

地震時における橋梁の2次元的な桁間衝突に関する実験とモデル化

日本道路公団 正会員 柳野和也
東京大学 正会員 阿部雅人
東京大学 フェロー 藤野陽三

1. まえがき 1995年兵庫県南部地震において、桁間衝突が一因と考えられる落橋の被害が発生した。被害の詳細を調査すると、橋軸方向だけではなく、橋軸直角方向の挙動も含めた2次元的な衝突が生じていたのではないかと推測される。また震災後、免震ゴム支承の使用が増えているため、桁の相対応答変位が大きくなり、桁間衝突により予期せぬ損傷を生ずる可能性が懸念されている。さらに、新しい耐震装置の開発のためには、衝突の影響を考慮して要求性能を検討する必要がある。しかし現在のところ、桁間衝突のモデルは、橋軸方向のみの1次元のものである。また2次元的なモデルは、簡易的な解析が行われているだけであり、実験的な検討は難しいこともあり、実施例は極めて少ない。そこで、本研究では、振動台実験を行い、2次元的な桁間衝突現象のモデルを構築することを目的とした。

2. 実験方法及び実験模型 本研究では、桁間衝突の最も基本的なパターンである桁と橋台間の衝突を対象とした。振動台実験の計測には、2次元のかつ非接触計測が可能であるデジタルビデオによる画像計測を用いた。デジタルビデオの周波数は30Hzであるが、5Hz程度までの振動現象を1mm程度の精度で計測可能であることを確認した。用いた実験模型を図1に示す。端桁模型の固有振動数は、2.4Hz、減衰定数は29%である。

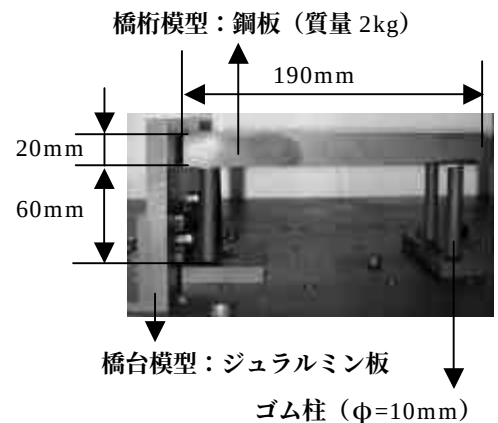


図1 実験模型

3. 衝突モデル 衝突モデルは、墓石や家具の転倒問題の解析に用いられる衝突モデルを応用した。このモデルにおいては、桁は剛体と仮定しており、力積を用いて衝突後の速度を与えている。図2のように桁端の1点で衝突する場合に作用する力積は、衝突する端点において、反発係数によって衝突直後の速度を与えるという質点の衝突問題のモデルが成り立つと仮定して導いている。図3のように桁端の全面で衝突する場合は、桁端部全面に分布する力積を受けるが、桁の中心軸からある距離離れた点に分布力積と等価な集中力積が作用すると考える。その集中力積が作用する点について、1点で衝突する場合の端点に適用した考え方をを用いる。集中力積の作用位置は、分布力積に関する角運動量保存則の適用によって求められる。また橋軸方向の反発係数に加え、橋軸直角方向にも反発係数を導入し、衝突による橋軸直角方向の速度変化も考慮している。

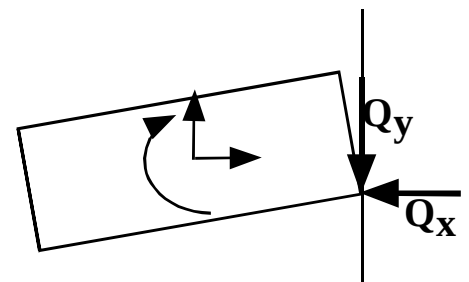


図2 1点で衝突する場合

4. 実験結果と解析結果の比較 まず、実験結果から、衝突前後の速度変化すなわち作用した力積を求め、衝突直前の速度を用いて理論によって算出される力積との比較を行った。衝突時に角度がない場合における橋軸方向の力積の比較を行った結果を図4に示す。この結果から、橋軸方向の反発係数は0.4程度であることが分かった。衝突時に角度がある場合についても、反発係数を0.4とすると実験値と理論値はほぼ等

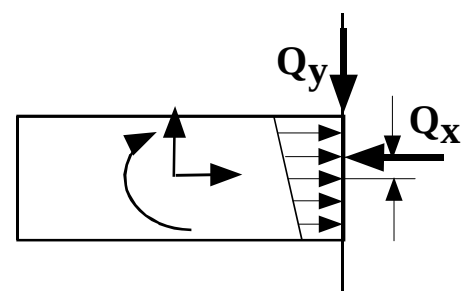


図3 全面で衝突する場合

キーワード：2次元桁間衝突，力積，反発係数，画像計測

連絡先：(〒113-8656 文京区本郷7-3-1, tel:03-5841-6099, fax:03-5841-7454)

しくなることも確認している。橋軸直角方向については、速度変化が小さいため、実験結果から力積を求めることができなかった。ついで、図5に橋軸方向に地震波を入力した1次元の衝突の実験結果と解析結果を示す。ここで、橋軸方向の反発係数は0.4としている。3秒付近では連続的な衝突も見られるが、それを含めてよく再現されている。また図6には、橋軸方向に対して 45° の方向に正弦波を入力した2次元的な衝突について実験結果と解析結果の比較を示す。反発係数は、橋軸方向0.4、橋軸直角方向-0.9としている。これは、桁端の1点で衝突し、さらにもう一方の端点で衝突するといった従来の解析法では再現不可能であった特徴的な現象であるが、導入したモデルによって再現できることが確認された。

5.反発係数の違いによる桁の応答の変化 反発係数の違いが作用する力積の大きさと桁の最大応答変位に与える影響について解析的に検討した。解析対象は、実橋に近いものを想定し、固有周期1秒、減衰定数5%、桁重量700tとしている。図7に橋軸方向の反発係数と作用する橋軸方向の力積の関係を、図8に橋軸直角方向の反発係数と桁の回転変位の関係を示す。これらのグラフから、①橋軸方向の反発係数がゼロに近づく、すなわちエネルギー吸収が大きくなるほど作用する力積は小さくなる、②橋軸直角方向の反発係数がゼロに近づく、すなわちエネルギー吸収が大きくなるほど、桁の回転変位が大きくなることから、橋軸方向と橋軸直角方向の反発係数の関係が明らかではないため断定することはできないが、橋軸方向のエネルギー吸収を大きくし、作用する力積を小さくすることのみを考えると、橋軸直角方向のエネルギー吸収も大きくなり、回転変位が増大してしまう可能性があると言える。

6.おわりに 本研究では、2次元的な衝突実験を行い、桁と橋台間の衝突現象のモデル化を行った。その結果、導入したモデルによって、桁と橋台間の2次元的な衝突現象を再現可能であることを確認した。また反発係数の違いによる桁の応答の変化を解析的に検討し、桁間のエネルギー吸収を大きくすると桁の回転変位を増大させる可能性があることを示した。

参考文献 1) 柳野：橋梁の地震時桁間衝突現象のモデル化，東京大学修士論文，2000.3

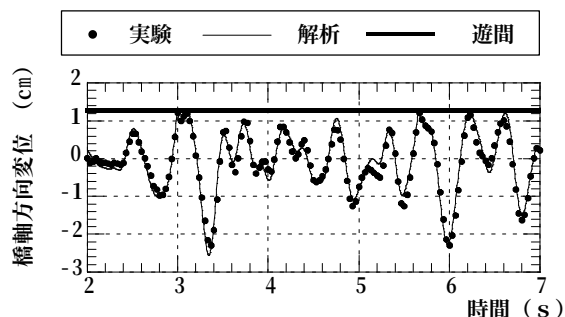


図5 1次元の衝突

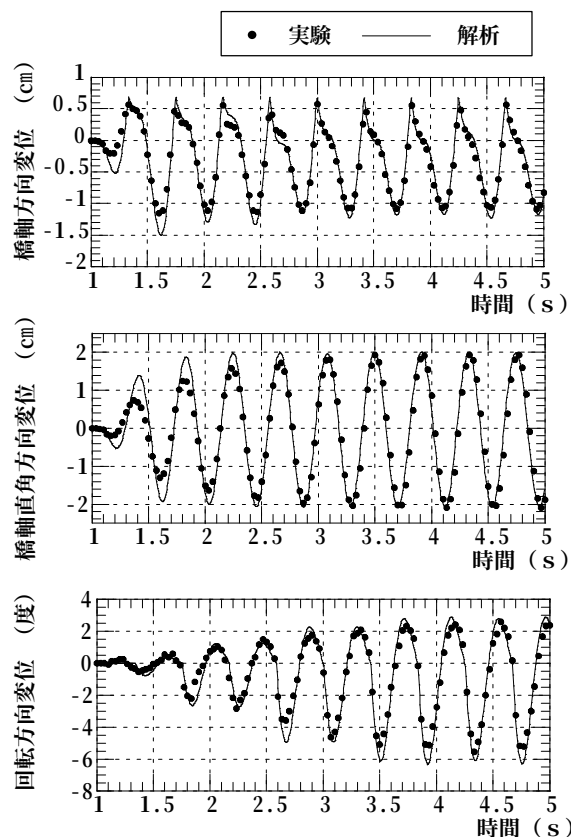


図6 2次元的な衝突

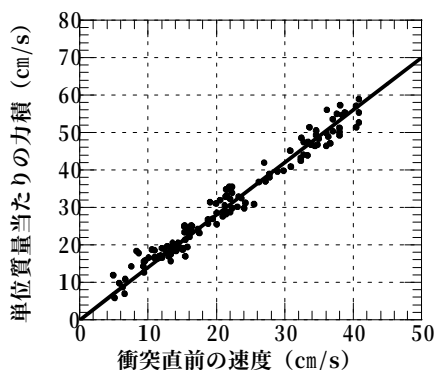


図4 橋軸方向の力積（角度なし）

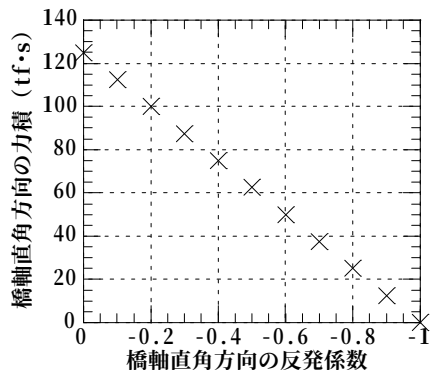


図7 橋軸方向の反発係数と力積の関係

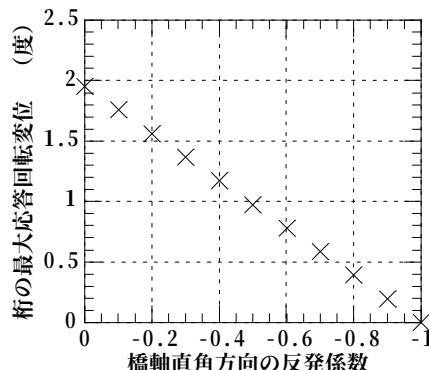


図8 橋軸直角方向の反発係数と回転変位の関係