ゴム支承（LRB）の経年劣化と地震時残存性能試験

阪神高速道路(株)　正会員　○ 林　訓裕　　阪神高速道路(株)　正会員　足立　幸郎
阪神高速道路(株)　正会員　甲元　克明　　京都大学大学院　正会員　五十嵐　晃
埼玉大学大学院　正会員　党　紀　　京都大学大学院　学生会員　東出　知大

１．はじめに

兵庫県南部地震以前に採用されたゴム支承は経年に伴う劣化現象が顕在化してきており，補修すべきと考えられる外観を呈しているものが存在する．しかしながら，その損傷が支承性能にどのような影響を与えているかは明確になっておらず，現在は経過観察中のものがほとんどである．本研究ではゴム支承の経年劣化損傷に着目し，地震時残存性能へ与える影響を明らかにするため，損傷の発生している鉛プラグ入り積層ゴム支承（LRB）を実橋より取出して各種試験を実施した．併せて新規製作するリファレンス支承の値と比較を行ったので，その結果の報告ならびに考察を述べるものである．

２．調査対象支承

今回性能試験の対象とする支承は，地震時残存性能への影響が大きいと考えられる損傷である鉛プラグの流出が発生している阪神高速 15 号堺線 P181 橋脚の鉛プラグ入り積層ゴム支承（LRB）とする．ゴムの平面寸法は 350mm×550mm，ゴム総厚は 14mm×5 層=70mm，形状係数は S_1=7.64，S_2=5 であり，鉛プラグ（φ55mm）が 4 本配置されている．当該箇所の建設当初（昭和 45 年竣工）は単純桁＋鋼製支承であったが，平成 7 年に桁連結化に伴い水平力分散を図るため支承取替が行われたものである．

損傷内容は**写真-1** に示すように鉛プラグが支承側面から突出しており，同一支承線上で同様な損傷状況である．過去の点検履歴より損傷は平成 17 年（竣工後約 10 年）に支承ふくれが発見されており，平成 20 年の点検で鉛突出の損傷が報告されていることから，徐々に進行しているものと考えられる．なお，当該箇所は連結桁（11 径間）の端支点部に位置している．

写真-1 損傷状況

３．載荷試験内容

経年劣化後の残存性能を確認することを目的として実施した，力学試験のプロトコルを**表-1** に示す．これらの項目は阪神高速道路の共通仕様書 [1)]における ゴム支承の製品検査項目を参照しており，供用中においても保持されていなければならない重要な機能であるため，今回の試験にて実施するものである．

上載荷重は全ケースで死荷重反力相当とし，回収品（劣化支承）及び新規製作品（リファレンス支承）に対してそれぞれ実施した．

表-1 載荷試験の主要プロトコル

	試験項目	試験方法	載荷変位／荷重	繰返し回数	載荷速度
1	残存地震時性能確認試験（L１）	繰返し水平変位載荷試験	±150%相当水平変位	５回／セット ×５セット (セット間冷却１時間)	2～3mm/秒
2	残存地震時性能確認試験（L２）	繰返し水平変位載荷試験	±250%相当水平変位	５回／セット ×２セット (セット間冷却１時間)	1～2mm/秒
3	残存地震時終局限界確認試験	一方向水平変位載荷試験	著しい耐荷力の低下まで	－	2mm/秒
4＊	残存供用性能確認試験（圧縮変形）	繰返し鉛直荷重載荷試験	最大反力相当	1回／セット ×３セット	0.5mm/秒
	残存供用性能確認試験（水平変形）	繰返し水平変位載荷試験	±70%相当水平変位	50 回／セット	超緩速

＊鉛直載荷終了後に水平載荷へ移行する

キーワード　ゴム支承，経年劣化，地震，残存性能
連絡先　〒552-0006　大阪市港区石田３－１－２５　阪神高速道路(株)大阪管理部　ＴＥＬ06-6576-3881

４．試験結果

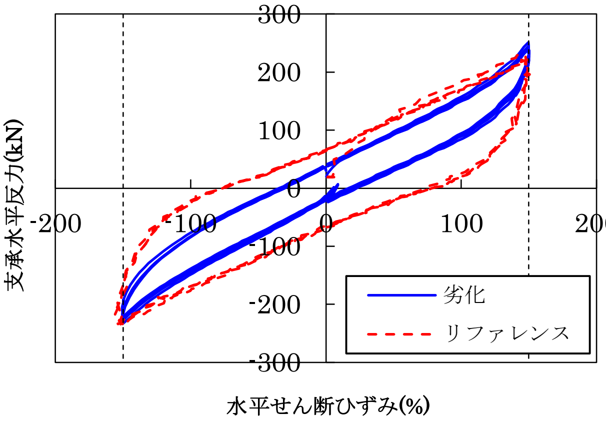
（１）L1 試験

本試験ではせん断ひずみ 150%を目標変位とし，1 セット 5 回の正負交番載荷を行い，合計 3 セットを実施した．**図–1** に 3 セット目における劣化支承及びリファレンス支承の履歴曲線の比較を示す．劣化支承の履歴ループが細っており，減衰性能が低下していることがうかがえる．**表–2** に L1 試験における等価剛性 k_{eq}，等価減衰定数 h_{eq} 及び切片荷重 Q_d の比較を示す．

等価剛性はリファレンス支承よりもやや増加しており，ゴムが硬化していることが考えられる．また，等価減衰定数及び切片荷重はリファレンス支承と比べてどちらも半分以下になっていることから，鉛プラグの減衰性能が低下しているものと推察される．

（２）L2 試験

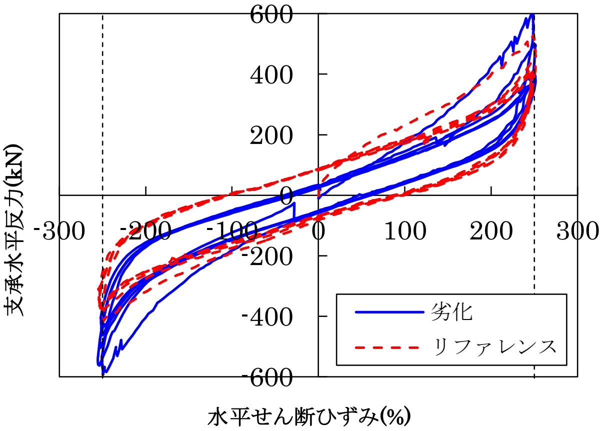
本試験ではせん断ひずみ 250%を目標変位とし，1 セット 5 回の正負交番載荷を実施した．**図–2** に劣化支承及びリファレンス支承の復元力履歴特性の比較を示す．劣化支承の履歴ループがやや細っており，減衰性能の低下が考えられることに加え，せん断ひずみ（変位）が大きくなるにつれ荷重が増加していることから，ゴムの剛性が増加していると想定される．**表–3** に示す各パラメータの比較から，L1 試験同様，経年劣化によるゴムの硬化と鉛の減衰性能低下がうかがえる．



図–1　LRB の復元力履歴特性の比較（L1・セット 3）

表–2　等価剛性，等価減衰定数及び切片荷重の比較

セット	k_{eq} (kN/mm)		h_{eq}		Q_d (kN)	
	劣化支承	ﾘﾌｧﾚﾝｽ支承	劣化支承	ﾘﾌｧﾚﾝｽ支承	劣化支承	ﾘﾌｧﾚﾝｽ支承
1	2.52	2.42	0.0904	0.196	33.9	69.6
2	2.34	2.20	0.0766	0.192	29.8	66.8
3	2.31	2.16	0.0756	0.185	29.4	66.4



図–2　LRB の復元力履歴特性の比較（L2・セット 1）

表–3　等価剛性，等価減衰定数及び切片荷重の比較

セット	k_{eq} (kN/mm)		h_{eq}		Q_d (kN)	
	劣化支承	ﾘﾌｧﾚﾝｽ支承	劣化支承	ﾘﾌｧﾚﾝｽ支承	劣化支承	ﾘﾌｧﾚﾝｽ支承
1	2.78	2.35	0.0692	0.133	41.1	78.9
2	2.28	2.10	0.0669	0.113	37.3	67.2

５．まとめ

経年劣化により鉛プラグの突出という損傷の発生している LRB の載荷実験を行い，地震時残存性能を確認した．得られた結果より下記のように考察される．

① リファレンス支承と実支承とを比較すると，ゴムの硬化により剛性が上がっているものと推定される．

② 等価減衰定数の比較から，減衰性能が低下している傾向が見られる．この要因としては鉛プラグの劣化が考えられる．

③ 常時の使用では直ちに問題となることはないと考えられるが，L1 地震動を繰り返し受ける環境下での長期使用については検討を要する．

④ L2 地震動のような大変形に対する変形性能は確保されているものの，経年劣化に起因すると考えられるゴムの硬化や鉛プラグの減衰性能の低下による影響について十分考慮する必要がある．

参考文献

1）阪神高速道路株式会社：土木工事共通仕様書，2009.