

落橋防止装置用緩衝材の標準化

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○後藤 貴士 鉄道総合技術研究所 正会員 村田 清満
九州旅客鉄道株式会社 正会員 高山 智宏 シバタ工業株式会社 正会員 浮島 徹

1 はじめに

既設の鉄道橋における落橋防止装置は、設置空間の制約から小型であることが望まれる。筆者らはこれまでの研究¹⁾²⁾で落橋防止装置(ブラケット等)の小型化を図るため、大規模地震時に支承が損傷した場合に桁とブラケットとの衝突力を低減する落橋防止装置用緩衝材を開発し、実橋梁を対象とした非線形時刻歴応答解析により効果を確認した。しかし、本緩衝材を既設橋梁に適用するうえで、個々の橋梁について非線形時刻歴応答解析を行い緩衝材の寸法を決定し、落橋防止装置への衝突力を求めることは煩雑にすぎる。そこで、設計の簡素化を目的とし、鉄道橋(鋼および合成桁)を対象とした緩衝材の標準化を行った。

2 落橋防止装置の構造

開発した落橋防止装置の緩衝材を図-1に示す。緩衝材はFRP(剛構造要素)を外殻とし、繊維積層ゴム(柔構造要素)を内部緩衝体としている。これは、中小規模地震動(L1地震動)に対してはERPにより桁の移動を抑え、大規模地震動(L2)に対しては、FRPの破壊と繊維積層ゴムの変形により衝撃エネルギーを吸収させる2段階のばね特性を持つ。図-2はこの特性をモデル化したものである。なお、緩衝材の長さ(図-1の奥行き)は200mmを標準とし、緩衝材の高さは、100mm(100H)、150mm(150H)、250mm(250H)の3タイプとした。

3 パラメータスタディ

解析の対象とする橋梁はプレートガーター、トラス桁、および合成桁のうち、標準的な構造である在来線の単線10橋梁を選定し、落橋防止装置は1支承に対して1基設置することとした。橋梁および下部構造は図-3に示す平面骨組構造にモデル化し、橋台天端に落橋防止装置および支承のばねを配した。また、下部構造等の塑性化による桁衝突力の吸収は期待せず、橋台および地盤のばねは弾性と仮定した。なお、列車荷重はEA-17(35kN/m)とし、各橋梁の橋軸方向、橋軸直角方向それぞれに対して橋台高さ10m、15mのケースの解析を行った。解析は、材料非線形を考慮した骨組構造解析プログラムを使用し、時間積分法はニューマークβ法($\beta=1/4$)を使用した。積分間隔は0.001sとした。入力地震波は、鉄道構造物等設計標準で規定されるG3地盤(普通地盤:最大974.8gal)の地表面設計地震波L2地震動の波形を入力した。

4 緩衝材の標準化結果

各ケースの緩衝材の必要高さは、解析結果から得られる緩衝材ばねの変形量から求めた。また、ブラケットへの衝突力は緩衝材ばねの作用力の最大値を抽出した。解析結果の例(合成桁:スパン25m, 死荷重2.1MN, 橋軸方向, 橋脚高さ10m)を図-4に示す。そして全ケースの結果を基に橋軸方向、橋軸直角方向について、橋脚高さごとに橋梁形式と橋梁の死荷重から緩衝材の高さおよび設置基数を標準化した。橋軸方向(橋脚高さが10m以下の場合)の落橋防止装置1基あたりの標準化結果を表-1に示す。また、反力壁への衝突力は、表-2に示すように桁の形式によらず橋脚高さごとに死荷重で分類することとした。

5 まとめ

- 1) 緩衝材高さおよび設置個数の標準化により、橋梁形式、橋梁重量、橋脚高さから、複雑な非線形時刻歴応答解析を行うことなく緩衝材のタイプを決定することが可能である。
- 2) 構造系が複雑な場合や著しく非対称な場合、橋梁重量が適用範囲を超える場合、あるいは下部構造の検討を行う場合には、別途適切なモデル化および解析・検討を行い、緩衝材のタイプおよび作用力を算定する必要がある。

Key Words : 落橋防止装置, FRP, 繊維積層ゴム, 時刻歴応答解析, 標準化

〒151-8578 東京都渋谷区代々木 2-2-2

TEL.03-5334-1288 FAX.03-5334-1289

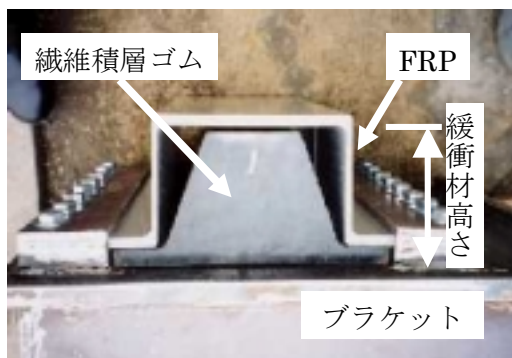


図-1 落橋防止装置緩衝材

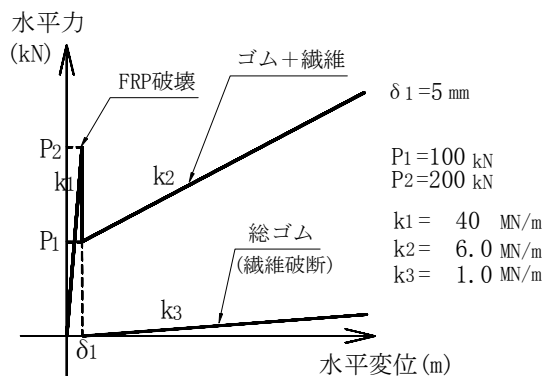


図-2 緩衝材のばねモデル(2段階ばね)

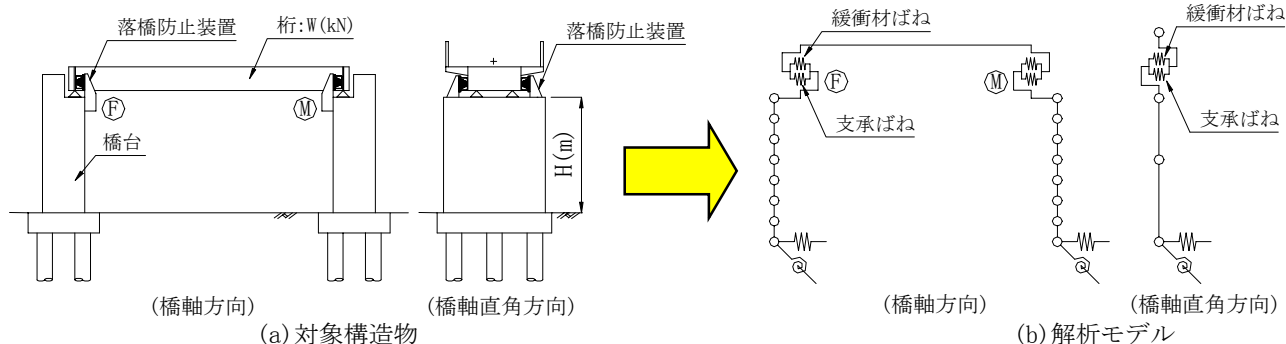


図-3 対象構造物と解析モデル

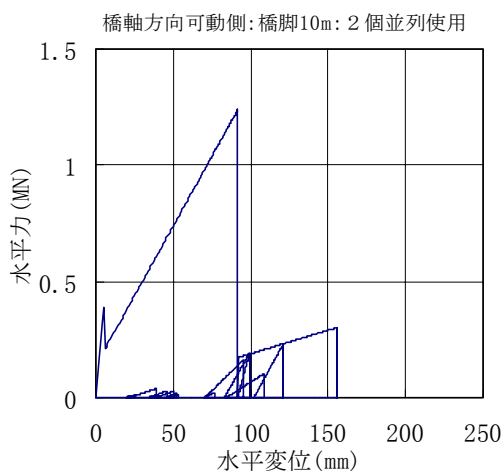


図-4 解析結果(合成桁: L=25m)

表-1 緩衝材標準化例(橋軸方向, 橋台高さ 10m)

橋梁形式	橋梁重量	緩衝材タイプ
プレート ガーダー	0.3MN以下	100H ×1個
	0.3MN ~ 0.7MN以下	150H ×1個
	0.7MN ~ 1.3MN以下	150H ×2個
トラス	2.0MN以下	250H
合成桁	4.0MN以下	×2個

※落橋防止装置 1 基あたり

表-2 反力壁作用力の標準化例(橋軸方向, 橋台高さ 10m)

橋梁重量	0.5MN 以下	0.5 ~ 1.0MN以下	1.0 ~ 2.0MN以下	2.0 ~ 2.5MN以下	2.5 ~ 3.0MN以下	3.0 ~ 4.0MN以下
作用水平力	0.25MN	0.4MN	0.7MN	1.5MN	1.7MN	1.9MN

※落橋防止装置 1 基あたり

参考文献

- 1) 浮島徹, 村田清満他: 2段階バネ特性を活用した落橋防止壁用緩衝材の実験的研究, 第3回耐震補強・補修技術, 耐震診断技術に関するシンポジウム講演論文集, pp.81~86, 1999.7
- 2) 高山智宏, 村田清満他: 新形式落橋防止装置に関する解析的検討, 鉄道総研報告 Vol.14, pp.29~34, 2000.1
- 3) 運輸省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編: 鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計), 1999.11