

低ばね有道床弾性まくらぎの繰返し载荷試験

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 向井 明 正会員 堀池 高広
(財)鉄道総合技術研究所 正会員 安藤 勝敏 半坂 征則

1. はじめに

保守の省力化および振動・騒音対策軌道として、PCまくらぎの底面に弾性材を取り付けて、軌道ばね係数の低減を図った有道床弾性まくらぎ（以下、弾性まくらぎと略称）が開発されたが、通常のPCまくらぎに比べて高価であることから、今後の敷設拡大のためには、さらに振動低減効果の大きく低廉な弾性まくらぎが求められている。そこで、新たな低ばね弾性材を試作し、鉄道総研日野土木実験所において各種繰返し载荷試験を行い、道床沈下特性および耐久性の確認を行った。ここでは、その概要について述べる。

2. 弾性材の選定

現行の弾性まくらぎより柔らかい弾性を得るためには、さらに耐久性の高い弾性材を使用する必要がある。そこで、標準試験片による弾性材の各種物性試験結果を基に、以下に示すような3種類の弾性材を用いたまくらぎを試作した。

- (1) ウレタンゴムの発泡率を上げ、低ばね化を図ったタイプ
(以下、ウレタンゴムと略称)
- (2) 平板構造で二重の加硫ゴムからなるタイプ
(以下、加硫ゴムと略称、図1(a)参照)
- (3) 溝付き構造で二重の加硫ゴムからなるタイプ
(以下、加硫ゴム(溝)と略称、図1(b)参照)

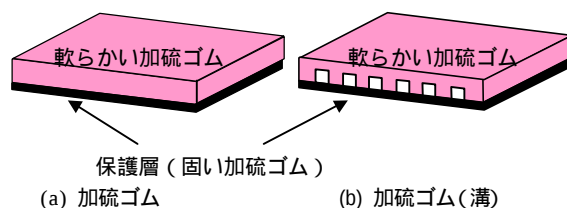


図1 保護層付き2層弾性材構造

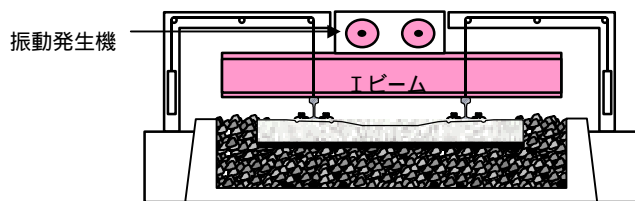


図2 ビプロジール試験機

3. ビプロジール試験機による繰返し载荷試験

上記3種類の弾性まくらぎの沈下特性および耐久性の確認を行うため、図2に示すようなビプロジール試験機により、各まくらぎ1本に対して、動的荷重 $40 \pm 35 \text{ kN} (50 \text{ Hz})$ を990万回繰返し载荷した。なお、道床厚は250mmで、バラストマットありとした。この試験機は、12.5mのレールの両端に重錘を載せて、中央にまくらぎ1本を締結したヤジロペー方式により、静的輪重に相当する荷重をかけ、まくらぎ直上に大型Iビームを載せて、その上に振動発生機（二重反転不平衡重錘加振方式）を取り付けて偏心質量を回転させて変動荷重を加えるものである。

(1) 道床沈下特性

繰返し载荷試験の結果は、図3および表1に示すとおりで、初期沈下が終了したと考えられる累積通トン数1千万トン以降の道床沈下係数 β (mm/千万トン)は、PC3号の0.46と比較して、ウレタンゴムは0.19、加硫ゴムは0.26と、4～6割の値となったが、加硫ゴム(溝)は1.15とPC3号の約2.5倍の値を示した。

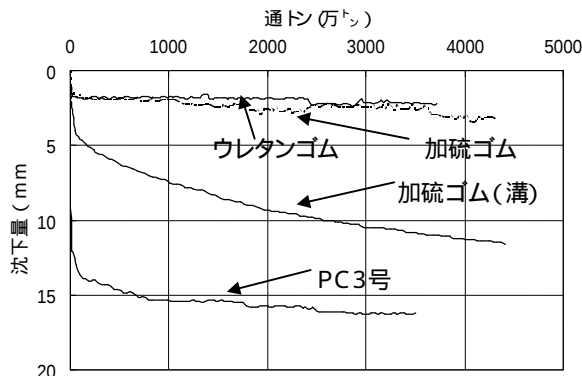


図3 ビプロジール試験機における道床沈下曲線

表1 ビプロジール試験による沈下係数

まくらぎ種別	沈下係数 β (mm/千万トン)
PC3号	0.46
ウレタンゴム	0.19
加硫ゴム	0.26
加硫ゴム(溝)	1.15

キーワード：有道床弾性まくらぎ、低ばね、沈下抑制、振動低減、騒音低減

〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL(042)573-7276 FAX(042)573-7413

(2) 繰返し載荷試験後の外観

繰返し載荷試験後の弾性材の外観検査を行った結果、ウレタンゴムおよび加硫ゴムには道床バラストによる圧痕やき裂などの異常は見られず良好であったが、加硫ゴム（溝）については図4のように保護層全体にひび割れが生じ、部分的にき裂の発生も認められた。



図4 加硫ゴム（溝）の試験終了後の破損状況

(3) 物性試験

繰返し載荷試験前後における弾性材（柔らかい加硫ゴム）の物性試験の結果を表2に示す。この結果、10cm×10cm×原厚の標準試験片における静的ばね定数については、従来の弾性まくらぎ（以下、従来型と略称）9MN/mと比べて、ウレタンゴムが約0.9MN/m、加硫ゴムが約3.4MN/m、加硫ゴム（溝）が約1.4MN/mとそれぞれ1/10、1/3および1/6と小さい値となった。また、試験前後における各弾性材の特性値については、ウレタンゴムの引張強さが1.5倍に増加した以外に大きな変化は見られなかった。

表2 ビプロジール試験前後の物性試験結果

弾性材種類	静ばね定数 (MN/m)			引張強さ (MPa)		
	試験前	試験後	変化率 (%)	試験前	試験後	変化率 (%)
ウレタンゴム	0.88	0.73	-16.9	1.2	1.8	50.0
加硫ゴム	3.40	3.35	-1.3	7.1	7.1	0.0
加硫ゴム（溝）	1.40	1.60	11.4	8.9	8.3	-6.7
試験片の大きさ	10cm×10cm×原厚			JIS 3号ダンベル		

4. 軌道動的載荷装置による繰返し載荷試験

第3章で述べたビプロジール試験機は機械式であるため、想定した加振力が試験軌道毎に異なり、同一荷重レベルでの試験実施が困難である（加振周波数により加振力が左右される）。そこで、図5に示すような新型軌道動的載荷装置を用いて、ウレタンゴムおよび従来型の2種類の各まくらぎ1本に対して、動的荷重 $55 \pm 35\text{kN}$ (3Hz)で173万回の繰返し載荷を行った。この試験機は、載荷機構が油圧式であるため、任意の加振周波数に対して同一荷重レベルによる載荷試験が可能である。なお、軌道諸元はビプロジール試験機と同様である。

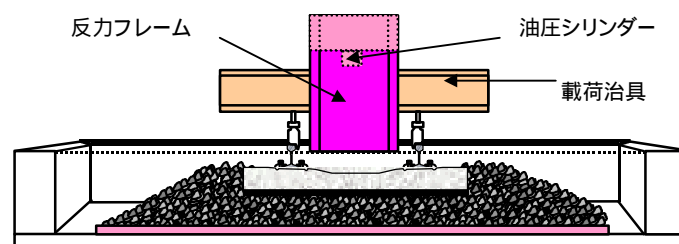


図5 軌道動的載荷装置

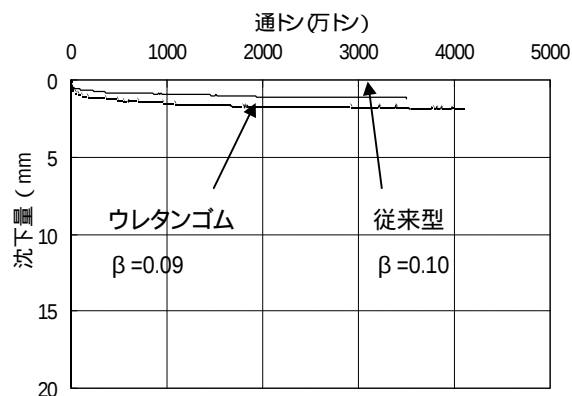


図6 軌道動的載荷装置における道床沈下曲線

(1) 道床沈下特性

繰返し載荷試験の結果は、図6に示すとおりで、初期沈下が終了したと考えられる累積通トン数1千万トン以降の道床沈下係数 β (mm/千万トン)は、ウレタンゴムが0.09、従来型が0.10とほぼ同じ値を示した。

(2) まくらぎ支持ばね定数

まくらぎの支持ばね定数を確認するために、繰返し載荷試験前後に静的載荷試験を行い、まくらぎ1本当たりのばね定数の算出を行った。静的載荷最終回（10回目）の往路の10-50kN間の変位量から算出した結果は表3に示すとおりで、従来型の28.8MN/mに対して、ウレタンゴムは14.3MN/mと約1/2であることを確認した。

表3 まくらぎ支持ばね定数

項 目	ウレタンゴム		従 来 型	
	変位量 (mm)	ばね係数 (MN/m)	変位量 (mm)	ばね係数 (MN/m)
繰返し載荷試験前	2.778	12.8	1.237	28.5
繰返し載荷試験後	2.266	15.7	1.218	29.0
平 均	-	14.3	-	28.8