

その3 免震装置（LRB）の基本的力学特性試験

1 はじめに

浅沼免震構法の開発に際して、採用した免震装置の大変形時の挙動を確認するために、鉛プラグ入り積層ゴムの実験をおこなった。その実験結果を述べる。

2 試験概要

2.1 供試体および載荷装置

供試体は、ゴム直径が650mmのLRB一体である。供試体の形状を図2.1に、諸元を表2.1に示す。試験は表2.2、図2.2に示すような軸力用および水平用アクチュエータによる二軸加力試験機を用いておこなった。

2.2 試験項目

LRBの基本的な性状を確認するため、表2.3に示す鉛直試験およびせん断試験をおこなった。それらの試験の載荷項目を表2.4(a),(b)に示す。

表2.1 供試体の諸元

ゴムの外径	650mm
鉛プラグの直径	130mm
内部ゴム構成	5mm×34層
ゴム層高さ	170mm
内部鋼板構成	2.4mm×33層
免震装置総高さ	309.2mm
受圧面積	3183.9cm ²
鉛プラグ面積	132.7cm ²
ゴムの水平剛性	1.030tf/cm
塑性剛性	1.202tf/cm
除荷剛性	7.811tf/cm
鉛直剛性	2247.5tf/cm
一次形状係数	31.2
二次形状係数	3.82

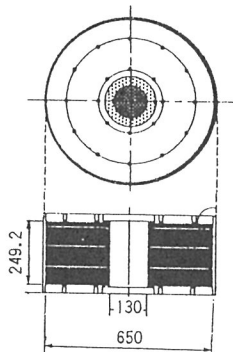


図2.1 供試体の形状

表2.2 試験機の性能

項目	許容値
鉛直力	1000tf
加振力	±300tf
加振速度	1.5kine
加振振幅	±50cm
加振精度	±1%以下

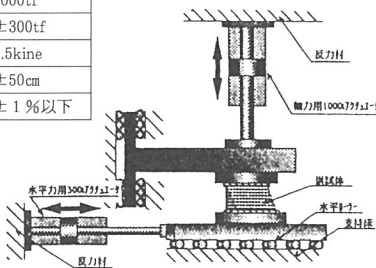


図2.2 試験装置の概略図

表2.3 試験項目一覧表

試験項目	目的
鉛直履歴特性試験	せん断ひずみのレベルによる鉛直履歴特性の違いを確認する
せん断履歴特性試験（ひずみ依存性）	せん断ひずみのレベルによるせん断履歴特性の違いを確認する
せん断履歴特性試験（面圧依存性）	面圧のレベルによるせん断履歴特性の違いについて確認する
せん断履歴特性試験（繰返しによる影響）	繰返し載荷によりせん断履歴特性が受ける影響について確認する

表2.4(a) 鉛直試験の載荷項目

載荷順序	せん断ひずみ (%)	せん断ひずみ (cm)	繰返し回数	載荷荷重(tf) [面圧 (kgf/cm ²)]		
				最小値	中心値	最大値
①	0.0	0.0	4波	159.0 [50.0]	319.0 [100.0]	478.0 [150.0]
②	50.0	8.5				
③	100.0	17.0				
④	200.0	34.0				

表2.4(b) せん断試験の載荷項目

せん断ひずみ (%)	せん断ひずみ (cm)	繰返し回数	載荷荷重(tf) [面圧 (kgf/cm ²)]			
			159.0 [50.0]	319.0 [100.0]	478.0 [150.0]	478.0 [150.0]
50.0	8.5	4波	①④⑦	②	③	④
100.0	17.0		⑤	⑥*	⑦	⑧
200.0	34.0		⑨	⑩*	⑪	⑫
250.0	42.5		⑬	⑭*	⑮	⑯
294.0	50.0				⑰	⑱

○数字：載荷順序を示す。*：繰返し回数を10波とする。

3 鉛直履歴特性試験結果

3.1 目的

せん断ひずみを与えた状態の免震装置に軸方向力を載荷した場合、せん断ひずみレベルの違いが、鉛直剛性に与える影響を把握する。

3.2 試験結果

ひずみ変形が50%および100%の場合における鉛直方向(N)－水平変位(δv)の履歴曲線を図3.2に、設計値との比較を図3.3に示す。図3.3から、鉛直剛性の実験値は、せん断ひずみレベルが大きくなるほど低下し、せん断ひずみが100%の場合に設計値の80%であった。

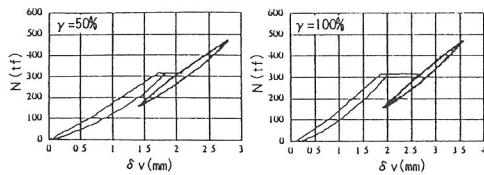


図3.2 鉛直方向(N)－水平変位(δv)の履歴曲線

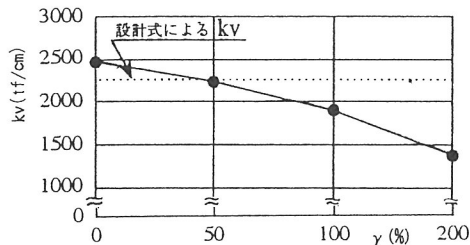


図3.3 鉛直剛性の設計値と実験値の比較

4 せん断履歴特性試験結果

4.1 目的

免震装置の面圧、せん断ひずみレベルおよび加振回数がせん断履歴特性におよぼす影響を把握する。

4.2 試験結果

(a)せん断ひずみの面圧依存性

せん断ひずみを50%、面圧(σv)を50kgf/cm²、150kgf/cm²とした場合の載荷試験結果を図4.1に示す。

(b)せん断ひずみの変位依存性

面圧を100kgf/cm²、最大せん断ひずみを50%および100%とした場合の載荷試験結果を図4.2に示す。

(c)せん断ひずみの加振回数依存性

面圧を100kgf/cm²、せん断ひずみを100%として10サイクル載荷した場合の載荷試験結果を図4.3に示す。

(d)設計値との比較

それぞれの実験について、等価せん断剛性(k_{eq})、等価減衰定数(h_{eq})、降伏後剛性(k_d)および降伏荷重(Q_d)の実験値と設計値を比較した結果について図4.4(a)、(b)、(c)に示す。また、水平せん断力－せん断ひずみ履歴の実験結果と設計式の比較を図4.5に示す。

面圧および変位依存性試験から面圧、変位レベルが大きくなるほど等価せん断剛性および降伏後剛性は低下した。等価せん断剛性は、設計値の約89%～80%であった。繰り返し載荷によって各剛性、等価減衰定数および降伏荷重に変化はほとんど見られなかった。図4.5から、実験値の降伏後剛性は、せん断ひずみが大きくなるほど設計値より小さくなった。

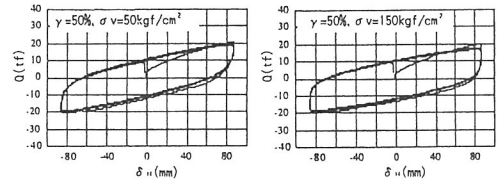


図4.1 せん断力－水平変位履歴
(せん断ひずみの面圧依存性)

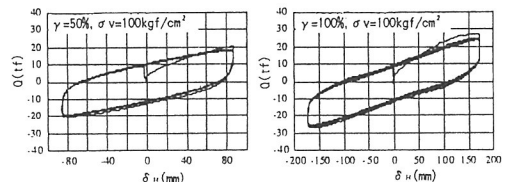


図4.2 せん断力－水平変位履歴
(せん断ひずみの変位依存性)

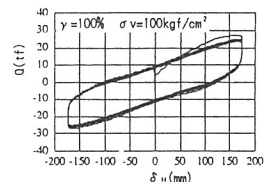


図4.3 せん断力－水平変位履歴
(せん断ひずみの加振回数依存性)

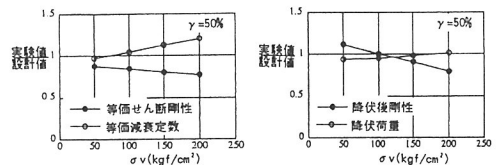


図4.4(a) 実験値と設計値の比較
(せん断ひずみの面圧依存性)

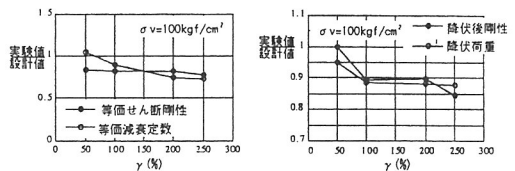


図4.4(b) 実験値と設計値の比較
(せん断ひずみの変位依存性)

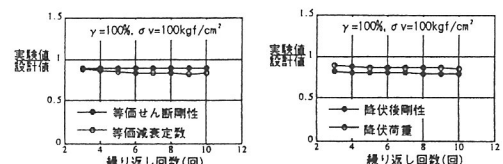


図4.5(c) 実験値と設計値の比較
(せん断ひずみの加振回数依存性)

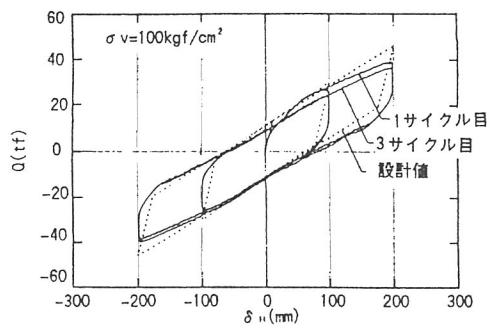


図4.5 水平せん断力ーせん断ひずみ履歴の比較

5 おわりに

実験の結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) せん断ひずみレベルが大きくなるほど鉛直剛性は低下した。
- (2) 面圧、変位依存性試験では面圧、変位レベルが大きくなるほど等価せん断剛性、降伏後剛性は低下した。
- (3) 繰り返し载荷の影響による各剛性、等価減衰定数、降伏荷重の低下はほとんど見られなかった。