

斜角桁移動制限装置の実験と試設計

ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社 正会員 ○高久 芳則
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 工藤 伸司
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 黒田 智也
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 脇山 勘治

1. はじめに

阪神・淡路大震災(平成7年1月17日)において阪急電鉄線路上に架かる道路橋鋼箱桁(支間34m・斜角40度)が線路上に落下している。これは斜角桁の回転によるもので、同様な事象が図-1及び写真-1のように東日本大震災(平成23年3月11日)においてJR東日本在来線に架かる鉄道橋合成桁(支間28.46m・斜角60度)でも発生している。

JR東日本では、今後の首都直下型地震対策として斜角桁に対する移動制限対策(落橋対策)が急務となっている。

本論文では、斜角桁移動制限装置の実験と試設計について述べることにする。

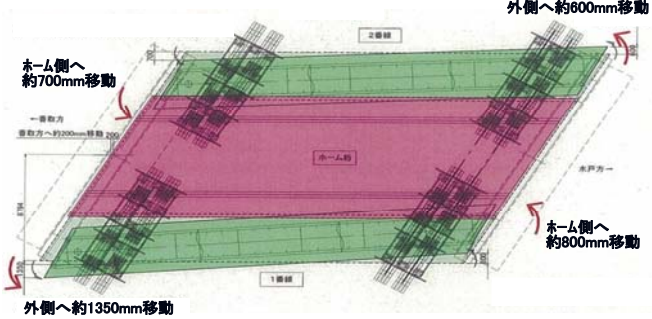
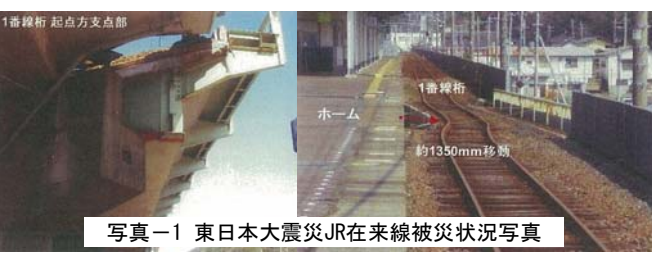


図-1 東日本大震災JR在来線被災状況図



2. 斜角桁対策要否の判定

斜角桁の回転判別式は、道路橋示方書(耐震設計編)の16章(解16.1.2式)にある。図-2に示す通り式を変形すると1を超えるものがより回転しやすいということになる。

JR東日本の首都圏エリアで対象となる橋梁を以下の回転判別式で判定してみると、対象橋梁が数多く存在していることが判明した。

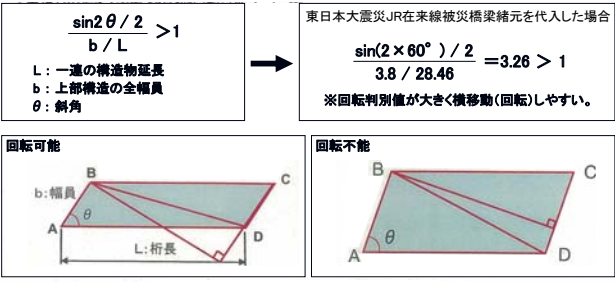


図-2 斜角桁の回転判別式

3. 斜角桁移動制限装置の設計方針

対象となる橋梁を数箇所調査した結果から、各橋梁の橋台(橋脚)の桁座面には隣接桁支承やその他支障物があり、斜角桁移動制限装置を設置する空間が十分に無いことが多いことが分かった。

そこで、既に線路方向への落橋対策として設置されている桁座拡幅工上に斜角桁移動制限装置を設置する構造とした。

その構造は、地震時に鋭角側に回転する橋桁の主桁下フランジを斜角桁移動制限装置に衝突させることで落橋させないようにしたものである。

ちなみに、地震時の衝突エネルギーは車両が衝突する桁下防護工のエネルギーと比較すると強震記録の地震であっても70kJ程度と1/10以下であることから、直接主桁の下フランジに衝突させることで主桁下フランジが変形しても加熱矯正が可能であると判断した。

4. に示す動的解析の結果から壁式橋脚の直角方向の地震力は設計水平震度Kh=1.2となる。この地震力による弾性設計では桁座拡幅工のアンカボルト耐力が不足し、桁座拡幅工の大幅な補強が必要となってしまうことが判明した。

そこで、鉄筋の変形でエネルギーを吸収させる構造を採用することとした。

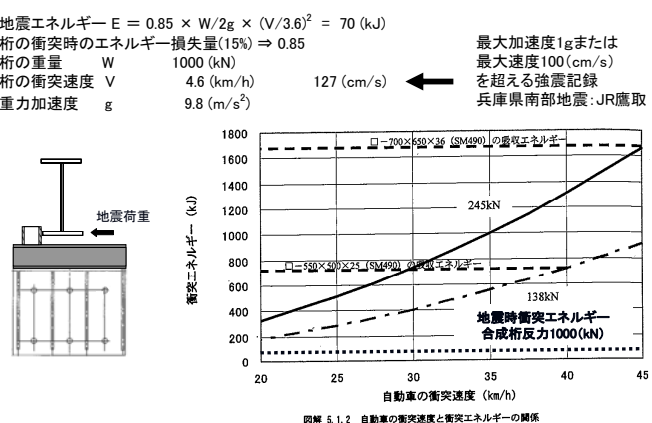


図-3 桁下防護工自動車衝突エネルギーと地震時衝突エネルギーの比較

4. 設計荷重(鉄筋の所要降伏震度)

設計荷重(鉄筋の所要降伏震度)を決定するため、上部工の桁を質点、支承(鉄筋)をバネ、基礎を含む下部工全体を質点とバネでモデル化したもので、上部工重量を変えるなど各種条件で動的解析を実施した。

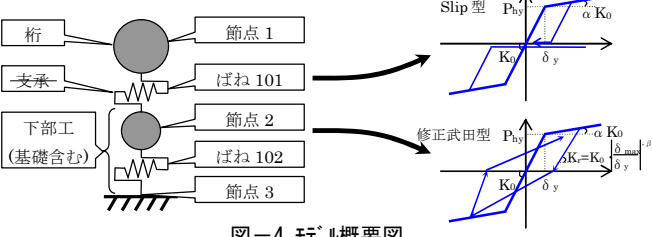


図-4 モデル概要図

キーワード : 鉄道構造物、首都直下型地震対策、斜角桁、移動制限装置、鋼桁・合成桁

連絡先 : 〒171-0021 東京都豊島区西池袋一丁目11番1号メトロポリタンプラザ19階
ジェイアール東日本コンサルタンツ株式会社 鋼構造設計部 TEL 03-5396-7248

斜角桁移動制限装置に使用する鉄筋(SD345)が機械的性能として保証している伸び率は18%以下なので、斜角桁移動制限装置で使用する1.0mの鉄筋の場合、伸び量を18cm以下とした。

斜角桁移動制限装置に使用する鉄筋の所要降伏震度 K_h を0.4~1.2とした場合の変位量を動的解析し、全てのケースで変位量が18cm以下となった鉄筋の所要降伏震度 K_h を0.6とすることとした。

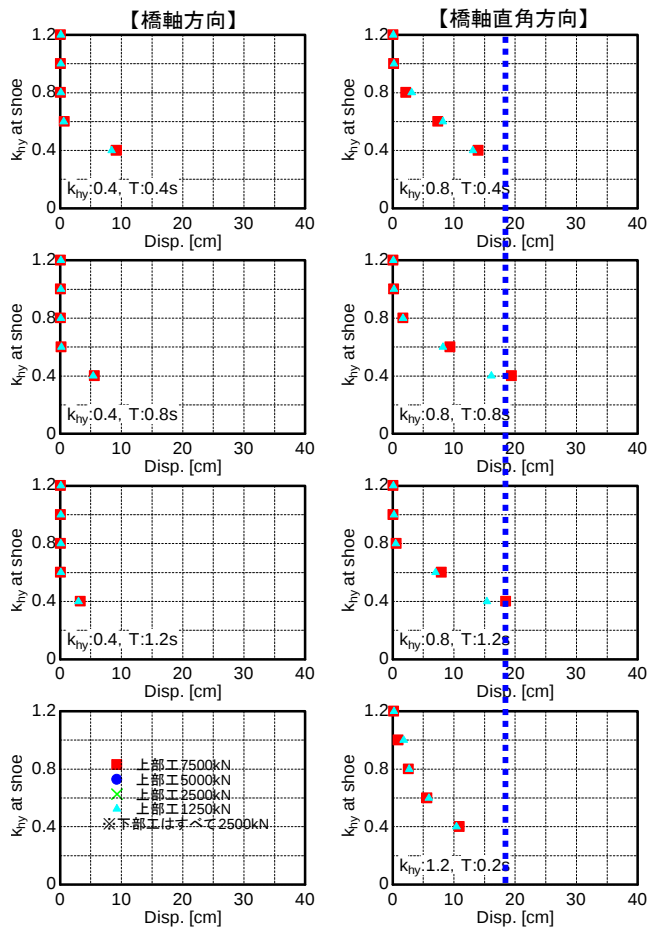


図-5 桁と橋脚天端の最大相対変位

5. 斜角桁移動制限装置の実験

(1) 実験の目的

鉄筋の変形でエネルギーを吸収させる構造で、その機能が有効に働くかどうかを、実験により確認することとした。

(2) 試験体の概要

標準図(桁座拡幅工・AN-25)をモデルとした試験体を製作し、斜角度50度、60度、65度、70度、90度の5タイプに対して検証を行った。

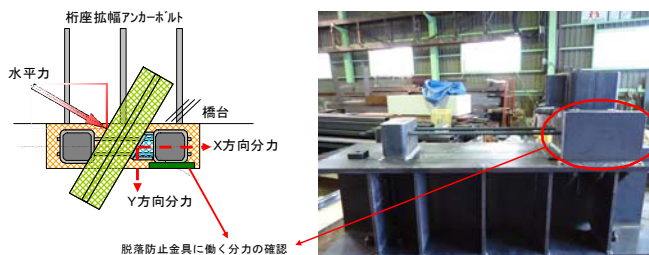


図-6 実験概要図

(3) 試験体の構造

桁座拡幅工と仮定したH鋼上に固定側ブロック(角形鋼管にモルタル充填したもの)を固定し、水平荷重装置で水平荷重を載荷する可動側ブロック(モルタル充填した角形鋼管にベースプレートをつけたもの)を2本の鉄筋で固定した。

可動側ブロックの接触面には弾性ゴムを貼り付け、斜角に応じてボキシ樹脂で角度を調整できる構造とした。

斜角桁の場合は、桁座拡幅工に取り付ける移動制限装置の移動方向と桁直角方向に作用する地震力方向が異なる。

図-6に示すY方向の分力に対して脱落防止金具を設置することにより可動側ブロックがガタ付き鉄筋が真っ直ぐ伸びるようにした。

H鋼上に長孔をあけ可動側ブロックベースプレートにアップリフト防止(SGP管+ボルト)を設置したり、鉄筋と水平載荷高さの差を小さくするため水平載荷高さを低くしたり様々な改良を行いながら実験を行った。

(4) 実験結果まとめ

斜角70度未満の場合、鉄筋の軸方向(伸びる方向)よりも鉄筋の軸直角方向の力が卓越するため、鉄筋の十分な伸びを期待することができず本構造を適用できないことがわかった。

6. 斜角桁移動制限装置形状図

実験により斜角70度以上に適用することが可能と判断できた形状(標準図)は以下の通りである。

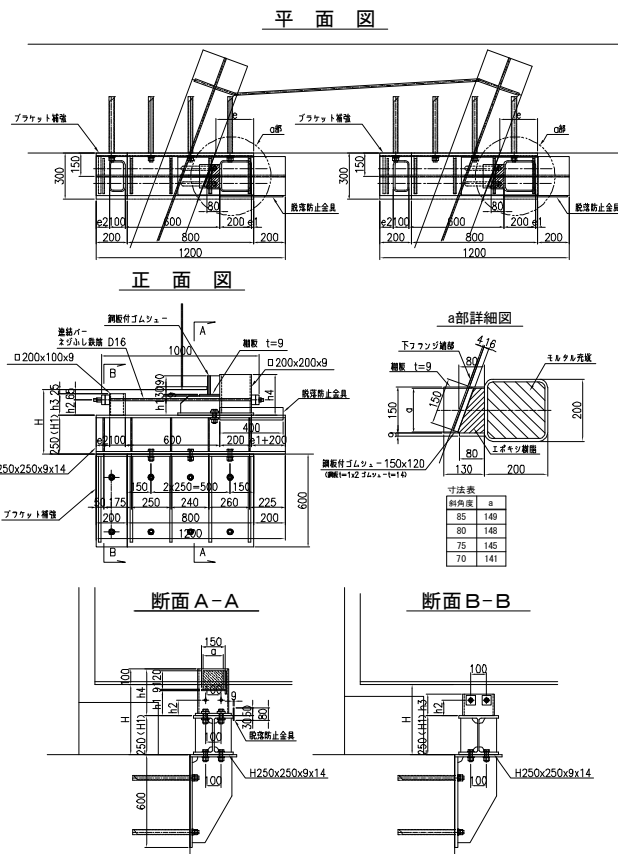


図-7 斜角桁移動制限装置形状図(AN-25・台座コンクリート有り)

7. 今後の課題

実験結果から本構造で対策可能なのは70度以上の斜角桁であることが明確になったことから、今後は、本構造の改良や他の手法(隣接桁との連結や落橋防止ワイヤを用いて橋台と連結するなど)で斜角桁対策を要する橋梁毎に適切な構造を選定し、採用していくことにしたい。

8. おわりに

東日本大震災を教訓にして、今後想定される首都直下型地震に備え、斜角桁が落橋せず早期に復旧できるように、斜角桁対策については、今後も引き続き検討を進めていきたい。