

当て板補修部の荷重分担に関する解析的研究

名古屋工業大学
名古屋工業大学

学生会員 ○小川和花
学生会員 藤本高志

名古屋工業大学大学院
大阪市立大学大学院

正会員 永田和寿
正会員 山口隆司

1. 研究背景・目的

鋼構造物劣化への対策としてよく用いられる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分担については解明されていない点が多く、設計方法が確立されていない現状がある。本研究では、特に摩擦係数の違いによる母材と当て板の荷重分担率の変化に着目し、当て板補修部の荷重分担の仕組みを解明することを目的とする。

2. 解析手法

今回は、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、鋼材の腐食に伴い減肉した部分に当て板を当て高力ボルト接合を行う当て板補修部を想定したモデルである。

解析モデルは、2面摩擦ボルト1行配置、片側あたりボルト3本の対象物を1/4モデル化したものを用いた。解析モデル例を図-1、モデル概略図を図-2に示す。解析モデルケースは母材板厚を24mm、12mmの2種類とし、それぞれについて4種類の板厚の当て板（片側6, 9, 12, 15mm）を用意した。接触面に働く相互作用特性として摩擦係数 μ を設定し、表面処理による摩擦係数の変化を考慮し、 μ （0.2, 0.3, 0.4, 0.8の4種類）をパラメータとして母材荷重分担率について比較を行った。モデルケースは摩擦係数 $\mu=0.4$ の場合を表-1に示す。モデルケース名は、[t(引張)]-[ボルト本数]-[母材板厚]-[当て板板厚]-[摩擦係数]を表している。また、解析モデルの中央部は片側25%ずつ（計50%）減肉させた。母材と当て板の鋼種はSS400を用いた。ボルトは等級F10T、サイズをM20、ボルトピッチ70mmとし、設計ボルト軸力165kNをボルト荷重として加えた。引張荷重は母材端部に強制変位として与えた。

3. 解析の妥当性の確認

今回行う解析の妥当性を確認するために、引張載荷実験との比較を行った。実験で用いた試験体は母

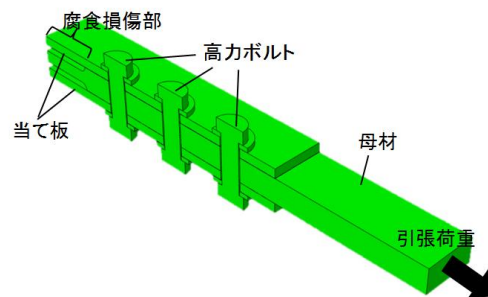


図-1 解析モデル例 (1/4 モデル)

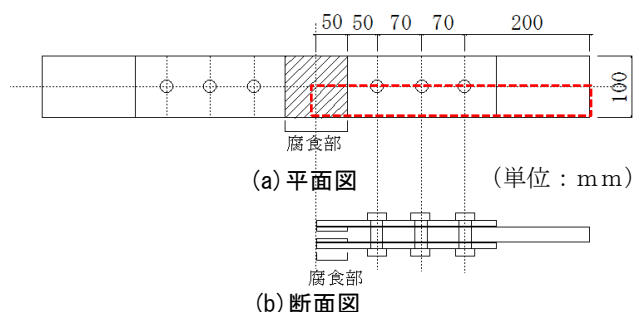


図-2 モデル概略図

表-1 解析モデルケース（摩擦係数 0.4 の場合）

case	腐食率 (%)	母材板厚 (mm)	当て板板厚 (mm)	断面積率 (%)
t-3-24-6-04	50	24	6	50.0
t-3-24-9-04			9	40.0
t-3-24-12-04			12	33.3
t-3-24-15-04			15	28.6
t-3-12-6-04		12	6	33.3
t-3-12-9-04			9	25.0
t-3-12-12-04			12	20.0
t-3-12-15-04			15	16.7

材22mm、当て板6mm、ボルト2本、摩擦係数0.745である。解析は前述した解析手法に実験の条件を入れて行い、3回行った実験結果と比較した。図-3は、内側から1本目のボルト部分の荷重-相対変位グラフであり、相対変位0.1mmまでの挙動を見ると解析値と実験値が概ね一致している。同様に、中央部の

ひずみと荷重の関係, それぞれのボルトの軸力低下率と荷重の関係について解析値と実験値の比較を行い, 本解析の妥当性を確認した.

4. 解析結果と考察

表-1 に示す摩擦係数 0.4 の場合の 8 種類のモデルケースについて, それぞれの母材中央部の母材荷重分担率と母材断面積率の関係を図-4 に示す. 摩擦係数を 0.2, 0.3, 0.8 と変化させた場合についても同様に図-4 に示す. ここでの母材荷重分担率は設計荷重時と比較し, 設計荷重は母材純断面降伏強度の 75% とする. さらに, それぞれの母材断面積率と荷重分担率の関係について摩擦係数ごとに直線近似を行い, 近似式を表-2 に示す.

図-4, 表-2 より, 摩擦係数 0.3, 0.4, 0.8 の場合では母材荷重分担率と断面積率の関係は母材の板厚に関係なくほぼ一直線上に位置し, 近似式の傾きは一定の値 1.1 で表されることが分かる. しかし, 摩擦係数 0.2 の場合, 近似式は他と同様に傾き 1.1 で表せるが, 結果に多少のばらつきが見られ相関係数 R^2 の値が他と比較すると小さくなっている. これは摩擦係数が小さくなったことにより, 母材と当て板の間に働く摩擦力が小さくなり, 母材の降伏位置やすべりの挙動が変化したためと考えられる.

また, 近似式の切片は摩擦係数が小さくなるほど大きくなっている. ここでの切片の値は母材の断面積率を荷重分担率に変換する際の補正值として見ることができ, 摩擦係数が小さいほど摩擦接合部での当て板への荷重伝達が上手く機能せず, 断面積率以上の荷重が母材に流れたと考えられる.

したがって, 今回のケースでは摩擦係数が $0.2 \leq \mu \leq 0.8$ であれば母材荷重分担率と断面積率の関係は傾き 1.1 の直線を平行移動させた直線で表すことができる.

実際に当て板補修に用いられる鋼材には, 防錆や摩擦係数の確保を目的として表面処理が行われている. 現在一般的に用いられている摩擦面処理法で処理を行った場合の摩擦係数は, $0.2 \leq \mu \leq 0.8$ の範囲に含まれるとされる. この範囲内では表-2 に示すように断面積率と荷重分担率の関係式の傾きは一定である.

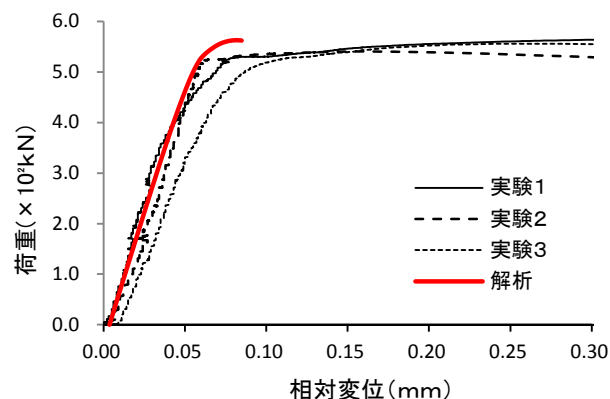


図-3 荷重相対変位

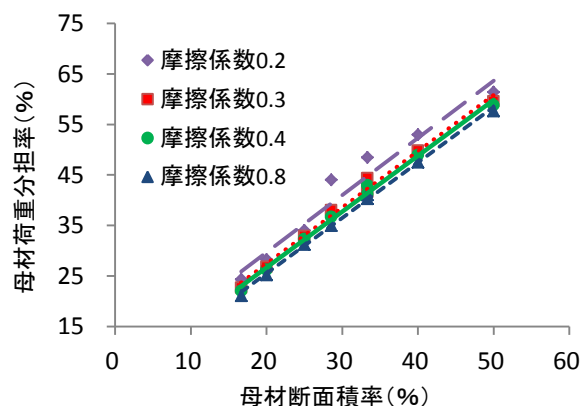


図-4 母材荷重分担率と断面積率の関係

表-2 母材荷重分担率と断面積率の近似式

摩擦係数 μ	近似式	相関係数 R^2
0.2	$y = 1.13x + 7.04$	0.95
0.3	$y = 1.11x + 5.13$	0.99
0.4	$y = 1.11x + 4.51$	1.00
0.8	$y = 1.10x + 3.46$	1.00

(x : 母材断面積率, y : 母材荷重分担率)

5. まとめ

今回のケースでは, 当て板補修部の母材には断面積率の 1 割増しの荷重が伝達することがわかった. この関係性を用いて母材断面積率から荷重分担率を算出することが可能である. また, 母材断面積率から必要な当て板板厚を推定することができると考えられる.

今後, 摩擦係数が 0.2 より小さい場合等, 今回解析対象外の摩擦係数時における荷重分担率や近似式の変化を確認し, 母材の降伏やすべりと荷重分担率の関係性を明らかにする予定である.