

自重補償柱による耐震補強に関する一考察

北海道旅客鉄道株式会社 正会員 ○戸田 康太, 笹田 航平, 渡辺 一功, 川村 力

1. はじめに

宗谷線旭川四条高架橋は、1975（昭和 50）年に開業した旭川市内に位置する高架橋である．当該高架橋において耐震診断を実施した結果、全ての柱において、耐震補強が必要と判定された．高架橋柱の耐震補強は、鋼板巻立て補強が一般的であるが、一部の柱において施工上の制約により鋼板巻立て補強が適用できないと判断された．

本稿では、鋼板巻立て補強が適用できない柱がある場合においても、構造物の崩壊に対する安全性を担保する工法として選定した自重補償柱の設計について述べる．

2. 概要

旭川四条高架橋 RA8 は 2 径間のラーメン高架橋であり、基礎形式は直接基礎である（図 1、図 2）．このうち、C2 柱にはホームへ向かう階段が接している．また、階段支柱は高架橋柱と一体化しており、耐震補強を実施するためには、これらの支障物の移転、または支障物を回避できるような工法を選定する必要がある．

3. 耐震補強工法の比較

旭川四条高架橋 RA8 の C2 柱における各耐震補強工法の比較を表-1 に示す．鋼板巻立て補強は耐震補強工法として最も実績のある工法であるが、本柱では階段の支障移転が必要となる．ダンパー・ブレース補強は、橋りょう全体系

としての耐力向上が期待できるが、基礎の補強が必要になる可能性が高く、経済性、施工性が他の工法に比べ劣る．そこで、柱が著しく損傷し、スラブなどの鉛直荷重を支持する性能が大幅に低下もしくは喪失した場合にのみ、柱に代わり鉛直支持性能を発揮する自重補償柱¹⁾について検討を行った．

4. C1 柱・C3 柱の補強

C1 柱および C3 柱は鋼板巻立て補強が可能なため、C2 柱が破壊した際に構造物全体にかかる水平力を C1 および C3 柱で負担できるように補強鋼板厚さを決定し、変形性能についても照査し満足することを確認した．また、C2 柱が軸力を負担しない場合は縦梁が照査を満足しないことから、C2 柱にかかる軸力については、新たに設置する自重補償柱によって負担することとした．以上より解析モデルは、C2 柱に軸力のみが作用するように上下端をピン結合とした（図 3）．

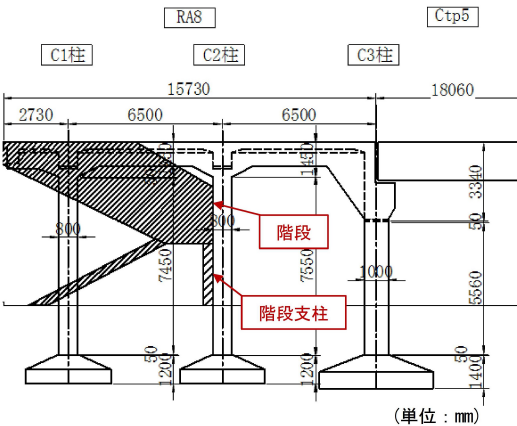


図 1.旭川四条高架橋 RA8 側面図

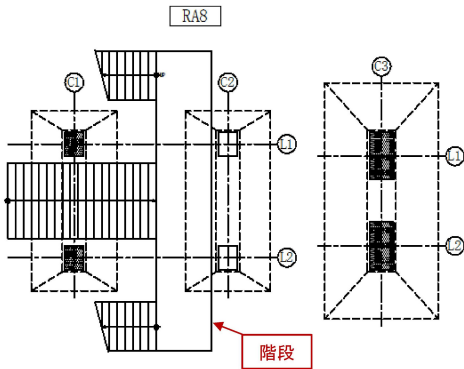


図 2.旭川四条高架橋 RA8 平面図

表 1.各耐震補強工法の比較

	鋼板巻立て補強	ダンパー・ブレース補強	自重補償柱
経済性	◎	×	○
施工性	×	△	○
補強効果	◎	○	○
評価	×	△	◎

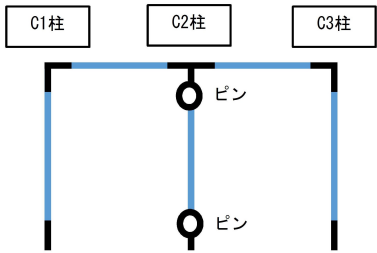


図 3.C1 柱・C3 柱補強の解析モデル

キーワード 耐震補強, 自重補償柱

連絡先 〒060-8644 札幌市中央区北 11 条西 15 丁目 北海道旅客鉄道株式会社 TEL011-700-5794

5. 自重補償柱の検討

(1) 柱位置の検討

自重補償柱の設置検討位置を図4に示す. 当初高架下スペース確保の観点から、横梁の位置（案①）への設置を検討した. 解析の結果、案①で自重補償柱が作用した場合、既設横梁がせん断、曲げともに照査を満足しないことが判明した. そこで、既設横梁の照査を満足する縦梁の位置（案②）に設置することとした.

(2) 柱本体および支承構造の検討

既設高架橋の水平力を C1 柱と C3 柱で負担する構造としたことから、新たに設置する自重補償柱は C2 柱にかかる軸力を負担する構造とした. そのため、自重補償柱上部の支承構造はすべり支承を採用することとした. なお、自重補償柱上端にかかる水平力は、地震時の最大軸力に対してすべり支承の摩擦係数を 0.10²⁾として作用させることとした. 支承の大きさについては、C2 柱上端の地震時における水平変位量に対応できるよう決定した.

(3) 既存柱（C2 柱）との離隔検討

自重補償柱と既存柱（C2 柱）との離隔については、変位により衝突しない位置に設置する必要がある. 表2に C1, C3 柱補強後における C2 柱上端の最大応答変位量を示す. 地震時において C2 柱と自重補償柱の衝突を回避するため、C2 柱と自重補償柱の離隔は最大応答変位量以上である 500mm を確保することとした.

5. 今後の検討事項

図5に自重補償柱の設計図を示す. 柱頭頂部とスラブ面間の構造については、豊岡ら¹⁾によると、柱頭頂部にテフロン、スラブ面に鋼板を設置したすべり摩擦構造としている. 一方、今回採用したすべり支承は、道路橋用及び建築物免震用として製品化されているが、鉄道橋としての実績は確認されておらず、今後要求性能を満たす支承の選定、開発といった検討を行う必要がある. また、自重補償柱に対して常時に水平力および軸力が作用しないように支承上面に隙間を設けた場合はその管理が必要になること、地震時において C2 柱が破壊した後に自重補償柱に急激に軸力が入ることについて検討を行う必要がある.

6. まとめ

本稿では、旭川四条高架橋を例に、支障物等の制限下における耐震補強工法として、自重補償柱の設計事例について述べた. 設計検討に際し、(公財) 鉄道総合技術研究所の皆様にご多大なご支援を頂いた. ここに記して感謝の意を表す.

参考文献

1)豊岡亮洋，室野剛隆，布川博一：高架橋の危機耐性を向上させる自重補償構造の振動台試験，鉄道総研報告，Vol.33, No.12, 2019.12
2)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物，平成21年7月

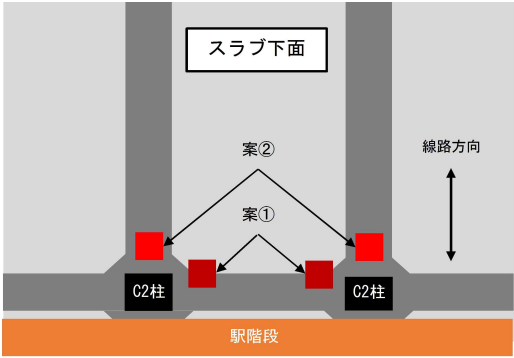


図 4.自重補償柱設置検討位置

表 2.C2 柱上端の最大応答変位量

		最大応答変位量 (mm)
線路方向（正押し）		408.0
線路方向（逆押し）		437.8
線路直角方向	左柱	308.0
	右柱	305.0

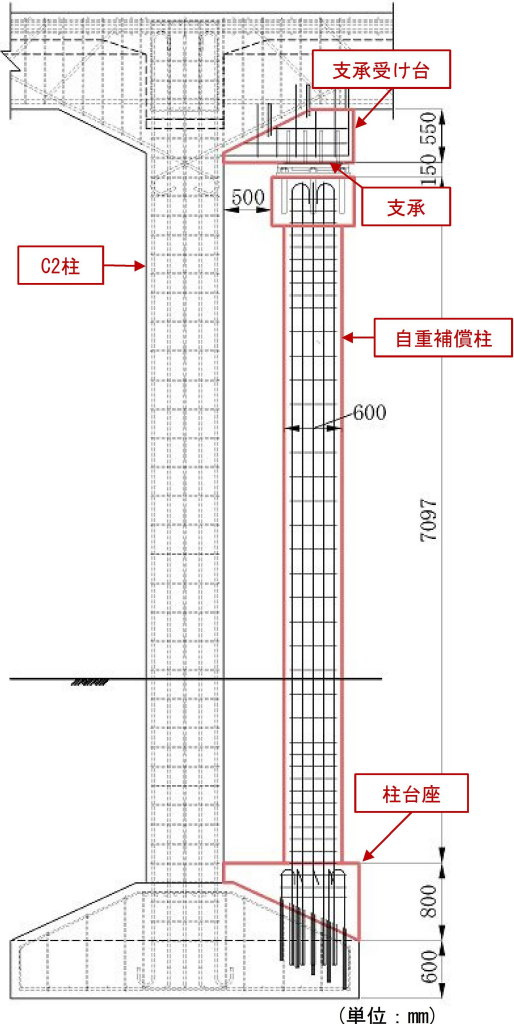


図 5.自重補償柱設計図