

不陸整正当て板補修を行った腐食部の耐久性及び施工条件の検討

首都高速道路(株) 正会員 ○深谷 卓央
首都高速道路(株) 正会員 日名 誠太
法政大学 正会員 内田 大介

首都高速道路(株) 正会員 平野 秀一
大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
日本エンジニアリング(株) 正会員 政門 哲夫

1. はじめに

腐食した鋼構造物に対する補修として、塗装または鋼部材による補修を行っている。腐食による凹凸がある場合は、樹脂による不陸整正を行った後に部材を設置している。既往の検討では、不陸整正を併用した高力ボルト摩擦接合継手の施工手順や素地調整程度、樹脂の違いによるすべり係数、リラクセーション特性等の確認を行っているが、課題は樹脂の長期耐久性、腐食状況の影響、不陸整正時の樹脂厚さの影響等の確認となっている。本稿では、上記課題に対して小型試験体による実験的検討を行い、不陸整正当て板補修の耐久性等について検討した結果を報告する。

2. 検討概要

以下の 3 項目に着目し検討を行った。試験の流れを図-1 に、試験項目を表-1 に示す。

(1) 長期耐久性

- ・供用下における経年劣化後の補修効果
- ・経年による温湿度変化は複合サイクル試験、応力サイクルは疲労試験で再現

(2) 不陸整正時の樹脂厚さの影響

- ・施工時の樹脂塗布量のばらつきによる補修効果
- ・樹脂厚さは、1mm (薄い場合)、2mm (標準)、3mm (厚い場合) の 3 パターン

(3) 腐食状況の違いによる影響

・当て板補強のボルト付近に腐食密集タイプと比較
試験体 (各 3 体) は、2 面せん断継手 (SS400 材) とし各種試験の評価を適切に行うために、平板に模擬する腐食は全て同条件 (深さ、腐食体積) とした。腐食形状は、母材に深さ 5mm (補修の目安としている腐食断面欠損率 20%) の円錐型凹凸とした。分散型と密集型は、深さは変えずに凹凸の径を変えることで、腐食体積が同じとなるようにした (図-2)。凹凸を形成した試験体を、屋外にてさび促進剤噴霧と暴露の繰返しを約 2 か

月間行い、その後に素地調整程度 2 種を行った。使用した不陸整正剤は、一般に補修に用いられている鉄粉入りエポキシ樹脂、エポキシ樹脂とした。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

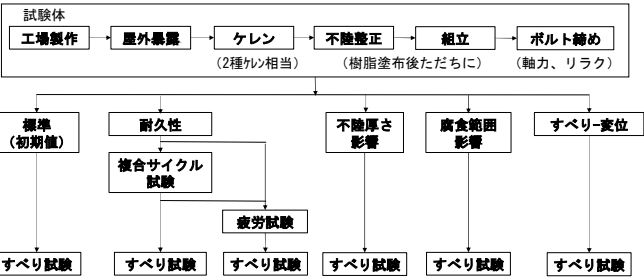


図-1 試験体

表-1 試験体

試験項目	内容	鉄粉	エポ	樹脂なし	平滑	塗布厚	塗装	軸力測定	すべり
		有	有	有	有	(mm)	有無	測定	
初期値計測	鉄粉入りエポキシ樹脂	●	-	-	-	1	×	7日間	7日後
	エポキシ樹脂	-	●	-	-	1	×	7日間	7日後
耐久性	複合サイクル試験	●	-	-	-	1	●	7日間	2ヶ月後
	環境促進 (塗装有り)	●	-	-	-	1	×	7日間	2ヶ月後
	鉄粉入りエポキシ樹脂	●	-	-	-	1	×	7日間	1.5ヶ月後
	疲労試験	●	-	-	-	1	×	7日間	1.5ヶ月後
不陸整正厚さ影響試験	環境促進後 (塗装有り)	●	-	-	-	1	●	7日間	3.5ヶ月後
	接着厚さ1mm (薄い場合)	●	-	-	-	1	×	7日間	7日後
	接着厚さ2mm (標準)	●	-	-	-	2	×	7日間	7日後
腐食位置影響比較	接着厚さ3mm (厚い場合)	●	-	-	-	3	×	7日間	7日後
	ボルト部に腐食密集タイプ	●	-	-	-	1	×	7日間	7日後
すべり荷重と変位の関係	鋼材ひずみ測定	●	-	-	-	1	×	7日間	7日後

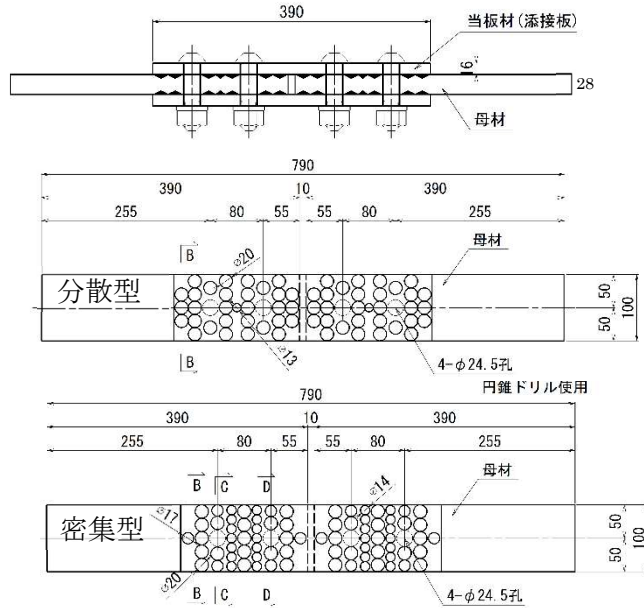


図-2 試験体 (単位:mm)

キーワード 腐食, 樹脂, 不陸整正, すべり試験, 疲労試験, 複合サイクル試験

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 首都高速道路株式会社 保全・交通部 TEL 03-3539-9545

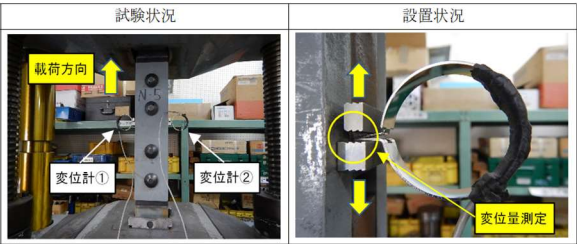


図-3 クリップゲージ位置

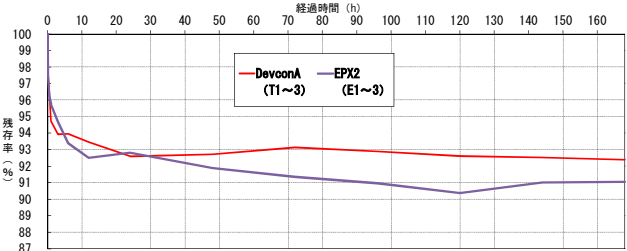


図-4 リラクセーション結果 (標準試験体)

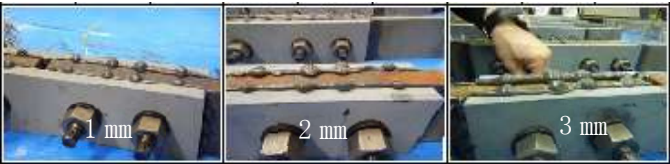


図-5 組立後の状況

計測し、リラクセーション特性の確認を行った。その後、各種試験を行っている。軸力は、トルシア型高力ボルト (S10T) 頭部にΦ3.0の孔を明け、ボルト軸部に貼付けた単軸のひずみゲージで計測した。

すべり試験は、試験体をアムスラー型万能試験機にセットし、以下の流れで試験を行った。

- ・試験体にクリップゲージを設置 (図-3) し、荷重を増大させてすべり荷重とすべり量を測定
- ・「すべり」は以下のいずれかが生じた時とした
 - 引張試験機の指針が停止または降下した時
 - クリップゲージのすべり量が0.2mmを超えた時
- ・すべり係数 μ は、次式により算出

$$\mu = P / (m \cdot n \cdot N)$$

P:すべり荷重 (kN), m:摩擦面, n :ボルト本数,
N:ボルト初期導入軸力

長期耐久性検討では、日常環境における熱履歴に対する耐久性を検証するため、30日間 (約1.8年相当)の複合サイクル腐食試験 (CCT) を事前に行った。試験条件は、JIS規格及び弊社要領に準拠した (表-2)。繰返し载荷が強度に及ぼす影響は、疲労試験により再現を行った。疲労試験の载荷荷重は実橋 (高速3号渋谷線、支間中央、主桁下フランジ) の計測結果を踏まえ、応力範囲を70N/mm² (R≒0) とし、15Hzで载荷した。载荷回数については、累積疲労損傷度 (m=3) が実橋の頻

表-2 CCT試験条件

参考規格	JIS K 5600-7-9サイクルD	
噴霧液	50±10g/L NaCl水溶液	
噴霧量	80cm ² 当たり1~2mL/h	
1サイクル	①30±2℃	塩水噴霧0.5時間
	②30±2℃ 95±3%RH	湿潤 1.5時間
	③50±2℃	乾燥 2.0時間
	④30±2℃	乾燥 2.0時間
サイクル数	120 (30日)	

表-3 試験結果一覧

試験項目	内容	試験体記号	設計軸力 (kN)	初期導入軸力 (kN)	7日後軸力 (kN)	リラク試験結果 (%)	すべり試験結果すべり荷重 (kN)	すべり係数
標準 (初期値)	鉄粉入りエポキシ樹脂	T1~3	205	242.6	224.1	7.6	535.7	0.552
	エポキシ樹脂	E1~3		247.0	224.9	9.0	568.0	0.575
複合サイクル試験	塗装有り	T4~6	205	226.2	211.5	6.5	590.3	0.653
	塗装無し	T7~9		243.1	224.4	7.6	572.7	0.589
疲労試験	鉄粉入りエポキシ樹脂	T13~15	205	248.8	235.4	5.3	535.7	0.539
	樹脂・凹凸なし (塗装無し)	N7~9		243.1	227.0	6.6	561.3	0.579
	複合サイクル後 (塗装有り)	T10~12		237.3	221.4	6.7	599.3	0.631
不陸厚さ試験	接着厚さ1mm	A1~3	205	231.3	212.6	8.1	552.3	0.597
	接着厚さ2mm	A4~6		235.4	216.8	7.9	550.0	0.584
	接着厚さ3mm	A7~9		185.2	169.5	8.5	516.7	0.702
腐食位置影響比較	ボルト付近密集	Z1~3	205	231.5	217.1	6.2	538.0	0.581

度計測結果の30年相当となるように300万回とした。

3. 試験結果

樹脂塗布後 (硬化前)、直ちに締付け (本締め) を行った場合の結果 (表-3) は、以下となった。

- ・初期値用の標準試験 (T1~3, E1~3) は、軸力 (205kN以上)、リラクセーション特性 (10%以下)、すべり係数 (0.4以上) (以下、規格値) を全て満足した。なお、軸力は、30時間~70時間経過後一定値に漸近した (図-4)。
- ・複合サイクル試験単独 (T4~9)、疲労試験単独 (T13~15, N7~9)、組合せ (T10~12) で、標準試験体同様に全ての規格値を満足した。
- ・塗装劣化を想定した試験 (T4~6とT7~9の比較) でも全ての規格値を満足した。
- ・不陸整正材厚さが3mm (A7~9) では設計軸力以下となった。これは、ボルト締付けの際に、少なからず余分な樹脂 (図-5) がボルト孔内部に入り込んでしまうが、3mmの場合には過度に入り込み、ねじ山が詰まったため締付けが適正に行えなかったと考えられる。
- ・腐食位置ボルト周りに密集している場合でも全ての規格値を満足した。

今後は、屋外暴露試験、施工マニュアル作成、補強構造の構造詳細について解析的検討を行う予定である。