

繰返し軸圧縮を受ける円形断面パイプの変形性能に与える鋼製リング効果

豊田工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○櫻井 亮輔

豊田工業高等専門学校 正会員 忠 和男

豊田工業高等専門学校 正会員 川西 直樹

1. はじめに

繰返し軸圧縮力を受けるトラス構成部材，地下構造物の支保工，鋼製橋脚などは，地震時にその影響を強く受けると考えられる．この種の構造物の変形特性に与える影響の大きい要因には，初期不整（形状の不整，端部境界条件の不整），パイプ断面製作加工時に生じる残留応力，円形断面パイプの形状特性などが上げられる．この種の構造物が繰返し軸圧縮力を受ける場合の変形特性を知り，局部座屈が進展した折に，この変形を抑制することで，変形性能を向上させる手法について検討しておくことは重要である．本研究では，特に，最大荷重到達後の変形を抑制する目的で鋼製リングを設置して，変形抑制効果について検討した．

2. 実験概要

試験体は，載荷装置の特性上，局部座屈の発生が予想される上下端部に鋼製リングを設置する構造とした．上下端部に設ける鋼製リングは，板厚を本体と同じ 1.6mm とし，高さは 40mm で，本体と鋼製リングとの隙間を 1.6mm（NN-1.6）と本体との隙間が 2.0mm（NN-2.0）の 2 種類とした．鋼製リングは，上下端部に単純に置くだけで，特別，本体および端部に溶接することはしなかった．実験に用いる試験体は，鋼製リングを設けない N，鋼製リングの隙間の異なる NN-1.6 および NN-2.0 の 3 種類で，単調圧縮と繰返し軸圧縮の 2 通りで合計 6 体使用した．

載荷実験は，まず，単調軸圧縮試験を実施した N タイプの荷重変位曲線をもとに，繰返し載荷における制御変位量 δy を求めて，この変位量 δy を基準として，片振り載荷で 8 サイクルまで載荷を行った．表 1 には，試験体の寸法の詳細を示し，表 2 には，繰返し載荷における制御変位量 δy およびこれに対応する荷重 P_y を示した．図 1 には載荷装置の概略を示す．

載荷実験には，本校所有の材料構造物疲労試験センターの±300kN 油圧サーボ疲労試験装置を用いた．

表 1 試験体寸法

	D	t	L	Rt	λ
N	110.16	1.60	200	0.090	5.21
NN-1.6	110.16	1.60	200	0.090	5.21
NN-2.0	110.16	1.60	200	0.090	5.21

表 2 δy および P_y

	N	NN-1.6	NN-2.0
δy (mm)	0.74	0.74	0.74
H y (kN)	128.7	128.7	128.7

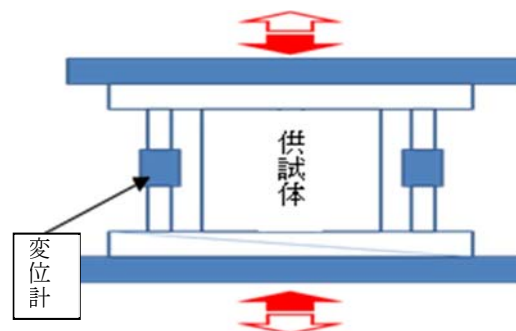


図 1 載荷装置概略

〈径厚比、細長比の算出式〉

$$Rt = \frac{R}{t} \frac{\sigma_y}{E} \sqrt{3(1-\nu^2)}$$

$$\lambda = \frac{l}{r}$$

Rt : 径厚比パラメータ

λ : 細長比パラメータ

R : 半径

r : 断面二次半径

l : 有効長さ， t : 板厚

σ_y : 降伏応力度， E : ヤング係数

ν : ポアソン比

3. 結果および考察

図2は、単調軸圧縮試験の結果を表2の値で無次元化した荷重変位曲線である。それぞれの1次最大荷重に大きな差異は認められない。鋼製リングを設置した NN-1.6 および NN-2.0 の試験体では $4.5\delta y$ 付近から耐力が回復している。隙間の小さい NN-1.6 のタイプの回復経路は NN-2.0 に比べ、早く2次の最大荷重も大きくなる傾向を示した。

図3は、Nタイプの単調軸圧縮と繰返し軸圧縮の結果を図示した荷重変位曲線である。単調载荷と繰返ししの荷重変位経路と比較すると、単調载荷の場合の対応する変位における耐力が低く出ている。これは、低サイクル繰返しによって、一時的に耐力が回復したためと考えられる。

図4は、繰返し载荷における荷重変位履歴曲線の除荷位置を連ねた包絡線である。この包絡線から、単調载荷と同様に、最初の最大耐力力の大きさには、3タイプともに差異は小さいものの、鋼製リングを設けたタイプの NN-1.6 では5サイクル目に、NN-2.0 タイプでは6サイクル目に耐力が回復している。NN-1.6 では、最初の最大荷重付近まで耐力が回復している。これらのことから、鋼製リングと本体との隙間をさらに調節することで、荷重低下が生じた後のサイクル付近から耐力の回復が望める隙間を求めることで、耐力の低下を最小限に抑え、最大荷重到達後の変形性能の向上を図ることは可能になるとなる。

図5は、エネルギー吸収性能を示した図である。縦軸にエネルギー吸収量を横軸にサイクル数を示す。縦軸のエネルギー吸収量は、繰返し载荷における一サイクルごとの面積を求めて示している。このエネルギー吸収能において、最大のエネルギー吸収量の大きさは3タイプともに大差が無い。また、最大エネルギー吸収量が生じるサイクル数は包絡線における最大荷重の生じるサイクル数よりも、1サイクル遅れて生じている傾向が認められた。隙間の大きさの順にエネルギー吸収量が低下していることから、隙間の狭いタイプの変形性能が高くなる傾向にあった。

以上のことから、本体と鋼製リングの隙間調節により耐力復元性能の調節が可能であることを確認した。

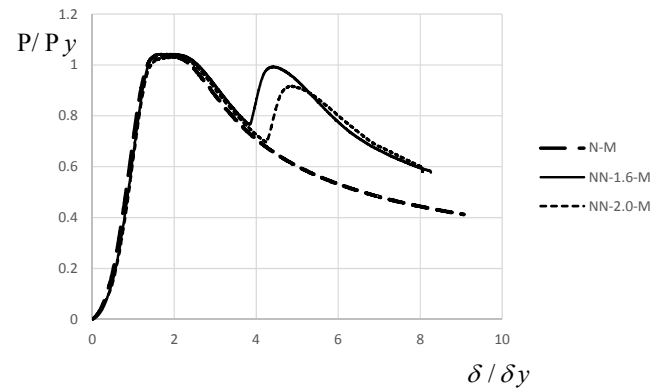


図2 荷重変位曲線(単調軸圧縮)

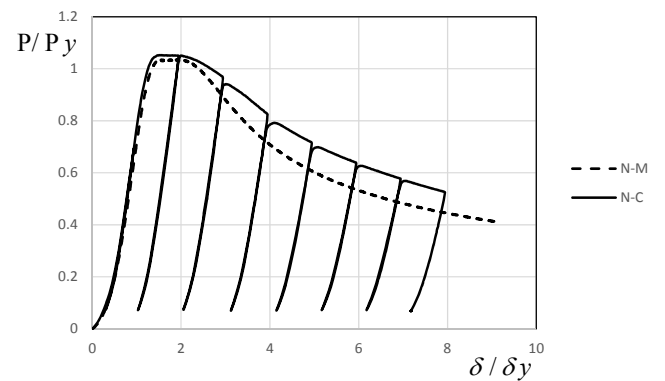


図3 荷重変位履歴曲線(Nタイプ)

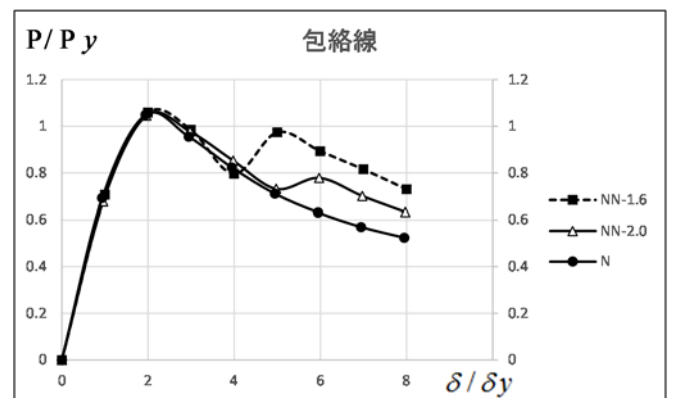


図4 包絡線

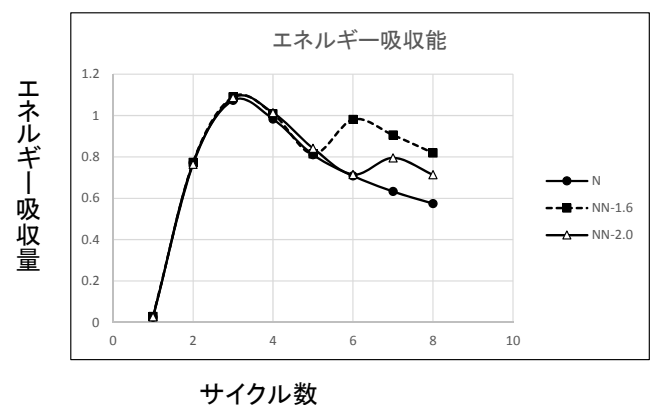


図5 エネルギー吸収性能