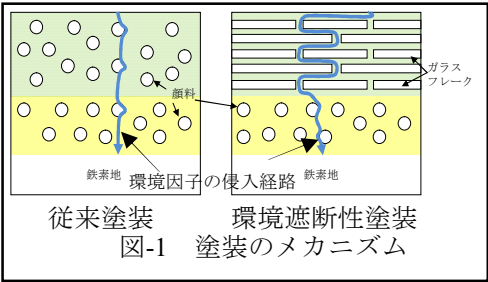


素地に錆を残して補修塗装を行った耐候性鋼橋梁の4年経過報告

西日本高速道路エンジニアリング四国 正会員 ○米原みさと  
西日本高速道路エンジニアリング四国 正会員 古川清司  
西日本高速道路エンジニアリング四国 非会員 石川恭史

1. はじめに

耐候性鋼材の補修塗装では、さびが非常に硬いことから、さびを除去することが難しく、従来の重防食塗装（素地調整1種ケレン、c-3 塗装として5層仕上げ）を行っても早い段階で塗膜に劣化・損傷が現れ、再塗装せざるを得ない状況が見られた。そこで、複数の塗装工法で室内試験を行い、環境遮断性塗装を見出すことができ、2015年9月から環境条件の厳しい場所にある耐候性鋼橋梁にさびを残した状態で塗装し追跡調査を行ってきた。本稿は、約4年が経過した現在の状況を追跡調査の結果を含めて報告するものである。なお、従来塗装と環境遮断性塗装のメカニズムの違いを図-1に示す。環境遮断性塗装は、従来塗装と比べて環境因子の侵入速度を遅くするように設計した塗装である。



2. 耐候性鋼橋梁の試験補修塗装

塗装種別と素地調整の組合せを図-2に、塗装仕様を表-1に示す。  
塗装位置は、A1橋台のG1桁（山側）であり、地山に近接して湿潤状態となりやすく、凍結防止剤の影響を受けている箇所である。塗装は、7つのブロックに区分し、素地調整を替えて3種類の塗装を施工した。素地調整では、既設塗装が残る7ブロックを3種ケレンとし、他のブロックは、さび厚を平均50μmと100μmとした上に塗装を施している。

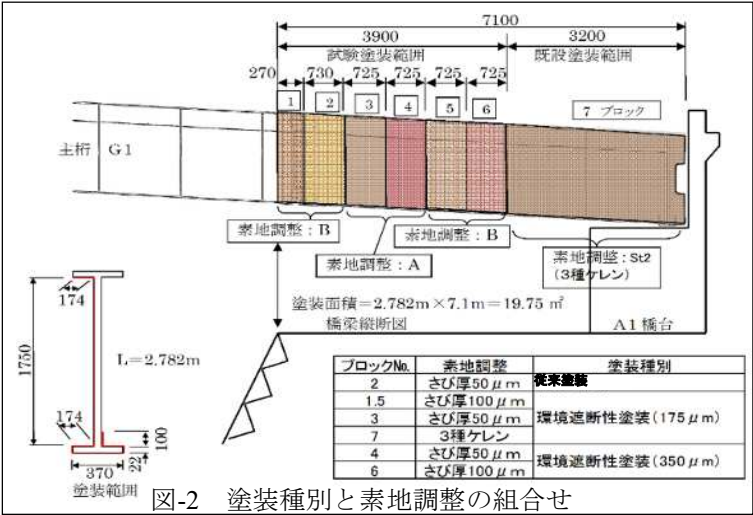


表-1 塗装仕様

| 種別               | 塗装名                     | 標準使用量     | 塗装方法 | 標準膜厚  | 塗装間隔  |
|------------------|-------------------------|-----------|------|-------|-------|
| 従来工法             | 弱溶剤形変性エポキシ樹脂下塗（1回）      | 0.24kg/㎡  | ハケ   | 60μm  | 1～10日 |
|                  | 弱溶剤形変性エポキシ樹脂下塗（1回）      | 0.24kg/㎡  | ハケ   | 60μm  | 1～10日 |
|                  | 弱溶剤形フッ素樹脂中塗（1回）         | 0.14kg/㎡  | ハケ   | 30μm  | 1～10日 |
|                  | 弱溶剤形フッ素樹脂上塗（1回）         | 0.12kg/㎡  | ハケ   | 25μm  | 1～10日 |
| 環境遮断性塗装<br>175μm | 応力緩和・高密着エポキシ樹脂塗装（1回）    | 0.23kg/㎡  | ハケ   | 50μm  | 1～10日 |
|                  | 超厚膜形エポキシガラスフレーク樹脂塗装（1回） | 0.435kg/㎡ | ハケ   | 175μm | 1～10日 |
|                  | 溶剤形フッ素樹脂中塗（1回）          | 0.14kg/㎡  | ハケ   | 30μm  | 1～10日 |
|                  | 溶剤形フッ素樹脂上塗（1回）          | 0.12kg/㎡  | ハケ   | 25μm  | 1～10日 |
| 環境遮断性塗装<br>350μm | 応力緩和・高密着エポキシ樹脂塗装（1回）    | 0.23kg/㎡  | ハケ   | 50μm  | 1～10日 |
|                  | 超厚膜形エポキシガラスフレーク樹脂塗装（1回） | 0.87kg/㎡  | ハケ   | 350μm | 1～10日 |
|                  | 溶剤形フッ素樹脂中塗（1回）          | 0.14kg/㎡  | ハケ   | 25μm  | 1～10日 |
|                  | 溶剤形フッ素樹脂上塗（1回）          | 0.12kg/㎡  | ハケ   | 30μm  | 1～10日 |

なお、高濃度の亜鉛末を用いるジンクリッチ系塗料は、鋼がカソードとなり、亜鉛末が犠牲性アノードとして作用することで、鋼を防食する機能が期待できるが、今回はさびを厚く残しているために下塗の有機ジンクリッチペイントを省略した。また、今回は、塗装表面の色合わせに中塗・上塗を施工している。

キーワード：耐候性鋼橋梁、補修塗装、環境遮断性塗装、追跡調査

連絡先：〒760-0072 香川県高松市花園町 3-1-1 西日本高速道路エンジニアリング四国 Tel.087-834-2413

3. 追跡調査結果

追跡調査は、塗装直後から 50 日後、100 日後、それ以降は約 100 日から半年の間隔で塗膜厚さと目視による塗膜の浮き、さびを確認し結果を整理した。代表的な事例として、ウェブ下段のブロックNo.2(従来塗装)、素地でさびを 100 μ m 残したあとに塗装した No.5 (環境遮断性塗装 175 μ m) とNo.6 (環境遮断性塗装 350 μ m) を表-2 に示す。なお、表中の黄着色は、塗膜の変状が見られた時点を示す。

表-2 追跡調査結果 (代表事例)

| No. | 部位        | 平成27年9月17日                                                                        | 平成27年11月10日                                                                       | 平成27年12月25日                                                                       | 平成28年4月8日                                                                         | 平成28年7月15日                                                                        | 平成28年10月21日                                                                       | 平成29年3月29日                                                                        | 平成29年7月11日                                                                         | 平成29年10月10日                                                                         | 平成30年1月29日                                                                          | 平成30年5月22日                                                                          | 平成31年1月24日                                                                          | 令和元年6月21日                                                                           | 令和元年11月8日                                                                           |
|-----|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|     |           | 塗装完了後                                                                             | 約2ヶ月経過<br>（54日後）                                                                  | 約3ヶ月経過<br>（99日後）                                                                  | 約6ヶ月経過<br>（204日後）                                                                 | 約10ヶ月経過<br>（追跡調査<br>（302日後）                                                       | 約1年1ヶ月経過<br>（追跡調査<br>（400日後）                                                      | 約1年5ヶ月経過<br>（追跡調査<br>（559日後）                                                      | 約2年1ヶ月経過<br>（追跡調査<br>（663日後）                                                       | 約2年1ヶ月経過<br>（追跡調査<br>（754日後）                                                        | 約2年4ヶ月経過<br>（追跡調査<br>（865日後）                                                        | 約2年7ヶ月経過<br>（追跡調査<br>（978日後）                                                        | 約3年4ヶ月経過<br>（追跡調査<br>（1225日後）                                                       | 約3年7ヶ月経過<br>（追跡調査<br>（1372日後）                                                       | 約4年経過<br>（追跡調査<br>（1513日後）                                                          |
| 2   | ウェブ<br>下段 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |           | 平均厚 312.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 349.9<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 334.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 324.6<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 322.8<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 323.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 323.4<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 321.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                    | 平均厚 332.8<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 316.1<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 304.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 314.2<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 318.6<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 307.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     |
|     |           | 平均厚 312.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 349.9<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 334.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 324.6<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 322.8<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 323.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 323.4<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 321.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                    | 平均厚 332.8<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 316.1<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 304.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 314.2<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 318.6<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 307.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     |
| 5   | ウェブ<br>下段 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |           | 平均厚 563.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 563.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 553.9<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 552.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 556.9<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 557.3<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 551.4<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 551.2<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                    | 平均厚 542.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 551.6<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 551<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                       | 平均厚 530.3<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 554.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 561.9<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     |
|     |           | 平均厚 563.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 563.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 553.9<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 552.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 556.9<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 557.3<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 551.4<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 551.2<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                    | 平均厚 542.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 551.6<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 551<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                       | 平均厚 530.3<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 554.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 561.9<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     |
| 6   | ウェブ<br>下段 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|     |           | 平均厚 802.3<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 860.1<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 865.8<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 867.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 780.4<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 799.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 832.2<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 887.1<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                    | 平均厚 830.8<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 880.4<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 838<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                       | 平均厚 0.0<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                       | 平均厚 790.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 792.3<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     |
|     |           | 平均厚 802.3<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 860.1<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 865.8<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 867.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 780.4<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 799.7<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 832.2<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                   | 平均厚 887.1<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                    | 平均厚 830.8<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 880.4<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 838<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                       | 平均厚 0.0<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                       | 平均厚 790.5<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     | 平均厚 792.3<br>浮き判定 なし<br>さび判定 なし                                                     |

また、4 年経過した時点の追跡調査結果を取りまとめて表-3 に示す。ブロックNo.7 は、旧塗膜が残った所に 3 種ケレン後、新たな補修塗装を施工した箇所であり、桁端部と条件的にも悪い箇所である。ブロックNo.2 は、50 μ m のさびを残し、従来塗装を施しているが、早い段階から塗膜に小さな膨れが確認された。ここで確認されたことは、環境遮断性塗装 350 μ m を施工すれば、素地にさびを 100 μ m 残しても 4 年経過時点で問題のなかったことである。

表-3 4 年経過した時点での追跡調査結果

| ブロック No. | 素地調整        | 塗装種別         | 追跡調査結果                                                          |
|----------|-------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1        | さび厚 100 μ m | 環境遮断 175 μ m | 2年4か月経過したところから一部で小さな膨れが見られましたが、全体的に健全である。                       |
| 2        | さび厚 50 μ m  | 従来塗装         | 10か月経過したところから下フランジに小さな膨れが見られだした。ウェブ下段には3年4か月経過ごろから小さな膨れが見られだした。 |
| 3        | さび厚 50 μ m  | 環境遮断 175 μ m | 1年半から2年が経過したところからウェブや下フランジ全体に小さな膨れが見られだした。                      |
| 4        | さび厚 50 μ m  | 環境遮断 350 μ m | 4年経過したが変状等は見られない。                                               |
| 5        | さび厚 100 μ m | 環境遮断 175 μ m | 2年経過したところからウェブ中段に小さな膨れが見られだし、2年7か月からウェブ下段にも小さな膨れが見られるようになった。    |
| 6        | さび厚 100 μ m | 環境遮断 350 μ m | 4年経過したが変状等は見られない。                                               |
| 7-1      | 3種ケレン       | 環境遮断 175 μ m | 3年7か月経過したところからウェブに小さな膨れが見られだした。                                 |
| 7-2      | 3種ケレン       | 環境遮断 175 μ m | 3年4か月経過したところからウェブ下段に小さな膨れが見られだした。                               |
| 7-3      | 3種ケレン       | 環境遮断 175 μ m | 10か月経過したところからウェブ下段に浮きが確認され、2年7か月経過したところから下フランジなどにも浮きが確認されている。   |
| 7-4      | 3種ケレン       | 環境遮断 175 μ m | 1年5か月経過したところから下フランジに浮きが確認された。                                   |

4. おわりに

従来の耐候性鋼橋梁の補修塗装では、鋼材のさびが除去できず、1 種ケレンの素地調整程度を得ることが難しいという事例が多い中、多少さびが残り、十分な塩分除去が出来ない場合であっても、外からの環境因子等が遮断でき、塗膜の延命化が図れるのであれば、有効な予防保全として提案できると考えている。

本塗装は、色合わせの必要がなければ2 層仕上げが可能であり、従来塗装の5 層仕上げと比較しても足場の仮設期間が短縮でき、場合によっては、橋梁点検車による施工も可能なことから経済的に施工できる。また、施工後に塗膜の部分的な浮きや剥離が生じたとしても、サンダー等によるケレンで部分的な再塗装が可能であることから、損傷の拡大を防ぐことができ、経済的な維持管理が実現できる。引き続き追跡調査を行い、塗膜の状況を確認しながら有効性を確認したい。

参考文献：耐候性鋼橋梁の維持管理に関する研究 2014