

応急橋主桁の高力ボルト引張接合併用継手疲労試験

The Fatigue Test for the Joint Structure Using the Tensile Type Connection and Friction Grip Connection of High-Strength Bolt, for Use in the Main Girder of Temporary Bridges

鳥越 弘 行* 清水 功 雄** 佐藤 徹***
Hiroyuki TORIGOE Isao SHIMIZU Tohru SATOH

Summary

To use a joint structure, using the tensile type connection and friction grip connection of high-strength bolts as a field joint for the main girder of temporary bridges to be used in disasters, we clarified the reliability of such joint structures through fatigue tests conducted on the models.

This report outlines the results of those fatigue tests.

1. まえがき

応急橋梁の現場継手構造を簡素化して、現場施工を容易にし、架設工事期間を短縮する目的で、昨年度に支圧・HTB継手および支圧・ピン継手の2種類の併用継手構造について静的載荷試験を実施して、その結果を「応急橋主桁の支圧およびピン接合継手試験」宮地技報No.3 (1987)で報告した。前回の基礎的な静的試験の結果、支圧・HTB継手および支圧・ピン継手構造は、静荷重に対して耐力は十分期待出来るが、継手構造上腹板に開口部を生じる為に継手部の断面性能が減じ、桁として剛性の低下が見られた。橋梁の継手構造としては、くり返し載荷による疲労にも耐え得る構造であることと共に、母材断面と同程度の剛性を有する構造が要求されるので、継手構造に一部変更を加えて継手部の剛性を高めて、静的試験および疲労試験を実施した。

今回の継手試験の継手構造も、前回に引き続き圧縮力は支圧(メタルタッチ)で伝達するのが最もシンプルで経済的であるという考えを発展させて、圧縮フランジ部および腹板部の端部にエンドプレートを用いた高力ボルト引張接合を採用するとともに、引張フランジ部には高力ボルトマサツ接合およびピン接合の2種類の併用継手構造とした。

この試験の結果、高力ボルト引張接合・マサツ接合併用継手は強度・剛性・耐久性共に継手性能として良好な

結果が得られて、応急橋梁の主桁現場継手構造として十分適用可能な構造で有ることが確認されたので報告する。

2. 試験体

今回の継手試験も前回試験と比較検討する為に、試験体の主桁諸元は同じくして、継手構造のみ変更を加えた2種類の試験体とした。図-1に試験体図面を示す。

(1) 継手構造

継手構造は、圧縮フランジ部および腹板部の継手としてはエンドプレートを用いた高力ボルトの引張接合とし、引張フランジ部は高力ボルトのマサツ接合およびピン接合を用いた次の2種類の継手構造とした。

- a. 引張接合・ピン接合併用継手
- b. 引張接合・マサツ接合併用継手

引張接合のエンドプレートの厚さは16mmとし、高力ボルトはM16(F8T)とした。エンドプレートの接触面は特別な仕上げは行わず、一般の桁製作と同程度の歪取りで製作し、HTB M16の締付けはナット回転法により軸力9tonを目途に施工した。またエンドプレート端部の隅肉溶接は疲労を考慮して廻し溶接を行いグラインダー仕上げを行った。

引張フランジの継手は、両併用継手構造共にフランジの全強で添接した。(図-1)

* 技術本部技術開発部参事

*** 千葉工場製造部生産技術課

** 技術本部技術開発部付課長

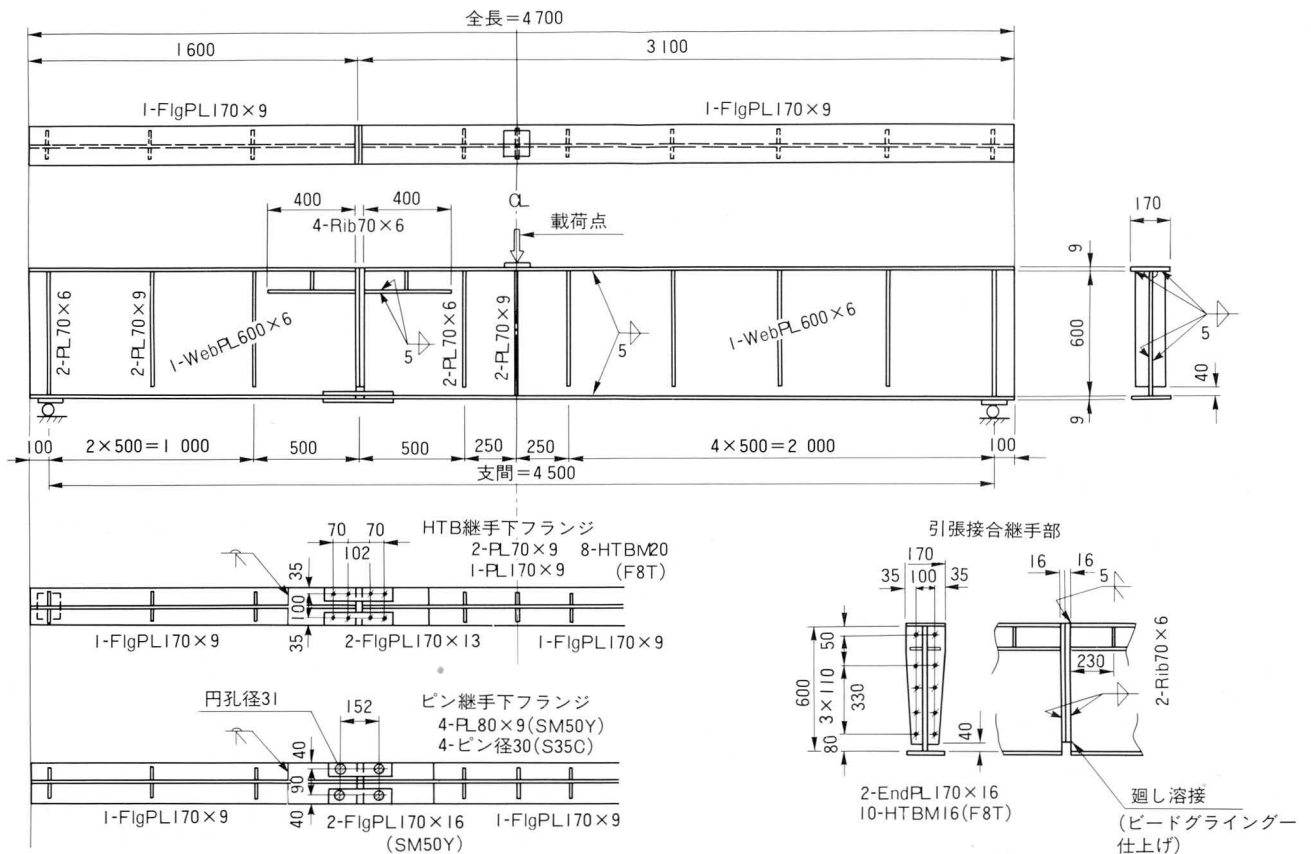


図-1 試験体

併用継手の構造を写真-1 (a), (b) に示す。

(2) 試験体の材料強度

試験体に使用した鋼材強度は表-1に示す。また製作に使用した溶接棒は、KS-300・4φ(川崎製鉄・40k鋼用)およびM-50G・4φ(日鉄溶接工業・50k鋼用)であり、使用電流は160~180Aである。

表-1 試験体の鋼材強度

材質	板厚 (mm)	引張試験			適要
		降伏点 (kg/mm ²)	引張強さ (kg/mm ²)	伸び (%)	
SS41	9	32	45	30	フランジ
〃	6	37	47	28	ウェブ

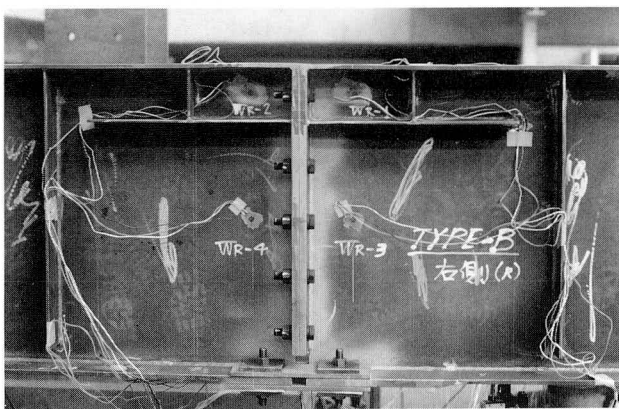


写真-1 (a)引張接合・ピン接合併用継手

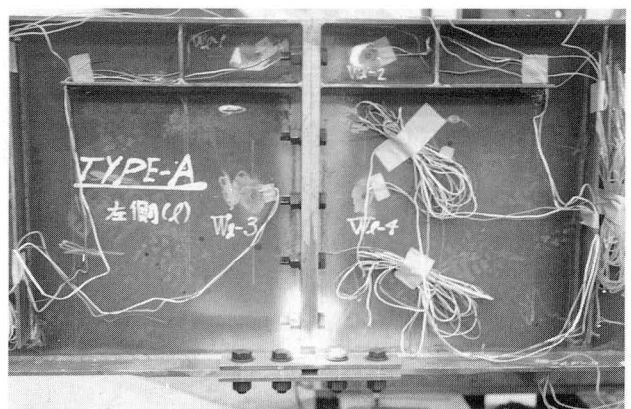


写真-1 (b)引張接合・マサツ接合併用継手

3. 試験方法

試験は、2試験体について、静的荷重試験を行い、その後同じ試験体により疲労試験を実施することにした。

(1) 静的荷重試験

荷重は中央1点荷重とし、継手部近傍のひずみおよび桁のたわみをひずみゲージ・変位計により計測する。載荷荷重は2.5ton刻みとして、最大載荷荷重は15tonとした。この載荷荷重15tonは、設計許容荷重の約20%増に相当する。

静的荷重試験の各種測定位置は図-2に示す。

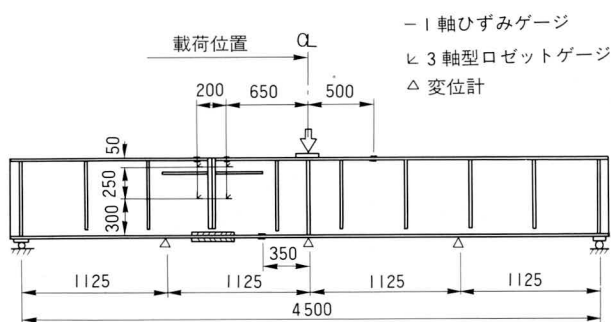


図-2 ひずみゲージおよび変位計取付け位置図

(2) 疲労試験

静的荷重試験の終了した試験体を使用して疲労試験を実施することにし、上限載荷荷重は10ton、下限載荷荷重は2tonとして載荷回数200万回を目標とした。この上限荷重10tonは設計許容荷重の約75%に相当する。

使用疲労試験機は、下記のものを使用し、載荷サイクルは250cpmとした。

- 試験機本体 (AUP-100型)
- 油圧ジャッキ (JKD-30AS型)
- 脈動発生装置 (AHP-300型パルセーター)

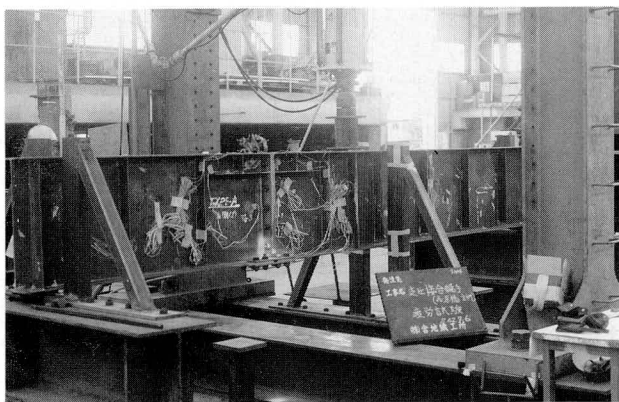


写真-2 疲労試験

4. 試験結果

(1) 静的荷重試験結果

静的荷重試験の測定結果の主なものは、次のとおりである。

(a) たわみ

支間中央における荷重-たわみ図を図-3に示す。なお、図中の理論値は、中央断面を断面とした等断面梁と考えて、継手を無視した理論値である。

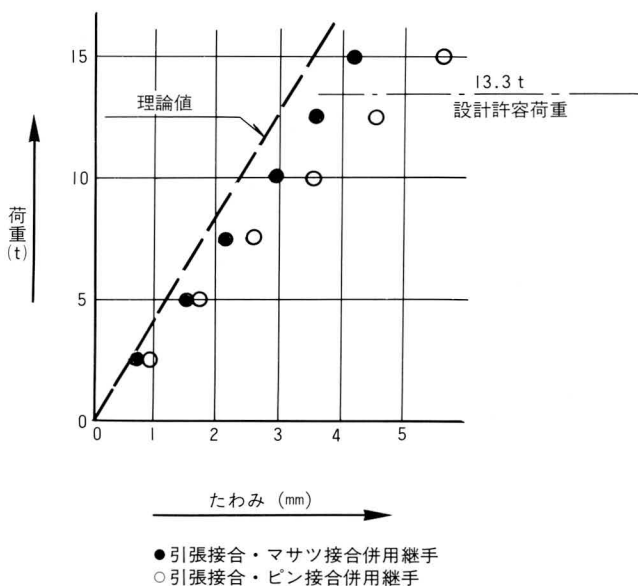


図-3 支間中央の荷重-たわみ図

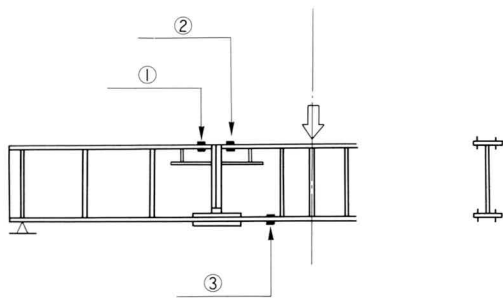
(b) フランジのひずみ

フランジの測定ひずみを、図-4に示す継手近傍箇所について図-5、図-6、図-7に示す。なお、このひずみの値は測定4点(フランジの上下・左右)の平均値であり、4点の値のばらつきは微小であった。

(c) ウェブの主応力

ウェブについては、測定ひずみから主応力に換算したものを示すこととし、載荷荷重15tonの場合の主応力を図-8(a)および図-8(b)に示す。

引張接合・ピン接合併用継手の主応力は、腹板中央部において、大きさ・方向共に一般の場合と大きく異なることが分かる。



- 引張接合・マサツ接合併用継手
- 引張接合・ピン接合併用継手

図-4 フランジひずみ測定箇所

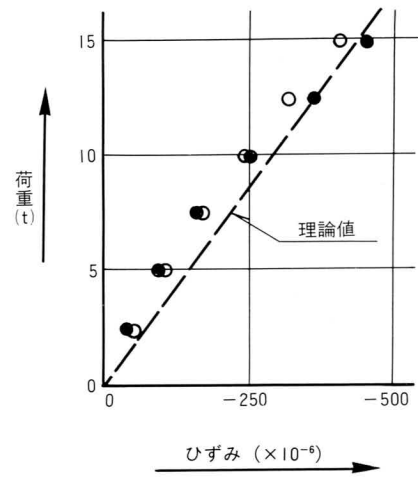


図-6 上フランジ②点のひずみ

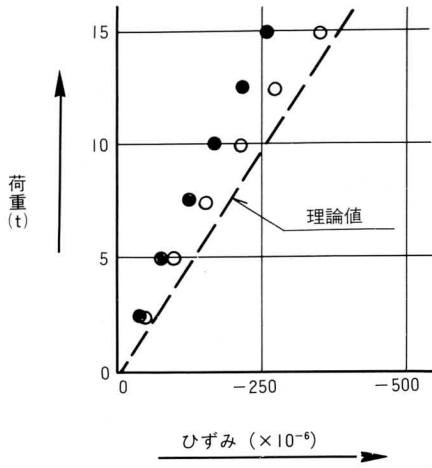


図-5 上フランジ①点のひずみ

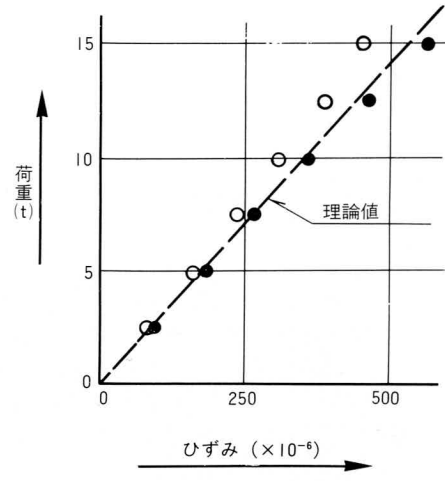


図-7 下フランジ③点のひずみ

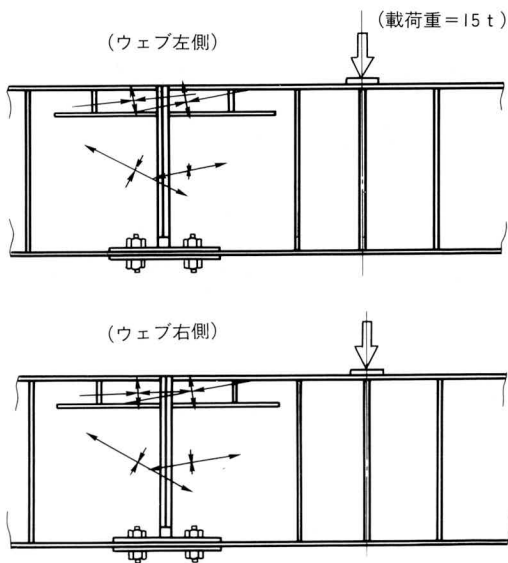


図-8(a) 引張接合・ピン接合併用継手主応力図

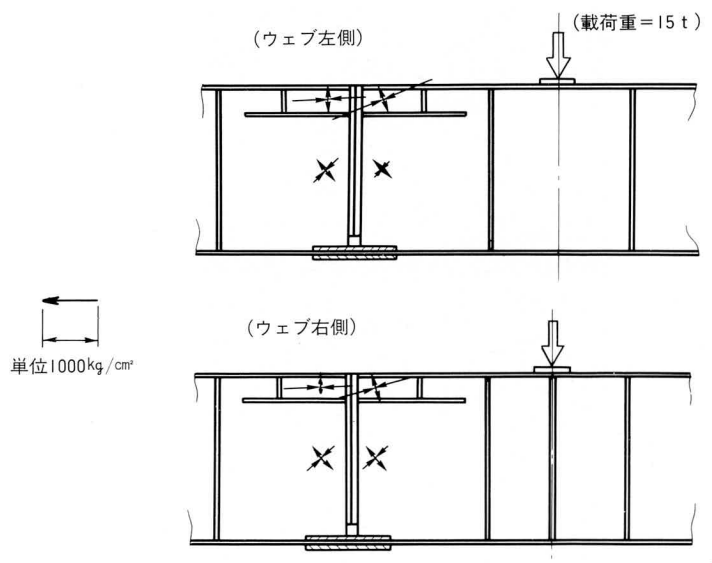


図-8(b) 引張接合・マサツ接合併用継手主応力図

(2) 疲労試験結果

(a) 引張接合・ピン接合併用継手

この試験体は、載荷回数32万回で引張接合の最下端の高力ボルトが1本破断した。ボルト破断位置はネジ部であり**写真-3**を参照。

破断ボルトを取替えて、疲労試験を継続したが、載荷回数約40万回で継手部エンドプレート下端部のウェブとの隅肉溶接部にキレツが発生した。

そのまま試験を継続したが、キレツの増大と共にボルトが下端側から順次破断し、載荷回数62万回でキレツ長が約35mmに達すると共にボルト4本が破断して、載荷のコントロールが不能になり、試験を中止した。この時の腹板のキレツの状態は**写真-4**に示す。なお、載荷回数は、試験初めからの通算回数である。



写真-3 破断高力ボルト

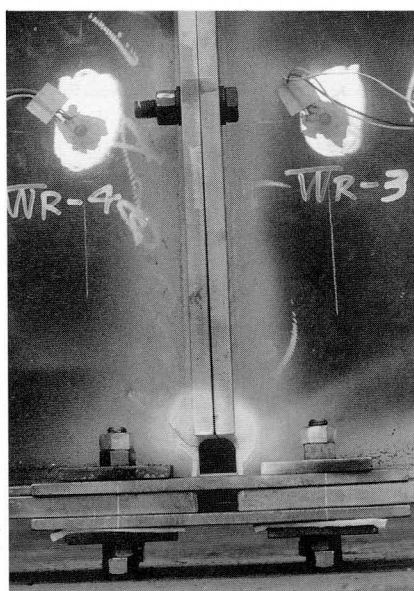


写真-4 ウェブのキレツ

(b) 引張接合・マサツ接合併用継手

載荷回数200万回まで疲労試験を実施したが、継手部およびその他試験体には全く変状は見られなかった。また、試験終了後に継手部を解体し、継手構造のエンドプレート、添板板およびその接触面、ボルト孔等を調べたが各部共に健全であり変状は認められず、継手部材としては再使用可能な状態であった。(写真-5)

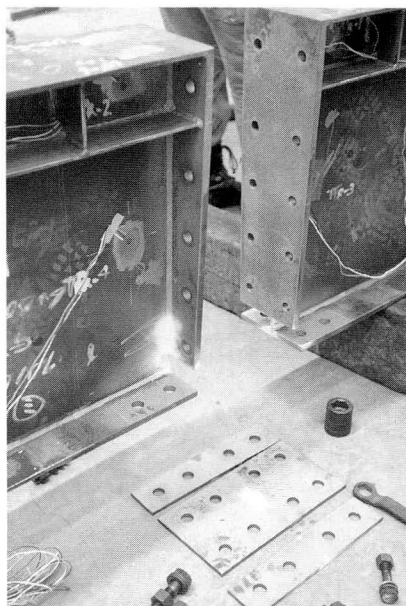


写真-5 疲労試験後の継手部材

5. 考察

これらの試験結果から、高力ボルトを使用した引張接合・マサツ接合併用継手構造の有効性が判明した。

(1) 引張接合・ピン接合併用継手

静的載荷試験のたわみ量が理論値より大きいこと、および腹板中央部の主応力が過大値を示し方向が異なることから、引張接合とピン接合が同時に有機的な作用をしていないことが判明した。この事が疲労試験で顕著にあらわれて、高力ボルトの破断およびエンドプレート下端部腹板にキレツを生じた。これらの事項は、ピン接合部のピン径とピン孔径の差(構造上必要なもの)に起因するものと想定される。したがって、同一継手において引張接合とピン接合を併用する構造は、静荷重による載荷耐力を有するが、橋梁の梁の継手構造としては不適な構造である。

(2) 引張接合・マサツ接合併用継手

載荷試験結果から、この併用継手は、高力ボルト引張接合とマサツ接合が有機的に作用している事が判明し、継手構造として剛性・耐荷力共に十分な構造であり、また、疲労試験結果より耐久性についても確認された。なお、この試験体に用いた併用継手の引張接合構造は、次の仮定により定めたものである。

- ① 継手部は、圧縮・引張フランジ共に全断面有効とし、腹板として引張接合ボルト全断面を腹板高さで除した値を仮想腹板厚とする断面性能と仮定する。
- ② ボルトの作用引張外力には、エンドプレートの剛性を考慮した挺子反力が附加される（アメリカ式）とする。
- ③ ボルトの許容引張強さは、設計ボルト軸力の60%とする。

この引張接合・マサツ接合併用構造は、引張疲労に対して敏感な高力ボルト（引張接合の引張フランジ側ボルト）を、引張フランジに高力ボルトマサツ接合を適用することにより補強され、かつ圧縮フランジは支圧で応力を伝達される構造であって効率の良い継手構造である。今後、引張接合部のエンドプレートの剛性・応力および高力ボルト軸力変動等の挙動が確かめられれば、応急橋梁の主桁継手構造だけでなく、一般の鋼構造物の継手構造として適用範囲の広い構造と考えられる。

6. あとがき

本試験の結果により、災害時応急橋梁の主桁現場継手箇所を高力ボルトの引張接合・マサツ接合併用構造を適用すべく現在検討中である。

ボルト締めつけによる効用を活用した引張接合は、昭和30年代後半から各方面で広く研究がなされ、建築関係では「鋼構造設計基準」（1970.6）で高力ボルトの許容引張力が定められているが、大きな荷重が繰返して作用する場合は疲労強度が大幅に低下するので注意することが指摘されている。また、土木鋼造物のうちでも特に鋼橋の継手の場合は、強度と共に剛性および疲労耐力が要求されることから、引張接合の単独使用の継手構造は使用されていない。しかし、引張接合とマサツ接合を併用した継手構造は、種々の欠点を相助け、鋼橋の継手として十分に使用可能な構造であり、現場継手の容易な構造であることから、今後この併用継手の研究・開発を進めることは意義あることと考えられる。

<参考文献>

- 1) 鳥越・清水；応急橋主桁の支圧およびピン接合継手試験、宮地技報No.3、1987年1月
- 2) 日本建築学会；高力ボルト接合設計施工指針
- 3) 日本鋼構造協会；高力ボルト接合、JSSC、昭和47年
- 4) 小西一郎編；高力ボルト引張接合、鋼橋基礎編I