

法政大学 学生員 吉野 正兼
法政大学 正社員 森 猛

1. はじめに

鋼橋の経年劣化としては腐食と疲労があるが、劣化損傷事例の大部分を占めているのが腐食である。腐食した部材の取り替えや補修の要否の判断は、腐食部分の表面積や腐食量に基づいて検討されているが、その部材がどの程度の耐力を有しているのかを基に判断するのが合理的と考えられる。本研究では腐食を有する鋼 I 桁を模擬したモデルを対象とし、弾塑性有限要素解析を行うことによりその曲げ耐力を求めるとともにその簡易計算法について検討する。

2. 解析モデルと解析方法

解析対象は、図 1 に示す鋼 I 形桁である。材料は SM400 を想定し、降伏応力を $\sigma_y = 30 \text{ kgf/mm}^2$ 、ポアソン比を 0.3、ヤング率を $2.1 \times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$ とした。応力-ひずみ関係は bi-linear とし、降伏後の応力-ひずみ関係の傾きは $4.76 \times 10^{-4} \text{ kgf/mm}^2$ とした。また、降伏の判定には Von-Mises の降伏条件式を用いた。I 形桁のフランジ幅は 130 mm、フランジ厚さは 12 mm、ウェブ高さは 226 mm、ウェブ厚さは 12 mm である。この寸法は鋼橋の床組の縦桁を想定したものである。この桁の下フランジ上面に全面腐食を想定した 2 種類の鋸の刃形状（桁軸方向の波：縦刃形、桁軸直角方向の波：横刃形）と局部腐食を想定した凹形の腐食を設けた。いずれの刃形状の腐食の深さも 1, 2, 4, 6, 8 mm とし、その表面での幅は深さの 6 倍（幅の値 6, 12, 24, 36, 48 mm）とした。凹形の腐食の深さは、1, 2, 4, 6, 8 mm。その幅と奥行きは深さの 10 倍としている。ここでは、これらのモデルをそれぞれ縦刃形①～⑤、横刃形①～⑤、凹形①～⑤と呼ぶ。要素分割図の例を図 2 に示す。腐食部の要素寸法は $5 \times 5 \times 2 \text{ mm}$ 程度である。これらの腐食による下フランジ断面積の減少率を表 1 に示す。解析対象はこれら 15 種類の腐食を有する桁と腐食のない健全な桁の 16 種類となる。曲げモーメントは桁長手方向の分布荷重をモデル端部に加えることにより与えた。

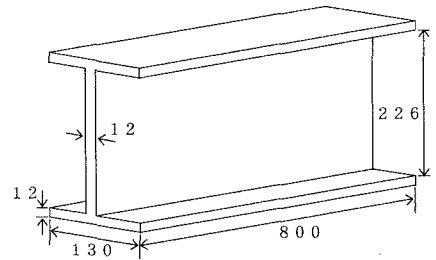


図 1. 鋼 I 形桁(解析モデル)

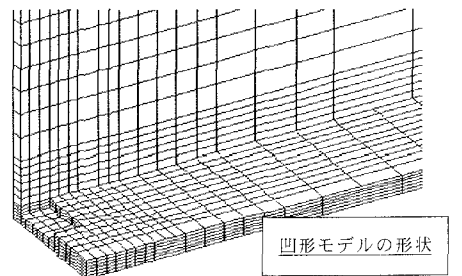
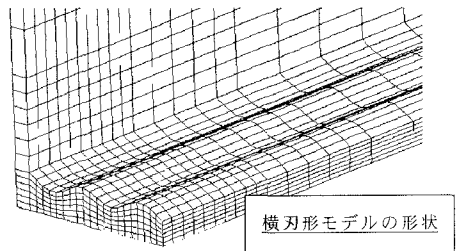
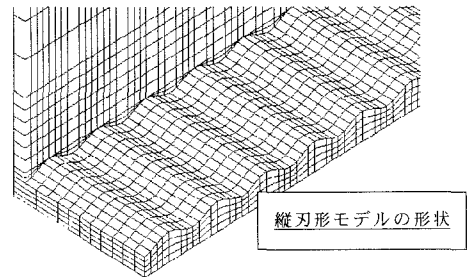


図 2 解析モデルの要素分割図

キーワード：腐食桁、曲げ耐力、有限要素法、全塑性モーメント

連絡 先：〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 TEL 042-387-6279

3. 解析結果

各モデルの解析により求めたモーメントMと桁中央のたわみδとの関係を図3に示す。いずれの場合も腐食が大きくなるにしたがって、M-δ関係は下に位置しており曲げ耐力が低下してことがわかる。ここでは、δが5mmとなったときのMを曲げ耐力と定義する。このように定義した健全桁（腐食を有さない桁）の曲げ耐力は、 $1.575 \times 10^7 \text{kgf}\cdot\text{mm}$ であった。この値は、初等力学から計算される全塑性モーメント $1.574 \times 10^7 \text{kgf}\cdot\text{mm}$ とほぼ一致している。腐食桁の曲げ耐力を簡易に求めるために、腐食を有する下フランジ（最小断面）をそれと幅および断面積の等しい矩形と見なし、すなわち腐食分だけ板を薄くして全塑性モーメントを計算することを考えた。以上の解析から求めた各腐食モデル桁の曲げ耐力と健全桁の曲げ耐力の比（曲げ耐力比）と腐食による下フランジの断面欠損率との関係を図4に示す。図中には簡易計算から求めた曲げ耐力比も示している。簡易計算結果は、横刃形の腐食を有する桁の解析結果とよく一致している。これに対し、縦刃形の腐食および凹形の局部腐食を有する桁の曲げ耐力解析結果は、簡易計算結果よりもかなり高くなっている。これは、桁断面がすべて塑性変形を起こすためには、下フランジにある程度桁軸方向の領域が必要となるためと考えられる。

4. 結論

腐食を有する下フランジをそれと幅および断面積の等しい矩形と見なすことにより、安全側の曲げ耐力の評価が可能である。

表1. 欠損の大きさと下フランジ断面積の減少

モデル	深さ(mm)	断面積(mm ²)	断面欠損率(%)
健全桁	0	0	0
凹形①	2	40	2.6
凹形②	4	160	10.3
凹形③	6	360	23.1
凹形④	8	640	41
凹形⑤	10	1000	64.1
横刃形①	1	59	3.8
横刃形②	2	130	8.3
横刃形③	4	246	15.8
横刃形④	6	482	30.9
横刃形⑤	8	684	43.8
縦刃形①	1	118	7.6
縦刃形②	2	236	15.1
縦刃形③	4	472	30.3
縦刃形④	6	708	45.4
縦刃形⑤	8	944	60.5

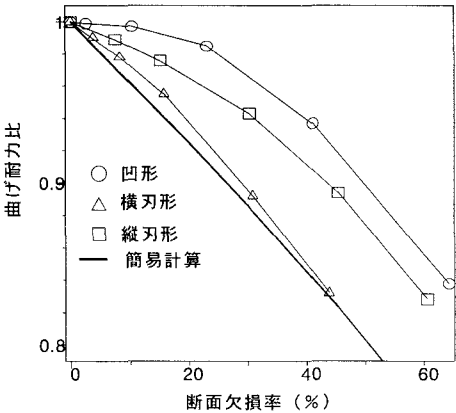
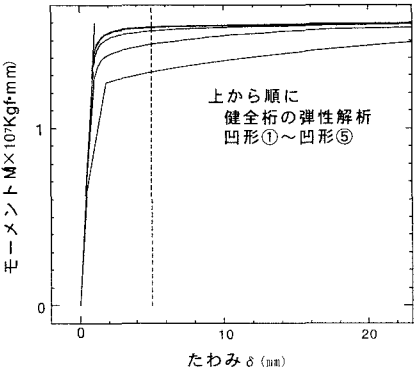
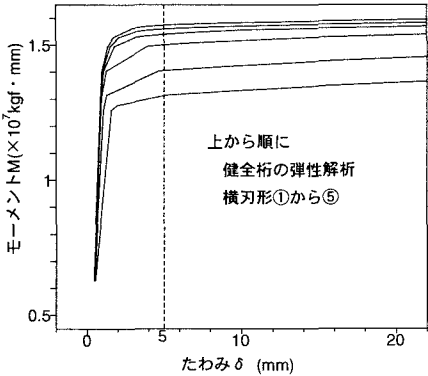
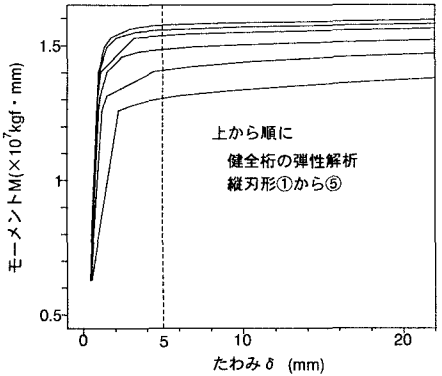


図4 曲げ耐力比と断面欠損率の関係

図3 モーメントーたわみ図