

# 腐食した実鋼橋部材の曲げ耐荷力実験

東京都立大学大学院  
東京都立大学大学院  
東京都立大学大学院  
法政大学

学生会員  
正会員  
正会員  
正会員

○塚田 祥久  
山沢 哲也  
野上 邦栄  
森 猛

## 1. 背景・目的

鋼構造部材が腐食減厚すると強度や剛性が低下し、構造物の保有性能が低下する。このとき腐食した構造物の保有性能が要求性能を上まわっているかどうか適切に評価する必要があるが、このような鋼橋の健全度の評価方法は未だ確立されていない。

このような研究状況において、実際に数十年もの間、腐食環境下におかれた鋼部材について腐食形状を計測し、実験的に部材の残存耐荷力を把握した例は極めて少ない。そこで本研究では、腐食が鋼部材の耐荷力に及ぼす影響を把握することを目的に、架設供用後40年を経過した実橋梁を対象とし、実験的に検討を行うこととした。

まず、本研究室が新たに開発した腐食形状の計測装置（表面粗さ自動計測機）を用いて、腐食状況を調査した。次に、油圧式試験機を用いて、四点曲げ耐荷力実験を実施し、曲げ部材としての残存耐荷力を把握した。以上の腐食形状計測と耐荷力実験により、残存耐荷力と腐食量・腐食形状との関係について明らかにする。

## 2. 供試体

銚子大橋は、5径間の連続トラス橋部(407.4m)と両取り付け部の鈑桁部(波崎側14.1m+92.6m+3@138.6m・銚子側138.6m+134.7m)とからなる橋長1203mの長大橋である。設置環境は、利根川の最下流(河口部)に位置していることよって、常時海岸風が強く、塩害などの影響により腐食環境が厳しい。架け替えにより撤去された部材は、溶接I型断面(外法高さ200×フランジ幅180×板厚9mm)を有する全長6mの部材である。実験を行うにあたり、それらを全長2.4mに切断し、曲げ供試体とした。

表1 腐食供試体の分類

| 腐食程度 |          | 供試体名   |        |        |
|------|----------|--------|--------|--------|
| Aランク | 著しい腐食    | A5051d | A51sd  |        |
| Bランク | 中庸の腐食    | B1617u | B5354d | B5554d |
| Cランク | ほとんど腐食なし | C1516u |        |        |

6体の供試体を表1のように、塗装上からの目視で腐食の程度によって、塗装上からでもフランジに波状の腐食がみられるAランクから、中庸の腐食が認められるBランク、ほとんど腐食が見られないCランクの3段階に分類した。Aランク部材の1体(A51sd)は横支材、その他の5体は上横構である。なお、表中の部材の「数字」は格点番号を、「u」、「d」は各々上流側および下流側を意味する。

## 3. 表面腐食形状および残存板厚計測

曲げ耐荷力実験に先立ち、はじめにケレンおよびブラスト処理の塗装剥離を行った上で、各腐食部材の腐食形状・残存板厚特性を表面粗さ自動計測機によって計測した。この表面粗さ自動計測機は、1000mm(X)×1000mm(Y)×30mm(Z)の立体空間の表面形状を分解能3mmのレーザー変位計により計測可能である。本研究では、供試体の長さが2400mmのため、800mmずつ3分割して、1mm間隔で計測を行った。

レーザー変位計は、所要の計測範囲外となると、測定範囲外の旨の電流値をとる。断面欠損部分については、この異常値部分を用いて評価した。フランジの残存板厚については、ポイントマイクロメータによる板厚の計測も行った<sup>1)</sup>。

全6体の計測、算出結果を表2にまとめる。各供試体のフランジ約480データ・ウェブ約436,800データの残存板厚の平均値を平均残存板厚 $t_f$ とし、各部材全体の平均残存板厚を $\bar{t}_f$ とする。上下フランジの残存板厚はポイントマイクロメータの計測値で表記している。一方、表面腐食深さは、健全時表面を基準とした表面深さ

Key Words: 腐食, 曲げ部材, 耐荷力, 曲げ耐荷力実験  
〒192-0364 東京都八王子市南大沢 1-1  
Tel:0426-77-1111(Ext.4562), Fax:0426-77-2772

表2 各供試体の平均残存板厚と平均表面腐食深さおよび標準偏差

|          | 平均残存板厚 $t_a$ (標準偏差 $s$ ) [mm] |               |               |                  | 平均表面腐食深さ $t_d$ (標準偏差 $s$ ) [mm] |               |               |               |                  |
|----------|-------------------------------|---------------|---------------|------------------|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
|          | 上フランジ                         | 下フランジ         | ウェブ           | 平均 $t_a$ ( $s$ ) | 上フランジ                           | 下フランジ         | ウェブ(上流)       | ウェブ(下流)       | 平均 $t_d$ ( $s$ ) |
| A5051d   | 5.154 (1.740)                 | 4.916 (2.149) | 8.578 (0.403) | 6.216 (1.431)    | 1.915 (1.787)                   | 1.374 (1.228) | 0.311 (0.438) | 0.110 (0.368) | 0.928 (0.955)    |
| A51sd    | 5.522 (2.216)                 | 6.575 (1.915) | 8.322 (0.900) | 6.806 (1.677)    | 1.195 (1.001)                   | 0.786 (1.100) | 0.601 (1.170) | 0.077 (0.630) | 0.665 (0.975)    |
| (B1617u) | -                             | -             | 8.906 (0.237) | 8.906 (0.237)    | 0.186 (0.530)                   | 0.102 (0.555) | 0.065 (0.247) | 0.029 (0.226) | 0.096 (0.390)    |
| B5453d   | 8.642 (0.990)                 | 7.342 (2.110) | 8.691 (0.524) | 8.225 (1.208)    | 0.401 (0.667)                   | 0.667 (0.861) | 0.112 (0.356) | 0.197 (0.691) | 0.344 (0.644)    |
| B5554d   | 8.476 (1.117)                 | 7.829 (1.382) | 8.189 (0.596) | 8.165 (1.032)    | 0.325 (0.700)                   | 0.298 (0.476) | 0.049 (0.410) | 0.762 (0.781) | 0.358 (0.592)    |
| (C1516u) | 9.123 (0.135)                 | 8.642 (1.242) | 8.893 (0.262) | 8.886 (0.546)    | 0.146 (0.240)                   | 0.470 (1.029) | 0.094 (0.278) | 0.013 (0.246) | 0.181 (0.448)    |

を示している。各供試体のフランジ約432,000データ・ウェブ約436,800データの表面腐食深さの平均値を平均表面腐食深さ  $t_d$  とし、各部材全体の平均表面腐食深さを  $t_d$  とした。また、各供試体の標準偏差も示した。

図1、図2は、供試体のランクごとに横軸に  $t_a, t_d$  を、縦軸にそれらの標準偏差をとったものである。図1は、標本数が少ないため、バラツキが大きくなっているが、図1、図2ともいずれも  $t_a$  および  $t_d$  とそれらの標準偏差とが線形関係にあることがわかる。また、腐食の激しいAランク材は、腐食量、標準偏差ともに高い値を示しており、腐食速度は部位によって大きく異なる。

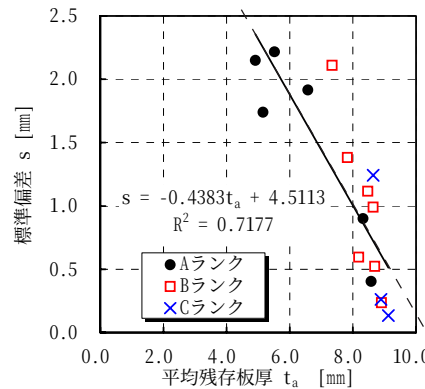


図1 標準偏差と残存板厚の関係

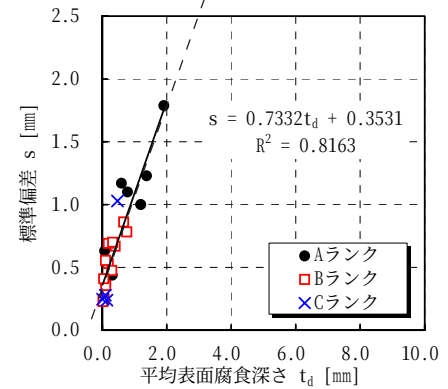


図2 標準偏差と表面腐食深さの関係

#### 4. 曲げ耐力実験

実験供試体および測定装置類の設置を図3に示す。実験は、800mmの等曲げ区間を有する四点曲げ実験を行った。載荷点および支承部には、それぞれ載荷板・支承版および補剛材を設け、支承版・補剛材についてはエポキシ系接着剤にて固定した。載荷装置には、載荷容量1000kN、ストローク400mmのサーボ式ジャッキを用い、変位制御にて漸増載荷した。

図4は、各供試体の最大荷重  $P_u$  と式(1)のように定義した有効板厚の関係を表わしたものである。本研究では、補正係数を腐食において一般的に使われる2.0を用いた。

$$\text{有効板厚}(t_e) = \bar{t}_a - \beta s \quad (\beta: \text{補正係数} = 2.0) \cdots (1)$$

線形関係を得た。よって、曲げ耐力は、有効板厚を用いることで評価できる。

#### 5. まとめ

- (1) 平均残存板厚および平均表面腐食深さとそれらの標準偏差とは、線形関係になる。
- (2) 曲げ耐力と有効板厚との間に、 $P_u = 27.71t_e + 197.68$  という線形関係を得た。

#### 6. 参考文献

- 1) 塚田祥久・佐々木信智・山沢哲也・野上邦栄：表面粗さ計測機による腐食形状の計測に関する一考察，土木学会年次学術講演会，第59回，I -126,2004.9

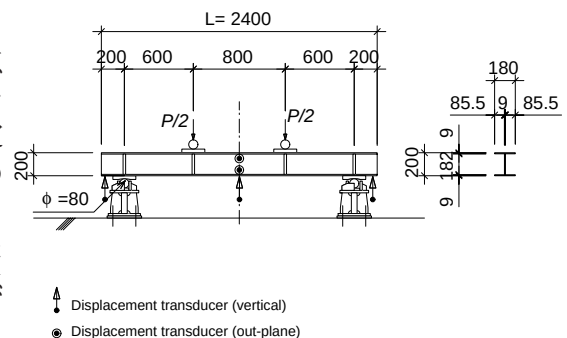


図3 供試体設置図

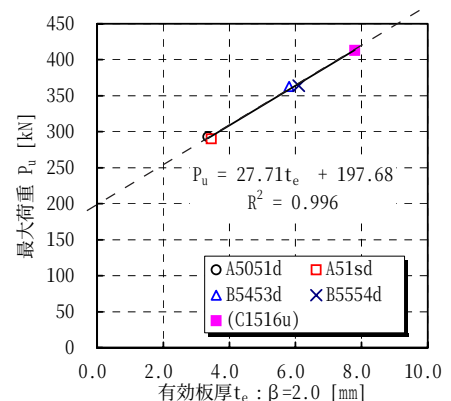


図4 最大荷重と有効板厚の関係