

計測技取(株) 正員 国行 雅希
 北海道開発局開発土木研究所 正員 谷本 俊充
 (株)日本製鋼所室蘭研究所 正員 小枝 日出夫
 (株)間組技術研究所 正員 三反畑 勇

1. はじめに

本研究では、鋼管橋脚の合理的な耐震設計を確立するための基礎資料を得ることを目的として、鋼管橋脚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起振実験を行った。本論文では、コンクリート充填の有無による耐震性向上に関する検討も行っている。

2. 実験の概要

2.1. 試験体

本研究で用いた試験体の形状を図-1に、また寸法および試験体パラメータを表-1に示す。試験体の鋼管部は、厚さ5.7 mmの圧力配管用炭素鋼鋼管(JIS G 3454 STPG370 90A 熱間仕上継目無鋼管)

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。基部は剛体変形をできるだけ防ぐため、凸状の鋼台座に鋼管を差し込み、かつ外側に9 mmの鋼製リングをはめ込み溶接している。試験体の上下端部には、振動台および鉛塊を固定させるために幅200 mm板厚25 mmの正方形板を周溶接により取付けている。コンクリートの充填高さ L_c は鋼管の高さに対する比 L_c/L' で示している。

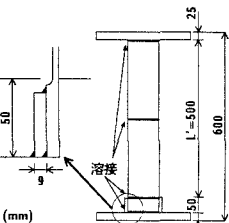


図-1 試験体の形状寸法

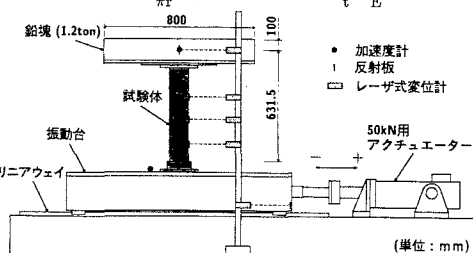


図-2 実験装置の概要

2.2. 材料試験

使用鋼管の機械的性質は、降伏応力 $\sigma_{ys} = 336$ MPa, 公称引張強さ $\sigma_u = 452$ Pa, 弾性係数 $E = 206$ GPa, ポアソン比 $\nu = 0.3$ である。また、充填コンクリートの実験時材料定数はそれぞれ、圧縮強度 $f'_c = 19.2$ MPa, 弾性係数 $E_c = 16.7$ GPa, ポアソン比 $\nu_c = 0.21$ である。

2.3. 実験装置および実験方法

図-2に簡易振動台を用いた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重量1.2 tfの鉛塊が設置されている。実験における測定は振動台および鉛塊の加速度、振動台、試験体、鉛塊各点の変位である。実験は次の2種類について行った。1)アクチュエーターをシャットダウンさせることにより試験体に自由振動を励起させ最低次固有振動数、対数減衰率を求める実験。2)弾塑性状態までの鋼管柱の動的挙動を検討するために入力加速度を3~4段階設定して行う振動実験である。設定加速度に関しては、基部縁応力が降伏点に達する時の鉛塊重心位置に作用する水平荷重を弾性梁理論より $H_y = 5.26$ kNと求め、この値を参考にして125 galを加振加速度の初期値および増分加速度とした。実験はf0-d1を除き試験体が崩壊するまで入力加速度を増加させ、崩壊に至らない場合は崩壊に至るまで同一の加速度振幅で加振を繰り返すこととした。

キーワード 鋼管橋脚, コンクリート充填, 起振実験, 簡易振動台

連絡先 〒065 札幌市東区北20条東15-3-1, Tel. 011-591-3389, Fax. 011-731-2469

なお、 f_0 に関しては加振周波数を 2.5, 3, 5Hz, に設定し、 f_1, f_2, f_4 , に関しては 3Hz に固定して実験を行った。

3. 実験結果

表－2 試験体の固有振動数等および破壊形式の一覧

3.1. 最低次弾性固有振動数

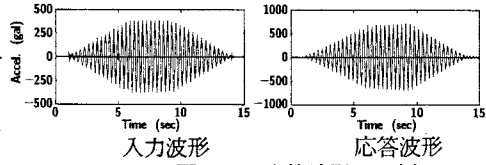
表－2 に実験から得られた最低次弾性固有振動数および対数減衰率を示している。表より、 f_0 の場合は 4.1～4.2Hz 程度、減衰定数は大略 2.2～2.7% となっている。一方、コンクリート充填の場合には充填高さの増大とともに固有振動数、減衰定数ともに増大の傾向を示している。

試験体名	最低次固有振動数 (Hz)	対数減衰率 (%)	加振周波数 (gal)	入力加速度 (Hz)	破壊形式
f0-d1	4.23	2.2	2.5	125,250,375	基部に残留歪発生
f0-d2	4.08	2.7	3.0	125,250,375	ジャッキ側に傾斜、転倒 (ジャッキ側에만 EFB)
f0-d3	4.09	2.8	5.0	125,250,375,500,625,750	ジャッキ側に傾斜 (ジャッキ側에만 EFB)
f1-d	4.38	4.7	3.0	125,250,375,375,375	全周方向に EFB 発生
f2-d	4.76	8.7	3.0	125,250,375,500,500	最終的には基部で亀裂破断
f4-d	5.56	13.6	3.0	125,250,375,500,500	鋼管は自立している

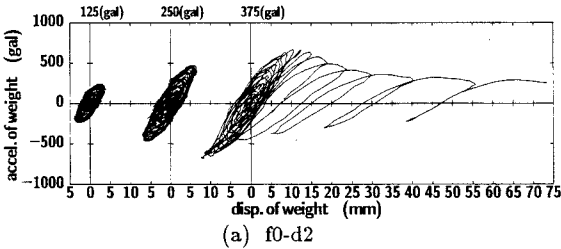
EFB = Elephant Foot Bulge

3.2. 加振実験結果

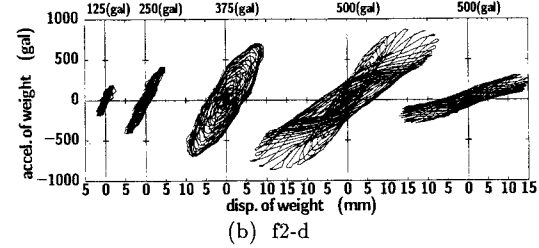
図－3 に入力波形と応答波形の 1 例として、 f_2 -d の場合の振動台および鉛塊重心点で測定された加速度波形を示している。図より、入力波形は加振開始後ほぼ線形的に増幅して所定の振幅となり、11 波ほど定常的に振動の後シャットダウンによりほぼ線形的に減少しやがて静止している。応答波形は、弾塑性域に入っていることより定常加振状態に至っていないようである。なお、応答倍率は 1.87 倍である。図－4 には、 f_0 -d2 および f_2 -d、 f_4 -d の実験終了までの各加振時における鉛塊重心位置の応答加速度－変位曲線を示している。図より、 f_0 -d2 に関して入力加速度が 375 gal のとき、正負交番加振に関わらず鉛塊の振動中心がアクチュエーター側に移動しながら振動していることがわかる。また、実験終了後の基部は、アクチュエーター側の局部座屈部が潰れ、鋼管は”く”の字状に変形している。 f_2 -d に関しては、入力加速度 $\alpha_i = 500$ gal (1 回目) において復元力剛性が加振中に変化し、同一の加速度振幅で加振されているものの応答加速度振幅、変位振幅とも減少していることがわかる。実験終了後の基部変形状態は、EFB 型の座屈が発生し、この部分の加振方向両面に亀裂が発生していることを確認している。一方、 f_4 -d の場合には、 $\alpha_i = 500$ gal の第 1 回目、第 2 回目加振時ともに軟化挙動が示され、軟化が徐々に進行していることがわかる。実験終了時には、 f_2 -d と同様局部座屈位置に亀裂が発生している。コンクリート



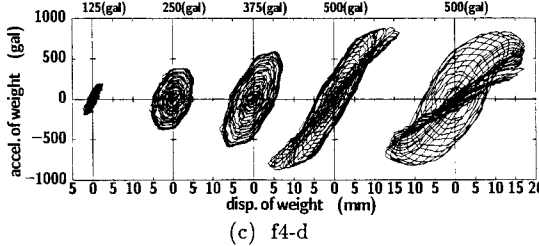
図－3 応答波形の一例



(a) f_0 -d2



(b) f_2 -d



(c) f_4 -d

図－4 鉛塊の加速度－変位曲線

充填率による耐震性を検討すると、 f_4 -d の場合には最終加振状態においてもヒステリシスループ面積が大きく、未だ構造全体でエネルギーを吸収する能力を有していることより、本実験の範囲ではコンクリート充填率の大きい鋼管ほど耐震性に優れているものと判断される。また、コンクリートを充填することにより基部の全周に EFB 型の局部座屈が発生するものの、橋脚模型が”く”の字に倒壊することもなく自立していることがわかる。今後、単調載荷実験や交番載荷実験を行うとともに、充填コンクリートの強度や鋼管の径厚比、鋼管長を変化させた起振実験も行い、鋼管橋脚の総合的な耐震性能について検討したいと考えている。