

I-B 281 円形鋼管部材の繰り返し载荷耐震実験

愛知工業大学 学生員 山田 将樹
 愛知工業大学 正員 青木 徹彦
 新日本製鐵(株) 正員 安波 博道

1. はじめに

曲げおよび軸力材として優れた耐荷力性能を有する円形鋼管は、景観の良さからも都市高速道路や鉄道、モノレールなどの橋脚に多く使用されている。ところが、先の阪神大震災(1995. 1. 17)では設計震度を大幅に上回る地震力を受け、円形鋼管橋脚を使用した高架橋に局部座屈や割れなどの被害が生じた。本研究では軸圧縮と曲げを受ける鋼管部材の強震時の弾塑性挙動と耐荷力-変形性能に関する基礎的な資料を得ることを目的とし、実構造物を想定した片持ち柱供試体を対象に、地震荷重を模擬した一定鉛直力と繰り返し水平力を与える耐震性能実験を行う。

2. 実験計画

供試体は鋼種 SM570Q をロールバンドで冷間成形したもので、外径はすべて $D=300\text{mm}$ とし、肉厚を3種 ($t=3, 6, 9\text{mm}$) 変える。長さはすべて一定 $L=2054\text{mm}$ とする。供試体の寸法、構造諸元を図1、表1に示す。本実験では軸力比3種 ($P/Py=0, 0.15, 0.3$)、径厚比3種 ($R/t=50, 25, 17$)、水平载荷方法(単調増加、繰り返し漸増)を実験パラメーターとする。各パラメータに対して各々一体系ずつ合計12体用意する。

3. 実験方法

3.1 载荷装置 载荷装置は供試体の上端面に300tf長柱载荷装置により、一定の鉛直荷重(軸力)を負荷した状態を保ちつつ、供試体頂部に設置したMTS社製50tfアクチュエータにより水平繰り返し荷重(地震慣性力相当)を载荷するというユニークなものであり、装置全体は300tf長柱試験機に対して、上下端でピン支持されている。柱頂部の水平反力はトラスフレームを通して試験体基部に伝達される。水平力が载荷されると供試体基部に傾きが生じるが、本実験では供試体基部と下部ピン支持装置の間にリニアールを設け、モーターにより試験体基部およびフレーム全体をレール上にスライドさせ、供試体基部を水平に保つようにしつつ载荷および計測を行った。载荷装置および片持ち柱供試体の設置状況を図2に示す。

3.2 载荷手順 繰り返し载荷の振幅変位は供試体基部が降伏したときの変位を δ_y とし、 $\pm \delta_y, \pm 2\delta_y, \pm 3\delta_y, \dots$ のように漸増させ、変位での繰り返し回数を3回とする。実験は最大荷重の半分程度まで低下するまで続ける。

4. 実験結果

4.1 荷重-変位履歴曲線 実験による水平荷重-変位履歴曲線のうち供試体 AP25 ($t=6\text{mm}$, $R/t=25$) について得られた結果を軸力比 $P/Py=0, 0.15, 0.3$ ごとに図3に示す。いずれも降伏水平荷重を大きく上回る耐力が得られている。

図中黒丸で示した曲線は $P/Py=0.15$ の単調载荷の結果である。これと繰り返し载荷の結果(同図(b))は $3\delta_y$ のはじめのサイクルまでほぼ同じ履歴を経るが、以後の繰り返しによる荷重低下が著しい。軸力の最も大きい

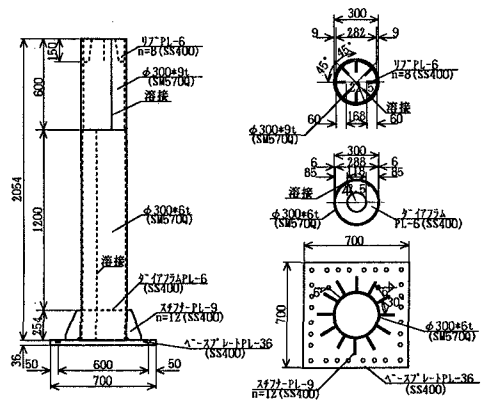


図1 供試体寸法

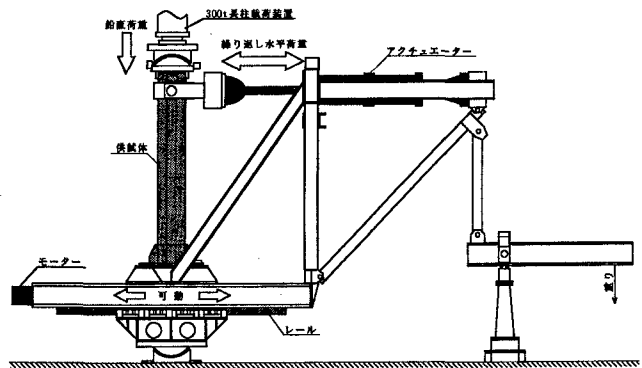


図2 繰り返し载荷実験装置

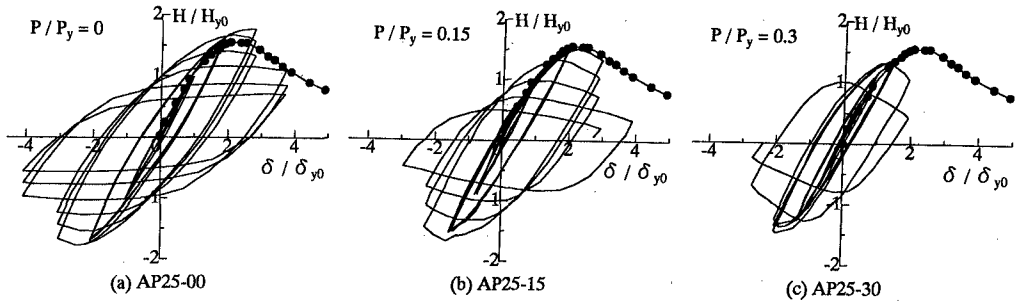


図3 荷重-変位履歴曲線（AP25 シリーズ）

AP25-30(P/Py=0.3) では $2\delta y$ の繰り返しに耐えられず、急速に耐力が低下している。

4.2 最大水平耐力 各供試体の最大水平耐力 H_{max} を軸力 $P/Py=0$ のときの降伏水平力 H_{y0} で無次元化し、鋼管の径厚比パラメータ Rt に対して描くと図4を得る。同図から軸力の増加によってほぼ一定の割合で耐力力が低下していることが分かる。また Rt によらず耐力力はほとんど変化せず、 $P/Py=0$ および $P/Py=0.15$ の部材では中間の Rt の値を持つ部材の無次元耐力力がやや大きい。各供試体の降伏水平力 H_{y0} で無次元化した最大水平耐力 H_{max} は、 P/Py が 10% 増加すると平均 7.7% 減少した。またこれらの値は径厚比によらずほぼ一定の値であった。

4.3 塑性率 図5は塑性率 $\mu = \delta_{max} / \delta_y$ （ここに δ_{max} = 最大水平荷重時の変位、 δ_y = 各供試体の降伏変位）を表す。同図から分かるように、塑性率は径厚比とともに減少するが、実構造物でよく用いられる $Rt=50$ の供試体では軸力比によらずほぼ一定値 1.9 を示した。表1に各供試体の降伏荷重、降伏変位、最大水平荷重などの実験結果を示す。

表1 繰り返し実験結果

Type	R/t	Rt	P/Py	λ	H_y (tf)	δ_y (mm)	H_{max} (tf)	δ_{max} (mm)	H_{max}/H_y	δ_{max}/δ_y
AP50-00	50	0.251	0	0.511	5.41	20.7	8.91	38.6	1.65	1.86
AP50-15			0.15			18.5	8.26	34.4	1.53	1.86
AP50-15M			0.15				7.17	33.0		
AP50-30			0.3			16.1	7.58	32.6	1.40	2.02
AP25-00	25	0.129	0	0.516	12.97	35.7	22.99	96.0	1.77	2.69
AP25-15			0.15			28.6	20.68	78.8	1.59	2.76
AP25-15M			0.15				20.09	73.0		
AP25-30			0.3			20.4	18.32	51.6	1.41	2.53
AP17-00	17	0.077	0	0.522	16.96	40.0	28.98	113.2	1.71	2.83
AP17-15			0.15			27.4	26.17	112.2	1.54	4.09
AP17-15M			0.15				26.06	125.2		
AP17-30			0.3			21.9	23.65	49.4	1.39	2.26

R/t:径厚比 Rt:径厚比パラメータ P/Py:軸力比 λ :細長比パラメータ
 H_y :降伏荷重 δ_y :降伏変位 H_{max} :最大水平荷重 δ_{max} :最大水平荷重時の水平変位

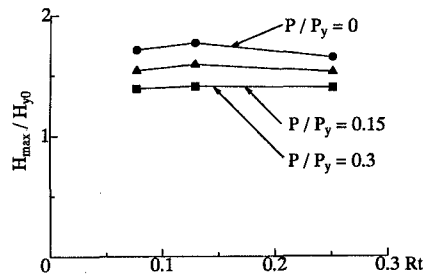


図4 最大水平耐力と径厚比の関係

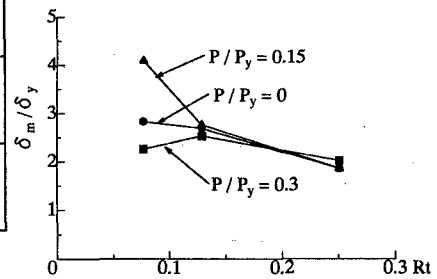


図5 塑性率と径厚比の関係

5. まとめ

円形鋼管部材を高架高速道路に用いるときの耐震安全性を確保するためには実験による基礎資料が必要となる。本研究はこれを提供する目的で行った繰り返し載荷実験についての速報である。今後は他の実験を追加補強し、これらのデータを詳細に検討する計画である。なお本研究は土木学会鋼構造委員会新技術小委員会終局耐力WG活動の一環として行われたもので、実験供試体等の研究費の一部は鋼材倶楽部からの援助による。関係者に感謝する次第である。

参考文献 1)水谷、宇佐見、青木、伊藤、岡本：パイプ断面鋼圧縮部材の繰り返し.....、構造工学論文集、Vol.42A(1996/3)