

1. 概要

海外の長距離・超高压ガスパイプラインプロジェクトでは、高強度ラインパイプを適用してコストダウンを図る検討が進められている¹⁾。このようなパイプラインが、地震

3 G t t t t			

C-1, C-2 と二本のパイプを使用し, 内圧を負荷しないで実験を行った。試験体 C-1 と C-2 の全長は 1840 で, Table 1 に示すように, 外径(D)は 762 , 管厚()は 15.6 , 管厚管径比(D/)は 49 である。また, 1 には軸方向の材料特性も示す。

2.2 曲げ座屈実験装置と試験体

実験装置を Photo 2 に示す。実験装置は, 試験体, 袖管, モーメントアーム, 油圧ジャッキ, 固定フレームで構成されている。試験体 B-1 と B-2 は外径 762 , 管厚 15.6 , 管長 4000 である。モーメントアームは長さ 1830 , スパンは 5810 である。試験体には内圧 12 MPa を負荷しているが, 試験体両端のキャップにも内圧が作用するため, 試験体には引張曲げ変形が作用する。試験体の寸法と軸方向の材料特性を Table 2 に示す。曲げ試験体は圧縮試験体と同じ寸法である。

2.3 幾何学的初期不整

試験体の幾何学的初期不整を Table 3 に示す。この幾何



Photo 2 B t t t

2 D t t t t			

学的初期不整は, Fig. 1 および 2 に示す試験体の格子線および格子点で計測した, パイプの外径, 管厚, 軸方向不陸である。軸方向不陸の説明を Fig. 1 に示す。以下に示す図では, 各初期不整を D 不整, t 不整および B 不整と表す。

3. 高変形 LP の圧縮変形性能

3.1 圧縮座屈実験の結果

圧縮試験体 C-1 と C-2 の実験結果を Fig. 2 と 3 に示す。Fig. 2 に示すように, 試験体 C-1 の限界圧縮応力は 568 MPa, 限界圧縮ひずみは 0.90% であった。また, Fig. 3 に示すように, 試験体 C-2 の限界圧縮応力は 579 MPa, 限界圧縮ひずみは 0.78% であった。実験結果が示すように, 試験体 C-1 の圧縮限界ひずみは C-2 よりも大きくなっている。これは, C-1 の降伏比が C-2 よりも低いためである。試験体 C-2 は C-1 よりも降伏応力が高いため, 限界圧縮応力が大きい。

3.2 実験結果と解析解の比較

材料の応力ひずみ関係を式 (1) (以下, 式 (2)) で表し, 薄肉円筒シェルの圧縮限界ひずみに関する解析解 (6) が次式のように得られている。

$$\left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^N = -\frac{1}{2\alpha} \left(1 + \frac{1}{N} \right) + \frac{4}{3\alpha\sqrt{N}} \frac{E t}{\sigma_0 D} \dots\dots (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right) + \frac{\alpha\sigma_0}{E} \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^N \dots\dots\dots (2)$$

界圧縮ひずみは 0.88% であり、試験体 C-2 では 581 MPa および 0.80

ここに、 E はヤング率、 α と σ_0 と N は材料パラメータ、 ε_c は限界圧縮応力、 ε_{lc} は限界圧縮ひずみである。

試験体 C-1, C-2 の材料パラメータと材料定数を Table 4 に示す。これらを上記解析解に代入すると、試験体 C-1 の限界圧縮応力は 569 MPa、限界圧縮ひずみは 0.93% となる。試験体 C-2 は、592 MPa、0.80% となる。Fig. 2, 3 に示すように、この計算結果は実験データとよく一致している。

3.3 実験結果と有限要素解析結果の比較

初期不整を考慮せず、試験体 C-1, C-2 の圧縮座屈挙動を解析した。試験体を 4 節点シェル要素でモデル化し、メッシュは円周方向に 40、管軸方向に 25 とした。試験体 C-1, C-2 に関する計算結果を Fig. 2 と 3 に示す。

Fig. 2, 3 に示すように、最大荷重点までは FEA の結果と実験結果はよく一致している。初期不整を考慮しない FEA によると、試験体 C-1 の限界圧縮応力は 562 MPa、限

4. 高変形 LP の曲げ変形性能

4.1 曲げ座屈実験の結果

試験体 B-1 の曲げモーメントと平均曲げひずみの関係を Fig. 5 と 6 に示す。試験体 B-2 については、Fig. 7 と 8 に示す。各図とも、横軸の平均曲げひずみは、試験体全長の相対回転角から求めた値であり

試験体 B-1 について、複数の初期不整を組み合わせた計算結果を F .6 に示す。図の横軸と縦軸は F .5 と同様で、比較のため、試験体 B-1 の実験結果をプロットしてある。結果を比較すると、(D +) 不整を考慮した結果は実験結果よりも大きくなっている。(B +) 不整と (D + + B) 不整を考慮した場合に同一の結果が得られた。また、この計算結果は実験結果と比較して安全側の値である。

4.2.2 試験体 B-2 の有限要素解析

試験体 B-2 について、単一の初期不整を考慮した計算結果を F .7 に示す。図の縦軸と横軸は上述の試験体 B-1 の場合と同様であり、比較のために実験結果もプロットしてある。初期不整を考慮しない計算結果は F .5 と同様な傾向を示しており、他の計算結果とも重なっている。単独の初期不整を考慮した限界平均曲げひずみは、 不整、 D 不整、B 不整の順に推定精度が向上している。

試験体 B-2 と B-1 の計算結果における相違点は、 不整を考慮した結果に表れている。つまり、B-2 の 不整は B-1 よりも小さいため、 不整を考慮した限界平均曲げひずみは、初期不整を考慮しない結果に近く、B-1 の計算結果よりも大きいことである。

試験体 B-2 で、複数の初期不整を考慮した曲げモーメントと平均曲げひずみの関係を F .8 に示す。(D +) 不整を考慮した平均限界曲げひずみは、実験結果よりもやや大きい。また (B +) 不整あるいは (D + + B) 不整を考慮した平均限界曲げひずみは等しく、実験データ

近い値が得られた。上述のように、試験、 (騰cal此琶揚抗お發魯衙偷島余琶唸拏尋 à 贅徐 謙 J がい 稿い 不狨餌%磨 鳥輩童

013021y 子

