

橋脚・橋台の補修工事のポイント

奈良建設（株）技術研究所 佐藤貢一

〒222-0033 横浜市港北区新横浜 1-13-3 k.satoh@nara-const.co.jp

1. はじめに

橋脚橋台の変状は上部工と異なり直接河川や基礎地盤と接していることからコンクリートが水と接する機会が多い。その結果凍害・塩害・アルカリ骨材反応等のコンクリート特有の変状，橋台・橋脚特有の滑動・洗屈・摩耗といった変状が生じる事例が多く報告されている。これらの橋台・橋脚の変状は橋梁個別の外的環境，すなわち構造物の設置位置（方位），日照方向，風雨の当たる箇所，上部工や背面土からの排水状況，河川の流れ，海浜の方向と距離，温湿度等がきっかけとなっていることが多い。橋台・橋脚の補修工事を行う上でのポイントは，それら橋梁個別の外的環境を把握し，仮に発注段階で気付かれない変状や原因が存在した場合にそれらを的確に把握し施工に反映させることが重要である。構造物と最も長く接することとなる補修工事を行う技術者が再度変状と原因を検討し，必要に応じ再調査を行い適切な補修対策を行う。その結果，見落としした変状や原因により生じる再損傷を避けることができる。



写真1 凍害例

上部工からの排水が橋台前面に流れて凍害が生じた例。



写真2 凍害例

日当たりが良く冬季に凍結融解作用の繰返しを多く受ける箇所で，橋脚上端の伸縮装置から排水がかかって凍害を生じている。

2. 補修工事のポイント

1) 凍害補修

凍害の損傷例を写真1, 2に示す。写真1は上部工排水の未処理水が橋台前面に流れ凍結融解作用による劣化が生じている例で、凍結融解作用による損傷レベルは初期段階であるが変状と原因の因果関係を把握するのによい例といえる。また、写真2は橋脚上の凍結融解作用による損傷例である。この変状は伸縮装置から排水があり、日当たりが良く冬季に凍結融解作用の繰返しを多く受ける箇所である。同一材料である構造物でも位置により変状程度が異なる原因の一例である。

補修方法は凍結融解作用により変状し所用の強度を有しなくなったコンクリート部分をはつり取り、ポリマーセメント等により断面修復を行い、排水処理を実施する。はつり作業は、凍結融解作用の場合、劣化した部分以外は材料・強度が健全であるため劣化部だけを取り除き健全な箇所は残存させる。近年採用が多くなっているウォータージェット工法を用いる場合は、劣化部を取り健全部を残存させる圧力・ノズル移動時間を試験エリアで調整し、施工基準を個別に設定した後、劣化部のみ取り除く。断面修復材料は凍結融解抵抗性試験(JSCE-G501-1999)で耐久性能を確認した材料を使用する。また、コンクリート表面保護工によりコンクリート表面の防水を行うことにより健全部分を含め耐凍害性を向上させることが可能で、排水設備の損傷や風雨による水の供給を断つことができる。凍結融解作用に対するコンクリート保護材料は合成樹脂系の材料で遮塩性(塩素イオン透過量 $5.0 \times 10^{-3} \text{mg/cm}^2 \cdot \text{日}$ 以下)・酸素透過阻止性(酸素透過量 $5.0 \times 10^{-2} \text{mg/cm}^2 \cdot \text{日}$ 以下)・水透過阻止性(水透過量 $5.0 \text{mg/cm}^2 \cdot \text{日}$ 以下)の高い材料を選定する¹⁾。合成樹脂系塗料は水分により接着不良を生じる。そのため、断面修復材の施工後、硬化反応期間インターバルを置き、断面修復表面の水分量が低下した後に合成樹脂系材料の塗装を行う必要がある。ポリマーセメント系材料はコンクリートの1/2程度の透水性を有するため、補修後に浸透した水分が凍結しふくれ等の再劣化が生じる事例も報告されているため、凍結融解作用に対するコンクリート表面保護工としては不向きである。伸縮装置からの排水処理に加えて図1に示すような橋脚・橋台上部の水切り工の設置等の水処理が有効である。また、橋台・橋脚上面の断面修復形状は排水勾配を考慮して、滞水のないよう施工を行う。



図1 橋台・橋脚排水環境の改善策

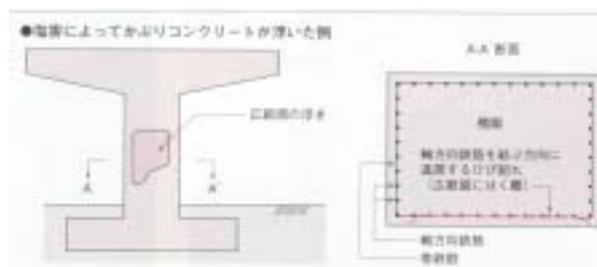


図2 塩害によるかぶりの浮き範囲例

2) 塩害補修

橋台・橋脚の塩害による変状には注意すべき形態がある。橋台・橋脚は一般的にかぶりが厚く(100mm程度あり)、また鉄筋が密に配置されている場合がある。このような場合、塩害による変状は鉄筋に沿ったひび割れと錆汁の湧出といった典型的なものに加えて、図2に示すような広範囲にわたる浮きを生じる場合がある。近年実施された塩害補修工事における事例では100㎡以上の浮きも確認されており、このような広範囲の浮きは、外観からの目視調査で把握できない。そのため赤外線等で変状調査を実施している場合を除いて、発注段階では分からない場合が多い。このことから補修現場での最初の作業として、テストハンマーによる打音検査を実施し浮き等の変状の有無を調査することは必須である。

コンクリートはつり工は既設コンクリートのマイクロクラック発生防止と広範囲のはつり作業に対する施工の効率化から従来のハンドブレーカーからウォータージェットによる施工が多く採用されるようになってきた¹⁾(写真3)コンクリートのはつりは塩化物イオンを含むコンクリートを鉄筋と接触させないために鉄筋の裏まではつり取る必要がある。ウォータージェット工法はノズルの形状と動きにより鉄筋の裏側までコンクリートをはつり取ることが可能である。はつり後の断面修復はポリマーセメントモルタルコテ塗り、グラウトモルタル等に加えポリマーセメントモルタルや鋼繊維超速硬モルタルを用いた吹付け工法により行われている。写真4にポリマーセメントモルタルの吹付け施工状況を示す。ポリマーセメントモルタル吹付け工法により施工を行う場合はポンプ圧送性・厚付け性・仕上げ性能が施工環境の温度や湿度等により変化するため、モルタルフロー試験(JIS R 5201)等により流動性管理を行い、適切な配合で施工を行う必要がある。吹付け施工の合理化によりコテ塗りと比べ5倍以上に施工効率が向上し、さらに充填性・密実性・強度特性が向上することが確認されている²⁾。また、上記のような大断面では断面修復内に格子筋を配置することにより断面修復材の収縮ひび割れや将来の剥落を防止することができ、FRPグリッドが使用されている。断面修復後はコンクリートと同様な温度と湿潤養生を行う。断面修復面を直射日光や風にさらすと初期乾燥収縮ひび割れを生じるため防護養生等を行う検討も必要だ。既設鉄筋の防錆処理は鉄筋に防錆剤を塗布することにより行う。また、亜硝酸塩を断面修復材に混入することにより防錆処理を行うことも行われている。亜硝酸塩量はコンクリート中に存在する塩化物イオン量に均衡する量を断面修復材に混入するため塩化物イオン濃度、コンクリート表面から深さ方向の塩化物イオン濃度分布を把握し混入量を算定する。



写真3 ウォータージェットによる施工



写真4 ポリマーセメントモルタル吹付

前述したようにセメント系の断面修復材は透水性を有する。このことからコンクリート中の塩化物イオンが外部からの飛来塩分により浸透するような環境下では、拡散速度は小さいが断面修復材料中にも塩化物イオンは進入する。そのため海水に直接接する箇所、その他の箇所では使用予定年数と断面修復材中の塩化物イオンの拡散速度から将来鉄筋位置に塩化物イオンが到達することが予測される場合は、コンクリート表面保護工を併用し塩化物イオンの進入を阻止する。海水に直接接する箇所の断面修復および表面保護工の施工は締め切り等により橋台・橋脚を海水から遮断し施工を行っている。水中で施工が可能な材料や施工法は現状ではない。断面修復後コンクリート表面保護工の施工を行う場合、前述したように断面修復材表面の乾燥後に塗装を行うが、飛来塩分が多い箇所ではこの養生期間中に断面修復材表面に塩分が付着せぬよう断面修復表面のシート養生を行う配慮が必要である。

3) アルカリ骨材反応

アルカリ骨材反応は反応性骨材・水・セメントのアルカリの3者が同時に存在して生じる劣化である。このことからアルカリ骨材反応による劣化に対し前記3者の1つを断つ必要があり、最も多く使用されている対策が水の供給を断つ工法である。橋台橋脚の水の供給源は伸縮装置から雨水、橋台・橋脚地中からの水の吸い上げ、橋台背面からの水の供給である。このように橋台・橋脚は水と接する機会が多いことからアルカリ骨材反応の損傷事例も多い(写真5)。このことから補修方法はコンクリートの防水を目的としてコンクリート表面保護工が行われている。アルカリ骨材反応による変状対策では膨張が進行中であるか終了しているかを施工段階で把握している必要がある。膨張が進行中である場合コンクリート表面保護材は水透過阻止性の高い、塗膜の水透過量 $20\text{ml}/\text{m}^2\cdot\text{日}$ 以下、ひび割れ追従性が 0.8mm 以上の材料を選定する。膨張が終了している場合は塗膜の水透過量 $30\text{ml}/\text{m}^2\cdot\text{日}$ 以下、ひび割れ追従性が 0.4mm 以上の材料を選定する必要がある¹⁾。しかし、アルカリ骨材反応による膨張が進行中である場合は完全な補修対策がないのが現状である。コンクリート強度が所定の強度を満足できなかった場合には断面修復などを行うが(写真6)、反応が終了したコンクリートに3原因の一つである新たなアルカリを供給せぬよう低アルカリの材料を選定することや、接着界面にプライマー等を塗布しアルカリの供給を防ぐ配慮をする必要がある。地中からの地下水供給の遮断には地中部コンクリート表面の防水対策と栗石部にグラウト材を注入しフーチングを防水する施工方法が行われている。



写真5 アルカリ骨材反応損傷例



写真6 アルカリ骨材反応補修例

4) 変形

軟弱地盤上の橋台は、土圧作用、周辺地盤の沈下等により変形することがある。伸縮装置の単なる取り替え工事として、閉合した伸縮装置を変えたために橋台が滑動し始めたということにならぬよう、伸縮装置の遊間に異常な開きや閉合がある場合には橋台の変位も検討する。橋台の変位対策は抑止杭をフーチング前面に設置する方法、グランドアンカーを背面へ設置する工法や軽量盛り土により背面土圧を低減する方法が行われている。

写真7は、橋脚の基礎部の支持層が洪水等で、洗掘されている様子である。変状が橋脚の変形に至っていない場合は、コンクリートブロックを河床に敷並べたり、橋脚回りを蛇籠等で防護する対策が取られている。

橋台に生じた貫通ひび割れや打ち継ぎ目から橋台背面土の流出が生じ、橋台が不安定となったり、背面上部の道路等の陥没を招く事例も報告されている。このような場合は橋台背面をCCDカメラにより内部観察調査し、背面の空隙や状況を把握する。対策は橋台背面の空隙へのグラウトモルタル、発泡モルタルや発泡ウレタン等の注入を行い、橋台を安定させ、背面土の流出を防止する。また、橋台背面への注入を行う場合には注入剤の河川への流出防止対策を事前に検討する必要がある。



写真7 橋脚洗掘例

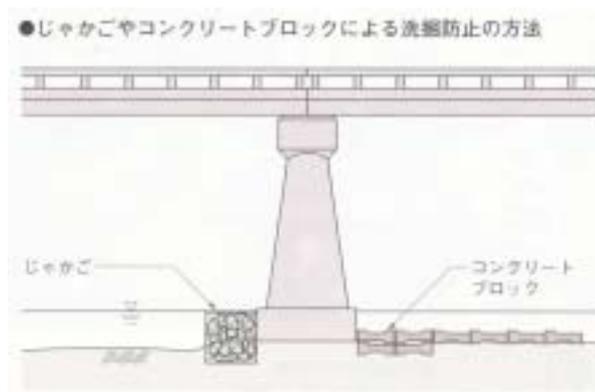


図3 洗掘防止方法例

参考文献

- 1) 日本道路公団試験研究所試験研究推進委員会材料施工研究会「材料施工資料(第1号)コンクリート保護工」試験研究所技術資料第121号
- 2) 佐藤, 檜作, 中庭, 菅, 肥田: ポリマーセメントモルタル吹付けによる床版下面増厚施工, 第54回土木学会年次学術講演会講演概要集, 1999, 9