

## §1 はじめに

### 1-1. 研究の背景と目的

近年、鋼橋に発生する疲労損傷が多く報告されており社会問題となっている。これらの疲労損傷の多くは溶接継手部から発生しているが、その原因として、溶接継手部は形状の不連続部となり応力集中が発生すること、溶接による大きな引張残留応力が継手部に存在することなどが挙げられる。溶接継手部、特に疲労亀裂の発生起点となる溶接止端部の応力集中は、継手形式・形状・寸法といった構造的な因子と、溶接止端部の曲率半径や止端角度（フランク角）といった局所的な鋭さに影響を受け、この応力集中により溶接止端部に発生する応力振幅が大きくなる。これらの影響は、前者は疲労強度等級分類や寸法効果を評価する補正係数などを用いて、後者は疲労強度のばらつきとして評価され、膨大な数の疲労試験や解析的な検討から溶接継手形式ごとに疲労強度等級が設定されている。一方、鋼板の集成箇所となる鋼橋の溶接継手部は、鋼板の組み合わせ精度や組み合わせによる剛性の急変などにより、付加的（二次的）な力が溶接継手部に作用する。この付加的な力によって、溶接止端部に作用する応力が大きくなり、溶接継手部の疲労損傷を促進させる場合も考えられる。鋼橋技術研究会施工部会の目違いWG（以下、本WG）では、この溶接継手部の材片の組み合わせ精度、すなわち「目違い」に着目し、この目違いが疲労に及ぼす影響について検討を行った。

溶接による「目違い」や「角変形」が溶接継手部に生じると、板軸と載荷軸との偏心により付加的な板曲げが生じる。これらの影響については、特に継手レベルのモデルを用いた疲労試験や数値解析を用いて従来から数多く検討がなされ、施工基準やその目違いの疲労に対する影響度の評価基準などが定められているものもある。先ず本WGでは、これらの基準類や既往の研究について調査し整理を行った。鋼橋に用いられる溶接継手形式は多岐にわたるが、道路橋示方書「鋼橋編」<sup>1)</sup>では目違いに関する事項として、突き合わせ溶接継手に対する板の組み合わせ精度のみ規定がなされている。一方、鋼橋の溶接継手で多く用いられ、かつ突き合わせ溶接継手よりも疲労強度等級の低い、十字継手や面外ガセット継手といった付加板溶接継手で疲労損傷が多く報告されている。これらの継手に関しては、例えば十字継手の基本モデルに対する目違いの影響に関する検討はあるものの、実構造物中におけるこれらの継手に対する目違いの影響を検討された例は殆どない。また、目違い量に関する管理基準については、国際溶接協会（IIW）<sup>2)</sup>や造船分野<sup>3)</sup>、建築分野<sup>4)</sup>などで管理基準は定められているものの、道路橋示方書では定められていない。

目違いが溶接継手の疲労に及ぼす影響度は、継手の境界条件や継手部の変形（回転）の拘束状態に大きく依存することが知られている<sup>2)5)</sup>。しかし、多くの材片が組み合わせる実構造物においては、材片相互で目違いによる付加的な変形を拘束することが考えられ、このような拘束状態についても鋼橋の溶接継手では不明な点が多い。特に鋼橋といった大型鋼構造物における十字継手の目違いの計測自体が困難であり、部材の製作段階に生じる実際の目違い量を把握しているような既往のデータも殆ど無いと考えられる。

そこで本WGでは、十字溶接継手や面外ガセットといった付加物溶接継手を対象とし、鋼橋製作時に生じる目違いの実態の把握、そして、それらの目違いが鋼橋溶接継手部の疲労に及ぼす影響を検討することを目的として活動を行った。具体的には、

- (1) 鈹桁橋および箱桁橋の主桁ウェブと横桁フランジの接合部で構成される十字溶接継手を対象とし、鋼橋技術研究会施工部会メンバー各社の協力により橋梁工場において目違いの計測を行い、

- (2) 目違いが溶接継手部の疲労強度に及ぼす影響を、止端部応力の増大（応力集中の増大）の観点から検討を行った。先ず、十字溶接継手の基本モデルを用いて、継手形状や拘束条件を主なパラメータとして、目違いの止端部応力への影響の検討を二次元 FEM 解析で行った。次に、主桁ウェブと横桁フランジの接合部で構成される十字溶接継手を対象として、目違いによる継手の回転を I 断面の横桁構造が拘束する効果について、種々の目違い形式および継手形状をパラメータとして三次元 FEM 解析で検討を行った。さらに、鋼板桁橋および鋼箱桁橋の全体モデルを作成し、主桁ウェブと横桁フランジの溶接継手について、横桁からの力に対して荷重伝達型十字継手と考えた場合の横フランジ側止端部や、主桁作用に対して面外ガセット継手と考えた時の主桁ウェブ側止端部の応力に対して、目違いの影響を解析的に検討し、基本モデルとの比較、すなわち鋼橋の当該継手部の目違いの影響度の特徴について検討を行った。
- (3) 前述の検討結果を踏まえて、実橋梁の設計的な疲労照査を行い、鋼橋溶接継手部の疲労強度に対する目違いの影響を評価した。

本報告書では、これらの検討の成果を

- 第 1 章： はじめに
- 第 2 章： 目違いに関する基準類の整理
- 第 3 章： 目違いに関する既往の研究の整理
- 第 4 章： 実橋梁部材の目違い計測
- 第 5 章： 目違いによる応力集中の増加
- 第 6 章： 鋼橋溶接継手部の疲労に対する目違いの影響評価
- 第 7 章： 終わりに

として取りまとめている。

## 1-2. 鋼橋の部材の製作過程にみる目違いの発生要因

図 1-2-1 に鋼橋の箱桁部材の製作過程と、主桁と横桁との交差部における十字溶接継手で生じる目違いの発生要因を示す。ここでは、横桁フランジと主桁ウェブを介して桁内に配置される控え材で構成される十字溶接継手を対象とした。

鋼板への罫書きと鋼板の切断後、パネル製作工程および小型部材の先行製作工程を経て、組立工程で箱型形状に製作される。パネル製作工程では、フランジおよびウェブの大型材片に補剛材の先行取付けが行われる。小型部材の先行製作工程では、桁内に配置されるダイアフラムへ開口部の補剛材および横桁仕口の控え材の取付け、横桁仕口のフランジとウェブの組立および溶接が行われる。この工程においては、ダイアフラムの切断精度、横桁仕口の控え材の取付け精度、横桁仕口のウェブの切断精度、および横桁仕口の直角度が目違いの発生要因となる。最後の組立工程においては、ダイアフラム建て込み時のダイアフラムの倒れ、横桁仕口の取付け時のズレと倒れが目違いの発生要因となる。製作過程における複数の目違いの発生要因が重畳して溶接継手の目違いとなる。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，丸善，2002
- 2) International Institute of Welding：Fatigue Design of Welded Joints and Components，  
XIII-1539-96/XV-845-96，1996
- 3) 日本船舶海洋工学会：日本鋼船工作法制度標準(JSQS)，2004
- 4) (社)鉄骨建設業協会・(社)全国鐵構工業協会 鉄骨製作管理技術登録機構：突合せ継手の食い違い仕  
口のずれの検査・補強マニュアル，平成 15 年
- 5) S J Maddox：Fatigue Strength of Welded Structures，Abington Publishing，1991



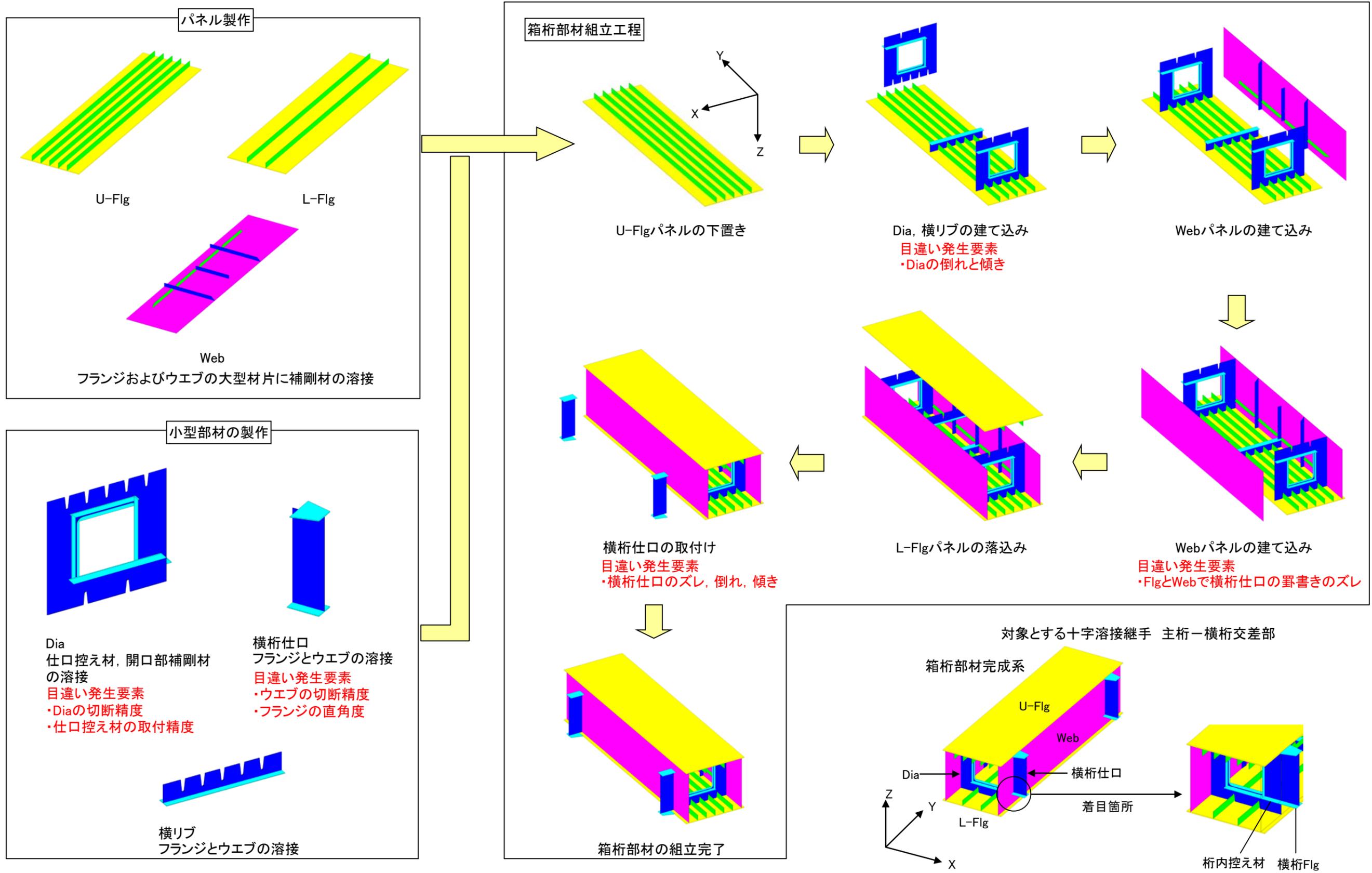


図 1-2-1 箱桁部材の製作過程にみる主桁と横桁の交差部における十字溶接継手の目違いの発生要因