

論文 塩害環境下のコンクリート橋に適用した各種表面被覆の 20 年目の評価

齋藤 正司*1・渡辺 二夫*2・青山 實伸*3・武内 道雄*4

要旨: コンクリート構造物の塩害に対する耐久性確保のために表面被覆は有効であり、その耐久性能は対策工決定や LCC 評価を行う上で重要な指標となる。今回、日本海の厳しい塩害環境下の新設コンクリート橋に適用した各種表面被覆の 20 年目の性能を曝露試験体および実橋で評価した。その結果、浸透型塗膜は耐久性能に劣っていたが、コンクリート塗装では塩分浸透や中性化の抑制機能を 20 年間持続し、塗装系によっては 20 年の耐久性能を保持し、今後も耐久性能を維持できると判断できるものもあった。防食パネルでは、継目付近の一部にパネルのはく離が見られたが、全体として長期的な耐久性能を期待できると推察された。

キーワード: 塩害, 塩分浸透, 浸透型塗膜, コンクリート塗装, 防食パネル, 耐久性

1. はじめに

日本海の厳しい塩害環境下に 1985 年～1987 年に建設した北陸自動車道 親不知海岸高架橋 (以下「海岸橋」) では、1984 年に制定された道路橋塩害対策指針 (以下「塩害指針」)¹⁾を基本に、鋼材かぶりの増加(上部工 70 mm)による塩害対策等を実施した²⁾。しかし、鋼材かぶりの増加による対策は、塩分浸透に対する対策として万全なものと言えなく、後年さらにコンクリート塗装による塩分浸透の防止などが必要となることが十分予測された。また、コンクリート塗装工法そのものは材料等も多く、耐久性等についても試験的な段階で未確認の状況にあった。特に、表面被覆の耐久性能は対策工決定や LCC 評価を行う上で重要な指標となる。このことから海岸橋では、将来コンクリート塗装による保全対策の必要が生ずることを想定し、その効果や耐久性等の基礎資料を得ることを目的に、厳しい飛沫塩分環境が想定されたインターチェンジ海側ランプ部の PC 中空床版橋で 7 種類のコンクリート塗装および 2 種類の浸透型塗膜を適用した。また、計画高の低いランプ合流部の RC 中空床版橋には、遮塩・遮水性に優れたポリマーセメントモルタルを使用した防食パネル (t=10 mm) を埋設型枠として橋体周面を被覆する塩害対策を用いた³⁾。さらに、それらの表面被覆および本体コンクリートと同じ試験体を製作し、曝露試験を実施し、継続的に浸透塩分等の調査を行ってきた。

本稿では、曝露試験体での 20 年間の追跡調査結果と実橋での 20 年目に実施した調査結果に基づく、新設橋に適用した各種表面被覆の耐久性能および塩分の遮塩性能等の効果を評価した結果を示す。

2. 適用した表面被覆

表面被覆を適用した上部工は、海岸橋のインターチェンジ部の海側に面するランプ橋である。コンクリート塗装および浸透型塗膜は、スパン 30 m, 有効幅員 5.5 m の PC 連続中空床版橋で、それぞれ 10 径間および 4 径間に適用した。防食パネルは、スパン 15 m, 有効幅員 5.5～11.3 m の RC 連続中空床版橋に適用した (写真-1 参照)。上部工と試験体に使用したコンクリートの配合を表-1 に示す。

コンクリート塗装は、塩害指針による塗装系を中心に、膜厚、塗装材料等に変化を持たせた表-2 に示す 7 種類

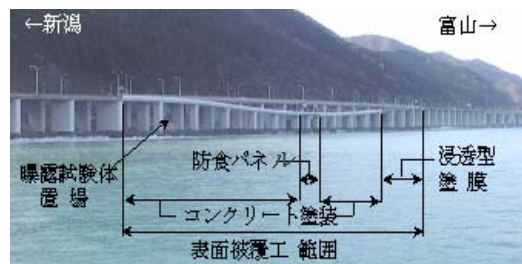


写真-1 海岸橋と表面被覆の適用箇所

表-1 上部工コンクリートの配合

| 構造 型式 | f' ck (N/mm ²) | セメント 種別 | スパン ^o (cm) | 空気量 (%) | W/C (%) | G _{max} (mm) | 細骨率 (%) | 単位重量 (kg/m ³) | | | | | 混和剤 の種類 | 適用した 表面被覆材 |
|----------|-------------------------------|------------|--------------------------|------------|------------|--------------------------|------------|---------------------------|------|-----|------|-----|------------|---------------|
| | | | | | | | | 水 | セメント | 細骨材 | 粗骨材 | 混和剤 | | |
| RC | 24 | 普通 | 5~10 | 4~5 | 50 | 25 | 41 | 160 | 320 | 758 | 1105 | 0.8 | AE減水剤 | 防食パネル |
| PC | 35 | 早強 | 5~10 | 4~5 | 45 | 25 | 38 | 159 | 350 | 684 | 1132 | 0.9 | AE減水剤 | 塗装、浸透型 |
| | 40 | 早強 | 5~10 | 4~5 | 40 | 25 | 37 | 163 | 400 | 674 | 1116 | 1 | AE減水剤 | 無塗装 |

*1 東日本高速道路 (株) 新潟支社 技術企画課 課長代理 (正会員)

*2 東日本高速道路 (株) 新潟支社 技術企画課 課長

*3 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 (株) 金沢支店 土木部 部長 博士(工学) (正会員)

*4 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋 (株) 金沢支店 土木部 主任

を適用した。プライマーはエポキシ樹脂、中塗材はエポキシ樹脂とガラスフレーク入りビニルエステル樹脂（以下「ビニルエステル樹脂」）の2種類とし、膜厚は60 μm ～600 μm のものを使用した。上塗はポリウレタン樹脂と耐候性に優れたフッ素樹脂の2種類とし、膜厚をすべて30 μm とした。なお、EP 60, EP350, VP350は塩害指針の規定⁴⁾による塗装系である。浸透型塗膜は、表-3に示す塩化ビニル樹脂エステル系と特殊変性ポリエステル系の2種類とした。浸透型塗膜は、主剤がコンクリート表面から数mm浸透して油性の被膜が形成され、上部工への塩化物イオンの浸透抑制を期待したものであった。この塗膜は、型枠脱型直後に施工できるために、工程が短縮され経済的に施工できる利点があった。防食パネルは、ポリマーセメントモルタル製(C=785kg, W/C=35%, P/C=15%, S/C=1)でポリエチレンネット10層を配置してパネルの靱性を確保し⁵⁾、パネルのコンクリートとの付着面に小砂利を散布し本体コンクリートとの付着性を高めた構造で、埋設型枠として橋体周面を被覆し塩化物の浸透を防ぐ塩害対策工である。防食パネルの基準形状は、1m \times 2m \times 10mmである。パネル間の継目は、弾性シーリング材（シリコンゴム）により充填処理を行い、腐食因子の侵入を防ぐ細部構造とした。

各種表面被覆を適用した位置を図-1に示す。適用した区間の路面高さは、海面より14.1～23.2mである。

3. 追跡調査の方法

3.1 試験体での追跡調査

試験体は実橋と同じ配合で、10種類の表面被覆を製作し、その効果を比較検証するため、無塗装の試験体も製作した。試験体の寸法は250 \times 300 \times 550mmで、防食パネルのみ500 \times 300 \times 600mmとした。防食パネルは、海側面だけに設置し、パネルの継目を設けるとともに他の面は塗装(EP60)で被覆した。追跡調査は、曝露後3年、5年、7年、10年、15年、20年経過時点に実施した。なお、試験体の設置位置は、海岸橋の桁下に設け、雨水により塩分が流され難い環境とした。また、近傍の飛来塩分量は、土研法により1989年に調査し、約260 g/m²/年が観測された。

調査は、試験体の海側面から55mmのコアを採取し、中性化と塩分の浸透状況を測定した。なお、防食パネルでは、継目部と非継目部で、パネルを除くコンクリート部のコアを採取した。中性化試験は、コアにフェノールフタレインの1%エタノール溶液を噴射し、着色しない面積から平均深さを算出した。塩分の浸透状況は、深さ方向(5～15, 15～25, 25～35, 45～55, 65～75mm)毎にコンクリート中の全塩化物イオン濃度（以下「塩分濃度」）を、JISの試験方法により2N-HNO₃での溶解による電位

差滴定法にて測定した。分析結果は、分析深さごとの平均値（5～15mmの場合は10mm）で示した。

3.2 実橋での追跡調査

実橋周辺の海岸では、20年間で汀線は図-2に示すように大きく変化している。建設直後は前浜が24m程度あり塩害環境は緩やかであった。その後、汀線の後退が進行して約10年後には橋脚付近となり、橋面高さの低いAP5～BP5間は波しぶきの影響を直接受ける厳しい塩害環境に変化した。

実橋での調査は、近接外観調査、塗膜の付着力、床版下面での塩分の浸透状況、参考として付着塩分量を測定した。外観調査は接近した目視観察により、小さな塗膜の浮き・ふくれ、上塗りのはがれ状況を把握した。塗膜

表-2 コンクリート塗装系の種別

| 種別 | 中塗 | | 上塗種別 (30 μm) | 総膜厚 (μm) | 適用径間数 |
|-------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|--------------------------|-------|
| | 種別 | 膜厚 (μm) | | | |
| EP 60 | エポキシ樹脂 | 60 | ポリウレタン | 90 | 2 |
| EF 60 | | | フッ素 | 90 | 3 |
| EP350 | | 350 | ポリウレタン | 380 | 1 |
| EF350 | | | フッ素 | 380 | 1 |
| VP350 | ガラスフレーク入りビニルエステル樹脂 | 350 | ポリウレタン | 380 | 1 |
| VF350 | | | フッ素 | 380 | 1 |
| VF600 | | 600 | フッ素 | 630 | 1 |

表-3 浸透型塗膜の種別

| 種別 | 主剤 | 標準塗布量 | 適用径間数 |
|----|--------------|------------------------|-------|
| DV | 塩化ビニル樹脂エステル系 | 0.20 ℓ/m^2 | 2 |
| DP | 特殊変性ポリエステル系 | 0.34 ℓ/m^2 | 2 |

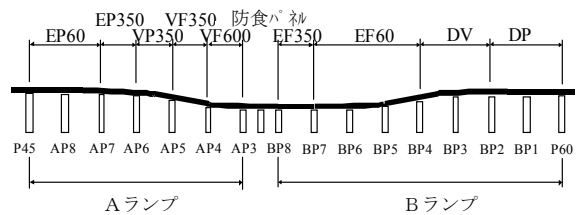


図-1 各種表面被覆の適用した位置

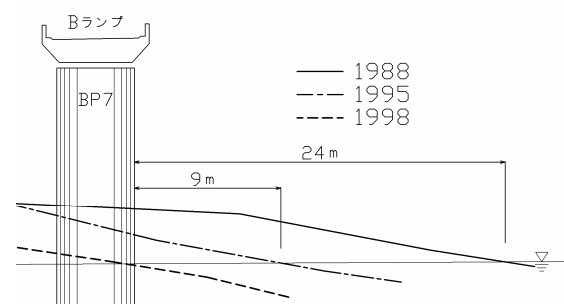


図-2 実橋の汀線変化

の付着力は、床版下面について損傷部と健全部で行った。

塩分の浸透量や中性化の調査は、コアにより表-6の調査位置に示す位置で、無塗装はP60付近で曝露試験体と同じ方法により実施した。塗膜付着力試験は建研式により、付着塩分量はJHS408「鋼橋の付着塩分量測定方法」に準じて実施した。

4. 調査結果および考察

4.1 試験体の結果

(1) 中性化試験

中性化試験の結果を図-3に示す。20年経過時点の無塗装の試験体では3mm、浸透型塗膜で4mmの中性化が進行していたが、塗装および防食パネル(含継目部)の表面被覆した試験体には中性化は見られなかった。コンクリート塗装および防食パネルの表面被覆によりコンクリート中の中性化が抑制されていることが確認できた。

(2) コンクリート中への塩分浸透

20年目のコンクリート中の塩分濃度の分布状況を図-4に示す。コンクリート塗装を実施した試験体は、いずれも無塗装の試験体に比べて塩分浸透をほぼ遮断していた。防食パネルでは塗装同様に塩分浸透を遮断しており、塩分浸透の弱点と考えられる継目部では一般部に比べ若干多い塩分浸透が見られた。浸透型塗膜は、無塗装と同程度以上の塩分が浸透しており、20年経過時の遮塩機能はほとんど認められなかった。なお、DPの塩分浸透が無塗装より多い理由は、試験体を設置した位置での飛来塩分量の違いによるものと推察する。無塗装無塗装の配合(強度)による違いは、強度が大きくなるに従い塩分の浸透が少い傾向を示していた。

コンクリート中の塩分濃度分布の経年変化を図-5に示す。コンクリート塗装を実施した試験体では、材料および膜厚に関係なく測定開始の3年経過時から大きな変化は見られなかった。一方、浸透型塗膜は5~7年程度まで遮塩性が認められるものの、その後、経過年数に伴い塩分の浸透量が多くなり、表面から深さ70mm程度まで塩分が浸透していた。

20年目のコンクリート中の塩分濃度の分布形状より浸透した塩分総量を、表面から深さ80mmまでの各深さの塩分濃度(kg/m³)に各厚さ(mm)を乗じた値の合計値と定義し、表面被覆別に塩分総量を算定して図-6に示す。これによると、浸透型塗膜および無塗装と比較し、コンクリート塗装および防食パネルでは、20年経過時においても塩分の浸透を抑制していた。防食パネル(図中「PA」)では、一般部に比べ弱点と考えられる継目部で塩分の浸透が若干多かった。上塗にフッ素樹脂を中塗材にビニルエステル樹脂を使用した場合には、膜厚が増すと塩分の浸透が小さくなっていった。一方、上塗にフッ素樹脂と中

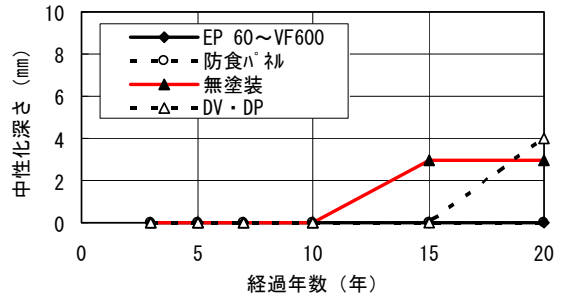


図-3 中性化試験結果

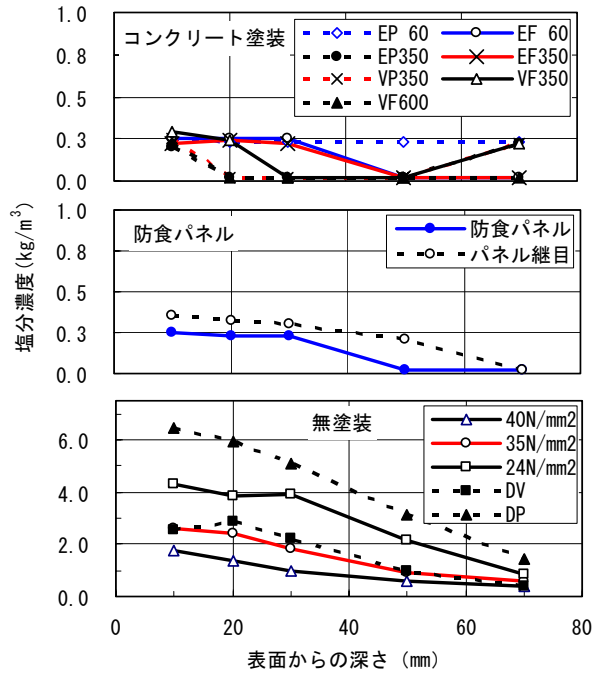


図-4 20年目の塩分濃度分布の状況

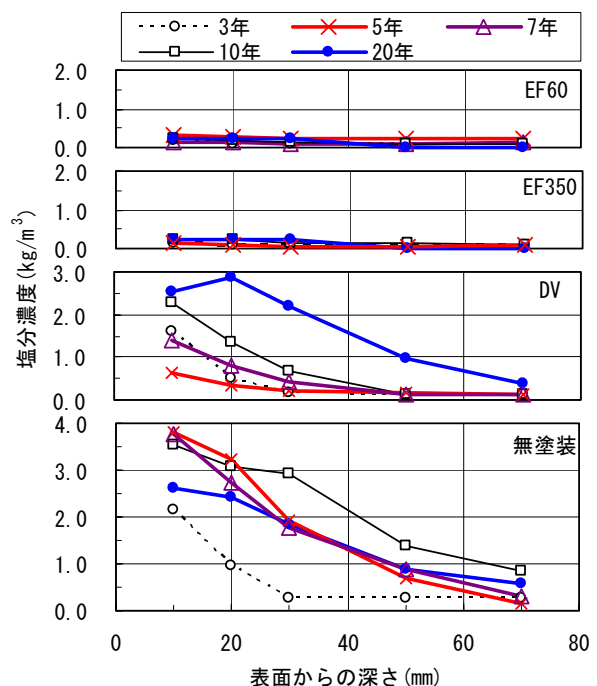


図-5 塩分濃度分布の経年変化

塗材にエポキシ樹脂を使用した場合は、膜厚による塩分の浸透性に大きな差は見られなかった。

4.2 実橋の結果

(1) 外観調査

コンクリート塗装の近接外観調査結果を、支点付近 5m 範囲の損傷展開図と部位ごとの損傷率を図-7 に示す。損傷展開図では、水膨れ・剥がれ、水膨れの点在、上塗の剥がれ・減耗・塗ムラなどに損傷を区分した。損傷率は、各損傷の合計面積を部材面積で除して%で示した。水膨れの点在する場合の損傷率は、現地確認結果 5%と評価した。また、直接日光や雨水などに接する壁高欄付近では、すべてのコンクリート塗装で白亜化が見られた。コンクリート塗装では、橋面高さが高く波しぶきの影響を受けない EP60~VP350 区間は中塗がビニルエステル樹脂である VP350 を除き損傷は小さかった。橋面高さが低く波しぶきの影響を受ける VF350~EF60 区間で中塗にビニルエステル樹脂を用いたものは上塗の剥がれが著しく見られ、中塗にエポキシ樹脂と上塗にフッ素樹脂を用いた塗装系の損傷は小さかった。中塗にビニルエステル樹脂を用いた塗装系を除く部位別の損傷率の大きさは、壁高欄、床版側面、床版下面の順で、床版下面の損傷率は最も小さかった。これらの損傷の特徴は、壁高欄の地覆部付近で水分を含む水膨れが多いことであり、水膨れの大きさは平均径約 10mm 程度であった。水膨れ部では、塗膜にピンホール等の跡は無く、コンクリートとパテ間に滞水し膨れていた。また、水膨れの水分をイオンクロマトグラフィーによる分析を行ったところ、コンクリートおよび塗装材料に含まれない硝酸イオンなどが確認された。このことから橋面の路面水がコンクリートの打継目である地覆部を通過し、コンクリートと塗膜の間に溜まったものと推察された。また、EF60, EF350 で確認された部分的な上塗の減耗は、方向性があることや、表面の撥水性や光沢から判断し、施工時のムラによるものと

考えられた。上塗のポリウレタン樹脂、フッ素樹脂ともに、20 年経過したことを考慮すると直接日光や雨水などに接する壁高欄付近の白亜化を除き、比較的良好な状態を保っていた。中でも特に中塗材にエポキシ樹脂を上塗にフッ素樹脂を用いた EF タイプは、厳しい塩害環境下で光沢や撥水性も保たれていることから比較的良好であると推察された。防食パネルでは、海側に面する継目部の床版側面と下面の境界部付近を主体に剥がれが一部に生じていたが、波しぶきの影響を強く受ける環境下でも、比較的良好な経過を示していた。

(2) 塗膜付着力調査

実橋の床版下面における塗膜付着力試験結果を表-5 に示す。ここでの健全部とは、損傷部付近で上塗りまで健全な箇所、損傷部近傍とは水膨れまたは減耗箇所に近接した箇所を選定した。これによると、いずれの塗装系においても規格値 1.0N/mm² を上回っていた。剥離面に着目すると、中塗材にビニルエステル樹脂を使用したものや上塗にポリウレタン樹脂を使用したものは、塗膜の層間で剥離したものが多かった。一方、上塗にフッ素樹脂と中塗材にエポキシ樹脂を組合せたタイプでは、コン

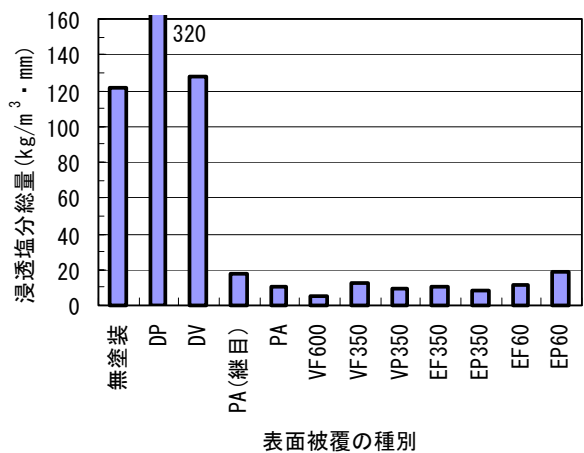


図-6 20年目の曝露試験体に浸透した塩分総量

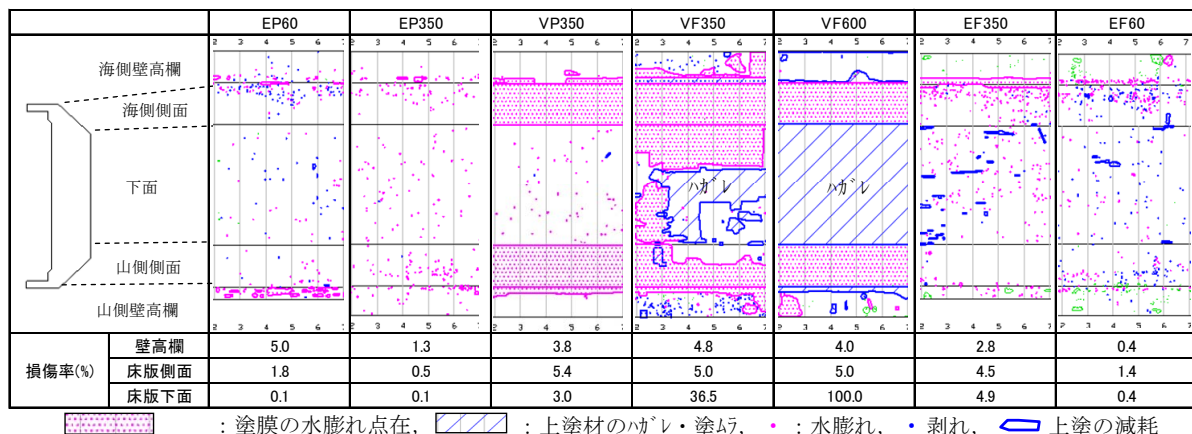


図-7 近接外観調査結果の一例

クリート母体で剥離することが多かった。

(3) 塩分の浸透状況

床版下面の実橋での塩分浸透量の異なる代表的な表面被覆の塩分濃度の分布状況を図-8に示す。この結果、EP60、EF60は、VF350より塩分浸透量は小さくなっていった。DV、DPの塩分浸透量は、表面付近では無塗装より少ないものの20mm以深では変わらず遮塩性能は認められなかった。また、曝露試験体に比べると1/3程度であり、曝露試験体置場と比べ塩害環境が異なるためと考えられた。防食パネルの損傷部には、DV、DPと同程度の塩分が浸透しており、波しぶき等による継目部からの塩分浸透と考えられた。

各表面被覆の塩分濃度分布より浸透した塩分総量を算出し図-9に示す。これによると、中塗にエポキシ樹脂を使用したタイプでは、膜厚に関係なく塩分を遮断していた。一方、中塗にビニルエステルを使用したものは、上塗の材料に関係なく塩分浸透が多い傾向にあった。VF600では外観調査で上塗の剥がれが確認されたが、塩分の浸透は比較的抑制されていることから中塗の膜厚により塩分浸透を抑制したものと推察された。また、防食パネルは、一般部では塩分を遮断しているのに対し、継目付近の損傷部では塩分の浸透が多くなっていた。

(4) 総合評価

実橋での各調査結果をまとめて、表-6に示す。表には、塩害環境に関する測定位置の標高・波しぶきの影響の程度・付着塩分量および中性化深さを加えて示した。塩害環境では、橋面の高さの低いVF350~EF60の区間は波しぶきの影響を受け、付着塩分量も多く、厳しいことを示した。中性化の進行は、曝露試験と同様な傾向を示していたが、EP60で塩分浸透が少ないものの中性化が確認された。この要因として、コア採取位置の塗装時のコンクリートが不飽和状態であったことなどが考えられた。

塗装や防食パネルでの塩分浸透や中性化の抑制性能は無塗装に比べ極めて有効であった。コンクリート中の塩分濃度は鋼材腐食限界濃度 1.2kg/m^3 を大きく下回り、

表-5 塗膜付着力試験結果

| 塗装種別 | 健全部 | | 損傷部近傍 | |
|-------|--------------------------|-------|--------------------------|---------|
| | 付着力 (N/mm ²) | 剥離面 | 付着力 (N/mm ²) | 剥離面 |
| EP60 | 2.6 | A,A,A | 4.6 | C,C,C |
| EP350 | 3.2 | C,A,C | 3.7 | C,C,C |
| VP350 | - | - | 2.1 | A,CP,CP |
| VF350 | - | - | 3.6 | A,A,A |
| VF600 | - | - | 1.9 | A,A,A |
| EF60 | 3.9 | C,C,C | 2.7 | A,C,C |
| EF350 | 3.5 | C,C,C | 3.2 | A,C,C |

塗膜層間：A，コンクリート接着面：CP，コンクリート母体：C

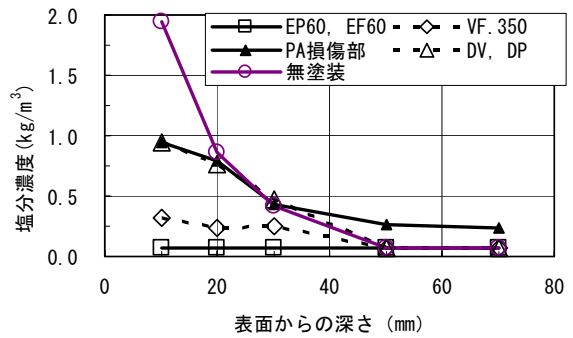


図-8 実橋での塩分濃度の分布状況

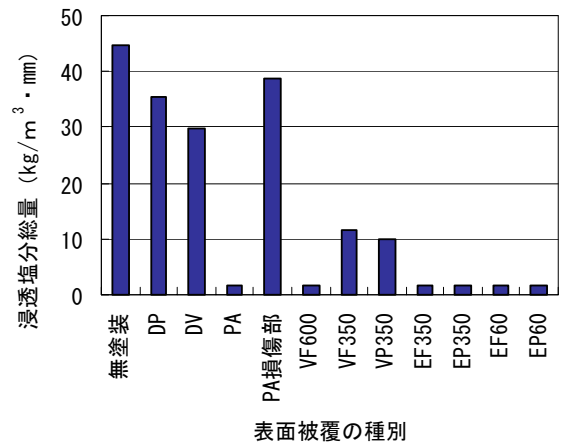


図-9 実橋での浸透した塩分総量

表-6 実橋の調査結果と評価のまとめ

| 調査位置 | 表面被覆種別 | 環境 | | | 外観(下面) | | 被覆材性能 | | | 塩分浸透 (kg/m ³ ·mm) | 構造物の耐久性 | 表面被覆材の評価 | |
|-------|--------|--------|------|--------------------------|---------|--------|----------|--------------------------|------|------------------------------|---------|----------|-------|
| | | 標高 (m) | 波しぶき | 付着塩分 (g/m ²) | 損傷率 (%) | 特記 | 中性化 (mm) | 付着力 (N/mm ²) | 剥離位置 | | | 総合 | 今後の対応 |
| EP60 | EP60 | 20 | なし | 5.4 | 0.1 | 水膨れ | 0 | 2.6 | A | 2 | OK | ◎ | 経過観察 |
| | EP350 | 18.5 | なし | 3 | 0.1 | 水膨れ | 0 | 3.2 | C | 2 | OK | ◎ | 経過観察 |
| VP350 | VP350 | 17 | 小 | 5.4 | 3 | 水膨れ | 0 | 2.1 | CP | 10 | OK | △ | 部分塗替 |
| | VF350 | 15.5 | 大 | 16.8 | 36.5 | 上塗りはがれ | 0 | 3.6 | A | 12 | OK | × | 塗替え |
| 防食パネル | VF600 | 14.6 | 大 | 35.4 | 100 | 上塗りはがれ | 0 | 1.9 | A | 2 | OK | × | 塗替え |
| | PA | 14.1 | 大 | - | 0.6 | 継目浮き | 0 | - | - | 2 | OK | ◎ | 部分補修 |
| EF60 | EF350 | 14.2 | 大 | 133.2 | 4.9 | 部分塗ムラ | 0 | 3.9 | C | 2 | OK | ○ | 上塗塗替 |
| | EF60 | 14.9 | 大 | 40.8 | 0.4 | 部分塗ムラ | 3.5 | 3.5 | C | 2 | OK | ○~◎ | 経過観察 |
| DV | DV | 19.3 | 小 | - | - | - | 6 | - | - | 30 | 予防保全 | × | 将来塗装 |
| | DP | 21 | なし | - | - | - | 8 | - | - | 35 | 予防保全 | × | 将来塗装 |
| DP | 無塗装 | 21 | なし | - | - | - | 3.1 | - | - | 45 | 予防保全 | - | 将来塗装 |

実橋の構造体の耐久性能に影響を及ぼすことはない判断された。このことから、表面被覆材の遮塩性能等を持続させる必要があると考えられた。一方、浸透型塗膜では、塩分浸透や中性化の抑制性能は見られなかった。このため、無塗装や浸透型塗膜では、今後、新たな塩分浸透を抑制するための塗装等での予防保全による構造体の耐久性能維持が必要になると推察された。なお、実橋と試験体の塩分浸透量の違いは、海面からの高さの違い等の飛来塩分環境が異なることに起因すると考えられた。従って、ここでの各表面被覆材の20年目の性能は、実橋での外観・被覆材の性能等に着目して評価を加えた。

外観調査などの結果、波しぶきの影響を受ける厳しい塩害環境下では、中塗にビニルエステル樹脂を用いた塗装系で、膨れや上塗の剥がれが広範囲に発生し、付着性でも塗膜層間の剥離が多く、塗替えが必要と判断された。上塗にフッ素樹脂と中塗にエポキシ樹脂を用いたEF60、EF350は一部で塗ムラがあるが、比較的良好な経過を示していた。よって、塗ムラのある区間は上塗の塗替を行うこととし、損傷率の小さい良好な外観の区間ではさらなる耐久性評価のため経過観察を行うこととした。一方、橋面高さが高く塩害環境の緩やかな区間に適用した上塗にポリウレタン樹脂と中塗にエポキシ樹脂を用いた塗装系は、損傷率が小さく良好な外観の経過を示し、今後も性能を維持できると推察された。EP60とEP350の膜厚による性能の差がほとんど見られず、さらなる耐久性評価のため補修なしとし経過観察を行うこととした。各コンクリート塗装で共通する損傷は、地覆部付近に水膨れが多く発生し、直接雨水や日光の影響を受ける壁高欄では白亜化が見られることであった。これらは、部分塗替が必要であると考えられた。また、防食パネルは、継ぎ目部の損傷箇所では遮塩性能がなくなり補修の必要があるが、一般部では波しぶきの影響を受ける環境にも係わらず良好な遮塩性能を示していた。

以上の結果より、海岸橋の新設橋に適用したコンクリート塗装は、波しぶきの影響を受ける厳しい環境において、EF60、EF350の塗装系では20年にわたり各種の性能を十分に満足し、20年の耐久性能を確認できた。また、塩害環境の緩やかな区間に適用したEP60、EP350の塗装系も、20年の耐久性能を確認でき、今後も性能を維持できると推察された。防食パネルでは、継目部付近の損傷部を除き、長期にわたる耐久性が期待できた。

実橋での調査結果で、地覆部付近の水膨れや床版下面での上塗材の剥がれが見られたことから、今後、新設橋において、壁高欄と地覆部付近の確実な橋面防水工による止水の実施、上塗の施工ムラ防止や波しぶきを受ける橋体に対して上塗の2層塗りを実施することで、コンクリート塗装の耐久性向上が可能であると推察された。

5. まとめ

日本海の厳しい塩害環境下で20年間経過した各種表面被覆を、曝露試験体および実橋での追跡調査に基づく効果の評価結果をまとめると、次のようになる。

- (1) コンクリート塗装および防食パネルは、20年間にわたり塩分の浸透を防止し、実橋の構造体の耐久性能に影響を及ぼすことはない判断された。浸透型塗膜は、塩分浸透や中性化の抑制機能が継続していなかった。
- (2) 外観調査の結果、塩害環境およびコンクリート塗装材の関係なく地覆部付近で水膨れ、直接雨水や日光の影響を受ける壁高欄では白亜化が見られ、部分的な塗替えが必要であると考えられた。
- (3) 塩害環境の厳しい箇所に位置する上塗にフッ素樹脂と中塗にビニルエステル樹脂を使用したタイプの床版下面では、上塗の剥がれが広範囲に見られ、塗替えが必要と判断された。
- (4) 塩害環境の緩やかな区間に位置する上塗にポリウレタン樹脂およびフッ素樹脂と中塗にエポキシ樹脂を使用したタイプの床版下面では、20年経過時においても一部の水膨れを除き比較的良好であった。上塗の塗ムラのあるEF350や一部のEF60では、上塗塗替を必要とするものの、残りのEF60では今後も性能を維持できると推察されたため、経過観察を行うことにした。
- (5) 防食パネルは、一般部では波しぶきの影響を強く受ける環境下でも、比較的良好であるが、実橋の継目付近の一部のパネルでは、小規模の浮きが発生し塩分の浸透が確認され、部分補修が必要と判断した。
- (6) 壁高欄と地覆部付近の止水や施工ムラの防止等を実施することで、コンクリート塗装の耐久性向上が可能であると推察された。

謝辞 コンクリート塗装の外観調査の評価にあたっては、日本ペイント(株)の曾根 忠氏、(株)トウペの吉田 正氏のご助言をいただきました。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 社)日本道路協会：道路橋の塩害対策指針(案)・同解説, pp. 1-25, 1984. 2
- 2) 青山實伸：道路橋における塩害対策, コンクリート工学, Vol. 25, No. 11, pp. 74-79, 1987. 11
- 3) 鬼丸良雄ほか：防食パネルを用いた中空床版橋の施工, 橋梁と基礎, Vol. 22, No. 7, pp. 9-14, 1988. 7
- 4) 社)日本道路協会：道路橋の塩害対策指針(案)・同解説, pp. 49-75, 1984. 2
- 5) 小林一輔ほか：繊維補強セメント複合版の引張特性, コンクリート工学年次講演会論文集, pp. 337-340, 1984