

## 吊橋ハンガーロープ画像点検システムの構築（画像取得・非破壊検査）

(株)ブリッジ・エンジニアリング	正会員	○明石	良男
(株)ブリッジ・エンジニアリング	正会員	小川	和也
東京電設サービス(株)		西川	一基
東京製綱(株)	正会員	椎木	貞則

### 1. 概要

吊橋ハンガーロープ（以下、「ロープ」という。）は、橋桁を吊上げ、主ケーブルに荷重を伝達する重要な構造部材で、溶融亜鉛めっきを施した鋼線を撚り合せた構造用ストランドロープが用いられている。

ロープは取替え可能な部材ではあるが、長大橋におけるロープの交換は容易でなく、多大な費用を要することから、ロープの健全度を適切に把握し、維持管理費用の削減を図る必要がある。しかし、ロープは主ケーブルから橋桁に展開され、全長にわたる近接が困難である。本稿は、ロープ表面を高精細に連続撮影できる画像撮影装置<sup>1)</sup>へ、非破壊検査装置を組込むことにより、点検結果を定量的に評価可能なシステムへの改良と、実橋での検証結果について報告するものである。また、AI技術を用いた画像解析により変状分類も可能なことを確認した。

### 2. 画像点検システム

#### 2-1 高精細画像撮影装置

高精細画像撮影装置（以下、「点検装置」という。）は、画像撮影用のカメラ容器と昇降用ベゼルとで構成され、これをウィンチワイヤで昇降させ、ロープの表面の高精細画像を取得する。点検装置概要図を図1に示す。

#### 2-2 カメラ容器の特徴

ロープ表面全周を4台のカメラで同時に撮影し、後に一画面に合成するため、太陽光等の外部環境の影響を排除し、撮影画像の画質を均一に保つことが重要となる。このため遮光性を保つ容器内に撮影カメラを格納し、LED照明により必要な照度を確保した。カメラ容器を写真1に、容器内の機器配置を図2に示す。

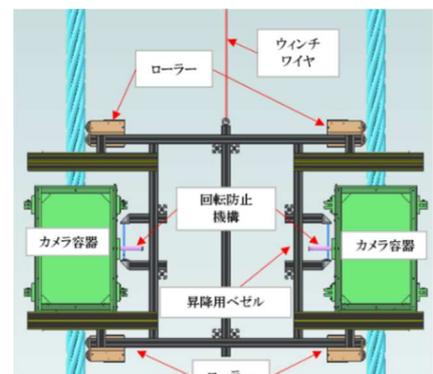


図1 点検装置概要図



写真1 カメラ容器(内部)

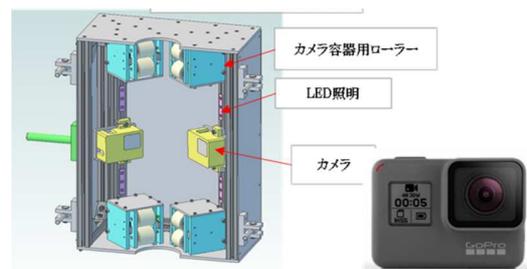


図2 カメラ容器内の機器配置

#### 2-3 非破壊検査手法

ロープの健全性を定量的に評価するため、以下の非破壊検査手法を用いた。

##### ① ECT（渦流探傷試験）<sup>2)</sup>：ロープ素線の亜鉛めっき消耗評価

ロープを構成する素線の亜鉛めっき消耗度からロープの健全性を評価するため、ECT（渦流探傷試験）標準比較方式による測定を行う。特徴は開閉型の貫通センサーにより両端が固定されたロープにも容易に装着でき、データロガーを兼ねる探傷器も小型軽量のため、画像取得と同時の測定が可能である。（写真2）

##### ② 永久磁石式全磁束法：ロープ内部の腐食評価

ロープ内部も含めた断面積の減少量からロープの健全性を評価するため、本州四国連絡橋におけるロープのキーワード 吊橋、ハンガーロープ、維持管理、画像点検、非破壊検査、AI技術

連絡先 〒655-0047 神戸市垂水区東舞子町4-115 本四高速舞子ビル 1階 TEL078-785-3651

非破壊検査手法として開発された全磁束法<sup>3)</sup>による測定を行う。特徴は磁化方式を電磁石式（ソレノイド式）から永久磁石式とすることで、準備作業の省力化と設備の小型化（人力による運搬可能）を図っている。（写真3）



写真2 ECT装置（左：貫通型センサー 右：探傷器）



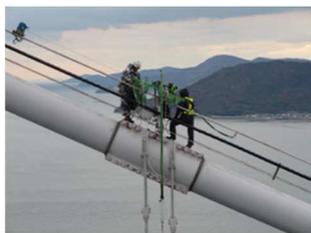
写真3 永久磁石式全磁束装置

### 3. 画像点検システムの適用性確認

#### 3-1 概略施工要領

画像点検システムの適用性確認を、本州四国連絡高速道路の北備讃瀬戸大橋で実施した（写真4）。人員配置と機器配置を記した施工要領図を図3に示す。

主ケーブル上には、点検装置を昇降させる吊上げ台車を配置し、管理者を含め3名。桁上には、作業統括指揮者を含め点検装置の設置、撤去作業として3名の合計6名の人員構成である。



主ケーブル上



画像+ECT



永久磁石式全磁束

写真4 北備讃瀬戸大橋での適用性確認施工状況

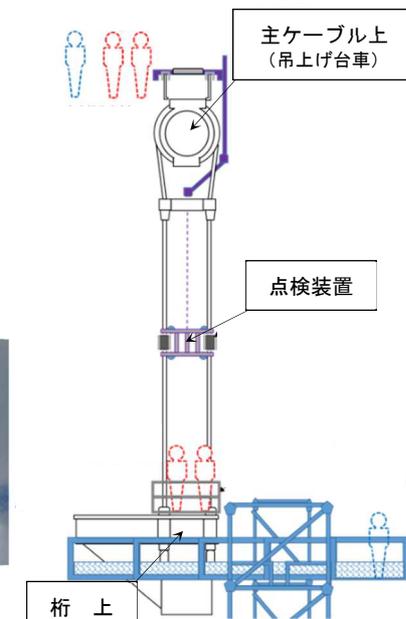


図3 施工要領図

#### 3-2 適用性確認結果

撮影画像から作成したロープの展開画像・ECT測定と全磁束法測定結果を図4に示す。各々の測定には位置データが記録されている。37m付近ではロープ表面の発錆と非破壊検査でのめっき消耗、断面減少を示す波形が一致し、ロープ内部の腐食が懸念される。一方、40m付近では画像に見られる広範囲の発錆と非破壊検査結果が一致しないことから、塗膜剥離による表面のみの発錆と考える。

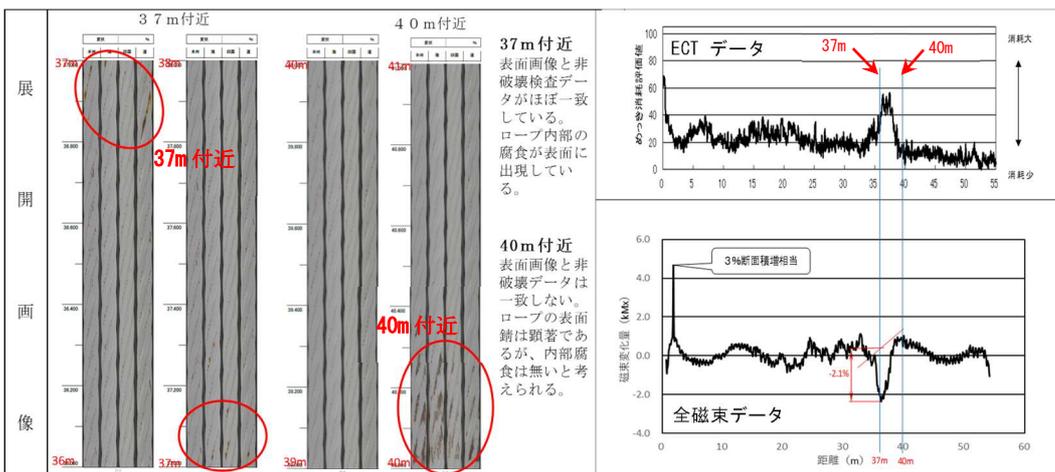


図4 ロープの展開画像と簡易非破壊検査結果

### 4. まとめ

従来の高画質カメラを適用した点検は変状箇所の断片的な記録であるが、

構築した画像点検システムは、ロープ全長の高精細画像と非破壊検査による定量的な評価の連携により、ロープの健全性を適切に把握でき、維持管理費用の縮減を図ることができるものとする。また、画像データから変状種別分類（塗膜割れ、発錆等）を効率的に行う手法として、AI技術を用いた画像解析が有効であることも確認した。

#### 参考文献

- |   |                 |         |
|---|-----------------|---------|
| 1) 小川, 明石, 武田, 西川: 吊橋ハンガーロープ画像点検システムの開発     | 土木学会第73回年次学術講演会 | 平成30年8月 |
| 2) 橋田, 広沢, 橋本, 道下, 松本: 渦流探傷法による吊橋用PWSの非破壊検査 | 土木学会第64回年次学術講演会 | 平成21年9月 |
| 3) 古家, 小川, 前田, 明石, 守谷: 吊橋ハンガーロープの非破壊検査      | 土木学会第58回年次学術講演会 | 平成15年9月 |