

I-672 道路橋免震用高減衰ゴム支承の動的特性

建設省土木研究所 正会員 長島 博之
(株)ブリヂストン " 水津 洋二
" " 須藤 千秋

1. まえがき

高減衰ゴム支承は、変位吸収能力、復元能力に加えゴム自身に減衰能力をもたせて、支承の免震化を考えていく上で有力な装置である。一方、道路橋の免震では道路継手の性能等から過大な応答変位は許されず、また地震時に橋梁は免震支承と橋脚の合成ばねによって応答するため、支承単体での水平ばね剛性は建築などの免震装置に比べ比較的剛なものが要求される。本報は、新たに開発された弾性率の高い高減衰ゴム材料と、これによる免震装置の基本的な特性に関する検討結果を報告するものである。

2. 高減衰ゴム素材

高減衰ゴム材料は、1～3%の履歴減衰定数を持つ通常のゴムに対し、10～20%程度の減衰を持つように特殊配合されたものである。表-1にその基本物性を示す(JIS-K6301加硫ゴム物理試験方法による)。

表-1. 高減衰ゴム素材の特性

項 目	特性値
引 張 り 強 さ (kgf/cm ²)	122
破 断 時 伸 び (%)	666
100%時引張り応力(kgf/cm ²)	26.2
硬 度	79

3. 高減衰ゴム支承

実験対象とした高減衰ゴム支承を図-1に示す。これは実橋の1/5縮尺モデルであり、支持荷重24tfのもとで水平固有振動数 $F_h=1.4$ Hz、減衰比 $h=15\%$ を目標に設計されたものである。ゴムの総厚みは30mmである。

ゴム厚 3.75mm×8層=30mm

内部鋼板 1mm ×7枚=7mm

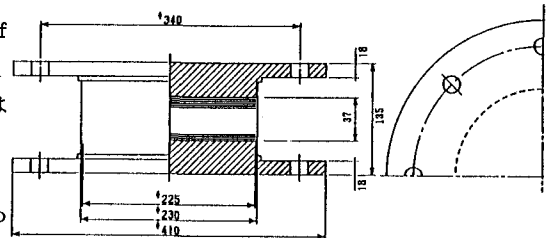


図-1. 高減衰ゴム支承供試体

4. 動的特性試験

水平方向のばね特性および減衰特性を測定するために、図-2に示す試験装置により23.9tfの一定軸力を加えた状態で往復の水平変位を与える圧縮-せん断試験を行った。水平変位はゴムのせん断ひずみ30%～200%に相当する振幅で各3サイクル加え、3サイクル目の値を測定した。また、せん断ひずみ200%まで経験した供試体でもう一度同様な試験を行い1回目と2回目の特性値を比較した。次に、ゴム支承が橋梁の温度変化などによる伸縮により、中立位置からずれた状態で地震に応答する場合の特性を見るため、50%のせん断とひずみをかけた状態で同様の試験を行った。

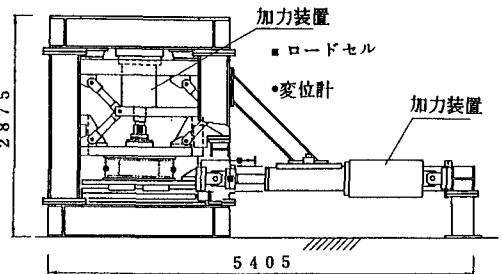


図-2. 構造物二軸試験機

5. 試験結果

圧縮-せん断試験により得られた荷重-変位の履歴曲線として1回目のものを図-3に、ひずみ経験後の2回目のものを図-4に示す。履歴ループは200%ひずみ付近ではひずみ硬化の影響で逆S字型となるが、それまでは安定した紡錘型を示す。また、ひずみ経験の無い1回目のものの剛性は、ひずみに対し強い非線形性を示すが、2回目のものはなめらかに推移する。表-2には、この履歴曲線から求めた等価剛性 K_{eq} と等価減衰定数 h_{eq} を示す。

圧縮-せん断試験において、50%の与ひずみを与えた場合の荷重-変位の履歴曲線として1回目のもの

を図-5に、ひずみ経験後の2回目のものを図-6に示す。振幅200%付近の履歴ループにおいて、合成ひずみの大きくなる与変位側で、荷重の立ち上がるひずみ硬化の現象がみられるが、全般に与ひずみの無い状態での場合（図-3、図-4）と同形状のものが得られた。この履歴曲線から求めた等価剛性 K_{eq} と等価減衰定数 h_{eq} を表-3に示す。

また、等価剛性から得られるせん断弾性率 G とひずみの関係、および減衰とひずみとの関係を与ひずみを与えずに試験したものと比較して図-7、図-8に示した。せん断弾性率は、50%以下の小ひずみで与変位をかけたものが20~30%低いが、100%以上のひずみ域では同等の値を示している。等価減衰定数は、50%以下の小ひずみで与変位をかけたものが10%程度高い値を示すが、同じく100%以上のひずみ域ではどちらも同様な値となっている。また、図-7には従来用いられてきた高減衰ゴムによる設計値（1, 2回の平均値）を示したが、今回得られた弾性率はこれに対し50%ほど高い。

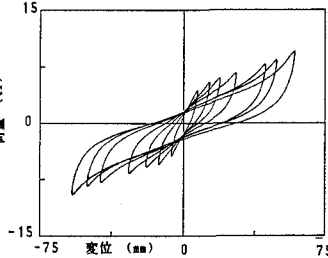


図-3. 履歴曲線（1回目、与変位0%）

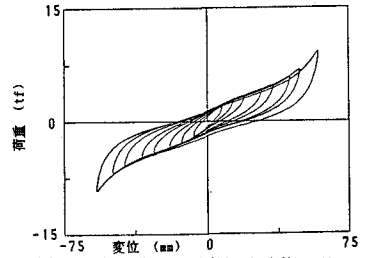


図-4. 履歴曲線（2回目、与変位0%）

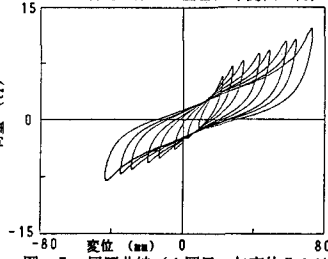


図-5. 履歴曲線（1回目、与変位50%）

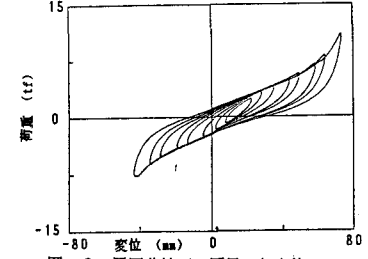


図-6. 履歴曲線（2回目、与変位50%）

表-2. 基本水平復原力結果

ひずみ (%)	計画	実績	変位 (mm)	等価剛性 K_{eq} (tf/mm)		等価減衰定数 h_{eq}	
				1回目	2回目	1回目	2回目
30	23	7	0.60	0.24	0.15	0.18	
50	44	13	0.40	0.19	0.15	0.17	
70	64	19	0.31	0.16	0.16	0.17	
100	93	28	0.22	0.14	0.15	0.17	
120	114	34	0.20	0.13	0.14	0.16	
150	145	43	0.19	0.13	0.14	0.15	
170	166	50	0.16	0.13	0.13	0.14	
200	195	58	0.16	0.15	0.12	0.12	

・振動数：0.5Hz正弦波
・実験時気温：18℃

表-3. 与変位(50%)時水平復原力結果

ひずみ (%)	計画	実績	等価剛性 K_{eq} (tf/mm)		等価減衰定数 h_{eq}	
			1回目	2回目	1回目	2回目
30	23	0.44	0.19	0.17	0.20	
50	43	0.35	0.17	0.16	0.18	
70	63	0.28	0.15	0.15	0.18	
100	93	0.23	0.13	0.15	0.17	
120	113	0.20	0.13	0.14	0.16	
150	147	0.18	0.13	0.13	0.15	
170	163	0.17	0.14	0.13	0.13	
200	193	0.16	0.15	0.12	0.12	

・振動数：0.5Hz正弦波
・実験時気温：18℃

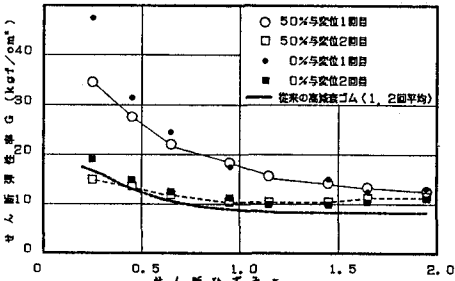


図-7. せん断弾性率のひずみ依存性

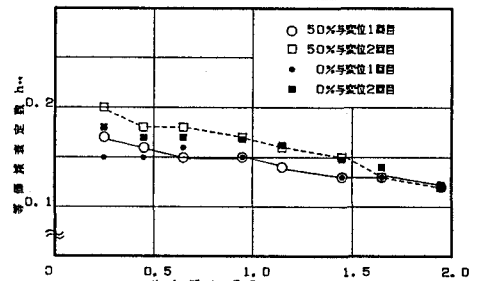


図-8. 等価減衰定数のひずみ依存性

6. まとめ

1) 従来の高減衰ゴムの1.5倍のせん断弾性率を持つ道路橋用高減衰免震ゴム支承の基本特性を明らかにした。 2) 与変位を与えた状態での特性試験を行った結果、小ひずみ域で弾性率は低く、減衰は大きいものの地震時設計ひずみの100%以上では、与変位の無いものと同様である。

なお、本報告は建設省土木研究所と民間28社との官民連帯共同研究「道路橋の免震構造システムの開発」の一貫として行われたものである。

参考文献 1) 水津洋二：高減衰免震ゴム……土木学会 第43回年次学術講演会；昭和63年10月

2) 道路橋の免震システムの開発に関する共同研究報告書(その2)：建設省土木研究所；平成3年3月