

## 当て板補修部の荷重伝達メカニズムに着目した解析的研究

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○水野 壮一郎  
 名古屋工業大学大学院 正会員 永田 和寿  
 名古屋工業大学大学院 学生会員 前原 綾乃  
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

### 1. 研究背景・目的

鋼構造物の腐食に伴い減肉した鋼材の補修方法の一つに、当て板補修がある。著者らによるこれまでの検討では、母材の中央部において、母材断面積率の1割増し程度の荷重が伝達されることがわかっているが、その原因は未解明である。本研究では、当て板補修部の荷重伝達メカニズムに着目した解析的研究を行った。

### 2. 解析手法

本解析では、汎用有限要素法解析ソフト ABAQUS を用いて弾塑性有限変位解析を行った。解析対象は、腐食減肉部を有する鋼材に当て板を当て、高力ボルト摩擦接合を行う当て板補修のモデルである。解析モデルは、2面摩擦、ボルト1行配置とし、対称性を用いて1/4モデルとした。図-1に解析対象の(a)平面図および(b)側面図、図-2に解析モデルの一例を示す。また、図-3に完全結合を有する解析モデルを示す。ボルトはモデル化せず、母材と当て板の接触面全体を、節点で完全結合したモデルである。そのため、部材間ですべりは生じない。図-4に、後述するボルト付近のみ完全結合したモデルにおける結合領域の例を示す。ボルト付近のみ完全結合したモデルは、通常モデルのワッシャーの底面と同一の形状の領域を母材と当て板間において、接点で完全結合し、ボルトを用いずにその役割を担うことを想定した。また、解析モデルの形状は図-3の完全結合モデルと同一とした。母材の中央部は腐食を模擬し、両側からそれぞれ25%ずつ、減肉させた。

設計荷重は母材純断面の降伏強度の75%とした。引張荷重は母材端部に強制変位として与え、ボルト軸力は、設計ボルト軸力を165kNとして導入した。使用するボルトの等級はF10T、ボルトのサイズはM20(孔径22.5mm)とし、ピッチは70mmとした。当て板と母材の鋼種はSS400、材料特性は平成29年度の道路橋示方書の公称値

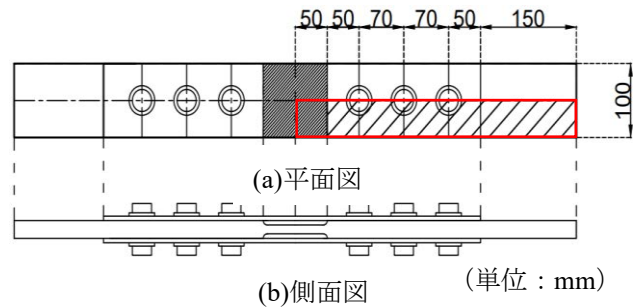


図-1 モデル寸法図

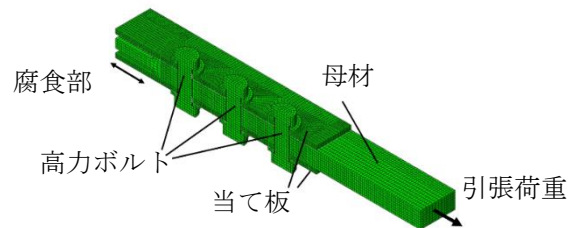


図-2 通常解析モデルの一例

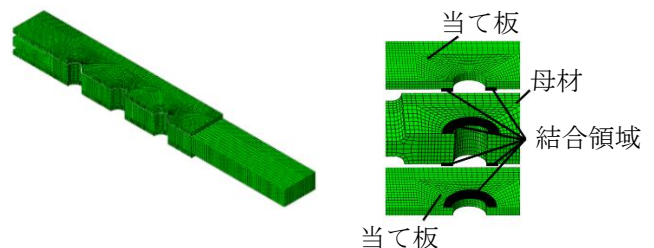


図-3 完全結合を有する解析モデル

図-4 結合領域

表-1 解析ケース一覧

解析ケース	断面積率 (%)	板幅 (mm)	ボルト本数 (片側本)	摩擦係数		
case1	50	70	3	0.425		
case2		70		0.676		
case3		100		0.425		
case4		100		0.676		
case5		110		0.425		
case6		110		0.676		
case7		140		0.425		
case8		140		0.676		
case9		100		/	/	
case10		100				0.425
case11		100				0.900

キーワード 当て板補修, 断面積率, 荷重分担率

連絡先 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL052(735)5482

を用いた。ソリッド要素は C3D8R(低減積分)とした。

### 3. 解析ケース

表-1 に本研究の解析モデルケースの一覧を示す。母材の板厚を 24mm, 当て板の板厚を 6mm, ボルト本数は 3 本, 母材中央部における母材断面積率 50%とした。case1 ~ case8 では, 既往の研究で行われている板幅 100mm のケース(case3)のほか, 板幅(70, 110, 140mm), 摩擦係数(0.425, 0.676)を変化させ, 比較・検討を行った。case9 は母材と当て板を完全に結合した完全結合モデル, case10, case11 は, ボルト付近のみ完全結合したモデルとした。また, case11 に関しては, 荷重分担の観点で高力ボルト摩擦接合における限界を確認する目的で, 摩擦係数としては極めて高い値である 0.9 を導入した。

### 4. 解析結果と考察

#### 4.1 全体荷重—強制変位関係

図-5 に case1, case3, case5, case7, case9, case10 における, 全体荷重—強制変位関係を示す。全体荷重は母材端部の断面力(軸力), 強制変位は母材端部断面の図心位置における変位とした。全体荷重が作用し始めると, 線形的な挙動を示したのち, 強制変位が 0.4~0.5mm 程度で全体荷重が一定の値を示した。これは母材が降伏し, 解析モデルが完全弾塑性体のためである。case1~case7 では, 板幅が大きいほど全体荷重の作用開始後におけるグラフの勾配が大きく, 全体荷重の最大値も大きくなっている。これは, 板幅が大きいほど当て板補修部の剛性も大きくなるためである。case9, case10 では, 結合領域の面積が大きいほど, すべりが発生しにくくなるため, case3 と比較し, 全体荷重が大きくなった。

#### 4.2 Mises 応力コンター図

図-6 に case1, case3, case5, case7, case10, case11 の設計荷重時における Mises 応力コンター図を示す。結合面を有さない case1~case7 では, 板幅の変化による応力状態の変化は小さく, 断面が最も小さいボルト孔による欠損部において, 降伏が確認できた。case10, case11 では, ボルト孔による欠損部において降伏が生じず, ボルト孔の周囲における完全結合による影響と考えられる。

#### 4.3 設計荷重時における荷重分担率

図-7 に設計荷重時の荷重分担率を示す。完全結合モデル(case9)以外のケースでは, 既往の研究と同様, 断面積率の 1 割増し程度の荷重を母材に伝達することを確認した。また, case9 では, 当て板, 母材にほぼ 50%ずつ荷重を分担するが, ボルト孔付近のみ完全結合した, case10

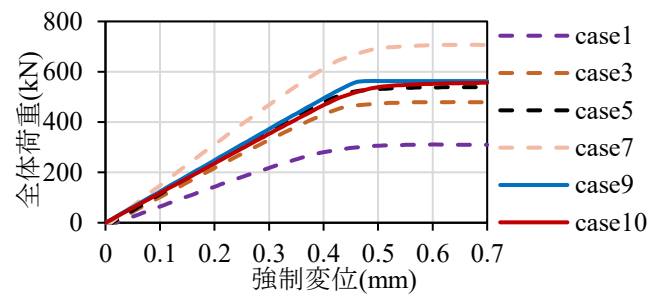


図-5 全体荷重—強制変位関係

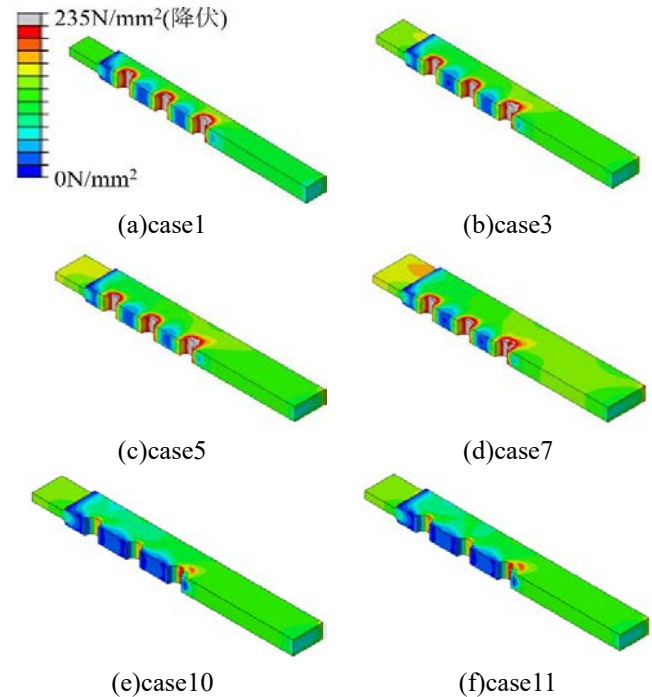


図-6 設計荷重時における Mises 応力コンター図

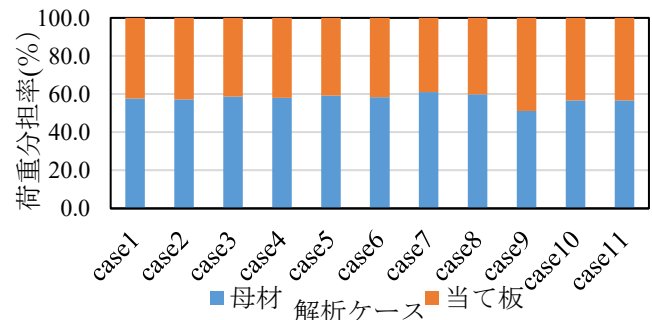


図-7 設計荷重時における荷重分担率

, case11 では, 母材への荷重分担率は共に 56%程度となり摩擦係数の効果は小さいことがわかった。

### 5. まとめ

当て板補修では, 板幅や摩擦係数の変化は荷重分担への影響が小さいことを確認した。また, 設計荷重時において, 完全結合モデルでは当て板, 母材にほぼ 50%ずつ荷重分担されるが, ボルト孔付近のみ完全結合したケースでは, 摩擦係数を大きく増加させても, 断面積率に対して 6%程度の差が生じることを確認した。今後は, 断面積率と荷重分担率で差が生じる要因について, 詳細な検討をしていきたい。