

東海大学大学院

学生会員 佐伯 秀

日本コムシス株式会社

正会員 尾畑守夫

東海大学工学部

正会員 島崎洋治

1. はじめに

パッシブ制御型装置¹⁾の一つとして開発した転動型制震装置 (TRD) の数値シミュレーションを行った解析結果を示す。このTRDは転動する回転子とそれを受ける円弧の容器から構成されている。回転子は円弧の容器に沿って振動し模型構造物の揺れと同調して制震効果をもたらす。

TRDの効果については、2自由度系せん断型ラーメン構造模型の自由振動²⁾、および1自由度系せん断型ラーメン構造模型の強制振動実験で確認している³⁾。これらの実験を検証するために、非線形性を考慮したTRDと構造物との連成運動方程式を作成し、これを4次のルンゲ・クッタ法により解析を行った。本研究では、TRDを設置した1自由度系せん断型ラーメン構造模型の強制振動応答を解析し、これを実験結果と照合する。

2. 理論式の導出

図1はTRDと1自由度系せん断型ラーメン構造模型の連成モデルである。

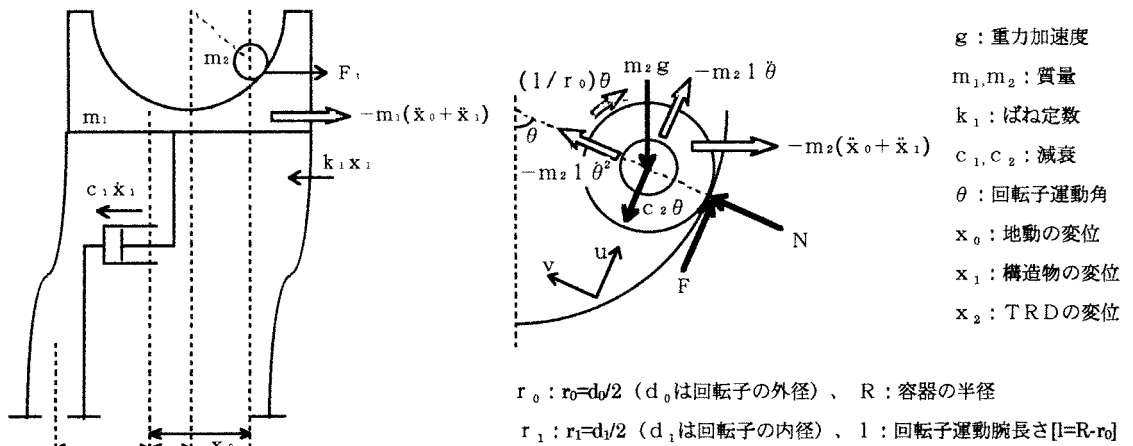


図1 モデル化

TRDを考慮したせん断型ラーメン構造模型についての運動方程式は次式のように書き表すことができる。

$$m_1 \ddot{x}_1 + c_1 \dot{x}_1 + k_1 x_1 = F_1 - m_1 \ddot{x}_0 \quad (1)$$

ここで、式(1)の右辺第1項の F_1 は次に示す式によって表される。

$$F_1 = m_2 l \sin \theta \cdot \dot{\theta}^2 + \frac{2r_0^2}{3r_0^2 + r_1^2} m_2 g \sin \theta \cos \theta + \frac{2r_0^2}{3r_0^2 + r_1^2} c_2 \dot{\theta} \cos \theta - m_2 \left(1 - \frac{2r_0^2}{3r_0^2 + r_1^2} \cos^2 \theta \right) (\ddot{x}_0 + \ddot{x}_1) \quad (2)$$

式(1)、(2)より構造物の運動方程式は次式ようになる。

$$\ddot{x}_1 = \frac{-1}{m_1 + m_2 (1 - A \cos^2 \theta)} \left\{ c_1 \dot{x}_1 + k_1 x_1 - A \frac{c_2}{l} (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - m_2 l \sin \theta \cdot \dot{\theta}^2 - A m_2 g \sin \theta \cos \theta \right\} - \ddot{x}_0 \quad (3)$$

また、回転子の運動方程式は次式のように表すことができる。

$$\ddot{x}_2 = \frac{-1}{m_1 + m_2 (1 - A \cos^2 \theta)} \left[(1 - A \cos^2 \theta) (c_1 \dot{x}_1 + k_1 x_1) + \frac{m_1}{m_2} \left\{ A \frac{c_2}{l} (\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + m_2 l \sin \theta \cdot \dot{\theta}^2 + A m_2 g \sin \theta \cos \theta \right\} \right] - \ddot{x}_0 \quad (4)$$

キーワード: 制震、固有振動数、ラーメン構造、TMD

連絡先: 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目 1117 東海大学土木工学科 TEL:0463-58-1211 FAX:0463-50-2045

ここで、 $A = \frac{2r_0^2}{3r_0^2 + r_1^2}$ 、 $\sin \theta = \frac{x_2 - x_1}{l}$ 、 $\cos \theta = \sqrt{1 - \left(\frac{x_2 - x_1}{l}\right)^2}$ 、 $\dot{\theta} = \frac{\dot{x}_2 - \dot{x}_1}{l \cdot \cos \theta}$

3. 数値シミュレーション

解析は構造物に対する回転子の質量が 5% の場合について行った。図 2 は T R D が作用しない場合、図 3 は T R D が作用した場合の実験結果³⁾である。数値解析結果は図 4 と図 5 に示す。計算は数値積分のための時間間隔 $\Delta t=0.005$ (sec)、 $c_1=0.1635$ (kg・s/cm)および $c_2=0.3000$ (kg・s/rad)として行った。与えた外力は正弦波とし、その円振動数は構造物のもつそれと同じ値とし、最大加速度は 35.42 (gal)とした。表 1 は振幅減少率の比較である。

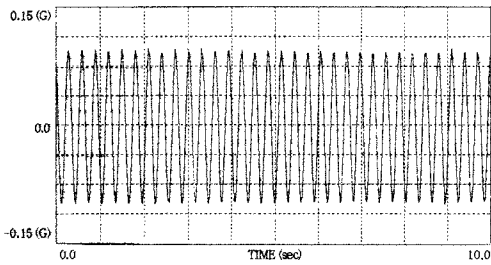


図 2 回転子固定時（実験）

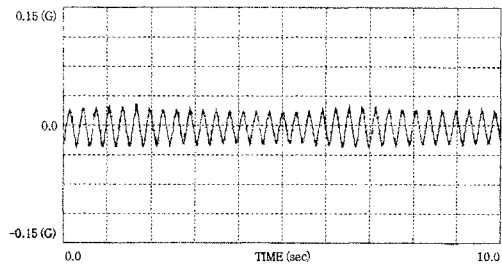


図 3 回転子自由時（実験）

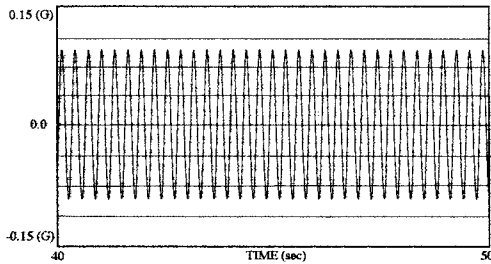


図 4 回転子固定時（解析）

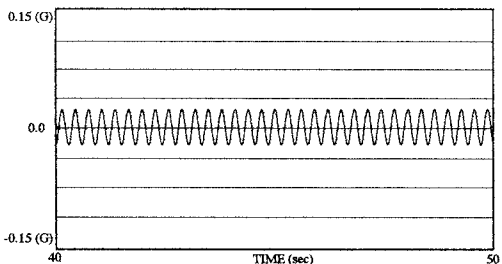


図 5 回転子自由時（解析）

	振幅減少率＝ {1－ (回転子自由時の振幅／回転子固定時の振幅)} ×100
実験結果	76.8 %
解析結果	76.7 %

表 1 振幅減少率

4. まとめ

T R Dを設置した 1 自由度系せん断型ラーメン構造模型の強制振動応答について T R D の非線形性を考慮した解析を行った。T R D の制震性能は減衰係数の特定ができれば極めて良い精度で解析できることを示した。今後、減衰係数の特定や、実際の地震波に対する検討を行っていく予定である。

[参考文献]

- 1) 金田勝徳他：建築の耐震・耐風入門,彰国社,1996,pp.112-128
- 2) 近藤隆行他：「転動型制震装置に関する基礎的研究」
土木学会第 25 回関東支部技術研究発表会講演概要集,1988,pp.146-147
- 3) 佐伯秀他：「強制振動に対する転動型制震装置の有効性に関する研究」
土木学会第 53 回年次学術講演会講演概要集第 1 部(B),1998,pp.930-931