

可撓性フィラーを有するスプリットティー継手の力学挙動に関する実験的研究

宇都宮大学 ○学生員 LAI ZANITH, 正会員 鈴木康夫, フェロー 中島章典

1. はじめに

日本では、今後、老朽化した橋梁部材を短期間で容易に補修・架け替える技術が求められており、引張継手の積極的な利用は、これらの技術確立に貢献し得る有効な手段の一つと考えられる。

高力ボルト引張継手は長締め形式および短締め形式の二つに大別される。短締め引張継手の一つであるスプリットティー継手は、図-1-aに示すように、長締め形式と比較して、構造が簡単であり、製作・施工性に優れているため、構造部材の接合法として積極的に活用されることが期待されている。しかし、スプリットティー継手では、てこ反力^{1),2)}の発生による継手強度の低下や、継手面の離間に伴う発錆など、実構造物（特に、鋼橋の主部材）に適用する際には、耐久性や継手強度の面で問題が残されていた。

これらの問題を解決する方法として、既往の研究では、図-1-bに示すようなゴム材とボルト軸力伝達のための鋼製リングから成る可撓性フィラーを有する継手が提案され、継手面間に鋼よりも柔らかいゴム材を挿入することにより、てこ反力を低減できることが確認されている³⁾。また、種々の板厚を有する可撓性フィラーを利用することにより、製作誤差による部材長の調整や、継手面間の防錆対策としても有効であると考えられる。しかし、既往の研究では、可撓性フィラーを構成するゴム材およびボルト軸力伝達のための鋼製部材の寸法、可撓性フィラーの板厚が継手の強度および変形性能に与える影響を定量的に明らかにするには至っていない。そこで、本研究では、これらをパラメータとした試験体を製作し、これらのパラメータが、継手強度や変形挙動に与える影響を実験的に検討した。

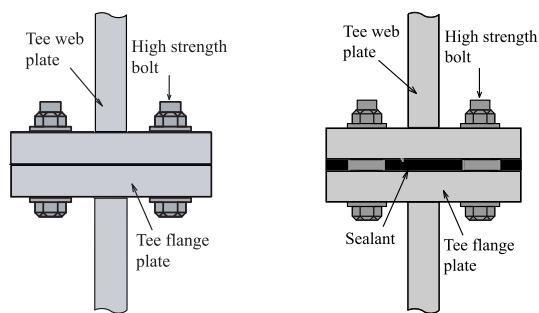


図-1-a スプリットティー 継手 図-1-b 可撓性フィラーを有する 継手

図-1 高力ボルト引張接合継手

2. 実験概要

本研究では、図-1に示すようなスプリットティー継手を対象とし、ティーフランジ板厚、可撓性フィラーを構成するゴム材および鋼製リングの寸法、可撓性フィラーの板厚、および可撓性フィラーの有無をパラメータとして、10体の試験体を製作した。本研究で用いた試験体一覧を表-1にまとめる。

表-1 試験体一覧

供試体	T フランジ 板厚 (mm)	可撓性フィラー 板厚 (mm)	鋼製リング 径 (mm)
T20	20	なし	なし
T32	32	なし	なし
T20-6R40	20	6	40
T32-6R40	32	6	40
T20-12R40	20	12	40
T20-12R60	20	12	60
T32-12R40	32	12	40
T32-12R60	32	12	60
T20-32R40	20	32	40
T32-32R40	32	32	40

ティーフランジ板厚は、JSSC 指針 (案)⁴⁾を参照して決定し、20mm と 32mm の 2 種類とした。ティーフランジ板厚 20mm は、JSSC 指針 (案) で規定されている最小板厚である。また、板厚 32mm は、てこ反力係数が 0.00012 と算出される板厚であり、スプリットティー継手の強度がてこ反力の影響を受ける板厚である。可撓性フィラーに用いたゴムは既往の研究³⁾と同様に、Hs 硬度 60 のクロロプレンゴムとし、ボルト軸力伝達のための鋼製リングは、SS400 材とした。鋼製リングの径は M20 ボルト用ワッシャーと同一径の 40mm およびその 1.5 倍の 60mm の 2 種類とした。使用ボルトは M20(F10T) とした。

測定項目は、載荷引張荷重、ボルト軸力、継手面間の離間量、ティーウェブ相対変位、ティーフランジの板表面のひずみ、およびボルト軸平行部の曲げひずみとした。ボルト軸力の測定は、ボルト軸心に埋め込んだボルトゲージ、ボルト軸平行部表面に貼り付けた 1 軸ひずみゲージ、またはボルトヘッド表面に貼り付けた 2 軸ひずみゲージにより計測されるひずみ値より換算する方法とした。荷重の載荷方法については、初期導入軸力までボルトを締め付けた後、試験体をアムスラー型万能試験機にセットし、試験体が終局状態に至るまで引張荷重を漸増載荷した。なお、初期導入軸力は、M20(F10T) ボルトの標準導入軸力である 165kN とした。

3. 実験結果および考察

ボルト一本あたりの載荷荷重 (P) とティーウェブ相対変位 (δ) との関係をティーフランジ板厚ごとに図-2に示す。また、限界状態におけるボルト一本あたりの載荷荷重、ボルト軸力、てこ反力係数、およびティーウェブ相対変位 (表中には変位と記す) を表-2にまとめる。なお、本研究では、降伏限界状態および終局限界状態を、それぞれ降伏ボルト軸力 (254kN) に達した時および最大荷重時と定義している。

表-2より、ティーフランジ板厚の違いに注目すると、ティーフランジ板厚 32mm の試験体が、ティーフランジ板厚 20mm より、終局強度が高くなっており、ティーフランジ板を厚くすることで、てこ反力が抑制され、継手強度が高

Key Words: 高力ボルト引張継手、てこ反力、可撓性フィラー、ティーウェブ相対変位、実験的研究

〒 321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科 Tel.028-689-6210 Fax.028-689-6210

表-2 実験結果一覧

供試体	降伏限界状態				終局限界状態			
	降伏強度 P_y (kN)	ボルト軸力 B_y (kN)	てこ反力係数 p_y	変位 δ_y (mm)	終局強度 P_u (kN)	ボルト軸力 B_u (kN)	てこ反力係数 p_u	変位 δ_u (mm)
T20	160.9	255.8	0.59	3.91	184.4	256.0	0.39	9.73
T20-6R40	132.1	253.1	0.92	1.94	176.3	258.0	0.46	10.40
T20-12R40	135.5	254.1	0.87	2.79	174.9	259.0	0.48	15.00
T20-12R60	149.7	254.1	0.70	2.21	171.2	259.0	0.51	10.11
T20-32R40	140.2	254.1	0.81	2.97	177.0	260.0	0.47	16.06
T32	203.4	254.8	0.25	1.07	220.8	258.0	0.17	5.06
T32-6R40	204.9	254.1	0.24	2.77	242.2	262.0	0.08	8.18
T32-12R40	198.1	255.0	0.29	2.34	248.8	261.0	0.05	9.17
T32-12R60	191.0	255.0	0.34	1.00	233.2	261.0	0.12	8.38
T32-32R40	223.3	254.1	0.14	2.90	245.3	258.0	0.05	6.28

なることが確認できる。

図-2-aおよび表-2より、可撓性フィラーの有無が継手強度に与える影響に注目すると、ティーフランジ板厚 20mm の場合は、可撓性フィラーを挿入した継手強度が、可撓性フィラーを挿入しなかったそれより、小さくなっていることが分かる。これは、ティーフランジ板が薄い場合は可撓性フィラーを挿入することにより、ティーフランジ板の曲げ変形が大きくなり、ボルト軸部の曲げ変形が大きくなったためと考えられる。一方、変形性能に着目すると、可撓性フィラーを有する場合、有しない場合と比べて、終局限界状態におけるティーウェブの相対変位は大きくなっていることが分かる。したがって、可撓性フィラーを挿入することで、より延性的な破壊モードになると言える。

図-2-bおよび表-2より、ティーフランジ板厚 32mm の場合は可撓性フィラーを挿入することで、挿入しなかった場合と比べ、終局限界状態における強度は、約 6 %～13 %程度大きくなっていることが分かる。また、可撓性フィラーの板厚の違いが強度に与える影響はほとんど見られない。

一方、リング径の違いに注目すると、表-2より、直径 40mm の鋼製リングを有する継手では、終局限界状態における強度は直径 60mm の鋼製リングを有する継手のそれより高いことが分かる。これは、リング径 40mm の場合では、てこ反力がリングの外径の外に作用するため、てこ反力の作用がゴム材により低減され、リング径 60mm の場合では、てこ反力がリングの内側に作用するため、てこ反力が低減されずに、強度低下につながったと考えられる。

4. おわりに

本研究では、可撓性フィラーを有するスプリットティー継手を対象に、可撓性フィラーを構成するゴム材およびボルト軸力伝達のための鋼製リングの寸法、可撓性フィラーの板厚が、継手強度や離間剛性に与える影響について実験的に検討した。本研究で得られた主な成果を以下にまとめる。

- 1) ティーフランジ板厚 20mm の場合は、可撓性フィラーを挿入すると、継手強度の上昇は認められないものの、延性的な破壊モードとなる。一方、ティーフランジ板厚 32mm の場合は、継手強度が上昇することが確認された。
- 2) 可撓性フィラーの板厚の違いが強度に与える影響はほとんど見られない。
- 3) 可撓性フィラー内の鋼製リングを大きくすると、継手強度が低下する傾向が確認された。

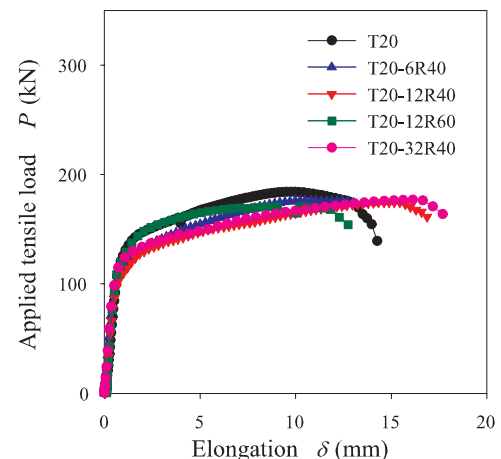


図-2-a ティーフランジ板厚 20mm

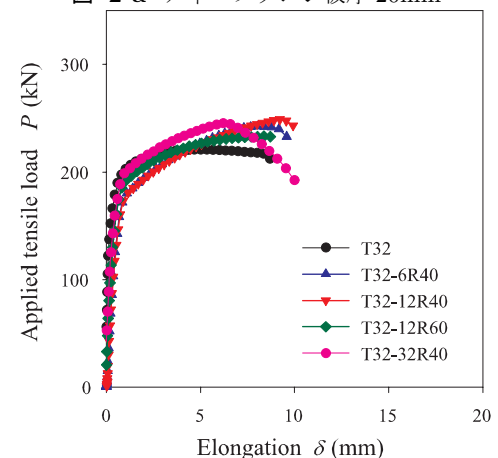


図-2-b ティーフランジ板厚 32mm

図-2 荷重 - ティーウェブ相対変位関係

参考文献

- 1) 加藤 勉, 田中淳夫: 高力ボルト引張接合に関する実験的研究 (その一 ボルト初引張力の影響), 日本建築学会論文報告集, 第 146 号, pp.21-27, 1968.4.
- 2) 加藤 勉, 田中淳夫: 高力ボルト引張接合に関する実験的研究 (その二 単純引張力をうける接合部の性状), 日本建築学会論文報告集, 第 147 号, pp.33-41, 1968.5.
- 3) Yasuo SUZUKI, Takahiro SHIMIZU, Akinori NAKAJIMA, Takashi YAMAGUCHI: Experimental Study on Mechanical Behaviour of High Strength Bolted Tensile Joints with Sealant, Proceedings of the 7th German-Japanese Bridge Symposium, Osaka, Japan, (CD-ROM), 2007.
- 4) 日本鋼構造協会: 橋梁用高力ボルト引張接合設計指針 (案), 1994.