

著しい腐食が生じた鋼桁橋の崩壊メカニズムに関する解析的研究

早稲田大学 学生会員 ○竹内 稚恵, フェロー会員 依田 照彦

1. 研究目的

日本では, 多くのインフラが高度経済成長期に建設された。橋梁もその1つであるが, 時間の経過とともに老朽化が進み, その維持管理が大きな問題となっている。進行する劣化に対して, 早急な技術的・制度的対応が求められている。

急速に増加している老朽化した鋼橋の安全性を検討する上で, 著しい腐食を有する鋼橋の崩落の原因を解明することは, 非常に重要である。したがって本研究では, 実際に腐食によって崩落した鋼橋を対象に, FEM解析を用いて, 腐食による損傷と崩壊メカニズムの原因について検討し, 腐食橋梁の維持管理における技術開発のための, 有益な情報を得ることが目的である。

2. 対象橋梁

対象橋梁は, 沖縄県国頭郡国頭村に 1981 年に建設された辺野喜橋である。無塗装の耐候性鋼を使用した 3 主桁, RC 床版の鋼単純合成桁橋である。橋長 35m, 海岸からの距離は約 50m であり, 橋梁の腐食環境は大気中の塩化物レベルで平均 1.9mdd である。2004 年に激しい腐食劣化によって全面通行止めとなり, 2009 年崩落した。²⁾



図 2 対象橋梁(辺野喜橋)崩壊後の状況¹⁾

3. 解析モデル

本研究では, 有限要素法の汎用ソフト DIANA³⁾を用いて対象橋梁と同等のモデルを作成し, 非線形解析を行った。図 3.1 に健全状態のモデル図を示す。鋼桁をソリッド要素, 床版をシェル要素, 横構・対傾構をビーム要素を用いてモデル化し, 床版と鋼桁の

リベット固定を界面要素で近似した。

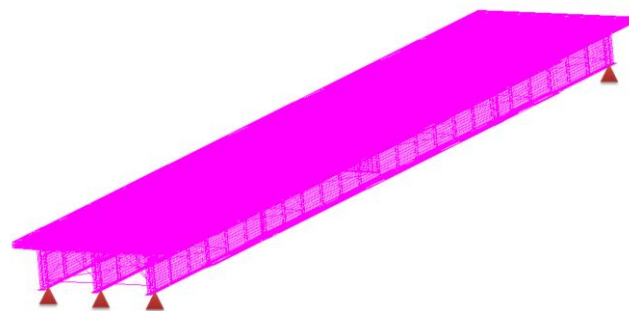


図 3.1 健全モデル

表 3.1 材料定数

	ヤング率 (N/mm^2)	ポアソン比	密度 (kg/m^3)
鋼	$E = 2.1 \times 10^5$	$\nu = 0.300$	$\rho = 7.85 \times 10^3$
コンクリート	$E = 2.1 \times 10^4$	$\nu = 0.224$	$\rho = 2.40 \times 10^3$

解析に用いた材料定数を表 3.1 に示す。鋼材の降伏応力度は $\sigma_y = 447 N/mm^2$, 降伏ひずみは $\epsilon_y = 0.227\%$ とした。荷重条件は自重 $P = \alpha D$ (D : 死荷重, α : 死荷重係数) である。歩道部の重量を床版上面に等分布荷重として載荷した。

4. 解析ケース

対象橋梁の実腐食の分布を近似した状態で解析モデルに入力した。腐食部分を各桁, パネルごとにグループ分けし, それぞれの腐食が橋梁の崩壊にどのような影響を与えるかを検討する。今回の解析モデルではウェブ・下フランジ・横構・横桁それぞれに実腐食に近い減肉を行っている。解析ケースを表 4.1 に, 実際の腐食状況及び, それらを模擬した腐食モデルを図 4.1, 図 4.2 に示す。

表 4.1 解析ケース

	断面欠損箇所				
	左岸側			右岸側	
	G1端部	G2端部	G3端部	G2端部	G3端部
Case-1	●	●	●	●	●
Case-2		●	●	●	●
Case-3	●		●	●	●
Case-4	●	●		●	●
Case-5	●	●	●		●
Case-6	●	●	●	●	
Case-7					

キーワード 鋼 I 桁橋, FEM 解析, 腐食損傷

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学社会環境工学科 依田研究室 TEL03-5286-3399

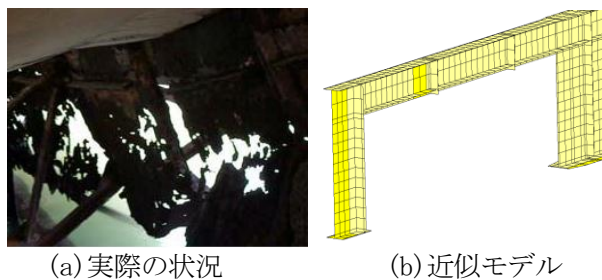


図 4.1 G2 端部

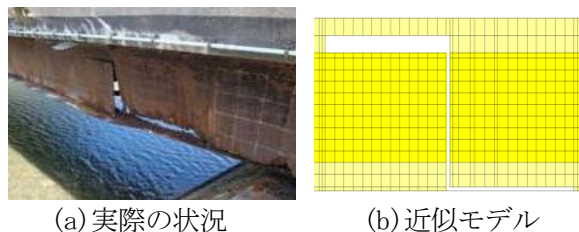


図 4.2 G3 端部(右岸側)

5. 解析結果

崩落後の状況とCase-1の解析結果を図5.1に示す。図に示すように、橋はG3側に傾斜しており、崩壊モードが実際の状況と同じになっている。名護側の床版のひび割れ図を図5.2に示す。床版に斜めにひび割れが生じており、実際の床版の破断状況と一致している。

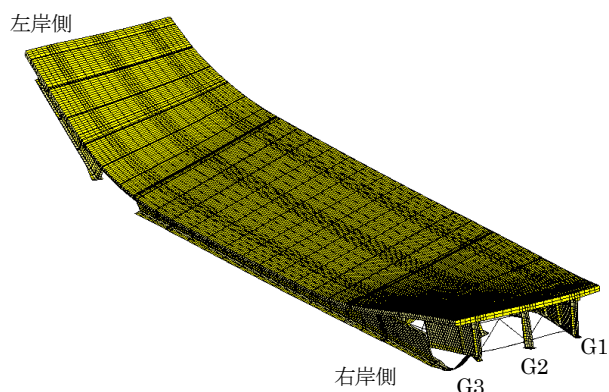


図 5.1 変形図(Case-1)

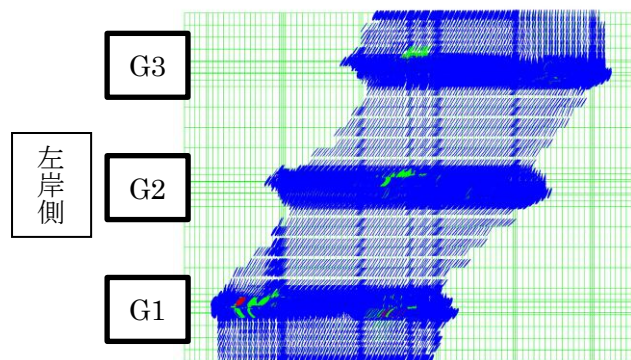


図 5.2 床版ひび割れ図

崩壊の原因を検討するため、5つの腐食損傷におけるG3側床版中央の荷重変位曲線を図5.3に示す。

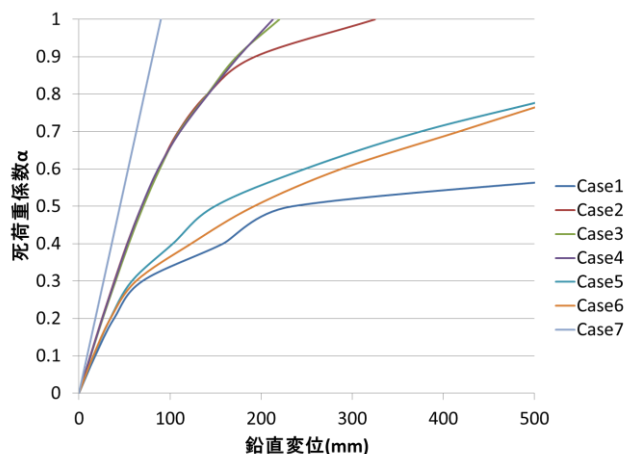


図 5.3 荷重-変位曲線

変位曲線は、大きく分け右岸側を修復した場合(Case5, 6)と左岸側を修復した場合(Case2, 3, 4)の2パターンに分けられる。

5. まとめ

今回の解析結果から、各桁における腐食欠損が床版へのひびわれに大きく影響していることがわかる。荷重が増大することで連続したひび割れが生じ、床版の破断が生じたことを再現することができた。

次に、図5.3より、橋梁の崩壊への影響が最も大きい腐食断面は左岸側のG3端部であることがわかる。またCase1, 5, 6のように片側の桁のすべての端部が腐食欠損していると変位が非常に大きくなる傾向が見られた。一方で、Case3, 4のように各桁それぞれが腐食欠損しているものに比べ、Case2のように2本の桁に集中して腐食欠損が生じているものの方が変位が大きくなる。従って、腐食橋梁における維持管理の観点から、腐食損傷を片側端部、一方の桁に集中させないことが重要である。

崩壊メカニズムを解析で正確に表現するためには、正確な腐食状況や部材の材料特性などを考慮して解析を行っていく必要がある。板厚や欠損箇所についてより正確な情報を解析モデルに入力し、部材レベルにおける細かな挙動を検討していくことは今後の課題である。

参考文献

- 1) 琉球大学 下里哲弘：腐食により崩落に至った鋼橋の変状モニタリングと崩落過程について，2009年8月
- 2) Masayuki Tai, Tetsuhiro Shimoizato, Yasunori Arizumi, Tetsuya Yabuki : An Analytical Investigation on Collapse Mechanism of Steel Girder Bridge due to Severe Corrosion Damage, 2013年
- 3) JIP テクノサイエンス：DIANA9 ユーザーマニュアル日本語参考資料<材料ライブラリー>，2005年9月