

腐食劣化により撤去された鋼トラス橋斜材の腐食形状と残存耐荷力

東京都 正会員 ○高橋 翔平 (独)土木研究所 正会員 村越 潤
 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 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
 早稲田大学 正会員 笠野 英行

1. 本研究の目的

現在、日本では社会資本の一つである土木構造物の貯蓄は膨大な数になっている。この多くが高度経済成長期に建設されたもので、建設後 40 年を経過しており、構造物の高齢化・老朽化が問題になっている。このように現在、土木構造物の老朽化・高齢化が問題になっており、これらをどのように維持管理していくかが喫緊の課題となっている。このような背景のもとで現在、国内外でトラス橋の重大損傷が数多く報告されている。特にトラス橋の主構部材においては部材レベルの損傷が全体系の安全性に与える影響が大きいことから、適切な維持管理手法が要求されている。しかし、腐食劣化の進行した橋梁において、損傷部材がどの程度耐力を有するか、その部材が橋全体系の耐荷性能にどの程度影響を及ぼすかなど不明な点が多く、評価手法は確立していない状況にある。そこで本研究では、橋全体系への耐荷性能への影響の大きい格点部や斜材に着目して、詳細な腐食計測を行い、載荷試験及び解析検討を行った。

2. 対象部材と腐食状況

本研究で対象にした橋梁は、平成 21 年度に腐食劣化により撤去された千葉県銚子市と茨城県波崎市を結ぶ旧銚子大橋である。対象にした部材は図 2-1 に示す赤色印の斜材 D52u-B である。諸元は表 2-1 に示す。6000mm では細長比が 0.47 であり、短柱及び中間柱領域である。降伏応力とヤング率は、腐食のない箇所から試験片を取り出し、材料試験を行い、算出したものを用いた。

腐食計測は、レーザー変位計を用いて行い、計測間隔は、2mm ピッチで行った。また計測機器の都合上一度に全範囲を計測することが不可能であるため、盛替え計測を行った。対象斜材は箱断面であり、全部で 4 面あるため、各面に対して図 2-2 に示すように 7 回盛替えを行った。その際、一回の計測範囲は、縦方向はその面の高さ、横方向は 950mm で行い、隣接した計測範囲と 50mm 重なるように設定した。内面は、赤錆が発生しているものの、腐食による減肉は見受けられず比較的きれいな状態であるため、腐食ゼロとみなし、計測は実施していない。

図 2-3 に斜材の腐食状況を示す。全体として、腐食はほとんどないことがわかる。面 I、II、III は、局部腐食はいくつかあるが、基本的に広範囲にわたる腐食は見受けられなかった。面 IV に関しては、局部腐食が広範囲にわたって点在している。腐食深さは最大で 7mm (健全時 12mm) であった。また、最少断面積 $A_{\min}$ は、赤点線の位置で 16623mm^2 であり、最大断面欠損率 $R_A=(1-A_{\min}/A_0)$ は、2.99% だった。

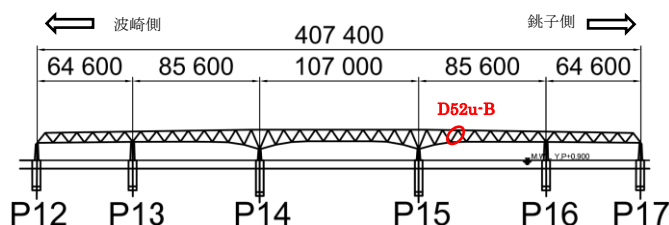


図 2-1 銚子大橋一般図

表 2-1 斜材 D52u-B の諸元

部材番号	断面諸元(mm)	材質	部材長		健全断面積	降伏応力	ヤング率
			L	mm		σ_y	
D52u-B	□-378×360×12×12	SS400	6000	mm	17136	274.4	206.9

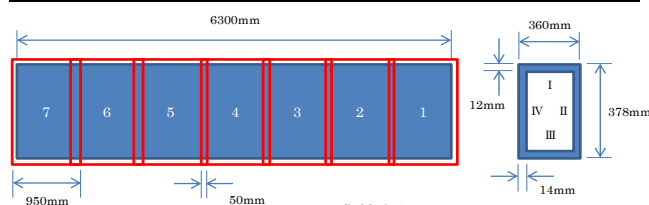


図 2-2 盛替え図

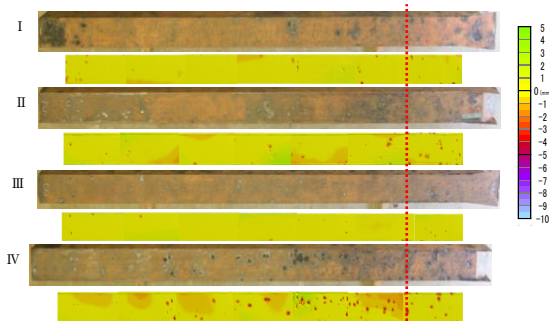


図 2-3 D52u-B 腐食状況

キーワード 腐食, レーザー変位計, 残存耐荷力

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 首都大学東京 Email:takahashi.shouhei@gmail.com

3. 圧縮載荷試験

載荷試験全景を写真 3-1 に、載荷試験図を図 3-1 に示す。斜材を断面変化部及び材料試験用に両端をカットし、6000mm に整形した。支持条件は、両端ピンになるように、両端に球座をセットした。荷重は、鉛直変位制御により、一軸圧縮載荷した。有効座屈長は、球座の部分 considering $L_k=6000+2\times 97.68$ となる。図 4-2 に斜材の載荷試験結果を示す。最大荷重は、4461kN であり、この時の鉛直変位量は、約 16mm であった。腐食の激しいIVの面が圧縮側になり変形したことが確認できた。また座屈モードは、局部座屈はなく、全体座屈モードで終局に達した。

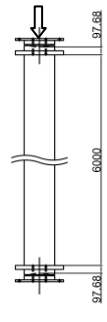


写真 3-1 載荷試験の状況 図 3-1 載荷試験図

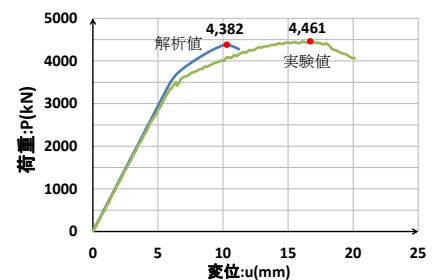
4. 耐力力解析

解析に先立ち、断面の特性を計算し、道路橋示方書に基づく耐力力曲線から耐力力を計算した。その結果を表 4-1 に示す。解析ソフトは、Marc mentat 2011.1.0 を用いた。要素は斜材部分がソリッド要素で、載荷板がシェル要素、さらに有効座屈長を確保する為に両端に梁要素によりモデル化した。支持条件は、図 4-1 のように載荷試験と同様に両端ピンになるよう、梁の先端をピンで支持した。分割は腐食を入れ込むことと、計算機の性能を考慮して、長手方向に 10mm ピッチになるように分割した。また、板厚方向は、3 分割にした。

表 4-1 D52u-B の断面特性と道示による耐力力計算

部材番号	有効座屈長 L_k mm	断面積 A mm^2	断面二次モーメント I_y 10^8mm^4	断面二次モーメント I_z 10^8mm^4	細長比 λ_y	細長比 λ_z	幅厚比 (b/t) _{max}	R	耐力 P_{uy} kN	耐力 P_{uz} kN
D52u-B	6195.36	17136	3.78	3.51	0.50	0.48	30.0	0.54	4184	4145

腐食データは 2 mm ピッチであるため、10 mm ピッチに変換して導入した。構成則は、パイリニア型で、二次剛性を材料試験の結果から $E/55.3$ とした。初期たわみは $L/5000$ を用いた。荷重は弧長増分+NR 法により載荷した。



解析結果を図 4-2 に示す。最大荷重が 4382kN、この時のたわみが、10.3mm となった。試験結果との誤差は、荷重で 2%、変位で 38% である。荷重は非常によく再現できている。変位は、載荷試験を両端球座により行ったことによる、荷重の偏心、腐食の盛替え位置の影響、初期状態の板のたわみや全体系のたわみを考慮していないためではないかと考えられる。変形は、実験と同様、面IVが圧縮側になるように全体座屈モードで変形した。また、断面が最小になっている位置でも局部座屈には至らなかった。

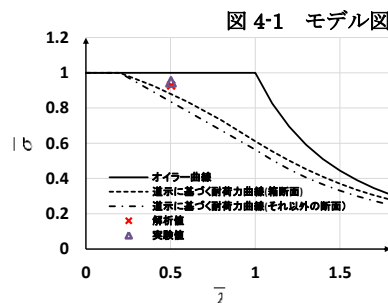


図 4-3 耐力力曲線

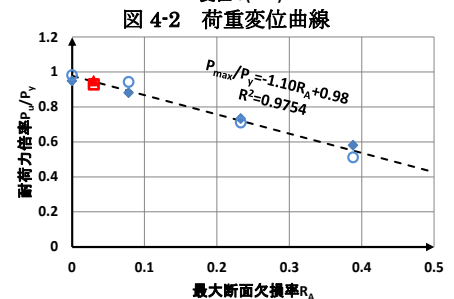


図 4-4 耐力力と欠損率の比較

柱の基準耐力力曲線上にプロットしたものを図 4-3 に示す。柱の基準耐力力曲線よりもいずれも上回る結果となった。

また図 4-4 は耐力力と最大断面欠損率との関係を示す。D52u-B(赤印)以外のプロットは過年度行った圧縮斜材模擬腐食の結果である¹⁾。これを見ると点線の直線(図 4-4 中に記載)と相関がある結果となった。

5. 結論

腐食が一番激しい面は、面IVであり、最大で 7mm であった。また耐力力に影響すると考えられる最大断面欠損率は、2.99%という結果になった。圧縮載荷試験では、耐力力は 4461kN、解析値は 4382kN となった。また残存耐力力は最大断面欠損率と関係が深いことがわかった。

<参考文献> 1)土木学会第 67 回年次学術講演会 模擬腐食を導入したトラス橋圧縮斜材の残存耐力力評価
小峰翔一 平成 24 年 9 月