

I-26

壁式橋脚におけるアラミド全巻き補強時の貫通鉄筋効果に関する実験

北海道開発局	札幌開発建設部	竹田 俊明
北海道開発局	札幌道路事務所	正 員 佐藤 昌志
北海道開発局	開発土木研究所	正 員 池田 憲二
樹長 大		○正 員 長谷川 正

1. はじめに

近年, 各種研究機関等においてRC橋脚の耐震性能を評価する水平交番載荷実験を行われてきている。RC橋脚の荷重変位特性を検討する方法として, 一般には, 上部工重量を考慮するために重錘やジャッキ等で鉛直方向荷重を載荷した状態での水平交番実験等が行われており, これらの方法では橋脚を1自由度1質点系として捉えている。

しかしながら, 実橋梁においては大変形時に桁剛性の影響により, 橋脚天端の回転拘束及び水平変位拘束が予想される。そこで著者らは, 桁による拘束の影響を考慮し, かつスケール効果の影響を極力排除する必要があると考え, これまでに, RC橋脚の耐震性能することを目的として実規模二径間連続桁模型を製作し, 実構造物に極力近い条件下での水平交番載荷実験を行うことで, RC橋脚の荷重-変位特性に関する検討を行ってきた。

これまでの実験において, 段落しを有するRC橋脚の載荷実験では, 主鉄筋段落し部で曲げからせん断に移行する脆性的な破壊形態を示す傾向が見られた。

そこで本実験では, 近年耐震補強に適用例の増えているアラミド繊維シート巻立て工法に着目し, 補強橋脚に対する正負交番載荷実験を行った。なお, 既往の実験では正方形断面を有するRC橋脚に対する載荷実験が多数を占めているため, 河川橋等で多く見られる長方形断面を有する供試体を使用している。

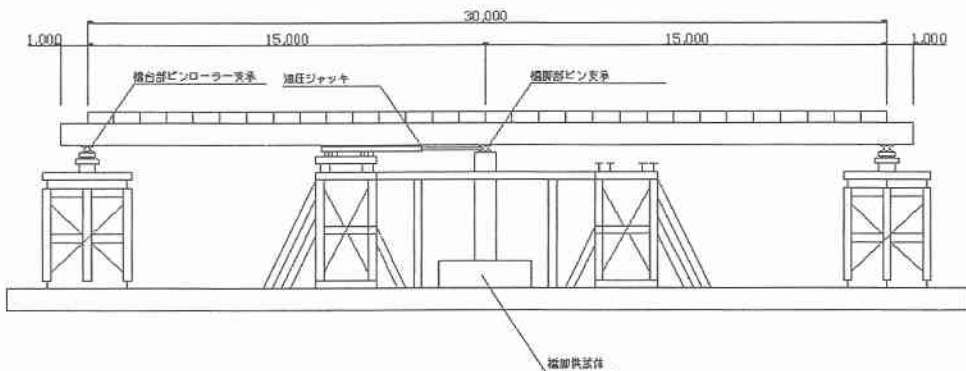


図-1 実験装置概要図

Load-Displacement Performance of RC Pier Model Strengthening Using AFRP Sheet with Prototype Two-span Continuous Girder.

by Toshiaki TAKEDA, Masashi SATO, Kenji IKEDA, Tadashi HASEGAWA

2. 実験概要

図－1に実験装置の概要図を示す。本実験装置は、支間長 15m+15m、幅員 3.0m、上部工総重量 1058kN のH形鋼製二径間連続桁と、この桁を支える2基の橋台、支承部、橋脚供試体からなる。中間支点部に設置した橋脚供試体上の支承条件は、桁の影響を考慮するために鉛直方向の変位を拘束するピン支承とした。また、桁端部は、桁の水平移動を妨げないようにピンローラー支承とした。

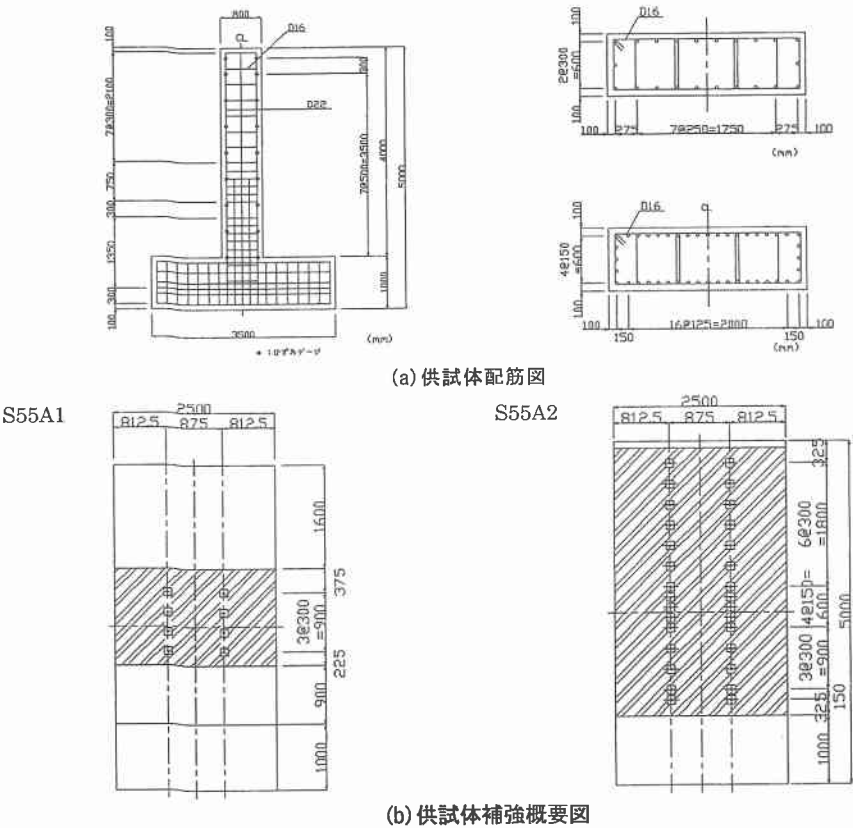
実験は、支間 30m の実規模二径間連続桁の中間橋脚として供試体を設置し、連続桁を支持する供試体の天端にピン支承を設置し、ピン部に油圧ジャッキ式繰返し載荷装置を取付けて行った。

従って、水平方向載荷位置は橋脚天端より上方へ 15cm の箇所である。このとき橋脚供試体には、上部工死荷重 661.5kN が軸力として作用している。水平方向荷重はロードセルで計測し、水平変位はワイヤー式変位計を高さ方向に 50cm ピッチで設置して計測を行った。

水平交番載荷は、壁中央付近に配置された主鉄筋 g 降伏歪に達した時点の変位を降伏変位 δ_y 、そのときの荷重を降伏荷重 P_y として、 $2\delta_y$ 、 $3\delta_y$ ・・・と変位振幅を漸増させて正負方向に繰返し載荷する方法とした。繰返し回数は各変位振幅において5回とし、正負いずれかの載荷荷重が P_y を下回った段階を終局と定義した。

3. 実験供試体

供試体概要図を図－2に、供試体諸元を表－1に示す。供試体は、昭和55年道路橋示方書に基づい



図－2 供試体概要図

表－１ 供試体一覧表

供試体	主鉄筋	帯鉄筋	補強量		
S55N	D22	D16 ctc300,600	—		
S55A1	D22	D16 ctc300,600	アラミッドシート 40tf・2 枚 (段落し部)	貫通鉄筋 ϕ 23	ctc300
S55A2	D22	D16 ctc300,600	アラミッドシート 40tf・2 枚 (全面)	貫通鉄筋 ϕ 23	ctc150

て設計を行った S55N 供試体を基準供試体、主鉄筋段落し部周辺をじん性補強した S55A1 供試体、橋脚全面をじん性補強した S55A2 供試体の 3 体を用いた。供試体の底板厚と壁高はともに共通で 100cm、400cm とし、断面形状は壁幅 250cm、壁厚 80cm の長方形断面とした。

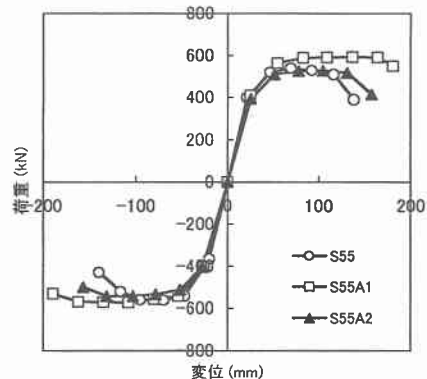
鉄筋は SD345、コンクリートは設計基準強度 21.0MPa のものを使用した。また、じん性補強用 AFRP シートは、目付量 415g/m²、厚さ 0.286mm、弾性係数 126.5GPa、引張強度 2.48GPa、降伏歪 1.96% のものを用いた。

4. 実験結果及び考察

4. 1 荷重－変位特性

図－3 に各供試体の載荷 1 ループ目における荷重－変位関係の包絡線を示す。

図より無補強の S55N 供試体では最大荷重を示した後荷重がゆるやかに減少するが、補強を行った各供試体の荷重－変位関係は、 $2\delta_y$ 以降安定して荷重を維持する完全弾塑性型に近似できることがわかる。また、最大荷重は、無補強の S55N 供試体に対して、S55A1、S55A2 の各供試体ともにほとんど向上していないものの、終局変位は S55A1 で 46%、S55A2 で 21%、程度向上していることがわかる。



図－3 荷重－変位包絡線

なお、S55A2 供試体では、貫通鉄筋ピッチが小さいことから、損傷が 1 点に集中し、主鉄筋が破断したため S55A1 供試体と比較して終局変位が小さめの値を示しているものと考えられる。

4. 2 供試体破壊性状

図－4 に各供試体の実験終了後の破壊性状を示す。

S55N 供試体は、段落し部近傍において天端まで伸びている主鉄筋のほぼ全てが座屈し、数本が破断していた。かぶりコンクリートは、段落し位置から下方に広範囲に剥落している。段落し部のひびわれが水平方向から斜め下方 45° の方向へ移行しているのがわかる。基部近傍では曲げからせん断に移行する形態のひび割れが数本認められた。なお、基部近傍のひび割れはいずれも $1\delta_y$ で発生し、それ以降はほとんど進展が見られなかった。

S55A1 供試体は、段落し部においてコンクリートのはらみだしによってアラミッド繊維シートの破断が認められ、この位置で主鉄筋の座屈が見られる。側面のひび割れは、段落し部近傍の補強区間においては水平方向の曲げひび割れのみであり、せん断に移行する形態のひび割れは認められない。また、基部付近では S55N 供試体と同様に曲げからせん断に移行する形態のひび割れが認められた。

S55A2 供試体は、S55A1 供試体と同様に損傷が段落し部に集中しており、段落し部においてアラミド繊維シートの破断が認められた。しかしながら、ひび割れ形態は橋脚の全高にわたって水平方向の曲げひび割れのみが生じており、曲げからせん断に移行する形態のひび割れは認められなかった。また、S55A2 供試体では、段落し部において数本の主鉄筋の破断が認められた。

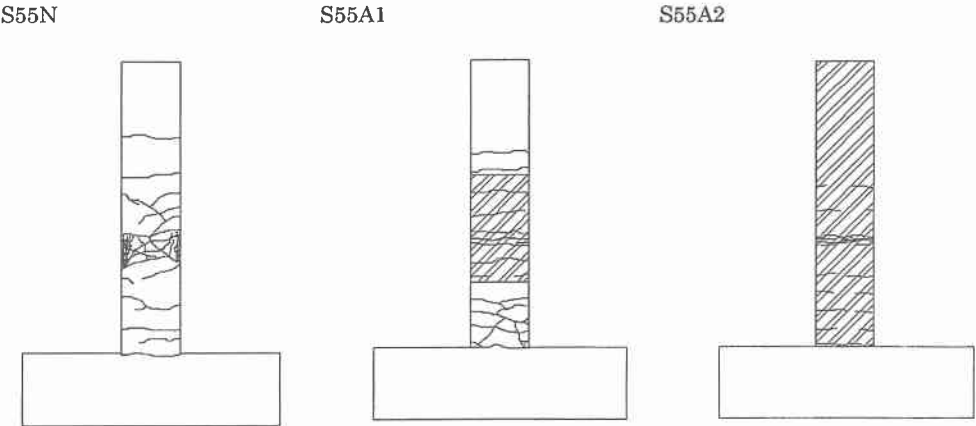


図-4 供試体破壊性状

4. 3 アラミド繊維シート及び貫通鉄筋ひずみ

図-5 に S55A1 供試体及び S55A2 供試体における貫通鉄筋ひずみの高さ方向の分布について示す。S55A1 供試体では、段落し部直下の貫通鉄筋ひずみが最大値を示しており、他の3段については微小なひずみとなっている。

S55A2 供試体では、段落し部直上の貫通鉄筋ひずみが最大値を示している。また、 $h = 0.4\text{m}$ 付近及び段落し部直下についても比較的大きなひずみを示しており、アラミド繊維シートに浮きが見られた部分と対応している。

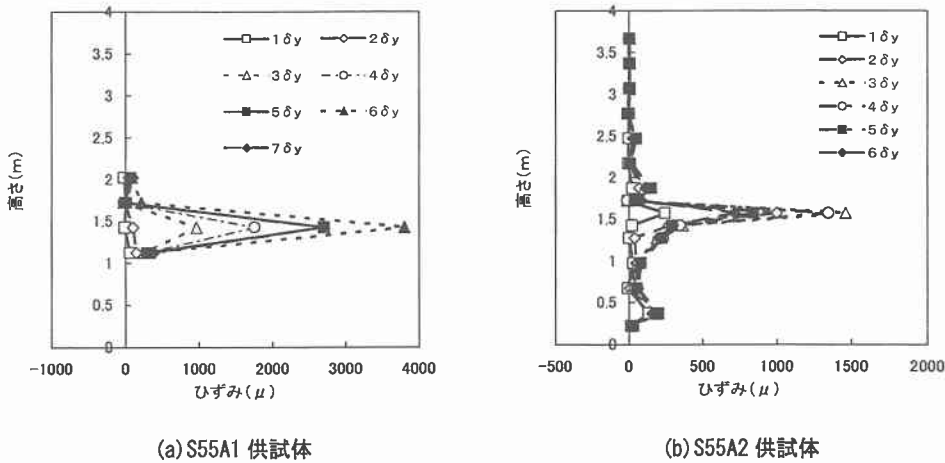
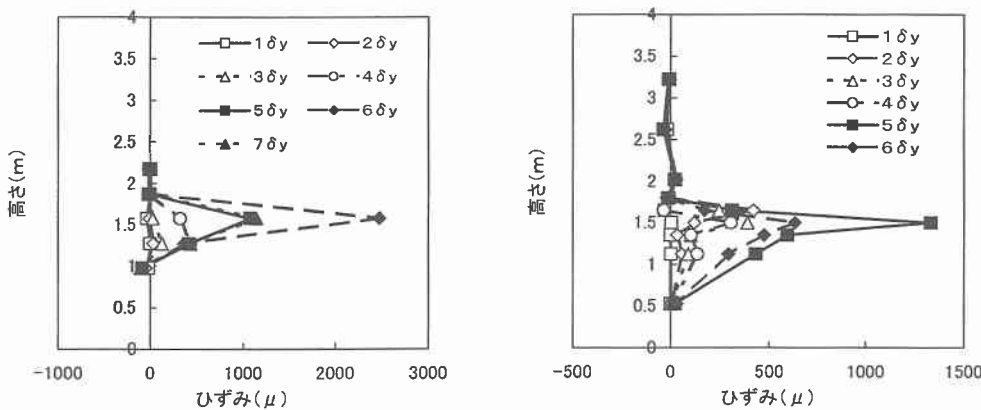


図-5 貫通鉄筋ひずみ高さ方向分布

また、図-6 にアラミド繊維シートひずみの高さ方向の分布を示す。

S55A1 供試体では、貫通鉄筋ひずみと同様に段落し部で最大値を示しており、その他の断面では微小なひずみ量となっていることから、段落し部の貫通鉄筋に挟まれた区間で集中してアラミド繊維シートのはらみだしが生じていると考えられる。

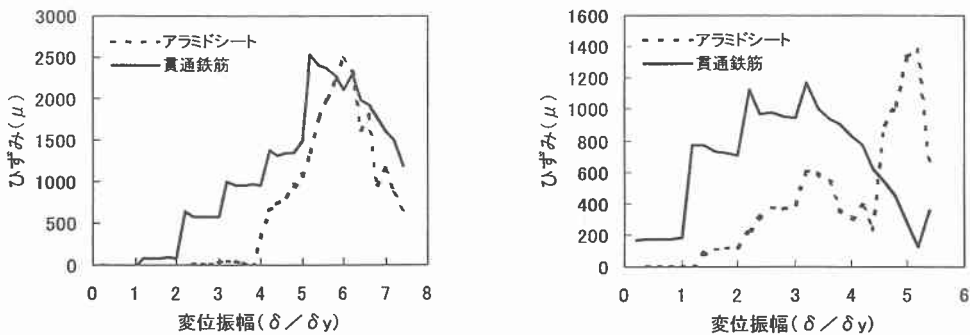
S55A2 供試体では、段落し部で最大値を示すが、段落しより下側に 0.5m 程度の範囲で比較的大きな値を示しており、本供試体では貫通鉄筋のピッチが小さいため、貫通鉄筋を跨ぐような範囲でアラミド繊維シートのはらみだしが生じていると考えられる。



(a) S55A1 供試体 (b) S55A2 供試体
図-6 アラミド繊維シートひずみ高さ方向分布

また、図-7に各変位振幅における、段落し部での貫通鉄筋ひずみとアラミド繊維シートひずみの関係について示す。

S55A1 供試体では、変位振幅の増加に対して貫通鉄筋ひずみが先行する形態を示しており、貫通鉄筋による拘束効果が大きいことがわかる。また、4δy以降貫通鉄筋が降伏するとともにアラミド繊維シートのはらみだしが急激に大きくなり、6δy時にアラミド繊維シートが破断すると同時に終局状態となった。



(a) S55A1 供試体 (b) S55A2 供試体
図-7 各変位振幅におけるアラミドシート、貫通鉄筋ひずみ

S55A2 供試体では、載荷初期から貫通鉄筋ひずみが卓越する傾向を見せる。また、終局時に至るまで貫通鉄筋は弾性範囲内にあった。アラミド繊維シートのひずみは $5\delta y$ 以降急激に増加するが、繊維自体の破断には至らず、繊維の目に沿ってひび割れが進行することにより主鉄筋が破断し、終局に至ったため、S55A1 供試体と比較してアラミド繊維シート、貫通鉄筋ともにひずみは小さめの値を示している。

以上より、貫通鉄筋ピッチが広い場合にはアラミド繊維シートのはらみだしによりアラミド繊維シートのひずみが大きくなり、貫通鉄筋ピッチが狭い場合には拘束効果が高まるために主鉄筋のひずみが大きくなる傾向があると考えられる。

5. まとめ

実構造物に極力近い条件下でのアラミド繊維シート及び貫通鉄筋を用いた耐震補強に関する補強効果、破壊特性等についての検討を行った。本実験で得られた結果を整理すると以下のとおりである。

1. アラミド繊維シートを橋脚に横巻きすることで、曲げからせん断に移行する形態のひび割れを抑制できる。
2. アラミド繊維シートにより補強を行った供試体は、変形性能が向上するため、橋脚耐力を増加させること無くエネルギー吸収性能を向上させることが可能である。
3. 変位振幅を増加させた時、アラミド繊維シートひずみより貫通鉄筋ひずみが先行する形態を示しており、貫通鉄筋による拘束効果が大きいことがわかる。
4. 貫通鉄筋ピッチが広い場合にはアラミド繊維シートがはらみだし、アラミド繊維シートの破断により終局状態となり、貫通鉄筋ピッチが狭い場合には拘束効果が高まるために主鉄筋の破断により終局状態となる傾向があると考えられる。

参考文献

- 1) 佐藤，三田村，三上，岸：連続繊維により補強した RC 橋脚の荷重－変位に関する実験，土木学会北海道支部論文報告集 第 55 号(A)，pp.258-263,1998。
- 2) 三田村，吉田，佐藤，岸：実規模二径間連続桁模型を用いた RC 橋脚の荷重－変位特性，コンクリート工学論文報告集 Vol.21, No.3, 1999。
- 3) アラミド補強研究会：アラミド繊維シートによる鉄筋コンクリート橋脚の補強工法 設計・施工要領（案），1998。