

320 溶接残留応力場における脆性破壊発生挙動の vTs による推定

— C O D による鋼材および溶接継手の脆性破壊発生に関する研究 (第 8 報) —

(株)神戸製鋼所 鋼板開発部

笠松 裕

小林 清二

○ 松岡 雅典

I まえがき

溶接鋼構造物の脆性破壊発生挙動を論じる際、工業上、できるかぎり簡便な試験が望ましい。このような観点から筆者らは、電張長さ 80 mm 、脆性破壊発生応力が公称降伏点の $1/2$ の場合の脆性破壊発生温度 $[Ti]_{c=40}^{\sigma=\frac{1}{2}\sigma_y}$ を V シャルピ衝撃試験の破面遷移温度 vTs から精度よく推定する式¹⁾、さらに電張長さ 80 mm と脆性破壊発生応力が任意の場合の脆性破壊発生温度 $[Ti]_{c=c}^{\sigma=\frac{1}{2}\sigma_y}$ と vTs から推定する式²⁾を提案した。しかし、これらの推定式は残留応力がない場合についての式であるため、残留応力の影響をいかに相込むかという点に問題を残していた。

今回は、この点に關しての検討を試みるために、残留応力場における脆性破壊発生挙動を前報³⁾で提案した P_c^+ の vTs による推定式を用いて推定可能か否かを調査した。

II 実験および結果

供試鋼板は軟鋼と HT50 および HT80 の各鋼板であり、表 1 にそれらの各溶接継手の溶接条件と vTs を示す。実施した脆性破壊試験は、図 1 に示す形状の中央切欠型 Deep Notch Test であり、切欠位置はボンドである。その試験片における切欠に直角方向の残留応力を図 2 に示す。

解析に際しては、計算の煩雑さをさけるために図中に示すような矩形の近似残留応力分布を用いた。

また、材料特性値 P_c^+ は、前報の提案式³⁾

$$P_c^+ = \frac{1.25\pi^2\sigma_y^2}{\sigma_y^2} \exp\left[1.359 \frac{1}{\sigma_y} [Ti]_{c=120}^{\sigma=\frac{1}{2}\sigma_y}\right] \times \exp\left[-1.359 \frac{1}{\sigma_y} [Ti]_{c=40}^{\sigma=\frac{1}{2}\sigma_y} [Ti]_{c=120}^{\sigma=\frac{1}{2}\sigma_y} \frac{1}{T}\right] \quad \text{--- (1)}$$

$$T = [Ti]_{c=40}^{\sigma=\frac{1}{2}\sigma_y} = (0.00321\sigma_y + 0.391)vTs + 2.73 \sqrt{T} + 4.96$$

$$[Ti]_{c=120}^{\sigma=\frac{1}{2}\sigma_y} = [Ti]_{c=40}^{\sigma=\frac{1}{2}\sigma_y} + 0.8082\sigma_y$$

に vTs の実験値を代入して算出した。

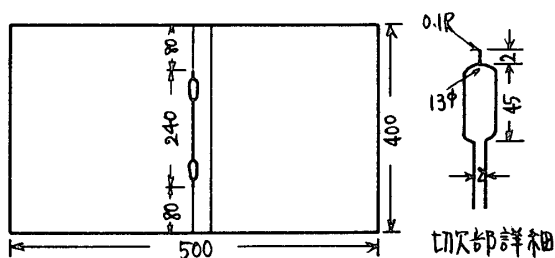


図1. Deep Notch Test 片形状および寸法 (単位:mm)

表1. 溶接継手の溶接条件と vTs

鋼種	板厚 (mm)	溶接方法	入熱量 (kJ/cm)	vTs (°C)
軟鋼	38	ELT 吹入	300	-3
HT50	30	ELT 吹入	370	1
HT80	25	手	20	-36

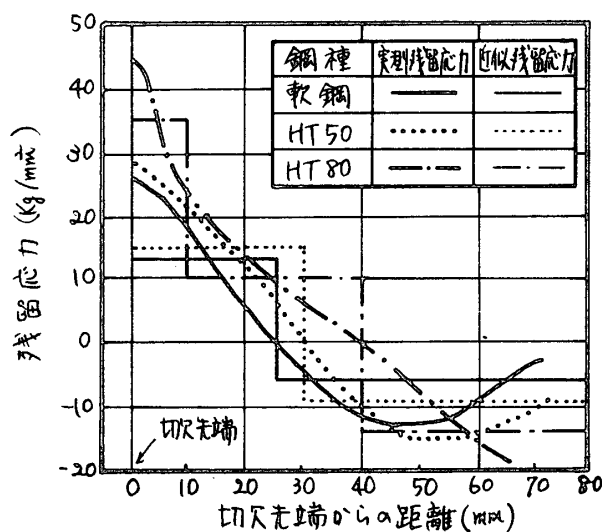


図2. 切欠に直角方向の残留応力

ついで、残留応力場における脆性破壊発生応力を推定するにあたっては、試験温度における σ_y と残留応力 σ_R の差が有効降伏応力として作用するとの仮定のもとに、亀裂先端における外力に起因する K 値と塑性域の有効降伏応力に起因する K 値を相殺させることにより得られる次式⁴⁾⁵⁾

$$\int_{-a}^a \sigma F(x) dx = \int_{-a}^c \{\sigma_y - \sigma_R(x)\} F(x) dx + \int_c^a \{\sigma_y - \sigma_R(x)\} F(x) dx \quad (2)$$

$$\text{ただし、} F(x) = \left\{ \frac{2 \sin\left\{ \frac{\pi(a+x)}{W} \right\}}{W \sin\left(\frac{2\pi a}{W} \right) \cdot \sin\left\{ \frac{\pi(a-x)}{W} \right\}} \right\}$$

W : 試験片幅

$a = c + p_c^+$

σ : 破壊発生応力

を満足する σ を求める方法を用いた。

図3、図4および図5はそれぞれ軟鋼、HT50およびHT80の各溶接継手材のDeep Notch Testにおける破壊応力と上記の手法により推定した破壊応力とを示したものである。

これらの図から、鋼種、溶接方法および入熱量によらず、破壊応力の実測値と推定値はよく一致し、残留応力場における脆性破壊発生挙動をJTSからかなり高い精度で推定しうることがわかる。

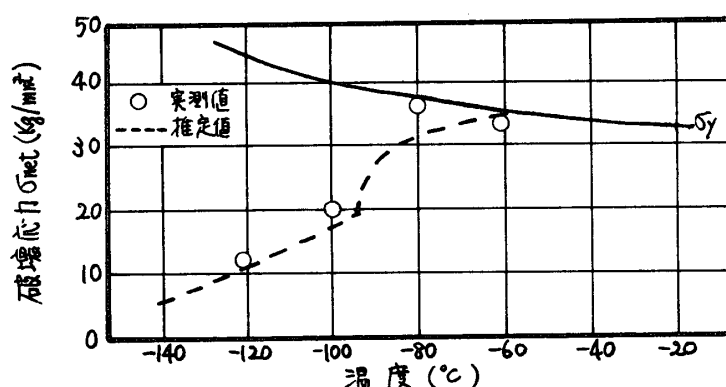


図3. 軟鋼のE型溶接継手材における破壊応力

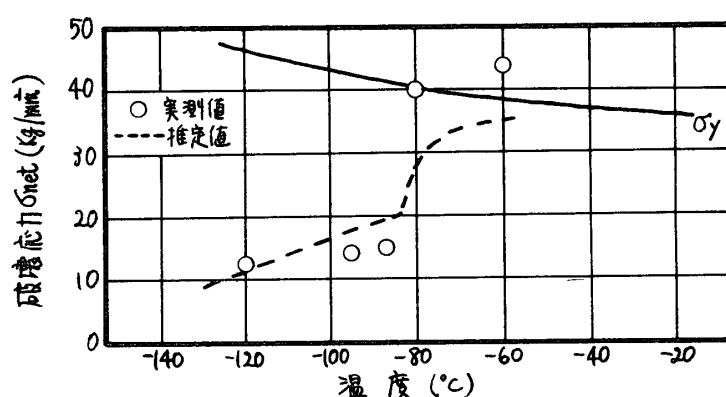


図4. HT50のE型溶接継手材における破壊応力

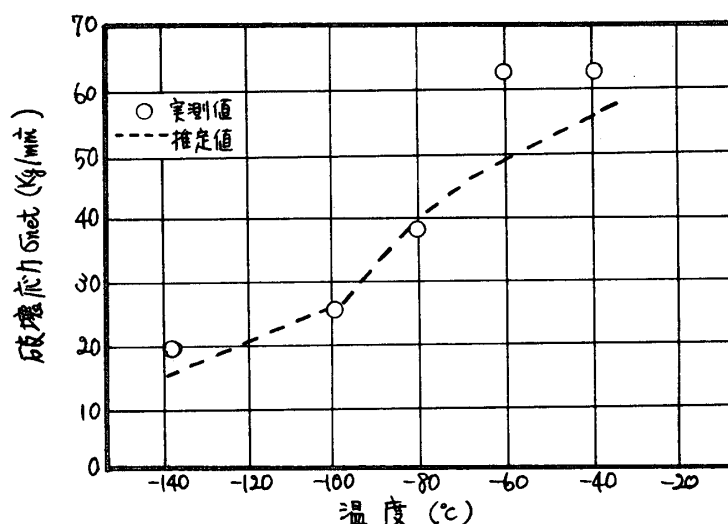


図5. HT80のE型溶接継手材における破壊応力

- 1) 笠松, 高野, 松岡: 溶接学会全国大会講演概要第11集 (1972), 溶接学会誌第44巻6号 (1975)
- 2) 笠松, 松岡: 溶接学会全国大会講演概要第17集 (1975)
- 3) 笠松, 小林, 松岡: 溶接学会全国大会講演概要第18集 (1976)
- 4) 金沢, 大庭, 町田: 造船協会論文集109号 (1961) 5) 越智, 秋山, 岩崎: 日本造船学会論文集第134号 (1974)