

(318)

Rカーブによる延性破壊不安定伝播特性値の検討 (高圧大径ガスパイプラインの不安定延性破壊防止の研究-Ⅱ)

新日本製鐵(株) 製品技術研究所 ○小笠原昌雄 玉野敏隆

三 村 宏 柳本左門

〔 緒 言 〕先に延性亀裂成長抵抗曲線 (Rカーブ) に対する破壊力学的モデルを示したが、この Rカーブと構造物の剛性に支配されるエネルギー条件とから構造物が不安定延性破壊を起こすか否かを検討することが出来る。

〔 実験及び検討 〕

表 1 供試材の化学的成分と機械的性質

No.	グレード	C	Si	Mn	P	S	V	Al	降 伏 点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	C _{shelf} ^(*) kg-m
#A	X-65	0.09	0.19	1.30	0.009	0.33	0.042	—	53	5.7	0.45
#B	X-52	0.18 ~0.19	0.26 ~0.28	1.12 ~1.13	0.014 ~0.023	0.012 ~0.015	0.045 ~0.05	0.018 ~0.023	41~45	56~60	2.8~3.5
#C	STS49	0.27	0.32	0.88	0.014	0.009	—	—	38	5.8	7.5(**)
#E	X-52	0.17 ~0.19	0.26 ~0.28	1.05 ~1.16	0.013 ~0.019	0.013 ~0.017	0.04	0.018 ~0.03	41~44	55~60	3.1~5.3
	X-65	0.11 ~0.12	0.24 ~0.26	1.30 ~1.34	0.011 ~0.017	0.007 ~0.010	0.06	0.018 ~0.03	47~50	63~65	5.3~9.0

用いた材料は #A ~ #E で化学組成と機械的特性は表 1 に示す。

#A, #B, #C の引張試験はタブにパイプを取り付けて剛性を低くした試験機系を用いておこなった。亀裂は延性安定成長を示した後、低応力 (σ_r) で不安定破壊を起こし、破面は剪断破壊を示した。この限界破壊応力から不安定延性破壊伝播限界値 G_c を求めた。一方通常の剛性の高いタブを用いた系で Rカーブテストをおこなった。材料

には #E を用いたが、この内 #E-1 は先の #B-3 と同一材料である。Rカーブテストの例を図 1 に示したが、引張系の蓄積エネルギーを G 、亀裂進展抵抗値を R 、亀裂長さを C とすると延性亀裂は

$$\frac{\partial G}{\partial C} \leq \frac{\partial R}{\partial C}$$

の限界値で不安定伝播を起こす。この様にして G_c 値を求め、先の低剛性タブの結果も含め G_c 値とシャルピーのシェルフエネルギーとの相関を取り図 2 に示した。この中で黒丸印が低剛性タブのテスト結果、二重丸印が Rカーブテストから求めた G_c である。

〔 結 言 〕不安定延性破壊伝播限界 G_c 値は、低剛性タブを用いた引張テストで求められる他、通常の高剛性タブの試験機系を用いても、Rカーブと G カーブとの接点からも求めることが出来、両者は共にシャルピーのシェルフエネルギーと良い相関を示す。

(*) シャルピーのエネルギーは 100 % 延性破壊の時の吸収エネルギーである。

(**) この材料は常温で 6kg-m で延性破壊が 80 % であったので $6/0.8 = 7.5$ kg-m の値を示す。

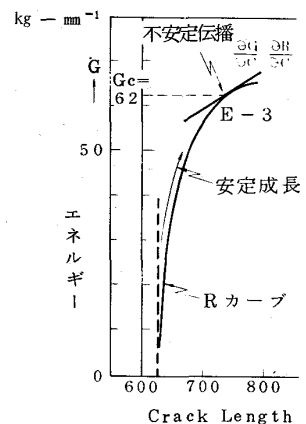


図 1 Rカーブから不安定延性破壊伝播特性値の求め方

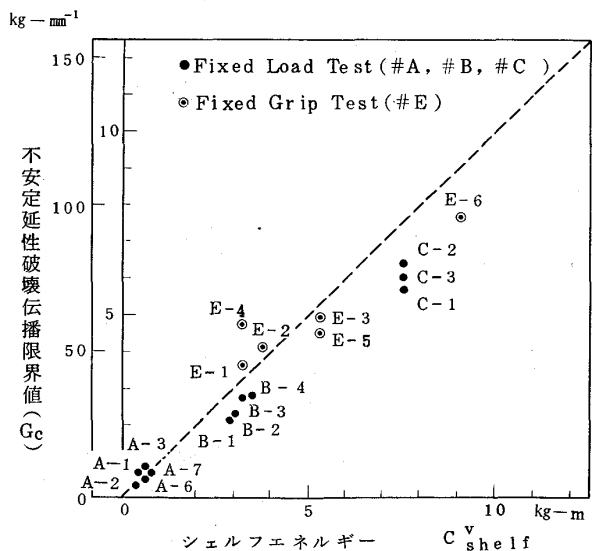


図 2 不安定延性破壊伝播特性 (G_c) とシャルピーシェルフエネルギー (C_{shelf}) との関係