

イヤー用材料の耐食性向上策

電力技術研究部 集電管理
主任研究員 片山 信一

1. はじめに

架線・パンタグラフ系を構成するトロリ線、き電線、及びハンガイヤーを代表とする金具等の電車線路部材は、線区の状況によりさまざまな損傷を受けて、破損に至る事故が発生しており、発生に至る前の状態の損傷も多く認められている。その原因の多くは腐食によるものである。そこで、線区の環境に応じて寿命延伸を目指した耐食性材料の開発を目的とし、Ni 量を変化させたアルミニウム青銅を試作して塩害試験場における暴露試験を行い、イヤーを対象とした新材質電車線部材の耐食性を評価した。ここではその評価結果を基とした耐食性向上策について述べる。

2. 開発の経緯とイヤー損傷の事例

ハンガイヤーや曲線引金具等のイヤーの現用品の材質は、JIS H5120 のCAC702 (アルミニウム青銅铸件2種/旧 JIS H5114 のA1BC2) ¹⁾や JIS H3250 のC6161 (アルミニウム青銅棒) ²⁾が主として用いられている。この材料は耐食性が良好なため各分野において用いられている。しかし過去の詳しい調査 ^{3) 4)}から塩害地域においては、耐食性が良いとされる材料でも腐食が進行すること、材料中のNi 量が規格値の下限側のものが腐食が激しいこと等がわかっている。さらに架設場所がトンネルの出入り口付近のものが、寿命が短い。製造方法の違いによる損傷の状態としては、鍛造品に比べて铸件のほうが腐食して損傷しやすい。脱アルミニウム腐食によるイヤー損傷の事例を図1と図2に示す。2つの腐食の対策としてNi 量の調整を行うことにより耐食性の改善を図ることができることとされている。Ni 量の多いアルミニウム青銅として、JIS の規格品ではアルミニウム青銅铸件3種があり、JIS 規格外としてはアルミニウム青銅棒3種と4種がある。そこで、長寿命化を目的とする新材質イヤー用部材として今までの実績と製造効率性を踏まえて、アルミニウム青銅铸件2種とNi 量の多いアルミニウム青銅铸件3種をベースとしてNi 量を変化させ、変化した分を腐食しやすいとされるAl 量を調整して全体の成分を100%としたものを製造し、暴露試験を行って耐食性の評価 ⁵⁾を行った。



図1 腐食したイヤーの外観

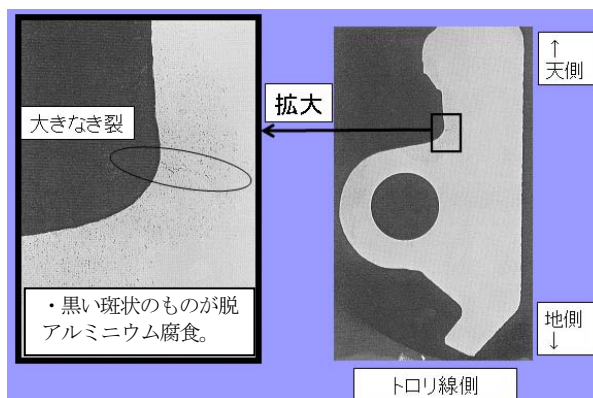


図2 腐食したイヤーの断面

3. 試験方法および試験結果

3.1 試験方法

試作した実験用部材は、新材質イヤ-用部材として現用品のアルミニウム青銅鑄物2種と前述したように Ni 量の多いアルミニウム青銅鑄物3種をベースとして Ni 量と Al 量を調整して製造した。また、トロリ線の耐食性を調べるため硬銅トロリ線相当の材料も同時に製造した。供試品の製造方法は、製造欠陥が少なく

表1 供試品の組成

No.	材料名	主要成分(質量%)				備考
		Cu	Al	Ni	その他	
I	純銅(硬銅トロリ線相当)	99.96	—	—	—	比較用基準
II	アルミニウム青銅鑄物2種(AIBC2)相当	残	9.0	1.6	Fe, Mn	2種中間
III	アルミニウム青銅鑄物2種(AIBC2)相当	残	8.1	2.8	Fe, Mn	2種、Ni多、Al少
IV	アルミニウム青銅鑄物3種(AIBC3)相当	残	9.3	4.5	Fe, Mn	3種中間
V	アルミニウム青銅鑄物3種(AIBC3)相当	残	10.4	3.1	Fe, Mn	3種Ni少、Al多
VI	アルミニウム青銅鑄物3種(AIBC3)相当	残	8.6	5.9	Fe, Mn	3種、Ni多、Al少

腐食しにくい鍛造とした。表1に供試品の組成を示す。暴露試験ではイヤ-材どうしでトロリ線部材を挟み込んだ小型試験片を製作して異種金属接触腐食の影響を評価することとした。また組み立てに用いるボルト・ナットもイヤ-に実際に用いられている材質と同じもの(JIS G4303のSUSXM7)とし、ボルト・ナットによる影響も評価した。図3に小型試験片の形状を示す。また、一般的な平板試験片も試験に供した。平板試験片は異種金属接触腐食試験片を組み立てないまま用いた。その他に、銅系のイヤ-用部材以外として、鉄(JIS G3101のSS400)と銅(GT110mm²)との組み合わせ、およびアルミニウム合金(JIS H4040のA5056)と銅との組み合わせについても異種金属接触腐食の比較評価のため6ヶ月の暴露試験を行った。図4に鉄道総研の勝木塩害試験場(新潟県岩船郡山北町)における暴露試験片の架設状況を示す。

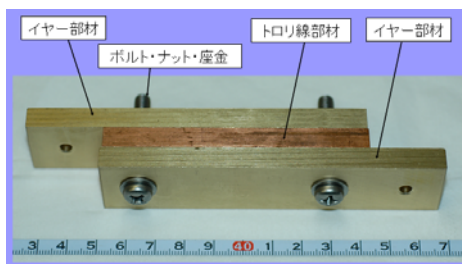


図3 小型試験片の形状

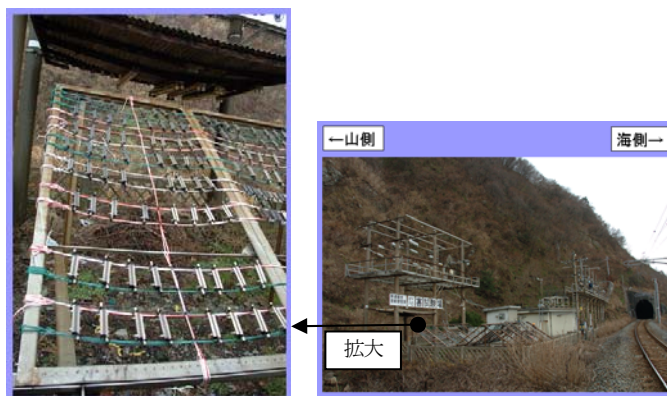


図4 勝木塩害試験場における暴露試験片の架設状況

3.2 比較品(鉄およびアルミニウム合金)の腐食状況

図5に6ヶ月間暴露した比較品の異種金属接触腐食試験片の外観を示す。鉄は全体が著しく腐食し、接触部は特に腐食が著しい。アルミニウム合金は全体が著しく腐食し、接触部は特に腐食が著しい。

3.3 供試品(イヤ-用部材)の腐食状況

表2に小型試験片(6ヶ月間暴露)の観察結果を示し、代表的な異種金属接触腐食調査結果を図6と図7に示す。6ヶ月間暴露後の外観状態と接触部断面状態に基づいて、成分を変化させた



(a) 鉄と銅の組み合わせ

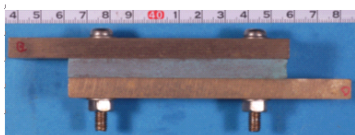


(b) アルミニウムと銅の組み合わせ

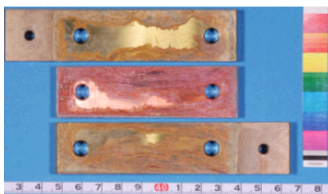
図5 6ヶ月間暴露した比較品の異種金属接触腐食試験片の外観

表2 小型試験片(6ヶ月暴露)の観察結果

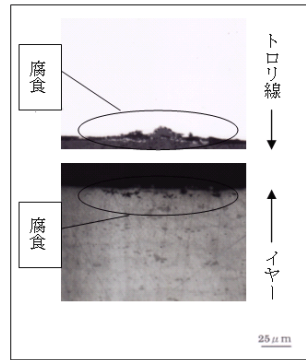
No.	外側	接触部	断面	ボルト・ナット
I	全体が青緑色の腐食に覆われている。	接触部は同じ材質の金属にもかかわらず赤色の腐食が認められる。	イヤー部材とトリ線部材ともに深い腐食は認められず、トリ線部材への腐食攻撃性はほとんど見受けられない。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。
II (図6)	外側はイヤー部材に黒みがかった黄土色の腐食が認められ、トリ線部材は青緑色の腐食に覆われている。	接触部はイヤー部材に茶色の腐食が認められ、トリ線部材に濃い赤色の腐食が認められる。	イヤー部材の腐食とトリ線部材の腐食が認められた。トリ線への腐食攻撃性が僅かに見受けられた。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。
III	イヤー部材に黒みがかった黄土色の腐食が認められ、トリ線部材は青緑色の腐食に覆われている。	イヤー部材に茶色の腐食が認められ、トリ線部材に濃い赤色の腐食が認められる。	イヤー部材とトリ線部材ともに深い腐食は認められず良好であり、トリ線部材への腐食攻撃性は見受けられない。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。
IV	イヤー部材に黒みがかった黄土色の腐食が認められ、トリ線部材は青緑色の腐食に覆われている。	イヤー部材に茶色の腐食が認められ、トリ線部材に濃い赤色の腐食が認められる。	イヤー部材の腐食とトリ線部材の腐食が認められた。トリ線部材への腐食攻撃性が僅かに見受けられた。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。
V	イヤー部材に黒みがかった黄土色の腐食が認められ、トリ線部材は青緑色の腐食に覆われている。	イヤー部材に茶色の腐食が認められ、トリ線部材に濃い赤色の腐食が認められる。	イヤー部材の大きな腐食とトリ線部材の部分的な腐食が認められた。イヤー部材の腐食のわりにはトリ線部材への腐食攻撃性は少ない。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。
VI (図7)	イヤー部材に黒みがかった黄土色の腐食が認められ、トリ線部材は青緑色の腐食に覆われている。	イヤー部材に茶色の腐食が認められ、トリ線部材に濃い赤色の腐食が認められる。	イヤー部材とトリ線部材ともに深い腐食は認められず良好であり、トリ線への腐食攻撃性は見受けられない。	ボルト・ナットの状態およびその周辺には、異常は認められない。



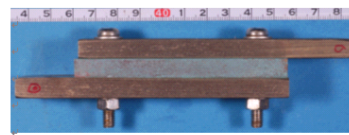
(a) 組み立て品外観



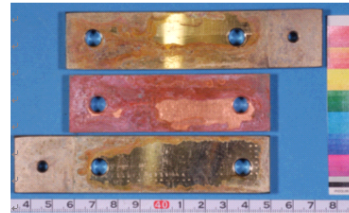
(b) 接触部外観



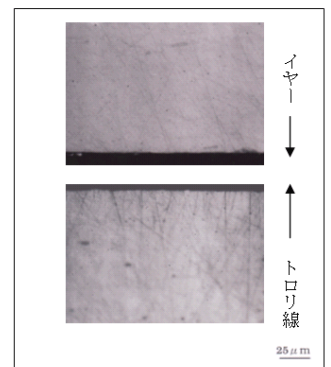
(c) 接触部断面



(a) 組み立て品外観



(b) 接触部外観



(c) 接触部断面

図6 小型試験片 (No. II) の異種金属接触腐食調査結果 図7 小型試験片 (No. VI) の異種金属接触腐食調査結果

アルミニウム青銅のうち、Al を低量化して高Ni 含有としたアルミニウム青銅2種類(試験片 No. VIと試験片 No. III) が良好であった。ただし、試験片 No. VIのイヤー材表面を細かく見ると試験片加工による表面状態が悪い部位において腐食の発生が認められた。これは加工時の影響と考えら

れる。

その他の評価試験として、一般的なアナログテスター（低圧電源による測定）と絶縁抵抗計（高圧電源による測定）を用いて各平板試験片表面の電気抵抗を測定し、腐食劣化の状態を評価した。図8と図9に暴露した試験片表面の電気抵抗測定結果を示す。テスターによる測定では、天側ではいずれも試験片 No. I に比べて抵抗は小さい。一方、絶縁抵抗計による測定では0MΩとなり、この腐食皮膜は薄いものと考えられる。地側においてはいずれも試験片 No. I に比べて抵抗は小さく、特に試験片 No. VIが小さい。天側と同様に絶縁抵抗計による測定では0MΩとなり、この腐食皮膜は薄いものと考えられる。

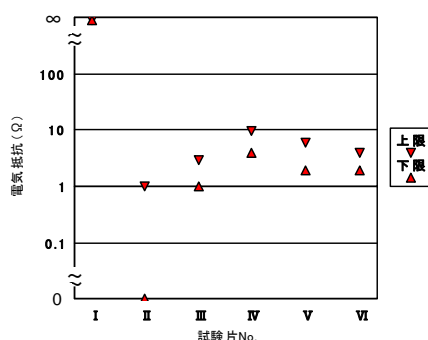


図8 暴露した試験片表面（天側）の電気抵抗測定結果

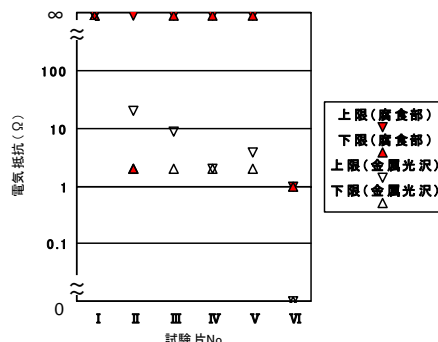


図9 暴露した試験片表面（地側）の電気抵抗測定結果

4. まとめ

試作した部材の暴露試験を塩害試験場において行った。試験片は単品の板材およびイヤ材どうしてトロリ線部材を挟み込んだ状態で異種金属接触腐食の影響を評価した。6ヶ月間暴露試験後の外観状態と接触部断面状態に基づいて、成分を変化させたアルミニウム青銅 (Cu-Al-Ni 系合金材料) のうち、Al を低量化して高Ni 含有としたアルミニウム青銅2種類 (試験片 No. VIと試験片 No. III) は耐食性が良好であった。一方、問題点として、単体試験片を用いた暴露試験を行った結果、試験片加工による表面状態が悪い部位において、腐食の発生が確認された。これらのことから、良好であったNo. IIIとNo. VIの組成を候補としてイヤを製造することにより、イヤ用材料の耐食性を向上することが可能であると考えられた。そこで、No. IIIとNo. VIの組成で製造したイヤを用いてハンガイヤーを製作し、実用可能性の検証を現在行っている (図10)。



図10 新材質イヤを用いて製作したハンガイヤーの暴露試験状況

文献

- 1) JIS H 5120、「銅及び銅合金鋳物」、1997
- 2) JIS H 3250、「銅及び銅合金棒」、1986
- 3) (社) 日本鉄道電気技術協会、架線金具脱アルミニウム腐食調査検討委員会報告書、2002. 3
- 4) 藤井保一、片山信一、石井順、武内一男、山本大弘：“アルミニウム青銅鋳物製曲線引金具の脱アルミニウム腐食の検討”、電気学会産業応用部門大会、2002. 8
- 5) 片山信一、臼木理倫：“Ni 量を変化したアルミニウム青銅の電車線部材適応性の検討”、電気学会交通・電気鉄道研究会、2007. 5