

第 I 部門 積層ゴムダンパーにより耐震補強された斜張橋の地震時性能のハイブリッド実験による評価

京都大学工学研究科 学生員○多屋文子 正会員 五十嵐晃

近畿職業能力開発大学校 フェロー 家村浩和

阪神高速道路(株) 正会員 長澤光弥

川口金属工業(株) 正会員 吉田雅彦

1. 概要

超高減衰ゴム材料による積層ゴムのせん断変形に伴うエネルギー吸収性能を利用した制震ダンパー（以下積層ゴムダンパーと呼ぶ）を、既設の長大鋼斜張橋の耐震補強に適用することが検討されている。積層ゴムダンパーの縮小模型供試体を用いたハイブリッド実験を実施することにより、このような新しいタイプの制震ダンパーを設置した長大斜張橋の地震応答の予測および地震時性能の評価を行い、耐震補強の目標とする地震時性能を満足するかどうかを検証した。

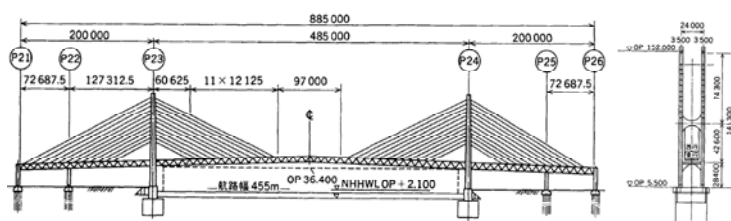


図1 想定斜張橋

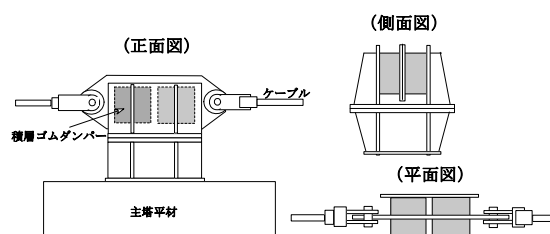


図2 積層ゴムダンパー

2. 対象橋と地震時性能目標

積層ゴムダンパーを利用して、図1に示す斜張橋の耐震補強を行うものと想定する。本橋は、橋桁の全支点が可動であるオールフリー形式を仮定し、橋軸方向の固有周期は4.3秒と長周期となっている。積層ゴムダンパーは、図2に示すように縦置き積層ゴム4体を水平に配置した構造であり、図3に示すように主塔の横梁部に設置し、ケーブルで橋桁と連結する。本実験においては、積層ゴムダンパー設置後の構造について、レベル2地震動に対する橋軸方向の目標地震時性能として次の2項目に着目する。(1) 橋桁と主塔の橋軸方向相対変位の目標値0.9m (2) 主塔基部の曲げモーメントを許容曲げ耐力を1,235,000kNmとし仮定した。

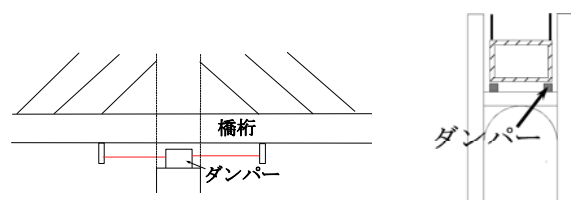


図3 積層ゴムダンパー設置方法

3. ハイブリッド実験

ハイブリッド実験において、積層ゴムダンパーの縮小模型供試体1基を載荷試験対象とし、その復元力応答と斜張橋の応答をサブストラクチャー法で組み合わせることで全体構造の地震応答評価を行った。載荷実験装置を図4に示す。積層ゴムダンパー供試体は、4基それぞれの積層ゴムの平面寸法が320x320mm、ゴム総厚が56mmの1/4縮小モデルである。最大荷重容量5,000kN（押し側）最大変位±400mmの手動制御の油圧ジャッキにより水平方向に載

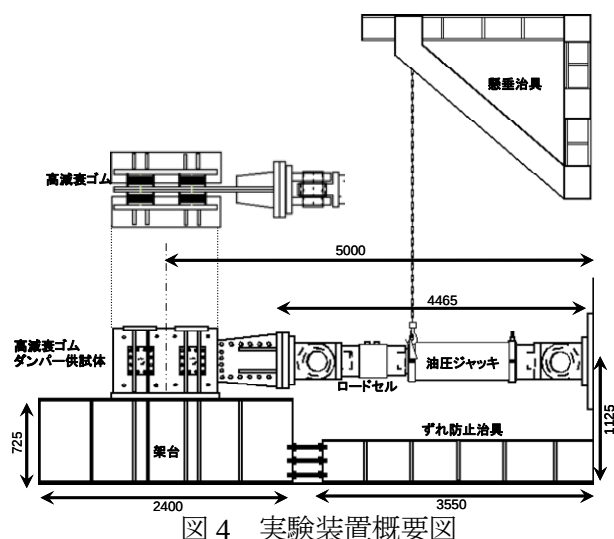


図4 実験装置概要図

荷する。ハイブリッド実験における高次モードの励起等の問題を考慮し、構造全体系を図5に示すような3自由度系によりモデル化して運動方程式の逐次時間積分に基づくハイブリッド実験での载荷を行った。このモデルは、主塔下部・主塔上部・橋桁の3点の橋軸水平変位に対応する自由度より構成され、積層ゴムダンパーは主塔下部と橋桁の両自由度間の相対変位に対応する変位を生じるものとしている。

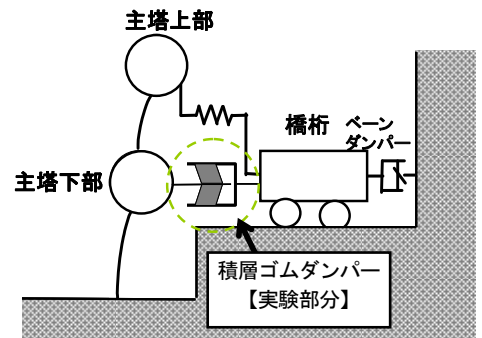


図5 3自由度系モデル

4. 実験結果と地震時応答

1995年兵庫県南部地震時に東神戸大橋周辺で観測された地震波（図6）を入力した場合の結果を示す。

(1) 橋桁－主塔間相対変位 ハイブリッド実験より得られた、橋桁と主塔の橋軸方向相対変位の時刻歴および積層ゴムダンパーの荷重変位（せん断ひずみ）関係を図7に示す。積層ゴムダンパー設置の場合、相対変位は想定許容値である0.9mを下回る。

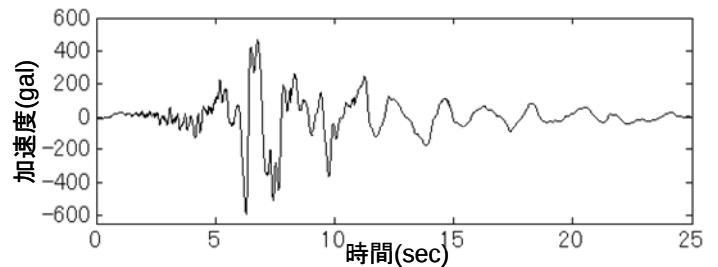


図6 照査用地震動

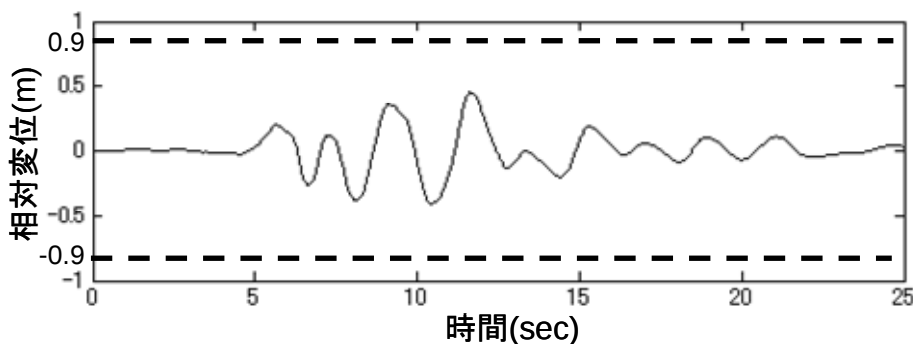
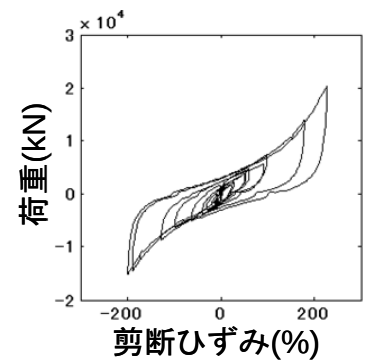


図7 ハイブリッド実験結果



(2) 主塔基部曲げモーメント 対象橋梁の断面力の評価を行うため、図8に示す平面66自由度系として対象橋梁をモデル化し、ハイブリッド実験での最大主塔変位時に対応するプッシュオーバーを行うことにより、主塔に作用する最大断面力を評価した。この時に主塔基部に作用する曲げモーメントは1,080,000(kN・m)と推算され、想定許容値である1,235,000(kN・m)よりも小さいことを確認した。以上により、ハイブリッド実験結果は、積層ゴムダンパーを設置した場合、対象橋梁は橋軸方向について目標地震時性能を満たすことを示すものと判断される。

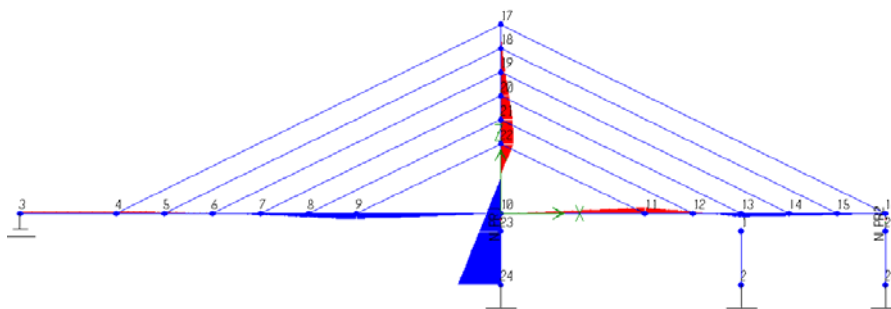


図8 最大変位時曲げモーメント分布

参考文献：角ほか、オールフリー形式鋼斜張橋の耐震補強設計に関する検討、第12回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、No.70、2009年1月。