

純曲げをうける Hybrid Plate girderの疲労実験

黒 羽 啓 明^{*}
A. Anthony Toprac^{**}

ま え が き

プレートガーダーのウェブを出来るだけ薄くして、フランジの断面積を出来るだけ大きくすることは、曲げ材としてのプレートガーダーを経済的に設計する方法の一つと云える。ウェブの板厚が薄くなればなるほど、ウェブの座屈応力は小さくなるが、プレートガーダーの場合のように、ウェブの周辺がフランジとスチフナーで拘束されている時には、ウェブの局部座屈は必ずしもプレートガーダーの耐力の限界とはならない。古くから認められて来たように、ウェブの局部座屈後は、応力の再配分が生じて、プレートガーダーは大きい「座屈後の余力」をもち得る。

上述のような非常にうすいウェブを用いたプレートガーダーの実用化のための研究は、1950年代の後半から、米国で盛んに行われて来た。このような研究の一貫として、フランジに高強度鋼を用いた異種鋼材混用型のプレートガーダー (Hybrid Plate Girder) の研究が、米国のテキサス大学で1960年頃から継続して行われている。^{(1)~(7)} ハイブリッドプレートガーダーのねらいは、強度/価格・比や強度/重量・比の高い高強度鋼をフランジに用いて、より経済的なプレートガーダーを作りたいと云うことにある。しかしながら、ハイブリッドプレートガーダーでは、普通の炭素鋼プレートガーダーより、当然、高い設計応力が仮定されるから、疲れ破壊の危険性が普通のプレートガーダーより大きくなる。従って、テキサス大学でのハイブリッドプレートガーダーの研究では、疲れ試験に大きい勢力が集中されている。このハイブリッドプレートガーダーの実験は、先ず実大供試体の疲れ試験を行い、その後供試体に生じた疲れきれつを修理して、さらに静荷重破壊試験を行うと云う順序で行われて来た。

A. A. TopracはフランジにA514 (ASTM規格: 降伏点 70.3 t./cm^2 以上)、ウェブにA36 (ASTM規格 降伏点 2.53 t./cm^2 以上)を用いたプレートガーダー11種類の実験を行った。^{(1),(2)} この実験では、フランジの繰応力が上限値 3.16 t./cm^2 (45 ksi)、下限値 1.76 t./cm^2 (25 ksi)となるような繰返し荷重が加えられた。上限荷重時には、ウェブの歪は降伏点歪を可成超過しているが、このためにウェブの疲れ強さが特に低下して、ハイブリッドガーダーが不利となるような傾向はみられなかった。この研究で注目すべきことは、圧縮側フランジとウェブとの溶接の熱影響部に生じる疲れきれつや、引張側フランジ・ウェブに生じる疲れきれつなど、プレートガーダーの疲れ破壊の問題点がはっきり提議されたことにある。

このあと、H. S. LewおよびA. A. Topracは、前と同様に、フランジにA514、ウェブにA36を用いた28個のプレートガーダーの実験を行った。⁽⁷⁾ この実験では、研究の目的を一定曲げを受ける断面の疲れ強さの調査にしぼり、かつ、ウェブの板厚を4種類に変化させている。この研究で上述の疲れきれつの性状が更にはっきり分り、これらのきれつを次節にのべる三つの型に分類した。しかしながら、これらのきれつが発生する時の応力、その時の繰返し回数、プレートガーダーの形状できまる諸因子の間の関係を、統計的な方法で表現するには、未

* 熊本大学助教授工博

** テキサス大学教授 Ph.D.

だ実験データが十分でないと考えられた。ただし、ウェブ厚、最大応力、き裂の型の如何を区別せず(すなわち、これらの影響を無視して)、全供試体プレートガーダーの疲れ寿命と応力振幅とを比較すると一定の相関性が認められた。第13図のS-N曲線(実線)は上の関係を、誤差の分布形を仮定しない計算法によって、求めたものである。

本研究は、フランジがA441(ASTM規格:降伏点 352t./cm^2 以上)のハイブリッドプレートガーダーが純曲げを受ける場合の疲れ強さについて調べることを目的とする。ただし、供試体は、前実験結果との比較を容易にするために、前実験⁽⁷⁾の中から最も使用されそうな形のものを2種類えらんで、これらとほとんど同じ形状・寸法とした。

1 一定曲げを受ける断面の疲れき裂の種類

これまでの研究^{(2),(7)}によると、ハイブリッドプレートガーダーの純曲げを受けるパネルに生じる疲れき裂を次の三つの型に分類して考えることが便利と思われる。

1型き裂 これは圧縮型フランジとウェブとの隅肉溶接の止端(ウェブ側)にそって生じるき裂である(第1図(a)参照)。荷重が加わると、プレートガーダーの薄いウェブは横方面にはらみ出す。この変形は、ウ

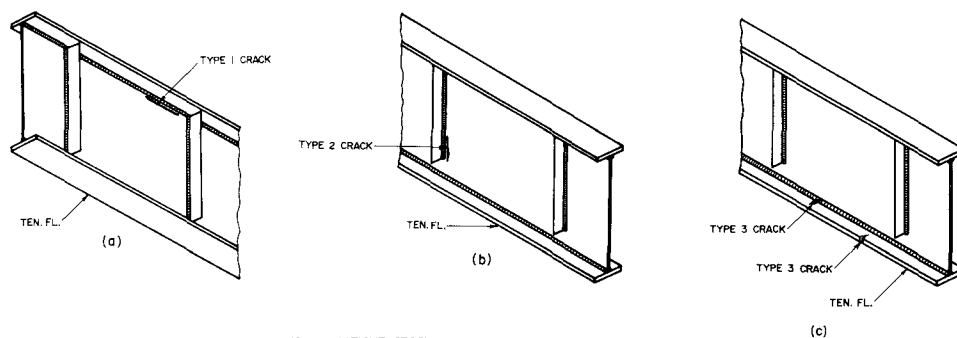


FIG. 1 TYPES OF FATIGUE CRACK.

ェブの引張側より圧縮側(圧縮フランジに近い側)の方に大きく生じる。この変形によってウェブの周辺(特に圧縮側フランジに溶接された辺)に曲げ応力が生じる。荷重の変動と共に、ウェブの縁辺は繰返し曲げを受けることになる。1型のき裂はこのような繰返し曲げと関係があると思われる。ウェブのたわみの測定値とき裂の発生位置を比較すると、1型のき裂は、上述のような曲げ応力の引張側となる面に最初に発生するのが常である。別の研究⁽⁸⁾によると、ウェブ辺における上述の曲げ応力と1型き裂の発生時の繰返し回数との間に、一定の相関性がみられることが報告されている。一般に、この型のき裂は非常に薄いウェブにみられた。このき裂の伝播は他のき裂の場合よりゆっくり進行し、かつ、1型き裂の発生によって、プレートガーダーの剛性はほとんど低下しない。この型のき裂は、せん断曲げのパネルより、一定曲げのパネルにより多くみられるが、せん断力の働くパネルに生じた場合には、き裂伝播の状態や、き裂がプレートガーダーの剛性・耐力に及ぼす影響の仕方は、純曲げパネルに生じたき裂の場合と少し異なって来る。

2型き裂 これはウェブとスチフナーとの隅肉溶接の止端(ウェブ側)にそって生じるき裂で、この発生位置は引張フランジから約5cm上のスチフナーの先端附近である(第1図(b)参照)。このき裂の発生を

支配する重要な要因は、ウェブ内の引張せんい応力と、スチフナーが溶接されていることによって生じる応力集中中とであると思われる。ウェブの引張側であるが、ウェブとスチフナーの境界部に前述のウェブのはらみ出しによる曲げ応力が生じることも考えられ、スチフナーの配置によっては、この曲げ応力の影響も重要になると思われる。2型きれつの発生は、ウェブ板厚の如何にかかわらずほとんどの種類のプレートガーダーに見られる。これらのきれつは溶接部の止端にそって上下に伝播する。きれつが引張フランジに達すると、更にフランジ内に伝播し、遂にはフランジの切断にいたる。これらのきれつの伝播速度は、1型きれつに比べてずっと早い。

3型きれつ これは、引張フランジ、または引張フランジとウェブとの溶接の中の切欠きのあったと思われる場所に生じるきれつである。これらの切欠きは溶接、切断施工に出きた欠陥である。この型のきれつは非常に早く進行し、溶接等により修理しても、進行をくいとめることは出来ない。

以上の三つの型の疲れきれつは、前実験⁽⁷⁾で、純曲げを受けるパネル内に繰返し回数 2×10^6 回以内に生じたもので、純曲げを受けるハイブリッドプレートガーダーの疲れ強さを決めるための研究課題となるものである。それぞれのきれつの発生に影響を与える要因については、上述したように、ある程度の方が分ったが、それぞれのきれつに対する疲れ強さを、一定の信頼度で与えるためには、まだまだ実験データが十分でない。ただ、応力振幅は、他の因子に比べて、きれつ発生までの繰返し数との間に可成強い相関性がみられた。

2 実験計画および供試体

この実験は前実験⁽⁷⁾の継続研究として計画したものである。しかし、この研究だけの特別の目的として、フランジに A441、ウェブに A36 を用いたハイブリッドプレートガーダーが純曲げを受けた時の疲れ強さについての資料を確保しておくこともねらいとしている。この実験では、フランジの最大応力を 2.11 t/cm^2 (30 ksi 、これは A441 の降伏点の規格値の 60%⁽⁹⁾に相当する。) にしたまま、応力幅 (上限応力と下限応力との差) を変えて疲れ試験を行った (第 3 表参照)。そして、曲げパネルが約 2×10^6 回の繰返し応力に耐え得るような応力幅を求めようとした。この 2×10^6 回と云う繰返し回数は、高速道路橋が有用年限内に受けると考えられる最大荷重の繰返し回数が最大限約 2×10^6 回と考えられることから選定したものである。

繰返し回数 2×10^6 回におけるプレートガーダーの疲れ強さを調べるために、下記の様な逐次試験を用いることにした。

一番目の供試体は、縁応力が 0.703 t/cm^2 (10 ksi) と 2.11 t/cm^2 (30 ksi) の間で繰返される荷重で試験する。もし、この供試体が 2×10^6 回以内で破壊すれば、二番目の供試体は、最大応力を 2.11 t/cm^2 (30 ksi) に一定したまま応力幅を 0.352 t/cm^2 (5 ksi) だけ小さくして試験する。もし、一番目の供試体が 2×10^6 回以内で破壊しなければ、二番目の供試体は、一番目より応力幅を 0.352 t/cm^2 (5 ksi) だけ大きくして試験する。更に、二番目の供試体が破壊すれば、応力幅を再び 5 ksi だけへらし、他方、二番目の供試体が破壊しなければ、三番目の供試体は、確認のために同じ応力の繰返しで試験する。上限応力は全供試体に対し 30 ksi とする。以上の逐次試験計画を図解すると第 2 図の通りである。

この試験に用いた供試体は、ウェブ板厚 4.76 mm ($3/16''$) のもの 3 個、 6.35 mm ($1/4''$) のもの 3 個の合計 6 個である。この場合、ウェブのせい/板厚 (b/t)・比はそれぞれ 192, 144 となる。これらのウェブせい/板厚・比は、AASHO の A7 鋼に対する橋梁規格⁽⁹⁾で決められた最大限值 170 の上と下に来る。上述のようなウェ

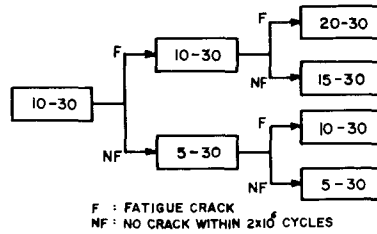


FIG. 2 TESTING SEQUENCE

第 1 表 試験パネルの断面寸法

供試体番号	公称寸法		ウェブ せい/板厚 比	実測寸法		断面 2 次モーメント (cm^4)
	フランジ 幅×板厚	ウェブ せい×板厚		フランジ 幅×板厚	ウェブ せい×板厚	
31030H	20.3×127 (8×1/2)	91.4×0.476 (36×3/16)	192	20.32× 1.295	91.4× 0.501	145.0× 10 ³
31530H(1)	"	"	"	20.37× 1.295	"	145.4× 10 ³
31530H(2)	"	"	"	20.31× 1.291	"	144.6× 10 ³
41030H	"	91.4×0.635 (36×1/4)	144	20.34× 1.294	91.4× 0.665	155.5× 10 ³
40530H(1)	"	"	"	20.28× 1.288	"	154.7× 10 ³
40530H(2)	"	"	"	20.34× 1.298	"	155.9× 10 ³

注：寸法は cm で与える。ただし、括弧内はインチで示す。

ブせい/板厚・比を選んだ理由は、この程度の値が最も使用頻度が高いと思われたからである。

全供試体はウェブ板厚を除いて同一寸法とした。ウェブは、せいが 91.4cm ($36''$) で、 91.4cm 間隔に両側からスチフナーで補剛してある。従って、ウェブの形状係数 (パネルの幅/せい・比) は 1.0 となる。スチフナーは、引張フランジの疲れ強さに対する応力集中の影響を減じるために、引張フランジの上側 5cm ($2''$) ほどのところで短く切って打ち止めてある。引張と圧縮フランジとは同一寸法で、かつ、プレートガーダーの全長にわたって、一定の幅および厚さである。供試体の実測寸法および公称寸法を第 1 表に示す。供試体の形状を第 3 図に示す。この供試体は、中央部分の 2 個の試験パネル、その両側のせまいパネル、および荷重点と支持点との間の各 2 個のパネルからなっている。荷重点と試験パネルとの間にせまいパネルを設けた目的は、集中荷重点附近の局所的な応力の影響を減じるための中間的なパネルを必要としたことである。

各供試体は、ウェブの板厚、上限・下限応力、試験系列の三つの区別によって番号をつけてある。たとえば、

供試体 31030H のうち、最初の 3 はウェブ板厚を 1/16 インチの倍数で示し、次の四個の数字は上限・下限応力を *ksi* で示す（ここでは繰返し応力が 10 *ksi* と 30 *ksi* の間であったことを示す）。最後の字 *H* は本実験の系列記号である。

供試体に用いた鋼板の機械的性質および化学成分を第 2 表に示す。なお、第 2 表の降伏的は、歪速度を 0 とし て求めた降伏点応力で、静的降伏点と称することにする。

第 2 表 供試体素材の物理性質および化学成分

板 の 種 類		フ ラ ン ジ 1/2" A 4 4 1	ウ ェ ブ 1/4" A 3 6	ウ ェ ブ 3/16" A 3 6
板 厚 (cm)		1.3 0 6	0.6 6 3	0.5 0 0
静的降伏点 ($t \cdot /cm^2$)		3.7 1	3.0 4	2.8 4
引張強さ ($t \cdot /cm^2$)		5.2 2	4.6 6	3.8 5
伸 (%)		2 4	2 9	2 8
化 学 成 分	C	0.1 6	0.2 0	0.2 0
	M _n	1.0 8	0.4 5	0.4 5
	P	0.0 1 0	0.0 1 2	0.0 0 6
	S	0.0 1 9	0.0 2 7	0.0 1 4
	S _i	0.2 5	0.1 0	
	C _u	0.2 8		
	V	0.0 6 1		

3 載荷装置、測定方法、試験手順

供試体ガーダーは、対称位置に二点載荷、単純支持で試験した。従って、試験パネルは一定曲げモーメントを受けることになる（第 3 図参照）。試験機は Rieleelos 疲労試験機で、これに 54.4 ton 容量のオイルジャック

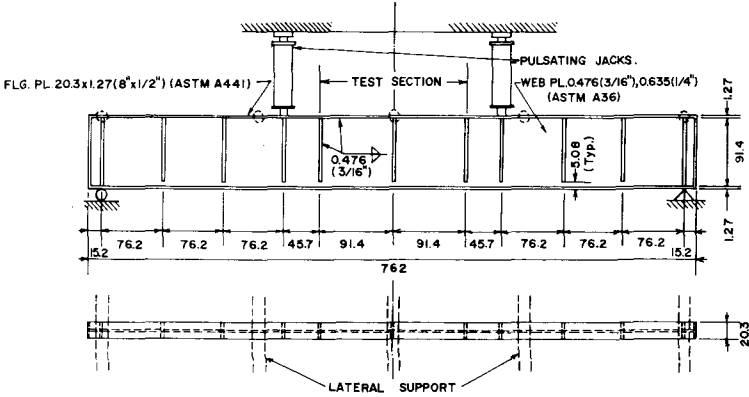


FIG. 3 SPECIMEN AND TEST SET-UP.

キ 2 個をつないで繰返し荷重を加えた。横座屈を防ぐため、鉛直方向にのみ移動をゆるす特別のブレースを適当数配置した。

供試体の概略の性状を調べるために次の測定を行った。ダイヤルゲージで、中央点、載荷点、支持点の鉛直方向たわみを測定した。ウェブの横方向たわみを、 $7.62\text{ cm} \times 7.62\text{ cm}$ の格子の交点位置（第4図）で測定した。この測定には、定規の上をすべるダイヤルゲージをもった特別の器具を用いた（第5図参照）。フランジおよびウェブの両面に一軸の抵抗線歪ゲージを接着し、長手方向の歪を測定した。

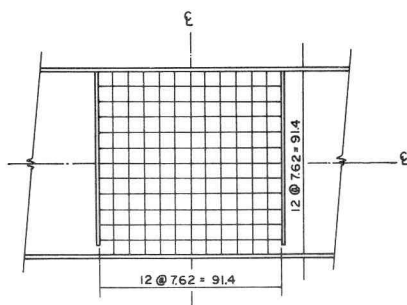


FIG. 4 LOCATIONS OF LATERAL WEB DEFLECTIONS MEASUREMENTS.

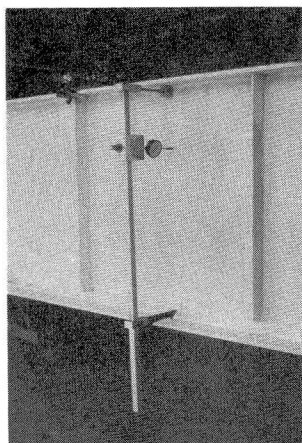


FIG.5 MOVEABLE HEAD DIAL RIG

疲れ試験中は、すべりゲージを供試体の中央におき、剛性の変動をみることにした。

それぞれのプレートガーダーの疲れ試験の直前に、静荷重試験を行った。荷重は疲れ試験における上限荷重以下の間で増減し、その間、上限荷重、下限荷重、荷重ゼロの段階で前述の測定を行った。プレートガーダーの鉛直方向たわみ、ウェブの横方向たわみ、フランジ、ウェブの歪の各測定値の代表例を第6，7，8図に示す。最大荷重時において、石灰を塗布した供試体表面のきれつ、沁り線等を肉眼で十分検査した。

疲れ試験のための上限・下限応力は、実測寸法にもとずいて、慣用のはり理論によって計算した。疲れ試験における上限・下限荷重は上記の応力から決め、かつ、プレートガーダーの振動による慣性力の影響に対する補正を行った。繰返し荷重は $250 \sim 300\text{ CPM}$ で加えた。疲れ試験中、約3時間（54000回）おきに、溶接部および熱影響部のきれつの検査を、虫眼鏡を使って行った。最初のきれつを発見した後は、上の検査をもっと頻ぱんに行った。

きれつが試験パネル外に生じた時には、ガウジングおよび溶接によりこれを修理し、ただちに疲労試験を再開した。試験は、繰返し回数が 2×10^6 回を越えるか、試験パネル外のきれつが大きくなり、供試体の剛性が大きく低下した時に打切った。

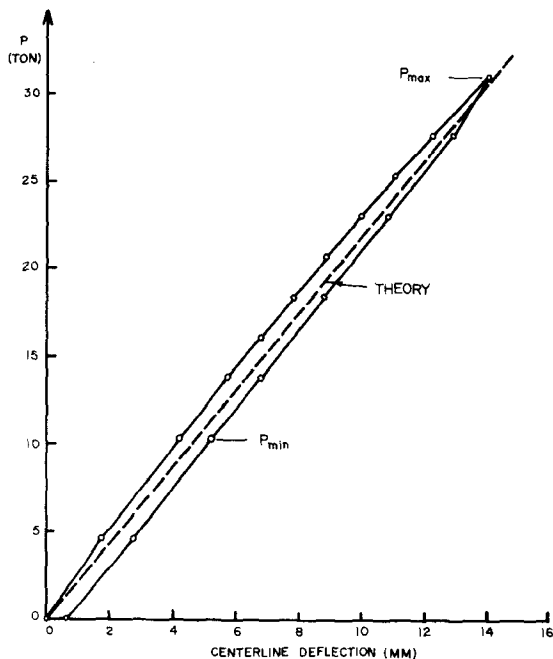


FIG. 6 LOAD V. CENTERLINE DEFLECTION (41030 H)

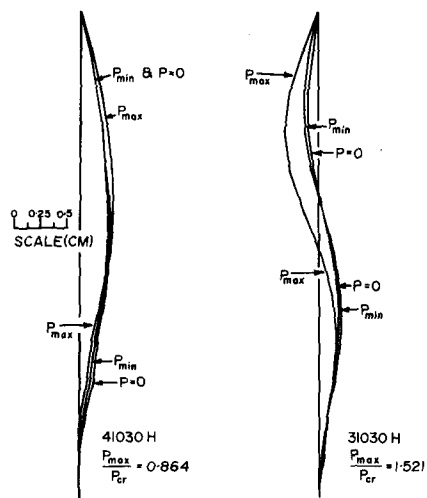


FIG. 7 WEB DEFLECTIONS (CENTERLINE OF TEST PANEL)

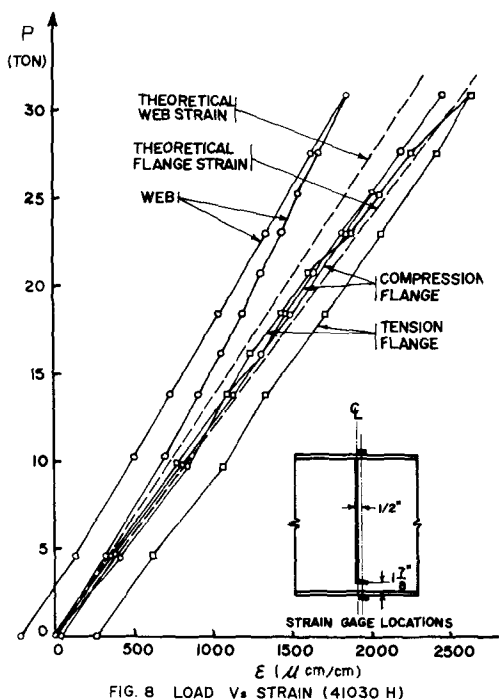


FIG. 8 LOAD V. STRAIN (41030 H)

4 疲れきれつ

この実験でみられたきれつは全部 2 型きれつであった。

すなわち、疲れきれつは全部ウェブとスチフナーとの隅肉溶接の止端にそって、スチフナーの打ち切り端部近傍に発生した。これらのきれつは繰返し回数の増加と共に上下に伝播し、1 節で述べたことと同様の挙動を示した。

実験結果を第 3 表に示す。同表では、試験パネル内に生じたきれつ（すなわち、中央部 3 本のスチフナーの周辺に生じたきれつ）のみについて示す。試験パネル外の荷重点直下のスチフナーの周辺に、しばしば疲れきれつが見られたが、この部分は集中荷重のため応力が増加するので、純曲げ断面の疲れきれつとみなさないことにした。第 9 図～第 12 図に、試験パネル、試験パネル外に生じた全きれつの位置、およびきれつ発見時の繰返し回数を示す。なお、試験パネル内に生じた全きれつはウェブの片側よりのみ見え、ウェブの裏側からは見えなかったものである。

第 3 表 疲れ試験結果

供試体番号	下 限 応 力* $\frac{t}{cm^2}$ (ksi)	第 1 きれつ発生時の		備 考
		繰 返 し 回 数	きれつ長さ cm^2	
31030H	0.703 (10)	$1,842 \times 10^3$	2.5	第 2 きれつ発見、 $1,868 \times 10^3$ 回 $2,015 \times 10^3$ 回にて終。この時第 1 きれつ長 3cm。
31530H(1)	1.05 (15)			きれつなし。 $2,941 \times 10^3$ 回にて打ち切り。
31530H(2)	1.05 (15)			きれつなし。 $2,360 \times 10^3$ 回で打ち切り。
41030H	0.703 (10)	$2,041 \times 10^3$	5	$2,041 \times 10^3$ 回で終り。
40530H(1)	0.351 (5)	888×10^3	3.2	試験パネル外のきれつのため 888×10^3 回にて終。
40530H(2)	0.351 (5)	862×10^3	16.5 5	2 個のきれつ同時に発見。 試験パネル外のきれつのため 934×10^3 回にて打切。

* 上限応力は全供試体とも $2.11 t/cm^2$ (30 ksi)。

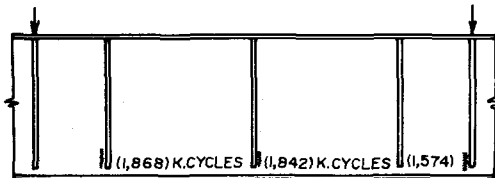


FIG. 9 CRACK LOCATIONS AND CYCLES TO CRACK INITIATION FOR SPECIMEN 31030 H

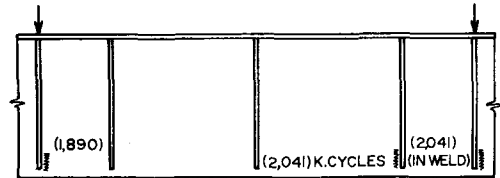


FIG.10 CRACK LOCATIONS AND CYCLES TO CRACK INITIATION FOR SPECIMEN 41030 H

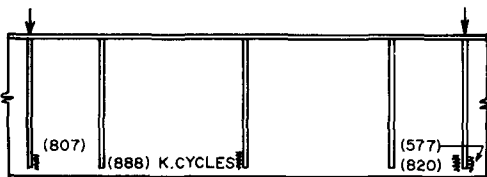


FIG. 11 CRACK LOCATIONS AND CYCLES TO CRACK INITIATION FOR SPECIMEN 40530 H(1)

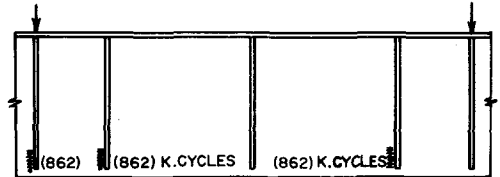


FIG. 12 CRACK LOCATIONS AND CYCLES TO CRACK INITIATION FOR SPECIMEN 40530 H (2)

5 実験結果の検討

いま、この実験に用いた供試体が静的な荷重を受けた場合、Baslerの研究⁽¹⁰⁾によれば、これらの曲げ耐力はフランジのねじり座屈によって支配され、フランジのねじり座屈応力は 3.64 t/cm^2 (5.18 ksi) となる。ここでを行った疲れ試験の上限応力は、上の静的な終局耐力の約 60% になる。また、純曲げを受けるウェブの局部座屈力 $\sigma_{cr, web}$ は、周辺をピン支持として計算すれば、ウェブ厚 4.76 mm ($3/16''$) の供試体の場合、 $\sigma_{cr, web} = 1.37 \text{ t/cm}^2$ (19.5 ksi)、ウェブ厚 6.35 mm ($1/4''$) の供試体の場合、 $\sigma_{cr, web} = 2.42 \text{ t/cm}^2$ (34.4 ksi) である。これらの $\sigma_{cr, web}$ は疲れ試験に於ける下限応力より可成高い値となる。しかしながら、ウェブの横方向たわみを実測した結果（たとえば第7図）によると、下限応力時には、このたわみ量はウェブの圧縮側でさらに増加し、ウェブの引張側で減少するのが一般的傾向である。本実験では、上述のウェブのはらみ出しによる繰返し曲げ応力が大きい要因と考えられる1型きれつは見出されなかった。このことは、これまでの実験のうち本供試体と同程度のウェブせい/厚・比をもった供試体の実験結果と比較して、むじゅんしなないと考えられる。

前実験⁽⁷⁾で分ったように、2型きれつは繰返し回数の増加と共に、引張フランジに伝播し、遂には、引張フランジが破断してプレートガーダーが破壊するのが通常である。そこで、本研究では、2型きれつの発生がプレートガーダーの疲れ破壊であるとみなすことにする。

きれつ発生位置附近のウェブ内のせんい応力は、慣用のはり理論によって大体推定することが出来る。第8図に見られるように、ウェブの長手方向のひずみ測定値と、はり理論によるせんい方向ひずみ量とは近い値になる。スチフナー近辺のウェブ内の膜応力をくわしく調べた別の研究⁽⁸⁾でも同様な結果を得ている。勿論、ここで云うせんい応力とは、きれつの生じた溶接の止端部分の局部応力のことではない。このような局部応力には、スチフナーの存在による応力の乱れが影響するので、もっと複雑な応力状態になると考えられる。

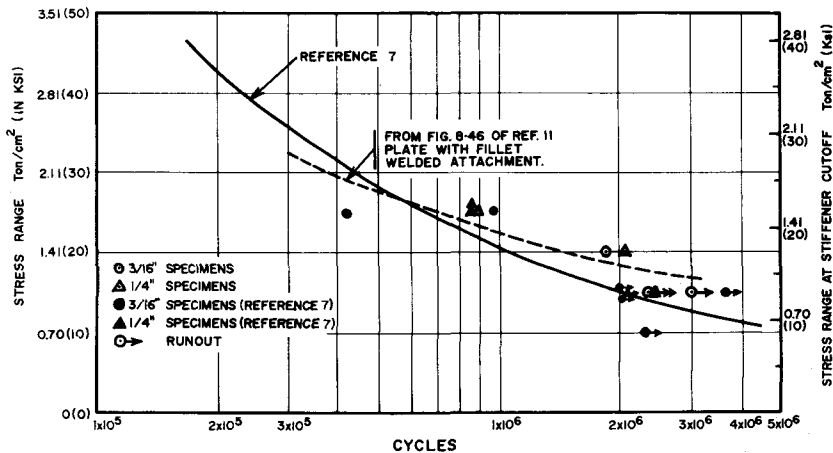


FIG. 13 S-N RELATIONSHIPS

第13図にフランジの縁応力の応力幅と第1番目のきれつ発生時の繰返し回数との関係を示して見る。この図から、ウェブの板厚の相違によって上のS-N関係が大きく影響される傾向はみられない。同様に、前研究⁽⁸⁾においても、ウェブ厚の変化によってハイブリッドプレートガーダーの疲れ強さに有意な差が見られなかった、と云う結論を得ている。第13図は、通常の金属構造物のS-N曲線に似た関係を示しており、かつ、前述のウェ

ブのせんい応力は、ウェブの板厚如何にかかわらずフランジの応力に比例すると云うことがある。従って、スチフナー打切端附近に働くウェブのせんい応力は、2型きれつの発生に影響を及ぼす重要な要因と考えられる。

スチフナーの打切端の位置に働くウェブのせんい応力は、慣用のはり理論によると、フランジの縁応力の86%の大きさとなる。すなわち、この点のウェブの応力は、フランジの縁応力が $2.11 \text{ t/cm}^2 (30 \text{ ksi})$ の時に $1.62 \text{ t/cm}^2 (26 \text{ ksi})$ である。また、ウェブの同じ点における応力幅は第13図の縦軸(右側)に示してある。

2型きれつが発生した部分の形状や応力状態は、第14図に示すような附属品が隅肉溶接された板の形状・応力状態と似ているように思われる。文献(11)の第8.4図によれば、附属品が隅肉溶接された板の繰返し回数 2×10^6 回における疲れ強さ中央値は、上限応力で $1.62 \text{ t/cm}^2 (26 \text{ ksi})$ 、下限応力で $0.703 \text{ t/cm}^2 (10 \text{ ksi})$ となる。この疲れ強さは、第13図からみて、2型きれつが約 2×10^6 回で発見された時の、スチフナー打切端位置におけるウェブのせんい応力に近い値になる。第13図中の $S-N$ 曲線(破線)は、文献(11)から、 $\log S$

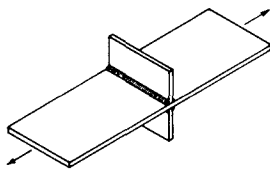


FIG.14 TENSION SPECIMEN WITH FILLET-WELDED ATTACHMENT

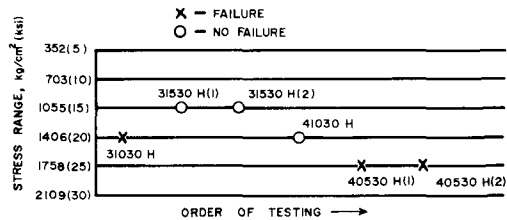


FIG. 15 STAIRCASE ILLUSTRATION OF RESULTS

と $\log N$ との関係が繰返し回数が 10^5 から 2×10^6 までの間で直線になると仮定して導いたものである。2型きれつの発生に影響を及ぼすと考えられる要因は多数ある。上で、単純な引張試験片の疲れ強さと2型きれつを生じるプレートガーダーの疲れ強さとを比較したが、これは、単に、ウェブのせんい応力の影響のみを考慮したにすぎない。2型きれつの発生に関係する因子についての更に詳しい研究が必要と考えられる。

本研究では、純曲げを受けるハイブリッドプレートガーダーの繰返し回数 2×10^6 回における疲れ強さを決める目的で、2節に述べたような逐次試験を行った。すなわち、上限応力は $2.11 \text{ t/cm}^2 (30 \text{ ksi})$ にしたまま、応力幅をすぐ前に試験した供試体が 2×10^6 回以内に破壊したかどうかによって変化させた。この逐次試験の結果を、破壊した供試体を○、破壊しなかった供試体を×で表わして図示すると第15図のとうりになる。ここに供試体 $40530H(2)$ は、2節の逐次試験の方針に従えば、応力幅を小さくして試験するべきであったが、この直前の試験結果をもう一度確認する必要があったので、応力幅を変えないで試験したものである。

これまでの実験結果から、 2×10^6 回におけるプレートガーダーの疲れ強さを、何らかの生存率を想定して統計的方法によって求めるには、まだ実験データが十分でない。しかしながら、第13図によれば、本実験のプレートガーダーの疲れ強さは、大略、上限応力で $2.11 \text{ t/cm}^2 (30 \text{ ksi})$ 、応力幅で $1.41 \text{ t/cm}^2 (20 \text{ ksi})$ と考えられる。前実験⁽⁷⁾のうち、ウェブ板厚が本実験と同じ供試体の疲れ強さをも第13図に示す(2型きれつ以外のきれつで破壊したものは除く)。また前実験で求められた生存率(50%)の時の $S-N$ 曲線を第13図に示す(この曲線は疲れきれつの型如何にかかわらず求めたものである)。本実験の結果は、これらの実験の結果とよく一致する。

6 結 論

フランジに A441 を用いたハイブリッドプレートガーダーの疲れ試験を行った。この研究の目的は、実験データーをふやして、ハイブリッドプレートガーダーの疲れ強さに関するより確実な結論を得ることにあるが、さらに別の目的として、フランジに A441 を用いたハイブリッドプレートガーダーが純曲げを受ける時の繰返し回数 2×10^6 回における疲れ強さを求めて、これの設計資料を得ることをねらいとした。このあとの目的のために、一種の逐次試験を行った。

実験の結果、疲れきれつは全部、ウェブとスチフナーとの隅肉溶接の止端に生じる 2 型きれつであった。この型のきれつの発生には、ウェブの引張せんい応力が密接な関係をもつことが注目された。ウェブ板厚の相違が疲れ強さに及ぼす影響は著しくなく、分らなかった。2 型きれつが生じる時の疲れ強さは、板に附属品が隅肉溶接された引張試験片の疲れ強さと似た値となることが分った。

本実験のプレートガーダーの繰返し回数 2×10^6 回における疲れ強さは、およそ、上限応力で 2.11 t/cm^2 (30 ksi)、応力幅で 1.4 t/cm^2 (20 ksi) であった (この応力はフランジの縁応力で示す)。しかしながら、疲れ強さをもっと正確に決めるために、実験データーをさらに積重ねることが必要と考えられた。本実験結果は、これまでの実験とよく照合した。

この論文は、純学術上の目的で、主として下記の委員会資料をもとにしてまとめたものである。

Y. Kurobane, D.J. Fielding and A.A. Toprac, "Additional Fatigue Tests of Hybrid Plate Girders under Pure Bending Moment," Research Report No. 96-1f, Center for Highway Research, The University of Texas (May 1967)

文 献

- (1) A.A. Toprac and R.A. Engler, "Plate Girders with High-Strength Steel Flanges and Carbon Steel Webs," 1961 Proceedings, National Engineering Conference AISC, New York, N.Y.
- (2) A.A. Toprac, "Fatigue Strength of Hybrid Plate Girders," S. F. R. L. Report No. 04-64, The University of Texas (1964)
- (3) B. Canales, "Static Strength of Girder Constant Moment," M. S. Thesis, The University of Texas (June 1966)
- (4) L.D. Long, "Static Strength of Hybrid Plate Girders Subjected to Shear," M.S. Thesis, The University of Texas (Aug. 1966)
- (5) B.R. Karrh, "Static Strength of Hybrid Plate Girder Panels Subjected to Pure Bending," M.S. Thesis, The University of Texas (Jan. 1967)
- (6) H. Toyoda, "Static Behavior of Hybrid Plate Girders," M. S. Thesis, The University of Texas (Jan. 1967)

- (7) H. S. Lew and A. A. Toprac, "Fatigue Strength of Hybrid Plate Girders Under Constant Moment," Highway Research Record No. 167, Highway Research Board, Washington, D. C. (1967)
- (8) B. T. Yen and J. A. Mueller, "Fatigue Tests of Large-Size Welded Plate Girder," Fritz. Engrg. Lab. RePort, 303.10 (June 1966)
- (9) AASHO Standard Specifications for Highway Bridges, Washington, D. C. (1961)
- (10) K. Basler and B. Thurlimann, "Strength of Plate Girders in Bending," Proceedings of ASCE, vol. 87, No. ST6 (Aug. 1961)
- (11) W. H. Munse, "Fatigue of Welded Steel Structure," Welding Research Council (1964)