

重塩害区間の金属腐食対策についての考察

清水 大輔（東日本旅客鉄道株式会社）

Consideration of metal corrosion measures in the heavy salt damage area
Daisuke Shimizu, (EAST JAPAN RAILWAY COMPANY)

In the heavy salt damage area, corrosion of metal materials such as bolts, nuts, and metal railway beams has progressed, and those are changed in a planned way. Especially bolts and nuts are corroded more than the metal railway beam itself. When nuts show the fastest corrosion, we cannot put off bolts, so we have to change retaining bracket itself. In this research, the main purpose is corrosion prevention of bolts, nuts, and metal railway beams, and considering the longer life of railway equipment..

キーワード：重塩害区間、腐食を防止、設備の長寿命化、ビーム

(Keywords, In the heavy salt damage, corrosion prevention, longer life of railway equipment, metal railway beams)

1. はじめに

重塩害区間のビーム、ボルトナットの腐食が進行しており、計画的に取替を実施している。ビームにおいては、本体よりボルトナットの腐食が著しく、定期的に取替を実施しているが、ナットの腐食が著しい場合、ボルトを外す事ができずに固定ブラケット本体を取替えざるを得ない事もある。本研究ではビーム、ボルトナットの腐食を防止し、設備の長寿命化を図り、コストを考慮した取替え計画の策定が行えるよう防錆処理についての検討を行う。

2. 現状について

〈2・1〉 ビームの延命、取替えについて

支持物のビームについては溶融亜鉛めっき鋼を使用しているため50年以上の耐久性が期待されていた。しかし、予想とは異なり早い時期に亜鉛めっき層が消失するため、腐食状態を外観で判断し、塗装による延命を図っている。Vトラスビーム等の大型のビームについては塗装工事を実施しているが、固定ブラケット等のビームについては、ボルトナットが腐食により固着する場合があり、ボルトナットを外す事が出来ないためビーム本体の取替えを実施している。重塩害区間に於ける固定ブラケット等の取替え実績は2005年から2016年までの間で、773基となっており、取替え周期が早い物については経年9年で取替えを実施している事もある。取替え周期が早かった物の一部を表1に示す。

表1 固定ブラケット取替履歴

Table 1. Replace data of rigid cantilever

線名	区間	ビーム種別	数量	経年
内房線	那古船形構内	固定ブラケット	2基	13年
内房線	那古船形～館山	固定ブラケット	23基	9年～15年
内房線	館山構内 他	固定ブラケット	26基	17年

〈2・2〉 ボルトナットの腐食について

重塩害区間のビームに使用しているボルトナットの腐食状態は、ビーム本体よりボルトナットの方が著しい事が確認できている。外房線行川アイランド～安房小湊間の経年15年における設備の腐食状態は図1に示す通りで、ビーム本体は亜鉛めっきが残存し、白錆が発生しているが、ボルトナットについては亜鉛めっきが消失し、鋼に赤錆が発生している。これは亜鉛めっき付着量のJIS規格がビームとボルトナットで違うためと考えられる。JIS規格において、ビームは亜鉛付着量550mg/m²以上、膜厚76μm以上となっているが、ボルトナットは寸法精度が必要であるため、亜鉛付着量350mg/m²以上、膜厚48μm以上となっている。このことから、ビームよりボルトナットが先に亜鉛めっき層を消失し、鋼の腐食に至ると考えられる。

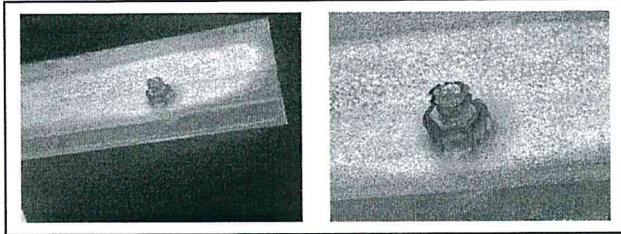


図 1 ボルトナットの腐食状態

Fig 1. Corrosion of bolts and nuts

3. 検証方法の検討

〈3・1〉 検証方法について

ボルトナットの腐食を防止する事で、固定プラケットの延命が図れるため、ボルトナットに防錆処理を実施し、東日本旅客鉄道㈱研究開発センター、テクニカルセンター（以下、テクニカルセンター）所有の塩水噴霧装置（CY200H、スガ試験機㈱）で試験を実施する事とした。試料については、A社・B社・C社製防錆剤の3種類とし、表面処理はD社製表面処理2種類、E社製表面処理とし、6種類を各3試料用意し、計18試料で検証する。

〈3・2〉 試料の検討

C社製表面処理及び亜鉛めっきを施した新品のボルトナットは、実施工時の締め込み時に発生するキズを考慮し、ビームに標準使用される9mm厚の鋼板に試料用ボルトナットを綴じ込んだ物をとした。試料の外観を図2に示す。

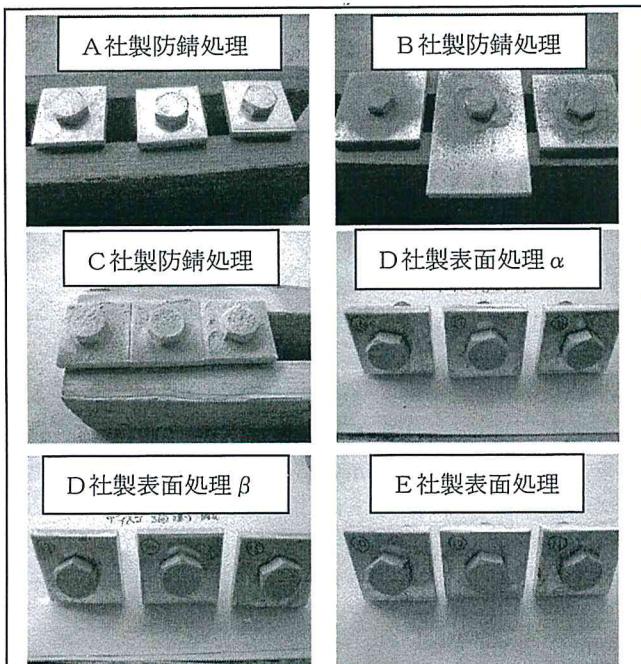


図 2 検証用試料

Fig 2. Test sample

〈3・3〉 亜鉛めっき消失量の調査

重塩害区間において、亜鉛めっき消失量を調査するため、在姿状態の固定プラケット等の膜厚を測定し検証する事とした。測定箇所はテクニカルセンターで実施中の腐食環境調査における1年目の結果を参考にし、東日本旅客鉄道㈱千葉支社管内において最も亜鉛めっき消失量が多かった外房線勝浦～鶴原間とした。また、取替えコストの比較を実施する際のモデル区間も同区間とした。平成27年11月6日早朝に勝浦～鶴原間の本1号から本24号までの設備調査を実施し、外観上で最も腐食していた本9号の在姿状態を図3に示す。

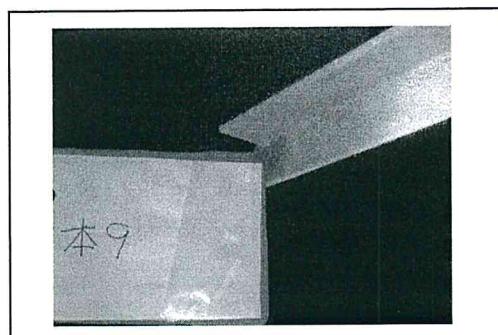


図 3 試料在姿状態

Fig 3. Condition of test sample

4. 検証結果

〈4・1〉 塩水噴霧試験結果

各種防錆処理、表面処理を施した資料及び、比較検証用の亜鉛めっきボルトナットを塩水噴霧試験器に入れ腐食状態の確認を実施した。期間は平成28年10月12日から平成29年2月14日で実施し、試験条件は10サイクルで塩害区間の経年1年に相当する、JIS K 5600-7-9:2006サイクルAに準拠し、塩水は塩分濃度 $5 \pm 0.5\%$ で、塩水噴霧量1～2ml/80cm²/h、塩水噴霧2時間+乾燥4時間+湿潤2時間の計8時間を1サイクルとした加速劣化を、塩害区間の約28年相当となる280サイクル実施した。試験結果として、150サイクル、280サイクル経過後において、各試料で最も腐食していた物及びボルト頭部を研磨した状態を図4に示す。外観を確認したところ、A社製防錆処理を除き、各資料ともボルトナットに赤錆が発生している結果となった。最も腐食が著しかった試料はE社製表面処理を施した物であり、塩害区間の10年に相当する100サイクルの時点で赤錆の発生が確認された。また、B社製・C社製の防錆処理を施した物は、防錆剤の内側より赤錆が発生し、膨張した赤錆により防錆塗膜の一部が剥がれている状態であった。A社製の防錆処理を施した物については若干の白錆が発生している程度であり、唯一赤錆が発生しなかったため、今回の試料の中で最も有効な防錆剤であると考えられる。

	塩水噴霧試験後(150 サイクル)	塩水噴霧試験後(280 サイクル)	ボルト頭部研磨後
亜鉛めつき			
A 社製防錆剤			 (研磨なし)
B 社製防錆剤			
C 社製防錆処理			
D 社製表面処理 α			
D 社製表面処理 β			
E 社製防錆処理			

図 4 塩水噴霧試験結果
Fig 4. Results of salt water resistance test

〈4・2〉亜鉛めっき消失量調査

平成 27 年 11 月 6 日早朝に勝浦～鵜原間の本 1 号から本 24 号までのビーム主材の膜厚測定を実施した。結果は図 5 に示す通りで、経年と残存膜厚に相関関係が見られた。線形近似曲線より亜鉛めっき消失量は約 $5.6 \mu\text{m}/\text{Year}$ と推定され、テクニカルセンターで実施した腐食環境調査結果の $5.3 \mu\text{m}/\text{Year}$ と近似する結果となった。ビーム主材の亜鉛めっき厚は JIS 規格で $76 \mu\text{m}$ 以上である事から、仮に亜鉛め

つき厚が最低値であった場合、約 14 年で亜鉛めっきが完全に消失し、鋼の腐食が始まると推定される。また、ボルトナットの亜鉛めっき厚においては JIS 規格で $48 \mu\text{m}$ 以上である事から、最低値であった場合、約 9 年で亜鉛めっきが完全に消失すると推定されるため、同区間のビームを保全するにあたり、新設後 8 年を超える物については念入りに検査を実施する必要があると考えられる。

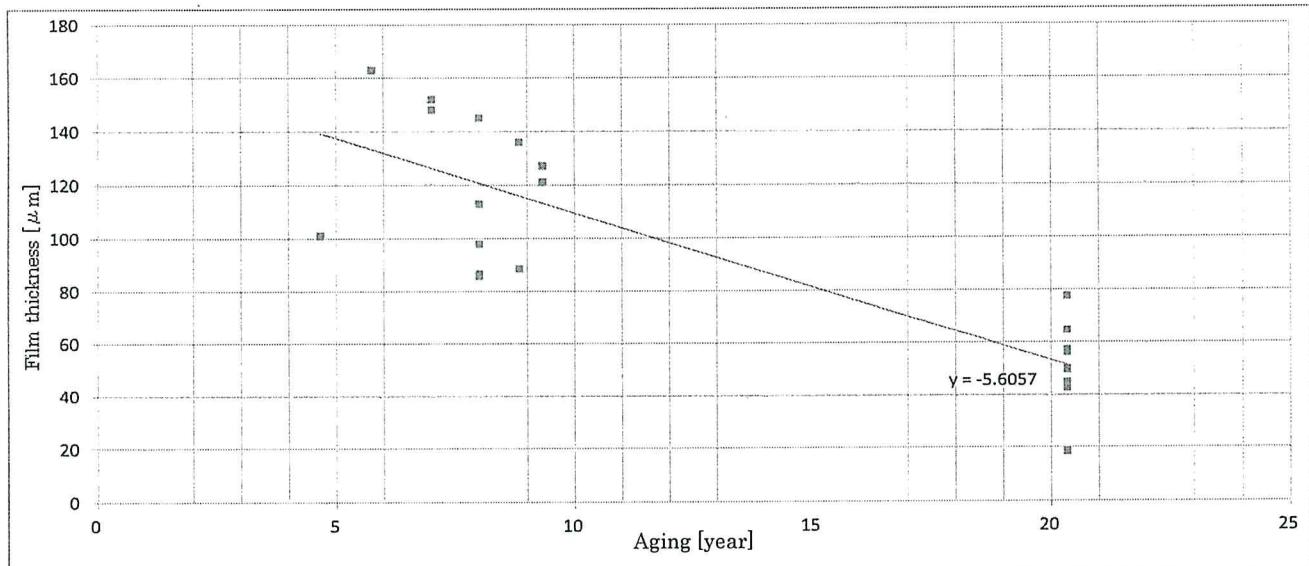


図 5 ビーム主材の膜厚測定結果

Fig 5. Measurement of film thickness of main materials of beam

〈4・3〉固定ブラケット取替えコストの検証

勝浦～鵜原間のビーム主材の膜厚測定を実施したが、経年 20 年においても亜鉛めっきが残存している事が確認できた。ボルトナットを経年 20 年に耐用する物を使用する事で、現状の取替え周期を延長する事ができると考えられる。塩水噴霧試験において 200 サイクル経過した時点で健全性が確認できたのは D 社製表面処理 β と A 社製防錆処理であったが、A 社製防錆処理はあと施工となるため D 社製表面処理 β を施したボルトナットを使用した場合のコスト検証を実施した。現状の取替え周期は 9 年であり、これを 20 年に延長した場合 55% 減となる。固定ブラケット取替えコスト 1 基あたり年間で約 20,000 円削減できる結果となった。

5. まとめ

重塩害区間のビームについて、主材の膜厚測定による亜鉛めっき消失量の検証及び、ボルトナットの防錆処置に関し塩水噴霧試験を実施し、防錆処置の有効性及び亜鉛めっき鋼の保全方法及び取替えコストについて考察した。結果を以下に示す。

〈5・1〉塩水噴霧試験

ボルトナットに防錆処理を施し、18 試料を塩水噴霧試験器にて塩害区間の約 28 年に相当する加速劣化をさせたところ、2 種類の防錆処理が有効である事が確認できた。外観検証により期待される耐用年数は 30 年を超えると考えられるため、今後も検証を継続する。

〈5・2〉解体調査

加速劣化させた試料について解体調査を実施したが、D 社製表面処理 β はボルト頭部の腐食が軽度であり、外観上は強度に問題がないと考えられるため、重塩害区間においても 30 年程度の使用は可能と思われる。平成 29 年度の工事において、固定ブラケットビームの取替え時に D 社製防錆処理 β を施したボルトナットを試導入し、経過を観察する。また、A 社製防錆剤については V トラス等の大型ビームのボルトナットに施すのが有効であると考えられるため、地上でビームを組んだ後に A 社製防錆剤をボルトナットに施す工程が最良と考える。平成 29 年度の工事において V トラスビーム取替えが予定されているため、A 社製防錆剤を施して経過を観察する。

〈5・3〉 亜鉛めっき消失量調査

亜鉛めっき消失量調査において、重塩害区間におけるビームの経年と亜鉛めっき消失量に相関関係が確認できた。亜鉛めっき消失量より、重塩害区間においてはビーム新設後14年を超える物の腐食状態を確認する事が望ましいと考える。ただし、ボルトナットについては亜鉛めっき厚がビームに比べ薄いため、新設後8年を超える物の腐食状態を確認する事が望ましいと考える。また、現地調査による亜鉛めっき消失量とテクニカルセンターで実施中の腐食環境調査の亜鉛めっき消失量が近似したため、腐食環境調査結果を反映させた保全標準の補助資料案を作成した。腐食環境調査は千葉支社管内81地点で実施されており、平成28年度末に完了したため、結果を保全標準の補助資料案に反映させて決定版とする予定である。

〈5・4〉 コスト比較

塩水噴霧試験結果より有効な防錆処理を見出したため、コスト比較を実施した。固定プラケットのボルトナットにD社製表面処理 β を施した物を使用する事により、年間コストが1基あたり約20,000円削減できると推定されるため、今後の取替え工事において試導入し、妥当性を確認する。

6. おわりに

今回の検証により、有効な防錆材の確認及び亜鉛めっき消失量データの信頼性が確認でき、保全標準の補助資料案を作成した。ビームに使用されるボルトナットの耐用年数の延長、ビーム取替えに関するコストダウンを実現するために、有効性が確認できた防錆処理を施したボルトナットを試導入し、設備状態の経過を観察して検証を継続していく。

文 献

(1) 倉鉄道総合技術研究所

田中 誠、町田 洋人、江成 孝文「溶融亜鉛めっき鋼の腐食状態を用いた腐食環境の推定に関する一考察」