

技術紹介

環境遮断型耐候性材料「KM フィルム・KM キャップ」による新たな防錆対策

～鋼橋のボルト接合部を錆から守る～

The latest environmentally isolated rust prevention equipment "KM Film and KM Cap"

高瀬 風真 ^{*1}

TAKASE Soma

長坂 康史 ^{*2}

NAGASAKA Yasushi

佐々木 秀智 ^{*3}

SASAKI Hidetomo

1. はじめに

鋼橋の腐食損傷は、塗膜厚の確保が困難な連結板のコバ面や高力ボルト部、および桁端部などにおいて、局所に先行腐食が発生する事例が多く見られます¹⁻²⁾。このような現象は、メンテナンス計画において、補修塗装の規模や実施時期の判断を難しくさせる要因となります。

本稿で紹介する取組みは、防錆の観点からボトルネックとなる局所腐食（特に添接部の腐食）の抑制を目的としたもので、最も腐食しやすい部位の防食性能を向上させることで、鋼橋全体の防食性能を均一化する技術です。これにより、経済的合理性の高いメンテナンス計画ができます。具体的には、ボルト接合部の塗装面に環境遮断型耐候性材料（以下、KM フィルム、KM キャップ）を貼付けて完全に保護することで、外気の影響を確実に遮断する技術です。以降に施工性、防食効果、耐久性等について検討した結果を紹介します。

2. KM フィルム、KM キャップの素材、形状、種類

図 1 に KM フィルムおよび KM キャップの外観を示します。点検時にボルト接合部の変状を目視確認するため、透明で、かつ優れた耐候性を有する素材で構成しています。KM フィルムは、接着層を有するフィルム（標準厚さ 50 μ m）を採用しており、連結板の平面部に貼付ける「平面フィルム」と、板コバ面に貼付ける「コバ面フィルム」の 2 種類を準備しています。KM キャップは、紫外線吸収剤を含有する熱可塑性合成樹脂を主材料とした独自素材になります。現状では、ボルトサイズ M22 に限定した六角タイプおよびトルシアタイプの双方に装着可能な椀型形状です。キャップの高さは 2 種類あり、ナット側に装着する「ナットキャップ」と、ボルト頭側に装着する「ヘッドキャップ」を用意しています。図 2 にボルト接合部全体を KM フィルムおよび KM キャップで保護した施工イメージを示します。



図 1 KM フィルム、KM キャップ

3. 施工性

(1) KM フィルムの施工性

KM フィルムは、連結板の板コバ面を対象に「コバ面フィルム」を先行接着し、その後に「平面フィルム」を接着します。接着作業は、粘着層の保護フィルムを剥がした後、必要に応じて界面活性剤を噴霧し、ボルト孔位置などの所定位置を確認しながら貼付けます。貼付け後、母材とフィルムの間に浸入した空気や水分をスクリーパ等により押出して施工完了となります。なお、連結板を完全密封するためには各フィルムの端部に 3mm 程度のラップを設けることが重要となります。

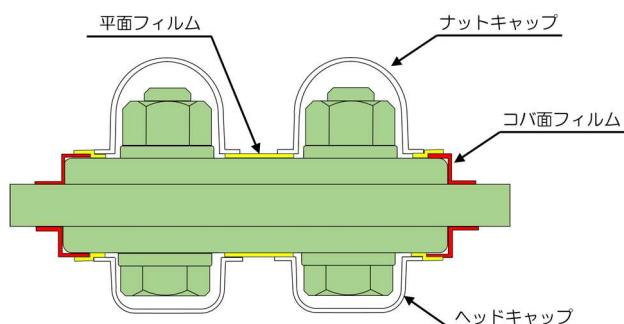


図 2 ボルト接合部への装着状態

*1 川田工業株橋梁事業部開発部事業支援チーム

*2 川田工業株橋梁事業部 保全担当部長

*3 株橋梁メンテナンス技術製造部 部長

(2) KM キャップの施工性

これまでの検討^{3,5)}では、キャップのフランジ部に接着剤を塗布する施工法を基本としていましたが、品質上の問題はないものの施工性の改善が望まれていました。そこで現在は、構造用接合テープを用いた施工法に代替し、品質を満足しつつ施工性が大幅に改善される方法を採用しています。特に、刷毛塗りによる塗装面の凹凸にも十分に追従し、接着性をより安定的かつ容易に確保できる環境が整いました。図3に接着テープおよび接着状況を示します。

4. 環境負荷試験とその評価

フィルムおよびキャップの環境遮断効果および耐久性を評価するため、供用中の環境負荷の加速試験となる「複合サイクル試験」および「紫外線抵抗性試験」を実施しています。

(1) フィルムの性能試験

KM フィルムの防食性能確認のため、JIS K5600-7-9 サイクルAに準拠した複合サイクル試験を実施し、発錆防止効果を検証しました。試験体は、塗装後にクロスカットを施し、KM フィルムを貼付けたものと、塗装のみのもの2種類で比較検討しました。試験体を試験槽に設置し、塩水噴霧 35°C:2時間→乾燥 60°C-25%RH:4時間→湿潤 50°C-98%RH:2時間の8時間1サイクルとし625時間の負荷試験を実施しました。図4に複合サイクル試験後の外観を示します。試験の結果、フィルム未施工の試験体では125時間時点で発錆がみられましたが、フィルムを施工した試験体では試験終了時点においても発錆は見られない結果となりました。

また、紫外線に対する耐久性を検証するために、メタルハライドランプを用いた紫外線抵抗性試験も実施し、長期にわたり劣化が生じないことも確認しました。

(2) キャップの性能試験

本製品は直射日光の下で使用される製品であるため、紫外線の影響が懸念されていました。このため KM キャップには、紫外線吸収剤を添加しており、その効果を検証しました。試験は、キャップを装着した試験体を紫外線照射装置（メタルハライドランプ）に設置し、照射強度は約 80mW/cm²、照射時間は 500 時間としました。照射前後の外観を図5に示します。100時間経過の時点ではキャップ全体に黄変が現れ、500時間後には照射前と比較して変色が確認されました。しかし、キャップ内部の変状確認は黄変後も十分に可能である事が確認できました。試験後、接着部の強度を評価するために自社開発した押し抜き試験を実施しました。図6に試験結果を示します。最大荷重はテープ接着時の初期状態を上回り、長期的に接着力が安定して維持される結果が得られました。また、複合サイクル試験後の押抜き試験も実施



図3 キャップ用テープと接着状況

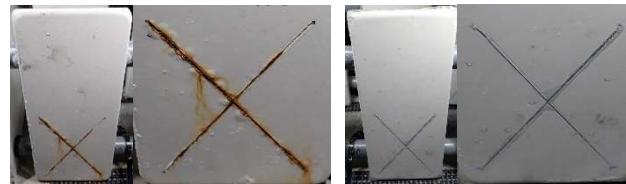


図4 複合サイクル試験後の外観
(左: フィルム無, 右: フィルム有)

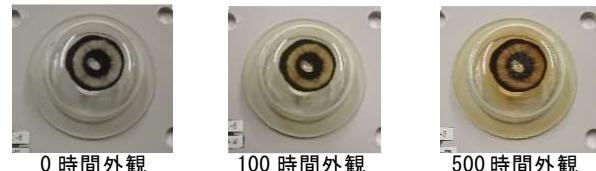


図5 紫外線抵抗性試験

時間	No	最大荷重 (kN)	平均 (kN)
0 h	0-1	0.69	0.72
	0-2	0.75	
500 h	500-1	0.91	0.90
	500-2	0.81	
	500-3	0.88	
	500-4	1.00	



図6 押し抜き試験結果

しましたが、最大荷重は同様の傾向が見られました。

5. おわりに

ボルト接合部の防錆対策として KM フィルムおよび KM キャップを開発し、供用中の環境負荷に対する性能評価を行いました。素材改良を含めた検討の結果、供用環境下で良好な性能が確認できました。このほか 200 万回振動試験を実施し、キャップ接着部に剥離が無いことも確認済みです。本技術はすでに特許取得、NETIS 登録が完了しており、今後も、国内各地（釧路、栃木、沖縄）での暴露試験で実績を積んでいきます。

参考文献

- 1) 下里ら:腐食劣化した高力ボルトの残存軸力評価に関する研究,構造工学論文集,Vol.59A,pp.725-735,2013
- 2) 土木学会:鋼構造の長寿命化技術, 2018.
- 3) 秋山ら:環境遮断型フィルムの防錆効果に関する暴露試験, 第 75 回年次学術講演会 V-133,2020.9
- 4) 中島ら:環境遮断型フィルム(ボルトキャップ)の接着性能に関する検討, 第 79 回年次学術講演会 V-47,2024.9
- 5) 高瀬ら:環境遮断型フィルム(ボルトキャップ)の紫外線抵抗性能の検証, 第 79 回年次学術講演会 V-48,2024.9