

曲線ラーメン橋の耐震解析に関する検討

中日本高速道路（株） 非会員 山口 真一 正会員 野口 彰宏 正会員 酒井 修平
（株）ドoneyー大地 フェロー 坂手 道明 正会員 中谷 隆生 正会員 ○吉田 直弘

1. はじめに

曲線ラーメン橋は、一般的な直線ラーメン橋と異なり、橋脚ごとに最も不利な加振方向が異なり、また、刺激係数が卓越する振動モードは低次モードから高次モードまで広く分布している(表-1)。一方、現在の設計基準では、曲線ラーメン橋の加振方向及び減衰定数設定用振動モードの選定についての明確な規定がなく、これらの判断は設計者に委ねられている。そのため、設計者によって解析結果が大きく異なる可能性がある。ここでは、入力加振方向と減衰定数設定用振動モードの選定による耐震解析結果への影響について検討し、その結果を報告する。

表-1 曲線ラーメン橋と直線ラーメン橋との振動特徴比較

	最も不利な加振方向	卓越振動モード
直線ラーメン	橋軸方向、橋軸直角方向	主に低次モード
曲線ラーメン	橋脚によって異なる	高次モードにも存在する

2. 検討対象橋梁

検討にあたっては、図-1 に示す鋼 6 径間連続箱桁ラーメン橋を対象橋梁とした。橋脚断面は景観性に配慮し、他橋梁に合わせて矩形断面とした。基礎形式は地盤条件により直接基礎、深礎、ケーソンを採用した。

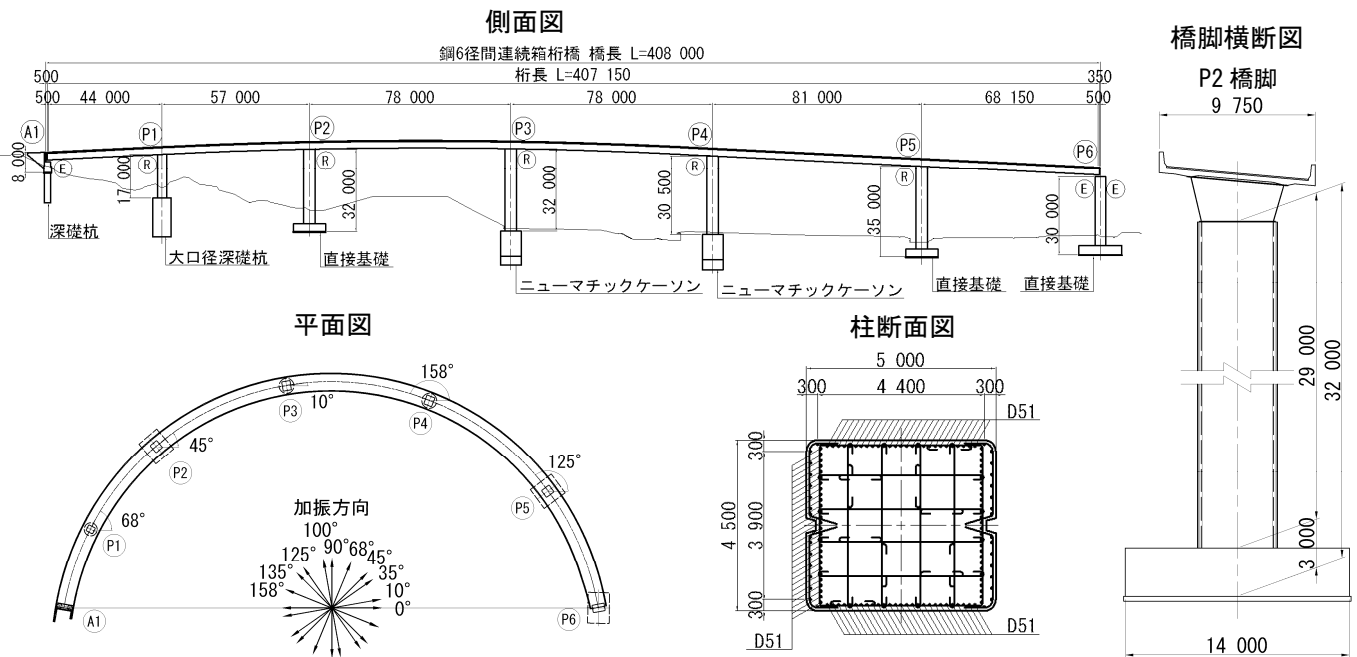


図-1 検討対象橋梁

3. 検討条件

検討対象橋梁に対して非線形動的解析を行った。解析条件を表-2 に示す。解析モデルは平面曲線線形を反映した 3D モデルとした。上部工については、塑性化させないよう設計したため、解析モデルは線形梁要素とした。橋脚については、柱の塑性ヒンジ部は M-θ モデルとし、一般部は M-φ モデルとした。加振方向一覧表を表-3 に示す。45° 刻みの加振方向の他に、各橋脚の橋軸方向及び橋軸直角方向にも加振した。

表-2 解析条件

解析モデル	3Dモデル	地盤種別	I 種
上部工モデル	線形梁要素	地域補正係数	Cz=1.0
橋脚モデル	武田モデル	減衰マトリクス	Rayleigh減衰
基礎モデル	線形バネ要素	積分方法	Newmark-β 法

表-3 加振方向一覧表

加振方向	加振方向と一致する下部工方向	加振方向	加振方向と一致する下部工方向
0°	-	90°	-
10°	P3橋軸	100°	P3直角
35°	P5直角	125°	P5橋軸
45°	P2橋軸	135°	P2直角
68°	P1橋軸,P4直角	158°	P1直角,P4橋軸

キーワード 非線形動的解析、曲線ラーメン橋、加振方向、減衰モデル、刺激係数、有効質量比

連絡先 〒359-0021 埼玉県所沢市東所沢 2-27-12 (株)ドoneyー大地 埼玉支社構造部 TEL04-2902-6039

4. 検討結果

(1) 加振方向と下部工断面力応答値との関係

各橋脚の断面力の応答値と加振方向との関係を図-2に示す。

θ : 加振方向と着目橋脚の解析方向 (橋軸方向、直角方向) との交角

γ : 着目橋脚の解析方向の断面力応答値とすべての加振方向の中の最大値との比

図-2 から以下の傾向が見られた。

- ・ 全般的に、着目橋脚の解析方向と一致する加振方向の応答値がほぼ最大である。
- ・ 全般的に、加振方向と着目橋脚の解析方向との交角が小さいほど、応答値が大きくなる。また、その交角が 10° 以下であれば、平均的に応答値が最大値の 95% 以上に達する。

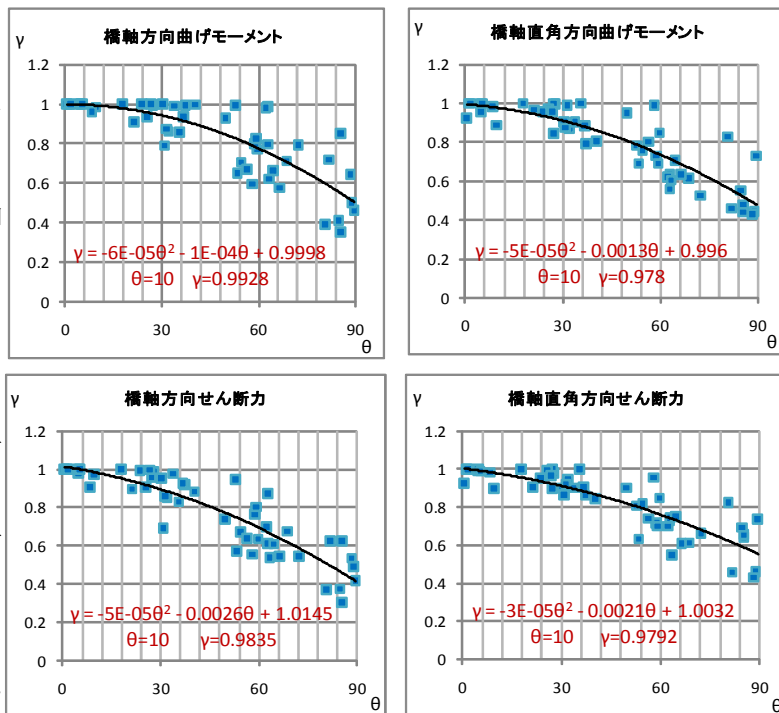


図-2 加振方向と下部工断面力応答値との関係

(2) Rayleigh 減衰の設定と応答値との関係

図-3 に五つの Rayleigh 減衰の設定パターンを示す。W は減衰曲線包括する振動モード (減衰曲線より上方の振動モード) の総有効質量比を示す。また、パターン①、②、③はそれぞれ刺激係数の上位 2 位、3 位、4 位の振動モードを包括するものである。この五つの設定パターンの順に、曲線が下方に下がり、減衰が小さくなる。

上述五つの減衰設定法による代表橋脚 P2 の天端の応答変位と最大応答モーメントと W との関係を図-4 に示す。なお、 γ はすべての減衰パターンの中の最大応答値との比率を示す。図-4 から以下の傾向が見られた。

- ・ 減衰曲線が包括する振動モードの総有効質量比の増加につれて、減衰が小さくなり、下部工応答変位、応答モーメントが大きくなる。
- ・ 本橋梁において、上述総有効質量比が 0.8 程度以上であれば、減衰による応答値の変化がほとんど見られなかった。

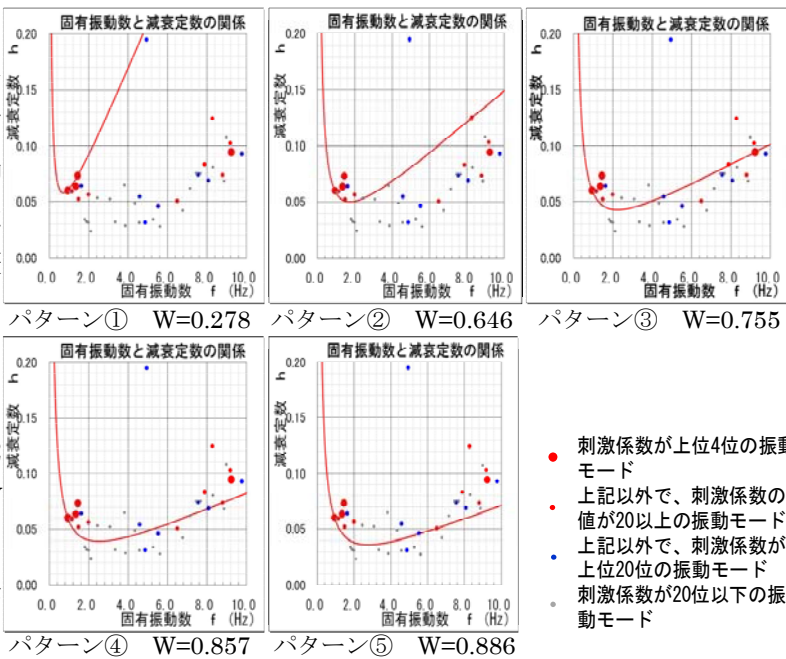


図-3 Rayleigh 減衰の設定パターン

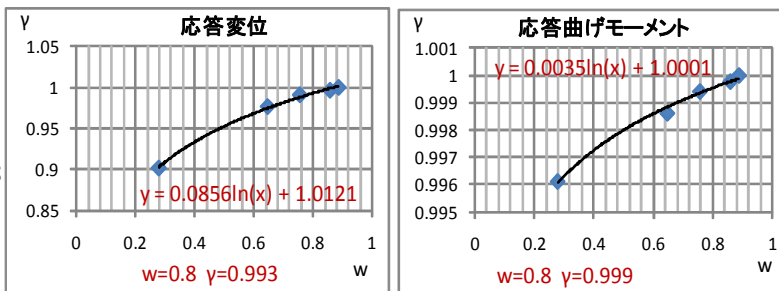


図-4 Rayleigh 減衰の設定と応答値との関係

5. まとめ

(1) **加振方向**: 全体的に加振方向と着目解析方向との交角が小さいほど応答値が大きくなる。本検討例では、着目解析方向と加振方向との交角が 10° 以下であれば、平均的に応答値が最大値の 95% 以上に達する。

(2) **減衰設定**: 減衰が小さいほど、下部工応答変位、モーメントが大きくなる。本検討例では、減衰曲線が包括する総有効質量比が 0.8 程度以上であれば、減衰による応答値の変化がほとんど見られなかった。