

積層ゴム支承の水平2方向載荷実験

名古屋工業大学大学院 学生会員 ○加藤文哉 名古屋工業大学 フェロー会員 後藤 芳顕
 名古屋工業大学 正会員 海老澤 健正 名古屋工業大学 正会員 奥村 徹

1. 背景と目的： 兵庫県南部地震以降、極大地震に対する橋梁の耐震性能向上策として積層ゴム支承を用いた反力分散構造や免震支承を用いた免震構造の有効性が認識され、多くの橋梁に採用されてきた。これらの構造はその後の大きな地震動を経験してきたが、積層ゴム支承の残留変形という軽微な損傷はあるものの重大な被害は発生しなかった。しかし、東北地方太平洋沖地震(2011 年)では、積層ゴムの破断という極めて重大な被害が確認された。このような支承の破壊が生じると、免震機能の喪失により高架橋の根本的な安全性が損なわれる可能性も考えられる。現行の支承の安全照査では、橋軸と橋軸直角方向に独立に入力した水平地震動に対して行われている。しかしながら、実地震動では地震動の3方向成分が同時に入力するので、せん断剛性、回転剛性、圧縮剛性などを持つ積層ゴム支承には橋脚と上部構造との相互作用により少なくとも3方向の力の成分と2方向の曲げの成分が連成して作用するので設計の想定とは大きく異なる。今後、多方向地震動下での高架橋の耐震照査法を確立するには橋脚のみならず、現在多くの橋梁に採用されている積層ゴム支承の多方向地震動下における終局挙動特性を明らかにし、橋梁システム全体系の挙動に与える影響を把握する必要がある。このような背景のもと、ゴム支承で支持された2径間連続高架橋模型の2方向加振実験プロジェクトを進めている。本報では連続高架橋模型($s=1/6.7$)に用いる積層ゴム支承について、多方向地震動下での力学特性を把握するために実施した載荷実験について報告する。

2. 積層ゴム支承の2方向水平載荷装置と実験の概要： ギュム支承の水平2方向力下の載荷実験については阿部、吉田らの先駆的研究¹⁾がある。本研究では、擬似動的試験も可能なように図-1、写真-1に示す全く異なるコンセプトに基づく2方向載荷装置²⁾の開発を行った。本載荷装置は3本のアクチュエータとボールジョイントからなる既存の3次元載荷装置と支承の上下の鋼板を水平(一定角度も可能)に維持するために新たに開発した水平維持装置により構成されている。本装置では支承に作用する鉛直荷重も自由に変動させることができる。

載荷実験に用いる積層ゴム支承の諸元を表-1に示す。支承A-1、A-2は連続高架橋模型の端橋脚および中央橋脚に設置するゴム支承である。いずれもゴム支承の平面寸法が1:1.5となっており実際の支承の寸法と異なっている。これは、連続高架橋模型供試体では構造寸法の制約から、実橋では1支承線上に複数設置されるゴム支承を2基に集約したためである。載荷ケースとしては1方向水平繰り返し載荷(短辺および長辺方向)、対角方向水平繰り返し載荷、螺旋載荷を行い載荷パターンが支承の変形挙動に与える影響を考察する。支承の試験体としては振動台実験用の支承A-1,A-2に加え、破断実験用に支承Bを用意した。支承Bは2方向水平載荷装置の載荷性能の範囲内でゴム支承の限界状態まで載荷できるように支承寸法を設計した。振動台実験用支承A-1、A-2および破断試験用支承Bはすべて同一ロットのゴム材料で製作している。

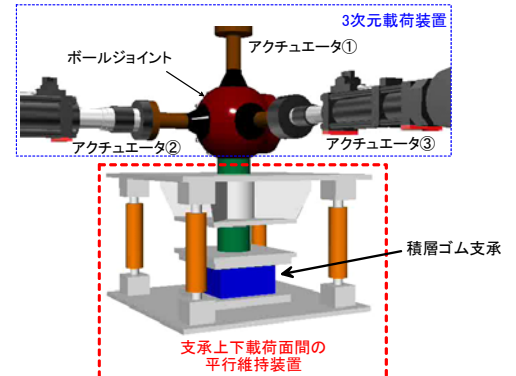


図-1 支承の2方向載荷装置

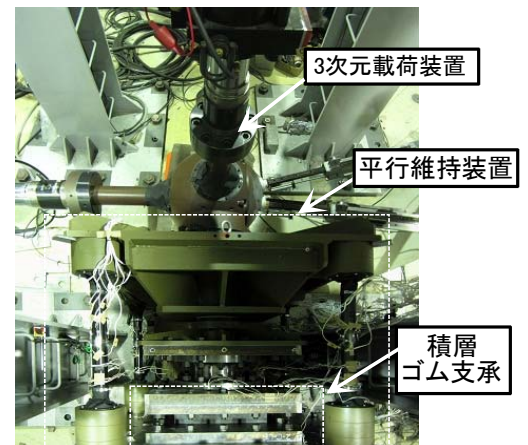


写真-1 支承の2方向載荷装置

キーワード 積層ゴム支承, 2方向載荷

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-735-5563

表-1 積層ゴム支承供試体諸元

実験供試体名	A-1	A-2	B
ゴム材料	G10	G10	G10
橋軸方向の有効寸法 : a (mm)	260	300	130
橋軸直角方向の有効寸法 : b (mm)	390	450	130
ゴム一層の厚さ : te (mm)	10	10	6.5
ゴムの層数 : n	4	4	3
内部鋼板厚 : ts (mm)	3.2	3.2	2.1
被覆ゴム厚 (mm)	5	5	5
1 次形状係数 : S1	7.8	9	5.0
2 次形状係数 : S2	6.5	7.5	6.7

3. 载荷実験と結果

現在実験が進行中であるので、今までに実施した支承 A-2 に対する一連の载荷実験結果を図-2~4 に示す。振動台実験において予測される鉛直作用荷重の範囲で圧縮・引張り繰り返し载荷を行った結果を図-2 に示すが、負荷時と除荷時で明らかに異なる経路を示すことが観察された。この傾向は菊池らが行ったゴム支承の圧縮引張载荷実験の結果³⁾と整合している。水平 1 方向繰り返し载荷 (X: 短辺方向, Y: 長辺方向) については、図-3 に示すように短辺、長辺方向の载荷ともによく一致しており平面形状が矩形 (1:1.5) であることによる影響はほとんどないことを確認した。対角方向水平载荷については、図-4 に示すように荷重変位関係は水平 1 方向载荷とほとんど変わらず、今回実施した範囲内では 2 方向载荷が荷重変位関係に及ぼす影響はほとんどみられない。これは現行の設計においてゴム支承は橋軸および橋軸直角方向にそれぞれ独立した载荷により求めたせん断バネによりモデル化しているが、今回対象とした平面形状が矩形の支承に対しても 2 方向水平力の同時载荷において重ね合わせが成り立つことを意味する。

4. 今後の予定

今回実施した载荷に加え、水平 2 方向载荷として螺旋载荷を行う予定である。さらに各载荷パターンにより終局限界までの载荷実験を支承 B を用いて行う予定である。

謝辞: 本研究の一部は科学研究費・基盤研究 (A) (課題番号: 23246084) の助成を受けたものである。また本研究を行うにあたり、オイレス工業(株)から積層ゴム支承の製作に関してご協力をいただいた。

参考文献: 1) 阿部雅人, 吉田純司, 藤野陽三: 免震用ゴム支承の水平 2 方向を含む復元力特性とそのモデル化, 土木学会論文集 No.696/I-58,125-144,2002. 2) 後藤芳顕, 小畑誠, 海老澤健正, 3 次元構造物载荷における平行維持装置, 特願 2012-063746 3) 菊池優, 北村佳久, 林章二: 引張力を受ける積層ゴムの復元力特性に関する研究, 日本建築学会構造系論文集, 第 524 号, 57-64, 1999.

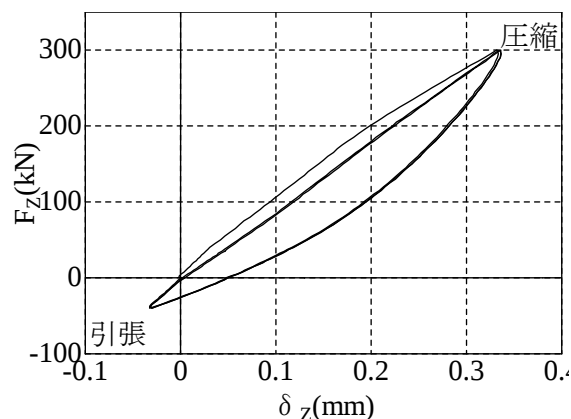


図-2 鉛直方向圧縮・引張载荷 (支承 A-2)

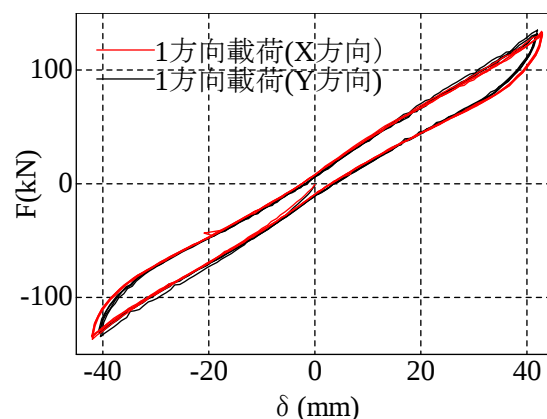
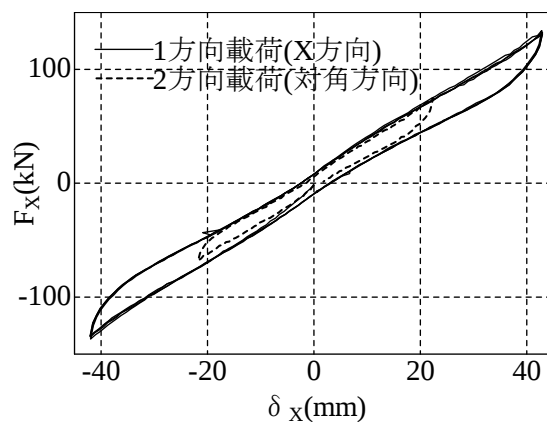
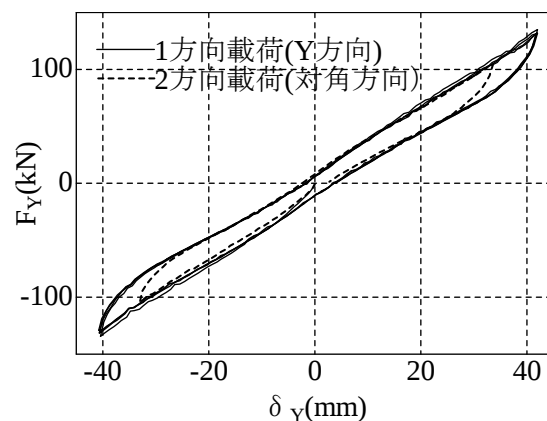


図-3 1 方向载荷 (支承 A-2)



a) X 方向成分



b) Y 方向成分

図-4 1 方向载荷と 2 方向载荷の比較 (支承 A-2)