

最新のコンクリート片はく落防止システム

Latest Method for Anti-spalling of Concrete Pieces

一般塗料部門
構造物塗料事業部
マーケティンググループ
General Coating Division
Protective Coating Dept.
Marketing Group



迫 寛之
Hiroshi SAKO

一般塗料部門
構造物塗料事業部
開発グループ
General Coating Division
Protective Coating Dept.
Business Development Group



宮下 剛
Tsuyoshi MIYASHITA



里 隆幸
Takayuki SATO

1. はじめに¹⁾

“丈夫で長持ち”するものと考えられていたコンクリート構造物が早期劣化を起し、近年では高架橋コンクリートのはく落による第三者被害や、トンネル覆工コンクリートのはく落による列車事故がマスコミにも取り上げられ、社会問題となっている。平成11年6月、九州地区の鉄道用トンネル内において、側壁からはく落したコンクリート塊が、走行中の車輛を直撃した事故は記憶に新しい。このような早期劣化の原因は、塩害・凍害・中性化・アルカリ骨材反応・漏水・コールドジョイント等様々であり、そのメカニズムは徐々に解明されてきた。これに伴い補修材料の進化も目を見張るものがあり、メンテナンスに対する関心は増大している。²⁾

既往の報告から、コンクリート構造物は50年以上経過すると、何らかの補修が行われる可能性が高くなることが知られている³⁾。図1に示すように、50年以上経過するコンクリート橋梁の数は、今後増大することが予測されており、必要なメンテナンスを行い、社会資本を延命することや劣化による第三者被害を防止することが、益々重要となってくる。

当社ではこれまで各構造物管理団体に応じた、様々なはく落防止システムを開発・上市しており、近年では、環境負荷低減、LCC(ライフサイクルコスト)の低減等の市場ニーズに応えた様々な提案を行っている。

本報では日本高速道路株式会社(以下、NEXCOと称す)の規定に適合する省工程はく落防止システムおよび特殊環境用途として、トンネル内はく落防止システムについて報告する。

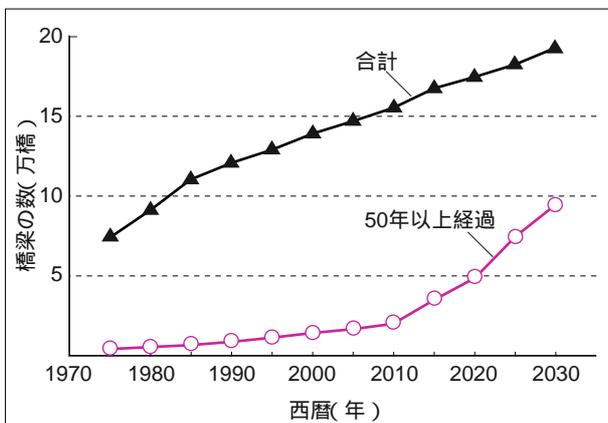


図1 50年以上経過した橋梁数の予測

2. NEXCO規格適合 省工程はく落防止システムの開発

2.1 NEXCO規格における はく落防止システムの要求性能

株式会社高速道路総合技術研究所(以下、技術研究所と称す) 発行『構造物施工管理要領(平成20年8月)』の『3-7-4はく落防止の性能照査⁴⁾』の規準内容を表1に示す。本規準では環境因子が耐荷性に及ぼす影響を確認し、さらに耐久性能を把握するための負荷試験を行い、はく落防止性能および耐久性能を総合評価した照査を事前に完了することが義務づけられている。

表1 構造物施工管理要領 3-7-4
はく落防止の性能照査内容

試験項目	基準	試験方法	
-30 押抜荷重試験	変位10mm以上で1.5KN以上	JHS424に 準拠	
23 押抜荷重試験	変位10mm以上で1.5KN以上		
50 押抜荷重試験	変位10mm以上で1.5KN以上		
耐久性能	付着強度	1.5KN	JHS425に 準拠
	ひび割れ抵抗性	押抜最低値×最小保持率(%)	
	塩化物イオン透過性	負荷前後何れも 0.005g/m ² ・日以下	

2.2 はく落防止用メッシュシートの選定

これまで当社は、NEXCO規格適合はく落防止システムに、3軸ビニロンメッシュシートを使用してきた。今般、新しいシステムを開発するに当たり、押抜荷重の発現と施工時の作業性を評価し、新システムには2軸ナイロンメッシュシートを採用することとした。3軸ビニロンメッシュシートと、2軸ナイロンメッシュシートの外観を図2に、メッシュシートの特性を表2に示す。2軸ナイロンメッシュシートの特徴として、目合が細かいことと伸度が高いこと、しなやかで折り目が付き難いこと等が挙げられる。

表2 メッシュシート性能と特長の比較⁵⁾⁶⁾

		TSS-1810-Y (3軸ビニロンメッシュシート)	KSMシート (2軸ナイロンメッシュシート)
編み目		3軸	2軸
目合		10mm	3mm
引張強度	縦	602 N/25mm	490 N/30mm
	横	602 N/25mm	490 N/30mm
伸度	縦	7%	35%
	横	8%(斜め)	35%

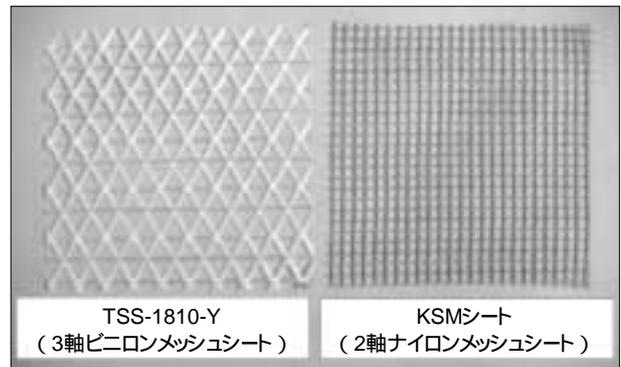


図2 3軸ビニロンメッシュシートと
2軸ナイロンメッシュシートの外観写真

2.3 NEXCO規格適合 省工程はく落防止システムの特長

表3に従来システムおよび新しく開発した省工程システムの仕様およびその特長を示す。新しい省工程システムの工程数は、従来システムより1工程削減し、VOC (Volatile Organic Compound:揮発性有機化合物) 削減率も65%に達しており、LCCの低減、環境負荷低減を果たした。

図3に従来システム、図4には新しい省工程システムの各温度における押抜荷重試験結果例を示す。2軸ナイロンメッシュシートを用いた新しいシステムの場合、低温域においても変位15mm以上で規定の押抜荷重を維持し、低温から高温まで安定した耐荷性能を示すことが確認された。新しい省工程システムにおける試験温度50℃で、

表3 はく落防止システムの比較

従来のはく落防止システム				新しい省工程はく落防止システム			
工程	商品名	塗装方法	標準使用量 (kg/m ²)	工程	商品名	塗装方法	標準使用量 (kg/m ²)
プライマー	レジガードCFプライマー	刷毛 ローラー	0.15	プライマー	レジガードHGプライマー	刷毛 ローラー	0.15
パテ含浸接着 含浸目詰	レジガードボンドJH	ローラー コテ・ヘラ	0.70 ¹	パテ含浸接着 含浸目詰	レジガードボンドHG	ローラー コテ・ヘラ	0.70 ¹
貼付	TSS-1810-Y (3軸ビニロンメッシュシート)	ローラー コテ・ヘラ	1.1m ² /m ²	貼付	KSMシート (2軸ナイロンメッシュシート)	ローラー コテ・ヘラ	1.1m ² /m ²
パテ含浸接着 含浸目詰	レジガードボンドJH	ローラー コテ・ヘラ	0.30 ¹	パテ含浸接着 含浸目詰	レジガードボンドHG	ローラー コテ・ヘラ	0.30 ¹
中塗り	レジガード #200EH中塗	刷毛 ローラー	0.35	上塗り	レジガードHG	刷毛 ローラー	0.15
上塗り	レジガード #200上塗	刷毛 ローラー	0.12				
施工日数(日)	3			施工日数(日)	2		
VOC量(g/m ²)	141			VOC量(g/m ²)	50		
VOC削減率 (%)				VOC削減率 (%)	65		

1.ボンドの塗布量は合計で1.0kg/m²とする

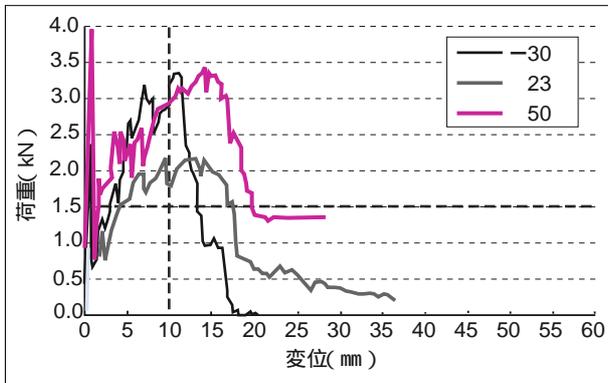


図3 従来のはく落防止システムの押抜荷重試験結果

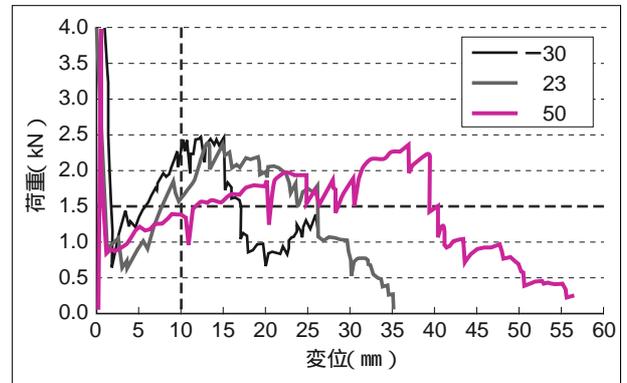
図4 新しい省工程はく落防止システムの
押抜荷重試験結果

図5 50 における押抜荷重試験状況

変位50mmのときの押抜荷重試験状況を図5に示す。

性能照査証明書では、メッシュの重ね合わせ、性能を左右するプライマー、ボンドの塗布量を含んだ各施工環境、各供用環境における押抜荷重試験結果を体系的にまとめ、設定した条件において規格の1.5kNを全て満足することを照査している。

3. トンネル内はく落防止システムの開発

3.1 トンネル内はく落防止システムの要求性能

トンネル内は閉塞的な空間であり、コンクリート片のはく落原因が一般大気部とは異なる場合もある。トンネル内にはく落防止システムを適用する場合、その要求性能の例を以下に挙げる。

はく落防止性能を有すること。

暗所であるトンネル内の視認性を向上し、走行時の安全性の向上および照明灯の削減による、省エネルギーに寄与すること。

使用材料は施工時に火災要因となりうる有機溶剤を含まず、作業者の有機溶剤中毒を予防できること。
塗膜は供用時に汚れにくく、汚れても洗浄することで視認性が回復すること。

万一の火災による延焼を抑制でき、かつ有害ガスを発生しないこと。

塗膜が損傷しても補修が容易であること。

トンネル特有の漏水等に対して塗膜が膨れ難いこと。

3.2 プライマー兼パテ含浸接着材の選定

はく落防止機能を発揮するためには、コンクリートと連続繊維シートを強固に接着するプライマーおよびパテ含浸接着材が重要な役割を果たす。当社では通常、プライマーおよびパテ含浸接着材として無溶剤形エポキシ樹脂系材料を適用しているが、トンネル内はく落防止システムにおいては、万一の火災を想定し、有害ガスの発生や延焼を防ぐために、ポリマーセメント系材料をプライマー兼パテ含浸接着材に用いた。

ポリマーセメント系材料における各養生温度、養生期間での付着強度を図6に示す。

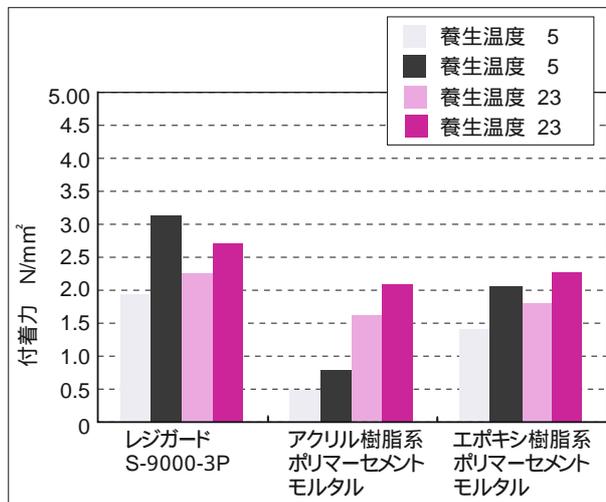


図6 当社のポリマーセメント系材料における各条件での付着力

『レジガードS-9000-3P』は有機成分が少なく、低温時でも早期に高い付着強度を発揮し、施工作業性も良好であることから、プライマー兼パテ含浸接着材として採用することとした。さらに、ビニロン3軸メッシュシートとの相性も良好であり、図7に示すとおり、十分な押抜荷重を発現している。

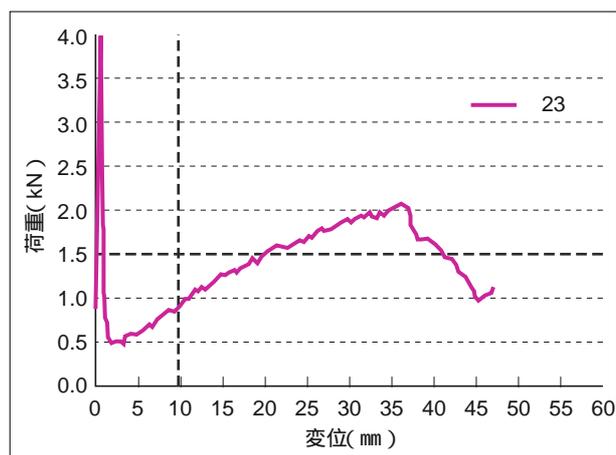


図7 トンネル内はく落防止システムの押抜荷重試験結果

トンネル内はく落防止システムの仕様を表4に示す。水系材料を組み合わせ、施工時の火災、作業員への有機溶剤中毒に配慮したシステムが完成した。

表4 トンネル内はく落防止システム

工 程	商品名	塗装方法	標準使用量 (kg/m ²)
プライマー兼 パテ含浸接着 含浸目詰	レジガードS9000-3P (エポキシ樹脂系 ポリマーセメントモルタル)	ローラー コテ・ヘラ	1.80 ¹
貼付	TSS-1810-Y (3軸ビニロンメッシュシート)	ローラー コテ・ヘラ	1.1m ² /m ²
プライマー兼 パテ含浸接着 含浸目詰	レジガードS9000-3P (エポキシ樹脂系 ポリマーセメントモルタル)	ローラー コテ・ヘラ	(1.80 ¹)
中塗り	レジガードプライマー-W (有機無機複合水系プライマー)	刷毛 ローラー	0.4
上塗り1層目	レジガードTN-1上塗り (水性無機系塗料)	刷毛 ローラー	0.15
上塗り2層目	レジガードTN-1上塗り (水性無機系塗料)	刷毛 ローラー	0.15

¹ レジガードS9000-3Pの塗布量は合計で1.8kg/m²とする

3.3 不燃材としての評価

3.3.1 ガス有害性試験

トンネル内火災を想定し、燃焼時に発生するガスの分析を「JIS K 7217 プラスチック燃焼ガスの分析方法」に準じて実施した。この結果、二酸化炭素以外の有害なガス(一酸化炭素、塩化水素、シアン化水素、アンモニア、硫酸化物、窒素酸化物)は全て検出限界値以下であることを確認した。この結果を受け、財団法人ベターリビング制定「防耐火性能試験・評価業務方法書」に従い、マウスを用いたガス有害性の評価を実施した。図8に試



図8 ガス有害性試験 試験装置

験装置、図9に燃焼ガス雰囲気での各マウス行動記録を示す。

図9に示すように、全てのマウスの行動時間が規定制限値である6.8分を大きく上回り、試験時間15分においても行動を停止しないという良好な結果を得た。以上の結果から、開発したシステムは万一の火災においても有害ガスをほとんど発生せず、人体に影響を与え難いことが確認された。

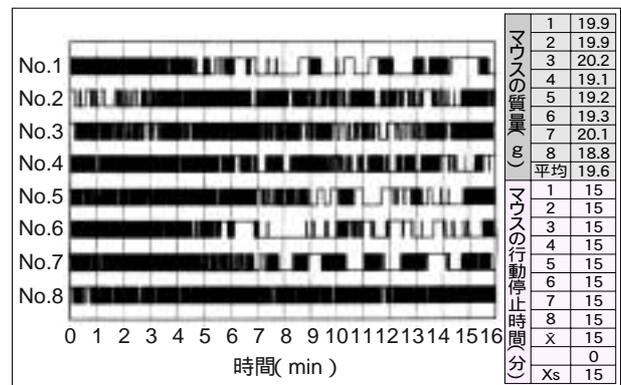


図9 マウスを用いた平均行動停止時間

3.3.2 延焼性試験

開発したシステムについて、「JHS 738 トンネル補修材料の延焼性試験方法(案)」に従い延焼性を評価した。図10に1200以上の炎を試験板に近づけ延焼性試験を実施している状況、表5にその試験結果を示す。1200

という高温での消炎時間は0秒で、着火源消火と消炎がほぼ同時であり、延焼範囲も基準を満足した。この結果から、本システムが火災時に延焼しないことが証明された。



図10 延焼性試験写真

表5 延焼性試験結果

燃焼時間 (分)	消炎時間 (秒)	延焼範囲		バーナー炎 温度 ()
		試験体 左右方向 (mm)	試験体 上端方向 (mm)	
10	0	126	131	1200以上

判定基準

消炎時間:30秒以内

燃焼による火炎の先端が着火点より600mmの位置に達しないこと

3.4 トンネル内はく落防止システムの特長

開発したトンネル内はく落防止システムの性能を表6に一覧で示す。

開発したシステムは完全水系であることから、施工時の安全性の確保や環境負荷低減に寄与するだけでなく、施工時でも通行可能なため、交通を遮断することなく、片側通行させながらの施工が可能となる長所も有する。

表6 トンネル内装はく落防止システムの性能一覧

試験項目		試験方法	基準	試験結果	備考
塗膜性能	初期反射率	視感反射率	60%以上	90%	上塗り単層膜
	洗浄回復性	土木用防汚材料評価試験	種	合格	上塗り単層膜
	耐火性	JIS A 1321 難燃性試験 (旧建設省1828号不燃材同等)	難燃1級適合	合格	複層膜
耐荷性		東日本高速道路株式会社 中日本高速道路株式会社 西日本高速道路株式会社 第4編 構造物関係試験方法 JHS 424 はく落防止の押抜き試験	変位10mm以上で1.5KN以上	合格	複層膜
	物性性能	伸び性能	10cm当たりの押抜き荷重 1.5KN以上	1.8KN	複層膜
押抜き試験において10mmの 変位があること			32.8mm	複層膜	
付着性 試験		首都高速道路株式会社 保全施設部 コンクリート片はく落防止対策要領(案) 剥落防止工の評価基準 A種	付着強度が1.5N/mm ² 以上	2.39N/mm ²	複層膜
				1.95N/mm ²	複層膜
			2.27N/mm ²	複層膜	
安全性能	発熱性	SO5660 Part1 コーンカロリーメーター 形式C3	総発熱量が8MJ/m ² を超えない 200kW/m ² を超える発熱速度が 10秒を超えて継続しない	5.6MJ/m ² 以下 0秒	複層膜
	耐燃性	JIS K 6911 熱硬化性プラスチック一般試験方法 耐燃性(A法)	25mm以下の場合不燃性	不燃性	複層膜
	燃焼ガス成分	JIS K 7217 プラスチック燃焼ガス分析方法 (CO,CO ₂ ,HCl,HCN,NH ₃ ,SO ₂ +SO ₃ , NO+NO ₂ の検出)	検出下限0.1mg/g	CO ₂ :440mg/g CO ₂ 以外: 0.1mg/g以下	複層膜
	ガス有毒性試験	財団法人ベターリビング制定 (建築基準法に基づく指定評価機関) 防耐火性能試験・評価業務方法書 ガス有害性試験	マウスの平均行動停止時間が 6.8分以上の基準を満たすこと	合格	複層膜
	延焼性試験	東日本高速道路株式会社 中日本高速道路株式会社 西日本高速道路株式会社 第7編 トンネル関係試験方法 JHS 738 トンネル補修材料の延焼性 試験方法(案)	消炎時間30秒以内 火炎の先端が着火点より 600mmに達しないこと	合格	複層膜

4. まとめ

4.1 NEXCO規格適合 省工程はく落防止システムについて

新しいシステムは、従来のシステムと比較し、以下の特長を有する。

貼付の作業性が格段に向上し、狭隘部等においても仕上がり外観が良好である。

はく落防止性能において環境温度の影響を受け難い。LCCの低減、環境負荷低減に寄与する。

4.2 トンネル内はく落防止システムについて

トンネル内はく落防止システムは以下の特長を有する。良好なはく落防止性能を示す。

暗所での視認性を向上し、走行時の安全性の向上および省エネルギーに寄与する。

施工時に作業者の有機溶剤中毒を予防できる。

塗膜は汚れにくく、かつ供用期間中に洗浄することで視認性が回復する。

塗膜は延焼を抑制し、かつ有害ガスの発生量が極めて少ない。

塗膜が損傷しても補修が容易である。

5. おわりに

本報では、『NEXCO規格適合省工程はく落防止システム』および『トンネル内はく落防止システム』について、その評価方法および性能を中心に述べた。

今後増大することが予測されている補修対象コンクリート構造物に対し、環境負荷低減およびLCC低減に配慮し、各環境に応じたシステムを提案していくことで、社会資本の延命、コンクリート劣化による第三者被害の防止に貢献したい。

参考文献

- 1) 里隆幸：塗装技術 4,61(2000)
- 2) 社団法人土木学会：表面保護工法設計施工指針(案)(2005)
- 3) 建設省、運輸省、農林水産省：コンクリート構造物耐久性検討委員会資料(2000)
- 4) 株式会社高速道路総合技術研究所：構造物施工管理要領(平成20年8月)
- 5) キョーワ株式会社：KSMシートカタログ
- 6) ユニチカ株式会社：製品紹介