# 摩擦減衰を考慮した機能分離型支承の動的特性に関する基礎的検証

日本鋳造株式会社	正会員	山﨑	信宏,原田	孝志
同上	正会員	石山	昌幸,朝倉	康信
同上	非会員		高木	俊輔

#### 1.はじめに

橋梁の耐震性向上のため,ゴム支承を用いた免震設計が 増えている.しかし,橋梁の構造特性や地盤条件等によっ ては,ゴム支承による免震設計の適用が限定される場合が ある.そこで,ゴム系免震支承と同等な免震効果の得られ る機構の開発が行われている<sup>1)など</sup>.その一つに,すべり支 承の摩擦減衰を考慮するものがある.これは,すべり支承 に用いられるすべり材の摩擦により減衰を付与する考え方 で,摩擦係数が重要な因子となっている.ただ,すべり支 承のみでは復元力を持ち合わせておらず,ゴム支承などと 組合せた機能分離型支承として用いることが多い.

機能分離型支承は,常時の鉛直力を支持する支承と地震時の水平力を支持する支承の二種類の支承を組合せた構造であり,常時と地震時の機能を同時に満たす機能一体型ゴム支承と比較して,ゴム支承本体のコンパクト化,ゴム支承の水平バネの設定に対する自由度を大きくできるなどの利点がある.

この機能分離型支承の履歴曲線は,密閉ゴム支承板支承 (以下,BP・B支承)と水平ゴム支承(以下,ゴム支承)とを 組合せた場合,剛塑性に近い骨格曲線をもつバイリニア型 モデルとなる.高減衰系ゴム支承と比較して,非常に大き い一次剛性が特徴である.近年,このバイリニア型モデル を用いて種々の検討が行われているが,その多くが解析的 検討であり,実験的検討を行っている事例<sup>2)</sup>は少ない.

そこで本研究では,上記組合せによる機能分離型支承の 動的載荷試験を行いその性能確認を行った.

#### 2. 動的載荷試験

(1)試験体

試験体は,試験機の制約から 800mmの面板上にBP・ B支承とゴム支承を設置している.概略図を図1に示す. 鉛直力を支持する BP・B支承には,460kN 実大モデルを 用い,ゴム支承を挟んで左右に二つ設置した.BP・B支承 のすべり面は,従来用いられている四フッ化エチレン樹脂 板(以下,PTFE)と,ステンレス板(SUS316 鏡面仕上げ)の 組合せとした.なお,PTFE の形状は, 140mm×厚さ 4mm である.水平力を支持するゴム支承には,NR(天然 ゴム)を使用し,ゴムバネの影響を考慮して,せん断弾性 係数を0.6 N/mm<sup>2</sup>と1.2N/mm<sup>2</sup>の二種類とした.ゴム支承 の形状は,560mm×280mm の矩形とし,ゴム一層厚を 9mm,層数を6とした.ゴム支承の設置イメージを図2に 示す.今回の構造体に上沓と下沓は含まれていないが,基 本的には,特殊形状ボルトによりゴム支承とゴム支承上面 のプレートとの間にすきまを5mm設けている.

(2)試験方法

試験は,日本鋳造(株)の保有する高速二軸試験機で行った.試験ケースを表1に示す.表中に示す(a)あるいは(b)のケースを基本特性試験とした.(c)のケースは,等価減衰定数に対する摩擦力の影響を確認するため,面圧を変化させて実施した試験である.設置状況を写真1に示す.試験は,試験体に所定の面圧を載荷し,水平方向に一定ひずみによる11回の繰り返し変形を正弦波により与えた(試験機の関係上,スロースタートおよびスロートップを追加して





図2 水平ゴム支承の構造イメージ



0.12	(a) G6				(b) G12			(c) G12 , 摩擦力に着目				
STATE OF	試験ケース	面圧 (N/mm <sup>2</sup> )	最大加振 速度 (kine)	せん断 ひずみ (%)	試験ケース	面圧 (N/mm <sup>2</sup> )	最大加振 速度 (kine)	せん断 ひずみ (%)	試験ケース	面圧 (N/mm <sup>2</sup> )	最大加振 速度 (kine)	せん断 ひずみ (%)
A CONTRACTOR OF A CONTRACTOR O	N6,3_20-1	20	3.4	20.0	N12,1_20-1	20	1.7	10.0	N12,2_40	40	29.7	175.0
A REAL PROPERTY OF THE OWNER OF T	N6,3_20-2	20	6.8	40.0	N12,1_20-2	20	3.4	20.0	N12,2_30	30	29.7	175.0
Contraction of the local division of the loc	N6,3_20-3	20	11.9	70.0	N12,1_20-3	20	5.9	35.0	N12,2_20	20	29.7	175.0
and the second se	N6,3_20-4	20	17.0	100.0	N12,1_20-4	20	8.5	50.0				
and the second sec	N6,3_20-5	20	23.8	140.0	N12,1_20-5	20	11.9	70.0				
	N6,3_20-6	20	29.7	175.0	N12,1_20-6	20	14.8	87.5				
No. of Concession, name of	N6,3_20-7	20	33.9	200.0	N12,1_20-7	20	17.0	100.0				
	N6,3 20-8	20	42.4	250.0	N12,1_20-8	20	29.7	175.0				
写真1 試験体の設置状況					N12,1_20-9	20	42.4	250.0				

キーワード:機能分離型支承 バイリニア型モデル 摩擦減衰 地震時水平力分散設計 免震設計 連絡先:〒210-9567 神奈川県川崎市川崎区白石町 2-1 日本鋳造株式会社 TEL:044-355-5033 FAX:044-333-4575



(面圧 20N/mm<sup>2</sup>, せん断変形 175%)



### 図5 バイリニア型モデル

いる).加振周期は,免震橋の固有周期が多くの場合 0.7~ 2.0秒程度となることから 2.0秒に設定した.各試験の特性 値は,それぞれの加振条件から得られた履歴曲線により加 振回数ごとに求め,スロースタート,スローストップおよ び11回の繰り返し変形のうち初回の履歴曲線部分は,静摩 擦や試験機等の影響を含みやすいことから,2~11回の平 均値を採用した.

### 3. 試験結果

各試験により得られた履歴曲線の代表例を図3 Aに示す. なお,せん断ひずみはいずれも 175%である.図3はG6, 図4はG12の試験結果であり,一次剛性が無限大に近いバ イリニア型の履歴曲線となった.図中に示す設計値とは, 図5に示すように,別途実施した要素試験結果に基づき設 定した摩擦係数を降伏荷重(Qd),ゴム支承のせん断剛性を 二次剛性(K2)として設定したバイニリア型モデルである. G6における実測値は設計値はよく一致しているものの, G12では多少のずれが生じた.これは,ゴムのハードニン グ特性によるものと考えられる.

ケース(a)および(b)の試験による等価剛性,等価減衰定 数の結果を表2に示す.等価剛性とせん断ひずみとの関係 を示しているのが図6である.実測値と設計値とを比較す ると,G6ではほぼ一致しているが,G12では先に述べた理 由により,低ひずみ域において若干ばらつきが認められた. 図7には等価減衰定数とせん断ひずみの関係を示している. 等価減衰定数の設計値は,等価剛性と同様,バイリニア型

(a) G6 $(b)$ G12											
せん断 ひずみ	等価剛性 (kN/mm)		等価減	衰定数	せん断 ひずみ	等価 (kN/	剛性 mm)	等価減	衰定数		
(%)	設計値	実験値	設計値	実験値	(%)	設計値	実験値	設計値	実験値		
20	7.444	8.331	0.488	0.520	10	14.887	17.972	0.488	0.481		
40	4.593	4.858	0.395	0.446	20	9.186	10.480	0.395	0.437		
70	3.371	3.301	0.308	0.353	35	6.742	6.970	0.308	0.374		
100	2.883	2.659	0.252	0.293	50	5.765	5.492	0.252	0.327		
140	2.557	2.313	0.203	0.233	70	5.113	4.480	0.203	0.279		
175	2.394	2.212	0.173	0.193	87.5	4.788	3.991	0.173	0.247		
200	2.312	2.193	0.157	0.171	100	4.625	3.764	0.157	0.227		
250	2.198	2.218	0.132	0.142	175	4.136	3.721	0.100	0.139		
					250	3 941	4 098	0 074	0 0 0 8		

### 表2 試験結果

モデルにより算出している.得られた実測値と比較すると, ほとんどの試験で設計値を上回る結果となった.これは, ゴム支承自体に3~5%程度の減衰性能を有しているためと 考えられる.また,図中には平面形状を 400mmとし,ゴ ムー層厚を9mm,層数を6としたHDR-S(せん断弾性係 数:0.8 N/mm<sup>2</sup>,1.2N/mm<sup>2</sup>)の等価減衰定数の設計値も示 している.HDR-Sの等価減衰定数が0.2 程度から徐々に低 下するのに対し,機能分離型支承では0.5 程度から低下し ており,低ひずみ域において差が見られた.

(c)のケースにより得られた試験結果を図8に示す.図の 縦軸は等価減衰定数,横軸が降伏荷重である.これら試験 の二次剛性はほぼ一定であったことから,降伏荷重を増加 させることにより等価減衰定数を向上させることができる と考える.

## 4.まとめ

機能分離型支承の動的載荷試験により,等価剛性は設計 値とほぼ一致することを確認した.また,降伏荷重を増や すことで等価減衰定数の調整が可能となることを確認した. 5.今後の予定

今後は,組合せの変更や,すべり材の依存性などを考慮 した動的載荷試験を実施する予定である.さらに,得られ た試験結果に基づく解析的検討を行い,機能分離型支承構 造としての最適設計を提案したい.

## 参考文献

- 1) (独)土木研究所,(株)構造計画研究所,パ シフィックコンカルクン(株), 八千代エンジニアリング(株),オイレス工業(株),川口金属工業(株), 三協オイルレス工業(株),日本鋳造(株),(株)ビービーエム:すべり 系支承を用いた地震力遮断機構を有する橋梁の免震設計 法の開発に関する共同研究報告書(その1),2005.7
- 2) 鈴木,青木,森下,前野,鵜野,森重:鋼製支承と高減 衰ゴムダンパーによる機能分離型支承の耐震性能実験, 第25回地震工学研究発表会講演論文集,2001



-462-