

経年劣化がゴム支承に与える影響に関する事例検討

国立研究開発法人 土木研究所 正会員 ○大住 道生 正会員 中尾 尚史
正会員 高野 真

1. はじめに 平成7年兵庫県南部地震以降、支承構造としてゴム支承が広く普及している。一方で、経年劣化によりゴム支承本体に亀裂が生じた事例が報告されている¹⁾。経年劣化の影響については、ゴム支承を橋梁に用いる上で把握しておく必要はあるが、その影響の度合いを評価する手法は確立されていない。そこで本研究では、ゴム支承の力学的な性能評価手法の構築とゴム支承の耐久性に関する知見を集約することを目的として、約26年間供用されていたゴム支承を用いて、载荷試験よりその性能を検討する。

2. 試験に使用する支承の概要 本研究では、一般国道362号静岡県浜松市に架橋されている宮川橋(写真-1(a)、橋長105m、全幅10.5m、山間部の渡河橋、供用開始平成3年、平成27年24時間交通量1319台)に使用されている支承を用いて検討した(写真-1(b)、図-1)。宮川橋に使用されている支承は鉛プラグ入り積層ゴム支承であり、1支承線上に5基設置されている。本研究では、A1橋台に設置されていた支承を回収し、载荷試験によりその性能を検証した。なお、本橋については、これまでに洪水等による顕著な劣化を受けた事例は発生していないが、支承の取外しの際に用いたバーナーによる熱の影響は不明である。

载荷試験を実施するに際し、あらかじめ回収した支承の外観検査を行った。その結果、回収した全ての支承について、橋軸方向に7mm～11mm程度の残留変形が生じていたが、亀裂等の損傷は生じていなかった(写真-2)。桁の温度伸縮によるゴム支承のひずみは12.7%で、一般にオゾン劣化が生じるといわれるひずみレベルより小さく、オゾン劣化は生じていなかったと考えられる。

3. 試験方法 試験機は、2軸試験機(試験機能力：水平荷重3MN、鉛直荷重20MN)を用いて行った(図-2)。本研究では、回収した A1橋台の支承5基のうち3基(本原稿では、供試体 A,B,C と表記)を対象とした。ゴム支承を宮川橋に設置する前の平成2年に同等の支承で性能試験が行われている。本研究では、当時の試験結果と比較ができるように、平成2年に行われた試験方法(表-1)と同じ条件で試験を行った²⁾。なお、試験実施時の雰囲気温度は31℃～32℃、各ひずみレベルの試験時で支承表面温度は28℃～30.5℃、各試験間のインターバルは10分程度である。平成2年当時の試験時温度は不明であるが、周辺都市の気象記録から、同等の雰囲気温度であったと考えられる。得られた結果から、水平荷重－水平変位の関係や等価剛性、等価減衰定数を検討した。

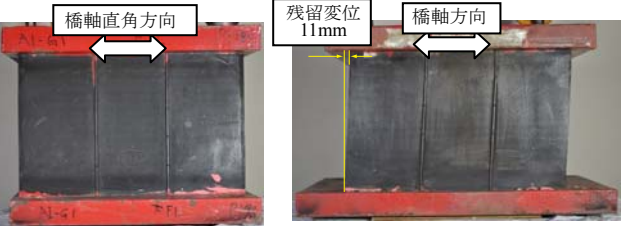
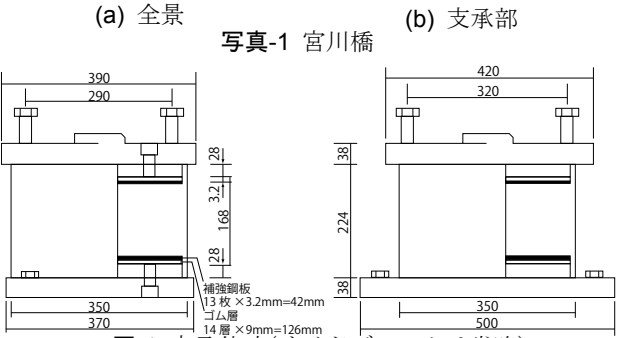


写真-2 支承の残留変位(G1桁に設置されていた支承)

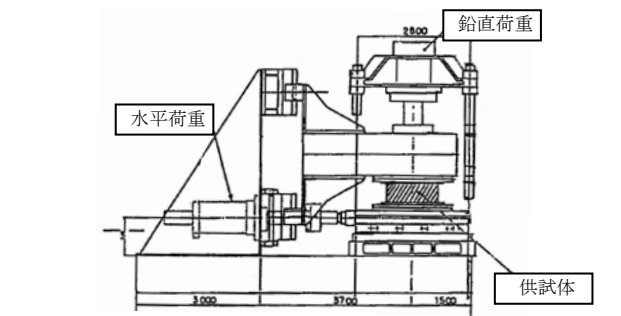


図-2 試験のセットアップ図

表-1 試験条件

鉛直荷重	418kN	加振回数	各5回
ひずみ(変位)	±22%(±28mm,L1地震相当変位)	加振波形	正弦波
	±50%(±63mm)	加振速度	15mm/s
	±75%(±95mm)		
	±106%(±133mm,L2地震相当変位)		
	±159%(±200mm)		

キーワード 鉛プラグ入り積層ゴム支承、経年劣化、等価剛性、等価減衰定数

連絡先 〒305-8516 つくば市南原 1-6 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

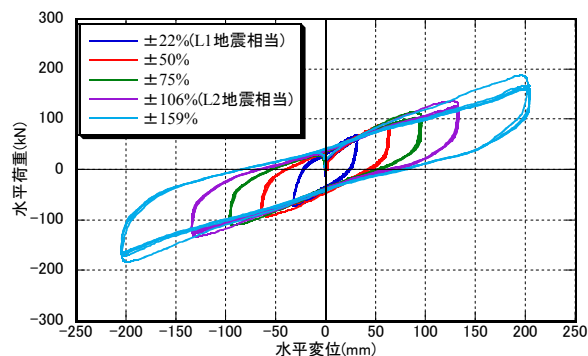
4. 試験結果 図-3は、水平変位と水平荷重の関係を示したものである。横軸は水平変位、縦軸は水平荷重である。ここでは、一例として、供試体Aの結果と平成2年に実施した試験の結果を示した(平成2年に実施した試験の結果における水平荷重はtfで表記)。26年経過した支承の剛性は、平成2年に実施した剛性よりも大きくなっている。したがって、経年劣化の影響によりゴム支承の剛性が大きくなったと考えられる。

表-2は、試験結果を基に算出した等価剛性である。等価剛性は、道路橋支承便覧³⁾で示されている方法で算出した。表中には、平成2年に実施した試験結果(ここでは「作製時(H2実施)」と表記)も示した。26年経過した支承の等価剛性は、 $\pm 22\%$ ひずみの結果を除いて製作時に比べて約2.2%~22.2%程度大きくなっている。一方、 $\pm 22\%$ ひずみの場合は約10%低下している。これは、試験機の荷重振幅の影響により平成29年試験における $\pm 22\%$ ひずみの変位振幅は、平成2年試験における $\pm 22\%$ ひずみの変位振幅よりも約17%大きいことが原因の1つであると考えられる(表-3)。そのため、等価剛性を算出するために用いる変位振幅を平成2年試験と同じ変位振幅量で等価剛性を算出すると2.36kN/mmになり、両者ほぼ同じである。また、平成2年試験における $\pm 22\%$ ひずみは、それまで経験したことのない変形による特異性も考えられるため、各ひずみにおける3回目の加振記録を基に、平成2年試験における $\pm 22\%$ ひずみ時の等価剛性を算出した。その結果、表-4に示すように、平成29年試験の方が、 $\pm 22\%$ ひずみ時の等価剛性が大きい。以上のことから、経年劣化の影響によりゴム支承の剛性が大きくなると考えられる。また、回収した支承の標準偏差が小さいことから、等価剛性のばらつきは小さいと考えられる。

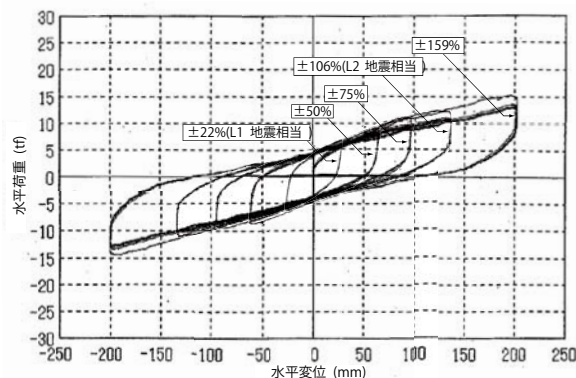
等価減衰定数は表-5に示すように、26年経過すると作製時の等価減衰定数に比べて最大で約30%減少している。表-6は各ひずみにおける単位水平変位あたりの履歴面積を算出した結果である。両者を比較すると、平成2年と平成29年の試験結果に大きな差は見られない。等価減衰定数は履歴面積と等価剛性が関係する。両者の履歴面積に大きな差が見られなかったことから、平成29年試験における等価減衰定数の減少は、等価剛性増加による影響が大きいことがわかる。なお、回収した支承の等価減衰定数についても、ばらつき(標準偏差)は小さかった。

5. まとめ 本研究では、経年劣化がゴム支承に与える影響を検討するために、設置から26年経過したゴム支承の性能について検討した。本研究の範囲内ではあるが、得られた知見は以下のとおりである。1)回収した支承の外観検査を行ったところ、ゴム支承に残留変形は生じていたが、亀裂等の損傷は生じていなかった。2)水平載荷試験の結果、経年劣化の影響により等価剛性が大きくなり、等価減衰定数は小さくなることがわかった。

謝辞 本研究で検討に使用した支承は、浜松市よりご提供いただいた。ここに謝意を表す。**参考文献** 1)平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震による道路橋等の被害調査報告、国総研資料第814号/土研資料4295号, 2014. 2)松尾芳郎, 原広司, 大石昭雄, 山下幹夫: 宮川橋の設計と施工, 橋梁と基礎, 91-2, pp.15-22, 1991. 3) 社団法人日本道路協会: 道路橋支承便覧, 2004.



(a) 供試体A



(b) 平成2年試験の結果

図-3 水平変位-水平荷重の関係

表-2 等価剛性

ひずみ(水平変位)	等価剛性(kN/mm)				
	供試体A	供試体B	供試体C	標準偏差	作製時(H2実施)
$\pm 22\%$ (± 28 mm)	2.125	2.176	2.156	0.0210	2.370
$\pm 50\%$ (± 63 mm)	1.315	1.301	1.312	0.0060	1.280
$\pm 75\%$ (± 95 mm)	1.056	1.102	1.074	0.0189	0.927
$\pm 106\%$ (± 133 mm)	0.926	0.939	0.920	0.0079	0.768
$\pm 159\%$ (± 200 mm)	0.806	0.836	0.836	0.0141	0.643

表-3 $\pm 22\%$ の変位と等価剛性

	変位振幅(mm)	等価剛性(kN/mm)	
		補正 ^{※1}	
H2	54.2	2.37	-
H29	63.3	2.13	2.36

※1 H2の変位振幅で算出した値

表-4 各ひずみにおける $\pm 22\%$ の等価剛性

ひずみ(%)	等価剛性(kN/mm)	
	H2	H29
$\pm 50\%$	2.08	2.31
$\pm 75\%$	2.04	2.29
$\pm 106\%$	2.02	2.18
$\pm 159\%$	1.98	2.21

表-5 等価減衰定数

ひずみ(水平変位)	等価減衰定数(%)				
	供試体A	供試体B	供試体C	標準偏差	作製時(H2実施)
$\pm 22\%$ (± 28 mm)	28.2	27.4	28.3	0.403	31.7
$\pm 50\%$ (± 63 mm)	25.9	25.4	25.9	0.236	29.4
$\pm 75\%$ (± 95 mm)	22.8	22.4	22.6	0.163	27.1
$\pm 106\%$ (± 133 mm)	19.9	19.5	19.8	0.170	24.0
$\pm 159\%$ (± 200 mm)	16.4	15.9	15.9	0.236	20.4

表-6 単位変位あたりの履歴面積

ひずみ(%)	単位履歴面積(kN)	
	H2	H29
$\pm 22\%$	64.0	59.6
$\pm 50\%$	73.7	69.2
$\pm 75\%$	75.3	72.6
$\pm 106\%$	77.4	77.6
$\pm 159\%$	83.3	85.1