669.14-462.2: 656.56: 539.56　'80－S 1045

(444)ガスパイプラインの不安定延性破壊の1モデル

新日本製鐵㈱　製品技術研究所　○三村　宏
小笠原昌雄

1　序　言

高圧ガスパイプラインの不安定延性破壊条件はエネルギーバランスにより解析されることが多い。その代表的な例であるPoyntonの公式[1]によれば不安定延性破壊を停止させるに必要な切欠延性(例えばシャルピー衝撃値Cv)はフープ応力σと管径Dに比例，板厚tの平方根に逆比例する。この公式は大口径高内圧の条件下では実管テストの結果との一致が悪くなる。つまり破壊停止に必要なCvのσへの依存性は1次より大きいとした方が実験との一致が良い。一方理論解析の上でもガスが管体になす仕事は全て破壊に用いられるとしている。しかし亀裂が開いて臨界角度(Crack Tip Opening Angle CTOA)βに達すると亀裂は進展してそれ以降の仕事は亀裂進展に利用できないと考えるべきである。本報ではこのモデルから計算されるCvのD,σ,t,への依存性及びその際の実測値との一致を検討したものである。

2　計算結果

Poyntonに倣って基本式を次のように書く

$dW/dC = dK/dC + G_C$　ただし　W：ガスが管体にする仕事，K：覆土を含めた飛散の運動エネルギー，Gc：単位亀裂長さ当りの亀裂生成エネルギー，C：亀裂長さ，さらに各項は

$dW/dC = Dt\sigma(\tan\beta)(k_1 + k_2 V)$, $dK/dC = k_3 D(\tan^2\beta)V^2$,　$G_C = k_4\ t^{1.5}\, C_V$

ただしVは亀裂速度，k_iは比例常数である。ここでβが力学的平衡から定まるのでなく材料の切欠延性に支配されている[2]としてPoyntonの公式を計算し直すことにする。単位面積当りの亀裂生成エネルギーが$\tan\beta$に比例するとおくと，　$\tan\beta = k_5\ t^{0.5}\ C_V$　。

以上の方程式が解をもつ条件から破壊停止に必要なCvの値が求まる。　$C_V = k_6\,\sigma^2\, D\, t^{0.5}/(1 - k_7 D\sigma)$

この式を実管テスト結果[3]のデータと比較したのが図1である。破壊停止と伝播との境界線はほゞ直線であり従来の式に較べて実測値との定性的な一致は改良されている。

なお図1のデータには制御圧延材のパイプ(つまり破面上セパレーションを示す材料)も含んでいるが，其の他の通常パイプと同一条件で整理され特に区別する必要はない。

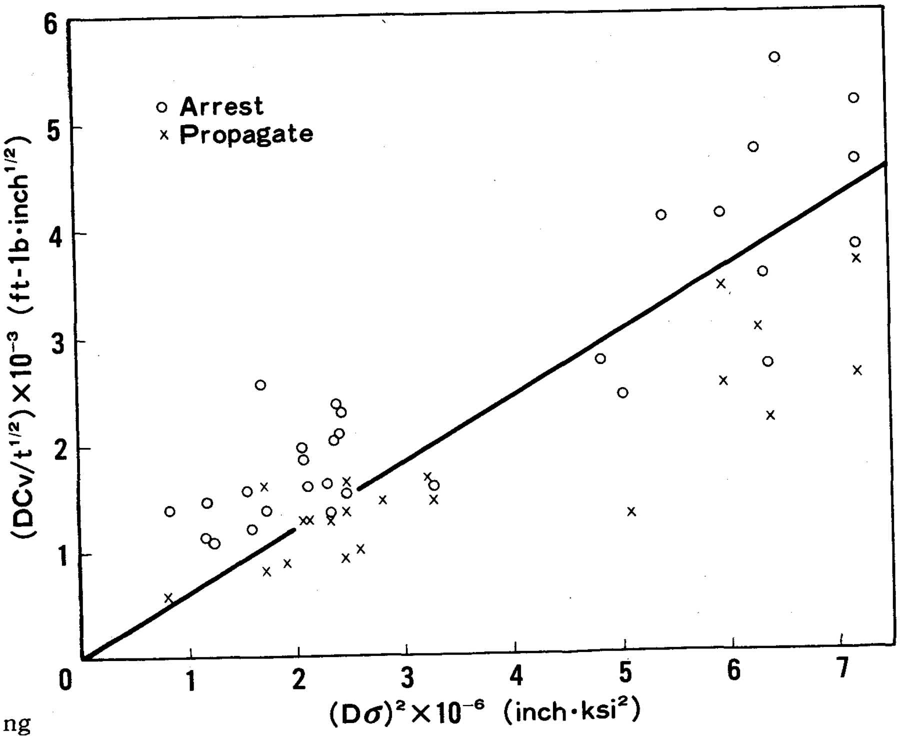

図1　実管ガスバースト試験結果と解析式の比較

(1)W.A.Poynton：Int.Symp. on "Crack Prop.in Pipeline" (1973)
(2)川口他：鉄と鋼(1979)S1012
(3)AISI Summary Rep.："Running Shear Fract. in Line Pipe"(1974)