

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

発表概要

1. 全体内容
2. 免震模型の制作
3. 振動台実験
4. 実験結果
5. まとめ

1. 全体内容

(その1)



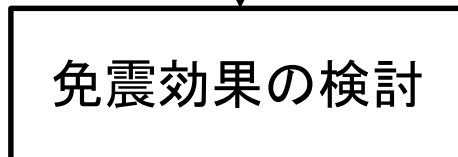
ウレタンフォーム(ER-1)の選定過程

(その2)



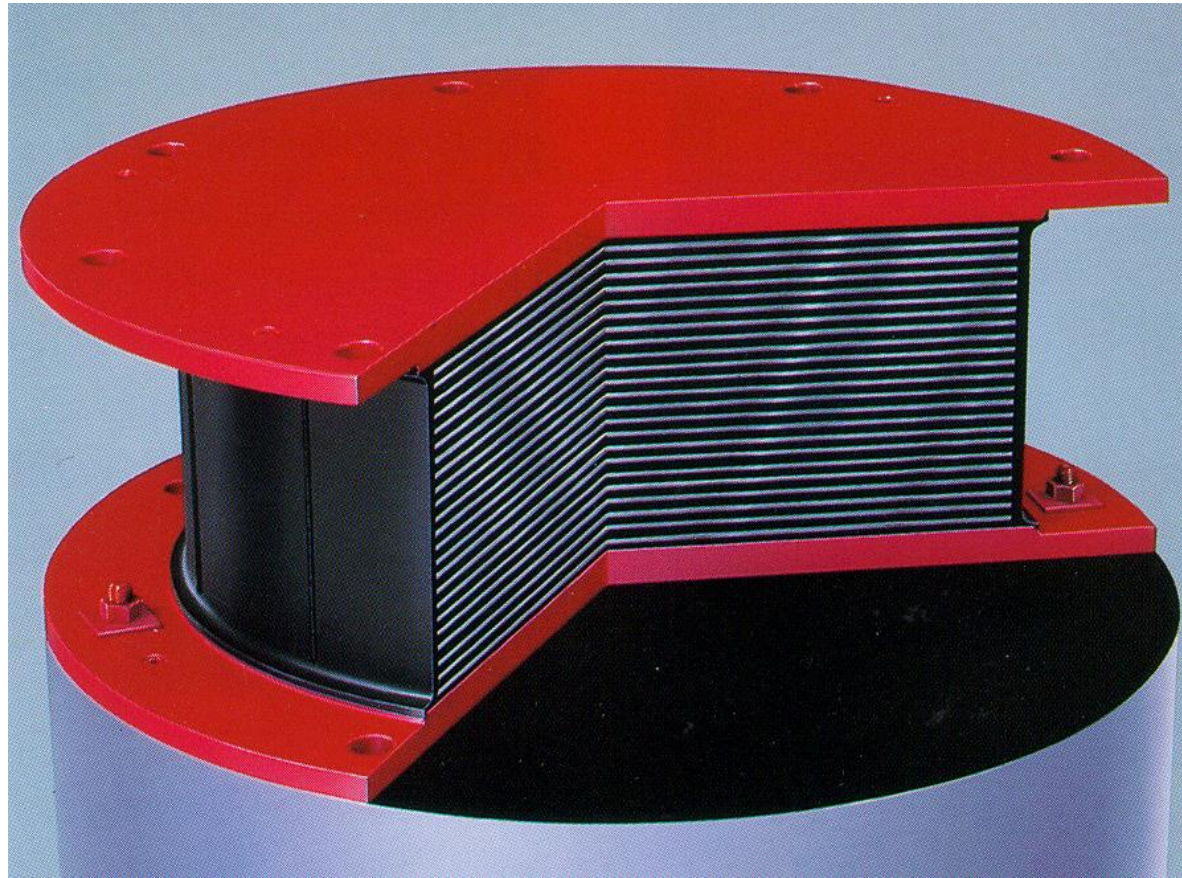
ウレタンアイソレータの積層化について検討

(その3)



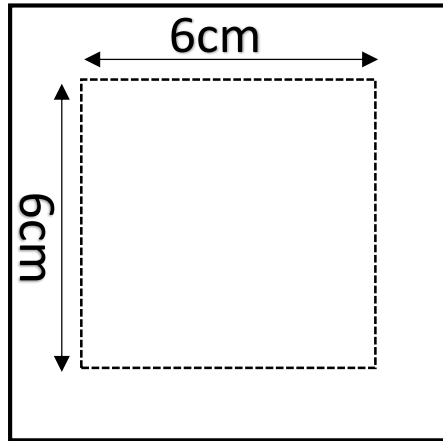
次の発表

積層ゴムの構造



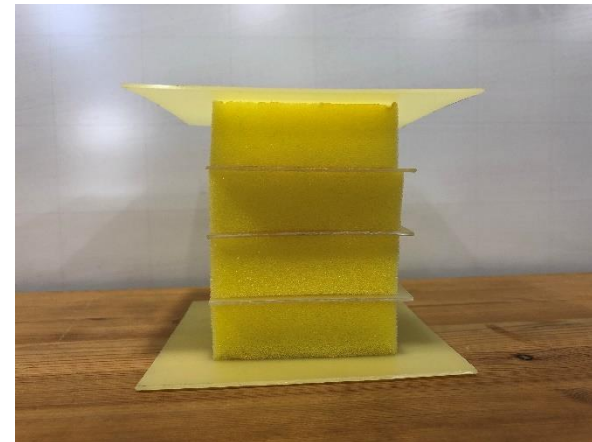
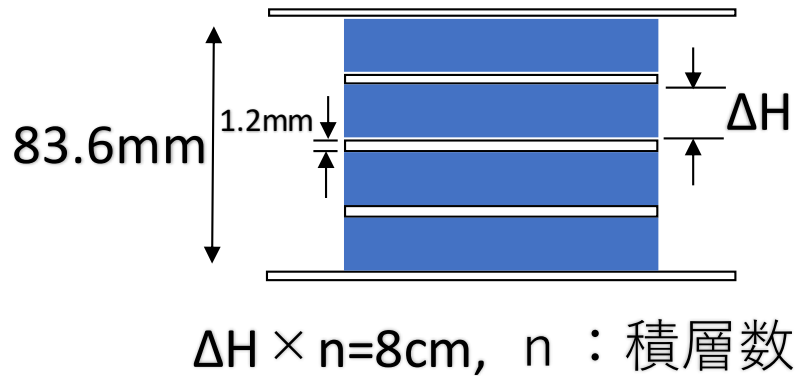
ゴムシートと鋼板を何層にも重ねたもの

2. 免震模型の制作

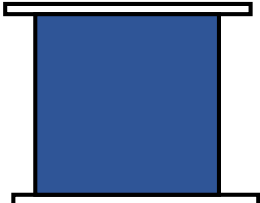
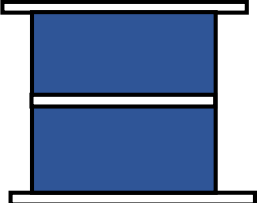
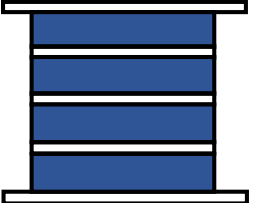
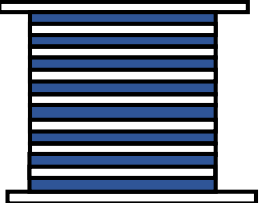


- ・固有周期 $T_M=0.3$ 秒
- ・建屋周期 $T_B=0.1$ 秒

- ・目標性能 $T_M/T_B=3$



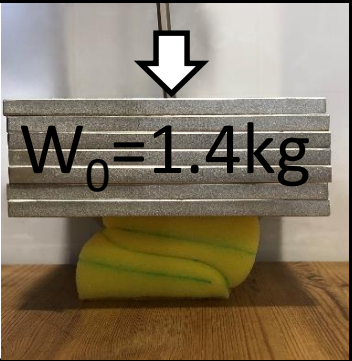
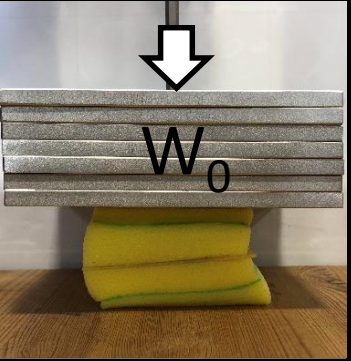
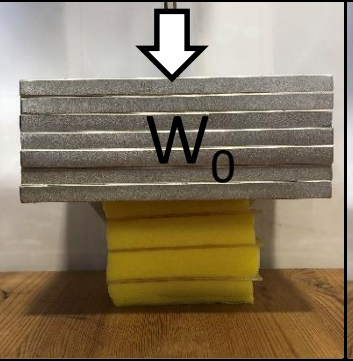
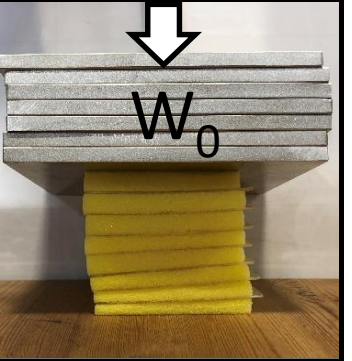
免震模型の積層数

実験ケース	①	②	③	④
ウレタン アイソレータの 積層数				
積層数(n)	1	2	4	8
分割層厚 ΔH (cm)	8.0	4.0	2.0	1.0

ケース①～④

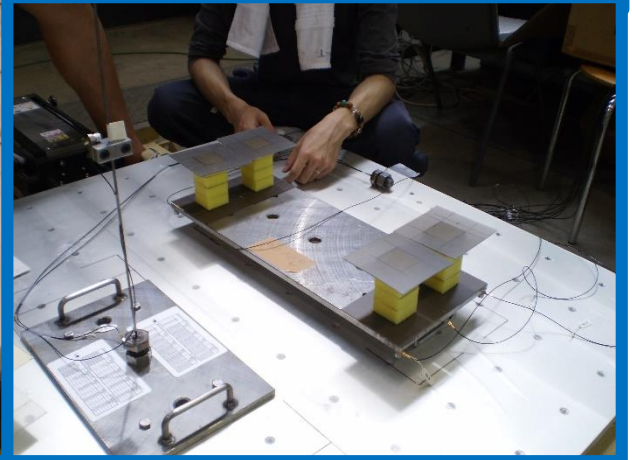
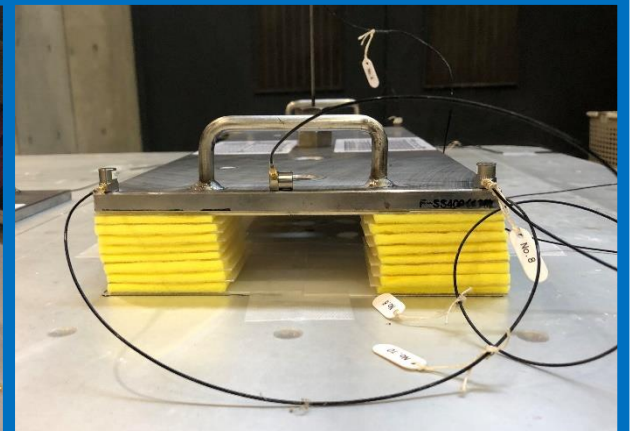
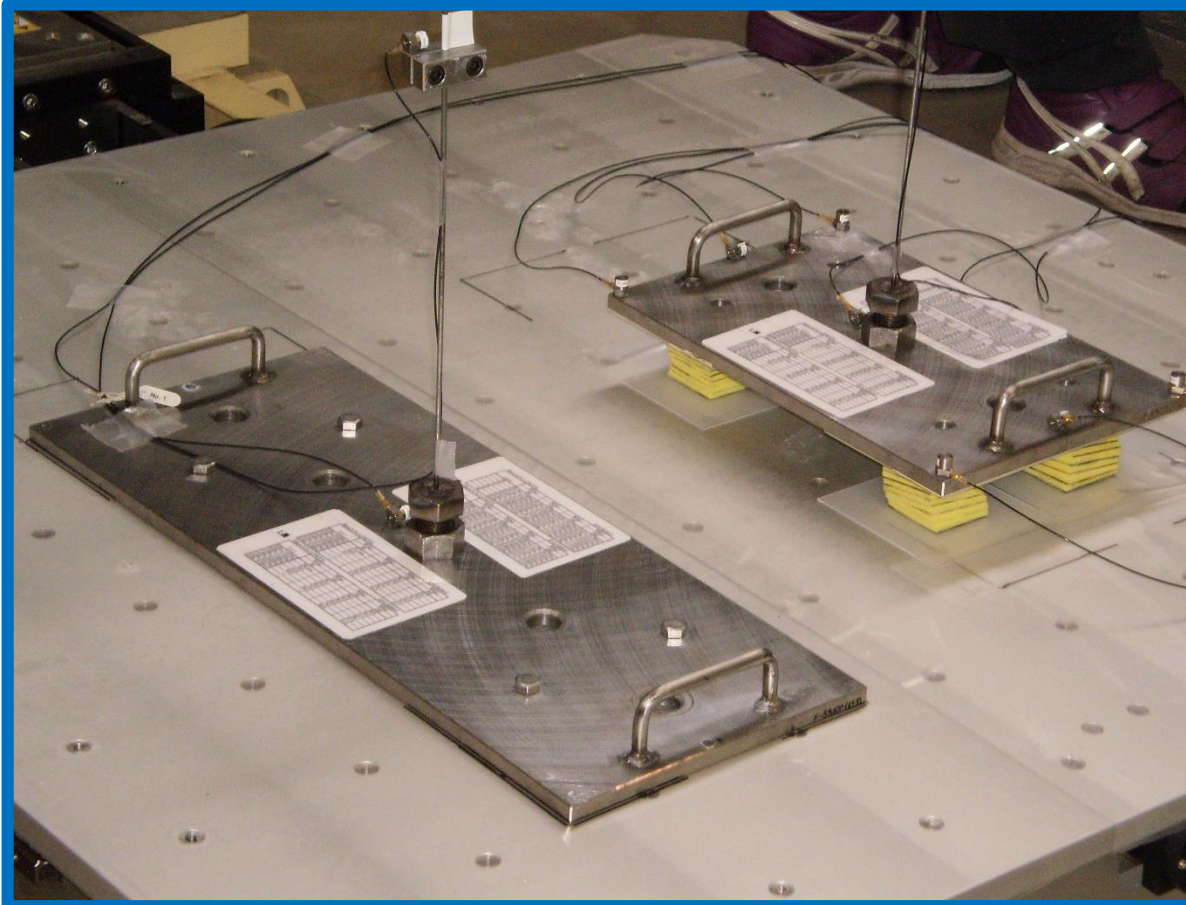
高さを変えずに積層数だけを増やした
各ケース4基ずつ制作

鉛直荷重による圧縮変形の観察

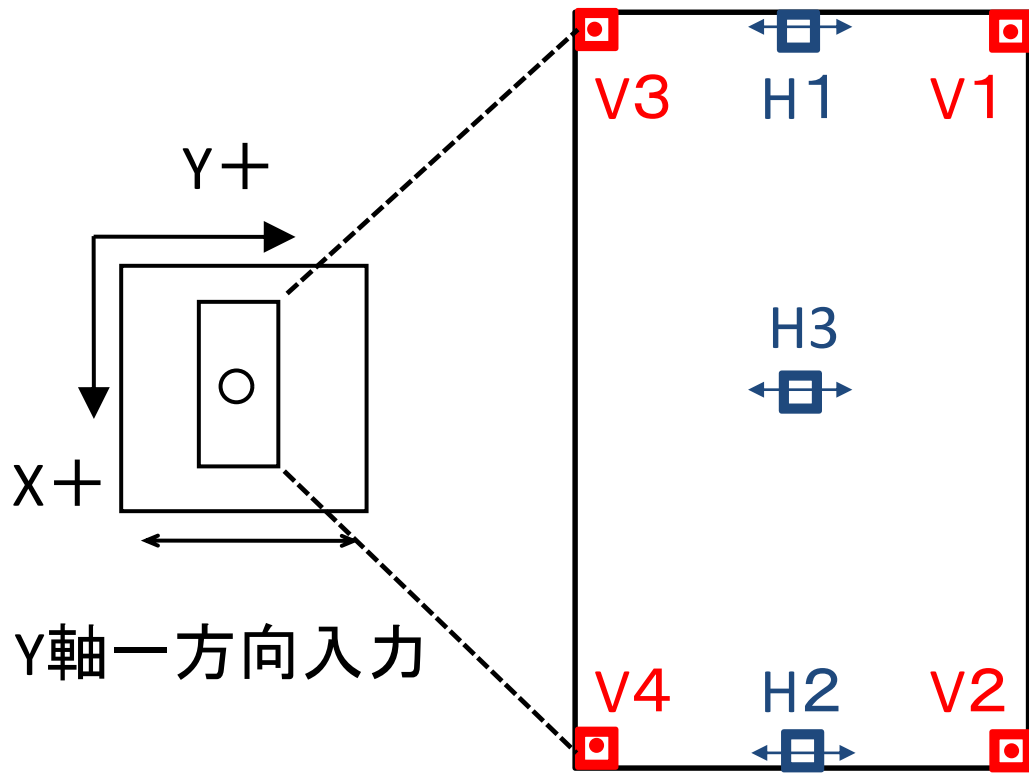
実験ケース	①	②	③	④
ウレタン アイソレータの 積層数				
積層数(n)	1	2	4	8
分割層厚 ΔH (cm)	8.0	4.0	2.0	1.0

積層数が多くなるごとに圧縮変形が小さくなっている

振動台実験



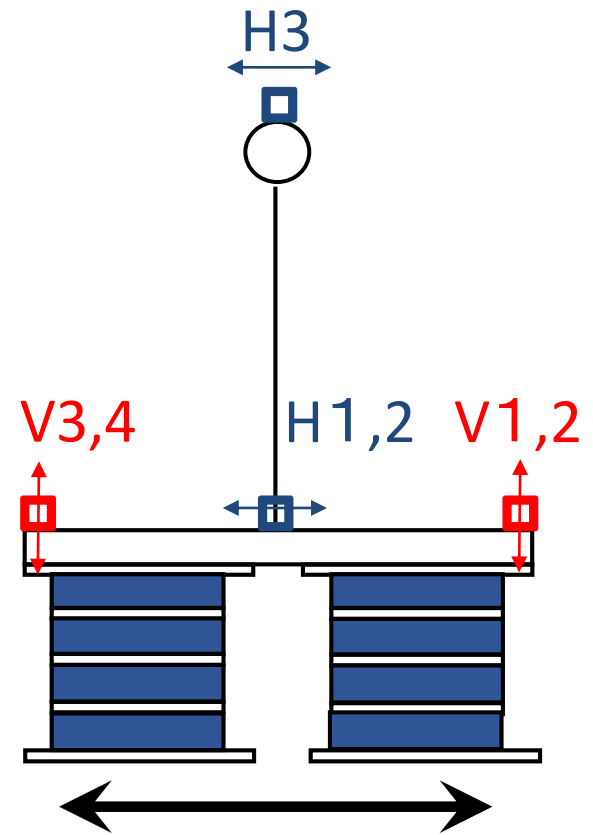
加速度計配置図



青: 水平成分の加速度計
赤: 鉛直成分の加速度計

$A_g = 100\text{Gal}$

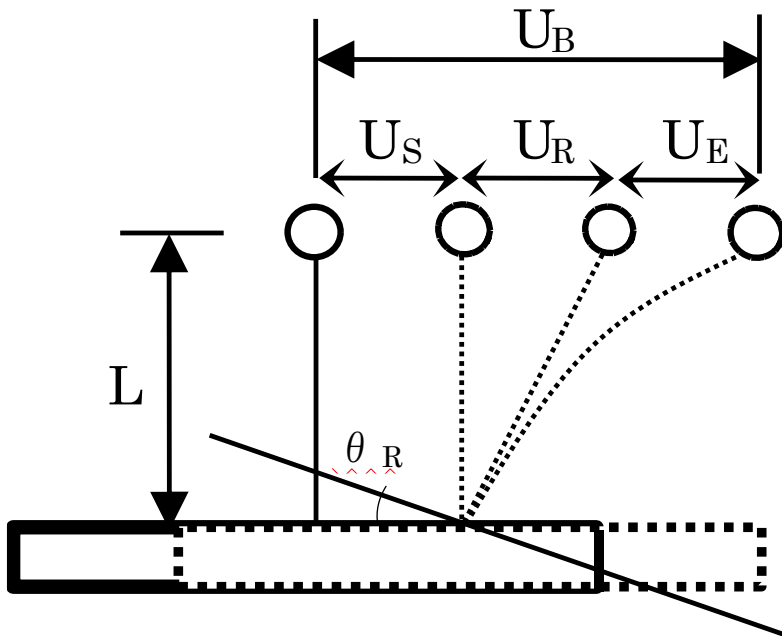
平面図



入力波=0.3秒の正弦波

立面図

スウェイ・ロッキング挙動



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

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

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

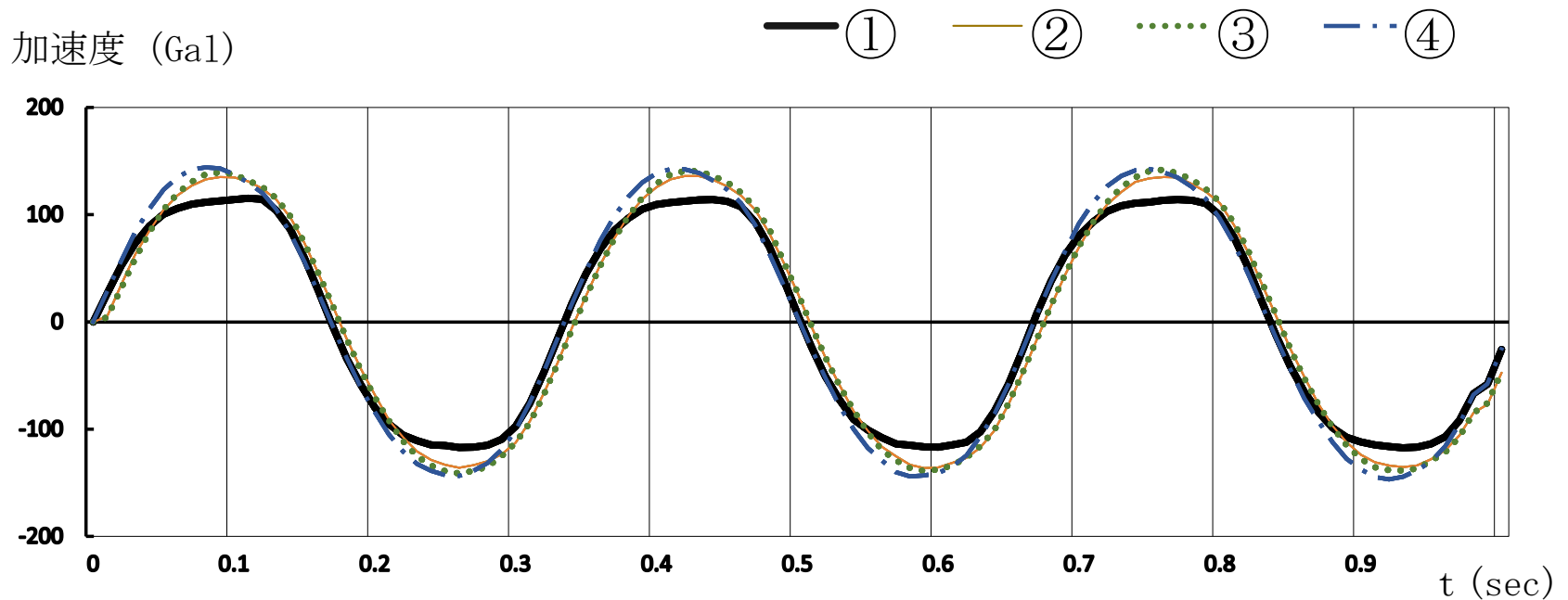
$$\theta_R = -\frac{1}{\omega^2} \left(\frac{V_1 + V_2}{2} - \frac{V_3 + V_4}{2} \right) \times \frac{1}{D} \quad \dots (4)$$

$$\text{スウェイ率} = U_S / U_B$$

$$\text{ロッキング率} = U_R / U_B$$

実験結果

スウェイ成分 \ddot{U}_s の比較



各ケースの差はほとんど無い

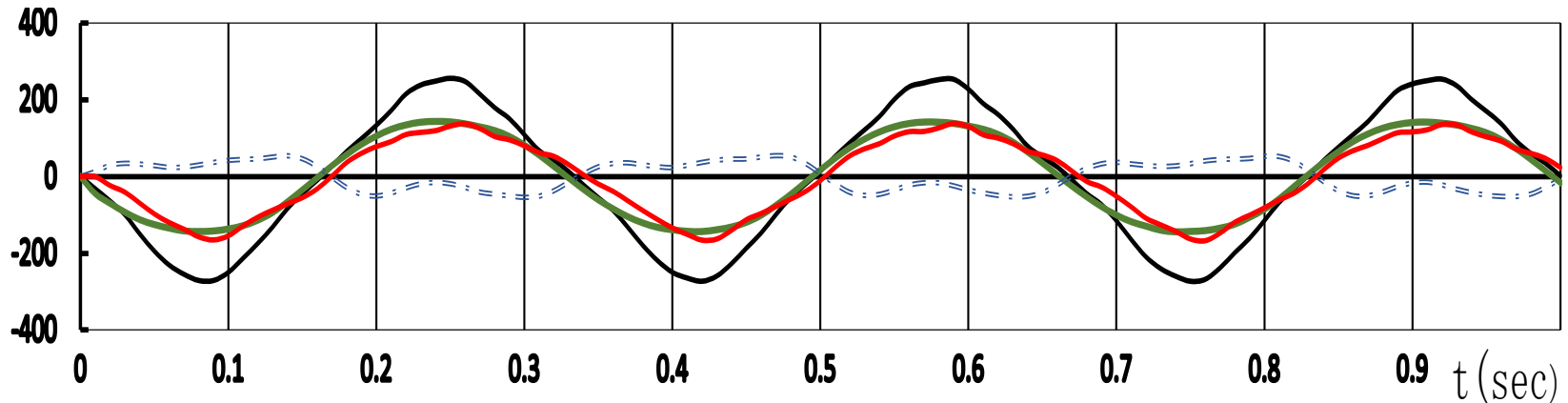
→ 積層化をしてもスウェイ成分変わらない

実験結果

ロッキング成分 \ddot{u}_R の比較

加速度 (Gal) ケース④各成分の比較

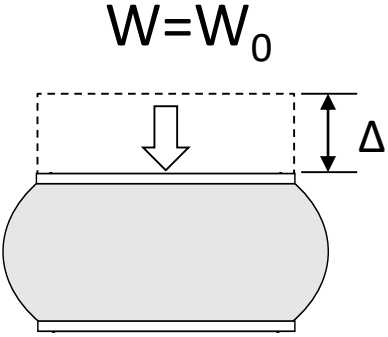
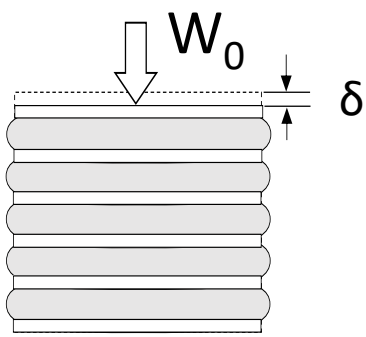
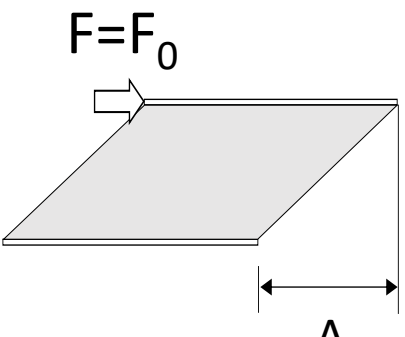
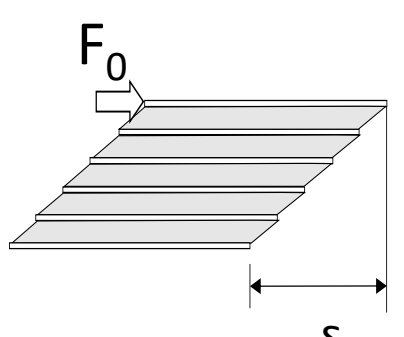
— UB — US - - - UR — UE

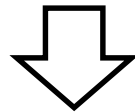


ロッキング成分はかなり小さい

ほとんどがスウェイ成分と建屋の弾性変形で占められている

まとめ

鉛直 (圧縮)		水平 (せん断)	
			
$\Delta \gg \delta$		$\Delta \doteq \delta$	
<ul style="list-style-type: none">鉛直方向には高い剛性		<ul style="list-style-type: none">水平方向には柔性を保持	



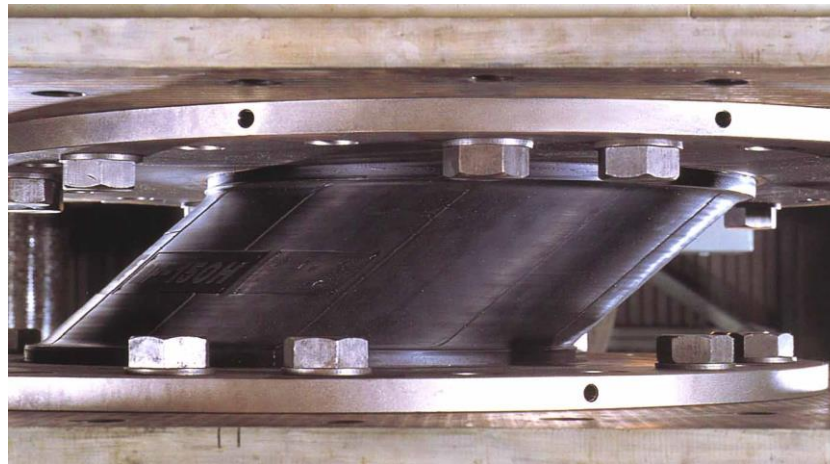
ウレタンアイソレータも積層ゴムと同様の効果

Q & A

積層ゴムの施工方法

- ゴムと鋼板とを交互に積み重ね、**加硫接着**により一体形成する。
- 鋼板の硬さによって建物を安定に支える。

*加硫接着: ゴムを接着させる物質の表面に接着剤を塗布し、金型で熱と圧力をかけて接着させる方法



実際の免震建物における積層ゴム割合

一例

・財務省本庁舎

面積：約11,000m²

免震装置：472基

・積層ゴム

天然ゴム：74基

鉛入り：110基

・転がり支承：264基

・オイルダンパー：24基

免震建物の数

ビル 4100棟





戸建て住宅 4000棟

代表的な免震部材

免震支承	積層ゴム支承	天然ゴム系積層ゴム支承
		高減衰ゴム系積層ゴム支承
		鉛プラグ型積層ゴム支承
	すべり支承	弾性すべり支承
	転がり支承	ボールベアリング支承
ダンパー	履歴減衰型	鋼材ダンパー
		鉛ダンパー
	粘性減衰型	粘性ダンパー
		オイルダンパー
	摩擦減衰型	摩擦ダンパー

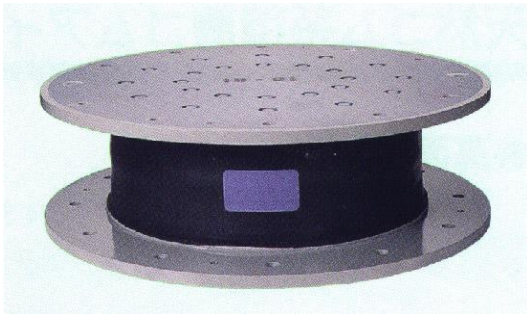
- ・免震支承として最も使われているのは積層ゴム支承

鉛直荷重による圧縮変形の観察

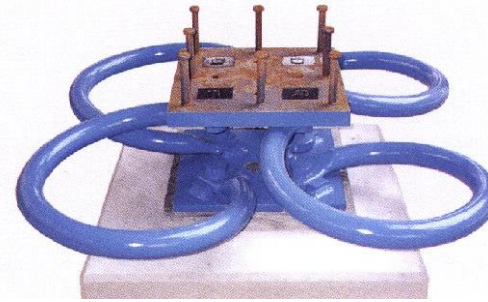
実験ケース	①	②	③	④
ウレタンアイソレータの積層割合				
積層数 (n)	1	2	4	8
分割層厚 ΔH (cm)	8	4	2	1
圧縮変形量 (cm)	4.5	4.2	3.9	2.7

積層数が多くなるごとに変形が小さくなっている

免震装置（別置き型）



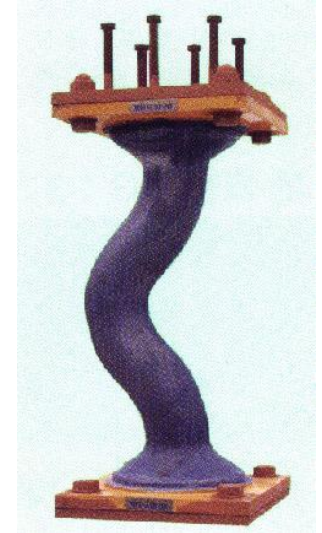
積層ゴム
（天然ゴム）



鋼棒ダンパー



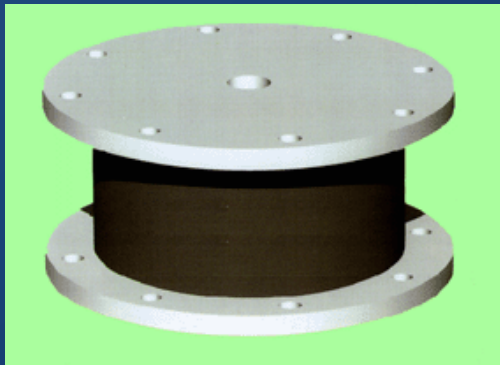
オイルダンパー



鉛ダンパー

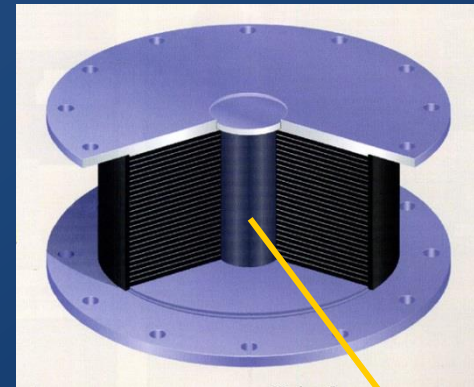
免震装置(一体型)

高減衰積層ゴム



ゴム自体に減衰機能がある

鉛プラグ入り積層ゴム



鉛プラグ

- 免震模型とウレタンアイソレータの違い

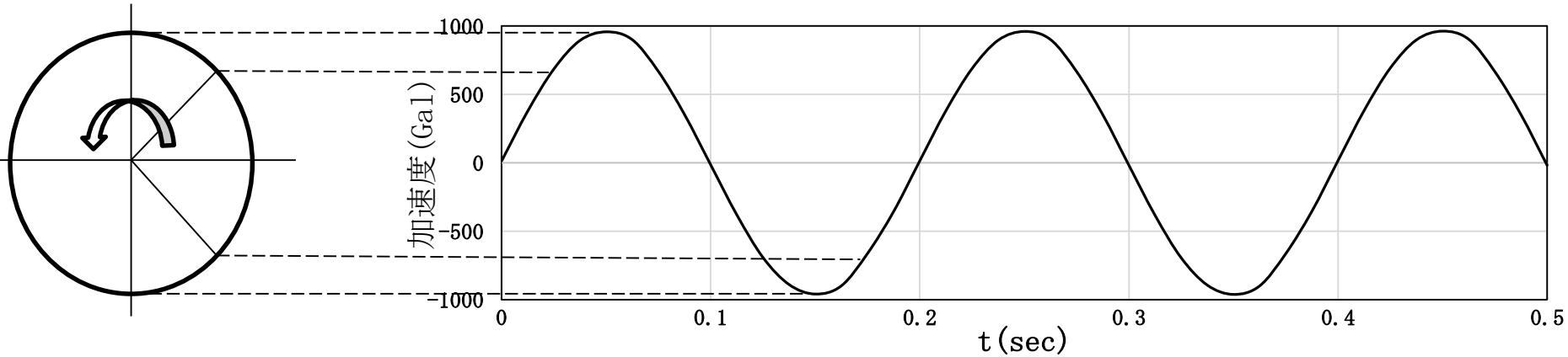
免震模型

共振模型とウレタンがセットになった模型

ウレタンアイソレータ

ウレタンで制作した免震装置単体を指す

Q&A



重力加速度 g

$$(1.0) g = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$980 \text{ Gal} = 980 \text{ cm/s}^2 = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$1 \text{ Gal} = 1/100 \text{ m/s}^2 = 1 \text{ cm/s}^2$$

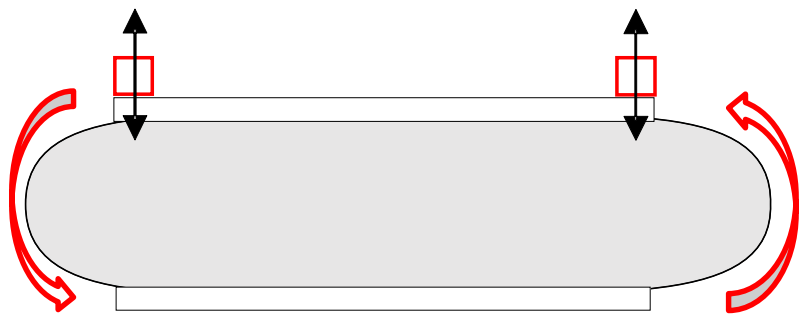
$$(1 \text{ m/s}^2 = 100 \text{ Gal})$$

クロロプレンゴム系溶剤形接着剤

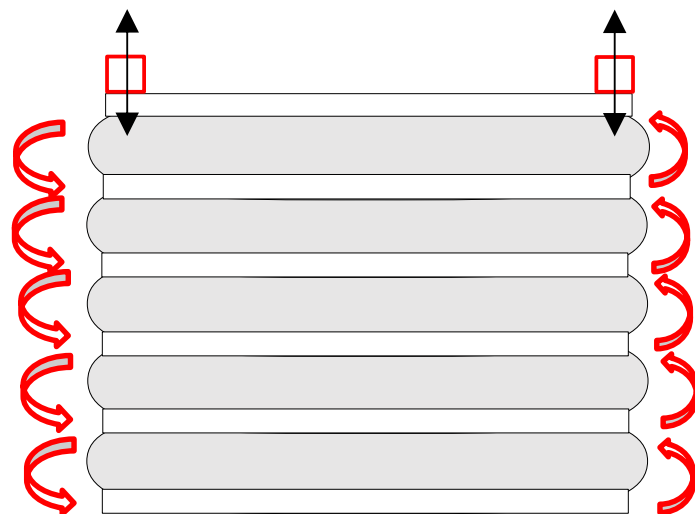
- 商品名：G17
 - 用途：ゴム・金属・皮革・硬質プラスチックなど
 - クロロプレンゴムを主成分とする接着剤
- * 溶剤とは、物質を溶かすのに用いる液体



ロッキング挙動の差について



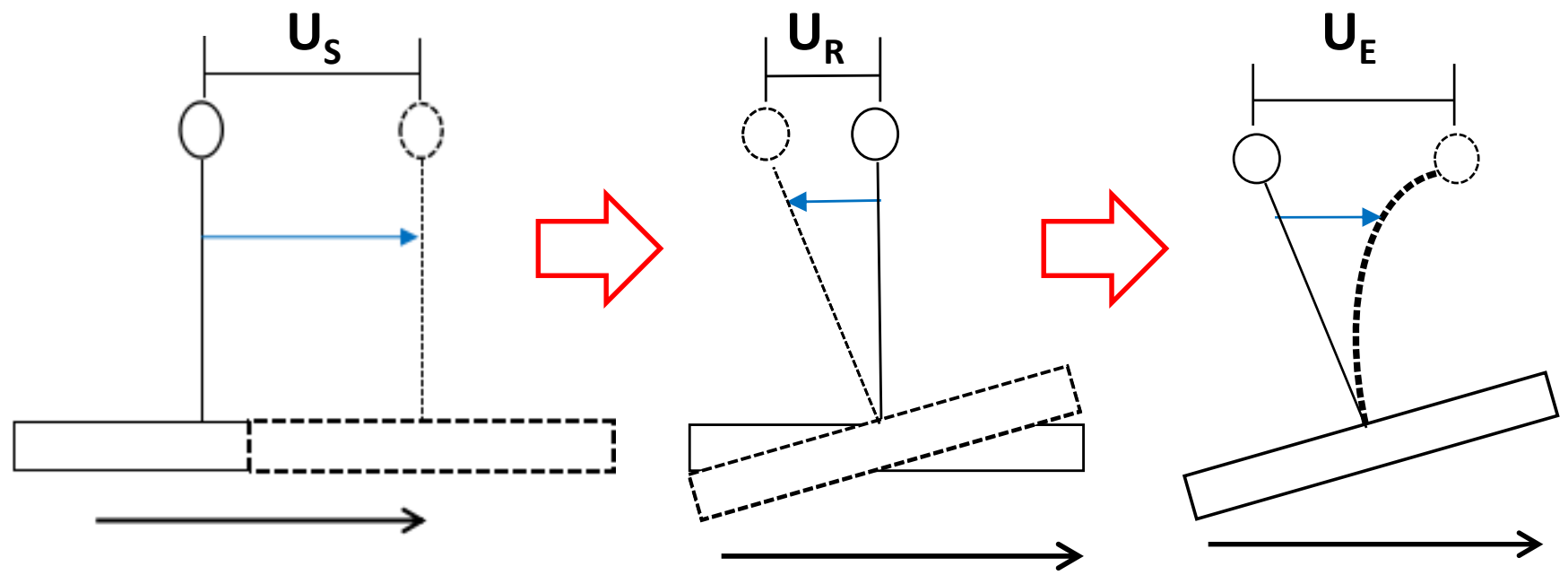
- ・積層板がないケース
圧縮による変形が大きく、
ウレタン本来の
性能が発揮されていない



- ・積層化したケース
ウレタンの性能が発揮さ
れバウンドしていた
可能性

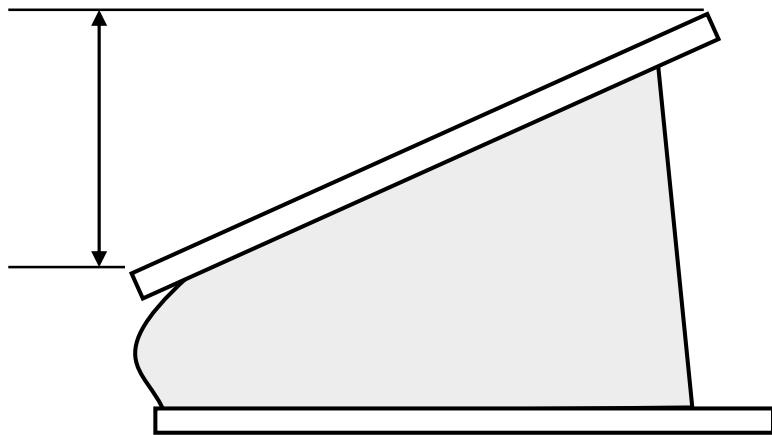
ロッキングについて

実験ケース	U_B (Gal)	U_s (Gal)	U_R (Gal)	U_E (Gal)
①	110	85	12%	44
②	136	93	9%	58
③	144	95	16%	83
④	148	97	16%	86



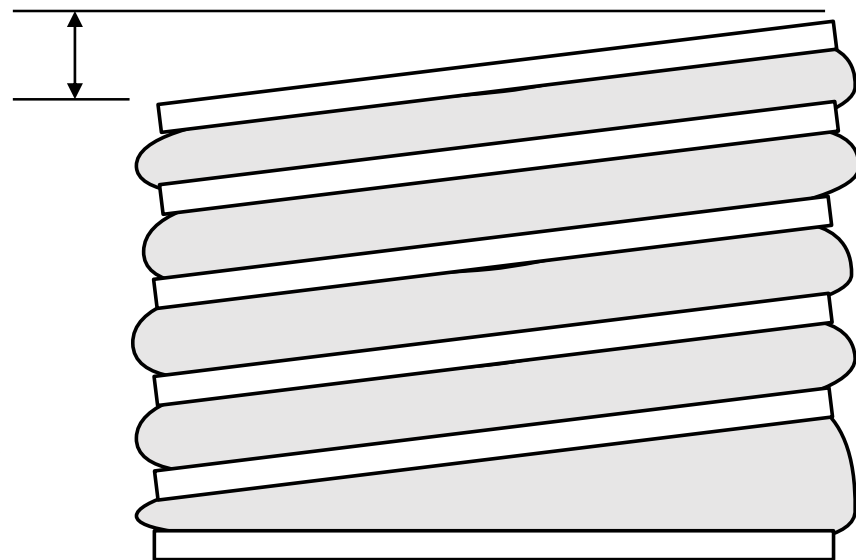
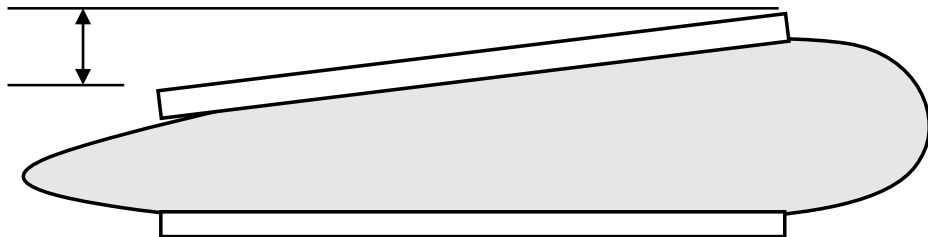
ロッキングの変形量について

予想



・積層板がないケースでは
圧縮変形が大きくロッキング
が少ない
結果、積層化したケースと同
様の変形量になった

結果



積層ゴムの変形状態

