

2022年度阪神高速研究助成(若手研究者助成) 研究概要書

申請者	所属 立命館大学 職名 准教授	フリガナ カワサキ ユウマ 氏名 川崎 佑磨
共同研究者	所属 群馬工業高等専門学校 職名 准教授	フリガナ イノウエ カズマ 氏名 井上 和真
連絡先	所属 立命館大学 職名 准教授	フリガナ カワサキ ユウマ 氏名 川崎 佑磨
	住所 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 電話 077-561-3368	
研究課題名	供用中の積層ゴム支承を対象とした AE 法による残存耐震性能評価手法の確立に向けた研究	
研究結果	<p>設置後数十年を経過した積層ゴム支承(以降, ゴム支承)も数多く存在しており, 直近の大型地震(2011年, 2016年)では, ゴム支承の破断も報告されている。ゴム支承が破断あるいは大きくせん断変形すると橋梁の機能が損なわれ, 二次的な損傷や地震後の復旧・復興活動にも影響を及ぼす。本研究は, 非破壊試験法の一つであるアコースティック・エミッション法(以降, AE法)による残存耐震性能評価手法を検討して, 供用中のゴム支承の性能評価を可能にすることを目的としている。</p> <p>そのためには, ゴム支承がどの程度のせん断変形履歴を受けているのかを各種耐震性能(等価剛性, 水平荷重低下率など)と AE法の結果で比較検討する必要がある。そこで, 本研究では, HDR(高減衰積層ゴム支承)3体を対象として, 複数回のせん断試験を行った。異なるせん断変形履歴を与えることで, 各種耐震性能評価値と AE計測結果の相関を確認した。各 HDR は既に最大せん断ひずみ 300%のせん断試験等を受けたもので, 供試体①, 供試体②, 供試体③とした。その状態を基準とし, 一例として, <u>繰返し圧縮載荷試験+AE計測⇒性能確認試験①⇒地震模擬波形①(175%)⇒繰返し圧縮載荷試験+AE計測⇒性能確認試験②⇒地震模擬波形②(250%)⇒繰返し圧縮載荷試験+AE計測⇒性能確認試験③</u>のようなステップで載荷実験および AE計測(下線)を行った。ただし, このステップや地震模擬波形のせん断変形量は供試体毎に異なる。AE計測直前のせん断試験から得られた各種耐震性能評価値とその後の AE計測結果を比較して相関関係を確認した。このステップの場合, AE計測は3度実施されているため, 相関関係は3点で作成できる。</p> <p>与えた地震模擬波形は, HDRを採用した免震橋が熊本地震によって受けたと想定されるせん断ひずみの振幅倍率を最大せん断ひずみ 175%, 250%になるように調整した。最大せん断ひずみ 175%に調整した地震模擬波形のせん断ひずみ時刻歴を図-1に示す。繰返し圧縮載荷試験の時刻歴の例を図-2に示す。繰返し圧縮載荷試験</p>	

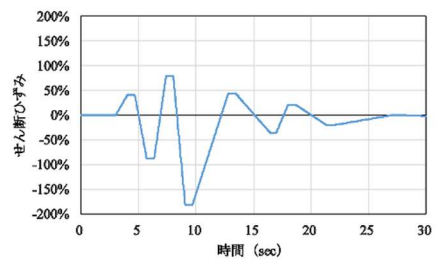


図-1 地震模擬波形の例(175%)

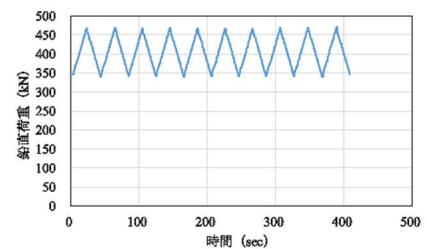


図-2 繰返し圧縮載荷試験の例

中に AE 計測を同時に行い、ゴム支承内部や表面から発生する弾性波を AE センサで検出した。得られた AE 波形から、各種パラメータを用いて評価した。

実験結果の代表として、一例として挙げた載荷ステップを採用した供試体①の実験結果を以降に示す。図-3 は、AE 計測中に検出された弾性波の数を示す累積 AE ヒット数を比較した結果である。本研究で使用した HDR の初期状態の AE 計測と 1 回目の地震模擬波形(最大せん断ひずみ 175%)載荷後の AE 計測を比較すると、後者の AE ヒット数が多い。これは、地震模擬波形によってゴム支内部に損傷が増加した可能性が考えられる。初期状態で AE ヒット数が多いのは、既に最大せん断ひずみ 300%を受けているためである。一般的に、せん断ひずみ 175%は性能確認試験で実施されるせん断ひずみであるため損傷が進展することは想定されていない。しかし、本研究では地震模擬波形としてせん断ひずみ 175%を加えていることから損傷が増加あるいは進展した可能性が考えられる。2 回目の地震模擬波形(最大せん断ひずみ 250%)後の AE ヒット数は、1 回目の地震模擬波形後の AE ヒット数よりも少ないが、これはゴム支内部の損傷領域が大きくなったことによって、ゴム支内部を伝搬する弾性波が減衰・消失したことが要因として考えられる。

供試体①の耐震性能評価として算出した等価剛性、水平荷重低下率と AE 計測結果をまとめたものを図-4 および表-1 に示す。等価剛性は、性能確認試験時の履歴曲線から算出した。水平荷重率は、性能確認試験の 2 サイクル時と10サイクル時のせん断ひずみ 175%を記録した時の水平荷重値を比較して低下率として算出した。AE パラメータである RMS 値は、検出された AE 波形が連続型の AE 波形の場合に、AE 信号の大きさおよび AE の発生率を評価できるパラメータである。すなわち、RMS 値が大きければ、検出された AE 信号は大きく、AE の発生率も高いことを示しており、損傷の増加あるいは進展が推測される。地震模擬波形②に進むにしたがって、水平荷重低下率は小さくなっており、せん断ひずみ 175%の水平荷重時点では、ゴム支承が多少硬くなっていることが推察される。一方で、等価剛性は低下しており、ゴム支承としては軟らかい(変形しやすい)傾向を示している。これは、水平荷重値が 250%付近で生じるハードニングの影響を受けているためと考えられる。

HDR3 体がそれぞれ既に異なるせん断変形を受けた後(本研究の最初の計測)で確認した AE 挙動と地震模擬波形を加えた後の AE 挙動を比較すると、AE ヒット数の増減、RMS 値の増減が確認できた。耐震性能評価では、水平荷重低下率および等価剛性が増減した。特に、2 回目となる地震模擬波形②を加えた後の AE 挙動と耐震性能評価はそれぞれ低下する傾向が確認できた。損傷領域の増大、損傷数(亀裂など)の増加に伴って、弾性波の減衰や消失により AE パラメータが低下傾向になることが予測される。今後は供試体数や累積せん断ひずみ量を増やして、両者の相関関係を構築する。

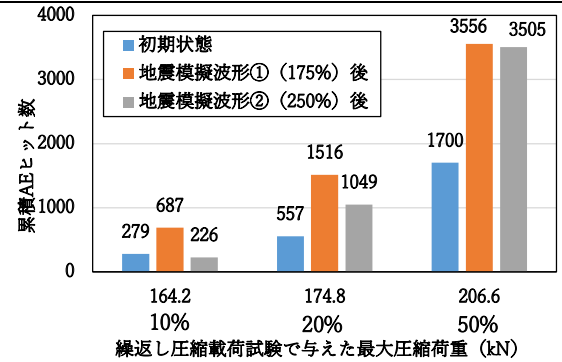


図-3 累積 AE ヒット数(供試体①)

表-1 耐震性能評価値と AE 計測結果のまとめ(供試体①)

	初期状態	地震模擬波形① (175%) 後	地震模擬波形② (250%) 後
等価剛性 (kN/mm)	2.329	2.254	2.103
水平荷重低下率 (%)	25.425	22.540	21.035
AE ヒット数 (10%)	279	687	226
AE ヒット数 (20%)	557	1516	1049
AE ヒット数 (50%)	1700	3556	3505
AE ヒット数 (合計)	2536	5759	4780
RMS 値 (10%)	0.01017	0.01133	0.00352
RMS 値 (20%)	0.01042	0.01168	0.00787
RMS 値 (50%)	0.01135	0.01204	0.00930

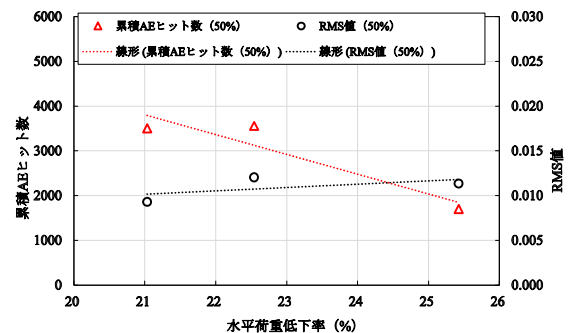


図-4 耐震性能評価値と AE 計測結果のまとめ(供試体①, 50%)