

NEXCO 設計要領 第二集 の改訂概要

青 木 圭 一

NEXCO が管理する高速道路延長は、8,984 km に達している。このうち、橋梁は約 19,000 橋にも達し、平均年齢も約 25 歳となり、30 歳を超える橋梁比率も 30% を超える状況であり、維持管理が重要なテーマとなってきた。このような状況において、予防保全に欠かせない床版防水及びコンクリート含浸材、鋼橋の腐食補修としての炭素繊維シート補強、脱塩工法、塗替塗装の仕様の変更等について、維持管理がより容易あるいは信頼性向上が期待できるよう 7 月に改訂した。この概要について述べる。

キーワード：床版防水、含浸材、炭素繊維シート、脱塩、塗替塗装、高強度材料

1. はじめに

NEXCO（東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株)）が管理する高速道路延長は、8,984 km（2013 年 4 月現在）にも達し、このうち、橋梁は約 19,000 橋（上下線別カウント）にも達している。橋梁の平均年齢も約 25 歳となり、30 歳を超える橋梁比率も、現時点、約 35% であり、今後、その比率は急激に増加することが想定されている。このため、NEXCO にとって、維持管理が重要なテーマとなっており、補修・補強技術や予防保全技術の確立に重点を置いて研究を実施している状況である。

このような状況において、予防保全としての床版防水およびコンクリート表面含浸材、鋼橋の腐食補修・補強技術としての炭素繊維シート補修・補強工法、塗替塗装仕様の変更、脱塩工法等について、設計要領第二集および施工管理要領の改訂を 7 月に実施した。また、耐久性向上を期待して、高強度コンクリート等の材料についても新規制定を実施した。

2. 床版防水

高性能床版防水工については、一昨年の設計要領第二集において要領化を実施したところであった。しかし、新東名や北関東道等において、舗装への損傷が生じた事例が確認された（写真—1）。その比率は、面積比で全体の 0.05%、橋梁箇所数では約 20 橋程度と非常に少ないものの、走行性に直接影響する損傷である。原因を推定するため、各種試験等を実施した結果、



写真—1 舗装への損傷発生事例

舗装と床版防水層間の接着力不足による損傷が主たる要因と想定され、これはアスファルト合材温度あるいはコンクリート床版の温度が低く、熱依存性が高い舗装と防水工間の接着材が部分的に完全溶解せず、結果的に接着力不足が生じ、舗装のポットホールが生じたものと推定された。

そのため、今回の改訂では、低温施工となる場合とそれ以外の条件に区分し、新たな材料試験を実施することとしている。低温施工となる場合には、床版温度 0℃、アスファルト合材 110℃ の条件で、試験体へ敷設し、引張接着試験、せん断接着試験を課すこととしている。今後、寒冷地や冬季施工の防水工においては、上記試験に合格しない材料の施工はできないこととなるため、材料選定あるいは施工時期の調整において対応する必要がある。

また、防水工とコンクリート床版の安定した接着性能には、コンクリート床版の含水率も大きな要因である。このため、コンクリート床版表面の含水率をより正確に計測できるよう、従来の高周波容量式水分計から電気抵抗式水分計（写真一2）を採用することへ変更した。電気抵抗式水分計は、コンクリート床版表面の含水率によって電気抵抗が変化することを原理としたもので、測定端子に導電ゴム製のセンサを用いるため、凹凸表面に確実に密着し、正確な計測が可能となるものであり、従来よりも、より高精度で測定が可能となり、防水工の施工環境の良否を確実に判定することにより、より高耐久な防水工を期待するものである。



写真一2 電気抵抗水分計

3. 鋼桁への炭素繊維シート補修

鋼桁への炭素繊維シートによる補修・補強技術は、曲げ部材や引張部材を対象としたものは既に要領化済みである。例えば、トラスの軸力部材や桁フランジの曲げ部材等へは、昨年7月、要領化している。

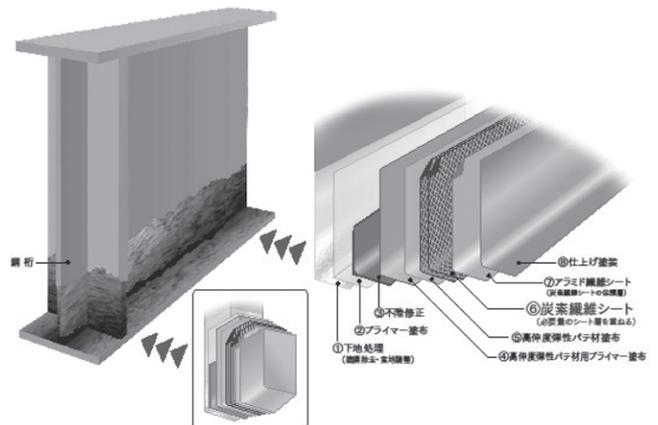
一方、鋼桁端部や支点部近傍では、漏水等に伴う腐食が多く発生しており、局部座屈やウェブのせん断座屈が危惧される腐食が確認されている（写真一3）。このような箇所への対応としては、従来工法では、仮支柱等を設置し、腐食箇所の切断・撤去を行い、当板により補修・補強を行うという大規模な工事が必要となるため、補修・補強がなかなか進まない状況であっ



写真一3 鋼桁端部の腐食事例

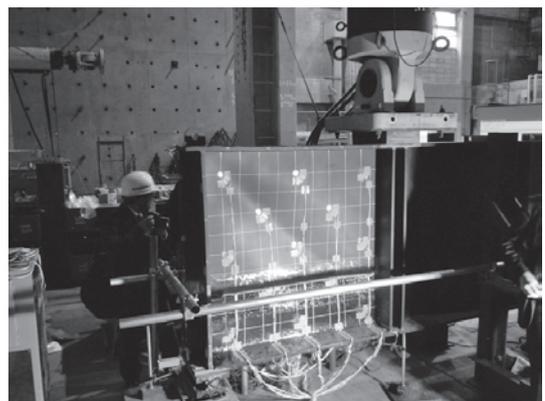
た。今回要領化したのは、このような箇所に対して、CFRPシートを接着するのみで、せん断耐力を向上させることが可能なものである。

本工法は、NEXCO 総研と長岡技術科学大学（長井正嗣教授）、川崎重工業、新日鉄住金マテリアルズコンポジット社、倉敷紡績の5者で共同開発した工法で、まず、腐食箇所を研掃、孔食箇所へのパテ詰め、その後、プライマー塗布、ポリウレア樹脂パテの塗布、高弾性炭素繊維シートの貼付け、表面保護としてのアラミド繊維シート接着、仕上げ塗装という構成である（図一1）。



図一1 炭素繊維シート補修・補強工法の概要図

本工法の要領化にあたっては、補剛材及びウェブの断面欠損を想定した縮小及び実物大の試験により検証を実施し、想定どおりの補修・補強効果を確認している（写真一4）。



写真一4 ウェブの断面欠損補修モデル試験（座屈試験終了後）

なお、本工法に用いるシートは、高強度炭素繊維、ガラス繊維、高密度ポリエチレン（ダイニーマ）、ガラス繊維と炭素繊維のハイブリッド等の各シートを試験し、最もヤング係数が高く、補修効率の高い高弾性炭素繊維シートを選定している。また、従来のプライマーだけでは座屈に伴う大変形に追従できない可能性

があるため、ヤング係数の低いポリウレタ樹脂のパテ材をプライマーとシートとの間に挿入する工夫を施し、鋼材が座屈を起こしても剥がれず追従するようにしている。

本工法は、樹脂と繊維シートのみであるため、軽量であり、狭隘な箇所でのハンドリングも優れており、より一層、損傷箇所の補修・補強が容易となり、補修・補強が進むことが期待できるものである。

4. 塗替塗装

従来、北海道・東北・北陸などの寒冷地等では、塩化ゴム系塗料が用いられていた。これは、塩化ゴム系塗料が当時の上塗り塗料の中で最も防食性能や耐候性に優れ、また、塗膜中の溶剤が自然乾燥して塗膜が硬化する塗料のため、低温度（0℃）でも乾燥することから、寒冷地域や腐食環境の厳しい地域で重防食塗装系（旧B塗装系、旧C塗装系）として数多く採用されてきた。

塩化ゴム系塗料が用いられた塗装の塗替えでは、3種ケレンでは、残存した塩化ゴム系塗料が塗替え塗料により溶解し、しわ、縮み、塗膜割れが起こる（写真—5, 6）ため、1種ブラストを施した後に塗替え塗装を施す必要があった。このため、高コストとなり、塗替え塗装があまり進まない状況となっていた。

そこで、従来の強溶剤型塗料に代わり、近年、弱溶剤型塗料が開発されてきていることから、弱溶剤型塗料を用いた促進試験、現地暴露試験等を進めてきた結果、防食性能は維持したまま、塩化ゴム系の塗膜を溶解させることもないことが確認されたため、今回、塩化ゴム系塗料の塗替え塗装に限らず、全塗料において弱溶剤型塗料へ変更することとした。

これにより、塩化ゴム系塗料の塗替え塗装では、3種ケレン後に塗替え塗装が可能となり、また、プラス



写真—6 塗膜割れの事例

トから3種ケレンで済むため、大幅なコスト削減が可能となり、更には、揮発性有機化合物の発生が少なくなり、環境負荷の低減が期待される場所である。

5. コンクリート含浸材

シラン系のコンクリート含浸材については、予防保全の1つの手法として、昨年、要領化を図ったところである。しかし、その品質管理方法は、10×10×40 cmのモルタル試験体を製作し、これに塗布することで、外観、含浸性、塩化物イオン侵入阻止性を確認するのみであり、実際に使用される材料については、未確認となっていた。

そこで、今回の改訂では、公的試験機関で含浸材料そのものを赤外線分光分析にかけ、品質証明を求めることにした。その頻度は、基本的に1工事に1回の試験を求めるが、施工面積が小さい工事の場合は、1回／1年実施される他工事の証明をもって、代替することも可能としている。

シラン系含水材は新設コンクリートへの予防保全として用いられるが、これが有効に機能することで、将来の維持管理費低減が可能となるものであり、従来にも増して、品質強化を図ることとしたものである。

6. 脱塩工法

コンクリート桁端部等では、伸縮装置からの凍結防止剤を含んだ漏水に伴い局部的に塩害を起こしている事例が見受けられる。特にPC橋の場合は、プレストレスが導入されているため、塩害部分を除去することは、困難を要し、また、プレストレスの喪失という課題もあった。

塩害部分を除去する工法以外には、脱塩工法があるが、PC構造物への脱塩工法は、PC鋼材への水素脆



写真—5 しわ、縮みの発生事例

表一 標準的な通電量

対象	電流密度 (A/m ²)	最大通電期間(週)	通電方法
プレストレストコンクリート (PC) 構造物	1.0 ~ 2.5	8	連続通電
鉄筋コンクリート構造物	1.0 ~ 5.0	8	連続通電

性破壊の懸念があった。そこで、PC 構造物の試験体へ脱塩工法を適用し、水素脆性破壊の危惧がない範囲で、通電を実施することとした。その通電量を表一に示す。

表一に示すとおり、PC 構造物では通電量を、最大でも、2.5 A/m² を 8 週間までとしている。

7. 高強度材料

また、今回の改訂から、高強度コンクリート、高強度鉄筋、高強度 PC 鋼材も基準化し、材料選定の際に、採用を検討することとしている。

高強度コンクリートとしては、従来、40 N/mm² までであったものを、その使用実績の増加や、経済性、施工性を鑑み、50 N/mm² までを採用可能として要領化している。

高強度鉄筋としては、道路橋示方書等の記載、採用実績から、従来、SD345 であったものを、SD390、SD490 も採用可能としている。

また、高強度 PC 鋼材においても、PC 工学会の「高強度 PC 鋼材を用いた PC 構造物の設計施工指針」(平成 23 年 6 月) の発刊や、新東名等における採用実績から、選択肢の一つとして要領化している。

8. PC グラウトの品質管理

PC グラウトに関しては、PC 工学会より「PC グラウト設計施工指針—改訂版—」(平成 24 年 12 月) が発刊されており、これに合わせて、改訂している。

具体的には、日常管理試験における鉛直管試験にお

いて、従来は 24 時間後の試験結果からの判定を、2 時間の連続 3 回測定結果において試験結果が 0.0% であれば終了可能としたこと、PC グラウトの試験練りにおいて、28 日強度以前において、必要強度 (30 N/mm²) 以上が確認されれば、最短 7 日強度の結果で判定可能なことが大きな改訂項目である。これにより、実橋に近い環境での試験練りが可能となることや、鉛直管試験装置の再利用も可能となるものである。

9. おわりに

今回の改訂では、主に維持管理工法に主眼を置いた改訂となった。維持管理は、NEXCO だけでなく、我が国の多くの橋梁が直面している課題であり、特に、補修・補強工法は、既存構造物を長く使用する上で、欠かせない技術である。今回は、鋼桁の補修・補強工法や、床版防水が大きな改訂事項であるが、現在、様々な補修・補強、検査技術についても研究しているところであり、次年度改訂へ向けて、現在、その適用性等について検証を始めたところである。

補修・補強工法は、未だ、歴史も浅く、今後、更なる改善も必要となる技術であり、多くの意見を頂きながら検討を進めていく予定である。

JCMA

【筆者紹介】

青木 圭一 (あおき けいいち)
 ㈱高速道路動郷技術研究所
 道路研究部 橋梁研究室
 室長

