

地震発生直後における緊急輸送道を確保するための橋梁部の対策の事例について

仙建工業株式会社 正会員 ○大場 宏樹
 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 志子田洋一

1. はじめに 地震が発生した直後に緊急輸送道を確保することは、復旧作業において最も重要なことである。地震直後に緊急輸送道として供される橋梁を短期的に修復するにしても、地震後に行なわれる緊急点検時に橋梁の残留変位を計測して橋脚等の損傷度を把握し、その対策を実施する必要がある。しかし、地震発生直後の災害復旧においては、十分な調査や検討の時間を確保することや応旧工事で必要とされる資機材や人材の確保がままならない状況である。そのような状況の中で力学的根拠が曖昧なまま、入手可能な材料を使用して、やっとの思いで応旧工事が行なわれ、緊急道として使用しているのが現状である。

この対応を迅速に行なうためには、日頃から耐震性能と補修工法との関係を明らかにし、緊急輸送道を確保するための復旧計画を立てるための判断材料を整理しておく必要がある。

これまで、大規模な地震災害が発生する都度、様々な応急工事が実施されてきているが、災害記録誌として公表されることも少なくないが、小規模なものや、大規模なものでも材料の詳細まで公表されることは少なく、公にその内容が伝わりにくいのが現状である。これは、応急で調達できた材料や工法を力学的に根拠付けする時間がないなどの理由から理論化することが難しいためと考えられる。

鉄道営業線上のPC道路橋を架設する施工において、PC桁架設時の耐震設備の力学的な根拠付けを行って施工を実施した。応急工事の落橋防止対策策定の選択枝の1つとして利用可能と考え、実施した2つの事例を挙げる。

2. 鉄道上空のPC桁の耐震設備事例 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⁾²⁾。その内容は、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が、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対策の内容が異なってくる。

【例1】PC単純コンポ橋(3主桁) 架設工法は橋台上に門

3.3.5 地震の影響 (E_g)
 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壊、落下、転倒、逸走しない($k_h=0.25$ を下下限)	中規模地震の水平震度($k_h=0.2$)に対して許容応力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ベ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

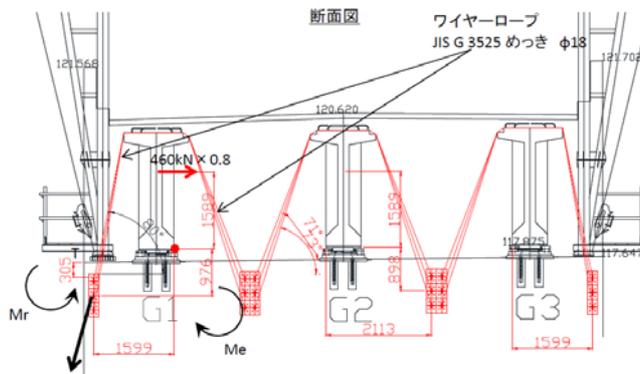


図-2 桁架設時の耐震設備(例1)

キーワード 桁架設, 耐震性能, PC 桁,

連絡先 〒980-0811 仙台市青葉区一番町二丁目 2-13 仙建工業(株) TEL.022-225-8514 E-mail:h-ooba@senken-k.co.jp

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、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 $584\text{kN}\cdot\text{m}$ 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。

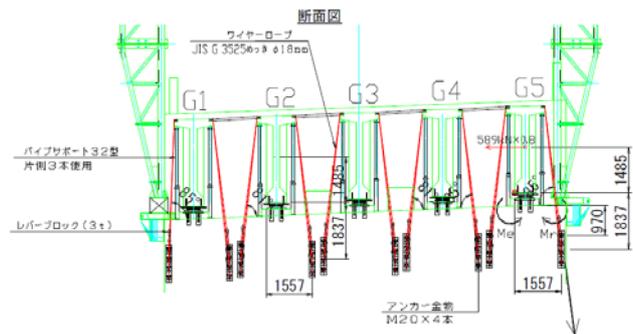


図-3 桁架設時の耐震設備 (例2)

【例2】3径間ポストテンション方式PCコンボ橋(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 $699\text{kN}\cdot\text{m}$ 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. 問題点の抽出と考察 固定に必要なアンカーボルト (M22×350) の施工数量は両橋台でおよそ320本となり、定着材の強度発現に要する期間も考慮に入れるとかなりの期間が必要となる。このため、アンカーボルトを桁架設日から逆算して適切な時期に施工を行う必要がある。

また、例2における主桁の固定時間は、計画時間30分に対して2時間を要した。その理由は、桁のワイヤー固定作業は桁の両端に2名2班を配置する体制で行ったが、桁高(約2m)が高かったこと、ワイヤーの本数が4本と多かったこと、可動沓座の仮固定設備が干渉したことなどである。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することなども考慮することが必要となる。

これらの作業を最少人数で効率良く実施するためには、固定ワイヤーやジャッキ等の必要材料の準備することは勿論のことであるが、クレーン等の機械を利用していくことを考えておく必要がある。

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、架設したPC桁の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、ワイヤー類に損傷は見られなかった。

6. まとめ 今回、耐震性能を確保するためのワイヤーによるPC桁の固定方法を2例紹介した。設置時間の短縮を図るため、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な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ておくことや、機械施工を実施するための搬入路を確保しておくことを提案していきたい。本稿が緊急輸送道確保の判断材料の一助となれば幸いである。

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
- 4) 本田利器他：「危機耐性」を考慮した耐震設計体系—試案構築にむけての考察—，土木学会論文集 A-1 (構造・地震工学)，Vol.72, No.4 (地震工学論文集第35巻)，I 459- I 472，2016
- 5) 戸井千輝他：想定外を勘案したRC橋脚の耐震性能評価と維持管理戦略，コンクリート工学年次論文集，Vol.35, No.2，2013
- 6) 大場宏樹：大規模地震発生に備えた重要路線橋梁の復旧シナリオ作成の必要性，第19回性能に基づく橋梁等の設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.275 - 278，2016