

大地震時に起こる橋桁 橋台の衝突現象に関する解析的研究

福岡大学 学生 森田将旗 福岡大学 正 玉井宏樹 福岡大学 正 坂田力

1. はじめに

道路橋示方書では、大地震時に桁と橋台が衝突しないように遊間を確保する設計が推奨されている。しかし、遊間を大きくすることで、地震動により上部工が大変位する可能性が大きくなり、橋脚への損傷が顕在化する恐れがある。そのため、近年では遊間を小さくし、大地震時に橋桁を橋台に衝突させ、橋台部の水平抵抗により変位を拘束するという概念が出てきているが、この概念を一般的に採用するためには、桁衝突による桁端部や橋台の損傷を適切に把握する必要がある。そこで、著者らは大地震時に桁と橋台が衝突することを想定し、その際の橋台の損傷度を定量的に評価するために、桁と橋台の3次元有限要素モデルを作成し、桁端衝突の詳細解析を行ってきた¹⁾。しかし、様々な橋梁形式で桁衝突の解析を行い、結果を一般化しなければ耐震設計に結果を反映させられない。本論文は、その一環として実在する橋梁を対象として実施した桁端衝突の詳細解析に関するものである。

2. 衝突解析の概要

2.1 解析対象橋梁

解析対象の橋梁は本来斜橋であるが、今回は直橋としてモデル化を行った。本研究で対象とした橋梁の平面図を図 1 に示す。

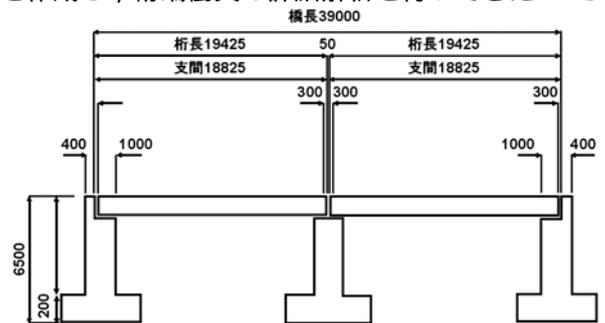


図 - 1 解析対象図 (単位:mm)

2.2 解析モデルおよび材料モデル

解析モデルおよび境界条件を図 2, 図 3 に示す。解析モデルは総節点数 25443, 総要素数 19088 で、鉄筋を 2 節点トラス要素, それ以外を 8 節点ソリッド要素で作成した。なお、橋台に作用する死荷重反力は 1450kN である。次に材料定数を表 1 に、鉄筋とコンクリートの材料モデルをそれぞれ図 4, 図 5 に示す。また、橋台の背面には裏込め土, 全面には盛土をモデル化しているが、本研究では土はすべて弾性体と仮定してモデル化している。今回、支承が破壊した後の現象を解析しているため、支承はモデル化していない。

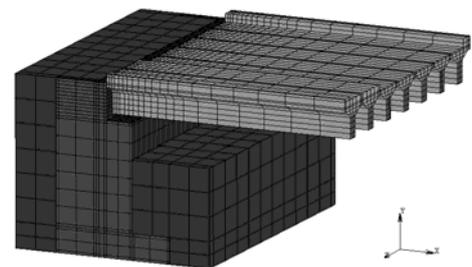


図 - 2 解析モデル

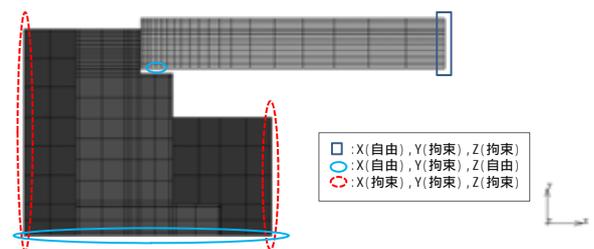


図 - 3 境界条件

2.3 解析手法および解析条件

解析方法は非線形有限要素解析ソフトウェア MSC.MARC2007 を用いて行った。衝突解析を行う際に必要となる直接時間積分法には、無条件安定であるシングルステップフォルト法を用い、時間刻みが 1.0×10^{-6} sec から 1.0×10^{-3} sec の間で自動制御するものとした。また、解析条件として桁の全節点に初期速度を与えることによって桁端衝突現象を再現した。衝突速度は 0.5, 1.0, 1.5m/s の 3 ケースを設定した。

表 - 1 材料定数

	橋台		橋桁	裏込め土
	鉄筋	コンクリート	要素	
弾性係数(MPa)	206	20.6	28.8	0.014
ポアソン比	0.3	0.17	0.17	0.45
密度(g/cm ³)	7.85	2.45	2.40	1.80
圧縮強度(MPa)	294	29.4	29.4	-
引張強度(MPa)	降伏応力	2.94	2.94	-

3. 解析結果および考察

3.1 衝撃力

図 6 に各衝突速度における衝撃力波形を示す。図より全て衝撃力波形は衝突直後に急激に立ち上がっており、この最大値を最大衝撃力と考えた場合、衝突速度0.5m/sの最大衝撃力は約12000kN、衝突速度1.0m/sでは約30000kN、衝突速度1.5m/sでは約45000kN である。衝突速度が小さくても10000kN 以上の最大衝撃力が発生することが確認できた。現在、道路示方書では落橋防止装置の設計荷重が死荷重反力の1.5 倍を下回らないように定めている。それに対し、解析結果では衝突速度0.5m/sの最大衝撃力でさえ死荷重反力の約7倍、衝突速度1.5m/sの場合は約30倍にもなることが確認できた。

3.2 橋台のひび割れ損傷度

図 7(a) (b) (c)にそれぞれ衝突速度0.5m/s ,1.0m/s ,1.5m/s の3ケースの橋台のひび割れ損傷度をコンター図(最大変位発生時)で示している。コンター図で灰色が呈されている領域はひび割れ損傷が発生している領域を表す。図 7(a)の衝突速度が0.5m/sの場合は、ひび割れ発生領域はほとんど見られなかった。次に、図

7(b)の衝突速度が1.0m/sec の場合は、パラペット基部と橋台基部にひび割れを伴う損傷が発生していることが確認できた。図 7(c)の衝突速度が1.5m/sec の場合は、衝突速度が1.0m/sec の場合と比較して、パラペット基部と橋台基部により大きなひび

割れ損傷が発生していることが確認できた。よって、衝突速度が1.0m/s 以上であると、ひび割れが生じる恐れがあるが、ひび割れ領域が小さいことや、ウイング等へのひび割れの領域の広がりが見られないことから、橋台全体が破壊する恐れはないと考えられる。また、衝突速度が1.5m/sであっても、降伏強度に達した鉄筋はなく弾性状態であることが確認できたため、今回設定した衝突速度では橋台の破壊が起こる可能性は低く、この程度の桁 橋台衝突を許容した設計を行っても問題はないと考えられる。

4. まとめ

- (1) 今回の解析ケースの場合、最大衝撃力は橋台の死荷重反力の約7倍～30倍に達することが確認できた。
- (2) 橋台コンクリートの引張ひずみに着目して損傷度の照査を行ったところ、衝突速度1.0m/s以上の場合はパラペット基部と橋台基部にひび割れを伴う損傷が見受けられたが、内部鉄筋には全く損傷が見られなかったことから、橋台全体の破壊が起こる可能性は低いと考えられる。

参考文献

1) 玉井宏樹, 園田佳巨, 後藤恵一, 梶田幸秀, 濱本朋久: 桁端衝突による橋台の損傷度評価および衝突ばね特性に関する基礎的研究, 構造工学論文集Vol.53A, pp.1219-1226, 2007.

