

鋼橋十字溶接継手部に生じる目違いの疲労への影響

芝浦工業大学 学生会員 ○菅沼 翔伍
 芝浦工業大学 正会員 穴見 健吾
 三井造船株式会社 正会員 内田 大介

1.はじめに

溶接目違いにより、偏心による付加的な曲げが生じ、疲労強度の低下を招くことが知られている。しかし、本研究で対象とする十字溶接継手は、橋梁構造では、複数の板を三次元的に組み合わせて用いられていることが多く、その場合の目違いの影響は不明である。

そこで、本研究では目違いの影響に対する板組みの影響を検討することを目的とした。またその際、十字溶接継手に対する目違いの影響について継手形状や境界条件の影響を再整理するとともに、目違いのある場合の疲労強度評価法の検討も併せて行った。

2.目違いの影響(境界条件・継手形状)

2-1.解析の概要(二次元解析)及び目違い影響度

ここでは、十字溶接継手の目違いの影響について継手形状及び境界条件をパラメータとして検討を行った。解析モデルを図-1に、解析パラメータを表-1に示す。なお、本概要で示す結果は全て完全溶込み溶接とした場合の結果である。

本研究では、目違いのない場合の応力に対する目違いがある場合の応力の上昇度を目違い影響度と定義する。なお、JSSC 疲労設計指針では、十字溶接継手の応力上昇度 k_m を式(1)のように示している。

$$k_m = 1 + \lambda \frac{e\ell_1}{t(\ell_1 + \ell_2)} \quad (1) \quad \begin{cases} \ell_1 \leq \ell_2 (\text{各主板長さ}), t: \text{主板厚} \\ \lambda = 3: \text{完全拘束}, \lambda = 6: \text{非拘束} \end{cases}$$

2-2.解析結果

境界条件毎の目違い影響度について検討した結果を図-2に示す。ここでは、 $(T2, L, \ell) = (10, 6, 200\text{mm})$ モデル(左図: $T1 = 40\text{mm}$, 右図: $T1 = 10\text{mm}$)を対象としており、着目する主板表面の長手方向応力を用いて整理している。止端部での目違い影響度は、止端部から離れた一般部での影響度とは異なることが分かる。但し主板厚 40mm といった厚板モデルの止端部では、止端部近傍位置と比べて目違い影響度が若干大きくなっているモデルもあるのに対し、主板厚 10mm といった薄板モデルの止端部では止端部近傍位置よりも目違い影響度が明らかに小さくなっている。境界条件毎に比較すると、

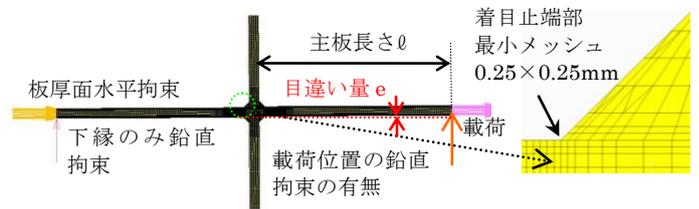


図-1 二次元解析モデル

表-1 解析パラメータ

パラメータ	値	右端の境界条件		
		右端の荷条件	右端の鉛直拘束	
主板厚 $T1$	10, 20, 30, 40mm	境界 (a)	無	一様引張
中板厚 $T2$	10, 20, 30, 40mm	(b)	有	一様引張
脚長 L (等脚)	6, 10mm	(c)	無	強制変位
主板長さ ℓ ($\ell = \ell_1 = \ell_2$)	200, 1000mm	(d)	有	強制変位
目違い量 e	0, 1mm			

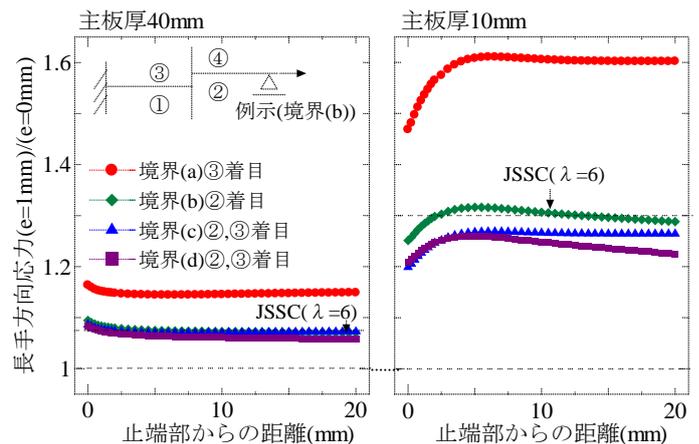


図-2 境界条件毎の目違い影響度

境界(a)が他の境界条件の2倍程度の影響となっており、目違いの影響には端部の境界条件が大きく影響することが分かる。

境界(b)について継手形状 $(T1, T2, L, \ell)$ の変化に伴う止端部の目違い影響度の変化について示した結果を図-3に示す。中板を挟む両側の主板長さが同じ場合、主板長さの変化による影響は、止端部では殆ど表れていない。また、中板厚、脚長による影響よりも主板厚の影響が大きい。このような傾向は、他の境界条件でも同様である。本研究の範囲内では、主板厚が小さい時には止端部の目違い影響度は式(1)よりも小さいが、本ケースの荷側(②)については式(1)と同程度だと言える。

キーワード: 目違いの影響, 十字溶接継手, 継手形状, 境界条件, 横桁ウェブ

連絡先: 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 穴見健吾 TEL: 03-5859-8352, anami@sic.shibaura-it.ac.jp

3.目違いを有する十字溶接継手の疲労強度評価

目違いがある時でも止端部応力やホットスポット応力(検討した外挿法:0.4T,1.0Tmm 法, 4,6mm 法)を用いて目違いが無い場合と同等に疲労強度評価が可能か検討した結果を図-4に示す。ここでは、境界(a)について、継手形状(T1,T2,L)を変化させた全ての検討結果を示している。疲労寿命計算には、き裂進展解析(Code:Franc2D)を行い、Paris則を適用した。目違いがある場合と無い場合を比較した時、ばらつき方は異なるものの、ばらつきの範囲は同程度であることから止端部応力及びホットスポット応力(HSS)範囲を用いて疲労強度を評価できる可能性があると言える。

4.板の取付けによる影響

本研究では、鋼橋の主桁・横桁交差部を対象とし、まわし溶接部の有無や十字継手に対して板(横桁ウェブ)が取付けられることによる影響について、横桁フランジ側止端部に着目した比較検討を図-5に示すモデルを用いて三次元解析を行った。図-5に示すモデルの拡大図中の赤線で示す止端部応力を用いて目違い影響度を算出した。表-2に解析対象の寸法・形状を示す。境界条件は境界(a)で検討を行った。

十字継手、まわし溶接部を考慮した十字継手、及び横桁ウェブを取付けたモデルに鉛直目違いを与えた時の影響度を固定側について比較した結果を図-6に示す。まわし溶接の有無による目違い影響度の差異は見られていない。しかし、横桁ウェブが取付けられたモデルでは、目違いの影響度が十字継手と比べて明らかに小さくなっていると言える。図-6で行った検討を載荷側について行った結果を図-7に示す。十字継手では、付加的な曲げが殆ど生じていないが、ウェブが取付けられたモデルでは、ウェブがフランジの鉛直変位を拘束しているため、載荷側でも固定側と同等の付加的な曲げが生じている。図-6,7より、横桁ウェブそのものが付加的な曲げを拘束する効果と十字継手で検討した端部の鉛直拘束をウェブが受け持つ効果の両方が表れていると言える。

5.まとめ

今回の検討により、従来の継手レベルで検討されてきた目違いの影響度と、実橋を模擬した板組みを有する継手に対する目違いの影響度は大きく異なることを示した。

謝辞:本研究は鋼橋技術研究会・施工部会(部会長:名古屋大学館石教授)目違いWGの検討の一環として行った。

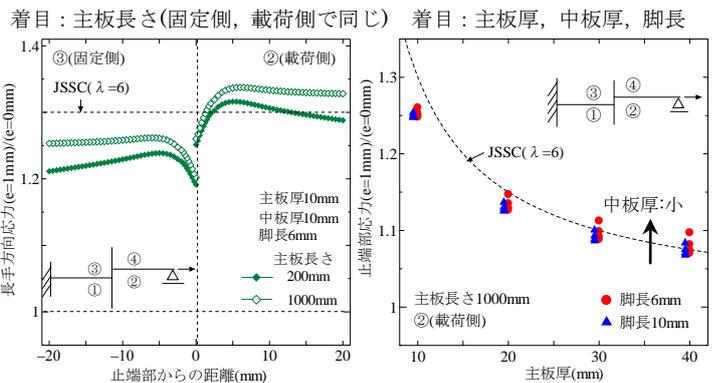


図-3 継手形状の変化に着目した目違い影響度の変化

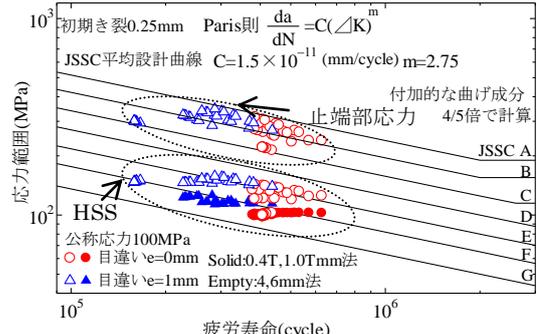


図-4 S-N線図

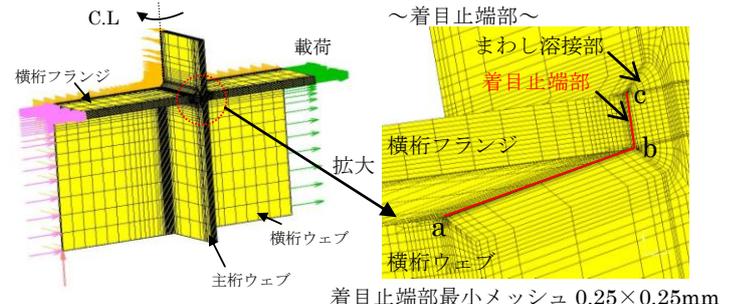


図-5 主桁・横桁交差部解析モデル

表-2 解析対象の寸法・形状

横桁フランジ厚	12mm	横桁ウェブ厚	8mm
主桁ウェブ厚	11mm	脚長(等脚)	6mm
横桁フランジ突出幅	100mm	横桁フランジ長さ	200mm

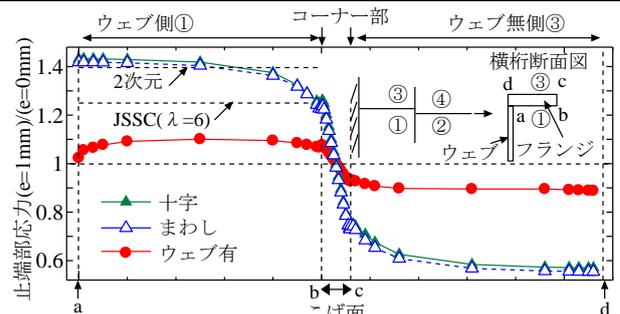


図-6 鉛直目違いを与えた時の目違い影響度(固定側)

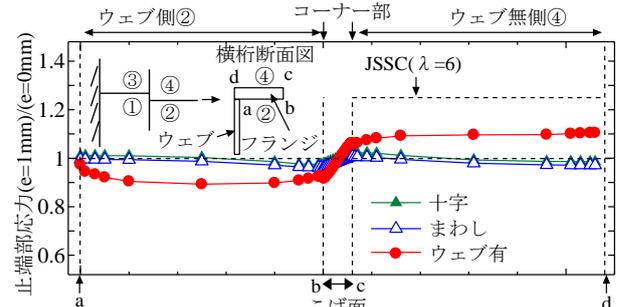


図-7 鉛直目違いを与えた時の目違い影響度(載荷側)