

水平振動試験による斜角桁の回転変位に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○加藤 格
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 黒田 智也

1. はじめに

1995 年の兵庫県南部沖地震や、2010 年のチリ地震では、斜角桁の回転移動による変位及び落橋が発生している。また、2011 年の東北地方太平洋沖地震では、当社在来線の斜角桁においても、回転が原因と想定される変位が発生した(写真-1)。

当社では、東北地方太平洋沖地震の事象を踏まえ、鋼・合成構造の斜角桁の回転変位対策を進めている。一般的な斜角桁の回転変位の過程は、



写真-1 斜角桁の被害状況

- ①横移動制限の損傷による桁の自由移動
 - ②桁がパラペットへ接触することでの水平変位の拘束
 - ③桁に働く慣性力の合力 H_p と鈍角部の水平変位の拘束 H_R による偶力の発生であり、鈍角を基点に鋭角側へ回転すると考えられている。¹⁾
- (図-1) . 今回、斜角桁の基礎的な変位挙動を把握するため、水平振動試験装置による縮小模型加振実験を行った。

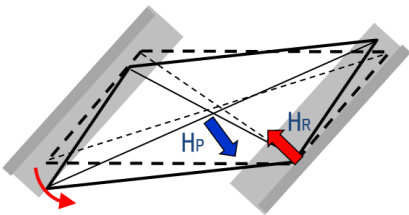


図-1 斜角桁の回転変位

2. 実験概要

道路橋示方書²⁾では、斜角桁の回転について幾何学的条件より判定することとされており、一般的には式(1)にて規定されてい

る。ここに θ は斜角度、 b は桁幅、 L は桁長である。

$$\frac{\sin 2\theta}{2} > \frac{b}{L} \quad \dots (1)$$

(1) 試験体概要及びパラメータ

試験体は、式(1)より回転判定となる形状寸法とし、スケールは実橋の 1/10 程度を考慮して、桁長 1500mm、桁幅 250mm とした。試験体のパラメータは桁斜角度及び重量とした。斜角度は 40° 、 60° とし、重量は、合成桁、下路桁、上路桁を想定して、一般的な鉄道橋を参考に、それぞれ 5.4kN、3.9kN、2.1kN とした。水平振動装置による加振方向は橋軸方向、橋軸直角方向とした。

また、斜角桁の変位挙動の確認を目的としているため、支承等の移動制限装置は設けず、橋台と桁は接触状態とした。実験ケースの一覧を表-1 に、試験体を写真-2 に示す。



写真-2 斜角度 40° 試験体

(2) 実験方法

本実験では、試験体桁端部の変位をレーザー変位計で計測し、時刻暦の回転角を算出することで変位挙動を確認することとした(図-2)。また、水平振動装置の入力波はサイン波とし、入力加速度と斜角桁の変位の状況を確認しながら適宜振幅と周期を調整した。

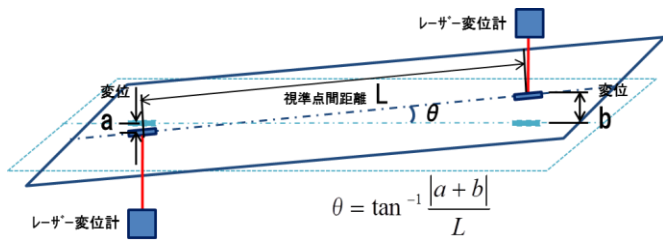


図-2 変位計による回転角の算出

表-1 実験ケース

ケース	斜角度	桁重量	加振方向
1	60°	5.4kN	L
2	60°	5.4kN	C
3	60°	3.9kN	L
4	60°	3.9kN	C
5	60°	2.1kN	L
6	60°	2.1kN	C
7	40°	5.4kN	L
8	40°	5.4kN	C
9	40°	3.9kN	L
10	40°	3.9kN	C
11	40°	2.1kN	L
12	40°	2.1kN	C

3. 実験結果

実験結果の抜粋を図-3～図-5に示す。

(1) 重量による比較

図-3は、ケース1とケース3の入力加速度及び回転角であり、試験体の斜角度と加振方向を一定として桁重量の違いによる挙動を比較した。両ケースとも加振ごとに試験体がパラペットに接触し、鈍角を基点に回転して、回転角が増加していくことが分かる。また、回転角の増加量は試験体の重量が重いほうが大きいことが分かる。

(2) 斜角度による比較

図-4、図-5では、試験体の斜角度と重量を一定として加振方向の違いによる挙動を比較した。

① 橋軸方向加振

図-4はケース1とケース7の入力加速度及び回転角である。60°の試験体は加振ごと回転角が増加するのに対して、40°の試験体では加振中に変位計のデータ取得が不可能となった。これは、試験体が回転よりも橋軸方向へ滑動する挙動の方が卓越したため、試験体上のレーザー変位計視準点が測点外に外れたためである。

② 橋軸直角方向加振

図-5はケース6とケース12の入力加速度及び回転角である。40°の試験体は加振ごとに回転角が増加していくのに対して、60°の試験体では回転角が一定の傾向を示さないことが分かる。これは、試験体が回転よりも橋軸直角方向へ滑動する挙動の方が卓越したためである。

4. まとめ

①桁の斜角度、加振方向が一定であれば、試験体の重量が重いほうが回転量は大きくなった。

②橋軸方向加振では60°の試験体は回転挙動を示したが、40°の試験体は橋軸方向への滑動挙動の方が卓越した。

③橋軸直角方向加振では40°の試験体は回転挙動を示したが、60°の試験体は橋軸直角方向への滑動挙動の方が卓越した。

②、③について、試験体がパラペットに接触した際の斜辺なりの分力をA、これと直交する分力をBとした時、 $A > B$ の時に滑動、 $B > A$ の時に回転が発生するといえる(図-6)。また、斜角桁の角度が45°を境に回転挙動と滑動挙動が逆転すると考えられるが、本

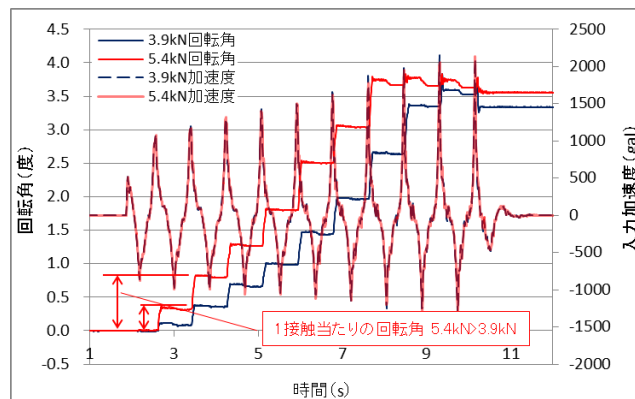


図-3 60° 橋軸方向加振による比較

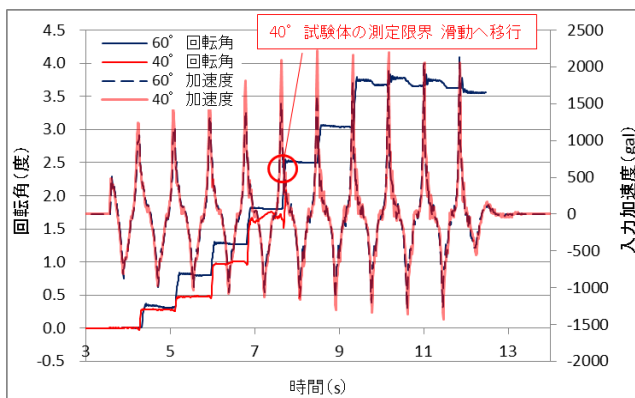


図-4 試験体 5.4kN 橋軸方向加振による比較

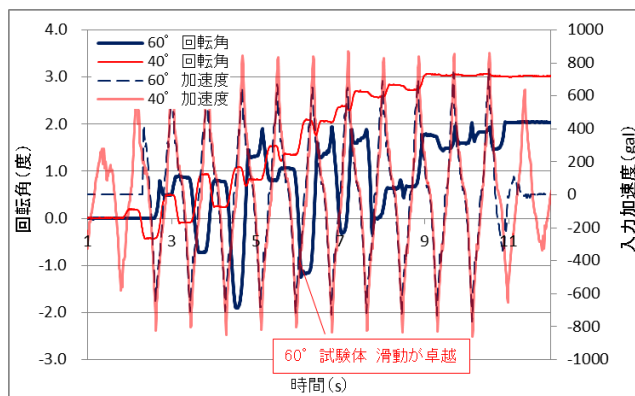


図-5 試験体 2.1kN 橋軸直角方向加振による比較

実験は一軸方向の加振であったため、実際の地震動では、回転と滑動の複合的な挙動を示すことが想定される。

参考文献

- 1) 大塚他:斜橋の水平地震動による回転挙動解析, 土木学会論文集 No. 570/I-40, 1997. 12
- 2) 日本道路協会(編):道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2012. 3

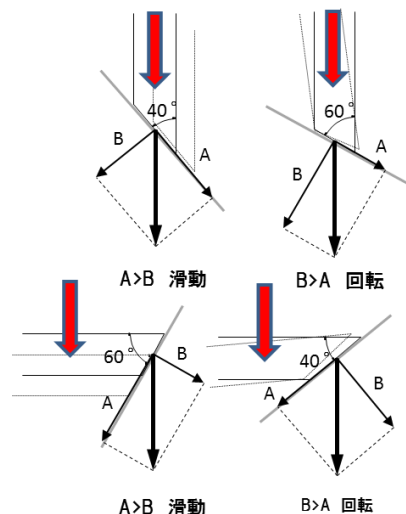


図-6 加振方向における分力