

I - 38

新素材で補強した大型RC橋脚模型の耐震性向上に関する実験と考察

ショーボンド建設(株) 正員 温泉 重治  
 (財)北海道開発技術センター 正員 吉田 紘一  
 北海道開発局開発土木研究所 正員 佐藤 昌志  
 北海道大学 フェロー 角田興史雄

1. はじめに

RC橋脚耐震補強にアラミドおよびカーボン繊維等の新素材で設計施工される機会が近年増大する傾向にある。しかし、各種示方書(指針)による設計方法を見ると、アラミドおよびカーボン繊維の補強量が增大すると、積層数に制限はあるものの経済性はともかくとして橋脚の耐震安全性は向上する方向になる。著者らはこの点に着目し、補強量には適性な限界が存在して、必ずしも補強しすぎが安全性向上につながらないと考えた。そこで新素材としてアラミド繊維を選定し、せん断およびじん性向上を目的として補強量を3種類ほど変えてRC橋脚模型による水平交番載荷実験を行ったので報告するものである。

2. 実験方法

実験装置の概要を図-1に示す。水平荷重は圧縮、引張り両用の油圧ジャッキを用いて上部工の死荷重を模擬した20tfの鉛塊の高さが方向中心部に水平に加力している。なお、フーチングは8本のPC鋼棒を用いて反力ベットに固定している。

実験では水平荷重を交番載荷しているが、初めにジャッキによる引張力を働かせたものを正載荷とし、圧縮力を負載荷とした。また、橋脚基部の軸力方向鉄筋が降伏するまでは以下のように載荷を行った。最初の正載荷において引張り鉄筋のひずみが $500\mu$ になるまで載荷し、次に負載荷において反対側の鉄筋が $500\mu$ になるまで載荷する。以後、この繰り返しを鉄筋ひずみが $1000\mu$ 、 $1300\mu$ の各レベルに対して行う。相対する鉄筋ひずみが $1700\mu$ になった時点で鉄筋が降伏したものと見なし、正・負載荷(各5回)を平均して橋脚基部の降伏荷重( $P_y$ )、降伏変位( $\delta_y$ )を決定した。このような載荷方法は正・負載荷におけ変形状態をできるだけ同程度にするよう配慮したためである。その後、 $2\delta_y$ 、 $3\delta_y$ ・・・の各変位段階に対して正負5回の番載荷を行った。なお、載荷は荷重が $y$ を下回る程度に減少するまで行った。

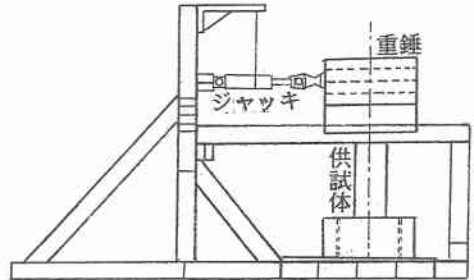


図-1 実験装置概要

Experiment and Discussion on Aseismic Improvement of Largescale RC Pier Model Strengthened with New Materials. by Sigeji ONSEN, Kouichi YOSHIDA, Masasi SATO, Yoshio KAKUTA

### 3. 実験供試体

基準供試体として昭和55年以前の道路橋示方書によって作られたRC橋脚を想定して配筋を行い、アラミド繊維（一層当たり60t用）を図-2に示すように実物の1/3～1/5の模型を作成した。これに補強として図-3に示すように供試体No.2は帯状に等間隔で半数巻き、No.3は一層全巻き、No.4は3層に全巻きである。

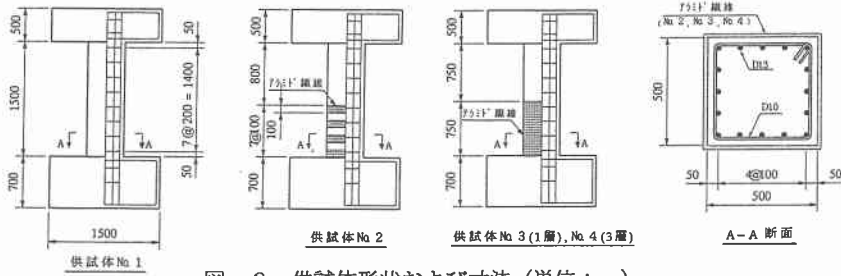


図-2 供試体形状および寸法（単位：mm）

### 4. 実験結果

#### (1) No.1 供試体（基準供試体）

部材降伏後  $4\delta y$  まではバイリニヤ型の増大であったが、 $5\delta y$  になると基部コンクリートの損傷が4供試体中1番大きくなり、また鉄筋も切断し始め  $6\delta y$  では鉄筋の2/5が切断して終局となった。

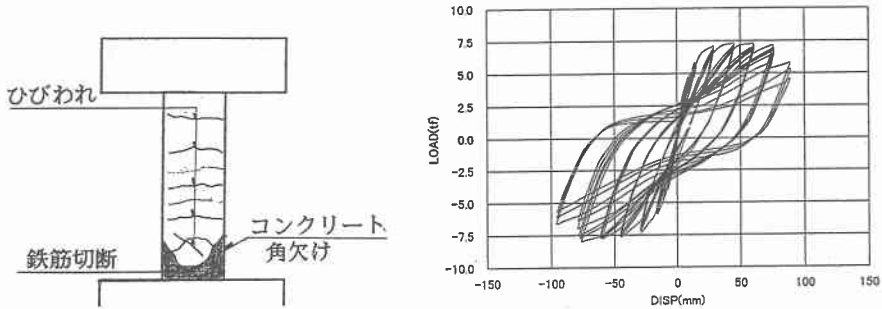


図-3

#### (2) No.2 供試体（アラミド半層巻き）

No.1 供試体よりじん性率が1向上した。途中経過は  $5\delta y$  までは安定したバイリニヤ型の増大であるが、 $6\delta y$  になるとNo.1 供試体より基部コンクリートの損傷が小さいけれども鉄筋が切断し始め、 $7\delta y$  では鉄筋の2/5が切断し終局となった。

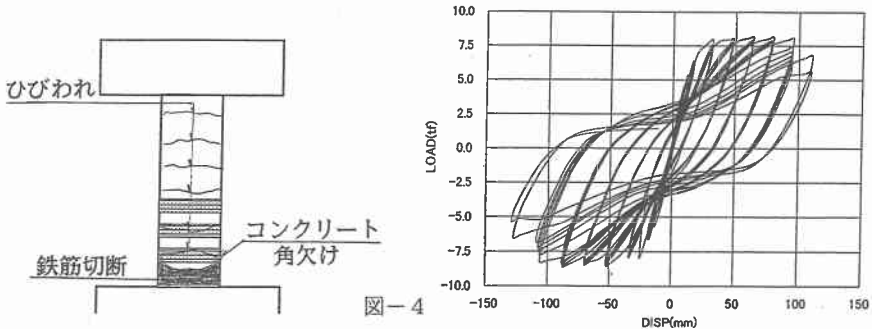


図-4

(3) No.3 供試体 (アラミド1層巻き)

No.2 供試体よりさらにじん性率が1向上した。途中経過は6  $\delta y$  まで安定したバイリニア型の増大であるが、7  $\delta y$  になるとNo.2 供試体よりさらに基部コンクリートの損傷は小さいけれども鉄筋が切断し始め、8  $\delta y$  では鉄筋の2/5が切断し終局となった。

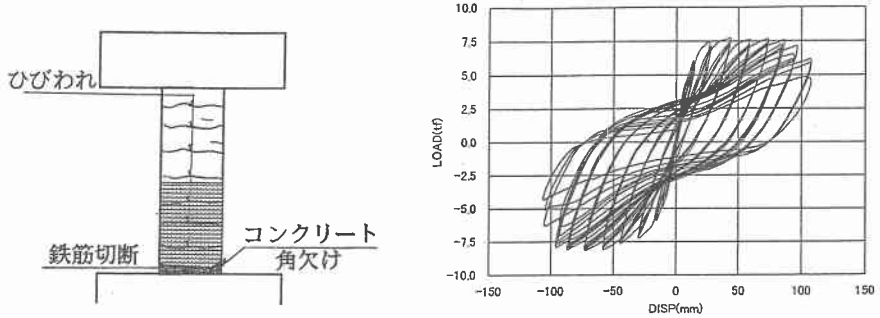


図-5

(4) No.4 供試体 (アラミド3層巻き)

じん性率および耐力もほぼ同じであるNo.2 供試体と比較すると、拘束度が強い分だけ降伏変位も終局変位も小さい。また、基部コンクリートの損傷もNo.4の方が高さ方向で半分程度しかない。しかし、鉄筋が切断し始めたのはどちらも同じである。

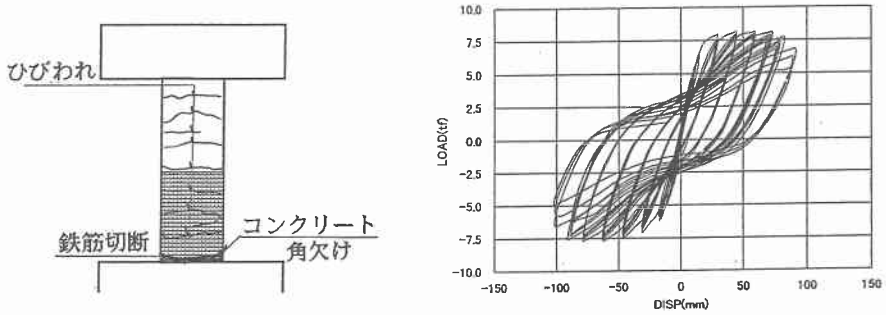


図-6

表-1 試験結果総括表

供試体番号	降伏値 最大値	耐力 (tf)	変位 (cm)	減衰常数	等価剛性 (tf/m)	じん性率	エネルギー 吸収容量 (kJ)	エネルギー 吸収容量比
No.1	降伏	5.8	1.5	1 $\delta y$ 0.07	1 $\delta y$ 386	6	102	1.00
	最大	7.4	9.0	6 $\delta y$ 0.23	6 $\delta y$ 64			
No.2	降伏	6.9	1.6	1 $\delta y$ 0.07	1 $\delta y$ 431	7	155	1.51
	最大	8.0	11.1	7 $\delta y$ 0.21	7 $\delta y$ 64			
No.3	降伏	6.3	1.4	1 $\delta y$ 0.07	1 $\delta y$ 450	8	194	1.90
	最大	7.6	10.8	8 $\delta y$ 0.22	8 $\delta y$ 57			
No.4	降伏	5.6	1.5	1 $\delta y$ 0.06	1 $\delta y$ 440	7	142	1.39
	最大	8.1	9.3	7 $\delta y$ 0.21	7 $\delta y$ 64			

注1：エネルギー吸収容量は荷重変位履歴曲線内のループの面積を各載荷重ごとに累加し、総合計をジュール単位のエネルギーに換算した。

注2：エネルギー吸収容量比は、基準供試体のエネルギー吸収容量を1としたときの各供試体を比較した。

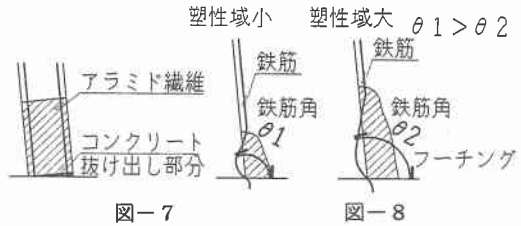
5. 考察およびまとめ

(1) いずれの供試体も保有せん断力が、作用せん断力よりも著しく高いことから基部コンクリートの損傷の大きさに関わらず、正負の繰り返し荷重で主引張鉄筋が切断した。このときアラミド繊維が切断したものはない。

(2) アラミド繊維補強量を増大させたものほど基部コンクリートの損傷は小さい。

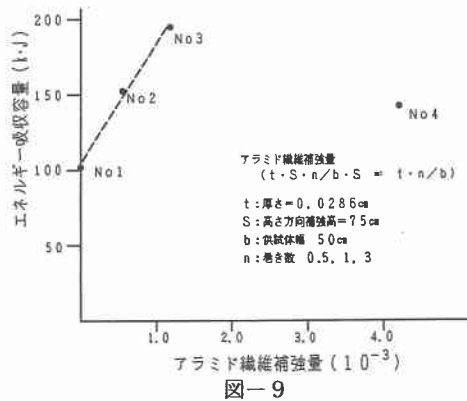
(3) アラミド繊維補強量を増大させると、基部の付近の拘束度が増大し、このため最大耐力は幾分増大するが、梁実験(参考文献1)のような顕著な効果はない。この原因は、梁実験の場合、単調荷重のため圧縮域が常に同じ方向になり、アラミド繊維が鉄筋の座屈とコンクリートの抜け出しを防止している限り、大きなじん性を得ることができる。しかし、柱の場合は正負繰り返し荷重のため、コンクリートは引張と圧縮の交互繰り返しになることからボロボロになる。このとき基部コンクリートの最下端では、アラミド繊維がコンクリートの大きな抜け出し防止しているけれども、クラッシュ状態になったコンクリートは引張域側で図-7に示すように少しずつ抜け出す。

この抜け出しはアラミド繊維の拘束度が強いほど小さく、したがって塑性域は小さい。このとき、ある限度までは拘束度を強めると耐力、じん性とも向上するが、塑性域が小さくなり過ぎると大変形時に鉄筋の最下端位置で図-8に示すように曲り角が大きくなり、繰り返し正負荷重で切断しやすくなる。



(4) 表-1に示すようにNo.2～No.4の補強した供試体を考察すると、じん性率ではNo.3に対しNo.2、No.4の補強は1しか増大していないが、エネルギー吸収容量で見ると、No.2より25%、No.4に対し35%向上している。

(5) この実験の範囲では、図-9に示すようにアラミド繊維の補強量がNo.3の $1.14 \times 10^{-3}$ のところまではほぼ直線的にエネルギー吸収容量は増大している。しかし、No.4で小さくなっていることから、No.3とNo.4の間で適性な最大補強効果が得られる補強量が存在していると考えられる。したがってNo.3の1層巻きとNo.4の3層巻きの中間である2層巻きを近日中に実験を行い、よりよい補強量を定めるための参考資料としたいと考えている。



(6) 補強した供試体はいずれも等価剛性、および減衰常数はあまり変わらない。

参考文献：平成9年度土木学会北海道支部論文報告

近藤他：アラミド繊維で補強したRC梁の曲げ拘束度に関する実験とその考察