

東海大学 学生会員 松山 俊樹
 東海大学 酒井 雄基
 東海大学 正会員 島崎 洋治

1. はじめに

構造物を水平方向の振動に対して鉛直方向にも連動するように組み合わせることで、振動に対する減衰効果を格段に大きくすることができる¹⁾。本研究では、傾斜した柱を持つ2層ラーメン構造を2棟連結させ、2棟間の床連結部分には高減衰ゴムを使用した構造体を提案する。この構造体は柱の傾斜により水平方向の振動に対して鉛直方向にも連動する。このため高減衰ゴムが上下方向にせん断運動することによって構造物全体の振動を吸収する。この構造体の自由振動に対する減衰効果を実験的に検証し数値解析によってこの効果を確認した結果を示す。

2. 実験方法

図-1に示すように、床連結部分に高減衰ゴムをはさんだ、2基の2層ラーメン構造模型を用意する。それぞれの模型は高さ92cm、幅30cm、柱長40cmである。模型はアルミニウム製で柱の断面2次モーメントは $1.33 \times 10^{-3} \text{cm}^4$ である。実験は点Aに初期変位を与え構造体を自由振動させる。この振動応答を構造物の2階、3階部分に設置した加速度計で計測する。

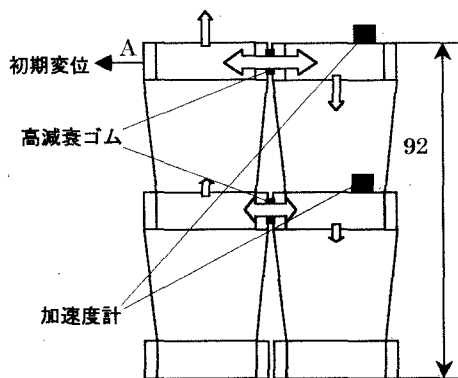


図-1 実験模型

3. 運動方程式

図-1の構造体は、点Aに初期変位を与えることで自由振動し、横方向に運動すると同時に、縦方向にも運動する。図-2は2自由度系の、図-3,4は各層における、対称な一方の構造物についての自由物体図である。ここで y は縦方向変位、また z は柱に垂直な方向、つまり振動方向の変位である。図を参考にして、各層の質量 m に加わる力のつりあいをそれぞれ考えると運動方程式は次のように示すことができる。

まず、2層部分は

$$-k(z_2 - z_1) - c'\dot{y}_2 \cos \theta_2 - k'y_2 \cos \theta_2 = m\ddot{z}_2 \quad (1)$$

$$\text{ここで、} \dot{y}_2 = \dot{z}_2 \cos \theta_2 + z_2 (-\sin \theta_2 \cdot \dot{\theta}_2) \quad (2)$$

$$\dot{\theta}_2 = \frac{(\dot{z}_2 - \dot{z}_1)}{L} \quad (3)$$

次に、1層部分は

$$-kz_1 + k(z_2 - z_1) - k'y_1 \cos \theta_1 - c'\dot{y}_1 \cos \theta_1 = m\ddot{z}_1 \quad (4)$$

$$\text{ここで、} \dot{y}_1 = \dot{z}_1 \cos \theta_1 + z_1 (-\sin \theta_1 \cdot \dot{\theta}_1) \quad (5)$$

$$\dot{\theta}_1 = \frac{\dot{z}_1}{L} \quad (6)$$

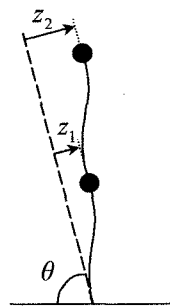


図-2 自由物体図

キーワード：制振、高減衰ゴム、自由振動、せん断型制振構造

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

式(1)に式(2)(3)を、式(4)に式(5)(6)をそれぞれ代入する。また、 $\theta_1 = \theta_2 = \theta$ であるから、これらを整理すると式(7),(8)のように示すことができる。

$$m\ddot{z}_2 + c' \left(\cos^2 \theta - \sin \theta \cos \theta \frac{z_2}{L} \right) \dot{z}_2 + c' \left(\sin \theta \cos \theta \frac{z_2}{L} \right) \dot{z}_1 + (k' \cos^2 \theta + k) z_2 - k z_1 = 0 \quad (7)$$

$$m\ddot{z}_1 + c' \left(\cos^2 \theta - \sin \theta \cos \theta \frac{z_1}{L} \right) \dot{z}_1 + (k' \cos^2 \theta + 2k) z_1 - k z_2 = 0 \quad (8)$$

m : 質量 c' : 高減衰ゴムの減衰係数 k' : 高減衰ゴムのばね定数
 L : 柱長 θ : 柱の角度 k : 構造物のばね定数
 ただし、添え字はそれぞれ、1層、2層部分の要素であることを示す

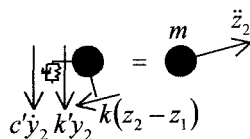


図-3 2層部分のモデル

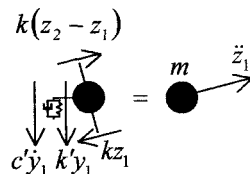


図-4 1層部分のモデル

4. 実験結果および解析結果

実験では柱に傾斜角をつけた場合とつけない場合の2種類行ない、それぞれ2層目に初期変位1.5cmを与えて自由振動させ、そのときの応答加速度を計測した。柱の傾斜は約0.9度である。解析では高減衰ゴムのばね定数 k' の値を24kgf/cm、高減衰ゴムの減衰係数 c' の値を1.2kgf·s/cmとし、柱の角度 θ のみを変化させた。式(7)(8)の解析には4次のルンゲクッタ法を使用した。図-5,7は解析により得られた結果で、図-6,8は実験より得られた結果である。それぞれ上段が1層目、下段が2層目となっている。図中の横軸は時間、縦軸は加速度である。時間は10秒間とり、加速度の最大値は600gal程度である。図を見ればわかるように柱に角度がある場合、減衰効果は格段に大きくなっていることがわかる。

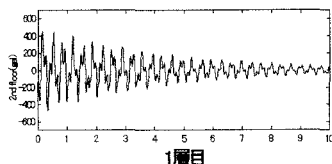


図-5 柱に傾斜なし<解析>

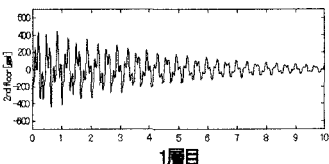
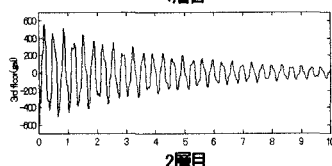


図-6 柱に傾斜なし<実験>

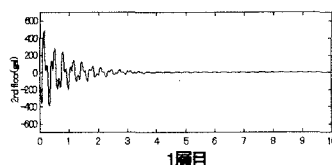
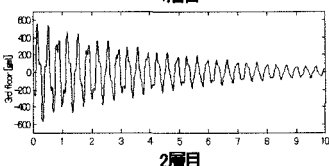


図-7 柱に傾斜あり<解析>

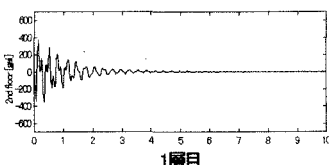
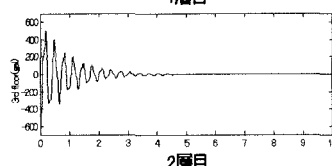
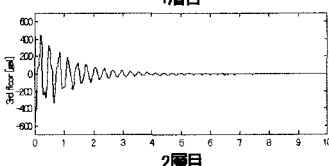


図-8 柱に傾斜あり<実験>



5. まとめ

傾斜した柱を持つ2つの2層ラーメン構造の各層を、高減衰ゴムにより連結することで格段に大きな減衰効果が得られる構造体を提案し、実験と解析によりこの有効性を示した。高減衰ゴムの取り付け方法や種類等の選定などは今後の課題であるが、多層ラーメン構造の場合においても各層に高減衰ゴムを取り付け、柱に傾斜角をもたせることで有効な減衰効果を得ることができる可能性を示した。

参考文献

- 1) 松山俊樹他：ある制振構造体に関する一考察，土木学会第27回関東支部技術研究発表会講演概要集，2000，pp32-33