

(310) シームレス鋼管の圧潰強度に及ぼす外径-肉厚比の影響 (油井用鋼管の強度に関する研究-1)

新日本製鐵(株) 製品技術研究所 ○井上 靖介, 加門 稔邦
玉野 敏隆, 柳本 左門

1. はじめに

鋼管に外圧を負荷した場合、鋼管はリボン状・トラフ状に座屈する、いわゆる圧潰現象をおこす。この圧潰強度に影響する因子として、幾何学的形状(外径-肉厚比・偏肉率・真円度)・材料特性(S-S曲線・降伏強さ・ヤング率・ポアソン比・残留応力)がある。本研究においては、すぐれた圧潰特性を有する鋼管に必要な、各種因子の許容範囲を明確に把握することが目的である。まずはじめに、幾何学的形状の因子について検討することとした。ここでは、API 5AK 55クラスの油井用鋼管についての外径-肉厚比(以下 D/t という)の影響について検討したので、以下にその結果について報告する。

2. 実験方法

① 材料特性の影響を避けるためSR処理した、弾完全塑性に近い降伏挙動を示す厚肉の継目無鋼管から、内外面を機械加工した鋼管を供試材とした。この供試材の機械的性質を表-1に示す。

供試材の外径は126.5mmで、 $D/t = 13 \sim 26$ の範囲について実験した。

② 試験体の長さ $L = 2D + 40$ (mm) で両端開放の条件で圧潰試験した。圧力の測定はひずみゲージ型圧力変換器を用いた。

3. 実験結果

① 図-1に、供試材M1, M2の圧潰圧力と D/t との関係を示す。 $D/t \leq 24.5$ の範囲が降伏強さ圧潰域である。この範囲においては、従来からLameの厚肉円筒の式において、内面降伏開始のときの圧力をもって圧潰圧力としているが、実験結果と比較した場合、 D/t が大きい場合には一致するが、 D/t が小さくなるほど従来の式では過少評価することを示す。

② 弾完全塑性材料の場合について、肉厚の一部が塑性状態になったときの塑性域の厚さをMisesの降伏条件(近似式)を用いて解き、圧潰時の塑性域の厚さを試験結果から求めた値を図-2に示す。 D/t が18~24までの間で圧潰時における塑性域の厚さは急速に拡がり、 $D/t \leq 18$ では、肉厚全域が塑性状態になる。このため従来の式では過少評価になると考える。

③ 図-1に示した実験結果から、K55クラスの降伏強さ圧潰域の実験式を求めると、

$$P_{exp} = 398\sigma_Y \cdot (D/t)^{-1.23}$$

ここで P_{exp} = 圧潰圧力 (kg/cm²), σ_Y = 降伏強さ (kg/mm²)

となる。図-1に示す実線は、 $\sigma_Y = 44$ kg/mm² のときの計算値である。

表-1 機械的性質

パイプNo	σ_Y (kg/mm ²)	σ_B (kg/mm ²)	El (%)
M1	46	59	23
M2	43	53	23

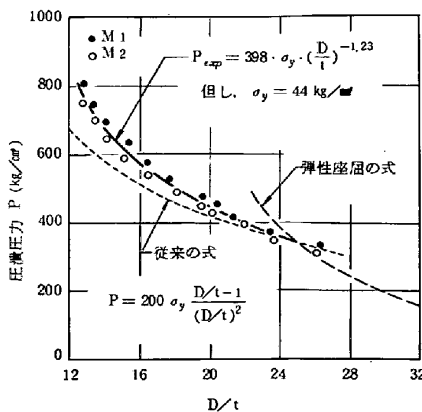


図-1 圧潰圧力と D/t

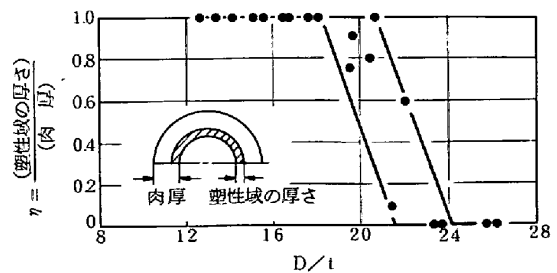


図-2 η と D/t