

腐食した鋼曲げ部材の耐荷力実験

首都大学東京 正会員 野上 邦栄 (株)建設技術研究所 正会員 塚田 祥久
 首都大学東京 正会員 山沢 哲也 法政大学 正会員 森 猛

1. はじめに

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。しかも、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、架設供用後40年を経過した実橋梁を対象とし、四点曲げ耐荷力実験を実施し、曲げ耐荷力と腐食量との関係について明らかにした。

2. 曲げ耐荷力実験

対象橋梁は、5径間の連続トラス橋部(407.4m)と両取り付け部の鉸桁部とからなる橋長1203mの長大橋で、常時海岸風が強く非常に厳しい腐食環境下にある。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に切断した。

6体の供試体は、図-1中に示す位置から採取し、塗装上から目視によっても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。図表中の部材の「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。

実験は図-2のように、800mmの等曲げ区間を有する4点曲げ実験を行なった。載荷点および支承部には、それぞれ載荷板・支承板および補剛材を設け、支承板・補剛材については、エポキシ系接着剤で固定している。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。

3. 荷重変位関係

表-1に、各供試体の腐食計測結果と曲げ耐荷力を、図-3に載荷荷重-支間中央鉛直変位関係を示す。Bランク・Cランク供試体は200kN付近まで線形関係を保っているが、Aランク供試体は傾きがやや小さく、180kN付近から非線形性が認められた。ここでB1617u供試体およびC1516u供試体については、断面塑性を確認後除荷することとした。B5554供試体は著しい偏心載荷であったため、最大荷重364kN後、ジャッキが面外方向に大きく滑り急速除荷に至ったため、図-3のような除荷挙動となった。20mm変位時の載荷荷重 P_{20} を比較すると、ほとんど腐食のないC1516u供試体に対して、A5051d供試体はその69%、B5453d供試体は84%の載荷荷重であった。C1516u供試体は明確なピーク点を得られていないが、いま $P_{u1516}=431\text{kN}$ として、その他の供試体の基準化耐荷力を求めると、表-1に示すようになった。このとき、載荷荷重の低下割合は、20mm変位時荷重のときの低下割合とほぼ同じとなった。

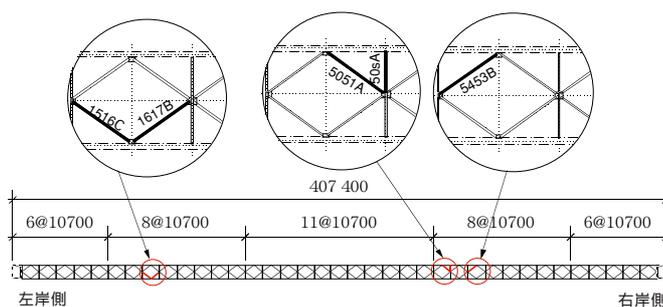


図-1 供試体の採取位置

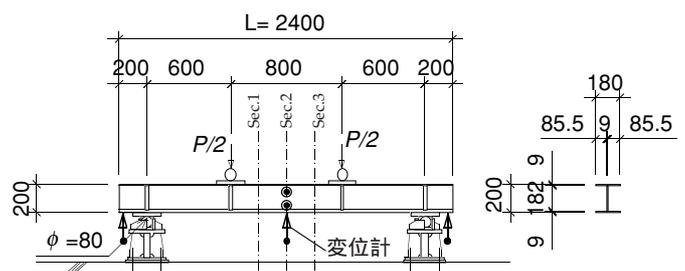


図-2 供試体寸法と載荷試験設置図

表-1 各供試体の腐食計測・曲げ耐荷力試験の結果

$$t_a = t/n, t_0 = 9.409 \text{ [mm]}, R_t = (t_0 - t_a)/t_0$$

供試体名	平均残存板厚 t_a [mm]	平均腐食量 $t_0 - t_a$ [mm]	平均腐食率 R_t	最大耐力 P_u [kN]	20mm変位時荷重 P_{20} [kN]	基準化耐荷力 P_u/P_{u1516}	$\frac{P_{20}}{(P_{20})_{1516}}$	終局モード
A5051d	6.162	3.193	0.339	293	270	0.680	0.691	上フランジ下流に局部座屈, 終局時横座屈急進
A51sd	6.385	2.603	0.277	290	282	0.673	0.721	下フランジ局部座屈, 終局時横座屈
B5453d	7.368	1.184	0.126	363	330	0.842	0.844	上フランジ下流に亀裂発生, 終局時局部座屈
B5554d	7.458	1.244	0.132	364	340	0.845	0.869	上フランジ下流に凹状, 上流に凸状の局部座屈
C1516u	7.923	0.523	0.056	431	391	1.000	1.000	全断面塑性

キーワード: 腐食, 残存板厚, 曲げ部材, 耐荷力, 4点曲げ載荷実験

連絡先: 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1, Phone: 0426-77-1111, FAX.: 0426-77-2772

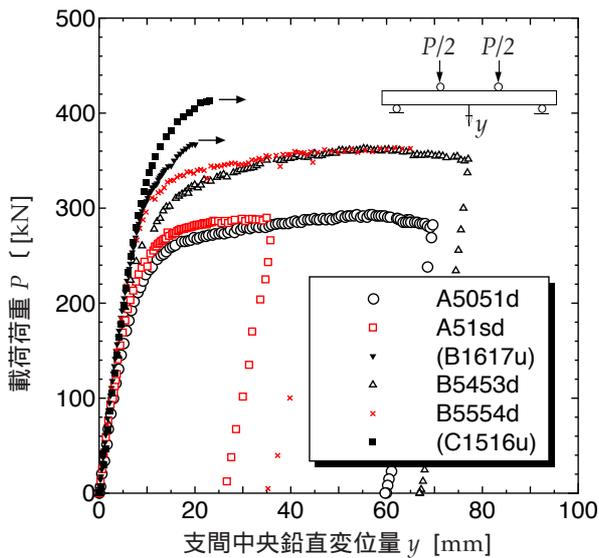


図-3 各供試体の載荷荷重-変位関係

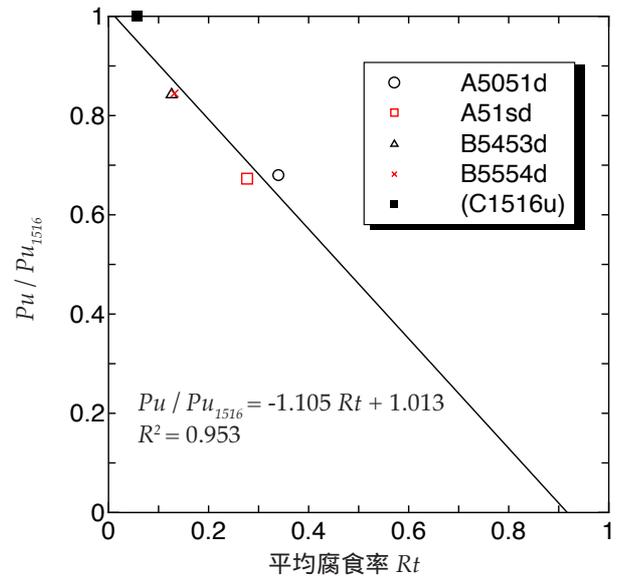


図-5 平均腐食率-耐荷力関係

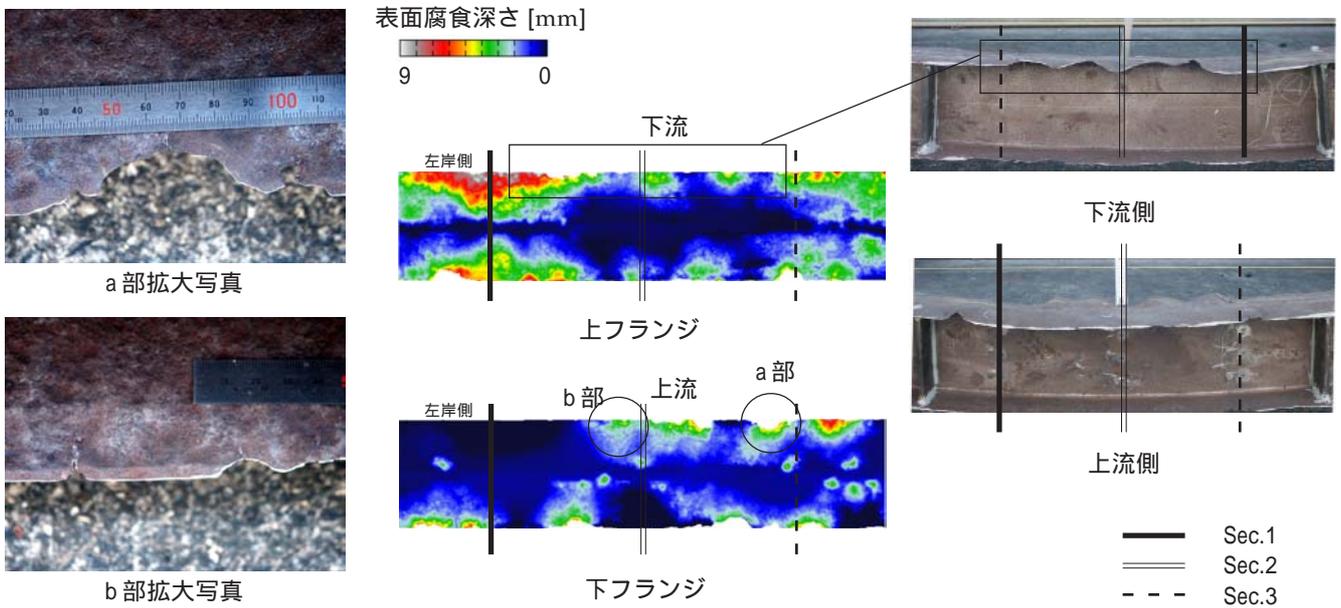


図-4 A5051d部材の腐食表面形状と載荷後の状況

4. 腐食形態と終局モード関係

表-1に示すように、終局モードは各供試体の腐食量・腐食形状および初期不整によって異なる。ほとんど腐食のないようなC1516u供試体は、全断面塑性で終局を迎えるが、腐食の程度が大きくなると、その腐食形状によって局部座屈が誘発されたり、亀裂が生じることもある。非対称腐食によって偏心載荷状態であるところに、さらに局部座屈や亀裂の進展によって偏心が加わり、終局時には横座屈モードが支配的になった。一例として、図-4にA5051d供試体の腐食表面形状と載荷後の状況について示す。A5051d供試体は、上フランジ下流側に著しい波状の腐食が存在しているが、局部座屈モードとこの腐食形状とはよく対応している。塑性進展とともに局部座屈による変形が増大するに従って、面外横座屈変位も増加した。併せて引張側の下フランジには、終局時で2mm程度の亀裂が生じていた。

5. 残存耐荷力評価

いま、ほとんど腐食のないC1516u供試体の最大載荷荷重を基準とし、腐食計測によって得られた平均腐食率 R_t と、各供試体の最大載荷荷重との関係を調べてみると、結果として図-5に示すような線形関係を得ることができた。これは、個々の供試体の終局挙動は、腐食形状に依存した局部座屈によって支配されるが、部材の平均腐食量が判る程度の計測を行えば、部材の曲げ残存耐荷力を簡易に評価することが可能であることを示している。

謝辞 本研究の遂行にあたっては、補修・補強工事に伴い撤去された部材を、千葉県銚子土木事務所の雄川所長、加瀬氏、入枝氏、水野氏にご提供いただいた。さらに宮地鐵工(株)の能登宥愿氏および村上貴紀氏に多大な協力・助言を賜った。ここに記して感謝を意を表します。