

骨組構造物に対する履歴型制振ダンパーの性能及び最適配置に関する検討

広島大学 学生会員 ○来島晋太郎 広島大学大学院 学生会員 本山潤一郎
広島大学大学院 フェロー会員 中村秀治 広島大学大学院 辻 徳生

1. 背景と目的

地震被害を軽減するために、剛構造の考え方を基礎におく耐震設計が行われる一方で、免震により地震力そのものを軽減する方法や、制震により揺れを制御する方法が検討されている。制震手法は大きく分類してアクティブ制震、パッシブ制震に分けられ、その中でも性能が安定しメンテナンスが容易なパッシブ制震の一つとして、鋼材などの塑性変形による履歴減衰により地震エネルギーを吸収・消散する履歴型制振ダンパーがある。

本研究では、制振ダンパーの性能について実験及び解析により検証する。また、基部付近のブレース材の応力が高くなる傾向があり耐震設計上注意が必要なトラスアーチ橋については、耐震性の向上を目的とし、履歴型制振ダンパーの最適配置について検討する。

2. 実験と解析による履歴型制振ダンパーの有用性に関する検討

(1) 研究方法

制振ダンパーの効果については、2層ラーメン構造物(Fig.1)における線形時と非線形時の時刻歴応答変位を、振動台実験及び解析で比較することにより検討する。

実験に用いたダンパーは Fig.2 に示すようなゴム製のOリング、アルミ製のパイプ、Oリングと同じ幅の溝が等間隔に削られた棒からできており、Oリングの数を変えることで材料特性を変えられるような仕組みとなっており、Oリングを5つ設置したときは線形挙動を示し耐震部材としての役割を果たし、1つ設置したときは非線形挙動を示し制振部材としての働きをするように設計している。

実験ではダンパーを上設置するときと下に設置したときの2パターンについて検証し、また、線形時と非線形時の時刻歴応答変位を1/100秒以下の間隔で構造物の変位を取得可能な高速ビジョンの技術を用いて計測し、これを比較することにより履歴型制振ダンパーの有用性について検討する。同時に解析結果との比較をすることで、この振動台実験の妥当性について検証を行う。

(2) 結果

Fig.4はFig.1のモデルにFig.3に示す芸予波を作動させた時の節点1における、線形と非線形の時刻歴応答変位の比較図である。最大応答変位はダンパーなしで0.94cm、線形時で0.42cm、非線形時で0.30cmとなり、線形時で55%程度、非線形時で70%程度低減された。正弦波、神戸波(Fig.7)でも同様に非線形制御の効果が実験及び解析により確認でき、また、Fig.5より実験と解析がほぼ一致していることから実験が妥当であったことが確認できた。

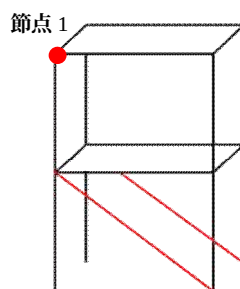


Fig.1 供試体モデル

Fig.2 実験で用いたダンパー

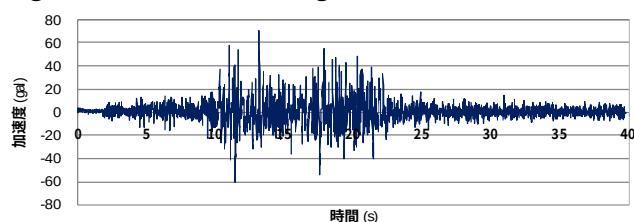


Fig. 3 加速度波形 (芸予波)

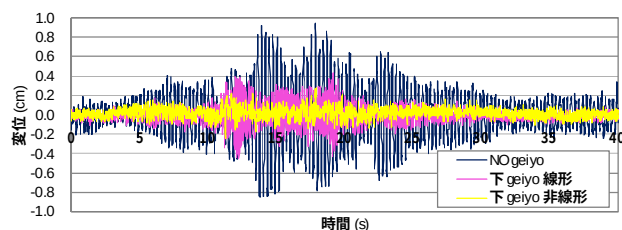


Fig. 4 時刻歴応答変位の比較

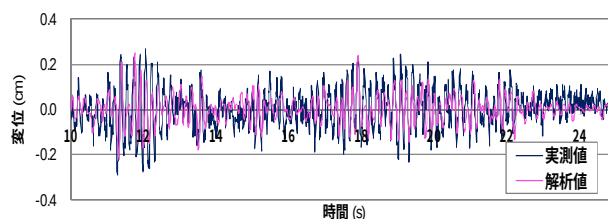


Fig. 5 実測値と解析値の比較

3. トラスアーチ橋におけるダンパーの最適配置に関する検討

(1) 検討方法

本研究では対象構造物として基部付近のブレース材の応力が高くなる傾向があり、耐震設計上注意が必要であるトラスアーチ橋を検討対象とした。実用性、コスト面を考慮し、解析によりこの橋端部のブレース材に取り換え可能な非線形挙動を有する制振ダンパーを Fig. 6 に示す 4 パターンで配置し、アーチ橋の中央点における線形時と非線形時の時刻歴応答変位を解析的に比較することにより、トラスアーチ橋における履歴型制振ダンパーの最適配置について検討する。

また本解析では、アーチ橋中央点の最大応答変位が大きくなるのが既知な地震波を橋軸直角方向に作用させたときの、橋軸直角方向変位と橋軸鉛直方向変位について検討を行うものとする。

(2) 結果

Fig. 8 は Fig. 6 の解析モデルに Fig. 7 に示す神戸波を橋軸直角方向に作用させた時の、アーチ橋中央点における、線形と非線形の橋軸直角方向時刻歴応答変位の比較図である。パターン①、②に履歴型制振ダンパーを配置した時はほとんど効果が得られなかったが、パターン③、④に配置した時は大きな低減効果が解析的に確認できた。特にパターン④に配置した時は、ダンパーなしで 58.2cm、ダンパーありで 42.1cm となり、30%程度低減された。sin 波、芸予波及び橋軸鉛直変位においても、パターン③、④に配置した時は、効果が得られていることが確認できた。

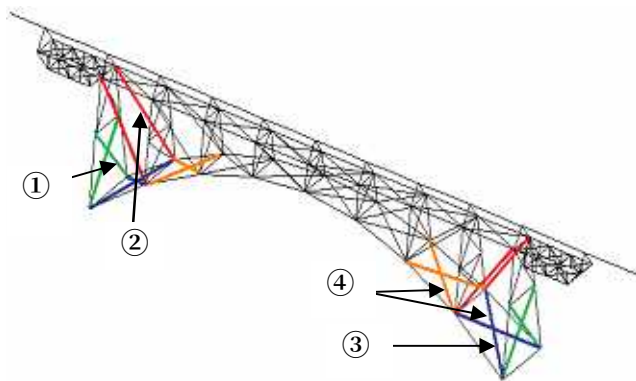


Fig. 6 解析モデル及びダンパーの配置位置

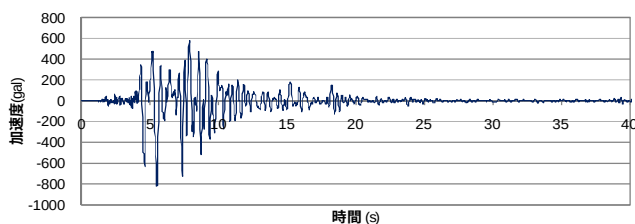
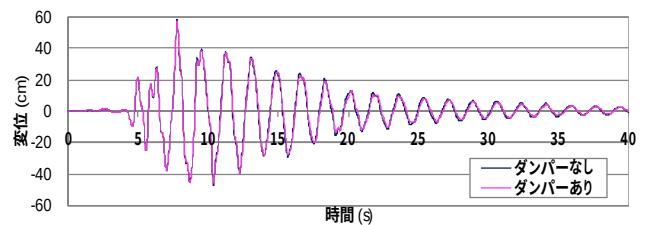
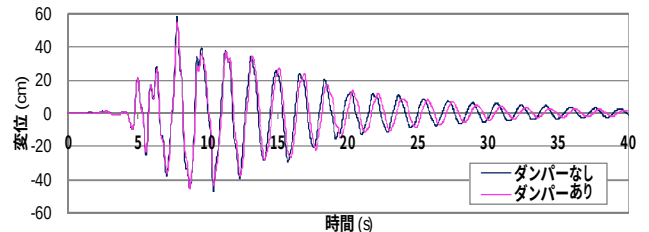


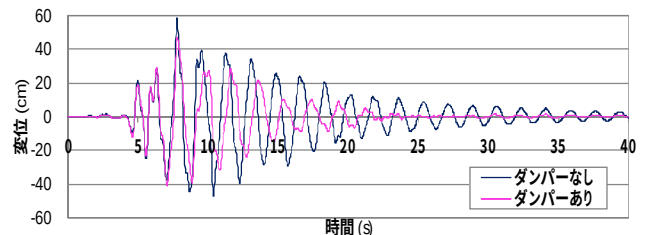
Fig. 7 加速度波形（神戸波）



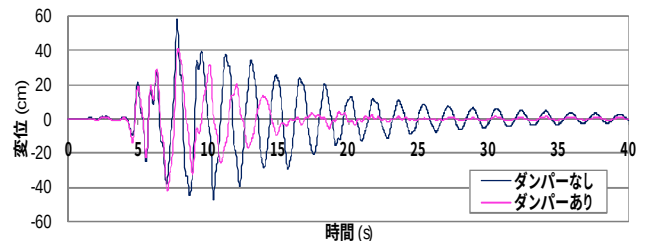
(a) パターン①



(b) パターン②



(c) パターン③



(d) パターン④

Fig. 8 橋軸直角方向時刻歴応答変位の比較図

4. 結論

- (1) 実験的にも履歴型制振ダンパーを有する時の方が、制振効果が高いことが確認でき、実験及び解析結果より、履歴型制振ダンパーの性能及び有用性について確認した。
- (2) トラスアーチ橋においては、履歴型制振ダンパーを下横構斜材（パターン③、④）に配置した時、アーチ橋中央点の橋軸直角方向変位、橋軸鉛直方向変位における最大応答変位が最も低減された。これより、新設時あるいは既設のトラスアーチ橋を耐震補強する際においても、下横構に履歴型制振ダンパーを設置するのが有効なことを確認した。

参考文献

- (1) 宇佐美勉：鋼橋の耐震・制振設計ガイドライン，2006
- (2) 藤井文夫，瀧論，萩原伸幸，本間俊雄，三井和男：非線形構造モデルの動的応答と安定性，2003