

VI-2

白鳥大橋ハンガーロープの防食施工

新日鐵・神鋼JV	正会員	本間 徹
北海道開発局	正会員	渋谷 元
同上		山地健次
同上	正会員	高田 敦
同上		後藤浩之

1. はじめに

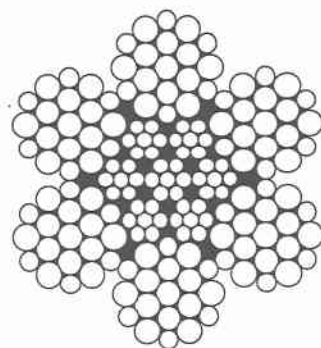
白鳥大橋は、室蘭港口を跨ぐ橋長1380m、中央径間720mの3径間2ヒンジ吊橋で、関東以北最大の吊橋である。補剛桁を吊るハンガーロープは、補剛桁自重や交通荷重等を主ケーブルに伝達する重要な部材であり、吊橋を健全に維持するために、その防食は極めて重要である。

ここでは、強風・寒冷地に初めて建設されている白鳥大橋で実施したハンガーロープ防食の現場施工に関する特徴的な内容を報告する。

2. ハンガーロープの防食構造

ハンガーロープの防食は、大きく3段階に亘って施工される。その第一は、ワイヤ自身に亜鉛メッキ(150~270g/m²以上)を施していること。第二は、燃り上がったロープに対し、現地防食施工までの間の防錆処理として常乾型エポキシエステル樹脂プライマーを工場塗装していること。第三は、工事完了後の長期防食を目的としたロープ表面の重防食塗装であり、補剛桁架設完了後、現場施工される。

ハンガーロープは、その構造上、鋼板等 비해伸縮量が大きいことに加え、凸凹かつロープ軸に対し角度を持った素線表面への防食被覆のため、ロープの伸縮量と素線の伸縮量は必ずしも一致しないため、ロープの伸縮に対し防食層が一様に追従することが難しい。さらに、一般に難しいとされる亜鉛メッキ面への塗装のため、塗料と亜鉛メッキ面との



直径φ44mm

図-1 ハンガーロープ断面図

表-1 ハンガーロープ塗装仕様

塗装種別	工程	塗料種別	塗布量 g/m ²	乾燥膜厚 μm
自動塗装 (浸漬塗装)	素地調整	ケレンブラシ等による表面の 汚れの除去	---	---
	下塗り	柔軟型エポキシ樹脂塗料下塗	1000	150
	上塗り	柔軟型ふっ素樹脂塗料上塗	550	45
刷毛塗り	素地調整	ワイヤブラシ等による表面の 汚れの除去	---	---
	下塗り	柔軟型エポキシ樹脂塗料下塗	180	40
	中塗り1層	柔軟型エポキシ樹脂塗料中塗	300	65
	中塗り2層	柔軟型エポキシ樹脂塗料中塗	300	65
	上塗り	柔軟型ふっ素樹脂塗料上塗	120	25

これらの条件を満たす塗料として、主ケーブルの防食被覆と同じ亜鉛メッキ用柔軟型ふっ素樹脂塗装系を採用した。この塗装系は、亜鉛との密着性ならびに環境遮断性に優れる柔軟型エポキシ樹脂塗料と耐候性に優れる柔軟型ふっ素樹脂塗料で構成される(表-1)。

Corrosion Protection of Hanger-Rope for Hakucho-Ohashi

by Toru HOMMA, Hajime SHIBUYA, Kenji YAMACHI, Atsushi TAKADA, Hiroyuki GOTOU

3. 施工概要

図-2にハンガーロープ防食施工区分を示す。

3. 1 バンド鞍掛け部～ハンガーランプ

バンド鞍掛け部からハンガーランプ間は、塗装機械を使った浸漬塗装が不可能なため、キャットウォーク（ケーブル架設用足場）上で刷毛塗りにて塗装した。

3. 2 ロープ直線部

ハンガーランプから補剛桁上のロープは、鉛直かつロープ間隔が一定のため、キャットウォーク撤去後、昇降速度が一定になるように制御したゴンドラに塗装機を組み込んだ特殊な機械（以下、自動塗装機という）によって、浸漬塗装した。

3. 3 補剛桁内

当該箇所の防食を塗装とした場合、密閉された空間のため、大規模な換気設備が必要になることに加え、施工箇所が狭くロープの裏側の施工が困難となる。このため、塗装に比べ短期施工が可能なペトロラタム系の防錆テープをロープに巻付け、被覆した。

4. ハンガーロープの自動塗装

4. 1 自動塗装の特徴

本工法は、浸漬塗装機をハンガーロープに取付け、この塗装機を一定の速度で降下させることによりロープを塗装するものである。その特徴ならびに塗装機概念図を以下に示す。

- (1) ワイヤ溝の中まで隙間無く塗装されるとともに均一な塗膜が形成される。
- (2) 厚膜塗装が可能のため、塗り回数を少なく出来る。（刷毛塗り：4回、自動塗装2回）→工期短縮
- (3) 塗料の飛散が少ない。
- (4) 作業員の技量による品質の差がない。

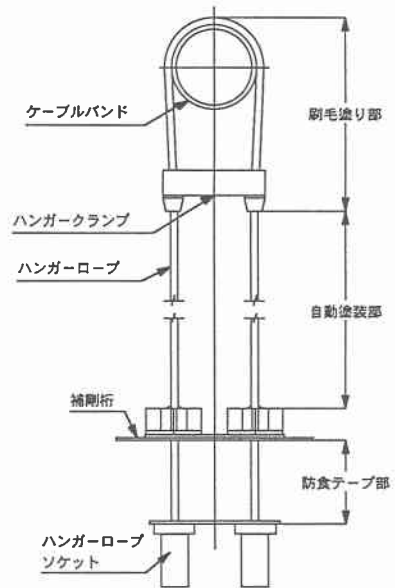


図-2 ハンガーロープ防食区分図

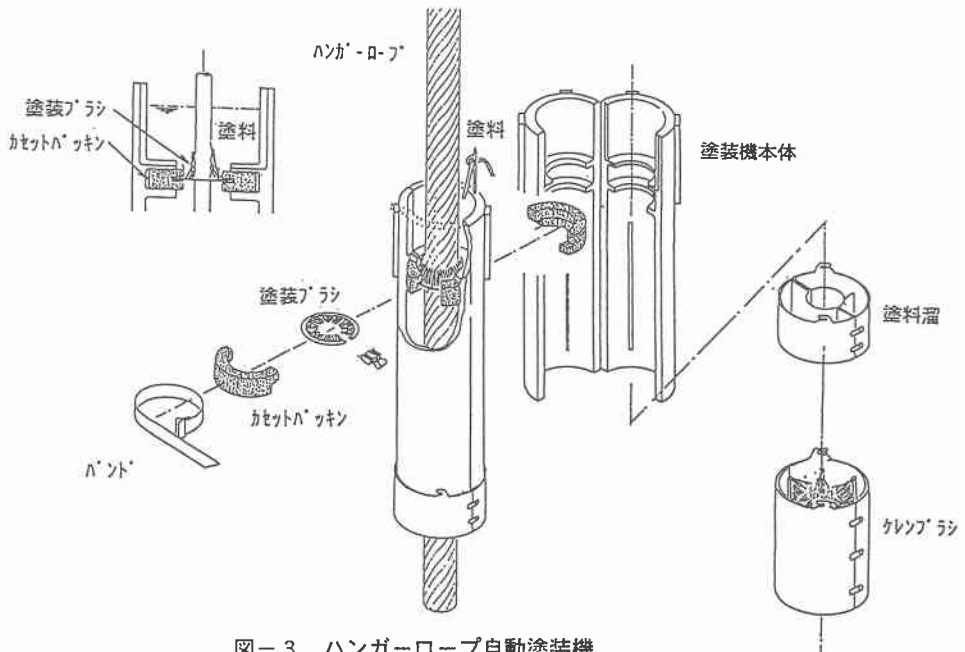


図-3 ハンガーロープ自動塗装機

4. 2 試験施工および施工管理基準

1) 素地調整

ハンガーロープ架設後、塗装まで約2年が経過し、工場煤煙が原因と推定される粉塵の付着が認められた。このため、施工に先立ち、以下の3ケースについて素地調整を行い、その清掃程度を確認した。

なお、付着した粉塵についてX線解析し、粉塵中に塩素や硫酸イオンが無いことが確認出来たため、素地調整のレベルは粉塵の除去・清掃程度でよいと判断した。

A：専用のケレンブラシをハンガーロープに装着、下部から上部に移動し、粉塵・汚れを除去する。

B：A+ワイヤブラシ（手作業）

C：A+シンナー拭き

清掃程度としては、A、B共にあまり差異は認められなかった。Cのシンナー拭きは白手袋による汚れの確認では比較的にきれいであるが、A、Bとともにあまり差はないと見られた。したがって、塗装に対する下地処理としては、従来から本四等で採用されているAの専用ブラシによるケレンで十分と判断出来たため、実施もこの方式で実施した。

2) 塗膜厚の管理

ハンガーロープは、亜鉛メッキを施している上、約2mmの素線の集合体であるため、塗膜厚を正確に測定することは非常に困難である。自動塗装の場合、塗料の浸漬時間を一定に保ち施工されるため、技量による塗膜厚の差はなく、塗料の使用量が塗膜厚を反映させる指標となる。このため、従来は塗料の使用量によって塗装管理しており、本橋でも同様の手法で管理することにした。

なお、塗料の使用量ならびに膜厚は、施工時の塗料粘度と密接な関係にあり、塗料粘度が低ければ塗膜に流れが生じやすく、使用量が少なくなるとともに塗膜厚も薄くなって防錆効果や隠ぺい力が不足する。逆に、塗料粘度が高い場合、凹凸の大きい面では、塗膜厚が均一になり難しく、厚くなりすぎた部分は、表面乾燥を起こし、しわやちぢみが生じる。以上の粘度管理の必要性に加え、白鳥大橋では、新しい塗装系の採用、低温時の施工、施工箇所が強風地域であることから、従来の管理データを使用することが出来ない。したがって、以下に述べる試験塗装を施工前に行い、管理基準を決定した。

(1) 試験塗装ならびに施工管理基準の決定

塗料の粘度と塗膜厚・使用量の関係を把握し、実施に反映させるために試験塗装を塗料会社工場ならびに現場で塗装開始前に実施した。その結果を表-2に示す。なお、表中に粘度単位を2通り表記しているが、フォードカップの場合、粘度が高いと計測時間が長くなり計測精度もばらつくことから、粘度の高い下塗り塗料はリオン式粘度計で、粘度の低い上塗り塗料はフォードカップで測定・管理した。

表-2 ハンガーロープ施工前試験塗装結果

試験場所	供試塗料	粘度(秒)	塗膜厚(μm)	塗膜厚(μm)	塗布量 (g/m ²)	外観及び溝部 への塗布状況	備 考
		フォードカップ #4	アリザ板上	ハンガーロープ			
工 場	下塗り塗料	71	135	120~130	----	良好	リオン式：3.5㎡/イ
		130	160	140~170	----	良好	リオン式：7.0㎡/イ
		165	195	160~180	----	良好	リオン式：12㎡/イ
	上塗り塗料	52	60	60~80	----	良好	
		75	70	約100	----	良好	
現 場	下塗り塗料	120	----	----	860	良好	リオン式：6.0㎡/イ
		300	----	----	1120	良好	リオン式：約25相当

下塗り塗料に関しては、約12ポイズ程度で施工すれば塗膜厚・付着量ともに余裕を持って基準値を満足するものと判断された。さらに、約25ポイズという高粘度で施工してもロープ溝へ十分に付着していることも確認出来た。したがって、この時点における塗料粘度の管理基準は、リオン式粘度計で12ポイズ以上とした。

一方、上塗り塗料については、フォードカップ#4で40秒程度の粘度であれば基準膜厚を十分満足出来るものと判断出来たため、上塗り塗装の粘度管理基準は40～60秒とした。

以上の管理基準に従い、下塗り塗料の粘度を12ポイズで施工した場合、施工時の風速が6～7 m/sまでは、塗料の使用量が若干多いものの、外観等品質面では、問題なく施工できた。しかし、施工中あるいは施工後、塗料硬化前に10m/s以上の強風が吹いた場合、塗装表面にしわやダレが発生することが確認された。このため、12ポイズで施工した塗膜の膜厚測定ならびに粘度を変えて試験塗装を行い、塗料の使用量・塗膜厚・表面性状・風の影響等を確認した。その結果を表-3に示す。なお、塗膜厚については、特別にロープから塗膜をはぎ取り、マイクロメーターにて測定した。

表-3 ハンガーロープ施工時試験塗装結果

供試塗料	粘 度	塗膜厚(μm) ハンガーロープ	塗布量(g/m ²) ハンガーロープ	外観及び溝部 への塗布状況	備 考
下塗り塗料	12 ^P (リオン式)	246	---	不良	強風による外観不良ロープ
	7 ^P (リオン式)	171	1060	良好	
上塗り塗料	63	98	750	良好	フォードカップ#4(秒)

塗料粘度12ポイズで施工され、強風により外観不良が生じたロープは、標準膜厚の約1.6倍もの膜厚が付いており、風の影響のためか膜厚が不均一であることが確認された。一方、塗料粘度を7ポイズに変えた場合、塗膜の表面性状に対し、風の影響が少なく、標準膜厚150 μmに対しても170 μmと十分な膜厚を確保していることが確認出来た。また、粘度が10ポイズ程度までは風によるダレが発生し難いことも試験塗装で確認できた。したがって、ハンガーロープ塗装に関する管理基準は、塗料の使用量に加え、下塗り塗料粘度の管理値は7ポイズ以上、10ポイズ以下とした。上塗り塗料は、風によるダレ落ち等の欠陥が認められなかったため、施工前に設定した粘度で引き続き施工するものとした。

4. 3 施工結果

1) 塗料粘度及び塗布量

施工時の気温に応じ、塗料の希釈率を変え、粘度を下塗りは、7～9ポイズの範囲に、上塗りは、40～60秒に管理した。塗料の使用量は、全体として下塗り：約1.02 kg/m²、上塗り：約0.56 kg/m²で、各施工ロットでの使用量も下塗り：1.0 kg/m²、上塗り：0.55 kg/m²を満足する結果であった。

2) 外 観

強風に伴う塗料のダレ等の欠陥は、皆無ではなかったものの(下塗りのみ)ほとんど無く、ロープ溝にもよく塗布されており、ロープ全体に塗膜が均一に被覆され、良好な被膜が形成されていることが確認できた。なお、強風によりダレが生じたロープについては、不良箇所をナイフ等で切り取り、刷毛塗りにて再塗装し、膜厚を確保した後、上塗り塗装した。

5. おわりに

ハンガーロープの自動塗装は、因島大橋以降、実績のある工法ではあるが、新材料(柔軟型塗料)の適用や白鳥大橋特有の強風・寒冷地といった環境のため、施工条件の非常に厳しいものであった。

ハンガーロープの自動塗装は、刷毛塗りに比べ4層塗りを2層に低減出来るため、大幅な工程短縮が可能であることに加え、刷毛塗りやエアレス塗装では避けることの出来ない塗料の飛散が、少ない工法である。特に風の影響については、刷毛塗りでは5～6 m/s程度でも大掛かりな飛散防止設備が必要となる。これに対し、試験塗装で設定した塗料のダレを抑える管理手法により、作業限界風速を約10m/s近くまで上げることが出来たため、厳しい作業条件ながらほぼ予定の工程で作業を終えることが出来た。このように本工法は、塗料の飛散が少ないことから、他の塗装方法に比べ風に強く、かつ品質も安定している。このため、工程短縮ならびに品質の向上といった面からも、この塗装方法の他の部位への応用を今後、検討していくべきではないかと考える。