

落橋防止システムの高力ボルト継手の設計法について

石川工業高等専門学校 正会員 ○三ツ木 幸子

総合技術コンサルタント 正会員 金銅 晃久

巴コーポレーション 正会員 酒井 武志

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司

京都大学大学院 正会員 橋本 国太郎

1. はじめに

道路橋示方書¹⁾は平成14年3月の改訂で、性能照査型規定に書き換えられた。この改訂で、従来の仕様照査型規定以外の照査方法の研究開発が行われやすくなっている。

一方、高力ボルト継手は、摩擦接合として用いられることが多く、この場合、すべりを基準に設計方法が定められている。このため、高力ボルトの高いせん断強度を活かしきれていない。²⁾

本研究では、落橋防止システムで用いられている高力ボルト継手を対象として、支圧抵抗を期待した設計法について、その可能性を追及するため、試設計を行って検討を行った。

2. 高力ボルトの支圧抵抗を期待した設計

2.1 落橋防止システムにおける高力ボルト継手

鋼橋の落橋防止システムでは、摩擦接合および引張接合として高力ボルト継手が採用されている。

本研究では、このうち摩擦接合で設計されている継手を対象として、すべり後の終局耐力、すなわち、すべりを許容して支圧抵抗も期待して高力ボルトの高いせん断耐力を効果的に使用した設計法を開発すべく検討を行っている。落橋防止システムを対象として、この設計法を検討する理由は、落橋防止システムではボルト孔のクリアランスに基づくすべりによる相対変位が設計上問題とならないと考えられるからである。

AASHTO³⁾の終局耐力の照査では、せん断支圧抵抗を考慮して行う場合がある。この場合、ブレースを対象としており、地震時、台風などの異常時荷重に対象を限定してすべり後の耐力を考慮して設計している。こうした

海外の規定からも、耐震設計における終局荷重に対する設計において、摩擦接合のすべり後のせん断支圧抵抗を期待することは妥当と考えられる。

2.2 すべりによる相対変位の影響

これまでのわが国の生産体制を考え、本研究では、高力ボルト継手の詳細構造は、摩擦接合で採用されているボルトとボルト孔の間のクリアランスを有する構造を対象とする。この場合、すべり後の相対変位の影響を把握しておく必要がある。

このクリアランスに起因するすべり量は、落橋防止構造では、考えられている移動量(相対変位量)より小さく問題とならない。例えば、地震時の相対変位に対して設計される桁かかり長を30mの橋に対して計算してみると850mmとなる。一方、ボルト孔のクリアランス2.5mmの場合のすべり量は、製作誤差、塑性変形などを考慮しても約6mmと考えられ、本構造ではこの程度のすべり量は問題とならないものと考えられる。

2.3 すべり後の各ボルトの均等な応力分担の保証

高力ボルト摩擦接合では、各高力ボルトが均等に応力伝達に寄与していることが前提となって設計されている。すべり後の初期の支圧状態では、製作誤差と発生応力に基づく変形量のため各ボルトが均等に力の伝達に寄与していないことが考えられる。しかしながら、静的な終局耐力において、高力ボルト孔の周辺において母材が降伏することで、応力の再分配が行われ、各ボルトが力の伝達に均等に寄与することが考えられる。この均等な応力分担を保証するため、文献4)では、最大板厚の概念を設けることを提案している。これは、ボルトがせん断で破断する前にボルト孔が支圧で降伏することを保証して、ボルトの均等な分担を確保している。

キーワード 高力ボルト継手、支圧接合、摩擦接合、試設計、落橋防止

連絡先 〒929-0342 石川県河北郡津幡町北中条 石川工業高等専門学校 TEL 076-288-8163

3. 落橋防止システムにおける試設計

参考文献 5)の図1に示す落橋防止構造の摩擦接継手を対象として、以下の条件で、せん断支圧抵抗を期待して試算する。

ここでは、F10T(M22)の抗力ボルトを採用し、許容せん断応力度は

190N/mm^2 、取り付け既設構造の鋼板は SM490Y で許容支圧応力度を 355N/mm^2 として試算する。既設構造の母材板厚は 25mm

で、連結板は 14mm である。

文献 5)では必要ボルト本数 5.8 本に対して、10 本のボルトを2列に配列している。これに対して、せん断支圧抵抗を考慮すると、必要ボルト本数は 4 本になり、図2に示す様に1列で配置可能な構造となる。

この事例について、前述の最大板厚を試算すると 50mm となる。対象構造の既設部材の板厚は 25mm を用いているため、最大板厚規定を満足している。最大板厚の条件を満足しているため、均等な分担が得られるまで高力ボルトはせん断で破断しないことが保証されている。ひずみ硬化で継手としての耐力がアップし、耐力が高力ボルトのせん断で決まる場合でも、道路橋示方書に示される許容値で設計すれば、破断強さに対して安全率3が確保されている。

一方、支圧接合に対して定められた縁端距離は対象構造では 48mm となる。この場合の最大縁短距離は、連結板厚 14mm の8倍の 112mm であり、対象構造の縁端距離 48mm は最大縁端距離 112mm 以下になり、この視点からも設計可能である。

したがって、本ケースでは、高力ボルトせん断強度を有効に活用でき、許容値を 1.5 倍にすることができるものと考えられる。

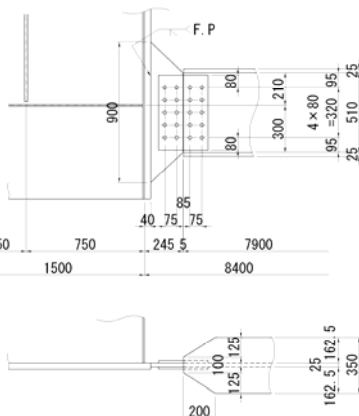


図1 落橋防止構造の摩擦接継手の例⁵⁾

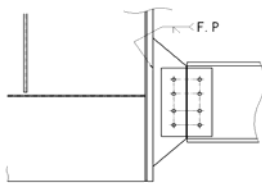


図2 せん断支圧抵抗を考慮した試算例

一方、低強度の比較的薄い板に対して採用する場合、支圧許容値と縁端距離の規定から、現行の示方書では高力ボルトの高いせん断強度を使用できないケースが考えられる。

4. 支圧許容値について

文献 6)では、現行の道路橋示方書、その解説、および DIN⁷⁾の許容支持応力を用いて、F10T(M22)を用いた場合に高力ボルトのせん断強度を有効に使用できる限界板厚を表1のように示している。DIN のように $2\sigma_y$ を許容値とすることができると、SM490Y では 10mm 以上、SS400 でも 14mm 以上であれば、高力ボルトのせん断強度を最大限に使用できるとしている。

表1 支圧許容値⁶⁾

		道路橋示方書	道路橋示方書解説	DIN
許容値	σ_{ba}	σ_y	$2\sigma_{ta}$	$2\sigma_y$
SS400	σ_{ba}	235MPa	280MPa	470MPa
	T	28mm	24mm	14mm
SM490Y	Σ_{ba}	355MPa	420MPa	710MPa
	T	19mm	16mm	10mm

5. まとめ

支圧抵抗を考慮した高力ボルト継手の設計について落橋防止構造に対して試設計を行って検討を行った。広い範囲に対して適用するためには、支圧許容応力度と縁端距離の検討が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 鋼橋編，2002
- 2) 寺尾幸子：支圧状態にある高力ボルト継手の力学的特性に関する研究，1990
- 3) AASHTO：Standard Specification for Highway Bridges, Twelfth Edition, 1983
- 4) 三ツ木幸子・深谷道夫・酒井武志・山口隆司・石井信行：支圧抵抗を期待した高力ボルト継手に関する2, 3の考察，鋼構造年次論文集，第14巻，pp. 647-654，2006
- 5) 日本橋梁建設協会：落橋防止システム設計の手引き，2002
- 6) 三ツ木幸子・山口隆司・藩超・金銅晃久・橋本国太郎：疲労亀裂の高力ボルト継手当て板による補修補強に関する2, 3の考察，鋼構造年次論文集，第18巻，pp. 507-514，2010
- 7) DIN 18809：Stahlerne Strassen- und Wegbruecken – Bemessung, Konstruktion, Herstellung, 1987