

接合面に塗布したエポキシ樹脂が高力ボルト継手のすべり耐力に及ぼす影響

土木研究所 正会員 ○船木 孝仁
 土木研究所 正会員 村越 潤
 土木研究所 正会員 田中 良樹

1. まえがき

腐食した鋼部材の補強法の1つに当て板による断面補強がある。現場溶接による当て板は品質確保が難しく、疲労耐久性を著しく損ねることが懸念されることから、高力ボルトによる当て板が望ましい。高力ボルト接合では、腐食により不規則な凹凸を有する部材を対象とした場合、すべり耐力の確保や防食のため、接合面にパテ状のエポキシ樹脂を塗布する事例が見られる。ボルト穴周囲に著しい断面欠損がある場合、局部的に樹脂が厚くなることが想定され、これに起因したボルト軸力の著しい低下やすべり耐力の低下が懸念される。既往の研究では、接合面をブラスト処理すれば、部材との接着効果や硬化した樹脂が腐食材の凹凸面と噛み合うことにより、軸力が低下しても樹脂無しの高力ボルト接合に比べて高いすべり耐力が得られるとの報告がある¹⁾²⁾。しかし、データ数が少なく、母材の断面欠損深さが2.5mm程度の場合に限定されており、樹脂厚の影響は必ずしも明確でない。このことから、高力ボルト継手の接合面に比較的厚いエポキシ樹脂層が形成された場合における、樹脂厚がボルト軸力やすべり耐力に及ぼす影響について検討を行った。

2. 方法

(1) 供試体

図-1に供試体の形状寸法、表-1に使用したエポキシ樹脂の諸元を示す。供試体ごとに樹脂厚の目標値を0mm(樹脂無し)、1, 2, 3, 5mmとして計5体を用意した。樹脂厚の影響に着目するため、母材、当て板とも腐食していない平滑材とした。母材と当て板の間に、部材幅100mmのうち両面から2mmの範囲に樹脂厚相当のアルミ板を挟むことにより、所要の樹脂厚を確保した。当て板を接着後、樹脂が硬化する前に接合部をクランプで挟み、側面から樹脂が漏れ出る程度に加圧した。1日養生後、アルミ板を取り外し、2度締めによりボルト軸力(導入軸力221kN)を導入した。軸力導入後から引張試験実施までの約7日間、ボルト軸力の経時変化を測定した。ボルト軸力の管理および経時変化の測定は、事前に校正した軸力とボルト頭部のひずみの比例関係に基づき行った。軸力導入まで一旦締め付けた後は、再締め付けを行わなかった。

軸力導入前後に図-1に記した●の位置において、1面当たりの樹脂厚をノギスにより測定した。実測樹脂厚は、測定した母材および当て板を含む接合部の厚さから母材厚、当て板厚を差し引いたものとした。表-2に実測樹脂厚(6測点の平均値)を示す。実測樹脂厚は、ボルトの締め付け前後で-0.1~0.3mm程度の変化が見られたが、いずれも目標値に比べてやや大きかった。

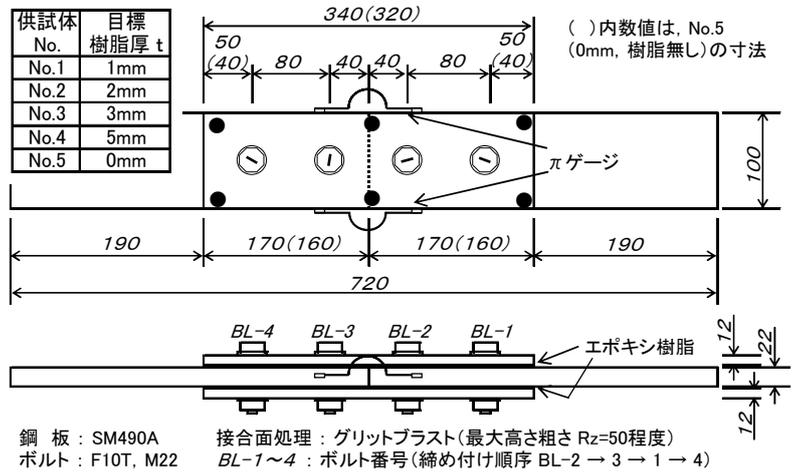


図-1 供試体の形状寸法

表-1 エポキシ樹脂の諸元

使用樹脂	
主 剤/硬化剤	エポキシ樹脂 / 変形脂肪族ポリアミン
配合比	主剤:硬化剤=7:3
可使時間	90分/10°C
強度性能(10°C)	引張強度:27.5MPa/15.4MPa
7日養生/1日養生	引張せん断強度:14.3MPa/12.7MPa

表-2 樹脂厚の測定結果

供試体 No.	目標樹脂厚 t (mm)	各接合面の実測樹脂厚(mm)						平均* (A+B)/2 =C
		接合面(ボルト側)			接合面(ナット側)			
		締め付け前	A:締め付け後	差	締め付け前	B:締め付け後	差	
1	1	1.51	1.37	-0.14	1.46	1.35	-0.11	1.4
2	2	2.01	2.27	0.26	2.07	2.01	-0.06	2.1
3	3	3.37	3.58	0.21	3.43	3.62	0.19	3.6
4	4	5.55	5.83	0.28	5.61	5.77	0.16	5.8
5	0	樹脂無し(通常の高力ボルト摩擦接合継手)						

* ボルト締め付け後における実測樹脂厚(2面の平均値)

キーワード 補強, 接合, 高力ボルト, エポキシ樹脂

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独)土木研究所構造物研究グループ橋梁チーム TEL029-879-6793

(2) 荷重試験

7日間の軸力経時変化の測定後、静的引張試験を実施した。引張試験は、継手のすべり挙動を確認するまで単調荷重とした。すべりは、すべり音、供試体側面の罫書き線のずれ、 π ゲージで測定した母材間の変位により確認した。

3. 結果

(1) ボルトの軸力低下

表-3, 図-2に, ボルト軸力の経時変化を示す。ここでは, 測定した軸力の導入軸力 221kN に対する割合を残存軸力とし, 各供試体のボルトの残存軸力を1体当たり4本の平均値とした。樹脂厚は, 締め付け後の実測樹脂厚(2面の平均値)で整理した。接合面に樹脂を塗布した場合には, 通常の高力ボルト摩擦接合継手の軸力低下約2%に比べて著しく大きく, 樹脂が厚いほど軸力低下が大きい傾向が見られる。最も厚い樹脂5.8mmの場合, 残存軸力が57%まで低下した。各樹脂厚とも1日目までの軸力低下が著しく, その後の軸力低下は軽微であった。

(2) すべり荷重

図-3に, 各供試体のすべり荷重を示す。図中, 参考としてすべり係数とすべり状況を併記した。樹脂を塗布した継手のすべり荷重は, 樹脂によって軸力低下が著しく大きかったにもかかわらず, 樹脂厚が5mmであっても, いずれも高力ボルト摩擦接合継手(樹脂厚0mm)のそれに比べて高くなった。今回の範囲では樹脂厚1.4mmのすべり荷重が最も高く, 樹脂が厚いほど若干低下する傾向が見られた。

(3) 荷重-母材間の変位

図-4に, 各供試体のすべり発生までの荷重と, π ゲージ2本の平均値で整理した母材間の変位との関係を示す。図中, π ゲージの標点間(実測値100mm)における母材と当て板の総断面(46mm×100mm, 樹脂の剛性は無視)で算出した鋼板の弾性伸びを併記した。この直線の傾きは, 荷重200kN程度まで高力ボルト摩擦接合継手(樹脂厚0mm)の傾きとほぼ一致した。

樹脂を塗布した供試体では, 樹脂が薄いほど樹脂層のせん断変形が小さく, 樹脂無しの高力ボルト摩擦接合継手よりもずれ変位が小さかった。樹脂の塗布による接合面のずれに対する剛性の向上効果は, すべり発生まで持続していた。これによりボルト軸力が低下したにもかかわらず, すべり耐力の増加をもたらしたと考えられる。

4. まとめ

高力ボルト継手の接合面に樹脂厚1.4~5.8mmのエポキシ樹脂が塗布された場合, 樹脂厚が大きくなるほどボルト軸力が著しく低下するが, 接合面のずれに対する剛性が向上することによって, いずれの樹脂厚の場合も通常の高力ボルト摩擦接合継手に比べて高いすべり耐力が得られた。

[参考文献]

- 1) 名取, 西川, 村越, 大野: 腐食部材の添接板補強に関する研究, 土木学会論文集, No.682/I-56, pp.207-224, 2001.7.
- 2) 村中, 皆田, 重吉: 腐食部材を用いた樹脂併用高力ボルト接合の静的強度, 土木学会第46回年次学術講演会, pp.594-595, 1991.

表-3 ボルトの残存軸力 (単位:%)

経過時間	実測樹脂厚(mm) 表-2のC				
	0	1.4	2.1	3.6	5.8
1時間後	99.2%	87.2%	83.6%	76.5%	68.5%
1日後	98.6%	82.5%	78.1%	67.6%	59.6%
7日後	98.0%	82.5%	76.9%	65.8%	56.8%

注) 残存軸力=測定軸力/導入軸力(221kN)

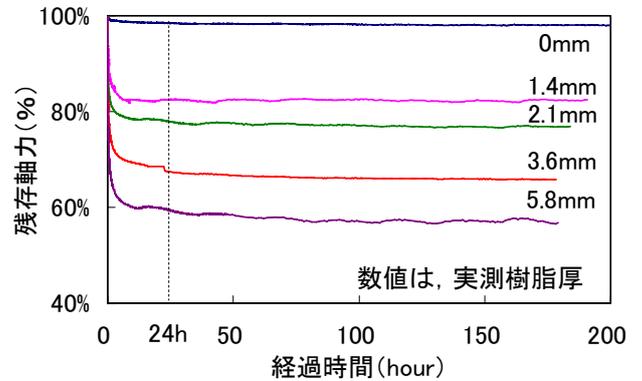


図-2 ボルト軸力の経時変化

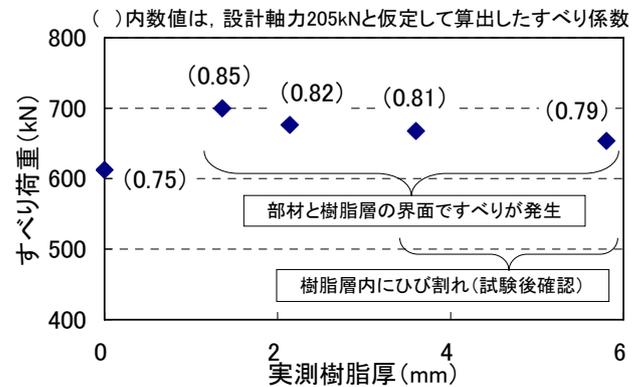


図-3 各供試体のすべり荷重

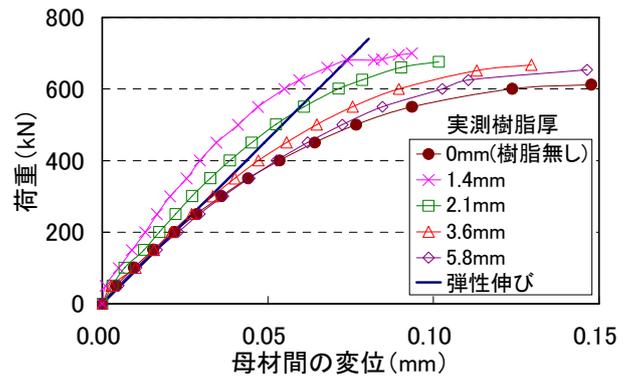


図-4 荷重-母材間の変位