

腐食環境下における高力ボルトの健全度判定方法に関する一考察

JR 西日本 正会員 ○和田 直樹 正会員 坂田 鷹起

1. 緒言

腐食環境下で供用されている高力ボルトには、ボルト頭部およびナットの腐食減耗が著しく進行する場合がある。既往の研究¹⁾²⁾により、腐食減肉量から高力ボルトの残存軸力を概ね推定できるようになってきたが、点検の都度、ボルトの減肉量を測定するには多大な労力がかかる。そこで、外観観察によりボルトの腐食程度に対して一次スクリーニングを行う必要があるが、その明確な指標はなく、点検者の主観に依存しているのが現状である。

そこで本研究では、外観観察により腐食したボルトの健全度判定がどの程度行えるかを検討するため、実橋で供用されている高力ボルトを採取し、採取前の外観観察と除錆後の腐食状況およびボルト軸力の関係を調査した。

2. 調査概要

調査対象橋りょうは溶接構造の上路プレートガーダで、海岸から約 20m の位置に架設されている。写真-1 に示すような飛来塩分が原因と考えられる著しい腐食変状が確認されている。腐食したボルトの交換工事にあわせて、撤去するボルトを採取し、調査することにした。



写真-1 対象橋りょうの腐食状況

採取した試験体は対傾構、下ラテラルに供用されている高力ボルト 30 本 (F10T, M22×75) である。本調査では、ナット部のみ減肉したものを外観観察により表-1 に示すように腐食程度を 5 ランクに分類し、バランス良く採取した。ここでは腐食レベルの数字が小さいほど、腐食が著しいものと定義した。

測定項目は、高力ボルトの残存軸力およびナット部の腐食減肉量である。残存軸力の測定は頭部ひずみゲージ法により実施した。腐食減肉量については採取したナットの表面さびや塗膜をケレンハンマおよびワイヤブラシにより除去した後、ダイヤルゲージコンパレータを用いて測定を実施した。計測位置は図-1 に示すように、ナットの 6 側面について座金から 4mm ピッチで計測し、対辺腐食減肉量を算出した。

3. 調査結果

3.1 見かけの腐食程度とナット部の腐食減肉量の関係

図-2 に腐食減肉量と目視により分類した腐食レベルの関係を示す。ここで腐食減肉量は、ナット全体の腐食減肉量の平均値を用いている。また、後述する欠損孔の有無により区分してプロットしている。図より、腐食劣化の

表-1 外観目視による腐食ボルトの分類

	腐食レベル 1	腐食レベル 2	腐食レベル 3	腐食レベル 4	腐食レベル 5
ケレン前					
ケレン後					
基準	・原形を留めない ・著しい断面欠損	・著しい塗膜割れ ・中程度の断面欠損	・中程度の塗膜割れ ・軽微な断面欠損	・軽微な塗膜割れ	・ほとんど健全

キーワード 高力ボルト, 腐食, 残存軸力, 腐食減肉量

連絡先 〒683-0036 鳥取県米子市弥生町 2 番地 JR 西日本 米子支社 米子土木技術センター TEL0859-32-0214

程度が著しいものや、逆に軽微なものについては概ね容易に分類できると考えられる。しかしながら、目視により腐食レベルを細かく分類したとしても、腐食レベル 2 や 3 といった中程度の腐食劣化については、大きなバラツキが確認される。

ここで、写真-2 にバラツキの例を示す。目視によりどちらも腐食レベル 2 と判定したが、塗膜やさびを除去すると、一方は殆ど断面の欠損が確認されなかったが、もう一方は著しい断面欠損が見られた。また、写真-3 に示すナットは目視で腐食レベル 3 と判定したが、ナットの側面により腐食程度に偏りが大きく、腐食の著しい面では断面欠損によって厚みが薄いねじ谷部で貫通孔があいていた。図-2、図-3 ではこのようなナットについて「欠損孔あり」と記した。

3.2 見かけの腐食状況と残存軸力の関係

図-3 に軸力残存率と目視により分類した腐食レベルの関係を示す。ここで軸力残存率は残存ボルト軸力を標準ボルト軸力 205(kN) で除したものである。なお、許容応力度設計法では、高力ボルト継手強度の安全率は 1.6 であるため、軸力が安全率分低下した($1/1.6=62.5\%$)を目安と考え、図中に示した。図をみると、最も劣化した腐食レベル 1 だけが軸力残存率がやや低い傾向が見られたが、他のレベルではバラツキが大きく明確な傾向は認められなかった。バラツキの原因は初期導入軸力や軸力測定方法の誤差等が考えられる。一方、欠損孔の有無をみると明確な傾向があった。欠損孔がある面では極端に腐食減肉が進んでいるため、ボルト軸力の低下に影響を及ぼした可能性がある。

この点を考慮すると、腐食レベル 3 以下、すなわち、軽微な塗膜割れを超える変状や断面欠損が確認された高力ボルトについては、軸力の低下の可能性が否定できず、詳細に調査するなど何らかの対応を行うレベルといえる。なお、腐食環境下にある鋼材は断面欠損がある部位とない部位とが両極端である場合が多く、ナットの面により著しく異なる腐食性状が現れたと思われる。一般環境ではナットの面による腐食性状の差異が小さい可能性があり、別途検討が必要と考える。

4. 結言

本研究では腐食環境下で供用されているボルトの調査を行った。本研究から得られた成果を以下にまとめる。

- 1) 腐食した高力ボルトの中には、目視で容易に腐食状態を判別できるものと、バラツキが大きく、目視で明確に腐食劣化を判別できないものが存在し、特に後者については塗膜やさびを除去すると、見かけ上の腐食状況と全く異なる場合があることが認められた。
- 2) 残存軸力を調査した結果、腐食レベル 3 以下では軸力の低下が看過できないレベルのものも一部存在した。軽微な塗膜割れを超える変状や断面欠損が確認されたものはボルト交換や詳細調査等の対応が必要である。

参考文献

- 1) 坂田他：高力ボルトの腐食形状が残存軸力に及ぼす影響，土木学会第 71 回年次学術講演会，I -413，2016.9
- 2) 下里他：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，2013.3

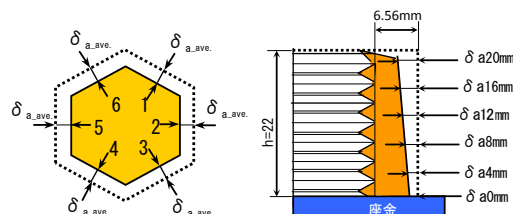


図-1 腐食減肉量の測定概念

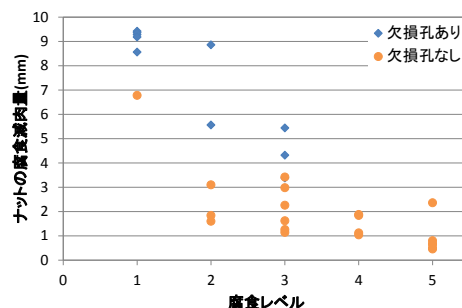


図-2 腐食減肉量と腐食レベルの関係



(a) 判定例その 1



(b) 判定例その 2

写真-2 腐食レベル 2 の判定例



写真-3 ねじ谷部の欠損(腐食レベル 3)

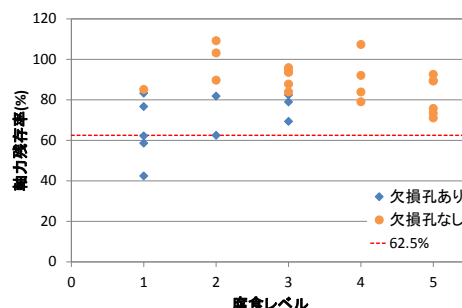


図-3 軸力残存率と腐食レベルの関係