

線ばね形レール締結装置の適正な表面処理法の選定について

鉄道総合技術研究所 正会員 ○本野 貴志
 鉄道総合技術研究所 正会員 坂本 達朗

1. はじめに

線ばね形レール締結装置(以下、「線ばねクリップ」という)は、現在広く使用されており、腐食環境下においては防食性能を向上させた塗装を用いているが、塩害環境下では長期間の効果が発揮できずに折損に至ることがある。そこで適正な表面処理方法を選定することを目的とし、防食性能比較を実施した内容について報告する。

2. 線ばねクリップの折損形態

腐食環境下における線ばねクリップの折損は、図1に示すようにリアアーチ下部から発生するものが多い。このリアアーチ部にはレール締結時に弾性域を超えるひずみが発生することがあり、応力腐食割れに起因した破壊によって生じたものと推定される。

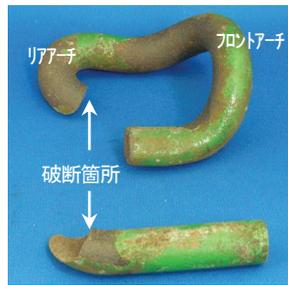


図1 線ばねクリップの折損

3. 実施内容

本報告において実施した内容は以下のとおり。

- (1) 海岸付近で飛来塩の影響を受ける腐食環境下を想定した、室内における促進腐食試験
- (2) 現在使用している腐食環境用線ばねクリップの断面観察
- (3) 表面処理を行った線ばねクリップのリアアーチ部発生ひずみ測定

4. 促進腐食試験

4.1 試験片

表1に試験に供した試験片の概要を示す。試験片①は通常の塗装、試験片②は腐食環境下に現在使用されている塗装であり、今回の促進腐食試験での比較対象とした。なお、促進腐食試験では実際の敷設状態を再現するためパンプラーを



図2 締結後の試験片

表1 試験片の概要

記号	表面処理種別	備考	補修
①	一般塗装	飽和ポリエステル静電粉末塗装	有り
②	セラダイズ	セラダイズド合金塗装	有り
③	ジンクリッチ	無機ジンクリッチペイント	有り
④	フォルテコート	エポキシ樹脂系コーティング	有り
⑤	ジオメットプロ®100	クロムフリーダクロ代替品	無し

用いて締結し、締結時の損傷を与えた状態とした(図2)。また、締結時の損傷部からの腐食を抑制するため、損傷箇所に補修塗料を塗布した試験片についても促進腐食試験を行った。

4.2 試験方法および評価方法

海岸付近の飛来塩の影響を考慮した複合サイクル試験方法を参考に、表2に示す塩水噴霧→熱風乾燥→蒸留水噴霧の繰り返しによる試験条件とした。また、腐食状況の評価は、20 サイクル毎に 400 サイクルまで腐食面積率を算出することとした。

表2 試験条件(1サイクル)

工程	試験内容	時間(h)
1	5%塩水噴霧	4
2	熱風乾燥(70°C, 50%RH)	2
3	蒸留水噴霧	2

4.3 試験結果

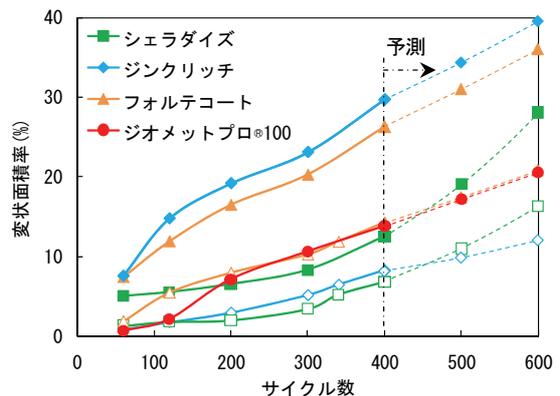
促進腐食試験の結果を表3に、サイクル数と変状面積率の関係を図3に示す。その結果、以下のことが明らかとなった。

表3 促進腐食試験結果

記号	補修無し		補修有り	
	腐食発生サイクル数(回)	400サイクル後の変状面積率(%)	400サイクル後の変状面積率(%)	400サイクル後の変状面積率(%)
	損傷部※1	一般部※2		
①	20	20(全面)	70%以上	70%以上
②	20	100(リアアーチ内側)	13	7
③	20	20(塗膜割れ部)	30	8
④	20	80(端部)	26	14
⑤	20	発生なし	14	-

※1: 損傷部とは、締結時に生じた箇所を示す

※2: 一般部とは損傷部以外の箇所を示す



注1) 破線は「予測」を示す

注2) 白抜きは「補修有り」を示す

図3 変状面積率とサイクル数の関係

(1) いずれも損傷部から早期に腐食に至ったが、その後の進行速度は表面処理方法によって異なった。

キーワード 締結装置, 線ばね, 防食, 腐食, 塗装

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 鉄道総合技術研究所 軌道技術研究部(軌道構造) TEL 042-573-7275

- (2) ①は 400 サイクル経過時にほぼ全面で腐食した。
- (3) ②, ③, ④は一般部で腐食が発生したが, 腐食の発生部位は表面処理方法によって異なった。
- (4) 400 サイクル経過時の変状面積率を比較すると, ②と⑤が約 15%で最も小さく, 次いで③と④が約 30%であった。
- (5) ②の腐食速度は指数関数的に増加する傾向にあり, ③, ④はほぼ直線的に増加する傾向にある。
- (6) 早期に一般部からの腐食が発生する一般塗装を除き, 補修塗料を塗布することで腐食進行の低減効果が見られた。

以上の結果から, ⑤は一般部からの腐食が見られず, 変状面積率も他と比較して小さいことから最も長期の耐久性が期待できる。また, ②および③は腐食環境下において折損しやすい部位に腐食が発生していることを考慮し, 長期耐久性を比較した結果, ⑤>④>②>③>①の順に耐久性が期待できると考えられる。また, 海岸付近等のように塩害を受け, 著しい腐食環境下に線ばねクリップを使用する場合は, 締結後に補修塗料を塗布することにより, 腐食の進行を低減できると考えられる。

5. 線ばねクリップの断面観察

現在使用している防食性能を向上させた塗料を用いた線ばねクリップにおいても, リアアーチ部から腐食が起因とされる折損が発生している。そこで, 線ばねクリップの断面観察による被覆状態を調査した。

5.1 断面観察方法

断面観察は, 図4に示す位置で切り出しマイクロスコブにより行った。なお, 対象とする供試体は腐食環境下で使用されているシェラダイズとした。

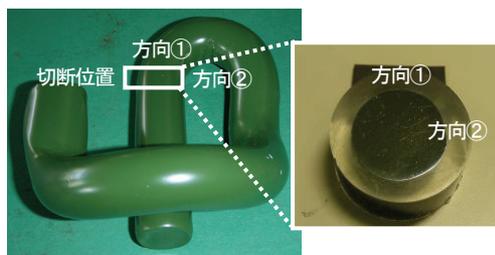


図4 断面観察位置

5.2 断面観察結果

図5に断面観察結果を示す。被覆は2層で構成されていることが分かる。方向①は安定した2層

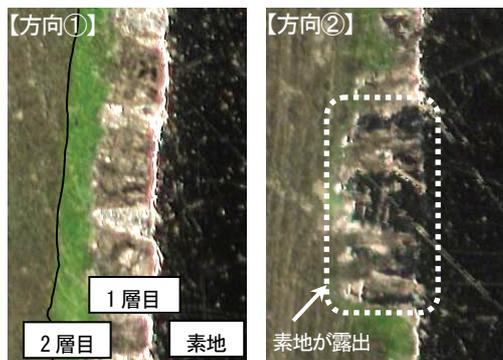


図5 断面観察結果

となっているが, 方向②は2層目がほとんどなく, 1層目についても付着状態にムラがあることが分かる。また,

方向②はリアアーチ部の内面側であり, 腐食環境下での折損位置と合致することから, 安定した被覆状態となっていないため, 腐食が進行しやすいものと推定される。このことは, 4.3 節で述べたようにリアアーチ部内側から腐食が確認されたこととも一致している。

6. 塗装種別による発生ひずみの検証

線ばねクリップのリアアーチ部は, レールに締結する際, 弾性域を超える大きいひずみが生じるため耐腐食性に優れた表面処理方法としても, 塗装表面の摩擦抵抗等によりさらに大きいひずみが発生した場合, 折損の原因となっている応力腐食割れを助長する恐れがある。そこで, 表面処理方法を変更した線ばねクリップを用いてリアアーチ部の発生ひずみについて検証した。

6.1 発生ひずみの測定方法

発生ひずみの測定はリアアーチ部内側にひずみゲージを貼付し, 締結時に通常使用されるパンプラーを使用した。供試体は, 一般塗装, 無塗装および4.3 節で耐久性が期待できるジオメットプロ®100 の3種類とした。

6.2 測定結果

図6に線ばねクリップの締結過程における発生ひずみの測定結果を示す。この結果, 一般塗装とジオメットプロ®100 では発生ひずみにほとんど差がなかった。また, 無塗装において大きいひ

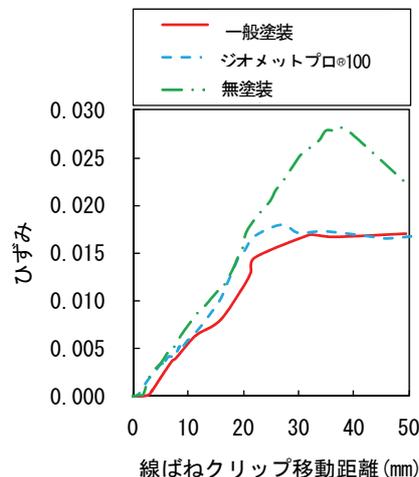


図6 発生ひずみ測定結果

ずみが生じていることより, 線ばねクリップの表面粗さが発生ひずみに影響を及ぼしていると推定される。

7. まとめ

- (1) 促進腐食試験により, ジオメットプロ®100 が最も長期の耐久性が期待でき, 次いでフォルテコートが期待できる。また, 線ばねクリップ締結後に補修塗料を塗布することで, 腐食の進行を低減できると考えられる。
- (2) リアアーチ部内側では皮膜厚さにばらつきがあることが, 早期腐食に至る要因と推定される。
- (3) 今回, 耐腐食性が期待できるジオメットプロ®100 を使用してもリアアーチ部の発生ひずみに変化がないことが分かった。

8. おわりに

実使用条件に則した状態で促進試験を行い, 防食性能が期待できる表面処理方法を提案することができ, その他折損要因となる事項についても検証することもできた。

最後に, 表面処理方法の提案を含むNOF メタルコーティングス株のご協力にお礼を申し上げる。