めっきボルト上の塗装仕様に関する各種性能評価

○建設技術研究所　正会員　荒牧聡　　琉球大学　正会員　下里哲弘
建設技術研究所　正会員　藤本圭太郎　　建設技術研究所　正会員　平原慎也

１．研究の背景と目的

腐食環境の厳しい地域では，高力ボルト継手において防錆ボルトを使用していたもののボルトナット部より腐食が発生しており，ボルトの防食性能向上が維持管理上の大きな課題となっている．継手部の錆発生要因は，エッジ部で塗装膜厚が薄くなることや締結時についた傷，ボルト潤滑材の影響，防食下地が無いこと，トルシア型防錆ボルトにおいては破断面が締結後一定時間放置されることなどの複数の要因による複合劣化であると考えられている．

一般的に，防食下地を有し腐食因子の遮断性と耐候性に優れた塗装を重防食塗装というが，ボルト継手部においては防食下地が施されていないことがほとんどであり，一般部に比べ，腐食に対して弱点となりやすい．また，ボルト締結時には潤滑剤として金属石鹸が塗布されるが，金属石鹸の除去状況や素地調整の程度が塗装の付着力に影響することが懸念される．これらの対策として，防食下地，潤滑剤，締結時の影響に着目し，めっきを防食下地としためっきボルトに，金属石鹸の代わりに短期防錆とともに潤滑機能も有した防錆ボルトコーティングを施すことで重防食塗装とすることを提案した．

本検討では，提案したボルト部の重防食塗装について，防錆性能と塗装の付着力を試験により確認することを目的とした．また，めっきボルトに防錆ボルトコーティングを施した事例は確認できなかったため，ボルト軸力の低下に与える影響も確認した．

２．試験供試体と概要

２.１　供試体

表-１に示す数量で，潤滑剤と素地調整の有無をパラメータとして，リラクセーション試験および塩水噴霧試験とアドヒジョン試験を実施した．

表-１　試験数量

潤滑剤	素地調整	ﾘﾗｸｾｰｼｮﾝ試験	塩水噴霧・ｱﾄﾞﾋﾞｼﾞｮﾝ試験
防錆ﾎﾞﾙﾄｺｰﾃｨﾝｸﾞ	なし	3 体	3 体
金属石鹸	なし	―	3 体
金属石鹸	目粗し	3 体	3 体

２.２　リラクセーション試験

めっきボルトと塗装の間に防錆ボルトコーティングを施すことによる軸力低下への影響を検討した．100mm×300mm×13mm の長手方向に 100mm 間隔で削孔した鋼板を 3 枚重ね，頭部に二軸ひずみゲージを貼り付けた M22-80（F8T）のめっきボルト３本で締結したものを 1 セットとし，すべてのボルトで軸力を計測するため，試験数量は 1 セットで 3 体とした．計測間隔は 30 分で 50 時間実施した．

２.３　塩水噴霧試験およびアドヒジョン試験

防錆ボルトコーティングの付着力と金属石鹸を用いる際の目粗しの必要性について検討した．それぞれ中央に削孔した母板 1 枚（280mm×80mm×6mm）を添接板 2 枚（80mm×80mm×6mm）で挟み，M22-60（F8T）のめっきボルトで締結した．ボルト締結後，実際の現場でのボルト締結から塗装までの期間を再現するために 1 週間の複合サイクル試験（温度・湿度 S6 サイクル 35℃・90%×2h 40℃・50%×6h を 1 サイクルとし 5%NaCl 水溶液を 3 サイクルに 1 度塗布）を実施した．その後，防錆ボルトコーティングを施していない供試体に対しては，ウエスで金属石鹸を拭取り，その半数の供試体に対して３種ケレン程度の目粗しを実施し，すべての供試体に対して**図-１**に示すふっ素樹脂塗装を施した．

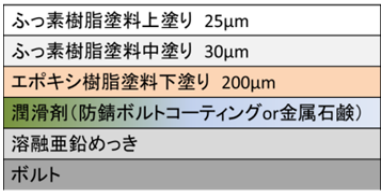


図-１　めっきボルトへのふっ素樹脂塗装仕様

製作した供試体に対して，促進試験として塩水噴霧試験（温度 35℃、5%NaCl 水溶液）を実施し，試験開始前・264 時間後・504 時間後において，腐食状況の確認およびボルトナット部でのアドヒジョン試験を実施した．アドヒジョン試験では，ボルトナット側面 6 面の内 3 面に直径 10mm の端子を接着し，剥離した時の強度を測定した．

３．試験結果及び考察

３.１　リラクセーション試験

軸力保持率を**図-２**に示す．溶融亜鉛めっきボルトの軸力低下は一般的に 15%程度とされているが [1]，防錆ボルトコーティングを施した供試体では軸力保持率が 85%程度であり，潤滑剤に金属石鹸を用いためっきボルトよりも高い軸力保持率であることから，防錆ボルトコーティングがボルトの軸力低下に与える影響はほとんどないと考えられる．

キーワード　めっきボルト　防錆ボルトコーティング　アドヒージョン試験　重防食塗装
連絡先　　〒810－0041　福岡市中央区大名２－４－１２CTI 福岡ビル
株式会社　建設技術研究所　九州支社　道路・交通部　TEL：092-714-6226，FAX：092-715-5200

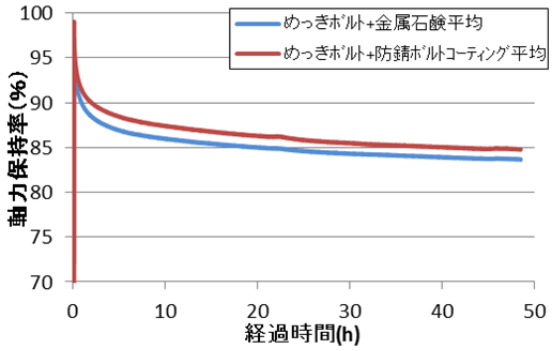


図-２　軸力保持率

３.２　塩水噴霧およびアドヒジョン試験

塩水噴霧試験結果として**表-２**にボルトナット部の腐食状況の一例を示す．今回実施した試験時間では，すべての供試体で錆が確認できなかった．

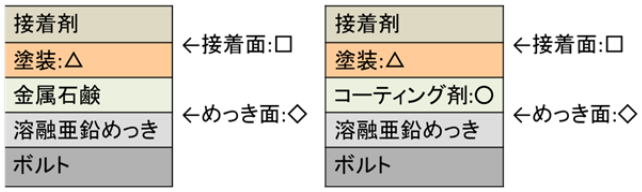
表-２　塩水噴霧試験結果（一例）

撮影時間	開始前	264 時間	504 時間
状況写真（防錆ボルトコーティング）			

図-３には，今回の試験で設定した剥離面の位置を，**図-４**には付着力を剥離面で整理したグラフを，**図-５**には塩水噴霧試験による付着力の低下を示す．アドヒジョン試験での剥離は，最も付着力が小さい層で発生するため，剥離面以外の層は剥離面以上の付着力を有する．よって，本試験で必要とする付着力は，めっき面およびコーティング内で剥離したものとなる．**図-５**の０時間における金属石鹸目粗し有りの試験結果は，すべて塗装内で剥離したため塗装内の付着力の値となっており，めっきと塗装の付着力はグラフで示す値より大きい．

図-５より金属石鹸を用いた供試体では，時間の経過に伴い，付着力が低下していることが確認できる．この原因としては，実際の現場でのボルト締結から塗装までの期間を想定した複合サイクル試験において，めっきボルト上に白錆を発生させ，塗装を施したため，塩水噴霧試験において劣化が進行したことなどが考えられる．一方，防錆ボルトコーティングを用いた供試体では，塩水噴霧試験の時間経過に関わらず安定した付着力を有することが確認できた．

付着力について接着不良の結果を除くと，防錆ボルトコーティングおよび金属石鹸目粗し有りのすべての供試体で 504 時間経過後に，一般的に付着力の閾値とされている 2MPa [2)]を確保できていた．**図-４**より，防錆ボルトコーティングにおいてコーティング内での剥離が集中している 3～7MPa の間に防錆ボルトコーティングの強度が位置していると考えられる．金属石鹸目粗し無しの供試体では，すべてがめっき面で剥離していることから，目粗しの有無が付着力に大きく影響していることがわかる．



(a)金属石鹸　　(b)防錆ボルトコーティング

図-３　剥離面の位置

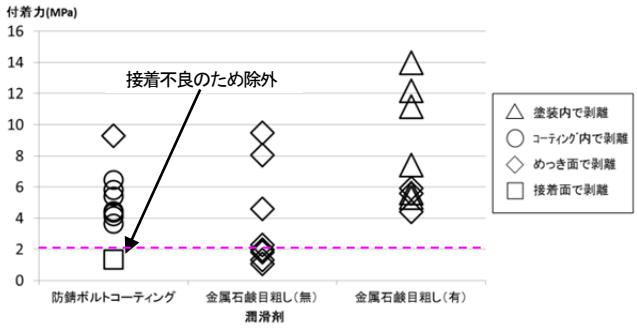


図-４　アドヒジョン試験結果

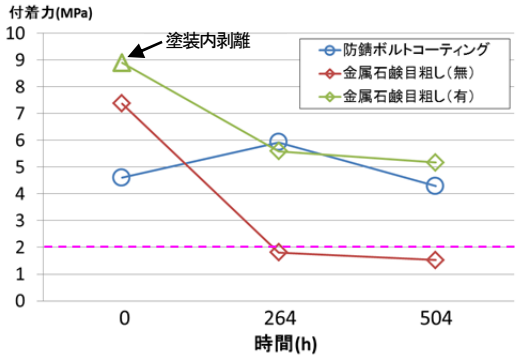


図-５　付着力の低下（平均値）

４．まとめ

本検討では，亜鉛めっきボルト上への塗装における潤滑剤としての防錆ボルトコーティングの採用について，ボルトの軸力低下，めっきと塗装の付着力に着目して試験を実施し，以下の結果が得られた．

(1)めっきボルト上に防錆ボルトコーティングを施すことによる軸力の低下は見られなかった．

(2)504 時間の塩水噴霧試験では，供試体に錆が確認できなかった．

(3)金属石鹸を用いた供試体では塩水噴霧試験による時間経過とともに付着力が低下し，目粗しの無い供試体では，付着力 2MPa を確保できないことがわかった．

(4)防錆ボルトコーティングは潤滑機能を有し，短期防錆効果により十分な付着力を安定して確保できることがわかった．

今後の課題として，腐食に対する性能を確認するための試験が挙げられる．

参考文献

1)日本建築学会大会学術講演梗概集；溶融亜鉛めっき高力ボルト接合に関する研究

2)日本鋼構造協会；鋼構造物塗膜調査マニュアル