

I-B 56

積層ゴムの水平復元力におよぼす回転拘束の影響

ブリヂストン ○正会員 正木 信男

1. はじめに

積層ゴムの水平復元力特性は、通常2軸加力装置で回転が拘束された状態で評価される。これらの特性は積層ゴムが取付けられている上部構造および下部構造が十分剛でかつ回転が拘束されている場合には有効であるが、かならずしも剛と言えない場合は、回転拘束の影響を考慮しなければならないと考えられる。しかしながら、水平復元力特性におよぼす回転拘束の影響を調査した例は非常に少ない⁽¹⁾。そこで、本研究では積層ゴムの回転拘束を任意に変化させられる二軸偏心試験装置を開発し、積層ゴムの水平復元力特性におよぼす回転拘束の影響と曲げ剛性の測定をおこなった。

2. 試験体

積層ゴムは図-1に示すように、ゴム直径260mm、ゴム厚さ2.1mmの天然ゴム系ゴムシートを厚み0.6mmの鋼板を介して48枚加硫接着し積層している。おもな仕様を表-1に示す。また、本積層ゴムは、軽量建物用免震装置として開発^{(2),(3)}された多段積層ゴムの要素積層ゴムに使用されたもので、基本的な構造は建築免震用積層ゴムと同じであるが、形状はややスレンダーである。例えば、2次形状係数と呼ばれる指標（ゴム板直径／総ゴム厚さ）と呼ばれる指標と比較すると、免震装置用積層ゴムが5程度の値をとるのに対し、本積層ゴムの値は2.58である。

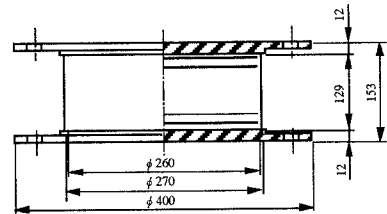


図-1 積層ゴム

表-1 要素積層ゴムの主な仕様

ゴム材料	天然ゴム系
せん断弾性率	0.588MPa
形状率	30.95
2次形状率	2.58
細長比	1.55

3. 実験の概要

今回の実験に用いた二軸偏心試験装置の主な仕様と構造をそれぞれ表-2と図-2に示す。本試験装置は、鉛直方向に2本と水平方向に1本のアクチュエータを備え、積層ゴムに軸変位、せん断変位ならびに回転変位を同時に与えることができる。また、本装置の実施できる試験項目をまとめて表-3に示す。

表-2 二軸偏心試験装置の主な仕様

1) 鉛直方向載荷アクチュエータ	
最大静的出力	押し167kN 引き78kN
最大振幅	100mm
2) 水平方向載荷アクチュエータ	
最大静的出力	±98kN
最大振幅	±250mm

表-3 試験項目

項目	試験条件
実験1 回転拘束—せん断変位可変	
実験2 モーメント可変—せん断変位可変	
実験3 回転自由—せん断変位固定	

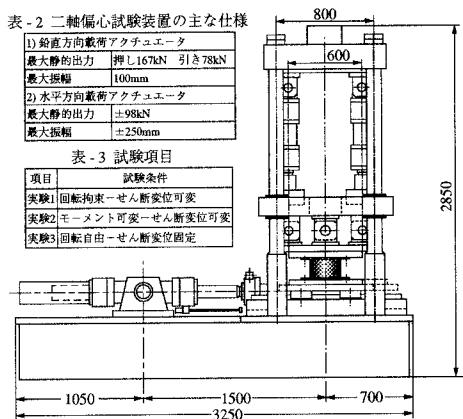


図-2 二軸偏心試験装置の概要

4. 実験結果

(1) 水平復元力特性の軸力依存性

図-3は回転を拘束した場合の積層ゴムの復元力特性である（実験1）。実験では、ゴムせん断ひずみ200%まで水平復元力を鉛直軸力110kNと220kNのケースについて測定した。本試験は、通常の積層ゴム試験に相当するもので、積層ゴムの上下フランジの回転は拘束され、試験中積層ゴムの上下のフランジは平行が保たれる。実験の範囲内の軸力では水平復元力特性変化はほとんどなく、いわゆる軸力（面圧）依存性がないことが確認された。

(2) 水平復元力特性への拘束度の影響

図-4は、モーメント可変—水平変位可変実験（実験2）での測定結果（水平復元力、拘束モーメント、沈み込み量、回転角）で、本試験の場合、積層ゴムに軸力を一定に保持しな

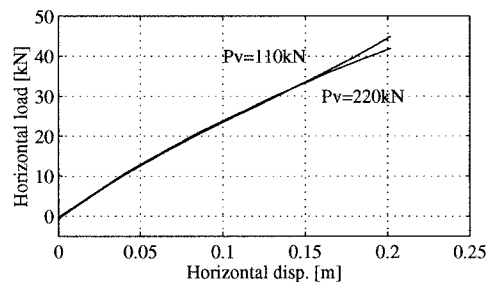


図-3 水平復元力特性（回転を拘束した場合）

がら、せん断変位に比例した曲げモーメントを加えた。実験では、先に述べた実験1で測定した回転拘束モーメントが作用した状態を拘束度100%と定義し、順次拘束度（回転拘束モーメント）を減少させ水平復元力、回転角および沈み込み量を測定した。定義より拘束度0%は回転自由である。図より拘束度が低下すると積層ゴムの水平復元力も低下することが確認された。また、この例では、拘束度60%、せん断変位0.125m付近で水平復元力が極大値をとりそれ以上のせん断変位では復元力が減少するいわゆる座屈現象が発生することもわかった。さらに、鉛直沈み込み量は拘束度が低下すると逆に非常に大きくなることも認められた。

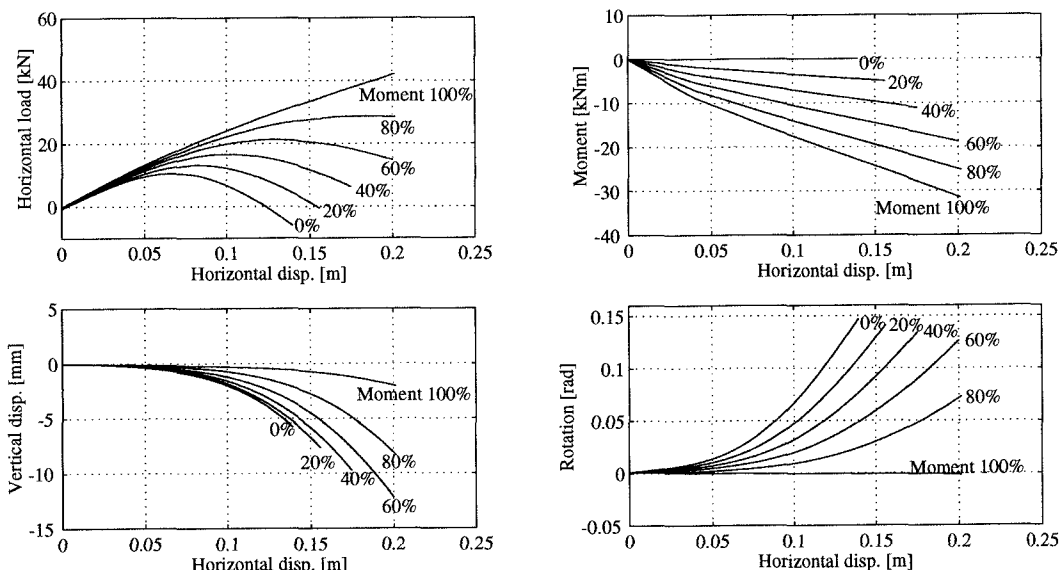


図-4 モーメント可変-水平変位可変実験結果（ $P_v=220\text{kN}$ の場合）

（3）曲げ剛性

積層ゴムの曲げ剛性のせん断ひずみおよび軸力の影響を調べるための実験をおこなった（実験3）。曲げ剛性は実験からえられた各せん断ひずみにおける曲げモーメント-回転角線図（図-5）より、回転角度0から0.01radまでの曲げモーメントの変化で定義した。図-6に曲げ剛性のせん断ひずみ依存性を、軸力をパラメータに示す。積層ゴムの曲げ剛性はせん断ひずみに大きく依存し、せん断ひずみの増加にともなって急速に低下することがわかった。さらに軸力が大きくなると曲げ剛性も大きくなることが確認された。

5. まとめ

本実験により、軸力依存性の小さい積層ゴムでも拘束度の低下により水平復元力特性が大きく変化することが確認された。また、積層ゴムの曲げ剛性を実測し、それがせん断ひずみの増加にともない急激に小さくなることも把握した。最後に、本研究の実験に協力していただいた元東京電機大学学生、金子綾一、木村英明両氏に深く感謝する。

文献

- (1)飯塚真臣、「積層ゴムの剛性マトリックス」、日本建築学会大会学術講演梗概集（B-2）、619(1995)
- (2)嶺脇重雄他、「多段積層ゴムを用いた免震構造システム」、日本建築学会大会学術講演梗概集（B）、653(1990)
- (3)Masaki,N and Suizu,Y, "Development of multistage Rubber Bearing for Seismic Isolation of Buildings", IRC95 KOBE,225(1995)

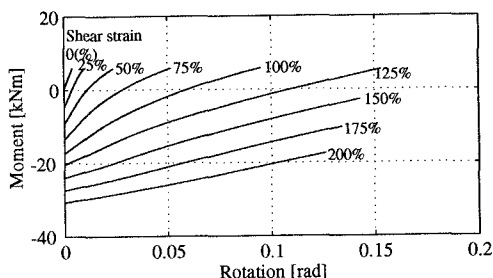


図-5 曲げモーメント-回転角測定結果（ $P_v=220\text{kN}$ ）

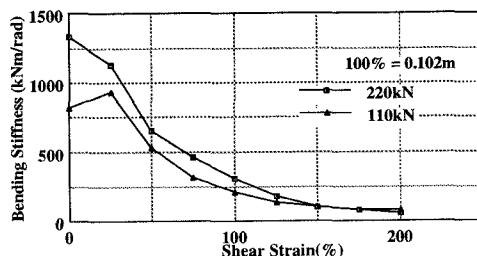


図-6 曲げ剛性のせん断ひずみ依存性