

減衰性能を向上させた地震時水平力分散型ゴム支承の開発 (その1)

株式会社ブリヂストン 正会員 ○中村 昌弘
株式会社ブリヂストン 正会員 加藤 亨二

1. はじめに

地震時水平力分散構造を有する橋の設計(分散設計)においては、道路橋示方書・同解説¹⁾や道路橋支承便覧²⁾で動的照査法により耐震性能の照査を行なうことと規定されている。ここで用いる天然ゴム(NR)支承の等価減衰定数(heq)は、実績データから概ね 0.03 程度を用いると記述されており、実設計においても一般的に 0.03 が用いられている。分散設計において地震時の応答変位を低減させるためには、NR支承のheqを向上させることが有効と考えられるため、減衰性能を向上させたNR支承の開発を行なった。

2. 減衰性能を向上させたゴム材料の開発

NR支承に用いるゴムは、道路橋支承便覧に化学成分が規定されており、ポリマー定性は天然ゴムでなければならない。一方で、表-1に示すようにゴムの配合剤にはそれぞれ役割があり、減衰性能に影響を及ぼすものが含まれる。ゴムの減衰性能を向上させるためには、図-1に示すようなゴム特有の性質を考慮しなければならない。そこで、粒度制御高ロスカーボンと温度依存性を考慮した高ロス化剤(樹脂)の選定、最適化を行い、二律背反するゴムの特性をコントロールすることで、静的せん断弾性係数Gが 0.8, 1.0, 1.2 N/mm²相当のポリマー定性が天然ゴムのNR支承用ゴム材料を開発した。

3. 性能検証

(1) ゴム材料の評価

ゴム材料としての減衰性能を評価するため、図-2に示すラップシエモデルで圧縮面圧や試験機の摺動抵抗(摩擦)の作用しない条件のもと、温度 20℃、ゴム厚さの±175%、3回繰返しの単純せん断試験を実施した。その3回目の結果を表-2に、また温度、周期依存性試験の結果を図-3、4に示す。

表-2 ラップシエモデルの性能

G(N/mm ²)	heq	
	開発NR	従来NR(参考)
0.8	0.069	0.053
1.0	0.071	0.049
1.2	0.071	0.053

(2) 実機サイズ開発 NR 支承の評価

実際に橋梁に設置されるサイズでの性能評価を実施した。

キーワード 橋梁, 分散設計, ゴム支承, 等価減衰定数, ゴム配合, 摩擦

連絡先 〒244-8510 横浜市戸塚区柏尾町1番地 TEL:045-825-7589 FAX:045-825-7676

表-1 ゴム配合薬品の役割と減衰性能への影響

配合薬品	役割	減衰性能への影響
ポリマー	ゴムコンパウンド特性に最も影響を与える物質。天然ゴム、合成ゴム等。	あり
補強剤、充填剤	配合の破断応力、磨耗性等機械的強度向上、増量剤の役割。カーボンブラック、シリカ等。	あり
老化防止剤	耐熱老化性、耐オゾン性等を向上させる。アミン系老化防止剤他。	なし
軟化剤、可塑剤	ゴムの弾性率調整や、加工性改良の働きをする。	少ない
機能性付与剤	特殊機能を付与する。高ロス化剤、低ロス化剤、着色剤、発泡剤他。	あり
架橋剤	ポリマー間に架橋構造を付与し、機械的特性、熱的特性を向上させる。	あり

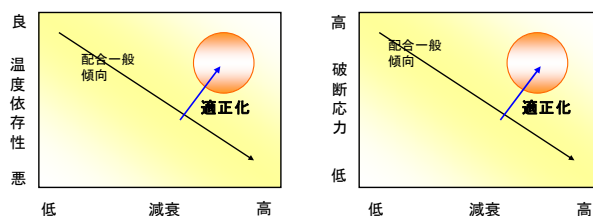


図-1 減衰性能向上ゴム材料技術開発イメージ

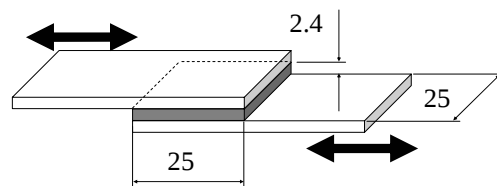


図-2 ラップシエモデル図

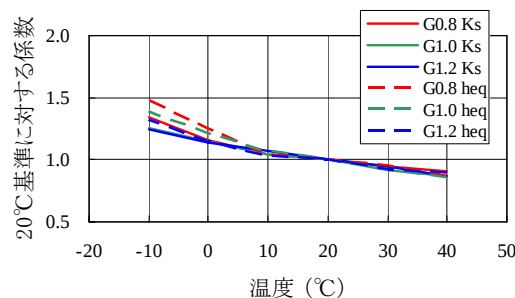


図-3 ラップシエモデル(開発NR)の温度依存性

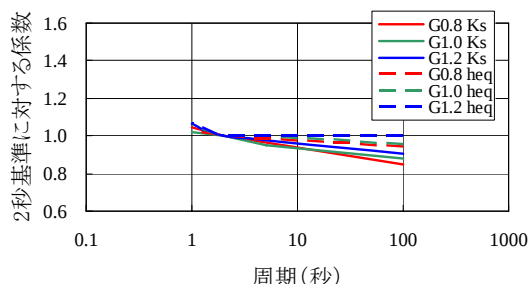


図-4 ラップシエモデル(開発NR)の周期依存性

試験条件は、供試体サイズ□ 400mm×9mm×6 層、鉛直荷重 960kN、せん断変位±95.4mm（175%）、温度 23℃、加振周期 2 秒とし、使用試験機は精確な heq を測定するため、摺動抵抗（摩擦）を極力低減した株式会社ブリヂストン所有の水平摺動部油膜浮上式の高速 2 軸試験機を用いた。

a) せん断ばね定数・等価減衰定数の検証

上述条件下、各 3 基の供試体を用い、加振周期 2 秒、3 回繰返しせん断試験を実施した。3 回目の結果を表-3 に示す。

表-3 実機サイズの G および heq

G(N/mm ²)	heq	
	開発NR	従来NR(参考)
0.8	0.067	0.048
1.0	0.066	0.044
1.2	0.062	0.051

b) 温度依存性・周期依存性の検証

実際の使用環境温度、ゴム支承が地震時に受ける周期に対するせん断ばね定数、等価減衰定数の変化量確認のため温度、周期依存性試験を実施した。結果を図-5、6 に示す。

c) 疲労特性の検証

使用環境下における疲労特性（G、heq の変化量）確認のため、常時のせん断変位を想定したせん断疲労試験、活荷重による荷重振幅を想定した圧縮疲労試験を上述サイズの代表 G にて実施した。試験条件、結果を表-4、図-7、8 に示す。

(3) 開発 NR 支承せん断限界性能の検証

せん断限界性能確認のため、圧縮面圧 6 N/mm²においてせん断試験を実施した。供試体サイズおよび結果を表-5 に示す。

4. 考察

- (1)天然ゴムとして道路橋支承便覧に規定されている化学成分を満足させ、かつ heq を従来 NR 対比 20%以上向上させたゴム材料を開発し、そのゴム材料を用いた実機サイズ NR 支承においても、heq が 0.062 以上の性能を有することを確認した。これより製造上の管理ばらつきを考慮した上で、分散設計に用いる heq を 0.05 以上に設定できると考えられる。
- (2)温度依存性、周期依存性、疲労性、限界せん断性能を定量把握したことで、道路橋支承便覧に記述されている新しい支承の適用に関する性能を検証することができた。
- (3)heq の測定には、試験機摺動摩擦が大きく影響するが、ラップシェアモデルと実機サイズの heq に大きな差異がないことから、高精度の測定による検証結果であると言える。

参考文献

- 1) 日本道路協会 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，平成14年3月
- 2) 日本道路協会 道路橋支承便覧，平成16年4月

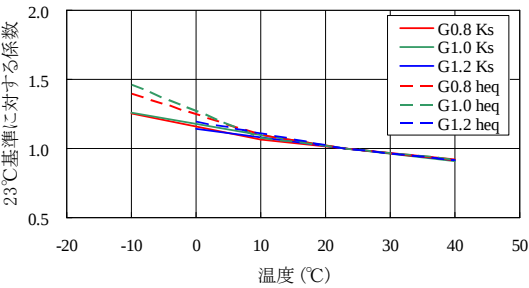


図-5 実機サイズ開発 NR 支承の温度依存性

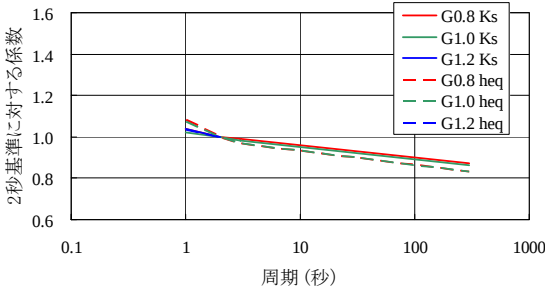


図-6 実機サイズ開発 NR 支承の周期依存性

表-4 せん断疲労・圧縮疲労試験条件

	鉛直条件		水平条件	
	圧縮面圧	加振周期	加振変位	加振周期
せん断疲労	12.0N/mm ² 一定	—	±70%	70秒
圧縮疲労	5.5～12.0N/mm ²	0.5秒	70%一定	—

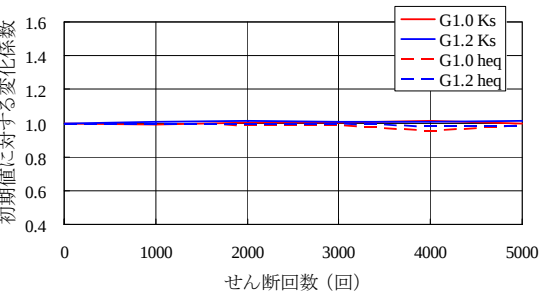


図-7 実機サイズ開発 NR 支承のせん断疲労性

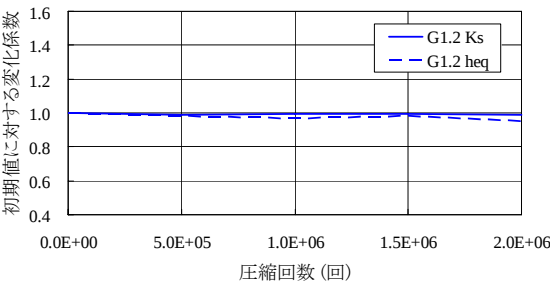


図-8 実機サイズ開発 NR 支承の圧縮疲労性

表-5 せん断限界性能試験の条件および結果

	G8	G10	G12
製品寸法	□600mm×19mm×5層		
破断ひずみ (%)	388.8	337.5	338.7
破断時荷重 (kN)	3845	3128	3769