

太径の高力ボルトを用いた摩擦接合継手の合理化に関する検討

法政大学 正会員 ○内田 大介 非会員 豊原 匡織
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 平野 雄大 正会員 網谷 岳夫

1. 目的

鉄道の鋼構造物の接合部に用いられる高力ボルト摩擦接合継手は、大型化が課題となっている。これは、想定地震力の増大や構造物周辺のホームや線路といった環境条件により接合部を合理的な位置に配置できないことが理由である。また鉄道の鋼構造物の摩擦接合継手は、継手部にすべりが生じない、および母材や添接板の鋼板が降伏しないことを標準としている¹⁾ことも要因のひとつである。

摩擦接合継手の合理化を目的に、M36 といった太径のボルトを用いた場合²⁾や、ボルトピッチをボルト径の2.4 倍まで狭めた場合³⁾の研究がなされている。しかし、太径かつボルト間隔を狭めた場合の影響は確認できておらず、ボルト軸力を大きくすることによるすべり係数が低下も懸念される⁴⁾ため、板厚の違いを含めた複合的な影響の確認が必要だと考えられる。そこで、鉄道の鋼構造物の高力ボルト摩擦接合継手を小型化することを目的に、鉄道構造物で一般的ではない太径のボルト M30 およびボルトピッチをボルト径の 2.4 倍まで小さくした場合の継手のすべり係数および耐疲労性を確認した。

2. 試験体

板厚・ボルト径・ボルトピッチがすべり係数および疲労強度に与える影響を確認するため、すべり試験および疲労試験を行った。図 1 に試験体形状、表 1 に試験体一覧を示す。試験体は、疲労試験に用いる試験体 (M30F-1) を除き、すべり／降伏耐力比 β が 0.6 以下となるように設定した。ボルトピッチは、ボルト径の 3 倍および施工上の限界と考えられる 2.4 倍とし、最小縁端距離も標準縁端距離⁵⁾よりも小さくした。継手の接合面処理は、無機ジンクリッチペイント (厚さ $75\pm15\mu\text{m}$) とした。ボルトは、トルク法にて設計軸力⁵⁾の 1.1 倍を目標に、キャリブレーションを行ったナットランナーを用いて締付けた。締付ける際、一部のボルトにはひずみゲージを貼付けて軸力を計測した。試験体数は、すべり試験は各 4 体、疲労試験は 2 体とした。

3. すべり試験

すべり試験は、2000kN 引張試験機を用いて、ボルトの締付け後 168 時間以上経過した試験体を載荷速度 2kN/s により行った。すべり係数と添接板の板厚の関係を図 2 に示す。すべり係数は、すべり荷重と試験直前の軸力から算出している。すべり荷重は、いずれの試験体も明確な荷重低下が認められたた

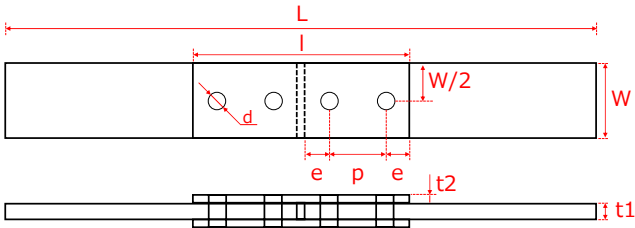


図 1 試験体形状

表 1 試験体一覧

試験体 名称	呼び径 D	孔径 d(mm)	ボルト 本数	ピッチ p(mm)	最小縁端距離 e(mm)	鋼種	母板厚 t1(mm)	添板厚 t2(mm)	板厚計 T(mm)	添接板長さ l(mm)	試験体長さ L(mm)	板幅 W(mm)	試験種別
M22-1	M22	24.5	6	75.0	32.0	SM570	65.0	36.0	137.0	438.0	938.0	120.0	すべり
M22-2				53.0						350.0	850.0		
M22-3			4	75.0			288.0	788.0	100.0				
M22-4				53.0			244.0	744.0					
M30-1	M30	33.5	6	105.0	55.0		65.0	36.0	137.0	650.0	1150.0	130.0	
M30-2				72.0						518.0	1018.0		
M30-3			4	105.0			19.0	12.0	43.0	440.0	1140.0	170.0	
M30-4				72.0						374.0	1074.0		
M30F-1													794.0

キーワード 高力ボルト, 摩擦接合継手, 太径ボルト, ボルトピッチ, 疲労強度

連絡先〒162-0843 東京都新宿区市ヶ谷田町 2-33 TEL 03-5228-1453

め、荷重が低下する直前の最大荷重とした。ボルト軸力は、計測していたボルト軸力の平均値とした。なおボルト軸力のリラクセーションは、測定期間は最大でも 336 時間程度と短い、板厚やボルト径、ボルトピッチによる影響は小さかった。パラメータの違いがすべり係数に与える影響について、まず板厚は厚い方がすべり係数が低下した。またボルトの呼び径は、M22 に比べて M30 の方が、すべり係数が低下した。そして、板厚が厚い場合に限り、ボルトピッチを狭めることですべり係数が低下した。試験後の添接板の接合面を図 3 に示す。観察すると、母板と添板の円孔周辺に鋼材表面同士がこすれた跡がみられ、板厚が厚いほどその範囲は広いことがわかった。また、ボルトピッチが狭い場合は、こすれた跡の範囲が狭まることがわかった。これらがすべり係数の低下の要因の一つと考えられるため、今後試験を再現した解析により検討を深める。また、M30 を用いた試験体のすべり係数のばらつきが大きいことについて、これは試験前軸力のばらつきによるものであるため、今後締付け方法も含めた検証を行う。

4. 疲労試験

疲労試験は、締付けから 240 時間以上経過した試験体を、500kN 試験機を用いて応力範囲 200N/mm^2 を目標に載荷速度 2 または 8Hz にて行った。疲労試験の結果を、図 2 の S-N 線図に示す。図中には高力ボルト摩擦接合継手の母材の強度等級 B~D の曲線¹⁾と既往の片側に 2 本の M30 を有し、接合面処理を無機ジンクリッチペイントとした疲労試験結果⁶⁾も示している。M30 のボルトを用いてボルトピッチを狭めた場合でも十分に耐疲労性を有していることがわかる。耐疲労性については今後、試験体数を増やすとともにボルトピッチの影響等についても検証する予定である。

5. まとめ

すべり係数は、①板厚が薄い場合、②ボルト径が太い場合、③板厚が厚い際に限りボルトピッチを狭めた場合により低下する傾向を示した。今後、すべり係数が低下した要因について解析的検討を深める。また M30 のボルトを用いてボルトピッチを狭めた場合でも、十分な耐疲労性を有している可能性が高いことが分かった。

参考文献 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物），丸善，2009。 2) 南ら：50mm 厚鋼板を用いた太径ボルト（M36）継手のすべり耐力試験，土木学会論文集 A，Vol. 62，No. 2，pp. 267-278，2006。 3) 清川ら：ボルト間隔および縁端距離が小さい高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数とすべり後耐力に関する検討，鋼構造論文集，第 24 巻第 95 号，pp. 25-40，2017。 4) 森ら：高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数に対するボルト軸力の影響，土木学会論文集 A1，Vol. 75，No. 1，pp. 58-66，2019。 5) 土木学会：高力ボルト摩擦接合継手の設計・施工・維持管理指針（案），2006。 6) 石渡ら：各種表面処理をした高力ボルト摩擦継手の強度について，土木学会第 31 回年次学術講演会講演概要集，I -197，1976。

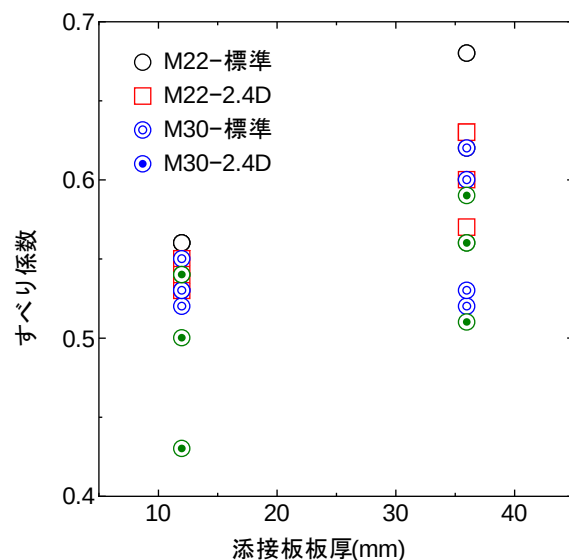


図 2 すべり係数－添接板の板厚の関係

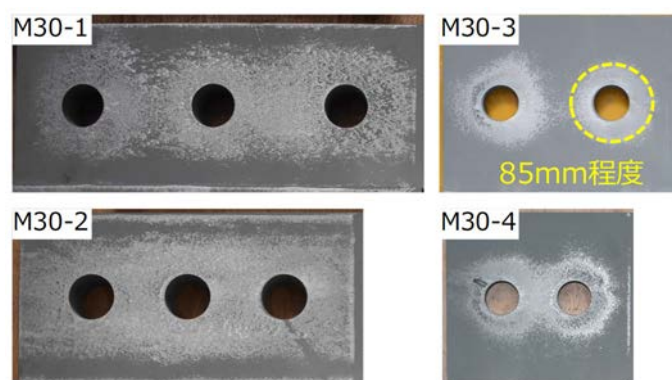


図 3 すべり試験後の添接板の接合面

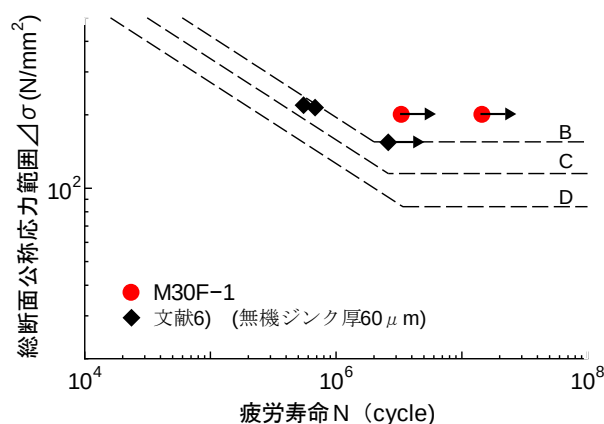


図 4 S-N 線図