

I-A 4 衝撃荷重下における鋼管柱の軸方向座屈特性

日本製鋼所	正 員	小枝 日出夫
日本製鋼所		小野 信市
日本製鋼所	正 員	長谷川 久
開発土木研究所	正 員	佐藤 昌志
北海道道路管理技術センター	正 員	小山田 欣裕

1. はじめに

衝撃的な荷重を受ける鋼管部材の座屈や破壊を防止する方法として、その一部に緩衝機能を有する部位を設け、外力によるエネルギーをその部位の塑性変形に消費させることが考えられる。この方法によれば、鋼管部材の寸法を大きくすることなく実質的な強度の増加が見込まれる。このような緩衝部を設計するには、衝撃荷重下における鋼管柱の座屈挙動やエネルギー吸収特性などが明確になっていなければならない。

本研究は、小型鋼管柱を用いた静的および衝撃軸方向座屈実験により、(1) 衝撃荷重下での鋼管柱の座屈挙動とエネルギー吸収特性、(2) 座屈挙動とエネルギー吸収特性におよぼす負荷速度の影響、(3) 緩衝機能の効果等を調査、検討したものである。

2. 実験の概要

供試材は、JIS 規格の配管用炭素鋼鋼管 (JIS G 3452 SGP 90A) を用いた。この鋼管から図1に示す2種類の試験体を製作した。これら試験体はいずれも単一の鋼管を所要の長さで切断し、旋盤により内外面を切削して所定の寸法に加工したものである。2種類の試験体のうち、高さ304mmのものは鋼管部材本体を、また高さ19mmのものは本体に付与する緩衝部を模擬している。

試験体を実際に圧縮する際には、試験体の上下端に厚さ10mmの剛板を取付けた。剛板には、試験体の板厚にあわせた幅で深さ2mmの溝が加工しており、この溝によって試験体の上下端部の半径方向変位と回転角を拘束した。したがって、座屈に対する試験体の有効高さは、300mmと15mmである。

静的圧縮実験は、油圧式試験機を用いて行なった。負荷の制御は変位制御とし、変位速度0.1mm/sと10mm/sの2種類の条件について実験を行なった。また実験に際しては、試験体の荷重と圧縮量を、それぞれ容量20tonのロードセルおよび容量50mmのひずみゲージ式変位計で計測した。

衝撃圧縮実験は、重錘落下式衝撃実験装置を用いて行なった。実験は、ロードセル上に置いた試験体を落下してきた重錘により圧縮させる方式である。本実験における計測は、試験体の荷重と圧縮量について行なった。荷重の計測には容量40tonのロードセル（最低次固有振動数6.5kHz）を用い、圧縮量についてはクロスヘッドの変位を容量100mmのレーザ変位計により非接触にとらえる方法で行なった。試験体への重錘の衝突速度は、この変位計の出力を時間微分することにより求めた。これらロードセルおよび変位計の電圧信号は、サンプリング速度5ms、分解能16bitでデジタルレコーダに記録した。

静的および衝撃圧縮実験とも、本体単体と本体の上部に緩衝部を付けた2種類の試験体について行なった。

3. 実験結果および考察

鋼管単体の圧縮実験で得られた平均応力-圧縮量曲線の例を図2に示すが、弾性域の勾配など全体の傾向は負荷速度によらずほぼ同様であった。また、試験体の座屈形態は、静的圧縮および衝撃圧縮とも、その試験体の上端部あるいは下端部近傍のいずれかから軸対称形の局部座屈が生じ、そのまま軸対称形を維持しながら変形した。

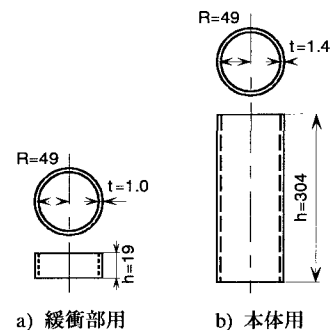


図1 試験体の形状および寸法

図3に、負荷速度と座屈応力および座屈エネルギーの関係を示すが、負荷速度の増加にともない座屈応力、座屈エネルギーとも増加している。この理由として、ひずみ速度の増加にともない降伏応力の増加が考えられる。図4に、負荷速度と座屈応力／降伏応力比の関係を示すが、この比は負荷速度によらず1.0～1.2の範囲でほぼ一定となっている。したがって、降伏応力のひずみ速度依存性を考慮することにより、静的な座屈応力を基準に他の負荷速度における座屈応力を推定できるものと考えられる。

緩衝部付試験体の圧縮実験で得られた平均応力－圧縮量曲線を図5に示す。この図によれば、平均応力－圧縮量曲線全体の傾向は負荷速度によらずほぼ同様であり、試験体の座屈形状が負荷速度によらず同一であることが予想される。実際の座屈挙動は以下のものであった。

静的圧縮（負荷速度0.1mm/s）の場合の座屈挙動は、まず最初に本体部よりも断面積が小さい緩衝部においてその中央部から軸対称形の局部座屈が生じ、軸対称の形状を維持しながら変形した。緩衝部の変形が終了すると、単体の場合と同様に本体の下端部近傍から軸対称座屈が生じた。これら緩衝部および本体部の座屈は、平均応力－圧縮量曲線の2つのピーク位置とそれぞれ対応している。

一方、衝撃圧縮（負荷速度3.3m/s）の場合の座屈挙動は、静的な場合と同様に緩衝部の中央から軸対称座屈が生じ、軸対称の形状を維持しながら変形した。しかし、緩衝部の変形が終了したあとは、荷重が一時的に増加しただけで、本体部の座屈は発生しなかった。これは、重錘による負荷エネルギーが緩衝部の変形に消費され、その残りのエネルギーが本体部の座屈に必要なエネルギーよりも小さかったためと考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた結果を要約すると、

- (1) 座屈形態は、負荷速度に影響されず、静的負荷と衝撃負荷でほぼ同様であった。
- (2) 座屈応力は、負荷速度の増加にともない増加したが、降伏応力のひずみ速度依存性を考慮することにより、座屈応力と降伏応力の比はほぼ一定となった。
- (3) 緩衝部を設けエネルギーを消費させることにより、鋼管本体の座屈や破壊を防止することが可能であった。

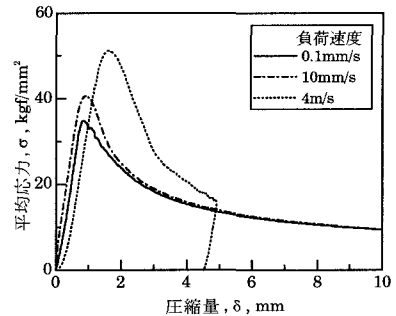


図2 平均応力－圧縮量曲線（単体試験体）

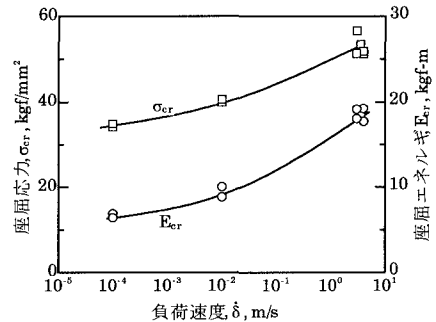


図3 座屈応力および座屈エネルギーにおよぼす負荷速度の影響

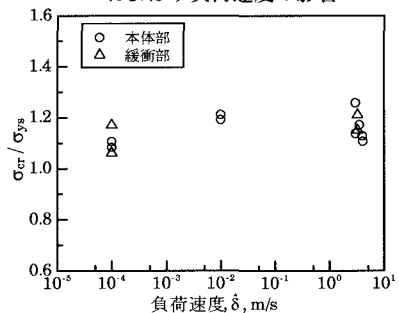


図4 負荷速度と座屈応力／降伏応力比の関係

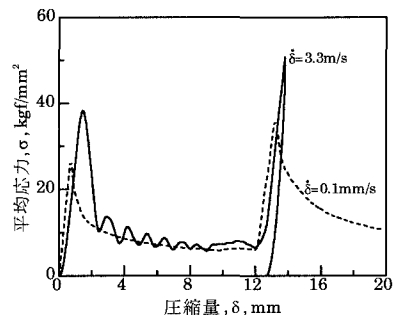


図5 平均応力－圧縮量曲線（緩衝部付加試験体）

参考文献

- 1) 宇佐美勉、青木徹彦、加藤正宏：鋼管短柱の圧縮および曲げ耐荷力実験、土木学会論文集、第416号 / I-13、pp.255-264、1990
- 2) 宇治橋貞幸、足立忠晴、石井義唯、太田道隆：衝突による薄肉円筒の圧潰とエネルギー吸収特性、機械学会論文集、A編 59巻 558号、pp.471-477、1993