

新日本製鉄 (株) 製品技術研究所 正会員 〇三木 武司
 同 玉野 敏隆
 同 横川 孝男

1. はじめに

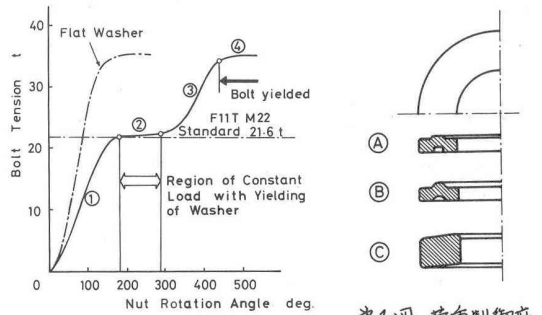
高力ボルト継手の信頼性は、ボルト導入軸力の精度が直接決定する。このため、軸力精度を高める努力がなされ、我が国では主としてトルク法が採用されているが、この方法はボルトセットの摩擦係数を用いた軸力の間接制御法であるため、厳密にボルトセットの表面状態や使用条件を管理してトルク係数が一定になるようにし、かつトルクレンチの精度を常に検定しながら行なうときにはのみ精度良い軸力導入が可能なのであり、作業環境などの問題からこれらの条件を満たすことは、はなはだ困難な現状にある。一方、米国などで普及しているナット回転角法は、ボルトの引張塑性域で締付けるため使用時の安全性に問題がある。

筆者らは、これらの問題を解決するために従来弾性的に使用されていた座金を塑性変形させ、材料固有の塑性変形抵抗を利用してボルト軸力を直接制御する方法を開発し、実橋に適用したことで報告する。

2. 荷重制御座金の基礎特性

座金が円周方向に連続した塑性変形を生じかつ変形に対し歪みを有するよう形状と材質を組合せておくことにより、材料固有の塑性変形抵抗に対応した極めて安定な荷重制御特性を示す。形状としてはオ1図(A)、(B)、(C)などが考えられ、(A)は円周方向に連続した突部がせん断塑性変形を生じ、(B)は突部が曲げ塑性変形を生じ、(C)は座金全体の倒れにより塑性変形が進行する。(C)の形状でS35C熱処理材、厚さ8.5mmにて製造した座金をF11TM22の高力ボルトに組込んで締付けたときのナット回転角とボルト軸力の関係をオ2図に示す。

太い線は座金を用いたときで、実線は座金を用いたときである。①は座金の弾性変形域、②は座金の塑性変形域、③は座金が平坦化して再び弾性的に変形する領域で④はボルトの塑性変形域である。この図のように②の領域では荷重がほとんど変化しておらずしかもその荷重はF11TM22ボルトの設計軸力27.6tに一致している。従ってナット回転角にして110°程度の範囲に亘って所定荷重を得ることができ、これは締付角度の誤差は全く問題にならないことを意味する。



オ2図 荷重制御座金の締付特性

オ1図 荷重制御座金の典型例

3. ボルト締付による座金特性試験

以上の座金はボルト締付により大きな塑性変形を生じるので、その形状変化は目視にも容易に判定することができる。例えば写真1はオ1図(C)のタイプでオ2図に示した特性の座金の締付前後を比較したもので左側が無負荷、右側が負荷状態である。さらに厳密には座金の直径や高さも測定すれば良いが、その場合でも外パスなどの現場的測定で十分である。締付には、市販されているナット回転角制御レンチを利用すれば良い。

次にこれらの座金を用いて、ナット回転角制御でボルトを締

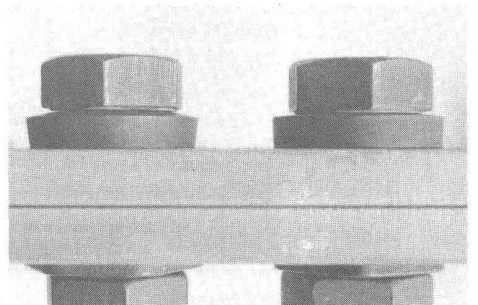
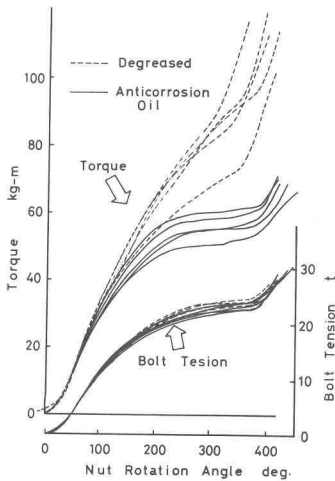


写真1 荷重制御座金の变形 (左締付前、右締付後)

付けた結果について述べる。第4回は市販のF11TM22のボルトセットに防錆油を塗布した場合と脱脂した場合、それぞれ5本ずつ1回④タイプの座金を用いて締付けたときのナット回転角と、トルクおよび軸力の関係を示す図で、締付トルクを見ると防錆油塗布ボルトに比べ脱脂ボルトではトルクが極端に高くなっており、脱付に近いものも見られた。トルクはこのように油の付着の有無だけで大幅に変動をするのであり、もしこのようなボルトセットを従来のようにトルク一定の制御をすれば、ボルト軸力はトルク係数に逆比例する形で変動することになる。一方、この図でボルト軸力を見ると10本の曲線がほとんど一体となっており、脱脂と油塗布の差はない。しかも変動幅は極めて狭く、この座金を用いてナット回転角を制御して締付けらるれば、トルク係数は全く無関係に精度良、軸力導入が可能であることを示している。

ところで、ボルトは表面に錆止めのためコーティングを施して使用することもあるが、このような場合はトルク係数がコーティングの種類によって大きく変動するし、同一処理でも容易に安定しない。第5回はF11TM22のボルトを防錆油を塗布した場合や、脱脂した場合、およびトルク係数の異なる各種のコーティングへを施した場合を従来のトルク法と、前記座金を用いて締付けた場合を比較して示してある。トルク法では防錆油を塗ったときは設計軸力21.6tにもほぼ近いが、脱脂すると軸力は極端に低い。コーティング1は軸力が高すぎ破断荷重を越す恐れもある。コーティング2、4はトルク係数が高く、軸力は低くなっている。これら各種トルク係数のボルトセットに対し、荷重制御座金を適用すると、軸力はトルク係数の変動に無関係な安定した値が導入されていることが判る。



第4回 荷重制御座金を用いたときのトルクと軸力

荷重制御座金を実橋の組立に適用した。形状は第1回④タイプでF11TM22用にSSC鍛造にて作成し焼入焼戻して強度を設定した。施工手順は、手締めによる組立後、ナット回転角制御型ナットランナーにより中締めトルク30kg-mから連続的に本締めを行なった。写真2、3は施工現場と継ぎを示すが、締付後の確認が目視にて容易に行なえた。

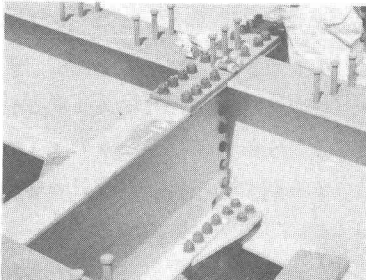
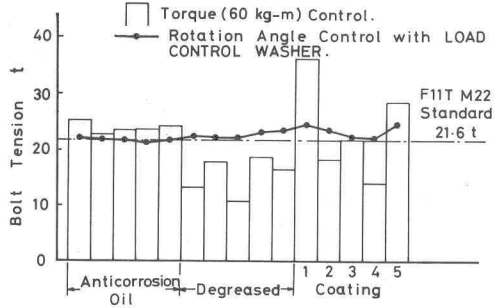


写真2 継ぎ部詳細

4. 結 び

- ① 高力ボルト施工に荷重制御座金を適用した場合の主な利点をあげると、
- ② 任意の表面状態、表面処理で締付けられる。
- ③ 締付後の検定が容易かつ確実である（目視で可）。
- ④ ボルトは弾性なので安全である。



第4回 各種表面状態の軸力変動（トルク法と比較）

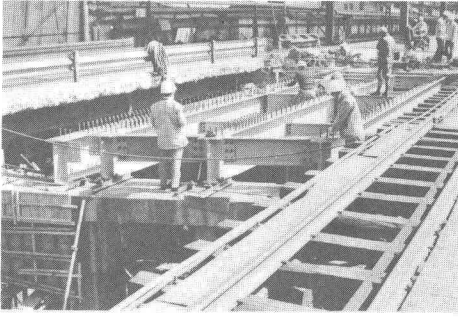


写真3 荷重制御座金による架橋