

地震発生直後における緊急輸送道のワイヤーによる落橋対策事例

仙建工業株式会社 正会員 ○寒河江秀和
 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 大場 宏樹

1. はじめに 災害時における様々な救急、救援活動や復旧活動に際して、移動や搬送手段として自動車の利用は不可欠であり、迅速な道路網の復旧が最も重要である^{4) 5)}。鉄道営業線上に橋桁等を架設する場合大規模地震発生時、列車の安全輸送を確保することが明確になっており、桁架設設計マニュアルによれば線路上空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 $k_h=0.8$ に対して橋桁等が崩落、転倒しないこととされている。鉄道上の上部工架設工事において弾性加速度スペクトル800gal、水平震度 $k_h=0.8$ の発生モーメントに対しワイヤーによる対策を実施した。その力学的根拠は応急工事の落橋防止対策策定の選択肢として有効と考えることからその事例を報告する。

2. 鉄道上空の主桁の耐震性能 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。地震直後、短い時間で余震等の発生で桁に作用する回転モーメントを抑える方策として、主桁各々をワイヤーで橋台に固定することを考案し実施した。

【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、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。

3.3.5 地震の影響 (Eg)
 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 ($k_h=0.25$ を下限值)	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

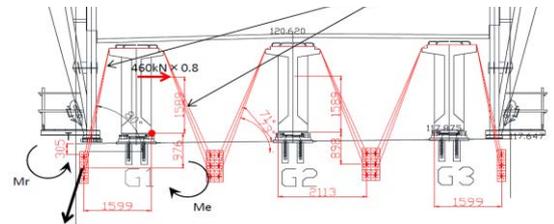


図-2 桁架設時の耐震設備（例1）

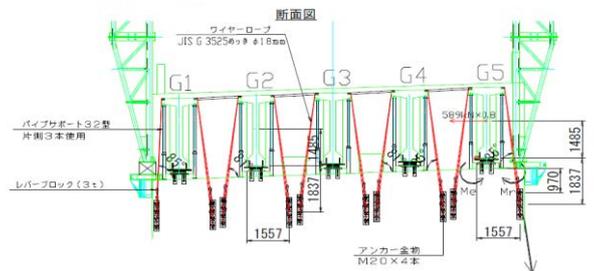


図-3 桁架設時の耐震設備（例2）

キーワード 桁架設, 耐震性能, PC 桁, 鋼板桁,

連絡先 〒020-0033 盛岡市盛岡駅前北通 4-5 仙建工業（株）TEL.019-653-1446 E-mail:h-sagae@senken-k.co.jp

【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。

【例3】2径間連続鋼板桁橋(6主桁)

架設工法はクレーン架設で実施した。桁高が2.2mと高くなることから作用する転倒モーメントは326kN・mとなる。主桁固定方法は、主桁の固定時間は、計画時間40分に対して15分を要した。想定より早く固定が完了した要因としては、桁のワイヤー固定作業が2本と少なかったこと、耐震設備箇所には検査路がすでに設置されており作業床が確保されていたこと、あらかじめ桁の繋ぎ材とワイヤーが支障しないことの確認を行っていたためスムーズに施工が行えたことが考えられる。

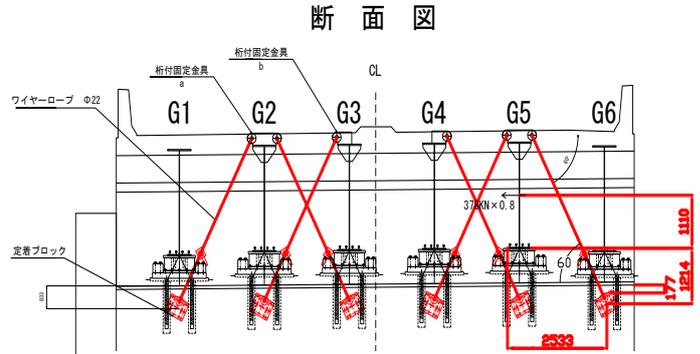


図-4 桁架設時の耐震設備（例3）

4. 問題点の抽出と考察

表-1 に示す通り、各橋主桁及び桁高の相違により発生モーメントが異なる。それにより必要なワイヤー径及び本数が異なる。ワイヤー設置時間は本数が少ないほど短時間で設置できる結果となっている。しかし、ワイヤーと桁形状、特に桁側のワイヤーとの接合等で時間が異なる。PC桁ではその形状・機構の関係から、新たにアンカー等を設置する場合、PC鋼線との関係を吟味する必要がある。これに対し、鋼桁の場合は、接合箇所が常設されている場合や新たに接合箇所溶接により追加することも考慮することが可能と考える。

表-1 現場条件比較表

	事例1	事例2	事例3
発生モーメント	584kN・m	699kN・m	326kN・m
発生引張力	335.1kN	471kN	134kN
固定ワイヤー	Φ18 3本	Φ18 4本	Φ22 1本
ワイヤー設置時間	90分	120分	15分
アンカーボルト	M22×350 216本	M22×350 320本	M32×740 24本
鋼材取付日数	12日	14日	10日
鋼材作成	5日	5日	7日

今回橋台側に設置したアンカーボルト（M22×350～M32×740）の設置日数は強度発現を見込み、10日～12日を要している。また橋台側に設置する鋼材の製作も5日～7日を要していることから、全施工日数は、最短でも鋼材製作5日+アンカーボルト設置10日+ワイヤー設置1日=16日となる。従って、この方式を採用するにあたっては、橋梁毎のワイヤー設置方法を決定し、定期点検の時点で橋台側に鋼材を設置しておくことが望ましい。

5. 効果の確認 例1の工事期間中に震度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構造の違いによるワイヤーの固定方法の事例を紹介した。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ワイヤー設置方法やワイヤー以外で固定する設備を設計段階から提案すること、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) 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