(2) SM41 鋼の電子ビーム溶接継手が母材部で破断した原因は次の2つである。一つは余盛幅、余盛高さがアーク溶接継手の余盛形状に比べてかなり小さい事による応力集中率の減少による止端部の疲労強度の上昇であり (Fig. 10 の EBW-AN と CO₂W の比較)、もう一つは余盛止端部近傍の硬度が高い事による疲労強度の上昇である (Fig. 10 の EBW-AN と EBW の比較)。

終りに、本論文をまとめるに有益な御助言を頂いた広島大工学部の永井欣一教授に感謝致します。また、実験に協力して頂いた工学士の中村信夫氏、高橋善則氏に感謝致します。本研究の一部は文部省科学研究補助金・一般研究 (C) に負うことを記して感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 荒田, 松田, 柴田他: 構造用高張力鋼 (50, 60および80キロ級) の電子ビーム溶接性に関する研究 (第2報), 本誌, Vol. 45 (1976), No. 1, pp. 69~75
- 2) 西田正孝: 応力集中, 森北出版 (1969), p. 559
- 3) 金属の疲労: 日本材料学会編, 丸善 (1964), pp. 393~416
- 4) 石橋正: 金属の疲労と破壊の防止, 養賢堂 (1977), pp. 294~314, pp. 354~358

- 5) 中沢一: 鉄鋼の疲労強度のばらつき, 鉄と鋼, 第66年 (1980), 第6号, pp. 717~723
- 6) 川崎, 沢木, 八木: 高張力鋼溶接継手の余盛形状および組織と疲労強度, 本誌, Vol. 37 (1968), No. 12, pp. 1356~1366
- 7) 西島敏, 竹内悦男: 溶接構造用 SM50A 鋼の確率疲労特性, 材料, Vol. 27, No. 300, pp. 884~889
- 8) 高橋賢司, 伊藤昭典: 突合せ継手余盛止端形状と疲れ強さ, 本誌, Vol. 40 (1971), No. 8, pp. 723~735
- 9) 河合, 宮本, 塩野, 才川: 高張力鋼溶接継手の疲労強度に及ぼすピーニング止端処理の効果, 本誌, Vol. 48 (1979), No. 9, pp. 700~707
- 10) 二瓶, 佐々木, 金尾, 稲垣: 被覆アーク溶接継手の疲れ強さに及ぼす溶接止端形状および溶接条件の影響についての統計的解析, 日本造船学会論文集, No. 146, pp. 393~406
- 11) 西谷弘信: 電子計算機による2次元応力問題の解法, 機械学会誌, Vol. 70, No. 580, 1967, pp. 627~635
- 12) 寺崎, 秋山, 横島: 余盛形状と応力集中率, 本誌, Vol. 51 (1982), No. 9, pp. 790~996
- 13) 日本学術振興会第129委員会編: 金属材料の強度及び疲労資料集成, 丸善 (1970), pp. 142
- 14) 村木, 石黒, 横田: 本誌, Vol. 36 (1967), No. 3, pp. 213~221; 太田, 佐藤: 本誌, Vol. 44 (1975), No. 9, pp. 763~770; 高橋, 伊藤: 本誌, Vol. 40 (1971), No. 8, pp. 723~735
- 15) 金沢武, 飯田岡広: 溶接継手の強度, 産報出版, 現代溶接技術大系, 17巻
- 16) 村上, 福田, 遠藤: 疲労強度に及ぼす微小欠陥の影響, 機械学会論文集, Vol. 44, No. 388 (1978), pp. 4003~4013
- 17) 横堀武夫, 市川昌弘: 金属の疲労破壊, 丸善 (1975)

アルミニウム合金溶接継手の止端局所ピーニングによる 疲労強度の向上効果*

大野 啓 充**, 鯉 淵 興 二***

Improvement of Fatigue Strength of Al Alloy Welded Joints by Toe-peening*

by Hiromitsu Ohno**, Koji Koibuchi***

In order to improve fatigue strength of Al alloy welded joints, the effects of grinding on weld reinforcements and toe-peening on weld toe lines were investigated. Fatigue tests were carried out on three series of A5083 Al alloy butt welded joints and A7N01 Al alloy cruciform welded joints. Fatigue strength of the treated joints were compared with that of as welded ones.

Following results were obtained;

- (1) Toe grinding and reinforcement removal grinding increased the fatigue limits of the butt welded joints by 59% and 120%, respectively.
- (2) The fatigue limit of the peened joints was about 80-120% higher than that of as welded joints.
- (3) The fatigue strength of the joints, thermally stress relieved after peening, was equal to that of as welded joints.

*原稿受付 昭和59年11月14日 (昭和58年度秋季全国大会にて発表)

**正 員 (株)日立製作所機械研究所 Member, Mechanical Engineering Research Laboratory, Hitachi Ltd.

*** (株)日立製作所機械研究所 Mechanical Engineering Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

(4) The effect of the fatigue strength improvement can be attributed to compressive residual stress generated by toe-peening.

Key Words: Fatigue Strength Improvement, Fatigue Limit, Al Alloy Welded Joint, Grinding, Toe-Peening, Residual Stress

1. 緒 言

近年, 車両, 船舶, 圧力容器などでアルミニウム合金溶接構造が増加する傾向が認められる. アルミニウム合金溶接継手は鋼溶接継手に比較して, 疲労強度が約 1/3 程度と低いことが知られている. そこで, 構造設計の立場からはアルミニウム合金溶接継手の疲労強度の向上策が望まれる.

溶接継手の疲労強度向上法としては多くの方法¹⁻³⁾ が提案されており, ピーニングはその一つである. ピーニングにはショットピーニング⁴⁾, ワイヤピーニング⁵⁾, ハンマーピーニング⁶⁾ など種々の方法がある. 一方, 疲労強度の立場からは, 疲労き裂が発生する溶接ビード止端を局所的にピーニング (以下止端局所ピーニングと称する) すればよいと考えられる. そこで, 本研究ではアルミニウム合金溶接継手について, 簡便な方法で止端局所ピーニングを施し, その疲労強度向上効果について検討した. また, 一部の溶接継手については, グラインダ仕上げの疲労強度向上効果についても検討した.

2. 試験片および実験方法

2.1 供試材料および溶接継手試験片

供試材料としては Al-Mg 系合金の A5083-O (二種類, 以下 A5083 と略記する) と Al-Zn-Mg 系合金の A7N01-T4 (以下 A7N01 と略記する) を用いた. Table 1 に供試材料の化学成分を, Table 2 に機械的性質を示す. なお, A5083 の BB, BC 系列用材料については機械的性質を求めているが, BA 系列とはほぼ同等と考える.

Table 1 Chemical compositions of the base metal

Material	Series	Element (%)							
		Cu	Si	Fe	Mn	Mg	Zn	Cr	Ti
A5083	BA	0.03	0.08	0.18	0.5	4.1	0.02	0.20	0.02
A5083	BB, BC	0.06	0.18	0.26	0.42	4.12	0.02	0.18	0.02
A7N01	CA	0.25	0.12	0.23	0.59	1.25	4.28	0.20	—

Table 2 Mechanical properties of the base metal

Material	Series	0.2% Proof Stress (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
A5083	BA	143	295	28
A7N01	CA	265	412	16

溶接継手としては A5083 を用いた板厚 4 mm の突合せ継手三系列 (BA, BB, BC) と A7N01 を用いた板厚 6 mm のリブ十字継手 (CA) を製作した. Table 3 にその溶接条件を示す. Table 3 に示すごとく, 溶接法は半自動 MIG 溶接である. また, A7N01 リブ十字継手も含めて, すべて Al-Mg 系の A5356 溶加材を用いて溶接した.

Table 3 Welding conditions

	A5083 Butt Welded Joint			A7N01 Cruciform Welded Joint
	BA	BB	BC	CA
Welding Position	Flat	Flat	Flat	Flat
Welding Process	MIG Semi-Automatic	MIG Semi-Automatic	MIG Semi-Automatic	MIG Semi-Automatic
Edge Preparation	I	I	I	—
Wire	A5356, $\phi 1.6$	A5356, $\phi 1.6$	A5356, $\phi 1.6$	A5356, $\phi 1.6$
Welding Current (A)	160	160	160	230~240
Arc Voltage (V)	22	21	23	27~28
Welding Speed (mm/min)	700	700	700	500
Ar Flow Rate (l/min)	20	18	18	20

(a) A5083 Butt Welded Joint

(b) A7N01 Cruciform Welded Joint

Fig. 1 Shapes of fatigue test specimens

Fig. 2 Appearance of the peening machine used in this work

疲労試験片は 300 mm (幅)×240 mm の素材継手から Fig. 1 に示す形状に加工した。

2.2 疲労強度向上処理の方法および試験方法

本研究における疲労強度向上法としては、止端局所ピーニングを主体に検討したが、参考のため A5083 突合せ継手 BA 系列について、余盛削除と止端のグラインダ仕上げ（以下止端グラインダ仕上げと称する）のそれぞれの疲労強度向上効果についても検討した。

余盛削除の方法は、まず余盛を母材から約 0.2 mm 高さまでフライス加工で削除し、その後平坦になる程度に無作意方向にグラインダ仕上げした。止端グラインダ仕上げはペンシル形のグラインダを用いて、止端曲率半径が約 R 5 程度になるように仕上げた。研削目は試験片長手方向とした。仕上げ程度は実際の構造物での仕上げ状態を考慮して、余盛削除の場合も含めて #60 と #150 砥石での仕上げの中間程度とした。

止端局所ピーニングは Fig. 2 に示すごとく電磁式の刻印器（電気ペン、振動数 100 Hz）を改良して行った。すなわち、先端のペンの部分を Fig. 2 に示す S35C 製 R 0.5 のピンに交換してピーニングマシンとした。ピーニングは溶接ビードの止端線に沿って、手動によって 3 往復打撃することで行った。移動速度は約 24 cm/min である。なお、ピーニング程度の定量的測定は行っていないが、後に述べるごとく硬度が約 Hv 115 で 180 MPa の圧縮残留応力が生じる程度にピーニングされていた。

疲労試験には主として ±98 kN の電気油圧式疲労試験機を用いたが、一部については ±20 kN の共振形疲労試験機を用いた。繰返し速度はそれぞれ 30 Hz および 90 Hz である。また、疲労試験は荷重制御完全片振引張 (R=0) で行った。

3. グラインダ仕上げした突合せ継手の疲労試験結果および検討

Fig. 3 に A5083 突合せ継手 (BA 系列) について、グラインダ仕上げの効果を検討した疲労試験結果を示す。Fig. 3 をみると、疲労強度は溶接のまま、止端グラインダ仕上げ、余盛削除、母材の順に高くなっている。

Fig. 3 S-N curves of ground A5083 Al alloy welded joints (series BA)

Fig. 4 S-N curves of toe-peened A5083 Al alloy butt welded joints (series BA)

疲労限度を比較すると、溶接のままでは約 44 MPa、止端グラインダ仕上げでは約 70 MPa、余盛削除では約 97 MPa、そして母材では約 135 MPa となっており、溶接のままと比較してそれぞれ 1.6 倍、2.2 倍、3.1 倍の疲労限度を示している。余盛削除の疲労限度を母材のそれと比較すると約 0.7 倍となり、向上効果が通常より若干低いようにも見える。この原因としては、余盛削除でのグラインダ仕上げが無作意方向の仕上げであり、#60 砥石での条痕が残存するかなりあらい仕上げであったことが考えられる。

4. 止端局所ピーニングを行った溶接継手の疲労試験結果および検討

4.1 疲労試験結果および破断の様相

Fig. 4 は A5083 突合せ溶接 BA 系列について、止端局所ピーニングをした継手の疲労試験結果を溶接のままの試験結果と比較して示したものである。疲労破壊は、溶接のままの継手ではすべて溶接ビード止端部より生じ

Fig. 5 Fatigue fracture initiated at a weld spatter of the base metal

Fig. 6 Fatigue fracture initiated at a blowhole in the deposit metal

Fig. 7 S-N curves of toe-peened A5083 Al alloy butt welded joints (series BB, BC)

た。これに対して、止端局所ピーニングをした継手では大部分はピーニングを施した止端部より疲労破壊したが、一部については Fig. 5 に示すごとくスパッター (約 $\phi 1.6$ mm) を起点として破壊したものの、Fig. 6 に示すごとく溶着金属中に生じたブローホール (約 $\phi 2.1$ mm) を起点として余盛中を疲労破壊したものもあり、ビード止端部が強化されていることがうかがえる。Fig. 4 の疲労強度に着目すると、溶接のままの継手は低い疲労強度を示しており、疲労限度は約 44 MPa である。一方、止端局所ピーニングを行った継手では低サイクル域を除いて疲労強度が向上し、疲労限度は約 88 MPa と溶接のままの継手に比較して 100% 向上している。

Fig. 7 は同じく A5083 突合せ継手の BB 系列と BC 系列についての同様な疲労試験結果である。これらの継手での疲労破壊はピーニングの有無によらず、すべてビ

Fig. 8 S-N curves of toe-peened A7N01 Al alloy cruciform joints

Fig. 9 Fatigue fracture initiated at a small spatter of the base metal

ード止端位置に生じた。これは BB, BC 系列の突合せ継手では BA 系列と比較して溶接品質が向上し、スパッターや大きいブローホールなどの欠陥が生じていなかった結果と考える。Fig. 7 の疲労試験結果をみると、溶接のままの疲労強度は余盛形状、角変形の差によって BB 系列と BC 系列で少し異なっており、疲労限度は BB 系列が約 54 MPa, BC 系列が約 66 MPa となっている。他方、止端局所ピーニング継手では大幅に疲労強度が向上していると共に、両系列がほぼ等しい疲労強度を示す結果となっている。BB 系列については疲労限度が求められていないが、S-N 線図の傾向から考えて BC 系列と同じとすると、止端局所ピーニングを行った両継手の疲労限度は約 118 MPa となる。この結果、BB 系列では約 120%, BC 系列では約 80% 疲労強度が向上している。

Fig. 8 は A7N01 リブ十字継手についての同様な疲労試験結果である。リブ十字継手での疲労破壊は、溶接のままではすべて止端破壊であったのに対し、止端局所ピーニング継手では Fig. 9 に示すごとく小さなスパッター (約 $\phi 0.3$ mm) を起点として疲労破壊したものもある。Fig. 8 において、 10^7 回疲労強度を疲労限度と考えると、溶接のままの疲労限度は約 69 MPa である。止端局所ピーニング継手の疲労限度は約 137 MPa となっており、A7N01 リブ十字継手においても向上率約 100% の大幅な

Table 4 Improvement effects of toe-peening on the fatigue limits

Series	Fatigue Strength at $N=10^7$ (MPa)		
	As Welded σ_w	Toe Peened σ_{pw}	$\frac{\sigma_{pw}}{\sigma_w}$
B A	44	88	2.0
B B	54	(118)	2.2
B C	66	118	1.8
C A	69	137	2.0

疲労強度向上効果を示している。

Table 4 は以上の結果をまとめたものであり、止端局所ピーニングによって 80~120 % と大幅な疲労限度の向上効果を示すと共に、A5083, A7N01 の両材質、突合せ継手、リブ十字継手の両継手形成についても有効なことを示している。また、Fig. 3 のグラインダ仕上げを行った結果と比較すると、疲労限度の向上効果は止端グラインダ仕上げより大きく余盛削除に近い効果を示している。ただし、Fig. 4 に見られるように、低サイクル域においては、グラインダ仕上げは向上効果を示すのに対し、止端局所ピーニングでは向上効果を示さなくなる。したがって、止端局所ピーニングは過大応力が作用せず、疲労限度に近い比較的低い応力が多数回作用するような構造物に対して有効な疲労強度向上法といえる。さらに、止端線のための局所ピーニングであるため、他のピーニング法やグラインダ仕上げに比較して工数的にも有利と考えられる。

4.2 部分止端局所ピーニングの効果

前節において止端局所ピーニングは疲労強度効果が大きいことを述べた。そこで、本節では実際の施工を考えて、部分的に止端局所ピーニング（以下部分止端局所ピーニングと称する）を行った場合の向上効果について検討した。

部分止端局所ピーニングの効果の検討はA5083 突合せ継手の BA 系列を用い、試験片の幅（止端線の全長）の中央 1/3 のみ止端局所ピーニングを行った場合と、中央 1/3 のみ止端局所ピーニングを行わず、その両側にピーニングを行った場合について同様な疲労試験を行って検討した。

Fig. 10 にその結果を示す。部分止端局所ピーニングを行った継手の疲労強度は、溶接のままの継手の疲労強度と一致して強度向上効果を示していない。これらの部分止端局所ピーニング継手の疲労破壊は Fig. 11, 12 に示すごとく、止端局所ピーニングを行っていない部分のピ

Fig. 10 S-N curves of partially toe-peened A5083 Al alloy butt welded joints (series BA) **Type B****Fig. 11** Fatigue fracture of butt welded joints, partially toe-peened at the center **Type C****Fig. 12** Fatigue fracture of butt welded joints, partially toe-peened at both sides

ード止端部にき裂が発生し疲労破壊に至っている。この破壊様相から分かるように溶接のままの継手部分の疲労強度で継手全体の疲労強度が定まったため、強度向上効果を示さなかったと考える。したがって、Fig. 10 の結果は必要とする止端線全域にピーニングを行わないと疲労強度向上効果が期待できないことを示唆している。

4.3 疲労強度向上効果の検討

止端局所ピーニングによる疲労強度向上の原因としては (1) 圧縮残留応力の効果、(2) 止端形状の改善、(3) 加工硬化などが考えられる。そこで、A5083 突合せ継手の BA 系列を用いて、圧縮残留応力の効果を中心に検討を試みた。

止端局所ピーニング部分の残留応力を直接測定することは困難である。そこで、A5083 の母材表面に、止端局

Fig. 13 Effect of stress relief heat treatment on fatigue strength

所ピーニングと同程度となるよう同じピーニングマシンでピーニングを行い残留応力を測定した。残留応力の測定にはX線残留応力測定装置を用いて $\sin^2\psi$ 法で解析した。その結果、板長手方向において約 -180MPa の圧縮残留応力が検出された。この値はアルミニウム合金5456縦突合せ継手にピーニングを行った場合の残留応力の測定値⁴⁾とほぼ一致している。したがって、止端局所ピーニングによってもこの程度の圧縮残留応力が止端部に発生し、これによって疲労強度が向上したと考えられる。

この点を確かめるべく止端局所ピーニングを行った継手などについて、 180°C 、8 hr の応力除去焼鈍（以下SRと略称する）を行い、疲労試験を行って検討した。Fig. 13はその結果をこれまでの試験結果と比較して示したものである。Fig. 13をみると、止端局所ピーニング後にSRを行った継手は、ピーニングのままの継手と比較して、疲労強度が大幅に低下し、溶接のままの継手の疲労強度のばらつき範囲の若干上位程度の疲労強度を示している。そして、ピーニングなしでSRのみを行った継手の疲労強度ともほぼ一致している。そこで、先に残留応力測定を行った母材のピーニング部について同じSR後に残留応力測定を行った。その結果SRによって残留応力は -180MPa から -30MPa とまだ圧縮応力ではあるが大幅に低下していた。したがって、疲労強度向上の原因としてはピーニングによって生じる圧縮残留応力の効果が大きいと考えられる。

次に止端局所ピーニングによる止端形状改善の効果について考えてみる。ピーニング後にSRを行った継手とピーニングなしでSRのみを行った継手では止端形状改善効果があれば疲労強度が異なってくることが予想される。しかし、Fig. 13において、止端局所ピーニング後にSRを行った継手とSRのみを行った継手はほぼ等しい疲労強度を示しており、本研究での止端局所ピーニン

グでは止端形状の改善効果はほとんどなかったと考えられる。さらに、SR前後における硬さの変化を測定した結果、母材部 ($H_v \approx 75$) ではほとんど変化しておらず、ピーニング部 ($H_v \approx 115$) においても5%程度しか低下していなかった。したがって、Fig. 13の結果においてSR前後の硬さの変化は小さいと考えることができ、SRによる疲労強度の低下にピーニングによる加工硬化はあまり寄与していないと考えられる。以上の検討結果を総合的にみて、止端局所ピーニングによる疲労強度の改善効果は、ピーニングによって生じる圧縮残留応力に起因していると考えられる。

なお、Fig. 13において、SR後の疲労強度が溶接のままの疲労強度のばらつきの比較的上位にくる理由としては、SRによる溶接残留応力の除去による効果も考えられるが、本検討に用いた突合せ継手試験片（SR実施継手）の角変形が、本研究に用いた全BA系列突合せ継手の角変形 ($2\theta \approx 1.4^\circ \sim 2.5^\circ$) のばらつきのなかでは、比較的小さい継手であったことが原因していると考えられる。

5. 結 言

アルミニウム合金溶接継手の疲労強度向上法として、溶接ビード止端線のみピーニングする止端局所ピーニングを取上げ、その向上効果を検討した。また、グラインダ仕上げの向上効果についても検討した。得られた結果を以下に記す。

(1) A5083 突合せ継手について、止端グラインダ仕上げと余盛削除の疲労強度向上効果を検討した結果、溶接のままの継手の疲労限度に対して、それぞれ約59%および約120%の向上効果を示した。

(2) 止端局所ピーニングは疲労強度向上法として非常に有効であり、A5083 突合せ継手、A7N01 リブ十字継手の疲労限度は約80~120%と大幅に向上した。

(3) 止端線の一部をピーニングする部分止端局所ピーニングは疲労強度の向上効果を示さず、疲労破壊の対象となる止端線全域に止端局所ピーニングを行う必要がある。

(4) 止端局所ピーニングによる疲労強度向上効果は、大部分がピーニングによって発生する圧縮残留応力に起因していると考えられる。

参 考 文 献

- 1) 日本鋼構造協会, 耐久性分科会; 溶接継手の止端研削による疲れ強さ向上法, JSSC, 12-126 (1976), 1-22
- 2) T. Ishiguro et al.; Fatigue Strength Improvement by Plasma Dressing, IIW Doc. XIII-774-75 (1975)
- 3) 島田他5名; 逆極性 CO_2 ソフトプラズマ溶接法による溶接継手の疲労強度向上法, 溶接学会 FS 委員会資料, FS-423-76 (1976)
- 4) G.E. Nordmark, Metal Prog., 84-5 (1963), 84

- 5) 河合他 3 名；高張力鋼溶接継手の疲労強度に及ぼすビード止端処理の効果，溶接学会誌，第48巻第 9 号（昭54-9）700-707
 6) 益本他 3 名；軟鋼溶接継手の疲れ強さ改善に及ぼす予ひずみ及びハ

ンマーピーニングの影響，溶接学会誌，第51巻第 7 号（1982）610-666

熱ひずみ履歴を受けた溶接金属の機械的特性と 溶接継手の変形解析への適用*

伊 藤 義 康**

Mechanical Properties of Weld Metals Subjected to Thermal Prestraining Cycles and Its Application to Deformation Analysis of Weld Joint

by Yoshiyasu Itoh**

Mechanical and metallurgical heterogeneity in weld joints, which is caused by thermal prestraining cycles, have an important effect upon their deformation and strength behaviors. If the mechanical properties of steels and weld metals subjected to thermal prestraining cycles can be estimated conveniently, it is easy to analyze the deformation behaviors of weld joints by use of numerical computation procedures.

In this study three kinds of weld metals, which are formed at weld joints of a carbon steel (SM41B), an austenitic stainless steel (SUS304) and a martensitic cast steel (SCS5), were used for experiments. Their mechanical properties depended upon the thermal prestraining conditions, for example, peak temperature, retention time at constant temperature, multi-thermal prestraining cycles. The experimental results indicated that elastic limit, yield stress, strength coefficient and strain hardening exponent of materials subjected to thermal prestraining cycles could be expressed as a function of Vickers hardness.

As an application, the material constants for elastic-plastic FEM analysis were determined from the Vickers hardness distribution of weld and butt weld joint were analyzed in terms of plastic zone extension from the view of mechanical heterogeneity.

Key Words: Thermal prestraining cycles, Mechanical heterogeneity, Weld metal, Elastic-plastic analysis, Mechanical properties

1. 緒 言

溶接部の機械的性質の不均質に注目して，著者らは前報¹⁾で溶接熱ひずみ履歴を受けた鋼材の力学的特性について検討を加えた。すなわち，主として溶接熱影響部を想定し，3種類の鋼材（SUS304，SM41B，SCS5）に種々の熱ひずみ履歴を与えて，その静的引張特性を明らかにした。一方，溶接金属に注目した場合，特に多層盛溶接継手においては，次層による焼戻し効果，あるいは多重熱履歴に伴うひずみ履歴などを受け，一口に溶接金属とは言っても，その力学的特性は部分的にきわめて複雑に変化していると思われる。特に，スラグの巻込み，ブ

ローホール等の溶接欠陥は溶接金属中に位置することから，これら溶接欠陥からのき裂の発生・伝ば等，破壊挙動を明らかにするためには，溶接金属の力学的特性を把握するのが重要な課題であろう。

ところで溶接継手の変形特性については，高橋²⁾による光弾性法，佐藤・瀬尾³⁾によるモアレ法等の実験的検討が行われており，最近では佐藤ら⁴⁾，あるいは松島・野沢ら⁵⁾によって有限要素法解析がなされている。しかし，有限要素法による解析は単層溶接を対象としたもので，いずれも溶接金属は均質と考え，主として溶接金属，熱影響部，母材の単純な3相モデル化⁶⁾によって不均質部の応力解析を行ったものであり，特に溶接金属自体の不均質を考慮したものは見当たらない。

以上より，本研究では主として多層盛溶接によって溶

*原稿受付 昭和60年2月7日（昭和58年6月溶接構造研究委員会にて発表）

**正 員（株）東芝 Member, Toshiba Corporation