

(238)

圧潰特性に及ぼす形状の影響(圧潰の研究 第1報)

- FEMによる弾性応力解析 -

新日本製鐵(株) 八幡製鐵所

○丸山和士 矢崎陽一

エンジニアリング事業本部

中西展浩 芝村謙太郎

生産技術研究所

有吉敏彦

1. 緒 言: 本報告では、圧潰特性に及ぼす鋼管形状(真円度、偏肉度)の影響について有限要素法を使用し、2次元弾性応力解析を行ない、圧潰強度低下率の検討をした。

2. 偏肉および不真円鋼管の弾性応力解析: 偏肉のある鋼管のモデルおよび外力が作用したときの变形ダイアグラム

を図1に示す。このモデルは内径と外径を δ だけ偏心させたものからなり偏肉のパラメータとして偏肉度 ϵ を定義した。 $\epsilon = 200\delta/t_{av}$ (1) ここで t_{av} : 平均肉厚 不真円鋼管のモデルおよび变形ダイアグラムを図2に示す。不真円の場合のモデルは楕円とし不円度のパラメータとして真円度 u を定義した。 $u = (D_{max} - D_{min})/D_{av} \times 100$ (2) ここで D_{max} : 最大外径, D_{min} : 最小外径, D_{av} : 平均外径 またこれらモデルの変形を支配する主な入力データとして要素は平板四角形要素、境界条件は半径方向変位自由、周方向変位拘束とし、荷重条件は分布荷重を等価な節点荷重に置き換えた。以上のモデルにより弾性応力解析を行なった。不真円、偏肉両モデルで最大応力の発生する箇所(A部)の応力分布を図3, 4に示す。これら応力分布図より周方向応力 σ_θ に関しては偏肉の場合は真円に比して応力分布が応力の高い側に平行移動し、不真円の場合は半径方向の応力勾配が真円に比して急になることが顕著な特徴である。また半径方向応力 σ_r に関しては絶対値が周方向応力に比して小さいことと、形状にほとんど影響を受けないことがわかる。

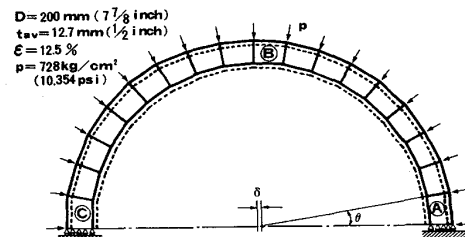


図1. 偏肉鋼管のモデルおよび変形図

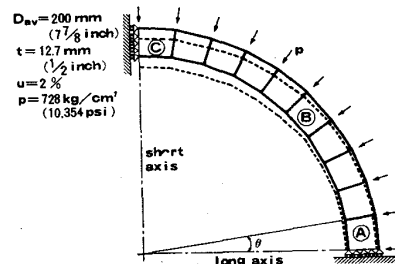


図2. 不真円鋼管のモデルおよび変形ダイアグラム

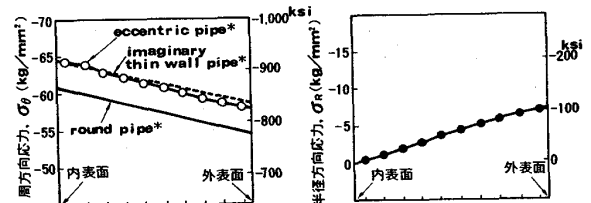


図3. 偏肉鋼管のA部応力分布

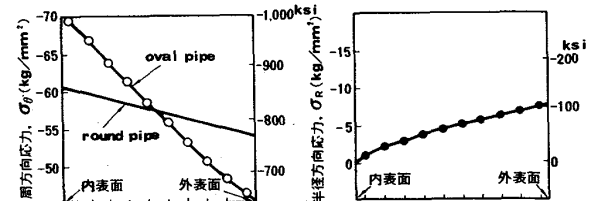


図4. 不真円鋼管のA部応力分布

3. 偏肉および不真円鋼管の推定圧潰圧力: 座屈解析をする場合、厳密には構造物の幾何剛性を考慮すべきであるが、今回はその第一近似として圧潰現象がA部の応力状態で一義的に決まるものと仮定した。この仮定により、偏肉の場合は図5の破線で描いた真円鋼管を仮想し、形状不良な鋼管と同様な応力分布となる時の両者の外圧を比較することにより圧潰圧力減少率を推定した。また、不真円の場合は座屈開始点(図2, A部)の円周方向応力が降伏応力に達した時圧潰するとした。計算結果を(3), (4)式に示す。

$$\text{偏肉鋼管: } P_{cre} = P_{cro} \{ 1 - (1 - 1/2c) \cdot \epsilon / 100 \} \dots\dots\dots (3)$$

ここで P_{cre} : 偏肉鋼管の圧潰圧力, P_{cro} : 真円鋼管の圧潰圧力,

$$C = 1 - t/D, \quad t: \text{肉厚}, \quad D: \text{外径}$$

$$\text{不真円鋼管: } P_{cru} = P_{cro} \{ 1 / [1 + uk Dm / (D/t)^2] \} \dots\dots\dots (4)$$

ここで P_{cru} : 不真円鋼管の圧潰圧力, k : D と t の関数, $Dm = D - t$

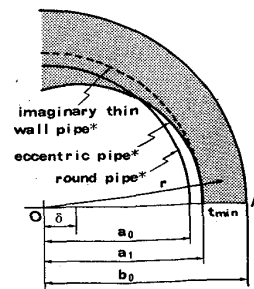


図5.