

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○大橋 浩伸
 オイレス工業 正会員 佐藤 英和
 立命館大学工学部 正会員 伊津野 和行

1. 研究目的

橋梁は円滑な交通機能を確保する役割や、被災時においては救急搬送や消防活動、支援物資の輸送などのライフラインとしての重要な機能を担っている。これらの重要性を考慮すると、橋梁に対する耐震補強は今後とも重要である。ダンパーを適切に配置することで、橋全体系での耐震性能を向上できるという観点から、近年制震ダンパーが橋梁の耐震補強に用いられるようになってきた。ダンパーの中でも粘性型のオイルダンパーには本来複雑な速度依存性を有するものであり、抵抗力と速度の関係でモデル化することで、実現象をより忠実に再現できる。そこで本研究では、二径間連続橋のモデルに、速度依存型であるオイルダンパーを設定した場合の制震設計を提案する。地震応答を計算する際に、粘性減衰定数や速度依存性を数種類想定する。ダンパーの有無による橋梁への影響を評価し、最適なダンパーの特性について検討する。

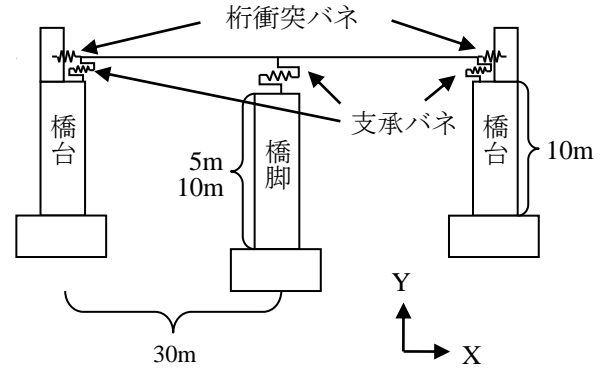


図1 解析モデル

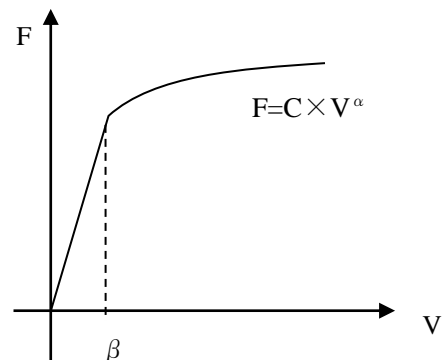


図2 α 乗非線形モデル

2. 解析モデル

本研究ではT-DAPIIIを用いて動的解析を行い、ダンパーによる効果を評価した。モデル化した二径間連続橋モデルを図1に示す。スパンがそれぞれ30mであるが、本研究では、橋脚、橋台への影響を検討するため、上部構造は剛体とし、変形を考慮しないものとする。橋脚、橋台はRC構造を想定する。橋台高さは10mとし、橋脚高さも10mとした橋梁モデルで応答を比較した。使用する地震波は道路橋示方書のレベル2標準入力波を使用することとし、ここでは内陸直下型地震波2波を用いた。これらの地震波を与えて解析を行ない、時刻歴応答波形、応答履歴を算出した。また橋台と桁の衝突も考慮したモデルを設定し、ダンパー効果への影響を検討した。

ダンパーは両端の橋台と桁の連結部に、支承バネと並列して設置した。本研究の解析モデルは、減衰力が速度の累乗に比例する α 乗非線形モデルを用いた。履歴特性を図2に示す。速度の累乗に比例する減衰力を発揮し、減衰力 F は $F=CV^\alpha$ で表される。 α の値について α の値が大きいほど速度依存性が大きくなる。また解析上の取り扱いとして、微小速度領域に線形速度域 β を設定した。

本研究では粘性減衰係数 C を300、500、1000kN・s/m、速度にかかる指数 α は0.1、0.5、0.9とし、線形速度域 β は全て0.1m/sとした。

3. 解析結果

以下図3、表1に橋脚10mにおける桁の時刻歴応答変位、橋脚塑性率を示す。最もダンパーの効果が大きかった $C=1000\text{kN}\cdot\text{s/m}$ のケースについて地震波 II-II-1 に対する応答を示す。

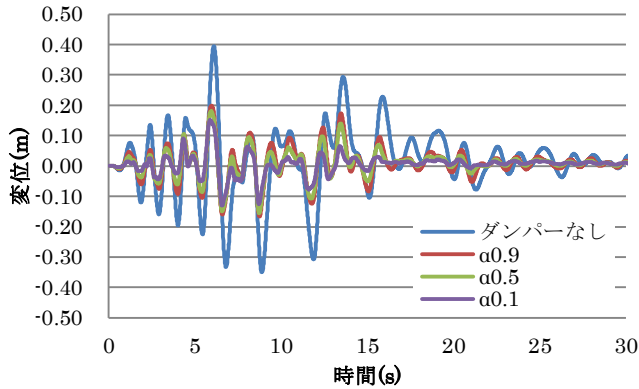


図3 時刻歴応答変位

表1 橋脚塑性率

	ダンパーなし	α 0.1	α 0.5	α 0.9
橋脚塑性率	12.0	3.29	4.63	5.40

図3より、ダンパーを設置することで、桁の変位を半分以下に抑えられることがわかる。また α の違いで比較すると、 α 0.1 と 0.5 では約 3~5cm、 α 0.1 と 0.9 では約 5~7cm の差で α 0.1 の時の効果が確認できる。表1の塑性率を見ても α 0.1 の時がダンパーなしの約 4 割程度に抑えられており、 α の値が小さい方がダンパーの効果が大きいことが分かる。

次に桁と橋台との衝突の影響について検討した。

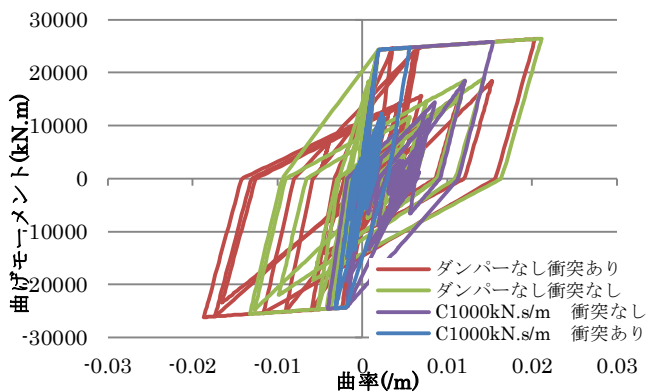


図4 橋脚履歴曲線

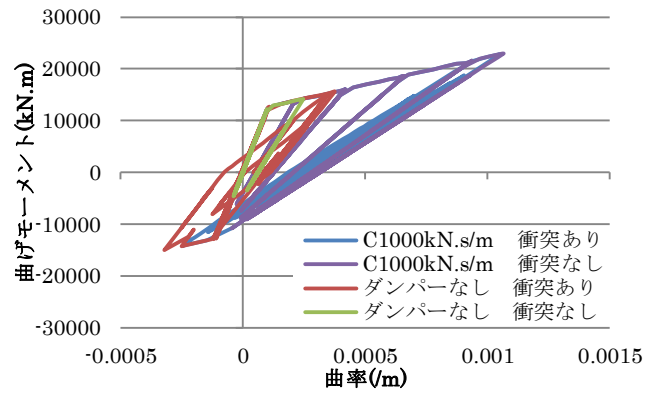


図5 橋台履歴曲線

図4より、ダンパーがある場合では衝突がない方が橋脚の履歴曲線が大きくなっており、ダンパーがない場合と逆の結果になった。また図5では、衝突ありとなしは共にほぼ同じ応答を示している。衝突がある方が応答速度が大きくなってダンパーの効果が大きくなった。また、衝突が生じて、橋台の履歴応答への影響は小さかった。

最後にエネルギー吸収量を算出した。表2に示すのは、ダンパーのエネルギー吸収量である。

表2 ダンパーのエネルギー吸収量

エネルギー吸収量 (kN.m)	C500kN.s/m	C1000kN.s/m
α 0.1	1996.2	1973.3
α 0.5	1917.2	2323.2
α 0.9	1753.7	2350.6

表2より、 $C=500\text{kN}\cdot\text{s/m}$ の時は $\alpha=0.1$ の場合が最も効果が出ているが、 $C=1000\text{kN}\cdot\text{s/m}$ の時は α の値は大きい方がダンパーは作用しており、 α が 0.5 や 0.9 では $\alpha=0.1$ の時の約 2 割程度多いことが分かる。

4. 結論

本研究で得られた主な結論は以下の通りである。

- 粘性減衰係数 C は大きく、速度にかかる指数 α は小さい方がダンパーによる応答低減効果は大きい。
- 桁間衝突では衝突ありでも許容できる。
- ダンパーのエネルギー吸収量では C が大きいと、 α の値は大きい方がダンパーのエネルギー吸収量は大きい。