

上路式鋼アーチ橋を対象とした制震デバイスのモデル化に関する解析的検討

(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 高橋 雅裕 (株)長大 非会員 秋永 高史

1. 目的

アーチ橋やトラス橋の耐震補強に軸降伏型ダンパー（以降ダンパーと称す）を用いる場合、一般的には橋梁全体系モデルにダンパーを模擬した非線形履歴モデルを組み込んだ動的解析を行い、応答低減効果に関する検討を行う。このダンパーの非線形履歴モデルは製品によって異なり、橋梁全体系の地震応答に及ぼす可能性が考えられる。特に、解析に用いるダンパーの軸剛性は設計者によってある程度任意に設定が可能であるものの、橋梁全体系の地震応答低減に及ぼす影響に関する知見は少ない。本論文ではダンパーの種々の解析条件が、橋梁全体系の応答に及ぼす影響を明らかに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 110m、アーチライズ 14.5m の上路式鋼アーチ桁橋であり、昭和 55 年道路橋示方書以前の基準で設計された橋梁とした。ダンパーは主構造の応答低減を目的として設置されることから、本検討においても 2 次部材を軸降伏型ダンパーに取り替えることとした検討を行う。解析パラメータは軸剛性と設置位置とし、軸剛性は既設部材と等価な剛性とした Case1-1 を基本とし、図-2 に示す塑性化長さ L_c をパラメトリックに変化させた表-1 に示す軸剛性が異なる 5 ケースを実施した。ダンパーは非線形ばね要素でモデル化し、初期勾配（軸剛性）の 1/50 倍とする 2 次勾配を有するバイリニアモデルを用いた。設置位置はアーチリブ横構と支柱対傾構に設置した基本ケースに対して、アーチリブ横構のみ、支柱対傾構のみに設置した 2 ケースを実施した。地震応答は図-1 に示す 3 次元骨組みモデルを用いてレベル 2 地震動を対象とした非線形動的解析より求めた。地震動入力方向は橋軸直角方向とした。鋼部材は全てファイバー要素でモデル化し 2 軸曲げの影響を考慮した。

3. 軸剛性のモデル化が橋梁全体系に及ぼす影響

デバイスの軸剛性を変化させた動的解析より得られた、アーチリブ基部および支柱基部の最大応答ひずみの結果を図-3 に示す。同図より、C1-1

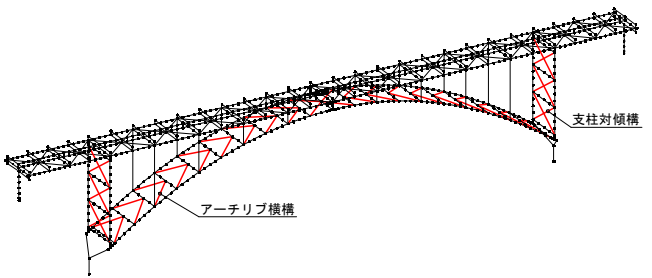


図-1 解析モデル図

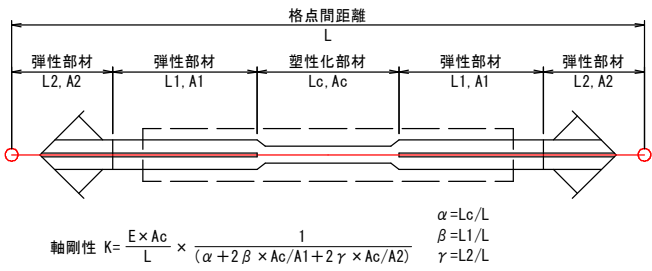


図-2 軸剛性の算出方法

表-1 解析パラメーター一覧

ケース名	橋梁条件	ダンパーの軸剛性	降伏荷重	設置位置
Case0	現況	—	—	—
Case1-1	ダンパー設置	既設剛性と等価	既設部材の座屈荷重	横構、対傾構
Case1-2	ダンパー設置	既設剛性の0.8倍	既設部材の座屈荷重	横構、対傾構
Case1-3	ダンパー設置	既設剛性の0.6倍	既設部材の座屈荷重	横構、対傾構
Case1-4	ダンパー設置	既設剛性の0.5倍	既設部材の座屈荷重	横構、対傾構
Case1-5	ダンパー設置	既設剛性の1.2倍	既設部材の座屈荷重	横構、対傾構
Case3-1	ダンパー設置	既設剛性と等価	既設部材の座屈荷重	対傾構
Case3-2	ダンパー設置	既設剛性と等価	既設部材の座屈荷重	横構

キーワード 鋼アーチ橋, 耐震補強, 制震デバイス, 軸降伏型ダンパー

連絡先 〒1305-0812 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

からダンパーの軸剛性を 0.5 倍した C1-4 においても、アーチ基部や支柱基部の主要な断面の応答ひずみに違いはみられない。また C1-1 からダンパーの軸剛性を 1.2 倍した C1-5 においても同様に変化はない。図-4 にアーチリブ横構に設置したダンパーの軸変位と軸荷重の応答履歴を示す。履歴の初期勾配は異なるものの、両ケースで履歴に大きな違いはなく、履歴吸収エネルギーも大きな違いはない。以上より、橋梁全体系の応答に及ぼすダンパー軸剛性の影響は小さいと考えられる。一方、軸剛性は主に塑性化区間長 L_c の長さで変化し、ダンパーの応答値ひずみは軸変形量 δ を L_c で除すため、同一の変位応答であっても局所的なひずみ量は異なる。図-5 は既設部材の軸剛性に対するダンパーの軸剛性の比率と、応答軸ひずみの関係をプロットしたものである。同図からわかるように、軸剛性比が高い場合は、 L_c が短くなり局所的なひずみが大きく生じる。一般的にダンパーの許容ひずみは 2~3% であることをふまえると、ダンパーの軸剛性は低い方が望ましいが、過度に軸剛性が低い場合は永続・変動作用時に対傾構、横構としての機能を確保できなくなる可能性があるため、軸剛性の設定には留意が必要である。

4. デバイス設置位置が橋梁全体系に及ぼす影響

ダンパーの設置位置が異なる 3 ケースの動的解析から得られた、アーチリブ基部および支柱基部の最大応答ひずみの現況応答からの低減率を図-6 に示す。なお、低減率は支柱およびアーチリブにダンパーを設置した C1-1 を 1 とした比率としている。C3-1 は支柱対傾構のみにダンパーを設置したケース、C3-2 はアーチリブ横構のみにダンパーを設置したケースであり、架構内にダンパーを設置した主構の応答低減率は 1 に近く、設置していない主構に比べ応答低減効果は大きい。また、アーチリブ横構のみにダンパーを設置した C3-2 は設置していない支柱の応答も大きく低減しており、対傾構のみに設置した C3-1 に比べ橋梁全体系の応答低減効果は高い。

5. まとめ

橋梁全体系動的解析より、軸降伏ダンパーの軸剛性のモデル化の違いは、大規模な地震に対して橋梁全体系の応答に及ぼす影響が小さいことが明らかとなった。ただし、永続・変動作用時においては降伏前の軸剛性の影響が顕著となるため、設定には留意が必要である。今後は、軸降伏ダンパー設置時の永続・変動作用時および地震後の影響について検討していく予定である。

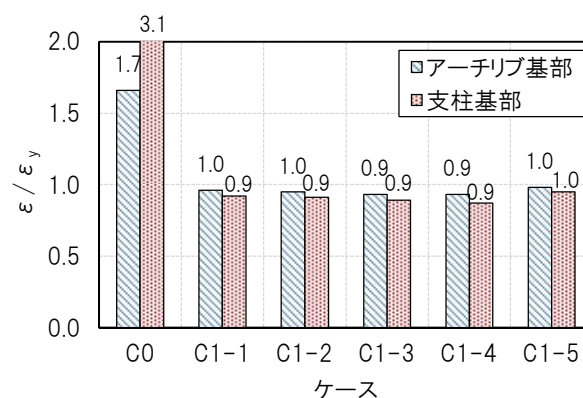


図-3 主要部材の応答ひずみ(軸剛性着目)

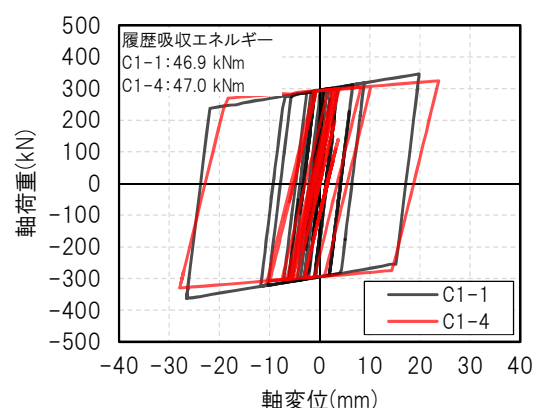


図-4 ダンパーの荷重変位履歴

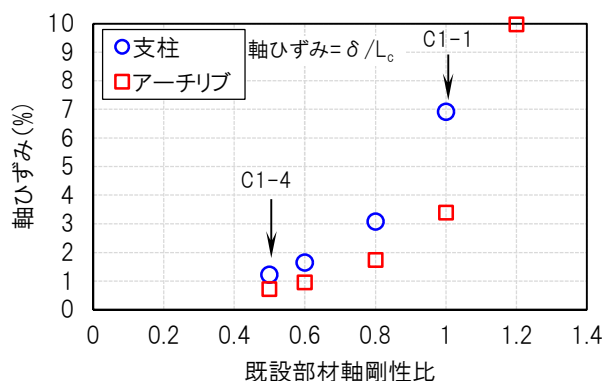


図-5 既設部材軸剛性比と軸ひずみの関係

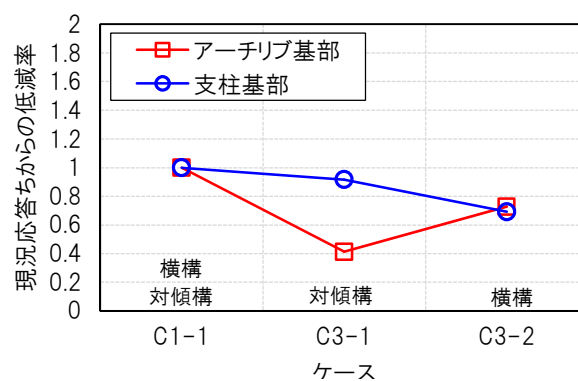


図-6 現況応答からのひずみ低減率