

引張軸応力を受ける積層ゴム支承のひずみ場及び応力場の推定

筑波大学理工学研究科 学生員 齊藤啓 筑波大学機能工学系 正員 ○庄司学

筑波大学機能工学系 正員 亀田敏弘 筑波大学工学システム学類 学生員 笛木孝哲

1. はじめに

土木・建築の分野を問わず、構造系の多様化に伴って、積層ゴム支承に作用する軸応力が圧縮だけでなく、引張となる可能性が指摘されている¹⁾。このように従来想定されていた軸応力と異なった状態で積層ゴム支承を使用するためには、マクロな力学的特性を表す水平力—水平変位関係だけでなく、積層ゴム支承のゴム層と鋼板に生じる局部的なひずみ場や応力場についても検討する必要がある。本研究では橋梁に用いられる積層ゴム支承を対象として、これらがせん断変形する際に生じるひずみ場を画像解析によって求めるとともに、等価介在物法²⁾をベースとして応力場の同定を試みた。

2. 繰り返し載荷実験の概要

実験供試体を図1に示す。供試体は8mm×3層の天然ゴム（静的せん断弾性係数 $G=1.2\text{MPa}$ ）と3mm×2枚の内部鋼板（SS400）で構成されている。供試体の表面にはひずみ場を取得する際に必要となる標点が225点（9行×25列）マークされている。載荷に当たっては、供試体を架台の上に設置し、供試体の上面には桁を模擬した梁を設置した上で、2本の鉛直アクチュエータと水平アクチュエータを梁に取り付け、鉛直アクチュエータで一定の軸力を荷重制御で保持し、変位制御によって水平アクチュエータで目標とするせん断変形を与えた（図2）。実験ケースを表1に示す。以下ではひずみ、応力ともに圧縮をマイナス（－）、伸張をプラス（＋）でそれぞれ表す。いずれの実験ケースでも、表1に示した軸応力を供試体に作用させた状態で、載荷と除荷を3回ずつ繰り返しながらせん断ひずみ γ を50%から250%まで7段階に漸増させた。画像解析の流れを図3に示す。供試体の変形状態をデジタルビデオで撮影し、撮影したデジタルデータに基づき供試体にマークした標点のx方向並びにy方向の座標と変位を取得する。次に、供試体にマークした標点に対して4点格子に形状関数を定め、得られた座標と変位をもとに各標点におけるひずみ場 ε_{xx} 、 ε_{yy} 、 γ_{xy} を算出する。また、積層ゴム支承に生じる応力場 σ_{xx} 、 σ_{yy} 、 τ_{xy} に関しては等価介在物法をベースとして同定を行った²⁾。ここでは、積層ゴム支承に生じる面内のひずみ場と積層ゴム支承の自由表面及び上下部鋼板との境界に生じる応力場を実験データとして取得することによって、それらを与条件として応力場の同定を試みた。

3. ひずみ場及び応力場の推定

2MPaの引張軸応力を作用させた実験ケース2において供試体に生じるひずみ場並びに応力場を示すと図4及び図5のようになる。ここでは、150%のせん断ひずみ γ を与えた場合を示している。 ε_{xx} に関しては供試体の領域全体に $-0.02\sim 0.02$ のひずみが分布しているものの、右上及び左下隅角部においては -0.2 程度のひずみが、逆に右下及び左上隅角部においては $0.07\sim 0.09$ のひずみが生じている。 γ_{xy} についてはゴム層と内部鋼板でひずみ分布が明瞭に分かれており、ゴム層には $1.4\sim 1.6$ 程度の大きなひずみが生じている。一方、 σ_{xx} に関しては供試体の右上及び左下領域において $2.5\sim 6.5\text{MPa}$ 程度の応力が、逆に右下及び左上領域においては $-6.5\sim -2.5\text{MPa}$ の応力が生じている。 σ_{yy} に関しては供試体の内部領域において $-11.0\sim -4.0\text{MPa}$ 程度の応力が領域全体に生じており、逆に左右自由表面付近において $0\sim 4.0\text{MPa}$ の応力が生じている。 τ_{xy} については、供試体内部のゴム層では $-30.0\sim -15.0\text{MPa}$ 程度の応力が、内部鋼板付近では $-11.0\sim -4.0$ 程度の応力が生じているのに対して、供試体の左右自由表面付近においては $7.0\sim 14.0\text{MPa}$ 程度の応力が生じている。以上より、積層ゴム支承に生じるひずみ場及び応力場は内部領域と左右自由表面付近、あるいはゴム層と内部鋼板付近では異なる分布を示し、領域によっては局所的に大きなひずみや応力が生じると言える。

4. 結論

本研究により、1) 積層ゴム支承に生じるひずみ場及び応力場は内部領域と左右自由表面付近、あるいはゴム層と内部鋼板付近では異なる分布を示し、領域によっては局所的に大きなひずみや応力が生じること、2) このような局所的なひずみ場や

キーワード：橋梁、耐震設計、積層ゴム支承、ひずみ場、応力場

連絡先：〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学機能工学系 Tel&Fax：029-853-6190

応力場の分布傾向の把握や定量的な評価をより精緻に行い、設計の指標として還元する必要があることが明らかとなった。

謝辞：本研究において使用した積層ゴム支承はゴム支承協会の関連メーカーに製作していただきました。実験の準備、治具の設置や撤去、載荷にあたっては筑波大学機能工学系の小島篤志技官に大きなご尽力をいただきました。ここに記して深く御礼申し上げます。**参考文献：**1) 例えば、菊池優，北村佳久，林章二，河島庸一，坂口達，山田親文：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，pp.57-64，1999.10. 2) Hori, M., Kameda, T. and Hosokawa, N.: Formulation of Identifying Material Property Distribution Based on Equivalent Inclusion Method, 土木学会論文集, No.619/I-47, pp. 13-22, 1999.

表1 実験ケース

実験ケース	載荷方法（軸応力+せん断変形）
ケース1	一定圧縮（-6MPa）+一定回転（1/50） +せん断変形漸増
ケース2	一定引張（2MPa）+せん断変形漸増

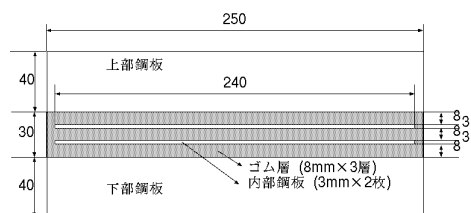


図1 実験供試体（単位はmm）

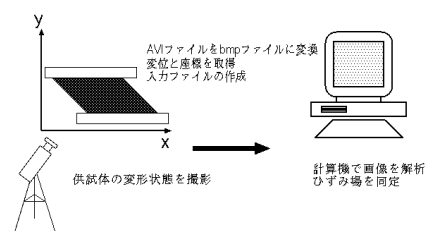


図3 画像解析の流れ

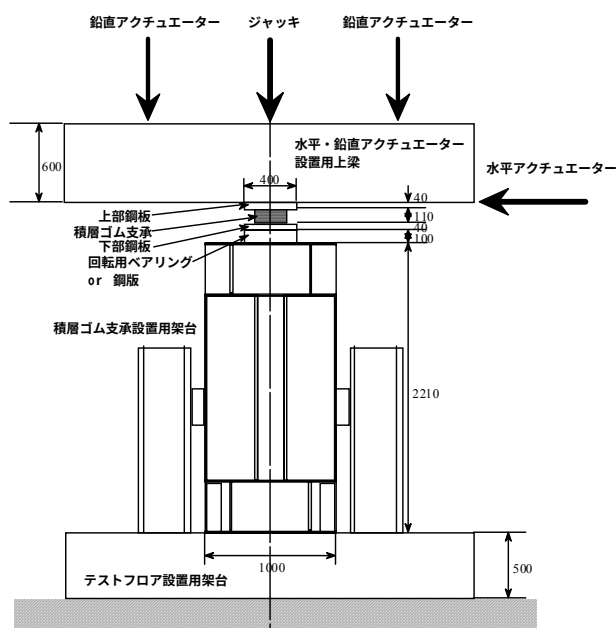


図2 載荷状況（単位はmm）

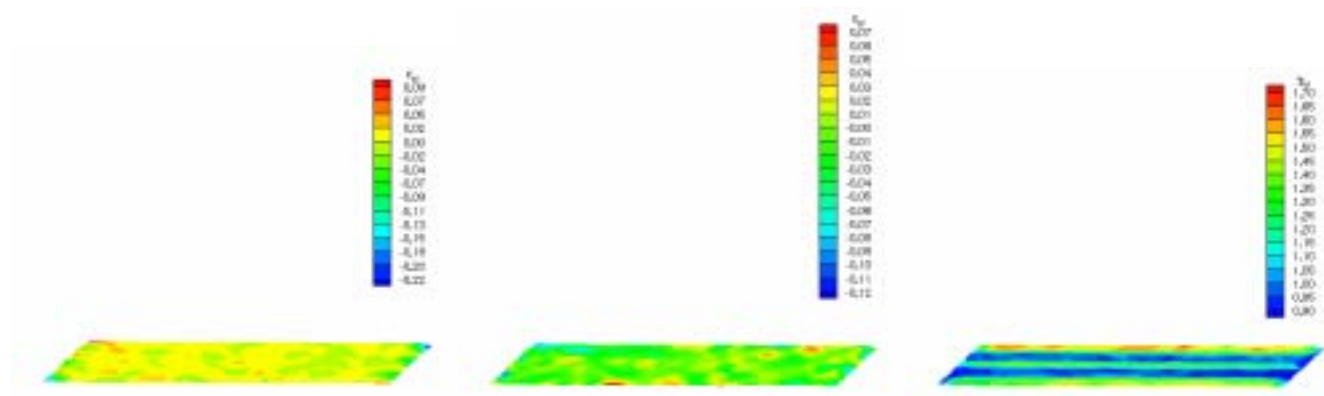


図4 供試体に生じるひずみ場（実験ケース2，せん断ひずみ $\gamma=150\%$ の場合）

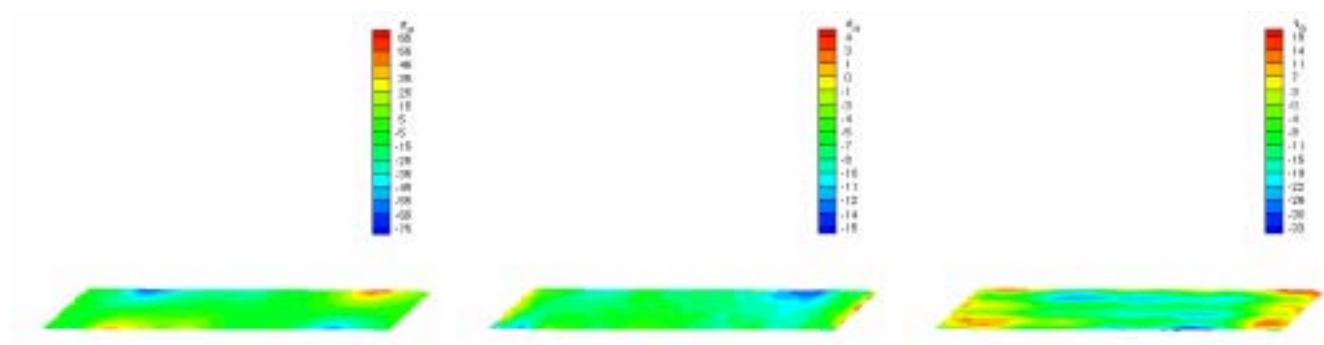


図5 供試体に生じる応力場（実験ケース2，せん断ひずみ $\gamma=150\%$ の場合，凡例の単位はkgf/cm²）