

CMI 報告

建設材料および 施工の各種性能評価試験

谷倉 泉・小野 秀一

1. はじめに

施工技術総合研究所では、各種土木材料や土木施工に関する性能評価試験および性能証明事業を第三者的立場で実施している。たとえば、劣化したコンクリート構造物の補修には、ウォータージェット工法によるはつり工事や、吹き付け工法による断面修復が行われているが、ウォータージェット工法によるはつり作業においては、コンクリートの劣化部や損傷部をはつり取ると同時に、はつり後に行われる断面修復を確実にを行うために、鉄筋を露出させることが求められる。このようなことから、実際の工事を行うに当たっては、それらの要求事項を満足できる性能あるいは能力を有しているかどうかを事前に確認することが求められている。

ウォータージェット工法のはつり性能の他、当研究所においては、コンクリート部材の断面修復で行われる吹き付け工法（ショットクリート）における吹き付け材料の付着性能、コンクリート床版の劣化を防止するための床版防水システムの防水性能、箱桁内の外ケーブル方式に用いられる PC 鋼材の防錆被覆材の防錆性能、ポリエチレンシースの接続部における止水性能、橋梁伸縮装置から桁下への漏水を防止するための止水性能、RC 床版の上面増厚工法における新旧コンクリートを接着する接着剤などの性能評価試験を行っており、性能を満足する工法や製品には、合格証あるいは証明書を発行している。

本稿では、上記の中から、ウォータージェットによるはつり処理性能評価試験、ショットクリート性能評価試験、床版防水システムの性能評価試験、橋梁伸縮

装置の止水性能確認試験の概要を紹介する。

2. ウォータージェットはつり性能評価試験

ウォータージェット（以下、WJ と称す）とは、高圧ポンプで昇圧させた水を微細な径のノズルから、音速もしくはそれ以上の速度で噴出して得られる細噴流のことである。コンクリートに対しては、その衝突圧や水によるくさび作用等を利用し、洗浄、表面処理、はつり、削孔、切断等に用いられている。

近年のコンクリート構造物の塩害、中性化等による劣化損傷や施工不良に対して、WJ を用いてコンクリートをはつる事例が増加している。WJ は、従来のブレーカによるはつりと比較して、コンクリート内部にひび割れを残さないことや鉄筋を損傷させないことなどの利点が明らかにされている。さらに、はつり処理面に適度な凹凸ができる。また、これらの結果として既設コンクリートと良好な付着性能が得られる。

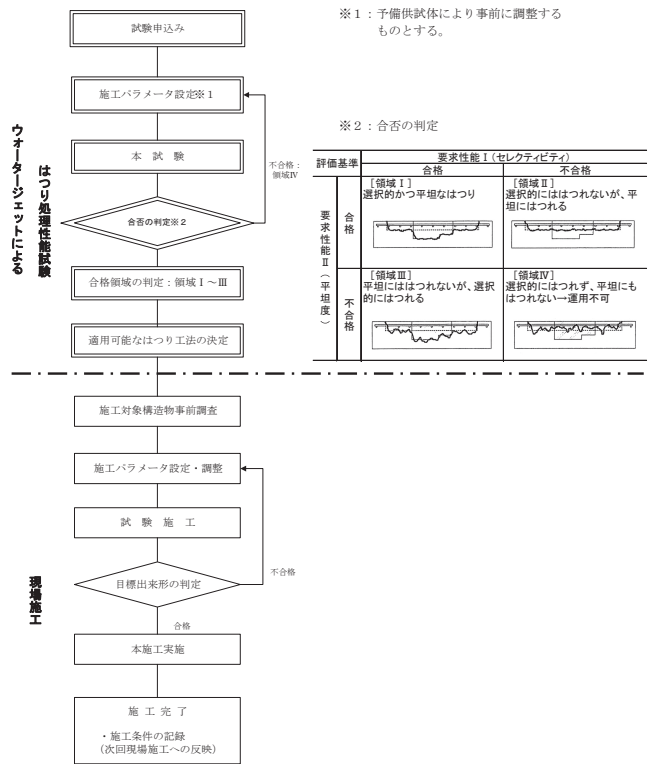


図-1 ウォータージェット工法の現場適用までの流れ



写真-1 試験体



写真-2 試験後の試験体

このため、橋梁等の既設コンクリート構造物に対する補修・補強工事においては、高速水噴流を利用したWJによる既設コンクリートの表面処理、はつり、切断、削孔等の処理が施されるようになってきた。しかし、維持管理分野におけるWJ技術そのものは、はつり装置の性能がオペレータの技量とともに不明であるのが現状である。

そこで、当研究所は、コンクリート構造物の補修・補強工事にWJ技術を適用する際の品質を保証するため、東、中および西日本高速道路株式会社3社(NEXCO各社)共通の試験方法(試験法423-1)に基づき、WJによるはつり処理性能試験を実施している。

試験手順の流れを図-1、はつり試験時の試験体を写真-1, 2、評価項目と基準値を表-1に示す。

表-1 評価基準

評価項目	基準値	
セレクトイビティ	端部のはつり残し	150 ± 25 mm
	適正度	低強度 60%以上
		高強度 30%以下
ピット	3個以下	
平坦度	鉄筋裏のはつり残し	鉄筋に接したものはないこと
	うねの長さ	900 mm 以下
	表面粗さ	62.5 mm ピッチで7 mm 以上の差
	はつり深さ	10 ± 2 cm

性能試験では、実構造物の健全部とその中に劣化現象を想定した脆弱部を有する供試体のはつりを行い、その結果をもとにWJはつり装置の性能およびこれを操作するオペレータの技能を定量的に評価する。

現在(平成22年8月)までに、27社55名のオペレータが試験に合格し、資格を保持している。

3. ショットクリート断面修復材の性能評価試験

コンクリート構造物の劣化原因は、塩害、中性化、凍害が主であり、変状が著しい場合の対策の基本は、部材や橋を取替えない限りは、WJによるはつりとショットクリートによる断面修復とされるケースが多い(図-2)。

ショットクリートは、19世紀以降、トンネル補修や第一次世界大戦後の構造物の補修に用いられて発展してきたと言われ、近年、型枠が不要で天井や側壁への急速施工が容易である他、高い付着力や耐久性が期待できるなどの特長を有するため、構造物の補修・補

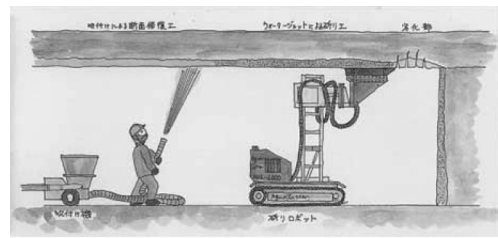
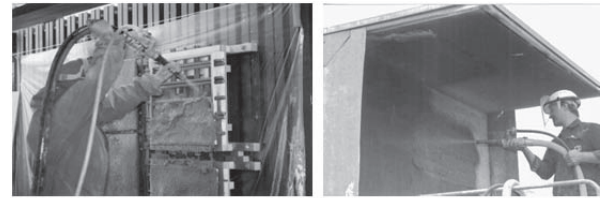


図-2 ショットクリートのイメージ



ウェット(湿式)

ドライ(乾式)

写真-3 ウェットとドライ方式のショットクリート

表-2 一般的なウェットとドライの特徴

吹付け方式	ウェット(湿式)	ドライ(乾式)
施工速度	0.5 m ³ /h 程度	1.0 m ³ /h 程度
1層の施工厚さ	3 ~ 6 cm 程度	3 ~ 10 cm 程度
セメント	ポルトランドセメント系	ポルトランドセメント系 超速硬セメント
ポリマー	ほぼ混入	混入も可能
水量管理	練混ぜ時	ノズル
積層間隔	2時間 ~ 1日程度	数分 ~ 1日程度
繊維の混入	6 ~ 12 mm 程度の有機系繊維が主	繊維混入もあり
圧送距離	~ 50 m 程度	~ 300 m 程度
コテ仕上げ	可能(常用)	ほとんど不可能
粉塵・リバウンド	少ない	多い

強に広く用いられるようになっている。一方で、この工法は新旧コンクリートとの一体化が前提であるため、既設コンクリートの下地処理が不十分な場合には十分な付着が期待できないこと、さらに新旧コンクリート間の電位差等によるマクロセル腐食に対する配慮も必要である。

吹付けシステムにはウェット(湿式)とドライ(乾式)の2方式がある。写真-3および表-2にショットクリートの特徴を示す。ウェットは予めミキサ中で全ての材料が混練され、ドライは手元のノズル部で水や急結剤が混入されるが、いずれもノズルマンの経験や技量が品質に大きく影響する。

このようなことから、東、中および西日本高速道路株式会社は、吹付けによる断面修復を確実にを行うため、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試験方法(試験法432)を定めている。

表-3 ショットクリート断面修復材の性能評価項目と基準値

要求性能	試験項目	基準値
断面の修復に要する性能	ひび割れ抵抗性	幅 0.05 mm 以上のひび割れが発生しないこと
	コンクリートとの付着性	コンクリートと断面修復材との付着強度は、1.5 N/mm ² 以上であること
	鉄筋背面への充填性	有害な空隙がないこと
	寸法安定性	0.05% 以下
	熱膨張性	断面修復材の熱膨張係数は 2.0 × 10 ⁻⁵ /°C 以下であること
耐久性能に関わる性能	中性化抵抗性	補修設計で定めた中性化速度係数と同等
	凍結融解抵抗性	負荷後の相対動弾性係数が 60% 以上かつ負荷後のコンクリートと断面修復材との付着強度は 1.5 N/mm ² 以上
	遮塩性	補修設計で定めた塩化物イオンの拡散係数と同等
力学的性能	圧縮強度	補修設計で定めた設計基準強度以上
	静弾性係数	補修設計で定めた値と同等



写真-4 試験状況



写真-5 振動下での吹付け試験

当研究所は、同試験方法にもとづき、各材料メーカーが保有する吹付け材料について各種評価試験を実施し、試験結果の証明書を発行している。

断面修復材の要求性能は、①断面の修復に要する性能、②耐久性能に関わる性能、③力学的性能の3つで評価され、これらの評価項目と基準値を表-3に示す。また、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を受けるため、写真-4、5に示すように振動下での試験を行っている。

4. 床版防水システム

橋梁のコンクリート床版は、車両の通行に伴う疲労損傷だけでなく、寒冷地における凍害や凍結防止剤の散布による塩害にさらされるケースが多く、その有効な管理手法は大きな課題となっている。

防水システムを構築する上で最も重要な点は、コンクリート床版上面の下地処理であることが認識されて

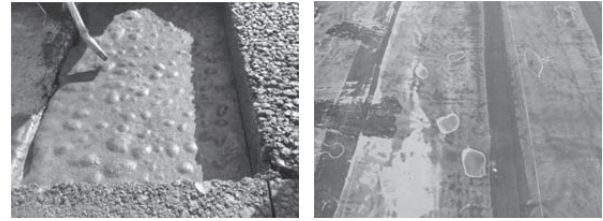
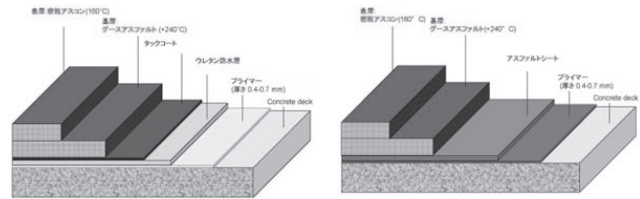


写真-6 防水層に生じたプリスタリング (膨れ剥離)



ポリウレタン

瀝青系シート (1層)

図-3 塗膜系およびシート系防水システムの断面構成例



写真-7 塗膜系およびシート系防水システムの施工例

おり、WJ等による表面処理後に樹脂プライマを塗布し、床版内部の水分蒸発等によるプリスタリング (写真-6) を極力防止する施工を行うことが重要である。

一般的に用いられている防水層は、樹脂塗膜系 (ポリウレタン等の合成樹脂) と瀝青シート系が中心であるが、高速道路に求められる高機能防水としては、ポリウレタンの使用事例が多くなっている。シート系防水層を採用した場合でも、排水口や伸縮装置周りでは樹脂塗膜系が用いられることも多い。また、必要に応じて、ある面積ごとに水抜き孔も設けられている。床版上面から橋体内部に水を浸入させることは、床版の寿命を大幅に減少させるだけでなく、主桁や支承にまで悪影響が及ぶことが指摘されており、LCCを踏まえて耐久性の高い予防保全対策や補修対策を講じることが、最終的にはサービスビリティーの確保に寄与する。このような防水システムの断面構成の例および施工状況を図-3、写真-7に示す。

我が国では2002年の道路橋示方書でコンクリート床版と舗装の間に防水層を設置することが義務づけられ、2012年6月には土木学会から防水システムガイドラインが発行された。現在は、床版防水工の材料や施工に関する重要性が益々認識されてきており、より良い製品を用いて良質な施工を行うことが望まれている。床版の下面補修や桁の表面被覆を行う場合には、

雨水や塩化物が上面のひび割れ等を介してコンクリート内部に浸入しないように配慮することが重要であり、その意味でこれらの防水システムの採用は、BMSの観点からもコスト縮減にかなり有効な手段になると考えられる。

当研究所では、防水システムの長期的な耐久性について評価するためのひび割れ開閉負荷試験をはじめとして各種性能試験を実施している。

5. 伸縮装置の止水性能

橋梁伸縮装置のうち、各製造会社において製造・販売される伸縮装置（以下、製品ジョイント）は、設計伸縮量が比較的小さい橋梁に数多く用いられているものの、その設計仕様や性能照査手法が定められていないのが現状である。

近年、凍結防止剤を含む雨水が、橋梁伸縮装置から漏水し、これが原因で桁端の腐食や支承の機能不全を引き起こすことが報告されている。写真—8は支承部の腐食（左側）、コンクリート桁端の鉄筋の腐食状況（右側）を示したものである。

文献1)に示す東・中・西日本高速道路会社が管理する全国の高速道路の現地調査によると、写真—9に示すように伸縮装置からの漏水が多く見られ、伸縮装置に取り付けられている止水構造に十分な止水性能が持たされていないことや、止水材の劣化や伸縮装置の腐食などによって止水性能が失われていることが示されている。漏水があった箇所では、写真—9に示すように、止水材の継ぎ目が剥がれて開口している状況が確認されている。また、伸縮量100 mm未満の金属製の製品ジョイント（いわゆる簡易鋼製ジョイント）



写真—8 伸縮装置からの漏水による桁端の損傷



写真—9 伸縮装置からの漏水と止水材の開き

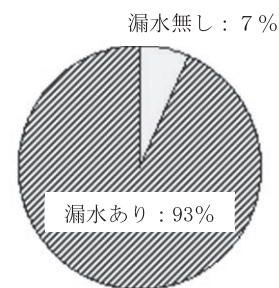
では、全体の9割以上で漏水が確認されている調査データが得られている（図—4）。

一方、伸縮装置は橋梁本体の伸縮量に応じた大きさのものが取り付けられているが、特に比較的伸縮量の小さい100 mm未満の伸縮装置については、止水材の仕様や性能が明確になっていない点が、漏水性能を低下させる要因であると考えられている。ちなみに、伸縮量100 mm以上の伸縮装置（鋼製フィンガージョイント）では、弾性シール材による止水材が標準として示されており、材料や取り付け方法等の仕様が規定されている。

このようなことから、伸縮量100 mm未満の埋設型ジョイントを含めた伸縮装置については、所定の止水性能を確保させるために、東・中・西日本高速道路会社3社は止水性能試験の実施を義務づけ、今後、採用する伸縮装置については試験に合格しておくことを求めている。

簡易鋼製ジョイントの止水性能確認試験は、表—4に示すように、連続伸縮試験、圧縮試験、引張試験、水張り試験の4つの試験で構成されている。これらは照査期間30年間の年間・夏季・冬季の伸縮を想定した繰り返しを負荷し、その間の止水材の止水性能が確保されていることを確認するものである。試験は図—5に示すように、所定の伸縮量をアクチュエータによって繰り返し負荷し、その後、フェースプレート上面に水深100 mmの水張りを行い、止水材の止水性が24時間保持されること（24時間、漏水しないこと）を確認する。

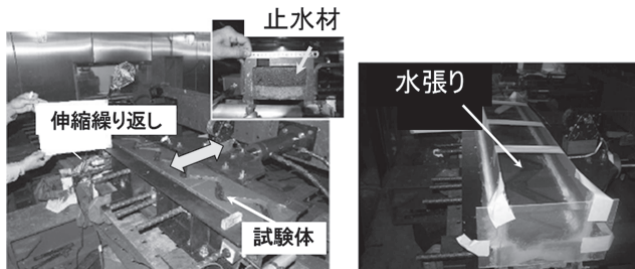
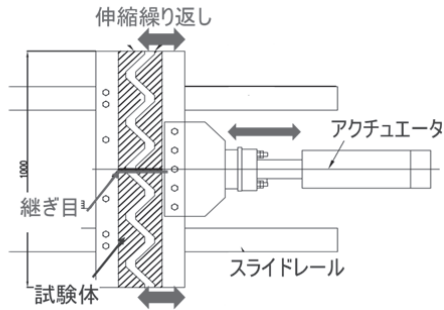
平成24年8月現在、12社14製品の伸縮装置および乾式止水材が合格し、証明書を発行している。



図—4 伸縮装置からの漏水の割合（金属製の製品ジョイント）

表—4 縮装置の止水試験と条件

試験順序	試験項目	試験体の温度	繰り返し回数
1	連続伸縮	15℃ ± 5℃	11000回
2	圧縮試験	40℃以上	30回
3	引張試験	-10℃以下	30回
4	水張り試験	任意	24h



図一5 伸縮装置の伸縮試験および水張り試験状況

6. おわりに

構造物の維持管理では、利用者の安全が保障され、現場を管理する人たちが安心できる耐久性の高い補修・補強等の維持管理技術が求められる。昨今、我が国の橋梁を取巻く課題は多いが、このような時代にコストを低減して効率的な管理を行っていくためには、多岐に渡る高度な技術や情報を結集するための産学官

の連携がより一層重要になってくると思われる。我が国にはこれまでに築かれた膨大な構造物があり、これらを守っていく優れた補修・補強技術に対するニーズも多い。海外との技術的な連携も踏まえて、これらの構造物をなるべく健全な状態で後世に引継いでいければと考える次第である。

また当研究所では、土木材料や施工法等の性能評価に関する試験機関として、各関係機関から信頼されるべく研究を進めていきたいと考えている。

JCMA

〈参考文献〉

- 1) 松井, 若林, 浅井, 小野: 橋梁伸縮装置の止水性能とその評価試験方法, 土木学会第66回年次学術講演会(平成23年度), I-236, 2011年9月

【筆者紹介】



谷倉 泉 (たにくら いずみ)
一般社団法人 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第二部
部長



小野 秀一 (おの しゅういち)
一般社団法人 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所 研究第二部
次長