

橋梁用 LRB の緩速特性に関する実験的研究

オイレス工業（株） 正会員 二木 太郎
 オイレス工業（株） 正会員 竹ノ内 勇
 （株）ビービーエム 正会員 今井 隆
 ニッタ（株） 正会員 井上 清孝
 東京ファブリック工業（株） 正会員 七戸 文雄

1. はじめに

鉛プラグ入り積層ゴム支承（LRB）は道路橋示方書で免震支承として規定され、多くの橋梁に採用されている。本論文では、その性能の安定性に関する実験的研究として、緩速変形時の特性試験について報告する。なお、本論文は LRB 製造会社 4 社の試験結果をまとめたものである。

2. 試験体緒元および試験方法

本研究において行った試験体緒元および、3 種類の試験方法を次に示す。

平面寸法 420mm ゴム厚 9mm×6 層 NR G10 鉛径 57.5mm×4 本

24 時間 1 サイクル加振試験 ±21%のせん断ひずみを 24 時間で 1 サイクル与えた。ここで 21%せん断ひずみとは、1 年での温度変化 50 に対しゴムが 70%変形すると仮定し、1 日の温度変化を ±15 とみなし求めたものである。

70%変形応力緩和試験 70%のせん断変形にて 12 時間保持し、水平反力の経時変化を測定した。なお、本試験方法は免震マニュアル（案）¹⁾に規定されているものである。

応力緩和法による特性試験 ひずみ 50%まで速度 0.1cm/sec 一定にて一方向裁荷を行い、ひずみが 12.5%進むごとに裁荷を停止し、1.5 時間その変位を保持させた。

3. 試験結果および考察

24 時間 1 サイクル加振試験 鉛を圧入する前の RB 状態および LRB の試験結果を図-1 に示す。表-1 は図-1 の結果より 5%刻みのせん断ひずみに対する LRB と RB の水平力を取出したものである。ここでは、水平力の差を鉛の降伏荷重（Qd）で除して、RB に対しての水平力増加の程度を Qd に対する比率で示した。表-2 はひずみが最大となった点において、RB の理論値と比較したものである。これらより、LRB と RB の水平力の差異はおよそ 0.3Qd であることがわかる。

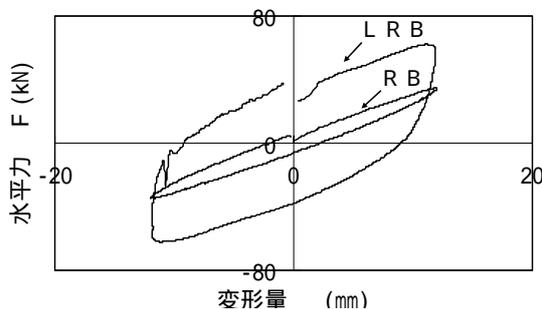


図-1 24 時間 1 サイクル載荷試験

表-1 24 時間 1 サイクル試験（図-1）のまとめ

変形量 (mm)	せん断ひずみ (%)	水平力 F (kN)		水平力の差 F (kN)	F / Qd	備考
		LRB	RB			
2.747	5.087	40.091	11.295	28.796	0.333	
5.494	10.175	48.018	19.073	28.945	0.334	
8.058	14.923	55.347	25.804	29.543	0.341	
10.806	20.011	62.077	32.834	29.243	0.338	
11.172	20.689	62.825	33.433	29.392	0.339	力最大点
11.905	22.046	60.731	35.078	25.653	0.296	変位最大点
10.806	20.011	21.544	28.347	6.803	0.079	
8.058	14.923	-6.427	18.026	24.453	0.282	
5.494	10.175	-18.245	9.799	28.044	0.324	
2.747	5.087	-29.463	1.572	31.035	0.358	
-2.748	-5.088	-29.464	1.572	31.036	0.358	
-5.495	-10.176	-58.786	-27.448	31.338	0.362	
-10.806	-20.011	-62.077	-32.984	29.093	0.336	
-11.172	-20.689	-62.825	-33.881	28.944	0.334	力最大点
-11.905	-22.046	-44.723	-34.928	9.795	0.113	変位最大点
-10.806	-20.011	-13.009	-28.795	15.786	0.182	
-8.059	-14.924	-8.381	-18.323	9.942	0.115	
-5.495	-10.176	-5.495	-10.958	5.463	0.063	
-2.748	-5.088	32.314	-2.467	15	0.173	

表-2 LRB 水平力 実験値と理論値の比較

変形量 (mm)	せん断ひずみ (%)	水平力 F (kN)		水平力の差 F (kN)	F / Qd	備考
		実験値	理論値			
11.905	22.046	60.731	32.984	27.747	0.320	変位最大点

キーワード 緩速特性, 応力緩和, LRB, RB, 免震設計

連絡先 〒105-8584 東京都港区芝大門 1-3-2 オイレス工業（株）支承設計部 TEL 03-3578-7934

70%変形応力緩和試験 本試験において、図-2に示す水平力および水平変位の時刻歴応答を得た。LRBは極めて短い時間で応力が緩和し、水平力はおおよそ10分で110kN(RB状態での70%せん断水平力は105kN)まで減少している。

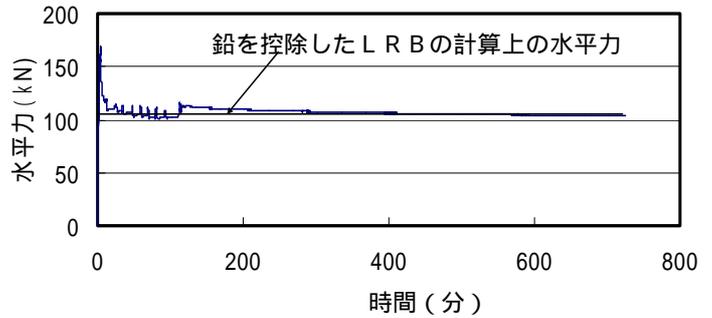


図-2 70%せん断応力緩和試験結果

応力緩和法による特性試験 図-3に水平力

- 水平変位の履歴を示す。表-3は履歴にお

ける応力緩和後の点をまとめたものである。表中のLRBの等価せん断剛性 $G(\)$ は式(1)より求めた。ここで式(1)における水平力 F は鉛のせん断応力度 $q(\)$ を用いて式(2)で表わすことができ、これを式(1)に代入することにより、式(3)を得る。ここで、 $q(\)$ を式(4)の多項式で表し、本試験結果よりそれぞれの係数を表-4のように得た。この係数を用いることで緩速変形時の挙動を把握することができる²⁾。

$$G(\) = F / (A_R \cdot \) \quad \dots (1)$$

$$F = A_R \cdot G_0 \cdot \ + q(\) \cdot A_R \quad \dots (2)$$

$$G(\) = G_0 + q(\) \cdot \ / \quad \dots (3)$$

$$q(\) = a_0 + a_1 \ + a_2 \ ^2 + a_3 \ ^3 \quad \dots (4)$$

ここで、 A_R ：鉛を控除したゴムの平面積， G_0 ：ゴムのせん断弾性係数， $\$ ：鉛面積比である。

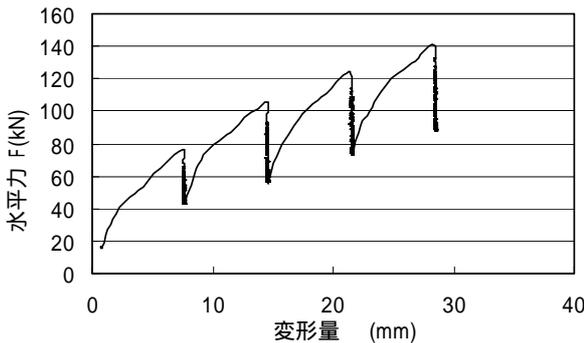


図-3 応力緩和法試験結果

表-3 応力緩和法試験結果

変形量 (mm)	せん断ひずみ (%)	水平力 F(kN)	等価せん断剛性 $G(\)$ (N/mm ²)	鉛のせん断応力度 $q(\)$ (N/mm ²)
7.7	13.75	42.8	2.081	2.140
14.6	26.07	56	1.436	1.636
21.6	38.57	73.5	1.274	1.520
28.5	50.89	88.2	1.158	1.161

表-4 LRBの鉛のせん断応力度 $q(\)$ 算定に用いる係数(N/mm²)

	a_0	a_1	a_2	a_3
10 (%) 70	3.2462	-11.6	27.891	-25.635

4. まとめ

本研究における成果をまとめると以下ようになる。

LRBとRBの水平力の差異はおおよそ0.3Qdであった。

LRBは極めて短い時間で応力が緩和し、水平力が大きく減少する。

このことより連続的に移動している場合には鉛の抵抗力も加わるが、けたの温度変化は連続的に生じるわけではなく断続的に伸縮すると考えられ、鉛の応力緩和を考慮すれば鉛の抵抗は極めて短い時間内であると思われる³⁾。しかしながら、安全性の観点から設計上はより厳しい条件で抵抗力を算定するものとし、免震マニュアル(案)に記載されている応力緩和法試験により、緩速変形時の挙動を表す式として得た式を提案する。なお、コンクリート橋の設計においてクリープ、乾燥収縮などに対するせん断抵抗力には、鉛のせん断抵抗力を加味しなくてもよいと判断される。

参考文献

- 1) 財団法人土木研究センター：道路橋の免震設計法マニュアル(案)，pp.69-70，1992年12月
- 2) 社団法人日本道路協会：道路橋支便覧，2003年3月
- 3) K.Kawashima, et al., "Evaluation of Shear Modulus of High Damping Rubber Bearings and Lead Rubber Bearing during Low-Rate Load Reversals", ISSN 0386-5878 PWRI No.3183, pp.211-233, May 1993