

京都大学工学部 学生員 ○伊東 俊彦
 京都大学大学院工学研究科 正会員 五十嵐 晃
 京都大学大学院工学研究科 正会員 党 紀
 京都大学大学院工学研究科 学生員 村越 雄太

1. はじめに

橋軸方向および橋軸直角方向の 2 方向の免震効果を同時に期待し、サイドブロック等でゴム支承の変形方向を 1 方向に拘束しない免震橋の事例は現在広く見られるようになってきているが、そうした橋梁の設計における照査でのゴム支承の復元力特性のモデル化には、1 方向の変位-復元力関係をバイリニアモデルで定め、直交する 2 つの方向個々に適用する方法が用いられている。2 方向の相関を考慮した変位-復元力関係のモデルを用いることがより望ましいと考えられるが、そうした 2 方向復元力モデルのレベル 2 地震動に対する耐震設計照査への適用性を実験的に検証した研究は乏しいのが現状である。

そこで本研究では、レベル 2 地震動入力相当の条件を想定したゴム支承供試体の 2 方向载荷実験および 2 方向ハイブリッド実験を実施するとともに、既存の 2 方向復元力モデルによる時刻歴応答解析との比較を行い、ゴム支承のレベル 2 地震動入力時相当の大ひずみ領域における 2 方向復元力モデルの適用性を検討した。

2. 検討対象 2 方向復元力モデル

2 方向の変位-復元力関係の相関を考慮した代表的な復元力モデルとして、Multiple Shear Spring (MSS)モデルと Park らのモデル¹⁾の 2 種類に着目した。

(1) MSS モデル：水平面内に複数の非線形せん断ばねを等角度間隔で配置したモデルである (図 1)。本研究ではばねの数を 8 本とし、各ばねにはバイリニア型の非線形特性を持たせた。

(2) Park らのモデル：Bouc-Wen モデルを 2 方向に拡張したもので、履歴特性を表現する微分方程式で定められる変数 Z_x, Z_y を用いて 2 方向復元力を算出する。

$$\begin{Bmatrix} F_x \\ F_y \end{Bmatrix} = \alpha K_1 \begin{Bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \end{Bmatrix} + (1-\alpha)K_1 \begin{Bmatrix} Z_x \\ Z_y \end{Bmatrix} \quad [1]$$

$$\dot{Z}_x = A\dot{\delta}_x - \beta|\dot{\delta}_x Z_x|Z_x - \gamma\dot{\delta}_x Z_x^2 - \beta|\dot{\delta}_y Z_y|Z_x - \gamma\dot{\delta}_y Z_x Z_y \quad [2]$$

$$\dot{Z}_y = A\dot{\delta}_y - \beta|\dot{\delta}_y Z_y|Z_y - \gamma\dot{\delta}_y Z_y^2 - \beta|\dot{\delta}_x Z_x|Z_y - \gamma\dot{\delta}_x Z_x Z_y \quad [3]$$

ここに、 F_x, F_y : x, y 方向の復元力、 δ_x, δ_y : x, y 方向の変位、 K_1 : 初期剛性、 α : 2 次剛性比、 A, β, γ : 履歴パラメータである。

3. 実験の概要

- (1) ゴム支承供試体：G10 超高減衰ゴム支承(HDR-S 支承)2 体を用いた。図 2 に試験体の平面図を示す。平面寸法は 160×160mm、ゴム総厚は 40mm である。
- (2) 実験装置：図 3 に示す、3 次元 6 自由度試験装置を用い、一定面圧 6MPa の条件下で水平 2 方向に変位制御で载荷を行った。
- (3) 2 方向载荷試験：半径がせん断ひずみ 225%に対応する変位の円形軌跡での载荷、中心から頂点までがせん断ひずみ 175%に対応する変位の正方形軌跡での载荷の 2 種類の水平 2 方向载荷実験を行った。
- (4) 水平 2 方向ハイブリッド実験：免震橋のゴム支承が支持する上部構造を質量 392t の 1 質点で表現し橋脚の変形を無視した 2 次元 1 質点系を対象とし、兵庫県南部地震 JR 鷹取駅記録、神戸 JMA 記録の水平 2 成分を入力として 2 方向ハイブリッド実験を実施した。ゴム支承の相似率は 5 とした。

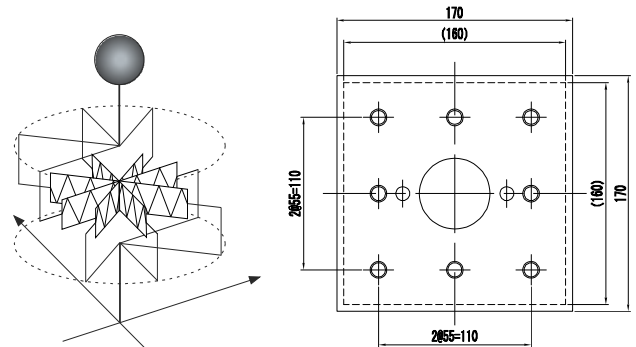


図 1 MSS モデル

図 2 試験体平面図

