測に対し、既に展開した解析的計算理論を相変態の影響が顕著である鋼材 (HT-80) に対しても適用できるように拡張した。また、解析的計算法の有用性を実験および熱弾塑性解析結果と比較検討することから確認した。これにより詳細な熱弾塑性解析を行うことなく、解析的計算法からスリット溶接の溶接金属に生じる拘束応力・ひずみが簡単に精度よく推定できるようになった。

謝 辞

実験および熱弾塑性解析を行うに際し、中島悟博、森山修司両君 (当時学生) の協力を得た。溶接熱履歴再現装置は日立造船機技術研究所の御好意による。装置の使用に際し、当研究所藤井忠臣氏をはじめ関係各位の協力を得た。ここに深く謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 佐藤, 松井: アーク溶接継手の収縮過程に関する研究 (第3報), 本誌, 36-5 (1966), 413-420
- 2) 上田, 高橋, 福田, 中長: 極厚板の多層突合せ溶接における過渡および残留応力, 本誌, 44-6 (1975), 466-474
- 3) 佐藤, 寺崎: 溶接残留応力・溶接変形におよぼす相変態の影響, 本誌, 45-7 (1976), 560-566
- 4) 上田, 福田, 金: スリット溶接の拘束応力・拘束ひずみの解析的計算法, 本誌, 50-9 (1981), 930-937
- 5) 上田, 福田, 金: 任意板厚の斜め Y 形溶接割れ試験片の力学的特性, 本誌, 51-8 (1982), 644-650
- 6) 松田他: 超高張力鋼の溶接割れの研究 (第5報), 溶接学会講演概要, 第31集, 42-43
- 7) 例えば, 超塑性研究会編: 超塑性と金属加工技術, 日刊工業新聞社, (1980), 78-87
- 8) 例えば, 佐藤, 松井: 溶接継手の拘束応力とこれにともなう溶接割れの研究, 本誌, 36-10 (1967), 1096-1109
- 9) 上田, 福田, 金, 古木: スリット溶接継手に生じる拘束応力・拘束ひずみの一般特性及び拘束度の力学的指標としての意義, 本誌, 51-8 (1982), 636-643

TRC 試験及び RRC 試験の力学的特性と相関性*

上 田 幸 雄**, 村 松 由 樹***

Dynamical Characteristics of TRC Test and RRC Test*

by Yukio Ueda** and Yoshiki Muramatsu***

TRC and RRC tests are basic testing methods for studying cold cracking sensitivity of materials. The restraint condition of RRC test is clearly defined but that of TRC test is not. In contrast with this, the testing method of TRC test is much easier than that of RRC test, and an arbitrary loading diagram after weld can be applied in the test.

Therefore, it is very important and useful to clarify the dynamical characteristics of both tests and their correlation.

For this purpose, a series of thermal elastic-plastic analysis by the finite element method was carried out.

The results are summarized as follows.

- (1) There is no essential difference between dynamical characteristics of TRC test and of RRC test if the loading process in TRC test is chosen as similar as the process of development of restraint stress in RRC test.
- (2) In TRC test, stress distribution in the throat section may be determined only by the final restraint load, but plastic strain distribution is affected very much by the loading process.
- (3) In order to get stress and plastic strain distribution in the throat section, which are very similar to those of RRC test, it is necessary to impose in TRC test a loading process as indicated below,
 - (a) the load may be applied when heat begins to be transmitted out of the restraint length.
 - (b) the load may reach at the final value at a temperature which the corresponding RRC test ends.
 - (c) the final load may be equal to that of RRC test.

*原稿受付 昭和58年8月31日 (全国大会論文発表講演)

**正 員 大阪大学 Member, Osaka University

***正 員 金属材料技術研究所 Member National Research Institute for Metals

(4) The correlation between two tests is obtained as follows,

- (a) the free contraction S is measured.
- (b) a tensile test is conducted for a weld joint of $2l$ length.
- (c) the elongation of the specimen should be the same as S .

1. 緒 言

TRC 試験と RRC 試験は溶接継手の低温割れ感受性を調べる典型的な試験法である。この両者の本質的な相違は拘束応力の負荷あるいは発生過程にある。TRC 試験は溶接後任意時間経過後に所定の荷重を負荷する。他方 RRC 試験は溶接中および溶接後に所定の標点距離（拘束距離）を一定に保つことにより、溶接部の冷却に伴う収縮変形が拘束され、拘束応力が生じる。実際の溶接継手では必ずしも RRC 試験のように拘束距離が一定に保たれているわけではないが、比較的 RRC 試験の拘束状態に近いと考えられている。RRC 試験は継手の拘束状態が拘束度によって明確に定義できる反面、試験を行うには特別な装置が必要である。これに対し TRC 試験は試験法自体が簡便であり、冷却過程で種々の負荷履歴を与えることが可能であるが拘束状態との対応関係に不明確さが残る。このような両試験の力学的特性を明らかにし、その相関性を明確にすることは両試験の特徴を生かす上で重要である。両試験とも多くの実験・研究^{1,2)}が行われており、また RRC 試験に関してはすでに一部詳細な解析計算が行われている^{3,4)}。本研究では TRC および RRC 試験の試験片の熱弾塑性挙動を新たに有限要素法により解析し、両試験法の力学的特性を明らかにする。

2. 計 算 方 法

解析の対象としたのは板厚 20 mm の軟鋼板で、単位溶接長をとり平面応力と考へた。また開先形状は Y 形とした。これを用いた RRC 試験では拘束距離 $2l=200$,

Fig. 1 Mesh division for analysis by F.E.M.

Fig. 2 Temperature dependencies of physical properties (Mild steel)

Fig. 3 Temperature dependencies of mechanical properties (Mild steel)

300 および 400 mm とし、TRC 試験ではつかみ間距離を主として 300 mm とした。熱伝導および熱弾塑性解析に共通して用いた要素分割を Fig. 1、材料定数の温度依存性を Fig. 2 と Fig. 3 に示す。なお力学的溶融温度は 750°C とした。

まず Fig. 2 に示す入熱条件（入熱： $Q=16,000$ J/cm, 熱効率： $\eta=0.8$ ）を用いて二次元の差分法により熱伝導計算を行った。その際熱放散も考慮し、Fig. 2 に示した熱放散係数を用いた。得られたルート部の熱サイクルを Fig. 4 に示す。計算で得られた室温（15°C）に冷却す

Fig. 4 Thermal cycle of root

るまでの過渡温度分布を用い、平面応力状態として有限要素法による熱弾塑性解析を行った。RRC 試験の解析では拘束距離を一定に保ち、端面の変位と回転を拘束した。また TRC 試験においても荷重を負荷する端面は垂直を保ち回転を伴わない条件を与えた。これは実際の TRC 試験では端部を治具で締めつけて引張るためである。なお本研究では変態膨張の影響は計算に入れていない。

3. RRC 試験溶接部の熱弾塑性解析

3.1 拘束応力と発生過程

RRC 試験について行った計算結果を以下に示す。

Fig. 5 は端部(拘束端)に生ずる長手方向の平均拘束応力の発生履歴とルート部の温度の関係(実線)である。佐藤・松井らにより明らかにされているように²⁾ RRC 試験においては溶接直後に溶接部の板厚方向への温度分布が局所的な熱集中から平均化へ移行する時に生ずる収縮によって端部にわずかの引張応力を生じる。溶接部近

Fig. 5 Development of restraint stress by RRC test

傍での板厚方向の温度が均一になって以降、試験片の端部に熱が伝導されるまでは熱放散を除いては板全体としての熱量は一定なため試験片全体としては熱収縮がなく端部の拘束応力はほぼ停滞する。端部から熱が伝導、放散され始めると試験片が収縮し始め拘束応力は急激に増加し始め、試験片全体が室温に冷却されるまで増加し続ける。したがって Fig. 5 に見られるように拘束距離が短い程、拘束応力が増加し始める時期は早くなる。この時期は簡単な一次元熱伝導計算で予測することができる。図中破線は RRC 試験の応力発生履歴を単純化して表わしたもので TRC 試験の負荷履歴の一つとして計算に用いるものである。Fig. 6 に拘束距離と最終拘束応力の関係を示す。

3.2 溶接部の応力・ひずみ分布

Fig. 7 は溶接部のど断面に生じた拘束応力 σ_x と塑性ひずみ ϵ_p^x (いずれも引張方向) のど厚方向の分布である。塑性ひずみは拘束距離が短く、拘束が厳しくなると急激に大きくなるが応力はそれ程増えていない。これ

Fig. 6 Relation between restraint length and final restraint stress

Fig. 7 Distributions of stress and plastic strain in throat section at RRC test

は冷却による収縮ひずみが増加しても降伏した要素では以後応力は加工硬化による分しか増えないが、収縮ひずみのほとんどが塑性ひずみになるからである (Fig. 3 参照). Fig. 7 に拘束長 $2l=300\text{ mm}$ の時の溶接部の塑性域を併せて示す.

4. TRC 試験溶接部の熱弾塑性解析

4.1 TRC 試験の基本的な計算例

先にも述べたように TRC 試験においては負荷履歴を自由に選択することができる. ここではその基本例として Fig. 8 中に示すような負荷履歴を与えた場合を計算する. これは Fig. 5 中の RRC 試験で $2l=300\text{ mm}$ の場合の応力発生履歴を単純化したものである. 計算結果を Fig. 8 に Fig. 7 と同じ表示方法により応力・ひずみ分布と溶接部の塑性域を示す. Fig. 7 の RRC 試験 ($2l=300\text{ mm}$) の場合と比較すると大きさ, 傾向とも非常に近いことを示している.

Fig. 8 Distributions of stress and plastic strain in throat section at TRC test

Fig. 9 Loading diagrams of TRC test

4.2 種々の負荷履歴を与えた場合の TRC 試験溶接部の応力・ひずみ分布と RRC 試験との比較

TRC 試験で生じる拘束応力・ひずみの解析に用いる種々の負荷履歴を Fig. 9 と Table 1 に示す.

負荷履歴 A: ルート部の温度が 400°C から 80°C になる間に時間に対して比例的に最終拘束力まで負荷し, 80°C から室温まで荷重に変化が生じないとする場合.

負荷履歴 B: ルート部が $400\sim 15^{\circ}\text{C}$ の間に時間に対して比例的に最終拘束力まで負荷する場合.

負荷履歴 C: Fig. 5 中の破線 (Fig. 9 では Fig. 5 の破線 $2l=300\text{ mm}$ に相当) に相当し, RRC 試験の応力発生履歴を単純化したもので, 温度の低下に対して比例的に負荷したもの (C-1) と, 負荷開始・終了点を (C-1) に合わせてその間時間に対して比例的に負荷したもの (C-2) とがある.

A~C の負荷開始・終了点は Table 1 中に示した. なお負荷履歴 A, B の最終荷重はいずれも RRC 試験の $2l=300\text{ mm}$ の場合, 負荷履歴 C の最終荷重は RRC 試験の $2l=200, 300$ および 400 mm の場合の値を用いた.

溶接部の応力・塑性ひずみののど厚方向分布を Fig. -

Table 1 Conditions of loading diagrams at TRC test

Mark	Final load	Temp. range for loading	Loading rate	$2l$ to obtain the final load at RRC test
A	12.16	$400 \sim 80$	0.695 kg/sec	300
B	12.16	$400 \sim 15$	0.083 kg/sec ($400 \sim 27.5^{\circ}\text{C}$) 1.856 kg/ $^{\circ}\text{C}$ ($27.5 \sim 15^{\circ}\text{C}$)	300
(1) C-1	12.65	$154 \sim 50$	2.43 kg/ $^{\circ}\text{C}$	200
C-2			0.308 kg/sec	
(2) C-1	12.16	$102 \sim 26$	3.2 kg/ $^{\circ}\text{C}$	300
C-2			0.099 kg/sec	
(3) C-1	11.22	$76 \sim 17$	3.8 kg/ $^{\circ}\text{C}$	400
C-2			0.081 kg/sec ($76 \sim 27.5^{\circ}\text{C}$) 3.232 kg/ $^{\circ}\text{C}$ ($27.5 \sim 17^{\circ}\text{C}$)	

(kgf/mm²) (°C) (mm)

Fig. 10-1 Distributions of stress and plastic strain in throat section at TRC test

Fig. 10-2 Distributions of stress and plastic strain in throat section at TRC and RRC test

Fig. 10-3 Distributions of stress and plastic strain in throat section at TRC test

Fig. 11 Temperature dependent relation between equivalent stress and equivalent plastic strain

履歴 A の方が B に比べて非常に大きくなっている。これは同じ大きさの最終拘束力に達した時（負荷終了時）の温度、A : 80℃, B : 15℃が負荷履歴 A の方が B より高いために温度依存性を示す降伏曲面 (Fig. 11) の大きさに差があるためである。すなわち Fig. 11 より理解できるように同じ応力に対しても降伏曲面がわずかに違えば塑性ひずみは大幅に増加する。

Fig. 10-2 と Fig. 10-3 は負荷履歴 C の場合の計算結果で、それぞれ時間に対して比例的に負荷した場合とルート部の温度の低下に対して比例的に負荷した場合に分けて示した。Fig. 10-2 の破線は RRC 試験の計算結果を再記したものである。TRC 試験で負荷履歴 C の場合、時間に比例的に負荷しても、温度の低下に対して比例的に負荷しても応力・塑性ひずみとも結果はほとんど同じである。これは負荷履歴 C の場合、いずれもルート部の温度が 150~20℃ 程度 (Table 1 参照) の低温の狭い範囲で負荷が行われており、降伏応力がかなり高く変化も少ないことと、強制変位による負荷のように降伏域の塑性ひずみが大きく増える恐れのある負荷方法（ある変位まで強制的にひずみを与えるため）でなく荷重による負荷であるため、負荷の増分は残された弾性部分で受け持つことができ、降伏域の塑性ひずみが極端には増えないためであると考えられる。

また RRC 試験と同じ最終拘束力を与えた TRC 試験とを比較すると、応力分布はほとんど同じであり、塑性ひずみも一部の負荷履歴の場合を除いてほとんど同じである。しかし、RRC 試験 ($2l=200$ mm) と TRC 試験 (負荷履歴 C), また RRC 試験 ($2l=300$ mm, Fig. 10-2) と TRC 試験 (負荷履歴 A, Fig. 10-1) を比べると、TRC 試験の方が塑性ひずみが非常に大きくなっている。これらも先に述べたのと同じ理由で TRC 試験の方が同じ荷重をより高温で負荷したためである。

TRC 試験と RRC 試験の相関については次項で詳しく述べるが、実際に TRC 試験によって生じる応力・ひずみとも RRC 試験とほとんど同じものを得るには負荷開始時および終了時のルート部の温度（特に終了時の温度）を RRC 試験（この場合終了時の温度は室温）と合わせる必要がある。実際には負荷開始点の温度としては RRC 試験において熱が拘束距離外に伝導・放散され始め、拘束応力が急増し始める時期で、それ程精度を要しないが、負荷終了時の温度については試験片全体が室温になった時（つまり RRC 試験の最終状態）に負荷を終了することが重要である。これは降伏応力が温度に依存するため、もし降伏応力が極端な増加がなく 30~0℃ でほとんど変化しなければ（つまり計算に用いたような材料の場合）、負荷終了温度がこの温度域に達してい

10 に示す。Fig. 10-1 は負荷履歴 A と B に対する計算結果で応力分布はほとんど違いはないが塑性ひずみは負荷

Fig. 12 Distributions of stress and plastic strain in throat section at TRC test for various lengths between chucks

れば良いことになる。このようなことを考慮して、一般には負荷終了温度をできるだけ室温に近くしかも実験可能な温度に選ぶことが望ましい。

ここまでは TRC 試験の計算はつかみ間距離は全て 300 mm とした。通常初層溶接では溶接部が偏心しているため拘束による引張と同時に曲げモーメントが生じる。この曲げモーメントはつかみ間距離によって影響を受ける可能性がある。試験片のつかみの部分は曲げ回転を許さない構造になっている。ここでこの距離を 200 および 400 mm と変化させた場合の計算を行った。それによって得られた応力・ひずみ分布を Fig. 12 に示す。両結果はほとんど一致しており、つかみ間距離の違いによる影響は無視できるようである。

4.3 TRC 試験と RRC 試験の相関関係

前節では TRC 試験での負荷条件を適当に選べば RRC 試験で生じる応力・ひずみ分布とほとんど等しい分布を生じさせることが可能なことが知られた。この場合に試験片の温度の管理と共に重要なことは RRC 試験を行わずに最終拘束力を推定しそれを作用させることである。このことが TRC 試験と RRC 試験の相関性を明確にすることにとなる。

まず TRC 試験片の自由収縮量 S を熱弾塑性解析で求める。TRC 試験において荷重を負荷せず横方向の自由膨張・収縮変形（角変形は拘束、端面は水平面に垂直保持、つかみ間距離 300 mm）を計算した結果、ルート部の温度と端部の変位の関係は Fig. 13 のようになる。ここではルート部が変形抵抗を回復（750℃）して以後の

Fig. 13 Free expansion and contraction of butt welding joint

Fig. 14 Relation between restraint stress and intensity of restraint or restraint length

収縮を自由収縮 S とした。RRC 試験においては拘束距離 $2l$ を変化させると拘束度 R_f が変化し、次式のよう表わせる。

$$R_f = Eh/2l$$

ここに E : 弾性係数, h : 母板の板厚

RRC 試験においてはこの自由収縮 S を種々の拘束度 R_f のもとで拘束することにより、それぞれ拘束度に応じた拘束応力が生じる。それを Fig. 14 に○印で示す。

もし負荷過程での温度履歴と材料の力学的性質に対する影響を無視すると、種々のつかみ間距離 $2l$ で引張試験を行い、自由収縮量 S が零になるように引張ればそ

の時の荷重と $2l$ の関係は RRC 試験における Fig. 14 の関係と同様になるはずである。ここでは試験片の温度は 15°C 均一として弾塑性解析を行った。この引張試験結果は Fig. 14 に●印で示すように RRC 試験結果とほとんど一致しており、弾塑性解析でも基本的な挙動は非常に高い精度で再現できることを示している。この計算では材料は軟鋼のようなものを想定しており相変態膨張の影響を計算に入れていないので、この影響が大きい材料ではこの影響を考慮した計算^{5,6)}を行わないと実際の RRC 試験に対して誤差が生じる。以上は計算により最終拘束力を推定する方法を示したが、これを実験的手法に変換すると次のようになる。突合せ継手において、初層溶接を行い、角変形を零におさえて自由収縮 S を実測する。次に試験片の拘束距離を種々変化させ、この自由収縮量 S が零になるように負荷し、最終荷重（最終拘束力）と拘束度（または拘束距離）の関係を求めることができる。このように数本の拘束距離の異なる試験片を用いて拘束度と最終拘束力の関係を直接作成することができるが他方、一本の試験片から次のようにして上記関係を作ることでもある。

まず任意のつかみ間距離 $2l$ の試験片を引張る。これによって Fig. 15 のように荷重 P と伸び u の関係を作る。これを基に試験片が $2dl$ だけ長く $2l+2dl$ になった場合、試験片が $2dl$ だけ長くなった部分は常に弾性域にあるので荷重 P によって $du = P \cdot 2dl / E \cdot A$ だけ余分に伸びる (A : 母材部の断面積)。したがって同じ荷重 P に対して試験片の伸びは $u + du = u + P \cdot 2dl / E \cdot A$ となり、これを図示したのが Fig. 15 の破線である。長さ $2l + 2dl$ の試験片の最終拘束力 P_r は $u + du = u + P \cdot 2dl / E \cdot A = S$ の条件から計算できる。これに対する拘束度 R_1

Fig. 15 Relation between load and displacement in tensile test

は次式で与えられる。 $R_1 = Eh / (2l + 2dl)$ のように dl を変化させ P_r と R_1 を計算すれば、一つの実験結果である $P-u$ 曲線から P_r , R との関係が容易に求まる。

前にも指摘したように TRC 試験の負荷開始温度も重要である。これを RRC 試験において荷重（端部の応力）が停滞から上昇に転ずる時期とすると、これは簡単な一次元熱伝導計算でも求まるが、他方実測で容易に求められる。

以上のように TRC 試験の負荷開始・終了温度と最終拘束力を決定し、これによって TRC 試験を実施すると温度履歴を考慮に入れた RRC 試験とほとんど同じ溶接部の応力・ひずみ分布が得られる。逆に TRC 試験において任意の荷重を負荷した場合の溶接部の応力・ひずみが RRC 試験のどの拘束度（拘束距離）に対応するかは Fig. 14 の拘束度と拘束応力の関係を作成しておけば容易に換算できる。この場合負荷時期が得られた拘束距離に応じた範囲から高温側へずれておればひずみに関しては RRC 試験と合わない。

以上は理論解析結果による考察であるが、実験では多少のばらつきも生じ、TRC 試験と RRC 試験に多少の相違が生じることも考えられる。他方 TRC および R-RC 試験とも再現性が著しく優れているわけでもない。これらの試験法の一つの大きい目的は溶接冷間割れ防止に対する限界拘束度、限界拘束応力、あるいは予熱温度の選定にある。このことを考慮するとこれまでの議論はこの目的に必要な精度を十分確保しているものと考えられる。

5. 結 論

TRC 試験と RRC 試験の力学的特性と相関性について有限要素法による熱弾塑性解析結果をもとに考察を行った。その結果をまとめると次の通りである。

(1) TRC 試験において、RRC 試験の応力発生履歴に近い負荷履歴を与えれば、溶接部の応力・ひずみ分布は RRC 試験とほとんど差がなく、TRC 試験と RRC 試験の間には力学的な見地からは本質的な差はない。

(2) 具体的には TRC 試験の負荷において、(a)負荷開始時期は熱が拘束距離外に伝導し始める時の溶接部の温度、(b)負荷終了時期は RRC 試験と同じ温度、(c)最終荷重（最終拘束力）の値、を RRC 試験と同じにすれば負荷履歴が時間あるいは温度いずれに比例的であっても溶接部の最終応力・ひずみ分布は RRC 試験結果とほとんど一致する。なお TRC 試験において溶接部の温度が高い時期に荷重を負荷し、終了時の温度も高いと最終の荷重が同じでも温度が低い時期に負荷した場合に比べて溶接部の塑性ひずみは大幅に増加する。これによって水素

集積量にも大きな差が生じることが考えられる⁷⁾ので負荷時期は重要である。

(3) TRC 試験で重要なことの一つに最終荷重の設定がある。RRC 試験との関係を明確にするためには下記のようにして最終荷重と拘束度の関係を求めることができる。

自由収縮 S を実測し、任意のつかみ間距離 $2l$ の試験片の引張試験を行い荷重・伸び界線を作成する。次にこの荷重・伸び曲線を基にして自由収縮 S が零になるような条件から拘束距離（拘束度）と最終拘束力の関係を求めることができる。この関係を基にして TRC 試験により RRC 試験と等価な結果を得ることが可能となる。

(4) TRC 試験において最終荷重が同じであれば、つかみ間距離の影響はほとんど見られない。

謝 辞

本研究は大阪大学溶接工学研究所との共同研究計画に

従って実施したもので、その間同研究所助手福田敬二博士、中長啓治氏、金裕哲氏の貴重な御助言を得、また実施に際し金材技研・溶接研究部前部長の稲垣道夫博士の御配慮を得たことを記し、深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 鈴木, 稲垣, 中村: 引張拘束割れ試験 (TRC 試験) による高張力鋼溶接部のルート割れにおよぼす拘束外力の影響; 本誌, 32-1 (1963), 44
- 2) 佐藤, 松井, 小林: アーク溶接継手の収縮過程に関する研究 (第1報); 本誌, 35-3 (1966), 246
- 3) 上田, 山川: 有限要素法による熱弾塑性挙動の解析; 本誌, 42-6 (1973), 567
- 4) Y. Ueda and Y. Kusachi: Theoretical Analysis of Local Stresses and Strains in RRC test Specimens at Crack Initiation, IIW Doc., X-662-72
- 5) 佐藤, 寺崎: 溶接残留応力・溶接変形におよぼす相変態の影響; 本誌, 45-7 (1976), 560
- 6) 上田, 金, 陳, 唐: 相変態の力学的取扱いと拘束応力・拘束ひずみの解析的計算法; 本論文集, 2-1 (1984) 掲載予定
- 7) 小平, 矢竹, 百合岡: 鋼中水素拡散と集積の数値解析および溶接部への応用; 本誌, 43-9 (1974), 921

低温用鋼溶接部の限界 COD 値のばらつきに関する一考察*

貝原正一郎**, 村山武弘**, 河野武亮**, 深川宗光***

Study on Variation of Critical COD Value for Welded Joints of Low Temperature Service Steels*

by Shoichiro kaihara**, Takehiro Murayama**, Takesuke kohno** and Munemitsu Fukagawa***

The fracture toughness of the welded joint measured by three point bending COD test usually results in unignorable variation. Especially low critical COD value is often obtained when the fatigue crack tip of COD test specimen is located at the coarse grain region i.e. partially embrittled region. In this paper, the reason to obtain such low critical COD value and fracture behavior of the COD test specimen are investigated in view of welded joints of low temperature service steels. To make examination into this subject, welded joints furnished with embrittled regions artificially are prepared. Welded joints with partially embrittled regions are reproduced in the following two types, which are welded joints contained regions of hot straining embrittlement and mixed with low toughness material. As a result, it was evidenced that critical COD value obtained by COD test specimen depended on the partially embrittled region, and that a crack initiation in any embrittled region had potential to lead to a fracture, but there was a tendency of fracture behavior showing not a one-step fracture but a multi-step fracture.

*原稿受付 昭和58年9月2日 (全国大会論文発表講演)

** 石川島播磨重工業(株) Member, Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

*** 石川島播磨重工業(株) Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.

1. 緒 言

低温用貯蔵タンクや寒冷地向海洋構造物に用いられる低温用鋼溶接部の3点曲げ COD 試験では、その限界 COD 値は非常に大きくばらつき、ときとして低い C-