

2層せん断型制振構造体の地震動に対する応答実験

東海大学 学生会員 谷田 健雄
 東海大学 学生会員 益子 隆
 東海大学 正会員 島崎 洋治

1. はじめに

制振は、一般には何らかのダンパー装置やアクチュエーターなどの装置を建物の下部、頂部、各階、隣棟間などに取り付けて、構造物の振動を制御、または揺れにくくする。従来の制振装置は、その性能を確実にするために複雑化し、メンテナンスや製作コストが高くなるなどの問題がある。そこで、特別な装置を取り付けず、構造体そのものを柔軟にして、振動に対する減衰を格段に大きくできる構造体を提案しこの有効性について検討してきた^{1) 2)}。本研究では、まず非制振構造体と制振構造体の場合における地震動に対する応答実験を行い、それぞれの構造体の応答加速度を計測した。次に2自由度系モデルとした構造体の運動方程式を定式化し、解析を行った。実験と解析によって、提案する制振構造体の地震に対する有効性を確認する。

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あり、上部は剛体でその質量は $2.95 \times 10^{-4} \text{kgf} \cdot \text{s}^2/\text{cm}$ 、また柱の断面2次モーメントは $1.33 \times 10^{-3} \text{cm}^4$ である。実験はこの模型を振動台に設置し地震動を作用させる。構造物の加速度応答は各層に設置したセンサで計測し、地震動加速度は最下層に設置したセンサで計測する。

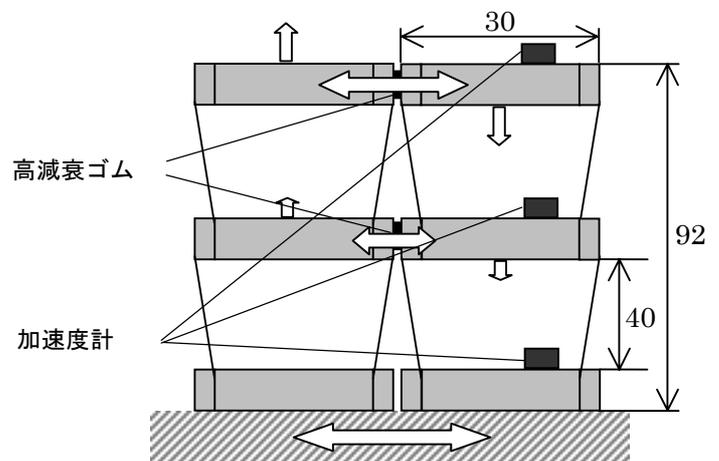


図-1 実験模型 (単位: cm)

3. 運動方程式

図-1の構造体は、外力を与えられることにより、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 に加わる力のつり合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

$$-k(z_2 - z_1) - c(\dot{z}_2 - \dot{z}_1) - c'y_2 \cos \theta_2 - k'y_2 \cos \theta_2 = m(\ddot{z}_2 + \ddot{z}_\xi) \quad (1)$$

$$\text{ここで、 } \dot{y}_2 = \dot{z}_2 \cos \theta_2 \quad (2)$$

次に、1層部分は

$$-kz_1 + k(z_2 - z_1) - c\dot{z}_1 + c(\dot{z}_2 - \dot{z}_1) - k'y_1 \cos \theta_1 - c'y_1 \cos \theta_1 = m(\ddot{z}_1 + \ddot{z}_\xi) \quad (3)$$

$$\text{ここで、 } \dot{y}_1 = \dot{z}_1 \cos \theta_1 \quad (4)$$

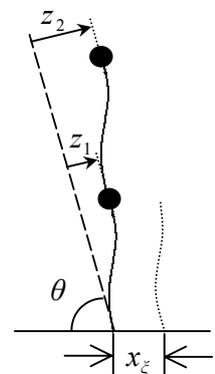


図-2 自由物体図

キーワード：制振、地震、高減衰ゴム、せん断型制振構造体

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)を、式(3)に式(4)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(5),(6)のように示すことができる。

$$m\ddot{z}_2 + (c + c' \cos^2 \theta)\dot{z}_2 - c\dot{z}_1 + (k' \cos^2 \theta + k)z_2 - kz_1 = -m\ddot{z}_\xi \quad (5)$$

$$m\ddot{z}_1 + (2c + c' \cos^2 \theta)\dot{z}_1 - c\dot{z}_2 + (2k + k' \cos^2 \theta)z_1 - kz_2 = -m\ddot{z}_\xi \quad (6)$$

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
 θ : 柱の角度 c : 構造物の減衰係数 k : 構造物のばね定数
 x_ξ : x方向の地震変位 z_ξ : z方向地震変位

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

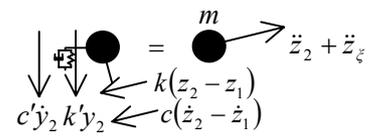


図-3 2層部分のモデル

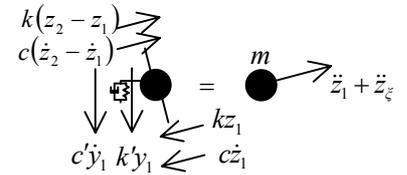
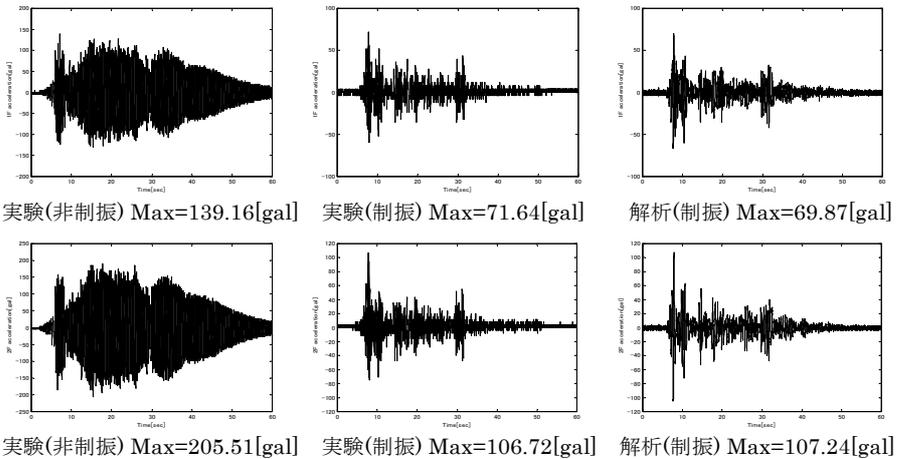


図-4 1層部分のモデル

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(制震型柱)とつけない場合(非制震型柱)の2種類行ない、それぞれに地震外力を与え、このときの応答加速度を計測した。制震型柱の傾斜は約0.9度である。解析では、高減衰ゴムのせん断弾性係数、接着面積、厚さの関係より高減衰ゴムのばね定数 k' の値を24kgf/cm、また自由振動実験の結果より高減衰ゴムの減衰係数 c' の値を4.8kgf·s/cmとした。式(5)(6)の解析には4次のルンゲクッタ法を使用した。図-5は実験および解析により得られた結果で、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。図を見ればわかるように非制震構造体よりも制震構造体において、応答加速度は格段に小さくなっていることがわかる。

1) エルセントロ沖地震



2) 十勝沖地震

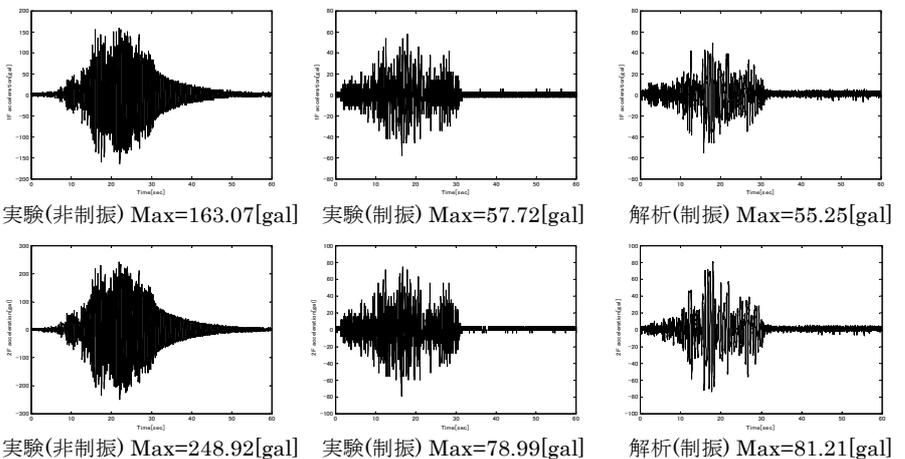


図-5 地震動を入力した際の応答加速度(上段:1層目、下段:2層目)

5. まとめ

構造体の組み合わせ形状の違いにより、格段に大きな減衰効果を得られる構造体を提案し、実験と解析によりこの構造体の地震外力に対する有効性を示した。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地震外力に対して応答加速度を格段に低減させ、有効な制振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: 2層せん断型制震構造体に関する実験的研究, 土木学会第28回関東支部技術研究発表会講演概要集, 2000, pp28-29
- 2) 松山俊樹他: せん断型制震構造体の自由振動実験と解析, 東海大学紀要工学部, Vol. 41, No. 2, 2001, pp83-86