第Ⅰ部門　　トラス橋斜材に対するIH塗膜剥離の施工シミュレーション

大阪大学大学院工学研究科　学生員　○山口　真歩
大阪大学大学院工学研究科　正会員　　廣畑　幹人
日本橋梁（株）　　正会員　　中原　智法

1.　研究背景・目的

鋼橋の防食塗装は定期的な塗替えによって高い性能の維持が可能であり，劣化した旧塗膜や錆の除去，素地調整が重要である．塗膜剥離においてはこれまで，動力工具，ブラスト，塗膜剥離剤を用いる方法が主流であったが，これらは騒音や健康被害等の種々の課題を有している．これらの課題を解決する方法として，高周波誘導加熱（Induction Heating：IH）が着目されている．IH塗膜剥離は，通電したコイルを鋼材に近接させることで，鋼材表面を140～240℃に加熱して塗膜と鋼材を界面破壊し，スクレーパーによって塗膜を除去する方法である(図-1)．本手法では局所的な温度上昇が生じるため，残留応力や変形による耐荷性能の低下が懸念されているが，これらを最小限に抑える条件が必要である．本研究では，トラス橋の引張斜材に対するIH塗膜剥離を想定し，温度変化により発生する圧縮応力および変形に着目して施工順序の検討を実施した．

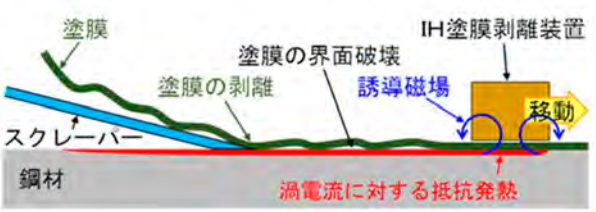


図-1　IH塗膜剥離の原理

2.　対象とした施工事例と本研究における諸条件

本研究では，沖縄自動車道の億首川橋を対象とした既往研究の施工条件[1)]を参考とした．橋長290mの3径間連続鋼上路式平行弦プラットトラス橋であり，施工での足場位置を参考に図-2に赤色で示す範囲を加熱対象とする．着目する斜材はI断面引張部材であり，寸法および加熱順序は図-3のとおりである．上フランジから時計回りに連続して加熱し，材片の裏表を連続して加熱しないように設定している．また，施工性の観点から，上側は上から下へ，下側は下から上へ向かって加熱する．検討に用いる機材は出力20kW，加熱ヘッド寸法300mm×100mmとし，図-4に示す入熱分布を用いて検討を行う．

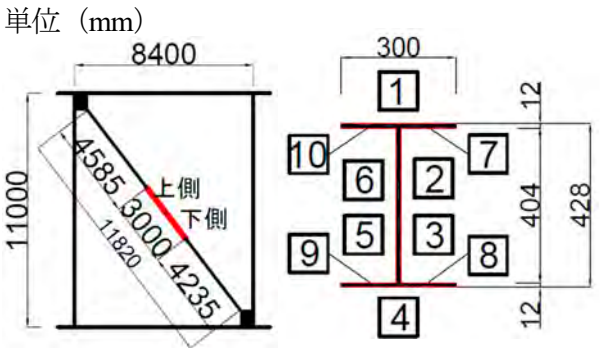


図-2　加熱位置

図-3　寸法および加熱順序

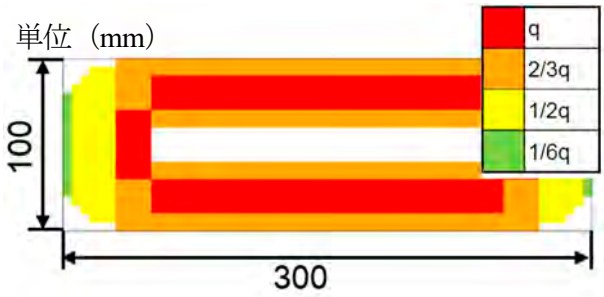


図-4　入熱分布

3.　熱弾塑性解析によるシミュレーション

汎用有限要素解析ソフトAbaqusを用いて8節点ソリッド要素により解析を行った．材料はSS400であり，既往研究[1)]に基づき部材軸方向に移動させ，移動速度は50mm/s，入熱量は1.36kW/mm^{2}を採用し表面熱流束によって入熱した．また，各加熱後には60秒の冷却を設けた．図-5のとおり，ウェブにおいて140℃を上回らず，特に端部では低温となることが確認された．一様入熱を採用した既往研究[1)]と比較して，用いた加熱ヘッド

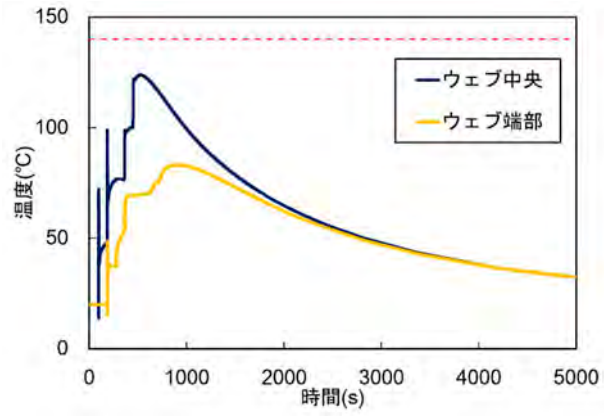


図-5　温度履歴（50mm/s）

Maho YAMAGUCHI, Mikihito HIROHATA, and Tomonori NAKAHARA
m-yamaguchi@civil.eng.osaka-u.ac.jp

の出力が小さく，加熱速度が熱伝導に比べて緩やかであったため，140℃を上回らなかったと考えられる．

この問題を解決するため，ヘッドの移動速度を

（A）部材軸方向に 25mm/s

（B）フランジ，ウェブごとに部材軸直角方向に 25mm/s

に変更した 2 パターンについて検討を行った．なお，部材軸直角方向については，端部の加熱不足を補うため，各加熱ラインのはじめと終わりの 1.5 秒ずつ静止させた．図-6 に示すように，部材軸方向では端部で 140℃を上回るためにはさらに低速で加熱する必要がある一方，部材軸直角方向では端部においても中央と同程度の温度になることが確認された．部材軸方向応力に関しては，図-7 に示すように，最大圧縮応力はどちらの場合も 200MPa 程度であり，座屈応力である 260MPa には到達しないことが確認された．また，最終的には圧縮応力はほぼ残留しないことが確認された．

さらに，図-8，9 に示すとおり，（A）ではウェブ，フランジともに最大約 5mm，（B）ではウェブで最大約 10mm の面外変形が生じた．許容できる斜材の変形量として，部材長 L（L≒11820mm） の L/1000（≒11.82mm）の規定[2]を（A）（B）ともに満たすことが確認された．また，残留変形量はいずれも 1mm 未満となることが確認された．以上より，残留応力，変形を抑制するには部材軸直角方向への移動が効果的である可能性が示唆された．

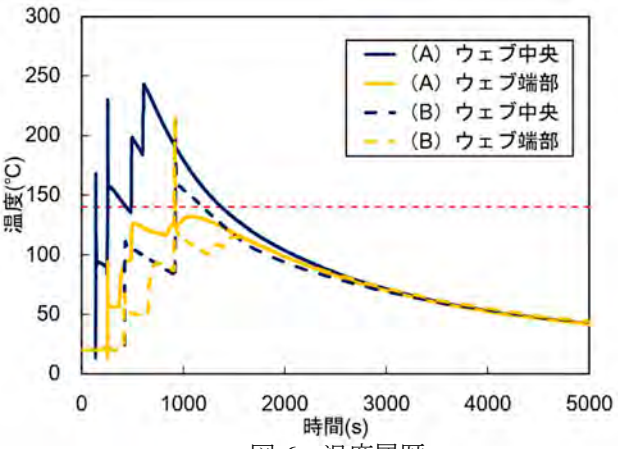


図-6　温度履歴

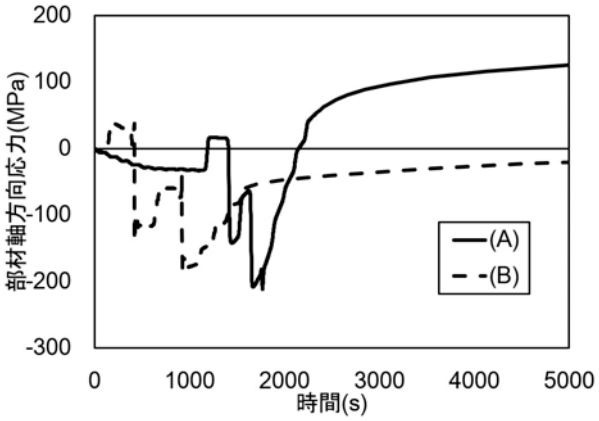


図-7　部材軸方向応力

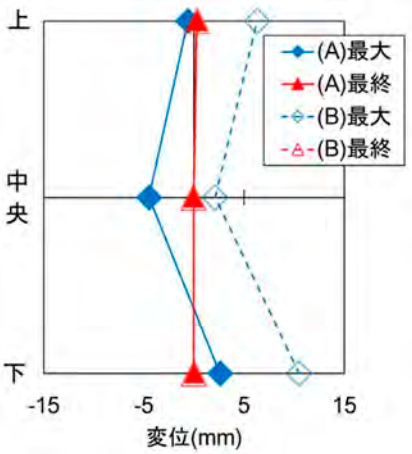


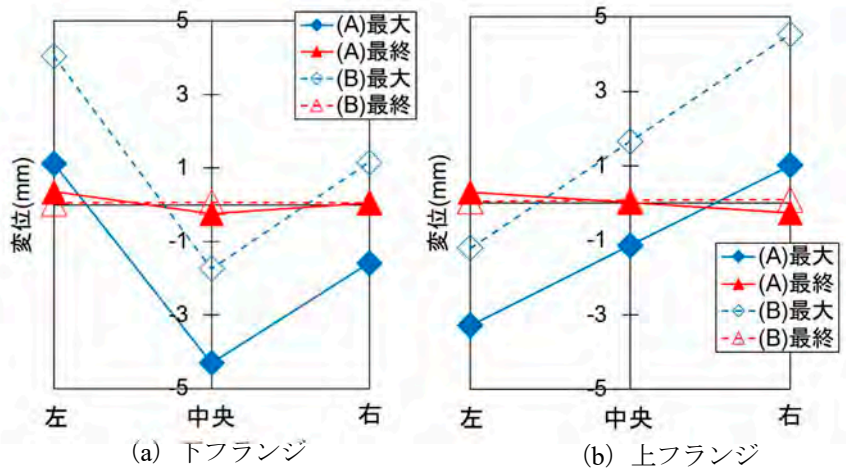
図-8　ウェブの面外変形

4.　まとめ

(1) トラス橋の斜材を対象として，IH 塗膜剥離の施工手順に関するシミュレーションを実施した．部材軸方向への加熱ヘッドの移動では，部材端部が低温に留まる一方，部材軸直角方向への移動では，部材全体を同程度まで加熱することができた．

(2) 圧縮応力はいずれの場合も最大 200MPa 程度であり，冷却後の圧縮応力はほとんど残留しなかった．

(3) 面外変形は部材軸方向への移動で最大 5mm，部材軸直角方向への移動で最大 10mm であり，いずれも許容可能な変形量であった．また，冷却後の面外変形はほとんど残留しないことが確認された．



（a）下フランジ　　（b）上フランジ

図-9　フランジの面外変形

参考文献

1) 中原智法・廣畑幹人・桐畑光生：IH 塗膜除去による加熱が鋼上路トラス橋斜材の変形に及ぼす影響，鋼構造年次論文報告集，第 28 巻，pp761-770，2020.11

2) 公益社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説，鋼部材編，pp522-523，2017.11