高周波誘導加熱によるリベット打設に関する基礎的検討

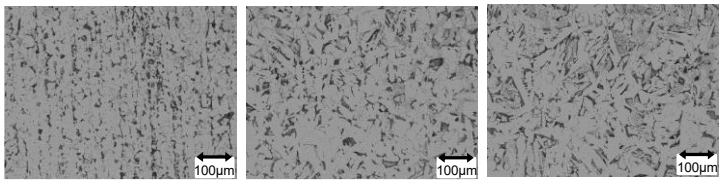
大阪大学大学院工学研究科　学生員　○末廣　大地
大阪大学大学院工学研究科　正会員　廣畑　幹人
ビーエムシー　岡本　陽介
西日本旅客鉄道　正会員　中山　太士

1．はじめに

高力ボルト接合や溶接接合の技術が確立する以前には，橋梁の鋼部材や鋼板を用いた組み立てにはリベット接合が主に使用されていた．リベット接合が用いられている高経年橋梁の多くはその外観や技術的な特徴から歴史的価値が認められており，維持管理および保存の重要性が認識されている [1]．このような高経年橋梁の保存のために，損傷したリベットを除去し，新たなリベットを打設することが要求される場合があるが，既存のコークスを用いた施工方法では現場での加熱作業や打設に関する安全性の確保などの課題がある．本研究では，既存の施工方法に比べ，作業の安全性や施工の容易性の観点から，高周波誘導加熱（Induction Heating：IH）によるリベット施工に注目する．この技術では，リベットに近接させたコイルに電流を印可し，磁界を発生させることで渦電流を発生させる．渦電流に対するリベット自身の抵抗発熱によって打設可能温度まで加熱する．既存の施工方法と異なる加熱方法でリベットを打設した場合，健全な継手を得ることができるか否か不明な点が多々ある．本研究では，IH 装置によるリベット打設の可否を明確にするため，一連の基礎的検討を実施した．

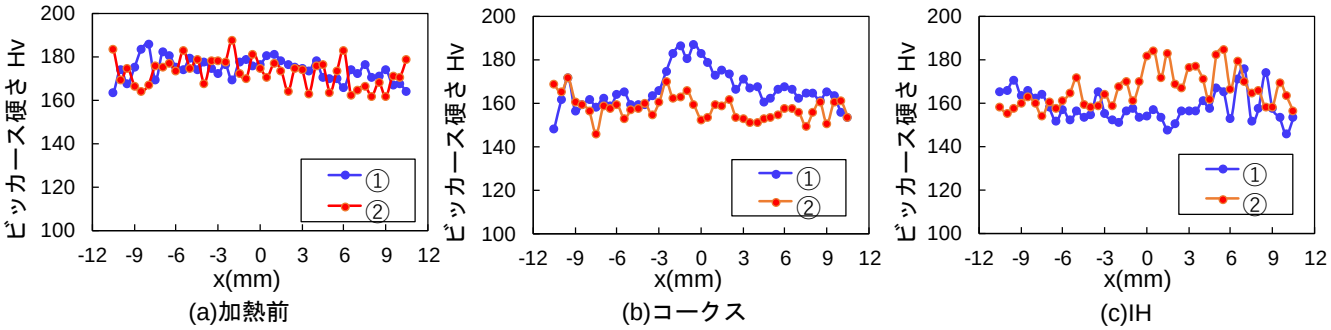
2．リベット加熱実験

実験に用いるリベットの直径は，橋梁構造物において使用頻度の高い 22 mm とした [2]．なお，供試鋼材は SM400A である．このリベットに対し，コークスによる加熱，IH 装置を用いた加熱を行った．コークス加熱により浸炭が生じる可能性があるため，化学成分を確認したが，加熱の有無，加熱方法によらず化学組成の変化は見られなかった．また，金属組織の観察を実施した結果を**図-1** に示す．金属組織が層状である加熱前と比較して，コークスおよび IH による加熱後は圧延材の組織がやや粗大化した．しかし，コークスと IH による加熱を比較すると金属組織に大きな差異は見られなかった．さらに，加熱後のリベットに対しビッカース硬さ試験を実施した． 各種リベット 2 体ずつに対し，軸部において直径方向に 0.5mm 間隔で計測を行った．得られた結果を**図-2** に示す．コークスおよび IH は周辺部の硬さが中心部と比較して低下する傾向が見られた．しかし，コークスと IH それぞれを比較すると硬さの分布に大きな差異は見られなかった．



(a)加熱前　(b)コークス　(c)IH

図-1　金属組織



(a)加熱前　(b)コークス　(c)IH

図-2　ビッカース硬さ試験

キーワード　鋼橋，維持管理，継手，リベット，高周波誘導加熱
連絡先　〒565-0871　大阪府吹田市山田丘 2-1　TEL06-6879-7598

© Japan Society of Civil Engineers

３．リベット打設実験

３．１．リベット打設時の温度履歴

図-3 に示す鋼板供試体を用いてリベット打設実験を実施した．板厚 9mm の SM400A を 2 枚重ね，中央に設けた直径 23.5mm の孔にリベットを挿入し接合した．図-3 に示すように供試体の表面に熱電対を 4 つ取り付け，リベット打設時に測定した温度履歴を図-4 に示す．加熱方法の違いによる温度履歴の差異は見られなかった．また，打設時に赤外線カメラにより別途測定したリベット本体の最高温度は，コークスによる加熱では 1054，1026，1134℃となった．IH による加熱では一体が 1030℃となったが，残り二体では打設工具にリベット頭部が覆われたため，測定結果が得られなかった．

３．２．継手引張実験

図-5 に示す継手供試体を作製し，引張実験を実施した．供試体の数はコークスで加熱したもの，IH で加熱したものそれぞれ 3 体である．この継手に対して中板の中央部に約 40mm の間隔で標点を設定し，変位計を設置し引張荷重を負荷した．全ての供試体が外側のリベット接合部の中板で破断した．引張実験によって得られた荷重－変位関係を図-6 に示す．荷重－変位関係はいずれも同様の傾向を示しており，加熱方法によらず継手の力学挙動に差はないことが示唆された．これにより，IH 装置を用いてリベット打設した継手は，既存の方法で作製されたものと同等の性能を有すると考えられる．

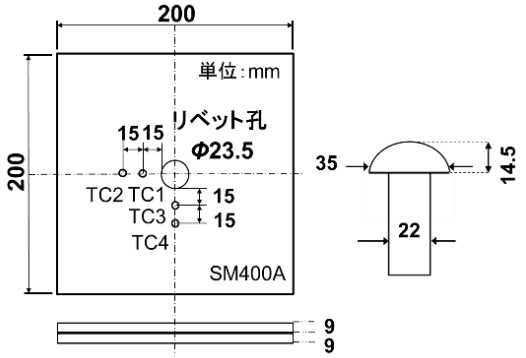


図-3　打設実験供試体

４．まとめ

(1) リベットに対するコークスおよび IH を用いた加熱により，金属組織およびビッカース硬さは変化したが，加熱方法の違いによる変化の傾向の違いはなかった．

(2) 単純な矩形平板を供試体としたリベット打設実験から，コークス，IH 装置を用いた加熱のいずれも，適切な温度でリベットを打設できることを確認した．

(3) 引張実験では，全ての供試体が継手外側のリベット接合部の中板で破断した．また，加熱方法によらず継手の力学挙動に大きな差異は見られず，IH 装置を用いた施工により既存の方法と同等の継手性能が得られた．

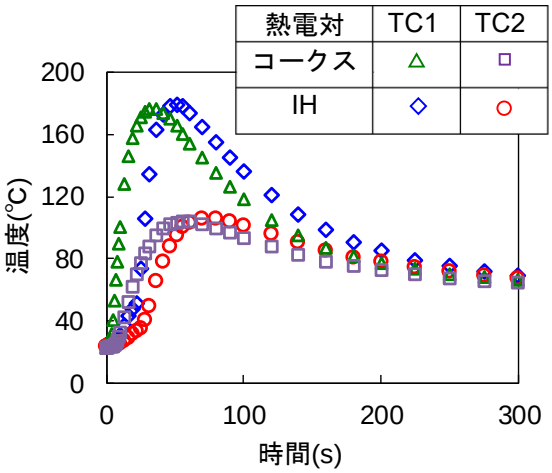


図-4　温度履歴

参考文献

1) 鋼構造委員会 歴史的鋼橋の補修・補強に関する調査小委員会，歴史的鋼橋の補修・補強マニュアル，土木学会，2006.11.

2) 社団法人 日本道路協会：鋼道路橋設計示方書 鋼道路橋製作示方書 解説，1964.

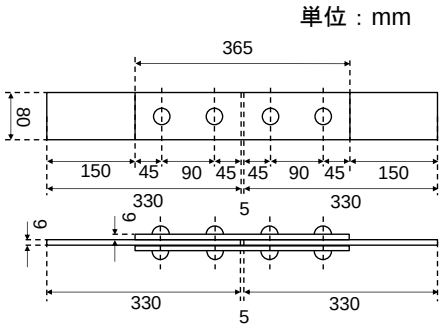


図-5　継手供試体

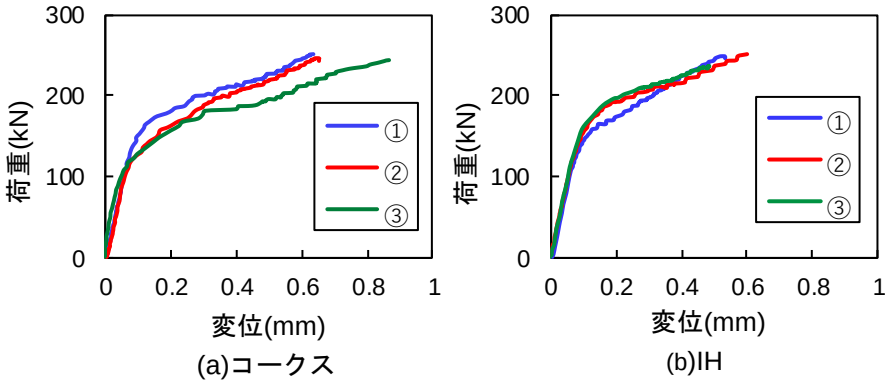


図-6　荷重-変位関係

© Japan Society of Civil Engineers