

供用後25年を経過した瀬戸大橋の維持管理

本州四国連絡高速道路(株)坂出管理センター
橋梁維持第一課長 楠原栄樹

1. はじめに

昭和63年4月10日に供用して25年を経過した瀬戸大橋は、岡山と香川を道路と鉄道で結ぶ基幹交通軸として不可欠の存在となっています。本州四国連絡高速道路株式会社（以下「JB 本四高速」といいます）では、この瀬戸大橋を200年以上の長期にわたって利用していただける橋とすべく万全な維持管理に努めています。本文では、瀬戸大橋の維持管理の概要について紹介します。

2. 維持管理の基本方針

JB 本四高速では、民営化前の本州四国連絡橋公団時代より「予防保全」の概念を取り入れ、橋の供用時点から図1に示す様なフローのもと維持管理を行っています。このフローに従い維持管理を行うことにより、点検により発見した初期の段階の劣化を早期に補修することが可能となり、長寿命化とライフサイクルコストの縮小を行っています。また、補修等の実施にあたっては、劣化を抑制する方策についての技術開発も実施しています。

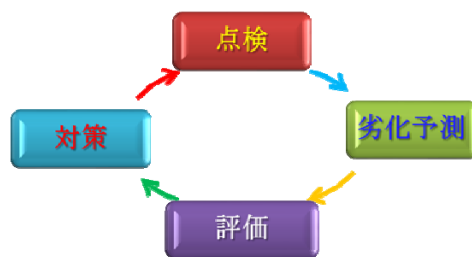


図-1 維持管理フロー

3. 点検管理

予防保全の実施にあたっては、劣化の状態を早期に発見することが重要となります。JB 本四高速では独自の「点検管理要領」を制定し、長大橋については、作業車等を使用して点検部位に近接する基本点検を2年に1回、第三者被害の防止を目的とした遠望目視による巡回点検を3ヶ月に1回の頻度で実施し、表1に示す損傷ランク毎に分類し、データベースに登録します。

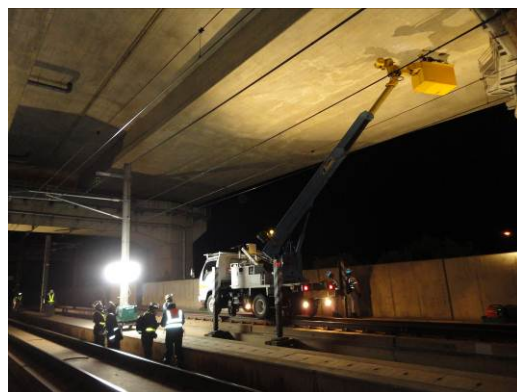


写真-1 鉄道上の打音点検状況

また、瀬戸大橋には1日約150本の鉄道が運行しており、鉄道直上の点検は鉄道の営業が行われていない深夜に行っています(写真1)。さらに、効率的な点検を実施するため、赤外線カメラによるスクリーニング技術等も適用しています。

点検結果をもとに、橋の健全度評価を毎年実施していますが、25年を経過した現在でも十分に健全な状態が維持されています。

表-1 変状の判定基準（構造物）

判定	変状の状況
E	第三者に対して被害を及ぼす、または安全な交通を損なう恐れがあり、緊急補修の必要がある場合
A	変状が著しく、安全性能または使用性能から見て、緊急補修の必要があるもの（E判定以外のもの）
B	変状があり、安全性能または使用性能の低下が見られ補修が必要であるが、緊急性を要しない場合。または、予防保全の見地から補修が必要な場合。
C	変状はあるが、安全性能又は使用性能の低下は見られない。変状の進行状況を継続的に観察するか、または、詳細調査を実施する必要がある場合。
D	変状が軽微な場合
Q	変状の有無・程度の判定が困難で、別の方法により再点検する必要がある場合。

4. 主要な保全業務

点検で見つかった変状は、現在の状態が構造に影響を及ぼす程度まで進展する時期を考慮し、優先順位の高いものから補修等の作業を行います。しかしながら、長大橋梁群で構成される瀬戸大橋では、補修対象となる数量が莫大となるため、計画的に補修を実施するだけでなく、耐久性が高く効率的な施工法を選定する必要があります。以下に、代表的な補修方法を紹介します。

4. 1 塗替塗装

瀬戸大橋の橋桁や主塔は鋼鉄製であり、錆の発生を防ぐために図2に示す重防食塗装が施されています。この塗装の特徴は、最下層のジンクリッチペイントに含まれる亜鉛粒子の犠牲陽極作用により鉄が錆びる前に自分自身が錆びることで鉄の腐食を防止しています。また、下塗り層のエポキシ樹脂は接着剤に似た材料で、錆の原因となる水分を遮断する役目を担っています。しかし、エポキシ樹脂は紫外線に弱いいため、紫外線に強い塗料を上塗り層として採用しています。なお、中塗り層は、塗料の種類の違う下塗り層と上塗り層がはがれない様にするための接着層になっています。このような塗膜構成のため、劣化速度の速い下塗り層が表面に現れる前に中塗り層と上塗り層のみを塗り替えることにより長期間にわたり安定した塗膜を維持しています。

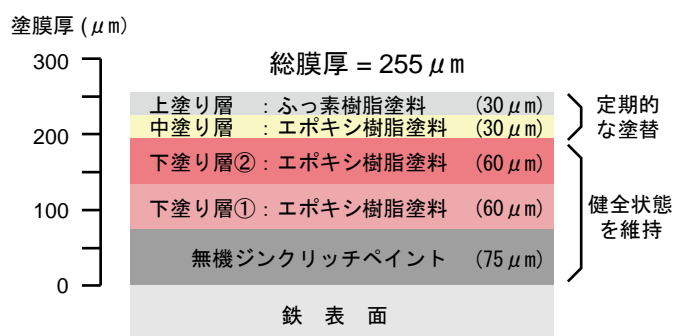


図-2 重防食塗装

本州四国連絡橋3ルート of 塗装面積は約400万m²であり、その半分弱の約180万m²が瀬戸大橋の塗装面積です。瀬戸大橋では桁外面作業車等を足場として使用するため1年間に塗り替えることができる面積は7万~10万m²であり、瀬戸大橋全体を塗り替えるだけで20年程度必要ですが、塗替塗装を行っている間にも塗装の劣化は進行するため、劣化が進行状況を把握しながら計画的に作業を実施しています。写真2および写真3は塗替塗装を行っている状況です。



写真-2 素地調整の状況



写真-3 上塗りの施工状況

4. 2 主ケーブル防食

吊橋を支えている主ケーブルは、交換することが非常に困難な部材であるため、腐食しない環境で維持管理していくこととしています。

様々な実験や検討の結果、ケーブルの中に乾燥した空気を送り込んで防食を行う「ケーブル送気乾燥システム(図3)」を開発し、世界の吊橋の中で初めて明石海峡大橋に適用しました。瀬戸大橋の吊橋3橋(下津井瀬戸大橋、北備讃瀬戸大橋、南備讃瀬戸大橋)でも、供用後約10年が経過した1998年～1999年にケーブル送気乾燥システムが導入され、写真4に示す送気バンドの増設に代表されるような改良を加えながら主ケーブル内を管理基準値である相対湿度40%以下の状態を概ね達成しています。

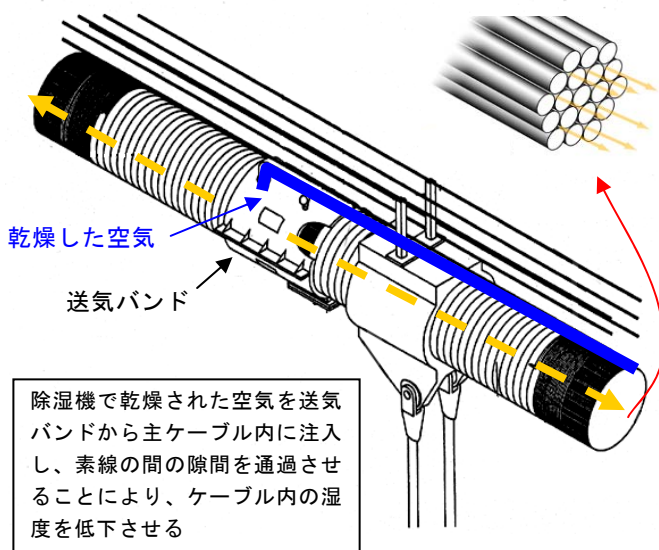


図-3 ケーブル送気乾燥システム概要

一方、主ケーブルは橋の両端でアンカレイジと呼ばれる巨大なコンクリート製の基礎に定着されていますが、その定着部であるスプレー室にも除湿機を設置し、素線の腐食を防いでいます。なお、スプレー室は非常に巨大な空間であるため、ケーブルの周囲にテントを設置し(写真5)、除湿対象体積を縮小することにより効率的な除湿機の運転を行っています。

一方、主ケーブルは橋の両端でアンカレイジと呼ばれる巨大なコンクリート製の基礎に定着されていますが、その定着部であるスプレー室にも除湿機を設置し、素線の腐食を防いでいます。なお、スプレー室は非常に巨大な空間であるため、ケーブルの周囲にテントを設置し(写真5)、除湿対象体積を縮小することにより効率的な除湿機の運転を行っています。



写真-4 送気バンドの増設状況



写真-5 スプレー室内のテント設置状況

4.3 海中基礎防食

瀬戸大橋の海中基礎は、工場で製作された鋼ケーソンを支持地盤上に設置し、水中コンクリートを打設して建設されています。建設段階において鋼ケーソンはコンクリートの型枠として位置づけられていましたが、外壁の腐食によって基礎の一体性が損なわれることが懸念されたため、現在防食工事が進めています。基本的な工法は、潮位変動の影響を受ける部分に対して塗装を施し、海中部にはアルミニウム合金製の犠牲陽極を設置する電気防食としています。しかしながら、水深の深い基礎では犠牲陽極の設置作業が不経済となるため、図4に示す様に海中の陽極から微弱電流を流し、海中のカルシウムイオン(Ca²⁺)やマグネシウムイオン(Mg²⁺)の電気化学的な作用を利用して鋼ケーソン表面に炭酸カルシウム(CaCO₃)や水酸化マグネシウム(Mg(OH)₂)の析出膜を生成させ防錆を行う電着工法を採用しています。写真6は、周辺環境への影響を低減し、高い品質で施工できるドライボックスを用いた鋼ケーソン塗装の状況です。

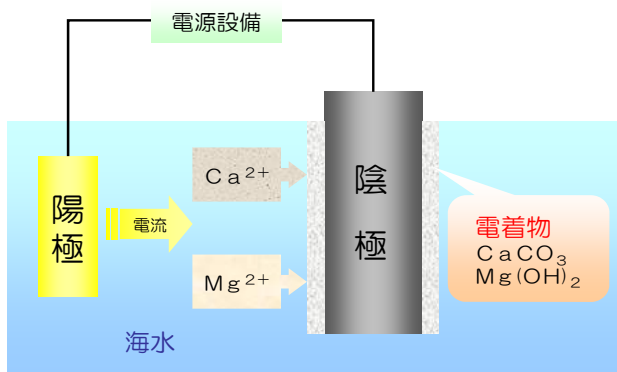


図-4 電着工法の概念図



写真-6 ドライボックスによる施工

4. 4 鋼構造物の疲労

瀬戸大橋には鉄道荷重が作用することから、当初の段階より鉄道荷重が作用する構造部材には疲労を考慮した設計が行われています。疲労進展の要因の一つとして、溶接部に生じた空隙等が考えられますが、瀬戸大橋では許容値よりも小さな空隙についても、その位置と大きさを全て記録しており、経年変化が発生していないかの確認を行っています。現在のところ、これらの進展は認められておらず、主要な構造部材には疲労上の問題は発生していません。

一方、道路荷重のみが作用する部材については、設計当時に疲労設計の概念が十分に導入されていなかったことから、当時の一般橋と同様の構造となっています。そのため、構造的に弱点となる部位を抽出し点検を実施した結果、斜張橋である櫃石島橋と岩黒島橋の鋼床版を支える縦桁の垂直補剛材に11箇所の初期疲労亀裂(写真7)の発生を確認しました。この亀裂は、解析等により鋼床版構造に影響を与えるものではないことを確認していますが、同様の構造部位が約1400箇所に及ぶことから、適切な補修方法の検討後に補修に着手する予定です。



写真-7 疲労亀裂発生箇所

5. 耐震補強

瀬戸大橋の耐震設計は、紀伊半島沖および土佐沖で発生が予想されるマグニチュード8程度の地震を対象に実施していますが、政府の中央防災会議等の東海、東南海地震の情報をもとに地震動の見直しを行い、平成24年度の補正予算により耐震補強工事を実施する予定です。

6. おわりに

瀬戸大橋は25周年を迎えましたが、200年以上を目標とした維持管理のうち、僅か1/8が経過したばかりであり、これから本格的な維持管理段階を迎えます。JB本四高速では、安全、安心、快適に本州四国連絡道路をご利用いただけるよう、今後も本文で述べた様な万全な維持管理を行ってまいります。