

アラミドロープを用いた RC 橋脚の段落し部じん性補強に関する検討

Experimental study on ductility strengthening of reinforced concrete pier using aramid fiber rope

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

国土交通省北海道開発局

長岡技術科学大学

○正員

正員

正員

フェロー

三田村 浩

石川 博之

本田 幸一

丸山 久一

1. はじめに

我が国では平成17年度～平成19年度までの3箇年において、「緊急輸送道路の橋梁耐震補強3箇年プログラム」に基づき、既設橋梁の耐震補強工事が実施されている。北海道においても、本年度を最終年として緊急輸送道路の橋梁耐震補強工事が完了する予定であるが、3箇年プログラム以外の橋梁においても引き続き耐震補強工事を実施することが求められている。そして、今後多数の橋梁の耐震補強工事を行うには、既往の耐震補強工法だけでなく、北海道という積雪寒冷地域に適応した新たな補強工法の提案が必要である。

このような背景を踏まえて、著者らは最近研究が進められている¹⁾²⁾アラミドロープ巻付け補強に着目した³⁾。アラミドロープ巻付け補強は、アラミドの連続繊維で構成されたロープを既設部材に巻付け、ロープの拘束効果によりコンクリートの剥離を防止することで耐震補強を図る方法である。本検討では、段落しを有する既設 RC 橋脚に対してアラミドロープを用いた場合の、より合理的なじん性補強手法の確立を目的として、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 試験体

試験体は、既設橋梁で一般的に見られる軸方向鉄筋の段落しを有する RC 橋脚を想定し、実橋脚の1/4程度の規模とした。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に試験体の形状・配筋概要図を示す。

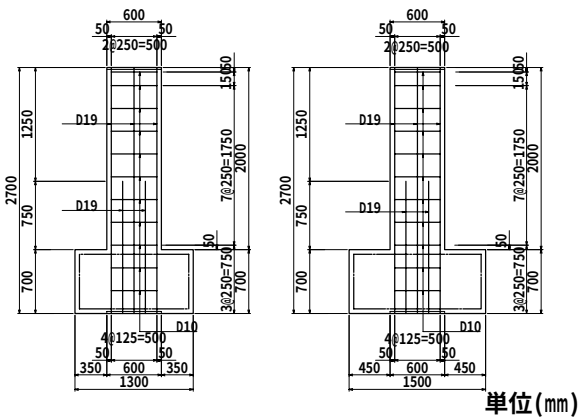


図 2.1 試験体概要図

2.2 実験ケース

実験は、表2.1に示すように、アラミドロープ補強の効果を確認するため、ケース1を補強無しの基本試験体とし、ケース2～4をアラミドロープ補強で実施した。また、アラミドシート補強と対比するために、ケース5としてアラミドシート巻立て補強を実施した。実験ケースを表2.1および図2.2に示す。

表 2.1 実験ケース

実験ケース	補強方法	補助工法
1	補強無し	—
2	アラミドロープ巻付け	全体を樹脂含浸
3	アラミドロープ巻付け	端部のみ樹脂含浸
4	アラミドロープ巻付け	コーナー部に等辺山形鋼
5	アラミドシート巻立て	—

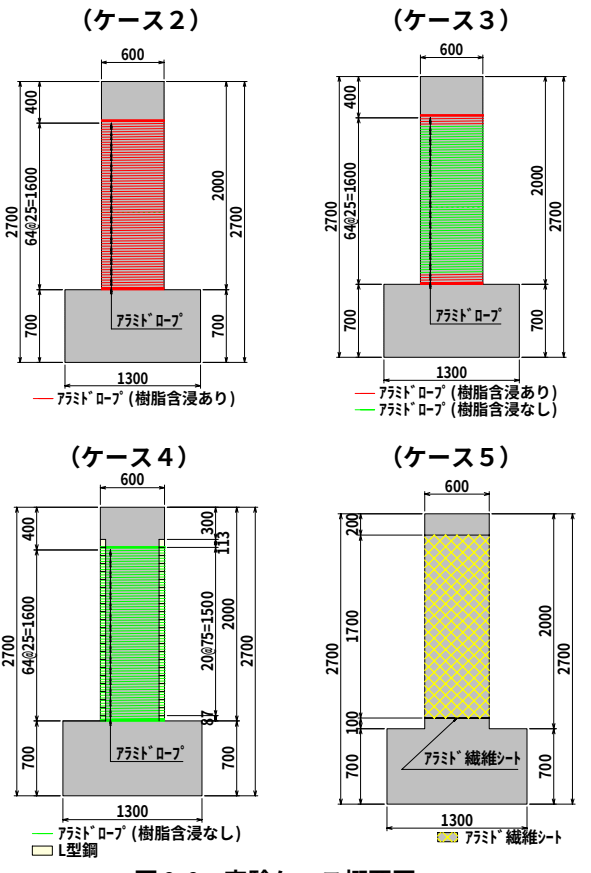


図 2.2 実験ケース概要図

2.3 実験方法

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。

3.実験結果の概要

実験結果一覧を表 3.1 に示す。荷重に着目すると、降伏・最大ともケース 2, 3 は無補強からの増加は無く、ケース 4 で 1 割、ケース 5 で 2~3 割増加している。アラミドロープ巻付けのみの補強では、部材耐力は増加しない結果となった。また、コーナー部に鋼材を設置した場合やアラミドシート補強は、部材耐力を増加させた。これに対し、じん性率では、ケース 2,3 で 2 割、ケース 4 で 4 割ほど無補強から増加しており、アラミドロープ巻付け補強により変形性能が向上し、鋼材を設置するとさらに向上することが確認された。また、ケース 5 は減少する結果となった。

表 3.1 実験結果一覧

実験 ケース	変位(mm)		荷重(kN)		じん性率
	降伏 δ_{py}	終局 δ_u	降伏 P_y	最大 P_{max}	
1	11	63	128	175	5.7
2	13 (1.2)	90 (1.4)	131 (1.0)	179 (1.0)	6.9 (1.2)
3	13 (1.2)	90 (1.4)	131 (1.0)	175 (1.0)	6.9 (1.2)
4	14 (1.3)	110 (1.7)	142 (1.1)	192 (1.1)	8.0 (1.4)
5	15 (1.4)	70 (1.1)	157 (1.2)	221 (1.3)	4.7 (0.8)

※ () 内は実験ケース1 (無補強) に対する比率

4.補強効果の評価

アラミドロープ巻付け補強の変形性能の向上量をせん断耐力の増加量に置き換えて算出する。補強無しのケース1の試験体の設計せん断耐力を以下の式⁴⁾により算出する。

$$V_{yd1} = V_{cd} + V_{sd} \quad (1)$$

ここに、 V_{yd1} : 補強無し試験体の設計せん断耐力(kN)

V_{cd} : せん断補強鋼材を用いない部材の設計せん断耐力(kN)

V_{sd} : せん断補強鋼材により受け持たれる設計せん断耐力(kN)

また、以下の2つの変形性能算定式^{5),6)}を使用して、実験で発現したじん性率に相当する仮想のせん断耐力を求める。

$$\mu = 2.2 + 3.2 \times (V_{yd2} \times L_a / M_{ud}) \quad (2)$$

$$\mu = -1.6 + 5.6 V_{yd2} \times L_a / M_{ud} + (11.4 \rho_s - 1.4) \times \rho_s \quad (3)$$

$$V_{yd2} = V_{cd} + V_{sd} + V_{ad} \quad (4)$$

ここに、 μ : じん性率 ($= \delta_u / \delta_y$)

L_a : せん断スパン(m)

M_{ud} : 設計曲げ耐力(kN・m)

ρ_s : せん断補強鉄筋比

V_{yd2} : じん性率に相当する仮想のせん断耐力

の総和(kN)

V_{ad} : じん性率に相当する仮想のせん断耐力の内、アラミドロープ補強による

増加分の仮想せん断耐力(kN)

式(2)はアラミド繊維シート補強におけるじん性率の算定式、式(3)はせん断補強鉄筋によるじん性率の算定式である。すなわち、一連の計算は、実験結果で発現したアラミドロープ補強の変形性能をアラミド繊維シート補強あるいはせん断補強鉄筋で換算した場合のせん断耐力を求めるものである。

式(1)~(4)により、ケース2およびケース3のアラミドロープ補強による増加分の仮想せん断耐力を算出すると、表4.1のとおりとなる。アラミドロープ補強によるじん性率の向上効果は、せん断耐力の増加に置き換えると、試験体に配置された帯鉄筋の40~50%分に相当するものであった。

表4.1 ケース2,3のじん性率に相当する
仮想のせん断耐力の計算表

算 出 式		単位	ケース2,3	
			式(2)	式(3)
実 験 値	δ_y	mm	13	
	δ_u	mm	90	
	μ	—	6.92	
V_{yd1}		kN	214.97	
V_{cd}		kN	114.98	
V_{sd}		kN	99.99	
L_a		mm	1.555	
M_{ud}		kN・m	272.125	
ρ_s		%	—	0.0095
V_{yd2}		kN	258.13	267.19
V_{ad}		kN	43.16	52.22

参考文献

- 1) 田坂雄治、Nguyen Hung, P、下村 匠、関島謙蔵：ロープ状連続繊維補強材によるコンクリート部材のせん断補強、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.60,pp.CS16-010、2005
- 2) Nguyen Hung, P.Takumi, S.Kenzo, S and Kyuichi, M：Experimental study on shear behavior of concrete beams reinforced with continuous fiber rope、コンクリート工学年次論文集、Vol.27,NO.2,,pp.1441-1446,2005.
- 3) 笠井尚樹、渡辺忠朋、三田村浩、石川博之、丸山久一：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、土木学会年次学術講演会講演概要集、Vol.61,pp.963-964、2006.9
- 4) 土木学会：コンクリート標準示方書（構造性能照査編）、2002.3
- 5) 財団法人鉄道総合技術研究所：アラミド繊維シートによる鉄道高架橋柱の耐震補強工法設計・施工指針、1996.11
- 6) 財団法人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、1992.10