

ガセット溶接部材の疲れ強さと設計基準

FATIGUE STRENGTH OF GUSSETS WELDED TO TENSION MEMBERS AND ALLOWABLE STRESSES

山田健太郎* ミツ木幸子** 近藤明雅***

By Kentaro YAMADA, Yukiko MITSUGI and Akimasa KONDO

Gusset plates welded to tension members parallel to applied stresses cause high stress concentration at weld toes at the end of the gussets, and thus yield to one of the lowest category of the fatigue strength. Smooth transition at the end of the gussets is often specified for structures subjected to severe fatigue loading, such as railway bridges, to prevent fatigue cracking. This procedure is not always feasible due to the works and cost involved. In this paper, fatigue test data of gussets welded to flange and to web is summarized and compared with the current fatigue design specifications. Emphasis is placed on the fatigue strength of as-welded gussets.

1. 概説

溶接構造物には、Fig.1 に示すように部材の構成や補強のため、各種の付加物（リブ、ガセット、カバープレート）が溶接される。これら付加物の溶接止端部には、応力集中が存在し、繰り返し荷重作用下で、疲れき裂の発生点となる。疲労が問題となる場合には、この部分に部材のフランジまたはウェブとガセットとを一体にして製作した切り抜きガセットを用いたり、溶接止端を仕上げて疲れ強さを向上させることが多い。また、製作コストを下げるために非仕上げで用いられることもあり、疲れき裂が発生した例も示されている¹⁾。

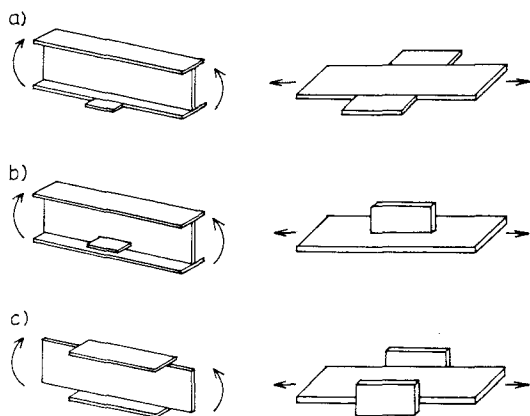


Fig.1 Gussets Welded to (a) Tension Flange, (b) Web, and (c) Tension Plate Perpendicular to the Plate.

* Ph.D. 名古屋大学助教授 工学部土木工学科 (〒466 名古屋市千種区不老町)

** 工修 名古屋大学大学院 工学部土木工学科 (〒466 名古屋市千種区不老町)

*** 工博 名城大学講師 理工学部土木工学科 (〒468 名古屋市天白区塩釜口)

付加物が溶接された継手の疲れ試験は、これまで数多く行なわれてきた。特にリブに関しては、継手形式が簡便で実験しやすいこともあり、膨大なデータが蓄積されている²⁾。カバープレートに関しても、リーハイ大学を中心に行なわれた桁の曲げ試験で、ほぼその基本的な挙動が把握されたと思われる³⁾。桁に溶接されたガセットまたは付加物については、欧米で比較的多く実験されてきた。我国では、疲労が特に問題となる鉄道橋のガセットを有する部材では、溶接止端を半径 $r \geq 40\text{mm}$ に仕上げたり、ガセット端にフィレット部を設けて応力集中を除去することになっている。そのため、逆に非仕上げのガセットの疲れ試験結果が比較的小さい。そこで、本研究では、最近の付加物溶接継手の疲れ試験結果をまとめ、疲れ挙動に及ぼす各種要因を検討するとともに、現行の疲れ設計基準と比較する。

2. 引張フランジに溶接されたガセット

(1) 非仕上げのガセット

引張フランジにガセットを開先溶接で取りつけた場合、ガセットの長さに起因する応力集中と溶接止端の局所的な応力集中が重畳して高い応力集中が発生するため、疲れ強さが低くなる。また、ウェブに溶接されたガセットの場合と異なり、疲れき裂の発生・進展がフランジ断面積を減少させ、直接剛性の低下につながるため、設計・製作に注意を要する継手である。

この種の継手は、Fig.2 に示すような引張試験と曲げ試験によって実験が行なわれている。山田らは、各種の形状のガセットを溶接した引張部材40体による疲れ試験を行ない、ガセットの長さ、取付方法、ガセット端の溶接止端を3mm程度仕上げた場合の疲れ強さ向上効果、などについて検討した⁴⁾。このうち、長さ $L = 200\text{mm}$ のガセットの試験結果をFig.2 に示す。また、同様のガセットを曲げ試験体の引張フランジと同一面に取りつけた場合の疲れ試験結果⁵⁾を示して比較する。山田らの実験結果 (NUCE) は、疲れき裂が約10mmになったときを N_f としており、破断までにはまだ余裕がある。たとえば、 $\sigma_r = 98\text{MPa}$ が作用したとき、き裂が長さ10mmから50mmまで進展するのに必要な繰返し数は、破壊力学の手法を用いて計算すると約17万回であり、前述の N_f の65%程度である。Hirtらの実験結果 (ICOM)⁶⁾は、これらのデータより長寿命側にある。この実験の最終き裂の大きさは不明だが、10mmより大きいと思われるので、両者の疲れ寿命はほぼ同じ程度であると思われる。なお、図中には山田らの実験で得られた26個のデータを用いて、最小2乗法で求めた $S-N$ 線図 (平均値および平均値 $\pm 2s$) を示す。ここで、 s は標準偏差である。

ガセット継手は、ガセットの長さ L が疲れ強さに影響を及ぼすことが知られている。Fig.3 には、 $L = 100\text{mm}$ と 50mm の引張試験結果、および桁の引張フランジに溶接された $L = 100\text{mm}$ のガセットの結果をプロットした。前述の $L = 200\text{mm}$ のガセットの $S-N$ 線図と比較すると、ガセットの長さが、100mm、50mmと短くなるに従って、疲れ寿命が長くなることがわかる。

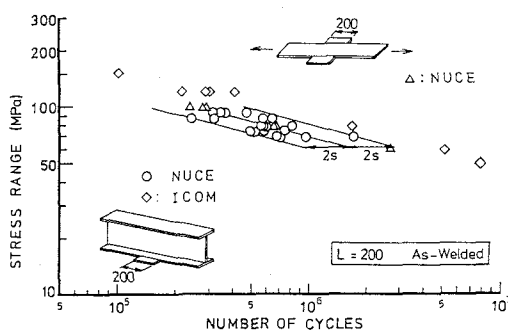


Fig.2 Fatigue Test Data for Gusset of 200mm long welded to tension member.

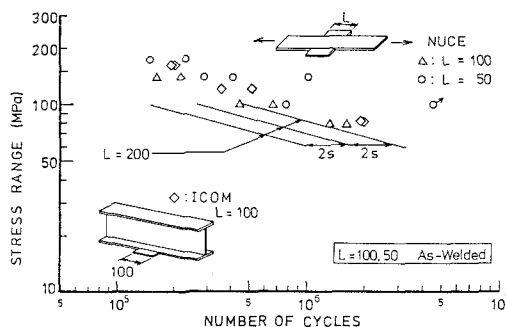


Fig.3 Comparison of Fatigue Test Data of Gusset of 100mm long or less with that of 200mm long Gusset.

(2) 仕上げたガセット

引張フランジに溶接されたガセットの疲れ強さを向上させるため、ガセット端の溶接止端部を仕上げたり、フィレット部を設けて応力集中を減少させることがよく行なわれる。そこで長さ 100mm のガセットの端部を仕上げて疲れ試験を行なった結果を、Fig.4 に示す。

最も簡便な方法として、溶接止端部を $r = 3\text{mm}$ 程度に仕上げた結果でも、疲れ寿命が非仕上げの場合の 1.9~2.6 倍になった。したがって、さらに大きな半径でガセット端を仕上げると、疲れ強さは増大すると考えられる。文献 6) では、ガセットの止端を $r = 10, 50, 70\text{mm}$ に仕上げて疲れ試験を行ない、非仕上げの場合と比較した。 $\sigma_r = 120 \sim 135\text{MPa}$ の狭い範囲での実験結果では、非仕上げの N_f が 22~52 万回であるのに比べ、仕上げたものは 72~443 万回程度になって、明らかに疲れ寿命の向上効果がみられた。ただし、仕上げ半径 r の差が疲れ寿命に及ぼす影響は、データのばらつきのため明確ではない。また、仕上げの加工精度なども問題となり、仕上げに伴って表面に残ったグラインダーマークや不完全な仕上げ部分からき裂が発生した場合もあるので注意を要する。

(3) 疲れ許容応力度との比較

引張部材に溶接されたガセットの疲れ許容応力度を、国鉄建造物設計標準解説(JNR)⁷⁾、鋼構造協会疲労設計指針(JSSC)⁸⁾、米国の AASHTO⁹⁾、英国の BS 5400¹⁰⁾、欧州鋼構造連合疲労設計指針案(ECCS)¹¹⁾から抜粋し、Table 1 に示す。本州四国連絡橋の疲れ許容応力度は、基本的には JNR と同じである。疲労が問題となるガセット端を $r \geq 40\text{mm}$ (通常の構造では $1/10 \leq r/w \leq 1/5$ に相当する。 w : 母板の幅) に仕上げることが原則としている。JNR を除き、一般に非仕上げ (As-welded) の許容応力度は低くおさえられている。また、ガセットが短い場合に許容応力度を上げているのは AASHTO のみで、他の示方書では、長いガセットに相当する許容応力度に合わせているようである。非仕上げの $L = 200\text{mm}$ に相当するガセットの許容応力度

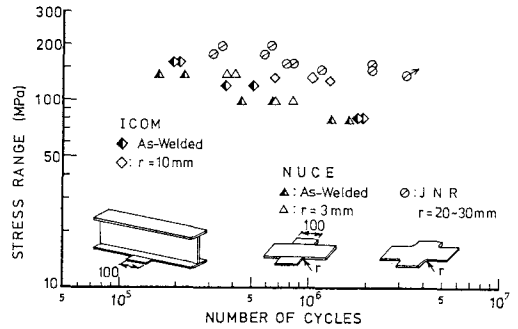


Fig.4 Effect of Smooth Transition at Gusset Ends on Fatigue Life of Gussets welded to Tension Member.

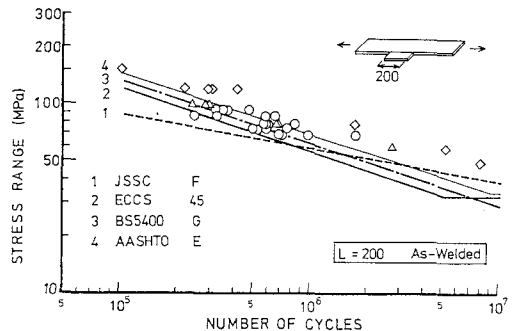


Fig.5 Comparison of As-Welded Gussets of 200mm long with Allowable Stress in Various Fatigue Specifications (See Fig.1 for Symbols)

Table 1 Allowable Stresses for Gusset Groove-Welded to Tension Flange

Spec.	As-welded	Smooth transition
J N R (m = 4)	not-specified	$1/5 \leq r/w, r \geq 40\text{mm}$ B 124 MPa (2×10^6) $1/10 \leq r/w < 1/5, r \geq 40\text{mm}$ C 103 MPa (2×10^6)
JSSC (m = 5.56)	F 59 MPa (10^6)	$r \geq 20\text{mm}$ D 98 MPa (10^6)
AASHTO (m = 3)	D $51 < L < 102\text{mm}$ or $L < 121$ 69 MPa E $L > 102$ or $L > 121$ ($r < 51\text{mm}$) 55 MPa (2×10^6)	$r \geq 610\text{mm}$ B 124 MPa (2×10^6) $152 < r < 610\text{mm}$ C 90 MPa (2×10^6) $51 < r < 152\text{mm}$ D 69 MPa (2×10^6) $r < 51\text{mm}$ E 55 MPa (2×10^6)
BS 5400 Part 10 (m = 3)	G 50 MPa (2×10^6)	
ECCS Rec. (m = 3)	45 ($r/w < 1/6$) 45 MPa (2×10^6)	$1/3 \leq r/w, r > 150\text{mm}$ 90 90 MPa (2×10^6) $1/6 \leq r/w, r/w$ 71 71 MPa (2×10^6) r/w 45 45 MPa (2×10^6)

m: slope in fatigue strength equation
r: transition radius
w: width of plate

と実験結果を、Fig.5 に示す。JSSC以外は、S-N線図の傾き m を約3にとっているが、許容応力度に差があり、ECCSが最も低い許容応力度を与えている。

実験結果のうち、山田らの結果（NUCE）は、き裂が10mm程度のときを N_f としており、破断寿命より少し短い寿命を示しているが、AASHTO、BS5400とも許容応力度が必ずしもデータの下限値を与えていないことがわかる。データの下限値を許容応力度と考えると、非仕上げのガセットの場合には、ECCSの許容応力度程度が妥当であると思われる。また、JSSCではS-N線図の傾きを $m=1/0.18$ として、他の規定に比べて高応力レベル（低寿命側）で厳しく、低応力レベル（長寿命側）で高い許容応力度を与えている。実験値は、すべて許容応力度を満足しており、設計S-N線図として妥当なものである。なお、ガセット端の溶接止端部にアンダーカットなど欠陥があると疲れ強さが低下するので、この部分にアンダーカットなどが存在しないことが、上記の基準を用いる条件となる。溶接止端部を、たとえば $r=3\text{mm}$ 程度に簡便に仕上げることは、応力集中を緩和するばかりでなく、アンダーカットなどを除去することにもなるので、き裂発生予防となる。

ガセットの長さが、 $L \leq 100\text{mm}$ の場合には、Fig.6 に示すように、AASHTOだけが高い疲れ強さを規定しているが、 $L=200\text{mm}$ のガセットの場合と同様に、許容値を下回る実験値がみられるので注意を要する。反対に他の規定では、短いガセットに対して安全すぎることになる。しかし、引張フランジに溶接されたガセットのき裂進展が、部材の耐荷力に及ぼす影響が大きいこと、さらに実構造物のガセットで100mm以下のものが少ないこと、などを考えると、若干厳しい規定ではあるが、BS5400、ECCS、JSSCの規定程度が妥当であろう。

仕上げたガセットの場合、Fig.4 に示すようにデータのばらつきが大きい。これは、仕上げの半径 r と精度の違いによるものと思われる。各示方書に示される仕上げの半径 r は、応力集中係数との関係で r/w の比で与えられるものと、 r の絶対値で与えられるものがある。JNRは、 r/w で与えているが、 $r \geq 40\text{mm}$ （前示方書では $r \geq 20\text{mm}$ ）を前提としており、Fig.7 に示すように最も高い許容応力度を与えている。 $r=70\text{mm}$ に仕上げたICOMのデータがこの許容値を下回っているが、仕上げを十分管理することによって、許容値を満足することが可能と思われる。

その他の示方書に対しては、実験値はすべて許容値を満足している。AASHTOでは、 $r < 51\text{mm}$ の仕上げであれば継手Eと考えて、最も低い許容応力度を与えている。 $r=20\text{mm}$ 程度の仕上げでも疲れ強さの向上が十分期待できるので、許容応力度を1ランクあげてD程度とすることも考えられる。

本四公団（HSBA）で実施されたHT80の大型試験体では、止端部を $r=15\text{mm}$ と60mmに仕上げた試験体による実験を行なっている。¹²⁾ この実験でも $r=60\text{mm}$ に仕上げたものは、応力集中係数 K_t が1.6程度であり、 $r=15\text{mm}$ の $K_t=2.2$ に比べて応力集中係数の低減が大きい。Fig.7 に示すように、 $r=60\text{mm}$ に仕上げたも

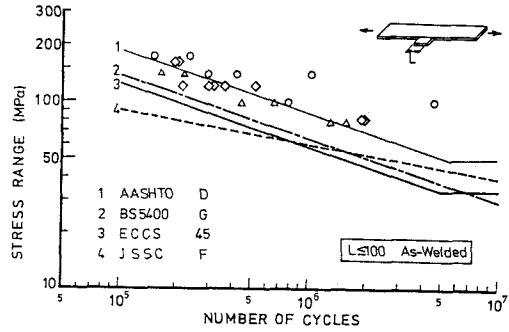


Fig.6 Comparison of Short Gussets with Allowable Stress in Various Fatigue Specifications. (See Fig.2 for Symbols)

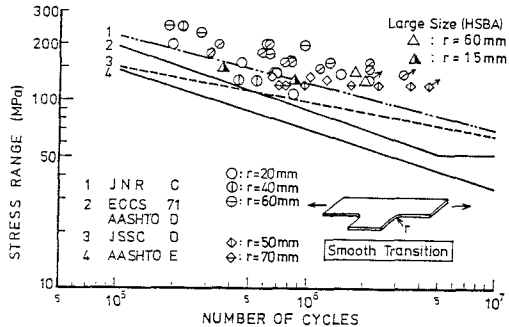


Fig.7 Comparison of Gussets with Smooth Transition with Allowable Stress in Various Fatigue Specifications (See Fig.4 for Symbols)

の寿命は長く、許容応力度を十分満足している。

しかし、 $r=15\text{mm}$ ($r/w=1/12$) は、許容応力度を満足しないことがわかっており、仕上げ半径を十分取ることの必要性が指摘されている。

3. ウェブに溶接されたガセット

(1) 非仕上げのウェブのガセット

引張フランジは、一般にウェブに比べて作用応力が大きく、きれつが発生・進展すると剛性の低下が著しい。そこで、ガセットや付加物をより影響の小さいウェブにすみ肉溶接することが多い。この場合も、ガセット端のまわし溶接止端の応力集中が大きく、ウェブに疲れき裂が発生することが考えられる。

この種の継手の疲れ強さは、平板中央に応力方向にガセットを溶接した引張試験体か、実際の桁の曲げ試験によって検討される。そこで、Fig.8 に引張試験体および曲げ試験体による実験結果を示して比較する。まず、ウェブに溶接された $L=178\text{mm}$ と 254mm (テーパ付き) (ALB: アルバート大学での実験)¹³⁾、および 200mm のガセット (ICOM) の結果を比較する。両者はほぼ同じ疲れ強さであると考えられる。幅 200mm の引張試験体に、 $L=200\text{mm}$ のガセットが溶接された試験体は、これらより少し長い疲れ寿命を示すが、データ数が少なく 1 応力範囲でしか実験が行われていないため、差は明確ではない。

また、本四公団で実施した大形試験 (HSBA) では、非仕上げの実験を 3 体行なっている。この結果は、 $L=450\text{mm}$ でありながら、 $L=200\text{mm}$ のデータに近い値となっている。Fig.9 に示すように、ガセット端のすみ肉溶接を応力がスムーズに母板からガセットに流れるような形状にしていることが、ガセットが長い割に疲れ寿命が大きいことの原因であろうと考えられる。

つぎに、ガセットの長さ L が 100mm の場合の実験値 (NUCE)¹⁴⁾ と比較する。 $L=100\text{mm}$ のガセットでは、引張試験体および引張フランジに溶接されたものは、 $L=200\text{mm}$ のガセットに比べて明らかに高い疲れ強さを有する。これは、引張フランジに溶接されたガセットの場合と同様に、ガセットの長さが疲れ強さを決める要因であることを示している。また、 $L=100\text{mm}$ 程度の小形の試験体の疲れ試験結果は、必ずしも実物に近い大形のガセットの疲れ挙動を示さないことに注意する必要がある。

さらに、引張フランジに溶接されたガセットの疲れ強さと比較するため、 $L=200\text{mm}$ のガセットの平均値および平均値 $\pm 2s$ の S-N 線図を示す。ウェブに溶接された $L=200\text{mm}$ のガセットは、フランジに溶接されたものより疲れ強さが大きいことがわかる。これは、疲れき裂の進展状況の違いによるものと思われる。すなわち、Fig.10 に示すように、ウェブに溶接されたガセット端に発生した微小なき裂は、板厚を貫通するまで半楕円形き裂を保つ。それに比べて、フランジ端に溶接されたガセットでは、比較的初期に片側貫通 (edge) き裂となる。疲れき裂進展を支配する応力拡大係数は、片側貫通き裂に比べて半

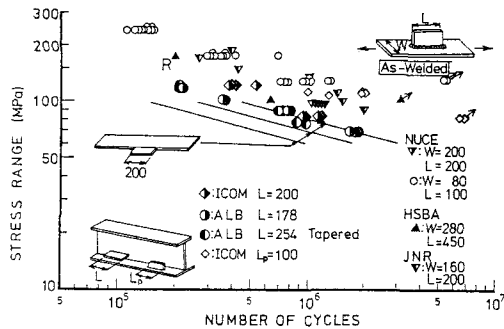


Fig.8 Fatigue Test Data for Gussets Welded to Web or to Center of Tensile Plate

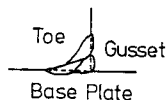


Fig.9 Section of Weld-toe at End of Gussets (Ref.12)

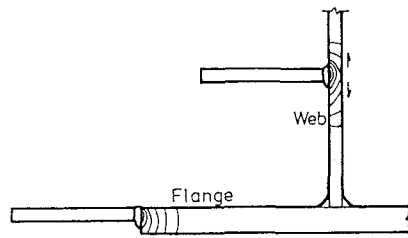


Fig.10 Difference of Crack Propagation Behavior of Gussets welded to Flange or Web.

楕円形きれつ（き裂形状 $a/b=1/2$ と仮定）は、0.8 程度であり、疲れきれつ進展寿命は $(1/0.8)^3 \approx 2$ 倍程度になることが破壊力学の手法を用いて推定できる。

Fig.8 に示す疲れ寿命を比較しても、ウェブに溶接したガセットは、フランジに溶接したものに比べて、ほぼこの程度になっていることがわかる。

(2) 仕上げたウェブのガセット

ウェブに溶接されたガセットの止端部を仕上げた場合の疲れ試験結果を、Fig.11 に示す。 アルバート大学の実験 (ALB)¹³⁾ では、ガセット端を $r=102\text{mm}$ に仕上げたり、テーパ付きガセットの端部を仕上げて実験している。 疲れき裂は、端部の溶接内のスラグ巻き込みやブローホールを起点としており、非仕上げの場合のように溶接止端部ではなかった。 疲れ寿命を比較すると、Fig.11 に示されるように、それ程顕著な疲れ寿命の向上効果はみられていない。

本四公団で行なわれた大形試験 (HSBA) では¹²⁾、ガセット端のすみ肉溶接をグラインダー仕上げしたものの4体と、ガセット端に r 部 (40mm) を設け、さらにすみ肉溶接を仕上げたものの3体の実験を行なった。 As-welded の応力集中係数 5.9 に比べ、それぞれ4.7, 2.3 のように応力集中係数を下げることができ、Fig.11 に示すように疲れ寿命が向上する。 また、破壊様式も、As-welded ではき裂が溶接止端部 (toe) から発生するのが普通だが、仕上げによりこの部分の疲れ強さが改善され、ルート部からきれつが多くなることが特徴である。

(3) 疲れ許容応力度との比較

ウェブに溶接されたガセットの疲れ許容応力度を、この継手が板に垂直に溶接され、板縁から十分離れている継手とみなして Table 2 にまとめる。 また、 $L > 200\text{mm}$ のガセット（非仕上げ）の許容応力度を Fig.12 に示し、実験値と比較する。 許容応力度が比較的高い JNR では、ウェブに溶接されたガセットのかなりのデータが許容値を下まわる。この許容応力度を満足するためには、溶接止端部を仕上げるなどの施工上の注意が必要となると思われる。BS5400, JSSC は、JNR より低い許容応力度を与えており、ほとんどのデータが許容応力度を満足している。また、ECCS では、 $L > 100\text{mm}$ のガセットに対して低い許容応力度を与えているので、特に 10^6 回以上のデータに対しては、安

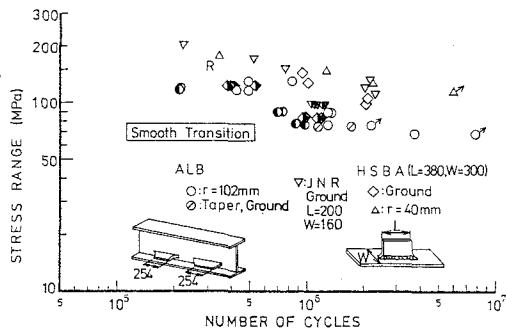


Fig.11 Fatigue Test Data of Gusset Welded to Web or Center of Tensile Plate

Table 2 Allowable stresses for gusset fillet-welded to web

Spec.	As-welded	Ground-smooth transition
J N R ($m=4$)	D 78.4 MPa (2×10^6)	C 103 MPa (2×10^6)
J S S C	E 78.4 MPa (10^6)	not specified
A A S H T O	E ($r < 51 \text{ mm}$) 55 MPa (2×10^6)	same as table 1
B S 5400	F $L < 150 \text{ mm}$ 68 MPa (2×10^6) F 2 $L > 150 \text{ mm}$ 60 MPa (2×10^6)	
E C C S	80 $L \leq 50 \text{ mm}$ 71 $50 < L \leq 100 \text{ mm}$ 50 $L > 100 \text{ mm}$	not specified

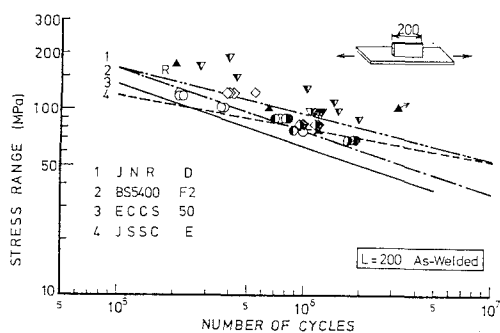


Fig.12 Comparison of Fatigue Test Data of Gussets Welded to Web with Allowable Stress in Various Fatigue Specifications. (See Fig.8 for Symbols)

全側すぎるように思われる。

ウェブに溶接した比較的短いガセットに対しては、Fig.13に示すように各示方書がよく似た許容応力度を与えている。これまで行なわれた実験値は、すべてこれらの許容応力度を満足しており、問題はないと思われる。ウェブに溶接したガセットの端部を仕上げた場合、JNR、AASHTOでは、非仕上げのものより高い許容応力度を与えているが、JSSC、BS 5400、ECCSでは特別の規定はない。Fig.14には、アルバータ大学での実験結果(ALB)と本四公団(HSBA)の実験結果を、許容応力度と比較している。両者の実験値には大きな差があり、本四公団の実験値はすべてJNRの許容値を満足しており、ガセット端の仕上げを十分に行なえば、疲れ寿命が確保されることを示している。これに比べて、アルバータ大学の実験値は、AASHTOの基準は満足しているが、JNRの基準を満足していない。これは、Fig.8に示すように、非仕上げの疲れ強さ自体が他と比べて低いこと、仕上げを行なっても、疲れきれつがスラグ巻き込みやブローホールから発生し、Fig.11に示すように疲れ寿命がそれ程長くならなかったことのためと思われる。

ウェブに溶接されるガセットは、桁の場合、作用応力範囲がフランジに比べて一般に小さく、特別な場合を除いて、非仕上げで用いることが多いと思われる。

この場合でも、ガセット端の溶接止端部を仕上げることは、疲れ寿命の向上につながる。疲労が問題になる場合には、非仕上げの仕様であっても溶接止端部を仕上げるなどの施工上の習慣は、疲れきれつ発生の防止上、重要であると思われる。

4. フランジに直角に溶接されたガセット

(1) 継手形式と疲れ強さ

引張部材縁に直角に溶接された継手は、構造的な不連続部、すなわち、フランジが切り欠かれた部分や、板縁に直角に部材が溶接された部材を代表している。

Fig.15に示すものがそれで、ここでは便宜上フランジに直角に溶接された継手と呼ぶ。フランジ面に平行に溶接されたガセットより高い応力集中を有するため、疲れ強さは低い。長さ200mmのガセットについては、引張部材縁に溶接したものと、曲げ試験体に溶接したものについてデータが得られており、Fig.15に

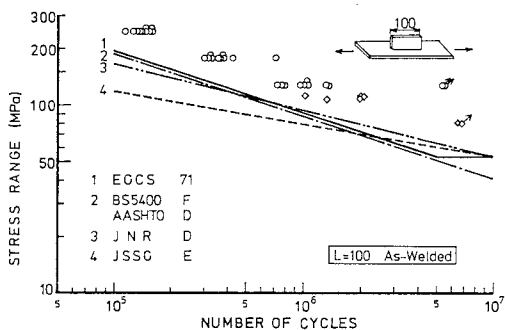


Fig.13 Comparison of Fatigue Test Data of Short Gussets Welded to Web with Allowable Stress in Various Fatigue Specifications. (See Fig.8 for Symbols)

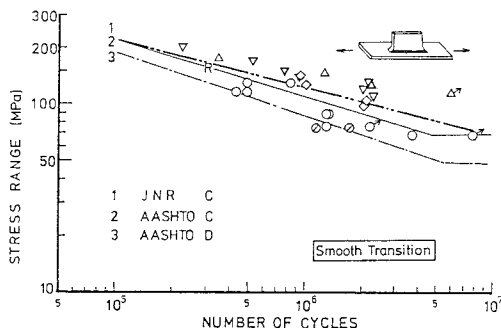


Fig.14 Comparison of Fatigue Test Data of Gussets with Smooth Transition to Web with Allowable Stress. (See Fig.11 for Symbols)

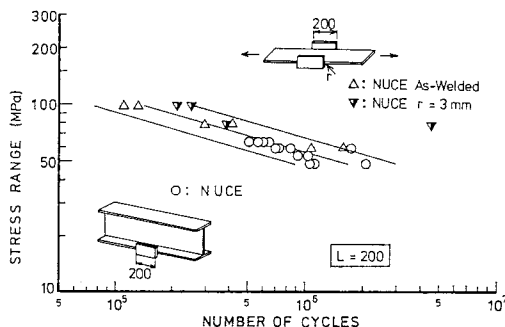


Fig.15 Fatigue Test Data of Gussets Welded Perpendicular to Tension Members

示す。4),5)いずれもき裂長さが約10mmの時点までを疲れ寿命としている。図中の実線は、これらのデータの平均値および平均値 $\pm 2s$ のS-N線図である。この継手の200万回疲れ強さは、56MPa程度であり、フランジ面に平行に溶接された $L=200\text{mm}$ のガセットの疲れ強さ69MPaに比べて約2割低い。これは、ガセットが直角についていると、応力がガセットの板厚と板幅の2方向に3次元的に流れる。その結果、ガセット端の応力集中が大きくなり、疲れ強さが低くなるものと思われる。

溶接止端部を $r=3\text{mm}$ 程度に仕上げて疲れ強さを向上させたもののデータもFig.15に示すが、仕上げが難しいこと、 $r=3\text{mm}$ 程度では応力集中の低減につながらないことなどから、4体の内3体はそれほどの疲れ寿命の向上につながらなかった。

引張フランジに直角に付加物(ガセット)を溶接するケースは実際には少ないため、示方書の継手形式に明記されていないことが多い。便宜上、BS 5400, ECCS, JSSCの最も低い許容応力度を、この継手の許容応力度と考え、実験値と比較してFig.16に示す。図に示すように、BS 5400のGでは、実験値はほとんど許容応力度を下まわるので、さらに低い許容応力度を与えるか、溶接止端を仕上げて疲れ強さを向上させる必要があると思われる。ECCS, JSSCの許容応力度は、実験値の下限に近い値となっており、非仕上げのこの種の継手の許容応力度としては妥当であることがわかる。

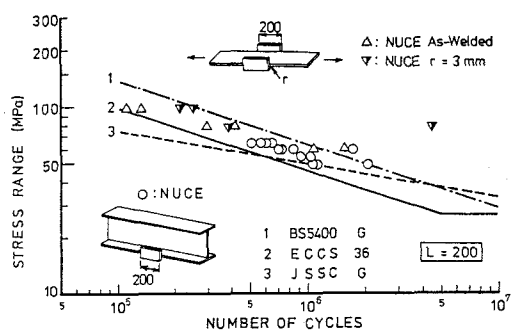


Fig.16 Fatigue Test Data of Gussets welded Perpendicular to Tension Flange with Allowable Stress. (See Fig.15 for Other Symbols)

5. まとめ

構造物を構成するために必要な付加物(ガセット)では、ガセット端の応力集中のため疲れ強さが低い。

そこで、引張フランジに平行に溶接されたガセット、ウェブに溶接されたガセット、それに引張フランジに直角に溶接されたガセットの3種類について、過去の実験値と比較しながら、その疲れ挙動に及ぼすガセットの大きさの影響、仕上げの効果、などについて検討した。参考にした示方書は、国鉄建造物設計標準解説(JNR), 鋼構造協会疲労設計指針(JSSC), AASHTO, BS5400, 欧州鋼構造連合疲労設計指針案(ECCS)、である。

1)引張フランジに平行に溶接されたガセットでは、これまで指摘されているように、ガセットが長い方が疲れ強さが低い。また、ガセット端の溶接を仕上げたり、さらにガセットにフィレット部を設けると疲れ強さは向上する。

2)引張フランジに平行に溶接された非仕上げのガセットに対して、AASHTO, BS 5400では、許容値を下まわるデータがあることがわかった。ECCS, JSSCの規定は、実験値と比較してほぼ妥当な許容応力度を与えているといえる。また、仕上げたガセット端に関する規定は、どの示方書も実験値をほぼ満足する結果となっている。ただし、仕上げの精度には、十分注意する必要がある。

3)ウェブに溶接されたガセットは、フランジに溶接されたガセットに比べ、一般に疲れ強さが大きい。これは、応力の分布形の違い、および疲れきつ進展の際のき裂形状の差によるものと思われる。また、ガセット端の溶接止端を仕上げることで疲れ強さの向上が期待できる。

4)ウェブに溶接された非仕上げのガセットの許容応力度は、JNRを除きほぼ実験値を満足するものであった。JNRの規定を下まわる実験値があることから、この許容応力度を満足するためには仕上げなど施工上の注意が必要と思われる。

5) フランジに直角に溶接されたガセットは、ガセット端の応力集中が大きく、疲れ強さが低い継手である。一般に余り使われない継手であるが、その疲れ強さは低いので注意をする必要がある。許容応力度としては、ECCSやJSSCの最も低いものが妥当と思われる。

参考文献

- 1) Fisher, J.W. : Fatigue and Fracture in Steel Bridges, John Wiley & Sons, 1984 .
- 2) 坂巻和男・山田健太郎：疲れ試験データベースの作成とその利用，土木学会論文集，No.356，pp.547～553，1985年 4月．
- 3) Fisher, J.W. et al.: Fatigue Strength of Steel Beams with Welded Stiffeners and Attachments, National Cooperative Highway Research Program Report 147, 1974
- 4) 山田健太郎，ほか：ガセットを溶接した引張部材の疲れ強さとストップホールの効果，土木学会報告論文集，No.341，pp.129～136，1984年 1月．
- 5) 酒井古永：付加物が溶接された桁の曲げ疲労試験と補修・補強に関する研究，名古屋大学工学部土木工学科修士論文，1985年 3月．
- 6) IABSE Colloquium Lausanne 1982: Fatigue of Steel and Concrete Structures, Proceedings of IABSE, 1982.
- 7) 土木学会：国鉄建造物設計標準解説，1983年 5月．
- 8) 日本鋼構造協会疲労設計指針・同解説（案），JSSC，Vol.10，No.101，pp.22～34，1974年 5月
- 9) The American Association of State Highway and Transportation Officials: Standard Specification for Highway Bridges, 1977.
- 10) British Standards Institution: Steel, concrete and composite bridges, BS5400 Part10, 1980
- 11) Recommendations for the fatigue design of steel structures: Committee TC6 "Fatigue", European Convention for Constructional Steelwork, Final draft, Publication ICOM 141, February 1985.
- 12) SHIMOKAWA, et al.: Fatigue Strengths of Large-Size Gusset Joints of 800MPa Class Steels, Proc. of JSCE, Structural Eng./Earthquake Eng. Vol.2, No.1, April, 1985 .
- 13) Cmeau, M.P. Kulak G.L. : Fatigue Strength of Welded Steel Elements, The University of Alberta, Structural Engineering Report No.79, October 1979.
- 14) 山田健太郎，ほか：大気暴露された無塗装の耐候性鋼および普通鋼溶接継手の疲れ強さ，土木学会報告論文集，No.337，pp.67～74，1983年 9月．
- 15) 小松原政治：溶接建造物の疲労強度（溶接でガセットを取付けた板の疲労強度），鉄道技術研究所，内部資料．
- 16) 小松原政治，ほか：ガセット板取り付け板の疲労試験，鉄道技術研究所，内部資料，1962年．

（1985年10月18日受付）