

第3章 塗装鋼板の
すみ肉溶接施工試験および
十字継手の静的強度と引張り強度

塗装鋼板のすみ肉溶接施工試験および十字継手の引張強度と疲労強度

WELDING QUALIFICATION TESTS ON PRE-PRIMED STEEL PLATES AND
TENSILE AND FATIGUE STRENGTH OF CRUCIFORM FILLET WELDED JOINTS森 猛^{*}、吉本 秀一^{**}、林 俊一^{***}、三木 千寿^{****}

By Takeshi MORI, Shuichi YOSHIMOTO, Toshikazu HAYASHI, Chitoshi MIKI

Pre-primed steel plates are widely used in fabrication of steel bridge members, because the pre-primed plates are protected against corrosion in a period of the fabrication. In case of welding the pre-primed plates, blowholes often occur at the roots of fillet welds. With the objective of making clear the properties of the blowhole, a series of fillet weldings are performed by using four welding procedures and three types of primer. Furthermore, an influence of root blowholes on static tensile strength and fatigue strength is discussed through tensile and fatigue tests on load carrying fillet welded joints.

Key Words : primer, blowhole, load carrying fillet welded joint, tensile strength, fatigue strength

1. はじめに

鋼橋の塗装のための素地調整は、原鋼板をショットブラストによりケレンしてプライマーを塗装する方法、いわゆる塗装鋼板を用いる方法と、原鋼板のまま製作した部材をショットブラストしてプライマーを塗装する方法とに大別される。前者の方法が鋼橋の製作に定着し始めたのは1960年代からであり、これは鋼板保管時および部材製作時の腐食の防止および素地調整のためのケレンの完全化とそれに伴う素地調整費の軽減を狙ったものであった。これらに加えて、塗装鋼板を用いることにより、鋼材の表面の欠陥を早期に発見して補修することができる、鋼板のマーキングが消えにくく見やすい、鋼板取扱い時に作業服が汚れにくいなどの利点もあることから、現在では鋼橋の製作で使用される鋼板の約75%が塗装鋼板であるとの調査結果¹⁾もある。一方、塗装鋼板の使用上の問題点として、高力ボルト摩擦接合面としては摩擦係数が不足するためプライマーを除去しなければならない、プライマーを除去する際に粉塵が発生し作業環境が悪化するなどが挙げられている。特に、プライマー付きのままですみ肉溶接を行なうと溶接部にピットやブローホール、ガス溝などの気孔が生じやすいことが問題とされている。

道路橋示方書には「溶接を行なおうする部分には、黒皮、錆、塗料、油などがあってはならない。」と規定されおり²⁾、その解説には「溶接線近傍の黒皮、錆、塗料、油などはブローホールや割れの発生原因となる。………」と述べられている²⁾。そのため、鋼橋部材の製作においては、すみ肉溶接を行なう前に溶

* 工博 法政大学助教授 工学部土木工学科 (〒184 東京都小金井市梶野町 3-7-2)

** 川崎重工業(株) 袖ヶ浦工場工作課 (〒299-02 千葉県袖ヶ浦市南袖 50-1)

*** 川鉄鉄構工業(株) 千葉工場技術部技術室 (〒260 千葉市中央区新浜町 1)

**** 工博 東京工業大学教授 工学部土木工学科 (〒152 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

接線近傍のプライマーを除去するなどの対策が施されることが多い。しかし、作業環境の改善、作業の省力化や溶接の自動化・高速化・ロボット化の推進などの理由で、プライマーを除去せずに溶接することが望まれている。そのためには、プライマーの種類や膜厚および溶接方法やその条件を考慮した上で塗装鋼板を溶接した場合にどの程度のブローホールやピットが生じるのか、またそのような継手でどの程度の強度が確保できるのかを明らかにする必要がある。

本研究では、代表的なプライマーである長ばく型エッチングプライマー、無機ジンクリッチプライマー、低ジンクリッチプライマーを塗装した鋼板に対して、手溶接、サブマージーク溶接、CO₂溶接、マイクロサブマージーク溶接法によりすみ肉溶接を行ない、その際に生じるブローホールおよびピットを観察した。また、すみ肉溶接部に生じるブローホール等の気孔が直接大きな断面欠損となる荷重伝達型十字すみ肉溶接継手の引張試験および疲労試験を行ない、ブローホールが静的引張強度および疲労強度に及ぼす影響について検討した。

表1 供試鋼材の機械的性質および化学成分

降伏点 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び (%)
281	433	29

C	Si	Mn	P	S
(x 100%)			(x 1000%)	
2.0	1.0	4.0	1.7	5

表2 溶接材料および溶接条件

溶接法	溶接材料	溶接条件
SMAW	JIS Z3212 D5016 (LB-52 5.0φ)	200A-26V-12cm/min
SAW	JIS Z3183 S501-H 相当 (US-36 4.0φ, MF-53 12X48)	650A-32V-60cm/min
FCW	JIS Z3313 YWF-24 (MX-200 1.2φ)	250A-30V-35cm/min (WP) 280A-32V-45cm/min (ZP, LZP)
MISA	JIS Z3183 S501-H 相当 (US-36 2.0φ, MF-53 8X48)	500A-38V-70cm/min

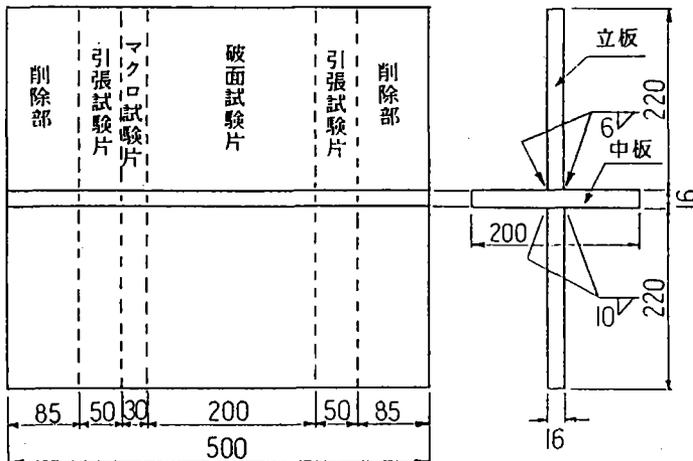


図1 溶接施工試験片

2. 溶接施工試験

2.1 供試鋼材および溶接方法

供試鋼材は板厚16mmのSS400である。その機械的性質および化学成分を表1に示す。この鋼板をショットブラストした後、その表面に目標膜厚を20μmとして長ばく型エッチングプライマー（以後ウォッシュプライマー、WPと呼ぶ、ビニレックス120アクチブプライマー）、無機ジンクリッチプライマー（ZP、ニッペジンキー1000P）あるいは低ジンクリッチプライマー（LZP、ニッペセラモ）を塗布した。なお、ブラスト後の平均の表面粗さは59Sであった。無機ジンクリッチプライマーについては、目標膜厚を15μmとした塗装鋼板も用意した。塗布した後、電磁式膜厚計で測定した各プライマーの平均厚さは、WPで20μm、ZPで20あるいは16μm、LZPで19μmであった。

これらの鋼板を所定の寸法にガス切断した後、図1に示すように組み立て、プライマー付きのまますみ肉溶接を行なった。なお、立板はガス切断後にプライマーを塗布し、そのコバ面に付着したプライマーはグラインダーで除去した。溶接方法としては、低水素系の溶接棒を用いた被覆アーク溶接法（以後SMAWと呼ぶ）、サブマージーク溶接法（SAW）、フラックス入りワイヤーを用いた炭酸ガスアーク溶接法（FCW）、マイクロサブマージーク溶接法（MISA）の4種類を用いた。膜厚16μmで無機ジンクリッチプライマーを塗布した鋼板は

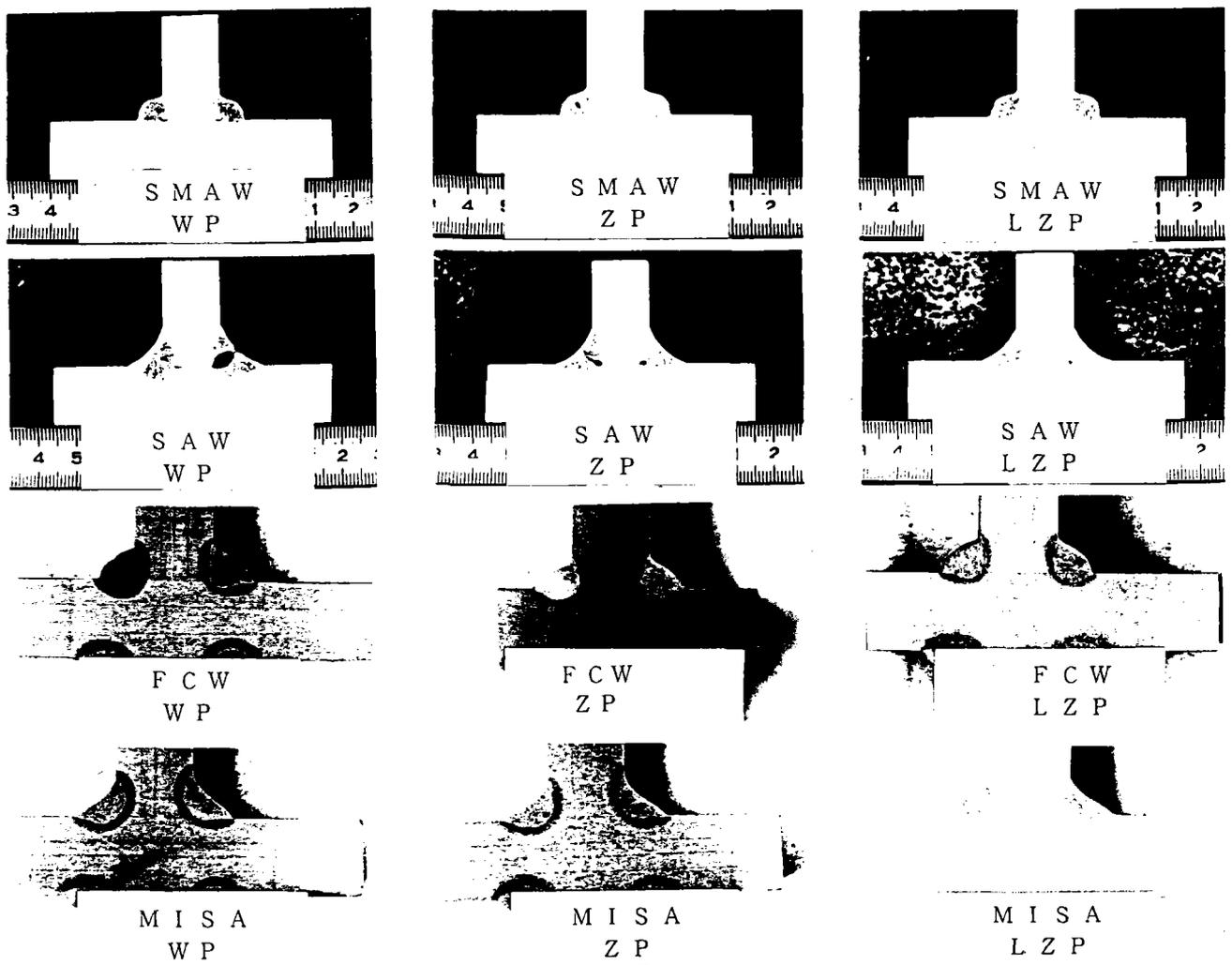


写真1 各溶接施工試験片の断面マクロ写真

FCW、膜厚 $20\mu\text{m}$ の鋼板は他の3種類の方法で溶接した。ウォッシュプライマーを塗装した鋼板および低ジंकリッチプライマーを塗装した鋼板については、4種類すべての方法で溶接を行なった。以上のようにプライマーと溶接法を組合せて、計12種類の試験片を製作した。各溶接方法で用いた溶接材料および溶接条件は表2に示す通りである。各溶接は、立板と中板を密着させた状態で図1に示す削除部に組立て溶接をした後、所定の条件で行なった。溶接姿勢はSAWで下向き、SMAW、FCWとMISAで水平とした。目標サイズは6mmである。下側の目標サイズ10mmの溶接は試験対象ではない(図1参照)。溶接終了後、図1に示すように試験片を切出し、マクロ試験、破面試験および引張試験を行なった。

2.2 試験結果

写真1に各溶接施工試験片での断面マクロを示す。溶接形状は、SMAWで凸、SAWで若干凹、FCWで若干凸、MISAではほぼフラットとなっている。また、溶込みはSAWで約3mmと最も深く、FCWで約1mm、SMAWとMISAではほぼ0となっている。以上のように、溶接形状や溶込みは溶接法ごとに異なっているが、プライマーの種類による差はない。WPおよびZP付き鋼板をSAWで溶接した試験片の断面マクロには、ブローホールが見られるが、その起点はルートであり、方向はのど厚方向となっている。他の種類の試験片に生じたブローホールにおいても同様であった。

写真2に各溶接施工試験片すみ肉溶接部のビード外観を示す。SMAWの溶接ビードには、プライマーの種類によらずピットは生じていない。WP付き鋼板にSAW、FCW、MISAで溶接した試験片のビード

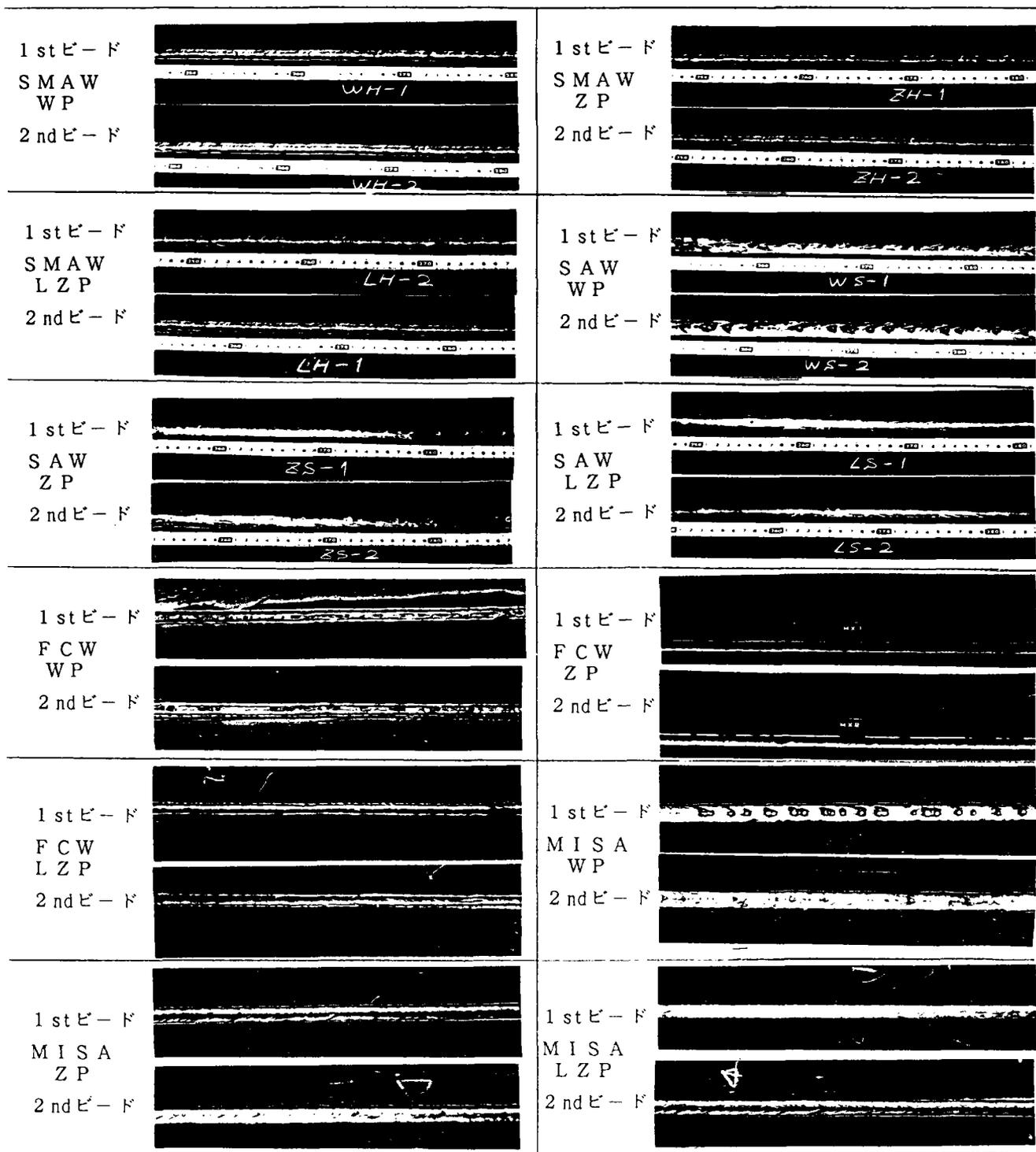


写真2 各溶接施工試験体の溶接ビード外観

には、1st側・2nd側によらず、著しいピットが生じており、FCWではビード表面が溝状に凹んだガス溝も生じている。表3に各試験片でのビード長さ100mm当たりのピット数を示す。溶接法、プライマーの種類ごとにピット数を比較すると、SAW、MISA、FCW、SMAWおよびWP、ZP、LZPの順となっている。

破面試験を行なうことにより露呈したすみ肉溶接部の状況を写真3に示す。各試験片とも、ルート部にブローホールが生じている。これらのブローホールによるすみ肉溶接のど断面積の欠損率、すなわち破面に占めるブローホール面積の割合をブローホール面積率と定義し、それぞれの試験片で測定したブローホール面

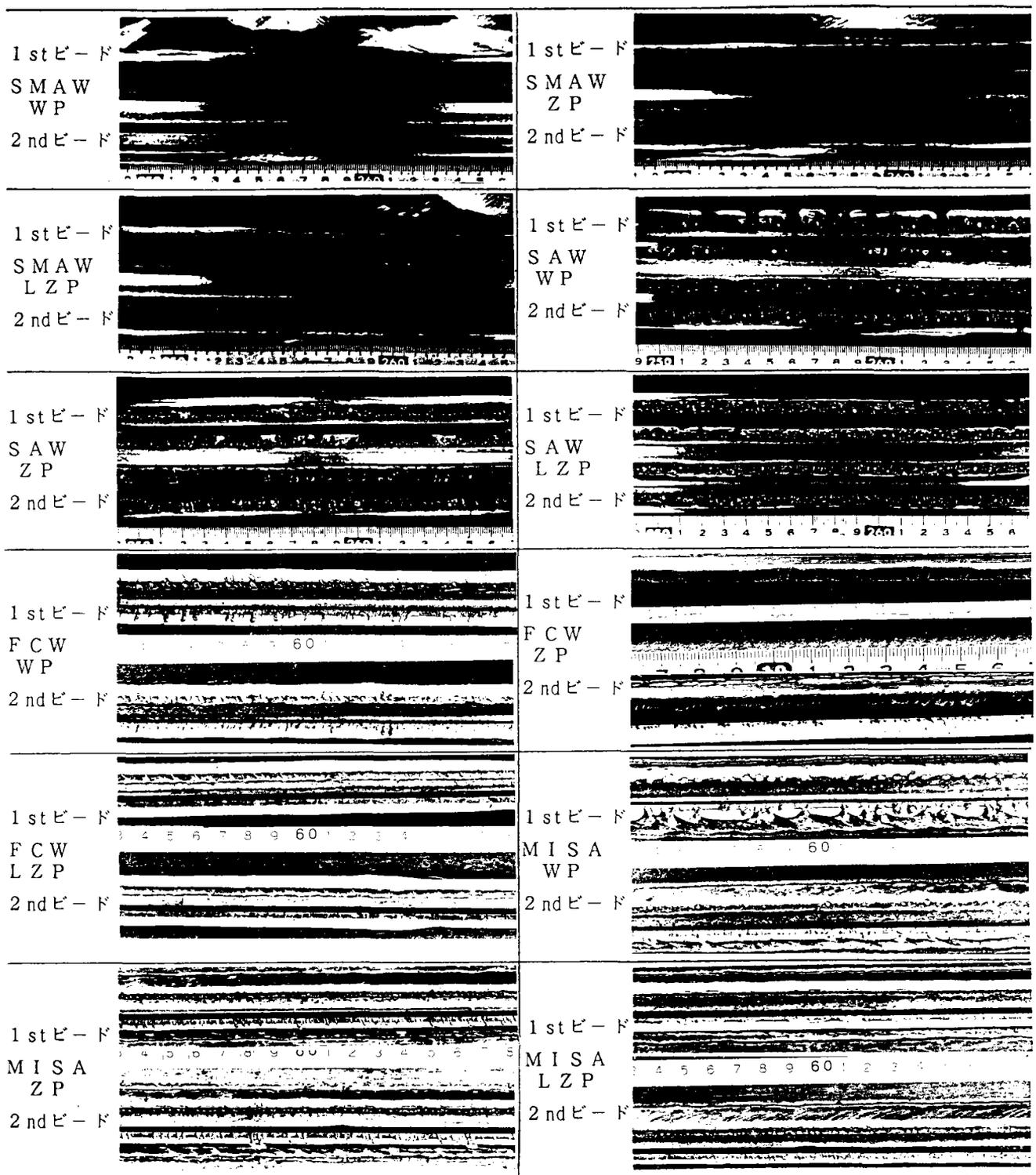


写真3 各溶接施工試験体の溶接暴露面

積率を表4に示す。なお、ブローホールの面積は、それを楕円形と見なすことにより求めた。すなわち、ブローホールの短径Wおよび長径Hを測定し、 $\pi \cdot W \cdot H$ より求めた。溶接法、プライマーの種類ごとに比較したブローホール面積率の順序はピット数の場合と同じである。ブローホール面積率とピット数の関係を図2に示す。ブローホール面積率は、溶接法やプライマーの種類によらず、ピット数が多くなるにしたがって高くなっている。したがって、ピット数より実質のすみ肉溶接の断面積が推定可能と言える。また、図2より判断してピットが生じない場合のブローホール面積率の上限は10~15%程度となっている。道路橋示方

表3 ピット発生数

(個/100mm)

溶接法	WP		ZP		LZP	
	1stt'-ト'	2ndt'-ト'	1stt'-ト'	2ndt'-ト'	1stt'-ト'	2ndt'-ト'
SMAW	0	0	0	0	0	0
SAW	13	26.5	21.5	6.5	1.0	3.0
FCW	10.5	5.6	0	0	0	1.0
MISA	6.8	11.4	16.0	7.4	0	0.4

表4 ブローホール面積率(%)

溶接法	WP	ZP	LZP
SMAW	1.8	6.7	4.2
SAW	44.1	31.7	12.6
FCW	19.8	5.0	12.0
MISA	30.0	25.2	17.0

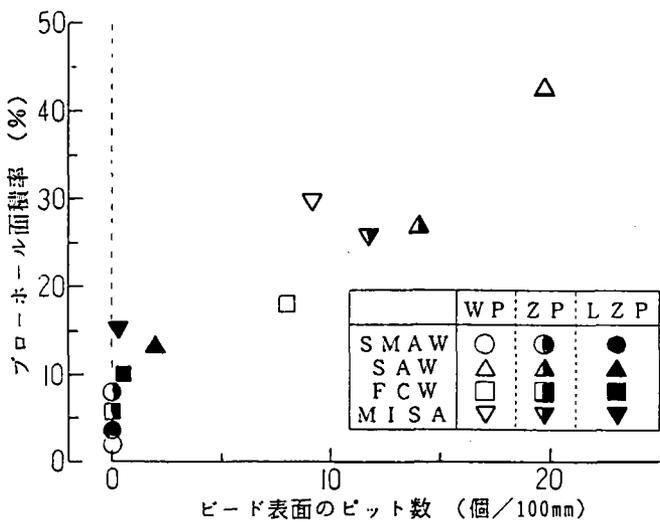


図2 ブローホール面積率とピット数の関係

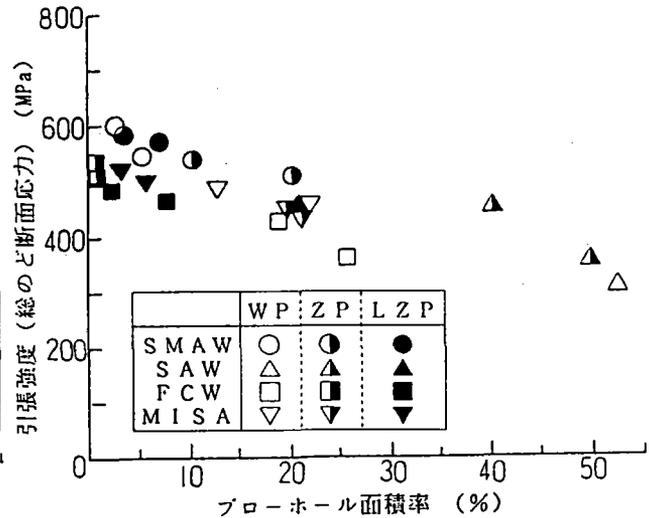


図3 引張強度(総のど断面積で整理)

書²⁾ではすみ肉溶接のピットに対して、「……、1継手につき3個、または継手長さ1mにつき3個までを許容するものとする。……」と規定されている。これは、図2においてほぼピットなしに対応し、その際のブローホール面積率の上限としては20%が目安になると言えよう。

3. 静的引張試験

図1に示したように試験片を切出し、万能試験機を用いて引張試験を行なった。破壊はいずれ試験片においても試験部である目標サイズ6mmのすみ肉溶接部で生じた。引張破壊の状況を写真4に示す。破断面は中板に対して45度の角度、すなわちのど厚方向となっている。

各試験片の引張試験における最大荷重を総のど断面積(ブローホールによる断面欠損を考慮しないのど断面積)で除すことにより引張強度を求めた。総のど断面積の計算は、疲労強度を整理するために提案されている(1)式に従った³⁾。

$$\text{総のど断面積} = 2 \times (\text{溶込み深さ} + \text{サイズ}) / \sqrt{2} \times \text{板幅} \quad (1)$$

このようなのど断面積の求め方は日本鋼構造協会『鋼構造物の疲労設計指針・同解説』⁴⁾でも用いられている。また、各試験片でのブローホール面積率を破面試験と同様に求めた。総のど断面積で整理した引張強度とブローホール面積率との関係を図3に示す。いずれの溶接方法の継手においても、引張強度はブローホール面積率が高くなるにしたがって低下している。

図4は、ブローホールによる断面欠損を考慮した純のど断面積に基づき計算した引張強度とブローホール

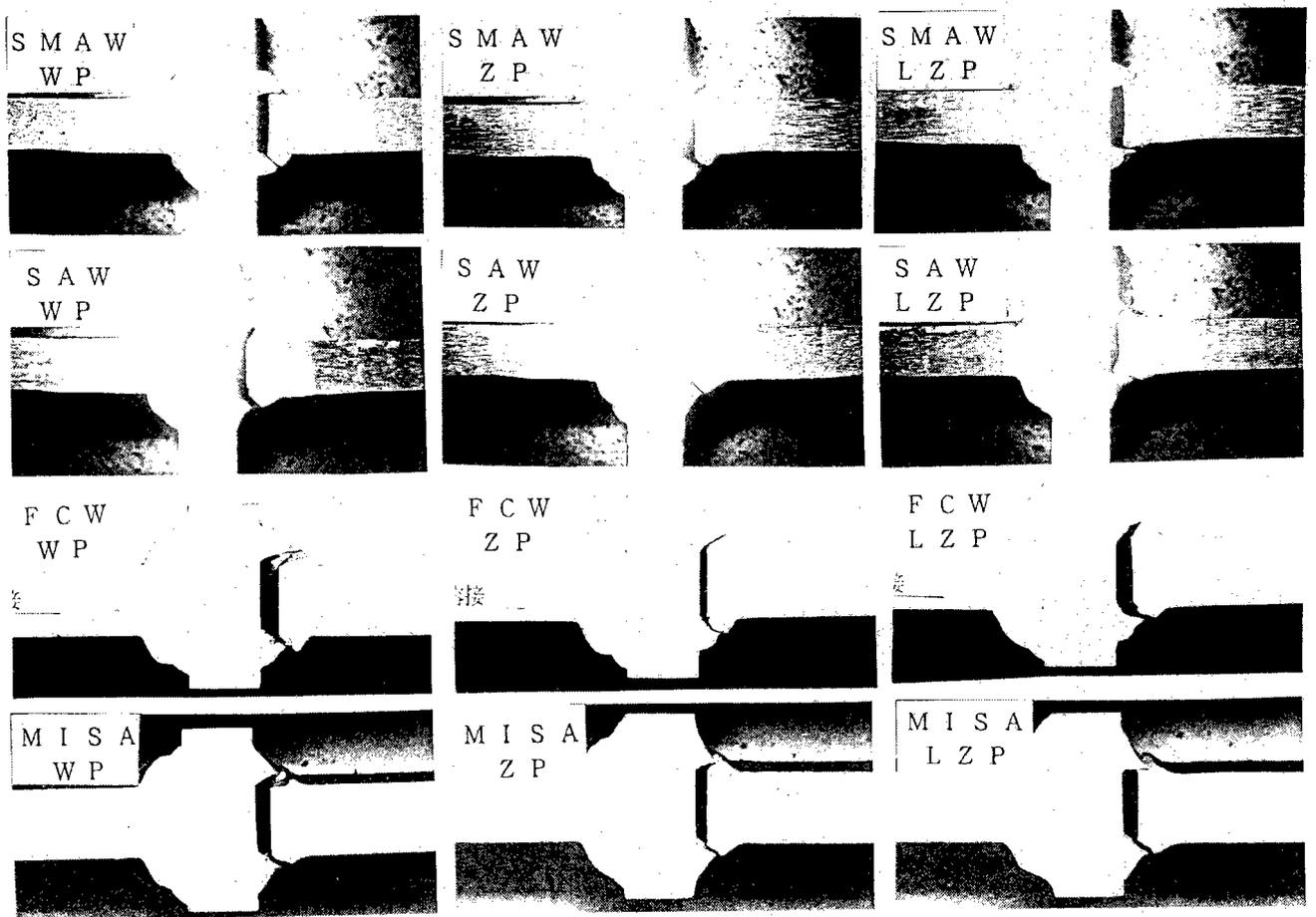


写真4 引張破壊の状況

面積率の関係を示している。純のど断面積は(2)式より算出した。

$$\text{純のど断面積} = \text{総のど断面積} \times (1 - \text{ブローホール面積率}) \quad (2)$$

引張強度は、溶接方法により異なっている。しかし、溶接方法ごとにみれば、S A Wでの引張強度がブローホール面積率の大きい領域で若干高くなっているものの、SMAW、FCW、MISAでの引張強度はブローホール面積率によらずほぼ一定となっている。したがって、ブローホールによる引張強度の低下の程度はブローホール面積率程度であると言えよう。

4. 疲労試験

4.1 試験方法

疲労試験には、ウォッシュプライマー (WP) 付き鋼板に手溶接 (SMAW) あるいは炭酸ガスアーク溶接 (FCW) を行なった試験片を用いた。供試鋼板、溶接条件などは表1および表2に示した通りである。また、比較のためにプライマーをグラインダーで除去した状態で溶接した試験片も

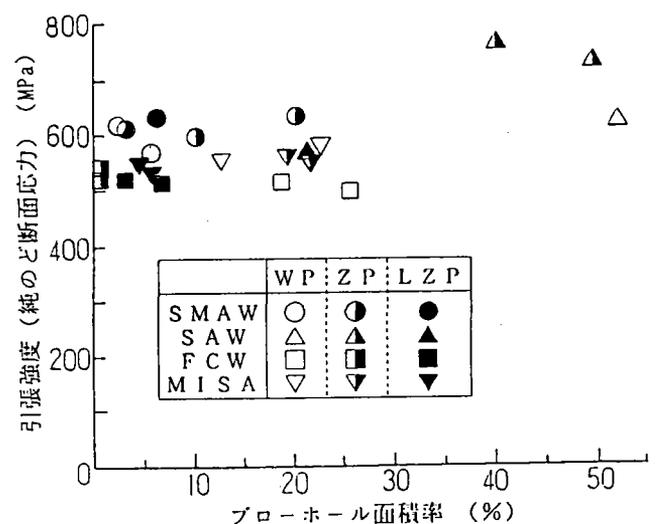


図4 引張強度 (純のど断面積で整理)

疲労試験に供した。試験片の形状および寸法を図5に示す。ここでは、手溶接でプライマー付きのまま溶接した試験片をS P試験片、プライマーを除去して溶接した試験片をS G試験片と呼ぶ。F C Wで溶接した試験片についても同様にF P試験片、F G試験片と呼ぶ。

疲労試験は動的能力100kNの電気油圧サーボ式材料試験機を用いて、片振り引張荷重下で行なった。その際、試験片のルート部近傍に生じる圧縮残留応力の影響を取除く目的で、のど断面での最大応力が200~240 MPaとなるような条件で繰返し载荷を行なっている。なお、このような試験条件で圧縮残留応力の影響が生じないこと、すなわち未溶着部および疲労亀裂の閉口が生じないことは、未溶着部を挟んだ2点間の変位と荷重の関係を調べるにより確かめている。一部の試験片については、疲労亀裂の発生・進展性状を調べる目的で、上限荷重を一定としたまま所定の応力繰返し数(ΔN)ごとに下限荷重を変化させ、荷重範囲を半減するピーチマーク試験を行なった。

4.2 試験結果

疲労試験に用いた4種類の試験片の疲労破断面の例を写真5に示す。疲労亀裂はすべて未溶着部先端から生じ、溶接部を進展して破断に至っている。プライマーを除去して溶接したS G、F G試験片にブローホールはない。プライマー付きのまま炭酸ガスアーク溶接を行なったF P試験片には、大きなブローホールが多数存在しており、表面に開口したピットも少なくない。平均のブローホール面積率は45%であった。F P試験片に比べて、プライマー付きのまま手溶接を行なったS P試験片でのブローホール面積率は低く、最大で2.5%、平均で1.4%であった。

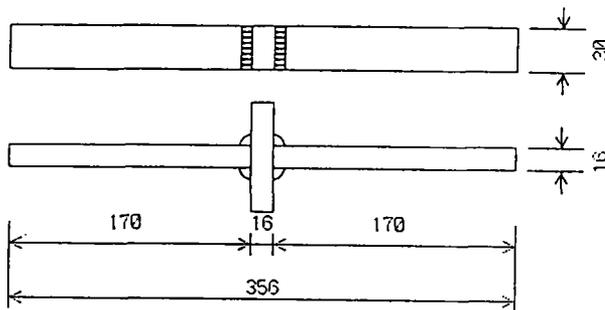


図5 疲労試験体

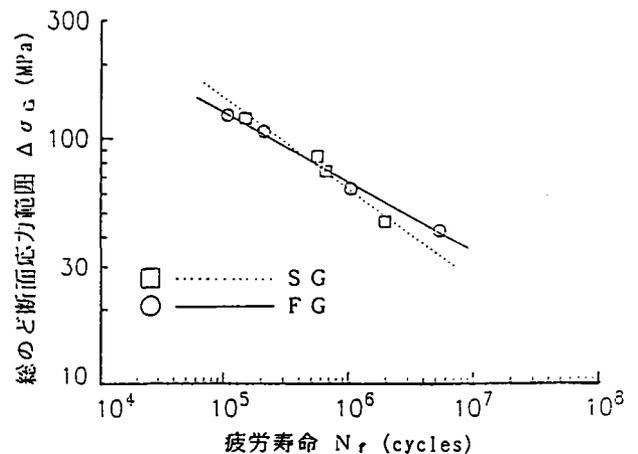


図6 疲労強度に及ぼす溶接法の影響

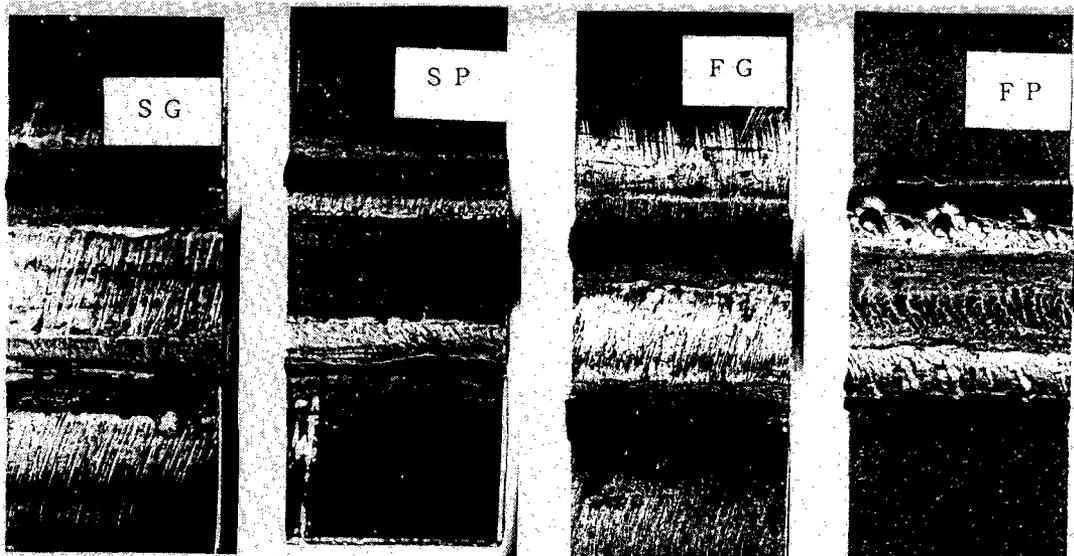


写真5 疲労破面

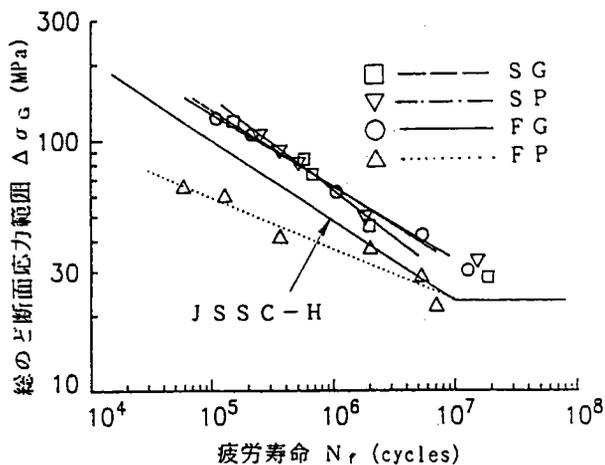


図7 疲労強度（総のど断面積で整理）

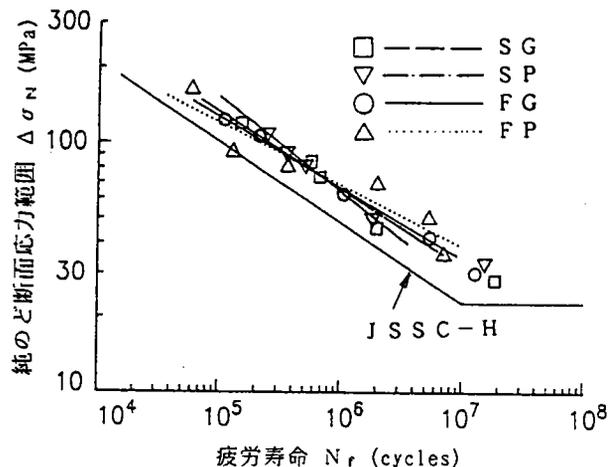


図8 疲労強度（純のど断面積で整理）

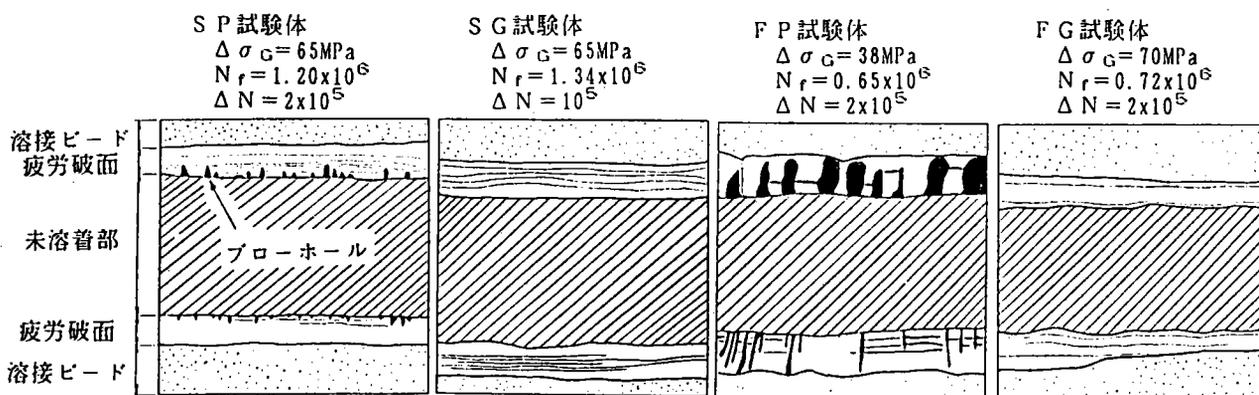


図9 ビーチマークの観察図

図6にブローホールの生じなかったSG試験片とFG試験片の疲労試験結果を示す。図の縦軸は荷重範囲を総のど断面積で除した応力範囲（総のど断面応力範囲） $\Delta\sigma_G$ であり、横軸は試験片が破断するまでの応力繰返し数（疲労寿命） N_f である。ただし、ビーチマーク試験を行なった試験片の疲労寿命に応力範囲を半減した際の繰返し数は含めていない。総のど断面積の求め方は3章で示した通りである³⁾。図中の点線および実線は、それぞれSG試験片とFG試験片に対して求めた疲労寿命に対する応力範囲の回帰直線である。SG試験片とFG試験片の応力範囲-疲労寿命関係はほぼ一致しており、溶接法による疲労強度の差はないと言える。

すべての種類の試験片について、総のど断面応力範囲 $\Delta\sigma_G$ で整理した疲労試験結果を図7に示す。図中に示す折れ線は、日本鋼構造協会の『鋼構造物の疲労設計指針・同解説』⁴⁾（以後、JSSC指針と呼ぶ）で荷重伝達型十字すみ肉溶接継手（ルート破壊）に対して規定されている疲労設計曲線（強度等級H）である。ブローホール面積率が平均で1.4%と低いSP試験片の疲労強度は、ブローホールのないSG、FG試験片とほぼ同じとなっている。それらに比べて、ブローホール面積率が平均で45%と高いFP試験片の疲労強度は非常に低く、JSSC指針のH等級も満たしていない。

ブローホールが著しい場合に疲労強度が低下する原因としては、ブローホールにより実際ののど断面積が減少すること、鋭い応力集中源である未溶着部先端にブローホールによる応力集中が重畳すること、の2つが考えられる。純のど断面積で整理した応力範囲（純のど断面応力範囲） $\Delta\sigma_N$ と疲労寿命 N_f の関係を図8に示す。純のど断面積の求め方は3章で示した通りである。すべての種類の試験片で疲労強度は同程度となっており、ブローホール面積率の高いFP試験片でもJSSC指針・H等級の疲労設計曲線を満足している。

したがって、ブローホールによって疲労強度が低下する原因は主として断面積が減少することにあると考えられる。

図9にビーチマーク試験を行なった試験片の破面の観察図を示す。ブローホールのないSG、FG試験片での疲労亀裂は未溶着部先端から生じており、若干波状となっている未溶着部先端と平行にほぼ一様に進展し、亀裂が大きくなるにしたがって亀裂先端は直線的となっている。ブローホールを含むSP、FP試験片においても、疲労亀裂の発生・進展性状はSG・FG試験片と同じであり、疲労亀裂がブローホール内あるいはブローホールと未溶着部先端との隅角部から生じることはない。このことから、ブローホールによって疲労強度が低下する原因はブローホールによる断面積の減少にあると言える。

5. まとめ

長ばく型エッチングプライマー、無機ジンクリッチプライマー、低ジンクリッチプライマーを塗装した鋼板に対して、手溶接、サブマージアーク溶接、CO₂溶接、マイクロサブマージアーク溶接法によりすみ肉溶接を行ない、その際に生じるブローホールを観察した。また、荷重伝達型十字すみ肉溶接継手の引張試験および疲労試験を行ない、ブローホールが静的引張強度および疲労強度に及ぼす影響について検討した。得られた結果は以下の通りである。

- (1) ブローホールおよびピットの発生は、長ばく型エッチングプライマー、無機ジンクリッチプライマー、低ジンクリッチプライマーの順で、またサブマージアーク溶接、マイクロサブマージアーク溶接、CO₂溶接、手溶接の順で著しい。
- (2) 手溶接ではいずれのプライマーにおいてもピットは生じなかった。ピットが生じない場合に、ブローホールがすみ肉溶接のどの断面に占める割合は最大で20%程度と推定される。
- (3) ブローホールによりすみ肉溶接部の引張強度は低下するが、その程度はブローホールが溶接のどの断面に占める割合程度である。
- (4) ルート部にブローホールを含む荷重伝達型十字すみ肉溶接継手の疲労強度は、ブローホールによる減少を考慮した実際のどの断面に基づく応力範囲を用いれば、ブローホールのない継手と同程度である。

本研究は、鋼橋技術研究会・施工部会の活動のひとつとして行なったものであり、部会員各位には多大なる協力と有益な助言を賜った。疲労試験の実施および試験結果の整理には、法政大学4年生であった安藤英樹（現 日本道路）、飯島大介（現 住友建設）の両氏に協力頂いた。ここに記して深謝いたします。

参考文献

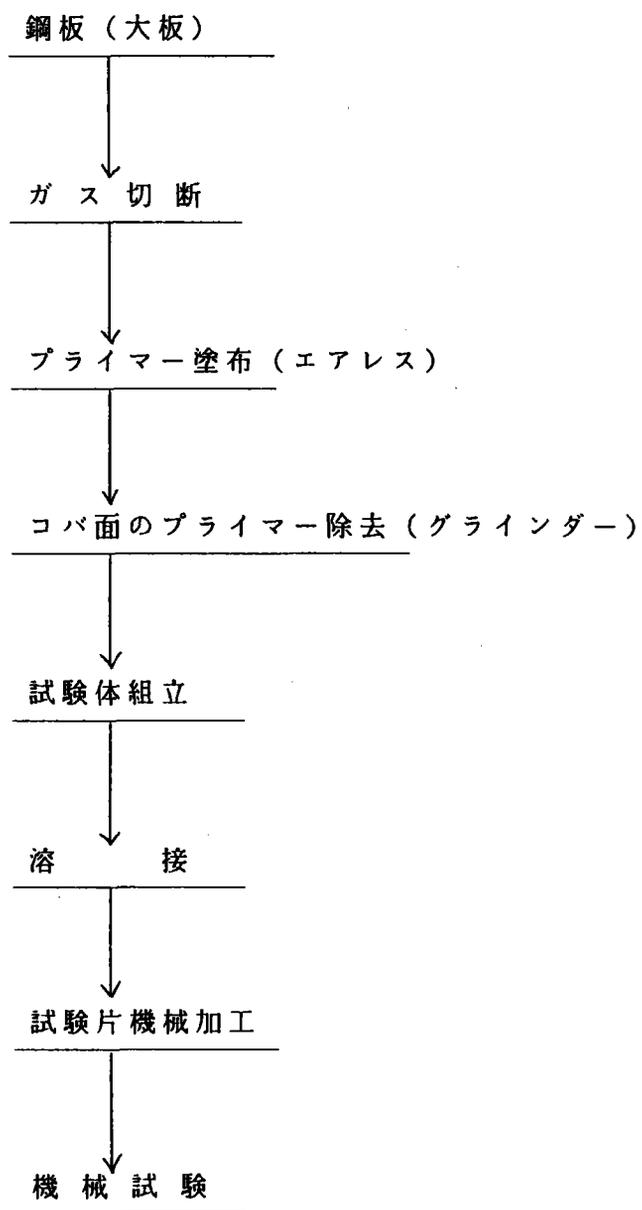
- 1) 日本溶接協会平成3年度共研第5分科会報告：フラックス入りワイヤによるすみ肉溶接での気孔に関する研究、1992.
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説（I 共通編、II 鋼橋編）、p. 372, 丸善、1990.
- 3) 森猛、貝沼重信、三木千寿：荷重伝達型十字すみ肉溶接溶接継手ルート破壊の疲労強度解析、構造工学論文集、Vol. 39A, pp. 937～946, 1993.
- 4) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説、技報堂出版、1993.

(1993年 9月16日受付け)

付 属 資 料

付録	1	試験体製作フロー
付録	2	鋼材のミルシート
付録	3	プライマーの塗装方法
付録	4	塗料カタログ
付録	5	膜厚及び表面粗さの測定方法と結果
付録	6	溶接材料（カタログ値）
付録	7	溶接状況写真
付録	8	断面マクロ組織写真及び脚長、のど厚、溶け込み測定結果
付録	9	ビード外観写真及びピット測定結果
付録	10	ビード表面欠陥の発生状況（グラフ）
付録	11	破面写真及びブローホール発生率
付録	12	ブローホールの発生率（グラフ）
付録	13	ピットとブローホール面積率の関係（グラフ）
付録	14	引張り試験の状況写真
付録	15	引張り試験片写真
付録	16	引張り試験片の破断面写真
付録	17	引張り強度（総断面積、純断面積）
付録	18	疲労試験結果一覧
付録	19	疲労試験機（写真）
付録	20	破面写真
付録	21	疲労亀裂の発生角度

付録1 試験体製作フロー



付録 3 プライマーの塗装方法

試験材の塗装は、グリッドブラスト法にて表面処理、表面アラサの測定を行なった後に、エアレス塗装装置を用い、手動にてウォッシュ、ジンク、ロージンクの各プライマーを塗布した。

塗装時には、研磨鋼板を試験材の横に置き、同時に塗装。乾燥後、膜厚を測定し、これをプライマー塗布厚とした。

尚、ブラスト条件、塗装条件、塗装日の気象条件は下記の通り。

塗 装 日 : 平成3年8月29日

天候 曇
 気温 30°C
 湿度 78%

ブラスト条件 : 圧力 6 kg/cm²
 グリッド G30, G50 混合

塗 装 条 件 :

	ウォッシュ	ジンク	ロージンク
1次圧 (kg/cm ²)	5	5	5
2次圧 (")	130	100	100
希釈率 (%)	5	5	5
チップ・部材間間 (cm)	30~50	30~50	30~50

付録4 塗料カタログ

ビニレックス120 アクチブプライマー

□ 規格表示

JIS K 5633 2種エッチングプライマー (長バク型)

□ 系 統

ビニールブチラール樹脂ワニスをビヒクルとし、ジンクロメート、その他を防錆顔料とした長バク型ウォッシュプライマー

□ 特 徴

- (1) 速乾性です。
- (2) 防食性がすぐれています。
- (3) 各種塗料の上塗ができ、その塗料との付着性がすぐれています。
- (4) 溶断溶接性がすぐれています。

□ 塗料性状

色	ダークグリーン
光 沢	-
比重 (20℃)	0.92 (混合塗料) 0.94 (塗料液) 0.86 (防錆液)
加熱残分 (%)	23 (混合塗料)
引 火 点	塗料液: 4℃ 防錆液: 11℃
発 火 点	塗料液: 399℃ 防錆液: 399℃
危険物表示	塗料液: 第1石油類合成樹脂エナメル塗料 防錆液: 第1石油類合成樹脂クリヤー塗料
有機溶剤区分	第2種有機溶剤等
有害物質表示	塗料液: クロム酸鉛1~10%、クロム酸亜鉛1~10% トルエン10~20%、イソプロピルアルコール40~50% メチルイソブチルケトン5~10%、I-ブタノール5~10%
劇 物 表 示	塗料液: クロム酸亜鉛1.3%

□ 荷 姿

16kgセット (塗料液/防錆液=12.8kg/3.2kg)
4kgセット (塗料液/防錆液=3.2kg/0.8kg)

□ 塗 装 基 準
(使用上の注意)

下 地 調 整: (1) プラスト処理によりSSPC SP-10 (SIS Sa 2½) まで除錆して下さい。
(2) 酸洗い (SSPC SP-8) の方法もあります。
調 合: 二液型のため「塗料液/防錆液=4/1 (重量比)」の混合比により混合し、十分攪拌して下さい。
熟 成 時 間: -
可 使 時 間: 10時間 (20℃)
シ ン ナ ー: ビニレックス510アクチブプライマーシンナー

塗 装 方 法	ハ ケ 塗 り	エアレススプレー塗り
希 積 率	0~10%	5~20%
塗 付 量	0.10kg/m ²	0.13kg/m ²
膜 厚	10~15μ	15μ

エアレス条件: 一次圧4~5kg/cm² 二次圧120~150kg/cm²
チップNo.163-615、513、413など

*塗付量・膜厚は標準の数値です。被塗物の形状・素地の状態・気象条件・希釈率及び測定機器測定方法により幅を生じ増減します。

乾 燥 時 間:

	5℃	20℃	30℃
指 触 乾 燥	10分	5分	3分
半硬化乾燥	20分	15分	10分
塗重乾燥	24時間以上 3ヵ月以内	24時間以上 3ヵ月以内	24時間以上 3ヵ月以内

□ 注 意 事 項

塗装時ならびに塗料取扱時は換気を十分行ない、火気厳禁です。

ビニレックス120 アクチブプライマー

(JIS K 5633 2種)

□ 成分表

<塗料液>	防錆顔料および着色顔料	12.5 (%)
	ブチラール樹脂ワニス	56.0
	フェノール樹脂ワニス	10.0
	添加剤	2.0
	溶剤	19.5
	計	100.0
<防錆液>	リン酸溶液	20.0
	溶剤	80.0
	計	100.0
<混合比>	塗料液：防錆液 = 4：1 (重量比)	

□ 性能表

項目	規格			性能
	主剤	添加物	混合物	
比重 20/20℃	0.88~1.20	0.80~1.00	—	塗料液 0.94 防錆液 0.86
つぶ μm	40以下	—	—	20
容器の中での状態	かき混ぜたとき堅い塊がなく一様になること	—	—	合格
ポットライフ h	—	—	8以上	合格
塗装作業性	—	—	はけさばきに支障がないこと	合格
乾燥時間 min	—	—	30以内	合格
塗膜の外観	—	—	塗膜の外観が正常であること	合格
耐衝撃性	—	—	500mmの高さから落したおもりの衝撃で、われおよびはがれができないこと	合格
耐屈曲性	—	—	120℃で1時間加熱したのち直径6mmの折り曲げに耐えること	合格
耐塩水性	—	—	塩化ナトリウム溶液(3W/V%)に24時間浸しても異常がないこと	合格
加熱残分 %	20以上	—	—	23
溶剤不溶物 %	9以上	—	—	12.5
りん酸 (H ₃ PO ₄ として) %	—	6以上	—	8
耐候性	—	—	3か月の試験で見本品と比べて、さび・われ・ふくれ・はがれの程度が大きくないこと	合格

規格 JIS K 5633 2種 (エッチングプライマー-長バク型)

注 上記成分・性能値は現在迄の実績値に基づいた数値を記入しています。

ニッペジンキー1000P

系統 アルキルシリケート（エチルシリケート縮合物）をビヒクルとし、亜鉛末を防錆顔料とした無機系ジンクリッチペイント

- 特徴
- (1) 防錆性がすぐれています。
 - (2) 耐油性・耐溶剤性がすぐれています。
 - (3) 溶接溶断性にすぐれています。
 - (4) エアレス作業性にすぐれています。

塗料性状

色	ライトグレー
光沢	-
比重 (20℃)	2.3 (混合塗料)
加熱残分 (%)	77 (混合塗料)
引火点	22℃ (塗料液)
発火点	399℃
危険物表示	塗料液：第2石油類合成樹脂クリヤー塗料 粉末：非危険物
有機溶剤区分	第2種有機溶剤等
有害物質表示	1-ブタノール50~60%

荷姿 25kgセット (粉末/塗料液=17.5kg/7.5kg)

塗装基準 (使用上の注意)

下地調整：プラスト処理によりSSPC SP-10 (SIS Sa2½) 以上に除錆して下さい。

調合：二液型のため「粉末/塗料液=7/3 (重量比)」の混合比により混合し、十分攪拌して下さい。

熟成時間：不要

可使用時間：5時間 (20℃)

シンナー：ニッペジンキー1500シンナー

塗装方法	エアレススプレー塗り
希釈率	0~5%
塗付量	0.20kg/m ²
膜厚	15~20μ

エアレス条件：一次圧4~5kg/cm² 二次圧80~120kg/cm² でジンクリッチ専用エアレスが望ましいです。チップNo.163~615、617など

*塗付量・膜厚は標準の数値です。被塗物の形状・素地の状態・気象条件・希釈率及び測定機器測定方法により幅を生じ増減します。

乾燥時間:	5℃	20℃	30℃
指触乾燥	25分	10分	10分
硬化乾燥	1時間	30分	30分
塗重乾燥	7日以上 6ヵ月以内	3日以上 6ヵ月以内	3日以上 6ヵ月以内

*低温時や短期間での塗り重ね適否を判断する場合、塗膜を専用シンナーでこすり (ラビングテスト)、塗膜が溶解しなければ塗り重ね可能です。

- 注意事項
- (1) タールエポキシ・塩化ビニール・塩化ゴム・エポキシ・ウレタン樹脂系塗料以外の塗り重ねは出来ません。
 - (2) 過度の膜厚になりますと塗膜が脆くなることがあります。膜厚は1回塗で30μ以下にし、ニッペジンキー1000P同士の塗装回数は2回塗までとして、合計膜厚50μを超えないようにして下さい。
 - (3) 2液混合後80~100メッシュのふるいでろ過してから使用して下さい。
 - (4) 塗装時ならびに塗料取扱時は換気を十分行ない、火気厳禁です。
 - (5) 攪拌はディスパーで行ない、使用中も攪拌を続けて下さい。

ニッペジンキー1000P

□ 成分表

<粉末>	亜鉛末	100.0 (%)
	計	100.0

<塗料液>	エチルシリケート縮合物	100.0
	計	100.0

<混合比> 粉末：塗料液＝70：30（重量比）

□ 性能表

項目	規格	性能
容器の中での状態	粉は微小で一様な粉末であること 液はかき混ぜたとき堅い塊がなくて一様になること	合格
塗装作業性	塗装作業に支障がないこと	合格
乾燥時間 h	1以内	合格
塗膜の外観	塗膜の外観が正常であること	合格
ポットライフ h	5以上	合格
耐衝撃性	衝撃によって割れ・はがれができないこと	合格
耐塩水噴霧性	塩水噴霧に耐えること	合格
加熱残分 %	混合物：70以上	77
加熱残分中の 金属亜鉛 %	80以上	85
耐候性	6ヶ月間の試験で、さび・割れ・はがれ・膨れがないこと	合格

規格 日本ペイント規格

注 上記成分・性能値は現在迄の実績値に基づいた数値を記入しています。



Marine Paint Manual

商品コード No. 01-04

作 成 1993年 6月

ニッペセラモ

超耐熱(800℃)、炭酸ガス溶接の耐ビット性に優れた純無機質の長期曝露用ショッププライマーです。超耐熱性に優れている為、溶接・溶断及び歪取りによる焼け巾が極めて少ないので、補修面積が少なくなります。上塗り適性にも優れ、ジंकヒュームによる人体の影響が少なくなる様設計されています。従って省資源、省力化、環境の改善等建造工程における近代化に大いに役立ちます。

用途	超耐熱鋼板用ショッププライマー		
タイプ	亜鉛末/耐熱防錆顔料/耐熱シリケート(2液型)		
色	グレー、ライトグレー、ブラウン、グリーン		
光沢	艶消し		
比重	1.28		
ドライ膜厚	13~18μ		
ウエット膜厚	57~79μ		
理論塗付量	0.068 kg/m ² 0.053 ℓ/m ² (13μ)		
乾燥時間	指触	: 5分 (5℃) 2分 (20℃) 1分 (30℃)	
	硬化	: 10分 (5℃) 5分 (20℃) 3分 (30℃)	
	完全硬化	: 14日 (5℃) 10日 (20℃) 7日 (30℃)	
塗り重ね可能時間 (下記上塗塗料)	最短	: 10日 (5℃) 7日 (20℃) 5日 (30℃)	
	最長	: — (5℃) — (20℃) — (30℃)	
シンナー	ニッペセラモシンナー(希釈率 0~15%, 重量)		
塗装方法	エアレススプレー (チップNo. グラコ719,821,923 旭サナック20C15,20C17 2次圧: 80~100 kg/cm ²)		
混合比率(重量)	刷毛 塗料液43/着色ペースト57		
可使時間	32時間(5℃) 24時間(20℃) 16時間(30℃)		
上塗塗料	各種塗料		
荷姿	ニッペセラモ 塗料液 7.74kg ペースト 10.26kg 18 kg (セット) ニッペセラモシンナー 16 ℓ		
危険物表示/有機溶剤区分	塗料液: 第1石油類合成樹脂クリヤー塗料/第2種等 ペースト: 第1石油類合成樹脂エナメル塗料/第2種等		
引火点	塗料液 11℃ ペースト 7℃		

<注意事項>

- ① 鋼板は、サンドブラストまたはショットブラスト処理を行ってください。
- ② 本塗料は混合後沈澱しやすいので、塗装中、常時かきまぜてください。
- ③ 標準色のうちグリーンは加熱後、その部分のみ色相がグレーに変わります。(但し品質上問題はありません。)
- ④ 塗料液は6ヶ月以内に必ず使用してください。

付録5 膜厚及び表面粗さの測定方法と結果

1. 施工試験体

塗装年月日	平成3年8月29日
塗装場所	株式会社横河橋梁製作所 千葉工場
塗装方法	エアレス塗装
供試塗料	ビニレックス120アクチブプライマー (ウォッシュプライマー) ニッペジンキー1000P (無機ジンクリッチプライマー) ニッペセラモ (低ジンクリッチプライマー)
膜厚測定方法	試験片塗装時、磨鋼板に同時に塗装し、この乾燥膜厚を電磁式膜厚計で各24点測定した。

膜厚測定結果

ビニレックス120アクチブプライマー

22 21 17 21 22 19 18 23 23 18 20 19
17 23 24 17 23 21 17 19 20 19 19 21

平均 20.1 μ

ニッペジンキー1000P

24 23 22 22 25 23 17 25 17 22 20 19
21 20 18 21 21 18 25 16 16 23 18 15

平均 20.4 μ

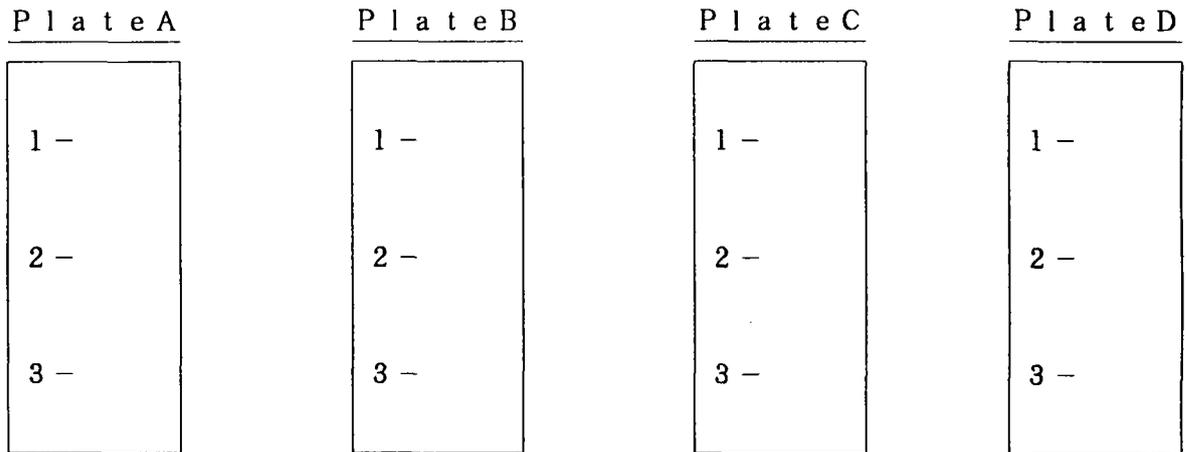
ニッペセラモ

21 21 20 21 23 22 22 21 19 19 18 20
17 21 15 20 16 15 16 17 23 16 17 20

平均 19.2 μ

プライマー施工試験体の表面粗さデータ

- 表面粗さ測定用の試験片4枚を任意に抽出し、各々のプレート表面の下図に示したようなポイントにおいて表面粗さの測定を行った。



No. \ PL	A	B	C	D
1	54 S	62 S	61 S	59 S
2	58 S	61 S	69 S	57 S
3	60 S	64 S	50 S	56 S
	57 S	62 S	60 S	57 S
	59 S			

※ 次のページグラフの倍率

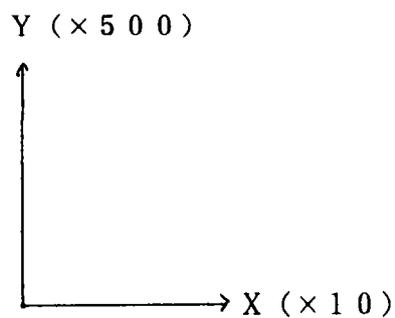
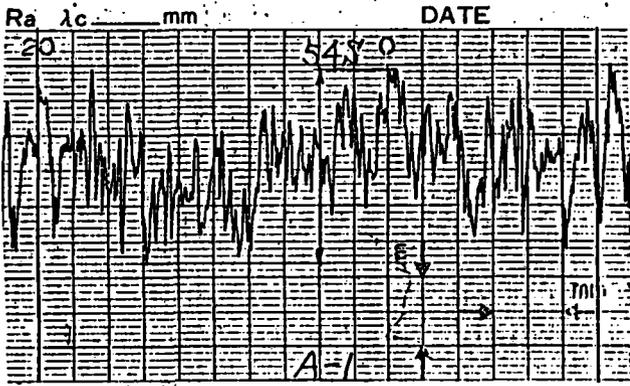


Plate - A

Plate - B



137707

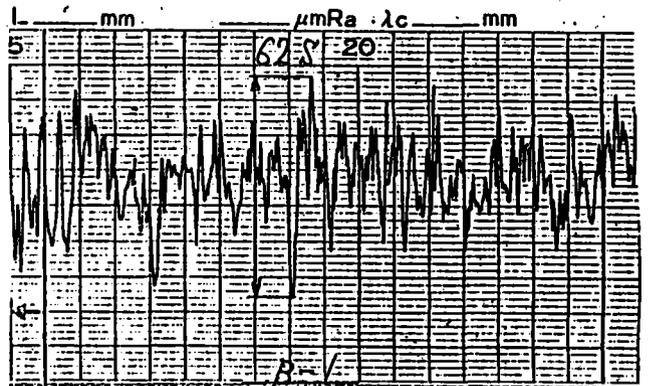


CHART NO. 137707

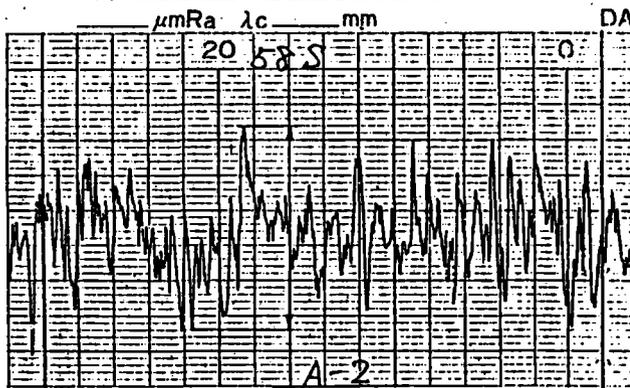


CHART NO. 137707

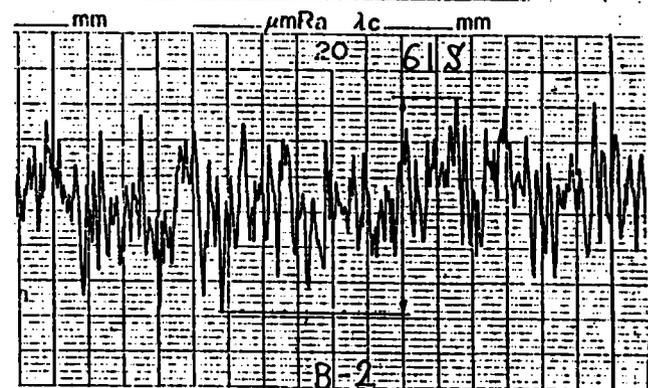


CHART NO. 137707

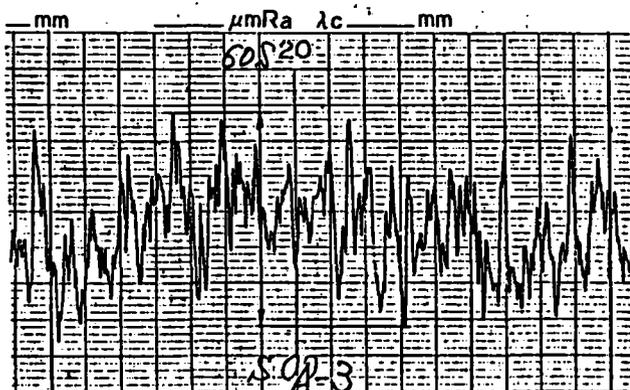
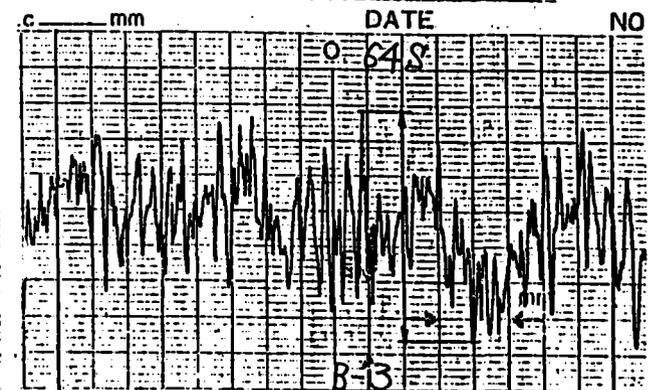
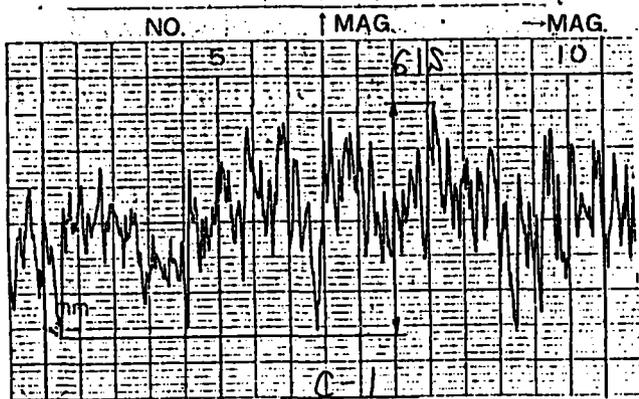


CHART NO. 137707



707

Plate-C



37707 *Kawasaka Laboratory Ltd.*

Plate-D

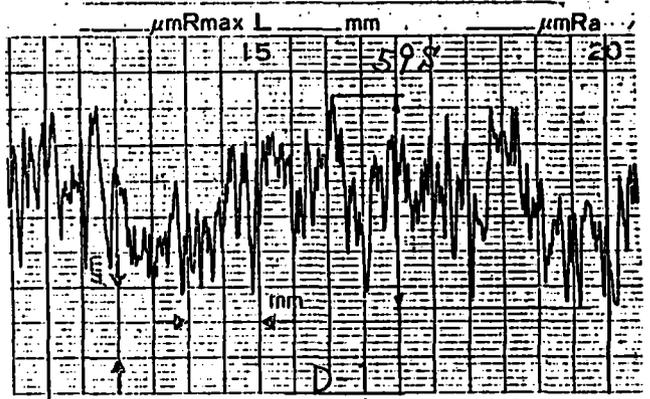
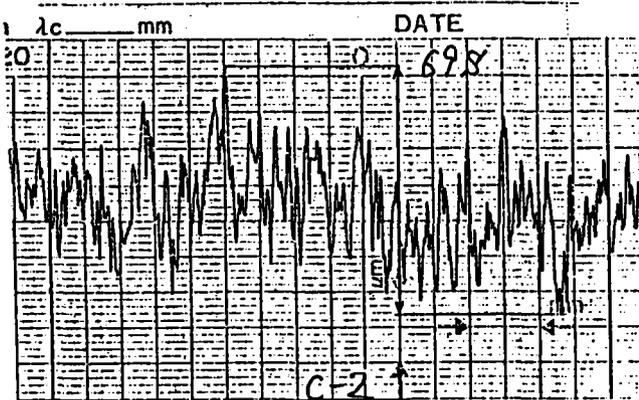
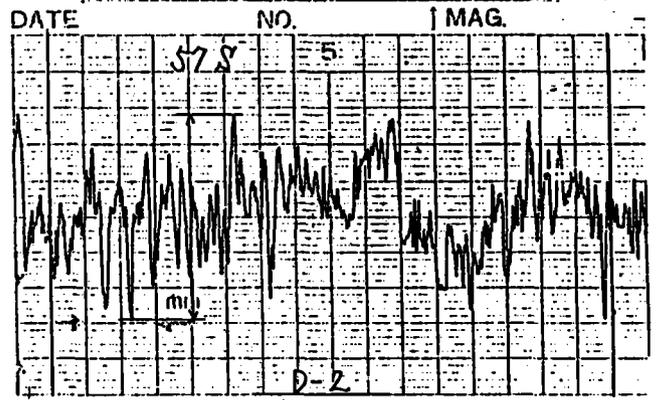


CHART NO. 137



37707



Kawasaka

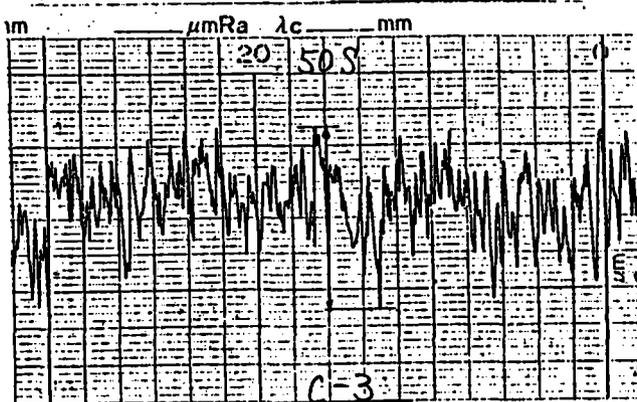
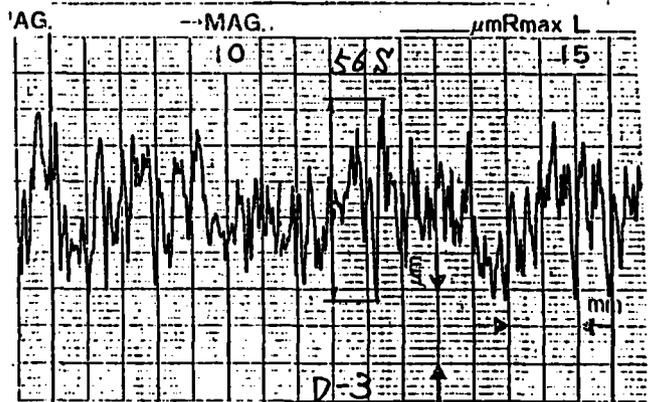


CHART NO. 137707



Kawasaka Laboratory Ltd.

2. プライマー小型疲労試験体の塗膜厚測定結果

- ・塗装年月日 : 平成3年12月5日
- ・塗装場所 : (株)横河ブリッジ千葉工場 製品ヤード
- ・塗装方法 : エアレス塗装
- ・使用塗料 : ビニレックス120アクティブプライマー
- ・膜厚測定方法 : 試験片塗装時、磨鋼板に塗装し、この乾燥膜厚を電磁式膜厚計にて、20点測定した。
- ・膜厚測定結果 :

17.5 16.1 16.1 15.8 17.3 15.5 16.4 16.7 18.2 18.6
15.7 15.0 15.2 15.8 17.3 15.3 16.5 15.7 15.7 15.9

平均 16.3 μ

プライマー小型疲労試験体の表面粗さデータ

- 表面粗さ測定用の試験片3枚を任意に抽出し、各々のプレート表面の下図に示したようなポイントにて、表面粗さの測定を行った。

Plate A

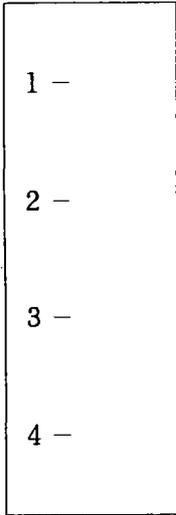


Plate B

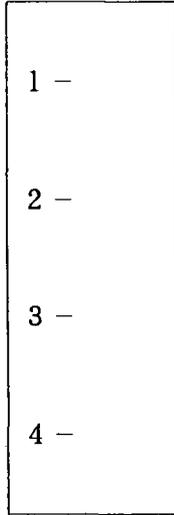
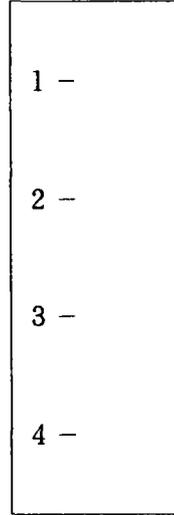


Plate C



No. \ PL	A	B	C
1	59 S	58 S	62 S
2	64 S	59 S	60 S
3	62 S	60 S	62 S
4	61 S	63 S	60 S
AV	62 S	60 S	61 S
	61 S		

※ 次のページグラフの倍率

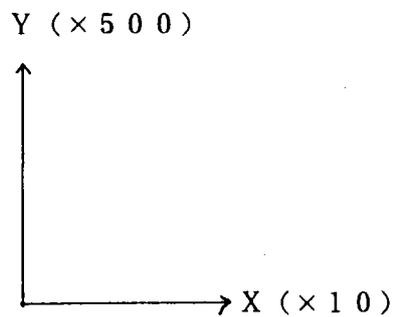
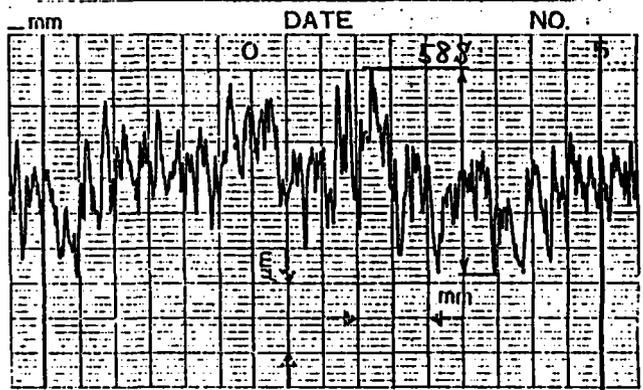
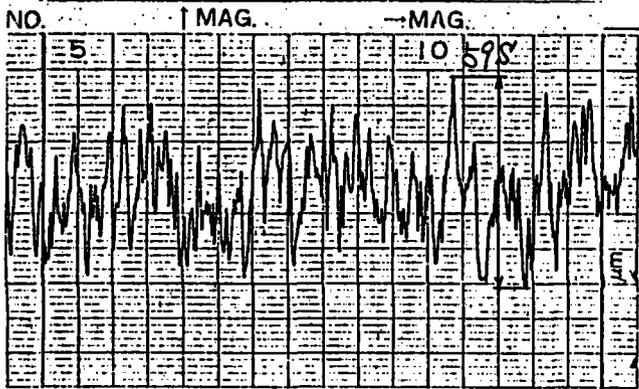
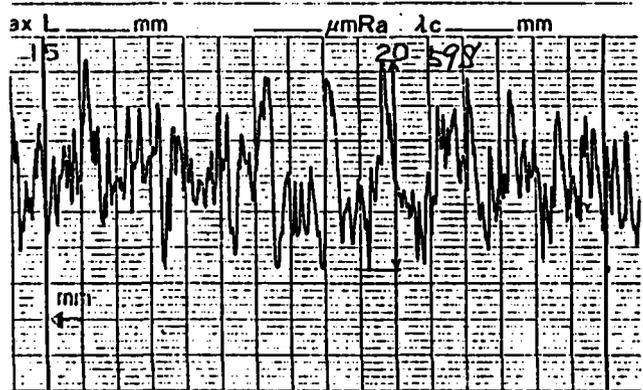
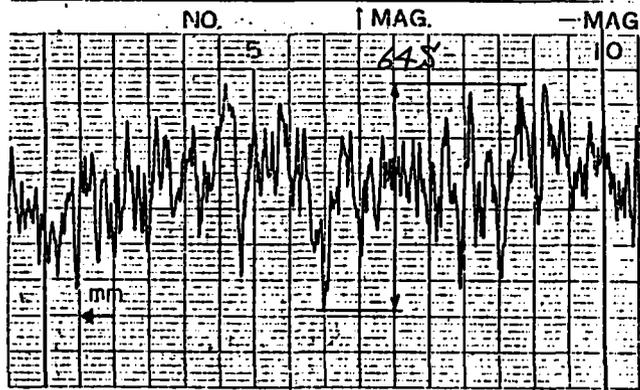


Plate A

Plate B

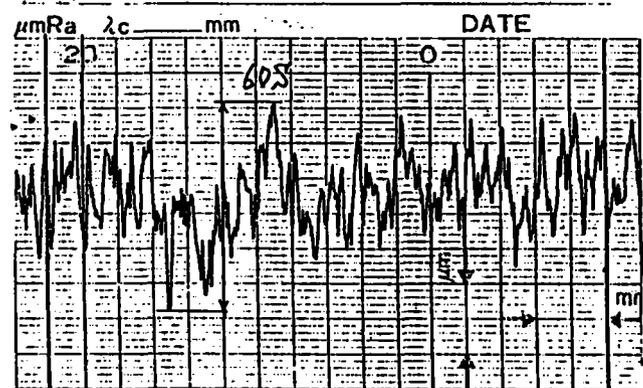
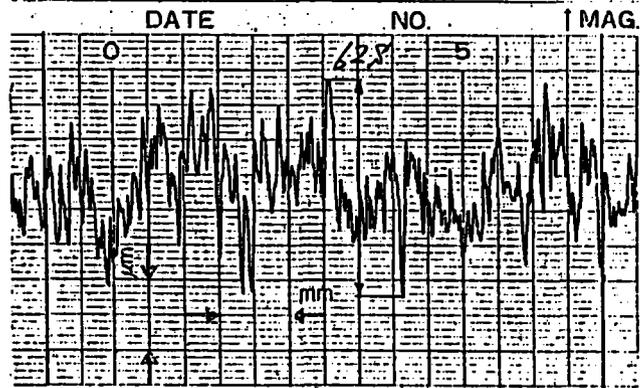


Kozaka Laboratory

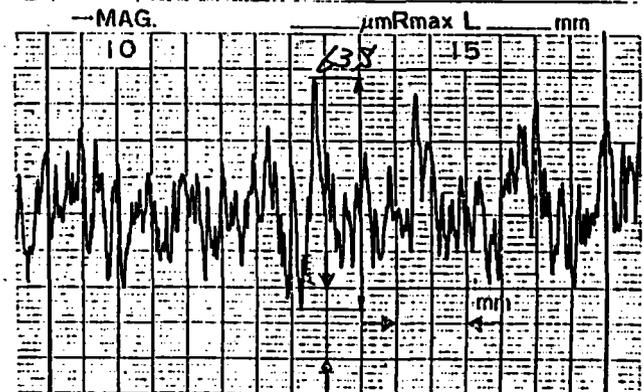
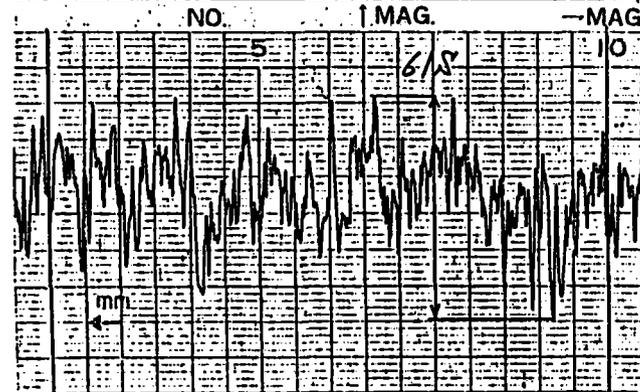


Kozaka

CHART NO. 137707



NO. 137707



Kozaka

Kozaka Laboratory Ltd.

plate C.

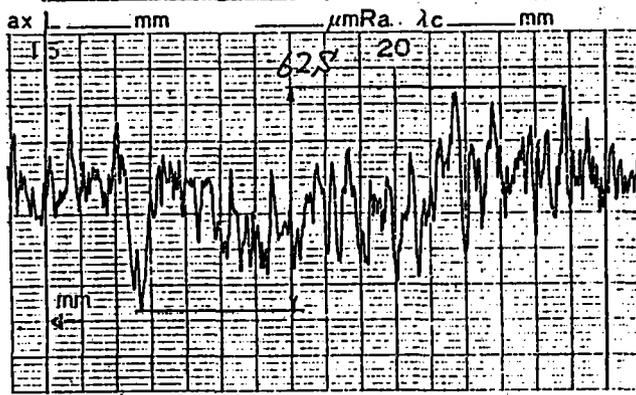
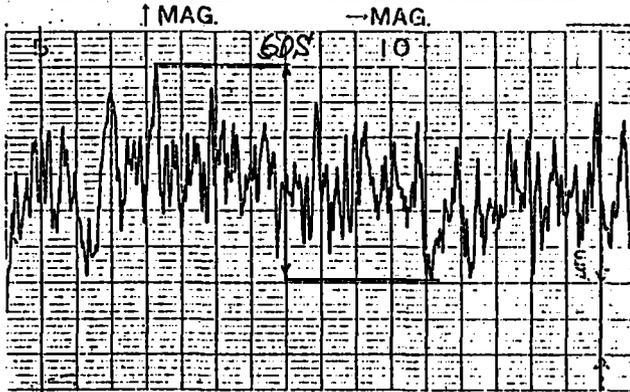
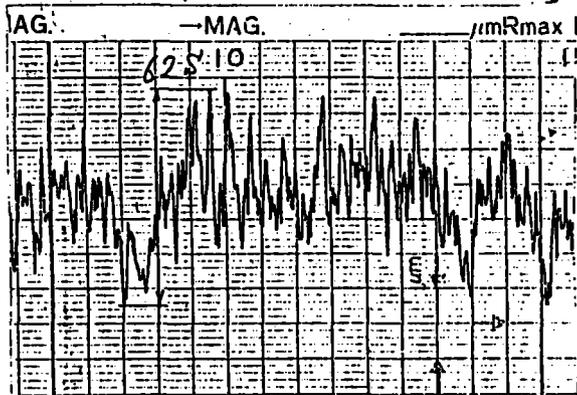


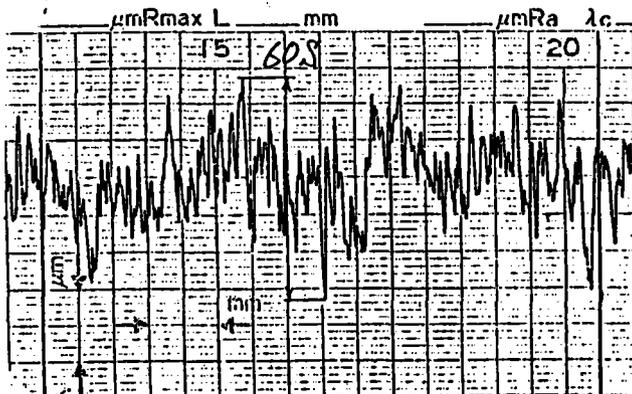
CHART NO. 137707



Yokohama Laboratory Ltd.



Yokohama Laboratory Ltd.



Yokohama Laboratory Ltd.

CHART NO. 13770

3. プライマー施工試験体（再試験分）の塗膜厚計測結果

塗 装 年 月 日 : 平成5年1月18日

塗 装 場 所 : (株)横河ブリッジ 千葉工場 製品ヤード

塗 装 方 法 : エアレス塗装

使 用 塗 料 : ニッペジンキー1000P

膜 厚 測 定 法 : 試験片塗装時, 磨鋼板にも同等の塗装を行い
その乾燥膜厚を電磁式膜厚計にて 計測した

膜 厚 測 定 結 果 :

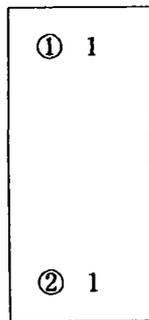
(表面) 15.1 16.8 15.5 17.2 16.2 18.3 15.5 15.9 $X_i=16.3$

(裏面) 19.2 17.4 14.5 18.1 18.8 19.3 20.4 17.1 $X_i=18.5$

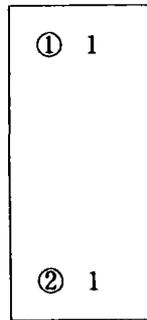
プライマー施工試験体（再試験分）の表面粗±データ

試験片 6 枚から、任意に 3 枚抽出し、下図に示した位置にて表面粗さを測定した。以下に実測値を記す。

NO.1



NO.2



NO.3



Point \ PLNO.	1	2	3
①	54 S	57 S	62 S
②	56 S	56 S	66 S
平均	55 S	57.5 S	64 S
	58.8 S		

No. 1

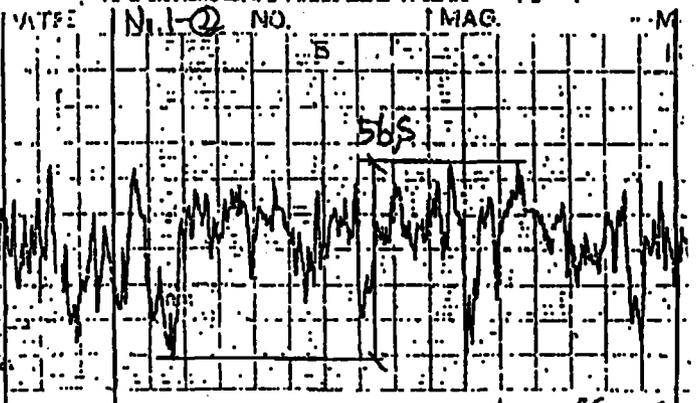
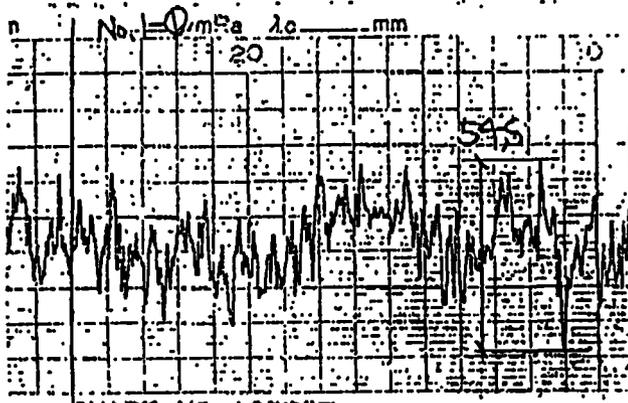
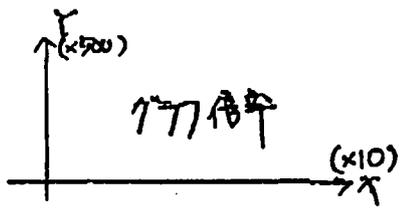
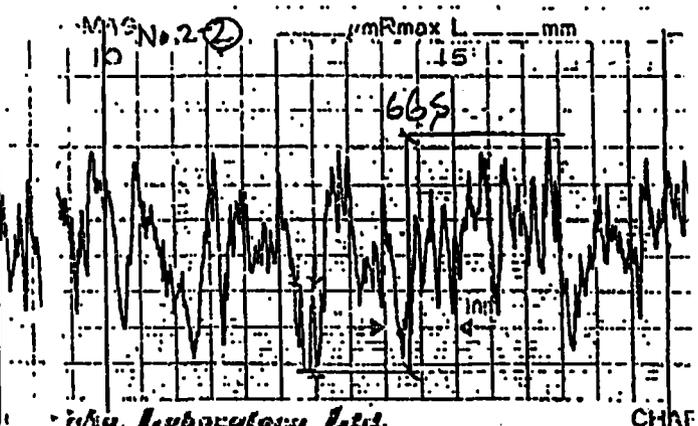
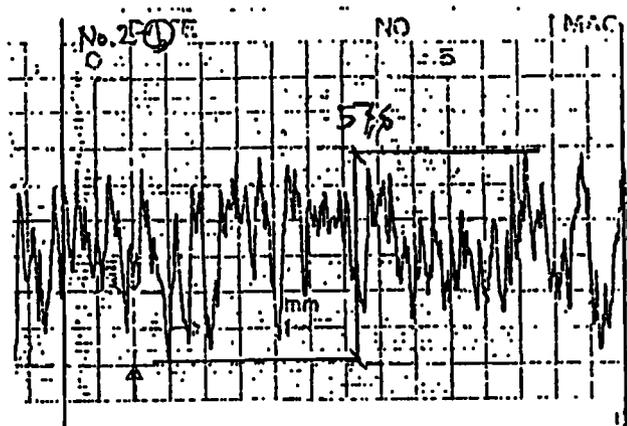


CHART NO. 137707

Hitachi

No. 2



Hitachi Laboratory Inst.

CHAF

No. 3

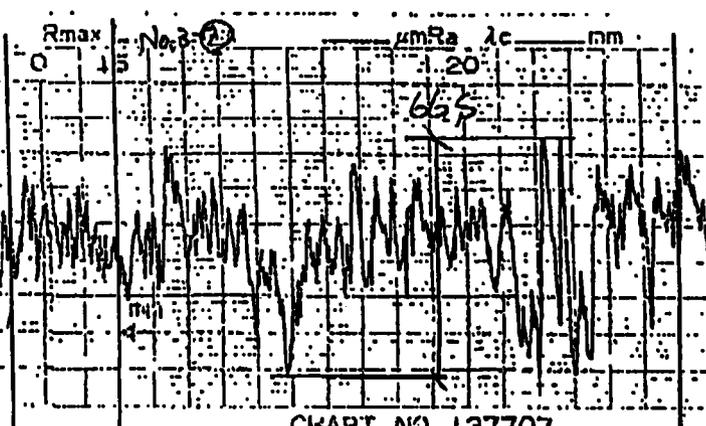
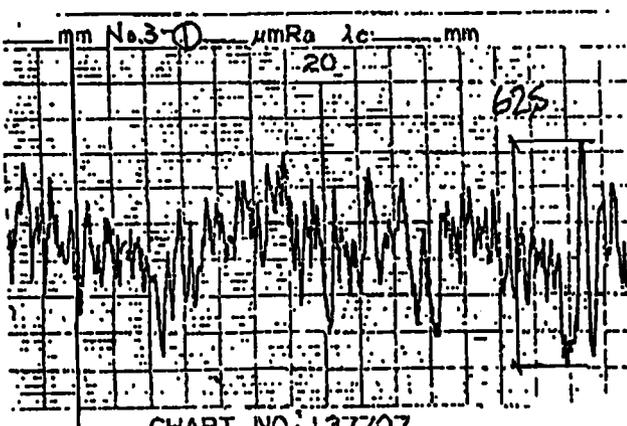


CHART NO. 137707

CHART NO. 137707

MF-44/US-36 MF-53/US-36

JIS Z3183 S501-H該当
AWS A5.17 F7A0-EH14該当

高能率すみ肉溶接用

用途

造船、鉄骨、橋梁などのすみ肉溶接。

使用特性

単電極、多電極溶接が可能です。単電極溶接では8~9mm、2電極溶接では11~12mm程度までの脚長のすみ肉溶接が1パスでできます。フラックスの消費量が少なく経済的です。

MF-44はサビ、よごれに対して鈍感で、耐ピット性が優れています。

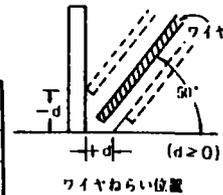
MF-53はビード外観、スラグはく離性が優れています。

作業の要点

- ①赤さび、ペイント、湿気などは除去したのちに溶接してください。
- ②仮付け溶接部のスラグやヒュームは、仮付け溶接直後に除去してください。
- ③ワイヤのねらいには充分気をつけてください。
- ④2、3パスをこえる多層溶接には適しません。
- ⑤MF-53を用いた場合、アーク電圧は次表に表示の電圧より2V程度低くした方がよい結果が得られます。
- ⑥94ページを参照してください。

○単電極単層水平すみ肉溶接条件の一例

すみ肉サイズ mm	ワイヤ径 mm	電流 A	電圧 V	速度 cm/min	ねらい位置 d mm
6	4.0	600	34	75	-1
7	4.0	600	34	60	-0.5
8	4.0	600	36	45	0
9	4.0	600	36	30	+1



○2電極単層水平すみ肉溶接条件の一例

すみ肉サイズ mm	ワイヤ径 mm	電流 A	電圧 V	速度 cm/min	電極間隔 mm	ねらい位置 mm
6	(L)4.0	600	32	90	60	0
	(T)3.2	350	30			-3
8	(L)4.0	600	32	70	70	0
	(T)3.2	450	30			-4

○細径ワイヤによる単層水平すみ肉溶接条件の一例

すみ肉サイズ mm	ワイヤ径 mm	電流 A	電圧 V	速度 cm/min	電極間隔 mm	ねらい位置 d mm
6	1.6	330	33	60	30~40	+1
	(L)1.6	380	36	80		+3
	(T)1.6	280	32	80		+2
8	1.6	330	33	40	30~40	+1
	(L)1.6	380	36	60		+4
	(T)1.6	280	32	60		+3

ワイヤ識別色/黄色
船級認定/MF-44/US-36 : NK, AB, LR, NV, BV
MF-53/US-36 : NK, AB, LR, NV

○溶接装置
SUBSTARについては
420ページを参照してください。

LB-52

JIS Z3212 D5016
AWS A5.1 E7016該当

50キロ級高張力鋼用

用途

軟鋼および50キロ級高張力鋼を使用する造船、橋梁、建築、圧力容器などの溶接。

使用特性

50キロ級高張力鋼用として設計されたもっとも代表的な低水素系全姿勢溶接棒です。

溶着金属のX線性能および機械的性質が優れています。また、作業性においては、アークの集中性、スラグのはく離性、ビード外観などが良好です。

作業の要点

- ①溶接棒は使用前に300～350℃で30～60分の乾燥を行ってください。
- ②アーク発生点では、ブローホールの発生を防止するために、後戻りスタート運棒法または捨金法を採用してください。
- ③アーク長はできるだけ短く保ってください。

○溶着金属の化学成分の一例(%)

C	Si	Mn	P	S
0.08	0.58	0.96	0.011	0.007

○溶着金属の機械的性質の一例

降伏点 N/mm ² (kgf/mm ²)	引張強さ N/mm ² (kgf/mm ²)	伸び %	吸収エネルギー J(kgf·m)	熱処理
490(50)	560(57)	32	230(23)	溶接のまま
420(43)	520(53)	33	270(28)	620℃×1hr

○製造寸法ならびに電流範囲(ACまたはDC棒⊕)

棒径 mm	2.6	3.2	4.0	4.5	5.0	6.0	
棒長 mm	350	350	400	400	450	450	
電流範囲 A	下向	55～85	90～130	130～180	150～210	180～240	250～310
	立上	50～80	80～120	110～170	140～190	150～200	—

棒端色/青白色 二次着色/白色
船級認定/NK, AB, LR, NV, BV, CR, GL, KR

炭酸ガスアーク溶接用フラックス入りワイヤMX-200について

株式会社 神戸製鋼所
溶接専業部技術部

MX-200は水平及び下向すみ肉用として開発された炭酸ガスアーク溶接用フラックス入りワイヤである。

このワイヤは下記のような特徴を備えている。

- 1) ショッププライマー塗布鋼板における耐気孔性が優れている。
- 2) アークが安定しているため、スパッタ発生量が少ない。
- 3) 光沢のある揃いの良いビードが得られる。
- 4) 高速すみ肉溶接が可能である。

以下にMX-200の諸性能を報告する。

1. ワイヤ諸元

ワイヤ諸元を表1に示す。

表1 ワイヤ諸元

種 類	炭酸ガスアーク溶接用フラックス入りワイヤ
適用鋼種	軟鋼, 50キロ級高張力鋼
電源極性	DC-RP
適用姿勢	下向及び水平すみ肉
該当規格	JIS YFW-24, AWS E70T-1相当
給級認定 ^{*1}	NK, AB, LR, NV, BVグレード2
製造寸法	1.2φ, 1.4φ, 1.6φ (φ=)
巻重量-形状 ^{*2}	12.5kg, 20kgスプール巻, 200kgバック

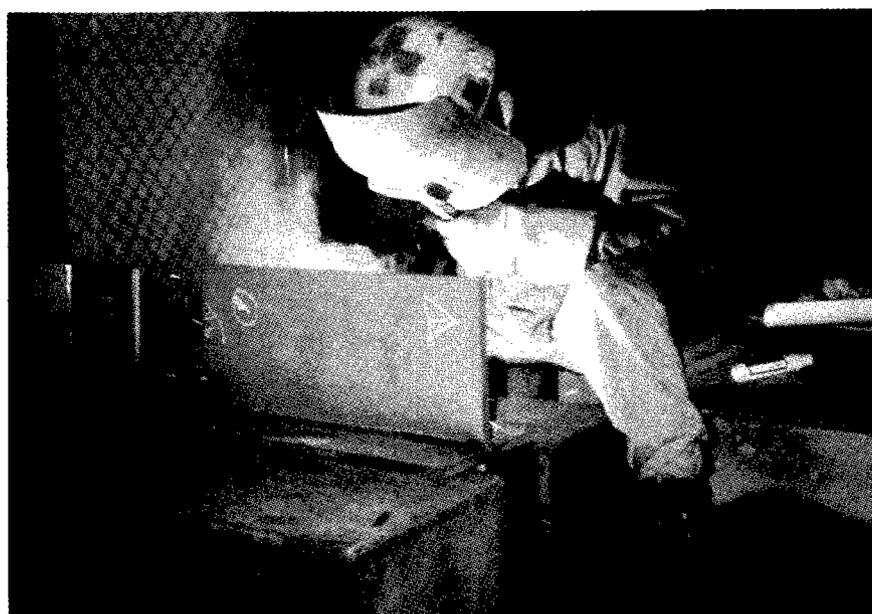
*1: 申請中

*2: 1.6φのバックは300kgとなる。

付録 7 溶接状況写真



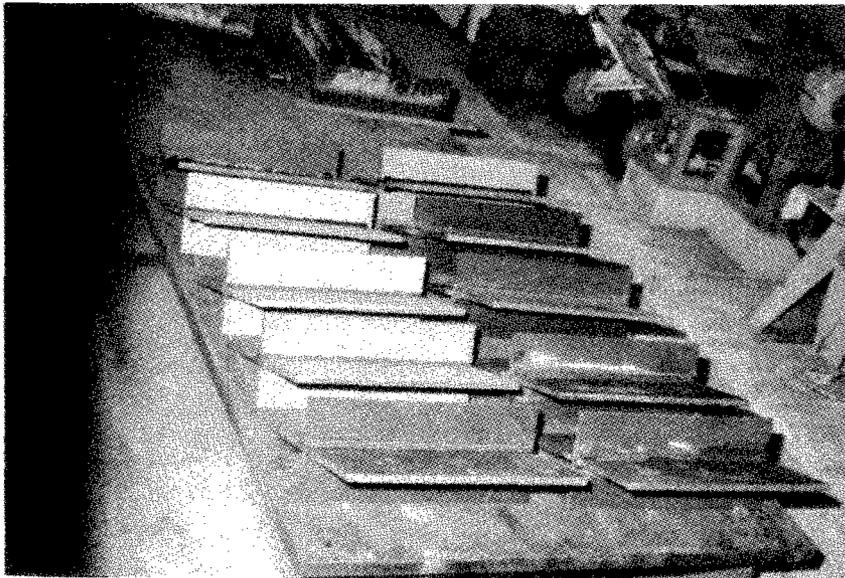
試験体仮付け



溶接中

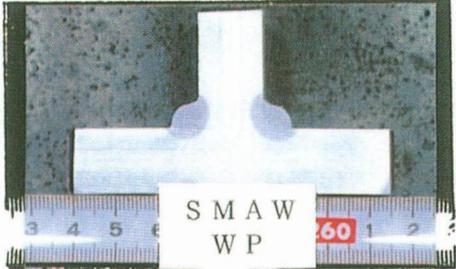
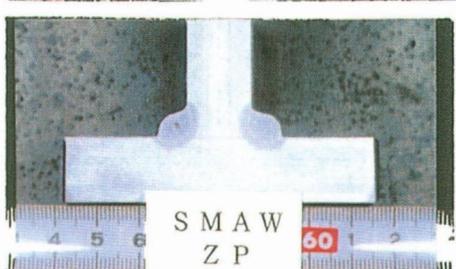
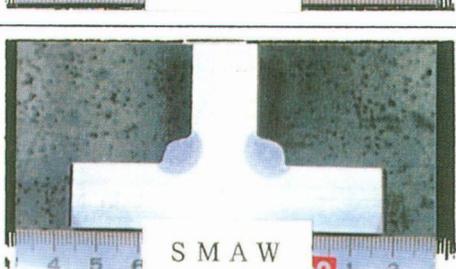
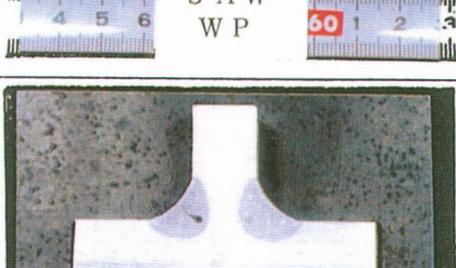
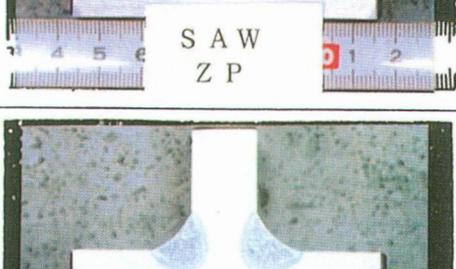
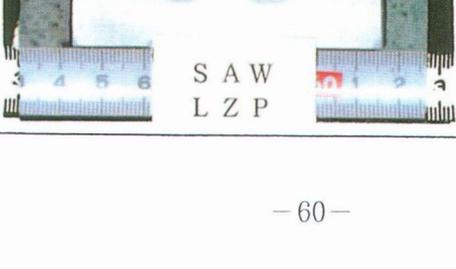


溶 接 中



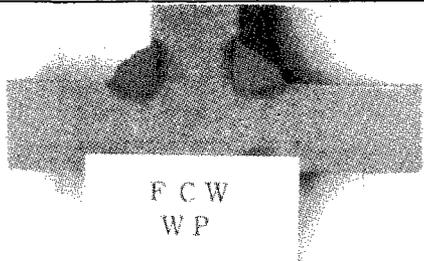
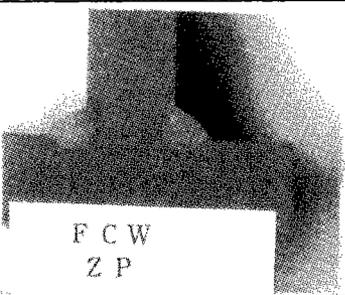
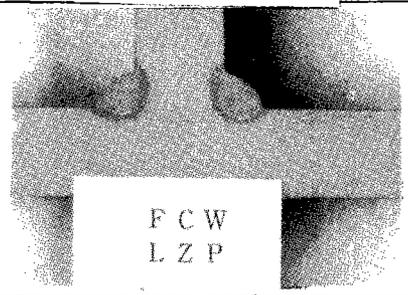
溶 接 完 了 試 験 体

断面マクロ組織 (その1)

溶接方法	プライマー	断面マクロ組織	脚長 (mm)		ノド厚 (mm)	溶け込み (mm)
			上	下		
手	WP		7.0	7.3	6.9	0
			6.8	7.5	6.6	0
	ZP		6.6	7.4	6.9	0
			6.5	7.3	6.9	0
	LZP		6.7	7.5	6.6	0
			6.5	7.8	6.7	0
SAW	WP		9.2	9.7	5.8	3.8
			11.0	10.3	5.9	4.4
	ZP		9.1	9.7	5.1	2.8
			9.1	9.2	5.2	3.0
	LZP		8.2	9.7	4.9	3.4
			8.9	9.8	4.8	3.6

上段；先行， 下段；後行

断面マクロ組織 (その2)

溶接方法	プライマー	断面マクロ組織	脚長 (mm)		ノド厚 (mm)	溶け込み (mm)
			上	下		
CO ₂	WP		6.5	7.6	6.0	0.7
			6.5	6.6	5.9	1.0
	ZP		6.5	6.5	5.8	0.8
			6.5	7.0	5.8	0.9
	LZP		7.0	7.3	6.5	0.7
			6.9	7.1	6.1	0.3
MISA	WP		8.5	8.0	5.6	0
			8.0	8.0	5.0	0
	ZP		7.8	8.8	5.0	0
			7.8	8.0	5.0	0
	LZP		8.0	8.3	5.5	0.2
			6.8	9.0	4.8	0

上段；先行， 下段；後行

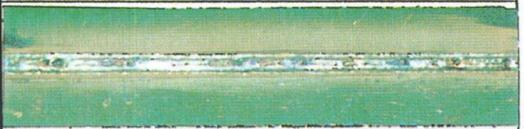
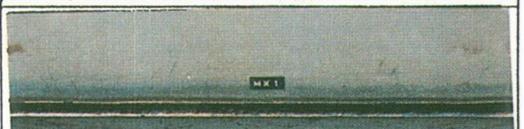
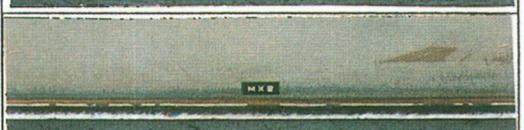
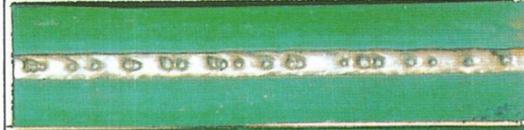
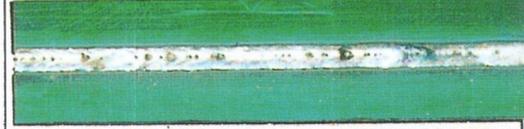
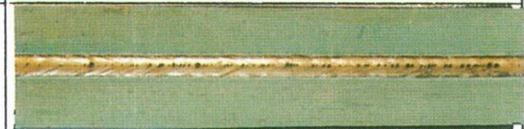
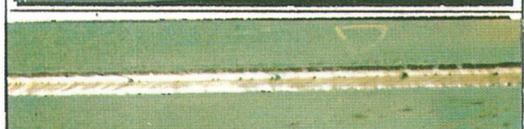
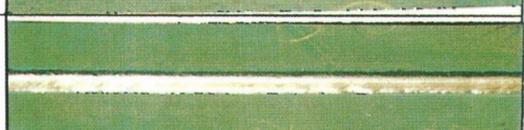
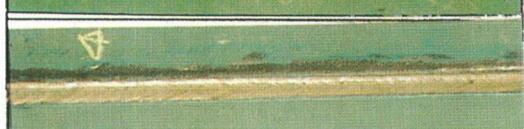
付録 9 ビード外観写真及びピット測定結果

ビード外観写真 (その 1)

溶接方法	プライマー種類	先行 後行	ピット数量※1 (個)	ピット点数		ビード外観写真
				※2	平均	
手	WP	先行	0	0	0	
			0			
			0			
		後行	0			
			0			
			0			
	ZP	先行	0	0	0	
			0			
			0			
		後行	0			
			0			
			0			
LZP	先行	0	0	0		
		0				
		0				
	後行	0				
		0				
		0				
SAW	WP	先行	6	5.4	50.3	
			4			
			18			
		後行	36			
			14			
			3			
	ZP	先行	22	44.5	26.5	
			19			
			2			
		後行	11			
			2			
			0			
LZP	先行	0	1.5	2.5		
		1				
		0				
	後行	1				
		2				
		0				

※1, 2 上段 径1mm以下... 0.5点 長さ330mm当り
 中段 1~2mm ... 1.5点
 下段 2mm以上... 2.5点

ビード外観写真 (その2)

溶接方法	プライマー	先行 後行	ビット数量※1 (個)	ビット点数	※2	ビード外観写真	
					平均		
CO ₂	WP	先行	26	26.5	21.2		
			9				
			0				
		後行	13	16			
			3				
			2				
	ZP	先行	0	0	0		
			0				
			0				
		後行	0	0			
			0				
			0				
LZP	先行	0	0	0.8			
		0					
		0					
	後行	3	1.5				
		0					
		0					
MISA	WP	先行	3	48.5	52.3		
			3				
			17				
		後行	25	56			
			9				
			12				
	ZP	先行	36	47	33		
			11				
			5				
		後行	15	19			
			6				
			1				
LZP	先行	0	0	0.3			
		0					
		0					
	後行	1	0.5				
		0					
		0					

※1, 2 上段 径1mm以下... 0.5点 長さ330mm当り
 中段 1~2mm ... 1.5点
 下段 2mm以上... 2.5点

付録10 ビード表面欠陥の発生状況 (グラフ)

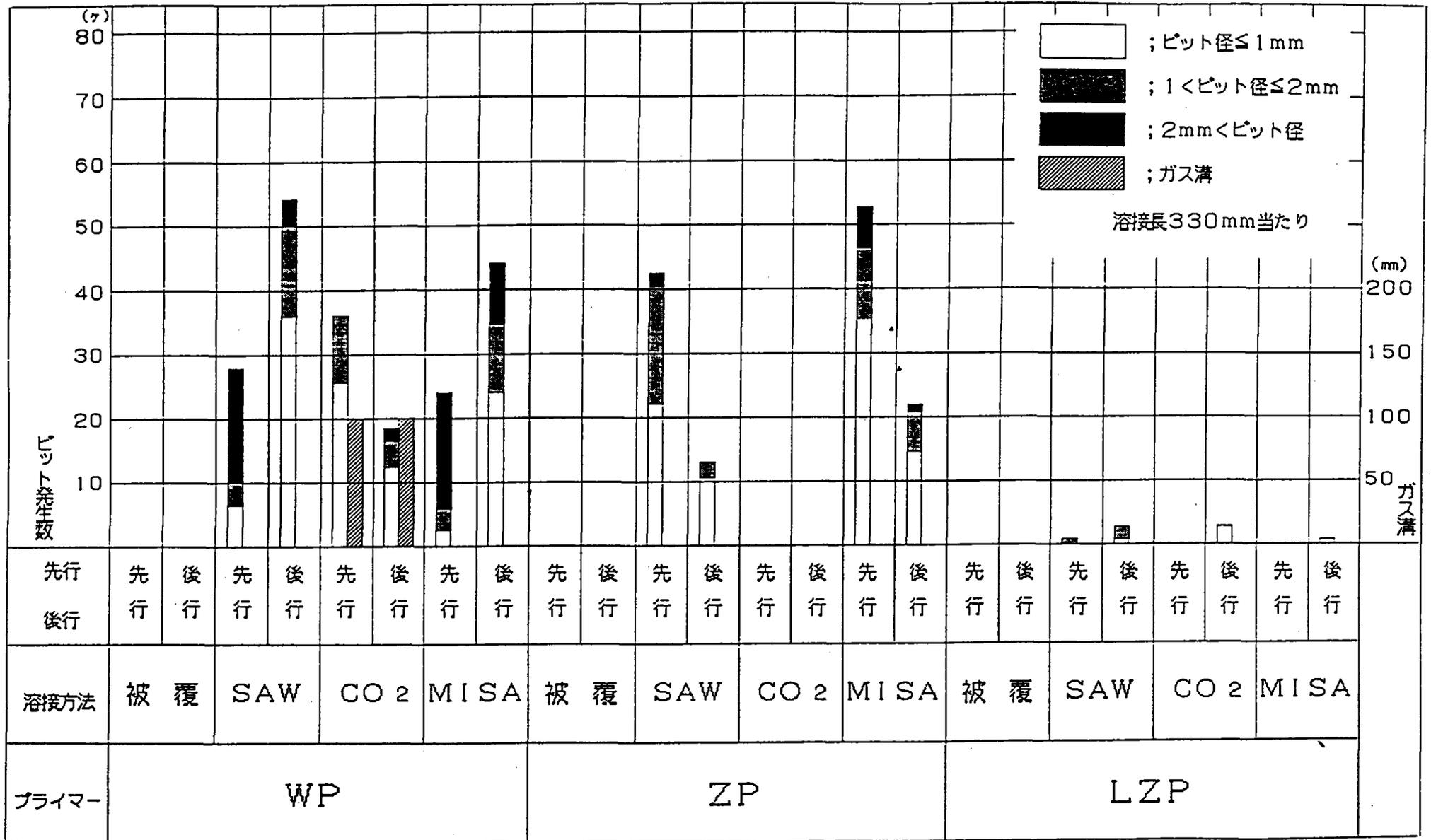
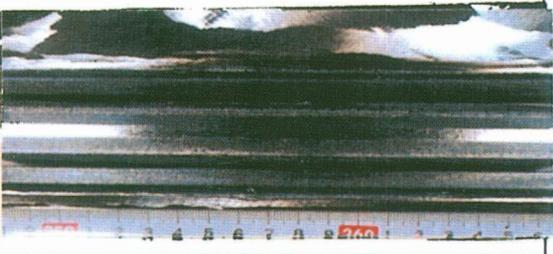
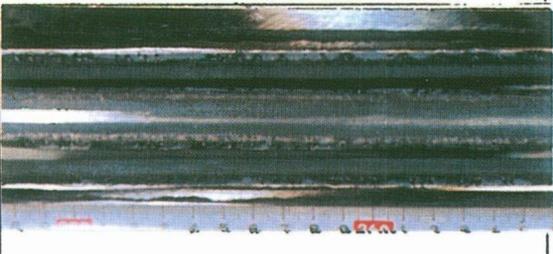
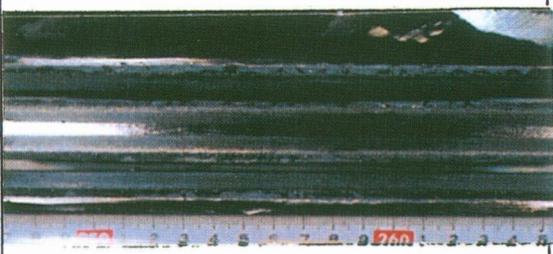
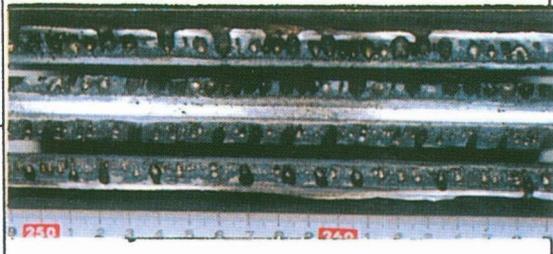
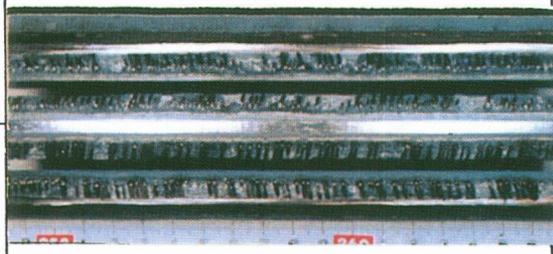
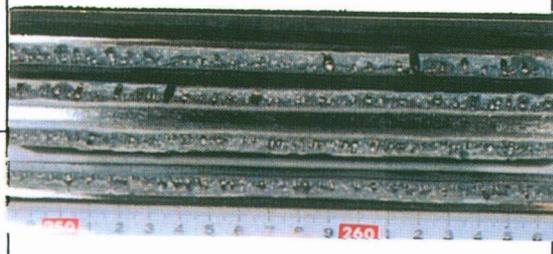


図-3 ビード表面欠陥 (ピット, ガス溝) の発生状況

破 面 試 験 (その 1)

溶接方法	プライマー	先行 後行	破 面 試 験	ブローホール 発生率 (%)
手	W P	先行		1. 8
		後行		
	Z P	先行		6. 7
		後行		
	L Z P	先行		4. 2
		後行		
S A W	W P	先行		44. 1
		後行		
	Z P	先行		31. 7
		後行		
	L Z P	先行		12. 6
		後行		

破 面 試 験 (その2)

溶接方法	プライマー	先 後 行 行	破 面 試 験	ブローホール 発生率(%)
CO ₂	WP	先 行		19.8
		後 行		
	ZP	先 行		5.0
		後 行		
	LZP	先 行		12.0
		後 行		
MISA	WP	先 行		30.0
		後 行		
	ZP	先 行		25.2
		後 行		
	LZP	先 行		17.0
		後 行		

付録 1 2 ブローホールの発生率 (グラフ)

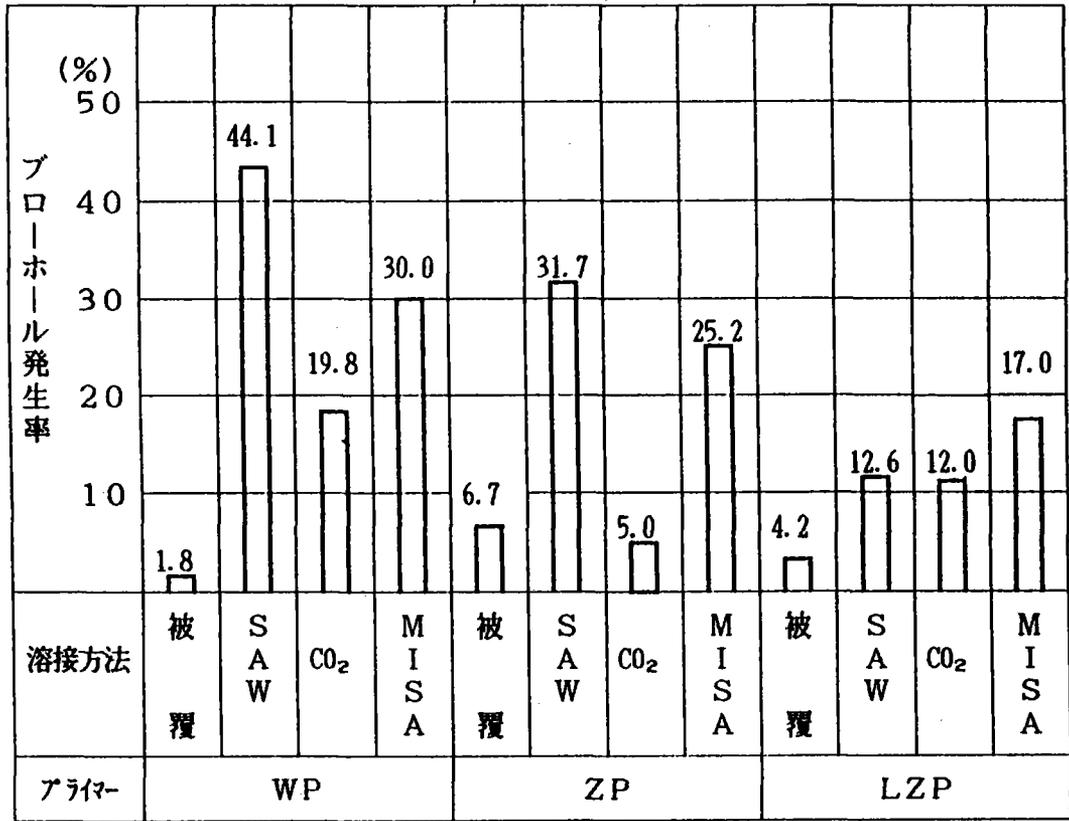
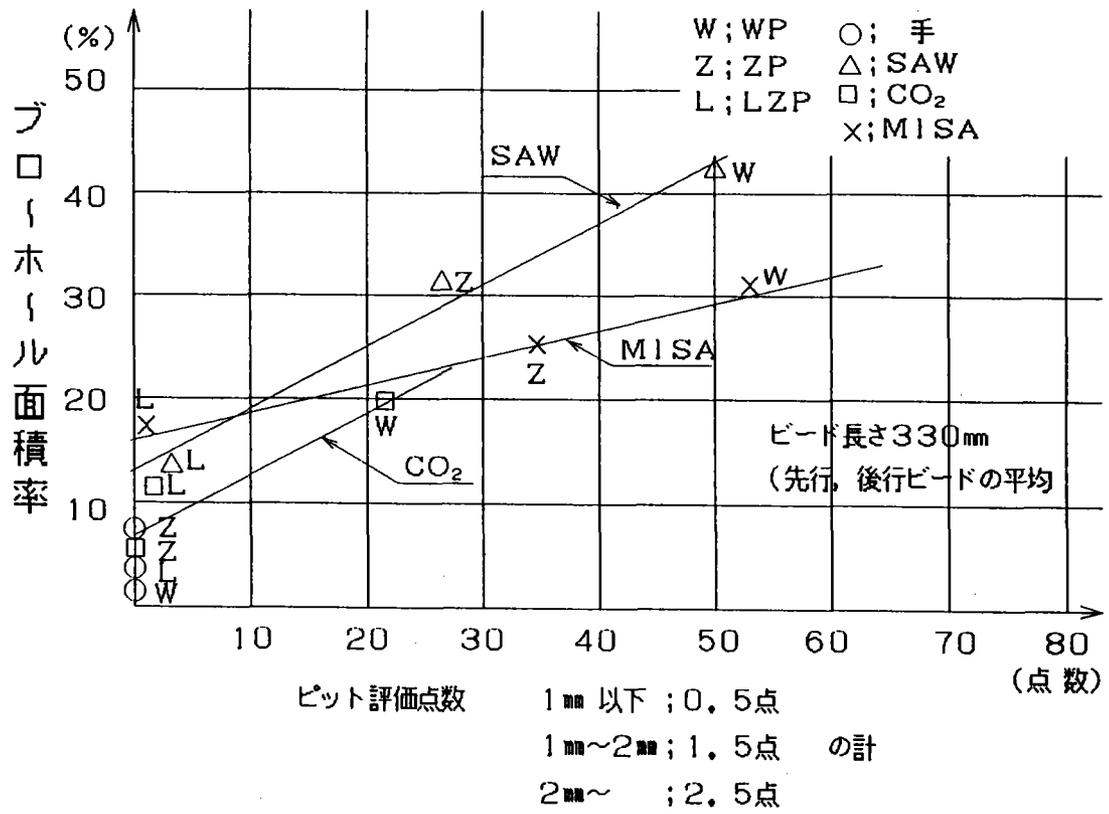


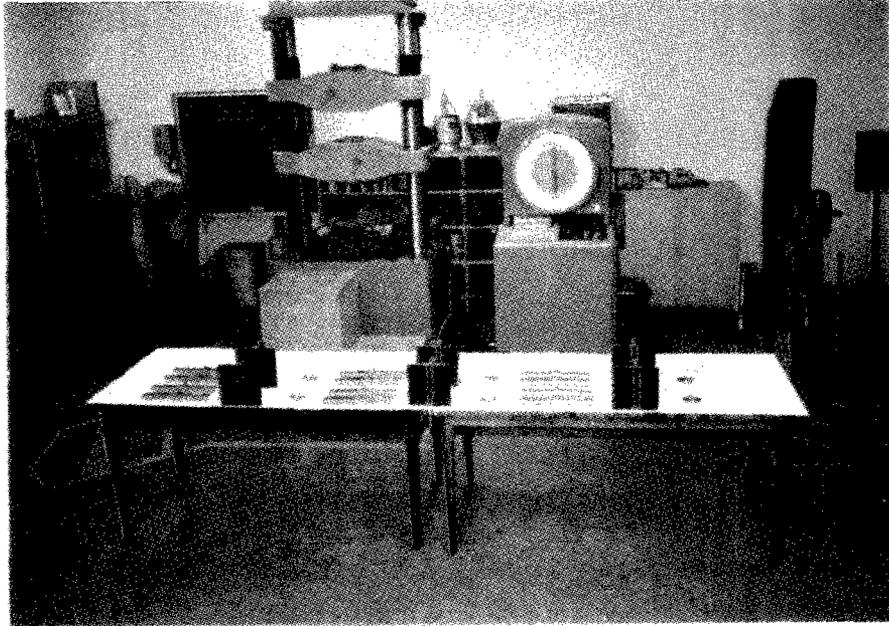
図-4 ブローホール発生率

付録13 ピットとブローホール面積率の関係 (グラフ)

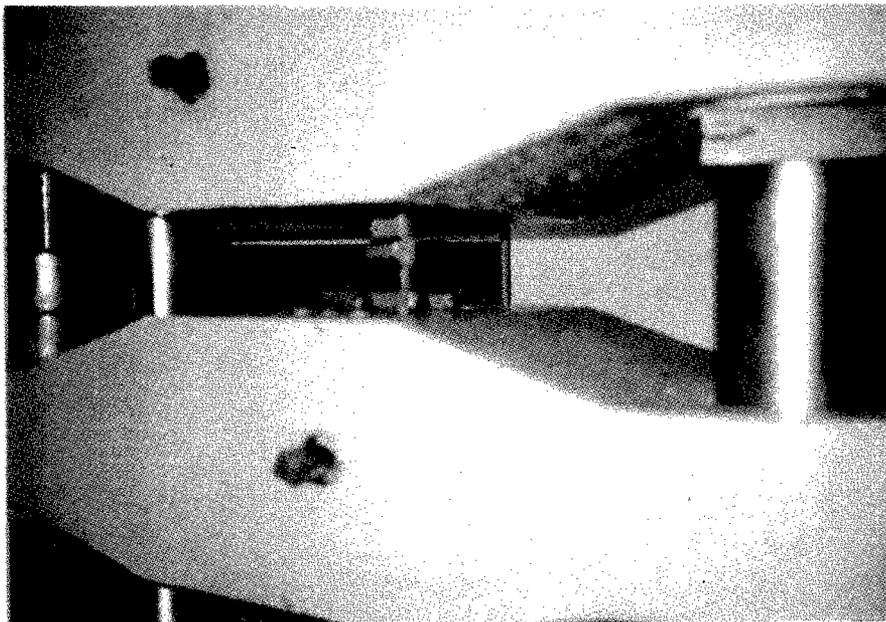


図一1 ピットの発生状況とブローホール面積率

付録14 引張り試験の状況写真



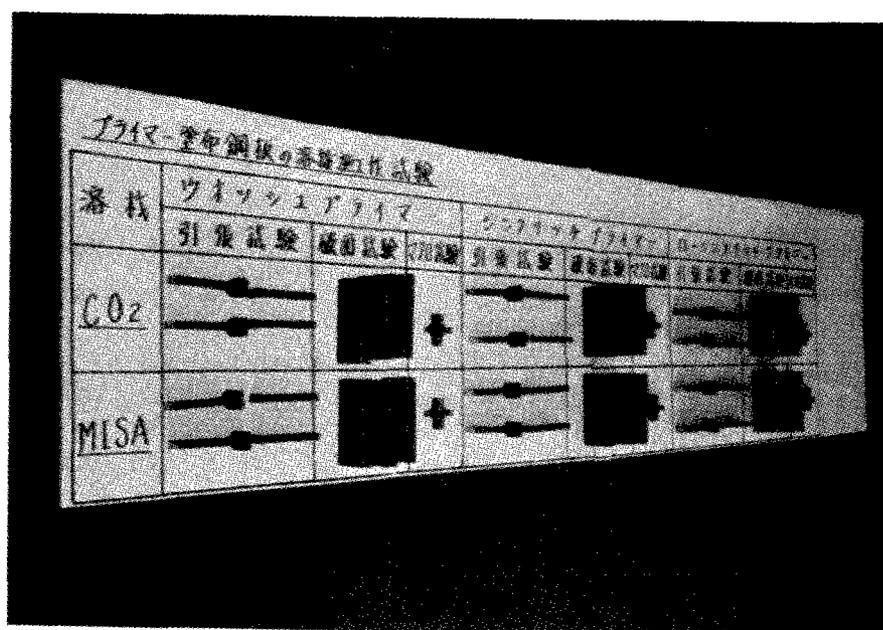
試 験 前 全 景



引 張 り 試 験



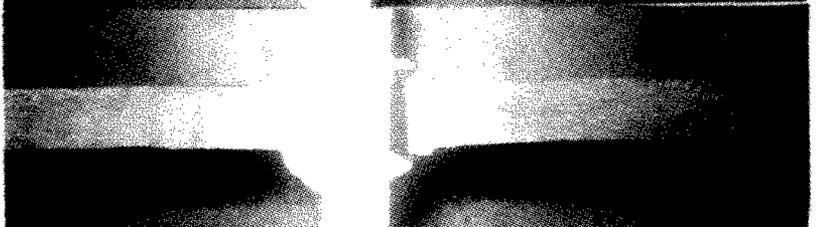
破 面 試 験



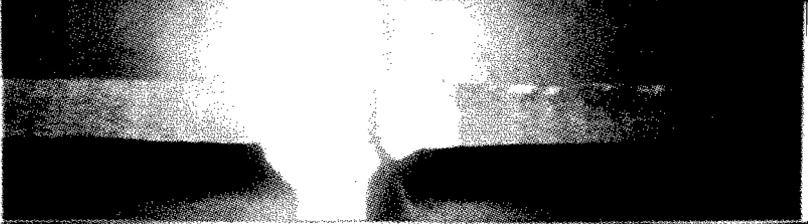
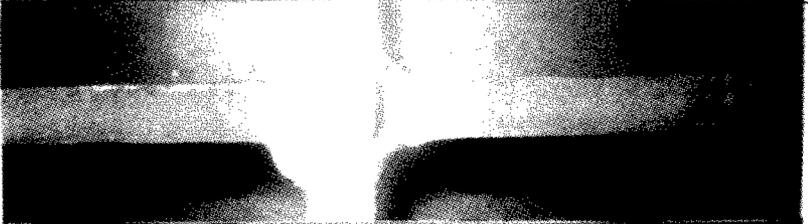
試 験 後 全 景

付録 1 5 引張り試験片写真

引張試験写真 (その 1)

溶接方法	プライマー	繰り返し	引張試験片
手	W P	1	
		2	
	Z P	1	
		2	
	L Z P	1	
		2	

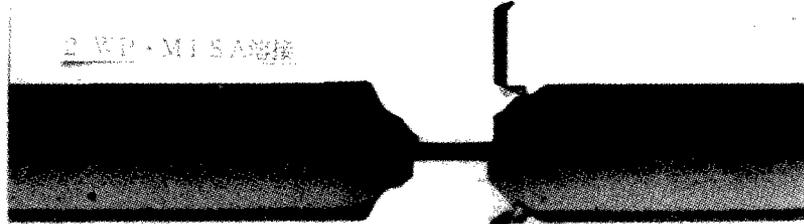
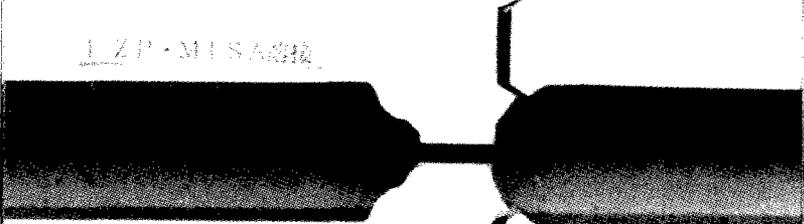
引張試験写真 (その2)

溶接方法	プライマー	繰り返し	引張試験片
S A W	W P	1	
		2	
	Z P	1	
		2	
	L Z P	1	
		2	

引張試験写真 (その3)

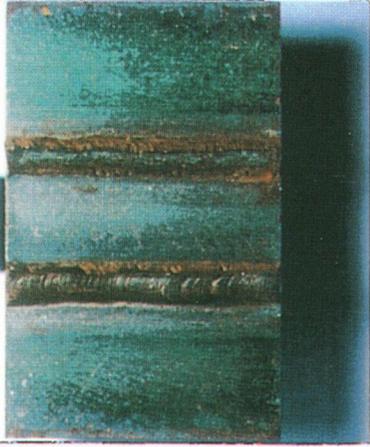
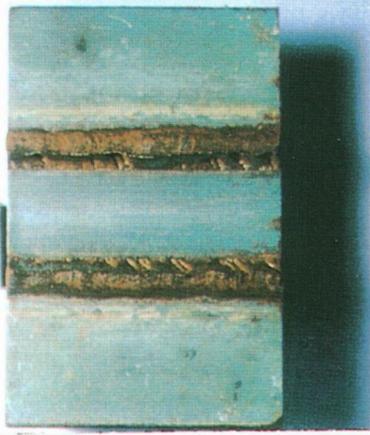
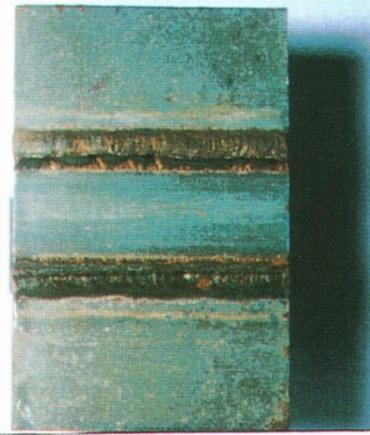
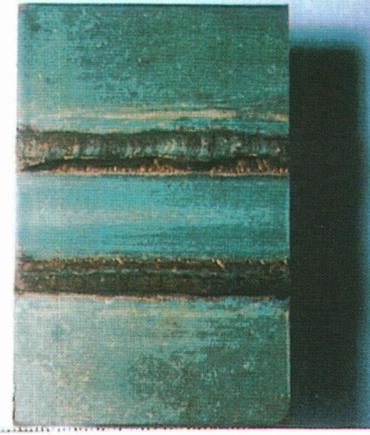
溶接方法	プライマ-	繰り返し	引張試験片
C O 2	W P	1	
		2	
	Z P	1	
		2	
	L Z P	1	
		2	

引張試験写真 (その4)

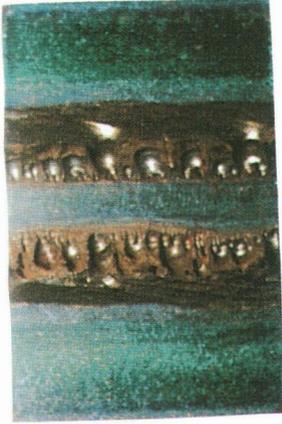
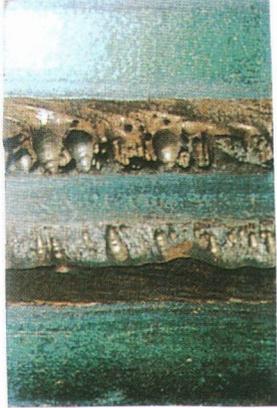
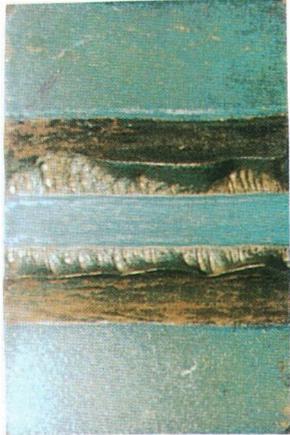
溶接方法	プライマー	繰り返し	引張試験片
MISA	W P	1	
		2	
	Z P	1	
		2	
	L Z P	1	
		2	

付録 1 6 引張り試験片の破断面写真

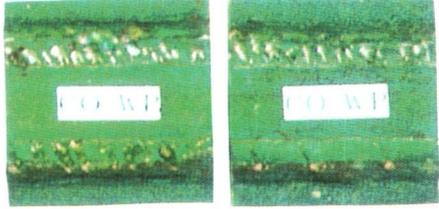
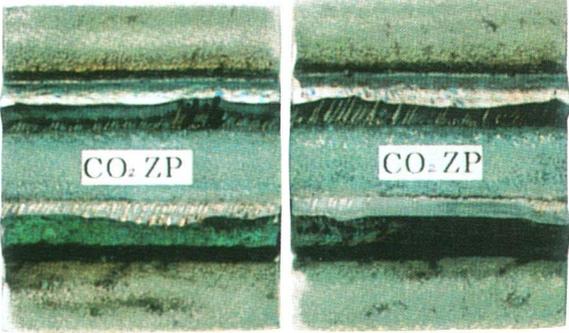
引張試験の破面写真 (その 1)

溶接方法	プライマー	引張試験の破面写真	
		1	2
手	W P		
	Z P		
	L Z P		

引張試験の破面写真（その2）

溶接方法	プライマー	引張試験の破面写真	
		1	2
S A W	W P		
	Z P		
	L Z P		

引張試験の破面写真（その3）

溶接方法	プライマ-	引張試験の破面写真	
		1	2
C O 2	W P		
	Z P		
	L Z P		

引張試験の破面写真（その4）

溶接方法	プライマ-	引張試験の破面写真	
		1	2
MISA	W P		
	Z P		
	L Z P		

付録17 引張り強度（総断面積、純断面積）

溶接方法	溶接方法	繰返し	A 破断荷重 (N)	B 実際のど厚 (mm)	C ブロー- ホ-ル面積 率(%)	D 板幅 (mm)	E=2×D×B 総のど断面積 (mm ²)	F=E×(1-D) 純のど断面積 (mm ²)	G=A/E 全引張強さ (MPa)	H=A/F 純引張強さ (MPa)
手	WP	1	274,890	4.6	2.4	50	460	449	598	612
		2	256,760	4.7	5.7		470	448	546	573
	ZP	1	250,390	5.0	20.4		500	398	501	629
		2	256,760	4.8	10.6		480	429	535	598
	LZP	1	266,070	4.5	2.9		450	442	591	602
		2	271,460	4.7	6.6		470	439	578	618
SAW	WP	1	243,040	8.0	52.6	50	800	397	304	612
		2	187,180	7.6	33.0		760	504	246	371
	ZP	1	264,600	7.4	49.7		740	370	358	715
		2	310,660	6.8	40.0		680	405	456	767
	LZP	1	312,130	7.0	21.5		700	549	446	569
		2	—	—	—		—	—	—	—
CO ₂	WP	1	151,844	5.2	25.2	40	416	308	365	493
		2	169,592	5.2	19.1		416	336	408	504
	ZP	1	230,010	5.7	1.0		456	451	504	510
		2	226,840	5.4	1.0		432	428	525	530
	LZP	1	216,920	5.8	7.1		464	431	468	503
		2	227,766	5.8	3.8		464	446	490	511
MISA	WP	1	157,760	4.4	22.3	40	352	270	453	584
		2	173,536	4.5	12.9		360	314	482	553
	ZP	1	161,704	4.5	19.5		360	290	449	558
		2	150,858	4.4	21.9		352	275	429	549
	LZP	1	188,326	4.5	4.2		360	345	523	546
		2	180,438	4.6	5.6		368	344	496	525

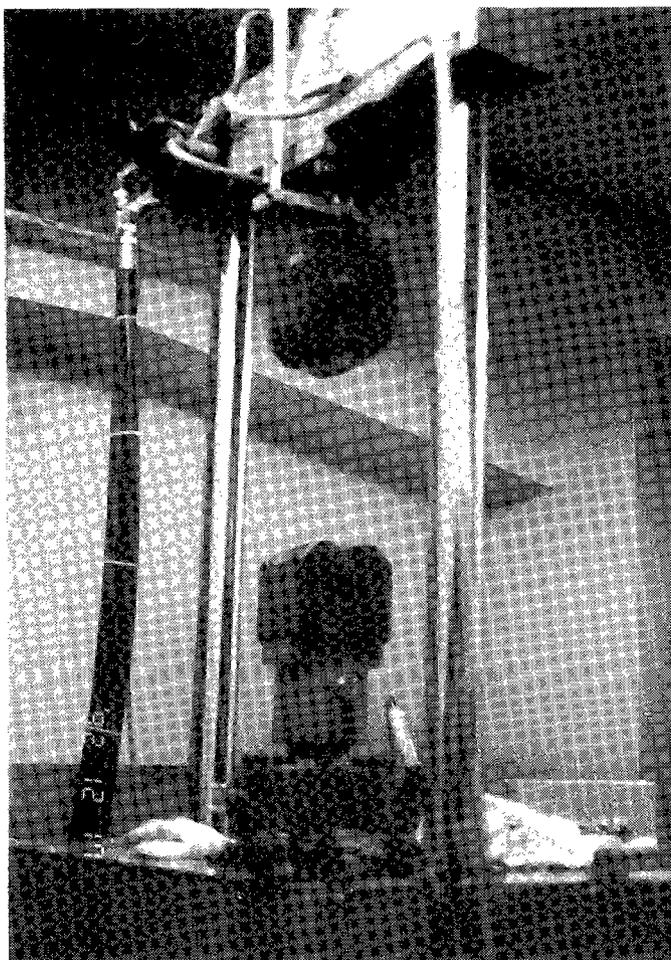
付録18 疲労試験結果一覧

疲労試験結果一覧

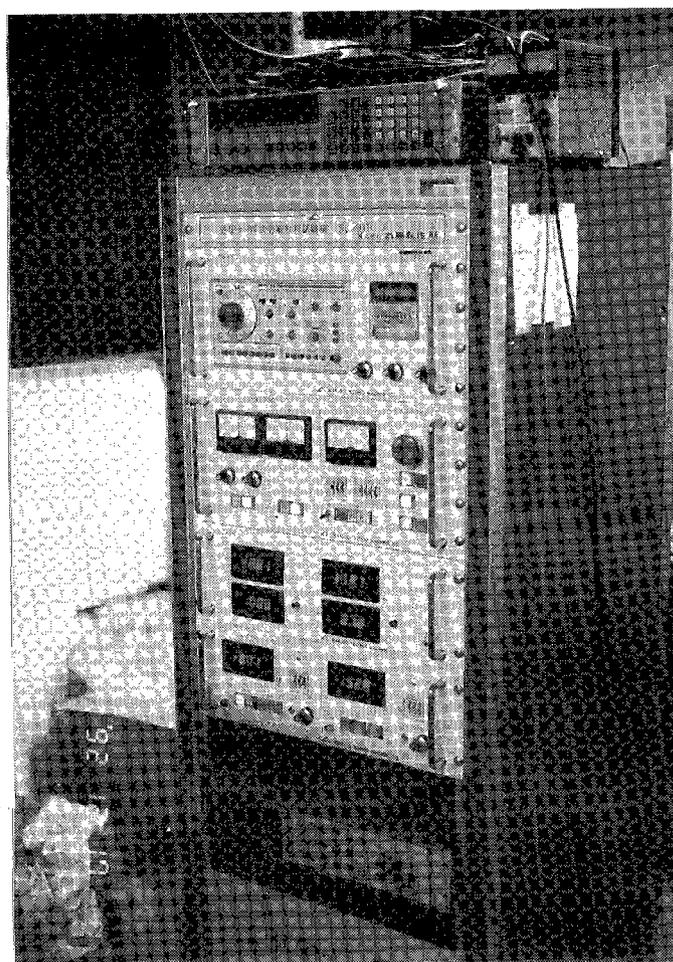
試験体	荷重 (tf)	荷重繰返し数 ($\times 10^3$)	総のど断面応力範囲 ／純のど断面応力範囲 (MPa)	
F G	1-1	5.0~9.0	213	106.2 / 106.2
	1-2	6.6~9.0	1,053	62.6 / 62.6
	1-3	7.4~9.0	5,428	42.2 / 42.2
	1-4	4.4~9.0	109	123.4 / 123.4
	1-5	6.5~9.0	721	66.3 / 66.3 (ヒ'-フマ-ク)
	1-6	7.8~9.0	12,761	30.4 / 30.4
F P	2-1	4.6~7.0	59	64.9 / 163.1
	2-2	5.5~7.0	363	41.0 / 80.3
	2-3	6.0~7.0	5,356	28.4 / 50.2
	2-4	6.2~7.0	7,080	21.7 / 35.9
	2-5	4.8~7.0	129	51.6 / 91.6
	2-6	5.7~7.0	2,015	30.4 / 68.7
	2-7	5.6~7.0	650	39.2 / 76.7 (ヒ'-フマ-ク)
S G	3-1	6.7~9.0	666	73.6 / 73.6
	3-2	5.2~9.0	151	120.1 / 120.1
	3-3	7.5~9.0	1,984	49.0 / 49.0
	3-4	5.8~8.5	565	84.5 / 84.5
	3-5	6.4~8.5	1,343	66.5 / 66.5 (ヒ'-フマ-ク)
	3-7	8.0~9.0	18,727	28.5 / 28.5
S P	4-2	5.8~8.5	506	84.0 / 85.5
	4-3	6.9~8.5	1,835	51.1 / 51.7
	4-4	7.4~8.5	15,383	33.9 / 34.2
	4-5	5.5~8.5	357	93.0 / 93.8
	4-6	5.1~8.5	247	109.6 / 113.9
	4-7	6.4~8.5	1,197	65.4 / 66.7 (ヒ'-フマ-ク)

付録19 疲労試験機(写真)

疲労試験に
用いた試験機

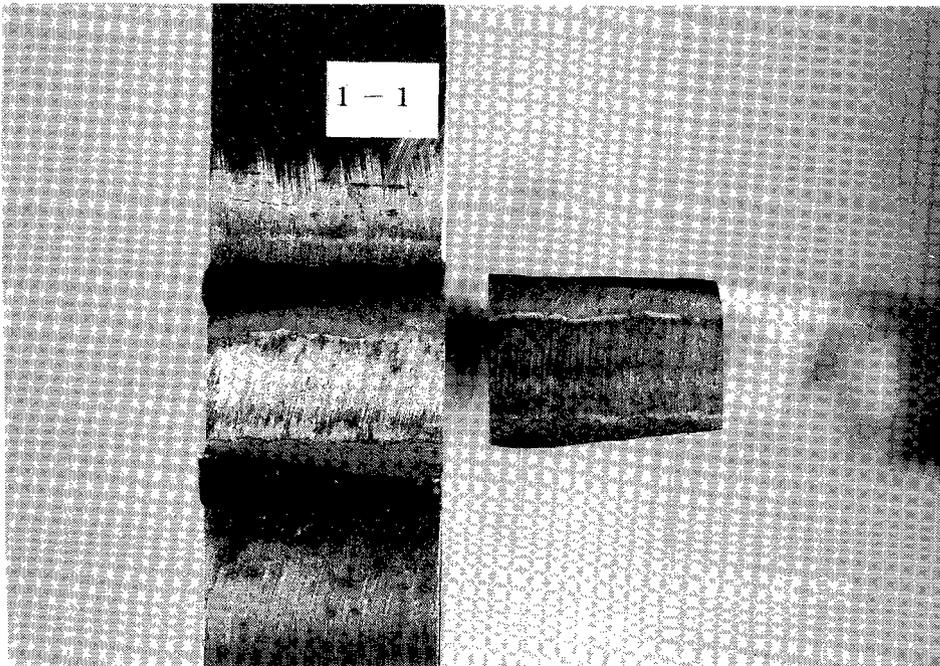
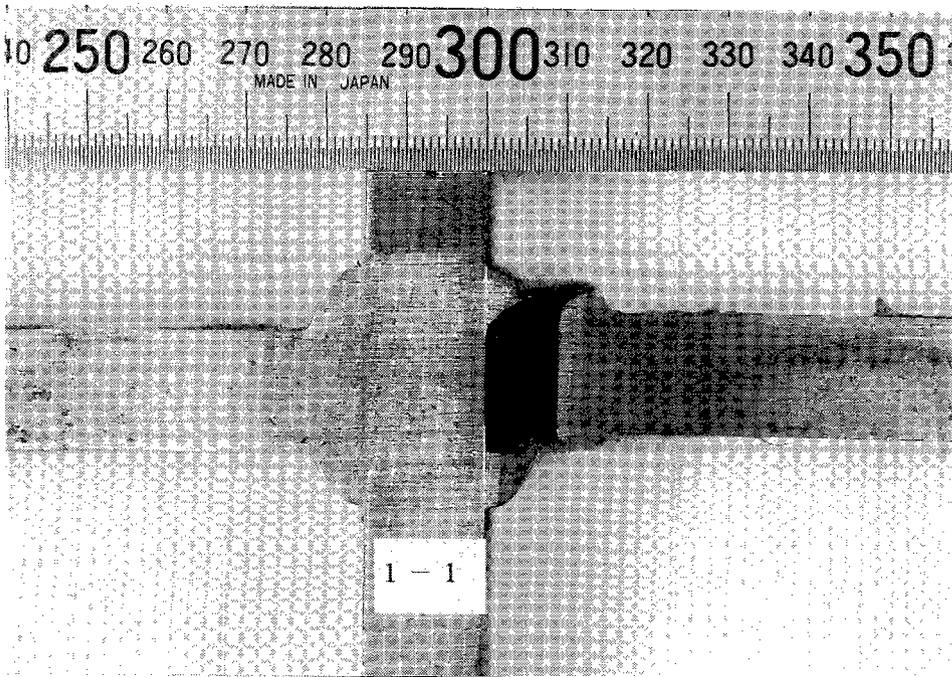


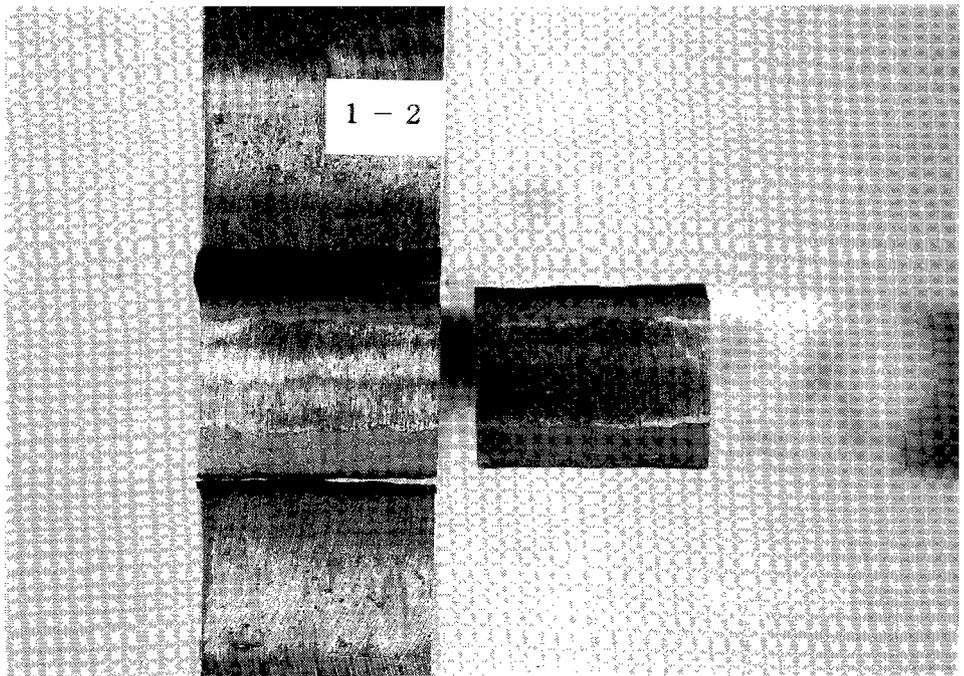
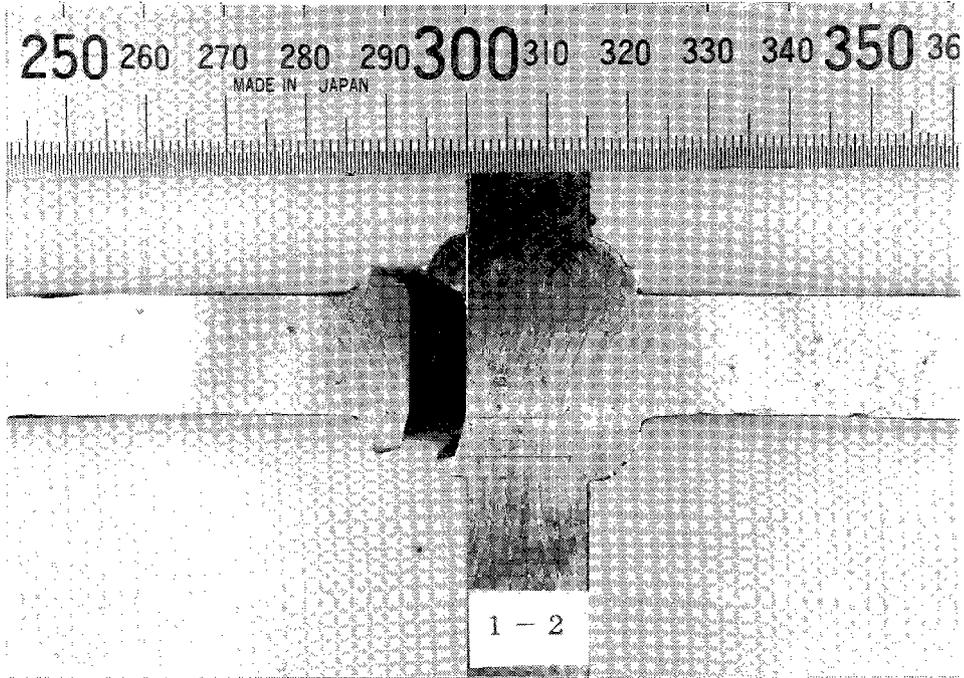
制御装置

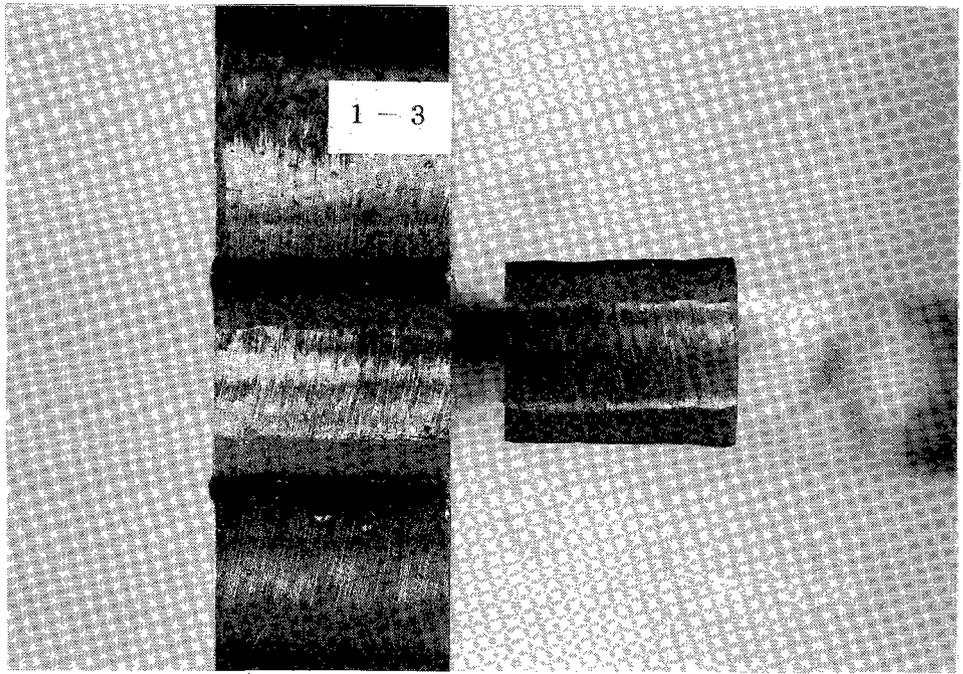
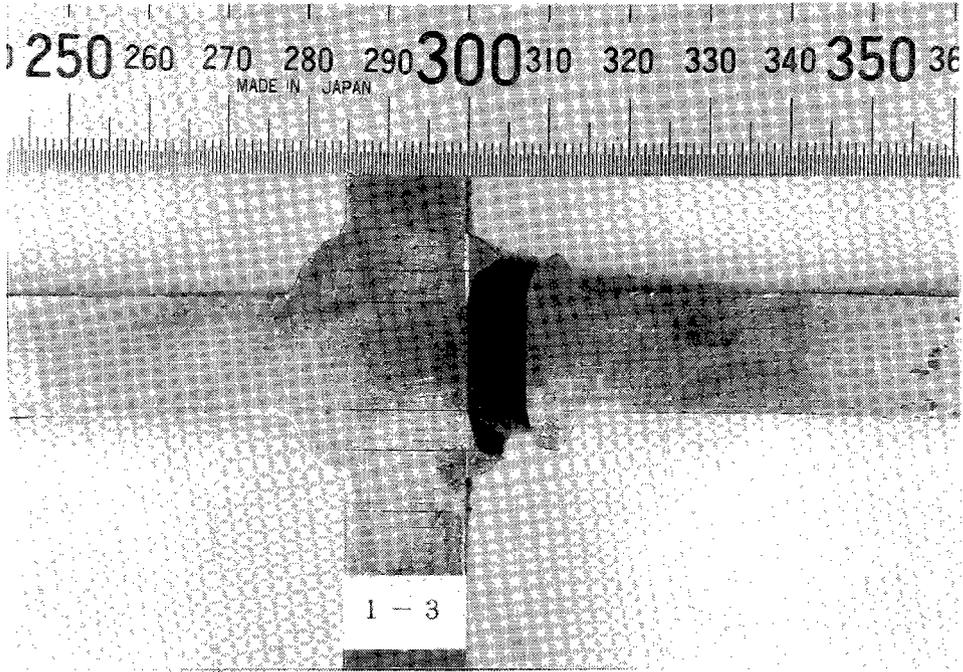


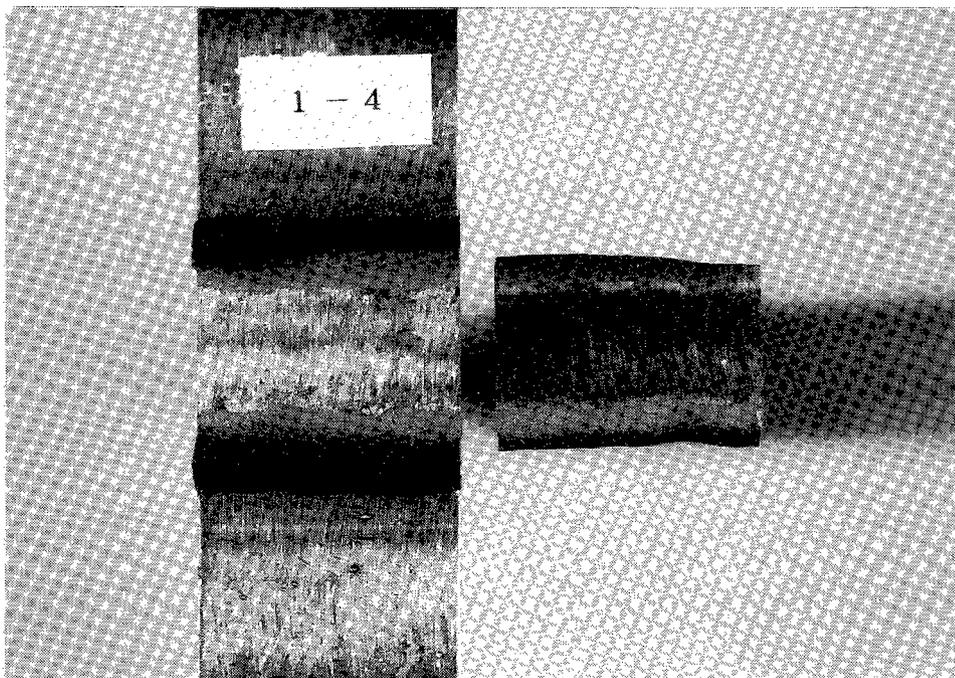
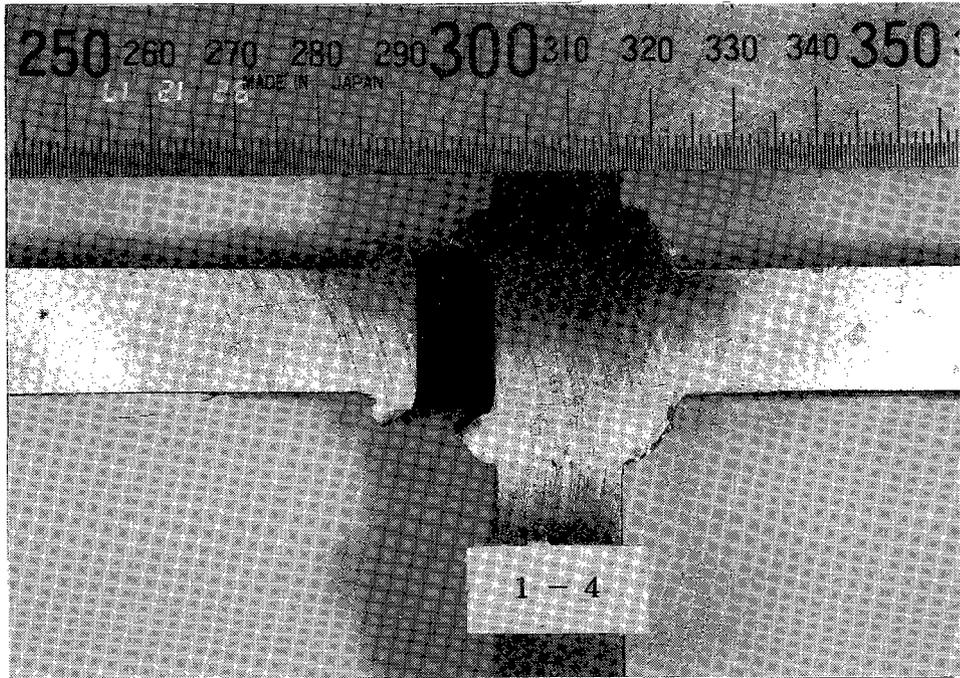
付録20 破面写真

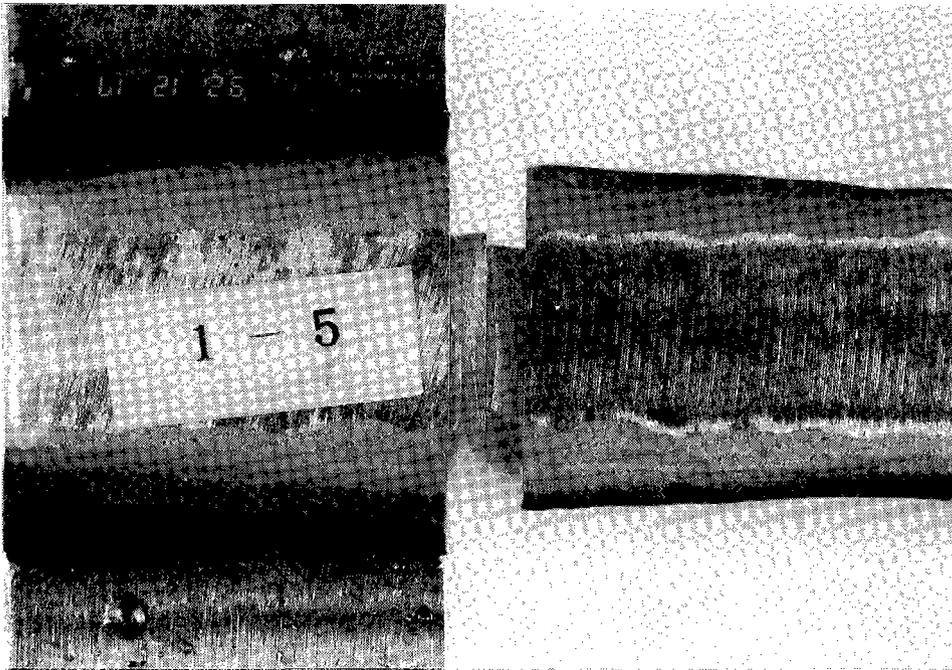
疲労破断面

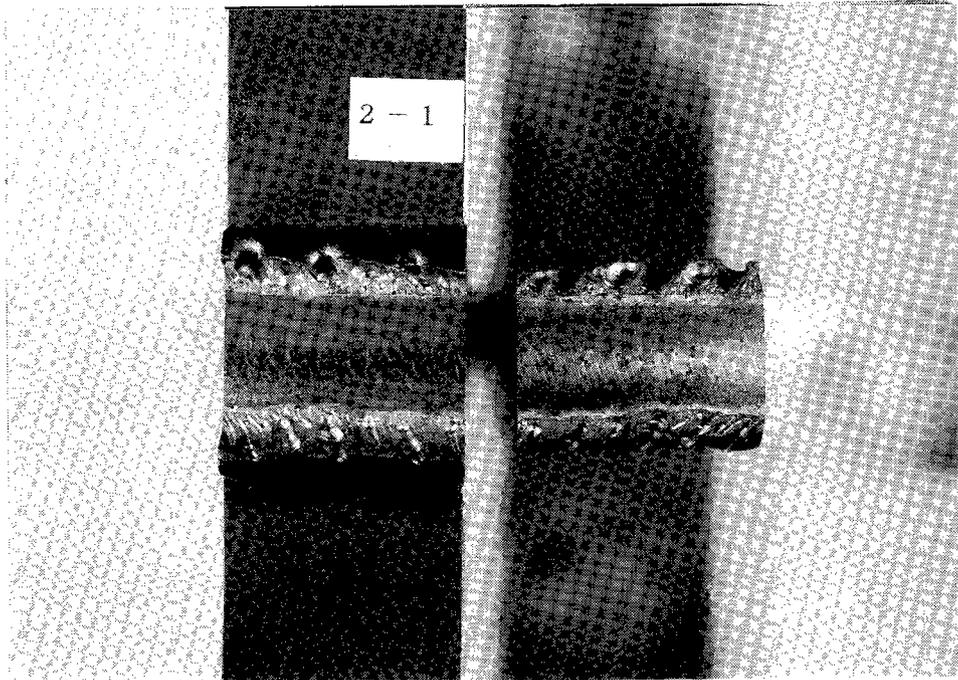
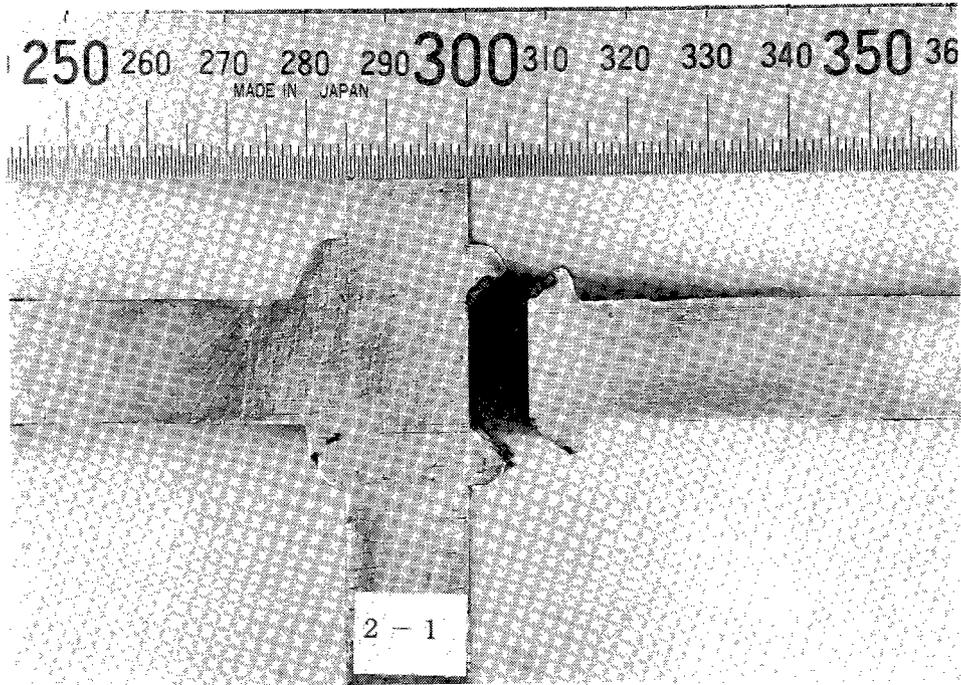


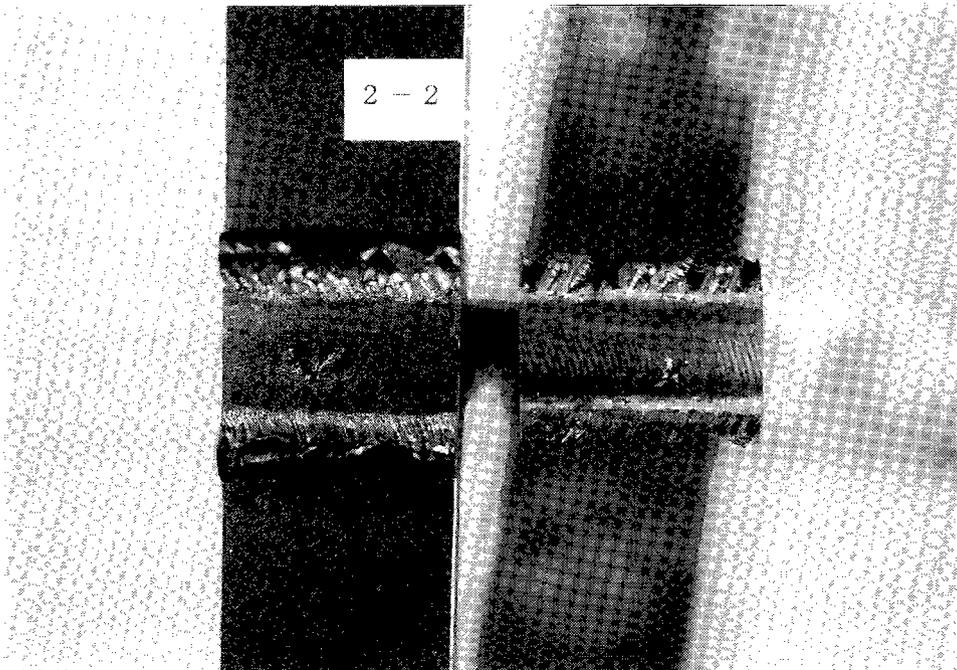
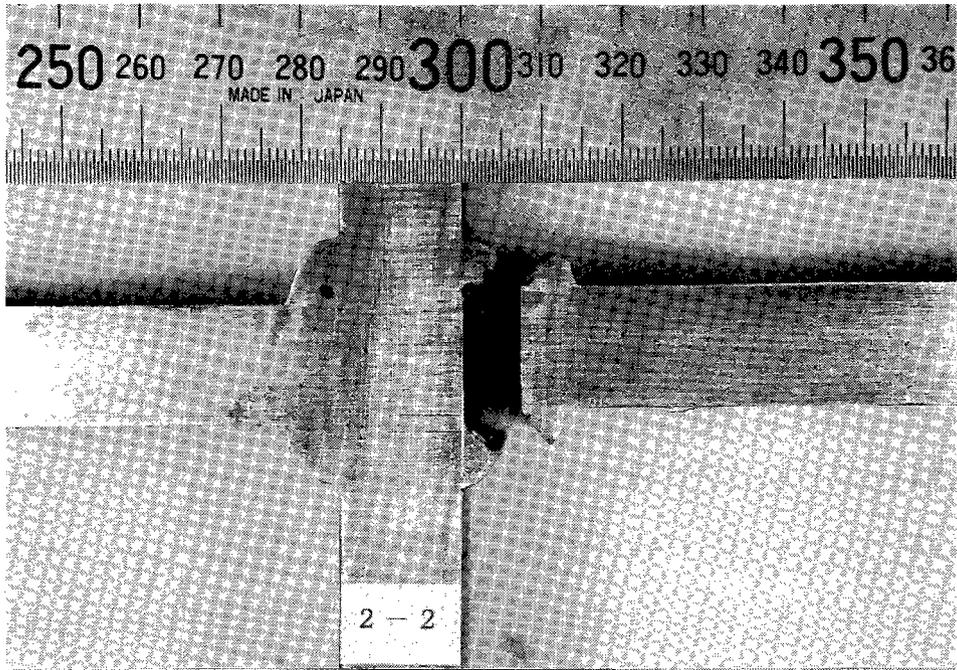


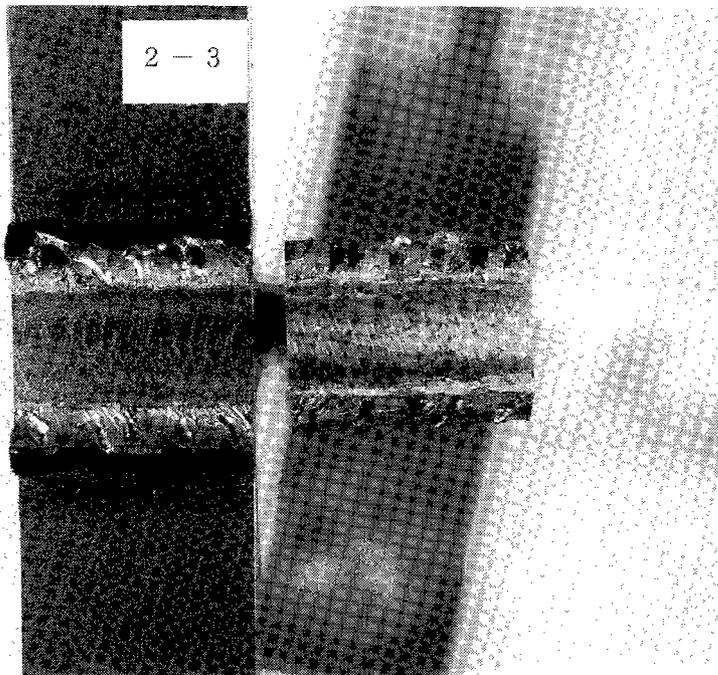
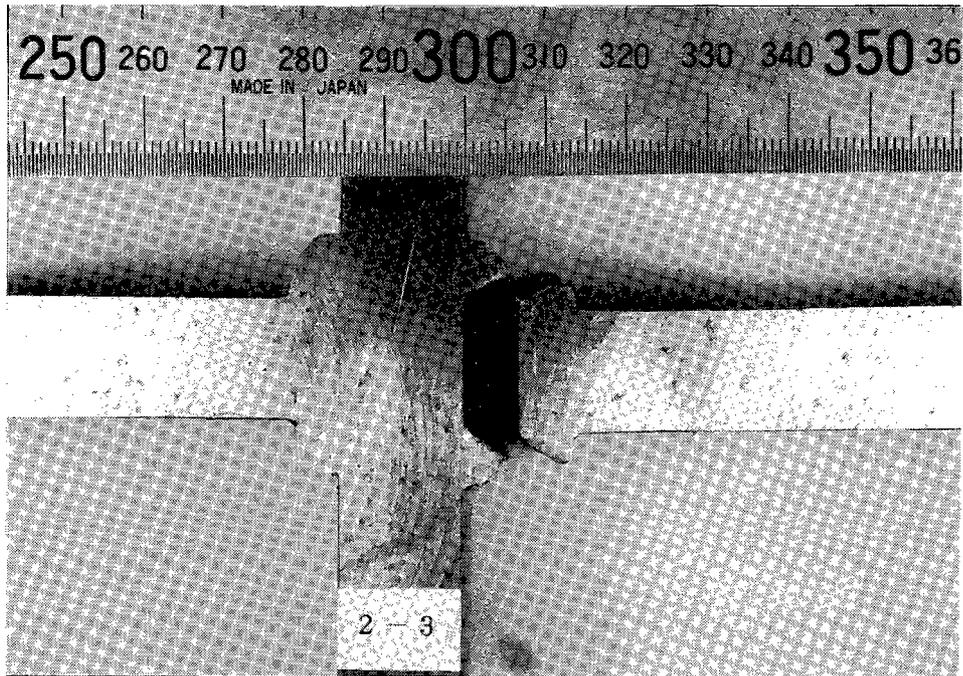


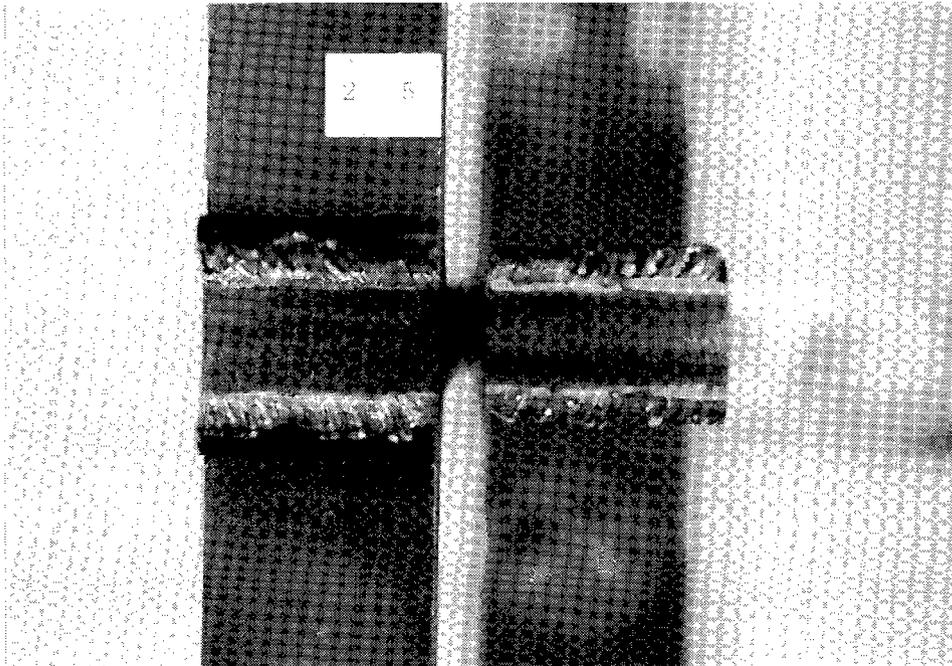
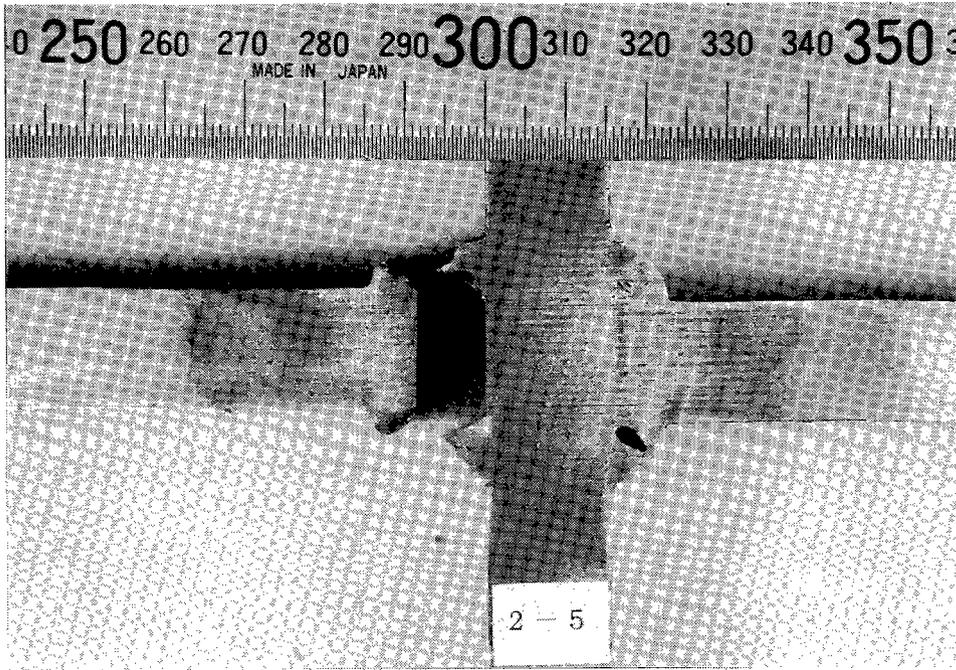


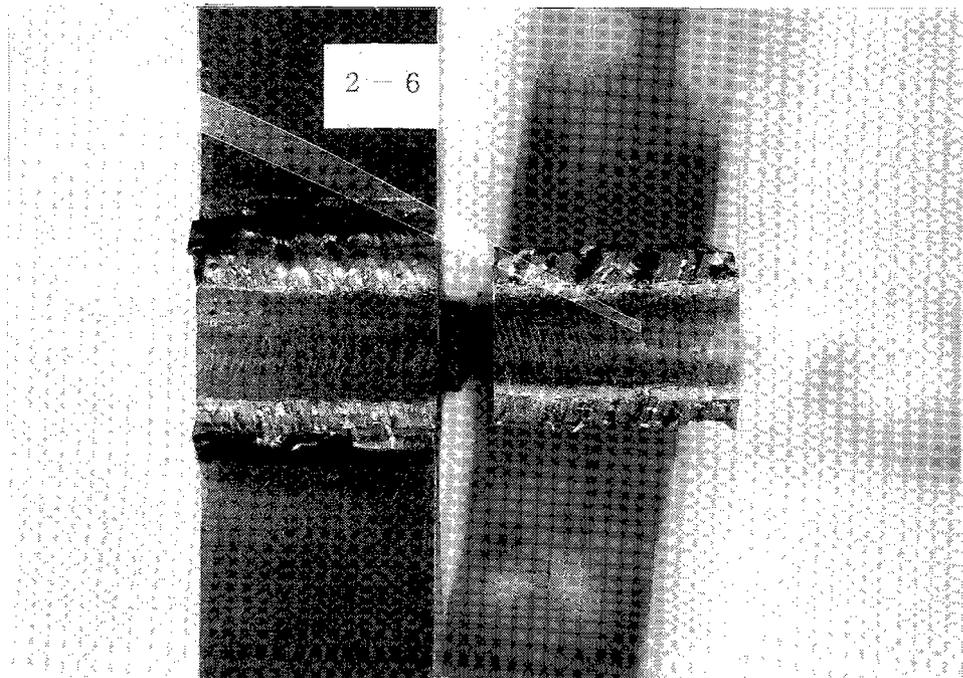
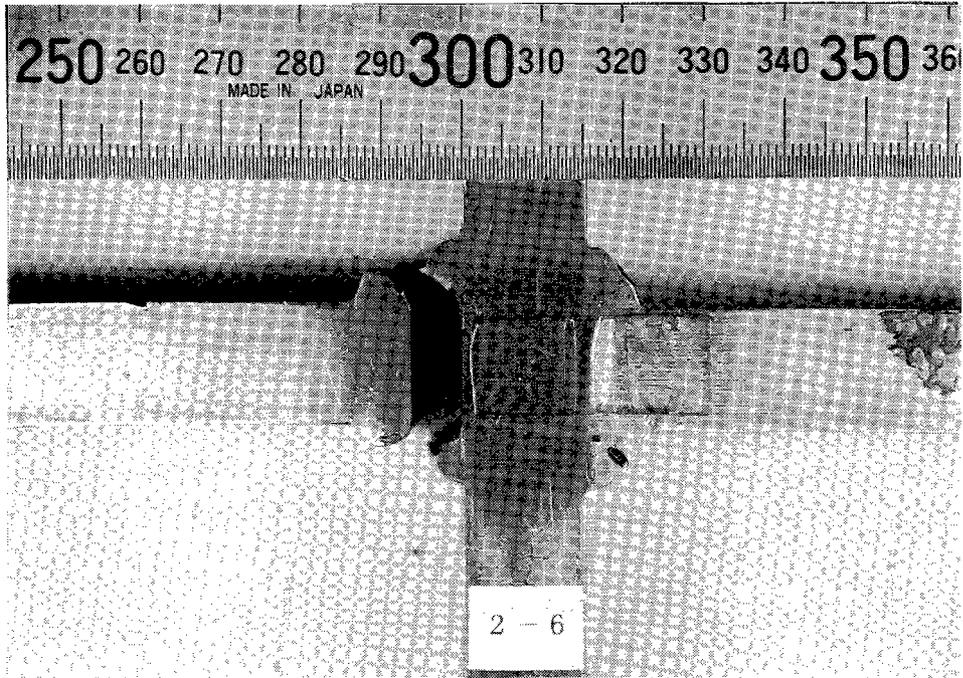


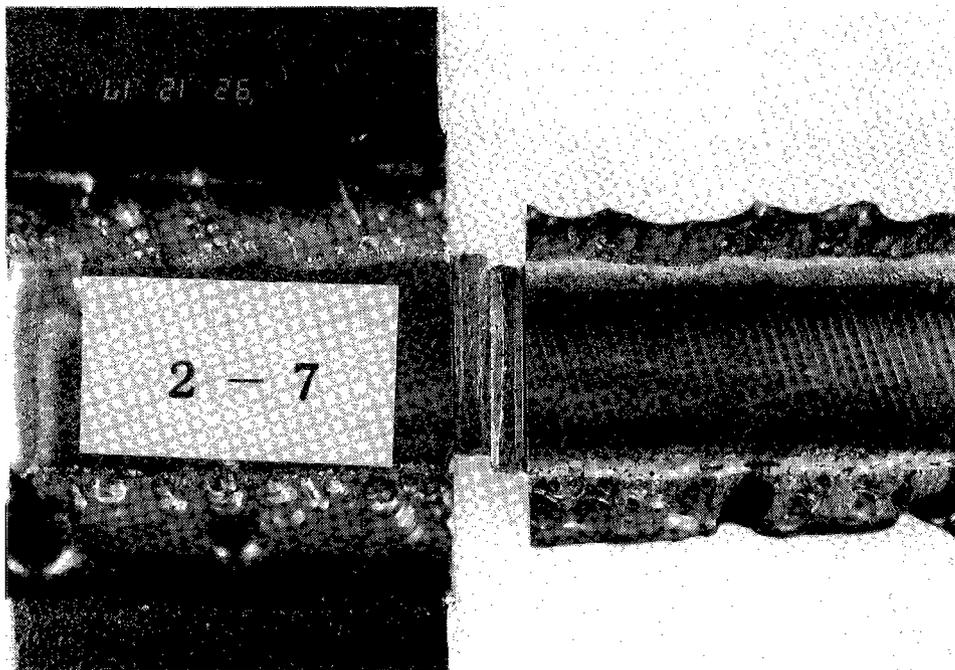


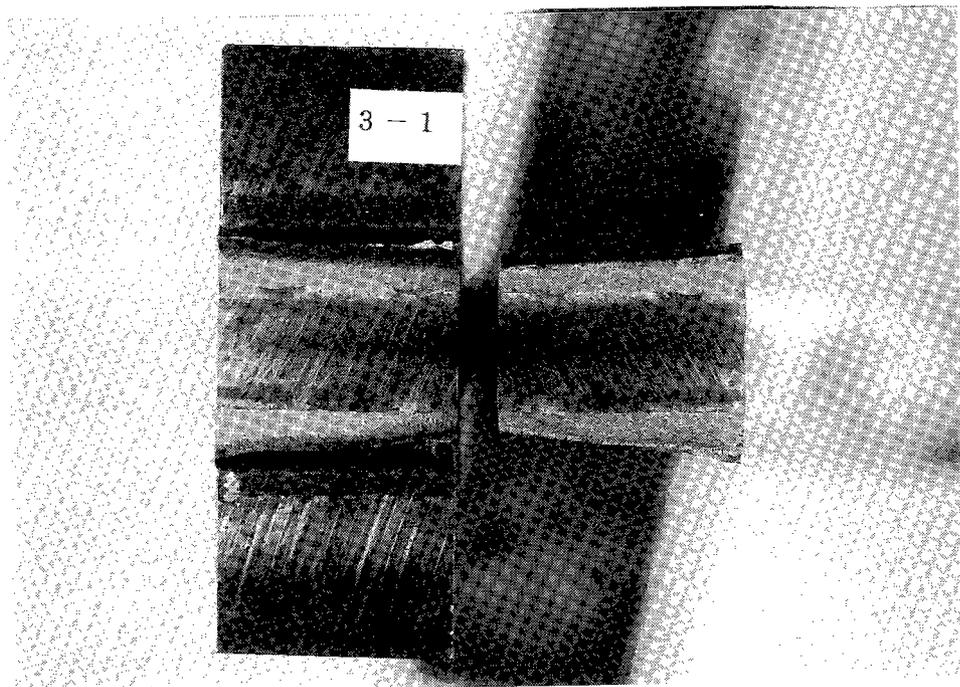
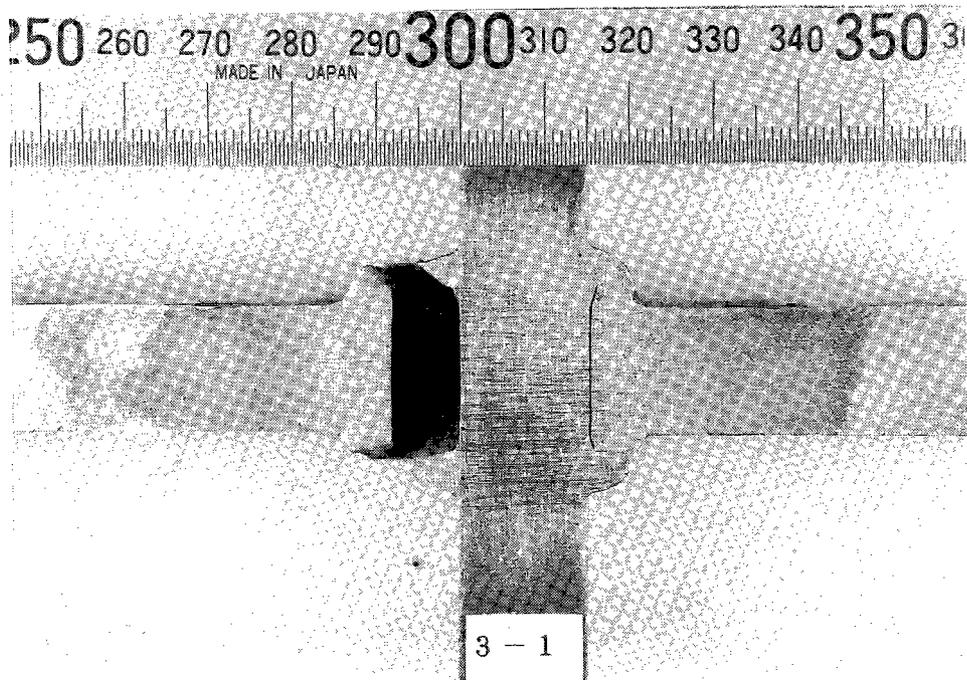


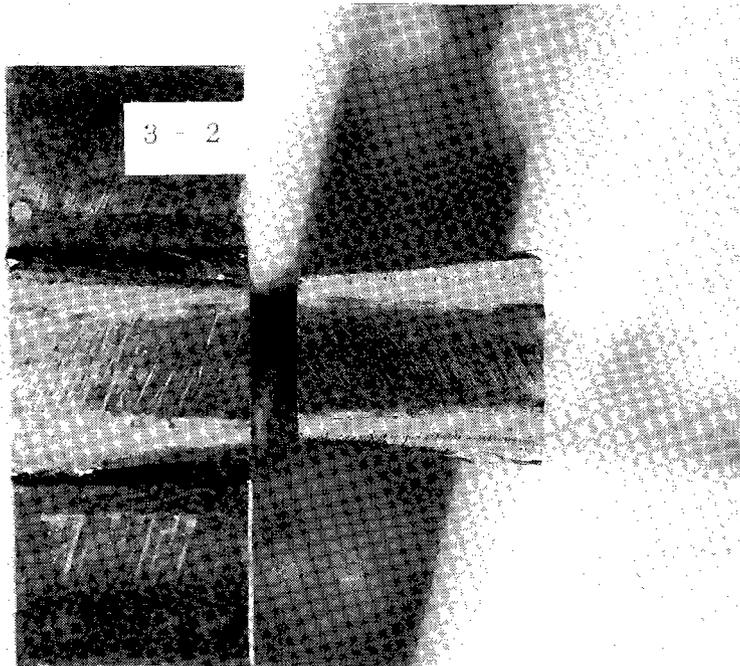
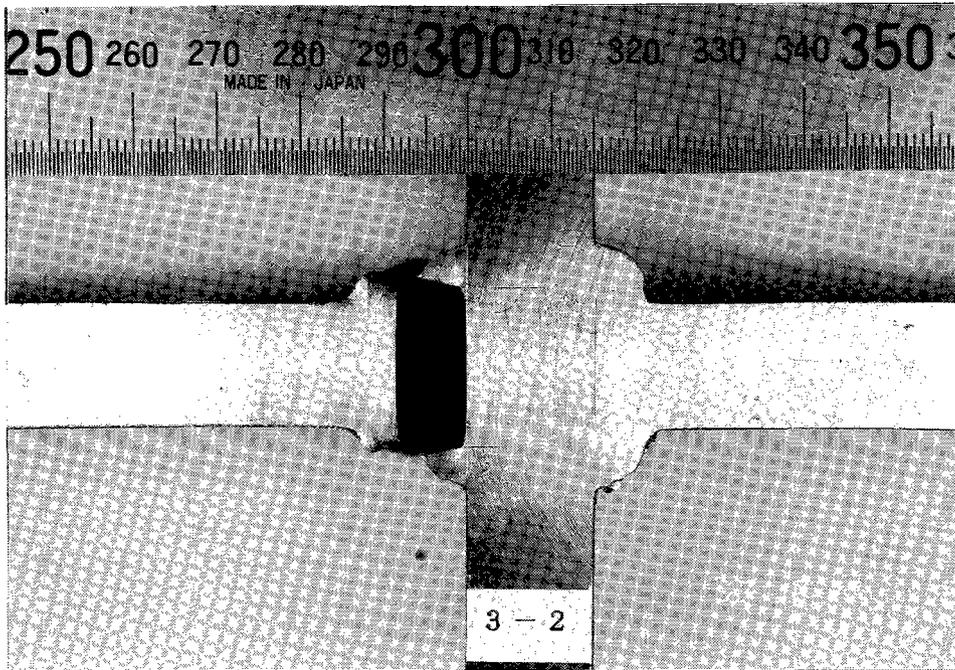


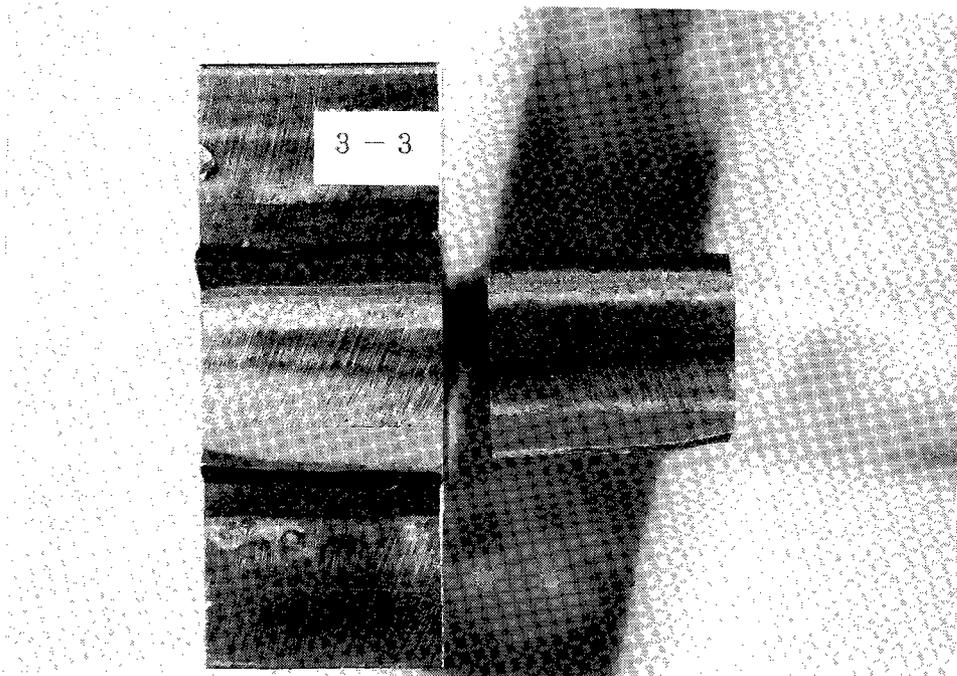
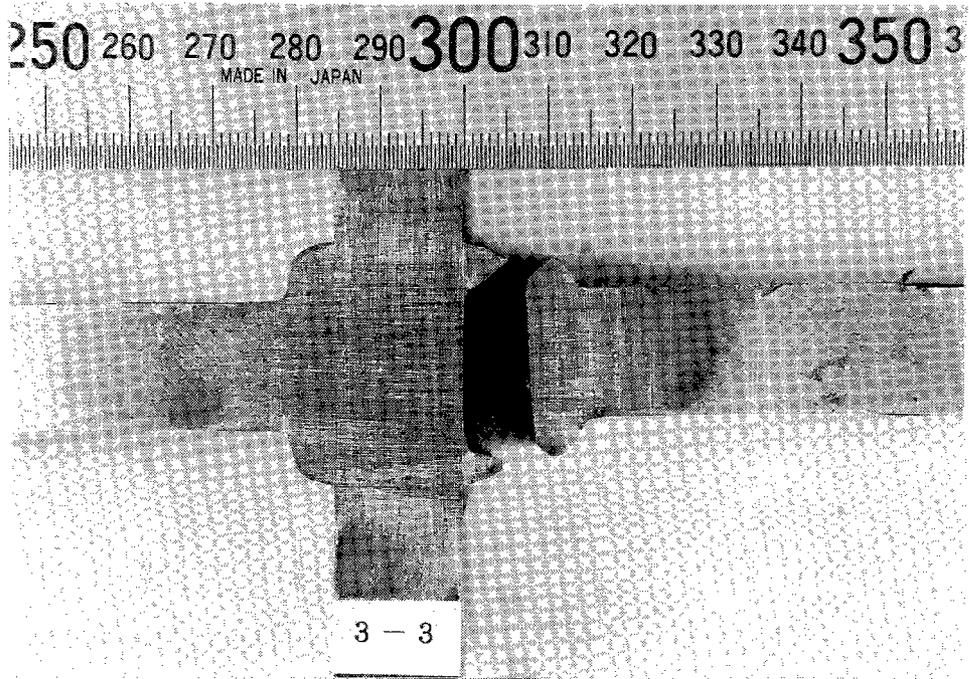


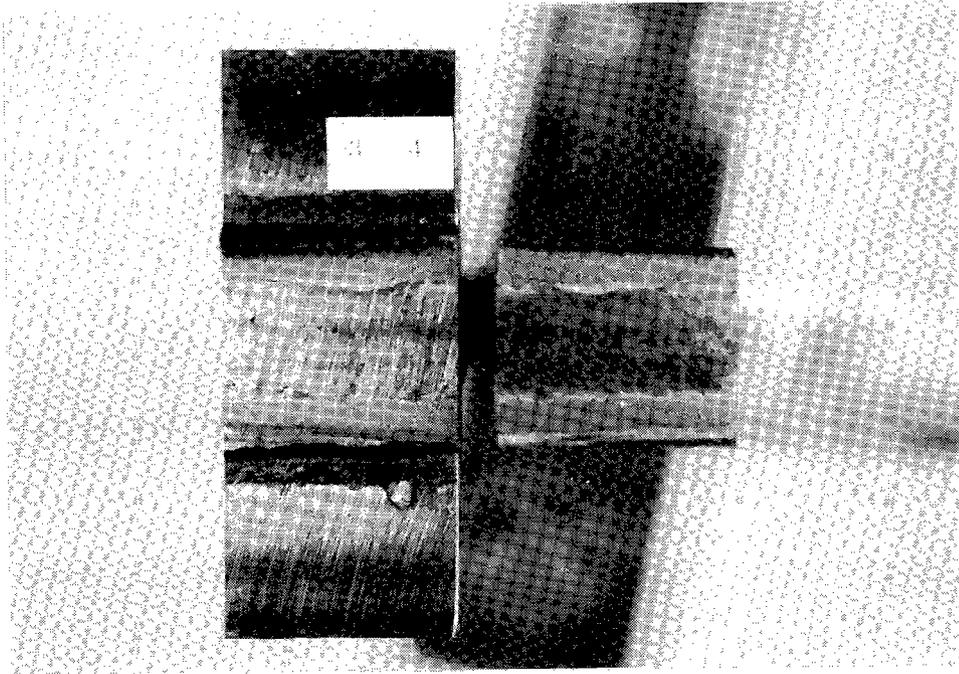
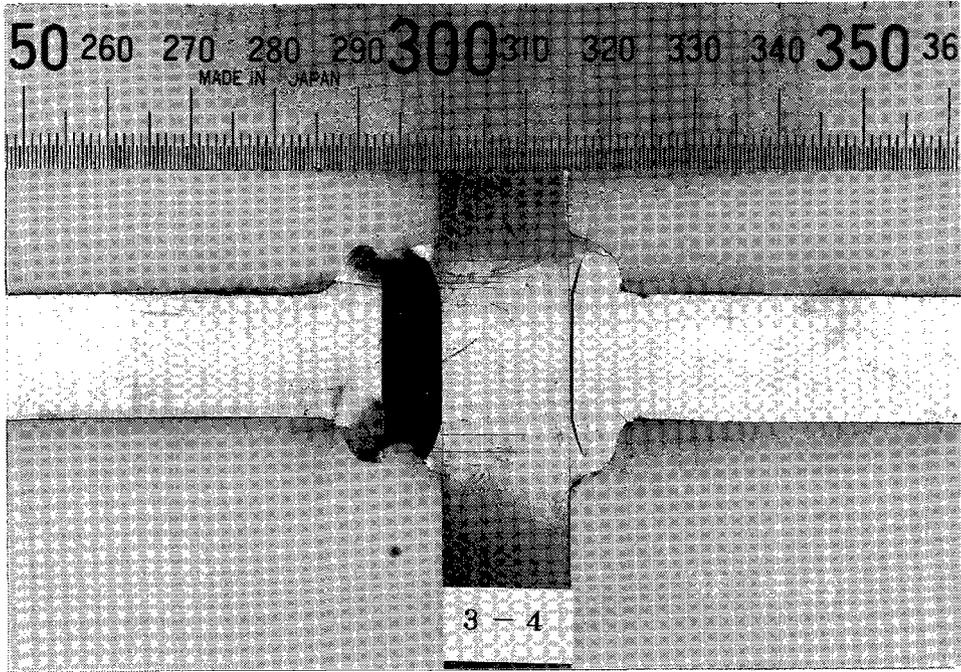


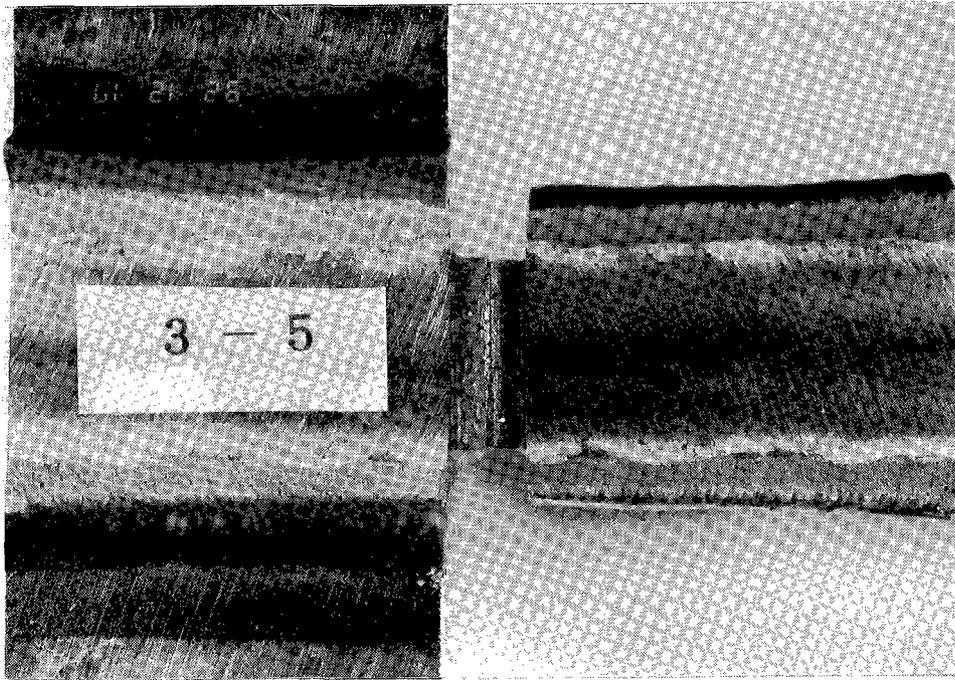


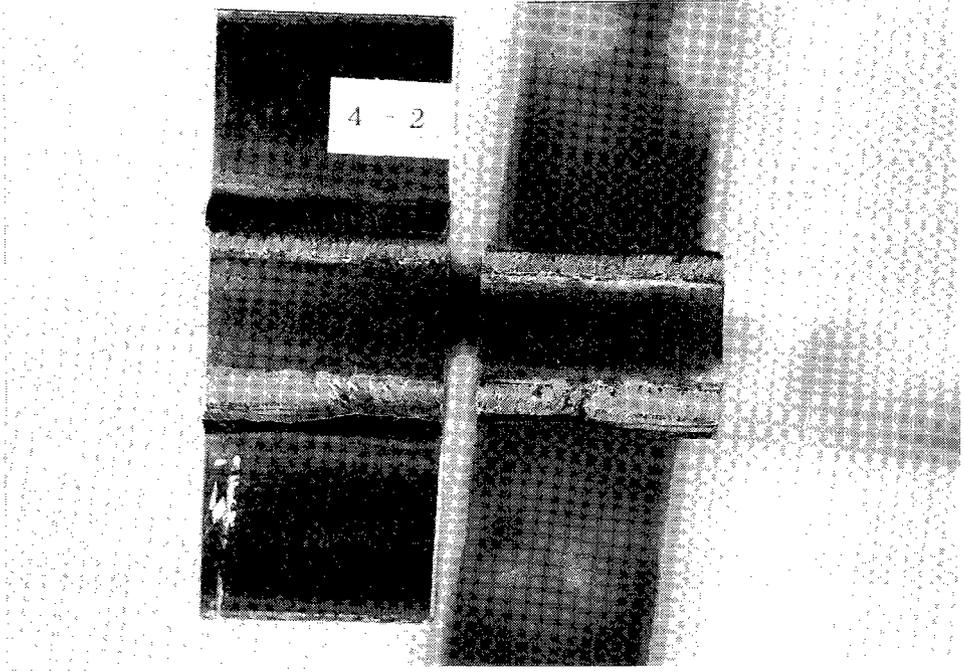
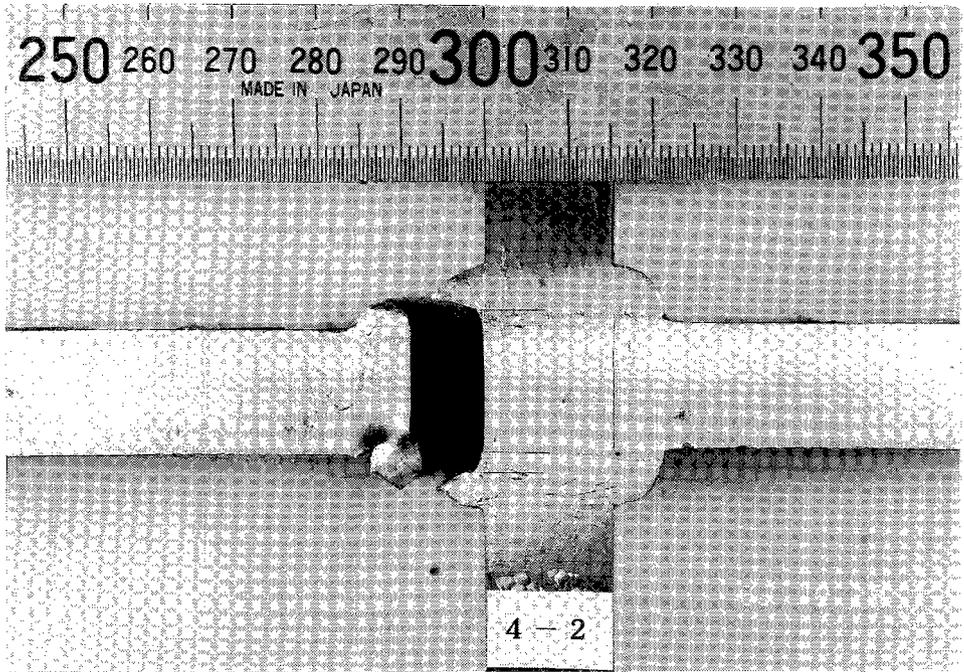


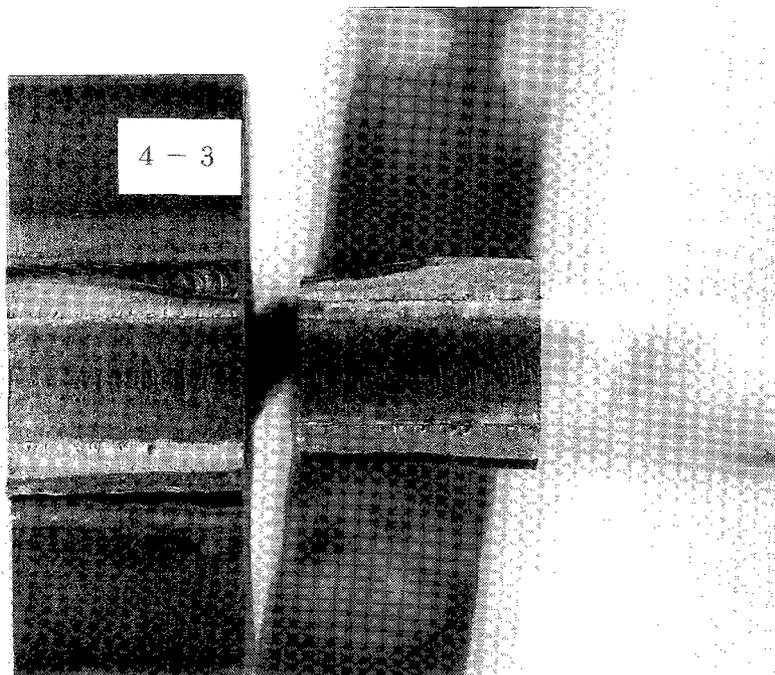
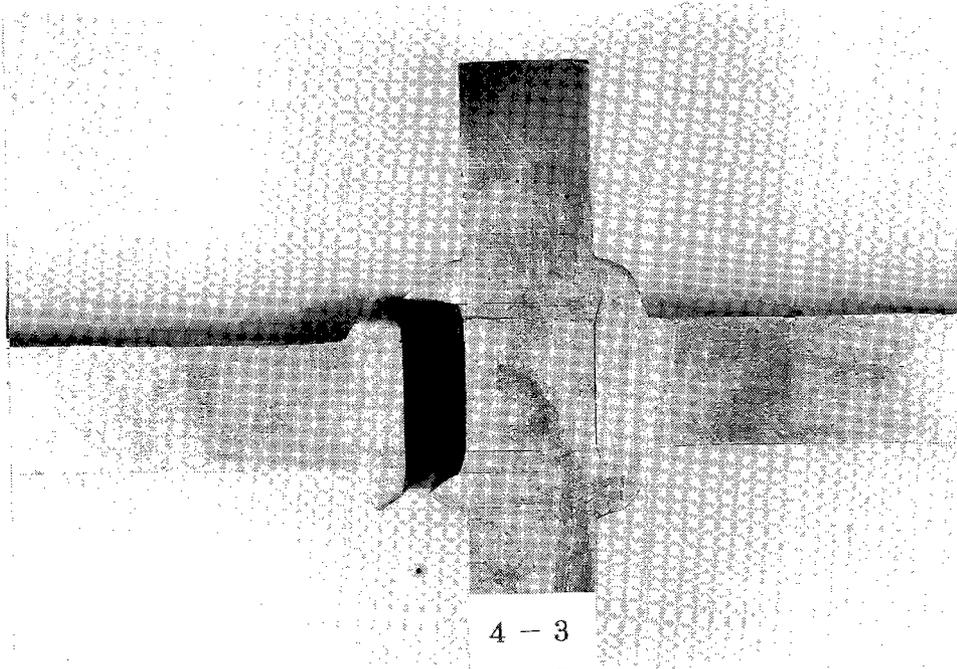


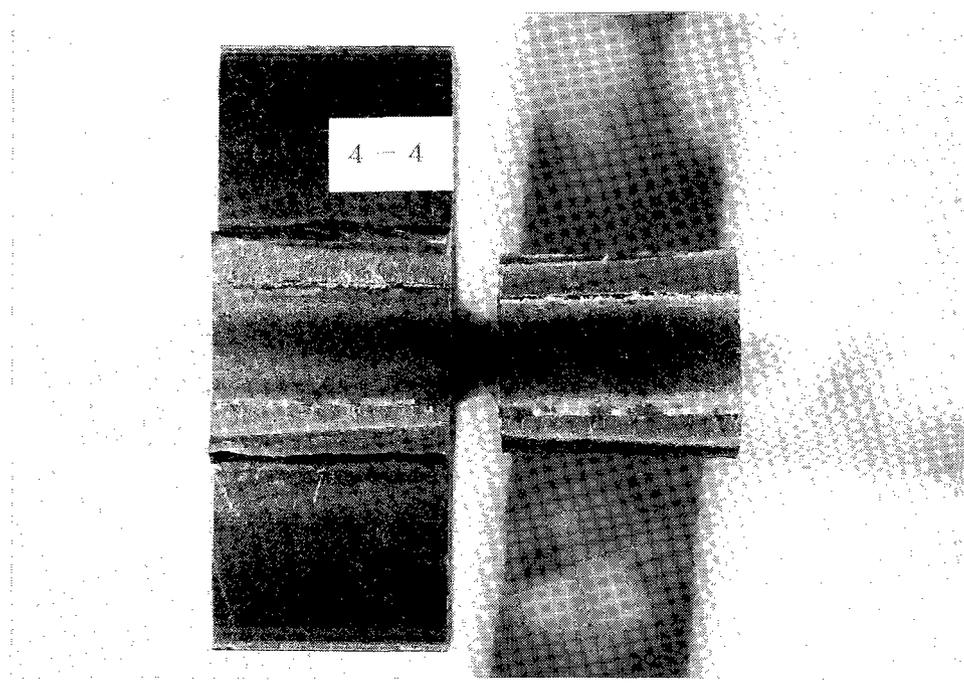
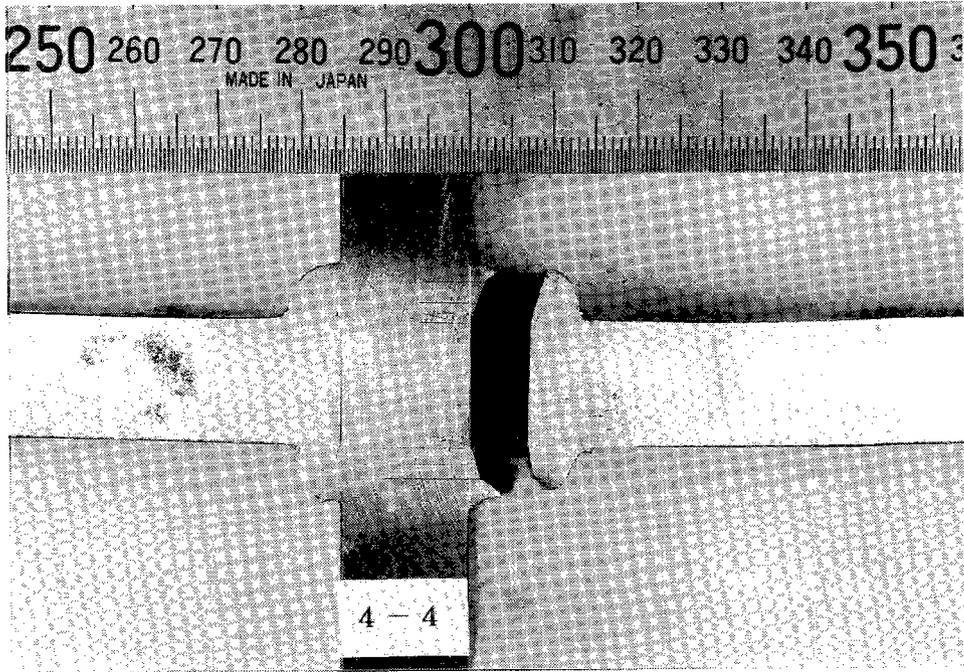


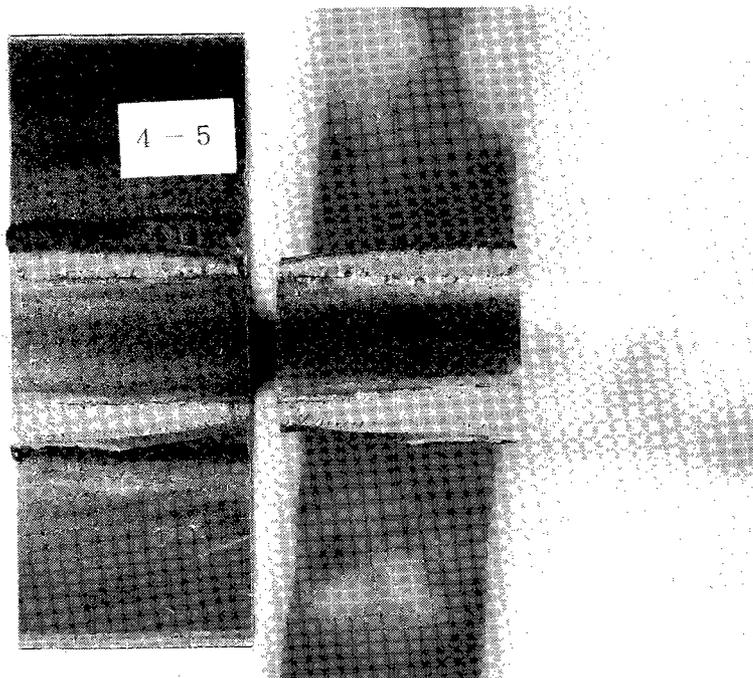
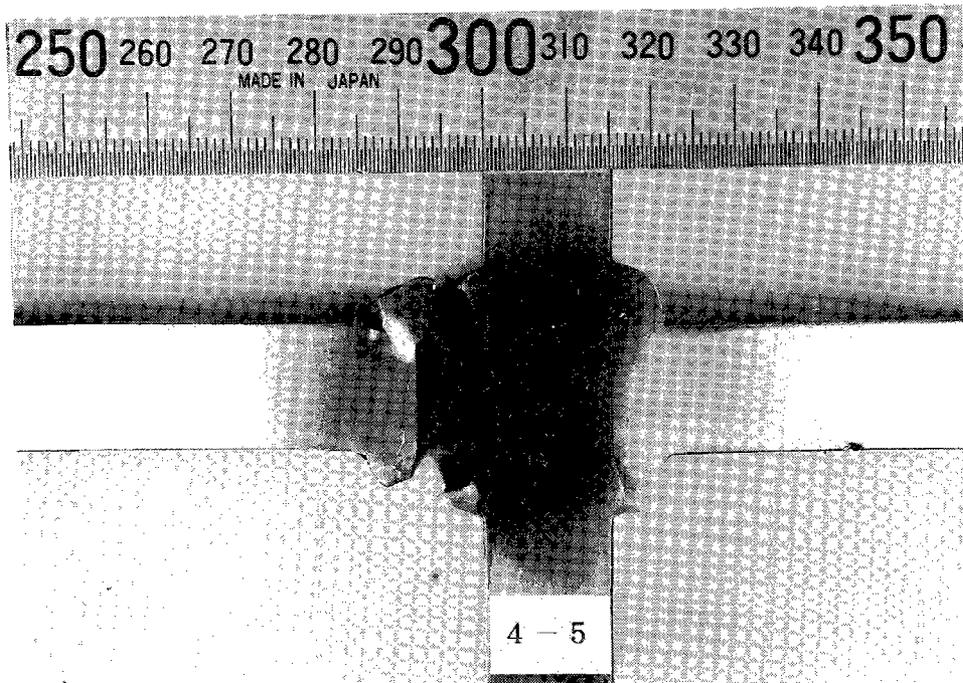


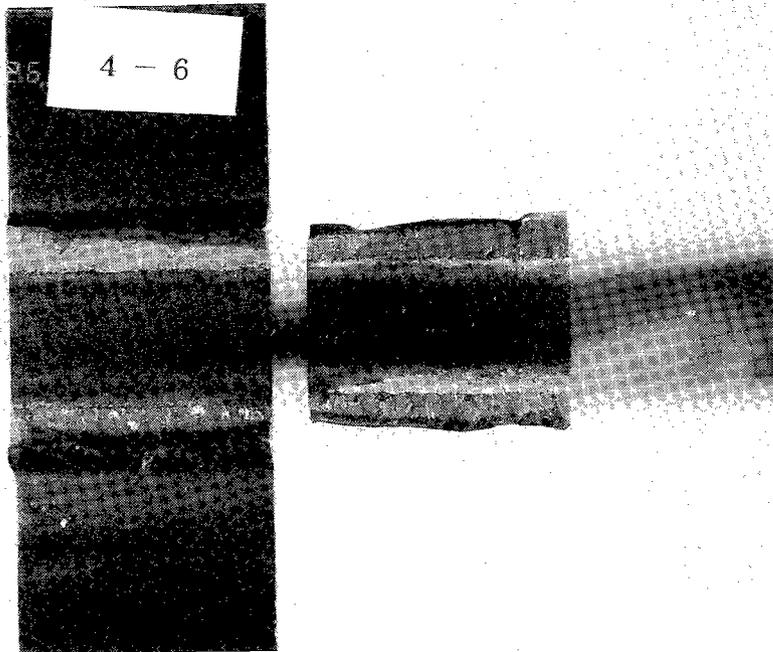
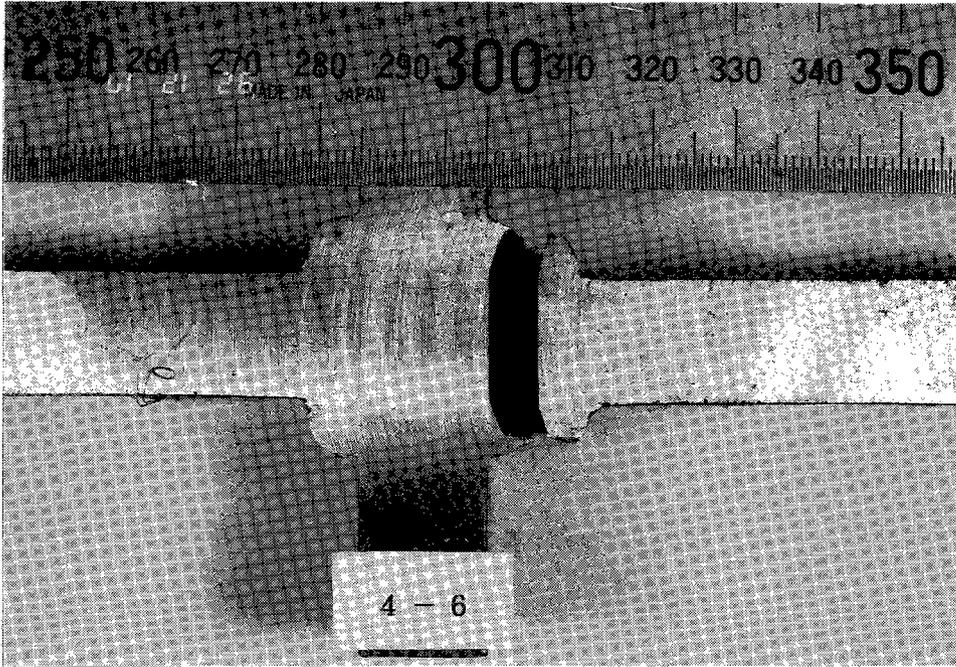




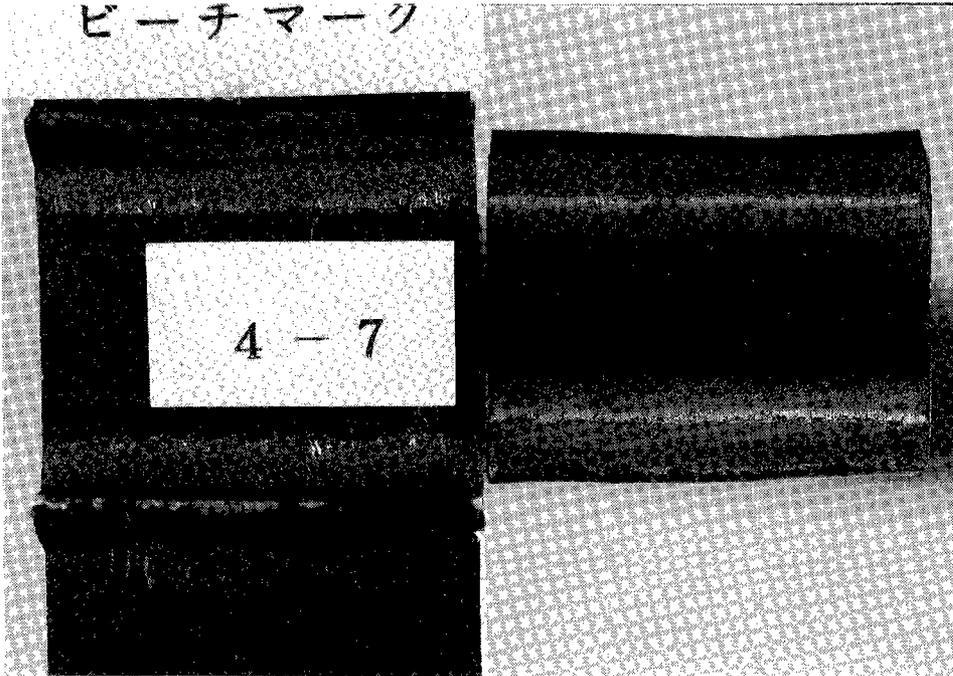








ビーチマーク



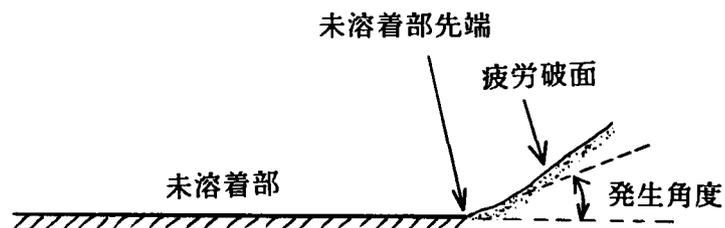
付録21 疲労亀裂の発生角度

疲労亀裂の発生角度

ブローホールの存在により、疲労亀裂の発生角度がどのように変化するかについて、実験的に検討した。

発生角度の測定は、歯科用印象材を用いて破断面の型をとり、採取した型を薄く切断し、それを拡大投影器（x 10）で観察することによって行なった。これらの測定は、FG、SG試験体で等間隔に5ヵ所、FP、SP試験体についてはブローホールの存在を考慮し、適当な間隔で5ヵ所以上で行なった。発生角度の定義は、下図のようである。

測定結果を図3.9(a)～(d)に示す（図番に特に意味はない）。ブローホールのないFG、CG試験体では、未溶着部前縁に渡ってほぼ一様であり、約10度となっている。FP、SP試験体では、ブローホールの近傍で発生角度が急変し、大きくなっている。



疲労亀裂発生角度の定義

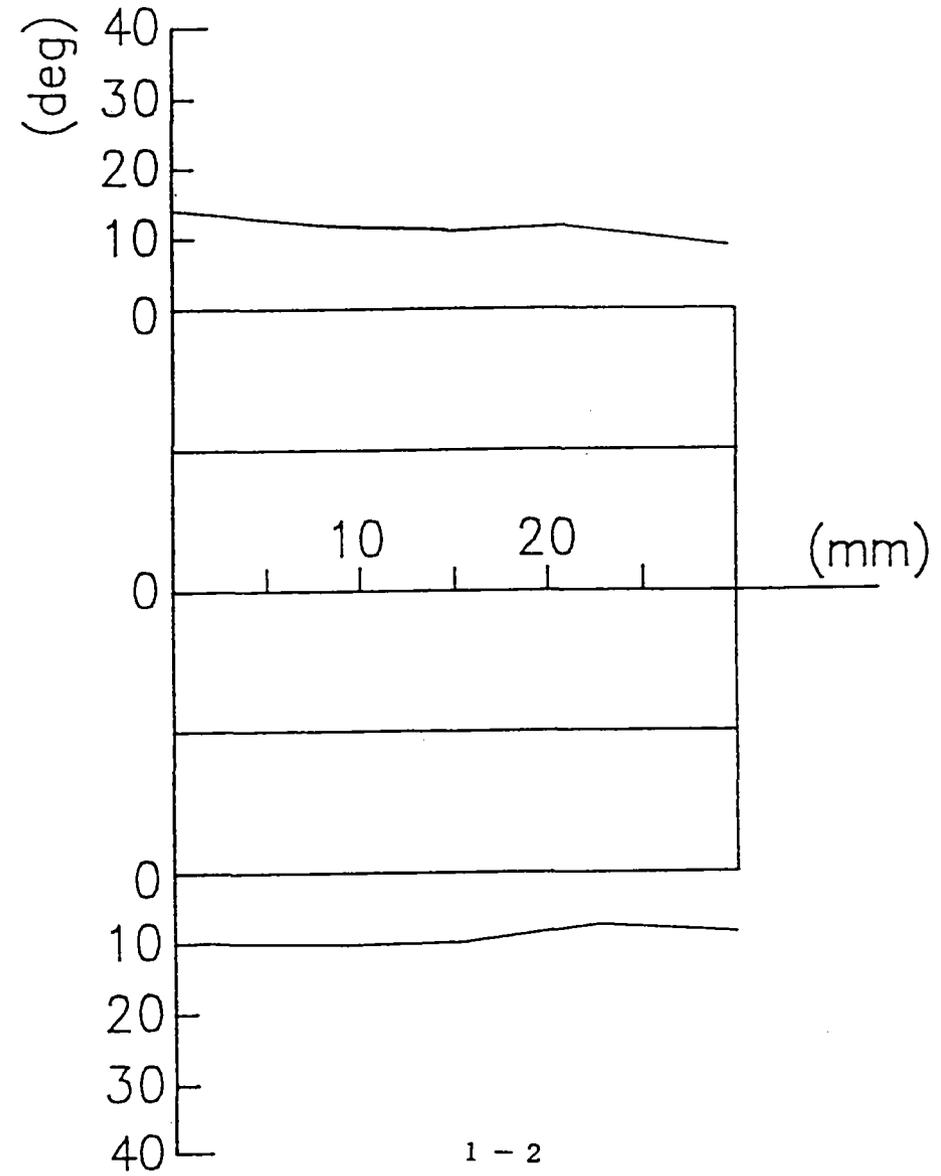
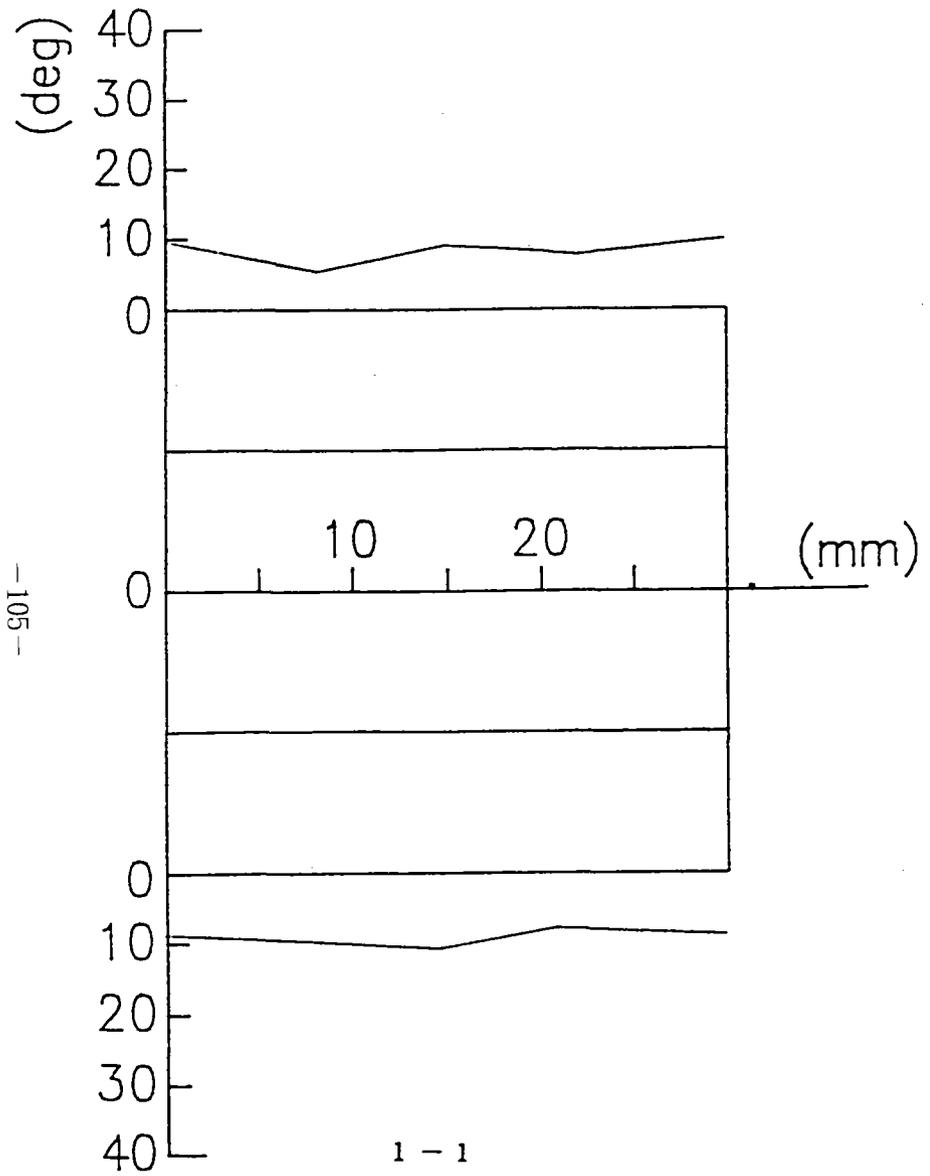


図3.9(a) 疲労亀裂の進展方向の測定結果 (FG)

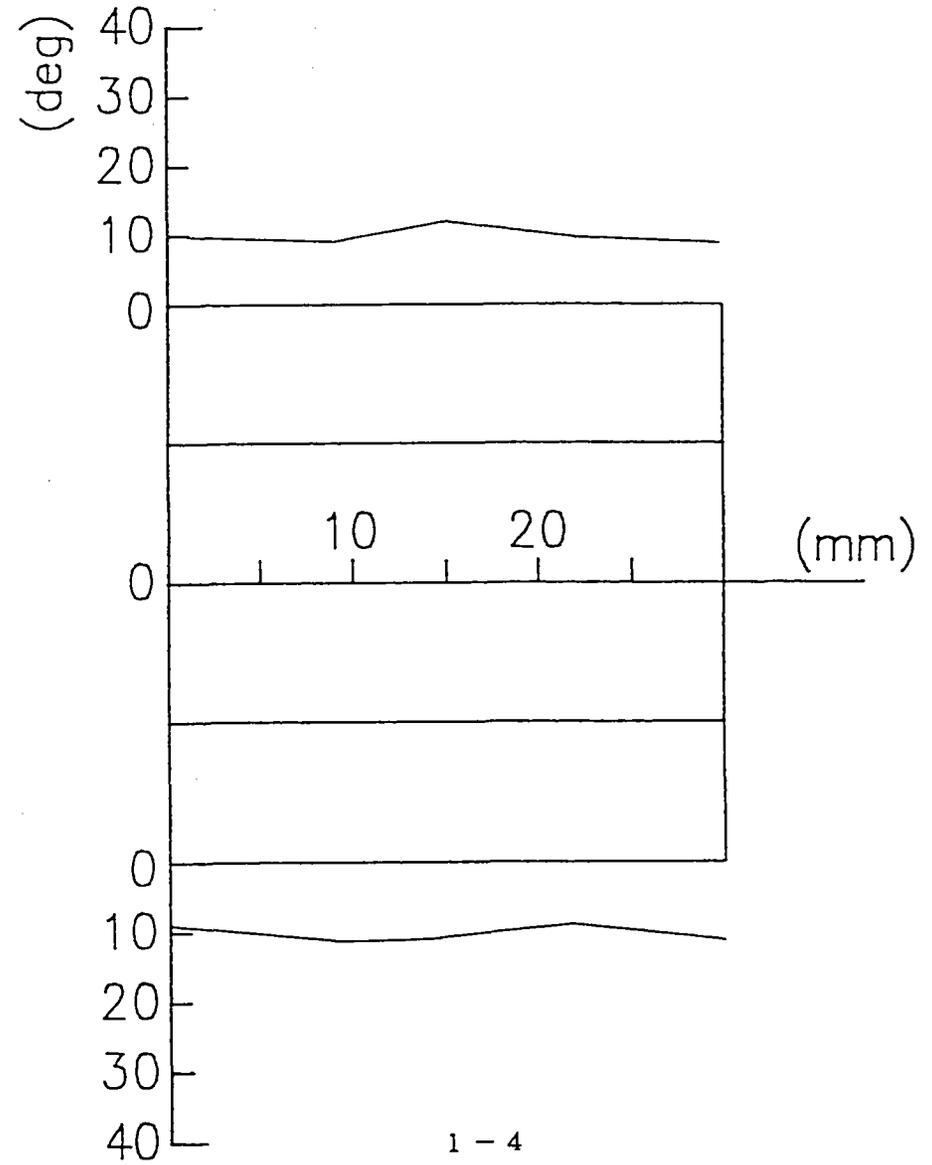
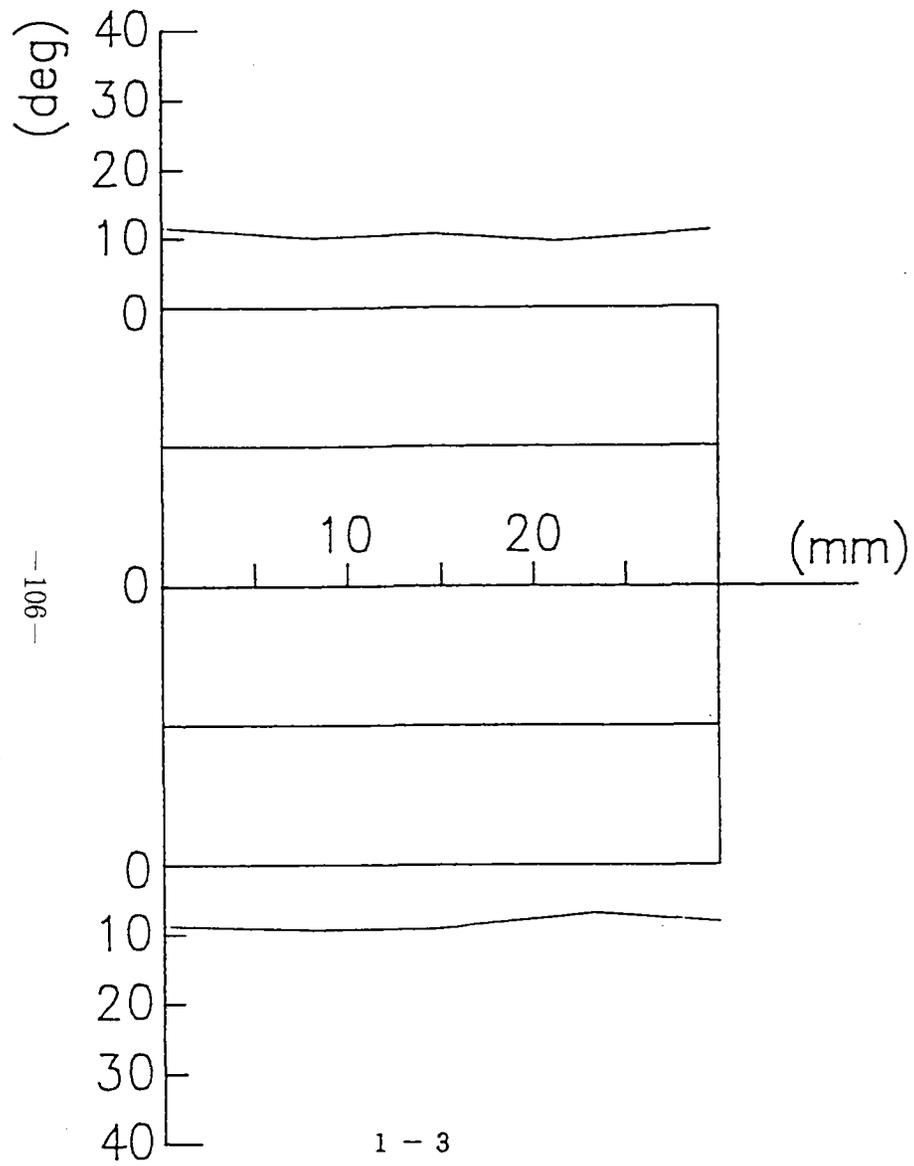


図3.9(a) 疲労亀裂の進展方向の測定結果 (FG)

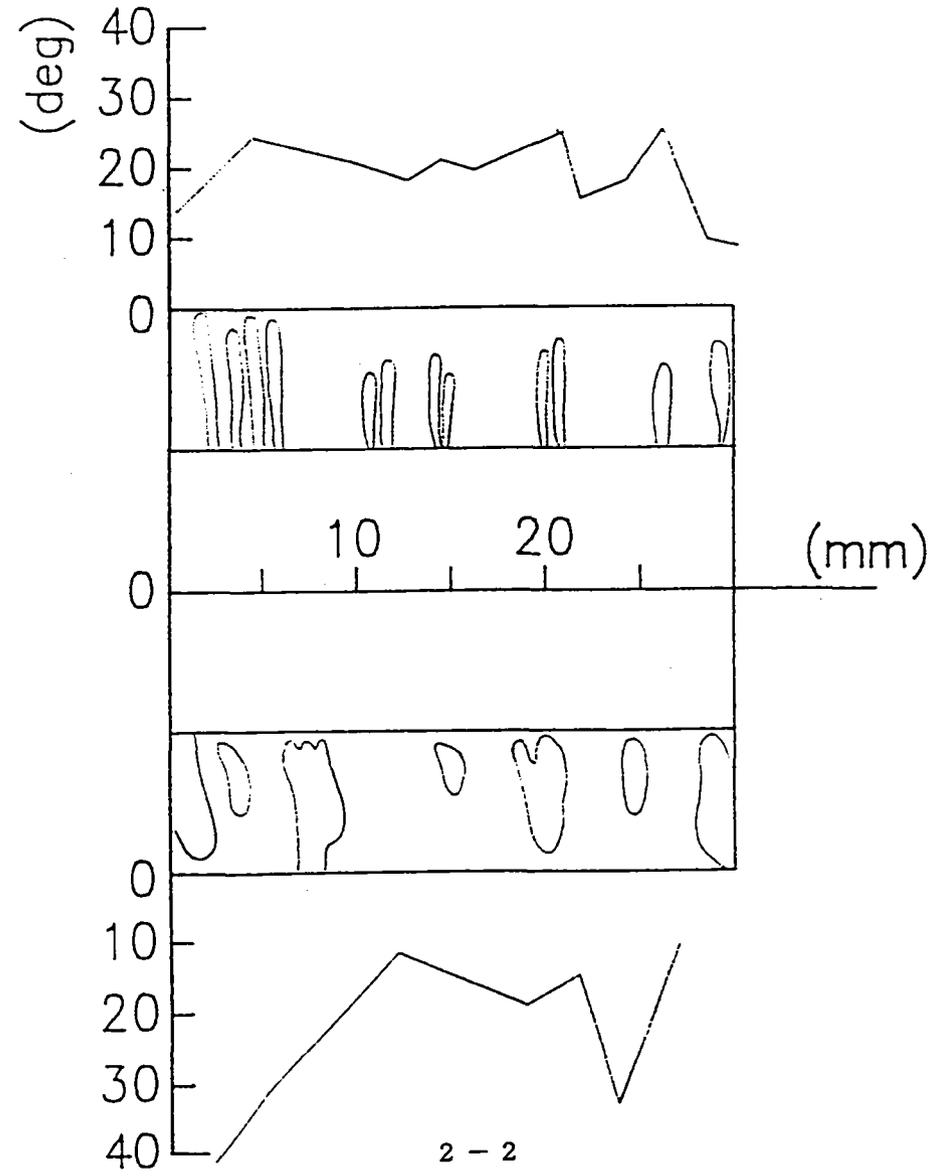
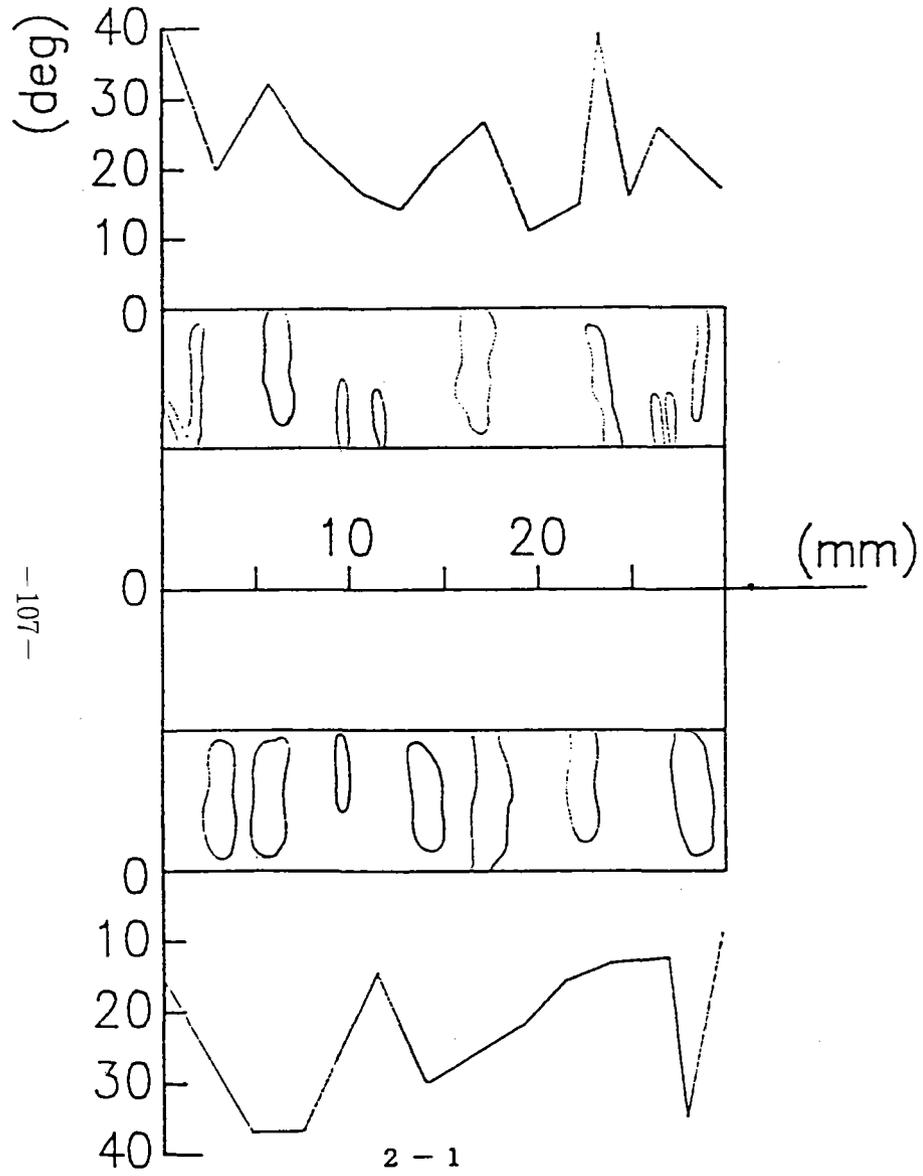


図3.9(b) 疲労亀裂の進展方向の測定結果 (FP)

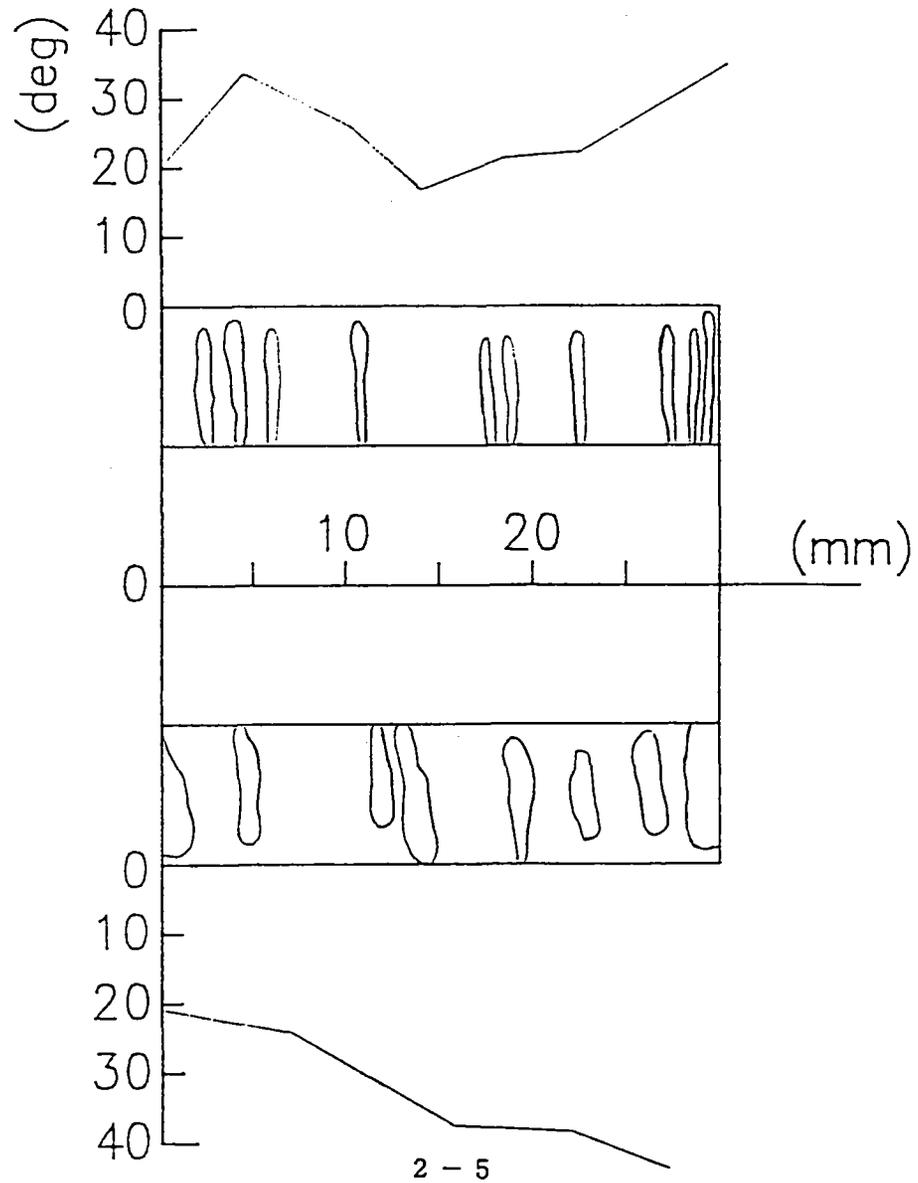
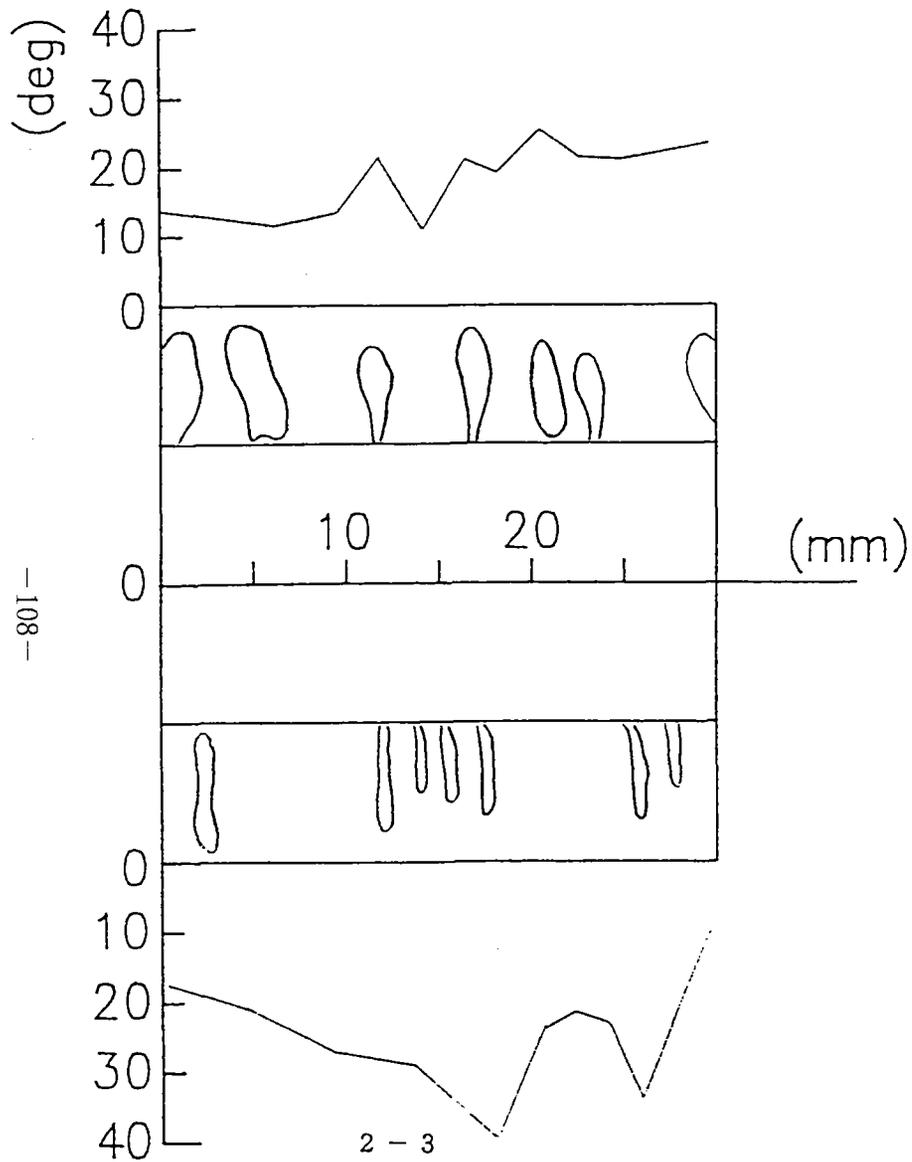


図3.9(b) 疲労亀裂の進展方向の測定結果 (FP)

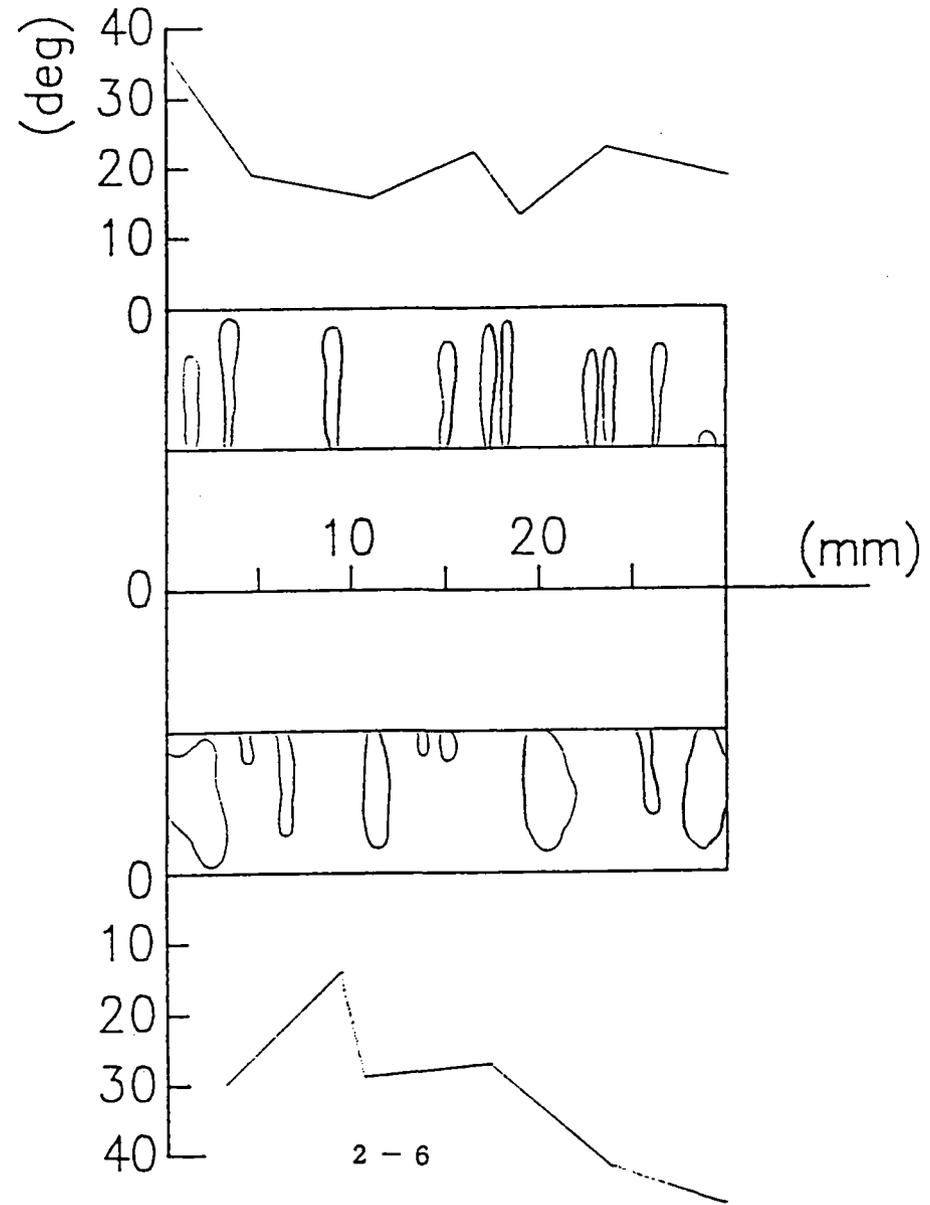


図 3.9 (b) 疲労亀裂の進展方向の測定結果 (FP)

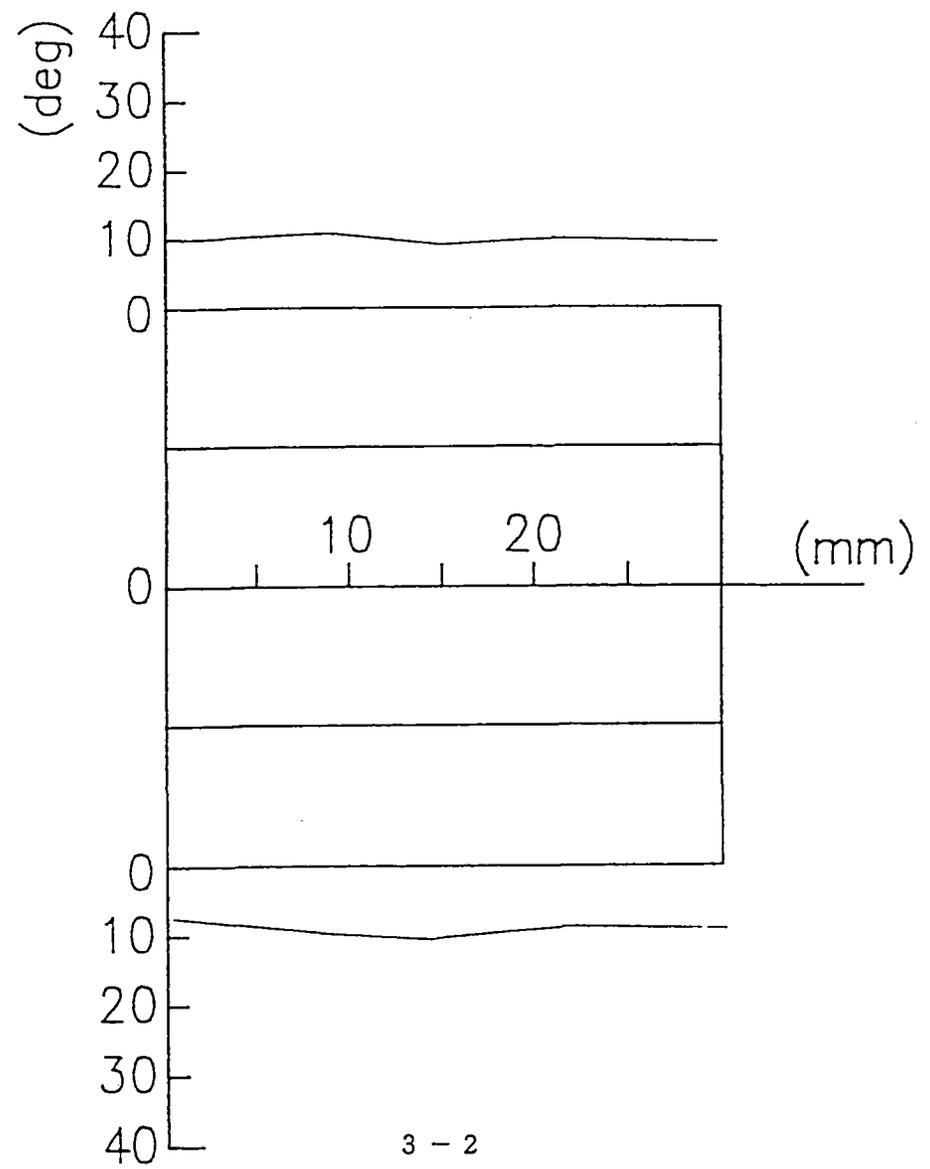
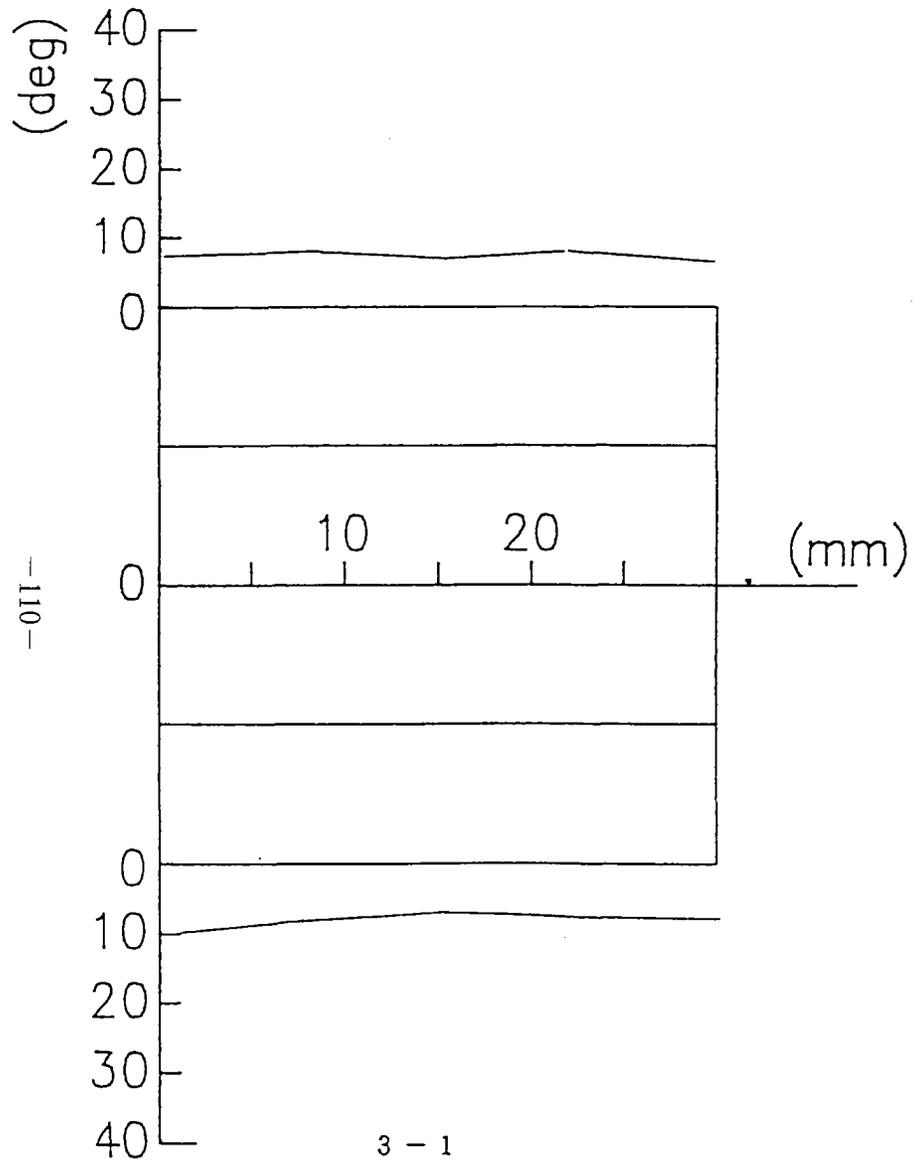


図 3.9(c) 疲労亀裂の進展方向の測定結果 (SG)

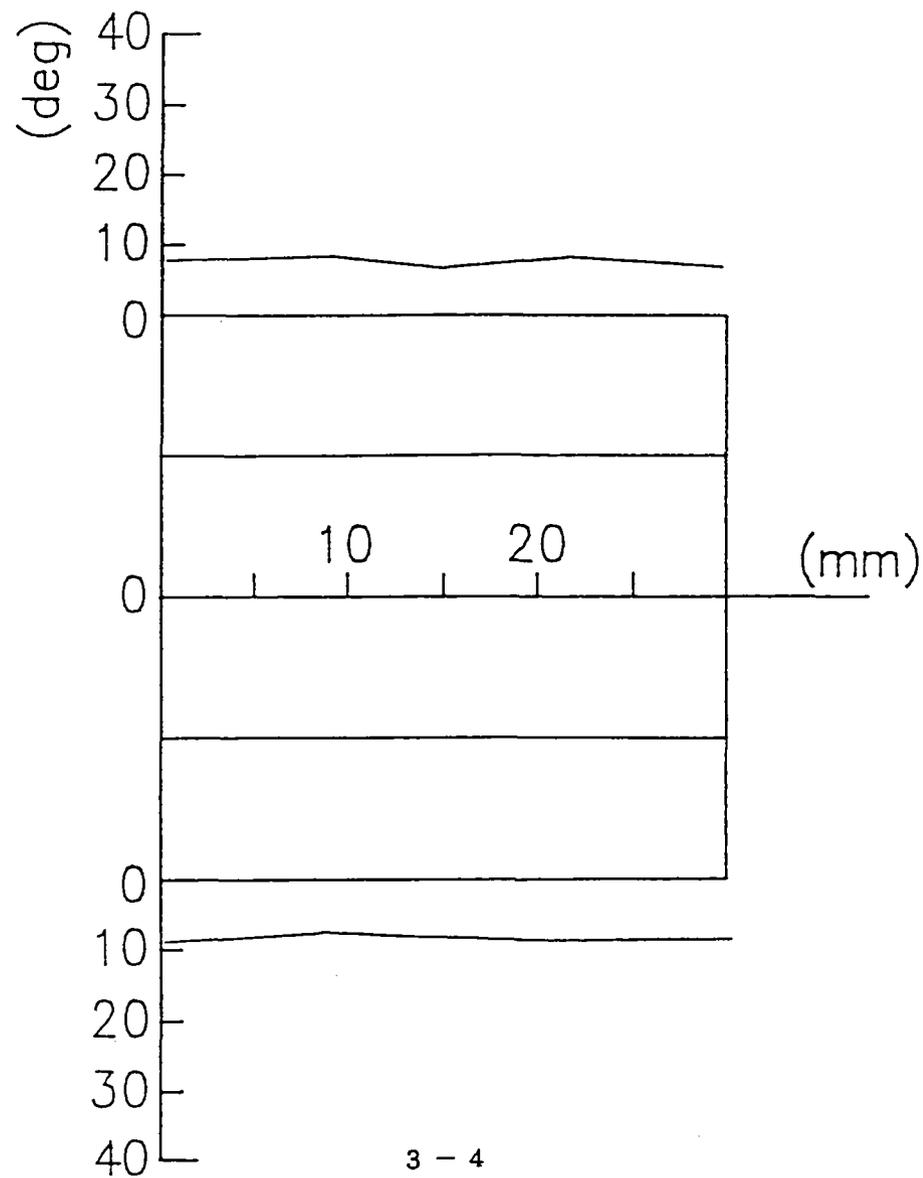
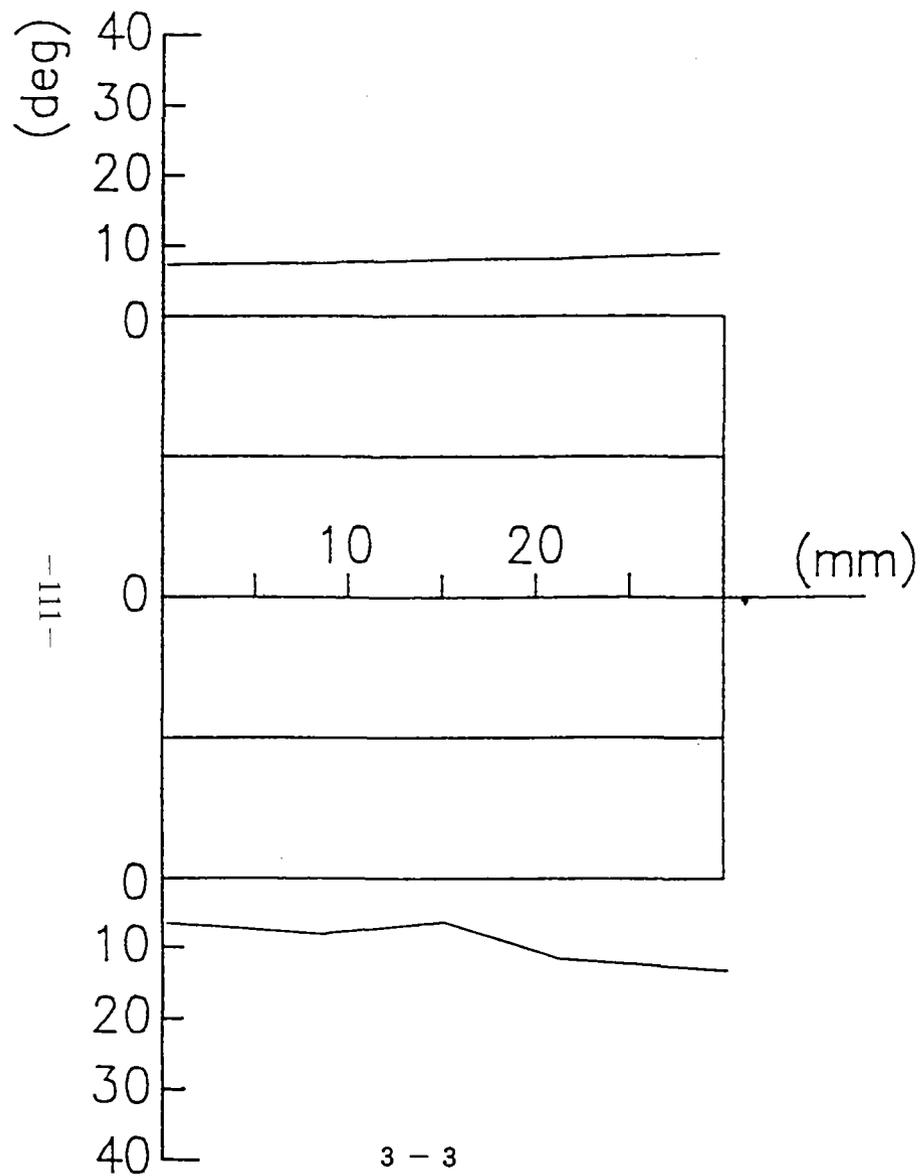


図3.9(c) 疲労亀裂の進展方向の測定結果 (SG)

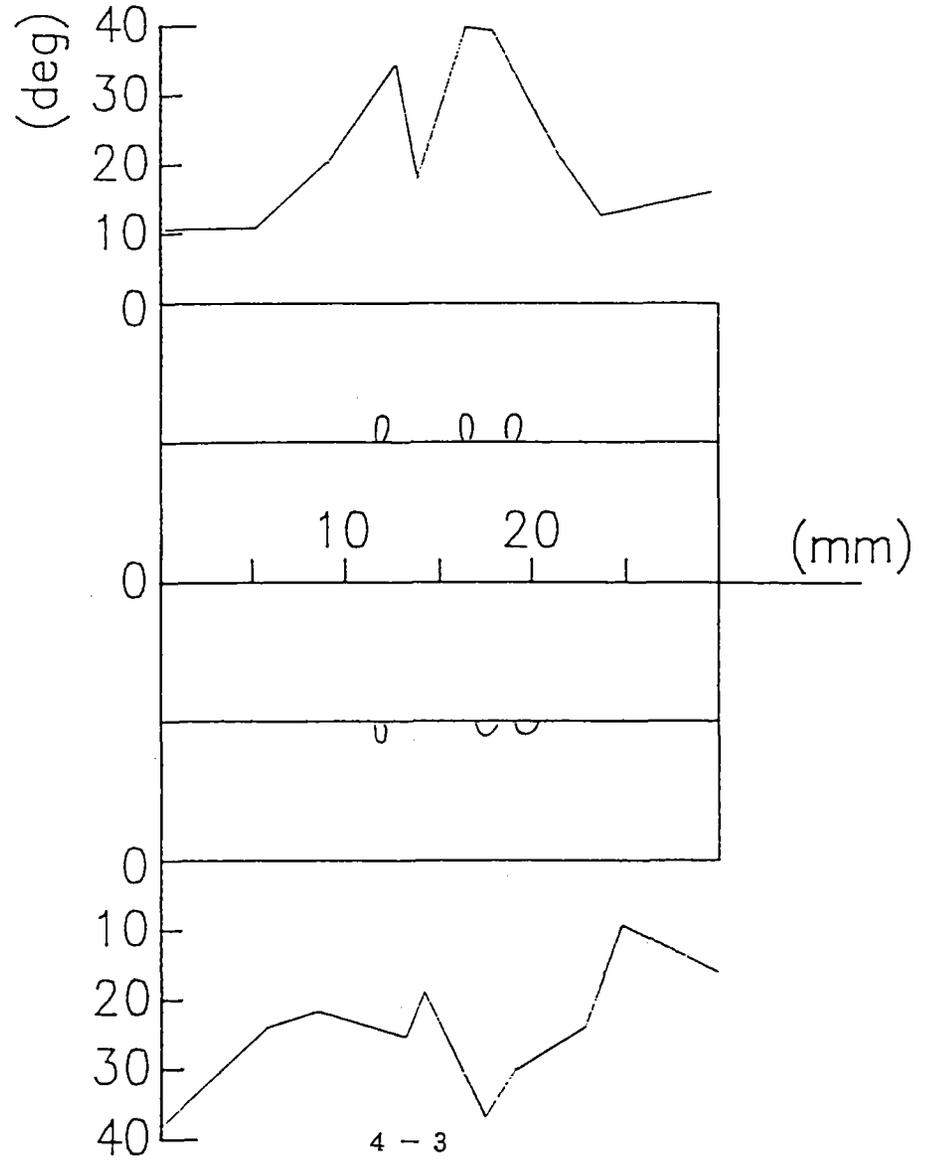
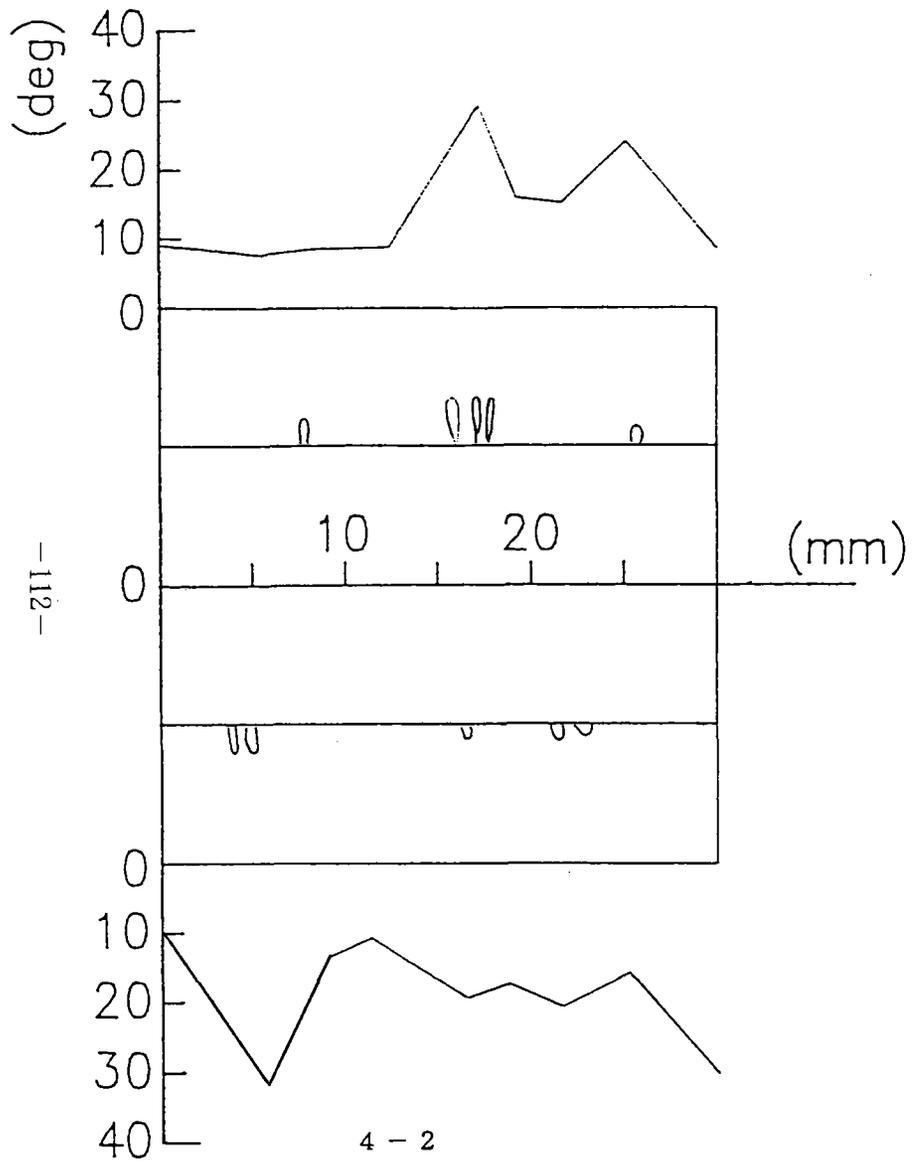
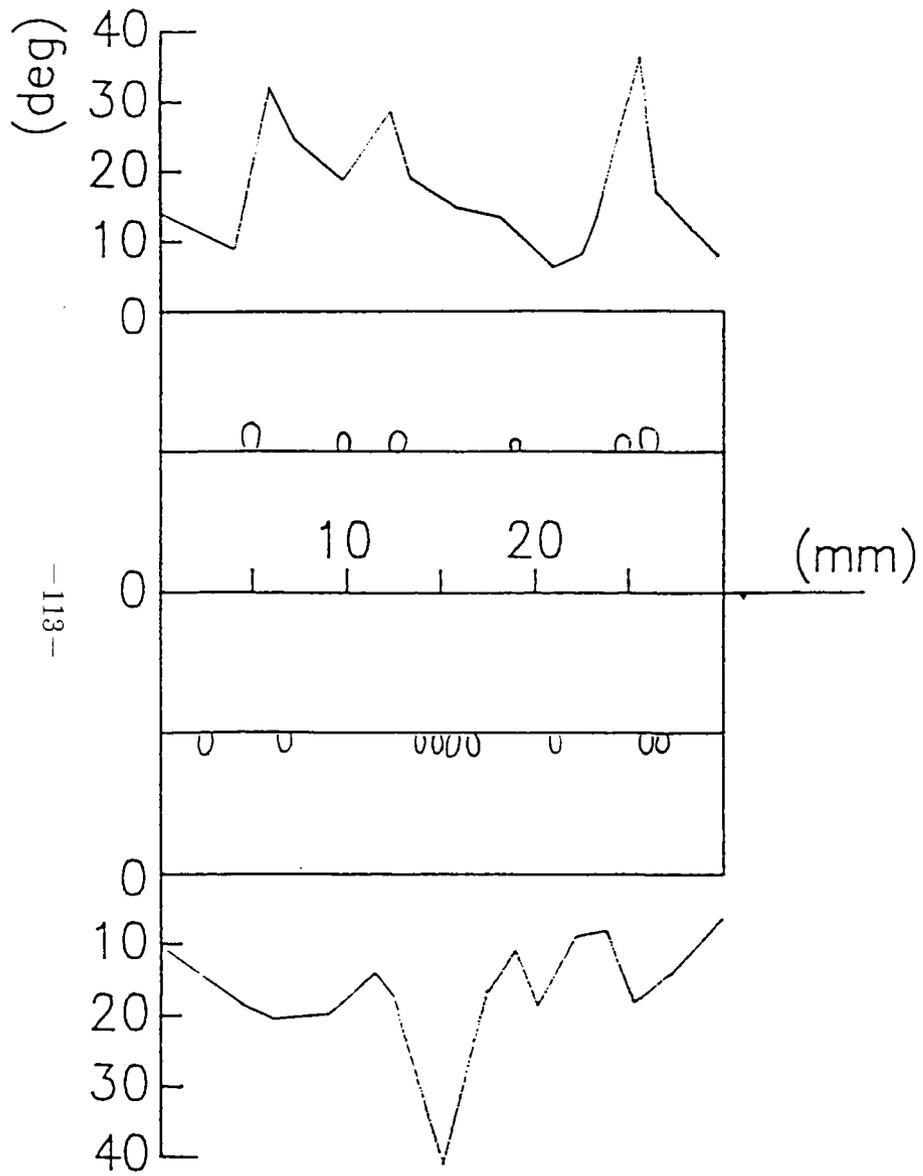
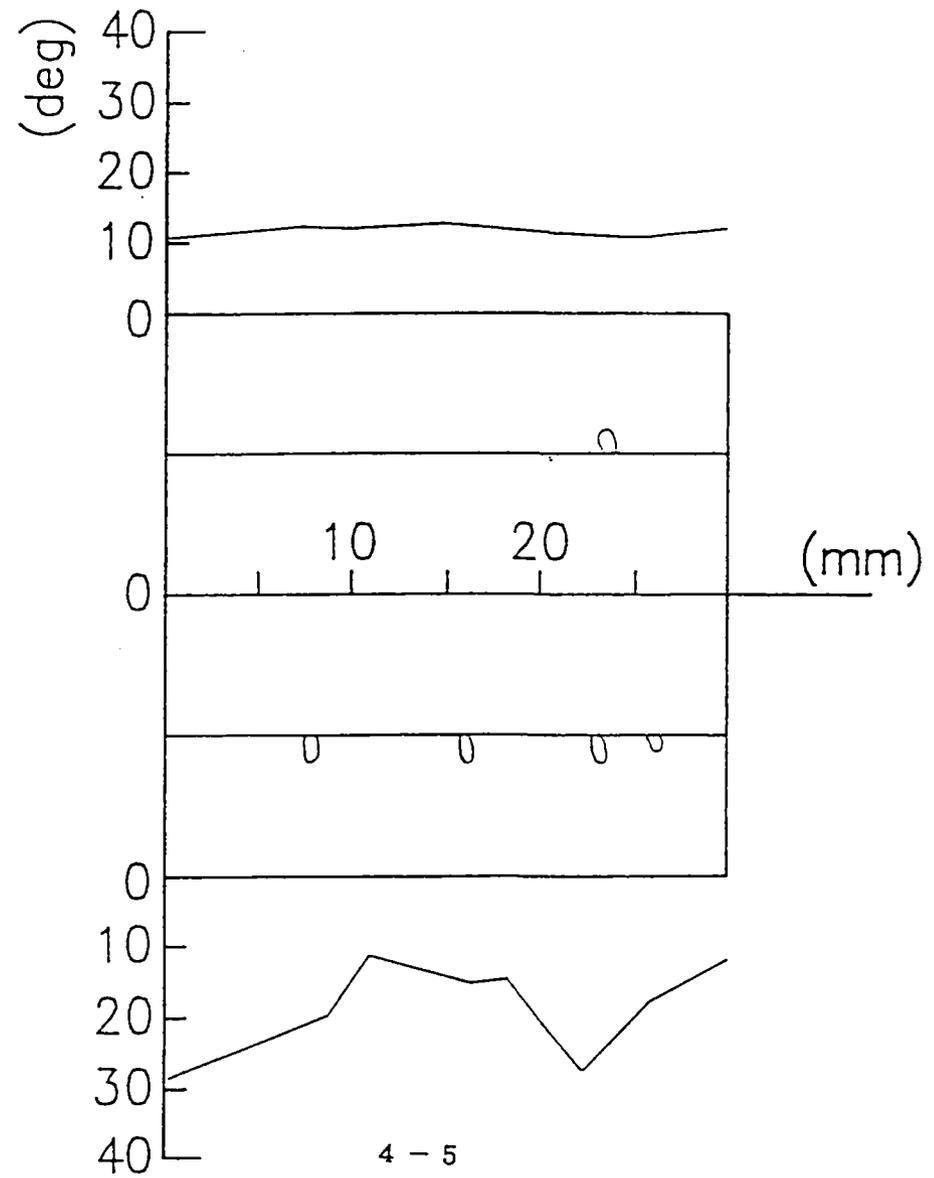


図3.9(d) 疲労亀裂の進展方向の測定結果 (SP)



4 - 4



4 - 5

図3.9(d) 疲労亀裂の進展方向の測定結果 (SP)

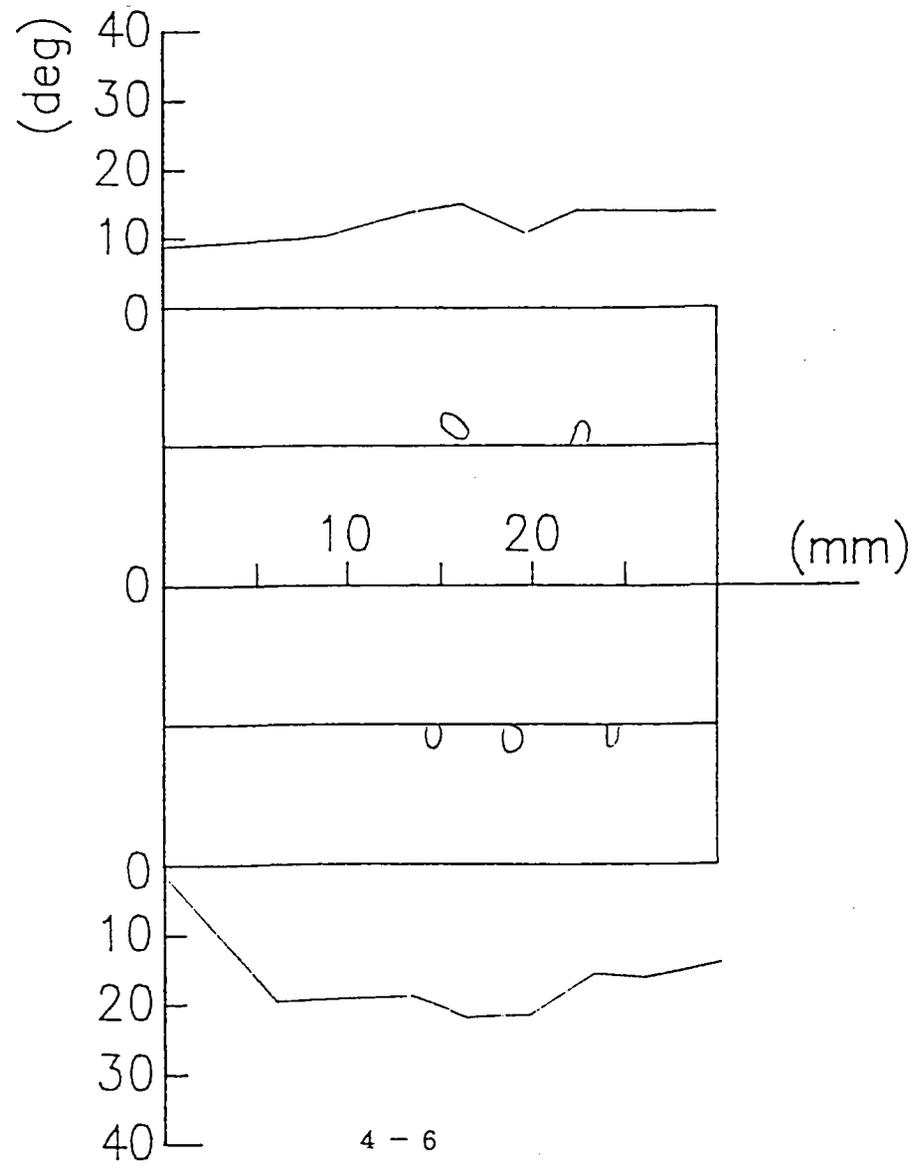


図3.9(d) 疲労亀裂進展方向の測定結果(SP)