

PC 橋の桁遊間縮小化におけるゴム緩衝材の有効性

阿南工業高等専門学校 正会員 ○森山卓郎

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 濱本朋久

1. はじめに 現行の道路橋示方書では、レベルⅡ地震動に対して、隣接する上部構造同士などで桁衝突を防ぐために必要な桁遊間を確保しているが、桁遊間を大きくした場合では伸縮装置が大きくなることなどから、建設コストの増大などの問題が懸念されている。建設コスト削減の観点から考えると、桁衝突を許容して桁遊間を縮小化し¹⁾、桁遊間にゴム緩衝材を設置することは一つの方策と考えられる。そこで本研究では、中小規模の PC 橋における桁遊間の大きさやゴム緩衝材の有無、入力加速度の最大振幅などをパラメータとした動的応答解析や解析結果の損傷評価などから、PC 橋の桁衝突縮小化におけるゴム緩衝材の有効性について検討した。

2. 解析方法

2.1 解析モデル

本研究では、両端に橋台を有する 2 径間の PC 橋を解析対象として用いた(図-1)。橋桁と橋脚は 2 次元線形はり要素でモデル化し、橋脚基部には塑性ヒンジを設けて非線形回転バネを取り付けた。塑性ヒンジ部の非線形履歴特性には、鉄筋コンクリートの劣化が考慮できる武田モデルを用いた。支承は P1 橋脚上を固定方式、両端の橋台上を可動方式とし、桁衝突時においても健全であるとした。両端の橋台で桁衝突が生じることを想定し、桁衝突のモデル化には、非線形の履歴特性を有する衝突バネモデルを用いた。

2.2 解析方法

入力波として、解析対象橋梁の共振加速度(固有周期 2.1968sec)の正弦波を用いた。加速度の最大振幅は 250gal および 500gal とした。この加速度を解析モデルの橋軸方向に入力し、橋桁や橋脚などの動的応答を計算した。応答解析の数値積分には、Newmark の β 法($\beta=0.25$)を用い、積分時間間隔は 0.0005 秒、解析時間は 20 秒とした。解析対象橋梁の両端 2 カ所の橋桁端部の遊間の大きさを 10cm から 50cm まで 10cm ずつ変化させ、桁遊間にゴム緩衝材がない場合と厚さ 10cm の硬度 50 のゴム緩衝材がある場合について動的応答解析を行った。図-2 に、本研究に用いた硬度 50 のゴムの荷重-変位関係を示す。

3. 損傷評価指標の導入

3.1 橋桁端部の損傷評価指標

本研究では、まず A1 橋台側における橋桁端部の衝突速度に着目し、本解析対象橋梁と同じ PC 橋の桁衝突に関する玉井らの研究²⁾における橋桁と橋台の衝突解析結果から衝突速度を用いた損傷評価指標を導入

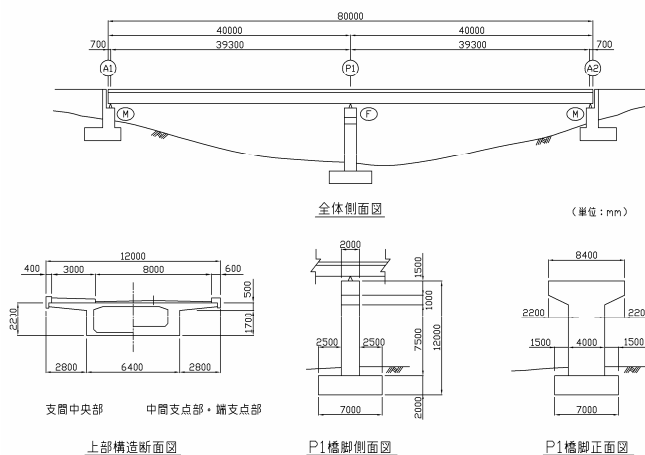


図-1 解析対象橋梁

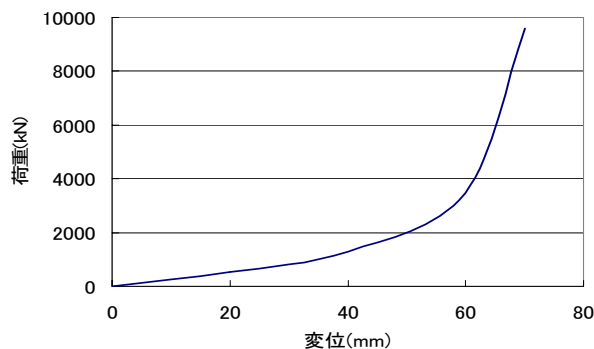


図-2 ゴム緩衝材の荷重-変位関係

入した。これは、地震時に支承の破壊によって橋桁が橋台に衝突することを想定し、3次元有限要素でモデル化した橋桁と橋台により衝突速度をパラメータとした桁端衝突解析から、衝突速度の違いによる橋桁端部および橋台コンクリートの損傷状況から、引張りずみに着目した照査を行ったものである。この結果から本研究では、動的応答解析から得られた橋桁端部の最大応答速度の値に応じて、表-1に示す4段階の損傷評価指標を決定した。

3.2 橋脚基部の損傷評価指標

橋脚基部については、上部構造の水平方向変位を拘束する P1 橋脚下端において損傷評価を行った。橋脚基部の損傷評価指標は、星隈らの実大鉄筋コンクリート橋脚の正負交番載荷実験結果³⁾から導入した。実験結果における載荷振幅の大きさ（降伏変位 δ_y の整数倍）と供試体の損傷状況から、載荷振幅 $2\delta_y$ でコンクリートのひび割れ、 $5\delta_y$ で鉄筋のはらみ出し、 $7\delta_y$ で鉄筋の破断となったことから、本研究では表-2 に示す 4 段階の損傷評価指標を決定した。

4. 解析結果および考察

4.1 橋桁端部の損傷評価

表-3 に、最大振幅 500gal の加速度を入力した場合において、橋桁端部の損傷評価を行った結果を示す。表-3 から、ゴム緩衝材の有無にかかわらず、遊間が 10cm の場合では損傷度 A、遊間が 20cm の場合で損傷度 B、遊間が 40cm および 50cm の場合では損傷度 C となった。遊間 30cm の場合では、ゴム緩衝材がない場合では損傷度 C であったが、ゴム緩衝材がある場合では損傷度 B となり、橋桁端部の損傷の低減に及ぼすゴム緩衝材の効果が示されたことがわかる。

4.2 橋脚基部の損傷評価

表-4 に、最大振幅 500gal の加速度を入力した場合において、橋脚基部の最大応答回転角について損傷評価を行った結果を示す。表-4 より、遊間 10cm ではゴム緩衝材のない場合は損傷度 d であったが、硬度 50 ゴムを用いた場合は損傷度 c となり、橋脚基部の損傷の低減に及ぼすゴム緩衝材の効果が示された。また、遊間が 20cm 以上の場合では、いずれのケースにおいても損傷度 d となり、桁遊間が大きい場合では、橋脚基部の損傷の低減におけるゴム緩衝材の効果はあまり見られないことがわかる。

5. まとめ 本研究から、桁遊間に硬度 50 のゴム緩衝材を用いることにより、桁衝突の際の橋桁端部および橋脚基部の損傷が低減できることが確認できた。また、桁遊間を縮小化して桁衝突を許容し、桁遊間にゴム緩衝材を用いる耐震設計手法の有効性が示された。

参考文献

- 1) 瀧本朋久、森山卓郎、依田照彦：PC 橋の桁衝突を許容した変位拘束効果に関する解析的検討、コンクリート工学年次論文集 第 32 巻、pp.847-852、2010.6.
- 2) 玉井宏樹、園田佳巨、後藤恵一、梶田幸秀、瀧本朋久：桁端衝突による橋台の損傷度評価および衝突ばね特性に関する基礎的研究、構造工学論文集 Vol.53A、pp.1219-1226、2007.3.
- 3) 星隈順一、運上茂樹、長屋和宏：鉄筋コンクリート橋脚の変形性能に及ぼす断面寸法の影響に関する研究、土木学会論文集 No.669/V-50、pp.215-232、2001.2.

表-1 橋桁端部の損傷評価指標

最大応答速度 (m/sec)	損傷度	損傷の程度
$0 < v \leq 1.0$	A	↑ ↓ 軽微
$1.0 < v \leq 2.0$	B	
$2.0 < v \leq 3.0$	C	
$v > 3.0$	D	大規模

表-2 橋脚基部の損傷評価指標

最大応答回転角 (rad)	損傷度	損傷の程度
$0 < \theta \leq 3.0 \times 10^{-3}$ ($0 < \theta \leq 2\delta_y$)	a	↑ ↓ 軽微
$3.0 \times 10^{-3} < \theta \leq 7.0 \times 10^{-3}$ ($2\delta_y < \theta \leq 5\delta_y$)	b	
$7.0 \times 10^{-3} < \theta \leq 10.0 \times 10^{-3}$ ($5\delta_y < \theta \leq 7\delta_y$)	c	
$\theta > 10.0 \times 10^{-3}$ ($\theta > 7\delta_y$)	d	
		大規模

表-3 橋桁端部の損傷評価結果

遊間(cm)	ゴム緩衝材なし	ゴム緩衝材あり
10	A	A
20	B	B
30	C	B
40	C	C
50	C	C

表-4 橋脚基部の損傷評価結果

遊間(cm)	ゴム緩衝材なし	ゴム緩衝材あり
10	d	c
20	d	d
30	d	d
40	d	d
50	d	d