

粒状体を用いた免震装置の振動特性に関する実験（その2）

愛知工業大学大学院（学）○林 千尋

愛知工業大学工学部（正）奥村 哲夫・成田 国朝・大根 義男

1. はじめに

地震力に対する構造物の設計は、耐震・免震・制震などに分類されるが、土木の分野では、主として耐震の観点から安全性を向上しようとする傾向が見られる。しかし、耐震性の向上と経済性の追求という相矛盾する目標のバランスを調整する議論は自ら限界があり、今後は免震や制震の概念を取り入れた設計が重要な役割を果たすと思われる。

本研究では、各種土木・建築構造物に対し、従来の免震装置に比べて振動エネルギーの吸収効果がより高い免震装置の開発を行い、その有効性を検討するとともに、装置を設置した際の設計手法を確立するための基礎資料を得る事を目的としている。今回は、実際の木造建物に対する振動台実験を行った結果について報告する。

2. 粒状体を用いた免震装置

実験に使用した免震装置は、図-1に示すように外径110mm、内径40mm、厚さ2mmの中空円形の間接鋼板と、外径90mm、内径60mm、厚さ2mmのゴムシートを交互に積層した固着型積層ゴムアイソレータで、この中空部分に粒状体を充填したものである。そして、この粒状体間の接触摩擦やダイレイタンスによるエネルギー吸収効果によって減衰効果を取り入れようとするものである。使用したゴムシートは、JIS-K 6380 天然ゴムシート($G=5.5\text{kgf/cm}^2$)で、積層層数は26枚である。粒状体には、直径0.5mmのセラミック球を使用し、充填した粒状体部分の直径は20mmである。なお、粒状体部は、中間鋼板と粒状体の間のゴムシートの厚さを変化させることで調整できるようになっている。

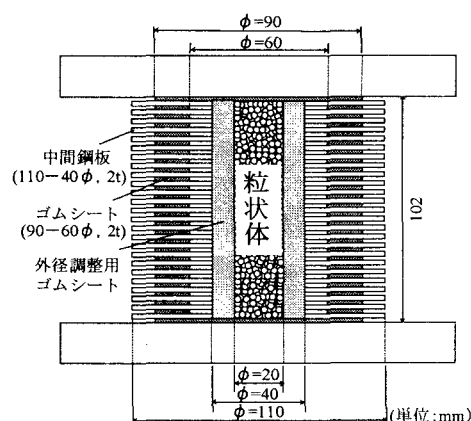


図-1 免震装置の概略

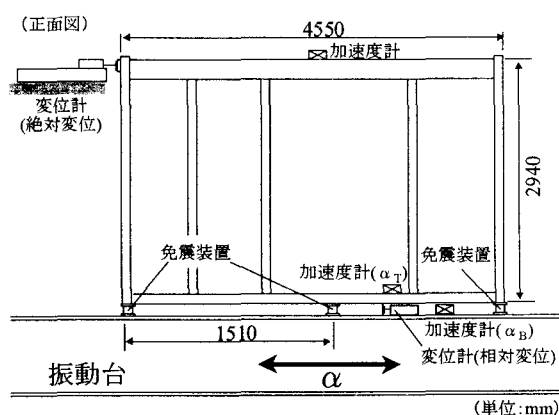


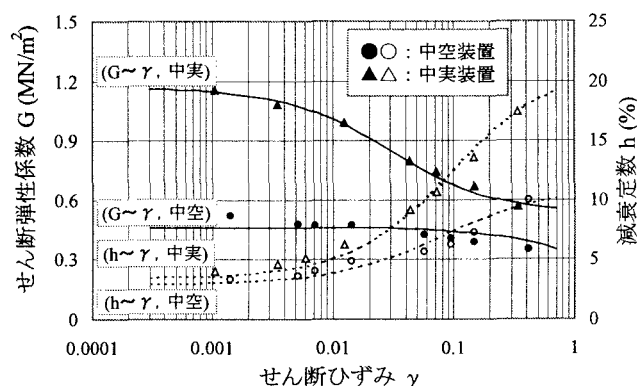
図-2 振動台実験の模式図

3. 実験概要

図-2に示すように、木造建物(4.55m×2.73m×2.94m、重量10004kg)を6個の免震装置で支持する形式で振動台上にセットし、正弦波およびランダム波(水平1方向加振)で振動台実験を行った。建物の絶対変位と免震装置のせん断変位を測定するため、天井と床部分に変位計を設置した。また、入力加速度および応答加速度を測定するため、振動台上、床および天井の各箇所に加速度計を設置した。実験は、免震装置内に粒状体を充填しないケース(中空装置)と粒状体を充填したケース(中実装置)の二種類について行った。

4. 実験結果と考察

図-3は、繰返しせん断試験により得られた中空装置および中実装置のせん断弾性係数 G および減衰定数 h とせん断ひずみ γ の関係を示している。図より、中実装置の G は中空装置に比べ、 γ の変化による影響が著しく

図-3 免震装置の G 、 $h \sim \gamma$ 関係

現れている。また、 γ の増加に伴い中実装置の h は中空装置に比べ高い増加傾向を示し、中実装置ではより高いエネルギー吸収が可能であると考えられる。

図-4は、粒状体充填の有無が構造物の応答加速度および免震層せん断変位に及ぼす影響について調べたもので、入力加速度 $\alpha_B=25\text{gal}$ 一定、正弦波形の結果であり、床上の加速度 α_T を α_B で除した応答加速度比 $R_\alpha(=\alpha_T/\alpha_B)$ と入力周期 T の関係を(a)図に、免震層せん断変位と T の関係を(b)図に示している。なお、中空装置の共振曲線(破線)は、線形弾性の振動応答解($G=5.5\text{kgf/cm}^2$, $h=0.12$)を用い予測した。図より、中実装置の R_α および免震層せん断変位の最大値は、中空装置と比較して低い値を示しており、粒状体の充填効果が現れていることが分かる。また、図中には、免震装置未装着時の建物の固有周期 T' と木造建物に初期変位30mmを与えたときの減衰自由振動の時間～変位曲線から求めた固有周期 T_0 および(1)式から算出した固有周期 T_f を示しているが、 T_0 は T' に比べ、中実装置では約8倍、中空装置では約10倍に伸びており、いずれのケースでも T_0 付近で共振点が現れていることが分かる。また、 T_0 と T_f の対応性は良く、設計時において、免震建物の基本的な固有周期は(1)式によって算出する事が可能であると考えられる。

図-5は、木造建物に中実装置を固定し、ランダム波を入力したときの α_B と α_T の時刻歴波形を示している。図より、床の最大加速度は振動台の最大加速度値の1/4程度に軽減され、免震効果が発揮されたことが分かる。

図-6は、図-5に示す振動波形の入力レベルを変化させた時の最大入力加速度 $\alpha_{B\max}$ と床の最大応答加速度 $\alpha_{T\max}$ の関係を示している。図より、入力レベルが上がるにつれ、免震効果が顕著に現れる傾向があり、大きな地震力が加わったときに、より免震効果が得られると思われる。

5. まとめ

粒状体を充填した免震装置は、材料特性が非線形性を示し、粒状体間の接触摩擦やダイレイタンスによるエネルギー吸収効果があり、免震効果を得ることが可能である。

<参考文献> 1) 林千尋・奥村哲夫・成田国朝・大根義男：粒状体を用いた免震装置の振動特性に関する実験、土木学会中部支部平成10年度研究発表会

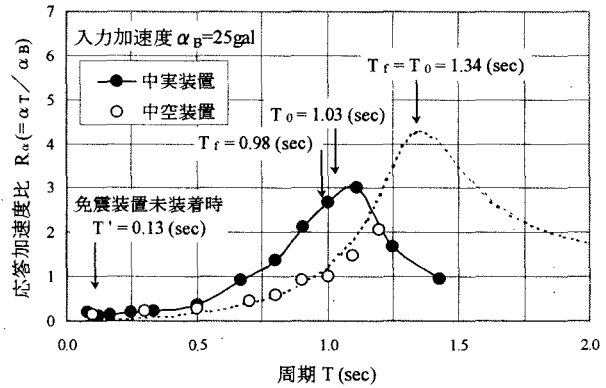


図-4 (a) R_α と T の関係

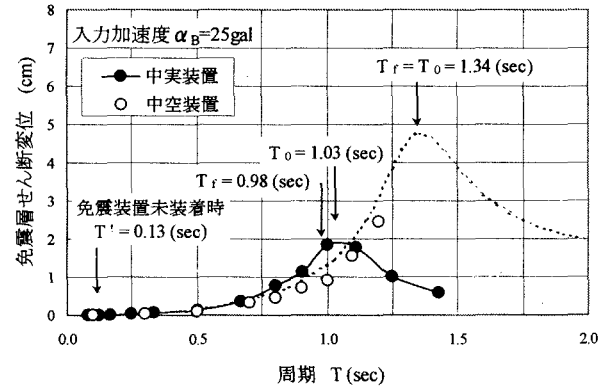


図-4 (b) 免震層せん断変位と T の関係

$$T_f = 2\pi \sqrt{\frac{n t_r \sigma_v}{G g}} \quad \dots (1)$$

ただし、 $n t_r$: 全ゴム厚(cm) σ_v : 鉛直応力(kgf/cm²)
 g : 重力加速度(cm/sec²)
 G : せん断弾性係数(kgf/cm²)
 繰り返しせん断試験より得られた G 値 ($\gamma=0.01$)

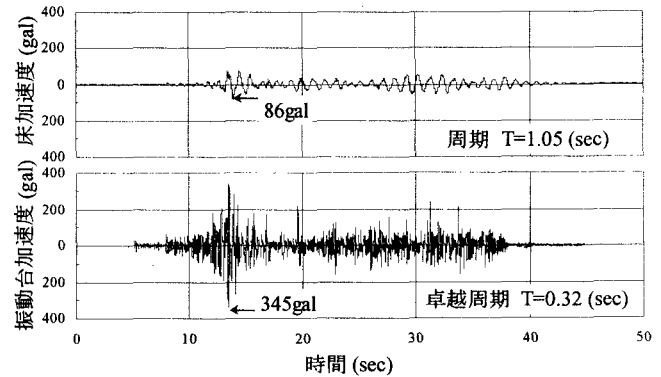


図-5 時刻歴波形

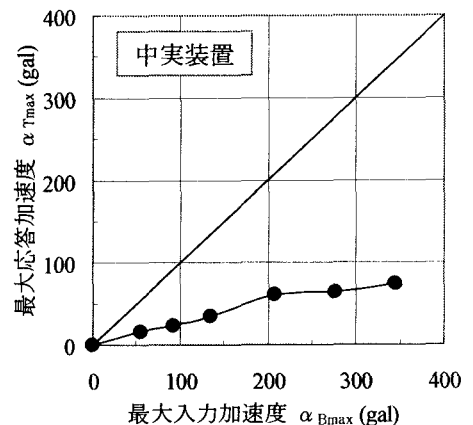


図-6 $\alpha_{B\max}$ と $\alpha_{T\max}$ の関係