

変状事例にもとづくPC橋の維持管理方法の提案

中日本高速道路(株) 正会員 工修 ○寺田 典生
 (株) 高速道路総合技術研究所 正会員 工修 青木 圭一
 (株) 高速道路総合技術研究所 正会員 野島 昭二
 (株) 高速道路総合技術研究所 工修 宮永 憲一

1. はじめに

PC構造物はコンクリート強度が高く、プレストレスが導入されているため耐久性が高いとの認識があり、過去においてはメンテナンスフリーの構造物といわれた時代もあった。このため、道路橋のPC構造物の維持管理においても、プレストレスに着目した点検はほとんど実施されていなかった。一方で、海岸近くや凍結防止剤を散布する区間に位置するPC構造物は非常に過酷な環境にさらされているのが実態であり、一部の構造物では著しい変状が発生している。PC構造物は容易に変状が表面化することはなく、点検、調査、および評価が非常に難しい。変状に気がついた時には劣化が相当進んでいる場合も多い。一部の變状を把握しても、構造物全体の状況を把握することは困難である。これまで、PC構造物の維持管理において、十分な点検技術や補修技術を開発してきたとは言い難い。しかしながら、PCグラウトの充填不足などの例に見られるように、過去における技術の未熟さや急激な市場の拡大による品質低下により確実に劣化が進行していることも事実である。そこで、全国のPC橋の変状実態を調査し、点検の着目点を整理し、PC構造物における維持管理のあり方について検討を行った。

2. PC橋の現況調査

2.1 調査対象路線の概要

PC橋の点検の着目点を検討するため、PC橋の現地調査を行った。対象路線は、NEXCOが管理する高速道路の代表的な路線とし、調査は机上調査、遠望目視、近接目視を実施した。調査対象に選定した路線の主な特徴のひとつとしては、1984～1995年に竣工した張出し架設工法のPC箱桁を多く含むことである。そのほかに、同時期でNEXCOでの採用事例が多い、PC合成桁、PC中空床版が含まれる。また、凍結防止剤の散布量については、大量に散布している路線と少量の路線を選定し、その影響が比較できるようにした。いずれの路線も海岸からは十分離れており、飛来塩分の影響は無視できる環境にある。ここで、1990年前後に施工された張出し架設工法に着目した理由として、PC橋の長支間化が進んだ時期であり、①支間の長大化に伴いPC鋼材量が増加（同時にグラウトホースの配置箇所も増加）して、断面内に占めるダクト体積が多かった、②シースの空隙率が小さくPCグラウトの充填でトラブルが多かった、③ブリーディングタイプのPCグラウトを使用していた、④耐久性を考慮した施工技術が発展途上（メンテナンスフリーの思い込み）

であった、などの特徴を有するためである。調査に選定した路線の環境条件の特徴を表-1に示す。

表-1 調査に選定した路線の環境条件の特徴

路線名	凍結防止剤 散布量	年平均 気温	最高気温 の平均	最低気温 の平均
A道	2～4t/km	14.6℃	30.6℃	-0.1℃
B道	13t/km	11.4℃	29.0℃	-4.7℃
C道	33t/km	10.8℃	28.9℃	-6.1℃
D道	26t/km	11.3℃	28.0℃	-3.2℃
E道	15t/km	11.8℃	28.5℃	-3.6℃
F道	12～46t/km	11.9℃	28.6℃	-2.5℃
G道	2t/km	16.6℃	31.6℃	2.3℃

2.2 調査で確認した変状

調査で確認した主な変状を次に示す。

- ① グラウトホースなどが要因の伝い水による、主桁ウェブや定着突起の漏水、水しみ、エフロレッセンス、鋼材腐食など (写真-1)

- ② 連続合成桁の一次床版と二次床版の継目からの水の浸入による、床版下面の漏水、水しみ、ひび割れ、剥離、鋼材腐食など（写真-2）
- ③ 合成桁の床版への水の浸透による、床版下面の水しみ、ひび割れ、錆汁、剥離など
- ④ 伸縮装置、壁高欄遊間からの漏水による、主桁端部の水しみ、ひび割れ、剥離、鋼材腐食など
- ⑤ 合成桁の主桁と床版の打継目部からの水の浸入による、主桁の漏水、水しみ、エフロレッセンス、鋼材腐食など
- ⑥ 開口部やあと埋め部の打継目からの水の浸入による、主桁や床版、横桁の漏水、水しみ、エフロレッセンス、剥離、鋼材腐食など
- ⑦ 排水システムの損傷箇所からの漏水による、主桁や床版、下部工の水しみ、ひび割れ、剥離、鋼材腐食など
- ⑧ 排水管の損傷箇所や伸縮装置、および遊間からの漏水による、検査路の腐食、および孔食
- ⑨ 張出し架設箱桁継目からの水の浸入による、張出し床版の漏水、水しみ、エフロレッセンスなど
- ⑩ 施工時のプレストレス力などの外力作用による、定着突起部のひび割れ
- ⑪ 施工時の外力作用などによる、張出し架設工法による箱桁の主桁ウェブの橋軸方向のひび割れ
- ⑫ 地震時の外力作用により、主桁と橋台のパラペットが衝突したことによる主桁端部のひび割れ
- ⑬ 車両衝突の外力作用による、主桁下フランジ部の欠け
- ⑭ 施工時の締固め不足による、主桁下フランジ部の豆板（ジャンカ）
- ⑮ 伸縮装置または壁高欄遊間からの漏水による、支承部の鋼材腐食など
- ⑯ 地震時の外力作用、および設計施工時の配慮不足による、支承のサイドブロックの破損
- ⑰ 伸縮装置、または壁高欄遊間からの漏水による、下部工の水しみ・ひび割れ・剥離・鋼材腐食など、一部の下部工にはアルカリシリカ反応（ASR）による劣化も確認



写真-1 箱桁内部の漏水



写真-2 一次、二次床版の継目の漏水

確認した変状で外力作用、および設計、施工時の配慮不足を除くと、ほとんどの変状が漏水や水の浸透に起因するものとなっている。漏水や水の浸透は、発生初期には比較的軽い症状と考えられがちであるが、そのまま放置しておくとも構造物の耐久性や耐荷性に重大な影響を及ぼす事象である。

3. PC橋の点検における着目点

現況調査の結果から判明したPC構造物特有の変状の発生傾向をもとに、PC部材としての重要度も考慮して、PC橋の点検において着目すべき項目を検討した。

3.1 机上調査

机上調査では、設計図書の調査、施工時の記録の調査、過去の維持管理記録の調査などにより、使用材料、設計条件、施工状況、環

表-2 PC橋における机上調査の着目点

分類		着目点
構造条件	PC鋼材の配置形状	・ 配置形状、定着位置 ・ ウェブせん断 PC 鋼棒の有無および配置形状
	支承条件	・ 固定 or 可動
	施工条件	・ 張出し架設工法、押出し工法など
	施工年代	・ 上縁定着の有無、間詰め床版、PC 鋼材種類
環境条件・地域		・ 凍結防止剤散布の有無、および散布量 ・ 海岸線からの距離 ・ 気象条件 ・ 周辺における ASR 発生の有無
管理記録	点検記録	・ ひび割れ、漏水、浮きの有無など
	補修履歴	・ 断面修復箇所など

境条件, 維持管理状態などを把握する。特にPC橋の点検にあたっては, 劣化が耐荷性に与える影響を確認するため, PC橋における机上調査の着目点を確認したうえで, 現地調査に望む必要がある。PC橋における机上調査の着目点は表-2のとおりである。

3.2 ひび割れ

ひび割れは, 外観的な点検によって確認できる最も代表的な変状である。PC構造はプレストレス力により導入した圧縮応力によって, 荷重により発生する引張応力に抵抗させる構造であるため, 構造的なひび割れが発生した段階での耐荷性の低下量はRC構造と大きく異なる。PC構造物において構造的なひび割れが発生した段階では劣化が相当に進行しており, 破壊耐力に対する耐荷力の余裕が小さくなっている。すなわち, RC構造物の診断で重用されている「ひび割れ」を指標にしてPC構造物の劣化評価を行うと, 予防保全が行えないばかりか, 最悪のケースではすでに耐荷力を大きく喪失している恐れもある。ひび割れから漏水や錆汁が出ている場合は, 劣化の進行に注意する必要がある。

3.3 水しみ

水しみとは, コンクリート中を透過した水によりコンクリートが飽水した状態のことである。水しみは, 床版上面からの水の浸透や, シース内のグラウト充填不足箇所への漏水, 束ねたグラウトホース周囲の伝い水, ハンドホルの滞水などが主な原因であり, コンクリート表面が濡れ色を呈する。凍結防止剤を散布している場合, 浸透水中に塩化物イオンが含まれるため, 水しみの表面での乾燥により塩分が濃縮され塩害となる。また, 張出し架設工法や押し出し架設工法により施工された箱桁橋において, ウェブや下床版に水しみが確認された場合は, グラウトホースの配置に着目すべきである。過去に, せん断PC鋼棒も含め, これらのグラウトホース数本を束ね, 図-1に示すように地覆下まで横引きして配置する方法が多用された時期があった。

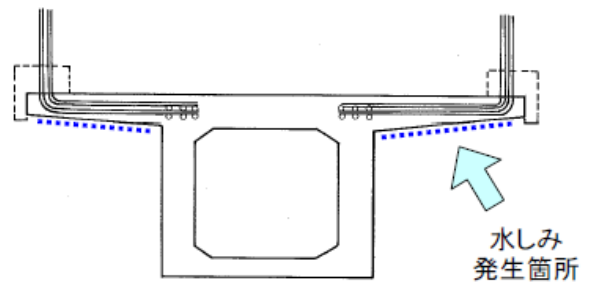


図-1 グラウトホースの始末の例

3.4 PC橋本体からの漏水

PC橋本体からの漏水とは, コンクリートの打継目や開口部のあと埋め, ひび割れなどから水がしみ出す現象のことである。上床版開口部やブロック継目部からの漏水は, 開口部やその周囲に存在する鉄筋やPC鋼材

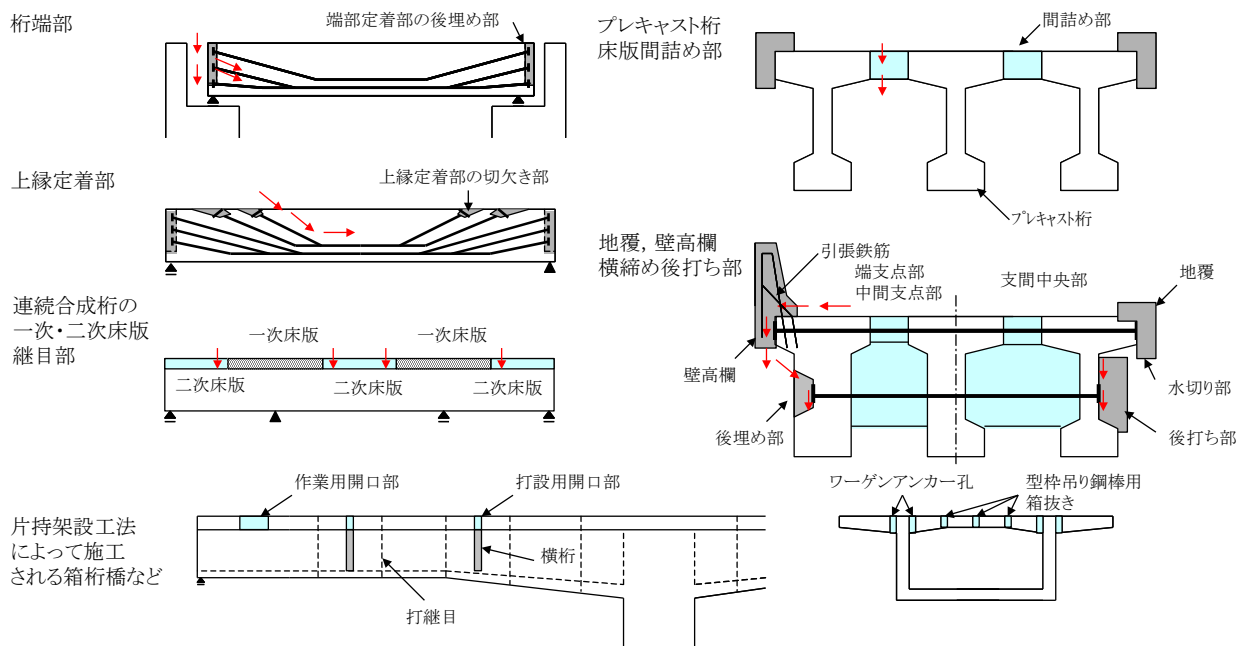


図-2 水の浸入経路に着目した点検個所の例

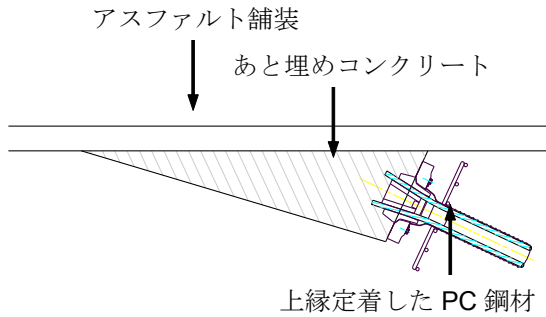


図-3 PC鋼材の上縁定着

を腐食させ、床版の耐荷力を低下させる要因となる。箱桁内部のPC鋼材定着突起からの漏水は、束ねたグラウトホース周囲に沿った水の浸透や上縁定着部からの水の浸入が疑われる。PC鋼材に沿ったひび割れから漏水した場合は、上縁定着の切り欠き部から水が浸透し、グラウト充填不足のシーす内を流下した可能性などが考えられる。PC橋本体からの漏水が確認された場合は、図-2に示すように多岐にわたる「水」の浸入口や浸入経路の点検が必要となる。

3.5 支承の変状

PC橋において、伸縮桁長が長い場合、設計と実際のクリープや乾燥収縮量の差が大きくなる可能性があるため、支承のサイドブロックの遊間に異常がないかなど、支承の固定・可動条件に留意した点検が必要である。

3.6 伸縮装置からの漏水、排水装置の損傷、検査路の変状

伸縮装置の点検は、車両走行への支障に重点が置かれがちだが、伸縮装置から漏れた水が橋梁本体に大きな影響を与えることを認識する必要がある。特に、PC橋では桁端部にPC鋼材定着部が配置されており、桁端部から浸透した水によってPC鋼材定着部が腐食する可能性があること、最悪の場合、PC鋼材の破断に至る要因になることを強く認識する必要がある。

3.7 路面の変状

橋梁区間で舗装にポットホールが発生した場合には、橋梁本体の変状の発生を疑い、下面から同時に点検することが望ましい。PC橋において、舗装下の床版コンクリートには、図-3に示すようにPC鋼材の上縁定着や、施工時の箱抜きなど、多数のあと埋めコンクリートが存在する。これらの箇所では、打継目からの水が浸入してあと埋めコンクリートが脆弱になると、写真-3、4のように舗装にポットホールなどの異常が発生する。

4. PC橋の適切な維持管理の提案

PC橋の現況調査を実施し、点検の着目点を整理することによって、PC橋の点検においては、PC鋼材の状態をできるだけ正確に把握するように努めることが重要な項目であることが改めて認識できた。しかし、PC鋼材はコンクリート部材の奥に位置するため、目視や非破壊検査でその状態を容易に把握できない。PC橋の点検においては、劣化因子がPC鋼材に及ばないためにも、予防保全を念頭に置き、PC構造物の設計、施工、環境条件を適切に把握したうえで、PC鋼材に対する劣化リスクを点検によって把握することが基本となる。特に、水しみや漏水にはリスクが高くなる要因が含まれていることが判明したため、適切な維持管理の実施にあたっては、これらに十分留意することを提案する。

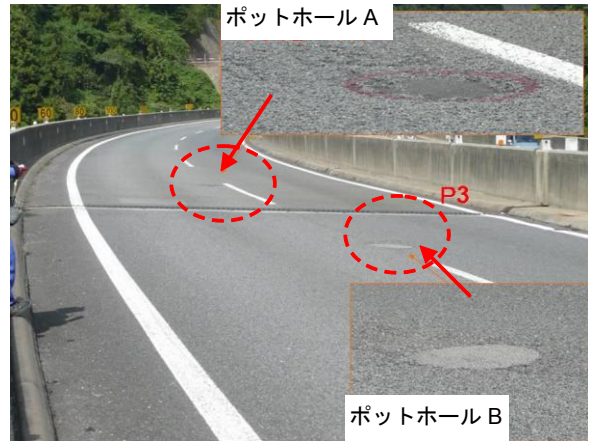


写真-3 橋梁区間で発生したポットホール



写真-4 ポットホールAの上床版下面の状況