

高変形能高力ボルトを用いた引張接合部の引張荷重下での力学的挙動

大阪市立大学工学研究科 学生員 ○宋 樹剛
大阪市立大学工学研究科 正会員 北田 俊行

大阪市立大学工学研究科 正会員 山口 隆司
神鋼鋼線工業株式会社 正会員 橋本 国太郎

1. はじめに

土木分野では、部材間の接合部は設計上剛結と仮定することが一般である。ここで、接合部に高変形能高力ボルトの軸平行部を細くした普通高力ボルトを用いた引張接合を採用し、半剛結接合部として実際の接合部の剛性を評価することができれば、新たな耐震継手・耐震接合構造の提案につながる事が期待できる。また、引張接合を用いる上で弱点とされてきたボルトの伸び剛性の不足を、高変形能高力ボルトを用いることにより、改善できると考えられる。そこで、本研究では、高変形能高力ボルトを短締め引張接合形式の継手構造（スプリットティー継手）に適用し、その力学的挙動および適用効果を引張実験により検討した。

2. 実験供試体

本実験では、図-1 に示す高変形能高力ボルトを用いた短締め引張接合構造を対象引張荷重を漸増载荷させる。実験供試体の载荷状況を写真-1 に示す。F10T-M22 の高力ボルト（ねじ部長さ：45mm、首下長さ：90mm）あるいはF10T-M22 普通高力ボルトの軸平行部に切削加工した高変形能高力ボルト 2 本によりスプリットティー継手を構成する。高変形能高力ボルトの軸平行部径は、軸平行部径 R をパラメータとした既往の解析結果および実験結果¹⁾を参考に、19mmおよび20mmとした。接合部のフランジ板厚は25mm、ウェブ板厚は28mmとし、ウェブよりも先にフランジが降伏する断面構成とした。なお、継手のボルトの配置は、橋梁用高力ボルト引張接合設計指針²⁾に示されているボルト中心間隔および縁端距離の規定を満たすように決定している。実験は $R=22$ の普通高力ボルトを用いる場合（ $T=22$ ）、 $R=20$ あるいは $R=19$ の高変形能高力ボルトを用いる場合（ $T=20$ 、 $T=19$ ）の3パターンとした。T形部材および高力ボルトに用いた材料の機械的性質を表-1 に示す。

3. 実験結果と考察

継手に対して引張力を作用させた時のボルト軸力と伸び量との関係を図-3 に示す。载荷荷重とティーウェブ直下での離間量との関係を図-4 に示す。これらの図より、高変形能高力ボルトを用いると、ボルトの伸び量および接合部の離間量は普通高力ボルトを用いる場合よりも大きいことがわかる。また、高変形能高力ボルト($R=20$)を用いる場合にも、接合部の強度は、普通高力ボルトを用いる場合と同等の強度を有していることがわかる。一方、高変形能高力ボルト($R=19$)の場合には、最大ボルト軸力および接合部の最大強度は、普通高力

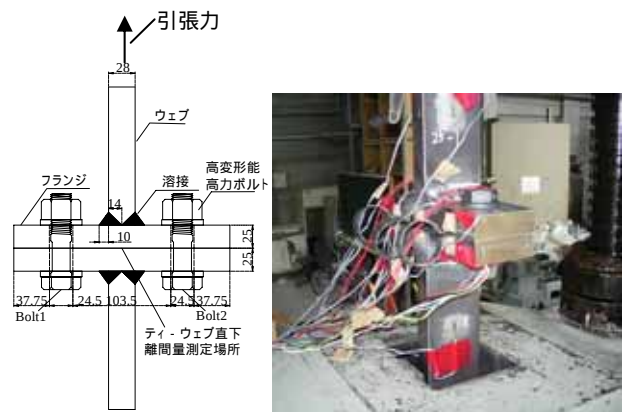
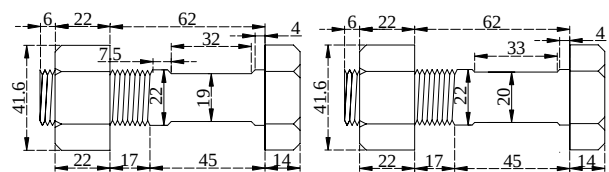


図-1 供試体の形状(単位：mm) 写真-1 実験供試体



(a) Bolt-19 (b) Bolt-20
図-2 高変形能高力ボルトの形状(単位：mm)

表-1 鋼材および高力ボルトの機械的性質

材料	引張強度 (N/mm^2)	ヤング係 数(N/mm^2)	降伏点 (N/mm^2)	ポアソン比
SM490	521	2.04×10^5	366	0.289
Bolt-19	1115	2.08×10^5	1033	-
Bolt-20	1169	2.09×10^5	1035	-
Bolt-22	1167	2.08×10^5	1033	-

キーワード 高変形能高力ボルト, エネルギー吸収能, 引張継手, 引張実験

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院 工学研究科 TEL06-6605-2735

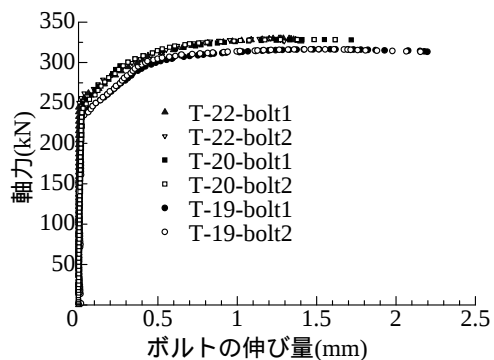


図-3 ボルトの軸力と伸び量との関係

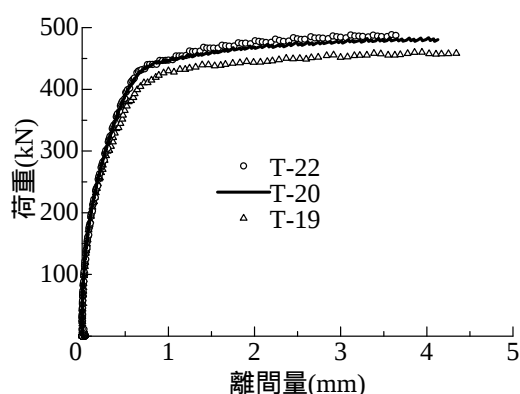
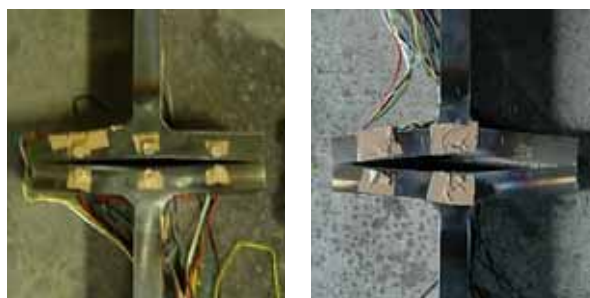


図-4 載荷荷重と離間量の関係



(a) T=22

(b) T=19

写真-2 ボルト破断時の状況

表-2 ボルトにおけるエネルギー吸収能の比較

実験 ケース名	ボルト最大 荷重(kN)	ボルト1伸 び量(mm)	ボルト2の 伸び量(mm)	ボルト1の吸 収能(kN・mm)	ボルト2の吸 収能(kN・mm)	エネルギー 吸収能の比
T-19	316.39	2.1975	2.2615	666.156	686.224	1.629
T-20	328.39	1.7182	1.6169	539.531	530.268	1.289
T-22	329.9	1.3997	1.2954	435.215	394.787	1.000

表-3 接合部における吸収エネルギーの比較

実験 ケース名	最大荷重(kN)	最大荷重時 離間量(mm)	吸収エネル ギー(kN・mm)	吸収エネル ギーの比
T-19	460.22	4.5633	1949.98	1.09
T-20	484.09	4.2975	1914.99	1.07
T-22	490.29	3.8133	1784.86	1.00

ボルト(R=22)を用いる場合に比べ若干減少していることがわかる。なお、T-22 および T-20 はボルトのネジ部で、T-19 は軸平行部でそれぞれ破断し、実験を終了した。ボルト破断時供試体の写真を写真-2 に示す。

以上のように、高変形能高力ボルトを用いると、ボルト自体の伸び量を大きくできるため、ボルト破断までの接合部の離間量も大きくなり、継手部の変形能の向上につながる。

次に、エネルギー吸収能を、図-3 および図-4 の荷重-変位曲線において、最大荷重に達するまでの領域の面積として算出した。ボルトのエネルギー吸収能を表-2 に示す。高変形能高力ボルト(R=19, R=20)を用いると、普通高力ボルトを用いる場合に比べて、同等の強度を有するにもかかわらず、約 1.63 倍および約 1.29 倍のエネルギー吸収能を有している。接合部のエネルギー吸収能を表-3 に示す。最大荷重に達するまでの接合部の吸収エネルギーは普通高力ボルトの場合の約 1.09 倍と約 1.07 倍となった。

4. 結論

本研究で得られた主な結果を以下に示す。

1. 短締め引張接合形式の継手構造に高変形能高力ボルトを用いると、普通高力ボルトを用いた場合に比べて、ボルトでのエネルギー吸収能は約 1.3~1.6 倍となる。また、接合部のエネルギー吸収能も約 7~9%改善できることがわかる。したがって、高変形能高力ボルトを用いた接合形式は、それを用いない場合に比べて有利な接合構造を提供できると考えられる
2. 今後、繰り返し荷重下での力学的挙動や最適な継手構造の詳細を決定するため、検討が必要である。

謝辞：本研究は、文部科学省科学技術研究費 若手研究（研究課題番号 16760377）の一環として行われたものであり、ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 山口隆司, 北田俊行, 中野貴史: 軸方向引張力作用下の太径高変形能高力ボルト(M30)の変形性能, 鋼構造論文集, 第 8 巻, 第 32 号, 日本鋼構造協会, pp.1-8, 2001 年 12 月。
- 2) 橋梁用高力ボルト引張接合部設計指針 JSS 05-2004.