

既設道路橋の耐震補強に用いるダンパーの初期剛性の

設定法に関する基礎的検討

熊本大学大学院 学生会員 ○藤本 匡哉
(株)エイト日本技術開発 正会員 宮本 宏一

熊本大学大学院 正会員 松田 泰治
(株)エイト日本技術開発 正会員 長 悟史

1. はじめに

橋梁全体系の耐震性向上策として制震ダンパーの利用が増加している。ダンパーの大きな減衰性能による地震時応答の低減が本研究の目的で、橋脚補強工事が制限される既設橋においての活用が期待される。単純な桁橋の補強検討によく使われるものとして粘性ダンパーがあるが、実務設計における解析では抵抗力-変位の関係でモデル化する場合が多い。これはモデル化や解析が容易であるなど、実務上の利点があるためである。そこで本研究では粘性ダンパーをバイリニア型のバネでモデル化したときにどのような初期剛性を設定すると適切に応答評価できるかについて検討した。

2. 解析概要

解析にあたり、使用するモデルは図-1、2 に示すような1質点系モデルである。

図-1 のバイリニアモデルは、上部構造を質量(M)の質点に置き換え、支承部構造を積層ゴム支承(K_B)とダンパー(K_D)を組み合わせたもので評価している。

ダンパー(K_D)は、完全弾塑性のせん断バネとし、初期剛性は剛性一定のモデルと降伏変位一定のモデルの2通りを考えた。剛性一定のモデルに関しては、質点の質量(M)に対してダンパーのみで水平方向に支持したと仮定した場合の桁の固有周期が1(sec)となる剛性である4027KN/mを基準として、4027KN/mから402700KN/mまで、剛性を10倍ずつ変化させた3ケースを考えた。一方、降伏変位一定モデルに関しては、降伏変位2.5mmと固定して、 K_D =抵抗力/降伏変位として求めた。それぞれのモデルの抵抗力における降伏変位と剛性の値について表-1、2に示した。

図-2 の粘性要素モデルは、上部構造を質点の質量(M)に置き換え、下部構造を積層ゴム支承(K_B)と粘性ダンパー(C)を組み合わせたもので評価している。

粘性ダンパー(C)の特性に関しては、式(1)で表され、ここでは $n=0.1$ とし、Cは $V=1.0\text{m/sec}$ で設定した。

$$F = CV^n \quad (1)$$

F:抵抗力, C:粘性係数, V:速度, n:速度依存パラメータ

検討用の入力地震動は道路橋示方書V耐震設計編に基づく標準波より地震タイプ別にそれぞれ3波選択した。また、積層ゴム支承(K_B)の減衰は3%とし、ダンパー(K_D)の減衰については0%とした。

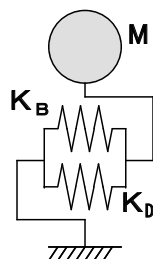


図-1 バイリニアモデル

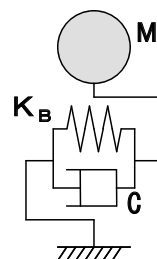


図-2 粘性要素モデル

表-1 抵抗力と降伏変位の値

		剛性一定			降伏変位一定
		4027KN/m	40270KN/m	402700KN/m	
		ダンパーの降伏変位(mm)			
ダンパー 抵抗力 F	100KN	24.8	2.48	0.25	2.5
	200KN	49.7	4.97	0.50	
	300KN	74.5	7.45	0.74	
	400KN	99.3	9.93	0.99	

表-2 抵抗力と剛性の値

		剛性一定			降伏変位一定
		4027KN/m	40270KN/m	402700KN/m	
		ダンパーの剛性(KN/m)			
ダンパー 抵抗力 F	100KN	4027	40270	402700	40000
	200KN				80000
	300KN				120000
	400KN				160000

3. 粘性要素モデルと降伏変位一定モデルの比較

汎用解析プログラムソフト T-DAPⅢを用いて粘性モデルと降伏変位一定モデルの比較を行った。降伏震度とは、抵抗力を質点の質量で除したものである。積層ゴム支承のせん断バネ(K_B)に固有周期 1(sec)のバネを設定した。粘性要素モデルと降伏変位一定モデルに関して、降伏震度の値が同じ値における最大水平変位の比較を行った。結果を図-3 に示す。この結果から、

粘性要素モデルと降伏変位一定モデルの結果が良く一致しているといえる。このことから、粘性要素モデルをバイリニア型のパネでモデル化する場合、降伏変位を 2.5mm と一定の値に設定すると粘性要素モデルを精度よく模擬できると考えられる。

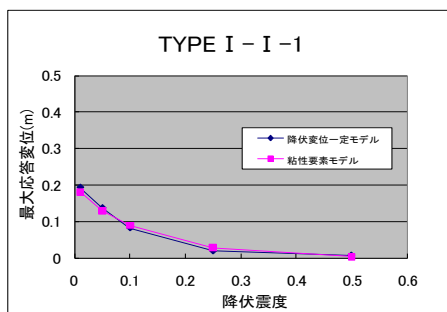


図-3 降伏震度と最大水平変位の関係

4. バイリニアモデルの応答解析結果

各目標変位となるダンパー降伏震度を1質点系動的応答解析で収束計算を行い、目標変位となる降伏震度を求めた。積層ゴム支承のせん断バネ(K_B)の特性に関しては、固有周期が1~5(sec)となるようにパラメトリックに変化させた。目標設計変位として 0.05m から 0.5m まで 0.05m 刻みで10ケースを検討対象とした。

TYPE I - I-1 地震波でのダンパーの剛性が一定のモデルとダンパーの降伏変位が一定のモデルにおける、目標変位と降伏震度の関係についての解析結果を図-4~7に示した。剛性一定のモデルでは、目標変位が 0.2m 付近を境に、これが小さくなる程ダンパー剛性による降伏震度の相違が大きく、ダンパー剛性を大きくするに従い図-4のダンパー降伏変位一定モデルの結果に近くなる。ただし、剛性を大きくし過ぎると、降伏震度を過小に見積もることになっている。粘性ダンパーをバイリニア型のパネでモデル化する場合、初期剛性の設定が重要であり、今回のケースでは、 40270KN/m ~ 402700KN/m の間の剛性を設定することで、粘性ダンパーを初期剛性一定のバイリニア型のパネで適切に評価することができると考えられる。

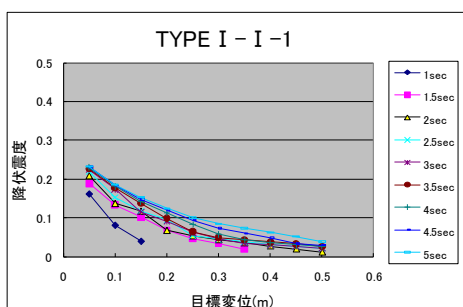


図-4 ダンパーの降伏変位が一定のときの結果

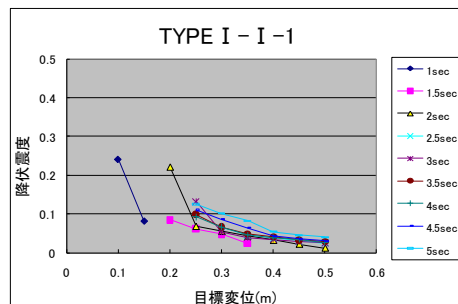


図-5 ダンパーの剛性が 4027KN/m のときの結果

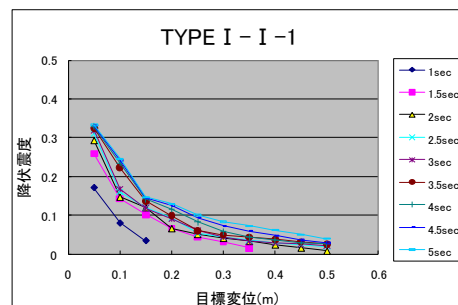


図-6 ダンパーの剛性が 40270KN/m のときの結果

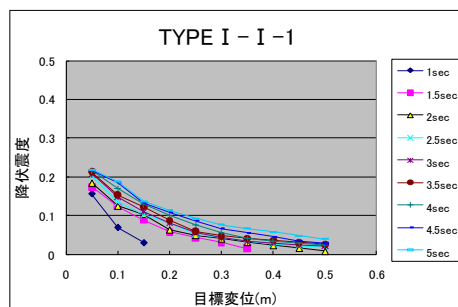


図-7 ダンパーの剛性が 402700KN/m のときの結果

5. まとめ

粘性要素モデルをバイリニア型のパネでモデル化を行ったときに、降伏変位を 2.5mm と一定の値に設定すると、精度よく模擬できると考えられる。

1質点系モデルにおいて、粘性ダンパーをバイリニア型のパネでモデル化したときにどのような剛性を設定すると適切に評価できるかについて検討した結果、応答値が初期剛性の値によって大きく異なることが確認された。これは、同じ履歴面積を確保するためには、剛性が大きいほど必要変位が小さくなり、降伏震度の値が大きくなるほど、その差が顕著となるためであり、バイリニア型のパネでモデル化する場合、初期剛性の値を適切に評価することが重要である。

参考文献

- 1) 谷口雄一郎他：ダンパーの最適配置に基づく既設橋梁の耐震補強に関する研究，平成20年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 第I部門，pp. 27-28, 2009. 3
- 2) (財)海洋架橋・橋梁研究会：既設橋梁の耐震補強工法事例集，2005. 4