

吊り配管の地震応答性状と評価法に関する振動台実験 (SESTEC 実験 2019.10)

○正会員 Eun-Rim Baek^{*1}, Hyoung-Suk Choi^{*1}, Jae-Sung Choi^{*2}
 同 吉川 拳人^{*3}, 同 姜 在道^{*4}, 同 長江 拓也^{*5}, 同 梶原 浩一^{*6}, 萩原 達也^{*7}

横引き配管, 耐震支持, Sa - Sd スペクトル

1. はじめに

近年の各国における地震被害では, 設備機器類の被害が建物の継続使用性の喪失や, 莫大な修繕費用を生むことがクローズアップされた。2019年10月に釜山大学の Seismic Research and Test Center (SESTEC) において横引き給水配管の地震応答実験を実施したので報告する。

2. 実験概要

本実験の概要を図1に示す。配管図面を図2に示す。図1(a)に示されるように2基の振動台を同時使用した。鋼製フレームをそれぞれ3体, 計6体配置し, 上部水平梁(梁せい300mm)によって建物の床を模擬した。上部水平梁に振動台入力波と同一の入力波を想定できるフレーム剛性を確保した。給水管には全長12.9m, 直径80mmの鋼管(80SU)を用いた。内部は水で満たした。長さ500mmの溝形鋼(C75x40x5x7)の上に3本の給水管を並べて固定し, 溝形鋼の両端を鋼製全ねじボルト(M12)で吊り下げた。管軸方向に, 管径の3倍に相当する約2.4m間隔で吊り部を設置した。吊りボルト上端部について, H型鋼である上部水平梁の下フランジにキリ穴を設けて吊りボルトを通し, 梁フランジ下面と上面の両側からナットを締めて固定した。吊りボルト下端部は溝形鋼に同様の方法で固定した。吊り長さ*l*について, 300mmと600mmの二種類を準備した。吊りボルトが支持する総重量は410kgfとなった。

た。本実験では先に耐震支持ありの条件で実験し, その後, 耐震支持なしの条件で実験した。ここでは JMA 神戸波加振の分析結果(管軸方向)を報告する。

3. 実験結果

鋼製フレームの上部水平梁位置から給水配位置の伝達関数を図3に示す。耐震支持ありの条件では15Hz以上の高振動数域で卓越のピークが確認できた。耐震支持なしの条件では, 吊り長さ300mmの条件で8.04Hz, 吊り長さ600mmの条件で3.37Hzにおいて卓越のピークが確認できた。両端固定の吊りボルトのヤング係数, 断面性能, 長さ, 支持重量に基づき耐震支持がない場合での固有周期を求めた。計算値を表1に示す。図4において伝達関数で得られた固有周期と比較すると, いずれも概ね一致した。

吊りボルトの両端が全塑性モーメントに達した際(図5)の水平耐力を表1に示す。図6には上部水平梁に対する給水管の相対水平変位の時刻歴波形を示す。耐震支持ありの条件では配管の相対変位は微小に抑えられた。耐震支持なしの条件では吊り長さ600mmの条件において顕著な振幅がみられる。図6では縦軸に給水管上の記録加速度, 横軸に相対変位をとり, 履歴を描いた。同図に上部水平梁の記録加速度に対する最大応答スペクトル(Sa - Sd フォーマット)を重ねた。いずれの履歴もピークがスペクトルに対応する際の減衰定数 h_{sp} を求めた。耐震支持なしの条件では, 初期剛性が固有周期相当の傾きと概ね一致している。吊り長さ600mmの条件では, 加速度が水平耐力 P_{max} 相当の値に達して一定値となる, 降伏履歴を見せた。このときの減衰定数 h_{sp} は0.3-0.4であった。

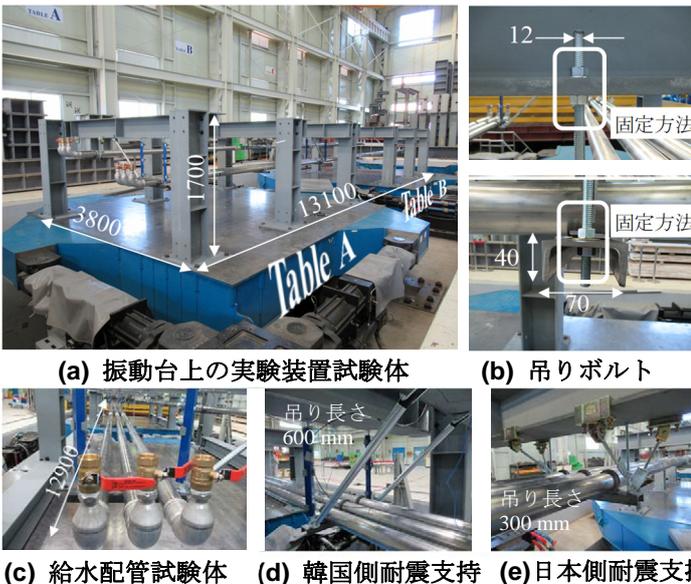


図1 2019年 SESTEC 給水配管振動台実験 単位[mm]

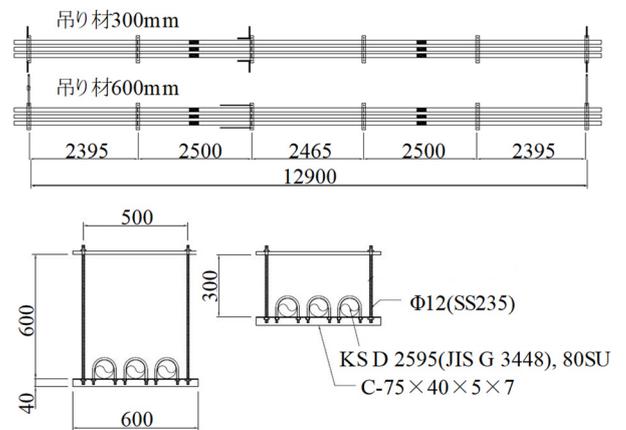


図2 配管図面 単位[mm]

Shaking table test on seismic dynamic response behaviors and performance assessment of suspended steel water service pipes

Eun-Rim BAEK, Hyoung-Suk CHOI, Jae-Sung CHOI,
 Kento YOSHIKAWA, Jae-Do KANG, Takuya NAGAE, Koichi KAJIWARA, Tatsuya HAGIHARA

4. おわりに

建築設備耐震設計・施工指針（日本建築センター）などの設備耐震指針類において、吊り配管の吊り支持間隔や、吊り支持位置への耐震支持材の敷設間隔等の規定が整備されてきた。適切な実験，理論に基づく分析によって、裏付け資料を充実させることにより、より合理的な

設計が可能になる。耐震支持材に求められる強度は、最大応答加速度相当の慣性力に基づき設定できる。最大変位は、加速度 S_a -変位 S_d スペクトルを用いて評価できる。

"This research was supported by a grant (20AUDP-C146352-03) from Architecture & Urban Development Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean Government."

表1 吊り配管システムの諸元と計算値

吊り長さ	300 mm	600 mm
質量 Σm [kg]	410.78	
水平剛性 k [N/mm]	1113	139.1
固有周期 T [s]	0.121	0.341
水平耐力 P_{max} [N]	5414	2707

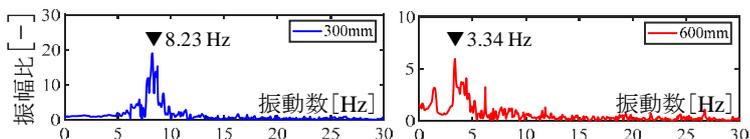


図3 吊り配管の伝達関数

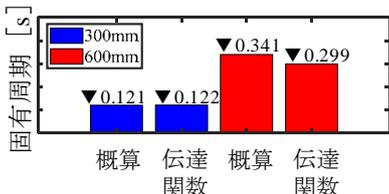


図4 固有周期の比較

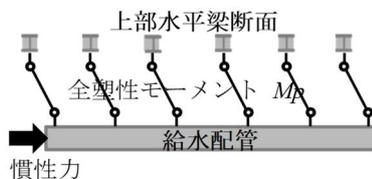


図5 水平耐力計算条件のポンチ絵

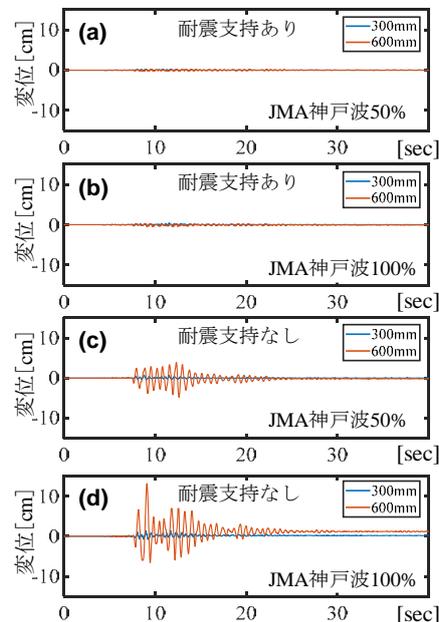


図6 吊り配管の変位応答時刻歴

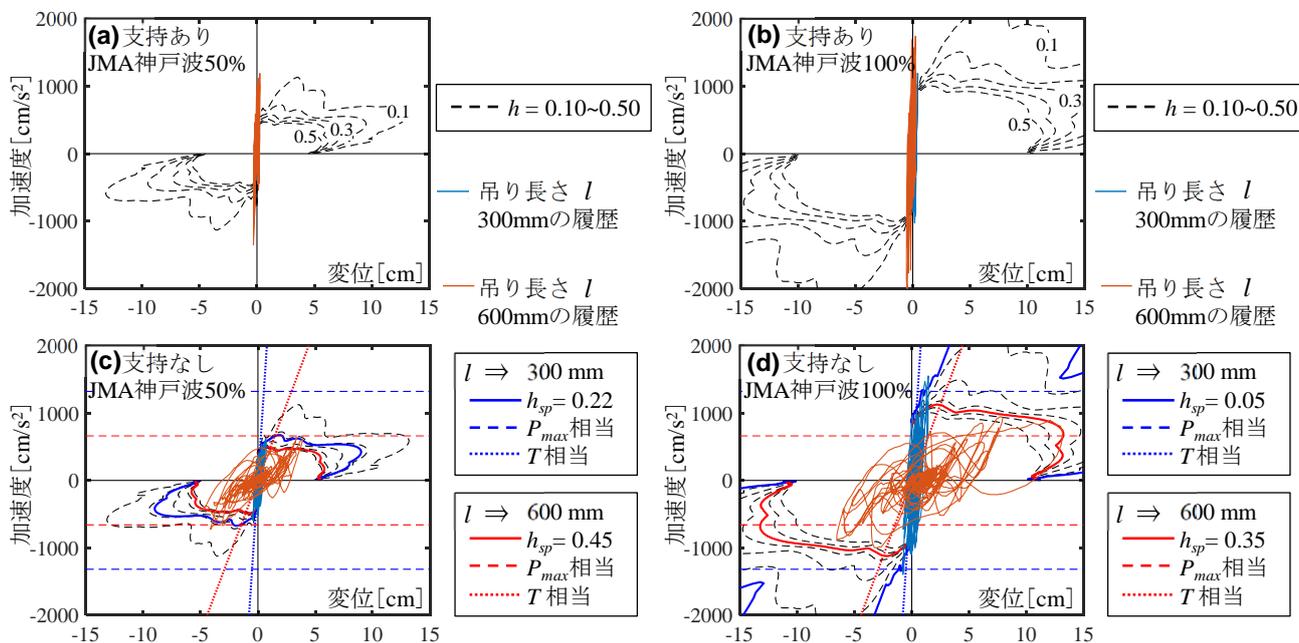


図7 吊り配管の弾塑性応答性状と入力波の応答スペクトル（加速度 S_a -変位 S_d フォーマット）

*1 釜山大学 SESTEC 主任研究員・博士（工学）

*2 UNOVICS ENC Co., Ltd.・博士（工学）

*3 名古屋大学大学院環境学研究所 大学院生

*4 ソウル技術研究院 主任研究員・博士（工学）

*5 名古屋大学減災連携研究センター 准教授・博士（工学）

*6 防災科学技術研究所 E-Defense 所長・博士（工学）

*7 ネグロス電工株式会社

Pusan National University, SESTEC, Dr. Eng.

UNOVICS ENC Co., Ltd., Dr. Eng.

Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

Seoul Institute of Technology, Dr. Eng.

DMRC, Nagoya University, Dr. Eng.

E-Defense, NIED, Dr. Eng.

NEGUROSU DENKO CO., LTD.