

コンクリート構造物の断面修復 に用いる補修材料の性能評価

谷倉泉、設楽和久、三浦康治

1. はじめに

これまでコンクリート構造物は永久構造物として十分な耐久性があると考えられていましたが、近年、塩害、中性化、凍害、アルカリ骨材反応等によるコンクリート片のはく落などの変状が一部のメディアでも報じられるようになってきました。

このうち、塩害のように塩化物イオンが鉄筋位置まで侵入して鉄筋腐食を生じ、それに伴うひび割れが著しい場合や、かぶり厚以上に中性化が進んで同様の変状が生じている場合には、ひび割れ補修を行っても十分な耐力の回復は望めないため、鉄筋背面までウォータージェット工法でコンクリートをはつり取った後、ショットクリート（吹付け）工法等により断面修復する方法が効率的で確実です。このような断面修復工法は、日本コンクリート工学協会発行の「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針」においても、耐久性能を回復もしくは向上させる効果的な補修工法の一つとして記述されています。また、最近、土木学会より、「吹付けコンクリート指針（案）[補修・補強編]」が「トンネル編」と「のり面編」と一緒に出版されており、吹付け工法による断面修復工法が注目されてきています。

本報告では、劣化コンクリートに対する耐久性の高い補修技術を確立することを目的として実施した、はつり後の断面修復に使用する吹付け材料および吹付けシステムの性能評価手法に関する調査、試験、研究成果について紹介します。

2. 吹付けによる断面修復技術とその性能評価

(1) 概要

断面修復工法は、コンクリートの劣化部分を除去した後の断面や、既にかぶりコンクリートのはく離やはく落によって生じている欠損断面に対し、コンクリートやポリマー

セメントモルタル等の断面修復材によって従前の断面に修復する工法であり、表面含浸、表面被覆と同様にコンクリート構造物の表面保護工法の一つです。

従来の断面修復は壁高欄補修等の小規模断面に適用されてきましたが、最近では塩害で劣化したRC中空床版やPC橋、橋台、橋脚等の補修に用いられているように施工規模が大規模化してきています。大規模で上向きや横向きで施工する場合には、従来の左官や打込みによる施工と比較して、型枠が不要で、上向き・横向きの急速施工が可能な吹付け工法が適しています。

吹付け工法については NATM に代表されるようにトンネルの覆工技術として 30 年以上も前から利用されてきていますが、橋梁等の構造物へ適用するにはコンクリート表面の下地処理や使用材料、施工システムおよび規模など、多くの面でそのまま転用できるものではありません。

また、施工の効率を高め確実に施工を行うため、劣化部分の除去は従来のブレードによる施工からウォータージェット工法が主体となり、断面修復の施工方法においても従来の左官工法や打込み工法に加えて、湿式や乾式モルタルの吹付けによる施工が採用されてきています。しかし、多種多様な材料や工法の組合せによって構成される断面修復工法の評価については、断面修復材の品質規格が仕様として規定されているのみで、その要求性能や性能評価手法は確立されていませんでした。

そこで、良質の材料を用いて吹付けによる断面修復を確実に行うため、構造物や材料に求められる性能を踏まえ、これらを適正に評価する方法を検討しました。

(2) 断面修復材の要求性能と性能評価方法

断面修復材の要求性能は、

- ①力学的性能（圧縮強度、弾性係数など）、
- ②断面の修復に特有な性能
（付着強度、ひび割れ抵抗性、鉄筋背面への充填性など）、
- ③耐久性能
（遮塩性、中性化抵抗性、凍結融解抵抗性など）

の3つに整理できます。力学的性能や耐久性能は、通常のコンクリート構造物と同様の性能として断面修復材に要求されますが、断面修復に特有な性能は次の理由により規定しています。

付着強度は、断面修復材と既設コンクリートとの確実な一体化のために必要です。また、断面修復材は、既設部材との材齢差が大きいことから、乾燥収縮、自己収縮等の影響で、有害なひび割れやはく離を生じる可能性があり、ひび割れ抵抗性が要求されます。さらに、既設コンクリートの劣化状態に応じて鉄筋の裏側まではつり取って断面修復

する必要があるため、断面修復材が鉄筋背面まで確実に充填される性能が要求されます。さらに現場では、上向きや横向きなどの施工方法や供用下での振動の影響など、実際の施工条件も考慮する必要があります。

基本的な力学的性能と耐久性能を評価する試験方法は、概ね現行基準類で行えますが、試験体の作製方法は、吹付け施工した後のコア抜きなど、材料特性を考慮することとしています。断面修復で要求される付着強度やひび割れ抵抗性、鉄筋背面への充填性については、性能評価方法として現行の試験方法で準用できるものはありません。従って、これらについては海外の基準等も参考にして新しい試験方法について研究してきました。これらの試験方法の特徴は以下のとおりです。

(a) 振動下での床版下面への吹付け試験

供用中の橋梁に対して吹付け施工が可能であるかどうかを評価する目的で、繰返し载荷中の試験体に対して吹付け施工を行うものです。試験は、写真-1に示す形状の試験体を上方に設置し、油圧サーボ式の载荷装置を用いて、強制振動を与えた状態の試験体に、下面から吹付け施工により、コンクリート除去部の断面を修復し、施工後も24時間継続して振動を与えます。そして施工の可否は、はがれやはく落の有無により、また硬化後の既設部材との付着強度は28日後に確認し評価します。



写真-1 振動下での吹付け試験

(たわみ全振幅 0.5mm、振動数 5Hz、24 時間加振)

(b) ひび割れ抵抗性試験

硬化した断面修復材に有害なひび割れを起こさないことを評価する試験は、写真-2に示す長さ1mの鋼製三角形断面型枠を用いたひび割れ抵抗性試験です。試験は、三角形型枠に吹付け施工した試験体において、型枠による拘束によって発生するひび割れに着目し、ひび割れ発生の有無、ひび割れ本数、最大および平均ひび割れ幅および発生時期、

浮き面積等により判定するものです。幅 0.05mm 未満のヘアークラックは耐久性に及ぼす影響が少なく、無視できることとしています。



写真-2 ひび割れ抵抗性試験

(c) 鉄筋背面への充填性試験

断面修復材の鉄筋背面への充填性を評価する試験は、写真-3に示すように、鉄筋と型枠の間隔を数段階変化させた型枠に、上向きで吹付け施工し、硬化後に試験体を切断して、鉄筋背面への断面修復材の充填状況を確認するものです。ノズルマンの技量が未熟であったり、材料の性能が悪い場合には空隙が生じる場合があります。



写真-3 鉄筋背面への充填性試験

3. おわりに

断面修復が耐久性の高い補修工法として確立されるためには、材料の品質だけでなく吹付けを行うノズルマンの技能も非常に重要と考えています。材料や工法、機器の技術開発と合わせて人材の育成が望まれます。

社会資本ストックとしてのコンクリート構造物は、その量が膨大であることから、補修関連技術の重要性はますます高まるものと予想されます。当研究所におきましては、コスト削減をはじめ、多様化、高度化する多くの要求に柔軟に対応し、さらなる技術革新に貢献していくため、より一層の努力を重ねていきたいと考えています。

【筆者紹介】

谷倉 泉 (たにくら いずみ)
社団法人日本建設機械化協会
施工技術総合研究所
研究第二部 次長

設楽 和久 (しだら かずひさ)
研究第二部 主任研究員
三浦 康治 (みうら こうじ)
研究第二部 研究員