

## 当て板補修による断面欠損鋼板の性能回復効果

京都大学 正会員 ○石川 敏之, 学生員 清水 優, 正委員 服部 篤史, 河野 広隆

### 1. 目的

腐食による断面欠損を、当て板接着で補修する場合、欠損した断面積を補うように当て板の断面積が決定されている。しかし、**図-1**に示すような、部材軸直角方向に連続した腐食を模擬した溝形の断面欠損に対して、欠損を補う剛性の当て板を接着しても断面欠損部の応力が、完全合成として計算される応力よりも大きくなるのが理論的に明らかにされている<sup>1)</sup>。このような現象は、当て板高力ボルト接合でも同様に生じると考えられる。そこで本研究では、断面欠損を補う厚さの当て板が、接着接合あるいは高力ボルト接合された断面欠損鋼板の引張試験を行い、断面欠損部近傍の性能回復の効果を明らかにする。



図-1 トラス斜材の腐食状態の一例

### 2. 試験体

**図-2**に、高力ボルト当て板試験体の寸法を示す。当て板接着試験体も同じ寸法とした。断面欠損は矩形に機械加工した。断面欠損の深さは4.5mmとし、断面欠損長さは40mmとした。当て板の厚さは、断面欠損を補う厚さ4.5mmとしているので、完全合成理論から計算される断面欠損部の応力は、当て板がない母材まで回復することになる。試験体にはSS400材を利用した。高力ボルトには、M22のトルシアボルト(S10T)を用い、母材および当て板のボルト孔はφ24mmとした。当て板接着接合試験体の接着剤として2液混合型のエポキシ樹脂接着剤を用いた。ひずみゲージは、母材の両側面に貼付けた。引張試験は計測しているひずみのどれかが1500μ(降伏ひずみ程度の値)に達した段階で終了した。

### 3. 当て板接着接合試験体の試験結果

当て板接着接合試験体に対して、荷重と母材のひずみの関係を**図-3**に示す。荷重がP=100, 150および200kNの際の母材の計測ひずみの軸方向分布を**図-4**に示す。**図-4**の縦軸は、作用ひずみ(P/(E<sub>s</sub>A<sub>s</sub>))で無次元化されている。また、これらの図には作用応力σ<sub>0</sub>、次式で推定される健全部の母材と当て板の完全合成理論による応力σ<sub>s</sub>、断面欠損部の母材と当て板の完全合成理論による応力σ<sub>sd</sub>および健全部の母材が分担している軸力を断面欠損部の母材断面積で除して算出した母材応力σ<sub>sd</sub><sup>1)</sup>に対応するひずみも示されている。

$$\sigma_s = P/A_v = \xi_s \sigma_0 \quad (1), \quad \sigma_{sd} = P/A_{sd} = \xi_{sd} \sigma_0 / \lambda \quad (2), \quad \bar{\sigma}_{sd} = \xi_s \sigma_0 / \lambda \quad (3)$$

ここに、 $\xi_s = A_s/A_v$ ,  $\xi_{sd} = A_{sd}/A_{vd}$ ,  $A_v = A_s + A_p/n$ ,  $A_{vd} = A_{sd} + A_p/n$ ,  $n = E_s/E_p$ ,  $\lambda = A_{sd}/A_s$ ,  $\sigma_0 = P/A_s$ , P: 載荷荷重, A<sub>s</sub>: 健全部の母材の断面積, A<sub>sd</sub>: 断面欠損部の母材の断面積, A<sub>p</sub>: 当て板の断面積(ただし、上下の当て板の合計の断面積), E<sub>s</sub>: 母材のヤング係数, E<sub>p</sub>: 当て板のヤング係数。

**図-3**から、当て板が接着接合された健全部の母材に生じるひずみの内、S2~S4は完全合成理論のP-σ<sub>s</sub>/E<sub>s</sub>上にプロットされているが、S1は母材のみのP-σ<sub>0</sub>/E<sub>s</sub>に近い挙動であった。この理由は、S1が当て板の端部から5mmの位置のひずみであるので、当て板に軸力が十分伝達されていないためである。荷重と断面欠損部

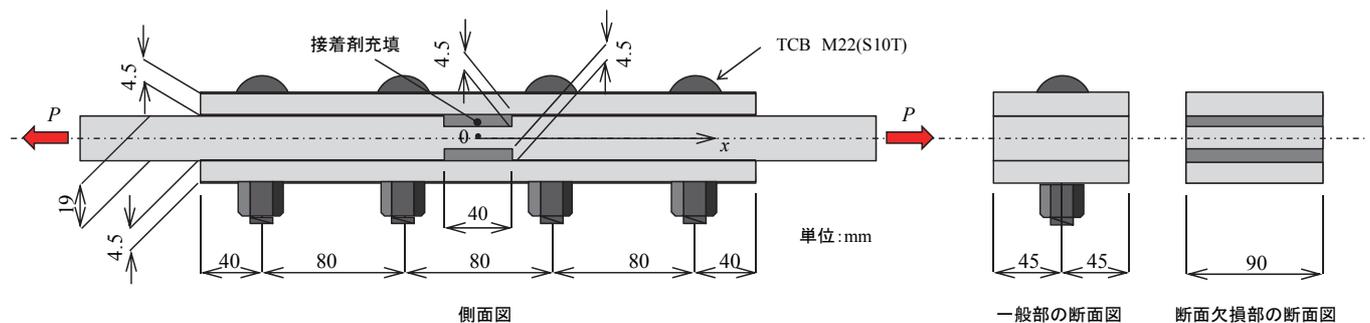


図-2 当て板高力ボルト接合試験体

キーワード 断面欠損, 当て板, 接着接合, 高力ボルト接合

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-2-220 TEL 075-383-3321 FAX 075-383-3324

近傍に生じるひずみ(S5~S7)の関係は、作用荷重  $P$  の小さい範囲では、断面欠損部の完全合成理論の  $P-\sigma_{sd}/E_s$  関係に近いが、 $P$  が大きくなると断面欠損部の S6 のひずみが大きくなり、 $P=250\text{kN}$  を超えたあたりで  $1500\mu$  に達していることがわかる。図-4 のひずみの分布からもわかるように、断面欠損部のひずみ S6 は、作用荷重  $P$  が大きくなるにつれて断面欠損部の完全合成理論の値よりも大きくなった。

4. 当て板高力ボルト接合試験体の試験結果

当て板高力ボルト接合試験体に対して、荷重と母材のひずみの関係を図-5 に、母材のひずみの軸方向分布を図-6 にそれぞれ示す。図-5 から、当て板が高力ボルト接合された健全部の母材に生じるひずみ S1~S4 の内、S4 は完全合成理論の  $P-\sigma_s/E_s$  上にプロットされているがそれ以外のひずみは母材のみの  $P-\sigma_0/E_s$  に近い挙動であることがわかる。S1 は、高力ボルト接合位置よりも当て板端部側に生じるひずみなので、 $P-\sigma_0/E_s$  に近くなると考えられるが、当て板端部側の高力ボルト位置の母材および高力ボルト間の母材に生じるひずみも  $P-\sigma_0/E_s$  関係に近い挙動を示した。したがって、それらの位置では、母材と当て板が完全に合成されていないと考えられる。荷重と断面欠損部近傍に生じるひずみ(S5~S7)の関係は、荷重  $P$  が  $100\text{kN}$  を超えた辺りから、断面欠損部の S6 のひずみが、断面欠損部の完全合成理論の  $\sigma_{sd}/E_s$  や文献 1) の断面欠損部のひずみの推定値  $\overline{\sigma_{sd}}/E_s$  よりも大きくなってきている。図-5 から、健全部の S2 の値も大きくなってきているが、その位置に  $\phi 24\text{mm}$  のボルト孔が設けられており、試験体寸法に依存した影響であると考えられる。図-6 のひずみの分布からもわかるように、当て板高力ボルト接合試験体でも、断面欠損部のひずみ S6 は、作用荷重  $P$  が大きくなるにつれて断面欠損部の母材と当て板の完全合成理論の値よりも大きくなった。

5. まとめ

本研究では、当て板が接着接合あるいは高力ボルト接合された断面欠損を有する鋼板の引張試験を行い、断面欠損部の性能が完全合成として計算される値まで回復していないことを明らかにした。また、荷重の増加に伴って、断面欠損部近傍の母材のひずみが最初に降伏ひずみに達することを確認した。

謝辞

本研究は、平成 24 年度社団法人近畿建設協会の研究助成を受けたものである。ここに記して謝意を示します。

参考文献

- 1)石川敏之, 北根安雄: 断面欠損を有する鋼板の接着補修に必要な CFRP 板の長さおよび板厚の決定方法, 応用力学論文集, Vol.13, pp.912-920, 2010.

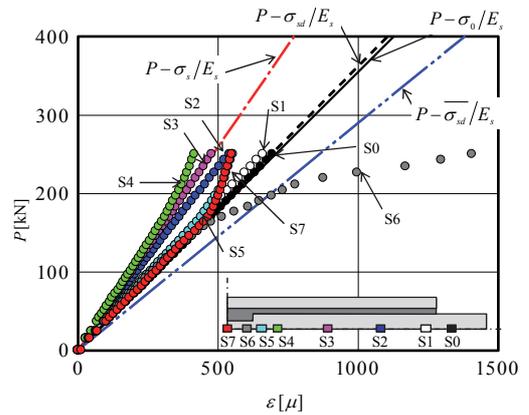


図-3 当て板接着接合試験体のP-ε関係

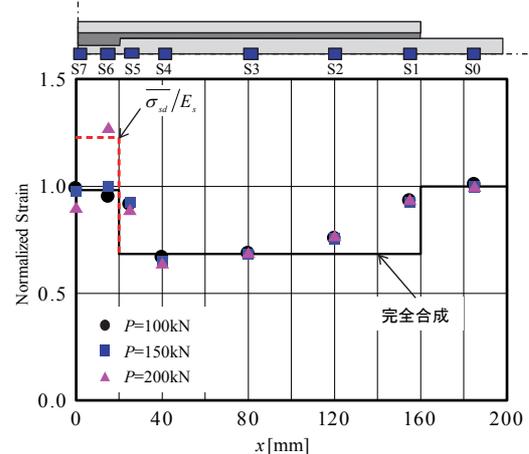


図-4 当て板接着接合試験体のひずみ分布

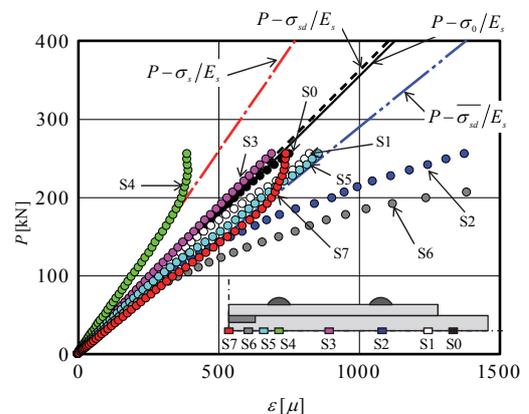


図-5 当て板高力ボルト接合試験体のP-ε関係

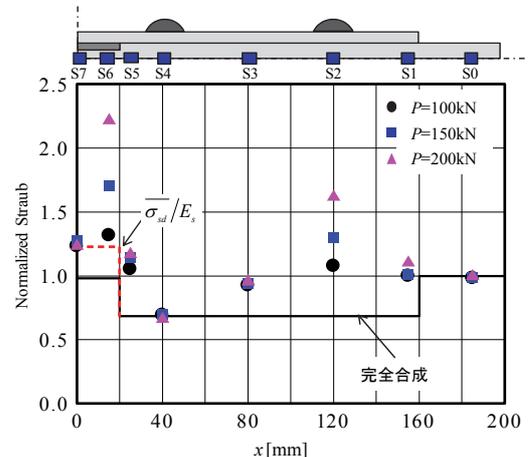


図-6 当て板高力ボルト接合試験体のひずみ分布