

京都大学工学部 学生会員○濱野 真彰 京都大学防災研究所 正会員 五十嵐 晃
 埼玉大学理工学研究科 正会員 党 紀 京都大学工学研究科 学生会員 東出 知大
 阪神高速道路(株) 正会員 足立 幸郎 阪神高速道路(株) 正会員 林 訓裕

1. はじめに

道路橋において普及が進んできたゴム支承に、経年に伴う劣化と損傷が近年見られるようになった。ゴム支承の劣化損傷が支承の機能や橋の耐震性能に与える影響は明確にされておらず、また劣化損傷に関する合理的な管理基準は確立されていないのが現状である。そこで本研究では、経年劣化損傷が生じた天然ゴム支承（リングプレート型積層ゴム支承、以下、リング支承）を実橋より取り出してせん断载荷試験を実施し、経年劣化損傷が支承機能に与える影響を実験的に検討した。

2. 対象とした天然ゴム支承

阪神高速7号北神戸線の白川 P6 橋脚に設置され、27 年間供用され表面き裂が発生した地震時水平力分散支承（リング支承）を試験の対象とした。対象支承の構造図を図 1 に示す。リング支承は開口部のある内部鋼板（リングプレート）を用いた積層ゴム支承である。平面寸法は 400mm×450mm、ゴム総厚は 107mm である。形状係数は $S_1=5.93$ 、 $S_2=3.55$ である。天然ゴム(NR)のせん断弾性係数は 1.05N/mm^2 である(G10.5)。取出した支承および比較用の新規製作同等品の新品支承（それぞれ「劣化支承」「リファレンス支承」と呼ぶ）各 2 体を対象としている。

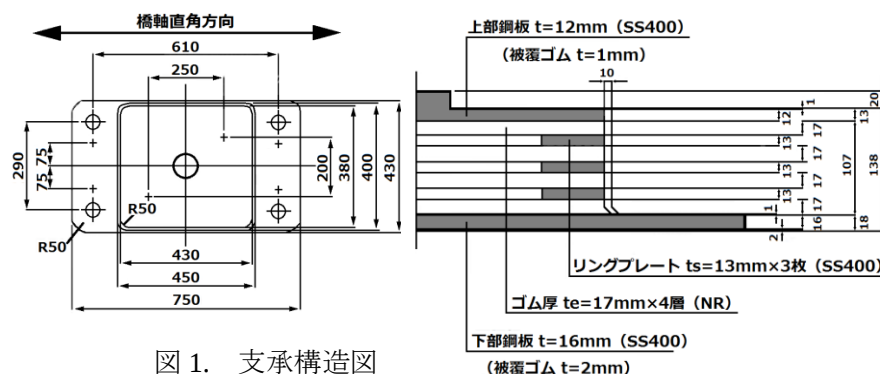


図 1. 支承構造図

3. 試験方法

対象支承に対するせん断载荷試験を実施し、経年劣化による表面き裂が顕著なゴム支承の復元力特性および変形性能に関する残存性能を評価する。劣化支承と、リファレンス支承の各々に対して、レベル 1 地震動相当の地震に対する性能試験（以下、L1 試験）および破断に至るまでの変形性能としての終局性能の確認試験（以下、終局試験）を実施した。

試験に用いた载荷装置を図 2 に示す。支承の上部鋼板を水平軸方向のみに可動するようリンク機構で拘束支持された载荷はりに結合し、下部鋼板をストッパーで水平方向に拘束された下側载荷テーブルに結合し、载荷はりを介して 2000kN アクチュエータによる水平せん断载荷を行う。4 本の 500kN 鉛直ジャッキにより、死荷重反力相当の 563kN の鉛直一定荷重が試験体に与えられている。

(1) L1 試験

せん断ひずみ 150% に相当する変位振幅 160.5mm の正負交番载荷を行う。5 サイクルを 1 セットとして、3 セットの载荷までに復元力の著しい低下が生じないことを確認する。

(2) 終局試験

一方向载荷によって、対象支承に破断が生じるまで水平変位を与える試験を行う。破断ひずみが許容

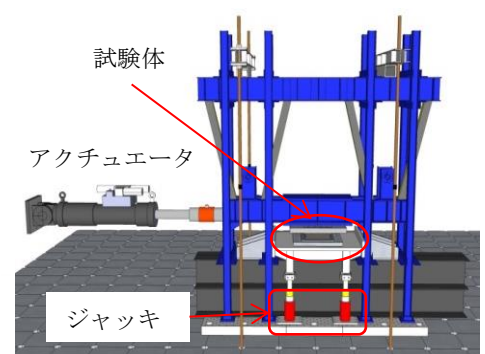


図 2. 载荷装置

せん断ひずみよりも大きいことを確認する。設計当時の許容せん断ひずみは 150%であったことから、本研究でも許容せん断ひずみを 150%とする。

4. 試験結果

(1) L1 試験

L1 試験で得られた復元力履歴曲線を、リファレンス支承と劣化支承で比較したものを図 3 に示す。両支承ともに、初期のサイクルでは大きな履歴曲線を描いているが、劣化支承の方がより大きく、ハードニング現象がより小さなひずみで現れている。およそ 4 サイクル目以降では、両者はほぼ同一の履歴曲線となり、両支承の履歴特性の相違は小さい。

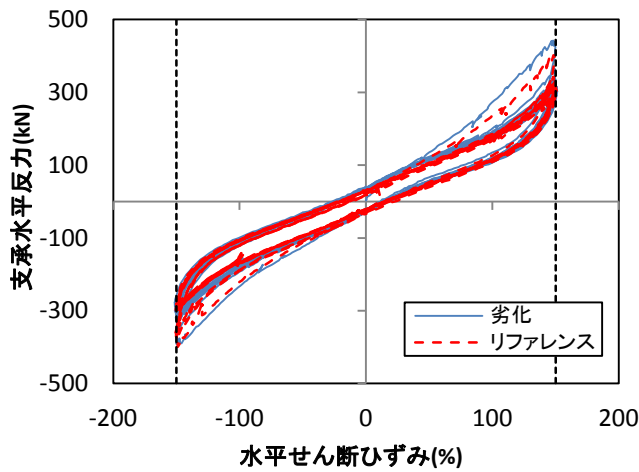


図 3. 履歴曲線の比較

両支承の各セットにおける等価剛性の値を表 1 に示す。セット 1 では劣化支承の等価剛性はリファレンス支承に比べ増加している。初期のサイクルでは、劣化支承の等価剛性が大きく現れる。セット 2 以降ではどちらも変化はほとんど見られない。経年に伴うゴム材料の硬化、試験時でのき裂によるゴム断面積の減少等が等価剛性に影響するものと考えられるが、結果的に経年劣化の影響が小さかったと考えられる。

表 1. 等価剛性の比較

セット	k_{eq} (kN/mm)	
	リファレンス	劣化
1	2.182	2.210
2	1.959	1.953
3	1.909	1.911

(2) 終局試験

終局試験で得られたせん断ひずみー復元力関係を図 4 に示す。リファレンス支承は、許容せん断ひずみ 150%を十分に上回る破断ひずみ 218%であったのに対し、劣化支承では許容値を下回る 131%で破断した。また、劣化支承の最大復元力はリファレンス支承の 40%以下となった。

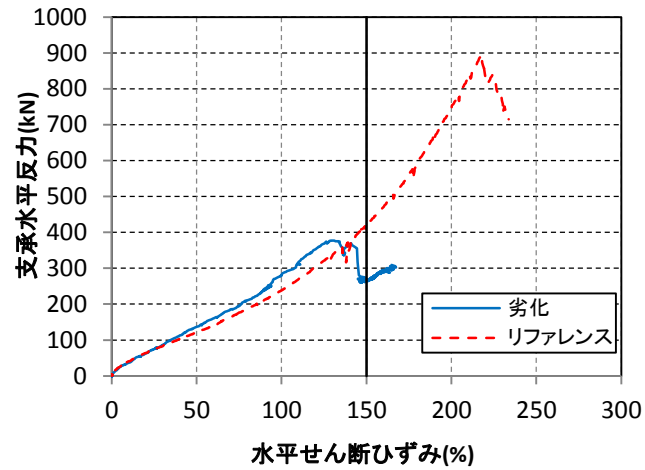


図 4. 終局試験結果

L1 試験での劣化支承は、せん断ひずみ 150%の載荷を行っても破断が生じなかったのに対し、終局試験の劣化支承は 131%で破断した。この相違は、支承の劣化メカニズムにおける進行の個体差の可能性が考えられる。

終局試験の劣化支承は既存のき裂から破断せず、下部鋼板からゴム部が剥がれるように破断したのに対し（図 5）、L1 試験では破断には至らなかった。取り出し前の両支承の表面き裂の状況に大きな相違は観察されなかったことから、外観から実際の性能の相違を事前に評価することは困難であると考えられる。よって、経年劣化が生じた劣化メカニズムとその個体差の評価が課題である。



図 5. 劣化支承の終局試験における破断の状況