

長大橋実物大試験

播 本 章 一^{*}
千 歳 耕 一^{**}

森 本 喜 典^{***}
小 牧 知 紀^{****}

1.はじめに（実験の経緯）

本実物大試験体の製作実験は、昭和54年4月の時点で計画書が出された。この試験体は、材質としてHT70鋼を使用している。その後、このHT70鋼を用いた実物大試験体製作に先立ち、SS41を用いた同形のトラス弦材模型を製作して、施工方法、設備、実験方法等の調査検討を行なうこととなった。これは、HT70鋼の実物大模型製作の指針を得ることを目的としたものである。このSS41材を使用した模型の製作実験の結果は“予備実験結果報告書”として、昭和54年8月にまとめられている。

一方、本州四国連絡橋公団でこの頃実施された補剛トラス模型の疲労試験の結果、今まであまり問題にされなかった格点部以外の弦材角継手部分溶込み溶接部に多くの亀裂が発生し、疲労強度が低下することが報告された。この原因は、部分溶込み溶接の開先ルート部の微小な欠陥であることも合わせて報告された。問題となった溶接部は、当社で実施している実物大模型にも使用されている。そこでSS41の模型の角継手部を採取して破面試験を実施したところ、そのルート部にはかなりの量の微小なブローホールが存在していた。次に確認の意味で、小型の角継手試験片を製作し破面試験を行ってみたが、やはりルート部の微小な欠陥はなくならなかった。そこで、このままHT70鋼の実物大試験体の製作にかかっても、同じ様な結果しか得られないと判断して、この実物大模型の製作実験は中断し、角継手部分溶込み溶接のルート部に発生する微小欠陥への対策をたてることを優先することにした。

角継手部分溶込み溶接部において、所定の疲労強度を得るためには、“(1)溶込み底部（ルート部）にブローホールなどの微小な欠陥が発生しないこと。(2)ルート部の溶込み形状が滑らかであること”を満足する必要がある。このことを前提条件に、小型の角継手試験を重ね、SM58を用いた長さ2mの箱型模形を製作した。その結果は、“本四連絡橋のトラス弦材角継手を対象とした部分溶込み溶接部の健全性試験”としてまとめられている。

この時点で、当社においては大鳴門橋補剛桁（側径間）工事の共同企業体としての受注が決定した。その特記仕様には、前述の角継手部分溶込み溶接ルート部の健全性に対する諸要求が盛り込まれ、また、ダイアフラムのすみ肉溶接についても高度の品質が要求された。そして最終的に、溶接施工試験として、実橋のトラス下弦材と全く同一の模型を製作し、種々の検査を受けることになっている。

正式に受注が決まると、今度は特記仕様をはじめ鋼橋等製作基準等を満足するための具体的な検討が必要となり、再び各種の実験を重ね技術資料をまとめた。そして、大鳴門橋補剛桁（側径間）工事 共同企業体としては、鋼種と断面が施工試験で用いる供試体と同じで、長さが4mの中型試験体を製作し、角継手の溶接施工の予備的な試験を行うことになった。この中型試験は昭和55年末に実施され、その結果は“大鳴門橋補剛桁（側径間）工事、中型試験結果報告書”としてまとめられ、昭和56年1月に本四公団へ提出された。

本実物大試験は、以上の様な過程を経てから実施されたため、大型試験と称されその性格は現在までのトラス弦材の製作に対する各種実験を全て包括した実験であり、かつ、次に控える大鳴門橋補剛桁（側径間）工事、溶接施工試験のための予備製作実験として位置づけられる。したがって、この報告書も現在までの結果をふまえて述べられており、当初の計画書にあるような調査、検討事項に対する報告書とはなっていないことを付記する。

* 大阪工場副工場長
** 技術部大阪品質管理課長
*** 本四架橋技術チーム係員
**** 東京工場製造課員

2. 供試体

2-1 供試体の材質

供試体の材質はH T70で、その化学的、機械的性質を下表に記す。

化学成分

	C	Si	Mn	P	S	Cu
%	0.11	0.23	0.87	0.006	0.003	0.22
	Ni	Cr	Mo	V	B	
%	0.85	0.40	0.35	0.03	0.001	

$$C_{eq} = C + Mn/6 + Si/24 + Mo/4 + Cr/5 + Ni/40 + Cu/13 + V/14 = 0.47$$

機械的性質

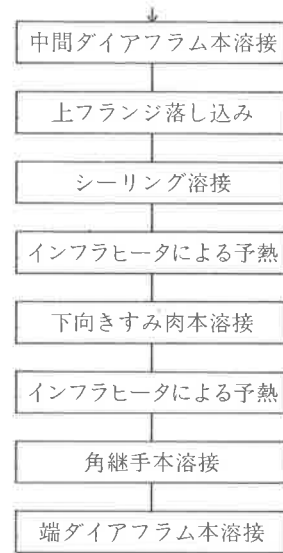
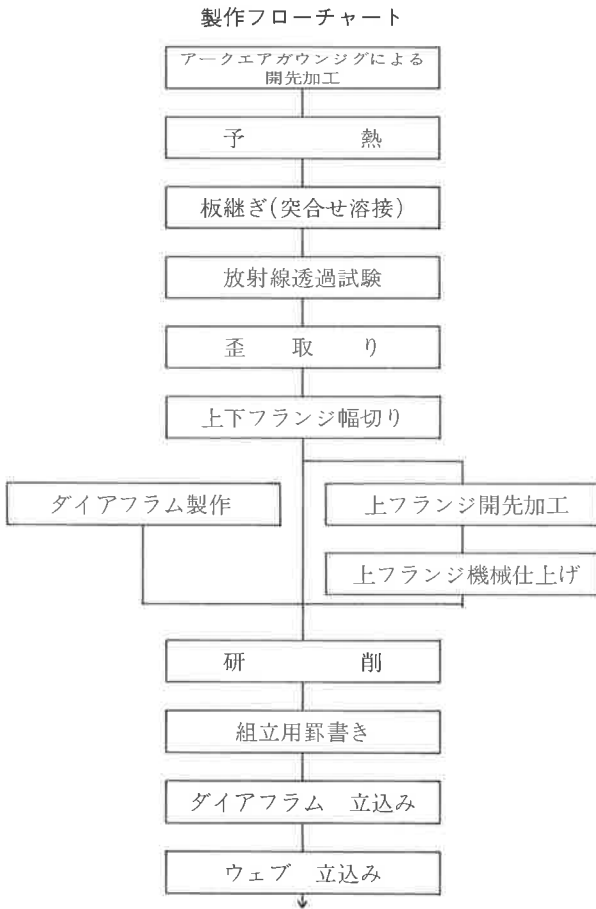
試験片番号	引張試験			曲げ試験	衝撃試験 -35℃ kg-m
	降伏点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸び %		
83242	74	80	26	good	23.6
83243	74	80	24	good	26.0

2-2 供試体形状

次ページに試験体の図面を示す。

3. 製作の概要

試験体製作の概要を下記のフローチャートに示す。



4. トラス弦材の板継ぎのための突合せ溶接による変形

4-1 供試材および試験体形状

i) 供試材 H T70, 板厚36mm

ii) 試験体形状

試験体の形状を、下記の図4-1に示す。これは、大型試験体のもとの図面による上フランジ(Type I)と下フランジ(Type II)部材であり、Type Iは全長20mのうち、中央1ヶ所に溶接部が存在し、しかもガセットのない非常に単純な場合で、Type IIは、20m中4ヶ所溶接部があり、しかもガセットが大小合わせて2ヶ所あるものである。

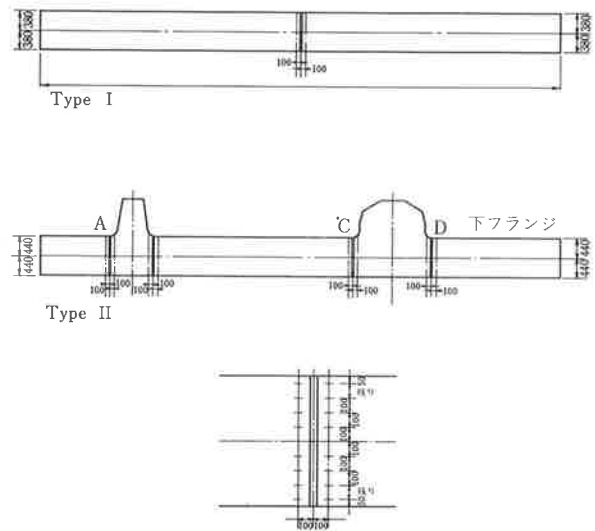
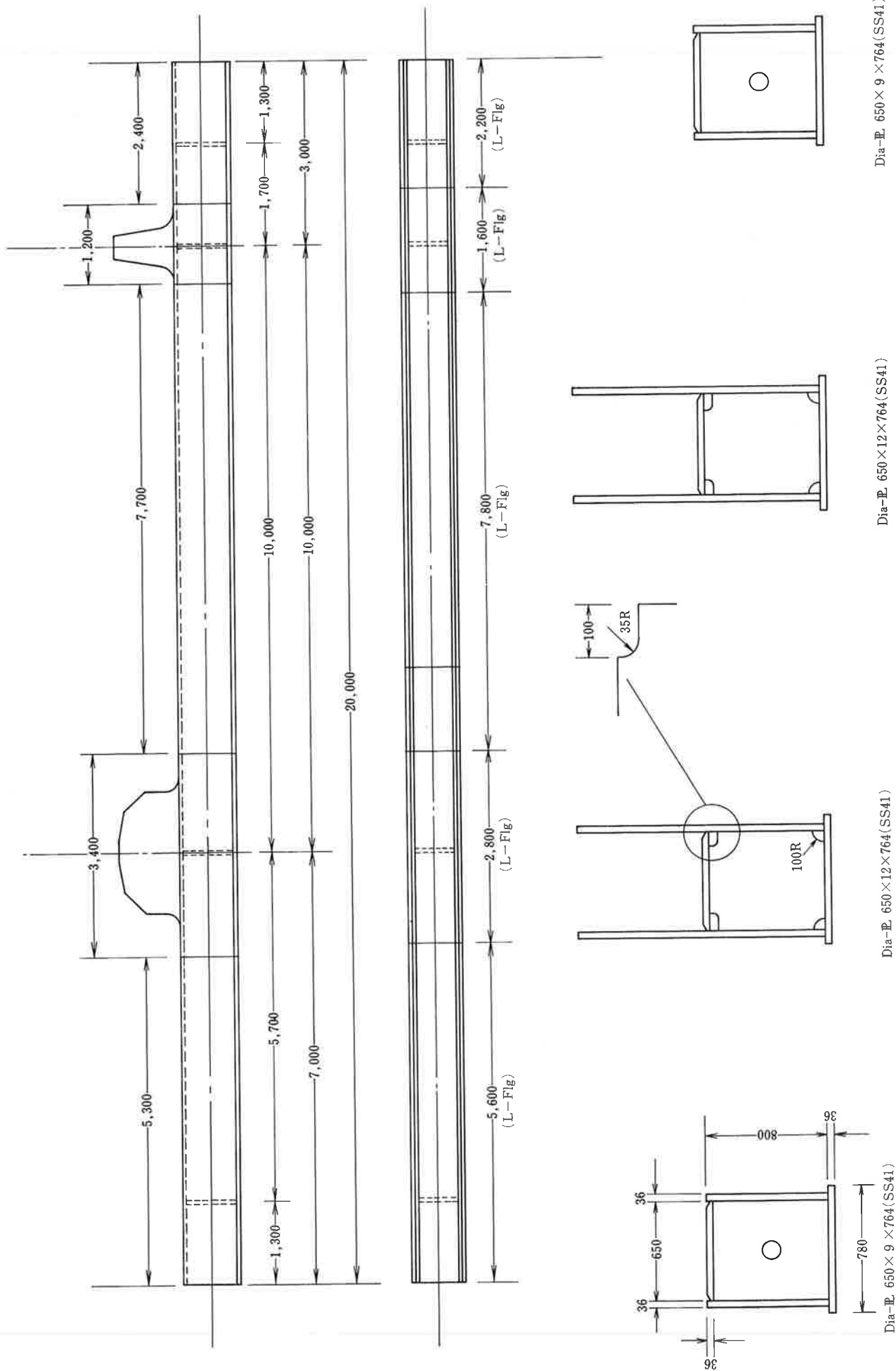


図4-1

4-2 溶接方法および溶接材料

溶接方法は、シングルサブマージアーク溶接法とし溶接材料は、US-70(4.8mmφ)+MF-38B(20×200)とした。

試験体形状 (最終形状)



4-3 溶接条件

突合せ溶接における溶接条件を表4-1に示す。

表4-1 突合せ溶接本溶接条件

(Type I)

層数	アーク電圧(A)	溶接電流(A)	溶接速度(cm/min)	溶接入熱(J/cm)
1	30	650	25	46800
2	30	650	40	29250
3	30	650	25	46800
4	36	650	30	46800
5	36	650	30	46800
6	40	650	30	52000
1	30	650	25	46800
2	30	650	40	29250
3	36	650	36	39000
4	38	650	32	46310
5	42	650	35	46800

(Type II)

溶接部	層数	アーク電圧(V)	溶接電流(A)	溶接速度(cm/min)	溶接入熱(J/cm)	
A	1	32	650	25	49920	
	2	32	650	50	24960	
	3	32	650	25	49920	
	4	30	650	40	29250	
	5	32	650	25	49920	
	6	32	650	30	41600	
	7	40	650	25	62400	
	1	30	650	25	46800	
	2	30	650	40	29250	
	3	36	650	36	39000	
	4	38	650	30	49400	
	5	42	650	30	54600	
	B	1	30	650	25	46800
		2	30	650	40	29250
		3	30	650	25	46800
4		32	650	28	44570	
5		36	650	28	45960	
6		42	650	30	54600	
1		30	650	25	46800	
2		30	650	40	29250	
3		32	650	34	36710	
4		36	650	30	46800	
5	42	650	34	48180		
C	1	32	650	25	49920	
	2	30	650	40	29250	
	3	30	650	25	46800	
	4	30	650	30	39000	
	5	38	650	35	42340	
	6	38	650	30	49400	
	7	40	650	30	52000	
	1	30	650	25	46800	
	2	30	650	40	29250	
	3	36	650	35	40110	
4	36	650	30	46800		
5	40	650	30	52000		

溶接部	層数	アーク電圧(V)	溶接電流(A)	溶接速度(cm/min)	溶接入熱(J/cm)
D	1	30	650	25	46800
	2	30	650	40	29250
	3	30	650	25	46800
	4	34	650	28	47360
	5	30	650	30	52000
	1	30	650	25	46800
	2	30	650	40	29250
	3	30	650	25	46800
	4	36	650	30	46800
	5	40	650	32	48750

4-4 溶接変形測定方法および測定器具

i) 面内の横曲り

- 溶接前に部材の中心を出し、溶接後図1-2,3のA₁-A₂を結んだ直線とのずれを測定(各溶接線のCL₁, CR₁の各ポイントにおいて)

測定器具：ノギス

ii) 横収縮

- 図4-4,5におけるB₁-B₂, B₄-B₃, CL₁-CR₁, DL₁-DR₁~EL₁-ER₄間の距離を溶接前、溶接終了後の2回測定し、その差を読み取る。

測定器具：ノギス

iii) 部材全体での収縮量

- 図4-6において、A₁-A₂間の距離を溶接前、溶接終了後の2回測定し、その差を読み取る。

測定器具：テープ(50m)

iv) 縦収縮

- 図4-7に示す様に溶接線近傍に測定点を設け、溶接前、溶接終了後の2回測定し、その差を読み取る。

測定器具：ノギス

v) 角変形

- 溶接終了後、溶接部を中心として1000mmのストレッチを板の中心にあて、溶接止端部のすき間をスキミゲージを用いて測定する。

測定器具：ストレッチ、スキミゲージ

4-5 突合せ溶接部の溶接変形量測定結果およびまとめ

i) 面内の横曲り

HT70鋼における面内の横曲り測定結果を、Type I について図4-2に、Type II について図4-3に示す。Type I ではSS41の場合より大きく面内の横曲りが生じており、その量は20mmに対して中央部で5mm弱である。SS41よりも大きく生じた原因としては、溶接層数が多くなったことが考えられる。しかし、Type II の試験片ではSS41に比べて全体の変形が小さくなっており、中心線のずれは約6mm程度でSS41の約1/3にも減少していることを考えると、一概に層数の増加では説明できないところがある。Type I とType II 全体を通してみると、各溶接部でほぼ一様

に曲っており、特に変形の小さいところや大きいところはないうである。また、曲る方向はSS41と同じく、初層の溶接方向のスタート部が凹となるようである。なお、Type IIで表裏とも溶接方向を同一とした理由は、組立て溶接した時点で板幅の中心線がA₁-A₄の通り芯よりも下に凸であったことから、SS41の場合の結果を参考に溶接スタート側が凹になることを利用して、溶接後の板幅の中心線と通り芯とをできるだけ近づけようと試みたものである。結果として逆歪を与えたことになり、その成果が出て溶接後は板幅の中心線とA₁-A₄の通り芯はほぼ一致した。

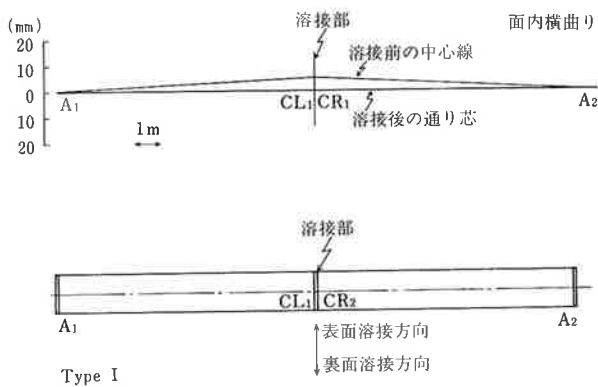


図4-2 面内横曲り

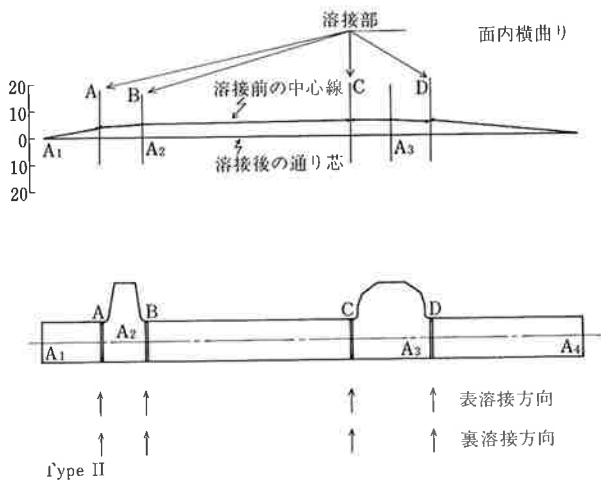


図4-3 面内横曲り

ii) 横収縮

HT70鋼の突合せ溶接部の横収縮量の分布をType Iについて図4-4に、Type IIについて図4-5に示す。

収縮量は、溶接方向の中心であるCL₁-CR₁において平均1mm程度でSS41の1.5~2mmに比べて小さくなっていることがわかる。その分布であるがやはり、溶接スタート側の収縮量が全体的に大きいようである。Type Iにおいてもその傾向が生じており、

前述の面内の横曲りがこの結果であることがわかる。HT70鋼の場合、降伏点がSS41に比べてはるかに高く、収縮しようとする力が大きくなり、SS41の場合にType Iの収縮量の分布が溶接長方向に対し、ほぼ均一である理由とした床面と試験体下面との摩擦力の大きさが小さく、十分に変形に抵抗しきれなかったことがType Iのような大きな部材同志の突合せ溶接でも収縮量の分布が生じた原因であると考えられる。

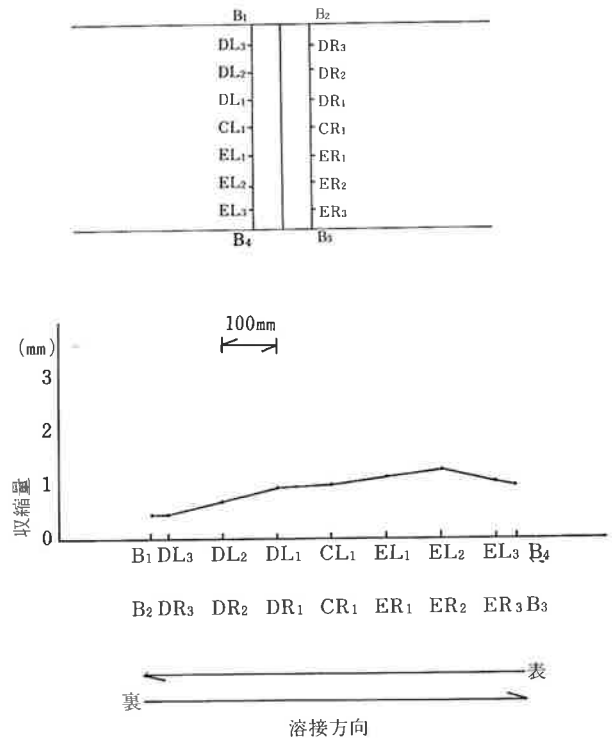


図4-4 横収縮

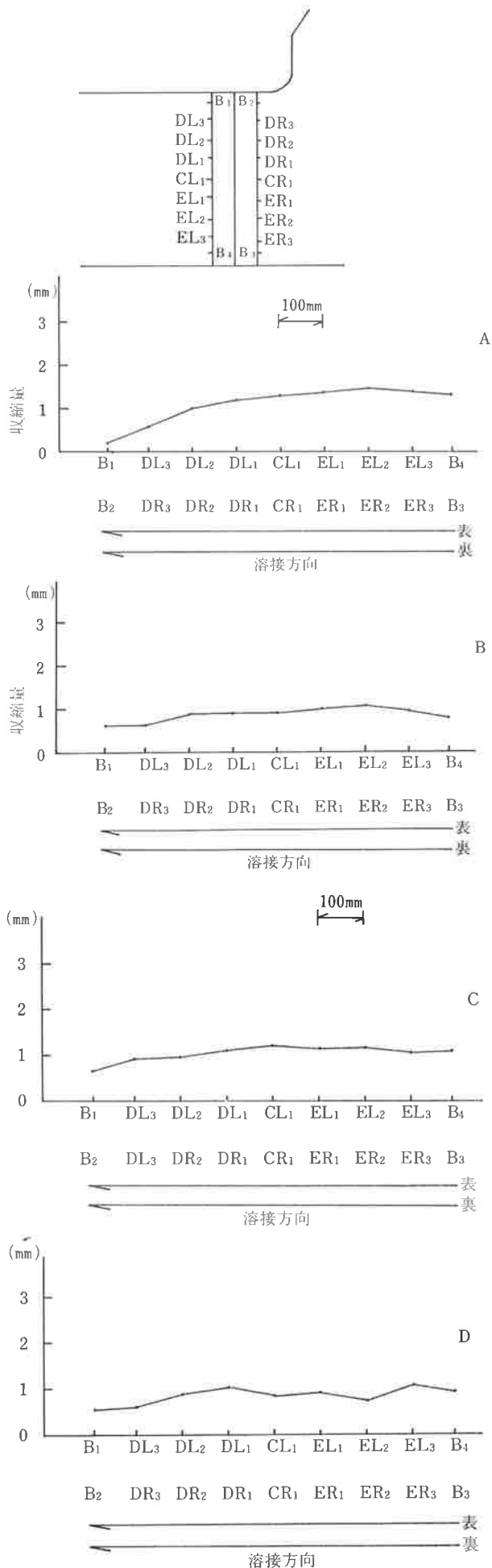


図4-5 横収縮

iii) 部材全長での収縮量

図4-6に部材としての長さ方向の収縮量を示すが、この結果から突合せ溶接部を1つ含むと長さが1mm収縮することがわかり、横収縮の項で述べたCL1-CR1間の収縮量の結果とよく一致する。

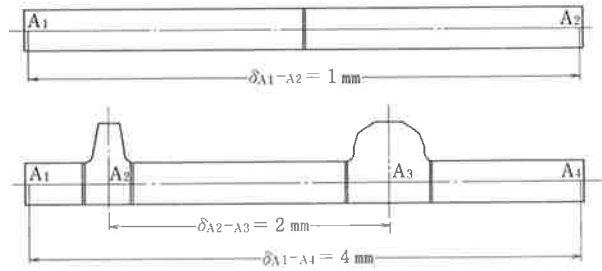


図4-6

iv) 縦収縮

H T 70鋼の突合せ溶接部の縦収縮量を表4-2 に示す。この結果をみると、突合せ面から30mm離れたところで、標点間約800mmにおいて収縮量は10分の数mmで、縦収縮に関してほとんど問題はないといえる。

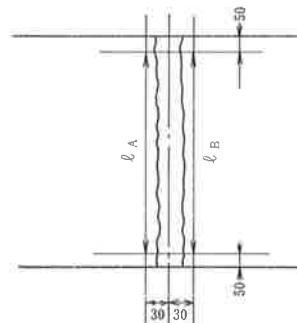
表4-2 $\delta l_A, \delta l_B$; l_A, l_B の溶接前と溶接後の差(単位mm)

Type I

	δl_A	δl_B
	0.25	0.25

Type II

	δl_A	δl_B
A	0.3	0.05
B	0.1	0.1
C	0.2	0.2
D	0.1	0.05



v) 角変形

溶接終了後の角変形量を表4-3 に示す。今回のH T 70鋼の突合せ溶接に際して、角変形に対し逆歪をとったため、結果として表へ凸になったり裏へ凸になったりしているが、その量は非常に小さく、H T 70鋼に対しても逆歪をとることにより角変形を押えることができることがわかった。

表4-3角変形(単位mm)

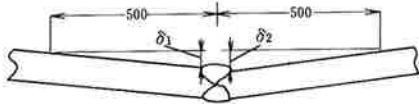
Type I

	δ_1	δ_2	備考
	1.1	1.3	裏へ凸

Type II

	δ_1	δ_2	備考
A	$\cong 0$	0.6	表へ凸
B	0.8	0.5	表へ凸
C	1.0	0.5	表へ凸
D	$\cong 0$	$\cong 0$	

注) 溶接時に逆歪を与えた



5. 全長20mの部材を長手方向に幅切り、面取り、機械仕上げを行った場合の変形

5-1 供試材

供試材は、大型試験体の部材のうち上フランジを測定対象とした。

5-2 加工方法

幅切り、および面取りはポータブルガス切断器、機械仕上げは、フェーシングマシンにより加工を行った。

5-3 試験方法および測定手順

加工方法、測定手順は下記に示す通りである。

i) 板継溶接終了のままの状態

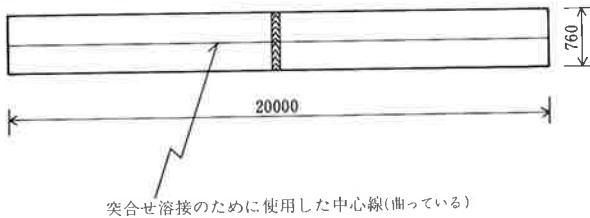


図5-1

ii) 基準線、切断線を罫書く。

(この基準線は、本項目の基準線ゆがみ量測定の基本となる)



図5-2

iii) 幅切り→基準線のゆがみ測定

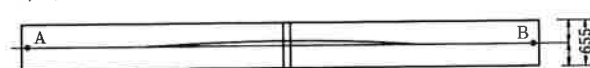


図5-3

幅切りは、両辺同時に同一方向へ行う。基準線のゆがみは、切断後A・B間に水糸を張り、もとの基準線とのずれをノギスを用いて測定する。

iv) 面取り→基準線のゆがみ測定

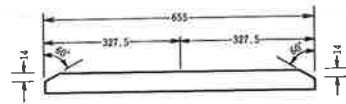
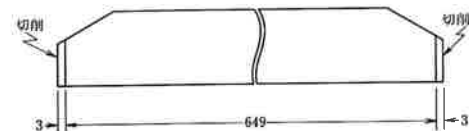


図5-4

面取りは、片側ずつ行う。ゆがみ量を測定するための基準線はii)で罫書いたもの、また方法はiii)と同じ。

v) 機械加工→基準線のゆがみ測定

上フランジのコバ面の直角度を出すために、フェーシングマシンにより片方ずつ機械仕上げする。寸法、形状は図5-5の通り。



切削条件は452RPM-210mm/minとする

図5-5

5-4 全長20mの部材を長手方向に幅切り、面取り、機械仕上げを行なった場合の変形量測定結果および、まとめ

i) 幅切り

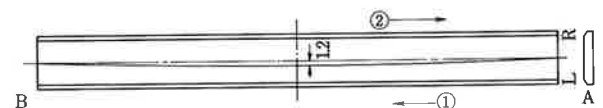
幅切断終了後の基準線の変化を、図5-6に示す。全長が20mにもなる部材としては変形は少なく、長手方向中心で1.7mm変形しただけであった。

ii) 面取り

面取りについては、片側ずつ施工した。測定は、最終の変形量のみ行なっているが、幅切りを経由して1.2mm、幅切り直後と反対側に曲っており、トータルとして、 $1.7+1.2=2.9$ mm変化した。これが、図5-6に示した切断順序方向に関係なく生ずるとすれば、逆に幅切り後、 $1.7+2.9=4.6$ mm、もとの基準線が、すなわち部材が、変形する可能性がある。この場合は、歪取りが必要となるが、今回は都合よく変形したので、そのまま次工程へ進んだ。



ガス切断による両側同時幅切り



ガス切断による面取り(片側ずつ切断) 両側面取り終了後

図5-6 ポータブルガス切断機による幅切り、面取りのための変形量

iii) 機械仕上げ

機械仕上げは、フェーシングマシンにより片側ずつ仕上げ代3mmで行なった。まず、片側のみ仕上げたとき、もとの中心線は5.2mmずれた。すなわち、ii)からは $5.2+1.2=6.4\text{mm}$ 変形したことになる。これは、機械切削によりガス切断時の残留応力が、片側のみ開放されたための変形であると考えられる。残りの片方を切削した場合は、 $5.2+0.9=6.1\text{mm}$ 変形した。すなわち、左右の切削による変形は6mm強ではほぼ同じであるから、機械仕上げを両側施工する場合は、その変形は問題にならないと考えられる。

変形の経緯を下記の表5-1に示す。

表5-1

項目	もとの基準線の 変位置	各項目ごとの 変形量
ガス切断による幅切り	1.7	1.7
面取り	1.2	2.9
片側のみ機械仕上げ	5.2	6.4
両側機械仕上げ	0.9	6.1

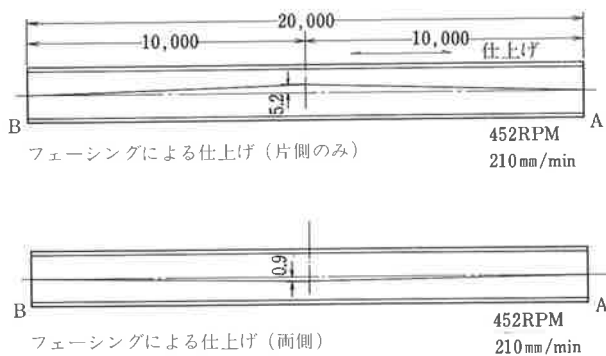


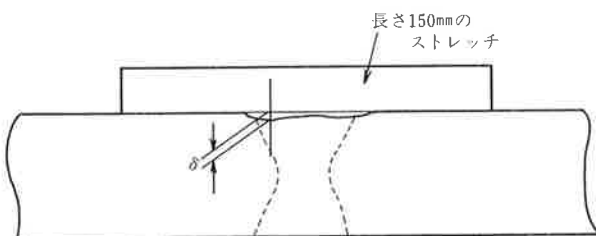
図5-7 フェーシングマシンによる両横コバ面仕上げのための変形量

6. 部材の研削によるすり込み量及び精度度

弦材角継手の部分溶込み溶接部におけるルート部の健全性を確保するための条件として、組立て時点では開先面を完全に金属面とすること、ルートギャップを小さくすること(具体的には0.5mm以下)があげられている。これらの条件を満足させるためには、表記の部材の研削を注意して行う必要がある。ここでは、その研削状況の調査を行った。

6-1 測定項目および測定方法

i) 突合せビードの余盛仕上げ



上図の様に、突合せビードの余盛をグラインダ

ーにより研削後長さ150mmのストレッチをあて、突合せ部のすり込み量をスキミゲージを用いて測定した。

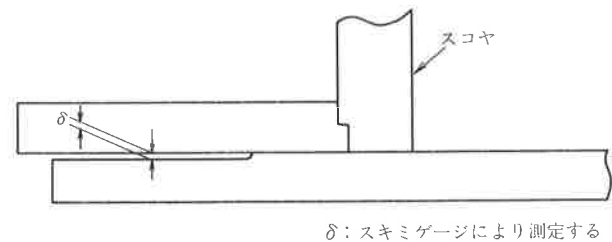
ii) エンドタブ除去後の仕上げ

ウェブの下フランジと接触するコバ面は、すみ肉溶接部になる部分で、そのエンドタブ除去後の仕上げは、すみ肉溶接部の組立精度(ルートギャップ)に影響する。そこで、ウェブと下フランジが接する部分のウェブ下端の突合せ溶接用エンドタブ除去後のすり込み量を、i)と同様の方法によって測定した。

iii) ウェブ、下フランジのプライマー除去におけるすり込み量

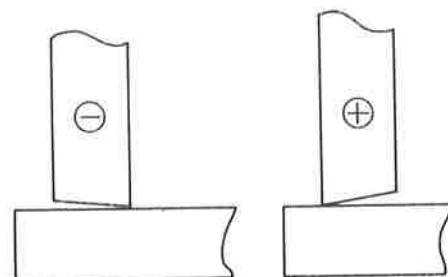
角継手部分溶込み溶接および、すみ肉溶接のルートフェイスおよび、開先面にあたる部分は、完全に金属面を露出しなければならない。またそのための研磨(研削)にあたっては、グラインダーの目を溶接線と平行にする必要がある。そこで当社では、自走式のグラインダーを製作し、これを用いて研削を行った。

そのすり込み量の測定方法は、下図の通りである。



iv) ウェブコバ面の直角度

ガス切断のままの状態と、グラインダー仕上げ後の2回、ウェブ下端の直角度を測定した。測定器具は、スコヤとスキミゲージを用いた。また、測定値の符号としてボックスの内側にひらいた場合+, ボックスの外側にひらいた場合に-の記号を、測定値の前に付した。



v) レ形部分溶込溶接開先精度

上フランジのレ形開先部の開先精度を測定した。測定項目は、開先深さ、開先角度およびコバ面の直角度で、測定器具としては150mmストレッチ、スコヤ、分度器、スキミゲージである。

6-2 測定結果およびまとめ

測定結果を表6-1から表6-4に示す。それらのまとめを以下に示す。

i) 突合せビードの余盛仕上げ

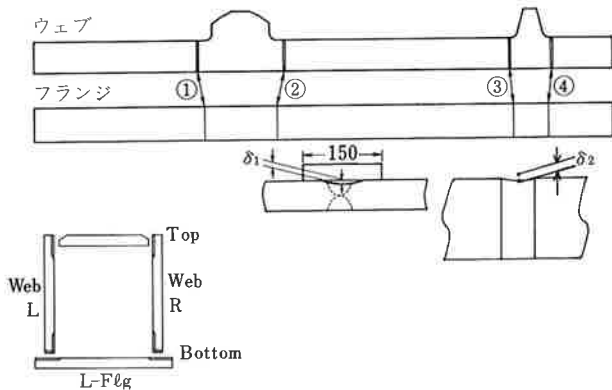
平均のすり込み量は0.275mm、最大は0.7mmで2ヶ所あった。この0.7mmのすり込みを生じた突合せ部では、最初から突合せ溶接の余盛が低い部分があったり、また、微小なアンダーカットをきれいに仕上げようとして、すり込み過多になったためと考えられる。ルートギャップの項でも言及するが、やはり、このウェブの突合せ溶接部では角継手のルートギャップ0.5mm以下は、確保できなかった。この対策としては、突合せ溶接時の最終仕上げに注意することである。

ii) エンドタブ除去後の仕上げ

測定結果から、最大で0.35mmのすり込み量があったことがわかる。この程度であれば、すみ肉溶接部のルートギャップには大きく影響することはないと思われるが、やはり、すり込みがある以上、エンドタブの取付、および除去方法に何らかの対策が必要であると考えられる。

表6-1 突合せビードの余盛仕上げおよび
エンドタブ除去後の仕上げ
δ: 単位mm

		①	②	③	④
L-Fℓg	L	δ ₁ 0.1	δ ₁ 0	δ ₁ 0	δ ₁ 0.6
	R	δ ₁ 0	δ ₁ 0	δ ₁ 0	δ ₁ 0.7
Web L	Top	δ ₁ 0	δ ₁ 0.6	δ ₁ 0	δ ₁ 0.6
	Bottom	δ ₁ 0.25 δ ₂ 0.35	δ ₁ 0.7 δ ₂ 0	δ ₁ 0.3 δ ₂ 0.2	δ ₁ 0.2 δ ₂ 0
Web R	Top	δ ₁ 0.2	δ ₁ 0.3	δ ₁ 0.6	δ ₁ 0.25
	Bottom	δ ₁ 0.15 δ ₂ 0.25	δ ₁ 0.3 δ ₂ 0	δ ₁ 0.3 δ ₂ 0.35	δ ₁ 0.3 δ ₂ 0.35



iii) ウェブ、下フランジのプライマー除去におけるすり込み量

各部材のプライマー除去のためのすり込み量の平均値を下記の表に示す
単位(mm)

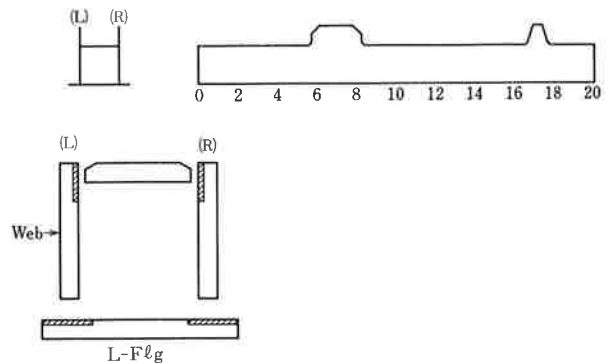
部材	ウェブ(L)	ウェブ(R)	下フランジ(L)	下フランジ(R)
すり込み量	0.19	0.22	0.23	0.37

この結果によると各部材は、下フランジを除いて0.2mm程度すり込んでいることがわかる。下フランジが他と比べてすり込み量が多いのは、20mという長尺部材に対して、自走式グラインダーを初めて適用したのがこの部分であり、装置に不慣れのため均一に研削できず何回も同じ箇所を研削したためである。

したがって装置に慣れた2回目以降は、ほぼ均一に研削できている。

表6-2 ウェブ、下フランジ
のプライマー除去すり込み量
(mm)

	Web (L)	Web (R)	L-Fℓg(L)	L-Fℓg(R)
0	0.25	0.4		
1	0.3	0.35	0.4	0.3
2	0.45	0.3	0.3	0.35
3	0.35	0.35	0.35	0.3
4	0.3	0.35	0.3	0.35
5	0.2	0.3	0.2	0.35
6	0.2	0.15	0.2	0.35
7	0.2	0.1	0.2	0.3
8	0.25	0.15	0.2	0.35
9	0.25	0.3	0.3	0.35
10	0.1	0.2	0.25	0.35
11	0.15	0.2	0.25	0.35
12	0.1	0.2	0.25	0.35
13	0.1	0.1	0.2	0.35
14	0.1	0.15	0.2	0.35
15	0.1	0.2	0.15	0.35
16	0.1	0.1	0.2	0.3
17	0.1	0.15	0.15	0.55
18	0.1	0.2	0.2	0.5
19	0.1	0.2	0.15	0.6
20	0.15	0.2		



iv) ウェブこば面の直角度

ルート部の微小欠陥、特にブローホールの発生に及ぼす影響として、外側にテーパのついたギャップ(下図)が著しいことは、中型試験等の報告書で既に述べた。直角度としては、完全に直角(δ=0)にすべきであるが、切断、仕上げ精度を考えるとある程

度の誤差が出るのはやむを得ない。したがって、前述のことを考えると測定方法からいって(+)記号のついている方が(-)記号がついているよりも望ましいといえる。本試験体の場合、R側のウェブは、(-)気味、L側のウェブは(+)気味であった。但し、L側のウェブの(+)気味の値にしても、ガス切断のままの状態ではその絶対値が大きいく、両方のウェブともグラインダー(手動)による仕上げでは非常に時間がかかった。やはり、ガス切断時にある程度の直角度(0~+0.3)を出しておくべきである。また、能率の良い研削方法を取るべきである。

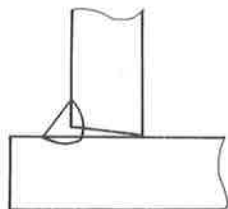
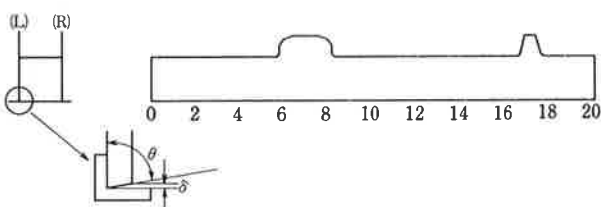


表6-3 ウェブこば面直角度 δ : (mm) θ : (deg)

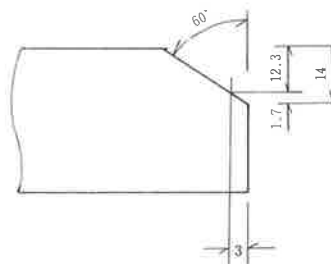
	ガス切断後				仕 上 後			
	L δ	L θ	R δ	R θ	L δ	L θ	R δ	R θ
0					0	90	0	90
1	+0.60	88.9	-0.50	90.9	0	90	+0.20	89.7
2	+0.45	89.2	-0.40	90.7	0	90	+0.25	89.6
3	+0.40	89.3	-0.55	91.0	0	90	+0.25	89.6
4	+0.55	89.0	-0.70	91.2	+0.2	89.7	+0.20	89.7
5	+0.50	89.1	-0.50	90.9	+0.3	89.5	+0.30	89.5
6	0	90	0	90	0	90	0	90
7	0	90	0	90	0	90	0	90
8	0	90	0	90	0	90	0	90
9	+0.50	89.1	-0.10	89.8	0	90	0	90
10	+0.45	89.2	0	90	+0.35	89.4	0	90
11	+0.50	89.1	0	90	+0.30	89.5	0	90
12	+0.60	89.0	0	90	+0.30	89.5	0	90
13	+0.20	89.7	0	90	0	90	0	90
14	+0.40	89.3	0	90	+0.20	89.7	0	90
15	+0.30	89.5	0	90	+0.20	89.7	0	90
16	+0.10	89.8	0	90	+0.20	89.7	0	90
17	+0.60	88.9	+0.60	88.9	+0.60	88.9	+0.25	89.6
18	+0.70	88.8	-0.45	90.8	+0.50	89.1	+0.30	89.5
19	+0.85	88.5	-0.40	90.7	+0.60	88.9	-0.40	90.7
20					+0.60	89.0	-0.25	90.4



+ δ , $\theta < 90^\circ$ → ウェブ内側に隙
 - δ , $\theta > 90^\circ$ → ウェブ外側に隙

v) レ形部分溶込溶接の開先精度

大型試験体では上フランジの開先加工を“ガス切断による面取り→機械切削”の順序で行なった。そのため、面取り時の開先深さを下図により、規定(12mm)より2mm深い14mmとした。この計算通りであれば、開先深さは12.3mmとなるわけである。下表に開先深さ、開先角度の測定結果の平均値を示す。



開先深さ		開先角度	
L	R	L	R
12.28	11.85	58.8	58.4

上記の値を見ると、L, R比較の数値がよく揃って加工されていることがわかる。

しかしながら、フェーシングマシンによる機械切削は、上フランジの巾を重要視したため、なかには開先深さが規定値よりも1.5mm下まわった部分もあり、開先加工は下図に示すように、フェーシング仕上げより後に行うとより良い精度が得られると思われる。

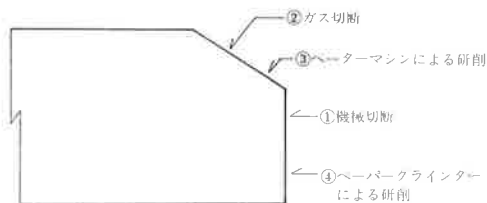
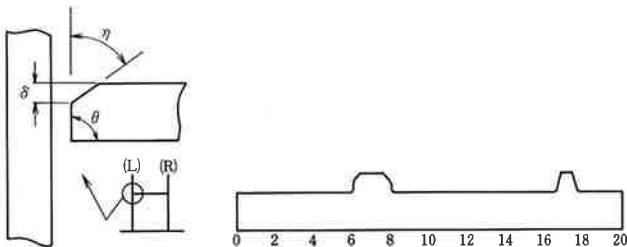


表6-4 レ形部分溶込溶接 開先精度

δ : mm η : deg θ : deg

	開先深さ δ		開先角度 η		直角度 θ	
	L	R	L	R	L	R
0	13.5	10.5	58.5	58.5	90	90
1	12.5	11.5	59.5	58.5	90	90
2	12.5	11.0	60	58.5	90	90
3	12.0	11.0	60	58.5	90	90
4	12.0	11.5	60	58.5	90	90
5	11.5	11.5	59.5	59	90	90
6	12.5	12.5	59.5	58	90	90
7	12.0	12.0	59.5	58.5	90	90
8	11.5	12.5	59.5	58	90	90
9	12.0	13.0	59	58.5	90	90
10	12.5	12.5	58	57.5	90	90
11	12.0	12.5	59	58.5	90	90
12	12.0	12.0	58	58.5	90	90
13	13.0	12.0	58	58	90	90
14	13.0	12.0	58	58	90	90
15	12.5	12.0	58	59	90	90
16	12.0	12.5	58	59	90	90
17	12.0	11.5	58	58	90	90
18	12.5	11.5	58	58	90	90
19	12.5	11.5	58	58	90	90
20	12.0	12.0	58	58.5	90	90



7. 組立および本溶接

7-1 組立精度

角継手部および、ダイアフラム組立時のルートギャップの値を表7-1および表7-2に示す。角継手部では、サブマージアーク溶接によるたれ落ち、ふき出し等のルート部溶け込み線、平滑性に関する問題から、ルートギャップを0.5mm以下とする様に組立てを行った。結果は、総溶接長80mに対して平均0.11mmと、非常によい値が得られた。これは、前回の中型試験の結果をもとに、上フランジのルートフェイスに当る部分を機械仕上げにしたり、その他の対策を行ったためであると思われる。しかし、一部(3ヶ所)に0.5mmをこえるギャップがあった。このうち、0.9mmと0.7mmのギャップは、

ウェブの板継の仕上げによるすり込みすぎ、0.65mmは単に自走式グラインダーによるすり込みすぎであった。ウェブの突き合せ溶接部の仕上げは、溶接部、熱影響部および母材で、各々硬さが異なるためグラインダーにより仕上げるときは、特に注意して作業する必要がある。なお、このギャップのあいた板継部は破面試験の結果、やはり垂れ落ちがあったことが認められた。

次に、組立てによる弦材全体の変形(溶接前)を表7-5に示す。水平方向では、ガセット部(大,小共)でL側方向に1.5mm変形していた。何故ガセット部のみ変形したかその理由はよくわからないが絶対量としては、1.5/20000で非常に小さいものと考えられる。縦方向の変形としては、小ガセットを含めた端側5m位が、それ以外の部分より5mm程度はね上っている。この小ガセットから端側の部分は、それ以外の部分は翌日に上フランジとウェブの仮付を行っており、仮付溶接のための予熱が長手方向に不均一になったことが、この変形の一因であるとも考えられる。

すみ肉溶接部の仮付シーリング溶接は、のど厚3~4mmを目標に行い、満足な結果が得られた。なお、角継手部の仮付および、シーリング溶接は、部分的に仮付溶接とシーリング溶接の継目が大きくなったところがあったので、グラインダーにより調整を行った。

なおつけ加えると、組立が夏場など汗のかき易い時期の場合、研削面に作業者の汗が落ちると、必ず錆を生じるので注意する必要がある。

表7-1 ダイアフラムのルートギャップ

	Bottom	L	R	Top
DA	0	0	0	0 0.1 0
DB	0	0	0.25 0 0	—
DC	0	0.1 0 0	0.45 0 0	—
DD	0	0	0	0.25 0.7 0.25

(単位mm)

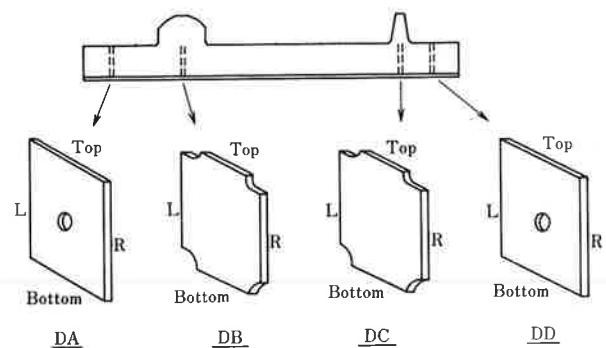


表7-2 角継手（レ形部分溶込み、すみ肉部）
ルートギャップ
（単位mm）

	レ形(L)	レ形(R)	すみ肉(L)	すみ肉(R)		レ形(L)	レ形(R)	すみ肉(L)	すみ肉(R)
1	0	0.1	0.2	0	26	0	0.2	0	0
2	0	0.1	0	0	27	0	0.15	0	0
3	0.15	0.3	0	0	28	0	0.1	0	0
4	0.1	0.1	0	0	29	0	0.1	0.1	0
5	0	0.2	0	0	30	0	0.15	0.15	0
6	0	0.15	0.15	0	31	0	0.15	0	0
7	0	0.0	0	0	32	0.15	0.3	0	0
8	0	0.1	0	0	33	0	0.1	0	0
9	0.1	0.1	0	0.15	34	0	0.15	0	0
10	0.1	0	0.25	0	35	0	0.15	0	0
11	0	0.15	0.35	0	36	0.1	0	0	0
12	0	0	0.25	0	37	0.15	0	0	0.3
13	0.25	0.1	0	0	38	0	0	0	0
14	0.1	0.15	0.1	0	39	0	0	0.35	0
15	0	0	0.5	0.2	40	0	0	0.2	0
16	0	0	0.1	0	41	0	0.7	0	0.15
17	0.15	0	0.15	0	42	0	0	0.3	0.2
18	0.15	0	0.3	0	43	0	0	0.45	0.35
19	0	0.1	0.1	0	44	0.9	0.25	0.4	0.3
20	0	0	0	0.1	45	0	0	0	0
21	0	0.1	0.15	0.5	46	0	0	0.65	0.5
22	0	0.1	0.15	0.3	47	0	0	0.15	0.4
23	0	0.15	0	0	48	0	0	0	0.2
24	0	0.1	0	0	49	0	0.1	0	0.1
25	0	0.15	0	0	50				0.1

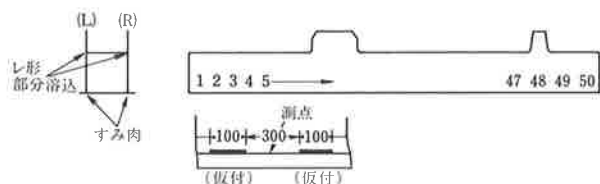
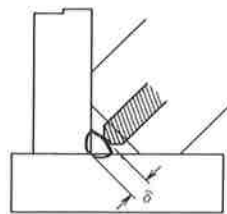
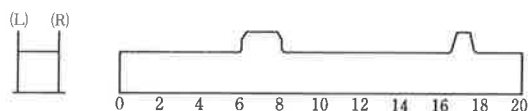


表7-3 すみ肉、仮付、シーリング溶接ののど厚

	L	R		L	R
0	3.0	3.0	11	4.1	4.1
1	4.5	3.5	12	3.1	3.6
2	3.5	2.5	13	4.3	3.8
3	3.5	3.5	14	4.0	3.8
4	4.3	3.3	15	3.4	3.7
5	2.3	3.3	16	3.2	3.4
6	3.8	3.8	17	3.8	3.9
7	3.2	3.2	18	3.8	3.8
8	3.4	3.4	19	3.1	3.0
9	3.9	3.9	20	3.1	3.0
10	3.8	2.8	平均	3.6	3.4

δ : mm



7-2 本溶接と変形

角継手および、すみ肉溶接の本溶接条件を表7-4に示す。基本的には、ねらい位置等も含めて基礎実験、中型試験の場合と同様である。

表7-4 角継手、すみ肉溶接条件

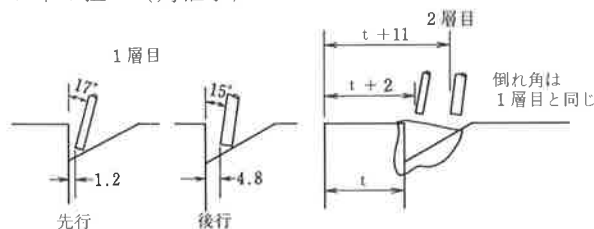
溶接材料

溶接	溶接法	ワイヤ	フラックス	シールドガス
仮付 シーリング溶接	MIG半自動溶接	YM-18 0.9φ	—	Ar+CO ₂ 80% 20%
すみ肉溶接	シングルサブマージ アーク溶接	US-49 4.8φ	MF-38A (20×200)	—
角継手	タンデムサブマージ アーク溶接	先行	US-49 4.0φ	MF-38A (20×200)
		後行	US-49 4.8φ	—

溶接条件

溶接	電流(A)	電圧(V)	速度(cm/mm)	その他	
仮付 シーリング溶接	170	28	—	水平	
すみ肉溶接	650	33	38	下向き	
角 継 手	1層目	先行	720	32	極間 距離 45mm (2層目) 30mm
		後行	620	38	
	2層目	先行	700	36	
		後行	620	38	

ワイヤ狙い（角継手）



溶接は、すみ肉溶接を片側ずつ行った後角継手を左右同時に行った。また、角継手のガセット部では、整形溶接と称して、被覆アーク溶接により、脚長(上脚)6mm程度の、すみ肉溶接を施こした。以上のことを前提に、本溶接後の弦材の変形について述べる。

まず、試験体の大曲り（表7-5）であるが、これは組立時の変形がそのまま残存した様である。つまり、溶接による横方向への変形はほとんど認められなかった。

表7-5 試験体の大曲り

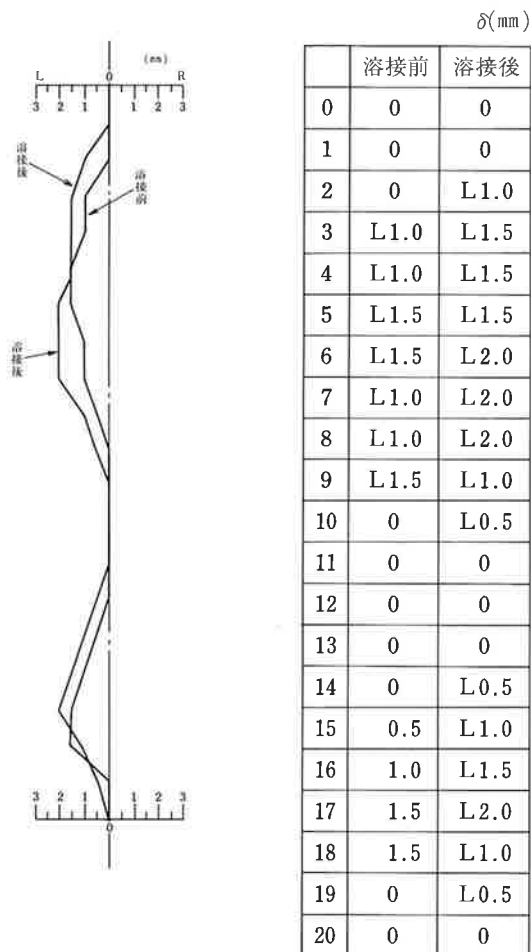


表7-6 溶接による変形 (レベル)

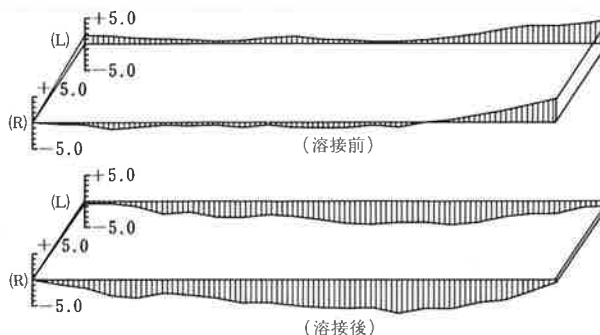
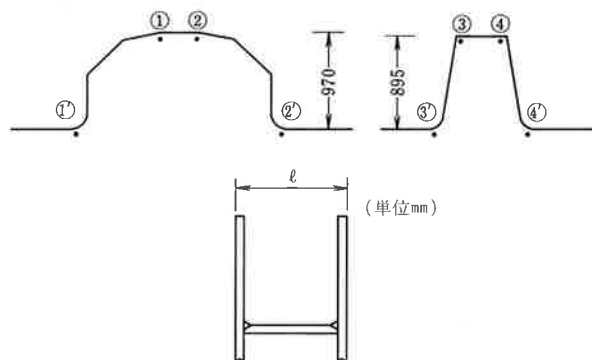
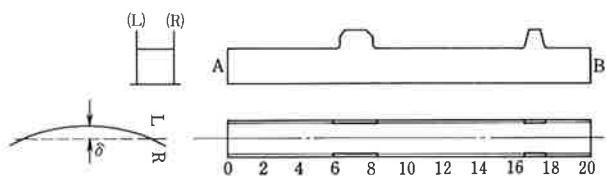


表7-7 ウェブガゼットの角折れ量

	大ガゼット				小ガゼット			
	①	②	①'	②'	③	④	③'	④'
i (ℓ: mm) 本溶接前	708.5	709.0	721.0	721.0	718.0	719.0	721.0	720.5
ii (ℓ: mm) 本溶接後	683.5	684.0	720.0	720.5	692.0	692.0	720.0	720.0
iii 差(mm)	25.0	25.0	1.0	0.5	26.0	26.5	1.0	0.5
iv ①~を考慮した変形量	24.0	24.5	—	—	25.0	26.0	—	—
v $\frac{iv/970}{\text{or } 895} \times 2$ (rad)	0.012	0.013	—	—	0.014	0.015	—	—
vi 角変形量平均(rad)	0.013				0.014			



溶接による上下方向の変形については表7-6 に示す様に、中央部に比べて端部が5~6mmはね上って、全体として下に凸になって変形した。これは、下フランジとウェブの溶接が脚長10mmのすみ肉溶接なのに比べて、上フランジとウェブの角継手が開先深さ12mm、開先角度60°で余盛付きであるため2層盛りとなり、溶着金属の量が、上フランジとウェブの溶接の方が大きく、そのため収縮量も大きくなったためではないかと考えられる。このことから、この試験体と同じ開先形式を採用するかぎり、下に凸となる変形はさけられず、場合によっては、上げ越しを見込む必要があるのではないと思われる。

次に、ガゼット部の角変形であるが、この値は逆歪をとる場合の目安となる量である。結果は、大小両ガゼットとも約0.01ラジアン、すなわち1/100であった。

また、角継手、すみ肉溶接による弦材の長手方向の収縮であるが、3ヶ所平均して約1.3mm程度であった。これによると、格点間がℓmmであるとすると、組立前の格点距離の設定は $\ell \times (1 + 1.3/200000)$ mmとすればよい。ただし、溶接による収縮量は、材質により影響されると考えられるので、この値はひとつの目安である。

最後に、溶接部の寸法であるが、すみ肉溶接の脚長およびのど厚は、やや大きめではあるが、良好であった。レ形角継手の余盛高さは、高さの制限は満足しており、どちらかといえば低い目であった。部分的に開先面が残る結果となったところもあり、採用した2層目の溶接条件の溶接速度をもう少し遅くする必要がある。

表7-8 角継手、すみ肉本溶接による
弦材長手方向の収縮測定結果

	Ⓓ	Ⓔ	Ⓕ
組立シーリング完了後	20004.5mm	20001.5mm	20000.0mm
本溶接完了後	20003.0mm	20000.0mm	19999.5mm
収縮量	1.5mm	1.5mm	1.0mm

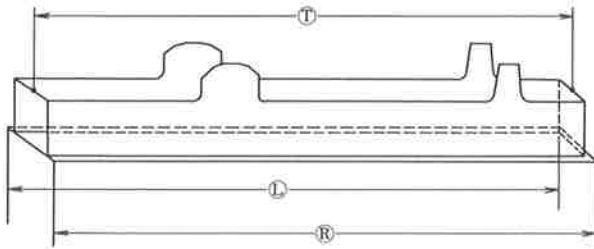
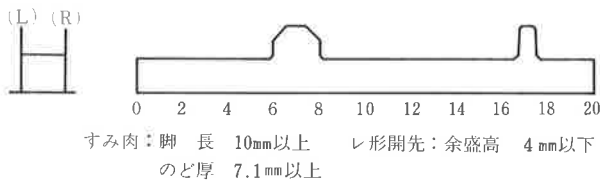


表7-9 角継手、すみ肉脚長及び余盛高さ
(単位mm)

	すみ肉(L)			すみ肉(R)			レ形開先部分溶込	
	脚長	のど厚	余盛高	脚長	のど厚	余盛高	(L)	(R)
0	10.5	10.0	7.5	10.5	12.9	7.9	0.8	3.6
1	11.9	11.1	8.0	10.5	23.6	8.1	1.2	3.6
2	10.7	10.7	7.1	12.9	11.5	8.0	0.9	2.6
3	11.8	12.1	7.8	11.8	12.7	8.6	1.1	2.7
4	12.1	10.8	7.9	10.6	12.0	8.0	1.0	2.5
5	11.7	10.3	7.7	12.7	12.5	8.1	1.3	1.5
6	11.7	11.6	7.7	11.2	11.8	7.5	—	—
7	11.8	11.1	8.1	10.6	11.7	7.9	—	—
8	11.9	11.6	8.1	11.4	12.0	7.8	—	—
9	12.1	11.3	7.9	11.5	11.8	8.0	1.1	1.1
10	11.0	10.9	8.0	12.2	12.7	8.0	1.0	2.0
11	10.9	11.9	8.2	11.2	12.3	8.1	1.0	2.3
12	10.7	10.6	7.6	10.3	11.5	8.4	0.9	1.9
13	11.2	11.2	8.0	10.9	11.9	7.9	0.8	2.3
14	10.2	10.8	7.2	11.5	10.9	7.9	0.8	2.6
15	10.9	11.0	8.0	11.0	11.9	7.9	0.5	2.6
16	11.3	11.7	7.1	10.2	11.4	7.2	0.9	2.4
17	12.7	11.0	8.1	11.5	12.1	7.9	—	—
18	11.6	12.2	8.0	10.2	12.1	8.0	1.0	2.6
19	11.3	10.9	7.3	11.0	12.6	8.0	1.2	3.0
20	10.7	11.4	7.8	11.0	12.0	7.5	1.4	1.7

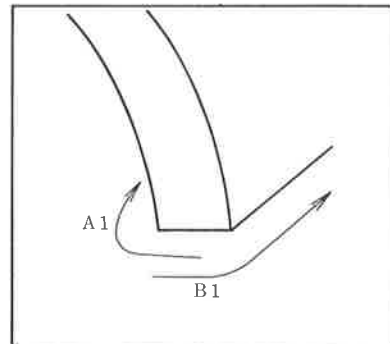


8. ダイアフラム、すみ肉溶接の施工

8-1 中間ダイアフラム

中間ダイアフラムの溶接は、前報告書(中型試験)の結果をふまえ、実施工と同様の方法で行った。以下に、その要領を示す。

まわし溶接部は下図に示すように、端部での棒継ぎを避け、A, B, 同時溶接を行った。この場合、B溶接者はAのアークがコーナーをまわった瞬間、溶融プールに棒を突込み、棒継ぎのない、滑らかなまわし溶接部を得られた。



また、脚長10mmであるので3層盛りとし、初層には溶け込みの深い低水素系(LB-52)を、2, 3層目はすみ肉形状改良棒(LBF-52A)を使用した。

8-2 端ダイアフラム

端ダイアフラムの施工で問題となるのは、隅角部の溶け込み下良であり、これを避けるためMIG溶接(①, ②)で十分コーナー部を溶融、溶接し、しかるのち、改良棒(③)で施工を行った。

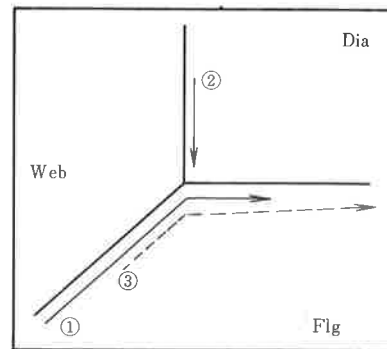


表8-1 ダイアフラム溶接条件

溶接材料

ダイアフラム	1層目	2層目	3層目
中間	LB-52 5.0φ	LBF-52A 5.5φ	LBF-52A 5.5φ
端	LBF-52A 5.5φ	—	—

溶接条件(電流)

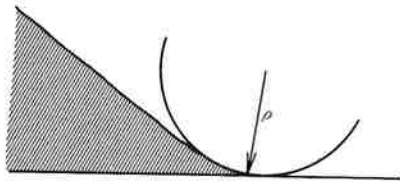
ダイアフラム	1層目	2層目	3層目
中間	240~250 A	240~250 A	240~250 A
端	240~250 A	—	—

ダイヤフラム ρ , θ , d の測定

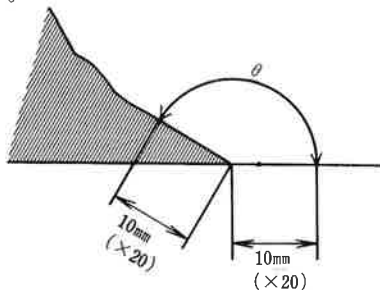
すみ肉溶接をシリコンゴム系印象材で型取りし、20倍拡大投影機にてビード趾端部の形状を評価した。

各種半径を描いたフィルムを拡大、投影面に於て最も適切と思われる趾端部半径を ρ とした。

このとき、カット等がある場合はその内径とした。



拡大投影面上で、趾端部より約10mmの範囲のビード線の平均的角度を θ とする。この場合測定は、分度器にて行った。



溶接趾端部にカットがあった場合、その深さを d を測定した。

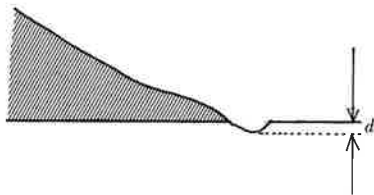
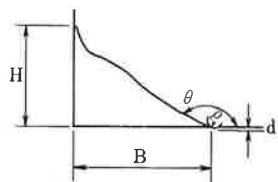
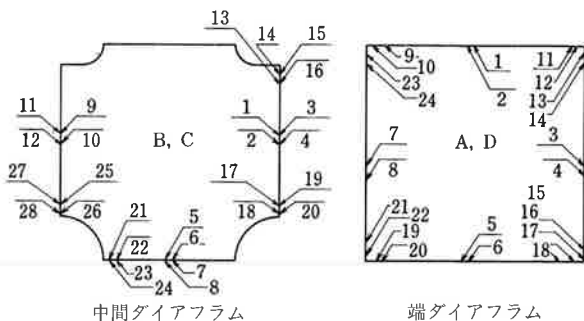


表8-2 ダイヤフラム, すみ肉溶接, 趾端部形状 (ρ, θ, d)



ρ : 趾端部半径
 θ : 趾端部角度
 d : アンダーカット
 H, B: 脚長

測定点

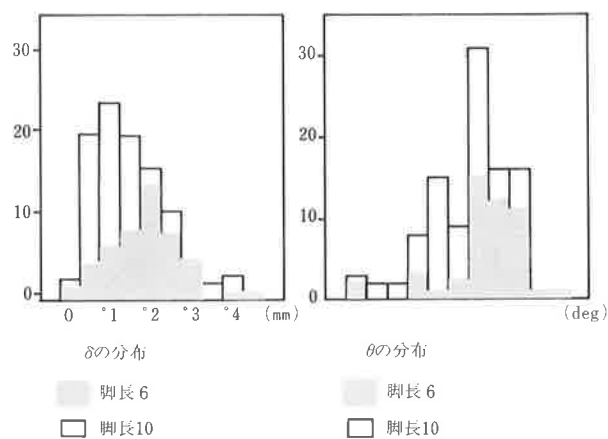


位置	ダイヤフラム	マーク	ρ (mm)	θ (deg)	d (mm)	脚長	
						H (mm)	B (mm)
端ダイヤフラム一般部	A	1	2.0	156	0	6.0	9.0
		2	2.4	161	0		
		3	1.1	158	0	7.0	9.0
		4	2.5	164	0		
		5	3.0	163	0	6.5	10.0
		6	1.5	156	0		
		7	2.5	162	0	6.0	9.5
		8	2.0	155	0		
	D	1	1.2	155	0	7.0	10.0
		2	2.9	169	0		
		3	2.3	167	0	7.0	10.0
		4	3.4	165	0		
		5	1.0	156	0	6.0	8.0
		6	1.5	161	0		
		7	3.3	167	0	6.5	9.5
		8	2.1	166	0		
中間ダイヤフラム一般部	B	1	0.5	146	0	11.5	13.0
		2	1.0	158	0		
		3	1.0	146	0	10.5	13.0
		4	1.1	153	0		
		5	0.5	131	0	11.0	12.5
		6	0.6	127	0		
		7	3.5	165	0	11.0	15.0
		8	4.0	168	0		
		9	1.0	149	0	11.0	15.0
		10	1.5	158	0		
		11	0.8	140	0	11.5	12.5
		12	1.2	156	0		
	C	1	1.0	147	0	10.0	14.5
		2	0.7	143	0		
		3	0.3	146	0.08	11.5	14
		4	0.8	148	0		
		5	2.6	168	0	12.5	13.0
		6	1.2	149	0		
		7	1.6	159	0	10.0	14.0
		8	1.5	153	0		
		9	0.5	146	0	12.0	13.0
		10	0.7	142	0		
		11	1.0	147	0	10.0	14.0
		12	1.5	155	0		
端ダイヤフラムコーナー部	A	9	3.0	164	0	7.0	7.5
		10	4.1	175	0		
		11	2.5	165	0	7.0	11.5
		12	1.5	165	0		
		13	1.6	155	0	6.0	9.5
		14	1.8	156	0		
		15	2.5	158	0	7.5	11.0
		16	1.7	161	0		
		17	2.2	159	0	8.0	9.0
		18	0.6	128	0		
		19	2.0	157	0	6.5	14.0
		20	0.5	141	0		
21	1.5	158	0	7.0	10.5		
22	2.9	167	0				
23	1.0	153	0	6.0	11.0		
24	2.1	167	0				

位置	ダイヤ フラム	マーク	ρ (mm)	θ (deg)	d (mm)	脚 長	
						H (mm)	B (mm)
端 ダイヤ フラム コー ナー 部	D	9	2.1	158	0	8.0	10.5
		10	2.5	159	0		
		11	1.9	161	0	6.5	11.0
		12	2.1	166	0		
		13	1.0	144	0	8.5	8.5
		14	0.8	140	0		
		15	2.5	165	0	8.0	12.0
		16	4.5	171	0		
		17	0.5	145	0	9.5	10.0
		18	0.3	125	0		
		19	2.0	163	0	8.0	12.0
		20	2.1	160	0		
21	2.0	159	0	9.0	8.0		
22	1.3	150	0				
23	2.1	160	0	6.5	10.0		
24	3.0	162	0				
中 間 ダ イ ア フ ラ ム ま わ し 溶 接 部	B	13	0.5	145	0	10.0	15.5
		14	1.0	156	0		
		15	2.2	159	0	10.0	13.0
		16	3.5	163	0		
		17	1.5	158	0	11.5	14.0
		18	1.5	155	0		
		19	0.5	136	0	11.5	15.0
		20	1.0	152	0		
		21	1.2	153	0	12.0	14.0
		22	2.8	169	0		
		23	1.5	156	0	10.5	14.0
		24	0.7	145	0		
		25	1.2	147	0	12.0	13.0
		26	1.2	156	0		
		27	1.8	151	0	12.0	14.5
		28	0.6	132	0		
	C	13	1.2	160	0	9.0	15.0
		14	0.7	142	0.05		
		15	1.0	148	0	10.0	14.0
		16	1.6	152	0		
		17	1.6	164	0	11.0	12.0
		18	1.7	157	0		
		19	1.2	158	0	11.0	15.0
		20	2.0	160	0		
		21	2.0	159	0	10.0	15.0
		22	1.5	156	0		
		23	1.3	147	0	10.0	14.5
		24	4.4	166	0		
25	0.9	152	0	11.0	13.5		
26	1.4	156	0				
27	0.6	141	0	11.0	15.5		
28	0.5	137	0				

全体平均

	ρ (mm)	θ (deg)	d (mm)	脚 長
脚長 6	2.0	158	0	7.1×10.0
脚長 10	1.4	152	0	10.9×13.5
総 合	1.7	155	0	———



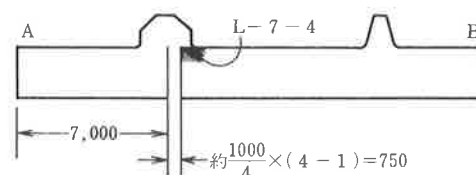
θ, d については問題はないが、 ρ については脚長10mmの場合、そのピークは、1.0mm前後にあり、目標値1.0mm以上には、約1/3が至っていない。これは、溶接棒自体の問題と溶接工の技量による問題がある。これらは、更なる溶接工の技量訓練により解決しようとする。

9. 角継手破面試験、超音波探傷試験結果

9-1 破面試験要領および結果

溶接後の試験体は、角継手部を全線超音波探傷試験を行い、その結果を参考にして角継手部を切り出し、破面試験を行った。

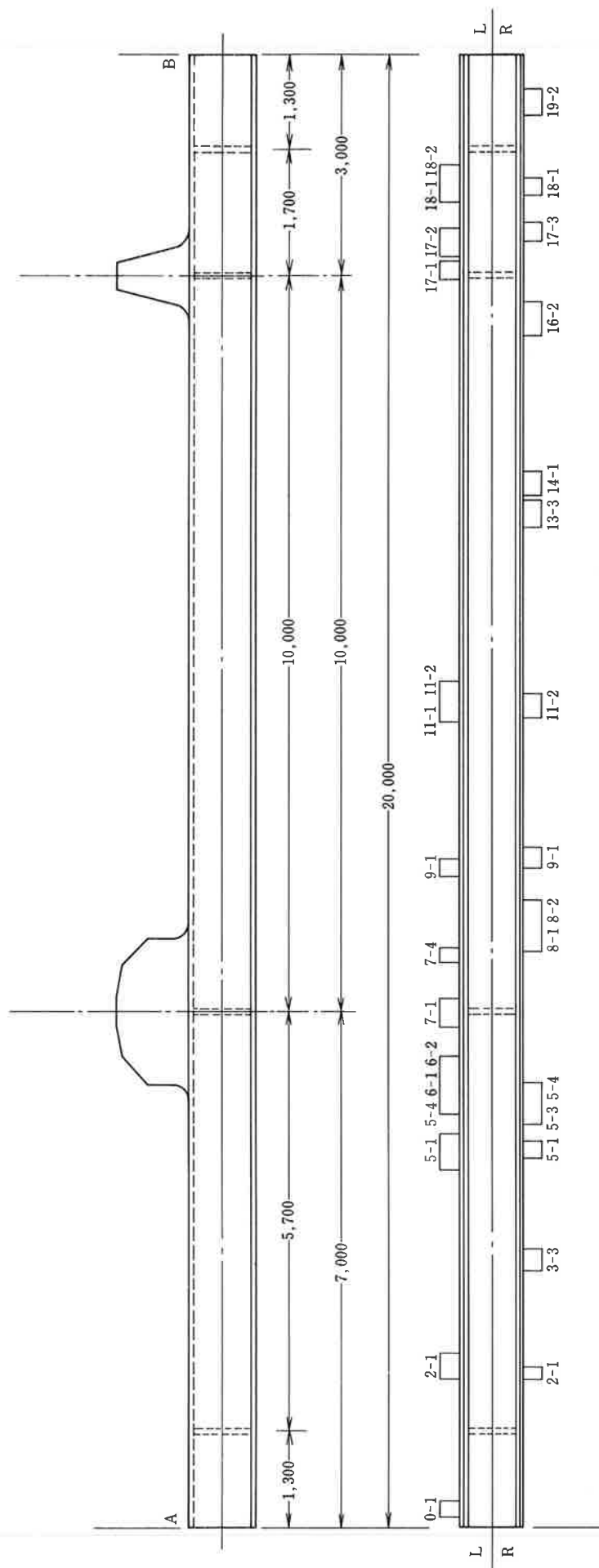
破面試験片の採取位置を次ページに示す。試験片番号の付け方は、まず大ガセット側から見て右側の溶接線をR、左側をLとし、次に大ガセット側からの距離をメートル単位で表わして、次にその1mを4つにほぼ等分しA端側より1～4の番号をつけた。たとえば、L-7-4は下図に示す様に、A端から7mと約750mmを左はしとして採取したものである。



なお、マクロ試験片も数個採取した。番号のつけ方は、破面試験片とほぼ同じである。ただし、最後の数字はない。

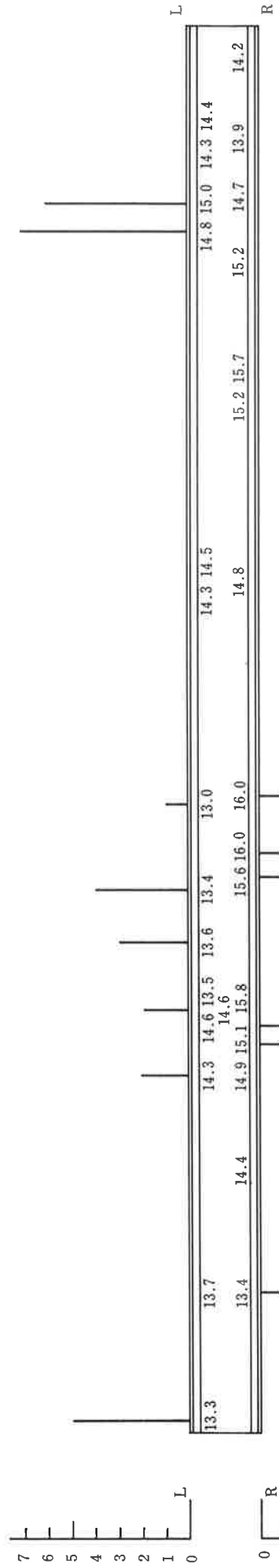
採取した破面試験片の結果を、18ページと19ページに示す。マクロ試験による組織写真を、19ページと20ページに示す。そして、超音波探傷結果を、21ページに示す。

大型試験体 破面試験片採取位置 (採取位置の決定は、主として超音波探傷試験結果によった)



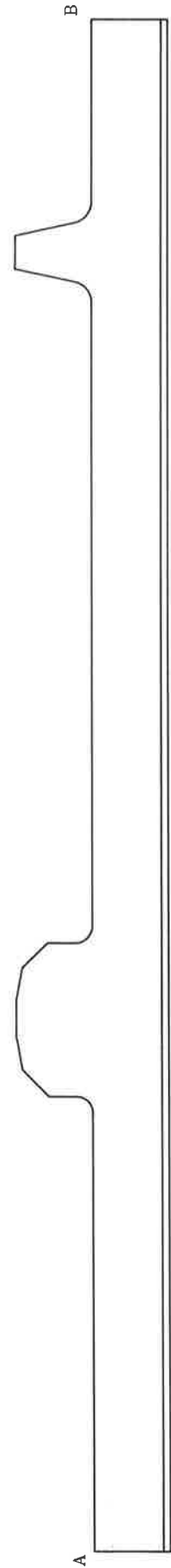
大型試験破面試験結果

個数（直径0.5mm以上のブローホール発生個数）



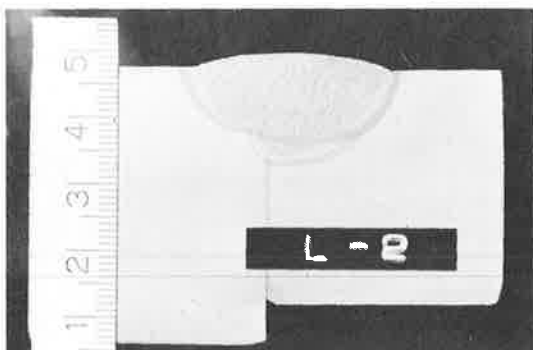
注) 図中の数字は各試験片の平均
溶込み深さを示す。

R側
ガウジングにより補修

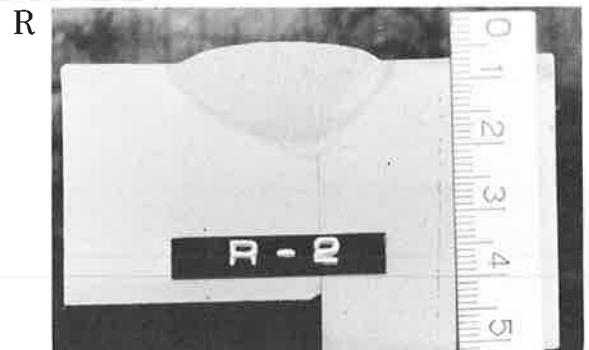


試験片 No.	検査 破面長さ (ℓ)	ルート部のブローホールの発生個数 (長径：D)				そ の 他 の 欠 陥	備 考
		0.5≤D<1.5	1.0≤D<1.5	1.5≤D<2.0	2.0≤D		
L-0-1	245	3	0	0	1		
L-2-1	248	0	0	0	0	depo中 3.0×3.5 のブローホール1個	
L-5-1	539	2	0	0	0		
L-5-4	259	0	0	0	0		
L-6-1	250	2	0	0	0		
L-6-2	254	1	0	0	0		
L-7-1	348	2	0	1	0	depo中のブローホール 3.5×1.5 1.2×1.7 0.5×1.0 1.3×1.8	
L-7-4	200	2	1	1	0		
L-9-1	204	0	1	0	0		無理に上フランジを 落し込んだ跡が有る
L-11-1	247	0	0	0	0		
L-11-2	245	0	0	0	0		無理に上フランジを 落し込んだ跡が有る
L-17-1	241	5	0	0	2	ルート部のスラグ巻込み(長さ×高さ) 1.0×0.5 1.3×1.3 2.5×0.7 1.7×1.0	
L-17-2	302	3	3	0	0	ルート部スラグ巻込み(長さ×高さ) 4.1×1.4 2.0×1.2 溶着金属の垂れ落ち(長さ164mm)	ウェブ突合せ溶接部
L-18-1	247	0	0	0	0		
L-18-2	249	0	0	0	0	depo中のブローホール 1.0φ	
R-2-1	255	1	0	0	0		
R-3-3	288	0	0	0	0	depo中 3.0×3.5 のブローホール1個	
R-5-1	200	0	0	0	0		
R-5-3	251	0	1	0	0	ルート部スラグ巻込み(長さ×高さ) 1.0×0.6 1.0×0.7 2.5×1.2 1.5×1.0 1.2×0.5 1.0×0.2 4.6×1.2 1.0×0.3 2.1×1.2	
R-5-4	238	0	1	0	0	ルート部スラグ巻込み(長さ×高さ) 0.6×0.4 0.7×0.3 0.8×0.3 1.0×0.3 1.0×0.4	
R-8-1	285	0	0	1	0	depo中 1.7×1.2 のブローホール	
R-8-2	342	0	1	0	0	depo中 2.8×1.2 のブローホール	
R-9-1	273	0	1	0	0	depo中 0.8×0.5 0.8×0.6 のブローホール	
R-11-2	250	0	0	0	0		
R-13-3	209	0	0	0	0		
R-14-1	336	0	0	0	0		
R-16-2	321	0	0	0	0	溶着金属の垂れ落ち：長さ40mm	ウェブ突合せ溶接部
R-17-3	224	0	0	0	0		
R-18-1	178	0	0	0	0		
R-19-2	280	0	0	0	0		

記 録 写 真

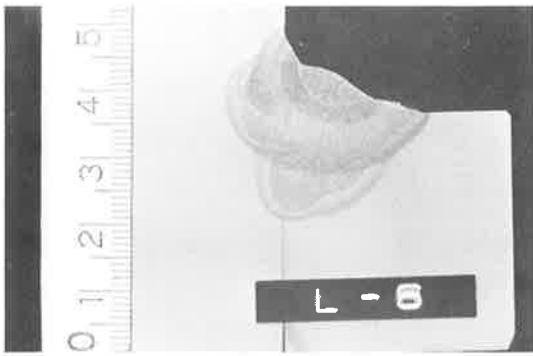


L

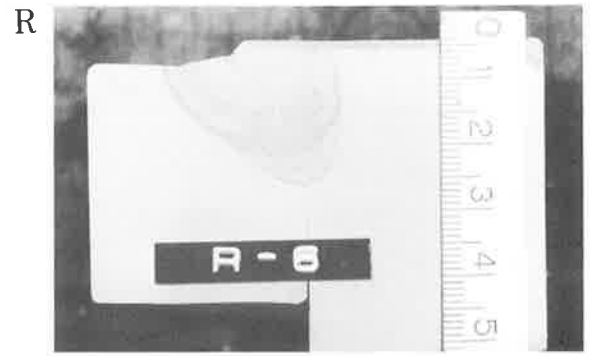


R

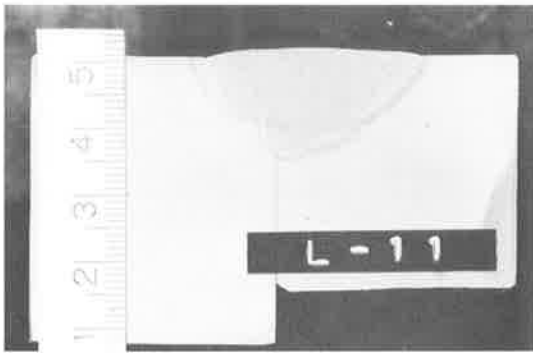
記録写真



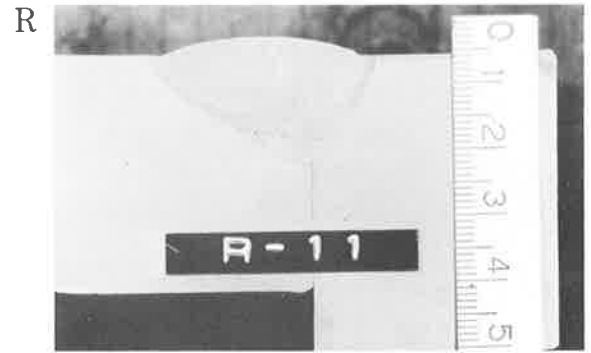
L



R



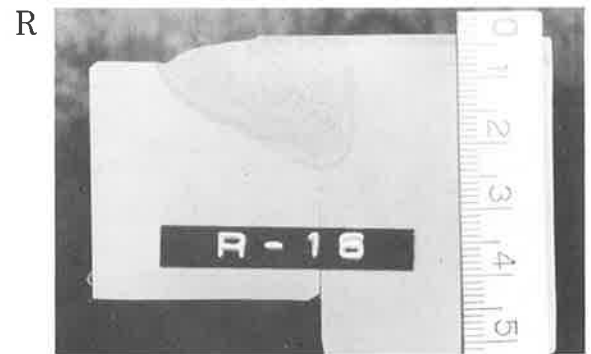
L



R



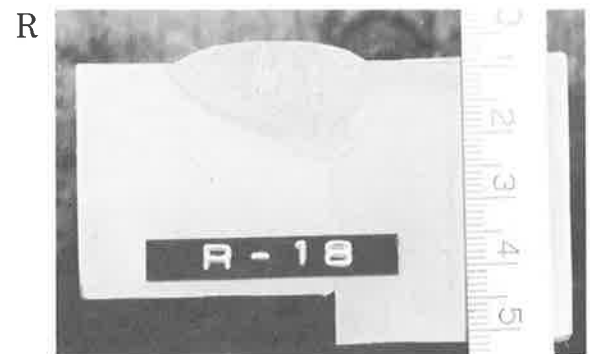
L



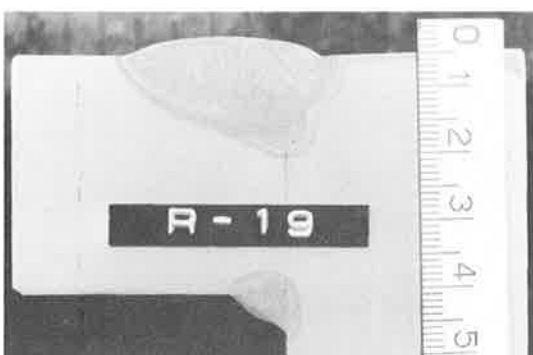
R



L



R



R



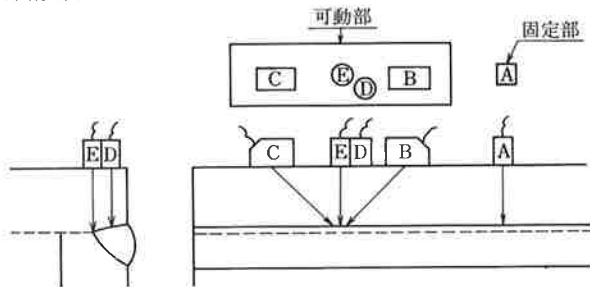
R

9-2 超音波探傷試験方法および結果

i) 試験体形状及び探傷方向



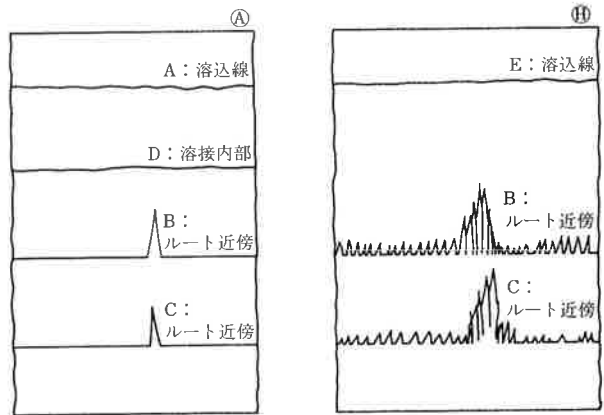
ii) 探傷方法



探触子	エースエンジニアリング	非破壊検査
A(垂)	溶込み線形状検査	
B(斜)	ルート近傍検陥検出	ルート近傍欠陥検出
C(斜)	〃	〃
D(垂)	溶接内部欠陥検出	
E(垂)	可動部制御用	溶込み線形状検出

	エース方式	非破壊方式
走査方法	ストレート走査 ジグザグ走査	ジグザグ走査
探傷速度	ストレート R側 30(cm/mm) L側 60(cm/mm) ジグザグ 10(cm/mm)	ジグザグ 12(cm/mm)

iii) 記録方法



iv) 超音波探傷試験と破面試験の対応性(エースエンジニアリング)

	超音波探傷試験			破面試験			探傷結果と破面の対応性	備考
	欠陥位置(mm)	記録No.	推定W(mm)	欠陥位置(mm)	写真No.	欠陥実測W×H(mm)		
R側 (B端起点)	650(19350)*	1	0.8	(19320)	R-19-2	0.8φ	○	
	1510(18490)	2	1.0					N ※
	1800(18200)	3	1.4	欠陥なし	R-18-1		×	
	3630(16370)	4	1.5	(16406)	R-16-2	1.5×0.4	○	ギャップによるたれ込みあり
	5900(14100)	5	1.5 ウォームホール	欠陥なし	R-14-1		×	
	8320(11680)	6	—					N
	9620(10380)	7	—					N
	10930(9070)	8	1.0以上	(9077)	R-9-1	0.8×1.0	○	
	12100(7900)	9	—					N
	16450(3550)	10	1.4	(3565)	R-3-3	2.0×3.1	○	
L側 (A端起点)	135	1	1.5	124	L-0-1	2.2×4.1	○	
	6710	2	0.8					N
	7400	3	1.0					N
	7750	4	1.4以上	7759	L-7-4	0.8φ	○	
	9040	5	1.4以上	欠陥なし	L-9-1		×	
	9940	6	1.0以上 1.5以上					N
	10090	7	1.4以上					N
	13100	8	—					N
	17140	9	1.4以上 1.5以上	欠陥なし	L-17-1		×	
	17490	10	0.8	欠陥なし	L-17-2		×	

注1 ※ ()内寸法はA端起点の寸法

注2 ※備考のNは破面試験片なし

注3 破面欠陥位置とUTエコー位置にずれがあるが約40mmの中をもたせた。

