

## 桁端側腹板に欠損を有する鋼鉄桁の高力ボルト当て板補修の補修高さおよびボルト配置に関する解析的検討

大阪公立大学大学院 学生員 ○尾葉石 海渡

大阪公立大学大学院 正会員 林 巖

大阪公立大学大学院 正会員 山口 隆司

## 1. はじめに

腐食損傷した桁端部の高力ボルト当て板補修において、損傷部と健全部を同時に補修した当て板補修法が耐力に及ぼす影響に関する検討<sup>1)</sup>は行われているが、健全部のみを補修した場合の当て板補修法が耐力に及ぼす影響に関する検討は行われていない。本研究では、腐食損傷として桁端側ウェブ全欠損を対象に、既往研究<sup>2)</sup>において健全部補修と損傷部補修との最大耐力の差が小さかった図-1に示す支点上補剛材2面補修に対し、当て板の高さ $L$ 、ボルトピッチ $p$ 、縁端距離 $e$ が桁端部腐食部の耐力および剛性に及ぼす影響を検討する。

## 2. 解析モデル

解析には汎用有限要素解析ソフト Abaqus/Standard2020を用いた。解析モデルを図-2、材料構成則を図-3に示す。解析モデルは、支間中央での対称性を考慮した1/2モデルとした。使用要素は、8節点ソリッド要素である。要素サイズは $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ を基本に、各部材の板厚方向に4分割した。解析は、ステップ1でボルト軸力を導入し、ステップ2で死荷重(0.01MPa)を上フランジ上面に均一に与え、ステップ3で活荷重を載荷板の上から、線状に鉛直下向きに強制変位(20mm)を与えた。境界条件は、ソールプレート下面に線状にピン支持とした。なお、初期不整は考慮していない。

当て板のモデルを図-4に示す。接触条件は、図-5に示すように当て板と腹板、当て板と下フランジの境界面に導入した。また、当て板に使用するボルト本数は文献1)と同様に式(1)を用いて算出した。

$$n_{pro} \geq \frac{\sigma_a \times A_{red}}{m \times \mu_d \times N_d} \quad (1)$$

ここで、 $n_{pro}$ :有効断面の欠損範囲を分担するとした時のボルト本数、 $\sigma_a$ :支点上補剛材の許容軸方向圧縮応力度、 $A_{red}$ :腐食欠損を考慮した十字柱の断面積、 $m$ :接合面数、 $\mu_d$ :設計すべり係数 $N_d$ :設計ボルト軸力である。

式(1)によるボルト本数は2本である。当て板の総断面積は、図-6に示す十字柱断面範囲における欠損分と等し

キーワード 桁端部、高力ボルト、腐食、当て板補修

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 都市系専攻 TEL&FAX 06-6605-2765

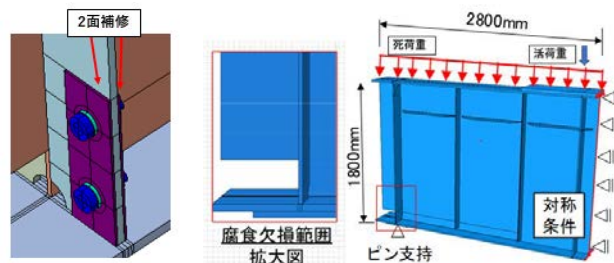


図-1 補修位置

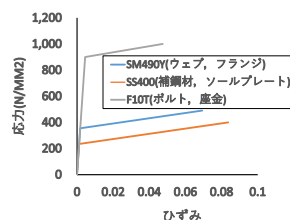


図-3 材料構成側

図-2 解析モデル

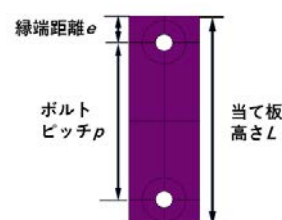


図-4 当て板の解析モデル

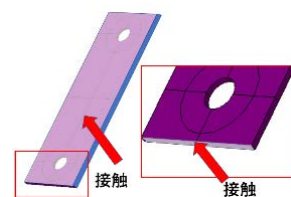


図-5 当て板の接触条件

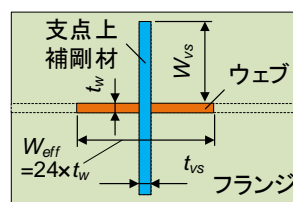


図-6 十字柱断面

	L-200	L-200'	L-300	L-300'	L-400	L-400'
$L$	200	200	300	300	400	400
$b$	125	125	225	225	325	325
$e$	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5	37.5
当て板-支点上補剛材	接触	結合	接触	結合	接触	結合
	L-300- $e-75$	L-300- $e-112.5$	L-400- $e-75$	L-400- $e-$	L-400- $e-150$	
$L$	300	300	400	300	400	
$b$	150	75	250	225	325	
$e$	75	112.5	75	112.5	150	

く設定し、当て板1枚当たりの板厚はウェブ厚の半分の厚さ(4.5mm)とした。

解析ケースを表-1に示す。ここでは、当て板高さ $L$ 、縁端距離 $e$ 、ボルトピッチ $p$ をパラメータとしてこれらを組み合わせた、8ケースを設定した。また、L-200, L-300, L-400の3ケースに対し、当て板-支点上補剛材間の接触条件による影響を比較するため、当て板-支点上補剛材間を全面結合させたケースも設定した。

### 3. 解析結果及び考察

$e=37.5$  で一定にし、 $L$  を変化させたケースの最大耐力を図-7 に、 $L$  を一定にし、 $e$  を変化させたケースの最大耐力を図-8 に示す。

図-7 より、最大耐力は、 $L=200\text{mm}$  から  $300\text{mm}$  に増加させると、4%上昇した。一方、 $L=300\text{mm}$  から  $400\text{mm}$  に増加させると 8%低下した。これは、図-9 に示すように  $L=400$  では、 $L=300$  と比べ、 $p$  が大きくなることで、当て板のボルトピッチ間で座屈が発生して補剛材から離間し、補剛材の局部座屈を抑制できなかったためと考えられる。

また、 $L=300$  と  $L=300\text{F}$  では最大耐力の差は 7%であったのに対し、 $L=400$  と  $L=400\text{F}$  ではその差は 17%であり、このことから当て板の座屈によって当て板と支点上補剛材が離間し、最大耐力が低下したことが確認できる。

図-8 より、 $L=300$  では、 $e$  を大きくすると、最大耐力は低下した。これは、図-10 に示すように、 $e$  を大きくすると、当て板の縁端部で局部座屈が発生し、支点上補剛材の座屈を抑制できないためと考えられる。また、 $L=400\text{mm}$  のケースでは、 $e$  を  $37.5\text{mm}$  から大きくするとピッチ間の座屈を抑制でき、最大耐力が増加した。

縁端距離  $e$  と最大耐力増加率(欠損時と各補修ケースの最大耐力の差)/(欠損時の最大耐力)の関係を図-11 に示す。縁端部が座屈したケースよりもピッチ間が座屈したケースの方が最大耐力増加率は低下している。また、 $e$  を大きくすると最大耐力増加率が低下した。これは、縁端部は鉛直方向の荷重分担には寄与するが、支点上補剛材の面外変形を抑制できないためと考えられる。

ボルトピッチ  $p$  と最大耐力増加率の関係を図-12 に示す。図より、 $L$  に関わらず、 $p=250\text{mm}$  までであれば、当て板が座屈せずに、最大耐力は増加した。また、 $p$  が近い場合、 $L$  に関わらず、最大耐力増加率は同程度であった。

以上より、縁端部が最大耐力増加率に与える影響は少なく、ピッチ間距離が最大耐力増加率に大きく影響を及ぼすことを確認した。

#### 4. まとめ

- 1) 支点上補剛材 2 面補修では、当て板が局部座屈すると、支点上補剛材の局部座屈が抑制できず、最大耐力増加率が低下した。
- 2) 当て板が座屈しない範囲で、ピッチ間距離を大きくすることで支点上補剛材の面外変形を抑制し、最大耐力を増加させることができると考えられる。

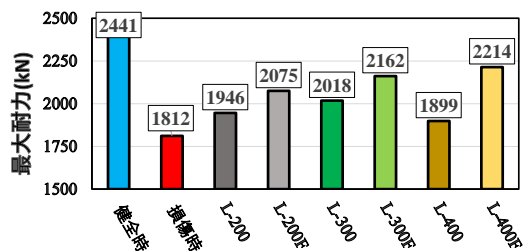


図-7 最大耐力(当て板高さ変更ケース)

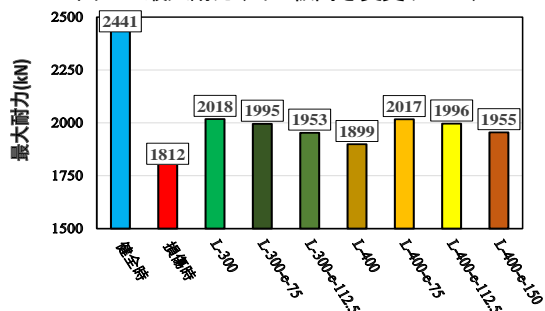


図-8 最大耐力(ボルトピッチ変更ケース)

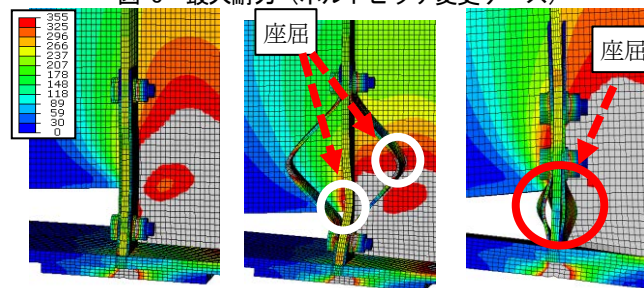


図-9 1900kN 時応力 Mises コンター

図-10 1900kN 時  
応力 Mises コンター  
(L-300-e-112.5)

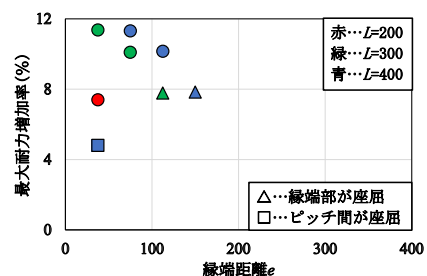


図-11 縁端距離と最大耐力増加率

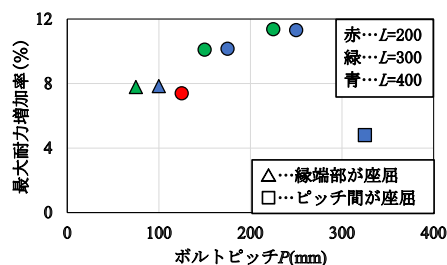


図-12 ボルトピッチと最大耐力増加率

<謝辞>本研究は日本鉄鋼連盟鋼構造研究・教育助成事業(2021年度)として助成を受けたものです。ここに記して感謝申し上げます

<参考文献>

- 1) 郎字：新型高力ファスナーを活用した鋼橋の補修・補強に関する研究，大阪市立大学大学院博士論文 2021
- 2) 尾葉石海渡，山口隆司，林敏：桁端側腹板に欠損を有する鋼桁の当て板補修に関する解析的検討，令和4年度土木学会関西支部（投稿中）