

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：34315

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K18143

研究課題名(和文) AE技術に着目したゴム支承の新しい損傷度評価手法の構築

研究課題名(英文) Damage Evaluation Method of Laminated Rubber Bearing by using AE Technique

研究代表者

川崎 佑磨 (Kawasaki, Yuma)

立命館大学・理工学部・准教授

研究者番号：90633222

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：近年、ゴム支承の経年劣化の顕在化や大地震によるゴム支承の破断が報告されている。しかし、現在までにゴム支承の損傷度を評価できる手法は明確にされていない。研究者らは、非破壊試験法の一つであるAE法を用いて、損傷したゴム支承の損傷評価に取り組んできた。その既往の研究成果から、せん断载荷を受けたゴム支承に対してAE計測を行い、特徴的なAE現象が確認された。しかし、せん断試験前にAE計測を実施しておらず、それらのAE現象がせん断载荷に伴う損傷によるものか確認していなかった。せん断試験前後で繰返し圧縮载荷試験を行いAEモニタリングを実施した。その結果、せん断試験前と後で異なるAE特性が確認された。

研究成果の概要(英文)：Recently, the problems concerning deterioration in the laminated rubber bearings has become obvious. To protect laminated rubber bearings from fracture during earthquakes, establishing adequate damage assessment technique is an urgent issue. In this research, the AE method which is one of the non-destructive testing was used for damage assessment of the laminated rubber bearings.

This study observed AE activities by laboratory tests. The AE activities and their parameters of the damaged bearings were compared with those of new bearings. The results of the cyclic compression loading tests showed that the internal damage of the rubber bearings could be estimated through the activities of the AE parameters. Many AE hits and large AE energy were observed from the damaged rubber bearings through the cyclic compression loading tests, however, few AE activities were observed from new bearings. AE measurement technique was effective to assess the damage of the laminated rubber bearing.

研究分野：Non-Destructive Testing

キーワード：積層ゴム支承 アコースティック・エミッション 3次元位置標定

1. 研究開始当初の背景

(1) 積層ゴム支承は、1995年兵庫県南部地震以降から積極的に採用されている。しかし、2011年東日本大震災、2014年熊本地震で立て続けにゴム支承の破断が確認された。ゴム支承は、常時、死荷重や活荷重の影響、地震動の影響を受けている。その影響から、ゴム支承内部に劣化や損傷が蓄積されている可能性もある。また、被災後のゴム支承を再度利用できるかどうかについても判断する必要がある。しかし、現状では、それらの評価方法は確立しておらず、開発が望まれている。

(2) さらに、ゴム材料に対するAE法の研究事例は、国際的に見ても非常に少なく、損傷検知に関する知見が皆無であった。

2. 研究の目的

(1) そこで、本研究では非破壊試験法の一つであるアコースティック・エミッション(AE)技術を応用した、積層ゴム支承の損傷評価法の可能性について検討した。

(2) また、積層ゴム支承内部から発生する弾性波検出の精度、鋼板が及ぼす検出影響についても検討した。

3. 研究の方法

(1) まず、積層ゴム支承の実験については、RB(天然ゴム系積層ゴム)、HDR(高減衰積層ゴム)(図-1に供試体概要を参照)、LRB(鉛プラグ入り積層ゴム)(図-2に供試体概要を参照)の3種類の積層ゴム支承を用意した。これらの支承は、新品(出荷前)の状態、一度繰返し圧縮荷重によるAE計測を実施した。その後、せん断ひずみを175%、250%、300%のせん断変形後に、再度繰返し圧縮荷重によるAE計測を実施した。繰返し圧縮荷重試験の荷重値などは図-3に示す通りである。

(2) ゴム支承内部から発生する弾性波の検出精度に関する実験については、ゴム支承で使われるゴム内部で発生するAE現象を位置標定するために、鋼棒(11mm)をゴム供試体内部に挿入して実験を行った(写真-1参照)。ゴム供試体は、加硫前の生ゴムシートを型枠内に重ねて成形し、圧力と熱を加えて作製している。ゴムシートを型枠内に重ねる際に、鋼棒先端の断面(95mm²)のみとゴムに接着剤を塗布して鋼棒を接着させており、残りの生ゴムシートを重ねて鋼棒入りのゴム供試体作製をした。

4. 研究成果

(1) 新品の状態でも繰返し圧縮荷重試験およびAE計測を行った際には、AE現象がほとんど検出されなかった(図-4に結果の一部を示す)。一方、せん断ひずみ175%、250%、300%のせん断試験後に同様の試験およびAE計測を行ったところ、累積AEヒット数およびAEエネルギーの値の急増が確認できた。これはせん断試験で内部損傷が生じたためと考え

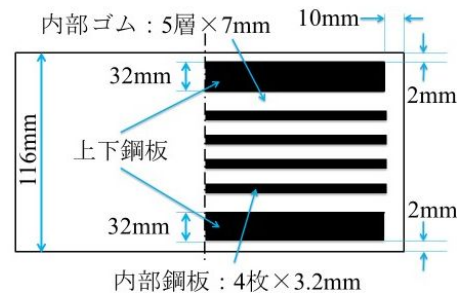


図-1: RBおよびHDRの供試体

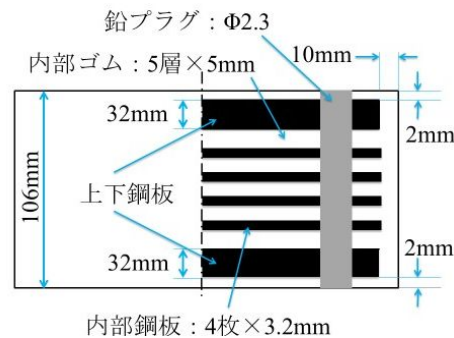


図-2: LRBの供試体

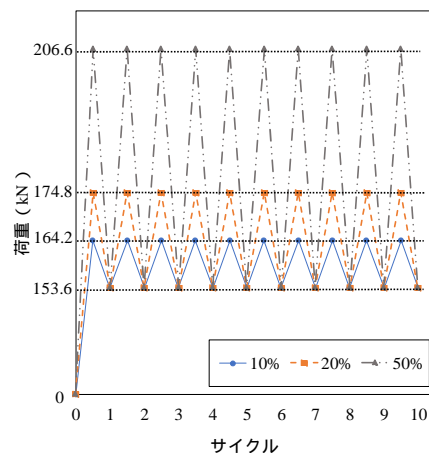


図-3: 繰返し圧縮荷重試験



写真-1: 引抜き試験の写真

られる。また、荷重荷重値の増加に伴いAEエネルギーの値も大きくなった(図-5に結果の一部を示す)。このことから、AEエネルギーの大きさは、ゴム内部の空隙の大きさおよび圧縮荷重によって空隙の開閉した際の音の大きさと関連していることが推測される。この実験から、AE現象が発生する原因として、

圧縮荷を受けることによって、損傷(空隙)が開閉して、ひずみエネルギーの放出に伴う弾性波を検出していることが考えられる。

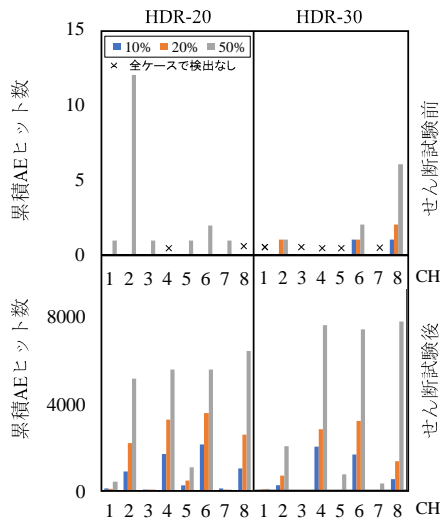


図-4：累積 AE ヒット数の挙動

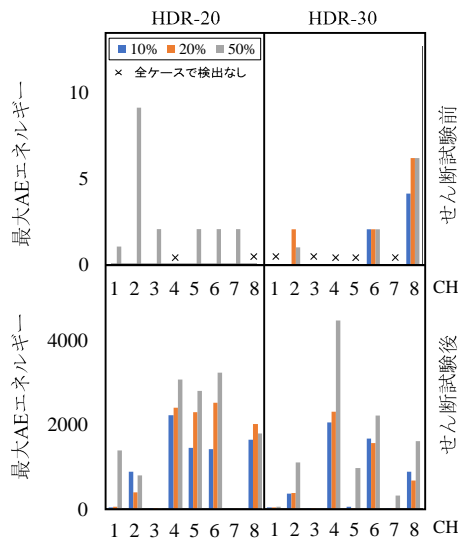


図-5：AE エネルギーの挙動

(2) ゴム内部から鋼棒を引抜くことで、全てのパターンにおいて多くの AE 現象を検出することができた(図-6 および図-7 に結果の一部を示す)。その数は、ゴム表面から鋼棒先端までの距離に相関があるわけではないが、ゴム内部で発生する弾性波を AE センサで検出できることが明らかとなった。3次元位置標定解析による剥離箇所の同定結果では、鋼棒付近に同定された割合は、ほぼ全てのパターンで 50%以上であり、そのうち半分の 7 パターンでは 90%以上であった。剥離箇所がゴム表面から 60mm (x60) 以上のパターンで高精度の位置標定結果が得られた。したがって、ゴム内部で発生する弾性波を検出できるだけでなく、その位置を特定できることを示した。位置標定された AE 現象の平

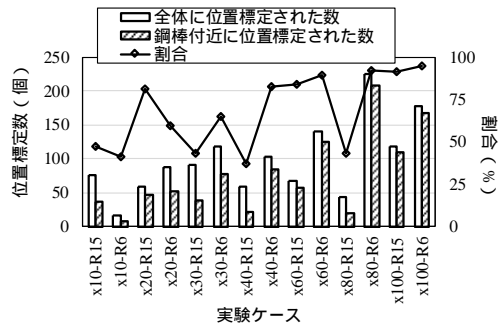


図-6：3次元位置標定解析の精度

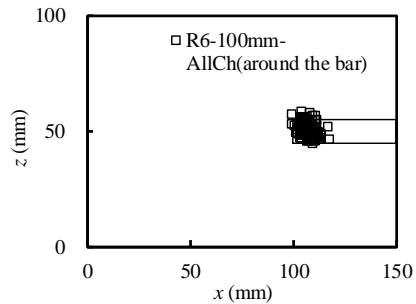


図-7：断面から見た位置標定結果

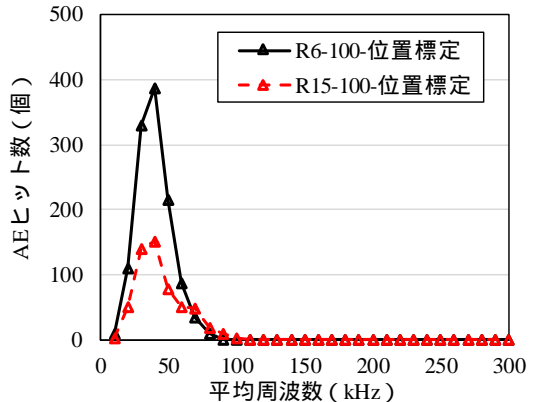


図-8：平均周波数の結果

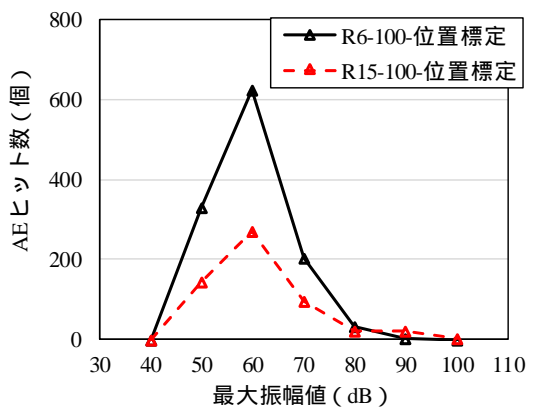


図-8：最大振幅値の結果

均周波数を確認する(図-8に結果の一部を示す)と、60kHz共振周波数および150kHz共振周波数ともに、50kHzから60kHzで多くのAE現象が検出された。したがって、ゴム内部で発生する剥離音は低周波数成分を多く含む可能性があることがわかった。以上から、本実験においては60kHz共振周波数のAEセンサを使用する方が最も検出精度が高くなる結果が得られた。最大振幅値(図-9に結果の一部を示す)には特筆すべき挙動は見られなかった。これらの結果から、ゴム内部からAE現象が高精度で検出可能なことが示された。今後は、ゴム内部に鋼板が配置された場合の実験結果について取りまとめる予定である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

田中陽裕、川崎佑磨、植田健介、伊津野和行、繰返しせん断変形が積層ゴム支承のAE特性に与える影響、土木学会論文集 A1(構造・地震工学)、査読有り、2018

川崎佑磨、田中陽裕、寺村直人、植田健介、伊津野和行、AE法によるゴム内部の剥離音検出精度の確認実験、土木学会論文集 A1(構造・地震工学)、査読有り、2018

[学会発表](計2件)

Yuma Kawasaki、Naoto Teramura、Kazuyuki Izuno、Damage Evakuation of Anti-seismic Rubber Bearing using Acoustic Emission、16th World Conference on Earthquake、2017

田中陽裕、川崎佑磨、伊津野和行、積層ゴム支承のAE技術を用いた損傷評価に関する研究、第37回地震工学研究発表会、2017

Akihiro Tanaka、Yuma Kawasaki、Study on Damage Assessment of Laminated Rubber Bearing using AE Technique、Materials Science & Engineering 2017、2017

6. 研究組織

(1)研究代表者

川崎 佑磨 (KAWASAKI Yuma)

立命館大学・理工学部・准教授

研究者番号：90633222