

橋梁用積層ゴム支承の AE 法による非破壊評価と断面観察に関する研究

立命館大学大学院 学生会員 ○加治木 悠斗
株式会社ビー・ビー・エム 正会員 植田 健介
立命館大学 フェロー会員 伊津野 和行
立命館大学 正会員 川崎 佑磨

1. 研究背景

1995年の兵庫県南部地震以降、橋梁に積層ゴム支承（以下、ゴム支承と記す）が積極的に採用された。しかし、兵庫県南部地震から20年以上が経過し、ゴム支承の経年劣化が顕在化している。近年では、2011年の東北地方太平洋沖地震によって初めてゴム支承の破断が確認され、2016年の熊本地震においても、ゴム支承の破断が確認された。また、現時点で供用されているゴム支承についても、交通荷重による疲労や地震などによる変形が原因で内部に劣化や損傷が存在している可能性が考えられる。しかし、大地震による影響を受けたゴム支承を引続き使用可能か判断する方法としては外観評価が一般的であり、定量的な評価方法が無いのが現状である。また、ゴム支承内部の損傷評価に関する研究は非常に少ない。著者らは、内部損傷を評価する手法の一つとしてAE（アコースティック・エミッション）法を検討している¹⁾。

本研究では、ゴム支承のせん断試験前後で交通振動を模擬した繰返し圧縮荷重試験を行い、試験中にAE計測を行った。さらに、ゴム支承の断面観察を行い、せん断試験前後で得られたAEパラメータ挙動と観察結果を比較した。得られた結果より、ゴム支承から検出されたAE特性によるゴム支承内部の損傷評価について検討した。

2. 研究概要

供試体は、天然ゴムを使用した天然積層ゴム支承（以下、RBと示す）を用いた。断面の微視観察は、せん断試験によって最も損傷しやすく、AEセンサ設置位置付近でもある図-1の赤丸の箇所を、500倍の卓上マイクロSCOPEを用いて観察した。

本研究では、繰返し圧縮荷重試験によってAE計測を行い、AEセンサは図-2の位置に設置した。その際の荷重値は、ゴム支承の一次形状係数によって

決まる許容最大応力度²⁾から算出した値とし、最低荷重値を153.6kNとして、最大荷重値164.2kNを10%、174.8kNを20%、206.6kNを50%繰返し圧縮荷重試験とし、繰返し回数は10回とした。

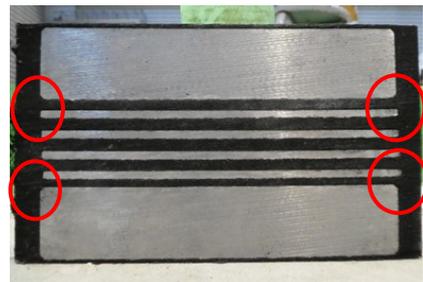


図-1 断面観察位置

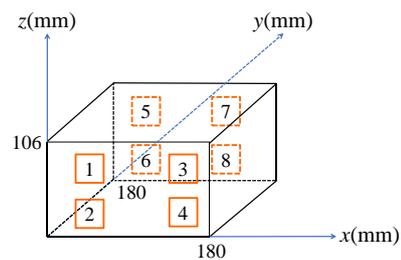


図-2 AEセンサ設置位置

3. 研究結果

3.1 AE計測

AE計測結果では、AEヒット数、最大振幅値とAEエネルギーの関係の2点に着目した。AEヒット数はAEセンサが弾性波を検出した数であり、発生したAE現象の多少を示す。最大振幅値は弾性波における振幅値の絶対値が最大の時の振幅値を表し、最大振幅値（以下、振幅値と示す）が大きいほど発生したAE現象の規模が大きいことを示す。AEエネルギーは包絡線波形の面積を表し、発生したAE現象のエネルギーを相対的に比較する。RBのAE計測結果を示す。図-3から、せん断試験後のAEヒット数は、せん断試験前と比べて非常に多いことがわかる。これより、せん断試験によってゴム支承内部に損傷が存在する可能性が考えられる。図-4から、せん断試験前後で

キーワード アコースティックエミッション, AEパラメータ, せん断試験, ゴム支承

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1 立命館大学理工学部環境都市工学科

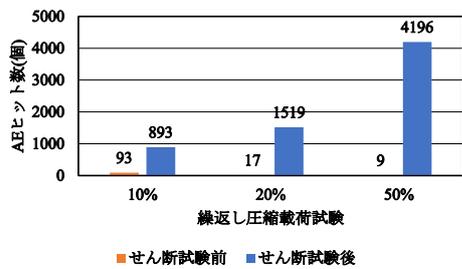


図-3 せん断試験前後での AE ヒット数

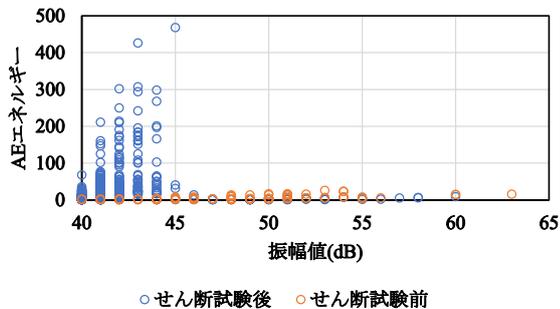


図-4 振幅値と AE エネルギーの関係

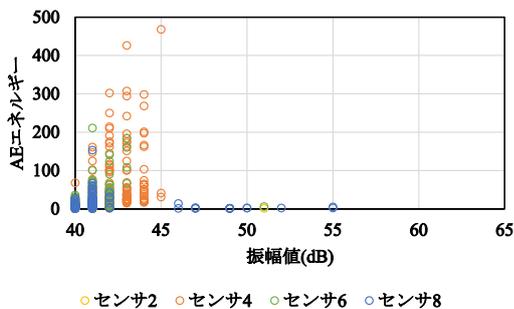


図-5 下鋼板側の AE センサの振幅値と AE エネルギーの関係

振幅値の分布に差はないが、せん断試験前よりもせん断試験後の AE エネルギーが増加していることが分かる。せん断試験後に着目すると、振幅値が大きくなるにつれて AE エネルギーも大きくなり、振幅値が 45dB を超えると急激に AE エネルギーが小さくなっていることが分かる。本研究ではこの傾向に注目し、「AE エネルギーが最大時の振幅値」が大きいほど、ゴム支承内部の損傷が存在する可能性が高いと考えた。次に、AE センサごとに着目するため、AE ヒット数が多かった下鋼板側の AE センサの結果を図-5 に示す。AE センサ同士で振幅値の値には明確な差は見られないが、AE エネルギーの値で比較するとセンサ 4 で最大の AE エネルギーが確認でき、その時の振幅値も最大の 45dB を示した。よって各センサで比較すると、センサ 4 付近の損傷度が最も高いと考えられる。

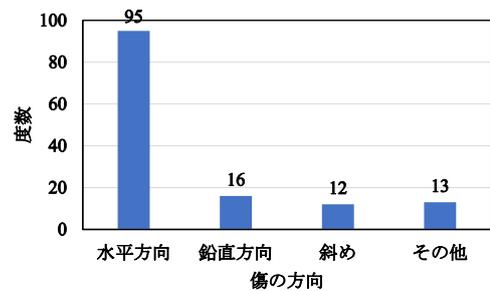


図-6 観察した傷の方向

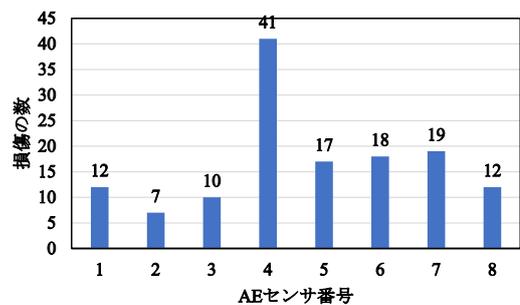


図-7 各センサの損傷の数

3. 2 断面の微視観察

せん断試験後の RB の傷の方向と損傷の数についての結果を図-6, 図-7 に示す。図-6 は傷の方向の分布を示しており、せん断試験による傷の方向は基本的に水平方向につく。それに加えて、水平方向の傷は切断痕、鉛直方向の傷と斜めの傷は破断直前に進展してできた傷、その他の傷はゴム支承作製時に混入した空気泡である。水平方向の傷が最も多くなっていることから、せん断試験によって多くの損傷ができたことがわかる。したがって、3. 1 の AE ヒット数の結果は、せん断試験による内部損傷の増加を示すと考える。次に、図-7 よりセンサ 4 付近の損傷の数が最も多いことが分かる。これは、3. 1 の振幅値と AE エネルギーの関係で得られたセンサ 4 付近の損傷度が最も高いという推定結果と一致している。したがって、振幅値と AE エネルギーの関係から、ゴム支承内部の損傷度の推定が可能であると考える。

参考文献

- 1) 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, Vol.74, No.4, p. I_481-I_489, 2018
- 2) 日本道路協会: 道路橋支承便覧, p.221-234, 2018.12