

腐食した鋼 I 桁の支点部耐力

九州工業大学大学院 学生員 ○赤木利彰
九州工業大学大学院 正会員 山口栄輝

1. はじめに

鋼橋の安全性を左右する代表的な現象として、腐食が挙げられる。実際、これまで取り替えられた鋼橋の多くは、腐食によるものである。腐食が生じると部材断面積が減少し、耐荷力が低下する。そのため、腐食が進行すると、その状況に応じて、補修、あるいは取り替えが必要となる。しかしながら、腐食は部材・部位に局部的に進行することが多く、腐食の状況も様々であるため、腐食した鋼橋の耐力評価、対策の要否、対策の緊急性などの判断は容易ではない。

鋼橋における腐食の多くは、桁端部で発生している。また、桁端部は支点を有し荷重集中点になっており、鋼橋の安全性を照査する際も重要な箇所である。こうしたことから、腐食した主桁端部のせん断耐力に着目した研究¹⁾、支点部耐力を対象とした研究²⁾が行われている。

本研究では、鋼 I 桁の支点部近傍で種々の腐食パターンを想定し、腐食が支点部耐力に及ぼす影響を検討する。

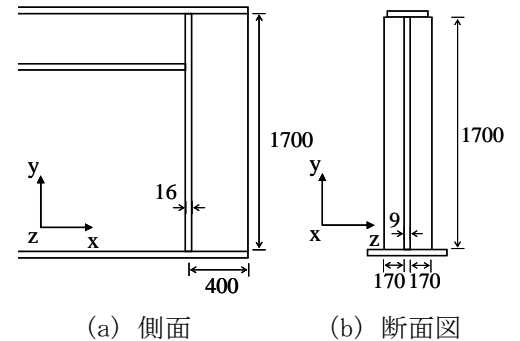


図-1 支点部寸法図 (単位: mm)

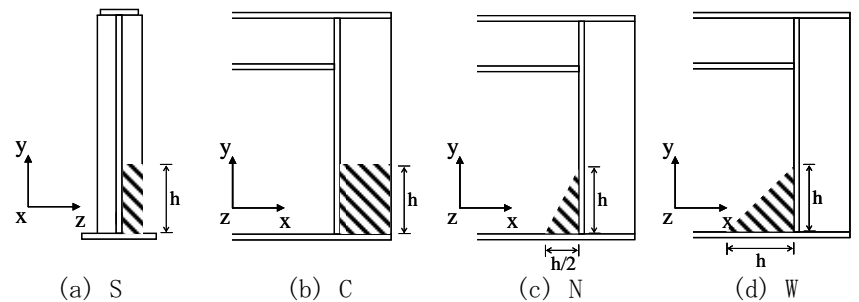


図-2 腐食の基本モデル

2. 解析概要

2.1 鋼 I 桁モデル

本研究では、文献3)の橋梁の鋼 I 桁を解析対象とする。スパン長は33000mmであり、支点部の寸法は図-1に示す。鋼材のヤング係数 E 、ポアソン比、降伏応力はそれぞれ $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、0.3、 235 N/mm^2 とする。構成則として二次勾配が $E/100$ となるバイリニア型の移動硬化則を用いている。

文献2)では、桁支点上にトレーラーのような重車両の輪重が作用した状態を想定し、桁支点部の柱としての座屈耐力に着目した腐食鋼桁の耐力が検討されている。本研究もこれにならい、支点直上の上フランジに載荷し、鋼 I 桁の支点部耐力を検討する。道路橋示方書⁴⁾では、支点部耐力は、垂直補剛材と有効幅分のウェブからなる十字断面柱にモデル化して求めるように規定されている。解析対象桁の場合、このようにして求めた設計耐力は1735 kNである。

2.2 腐食モデル

腐食性状には様々なものがあるが、ここでは文献1)と文献2)を参考に、図-2に示す領域 S, C, N, W が桁片面で腐食している状態を基本モデルとする。本研究では、この基本モデルを用いて腐食パターンを構築し、表-1に示している。腐食パターンは3グループからなる。グループ1は基本モデルの腐食が個別に生じる場合、グループ2は桁片面の腐食が卓越している場合、グループ3は桁両面で腐食が同程度に進行している場合である。また、グループ3では桁両面の支点上補剛材が腐食するため、Sを2回記述している。

表-1 腐食パターン

グループ	腐食パターン	使用する基本モデル
1	1S	S
	1C	C
	1N	N
	1W	W
2	2N	S, C, N
	2W	S, C, W
3	3N	S, S, C, N
	3W	S, S, C, W

キーワード 鋼 I 桁, 腐食, 非線形有限要素解析, 支点部耐力

連絡先 〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL093-884-3110 FAX093-884-3100

いずれの腐食パターンにおいても、腐食範囲 h 、板厚減少量 Δt をパラメータとする。 h はウェブ高さ h_0 の 10%、20%、40% を考える。 Δt は 2mm、4mm、6mm とする。ただし、グループ 2 の桁片面での腐食が卓越する場合でも補剛材は表裏の 2 面が腐食するため、板厚減少量は 2 倍とする。

2.3 1/4 鋼 I 桁モデル

本研究では、支点部耐力の検討を目的とし、支点上の上フランジに荷重するため、変形も支点近傍に限られることが予想される。そこで、支間が 1/4 の鋼桁モデルを作成し、全長モデルと 1/4 モデルを用いて解析を行った。両者の結果は非常によく一致しており、最大荷重の差も 0.1% に過ぎない。この結果を踏まえ、本研究では、1/4 鋼 I 桁モデルで検討を行うこととした。

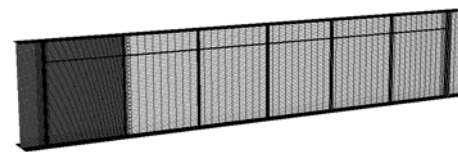


図-3 1/4 鋼 I 桁モデル

3. 解析結果

3.1 Δt および h/h_0 が支点部耐力に及ぼす影響

図-4 に結果の一例として 1S の結果を示す。 P_{max} は各腐食モデルの支点部耐力、 P_0 は腐食のない健全な桁の支点部耐力 (2542 kN) である。支点部耐力の低下は $h/h_0=0.1$ を除くすべての腐食パターンで、 Δt にほぼ比例する関係が認められる。一方、 h/h_0 が大きくなり腐食領域が増すと、支点部耐力は減少するが、比例関係は見られない。また、グループ 1 の他のパターンやグループ 2、グループ 3 でも同様の傾向があると確認できた。最も支点部耐力が小さいのは、腐食パターン 2W の $h/h_0=0.4$ 、 $\Delta t=6\text{mm}$ の腐食桁で 681 kN であり、健全時の 27% ほどにまで耐力が低下している。

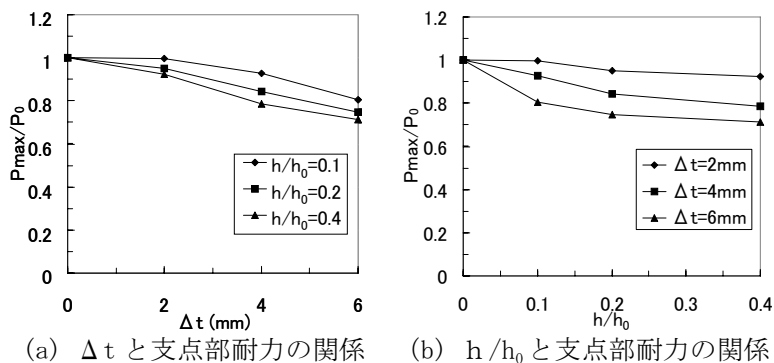


図-4 解析結果 (1S)

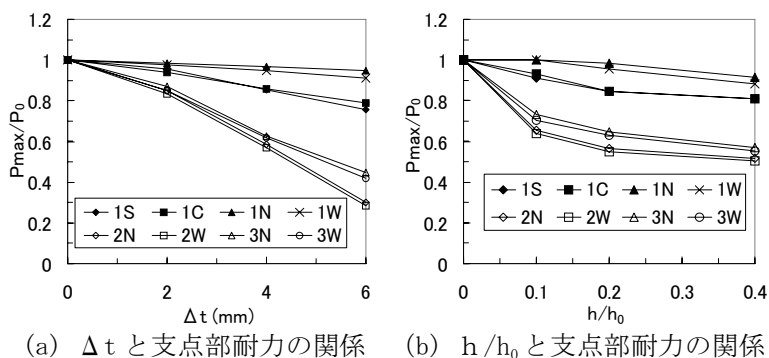


図-5 平均値曲線

3.2 腐食発生箇所が支点部耐力に及ぼす影響

図-5 に耐力の平均値を示す。図-5 (a) はすべての h/h_0 、図-5 (b) は Δt に関して平均を算定した結果である。この図より、1C と 1S、1N と 1W の間に大きな差があることが理解される。1N、1W はウェブ内に存在して自由境界がないため、面外方向の変位が抑制され耐力減少が小さくなっていると考えられる。グループ 2、3 を比較すると、グループ 2 の方が大きな耐力低下が認められる。この 2 グループでは、相対的な支点上補剛材の板厚減少量が異なっており、支点上補剛材の板厚減少が耐力低下に及ぼす影響の大きさが確認される。グループ 1 ~ 3 の P_{max}/P_0 の平均値を求めると、それぞれ 0.907、0.571、0.639 となる。グループ 2、3 の支点部耐力はグループ 1 より 30% ほど小さい。グループ 2、3 を比較するとグループ 2 の方が支点部耐力は 7% ほど小さい。腐食パターンにより、支点部耐力に及ぼす影響は大きく異なり、注意を要する。

参考文献

- 1) 劉翠平, 宮下剛, 長井正嗣: 端部パネルの局部腐食をもつ I 形断面桁のせん断耐力に関する考察, 構造工学論文集 Vol. 57A, pp. 715-723, 2011.
- 2) Huang, V. T., 永澤洋, 佐々木栄一, 市川篤司, 名取暢: 腐食が原因で取り替えられた実鋼橋支点部の荷重実験および解析, 土木学会論文集, No. 710/I-60, pp. 141-151, 2002.
- 3) 日本橋梁建設協会: 合成桁の設計例と解説, 2006.
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (I 共通編, II 鋼橋編), 丸善, 2012.