

鋼管構造物の鋼管内面に適用可能な新しい防食技術

A New Anti-corrosion Technology for Applying Its Inner Surface to Steel Pipe Structure

日塗化学株式会社
技術部 樹脂技術グループ
NITTO CHEMICAL CO., LTD.
Technical Department
Resin Research & Development Group



木村 忠
Tadashi KIMURA



井手 誠
Makoto IDE

要 旨

架空送電用鋼管鉄塔などの鋼管構造物の防食技術については、鋼管内外面を亜鉛めっき処理した後、鋼管外面へ長期耐久性を有する塗料を施すことが一般的である。しかし、長期間にわたり自然と対峙した結果、鋼管内面については、亜鉛めっき処理が不十分な部分を中心に、鋼管の腐食が顕在化している。

本報では、防食＝塗装という発想から脱却した、鋼管構造物の鋼管内面に適用可能な新しい防食技術について報告する。

Abstract

It accepted theory that to coat an anti-corrosion paint with a durability of a long term a steel pipe structure with anti-corrosion technology as overhead transmission line by pylon base, etc. after both external and internal surfaces treatment of galvanizing steel. Under the environment for a long term, however it become obviously corrosion inside a steel pipe such as based on its insufficient spot.

In this report, to provide a new anti-corrosion technology for applying its inner surface to steel pipe structure departure from thinking the same anti-corrosion with coating.

1. はじめに

日本の高度経済成長期(昭和40年代後半までの約18年)に建設された架空送電用鋼管鉄塔は、鋼管のめっき技術が確立されていなかったことから、鋼管の継ぎ目から腐食因子である水分・酸素が長期的に侵入し、鋼管内面のめっき処理が不十分な部分を中心に鋼管内部の腐食が顕在化しており、部材取り替えや鉄塔建て替えなどの高額な改修工事が必要となっている。

この鋼管内面の腐食の進行を防止する技術として、定期的に鋼管内面を塗装する技術や、鋼管内部にモルタルを充填する技術(以下、モルタル充填工法)が検討・提案されている。しかし、鋼管内面の塗装については、鋼管内面のブラスト処理、塗料の膜厚管理、塗装後の定期点検の手間他、鋼管内部に対し、腐食因子である水分・酸素の侵入を完全に遮断できないという問題がある。

また、モルタル充填工法については、鋼管内部に対

し、腐食因子である水分・酸素の供給を完全に遮断できるが、モルタルの重量により、鋼管構造物および基礎の強度に影響を与えるため、適用範囲が限定されるという問題点があり、これらの代替技術の早期確立が急務となっている。

2. 鋼管内面に適用可能な新しい防食技術 — 発泡ウレタン充填工法 —

鋼管内面の腐食の進行を防止するには、鋼管内部に対し、腐食因子である水分・酸素の侵入を遮断することが有効であり、モルタル充填工法の利点をヒントに、充填材料として発泡ウレタンに着目した。モルタルより数十分の1と軽量な発泡ウレタンであれば、鋼管構造物および基礎の強度への影響は極僅かであり、かつ鋼管内部に対し、腐食因子である水分・酸素の侵入を完全に遮断できると考えた(図1参照)。

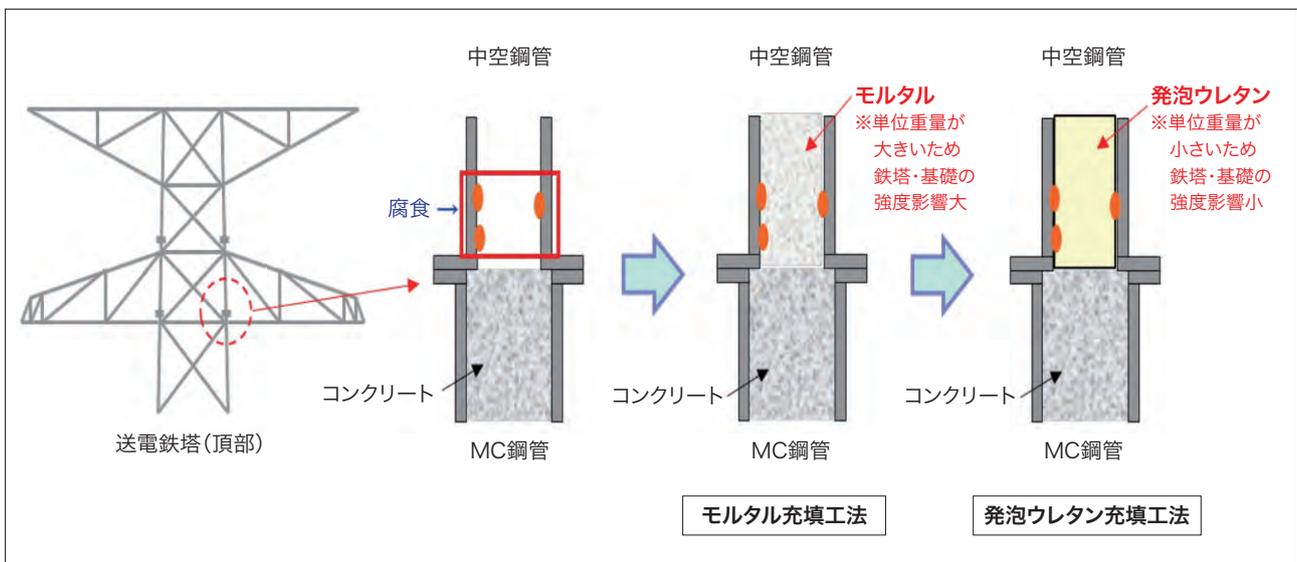


図1 送電鉄塔を想定したモルタル充填工法と発泡ウレタン充填工法のイメージ図

3. 発泡ウレタン充填工法用 発泡ウレタンについて

3.1 発泡ウレタンとは

分子中にイソシアネート基(-NCO)を2個以上有するイソシアネートと、水酸基(-OH)を2個以上有するポリオールを、触媒・発泡剤などと一緒に反応して得られる均一なプラスチック発泡体で、一般的に「硬質ポリウレタンフォーム」と「軟質ポリウレタンフォーム」の2種に大別される。

その内、硬質ポリウレタンフォームは、見かけは小さな固体の泡(セル)の集合体で、この固体の泡は一つ一つが独立した気泡になっており、この中に気体(二酸化炭素)が封じ込められている。従って、鋼管内部に対し、腐食因子である水分・酸素の侵入を長期にわたって遮断することができる(図2参照)。

また、施工現場での発泡が可能で、接着剤を使わなくとも、金属・木材・コンクリートなどの対象物(ここでは鋼管)に直接発泡することにより、対象物と強く接着した充填物を得ることができ、かつモルタルの数十分の1の重量であることから、鋼管内部の充填に適した材料である。

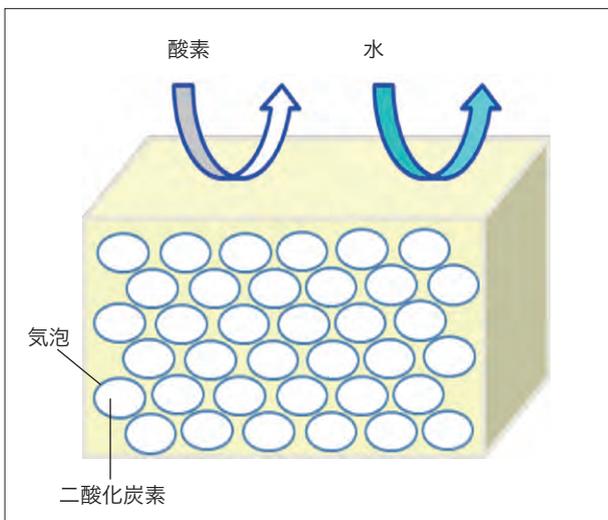


図2 硬質ポリウレタンフォームのイメージ図

3.2 求められる性能について

発泡ウレタンに求められる性能として、表1に示す。

表1 発泡ウレタンに求められる性能

求められる性能	内容
密着性	鋼管と発泡ウレタンが密着していること、または収縮により密着性を損なわないこと。
遮水性	発泡ウレタン内部を水および水蒸気が通過しないこと、もしくは鋼管内部のさびが発生しないこと。
曲げ耐力性	鋼管に発生する曲げから作用する力により、発泡ウレタンがはく離しないこと。
温度特性	施工時の外気温の変化に対し、発泡ウレタンの発泡状態が大きく変化しないこと。

また、発泡ウレタンの耐久性の指標として、本工法における発泡ウレタンの経年劣化の主要因が温度であると定義し、アレニウスの式より導き出される、使用環境の温度が10°C下がると寿命は2倍に伸びるという「10°C 2倍則」を用いた。

試験環境は湿熱老化試験として70°C×95%RHを設定、20°Cと比較した場合、上記アレニウスの式によると70°Cでは、32倍の促進倍率となり、試験350日では経年約31年と予測できる。なお、本試験条件は、温度に加え、湿度が環境変数として与えられるため、より厳しい試験条件であると考えられる。

密着性や遮水性を含む発泡ウレタンの耐久性に関しては、鋼管内部に発泡ウレタンを充填後、長期にわたって性能を維持する必要があることから、複数の促進耐久試験を実施し(表2参照)、試験後の発泡ウレタンの収縮の有無、鋼管内面の腐食進行の有無、鋼管と発泡ウレタンとの密着性、発泡ウレタンの圧縮強さ、発泡ウレタンの水蒸気透過率を測定し、発泡ウレタンの耐久性を評価した。

なお、各試験の結果を補完するため、2015年より、沖縄県名護市沿岸部にて、屋外暴露試験を実施している。

表2 各促進耐久試験

試験名	試験条件	備考
湿熱老化試験	70°C/95%RH	日本ケミカル協会などで使用されている試験 試験条件350日:30年劣化相当
複合腐食 サイクル試験 JASO準拠	35°C SST×2hr → 60°C/30% RH×4hr → 50°C/95% RH×2hr	日本自動車技術会統一規格 試験条件 1,000サイクル: 61年(東京)、22年(沖縄海岸)

3.3 性能評価結果

3.3.1 試料

試験に用いる発泡ウレタンは、本工法専用として新たに開発した、発泡ウレタン充填工法用発泡ウレタンシステム「ニットレジン®TNP-100HG2/TNI-133」を用いた。

3.3.2 試験体作製

湿熱老化試験:鋼管サイズφ114mm×250mm内面をISO Sa2 ½ 相当のブラスト処理

複合腐食サイクル試験:鋼管サイズφ114mm×200mm内面が既に腐食している鋼管(ブラスト無し)

屋外暴露試験:鋼管サイズφ114mm×2,000mm

- ①鋼管外面を東京電力パワーグリッド(株)殿送電鉄塔塗装仕様準拠にて塗装(下塗り)を行う。
- ②鋼管内面に各試験後のさびの進行を確認するため、湿熱老化試験用は油性マジックで約3cm×6cmの長方形をマッピング(試験体の上部および下部)、その部分を内視鏡にて撮影、複合腐食サイクル試験用は内視鏡でさびている部分を撮影(図3参照)。
- ③鋼管内部へ発泡ウレタンを注入。
- ④鋼管外面を東京電力パワーグリッド(株)殿送電鉄塔塗装仕様準拠にて塗装(上塗り)を行い、試験体とした。

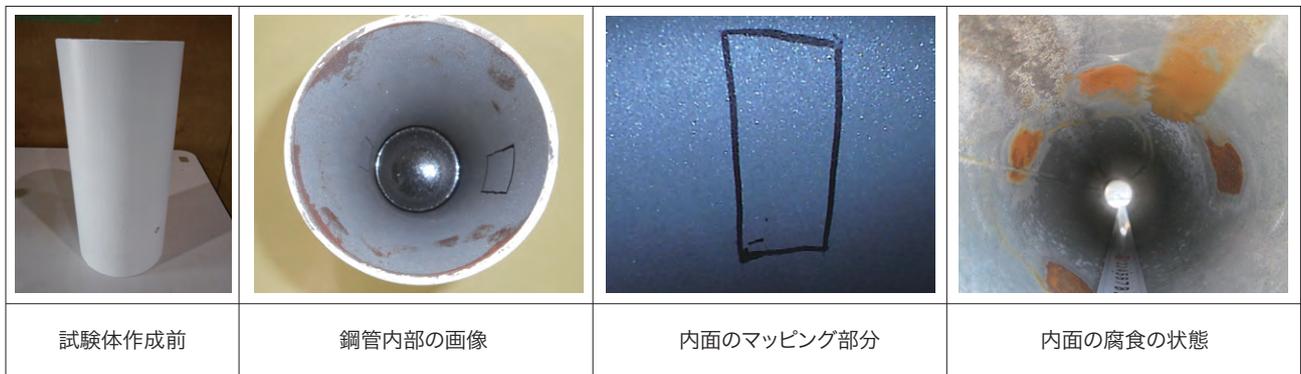


図3 鋼管内部のマッピング方法と内部の腐食の状態

3.3.3 湿熱老化試験

湿熱老化試験350日の結果は、発泡ウレタンの劣化(収縮)もなく、鋼管との密着性も良好であり、また、遮水性の低下も見られず(表3参照)、鋼管内面の腐食の進行は無かった(図4参照)。

表3 湿熱老化試験結果

試験日数	収縮の有無	さびの進行	密着性 kgf/cm ²	圧縮強さ N/cm ²	水蒸気透過度 ng/(m ² ・s・Pa)
30	良	無	5.5	38	158
120	良	無	4.6	44	157
250	良	無	3.9	49	174
350	良	無	3.8	40	180

収縮の有無: 収縮が無い「良」、収縮が有る「悪」

さびの進行: さびの進行は無い「無」、さびの進行がある「有」

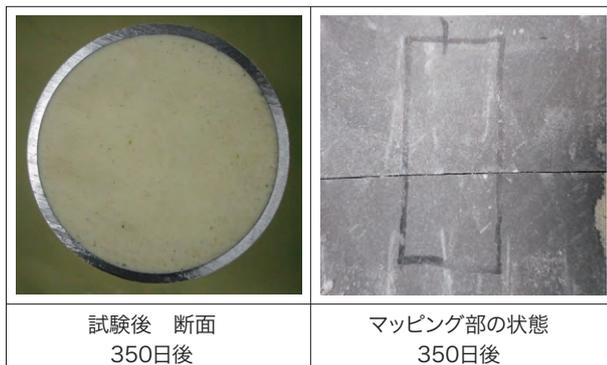


図4 試験後の内部の腐食の状態

3.3.4 複合腐食サイクル試験

複合腐食サイクル試験1,000サイクルの結果は、発泡ウレタンの劣化(収縮)もなく、鋼管との密着性も良好であり、また、遮水性の低下も見られず(表4参照)、鋼管内面の腐食の進行は無かった(図5参照)。

表4 複合腐食サイクル試験結果

サイクル数	収縮の有無	さびの進行	密着性 kgf/cm ²	圧縮強さ N/cm ²	水蒸気透過度 ng/(m ² ・s・Pa)
250	良	無	4.1	42	161
350	良	無	3.5	45	142
600	良	無	3.7	38	139
1,000	良	無	4.4	40	164

収縮の有無: 収縮が無い「良」、収縮が有る「悪」

さびの進行: さびの進行は無い「無」、さびの進行がある「有」

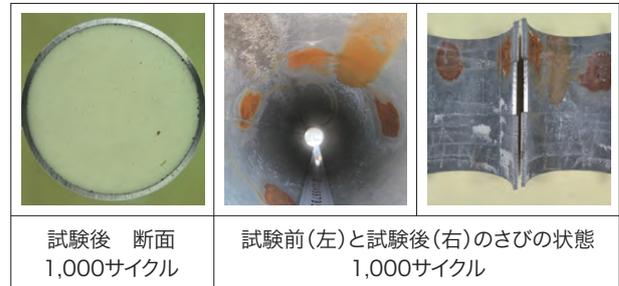


図5 試験後の内部の腐食の状態

以上の結果から、今回、新たに発泡ウレタン充填工法用に開発した発泡ウレタンは、長期耐久性を有していることが明らかとなった。

また、沖縄沿岸部に屋外暴露した試験体について、3年目の経時変化を確認したが、発泡ウレタンの劣化(収縮)もなく、鋼管との密着性も良好であり、遮水性の低下も見られず、鋼管内面の腐食の進行は無かった。

4. 発泡ウレタン充填工法の施工方法

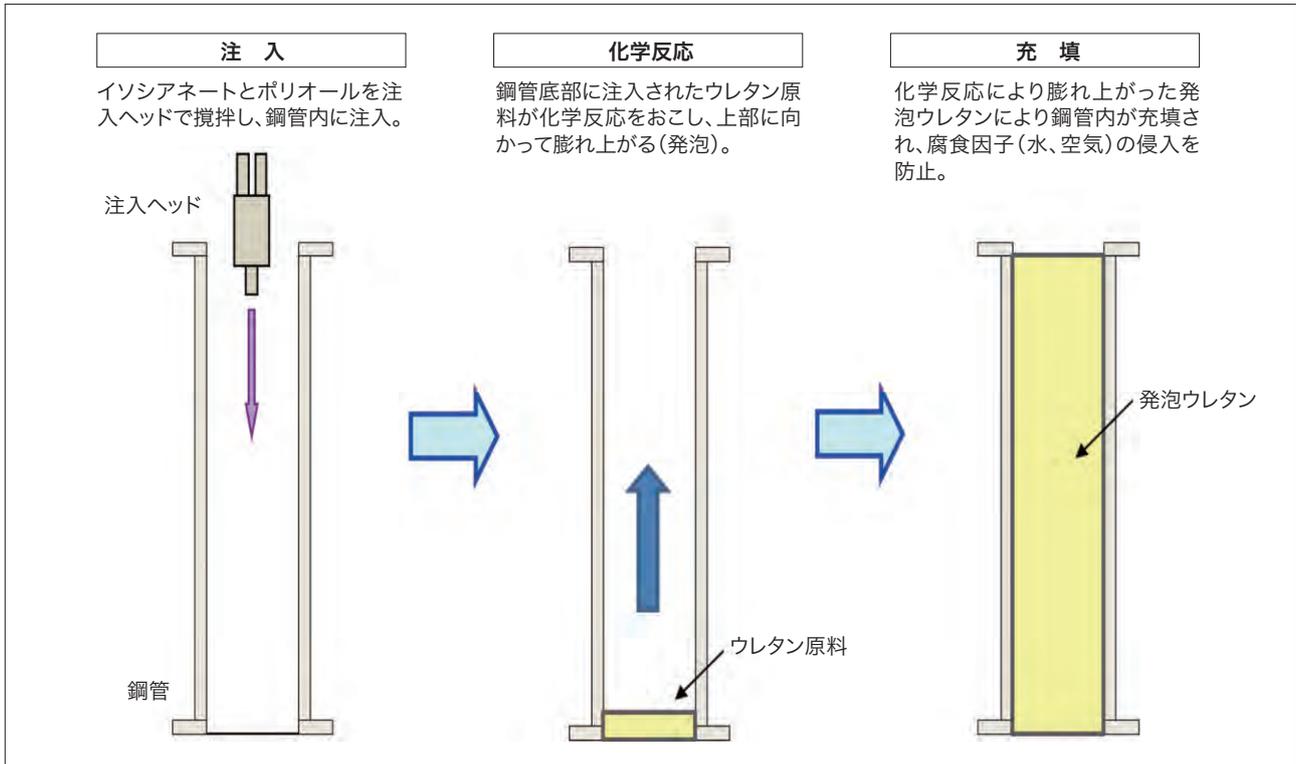


図6 発泡ウレタン充填工法の施工方法

鋼管内部への発泡ウレタンの注入には、本工法用に設計された専用の注入機を用いる。注入機から発泡ウレタンの原料であるイソシアネートとポリオールが送液され、注入ヘッドと呼ばれる専用の混合装置で均一に混合・攪拌された後、鋼管内部に注入される。

その後、鋼管内部で化学反応が始まり、数十秒間で数十倍に膨れ上がり、均一な発泡ウレタンを形成、鋼管内部は発泡ウレタンで充填される(図6参照)。

5. 架空送電用鉄塔への適用と施工実績

実鋼管構造物への適用については、既に架空送電用鉄塔の鋼管内面の腐食進行防止対策として、2017年までに鉄塔3基の対策工事实施状況(写真1)があ

り、施工方法や品質など、特に問題なく、現場適用可能であることを確認している。なお、本工法は、送電を停止することなく実施することができるというメリットもあり、今後も対策工事が計画されている。



写真1 対策工事实施状況

6. まとめ

鋼管構造物の鋼管内面に適用可能な新しい防食技術(鋼管内部の腐食進行防止)として、モルタルより十分軽量の発泡ウレタン充填工法を開発し、実際に現場適用可能であることが確認できた。鋼管外面については、架空送電用鉄塔用に実績のある日塗化学製「NBコート3000GWT/フロン503HB」を塗装することで、長期に渡り鋼管構造物をさびから護ることが可能である。

謝 辞

東京電力パワーグリッド株式会社、株式会社TLC、日本キャノン株式会社、株式会社スカイテック、ヨシハタ工業株式会社の共同開発各社の他、開発の趣旨を理解し、快く協力して頂いた全ての関係者に、感謝の意を表す。

特別な謝辞

発泡ウレタン充填工法の開発にあたり、「本工法を東京電力のためではなく、東京電力が電力を供給している全ての人々のために本工法の開発に取り組んで欲しい」との言葉を頂いた、東京電力パワーグリッド 田口修二氏に、深謝の意を表す。

特許出願状況

本取組の特許出願を以下に記す。

- 1) 鋼管構造物の腐食進行防止方法(特開2015-132110)

参考文献

- 1) 電気情報社:電気現場, 11月(2016)
- 2) 日本鉄塔協会:鉄塔, 126(2017)