

## 鋼桁とRC橋脚を剛結した複合ラーメン橋の耐震補強設計

(株)オリエンタルコンサルタンツ東北支社 ○ 正会員 古賀 秀幸  
 同上 青木 康德, 安部 敦, 小住 友哉, 柘植 彩花  
 東日本高速道路(株) 東北支社 山形管理事務所 上平 研司  
 同上 増田 啓太

### 1. はじめに

東日本高速道路(株)では、1990 年頃より新しい構造形式として、鋼・コンクリート複合ラーメン橋を建設している。1990 年(平成 2 年)に山形自動車道に建設された当該橋梁は、鋼桁とコンクリート橋脚を PC 鋼棒で剛結し上部工と下部工を一体化したラーメン構造が採用されている。本橋は、中間支点の支承を省くことによる維持管理性向上、上下部一体構造による耐震性向上、鋼桁による重量減から下部工への負担軽減等の特徴を目的とした橋梁である。しかし、本橋は平成 7 年(1995 年)の阪神淡路大震災以前の設計であり、現行のレベル 2 地震動に対する耐震性能を有していないことから、耐震補強設計が計画された。

本稿では、当該橋梁の 2 連目、複合ラーメン橋の剛結部を有する橋脚の耐震補強設計について報告する。

### 2. 対象橋梁

本橋は山形自動車道(笹谷 IC ～関沢 IC 間)に位置する 4 径間連続鋼桁+3 径間連続複合ラーメン橋(写 1)である。橋梁諸元を以下に、一般図を図 1 に示す。

- ・上下部形式、橋長、支間長等：図 1 参照。
- ・全幅員：11.2m／有効幅員：10.0m
- ・竣 工：平成 2 年 10 月(橋歴板より)
- ・示方書：道路橋示方書・同解説, S55
- ・設計荷重：TL-20, TT-43

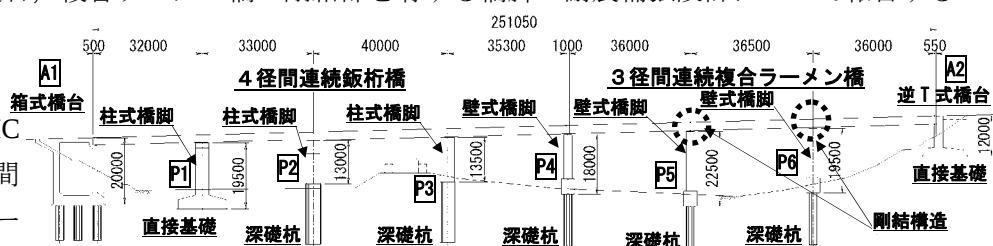


図 1 対象橋梁一般図



写 1 対象橋梁(2 連目・A2 側より)

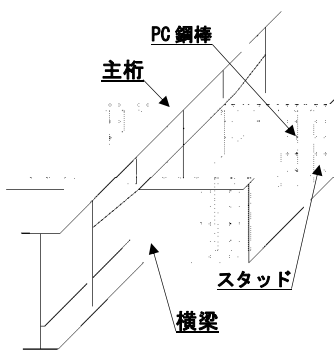


図 2 主桁・横梁概要図

### 3. 橋脚の剛結部構造と設計

複合ラーメン橋は、中間橋脚は壁式橋脚、上部工は鋼桁構造を採用しており、中間支点上横桁には、上面を開口しダイアフラムを配置した開断面の鋼製横梁を設けている(図 2)。剛結は、PC 鋼棒(φ32 SBPR 95/120 B 種 2 号)を橋脚天端に埋め込み、鋼桁架設後、横梁内にコンクリートを打設し、PC 鋼棒を緊張して行われた。横梁と橋脚天端の間には無収縮モルタルが充填され、貫通鉄筋は設置されていない(図 3)。本構造は、剛結部の設計に梁理論が適用できる事、上下部接合部が開口せず剛結となる荷重以上の繰り返し荷重の載荷後も剛結構造に影響がない事が実験等で確認されている<sup>1)</sup>。

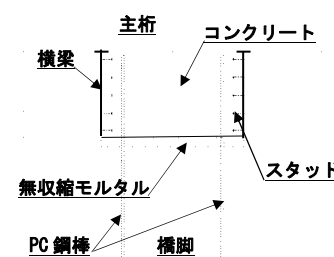


図 3 横梁断面図

設計では、常時(死荷重+活荷重)を剛結となる荷重としてプレストレスを設定し、PC 鋼棒 78 本が配置された。また、地震時は、上下部接合部が開口するため、剛結部を RC 部材とした終局耐力で設計されている。

### 4. 耐震補強設計における照査方針

全体系非線形動的解析による現況照査を行った結果、橋軸方向橋脚基部曲率、橋軸直角方向せん断照査において許容値を満足せず、橋脚補強が必要となった。炭素繊維巻立工法によるじん性補強の適用範囲は橋脚断面辺長比 1:1.5 以下であるが、本橋の橋脚断面辺長比は 1:3 を越えるため、補強工法は RC 巻立工法とした。

剛結部の損傷状況(ひずみ量)を把握するため、部材の軸力と曲げモーメントの関係を詳細に把握できるファ

キーワード：複合ラーメン橋、剛結構造、ファイバーモデル、高速道路、非線形動的解析、耐震補強設計

連絡先：〒980-0811 仙台市青葉区一番町 4 丁目 6-1 TEL: 022-215-5625 FAX: 022-215-5626

イバーモデル(図4)を上部工と橋脚剛結部に適用し、剛結部構造形式(PC 鋼棒で剛結)を踏まえて、以下について照査することと剛結部の安全性を確認することとした。

- ・橋脚剛結部の照査において、剛結部コンクリートは天端まで打設されていないため主桁は剛部材とせず、充填コンクリートを断面に加えた断面要素とし、コンクリート、鋼桁、鉄筋のひずみを照査する。
- ・上部工と橋脚部材をつなぐ要素は剛部材とし、この剛部材の断面力(軸力・曲げ)により PC 鋼棒を照査する。

## 5. 耐震補強設計結果

(1)橋脚補強検討:橋脚 RC 巻立補強後の耐震性能照査の結果、設計要領に示された基部非定着のじん性補強の最小鉄筋量で耐震性能 2 を満足した(中間貫通鋼材配置)。このため、本橋の剛結部橋脚の耐震補強は、RC 巻立て工法[t=250mm, 主鉄筋 D22@300(基部非定着), 帯鉄筋 D16@150]とした。

(2)剛結部の照査:レベル 2 地震時における P6 橋脚剛結部のひずみ分布性状を図5、剛結部上部工のコンクリート、鋼桁、鉄筋のひずみ分布を図6に示す。各部材とも許容値以内となり、橋脚剛結部の補強対策は不要となった。

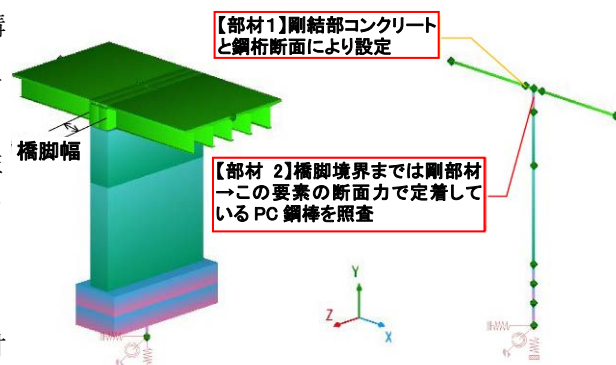
(3)剛結部の PC 鋼棒の照査:本橋の剛結部の設計は、梁理論が適用できるとされている。このため、動的解析において剛結部に生じる軸力及び曲げモーメントを用いて PC 鋼棒を照査した。照査において、剛結部の塩分量調査結果より剛結部に塩分の浸透は見られなかったため、PC 鋼棒は健全と判断し、配置全本数を有効とした。また、動的解析モデルでは PC 鋼棒定着部をモデル化していないため、PC 鋼棒の照査は動解応答値に初期プレストレス力を考慮した断面力で行った。その結果、PC 鋼棒はレベル 2 地震動に対し降伏応力度以下となり、対策は不要となった。

## 6. まとめと今後の課題

本稿では剛結部を有する複合ラーメン橋の耐震補強設計について、解析モデルへのファイバーモデル適用、橋脚部材・主桁・PC 鋼棒毎の照査による安全性の確認手法を報告した。

本橋の剛結部のような特殊部の照査は、その地震時挙動を把握することが重要である。設計ではファイバーモデルにより安全性を確認したが、確認が困難な場合は詳細な FEM 解析、剛結部 PC 鋼棒のプレストレス力の評価、上下部工接合面の開閉時の挙動等、より詳細な挙動の把握が課題となると考える。

参考文献: 1) 吉田, 町田, 田島:鋼・コンクリート複合ラーメン構造接合部の性状, 第44回土木学会年次学術講演会 2) 大山, 白木, 田島, 町田:鋼・コンクリート複合ラーメン橋(笹谷橋)の設計, 第45回土木学会年次学術講演会 3) 日本道路協会:道路橋示方書 I~V, 平成24年 4) 東日本高速道路(株)他:設計要領第二集, 橋梁保全編, 令和2年



【部材1】標準部上部工ファイバー要素断面



【部材2】剛結部上部工ファイバー要素断面

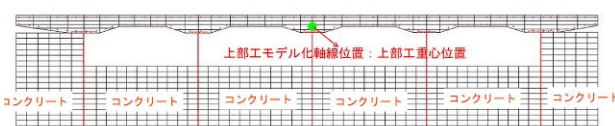


図4 橋脚剛結部の解析モデル

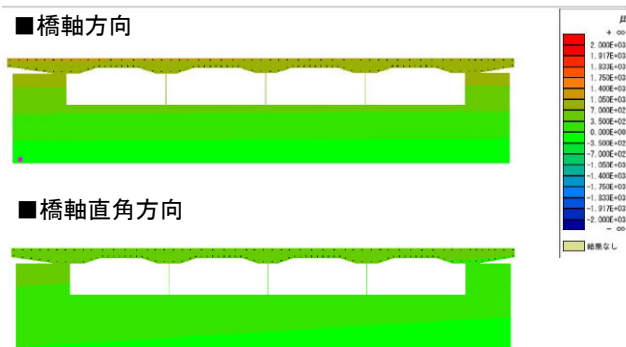


図5 P6橋脚柱頭部のひずみ性状(曲げ最大時)

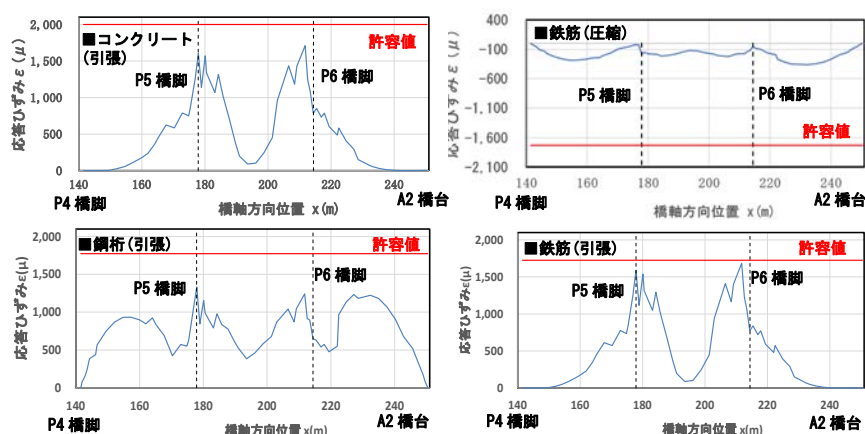


図6 剛結部上部工のひずみ分布(橋軸方向)