

体積欠損過程で生じる鋼 H 形断面柱の応力再分配と変形

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 立石優一 大阪大学大学院工学研究科 学生会員 玉川新悟
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 三好崇夫 大阪大学大学院工学研究科 正会員 奈良 敬

1. 目的

腐食損傷を有する鋼橋の補修・補強や架け替えの要否は、残存耐荷力などの客観的な指標を用いて行われるべきである。腐食損傷を有する鋼橋の残存耐荷力は、現場計測などの実験的手法によって直接的に評価することが困難なのが現状であるが、有限要素解析は、鋼板の板厚などの計測結果から、非破壊的に残存耐荷力を予測できるため、そのための有力な手段である。しかし、既往の研究で報告されている、有限要素解析による腐食損傷を有する鋼部材の残存耐荷力評価では、残留応力が耐荷力に大きな影響を与えることが知られているにもかかわらず、残留応力やその腐食進行過程での再分配を無視したものが殆どである。したがって、精度よく残存耐荷力を予測するためには、腐食に伴う体積欠損過程での残留応力の再分配や、それによる付加的な変形の発生を考慮した上で、残存耐荷力を評価する手法が必要である。既に、この過程が考慮できる有限要素解析法の開発に関する研究も報告されているが¹⁾、その検証に必要な体積欠損過程の残留応力の再分配や、付加的な変形挙動に関する実験結果は、まだ少ないのが現状である。そこで、本研究では、腐食に伴う体積欠損過程で鋼板要素や鋼部材にもたらされる残留応力の再分配、それに伴う付加的な変形を実験的に調査し、本研究室で開発した有限要素解析法の妥当性の検証に向けた実験データの収集を目的とした。

2. 実験および有限要素解析法の概要

(1) 実験の概要

供試体は、上記の研究目的に合わせて鋼 H 形断面短柱を選定し、表-1 に示す 4 つの実験ケースを設定した。体積欠損の導入方法は、図-1 に示すように、供試体の腹板片面の中央部 100×200mm の範囲に、板厚減少量が 1.5mm に達するまで研削加工を施し、供試体の長さ方向中央、端部のそれぞれフランジ、腹板の残留応力の変化と付加的な変形を計測した。

(2) 有限要素解析の概要

本研究で開発した、体積欠損過程で生ずる力学的な挙動を考慮できる有限要素解析法²⁾を用い、実験を対象とした弾塑性有限変位解析を行った。解析モデルは、8 節点シェル要素で図-2 に示すように実験供試体をモデル化し、腹板を幅方向、長さ方向ともに 12 等分割、フランジを幅方向に 6 等分割、長さ方向に 12 等分割した。

表-1 実験ケース

| ケース名 | 目的 |
|----------|------------------|
| Type-AN | 残存耐荷力の把握(体積欠損なし) |
| Type-A0 | 残存耐荷力の把握(体積欠損あり) |
| Type-ARN | 残留応力の計測(体積欠損なし) |
| Type-AR0 | 残留応力の計測(体積欠損有り) |

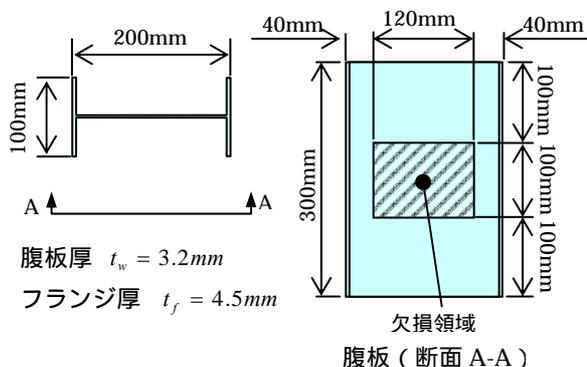


図-1 腹板の欠損導入領域

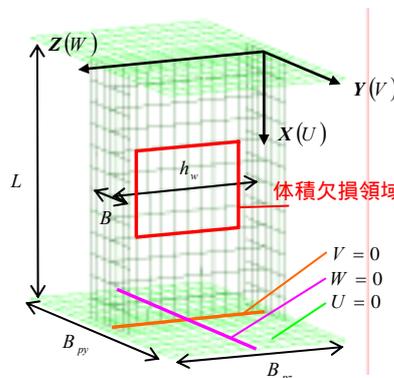


図-2 H 形断面柱の解析モデル

- ・応力 - ひずみ関係
材料試験結果を基に
マルチリニア構成式で近似
- ・初期たわみ

$$\begin{cases} V_F = -V_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{L}x\right) \sin\left(\frac{\pi}{h_w}z\right) \\ Z_{F1} = -Z_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{L}x\right) \frac{\pi}{h_w}y \\ Z_{F2} = Z_{\max} \sin\left(\frac{2\pi}{L}x\right) \frac{\pi}{h_w}y \end{cases}$$
- ・残留応力
計測値を自己平衡および
2軸対称補正したものを導入

キーワード：腐食 体積欠損 残留応力の再分配 面外変位

連絡先：大阪府吹田市山田丘 2-1 S1 棟 611 号室 TEL(06-6879-7599)

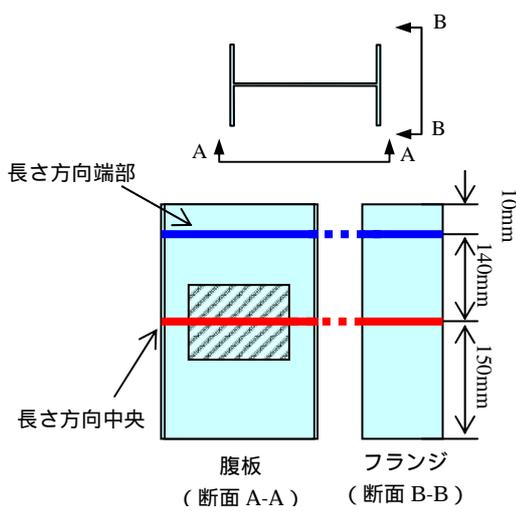


図-3 残留応力計測箇所

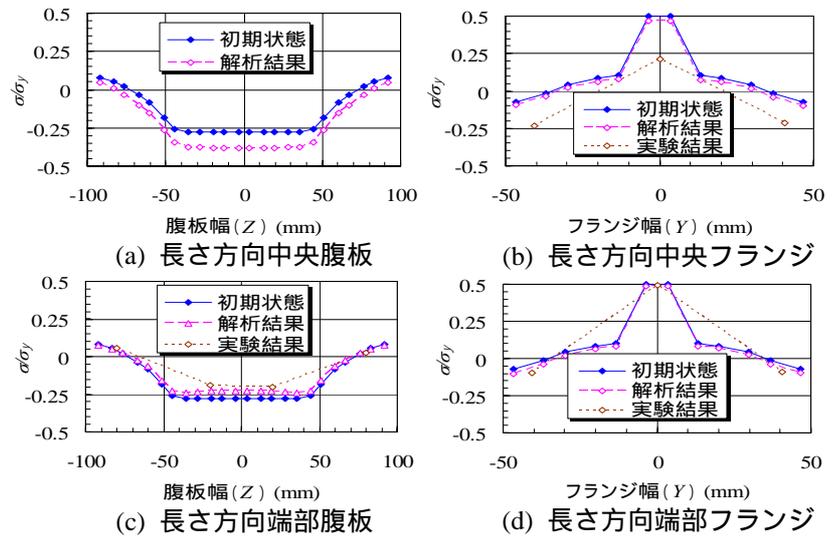


図-4 体積欠損過程における残留応力の再分配

3. 残留応力の再分配挙動

図-3 に示す計測箇所の体積欠損過程での残留応力の再分配状況について、実験結果と解析結果を比較して図-4 に示す。なお初期状態の残留応力分布は、Type-ARN の実験結果である。長さ方向中央の腹板では計測値が得られなかったので示していない。図-4 (a), (b)より、長さ方向中央においては体積欠損を導入することで、残留応力が圧縮側へ推移した。また、図-4(c)より、長さ方向端部の腹板では引張側への推移が見られ、図-4(d)から長さ方向端部のフランジでは圧縮側へ推移した。これらの傾向は実験と解析で一致した。

4. 付加的な変形挙動

体積欠損導入前後の腹板とフランジの面外変位について、実験と解析結果を比較して図-5 に示す。計測箇所は図-3 に示す通りである。図-5 より、体積欠損後の面外変位分布形状は、長さ方向中央および端部の腹板と、長さ方向中央のフランジに対しては、いずれの計測箇所に対しても、実験結果と解析結果で定性的に一致したが、長さ方向端部のフランジでは、体積欠損後の面外変位は解析と実験結果とで全く逆の分布形状を呈した。これは導入した初期たわみが実験と解析で逆の方向であったためと考えられる。

5. まとめ

本文では、腐食損傷を有する鋼板要素、鋼部材や鋼橋全体系の残存耐荷力を有限要素解析によって精度よく予測するため、有限要素解析の妥当性検証に向けた基礎的なデータ収集を目的とした実験を実施した。その結果、腐食に伴う体積欠損過程で鋼板要素や鋼部材にもたらされる残留応力の再分配や、付加的な変形について概ね把握することができた。また、それらを解析結果と比較することにより、両者が概ね一致するものもあった。今後、さらに詳細なデータ収集を目的とした実験を行う予定である。

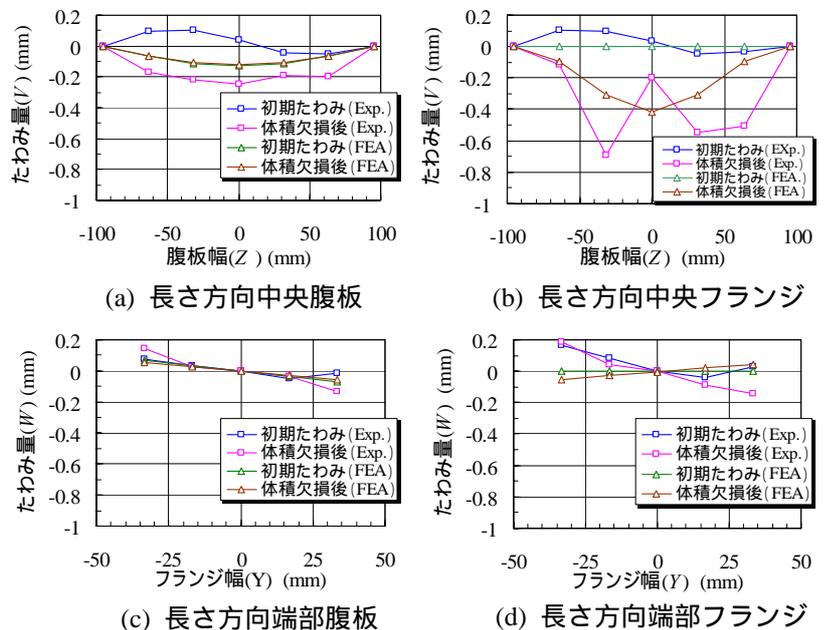


図-5 体積欠損過程における面外変形

【参考文献】1) 後藤芳顕, 川西直樹: 腐食などの体積欠損による鋼構造物の残留応力・残留たわみの変化の解析と圧縮板の残存耐荷力評価, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.127-138, 2005. 2) 玉川新悟, 三好崇夫, 奈良 敬: シェル要素を用いた鋼板腐食に伴う体積欠損過程の有限要素解析法について, 応用力学論文集, Vol.10, pp.955-962, 2007.