

腐食損傷した格点部を有する鋼トラス橋全体系の耐荷性能

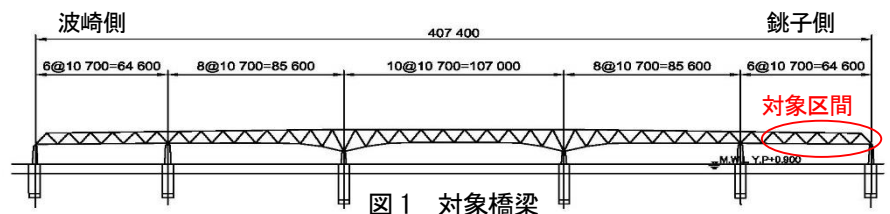
東日本旅客鉄道株式会社	正会員	○平山武志	(国研)土木研究所	正会員	高橋 実
首都大学東京	フェロー会員	野上邦栄	(国研)土木研究所	正会員	小峰翔一
首都大学東京	正会員	岸 祐介	早稲田大学	フェロー会員	依田照彦
(国研)土木研究所	正会員	村越 潤	日本大学	正会員	笠野英行

1. 背景・目的

高度経済成長期に建設された膨大な数のインフラストックの高齢化が進む中で、近年国内外で鋼トラス橋の斜材破断や、崩壊事故などの重大損傷の事例が多数報告されている。鋼トラス橋において、格点部付近は応力集中や二次応力の発生等により構造系の弱点となり、ガセットプレート板厚不足が崩壊事故の要因となった例も報告されている。構造上重要な役割を持つ格点部が腐食損傷した際に橋梁全体系の耐荷性能に与える影響についての研究事例は少なく、これが解明されれば鋼橋の腐食損傷に対する維持管理業務において、点検の効率化・コストダウンおよび交通規制や補修・補強のタイミングや方法を決定する際の根拠となることが期待される。本研究では、既存の腐食計測結果¹⁾を参考にして、腐食損傷によって板厚が減少した格点部が橋梁全体系の耐荷性能に及ぼす影響を解明することを目的とし、解析的な側面からアプローチする。

2. 対象橋梁

対象橋梁は図1に示す5径間連続鋼トラス橋の旧銚子大橋である。社会的寿命により撤去されたものの厳しい



塩害環境下で約46年間供用されたため、腐食損傷が確認されている。対象区間は銚子側ゲルバーヒンジまでの5パネルである。

3. 腐食損傷を考慮した耐荷力解析

3.1 解析モデル

図2に解析モデルを示す。格点部の腐食が全体系の耐荷性能に与える影響をみるために、着目格点部をシェル要素、その他主構部材をはり要素とした。はり要素同士は剛結合とし、格点部のリベットの表現については、孔開けやリベットはモデル化せず、シェル要素同士を6自由度拘束のタイピング結合する。要素サイズは、格点部シェル要素を20mm×20mm程度とした。

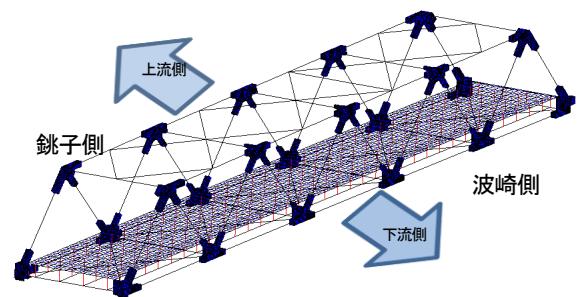


図2 解析モデル(はり+シェル全格点)

3.2 解析条件

図3に格点部の腐食領域を示す。ガセットプレートを力学的特性の異なる4領域に分割し、3, 4, 5mmの腐食量をすべての組み合わせに導入して腐食領域の違いによる耐荷力への影響を調べる。図4は荷重条件を示している。死荷重に加え支間中央に2台のトラックを背中合わせした状態を基本としたトラック荷重を、荷重倍率 α として漸増載荷する。支持条件は銚子側をローラー、波崎側をピンとした。表1には構成則を示す。鋼材は材料試験の結果を用いたトリリニアモデルとし、RC床版とはり要素とシェル要素を結ぶ仮想的な剛板は簡単のため弾性体としてモデル化した。

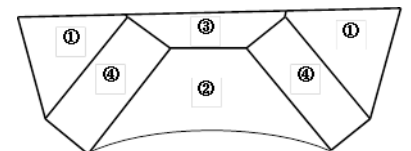


図3 ガセット腐食領域

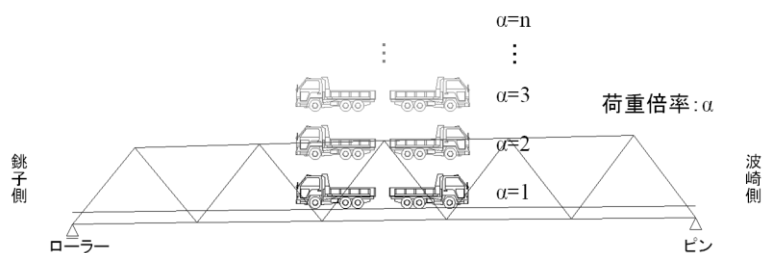


図4 荷重条件

キーワード 腐食 耐荷力 トラス格点

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京大学院 TEL 042-677-1111

3.3 解析結果

図 5 に耐荷力-腐食量関係を示す。縦軸に最大荷重倍率、横軸に腐食量を表している。①のプロットは①の領域のみ、①②③④のプロットは①②③④すべての領域に腐食を導入していることを意味している。

腐食量が大きくなるにつれて、また、腐食領域が多くなるにつれて耐荷力が低下しているのが読み取れる。これらのプロット点から、腐食量が 2mm を超えると耐荷力が低下し始めると仮定した回帰分析を各領域に関して行い、最大荷重倍率と腐食量の関係は式(1)のように直線近似できる。回帰分析の結果より、耐荷力（最大荷重倍率）に対して腐食量が最も影響する領域は④、次いで①、②、③であることが明らかになった。④の領域はガセットプレートと斜材が接触している領域であり、斜材からの軸力が直接伝わるため、耐荷力に大きく影響したと考えられる。

図 6 には橋梁全体系の耐荷力に対して支配的となった格点(P68d)の領域①②③④3mm 腐食の最大荷重時の変形モードを示している。灰色の部分に塑性を表している。ガセットプレートのほぼ全域と下弦材の一部で塑性化が確認できた。また、図中左側の斜材(圧縮材)側のガセットプレートに局部座屈が発生し、圧縮材が面外方向に飛び出すように変形し最大荷重となった。一方、図中右側(引張領域)のガセットプレートを見ると、こちらもほぼ全域に塑性領域が広がっており、ブロックせん断破壊時に見られるような応力状態を確認することができる。本解析においては引張側のガセットプレートに破断レベルのひずみ量が確認できなかったもので、圧縮側のガセットプレートの局部座屈によって終局を迎えたものと判断した。

4. まとめ

本解析の結果より、ガセットプレートの腐食が全体系の耐荷力に対して支配的となるのは腐食量が 3mm 以上であることがわかった。トラス橋全体系に対してガセットプレートの耐荷力が支配的となる際、ガセットプレートの腐食の影響は斜材と接する領域が最も大きく、特に点検の際に注意すべきといえる。

$$\alpha_{\max} = 16.24 - 1.049(①-2) - 0.409(②-2) - 0.329(③-2) - 1.464(④-2) \quad \dots (1)$$

参考文献 1) Nguyen Xuan Tung : Evaluation of the corrosion state of gusset plate connections on steel truss bridge and corrosion inspection recommendations, Doctoral thesis of TMU, 2015

表 1 構成則

部材		降伏点 σy (N/mm ²)	引張強さ σu (N/mm ²)	一次剛性 E (N/mm ²)	二次剛性 E' (N/mm ²)	三次剛性 E'' (N/mm ²)	ポアソン比 ν
仮想剛板				1.0×10 ¹¹			0.1
コンクリート床版				2.35×10 ⁴			0.1667
SS400	ガセット・弦材・横構等	280	450	2.1×10 ⁵	E/100	E/800	0.3
	斜材	270	430			E/1000	
SM490	ガセット・弦材・床組等	340	540			E/800	
				0～σy	σy～1.5σy	1.5σy～σu	

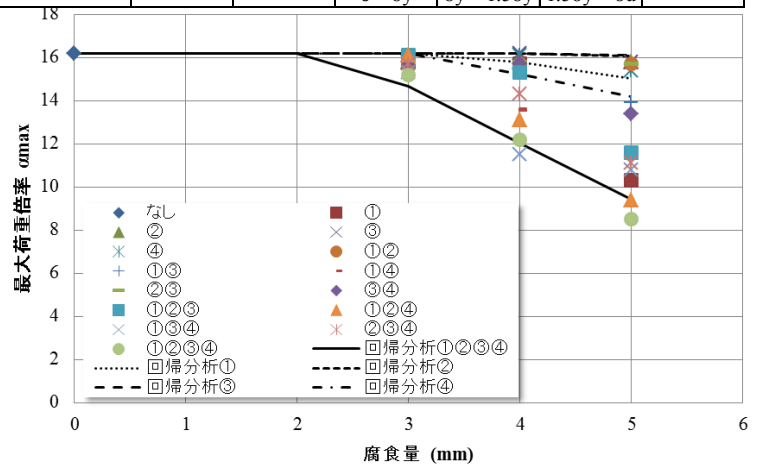


図 5 耐荷力-腐食量関係

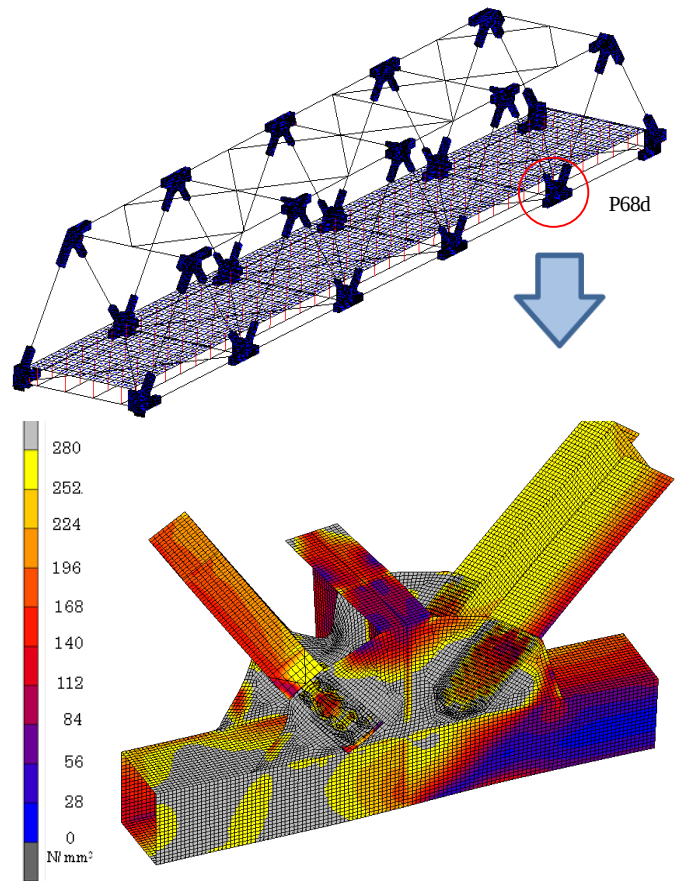


図 6 ピーク時ミーゼス応力(①②③④3mm)