

式(6)は質点としてモデル化している梁の鉛直方向、式(7)は制振装置の振り子の回転方向、式(8)はピエゾアクチュエータの鉛直方向運動方程式である。

式(6)の $m_p \ddot{\phi} \sin \phi$ と式(7)の $m_p \ddot{z} \sin \phi$ が相互に作用し、梁の上下方向の振動が制振装置の振り子に入力されることにより梁の振動が小さくなる。

応答解析では、積分方法にNewmarkのβ法を適用し、積分ステップごとにNewton-Rapson法により状態量を求める。この時の状態量は $x = (z, \phi, y, \dot{z}, \dot{\phi}, \dot{y}, \ddot{z}, \ddot{\phi}, \ddot{y})$ となる。

5. 応答解析結果

5.1 応答倍率

実験結果の応答解析では、解析モデルのばね定数を調整して、試験体との整合性を図った。固有振動数に対する振動数比と応答倍率の関係について、解析結果と実験結果をあわせて図-13に示す。

制振無しの場合の固有振動数における応答倍率は約30倍であり、実験結果とほぼ一致していることから梁のモデル化は妥当と考えられる。一方、制振有りの応答倍率は振り子の動作範囲で15倍程度であり、制振動作範囲を含め実験結果をおおむね再現していることから、制振装置は適切にモデル化されていると考えられる。

しかし、解析結果は固有振動数においてほぼ対称な形状を示しており、実験結果が示す弱い非線形性を示すには、非線形性を考慮したモデル化が必要である。

5.2 減衰定数の検討

振り子の減衰が制振効果に与える影響を把握するため、減衰定数をパラメータに解析を行った。振動数比と応答倍率の関係を減衰定数ごとに図-14に示す。

制振装置無しの応答倍率30倍に対し、実験結果より得られた減衰定数 $h=0.014$ では約15倍、 $h=0.010$ では約10倍、 $h=0.005$ では約5倍と、減衰定数が小さくなるほど、制振効果(低減効果、低減範囲)が大きくなる事が確認できる。

6. まとめ

係数励振の特性を利用した制振装置を提案した。振り子とねじり棒ばねを連結した制振装置を用いた模型振動実験と応答解析により、以下に示す事項を確認した。

- i. 質量比 1/75 の制振装置により、新たな共振現象を起こすことなく、梁の応答が約 1/2 程度に低減する
- ii. 梁と制振装置を適切にモデル化した応答解析により、制振効果を精度よく評価することができる
- iii. 制振装置の減衰が小さいほど、制振効果(応答低減率・応答低減範囲)が大きい

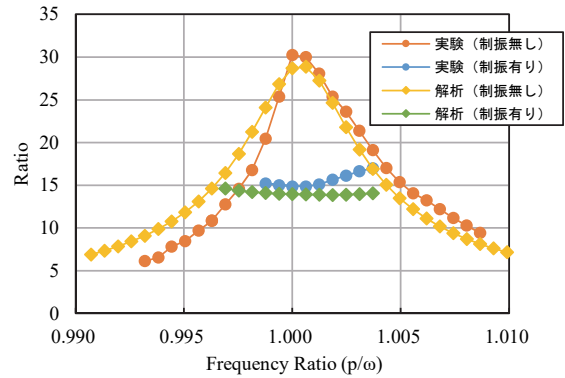


図-13 振動数比における応答倍率

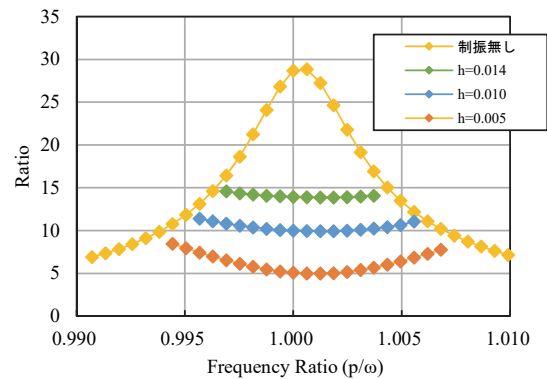


図-14 減衰定数と応答倍率

7. あとがき

係数励振の理論を応用した新しい制振装置の効果が確認できた。有害な共振応答を生じることが無く、極めて小さな質量比と減衰係数でも振幅レベルが大きくなるほど制振効果を発揮する特長がある。今後は、実用化を目指して装置の改善を図りたい。

【謝辞】

本研究の遂行にあたり、筑波大学 藪野 浩司教授に指導を戴いた。ここに記して感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 柳沼勝夫、稲留康一、「床揺れ防止用制振装置の開発」、奥村組技術研究年報、No.34、pp. 141-146、2008
- 2) 大塚 将、岡 靖弘、早川邦夫、安井健治、舟山勇司、「転がり振り子による超高層建物の制振」、奥村組技術研究年報、No.16、pp. 103-108、1990
- 3) A. Shibata, S. Ohishi, H. Yabuno, 「Passive method for controlling the nonlinear characteristics in a parametrically excited hinged-hinged beam by the addition of a linear spring」、Journal of Sound and Vibration 350、pp. 111-122、2015