

腐食部に対する不陸整正当て板補修の施工方法検討

首都高速道路(株) 正会員 ○平野 秀一 正会員 深谷 卓央 正会員 日名 誠太
日本エンジニアリング(株) 正会員 政門 哲夫

1. はじめに

橋梁の鋼部材、主に鋼桁に発生した腐食損傷に対し塗装または当て板による補修を実施している。当て板補修は、腐食による断面欠損（凹凸）が顕著な場合に実施しており、ケレン（素地調整程度2種）実施後に凹凸部に樹脂を塗布し不陸整正を行った母材に対し、鋼部材をトルシア形高力ボルト（S10T）にて接合している。この場合、樹脂を考慮しない高力ボルト摩擦接合として設計しているが、施工手順や使用する樹脂の特性等が荷重の伝達に影響すると考えられ、摩擦接合として有効に機能しているかは不明であった。そこで、施工手順や使用する樹脂の違いによる各ケースにおいて試験を実施し、すべり係数（0.4以上）、導入軸力に対するリラクセーション程度（10%以下）等の確認をすることで、最適な施工方法についての検討を行った。

2. すべり試験

(1)試験ケース

実施工を踏まえ素地調整程度2種を前提とし、施工手順の影響を検証する。施工手順は以下の4ケースとした。

- ・「先硬式」：樹脂の硬化後に本締めを行う（試験体A、B）
- ・「仮止式」：不陸整正後直ちにボルトを手締め（仮止め）し、樹脂の硬化後に本締めを行う（同C、D）
- ・「同時式」：不陸整正後、樹脂の硬化を待たずに直ちにボルトの本締めまで行う（同E、F）
- ・「再整式」：樹脂硬化後に再度樹脂を塗布し直ちに本締めを行う（同G、H）

なお、後述するが試験体G、Hは、先硬式の結果を踏まえ追加したケースである。不陸整正材の影響については、一般に用いられる鉄粉入りエポキシ樹脂とパテ状のシーل材であるエポキシ樹脂の2ケース（塗布厚1mm）で検証した。それぞれの物性値を表-2に示す。

(2)試験体概要

試験体（各3体）の概要を図-1に示す。厚さ28mmの平板の鋼材（SS400）を母材とし、同じく平板の鋼材を当て板としトルシア形高力ボルト（S10T、M22、4本）にて接合した2面せん断継手を試験体とした。試験体の製作手順は、最初に母材表面に腐食による凹凸を再現するために円錐加工（Φ20または13mm、深さ5mm）を行った。その後、凹凸を形成した試験体を屋外にてさび促進剤の噴霧と暴露の繰り返しを約2カ月間行い、その後に素地調整程度2種を行った。素地調整後の母材表面は、錆の残存により茶色模様を呈し、凹部底面にも錆が残る状態だった。

表-1 試験ケース

試験体記号	ボルト締め付け時期	不陸整正材
A	先硬式	鉄粉入りエポキシ樹脂
B	先硬式	エポキシ樹脂
C	仮止式	鉄粉入りエポキシ樹脂
D	仮止式	エポキシ樹脂
E	同時式	鉄粉入りエポキシ樹脂
F	同時式	エポキシ樹脂
G	再整式	鉄粉入りエポキシ樹脂 （片面塗布）
H	再整式	鉄粉入りエポキシ樹脂 （両面塗布）

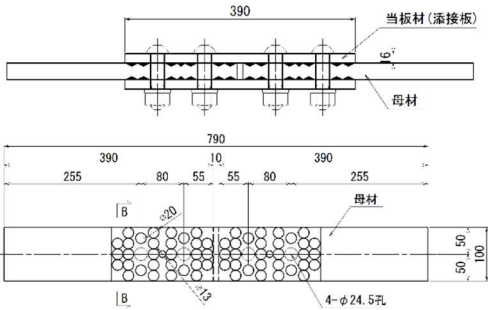


図-1 試験体概要図

表-2 不陸整正材の物性値

項目	鉄粉入りエポキシ樹脂	エポキシ樹脂
用途	一般金属用補修材	シーล材
色	灰色	白
比重	2.3	1.1～1.9
可使時間	45分	60分以上
引張強度	22～32N/mm2	19.6N/mm2以上
曲げ強度	38～53N/mm2	39.2N/mm2以上
圧縮強度	57～72N/mm2	降伏点68.7N/mm2以上
引張せん断強度	18～22N/mm2	9.8N/mm2以上
衝撃せん断強度	—	0.2N/mm2以上
引張弾性係数	5,830N/mm2	3,924N/mm2以上
曲げ弾性係数	—	3,924N/mm2以上
圧縮弾性係数	—	3,924N/mm2以上

キーワード 腐食，高力ボルト摩擦接合接手，エポキシ樹脂，すべり係数，リラクセーション
連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 首都高速道路(株) 保全・交通部 T E L 03-3539-9545

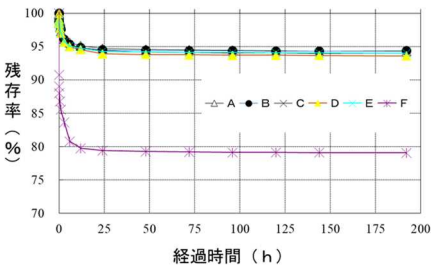


図-2 リラクセーション特性

表-3 試験結果総括

	記号	設計軸力 kN	初期軸力 kN	7日軸力 kN	リラク		すべり荷重 kN	すべり係数		判定		
					設計	試験値		設計	試験値	軸力	リラク	すべり
先硬	A	205.0	229.8	216.8	10%	6.0%	340.3	0.40	0.37	○	○	×
	B		229.8	216.8	以下	6.0%	373.0		0.41	○	○	○
仮止	C	205.0	224.4	210.9	10%	6.4%	273.3	0.40	0.30	○	○	×
	D		227.7	213.2	以下	6.8%	295.3		0.32	○	○	×
同時	E	205.0	231.5	217.6	10%	6.4%	397.0	0.40	0.43	○	○	○
	F		189.0	149.4	以下	26.5%	504.0		0.67	×	×	○
再整	G	205.0	229.0		10%		372.3	0.40	0.41	○		○
	H		229.0		以下		571.3		0.62	○		○

(3) 試験方法

試験手順は、試験体製作時にボルトの初期導入軸力と7日後の軸力を計測し、リラクセーション特性の確認を行い、その後すべり試験を行った。リラクセーション試験は、ボルトの軸部にひずみゲージを貼り付け、静ひずみ測定器によりひずみを検出することでボルト軸力を算出した。ひずみの測定はボルト本締め後7日間実施した。すべり試験は、アムスラー型万能試験機を使用し、すべり発生まで徐々に載荷し、すべり荷重を測定した。なお、「すべり」は以下の現象のいずれかが確認された時とした。

① すべり音が発生、 ② 引張試験機の指針が停止または降下、 ③ 試験体の罫書き線にずれが発生 また、すべり係数 (μ) は次式により算出した。

$$\mu = P / (m \cdot n \cdot N)$$
 P: すべり荷重 (kN), m: 摩擦面数, n: ボルト本数, N: ボルト初期導入軸力

(4) 試験結果

図-2 にリラクセーション特性の結果を示す。各試験体とも試験開始直後から軸力が低下し、6 時間頃から低下は緩やかとなり 25 時間頃には収束した。試験体 F は、初期軸力が設計値以下となり 27% 程度軸力が低下した。それ以外は概ね 6% 程度の低下であった。

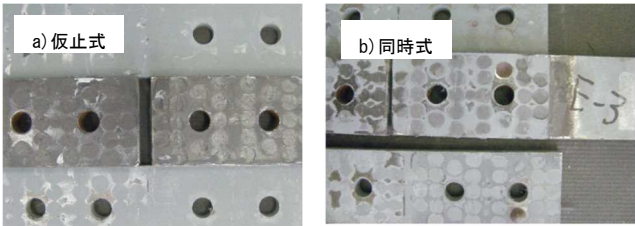


写真-1 すべり面の状況

すべり試験結果を含めた結果の総括を表-3 に示す。

先硬式は、鉄粉入りエポキシ樹脂を使用した試験体 A では、すべり係数が設計値を下回った。すべり面の状況から、母材の凹部で樹脂が収縮していることが確認され、当て板にわずかに隙間が生じていたことが分かった。これにより、摩擦面積が小さくなりすべり係数が低下したと推察される。そのため、樹脂の収縮を想定し再整正を行った試験体 G および H にてすべり係数が設計値を満足することを確認した。一方で、エポキシ樹脂を使用した試験体 B は、凹部での隙間がほとんど発生しなかったため、摩擦面積が確保されすべり係数が満足できたと考えられる。

仮止式では、使用する樹脂によらずすべり係数が設計値を満足しなかった(試験体 C, D)。すべり面の状況(写真-1 a)) から、当て板に塗布した無機ジンクリッチペイントが母材側の樹脂面には付着していなかったため、樹脂と無機ジンクリッチペイント間で界面破壊していたと考えられる。

同時式では、鉄粉入りエポキシ樹脂を使用した試験体 E は性能を満足した。すべり面の状況(写真-1 b)) から、母材側の樹脂面に無機ジンクリッチペイントの付着が確認されたため、樹脂が凝集破壊していたと考えられ、樹脂の接着効果によりすべり係数が満足したと考えられる。一方で、試験体 F はエポキシ樹脂の作業性の都合で塗布量が多くなり、その影響により軸力が低下した可能性がある。再試験の結果、軸力、リラクセーションともに設計値を満足することを確認している。

3. まとめ

仮止式は、使用する樹脂によっては適さない可能性があることが分かった。先硬式は、樹脂により性能が満足しないケースがあった。同時式および再整式は、樹脂によらず性能は満足した。不陸整正材の厚さによる影響も示唆されたため、今後は、樹脂厚が継手性能へ与える影響と長期耐久性の確認を行う予定である。