

IH 塗膜剥離を想定した加熱による高力ボルト軸力変化の測定実験

日本橋梁(株)正会員○中原 智法

日本橋梁(株)フェロー小西 日出幸

日本橋梁(株)正会員川岡 靖司

大阪大学大学院正会員廣畑 幹人

1. 研究の背景および目的

鋼橋の現場継手として高力ボルト継手が多用されているが、高力ボルト継手は形状が複雑であり、防食塗装の塗替えに際して、従来の動力工具や塗膜剥離剤を使用した方法では、旧塗膜の除去作業に多大な労力を必要としている。これに対し筆者らは、高力ボルト継手に高周波誘導加熱(IH)を適用した旧塗膜剥離作業の効率化を検討している。過年度の研究では、ボルト軸を切削加工してひずみゲージを設置した高力ボルトを用いて、IH装置の出力を低くして加熱時間を長くした方が加熱による高力ボルト軸力の低下量が小さくなる傾向を確認している¹⁾。本研究では、ボルト頭にひずみゲージを設置し、加熱時間と回数の違いが高力ボルト軸力に及ぼす影響を実験的に検討した。

2. 実験供試体および加熱方法

実験に使用した供試体を図-1に示す。幅360mm×奥行195mm×板厚9mm(SS400)の母材を幅230mm×奥行155mm×板厚9mm(SS400)の2枚の連結板で挟み、6本の高力ボルトM22×70(F10T)を目標軸力226kNでトルク法にて締め付けた。塗装は施さず、鋼板はブラスト処理のまま、高力ボルトは黒皮のままとした。ボルト軸力の変化を測定するため、図-2に示すように、各ボルトのボルト頭に二軸ひずみゲージを設置した。また、ボルト1とボルト6のボルト軸先端にKタイプ熱電対を設置した。

高力ボルトの加熱は、図-3のようにナット側の形状に適合するように製作したリング型の誘導加熱ヘッドを使用して、ナット側のみを加熱した。リラクセーション等を考慮して、ボルト締め付けから加熱まで2週間の期間を空けた。供試体は4体用意して、供試体ごとの加熱時間と回数は表-1の通りとし、2回目の加熱は供試体の常温到達を待ち、1回目の3時間後とした。出力は、ボルト軸頂部の最高温度が塗膜剥離に適した200℃程度となるように、別途取得した加熱時間と最高温度の関係より決定した。

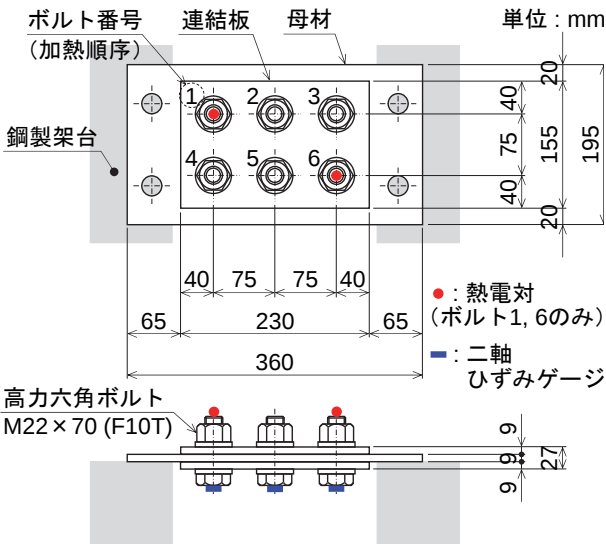
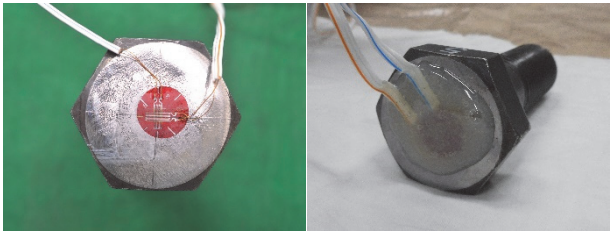


図-1 実験供試体



(a) 貼付時 (b) 養生後

図-2 二軸ひずみゲージ



図-2 加熱状況

表-1 供試体ごとの加熱条件

供試体番号	1	2	3	4
加熱時間	15秒	30秒	60秒	30秒×2回
IH装置の出力	3.6 kW	1.9 kW	1.1 kW	1.9 kW

キーワード 高力ボルト, 軸力, 塗膜剥離, 高周波誘導加熱, 加熱時間

連絡先 〒650-0023 兵庫県神戸市中央区栄町通1丁目2番7号(大同生命神戸ビル)

日本橋梁(株)神戸事業所 TEL 078-771-5266

3. 加熱時の高力ボルト軸力の変化

ボルト頭に設置したひずみゲージの加熱前を零としたひずみ出力に、別途測定した校正係数を乗じて求めた加熱時の高力ボルト軸力の経時変化例を図-3に示す。加熱時間 15 秒の場合は、加熱開始と共にボルト軸力が 13 kN 程度増加し、加熱終了後は加熱前のボルト軸力から 15 kN 程度まで低下した後、緩やかな増加に転じた。加熱時間 60 秒の場合は、加熱開始と共にボルト軸力が 5 kN 程度増加し、加熱途中から減少に転じて加熱前のボルト軸力から 13 kN 程度まで低下した後、緩やかに増加した。軸力の変化量は 15 秒の場合と比べて小さかった。加熱時間 30 秒は両者の中間的な挙動となった。

4. 加熱による高力ボルト軸力の低下量

締付け前を零として整理した、加熱前と加熱後（常温到達後）のボルト軸力を表-2に示す。供試体ごとに 6 本のボルトの平均値を示しているが、加熱時間 60 秒と 30 秒×2 回はボルト 6 のひずみゲージに不具合が生じたため、残りの 5 本のボルトの平均値を示している。加熱回数 1 回の場合、軸力低下量を加熱前の軸力で除した軸力低下率の平均は、加熱時間 15 秒が 4.1 %、30 秒が 2.7 %、60 秒が 2.0 %であった。この傾向は、過年度の研究¹⁾と一致している。加熱時間 30 秒で 2 回の加熱を実施した場合、1 回目の軸力低下率の平均が 2.5 %であったのに対し、2 回目は 0.7 %で 1 回目の 30 %程度の値となった。

加熱時間により高力ボルト軸力の低下量が異なる理由は、時間をかけて加熱することで、ボルト軸とナット等の相対的な温度差が小さくなり、加熱開始直後にナットの熱膨張によって生じるボルト軸の増加量が小さくなるためであると推察している。一方、1 回目に比べて 2 回目のボルト軸力の低下量が小さくなる理由については、加熱開始直後のボルト軸力の増加量に大きな差は見られておらず、ナットの熱膨張でねじ嵌合部にずれが生じ、両者のずれ量に差が生じていることが考えられる。

5. まとめ

ボルト頭にひずみゲージを設置した高力ボルト継手の小型供試体を用いて、加熱時間と加熱回数の違いに着目した IH 装置による加熱実験を実施した。軸力低下量は、ボルト軸を切削加工してひずみゲージを設置した過年度の研究¹⁾と同様な傾向を確認した。また、2 回の加熱を実施した場合、1 回目の加熱によるボルト軸力の低下量と比較して、2 回目は 1 回目の 30%程度の低下量となった。

今後は、有限要素法による熱弾塑性解析での実験の再現を試み、軸力低下のメカニズムの解明を目指す。

参考文献

1) 中原智法, 小西日出幸, 川岡靖司, 廣畑幹人: 高周波誘導による加熱時間の違いが高力ボルト軸力に及ぼす影響に関する実験的検討, 令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会講演概要集, I -139, 2022

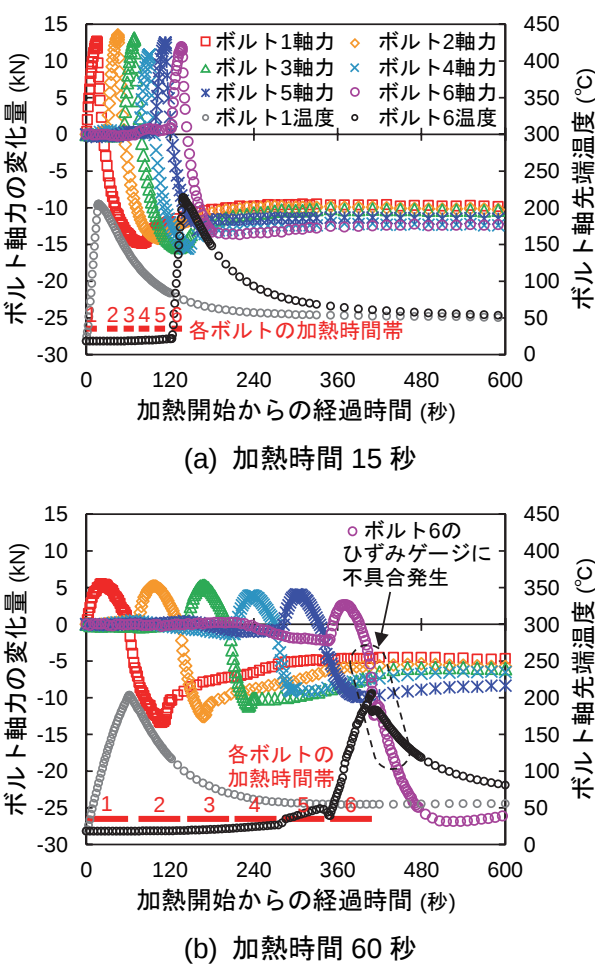


図-3 加熱時の高力ボルト軸力の変化

表-2 加熱前後の軸力変化				
供試体番号	1	2	3	4
加熱時間	15秒	30秒	60秒	30秒×2回
ボルト番号	1~6平均	1~6平均	1~5平均	1~5平均
軸先端温度 (°C)	1回目加熱	209.2	208.4	204.4
	2回目加熱	—	—	206.5
軸力 (kN)	締付け時	228.8	228.4	242.0
	加熱前	222.5	222.6	221.8
	1回目加熱後	213.5	216.6	217.3
	2回目加熱後	—	—	220.4
	1回目低下量	9.1	5.9	4.5
	2回目低下量	—	—	1.6
	合計低下量	9.1	5.9	4.5
軸力低下率 (%)	1回目加熱	4.1	2.7	2.0
	2回目加熱	—	—	0.7
	合計	4.1	2.7	2.0