

高摩擦有機ジンクペイント

「SDジンク500HF」

“SD Zinc 500HF,” Organic Zinc Paint having High Coefficient of Friction



船舶・鉄構塗料本部
技術部(東京)
末廣明
Akira
Suehiro



船舶・鉄構塗料本部
技術部(尼崎)
斉藤正嘉
Masayoshi
Saitou

1. はじめに

鋼橋の現場添接部継手には、高力ボルト摩擦接合が多く採用されており、その接合面は所定の摩擦係数を確保する必要がある。防錆上塗装する場合は、厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗装するのが一般的である。この厚膜型無

機ジンクリッチペイントは優れた防錆効果を有することから厳しい腐食環境に曝される海洋鋼構造物に用いられるケースが多い。近年鋼橋の製作コストおよびライフサイクルコストを低減する動きが活発になっており、日本道路公団ではこれまでの規格A-2塗装系(表1)に対し、新たに、I塗装系を規格化した(表2)。

表1 日本道路公団 A-2塗装系

工 程		塗 料 名	標 準 使用量 (g/m ²)	塗 装 方 法	標 準 膜 厚 (μm)	塗 装 間 隔 (20°C)
前 処 理	素 地 調 整	G-a (プラスト処理 ISO Sa2.5)				~2時間
	プ ラ イ マ ー	エッチングプライマー (長ばく形)	130	スプレー	15	
工 場	2次素地調整	G-c (電動工具処理 ISO St3)				~3ヵ月
	下 塗 第 1 層	鉛系さび止めペイント (1種)	170	スプレー	35	(~2時間)
	下 塗 第 2 層	鉛系さび止めペイント (1種)	170	スプレー	35	2日~10日
	中 塗 第 1 層	フェノール樹脂MIO塗料	300	スプレー	45	2日~10日
現 場	中 塗 第 1 層	長油性フタル酸樹脂塗料 (中塗)	120	スプレー	30	~12ヵ月
	上 塗	長油性フタル酸樹脂塗料 (上塗)	110	スプレー	25	2日~10日

表2 日本道路公団 I 塗装系

工 程		塗 料 名	標 準 使用量 (g/m ²)	塗 装 方 法	標 準 膜 厚 (μm)	塗 装 間 隔 (20°C)
前 処 理	素 地 調 整	G-a (プラスト処理 ISO Sa2.5)				~2時間
	プ ラ イ マ ー	機能性プライマー	200	スプレー	17	
工 場	2次素地調整	溶接部及びプライマー損傷部はG-a (ISO Sa2.5) 活膜部はスweepプラスト (Sa1程度)				~6ヵ月
	下 塗	有機ジンクリッチペイント	700	スプレー	75	(~2時間)
	中 塗	ポリウレタン樹脂塗料用中塗	170	スプレー	30	1日~10日
	上 塗	ポリウレタン樹脂塗料上塗	140	スプレー	25	1日~10日

新技術開発

この塗装系では、従来のA塗装系に比べて省工程およびライフサイクルの延伸化を目的に規格化されており、防食層には有機ジンクリッチペイントが採用された。しかしながら、有機ジンクリッチペイントでは接合面の摩擦係数を確保できないことから、摩擦接合部は厚膜型無機ジンクリッチペイントを使用しなければならず、2種類の塗料で塗り分ける必要が生じた。特に、添接板は表裏使用する塗料が異なるため煩雑な作業である。そこで、更なる省工程、省力化を目的に高摩擦係数を有する有機ジンクペイントを開発することになった。

2. 高力ボルト摩擦接合継手の耐力について

高力ボルト摩擦接合継手の耐力は、接合面のすべり係数で論じられるケースが多い。鋼橋の場合は、道路橋示方書によるとすべり係数が0.40を下回らないような接触面処理を行う必要がある。(写真1に高力ボルト摩擦接合継手の一例を示す。表3にすべり係数の規定を示す。)



写真1 高力ボルト摩擦接合継手

表3 すべり係数の規定について

区分	すべり係数	接合面の処理
日本	道路橋示方書	黒皮を除去した粗面 厚膜形無機ジンクリッチペイント塗付
	建築学会	黒皮を除去した粗面
米国AICS	0.35	黒皮
英国BS	0.45	

一般に高力ボルト摩擦接合継手のすべり係数(μ)は高力ボルト摩擦接合継手引張試験によって、軸力(kN)と継手耐力(kN)とから以下の式により算出される。

$$\mu = P_s / (m \cdot n \cdot N)$$

P_s : 継手耐力、 m : 摩擦面数、 n : ボルト数、 N : 軸力

この場合軸力は高力ボルト締付け直後の軸力を用いているが、実際はボルトのリラクゼーション(ボルトの応力緩和)などにより経時後には当初の軸力よりも小さな接触圧力となっていることが多い。即ち、軸力導入時期(軸力測定時期)と継手引張試験時期が異なるとボルトの軸力減少により計算上すべり係数(μ)は小さくなる。

特に接触面に塗膜がある場合は10%程度の軸力減少を生じる。ボルト締付け直後のすべり係数を算出する場合は導入軸力を用いるが、リラクゼーション後のすべり係数を算出する場合は導入軸力とリラクゼーション後の軸力を用いて評価するのが一般的である。

3. 各種塗料のすべり係数

すべり係数の測定は、図1に示す母材2枚と添接板2枚を1試験体として継手引張試験を実施する。写真2に継手引張試験状況を示す。ここでは、従来から鋼橋に用いられている各種塗料のすべり係数を表4に紹介する。

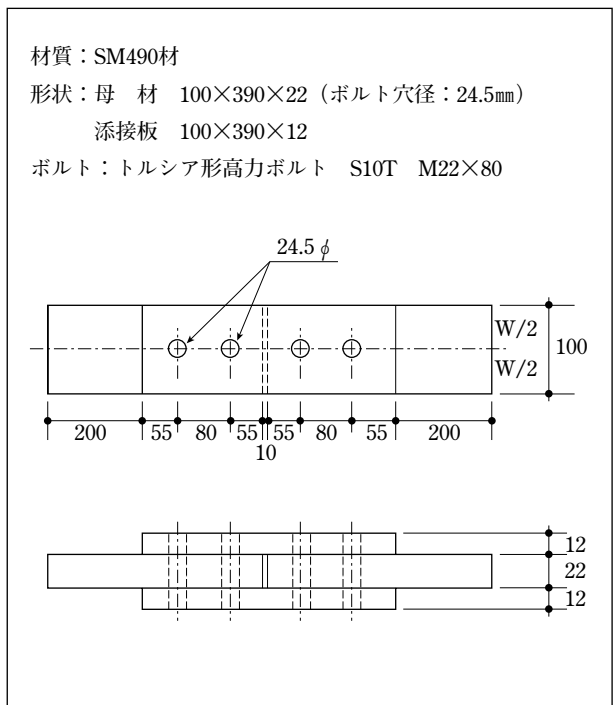


図1 継手引張試験体

表4 各種塗料のすべり係数

試料名 (一般名)	塗膜厚 (μm)	すべり荷重 (ton f)	すべり係数	
			μ	平均値
無塗装鋼板	—	57.5 53.3	0.636 0.590	0.613
メタラクトH15 (長曝型ウォッシュプライマー)	14.3 14.9	28.3 27.9	0.313 0.341	0.327
SDジンク100 (有機ジンクリッチプライマー)	16.9 18.3	30.3 31.4	0.335 0.347	0.341
SDジンク500 (有機ジンクリッチペイント)	80.5 90.3	32.8 33.4	0.363 0.371	0.367
SDジンク1000 (無機ジンクリッチプライマー)	18.9 19.8	35.1 33.7	0.388 0.373	0.381
SDジンク1500A (厚膜型無機ジンクリッチペイント)	96.7 97.9	56.3 57.0	0.623 0.631	0.627

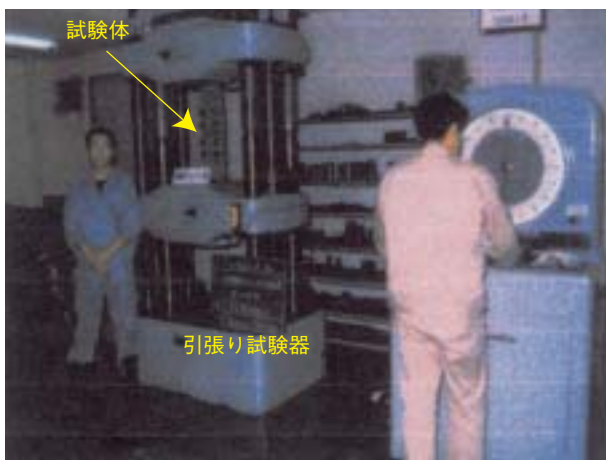


写真2 継手引張試験状況

厚膜型無機ジンクリッチペイントはすべり係数 (μ) = 0.40以上を有しているが、その他の塗料はすべり係数 (μ) = 0.40以上を有しておらず、この塗料を接合面に適用した場合、所定の高力ボルト摩擦接合継手の耐力が得られない。

4. 高摩擦有機ジンクペイント『SDジンク500HF』の開発

4.1 開発目標

冒頭にも述べたように、高摩擦有機ジンクペイントは従来の有機ジンクリッチペイントの防錆効果を維持し、さらに高力ボルト摩擦接合面にも適性のある品質を確立する必要がある。本製品の開発では、接合面のすべり係数 (μ) = 0.45以上という目標値を設けて塗料の設計を行った。

4.2 開発経緯

高摩擦有機ジンクペイントの開発は塗料メーカー各社で競って様々な開発コンセプトで行われている。ここでは弊社高摩擦有機ジンクペイント「SDジンク500HF」の開発経緯について述べる。

- 1) 接合面のすべり係数を向上させるには表面粗度の粗い塗面状態を形成すれば、塗膜接触面のアンカー効果により、すべり係数が向上するのではないかと考えた。具体的には、従来の有機ジンクリッチペイントに配合している顔料(亜鉛末など)の粗さを要因にすべり係数の向上を図った。その結果、顔料の粗さを選択することで、すべり係数の向上が図れたものの、目標すべり係数を満足する品質は得られなかった。

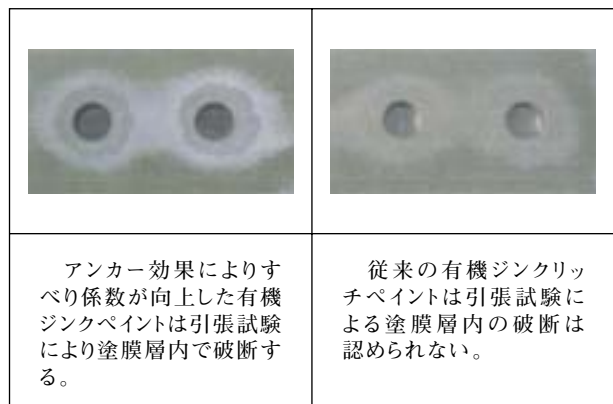


図2 接触面のズレの状態

2) 次に、継手引張試験後の有機ジンクペイント塗膜状態に着目した。従来の有機ジンクリッチペイントは図2に示すように塗膜接触面の表層でズレが生じているのに対して、顔料の選定によりすべり係数が向上した有機ジンクペイントは母材側の塗膜層内でズレが生じており、明らかに異なっていた。この継手引張試験後の塗膜状態が異なる理由は、顔料の選定により塗膜接触面のすべり係数が向上し、従来よりも高いすべり荷重が塗膜に掛かり、塗膜層内で破断したためと推定した。この表面状態観察から、塗膜の強度を増すことでより高いすべり荷重に耐えられる、即ち、すべり係数が向上すると考えた。

有機ジンクペイントはエポキシ樹脂とポリアミド樹脂の架橋反応により塗膜が形成されており、エポキシ樹脂とポリアミド樹脂の組合せおよび当量比の選択により塗膜の強度が向上する。高摩擦有機ジンクペイント「SDジンク500HF」の樹脂組成は有機ジンクリッチペイント「SDジンク500」の樹脂組成よりも破断強度、破断エネルギー、およびガラス転移点が高く、架橋間分子量が小さくなっている。各々の樹脂組成のFTレオスペクトラチャートを図3-1、図3-2に示す。

有機ジンクリッチペイント「SDジンク500」と高摩擦有機ジンクペイント「SDジンク500HF」の樹脂の伸び率、破断エネルギー、Tg、架橋間分子量を表5に示す。これらの塗料の顔料の選択および樹脂組成の選択により目標とするすべり係数が得られる塗料の開発に成功した。

5. 高摩擦有機ジンクペイント『SDジンク500HF』のすべり係数および諸性能

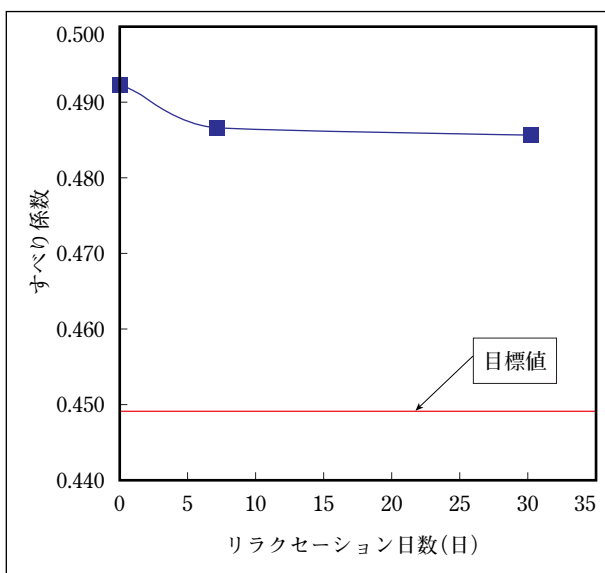


図4 高摩擦有機ジンクペイント「SDジンク500HF」のすべり係数

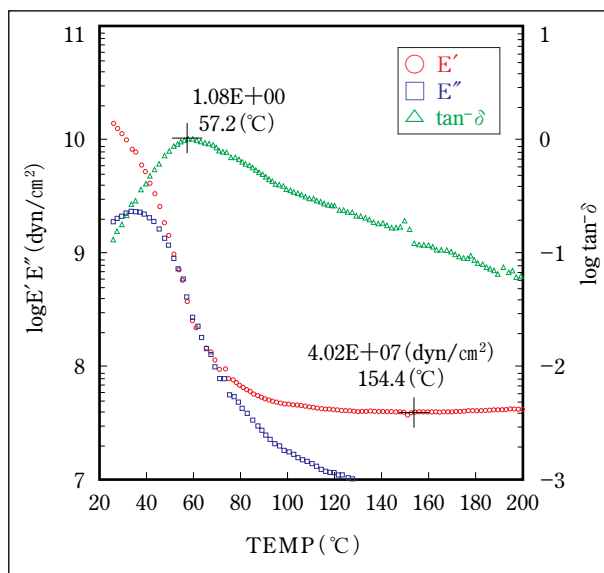


図3-1 FTレオスペクトラチャート (SDジンク500の樹脂)

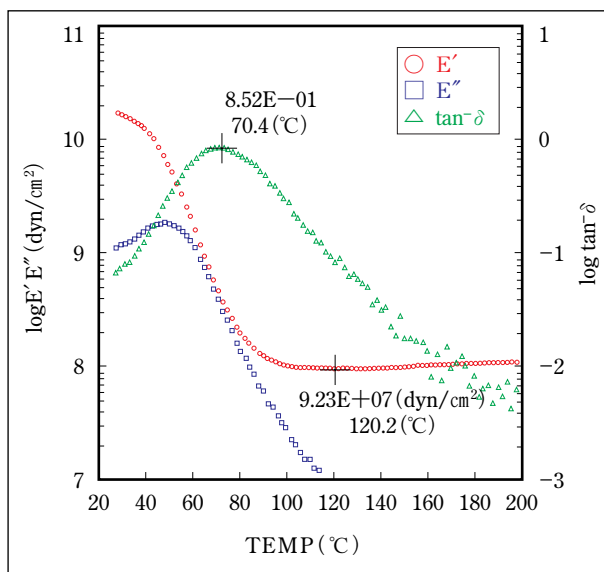


図3-2 FTレオスペクトラチャート (SDジンク500HFの樹脂)

高摩擦有機ジンクペイント「SDジンク500HF」は、有機ジンクリッチペイントの諸性能に加えて高力ボルト摩擦接面に適用可能な品質である。高摩擦有機ジンクペイント「SDジンク500HF」のすべり係数はボルト締付け直後の測定で $\mu=0.490$ 、リラクセーション後(30日)の測定で $\mu=0.486$ となり、目標値として設定していた $\mu=0.450$ 以上を満足する結果である。橋梁関係では、すべり係数は導入軸力から算出し評価するのが一般的であるため、本データも導入軸力から算出した。

高摩擦有機ジンクペイント「SDジンク500HF」は日本道路公団有機ジンクリッチペイント(JHS-P-06)に規定された品質規格をすべて満足する品質である。品質規格内容と高摩擦有機ジンクペイント「SDジンク500HF」の試験結果を表6にまとめた。

表5 各エポキシ樹脂組成の塗膜強度比較

試料名	SDジンク500の樹脂	SDジンク500HFの樹脂
伸び率 (%)	50.7	35.4
破断強度 (N/mm)	17.0	21.6
破断エネルギー (N/mm)	7.52	8.68
ガラス転移点 (°C)	57.2	70.4
架橋間分子量	2913	1168

6. 高摩擦有機ジンクペイント『SDジンク500HF』の実績例

SDジンク500HF適用実績の一例としては、神戸ウイングスタジアムおよび鹿島スタジアムがあり、その塗装仕様を以下の表7、8に示す。さらに日本道路公団にて試験的に採用決定した省工程仕様例を表9に示す。

表9の省工程仕様の上塗りに使用している下上兼用塗料「ユニテクト30」については次の機会に報告する。

表6 高摩擦有機ジンクペイント「SDジンク500HF」の諸性能

試験項目		成績		品質規格		
乾燥時間 (h)		6以内		6以内		
塗膜の外観		塗膜の外観が正常である。		塗膜の外観が正常であること。		
ポットライフ (h)		5以上		5以上		
耐衝撃性		割れ・はがれができない。		衝撃によって割れ・はがれができないこと。		
厚塗り性		厚塗り性に支障がない。		厚塗り性に支障がないこと。		
混合塗料中の加熱残分 (%)		84		75以上		
加熱残分中の金属亜鉛 (%)		77		70以上		
エポキシ樹脂の定量		エポキシ樹脂を含む。		エポキシ樹脂を含むこと。		
耐複合サイクル 防食性		塗膜の外観	カット部周辺のさび・ふくれ幅	試験サイクル数	塗膜の外観	カット部周辺のさび・ふくれ幅
	抜取検査A (単膜)	異常がない。	0.0mm	7日	異常がないこと。	0.0mm
	抜取検査B (単膜)	異常がない。	0.0mm	14日	異常がないこと。	0.5mm以下
	品質規格検査 (単膜)	異常がない。	0.0mm	30日	異常がないこと。	1.0mm以下
暴露防錆性	合格		1年間暴露試験した後、試験片の水平上面及び下面にわれ・はがれがなく、防錆性・耐ふくれ性の評価合計点及びカット線からのさび・ふくれ幅は、次の規格に適合すること。			
	防錆性	10点				
	耐ふくれ性	10点				
	評価合計点	20点	20点			
	カット部からのさび・ふくれ幅	0.0mm	2mm以下			

表7 神戸ウイングスタジアム

工程		塗料または素地調整程度	塗付量 g/m ²	膜厚 μm
前処理	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2		
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	200	15
工場塗装	2次素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2		
	防食下地	SDジンク500HF	650	75
	下塗	エスコFD	350	75
	下塗	エスコFD	350	75
	上塗	レタン6000	280	50

表8 鹿島スタジアム

工 程		塗料または素地調整程度	塗付量 g/m ²	膜 厚 μm
前 処 理	素 地 調 整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2		
	プ ラ イ マ ー	無機ジンクリッチプライマー	200	15
工 場 塗 装	2 次 素 地 調 整	ブラスト処理 ISO Sa2 1/2		
	防 食 下 地	SDジンク500HF	650	75
	下 塗	エスコFD	350	75
	下 塗	エスコFD	350	75
	上 塗	セラテクトU	170	30

表9 JH 省工程仕様

工 程		塗料または素地調整程度	塗付量 g/m ²	膜 厚 μm
前 処 理	素 地 調 整	G-aブラスト処理 (ISO Sa2 1/2)		
	プ ラ イ マ ー	SDジンク1000HA (S) (機能性プライマー)	200	15
工 場 塗 装	2 次 素 地 調 整	溶接部および塗膜損傷部はG-a (ISO Sa2 1/2) 活膜部はスィープブライト (ISO Sa 1)		
	下 塗	SDジンク500HF (高摩擦有機ジンクペイント)	650	75
	上 塗	ユニテクト30 (シリコン変性エポキシ樹脂系下上兼用塗料)	220	55

7. おわりに

防食市場において大型鋼構造物のライフサイクルコスト低減、省工程化、省力化の動きが活発になっており、弊社はこれらニーズに応えるべく塗料の開発に努めております。本稿でご紹介した「SDジンク500HF」はそのニーズにマッチした製品であると確信しています。

参考文献

- 1) 篠原洋司 西川和廣: 無機ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合継手すべり耐力実験と塗装仕様案」、土木技術資料、No.29-1、p.37-42 (1987)
- 2) (社)日本道路協会 道路示方書・同解説 (平成2年2月)
- 3) 岩田良平 山上貴弘: 「厚膜型無機ジンクリッチペイントを塗布した高力ボルト摩擦接合部の基礎的調査」、技法まつお No.23、p.70-83 (1992)