

(309)

コラプス強度におよぼす要因の検討

(油井管のコラプス強度に関する研究-1)

川崎製鉄 技術研究所 連野貞夫 滝谷敬一郎 江島彬夫
知多工場 野崎喜暉 西博

1. 緒言

油井の深層化に伴い、高いコラプス圧を有するケーシング用鋼管の使用量が増加している。こうした鋼管では、高いコラプス圧を保証するために、製造方法(管寸法、強度、熱処理、矯正等)を十分管理する必要があり、コラプス圧に対するこれらの要因について、実験的な調査が数多くなされてきた。しかしながら、実際の鋼管では、真円、偏肉のパターンは、複雑で、残留応力の分布もこれに応じて変化するなど、これらの要因がコラプス圧におよぼす影響は複雑になると考えられる。そこで、本報告では、重回帰分析を用いることにより、真円、偏肉あるいは残留応力などがコラプス圧に与える効果を明らかにした。

2. 試験方法

① 試験材は、API 5A N 80および5AX P 110のケーシング用継目無鋼管である。管サイズは、外径(D) = 114.3 ~ 139.7 mm、 $D/t = 14 \sim 20$ (tは厚さ)を用いた。

② 試験装置の概略を図1に示す。試験片長さ(L)は、1143 mmとし、したがって $L/D \geq 8$ で管端の影響を避け、両端開放の条件でコラプス試験を行なった。

③ 試験材は、誘導加熱による焼入れ焼もどしののち、矯正およびSRの有無で、残留応力を変化させた。また、残留応力は、スリット法により測定、矯正およびSRの効果を残留応力で代表させた。

3. 試験結果

コラプス圧(P)を、 D/t 、降伏応力(σ_y)、真円度(u)、偏肉率(ϵ)および残留応力(σ_R)を要因として重回帰分析を行なった結果を、一例として表1に示す。推定の精度は、いずれも ± 1500 psi以内で、回帰式の形を変化させても大差なく、これらの回帰式を用いることにより、最小コラプス圧を求めることが出来る。

コラプス圧に対する各要因の効果としては、 D/t と降伏応力の効果が大きい。真円度、偏肉率は機械加工による調節を施していないために、変動範囲が小さく、回帰係数の信頼度も若干低い。Timoshenkoの理論で示される値にくらべて、表1に示された真円度・偏肉率の効果は極めて小さいといえる。残留応力の効果

は、降伏応力の約70%と大きく、矯正によるコラプス圧の低下が著しいことを示している。したがって、コラプス圧の高い油井用鋼管の製造には、残留応力の管理が重要である。

(参考文献) 1) 平川ほか; 鉄と鋼 63(1977)11, P 314 など

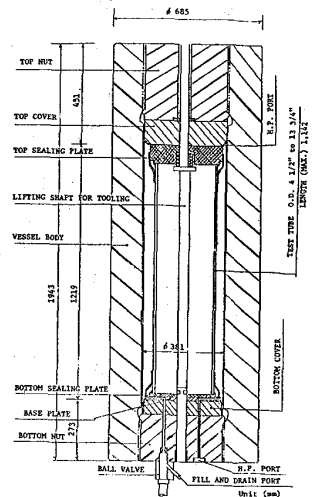


図1 コラプス試験装置

表1 コラプス圧に関する重回帰分析結果

| 鋼種 | 外径 (in) | デ グ 数 | 要 因 | | α | P = a ₁ + a ₂ (D/t) ^a + a ₃ u + a ₄ ϵ + a ₅ σ_y + a ₆ σ_R | | | | 重回帰係数 | |
|-------------------------------|------------|-------------|-------------------------------------|----------------|----------------|---|----------------|--------------|-------|-------|-------|
| | | | 種類 | 平均 | | 標準 偏差 | 回帰係数 | 95% 信頼区間 | t 値 | | 判定 |
| API 5A N 80 & 5" 790 | 4 1/2" | 790 | D/t | 16.79 | 1.94 | -1 | a ₁ | -14050 ± 508 | -54.1 | ** | 0.979 |
| | | | | a ₂ | 292670 ± 6995 | | 82.0 | ** | | | |
| | | | u (%) | 0.247 | 0.179 | | a ₃ | -450 ± 288 | -3.0 | ** | |
| | | | | a ₄ | -22 ± 20 | | -2.1 | * | | | |
| | | | ϵ (%) | 6.59 | 2.32 | | a ₅ | 110 ± 7 | 31.5 | ** | |
| | | | | a ₆ | -77 ± 6 | | -25.8 | ** | | | |
| API 5AX P110 | 5 1/2" | 790 | σ_y (kg/mm ²) | 72.80 | 8.26 | -1.5 | a ₁ | -7932 ± 478 | -32.5 | ** | 0.980 |
| | | | | a ₂ | 765686 ± 18000 | | 83.3 | ** | | | |
| | | | σ_R (kg/mm ²) | 15.03 | 8.99 | | a ₃ | -453 ± 284 | -3.1 | ** | |
| | | | | a ₄ | -23 ± 19 | | -2.2 | * | | | |
| | | | P (psi) | 10212 | 3168 | | a ₅ | 111 ± 7 | 32.6 | ** | |
| | | | | a ₆ | -76 ± 6 | | -25.9 | ** | | | |

** 1% 有意
* 5% 有意