

環境・工程短縮対応型ハイソリッド防食塗料 「エスコNBマイルドH」の開発

Development of a High-solid Heavy Duty Coating,
“ESCO NB MILD H”, to Contribute Environmental Protection
and to Attain Simplified Application Process



関西ペイント販売(株)
建設塗料本部
防食技術部(大阪)
奥 文法
Fuminori
Oku



関西ペイント販売(株)
建設塗料本部
防食技術部(大阪)
加藤 裕司
Hiroshi
Kato

1. はじめに

船舶、橋梁、タンク、煙突、鉄塔、プラント設備等の鋼構造物の防食塗装分野では、大型で供用期間が長いことから、より長期の耐久性を維持するための塗料・塗装システム、施工方法などの開発に力が注がれてきた。また、これらの塗料・塗装システムをより効率よく、より安全に、より安価に完成させるための新しい技術が求められている。

近年、環境意識の高まりと共に、あらゆる分野において環境への配慮が必要となっている。鋼構造物の塗料・塗装の分野においても同様で、鉛・クロム等の有害重金属の使用制限¹⁾や、弱溶剤形塗料(ミネラルスピリット等に代表される臭気が比較的マイルドな低極性溶剤)²⁾の採用が増加しており、環境対策塗料の開発は重要な課題である。

弊社では、鋼構造物の防食を目的として塗装する変性エポキシ樹脂塗料の環境対策として弱溶剤化、ハイソリッド化(低VOC化)、環境ホルモン物質フリー化の検討を行い、塗装時の作業環境、周囲環境への配慮、大気汚染物質の低減を図ってきた。また、厚膜塗装を可能にすることで塗装回数削減(工程の短縮化)と、長期耐久性を有する塗装システムによるトータルのVOC削減にも取り組んできた。本報では、弊社独自の技術によりこれらの環境対応機能と工程短縮機能を兼ね備えた弱溶剤形ハイソリッドエポキシ樹脂塗料「エスコNBマイルドH」の開発概要と特長について報告する³⁾。

2. 機能目標とコンセプト

大型鋼構造物の一般的な塗装仕様は、防食性、付着性に優れる下塗り、中塗り塗料と耐候性に優れる上塗り塗料によって構成されている。また、塗膜により防食機能や景観・美観が合理的に維持されるよう塗替え時期や塗装仕様が決定されている。表1に橋梁の塗替え塗装仕様として、『鋼道路橋塗装・防食便覧』中のRc-Ⅲ塗装系⁴⁾を一例として示す。

『鋼道路橋塗装・防食便覧』の新設橋梁の一般外面塗装仕様であるC塗装系を表2に示す。2005年の改訂により、C-5塗装系では、これまでのC-4塗装系のエポキシ樹脂塗料下塗60 μ m(2回塗り)の代わりに120 μ m(1回塗り)によって、下塗り工程の削減が図られた。同様に、塗替え仕様においても、弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗の厚膜塗装が可能となる塗料を開発することによって、塗装回数を削減することができ、トータルの塗装費用の低減とVOCの削減が可能となる。

そこで、本開発にあたっては、『鋼道路橋塗装・防食便覧』の「変性エポキシ樹脂塗料下塗」規格⁵⁾に適合すること、さらに施工性などを考慮して表3に示す機能目標を設定し、強溶剤形エポキシ樹脂塗料と同等以上の性能を有する弱溶剤形ハイソリッド変性エポキシ樹脂塗料の開発を行い、オール弱溶剤形の環境対応型塗装仕様の確立を目指した。

表1 『鋼道路橋塗装・防食便覧』 Rc-Ⅲ塗装系(はけ、ローラー)

塗装工程	塗料名	使用量 (g/m ²)	目標膜厚* (μ m)
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗 (鋼板露出部のみ)	(200)	(60)
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	60
下塗り	弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗	200	60
中塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	140	30
上塗り	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	120	25

*目標膜厚は規定されていないが、概ねこのような値となる

表2 『鋼道路橋塗装・防食便覧』C塗装系の比較

塗装工程	C-4 塗装系	目標膜厚 (μm)	C-5 塗装系	目標膜厚 (μm)
プライマー	無機ジンクリッチプライマー	(15)	無機ジンクリッチプライマー	(15)
防食下地	無機ジンクリッチペイント	75	無機ジンクリッチペイント	75
ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗	—	エポキシ樹脂塗料下塗	—
下塗	エポキシ樹脂塗料下塗	60	エポキシ樹脂塗料下塗	120
下塗	エポキシ樹脂塗料下塗	60		
中塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	30	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗	30
上塗	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	25	弱溶剤形ふっ素樹脂塗料上塗	25

表3 機能目標

項目	詳細	目標値
環境適性	弱溶剤形塗料	TXフリー、第3種有機溶剤が主成分 第2種有機溶剤は5%未満
	低VOC化	25 wt%以下
塗装作業性	厚膜塗装性	80~120 μm /コート以上
	塗装作業性	刷毛・ローラー塗装が可能である
	可使用時間(ポットライフ)が長い	5H以上(20℃)
	乾燥性(硬化性)が良好	16H以内(20℃)
	低温乾燥性	48H以内(5℃)
塗膜性能	長期防食性	複合サイクル試験150サイクルで一般部良好、カット部錆幅5mm以下
塗装適性	上塗り適合性	弱溶剤形中塗・上塗の塗り重ね・付着性良好
	脆弱面適性	劣化した旧塗膜(フタル酸・油性さび止めなど)に塗装可能

3. 開発のポイント

3.1 基体樹脂の基本設計

現在、塗料用の弱溶剤可溶エポキシ樹脂で、防食用途に使われているものはノニルフェノールノボラックとビスフェノール型エポキシ樹脂の縮合物が多い。ビスフェノール型やノボラック型のエポキシ樹脂をアクリル樹脂や脂肪酸で変性したタイプも種々あるが、硬化性および塗膜性能と弱溶剤への溶解性のバランスが悪く、あまり用いられていない。一方、**図1**に示すアルキルジフェノールのグリシジルエーテルタイプのエポキシ樹脂は、弱溶剤に対する溶解性が優れており、ノニルフェノールやビスフェノールAなどの「内分泌攪乱作用を有すると疑われる化学物質(環境ホルモン物質)」も含まない。市販されている樹脂は低分子量の液状タイプで、一般的なハイソリッド型塗料に適しているが、強溶剤形で用いられる固形タイプのビスフェノール型エポキシ樹脂と比べると、初期硬化性に劣るため、弊社は、硬化性を向上させた新規なアルキルジフェノールのグリシジルエーテルタイプのエポキシ樹脂を開発し、「エスコNBセーフティ」[®]を設計し、上市した。また更に性能向上とハイソリッド化を図るため、アクリル

樹脂による変性や、脂肪族及び芳香族のカルボン酸変性方法の見直し等、硬化性および乾燥性を強溶剤形と同等以上のレベルまで引き上げる検討を行った。

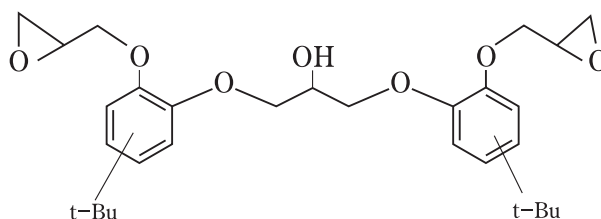


図1 アルキルジフェノールのグリシジルエーテル

3.2 硬化剤の選定

アミン系硬化剤は通常、硬化時間やポットライフの制御、エポキシ樹脂との相溶性向上、毒性や皮膚刺激性の低減、作業性の向上などのために変性された形で使用される。種々のアミン系硬化剤について検討し、各性能、特に低温硬化性とポットライフを満足させるために、特殊なケチミン系硬化剤を選定した。

新技術

3.3 レオロジー特性のコントロール

既存の厚膜塗装が可能である強溶剤形エポキシ樹脂塗料は、刷毛塗りによる厚膜塗装性は有するが、作業性や仕上がりに劣る。一方、溶剤の蒸発が遅い汎用弱溶剤形エポキシ樹脂塗料は作業性や仕上がりに優れるが、弱溶剤形ハイソリッドタイプでは強溶剤形のように溶剤蒸発に頼った厚膜塗装が可能な設計はできない。そこで、種々のレオロジーコントロール剤、顔料濃度や塗料固形分を変動させ、粘性挙動と刷毛およびローラーの厚膜塗装性、作業性を確認し、開発を進めた。

4. 開発塗料の特長

4.1 環境適合性と工程短縮

「エスコNBマイルドH」の特長を図2に示す。本品は、『鋼道路橋塗装・防食便覧』において規定されている弱溶剤形塗料に該当し、溶剤組成としては臭気が比較的マイルドなミネラルスピリットを主体としている。また、VOCについても『鋼道路橋塗装・防食便覧』において規定されているハイソリッド型塗料（不揮発分70～75wt%以上）に該当する。この他、鉛・クロムフリーであり、環境ホルモンとして疑われるノニルフェノール等も排除した人と環境に優しい塗料である。「エスコNBマイルドH」は下塗・上塗兼用塗料である「ユニテクトシリーズ」と組み合わせることにより、工程短縮と環境対策を同時に達成することができる。表4にその一例を示す。

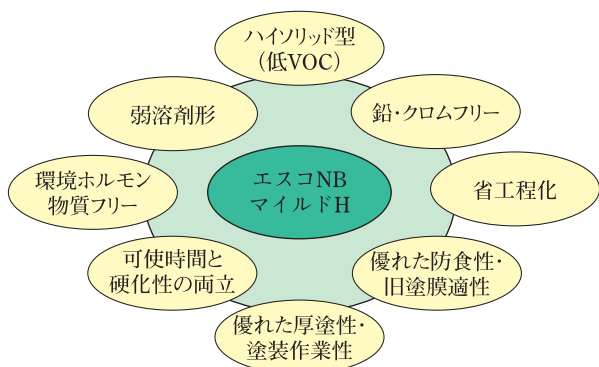


図2 「エスコNBマイルドH」の特長

4.2 塗装作業性と厚膜塗装性

「エスコNBマイルドH」は、弱溶剤形塗料であることと、レオロジーコントロール剤による粘性制御により、刷毛・ローラー塗装において優れた塗装作業性を発揮する。図3にHAAKE社製レオスペクトラRS150を用い、ずり速度を変化させた時の粘度を測定した結果を示す。既存の厚膜塗装が可能である強溶剤形エポキシ樹脂塗料は、レベリング領域（0.01～0.1(1/s)）で高い構造粘性を示し、タレ難い。しかし、塗装領域（100～10000(1/s)）においても粘度が高く、塗装作業性が汎用弱溶剤形エポキシ樹脂塗料に比べて劣ることがわかる。一方、「エスコNBマイルドH」はレベリング領域でタレ難く、塗装領域では刷毛・ローラー塗装作業性に優れたバランスのとれた粘性挙動を示す。

図4に各塗料を刷毛塗りした時の乾燥膜厚の分布を示す。「エスコNBマイルドH」は、乾燥膜厚のバラツキも少ないことから、塗装作業性が良く、塗装膜厚を管理しやすいことが判る。また、ハイソリッドという特長を生かし、強溶剤形エポキシ樹脂塗料（厚膜型：既存製品A）と同様、1回塗りで120 μm以上の厚膜塗装が可能である。

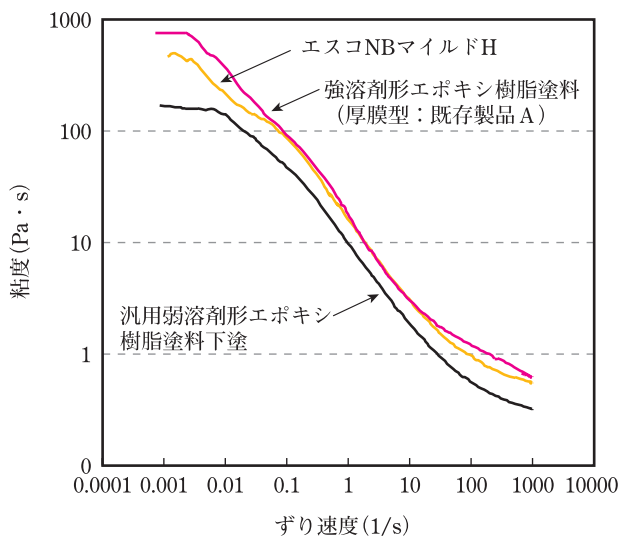


図3 粘性挙動

表4 VOC量の比較

既存製品による一般的な仕様		弊社固有のハイソリッド仕様		弊社固有の省工程ハイソリッド仕様	
	VOC (g/m ²)		VOC (g/m ²)		VOC (g/m ²)
下塗:エスコNBセーフティ	48	下塗:エスコNBマイルドH	42	下塗:エスコNBマイルドH	42
下塗:エスコNBセーフティ	48	中塗:セラテクトマイルド中塗	27	上塗:ユニテクト30セーフティ	25
中塗:セラテクトマイルド中塗	27	上塗:セラテクトUマイルド上塗	25	(下塗上塗兼用塗料)	
上塗:セラテクトUマイルド上塗	25	VOC指数	64(削減率:36%)	VOC指数	45(削減率:55%)
VOC指数	100				

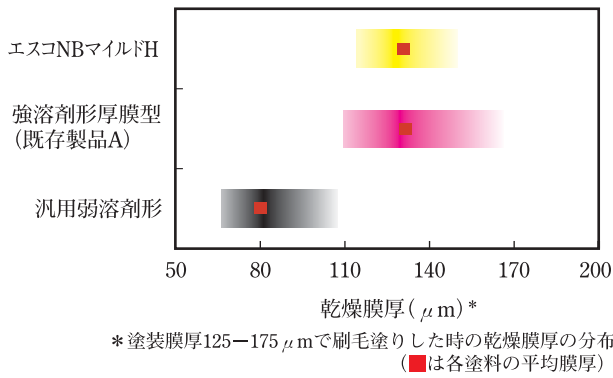






図4 厚膜塗装性

4.3 可使時間と乾燥性

一般的にハイソリッド型エポキシ樹脂塗料は、低分子量のエポキシ樹脂とアミンを基体樹脂としているため、硬化反応により粘度が上昇し可使時間が短く、しかも乾燥性に劣る傾向にあるが、「エスコNBマイルドH」は可使時間と乾燥性の両立をめざして検討を行った。その結果、弱溶剤可溶の無溶剤エポキシ樹脂を弊社独自の技術で変性することにより得られる新規なエポキシ樹脂と特殊なケチミン系硬化剤を組み合わせることにより、表5に示すように20℃において可使時間が5時間、標準膜厚120μmの条件で乾燥時間が6時間(半硬化乾燥)を達成することができた。

表5 可使時間と乾燥時間

試験項目		エスコNBマイルドH	市販のハイソリッド型塗料
可使時間(H)	20℃	5	2
	5℃	7	6
半硬化乾燥時間(H)	20℃	6	8
	5℃	16	24

下塗	エスコNBマイルドH	変性エポキシ既存製品	エスコNBマイルドH	市販のハイソリッド型製品
上塗	下塗上塗兼用塗料	下塗上塗兼用塗料	—	—
記録写真				
一般部 錆発生	異常なし	異常なし	錆 0.03%	錆 0.3%
カット部 フレ幅(片側)	2.0 mm	3.0 mm	2.0 mm	2.5 mm

〈膜厚〉 エスコNBマイルドH：80μm、下塗上塗兼用塗料：60μm、変性エポキシ既存品：80μm、市販ハイソリッド型品：80μm

写真1 耐塩水噴霧試験結果(1000H)

5. 塗膜性能

5.1 防食性

促進試験として耐塩水噴霧試験1000Hにより評価した結果を写真1に示す。「エスコNBマイルドH」は、既存の変性エポキシ樹脂塗料や市販品と比較して同等以上の性能を示すことを確認した。現在、海浜地区にて曝露試験を実施中であり、2年経過時点で強溶剤形エポキシ樹脂塗料と同等の防食性を示している。

5.2 塗膜物性

表6に主な塗膜物性値を示す。「エスコNBマイルドH」は強溶剤形エポキシ樹脂塗料(厚膜型)および汎用弱溶剤形エポキシ樹脂塗料と同様に強靱な塗膜を形成し、腐食促進要因である水や酸素の透過阻止性についても同等レベルであった。

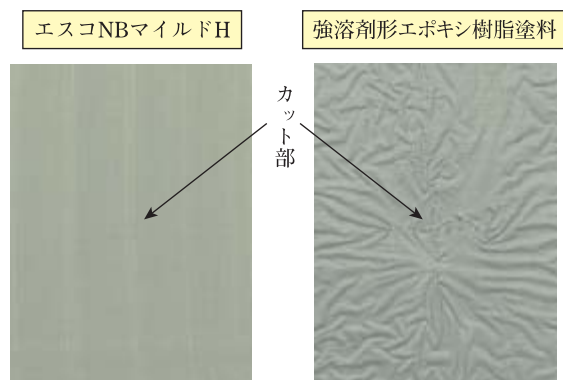
5.3 脆弱な旧塗膜への適性

旧塗膜上への塗り重ね適性の評価として脆弱塗面適性を確認した。試験方法は、離型紙上にJIS K 5625さび止め塗料及びJIS K 5516フタル酸樹脂系塗料の塗膜を塗り重ね、その塗膜にカットを入れることにより、素材との付着性が劣化して塗料・溶剤が浸透しやすい旧塗膜の状態を模した。この塗膜上に「エスコNBマイルドH」及び強溶剤形エポキシ樹脂塗料を塗り重ねた時の塗膜のリフティング状態を写真2に示す。「エスコNBマイルドH」は塗り重ねによるリフティングが発生しないのに対し、強溶剤形エポキシ樹脂塗料を塗り重ねた場合は塗り重ね部分の全面にわたりリフティングが発生した。「エスコNBマイルドH」の脆弱塗面適性が優れている要因は、その溶剤組成が脂肪族系の弱溶剤であること、ハイソリッドタイプのために溶剤量が少ないこと、溶剤量が少ないために塗膜乾燥時の収縮応力が小さいことなどによるものと考えられる。

表6 塗膜物性

項目	エスコNBマイルドH	汎用弱溶剤形エポキシ樹脂塗料	強溶剤形エポキシ樹脂塗料(厚膜型)
破断強度* (N/mm ²)	23	27	41
破断伸び率* (%)	2.4	1.9	2.2
透湿係数** (g・cm/m ² ・24h・mmHg)×10 ⁻³	2.1	2.2	1.1
酸素透過性** (g・cm/m ² ・24h・mmHg)×10 ⁻¹¹	7.3	7.1	8.5

* 23℃における塗膜引張り試験、引張速度4mm/min
** 測定温度23℃



[下地] 離型紙～JIS K 5625(35μm)～JIS K 5516(30μm)

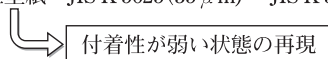


写真2 脆弱面適性

5.4 各種塗料との塗装仕様適性

表7に各種塗料との塗り重ね適性を評価した結果を示す。本開発品は既存の鋼構造物用弱溶剤形塗料との塗り重ね適性に優れ、幅広い塗装仕様に適用することができる。

5.5 規格適合性

表8に示すように『鋼道路橋塗装・防食便覧』規格⁴⁾に適合し、鋼構造物の長期防錆に用いるエポキシ樹脂塗料として基本的な諸性能を有している。

6. 標準塗装仕様

表9に標準塗装仕様(塗替え)を示す。上塗に「セラテクトUマイルド上塗」を用いることにより、低汚染タイプの弱溶剤形高耐候塗装システムや、上塗に弱溶剤形シリコン変性エポキシ樹脂系下塗上塗兼用塗料「ユニテクト30セーフティ」を用いることにより、省工程・低VOCタイプの弱溶剤形高耐候塗装システムを組むことができる。

表7 塗装仕様適性

下塗	塗 装 仕 様		外 観	耐水層間 付 着 性
	中 塗	上 塗		
エスコNB マイルドH	アルキド樹脂系中塗塗料	アルキド樹脂系上塗塗料	○	○
	弱溶剤形ポリウレタン樹脂系中塗塗料	弱溶剤形ポリウレタン樹脂系上塗塗料	○	○
	弱溶剤形ポリウレタン樹脂系中塗塗料	弱溶剤形ふっ素樹脂系上塗塗料	○	○
	アルキド樹脂系下塗上塗兼用塗料		○	○
	弱溶剤形アクリル変性エポキシ樹脂系下塗上塗兼用塗料		○	○
	弱溶剤形シリコン変性エポキシ樹脂系下塗上塗兼用塗料		○	○

外観：20℃で1day1coat、刷毛塗り後の外観

耐水層間付着性：

開発品 → 中塗塗装 → 上塗塗装 → 上水浸漬2日 → Xカット・テープ付着性試験
1日及び7日乾燥 1日乾燥 7日乾燥

新技術

表8 『鋼道路橋塗装・防食便覧』規格：弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗への適合性

項目	詳細	試験結果	要求条件
成分	混合塗料中の加熱残分 %	○	60以上
	エポキシ樹脂の定性	○	エポキシ樹脂を含むこと。
塗料性状	容器の中での状態	○	主剤、硬化剤ともにかき混ぜたとき堅い塊がなくて一様になるものとする。
塗装作業性	塗装作業性	○	塗装作業に支障があってはならない。
	乾燥時間 h	○	16時間以下 (23℃)
	可使時間	○	5時間で使用できるものとする。
	たるみ性	○	たるみがあってはならない。
塗膜性能	塗膜の外観	○	塗膜の外観が正常であるものとする。
	耐衝撃性 (デュボン式)	○	衝撃によって割れおよびはがれが生じてはならない。
	耐熱性	○	160℃で30分加熱しても、塗膜に異常がなく、付着性が分類2以下であること。
	付着性	○	分類1以下
長期試験	耐塩水噴霧性	○	192時間の塩水噴霧試験に耐えるものとする。
	屋外曝露耐候性	○	2年間の試験で、さび、割れ、はがれおよび膨れがあってはならない。

○：適合

表9 標準塗装仕様

弱溶剤形低汚染性塗装システム (ポリウレタン樹脂塗料仕上げ)

工程	塗料名	標準膜厚 (μm)	塗装間隔	
			Min	Max
補修塗り	エスコNBマイルドH	(120)	8 H	1 M
下塗	エスコNBマイルドH	120	8 H	10 D
中塗	セラテクトマイルド中塗	30	4 H	7 D
上塗	セラテクトUマイルド上塗	25	—	—

弱溶剤形省工程塗装システム (シリコン変性エポキシ樹脂塗料仕上げ)

工程	塗料名	標準膜厚 (μm)	塗装間隔	
			Min	Max
補修塗り	エスコNBマイルドH	(120)	8 H	1 M
下塗	エスコNBマイルドH	120	8 H	10 D
上塗	ユニテクト30セーフティ	60	—	—

7. おわりに

塗料・塗装業界における環境問題への取り組みは塗料メーカーのみならず産官学一体となって行われている。弱溶剤化のほか、ハイソリッド化、無溶剤化、水性化などの環境対応型塗料は2005年12月発刊の『鋼道路橋塗装・防食便覧』において、「環境にやさしい塗装系」として紹介され⁷⁾、今後も環境対応型塗料の要求が増加すると考えられる。本稿で紹介した「エスコNBマイルドH」は弱溶剤・ハイソリッドという特長により環境保全に貢献できる画期的な塗料であり、幅広い用途での展開が期待できる。現在、本品は既に一部市場で施工を開始しており、今後も施工実績を積み重ねて環境保全に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 北島道治：塗料の研究、140、42-52(2003)
- 2) 嘉瀬井一彦：防錆管理、48[2]、67-72(2004)
- 3) 松田光司：配管技術、48[9]、26-28(2006)
- 4) 日本道路協会：“鋼道路橋塗装・防食便覧”、II-95、丸善(2005)
- 5) 日本道路協会：“鋼道路橋塗装・防食便覧”、II-129、丸善(2005)
- 6) 松田光司、上島正男：塗料の研究、140、59-65(2003)
- 7) 日本道路協会：“鋼道路橋塗装・防食便覧”、II-164、丸善(2005)