

粒状体を用いた免震装置の振動特性に関する実験

愛知工業大学大学院 (学) 〇林 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

建築の分野では、積層ゴムを中心として従来から種々の構造を有する免震支承の研究開発が進んでおり、その性能、施工法には一応の実績を積んでいる。しかし、土木の分野では、橋桁の支承に使用されている積層ゴムを除くと、建築の分野に比べ免震に関して特に目新しい技術革新が行われておらず、将来の大地震に対しては断面補強を中心とする“耐震”の概念で対策が施されてきた。

当研究室では、現在、各種土木・建築構造物に対し従来の積層ゴム支承に比べて振動エネルギーの吸収効率がより高い免震支承の開発をめざし、免震支承の性能に関して様々な方向から基礎実験を行っている。本報告は、免震装置の力学的特性を繰り返しせん断試験によって明らかにし、また並行して行った振動台実験の結果を通して装置の特性を検討した結果に関するものである。

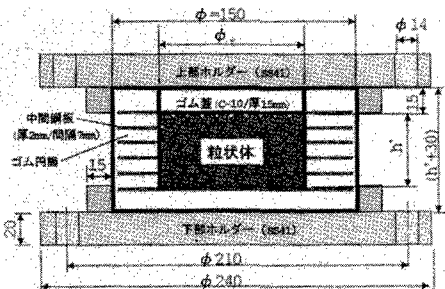
2.粒状体を充填した免震装置の概要

開発中の免震装置は、図-1に示すように従来の積層ゴムを中空にし、この中空部分に粒状体を充填したものであり、粒状体間の接触摩擦やダイレイタンスー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。使用したゴム円筒は、JIS-K 6386 防振ゴム C05 であり、粒状体には、直径 $\phi_c=3, 10, 20\text{mm}$ のセラミック球を使用した。なお、図中の h' は免震装置のゴム部分がせん断変形する有効高さ(45、72mmの二種)、 ϕ は免震装置のゴムの外径(150mm一定)、 ϕ_r はゴムの内径である(90、110mmの二種)。

3.繰り返しせん断試験

上部構造体の死荷重を想定して鉛直荷重 P_v を加えた状態で、水平方向に繰り返しせん断荷重を与え、装置のせん断弾性係数 G および減衰定数 h を測定した。繰り返し荷重の振動数は 0.2Hz、変位制御である。なお、実験で免震装置を2つ重ねたのは摩擦による影響を除去するためである。

図-2は、せん断ひずみ $\gamma=0.01, 0.5$ に対する G および h の拘束圧依存性を調べたものであり、 $\phi_r=110\text{mm}$ 、 $h'=45\text{mm}$ のゴム円筒に $\phi_c=10\text{mm}$ のセラミック球を充填し(中実装置)、鉛直応力 $\sigma_v=P_v/\text{装置の断面積} A$ 、 A : ゴム円筒に粒状体を充填しない中空装置ではゴム実質部分の断面積、中実装置ではゴムと粒状体を含めた断面積)の条件で行った結果と、 $\sigma_v=10, 15\text{kgf/cm}^2$ の条件で行った中空装置の結果である。図より、中実装置では σ_v の増加に伴って G は増加し、逆に h



(ϕ_r : 内径、 h' : 有効高さ) 単位 (mm)
図-1 免震装置の概略

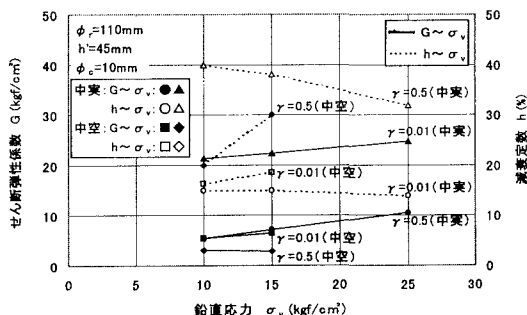


図-2 G, h に及ぼす拘束圧の影響

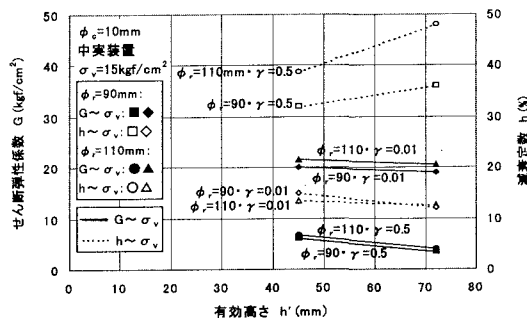


図-3 G, h に及ぼす有効高さ・内径の影響

は減少する傾向にあり、 G 、 h ともに粒状体単体の結果と傾向的に一致していることが分かる。しかし、中空装置では、 σ_v の範囲が小さく明確ではないが、 G 、 h に対する σ_v の影響や、 γ の変化に対する G 、 h 値の変動は中実装置と比較して小さくなっている。また、 γ が大きな時($\gamma=0.5$)、中実装置の h の値は中空装置より高く現れ、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-3は、 $\sigma_v=15\text{ kgf/cm}^2$ 、 $\gamma=0.01$ 、 0.5 において、中実装置の G 、 h に及ぼす h' と ϕ_r の影響について調べたものである。図を見ると、 h' の影響については、 h' の高い方が G は小さく h は逆に大きくなっていることが分かる。また、 ϕ_r については、 ϕ_r の大きい方が G 、 h とも大きくなる傾向が見られる。これは充填されている粒状体の量が多い(h' が高く、 ϕ_r が大きい)ほうがより高いエネルギーの吸収が得られたためと考えられる。

4. 振動台実験

装置の免震効果を実験的に検証する目的で、図-4に示すように載荷板 M を四ヶ所に固定した免震装置で支持する形式で振動台上にセットし、正弦波、水平1方向加振で振動実験を行った。免震装置の中心間隔は $1000\text{mm} \times 1400\text{mm}$ である。

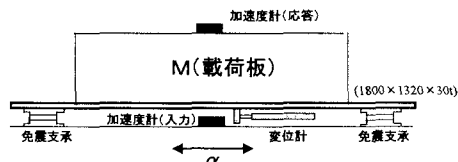


図-4 振動台実験の模式図

図-5は、粒状体直径の違いが応答加速度に及ぼす影響について調べたもので、計測した載荷板上の加速度 α_T を振動台の加速度 α_B で除した加速度比($R_a = \alpha_T / \alpha_B$)と台周期 T の関係を示している。実験は、 $\phi_r=90\text{mm}$ 、 $h'=45\text{mm}$ の免震装置を使い、 $\alpha_B=25\text{gal}$ 、 $\sigma_v=10\text{kgf/cm}^2$ で行った。図より、中実装置の R_a は中空装置と比較して低い値を示しており、粒状体の充填によるエネルギー吸収効果が現れていることが分かる。また、粒径の違いによって共振点の周期にずれが現れるのは、粒径によって G 、 h の値が異なるためと考えられる。さらに、図中には免震装置を付加した載荷板に初期変位 20mm を与えたときの減衰振動の変位~時間曲線から求めた固有周期(免震周期 T_f)を示しているが、いずれの実験も T_f 付近で共振点が現れている。

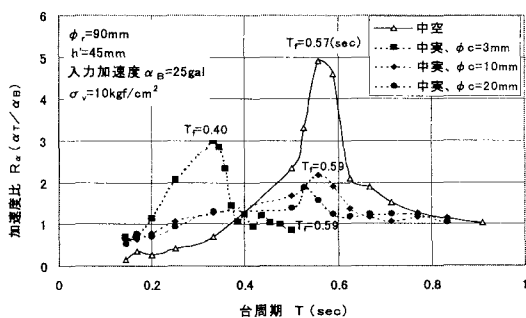


図-5 加速度比に及ぼす粒子直径の影響

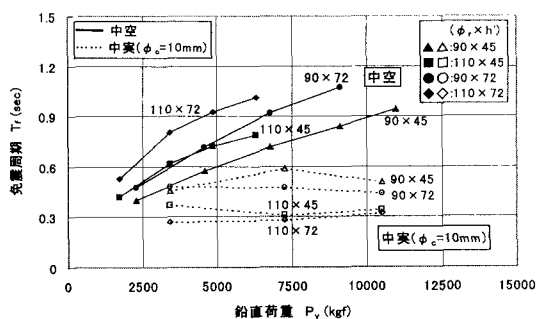


図-6 免震周期と鉛直荷重の関係

図-6は、 h' および粒状体充填の有無が T_f と P_v の関係に及ぼす影響を調べたものである。中空装置の結果を見ると、 P_v の増加に従って T_f が長くなり、また、 h' が高いほど長周期となっている。一方、中実装置では、 P_v や h' の違いははっきりと認められず、充填した粒状体が複雑に影響しているように考えられる。

5. まとめ

粒状体を充填した免震装置は、大きなせん断ひずみで、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る。また、装置の拘束圧依存性は、粒状体単体の場合と同じような傾向がある。

<参考文献>1)水野雄介・大根義男・成田国朝・奥村哲夫：新たに開発した免震装置の特性に関する研究、土木学会中部支部平成9年度研究発表会 2)土木学会：新体系土工学 18、技報堂出版