

- 1.長大吊り橋概要
- 2.ハンガーロープの特徴
- 3.ハンガーロープの現状
- 4.ハンガーロープ定着部の劣化メカニズム
- 5.維持管理の課題
- 6.新予防保全技術のご提案
  - ◇ハンガロープ内部空隙に防錆剤を充填する技術
  - ◇ハンガロープ表面被覆技術
- 7.新技術による効果
- 8.同種活用技術の紹介

## 1. 長大吊橋概要

1

### 長大吊り橋とは

- 2本の主塔とそれに渡される2組のメインケーブルを持ち、そのケーブルから鉛直に垂らされたハンガーロープで桁を支持する橋を吊橋と称し、そのうち径間が200m以上の橋を長大吊橋という。※本技術では「斜張橋」は除外しています。



大鳴門橋（1985年竣工：33年目）



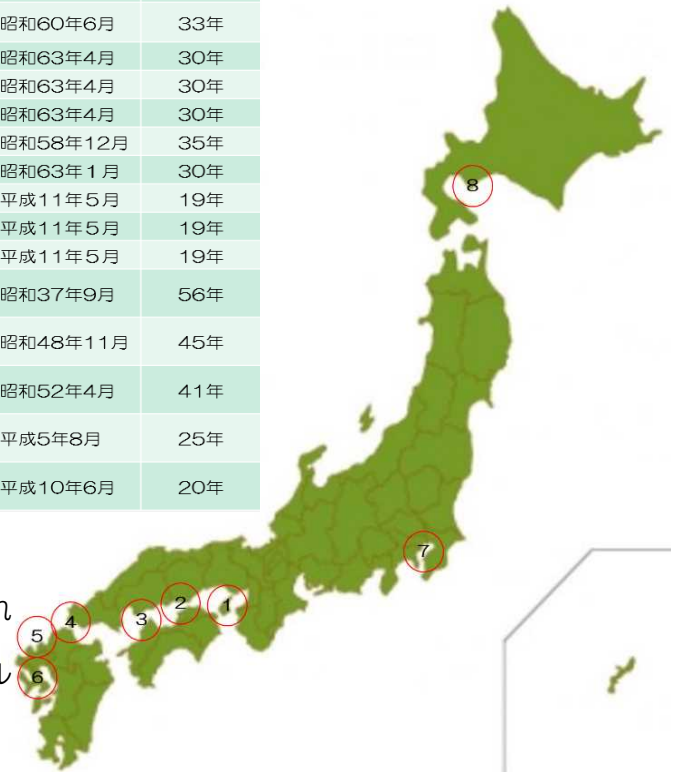
白鳥大橋（1998竣工：20年目）

- 日本の明石海峡大橋は、支間長 1,991mと世界最大長。
- 全世界では、長大吊り橋として文献記載されている数は、134橋（wikipediaより）
- 日本国内では18橋供用中。
- 湾岸地区の厳しい立地環境下に、新しいものでも供用開始後約20年を経過しており、架け替えは非現実的であることから、他インフラ同様如何に既存設備を延命していくかが喫緊の課題である。

# (参考) 日本の長大吊り橋分布

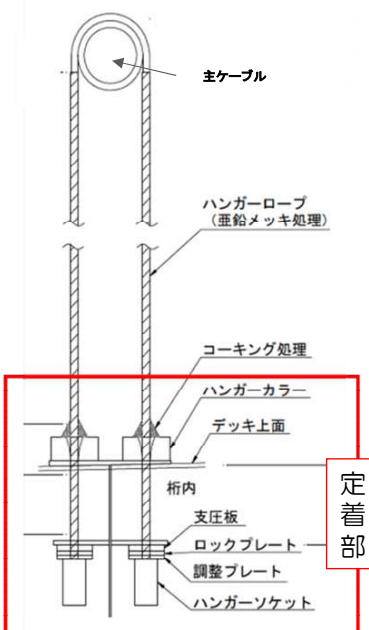
番号	管理箇所	地域・名称 (場所)	吊り橋名	吊り橋全長 (m)	中央径間長 (m)	使用開始	経過年数 (H30/1)
①	本州四国 連絡高速 道路	神戸・鳴門 ルート	明石海峡大橋	3,911	1,990	平成10年4月	20年
			大鳴門橋	1,629	876	昭和60年6月	33年
②	本州四国 連絡高速 道路	児島・坂出 ルート	下津井瀬戸大橋	1,447	940	昭和63年4月	30年
			北備前瀬戸大橋	1,161	990	昭和63年4月	30年
			南備前瀬戸大橋	1,723	1,100	昭和63年4月	30年
③	本州四国 連絡高速 道路	尾道・今治 ルート	因島大橋	1,339	770	昭和58年12月	35年
			伯方・大島大橋	903	325	昭和63年1月	30年
			来島海峡第一大橋	960	960	平成11年5月	19年
			来島海峡第二大橋	1,515	1,515	平成11年5月	19年
④	九州市道 路公社	北九州市	若戸大橋	680	367	昭和37年9月	56年
			来島海峡第三大橋	1,570	1,570	平成11年5月	19年
⑤	西日本高 速道路	北九州-下関	関門橋	1,068	712	昭和48年11月	45年
⑥	長崎県道 路公社	平戸市	平戸大橋	665	465	昭和52年4月	41年
⑦	首都高速 道路	東京港横断橋	レインボブリッ ジ	798	570	平成5年8月	25年
⑧	北海道開 発局	室蘭市	白鳥大橋	1,380	720	平成10年6月	20年

- 分布は、西高東低（国内地形の特徴が顕著）
- 瀬戸内海には、約6割集中
- ⑧白鳥大橋は、国内唯一「積雪・寒冷地」に架設されている吊り橋。
- 物流・産業の要所だけでなく、吊り橋が観光シンボリック的存在であり地域にも貢献大

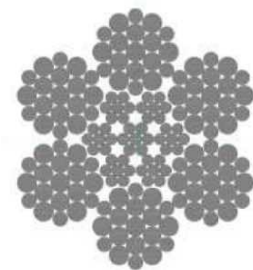


## 2.ハンガーロープの特徴

### ハンガーロープ 構成イメージ



- メインケーブルと補鋼桁を結ぶ重要な部位
- ロープは亜鉛メッキ鋼線を撚り合わせた構造（ロープ表面は塗装仕上げ）
- 1本のロープを鞍掛けし、末端は補鋼桁とソケット定着
- 撚り線構造のため内部に空隙がある
- 定着部は支圧板等があるため、水分・湿気が溜まり易い



ロープ断面  
(CFRC)

### 3. ハンガーロープの現状

・ハンガーロープは、近年塗膜劣化及びそれに伴う発錆が顕著に現れている

○想定される原因としては、

- ・ 厳しい環境（海上・強風）に設置
- ・ 車両や強風等による振動の影響
- ・ 飛散物による影響

- 塗膜劣化の急激な進展
- 振動による塗膜割れや剥離
- 道路上の砂塵や雪氷等による損傷

○塗膜の状況

良好塗膜



劣化塗膜が顕著

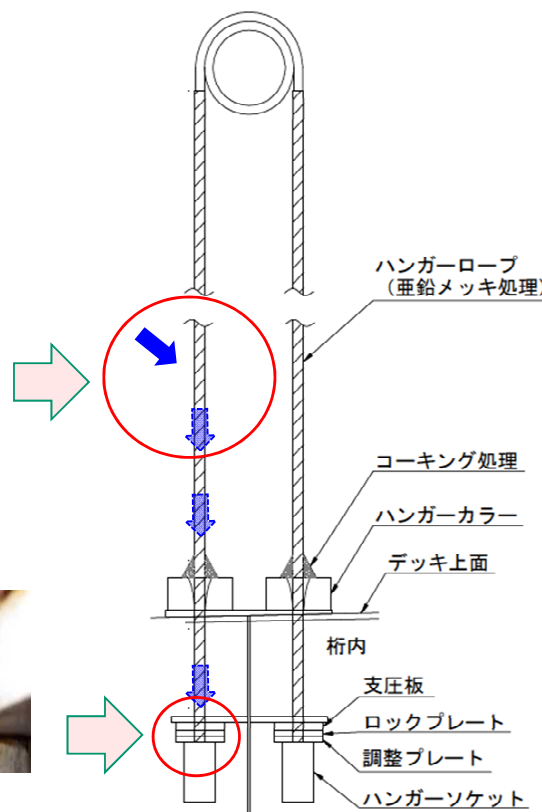


支圧板内部状況



特に定着部の  
発錆・腐食が著しい

### 4. ハンガーロープ定着部の劣化メカニズム



#### 劣化メカニズム

ハンガーロープ塗膜割れ

塗膜割れ部より塩分を含む  
雨水が浸入

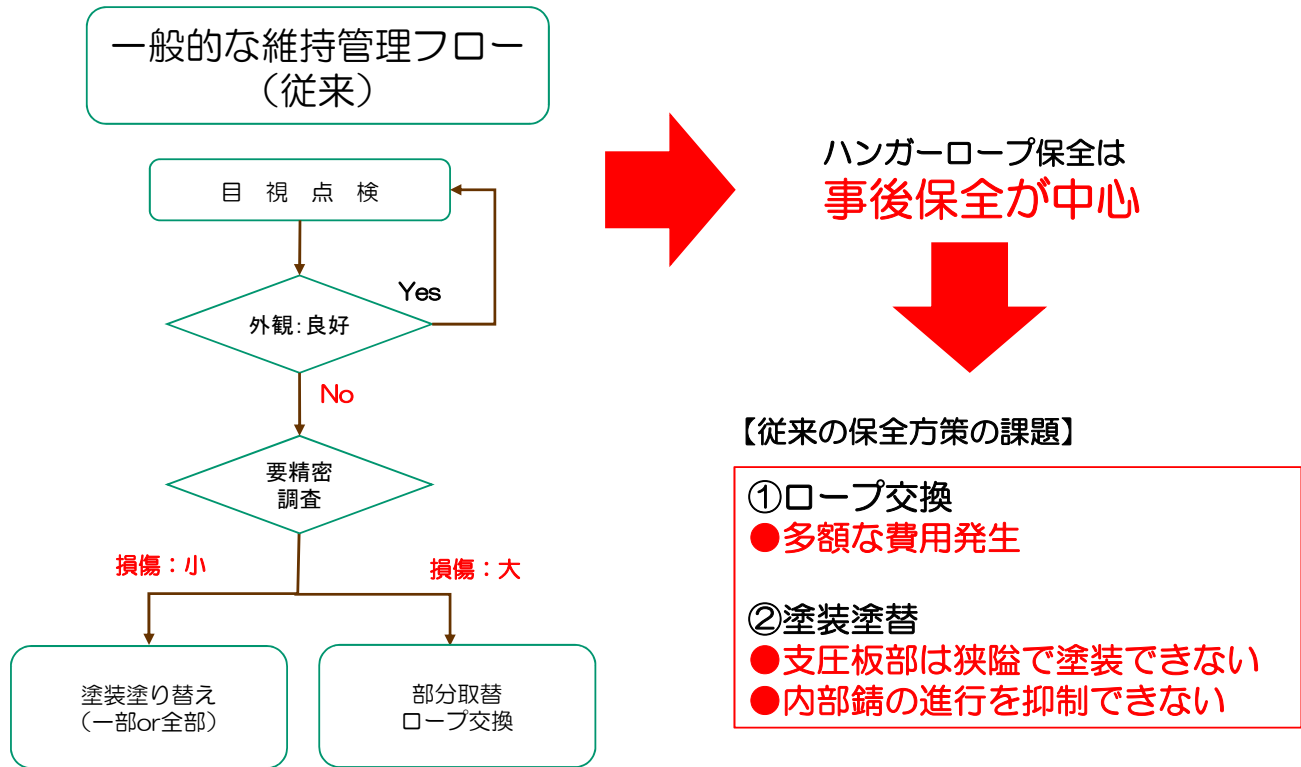
ロープ表面や内部空隙を  
流路とし雨水流下

支圧板に囲まれたソケット部  
周辺に水分・湿気が滞留

長期に亘り湿潤・乾燥を  
繰り返す

ソケット部腐食

## 5. 維持管理の課題



## 6. 新予防保全技術のご提案

### 現状

- ロープ内部にも腐食が発生
- 特にソケット近傍が著しい
- 原因はロープ内に浸入した雨水

### 調査

現在は十分な強度を有しているが腐食もあり、今後ロープ強度低下が懸念される

対処方法：現状維持による長寿命化が最適

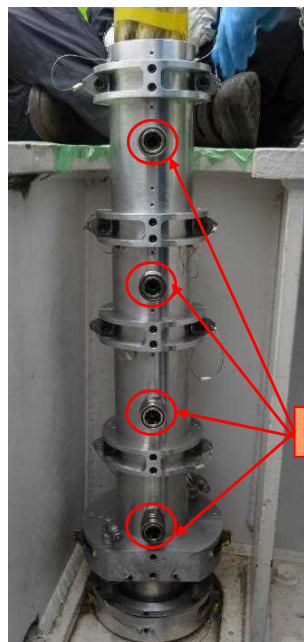
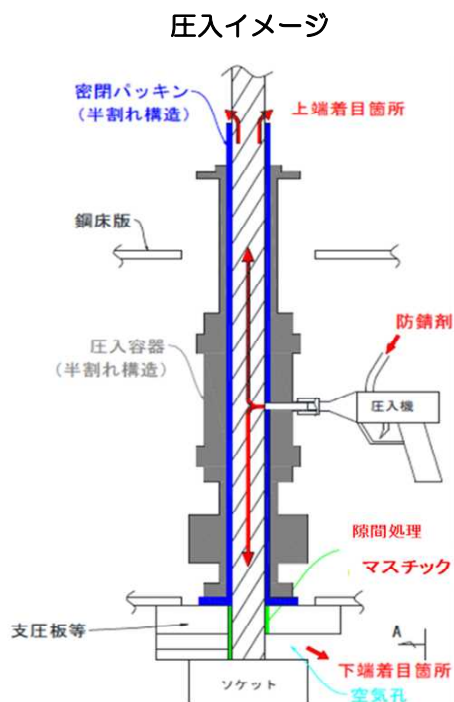
防錆剤をロープ内部に圧入・充填することで腐食進行を抑制  
(ハンガーロープ定着部防食工法)

【ハンガーロープ定着部防食工法とは】  
ハンガーロープ内部へ防錆剤を充填し、かつロープ表面を防錆被覆することでハンガーロープを延命させる技術



## 6-1. ハンガーロープ定着部防食工法の概要（1）

- ◇ ハンガーロープ内部空隙に防錆剤を圧入・充填する技術  
 充填する防錆剤：半固形状の混合油（ペトロラタム）



ハンガーロープへ  
圧入容器取付け



圧入中



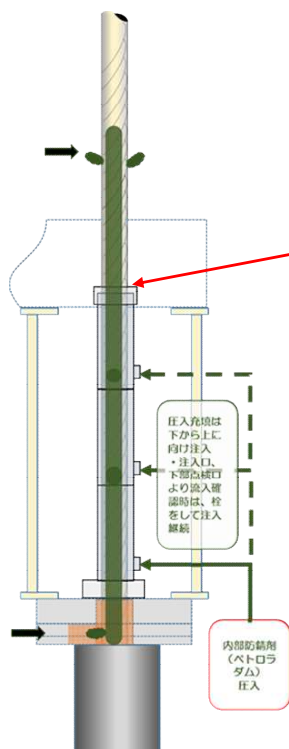
圧入容器  
撤去後

TDS  
Tokyo Densetsu Service

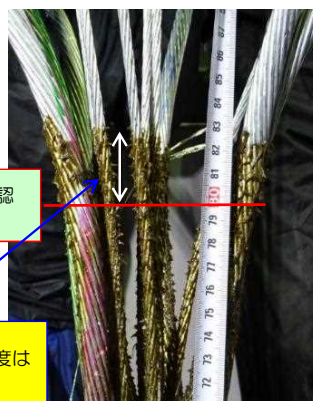
知的財産 取扱注意 目的外使用・複製禁止 東京電設サービス株式会社

## 6-1. ハンガーロープ定着部防食工法の概要（1）

### ロープ内部充填実験結果



上部確認孔から  
防錆剤漏出



実験にて内部に確実に  
充填されていること  
を確認

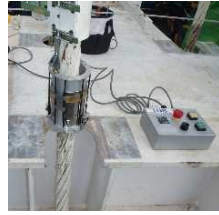
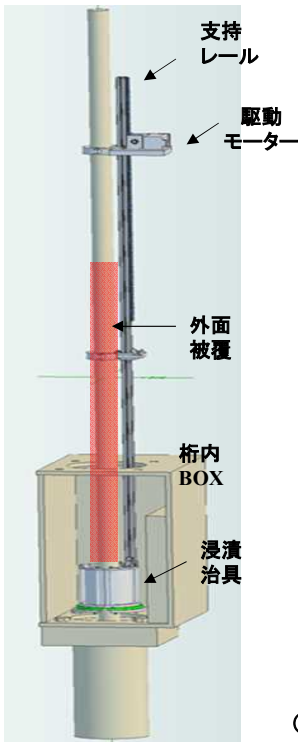
TDS  
Tokyo Densetsu Service

知的財産 取扱注意 目的外使用・複製禁止 東京電設サービス株式会社

## 6-2. ハンガーロープ定着部防食工法の概要 (2)

### ◇ ハンガーロープ表面被覆技術

被覆材：油分を含有する熱可塑性樹脂（エンバイロピール）



実橋外面被覆状況  
(上部写真：駆動調整器)



浸漬塗布完了  
(屋外定着部)



断面形状



厚み測定

TDS  
Tokyo Densetsu Service

知的財産 取扱注意 目的外使用・複製禁止 東京電設サービス株式会社

## 6-3. 熱可塑性樹脂の特徴 (商品名：エンバイロピール)

### ■防錆性能

- 塗料と異なり油が滲み出し内部へ浸透することで高い防錆効果を維持  
→取替に多大なコストを要する重要設備の延命化に最適

### ■施工性能

- 錆が進行した塗料が乗らない凹凸面でも施工が可能  
→どんな形でも包み込んで防錆効果を発揮
- 熱可塑性により短時間で硬化するため、塗料のような乾燥時間が不要  
→熱可塑性のため、施工対象温度は $-60^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ まで

### ■維持性能

- 対象物の形に包み込み一体化するため、振動などによるズレが生じない
- 油を含んでいるため、水を弾く防水性能がある
- 施工後のエンバイロピールを経年で分析することで余寿命診断が可能
- カッターで簡単に切断出来るため、開放検査も容易にできる

### ■環境性能

- 施工時のオーバーフローやトリミングした材料を再利用でき、ゴミを排出しない
- 環境にやさしい材料 (VOC不含) で構成されている

中性塩水噴霧複合サイクル試験 (JIS H 8502準拠) 120サイクル (40日間)

左：試験後開放検査  
中：熱可塑性樹脂 被覆あり  
右：熱可塑性樹脂 被覆なし



施工有 (開放検査)



施工有



未施工

TDS  
Tokyo Densetsu Service

知的財産 取扱注意 目的外使用・複製禁止 東京電設サービス株式会社

## 7. 新技術による効果

### 1. 圧入工法による効果

- ・ 従来にない予防保全工法を確立したことにより、ロープ交換等のコストと比較しローコストで設備の延命が可能
- ・ ロープ交換等と比較し工期を大幅に短縮できる。
- ・ ロープ内部空隙部に防錆剤を充填することで、定着部の長期防錆ができ腐食進行を抑制できる。
- ・ ロープ内部の空隙が無くなることから水分等の浸入を防止できる。

### 2. 外面被覆による効果

- ・ シームレス施工のため、内部防錆剤の漏洩（漏出）防止ができるとともにロープ外面の防錆もできる。
- ・ 浸漬工法開発により狭隘部の施工も可能とした。

## 8. 同種活用技術の紹介

### ①ワイヤーロープの防錆・延命技術

- ・ ダム、河口堰、港湾設備のワイヤーへ「圧力給油」



ゲートワイヤーロープ整備風景



グリス塗布比較

### ②熱可塑性樹脂を用いた防錆技術

- ・ 接着性はありませんが、密着力も高く、かつ簡単に対象物を傷をつけずに解放検査も出来るため、自立型ボルトナットやフランジへの活用可能



解放検査部のみ防錆  
(塗装に比較しケレン処理  
不要で採用)



消火フランジ防錆  
(緊急時簡単に解放出来る  
ことで採用)



長期暴露状況  
(簡単に解放出来ます)

# 連絡先

## 連絡先

### 東京電設サービス株式会社

土木事業本部 武田 浩 takedah@tdsnet.jp  
〒336-0024  
埼玉県さいたま市南区根岸3-23-10 ☎048-638-5092

地中事業本部 三栖達夫 (みす たつお) misu@tdsnet.jp  
〒146-0095  
東京都大田区多摩川2-8-1 ☎03-6371-3410

弊社ホームページ <http://www.tdsnet.co.jp/>  
※YouTube 東京電設サービスを検索しますと、各種技術閲覧可能