

塩害環境下における RC 橋脚の乾式吹付耐震補強工法の設計・施工

株式会社オリエンタルコンサルタンツ 正会員 ○ 広瀬 知晃
StoCretec Japan 株式会社 下枝 博之 斎藤 慎矢 鈴木 憲一

1. はじめに

本橋は 1942 年（昭和 17 年）に竣工した 8 径間 RC 単純 T 桁橋である（写真-1）。竣工から約 70 年以上経過しており、幹線道路で交通量が多いため、H24 道示に基づく耐震補強重要路線として位置付けられていた。しかし、耐震補強に際し次の設計・施工上の課題があった。

1) 設計上の課題

- ・河積阻害率から、RC 巻立て工法の採用が不可である（7%超え）。
- ・既設橋脚内部に高濃度の塩化物イオン量を含むしている（鉄筋位置で 4.1kg/m^3 、それ以深の内部で 3.0kg/m^3 ）。
- ・当該箇所は汽水域（海水と淡水が混じり合う水域）であり、外部からの塩分浸透と上記内在塩分の表面拡散が懸念される。

2) 施工上の課題

- ・渇水期（11～5 月）に 3 基までしか巻立て補強できない。
- ・片側交互規制による橋面上からの資機材搬入が終日困難。
- ・航行船舶の航路確保、漁業権等の河川環境への配慮が必要。

上記の課題を解決するため、次の設計・施工により対処した。

2. 設計

(1) 耐震補強工法の選定

地震時保有水平耐力照査を行った結果、橋軸方向および直角方向とも橋脚基部の曲げ耐力が不足しており、曲げ補強が必要となった。なお、本橋では液状化が発生する地盤であること、橋軸方向・直角方向の耐震安全性が不足していることから、橋梁全体系の耐震補強は採用できず、橋脚単体の巻立て補強を行うこととした。

巻立て工法の選定では、河積阻害率の関係から巻立て厚を厚くすることができないため、「鋼板巻立て工法」、「ポリマーセメントモルタル（以下、PCM と略す）巻立て工法」を比較検討した。その結果、維持管理性および施工性から PCM 巻立て工法を選定することで、河積阻害率を満足することができた（ $5.4\% \leq 6.0\%$ ）。

(2) 塩害対策の基本的な考え方

当該箇所の塩害地域区分は C 区分で、海岸線から 200m 以上離れているため、塩害の影響を受ける地域ではない。しかし、汽水域でかつ、内在塩分が高いことから塩害環境下に相当するとして、次の対策を行った。

- 1) 材料面：補強鉄筋は耐塩性の高い「エポキシ樹脂塗装鉄筋」を採用した。さらに、PCM は耐塩性の高い「乾式吹付工法」を、外面には塩分浸透に有効な「表面保護工」（塩害 B 種仕様）を採用した（図-1）。
- 2) 設計面：既設橋脚表面から鉄筋位置までの塩化物イオン量は 1.2kg/m^3 以下で、鉄筋の腐食状況は表面錆程度であった。よって、かぶりコンクリートのはつり取りは、工程・コスト面から行わないこととした。

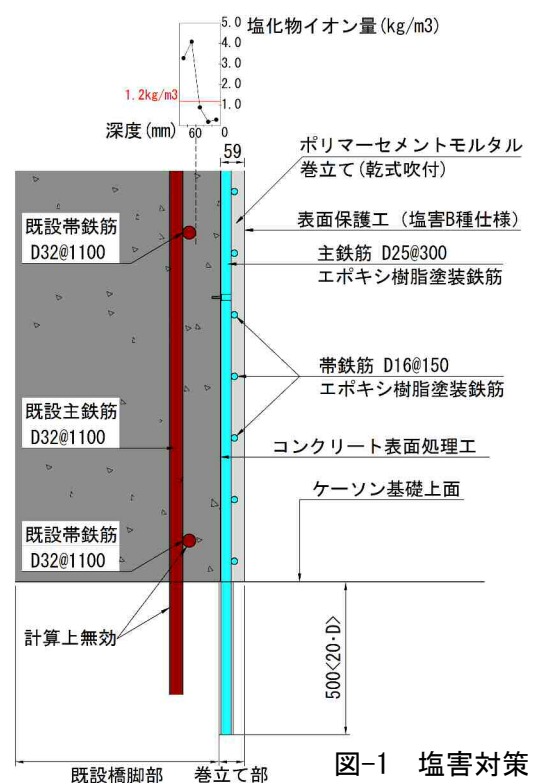


図-1 塩害対策

キーワード 耐震補強, 塩害, 乾式吹付耐震補強, ポリマーセメントモルタル, エポキシ樹脂塗装鉄筋, 工期短縮
連絡先 〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1 株式会社オリエンタルコンサルタンツ TEL:03-6311-7860

〒160-0022 東京都新宿区新宿 1-3-8 StoCretec Japan 株式会社 TEL:03-5919-4701

なお、内在塩分の表面拡散については、「塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食に関する照査」(土木学会)で判定し、耐久性上問題ないことを確認した。ただし、かぶりコンクリート部には中性化による複合劣化が、それ以深の内部には海砂の使用が推察されたため、安全性の観点から、既設鉄筋(主鉄筋、帯鉄筋とも $D32@1,100$)を無効として計算することとした。その結果、補強鉄筋は主鉄筋 $D25@300$ 、帯鉄筋 $D16@150$ となった。また、巻立て厚は、PCM の最小かぶり 14mm ²⁾ に補強鉄筋径と施工余裕を加え、 59mm に抑えることができた。

3. 施工

エポキシ樹脂塗装鉄筋は、静電粉体塗装を熱硬化させるという特殊技術であり、電動工具で容易に剥がすことができない。しかし、その接合部(ガス圧接、フレア溶接)は、現場で塗装を完全に剥がす必要があり、工程や品質に課題があった。そこで、接合部のみを無塗装で工場製造し、現場での剥離作業をなくす工夫を行った(写真-2)。

一方、渇水期という限られた期間の中で、品質確保、工期短縮を満足するため、施工面からも「乾式吹付工法」(NETIS KT-090036-V)を採用することとした。この特徴は、PCM を粉体のままノズル先端まで圧送し、吹付直前で水を加え高速度のエネルギーで締め固めることにより、水セメント比(W/C 約 40%)を低く抑え密実な断面を形成することができる(写真-3)。単位水量が抑えられることから厚付けしてもダレなく施工できるため、1日の施工量が大きくなり、工期短縮を図ることができた。さらに、締固め効果から良好な付着強度が得られるため、プライマー塗布が不要となり(1工程削減)、更なる工期短縮を図ることができた。

PCM の打設は従来、作業台船上や交通規制による橋面上から行われるが、両案とも高コストである。今回、乾式吹付工法の採用により、最大 300m の長距離搬送が可能となり(現場の最大は 160m)、河川敷用地に設置したプラントから橋面上の圧送管で橋脚へ搬送することでコスト削減が図れ、交通規制が不要となった(写真-4,5)。



写真-2 エポキシ樹脂塗装鉄筋・ガス圧接部



写真-3 エポキシ樹脂塗装鉄筋配筋・1層目吹付状況

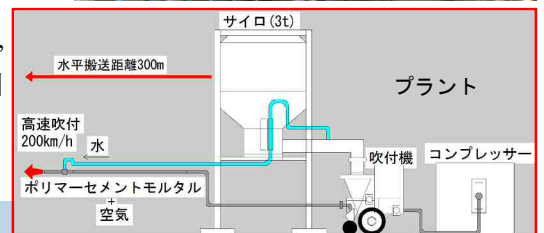


写真-4 橋面上の配管状況



写真-5 プラントと搬送状況

4. おわりに

本事例では、エポキシ樹脂塗装鉄筋、表面保護工、PCM による乾式吹付耐震補強を組み合わせることで、塩害環境下における高耐塩性を実現するとともに、河川敷用地に設置したプラントからの長距離搬送により、品質確保、工期短縮、コスト削減の要求事項を満足することができた。

幹線道路の耐震補強工事においては、現場環境や施工制約等の様々な課題に対して、要求事項を満足するための技術的な検討が重要と考える。今後、本事例が設計・施工の際の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 安立, 坂口, 広瀬: 塩害を受けた橋脚の耐震補強に対する一考察, 土木学会第 64 回年次学術講演集, 第 6 部門
- 2) StoCretec Japan 株式会社, 日本コンクリート補修・補強協会: 乾式吹付耐震補強工法設計・施工指針(案), p. 10