

(313) 油井管のコープス強度

住友金属工業(株) 中研 平川賢爾, ○時政勝行

1. 目的

油井ケーシング用鋼管は、周囲の地盤より作用する外圧あるいは掘削された岩石や土砂を地中から地上へ運ぶ際に作用する外圧に対して、十分な座屈強度(コープス強度)を有する必要がある。最近掘削される油井が深くなるに伴ない、高コープス強度油井管に対する需要が高まってきた。そこで、管のコープス強度に及ぼす製造条件(熱処理, 冷間加工)の影響を把握するために管材強度, 管の形状(D/t, 偏肉度, 楕円度), 残留応力など, 製管に関連したコープス強度支配因子の影響を明らかにした。

2. 方法

(1)試験装置: 図1は本研究のために設計製作したコープス試験装置である。加圧媒体は水であり, 油圧ポンプで増圧し, 途中油圧-水圧変換器を通して加圧する構造となっている。試験可能な管の最大寸法は, 外径340mm, 長さ850mmである。

(2)供試管の製作: 上述の支配因子の影響を個々に明らかにするため, 強度レベル, D/tおよびL/Dがそれぞれ異なる管を真円加工, 偏肉加工あるいは楕円加工し, コープス試験に供した。また, 残留応力の影響を検討するため, 外面低温焼入れあるいは冷間引抜きにより, 残留応力分布の異なる管を製作し, 供試した。

3. 結果

(1)強度レベル, 管形状(D/t, 偏肉度, 楕円度, L/D)の影響を考慮したコープス強度推定式: 管の残留応力が小さい場合, 管のコープス圧P_{cr}は, Timoshenkoの理論⁽¹⁾より出発して, 次式で与えられる。

$$P_{cr} = 4\sigma_y \left(\frac{t}{D} \right) \left(1 - \frac{\epsilon}{2} \right) / \left\{ A + \sqrt{A^2 - 4B} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

たゞし, ϵ : 偏肉度 ($\Delta t/t$), u : 楕円度 ($\Delta D/D$)

$$A = 1 + \frac{3}{2}u(D/t) + B, B = 2\sigma_y(t/D)/P_E$$

$$P_E = \frac{2E}{1-\nu^2} (t/D)^3 \left\{ 1 + 5.264 \left(\frac{D}{L} \right)^2 - 0.05483 \left(\frac{D}{L} \right)^4 + 0.1162 \left(\frac{D}{L} \right)^2 \left(\frac{D}{L} \right)^6 \right\}$$

σ_y : 軸方向引張降伏応力, E, ν : 弾性定数

(2)残留応力の影響: 理論的な検討によれば⁽²⁾, 残留応力の存在はコープス強度を低下させる。圧縮残留応力が管の外面にあるか内面にあるかはコープス強度に影響しない。熱処理あるいは冷間加工後には残留応力だけでなく, 管材強度(軸方向および円周方向の引張および圧縮降伏挙動)や管の形状も変化するので, その影響を考慮する必要がある。図2は, 軸方向引張降伏応力 σ_y と管形状から(1)式を用いて推定コープス値P_{cr}を求め, 実測値とP_{cr}の比に及ぼす残留応力の影響を示したものである。上述の理論的推定と定性的に一致する。

参考文献(1) Theory of elastic stability, McGraw-Hill Co. (1936),

(2) ASCE EM5 October, 1973, P.927

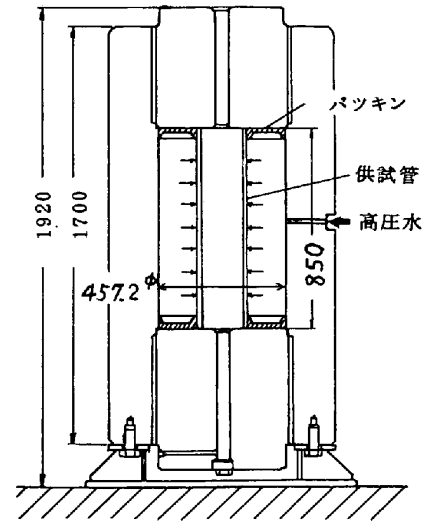


図1 コープス試験装置

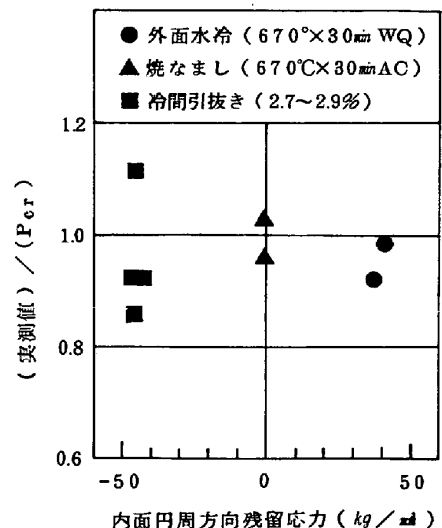


図2 残留応力の影響