

免震ゴムとダンパーを組み込んだ橋脚の応答解析

愛知工業大学 正会員 ○日比野広之 愛知工業大学 正会員 鈴木森晶

1. 序論

兵庫県南部地震より約20年が経過するとともに、免震構造も一般的に採用される構造の一つとなり、先の東北地方太平洋沖地震において地震により甚大な被害を受けた橋梁は少ない¹⁾。土木分野では多くの橋梁で、制振デバイスとして免震ゴムを組み込むことが一般的となりつつあるが、近年では一部の免震ゴム支承からゴム部分の亀裂および支承内部から鉛のはみ出しが確認されている。

そこで、本研究では今日まで多くの橋梁で制振デバイスとして使用されている免震ゴムに着目し、供用開始から10年が経過した今現在の免震ゴムの実験を行い、その結果を用いて、さらに経年劣化により性能が低下したと仮定した場合、別のダンパーを組み込むことにより、橋脚に与える影響を軽減することができるか検討する。

2. 劣化の予測

本解析で対象となる橋梁は、鉄筋コンクリート橋脚で動的解析ソフト「DYMO」²⁾を用いる。本解析において供用開始時を基本モデル(以下、基-D)とし、今現在を10年モデル(以下、基-0)とした。

図-1に経年劣化による一次、二次剛性の予測図を示す。等倍硬化はゴムの硬化が線形的に進んでいくもの、硬化上昇は硬化がさらに進んでいくもの、比較のため現状維持はひびわれ等により、ゴムの一部が断面欠損をしたものと仮定をし、一次剛性を現状維持とし二次剛性は低下していくものとした³⁾。

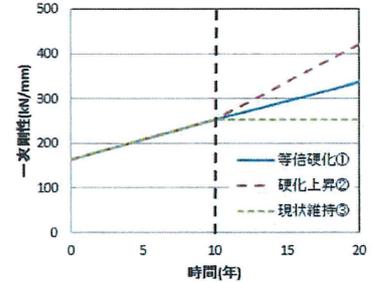
3. 組み込むダンパー

免震ゴムのモデルはバイリニア型とし、橋脚と主桁の隙間が狭く新たにダンパーを組み込むことは非常に難しいため、設置箇所に制限が無く自由な設計が可能なオイルダンパーを組み込む、オイルダンパーのモデルはバイリニア型を用いる。

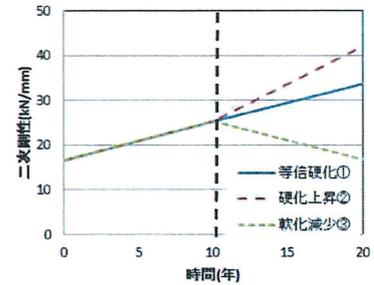
図-2に本解析において免震ゴムとオイルダンパーを組み合わせた際に予測されるモデルを2つ仮定し、モデル化をする。図-2では実線が免震ゴムの履歴を示しており、破線はオイルダンパーを組み込んだ後の履歴を示している。表-1に本解析において重要となるせん断ひずみ 250%時における各パラメータを示す。

4. 応答解析結果

今回の解析結果の一例を図-3 および表-2 に示す。図-3(a)より基-D と基-0 を比べると、免震ゴムが時間経過により硬化することで、最大荷重が上昇し、



(a) 一次剛性



(b) 二次剛性

図-1 経年劣化による一次、二次剛性予測図

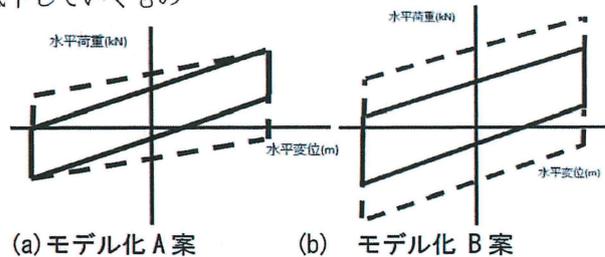


図-2 免震ゴムとオイルダンパー組み合わせモデル

表-1 せん断ひずみ 250%モデルパラメータ

No.	試験体	降伏荷重 (kN)	一次剛性 (kN/mm)	二次剛性 (kN/mm)	250%時の荷重 (kN)
基-D	基本モデル	600	163	16.6	2891
基-0	10年モデル	600	252	25.2	4078
基-①	等倍硬化	600	336	33.6	5237
基-②	硬化上昇	600	420	42.0	6396
基-③	現状維持	600	252	16.8	2918
A-0	10年モデル	900	252	23.0	4078
A-①	等倍硬化	900	336	31.4	5237
A-②	硬化上昇	900	420	39.8	6396
A-③	現状維持	900	252	14.6	2198
B-0	10年モデル	1200	252	25.2	4378
B-①	等倍硬化	1200	336	33.6	5537
B-②	硬化上昇	1200	420	42.0	6696
B-③	現状維持	1200	252	16.8	3218

キーワード 免震ゴム ダンパー 橋脚 応答解析

連絡先：〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 TEL：0565-48-8121, FAX：0565-48-0030

変位は小さくなる結果が得られた。

次に免震ゴムの硬化によって橋脚に対しどのような影響が生じているのかを図-3(b)に示す。図-3(b)より、基-Dでは、履歴曲線中央部の腹の部分の履歴が基-0と比べて小さくなっているのに対して、基-0では履歴曲線中央部の腹の部分が大きくなっている。今回の解析結果を表-2に示す。表-2より、橋脚天端の最大変位は、基-Dで0.079mに対して、基-0で0.099mとなり、およそ20%増加した。また、エネルギー吸収量に着目すると基-Dでは橋脚のエネルギー吸収量が572kN・mに対して基-0では744kN・mと約15%増えており、免震ゴムの硬化が橋脚に負担を与えていると言える。

次に免震ゴムと橋脚のエネルギー吸収を基-0と基-①および基-②を比べると、どちらの硬化モデルにおいても免震ゴムのエネルギー吸収が948kN・mからそれぞれ10%および20%減り、逆に橋脚のエネルギー吸収量が744kN・mから20%以上増加しており、より橋脚に対して負担がかかっている。以上より免震ゴムの硬化による橋脚の影響が顕著に表れている。

表-2より、免震ゴムと橋脚のエネルギー吸収量を見ると、基-①では免震ゴムは861kN・mで、橋脚は918kN・mに対して、オイルダンパーを設置したA-①では、免震ゴムは999kN・mで橋脚は760kN・mとなり、B-①についても免震ゴムは1036kN・mで橋脚は696kN・mとなった。オイルダンパーの設置により、A-①およびB-①では免震ゴムは、それぞれ約10%および約20%のエネルギー吸収量が増加し、逆に橋脚のエネルギー吸収量は約20%および約30%低下する結果となった。以上より、オイルダンパーを追加することにより橋脚のエネルギー吸収量を大幅に減らすことができ、別の制振デバイスを組み込むことは、免震ゴムの機能回復と橋脚の負担軽減に繋がる可能性がある。

5. 結論

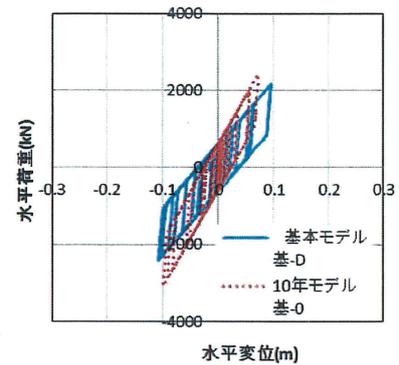
- 1) 劣化が進行したモデルは免震ゴムのエネルギー吸収量が減り、その分橋脚のエネルギー吸収量が増えた。
- 2) 劣化が進行したものに対してダンパーを組み込むことにより橋脚への負担が低減されていることから、補強が必要な免震ゴムに対してダンパーを組み込むことは、免震ゴムの機能回復と橋脚の負担軽減に繋がる可能性がある。

表-2 応答解析結果

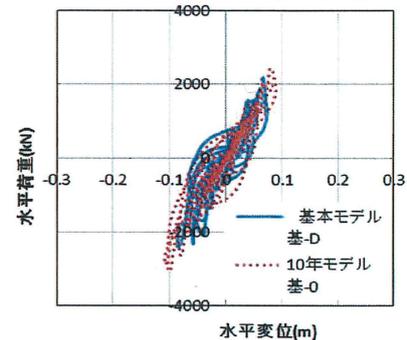
No.	試験体	上部工		免震ゴム		橋脚天端		免震ゴム エネルギー吸収量(kN・m)	橋脚
		最大変位(m)	最大荷重(kN)	最大変位(m)	最大荷重(kN)	最大変位(m)	最大荷重(kN)		
基-D	基本モデル	0.177	2285	0.102	2285	0.079	2285	1049	572
基-0	10年モデル	0.175	2744	0.085	2744	0.099	2744	948	744
基-①	等倍硬化	0.180	3021	0.072	3021	0.111	3021	861	918
基-②	硬化上昇	0.195	3326	0.065	3326	0.131	3326	763	959
基-③	現状維持	0.156	2055	0.087	2055	0.076	2055	978	638
A-0	10年モデル	0.156	2055	0.087	2055	0.076	2055	1112	633
A-①	等倍硬化	0.176	3044	0.068	3044	0.110	3044	999	760
A-②	硬化上昇	0.191	3461	0.064	3461	0.130	3461	889	845
A-③	現状維持	0.139	2018	0.077	2018	0.082	2018	1147	536
B-0	10年モデル	0.169	3037	0.073	3037	0.103	3037	1170	600
B-①	等倍硬化	0.190	3488	0.068	3488	0.124	3488	1036	696
B-②	硬化上昇	0.199	3695	0.059	3695	0.140	3695	878	629
B-③	現状維持	0.152	2460	0.075	2460	0.099	2460	1193	506

参考文献

- 1) 橋の免震構造に関する技術資料の出版“わが国の免震橋事例集”と“道路橋の免震・耐震設計法マニュアル” 土木技術資料 54-12(2012)
- 2) 橋の動的耐震設計マニュアルー動的解析および耐震設計の基礎と応用- 財団法人 土木研究センター, 平成 18 年 5 月
- 3) 顧 浩声, 伊藤 義人, 佐藤 和也, 山本 吉久: 橋梁用ゴム支承の長期劣化予測に関する基礎的研究, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol:60 巻, 2005 年, 1-069 頁



(a) 免震ゴムの履歴曲線



(b) 橋脚天端の履歴曲線

図-3 解析結果