

## 2 方向入力軌跡の回転極性が構造物地震応答評価に与える影響について Influence of Rotational Polarity of Bi-directional Input Trajectory on Seismic Response Assessment of Structures

○儀久昂・五十嵐晃

○Subaru GIGYU、 Akira IGARASHI

The seismic performance assessment for seismic design of civil engineering structures is typically conducted by numerical time-history analysis using earthquake accelerograms for this purpose. A particular character of structural response to bi-directional earthquake ground motions in the horizontal components appears as the influence of the rotational polarity of particle trajectory of ground motion is described. As an illustrative example, dynamic response of a simplified model of a curved girder bridge supported by bidirectional seismic isolation devices and uniaxial dampers to bi-directional ground motion is shown. It is found that the rotational polarity can affect the peak displacement of structures when the rotation of structures is considered and the influence of rotational polarity is not negligible.

### 1. はじめに

橋梁などの土木構造物の耐震設計や耐震補強設計の過程においては、設計検証用の想定地震動を入力した時刻歴動的解析による地震応答評価が実施される。例えば道路橋示方書では橋軸、橋軸直角方向のそれぞれ独立に1方向地震波を入力してそうした設計照査を行う方法が定められているものの、水平方向の2次元性を有する地震入力を用いて応答評価を行う事は性能照査において合理的である。

水平2方向地震入力に対する構造物応答の特有の問題として、地震動の個々の方向成分波形状が同一であっても、その符号の組合せにより生じる地震動粒子軌跡の回転方向（時計回り／反時計回りの2通りに区別される回転極性）によって構造物最大応答に相違が生じるという、これまであまり知られていない特性について述べる。このような特性の一つの例が松田ら（2013）で報告されているものの、この地震動の回転極性の影響が生じるための決定的要因は明確となっていない。

本論文では、水平2方向性を有する入力波の位相の回転極性の影響が生じると考えられる例として、重心と剛心の位置の不一致による構造物の回転に着目し、それを考慮できるような構造物をモデル化したものを用いて、その影響の検証を行った。

### 2. 解析ケースについて

#### 2. 1 構造物モデル

構造物モデルには、免震支承とシリンダ型粘性ダンパーの取り付けられた曲線桁橋を単純化したものを用いた。モデル図を[Fig. 1]に示す。また、問題を単純化するため、支承、ダンパーの水平方向の復元力特性は線形弾性・線形粘性とし、更に支承については回転による復元力は生じないものとした。解析モデルのパラメータを[Table. 1]に示す。この場合、運動方程式は次式の様になる。

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = -M\ddot{z} + F_D$$

ここで、各記号は以下のものを表している。

$$x = \begin{pmatrix} x \\ y \\ \theta \end{pmatrix} : \text{重心の並進と回転}$$

$\ddot{z}$  : 地震加速度

$$M = \begin{bmatrix} m & & \\ & m & \\ & & I_g \end{bmatrix}, \quad K = \begin{bmatrix} 2k & & 2kD \\ & 2k & \\ 2kD & & 2kL^2 \end{bmatrix}$$

$C$  : レイリー減衰より算出

$F_D$  : シリンダ型粘性ダンパーによる復元力

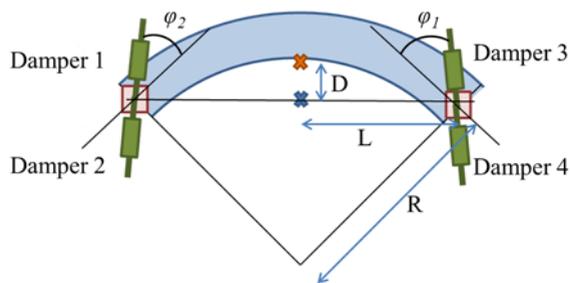


Fig. 1 Structural model

Table 1 The Parameters of the Structural Model

Parameter	Value	
Mass $m$ (ton)	1000	
Stiffness of Bearing $k$ (kN/m)	15000	
Eccentric distance $D$ (m)	2.39	
Distance during the Center of the Rigidity and a Bearing $L$ (m)	66.8	
Moment of Inertia $I_g$ (ton $\cdot$ m <sup>2</sup> )	1.50 $\cdot$ 10 <sup>6</sup>	
Length of Damper (m)	3	
Set Angle of Damper $\phi$ (°)	45	
Coefficient of Viscosity (kN $\cdot$ s/m)	Case1	case2
	0	3000

## 2. 2 入力地震波

入力地震波には [五十嵐ら (2012) が提案している標準波一相補直交成分波] を用いた。この入力はお互いに直交する水平 2 方向成分が同程度の強度を持ち、また、その位相回転方向が常に一定である、という性質を持つ。本解析では、道路橋示方書で用意されている標準波 II-III-3 より作成される組み合わせを用い、また、それを時計回り入力、その  $y$  方向成分を -1 倍した物を反時計回り入力として、解析を行った。時計回り入力の加速度軌跡を [Fig. 2] に示す。また、入力方向も  $0 \sim 180^\circ$  変化させた。

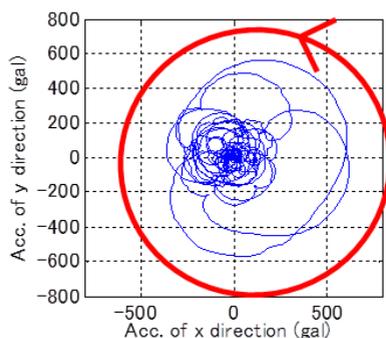


Fig. 2 Acceleration Trajectory of Levorotation Input

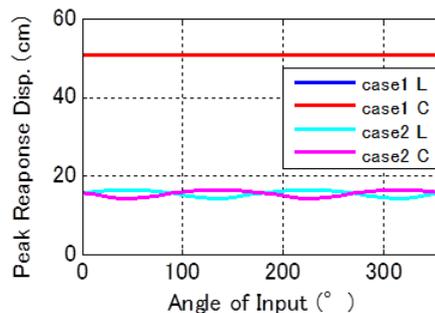


Fig. 3 Peak Displacement of a Bearing

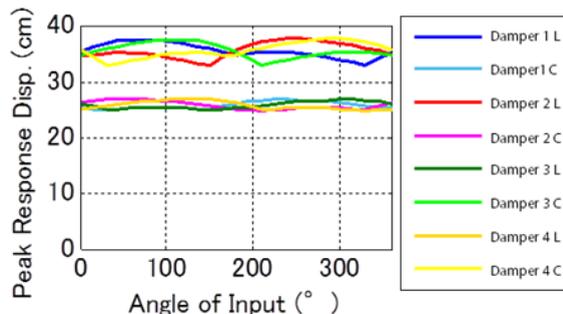


Fig. 4 Peak Displacement of each damper

## 3. 解析結果

各入力方向に対する、case1、2 の支承の最大変位応答を [Fig. 3] に示す。また、case2 の時のダンパーの最大応答変位を [Fig. 4] に示す。この図で汎例の記号 L は反時計回り入力時の結果を表し、C は時計回り入力時の結果を表している。これらの結果から、入力の回転極性によって、全てのダンパーで最大応答が異なる事がわかる。よって、どちらか一方の入力のみでは、ダンパーの性能を正しく評価出来ない可能性がある。

## 4. 結論

水平 2 方向入力による地震応答照査時に特有の問題として、位相の回転極性の影響を示した。地震動粒子軌跡の回転極性が最大応答に影響を与え、このため構造物の耐震性能の評価において回転極性の影響が無視出来ない可能性がある。

## 参考文献

- (1) 五十嵐晃ら (2012) : 標準波一相補直交成分波の組合せによる橋梁の耐震照査用水平 2 方向入力地震動, 土木学会論文集 A1, Vol.68, No.4, pp.I\_458-I\_469.
- (2) 日本道路協会 (2002) : 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編、丸善.
- (3) 松田哲夫ら (2013) : 免制震すべりシステム (ICSS) の地震応答に 2 方向同時入力の位相効果が及ぼす影響, 土木学会論文集 A1, Vol.69, No.4, pp.I\_688-I\_702.