

# SDR(Super Damping Rubber)を用いた 橋梁用制振装置の性能確認実験

清田錬次<sup>1</sup>・潤田久也<sup>2</sup>・大瀧士郎<sup>3</sup>・加藤亨二<sup>4</sup>・加藤敦<sup>5</sup>・藤田聡<sup>6</sup>

<sup>1</sup>正会員 工修 株式会社横河ブリッジ 技術本部研究所 (〒273-0026 船橋市山野町27)

<sup>2</sup>正会員 株式会社ブリヂストン 土木・海洋商品開発部 (〒244-8510 横浜市戸塚区柏尾町1)

<sup>3</sup>正会員 修(工) 株式会社横河ブリッジ 技術本部研究所 (〒273-0026 船橋市山野町27)

<sup>4</sup>正会員 修(工) 株式会社ブリヂストン 土木・海洋商品開発部 (〒244-8510 横浜市戸塚区柏尾町1)

<sup>5</sup>正会員 修(工) 科学技術庁 防災科学技術研究所防災総合研究部 (〒305-0006 つくば市天王台3-1)

<sup>6</sup>工博 東京電機大学教授 工学部機械工学科 (〒101-8457 東京都千代田区神田錦町2-2)

阪神大震災以来、橋梁の耐震性能を向上させるために、構造の免震化や橋脚の補強および橋桁の落下防止対策がとられている。本制振装置は、可動支承部に設置して、可動支承を水平移動に対して弾性支持構造とすることによって、その移動量を制御し、かつ、可動橋脚にも地震力を受けもたせて、過大となる固定橋脚の負荷を低減する。また、SDRのせん断バネとその高減衰性能を利用して橋桁の振動低減をはかるものである。このたび、大型振動台を用いて、SDRの振動時の特性と装置の制振効果を確認した。

*Key Words : Damping Device, Damping Rubber, SDR, Seismic Countermeasure, Functional Separation*

## 1. はじめに

阪神大震災以来、橋梁構造においては、設計地震力が大幅に増加されたため、既設橋脚の耐力の不足および支承移動量の増大が問題となり、橋脚の補強や免震化および落橋防止などの耐震対策がとられている。

免震化による対策はすべての支承を弾性支持構造とし、橋梁の固有振動数を低振動数域に変えることによって地震動との共振現象を避け、地震動による下部構造の負荷を減少させる方法である。しかし、免震化による方法は橋梁の固有振動数を低振動数とするため、軟弱地盤の橋梁への適用が困難となる。また、免震化は橋脚の負荷を低減させるが橋桁の移動量が大きくなり、伸縮装置や支承の対応が難しくなる。とくに、既設橋梁への対応が難しい。

一般に支承に死活荷重等の鉛直力と地震による水平力や水平変位すべてを分担させることは支承の多機能化を要求することになる。提案するSDRを用いた制振装置は、可動支承部に本装置を設置し、地震荷重を可動橋脚にも分担させると同時にSDRのもつせん断バネと高減衰性能を利用して振動応答の低減をはかるものである。すなわち、本支承構造は、鉛直反力と水平反力をそれぞれ別の支承で分担する構造とすることによって、支承構造の簡易化をはかるものである。

ここでは、本装置の耐震性能を確認するため、大

型振動台(科学技術庁防災科学技術研究所所有)を用いてSDRの振動時の特性と本装置を適用した橋梁モデルに対する地震応答を検討した。

## 2. 制振装置の構造

図-1に本装置を適用した橋梁構造例を、図-2に制振機構を示す。従来橋梁では、地震による橋桁の慣性力は固定橋脚に作用し、可動橋脚には作用しない。提案する制振機構では、可動支承部に本装置を設置

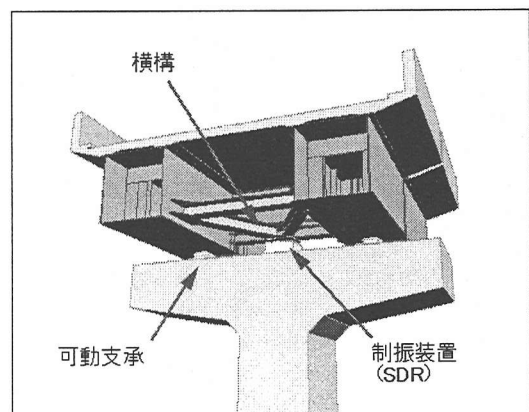


図-1 本装置を適用した橋梁構造

### 3. 実験方法

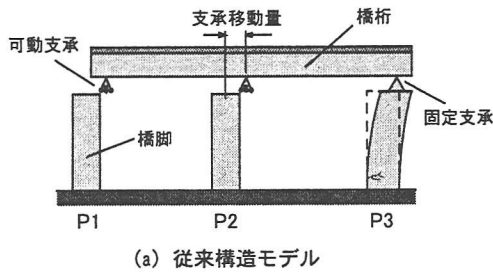
#### (1) 実験モデルと実験装置

対象橋梁は図-2に示すような2径間連続桁橋とした。実験モデルは、H型鋼梁を組み合わせたブロック（写真-1）を橋桁に見立て、橋脚はコイルバネを用いてモデル化した。実験モデルの諸元は表-1のとおりである。P1およびP2は可動支承をもつ橋脚で、P3は固定支承をもつ橋脚である。モデルAはSDRを設置していないモデルであり、モデルB、C、Dは制振装置をP1のみに、モデルEは制振装置をP1とP2に設置したモデルである。なお、このモデルは、構造を変更してSDRの特性試験装置としても用いている。

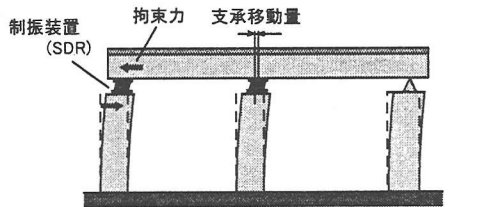
#### (2) SDRの特性試験

SDRの常温での静的な特性は、実物大試験体の荷重履歴特性試験から求めているが、温度と振動数に対する依存性については、試験機能力の制約のため小試験体（25mm×25mm×2.4mm）の特性試験から求めている。

SDRの制振装置への適用にあたっては、実物大のSDRについて振動時の特性を確認し、静的な特性試験の妥当性確認する必要がある。試験体の大きさは実橋で使用する大きさとした（表-1）。



(a) 従来構造モデル



注. 可動支点では、制振装置で水平力を、従来支承で鉛直力を負担する

(b) 制振装置を適用した構造モデル

図-2 制振機構

することによって橋桁と橋脚は弾性結合状態となり、橋桁の慣性力は固定橋脚だけでなく可動橋脚にも作用することになる。したがって、固定橋脚の負荷は減少する。一般に、可動橋脚は水平力を分担できる断面性能を有しており、可動支承を弾性支持構造とすることによって、水平力を分担させ、かつ、その支承移動量を調整することができる。また、SDRのもつせん断バネと高減衰性能によって、橋桁の振動は低減される。各橋脚の分担水平力および支承移動量はSDRの断面剛性を選ぶことにより、合理的な制御が可能となる。免震構造では、橋梁の固有振動数は小さくなるが、本制振構造では橋梁の剛性は大きくなり固有振動数は若干大きくなる。

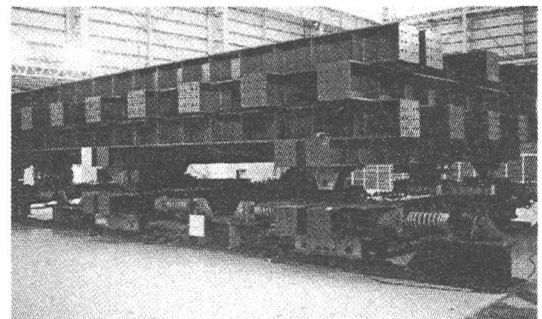


写真-1 実験モデル

表-1 実験モデル諸元

モデル	SDRの有効寸法 [mm]	SDRの設置数			実測値		構造諸元
		P1支点	P2支点	P3支点	固有振動数 f [Hz]	減衰定数 h [-]	
A	—	0	0	0	1.10	0.015	寸法 : 幅 5.5m × 高さ 2.7m × 長さ 9.9m 重量 : 橋桁 35.0tf P1橋脚(可動) 3.5tf P2橋脚(可動) 2.5tf P3橋脚(固定) 3.0tf コイルばねばね定数 : P1支点 107tf/m P2支点 107tf/m P3支点 188tf/m
B	300×300×50	1	0	0	(1.30)		
C	300×450×50	1	0	0	(1.31)		
D	450×600×50	1	0	0	(1.32)		
E	300×300×50	1	1	0	(1.46)		

注1. 括弧内の固有振動数は、応答試験時の平均的なSDRのせん断ひずみ $\gamma=0.31$ に対する解析値である

注2. 減衰定数は変位応答波形の大きな振幅域での値を示した

a) 静的な荷重・ひずみ特性および減衰定数に関する実験

橋梁用ゴム支承等の実験に用いられている大型2軸試験機を用いて、鉛直方向に無荷重の状態でのSDRに強制せん断変形を与え、その時の水平荷重とせん断変形の履歴からせん断弾性係数と減衰定数を求めた。荷重は0.01Hzの正弦波とし、剪断ひずみ±25%、±50%、±100%、±150%に対してそれぞれ10サイクル載荷した。また、荷重履歴の影響をみるため、24時間後に同様の試験を行った。

b) 振動時の荷重・ひずみ特性および減衰定数に関する実験

SDRの振動時のせん断弾性係数および減衰定数に関する実験は、写真-1に示す応答実験用の実験モデルの構造系を変更した装置を用いた。実験モデルは図-3に示すように、P1にSDRを設置して水平方向に弾性支持とし、P2、P3は可動支承とした。実験は、振動台を正弦波(1.0~2.7Hz)で加振し、定常振幅に近い状態となった時の約10秒間の桁の加速度応答とSDRのせん断変形の履歴からせん断弾性係数と減衰定数を求めた。

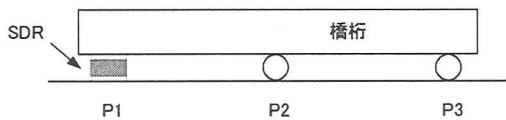


図-3 特性試験装置の構造モデル

(3) 地震波に対する応答試験

振動台に設置した実験モデル(写真-1)に、地震波を入力してその応答を求めた。構造モデルを図-4に示す。地震波は表-2に示す「道路橋の耐震設計に関する資料」(社団法人日本道路協会)に示された標準波形のうち着色部の波形を用いた。

入力地震波は、試験設備の都合で変位を制限する必要があったため、最大加速度レベルを200~300galにレベル調整し、かつ、0.3Hzのハイパスフィルターを用いた。

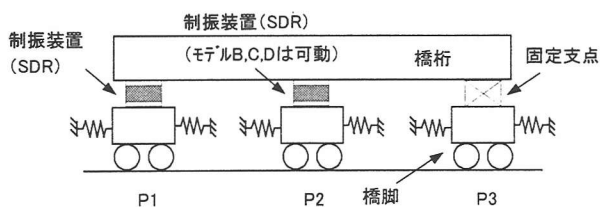


図-4 応答試験用構造モデル

表-2 入力地震波(道路橋の耐震設計に関する資料)

地盤種別	名称		最大加速度 (gal)
	種別	名称	
タイプ I 地震動	I 種地盤	I-I-1 1978 KAIHOKU BRG. LG.	319
		I-I-2 1978 KAIHOKU BRG. TR.	320
		I-I-3 1993 SHICHIHO BRG. LG.	-323
	II 種地盤	I-II-1 1968 ITAJIMA BRG. LG.	-363
		I-II-2 1968 ITAJIMA BRG. TR.	385
		I-II-3 1994 ONNETTO BRG. TR.	-365
	III 種地盤	I-III-1 1983 TSUGARU BRG. TR.	-433
		I-III-2 1983 TSUGARU BRG. LG.	-424
		I-III-3 1994 KUSHIROGAWA EMB. LG.	439
タイプ II 地震動	I 種地盤	II-I-1 1995 JMA KOBE OBS. N-S	-812
		II-I-2 1995 JMA KOBE OBS. E-W	766
		II-I-3 1995 HEPC INAGAWA N-S	780
	II 種地盤	II-II-1 1995 JR TAKATORI STA. N-S	687
		II-II-2 1995 JR TAKATORI STA. E-W	-673
		II-II-3 1995 OGAS FUKIAI N27W	736
	III 種地盤	II-III-1 1995 HEPC HIGASHI KOB N12W	-591
		II-III-2 1995 KOBE PORT ISLAND N-S	-557
		II-III-3 1995 KOBE PORT ISLAND E-W	619

4. SDRの特性

図-5に静的および振動時の荷重・変位履歴の一例を示す。SDRの特性値はこの荷重・変位履歴曲線から求めた。せん断弾性係数は、従来、ゴムの特性評価に用いられている貯蔵バネ定数、減衰については減衰定数で表した。

貯蔵バネ定数  $k = P / x_0$

ここに、 $x_0, P$  : 最大変位とその時の荷重

減衰定数  $h_s = \frac{1}{4\pi} \cdot \Delta W / W$

ここに、 $\Delta W$  : 損失エネルギー

$W$  : 弾性エネルギー

せん断弾性係数  $G = \frac{H}{A} k$

ここに、 $H, A$  : SDRの厚さ、断面積

SDRは、荷重履歴によってその特性が変化する。こうした履歴特性の評価は、一般に初期特性と2回目の特性を求め、その平均値をその特性値として用いている。ここでは、同一試験体の最初の試験をPre、2回目の試験をPostとして示した。

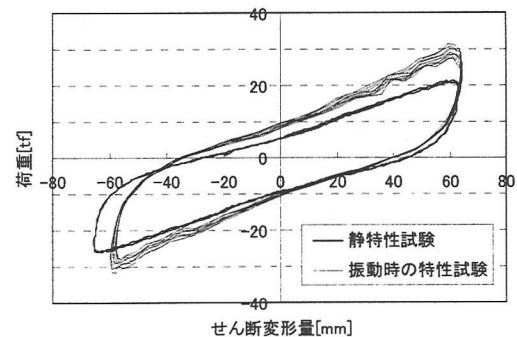


図-5 SDRの荷重変位履歴の一例 (SDR断面450×600×50, せん断ひずみ $\gamma=1.20$ )

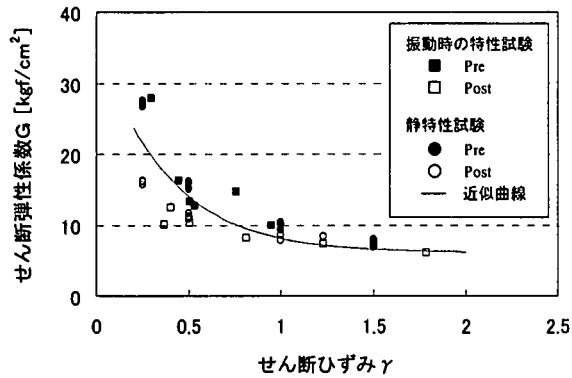


図-6 せん断ひずみとせん断弾性係数の関係  
(1.1Hz, 20℃)

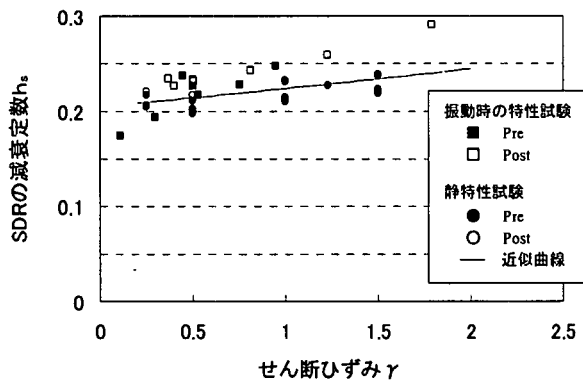


図-7 せん断ひずみと減衰定数の関係  
(1.1Hz, 20℃)

SDR の特性は、温度および振動数に対する補正係数とせん断ひずみに対する関数の積として表せる。これらの補正係数と関数は材料の特性試験から求められる。

せん断弾性係数

$$G(f, T, \gamma) = C_{Gf}(f) \cdot C_{GT}(T) \cdot G_0(\gamma)$$

ここに、

$C_{Gf}(f)$  : 振動数補正係数 (20℃)

$C_{GT}(T)$  : 温度補正係数 (0.5Hz)

$G_0(\gamma)$  : せん断弾性係数 (温度 20℃, 0.5Hz)

減衰定数

$$h_s(f, T, \gamma) = C_{hf}(f) \cdot C_{hT}(T) \cdot h_{s0}(\gamma)$$

ここに、

$C_{hf}(f)$  : 振動数補正係数 (20℃)

$C_{hT}(T)$  : 温度補正係数 (0.5Hz)

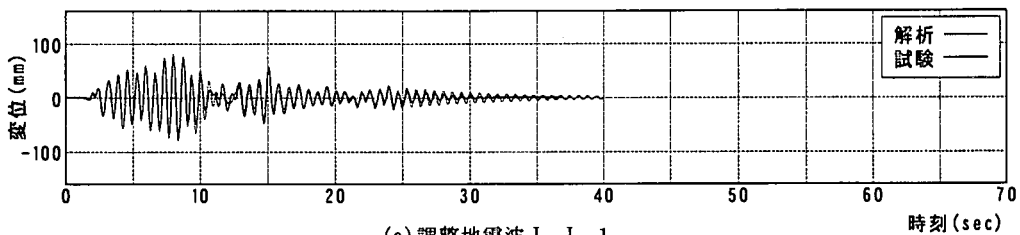
$h_{s0}(\gamma)$  : 減衰定数 (20℃, 0.5Hz)

### (1) せん断弾性係数

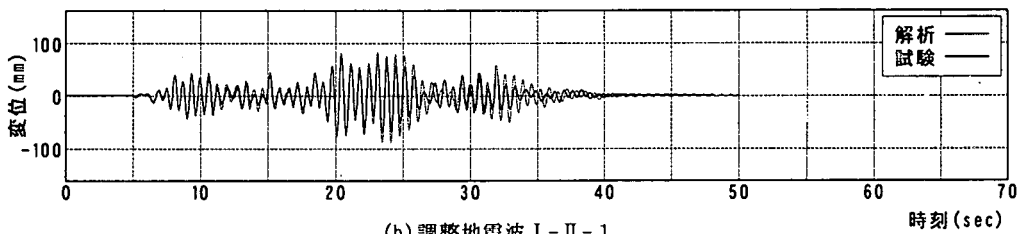
静特性試験および振動時の特性試験から得られたせん断ひずみとせん断弾性係数の関係を図-6に示す。静特性試験は0.01Hz、振動時の特性試験は地震相当の1.0~2.7Hzでおこなった。図示したデータは、1.10Hz、標準温度20℃に換算して示した。実線は静特性試験の近似曲線である。振動時のせん断弾性係数は、低ひずみ域では、荷重履歴の影響によるものと推定されるデータのバラツキがみられるが、実用上、静特性試験に振動数および温度の補正をした近似曲線で評価できる。

### (2) 減衰定数

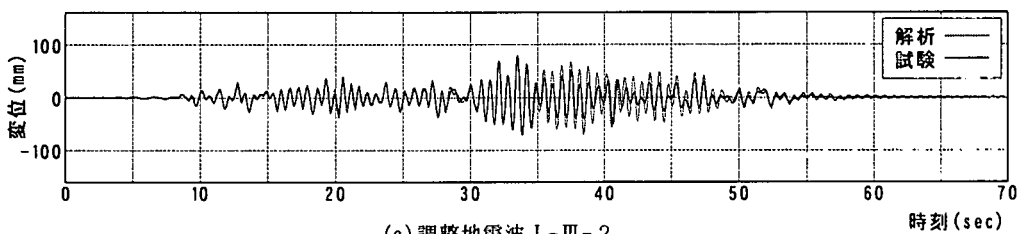
静特性試験および振動時の特性試験におけるせん



(a) 調整地震波 I - I - 1



(b) 調整地震波 I - II - 1



(c) 調整地震波 I - III - 2

図-8 橋桁と振動台の相対変位の時刻歴波形 (モデルE, タイプI地震動)

断ひずみと減衰定数の関係を図-7に示す。せん断弾性係数にみられた低振幅域のデータのバラツキは認められない。減衰定数はひずみの増加にともないやや増加する。振動時の特性試験から得られた値は、静特性試験から得られた値より大きめであり、実用上、静特性試験に振動数および温度の補正をした近似曲線で十分評価できる。

## 5. 地震波に対する特性

### (1) 実験結果

橋桁の時刻歴変位応答結果の一例を図-8に示す。地震波に対する制振効果は、実験モデルの最大変位応答から評価する。

#### a) 可動支承の移動量

地震波に対する可動支承の最大移動量を図-9に示す。可動支承の移動量は、橋桁の変位と橋脚天端変位の差分から求めた。制振装置を設置したモデル（モデルB, C, D, E）では、いずれのモデルも可動支承の移動量が20%以下に低減されている。本試験のモデルは実橋に用いるSDRを用いたため試験モデル規模に比べてSDRの断面が大きいため、支承の移動量が小さくなっている。

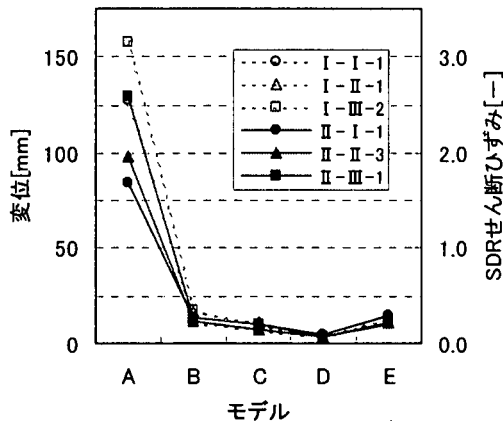
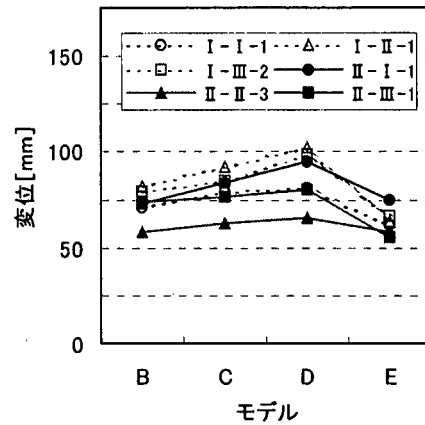


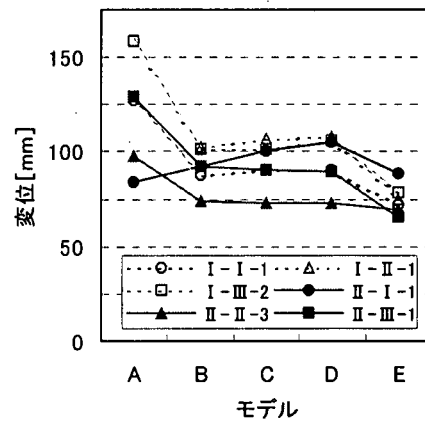
図-9 可動支承移動量(P1)

#### b) 橋脚の荷重分担

図-10に地震波に対する各橋脚の変位を示す。固定橋脚の変位は、地震波II-I-1を除き制振装置を設置することによって30~40%減少し、可動橋脚の変位(50~100mm)と同程度となっている。制振装置をP1橋脚のみに設置した場合のモデル間の優位差は僅かであるが、制振装置をP1, P2双方に設置した場合(モデルE)は、可動橋脚、固定橋脚ともに変位が小さくなりその負荷が低下していることがわかる。原因はより多くの橋脚に荷重を分散させることによって、構造系の剛性が大きくなったことと制振装置の数が増加し、減衰性能が上がったためである。地震波II-I-1については、制振装置を設置するこ



(a) P1(装置設置可動橋脚)



(b) P3(固定橋脚)

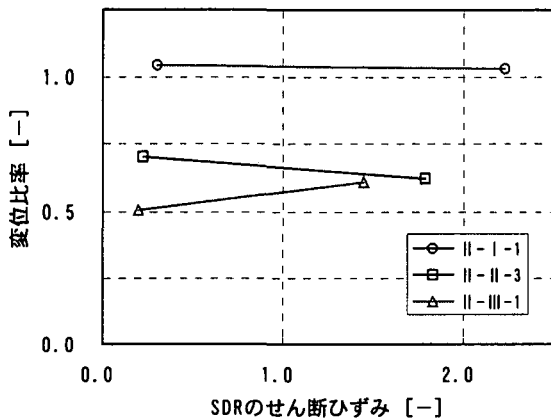
図-10 橋脚変位

とによって橋脚の変位が5~25%ほど大きくなっている。これは、制振装置を設置することによって固有振動数が1.10Hzから1.30~1.46Hz(表-1)と大きくなり、地震波の卓越振動数(1.38Hz)に近付いたためである。

SDRは、固定橋脚と可動橋脚の耐力に対応した変形となるようにその断面を設定すればよい。すなわち、本制振装置を設置することによって、橋脚への地震荷重の適切な配分が可能となる。

#### c) 橋桁の変位応答

地盤に対する橋桁の変位応答は、固定橋脚の変位応答(図-10(b))に等しい。橋桁の最大変位応答は、地震波II-I-1を除き、SDRを設置することによって30~40%低減されている。地震波II-I-1については、設置することによって変位が5~25%大きくなっている。SDRはP1のみよりP1とP2双方に設置した場合の方が、制振効果が大きい。地震波II-I-1における現象は、制振装置を設置することにより固有振動数が変化し、橋脚と同様、地震波の卓越振動数に近づいたためである。実験モデルの固有振動数が大きく変化しているのは、モデル規模に比べSDRの寄与度が大きいためである。



注. (変位比率) = (モデルEの橋桁変位) / (モデルAの橋桁変位)

図-11 橋桁の変位応答に及ぼすSDRの変形量の影響

## (2) 解析による検討

本試験は、試験設備およびモデルの都合上、地震波の加速度レベルや、モデルの減衰定数が限定された条件下で行っている。そこで、それらの不足条件を補うため解析によってその影響を検討した。また、耐震応答におよぼす構造系の固有振動数の影響を解析によって検討した。

### a) 制振装置を設置しないモデルの特性

解析にあたっては、制振装置を設置しないモデルAの固有振動数および減衰定数の値を測定して、その固有特性を決定した。モデルAの固有振動数は1.10 Hz、減衰定数は0.015である。

### b) SDRのモデル化

SDRの特性は、応答試験に用いた供試体の特性曲線を用い、荷重・ひずみ特性は折れ線でモデル化した。モデル化は、小振幅域の応答を対象とするときはSDRの小変形域を、大振幅の評価をするときは大振幅変形域がよく近似されるよう配慮した。

### c) 実験結果との比較

図-8に、モデルEにおける橋桁と振動台の相対変位（橋桁の変位応答）の実験結果と解析結果の一例を示す。解析結果は、小振幅域では実験値と差がみられるが、最大振幅では、実験値に対する解析値の比率は1.02~1.10でよい一致がみられる。

### d) 応答振幅による影響

実験は地震波の最大加速度レベルが200~300galで行われ、SDRのせん断ひずみも20%程度である。設計地震波はこれより大きく、実橋においてはSDRのせん断ひずみは150%程度を想定している。したがって、SDRの振幅による非線形性の影響を評価しておく必要がある。そこで、モデルEに対して実地震波を外力とする時刻歴応答解析をおこない、低振幅時の応答と比較した。

図-11は、小振幅応答と大振幅応答について、制振装置を設置したことによる効果を設置しない場合との変位応答比率によって比較している。地震波II-III-1については、大振幅での効果が少なく予想した結果であるが、他の2ケースは異なった結果となっ

## 地震波の卓越振動数

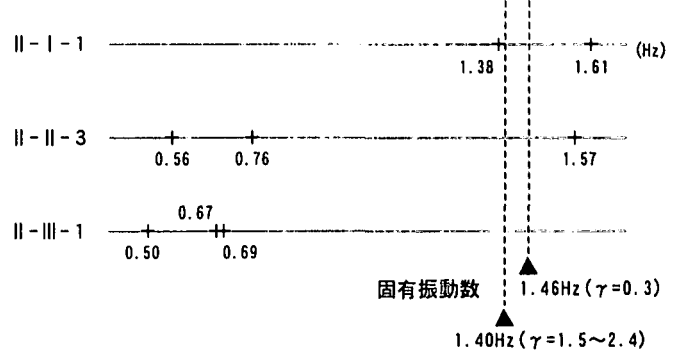


図-12 モデルEの固有振動数と地震波の卓越振動数

た。

図-12にモデルEの固有振動数と地震波の卓越振動数の関係を示す。試験モデルの固有振動数は、小振幅 ( $\gamma=0.3$ ) では1.46Hzであるが、大振幅域 ( $\gamma=1.5\sim 2.4$ ) ではSDRのせん断剛性の低下により1.40Hzに変化する。したがって、大振幅での固有振動数は、地震波II-I-1では1.38Hzに近づくため共振の影響を受けるが、地震波II-II-3では1.57Hzから離れるため共振の影響は少なくなる。しかし、地震波II-III-1の卓越振動数は実験モデルの固有振動数から大きくはなれているため、固有振動数の変化の影響は発生しない。共振現象の影響のない地震波II-III-1では、大振幅域の制振効果が50%から40%に低下する。しかし、その低下は問題となる量ではなく、制振装置は十分な効果を有している。

### e) SDRのせん断ばねによる効果

図-13は、SDRのばね効果をみるために、SDRがばね効果のみの場合と制振装置のない場合を比較している。外力を正弦波としてその振動数を変えて共振付近の応答を比較した。SDRのせん断ひずみは $\gamma=1.2$ である。SDRのばね効果により、橋桁の固有

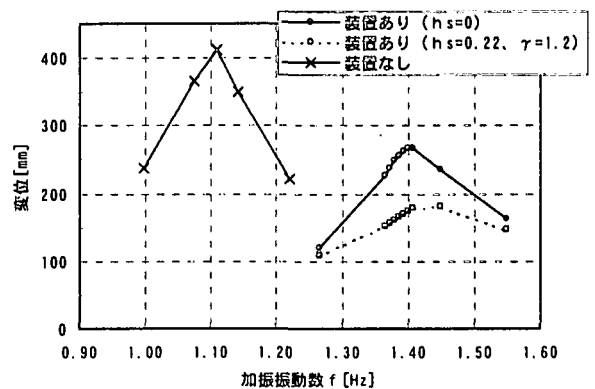


図-13 SDRのせん断ばねの効果 (モデルE, 200gal正弦波加振, 構造系の減衰定数  $h=0.05$ )

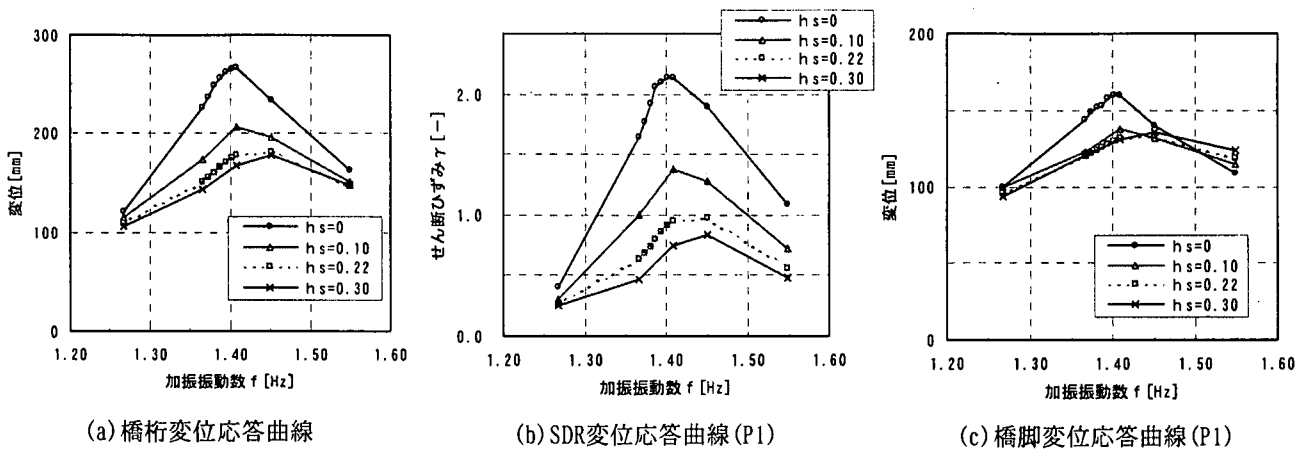


図-14 SDRの減衰定数  $h_s$  に対する変位応答 (モデルE, 構造系の減衰定数  $h=0.05$ ,  $\gamma=1.0$ )

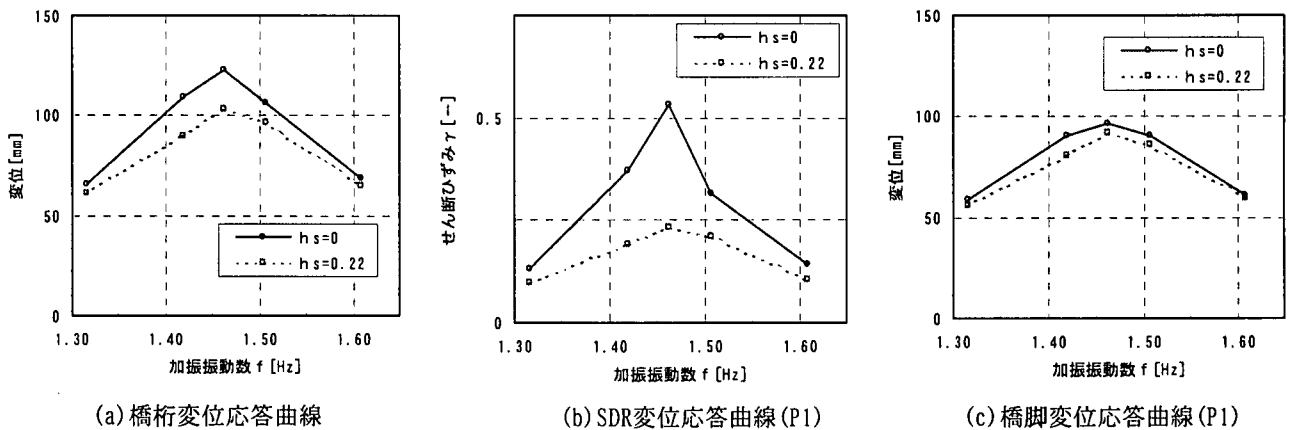


図-15 小振幅域における応答 (モデルE, 構造系の減衰定数  $h=0.05$ ,  $\gamma=0.25$ )

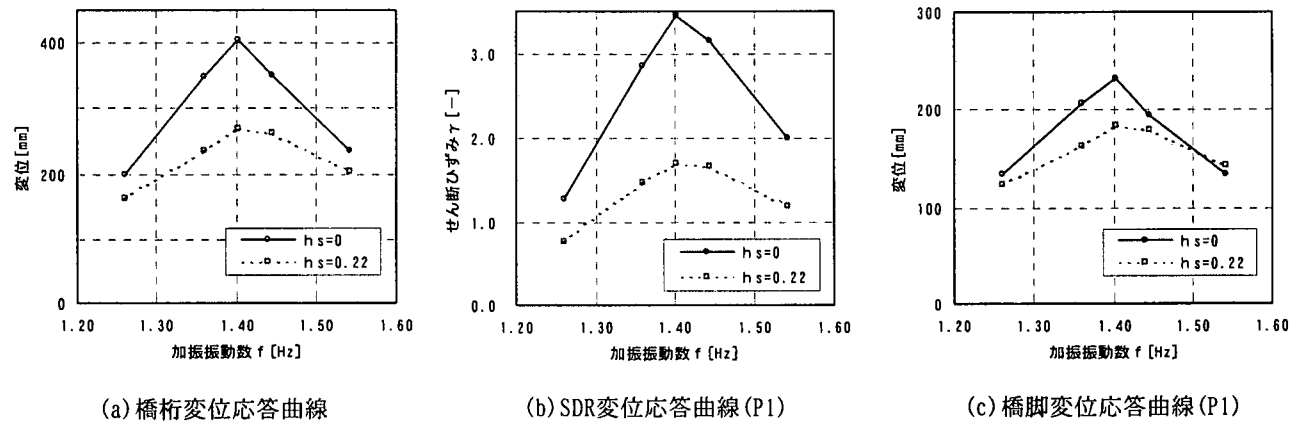


図-16 大振幅域における応答 (モデルE, 構造系の減衰定数  $h=0.05$ ,  $\gamma=1.8$ )

振動数は27%増加し、振幅は412mmから266mmと65%に低減される。

#### f) SDRの減衰定数による効果

SDRはゴム支承に用いられている高減衰ゴムの2倍の減衰性能を有するが、その振動エネルギー吸収量は橋梁構造に比べて少なく、橋梁の減衰性能が大きくなるとその寄与度が低下する。試験モデルの減衰定数0.015は実橋梁の設計に用いられる値に比べて小さいので、構造系の減衰定数を0.05としてその影響を評価した。

制振効果は、地震波の卓越振動数と橋桁の固有振動数の関係で大きく異なる。そこで、外力を単純な正弦波として、その振動数を変化させたときの橋桁の変位応答を比較し、SDRの減衰定数による効果を比較した。

図-14に、SDRの減衰定数  $h_s$  を0~0.3としたときの応答結果を示す。このときのせん断ひずみは  $h_s=0.22$  で約1.0である。制振効果をバネ効果のみ ( $h_s=0$ ) とした場合に比べると、 $h_s=0.22$  (SDRの減衰定数) とすることによって共振時の橋桁の応答は

32%減少する。さらに、 $h_s=0.3$ と減衰をあげるとその応答は37%減少するがその割合は低下している。減衰定数をあげることによりSDRの変形は減少するがせん断弾性係数が大きくなるため橋脚に作用する力は変わらず橋脚の変位は殆ど変わらない。

図-15、図-16は、応答振幅による減衰効果の違いを比較したものである。制振装置を設置した場合とその制振効果をバネ効果のみとした場合 ( $h_s=0$ ) を比べると、共振応答は、小振幅域 ( $\gamma=0.25$ ) においては84%に、大振幅域 ( $\gamma=1.8$ ) では66%に低下する。減衰による効果は大振幅域において大きくなっている。SDRの減衰定数 ( $h_s=0.22$ ) を考慮すると、せん断ひずみは小さくなり、せん断弾性係数が変化する。せん断ひずみが大振幅域 ( $\gamma=1.8$ ) では、SDRの減衰を考慮することによってせん断弾性係数は2%増加するにすぎず、制振効果は減衰の影響のみとなる。一方、小振幅 ( $\gamma=0.25$ ) では、減衰を考慮することによってせん断弾性係数は80~100%増加して、制振効果には減衰に加えバネの影響が含まれる。小振幅域におけるSDRのバネの影響は、SDRと橋脚剛性の関係によって変化する。大振幅域においては、設計相当の構造系の減衰 ( $h=0.05$ ) を評価した場合においても、本装置の減衰効果が期待できる。

減衰による効果は、外力との共振現象がない場合には効果は少ないが、共振現象がみられる場合にはその効果が極めて大きくなる。

#### f) 橋体固有振動数の応答への影響

図-16は、構造系の固有特性を変えず、外力(正弦波)の振動数を変化させたときのモデルEの応答を示したものである。SDRのせん断変形は、地震時の応答を想定した $\gamma=1.8$ と大振幅域の変形である。制振効果は、バネ効果のみ ( $h_s=0$ ) の場合、構造系の固有振動数が外力の振動数とどれだけ近いかに応答は大きく異なる。共振した場合、応答は404mmになる。制振装置を設置 ( $h_s=0.22$ ) すると、共振状態においても応答は66%に低減される。

## 6. まとめ

実物大SDRの振動時の特性および本装置を適用した橋桁の地震応答を模型実験と解析によって検討した。その結果、耐震対策として以下の有効性を確認した。

① 実物大SDRの振動時の特性は、実用的には、従来ゴム支承で行われている静特性試験と小試験体の特性試験によってその特性を評価できる。

② SDRの断面剛性を選ぶことによって可動支承の移動量を制御できる。

③ 固定橋脚の負荷を可動橋脚にも分担させることによって橋脚の性能を有効に利用できると同時に橋桁の応答を低減できる。

④ SDRの高い減衰性能によって共振現象のある場合においても橋桁の応答を低減できる。

本制振方法は、機能分離型の支承構造を構成するもので、新設橋、既設橋いづれにおいても適用可能であるが、経済的には既設橋への適用が極めて有効である。

## 参考文献

- 1) 清田ほか：塑性ゴムを用いた耐震用減衰装置の提案，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第1部(B)，I-B310，pp. 620-621，1996.
- 2) 清田ほか：塑性ゴムを用いた耐震用減衰装置，横河ブリッジ技報，No.26，pp.73-81，1997.
- 3) 大瀧ほか：SDR(Super Damping Rubber)を用いた制振装置の確認実験，土木学会第55回年次学術講演会講演概要集，I-B251，2000.
- 4) 加藤ほか：大型振動台実験によるSDR(Super Damping Rubber)の動的特性の評価，土木学会第55回年次学術講演会講演概要集，I-B252，2000.
- 5) 社団法人 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1997.

## EXPERIMENTAL STUDY IN ORDER TO CONFIRM THE EFFECTS ON DAMPING DEVICE USING SUPER DAMPING RUBBER

Renji KIYOTA, Hisanari URUTA, Shiro OTAKI, Koji KATO, Atsushi KATO and Satoshi HUIJITA

As the seismic countermeasure of bridges, reinforcement of piers and application of seismic isolators are ordinary used. But it is difficult to design expansion joint and apply for the bridge in soft ground, because the displacement of bearing is large and the natural period of the bridge is long.

The authors proposed another method using damping device. It is set between the girder and the top of pier and enables to control the displacement of bearings and load on piers.

In shaking table tests, the dynamic behavior of the actual-size SDR and the bridge applied devices, was verified.

This paper describes that the damping Device using SDR is capable of reduction in the vibration amplitude of the girder, decrease the displacement of bearings, and control of the load on piers.