

高力ボルト引張継手の強度に与えるシール材の影響

大阪市立大学大学院 学生会員 ○鈴木康夫
 大阪市立大学大学院 正会員 山口隆司
 大阪市立大学大学院 正会員 北田俊行

1. はじめに

高力ボルト引張継手を橋梁一次部材の接合法として適用する場合、荷重増加に伴うフランジ板間の離間の発生により継手面への漏水および発錆の問題が懸念される。そのため、継手面およびボルトの防錆対策として、継手面間にゴム等のシール材を挿入することが考えられるが、シール材の存在がてこ反力、しいては継手強度に影響を与えると考えられる。また、ゴム、エポキシ樹脂等、弾性係数が鋼より小さい材料をシール材として用いれば、てこ反力の発生を抑えられる可能性があるため、防錆対策のみではなく、引張継手の高強度化にも有効であると考えられる。そこで、本研究では、高力ボルト短締め引張接合の最も基本的な形式であるスプリットティー継手を対象に、継手面間のシール材の有無、およびその弾性係数の違いが継手強度・離間特性に与える影響を解析的に検討した。

2. 解析モデルと解析方法

本研究で対象とした継手の形状と寸法とを図-1に示す。ここでは、図-1(a)に示すスプリットティー継手（従来モデル）と同図(b)に示すような、継手面にシール材を挿入した継手（シール付モデル）の2つのモデルを設定した。また、シール材の弾性係数を、0.01GPa(ゴム相当)および3GPa(エポキシ樹脂相当)の2種類とし、解析ケースは従来モデル(1ケース)とシール付モデル(2ケース)の計3ケースとした。対象とした継手寸法は、実構造物の1/2の縮尺率を想定し、使用ボルトの呼び径はM12としている。ティーフランジ板厚は、橋梁用高力ボルト引張接合設計指針(案)¹⁾に基づき決定し、てこ反力係数がほぼ零となる板厚(22mm)の約85%の19mmとしている。

解析モデルは、構造の対称性を考慮して、1/8の領域のみを対象とし、6節点および8節点の3次元ソリッド要素を用いてモデル化している。なお、継手母材とシール材との間、高力ボルトと座金との間、座金とティーフランジ板との間、および高力ボルトの軸表面とボルト孔表面との間には、それぞれ接触・非接触および微小滑りを考慮できる接触面を形成し、境界非線形性を考慮した。高力ボルトのモデル化に関しては、ねじ部は軸平行部と等しい断面積を持つ円形断面と仮定し、材料定数をねじ部と軸平行部とで変化させる簡易モデル²⁾を用いた。解析モデルの要素分割状況を図-2に示す。

解析は、汎用有限要素解析コード ABAQUS を用いて、ボルト初期軸力導入と引張荷重重載荷の2段階に分けて行っ

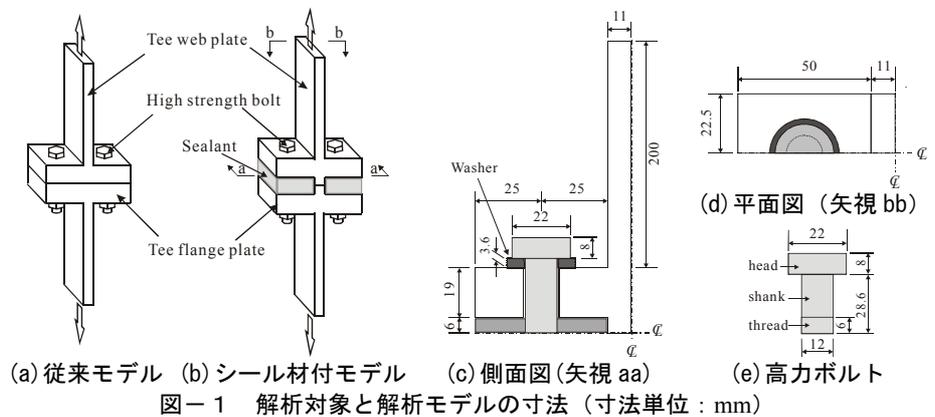


図-1 解析対象と解析モデルの寸法（寸法単位：mm）

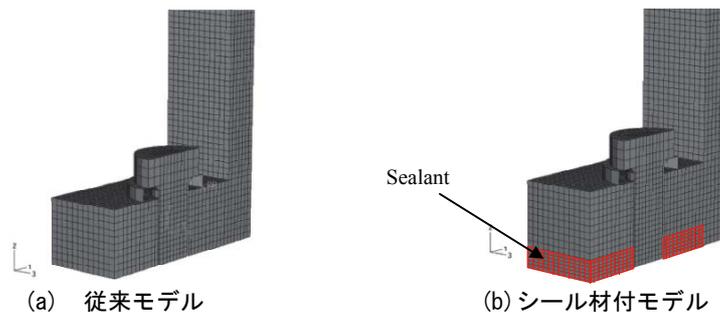


図-2 要素分割状況の例

キーワード：高力ボルト引張継手、スプリットティー継手、シール材、てこ反力、境界非線形性
 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 橋梁工学分野

た．ボルト初期軸力は，ボルト最下面の全節点に強制変位を与えることにより導入した．引張荷重はティーウェブ板の上端の全節点に強制変位を与え，載荷した．なお，高力ボルトの初期導入軸力は，M12 高力ボルトの標準導入軸力である 61.3kN とした．解析は，ボルト軸力が破断軸力(79.3kN)に到達するまで行った．

3. 解析結果および考察

解析結果の一例として，載荷荷重(P)とボルト軸力(B)との関係および載荷荷重(P)とティーウェブ直下での離間量(δ)との関係をそれぞれ図-3および図-4に示す．また，ボルト降伏時および最大ボルト軸力時の載荷荷重としてこ反力係数を表-1にまとめた．なお，載荷荷重は，実際の 1/2 であるボルト一本分に分担される荷重をプロットしている．図-3中には，ボルト降伏軸力(B_y)も点線でプロットしている．さらに，参考のため，ティーフランジ板およびティーウェブ板が剛な場合，すなわちこ反力が発生しない場合の荷重とボルト軸力との関係を実線でプロットしている．

図-3および表-1より，従来の継手形式(凡例：Split tee joint)と比べ，シール材を挿入した継手にてこ反力は小さくなっていることがわかる．特に，弾性係数が 0.01GPa 程度のシール材を挿入した場合，母材を剛と仮定した場合の荷重-ボルト軸力曲線とほぼ一致しており，てこ反力がほとんど発生していない．これは，継手面間に鋼よりも弾性係数の小さな材料を挿入することにより，ティーフランジ板の変形が拘束されず，てこ反力が抑えられるためと考えられる．さらに，図-4より継手面間にシール材を挿入することにより，離間発生時荷重が増大し，継手の離間剛性が改善されることが分かる．

4. まとめ

本研究では，高力ボルト短締め引張接合の最も基本的な形式であるスプリットティー継手を対象に，継手面間に挿入されたシール材の有無，およびその弾性係数の違いが継手強度に与える影響を解析的に検討した．そして，継手面間に鋼よりも弾性係数の小さな材料を挿入することにより，てこ反力が低減されることを示し，シール材は防錆対策のみならず，継手の高強度化にも有効であることを示した．また，継手の離間剛性に関しても，シール材を挿入することで改善し得る可能性があることを示した．

今後は，載荷実験により本解析の妥当性を検証し，シール材挿入による効果を実験的にも確認する必要がある．さらに，シール材の材料特性と継手の力学的挙動との関係を定量的に把握し，高力ボルト引張継手に最適なシール材を選定する必要がある．また，本研究では，スプリットティー継手を対象としているが，箱型断面部材等，橋梁一次部材に高力ボルト引張継手を採用する場合³⁾も想定し，L型引張継手を対象に，組合せ荷重下での力学的挙動も検討する必要がある．

参考文献

- 1) (社)日本鋼構造協会：橋梁用高力ボルト引張接合設計指針(案)，1994.3.
- 2) 藤谷健二，渡邊英一，杉浦邦征，山口隆司，葛西俊一郎：ねじ部を考慮した高力ボルトの有効応力-ひずみ関係に関する考察，鋼構造年次論文報告集，第3巻，pp.281-288，1995.11.
- 3) 山口隆司，鈴木康夫，北田俊行，杉浦邦征，秋山寿行：引張力およびせん断力が高力ボルト引張継手の曲げ強度・剛性に与える影響，土木学会論文集，No.710/I-60，土木学会，pp.439-447，2002.7.

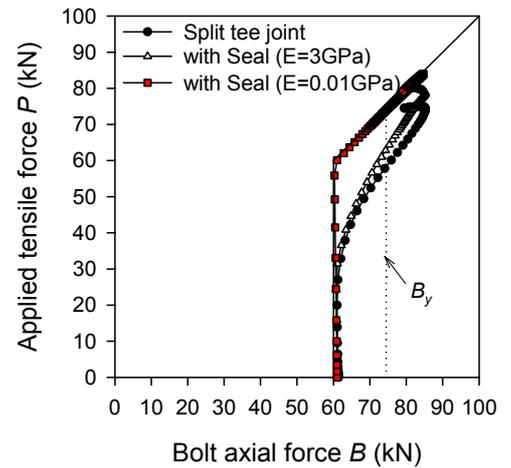


図-3 荷重-ボルト軸力関係

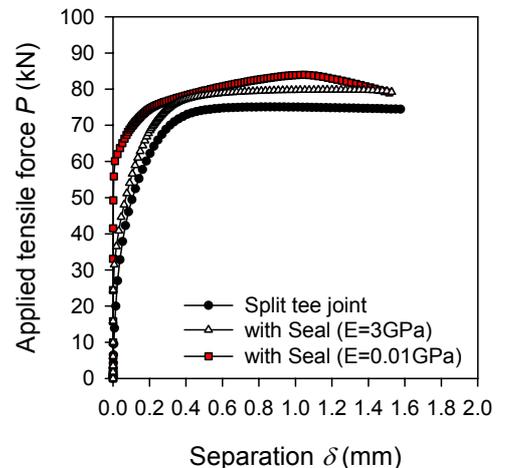


図-4 荷重-離間量関係

表-1 継手強度とてこ反力係数

Analytical case	P_y (kN)	ρ_y	P_u (kN)	ρ_u
Split tee joint	57.77	0.29	74.04	0.15
With seal (E=3GPa)	62.80	0.19	78.62	0.08
With seal (E=0.01GPa)	74.09	0.01	83.95	0.01

P_y : ボルト降伏時の載荷荷重

P_u : 最大ボルト軸力時の載荷荷重