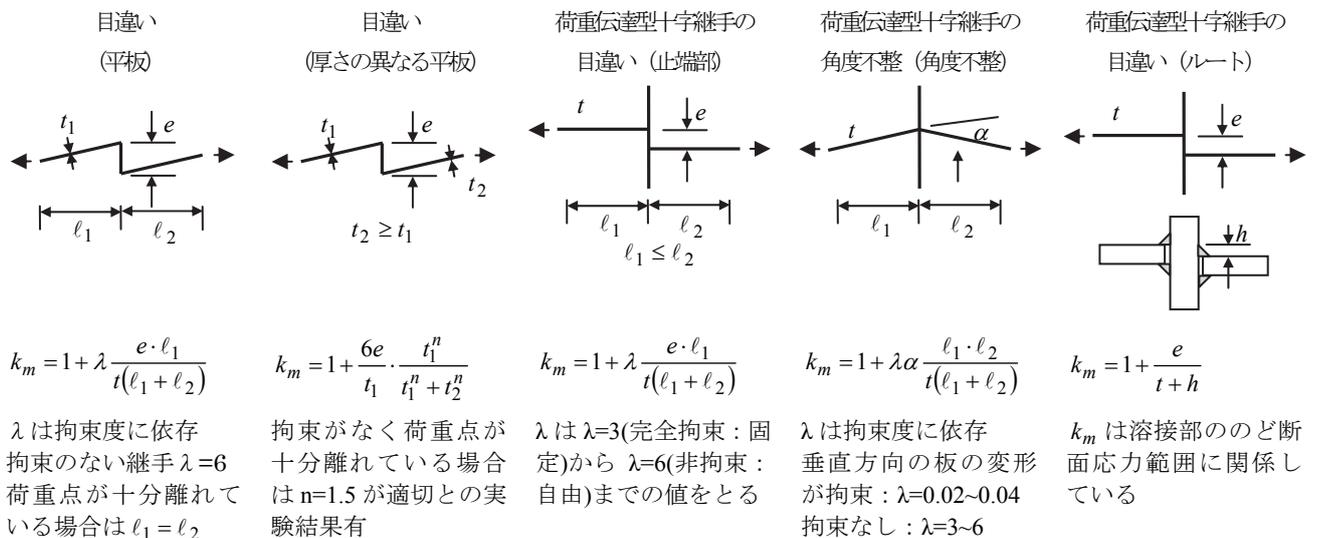


§3 目違いの疲労に対する影響に関する既往の研究の整理

溶接継手部に目違いが生じると、軸方向力のみが作用する場合でも、溶接止端部のなどの応力集中部に膜応力に加えて板曲げ応力が生じるために、疲労強度が大きく低下することがある。第2章の目違いに関する各基準の調査でも示したように、目違いの許容値や許容値を超えた場合の対処の仕方などが定められているものもあり、日本鋼構造協会(JSSC)の疲労設計指針¹⁾では、橋梁の基準である鋼道路橋示方書²⁾、船舶の工作精度標準である日本造船学会日本鋼船工作法制度標準(JSQS)³⁾、国際溶接協会の疲労設計指針⁴⁾の目違いに関する基準が紹介されている。例えば、文献³⁾に関しては、すみ肉溶接継手が目違いの許容値を超える場合、板厚の半分以下の場合には10%程度の増し脚長による補修が要求されており、また板厚が半分以上の場合には再溶接することになっているとしている。突合せ溶接継手の場合には目違いの許容値を超える場合には再溶接をしなければならないことが紹介されている。文献⁴⁾に関しては、目違いの許容値を超える場合には、目違い量に応じた応力の割り増し率 k_m で軸方向応力を補正することが紹介されている。この k_m に関して、突合せ溶接継手および荷重伝達型十字継手に関する算定式の例を図3-1に紹介する。同様に、DNV⁵⁾では、疲労照査に用いるホットスポット応力範囲 $\Delta\sigma_{hotspot}$ の評価式である $\Delta\sigma_{hotspot} = K\Delta\sigma_{nominal}$ の中の応力集中係数 $K(=k_g \cdot K_{le} \cdot K_{l\alpha} \cdot K_n)$ に含まれる目違いの影響および角変形の影響を表す K_{le} および $K_{l\alpha}$ に関する記述が種々の継手や目違いの種類に応じて示されている。ここでは図3-2にその例の紹介を行う。ここでは、目違いの影響度に関しては、(疲労強度等級を決定するための)疲労試験データに用いられる試験体に一般的に含まれていると考えられる目違い量を図中 e_0 として、測定される目違い e から差し引いた値 $(e-e_0)$ の大きさをを用いて目違いの影響度を考慮している。

一方で、JSSC¹⁾では、目違いやルートギャップなどの初期不整が継手に生じた場合には、継手に作用する応力が増加し疲労強度が低下するために、これらの初期不整は生じさせないことが望ましいとしている。本章では、これまで多く行われてきた目違いに関する検討の中で、継手モデルでの目違いの影響度やその評価法について、大型構造物中の実ディテールを対象とした目違いの影響度の検討、および目違いの計測手法に着目して既往の研究の整理を行った。



文献[1]では平板の角度不整に関する割増係数も紹介されている

図3-1 IIW 指針の目違いによる応力割増係数 k_m ⁴⁾

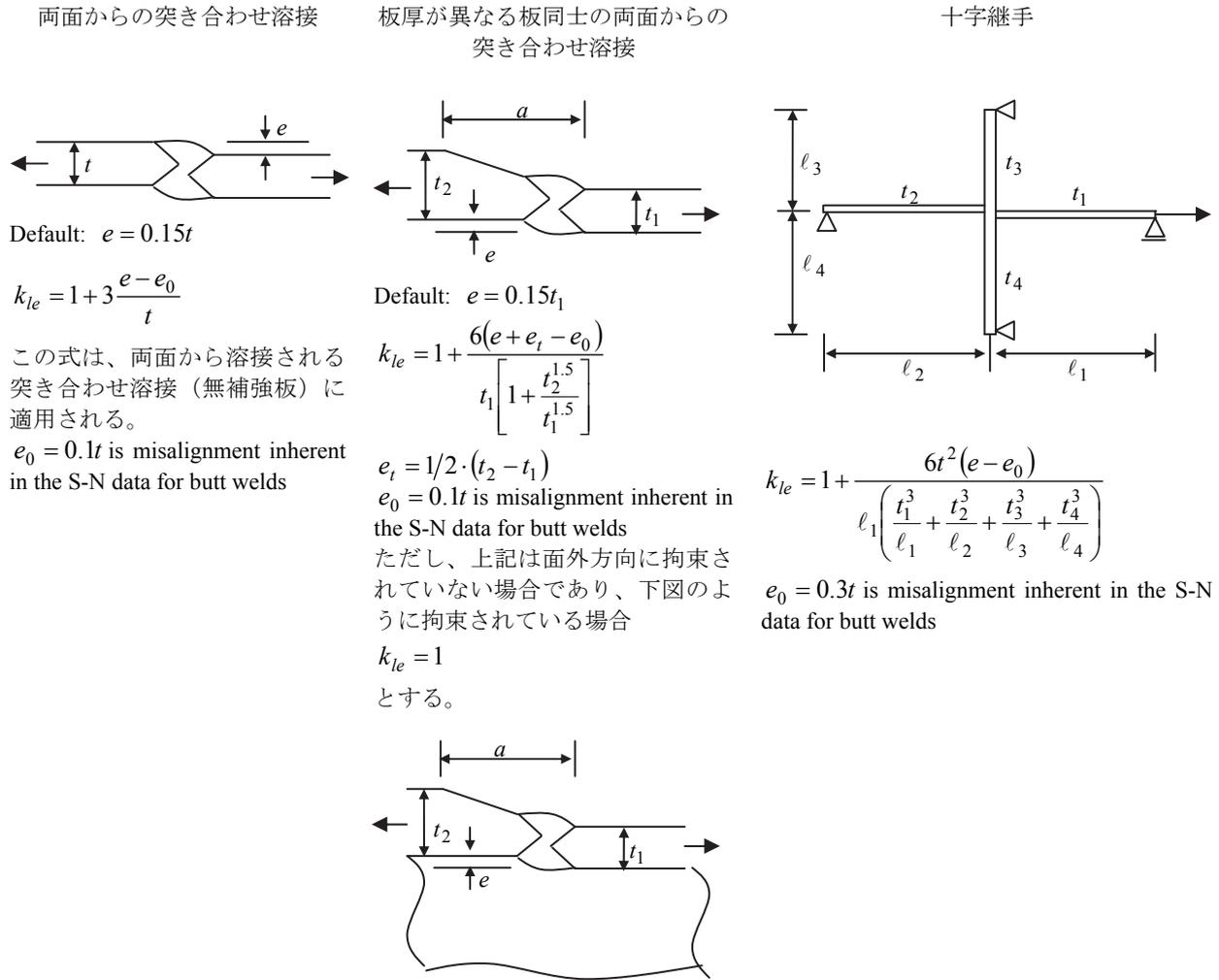


図 3-2 DNV 指針の目違いによる応力割増係数 k_{le} ⁵⁾

また、矢田ら ⁶⁾は、荷重の载荷に伴う変形の増大に伴い角変形の影響が漸減することに注目し、平板や曲面の溶接部に生じる角変形や目違いの影響の理論的な解法を示し、実験結果と良く一致することを示している。

3-1. 溶接継手部の疲労強度に対する目違いの影響の検討

Maddox⁷⁾は突き合わせ溶接および十字溶接に対して、種々の目違いのタイプに応じた疲労強度への影響について疲労試験結果の整理および簡易な評価式と併せて整理を行っている。その中で目違いの影響は主板に作用する付加的な板曲げによるものであるが、例えばその十字溶接に対しての目違いの影響度に対する評価式は図 3-1 に示す評価式と同じであり、中板を挟む主板の板厚が異なる場合には図 3-1 中に示す板厚の異なる平板の目違いと同じであり $n=1.5$ の値が示されている。この目違いの影響は主板に軸力が作用する場合には大きく、曲げが作用するような場合は小さいこと、また軸力と曲げが同時に作用するような場合には目違いの影響は軸力のみに対して評価することが記載されている。これらの影響については、溶接部の回転が拘束されていない状態での考察であり、境界条件や部材の形状、他の部材の存在によっては、継手部の回転を拘束することもあり、一般的にはケースごとに解

析的な検討が必要であるとしている。

八木ら⁸⁾は SM41B, Al 合金 5083-0, 9%Ni 鋼など種々の材料を用いて目違い (0.2t~0.6t の範囲で検討: t は主板厚) や角変形 (80/1000 まで) を導入した横突合せ溶接試験体を用いて検討を行っている (図 3-1-1: 主板厚 25mm, 主板幅 15mm)。そこでは, 試験体表面のひずみ計測により, 目違いや角変形によって生じる付加的な曲げ応力は梁理論による弾性計算で近似的に求めうることを示している。ただし, 付加的な曲げを考慮した (重畳した) 公称応力で疲労試験結果を整理すると, その疲労強度は同一き裂発生寿命における軸応力の場合のそれと比べて高くなり, その傾向は軸応力に対する曲げ応力の割合が大きくなるほど顕著になることを示している。この点は軸応力と曲げ応力の断面内での分布によるものであると考えられる。

飯田ら⁹⁾は, 角変形を対象としているが, HW50 および HW70 材の横突合せ溶接部に及ぼす角変形量の影響を実験的に調べている。図 3-1-2 には HW70 材の結果を試験体形状と併せて示すが, 公称応力範囲で整理した S-N 線図では角変形の伴い疲労強度の低下が見られるが, 止端部から 5mm 位置におけるひずみ範囲を用いて S-N 線図を整理すると疲労強度と破断寿命の関係を一元化できるとしている。ただし, この 5mm という位置は, ゲージ長さやそのベースのサイズに依存するものであり, 止端部の近くの測定結果という意味合いであり, 5mm という値そのものには重要な意味はないとの意見をこの文献⁷⁾の討議に記している。同様に大野ら¹⁰⁾は, 4mm 厚の AL 合金 5083 材に平均 2.1 度の角変形を導入した突合せ溶接継手試験体の疲労試験を行い, 疲労強度の低下量 (25%) は角変形により付加される板曲げの効果を考慮することで評価できることを示している (図 3-1-3: なお, 同図には角変形の測定方法も紹介されていたので併せて紹介している)。



図 3-1-1 突合せ目違い溶接試験体⁸⁾

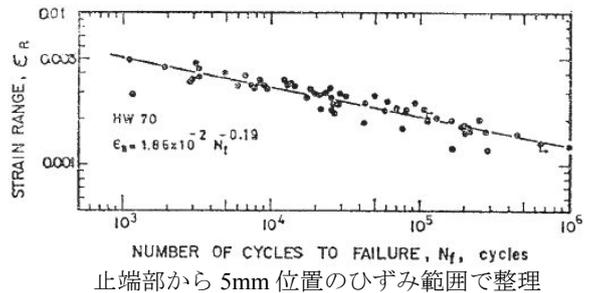
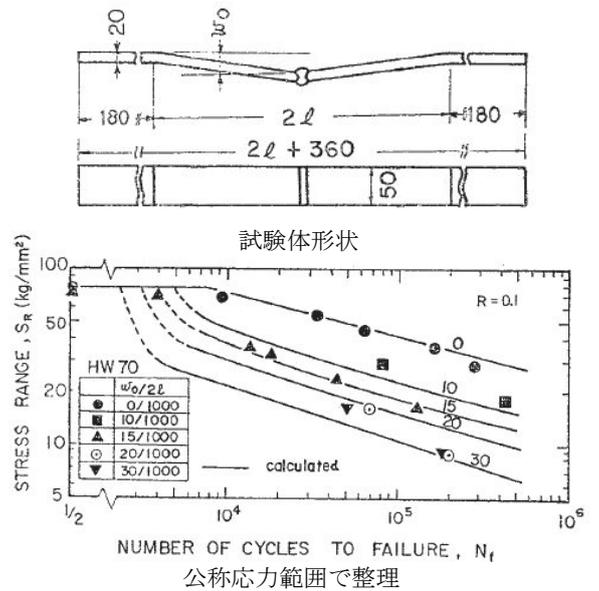


図 3-1-2 角変形を設けた突合せ溶接試験体⁹⁾

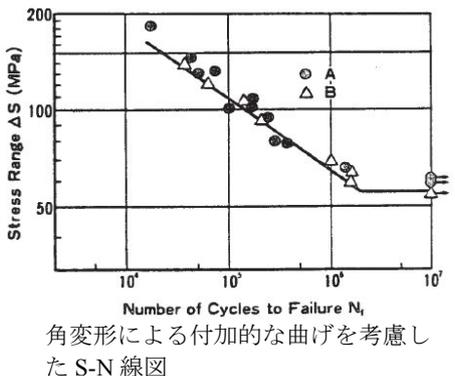
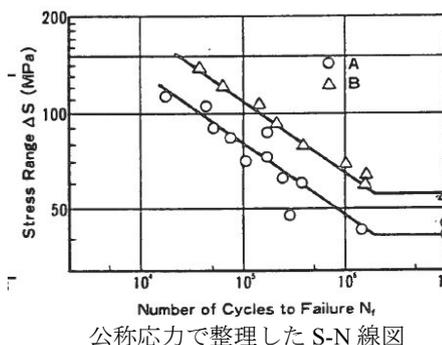
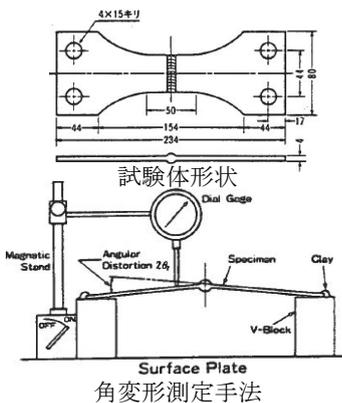
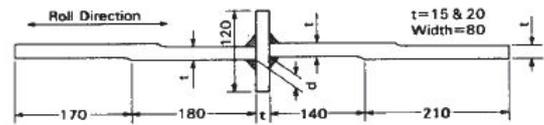


図 3-1-3 角変形を設けた突合せ溶接継手試験体と疲労試験結果

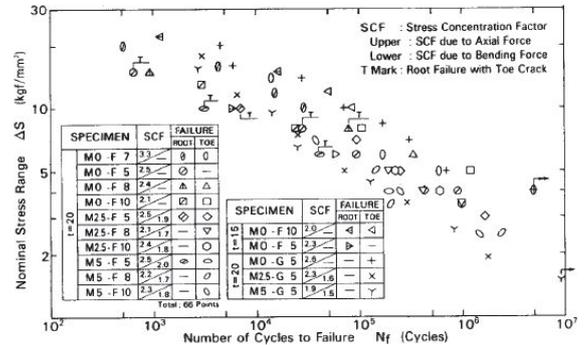
一方で, Chiarelli ら¹¹⁾は, 主板厚 8mm の横突合せ溶接継手に 1.2mm の目違い (BS の目違いの許容値である主板厚の 15%の目違いに相当) を導入した試験体を用いて疲労試験を行っている。主板表裏から溶接を行った目違いなしの試験体と比較して, 主板片面から溶接した目違いを有する試験体では, 200 万回疲労強度が半分程度の値となっており, 付加曲げ応力の重畳率 (45%) よりも大きい結果が得られている。これは, 溶接裏面の目違い部の形状 (ノッチ) に起因するものとしている。

上村ら¹²⁾は, アルミ合金 5083-0 を用いて, 主板厚の 25%および 50%の目違いを与えた完全溶込み溶接およびすみ肉溶接により荷重伝達型十字溶接継手試験体 (図 3-1-4) を製作し, 数多くの疲労試験を行っている。同図に示すように, 止端部破断したデータについては, 軸力に曲げが重畳して作用する十字継手の止端破断の疲労強度が, 溶接残留応力と降伏応力 (止端部での降伏現象) を考慮するために修正グッドマン法で応力比 $R=0$ の局部応力振幅に換算した応力範囲で整理することにより, 目違いの有無によらず S-N 線図上で狭い範囲内にプロットされたとしている。

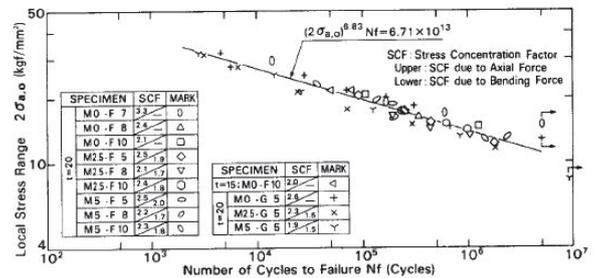
また, 荷重伝達型の十字継手の目違いの影響に関しては解析的な検討も行われている。例えば Lie ら¹³⁾は荷重伝達型十字継手の目違いの影響について目違い量, 溶込み量 (不溶着長さ) および端部の拘束条件 (片端固定, 片端軸方向引張で載荷点の載荷軸直角方向変位の拘束の有無) をパラメータとして検討を行い, 止端部における応力上昇および止端部からのき裂進展に伴う応力拡大係数の変化, 更には進展寿命に対する目違いの影響を検討している。図 3-1-5 にき裂深さと応力拡大係数の関係を示すが, き裂深さが止端部から板厚の半分の長さになるまでの検討の範囲では, 載荷点に変位拘束を設けない場合には目違いの影響は見られないが, 載荷点の変位拘束を設けた場合には, 目違い量が大きくなるとそれに比例して応力拡大係数が大きくなることを示している。また, その応力拡大係数を用いたき裂進展解析により既往の疲労試験における目違いによる疲労強度の低下を説明できることを示している。



試験体形状

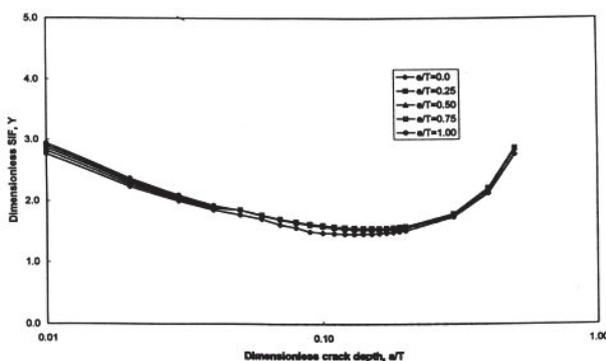


公称応力で整理した S-N 線図 (全試験体)

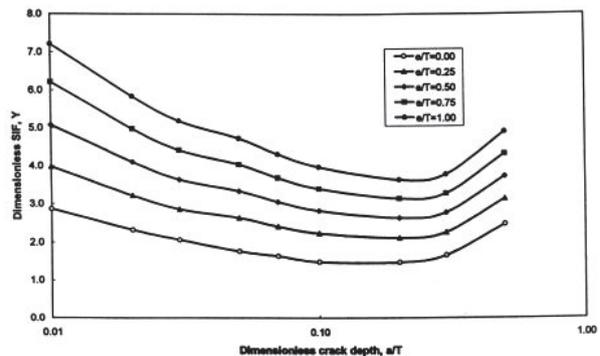


修正した止端部の局部応力範囲で整理した S-N 線図 (止端部破壊のみ)

図 3-1-4 目違いを設けた荷重伝達十字継手試験体とその疲労試験結果¹²⁾



載荷点の鉛直変位を拘束しない場合



載荷点の鉛直変位を拘束した場合

図 3-1-5 荷重伝達十字継手止端部より発生するき裂深さと応力拡大係数との関係¹³⁾

なお、この文献¹³⁾の中には、目違いによる応力上昇の式

$$K_t = 1 + \lambda \frac{e}{t} \cdot \frac{l_1}{L}$$

における、境界条件などによる拘束度の差異の影響を表す λ に対して、BS (British Standard) PD6493¹⁴⁾に示される値を紹介しており (図 3-1-6)、境界条件により応力の上昇程度が異なることが示されている。

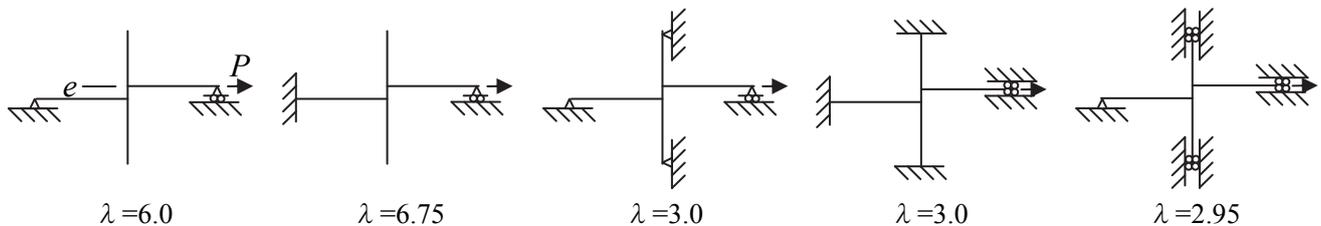


図 3-1-6 種々の境界条件における λ の値¹⁴⁾

一方、佐々木ら¹⁵⁾は、板厚 9, 20, 40mm の突合せ試験体 (SM58Q, HT80) およびリブ十字試験体 (SM50B) を用いて疲労試験を行い、図 3-1-7 に示すダイヤルゲージを用いた手法で目違い量 e_1 および角変形 ϕ を計測し、付加的に作用する曲げモーメント $M = e \cdot P$ (ここで、 $e = e_1 + \phi l / 2$ 、ここで l は溶接部から角変形測定点までの距離、 P は作用軸力) による板曲げ応力の膜応力に対する割合と目違いのない場合の疲労強度に対する目違いのある場合の疲労強度の割合の関係を調査している。検討結果では図 3-1-8 に示すように、目違い量は 1mm 以下のもの (最大 2mm)、付加的な曲げ応力は $\pm 20\%$ 程度以下 (最大 40%弱) のものが多く、この検討の範囲内では疲労強度と付加的な曲げ応力との間に明確な関係は見られず、その原因として止端部形状やビード形状のばらつきの影響に埋もれたためとしている。

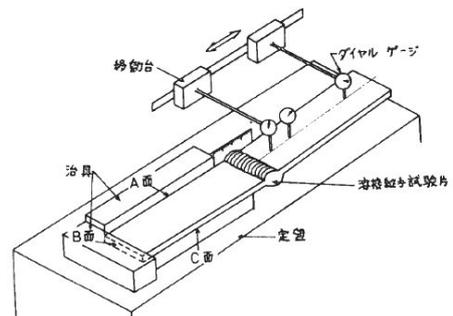
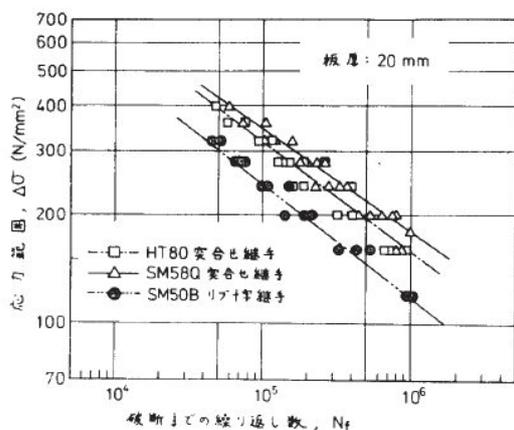
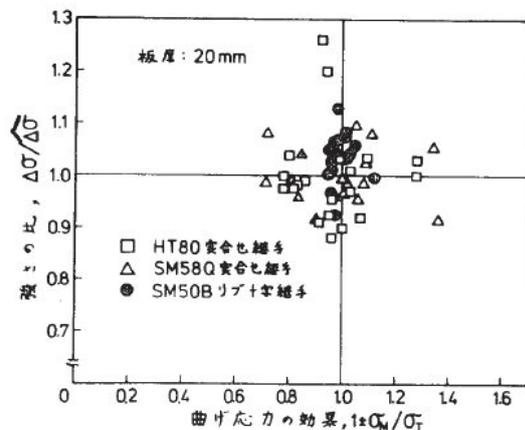


図 3-1-7 目違い・角変形の計測手法¹⁵⁾



公称応力で整理した S-N 線図



目違い・角変形による付加曲げ応力 σ_M と軸応力 σ_T の比と疲労強度の変化率の関係

図 3-1-8 疲労試験結果と目違い・角変形の影響度¹⁵⁾

ここまでは、溶接止端部から疲労き裂が発生する場合の疲労強度への目違いの影響についての既往の研究をまとめているが、これらのルート部に不溶着部が存在するような場合にはルート部からき裂が発生する場合も考えられる。一般的に、荷重伝達型十字継手や突合せ継手に生じる目違いの溶接ルート部の疲労強度への影響は、溶接止端部の疲労強度に対する影響よりも小さい (Maddox⁷⁾、穴見ら¹⁶⁾。これは、溶接ルート部が溶接ビードを含めた断面内の内部に存在し、付加的な曲げの影響が小さくなるのが原因であると考えられる。恒成ら¹⁷⁾は主板厚 (12mm) の 20%~120%の目違いを与えた荷重伝達型十字すみ肉溶接継手を用いて疲労試験を行っている (図 3-1-9)。疲労き裂は全て溶接ルート部から発生し、目違いを与えた試験体では試験体中心側の溶接ルート部からき裂が発生している。付加的な曲げにより公称応力で整理すると疲労強度が低下しているが、ルート部先端の曲げ応力と引張によるルート部先端の公称応力の比を用いることにより目違いによるルート部の疲労強度の変化の程度を良く評価できることを示している。なお、ルート部の曲げ応力の算定には、板厚+脚長を断面とし、引張側となる不溶着部は応力伝達しないと考える断面二次モーメント算出している。

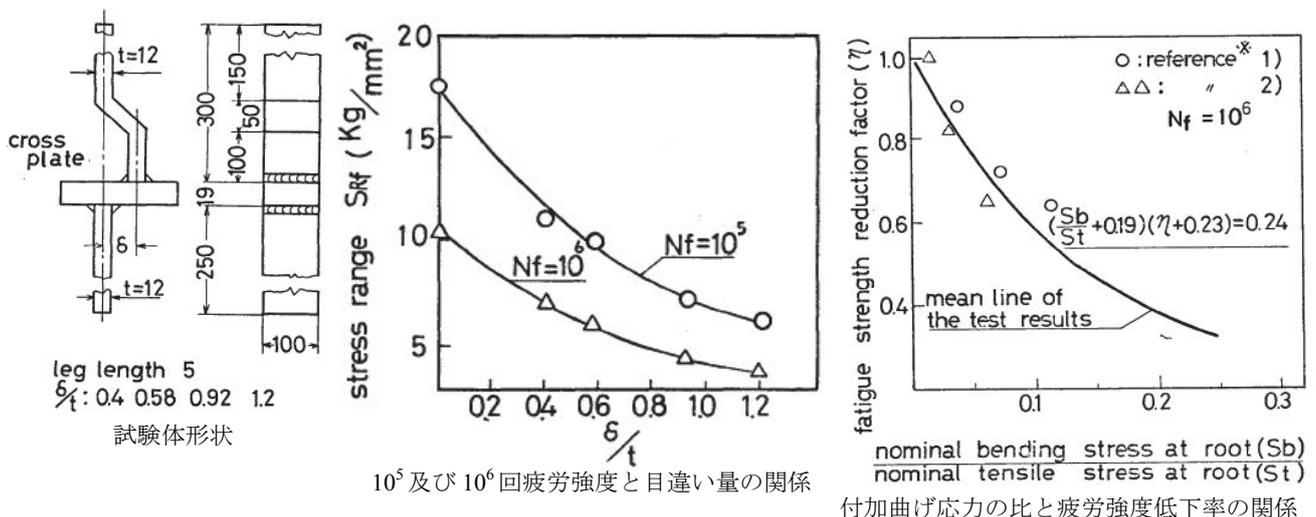


図 3-1-9 ルート部からき裂が発生する場合の疲労強度への目違いの影響¹⁷⁾

なお、ここまではいわゆる高サイクル疲労を中心に既往の研究を整理してきたが、例えば文献¹⁸⁾では、図 3-1-10 に示す、突合せ溶接に目違いを与えた試験体に対して (板厚 6mm および 16mm で、目違い量は板厚の 20, 40, 60%), 10^2 回以下~ 10^5 回程度の低サイクル領域も含めた広い範囲で一定変位振幅片振引張疲労試験を行った結果が報告されている。文献では 10^4 回の疲労強度で比較しているが、目違いによる疲労強度の低下量は目違いが板厚の 20, 40, 60% で 14, 27, 39% とされているが、同図に示す疲労試験結果の一例 (HT50, 板厚 16mm, 降伏点 35.9 kgf/cm²) を見ると、目違いが大きくなると S-N 線の傾きが大きくなり、高サイクル疲労領域の方が、低サイクル疲労領域の方よりも目違いの影響度が大きくなっている傾向が見られるが、これは HT50, 板厚 6mm の試験体でも、SS41 を用いた試験体 (板厚不明) でも同様であった。

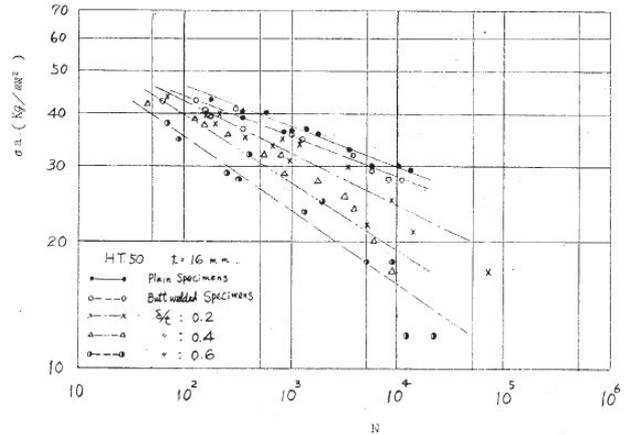
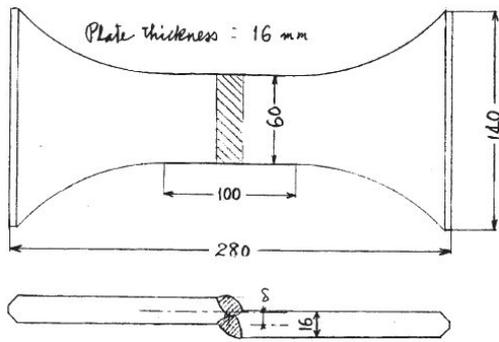


図 3-1-10 突合せ溶接継手を用いた低サイクル領域までの一定変位振幅片振り疲労試験¹⁸⁾

3-2. 大型構造物を対象とした目違いの疲労に関する影響の検討

一方、前述のように、目違いの疲労強度への影響は従来、小型の継手試験体を用いた実験や解析により行われてきた。しかし、鋼橋などのように大型の実構造物を対象とした場合、境界条件や部材の形状、他の部材の存在によっては、継手部の回転を拘束する⁶⁾こともあり、目違いの疲労強度への影響度も従来小型継手試験体を用いた検討より得られた結果とは異なる可能性も考えられる。

山岡ら¹⁹⁾は、鋼 I 桁の下フランジの突合せ溶接継手について道路橋示方書の基準を超える主板厚の 10% 以上の目違いが存在する場合の疲労強度、およびその向上 (対策) 法について検討を、大型桁試験体を用いて疲労試験を行っている。そこでは目違いを 0mm, 2mm, 4mm および 4mm 導入後下フランジおよび溶接部を研削しテーパを設けた試験体を用いている (図 3-2-1)。疲労試験結果は図 3-2-2 に示すが、目違い 0mm, 2mm の試験体は JSSC の疲労設計指針の疲労強度等級である D 等級を満足していたが、目違い 4mm の試験体では、基準を下回る E 等級にプロットされる結果も得られ、目違いによる疲労強度低下が実寸大試験体でも見られている。また、テーパ率 1:5 で研削した試験体では D 等級を満足する結果が得られ、更に止端部仕上げにより 1 等級の疲労強度向上効果が得られることが報告されている。

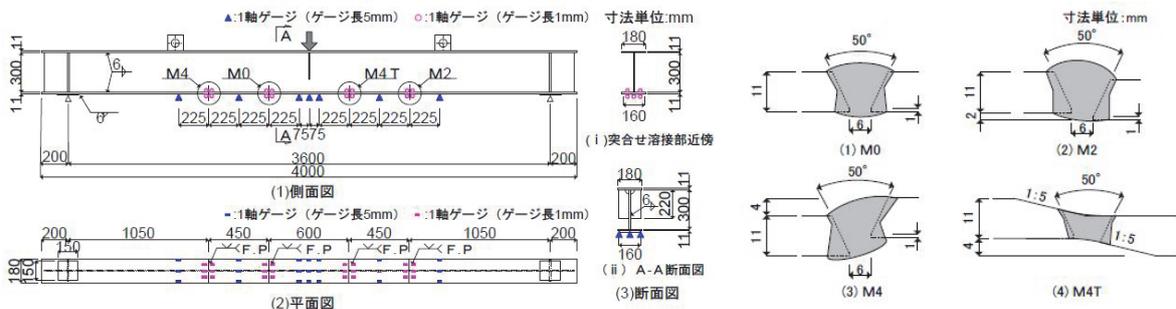


図 3-2-1 大型 I 桁疲労試験体のフランジ突合せ溶接部の目違い¹⁹⁾

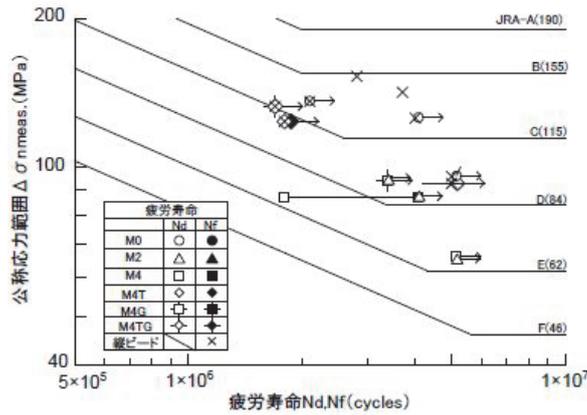


図 3-2-2 疲労試験結果¹⁹⁾

近藤ら²⁰⁾は、鋼床版トラフリブの現場溶接継手の安全性の検討をすることを目的として、現場溶接を模擬し、種々の製作精度（目違いに相当する肌隙やルートギャップおよび溶接姿勢）をパラメータとして製作した裏当て金付のトラフリブ突合せ溶接継手の引張継手試験体と実寸大の大型曲げ疲労試験体を製作して疲労試験による検討を行っている。大型試験体のみ、その形状を図 3-2-3 に紹介する。全てルートギャップ 5mm を設けた小型継手試験体では、目違いのある（目違い量 1mm）の試験体は上向き溶接されたものだけであるが、目違いのない試験体（実物の溶接部から切り出したもの、小型試験体で上向き溶接の終始端を模擬したもの、下向き溶接したもの）と比較して最も疲労強度が低いものとなっている。その原因として、偏心による付加的な曲げと、肌隙によりルート部に生じる鋭い切欠きが考えられるとしている。大型疲労試験では、この目違い量を 2~3mm と若干大きくし、更にルートギャップについても 0, 3, 5, 10mm とパラメータを広げて実験的な検討を行っている。疲労試験結果では、ルートギャップが小さくなるとルート部に不溶着部が発生し疲労強度が大きく低下することが示されており、またルートギャップが 0mm で同じで肌隙の有無で比較を行うと肌隙の大きいほうが、

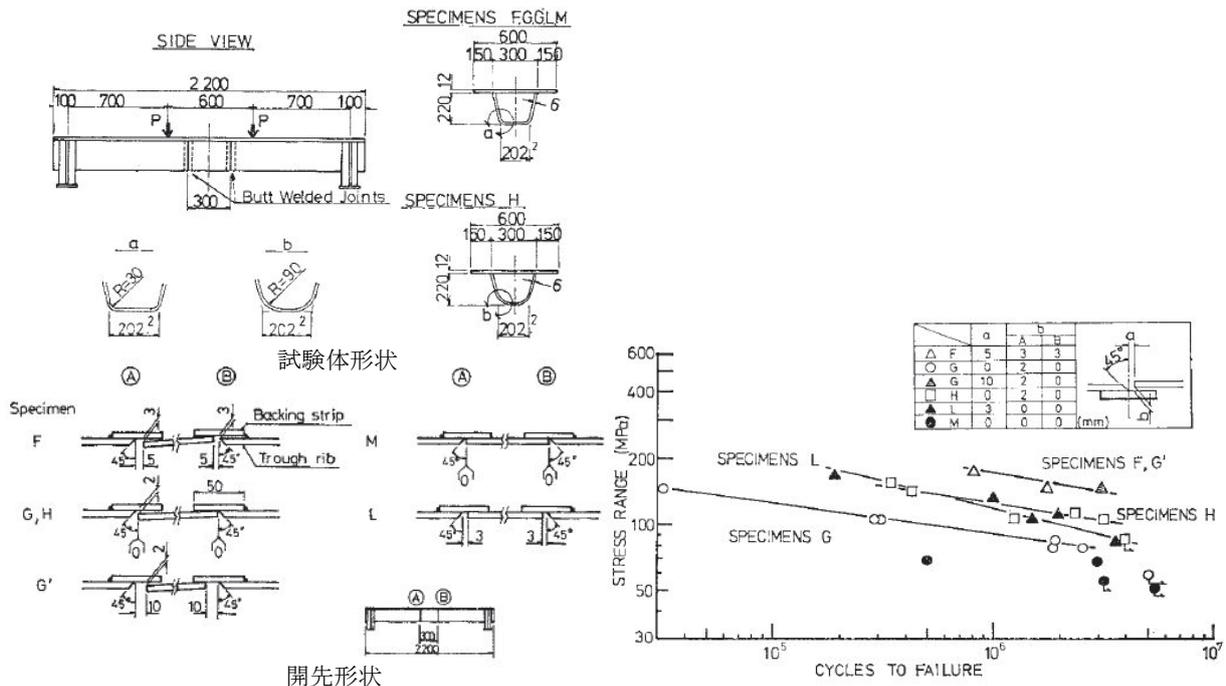


図 3-2-3 大型曲げ疲労試験体の疲労試験結果²⁰⁾

疲労強度が低下する傾向が見て取れる。この文献では十分な施工管理と溶接工の訓練によりルート部の不溶着部を発生させないことが重要であることが指摘されている。

また、この継手に生じる目違いの影響に関しては、例えば、LEE ら²¹⁾²²⁾により、同様のトラフリブの裏当て金付の現場突合せ溶接継手をモデル化した継手に対して FEM 解析により目違いの応力集中への影響を検討し、更にき裂進展解析によりき裂進展への目違いの影響を検討されている。また、この継手に関して、佐伯ら²³⁾は、種々の開先条件のもと溶接工の技能（溶接経験年数）と溶接条件（隣接縦桁との間隔）などの溶接欠陥の発生や疲労強度への影響検討を行っている。図 3-2-4 に検討ディテールを示すが、隣接縦桁との間隔は 300mm 以上が望ましく B 開先でも良いこと、C 開先は避けるべきであること、作業者は所定の資格を有するものであれば良い（ただしルート部の溶け込みに注意して施工するよう指導）こと等が示されている。また、ここで検討した目違い量（0~3.2mm）については、溶接量が増える以外は溶接欠陥の発生には大きな問題がないことされており、文献に示される疲労試験結果を見ると、目違いにより疲労試験結果のばらつきは大きいものの、目違いの大小により疲労強度に明瞭な傾向は見られていない。

一方、十字継手を対象とした検討として、山田ら²⁴⁾は、鋼床版のトラフリブと横リブとの交差部の端横桁やトラフリブからバルブプレートに移行する部位に見られる、トラフリブが横リブに溶接（通常はトラフリブが横リブを貫通し、横リブがトラフリブに溶接されている）しているディテールに関して、横リブ表裏のトラフリブの目違い量（0, 2, 4mm）および横リブ厚をパラメータとして図 3-2-5 に示す実物大試験体により検討を行っている。同図に疲労試験結果も示すが、横リブ厚（十字継手の中板厚）が 9mm の場合には目違い量の増加に伴い、疲労強度が低下すること、一方横リブ厚が 19mm の場合には目違いによる明瞭な差異が認められなかったことが報告されている。これは、横リブ厚（中板厚）が増加することにより、継手の回転変形が小さくなり、局所的な板曲げが緩和するためであるとしている。また、この検討では、応力解析および疲労き裂進展解析を用いた寿命解析を行い、許容できる目違い量について検討を行った結果も報告している。

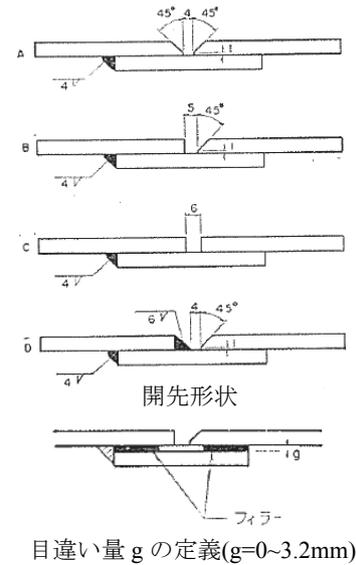


図 3-2-4 検討開先ディテール²³⁾

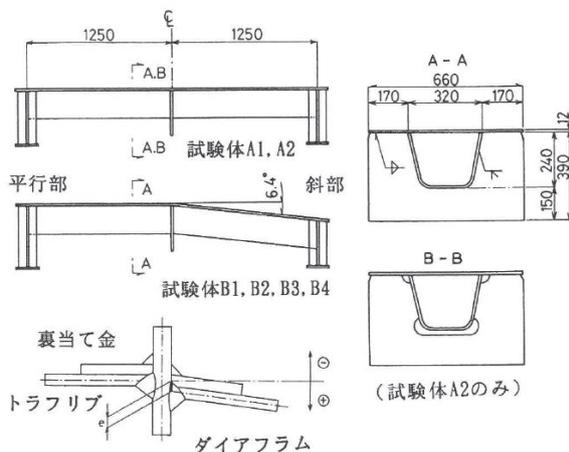


図 3-2-5 トラフリブとダイアフラム溶接部の疲労試験体および疲労試験結果²⁴⁾

藤田ら²⁵⁾は、船体構造の棚板構造等に見られる板を介して骨部材が突合せで取り付けられる構造に注目し、中板表裏にI型断面部材を取り付けた試験体を製作して(図3-2-6)、目違いによる静的強度や疲労強度の低下率について実験的に検討を行っている。そこではフランジ厚を10mmと固定し、中板片側のI型部材のウェブ高さを変化させることにより目違い量を調整し(0~15mm:疲労試験は9mmまでの目違い)、また併せて中板厚(6, 15mm)をパラメータとして検討を行っている。さらにウェブを取り付けない構造との比較を行っており、ウェブの存在による目違いの影響の変化も検討している。破断寿命が $10^3 \sim 10^6$ 回程程度の疲労データのみを掲載されているS-N線図から読み取ると、疲労強度はウェブなしの場合には目違いが9mm存在することにより60%程度にまで低下していたが、ウェブが付いている場合には目違いの影響は非常に大きく減じ、明瞭な疲労強度低下は読み取れない結果となっている。ただし、これらのデータの殆どは、ルート破壊をしたデータであり、止端部破壊のデータはウェブなしの場合の低応力範囲の疲労試験データの場合に少数体得られたことが報告されている。

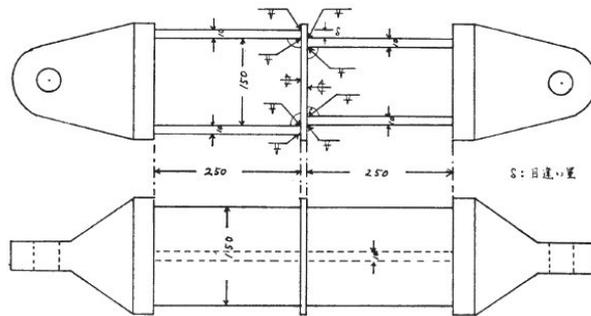
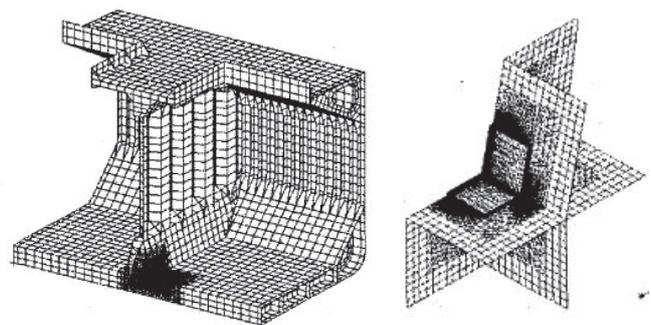


図3-2-6 ウェブ付き疲労試験体²⁵⁾

大沢ら²⁶⁾は、実構造物における目違いの影響度を解析的に検討する手法として、船舶を対象に全体解析モデルを解析後、その結果を用いて継手部を詳細にモデル化するズームイン手法に着目して検討を行っている。検討されている解析モデルの要素分割図を図3-2-7に示す。全体構造解析モデルではシェル要素を、詳細モデルではソリッド要素を用いているが、目違いの影響を検討する場合、詳細モデルではその目違いを導入したモデルを作成



全体シェルモデル 局部のシェル・ソリッドモデル

図3-2-7 解析モデル²⁶⁾

するが、その前段階の全体構造解析モデルに目違いなしモデルおよび目違いありモデルを用いた場合の比較検討を行っており、その結果両者の差異は殆どないことが示されている。

このように目違い・角変形の影響については、多く問題視されているが、例えば文献²⁷⁾では、LNG船アルミタンク用の突合せ溶接に生じる目違い・角変形に対して、その母板の溶接時の動きを拘束するために、バキュームパッドを適切に配置し、またその拘束による溶接割れなどの欠陥を防止し得る適切な溶接条件を検討することにより、大型構造物における目違い・角変形を防止する取り組みが紹介されている。

3-3. 目違いの検査手法に関する基準

本部会で対象としている目違いは、特に鋼橋主桁と横桁の仕口部の継手、特に主桁ウェブと横桁（または仕口）の下フランジの溶接部を対象としている。このディテールは主桁の曲げに対しては面外ガセット継手、横桁からの力の伝達に対しては荷重伝達型十字継手に相当する部材である。鋼橋は非常に大きな構造物であり、主桁ウェブの表裏の横桁下フランジの目違い・角変形を測定をすることは困難である。道路橋示方書²⁾では、このディテールに関する目違いの規定はない。

目違い・角変形の計測手法について文献の調査を試みたが、目違いの測定値は掲載されていない、測定手法について掲載されている文献は殆どない。数少ないが、図 3-1-3、図 3-1-7 に示されているように移動台を用いていることや、ダイヤルゲージ等の測定装置を用いた測定手法が掲載されている。

建築鉄骨における突合せ仕口の目違いに関して、文献「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」²⁸⁾では種々の突合せ溶接継手の目違いの計測手法について定められている。そこでは、図 3-3-1 に示すようなチェック（限界）ゲージを用いての計測することとしており、その使用方法などがディテールごとに定められている（使用例を同図に示す）。また、この手法の十字溶接継手への適用の例として、柱貫通型の H 型、十字型、T 字型断面柱の水平リブと梁フランジの溶接部の目違いについては、図 3-3-2 のように、直接チェックゲージを用いることは困難であるので適当な治具を用いて隙間ゲージなどを用いて測定すること、梁中央部（溶接線中央部）の測定は困難であるので、端部近傍を測定するなどが定められている。この図で、柱フランジに相当する部位が、本部会で対象とするディテールでは主桁ウェブということになり、非常に大きな主桁ウェブかつ主桁フランジが取り付けられているので、必ずしもこの手法を流用できるものではないが、本部会で目違い計測を行ったような部位（本部会では橋梁工場において、橋梁出荷前のブロックの端部に位置する主桁・横桁取り合い部を測定している）では参考になる手法であると考えられる。

鋼橋の現場突合せ溶接継手においては、開先精度の管理として開先角度、ルートギャップ、および目違いの計測を部材の架設後に実施する。日本橋梁建設協会の「現場溶接施工管理の手引き調査文献」²⁹⁾に計測項目、計測位置、および計測方法の例が示されている（図 3-3-3）。突合せ溶接継手の目違い量の計測にあたっては、一方の鋼材表面に直定規を置いて、他方の鋼材表面と直定規の間隔をテーパーゲージで計測する。実橋梁での計測状況を図 3-3-4 に示す。

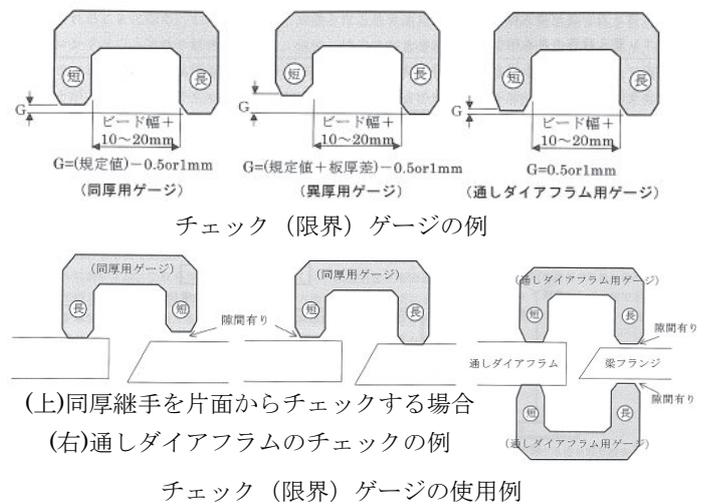


図 3-3-1 チェックゲージを用いた目違い計測²⁸⁾

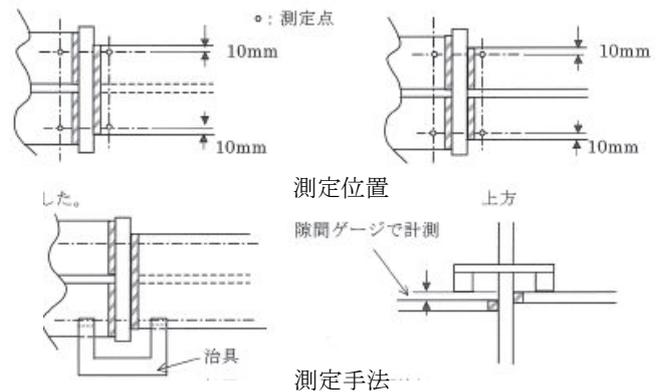
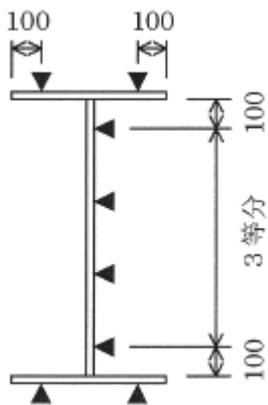


図 3-3-2 十字継手での測定手法²⁸⁾



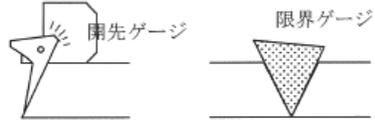
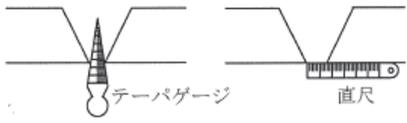
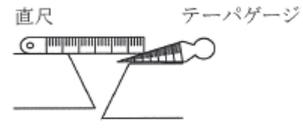
計測項目	計測器	計測方法
開先角度	開先ゲージ 限界ゲージ	
ルートギャップ	テーパゲージ 直尺	
目違い	直尺とテーパゲージ	

図 3-3-3 開先精度の計測の例 ²⁹⁾

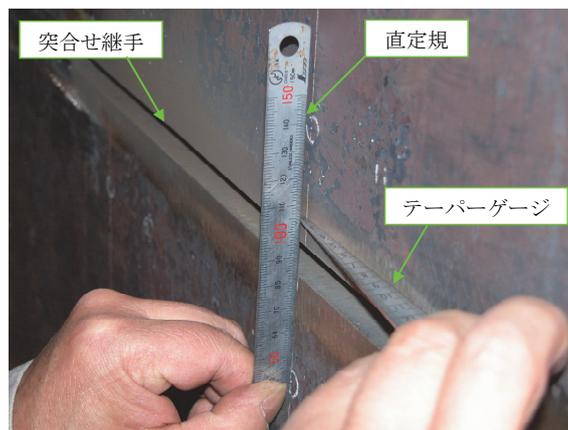


図 3-3-4 実橋梁での計測状況

また、十字溶接継手の目違いの基準のある造船関係については、目違いの管理手法に関する基準はなく、「部材溶接前に差し越し線（目安線）を設け、この線からの距離で管理する」といった手法が取られている例もある。

【参考文献】

- 1) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技法堂出版，2012
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，丸善，2002
- 3) 日本船舶海洋工学会：日本鋼船工作法制度標準(JSQS)，2004
- 4) International Institute of Welding：Fatigue Design of Welded Joints and Components，XIII-1539-96/XV-845-96，1996
- 5) DET NORSKE VERITAS(DNV)：FATIGUE ASSESSMENT OF SHIP STRUCTURES, 2008
- 6) 矢田敏夫：溶接構造物に発生する脆性破壊の研究（第3報）－平板および局面板の溶接による変形部に生ずる歪集中について－，造船協会論文集 119号，p.134-141，1966
- 7) S J Maddox：Fatigue Strength of Welded Structures，Abington Publishing，1991

- 8) 八木順吉, 恒成利康, 尾野英夫: 角変形, 目違いのある溶接継手の疲労強度 (第1報), 関西造船協会誌, 168号, p.89-99, 1978
- 9) 飯田國廣, 飯野暢: 角変形をもつ溶接継手の疲労強度, 日本造船学会論文集, Vol.140, p.259-265, 1976
- 10) 大野啓充, 鯉渕興二: 角変形を有するアルミニウム合金溶接継手の疲労強度, 溶接学会全国大会概要集, 第34集, p.133-134, 1984
- 11) M. Chiarelli, A. Lanciotti, M. Sacchi : Fatigue resistance of MAG welded steel elements, International Journal of Fatigue, Vol.21, p.1099-1110, 1999
- 12) 上村武, 酒井啓一, 永岡栄之: アルミ合金 (A5083-O) 目違い付十字溶接継手の疲労強度, 溶接学会全国大会講演概要, 第35集, p.294-295, 1984
- 13) S.T.Lie, S.Lan : A boundary element analysis of misaligned load-carrying cruciform welded joints, International Journal of Fatigue, Vol.20, No.6, p.433-439, 1998
- 14) British Standard Institution : BS PD6493, 1991
- 15) 佐々木悦男, 太田昭彦, 二瓶正俊, 鎌倉将英, 久保田英範: 溶接継手の疲れ強さに及ぼす角変形・目違い量の影響, 溶接学会全国大会講演概要, p.314-315, 1979
- 16) 穴見健吾, 横田博之: 引張と曲げを受ける荷重伝達型十字溶接継手の疲労挙動, 構造工学論文集
- 17) 恒成利康, 尾野英夫, 田中進: 目違いを有する十字すみ肉溶接継手の疲労強度, p.372-373, 1972
- 18) 日本造船研究協会: 第95研究部会「高張力鋼の低サイクル疲労強度に関する研究」報告書, 1968
- 19) 山岡大輔, 船山晃司, 坂野昌弘: 目違いがある下フランジ横突合せ溶接部の疲労強度, 第66回土木学会年次学術講演会概要, p.301-302, 2011
- 20) 近藤明雅, 山田健太郎, 青木尚夫, 菊池洋一: 鋼床版閉断面縦リブ現場溶接継手の疲労強度, 土木学会論文報告集第340号, 1983
- 21) Dong Uk LEE and Kohsuke HORIKAWA : Fatigue Strength of Oneside-welded Joint with Backing Strip, Proc. of JSCE Vol.2, No.2, p.327-332 1985
- 22) 李東郁, 堀川浩甫, 荒田吉明: 裏当金を有する溶接継手の疲労強度に及ぼすルート形状の影響の定量化, 溶接学会論文集, Vol.6, p.158-164, 1988
- 23) 佐伯彰一, 西川和廣, 滝沢晃, 新田篤志: 鋼床版縦リブ現場溶接継手の施工条件と疲労強度, 土木技術資料 23-8, p.9-14, 1981
- 24) 山田健太郎, 高橋章, 酒井吉永, 横山正則, 井ヶ瀬良則: 鋼床版と RC 床版接合部の疲労強度, 構造工学論文集, Vol.40, p.1265-1274, 1994
- 25) 藤田譲, 萩原孝一, 藤野宏, 橋本博之: 目違いのあるすみ肉溶接構造物の強度, 日本造船学会論文集, Vol.130, p.297-309, 1971
- 26) 大沢直樹, 澤村淳司, 藤原力: 目違いが実船体構造中の溶接継手の疲労強度に与える影響に関する一考察, 日本船舶海洋工学会講演会論文集, No.7K, 109-112, 2008
- 27) 馬場脩, 真鍋英男, 奥本泰久, 池添眞光: SPB 方式 LNG 船用アルミタンクの突合せ溶接の改善, 船舶海洋工学論文集, No.5, p.91-97, 2007
- 28) (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
- 29) 日本橋梁建設協会: 現場溶接施工管理の手引き 平成17年3月