

腐食した格点部を有する鋼トラス橋全体系の耐荷性能

首都大学東京大学院 学生会員 ○平山武志 早稲田大学 正会員 笠野英行

首都大学東京 フェロー会員 野上邦栄 (独) 土木研究所 正会員 村越 潤

首都大学東京 正会員 岸 祐介 (独) 土木研究所 正会員 榎本忠夫

早稲田大学 フェロー会員 依田照彦 (独) 土木研究所 正会員 田代大樹

1. はじめに

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．そのため、既設構造物の合理的かつ適切な点検、診断、対策を行うための維持管理システムの構築が求められている．そのためには、実橋梁の劣化損傷のデータの蓄積や、それに基づいた適切な耐荷性能評価が必要となる．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うるとされており、アメリカでは劣化損傷ではないが、ガセットプレートの板厚不足が崩壊事故の要因となったという報告もされている．本研究では、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に着目し、解析的にアプローチする．

2. 対象橋梁・対象格点部

対象橋梁は図 1 に示す旧銚子大橋で、約 46 年間供用され交通量増大と老朽化により撤去された 5 径間連続鋼トラス橋である．汀線距離が約 1.5 km と厳しい塩害環境下である．モデル化対象区間は銚子側ゲルバーヒンジまでの 5 パネルで、対象格点部は P72d, P72u, P73d である．図 1 のように考慮する格点部について 7 パターンの解析モデルを作成して解析する．

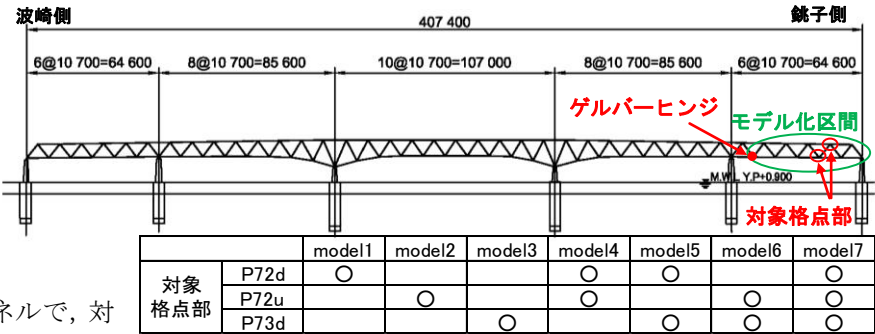


図 1 対象橋梁とモデル化格点部

表 1 ガセットプレート腐食量

				腐食量(mm)					
				①	②	③	④	⑤	⑥
case1	腐食なし			0.00					
case2	均一腐食			-1.00					
case3				-3.00					
case4				-5.00					
case5				-6.00					
case6				-7.00					
case7				-8.00					
case8	不均一腐食	P72d	海側	-0.12	-0.30	-0.26	-0.09	-0.67	-1.00
			道路側	-0.47	-1.12	-0.67	-1.51	-1.23	-0.19
		P72u	海側	-0.00					
			道路側	-0.00					
		P73d	海側	-1.74	-0.42	-0.54	-1.56	-0.54	-2.30
			道路側	-3.00	-0.90	-0.80	-1.93	-2.70	-1.30

3. 格点部の腐食モデル

本解析では格点部の腐食をガセットプレートの板厚減少でモデル化する．腐食モデルは表 1 に示すように、腐食なし、均一腐食、不均一腐食の case1 から case8 までとする．case8 の不均一腐食は図 2 の様にガセットプレートを 6 つの領域に分割しそれぞれの平均腐食量を代入する．腐食量データはレーザー変位計で 1mm ピッチの精度で計測したデータを採用している．

4. 全体系解析モデル

全体系解析モデルを図 3 に示す．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、その他主構部材を梁要素とした．梁要素同士は剛結合とし、コンクリート床版はシェル要素で表現しはり要素で構成する縦桁と 6 自由度拘束のタイピング要素で結合した．格点部のリベットの表現については、孔開けやリベットそのものはモデル化せず、シェル要素同士を 6 自由度拘束のタイピング要素で結合する．梁要素

図 2 不均一腐食モデル

図 3 解析モデル

キーワード 腐食 トラス格点部 耐荷性能

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：042-677-2782

とシェル要素は仮想的な剛板を介して変位と回転を伝達する。要素分割は、格点部シェル要素を $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 程度、その他は各部材ごとに 20 分割程度とする。境界条件は銚子側をローラー支持、ゲルバーヒンジ部の波崎側はピン支持とする。解析モデルの妥当性は、撤去工事前に行われたトラック載荷試験の再現解析を行いたわみ量と応力値を比較することで確認した。たわみ量の結果を図 4 に示す。たわみ量の傾向はよく捉えることができた。応力値も良い結果となった。

5. 残存耐荷力解析

残存耐荷力解析では、トラック載荷試験再現解析のトラック荷重の α 倍を載荷し、最大荷重より耐荷性能を評価する。表 2 に構成則を示す。表 3 に荷重条件を示す。解析は非線形有限変位解析で弧長増分法を使用する。ここでは model7 について説明していく。

図 5 は最大荷重倍率と腐食量の関係を示したものである。健全時から腐食量 -3mm までは最大荷重倍率に変化はなく、腐食量が -5mm になると最大荷重倍率が減少し始め、 -8mm まで線形的に最大荷重倍率が低下

していく。図 6 には case1 と case7 の終局モードについて示している。case1～case3, case8 では図中左に示したような上弦材の座屈によって、case4～case7 では図中右に示したような P73d 圧縮斜材側ガセットプレートが面外方向に座屈変形することによって不安定となり終局に至った。

図 7 には P73d 格点部のピーク時の相当ミーゼス応力を示す。まず、case1 と case8 を比較するとほとんど変化はなく、実際の腐食量を考慮した場合では腐食によって全体系の耐荷性能に影響を与えることがないことがわかる。case4, case7 と腐食量が多くなるにつれて、P73d ガセットプレート耐力は低下し、少ない荷重で面外方向への座屈変形が確認でき、終局に至った。

6. まとめ

実際の腐食量を考慮したモデルでは健全時モデルとほぼ同じ挙動であった。ガセットプレートを一様に -5mm 以上断面減少させたモデルでは、ガセットプレートを起点とした面外方向への座屈変形が生じ不安定となる特徴的な終局モードが確認できた。model1～model7 の解析結果をまとめると、腐食損傷が全体系の耐荷性能に与える影響は、下弦材側よりも上弦材側のほうが大きいことがわかった。

参考文献 1)野上, 高橋他 鋼トラス橋の下弦材側格点部の表面腐食形状計測とその特徴 関東支部発表会 平成 24 年 3 月

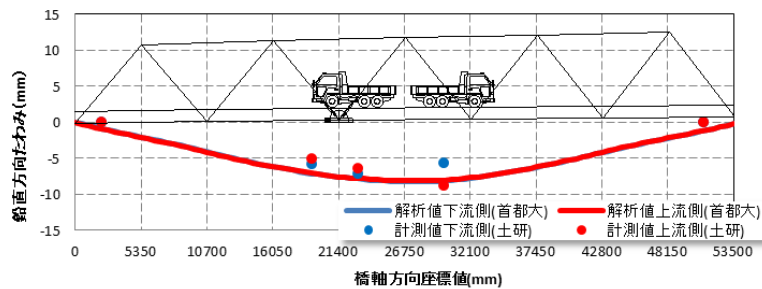


図 4 トラック載荷試験再現解析結果
表 2 構成則

部材	降伏点 σ_y (N/mm^2)	引張強さ σ_u (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)
仮想剛板			1.0×10^{11}		
コンクリート			2.35×10^4		
SS400	ガセット・弦材・横構等	280	450	2.1×10^5	E/800
	斜材	270	430		E/1000
SM490	ガセット・弦材・床組等	340	540	$0 \sim \sigma_y$	E/800
				$\sigma_y \sim 1.5\sigma_y$	$1.5\sigma_y \sim \sigma_u$

表 3 荷重条件

橋軸方向 載荷位置 中央	橋軸直角方向 載荷位置 中央	死荷重 D	活荷重 αP
--------------------	----------------------	----------	-------------------

※P=トラック 2 台分(55.4+144.2+144.2+55.4)kN

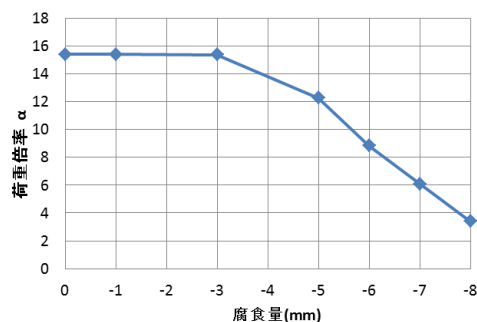


図 5 荷重 - 腐食量関係

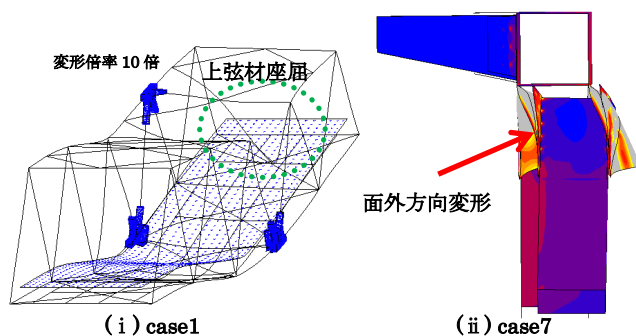


図 6 終局モード

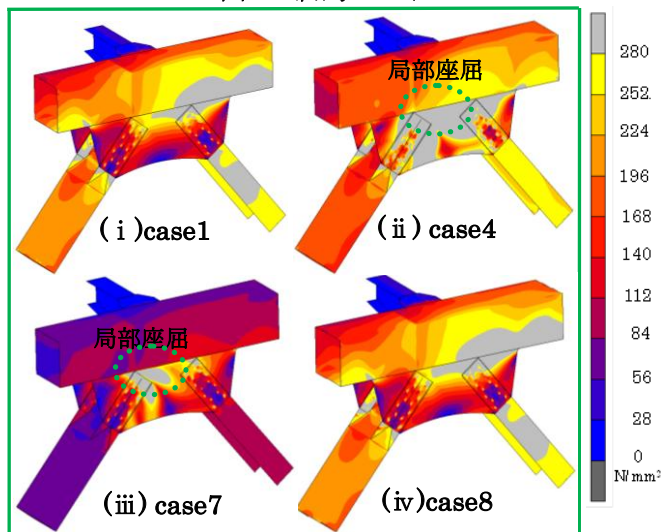


図 7 ピーク時相当ミーゼス応力