

## 18年間の供用で損傷した積層型ゴム支承の物性調査

本州四国連絡橋公団 正会員 吉田 好孝、北村 岳伸、長友 浩信(現 国土交通省)  
(社)建設機械化研究所 正会員 谷倉 泉、正会員 湊 康裕(現 西松建設(株))

### 1. はじめに

本州四国連絡橋公団 向島管理局管内の王子池橋において、18年間(1981～1999)供用されたゴム支承に、被覆ゴム(以下、被覆)の破れ、補強用鋼板(以下、補強材)の発錆、ゴム層の剥離などが確認されたため支承を交換した。本報告は、実橋から取出したA1可動支承の4基のゴム支承(G1～G4)の損傷調査結果をとりまとめるとともに、ゴムの物理試験、支承の力学的性能試験を行い支承機能の評価を行ったものである。さらに調査結果を踏まえて支承の損傷過程を推定した。

### 2. ゴム支承および供用条件

ゴム支承は、一体成型(ゴム被覆)タイプで、ゴム生地と補強材とを成型し、金型モールドに入れて加硫接着して製造されたものである。寸法はB600×L450×H62(mm)であり、補強材(1.5mm)を介して中間部3層の軟質ゴム(14mm)を硬質ゴム(7mm)で挟む5層構造である。橋梁諸元を表-1に、支点条件・支承詳細図を図-1に示す。設計上の1基当りの支承反力を表-2に示す。



写真-1 ゴム支承状況(G4)

表-1 王子池橋の諸元

橋種	プレストレストコンクリート道路橋
形式	PCポストテンション4径間連結成桁
橋長	L = 120.0m
支間割り	4×28.9m
有効幅員	w=10.250m
設計活荷重	TT-43、TL-20
斜角	75°
調査位置	A1(控壁式橋台)

### 3. ゴム支承の物性調査結果

(1)ゴム支承の状況 支承の損傷は、写真-1のように被覆が破れて亀裂が生じており、亀裂内部では補強材とゴム層の剥離、補強材の腐食が見られた。被覆の破れは側面では細かく、隅角部で著しかった。補強材の剥離は、主として硬質～軟質ゴムの間で見られ(面積比で最大 90%程度)、補強材の腐食はG2,G4の橋台側で特に進行していた。

(2)軟質ゴムの物理試験 供用による軟質ゴムの物理的性質の変化を調査するため、被覆の破れ・補強材の剥離が進行していたG2・G4支承の軟質ゴムを切り出し、硬さ・伸びなどの試験を行った。結果は表-3のとおり、ゴムの物理的性質は規格値を2～25%程度上回っていた。

(3)ゴム支承の性能試験結果 外観損傷の著しいG1,G3,G4支承について圧縮試験・せん断試験を実施した。

①圧縮試験の結果 図-2にG3,G4の荷重～変位曲線を、表-4に15～50kgf/cm<sup>2</sup>で求めた圧縮バネ定数を示す。これら支承の製作時バネ定数は1,930tf/cmであり、G1,G3のバネ定数の値はほぼ妥当と考えられる。G4は、硬質ゴム上の補強材が錆びて欠落していたため(面積比で5%程度)に鉛直変位量が大きくなり、結果的にバネ定数は1,470tf/cmと小さくなった。しかし、80tf以上での荷重～変位曲線の勾配は健全なG3に近く、また最大荷重に対する圧縮ひずみも2.2%と許容値(15%)を下回っており、支承としての機能に問題はないと判断した。

②せん断試験の結果 せん断試験はG1,G3,G4のゴム支承に

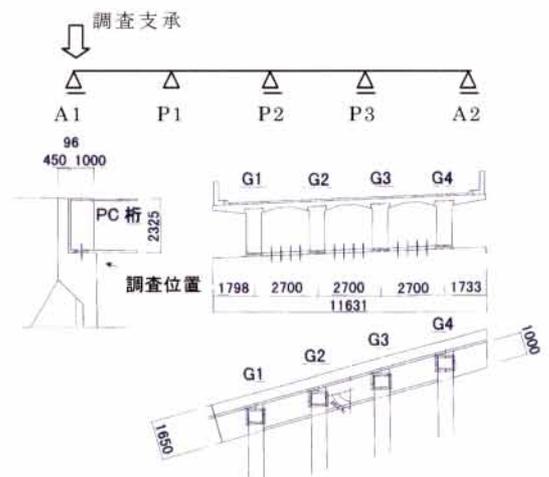


図-1 支点条件および橋梁構造概要

表-2 支承1基当りの反力一覧表(tf)

荷重	死荷重合計	活荷重	合計
最大値	約 83.9	約 35～48	約 118～130
最小値		約 7.9～6.7	約 74～81

キーワード：ゴム支承、物性調査、支承交換、載荷試験、耐荷力、本州四国連絡橋

連絡先：〒722-0036 広島県尾道市東御所町1番20号 TEL. 0848-22-5211, FAX. 0848-23-8043

対して、試験時の圧縮応力度を最大(50kgf/cm<sup>2</sup>)および最小荷重相当(15kgf/cm<sup>2</sup>)の2ケースについて実施した。図-3 および表-5 に試験結果を示す。G1,G4 のせん断ひずみ率 50%および 70% に対して求めたせん断弾性係数 G は、10.5 ~ 11.4 kgf/cm<sup>2</sup> であり、初期品質 10 ± 1 kgf/cm<sup>2</sup> と比較して妥当なせん断弾性性能を有していた。G3 の予備载荷 1 サイクル

表-3 軟質ゴム(せん断変形材)の物理試験結果

試験項目	試験体 規格値	G2		G4	
		内部	外部	内部	外部
デュロメータ硬さ	60±5	A57	A58	A58	A62
引張強さ(MPa)	15.3以上	20.4	20.2	20.4	20.8
伸び(%)	350以上	450	440	440	430
25%静的せん断弾性係数(MPa)	1.0±0.1	1.11	1.10	1.16	1.30
金属片とゴムの90度はく離力(N/mm)	6.86以上	7	8	8	7

で求めた G は、12.2 および 11.5 kgf/cm<sup>2</sup> と妥当な値であった。その後の载荷により 5mm 程度の軟質ゴムの残留ズレが生じた。さらに、圧縮荷重 130tf の 70%せん断変形試験において、底部硬質ゴムとその直上の軟質ゴム間全面で剥離が生じたため試験を中止した。

4. 損傷過程の推測

当該支承製作当時の被覆はt=1.5mmの厚さで製作されており、この薄さが被覆ゴムの耐久性を損なった第一の要因と考えられる。また、支承表面の泥・汚れの状況から、支承と台座モルタルの間に不陸があり、この不陸が原因で支承に不均等な変形が生じていたことがわかる。その結果、桁の温度変化や交通荷重による支承変形に伴って隅角部の被覆の破れが進行し、補強材の発錆、ゴム層の剥離を促したものと推測される。以上を踏まえ、次のような種類の損傷過程が推測される。特に、①の水分浸入が損傷の主たる要因であると考えられる。

- ① 被覆破損→水分浸入→補強材の発錆→ゴム層剥離
- ② 被覆破損→接着層の露出・硬化→ゴム層の剥離
- ③ 支承せん断変形→ゴム層ズレ→被覆の変形→被覆破れ

なお本支承交換後、桁側面にアングルを取り付けて、雨水の進入を断つ対策を施した。

5. まとめ

支承の物性調査の結果、軟質ゴムの物理的性質の低下は無く、また支承として問題となるような圧縮バネ定数およびせん断弾性性能の低下も見られなかった。しかしゴム層間の一部分で剥離が生じていたゴム支承では、せん断試験時に変位が蓄積し、ゴム層間でさらに剥離面積が広がった。本支承損傷の直接的原因は、支承側面の被覆ゴムの破損であると推測される。従って、薄い被覆ゴムを使用している支承は、調査と迅速な補修対策を講じることが望ましい。特に、被覆が裂けて補強材の錆びが著しいものは、せん断耐力の低下が懸念されるため、ゴム支承の交換が望ましい。

本支点は既に新しいゴム支承に交換されている。また本橋梁の他支承では、このような損傷は生じておらず全て健全であった。

表-4 ゴム支承の圧縮バネ定数

支承	実測バネ定数(tf/cm)
G1	1,783
G3	2,054
G4	1,477
製作時	1,930

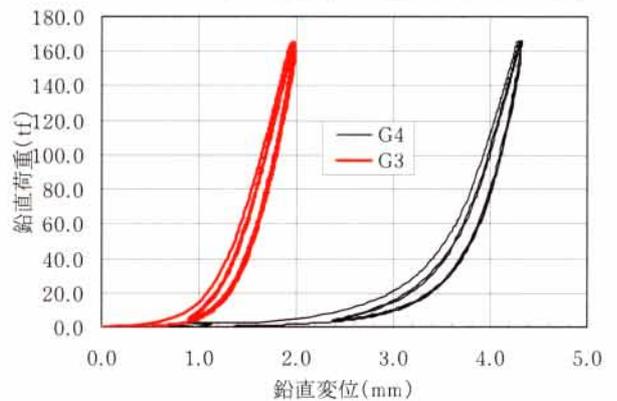


図-2 鉛直荷重～変位曲線

表-5 ゴム支承のせん断試験弾性係数

支承	G(kgf/cm <sup>2</sup> )		鉛直荷重 Pv(tf)
	歪率 50%	歪率 70%	
G1	11.2	11.3	130.0
G3	12.2	11.5	
G4	10.5	10.7	
G1	11.4	11.2	40.5
G3	-	-	
G4	10.7	10.6	

$$G = (H \cdot \Sigma te) / (A \cdot \Delta)$$

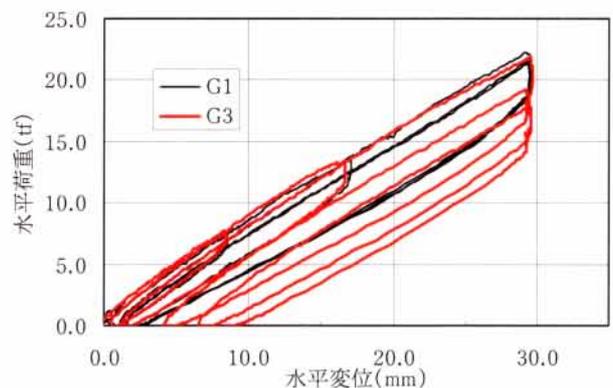


図-3 水平荷重～変位曲線