

§5 目違いによる溶接継手部の応力上昇に関する解析的検討

本章では、目違いの溶接継手部の疲労強度への影響を、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。まず、十字溶接継手モデルを用いて、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行った。その検討を踏まえ、鋼鈑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）の取合い部（仕口）の十字溶接継手止端部応力への目違いの影響を解析的に分析し、継手モデルとの比較、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。

5-1 継手モデルを用いた検討

(a) 二次元解析結果

ここでは、継手形状や境界条件を主なパラメータとし、先ず図 5-1-1 に示すような二次元解析モデルを用いて目違いによる溶接止端部（及びその近傍）の応力の増大、すなわち、目違いがある場合の応力値を目違いのない場合の応力値で除した値を目違いの影響度と定義し検討を行った。継手形状のパラメータは表 5-1-1 に示すとおりであり、主板厚 T_1 、中板厚 T_2 、脚長 L を主な解析パラメータとしている。境界条件のパラメータは主板端部（支持側・载荷側）の拘束条件、载荷条件を図 5-1-2 に示すように変化させた 4 つのケースの解析を行った。全てのモデルで止端部近傍の要素分割は同じとした。

本部会で対象とした主桁・横桁連結部の溶接部では、部材端部の拘束条件や荷重の伝達過程が複雑であり、これら境界条件の影響を検討するために、まず二次元解析で境界条件の影響について検討を行った。図 5-1-3 には、目違いが 1mm とし主板厚 T_1 が 40mm、10mm の場合の目違いの影響度（長手方向応力の増大率）を止端部からの距離で整理した結果である。なお、図中には、式 5-1-1 に示される、十字溶接継手の目違いによる応力上昇度として国際溶接協会（以下 IIW）[2] の評価式

$$k_m = 1 + \lambda \frac{e \ell_1}{t(\ell_1 + \ell_2)} \quad \cdot \text{式} 5-1-1$$

の値も示している。目違いの影響度は、対象とした 4 つの境界条件で大きく異なる。この式の中に現れる λ について、自由（非拘束）の場合は $\lambda = 6$ 、拘束の場合は $\lambda = 3$ とされている。

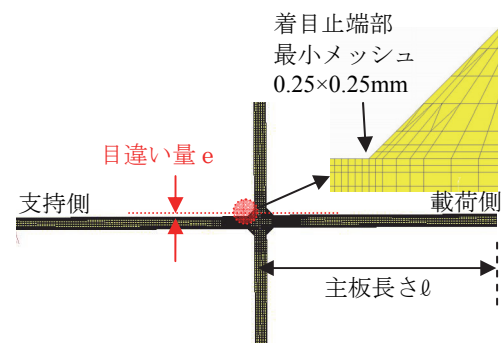


図 5-1-1 二次元解析モデルの一例

表 5-1-1 解析パラメータ（継手形状）

主板厚 T_1	10, 20, 30, 40 mm
中板厚 T_2	10, 20, 30, 40 mm
脚長 L （等脚）	6, 10 mm
主板長さ ℓ	200, 1000 mm
目違い量 e	0, 1 mm

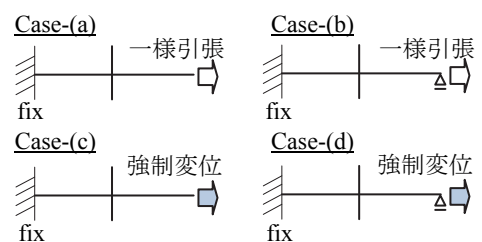


図 5-1-2 解析パラメータ（境界条件）

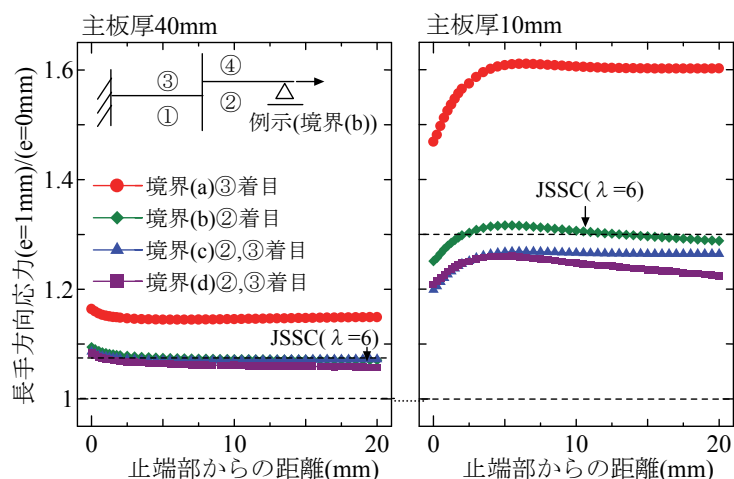


図 5-1-3 止端部からの距離と目違い影響度の関係

また, British Standard[3]では主板, 中板の端部の拘束条件により異なる λ の値が紹介されている。目違いによる影響度は拘束条件により異なることが分かるが, 境界(b), (c), (d)は概ね $\lambda=6$ に近い値となっている。なお, 境界(a)の場合には, 固定側にのみ式 5-1-1 ($\lambda=6$) の2倍程度の応力上昇が現れ, 载荷側の応力の変化は殆ど見られない。

なお, 詳細は割愛するが, ここで対象とした4つの拘束条件においても, 溶接止端部から離れた位置での目違いの影響度の分布の各境界条件での差異は簡易な梁理論で導ける。しかし, 止端部近傍(図 5-1-3 に示した解析ケースでは止端部から 5mm 程度)で目違いの影響度が変化しており, その傾向は主板厚により異なることが分かる。主板厚 T_1 が 10mm の場合には目違いの影響度が止端部近傍で大きく低下しているが, 主板厚 T_1 が 40mm の場合には止端部近傍で若干大きくなることが分かる。本報告では主に, この溶接止端部での目違いによる応力の上昇度に注目して検討を行う。

図 5-1-4 には, 境界条件は Case-(a)とし, 中板上下端の鉛直変位を拘束した場合の溶接止端部の目違い影響度と中板拘束長さの影響を示している。中板を拘束することにより, 目違いによる溶接部の回転を拘束することとなり, 目違いによる主板側の応力上昇を大きく低下させ, 本解析で最も中板拘束長さ D が小さい $D=24\text{mm}$ (主板厚 $T_1+2\times$ 脚長 L)とした場合には, 殆ど目違いによる応力上昇が見られていないことが分かる。

なお, 本部会で対象とした荷重伝達型十字溶接継手部には完全溶け込み溶接の他にすみ肉溶接も考えられる。図 5-1-5 には, 完全溶け込み溶接とすみ肉溶接の場合の止端部の長手方向応力(以下, 止端部応力)と目違い($e=1\text{mm}$)による止端部応力の増大率を示したものである。止端部応力そのものは明らかにすみ肉溶接の場合に大きい, 目違いによる応

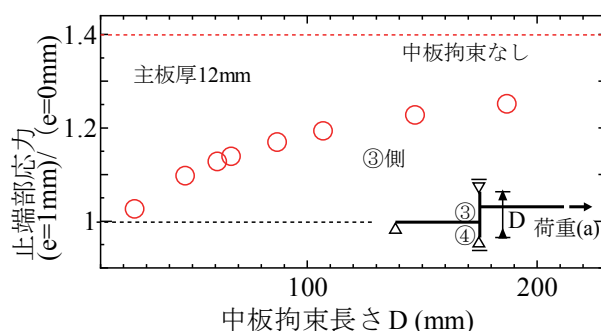


図 5-1-4 中板拘束の影響

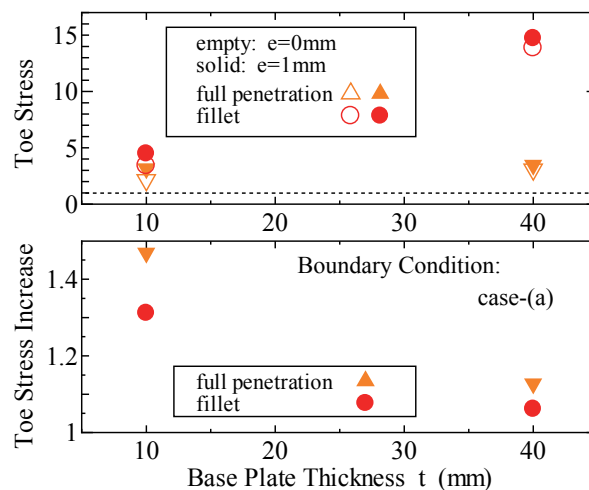


図 5-1-5 完全溶込み溶接とすみ肉溶接の目違い影響度の差異

力の上昇率は完全溶け込み溶接の方が大きい。そこで、以降では、完全溶け込み溶接の場合の解析結果を報告する。

図 5-1-6 には主板厚 T_1 ・中板厚 T_2 ・脚長 L をパラメータとし、目違いを 1mm 与えた場合の止端部の応力の上昇度を載荷側の境界条件毎に整理したものである。図中には式 5-1-1 に示した目違いによる応力の上昇率($\lambda=6$)を併せて示している。主板厚により目違いの影響度は大きく変化するが、境界条件により目違いの影響は非常に大きくばらつくことが分かる。特に主板厚 T_1 が小さい場合、止端部近傍で応力の比率が急激に低下する例も見られ(図 5-1-3)、境界(b)(c)(d)では、式 5-1-1 に示す目違いの影響度($\lambda=6$)よりも小さな値となっている。一方、主板厚 T_1 が大きい場合には止端部近傍で若干目違いの影響度が上昇する傾向が見られ、 $\lambda=6$ とした時の式 5-1-1 で求まる目違いの影響度付近に境界(b)(c)(d)の影響度がばらついていることが分かる。

なお、中板を挟んだ両側の主板長さが等しい場合にはどの境界条件でも主板長さによらず目違いによる止端部の応力上昇度には変化はなく、また主板厚 T_1 を 10mm~40mm とした場合、目違いが 1~5mm の範囲内で、目違いによる止端部の応力上昇度は目違い量に比例することを確認している。

図 5-1-7 は、目違いのある場合($e=1\text{mm}$)とない場合について、各解析モデルより得られた止端部応力とホットスポット応力の関係を示したものである。ホットスポット応力は止端部から $0.4T_1$ および $1.0T_1$ の位置(以下 0.4T-1.0T 法)およびより止端部近傍での応力変化を捉えるために止端部から 4mm, 6mm 位置(以下 4mm-6mm 法)の二点外挿で求めている。同図には、目違いの有無で分類し、止端部応力とホットスポット応力の関係を左図に、止端部応力およびホットスポット応力で評価した時の目違いの影響度の関係を右図に示している。4mm-6mm 法を用いた場合には、継手形状、目違いの有無にかかわらず、止端部応力とホットスポット応力の間に有る程度の相関関係が見られ、また目違いによる止端部応力の上昇も良く評価できることが分かる。一方、0.4T-1.0T 法を用いた場合には、止端部応力とホットスポット応力の間に明瞭な相関性は見られない。左図の目違いの影響度について見てみると、ホットスポット応力と止端部応力で見た目違いの影響度は、両方の外挿手法でほぼ良い相関関係

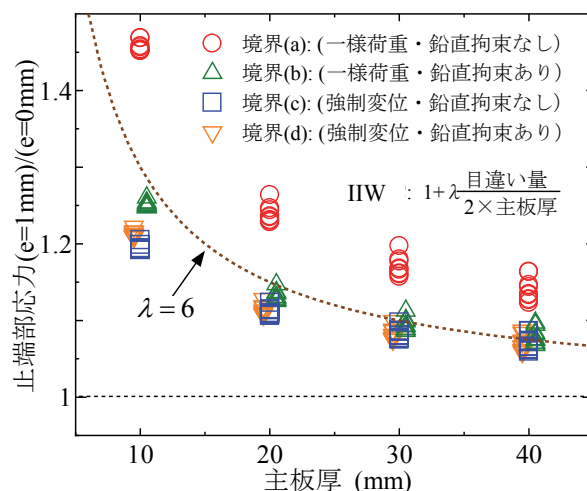


図 5-1-6 目違い 1mm による止端部応力の上昇度

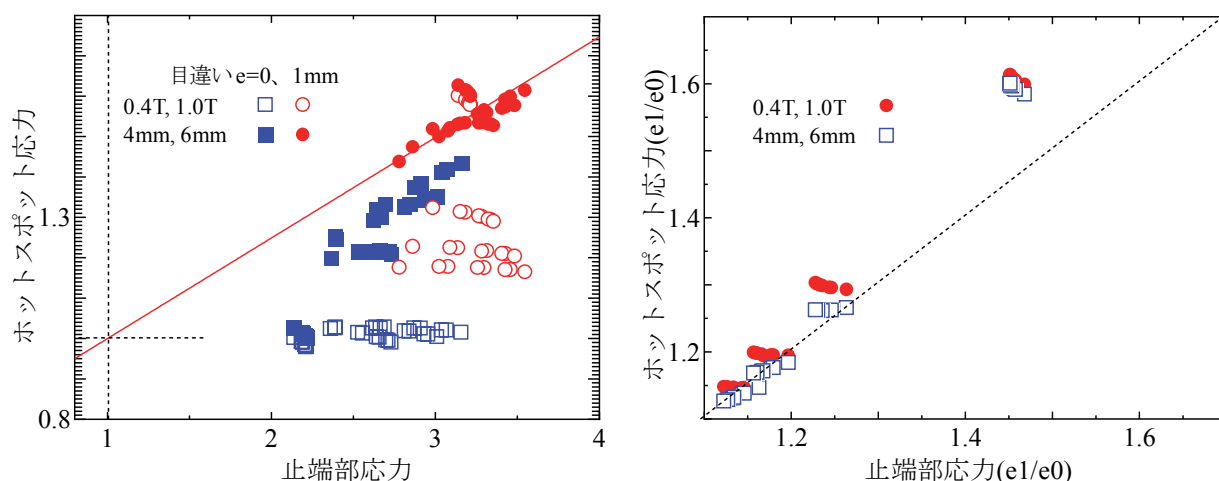


図 5-1-7 止端部応力とホットスポット応力の関係

が見られるが、4mm-6mm 法の方が若干良い相関関係を与え、0.4T-1.0T 法では止端部応力で見たい違い影響度より若干大きな影響度を与えることになることが分かる。

(b) 三次元解析結果

ここでは、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)が取り付けられることによる影響、すなわち目違いによる主板(横桁フランジ)の付加的な曲げ変形を拘束する効果について、横桁フランジ側止端部に着目した図 5-1-8 に示すモデルを用いて三次元解析を行った。最小メッシュサイズは二次元解析の場合と同様に $0.25 \times 0.25\text{mm}$ で全てのモデルで統一した。なお、解析で得られた止端部の応力および目違いによる応力の上昇度は図 5-1-9 の溶接止端部に示す線 a-b-c-d に沿う分布で整理している。なお、図 5-1-10 に示す二つの十字溶接継手の解析モデルを比較用に併せて解析に用いた。

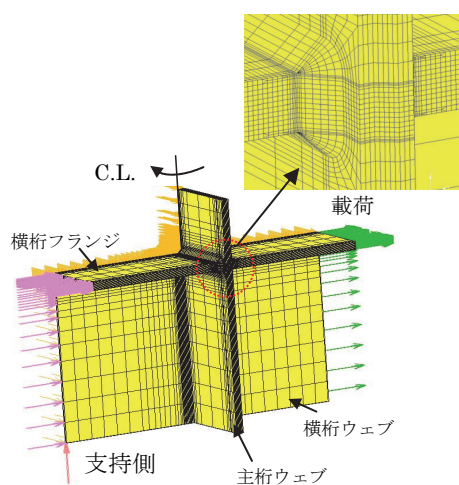


図 5-1-8 三次元解析モデル

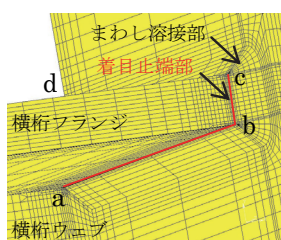


図 5-1-9 着目止端部

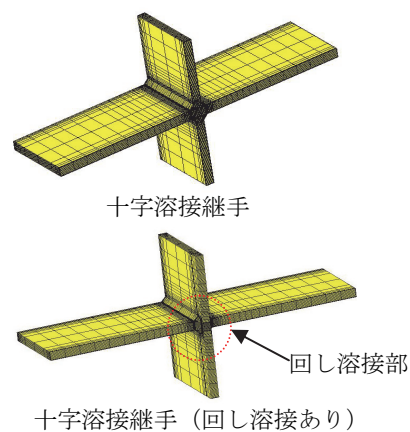


図 5-1-10 比較対象とした十字溶接継手モデル

まず、主板厚(横桁フランジ) $T_1=12\text{mm}$ ・中板厚(主桁ウェブ厚) $T_2=11\text{mm}$ ・脚長 $L=6\text{mm}$ 、横桁ウェブ厚 8mm 、横桁フランジ幅 100mm のモデルを用いて境界条件の差異の影響について検討した。ここでは図 5-1-2 に示す境界(a)および境界(b)についての比較を行った。図 5-1-11 には、鉛直方向に目違い $e=1\text{mm}$ を与え、境界条件をケース(a)とした場合の目違いの影響度の止端部に沿う分布を、図 5-1-9 に示す止端部 a-b-c-d を展開させた横軸を用いて整理した結果である。ここでは、比較対象の二つの十字溶接継手モデルの解析結果(図中「十字」が図 5-1-10 に示す十字溶接継手モデル、「まわし」がまわし溶接部の十字溶接継手モデルである)、および式 5-1-1 ($\lambda=6$) で計算される目違いの影響度を併せて示している。

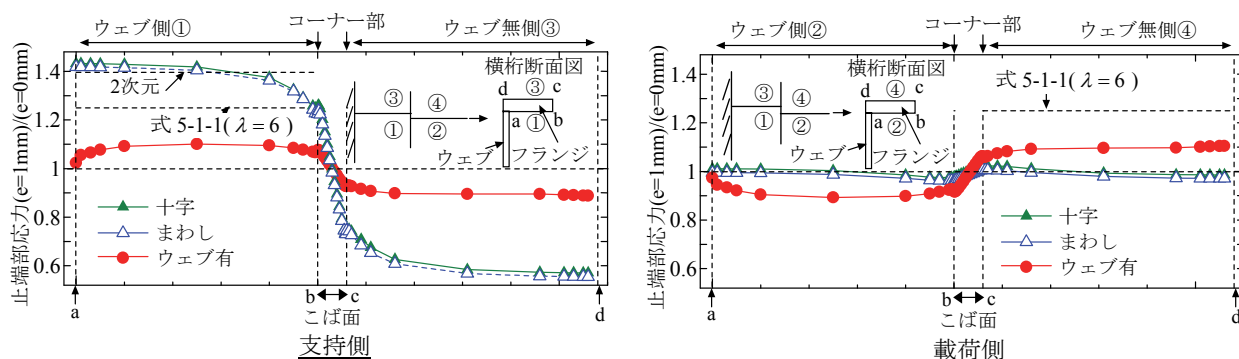


図 5-1-11 目違いの影響度(境界(a))

二次元解析では境界条件(a)で目違いの影響が大きく表れた支持側では、継手モデルについては、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が、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おり、式 5-1-1 ($\lambda=6$) に比較しても 50%程度の値となっている。横桁ウェブが存在する止端部 a の位置では目違いの影響度は全く現れていないが、止端部 a から若干距離が離れると（止端部 b に向かうと）、目違いの影響が現れていることが分かる。回し溶接部近傍でも、一般部と比較して目違いの影響度は若干小さい。また横桁ウェブ直上の止端部 d でも目違いの影響が現れている。

一方、二次元解析では目違いの影響度が全く見られなかった载荷側でも、横桁ウェブが取り付けられたモデルでは支持側とほぼ同等の影響が見られていることが分かる。図 5-1-12 には、支持側のみであるが、境界条件(a) (b)の二つの解析結果を比較しているが、図 5-1-3 に示す二次元解析結果で見られたような主板上部の境界条件による目違いの影響度の差異は見られていない。

図 5-1-13 に境界条件(a)の場合の、十字溶接継手モデルと横桁ウェブ有りモデルの変形図を示すが、主板上部（横桁フランジ）の変形状態が大きく異なっている。十字溶接継手モデルでは载荷側には付加的な曲げ変形が生じていないのに対し、横桁ウェブ有りモデルでは横桁ウェブが付加的な変形による主板上部（横桁フランジ）の鉛直変位を大きく低減する効果により、二次元解析で見られた境界(b)の場合のように、支持側、载荷側とではほぼ同等の目違いの影響度が得られ、境界(a)および(b)といった端部の境界条件による差異も見られなくなったものと考えられる。

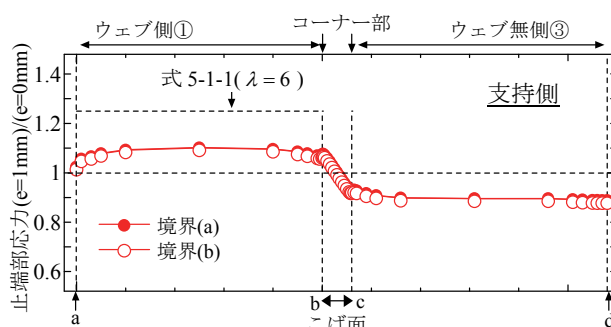


図 5-1-12 目違いの影響度の比較（境界(a) (b)）

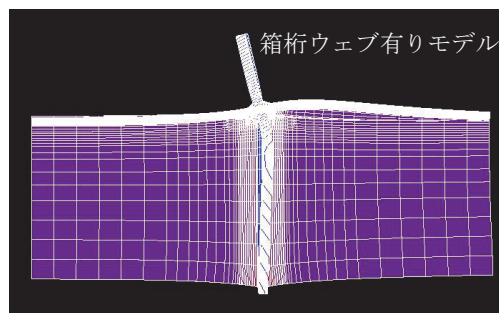
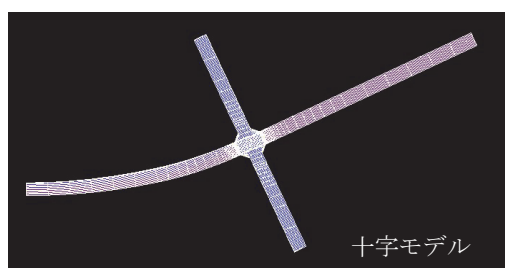


図 5-1-13 変形図の比較（境界(a)）

この横桁ウェブの存在による目違いの影響度の低減効果は継手を構成する板の寸法・形状にも大きく影響を受けると考えられる。そこで、ここでは主板上部（横桁フランジ）の板厚 T_1 および板幅を変化させた場合についても同様の解析を行った。図 5-1-14 には主板上部 T_1 を変化させた場合の止端部の目違いの影響度の変化を示したものである（鉛直目違い量 1mm）。主板上部 T_1 の増大に伴い、付加的な曲げに対する剛性が増大するため、目違いの影響度は低下する。しかし、横桁ウェブが存在することにより、式 5-1-1 により計算される目違い影響度 ($\lambda=6$) より目違い影響度が低下する効果は小さくなっている。これは横桁ウェブ厚、横桁フランジ幅および主桁ウェブ厚を変更せずに横桁フランジ厚のみを変更しているために、全体の曲げ剛性に対する横桁ウェブの存在の寄与率が、横桁フランジ厚を増加させた場合に低下するためと考えられる。例えば、主板上部 $T_1=12\text{mm}$ では式 5-1-1 ($\lambda=6$) から求めた目

違い影響度の 45%程度まで横桁ウェブの存在により低下していたが、主板厚 $T_1=25\text{mm}$ では式 5-1-1 ($\lambda=6$) から求めた目違い影響度の 75%程度であった。

図 5-1-15 には中板厚（主桁ウェブ厚） T_2 を変化させた場合の止端部の目違いの影響度の変化を示したものである。主板厚 T_1 は 25mm である。二次元解析の場合同様に、中板厚の増大に伴い、目違いの影響度が低下していることが分かる。この傾向は十字継手モデル（二次元解析）でも見られていたが、横桁ウェブの存在により継手部の変形を拘束される今回の解析ではより顕著に表れているといえる。

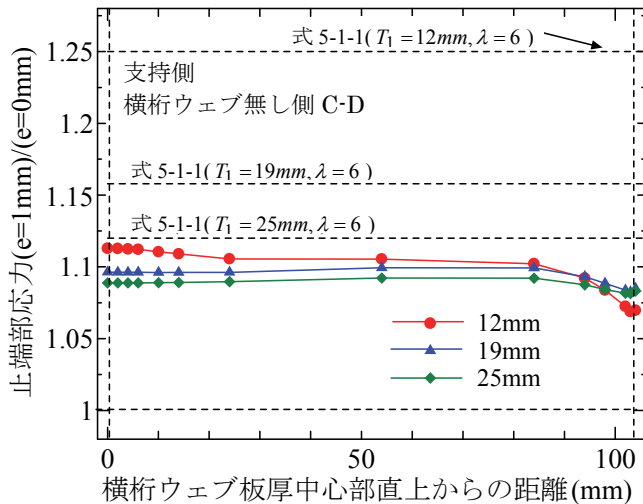


図 5-1-14 主板（横桁フランジ）圧の影響

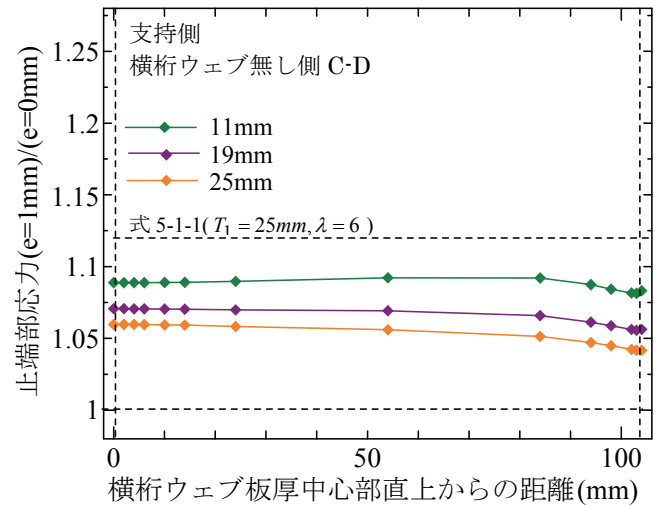


図 5-1-15 中板（主桁ウェブ）厚の影響

図 5-1-16 には主板（横桁フランジ）幅増大に伴う目違い影響度の変化を示している。若干であるが、主板幅が大きくなると目違いの影響度が大きくなることが分かる。これは横桁フランジ幅の増大に伴い、継手の回転変形を抑える横桁ウェブの働きが相対的に小さくなっているためと考えられる。

なお、図 5-1-8 に示すモデルでは、横桁フランジに対して横桁ウェブの反対側に鋼板（例えば補剛材）が配置されていないが、実橋梁においては配置されている場合もある。そこで、図 5-1-17 に示すように図 5-1-8 のモデルを用いて横桁フランジ上部に板を横桁フランジと主桁に取り付けたモデルを用いて解析を行った結果を図 5-1-18 に示す。モデルは主板厚（横桁フランジ） $T_1=12\text{mm}$ ・中板厚（主桁ウェブ厚） $T_2=11\text{mm}$ ・脚長 $L=6\text{mm}$ 、横桁ウェブ厚 8mm 、横桁フランジ幅 100mm のモデルである。横桁フランジ上部に補剛材が設置されている場合でも、補剛材の設置部に相当する止端部 d の位置近傍以外、目違いの影響度は設置していない場合と殆ど変化が無いことが分かる。

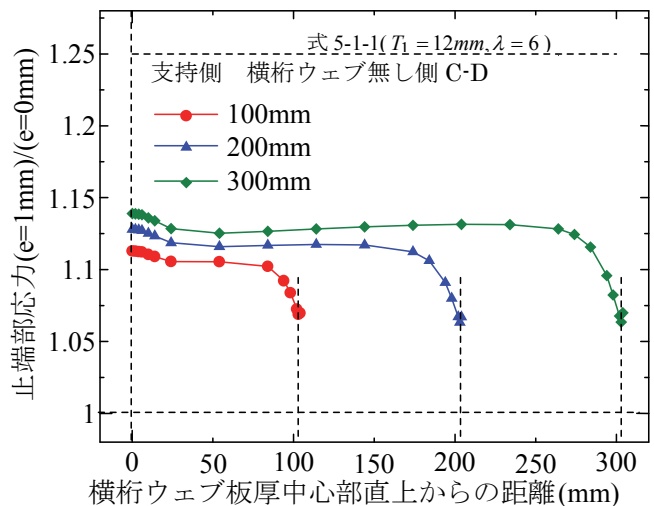


図 5-1-16 主板（横桁フランジ）幅の影響

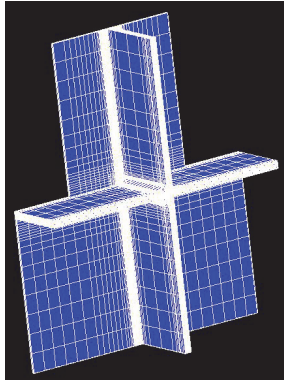


図 5-1-17 補剛材付きモデル

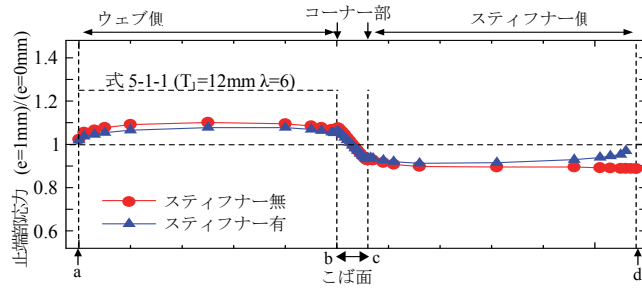
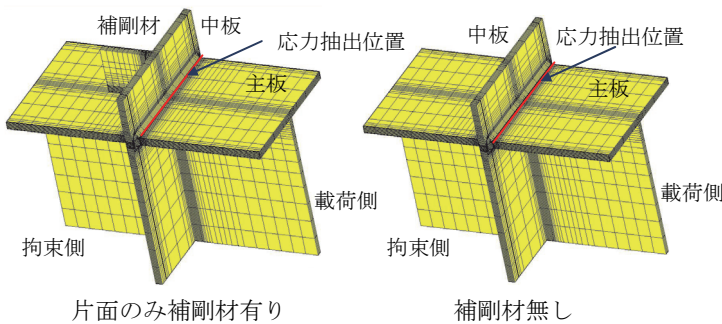


図 5-1-18 補剛材の影響

また、次節で解析モデルとして用いる箱桁モデルでは、仕口フランジ下には補剛材は取り付けられていないが、箱桁内部ではダイアフラムが存在する、すなわち図 5-1-17 に示す補剛材が中板（主桁ウェブ）に対して片側にしか存在しない状態となっている。このような場合についても解析を行った。図 5-1-19 に解析モデル、図 5-1-20 に応力値および目違いの影響度について補剛材が無いモデルと比較して示す。目違いは、载荷側を拘束側に対して 1mm 下げる方向で与えている。板厚等その他の形状は図 5-1-7 に示すモデルと同じである。応力値は、中板を挟んで背面にのみ補剛材がある場合には、横桁ウェブ直上位置で応力が非常に大きくなるが、目違いの影響度は補剛材無しの場合と比較して横桁ウェブ直上で非常に小さくなっており、図 5-1-18 に示した中板を挟んで両側に補剛材が付いた場合と同様な傾向となっている。



片面のみ補剛材有り

補剛材無し

図 5-1-19 解析モデル（片面のみ補剛材有り）

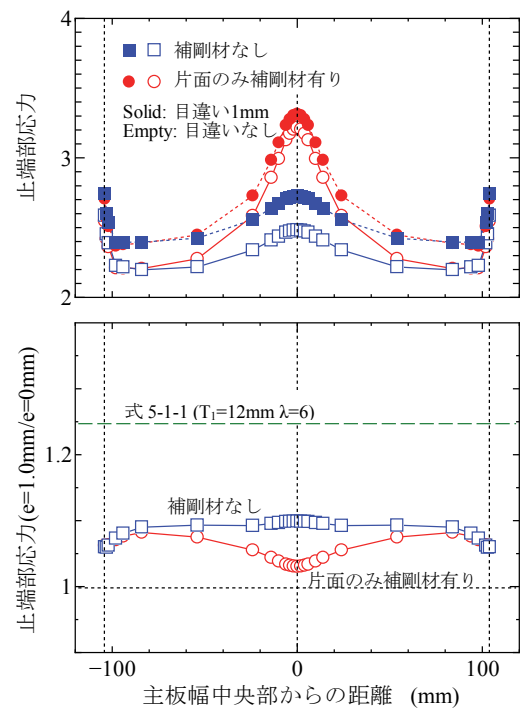


図 5-1-20 片面の補剛材の影響

ここまでは鉛直目違いについて検討してきたが、第 4 章の目違い計測でも示したように、実構造物では同様に水平目違いも生じる可能性がある。そこで、横桁フランジ、および横桁フランジと横桁ウェブに水平目違い 1mm を与えたモデルを作成し水平目違いの影響を検討した。検討結果を図 5-1-21 に示す。 $T_1=12\text{mm}$ ・中板厚（主桁ウェブ厚） $T_2=11\text{mm}$ ・脚長 $L=6\text{mm}$ ，横桁ウェブ厚 8mm，横桁フランジ幅 100mm のモデルである。十字溶接継手モデルに水平目違いを与えた場合、および横桁フランジのみに水平目違いを与えた場合には、目違いの影響度は小さく、その影響度も横桁フランジこば面付近に限定的であるのに対し、横桁ウェブにも水平目違いを与えた場合には他の二つのモデルよりも目違い

の影響度は大きく、横桁フランジ全体に目違いの影響が見られている。図 5-1-22 には、水平目違いを与えた場合の変形図を示している。横桁フランジだけでなく、横桁ウェブにも水平目違いを与えた場合には、横桁ウェブの目違いにより、主桁ウェブが回転し、その主桁ウェブの回転が横桁フランジに更なる付加的な曲げを生じさせていることが分かる。一般的に目違いの影響は鉛直目違いの影響について検討されることが多いが、水平目違いについても、同様に検討する必要があると言える。

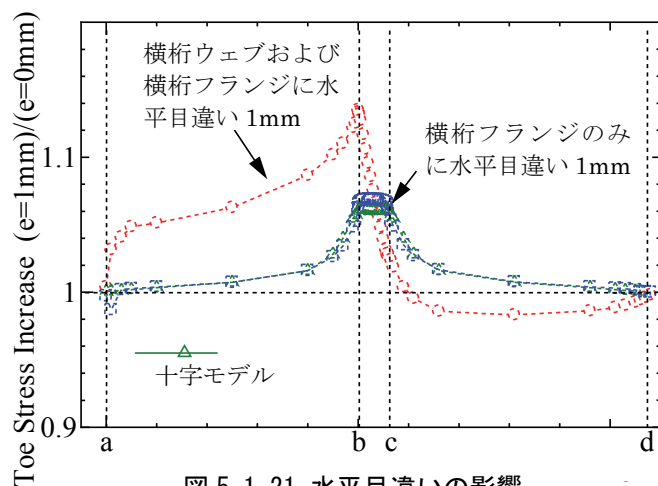


図 5-1-21 水平目違いの影響

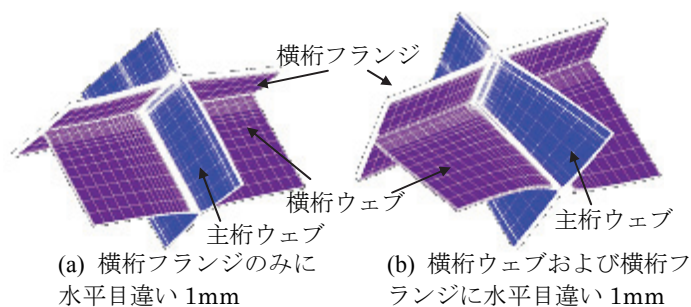


図 5-1-22 水平目違いを与えた場合の変形図

ここまでは、主板同士が主板に対して直角（鉛直目違い）もしくは水平（水平目違い）にずれているケースについて検討した。しかし、現実には、図 5-1-23 に示すように、主板同士がねじれるような形にずれている目違いが生じることも考えられる。そこで、ここでは、図 5-1-24 に示すような解析モデルを作成し、同量の鉛直目違いを与えた場合と比較検討を行った。なお、解析に用いた境界条件は Case-(a) であり、同図(a)は「ねじれた目違い」、(b)は「鉛直目違い」を 1.8mm 与えた場合について、長手方向応力と変形図を併せて示している。鉛直目違いを与えた場合には、主板が面外に曲げられる変形が見受けられるが、「ねじれた目違い」を与えた場合には主板がねじれるような変形をすることが分かる。溶接止端部について、目違いによる応力上昇を比較した結果を図 5-1-25 に示す。同量の目違

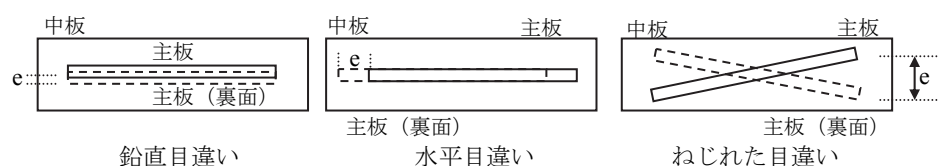


図 5-1-23 考えられる目違いの種類

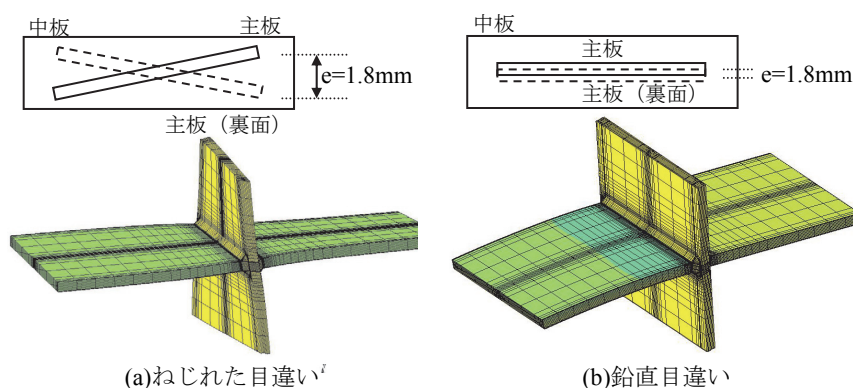


図 5-1-24 解析モデルと変形図

いを与えた結果であるが「ねじれた目違い」を与えた場合には、鉛直目違いを与えた場合と比較して、応力上昇度は非常に小さいことが分かる。なお、式 5-1-1 ($\lambda=6$) より求めると本モデルが主板厚 12mm であるために目違いの影響度は 1.45 となるが、図中には 1.9 の位置に破線で示している。これは、本解析では拘束条件として Case-(a) を選択しており、この場合、目違いの影響が中板に対して拘束を与えている主板側にのみ生じるためである。

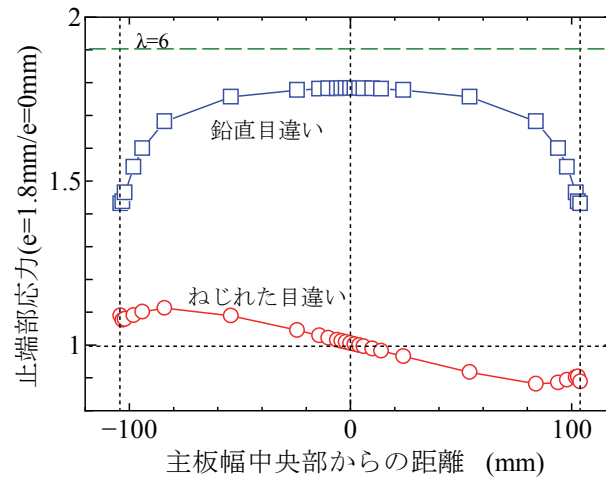


図 5-1-25 ねじれた目違いの影響度

(c) 溶接ビード形状の不均一の影響

ここまで議論してきたように、目違いによる疲労への影響は、荷重軸と部材軸がずれ、偏心による付加的な曲げが重畳されることによるものである。しかし、実橋梁で発生する目違い量は第 4 章で計測したように 3mm 程度である。この目違い量の大きさと溶接脚長の板表裏の不均一の大きさはそれほど異なるものではなく、ここでは、その溶接ビード形状の不均一の止端部応力の影響について簡単に考察を加える。なお、参考までに、ある橋梁工場にて箱断面桁橋、I 断面桁橋の主桁ウェブにある溶接ビード形状を測定した結果をそれぞれ図 5-1-26、図 5-1-27 に示す（印象材を 5mm にスライスして測定）。特に図 5-1-26 に示す箱断面桁に取り付けられるブラケットと主桁ウェブの溶接部では開先形状の関係からブラケットのフランジの表裏で大きく溶接脚長が異なっていることが分かる。ここでは、ここに見られるような主板側の表裏の脚長の不均一による止端部応力集中への影響について検討を行う。

まず十字溶接継手の主板表面の脚長の差異の影響を検討することを目的として、図 5-1-28 に示す主板厚および中板厚が 9mm の十字継手モデル（二次元解析）を用いて検討を行った。溶接脚長は 6mm の等脚溶接を基本としている。拘束条件は Case-(a)（左端部拘束，右端部一様引張荷重）である。この溶接部の右上側の溶接脚長のみを変化させた場合の止端部応力集中の変化を図に示す。図中○内の数字は脚長を、止端部にある数字は止端部の長手方向応力を公称応力で除した応力集中の値である。脚長が大きくなると、溶接止端部の応力が低下し、主板の裏側の応力は増大している。一方、中板の反対側の主板側止端部の応力集中には殆ど影響がないことが分かる。脚長差が大きくなるに従い、その応力集中の変化量は大きくなることが分かる。

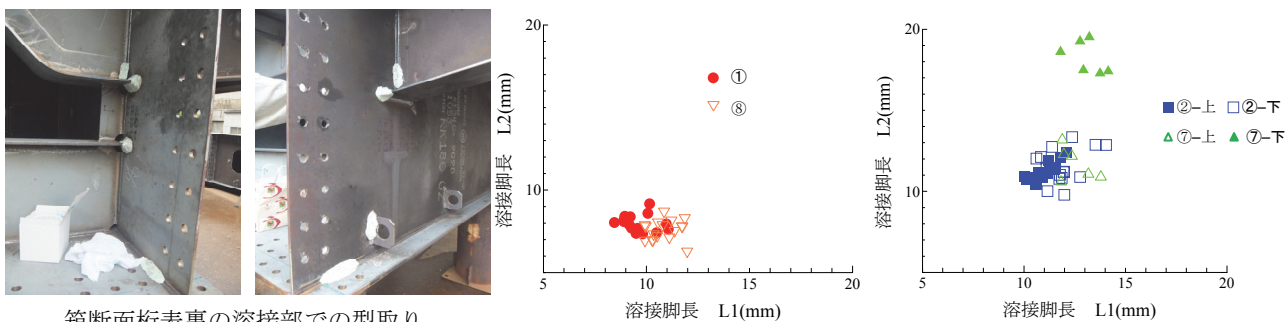


図 5-1-26 橋梁部材での測定状況とビード形状測定結果（箱断面桁）

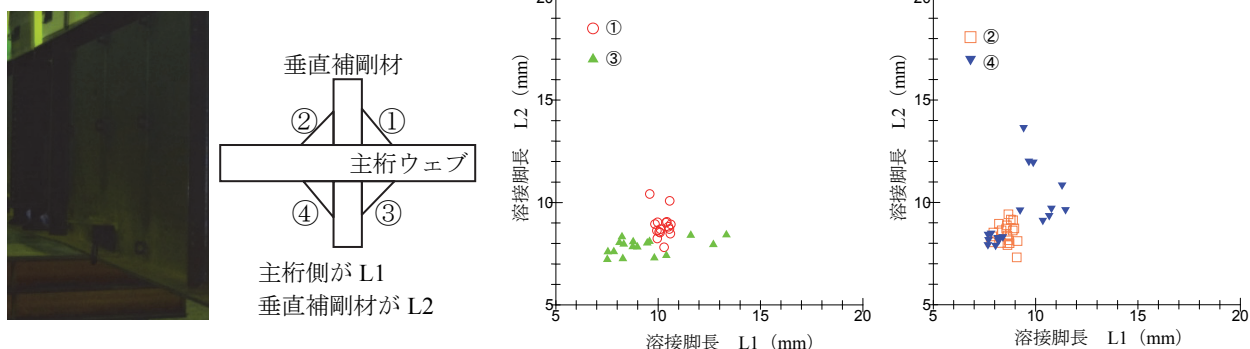


図 5-1-27 橋梁部材での測定状況とビード形状測定結果（I 断面桁）

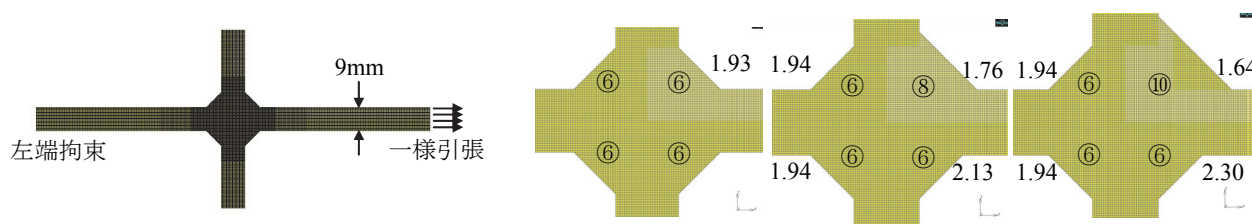


図 5-1-28 溶接止端部の形状不均一による止端部応力の上昇

図 5-1-29 に変形図と長手方向応力分布を示す。主板を挟んで脚長にアンバランスがある場合には、脚長の大きい側に曲がる付加的な曲げが生じていることが分かる。しかし主板表面の長手方向応力分布を見ると、応力が上昇する領域が非常に局部的なことが分かる。

なお、拘束条件を Case-(b)（左端拘束、右端一様引張载荷及び下点鉛直拘束）にて解析した結果を図 5-1-30 に示すが、目違いがある場合と異なり、主板を挟んで脚長のアンバランスがある方がのみが応

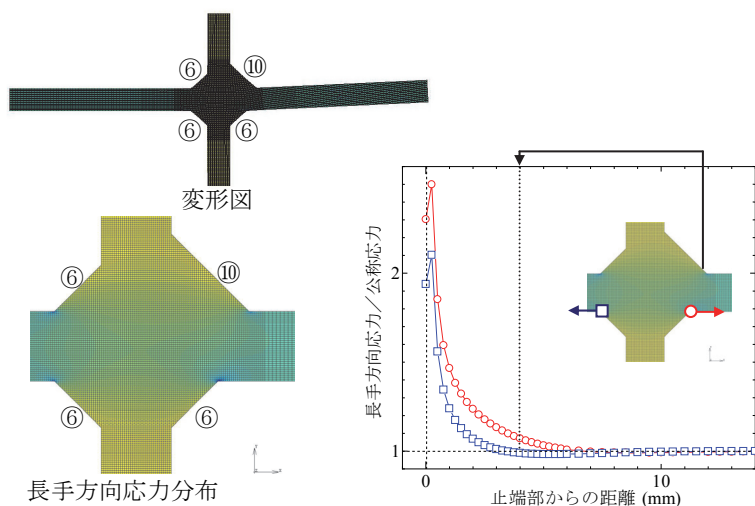


図 5-1-29 変形図と長手方向応力分布

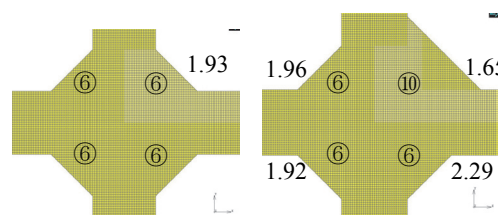


図 5-1-30 境界条件を Case-(B) とした場合

力の増減が見られ、若干 Case-(a) の場合とほぼ同等の増減であることが分かる。

主板厚、中板厚を 12mm とした場合の結果を含めて拘束条件 Case-(a) の場合の応力集中増減率を表 5-1-2 にまとめる。主板厚を 9mm から 12mm に増大することにより、応力集中の増減率は小さくなり、その比率も目違いの場合と同様にほぼ板厚比に反比例 ($9/12=0.75$) していることが分かる。なお、止端部半径を導入したモデルを用いた場合でも、同様の応力集中の増減が見られている。

板厚 9mm の場合、脚長差が 2mm の場合 9~10%程度の応力増減が見られている。式 5-1-1 ($\lambda=6$) に板厚 9mm、目違い量 2mm を代入した場合には目違いの影響度は 1.66 となり、一般的な目違いの影響よりは 1/6 程度に小さな値となっている。

表 5-1-2 応力集中の増減率

止端部応力	板厚 9mm			板厚 12mm		
脚長が	6-6-6-6	6-6-6-8	6-6-6-10	6-6-6-6	6-6-6-8	6-6-6-10
大きい方	1.93	1.76	1.63	2.08	1.95	1.85
		0.91	0.85	0.71	0.94	0.89
						0.76
小さい方	1.93	2.13	2.30	2.08	2.24	2.39
		1.10	1.19	0.72	1.08	1.15
						0.76

本部会で対象とする主桁（ウェブ）と横桁（フランジ）の取合い部（仕口）の溶接部に関して、ここまで横桁から伝達される応力を想定して荷重伝達型十字溶接継手として検討を行ってきたが、主桁の曲げに関しては面外ガセット継手とみなすことができる。そこで、同様な溶接脚長の脚長の不均一の影響について、面外ガセット継手を対象にソリッド要素を用いて検討した結果（1 例のみ）を示す。主板厚は 9mm、主板幅 100mm、ガセット長さ 120mm、ガセット高さ 90mm、ガセット厚 12mm とし、脚長を主板の表裏で 10mm および 6mm で構成したものである（溶接線全線に渡って脚長は一定である）。解析モデルおよび解析結果を図 5-1-31 に示す。

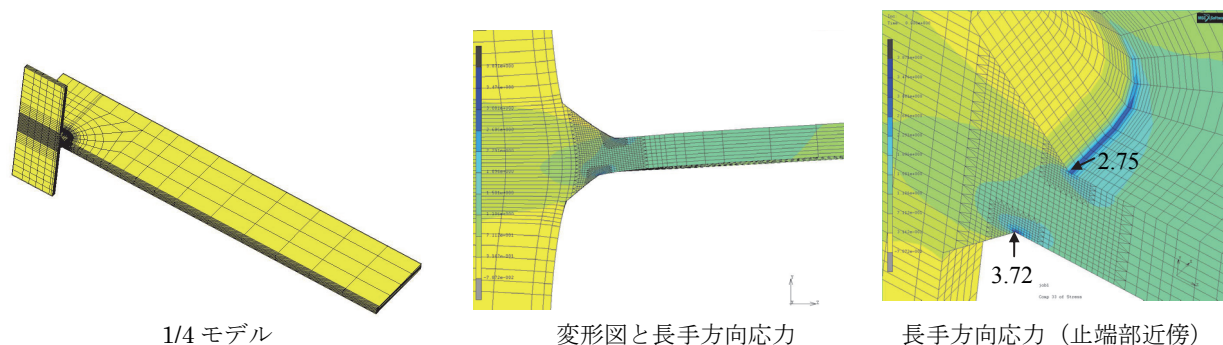


図 5-1-31 面外ガセット継手の脚長アンバランスが応力集中に与える影響

二次元解析の場合と同様に溶接脚長が小さい方の溶接止端部の方が応力集中（図中数字は止端部の長手方向応力を公称応力で除した値）が大きくなっていることが分かる。主板両側のビードの脚長が 6mm の場合には応力集中は 3.21 であり、-13.5%/17.0%の応力上昇となっている。図 5-1-32 には、長手方向応力の主板表面の長手方向分布（止端部からの距離で整理）を示している。全て脚長が 6mm の場合と比較した場合、二次元解析の場合よりも応力分布が変化している領域が 20mm 程度と広がっているが、基本的に非常に狭い領域に限られている。また、溶接止端部近傍で脚長が短い方が引張となるような曲げが生じていることを、溶接部から離れている領域が拘束することによりその領域の外側

では反対側の曲げが生じていることが想定される。また、応力増減率を二次元解析（十字継手の場合）と比較すると、若干小さいが、ほぼ同程度の増減率となっていることが分かる。

なお、主板幅を 200mm にした場合には、-11.6%/16.1% 程度の増減率となり、主板幅の増大により若干低下するようである。

式 5-1-1（ $\lambda=6$ ）に示される提案式によると、主板厚 9mm で目違い 4mm の場合の応力増分率は、

$$1 + 3 \times \frac{e}{t} = 1 + 3 \times \frac{4}{9} = 2.33$$

となる。明らかに脚長のアンバランスの影響は小さく目違いの影響の 1/7 程度であり、十字継手を模擬した二次元解析と同様の傾向であった。

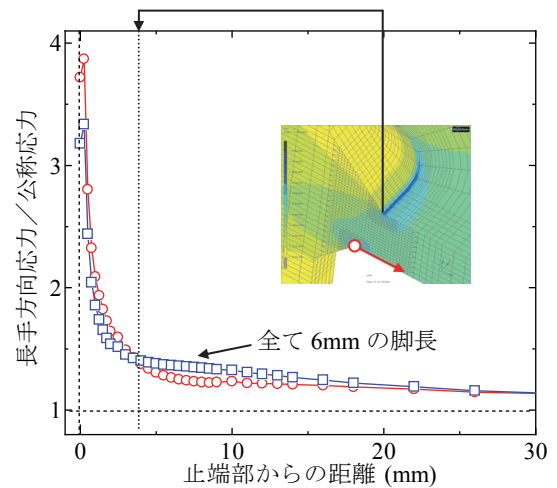


図 5-1-32 長手方向応力分布

5-2 実橋梁における主桁ウェブ-横桁フランジ溶接部の目違いの影響

第3章では目違いの影響についての既往の研究について、また前節では特に継手モデルを用いて荷重伝達型十字溶接継手を対象とした目違いの影響を様々なケースについて解析的に検討を行った。本節では、鋼橋主桁ウェブと横桁フランジの溶接部を対象として検討を行った。鋼橋は非常に大きな構造物であり多くの鋼板が複雑に組み合わさって構成されていること、交通荷重などが移動する移動荷重であること、また荷重が床版上に存在し、主桁作用だけでなく、主桁のたわみ差などに起因した応力などが発生することなど、前節までに検討してきた継手の形状や荷重状態などが大きく異なると考えられ、鋼橋特有の目違いの影響の評価について、継手モデルとの差異の有無を含めたその特徴を検討しておく必要があると考えられる。そこで本部会では、実存する鈑桁橋および箱桁橋の全体解析モデルを作成し、実鋼橋における目違いの影響について主桁ウェブと横桁フランジの溶接部を対象に解析的な検討を行った。

5-2-1 鈑桁橋

(a) 解析モデル

図5-2-1に対象とした20年程度前の都市高速道路の標準図集を参考に製作した7主桁単純合成I桁橋（橋長30m，橋幅員16m）を示す。荷重分配横桁下フランジ仕口を対象として検討を行っている。図5-2-2に製作したFEMモデルを示す。検討対象としたG2桁の仕口近傍のみソリッド要素を用いて、図5-1-8に示した継手レベルの検討に用いたモデルと同様の要素分割を行った。その他の部位の鋼部材にはシェル要素を、床版にはソリッド要素を用いている。荷重は同図に示すようにG2桁に与える影響が大きくなるようにT荷重を第1車線、及び第2車線に載荷した（載荷点はMove側支点（S1）からFix側支点（S2）へ2500mmピッチとしてL1～L13の13カ所で載荷を行っており、L7が支間中央（分配横桁直上）となる）。

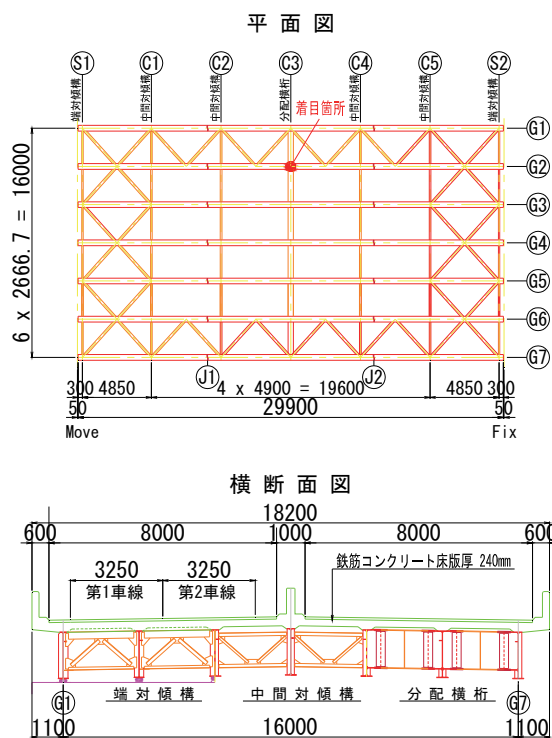


図5-2-1 解析対象の鈑桁橋

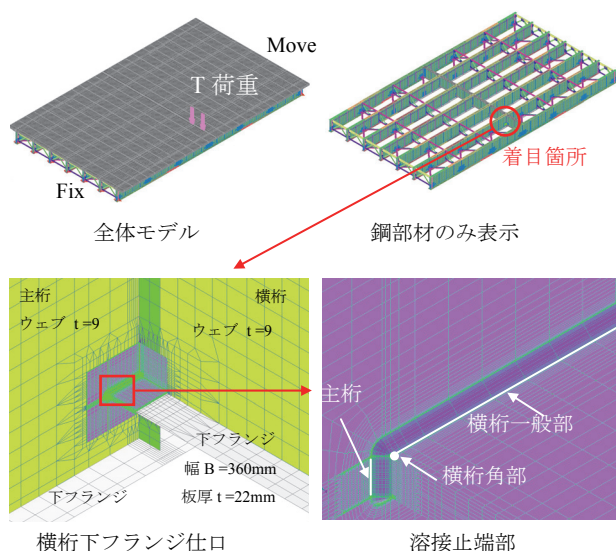


図 5-2-2 鋼桁橋の全体解析モデル

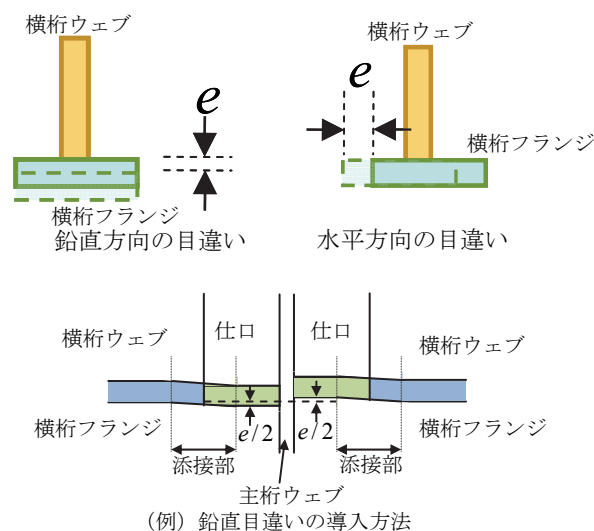


図 5-2-3 目違いの導入手法

解析モデルに与えた目違いは、図 5-2-3 に示すように仕口全体ではなく、下フランジ部にのみに与え、鉛直目違い（1, 3, 5mm）及び水平目違い（1, 3, 5mm）を与えている。目違いは目違い量の 1/2 の正負の値を、鉛直目違いの場合は主桁ウェブに対して対称に、水平目違いの場合は横桁ウェブをに対してに与えた。また、仕口板の長さは 500mm であり、下フランジ板との目違い量は高力ボルト添接箇所内で線形に摺り付けている。なお、簡単のため、添接板のモデル化は行っていない。図 5-2-2 に示すように、この仕口では横桁（仕口）下フランジの下側にリブ板があるため、前節で考察したように横桁仕口ウェブ直上・直下付近の目違いの影響は非常に小さいものと考えられる。そこでここでは、主に同図に示す横桁一般部と横桁角部（回し溶接部）に着目して検討を行った。なお、横桁仕口の下フランジの板厚は 22mm であり、式 5-1-1 ($\lambda=6$) を用いると 1mm の目違いを与えると 13.6% 程度の応力上昇という結果となる。

また、この継手は横桁からの力に対しては荷重伝達型十字溶接継手とみなして考えられるが、主桁の曲げ応力に対しては面外ガセット継手とみなせる。そこで、図 5-2-3 に示した目違いが回し溶接部の主桁ウェブ側止端部の応力に与える影響についても併せて検討を行った。

(b) 目違いが無い場合の対象部位の発生応力分布

ここでは、目違いの無い場合の対象部位の応力性状について簡単にまとめる。図 5-2-4 には第 1 車線の分配横桁直上に T 荷重を載荷した場合（L7）の横桁の橋軸直角方向応力を示している。同図左図は G2 桁表裏の横桁仕口下フランジ（G1 側・G3 側）表裏の溶接止端部の応力分布（要素応力分布）で

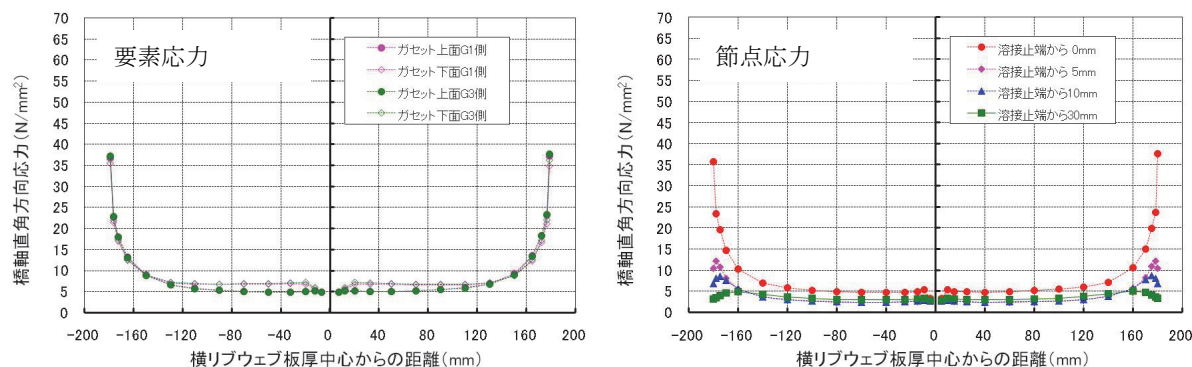


図 5-2-4 第 1 車線分配横桁直上載荷時の横桁フランジ側止端部の橋軸直角方向応力分布

ある。G1 側と G3 側の間に、またフランジの表裏で大きな差異は見られておらず、角部（フランジ端部）で大きな応力が発生していることが分かる。同図右は同様に溶接止端部、溶接止端部から 5mm, 10mm, 30mm の位置の応力分布（節点応力）を横桁ウェブ板厚中心からの距離で整理した結果であるが、フランジ端部付近で大きな応力が発生している傾向は止端部から 10mm 程度離れるまで観察できる。両図で止端部応力を比較すると要素応力と節点応力の間に分布の差異は殆ど見られないことが分かる。また、ここには示していないが同じ分配横桁直上載荷（L7）の場合には、第 2 車線載荷時は若干小さい応力値となっているが、横桁下フランジ上の応力分布形状は第 1 車線載荷時と同様であった。図 5-2-5 には図 5-2-4 右図に示す応力分布と同じ位置（G1 側下フランジ上面）の橋軸直角方向応力分布について L5 載荷（分配横桁位置より -5000mm）および L6 載荷（同 -2500mm）時について示している。対象部位直上から載荷位置が離れるに伴い、応力自体は小さくなるが、応力分布がウェブ位置を対称とならず、載荷側とは反対側の端部により高い応力が発生していることが分かる。

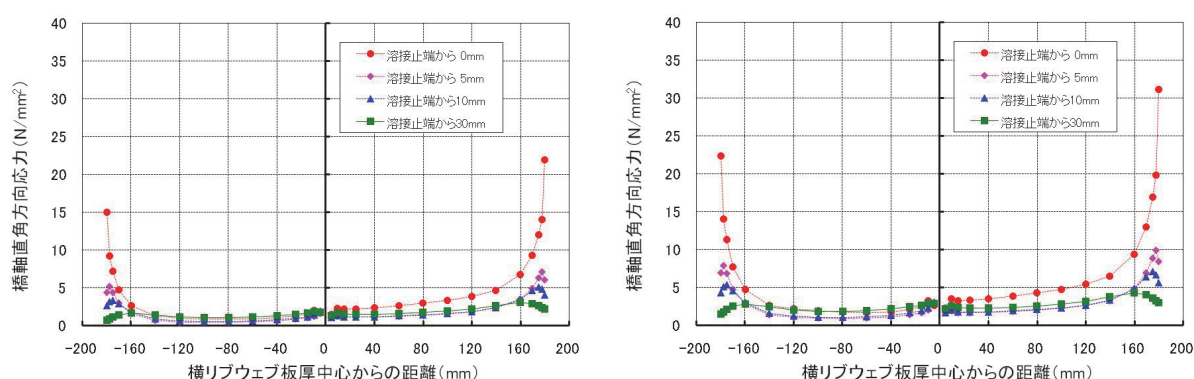


図 5-2-5 第 1 車線 L5 および L6 載荷時の横桁フランジ側止端部の橋軸直角方向応力分布

図 5-2-6 には第 1 車線載荷時の回し溶接部の主桁側止端部の応力を示している。同図左は各載荷ケースごとに、回し溶接止端部に沿う最大主応力の分布をガセット（横桁下フランジ）中央から溶接線に沿った距離で整理したものである。分配横桁直上載荷時（L7）では、最も応力が大きくなり、またガセット厚中心に対称な応力分布となる。一方、分配横桁より直上よりずれた載荷位置では、最大主応力の値が止端部に沿って分布しており、その形状は分配横桁直上（L7）を境に反転していることが分かる。これは載荷点の移動に伴い主桁のせん断力の正負が反転し、主応力の方向が反転するためであると考えられる。同図右はガセット中心厚のホットスポット応力（外挿点は止端部から 0.4T および 1.0T 位置）を載荷点の S1 側支点からの距離で整理したものであるが、4 つの回し溶接止端部で同等の値となっていることが分かる。

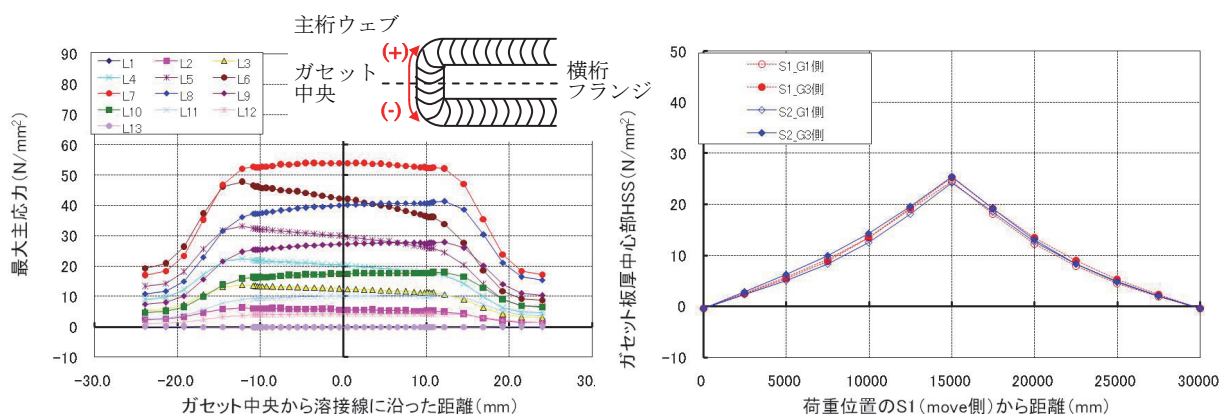


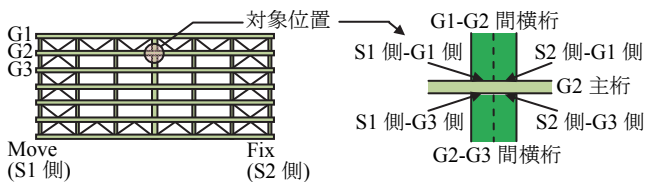
図 5-2-6 第 1 車線載荷時の回し溶接止端部の最大主応力の変化

(c) 目違いの影響（横桁下フランジ側止端部）

表 5-2-1 に第 1 車線載荷時の横桁下フランジ側止端部の橋軸直角方向応力およびホットスポット応力(HSS : 0.4T-1.0T 法)について、目違いがある場合と無い場合の応力値（単位 MPa）および目違い影響度（目違い有りの応力／目違い無しの応力）をまとめて示している。鉛直目違いの場合には、横桁一般部、横桁端部および横桁ウェブ位置について、水平目違いについては横桁一般部および端部についてのみ示している。止端部応力で整理した目違いの影響度と比較すると、ホットスポット応力で整理した目違いの影響度は若干大きくなっており、前節で検討した継手モデルの場合と同様の傾向にあ

表 5-2-1 横桁下フランジ側止端部に対する目違いの影響（第 1 車線載荷）

鉛直目違いを与えた場合

								
横桁一般部（S1:move 側、S2:fix 側）								
鉛直目違い 1mm	S1 側-G1 側		S1 側-G3 側		S2 側-G1 側		S2 側-G3 側	
	上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側
止端部応力	4.71/5.26	7.00/6.46	5.81/5.26	5.89/6.53	4.89/5.45	6.91/6.36	5.98/5.41	5.84/6.48
目違い影響度	0.897	1.084	1.106	0.902	0.898	1.087	1.104	0.901
HSS	2.06/2.33	3.11/2.86	2.60/2.31	2.59/2.89	2.15/2.43	3.07/2.81	2.67/2.39	2.56/2.85
目違い影響度	0.884	1.090	1.123	0.898	0.886	1.094	1.120	0.896
横桁端部（S1:move 側、S2:fix 側）								
鉛直目違い 1mm	S1 側-G1 側		S1 側-G3 側		S2 側-G1 側		S2 側-G3 側	
	上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側
止端部応力	33.4/35.8	36.4/34.2	38.5/36.2	32.9/35.2	35.2/37.7	37.3/34.9	40.6/38.2	34.3/36.6
目違い影響度	0.934	1.065	1.065	0.937	0.934	1.067	1.065	0.938
HSS	8.83/9.69	10.2/9.36	10.5/9.69	8.64/9.51	8.87/9.73	10.2/9.33	10.5/9.71	8.70/9.57
目違い影響度	0.911	1.089	1.087	0.909	0.911	1.090	1.087	0.909
横桁ウェブ位置（S1:move 側、S2:fix 側）								
鉛直目違い 1mm	S1 側-G1 側		S1 側-G3 側		S2 側-G1 側		S2 側-G3 側	
	上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側
止端部応力	3.17/3.24	3.57/3.52	3.31/3.25	3.58/3.65	3.14/3.21	3.63/3.57	3.29/3.23	3.63/3.71
目違い影響度	0.976	1.016	1.019	0.980	0.976	1.016	1.019	0.981
HSS	3.06/3.09	2.85/2.84	3.13/3.13	2.87/2.87	2.95/2.99	2.98/2.98	3.02/3.02	3.00/3.00
目違い影響度	0.991	1.000	0.998	1.000	0.990	1.000	0.998	1.000

水平目違いを与えた場合

横桁一般部（S1:move 側、S2:fix 側）								
水平目違い 1mm	S1 側-G1 側		S1 側-G3 側		S2 側-G1 側		S2 側-G3 側	
	上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側
止端部応力	5.25/5.26	6.45/6.46	5.27/5.26	6.54/6.53	5.47/5.45	6.37/6.36	5.40/5.41	6.47/6.48
目違い影響度	0.998	0.999	1.002	1.002	1.002	1.002	0.998	0.999
HSS	2.33/2.33	2.86/2.86	2.32/2.31	2.89/2.89	2.43/2.43	2.81/2.81	2.39/2.39	2.85/2.85
目違い影響度	0.999	1.000	1.002	1.001	1.003	1.002	0.999	1.000
横桁端部（S1:move 側、S2:fix 側）								
水平目違い 1mm	S1 側-G1 側		S1 側-G3 側		S2 側-G1 側		S2 側-G3 側	
	上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側
止端部応力	37.6/35.8	35.9/34.2	34.2/36.2	33.3/35.2	35.5/37.7	32.9/34.9	40.0/38.2	38.3/36.6
目違い影響度	1.051	1.051	0.945	0.945	0.943	0.942	1.049	1.048
HSS	10.1/9.69	9.74/9.36	9.25/9.69	9.09/9.51	9.29/9.73	8.91/9.33	10.1/9.71	9.94/9.57
目違い影響度	1.040	1.040	0.955	0.956	0.954	0.954	1.040	1.039

る。前述したように、鉛直目違いを与えた場合には、前述したように横桁ウェブ位置では横桁ウェブによる回転拘束の影響で、目違いの影響はほとんど見られない。また、応力値の高い横桁端部（回し溶接部）では目違いの影響度は止端部応力で6%程度、ホットスポット応力で9%程度であり、式 5-1-1 ($\lambda=6$) で計算した主板厚 22mm の場合の目違い量 13.6%よりも小さな値であった。横桁一般部では、止端部応力で 11%弱、ホットスポット応力で 12%程度とウェブによる拘束による効果が小さいことが分かる。この傾向は、継手モデルを用いてウェブによる目違い量の減少効果を主板（フランジ）の形状をパラメータにして検討した結果（図 5-1-14 及び図 5-1-16）からも妥当であると言える。

水平目違い量 1mm に関しては、今回 G1-G2 桁の間のフランジを S1 (Fix 側) に 0.5mm, G2-G3 桁の間のフランジを S2 (move 側) に 0.5mm 動かして解析を行っている。この水平目違いの影響はフランジ端部にしか見られないが、このような水平目違いによっても 5%程度の影響が見られている。この目違い影響度の大きさは、継手モデルで検討した結果（図 5-1-19）とほぼ等しい結果であった。

なお、第 2 車線通過時の分配横桁直上载荷時も、鉛直目違い、水平目違いの両ケースにおいて目違いの影響度は第 1 車線の载荷時とほぼ同等であった。

次に、図 5-2-4、図 5-2-5 に示したように、発生応力そのものは対象部位の直上载荷（L7）の場合が最も大きい、载荷点の移動に伴う目違いの影響度の変化について検討を行った。図 5-2-7 に横桁端部の、図 5-2-8 に横桁一般部の载荷点の移動に伴う目違いの影響度を示す。ここでは溶接止端部の橋軸直角方向応力を用いて図を作成している。図中のマークは（□■S1-G1 下, ○●S1-G3 下, △▲S2-G1 下, ▽▽S2-G3 下であり Empty が第 1 車線载荷, solid が第 2 車線载荷となっている）。発生応力は横桁端部の方が横桁一般部よりもいずれの载荷点でも大きい、载荷点の移動に伴う目違いの影響度は異なる傾向を示す。発生応力の大きい横桁端部の目違い影響度は、4 カ所の全ての止端部で横桁直上载荷では 6%程度であるが、载荷点全体でみると 6~8%程度の間で変化している。しかし、横桁一般部では、例えば G1 桁側の S1 側止端部の目違い影響度は、分配横桁直上（支間中央部）よりも S1 側に载荷

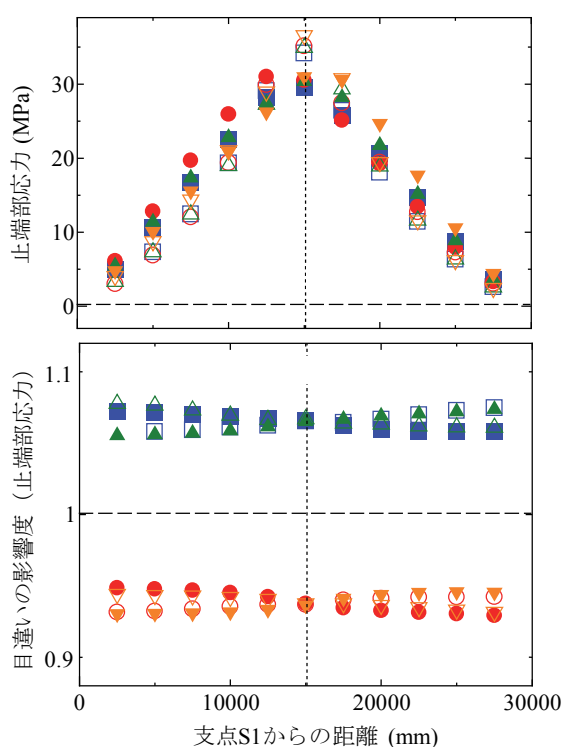


図 5-2-7 横桁端部の目違い影響度

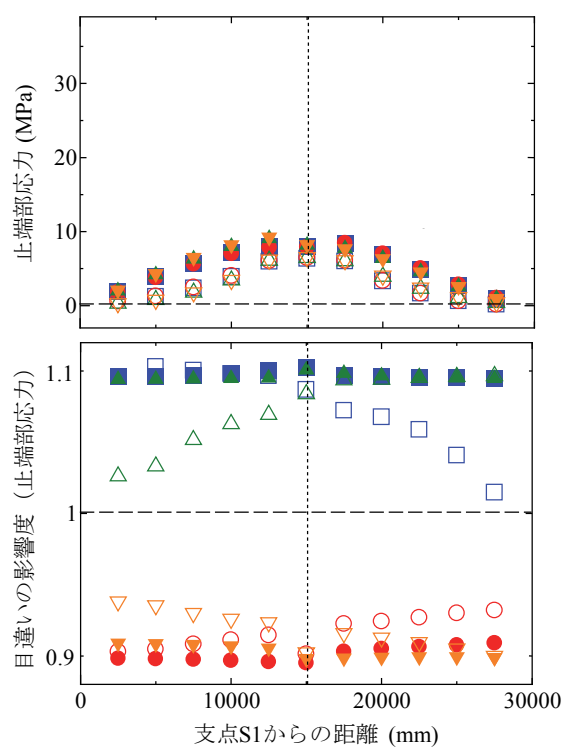


図 5-2-8 横桁一般部の目違い影響度

点がある場合にはほぼ一定であるが、載荷点が分配横桁直上を通過し S2 側へ移動する場合、第 1 車線載荷時には目違い影響度が急激に低下するが、第 2 車線載荷時には殆ど変化がないことが分かる。このような現象については、現在原因は不明であり今後の検討課題であると言える。

なお、本検討では目違い量を 1, 3, 5mm と与えて検討を行っており、分配横桁直上 (L7) 載荷の場合について、横桁端部、横桁中央部について図 5-2-9 にまとめる。検討の範囲では、部位、目違いの方向によらず、目違いの影響度と目違い量との関係に線形関係が見られている。第 4 章で計測した鉛直目違いは最大で 3.3mm であり、4mm 程度の目違いが発生すると仮定すると横桁一般部で 40%、応力の高い横桁端部で 25%程度 (止端部応力ベース) の応力上昇となり、部位によっては注意が必要となる可能性はあるが、この点については次章で論ずる。

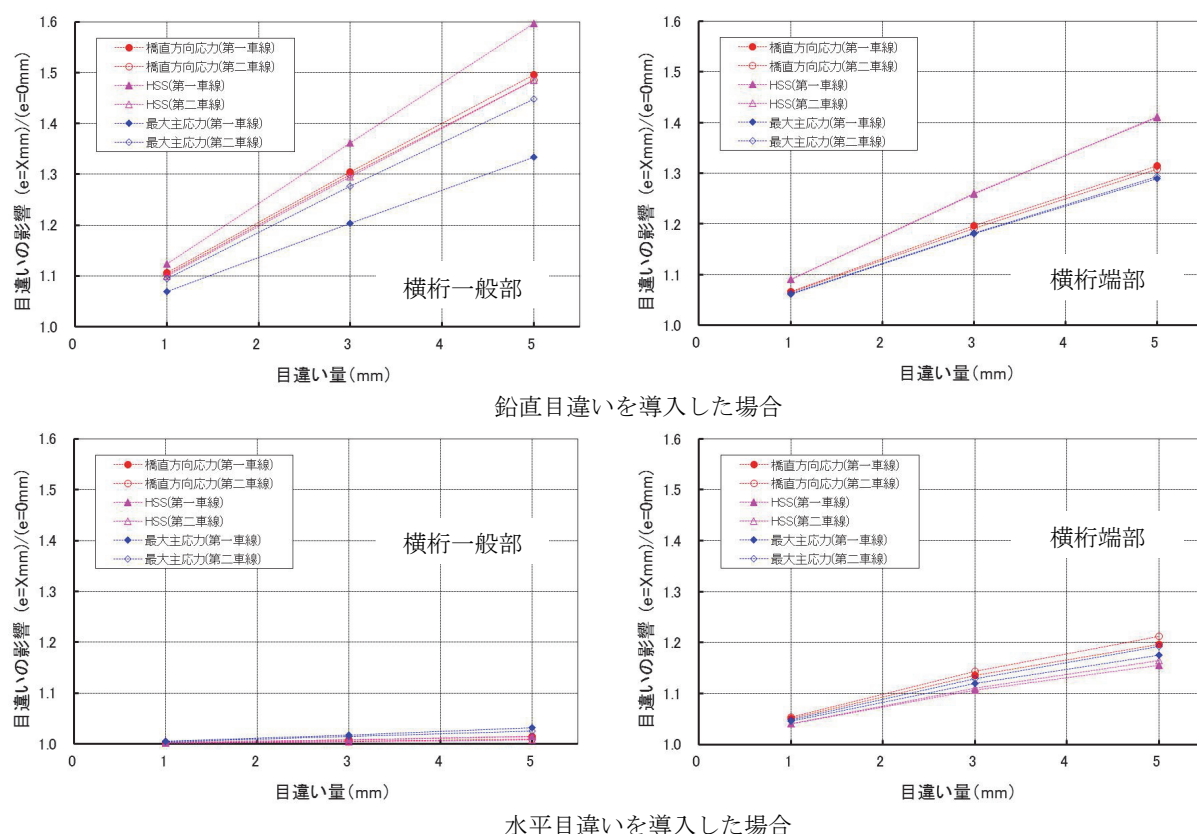


図 5-2-9 目違い量と目違いの影響度の関係

(d) 目違いの影響 (回し溶接部主桁側止端部)

本部会で対象とする継手は、主桁の曲げ応力に対しては面外ガセット継手と考えられる。図 5-2-6 や表 5-2-1 に示すように横桁下フランジに働く応力よりも、主桁作用による主桁側回し溶接部に作用する応力の方が今回取り扱った橋梁では大きく、また疲労強度も低い継手であり、その目違いの影響について検討しておくことは重要であると考えられる。

図 5-2-10 には、分配横桁直上 (L7) 載荷時の、主桁回し溶接止端部の目違いの影響度と目違い量の関係を、ガセット止端部の最大主応力分布の最大値 (目違いにより若干場所が異なる)、およびホットスポット応力 (HSS : 0.4T-1.0T 法) で用いて示している。検討の範囲では、目違いの方向によらず、目違い量と目違いの影響度には良い線形関係が見られている。主桁側の止端部に関しては、鉛直目違いの影響は非常に小さく 5mm の目違いがあっても、最大主応力で 5%弱、HSS で 3%程度である。逆に水

平目違いがある場合には 1mm の目違いを与えた場合には、最大主応力で 4%程度、HSS で 3%程度の影響があり、鉛直目違いの影響度より大きい。この影響度の大きさは、前節(c)で検討した主板表裏の脚長の差異の影響とほぼ同程度であると言える。本部会で計測した実橋における当該部位の水平目違いの最大値は 2.6mm であり、仮に 3mm の目違いが発生すると仮定すると、最大主応力で 12%、HSS で 9%程度の応力上昇度が生じることになる。

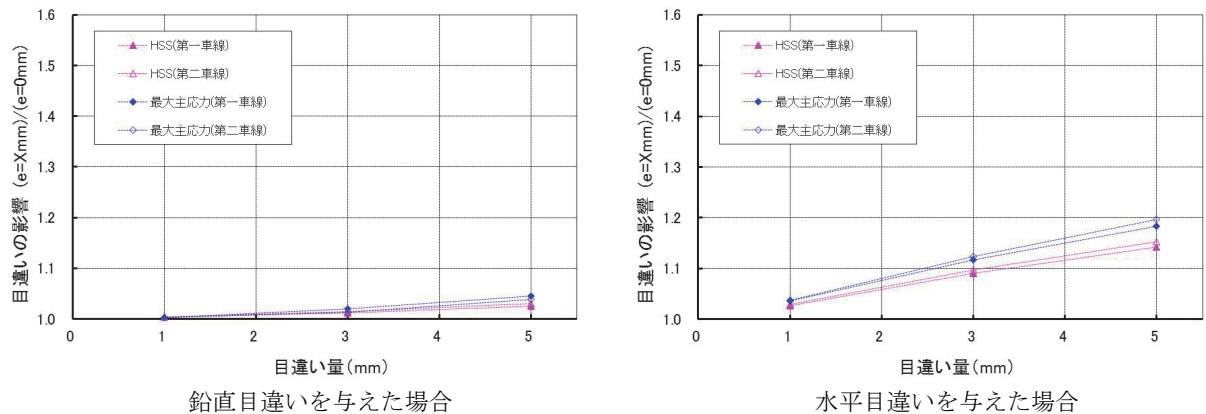


図 5-2-10 目違い量と目違いの影響度の関係(主桁側止端部)

図 5-2-11 には支点 S1 (move)・G1 桁側の回し溶接部の橋軸方向応力と水平目違い 1mm を与えた時の、横桁下フランジ (ガセット) 厚中心位置での溶接止端部の橋軸方向応力と、その応力で計算した目違いの影響度を、荷重載荷位置で整理した結果を示す。対象部位が支間中央であり、走行車線に依らず、また目違いの有無に依らず、支間中央 (L7) 載荷時が最も大きな応力が発生しているが、目違いの影響度は走行車線や走行位置により異なり、分配横桁直上載荷時に 4%程度の目違いが見られるが、載荷点の移動に伴い、3.5%~5.5%の間で変化していることが分かる。

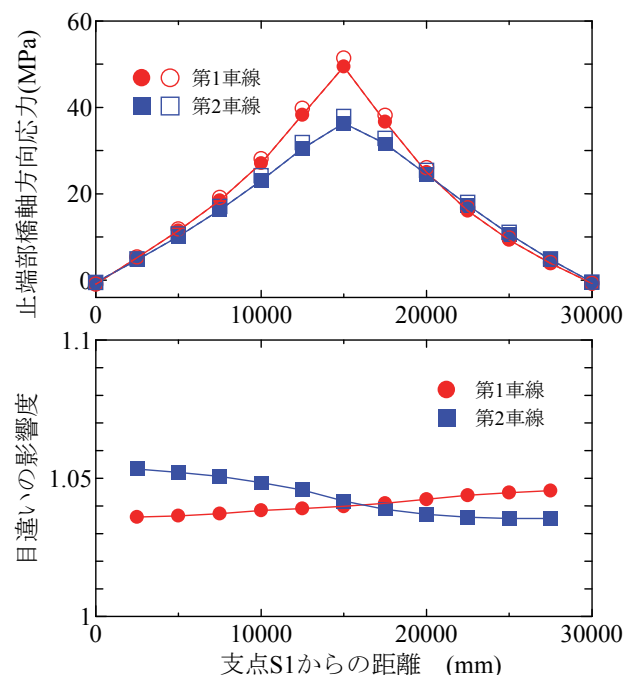


図 5-2-11 主桁ウェブの目違い影響度

5-2-2 箱桁橋

(a) 解析モデル

箱桁モデルの FEM 解析では、3 径間連続鋼床版 2 箱桁 (77m+77m+77m) を対象とした。対象橋梁の側面図を図 5-2-12 に、中間横桁の断面図を図 5-2-13 に示す。この橋梁では、1 径間に 11m 間隔で横桁が配置されており、横桁間には 2.75m 間隔で横リブが配置されている。幅員は 14.25m であり、走行車線と追越 2 車線の合計 3 車線と歩道を有している。

FEM 解析は、汎用有限要素解析ソフト MSC Nastran2011 を用いた。対象橋梁の解析モデルを図 5-2-14 に示す。解析ではまず、橋梁全体モデルをシェル要素によりモデル化し、T 荷重を第 1、第 2 あるいは第 3 車線に対し、橋軸方向に S1 から S2 まで、5.5m 間隔で载荷した。そして、全ての横桁の下フランジと横桁の上フランジ (横リブ下フランジ)、横桁位置の第 1 車線側のブラケット下フランジの仕口について、フランジ部の橋軸直角方向と主桁ウェブの橋軸方向の応力範囲を整理した。その結果、フランジの応力範囲については、下フランジの最大の応力範囲に対し、横桁上フランジ部とブラケット部の最大の応力範囲はそれぞれ 15%程度、20%程度と小さいことが確認された。また、主桁ウェブの応力範囲についても、下フランジの最大の応力範囲に対し横桁上フランジ部とブラケット部の最大の応力範囲はともに 40%弱であったため、横桁下フランジ仕口を対象とすることとした。対象とする横桁の選定は、発生応力範囲が卓越する箇所とした。すなわち、フランジ部の橋軸直角方向応力範囲は支点

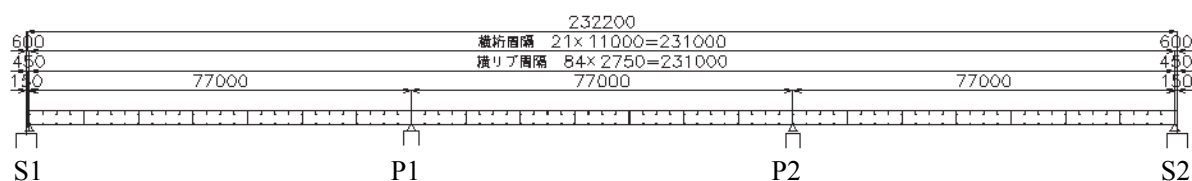


図 5-2-12 対象橋梁の側面図

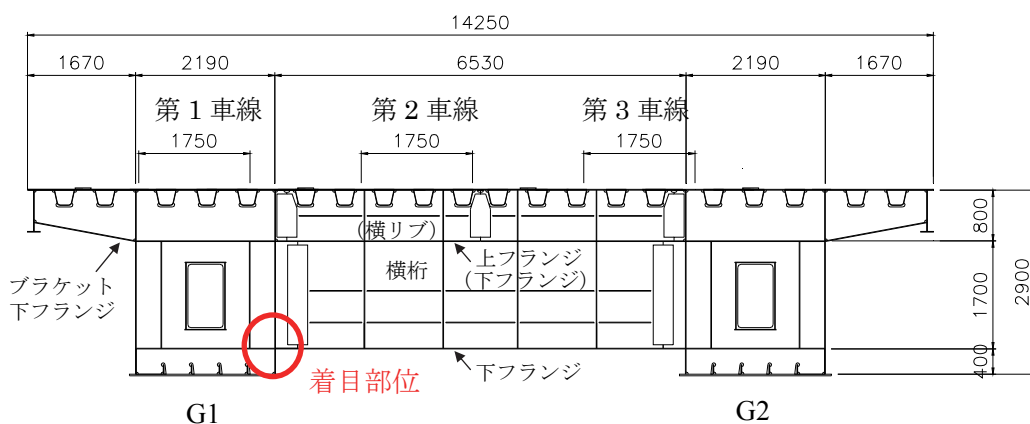


図 5-2-13 横桁の断面図

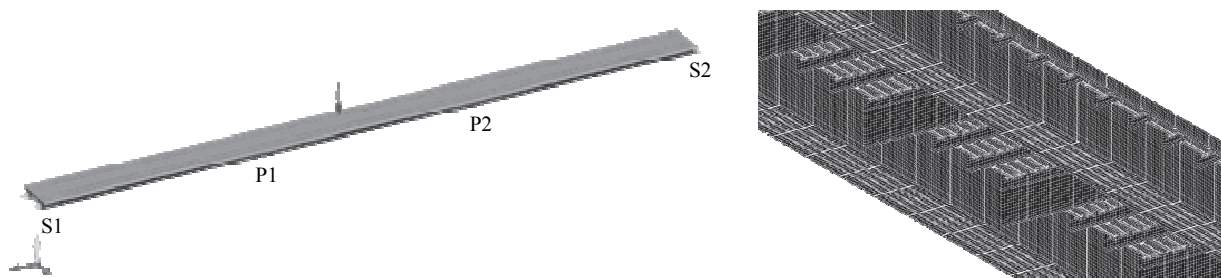


図 5-2-14 箱桁橋全体解析モデル

部と中央径間中央部近傍で大きくなる傾向にあり，支点部のほうが大きくなるケースもあったが，中央径間の中央近傍では主桁ウェブの橋軸方向の応力範囲についても大きくなることを考慮し，中央径間中央に近接する横桁の G1 桁側仕口を対象とすることとした。

次に，目違いを考慮するために，前節の鈑桁橋の解析と同様，着目部近傍のみをソリッド要素で詳細にモデル化した（図 5-2-15）。導入する目違いについても，鈑桁橋と同様に，仕口全体（I 断面）ではなく，下フランジ部のみに考慮することとし，鉛直目違い（1, 3, 5mm）及び水平目違い（1, 3, 5mm）を導入した。なお，目違いは正規の位置から上下，あるいは左右対称に導入することとし，鉛直目違いの方向は箱の外部が下側となる方向，水平目違いについては箱の外部が中央間中央に近づく方向とした。目違いの導入範囲は箱内では控え材の全長（2190mm），箱外は仕口板（長さ 350mm）部である。ソリッド要素を用いた解析においても載荷荷重は T 荷重とし，橋軸方向の荷重の載荷点は図 5-2-16 に示すように S1 支点から S2 支点へ横桁間隔の 1/2 ピッチとし，着目部近傍では横リブ間隔の 1/2 ピッチとして，L1~L42 の合計 42 カ所とした。着目横桁直上の荷重は L30 となる。

着目部の寸法を，図 5-2-17 に示す。鈑桁橋とは異なり，箱外側の下フランジ下側にはリブ板がない。仕口の下フランジの板厚は 10mm であり， l の長さが十分に大きく，無視できると仮定した場合に式 5-1-1（ $\lambda=6$ ）から求まる 1mm の目違いに対する応力上昇は 30.0%である。

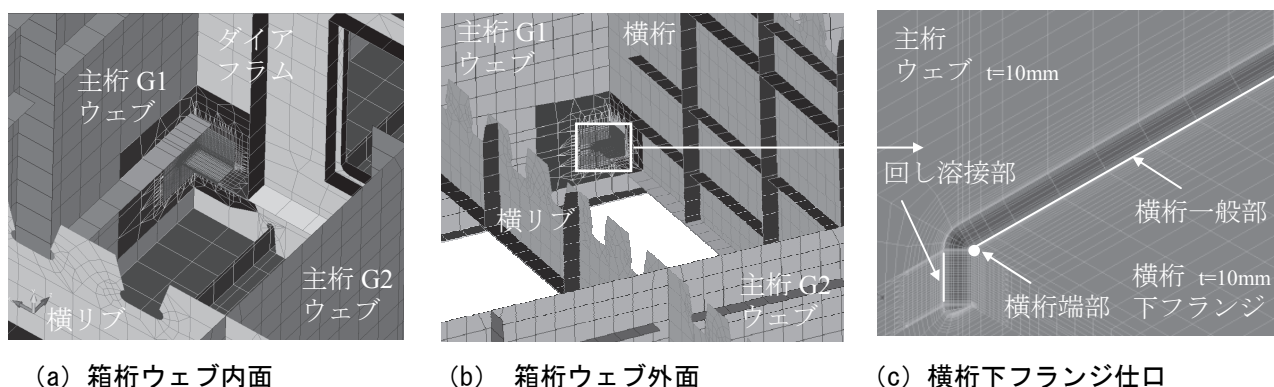


図 5-2-15 箱桁橋の解析モデル

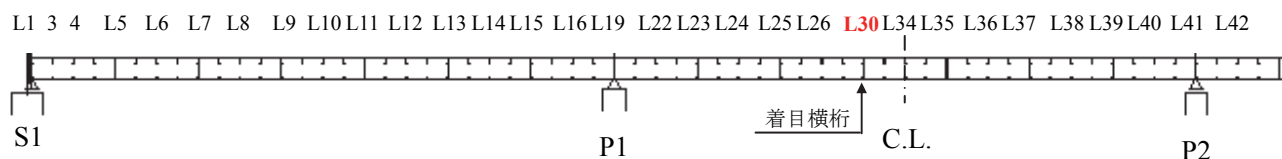


図 5-2-16 T 荷重の載荷位置

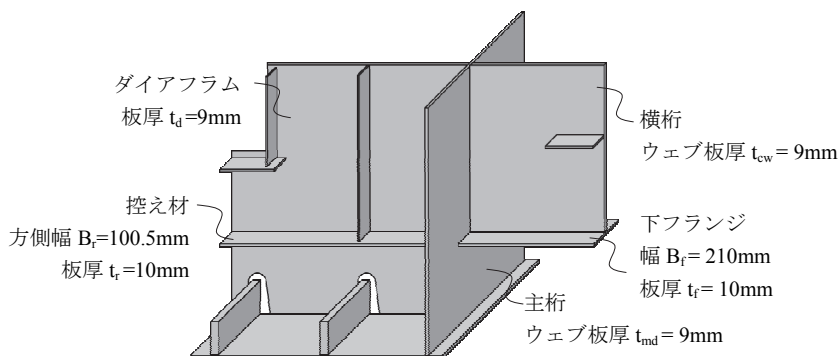


図 5-2-17 着目部の寸法

(b) 目違いが無い場合の対象部位の発生応力分布

ここでは、目違いの無い場合の対象部位の応力性状について整理する。

i) 着目横桁の横桁下フランジの横桁側止端部の応力性状

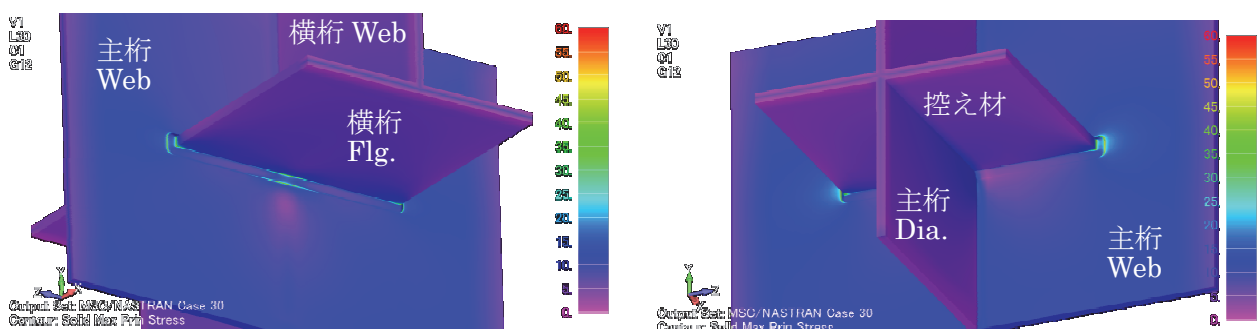
T 荷重を第 1 車線の着目横桁 (L30 載荷位置) 直上に載荷させた場合の仕口下フランジにおける最大主応力のコンター図を図 5-2-18 に示す。最大主応力は、箱桁ウェブ内外面の P1, P2 両側の回し溶接部近傍のフランジ端部と、箱桁ウェブ外面側のフランジ下面の中央 (横桁ウェブ直下) で高い応力が生じている。

荷重載荷位置 L29, L30, L31 における横桁下フランジ側止端の要素の最大主応力分布を箱桁ウェブの内外面とフランジの上下面に分けて走行車線毎に整理した結果を図 5-2-19(a)-(d) ~ 図 5-2-21(a)-(d) に示す。各図の (a) および (b) は、箱桁ウェブ外面の横桁下フランジ上下面の応力分布を、(c) および (d) は、箱桁ウェブ内面の横桁下フランジ上下面の応力分布である。図の横軸のマイナス側は P1 側、プラス側は P2 側を表す。

第 1 車線載荷時について図 5-2-19 では、箱桁ウェブ外面の最大主応力は、横桁フランジ上下面のフランジ端部に最大で 50MPa 程度の応力が生じている。また、横桁フランジ中央近傍では上面では発生応力が小さいが、下面では約 40MPa の応力が生じている。一方、箱桁ウェブ内面では、フランジ中央近傍に大きな応力は発生していない。ここで着目した仕口では、横桁下フランジの下端に補剛材 (ウェブギャップ PL) がいないため、前節 5-1 (b) で横桁ウェブ下面の補剛材の影響を考察した図 5-1-20 と同様の傾向にある。また、箱桁ウェブ外面では L30 載荷時の応力が最も大きくなること、箱桁ウェブ内面では、L29 載荷時に P2 側、L31 載荷時には P1 側と載荷位置と逆側の応力が大きくなることを確認できる。

第 2 車線載荷時について図 5-2-20 をみると、発生応力は第一車線載荷時よりも全体的に小さい。そして、箱桁ウェブ内外面の最大主応力は、ともに、横桁フランジ上下面のフランジ端部に大きな応力が生じ、第 1 車線載荷時に確認された箱桁ウェブ外面側のフランジ下面の中央の応力集中はない。また、箱桁ウェブ内外面ともに L29 載荷時に P2 側、L31 載荷時には P1 側と載荷位置と逆側の応力が大きくなり、L29 載荷時の応力が大きくなることを確認できる。この理由として、第 2 車線位置が G1, G2 の主桁中心から G1 側に偏心しているため、横桁に若干のねじれが生じることが考えられる。

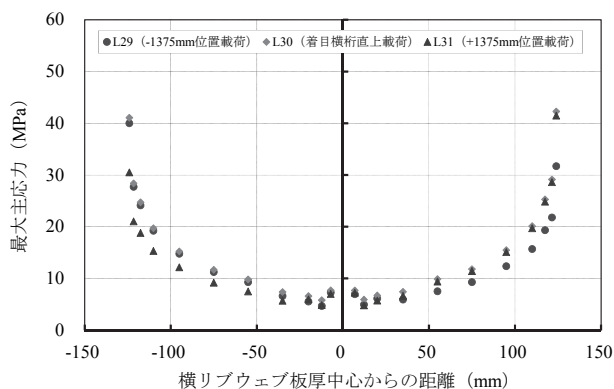
第 3 車線載荷時について図 5-2-21 では、最大主応力がマイナスの値となっており、圧縮が卓越していることがわかる。そして、箱桁ウェブ外面側のフランジ下面の中央の圧縮応力が大きい。第 1 車線 ~ 第 3 車線に載荷した場合の当該箇所 の 応 力、すなわち図 5-2-19 ~ 図 5-2-21 の図 (b) に着目すると、応力の変動が大きいことがわかる。



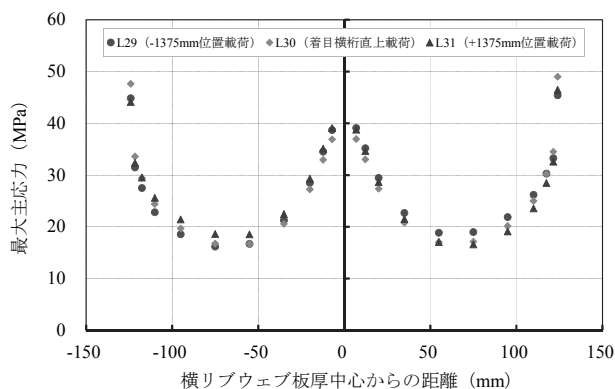
(a) 箱桁ウェブ外面下フランジ下面

(b) 箱桁ウェブ内面下フランジ下面

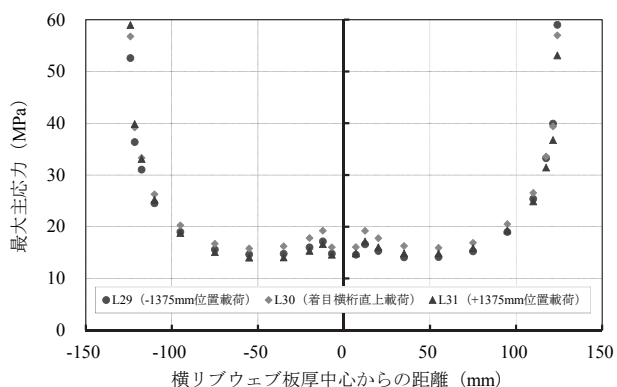
図 5-2-18 第 1 車線載荷時 (L30) の最大主応力コンター図



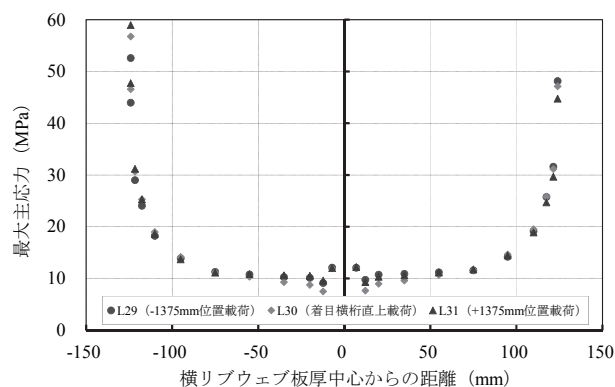
(a) 箱桁ウェブ外面の横桁フランジ上面



(b) 箱桁ウェブ外面の横桁フランジ下面

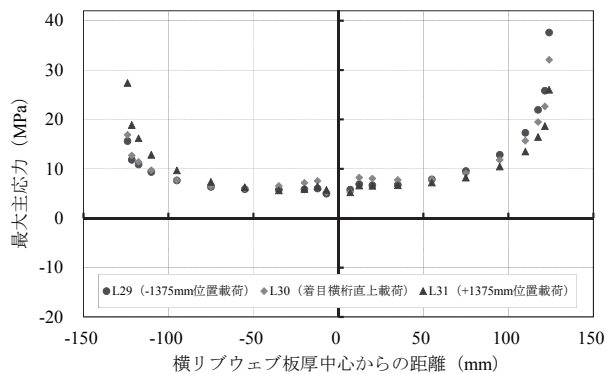


(c) 箱桁ウェブ内面の横桁フランジ上面

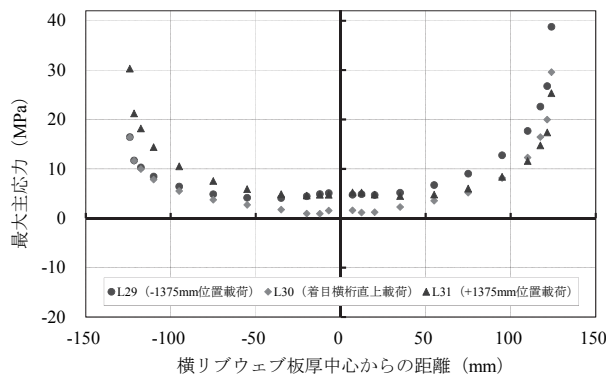


(d) 箱桁ウェブ内面の横桁フランジ下面

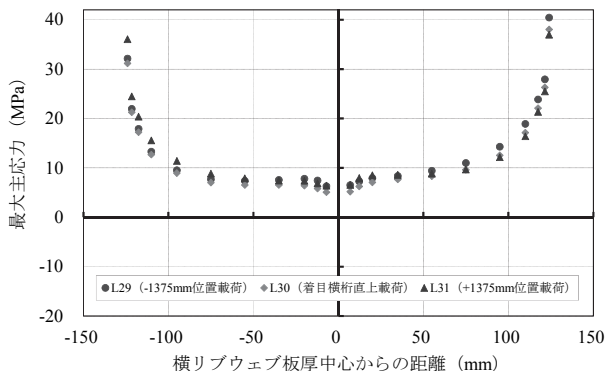
図 5-2-19 第 1 車線載荷時における横桁下フランジ側止端部の応力分布



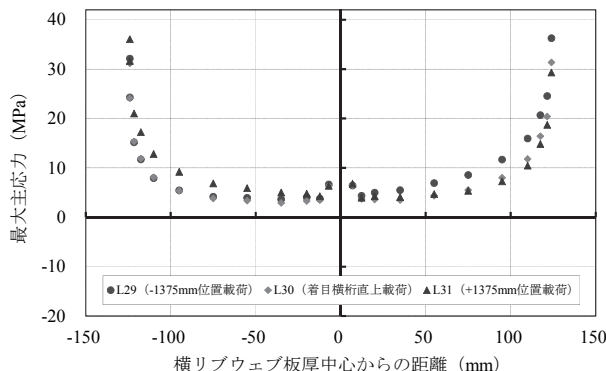
(a) 箱桁ウェブ外面の横桁フランジ上面



(b) 箱桁ウェブ外面の横桁フランジ下面

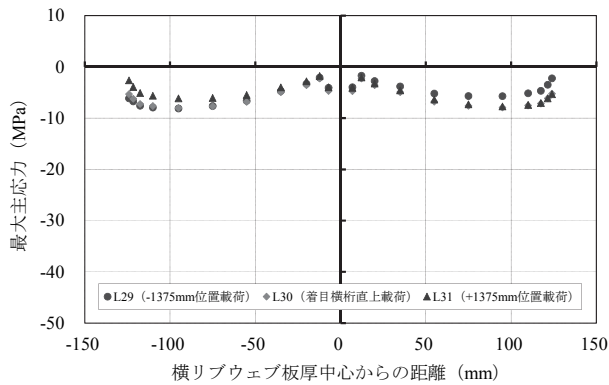


(c) 箱桁ウェブ内面の横桁フランジ上面

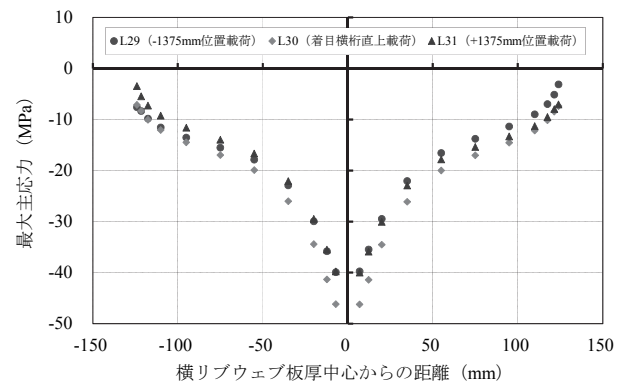


(d) 箱桁ウェブ内面の横桁フランジ下面

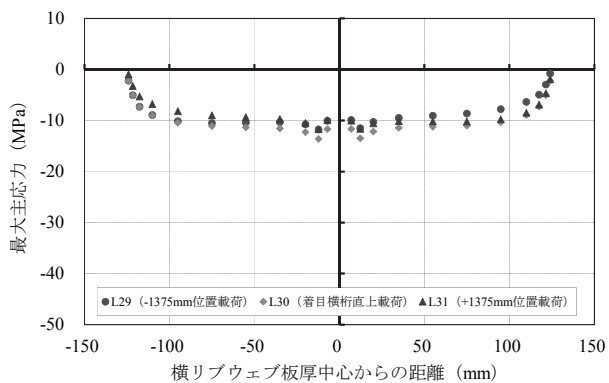
図 5-2-20 第 2 車線載荷時における横桁下フランジ側止端部の応力分布



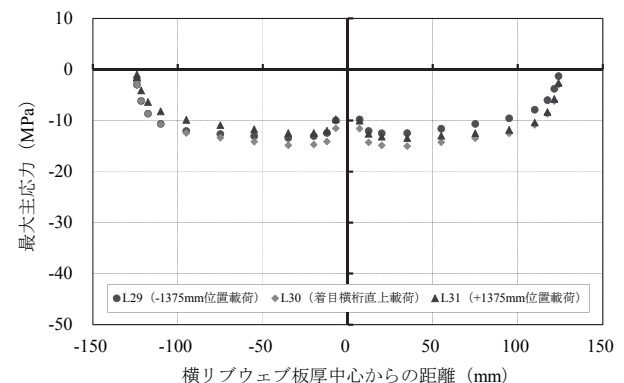
(a) 箱桁ウェブ外面の横桁フランジ上面



(b) 箱桁ウェブ外面の横桁フランジ下面



(c) 箱桁ウェブ内面の横桁フランジ上面

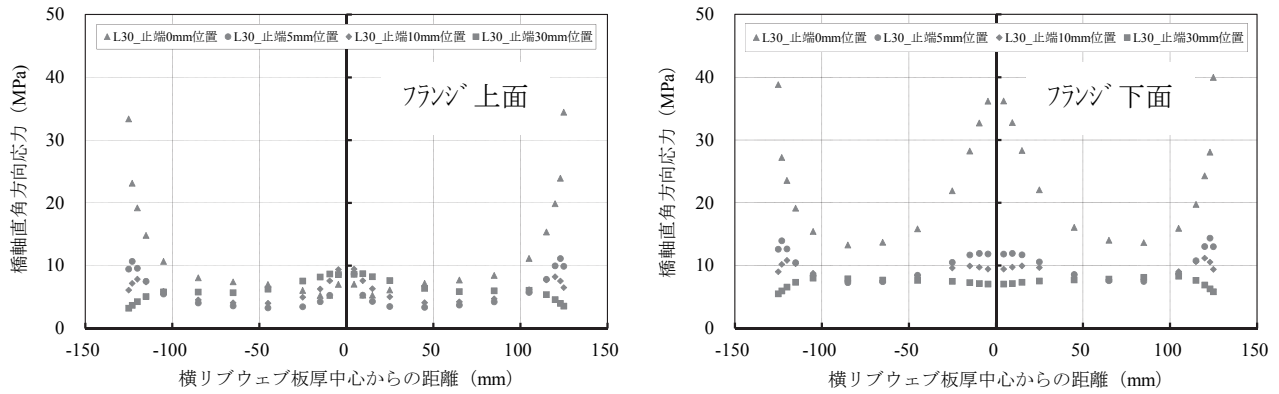


(d) 箱桁ウェブ内面の横桁フランジ下面

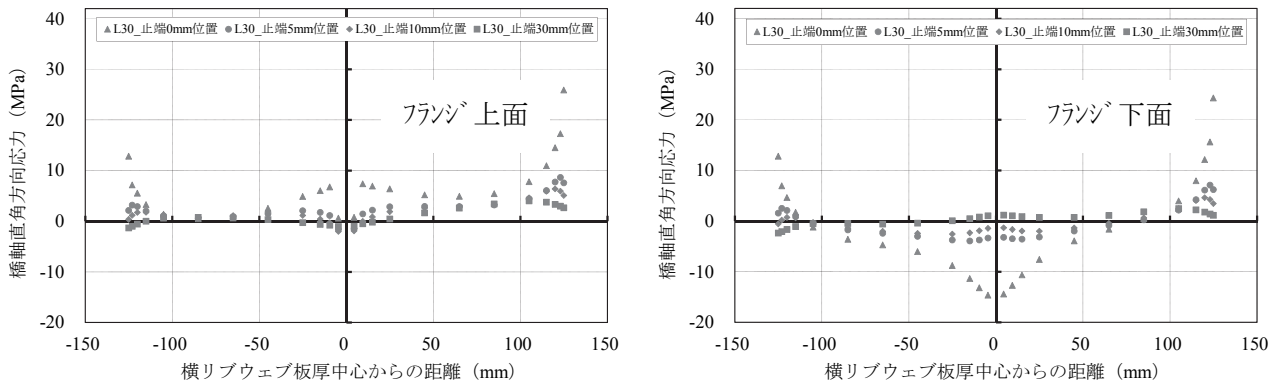
図 5-2-21 第 3 車線載荷時における横桁下フランジ側止端部の応力分布

以上，着目する仕口の溶接止端部に沿った最大主応力分布性状について確認を行ったが，これらの主応力の方向は第 2 車線載荷時では若干の相違が見られたものの，その他の車線では橋軸直角方向が卓越していることを別途確認済みである。以降は橋軸直角方向の節点応力に着目し橋軸直角方向に沿った応力分布を確認するとともに，これらの応力を用いて算出されるホットスポット応力（HSS）の性状について確認する。なお，鈑桁橋では横桁の一般部，横桁フランジ端部の HSS 応力に着目したが，ここでは大きな応力が発生するケースが確認された，横桁フランジ中央付近（横桁ウェブ位置）についても結果を整理する。

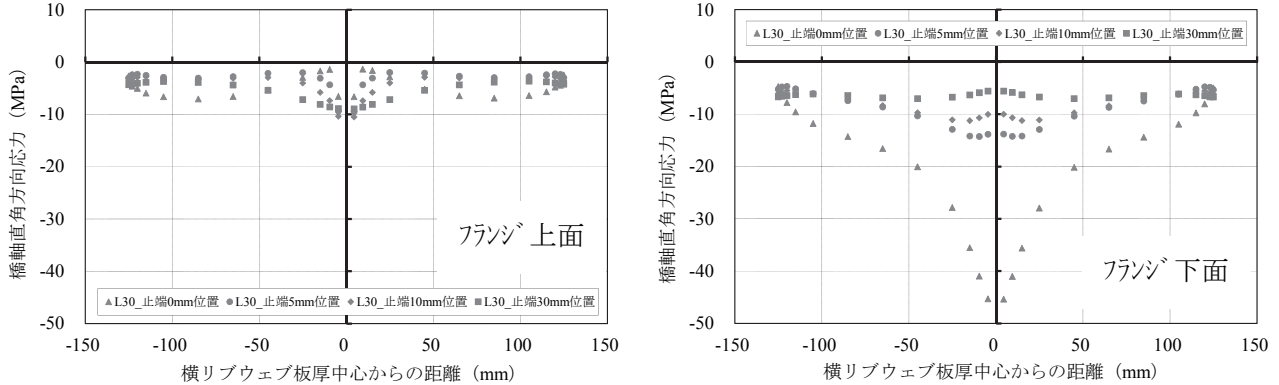
橋軸直角方向応力の応力分布の一例として，横桁直上載荷時（L30）の箱桁ウェブ外面の横桁下フランジ側止端部における結果を車線毎に整理したものを図 5-2-22 (a)～(c) に示す。図中には溶接止端から 0, 5, 10, 30mm 位置における応力分布を示しているが，溶接止端から 5mm 以上離れた位置の橋軸直角方向応力は，10mm 位置の応力値と大差がなく，同程度の傾向を示しており，溶接止端部近傍において局所的に応力集中が生じていることがわかる。この傾向は，L29, L31 載荷時や箱桁ウェブ内面においても同じであった。



(a) 第1車線載荷時



(b) 第2車線載荷時



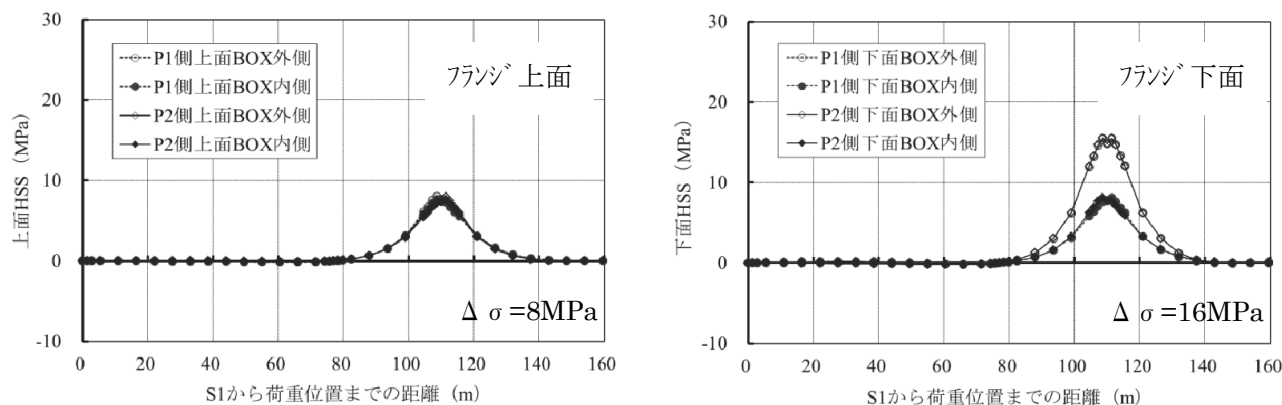
(c) 第3車線載荷時

図 5-2-22 箱桁ウェブ外面における横桁下フランジ側止端部の橋軸直角方向応力分布

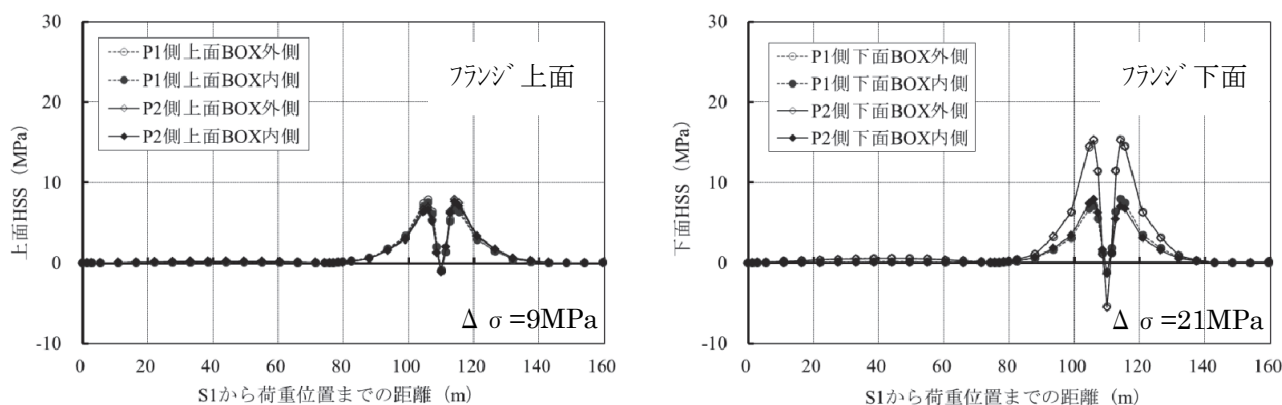
箱桁ウェブ内外面の横桁下フランジにおける横桁ウェブ位置（横桁ウェブ板厚中心から $\pm 4.5\text{mm}$ の位置）溶接止端部のHSSの変化を図5-2-23に示す。左図はフランジ上面，右図はフランジ下面を示している。HSSは0.4T（T：板厚10mm）-1.0T法を用いて算出した。

フランジ上面では，横桁ウェブの拘束があるためか，箱桁内外面で同様の傾向を示している。一方，フランジ下面では，リブ板の有無もあり，箱桁内外面で大きく異なっている。HSSはリブ板のない箱桁外面の方が約2倍高くなっている。また，第1車線走行時は引張応力が生じ，第3車線走行時は圧縮応力，第2車線走行時は横桁ウェブ直上近傍に近づくときれまで引張側であった応力が，圧縮側に

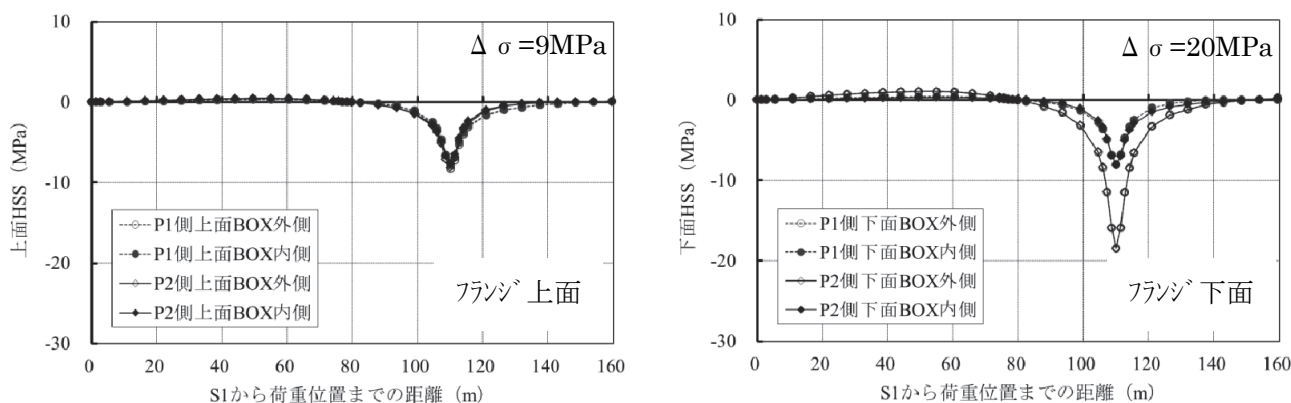
急変することが確認できる。これは、第1車線と第2車線は主桁のたわみ差に起因した発生応力であるのに対し、第2車線はT荷重の両輪がともに横桁直上に近傍に載荷された場合、横桁がデッキと一体となっているため、横桁に主桁を固定端とした両端固定梁のような変形が生じ、仕口部の下フランジ側に圧縮応力が発生したと推測される。



(a) 第1車線載荷時



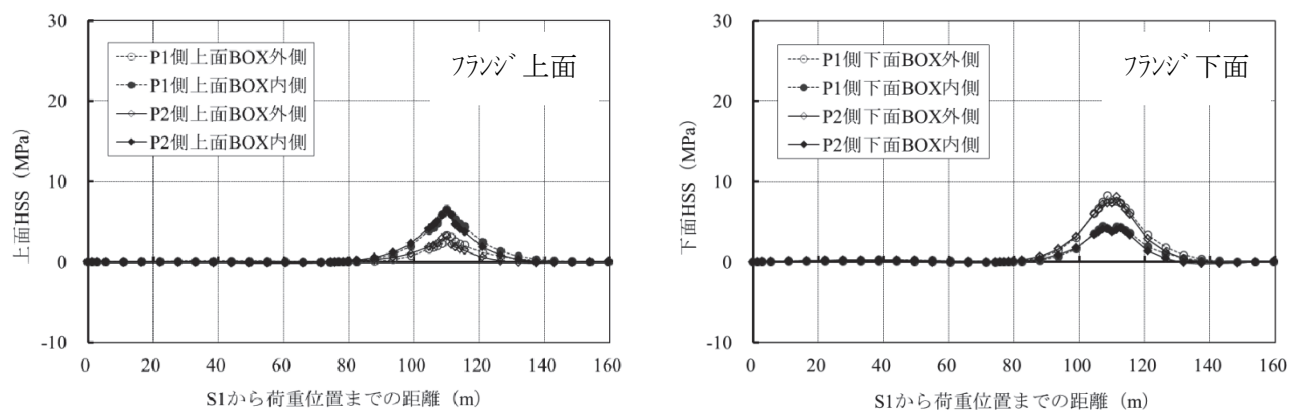
(b) 第2車線載荷時



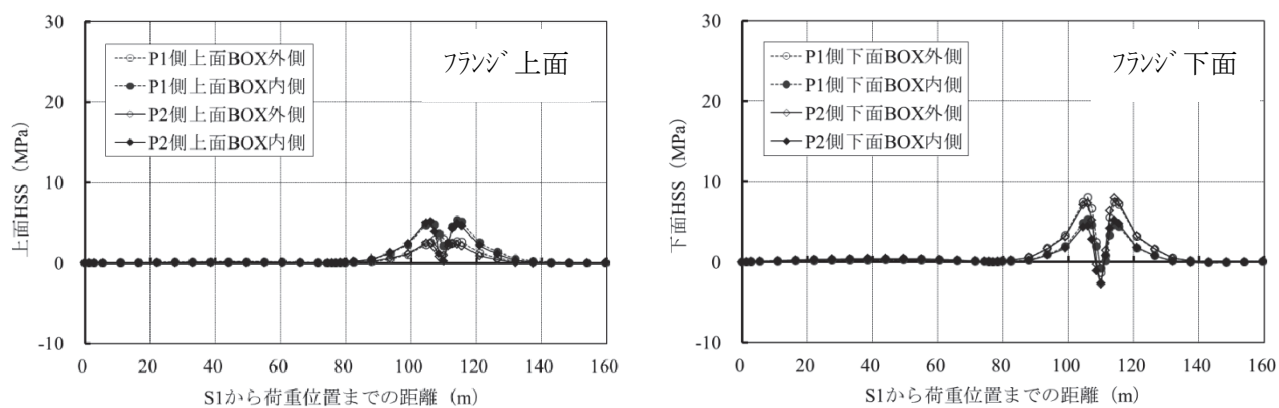
(c) 第3車線載荷時

図 5-2-23 箱桁ウェブ内外面の横桁下フランジにおけるホットスポット応力の変化（横桁ウェブ位置）

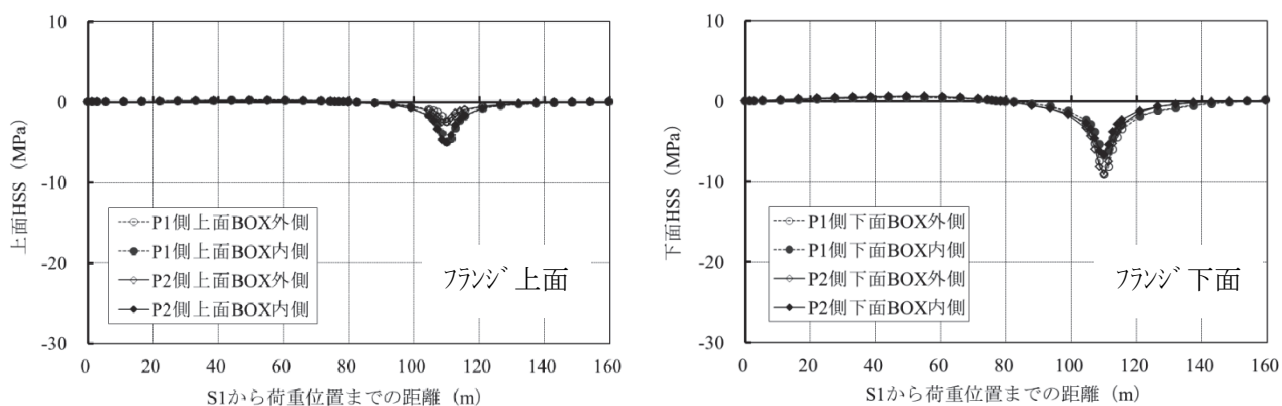
図 5-2-24 は箱桁ウェブ内外面の横桁下フランジにおける横桁一般部（横桁ウェブ板厚中心から±65mm の位置）溶接止端部のホットスポット応力の変化を示している。一般部の傾向はウェブ位置とほぼ同じであるが、全体的に値は小さくなっている。



(a) 第 1 車線載荷時



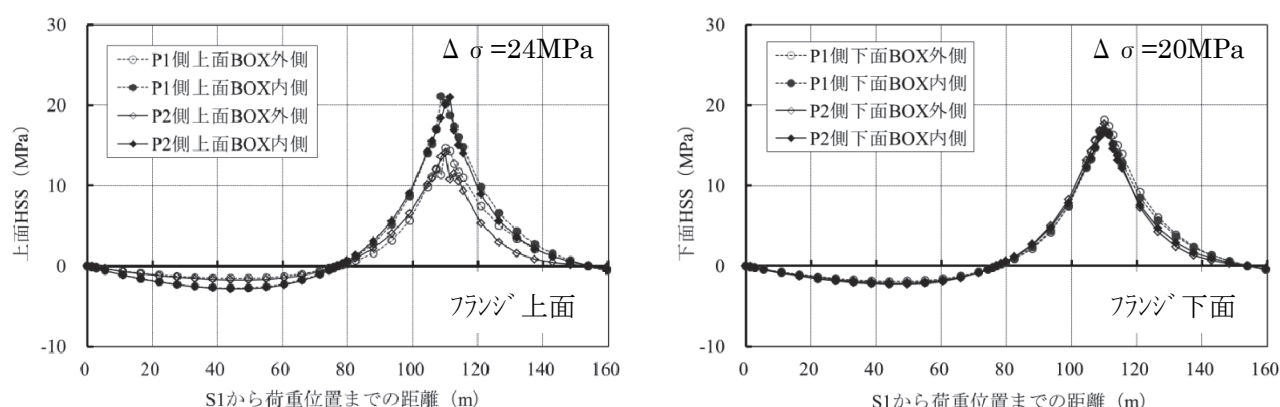
(b) 第 2 車線載荷時



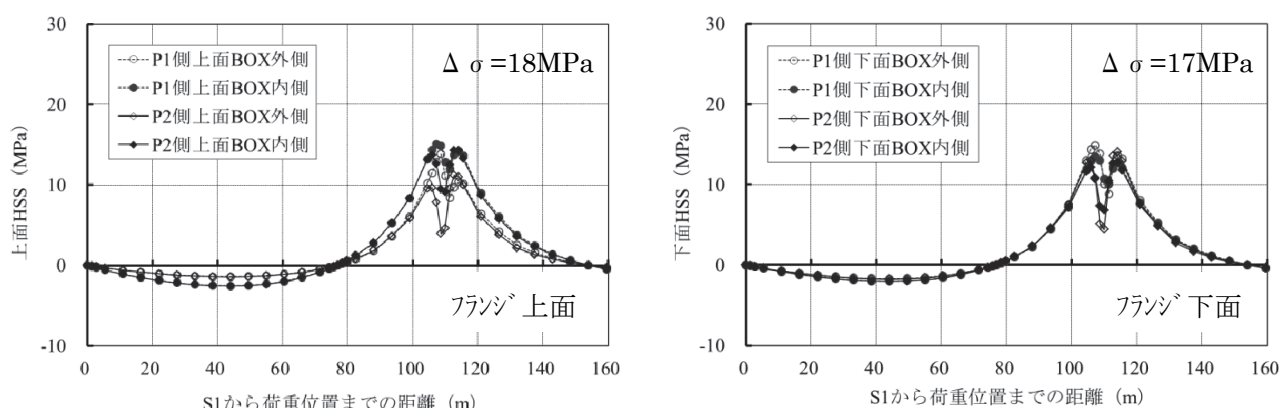
(c) 第 3 車線載荷時

図 5-2-24 箱桁ウェブ内外面の横桁下フランジにおけるホットスポット応力の変化（一般部）

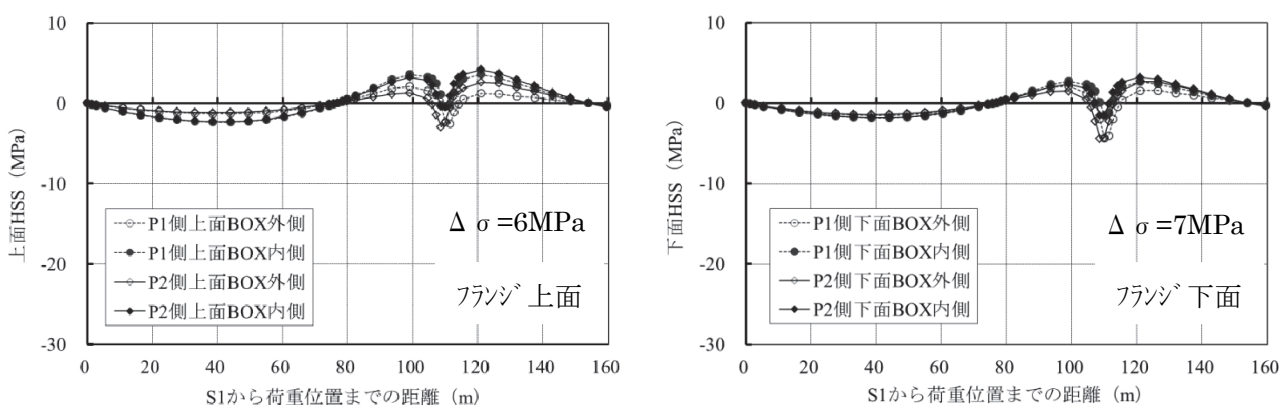
箱桁ウェブ内外面の横桁下フランジにおける横桁フランジ端部の溶接止端部におけるホットスポット応力の変化を図 5-2-25 に示す。フランジ下面では、载荷車線によらず箱桁内外面で同様の傾向を示しているものの、フランジ上面では箱桁外面に比べ内面の方が高くなっている。フランジ端部の HSS は、第 1 車線载荷時に最大で 20MPa 程度となり、第 3 車線载荷時には、着目横桁近傍で 4MPa 程度の圧縮応力が生じている。そのため、HSS による応力範囲は、一般部よりも若干高く、箱内外面で最大で 24MPa 程度となった。なお、横桁下フランジ側止端部の止端部応力、ホットスポット応力および最大主応力（第 3 車線は最小主応力）による応力範囲は、表-5-2-2 に示す通りであり、表中の網掛けは、箱桁内外面のフランジ上下面におけるそれぞれの最大を示しており、太字はそれら全ての最大値である。なお、表中の荷重位置は、最大応力が生じた位置を示している。



(a) 第 1 車線载荷時



(b) 第 2 車線载荷時



(c) 第 3 車線载荷時

図 5-2-25 箱桁ウェブ内外面の横桁下フランジにおけるホットスポット応力の変化（フランジ端部）

表 5-2-2 横桁下フランジ側止端部に対する目違いの影響(目違いが無い場合) 単位 : MPa

横桁一般部 (P1: fix 側、P2: move 側、Out: 箱桁外側、In: 箱桁内側)												
目違いなし			P1-Out		P1-In		P2-Out		P2-In		最大応力範囲	
			上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側
止端部 応力	応力 範囲	第 1	7.69	15.4	12.2	8.75	7.64	15.1	12.1	8.81	12.2	15.4
		第 2	6.74	16.5	10.0	11.2	6.23	19.4	9.75	14.4	10.0	19.4
		第 3	6.91	17.5	10.5	13.5	7.03	17.6	10.6	13.6	10.6	17.6
	荷重 位置	第 1	L30	L29	L30	L31	L30	L31	L30	L29	L30	L29
		第 2	L28	L27	L33	L27	L27	L33	L27	L33	L33	L33
		第 3	L12	L12	L13	L12	L13	L12	L13	L12	L13	L12
HSS	応力 範囲	第 1	3.89	8.33	6.61	4.42	3.30	8.20	6.56	4.45	6.61	8.33
		第 2	3.47	9.35	5.28	6.13	2.51	10.8	5.08	7.78	5.28	10.8
		第 3	2.69	9.61	5.26	7.20	2.79	9.63	5.32	7.24	5.32	9.63
	荷重 位置	第 1	L30	L29	L30	L28	L30	L31	L30	L32	L30	L29
		第 2	L29	L27	L33	L27	L26	L33	L27	L33	L33	L33
		第 3	L12	L12	L13	L12	L13	L12	L14	L12	L14	L12
主 応力 *1	応力 範囲	第 1	9.88	18.9	15.9	11.5	9.82	18.6	15.8	11.2	15.9	18.9
		第 2	7.84	18.0	12.6	12.6	7.25	17.9	12.2	12.4	12.6	18.0
		第 3	6.80	20.0	11.3	14.3	6.86	19.9	11.4	14.2	11.4	20.0
	荷重 位置	第 1	L30	L29	L30	L28	L30	L31	L30	L32	L30	L29
		第 2	L30	L27	L33	L27	L27	L33	L27	L33	L33	L27
		第 3	L19	L19	L19	L19	L19	L19	L19	L19	L19	L19
横桁端部 (P1: fix 側、P2: move 側、Out: 箱桁外側、In: 箱桁内側)												
止端部 応力	応力 範囲	第 1	38.4	44.9	55.8	45.8	37.9	44.0	56.0	45.5	56.0	45.8
		第 2	34.6	37.8	39.8	36.1	28.9	35.5	38.4	34.7	39.8	36.1
		第 3	9.03	11.6	17.5	13.7	10.4	13.5	17.4	14.8	17.5	14.8
	荷重 位置	第 1	L30	L30	L29	L29	L30	L30	L31	L31	L31	L29
		第 2	L29	L28	L29	L28	L32	L33	L27	L32	L29	L28
		第 3	L25	L25	L35	L25	L35	L35	L35	L35	L35	L35
HSS	応力 範囲	第 1	16.2	20.1	23.9	19.1	15.8	19.7	23.8	18.9	23.9	20.1
		第 2	15.3	16.6	17.6	15.5	12.6	15.8	16.9	14.8	17.6	16.6
		第 3	4.63	6.48	5.96	4.57	5.57	7.08	6.47	4.99	6.47	7.08
	荷重 位置	第 1	L30	L30	L29	L30	L30	L30	L31	L30	L29	L30
		第 2	L29	L28	L28	L28	L32	L33	L33	L33	L28	L28
		第 3	L25	L25	L35	L25	L35	L35	L35	L35	L35	L35
主 応力 *1	応力 範囲	第 1	42.8	49.6	59.9	48.9	41.6	48.3	59.9	48.5	59.9	49.6
		第 2	38.0	41.2	41.2	37.9	30.8	38.7	39.4	36.5	41.2	41.2
		第 3	5.88	8.00	8.83	7.42	6.90	8.43	9.21	7.17	9.21	8.43
	荷重 位置	第 1	L30	L30	L29	L29	L30	L30	L31	L31	L29	L30
		第 2	L29	L28	L29	L28	L32	L33	L27	L32	L29	L28
		第 3	L24	L24	L25	L25	L35	L36	L35	L35	L35	L36
横桁ウェブ位置 (P1: fix 側、P2: move 側、Out: 箱桁外側、In: 箱桁内側)												
止端部 応力	応力 範囲	第 1	7.18	38.7	10.2	8.10	7.13	38.7	10.1	8.11	10.2	38.7
		第 2	6.66	51.9	8.89	10.0	6.69	52.2	9.08	10.1	9.08	52.2
		第 3	6.93	47.9	9.37	9.36	6.93	47.9	9.37	9.37	9.37	47.9
	荷重 位置	第 1	L30	L29	L30	L31	L30	L31	L30	L29	L30	L31
		第 2	L27	L27	L27	L33	L33	L33	L33	L27	L33	L33
		第 3	L13	L12	L13	L13	L13	L12	L13	L13	L13	L12
HSS	応力 範囲	第 1	8.21	15.7	7.85	8.27	8.13	15.7	7.75	8.35	8.21	15.7
		第 2	8.90	20.8	8.40	9.12	9.05	20.8	8.57	9.25	9.05	20.8
		第 3	8.65	19.5	8.14	8.40	8.64	19.5	8.12	8.42	8.65	19.5
	荷重 位置	第 1	L29	L31	L29	L31	L31	L29	L31	L29	L29	L31
		第 2	L27	L33	L27	L33	L33	L27	L33	L27	L33	L33
		第 3	L13	L12	L13	L13	L13	L12	L13	L13	L13	L12
主 応力 *1	応力 範囲	第 1	7.79	39.2	16.2	12.3	7.80	39.1	16.1	12.2	16.2	39.2
		第 2	6.28	38.3	12.8	11.8	6.16	38.4	12.6	11.8	12.8	38.4
		第 3	4.77	46.3	11.7	11.6	4.77	46.2	11.7	11.5	11.7	46.3
	荷重 位置	第 1	L30	L29	L30	L31	L30	L31	L30	L29	L30	L29
		第 2	L33	L27	L33	L27	L27	L33	L27	L33	L33	L33
		第 3	L21	L18	L21	L20	L40	L18	L40	L20	L21	L18

*1) 第 1, 第 2 車線の主応力は最大主応力, 第 3 車線の主応力は最小主応力を示す。

ii) 着目横桁の主桁側回し溶接止端部の応力性状の応力性状

T 荷重を第 1 車線の着目横桁 (L30) 直上に载荷させた場合の仕口下フランジにおける最大主応力のコンター図を図 5-2-26 に示す。主桁ウェブと横桁下フランジの P1 側および P2 側の回し溶接部に高い引張応力が生じている。

図 5-2-27 (a)-(c) は第 1～第 3 車線の中央径間 (L19-41) に T 荷重走行させた場合について、P1 支点側回し溶接止端部に沿った最大主応力の分布を箱桁ウェブ内外面に分けて示している。第 1 車線に载荷した際の回し溶接部の応力分布は、荷重载荷位置が着目部位に近づくにつれて大きくなり、最大応力は L29-31 にかけて生じている。最大応力は箱桁ウェブ外面側の約 40MPa に比べて、箱桁ウェブ内面側で 60MPa 程度の高い応力が生じている。また、溶接線に沿った最大応力発生箇所は、箱桁ウェブの内外面で異なり、ウェブ内面では控え材上面側が高いものの、外面では仕口下フランジ下面が高い傾向にある。第 2、第 3 車線载荷時は荷重位置が主桁から離れることもあって最大応力値が減少し、箱桁ウェブ外面については最大主応力発生箇所が仕口下フランジ板厚中心へシフトする傾向にある。なお、P2 側も同様の傾向であった。

箱桁内外面の回し溶接止端部の控え材あるいは仕口下フランジ板厚中心部における HSS の変化 (影響線) を図 5-2-28 に示す。右図は左図について、着目横桁から両隣の横桁までを拡大したものである。P1 側と P2 側の HSS は、すべての車線において最大応力の生じる荷重载荷位置が着目横桁直上 (L30) ではなく、その直近の横リブ間 (L29 or 31) に载荷した場合となっている。着目横桁の箱桁内側の回し溶接止端部の HSS は、荷重位置が側径間にある場合では、5MPa 程度の圧縮力が作用し、中央径間の際には最大で約 25MPa となっている。そのため、第 1 車線载荷時の HSS 応力範囲は、約 30MPa となる。同様に、第 2 車線および第 3 車線载荷時の HSS 応力範囲は、25 および 15MPa となった。また、箱桁外側の HSS 応力範囲は箱桁内側よりも小さく、第 1、第 2、第 3 車線载荷時に、それぞれ 20MPa、15MPa、10MPa 程度であった。

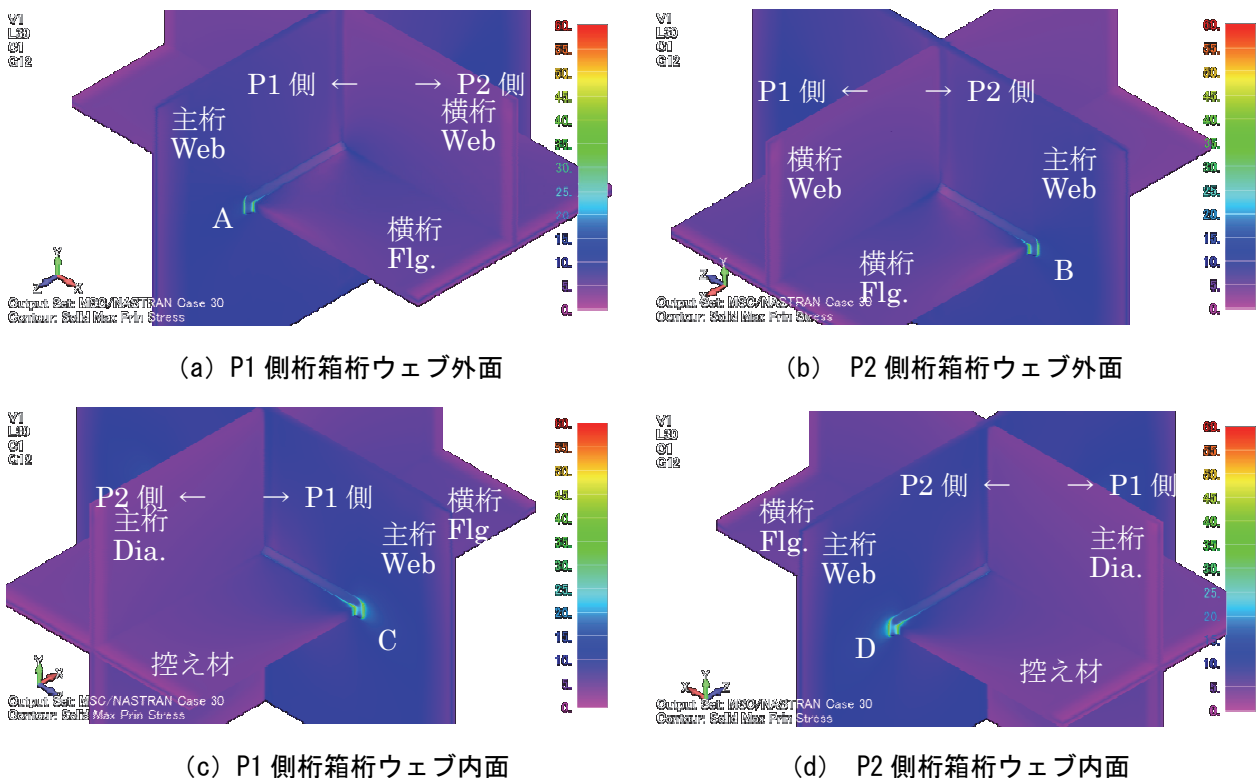
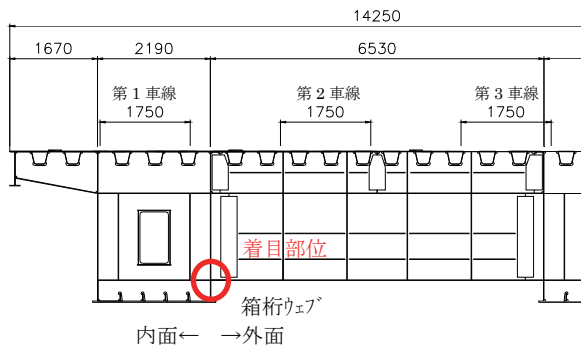
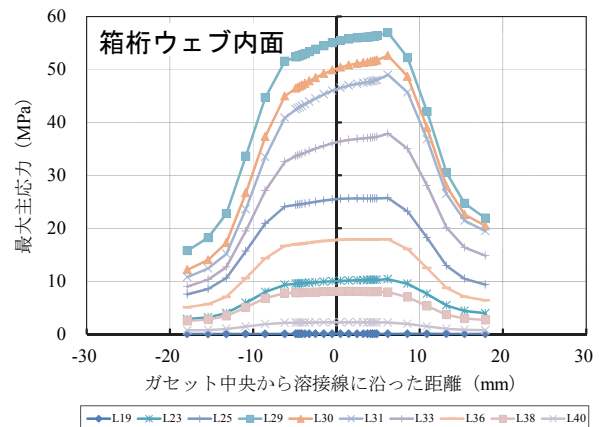
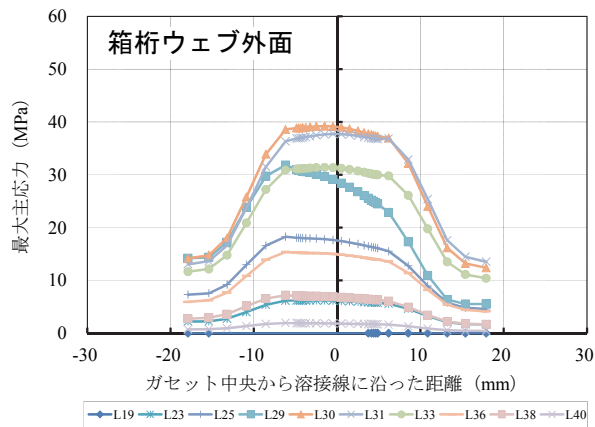
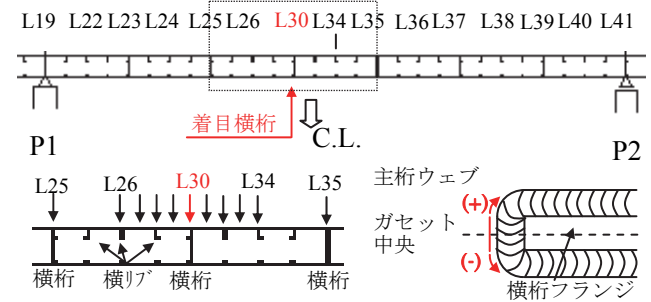


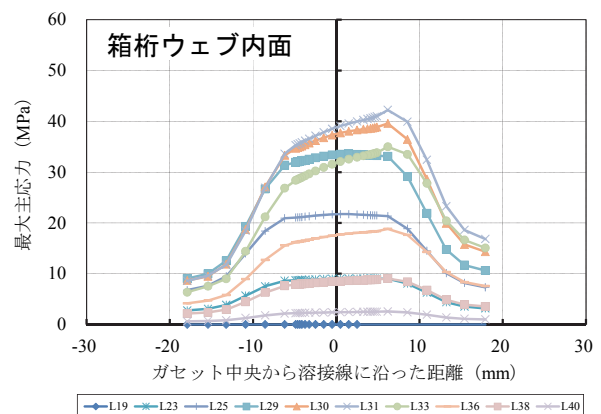
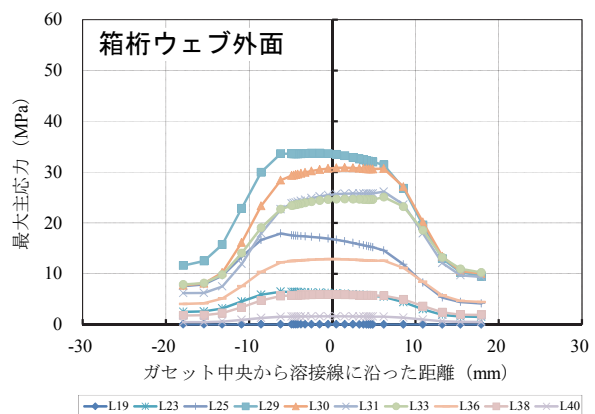
図 5-2-26 第 1 車線载荷時の最大主応力コンター図



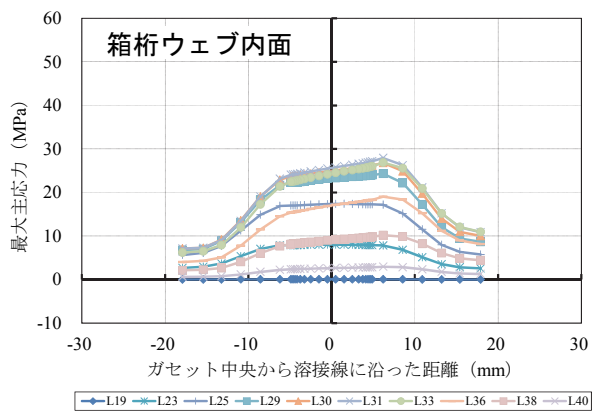
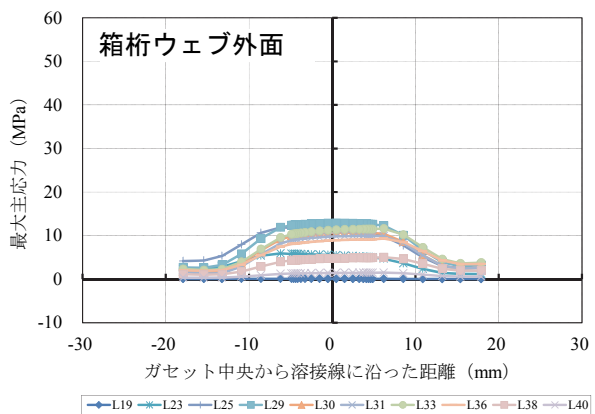
荷重載荷位置



(a) 第1車線載荷時

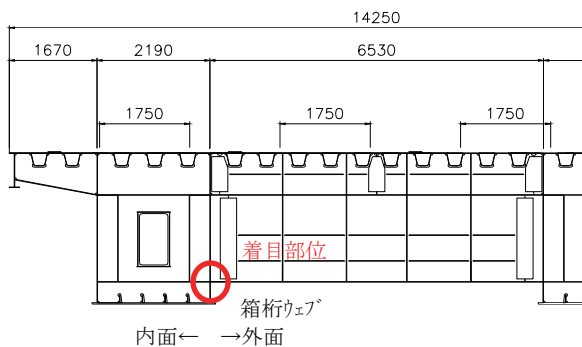


(b) 第2車線載荷時

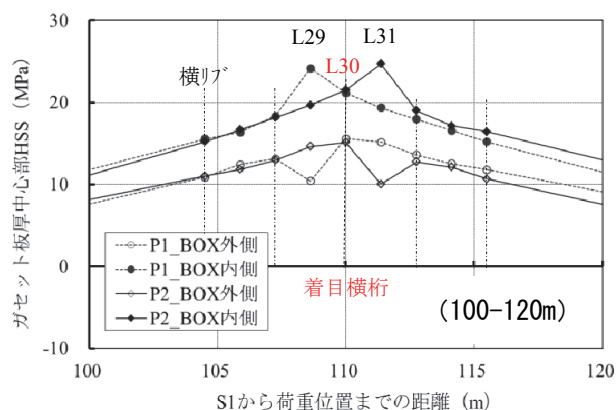
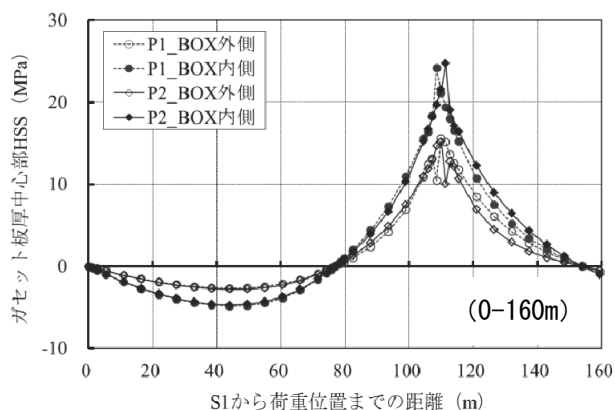
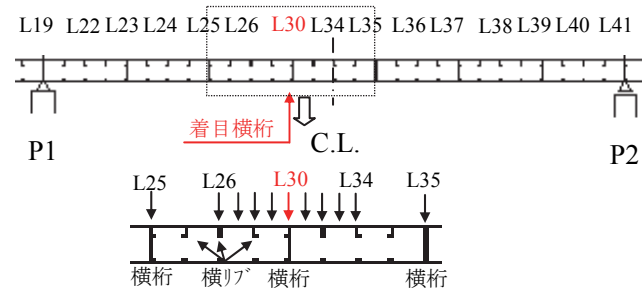


(c) 第3車線載荷時

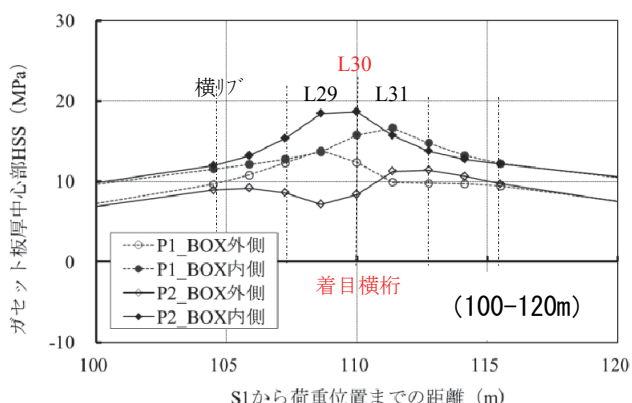
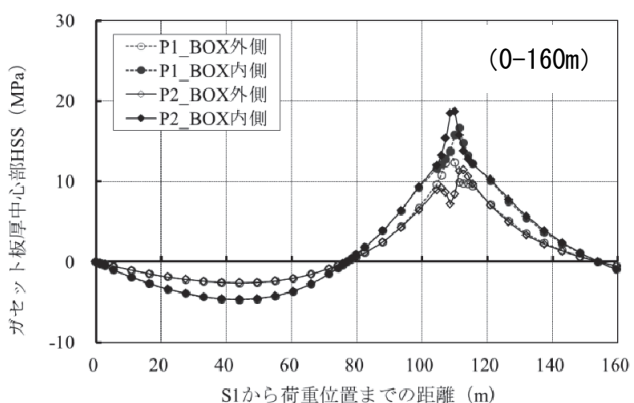
図 5-2-27 P1 支点側回し溶接止端部の最大主応力の変化



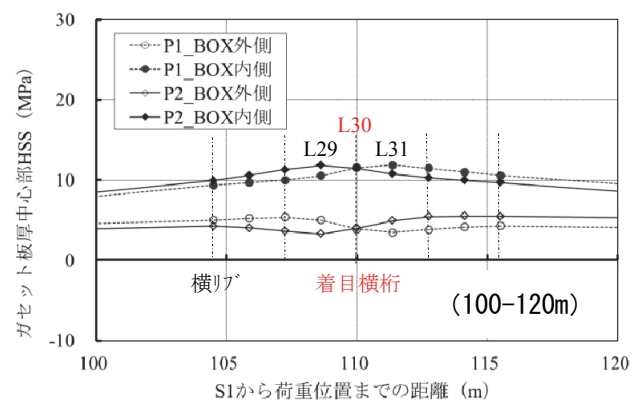
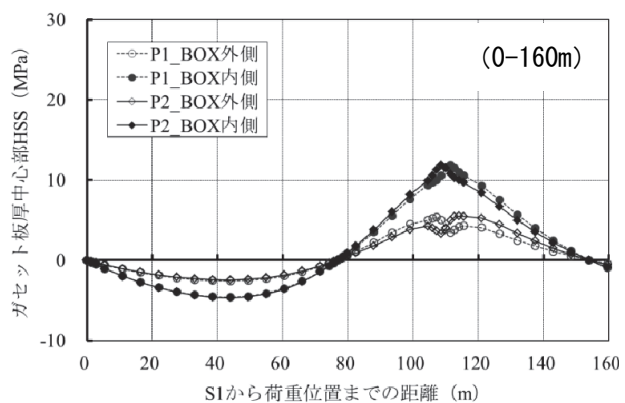
荷重載荷位置



(a) 第1車線載荷時



(b) 第2車線載荷時



(c) 第3車線載荷時

図 5-2-28 ガセット板厚中心部におけるホットスポット応力の変化

(c) 目違いの影響（横桁下フランジ側止端部）

表 5-2-3 および表 5-2-4 に横桁下フランジ側止端部に鉛直あるいは水平目違いを 1mm 与えた場合の応力範囲（単位 MPa）および目違いの影響度（目違い有りの応力／目違い無しの応力）の一覧を示す。抽出した応力は止端部応力，ホットスポット応力（HSS：0.4T-1.0T 法）および最大主応力（第 3 車線は最小主応力）であり，最大の応力が生じた载荷ケースの結果について，横桁一般部，横桁フランジ端部および横桁ウェブ位置に分けて整理している。なお，主応力の応力範囲については，主応力角度の変化が小さいと判断し，座標変換は行っていない。

鉛直目違いを与えた場合については，着目位置で比較すると，鉋桁同様，一般部での影響度が大きく，最大の影響度は止端部応力では 14%，HSS では 23%であった。これらの値は，式 5-1-1（ $\lambda=6$ ）から算出される主板厚 10mm の場合の影響 30%に比べて小さい。また，鉋桁ではウェブ位置へ及ぼす影響がほとんどなかったが，箱桁ではウェブ外面の下フランジ下面にリブ板がない影響からか，端部と同等に最大で 5%程度の影響が確認された。着目する応力については，一般部において HSS の影響度合いが若干高くなる部位もあるが，基本的には着目応力の違いが目違いの影響度合いに及ぼす影響は小さい。

水平目違いを与えた場合については，一般部ではほとんど影響がなく，ウェブ位置と端部で最大 5%程度の影響が確認された。なお，目違いの影響度は，評価応力により着目する箇所（P1，P2 側下フランジ上下面）によって様々に変化しており，発生応力が比較的大きい傾向にある P1-Out の下フランジ下面以外でも影響度が大きい場合も見受けられる。

次に，目違いがない場合に発生応力が大きかった，P1 側箱桁ウェブ外面横桁下フランジ下面の止端部応力について，载荷点の移動に伴う目違いの影響度の変化について検討を行う。

図 5-2-29(a)，(b)に鉛直目違い，あるいは水平目違いを 1mm 導入した場合の，横桁ウェブ位置における止端部応力の増加量，および目違いの影響度を示す。目違いの影響度は，第 1 車線载荷時に側径間において-10～5%程度生じているが，図 5-2-23 からわかるように，これらの時点での止端部の発生応力自体が非常に小さい。そのため，これらの値を除外すれば，ウェブ位置止端部の目違いの影響度は，鉛直，水平目違いともに 1%程度と考えられる。

図 5-2-30 (a)，(b)に一般部における止端部応力の増加量，1mm の鉛直および水平目違いの影響度を示す。一般部の目違いの影響度についても，発生応力が小さい側径間（図 5-2-24 参照）でばらつきが見られる。これらを除外すると，一般部の目違いの影響度は，鉛直目違いで約 6%，水平目違いでは 1%程度となる。

図 5-2-31 (a)，(b)に端部における止端部応力の増加量，1mm の鉛直および水平目違いの影響度を示す。目違いの影響度は，止端部応力の小さい第 3 車線（図 5-2-25 参照）を除外すると，鉛直目違いにより，約 2%，水平目違いでは 4%程度で生じている。

横桁下フランジ側止端部における鉛直目違いの影響は，発生応力が最も小さい一般部が約 6%と最も大きく，水平目違いでは，端部が 4%程度高くなる。しかし，その他の部位の水平，鉛直目違いの影響は 1～2%程度と非常に小さい。

以上から，着目する応力の違いが目違いに及ぼす影響については，一般部においてホットスポット応力の影響度合いが若干高くなる部位もあるものの，止端部応力，ホットスポット応力，最大主応力のいずれで評価しても同程度の評価になるものと考えられる。

表 5-2-3 横桁下フランジ側止端部に対する目違いの影響(鉛直目違い1mmを与えた場合)

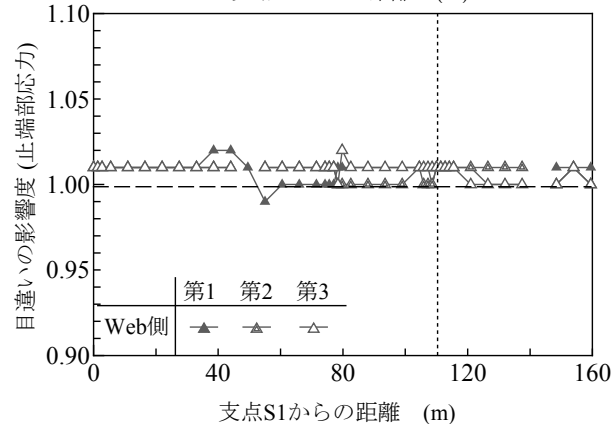
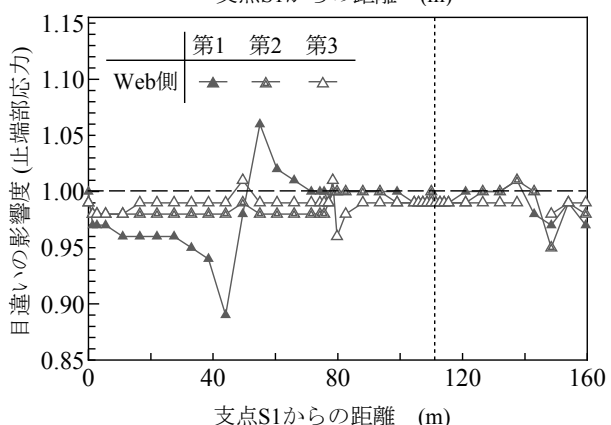
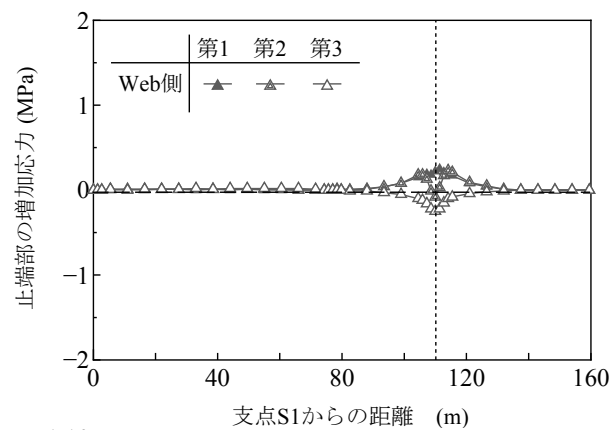
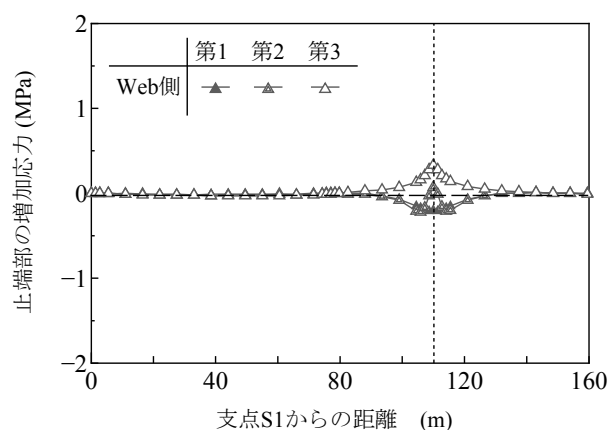
横桁一般部 (P1: fix 側、P2: move 側、Out: 箱桁外側、In: 箱桁内側)												
鉛直目違い 1mm			P1-Out		P1-In		P2-Out		P2-In		最大応力範囲	
			上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側
止端部 応力	応力 範囲	第1	8.56	14.5	11.2	9.66	8.49	14.3	11.1	9.70	11.2	14.5
		第2	7.48	15.7	9.15	12.0	7.02	18.4	8.80	15.5	9.15	18.4
		第3	7.90	16.5	9.45	14.5	8.02	16.5	9.55	14.6	9.55	16.5
	目違い 影響度	第1	1.11	0.94	0.92	1.10	1.11	0.94	0.92	1.10	1.11	0.92
		第2	1.11	0.95	0.91	1.07	1.13	0.95	0.90	1.07	1.13	0.90
		第3	1.14	0.94	0.90	1.08	1.14	0.94	0.90	1.08	1.14	0.90
HSS	応力 範囲	第1	3.82	7.76	5.99	4.95	3.82	7.64	5.96	4.99	5.99	7.76
		第2	3.74	8.85	4.71	6.57	2.99	10.2	4.54	8.41	4.71	10.2
		第3	3.31	8.94	4.57	7.82	3.38	8.96	4.63	7.86	4.63	8.96
	目違い 影響度	第1	1.16	0.93	0.91	1.12	1.16	0.93	0.91	1.12	1.16	1.12
		第2	1.08	0.95	0.89	1.07	1.19	0.94	0.89	1.08	1.19	1.08
		第3	1.23	0.93	0.87	1.09	1.21	0.93	0.87	1.09	1.23	1.09
主 応 力 *1	応力 範囲	第1	10.9	17.8	14.8	12.5	10.8	17.5	14.7	12.1	14.8	17.8
		第2	8.65	16.7	11.6	13.7	8.19	16.9	11.2	13.5	11.6	16.9
		第3	7.72	18.9	10.2	15.4	7.80	18.9	10.3	15.3	10.3	18.9
	目違い 影響度	第1	1.10	0.94	0.93	1.08	1.10	0.94	0.93	1.08	1.10	1.08
		第2	1.10	0.94	0.92	1.09	1.13	0.94	0.92	1.08	1.13	1.09
		第3	1.14	0.95	0.91	1.08	1.14	0.95	0.91	1.08	1.14	1.08
横桁端部 (P1: fix 側、P2: move 側、Out: 箱桁外側、In: 箱桁内側)												
止端部 応力	応力 範囲	第1	39.7	44.0	55.2	47.0	39.1	43.0	55.4	46.6	55.2	47.0
		第2	35.5	37.1	39.0	37.0	29.8	34.8	37.8	35.7	39.0	37.0
		第3	9.56	11.7	17.2	14.1	10.6	13.6	17.0	15.3	17.2	15.3
	目違い 影響度	第1	1.03	0.98	0.99	1.03	1.03	0.98	0.99	1.03	1.03	1.03
		第2	1.02	0.98	0.98	1.03	1.03	0.98	0.98	1.03	1.02	1.03
		第3	1.06	1.01	0.98	1.03	1.02	1.00	0.98	1.03	1.06	1.03
HSS	応力 範囲	第1	17.0	19.3	23.2	19.9	16.6	19.0	23.1	19.7	23.2	19.9
		第2	15.8	16.0	17.0	16.2	13.2	15.2	16.3	15.4	17.0	16.2
		第3	4.75	6.32	5.84	4.75	5.72	6.92	6.31	5.19	6.31	6.92
	目違い 影響度	第1	1.05	0.96	0.97	1.04	1.05	0.96	0.97	1.04	1.05	1.04
		第2	1.03	0.97	0.97	1.04	1.04	0.96	0.97	1.04	1.04	1.04
		第3	1.03	0.98	0.98	1.04	1.03	0.98	0.98	1.04	1.03	1.04
主 応 力 *1	応力 範囲	第1	44.1	48.5	59.1	50.1	42.9	47.1	59.1	49.7	59.1	50.1
		第2	38.9	40.4	40.3	38.9	31.7	38.0	38.7	37.5	40.3	40.4
		第3	5.61	8.23	8.66	7.66	6.61	8.69	9.04	7.42	14.5	13.1
	目違い 影響度	第1	1.03	0.98	0.99	1.03	1.03	0.98	0.99	1.03	1.03	1.03
		第2	1.02	0.98	0.98	1.03	1.03	0.98	0.98	1.03	1.03	1.03
		第3	0.95	1.03	0.98	1.03	0.96	1.03	0.98	1.03	0.95	1.03
横桁ウェブ位置 (P1: fix 側、P2: move 側、Out: 箱桁外側、In: 箱桁内側)												
止端部 応力	応力 範囲	第1	7.26	38.5	9.88	8.42	7.22	38.5	9.83	8.43	9.88	38.5
		第2	6.75	51.6	8.54	10.4	6.77	51.9	8.72	10.5	8.72	51.9
		第3	7.07	47.5	9.00	9.81	7.07	47.5	9.00	9.82	9.00	47.5
	目違い 影響度	第1	1.01	0.99	0.97	1.04	1.01	0.99	0.97	1.04	0.97	1.04
		第2	1.01	0.99	0.96	1.04	1.01	0.99	0.96	1.04	0.96	1.04
		第3	1.02	0.99	0.96	1.05	1.02	0.99	0.96	1.05	0.96	1.05
HSS	応力 範囲	第1	8.23	15.6	7.70	8.38	8.14	15.6	7.60	8.46	8.23	15.6
		第2	8.94	20.6	8.22	9.26	9.08	20.6	8.41	9.37	9.08	20.6
		第3	8.70	19.3	7.97	8.58	8.69	19.3	7.95	8.60	8.70	19.3
	目違い 影響度	第1	1.00	0.99	0.98	1.01	1.00	0.99	0.98	1.01	0.98	1.01
		第2	1.00	0.99	0.98	1.02	1.00	0.99	0.98	1.01	0.98	1.02
		第3	1.01	0.99	0.98	1.02	1.01	0.99	0.98	1.02	0.98	1.02
主 応 力 *1	応力 範囲	第1	8.06	38.8	15.5	12.7	8.06	38.8	15.4	12.7	15.5	38.8
		第2	6.54	38.0	12.1	12.4	6.42	38.1	12.0	12.4	12.1	38.1
		第3	4.99	45.8	11.0	12.5	4.99	45.8	11.0	12.4	11.0	45.8
	目違い 影響度	第1	1.03	0.99	0.96	1.04	1.03	0.99	0.96	1.04	0.96	1.04
		第2	1.04	0.99	0.95	1.05	1.04	0.99	0.95	1.05	0.95	1.05
		第3	1.05	0.99	0.94	1.08	1.05	0.99	0.94	1.08	0.94	1.08

*1) 第1, 第2車線の主応力は最大主応力, 第3車線の主応力は最小主応力を示す。

表 5-2-4 横桁下フランジ側止端部に対する目違いの影響(水平目違い 1mm を与えた場合)

横桁一般部 (P1: fix 側、P2: move 側、Out: 箱桁外側、In: 箱桁内側)												
水平目違い 1mm			P1-Out		P1-In		P2-Out		P2-In		最大応力範囲	
			上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側	上側	下側
止端部 応力	応力 範囲	第1	7.84	15.3	11.8	8.99	7.51	15.2	12.4	8.58	12.4	15.3
		第2	6.88	16.7	9.77	11.3	6.11	19.3	9.96	14.3	9.96	19.3
		第3	7.01	17.6	10.3	13.6	6.95	17.5	10.9	13.4	10.9	17.6
	目違い 影響度	第1	1.02	1.00	0.97	1.03	0.98	1.00	1.03	0.97	1.03	1.03
		第2	1.02	1.01	0.98	1.01	0.98	0.99	1.02	0.99	1.02	1.01
		第3	1.01	1.00	0.98	1.01	0.99	1.00	1.02	0.99	1.02	1.01
HSS	応力 範囲	第1	3.36	8.28	6.39	4.56	3.24	8.24	6.79	4.33	6.79	8.28
		第2	3.57	9.46	5.14	6.19	2.46	10.7	5.23	7.69	5.23	10.7
		第3	2.72	9.63	5.13	7.29	2.78	9.61	5.45	7.15	5.45	9.63
	目違い 影響度	第1	1.02	0.99	0.97	1.03	0.98	1.01	1.03	0.97	1.03	1.03
		第2	1.03	1.01	0.97	1.01	0.98	0.99	1.03	0.99	1.03	1.01
		第3	1.01	1.00	0.98	1.01	0.99	1.00	1.03	0.99	1.03	1.01
主 応力 *1	応力 範囲	第1	9.99	18.7	15.7	11.8	9.74	18.7	16.1	10.9	16.1	18.7
		第2	7.95	17.9	12.4	12.8	7.14	18.0	12.4	12.2	12.4	18.0
		第3	6.96	20.1	11.0	14.4	6.73	19.9	11.6	14.1	11.6	20.1
	目違い 影響度	第1	1.01	0.99	0.98	1.02	0.99	1.01	1.02	0.98	1.02	1.02
		第2	1.01	1.00	0.98	1.02	0.98	1.01	1.02	0.98	1.02	1.02
		第3	1.02	1.00	0.98	1.01	0.98	1.00	1.02	0.99	1.02	1.01
横桁端部 (P1: fix 側、P2: move 側、Out: 箱桁外側、In: 箱桁内側)												
止端部 応力	応力 範囲	第1	40.4	46.9	54.1	44.5	35.8	42.0	57.6	46.6	57.6	46.9
		第2	36.3	39.3	38.2	34.7	27.4	33.9	39.8	35.9	39.8	39.3
		第3	9.60	12.1	17.2	13.3	10.2	13.0	17.7	15.2	17.7	15.2
	目違い 影響度	第1	1.05	1.04	0.97	0.97	0.95	0.95	1.03	1.03	1.05	1.04
		第2	1.05	1.04	0.96	0.96	0.95	0.96	1.04	1.03	1.05	1.04
		第3	1.06	1.04	0.98	0.97	0.98	0.96	1.02	1.03	1.06	1.04
HSS	応力 範囲	第1	16.9	20.9	23.1	18.5	15.0	18.9	24.5	19.3	24.5	20.9
		第2	16.0	17.2	16.9	15.0	12.0	15.1	17.5	15.2	17.5	17.2
		第3	4.71	6.76	5.84	4.43	5.46	6.80	6.60	5.13	6.60	6.76
	目違い 影響度	第1	1.05	1.04	0.97	0.97	0.95	0.96	1.03	1.02	1.05	1.04
		第2	1.05	1.04	0.96	0.97	0.95	0.96	1.04	1.03	1.05	1.04
		第3	1.02	1.04	0.98	0.97	0.98	0.96	1.02	1.03	1.02	1.04
主 応力 *1	応力 範囲	第1	44.7	51.5	58.1	47.6	39.6	46.2	61.5	49.6	61.5	51.5
		第2	39.7	42.6	39.5	36.5	29.3	37.2	40.8	37.6	40.8	42.6
		第3	5.82	8.35	8.64	7.22	6.98	8.14	9.38	7.33	9.38	8.35
	目違い 影響度	第1	1.04	1.04	0.97	0.97	0.95	0.96	1.03	1.02	0.95	1.04
		第2	1.04	1.04	0.96	0.96	0.95	0.96	1.04	1.03	0.95	1.04
		第3	0.99	1.04	0.98	0.97	1.01	0.97	1.02	1.02	1.02	1.04
横桁ウェブ位置 (P1: fix 側、P2: move 側、Out: 箱桁外側、In: 箱桁内側)												
止端部 応力	応力 範囲	第1	7.31	38.9	9.94	8.03	7.03	38.5	10.4	8.20	10.4	38.9
		第2	6.80	52.2	8.63	9.82	6.56	51.8	9.32	10.4	9.32	52.2
		第3	7.08	48.1	9.12	9.21	6.79	47.5	9.62	9.53	9.62	48.1
	目違い 影響度	第1	1.02	1.00	0.98	0.99	0.98	0.99	1.03	1.01	1.03	1.01
		第2	1.02	1.01	0.97	0.98	0.98	0.99	1.03	1.02	1.03	1.02
		第3	1.02	1.01	0.97	0.98	0.99	0.99	1.03	1.02	1.03	1.02
HSS	応力 範囲	第1	8.29	15.8	7.84	8.20	8.06	15.6	7.76	8.44	8.29	15.8
		第2	8.99	20.9	8.34	9.00	8.95	20.7	8.59	9.35	8.99	20.9
		第3	8.71	19.6	8.13	8.32	8.57	19.4	8.10	8.50	8.71	19.6
	目違い 影響度	第1	1.01	1.01	1.00	0.99	0.99	0.99	1.00	1.01	1.01	1.01
		第2	1.01	1.01	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.01	1.01	1.01
		第3	1.01	1.01	1.00	0.99	0.99	0.99	1.00	1.01	1.01	1.01
主 応力 *1	応力 範囲	第1	8.00	39.5	15.8	12.3	7.65	38.8	16.5	12.2	16.5	39.5
		第2	6.54	38.7	12.5	11.7	5.94	38.1	13.0	11.8	13.0	38.7
		第3	4.97	46.7	11.3	11.5	4.61	45.8	12.1	11.6	12.1	46.7
	目違い 影響度	第1	1.03	1.01	0.98	1.00	0.98	0.99	1.02	1.00	1.03	1.01
		第2	1.04	1.01	0.98	1.00	0.96	0.99	1.03	1.00	1.04	1.01
		第3	1.04	1.01	0.97	0.99	0.97	0.99	1.04	1.01	1.04	1.01

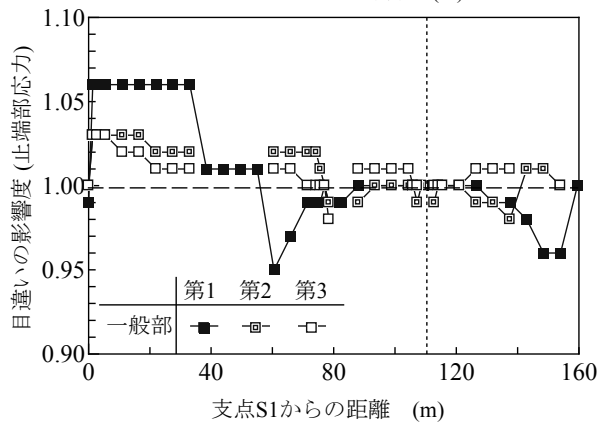
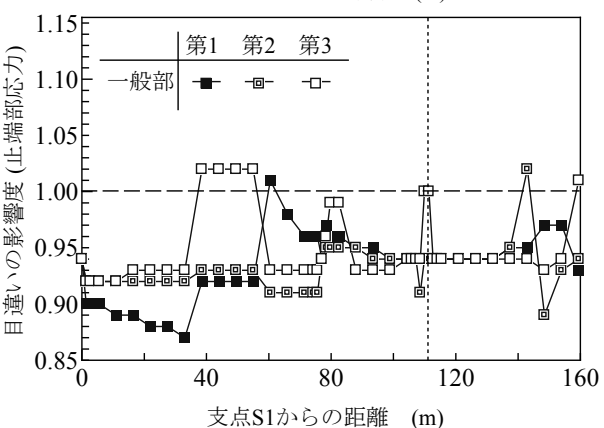
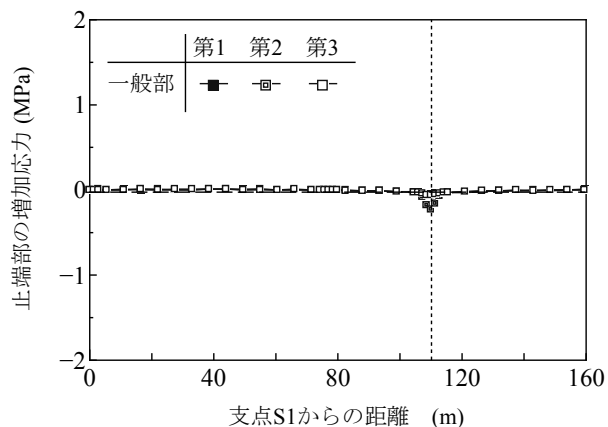
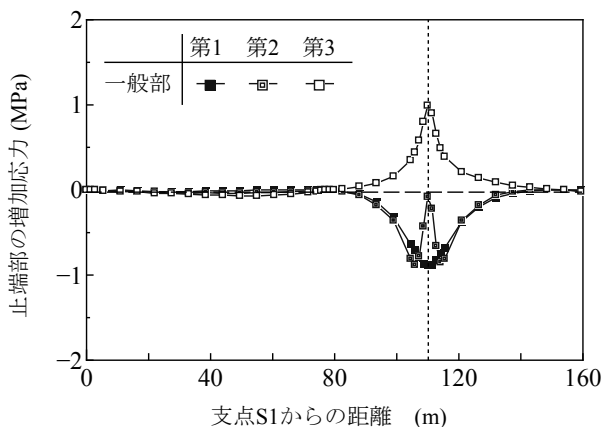
*1) 第 1, 第 2 車線の主応力は最大主応力, 第 3 車線の主応力は最小主応力を示す。



(a) 鉛直目違い(1mm)を導入した場合

(b) 水平目違い(1mm)を導入した場合

図 5-2-29 横桁ウェブ位置における目違いの影響度 (P1 側箱桁ウェブ外面横桁下フランジ下面)



(a) 鉛直目違い(1mm)を導入した場合

(b) 水平目違い(1mm)を導入した場合

図 5-2-30 横桁一般部における鉛直目違いの影響度 (P1 側箱桁ウェブ外面横桁下フランジ下面)

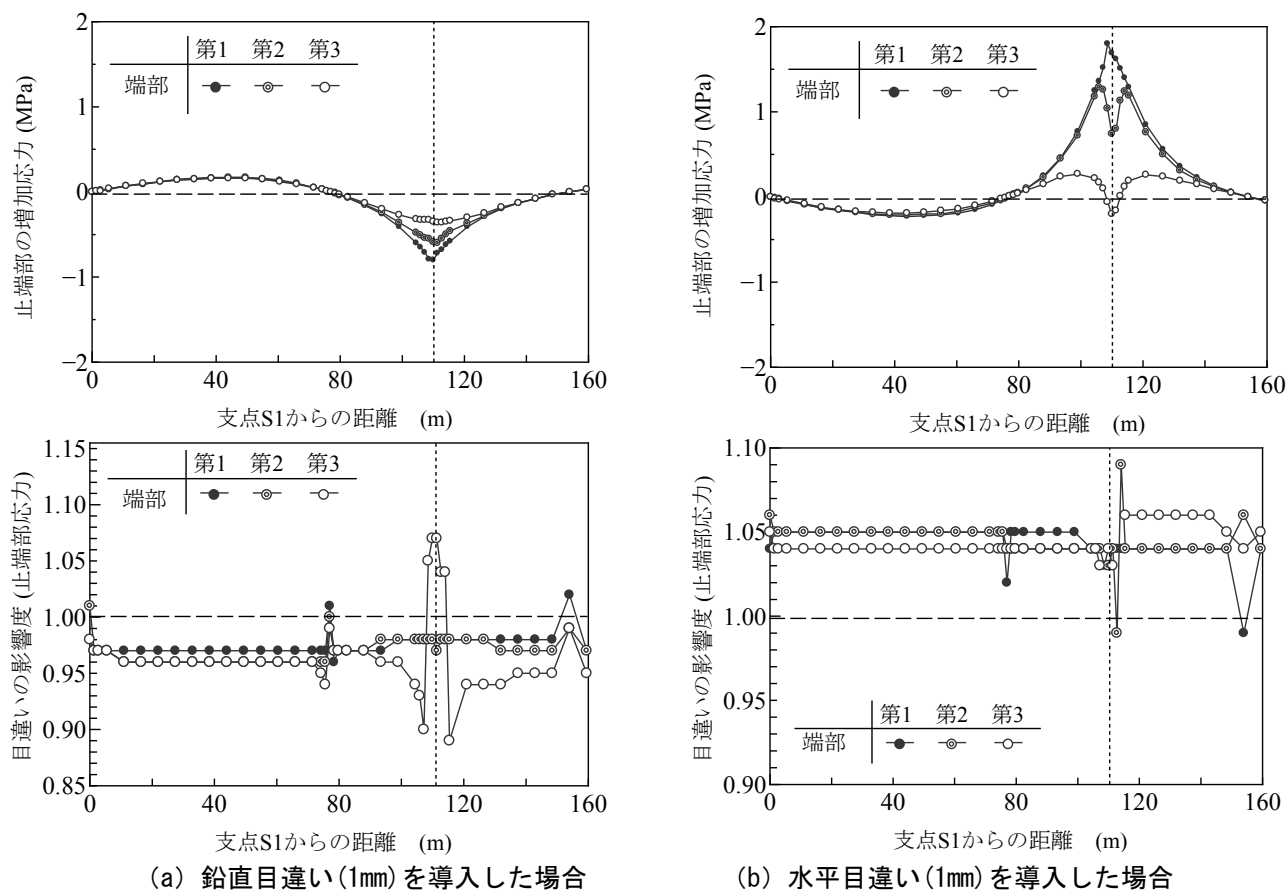


図 5-2-31 横桁端部における鉛直目違いの影響度 (P1 側箱桁ウェブ外面横桁下フランジ下面)

最後に、目違い量と目違いの影響度の関係について整理する。図 5-2-32(a), (b)は鉛直、あるいは水平目違いに対する、下フランジ仕口におけるウェブ位置、一般部および端部の横桁側止端部の橋軸直角方向応力範囲で整理した目違い量と目違いの影響度の関係である。なお、下フランジ仕口の目違いの影響度は、P1 および P2 側の箱桁ウェブ内外面の横桁下フランジ上下面、合計 8 箇所の中の最大値を示している。

目違いの影響度は、目違い量が増加するにしたがって、ほぼ線形増加の傾向にある。実橋で想定される鉛直目違い量、3mm が生じた場合の止端部応力は、目違いがない場合に比べ、発生応力の小さい一般部で応力が 1.4 倍に上昇するものの、応力の高い端部では約 1.2 倍、ウェブ位置では 1.1 倍程度の上昇となっている。また、水平目違いが 3mm 生じた場合には、端部で 1.2 倍程度上昇しているものの、一般部およびウェブ位置では 1.1 倍程度しか上昇していない。

図 5-2-33(a), (b)はホットスポット応力範囲で整理した目違い量と目違いの影響度の関係を示している。目違いの影響度は、目違い量が増加するにしたがって、ほぼ線形増加の傾向にある。鉛直目違いが 3mm 生じた場合のホットスポット応力は、目違いがない場合に比べ、発生応力の小さい一般部で応力が 1.6 倍に上昇するものの、応力の高い端部では約 1.1 倍、ウェブ位置ではほとんど上昇していない。一方、水平目違いが 3mm 生じた場合には、一般部および端部で共に 1.1 倍程度上昇しているものの、ウェブ位置ではほとんど応力が上昇していない。

図 5-2-33(a), (b)は最大主応力範囲で整理した目違い量と目違いの影響度の関係を示している。最大主応力による目違いの影響度は、ホットスポット応力で整理した図 5-2-33 に比べ、ウェブ部では高

く、一般部では低くなり、端部では同程度となっている。鉛直あるいは水平目違いが 3mm 生じた場合の目違いの影響度は、共に約 1.15 倍に上昇する結果となった。

以上から、横桁側止端部の目違いの影響度は、鉛直目違いの場合には、端部、ウェブ位置、一般部の順に大きくなり、目違いが 3mm の場合には、それぞれ約 1.1 倍、約 1.15 倍、1.6 倍程度となる。一方、水平目違いが 3mm 生じた場合の影響度は、一般部、端部、ウェブ位置の順に若干高くなるが、その影響は最大でも 1.15 倍程度であった。

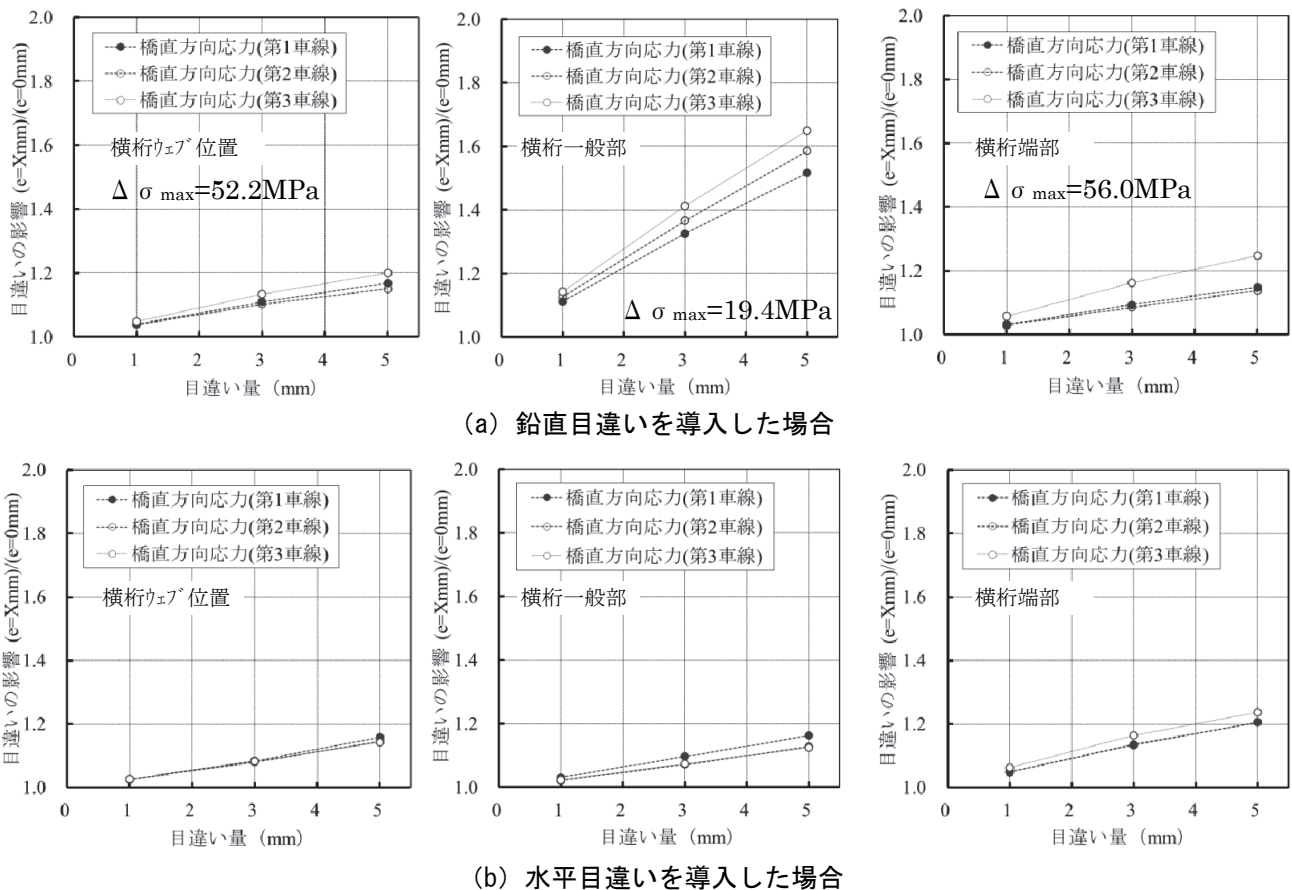
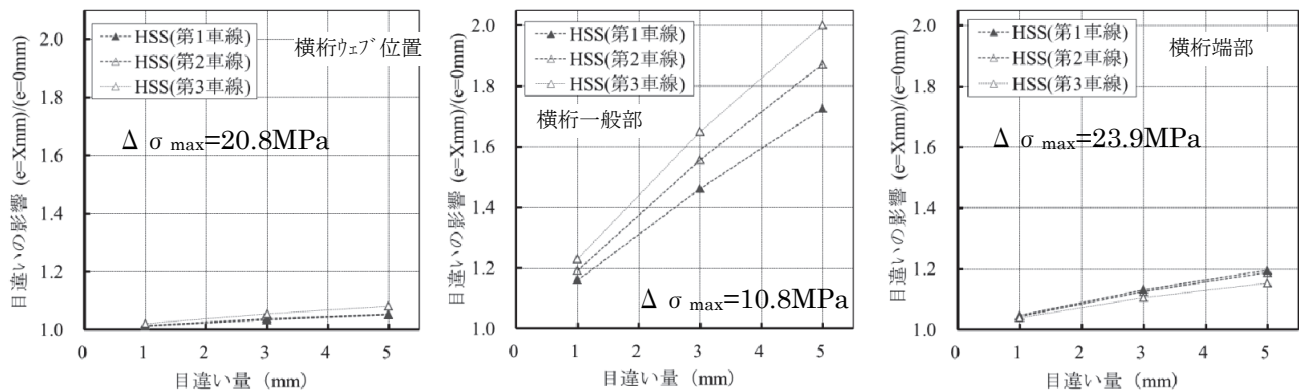
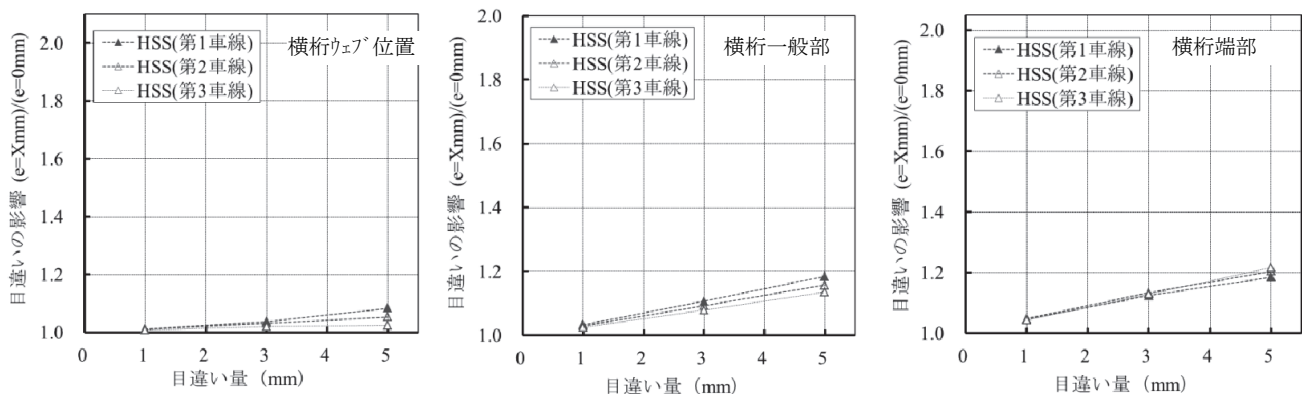


図 5-2-32 止端部応力で整理した目違い量と目違いの影響度の関係（横桁側止端部）

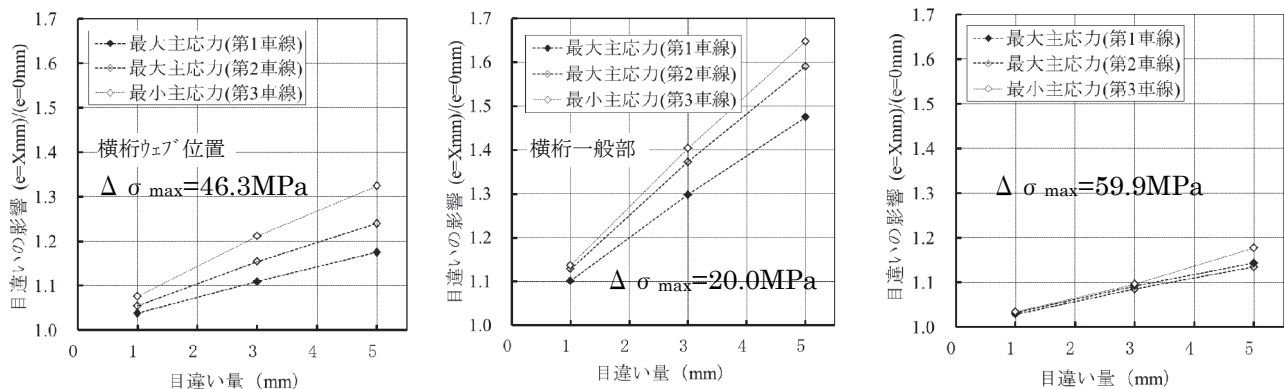


(a) 鉛直目違いを導入した場合

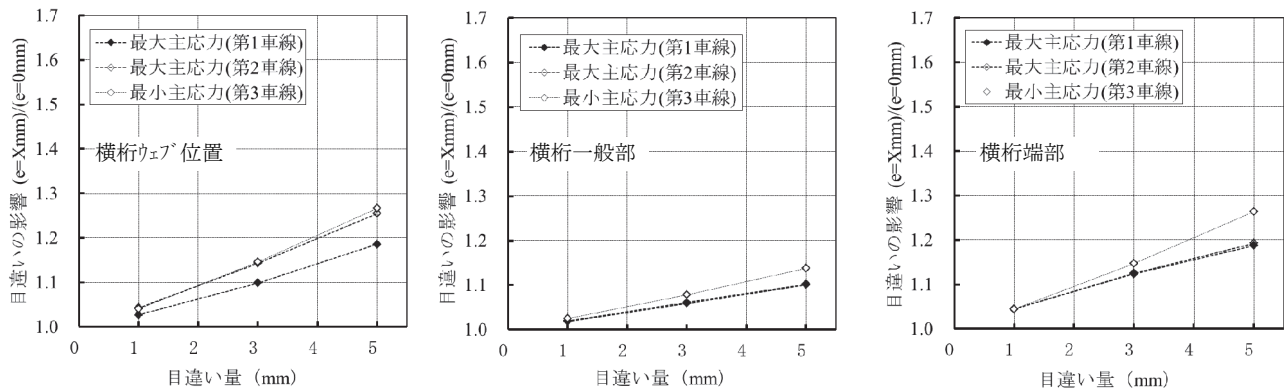


(b) 水平目違いを導入した場合

図 5-2-33 ホットスポット応力範囲で整理した目違い量と目違いの影響度の関係 (横桁側止端部)



(a) 鉛直目違いを導入した場合



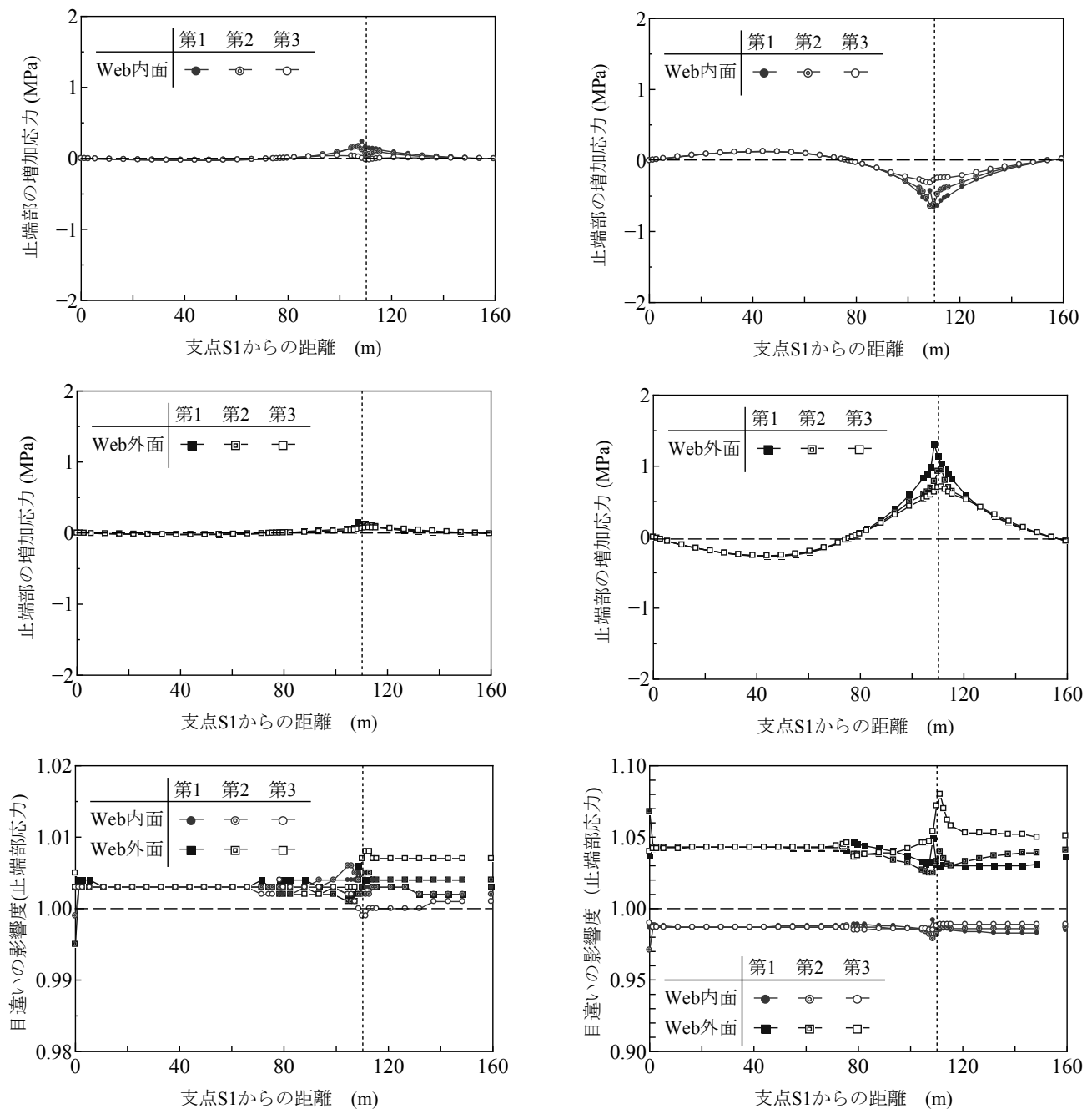
(b) 水平目違いを導入した場合

図 5-2-34 最大主応力範囲で整理した目違い量と目違いの影響度の関係 (横桁側止端部)

(d) 目違いの影響（回し溶接部主桁側止端部）

図 5-2-35(a), (b)は鉛直目違い、あるいは水平目違いを 1mm 導入した場合の P1 側横桁下フランジ主桁側回し溶接部の主桁側止端部における応力の増加量と目違いの影響度を示している。鉛直目違いの影響度は、第 1, 第 2, 第 3 車線によらず、箱桁ウェブ内外面とも 1%以下となっている。また、水平目違いを導入した場合は、箱桁ウェブ内面では 1%程度であるものの、ウェブ外面では約 5%生じている。

以上から、回し溶接部主桁側止端部における鉛直目違いの影響は、ウェブ内外面ともに 1%程度であり、水平目違いでは、ウェブ外面においてフランジ端部が 5%程度高くなる。しかし、ウェブ内面については 1%程度と目違いの影響は小さいものと考えられる。



(a) 鉛直目違い(1mm)を導入した場合

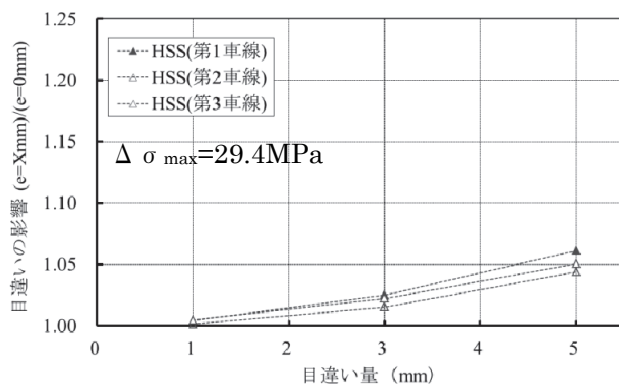
(b) 水平目違い(1mm)を導入した場合

図 5-2-35 主桁側止端部における目違いの影響度 (P1 側横桁下フランジ主桁側回し溶接部)

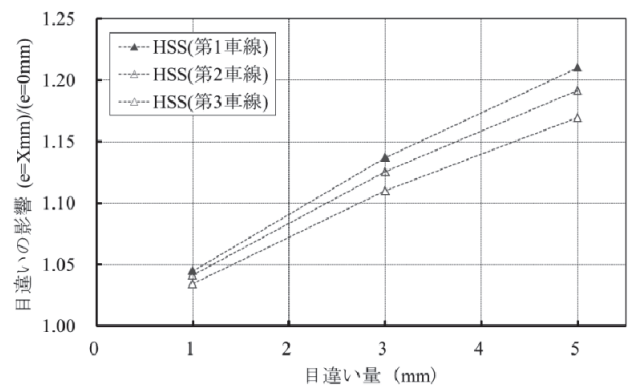
箱桁内外面の回し溶接止端部の控え材あるいは仕口下フランジ板厚中心部のホットスポット応力範囲で整理した目違い量と目違いの影響度の関係を図 5-2-36(a), (b)に示す。鉛直目違いが 3mm 生じた場合のホットスポット応力は、目違いがない場合に比べ、3%程度の応力上昇になっているものの、水平目違いが 3mm 生じた場合には、その影響度は 15%程度となっている。

次に、溶接止端部に沿った最大の最大主応力範囲で整理した目違いの影響度と目違い量との関係を図 5-2-37 に示す。鉛直目違いが 3mm 生じた場合の影響は約 8%とホットスポット応力で整理した場合に比べて高くなっている。なお、水平目違いの場合には、その影響度はホットスポットで整理した場合と同程度になっている。

以上から、主桁側止端部の目違いによる影響度は、鉛直目違いについてはホットスポット応力で整理すると低いものの、最大主応力では目違い量 3mm に対して約 8%生じ、水平目違いでは、ホットスポット応力、最大主応力ともに 15%程度となることが確認された。

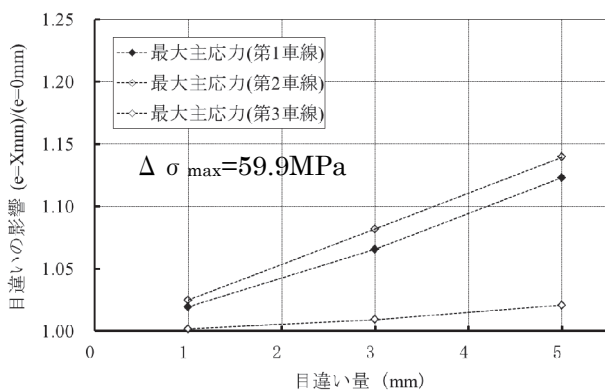


(a) 鉛直目違いを導入した場合

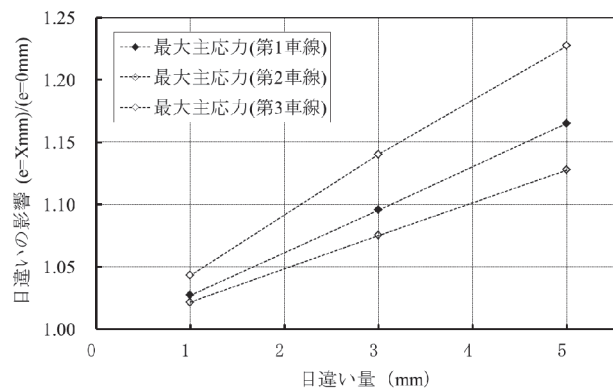


(b) 水平目違いを導入した場合

図 5-2-36 ホットスポット応力範囲で整理した目違い量と目違いの影響度の関係（主桁側止端部）



(a) 鉛直目違いを導入した場合



(b) 水平目違いを導入した場合

図 5-2-37 最大主応力範囲で整理した目違い量と目違いの影響度の関係（主桁側止端部）

5-3 実橋梁モデルと継手モデルの目違いの影響

第5章では種々の目違いによる応力上昇について、継手モデルを用いた検討および実橋モデルを用いた解析的な検討を行ってきた。本節では、それらの結果をまとめる。

まず、単純桁橋の支間中央部に存在する分配横桁と主桁との取り付け部の仕口下フランジを対称に検討した鈑桁橋モデルについて継手モデルとの比較を行う。鈑桁橋モデルでは仕口フランジ厚が、22mmと厚く、式 5-1-1 (λ-6) を用いると鉛直目違い 1mm により 13.6%の応力上昇があるとされるディテールである。フランジ幅は 360mm であり、中板（主桁ウェブ）の両側に補剛材があるディテールとなっている。この鈑桁橋モデルの分配横桁直上載荷を行った場合に得られた、鉛直目違い 1mm を与えた場合の目違いの影響度を表 5-3-1 に示す。同図には、上記の鈑桁橋モデルと同じ寸法・形状の継手形状を持つ継手モデル（但し、主桁長さ 200mm、ウェブ高さ 200mm、受け材高さ 100mm および長さ 100mm とした）を 5-1 節と同じ手法（図 5-1-17）でモデル化して求めた目違いの影響度を示す。なお、図中に示す目違いによって応力が上昇する二つの止端部(a)と(b)の応力上昇について記載している。

鈑桁橋モデルと継手モデルとの間には、若干の差異が見られるものの概ね良く一致していると言える。特に目違いの影響度の大きい横桁ウェブ一般部で、止端部応力およびホットスポット応力の両方の指標で非常に良い一致を示している。

つまり、

継手モデルを用いて鈑桁橋の主桁・横桁取り付け部の目違いの影響度を評価できる
と言える。

表 5-3-1 鈑桁モデルと継手モデルの目違いの影響度比較

	鈑桁橋モデル		継手モデル	
	止端部(a)	止端部(b)	止端部(a)	止端部(b)
端部	1.065 / 1.089	1.065 / 1.087	1.078 / 1.079	1.109 / 1.117
一般部	1.087 / 1.094	1.106 / 1.123	1.090 / 1.093	1.116 / 1.125
ウェブ部	1.016	1.019	1.034	1.025

表中の ??? / !!! の数値の表記は、
 ???：止端部応力で求めた目違い影響度
 !!!：ホットスポット応力で求めた目違い影響度
 であり、いウェブ部は止端部応力のみ記載

鈑桁橋の横桁の部材端部（対象取り付け部とは反対側の主桁との取り付け部）の境界条件や、主桁上端の床版等による回転拘束などの境界条件やその影響は不明であるが、今回用いた鈑桁モデルでは、

- ・今回の検討が仕口の下フランジ側を対象としていること
- ・継手モデルを用いた解析により示したように、十字継手では部材端部の拘束条件の影響は大きいですが、横桁ウェブが存在するような継手では、拘束条件の影響は殆どなくなること

・IIW の指針に示されるように、主板長さの不釣り合いの影響は、主板長さが非常に大きな場合には無視しうる

ことにより、概ね継手モデルを用いて目違いの影響度を評価できたものと考えられる。

本モデルは単純鉋桁橋であり、その支間中央に対象とした分配横桁が存在している。表 5-3-1 に示す結果は、分配横桁直上に载荷した場合であり、そのような場合、例えば横桁からの力は主に横桁の曲げの影響によるものと考えられる。そのため、主板の軸方向にのみ力を作用させる継手モデルを用いて概ね横桁下フランジの挙動を表現できたものと考えられる。しかし、図 5-2-7、図 5-2-8 に示すように、分配横桁の直上载荷ではない場合には目違いの影響度が変化する場合も認められている。この現象には、例えば横桁のねじれのような挙動などが原因として考えられるが、今後の検討課題であろう。

同様に箱桁モデルに対して鉛直目違い 1mm を与えた場合の目違いの影響度について、継手モデルとの比較結果を表 5-3-2 に示す。継手モデルは 5-1 節の図 5-1-19 に示したモデルと同様な方法で、箱桁の仕口下フランジ厚・フランジ幅、および主桁ウェブ厚のみを再現してモデル化を行った。箱桁モデルの解析結果は、対象継手部の直上载荷を行った時の目違いの影響度である。また、表中に示す Case-A は仕口が鉛直方向下側に、Case-B は鉛直方向上側に箱桁内部の控え材と相対的にずれているケースを表しているが、5-2 節で取り扱った箱桁モデルは Case-B である。ここでは仕口下フランジの下側の溶接止端部について検討を行っている。横桁端部、一般部、ウェブ部全てにおいて、目違いの影響度は継手モデルの方が大きい。この原因として今回対象とした箱桁モデルは鋼床版構造であり、横桁上端が鋼床版に固定されていること、また横桁より鉛直方向に低い位置にある主桁ウェブも主桁フランジにより変形をある程度拘束されていることなどが一因として考えられる。(継手モデルの箱桁断面内のダイアフラムに相当する位置の鉛直方向変位を図 5-3-1 に示すように拘束した結果、ウェブ直上の目違いの影響度は 3%弱に低下したが、一般部および端部の目違いには変化は見られなかった)。また、箱桁内部のディテールが図 5-3-2 に示すように、図 5-3-1 のようなディテールとは異なることも大きな原因と考えられるが、この点については今後の課題とする。

表 5-3-2 箱桁モデルと継手モデルの目違いの影響度比較

箱桁モデル		継手モデル		
	走行車線	Case-B	Case-B	Case-A
端部	第 1 車線	0.98 / 0.96	0.940	1.057
	第 2 車線	0.98 / 0.96		
	第 3 車線	1.00 / 0.98		
一般部	第 1 車線	0.94 / 0.93	0.911	1.086
	第 2 車線	0.95 / 0.94		
	第 3 車線	0.94 / 0.93		
ウェブ部	第 1 車線	0.99 / 0.99	0.962	1.042
	第 2 車線	0.99 / 0.99		
	第 3 車線	0.99 / 0.99		

表中の ??? / !!! の数値の表記は、

???： 止端部応力で求めた目違い影響度

!!!： ホットスポット応力で求めた目違い影響度

であり、継手モデルは止端部応力のみ記載

Case-A (箱桁モデルと同等)

主桁ウェブ

仕口ウェブ

仕口フランジ

止端部

Case-B (箱桁モデルと同等)

止端部

ダイアフラム

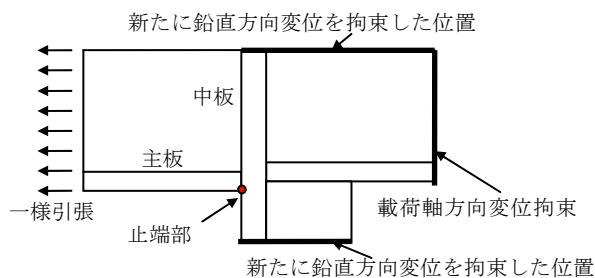


図 5-3-1 鉛直方向変位の拘束モデル

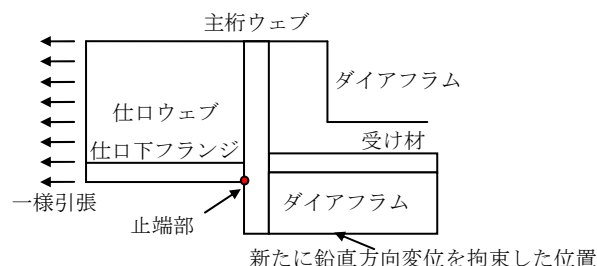


図 5-3-2 実際の箱桁取り合い部ディテール

従って、钣桁橋のように主桁と横桁取り合い部の仕口下フランジに生じる鉛直目違いの影響は、その形状をモデル化した図 5-1-17 や図 5-1-19 を用いてある程度評価することが可能であると言える。一方、钣桁橋、箱桁橋ともに载荷位置により、目違いの影響度が異なる傾向が見られた。横桁に作用する力や横桁の変形挙動などにも影響されるものと考えられ、今後、どのような条件で目違いの影響が大きくなるのかを分析するとともに、継手モデルを用いて種々の応力状態を再現する方法などについても検討する必要あると言える。

また、水平目違いの影響については、橋梁モデルで主桁ウェブ側の止端部に目違いの影響が確認された。そこで、図 5-3-3 に示すような钣桁モデルの主桁ウェブと横桁フランジのみをモデル化した面外ガセット溶接継手の解析モデルについて、主板（主桁ウェブ）の表裏に荷重方向（橋軸方向）に 1mm ずらしてガセット（横桁フランジ）を取り付けたモデルについて解析を行った。（横桁側止端部の要素分割と比して回し溶接側の要素分割は粗いが钣桁モデルと同じモデルを用いている。また、ガセット高さは 200mm、主板幅は 400mm としてモデル化を行っており、その他の寸法は钣桁モデルと同等である）。結果は、目違いを与えることにより、止端部応力は約 3.55% 上昇しており、钣桁モデルとほぼ同等の結果となっている。但し、この目違いの影響度の大きさは、5-1 節に示したように、溶接脚長が主板表裏でずれている場合とほぼ同様・同等の効果であり、応力集中の変化の領域は非常に狭い。

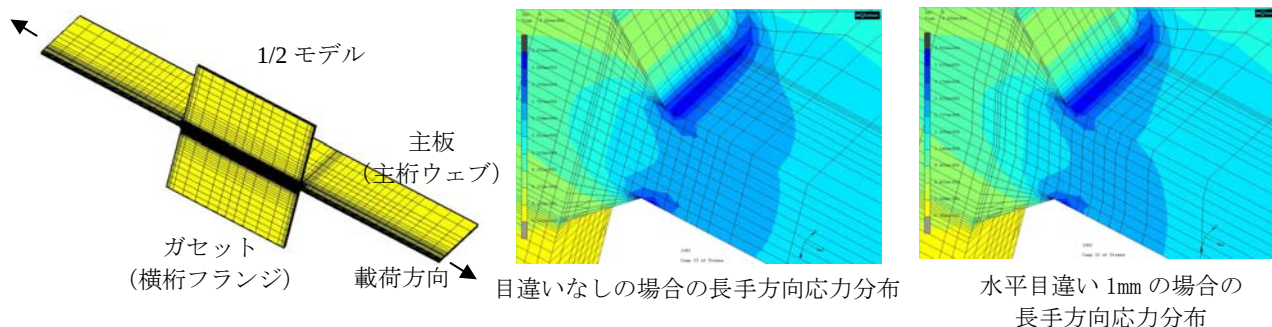


図 5-3-3 面外ガセット解析モデル