

けた衝突を考慮した橋システムの地震時挙動

日本道路公団 正会員 忽那 幸浩
大日本コンサルタント(株) 正会員 吉澤 努, 田崎 賢治, 川神 雅秀

1. はじめに

積層ゴム支承を用いた地震時水平力分散構造のけた橋は、大規模地震が発生した際、けたに大きな水平変位が発生し、けたと橋台パラペットや隣接けた間相互において衝突が生じる懸念がある。これを回避するには、けた遊間量を相当大きく確保する必要があるが、反面、大規模な伸縮装置が必要となり、走行性、維持管理性、全体工事費等の面で不利となる場合も多い。

本稿では、けた遊間量を常時あるいは震度法レベルの水平変位により設定したけた橋を対象に、大規模地震時に発生するけた衝突挙動についてシミュレーション解析した結果の概要を報告する。解析は、けたと橋台パラペット部との衝突を対象とし、衝突が発生する部位に設置した緩衝装置の効果についても検討した。さらに、緩衝装置の設計方法や、けた衝突の影響を設計にどのように反映すべきかについて考察した。

2. 解析条件

解析モデル橋は図 - 1 に示す（文献¹⁾参照）両端橋台の5径間連続橋とし、図 - 2 に示すように橋台パラペット～主げた間に緩衝装置を設置した。緩衝装置は、図 - 3 のようなハニカム型（厚さ0.2m）を想定し、1支承線上に20個を設置するものとした。ここに、緩衝装置のモデルはバネ要素とし、実験結果²⁾から得られた履歴特性を近似し図 - 4 のような履歴モデルを作成した。けた衝突は、初期ギャップを考慮した非線形バネにより考慮した。衝突バネの剛性は、衝撃力発生との程度と解の安定とを勘案し、けたの軸方向剛性の5倍とした。

橋脚は、柱基部に塑性ヒンジが発生するものとし、塑性ヒンジの履歴モデルは剛性低下型の武田モデルを用いた。解析方法は直接積分法による非線形時刻歴応答解析とし、積分時間刻みは $t=1/1000$ に設定した。入力地震動は文献¹⁾に示されるタイプIIの標準加速度波形を用い、解析結果は3波平均して考察した。解析ケースは表 - 1 の通りとし、けた衝突の発生や、緩衝装置の有無および緩衝装置によるエネルギー吸収の有無について比較検討を行った。

表 - 1 解析ケース

| 解析ケース | けた衝突 | 緩衝装置 | 緩衝装置の履歴減衰 |
|-------|-------|-------|-----------|
| ケース1 | 発生しない | 設置しない | - |
| ケース2 | 発生する | 設置しない | - |
| ケース3 | 発生する | 設置する | 考慮しない |
| ケース4 | 発生する | 設置する | 考慮する |

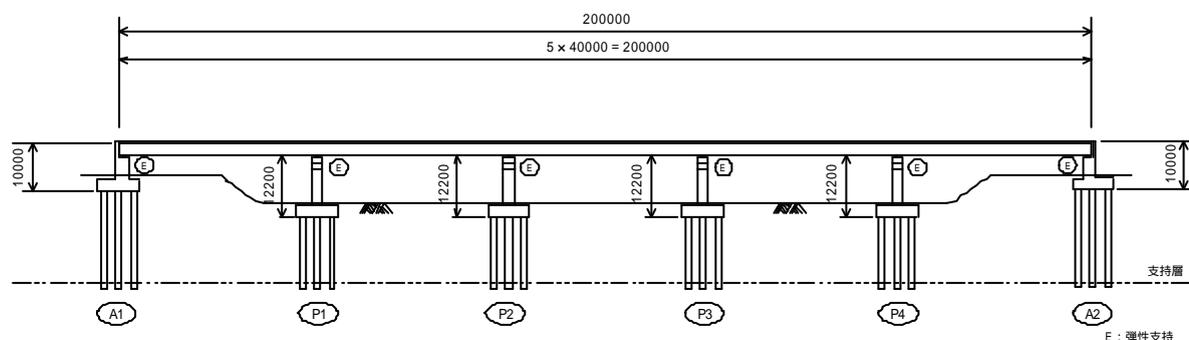


図 - 1 解析対象橋

キーワード：耐震設計，動的解析，地震時水平力分散構造，けた衝突，緩衝装置

連絡先：埼玉県越谷市七左町 5-1, Tel : 0489-88-8111, Fax : 0489-88-3115

3. 解析結果

解析結果を表 - 2 に示す．ここで、橋脚応答とは、基部に設置した塑性ヒンジの最大回転角を示す．解析結果の概要は以下のとおりである．

(1) けた衝突の影響(ケース1とケース2, 3, 4の比較)

けた衝突により、ケース2では衝突バネに67810kNの衝撃力が生じた．また、上部構造に8G以上の加速度が生じた．

一方、上部構造の応答変位、支承、橋脚の応答は顕著に低減された．これは、けたの変位が衝突により拘束されたためと考えられる．

(2) 緩衝装置の効果(ケース2とケース3, 4の比較)

緩衝装置を設置したケース3では、ケース2に比べ上部構造の応答変位、応答加速度、衝突バネ反力、支承、橋脚の応答のいずれも低減されており、特に衝突バネ反力が24650kNまで低下しその効果が顕著に現れた．

(3) 緩衝装置の減衰効果(ケース3とケース4の比較)

緩衝装置の減衰を考慮したケース4では、橋の応答はケース3からさらに低減されており、特に上部構造の応答加速度は半分以下となった．

4. 考察

本検討により、けた衝突をコントロールすることによって橋の耐震性向上に寄与する可能性のあることが判明した．また合わせて、緩衝装置の有効性も確認された．けた衝突を考慮した場合の耐震設計概念としては、以下が考えられる．

- a) けた衝突を考慮し、けた遊間を中規模地震程度に低減する．ただし、橋脚等の設計は道路橋示方書・耐震設計編に準じて行う．
- b) けた衝突による地震応答の低減効果を見込んで、支承、橋脚等の寸法をコンパクトとし、より経済的な設計とする．
- c) 緩衝装置の履歴減衰効果も考慮し、一層の経済性向上を図る．

ここで、a) b) c)の順で経済性は高まるが、同時に設計結果に対する緩衝装置の品質や解析精度の依存度も高くなる．現時点では、a)

の採用が最も現実的と考えられ、伸縮装置の規模縮小により、コスト低減効果等の様々な有利性が期待できる．さらに、b)やc)のより高い設計レベルを実現するには、解析の精度向上を図ることや、緩衝装置の開発と性能確保が課題となる．また、緩衝装置の効果をより確実なものとするために、橋台パラペットが破壊しないこ

とも重要であり、橋台背面の地盤の挙動解明も含め、その設計方法を明らかにすることが今後の課題である．
参考文献 1) 日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料，1997.3

2) 野島他：緩衝機能を有する落橋防止システムの開発，日本道路公団試験研究所報告，Vol.36，1999.11

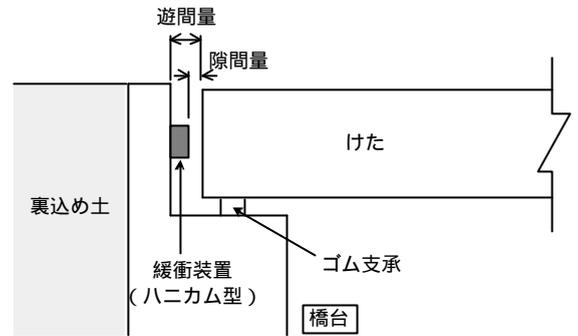


図 - 2 緩衝装置設置位置

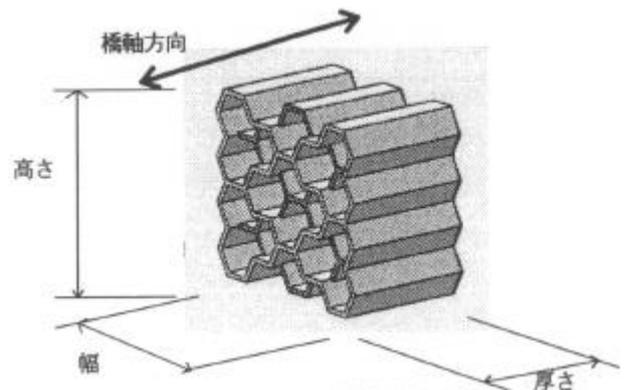


図 - 3 ハニカム型緩衝装置

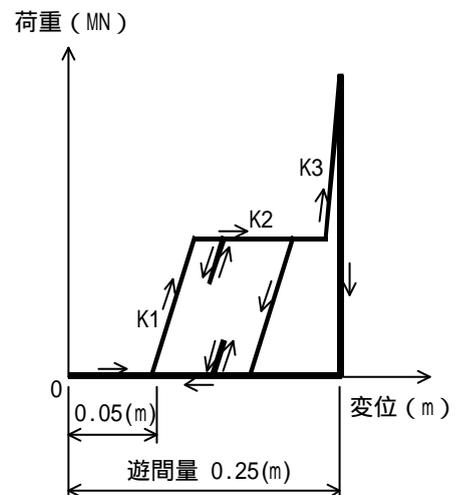


図 - 4 緩衝装置の履歴モデル

表 - 2 解析結果

| 解析ケース | 上部構造 | | 衝突バネ 最大反力 (kN) | 支承 変位 (m) | 橋脚 応答 (rad) |
|-------|-----------|----------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| | 変位 (m) | 加速度 (m/s ²) | | | |
| ケース1 | 0.757 | 16.64 | - | 0.607 | 0.00889 |
| ケース2 | 0.299 | 81.50 | 67810 | 0.256 | 0.00158 |
| ケース3 | 0.206 | 63.38 | 24650 | 0.166 | 0.00077 |
| ケース4 | 0.199 | 28.33 | 19670 | 0.156 | 0.00075 |