第Ⅱ部 産業界の最近の動向と溶接工学

Ⅲ 構造製作

4. 橋 梁

Bridge

大 畑 和 夫*

by OHATA Kazuo*

キーワード：疲労設計, デッキ貫通き裂, 振動下溶接, レーザ溶接

4.1 鋼製橋梁発注量の動向

図1に橋梁の受注動向を示す¹⁾。これは東日本大震災直前までの統計であり、震災の影響を直接読み取ることにはできない。速報のなかには橋梁を含む構造物の被害は相対的には軽微であり、これまでの耐震技術、耐震補強が活かされたとの報告²⁾もあるが、地震動に耐えたとしても巨大津波には抗しがたく、多くの橋梁が被災した。

本格的な復興事業はこれからであり、重要な社会基盤である道路の再構築は急務と言える。特に、現地施工期間の短い鋼製橋梁への期待は大きいと予測する。

ただし長期的には国内橋梁の発注量の減少傾向は変わらないと推測される。その一方で、コスト構造改善の推進、品質確保と入札契約の適正化、高齢化した社会資本の維持管理などへの要求は益々高くなる³⁾。橋梁技術者は国内市場が縮小するなか、技術革新によるコスト構造の改善、品質および性能向上による長寿寿命化、既設橋梁の維持や機能向上などの課題に取り組む事が求められている。

本図には国内と併せ海外橋梁の受注動向も示す。国内市場の縮小を海外進出によって克服するのはどの橋梁メーカーも望むところではあるが、それが容易ではないことがわかる。日本企業が受注を狙う海外橋梁はある程度の規模

以上のものが多く、プロジェクトの延期や計画の変更も多い。受注活動は熾烈であり、どの企業も慎重に行動する。よって市場全体の動向を即時に俯瞰することは難しい。

最近の大型案件の例として図2にトルコのイズミット湾横断橋を示す⁴⁾。本橋は中央径間 1550m の大規模吊橋で、2011年に日本のコンソーシアムが中国・韓国企業との競争を制して受注し、EPC (Engineering, Procurement, Construction) 契約を調印した。本工事では、日本企業が保有する耐震技術、品質、急速施工などへの高い期待が伺える。なお、本橋の主塔は工期短縮のため現地溶接による施工が計画されている。

4.2 橋梁構造の変革

橋梁構造への溶接の採用は橋梁の重量軽減に寄与することから、多くの突合わせ溶接を用いて断面を細かく変化させ、高価な鋼材重量を最小とする設計法が長年にわたって採用されてきた。しかし、鋼材費よりも溶接を行う労務費の方が高価となる逆転現象が生じ、平成7年に建設省より出された「鋼道路橋設計ガイドライン(案)」によって積算体系が見直された結果、鋼材重量ではなく部材数、溶接量を最小とする設計法が採用されることとなった。このことは、鋼製橋梁の構造にも大きな影響を与え、これまで多用されていた部材の突合わせ溶接はほとんど無くなり、工場での溶接はその大部分がすみ肉溶接と、鋼製橋脚等に用いられる角溶接が主流となった。主桁断面の大型化とともに、高機能床版の開発の成果から、さらに部材数を少なくすることを目的とした少数主桁橋(合理化橋梁)が開発さ

図1 橋梁市場動向

図2 イズミット湾横断橋完成予想図

原稿受付 平成24年4月11日

* 株式会社 IHI インフラシステム IHI Infrastructure Systems Co., Ltd.

図3 橋梁構造（溶接量）の変遷

れ、現在の橋梁構造の主流となっている。図3に従来橋と少数主桁橋の比較図を示す⁹⁾。他方、現場継ぎ手での突合わせ溶接は、鋼床版の縦方向継ぎ手や、断面の大型（厚板）化によりボルト列数が規定列数以上となる主桁断面の継ぎ手等に対し現在も多く適用されている。

4.3 近年の技術動向

近年の経済動向より、我が国では社会資本ストックに対して、維持管理を中心としたアセットマネジメントの動きが主流となってきているが、橋梁についても品質および性能向上による長寿命化が強く求められ、工場溶接では継手の疲労強度確保が重視される。特に車両による変動荷重を直接支持する鋼床版には高い疲労強度が求められている。なかでも片面すみ肉溶接である鋼床版デッキとトラフリブ継手のルートから生じるき裂は、デッキ上面に貫通して路面に変状が生じるまで発見することができない（図4参照）⁶⁾。これを防止することは近年の大きな課題のひとつであり、様々な研究開発が行われている。一例を図5に示す。これはトラフリブの内面のすみ肉溶接ロボットであり、継手を両面すみ肉溶接継手とすることによって疲労強度の向上を図っている⁷⁾。

疲労寿命確保のため超音波探傷試験の精度を上げる取組も行われている。デッキとトラフリブとの継手は溶込み $\geq 75\%$ 、ビードの抜けは不可と規定されている⁸⁾。リブ外面より入射させた超音波のエコー高さにより溶込みを評価する手法⁹⁾、集束型二振動子斜角探触子を用いる手法¹⁰⁾、デッキプレート面から表面近傍を伝搬する波を入射し端部エコー法によって評価する手法^{11, 12)}などが報告されている。

既設橋梁の機能向上を図る施工例を図6に示す。これは都市高速高架橋の拡幅工事であり、既設の鋼床版橋梁に新設の鋼床版桁を接合するものである。交通を止めることが

図4 鋼床版橋梁の構造概要と疲労き裂事例

図5 Uリブ内の内面すみ肉溶接装置

出来ないため、溶接は変動荷重下の施工となり、ルートギャップの変動により割れが生じる場合があるが、その性状はすでに解明されている¹³⁾。また、これを防止する溶接材料も開発されている。しかし本工事では工期短縮のため市販の溶接材料から最も適した成分のものを選択し、図7に示す確証試験を経て実工事に供された。

橋梁製作のための次世代溶接技術開発も行われている。レーザ溶接技術は以前から自動車、航空用のジェットエンジンなどでは実用化されている。溶接による入熱が少なく、かつ範囲も狭いため、その影響を低減することができる。船舶への適用も報告されているが、橋梁への適用も始

図6 拡幅工事概要

図7 変動荷重下溶接実験状況

図8 レーザ溶接技術を適用した都市高速道路 [16]

まっている^{14, 15)}。部材の高精度化や作業効率の向上がコスト構造の改善へ寄与すると期待される。

図8にレーザ溶接技術であるレーザホットワイヤ溶接の適用事例を示す。本工事では自動車専用道路の車道を支持する床版に適用した¹⁶⁾。輪荷重が作用する主要部材への施工実績としての意義は大きい。この他にもレーザ溶接技術による疲労強度改善なども行われている。例えば、前述した鋼床版のデッキとトラフリブ継手を模擬した疲労試験では、小型試験片のレベルではあるが、従来の2倍以上の疲労寿命が報告されている¹⁷⁾。

レーザ溶接は、入熱量が少ないため変形量が小さく、また深い溶込みを必要とする角継ぎ手等のパス数を大きく低減する効果もあることから、鋼製橋梁の製作において、品質向上と工数低減に大きく寄与する事が期待されており、今後の実用化に向けて、さらに研究が重ねられている。

文 献

- 1) (社)日本橋梁建設協会, 統計, 橋梁受注実績, pp190-201, (2011)
- 2) 例えば, 丸山久一, 東日本大震災, 記事3, 構造物の被災状況概要, 土木学会誌, Vol.96 No.6, p14, (2011)
- 3) 国土交通省白書, 国土交通省における成長戦略に向けた取組, 第2部第6節, pp120-121, (2011)
- 4) 本州四国連絡高速道路株式会社, 海外情報トルコ・イズミット湾横断橋, 長大橋NEWSレター, No.46, (2011)

- 5) 一部(社)日本橋梁建設協会, 新しい鋼橋の誕生II, (2004)より抜粋
- 6) 山田健太郎, 重交通下における鋼床版の疲労損傷, 鋼構造と橋に関するシンポジウム論文報告集, Vol.10 (2007)
- 7) 奥村学, 上野康夫, 大久保宣人, 夏秋義広, 藤平正一郎, 内面すみ肉溶接による高耐久Uリブ鋼床版構造の提案, 片山技報, No.31, p12, (2012)
- 8) 日本道路協会, 鋼道路橋の疲労設計指針, p45, (2002)
- 9) 湯田誠, 藤本亘: トラフリブとデッキプレートの縦方向溶接部における溶け込み量測定を目的とした超音波探傷技術の開発(その1), 川田技報, Vol.24, pp.20-25, (2005)
- 10) 公開特許公報: 特開2009-180646
- 11) 山口勝義, 関本哲哉: 超音波探傷によるUリブの溶接溶け込み量の確認, サクラダ技報, No.13, pp.78-80 (2008)
- 12) 藤田敏明, 湯田誠: あらたな技術で品質証明～高屈折角探触子による端部エコー法の検討～, 川田技報, Vol.28, pp.102-103, (2009)
- 13) 中西保正, 中村義隆, 酒井啓一, 他, 供用中の補修溶接施工に関する研究, 石川島播磨技報, 第27巻第4号, pp36-40, (1987)
- 14) 古賀宏志, 郷田穂積, 寺田伸, 廣田一博, 中山伸, 坪田秀峰, レーザ・アークハイブリッドの初の一般商船への適用, 三菱重工技報, Vol.47 No.3, pp86-91, (2010)
- 15) 猪瀬幸太郎, 大脇桂, 中西保正, 宮地崇, 藪野真史, 小川勝治: レーザ・アークハイブリッド溶接の歩道部鋼床版部材への適用, 土木学会第63回年次講演会, pp815-816 (2008)
- 16) 猪瀬幸太郎, 杉野友洋, 松本直幸, 大脇桂, 大畑和夫, レーザホットワイヤすみ肉溶接の開発と都市高速橋梁への適用, IHI 技報, Vol.52 No.1, pp59-63, (2012)
- 17) 猪瀬幸太郎, 神林順子, 川口勲, 大脇桂, 中西保正, 鋼床版Uリブ接合へのレーザ・アークハイブリッド溶接の適用, 溶接学会全国大会講演概要, 第83集, pp308-309, (2008)