

## 軸力を受ける片面当て板補修された断面欠損部材の応力推定

関西大学大学院 学生会員 ○平井 大稀  
 関西大学 正会員 石川 敏之

## 1. はじめに

鋼橋では、鋼部材の腐食損傷が数多く報告されており、ある程度損傷が大きくなると当て板補修が行われている。これまでに、両面に当て板補修された断面欠損を有する鋼板が引張を受ける場合に対して、断面欠損部に生じる応力が断面欠損部と当て板の合成断面の計算値よりも高くなる事が明らかにされている<sup>1)</sup>。さらに、断面欠損部をまたぐ高力ボルト間の変位の適合条件により、断面欠損部に生じる応力の推定方法が明らかにされている<sup>2)</sup>。しかし、片面当て板補修された断面欠損を有する鋼材が引張を受ける場合については断面欠損部に生じる応力の推定方法が明確にされていない。

本研究では、軸力を受ける偏心した断面欠損部材を有する鋼板の片面当て板補修を対象に、断面欠損部に生じる応力を一軸引張試験と有限要素解析により評価する。そして、骨組構造解析を用いた断面欠損部の応力分布の簡易推定法を提案する。

## 2. 一軸引張試験

## (1) 試験体概要

片面当て板補修された断面欠損部材に生じる応力を評価するために、図-1 に示す偏心した断面欠損を有する主板( $\sigma_Y = 440 \text{ N/mm}^2$ )の片面に当て板( $\sigma_Y = 393 \text{ N/mm}^2$ )をトルシア形高力ボルト S10T(M20)で接合した試験体を用意した。主板中央の主板残存板厚を  $t_d = 10 \sim 15 \text{ mm}$ 、欠損長さを  $l_d = 10 \sim 20 \text{ mm}$ 、ボルト間を  $l_b = 70 \text{ mm}$  とした。試験体名は、Model-D  $t_d P t_p (l_b - l_d)$  とし、 $t_p$  は当て板の厚さであり、本研究では  $t_p = 12 \text{ mm}$  としている。ボルトの締め付け後 1 週間以上養生した後、万能試験体を用いて一軸引張試験を行った。引張試験では図-1 に示した断面欠損部を有する断面の表面のひずみを測定した。また、図-1 の試験体寸法に対して、文献 1) と同様に FEM 解析も実施した。

## (2) 試験結果

図-2 に一軸引張試験から得られた载荷荷重  $P$  と断面欠損部主板のひずみ  $\varepsilon$  の関係の一例を示す。図には、後

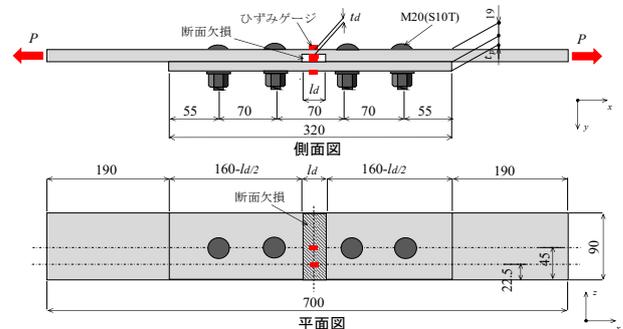
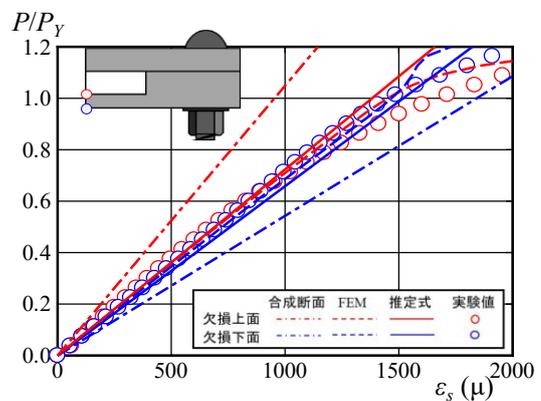


図-1 試験体寸法

図-2 D15P12(70-20)における  $P$ - $\varepsilon$  関係

に示す式(1)の断面欠損部の主板の応力  $\sigma_{sd}$  を鋼ヤング率  $E_s$  ( $= 200 \text{ kN/mm}^2$ ) で除して求めた推定ひずみを直線で、解析結果を破線で、断面欠損部の主板と当て板の合成断面を鋼ヤング率  $E_s$  で除して求めたひずみを一点鎖線で示している。図の縦軸は、主板純断面降伏荷重( $P_Y = 455.3 \text{ kN}$ )で無次元化している。この図から、断面欠損部の主板上面に対して、解析結果から得られたひずみは、断面欠損部の主板と当て板の合成断面から求めたひずみより常に大きいことがわかる。また、実験値も、解析結果に近いことがわかる。他方、断面欠損部の主板下面のひずみは、実験値と解析結果は共に、合成断面のひずみよりも小さく、式(1)の推定値も解析結果から得られたひずみに近いことがわかる。したがって、片面当て板された断面欠損部材の応力は、断面欠損部の主板と当て板の合成断面の式で推定できないことがわかる。

キーワード 断面欠損, 当て板補修, 分担断面力

連絡先 〒564-8680 大阪府吹田市市手町 3-3-35 TEL 06-6368-0926

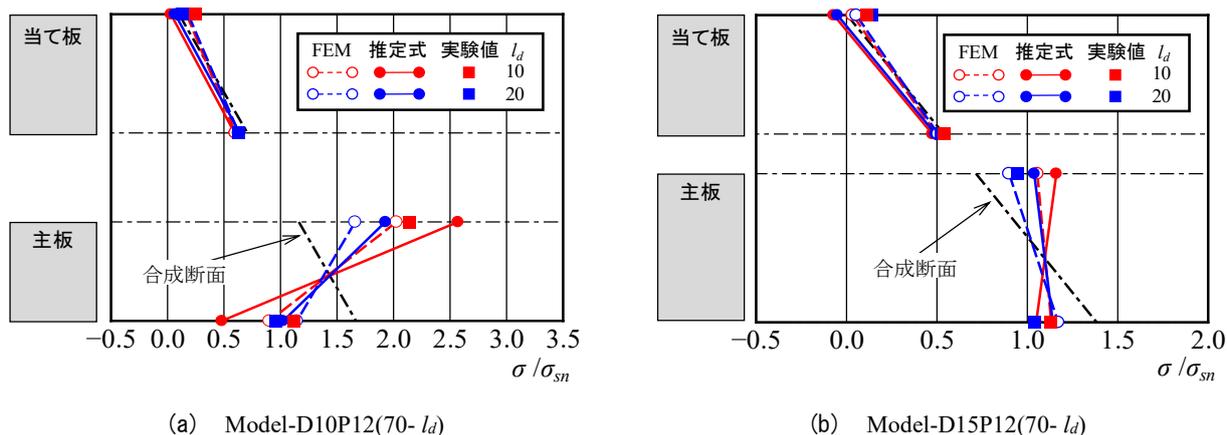


図-3 断面欠損中央の主板と当て板の断面の応力分布

(3) 断面欠損部の主板と当て板の応力分布

図-3 に  $P-\varepsilon$  が線形性を示す荷重 ( $P/P_Y = 0.2$ ) に対して、断面欠損部断面の主板と当て板の応力分布を示す。図では、断面欠損部中央の主板および当て板の板幅方向の縁応力  $\sigma$  の平均値を  $\sigma_{sn}$  (載荷荷重を主板の総断面積で除した応力) で無次元化している。図には、FEM 解析から得られた応力分布、断面欠損部の主板と当て板の合成断面から求まる応力分布、および後に示す式(1)、(2)から求まる応力分布も示している。ただし、断面欠損部の欠損長さ  $l_d$  が短いモデルの一部は、ひずみゲージの貼付けが困難であったため、データが取れていない箇所がある。また、当て板を高力ボルト接合した場合に、ひずみゲージが損傷して計測できなかった点もある。図-3 から、全ての試験体において、実験結果から得られた断面欠損部の主板と当て板の応力は合成断面の応力分布ではなく、FEM 解析から得られた応力分布に近いことがわかる。

3. 軸力を受ける片面当て板補修された断面欠損部材の応力の推定

偏心した断面欠損部を含むボルト間長の範囲において、主板と当て板をそれぞれの図心に対する梁部材と仮定し、図-4 に示す骨組構造解析によって、断面欠損部の主板と当て板の分担断面力を求め、次式により応力を推定する。

$$\sigma_{sd} = \frac{N_{sd}}{A_d} + \frac{M_{sd}}{I_d} y_d \quad (1), \quad \sigma_{pd} = \frac{N_p}{A_p} + \frac{M_p}{I_p} y_p \quad (2)$$

ここに、 $N_{sd}$ 、 $N_p$ ：それぞれ断面欠損部の主板と当て板の分担軸力、 $M_{sd}$ 、 $M_p$ ：それぞれ断面欠損部の主板と当て板の分担曲げモーメント、 $I_d$ 、 $I_p$ ：それぞれ断面欠損部の主板と当て板の断面 2 次モーメント、 $y_d$ 、 $y_p$ ：それ

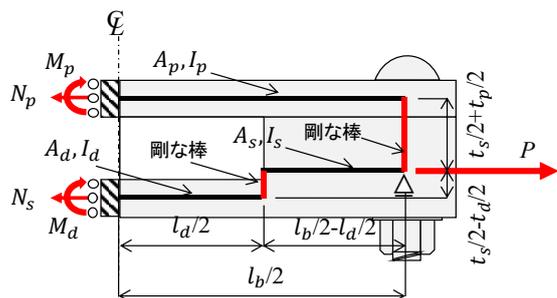


図-4 骨組構造解析モデル

ぞれ断面欠損部の主板と当て板の中立軸からの距離(図-1 の  $y$  の向きを正)。

図-2, 3 に骨組構造解析と式(1)、(2)から求めた値を示す。これらの図から提案方法によって、断面欠損部の応力分布が FEM 解析結果と同様な傾向になることがわかる。また、図-3 から断面欠損長さが短い場合、主板の応力分布の傾きが合成断面と逆になる現象が推定式でも評価できている。この様に、軸力を受ける片面当て板補修された断面欠損部材の応力分布は、図-4 の骨組構造解析から得られた断面力を式(1)、(2)に代入して求めるのが良いと言える。

4. まとめ

本研究では、偏心した断面欠損を有する鋼板の当て板補修に対して、断面欠損部の主板および当て板の応力の推定方法を提案した。さらに、一軸引張試験の結果から、全ての試験体において、実験結果から得られた断面欠損部の主板と当て板の応力は合成断面の応力分布ではなく、提案した応力分布に近いことがわかる。

参考文献

1) 石川敏之, 八重垣諒太: き裂部当て板補修に対する主板の分担断面力の推定, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol. 77, No. 1, pp. 93-106, 2021.