

初期欠損を有する鋼管の座屈性能に関する解析的研究

JIP テクノサイエンス(株) 正会員 ○深津 真之
 名古屋大学 正会員 葛西 昭
 名城大学 フェロー 宇佐美 勉
 東邦ガス(株) 正会員 三輪 昌隆

1. 緒言

高圧ガス導管耐震設計指針¹⁾における耐震評価方法は、地震によって導管に軸ひずみが生じたとき、発生した軸ひずみが許容ひずみ以下であることを照査する。しかし、これは欠損のない鋼管を対象としたもので、外力等により偶然に局所的な欠損を持った円筒が軸圧縮力を受けたときの座屈荷重や変形能などの座屈特性の評価法は現在存在しない。そこで、本研究は局所的な欠損を有する鋼管の座屈特性の把握を目的とする。本論文はその第一段階として、一般的な流体輸送鋼管を対象に、実験を想定した二種類の境界条件の欠損付鋼管の軸方向単調圧縮載荷解析を実施し、欠損形状や内圧の違いが強度及び変形能に及ぼす影響を検証した。

2. 解析モデル

解析モデルは一般的な流体輸送用鋼管である SGP200A（外径 216.3mm，厚さ 5.8mm）をシェル要素によってモデル化したものであり、長さは 500mmとしている。

表 - 1 欠損パラメータ一覧

周方向欠損率	5%, 10%, 25%
軸方向欠損率	20%, 40%, 60%
厚さ欠損率	17%, 34%, 52%
内圧 σ_{hoop}/σ_y	0.00, 0.05, 0.10

欠損形状は図 - 1 の赤い部分によって示されるように円周に沿った矩形とし、欠損の軸、周、厚さをそれぞれ 3 段階に変化させた。内圧も欠損と同様に 3 段階に変化させて解析を行った。解析で用いた内圧及び、欠損率は表 - 1 に示す。採用した境界条件は一端固定、他端単純支持及び両端単純支持であり、基部を固定、頂部を単純支持とした解析を行った。

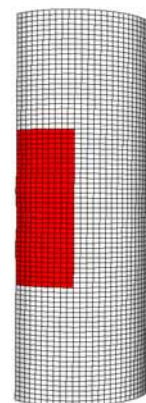


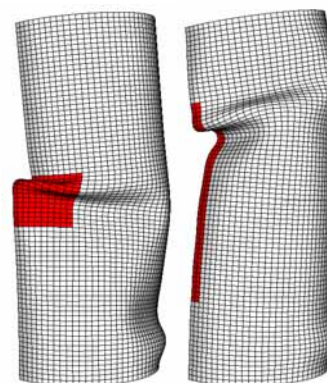
図 - 1 解析モデル

3. 一端固定、他端単純支持における欠損及び、内圧の影響

単調軸圧縮解析を行った結果、変形は図 - 2 のような形状に大別できる。図 - 2(a)は、今回行ったケースの大半を占める変形であり、座屈変形の過程は、欠損部分に座屈波形が見られ、その後波形の山の部分が谷の部分を押しつぶすように変形が成長する。その後、欠損の背側にもへこみが発生する。一方、(b)のケースは軸方向の欠損長さが長く、内圧のないケースに見られた。変形パターンはへこみが主体となっているため、内圧があるとそのパターンの変形は少なくなると思われる。

次に、完全な円筒の断面積に対し、欠損部分の断面積の割合を示す断面欠損率と最大荷重、最大荷重時変位の関係を示す。

図 - 3 は荷重 - 変位関係で図中凡例は断面欠損率を示している。これを見ると、欠損がないものは、降伏後も材料構成則に沿って荷重が上がり、最大荷重後は急激な荷重低下を引き起こす。一方、欠損があるものは、最大荷重後は比較的緩やかに荷重低下が起こる。理由としては、欠損があるものが座屈変形を起こすと、全体座屈のように折れ曲がる。その際、基部は固定されているため、自由に回転することはできず、基部の欠損の背側になる部分には、他の箇所よりも



(a) (b)

図 - 2 変形図

キーワード 局所的欠損，座屈，高圧ガス導管

連絡先：〒135-0016 東京都江東区東陽 2-4-24 TEL 03-5690-3201

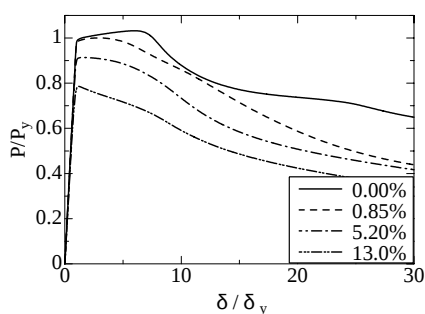


図 - 3 荷重-変位関係

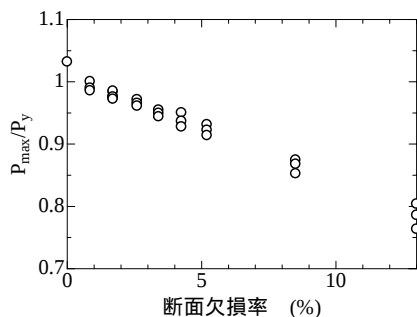
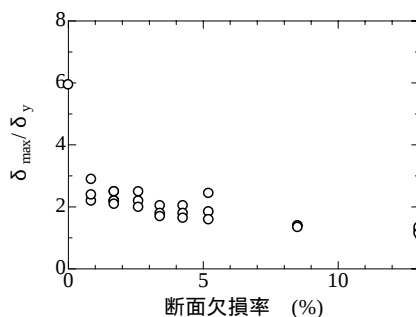
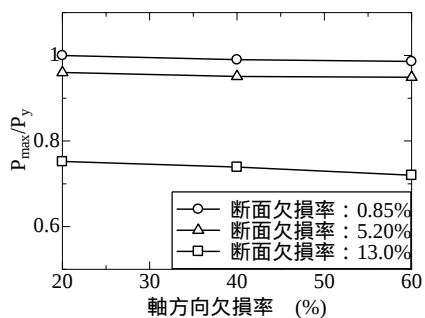
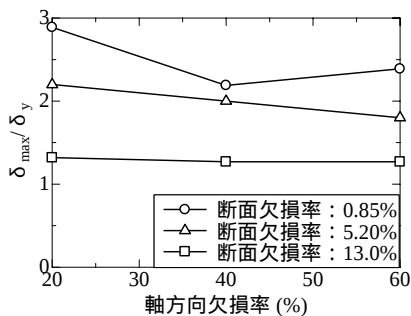
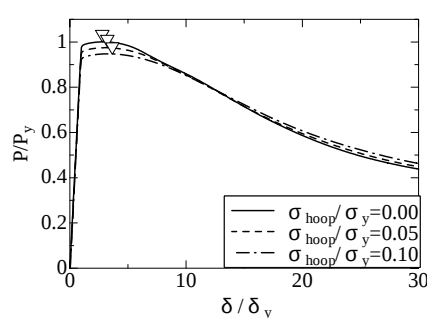
図 - 4 断面欠損率 - 最大荷重
関係図 - 5 断面欠損率-最大荷重
時変位関係図 - 6 軸方向欠損率-最大
荷重関係図 - 7 軸方向欠損率-最大
荷重時変位関係

図 - 8 荷重-変位関係

大きな圧縮力がかかる．そのため，この部分にも座屈変形が発生したと思われる．欠損があるものは2箇所で見られるため，無欠損のものよりも荷重低下が緩やかになったと思われる．

断面欠損率が大きくなるに従い，最大荷重は小さくなり，急激な荷重低下を起こす傾向にあることが分かる．

図 - 4 は断面欠損率と最大荷重の関係を示したものである．これを見ると，プロットが一点に集中しているので，最大荷重は軸方向欠損率と無関係であり，断面欠損率に関係性があることが示された．しかし，断面欠損率が大きくなるとプロットが集中しなくなる傾向が見られる．また，図 - 5 の最大荷重時変位との関係を見ても，ばらつきが見られる．そのため，軸方向欠損率と最大荷重及び最大荷重時変位の関係を見る必要がある．

軸方向欠損率と最大荷重及び最大荷重時変位の関係性は，図 - 6 及び図 - 7 に示される．図に示されるように，どちらも軸方向欠損率が大きくなると小さくなる傾向が明らかになった．これは，軸方向欠損率が大きくなると，変形部分が欠損上端部に移動することが原因だと思われる．しかし，これらの変化量は断面欠損率に比べ小さいため，ほぼ無関係であると言えることが可能である．

図 - 8 は内圧が変化したときの荷重 - 変位関係であるが，内圧が大きくなると最大荷重は減少し，変形能は大きくなる傾向が見られた．

4. 結言

本研究では，欠損付鋼管の座屈評価の第一段階として，単純軸圧縮荷重を受けた際，欠損形状や内圧による座屈挙動への影響について解明した．本研究から得られた主な知見を以下にまとめる．

1. 最大荷重は断面欠損率に比例して小さくなり，かつ内圧に比例して小さくなる．
2. 最大変位は断面欠損率に比例して小さくなるが，内圧に比例して大きくなる．
3. 軸方向欠損率は座屈挙動に対し影響はない．

参考文献

- 1) 日本ガス協会(2004)：高圧ガス導管耐震設計指針，保文社