溶接桁の鋼種別の疲労強度について*

菊池 洋 ** 山田 健太郎***

Fatigue Strength of Welded Built-up Beams of
SS41, SM50, SM58 and HT80 Steels*

by Yoichi Kikuchi**, Kentaro Yamada***

Abstract

This thesis deals with the bending fatigue test results of welded built-up beams of SS 41, SM 50, SM 58, and HT 80, respectively. The fractures of all these beams initiated at the flange-to-web fillet weld under bending, and it took about 10,000 or 36,000 cycles of loading from a visible crack to separation of the flange plate.

The test results are compared with those of the welded built-up beams and the longitudinal fillet welded specimens obtained by other investigators. The longitudinal fillet welded specimens indicate the same as or a somewhat greater fatigue strength, than the beams in bending.

1. 緒 言

最近大型鋼構造物の出現とともに、高張力鋼の利用が普遍化されてきている。橋梁構造物においても、使用鋼材の強度が、50 kg/mm² 級より、60 kg/mm² 級へと高まり、さらに 70 kg/mm², 80 kg/mm² 級を使用する南港連絡橋が建設中である。また現在計画の中の本州四国連絡橋においても、80 kg/mm² 級鋼材の採用が検討されている。

繰返し荷重を受ける橋梁においては、特に溶接組立部材の疲れ強さが問題となる。本研究では、溶接組立桁の曲げ疲労試験を行なって、同様な応力状態の他の実験との比較検討を行なっている。現在までに行なわれている曲げ疲労試験についての実験例を見ると、おもにつぎのような点について研究されている。すなわち、(1) 腹板とフランジを結合するすみ肉溶接の曲げ応力に対する疲れ強さ、(2) 腹板とフランジを結合するすみ肉溶接の曲げ応力とせん断応力の組み合わせ応力による疲れ強さ、(3) 腹板と垂直スティフナーの取付溶接部分の疲れ強さ、および(4) カバープレート溶接した場合の桁の疲れ強さ、などである。

本研究で特に検討を加える(1)のすみ肉溶接部の曲げ応力による疲れ強さについては、一般に応力方向に溶

接ビードを持った継手試験で代表されることが多い。この縦ビードすみ肉溶接継手の試験結果と溶接組立桁の試験結果では、溶接条件、欠陥の影響、残留応力などの違いから、その相互の関係は一義的には求まらないと思われる。しかしながら、そのおおよその関係を求めることは、今後の設計の方針を考える上で有意義であろう。本研究では、SS41, SM50, SM58 および HT80 を用いた溶接組立桁の曲げ疲労試験を行なって、過去の同様な曲げ試験および縦ビードすみ肉溶接継手試験の結果と比較検討した。

2. 溶接組立桁の製件および試験方法

1) 試験片の製作

試験桁には、全長 1.4 m, 支間 1.2 m, 荷重点間距離 400 mm, 桁高 200 mm の二点載荷曲げ試験体を採用した。試験体については、Fig. 1 に示すように、板厚を 6 mm と 10 mm, フランジ幅を 120 mm と 150 mm にそれぞれ変えて、A, B, G-Series の3種類の形状のものを製作した。載荷点下のスティフナーの長さは、腹板の中央までとして、引張側フランジへの影響を除いた。

使用した材料は、SS41, SM50, SM58, HT80 の4種類であり、これらの鋼材の化学成分および機械的性質を鋼材表に従って Table 1, 2 に示す。

2) 溶接施工条件

溶接組立ての際の施工条件を Table 3 に示す。桁の構成にあたっては、フランジに逆そりを与えて溶接し、

*原稿受付 昭和47年3月23日(47年6月FS委員会にて発表)

**正 員 名古屋大学工学部 Member, Faculty of Engineering, Nagoya University

***学生員 名古屋大学工学部 Student Member Faculty of Engineering, Nagoya University.

溶接変形が生じても、できあがり所定の寸法になるように注意した。また最終的に所定の寸法にならなかった桁についても、ひずみを行わず、Fig. 2 に示すように載荷板と底板の面が平行になをように機械切削して調

節した。仮付け溶接の部分は、グラインダーで仕上げたのち、本溶接を行なった。溶接はすべて手溶接で行なった。

Fig. 1 Bending Test Specimens

Fig. 2 Fabrication Details

Table 1 Chemical Compositions of Steel Plates

Steel plate	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	V (%)	Nb (%)	B (%)	Mo (%)
SS41	0.16	0.02 ~0.03	0.80 ~0.82	0.011	0.012 ~0.015					
SM50	0.17	0.32	1.34	0.013	0.010					
SM58	0.15 ~0.16	0.30 ~0.33	1.20 ~1.21	0.012 ~0.018	0.007 ~0.009		0.057 ~0.058			
HT80	0.13	0.35	1.44	0.017	0.004	0.08		0.038	0.003	0.63

Table 2 Mechanical Properties of Steel Plates

Steel Plate	Yield Point kg/mm ²	Ultimate Strength (kg/mm ²)	Elongation (%)	Bending Test (180°)
SS41	27.0~32.0	43~45	28	Good
SM50	33.0~35.0	51.0~53.0	24~26	Good
SM58	53.0~56.0	62.0~66.0	22~26	Good
HT80	85.0	87.0	23	Good

Table 3 Welding Conditions

Specimen	Series	Rod	Welding Current (A)	Welding Voltage (V)	Preheating
SS41	G	A-100 (D4301)	320	38	100°C
SM50	G	L-55 (D5016)	290	38	100°C
SM58	B	L-60 (D5816)	300~320	38	120°C
	G	L-60 (D5816)	290	38	120°C
HT80	A	LB116	280~310	38	120°C
	B	LB116	270~300	38	120°C
	G	LB116	290	38	120°C

3) 試験方法

疲労試験は、すべてアムスラー型両振 100 t 万能疲労試験機を用いて行なった。試験機荷重は、圧縮荷重の片振りとし、試験桁の下部フランジに、一樣曲げによる片振引張応力が加わるようにした。くり返し速度は、毎分 250 回とした。

3. 疲労試験の経過と結果

1) 疲労試験中のたわみの変化

本実験では、疲労試験の途中に生じるたわみの変化を、Fig. 3 に示すダイヤルゲージを用いて測定した。測定は、1～2 時間毎にダイヤルゲージに取り付けたネジを調節して、クロスヘッドに接触されて、そのときの値を読み取った。

Fig. 3 Dial Gauge for Measurement of the Deflection during Fatigue Test

Fig. 4 に、G-50-3 で測定した例を示す。図では、横軸にくり返し数を示し、そのときの下限荷重に相当するダイヤルゲージの読みを縦軸に示してある。このような疲労試験中に生じるたわみの変化の原因については、(1) 桁本体のくり返し荷重による残留変形の累積、(2) 底板と支承ローラーの接触面における局部変形、(3) 載荷板と載荷ローラーの接触面における局部変形、(4) 荷重の変動によるもの、および(5) クラックの発生によるもの、などが考えられる。このうち(1)は、溶接部に存在する大きい残留応力が降伏することによる残留変形と、くり返し荷重による変形の累積とに分けられる。しかしながら、経験的に残留応力の緩和による残留変形は、最初の荷重または予備荷重で発生するとがわかっている。さらに鋼が弾性範囲内のくり返し荷重を受ける場合には、くり返し荷重によるたわみの累積も少ないと考えられる。

Fig. 4 Number of Cycles versus Reading of Dial Gauge Relationship of G-50-3

Fig. 5 Number of Cycles versus Reading of Dial Gauge Relationship of G-50-5

Fig. 4 の場合、最初の 1～2 回で(1)が生じ、ひきつづき約 20 万回程度のくり返し回数に対して、(2)、(3)が生じたと考えられ、それ以後安定な状態になっている。つぎに 90 万回程度のくり返しの後に、引張側フランジに疲労クラックを発見した。しかし、クラックが発生したことによってたわみの変化があらわれるのは、クラックがかなり大きくなってからであった。したがって微小なクラックの発生は、それ以前であると考えるのが妥当であろう。Fig. 5 に同じく G-50-5 の例を示す。G-50-5 も、G-50-3 も、クラックを発見してから、引張フランジが破断するまでのくり返し数は、約 1 万回から 1.5 万回程度であった。また本試験では、1～2 時間ごとに試験体を肉眼で観察したが、多くの試験体は、クラックを発見できないまま、この観察時間間隔のうちに破断した、この時間間隔は、約 1.8 万回から 3.6 万回のくり返し数に相当する。伊藤らの実験⁹⁾では、引張側フランジに発生したクラックの伝播に要するくり返し数は、数万回から 10 万回の間であることが報告されている。

2) 破断の状況

桁は、2例を除いてすべて中央等曲げモーメント区間で、桁の軸に直角にクラックが発生して破断した。しかし、A-80-2, B-80-1 では、中央等曲げモーメント区間から離れた位置で破断が生じており、後述の Table 3 では、この部分の応力を計算して、かっこ内に示した。また破断は、フランジ中央部から生じており、その状況の一般的なものを、Photo. 1 に示す。

(A) G-41-6
(B) G-58-4
(C) G-80-4

Photo. 1 Examples of fracture surface

3) 疲加試験結果

桁の疲労試験は、合計34本行なった。材料別の疲労試験結果を、Table 4 にまとめて示す。また Fig. 6~9

には、縦軸にフランジ縁応力の応力範囲を横軸に破断までのくり返し数をそれぞれ対数目盛で示したS-N曲線を示す。図中のS-N曲線は、応力範囲および破断までのくり返し数の対数について、最小二乗法を用いて決定した。Fig. 8 と Fig. 9 では、試験体の形状により、

Fig. 6 S-N Curve of SS 41 Welded Beams

Fig. 7 S-N Curve of SM 50 Welded Beams

Fig. 8 S-N Curve of SM 58 Welded Beams

Fig. 9 S-N Curve of HT 80 Welded Beams

A, B, G-Series を区別して示した。また S-N 曲線の作図および計算は、名古屋大学計算機センターの FACOM 230-35 (System II) を用いて行なった。

4. 疲労試験の結果と考察

1) SS41 溶接組立桁について

Fig. 6 から、くり返し数50万回と200万回に対する疲れ強さを求めて、横軸に最小応力、縦軸に最大応力をとった疲れ強さ線図上にプロットすると、Fig. 10 の白丸のようになる。ここで (a) は、くり返し数50万回に対する疲れ強さ線図、(b) は、くり返し数200万回に対する疲れ強さ線図である。

41 kg/mm² 級の縦ビード突合せ溶接縦手試験として、

Table 4 (a) Fatigue Test Results of SS 41 Welded Beams

Specimens	Load (ton)		No. of Cycles to Failure N×10 ⁴	Fiber Stress (kg/mm ²)		σ at welded bead* (kg/mm ²)	
	Max.	Min.		Max.	Min.	Max.	Min.
G-41-1	34.0	4.5	192.93	25.6	3.4	23.1	3.1
G-41-2	41.0	4.0	84.86	30.9	3.0	27.8	2.7
G-41-3	44.0	4.0	37.60	33.2	3.0	29.8	2.7
G-41-4	42.5	4.0	54.68	32.1	3.0	28.8	2.7
G-41-5	37.0	4.0	79.28	27.9	3.0	25.1	2.7
G-41-6	33.5	4.0	137.80	25.3	3.0	22.7	2.7

* Longitudinal stress at seam fillet weld joining lower flange and web plate

Table 4 (b) Fatigue Test Results of SM 50 Welded Beams

Specimens	Load (ton)		No. of Cycles to Failure N×10 ⁴	Fiber Stress (kg/mm ²)		σ at welded bead* (kg/mm ²)	
	Max.	Min.		Max.	Min.	Max.	Min.
G-50-1	37.1	4.0	74.20	28.0	3.0	25.2	2.7
G-50-2	30.5	4.0	122.16	23.0	3.0	20.7	2.7
G-50-3	33.5	4.0	91.73	25.3	3.0	22.7	2.7
G-50-4	41.0	4.0	48.07	30.9	3.0	27.8	2.7
G-50-5	30.5	4.0	162.81	23.0	3.0	20.7	2.7
G-50-6	37.0	4.0	136.73	27.9	3.0	25.0	2.7

Table 4 (c) Fatigue Test Results of SM 58 Welded Beams

Specimens	Load (ton)		No. of Cycles to Failure N×10 ⁴	Fiber Stress (kg/mm ²)		σ at welded bead* (kg/mm ²)	
	Max.	Min.		Max.	Min.	Max.	Min.
B-58-1	62.5	8.0	44.80	39.2	5.0	35.3	4.5
B-58-2	58.0	8.0	43.70	36.3	5.0	32.8	4.5
B-58-3	50.0	8.0	60.88	31.3	5.0	28.2	4.5
B-58-G1	58.0	8.0	35.54	36.3	5.0	32.8	4.5
G-58-1	34.0	4.5	127.45	25.6	3.4	23.1	3.1
G-58-2	37.0	4.0	232.87	27.9	3.0	25.1	2.7
G-58-3	41.0	4.0	73.54	30.9	3.0	27.8	2.7
G-58-4	37.0	4.0	90.95	27.9	3.0	25.1	2.7
G-58-5	33.5	4.0	126.52	25.3	3.0	22.7	2.7

Table 4 (d) Fatigue Test Results of HT 80 Welded Beams

Specimens	Load (ton)		No. of Cycles to Failure	Fiber Stress (kg/mm ²)		σ at welded bead* (kg/mm ²)	
	Max.	Min.		Max.	Min.	Max.	Min.
A-80-1	29.0	5.0	80.08	28.6	4.9	27.0	4.7
A-80-2	26.0	4.0	38.77	25.6 (25.0)	3.9 (3.8)	24.2 (23.6)	3.7 (3.6)
A-80-3	23.0	4.0	121.79	22.7	3.9	21.4	3.7
B-80-G1	80.0	15.0	14.95	50.2	9.4	45.2	8.5
B-80-G2	49.0	5.0	58.82	30.7	3.1	27.7	2.8
B-80-1	40.0	5.0	86.58	25.0 (21.2)	3.1 (2.6)	22.6 (19.2)	2.8 (2.4)
B-80-2	61.0	8.0	30.14	38.2	5.0	34.4	4.5
G-80-1	33.5	4.0	137.97	25.3	3.0	22.7	2.7
G-80-2	37.0	4.0	(30×10 ⁴ cycles Stop)				
G-80-3	37.0	4.0	95.22	27.9	3.0	25.1	2.7
G-80-4	41.0	4.0	79.15	30.9	3.0	27.8	2.7
G-80-5	28.5	4.0	202.75	21.5	3.0	19.3	2.7
G-80-6	30.5	4.0	145.16	23.0	3.0	20.7	2.7

Fig. 10(a)

Fig. 10(b)

Fig. 10 (a) Comparison of Fatigue Strength of SS 41 Welded Beams at 5×10^5 Cycles with the Test Results of other Investigators

Fig. 10 (b) Comparison of Fatigue Strength of SS 41 Welded Beams at 2×10^6 Cycles with the Test Results of other Investigators

岡田, 森脇の実験⁹⁾, 曲げ疲労試験として Fisher, Frank, Hirt の A36 鋼桁の実験¹³⁾がある。岡田, 森脇の実験では, 縦ビード突合せ溶接の溶込み状況と疲れ強さについて検討したものであり, 本実験値は, 完全溶込みの試験片と, t/ρ の大きい場合の結果に近い値を示している。ここで, t/ρ は, 不完全溶込み部の鋭さをあらわすパラメータで, $2t$, 2ρ がそれぞれ不完全溶込み部の幅と高さをあらわす。

また Fisher らの実験では, 最大応力 $\sigma_{\max}$ に対する最小応力 $\sigma_{\min}$ の比 $\sigma_{\min}/\sigma_{\max}=R$ (応力比) を, $-0.5 \sim 0.44$ まで変えており, $\sigma_{\max}$, $\sigma_{\min}$ を含んだ関係式を提案している。いまそのうちの関係式 $A: \log N = B_1 + B_2 \cdot \sigma_r + B_3 \cdot \sigma_{\min}$ は, N を一定とすれば, 応力範囲 σ_r と $\sigma_{\min}$ の関係を与えており, この式を用いると, 疲れ強さ線図上で, $\sigma_{\max}$ と $\sigma_{\min}$ の関係を直線式で示すことができる。すなわち上式は: $\log N = B_1 + B_2 \cdot \sigma_{\max} + (B_2 - B_2) \sigma_{\min}$ となる。いまこのようにして Fisher らの行った A36 鋼桁 (フランジの降伏点 $\sigma_y = 23.8 \text{ kg/mm}^2$, 破断強度 $\sigma_B = 43.2 \text{ kg/mm}^2$) についてプロットすると, Fig. 10 の実線のようになる。これを見ると, 本実験の SS41 鋼溶接桁の疲れ強さは, Fisher らの実験値より, 5 kg/mm^2 程度高いところにあることがわかる。

なお, わが国の鋼鉄道橋設計標準⁵⁾では, 本試験に用いられた曲げ試験体のフランジの腹板の取り付けすみ肉溶接に対する引張許容応力度として, Fig. 10 に破線で示される値を採用している。

2) SM50 溶接組立桁について

前述の SS41 の場合と同様に, 本実験の結果を疲れ強さ線図上に示すと, Fig. 11 の白丸のようになる。 50 kg/mm^2 級の縦ビード縦手試験については, 小西らの実験があり, 鋼鉄道橋設計標準⁵⁾に与えられている。

Fig. 11 (a)

Fig. 11 (b)

Fig. 11 (a) Comparison of Fatigue Strength of SM 50 Welded Beams at 5×10^5 Cycles with the Test Results of other Investigators

Fig. 11 (b) Comparison of Fatigue Strength of SM 50 Welded Beams at 2×10^6 Cycles with the Test Results of other Investigators

また Gurney の行なった桁の曲げ疲労試験²⁾, Fisher らの行なった A441 鋼桁 (フランジ $\sigma_y = 39.2 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_B = 59.1 \text{ kg/mm}^2$) の曲げ疲労試験¹³⁾ などが, 本実験に用いられた SM50 に類似した材料を用いた試験として挙げられる. Gurney は, 溶接方法, 溶込み状況を変えて, 5 種類のタイプの桁について実験を行なっている. この試験結果をまとめて, Fig. 11 の半黒丸で示す. Fisher らの実験値を, 応力比に応じて直線で示すと, 本実験値より 5 kg/mm^2 程度低い疲れ強さを示すことがわかる.

さらに, SS41 の場合と同様に, SM50, および SM 50Y, SM53, SM53, SMA50 の材料を用いた場合の曲げ試験体の腹板とフランジの取付けすみ肉溶接に対する引張許容応力度を, 鋼鉄道橋設計標準によって示すと,

Fig. 11 の破線のようになる. 本実験で得られた疲れ強さから, 鋼鉄道橋設計標準に与えられている許容応力度をみると, 充分安全と思われる許容応力度を与えていると言える. しかしながら, Fisher らの A441 鋼で製作された桁の曲げ疲労試験では, 応力比 $R = -0.5 \sim 0.28$ あたりで, 許容応力度と実験値がほぼ同程度の値を示している. またその傾きも, 鋼鉄道橋設計標準では, 0.7 を与えているが, Fisher らの実験では, 0.92 を示していることにも注意する必要があると思われる.

3) SM58 溶接組立桁について

SM58 については, 神戸製鋼所で行なわれた縦ビード突合せ溶接継手試¹²⁾験がある. それによると, 手溶接のものに比べて, 自動溶接によって製作された継手が, 約 7 kg/mm^2 程度高い疲れ強さを示している. 本実験の SM58 鋼けたは, 応力範囲で 22.2 kg/mm^2 の 200 万回疲れ強さを有し, 神戸製鋼所の手溶接縦ビード突合せ溶接継手のそれに近い値を示している.

4) HT80 溶接組立桁について

80 kg/mm^2 級の材料を用いた溶接部材の疲れ試験については, 最近比較的データの蓄積がみられてきている. ここでは, 田島, 伊藤, 石原, 嶋らの縦ビード突合せ溶接疲労試験⁷⁾, Reemsnyder ら T の字形すみ肉疲労試験 (Tee-specimen) および桁の曲げ疲労試験⁴⁾, 菊池らの実験¹⁰⁾, Fishers らの A514 鋼 (フランジ $\sigma_y = 77. \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_B = 83.0 \text{ kg/mm}^2$) による桁の曲げ疲労試験¹³⁾ をとりあげて, 本実験値と比較する.

本実験値 (図中白丸) とそれぞれの疲れ試験の結果を疲れ強さ線図に示すと, Fig. 12 のようになる. 本実験値は, 田島ら⁷⁾ の A-2 試験片, すなわち不完全溶込み余盛付き試験片のデータおよび Reemsnyder の 200 万回疲れ強さと近い値を示している. 本実験に用いた桁のフランジと腹板のすみ肉溶接部は, 手溶接で溶接されており, 不完全溶込み余盛非仕上げの形状を示している. そのことが, 田島らの実験値および Reemsnyder の実験値と比較的よく一致した理由と考えられる. また, Reemsnyder は, 桁の曲げ疲労試験と T 字形すみ肉継手試験を行ない比較している. その結果を見ると, 継手による疲れ試験の結果と, 桁の曲げ疲労試験の結果はよく一致している. しかしながら, 伊藤らの実験⁸⁾ では, 田島らの実験⁷⁾ と同一の材料を用いて試験しながら, 継手試験よりかなり低い桁の疲れ強さを得ている. このようなことから, 溶接組立桁の腹板とフランジの溶接部の疲れ強さを推定する場合, 小型の縦ビードすみ肉溶接継手試験の結果と比較して, 桁の曲げによる疲れ強さは, 等しいか, さらに低下すると思えなければならないと思われる.

Fig. 12 (a)

Fig. 12 (b)

Fig. 12 (a) Comparison of Fatigue Strength of HT 80 Welded Beams at 5×10^5 Cycles with the Test Results of other Investigators

Fig. 12 (b) Comparison of Fatigue Strength of HT 80 Welding Beams at 2×10^6 Cycles with the Test Results of other Investigators

さらに, Fishers らは, 応力比 $R = -0.5 \sim 0.44$, Reemsnyder は, T 字形すみ肉試験片では, $R = -1, 0, 0.5$, 桁については, $R = 0.25, 0.5$, そして菊池らは, 自動溶接すみ肉試験片に対して, $R = 0, -1$ とそれぞれ応力比を変えて試験している。いまこれらを疲れ強さ線図上で結ぶと, Fig. 12 にみられるように, それら 3 本の直線は, はぼ平行になる。疲れ強さ自体は, 材料の違いや溶接条件などの違いから, それぞれ異なるが, このことは, HT80 相当の材料を用いた縦ビードすみ肉溶接の疲れ強さ, 疲れ強さ線図上ではほぼ同じ程度の傾き, すなわち約 0.9 になることを示しており, 興味ある結果と思われる。

5. 結 語

SS41, SM50, SM58 および HT80 の 4 種類の材料を

用いた溶接組立桁の曲げ疲労試験を行ない, つぎのような結果を得た。

(1) 溶接継手の疲れ強さについては, 一般に母材の降伏点および破断強度が高くなっても, 疲れ強さが向上せずかえって減少する場合があると言われている。このことは, 各種の材料を用いた溶接組立桁の曲げ疲労試験体についても言えると考えられる。

(2) Fishers らの同様の材料を用いた溶接組立桁の疲労試験結果と比較すると, 本実験の曲げ疲労試験体の疲れ強さは, SS41, SM50, HT80 とともに, 応力範囲で 5 kg/mm^2 程度高い値を示している。

(3) 縦ビード継手試験と曲げ疲労試験とを比較すると, 不完全溶込みを有する余盛付きの試験片の疲れ強さと, 曲げ試験体の疲れ強さは, 比較的よく一致すると考えられる。

(4) しかしながら, 小形の継手試験片で得られた疲れ強さに比べて, 大形の試験片や, 本実験に用いられたような曲げ試験体によって得られる疲れ強さは, 一般に, 低下するか, 同程度の値を示すことに注意が必要であると思われる。

(5) 本実験では, 桁はすべて引張フランジと腹板の取付けすみ肉溶接部分から, 桁の軸に直角方向にクラックが進行し, 引張側フランジが破断することによって, 疲労寿命が決定された。

(6) 本実験で用いた桁の破断の際のクラックの進行速度は, 目に見えるクラックが発生してから, 引張フランジが破断するまで, 数万回のくり返し数を要する程度であった。

6. 謝 辞

本実験は, 本四連絡橋架橋公団からの委託を受けて行なったものである。使用し鋼材の一部は, 新日鉄㈱より寄贈されたもので, 桁の製作は, 滝上工業㈱名古屋工場で行なった。これら関係者各位に感謝の意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) Fisher, J.W., K.H. Frank, M.A. Hirt, and B.M. McNamee, "Effect of Weldments on the Fatigue Strength of Steel Beams," Highway Research Board (1970)
- 2) Gurney, T.R., "Investigation into the Fatigue Strength of Welded Beams, Part II; High tensile steel beams without stiffeners," British W.J., Vol. 7 (1962), 446~454
- 3) Hirt, M.A., B.T. Yen, and J.W. Fisher, "Fatigue Strength of Rolled and Welded Steel Beams," Proc. of ASCE, Vol. 97, No. ST7, July (1971) 1897-1911
- 4) Reemsnyder, H.S., "Fatigue Strength of Longitudinal Fillet Weldments in Constructional Alloy Steel,"

- W.J., Vol. 44, October (1965) 458s~465s
- 5) 土木学会, “鋼鉄道橋設計標準, 解説”, 昭和46年2月
- 6) 波田, “プレートガーダーの疲労”, 特集プレートガーダー JSSC Vol. 4, No. 27 (1968) 59~71
- 7) 田島, 伊藤, 石原, 嶋, 船越, “80kg/mm² 級高張力鋼の鉄道橋への適用”, 川崎製鉄技報, Vol. 3 No. 4 (1971)
- 8) 伊藤, 西郷, 田母神, “調質80キロ鋼の溶接 I 型組立梁による曲げ疲労試験”, 鉄道技術研究報告, No. 762 (1971)
- 9) 岡田, 森脇, “切欠を有する溶接継手の疲れ挙動に関する研究”, 溶接学会誌 Vol. 31, No. 5, 昭和37年5月
- 10) 菊池, 福本, “高張力鋼の許容応力度に関する研究”, 名大土木研究報告書, No. 5003 (1968)
- 11) 日本鋼構造協会技術委員会, 耐久性分科会, “疲労データシート 第1集”, 昭和43年1月
- 12) 神戸製鋼所, “K-TEN 62 の溶接継手の疲労強度について”

<出版物案内>

“Improving Welded Product Design” <溶接構造物の設計>

The Welding Institute (英) が1971年11月に主催した会議のプロシーディングスです。

収録論文は次の通りです。

- 材料価格に関する設計基準の影響, S. Nicholson 他.
- 高温溶接構造物の研究基準, B.J.L. Darlaston
- 水素雰囲気中の機器の設計と構造を決定する 2, 3 の冶金的要因, H.T. Richardson.
- 溶接構造物の脆性破壊防止の設計, G.L. Arches.
- 压力容器の材料選択に対する熱影響部の関連性, G.D. Fearnough.
- 溶接設計上の品質管理試験, J.E.M. Jubb 他.
- 疲労荷重を中心にした溶接構造物の設計の実際的な新基準の提案, S. Wise 他.
- パイプライン設計上の疲労の問題, D.P. James 他.

- 座屈強度における溶接の影響, J.B.D. Wight
- 静荷重下の隅肉溶接継手の設計と原理, P.J. Clark.
- 溶接設計の訓練, P.R. Newman
- 高電圧電子ビーム溶接の開発, J.V. Birnie
- スモール・コンポウネンツに関する電子ビーム溶接の適用, R.E. Trillwood.
- 管の穿孔溶接, A.J. Perrin 他.
- 薄壁管の管継手変熱器, F.P. Hahn.
- 大型断面部分の抵抗突起溶接と機械の設計, M. Janota 他.
- LD 変圧器の溶接設計, O. Puhlinger 他.
- 溶接構造設計の 2, 3 の研究, D.W. Smith.
- 稼動中のひずみ測定に基づく最適詳細設計, B.R. Piggott 他.

頒 価	非会員	会 員
Volume 1 (論文)	6 ポンド	4 ポンド
Volume 2 (討論)	5 "	3 "
全 巻	9 "	6 "

申込先 The Welding Institute, Research Laboratory, Abington Hall, Cambridge, CB1 6AL, England.