

鉄道橋斜角桁の地震時挙動と地盤特性の関係

東日本旅客鉄道株式会社

正会員 ○高山 充直

同

正会員 鈴木 博人

同

正会員 植村 昌一

同

最首 勝

1. はじめに

斜角桁は、水平地震動により水平面内において、回転変位が生じることが知られている¹⁾。東北地方太平洋沖地震では、広範囲で強い地震動が観測され、東北地方を中心に多くの鉄道構造物に被害が発生した。しかし、回転変位に伴って橋軸直角方向に横移動が発生した斜角の軌道桁は、東日本旅客鉄道(以下、JR 東日本とする)管内において茨城県南部に位置する鹿島線鹿島神宮駅構内県道第1宮中架道橋の1箇所のみであった。そこで、当橋りょうの構造的な特性と地盤特性について調査したので得られた知見について述べる。

2. 橋りょうと被害の概要

鹿島線鹿島神宮駅構内県道第1宮中架道橋の軌道桁は、単純箱式合成桁で、支間 28m、左 60° のホーム桁の両側に設置された斜角桁である(図-1)。

地震による被害は、上部工では軌道桁の回転変位に伴う横移動(最大 1,350mm 移動、図-1、写真-1)、軌道桁のほぼ全ての支承のサイドブロックの破断、ソールプレートの変形などである。また、支承本体の割れや沓座破損は生じなかったが、パラペットに軌道桁が衝突したことによるコンクリート表面の剥離が発生した。なお、下部工のく体には亀裂などの変状は発生していない。

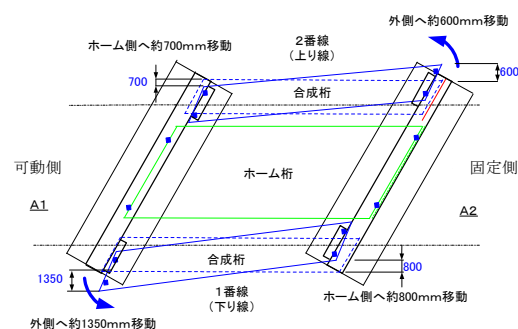


図-1 地震による桁移動状況



写真-1 桁移動状況

3. 構造的特性と地盤特性

(1) 構造的特性

当橋りょうの地震時挙動について検証する。斜角桁は、水平地震動により桁端部が橋台のパラペットや隣接桁の端部に衝撃して、鋭角側に回転変位することが知られている¹⁾。当橋りょうでは、パラペットに桁端部の衝突痕があることから、水平地震動により支承の変位制限機能が破壊されて、桁が橋軸方向に変位し桁端部がパラペットに衝突したと考えられる。そのため、衝突した接点に反力が生じ、桁に回転変位が発生して、桁が沓座から逸脱し、最大 1,350mm の変位が生じたものと推測される。

斜角桁の回転移動の可否は、桁の平面形状に依存する。図-2 は平面形状による斜角桁の回転判別図である。図-2 の左図のように桁端部である辺 CD が、辺 CH より小さいと、桁端部がパラペットに当たらずに回転可能である。また、右図のように辺 CD が辺 CH より大きいと、桁端部がパラペットに当たり回転不能である。これを式で表したのが判別式(1)で、この計算値である回転判別値が 1 以上であれば回転可能である¹⁾。

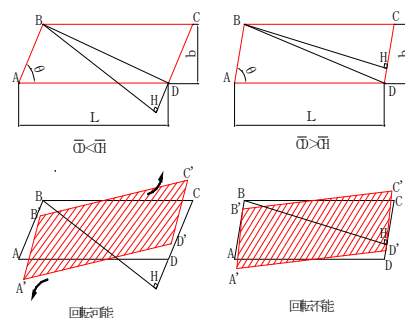


図-2 回転の判別

キーワード 斜角桁 地盤特性 AVS30

連絡先 〒260-0031 千葉市中央区新千葉 1-3-24 JR 東日本千葉支社 工事課 TEL 043-225-9153

$$((\sin 2\theta) / 2) / (b/L) > 1 \quad (1)$$

L : 一連の構造物延長

b : 上部構造の全幅員

θ : 斜角

式(1)に当橋りょうの諸元を代入すると 3.26 となり、回転判別値が 1 以上のため、回転可能である。回転判別値は、桁長と桁幅の比が一定であれば、式(1)より斜角 θ が 45° のとき最大となる。また、この判別値が大きいほど回転しやすい形状といえる。

(2) 地盤特性

地質調査記録によると、当橋りょう付近は溺れ谷に腐植土やシルトが堆積して形成された厚い軟弱な地盤である。そのため、地震時には局所的に地震動が増幅した可能性があると考え、地盤の揺れやすさについて検証した。地盤の揺れやすさは、地震時の地盤増幅特性と相関が高いとされる地表から 30m までの地盤の平均 S 波速度 (AVS30) を用いて推定した²⁾。

この手法は、ボーリング柱状図の深度ごとの土質区分と N 値データから経験式を用いて各層の S 波速度を推定し、その結果から AVS30 を推定するものである。AVS30 の推定式は、式(2)(3)のとおりで N 値が小さいほど S 波速度も小さくなるため、軟弱層が厚いほど AVS30 は小さくなる。また、基盤(S 波速度が 600m/s 以上の地盤)の最大速度に対する表層地盤の最大速度の増幅度 G (以下、地盤増幅度とする) は、AVS30 を用いて式(4)で推定でき、AVS30 が小さいほど大きくなる。

$$V_s = a \cdot N^b \quad (2)$$

$$AVS30 = 30 / T_{30} \quad (3)$$

$$\text{Log} G = 1.83 - 0.66 \text{Log} AVS30 \pm 0.16 \quad (4)$$

V_s : S波速度 (m/s)

N : N 値 (層ごとの平均N値)

T_{30} : 地表から深度 30m までのS波速度の到達時間(sec)

a : 土質係数1(粘土:111.30,砂:94.38,礫 123.05)

b : 土質係数 2(粘土:0.3020,砂:0.3144,礫 0.2443)

(3) 地盤増幅度と回転判別値による評価

図-3 は、JR 東日本千葉支社管内で回転判別値

が 1 以上である鋼斜角桁について、回転判別値及び地盤の揺れやすさから、地震時における斜角桁の回転変位のしやすさを評価したものである。桁が最も回転変位しやすいと判別されるのは、県道第 1 宮中架道橋で、前述のように実際に今回の地震で桁に回転変位が生じた。また、地盤増幅度が大きい A・B・C 橋では今回の地震で桁端部とパラペットの衝突や支承の損傷が生じたが、回転判別値が小さいために桁の回転に至らなかったものと考えられる。

4. まとめ

本調査で得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 当橋りょうは、桁が橋軸方向に変位し、桁端部と橋台のパラペットが衝突した反力によって、桁に回転変位が発生して、桁が鋭角側に横移動したと考えられる。
- (2) 当橋りょうは、桁が回転しやすい形状であり地盤の揺れやすさの指標である地盤増幅度が大きいことから、地震によって桁が回転変位して横移動しやすい橋りょうであると考えられる。
- (3) 回転判別値と地盤増幅度から地震時に桁の横移動のしやすさを評価する方法を提案し、JR 東日本千葉支社管内で回転判別値が 1 以上であった鋼斜角桁について桁の横移動のしやすさを評価した。その結果、当橋りょうが最も桁が横移動しやすい橋りょうであると考えられる。

参考文献

- 1) 大塚久哲, 神田昌幸, 鈴木基行, 川神雅秀: 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, 315-324, 1997. 7
- 2) 内閣府(防災担当) 地震防災マップ作成技術資料 pp3-95, 2005. 3

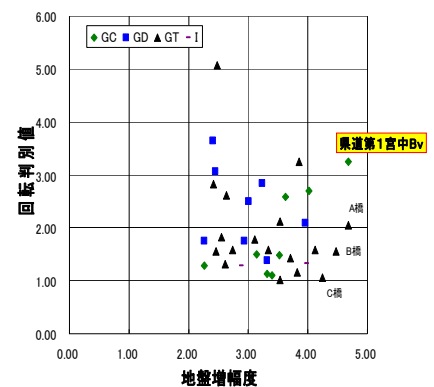


図-3 地盤増幅度と回転判別値