

桁端衝突を受ける橋台の損傷度評価に関する基礎的研究

九州大学大学院

学生会員 ○後藤恵一

学生会員 玉井宏樹

正会員 園田佳巨

正会員 梶田幸秀

1. 緒言

大地震発生時には、橋梁の上部構造に生じる応答変位が遊間を超え、桁端部と橋台が衝突する可能性がある。これまでに、桁端衝突を考慮した橋梁の地震時挙動に関する解析的研究は数多くなされているが、それらの多くは骨組モデルを用いた解析であり、衝突後の桁端部および橋台の損傷度を定量的に評価するには至っていない。そこで、本研究では、大規模地震時に支承や橋脚の損傷によって桁が橋台に衝突することを想定し、桁端衝突による橋台の損傷度を定量的に評価することを目的に、3次元有限要素法を用いた桁端衝突の詳細解析を行った。さらに、橋桁が衝突した際に橋台としての機能を果たすことが出来る許容衝突速度を算出するために、橋台の破壊条件を設定し、許容衝突速度の評価を試みた。

2. 詳細解析の概要

2.1 解析対象橋梁

本研究では、図-1に示す支間長 40.0m の両端部に橋台を有する 2 径間の PC 箱形断面橋梁を解析対象として用いた。対象とした橋梁の支承条件は A1, A2 橋台において可動支承、P1 橋脚において固定支承としている。

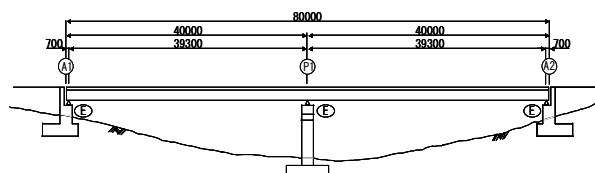


図-1 解析対象橋梁の側面図 (単位: mm)

2.2 解析モデルおよび解析条件

図-2に解析モデルを示している。本解析モデルは、衝突体である橋桁に関しては 1/2 径間部分のみをモデル化している。コンクリートおよび裏込め土の要素に関しては 8 節点ソリッド要素、鉄筋要素に関しては 2 節点トラス要素で離散化している。総節点数及び総要素数はそれぞれ 24762, 34303 である。表-1 には、本解析に用いた材料定数を、図-3 には鉄筋およびコンクリート要素の材料構成則を示している。鉄筋およびコンクリート要素の圧縮側は、Lemaitre の損傷モデルを導入しており、コンクリート要素の引張側は応力が引張強度に達した段階で引張応力を伝達しないカットオフを仮定している。裏込め土に関しては簡易に弾性体としてモデル化している。

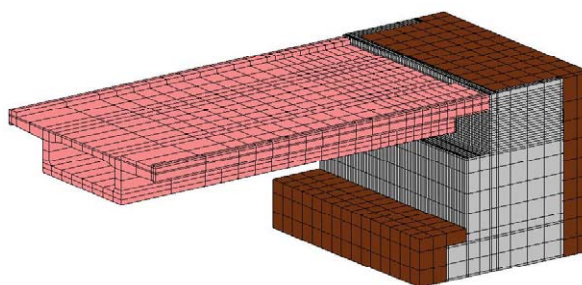


図-2 解析モデル

表-1 本解析に用いた材料定数

	橋台		橋桁	裏込め土
	鉄筋	コンクリート	コンクリート	
弾性係数 (GPa)	206	25.0	28.8	0.014
ポアソン比	0.30	0.17	0.17	0.45
密度 (g/cm ³)	7.85	2.45	2.69	1.80
圧縮強度 (MPa)	306 (降伏応力)	30.0	30.0	-
引張強度 (MPa)		3.00	3.00	-

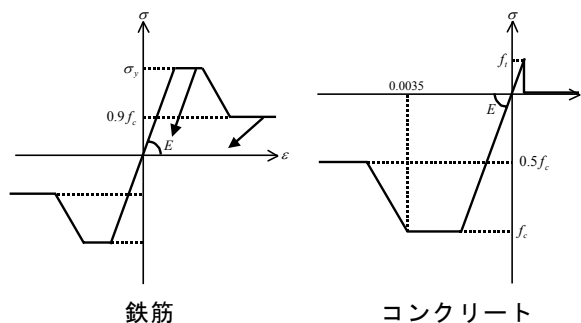


図-3 鉄筋およびコンクリートの構成則

本解析では、地震時の桁の衝突速度をパラメータとして、1.0, 2.0, 3.0m/sec の 3 通りの速度で橋台に衝突する場合を想定した。

2.3 解析結果および考察

(1) 衝突速度と変位の関係

図-4に变位波形を示している。この図より、衝突速度が大きくなるにつれて最大変位が増加しており、衝突速度が 3.0m/sec の場合、最大変位が 50mm を超えていることが分かる。また、各衝突速度で残留変位が発生していることも確認できる。

(2) 衝突速度と衝撃力の関係

図-5 に衝撃力波形を示している。この図より、衝突速度が大きくなるにつれて最大衝撃力および衝撃力継続時間が増加しているのが確認できる。また、最大衝撃力が A2 橋台における死荷重反力 (約 4400kN) の 4~14 倍に達していることから、落橋防止構造の設計耐力として用いられる死荷重反力の 1.5 倍の値とは全く異なる衝撃荷重が瞬間的に作用することが分かる。

2.4 許容衝突速度の算出

許容衝突速度を算出するためには、橋台の破壊条件の設定が必要となるが、衝撃荷重が作用する構造物の破壊条件は明確ではなく、各現象で個別に設定されることが多い。そこで、図-6 に示すような橋桁の衝突を受けた橋台の損傷事例を参考に、損傷が集中するパラペット基部のコンクリートおよびパラペット部の鉄筋に注目し、安全側・危険側の顕著に異なる 2 つの破壊条件を設定した。

(1) パラペット基部のコンクリート要素の引張破壊

図-7 にパラペット部のコンクリート要素のみを示している。黒く表示されている部分の要素は、橋桁が衝突した際に応力が引張強度を超えた要素である。この図から、衝突速度が大きくなるにつれて、引張強度に達する要素が多くなることが確認できる。また、衝突速度が 2.0m/sec の場合には、パラペット基部の桁幅全体にわたるコンクリート要素が橋軸方向全体に引張破壊に達していることが分かる。よって、パラペット基部コンクリートに着目した許容衝突速度は 2.0m/sec 未満と考えられる。

(2) パラペット部の鉄筋要素の破断

本解析で設定した衝突速度では、鉄筋要素の破断が起らなかった。そこで、新たに 10.0m/sec の衝突速度で解析を行った。図-8 にその際のパラペット部の鉄筋要素のみを示している。黒く表示されている部分の要素は破断した鉄筋である。この図から、パラペット基部および橋桁衝突部の鉄筋要素が局所的に破断していることが確認できる。よって、パラペット部鉄筋に着目した許容衝突速度は 10.0m/sec 未満と考えられる。

3. 結言

桁端衝突の詳細解析を行うことで、橋台には死荷重反力を大きく上回る衝撃力が瞬間的に作用することが確認できた。また、橋台の破壊条件をパラペット基部コンクリートの引張破壊と設定し、許容衝突速度の算出を行ったところ、許容衝突速度は 2.0m/sec 未満となった。今後は、繰り返し衝突を考慮した解析を行っていく予定である。

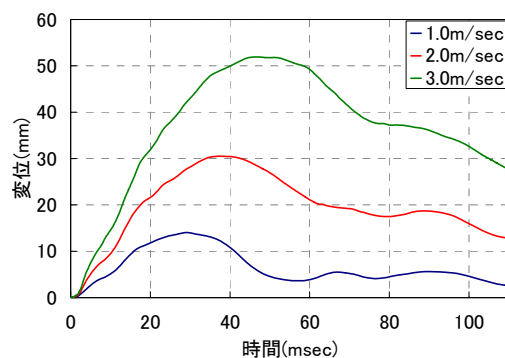


図-4 パラペット天端の変位波形

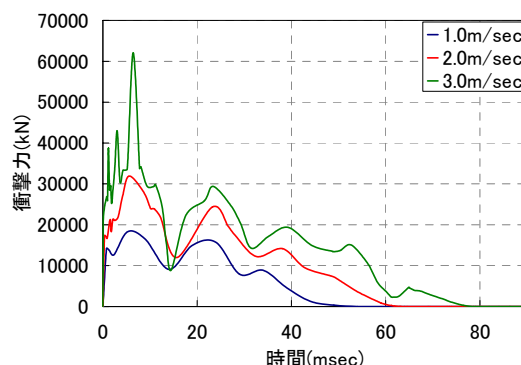


図-5 衝撃力波形

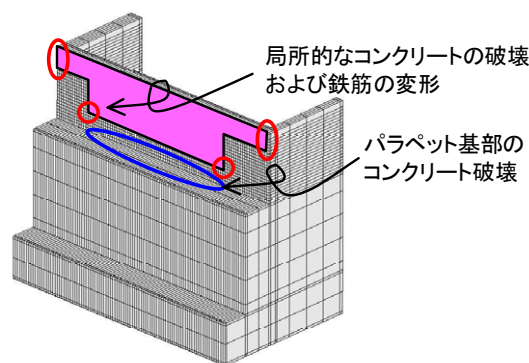


図-6 損傷事例

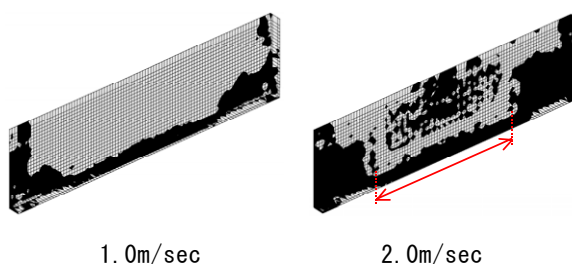


図-7 引張強度に達したコンクリート要素

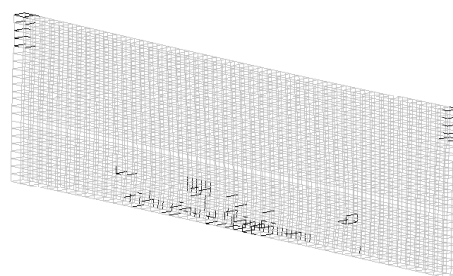


図-8 破断した鉄筋要素 (10.0m/sec)