

## ウェブギャップ板の補修溶接条件に関する検討

首都高速道路技術センター 正会員 平山 繁幸 仲野 孝洋  
 首都高速道路 正会員 木ノ本 剛

**1. はじめに：**疲労き裂が発生した鋼鈹桁橋のウェブギャップ板において、既設の板(t=9mm)を溶接で厚板(t=19mm)に取り替える対策が取られることがある。しかし、補修箇所床版ハンチ部において、コンクリートの浮き・はく落が確認される場合がある。既往の実験によって溶接時の熱が主桁上フランジや床版に悪影響を及ぼすことは知られているが、溶接条件の違いがどのような影響を及ぼすのかは明らかではない。

本稿では、溶接条件が既設構造物(RC床版)に及ぼす影響を把握し、既設構造物への影響を低減できる溶接条件の設定を目的として実施した溶接試験の結果について報告する。

**2. 溶接条件の絞り込み：**溶接試験は、2段階に分けて実施した。まずRC床版のない鋼部材のみの試験体(以下、鋼部材試験体)で溶接条件を絞り込み、その後RC床版の付いた試験体(以下、床版付試験体)でRC床版に対する溶接条件の影響を確認した。鋼部材試験体の形状を図-1に示す。溶接試験は、試験体を試験架台にボルトで接合した状態で実施した。フランジとウェブギャップ板は、ウェブギャップ板に図-1(c)に示す開先を設け、部分溶込み溶接で接合した。溶接は、図-1(d)に示すように、2回に分けて行っている。溶接ビードの継ぎ目となるまわし溶接部では、先行溶接の終端をグラインダで削り、その上から後行溶接を開始した。主桁上フランジ上面のウェブギャップ板直上に熱電対を設置し、溶接施工中の温度を計測した。また、溶接後にデジタルカメラ(三次元座標計測システム)を用いてフランジ上面の変位を計測した。試験ケースは、表-1に示す6ケースである。補修溶接はCO<sub>2</sub>溶接が基本であるが、現場の状況によっては被覆アーク溶接を用いることも想定されるため、溶接方法をパラメータの一つとした。被覆アーク溶接は、電流、電圧の調整が難しいため、パス数は6で固定している。パス間温度に関しては、主桁上フランジが高温とならないよう100を基本とした。パス間温度の影響を比較するA-2およびA-6は、150に設定している。各試験ケースの溶着金属量が同程度となるように施工した。

主桁上フランジ上面の最高温度を表-1に示す。表中の平均温度とは、1パス目開始から最終パス終了時までのフランジの平均温度である。被覆アーク溶接のA-1とA-2を比較すると、パス間温度を高くすれば、最高温度および平均温度が上昇しているのが確認できる。特に、平均温度はほぼ50上昇している。CO<sub>2</sub>溶接では、A-3~A-5の比較から、パス数が増えると1パスあたりの入熱量が低下することになるため、それに対応してフランジ温度も低下していることが確認できる。A-3とA-6を比較すると、被覆アーク溶接と同様、パス間温度が高くなれば、最高温度、平均温度が上昇する結果となった。

溶接時間について比較する。表-1中の上側溶接時間とは、主桁フランジとウェブギャップ板の溶接に要した時間、総溶接時間とは上側溶接時間に横桁フランジとウェブギャップ板、主桁ウェブとウェブギャップ板の溶接時間を加えたものである。総

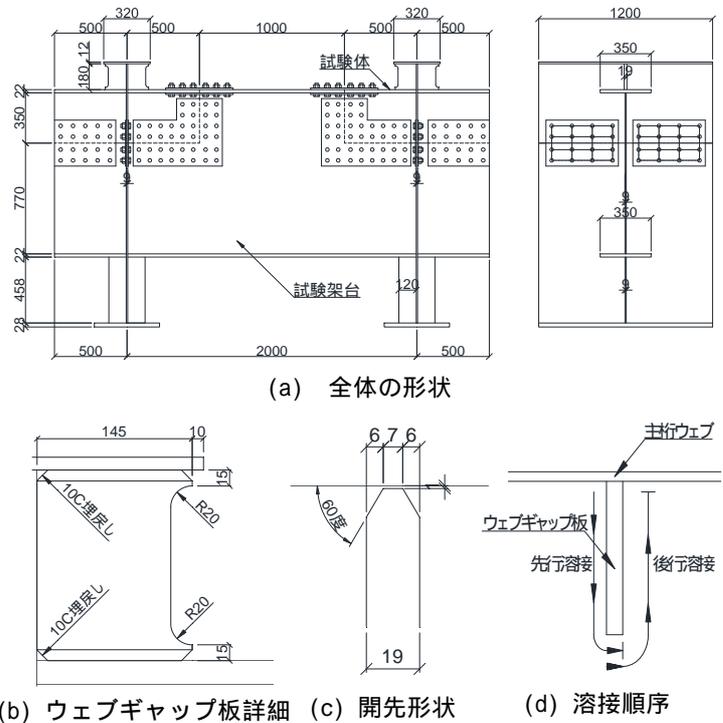


図-1 鋼部材試験体の形状

表-1 鋼部材試験体の試験ケースおよび試験結果

試験ケース	A-1		A-2		A-3		A-4		A-5		A-6	
溶接方法	被覆アーク		被覆アーク		CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	
溶接材料	低水素系		低水素系		フラックスワイヤ		フラックスワイヤ		フラックスワイヤ		フラックスワイヤ	
棒径 or ワイヤ径	3.2		3.2		1.2		1.2		1.2		1.2	
電流 (A)	150		150		210		210		210		210	
電圧 (V)	40		40		26		26		26		26	
パス数	6		6		6		10		15		6	
パス間温度 (°C)	100		150		100		100		100		150	
順序	先行	後行	先行	後行	先行	後行	先行	後行	先行	後行	先行	後行
上側溶接時間	30:26	35:00	16:04	21:50	32:42	26:12	40:01	38:46	38:28	46:02	15:27	21:58
総溶接時間	1:52:39		1:25:07		1:24:28		1:47:07		1:56:04		1:06:05	
最高温度 (°C)	337	280	305	342	368	296	260	285	214	223	256	486
平均温度 (°C)	116	124	169	182	131	145	129	143	123	127	170	205
平均入熱量 (J/mm)	1,297	1,303	1,267	1,309	1,212	1,142	805	893	485	507	1,293	1,379
総入熱量 (J/mm)	7,784	7,821	7,603	7,857	7,270	6,853	8,047	8,931	7,278	7,603	7,759	8,276

赤字はフランジ上面最高温度が300を超えた箇所

キーワード：ウェブギャップ板、溶接補修、溶接条件、溶接変形

連絡先：(一財)首都高速道路技術センター 〒105-0001 港区虎ノ門3-10-11 TEL:03-3578-5765 FAX:03-3578-5761

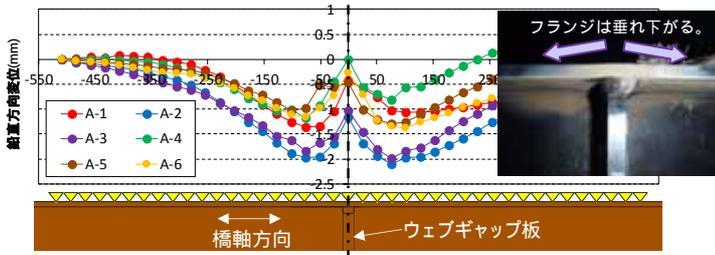


図-2 主桁フランジの鉛直変位

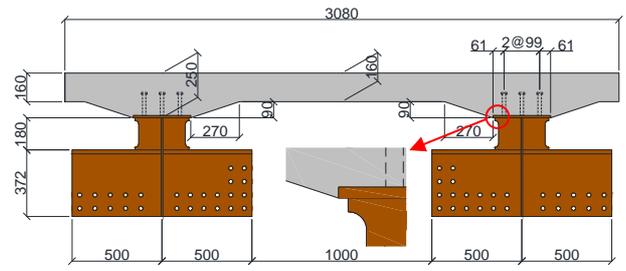


図-3 床版付試験体の形状

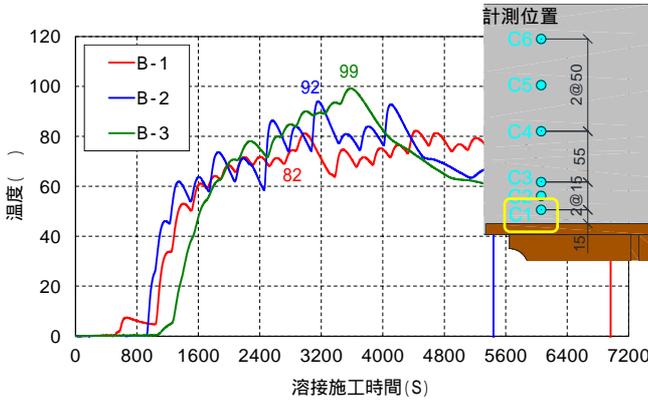


図-4 コンクリートC1での温度履歴

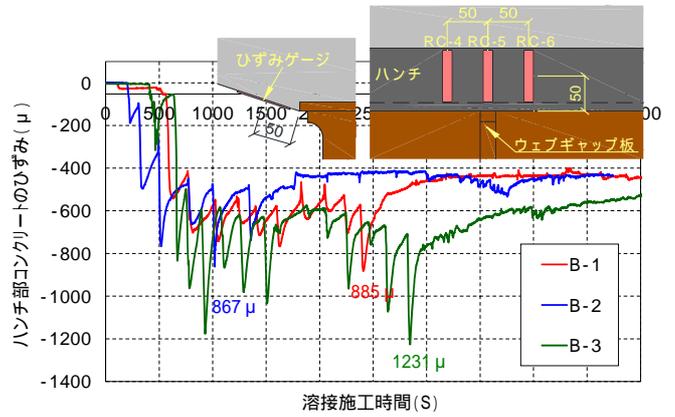


図-5 床版ハンチ部のひずみ履歴

溶接時間の平均は約1時間半である。被覆アーク溶接では、パス間温度を高くすることによって、総溶接時間は27分短くなった。CO<sub>2</sub>溶接では、パス数が少なく、パス間温度が高いA-6の総溶接時間は、A-4と比較して、41分短くなった。

全ての試験ケースにおいて溶接後に計測した主桁上フランジの試験体長手方向の鉛直変位を図-2に示す。計測したのは、フランジ端部から幅方向に10mmの位置である。フランジは、溶接金属の収縮によりウェブギャップ板を支点として角変形している様子が確認できる。最大変位は、溶接条件によらず、1~2mmであった。

以上の結果から、パス数を少なくし、パス間温度を高めを設定することで、溶接時間は短くなるものの、フランジの温度が500℃近くまで達するため、既設構造物にとっては厳しい条件になると考えられる。

**3. 既設構造物に対する溶接条件の影響**：鋼部材試験体の溶接試験結果を踏まえ、床版付試験体の溶接試験を実施した。試験体の形状を図-3に示す。既設橋梁では、ハンチはフランジコバ面まで打ち下ろしており、それがハンチ部の損傷に関係していると考えられている。試験体でもそれを再現した。溶接試験は、前章と同様、試験架台に試験体を取り付けた状態で実施した。試験ケースは、【B-1】CO<sub>2</sub>溶接、パス数：10、パス間温度：100℃、【B-2】CO<sub>2</sub>溶接、パス数：6、パス間温度：100℃、【B-3】CO<sub>2</sub>溶接、パス数：10、パス間温度：150℃の3ケースである。溶接施工中は、床版内のコンクリートの温度および床版ハンチ部表面のひずみを計測した。床版の温度は、図-4に示す位置に配置した熱電対で計測した。また、ハンチ部のひずみは、ウェブギャップ板を中心として50mm間隔で貼り付けたひずみゲージ(ゲージ長60mm)で計測した。

主桁上フランジに最も近いC1(フランジ表面から15mm)での温度履歴を図-4に示す。全ての試験ケースで、温度は溶接の熱サイクルに対応して変化している。しかし、コンクリートの温度が下がり切らないうちに次パスの溶接が開始されるため、熱が蓄積され、C1の温度は徐々に上昇している。図中には各試験ケースでの最高温度を示しているが、入熱量およびパス間温度が高くなることでC1での最高温度も上昇していることが確認できる。

各試験ケースで最大ひずみが発生した位置のひずみ履歴を図-5に示す。最大ひずみが生じるのは、ウェブギャップ板中心(図中のRC-5)、もしくはそこから50mm離れた位置(RC-4もしくはRC-6)であった。ハンチ表面のひずみは、溶接によって変形したフランジがハンチを押し出すことによって生じるため、圧縮ひずみである。各試験ケースの最大ひずみは、[B-1：885μ]、[B-2：867μ]、[B-3：1230μ]であった。溶接試験時のコンクリートの圧縮強度(38.7N/mm<sup>2</sup>)から、圧縮限界ひずみ、せん断ひずみを計算すると、圧縮限界ひずみは1299μ、せん断ひずみは260μとなる。ハンチ部表面にはく落等の変状が認められない試験体もあったが、それらは床版内部に変状が生じている可能性がある。

**4. まとめ**：本稿で得られた主な結果は次の通りである。1) 主桁フランジは、溶接条件によらず1~2mmの鉛直変位が生じる。2) 補修溶接時には、床版ハンチ表面に800~1200μの圧縮ひずみが生じるため、ハンチ部の浮き・はく離に留意する必要がある。3) 1パスあたりの入熱量を抑制し、パス間温度を低く設定することで床版への影響は最小限に抑えることができる。

なお、本稿は、首都高グループで実施した共同研究の成果の一部を取りまとめたものである。