

大阪大学工学部 学生員 ○谷口 智史
 大阪大学大学院 フェロー 西村 宣男
 大阪大学大学院 学生員 高橋 寛行

1. はじめに

1995年1月に発生した兵庫県南部地震は、多くの構造物や社会基盤に多大なる被害を与えた。中には桁間衝突現象が関与していたと考えられるケースも見られ、兵庫県南部地震以降、桁間衝突現象を考慮した地震時動的解析が行われるようになってきている。既往の研究では、衝突現象は1直線上で起きると仮定した衝突（ここでは1次元衝突と呼ぶ）解析が多く、水平2方向地震動による桁の二次元的な挙動によって起きる二次元的な衝突現象（ここでは二次元衝突と呼ぶ）に関する研究は少ない。本研究では、ゴム支承を有する連続桁橋の地震時二次元衝突現象をシミュレートし、全体系挙動に対する影響を調べる。

2. 二次元衝突解析法

ここでは本研究で使用する二次元衝突解析法について述べる。水平2方向地震動によって桁の挙動は橋軸方向、橋軸直角方向の並進と回転運動をするようになる。桁の衝突には図-1に示すような6つの衝突パターンが考えられる。各衝突パターンについて衝突点が他方の面に対してオーバーラップをしていれば衝突が起きているとして、そのオーバーラップをなくすように試

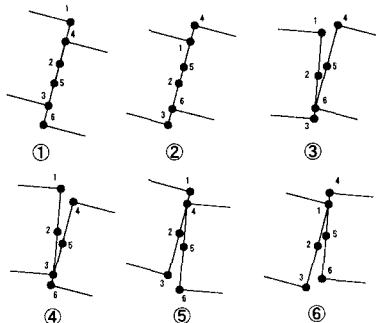


図-1 二次元衝突パターン

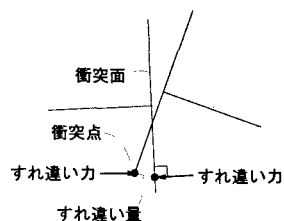


図-2 すれ違い力の作用方向

行荷重（ここではすれ違い力という）を繰り返し計算し、衝撃力を求めるものとする。また、図-2に示すようにすれ違い力は衝突面に対して直角とした。

3. 解析モデル

解析に使用した橋梁は、ゴム支承に支持された鋼・PRCの混合橋梁である。総重量は93MNとなっている。また隣接する2橋梁は共に5径間のPRC連続橋となっている。隣接橋梁との間には40cmの遊間がある。この橋梁を図-3に示すような三次元梁要素でモデル化した。桁端には二次元衝突を扱えるように、橋軸方向の要素に垂直な剛な要素を設けた。入力地震波にはJR鷹取駅観測地震波橋軸方向にE-W成分を、橋軸直角方向にN-S成分を作用させた。

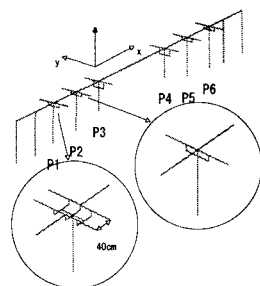


図-3 解析モデル

4. 解析結果

図-4に P1 橋脚側の橋軸方向変位と橋軸直角方向変位と桁間に発生する衝突衝撃力を示している。橋軸直角方向変位は橋軸方向変位とほぼ同程度の変位を示しており、4回の衝突が発生していることがわかる。衝撃力は最大で約 500MN である。これは橋梁の重量 93MN の約 5.4 倍である。図-5には代表的な時刻の橋梁全体の変位を示している。縦軸は橋軸直角方向を、横軸は橋軸方向を示している。グラフは橋軸直角方向の変位を拡大して見やすくしており、実際の幾何形状とは異なるが、この図を見てわかることは対象橋梁が全体的には並進運動をしているように見えるが、橋脚や、ゴム支承などの下部構造の剛性の違いによる位相差の違いから局部的に桁が回転をしているということである。また、隣接橋梁側も回転をおこしており、この局部的な回転によって片当たり衝突が起きていると考えられる。

次に桁間にゴム製の緩衝材を挟んで、発生する衝突衝撃力の低減を計る。解析モデルの概要を図-6に示す。ここで用いる緩衝材は図-7に示すようなひずみ硬化型の非線形弾性のものとした。緩衝材のバネ要素はそれぞれ桁断面の半分の面積を持つものとする。この時桁間に発生する衝突衝撃力を図-8に示す。衝突が様々な角（エッジ）で起きていることがわかる。片当たり衝突や、面としての衝突も見られた。衝突回数は緩衝材がないときに比べ増加しているが、P1 橋脚側では衝撃力は最大でも 140MN であり、緩衝材がない場合に比べ、全体的に約 30%程度に衝撃力が緩和されている。

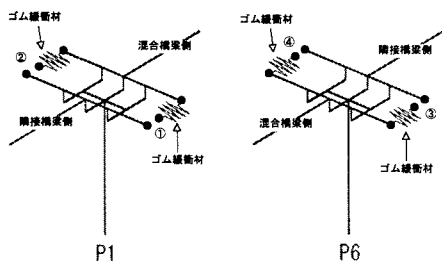


図-6 解析モデル（緩衝材あり）

5. まとめ

ゴム支承に支持された対象橋梁は橋脚等の下部工の剛性の違いから局部的な回転をし、片当たりを起こしていると考えられる。また遊間ゴム製の緩衝材を挟むことによって、衝突回数は大幅に増えてしまうが、約 30%程度に緩和された。

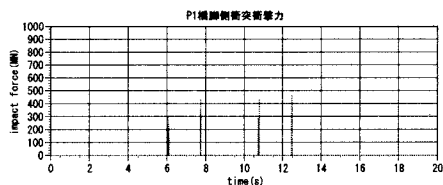


図-4 衝撃力図（緩衝材なし）

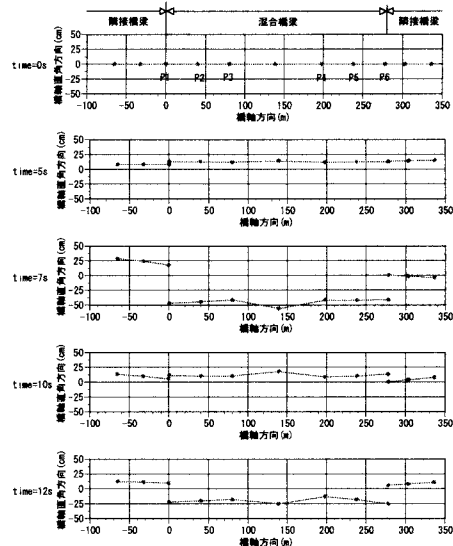


図-5 全体系変位図

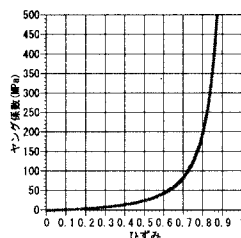


図-7 ゴム製緩衝材の剛性

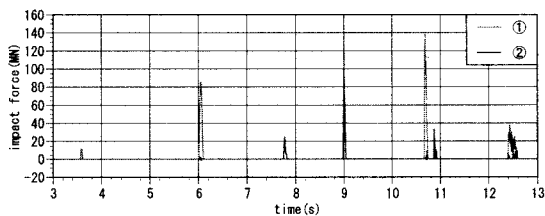


図-8 衝撃力図（緩衝材あり）