

腐食部材の樹脂を使用した当て板補強に関する施工性の検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○田中 佑児
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 畑中 達彦
 東海旅客鉄道株式会社 西澤 弘晃

1. 目的及び概要

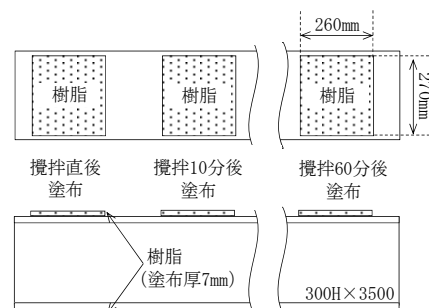
鋼橋における鋼部材の腐食は、安全性や耐久性に影響を与える大きな損傷である。腐食が進行し板厚が減少している鋼部材には補修・補強が必要であり、補強板を用いる当て板補強では不規則な凹凸を有する部材（断面欠損深さ 2.5mm 程度）にエポキシ樹脂を塗布する事例が報告されている¹⁾。そこで筆者らは、その事例以上に板厚が減少した鋼部材を対象として樹脂を使用した当て板補強が適用できるかを検討した。本稿では、当て板補強に用いる高力ボルト摩擦接合継手の性能確認を目的に、樹脂の使用性及び樹脂がボルト軸力とすべり耐力に及ぼす影響について確認を行うとともに、模擬橋りょうにより作業環境が狭隘で作業時間の制約を受ける鉄道工事において効率的で確実な施工が可能かについて検討したので報告する。

2. 樹脂の使用性確認

使用する樹脂は、一般的に入手しやすい常温硬化型二液性エポキシ樹脂 2 種類（表－1）を選定し、樹脂の使用性（部材下面塗布時の付着性、整形の可否）について確認を行った。腐食による部材の著しい断面欠損を想定して樹脂厚を 7mm に設定し、図－1 に示す H 形鋼の上フランジ上面、下フランジ下面を対象にコテとヘラを用いて樹脂を塗布した。樹脂の塗布は、樹脂の攪拌完了直後から 60 分後まで 10 分毎に実施し、時間経過による使用性を確認した。この結果、上フランジ上面への塗布では、樹脂 A、B 共に設定したすべての時間において問題が無い事を確認し、下フランジ下面への塗布では、樹脂 A で攪拌 50 分後、樹脂 B で 60 分後より樹脂の硬化による付着力の低下が目立ち、樹脂の塗布が困難であることを確認した。整形の可否については、樹脂 A、B 共に攪拌 60 分後まではカッター等の手作業によるボルトの削孔作業が容易に行えることを確認した。なお、樹脂 B は攪拌完了 30 分後まで樹脂の粘性が低く、目標樹脂厚が確保できないことが確認できたため、以降の試験には使用性の良い樹脂 A を採用した。

表－1 樹脂の特性

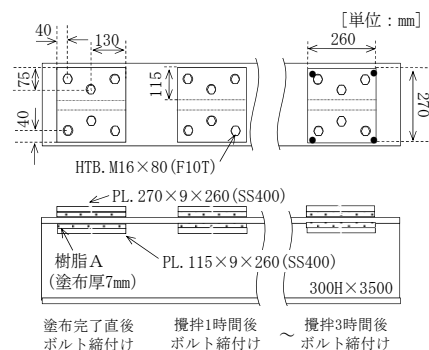
樹脂	A	B
主剤	鉄粉配合エポキシ樹脂	
硬化剤	変性ポリアミン	
配合比（質量比）	主剤：硬化剤＝10：1	主剤：硬化剤＝9：1
可使時間	60分/23℃±5℃	45分/25℃
圧縮強度	100MPa	57-72MPa
引張強度	47MPa	22-32MPa
引張せん断強度	14.2MPa	18-22MPa



図－1 使用性確認の概要図

3. 樹脂の高力ボルトに与える影響

樹脂を使用した当て板補強において、高力ボルトを締付ける時期を検討した。図－2 に示す試験体を用いて樹脂の攪拌完了直後に試験体に塗布（目標樹脂厚 7mm）し、一定時間毎に高力ボルトの締付けを行った。その結果、樹脂攪拌から 3 時間後までは樹脂の硬化不足により、樹脂が鋼板の間とボルト孔より噴出し、目標樹脂厚が確保できない結果となった。そのため、高力ボルトの締付けは樹脂攪拌から 3 時間後に手締めを行い、24 時間後に目標樹脂厚を確保した状態でトルクレンチにより増し締めを行う方法とした。この方法で確認した結果、M16 (F10T) の目標軸力 117kN に対し 7 割程度の軸力が導入できた。なお、ボルト軸力はトルク法により管理した。



図－2 ボルト締付け試験体

キーワード 腐食, 板厚減少, 樹脂, 高力ボルト摩擦接合

連絡先 〒100-0005 東京都千代田区丸の内一丁目9番1号 東海旅客鉄道株式会社 TEL 03-5218-6274

次に、樹脂の経時変化による変形がボルト軸力に及ぼす影響を確認するため、攪拌 24 時間後より一定時間毎に樹脂厚の測定及びボルトのトルク計測を行った。樹脂厚の測定は図-2に示す●の位置において行い、ボルトのトルク計測はトルクメーターにより全ての高力ボルトに対して行った。なお、時間経過に伴いボルトの軸力が低下した場合はボルトの増し締めを行い、トルク計測を継続して行った。表-2に樹脂厚（4 点の平均値）とボルトのトルク計測より算出したボルト軸力の結果（6 本の平均値）を示す。目標樹脂厚を 7mm とした場合、樹脂の攪拌 7 日後以降は目標樹脂厚を確保した状態で、増し締めにより目標軸力 117kN を導入できることが確認できたが、その後、攪拌 30 日後までボルト軸力の低下がみられた。

4. 樹脂のすべり耐力に及ぼす影響

樹脂を使用した摩擦接合継手の性能評価として、図-3に示す供試体によるすべり試験を行った。樹脂厚の影響を確認するため、供試体の母材、当て板とも平滑材を使用し、表-3に示す目標樹脂厚を変化させたものを各 3 体ずつ用意した。すべり試験は万能試験機を用いて継手のすべり挙動を確認するまで試験片に引張荷重を単調載荷し、鋼材という降伏的性状を呈した時の荷重をすべり荷重とした。各供試体に導入したボルト軸力とすべり荷重及びすべり係数の平均値を表-4に示す。樹脂の攪拌 24 時間後にボルト軸力を設計ボルト軸力 117kN の 7 割程度導入した場合、すべての供試体において鉄道構造物等設計標準・同解説（鋼・合成構造物）に規定されるすべり係数 0.4 を満足できることを確認した。

5. 模擬橋りょうによる試験施工

樹脂 A の可使時間内である 50 分以内に、樹脂を使用した当て板補強の施工可能延長を確認するため、図-4に示す模擬橋りょうを作成し、延長 1990mm の下フランジを対象に試験施工を行った。腐食による凹凸の有無により樹脂厚が変化することを想定し、模擬橋りょうの下フランジにテーパ加工を施した。作業条件は 4 人での吊足場上の作業を想定し、作業床から下フランジ下端までの高さを 450mm に設定した。同条件で施工した結果、樹脂を併用した当て板補強（幅 270mm、延長 1990mm）を行う場合、樹脂の攪拌及び塗布、ボルト孔の削孔、当て板の設置、ボルトの一次締めまでの一連の作業に約 70 分を要することを確認した（写真-1）。なお、樹脂の攪拌から塗布完了までに費やした時間は概ね 30 分であり、樹脂 A の可使時間内に収まった。

6. まとめ

著しい断面欠損に対する補修として樹脂を使用した当て板補強を行う場合、樹脂の攪拌開始より 50 分以内であれば容易に目標樹脂厚が確保でき、攪拌 24 時間後にボルト軸力を設計ボルト軸力の 7 割程度導入することですべり係数 0.4 は確保できることがわかった。目標樹脂厚 7mm を確保して施工を行う場合、時間経過によるボルト軸力の低下がみられたことからボルトの増し締めが必要であることがわかった。また、時間的制約のある鉄道工事の作業時間帯での施工が可能であることを確認した。

参考文献

1) 安部, 小芝, 杉本, 杉舘: 鋼橋の補修・補強に用いる古材の継手試験, 鉄道総研報告, Vol. 5/No. 12, pp. 65-71, 1991. 12 等

表-2 測定結果

経過時間	樹脂厚(mm)		ボルト軸力(kN)	
	増し締め前	増し締め後	増し締め前	増し締め後
3時間	13.9	—	—	—
24時間	13.9	13.7	—	86.8
3日後	13.1	13.1	24.0	103.3
7日後	13.3	13.3	94.2	124.4
30日後	13.1	13.1	76.4	124.0

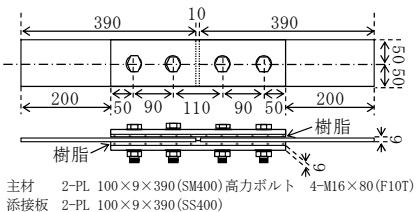


図-3 供試体寸法

表-3 供試体の目標樹脂厚

供試体	目標樹脂厚	
	上面	下面
No. 1	2.5mm	2.5mm
No. 2	4.5mm	4.5mm
No. 3	1.0mm	8.0mm

表-4 すべり試験結果

試験体	ボルト軸力	すべり荷重	すべり係数
No. 1	83.5kN	151.6kN	0.46
No. 2	82.7kN	139.5kN	0.42
No. 3	76.9kN	127.7kN	0.42

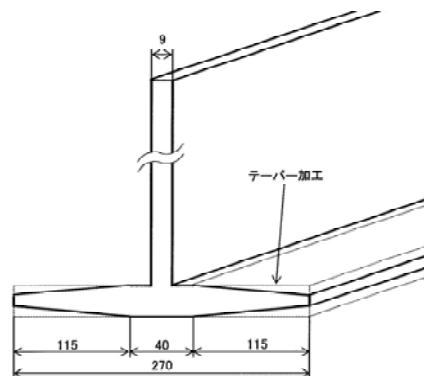


図-4 模擬橋りょう概要図



写真-1 試験施工状況