

27 年間供用した高力ボルト摩擦接合部のすべり試験

大阪市立大学大学院 学生員 ○頼 健鵬
日鉄ボルテン株式会社 正会員 上村 健士

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 学生員 藤原 眞幸

1. はじめに

長期間供用した高力ボルト摩擦接合継手部では、ボルト軸力の低下や接合面の変化により、当初の性能が変改している可能性がある。

著者らは、橋梁の架け替えに際し、不要となった 27 年間供用後の高力ボルト摩擦接合継手部を入手する機会を得た。そこで、それらの接合面状態の観察を行うとともに、すべり試験を実施した。本試験は高力ボルト摩擦接合部を展開した後、再利用が可能かを検討するもので、供用を経た同継手の残存耐力を調査することを目的としている。

2. 供試体概要およびすべり試験

対象の供試体は、1991 年に完成し、2018 年に損傷により撤去された鋼床版箱桁橋の現場継手部である。表-1 に各供試体の構造諸元およびその設計耐力を示す。供試体の損傷状況については、塗膜の剥離が目視で確認できないものを非損傷供試体(KNN)，塗膜の剥離が確認でき、供用時にすべりを生じたと考えられるものを損傷供試体(KNA)とした。

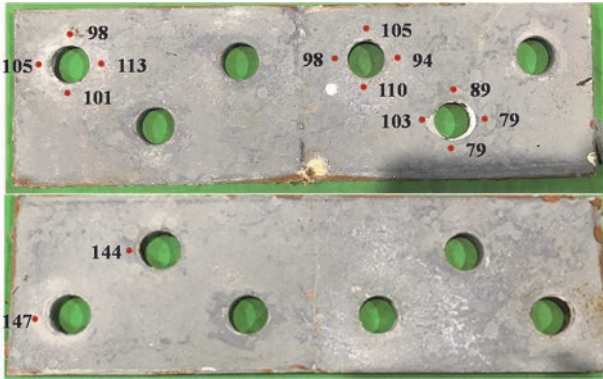
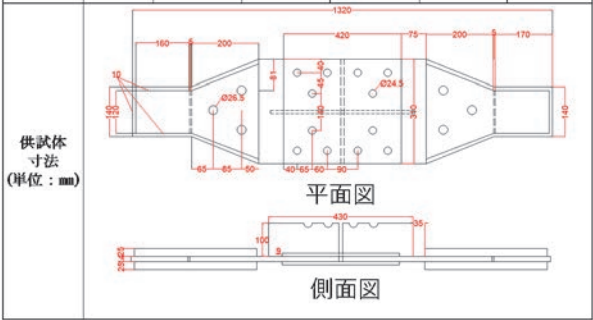
著者らは接合面の状況と残存軸力の調査を行うため、試験前の供試体を解体し、接合面に塗付された無機ジンクリッチペイントの膜厚を計測した。写真-1 は各供試体におけるリブ側連結板の膜厚分布を表している。ここで、赤点で示す位置は膜厚計測点であり、各点に対して電磁膜厚計により 3 回の膜厚計測を行い、その平均値を表記している。

観察後の供試体の組み立ては、ドリフトピンを用いて孔合わせを行い、設計軸力の 1.1 倍である標準軸力 (M22(F10T):226kN) を目標にボルトを締付けた。そのため、損傷供試体(KNA)については供用時と大きく異なる位置関係で接合されている。

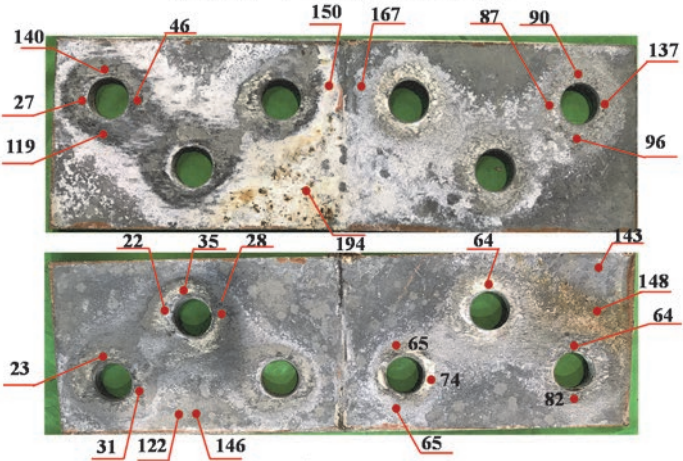
リラクセーション試験として、締付け後 18 時間のボルト軸力の計測を行った。すべり試験は載荷能力 2000kN の万能試験機を用い、1kN/sec を目安に変位制御で載荷を行った。なお、計測項目は、遊間部より 10mm 位置における母材－連結板間の相対変位（以下、相対変位）、ボルト頭部のひずみとした。

表-1 供試体の内訳

供試体 ケース	外力による 損傷	設計すべり 係数	試験前 平均軸力 /kN	すべり耐力 /kN	千鳥断降 伏耐力/kN	すべり/降 伏耐力比/ β
KNN	無し	0.40	212	1020	1170	0.871
KNA	有り	0.40	214	1029	1170	0.879



(a)KNN リブ側連結板の膜厚



(b)KNA リブ側連結板の膜厚

写真-1 引張試験前リブ側連結板の膜厚（単位：μm）

表-2 実験で得られたすべり係数の一覧

供試体名	すべり耐力 /kN	平均軸力 /kN	すべり係数 / μ	リラクセー ション軸力 低下率/%	すべり/降伏耐力 比/ β
KNN 非損傷供試体	998.2	212.4	0.406	7.1	0.853
KNA 損傷供試体	861.8	214.3	0.350	5.6	0.737

3. 試験結果および考察

写真-1 より, 非損傷供試体(KNN)の無機ジンクリッチペイントの膜厚は最小でも $79\mu\text{m}$ となっており, すべり係数 0.45 として扱い得る $75\mu\text{m}^2$ を満足した. 一方, 損傷供試体(KNA)の膜厚は平均値が $92\mu\text{m}$ と $75\mu\text{m}$ より大きくなったものの, ばらつき (膜厚 Max: $194\mu\text{m}$ 、Min: $22\mu\text{m}$ 、C.V.: 56%) が大きくなった. また, 損傷供試体(KNA)の接合面にはボルト孔付近にすべり痕を確認した.

表-2 にリラクセーション試験とすべり試験の結果を示す. ボルト軸力低下率は導入軸力を基準に 18 時間後の軸力低下の比率として算出した. 損傷供試体(KNA)の軸力低下率は非損傷供試体(KNN)より 1.5% 程度小さくなった. これは, 前述したように損傷供試体(KNA)の塗膜厚が非損傷供試体(KNN)に対して大きく, 塗膜の潰れの影響がより大きくなった³⁾ことが原因と考えられる.

表-2 のすべり荷重は, 図-1 に示す荷重と相対変位の関係より, 相対変位が 0.2mm に達するまでの最大荷重と定義した. また, すべり係数 μ は, 設計ボルト軸力より式(1)を用いて算出した.

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N} \quad (1)$$

ここに, P : すべり荷重, m : 接合面数 ($m = 2$), n : ボルト本数 ($n = 6$), N : 設計ボルト軸力

損傷供試体(KNA), 非損傷供試体(KNN)のすべり荷重はそれぞれ 862kN , 998kN となり, 損傷供試体の方が 14% 程度小さくなった. また, 非損傷供試体(KNN)のすべり係数 μ は 0.41 であり, 道示⁴⁾に記述している 0.40 を上回ったが, 前述の 0.45 ²⁾には至らなかった. 一方, 損傷供試体(KNA)のすべり係数 μ は 0.35 であり, 0.40 を下回った. 損傷供試体(KNA)のすべり係数が非損傷供試体(KNN)に対して小さくなったのは, 前述のようにすべりによって塗膜の剥離が生じており, 摩擦係数が小さくなったことが原因と考えられる.

図-2 に荷重とボルト軸力残存率の関係を示す. なお, 軸力残存率は試験前軸力を基準とした軸力の百分率である. 損傷供試体(KNA)において, 2, 4 のボルト軸力低下率は大きくなった. これは, 図-3 に示すように, 供用時のすべりによって生じた外側ボルト孔の支圧変形が原因と考えられる. ボルト孔付近に生じた支圧変形による凸部が供試体の組み立て時に接合面の肌すきを生み, 作用力の増大に伴って, その肌すきが解消されることが局所的な軸力低下を生じる要因と考えられる.

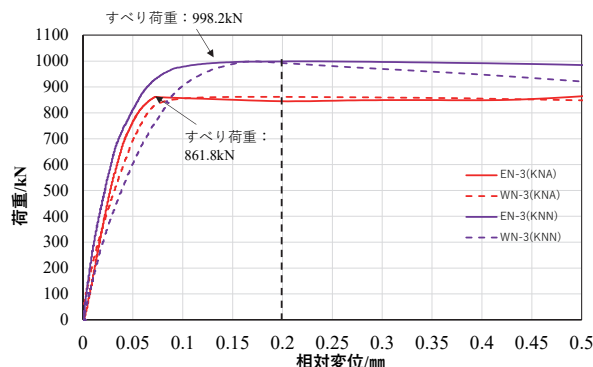


図-1 遊間部における荷重と相対変位

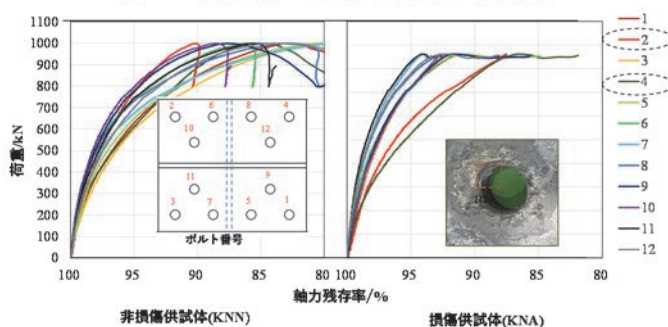


図-2 荷重と軸力残存率

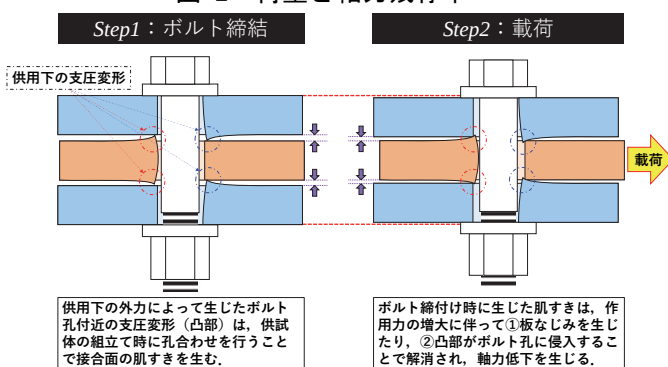


図-3 孔変形による軸力低下のメカニズム

4. まとめ

- (1) 非損傷供試体(KNN)のように接合面が健全な状態の方が, 塗膜厚が小さくばらつきの大きい損傷供試体(KNA)に対してリラクセーションによるボルト軸力低下が大きくなった.
- (2) 損傷供試体(KNA)のすべり荷重は, 非損傷供試体(KNN)に対して 14% (130kN) 程度小さくなった. また, 設計軸力より算出した非損傷供試体(KNN), 損傷供試体(KNA)のすべり係数 μ はそれぞれ, 0.41 , 0.35 となり, 接合面の塗膜厚が十分でない後者のそれは 0.40 を下回った.

【参考文献】

- 1) 頼健嗣ら: 29 年間許容した高力ボルト摩擦接合部のボルト残存軸力計測, 土木学会第 75 回年次学術講演会概要集, I-84, 2020.
- 2) 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
- 3) 南邦明ら: 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.
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・解説 II 鋼橋編, 2017.