

PC 鋼棒を用いた橋脚掛け違い部の補強工法の耐荷機構

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

1. はじめに

地震により、塑性化させない設計をしている橋脚掛け違い部が曲げ降伏した事例が報告されている。橋脚掛け違い部はその構造上、端横桁が妨げとなって作業空間が確保できず、補修・補強が困難である場合が多い。このような狭隘箇所でも施工可能な補強工法を提案した(図1)。本研究では、実験と解析により、本工法の耐荷機構について検討した。

2. 補強工法の概要

提案する補強工法の概要を図1に示す。本工法は、施工が容易な橋脚前面から補強材としてPC鋼棒、鋼板、アンカーを設置できることを特徴とする。PC鋼棒と鋼板により曲げ補強効果を、あと施工アンカーによりせん断補強効果を期待しており、特に、橋脚掛け違い部に生じる図1右側の慣性力に対しては、PC鋼棒の位置により、曲げモーメントを制御し、損傷の抑制と損傷の発生箇所を制御する。

3. 実験と解析の概要

図1に実験状況および解析モデルを、表1、2に材料試験結果を、表3に供試体諸元を示す。供試体は1体であるが、PC鋼棒の位置による補強効果を確認するため、PC鋼棒の位置を変えて、3段階(载荷1~3)の载荷ステップを設けた。PC鋼棒の位置は、载荷1,2では载荷点から900mmの位置、载荷3では载荷点から1300mmの位置とした。载荷1は、正側に一方向载荷し、PC鋼棒位置の断面が計算上曲げ降伏する直前(载荷荷重400kN, 载荷点変位14mm)まで载荷して除荷した。载荷2は、負側に一方向载荷し、掛け違い部基部の鋼板が降伏ひずみに達する直前(载荷荷重214kN, 载荷点変位11.5mm)まで载荷して除荷した。载荷3は、载荷2の最大変位11.5mmを基準変位 1δ とし、その整数倍の $\pm 1\delta$, $\pm 2\delta$, $\pm 3\delta$ …で漸増し、各変位で3回繰返し载荷を行った。

解析は、DIANA(Ver10.2)を用いて行った。コンクリートの構成則には、圧縮側に Mackawa モデル、引張側に Hordijk モデル、せん断伝達モデルに Mackawa モデルを用いた。鋼材のうち、PC 鋼棒は梁要素で、アンカーおよびその他鉄筋は埋め込み鉄筋要素でモデル化した。鋼材は全てバイリニアとした。実験では PC 鋼棒で反力床に固定しているが、解析ではフーチング下端を xyz 方向固定とした。

4. 補強効果と耐荷機構

図5に荷重変位関係の実験値および解析値を、図6に正側の5 δ 载荷時の損傷状況を、図7に载荷1と载荷3の背面側の軸方向鉄筋の同一荷重時のひずみ分布を、図8に前面側、背面側それぞれの軸方向鉄筋のひずみ分布を、キーワード 橋脚掛け違い部、補強工法、耐荷機構、変形性能

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

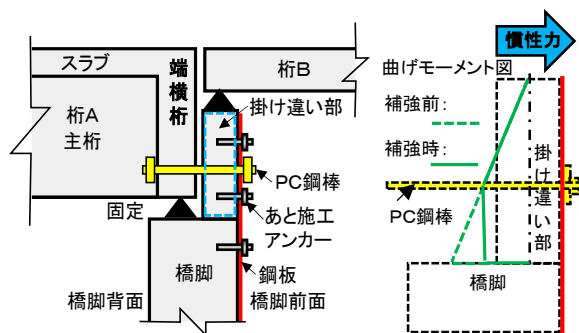


図1 補強工法概要図

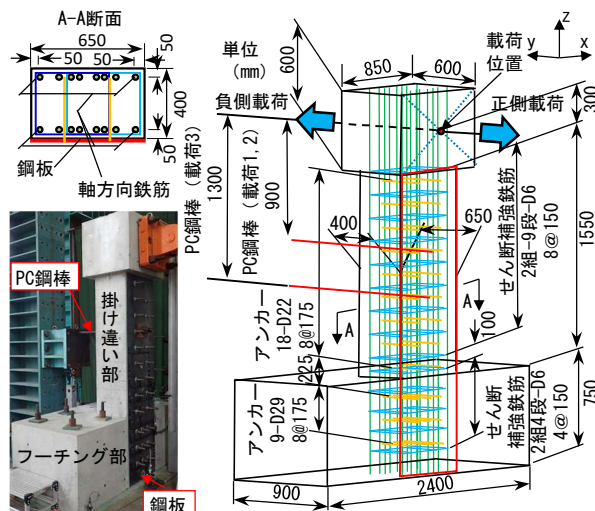


写真1 実験状況

図2 解析モデル

表1 材料試験結果(コンクリート)

部位	圧縮強度	弾性係数
	N/mm ²	kN/mm ²
掛け違い部	23.5	24.9
フーチング部	24.6	25.6

表2 材料試験結果(鋼材)

名称	規格	弾性係数 (kN/mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	適用
D25	SD345	176	366	軸方向鉄筋
D6	SD295	181	356	せん断補強鉄筋
D29	SD345	183	354	フーチング部アンカー
D22	SD345	181	357	掛け違い部アンカー
t=3.2mm	SS400	215	303	鋼板
φ40	C種1号	203	1118	PC鋼棒

図 9 に正側負側載荷時のコンクリートに発生している最小主応力のコンターを示す。

図 5 より，実験値と FEM による解析値の荷重変位関係は概ね一致し，図 6(a)の実験時におけるひび割れ状況と図 6(b)の FEM 解析における最大主ひずみ分布は同様であり，本解析モデルは，実験結果を再現できている。

図 5 より，載荷 1 が載荷 3 に比べ，同変位時の受け持つ荷重が大きくなっていることがわかる。これより，PC 鋼棒の設置位置をより上部にすることで，同一荷重時における掛け違い部に発生する曲げモーメントを抑制可能であることがわかる。

また，図 5 のはりバネ解析値は鉄道標準に示す変形性能算定式から算出した $M-\theta$ 関係により非線形特性を表現した材端ばねでモデル化した静的非線形解析の結果である。これと実験値を比較し，本工法により，変形性能が向上していることがわかった。

PC 鋼棒の設置位置により曲げモーメントが抑制される機構は，図 7 より，最大ひずみの分布位置が，PC 鋼棒の設置位置付近となることから，PC 鋼棒をより上部に設置することで，アーム長が短くなることにより，掛け違い部に発生する曲げモーメントが抑制されるためであることがわかった。

図 8 より，正側は PC 鋼棒の設置位置付近，負側は掛け違い部基部付近で軸方向鉄筋に発生しているひずみが最大になっていることがわかる。図 9 より，コンクリートに発生する最小主応力は，軸方向鉄筋のひずみと同様に，正側では PC 鋼棒の設置位置付近に，負側では，背面側の掛け違い部基部に集中していることがわかる。これらより，正側負側それぞれで損傷が集中する断面が異なり，荷重を負担する箇所が正側と負側で異なり，一部にひずみが集中せず，広い範囲においてひずみが増加するため，変形性能が向上することがわかった。

5. まとめ

本研究では，実験と解析により，本工法の耐荷機構について検討した。その結果，本工法では，PC 鋼棒の設置位置によって損傷箇所や断面力を制御することが可能であることがわかった。また，本工法により PC 鋼棒を設置することで，曲げモーメント分布が緩やかとなり，一部にひずみが集中せず，広い範囲においてひずみが増加するため，変形性能が向上することがわかった。

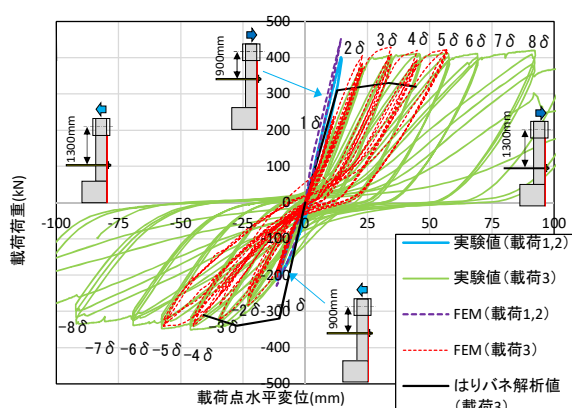
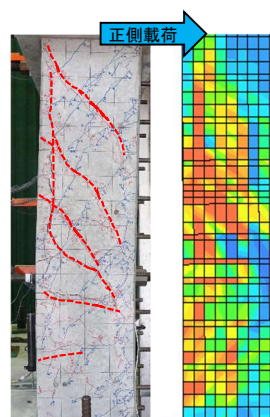


図 5 荷重変位関係



(a) 実験 (b) 解析
図 6 損傷状況

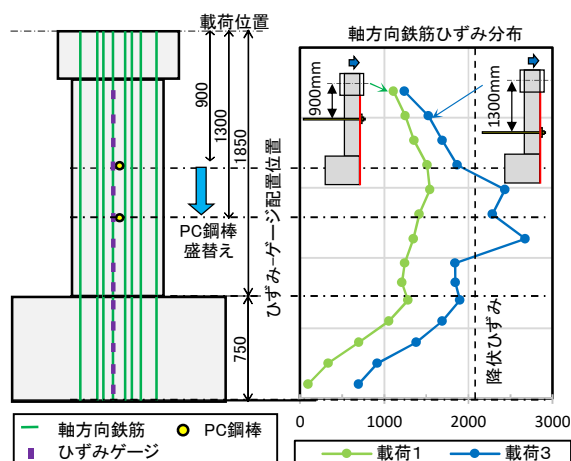


図 7 PC 鋼棒設置位置が異なる軸方向鉄筋

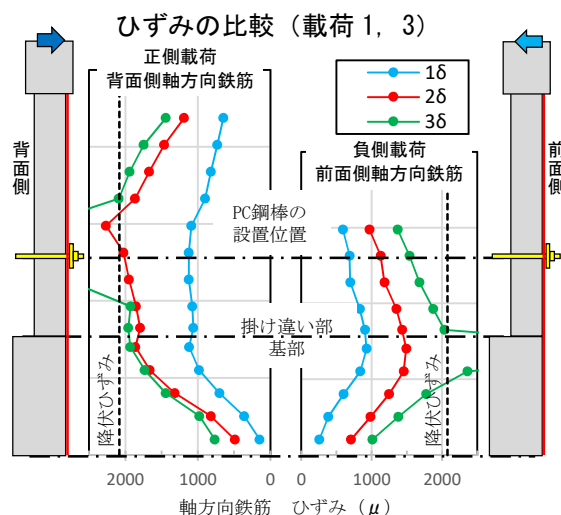


図 8 正側負側軸方向鉄筋ひずみの比較

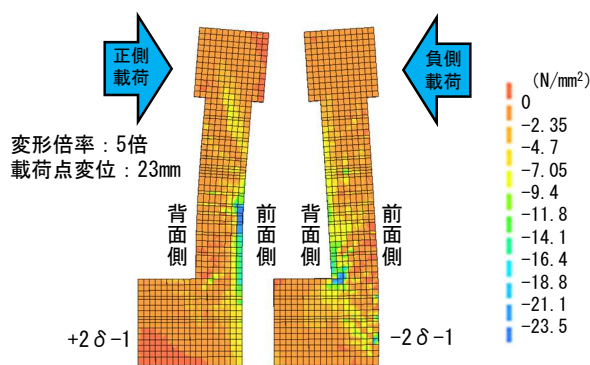


図 9 正側負側コンクリート最小主応力の比較