

斜角桁の回転に対する落橋防止対策

JR 東日本 正会員 ○青木 千里

JR 東日本 正会員 黒田 智也

JR 東日本 正会員 山田 正人

1. はじめに

鉄道が道路等と交差する場合、斜角を有する橋梁（以下、斜角桁）が採用されることが多い。道路橋では、これまで大規模地震において斜角桁に回転変位が発生し、落橋に至ったケースが見られる。鉄道橋では、2011年の東北地方太平洋沖地震において、初めて斜角桁が回転する事象が見られた¹⁾（図-1）。幸い落橋には至らなかったが、これを受け、当社では首都直下型地震対策として、斜角桁に対しては従来の橋軸方向への落橋防止対策に加え回転防止対策を行うこととしている。本稿では、斜角桁の回転に対する落橋防止対策について述べる。



図-1 斜角桁の回転状況

2. 斜角桁の回転判定方法

斜角桁の回転判定は、「①桁の平面形状による回転可能性の判定」と「②移動制限装置の耐力評価」の2段階により行うこととした。

① 桁の平面形状による回転可能性の判定

斜角桁が回転に至る過程を図-2に示す。大規模地震時に桁の移動制限を行う支承部が損傷・破断した場合、桁が橋軸方向に変位し、主桁端部が橋台パラペットや隣接桁端部に衝突することで桁の変位が拘束され、桁の隅角部を基点として回転するとされている。しかし、斜角桁の回転可能性は桁の平面形状により説明可能であり、支間長に対して一定の桁幅を有していれば回転が抑制できるとされている²⁾。その判定は式(1)により行い、判定式を満足する場合は「回転可能」と判定する。

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

ここに、 θ ：主桁と端横桁が交差する鋭角側の斜角度、 L ：支間長、 b ：桁幅である。

② 移動制限装置の耐力評価

式(1)で「回転可能」と判定された場合でも、移動制限機能を有する支承部等が大規模地震時に損傷・破断しなければ回転しない。よって、式(1)で「回転可能」と判定された場合は、式(2)により移動制限装置の耐力評価を行い、照査を満足しない場合「回転」と判定し、回転防止対策を実施することとした。

$$H_a / S_a < 1.0 \quad (2)$$

ここに、 H_a ：大規模地震時に橋軸直角方向に作用する慣性力、 S_a ：移動制限装置の降伏時のせん断耐力（ $S_a = A \cdot \tau_a$ ）、 A ：有効せん断抵抗面積、 τ_a ：使用材料の降伏せん断応力度である。

既設の鋼鉄道橋に多く用いられている線支承のサイドブロックを模擬した2質点系のバネマスモデルによる時刻歴動的解析の結果から、サイドブロックの降伏震度が1.0以上あれば桁の回転方向への作用に対して抵抗可能であることを確認している¹⁾。耐力評価の際は、これに安全率を見込みサイドブロックの降伏震度は1.2以上となるようにした。

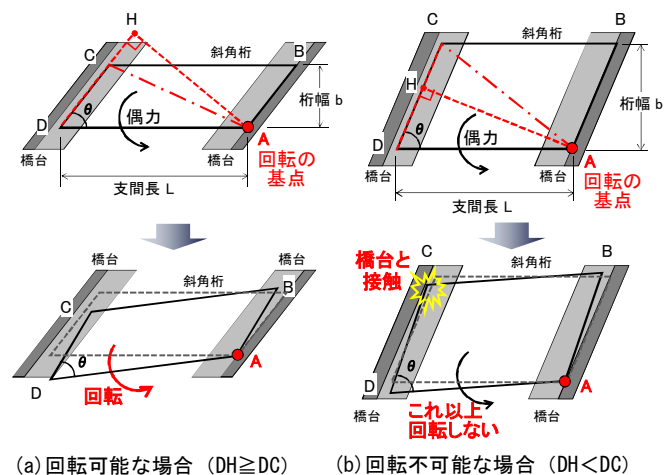


図-2 斜角桁の回転概念図

キーワード 斜角桁, 回転防止, 落橋防止

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木2-2-6 JR 東日本 構造技術センター TEL 03-6276-1251

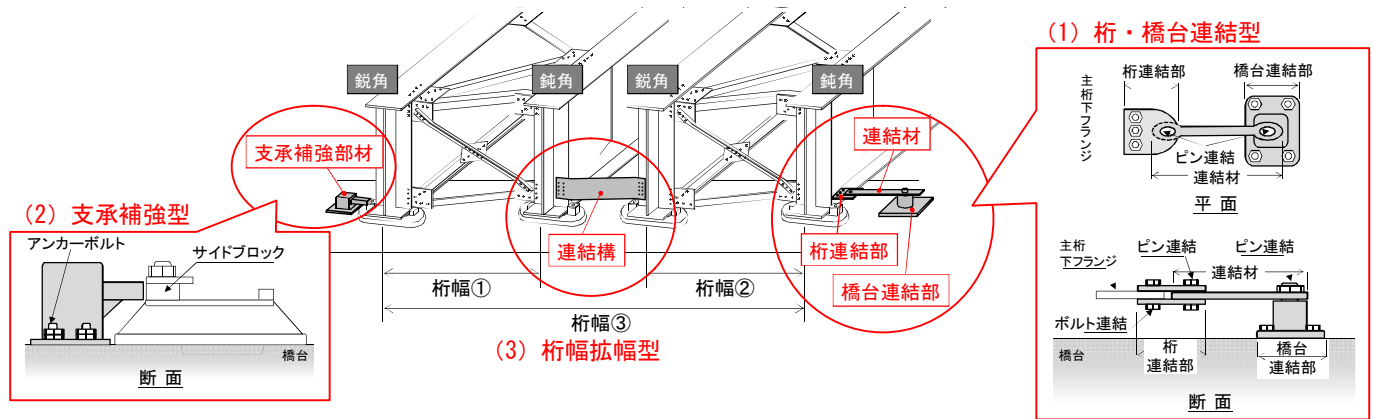


図-3 斜角桁の回転防止対策の例（一般的な桁形式の場合）

3. 斜角桁の回転防止対策

斜角桁の回転防止対策として、以下の4タイプの回転防止装置を基本として設定した（図-3 および図-4 参照）。以下に、それぞれの特徴を述べる。

3.1 桁・橋台連結型

地震時に「連結材」と呼ばれる鋼材に引張軸力が作用して変形することにより地震エネルギーを吸収させる構造を開発した（図-3(1)）³⁾。これは、狭隘な桁座付近の施工や既設橋台および橋脚の大規模な補強が不要という特徴を有している。連結材は引張軸力のみが作用するよう両端をピン結合としており、斜角桁の鈍角側に設置し、地震時慣性力が作用した際に降伏するように形状および材質を決定した。

3.2 支承補強型

斜角桁の鋭角側に設置して既設支承を補強し、既設の移動制限装置との協働により回転防止を図るものである（図-3(2)）。支承補強部材は、地震時慣性力に対して移動制限装置の不足している耐力分を負担するものとし、狭隘なスペースでも設置可能な構造とした。

3.3 桁幅拡幅型

斜角桁が並列に架設されている場合に、桁端部等を連結構で一体化することにより、幾何学的に回転できないようにするものである（図-3(3)）。桁が一体となって挙動することで、式(1)の回転判定を図-3 に示す桁幅③を用いて行うことができる。

3.4 ピボット支承等補強型

図-4 のような桁中間部にポスト橋脚を有するゲルバー桁形式の斜角桁は、地震時に支承が損傷し移動制限機能を失った場合でも、桁のゲルバー部が主桁面外方向へ変形せず、ポスト橋脚により支持されていれば回転を抑制できると考えられる。そこで、ポスト橋脚上下のピボット支承の逸脱防止（補強リング⁴⁾）および主桁ゲルバー部の補強により、回転防止を行うこととした。

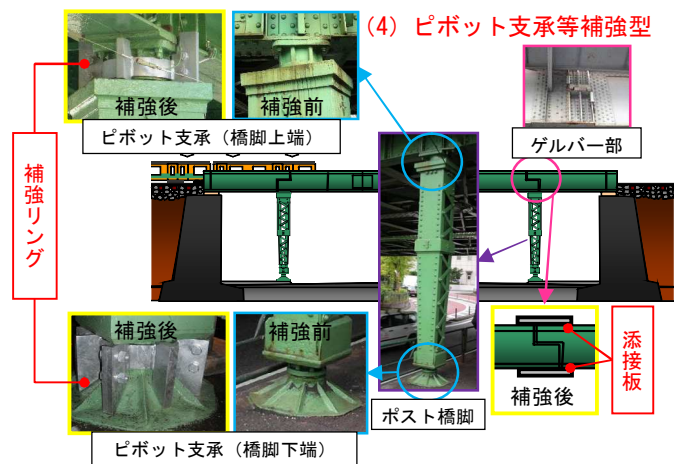


図-4 斜角桁の回転防止対策の例（ゲルバー桁形式の場合）

4. おわりに

当社の首都直下型地震対策エリアには、約 1100 連の斜角桁が存在し、回転防止対策対象となる桁は約 170 連である。これらについて、順次対策を実施している。

参考文献

- 1) 黒田他：2011 年東北地方太平洋沖地震における第一宮中架道橋の被害と斜角を有する鋼鉄道橋の回転防止対策，SED43，2014.5
- 2) 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
- 3) 梶谷他：鋼材の塑性変形に期待した連結材による斜角桁の回転防止対策，第 70 回土木学会年次学術講演会，2015.9
- 4) 芝他：ポスト形式橋脚のピボット支承の復元力モデルと簡易補強法，構造工学論文集 Vol.57A，2011.3