

I-A260 鋼管柱模型の弾塑性応答性状に関する正弦波加振実験

室蘭工業大学 学生員 市ノ渡 誉 将 室蘭工業大学 正員 矢 吹 信 喜
 (株)日本製鋼所 正員 小 枝 日出夫 室蘭工業大学 正員 岸 徳 光
 北海道開発局 正員 池 田 憲 二

1. はじめに

本研究では、円形断面鋼製橋脚の動的応答性状に関する基礎資料を蓄積することを目的として、小型鋼管柱模型上に上部工を模擬した鉛塊を設置し、簡易振動台を用いた加振実験を行った。本論文では、鋼管の径厚比や鋼種が異なる場合、また加振加速度の負荷履歴が異なる場合に関して比較検討を行っている。

2. 実験の概要

2.1. 試験体

図-1に本実験で用いた試験体の形状を、また表-1に試験体の寸法および各パラメータを示す。使用鋼管は一般構造用炭素鋼鋼管 (JIS G 3444 STK400-E-G) および配管用炭素鋼鋼管 (JIS G 3452 SGP-B) の2種類である。試験体の名称は、第1項が鋼種 (K:STK400-E-G, P:SGP-B)、第2項が板厚を示している。試験体の鋼管部は、それぞれの鋼管を所定の長さに切断し、旋盤により内外面を切削して製作した。試験体の基部は、剛体変形をできるだけ防ぐために凸状の台座および厚さ 9mm の鋼製リングを用いて補強している。また、試験体の上下端部には、鉛塊および振動台を固定させるための鋼板を取り付けている。使用鋼管の力学的特性は、各鋼管から JIS 6 号試験片を製作し、引張試験により求めている。表-2に引張試験結果を示す。なお、各鋼管は塑性加工されたもので降伏棚のない状態となっている。

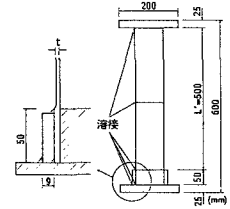


図-1 試験体の概要図

表-1 試験体の寸法および各パラメータ

試験体名	荷重点高さ L (mm)	鋼管高さ L' (mm)	板厚中心半径 R (mm)	板厚 t (mm)	軸力 P (kN)	細長比 L/R	$\bar{\lambda}$	径厚比 R/t	R_t
K-t10	631.5	500	47.75	1.0	11.8	13.23	0.514	47.8	0.147
K-t15			48.00	1.5		13.16	0.511	32.0	0.099
K-t20			48.25	2.0		13.09	0.508	24.1	0.074
K-t22			48.35	2.2		13.06	0.507	22.0	0.068
K-t25			48.50	2.5		13.02	0.506	19.4	0.060
P-t15			48.75	1.5		12.95	0.376	32.5	0.056

$$\bar{\lambda} = \frac{2L}{\pi r} \sqrt{\sigma_y/E}, R_t = \frac{R}{t} \frac{\sigma_y}{E} \sqrt{3(1-\nu)^2}$$

2.2. 実験装置および実験方法

図-2に実験装置の概要を示す。試験体上部には橋梁上部工の質量を模擬した全質量 1.2ton の鉛塊が設置されている。実験は最低次弾性固有振動数を測定した後、次の2種類について行った。1)入力加速度を3~5段階設定して試験体が崩壊あるいは基部近傍に局部座屈が発生するまで繰り返し行う加振実験、2)単調載荷実験結果の最大耐力を参考にして求めた入力加速度で加振する実験である。なお、設定加速度は弾性梁理論より求めた鉛塊重心位置に作用する降伏水平荷重を参考にして決定した。また、加振周波数は最低次弾性固有振動数を参考にして決定している。

表-2 鋼管の力学的特性

鋼種	降伏応力 σ_y (MPa)	引張強度 σ_u (MPa)	降伏比 σ_y/σ_u	弾性係数 E (GPa)	ポアソン比 ν
STK400-E-G	384	516	0.744	206	0.3
SGP-B	210	425	0.494		

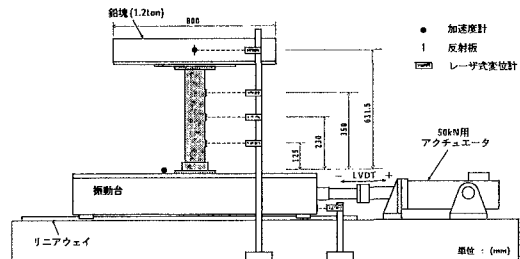


図-2 実験装置の概要図

3. 実験結果および考察

ここでは、紙面の都合上、試験体 K-t15、K-t25、P-t15 を例に取り考察する。表-3に各試験体の実験条件を示す。図-3に振動台への入力加速度波形および鉛塊重心位置における応答加速度波形の1例として試験体 K-t15-d2の結果を示す。図より、入力加速度波形は加振開始後ほぼ線形的に増幅して所定の振幅となり、9波ほど定常振動の後、加振停止によりほぼ線形的に減少しやがて静止している。一方、応答加速度波形は定常加振状態に至ら

キーワード：鋼管柱模型、加振実験、動的挙動、径厚比、靱性

連絡先 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 Tel 0143-46-5230 Fax 0143-46-5227

表－3 実験条件一覧

試験体名	加振周波数 (Hz)	入力加速度 (gal)
K-t15-d1	3.0	125, 250, 375
-d2		375
-d3		500
K-t25-d1	4.0	175, 350, 525, 700, 875
-d2		875
P-t15-d1	3.0	125, 250, 375
-d2		375

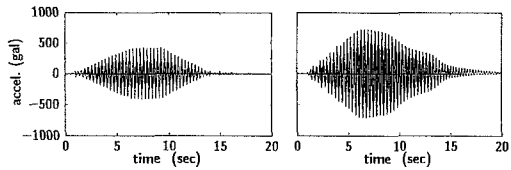
ず振幅が最大値に達した後、徐々に減少していることがわかる。これは、基部近傍に局部座屈が発生したことにより、加振エネルギーが吸収され試験体上方に伝達されないためと考えられる。

図－4に試験体 K-t15-d1, K-t25-d1, P-t15-d1の鉛塊重心位置における応答加速度－応答変位関係を示す。図より、同一鋼種で径厚比が異なる場合 (K-t15-d1, K-t25-d1) に着目すると、試験体 K-t15-d1 は入力加速度 375 gal 時で応答加速度が最大値に達し、その後まもなく倒壊に至っている。一方、試験体 K-t25-d1 は入力加速度 525 gal 時で応答加速度が最大値に達しているものの倒壊には至らず、最終的に入力加速度 875 gal 時で倒壊している。最大応答加速度に関しては、試験体 K-t15-d1 で 700 gal 程度であるのに対し、試験体 K-t25-d1 は 1000 gal 程度まで達している。また、板厚が等しく鋼種が異なる場合 (K-t15-d1, P-t15-d1) に着目すると、入力加速度 125 gal 時では各試験体の最大応答加速度はほぼ等しいことがわかる。しかしながら、入力加速度 250 gal 時では、試験体 K-t15-d1 は降伏応力が大きいことより未だ弾性的なヒステリシスループを描いているのに対し、試験体 P-t15-d1 は降伏応力が小さいため塑性化の進行を表す S 字状を呈している。また、入力加速度 375 gal 時では各試験体とも倒壊に至っているが、試験体 P-t15-d1 の最大応答加速度は試験体 K-t15-d1 より小さく 500 gal 程度であり、それほど大きな塑性減衰を示さずに倒壊に至っている。これは、崩壊へのメカニズムが降伏点の大小に依存して異なっていることを示唆しているものと判断される。

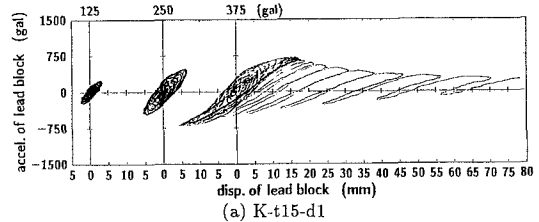
図－5に試験体 K-t15, K-t25 の最大応答加速度に鉛塊質量を乗じて求めた換算水平荷重と応答変位の関係を示す。なお、図中には別途実施した単調載荷実験における荷重－変位曲線を合わせて示している。図より、試験体 K-t15 は換算水平荷重が単調載荷実験における最大耐力付近に達した後、崩壊に至っているのに対し、試験体 K-t25 はそれに達する以前で崩壊に至っていることがわかる。

4. まとめ

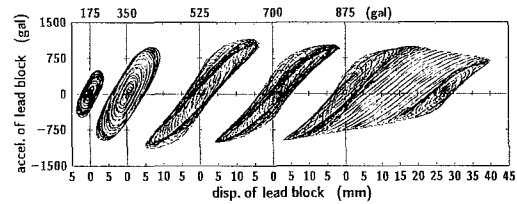
本研究では、小型橋脚模型上に上部工を模擬した鉛塊を設置し加振実験を行った。実験結果、径厚比の小さい試験体の場合には、径厚比の大きい場合と比して靱性性能に優れている傾向にあること、また降伏点異なる場合には崩壊へのメカニズムが異なるものと推察されること等が明らかとなった。



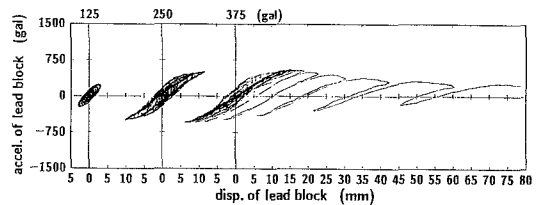
(a) 入力加速度波形 (b) 応答加速度波形
図－3 加速度波形の1例 (K-t15-d2)



(a) K-t15-d1

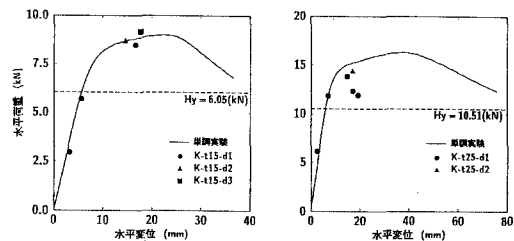


(b) K-t25-d1



(c) P-t15-d1

図－4 鉛塊の応答加速度－応答変位曲線



(a) K-t15 (b) K-t25
図－5 単調載荷実験結果との比較