

徳島県末広大橋のケーブル腐食診断

池上雅章・伊沢祐一・松田秀和・安波博道・落合盛人

1. はじめに

末広大橋（写真-1，図-1）は、徳島県が管理する橋長470mの3径間連続鋼斜張橋で、1976年に建設されている。当時は、日本最長の中央径間（250m）を有する斜張橋として、長大橋の先駆的存在とされた橋梁である。

本橋は、1986年にケーブルの表面被覆材の全面補修（旧被覆材の上に新しい保護材を塗布）を実施したが、補修後28年（2014年時点）が経過し、被覆材表面には、ひび割れや破れ等の防食機能の劣化が顕在化してきていた。

本稿は、ケーブル系橋梁の診断事例として、末広大橋のケーブル構造の変状の調査方法と、その補修方法の検討結果について紹介するものである。



写真-1 末広大橋の全景写真

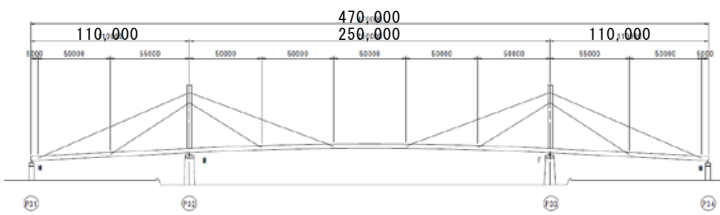


図-1 末広大橋の構造一般図

2. ケーブル構造の概要

ケーブル構造の概要を、図-2に示す。

本橋のケーブルは2段と少ない。また各段のケーブルは、主塔上の塔頂サドル(図中①)を介して、側径間と中央径間が1本の連続したケーブルで構成されている。そのため、ケーブルが1箇所でも破断すると、両径間には同時に張力抜けが発生することになる。

ケーブルの桁側定着部は、吊橋のケーブルアンカーと同様、スプレーサドル(図中②)と呼ばれる部材により1本のケーブルがストランドに分散され、各ストランド端部に設けられたソケット(図中③)で桁に定着する構造となっている。

ケーブルの防食構造は、表面にプラスチック樹脂を現場で施工する工法が採用されている。また桁内のスプレーサドル以降の各ストランドは、素線がむき出しの裸仕様で、表面が樹脂コーティングされている。

このように本橋は、最近の斜張橋にはみられない、吊橋に近いケーブル構造を採用している。

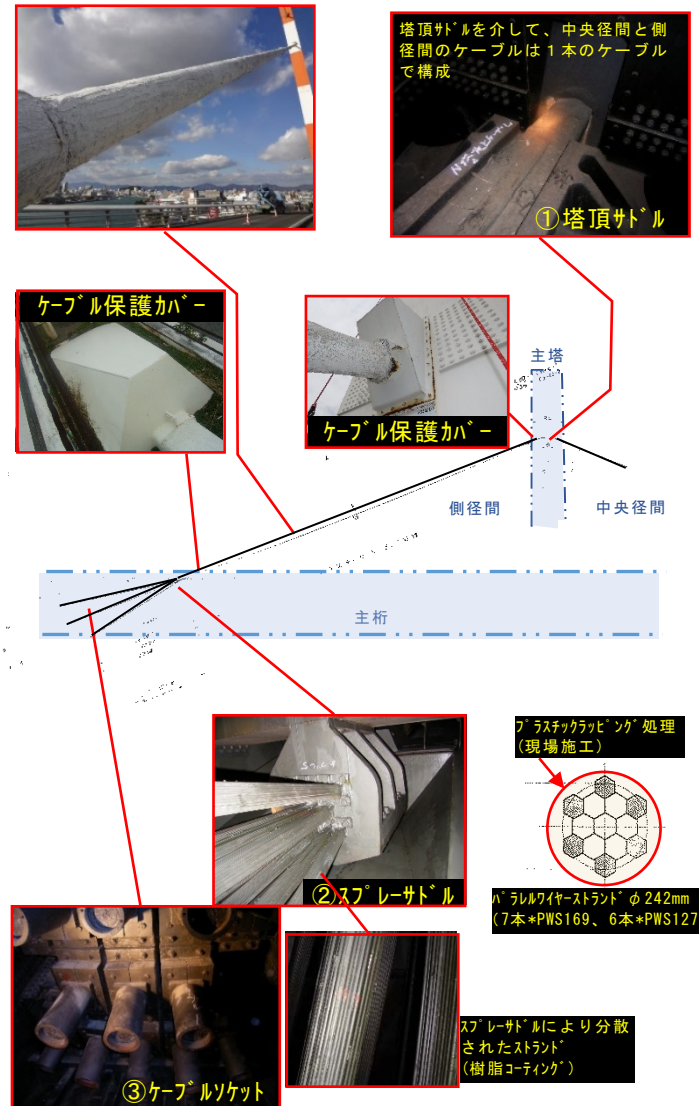


図-2 ケーブル構造の概要

3. ケーブル構造の現況

3.1 ケーブル部

表面被覆材の表面には、全体的に無数の微細割れ(写真-2①)が発生し、また部分的には亀裂や膨れ(写真-2②, ③)も発生していた。さらに、ほとんどのケーブルバンド位置では、バンド角部周辺の被覆材が破れ、バンド本体が露出し発錆が確認された。なかにはバンド本体の減肉を伴う層状腐食も確認された(写真-2④)。これは、角部の表面被覆材が構造的に弱点となりやすいことが原因と考えられる。



写真-2 ケーブル部の現況写真

3.2 塔内ケーブル定着部

塔内ケーブル定着部は、ケーブルの被覆材に1箇所だけ、写真-3に示す破れが生じケーブル素線が部分的に露出していたが、それ以外はほぼ健全な状態であった。ただし、その近くのケーブル保護カバーやマンホールには、写真-4に示す滞水や大量の漏水跡が見つかった。上述の被覆材の破れは、マンホール等から浸入した大量の雨水が被覆材にかかることによる劣化が原因と推察する。

3.3 桁内ケーブル定着部

桁内ケーブル定着部の素線は、設計図面による



写真-3 塔内ケーブル定着部の現況写真



写真-4 塔内漏水、滞水の状況写真

と建設当初は防食材料としてサビ止め鉛丹が塗布されていた模様で、その後、透明の樹脂でストランド全体をコーティングし直したと思われる(写真-5中段)。ケーブル素線やスプレーサドルには目立った腐食は見当たらないが、ケーブルを定着するソケット前面には錆汁が確認された(写真-5下段)。また、ケーブルの桁内への入口であるケーブル保護カバー内面には、漏水跡とそれに伴う腐食が確認された(写真-5上段)。



写真-5 桁内ケーブル定着部の現況写真

4. 腐食診断結果と対策案

4.1 ケーブル部

詳細調査を、被覆材の一部が破れているケーブルバンド部とそのケーブル下端の保護カバー入口で実施した(写真-6)。

土研センター

1) ケーブルバンド部

写真-7に示すように、被覆材を一部剥ぎ取った結果、バンド本体(材質SC46)には顕著な腐食が確認されたが、ケーブル素線自体は、素線を覆うガラス繊維シートで十分に防水されており、ここからの被覆材内部への雨水浸入の可能性は低いことが分かった。ただし繊維シートが巻かれていないバンド締付け部には、同写真に示すように少しだけ白錆が見られた。また、バンド近くのケーブル一般部で、被覆材表面の微細割れについて、グラインダーで表面を切削した結果、写真-8に示すように、軽く切削するだけで消滅し、ひび割れの深さは極浅く、防水機能には問題ないことを確認した。



写真-6 詳細調査箇所



写真-7 ケーブルバンド部の内部状況



写真-8 表面被覆材表面のひび割れ状況

2) ケーブル下端の保護カバー入口

写真-9に示すように、ケーブル下端の保護カバー入口で被覆材を部分的に剥ぎ取った結果、ケーブル素線は健全で、雨水が表面被覆材内部に浸入し伝ってきている形跡はないことを確認した。



写真-9 ケーブル下端保護カバー入口の素線状況

本調査により、現時点ではケーブルの耐荷力には問題はないものの、ケーブルバンド部の被覆材の損傷をそのまま放置すれば、内部への雨水浸入は避けられないと判断し、全てのケーブルバンド部について、表面被覆材のやり替えを計画している。

またバンド本体については、腐食を残置すると被覆材の破れの再発に繋がることから、腐食除去を目的に一旦取り外し、腐食状況によっては作り替えも検討することとしている。計画している被覆材の補修構造とバンドの交換要領を図-3に示す。

手順1: 表面被覆材撤去

既設の表面被覆材撤去範囲 1100

手順3: 既設バンド撤去

手順2: 新設バンド設置

新たな表面被覆材施工範囲 1400

ガラスクロスマット巻き付け範囲 750mm

手順4: 表面被覆材修復

図-3 ケーブルバンド部の補修要領図

なお、バンド工事に合わせ、写真-2に示す一般部の表面被覆材の亀裂や膨れについても、被覆材を剥ぎ取り内部を確認した上で、必要に応じてバンド部と同様の被覆材補修を計画している。

4.2 塔内ケーブル定着部

塔内ケーブル定着部については、塔内への雨水浸入を防止することが最も重要であると判断し、老朽化したケーブル保護カバーおよびマンホールの作り替えを計画している。

4.3 桁内ケーブル定着部

詳細調査を、主として漏水の原因追及を目的に、ケーブル保護カバーの内側およびスプレーサドル下端について実施した。

1) ケーブル保護カバー内側

写真-10に示すように、保護カバーのケーブル取り込み口からの雨水浸入はなく、保護カバーの桁本体との取り付け部に漏水による腐食が見つかった。なお、保護カバーの内側には結露が確認された。これは保護カバーが鉄製であり、内外の温度差が原因と推察されるが、この結露水滴はケーブルの防食上は問題にはならないと判断した。

2) スプレーサドル下端

スプレーサドル下端で、一部ケーブルの保護材を切削して内部の状態を確認した結果、素線には腐食は見られず、桁外からケーブル素線間を伝ってくる雨水の浸入はなさそうであることを確認した(写真-11)。

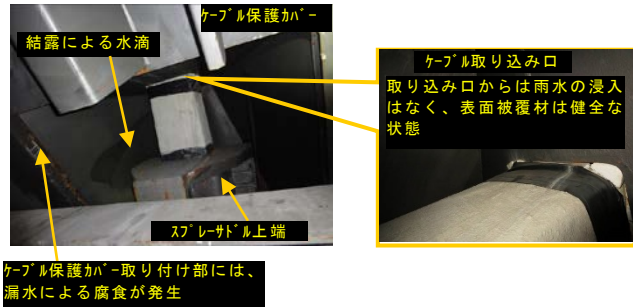


写真-10 ケーブル保護カバー内側



写真-11 スプレーサドル下端

以上のことから、ケーブルソケット前面に発生した錆汁の主因は、ケーブル保護カバーの桁取り付け部からの浸入水がケーブルを伝ってソケット前面に流れ込むことと判断し、保護カバーの桁取り付け部の漏水対策が重要と考えた。

同カバーの漏水対策検討のため、カバーの構造を図面で確認したところ、図-4のように、保護カバーの主桁への取り付け面が舗装上面と一致しており、舗装面に降った雨が取り付け面から入りやすいことが判明した。そのため、ケーブル保護カバーの漏水対策として、同図に示すように取り付け面が舗装面より上に出る構造改変を計画することとしている。

5. おわりに

本橋のケーブルは、調査の結果、表面被覆材やケーブルバンドに変状が見られたものの、ケーブル本体には素線腐食や素線破断等致命的な損傷は確認されなかった。

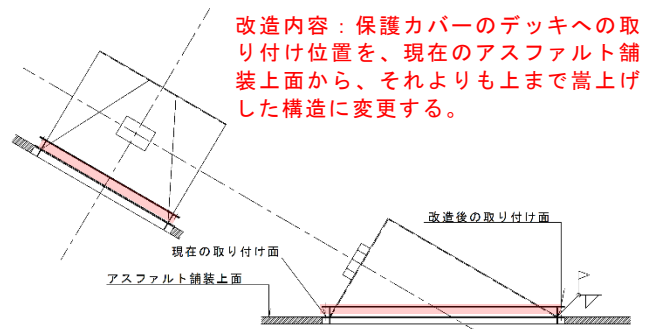


図-4 ケーブル保護カバーの改造案

本橋では、本年度（平成27年度）より、損傷が軽微な内に、本稿で紹介した計画案を元に、予防保全の考え方に沿って、その他の補修部材と合わせて、適切な順番で早期に補修対策を実施していく予定である。

ケーブル系橋梁の場合、ケーブルに発生している応力は、一般の桁橋の主桁応力に比べ、死荷重比率（プレストレス分含む）が高いため、損傷が生じた場合の応力の再配分による他部材への影響が大きく、また損傷後の応力復旧が難しいという特徴がある。その意味で、ケーブル系橋梁の場合は、一般桁橋以上に早期対処が重要となり、そのためには、損傷を早期に発見する、さらには損傷要因を再び生じさせないための技術導入も必要と考える。例えば、ケーブル素線の破断を検知する常時監視システムやケーブルを腐食から守るケーブル内送気システム等が挙げられる。

今後、ケーブル系橋梁をはじめとする長大橋については、損傷調査の方法や対策検討の事例を蓄積し共有することにより、早期発見による速やかな対応ができる体制を整えていくことが求められる。

池上雅章



徳島県東部県土整備局
徳島庁舎 道路整備第二担当主査兼係長
Masaaki IKEGAMI

伊沢祐一



徳島県東部県土整備局
徳島庁舎港湾開発担当主任
Yuichi ISAWA

松田秀和



四国建設コンサルタント(株) 橋梁・構造部 設計3課課長補佐
Hidekazu MATSUDA

安波博道



(一財)土木研究センター 材料・構造研究部長 博(工)
Dr.Hiromichi YASUNAMI

落合盛人



(一財)土木研究センター 材料・構造研究部 主幹研究員
Morito OCHIAI