 背景・目的

我が国では近年、老朽化橋梁が急増し、長寿命化対策が急務となっている。我が国の経済状況を勘案すると、部材毎に優先順位をつけた補修や管理を行っていく必要がある。そのためには、現在のような損傷グレード評価や損傷部位・部材毎の応力照査ではなく、橋梁全体を対象とした残存耐力に基づいて鋼橋の安全性を評価するべきである。

以上の議論から、橋梁全体の耐力を解析的に評価する研究が精力的に進められている。筆者らは、渡橋の耐力余裕は一般的な道路橋の耐力余裕より低いということを確認した。また、田井ら¹⁾、山口ら²⁾によって、腐食損傷を受けた一般的な道路橋全体の耐力を評価する研究が行われているが、ここでは腐食損傷の位置と程度が耐力余裕に及ぼす影響は検討されていない。そこで本研究では、鋼桁橋の中でも新設時より耐力余裕の低い渡橋が腐食した場合、腐食減肉の位置と程度が渡橋全体の終局強度に及ぼす影響を把握することを目的とする。

2. 解析概要

解析対象橋梁は、広島県南東部の福山港に1977年頃に竣工された可動式のフェリー渡橋であり、一般図をFigure1に示す。橋長は20.6m、支間長20.0m、有効幅員4.0m、桁高1.3mである。なお、Figure1に示すように、区間AおよびCについては、フランジに勾配がついている変断面区間が含まれる。

この橋梁について汎用構造解析コードABAQUSを用いて複合非線形解析を行う。対象橋梁の鋼部材を4節点アイソパラメトリックシェル要素、支承部分を剛体要素でモデル化する。鋼材の材料特性は完全弾塑性とし、Table1に示す。境界条件は、陸側の支承を橋軸直角方向の軸まわりの回転のみ許容するピン支承、海側の

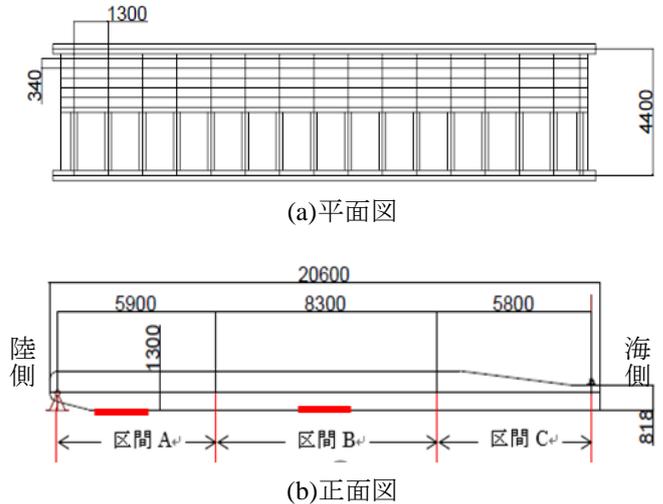


Figure1 対象橋梁一般図

Table1 鋼材の材料特性

弾性係数 [N/mm ²]	降伏応力 [N/mm ²]	ポアソン比 [-]	単位体積重量 [kN/m ³]
210000	253.2	0.3	78.5

支承を鉛直方向変位のみを拘束する吊り支承とする。

全載荷荷重 L_{all} は、まず死荷重 L_d を載荷し、その後活荷重 L_l を式(1)における α を荷重増分パラメータとして最高荷重まで増加させる。このとき、活荷重には道路橋示方書 B 活荷重(L 荷重)を用い、減肉させる損傷箇所の曲げモーメントが最大となる荷重配置とした。そのため、減肉させる位置によって活荷重の配置が異なる。また、本研究では最高荷重に達した時の強度を渡橋全体の終局強度とする。

$$L_{all} = L_d + \alpha \cdot L_l \tag{1}$$

減肉の状態は、式(2)に示す減肉率 R で表現する。

$$R = \frac{\text{鋼材の減肉厚}}{\text{鋼材の元板厚}} \times 100[\%] \tag{2}$$

キーワード：複合非線形 FEM 解析，鋼桁橋，耐力安全率

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学専攻

TEL : 082-424-7819・7828

この際、腐食による部材の中立軸の偏心は考慮せずに、部材の断面の板厚をシェル両面から均一に減少させる。また、減肉率が100%に達した部材断面は要素を解析モデルから消去することで再現する。

3. 各解析ケースの設定と結果

本研究では、主桁下フランジの中でも、減肉させる位置をFigure1中の赤線で示した支間中央と桁端付近に仮定し、それぞれをケースA、ケースBとする。そして、各ケースの着目断面を中心に両支承に向かって減肉区間長を200mm、1000mm、2000mm、減肉率を20%、40%、60%、80%、100%と変化させ、各ケースの減肉率0%の健全モデルを加えた計32について解析を行った。この解析により得られた耐力安全率と減肉率の関係をFigure2に示す。Figure2中の α_u は、 L_{all} が最大値を示す時の α で、橋梁全体の耐力の設計荷重に対する安全率に対応する。また、Figure2中の凡例は(腐食減肉位置)-(腐食減肉区間長)を示している。すなわち、ケースA-200は、腐食減肉位置を支間中央主桁下フランジに仮定したときの腐食減肉区間長200mmのモデルを表している。Figure2から、支間中央主桁下フランジが腐食した場合、 α_u は健全状態で1.90であるのに対し、減肉の進展により板厚がなくなった状態では約1.45となった。一方、桁端付近主桁下フランジが腐食した場合、 α_u は減肉率に関係なく2.11と一定であり、減肉が進展しても終局強度は低下していない。各ケースの崩壊状態をFigure3に示すと、ケースAでは、腐食減肉を仮定している支間中央主桁でねじれ座屈により橋梁崩壊しているが、ケースBでは、腐食減肉を仮定している桁端付近主桁ではなく、Figure1(a)に記している区間Aと区間Bの断面変化部の主桁で橋梁崩壊している。これより、橋梁全体の終局強度低減に関与しない損傷箇所も存在することがいえる。

4. まとめ

- 1) 主桁下フランジが支間中央で腐食した場合、終局強度は減肉の進展に伴って低下したが、桁端付近で腐食した場合、終局強度は低下しなかった。本研究の対象橋においては、桁端付近主桁下フランジの腐食は補修の優先度が低い損傷であるといえる。
- 2) 新設時において元々 $\alpha_u=1.90$ しかなかった本橋梁の支間中央主桁下フランジが腐食すると、 α_u はさらに減少し危険な状態になることが予想され、渡橋の維持管理には細心の注意が必要であるといえ

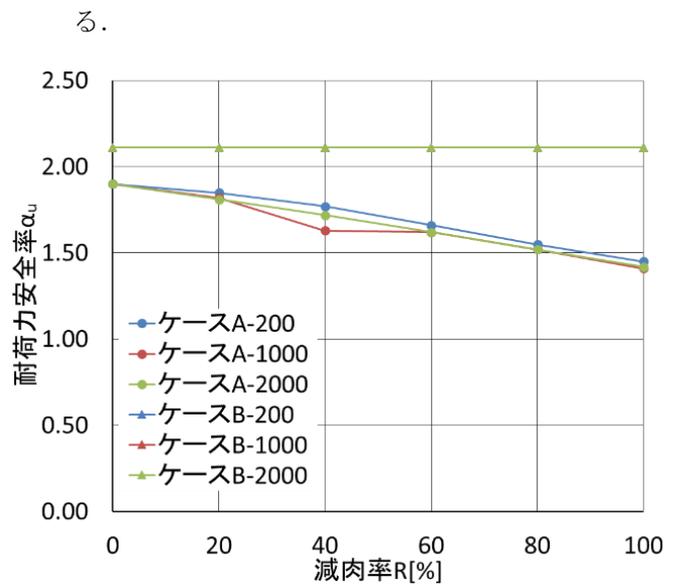


Figure2 各ケースの耐力安全率-減肉率関係

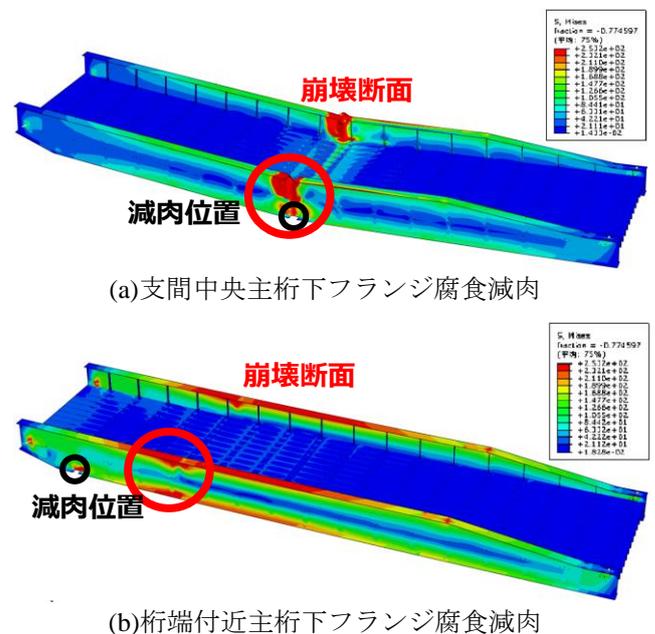


Figure3 各ケースの崩壊時の応力コンター図

5. 参考文献

- 1) 田井政行, 下里哲弘, 玉城喜章, 有住康則, 矢吹哲哉: 腐食により崩落に至った鋼プレートガーダー橋の崩落メカニズムと桁端部の損傷回復評価に関する解析的検討, 構造工学論文集, vol.61A, pp.416-428, 2015.3.
- 2) 山口詩織, 藤井堅, 藤井真人, 山本正司, 上野谷実: 約40年間経過した複合箱桁橋の力学的挙動, 構造工学論文集, vol.57A, pp.1074-1086, 2011.3.