

新日鐵 名古屋製鐵所 工博○阿高松男 的場 哲 工博 青木 至
山田又久 長尾武尚

1. はじめ

電縫管の水圧試験中の挫屈は種々のトラブルの原因となり、重大災害を誘起しかねないので、その現象を明らかにして防止策を採る必要がある。著者らはその現象を弾性挫屈として考察を行った。

2. パイプ水圧試験のモデル化

水圧試験装置の支持部を図1に示す。支持部の剛性が高ければパイプは図2のように変形する。一般に薄肉パイプに内圧を使用した場合の変形は内圧と等価な張力が作用する平板の変形に置き換えて扱われる(図3)。それと同様に水圧をかけた支持部間の変形は図4Bの変形と等価と考えられる。この場合分布張力によって点線で示したような変形を生ずるので、 σ_x は圧縮応力となり挫屈を生じ易くなる。¹⁾この力が挫屈に必要な圧縮応力よりも大きくなれば挫屈を生ずると考える。

3. モデル式の導入

パイプに軸方向の力 N_{cr} が作用して挫屈を生ずる場合を考える(図5)。ここで、歪エネルギーの挫屈による増加は $D = \frac{E}{1-\nu^2} \cdot \frac{1}{12} h^3$ とおいて、²⁾

$$\Delta W_s = \frac{1}{2} D \int \int X_r^2 ds = \frac{1}{2} D A^2 \left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^4 a \pi \ell^3 \quad (1)$$

D ; 曲げ剛性, E ; ヤング率, ν ; ポアソン比

A ; 挫屈波の振幅, m ; 挫屈モードを示す係数

また、挫屈に際して圧縮力のなす仕事は、

$$\Delta W_c = 2\pi N_{cr} \left\{ \int_0^\ell A \sin \frac{m\pi x}{\ell} dx + \frac{a}{4} A^2 \left(\frac{m\pi}{\ell}\right)^2 \right\} \quad (2)$$

$$(1), (2) \text{より, } \sigma_{cr} = N_{cr}/h = D \cdot (m^2 \pi^2 / h \ell^2) \quad (3)$$

パイプ内の水圧によって軸方向の圧縮応力が発生するが、その大きさは等価な板の変形と考え幅縮みを生ずることから考えて、¹⁾

$$\sigma_x = \frac{1}{2} \sigma_y \epsilon_x (\ln(\ell/h) - 1) \quad (4)$$

また、近似的に薄肉円筒の解を採用することにより、

$$\sigma_x = a p^2 \cdot \frac{a^2 (1 - \frac{1}{2}\nu) (\ln(\ell/h) - 1)}{E h^2} \quad (5)$$

したがって、挫屈発生の条件は、 $\sigma_x > \sigma_{cr}$

4. 計算結果及び考察

計算例として $h = 7.92\text{mm}$, パイプ径 168.3ϕ , 挫屈モード $m = 1$ の場合を図6に示した。水圧値を高くしてゆくには支持部間距離の短縮・支持部剛性の向上が必要である。

参考文献

- 1) 的場・青木 ; 第32回塑加連講論(1981) 579
- 2) 仲・濤川・久田 ; 'チモシェンコ著挫屈理論' コロナ社

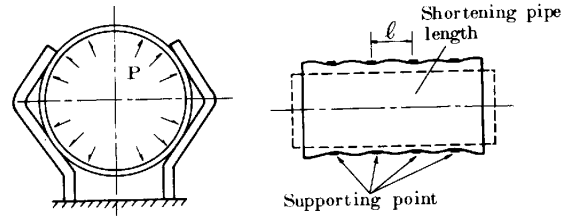


Fig. 1 Pipe supporting device.

Fig. 2 Deformation of pipes in hydrostatic tester.

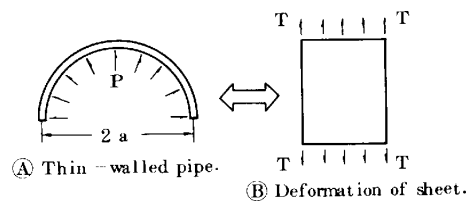


Fig. 3 Deformation of sheet equivalent to that of thin-walled pipe under internal pressure.

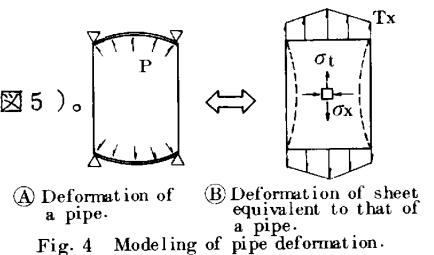


Fig. 4 Modeling of pipe deformation.

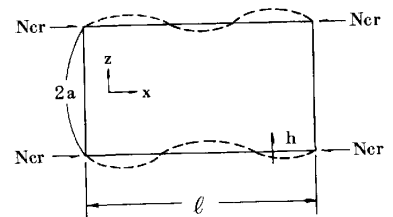


Fig. 5 Buckling of a pipe under axial force.

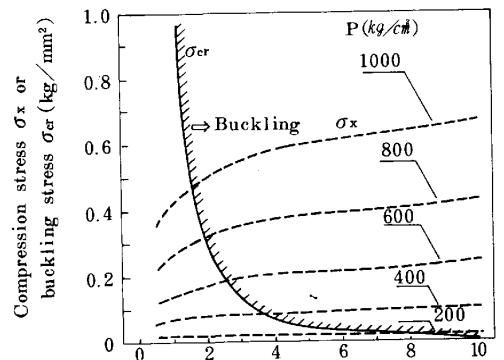


Fig. 6 Relation between the distance from one supporting device to another and compression stress or buckling stress.