

橋梁の地震時繰り返し桁間衝突に関する基礎的検討

東京都市大学大学院 学生会員 ○吉塚 公一郎
 東京都市大学 フェロー会員 増田 陳紀

1. はじめに

1995年に発生した阪神淡路大震災の折に、多くの橋梁における被害が報告された。このことからこれ以後、橋梁の免震化が一層重要視されるようになり、現在に至るまで数多くの研究が成され、実橋梁に適用されてきた。

こうした免震システムは、構造物を長周期化する特性から、地震時の応答変位を増大させるため、想定地震動を上回る地震動が発生した場合、桁どうしあるいは桁と橋台の衝突が十分に考えられる。衝突に関する既往の研究は、全体系における地震時の衝突現象を線形で考慮した場合の繰り返し衝突時の挙動の把握や、衝突面における単発衝突現象が生じた際の破壊状況の把握等については、緩衝材を含めたものや、伸縮装置を考慮したものまで、多種多様な研究が行われてきた。これらの成果を下に、土木学会構造工学委員会より性能照査型耐衝撃設計に関する研究小委員会より「性能設計の概念に基づく構造物の耐衝撃設計法」が出されたが、そこでは衝撃荷重が単発で作用することを想定している。

より合理的な設計のためには繰り返し衝突が橋梁に与える影響を明らかにすることが重要と言える。そこで本研究では、橋梁のフレームモデルにおいて、繰り返し衝突時の損傷をモデル化の基礎的な検討を行うことを目的としている。

2. 繰り返し衝突の評価方法

繰り返し衝突による損傷をモデル化するには、衝突する部材の材料非線形、幾何学的非線形と共に、構造における境界非線形を考慮する必要があるが、本研究においては、モデルを簡素なものとするために、材料非線形を表現することを主体とする。

3. 損傷を考慮しない繰り返し衝突の解析

損傷を考慮するフレームモデルの作成にあたって、その前段階として橋梁全体系をモデル化し衝突を線

形で考慮した解析を行った。解析対象橋梁は実橋を想定した緒元を有する図1のような3径間鋼箱桁橋を用い、衝突させやすくするためP2橋脚からP4橋脚にかけては連続桁とした。

また、P2橋脚上部に衝突を想定した遊間を設け、図2のようなフレームモデルにて橋梁全体系のモデル化を行った。この際、衝突を表現するために衝突バネを用い、荷重-変位関係を図3のようにした。ばねの変位が桁の遊間量を超えるまでは作用力を0とし、遊間量を超えた際に初めて作用力が発生する。この際のバネ定数 k_i は、川島らによって提案されているバネ定数の算出式(1)により定めた。

また、遊間量をパラメータとし、5cmから5cm間隔で70cmまで遊間量を変化させて解析を行った。

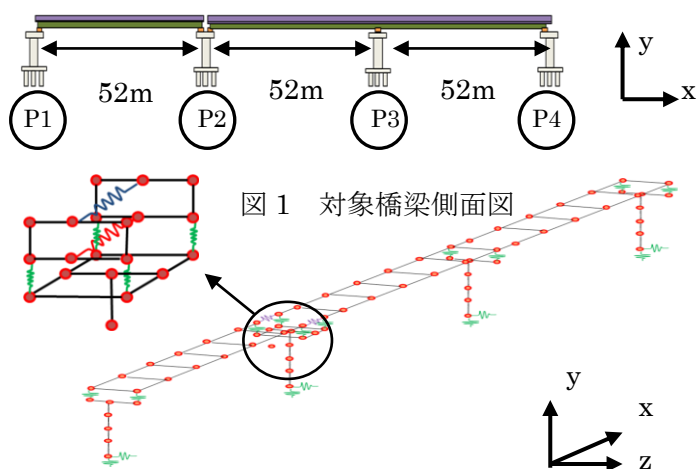


図1 対象橋梁側面図

図2 解析モデル

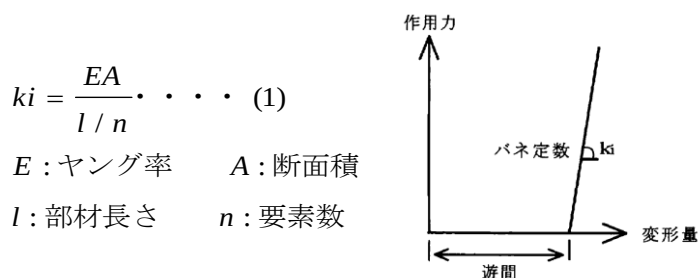


図3 衝突ばね 荷重-変位関係

$$k_i = \frac{EA}{l/n} \cdots (1)$$

E : ヤング率 A : 断面積

l : 部材長さ n : 要素数

Key Word: 免震支承, 衝突, 損傷, 材料非線形

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1

4. 解析結果

今回は損傷を考慮する場合の解析モデルとの比較を行うための解析モデルを作成したことから、このモデルにおいて繰り返し衝突現象が表現されているか確認を行う。

図4は3通りの桁遊間量に対する衝突部桁端の応答変位を表している。この図4より、各桁遊間量ごとの応答変位を見ると桁遊間量が広がるごとに最大変位が増大していることが見て取れる。これは相対応答変位量がここで設定した最大遊間量より多きことを示している。

図5は衝突部における衝突する2つの節点の相対変位を表している。この図5においては、相対変位が0となることが衝突をしていることを表す。このことから、遊間量が40cm時、5cm時共に衝突現象が確認出来、また遊間量が小さくなれば衝突回数が増えることも確認出来る。

図6は各桁遊間量における最大軸力を表している。この図6より、遊間量30cmの場合を最大として最大軸力が変化することが確認でき、70cmでは衝突現象が生じないことから衝突を考慮しない場合の軸力応答と同じ結果となっていることが分かる。またこれは他の結果でも同様に、当然ではあるが桁間を広げると衝突を考慮しない応答へと収束していくのが見て取れた。

5. まとめ

今回までの解析により、3径間の橋梁における桁遊間量の繰り返し衝突に対する影響について確認した。概ね30cmを目途に発生軸力が最大となり、その後衝突を考慮しないモデルに収束していくことを確認した。これは、桁遊間を広げることで、衝突する機会が減り、衝突しないモデルに挙動が近づいていくことを表現出来ているためと考える。他の応答についても同じような現象を確認したことから今回用いた衝突ばねは、衝突をモデル化するうえで妥当なモデルであると考ええる。

6. 今後の課題

今回までに橋梁全体系における衝突を線形でとらえた場合の地震時衝突の影響を把握した。今後は繰り返し衝突により生じる剛性低下等の材料非線形性を考慮したモデル化を行っていく。

また、衝突による損傷をモデル化するにあたり、材料非線形性、幾何学的非線形性、境界非線形性と共に速度-ひずみ依存性についても考慮する必要があると考えられている。

7. 参考文献

- 1) 川島一彦「動的解析における衝突のモデル化に関する一考察」土木学会論文集第308号, pp123-126, 1981年4月
- 2) 川島一彦, 植原健治, 庄司学, 星恵津子「桁衝突および落橋防止装置の効果に関する模型振動実験および解析」土木学会論文集No703, pp221-236, 2002年4月

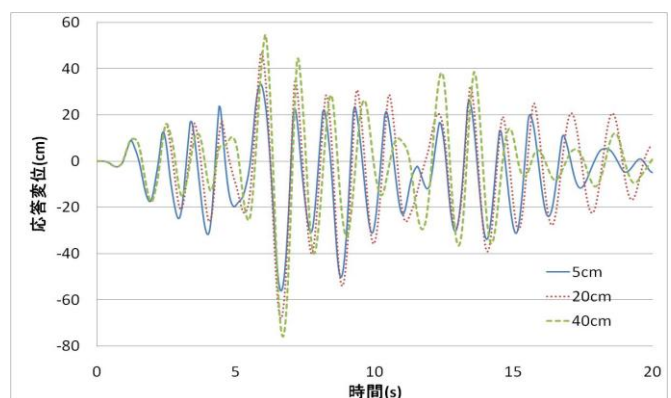


図4 各桁遊間量における衝突部端部の応答変位図

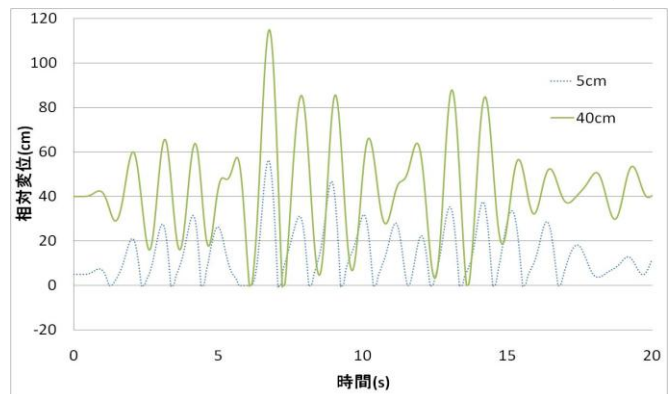


図5 各桁遊間量における2節点の相対変位—時間

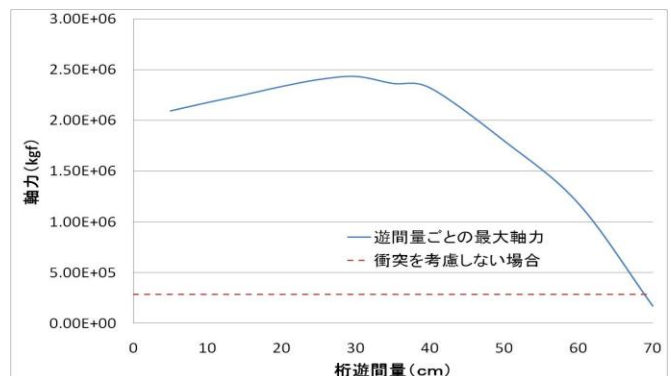


図6 各桁遊間量における最大軸力 関係図