

異常時における列車への影響を考慮した PC 桁架設工法の検討及びリスク対策

仙建工業株式会社 正会員 ○志子田洋一
 仙建工業株式会社 正会員 佐々木崇人
 仙建工業株式会社 正会員 大場 宏樹

1. はじめに

一般的な橋りょうは、完成形における大規模地震時の耐震性能を確保することが規定されている。一方で、桁架設途中の仮設構造物設置時に関しては、施工中に大規模地震が発生した場合の耐震性能の必要性が明確になっていない。

しかし、鉄道営業線上空に橋桁および仮設物等を架設する場合には、大規模地震が発生しても列車の安全輸送を確保することが明確になっている¹⁾。

このことから、線路上空と立体交差する道路橋の桁架設途中の桁仮固定における耐震性能確保とリスク対策について報告する。

2. 前提条件

前提条件として、主桁架設時には地震の影響を考慮しなければならない、線路との位置関係や架設時の設置時間によって対策の程度が区分される（図-1）。

一般的には、線路直上での主桁架設作業が主であり列車が運行している状況での施工となるのが一般的で、桁架設設計マニュアル¹⁾によれば、線路上空の範囲での列車通過時の対策は、弾性加速度応答スペクトル 800gal、水平震度 $k_h=0.8$ に対して桁および仮設構造物が崩落、落下、転倒、逸走しないこととされている。

3. 検討項目

前述の 800gal は、鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）³⁾に定められている大規模地震動の 1/2 程度である。施工途中の段階でこの状態に耐えうる構造にすることは容易ではなく、地震時、桁に作用する回転モーメントをどう抑えるかが問題で桁高が大きくなると回転モーメントも大きくなるため本体構造によっても対策の内容が異なる。

【例 1】PC 単純コンポ橋(3 主桁)

架設工法は橋台上に門構を組立後、門構を使用して架設桁を架設、架設桁の上路を主桁が自走して門構で所定の位置に架設する工法である。

線路上空での作業は全て夜間作業となることから、

3.3.5 地震の影響 (E_q)

地震の影響は、「線路上空構造物の列車通過時」には大規模地震動の 1/2 程度の地震動が作用するものとし、それ以外の場合には、中規模地震動が作用するものとする。

【解説】

地震の影響については、架設時の設置時間や設置箇所に応じて定めることとし表解 3.3.1 の通りとした。

表解 3.3.1 架設の区分と地震の影響

設置箇所による区分	線路上空（営業線）の範囲	営業線に影響する範囲（線路上空以外）	その他の範囲
時間による区分	列車通過時	列車が通過しない時	—
地震の影響	1/2 地震動の 1/2 程度の大規模地震動に対して崩落、落下、転倒、逸走しない ($k_h=0.25$ を下限値)	中規模地震の水平震度 ($k_h=0.2$) に対して許容応力度または応力度の制限値を上回らない	中規模地震の 1/2 の水平震度 ($k_h=0.1$) に対して許容応力度または応力度の制限値を上回らない

なお、「線路上空の範囲」の「列車通過時」に地震の影響による作用は、仮設構造物である仮橋脚やバントが負担する水平力を用いるので、「仮設構造物設計マニュアル」を参照するとよい。

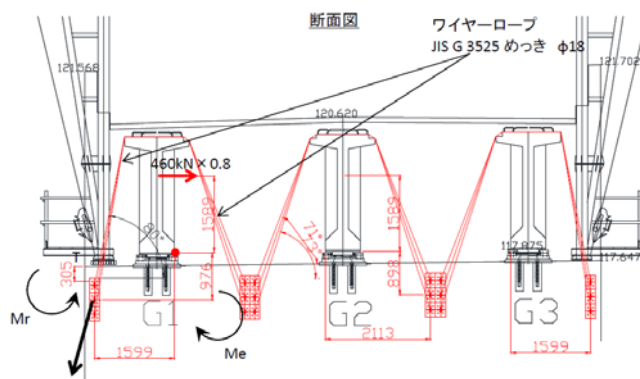
図-1 桁架設設計マニュアル¹⁾の抜粋

図-2 桁架設時の耐震設備（例 1）

施工途中で線路上空に仮設した状態が発生するため、列車運行時間帯の耐震設備が必須となる。

検討する内容は門構・架設桁・主桁それぞれで必要となるが、今回は主桁について示す。

主桁架設後の状態において水平震度 $k_h=0.8$ が作用した場合、転倒モーメントは 584kN・m となる。図-2 のように、主桁は躯体に設置したアンカー金具と切断荷重 160kN のワイヤーを 3 本固定して抵抗モーメントを確保した。

【例 2】3 径間ポストテンション方式 PC コンポ橋(5 主桁)

架設工法は例 1 と同様であるが、桁高が 2.8m と高くなることから作用する転倒モーメントは 699kN・m と大きくなる。

固定方法は例 1 と同様としたが、固定用ワイヤーは 3 本では不足することから、図-3 のように 4 本配置した。ワイヤーによる主桁の固定は、全ての桁を横締めし安定させるまで設置した。

4. リスクの検討

前述の2つの例は、どちらも1晩のうちに架設からワイヤーによる固定までの作業を完了させなければならず、計画段階において機械故障を含めたリスクの検討を行い、作業毎のサイクルタイムを計画することが必要不可欠である。想定されるリスクは表-1のとおり検討し、ジャッキやクレーン等予備の機械を配備して当夜作業に臨んだ。

5. 効果の確認

工事期間中に震度4程度の地震が発生したが、桁の移動・変位は見られなかった。また、耐震設備の撤去までアンカー金具や金具固定用アンカー、ワイヤー類の損傷も見られなかった。

5-1. 問題点の抽出と考察

表-2は、例2におけるサイクルタイムの実績であるが、主桁を固定する転倒防止の作業に時間を要した。その原因として、桁の両側に人員を配置して2班体制でワイヤーによる桁の固定作業を行ったが、桁高が高いこと、ワイヤーの本数が4本と多かったこと、可動査座の仮固定設備が干渉したこと等が原因であった。桁高が高いとワイヤーを回す範囲が大きくなり、桁の本数が多いと固定する位置が制限され、互いのワイヤーが干渉したことによるものである。

6. まとめ

今回、耐震性を確保するためにワイヤーによる主桁の固定を行ったが、設置に多くの時間を要したため夜間線路閉鎖間合が長く確保できないと本作業に影響する。今後は、構造が異なる桁においても一定の効果が得られるよう鋼材や油圧ジャッキ等で固定できる設備を設計段階から検討し、提案していきたい。

参考文献

- 1) 東日本旅客鉄道(株)：桁架設設計マニュアル，2004.12
- 2) 東日本旅客鉄道(株)：仮設構造物設計マニュアル，2004.12
- 3) (公財) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），2012.9

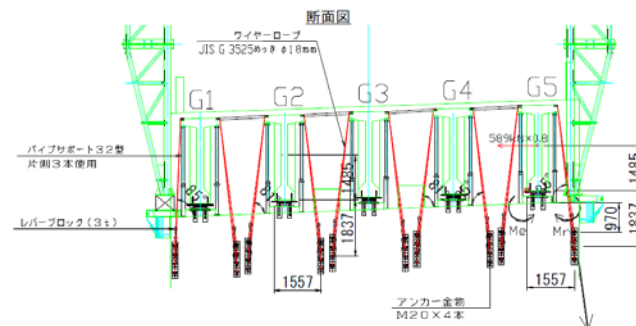


図-3 桁架設時の耐震設備（例2）

表-1 想定されるリスク

分類	リスク項目	具体的な影響
共通	・前日までの自然災害等の影響で施工が不可能となる	・主桁架設の施工不可
	・線間閉鎖の不足	・線間を解除できない
	・当日、自然災害等の影響で施工が不可能となる	・主桁架設の施工不可
列車運行	・作業着手前に輸送障害発生	・線路閉鎖開始列車の遅れにより工事着手が遅れる
	・自走台車が逃走する	・作業が遅延する
	・自走台車が故障する	・桁がA1側より落下する
	・主桁移動中に電気設備が遮断、移動出来ない	・作業が遅延する
	・主桁が台車から落ちて作業出来ない	・作業が遅延する
	・主桁の脚車中にワイヤーが故障する	・線路閉鎖が出来ない
	・列車運行が出来なくなる	・列車運行が出来なくなる
	・脚車間距離が不足して主桁が架設出来ない	・作業が遅延する
	・架設桁撤去から次工程までの期間で地震等により主桁が転倒する	・列車運行が出来なくなる
	・主桁が建築限界を支援する	・線路閉鎖が出来ない
列車運行	・線路閉鎖が遅れる	・大船渡線の運転開始が遅れる
	・列車運行時、異常が発生する	・列車運行が出来なくなる

表-2 施工サイクルタイム

