

超高強度ボルトの鋼桁橋への活用

大阪大学大学院 学生員 ○石川 誠

大阪大学大学院 正会員 亀井義典

大阪大学大学院 フェロー 西村宣男

酒井鉄工所(株) 正会員 竹内修治

酒井鉄工所(株)

桐生真司

1. まえがき

これまで、遅れ破壊発生への危惧から F11T 高力ボルトの使用が制限され、「安心して使用できる高力ボルトの上限は F10T である」との認識が広く一般に定着していた。しかし、近年、遅れ破壊を克服した F15T クラスの高力ボルトが開発され、すでに建築分野では超高強度ボルト（以下、SHTB）の実用段階に入っている¹⁾。SHTB を用いることにより、実用的なレベルで極厚材・高強度材の高力ボルト接合が可能となり、高力ボルト接合部のボルト本数を低減して施工の省力化・スピードアップが図れる。本報告では、SHTB を鋼桁橋へ活用することを念頭に解析的な検討を行った。また、経済効果を評価するため、実橋梁に超高強度ボルトを用いた場合と用いなかった場合について、鋼板重量とボルト本数を試算により比較した。

2. 使用可能鋼材の確認

表-1 に SHTB の設計耐力¹⁾を示す。SHTB の設計ボルト軸力は F10T 高力ボルトの約 1.5 倍であるので、連結板として使用する鋼種や板厚によっては、初期ボルト軸力を導入した時点でボルト孔周辺において降伏が生じる恐れがある。そこで、連結板として使用できる鋼種や板厚を確認する。

表-1 SHTB の設計耐力（括弧内は F10T）

呼び径	設計ボルト軸力 (kN)	最大引張耐力 (kN)
M16	151.90 (103.88)	225.40 (153.86)
M20	237.16 (161.70)	350.84 (240.10)
M22	293.02 (200.90)	433.16 (296.94)
M24	342.02 (233.24)	506.66 (345.94)

（1）解析モデル 解析モデルとしては、極力簡易なものを考えて高力ボルト 1 行 2 列の 2 面せん断継手とする。解析パラメータとなる鋼種には SM490Y と SM570 を、連結板厚は 10mm、20mm を考える。母材厚は 20mm、板幅は 80mm で固定する。高力ボルトは SHTB、M22 とし、初期導入軸力は表-1 の設計ボルト軸力 293.02kN の 1 割増 322.30kN を導入する。

（2）解析結果 図-1 に初期ボルト軸力導入時における応力分布を示す。図は相当応力を降伏応力で無次元化したものである。連結板に SM490Y を用いた(a)、(b)では、座金下面で応力が集中しているが降伏には達していない。SM570 を用いた(c)では、座金下面での応力集中が緩和されており、高力ボルト F10T・M22、連結板に SM490Y を用いた(d)と同様な応力分布となった。

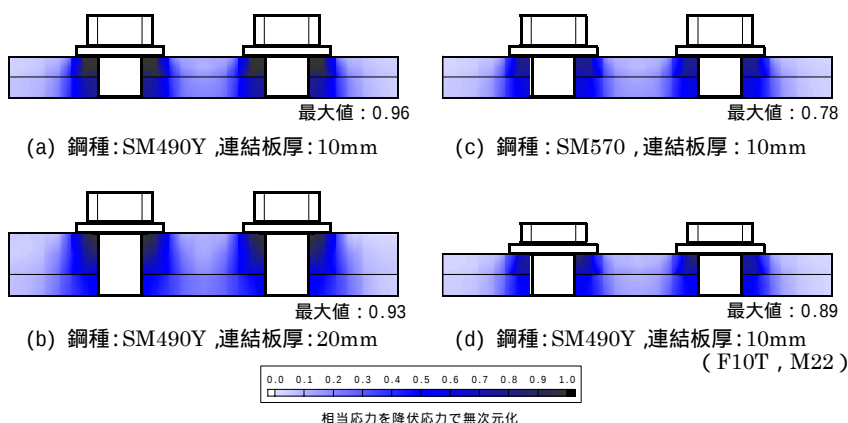


図-1 初期軸力導入時における応力分布

（3）追加解析 連結板に SM490Y 材を用いた場合、初期軸力を導入した時点で高い応力レベルに達することを確認した。そのような状態で引張荷重を加えていくと、通常よりも連結板のボルト孔周辺での降伏の影響が早まり、ポアソン効果の影響で連結板厚が薄くなる。よって、ボルトの軸力抜けが早期に発生し、すべり強度が低下することが考えられる。そこで、追加解析を行った。表-2 に追加解析のモデル諸元を示す。鋼種は SM490Y と SM570 の 2 ケース、母材厚 30mm、連結板厚 15mm とした。図-2 に解析結果から得られたすべり係数を示す。縦軸はすべり係数、横軸は β 値を表している。図-2 には解析値とともに、道路橋示方書の規定値 0.4 と秋山らの提案値²⁾を表示している（ $\beta > 1.0$ の場合、線形限界は鋼材の降伏によるという理由から、キーワード：超高強度ボルト，摩擦接合継手，実施工，経済効果

連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL：06-6879-7598 FAX：06-6879-7601

提案値は β 1.0 の範囲で設定している）。

$\beta=0.8$ の場合は、SM490Y 材を用いてもすべり係数が低下することはなかった。鋼材

の降伏の影響が強まる β 1.0 の場合（すべり強度の公称値よりも鋼材の降伏強度の公称値が小さい場合）、SM490Y 材を用いるとすべり係数が低下する。よって、 β が 0.8 までの範囲では SM490Y 材にも安心して SHTB を用いることが可能である。

3. SHTB の鋼桁橋への活用

超高強度ボルトを用いた場合の経済効果を評価するため、実橋梁に超高強度ボルトを用いた場合と用いなかった場合について、鋼板重量とボルト本数を試算により比較した。

（1）試算方針 超高強度ボルトの 1 ボルト 1 摩擦面あたりの許容力は 7000kgf/cm^2 （ 686.47MPa ）とした。超高強度ボルトを SM570 材のみに使用した場合だけではなく、SM490Y 材に対して使用した場合についても試算した。腹板添接部に対しては上下端の 2 列のみに超高強度ボルトを用い、列数を少なくすることを試みた。

（2）試算ケースおよび試算対象橋梁

case-A：SM570 材のフランジのみに使用した場合

case-B：SM570 材のフランジと腹板に使用した場合

case-C：SM570 材と SM490Y 材のフランジに使用した場合

case-D：SM570 材と SM490Y 材のフランジと腹板に使用した場合

（3）試算結果と考察 TYPE-1 の試算結果を表-3 に示す。SM490Y 材にも SHTB を使用することが可能であるならば、SHTB を使用することによる効果は大きい。また、腹板にも SHTB を使用するとその効果はさらに大きくなる。鋼重がそれほど軽減されていないが、これは鋼重が少なくなったのは主に継手部の箇所だけであるためである。継手部で鋼桁断面が決定されるような橋梁では鋼重が大きく軽減されることも考えられる。また、ボルトの総本数が減っているため、施工性が向上し、当然現場での費用は抑えられると考えられる。本試算の範囲では、SHTB を用いることによって鋼板重量は最大 1.01%、ボルト本数は最大 15.42%低減することができた。

4. まとめ

- 1) 連結板として使用できる鋼材を確認した。SM570 材は問題なく使用することができる。SM490Y 材を連結板として使用した場合、降伏の影響ですべり強度が低下するので、 β が 0.8 までの範囲であれば安心して使用することができる。
- 2) 実橋梁に SHTB を用いて継手部の設計を行った結果、鋼板重量は最大 1.01%、ボルト本数は最大 15.42%低減することができた。

【参考文献】

- 1) 脇山広三：高力ボルト接合(6)，超高力ボルトの開発，JSSC No.40，2001.4.
- 2) 秋山・西村・亀井・池端：高力ボルト摩擦接合引張継手の限界状態の区分，鋼構造年次論文報告集，第 3 巻，pp.289-296，1995.11.

表-2 追加解析モデル諸元

	高力ボルト 1行3列	ボルト間隔 (mm)	初期導入 ボルト軸力(kN)	鋼種	板厚(mm)		β ($=N_{SL}/N_{Fy0}$)	γ ($=N_{SY0}/N_{Fy0}$)
					母材(t_1)	連結板(t_2)		
490Y-08	SHTB,M22	100.00	322.30	SM490Y	30	15	0.80	1.00
490Y-10							1.00	
490Y-12							1.20	
570-08							0.80	
570-10				1.00				
570-12				1.20				

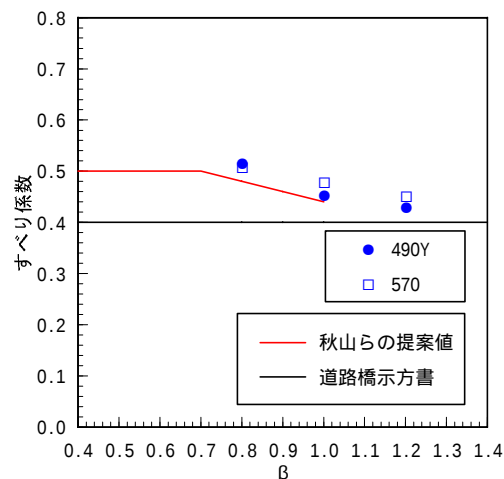


図-2 すべり係数比較

TYPE-1：4 径間連続 2 主箱桁橋

TYPE-2：2 径間連続非合成 3 主鉋桁橋

TYPE-3：単純鋼床版 2 主箱桁橋

表-3 試算結果

TYPE-1	鋼板重量 (tf)	高力ボルト 本数	SHTB本数	合計本数	鋼板重量 軽減率 (%)	ボルト本数 低減率 (%)
SHTB使用無し	800.6	40127	0	40127	-	-
case-A	799.2	38623	1036	39659	0.175	1.166
case-B	798.9	38227	1180	39407	0.212	1.794
case-C	795.3	29355	7248	36603	0.662	8.782
case-D	792.5	25363	8576	33939	1.012	15.421