

(株)神戸製鋼所 構造研究所 池田一夫 青木 満 O木内 晃  
溶接棒事業部 奥田直樹 竹内直記

## 1 まえがき

通常とちいられている板面に垂直な貫通切欠型のC O D試験片で溶接ボンド部の限界C O D値 $\phi_c$ を求める場合、レまたはI型の溶け込み形状などではクラック先端部はほぼ全板厚にわたって融合線に沿って位置しているが、V型の溶け込み形状では板厚中央部のみにて融合線と交わり、その他の部分は溶接金属およびHAZに位置している。したがって、融合部が脆化することのある溶接継手部ではV型溶け込み形状の試験片により求められるボンドの $\phi_c$ はレまたはI型溶け込み形状の試験片から求められるそれよりみかけ上大きくなることも予想される。本研究では、溶接ボンド部の $\phi_c$ におよぼす溶け込み形状の影響を調べる。

## 2 供試材および試験内容

供試鋼は板厚25 mmの

Table 1 Chemical compositions and mechanical properties of steel tested

KD32およびHT60であり、その化学成分および機械的性質をTable 1に示す。

各鋼種に対しエレクトロガスアーク溶接およびデルタオシレート溶接にてTable 2に示す条件のもとで突合せ溶接を行なった。

以後、鋼種と溶接法の組合せを示す場合はTable 2に示す試験系列記号を用いる。各組合せに対しV型、およびレ型またはI型

溶け込み形状を有する継手をほぼ同一の溶接条件のもとで作製した。

用いた試験片はTable 3に示すような切欠の先端に疲労クラック<sup>1)</sup>を設けた小型デュープノッチ試験片(別報のEおよびS試験片)である。Table 3のV-Bond-Fでは、クラックの先端部に溶接金属、融合部およびHAZと異なった $\phi_c$ を有する材質が存在

しており、このような場合の $\phi_c$ が各材質単独のそれとどのような関係にあるかを調べるため、V-Bond-Fの溶接金属、融合部およびHAZそれぞれの $\phi_c$ に相当するものとしてTable 3に示すV-Depo-F、V-Bond-SおよびV-HAZ-Sの切欠を有する試験片についても

| Kind of steel | Plate thickness (mm) | Chemical compositions % |      |      |       |       |       |      |      |       | Mechanical properties         |                               |                    |
|---------------|----------------------|-------------------------|------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------|
|               |                      | C                       | Mn   | Si   | P     | S     | Al    | Ni   | Cr   | V     | $\sigma_y$ kg/mm <sup>2</sup> | $\sigma_b$ kg/mm <sup>2</sup> | Elong. % G.L. 50mm |
| KD 32         | 25                   | 0.16                    | 1.37 | 0.38 | 0.014 | 0.014 | 0.035 | 0.02 | 0.03 | —     | 35                            | 53                            | 25                 |
| HT 60         | 25                   | 0.15                    | 1.31 | 0.36 | 0.012 | 0.007 | —     | 0.02 | 0.02 | 0.034 | 55                            | 65                            | 35                 |

Table 2 Welding conditions

| Test series no. | Kind of steel | Welding procedure       | Wire (Brand of Kobe Steel, Ltd.) | Shielding medium                                  | Current A | Voltage V | Speed cm/min | Heat input KJ/cm |
|-----------------|---------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------|-----------|-----------|--------------|------------------|
| KD32-EG         | KD 32         | Electro-gas welding     | HS-42G (3.2 $\phi$ )             | CO <sub>2</sub> (30 L/min)                        | 800       | 41 ~ 42   | 12.3 ~ 12.8  | 153 ~ 164        |
| HT60-EG         | HT 60         | welding                 | DWS-60G (1.6 $\phi$ )            | CO <sub>2</sub> (25 L/min)                        | 420 ~ 440 | 42 ~ 43   | 9.0 ~ 9.7    | 109 ~ 126        |
| KD32-Delta      | KD 32         | Delta-oscillate welding | DEL-50 (1.2 $\phi$ )             | Inside Ar (20 L/min)<br>CO <sub>2</sub> (5 L/min) | 180 ~ 200 | 20 ~ 21   | 1.7 ~ 2.0    | 125 ~ 130        |
| HT60-Delta      | HT 60         | welding                 | MGT-62S (1.2 $\phi$ )            | Outside CO <sub>2</sub> (35 L/min)                | 180 ~ 190 | 19 ~ 20   | 3.2 ~ 4.0    | 51 ~ 71          |

Table 3 Geometry of penetration and location of notch

| V-Bond-F             |  | ① V-Depo-F                          | ② V-Bond-S | ③ V-HAZ-S |
|----------------------|--|-------------------------------------|------------|-----------|
|                      |  |                                     |            |           |
| V-Bond-F or I-Bond-F |  | KD32-EG : I Type<br>Others : V Type |            |           |

試験を行なった。なお、V-Depo-Fの切欠位置は、その部分の衝撃靱性値がV-Bond-Fの溶接金属部のそれとほぼ等しくなることを確かめた上で決められた。板面に垂直な“F”の切欠に対してはクリップゲージにより測定された破壊時のCODをBCSモデルによりクラックの先端値に換算し $\delta_c$ を求めた。また、板面に対し傾斜した“S”の切欠に対しては別報<sup>1)</sup>に示す方法で破壊時のIモード成分 $\delta_{Ic}$ のみを求め、これを $\delta_c$ とみなした。

### 3 試験結果

得られた $\delta_c$ と温度(T)の関係の一例として、HT60-EGのそれをFig.1に示す。V-Bond-Fの $\delta_c$ -T曲線( $\Delta$ )はそのクラック先端部が異なる $\delta_c$ を有する溶接金属、融合部およびHAZに位置しているにもかかわらず、クラック先端部がほぼ全板厚にわたって融合部と接しているL-Bond-Fのそれ( $\blacktriangle$ )との間に有意差は認められない。また、V型溶け込み形状で各材質単独の $\delta_c$ -T曲線は溶接金属( $\circ$ )、HAZ( $\square$ )、融合部( $\Delta$ )の順に高温側に位置しており、融合部のそれ( $\Delta$ )は各材質が共存しているV-Bond-Fのそれ( $\Delta$ )とほぼ一致している。

つぎに、本試験に用いたすべての鋼種と溶接法の組合せについて各溶け込み形状および切欠位置における $\delta_c = 0.25\text{ mm}$ のときの脆性破壊発生温度 $[T_i]_{\delta_c=0.25}$ をFig.2に示す。いずれの場合もV-Bond-FはL-Bond-FまたはI-Bond-Fとほぼ同じ $[T_i]_{\delta_c=0.25}$ を示している。また、V型溶け込み形状で各材質単独の $[T_i]_{\delta_c=0.25}$ 相互について比較すると、溶接金属およびHAZは融合部より低温側(HT60-Deltaの場合のみ溶接金属とボンドは同程度)になっており、融合部の $[T_i]_{\delta_c=0.25}$ はV-Bond-Fのそれとほぼ一致している。

以上の試験結果からつぎのことが明らかとなった。

- (1) 板厚方向に靱性が変化する場合の板厚全体としての破壊靱性は3軸応力度の最も苛酷な板厚中央部に存在する比較的靱性の低い部分の材質によって支配され、破壊靱性値 $\delta_c$ はその材質が板厚方向に一様に存在する場合の $\delta_c$ にほぼ等しい。
- (2) V型の溶け込み形状のように融合線が板面に対し傾斜している継手部ボンドの $\delta_c$ は、従来の板面に垂直な貫通クラックを板厚中央で融合線と交わるように設けられれば正しく求められる。

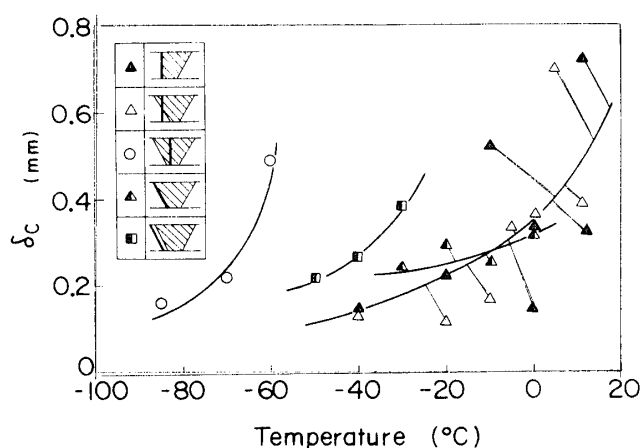


Fig.1 Critical notch tip COD ( $\delta_c$ ) vs. temperature for HT60-EG

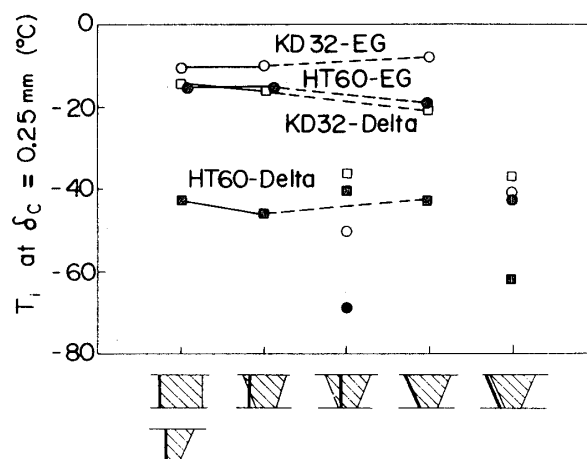


Fig.2 Effect of geometry of penetration on the brittle fracture initiation temperature for the weld bond

1) 青木, 木内, 中山, “COD試験としての小型デフォルメ試験”, 昭和55年度溶接学会秋期全国大会にて発表予定