

埋込定着による補強用軸方向鉄筋とアラミド繊維シート 巻立てにより補強したRC橋脚の正負交番载荷試験

寺澤 貴裕¹・佐藤 孝司¹・西 弘明¹・西城 能利雄²

¹正会員 国立研究開発法人土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34）

²正会員 北海道開発局室蘭開発建設部苫小牧道路事務所（〒053-0816 北海道苫小牧市日吉町2丁目1-5）

1. はじめに

RC橋脚を耐震補強する場合、河川内では河川阻害率、その他では自重増の軽減等の設計条件から断面寸法をできるだけ変えずに保有水平耐力を増加させることができる補強技術が求められる場合もある。このような既往耐震補強技術は、耐震性能の効果は期待できるものの、工事費が従来工法と比較して割高となる場合があり、また、耐力向上は期待できるものの、変形性能向上が補強前と比較し、期待できない場合もある。

以上より、本研究ではRC橋脚の断面寸法をできるかぎり変えずに、橋脚の耐力および変形性能の両方を向上させ、かつ経済的な耐震補強技術の開発を目的に、橋脚柱部のコンクリートかぶり部に補強用の軸方向鉄筋を埋込み定着させ、これを覆うようにアラミド繊維シートにより巻立て補強したRC橋脚供試体による正負交番载荷試験を実施した。

2. 実験概要

(1) 実験方法

载荷装置および供試体の設置状況を図-1に示す。供試体のフーチング部を床に固定し、柱部天端にピン支承を設置した。上部工反力を想定した鉛直荷重を柱部天端にピン支承を介して载荷し、交番载荷中において一定に保持した。水平方向の交番荷重は基部から高さ2,105mmの位置のピン支承の中心部に水平方向のジャッキにより载荷した。せん断スパン比は3.8である。载荷は変位制御により実施した。設計計算上の曲げ降伏耐力の50%の水平荷重を1サイクル载荷してコンクリートにひび割れを導入した後、

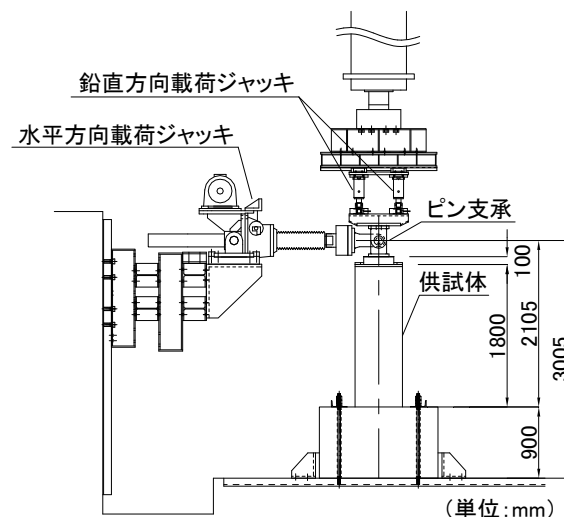


図-1 载荷装置および供試体の設置状況

水平力载荷点位置での基準水平変位 δ_y の整数倍ごととし、各ステップにおいて3サイクルの繰り返し载荷を実施した。ここで、基準変位 δ_y は補強前後の影響を把握するため、無補強である既設橋脚供試体の基準変位2.7 mmとした。

(2) 供試体および実験ケース

実験に用いた供試体は、異形鉄筋が用いられた橋脚で、かつ現行の設計基準に基づいたRC橋脚と比較して軸方向鉄筋比が低い配筋を想定し、軸方向鉄筋が0.3%程度、曲げせん断耐力比が2程度とした実物大スケールのRC橋脚について、震度法に基づく試設計を行い、その結果に基づき、実験装置の能力を考慮して1/4のスケールに縮小したRC橋脚縮

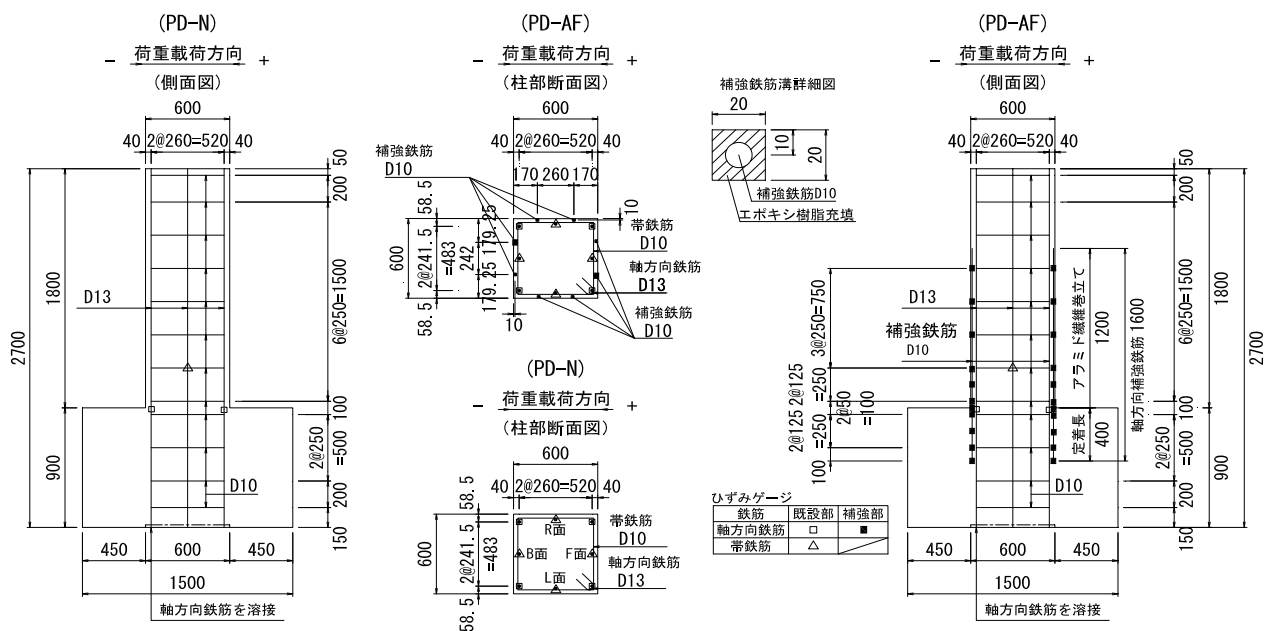


図-2 供試体配筋図および鉄筋ひずみ計測位置

表-1 実験ケース一覧

	既設部鉄筋		補強部鉄筋	鉄筋比			設計計算上の耐力		
	軸方向鉄筋	帯鉄筋	軸方向鉄筋	p_t (%)	p_w (%)	ρ_s (%)	P_u (kN)	P_s (kN)	P_s / P_u
PD-N	8-D13 SD295	D10ctc250 SD295	—	0.28	0.095	0.22	69.6	155.9	2.24
PD-AF	8-D13 SD345	D10ctc250 SD345	8-D10 SD345	0.44	0.095	0.22	111.1	404.8	3.64

p_t : 軸方向鉄筋比, p_w : 帯鉄筋比, ρ_s : 横拘束筋の体積比 P_u : 道路橋示方書¹⁾に基づく曲げ終局耐力, P_s : 道路橋示方書¹⁾に基づくレベルⅡタイプⅠ地震動に対するせん断耐力

小供試体である。供試体配筋図、鉄筋ひずみ計測位置を図-2に示す。補強方針としては実物大スケールRC橋脚において、耐力は補強後に補強前の約1.5倍となるように設定した。その上で耐震性能を満足するようにじん性を確保させるため、アラミド繊維シートを巻立てた。

表-1は実験ケースの一覧である。PD-Nは、柱部軸方向鉄筋・帯鉄筋を異形鉄筋とし、柱部の断面寸法を600×600mm、柱高さを1,800 mmとしたRC橋脚供試体である。PD-AFは、供試体製作時に柱部コンクリートのかぶり部には型枠を用いて溝(□20mm×20mm)を基部から長さ1,200mmで、また、フーチング部には塩ビ管(外径φ26mm)を用いて深さ400mmで箱抜きした。この箱抜き箇所には補強異形鉄筋D10をエポキシ樹脂を用いて定着させている。また、アラミド繊維シート(目付量280g/m²)は埋め込んだ補強鉄筋を覆うように柱基部から1,200mmの高さまで柱の周方向に1層巻き付けている。また、上

部工死荷重反力は180kN(応力換算で0.5N/mm²)に設定した。

(3) 計測方法

本実験では載荷点における水平変位および水平荷重をそれぞれ変位計およびロードセルにより計測した。また、図-2に示すように軸方向鉄筋および帯鉄筋のひずみをひずみゲージにより計測した。

3. 実験結果および考察

(1) 損傷状況

図-3に供試体側面の損傷状況を示す。なお、図中のハッチングはコンクリートが剥落した部分を示す。また、図中のL, F, R, Bは図-2の定義のとおりであり、F面とB面が載荷方向に直交する面である。PD-Nの損傷図を(a)に、PD-AFについてはアラミド繊維シート撤去後の損傷図を(b)に、アラミド

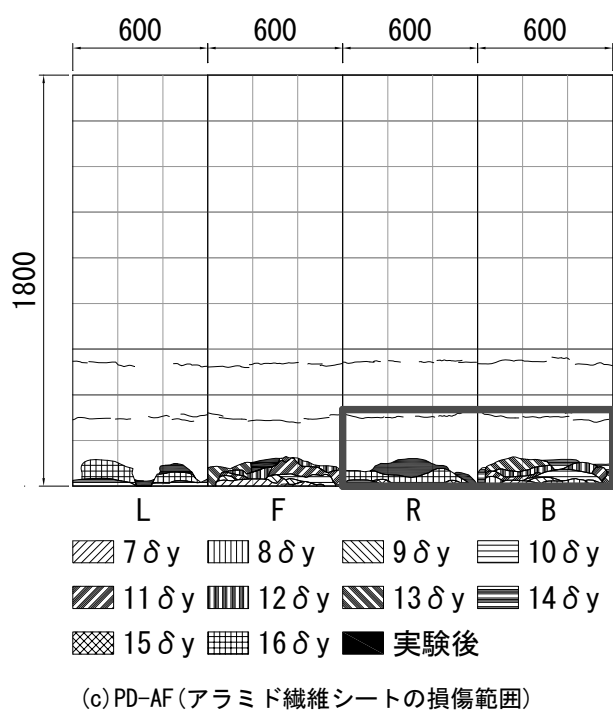
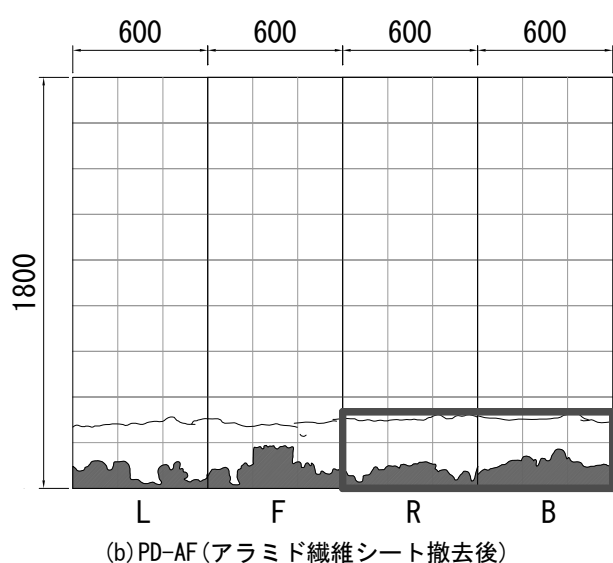
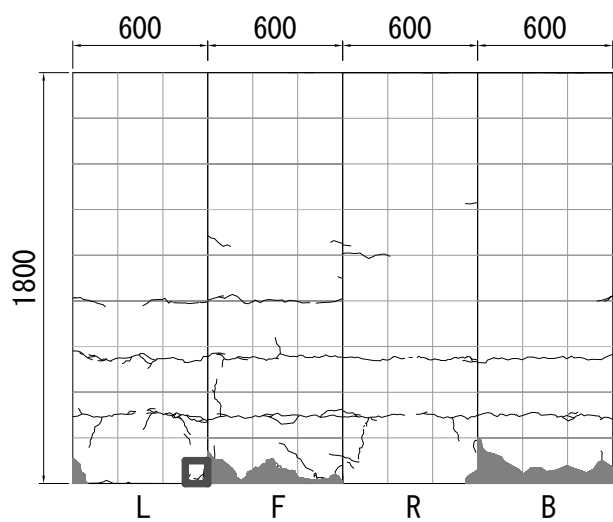
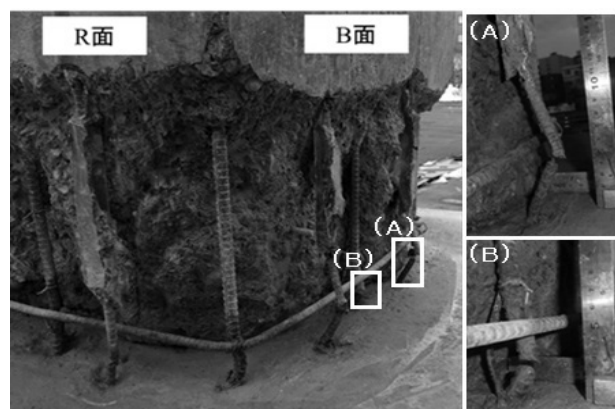


図-3 供試体側面の損傷状況



(PD-N)



(PD-AF)

図-4 基部周辺における軸方向鉄筋の状況
(図-3 における太枠箇所)

繊維シート撤去前の各載荷ステップにおけるアラミド繊維シートに生じた浮きおよび損傷の発生範囲を(c)に示した。

PD-N では、 $1\delta_y$ の 1 サイクル目において柱基部に水平ひび割れが発生した。その後、 $2\delta_y$ から $9\delta_y$ にかけて、基部からの高さ 800mm までの範囲において 260mm 程度の間隔で水平方向のひび割れが発生した。 $11\delta_y$ において F 面の L 側で基部のコンクリートが圧壊した。その後も F 面および B 面において基部のコンクリートの圧壊が進行していき、 $16\delta_y$ の 2 サイクル目で F 面の引張側となった軸方向鉄筋が破断した。かぶりコンクリートの圧壊は基部からの高さ 100mm 程度の範囲において発生した。

PD-AF では、 $3\delta_y$ で基部より 300, 550mm 位置の繊維シート材の表面にひび割れが発生した。 $7\delta_y$ で F 面および B 面において、シートに浮きが発生し、載荷サイクルの増加に伴いシートの浮き範囲が拡大した。 $14\delta_y$ より R 面および L 面においても、シートに浮きが

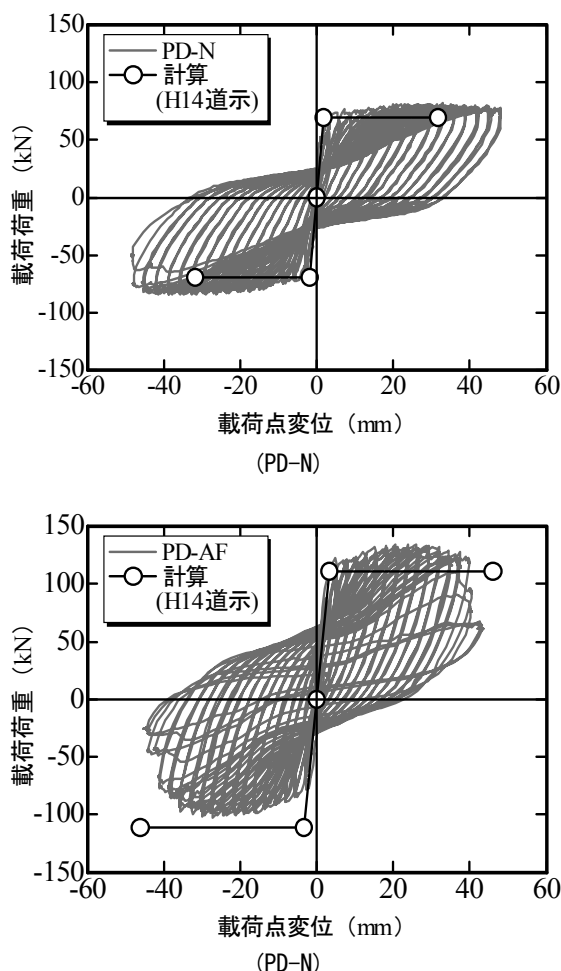


図-5 水平荷重載荷点位置の荷重－変位関係

発生し、載荷サイクルの増加に伴いシートの浮き範囲が拡大した。アラミド繊維撤去後においては、シートの損傷位置とは異なり、柱部コンクリートの基部より300mmの位置のみにひび割れが発生した。この繊維シート撤去前後におけるひび割れ位置の相違は、アラミド繊維シートにより補強を行った事で橋脚の剛性が増し、曲げ変形を抑制したものと考えられる。また、かぶりコンクリートの圧壊は基部からの高さ200mm程度の範囲において発生した。

かぶりコンクリートを撤去して目視観察した結果を図-4に示す。PD-Nにおいては、軸方向鉄筋は基部から高さ50mm程度の範囲で座屈していた。また、PD-AFにおいては、補強部軸方向鉄筋(A)は基部から高さ100～110mm程度の範囲で、既設部軸方向鉄筋(B)は基部から高さ50mm程度の範囲で座屈していた。このことから、両ケースともに軸方向鉄筋が座屈する範囲は狭いことがわかる。

(2) 載荷荷重と載荷点変位との関係

図-5に各供試体の水平荷重載荷点位置の荷重－変位関係を示す。なお、図中には鉄筋およびコンクリートの材料試験結果を用い、道路橋示方書¹⁾に基づいて算出した荷重－変位関係の骨格曲線を計算結果として示しており、そのプロットは原点に近いほうから計算上の降伏変位 δ_y 、終局変位 δ_u である。

PD-Nにおいては正側では $10\delta_y$ 、負側では $15\delta_y$ で最大荷重に達し、 $11\delta_y$ の1サイクル目正側載荷時に耐力が低下し始めた。これは、基部コンクリートの剥落時点と一致する。最終的には $16\delta_y$ で軸方向鉄筋が破断し、耐力は急激に低下した。実験結果と計算結果を比較すると、実験による履歴曲線は計算による骨格曲線を包含しており、軸方向鉄筋が破断して復元力が低下するまでは安定した履歴曲線が得られており、比較的良好一致している。

PD-AFにおいては正側では $9\delta_y$ 、負側では $10\delta_y$ で最大荷重に達し、 $10\delta_y$ の1サイクル目正側載荷時に耐力が低下し始めた。損傷過程で確認できていないが、負載荷時の耐力低下の推移より、 $14\delta_y$ で補強鉄筋の破断した後、 $16\delta_y$ で既設部主筋が破断し、耐力が急激に低下したと推察される。

4. まとめ

本研究ではRC橋脚の断面寸法をできるかぎり変えずに、橋脚の耐力および変形性能の両方を向上させ、かつ経済的な耐震補強技術の開発を目的に、橋脚基部の曲げ補強として、橋脚柱部のコンクリートかぶり部に補強鉄筋を埋込み定着させ、その補強鉄筋埋込み部を覆うようにアラミド繊維シート巻立てにより補強したRC橋脚縮小供試体による正負交番載荷試験を実施した。本研究の範囲で得られた主な知見を以下に示す。

- (1) 補強軸方向鉄筋およびアラミド繊維シートによる補強を行ったことで、橋脚の剛性が増し、曲げ変形を抑制した。
- (2) 耐力の向上は図ることができたが、耐力の急激な低下が見られることから、じん性の向上は図られていない。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2002