

## 経年劣化ゴム支承の載荷試験による残存性能の調査

京都大学工学研究科 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 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 オイレス工業(株) 正会員 東出 知大

## 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載荷試験を実施し、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、写真1に示したような表面き裂が見られ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 $1.05\text{N/mm}^2$ である（G10.5）。取り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（G1,G2,G5,G7）」「リファレンス支承」と呼ぶ）を対象としている。



写真1. 経年劣化したリング支承

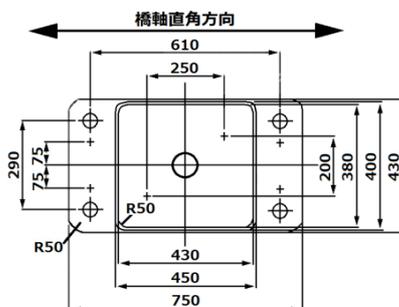


図1. 支承構造図

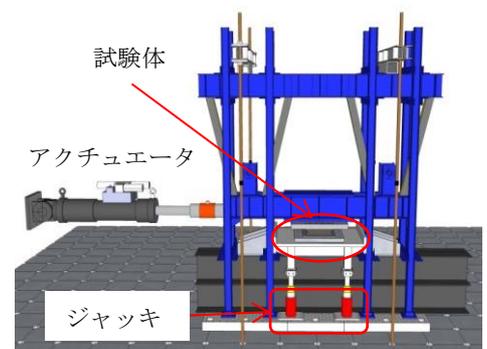


図2. 載荷装置

## 3. 試験方法

対象支承に対するせん断載荷試験を実施し、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。

試験に用いた載荷装置を図2に示す。支承の上部は水平軸方向のみに可動するようリンク機構で拘束された載荷はりに結合し、下部をストッパーで水平方向に拘束された下側載荷テーブルに固定した。200tf アクチュエータを用いて水平せん断載荷を行う。テーブルの下にある4本の500kN鉛直ジャッキにより、死荷重反力相当の563kNの鉛直一定荷重を試験体に与えた。

## (1) L1試験

せん断ひずみ150%に相当する変位振幅160.5mmの正負交番載荷を行う。5サイクルを1セットとして、3セットの載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

一方向載荷によって、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。破断ひずみが許容せん断ひずみよりも大きいことを確認する。設計当

キーワード：リング支承、供用済ゴム支承、天然ゴム、破断試験、繰返し載荷試験

連絡先：〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学工学研究科社会基盤工学専攻 Tel 075-383-3244

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 3 体で比較したものを図 3 に示す。全支承ともに、初期のサイクルでは大きな履歴曲線を描いている。特に、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領域で現れている。およそ 4 サイクルの载荷以降は、全支承はほぼ同一の履歴曲線となり、履歴特性の相違は小さいと言える。ただし、リファレンス支承と G1 支承に対して、G2,G5 支承の実験結果では剛性が減少し、履歴ループの面積が増加している傾向が見られた。

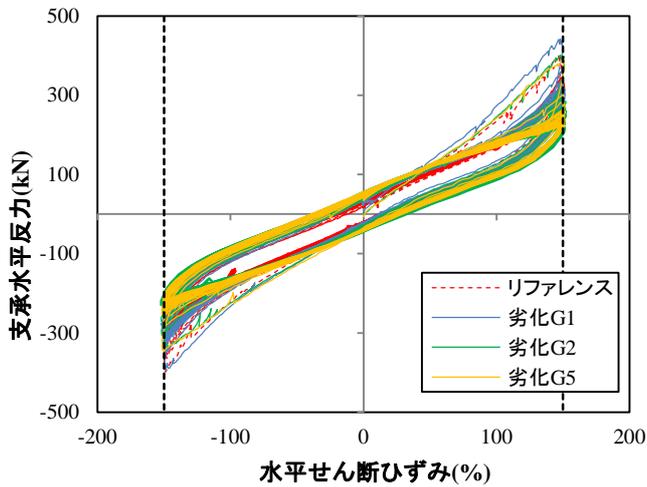


図 3. 履歴曲線の比較

全支承の各セットにおける等価剛性の値を表 1 に示す。リファレンス支承と G1 支承の等価剛性の変化はほとんど見られない。G2,G5 支承の等価剛性は、リファレンス支承に比べて 3 セットとも減少している。試験時でのき裂によるゴム断面積の減少が等価剛性に影響したものと推定され、その減少の程度には個体差があると言える。

表 1. 等価剛性の比較

set	$k_{eq}$ (kN/mm)			
	リファレンス	劣化 G1	劣化 G2	劣化 G5
1	2.18	2.21	1.87	1.79
2	1.96	1.95	1.42	1.48
3	1.91	1.91	1.36	1.42

(2) 終局試験

終局試験で得られたせん断ひずみ-復元力関係を図 4 に示す。リファレンス支承と G7 支承は終局

試験のみを実施し、G1,G2,G5 支承は L1 試験後に終局試験を行った。リファレンス支承は、許容せん断ひずみ 150%を大幅に上回るひずみ 218%で破断した。G7 支承は許容値を下回る 131%で破断したが、G1,G2,G5 支承は許容値を上回った。劣化支承の履歴曲線の相違は、処女载荷に現れるムーリンス効果および試験時でのき裂の進展における個体差に起因するものと想定される。また、劣化支承 4 体の最大復元力はリファレンス支承の 50%以下となった。

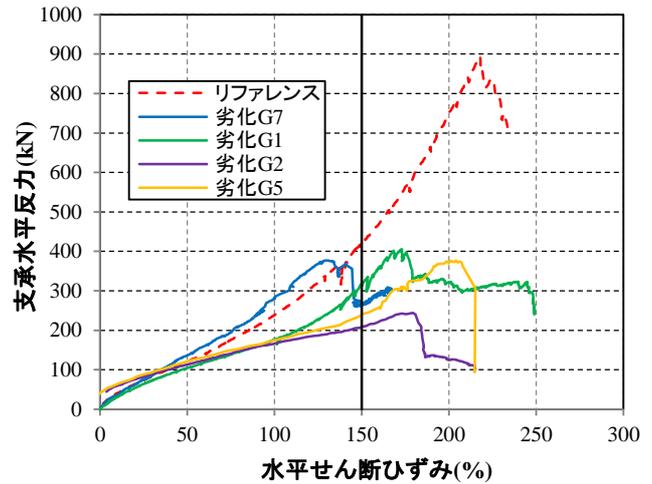


図 4. 終局試験結果

5. 考察

4 体の劣化支承のうち、G1,G2,G5 の 3 体は L1 試験で早期の破断や顕著な復元力低下は見られず、破断ひずみは 150%を上回るのに対し、G7 は 131%で終局状態となり破断した。このような結果は、試験体製造時の個体差や劣化の進行による相違、あるいはその相互作用が生じていた可能性を示すものと考えられる。また、G1,G2,G5 の L1 試験時には、下部鋼板とゴムの接着面の付近に断面の周縁の領域が部分的に剥離し、せん断試験時に剥離面に変位が生じていることが観察された。破断時には、被覆ゴム表面に存在していたき裂が進展して破断するプロセスは見られず、上述のように下部鋼板からのゴムの剥離の進展が見られた。なお破断あるいは一部剥離しても、剥離面の間に生じた摩擦の作用によりエネルギー吸収の増加が見られた。取り出し前の 4 体の支承の表面き裂の状況には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。経年による劣化のメカニズムの解明を進めるとともに、支承毎の劣化の個体差の評価方法が今後の課題である。