

免震模型の設計・制作と振動台実験

(その2) ウレタンアイソレータにおける積層化の検討

長谷川研究室
01512108 高橋 航平

1. はじめに

一般の免震建物では、免震装置に積層ゴムが用いられる。これはゴムと鋼板とを積層化することで、建物荷重による変形を拘束する効果がある。ここでは、(その1)で選定したウレタンフォームについて、積層化の影響を検討した。

2. 免震模型の制作と振動台実験

免震模型と振動台実験の概要を図1に示す。まず、ウレタンアイソレータは幅 $B=6\text{cm}$ 、有効高さ $H=8\text{cm}$ として、固有周期を $T_M=0.3$ 秒に設定した。建屋周期を $T_B=0.1$ 秒に設定すれば、目標の $T_M/T_B=3$ となる。つぎに、振動台実験ケースを図2に示す。ここでは、ウレタンアイソレータの積層化を検討するため、積層数 $n=1\sim 8$ ($\Delta H=1\sim 8\text{cm}$) の範囲でケース①～④を制作した。制作にあたり、ウレタンとプラスチック積層板 ($t=1.2\text{mm}$) の接着にはクロロプレンゴム系溶剤形接着剤を使用した。なお、アイソレータにはフランジ ($10\times 10\text{cm}$) を設け、建屋モデルと振動台に両面テープで固定して実験を繰り返した。

振動台実験では、ウレタンアイソレータの挙動に着目するため、入力波は免震周期にあたる $T=0.3$ 秒の正弦波とし、その加速度振幅を $A_g=100\text{Gal}$ として、Y軸1方向入力とした。また、アイソレータのスウェイ挙動 (Y軸方向水平成分) とロッキング挙動 (X軸回り回転成分) が抽出できるように、加速度計は図1のように配置した。ここに、 $H_{1\sim 3}$ は Y 軸方向水平成分、 $V_{1\sim 4}$ は鉛直 Z 軸成分である。これらの加速度記録からスウェイ成分とロッキング成分を抽出する方法は、同図中の (1) ~ (4) 式に示してある。

3. 積層化とスウェイ・ロッキング挙動

まず、振動台実験に先立って、鉛直荷重による圧縮変形を観察した。結果は図2のケース①～④に示す通りで、積層数 n が多くなるに従い、鉛直荷重時

の変形量は小さくなって、ウレタンの場合も積層ゴムと同様に、建屋荷重による圧縮変形を拘束する効果がある。

つぎに、ケース①～④の振動台実験を行い、その結果を加速度応答波形について図3に示す。(a)には基礎のスウェイ成分を、(b)にはロッキング成分を、それぞれケース①～④の比較で示した。まず、(a)を見ると、各ケースの差異は極めて小さく、積層化が基礎の水平挙動に及ぼす影響は小さいことが分かる。つまり、積層化してもアイソレータのせん断変形を拘束することは殆どないと言える。

以上の結果は、図4に示すような積層化の原理として表すことができる。すなわち、積層化することで、建屋荷重に対しては鉛直方向の剛性を高め、地震荷重に対しては水平方向の柔性を保持することができる。これはアイソレータの設計・施工において、極めて重要なポイントになっている¹⁾。

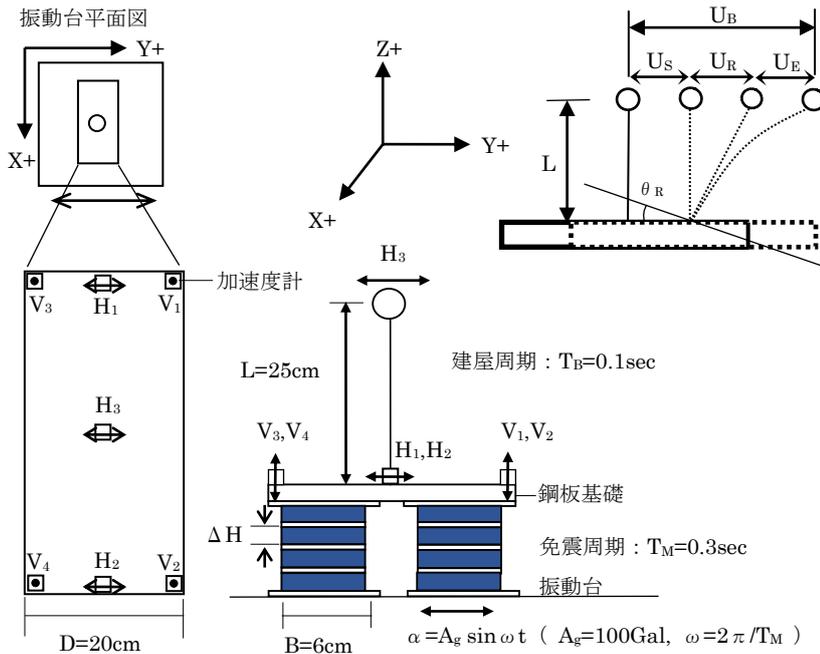
図3(b)からロッキング挙動の影響について見ると、各ケースともロッキング成分はかなり小さく、積層化による優位な差は見当たらない。この点を確認するため、図3(c)にケース④の各成分を抽出して比較した。図2に示したスウェイ・ロッキング率の一覧結果からも分かるように、ロッキング成分が建屋応答に占める比率はかなり小さく、ほとんどがスウェイ成分と弾性変形成分で占められている。

4. まとめ

ウレタンアイソレータの積層化について検討したところ、一般の積層ゴムと同様、鉛直方向には剛性を高めて変形を拘束するが、水平方向には柔性を保持して変形を拘束しないことが分かった。

【参考文献】

- 1) 日本免震構造協会：免震積層ゴム入門，オーム社，34-50，1997.



$$U_B = U_S + U_R + U_E \quad \dots (1)$$

$$U_S = -\frac{1}{\omega^2} \times \frac{H_1 + H_2}{2} \quad \dots (2)$$

$$U_R = \theta_R \times L \quad \dots (3)$$

$$\theta_R = -\frac{1}{\omega^2} \left(\frac{V_1 + V_2}{2} - \frac{V_3 + V_4}{2} \right) \times \frac{1}{D} \quad \dots (4)$$

スウェイ率 = U_S / U_B
ロッキング率 = U_R / U_B

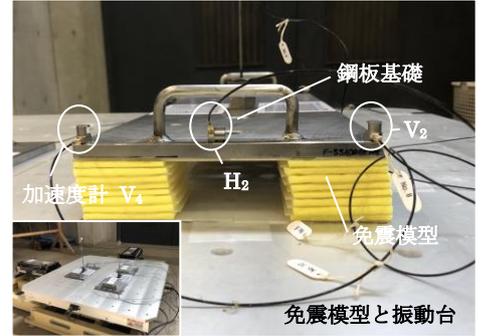


図1：免震模型と振動台実験の概要

実験ケース	①	②	③	④
ウレタンアイソレータにおける鉛直荷重時の圧縮変形				
積層数 (n)	1	2	4	8
分割層厚 ΔH (cm)	8	4	2	1
スウェイ率 (%)	77%	68%	66%	65%
ロッキング率 (%)	16%	12%	23%	23%

図2：実験ケース一覧 ($T_M/T_B=3$, $B/H=0.75$)

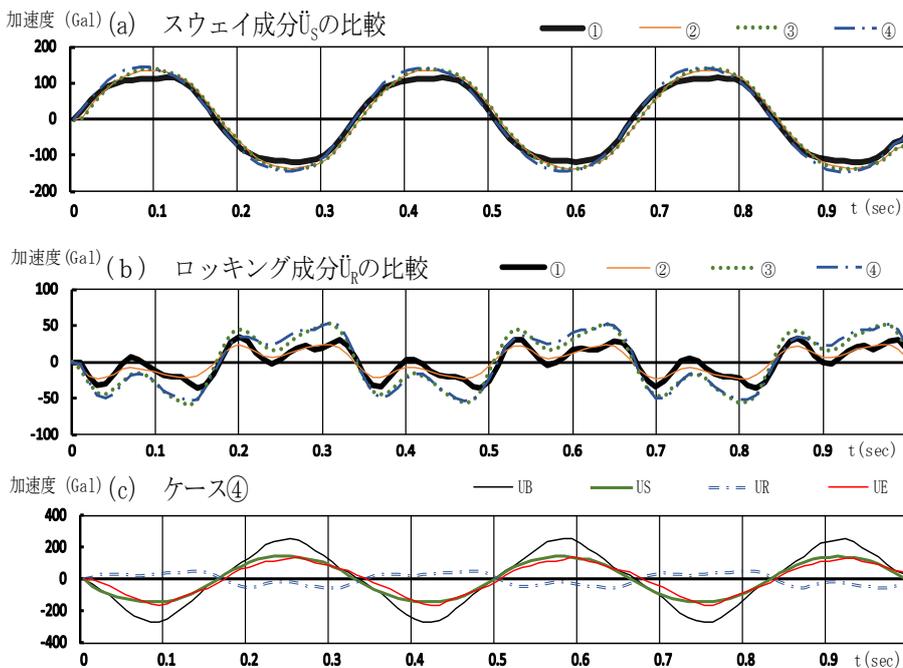


図3：振動台実験による加速度応答波形の比較

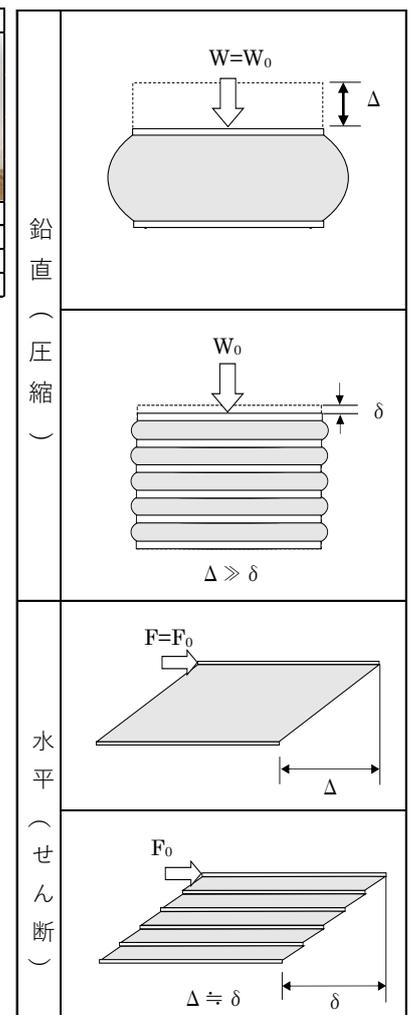


図4：積層化の原理