

## 既設鉄道ラーメン高架橋に対する自重補償機構の試設計

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員○伊藤 公二 土井 達也 豊岡 亮洋 室野 剛隆  
(株) ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 西村 隆義 堂内 悠吾

### 1. はじめに

平成 24 年に改訂された鉄道構造物等設計標準・同解説耐震設計<sup>1)</sup>では、設計の想定を超える地震動が発生しても破滅的な状態に至らないことを要求する「危機耐性」の概念が導入された。危機耐性を高める構造形式の一つとして「自重補償機構」が提案されている<sup>2)</sup>。これは図 1 のように、地震動により高架橋柱が破壊しスラブ重量を支持できなくなった場合でも、自重補償柱で重量を受け替えることで構造物の倒壊を防止するものである。筆者らは、新設ラーメン高架橋に自重補償機構を導入した試設計を実施し、構造成立のために必要な設計上の留意点、および自重補償柱に対する要求性能を明らかにした<sup>3)</sup>。一方、既設構造物を対象とした検討は未実施である。本検討は、既設鉄道ラーメン高架橋に対し自重補償機構を導入した試設計を実施し、既設構造物への補強が少ない構造形式を明らかにすることを目的とする。

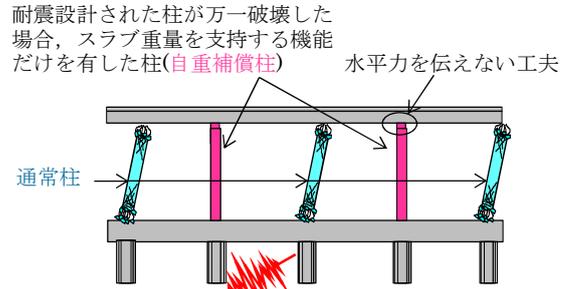


図 1 自重補償機構を有するラーメン高架橋

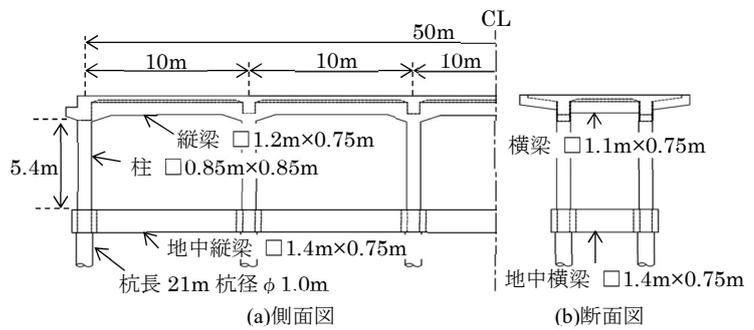


図 2 既設ラーメン高架橋 構造一般図

### 2. 検討方針および設計条件

既設構造物として鉄道構造物等設計標準・同解説設計計算例 RC ラーメン高架橋(場所打ち杭)<sup>4)</sup>に記載されたラーメン高架橋を検討対象とする(図 2)。自重補償機構を導入するため既設の通常柱間に新たに自重補償柱を設置する。本検討では自重補償柱の設置位置として、線路方向の通常柱間の中央位置に設置する場合(Case1)と、通常柱が破壊に至るまでの変形を阻害しない程度の離隔をもって通常柱に近接し設置する場合(Case2)の 2 ケースを設計対象とする(図 3)。Case1 の自重補償柱は通常柱と同様に RC 柱とし、Case2 の自重補償柱は施工性を考慮し門型鋼管柱とする。自重補償柱は想定外の地震動が作用した際にも損傷せず鉛直力支持性能を保持できるようにスラブの地震時慣性力を分担しない構造とする必要があるため、上端にすべり支承を設置し自重補償柱に水平力を伝えない構造とする。本検討の照査項目を表 1 に示す。断面力の算定は 3 次元はりばねモデルを用いた静的線形解析により行う。各ケースのモデル概要図を図 4 に示す。自重補償柱は自重補償時においてのみ縦梁と接続し鉛直力を負

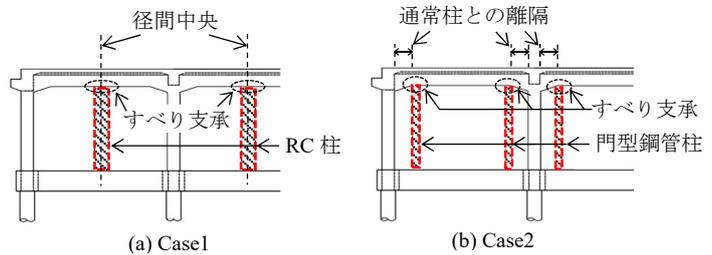


図 3 試設計する自重補償柱構造

表 1 照査項目

	性能項目	照査項目
常時	使用性(基礎)	・長期支持性能・短期支持性能
自重補償時	安全性(破壊)	・自重補償柱の破壊(RC柱)または耐荷性(鋼管柱) ・既設高架橋の縦梁、地中縦梁の曲げ耐力、せん断耐力

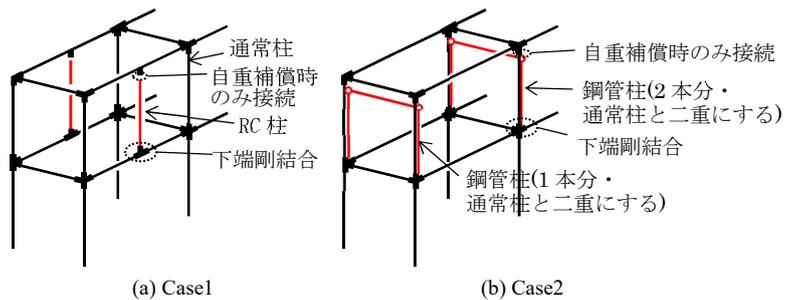


図 4 モデル概要図

キーワード 危機耐性, 自重補償機構, 静的線形解析  
連絡先 〒186-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

(公財) 鉄道総合技術研究所 鉄道地震工学研究センター

担する。自重補償柱の下端は地中縦梁に剛結合し支持させる。自重補償時における通常柱は鉛直力、曲げモーメント、せん断力を負担しない。常時の作用としては固定死荷重、付加死荷重および列車荷重を考慮する。自重補償時の作用については、常時の作用に加え、自重補償柱頂部に鉛直力 $\times\mu$ (摩擦係数)の水平作用を作用させる。これは、自重補償柱がスラブ重量を支持している際に地震が生じた際すべり支承部に生じる摩擦力であり、 $\mu=0.1$ と仮定する。

### 3. 検討結果

図4に、径間中央に自重補償柱(RC柱)を設置したラーメン高架橋(Case1)の構造一般図を示す。自重補償柱は通常柱と同じ断面寸法(850mm $\times$ 850mm)、および引張鉄筋比( $p_t=0.66\%$ )で自重補償時の安全性(破壊)照査を満足した。安全率は0.41であるため、最適設計を実施すればより合理的な断面にできると思われる。しかし、既設の縦梁および地中縦梁が、自重補償時において安全性(破壊)の曲げ照査を満足しない結果となった。これは通常柱の破壊に伴いスラブ重量を支持する位置が通常柱から自重補償柱に変わること、縦梁および地中梁の曲げモーメントの最大値の発生位置が通常柱位置から図4のように径間中央へ変化するためである。よって縦梁および地中梁には何らかの補強対策が必要となるが、特に縦梁上面に対する曲げ補強は施工が容易でない想定される。

一方、図5に、通常柱に近接し自重補償柱(鋼管柱)を設置したラーメン高架橋(Case2)の構造一般図を示す。自重補償柱は幅400mm $\times$ 高さ400mm、肉厚22mmの鋼管によって自重補償時の安全性(破壊)照査を満足した。また、既設構造物についても補強を必要とする部材は発生しなかった。さらに、鋼管柱の下端取付部のアンカーフレーム寸法は地中縦梁の幅に収まる形状となり、アンカーボルトも地中梁内鉄筋に支障せず設置可能であった(図6)。なお、通常柱に近接し設置すれば自重補償柱がRC柱であっても成立すると思われるが、通常柱に近接してのRC柱の施工法については別途検討する必要がある。

### 4. まとめ

本検討では、既設鉄道ラーメン高架橋に対し自重補償機構を導入する場合の試設計を実施し、既設構造物への補強が少ない構造について検討した。検討ケースは、通常柱間中央にRC柱を設置する場合と、通常柱に近接して門型鋼管柱を設置する場合の2ケースとした。その結果、通常柱間中央に自重補償柱を設置する場合、既設の縦梁と地中縦梁の曲げモーメント分布が変化し照査を満足しなくなるため補強対策が必要となる。一方、通常柱に近接して自重補償柱を設置した場合、既設構造物に補強を必要とする部材は発生しなかった。よって今回検討したケースの中では、通常柱に近接して自重補償柱を設置することにより、補強対策を行うことなく既設ラーメン高架橋に自重補償機構を適用できることが分かった。

なお本研究の一部は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

**参考文献** 1) (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), 丸善, 2012. 2) 西村ら: 危機耐性を高める自重補償構造の提案と成立性, 第18回性能に基づく橋梁等の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, 2015. 3) 土井ら: 自重補償機構を設置した鉄道ラーメン高架橋の設計例, 第15回日本地震工学シンポジウム, 2018. 4) (公財) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 設計計算例 RCラーメン高架橋(場所打ち杭), 2013.

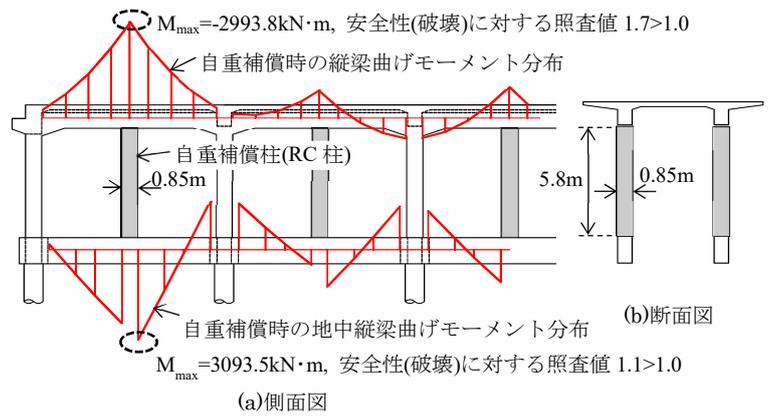


図4 Case1 構造一般図

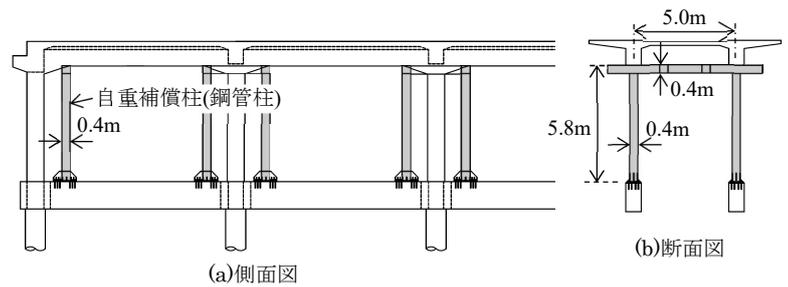


図5 Case2 構造一般図

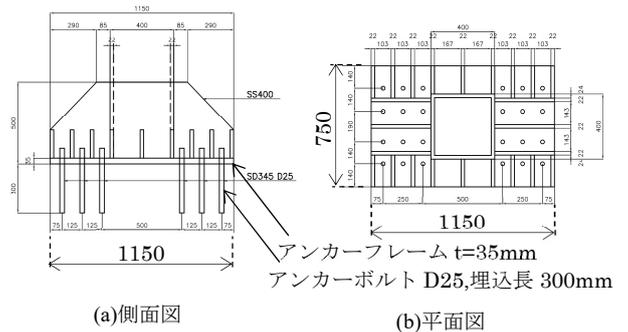


図6 自重補償柱(鋼管柱) 取付部形状図