

V-371

壁式 RC 橋脚の段落し部 AFRP シート巻き付けによる靱性能向上効果

北海道開発局 正員 三田村 浩

北海道開発局 正員 佐藤 昌志

三井建設(株)フェロー 三上 浩 (社)北海道開発技術センター 正員 吉田 紘一

ショーボンド建設(株) 正員 木下 昌樹

1. はじめに

本研究は、段落しを有する大型壁式 RC 橋脚において、補強後も基部破壊に移行せず、かつ、段落し部の脆性的な破壊を回避させ、靱性能を大きく向上させる補強方法として、アラミド繊維シート (AFRP シート) 補強と貫通鉄筋による横拘束を併用する工法を提案し、その靱性能の改善効果を実験的に検討したものである。

2. 実験の概要

図-1 に試験体の形状寸法を示す。試験体は厚さ 80 cm、幅 250 cm、高さ 400 cm で基部より 150 cm の位置で段落しを行っている実規模 RC 橋脚模型である。実験は無補強の試験体 (以下 P-N) と補強した試験体 (以下 P-A) について行った。図-2 に提案した補強工法による補強の概要を示す。補強範囲は基部から 82.5 cm の位置から 150 cm の区間であり、30 cm 幅のアラミド繊維シートを 2 層巻き付けて補強している。また、壁のはらみ出しを抑制するために貫通鉄筋を配置した。

実験は橋長 30 m の実規模 2 径間連続桁橋の中間橋脚として試験体を設置し、連続桁を支持する試験体の天端にピン支承を設置し、そのピン位置にジャッキを設置し、交番載荷実験を行った。この時、試験体には上部工死荷重 661.5 kN が軸力として作用している。水平交番載荷は、壁中央部の主鉄筋が降伏歪に達した点での変位を降伏変位 δ_y 、その時の荷重を P_y として、 δ_y , $2\delta_y$, $3\delta_y$ … と変位振幅を漸増させて繰り返し載荷する方法とした。繰り返し回数は各変位振幅ごとに 5 回とし、1 回目の正、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. 実験結果

3.1 荷重-変位関係

表-1 に実験結果を示す。段落し部を拘束して補強した P-A の降伏変位は、P-N の降伏変位を 30 % 程度上回り、終局変位も 40 % 程度向上している。なお、段落し部において曲げ補強を行っていないため最大荷重は補強によって 5 % 程度のみの向上となっている。終局時は P-N が $6\delta_y$ 1 回目で P_y を約 10 % 上回る程度だったのに対して、P-A では $8\delta_y$ 1 回目において載荷荷重が低下したため $7\delta_y$ で終局となっている。その時の載荷荷重は P_y の 1.4 倍、最大荷重の 96 % と高い荷重レベルを保持していた。終局塑性率 δ_u / δ_y は P-N で 6.86、P-A で 7.37、と差はない。

図-3 に荷重-変位関係の包絡線を示す。包絡線は各変位振幅の正負 1 回目をを用いている。図より包絡線の領域は P-A で大きく、載荷荷重を安定して大きな変位振幅まで保持できることがわかる。

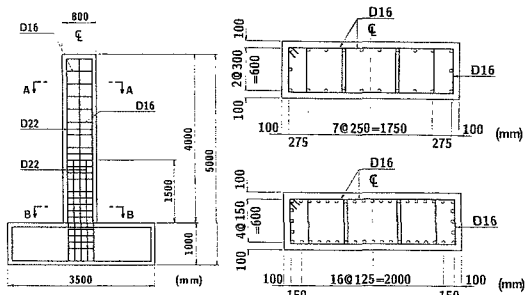
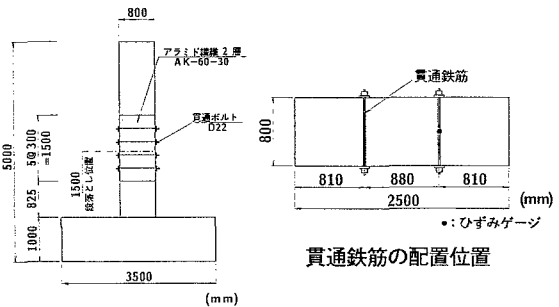


図-1 試験体の形状寸法



貫通鉄筋の配置位置

図-2 補強の概要図

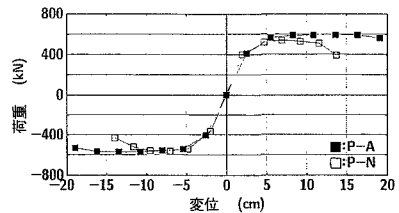


図-3 荷重-変位関係の包絡線

キーワード：壁式 RC 橋脚, AFRP シート巻き付け, 貫通鉄筋, 靱性能
連絡先 〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 Tel 0143-46-5230 Fax 0143-46-5227

3.2 破壊性状

図－4 に各試験体の実験終了後の破壊性状を示す。P-N は段落し部付近で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部から下方に広範囲に剝落している。また、段落し部付近では、壁厚方向の曲げひびわれが中央部付近から斜め 45° 方向に進展しているのがわかる。

P-A では、終局時に段落し近傍でシートの繊維を織っている細糸が水平方向に裂け、その破断部を押し広げるように若干のかぶりコンクリートが突出しており、その位置で鉄筋が座屈している。壁厚方向のひびわれは、段落し部付近の補強区間においては、水平方向の曲げひびわれのみで基部では曲げひびわれと斜めせん断ひびわれが発生している。

以上より、本補強により P-N で生じた段落し部近傍の斜めひびわれの発生や損傷が緩和され、靱性能が大きく向上したことがわかる。

3.3 靱性能

図－5 に等価剛性と変位振幅の関係を示す。等価剛性は各変位振幅の正負 1 回目の荷重－変位関係を用いて算出した。図より、等価剛性は両試験体ともに载荷振幅の増加に伴い指数関数的に減少していくことがわかる。また、当初は P-N が 20 % 程度大きい、変位振幅が大きくなるにつれて差が縮まり、6 δ_y で P-A が大きくなることから、本補強により等価剛性の低下を抑制できることがわかる。

図－6 に吸収エネルギー量と変位振幅の関係を示す。吸収エネルギーは、各変位振幅の正負の平均値とした。P-A では終局の 7 δ_y まで線形に増加しているが、P-N では 5 δ_y までは線形に増加しているものの、6 δ_y でエネルギー吸収量の伸びが小さくなっている。また吸収エネルギーと変位振幅のなす勾配を比較すると、明らかに P-A が大きいことがわかる。終局時での吸収エネルギーは P-A で約 97 kJ、P-N で約 63.7 kJ であり、補強することにより 1.5 倍以上吸収エネルギーが増加していることがわかる。

3.4 シートと貫通鉄筋の歪

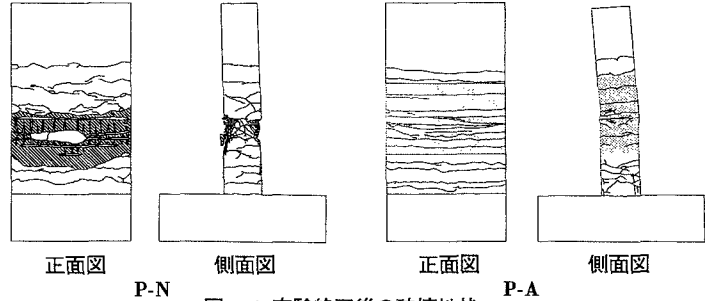
図－7 に段落し位置におけるシートの壁正面中央部と壁側面中央部の周方向歪と、貫通鉄筋中央の歪分布を示す。側面部のシート及び貫通鉄筋の歪分布を比較すると、変位振幅の増加に対して貫通鉄筋歪がシートより若干大きな値を示しており、側面部に比較して断面中央部のはらみ出しが大きく、貫通鉄筋による拘束効果が大きいことがわかる。また、断面中央部のシートの歪分布より、4 δ_y 程度の段階までは壁面を巻き付けることによる拘束効果はほとんど零であること、その後は、はらみ出しとともに拘束効果が出現していることがわかる。

4. まとめ

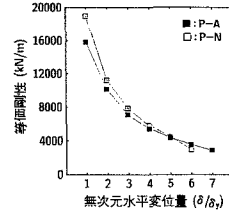
実験の結果、提案する段落し部 AFRP シート巻き付け工法により 1.5 倍程度以上のエネルギー吸収能力の向上が見込め、大きな変位振幅まで安定して載荷重を保持できることが明らかとなった。

表－1 実験結果一覧

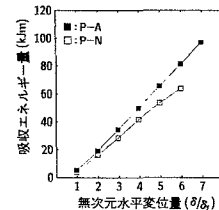
試験体名	変位 (cm)		荷重 (kN)							終局時	終局 靱性率 (δ_u/δ_y)
	δ_y	δ_u	P_y			P_u			P_{max} 最大値		
			正	負	平均	正	負	平均			
P-N	2.02	13.85	398.9	366.6	382.8	390.2	431.5	410.9	563.2	6 δ_y	6.86
P-A	2.58	19.02	410.4	405.1	407.8	560.7	532.7	546.4	592.1	7 δ_y	7.37



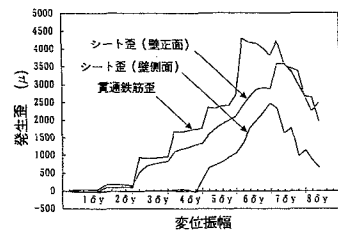
図－4 実験終了後の破壊性状



図－5 等価剛性と変位振幅の関係



図－6 吸収エネルギー量と変位振幅の関係



図－7 シートと貫通鉄筋の歪分布