

下路式アーチ橋の地震時応答特性に関する基礎的研究

(株)長大 正会員 ○佐藤 崇 (株)長大 正会員 鍋島 信幸
 (株)長大 正会員 田中 賢太 (株)長大 非会員 宮下 健治

1. 目的

アーチ橋の中でも下路式アーチ橋の地震時挙動は近年までは一般的な桁橋と同様に取り扱われていたため、地震応答特性の知見が上路式アーチ橋や中路式アーチ橋に比べ少ない。また、下路式アーチ橋は横桁・縦桁からなる床組に支持されたRC床版の慣性力は横桁を介して補剛桁に作用するが、震度法で設計されている橋梁の多くは2次元モデルにより応答値を算出しているため、慣性力の伝達機構を設計時に表現できていないことが多い。以上より、本研究では下路式アーチ橋の地震応答特性を把握することを目的に動的解析を用いた検討を行った。

2. 解析条件

対象橋梁は橋長 150m、アーチライズ 23m の下路式鋼アーチ橋（ローゼ桁）であり、昭和 55 年道路橋示方書以前の基準で設計された中規模の橋梁を対象とした。図-1 に動的解析に用いた骨組みモデルを示す。支点条件は可動-固定としアーチ橋部の挙動に着目するために下部構造のモデル化は省略した。本検討では鋼断面の塑性化後の挙動の評価は対象としておらず、道路橋示方書に準拠した弾性設計を対象としているため、部材は全て線形はり要素でモデル化した。横桁・縦桁・床版のモデル化は図-2 に示すように3種類のモデルを用いて地震時挙動の比較を行った。解析手法は後述する振動特性の把握にはモーダル解析を、その他の解析では直接積分法を用いた時刻歴応答解析とした。入力地震動は道路橋示方書標準加速度波形（タイプ2地震動）とし、橋軸方向、橋軸直角方向に入力した。

3. 振動特性と地震応答

ここでは振動特性（振動モード）と地震応答（断面力）の関係性を把握するためにモーダル解析を行った。なお、ここではモデル 2 の床版モデルを用い、橋軸方向に地震動を入力した際の応答値を示す。ま

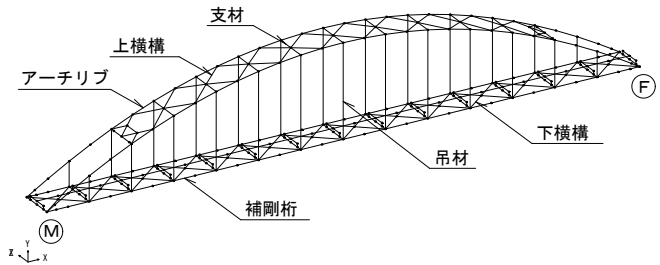


図-1 骨組モデル

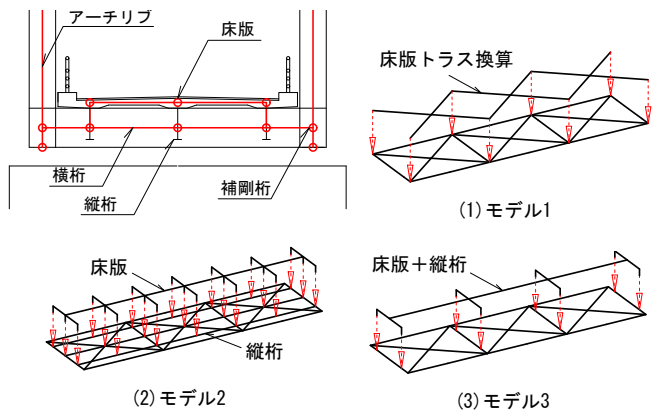


図-2 床版のモデル化

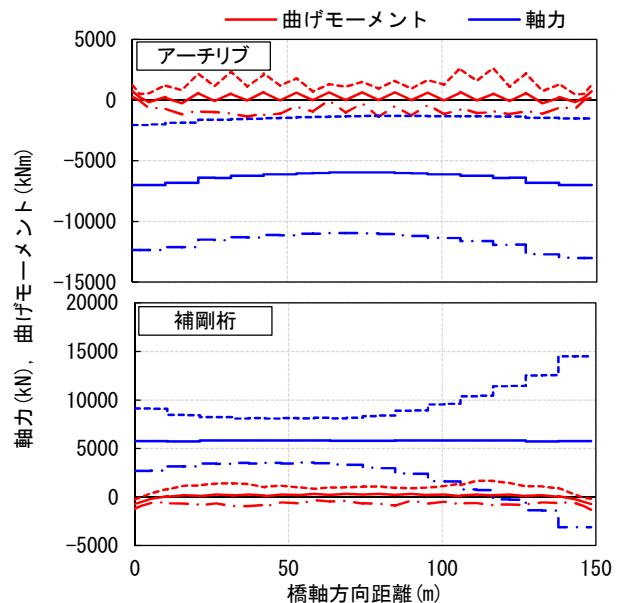


図-3 応答断面力（モデル2）

キーワード 鋼アーチ橋, 下路式, 地震応答, 振動特性

連絡先 〒305-0812 茨城県つくば市東平塚 730 株式会社長大 総合研究所 TEL 029-855-3113

ず、周期が0.1秒以上の1次～36次までの振動モードを用いたモーダル解析より得られたアーチリブ及び補剛桁の軸力と曲げモーメントの最大応答値分布を図-3に示す。アーチリブは常に圧縮軸力が作用しており、補剛桁は死荷重時には引張軸力であるが軸力変動により固定側の部材で圧縮軸力が生じる。一方、曲げモーメントはアーチリブ、補剛桁ともに小さい。次に、各次のモーダル解析より得られたアーチリブの最大圧縮軸力(地震時増分)と固有振動モードの関係を図-4および図-5に示す。同図の応答軸力は各*i*次の応答 D_i を全モードの最大応答 $D_{max}(=\sum D_i)$ で除した寄与率を、あわせて刺激係数を正規化した値 γ_i/γ_{max} を橋軸直角方向の振動モードを除いて示す。同図より、5次と13次のモードではほぼ最大圧縮軸力が生じており、その他の振動モードは最大圧縮軸力にはほぼ寄与しないことがわかる。振動モードを確認すると、5次のモードは鉛直たわみの1次モードであり、13次のモードは橋軸方向の1次モードである。両モードの刺激係数は5次のモードは鉛直方向の刺激係数が最も大きく、13次は橋軸方向の刺激係数が最も大きい。応答軸力は5次モードの方が大きい。また、5次モードより初期に現われる1次や2次の鉛直振動モードは、橋梁全体の変形が節と山が交互に生じていることから橋軸方向地震時に生じる刺激係数に関わらず軸力には寄与しないことがわかる。このように刺激係数だけでは判断できない鉛直振動が卓越する橋梁においては応答に寄与する振動モードを確認することが重要であり、動的解析に用いる減衰モデルの設定には特に留意が必要である。

4. 床版のモデル化の影響

表-1に床版モデルの違いによる各方向1次の固有周期の比較を示す。橋軸方向(鉛直方向)の振動モードは、トラス要素でモデル化した比較的周期の長いモデル1に対して、床版を一本のはり要素でモデル化しているモデル2、モデル3は周期が短くなっていることから入力地震動によっては地震応答が大きくなる可能性がある。一方、橋軸直角方向の振動モードは大きなモデル化の違いは見られない。今後は動的解析による応答値からモデル化の違いが地震応答に及ぼす影響について分析を行う。

5. まとめ

下路式アーチ橋の橋軸方向地震時に生じる主要な断面力は鉛直方向の振動が大きく寄与している。また、床版のモデル化の違いは橋軸方向(鉛直方向)の振動特性に影響を与える。

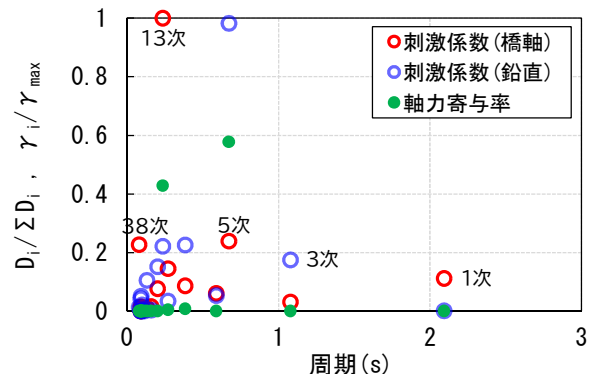


図-4 応答値と刺激係数の関係 (アーチリブ)

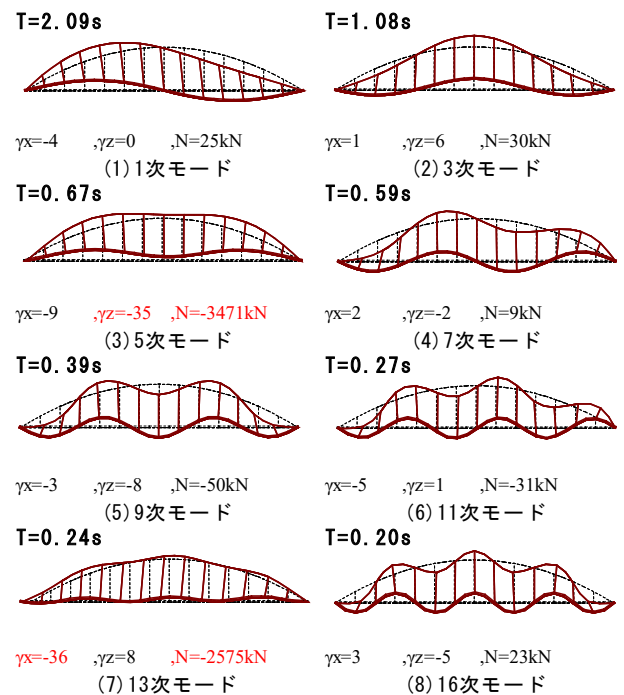


図-5 固有振動モード図

表-1 床版モデルと固有周期の関係

	鉛直(上段)・橋軸(下段)方向	橋軸直角方向
モデル1	固有周期T= 0.74s 	固有周期T= 1.34s
	固有周期T= 0.26s 	
モデル2	固有周期T= 0.67s 	固有周期T= 1.27s
	固有周期T= 0.24s 	
モデル3	固有周期T= 0.68s 	固有周期T= 1.28s
	固有周期T= 0.24s 	