

## 橋脚掛け違い部の耐震補強工法における PC 鋼棒の配置に関する検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○小林 史 正会員 轟 俊太郎 正会員 田所 敏弥

### 1. はじめに

橋脚掛け違い部の補強は、端横桁等が妨げとなり、桁遊間側に補強材を設置することは困難である。その課題を解決する補強工法として、PC鋼棒を用いた工法(図1)を提案してきた<sup>1)</sup>。実構造物では、主桁や端横桁の横締めPC等を避けてPC鋼棒を配置する必要がある。一方で、PC鋼棒の配置によっては、PC鋼棒の量が同一であっても、補強後の耐力を向上できる可能性があることや、3次元ではなく2次元の構造解析で十分な精度が得られる場合があることが考えられる。そこで、実構造物を対象に、同一量のPC鋼棒で補強した場合に、PC鋼棒の配置が耐力に与える影響を2次元と3次元の構造解析で検討した。

### 2. 耐震補強工法の補強メカニズムの特徴

本工法の特徴は、図1の方向の慣性力に対し、設置したPC鋼棒により支持条件を変え、PC鋼棒より下部の曲げモーメントを低減させて、曲げ補強することである。せん断耐力は、あと施工アンカーで向上する。

### 3. 解析の条件

図2に解析対象を、表1に配筋諸元を示す。桁高さが異なる25mのPC桁と10mのRC桁が隣接する橋脚上の掛け違い部である。図3に、3次元FEMと2次元材端ばねのモデルを示す。FEMの構成則について、コンクリートの構成則は、圧縮側をMaekawa、引張側をHordijkとし、ひび割れモデルを固定ひび割れ、ひび割れ発生後のせん断伝達モデルをMaekawaモデルとした。また、インターフェースの構成則は、法線方向を接触時に剛とするノータンションモデルとし、接線方向をアンカーとコンクリート間では島モデル、それ以外では剛とした。鋼材の構成則は、全てバイリニアとした。

表2に、解析パラメータを示す。Case0は補強なしである。Case1が基本ケースであり、Case2,3は、PC鋼棒の量(総断面積)を同一とし、配置間隔、配置高さを変更した。なお、Case2の配置間隔は、PC鋼棒の径を「JIS G 3109 PC 鋼棒」に示されるものからCase1(最大径40mm)よりも小さい32mmとし、Case1とPC鋼棒の量を同程度となるように本数を増やして設定した。なお、全てのケースにおいて、あと施工アンカーの諸元は、せん断ではなく曲げ破壊形態となるように設定している。

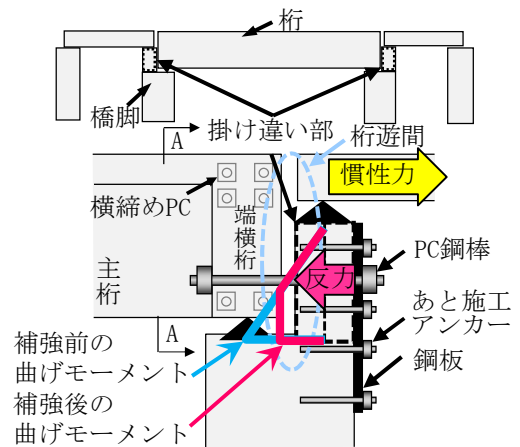


図1 橋脚掛け違い部の耐震補強工法

【図1に示すA-A断面】

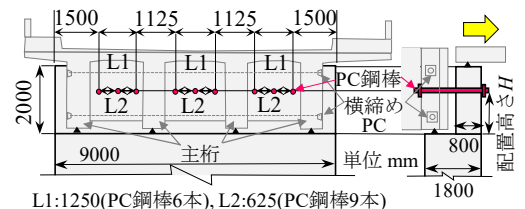


図2 解析対象

表1 配筋諸元

部材	軸方向鉄筋			せん断補強鉄筋		
	径 mm	段数	総本数*	径 mm	組数	ピッチ mm
掛け違い部	19	1	144	13	2	250
	32	1	144	13	2	250

\*引張鉄筋と圧縮鉄筋は同本数(72本づつ)  
鉄筋は全てSD345

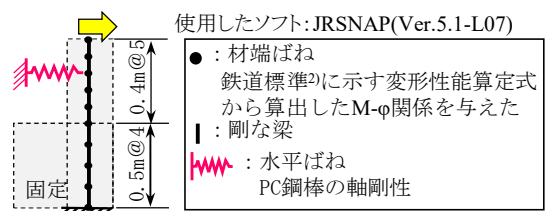
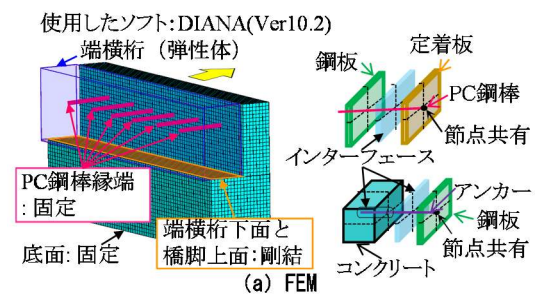


図3 解析モデル

キーワード 橋脚掛け違い部, 耐震補強工法, PC 鋼棒, 配置間隔, 配置高さ, 2次元材端ばね, 3次元 FEM

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 コンクリート構造 Tel:042-573-7281

### 4. PC 鋼棒の配置が耐力に与える影響

図4に、荷重-変位関係を示す。掛け違い部の設計は、いわゆる耐力設計であり、限界値を曲げ降伏耐力としているが、荷重-変位関係には、参考に曲げ降伏耐力以降も示した。なお、本工法を適用した実験<sup>1)</sup>において、PC 鋼棒位置の軸方向鉄筋が降伏後に荷重が横ばいになったことから、PC 鋼棒位置の軸方向鉄筋が降伏する荷重を補強後の曲げ降伏耐力とした。図より、Case0 よりも Case1~3 の曲げ降伏耐力の方が大きく、補強により曲げ降伏耐力が増加していることがわかる。FEM で得た Case1~3 の曲げ降伏耐力をみると、配置間隔が曲げ降伏耐力に与える影響は小さく、配置高さを高くすることで、曲げ降伏耐力を向上できることがわかる。

一方で、既往の研究<sup>1)</sup>では、同一量の PC 鋼棒で補強した場合、PC 鋼棒の配置間隔を広く（径を大きくして本数を小さく）、配置高さを高くした方が引張鉄筋の応力が掛け違い部の橋軸直角方向に様な分布になりにくくなるが、最も PC 鋼棒の配置間隔が広く、配置高さが高い Case1 であっても、図5に示す引張鉄筋の最大主応力分布から、引張鉄筋の応力は橋軸直角方向に概ね一様であることがわかる。

図6に、各 Case の曲げ降伏耐力を示す。本論の範囲では、全てのケースで3次元 FEM よりも2次元材端ばねの曲げ降伏耐力の方が小さい。これは、本論の範囲では、主桁や横締め PC を避けて、配置間隔を広く、配置高さを高く設定した場合でも、引張鉄筋の応力が橋軸直角方向に一様であったためであると考えられる。これより、本論の範囲では、設計において、2次元材端ばねを用いても安全側に曲げ降伏耐力を評価できると考えられる。

### 5. まとめ

実構造物を対象に、同一量の PC 鋼棒で補強した場合に、PC 鋼棒の配置が耐力に与える影響を検討した結果、本論の範囲においては、配置間隔が曲げ降伏耐力に与える影響は小さく、配置高さを高くすることで、曲げ降伏耐力を向上できることがわかった。また、設計において、2次元材端ばねを用いても安全側に曲げ降伏耐力を評価できると考えられる。

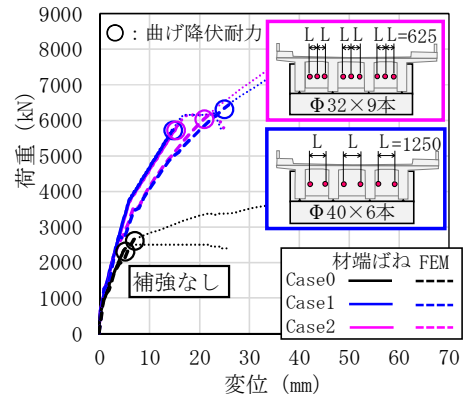
#### 【参考文献】

- 1) 小林史, 轟俊太郎, 堂内悠吾, 田所敏弥: PC 鋼棒を用いた橋脚掛け違い部の耐震補強工法における PC 鋼棒の遊間量と配置間隔が補強効果に与える影響, コンクリート工学年次論文集, Vol42, 2020.
- 2) (財) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 2004.

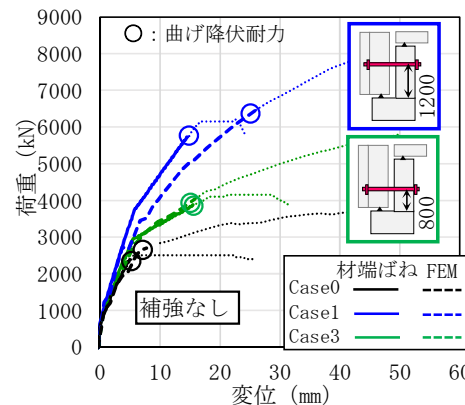
表2 解析パラメータ (PC 鋼棒)

Case	径 mm	本数	配置間隔 L mm	配置高さ H mm	軸剛性* kN/mm
0	—	—	—	—	—
1	40	6	1250	1200	750
2	32	9	625	1200	725
3	40	6	1250	800	750

\*軸剛性: 総断面積×ヤング係数(200kN/mm<sup>2</sup>)×長さ(2.0m)



(a) PC 鋼棒の配置間隔をパラメータ



(b) PC 鋼棒の設置高さをパラメータ

図4 荷重-変位関係

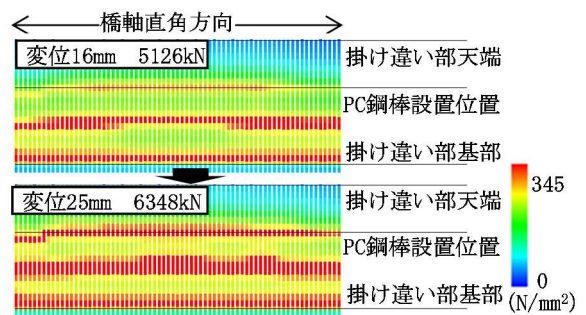


図5 引張鉄筋の最大主応力分布 (Case1 の例)

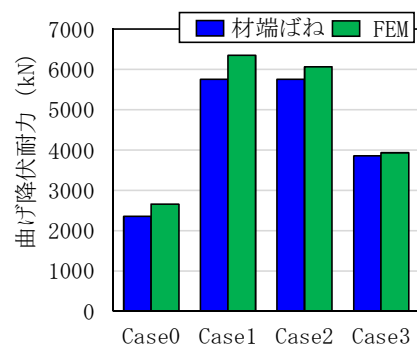


図6 各 Case の曲げ降伏耐力