

引張、圧縮の軸力下における積層ゴム支承のせん断変形性能に関する検討

筑波大学大学院 学生員 齊藤啓* 筑波大学機能工学系 正会員 庄司学** 亀田敏弘**

1. はじめに

近年、橋梁形式の多様化に伴い、積層ゴム支承には地震時において大きなせん断変形が生じるとともに、軸力変動に伴う負反力が生じ、支承が引張状態となる可能性が指摘されている [1]。そこで、本研究では、積層ゴム支承に引張、圧縮の軸応力を作用させた場合の支承のせん断変形性能について繰り返し載荷実験により検討を行なった。地震動を想定してせん断ひずみ 250%まで載荷したケースと温度変化やクリープによる伸縮を想定してせん断ひずみ 100%近傍において載荷したケースの大きく分類して 2通りの載荷を行ない、せん断変形状態を画像解析により求めたひずみ場によって評価することとした。

2. 実験と解析の概要

供試体の概要を図 1 に示す。供試体には画像解析の際に必要な 207 点の標点をマークした (図 2)。鉛直アクチュエータで軸応力が引張または圧縮となるようにし、水平アクチュエータで水平変位を加えた (図 3)。実験ケースを表 1 に示す。供試体に作用させるせん断ひずみ γ は、水平変位をゴム層の総厚で除した値として評価した。Case1、Case2 においては、 -6MPa の圧縮応力、 1MPa の引張応力をそれぞれ一定の軸応力として供試体に作用させた状態で、せん断変形を 50%(=12mm) から 250%(=50mm) までそれぞれ順に 3 回ずつ繰り返して漸増させた。Case3-1、4-1 については、 2MPa の引張応力、 -6MPa の圧縮応力を作用させた状態で、90%(=21.6mm) のせん断変形を 300 回繰り返した。90%のせん断変形を与えた理由としては、温度変化やクリープによる伸縮を最大 90% のせん断変形と仮定したためであり、また、300 回の繰り返し回数としては、耐震補修後の供用期間を 50 年と想定し、この 50 年間に前述した 90%のせん断変形が累積する回数として算出した。Case3-2、4-2 については、Case3-1、4-1 を行なった供試体に対して、それぞれ Case1、2 と同様の繰り返し載荷実験を行なった。これらのケースは、温度変化やクリープによる 300 回の繰り返しせん断変形を受けた後の積層ゴム支承が地震時相当の大きなせん断変形を受けることを想定している。実験中デジタルカメラで記録した画像から、画像解析を行なって標点の x 、 y 座標、および変位を取得した (図 3)。これらに基づいて各標点におけるひずみ ε_{xx} 、 ε_{yy} 、 γ_{xy} を同定し、以降では得られたひずみ分布を用いて考察を行なった。

3. 積層ゴム支承に生じるひずみ分布

1) 引張、圧縮応力の相違がせん断変形性能に与える影響

Case1 および Case2 に対する結果を図 4、図 5 に示す。 ε_{xx} については両ケースとも領域全体に $-0.02 \sim 0.02$ のひずみが生じている (図 4(a)、図 5(a))。引張応力を受けた Case2 においてはゴム層左右自由端面に $0.02 \sim 0.06$ の大きなひずみが集中している。 ε_{yy} については、Case2 (図 5(b)) において $-0.03 \sim 0.00$ の範囲で領域全体が一様にひずんでいるのに対して、Case1 (図 4(b)) においては、引張、圧縮の領域がはっきりと分かれていて Case2 に比べて大きくひずんでいる。 γ_{xy} については、Case1 (図 4(c)) において内部鋼板付近のゴム層に -1.0 程度の大きなひずみが集中しているのに対して、Case2 (図 5(c)) においては、内部鋼板間のゴム層に Case1 では観察されない -1.3 程度の大きなひずみが集中して生じており、上下部鋼板付近では Case1 と同様に -1.0 程度のひずみが集中している。

2) 繰り返し回数による影響

Case3-2 および Case4-2 に対する結果を図 6、図 7 に示す。 ε_{xx} については Case3-2 (図 6(a)) がゴム層領域全体で $-0.04 \sim 0.00$ の範囲でひずんでいるのに対し、Case4-2 (図 7(a)) は領域全体で $0.00 \sim 0.03$ の範囲でひずんでいる。Case4-2 においては左右自由端面に $0.02 \sim 0.06$ の大きなひずみが集中して生じている。また、300 回の繰り返しせん断変形を受けた Case4-2 ではこれを受けなかった Case2 に比べ全体的に大きく引張られている (図 5(a)、図 7(a))。 ε_{yy} については両ケースとも分布に大きな相違はないが、引張応力を受けた Case3-2 (図 6(b)) により大きなひずみを観察できる。 γ_{xy} については両ケース (図 6(c)、図 7(c)) とも分布は Case1、Case2 と同様の分布を示している。

4. まとめ

積層ゴム支承が引張あるいは圧縮の軸応力を受けた場合のせん断変形性能の相違について実験的検討を行なった。得られた知見をまとめると、(1) 引張応力下における積層ゴム支承のせん断ひずみ γ_{xy} は上下部鋼板付近および内部鋼板間のゴム層で、圧縮応力下における積層ゴム支承のせん断ひずみ γ_{xy} は内部鋼板付近のゴム層でそれぞれ集中的に大きくなること、(2) 引張応力下においては特に左右のゴム層自由端面で他の領域と比べて大きなひずみを生じることが明らかになった。

謝辞

本実験に用いた供試体はゴム支承協会に製作して頂きました。深く感謝の意を表します。

キーワード：積層ゴム支承、せん断変形性能、耐震補強

* 〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学大学院理工学研究科 TEL : 0298-53-7366

** 〒 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 : 0298-53-6190, 5114

参考文献

[1] 家村浩和、五十嵐晃、陳友真、中島裕之：曲げ・変動軸力载荷条件下における免震支承の復元力特性，第1回免震・制震コロキウム講演論文集，土木学会，pp.305-312，1996.11.

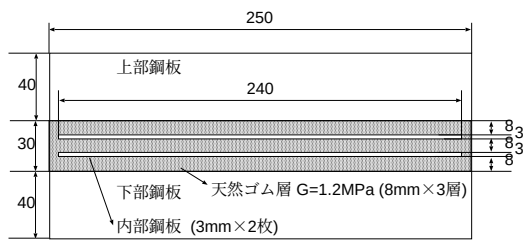


図 1: 実験供試体

表 1: 実験ケース

Case1	一定圧縮 (−6MPa) + 繰り返しせん断
Case2	一定引張 (1MPa) + 繰り返しせん断
Case3-1	一定引張 (2MPa) + 一定せん断
Case3-2	一定引張 (2MPa) + 繰り返しせん断
Case4-1	一定圧縮 (−6MPa) + 一定せん断
Case4-2	一定圧縮 (−6MPa) + 繰り返しせん断

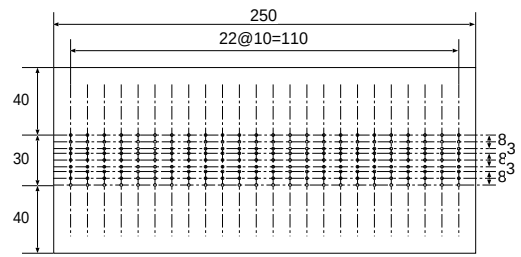


図 2: 標点

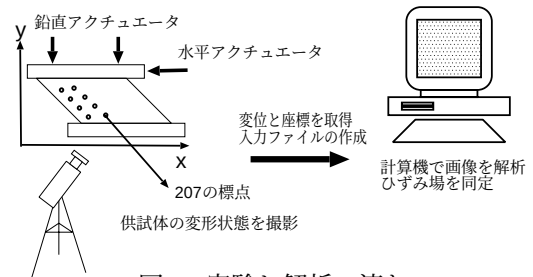


図 3: 実験と解析の流れ

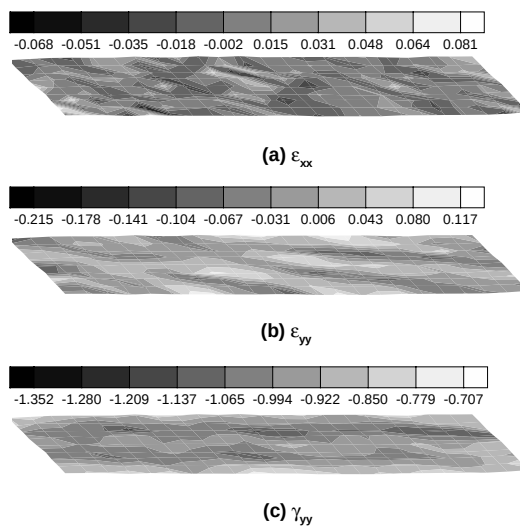


図 4: Case1

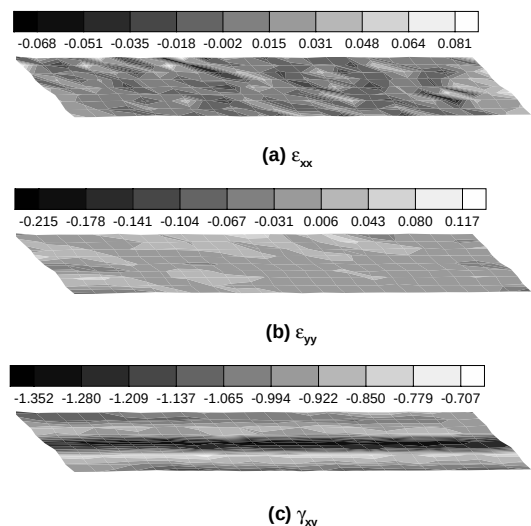


図 5: Case2

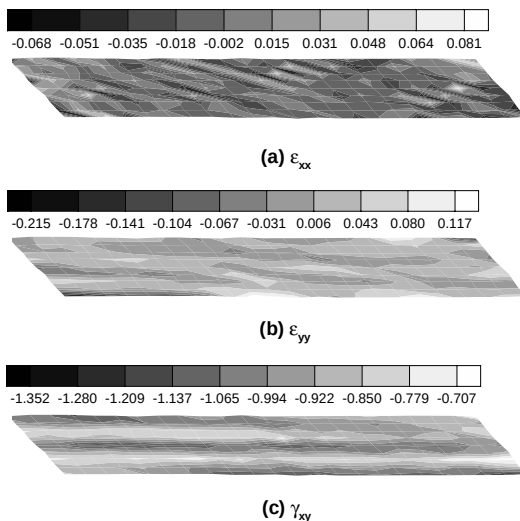


図 6: Case3-2

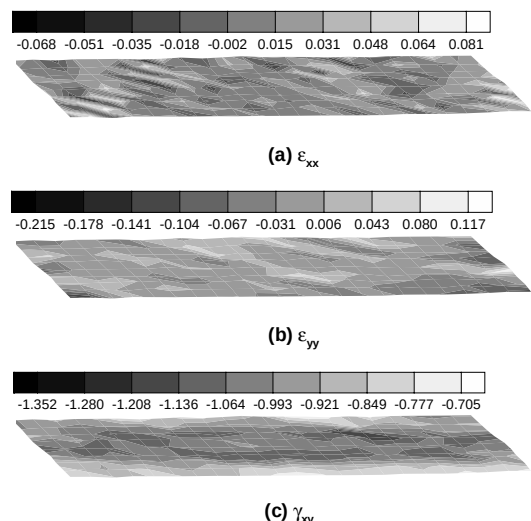


図 7: Case4-2