

引張を受ける高力ボルト鋼板当て板接合部の荷重伝達機構に関する解析的検討

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○小川 麻実  
 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 町田 幸大  
 大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

1. はじめに

腐食損傷によって鋼板が減肉した場合当て板補修等が行われるが、当て板接合部の荷重伝達機構については未解明な点も多く残されている。そこで本研究では、高力ボルトを用いた当て板補修部の合理的な設計法を提案するための基礎的な資料を得ることを目的として、当て板の板厚とボルトピッチをパラメータとした FEM 解析を実施した。

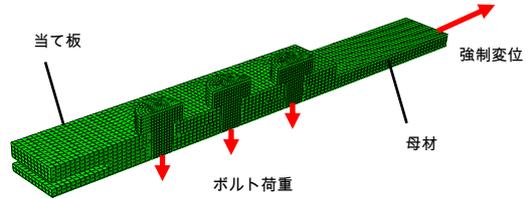


図-2 解析モデルの一例

2. 解析概要

両面からの一様な腐食により母材中央部の板厚が 1/2 に減肉した場合(図-1)を想定し、2面摩擦、ボルト一行配置の当て板補修モデルを設計した。使用するボルトの等級は F10T、サイズは M20 とし、母材と当て板の鋼種は SS400 とした。道路橋示方書(以下、道示と呼ぶ)の規定に基づき、ボルト孔径は 22.5mm、設計ボルト軸力は 165kN とした。設計荷重は母材純断面降伏強度の 75%の引張荷重とし、接触面のすべり係数は 0.30 (2種ケレン相当)とした。ボルト本数は3本とし、片側あたりの当て板の板厚は、7mm (母材板厚減肉量のみを補う場合)(case1)と 14mm (母材健全部の板厚と等しい場合)(case2)の2種類とした。ボルトピッチは、道示の規定の範囲内である 70mm, 140mm に道示の規定を超える 210mm を加え 3種類(それぞれ case2~4)とした。

解析には汎用構造解析プログラム ABAQUS を用いた。母材、当て板、ボルトは 8 節点ソリッド要素 C3D8I でモデル化し、対称性を考慮して 1/8 モデルとした(図-2)。当て板、ボルトの材料特性は完全弾塑性体のバイリニア型とした。鋼材の材料特性を表-1 に示す。ここで、当て板接合部の挙動について比較検討を行った。

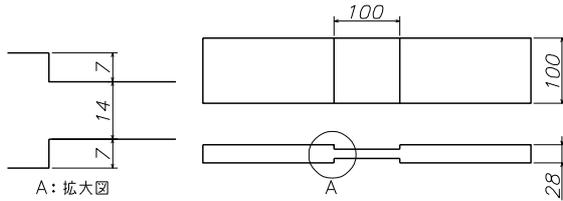


図-1 母材の腐食損傷形状 (単位: mm)

表-1 鋼材の材料特性

	鋼種 等級	降伏点 [N/mm <sup>2</sup> ]	ヤング率 [N/mm <sup>2</sup> ]	ポアソン 比
母板	SS400	235	2.0×10 <sup>5</sup>	0.3
当て板・連結板				
ボルト	F10T	900		

表-2 解析モデルの概要

case 番号	当て板板厚 [mm]	母材減肉部 板厚[mm]	ボルトピッチ [mm]
1	7	7	70
2	14	7	70
3	14	7	140
4	14	7	210

3. 解析結果と考察

case1, case2 における、引張荷重作用時の挙動を図-3 に示す。ここでの相対変位とは、ボルト孔のエッジ上(図-4)における、母材と当て板の節点変位の差のことである。母材に与える強制変位の大きさに応じて荷重はほぼ線形的に増加し、変位 0.45mm 付近で材料が降伏する挙動を示す。この挙動は、case1 と case2 で概ね一致しており、このときの荷重は母材純断面の降伏強度を上回っている。したがって、母材と当て板が摩擦力によってある程度一体化し、母材の純断面の位置で降伏が生じたと推定される。相対変位は降伏強度に達する前

キーワード 荷重伝達, 当て板補修, 腐食損傷

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 TEL 052-735-5482

から増加傾向を示しているが、降伏以降は相対変位の勾配が一定となっている。この傾向は、case1 と case2 で概ね一致しており、相対変位は case1 の方が小さくなっている。case1 と case2 を比較すると case1 の方が当て板の板厚が小さいため、変形に要する荷重も小さい。したがって、case1 では母材の変形に追従して当て板も変形し、結果的に相対変位が小さくなったと推定される。また、変位は外側の方が大きくなるため、相対変位も最外側の C が大きくなっている。引張荷重載荷中のボルト軸力低下率を図-5 に示す。材料が降伏に至るまで、ボルト 1 とボルト 2 の軸力低下率はほぼ同じ値を示すが、最外側のボルト 3 は軸力低下率が大きくなる。これは、母材の変形により外側で板厚減少が卓越したことに起因すると推定される。また case1 と case2 を比較すると、軸力低下率は case1 の方が大きい。先述のように相対変位は case1 の方が小さく、母材から当て板に伝達される荷重のロスが少ないため、当て板の変形による板厚減少に起因したものと推定される。

図-4 の A~L の各断面位置における、設計荷重作用時の荷重分担率を図-6 に示す。case2 の方が当て板の断面積が大きいため、当て板に伝達される荷重の割合が大きくなっている。断面 E, G, I (ボルト付近) を境界として、荷重分担率が変化しており、ボルト周辺で荷重が伝達されていることが確認できる。しかし、荷重分担率は断面積比に応じた値にはなっていない。

次に、ボルトピッチを変えた三つのモデル (case2~case4) を比較する。ボルト 1 の軸力低下率の推移を図-7 に、断面 A における母材の荷重分担率の推移を図-8 にそれぞれ示す。いずれのグラフも全てのケースで挙動は概ね一致している。すべり耐力は材間圧縮力によって決まるため、ボルトピッチの違いによる影響は小さいと推定される。

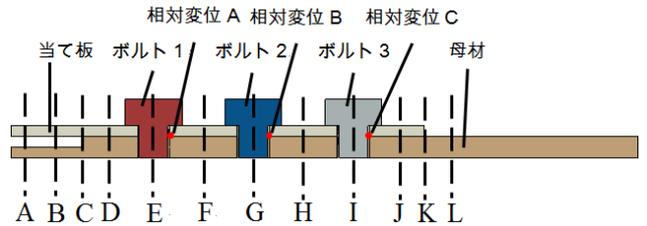


図-4 測定位置

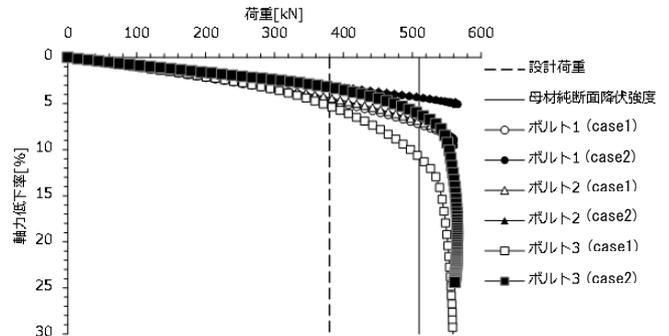
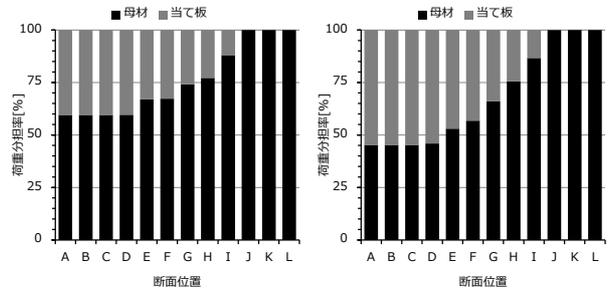


図-5 板厚変化による軸力低下率



(a)case1 (b)case2  
図-6 各断面における荷重分担率

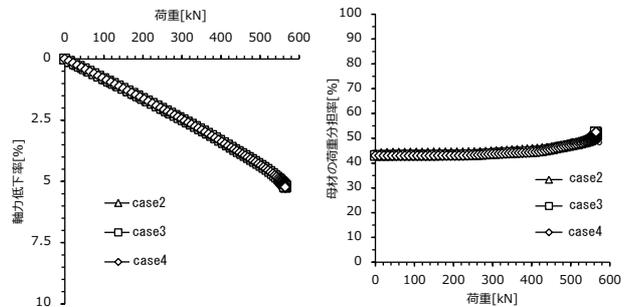


図-7 軸力低下率の推移 図-8 母材の荷重分担率の推移

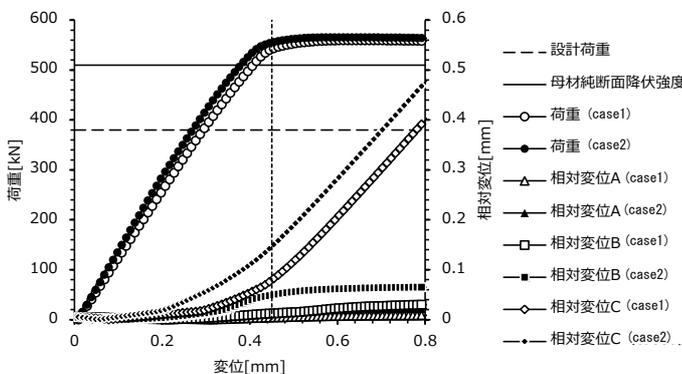


図-3 case1, case2 の引張挙動

4. まとめ

本研究では、当て板接合部の荷重伝達機構の基礎的な資料を作るため当て板の板厚とボルトピッチをパラメータとして FEM 解析を行った。

当て板の板厚については、断面積比と荷重分担率が一致しない結果が得られたことから、荷重伝達ロスが小さくなるように、合理的な板厚を選択する必要がある。ボルトピッチについては影響が小さい結果が得られたことから、必要ボルト本数を満たしていれば、設計者が規定内で任意に決定することが可能であると考えられる。