

I-A 351 鉄道橋へのM30高力ボルトの適用と施工管理の一手法

（北幹、新田川橋梁：降伏点を越えない耐力点法による施工）

日本鉄道建設公団 正会員 保坂 鐵矢
 日本鉄道建設公団 杉山 幹男
 東日本鉄工（株）○正会員 山田 稔

1. はじめに 新田川橋梁は北陸新幹線が長野駅付近で新田川を渡る地点に架設された橋長 47mの新型H形鋼埋込桁（SRC桁）¹⁾で、従来型のH形鋼埋込桁に比べ死荷重を軽減することが可能な、国内最大支間を有する橋梁である。構造物の大型化に伴い下フランジが 60k鋼で板厚76mmとなり耐疲労性を確保するため下フランジの構成をカバープレート方式（38+38mm）とし太径高力ボルト（M30 F10T）を用いて連結することとした。鉄道橋として M30の採用は初めてであり従来より用いているトルク法による締付けは施工管理上困難が予想されたため、降伏点を越えない耐力点法を用いて施工することとした。本稿は耐力点法の採用の妥当性と降伏点を越えない施工管理手法について報告する。

2. 締付け方法の選定 現場での締付け方法を決定するために、トルク法と耐力点法でボルトの締付け性能試験を実施した。試験は高力ボルトが太径で（M30）かつ200mmを越える長い首下長さに着目して、導入軸力、リラクゼーション特性、すべり係数等について行った。接触面は表面粗さを 50S程度とし、厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布した。高力ボルトは防錆処理を施したS種M30（F10T）とした。

実橋の継手を再現した一群のボルトに対する締付け軸力結果を表-1に、リラクゼーション結果を図-1に示す。導入された軸力のばらつきはトルク法で 5.9%、耐力点法で 3.8%となり、耐力点法がばらつきの少ない結果となった。リラクゼーション結果は14日間の軸力減衰率でトルク法が 7.3%、耐力点法が 6.6%となり、耐力点法が小さい結果となった。すべり試験結果を図-2に示す。すべり係数は首下長さ別でも設計基準の 0.4は十分に確保でき、トルク法に比べ耐力点法が高い結果となった。首下長さ240mm は他に比べるとすべり係数が低い傾向が見られる。これは実橋のカバープレートに相当する部材をフィラープレートとしたことによる影響と推定される。

以上の結果から太径ボルトの締付け方法として、耐力点法は締付け軸力のばらつき、リラクゼーション特性、すべり係数ともにトルク法に比べ同等以上の性能が確保できることが明らかになった。

表-1 締付け試験結果

		トルク法	耐力点法
ボルト本数	本	48-M30×240	48-M30×240
締付軸力平均	tf	42.94	56.47
標準偏差 σ	tf	2.55	2.17
変動係数 C.V	%	5.9	3.8
（許容値）	（%）	（7.0）	（5.0）
減衰率（14日）	%	7.3	6.6

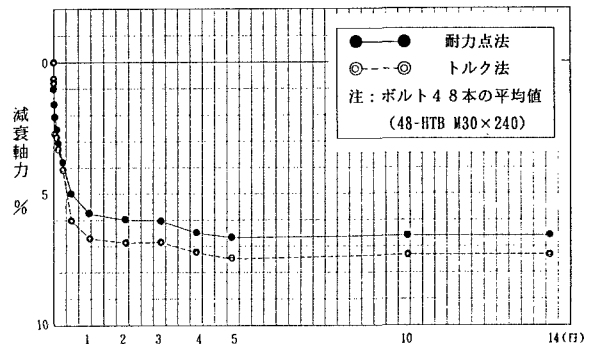


図-1 リラクゼーション結果

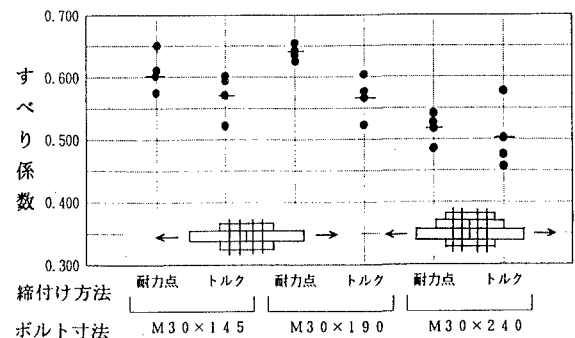


図-2 すべり試験結果

3. 現場施工方法 現在一般的に行われている耐力点法の管理方法ではボルトの耐力を越えて軸力が導入されることもある。実際に現場で使用する耐力点制御器は耐力に近い領域で制御するように調整されているものが多く、このような制御器を用いた本工事では軸力がボルト耐力を越えないことを目標に現場施工管理を行った。

管理値を表-2に示す。現場着手前のボルト製品の機械試験およびキャリブレーションにより耐力(N_y)、締付け軸力の標準偏差(σ)を求め、耐力から 3σ を減じた値を施工に用いる管理目標耐力(N)とした。また、耐力点法の特性として締付け機によるばらつきは小さいことが知られており、本工事では、耐力(N_y)を越えないことを目標としているためキャリブレーション時の締付け軸力が個々のボルトで管理目標耐力(N)を越えないように管理した。さらに、耐力(N_y)に近い領域では軸力-ナット回転角度($N-\theta$)曲線が緩やかな勾配となるために軸力の微少な増加に対するナットの回転角は大きくなる。このことから締付け後の管理方法は、キャリブレーションにおいて管理目標耐力(N)を越えない軸力を導入した際のナット回転角(1次締め～本締め完了)の平均値を管理目標角度と設定し、現場本締め完了後に簡易分度器でナット回転角を計測することにより、耐力を越えていないことを目視確認した。角度の管理範囲は $+5^\circ$ から -5° とした。

ボルトの締付け要領を図-3に示す。1次締め付けは標準軸力の80%(33.3tf)で行う。1次締め付けのばらつきが大きいと、回転角管理の精度の信頼性が落ちるため、1次締め用キャリブレーションでの軸力の変動係数はトルク法の管理値より精度を上げ5%以下とした。実績は3%程度であった。また、本締め用キャリブレーションでの軸力も全て管理目標耐力(N)以下であり、耐力点制御器の調整を要することはない、ナット回転角度も安定していた。

本締め完了後のボルト品質管理としての角度検査は角度管理範囲を十分満足していた。ただし管理目標角度はこれまでの工場における一連のボルト性能試験から季節により変化する傾向がみられたので、現場施工が長期にわたる場合はキャリブレーション時に $N-\theta$ 曲線を求め管理目標角度は作業環境(天候、気温)が変化する毎に設定する必要があると考えられるので注意を要する。

4. おわりに 太径高力ボルトの締付け方法として今回採用した降伏点を越えない耐力点法は所定の品質を十分満足する結果であった。従来の耐力点法と施工法が同様である導入軸力が耐力を越えないことを目標とした耐力点法は今後ますます採用される工法であると思われるので、管理方法を確立し今後の施工に反映させていきたい。なお、本報告における試験の実施、現場施工にあたっては日鐵ボルテン(株)の協力を得た。

本締め完了後のボルト品質管理としての角度検査は角度管理範囲を十分満足していた。ただし管理目標角度はこれまでの工場における一連のボルト性能試験から季節により変化する傾向がみられたので、現場施工が長期にわたる場合はキャリブレーション時に $N-\theta$ 曲線を求め管理目標角度は作業環境(天候、気温)が変化する毎に設定する必要があると考えられるので注意を要する。

4. おわりに 太径高力ボルトの締付け方法として今回採用した降伏点を越えない耐力点法は所定の品質を十分満足する結果であった。従来の耐力点法と施工法が同様である導入軸力が耐力を越えないことを目標とした耐力点法は今後ますます採用される工法であると思われるので、管理方法を確立し今後の施工に反映させていきたい。なお、本報告における試験の実施、現場施工にあたっては日鐵ボルテン(株)の協力を得た。

表-2 導入軸力管理値

項 目	管 理 値
耐 力	$N_y = 101.9 \text{ kgf/mm}^2$
標 準 偏 差	$\sigma = 0.65 \text{ kgf/mm}^2$ $3\sigma = 1.95 \text{ "}$
管理目標耐力	$N = 101.9 - 1.95 = 99.95 \text{ kgf/mm}^2$
締 付 け 軸 力	$99.95 \times 561 = 56,072 \text{ kgf} \rightarrow 56 \text{ tf以下}$

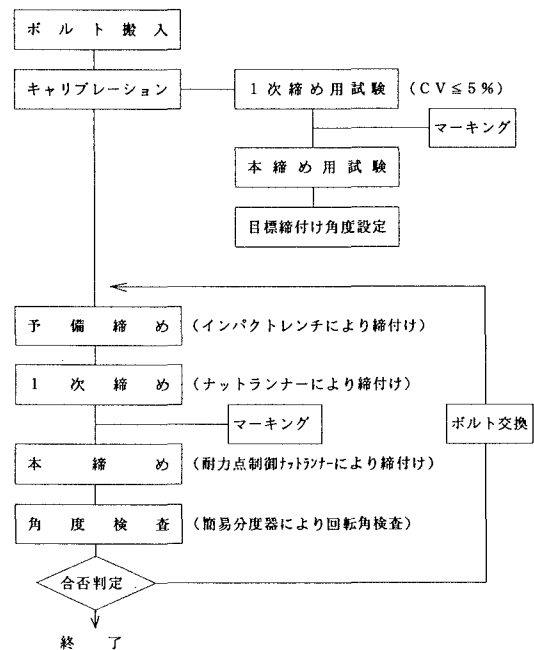


図-3 ボルト締付け要領

【参考文献】1) 稲葉、保坂、中野「新型H形鋼埋込桁(SRC桁)の実用化」、土木学会第49回年次学術講演会、宮崎、稲葉、保坂、田中「新型H形鋼埋込桁(SRC桁)の模型実験」同