

橋脚の曲げ及びねじりの連成を考慮した斜橋の地震応答特性

東京工業大学大学院 学生会員 ○Le Anh Ngoc
東京工業大学大学院 フェロー 川島 一彦

1. はじめに

斜橋では桁~橋台間の衝突によって桁が回転する結果、橋脚に被害が発生する場合がある。ここでは、Tirasit and Kawashima らが提案した橋脚のねじり履歴モデルを用いて、斜橋の回転とこれによる橋脚のねじれに対して、落橋防止構造の効果を解析する。

2. 解析対象橋及び解析条件

図1のように正方形断面のRC橋脚で剛支持された橋長80mで斜角50度の2径間連続斜橋を解析対象とする。ここでは、大きな地震力を受けて支承に被害が生じ、支承による拘束が失われた状態での斜橋を対象として解析を行う。

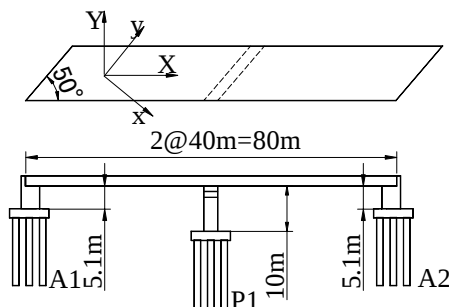


図1：解析対象橋

橋脚の塑性ヒンジ区間は3次元ファイバー要素を、それ以外の部分については線形梁要素を用いてモデル化する。桁間の衝突は、図2(a)に示す衝突バネによってモデル化する。その剛性は次式によって求める。

$$k_I = \frac{nEA}{L} \quad (1)$$

ここで、 k_I ：衝突バネの剛性、 L ：桁長、 n ：要素分割数、 EA ：軸剛性である。

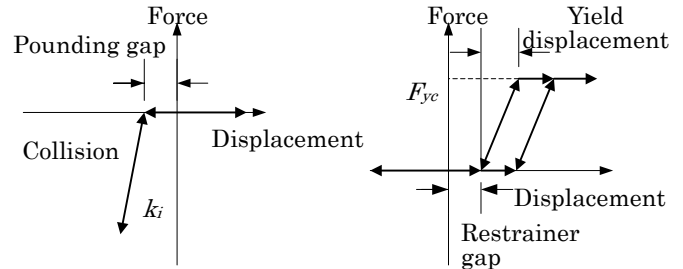
落橋防止構造は図2(b)に示す非線形モデルで表した。本解析では、各主桁に落橋防止構造を取り付け、その耐力は次式により算出した

$$H_F = 1.5R_d \quad (2)$$

ここで、 H_F ：落橋防止構造の設計地震力(kN)、 R_d ：橋台における死荷重反力(kN)である。

なお、本解析では、落橋防止構造を橋軸方向(X

方向、図1参照)に設置した場合(タイプ1)と土圧の水平成分の作用方向(x方向)に設置した場合(タイプ2)の2種類についてその効果を検討する。



(a) 衝突バネ

(b) 落橋防止構造

図2：非線形モデル

(a) X軸平行にケーブルを装置(タイプ1)

(b) x軸平行にケーブルを装置(タイプ2)

図3：落橋防止構造の設置方法

また、Tirasit and Kawashima らが提案した橋脚のねじり履歴モデルを図4に示す。このモデルを適用するに際して、Tirasit and Kawashima らが実験した橋脚の鉄筋比、せん断支間比、死荷重とほぼ同じ特性を持つ橋脚を解析対象とする。

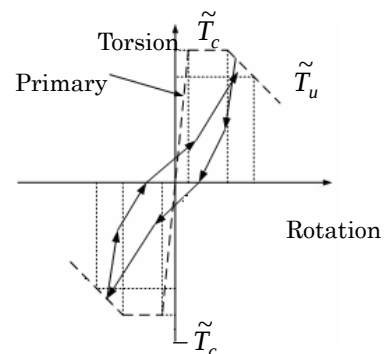


図4：ねじり履歴モデル

入力地震動としては、1995年兵庫県南部地震の際の神戸海洋気象台で観測された3成分を用いた。図5に対象橋のモデルを示す。

キーワード 耐震設計, ねじりモーメント, 遊間, 衝突, 落橋防止構造

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 M1-10 東京工業大学大学院土木工学専攻 TEL 03-5734-2922

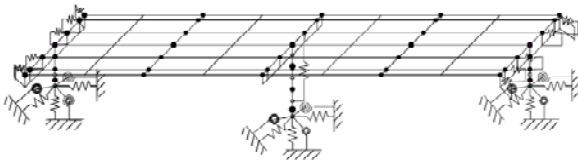


図5：対象橋のモデル化

3. 桁～橋台の衝突の影響

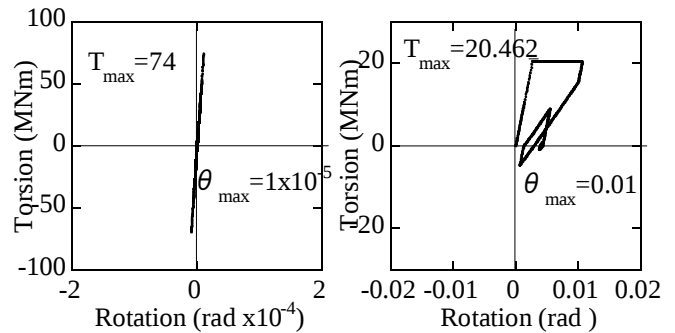
図6は衝突がある場合(遊間=5cm)と無い場合の橋脚のねじりモーメント～ねじり角の履歴を示した結果である。衝突がある場合には、最大ねじりは20.46MNmで、衝突がない場合の282倍であり、最大ねじり角度は0.01radと衝突がない場合の約1000倍になる。この理由は桁～橋台間の衝突により、桁の中心に対して偏心曲げモーメントが作用し、橋脚に伝達される結果、橋脚がねじれるためである。上記は桁～橋台間の遊間を5cmとした場合の結果であるが、遊間を0cm, 20cmとした場合の応答を図7に示す。遊間を0cm, 5cm, 20cmとすると、橋脚の最大ねじり角はそれぞれ、0.013rad, 0.01rad, 0.00037radとなり、遊間が0の場合にねじり角度は最大となる。これに対して、遊間が20cmの場合には、衝突がほとんど生じないため、最大ねじりモーメントは最小になる。

4. 落橋防止構造の効果

図8に落橋防止構造があるかない場合の橋脚に生じるねじりモーメント～ねじり角の履歴特性を示す。ここでは、桁～橋台間の遊間は5cmとしている。落橋防止構造としてはタイプIの方がタイプIIよりも最大ねじり角を小さくするために有効である。重要な点は、落橋防止構造がない場合やタイプ1を用いた場合には、回転角は正側(反時計回り)にしか生じないが、タイプ2を使用した場合には、正負両側に生じることである。また、タイプ1を使用した場合には、地震後、0.00366radの残留ねじり角が残る。残留ねじり角が残るということは橋脚本体にダメージが残存することを意味する。一方、タイプ2を使用した場合には、残留ねじり角がほとんどない。

5. 結論

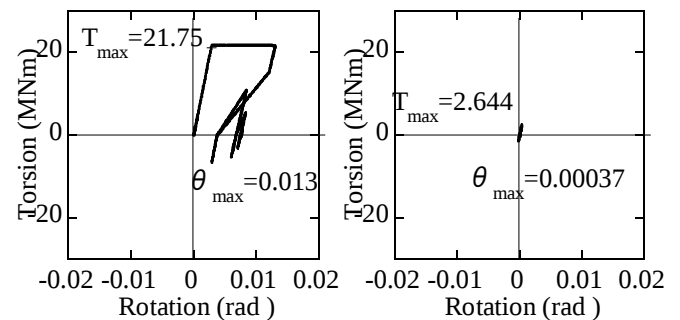
(1) 桁と橋脚を剛結した斜橋では、橋台～桁間に衝突が生じると、橋脚には大きなねじりモーメントが作用する。したがって、ねじりによる橋脚の損傷の影響を取り入れた解析が重要である。



(a)衝突なし

(b)衝突あり(遊間=5cm)

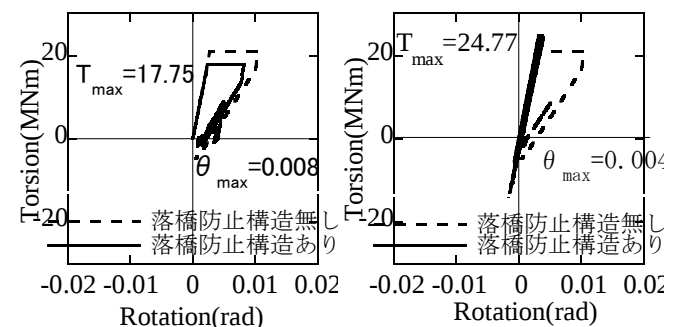
図6：橋脚のねじりモーメント～ねじり角の履歴



(a)遊間=0cm

(b)遊間=20cm

図7：橋脚のねじりモーメント～ねじり角の履歴



(a)タイプ1

(b)タイプ2

図8：橋脚のねじりモーメント～ねじり角の履歴

(2) 落橋防止構造を設置しない場合には、桁～橋台間の遊間を大きくするほど、橋脚に生じるねじり角は減少する。

(3) 桁の回転を抑えるためには、落橋防止構造をタイプ2とした方がタイプ1より有効である。

6. 参考文献

Tirasit, P. and Kawashima, K. : Effect of Combined Cyclic Bending and Torsion on the Performance of RC Bridge Columns, Proc. 4th International Workshop on Sismic Design and Retrofit of Transportation Facilities, pp.1-10(CD-ROM), MCEER, 06(SP03), 2006.