

防汚損がいしの開発

田中 大河* 加藤 直文 持塚 宏也 内田 健志 (東海旅客鉄道株式会社)

Development of pollution preventing insulator

Taiga Tanaka*, Naofumi Kato, Hiroya Mochizuka, Takeshi Uchida (Central Japan Railway Company)

For labor saving in maintenance, we have developed two types of pollution preventing insulators, which are insulator coated with room temperature vulcanizing silicone rubber and hybrid suspension type insulator composed of porcelain and high temperature vulcanizing silicone rubber. In this paper, we introduce about each of them and report result of performance evaluation.

キーワード：がいし、汚損、等価塩分付着密度、不溶性物質付着密度、トンネル、暴露試験

(Keyword : insulator, pollution, equivalent salt deposit density, non-soluble deposit density, tunnel, exposure test)

1. はじめに

がいしに求められる性能には、十分な機械的強度や絶縁性能、長期耐久性などが挙げられる。東海道新幹線では、がいしの絶縁性能を維持するため、塩害区間等に設置した磁器がいしにシリコンコンパウンドを塗布している⁽¹⁾。シリコンコンパウンドは、付着した汚損などを内部に取込む防汚損性や表面の低分子シリコンの疎水基が外側を向いていることによる撥水性などの特徴を有しており、塩害区間等の汚損環境下において優れた効果を発揮する⁽²⁾。一方で、シリコンコンパウンドの塗替え作業は夜間かつ高所で実施され、さらには、磁器がいし 1 つ 1 つに対して手作業で行われる。このように、現在の塩害区間等の磁器がいしの保全は、非常に大きな労力と費用がかかっている。

これらの課題に対して、磁器がいしへのシリコンコンパウンド塗布作業の廃止を目指し、防汚損性や撥水性に優れた 2 種類の防汚損がいしの開発を行った。今回は、開発した防汚損がいしの説明および各種試験結果についてまとめる。

2. 防汚損がいしの開発

防汚損がいしを開発するにあたり、通常の磁器がいしに要求される仕様の他、十分な防汚損性とより簡便なメンテナンス性を満たす仕様を目指した。開発した 2 種類の防汚損がいしは、コーティングがいしとハイブリッド懸垂がいしである。以下にそれぞれについてまとめる。

〈2・1〉 コーティングがいし

コーティングがいしを図 1 に示す。コーティングがいしは、磁器がいしの表面に RTV (Room Temperature Vulcanizing) シリコンゴムを塗布した防汚損がいしである。RTV シリコンゴムは、シリコンコンパウンドと同様の性質に加え、優れた耐候性やシリコンコンパウンドよりも長期的な使用が可能などの特徴を持つ。さらに、コーティングは様々な形状の磁器がいしに適用でき、磁器がいしの仕様を保証しつつ、防汚損性や撥水性の向上を実現できる。磁器がいしへのコーティングは、懸垂がいしの下面側および長幹がいしのひだ全面に施す仕様とした。



Fig.1. コーティングがいし
(右：懸垂がいしタイプ 左：長幹がいしタイプ)

〈2・2〉 ハイブリッド懸垂がいし

ハイブリッド懸垂がいしを図 2 に示す。ハイブリッド懸垂がいしは、芯材に磁器、外皮材に HTV (High Temperature Vulcanizing) シリコーンゴムを用いた防汚損がいしである。HTV シリコーンゴムの特徴は、高い撥水性や防汚損性、酸化アルミニウム三水和物の添加による耐アーク性の向上などである。また、芯材に磁器を用いることで、ポリマーがいしの芯材に用いられる FRP (Fiber Reinforced Plastics) に見られる脆性破壊の懸念を無くすることができる。

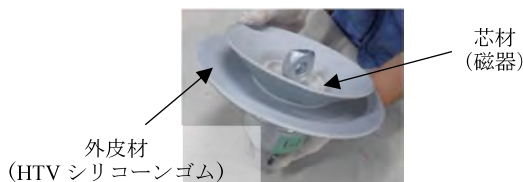


Fig.2. ハイブリッド懸垂がいし

3. トンネル内における無加圧暴露試験

鉄道環境下において、がいしは明かり区間 (屋外) だけでなく、トンネル内においても使用される。そこで、鉄道環境下への適用を目指し、トンネル内における防汚損がいしの無加圧暴露試験を実施した。架設状況は図 3 の通り、トンネルの壁面に架設した。



Fig.3. トンネル内無加圧暴露試験の架設状況
(左：トンネル坑口箇所 右：トンネル内部)

〈3・1〉 試験概要

本試験は、最大 20 ヶ月の架設期間において、塩害地区のトンネルにて試験を実施した。防汚損がいしは、トンネル坑

口 (トンネル入口から約 30m) およびトンネル内部 (トンネル入り口から約 1,470m) に架設した。なお、トンネル内部については漏水箇所を含む。がいしは 3, 5, 12, 20 ヶ月目に撤去を行い、ここでは 12 ヶ月目および 20 ヶ月目の撤去品に関する等価塩分付着密度 (以下 ESDD) および不溶性物質付着密度 (以下 NSDD) と霧中耐電圧試験の結果について報告する。ただし、20 ヶ月目に撤去したコーティングがいしは、本試験の前に同箇所において 19 ヶ月間のトンネル内無加圧暴露試験を実施しており、撤去後にがいしを清掃し、再架設した試験品である。

〈3・2〉 ESDD および NSDD

コーティングがいしおよびハイブリッド懸垂がいしの ESDD と NSDD の測定結果を表 1, 2 に示す。

ESDD の測定結果は、当該箇所における汚損区分の基準値 (0.25~0.5 mg/cm²) よりも低い値となった。また、ESDD は内部よりも坑口の方が高い値であった。これは、トンネル坑口の方が潮風などの影響を受けやすいためと考えられる。12 ヶ月目と 20 ヶ月目の測定結果を比較すると、すべての ESDD の測定結果が増加傾向ではないため、必ずしも経年によって ESDD が高くなるわけではないことが確認できた。

Table 1. ESDD 測定結果 [mg/cm²]

がいし 種別	坑口		内部	
	12 ヶ月	20 ヶ月	12 ヶ月	20 ヶ月
コーティング がいし	0.088	0.100	0.044	0.016
ハイブリッド 懸垂がいし	0.080	0.100	0.030	0.020

NSDD の測定結果は、一般的な送電線用がいしの設計値 (0.1 mg/cm²) を大きく上回った。これは、トンネル内では雨洗効果が機能しないことや、漏水による影響が考えられる。一方で、3.3 項で説明する霧中耐電圧試験の結果から、電気的には良好であることが確認できており、2 年程度の使用については問題ないと推定される。ただし、長期的に加圧した際に、不溶性の汚損部にトラッキングが発生する可能性があるため、加圧試験時に確認する必要がある。

Table 2. NSDD 測定結果 [mg/cm²]

がいし 種別	坑口		内部	
	12ヶ月	20ヶ月	12ヶ月	20ヶ月
コーティング がいし	1.300	0.595	0.922	0.260
ハイブリッド 懸垂がいし	0.650	0.720	0.530	0.550

〈3・3〉 霧中耐電圧試験

霧中耐電圧試験の状況を図 4 に示す。霧中耐電圧試験は、視認できないほどの人工霧（蒸気）を充満させた環境下において、がいしに商用周波電圧を印加する試験である。今回は、30 kV の加圧箇所がいしを 5 個連で設置することを想定し、6 kV/個を基準耐電圧として試験を実施した。また、最高印加電圧は基準耐電圧値の 3 倍にあたる 18 kV/個とし、印加時間は 20 分間とした。また、試験中における各がいしの漏れ電流の測定も実施した。

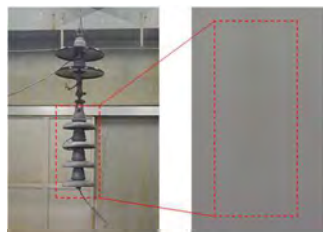


Fig. 4. 霧中耐電圧試験の状況 (左：試験状況 右：霧注時)

すべての撤去品に 18 kV/個で電圧を印加しても閃絡がなかったことから、最大耐電圧値 (kV/個) は、18 kV/個以上であると考えられる。また、表 3 に示す通り、基準耐電圧印加時における漏れ電流値の最大値 (mA) は 1 mA 程度であり、長期架設後においても十分な絶縁性能を有していた。以上より、コーティングがいしとハイブリッド懸垂がいしは、無加圧時において、鉄道環境下であるトンネルでも十分な対汚損性と絶縁性能を維持できることが確認できた。

Table 3. 漏れ電流最大値 [mA]

がいし 種別	坑口		内部	
	12ヶ月	20ヶ月	12ヶ月	20ヶ月
コーティング がいし	0.59	0.45	0.52	0.58
ハイブリッド 懸垂がいし	1.00	1.08	0.91	1.33

4. 勝木塩害実験所における加圧暴露試験

コーティングがいしおよびハイブリッド懸垂がいしのさらなる評価のため、公益財団法人鉄道総合技術研究所の勝木塩害実験所（新潟県村上市）にて、加圧時の暴露試験を実施した。加圧暴露試験台の状況を図 5 に示す。勝木塩害実験所は日本海海岸のすぐそばに位置し、冬季は日本海側からの季節風と波しぶきを恒常的に受けるため、非常に厳しい汚損環境下にある。また、当該箇所の絶縁設計上の汚損区分では特殊地区に該当⁽³⁾し、東海道新幹線の沿線よりも汚損が厳しい環境下に当たる。

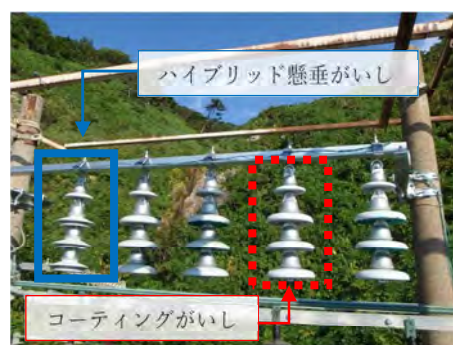


Fig. 5 加圧暴露試験の状況

〈4・1〉 試験概要

試験は、シリコンコンパウンドの塗替え作業が 2 年ごとの実施であることから、2 年間実施した。当実験所の加圧暴露試験台の印加電圧は 20 kV であるため、30 kV の加圧箇所がいしを 5 個連で設置することを想定して 3 個連の架設とした。

〈4・2〉 瞬間最大漏れ電流測定

測定した瞬間最大漏れ電流値の変化を図 6 に示す。測定は 2018 年 10 月から 2020 年 10 月まで実施した。今回の試験箇所は冬季に塩害の影響を大きく受けるため、冬に絶縁性能が下がると想定される。実際の測定結果から、冬季（12 月ころから 3 月末まで）に漏れ電流値が大きくなっており、その実態を反映している。また、試験期間において、各種がいしの閃絡はなく、電気性能を十分維持できることが確認できた。

試験期間における各種がいしの瞬間最大漏れ電流値の最大値を表 4 に示す。瞬間最大漏れ電流値の測定結果から、各種がいしの絶縁性能は、コーティングがいし、ハイブリッド懸垂がいし、シリコンコンパウンド塗布がいしの順に強いことが確認できた。今回、撤去品試験を実施した試験環境下

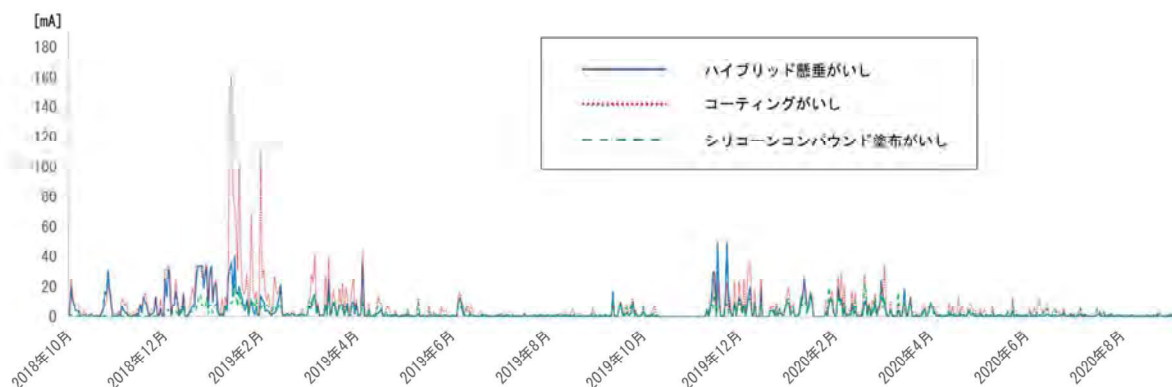


Fig.6. 各種がいしの瞬間最大漏れ電流値 [mA]

において、磁器がいしが閃絡に至らない最大漏れ電流値は 340 mA 以上である。この値と比較し、撤去したコーティングがいしの漏れ電流値は、閃絡に至る際の漏れ電流値よりも 2 倍以上の余裕があり、電氣的性能に問題がないことが分かった。

Table 4. 瞬間最大漏れ電流値の最大値 [mA]

がいし種別	瞬間最大漏れ電流値の最大値 [mA]
コーティングがいし	160.5
ハイブリッド懸垂がいし	50.15
シリコンコンパウンド塗布がいし	21.80

(4・3) 霧中耐電圧試験

加圧暴露後に撤去した各種がいしの霧中耐電圧試験の結果を表 5 に示す。本試験における基準耐電圧および最高印加電圧は、3・3 項と同様に、それぞれ 6 kV/個と 18 kV/個とした。

試験結果より、ハイブリッド懸垂がいしおよびシリコンコンパウンド塗布がいしの耐電圧は最高印加電圧より大きく、コーティングがいしは、基準耐電圧の約 2.7 倍の耐電圧値であった。この耐電圧値の差は、各がいしの撥水性の差によるものと推測され、実際の撤去品試験において、コーティングがいしの撥水性はシリコンコンパウンド塗布がいしよりも若干劣っていた。また、基準耐電圧加圧時の最大漏れ電流は、コーティングがいしおよびシリコンコンパウンド塗布がいしが同程度であった。以上より、特殊地区における加圧暴露試験においても、十分な防汚損性と電気性能を有していることが確認できた。

Table 5. 最大耐電圧値[kV/個]と

規定電圧加圧時の最大漏れ電流値 [mA]

がいし種別	最大耐電圧 [kV/個]	基準耐電圧 (6 kV/個) 加圧時の最大漏れ電流値 [mA]
コーティングがいし	16.2	6.23
ハイブリッド懸垂がいし	18.0 以上	3.00
シリコンコンパウンド塗布がいし	18.0 以上	6.24

5. まとめ

東海道新幹線沿線の塩害地区等における磁器がいしの省メンテナンス化を目指し、2 種類の防汚損がいしを開発した。開発品の性能を確認するため、トンネル内における無加圧暴露試験および勝木塩害実験所における加圧暴露試験を実施し、十分な耐汚損性と電気性能が確認できた。また、シリコンコンパウンド塗布がいしから置き換えることで省メンテナンス化による労力と費用の削減も期待できる。

今後は実導入に向け、東海道新幹線の本線にて加圧暴露試験を実施する。引き続き、開発した防汚損がいしの鉄道環境下への適用に向けた検討を行い、磁器がいしの省メンテナンス化を目指す。

文 献

- (1) 電車線工業協会：電車線技術進展のあゆみ，電車線工業協会，1996
- (2) 日本鉄道電気技術協会：鉄道技術者のための電気概論 電車線シリーズ 4 き電線・掃線路・がいし，日本鉄道電気技術協会，2016
- (3) 電気協同研究会：配電設備の塩害対策，電気協同研究，第 20 巻，第 1 号，1964