

ロープ状連続繊維補強材を用いた RC 橋脚の段落し部せん断補強に関する検討

北武コンサルタント株式会社
北武コンサルタント株式会社
独立行政法人土木研究所寒地土木研究所
独立行政法人土木研究所寒地土木研究所
長岡技術科学大学

正会員 ○笠井 尚樹
正会員 渡辺 忠朋
正会員 三田村 浩
正会員 石川 博之
フェロー会員 丸山 久一

1. はじめに

主鉄筋段落しを有するRC橋脚は、曲げ損傷した後せん断破壊に移行する脆性的な破壊形態を示す場合があることが明らかとなっている。

既設RC橋脚の耐震補強手法として、連続繊維を補強材として使用する研究が進められ、実構造物への適用も行われているが、その多くは連続繊維をエポキシ樹脂で固めて使用するものである。

本実験で使用するロープ状連続繊維補強材(CF Rope)は、アラミド繊維を組紐状に成型加工したものであり、樹脂で固めずにコンクリート用補強材として用いることを想定している。

本検討では、段落しを有する既設RC橋脚に対してCF Ropeを用いた場合の、より合理的なせん断補強手法を確立することを目的として、正負交番載荷実験を実施し、既設RC橋脚の補強効果について実験検証を行った。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

試験体形状は、躯体高2.0m、断面寸法0.60×0.60mの正方形断面であり、橋脚基部より0.75mの高さに軸方向鉄筋段落しを設けている。(図2.1)

なお、本実験では段落し部のせん断補強効果を検証するため、無補強の場合に段落し部で曲げ破

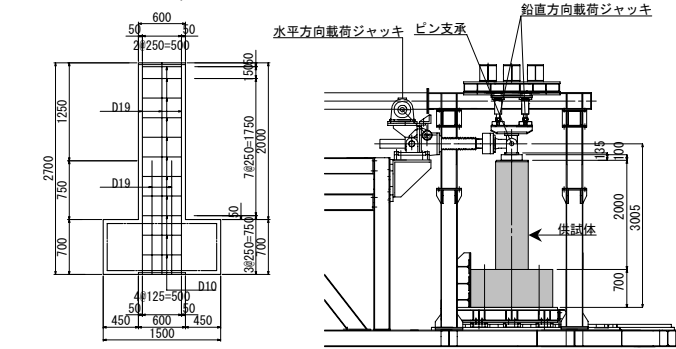


図2.1 供試体概要図

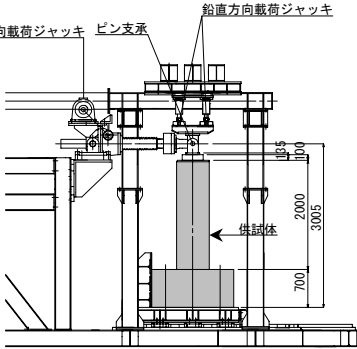


図2.2 実験装置概要図

壊からせん断破壊移行型の破壊形態を示すように設計を行った。なお、実験時のコンクリートの平均圧縮強度は $f'_c=24.45\text{Mpa}$ 。また、鉄筋にはSD345材を用い、その平均降伏強度は軸方向鉄筋(D19)で388Mpa、帯鉄筋(D10)で403Mpaであった。

2.2 実験方法

実験装置の概要図を図2.2に示す。実験は上部工死荷重を考慮した鉛直荷重120kNを軸力として一定に保持した状態で、水平方向ジャッキにより交番載荷を行うことで実施した。繰り返し載荷回数は、各変位振幅毎に3回とした。載荷終了は、復元力が降伏耐力以下に低下するまでとした。

2.3 補強に用いた繊維材料

本検討で使用したCF Ropeの素材はアラミド繊維である。

CF Ropeはこの繊維束を組紐状に加工したもので、断面積は 11.53mm^2 。引張強度は 1810N/mm^2 。弾性係数は 66717N/mm^2 である。

2.4 検討ケース

実験に用いた供試体は、CASE-1が無補強供試体。CF Ropeを柱基部より1.60mの高さまで25mmの間隔で巻き付けたCASE-2およびCASE-3の計3体である。

CASE-2供試体は、CF Rope巻き付け範囲を全面エポキシ樹脂で含浸し定着したもので、CASE-3供試体は上下端部のみを、エポキシ樹脂で含浸し定着したものである。(図2.3)

表2.1 検討ケース

検討ケース		樹脂含浸	補強量
CASE-1	無補強	-	
CASE-2	CF Rope	あり	$\phi 11.53(\text{mm}^2)$
CASE-3	補強	なし	ctc25(mm)

キーワード ロープ状連続繊維補強材 せん断補強 正負交番載荷実験

連絡先 〒062-0020 札幌市豊平区月寒中央通り 7 丁目 北武コンサルタント(株) 011-851-3181

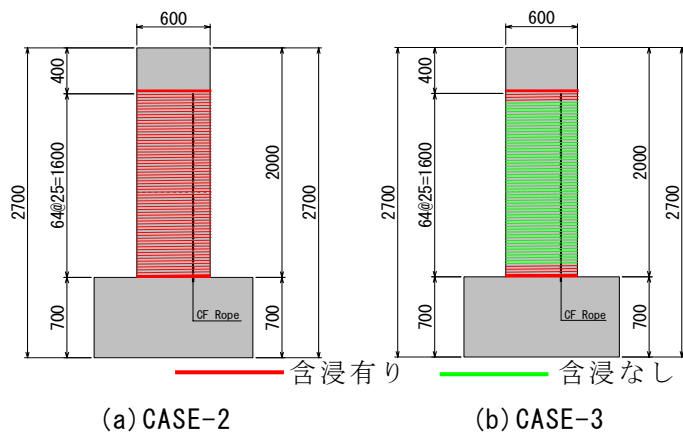


図2.3 供試体補強概要図

3. 実験結果

表3.1に実験結果の一覧を、図3.1に各供試体の荷重1ループ目における荷重変位関係の包絡線を示す。

表中の δ_y, P_y は降伏時の荷重点変位と荷重荷重を示す。 $\delta_{P_{max}}, P_{max}$ は荷重荷重の最大値を示す。 δ_u は終局変位を示す。なお、終局変位は荷重荷重が降伏荷重 P_y を下回った時点と定義した。

表より、補強を施したCASE-2, CASE-3供試体の最大荷重時の変位 $\delta_{P_{max}}$ は、無補強のCASE-1供試体の1.5倍程度となっている。

終局変位 δ_u は、CASE-2, CASE-3供試体はCASE-1供試体の1.4倍程度、降伏変位 δ_y は、CASE-2, CASE-3供試体は、CASE-1供試体の1.2倍程度となり、終局変位、降伏変位ともに補強供試体が大きくなる結果となった。また、終局変位の増加が降伏変位の増加に比べて大きいため、塑性率 δ_u / δ_y も向上する結果となり、補強効果が認められ樹脂含浸の有無による顕著な差は認められなかった。

写真1～3に、CASE-1～CASE-3の実験終了時の破壊性状を示す(側面写真)。写真1では曲げからせん断破壊による大きな斜め方向のかぶりコンクリートの剥落が発生しているが、補強供試体である写真2と写真3では、その進展が抑制された。

図3.2に各供試体の最大荷重時の主鉄筋ひずみの高さ方向分布図を示す。最大ひずみは段落し位置で発生し、無補強のCASE-1では約25000 μ 、補強供試体である、CASE-2およびCASE-3供試体は約42000 μ 、52000 μ となっており、1.7倍、2.1倍程度となった。これは、補強供試体の最大荷重時の変位が増加したためと考えられる。

表3.1 実験結果一覧

検討ケース	変位(mm)			荷重(kN)		塑性率
	δ_y	$\delta_{P_{max}}$	δ_u	P_y	P_{max}	
① CASE-1	11	32	63	128	175	5.73
② CASE-2	13	49	90	131	179	6.92
③ CASE-3	13	50	90	131	175	6.92
比較 ②/①	1.18	1.53	1.43	1.02	1.02	1.21
③/①	1.18	1.56	1.43	1.02	1.00	1.21
③/②	1.00	1.02	1.00	1.00	0.98	1.00

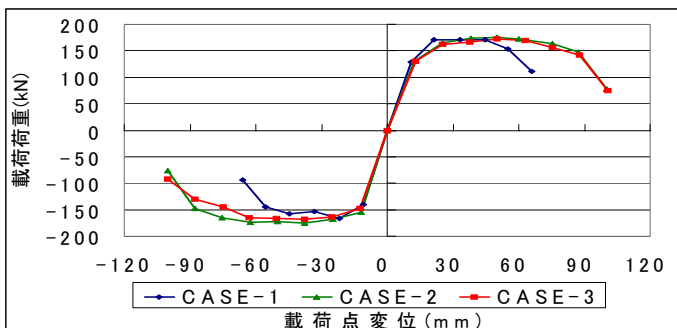


図3.1 荷重-変位包絡線



写真1

写真2

写真3

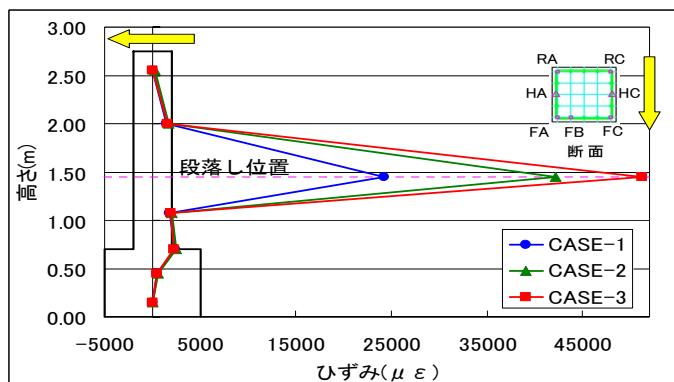


図3.2 主鉄筋ひずみ分布 (Pmax時-RA鉄筋)

4. まとめ

既設RC橋脚に対してロープ状連続繊維補強材 (CF Rope) を巻き立てることで、かぶりコンクリートの剥落を防止し、変形性能が向上した。

破壊形態についてもCF Ropeを巻き立てることで、せん断ひび割れの進展を抑制し、曲げ破壊型の破壊形態となった。

補強供試体であるCASE-2およびCASE-3の供試体については、大きな差異は見られず、AFRPシートのように樹脂で全面含浸しない場合にも、補強効果が得られる可能性が示唆された。