

●無機・有機ハイブリッド形アクリルゴム系表面被覆材「アロンブルコート®」

東亜合成株式会社 機能化学品事業部 建材・土木グループ 福島 浩一

1 はじめに

近年、土木コンクリート構造物のはく落防止市場が大きくなってきており、競争力があり、安価で汎用性のあるはく落防止工法として無機・有機ハイブリッド形アクリルゴム系表面被覆材「アロンブルコート®Z-X工法」を、株式会社駒井ハルテックと共同で開発したので本書で報告する。

2 開発の背景

我が国の土木コンクリート構造物は、耐久性に優れるといえども、水、二酸化炭素、塩化物イオン等の劣化要因により、塩害、中性化、アルカリ骨材反応、凍害等が発生し、経年的にその性能が著しく低下してきており、鉄道や道路の高架橋からコンクリート片のはく落事故なども発生しており、社会問題となってきた。このような背景から、コンクリート片のはく落による第三者被害を未然に防ぐために、国土交通省、東日本・中日本・東日本高速道路㈱やJR等は、コンクリートはく落防止対策に取り組んでおり、市場は拡大している。

当社は1990年に超柔軟厚膜アクリルゴム系表面被覆工法「アロンブルコート®」を上市して以来、土木コンクリート構造物を塩害、中性化、アルカリ骨材反応、凍害などから保護する工法として、数多くの実績を有している。例えば、塩害と中性化対策として本州四国連絡橋^{1),2)}に採用され20年以上の耐久性を示し、またアルカリ骨材反応対策として採用された泊大橋（沖縄県）³⁾や、塩害対策として採用された大井埠頭床版下面（東京都）等の実績がある。しかし、はく落防止工法市場では、エポキシ系はく落防止工法より価格が高く、アクリルゴムエマルジョン1材型材料のため、特に冬期に塗膜が乾き難く採用されてこなかった。表1に従来品「ブルコート®」とエポキシ系はく落防止工法の問題点を示す。

表1 はく落防止工法の問題点

項目	エポキシ系はく落防止工法	従来品ブルコート®
工程数	主に6工程以上(多い)	6工程(多い)
工程間隔	2材反応型で短い	1材自然乾燥のため長い
ひび割れ追従性	追従できず割れる	優れている
劣化因子遮断性	優れている	優れている
水蒸気透過性	ない	有する
環境対応	VOCとビスフェノール問題	下塗材と上塗材が溶剤系
コスト	安価	エポキシより高価

このような背景に対し、拡大している鉄道や道路の高架橋のはく落防止市場へ展開するために、橋梁メーカーであり、この分野に詳しい株式会社駒井ハルテックと共同で、コンクリート劣化防止とはく落防止機能をあわせ持ち、安価で汎用性のある無機・有機ハイブリッド形アクリルゴム系表面被覆材「アロンブルコート®Z-X工法」を開発した。

3 開発コンセプト

アクリルゴムの長所は、伸び性能がよく、ひび割れ追従性に優れていることや、水蒸気透過性を有していることが挙げられる。これらのアクリルゴムの長所を生かし、安価で環境に優しいはく落防止工法を目指し、下記のコンセプトを掲げて開発に着手した。

(1) 安価である

- ①工期を短くするために、施工間隔を24時間から12時間(5℃)に短縮する。
- ②1回の塗布膜厚を確保することにより、中塗材は3工程から2工程に、上塗材は2工程から1工程に削減する。
- ③施工効率が良好な吹付け施工を可能とし、施工環境において施工方法が選択できる。

(2) 環境に優しい

- ①有機溶剤を一切含まず、オール水系の材料で構成する。
- ②エポキシ系はく落防止工法の場合、既存塗膜を全面撤去する必要があるが、アロンブルコート®Z-X工法は、既存塗膜がエポキシ系でも不具合部を部分撤去するだけで、既存塗膜に塗り重ねができるため、廃棄物が削減できる。

(3) アクリルゴムの長所を生かす

- ①「ひび割れ追従性に優れる」
コンクリートのひび割れに追従させるため、ひび割れ追従性は2.0mm以上にする。
- ②「水蒸気透過性能を有する」

アルカリ骨材反応を防止するには、コンクリート内部の水分を外部に発散する性能が必要である。このため、水蒸気透過性は、土木学会 表面保護工法⁴⁾の有機系被覆工法の中の高透湿を目指し、水蒸気透過性を1.5mg/cm²・day以上とする。

上記(1)から(3)までのコンセプトを達成するためには、中塗材は、従来品のアクリルゴムエマルジョン1材型から、アクリルゴムエマルジョンと硬化剤としてセメントを利用する2材混合型で設計し、上塗材は塗工性と隠蔽率を上げ

る必要がある。中塗材は「アロンブルコート®A-450X」として、上塗材は「アロンブルコート®T-1000」として新しく開発した。

4 規格と材料設計

4.1 規格の種類

国土交通省、東日本・中日本・東日本高速道路(株)やJR等の代表的な機関が設定している規格を表2に示す。それぞれの機関が管理している土木用コンクリート構造物は、建設方法や設計強度、形状が異なるため、コンクリート躯体保護機能や落防止機能の物性項目やその規格値は、それぞれの機関で設定している。このため、市場性があり、設定項目が多く規格値が厳しいNEXCOに適合させるため、表3にアロンブルコート®Z-X工法に必要な要求性能を示す。

4.2 アロンブルコート®A-450X (中塗材)

新しく開発した「アロンブルコート®A-450X」は、アクリルゴムエマルジョンとセメント系無機質紛体の2材混合型にすることで、アクリルエマルジョンの水分がセメントの水和硬化反応に利用されるため、施工間隔が冬期で12時間となり、従来品より12時間短縮でき、工期短縮につながる。また、塗布厚は、エマルジョンと骨材の配合を最適化することにより1回で1.5kg/cm²塗布可能となり、3工程から2工程に削減できた。施工手段もローラー、コテ、および吹付け施工が、環境条件により選択できるように設計した。

4.3 アロンブルコート®T-1000 (上塗材)

アロンブルコート®T-1000は、低汚染型水系アクリルシリコン樹脂塗料であり、1回塗りでの厚膜(0.2kg/m²)の塗工性と隠蔽性を確保するために、新規にアクリルシリコンポリ

表2 各機関の物性項目と規格値

機関名		国土交通省			NEXCO	JR		
		種別	A種	B種	C種	表面被覆材	A種	B種
物性項目	概要	PC部材	RC部材	塗替えが難しい場所や著しく腐食される部位	—	高架橋ハンチRC桁梁部	高架橋中央スラブ	はねだしスラブ
	押抜き試験	—	—	—	1.5kN以上 変位10mm以上	—	—	1.5kN以上 変位10mm以上
コンクリートとの付着性	標準養生後	基盤目試験25/25であること			1.0N/mm ² 以上	1.0N/mm ² 以上		
	促進耐候性試験後	—	—	—	1.0N/mm ² 以上	—	—	—
	温冷繰返し試験後	—	—	—	1.0N/mm ² 以上	—	—	—
	耐アルカリ性試験後	—	—	—	1.0N/mm ² 以上	0.7N/mm ² 以上		
遮塩性(mg/cm ² ・日)		10 ⁻² 以下		10 ⁻³ 以下	5.0×10 ⁻³ 以下	—	—	—
水蒸気透過性(mg/cm ² ・日)		—	—	—	5.0以下	1以下	5~10	10以下
中性化阻止性(mm)		—	—	—	1mm以下	3mm以下		
ひび割れ追従性		伸び1%以上	伸び4%以上	伸び1%以上	伸び0.4mm以上	0.6mm以上	0.4mm以上	—

表3 アロンブルコート®Z-X工法の要求性能

項目	要求性能
躯体保護機能	ひび割れ追従性 1mm以上
	遮塩性 5×10 ⁻³ mg/cm ² ・day以下
	水蒸気透過性 1.5mg/cm ² ・day以上
	中性化阻止性 1mm以下
はく落防止機能	押抜き試験 荷重1.5kN以上(変位10mm以上)
環境対応	・オール水系 ・塗り重ねによるリフレッシュ可能
施工効率	・成膜時間 12時間以内(5℃) ・工程数 4工程 ・吹付け施工が可能

マーを開発し、PVC(顔料体積濃度)の最適化と粘性コントロールにより、ローラー塗布時のグリップ性と塗着性を両立させた。更に、新たな低汚染技術により、雨筋汚れを低減した。

5 アロンブルコート®Z-X工法の性能

5.1 躯体保護性能

アロンブルコート®Z-X工法の躯体保護性能を表4に示す。アロンブルコート®Z-X工法のひび割れ追従性、遮塩性、水蒸気透過性および中性化阻止性は、すべてNEXCO規格に適合している。特にアロンブルコート®Z-X工法は、ひび割れ追従性が非常に大きいため、コンクリートに発生するクラックに追従することができ、優れたコンクリート躯体保護性能を有している。

5.2 コンクリートとの接着性能

一般にコンクリート表面被覆材は、コンクリートとの接着力を有し、かつ紫外線、乾湿繰返しなどの耐候性が良好であることが求められる。

各種耐候性試験後のアロンブルコート®Z-X工法のコンクリートに対する接着強さを表5に示す。促進耐候性試験、温冷繰返しおよび耐アルカリ性試験後で、NEXCO規格(1.0N/mm²以上)の接着強さがあり適合している。

表4 アロンブルコート®Z-X工法の躯体

	アロンブルコート®Z-X工法	NEXCO規格
ひび割れ追従性 (mm)	2.6	0.4以上
遮塩性 (mg/cm ² ・day)	3 × 10 ⁻³	5 × 10 ⁻³ 以下
水蒸気透過性 (mg/cm ² ・day)	1.6	5.0以下
中性化阻止性 (mm)	0	1.0以下

【試験方法】

ひび割れ追従性: 土木学会JSCE-K 532に準拠
 遮塩性: 道路橋塩害対策指針案に準拠
 水蒸気透過性: JIS Z 0208(カップ法)に準拠
 中性化阻止性: JIS A 1153に準拠(20°C,湿度60%,CO₂濃度5%で30日間)

表5 コンクリートとの接着強さ

	接着強さ (N/mm ²)	
	アロンブルコート®Z-X工法	NEXCO規格
標準養生後	2.1	1.0以上
促進耐候性試験後	2.4	1.0以上
温冷繰返し試験後	1.5	1.0以上
耐アルカリ性試験後	1.3	1.0以上

【養生条件】

標準養生後: 温度23°C、湿度50%で28日間養生
 促進耐候性試験後: 標準養生後、キセノンアークランプ式促進耐候試験機で3000時間後
 温冷繰返し試験後: JIS K 6909に準拠し10回繰返しした後
 耐アルカリ性試験後: JIS K 6909に準拠し10日浸漬後
 【測定方法】 JIS K 6909に準拠し、建研式接着力試験機にて測定

5.3 はく落防止性能

コンクリートはく落防止性能は、押抜き試験(土木学会JSCE-K-533)に準拠して評価した。写真1に押抜き試験状況および図1に押抜き試験結果を他社エポキシ系はく落防止工法と共に示す。アロンブルコート®Z-X工法は、変位50mmの時に荷重3.2kNあり、基準の変位10mm以上荷重1.5kN以上に適合している。従来から採用されている他社エポキシ系はく落防止工法は、変位13mmで破壊したのに対してアロンブルコート®Z-X工法は、変位50mmまで破壊せず、追従していた。

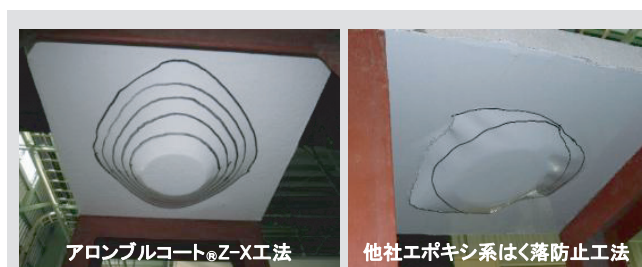


写真1 押抜き試験状況

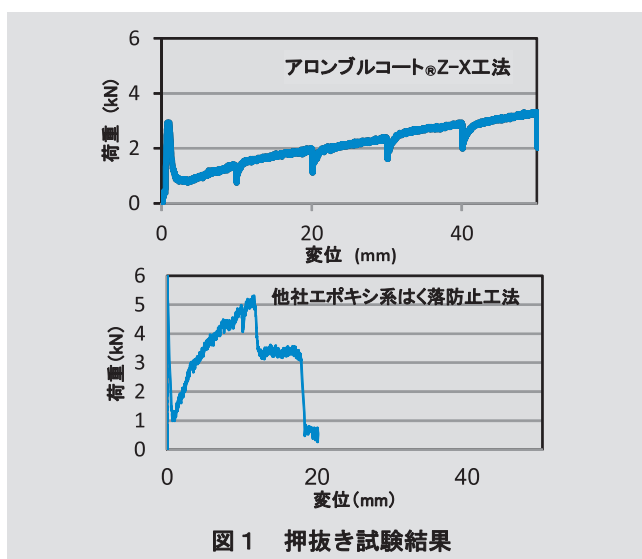


図1 押抜き試験結果

5.4 環境対応

塗装時における周辺環境への影響を表す指標として、臭気指数やVOC濃度(揮発性有機化合物濃度)が挙げられる。施工時に発生する臭気を、臭いセンサー(新コスモス電機)を用いて測定した工程毎の臭気レベルを図2に示す。また、括弧の値は、臭気レベルから変換した臭気指数相当値を示す。アロンブルコート®Z-X工法は、他社エポキシ系はく落防止工法に比較して臭気レベルは1/3以下と低かった。一方、VOCモニター(RAE systems)を用いて測定した工程毎のVOC濃度を図3に示す。オール水系の材料で構成されているアロンブルコート®Z-X工法のVOC濃度は、0ppmCであるのに対して、他社エポキシ系はく落防止工法は、工程毎合計で10,000ppmC以上のVOCを発生していた。

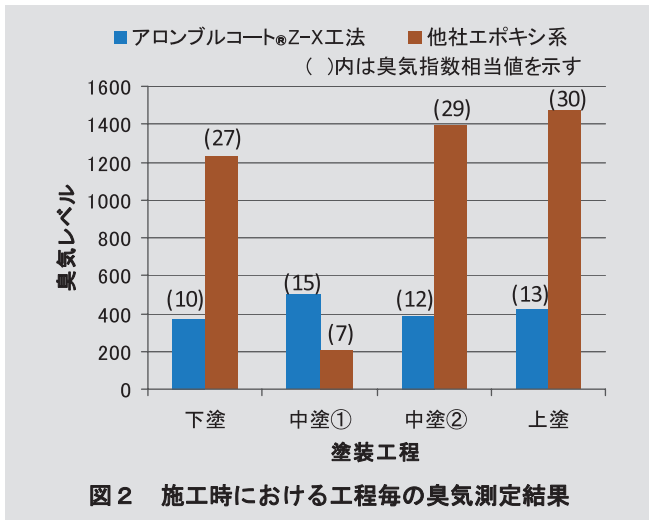


図2 施工時における工程毎の臭気測定結果

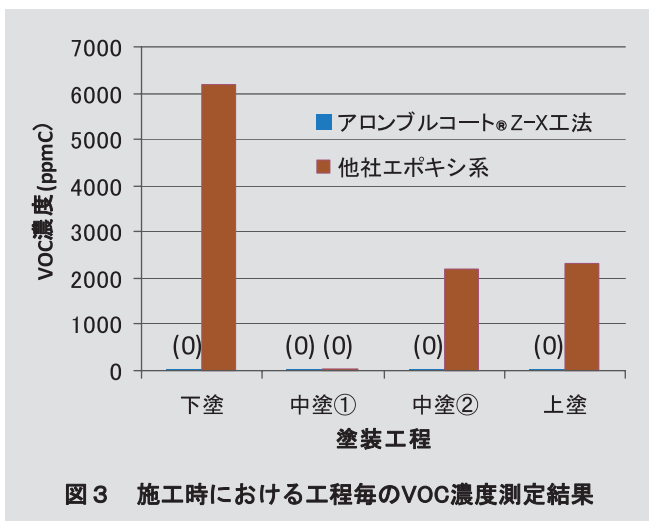


図3 施工時における工程毎のVOC濃度測定結果

6 アロンブルコート®Z-X工法の仕様と施工

6.1 標準仕様

アロンブルコート®Z-X工法の標準仕様と工程を表6に示す。

表6 アロンブルコート®Z-X工法の標準仕様と工程

		使用材料 (標準塗布量 kg/m ²)
		アロンブルコート®Z-X工法
	下地処理	別途
1	下塗材塗布	アロンブルコート®P-300 (0.1)
2	中塗材塗布①	アロンブルコート®A-450X (0.5) アロンビニロンメッシュ150K アロンブルコート®A-450X (0.5)
3	中塗材塗布②	アロンブルコート®A-450X (1.0)
4	上塗材塗布	アロンブルコート®T-1000 (0.2)

6.2 施工方法⁵⁾

(1) 下地処理

アロンブルコート®Z-X工法を施工する前に、下地処理として表面脆弱部、浮き欠損部、鉄筋発錆部やひび割れ部がある場合には、それぞれの状況に応じてあらかじめ適切に処理しておく。

(2) 下塗材塗布

下地処理後、2液反応硬化型水系エポキシ樹脂エマルジョン「アロンブルコート®P-300」をローラーや刷毛にて塗布する。

(3) 中塗材塗布①

写真2にメッシュ張り付け状況を示すように、はく落防止機能を有するアロンブルコート®Z-X工法は、アクリルゴム系中塗材「アロンブルコート®A-450X」を用いて、補強材「アロンビニロンメッシュ150K」をコテやローラーにて張り付ける。

(4) 中塗材塗布②

写真3、4に中塗材塗布状況を示すように、アクリルゴム系中塗材「アロンブルコート®A-450X」の塗布方法は、施工環境に応じてローラー、コテあるいは施工効率の良い吹付け施工が選択できる。

(5) 上塗材塗布

低汚染・水性アクリルシリコン樹脂塗料「アロンブルコート®T-1000」の塗布方法は、ローラーあるいは吹付け施工が選択できる。





写真4 中塗材ローラー施工

7 アロンブルコート®Z-X工法の実績

アロンブルコート®Z-X工法の施工事例を**写真5**に示す。アロンブルコート®Z-X工法は、従来から使用されているエポキシ系はく落防止工法にはない、ひび割れ追従性能や水蒸気透過性能が認められ、好評を得ると共に順調に実績を伸ばしている。

アロンブルコート®Z-X工法は、2011年12月に、NEXCOのはく落防止工法で認可登録され、高松自動車道大代谷橋（徳島県）や東北自動車道白石川橋（宮城県）などで採用され始めた。

2012年7月に、国土交通省が新技術の活用のため、新技術に関わる情報の共有や提供を目的として構築した、新技術情報提供システム（NETIS）に、「ハイブリッド型表面被覆材 アロンブルコート®Z-X工法 登録番号：CB-120013」として登録された。

2012年9月には、アロンブルコート®Z-X工法が、グリーン購入法適合商品「公共事業の塗料」として登録された。



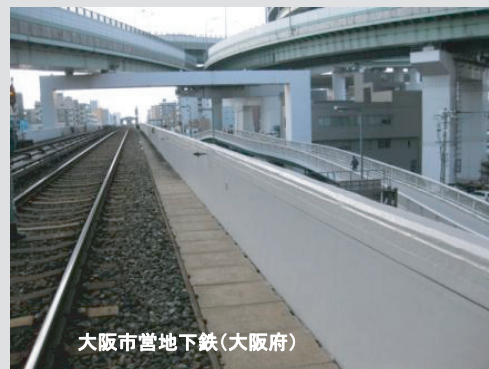
開橋(京都府)



大代谷橋(徳島県)



阪神電鉄(兵庫県)



大阪市営地下鉄(大阪府)

写真5 アロンブルコート®Z-X工法の施工事例

海外展開として、政府開発援助（ODA）としてベトナムでハイフォン-ラクフェン道路橋建設工事があるが、その高欄にアロンブルコート®が仕様となった。また、アロンブルコート®を紹介するため、ベトナムで開催された建設展示会（Viet Constec 2012）に出展した（写真6）。



写真6 ベトナムでの建設展示会の状況

8 おわりに

2011年9月1日に株式会社駒井ハルテックと共同で販売を開始して以来、無機・有機ハイブリッド形アクリルゴム系表面被覆材「アロンブルコート®Z-X工法」は、その性能が認められ、経済性においても他の製品以上との評価をいただいている。

インフラが整備されていく中で、過去に建設された膨大な社会資本ストックの高齢化が急速に進展しており、我が国のおかれた厳しい自然条件・社会条件が引き起こす様々な問題（中性化、塩害、凍害等）を想定し、土木構造物を健全な状態で適切に維持管理していくことが求められている。アロンブルコート®Z-X工法によって、土木コンクリート構造物の長寿命化に加え、メンテナンスサイクルを長くできることから、これらの維持保全に貢献していきたい。

引用文献

- 1) 山田勝彦, 本四技報, 15(58),13(1991).
- 2) 酒井和吉, コンクリート工学, 46(9), 56(2008).
- 3) 岩上淳一, 藤山甲太郎, 村山伊知郎, 栗田一昭, 橋梁と基礎, 建設図書 28(8), 89(1994).
- 4) コンクリート委員会 表面保護工法研究小委員会 編集, “コンクリートライブラリ119号 表面保護工法 設計施工指針(案)”, 土木学会, (2005) p.147.
- 5) 高瀬和男, 三輪浩二, 松井勲, 谷川伸, 駒井ハルテック技報, 1, 42(2011).