

鋼構造物用次世代中塗上塗兼用 ユニテクトシリーズの要素技術開発

Development of Basic Technologies for Next Generation “UNITECT” Series, Having Both Functions of Second Coat and Topcoat for Protective Coatings



汎用塗料本部
防食製品技術部
宇留嶋秀人
Hideto
Urushima



工業塗料本部
機能材料技術部第1部
小林永康
Norimichi
Kobayashi

1. はじめに

道路や鉄道の鋼橋、工場のプラントに代表される我が国の鋼構造物は高度成長期に建設されたものが多く、老朽化が懸念されることから、近年はメンテナンスの検討が急務とされている。「ものを保護する」という観点から塗装についても例外ではなく、塗替の動きが活発化している。しかしながら、その塗装現場では担い手不足や工賃などを含めた塗装コストに苦慮するケースが多いと聞く。また一方で、塗装時に発生するVOC（揮発性有機化合物）は大気中の浮遊粒子状物質や光化学スモッグの原因となり人体へ悪影響を及ぼすため、低VOC化にむけた開発を推進することは塗料メーカーとしての責務である。

このような状況下で、弊社では工賃低減や低VOC化に貢献できる手法として、「ユニティーモ工法」を提案している¹⁾。その概要は図1に示す通り、従来の防食塗装の工法を下塗60 μ mを2回、中塗30 μ m、上塗30 μ mの合計4回塗りであるとする、と、「ユニティーモ工法」では下塗120 μ m1回、中塗・上塗兼用で60 μ m1回の合計2回塗りに短縮でき、大幅な工程短縮を可能としている。また、溶剤に第3種有機溶剤（ミネラルスピリット等）を主成分とする弱溶剤形であり、VOCを低減させることができる。具体的には、材料費及び工賃を含めた積算価格は従来工法の約70%に抑えられ、VOCは約50%低減できる利点があることから、各方面から好評を得ている。

上塗 (30 μ m)
中塗 (30 μ m)
下塗 (60 μ m)
下塗 (60 μ m)

従来工法

ユニテクト20セーフティ もしくは 30SF (60 μ m)
エスコNBマイルドH (120 μ m)

ユニティーモ工法
(弱溶剤形)

	従来工法	ユニティーモ工法
塗装回数	4回	2回
積算価格比(材工含む)	100	70
VOC発生量(g/m ²)	295	155

図1 「ユニティーモ工法」の概要

今後もこのような省力化可能な塗料、塗装システムの需要がより一層見込まれるなかで、より高性能な品質へと改良するべく、日々検討を進めている。今回は、中塗・上塗兼用塗料について、乾燥性、硬化性面から品質向上を図ったので報告する。

2. 機能目標と開発コンセプト

本検討では、「ユニティーモ工法」に適用可能な中塗上塗兼用塗料「ユニテクト 30SF」をベースとして開発を進めた。「ユニテクト 30SF」の硬化機構を図2に示す。基体樹

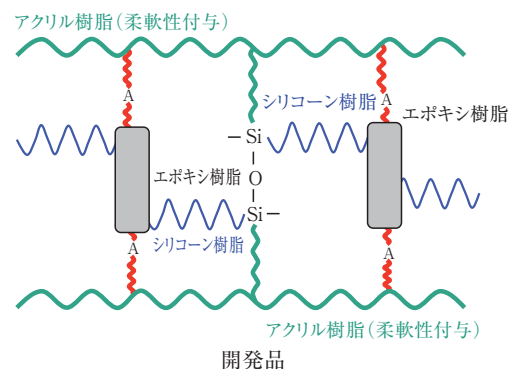
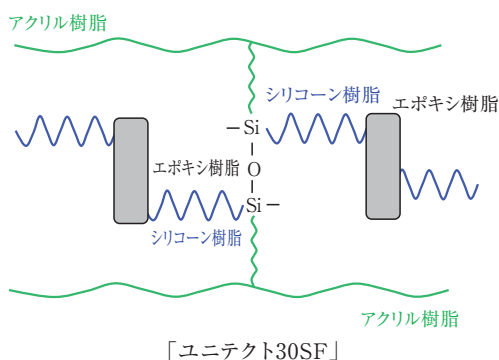


図2 架橋形態

脂は、シリコン樹脂、エポキシ樹脂、及びこれらと架橋反応するアルコキシシリル基をもたせたアクリル樹脂からなり、シロキサン結合の形成、エポキシ樹脂の付加重合による硬化反応が複合的に進行し、強靱でバリエーションの高い防食性に優れた塗膜となる。これに加えて、耐候性に優れたシリコン樹脂成分が塗膜表層へ配向する(図3)。このように、「ユニテクト 30SF」の最大の特長は、防食性と耐候性の機能を1回の塗装で得ることができる点にある。

しかし、標準の乾燥膜厚は60 μmと従来工法の上塗に比べて厚膜であるため、溶剤の揮発にやや時間を要すること、また、本塗料の複合硬化系が一般のウレタン系塗膜に用いられるイソシアネート硬化系と比較して若干遅い傾向があることから、乾燥性、硬化性などの作業性面に改良の余地があるのではないかと考えられる。また、その改良においては、乾燥性、硬化性の向上とは背反しがちな塗膜の物性、すな

わち、JIS K 5659 鋼構造物用耐候性塗料に代表される耐おり落下性や耐屈曲性についても十分考慮しながら検討を進める必要があると考えられる。

これらの背景から、表1及び図2の通り開発コンセプトを設定し、より高性能で汎用的な塗料を目指した要素技術の開発に着手した。このように、アクリル樹脂に架橋官能基Aを導入することで架橋点を増やし、かつ硬化速度を高めることで乾燥性、硬化性の向上をねらった。その一方で、アクリル樹脂の構造を制御することで柔軟性を付与し、耐おり落下性、耐屈曲性を両立させることとした。

3. 開発品の特徴及び性能

以下に白色塗膜で検討した結果を示す。

表1 開発コンセプト

目標	手法
60 μm1回塗りで乾燥性、硬化性がウレタン系と同等以上であること	アクリル樹脂の組成見直し ・硬化官能基Aの導入 ・耐おり落下性、耐屈曲性に対応する柔軟性の付与
JIS K 5659 鋼構造物用耐候性塗料 上塗り塗料1級を満足する品質であること	



図3 シリコン成分の配向性

表2 改良品の乾燥性

項目	評価基準	開発品	ユニテクト30SF	ウレタン系(弱溶剤)
指触乾燥	塗装面の中央に指先で軽く触れて指先が汚れない状態	30分	30分	30分
半硬化乾燥	塗装面の中央を指先でこすって擦り跡が付かない状態	8時間	10時間	8時間

23℃51%RHの雰囲気中で、アプリケーター(隙間150 μm)でガラス板に塗布して評価

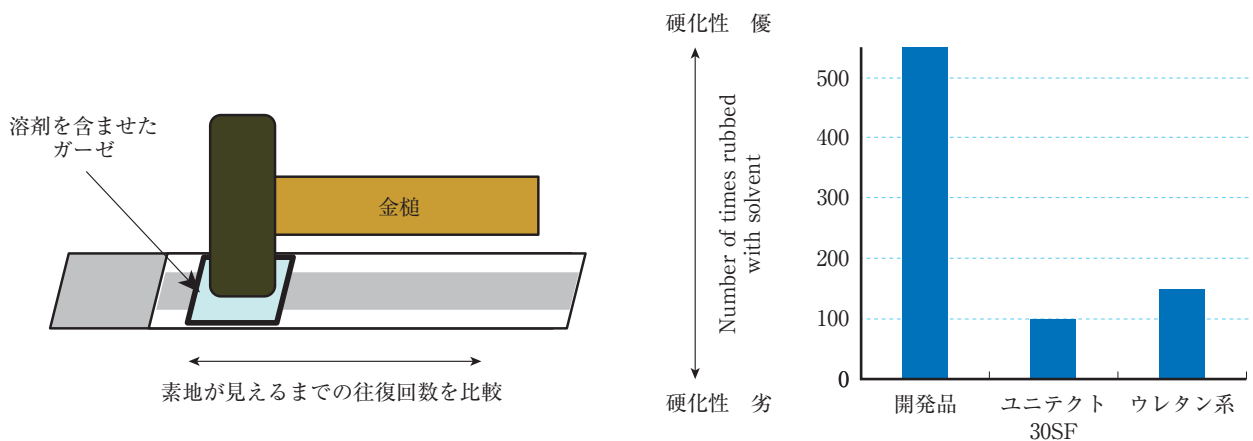


図4 溶剤ラビングによる硬化性の評価方法及び結果(乾燥膜厚 30 μm、塗装養生1週間後)

3.1 乾燥性、硬化性、架橋間分子量

乾燥性の評価結果を表2に、溶剤ラビングによる硬化性の評価方法及び結果を図4にそれぞれ示す。溶剤ラビングによる硬化性は、ミネラルスピリット溶剤を含ませたガーゼを1ポンドの金槌に取り付け、素地が見えるまで塗装面を往復させた時の往復回数で評価した。表2の指触乾燥状態への到達所要時間は、比較の「ユニテクト30SF」及び弱溶剤形ウレタンと差がみられなかったが、半硬化乾燥については「ユニテクト30SF」よりも短くなった。さらに、図4の塗装養生1週間後の硬化性では、開発品のラビング回数が500回以上となり、著しく改良できたことがわかる。また、動的粘弾性測定により各塗膜の架橋間分子量(Mc)を計算したところ、開発品のMcは確かに低くなっていることがわかった(図5)。このように、開発コンセプト通りの塗膜が実際に得られることを検証できた。

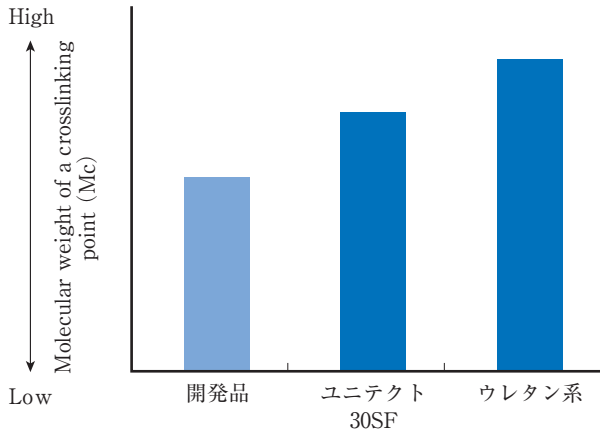


図5 動的粘弾性測定による架橋間分子量Mc

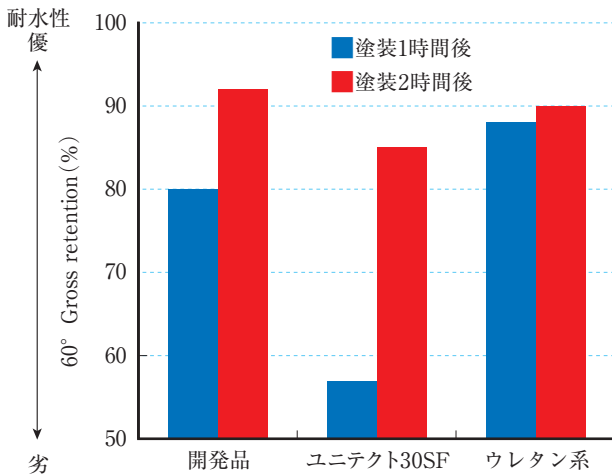


図6 没水前後での光沢保持率

3.2 初期耐水性

前述の通り「ユニテクト30SF」はシロキサン架橋を含む影響で、塗装直後の結露や降雨によりツヤビケが稀に発生し、正常な光沢が得られない場合があった。そこで、硬化性を改良した開発品の塗装直後の耐水性(初期耐水性)を調べた。塗装1時間後及び2時間後(表2からわかるように、ともに指触乾燥したが半硬化には至っていない)の塗装板を

24時間没水し、没水前後での光沢値を比較した結果を図6に示す。開発品は「ユニテクト30SF」と比べ、1時間後、2時間後ともに光沢保持率が高く、改善されていることがわかる。また、ウレタン系と比較しても遜色のないレベルであることがわかる。

3.3 「JIS K 5659 鋼構造物用耐候性塗料」への規格適合性

3.3.1 耐おもり落下性(デュボン式)及び耐屈曲性の考えと検証結果

開発品の耐おもり落下性について説明する。試験方法の概要を図7に示す。塗装した鋼板を試験機に取り付け、300gのおもりを500mmの高さから落下させる。おもり落下時に鋼板の変形とともに塗膜も伸ばされることになるが、その変形に耐えられない場合は円状に割れ、さらにはその周辺にはがれが発生する。したがって、改良のためには、この変形に耐える塗膜とする必要がある。今回の開発品には、基体樹脂中のアクリル樹脂に柔軟性を付与する成分を導入しているが、その効果を検証するために表3に示すアクリル樹脂を用いて塗膜を作製し、試験を実施した。開発品やさらに柔軟性付与成分を増量したものは、割れ、はがれは発生せず、問題なく合格する結果を得た。また、モデル的に柔軟性付与成分や官能基Aを除いた水準も検討したが、不合格となることがわかった。これら試験結果について、遊離塗膜の引張試験に

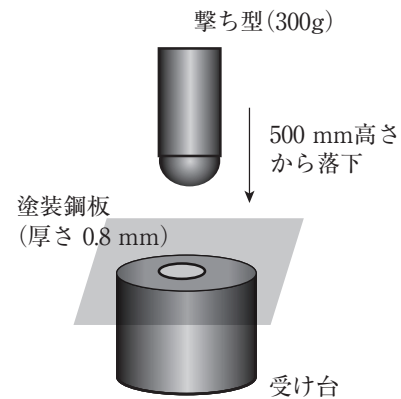


図7 耐おもり落下性試験の概要(デュボン式)

表3 アクリル樹脂の検討組成と耐おもり落下性

試料番号	アクリル樹脂		耐おもり落下性
	柔軟性付与成分	官能基A	
1 開発品	(基準)	(基準)	合格
2	増量	基準量	合格
3	基準量	減量	合格
4	基準量	なし	不合格
5	なし	基準量	不合格
6 ユニテクト30SF	なし	なし	合格

おける最大応力と弾性率のプロットと相関させたものを図8に示す。赤色でのプロットは不合格、青色でのプロットは合格であることを示す。プロットの右下方向、つまり切れにくく（最大応力を大きく）、伸びやすく（弾性率を低く）することが有効であることがわかる。また、官能基Aを減量、あるいはなくすと最大応力が低下する傾向にあることから、官能基Aは前述の硬化性向上に加え、耐おり落下性にも効果を発揮するといえる。

また、耐屈曲性についても同様の手法で合格することを確認している。

3.3.2 その他項目の適合性

表4に結果一覧を示す。現在試験中の屋外暴露耐候性を除き、前項で説明した耐おり落下性、耐屈曲性を含めて全て合格することを確認している。この開発品は図2に示す通り、表層にシリコン樹脂層が配向していることから、高度な耐候性が期待できる。

4. まとめ

現行の中塗上塗兼用塗料「ユニテクト 30SF」をベースとして、アクリル樹脂に改良を加え、兼用塗料としての乾燥性、硬化性をより向上させる要素技術を開発した。また、開発品は「JIS K 5659 鋼構造用耐候性塗料」に適合可能な品質であり、広汎な用途に使用可能であることを確認した。

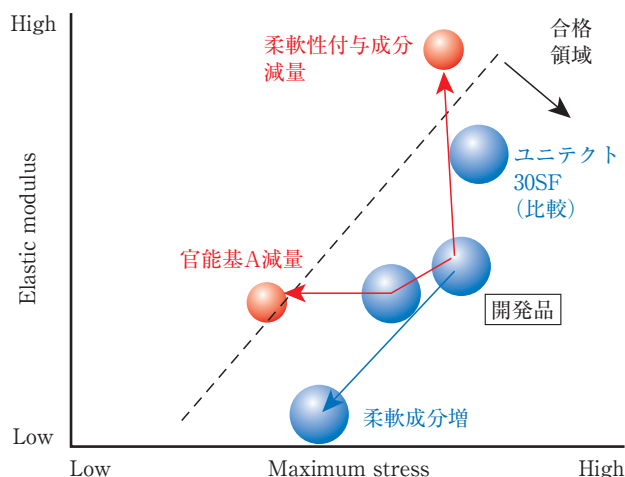


図8 耐おり落下性試験(デュボン式)と塗膜の引張り物性の関係 (青色:合格 赤色:不合格)

5. おわりに

今後、本技術を生かし、「ユニテクトシリーズ」の新製品を上市する予定である。本技術が省力化塗料として、塗装コスト削減、低VOC化の一助になれば幸いである。

参考文献

- 堀誠、横田雅之：塗料の研究、152、74-79 (2010)

表4 開発品(白色)のJIS K 5659(2008)上塗塗料1級相当 社内試験結果

項目	要求品質	開発品	ユニテクト 30SF
容器の中の状態	かき混ぜたときに、堅い塊がなく一様になる	合格	合格
表面乾燥性	すき間150 μmアプリケーション塗装(無希釈)、常温×8h、低温×16hで表面乾燥していること	合格	合格
塗膜の外観	割れ、はがれ、膨れ等がないこと	合格	合格
ポットライフ	主剤と硬化剤の混合5時間後に使用できる	合格	合格
隠蔽性	白色 90%以上	97	97
鏡面光沢度(60度)	70以上	86	85
耐屈曲性	直径10 mmのマンドレルの周りに沿って折り曲げ、割れ、はがれが生じないこと	合格	合格
耐おり落下性(デュボン式)	300gのおもりを500 mmの高さから落とし、塗膜に割れ及びはがれが生じないこと	合格	合格
層間付着性	異常がない	合格	合格
耐アルカリ性	水酸化カルシウム飽和溶液に浸漬し、168h後に膨れ、割れ、はがれ、穴が生じないこと	合格	合格
耐酸性	5g/L硫酸水溶液に浸漬し、168h後に膨れ、割れ、はがれ、穴が生じないこと	合格	合格
耐湿潤冷熱繰返し性	「23℃の水に18h浸漬→-20℃×3h→50℃×3h」を10サイクル行い、60°光沢保持率80%以上	94%	92%
混合塗料中の加熱残分(%)	白色 50%以上	73	73
促進耐候性	キセノンランプ法による促進耐候性試験で照射時間500時間で光沢保持率が90%以上、かつ2000時間で80%以上	92% (500時間) 91% (2000時間)	90% (500時間) 90% (2000時間)