

ドーピー建設工業 正会員 和田教志・鈴木亮介
立命館大学理工学部 正会員 伊津野和行・児島孝之
東京ファブリック工業 吉野 伸

1. はじめに 阪神・淡路大震災以降、橋梁の地震時挙動を改善するため、ゴム材の利用によって衝撃的な動きを押さえることが、積極的に求められるようになった。しかし、ゴム材の持つ変形能力を超えた力を受けた場合、急激に剛性が高まるハードニング現象が発生し、橋梁の地震応答にも大きな影響を及ぼすことが考えられる。ハードニング現象が発生すれば、衝撃的な力が構造物に作用する可能性がある反面、変形が抑制されて過大な揺れを止めるストッパーとしての働きが期待できる。従来、地震時反力分散装置の設計にあたっては、ゴムを線形バネに置き換えてモデル化しており、ハードニング現象が発生する領域までの地震応答は考えていなかった。しかし、地震時におけるゴム材の正確な挙動を把握することは、橋梁の耐震安全性の向上に有効であると考えられる。本研究では、ゴム材の圧縮変形を用いた地震時反力分散装置の有効性を検討するため、ハイブリッド地震応答実験を行い、その基礎的特性を検討した。

2. 実験概要 本研究で用いた地震時反力分散装置は、図-1のように、キャップ方式のアンカーバーを使用し、キャップとアンカーバーとの間にゴムを介在させたものである。支承にはスライド省などの可動柵を用いて鉛直反力を受け持たせ、橋軸方向の水平力を、ゴムの圧縮変形を利用して受け止める仕組みになっている。

ゴムの圧縮変形を利用する場合、剛性が一般的に高いので、ゴムに穴をあけて剛性を調整している。実験供試体の概要を図-2に示す。この供試体を数枚重ねて利用する。供試体としては、天然ゴム製と、高減衰ゴム製の2種類を用いた。

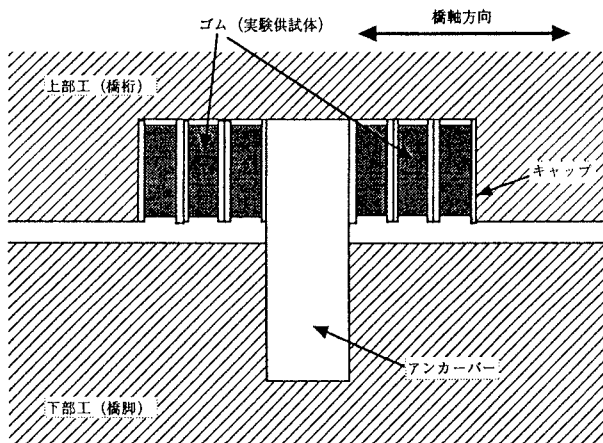


図-1 地震時反力分散装置の概要

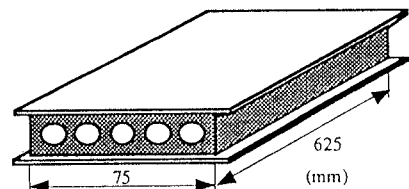


図-2 実験供試体

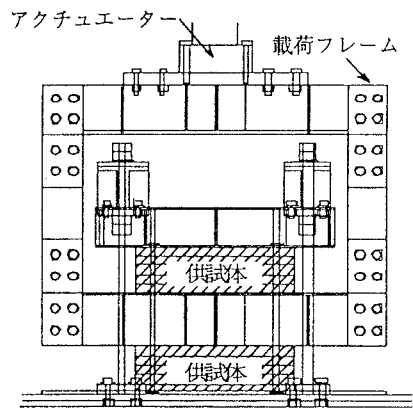


図-3 载荷システム

キーワード：地震時反力分散装置、ハイブリッド実験、多径間P.C橋、ゴム材、圧縮変形

ドーピー建設工業	〒530 大阪市北区万歳町4-12	tel. 06-361-0995	fax. 06-313-0752
立命館大学理工学部	〒525-77 草津市野路東1-1-1	tel. 0775-66-1111	fax. 0775-61-2667
東京ファブリック工業	〒532 大阪市淀川区西中島3-9-13	tel. 06-397-7991	fax. 06-397-7990

載荷システムを図-3に示す。コンピュータで地震応答解析を行いつつ、各時点における反力分散装置の変形を油圧アクチュエータに指示して載荷する。そして、実験から得られる反力をコンピュータに取り込んで、次のステップにおける地震応答を計算するというハイブリッド地震応答実験である。コンピュータでの地震応答解析で想定している橋梁モデルを図-4に示す。5径間連続PC橋を試設計し、その橋脚上端と桁との間に、反力分散装置を表すバネを入れている。このバネの動きのみをハイブリッド実験で求め、その他は線形梁部材としてコンピュータで計算している。入力地震波は、道路橋示方書のII種地盤用設計地震波の、震度法レベルL1と、地震時水平保有耐力照査レベルL2タイプIを用いた。実験ケースを表-1に示す。載荷装置の能力（動的30tonf）の限界より、天然ゴム供試体に対してはL1のみ、高減衰ゴム供試体に対してはL1とL2の載荷を行った。

3. 実験結果 実験によって得られた反力分散装置の履歴復元力特性を、図-5～7に示す。図-5が天然ゴム供試体のL1地震波に対する応答、図-6が高減衰ゴム供試体のL1地震波に対する応答、図-7が高減衰ゴム供試体のL2地震波に対する応答である。L1地震波を入力した場合、図-5の天然ゴム供試体も、図-6の高減衰ゴム供試体も、ハードニング現象は発生していない。高減衰ゴム供試体の方が初期剛性が高い。また、大きな応答を示すのは1度だけであり、あとは1cm以内の小さな応答にとどまっている。静的載荷試験から求めた等価粘性減衰は、天然ゴム供試体で約2%、高減衰ゴム供試体で約8%である。ゴムのせん断変形を利用する装置に比べると、高減衰ゴムといえども減衰性が低いものの、天然ゴム供試体と比較すれば、十分大きな減衰を与えていることがわかる。

図-7の高減衰ゴム供試体のL2地震波に対する応答では、変位応答が約2cmを越えるとハードニング現象が発生している。橋脚は線形として解析しているが、ハードニングが発生した場合でも、橋脚基部の曲げモーメントの応答（図-8）は、許容値以下になっている。

ただし、反力分散装置の剛性が急激に高くなるため、パルス的な波形となっている。

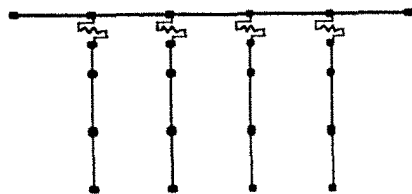


図-4 解析モデル

表-1 供試体の載荷ケース

入力地震波	L 1	L 2
天然ゴム供試体	○	
高減衰ゴム供試体	○	○

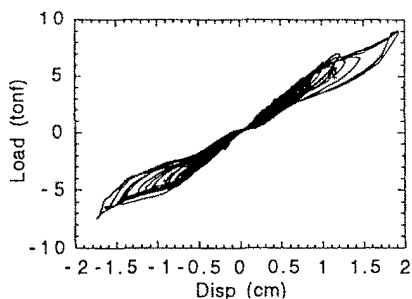


図-5 L1地震波に対する応答（天然ゴム）

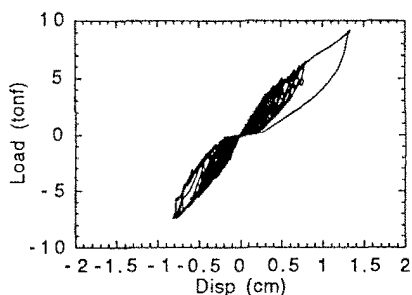


図-6 L1地震波に対する応答（高減衰ゴム）

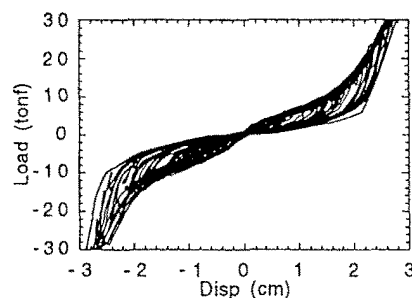


図-7 L2地震波に対する応答（高減衰ゴム）

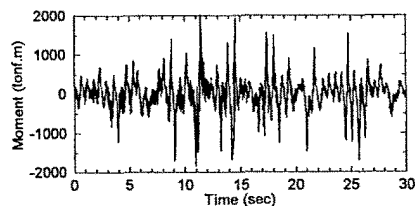


図-8 L2地震波に対する橋脚下端部モーメントの応答（高減衰ゴム）