

50<sup>th</sup> Anniversary

平成25年度 橋梁技術発表会

# 若戸大橋ケーブルの健全度調査 および補修工事

— 建設後50年経過した長大吊橋のケーブル関係の保全 —

技術委員会 設計小委員会  
[ 杉山直也 ]

一般社団法人 日本橋梁建設協会  
Japan Bridge Association

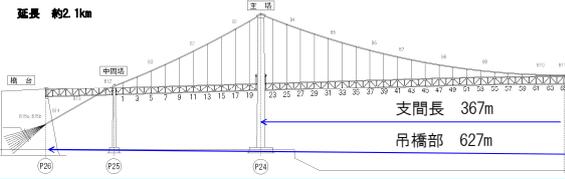
## 発表内容

- 1 ケーブル関連工事及び調査の目的
- 2 ケーブル関連工事
- 3 ケーブル関連調査
  - 3-1 主ケーブルの調査
  - 3-2 ハンガーロープの調査
  - 3-3 ケーブルバンドボルトの調査
- 4 まとめ



## 若戸大橋の概要

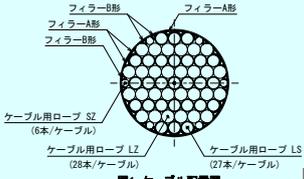
延長 約2.1km



支間長 367m  
吊橋部 627m

有料道路名	若戸大橋
道路名	一般国道199号
事業費	225億円 (当初51億) (総幅174億円)
延長	約2.1km
橋梁形式	吊橋 (627m) 支間長 (367m)
車線数	4車線 (B=15.2m)
道路規格	4種1級
設計速度	50 km/h

## 主ケーブル概要



- ・主ケーブルの構成  
径61mm(LZ,LS)・・・55本  
径36mm(SZ)・・・6本の合計61本のスパイラルロープで構成され、直径は508mmである。
- ・主ケーブルの特徴  
スパイラルロープと呼ばれる“より線”を使用している。  
≠ 平行線ケーブルではない!

図1. ケーブル配置図

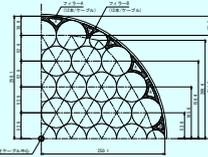


写真1 主ケーブル模型

## 1 ケーブル関連工事及び調査の目的 ＜主ケーブルラッピングワイヤー開放・復旧＞

・1989年調査 → 1格点間(8.4m)を開放、異常なし

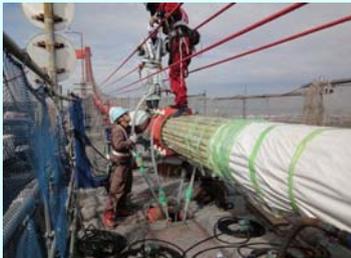
◇今回調査  
→ 広範囲(2格点間16.8m)を開放、深い部位まで調査し、現状把握と健全度の評価



## ＜ハンガーロープの取替＞

・供用後、累計約6億回の活荷重履歴を受けたロープの性状 → 記録なし  
トラス貫通部、ソケット定着部等の状況 → ロープ本体へのダメージを懸念

◇今回調査  
3格点のロープを取替  
撤去ハンガーロープの各種試験(鞍掛け部、定着部他)  
→ 現状把握と健全度の評価





**(3) ケーブルバンドボルト取替(その1)**

- ・ ケーブルバンドボルトの軸力低下対策として、既設太径ボルト(W45)から軸力管理が容易なM30ボルトへの取替を行った。
- ・ ケーブルバンドボルトの取替・締付けは**ボルトテンショナー**を使用し、1本ずつ行った。



写真1 バンドボルト新旧比較  
(上) 既設 (下) 新設



写真2 ケーブルバンドボルト取替状況

13

**(3) ケーブルバンドボルト取替(その2)**

- ・ 導入軸力 (330kN) の確認は**超音波軸力計**を使用した。
- ・ 締付後は定期的に軸力を測定し、軸力の低減推移を確認する予定。
- ・ ボルト軸部に塗装ができないため、防錆方法として**ボルトキャップ**を採用した。



写真3 超音波軸力計



写真4 ボルトキャップ

14

**センターステイ改造(その1)**

センターステイのバンドボルトを取り替えるために改造した。  
歴史的価値を損なわないように**リベット接合**で復旧した。



写真1 既設センターステイ



写真2 新設センターステイ

15

**センターステイ改造(その2)**

- リベット接合での復旧状況
- ①火床(ホド)でリベットを1,200℃程度まで加熱する。
  - ②板孔にリベットをセットする。
  - ③リベットをリベットハンマーと空気あて盤で「かしめる」
  - ④検査ハンマーで検査する。



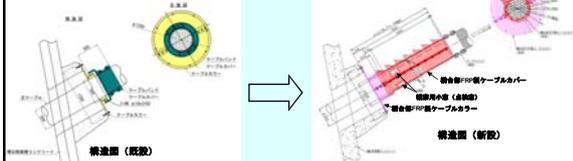
写真3 加熱されたリベット



写真4 リベット打ち込み

16

**(4) 橋台ケーブルカラー部 ケーブルカラー等の交換**



**【防食対策】**

- ・ スプレー室に設置する除湿システムをケーブルカラー部まで範囲を拡張
- ・ ケーブルカラー等の部材をFRP製に変更
- ・ 観察用小窓を設置



写真1 観察用小窓 (4箇所)



写真2 新設FRP製ケーブルカラー

17

**(5) 検査路工**

**中間塔乗越し部**  
タラップ(背かご無し)を、手摺付き階段構造に改良。

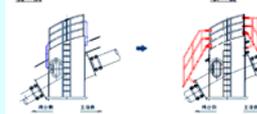


写真1 中間塔 検査路

**橋台ケーブルカラー部**  
橋台ケーブルカラー部を点検するため、新設した。



写真2 橋台ケーブルカラー部 検査路(追加)

18



(1) 一般部(その3)  
ラッピングワイヤ撤去後

ケーブル調査箇所  
 ▼ ケーブル素線表面外観調査  
 ・全体状況写真  
 ・スケッチ  
 ・デジタルマイクロスコープ  
 ・ケーブル外層素線重鉛めつき量測定  
 ※ 状況により外観調査実施範囲(調査対象または調査対象外)

図1 調査箇所

写真1 外観状況

26

(1) 一般部(その4)

格点 B.1~B.3 間 戸畑側  
格点 B.3 ケーブルバンド部

写真3 レプリカ断面観察

26

(2) 中間塔及び橋台ケーブルカラー部(その1)

中間塔(若松側・戸畑側)  
橋台(若松側・戸畑側)

図1 調査箇所

ケーブル調査箇所  
 ▼ ケーブル素線表面外観調査  
 ・全体状況写真  
 ・スケッチ  
 ・デジタルマイクロスコープ  
 ※ ケーブル外層素線重鉛めつき量測定

27

(2) 中間塔及び橋台ケーブルカラー部(その2)

<外観>  
一部塗膜が剥離し、ラッピングワイヤが露出。塗膜割れ及び雨水による黒い汚れがある。

<残存重鉛めつき厚>  
地側は外観で素線の腐食が明らかで、残存めつき量は0。設計重鉛めつき厚45 $\mu$ mに対し、地側以外は平均30~49 $\mu$ mと残存していた。

図2 残存重鉛めつき厚グラフ  
 (上: 中間塔、下: 橋台ケーブルカラー部)

写真1 主ケーブル外観

28

(2) 中間塔及び橋台ケーブルカラー部(その3)

中間塔部

写真3 レプリカ断面観察

中間塔部の地側ストランドの外層素線の断面積に50%程度の減肉が認められた。ケーブルバンド内は防錆ペーストが塗布されていないこと及び主ケーブル内を流れてくる雨水に曝される腐食環境が影響していると推測。

写真2 主ケーブル外観

29

(2) 中間塔及び橋台ケーブルカラー部(その4)

橋台ケーブルカラー部

写真5 レプリカ断面観察

橋台ケーブルカラー部の4方向ともストランドの外層素線の断面積に50%程度の減肉が認められた。ケーブルカラー継目からの漏水及び橋台スプレー室からの湿気に曝される腐食環境が影響していると推測。

写真4 主ケーブル外観

30

(3) ストランドの張力測定(その1)

・橋台スプレー室内 定着部付近 径61mmストランドロープに対し、  
①振動法により、作用張力(kN) [赤+緑]  
②磁歪法により、作用応力(N/mm<sup>2</sup>) [赤] を求めた。

60	55	61	59	58	57
54	49	56	47	53	45
48	41	50	43	46	38
40	42	35	39	37	36
32	33	34	29	28	27
23	25	26	30	21	19
16	24	18	22	14	20
9	17	11	15	8	13
4	5	3	2	1	

図1 張力測定ストランド位置図



写真1 スプレー室内

31

(3) ストランドの張力測定(その2)

<振動法>  
1978年の測定結果と同等であり、特に異常はない。



写真2 振動法測定状況

<測定荷重による主ケーブルの安全率>

- ・径61mmストランドの保証破断力:3038kN
- ・振動法により測定した最大張力:927kN(ST No.52)
- ・ $n=3038kN \div 927kN=3.28 (> \text{設計安全率 } 3.0(\text{常時}))$  であり、問題はなかった。

32

(3) ストランドの張力測定(その3)

<磁歪法>  
2005年の測定結果と同等であり、特に異常はない。



写真3 磁歪法測定状況



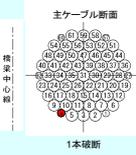
写真4 EMセンサー

33

(4) 主ケーブルの破断素線調査(その1)



格点61 ケーブルバンド部



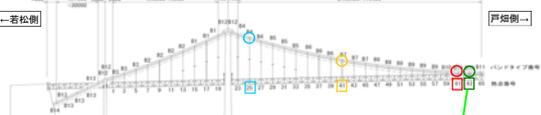
1本破断



写真1 素線破断状況 (ST No.4)

34

(4) 主ケーブルの破断素線調査(その2)



格点63 ケーブルバンド開放部



全5本破断

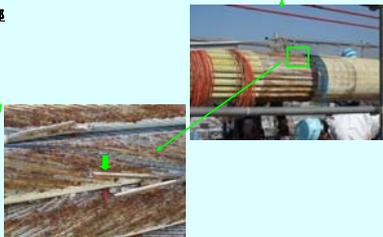
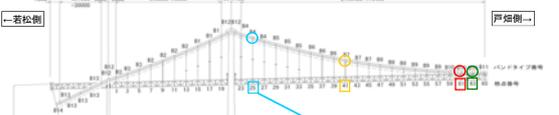


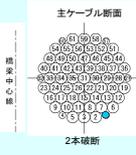
写真2 素線破断状況 (ST No.51)

35

(4) 主ケーブルの破断素線調査(その3)



格点25 ケーブルバンド開放部



2本破断



写真3 素線破断状況 (ST No.1)

36





**(2) 引張試験(その1)**

撤去した既設ハンガーロープにソケットを鋸込み、供試体(1本引き4本、2本引き1本)を製作した。



写真1 供試体(左:1本引き 右:2本引き)

<引張試験結果>

・破断荷重は1本引き(平均1,207kN)  
2本引き(2,235kN)  
いずれも製作時の強度と同等であった。

・弾性係数(149GPa)及び伸び量(150kNで1mあたり1.3mm)は製作時とほぼ同等であった。

49

**(2) 引張試験(その2)**

<引張試験結果>

・1本引き試験での破断位置は、供試体中央(ソケットから500mm)で、腐食の影響が懸念された定着部近傍ではないことから、強度への腐食影響はなく、健全であった。

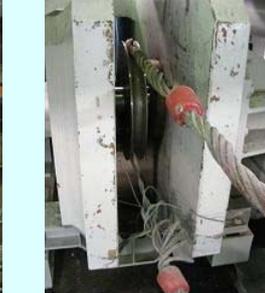


写真2 1本引き試験後

写真3 2本引き試験後

50

**(3) ハンガーロープの張力測定(その1)**

上り線 径40mm ハンガーロープ 5格点に対し、

- ① 振動法により、張力(kN)を測定した。
- ② ロードセル(格点41のみ)により、張力(kN)を測定した。



写真1 振動法測定状況

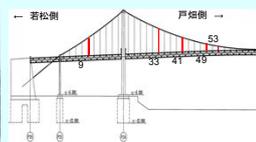


図1 張力測定ハンガーロープ位置図

<振動法>

1993年の測定結果とほぼ同等であり、特に異常はなかった。

51

**(3) ハンガーロープの張力測定(その2)**



写真2 ロードセル設置(格点41)



写真3 ロードセル計測状況(格点41)

<振動法とロードセルによる測定と比較>

振動法とロードセルによる張力測定結果は、ほぼ同等であり、今後のロードセルによるハンガーロープ張力の定期点検の初期値とした。

52

**(4) 非破壊検査(全磁束法) (その1)**

上り線径40mm ハンガーロープ 3格点に対し、全磁束法により、腐食状況を現地調査した。

また、同様に撤去部材を室内調査した。



写真1 全磁束法測定状況(右:磁化機)



写真2 計測機

<現地調査結果>

ハンガーロープの腐食率は平均0.5%(最大1.2%)であり、端末部の腐食もほとんどなく、健全であった(塗装の防食効果)。

53

**(4) 非破壊検査(全磁束法) (その2)**

<室内調査結果>

懸念されたソケット口元にも腐食はほとんどなく(腐食率 平均0.6%、最大1.2%)、中間部、鞍掛け部とも、同様で、健全であった。

(口元部は、シーリングワイヤによる防錆効果と推測される)



写真3 ソケット口元部

54



若戸大橋50周年記念展示室



61



62