

可撓性ダンパーを用いた鋼製橋脚の振動制御の検討

熊本大学大学院 フェロー○山尾 敏孝 (株)十八測量設計 吉田 真悟
 崇城大学工学部 正 員 片山 拓朗

1. はじめに

強地震による道路橋の被害は現実的な脅威であり、耐震性の低いと思われる既存の橋梁に対して容易に改修を行える装置の開発が必要だと考えられる。本研究では、曲げ変形が主となる橋脚側面に著者ら¹⁾が開発した可撓性オイルダンパーを取り付け、橋脚の高減衰化を目的とする装置を提案する。対象橋脚はコンクリート充填無しの単柱鋼製 T 型橋脚である。対象橋脚をモデル化し汎用解析プログラム T-DAPIII²⁾を使用して、可撓性オイルダンパーのモデルを組み込んだ場合の振動制御の評価として、オイルダンパーの減衰力を変化させてその効果を確認することで行った。

2. 動的解析の概要

解析対象橋脚は、図 1 に示す基部にコンクリートを充填しない T 型鋼製橋脚である。図 2 の解析モデルを用いて、減衰力特性の異なるオイルダンパーを設置した場合と、減衰力を効果的に発揮させる設置方法を変えて時刻歴応答解析結果より制御効果を検討した。設置位置は、ダンパーの端部を横はりと地盤に取り付けるものとする。また、解析に用いるオイルダンパーの減衰力モデルは図 3 に示すが、次式の出力量方程式により算出した³⁾。

$$F = cV^\alpha \quad (1)$$

ここに、F:減衰力、c:粘性係数、V:ピストン速度
 なお、 α の値は既製オイルダンパーの値を参考に 0.38 とした³⁾。また、オイルダンパーはピストン、シリンダー及びシリコンオイルによって構成される。解析パターンは、橋脚のみの場合、橋脚に可撓性オイルダンパーを組み込んだ場合、橋脚側面から間隔を広げて設置した場合、そしてオイルダンパーの粘性係数を大きくした場合として時刻歴応答解析を行った。数値計算は直接積分法とし、質量は集中質量とした。減衰は Rayleigh 減衰とした。また、コンクリート充填無しのため橋脚基部の各ファイバー要素一軸の応力-ひずみ関係が適用できる 3 次元ファイバーモデルとした。鋼材の構成則は、ひずみ硬化を考慮したバイリニアモデルとして移動硬化則を用い、2 次勾配は E/100 とした。

動的解析に用いる地震波は、1995 年兵庫県南部地震 (M7.2) の神戸海洋気象台 (I 種地盤) にて観測された記録である 2-1 波と JR 西日本鷹取駅構内地盤上 (II 種地盤) で観測された記録である 2-2 波を用いた。図 4 は Type2-2 波である。本研究では橋軸直角方向、つまり図 2 に示す Y 方向入力する 1 方向のみの解析とした。

橋脚側面にオイルダンパーを取り付けた場合の動的解析については表 1 に示す解析モデルで行った、オイルダンパーの取り付け本数は、片側と両側に取り付ける 2 ケース、そして、粘性係数の異なる 2 種の減衰力モデルを用いた。これらの組み合わせた 4 ケースとした。

キーワード：鋼製橋脚、動的時刻歴解析、可撓性オイルダンパー、減衰力、振動制御

連絡先：〒860-8555 熊本市黒髪 2-39-1 熊本大学大学院自然科学研究科 TEL: 096-342-3533

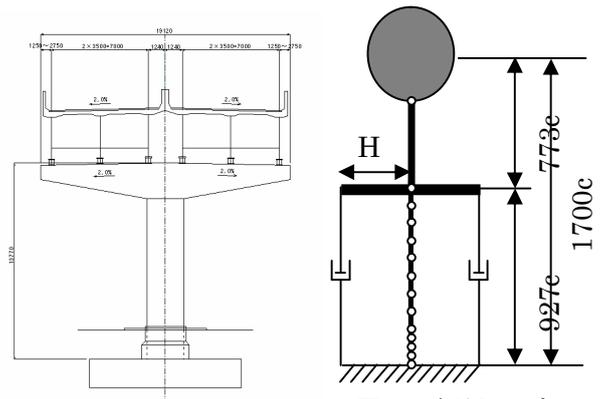


図 1 解析対象橋脚

図 2 解析モデル

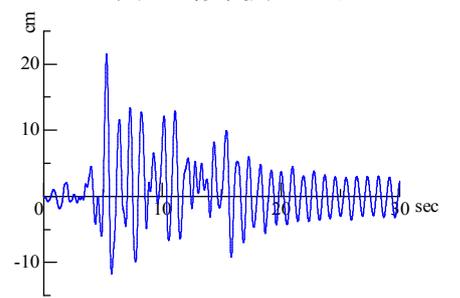
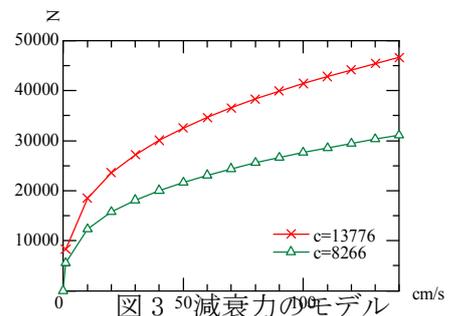


図 3 減衰力のモデル

図 4 入力地震波 Type2-2

表 1 解析ケース

モデル名	本数	減衰モデル (粘性係数)
No.00	0	—
No.01-1	1	c = 8266
No.01-2	2	c = 8266
No.02-1	1	c = 13776
No.02-2	2	c = 13776

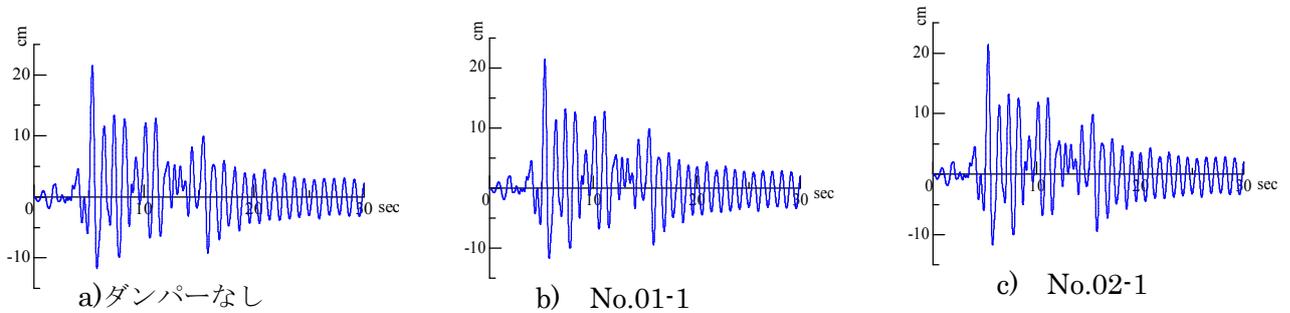


図5 橋脚モデルの上部構造の時刻歴応答変位

3. 解析結果と考察

図5はType2-2地震波を入力したときの橋脚モデルの上部構造の時刻歴応答変位を示したもので、a)はダンパーなし、b)、c)それぞれ表1の解析モデルの結果である。各解析ケースの最大応答変位はa)で21.5cm、No.01-1で21.4cm、No.02-1で21.3cmとなり、各解析ケースとも地震波の影響を軽減することが出来ていない。つまり、橋脚側面にオイルダンパーを設置した場合のオイルダンパーの減衰力が十分に発揮されていないことになる。その原因としては、地震波によって与えられる橋脚の鉛直方向振幅は水平方向振幅に比べて小さく、ピストンに作用する時間当たりの変位量が小さくなるため、オイルダンパーが有する減衰力を十分発揮できなかったと考えられる。

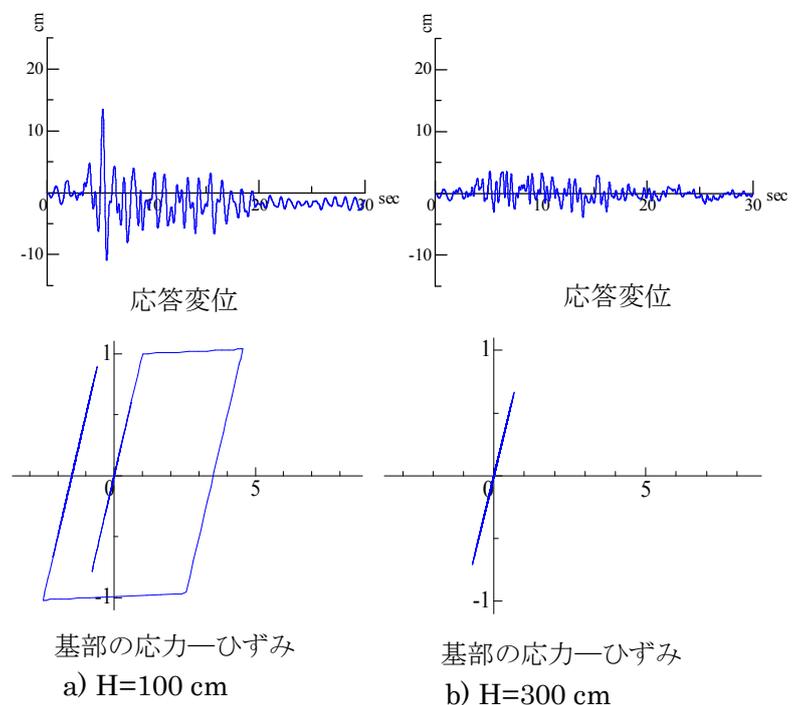
そこで対象とする鋼製T型単柱橋脚において、橋脚側方に並列して取り付けられたオイルダンパーの減衰力を橋脚に有効に作用させる方法として、1)オイルダンパーのピストンに作用する速度を上げる方法、2)粘性係数を上げて減衰力を高める方法を検討した。ピストンに作用する速度を早めるために橋脚とオイルダンパーの取り付け間隔を広げた。解析では粘性減衰係数を $c=2755$ 、 $c=8266$ とし、入力地震波はType2-2、オイルダンパーモデルの取り付け方向と本数2本同じで、橋脚との間隔 H を100cm、300cm、500cmとした。

図6は橋脚とオイルダンパーの間隔を広げた場合の橋脚モデルの上部構造の時刻歴応答変位と基部での応力-ひずみ関係を示したものである。オイルダンパーを設置していないときの最大振幅と比較すると37%~80%の振幅減少を示した。また、間隔100cmでは塑性化しているのに対し、間隔を300cmにした場合には弾性範囲内に収まる挙動となることがわかった。

また、粘性係数を上げて減衰力を高める方法として、実際に構造物で使用されている減衰力の高い既製のオイルダンパーが有している特性を減衰力モデルに置き換えて解析に用いた。4種の解析ケースについて、オイルダンパーの発揮する最大減衰力と最小減衰力となる場合をモデル化して行った。振幅減少は確認できたが、基部は弾性範囲内に収まらなかった。詳細は講演当日発表する予定である。

【参考文献】

- 1) 赤松浩平, 片山拓朗, 山尾敏孝: 外付け可撓性オイルダンパーによる塔状構造物の振動制御に関する実験的研究, 土木学会西部支部 講演概要集, 2007.
- 2) (株)アーク情報システム: T-DAPIII Ver.2.12 user's マニュアル, 2003.
- 3) Yuji WASHIYAMA, Meiyu Airmatic Co., Inc. Douglas P.TAYLOR Ltd, Taylor Devices, : Taylor Fluid Viscous Damper, Summary of Product Characteristics.

図6 橋脚モデルの応答 (粘性減衰係数 $c = 2755$)