

曲線ラーメン橋の地震時変形挙動に関する基礎的研究

(株)ピー・エス 正会員 清水俊彦 九工大 学生会員 田中 智
九工大 正会員 山口栄輝 九工大 正会員 久保喜延

1. はじめに

平成 8 年に改訂された道路橋示方書(耐震設計編)¹⁾では、地震時の挙動が複雑な橋等について、動的解析を行うことが要求されている。ここで取り上げる曲線橋も、地震時の挙動がかなり複雑になることが予測されるが、その地震時挙動は十分明らかにされているとは言えない。そこで本研究では、4 径間の鋼曲線ラーメン橋を対象として、地震時応答特性について、解析的に検討する。

2. モデルおよび解析手法

解析対象は、図 - 1 に示す 4 径間連続鋼曲線ラーメン橋である。この解析モデル 5 橋すべてにおいて、P1-P2、P4-P5 区間はほぼ直線であり、P2-P4 区間が主たる曲線部となっている。この解析モデルは、すべて P3 橋脚を通る橋軸直角の軸に関して対称となっている。曲率半径は、橋梁 A で 55m、橋梁 D で 200m と、橋梁 A から順に大きくなっており、橋梁 E は直線橋である。橋脚は全て同一の諸元を有する円形断面であり、鋼材の応力 - ひずみ関係は、降伏応力を $3600\text{kgf}/\text{cm}^2$ とする完全弾塑性モデルを仮定する。上部構造主桁と橋脚の結合条件は、P2~P4 では剛結、P1 橋脚、P5 橋脚上では 2 個の支承による支持である。支承条件は、橋軸直角方向と鉛直方向変位のみ拘束とする。

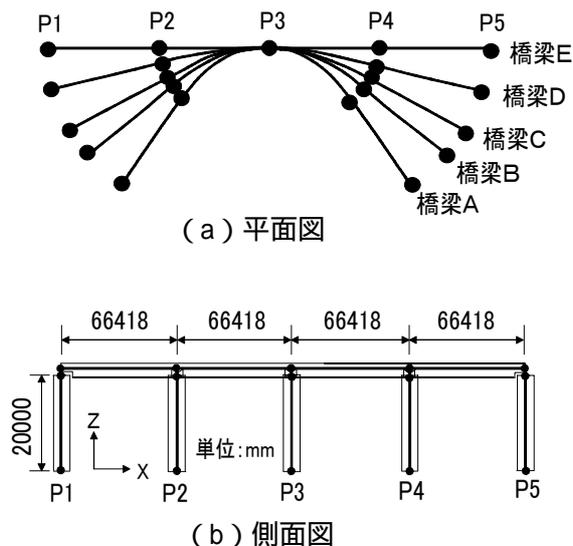


図 - 1 解析対象橋梁

以下では、地震時応答特性を検討するために、固有値解析と動的解析を行う。動的解析には、兵庫県南部地震時に東神戸大橋で記録された加速度を用いる。減衰モデルにはレイリー減衰を適用し、減衰定数は 0.02 とする。地震荷重の入力方向は、P1 橋脚から P5 橋脚に向かう方向を基準(0度)とし、そこから時計回りに測った角度で定義する。なお、解析は全て Y-FIBER3D²⁾で行う。

3. 解析結果

3.1 固有値解析 各橋梁の基本的な振動特性を把握するために、固有値解析を行った。図 - 2 に各橋梁の固有振動数を示す。記述に際しての便宜上、ねじれモード、たわみモードとの表現を用いているが、ねじれモードは主桁にねじれが生じるモードであり、たわみモードは系全体が橋軸直角の同じ方向に変形するモードである。

図 - 2 より明らかなように、曲率半径が増加するにつれ、たわみモードの固有振動数は減少する。これは、アーチ効果による橋軸直角方向の剛性増加の度合いに関連していると考えられる。すなわち、曲率半径の小さな橋梁では大きなアーチ効果があるが、曲率半径の増加とともにアーチ効果による剛性の増加は小さくなり、たわみモードの固有振動数が減少していくと考えられる。

一方、ねじれモードの場合、曲率半径が増加するにつれ、固有振動数は増加する。これは、曲率半径が小さいほど、ねじれ変形が出やすいためだと考えられる。このため、曲率半径が小さい橋梁 A や橋梁 B、橋梁 C では、1 次の固有振動モードがねじれモードであるのに対し、橋梁 D 以降は、たわみモードが 1 次の固有振動モードとなる。

キーワード：曲線ラーメン橋，曲率半径，地震時応答，非線形動的解析

連絡先：〒804 8550 北九州市戸畑区仙水町 1 1 Tel: 093 884 3110

3.2 動的解析

(1) 主桁に生じるねじれモーメント

曲線橋は直線橋と異なり、主桁に大きなねじれモーメントが生じやすい。そこで、動的解析で各橋梁に生じる最大ねじれモーメントを荷重入力方向とともに図-3にまとめている。この図より、曲率半径が小さい程大きなねじれモーメントが主桁に生じること、地震荷重の入力方向が、主桁に生じるねじれモーメントに及ぼす影響はそれほど大きくないことなどがわかる。

(2) 橋脚の軸力変動

解析結果として、地震荷重入力方向が90度の場合の各橋脚に作用する、最大軸力と初期軸力の比を図-4に示している。90度入力では、曲率半径の影響が認められ、曲率半径の小さな橋梁で軸力変動が大きくなる傾向が見られる。橋梁Aの90度入力では初期軸力の1.7倍もの軸力が作用している。

(3) 橋脚のねじれ変形

地震時に複雑な挙動をされると考えられる曲線橋は、橋脚にねじれ変形も生じ得る。弾塑性解析において、大きなねじれ変形が橋脚に生じると、ねじれ変形に伴うせん断応力の影響が無視できない。そこで、橋脚頂部に生じる最大ねじれ角を求めた。

橋梁A、EのP2~P4橋脚頂部に生じる、最大ねじれ角を図-5にまとめている。この図より、地震荷重の入力方向に応じて、最大ねじれ角は変動し、橋梁AのP3橋脚においては、対称モデルであるため、90度入力時にねじれ変形は生じていないことがわかる。直線橋である橋梁Eでも、入力方向が橋軸方向からずれば橋脚はねじれ変形することがわかる。しかし、ねじれ角は、直線橋で最大0.03度程度、橋梁Aにおいても0.19度程度に過ぎないことから、実用上、橋脚のねじれ変形が塑性変形に及ぼす影響は無視してよいと考えられる。

4. まとめ

- (1) 固有振動数の小さなモードは、ねじれモードとたわみモードである。曲率半径が大きくなるとたわみモードの固有振動数は減少し、ねじれモードの固有振動数は増加する。
- (2) 曲率半径が小さいほど、主桁には大きなねじれモーメントが生じる。
- (3) 軸力変動の大きなところでは、初期軸力の1.7倍もの軸力変動が生じる。
- (4) 橋脚頂部のねじれ変形は小さく、ねじれ変形に伴うせん断応力が塑性変形に及ぼす影響は無視し得る。

<参考文献>

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編，1996
- 2) 大和設計株式会社：Y-FIBER3D 取扱説明書，1999

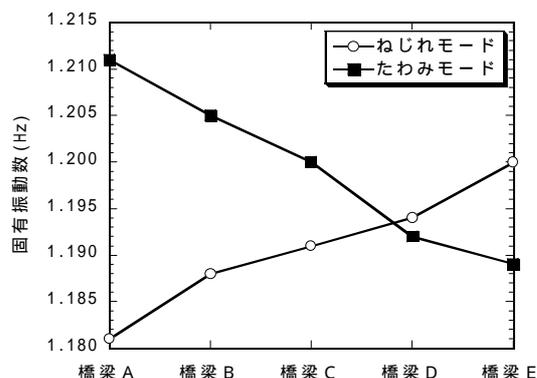


図-2 固有振動数

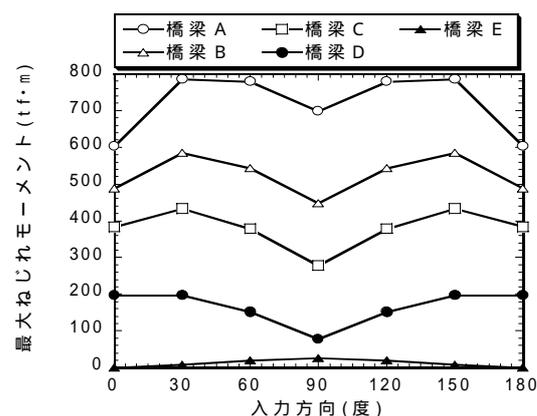


図-3 主桁の最大ねじれモーメント

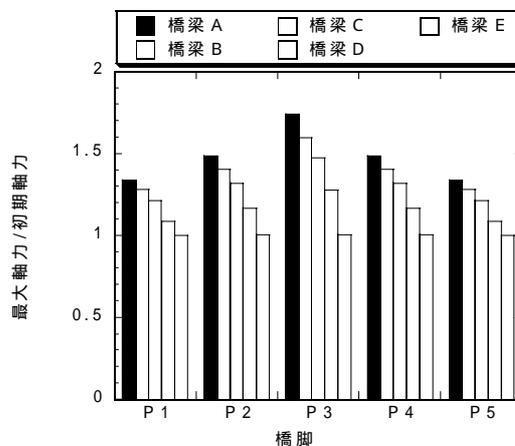


図-4 軸力変動

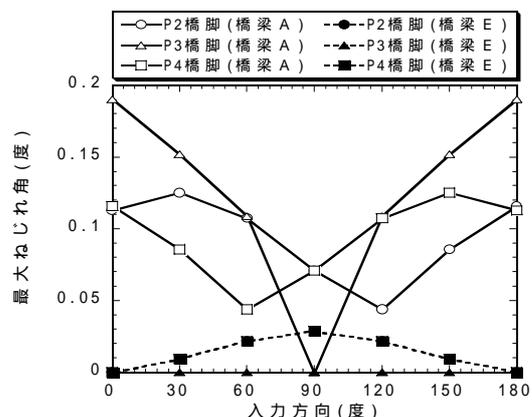


図-5 橋脚頂部の最大ねじれ角