

I-B161

ゴム製緩衝装置による桁間衝突の低減効果

東京工業大学工学部 F会員 川島一彦 正会員 庄司 学

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震以降、積層ゴム支承が積極的に橋梁に採用されつつあるが、積層ゴム支承を用いると、桁の応答変位が増大し、隣接桁間で衝突が生じる可能性がある。本研究では、実用化や価格の観点から有望なゴム製緩衝装置を用いた場合の桁間衝突の低減効果について解析的に検討したので、その結果を報告する。

2. 解析対象橋と解析モデル

解析対象橋は2連の5径間連続橋で、一方の桁を支持する積層ゴム支承の剛性のみが2倍となる構造系である。解析対象橋の上部構造、橋脚、および基礎の諸元を表-1に示す。緩衝装置は、平面寸法 250mm×150mm、厚さ $h=100$ mmの天然ゴム製の装置で、図-1に示すように桁1と桁2が開く方向と閉じる方向のいずれにも機能するように取り付ける。対象橋は離散型骨組モデルでモデル化し、橋脚基部の塑性ヒンジ区間のみにTakeda型の非線形梁要素を用い、それ以外は線形の梁要素とばね要素でモデル化した。隣接桁間の衝突現象は図-2(a)に示す衝突ばね¹⁾でモデル化した。入力地震動は道路橋示方書に規定されるタイプII地震動のI種地盤用標準波形²⁾を用いた。

3. 緩衝装置の特徴

図-1に示した緩衝装置は、桁1と桁2間を結ぶ次のようなばね $k_s(\Delta\bar{u})$ でモデル化した。

$$k_s = \begin{cases} \bar{k}_s(\Delta\bar{u}) & |\Delta\bar{u}| > u_G \\ 0 & |\Delta\bar{u}| \leq u_G \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $\Delta\bar{u} = |\Delta u - u_G|$ 、 $\bar{k}_s(\Delta\bar{u})$ ：変位 $\Delta\bar{u}$ を受けた場合の緩衝装置の剛性、 u_G ：落橋防止装置が作動し始める遊間である。 $\bar{k}_s(\Delta\bar{u})$ は、本解析で想定する緩衝装置に対して別途圧縮実験を行った結果から定めた。落橋防止装置の遊間 u_G は圧縮側と引張側でともに同じ距離とし、落橋防止装置の遊間 u_G と桁遊間 u_c の関係は緩衝装置の厚さを h として $u_G = u_c - h$ と仮定した。以上より定めた桁1と桁2間の作用力と相対変位の関係を図-2(b)に示す。

4. 桁間衝突に対する緩衝装置の有効性

衝突ばねと緩衝装置の荷重—変位の履歴曲線を図-3に示す。桁遊間 u_c を0.25m、落橋防止装置の遊間 u_G を0.15mとし、緩衝装置を20個設けた場合である。緩衝装置を設けない場合には桁重量の4.7倍に相当する146.3MNの衝突力が生じるのに対し、緩衝装置を設けるとそれに生じる作用力は29.6MNまで低減される。また、図-4は、緩衝装置がない場合とある場合の橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係を地震応答の大きい桁2側の橋脚について比較した結果である。緩衝装置を設けると橋脚基部の塑性化が抑えられており、緩衝装置の効果が表れている。

5. 緩衝装置のエネルギー吸収の影響

エネルギー吸収がない緩衝装置、すなわち、載荷時のスケルトンを徐荷時にも通る非線形弾性型履歴特性を有する緩衝装置に対して解析を行い、エネルギー吸収がある場合とない場合に対して緩衝装置に生じる最大作用力を比較した結果が図-5である。桁遊間 u_c は0.25mと仮定した。図-5より緩衝装置のエネルギー吸収はそれに生じる最大作用力に対して支配的な影響を与えないことがわかる。地震動が作用した場合の橋の吸収エネルギー W は、

$$W = W_D + W_E + W_P + W_s \quad (2)$$

と与えられる。ここで、 W_D ：粘性減衰による吸収エネルギー、 W_E ：線形要素の弾性ひずみエネルギー、 W_P ：橋脚の塑性ヒンジによる吸収エネルギー、 W_s ：緩衝装置による吸収エネルギーである。緩衝装置を20個設けた場合のそれぞれの値を求めると、15.7MN・m、0.001MN・m、3.04MN・m、0.98MN・mとなり、 W_s は総吸収エネルギーの5.0%に過ぎない。これは、緩衝装置の厚さ h が100mmで地震時にはその厚さの75%の変位量が3回しか生じないためである。緩衝装置のエネルギー吸収性能は原理的には好ましいことであるが、その影響は限られている。

キーワード：耐震設計、落橋防止構造、桁間衝突、緩衝装置、非線形動的解析

連絡先：〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 TEL 03-5734-2922 FAX 03-5734-3810

6. 結論

1) 緩衝装置を設置すると、設置しない場合と比べて桁間に生じる衝突力を大きく低減することができ、また、橋脚基部の塑性化も低減される。2) 緩衝装置のエネルギー吸収を見込んだ場合と見込まない場合の緩衝装置に生じる作用力には大きな相違は見られない。

参考文献 1) Kawashima, K. and Penzien, J.: Correlative investigation on theoretical and experimental dynamic behavior of a model bridge structure, Report No. EERC 76-26, Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley, 1976. 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 1996.11.

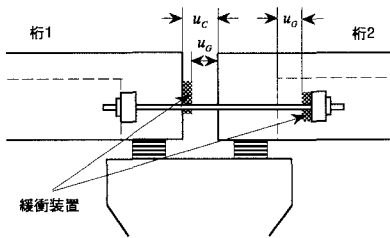
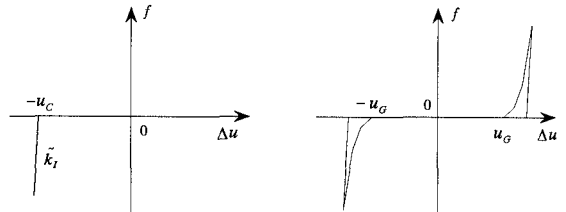
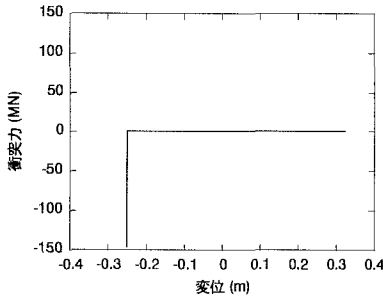


図-1 緩衝装置の設置方法

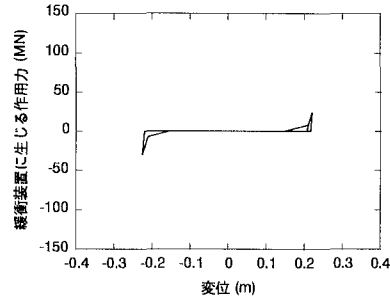


(a) 緩衝装置を設けない場合（衝突ばね） (b) 緩衝装置を設ける場合

図-2 桁1と桁2間のばねの剛性

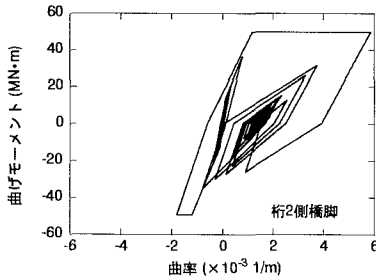


(a) 緩衝装置を設けない場合

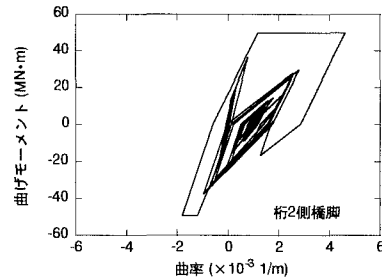


(b) 緩衝装置を設けた場合（緩衝装置20基）

図-3 緩衝装置を設けない場合の衝突力と緩衝装置を設けた場合の緩衝装置に生じる作用力



(a) 緩衝装置を設けない場合



(b) 緩衝装置を設けた場合

図-4 橋脚基部の曲げモーメント—曲率関係

表-1 上部構造、橋脚、および基礎の諸元		
対象橋梁	S径間連続橋	
上部構造	形式	鋼桁
	幅員	12 m
	径間長	40 m
橋脚	形式	RC橋脚
	平面寸法	5.0m × 2.2m
	躯体高さ	10 m
基礎	形式	杭基礎
	杭径	1.2 m
	杭長	15 m
	杭本数	9

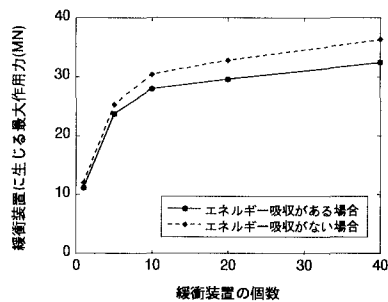


図-5 緩衝装置のエネルギー吸収の有無が緩衝装置に生じる最大作用力に与える影響