

腐食減厚に伴う合成 I 桁橋の残存耐荷力

鹿島建設(株) 正会員 井上 透
東京都立大学 正会員 野上 邦栄
東京都立大学 正会員 山沢 哲也

1. 背景および目的 高度経済成長期に数多く建設された橋梁が、数年内に供用開始後 40～50 年を迎えることにより、老朽化した橋梁が急増することが予想され、その対応が急務となっている。その一方で、国の財政は厳しい状況にあり、適切な維持管理を行うことにより低コストで長寿命化を図ることが強く望まれている。老朽化した橋梁は補修、架替え等が行われるが、その際適切な判断基準に基づいて対処法を選択する必要がある。ところで、鋼橋の劣化・損傷の中で特に事例が多いにも関わらず、現時点では腐食を受けた構造物の現有する耐荷力評価に関する研究は極めて少なく、腐食の程度と耐荷力の関係が明らかにされていない。そのため、腐食劣化した橋梁に対する補修、架替えの要否の判断は耐荷力に基づいて行われておらず、合理性に欠ける。そこで、本研究では既存合成 I 桁橋の主桁の腐食に着目し、実橋レベルにおける残存耐荷力の把握を目的とした。

2. 解析モデルと解析方法 解析対象とした橋梁は、図 - 1、図 - 2 および表 - 1 に示すような支間長 $L = 33\text{m}$ の単純活荷重合成 I 桁橋(4 主桁)で、そのうちの外桁のみを取り出してモデル化した。腹板、フランジ及び支点上補剛材の材質は SM490Y、その他の補剛材の材質は SM400 である。床版のコンクリートは有効幅分をモデル化し、最大圧縮強度 30MPa、引張強度 3MPa とした。鉄筋の材質は SD295 である。鉄筋とコンクリートは完全付着と仮定し、クリープと乾燥収縮の影響はないものとする。鋼桁および鉄筋には Von-Mises の降伏条件を適用し、材料特性はバイリニア型、降伏後のひずみ硬化係数は弾性域の 1/100 とした。コンクリートの降伏条件は線形 Mohr-Coulomb を適用した。初期たわみとして支間中央部で最大値 $L/1000$ とする 1 半波形の正弦波を与えた。残留応力は考慮していない。本モデルでは、上フランジ上面全面を荷重載荷位置とし、等分布荷重を漸増荷重として与えた。数値解析には汎用有限要素解析ソフトウェア MSC.MARC2000 を用いた。腹板、フランジ、補剛材及びコンクリートはソリッド要素を用い、床版の鉄筋は圧縮側(上側鉄筋)に 0.96mm、引張側(下側鉄筋)に圧縮側の 2 倍となる 1.92mm の厚さをもつシェル要素によってそれぞれモデル化した。

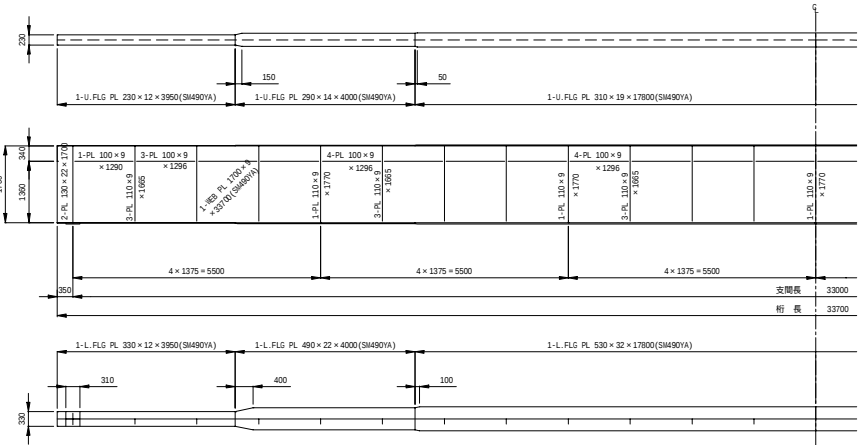


図 - 1 主桁図

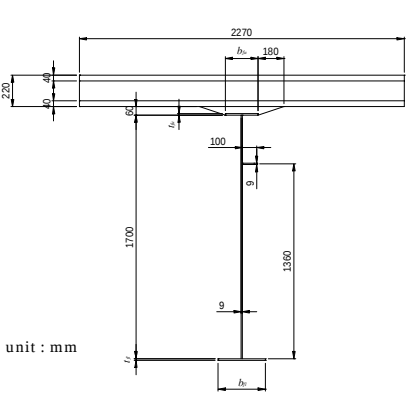


図 - 2 断面図

表 - 1 各断面におけるフランジの板厚・板幅と断面二次モーメント

	b_f (mm)	b_{fu} (mm)	t_f (mm)	t_{fu} (mm)	I (cm ⁴)
sec.1	530	310	32	19	6009199
sec.2	490	290	22	14	4575667
sec.3	330	230	12	12	2831620

表 - 2 想定した腐食形態

腐食形態		腐食位置	参考図
i. 下フランジの腐食 ($\alpha = 0.75$)		1 パネルごと移動	図-11
ii. 桁端部の腐食 ($\alpha = 0.5, 0.75$)	f. 下フランジの腐食	1 パネル + 張出部	図-11
	w. ウェブの腐食	1 パネル + 張出部	図-12
	b. ウェブ + 支点上補剛材の腐食	支点部直上	図-13
	c. 上記 3 つの複合		

Keyword：合成 I 桁，耐荷力，腐食，弾塑性有限変位解析
連絡先：〒192-0397 東京都八王子市南大沢 1-1 TEL.0426-77-1111 FAX.0429-77-2772

3. 想定した腐食形態 本研究で想定した腐食形態は表 - 2 に示す通りであり、図 - 3、図 - 4、図 - 5 のように板厚を減少させることによって腐食をモデル化した。ここで、腐食量を表す指標として“健全な板厚”に対する“腐食減少した厚さ”の比を板厚減少率 α とする。「i. 下フランジの腐食」では $\alpha = 0.75$ 、「ii. 桁端部の腐食」では $\alpha = 0.5$ 、 0.75 について解析を行った。なお、 $\alpha = 0$ の腐食のない健全な桁を基本モデルとする。

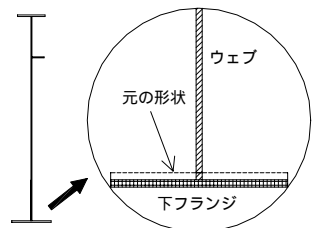


図 - 3 下フランジの腐食

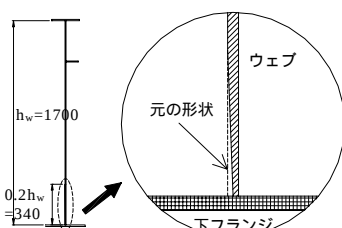


図 - 4 ウェブの腐食

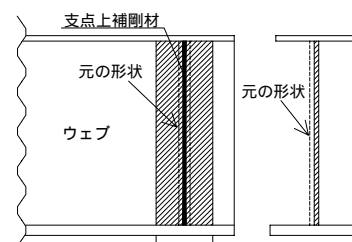


図 - 5 ウェブ + 支点上補剛材の腐食

4. 解析結果 解析結果をまとめるにあたり、ii-b(ウェブ + 支点上補剛材の腐食)と ii-c(3つの複合モデル)では明確に求められた最大荷重を、その他のモデルについては床版のコンクリートが最大圧縮強度に達した点をもってそのモデルの限界と判断し、その時の荷重を最大荷重 p_{max} とした。この例として、図 - 6 に基本モデルと ii-b($\alpha=0.75$)における荷重 p と支間中央の鉛直変位 v との関係を示す。図 - 7 は「i. 下フランジの腐食」における各腐食モデルの最大荷重 p_{max} と腐食パネルとの関係を示したものである。横軸には支点からの距離を取り、板厚を腐食減少させたパネルの位置の上にそのモデルの最大荷重をプロットし、それが基本モデルの最大荷重に比どの程度低下しているかを示した。腐食場所が支点から 4 パネル程度までの範囲内にある場合、最大荷重はほとんど低下せず、それ以外は腐食場所が支間中央に近づくにつれて最大荷重が低下し、最大で 39% 程度の低下となった。図 - 8 は「ii. 桁端部の腐食」における各腐食モデルの最大荷重 p_{max} を示したものである。 α の値に関わらず ii-f(下フランジの腐食)と ii-w(ウェブの腐食)では最大荷重はほとんど低下しない。一方、ii-b(ウェブ + 腹板の腐食)と ii-c(3つの複合モデル)では最大荷重が著しく低下している。このことから、支点部直上部材が腐食すると、支点部付近にかかる大きな圧縮力を受け持つことができなくなり最大荷重は低下すると言える。

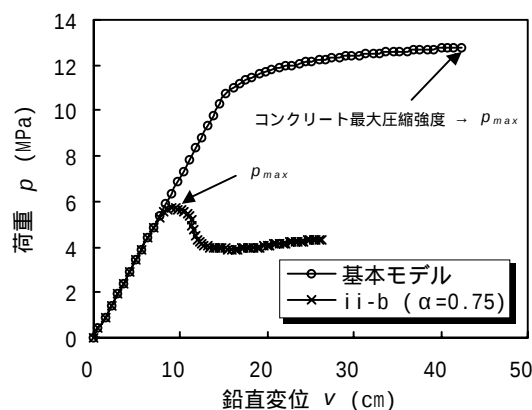


図 - 6 荷重と変位の関係

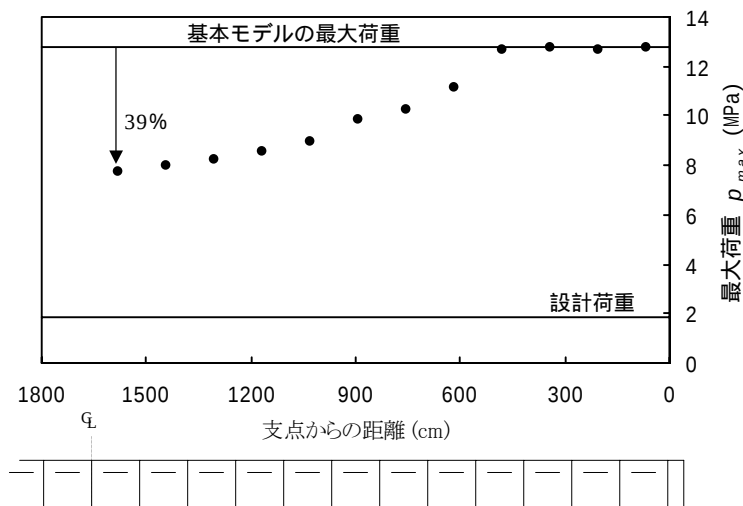


図 - 7 最大荷重 (i. 下フランジの腐食)

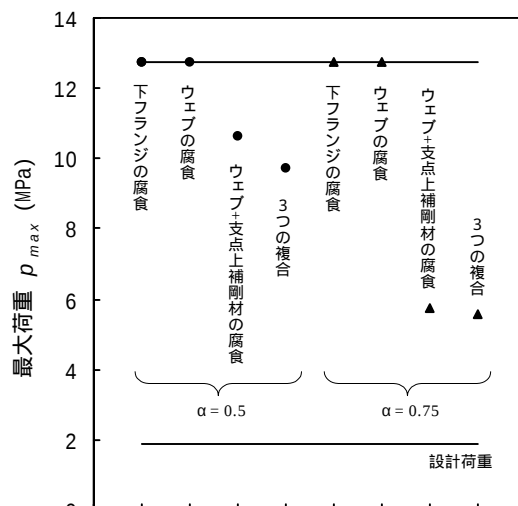


図 - 8 最大荷重 (ii. 桁端部の腐食)

5. 結論 橋梁の耐力は腐食場所や腐食した部材により、著しく低下する場合と、ほとんど低下しない場合とに分けられる。よって、適切な維持管理のためには、耐力の低下に影響を及ぼすパラメータを明らかにし、残存耐力評価法や健全度評価法を確立していく必要がある。

参考文献 1) (社)日本橋梁建設協会、合成桁の設計例と解説、1995.4 2) (社)日本鋼構造協会、既設鋼橋部材の耐力・耐久性診断と補修・補強に関する資料集(鋼橋の維持管理とそれを支える要素技術)、2002.1