

高力ボルトを用いた当て板補修部の板幅に着目した荷重伝達に関する解析的検討

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 学生会員 前原綾乃

名古屋工業大学大学院 正会員 永田和寿
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性能回復をするための補修方法の一つに、当て板補修がある。しかし、当て板補修部の荷重伝達機構については未解明な点が多く設計方法が確立されていない。また、著者らによるこれまでの検討では、板幅が 100mm のケースのみで検討が行われてきたことから板幅が荷重伝達機構に及ぼす影響はわかっていない。本研究では、当て板補修部の板幅の変化が荷重伝達に及ぼす影響を明らかにすることを目的と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 にモデルの(a)平面図及び、(b)側面図を示す。また、図-1(a)平面図の斜線部分をモデル化し、解析モデルの一例を図-2 に示す。使用するボルトの等級は F10T、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 とした。材料特性は平成 29 年度の道路橋示方書に記載されている SS400、F10T の公称値を用いた。

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 とした。また、既往の研究で行われている板幅 100mm のケースのほか、パラメータとして母材と当て板の板幅 (70, 80, 90, 110, 120, 130, 140mm の 7 種類) を変化させた。また、腐食部が先行降伏する板幅が 110mm 以上のケースに関しては、すべり係数 (0.4, 0.6) を変化させ、比較を行った。母材の中央部は腐食を模擬し、長さ方向 100mm で両側からそれぞれ 25%ずつ、計 50%一様に減肉させた。荷重は母材端部に強制変位として与え、設計荷重は母材純断面の降伏強度の 75%とした。ボルト軸力は、設計ボルト軸力として 165kN を導入した。すべり係数は接触面にはたらく相互作用特性を摩擦係数 μ に変換して設定した。モデルケース名は[板幅]-[ボルト本数]-[すべり係数]を表す。

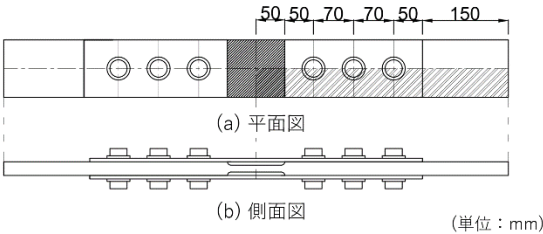


図-1 モデル寸法図

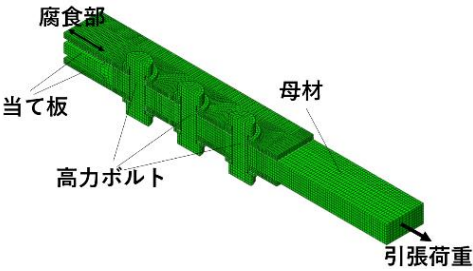


図-2 解析モデルの一例 (1/4 モデル)

表-1 解析モデルケース一覧

ケース	板幅 (mm)	ボルト本数	すべり係数	ボルト軸力 (kN)	設計荷重 (kN)
70-3-0.4	70	3	0.4	165	200.925
80-3-0.4	80				243.225
90-3-0.4	90				285.525
100-3-0.4	100				327.825
110-3-0.4	110				370.125
120-3-0.4	120				412.425
130-3-0.4	130				454.725
140-3-0.4	140	3	0.6	165	497.025
110-3-0.6	110				370.125
120-3-0.6	120				412.425
130-3-0.6	130				454.725
140-3-0.6	140				497.025

3. 解析結果と考察

3.1 荷重-変位関係

図-3 に(a)70-3-0.4 と(b)140-3-0.4 の腐食部、純断面の位置における荷重-変位曲線を示す。荷重は断面の各要素にかかる断面力を合計した値を用い、変位は母材端部における変位を用いた。また、外側純断面は母材中央部から 3 本目のボルト位置での純断面を示す。70-3-0.4 では腐食部は降伏せず、変位 0.5mm 程度で純断面が降伏した。140-3-0.4 では、腐食部が変位 0.4mm 程度で降伏し、その後純断面が降伏した。これらの結果より板幅が小さい場合は純断面降伏先行、板幅が大きい場合は腐食部降伏先行となる傾向がみられた。また、板幅が変化しても、設計荷重時までは降伏せず、正常に荷重伝達が行われたと考えられる。

3.2 すべり係数が0.4のときの Mises 応力コンター図

図-4 に(a)70-3-0.4, (b)110-3-0.4, (c)140-3-0.4 における降伏時の母材の Mises 応力コンター図を示す。ここで、コバ面からボルト孔および腐食部端部まで降伏が伸展した場合を降伏と判定した。板幅が小さいモデルほど外側純断面付近で降伏が広がりやすく、70-3-0.4 では純断面が先行降伏した。また、110-3-0.4 では純断面と腐食部がほぼ同時に降伏し、140-3-0.4 では腐食部が先行降伏した。表-2 に各ケースにおける先行降伏位置を示す。板幅が110mm のケースを境に板幅が小さいと純断面降伏先行、大きいと腐食部降伏先行となった。

3.3 すべり係数が0.6のときの Mises 応力コンター図

すべり係数が0.4で板幅が110mmより大きいケースにおいて、設計荷重時までは降伏しなかったものの、設計荷重時以降では腐食部が先行降伏した。そのため、腐食部の降伏を防ぐ当て板補修としては、設計上の改善が求められる。このことからすべり係数を現実的な範囲内で変化させることにより、部材間の摩擦力を大きくし、解析を行った。図-5 に(a)110-3-0.6, (b)140-3-0.6 における降伏時の母材の Mises 応力コンター図を示す。110-3-0.4 は、純断面と腐食部がほぼ同時に降伏したが、110-3-0.6 では純断面が先行降伏した。しかし、140-3-0.6 は腐食部が先行降伏した。このことから、すべり係数を0.6に増加させても先行降伏する位置に大きな違いは見られないことがわかった。

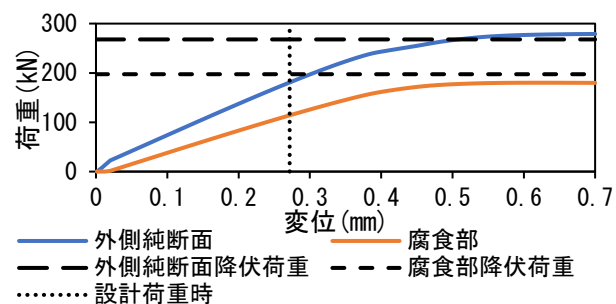
3.4 荷重分担率

図-6 に各ケースの設計荷重時における荷重分担率を示す。既往の研究により、母材には、母材の中央部における母材断面積率の1割増し程度の荷重が母材に分担されることがわかっている。図-6より、全ケースにおいて設計荷重時における母材の荷重分担率は60%程度の値を示した。このことから、板幅の大きさに関わらず母材には母材断面積率の1割増し程度の荷重が分担されることがわかった。

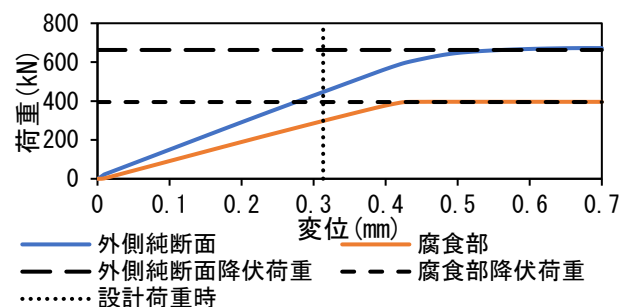
4. 結論

本研究では、当て板補修部の板幅が荷重伝達に及ぼす影響について検討を行った。以下に結論を示す。

- 1) 当て板補修部の板幅を変化させても、道路橋示方書の適用範囲内では、設計荷重時までは降伏せず、正常に荷重伝達が行われることがわかった。
- 2) ボルト3本、すべり係数0.4のケースでは、板幅が110mmより小さい場合純断面降伏先行、大きい場合腐食部降伏先行となることがわかった。
- 3) 設計荷重時における荷重分担率は板幅の影響を受けにくく、板幅の大小に関わらず母材には母材断面積率の1割増し程度の荷重を伝達することを確認した。
- 4) すべり係数の増加が先行降伏する位置に及ぼす影響は小さいことがわかった。

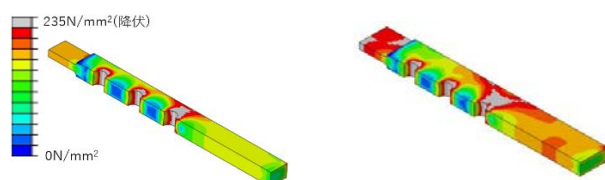


(a)70-3-0.4



(b)140-3-0.4

図-3 荷重-変位曲線



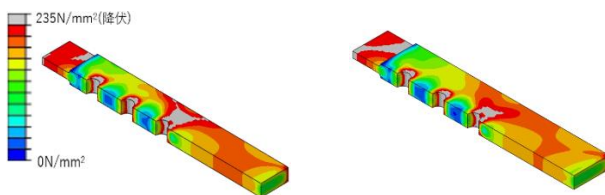
(a)70-3-0.4

(b)110-3-0.4

図-4 Mises 応力コンター図

表-2 先行降伏位置	
ケース	先行降伏位置
3-70-0.4	純断面
3-80-0.4	純断面
3-90-0.4	純断面
3-100-0.4	純断面
3-110-0.4	純断面と腐食部(同時に降伏)
3-120-0.4	腐食部
3-130-0.4	腐食部
3-140-0.4	腐食部

図-4 Mises 応力コンター図



(a)110-3-0.6

(b)140-3-0.6

図-5 Mises 応力コンター図

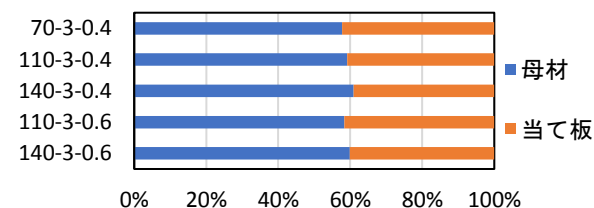


図-6 設計荷重時における荷重分担率