

## 弱溶剤塗装による新設鋼橋の塗装における環境負荷低減への取組

阪神高速道路株式会社	正会員	佐藤 美希
阪神高速道路株式会社	正会員	高田 佳彦
阪神高速道路株式会社	正会員	向井 梨紗

## 1. はじめに

建設における環境負荷の低減の観点から、塗装施工においてもその対策が求められている。浮遊粒子状物質及び光化学オキシダントの発生原因には様々なものがあるが、揮発性有機化合物（以下VOC：Volatile Organic Compoundsと言う）はその主要な要因の一つである。VOCには、人体に有害な物質が含まれ、VOCの削減は環境リスクの低減を意味する。塗装工事において、塗料に含まれているVOCの削減に、環境対応型塗料を用いた弱溶剤塗装が極めて有効な対策である<sup>1)</sup>。

塗装塗替えにおいては、阪神高速道路でも近年、弱溶剤塗装が基準化されている<sup>2)</sup>。一方、建設においては弱溶剤塗装は全国的にほとんど採用されていない。これは、弱溶剤塗装は、VOCに使われているミネラルスピリットの影響で乾燥時間が長くなる傾向があり、製作工場における養生や乾燥時間が増加し、製作ラインの効率が低下することで、製作費の増加を招くからである。また、これまで弱溶剤塗料は従来型塗料（強溶剤塗料）に比べて市場価格が高かった。

今回、種々の課題を検討し高見工区鋼桁工事の一部鋼桁に弱溶剤塗装を採用したので、その一連の検討プロセスを報告する。

## 2. 弱溶剤塗装の環境負荷低減性能

## (1)弱溶剤塗装の定義

塗装工事における環境負荷低減の取組として、塗料に含まれているVOCの削減に、環境対応型塗料を用いた弱溶剤塗装が極めて有効な対策である。

弱溶剤形塗料は弱溶剤で希釈可能な塗料の総称で、第3種有機溶剤である脂肪族炭化水素系有機溶剤（ミネラルスピリット等）を主成分とし、第2種有機溶剤（アセトン、トルエンなど）が5%未満の塗料である。一般的に臭気がマイルドで環境へ与える有害性は小さい。

## (2)環境負荷低減における評価指標

環境に影響を与えるVOCの排出量を削減を評価する指標として、VOC量とMIR-VOCがある<sup>3)</sup>。VOC量（kg/m<sup>2</sup>）は、沸点が260以下塗料中及び塗料を希釈するための溶剤におけるVOC含有量で、この値が小さいほど環境への影響が小さい。

MIR-VOCは、環境への影響を直接評価するための指標で、塗装時に大気中に排出されるVOCに対し、対流圏のオゾン濃度増加を数値化して評価するものである。MIR（Maximum Incremental Reactivity）は、VOC1gから発生する最大オゾン量（g）を示した指標値である。

MIR-VOCは、VOC量（kg/m<sup>2</sup>）にMIRの指標値を乗じたもので、この値が小さいほど環境への影響が小さい。

MIR-VOCの算出において、世界的に2手法が知られている<sup>3)</sup>。一つは英国のR.G.Derwentらが提唱する光化学反応機構から計算したオゾン発生量を用いた係数で示されるPOCP（Photochemical Ozone Creation Potentials）による評価である。もう一つは、英国のWilliam P.L.Carter が提唱した光化学反応の実験値から求めたMIR voc値での評価である。

原理的にはPOCP法が合理性の高い方法と考えられるが、現時点で光化学反応機構に不明な点が多く、的確な評価が可能になっていないため、塗料などに用いられている化学物質500種について文献<sup>3)</sup>でリスト化されているMIR voc値を用いて評価を行う。

## (3)VOCの排出量の削減効果

鋼橋の塗装は、塗料を塗り重ねて防食システムを構築（以下、塗装系という）している。評価指標の算出は、以下のとおりである。

評価対象の塗装系がn種の塗装の塗り重ねで構成されている場合、これらの塗料のMIR vocの塗装単位面積あたりの総和Y<sub>p</sub>は、塗料に含まれる揮発性化学物質を総計する、次の式で求めることができる。

$$Y_p = \sum \left\{ \sum (A_n \times M_i \times X_{ni} / 100) \right\} \quad (1)$$

ここで、

Y<sub>p</sub> : 塗装系における各塗料のMIR vocの塗装単位面積あたりの総和（指標/m<sup>2</sup>）

n : 塗装系構成する各塗料種

i : 揮発性有機化学物質種で、ISOでの定義に従い、0での蒸気圧が0.01kPa以上である有機化合物

M<sub>i</sub> : 物質iのMIR voc値。塗料中に含まれる揮発性有機化学物質全量の5%以上を占める化学物質に付いては、文献3)に示されている値を用い、5%以下の少量成分については、係数を1として計算する。

X<sub>ni</sub> : 塗料n中の物質iの含有率（%）

A<sub>n</sub> : 塗料種nの単位面積当たりの標準使用量（kg/m<sup>2</sup>）

阪神高速道路で用いられる各塗装系ごとに、環境低減の指標を計算した結果を表-1に示す。従来塗装は、共通仕様書で規定されている建設の塗装系である。ここでは、表-2に示す高見工区の外面一般塗装系（ふっ素樹脂系）であるA-7は、MIR-VOCの改善率は33.5%

キーワード 弱溶剤塗装, 環境対応型塗料, 鋼桁工事, VOC, 塗装の品質管理

連絡先 〒552-0007 大阪市港区弁天 1-2-1-1900 阪神高速道路株式会社 建設事業本部 大阪建設部 設計課 TEL 06-6599-1730

と大きく減少している。なお、表-2における無機ジンクリッチペイントは、現時点では弱溶剤塗装は実用化されていない。

表-1 塗装系ごとの弱溶剤塗料のVOC改善率

塗装系	VOC	従来塗料	弱溶剤塗料	改善率
A-7(一般外面)	VOC量(kg/m <sup>2</sup> )	0.76	0.69	8.9%
	MIR-VOC(指標/m <sup>2</sup> )	3.85	2.56	33.5%
C-2(内面)	VOC量(kg/m <sup>2</sup> )	0.39	0.33	14.9%
	MIR-VOC(指標/m <sup>2</sup> )	1.43	1.25	12.4%
T-1(添接板の工場塗装)	VOC量(kg/m <sup>2</sup> )	0.18	0.18	-
	MIR-VOC(指標/m <sup>2</sup> )	1.14	1.14	-
F-11(高力ボルト接合部の現場塗装)	VOC量(kg/m <sup>2</sup> )	0.37	0.52	-42.7%
	MIR-VOC(指標/m <sup>2</sup> )	1.78	1.45	18.5%
F-12(現場溶接部の現場塗装系)	VOC量(kg/m <sup>2</sup> )	0.39	0.39	0%
	MIR-VOC(指標/m <sup>2</sup> )	2.02	1.42	29.5%

3. 工場塗装における弱溶剤塗装の採用

(1)採用箇所

橋梁分野における弱溶剤の工場塗装は、これまで実績が極めて少ない。これは、気温が低い時期には乾燥時間が長くなるからである。今回の高見工区鋼桁工事の弱溶剤の採用に際し、乾燥時間の制約を受けにくい夏場に工場塗装の工程である、ランプ桁を対象とした。構造図を図-1に示す。2径間連続合成RC床版1箱桁で、横断方向は側縦桁をブラケットで支持する構造である。

(2)採用した弱溶剤塗料の塗装系

弱溶剤塗料の採用塗装系は、前述した鋼桁の一般外面塗装であるA-7、添接板の工場塗装系であるT-1、高力ボルト接合部の現場塗装系のF-11、現場溶接部の現

場塗装系のF-12である。ただ、現場塗装系のF-11、F-12は、現在塗装塗替工事では弱溶剤塗装が採用されていることから、目新しい事項ではない。

なお、箱桁内面用の塗装系であるC2は、内面用に耐える耐水性の検証が現時点で十分でないことから、弱溶剤塗装の採用を見送った。弱溶剤塗装は揮発性が低い。このため、箱桁内面で溶剤が滞留しやすく、硬化時間が長くなるため、タレ等の塗膜欠陥が起こりやすく、この克服が弱溶剤塗装の課題である。ただ、今回、従来に比べてVOCの少ない塗料を採用している。

(3)品質管理

塗装作業時においても、塗膜の品質管理における目視確認でも、たれ、しわ、白化、はじき、にじみ、むら、ピンホール、すけ、膨れなどが発見されていないことを確認している。

膜厚管理の結果を図-2に示す。所定の膜厚が確保されていることが分かる。品質管理上も強溶剤と比較しても特に影響は認められない。

4. まとめ

弱溶剤を用いた外面一般塗装系(ふっ素樹脂系)であるA-7は、強溶剤と比較してVOCの評価指標であるMIR-VOCは33.5%と削減され、環境負荷に大きく貢献することが分かった。

施工性は強溶剤とかわらず、臭気が低いため作業員にとっては好評であった。品質管理上も強溶剤と比較しても特に影響は認められない。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧，2009.12
- 2) 阪神高速道路株式会社：土木工事共通仕様書第3章
- 3) (財)鉄道総合技術研究所：鋼構造物塗装設計施工指針，2005

表-2 A-7の塗装系仕様

工程	仕様	色相	塗装方法	塗料標準 使用量 (g/m <sup>2</sup> )	目標膜厚 (μm)	塗装間隔 (20 時)	
二次素地調整	原版プラスト法ISO Sa 2 1/2		スプレー	-		4時間以内	
第1層	防食下地	無機ジンクリッチペイント	グレー	スプレー	600	75	2~6か月
第2層	ミストコート	弱溶剤型エポキシ樹脂塗料下塗	赤さび色	スプレー	160	-	1~10日
第3層	下塗	弱溶剤型エポキシ樹脂塗料下塗	グレー	スプレー	470	120	1~10日
第4層	中塗	弱溶剤型ふっ素樹脂塗料用中塗	2.5G7/2	スプレー	170	30	1~10日
第5層	上塗	弱溶剤型ふっ素樹脂塗料上塗	10GY6.5/3	スプレー	140	25	-

側面図

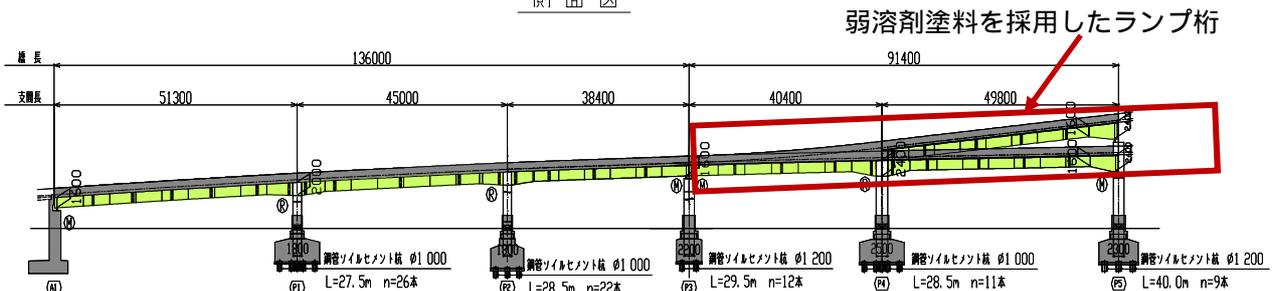


図-1 弱溶剤塗料を採用した鋼桁の構造概要