

積層ゴム支承の残存耐震性能と AE パラメータの相関に関する研究

立命館大学 学生会員 ○室田 亮馬
立命館大学 正会員 川崎 佑磨
群馬工業高等専門学校 正会員 井上 和真
(株)川金コアテック 正会員 姫野 岳彦

1. 研究背景・目的

積層ゴム支承は 1995 年以降から積極的に採用されるようになった。現在では設置後 25 年以上が経過し、それらが地震や交通振動によって内部損傷や劣化している可能性がある。また、近年の巨大地震ではゴム支承の破断が報告されており、ゴム支承の二次的な損傷や地震後の復旧・復興活動に影響を及ぼす恐れがある。地震に伴う大きなせん断ひずみを経験した後で破断しなかったゴム支承について、性能に基づく取り替えの必要性やそのタイミングを判断することが非常に難しい。そこで本研究では、非破壊試験法の一つである AE（アコースティック・エミッション）法を利用して、ゴム支承の残存耐震性能を非破壊で推定することを目的としている。

2. AE 法

AE とは、「固体材料が変形、あるいは破壊する際に、それまで固体内部に蓄えていたひずみエネルギーが解放されて弾性波が生じる現象、またはそのようにして発生する弾性挙動」と定義されている。本研究での AE 発生の原理を図-1 に示す。ゴム支承に対して繰返し圧縮載荷試験を実施し、そのときにゴム支承内部に存在する損傷（空隙）に起因して放出された弾性波をゴム支承表面に設置した AE センサで検知すると想定している。得られた AE 波形などから AE パラメータを取得することができる。

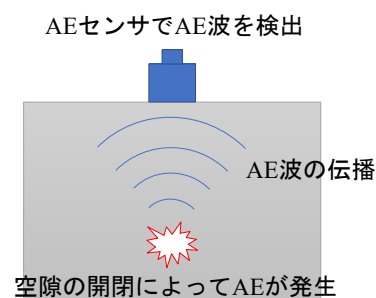


図-1 AE 発生の原理

3. 実験概要

3.1 供試体概要

高減衰積層ゴム支承を使用して試験を行った。供試体の概要を図-2 に示す。高減衰積層ゴム支承は高減衰ゴムを用いた積層ゴム支承で、振動による運動エネルギーを熱エネルギー等に変換して減衰させる。また、この供試体は内部損傷を発生させることを意図して回転挙動を伴う特殊な要素試験を経験しており、最大せん断ひずみ 300%を受けている。

3.2 試験概要

試験は地震波形を模擬したせん断試験⇒繰返し圧縮載荷試験・AE 計測⇒性能確認試験という流れで実施した。

地震波形は高減衰積層ゴム支承の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を模擬したものである。最大せん断ひずみは 175%、250%になるように振幅倍率を調整している。最大せん断ひずみ 175%に調整した地震波形のせん断ひずみ時刻歴を図-3 に示す。

繰返し圧縮載荷試験は 10%、20%、50%の順に繰返し圧縮載荷試験を行い、AE 計測を実施した。50%の繰返し圧縮載荷試験サイクルを図-4 に示す。

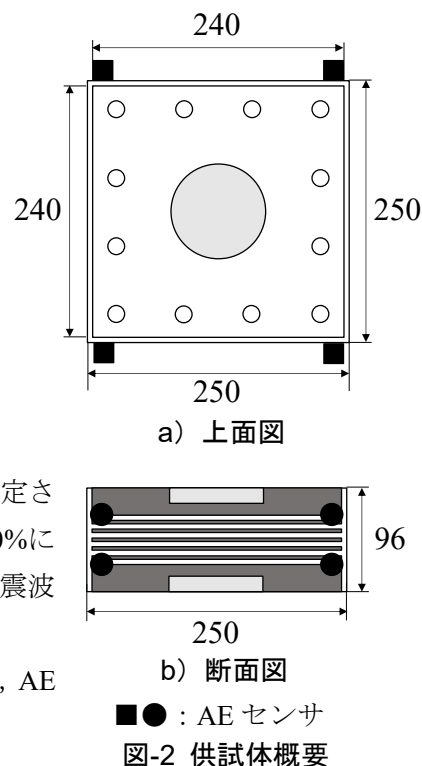


図-2 供試体概要

キーワード AE 法（アコースティック・エミッション）法、積層ゴム支承、残存性能

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1

立命館大学 室田亮馬 TEL090-6751-5799

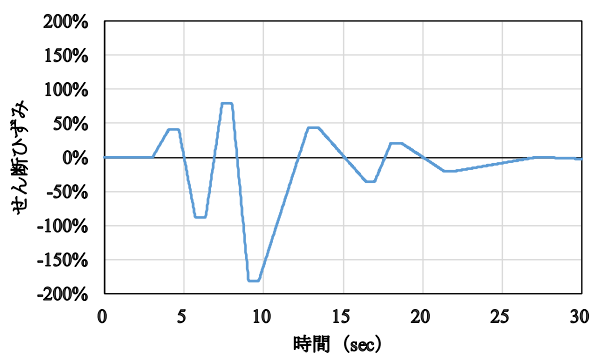


図-3 せん断ひずみ時刻歴 (175%)

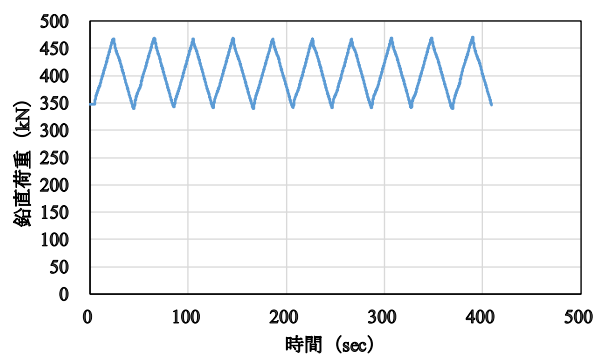


図-4 繰返し圧縮载荷試験サイクル (50%)

4. 実験結果

図-5 に水平荷重低下率と AE パラメータの相関を示す。図中の地震波形① (175%) は、最大せん断ひずみを175%に調整した1回目の地震波形载荷を示し、地震波形② (250%) についても同様である。また、A が要素試験後、B が地震波形① (175%) 後、C が地震波形② (250%) 後のデータである。水平荷重低下率は、性能確認試験の2サイクル目と10サイクル目の最大せん断ひずみ時の水平荷重を比較したときにどの程度水平荷重が低下したかを表している。AE パラメータは、各载荷力の

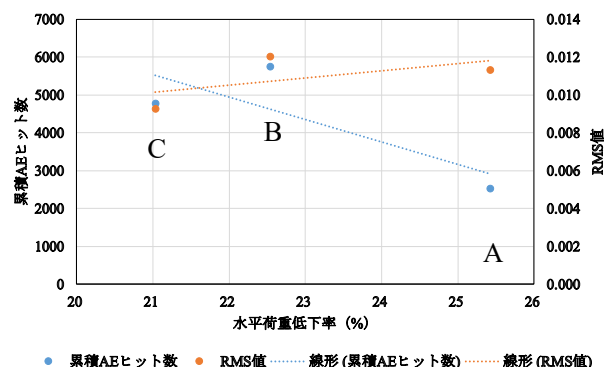


図-5 水平荷重低下率と AE パラメータの相関

繰返し圧縮载荷試験での合計の累積 AE ヒット数と 50%の繰返し圧縮载荷試験での RMS 値を使用した。RMS 値は AE 信号の大きさを表すとともに、特に連続型 AE の場合には AE の発生率を評価できるとされている。本実験で得られる AE は連続型の波形が多いため、AE 発生率を評価可能なパラメータと考えて使用した。

地震波形① (175%) 後に累積 AE ヒット数、RMS 値ともに増加した (図中の B)。最大せん断ひずみ 175% はゴム支承の出荷前に必ず実施される性能確認試験と同等であり、一般的には 175%で損傷が進展あるいは新しい損傷が発生する可能性は低い。しかし、このような結果となったのは要素試験の影響があったと考えている。要素試験において 300%のせん断ひずみを受けているため、すでにゴム支承内部には損傷が存在している可能性が高い。内部損傷がない状態で 175%のせん断ひずみを受けても損傷が進展することはないが、内部損傷がある状態で 175%のせん断ひずみを受けると損傷が進展する可能性も考えられる。地震波形② (250%) 後に累積 AE ヒット数、RMS 値ともに減少した (図中の C)。損傷した状態でせん断ひずみ 250%を経験したことで損傷が進展したと考えられる。損傷領域が多数存在する、あるいは大きくなると、ゴム支承内部を伝搬する AE 波の減衰などによって AE ヒット数の減少や検出される AE 信号が小さくなる可能性が考えられる。すなわち、地震波形② (250%) を受けたことで、ゴム支承の残存耐震性能は大きく低下したことが予測される。

5. まとめ

内部損傷がある状態とない状態では、同じせん断ひずみを受けた際の損傷の程度が異なることが分かった。また、損傷領域が大きくなると、AE 波の減衰などによって AE ヒット数が減少することが分かった。

謝辞

本研究の実施にあたり、阪神高速若手研究者助成を受けた。また、ゴム支承の作製および载荷試験には(株)川金コアテックの協力を得た。

参考文献

- 1) 田中陽裕, 川崎佑磨, 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.74, No.4, I_481-I_489, 2018