

(576)

油井管の圧潰強度保証値の統計的検討

新日本製鐵(株) 鋼管研究センター ○ 三牧 敏太郎  
 小笠原 昌雄  
 熱工学研究センター 玉野 敏隆

1. はじめに

油井用鋼管の圧潰強度は外径-肉厚比(D/t), 材料強度( $\sigma_y$ ), 真円度(u), 偏肉率(e), 残留応力( $\sigma_R$ )等の影響を受ける。圧潰強度保証値の決定には、有限要素法等による影響因子の定量化と共に信頼性解析に基づく確率論的評価も重要となってくる。

2. 保証値の統計的推定法の評価

圧潰強度の原分布が多様な分布形状をとりえ、且つ保証値と密接に結びつく最小値の存在を特徴とする3母数ワイブル分布に従うものとした。3母数ワイブル分布の分布関数は次式で示される。

$$F(x) = 1 - \exp \left[ -\left\{ \frac{x - \epsilon}{\beta} \right\}^\alpha \right]$$

母数 $\alpha, \beta, \epsilon$ に真値を与え1000個の圧潰強度の乱数値を発生させ、これらのデータを基に相関係数法を用い3母数を推定し相関係数法の評価を行った。平均値 $\mu$ と最小値 $\epsilon$ の推定結果をFig. 1に示す。次節に示す $\alpha$ の推定結果は $\alpha = 2.5 \sim 4.0$ であるので実験数 $N = 5$ 程度の比較的少数データを用いてもかなり良い推定精度であると言える。

3. 信頼性解析手法による保証値の推定例

圧潰強度( $P_c$ )の計算には、玉野の式を用いる。

$$P_c = f(D/t, \sigma_y, u, e, \sigma_R)$$

これらの影響因子はTable 1に示す母数をもつ正規分布に従う確率要因とし、各因子は独立として乱数発生させ圧潰強度データとした。グレードC95, 外径7"の薄肉(26#)と厚肉(38#)の推定結果をFig. 2, Fig. 3に示す。同図より、推定最小値(保証値)は二軸圧潰実験値よりも小であると共に、 $3\sigma$ 信頼下限よりも大であり、より合理的な保証値と言える。何故ならば $3\sigma$ 下限値は最悪値を用いた圧潰強度よりも小なる場合があるからである。

4. まとめ

油井管の圧潰強度は形状母数 $\alpha = 2.5 \sim 4.0$ の3母数ワイブル分布として求められる。最小値 $\epsilon$ の平均値 $\mu$ に対する割合が大きいため、相関係数法を用いて精度の良い母数推定が比較的少数のデータを用いてできる。

参考文献 1) 田中等, 材料, 29, 316 (1980)  
 2) T. Tamano et al; Proc. 2nd Int. Offshore Mech. Arctic Eng. Symp. (1983) 489-495

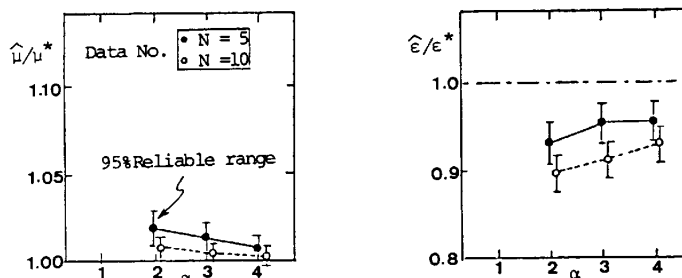


Fig.1 Evaluation of Correlation Factor Method

Table.I Parameter of Normal Distribution

	Ave.	Std. Dev.	Min.	Max.
D/D <sub>s</sub>	1.0035	0.0015	0.997	1.006
t/t <sub>s</sub>	1.0002	0.0300	0.955	1.110
$\sigma_y/\sigma_{ys}$	1.1500	0.0400	1.020	1.250
u	0.19	0.15	0.0	1.0
e	5.00	1.50	1.0	8.0
$\sigma_R/\sigma_y$	0.02	0.02	-0.1	0.1

Suffix S denotes the specified value by API 5A(X).

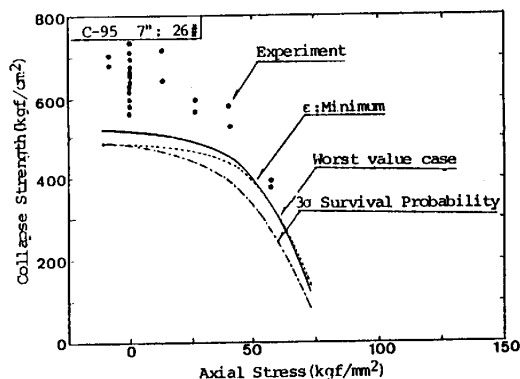


Fig.2 Estimated Minimum Collapse Strength

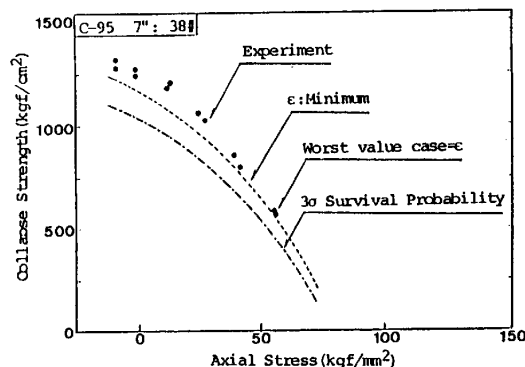


Fig.3 Estimated Minimum Collapse Strength