

(390) ラインパイプ用素材の Fibrous Crack 発生時の COD について

川崎製鉄技術研究所 工藤純一 ○工博 田中智夫

1. 緒言：近年，天然ガス等のパイプラインで起る不安定延性破壊が大きな問題となってきた。そのため，数多くの実管テストがなされてきたが，それらの結果によれば加圧パイプの破壊は，まず最初に先在クラック先端で安定的延性き裂（以降では fibrous crack と呼ぶ）が発生し，圧力の増加とともに徐々にその長さを増し，ついには延性不安定に到達し，破壊が起こるとい

う過程をとる。このようなパイプの破壊に対して筆者らは fibrous crack の発生をとらえることが重要と考え，種々のシャルピーエネルギーを有するパイプ材に対して，小型 COD 試験により fibrous crack 発生時の COD δ_i を測定した。またその結果に基づいて，加圧パイプの安全性について検討した。

表 1 供試材の化学成分

Pipe No.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Al _{tot}	Nb	V	Ce	REM	C.E.
E3, E5	0.12	0.33	1.57	0.016	0.015	-	-	0.037	0.043	0.034	-	-	0.39
K 1	0.058	0.28	1.74	0.013	0.004	0.11	0.33	0.036	0.026	0.057	-	-	0.39
K 2	0.065	0.28	1.74	0.012	0.004	0.12	0.34	0.036	0.025	0.055	-	-	0.40
K 4	0.084	0.31	1.65	0.013	0.004	0.12	0.34	0.050	0.027	0.062	-	-	0.40
G 1	0.06	0.26	1.71	0.015	0.006	0.11	0.30	0.033	0.026	0.055	-	-	0.38
P4 (Plate)	0.06	0.22	1.70	0.007	0.003	-	0.30	0.028	0.040	0.029	0.003	0.006	0.37

Note: $C.E. = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$

2. 供試材と実験方法：供試材の化学成分を表 1 に示す。

G 1 は 1200φ×3.17mm 厚で X 65 相当の強度を有し，その他のパイプは 1200φ×1.83mm 厚で X 70 相当の強度を有する。また，100% 延性破面を示す最小のシャルピーエネルギー E_{SA100} は E 3, E 5 が 3~5 kg·m, K 1, K 2, K 4 が 6~9 kg·m, P 4 が 13.5 kg·m と広範囲に変化している。COD 試験は疲労き裂を付加した試験片を用いて行ない， δ_i は除荷法により求めた。

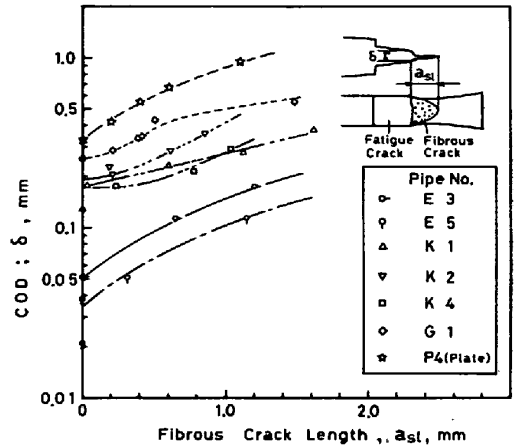


図 2 COD と Fibrous Crack 長さの関係

3. 結果：図 2 は各供試鋼材の COD と fibrous crack 長さの関係を示す $\delta - a_{s1}$ 曲線である。図中で $a_{s1} = 0$ における δ が δ_i である。図から， E_{SA100} の大きい材料が高い δ_i を示すことがわかる。図 3 は δ_i を用いて加圧パイプにおける fibrous crack 発生時の hoop stress, σ_H ，とクラック長さの関係を示したもので，同時に延性不安定応力曲線も併記した。 δ_i が大きいほど，延性不安定応力近くまで fibrous crack の発生が起らないことがわかる。 $\sigma_H/\sigma_{YS} \leq 0.6$ (カナダ規格 (CSA) class 2, 3, 4 の人間居住地区での設計応力) で fibrous crack の発生を抑えるという δ_i クライテリオンを適用すると， $\delta_i = 0.17$ mm では 1200φ×1.83mm 厚のパイプに対する許容欠陥長さは 80 mm である。 δ_i クライテリオンは延性破壊に対する最も安全なクライテリオンである。しかしながら安定な fibrous crack の存在を許容すれば，許容応力はさらに高められる。

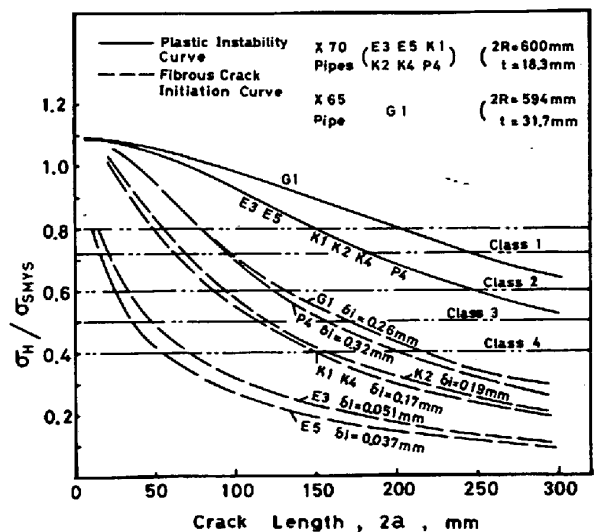


図 3 Hoop Stress とクラック長さの関係