

## 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

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

鋼橋で用いられている防食塗装は、防食性能を維持するために適切な期間で塗替える必要があり、更新時には劣化した旧塗膜の除去が重要である。高力ボルト継手は形状が複雑であり、図-1に示す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、高力ボルト継手に加熱を利用した塗膜剥離技術を適用し、旧塗膜除去作業の効率化を検討している。しかし、加熱による高力ボルト軸力への影響は未解明な点が多い。本研究では、熱源として高周波誘導加熱(IH)を用いた加熱方法に対し、加熱時間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

実験に使用した小型供試体を図-2に示す。幅360mm×奥行195mm×板厚9mm(SS400)の母材を幅175mm×奥行155mm×板厚9mm(SS400)の2枚の添接板で挟み、4本の高力ボルト(M22×70(F10T))を目標軸力226kNで締め付けた。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。各ボルトのボルト軸先端に熱電対を設置した。また、ボルト軸力の変化を測定するため、後述するひずみゲージを設置した。このうち、ボルト番号1と4の2本には、ひずみゲージの横に熱電対を設置して、ひずみゲージ貼付部の温度も測定した。供試体は3体用意した。

高力ボルトの加熱は、図-3のように鋼製架台に供試体を固定し、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。リラクゼ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。供試体ごとの加熱時間とIH装置の出力は、1体目がボルト1本あたり2.9秒、2体目が15秒、3体目が30秒の3種類とした。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。

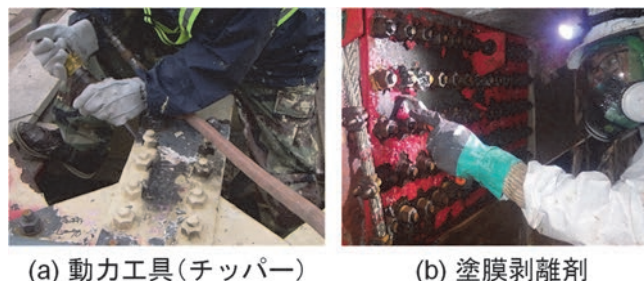


図-1 高力ボルト継手の塗膜剥離

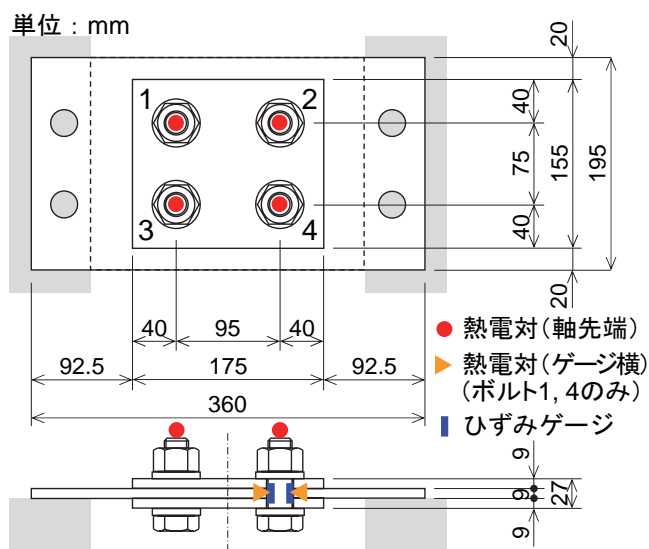


図-2 小型供試体



図-3 加熱状況

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 1-2-7 日本橋梁(株)神戸事業所 TEL 078-771-5266

### 3. 加熱温度の分布と経時変化

加熱時の温度履歴例を図-4に示す。加熱時間 2.9 秒の場合は、IH 装置の出力が高く、加熱開始後は急激にボルト軸先端の温度が上昇した。加熱完了後は軸先端の最高温度が 10 秒程度保持されて下降に転じており、加熱終了後も高温に熱せられたナットからボルト軸に熱が供給されたと考えられる。加熱時間 30 秒の場合は、出力が低く、前者と比較して緩やかに温度が上昇し、加熱完了後ただちに下降に転じた。また、加熱の順番が遅いボルトは軸先端の最高温度が高くなる傾向が見られ、添接板を介して加熱の順番の早いボルトから遅いボルトに熱が伝わったと推察される。

### 4. 高力ボルト軸力の変化

加熱前と加熱後（常温到達後）のボルト軸力を表-1に示す。この軸力は、ボルト軸に設置したひずみゲージ（図-5）の締付け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。ボルト軸力の低下量は、IH 装置の出力を低くして加熱時間を長くした方が小さくなる傾向があり、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 2.9 秒が 8.9%、15 秒が 5.2%、30 秒が 4.3%であった。軸力低下量が小さくなる理由は、低い出力で時間をかけて加熱することで、ボルト軸とナット、座金、添接板の相対的な温度差が小さくなり、ナット等の熱膨張によって生じるボルト軸の引張が軽減されるためであると推察される。

### 5. まとめ

高力ボルト継手の小型供試体を製作し、加熱時間の違いに着目した IH 装置による加熱実験を実施した。ボルト軸に設置したひずみゲージのひずみ出力から算出した加熱前後の軸力変化より、IH 装置の出力を低くして加熱時間を長くした方が、加熱によるボルト軸力の低下量が小さくなる傾向を確認した。

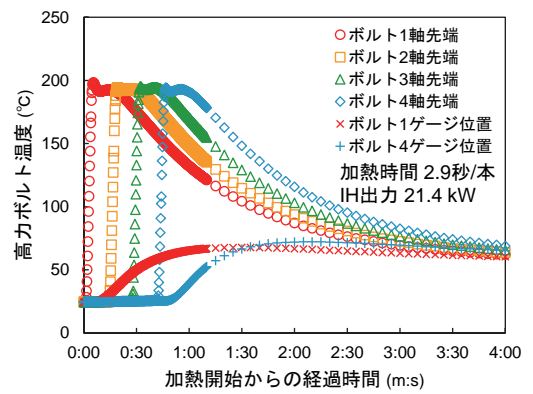
今後は、ボルト軸力を反力として直接測定する実験や、有限要素法による熱弾塑性解析での実験の再現を試み、軸力低下を抑制するのに適した加熱時間の提示を目指す。

### 参考文献

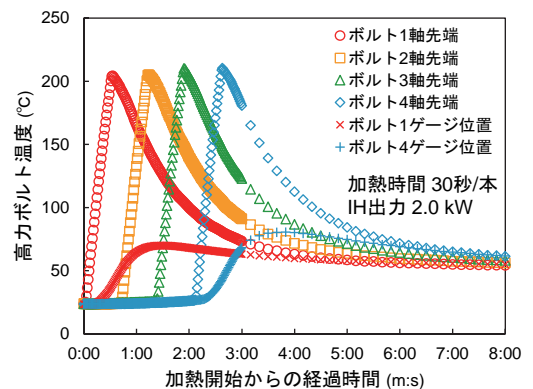
- 1) 中原智法, 廣畑幹人, 近藤慎介: 高力ボルト継手に対する高周波誘導加熱による塗膜剥離実験, 鋼構造年次論文報告集第 29 巻, pp.100-109, 2021

表-1 加熱前後の軸力変化

加熱時間	2.9 秒				15.0 秒				30.0 秒				
IH装置の出力	21.4 kW				3.8 kW				2.0 kW				
ボルト番号	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
軸先端温度(°C)	198.3	194.2	195.2	194.1	204.3	—	202.2	200.8	204.5	205.4	210.3	210.4	
軸力 (kN)	加熱前	203.9	212.6	210.1	221.0	216.5	211.1	211.1	224.0	211.0	216.1	202.8	218.2
	加熱後	186.9	196.4	191.7	202.1	207.8	199.9	200.4	212.1	203.1	207.3	194.2	208.0
	低下量	16.9	16.3	18.4	19.0	8.7	11.2	10.7	11.9	7.8	8.8	8.5	10.1
軸力低下率(%)	8.3	8.3	9.6	9.4	4.0	5.6	5.4	5.6	3.7	4.2	4.4	4.9	
	8.9				5.2				4.3				

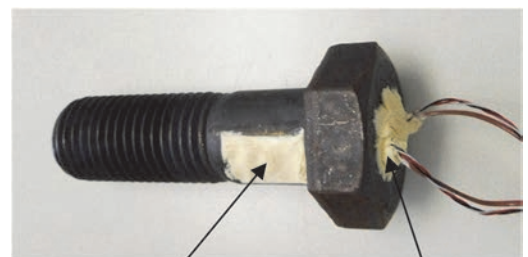


(a) 2.9 秒加熱



(b) 30 秒加熱

図-4 加熱時の温度履歴



ボルト軸表面を切削加工してひずみゲージを貼付  
ボルト頭孔加工 (軸対称に2枚/ボルト)

図-5 ボルト軸に設置したひずみゲージ