

シートに緊張力を導入した AFRP シート曲げ補強 RC 梁の静載荷実験

Static loading test of flexural strengthened RC beams with prestressed AFRPs

室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光 (Norimitsu Kishi)
 三井住友建設 (株) フェロー 三上 浩 (Hiroshi Mikami)
 三井住友建設 (株) 正会員 藤田 学 (Manabu Fujita)
 室蘭工業大学 ○ 学生員 澤田 純之 (Sumiyuki Sawada)

1. はじめに

近年、既設鉄筋コンクリート (RC) 構造物の補修・補強工法として連続繊維 (FRP) シートを接着する工法が多く採用されている。FRP シートは軽量で高引張り強度を有しており、施工性に優れかつ高い補強効果が期待できる。しかしながら、RC 部材の引張面に接着して曲げ補強を行う場合、FRP シートの補強効果は主として主鉄筋の降伏後に発揮される。そのため、PC 構造物のように主鉄筋降伏の発

生しにくい構造物を対象とした補強はシート接着のみでは難しいと考えられる。シートの補強効果を初期段階より発揮させる方法としてシートに緊張力を導入して接着する工法が提案されており、諸研究機関において実験検討^{1),2)}が行われ一部で実用化されている。しかしながら、シートを緊張して接着する場合の合理的な補強方法の確立には未だ至っていない。

そこで本研究では、シートに緊張力を導入して接着させる場合 (以後、緊張接着) の合理的な補強法および補強設計法の確立を目的に、シートを緊張接着した RC 梁の静載荷実験を実施した。本論文では、緊張接着する場合の基礎資料の収集を目的とし、断面寸法が2種類の試験体に対して、緊張力を変化させた FRP シート曲げ補強 RC 梁を用いて静載荷実験を行っている。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

表-1には、本実験に用いた試験体を一覧にして示している。本実験に用いた試験体は、主鉄筋径を2種類、シート緊張力を3種類とし、無補強試験体も含めた全8体の RC 梁である。表中、試験体名の第1項目は主鉄筋径 (A: D13, B: D19) を示し、第2項目は、曲げ補強の有無と導入緊張率 (N: 無補強, T0: 0%, T1: 10%, T2: 20%) を示している。また、表には実際に導入されたプレストレスも併せて示している。

図-1には、本実験に用いた RC 梁の形状寸法、配筋状況およびシート接着状況を示している。試験体は、断面寸法 (梁幅×梁高) 150×250 mm、上端鉄筋には D19 を2本用い、下端鉄筋には A 試験体の場合は D13, B 試験体の場合は D19 を2本用いた複鉄筋矩形 RC 梁である。純スパン

表-1 試験体一覧

試験体名	シート目付量 (g/m ²)	軸方向鉄筋	プレストレス*	
			設計値 (N/mm ²)	実測値 (N/mm ²)
A-N	—	上: D19 下: D13	—	—
A-T0	415		0	
A-T1			207 (10%)	113 (6%)
A-T2			413 (20%)	258 (12%)
B-N	—	上: D19 下: D19	—	—
B-T0	415		0	0
B-T1			207 (10%)	112 (5%)
B-T2			413 (20%)	251 (12%)

* () 内はシート破断強度に対する割合を示している

表-2 AFRP シートの力学的特性値一覧

目付量 (g/m ²)	厚さ (mm)	弾性係数 (GPa)	引張強度 (GPa)	破断ひずみ (%)
415	0.286	118	2.06	1.75

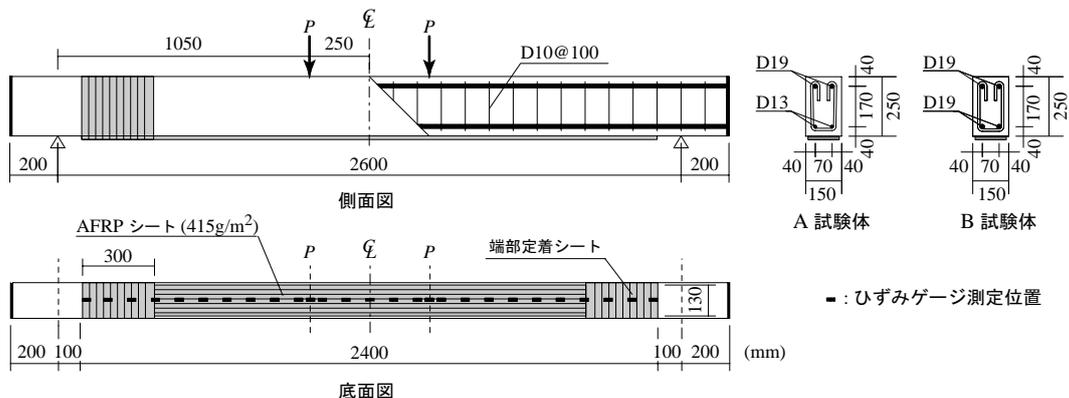


図-1 試験体の形状寸法および配筋状況

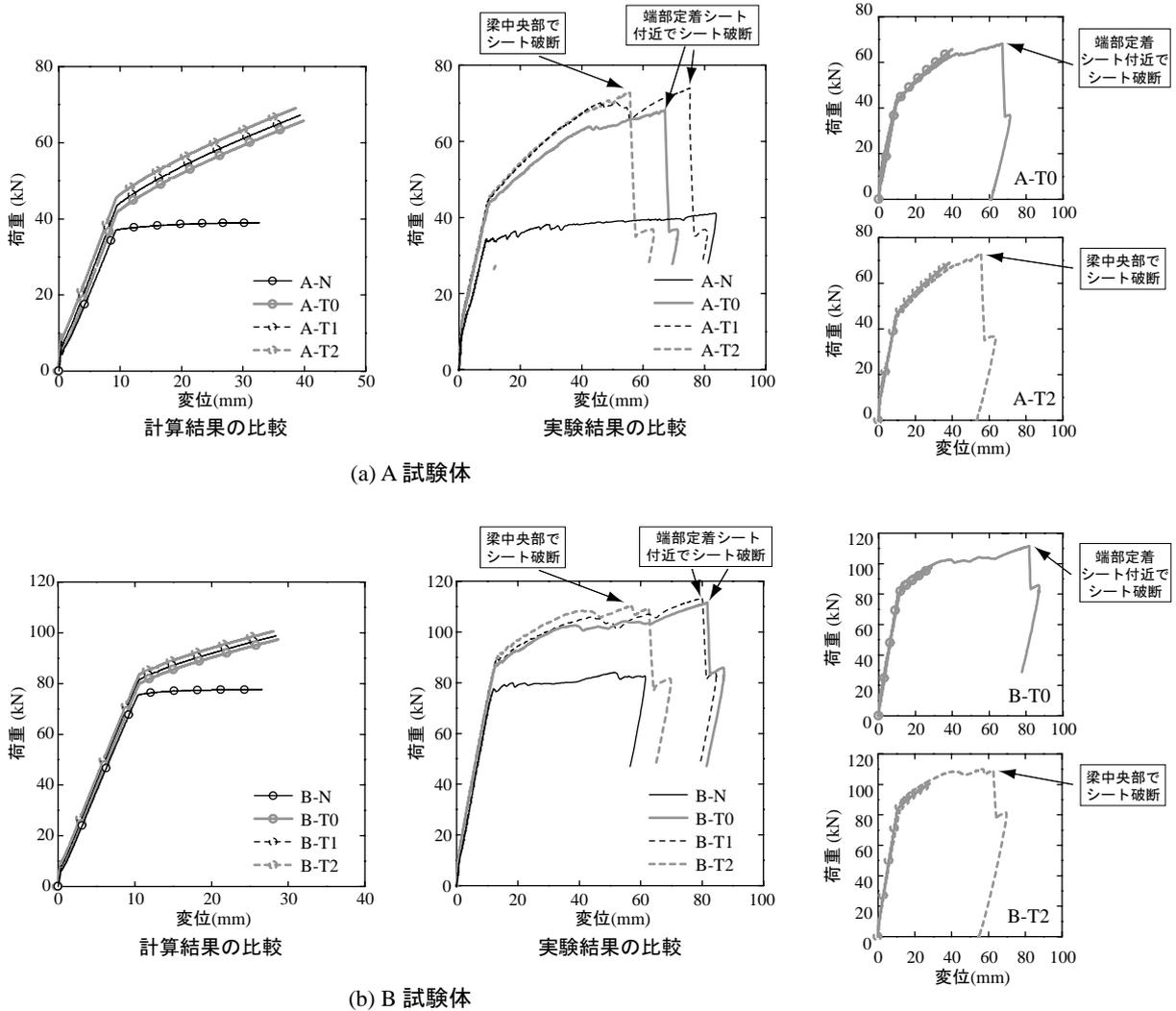


図-2 荷重-変位関係



写真-1 緊張接着時の養生状況

長は 2.6 m とし、せん断スパン比を 5.0 としている。曲げ補強シートは、目付量 415 g/m^2 、幅 130 mm のアラミド繊維製 FRP (以後、AFRP) シートを 1 層用いることとした。また、その接着範囲は梁中央から両支点の 100 mm 手前までとしている。なお、曲げ補強シート接着面には、シートの付着性能向上に有効なショットブラスト処理 (処理深さ

1 ~ 2 mm) を施している。なお、曲げ補強シートの端部より 30 cm までの範囲に U 字形に巻付けた AFRP シートは曲げ補強シートの緊張力を解放した際に懸念されるシート端部の引張による引き剥がれを防止するためのものである。

2.2 シート緊張力の導入方法

本研究では、油圧式の緊張力導入装置を製作し、曲げ補強シートの緊張力を以下の手順により導入している。

- (1) 接着する曲げ補強シートに設計値の緊張力を導入
- (2) 通常のシート接着時と同様に、試験体への下塗り、シートへの含浸・接着、上塗り、脱泡の順に実施し、シートを試験体に貼付
- (3) シートとコンクリート面の浮きが発生しないように、シート接着面に均等に重りを受けて養生
- (4) シートの硬化を確認した後に重りを除去し、シート接着端部の所定の範囲に U 字形にシートを巻付け
- (5) U 字形巻付けシートの硬化を確認後、緊張力を解放

緊張力の解放時には、シート上にひずみゲージを貼付し、ひずみ値を測定することにより導入された緊張力を算定している。なお、写真-1 には、U 字形巻付け前の養生状況を示している。

表-3 実験および計算結果一覧

試験体名	プレストレス (N/mm ²)	実験結果				計算結果				(i) / (iii)	(ii) / (iv)	破壊性状
		降伏時		最大荷重時		降伏時		最大荷重時				
		荷重 (i) P_{ye} (kN)	変位 δ_{ye} (mm)	荷重 (ii) P_{ue} (kN)	変位 δ_{ue} (mm)	荷重 (iii) P_{yc} (kN)	変位 δ_{yc} (mm)	荷重 (iv) P_{uc} (kN)	変位 δ_{uc} (mm)			
A-N	-	33.3	8.5	39.2	51.7	37.1	9.4	39.0	32.7	0.90	1.01	上縁の圧壊
A-T0	0	43.1	9.6	68.3	67.2	41.9	9.6	65.7	39.9	1.03	1.04	端部定着シート 近傍で破断
A-T1	113	44.6	9.6	74.0	75.2	43.7	9.6	67.2	39.3	1.02	1.10	近傍で破断
A-T2	258	45.2	10.4	72.9	55.9	46.0	9.6	69.1	38.6	0.98	1.05	梁中央部で破断
B-N	-	76.1	11.6	84.2	50.8	75.6	10.5	77.6	26.6	1.01	1.08	上縁の圧壊
B-T0	0	86.3	12.5	111.6	81.5	80.2	10.7	97.4	28.7	1.08	1.15	端部定着シート 近傍で破断
B-T1	112	87.5	12.7	113.3	80.5	81.9	10.8	98.8	28.5	1.07	1.15	近傍で破断
B-T2	251	89.2	12.9	110.2	56.6	83.9	10.8	100.6	28.1	1.06	1.10	梁中央部で破断

3. 実験結果および考察

3.1 荷重-変位関係

図-2には、各試験体毎に荷重-変位関係を比較して示している。図には、A、B 両試験体で、実験結果のみを比較した図、計算結果のみを比較した図および実験と計算結果の比較図の例として A/B-T0/T2 試験体を示している。図中の計算結果は平面保持を仮定した断面分割法により算出しており、上縁がコンクリートの圧壊ひずみ (3,500 μ) に至るまで算出している。

図-2 (a) の計算結果の比較図より、A-N 試験体は約 38 kN 程度で主鉄筋が降伏し、その後顕著な荷重増加は見られない。一方、A-T0/T1/T2 試験体は、緊張力の増加とともに初期勾配、降伏荷重および第 2 勾配が増加し、緊張力導入による効果が見られる。なお、計算結果はいずれも上縁コンクリートの圧壊により終局に至っている。

実験結果の比較より、無補強試験体の A-N 試験体は、計算結果と同様に約 35 kN 程度で降伏している。曲げ補強した A-T0/T1/T2 試験体は、A-N 試験体に比較して初期勾配が大きくなり、降伏後も荷重および変位がほぼ線形に増加している。降伏後の勾配は、緊張接着した A-T1/T2 試験体で A-T0 試験体よりも大きい。また、A-T1/T2 試験体はいずれも同様の勾配を示した後、A-T2 試験体の変位約 58 mm で梁中央部付近のシート破断 (写真-2 (a) 参照) により終局に至っている。一方、A-T1 試験体は荷重の低下が見られるものの、最終的には変位約 75 mm で端部定着シートの近傍で曲げ補強シートが破断 (写真-2 (b) 参照) している。なお、A-T0/T2 試験体の実験結果と計算結果の比較から、いずれも良く対応していることがわかる。

図-2 (b) より、B 試験体の計算結果は A 試験体と同様、無補強の B-N 試験体に比較して B-T0/T1/T2 試験体では初期勾配から終局まで大きく示されている。また、緊張力が大きい程、補強効果が大きいことがわかる。実験結果では、補強した B-T0/T1/T2 試験体は計算結果と同様に初期勾配から終局まで B-N 試験体に比較して大きく示されている。また、降伏後の勾配は緊張力の大きさにより値にばらつきがあるものの、緊張力が大きい程補強効果が大きいことがわかる。しかしながら、A 試験体と同様、緊張力の大きい B-T2 試験体では梁中央のシート破断により終局に至っている。

以上のことから、シートに緊張力を導入することにより補強効果が発揮されることが明らかになった。しかしなが

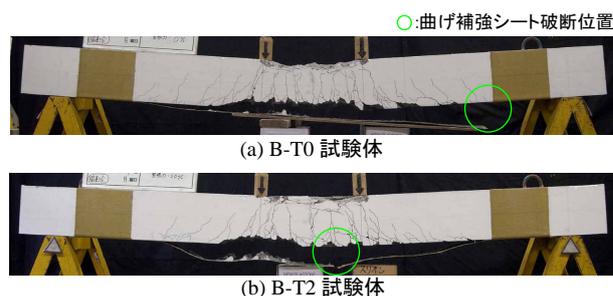


写真-2 シート破断状況

ら、緊張力が大きい場合には早期にシート破断に至る傾向にあることが分かる。

表-3には、実際に導入されたプレストレス、図-2より得られる降伏時、最大荷重時の荷重および変位の実測値と計算値および両者の比と破壊性状を示している。表より、降伏時の荷重および変位は実験、計算値ともに、緊張力が大きい程大きく示されている。一方、最大荷重については、計算結果は緊張力が大きい程大きく示されているものの、実験では A/B-T1 試験体で最も大きい。これは A/B-T2 試験体で早期に梁中央部でシート破断に至ったことから、緊張力導入時のひずみが他の試験体よりも大きいため、早期にシートの破断ひずみに達したためと考えられる。

降伏荷重および最大荷重の比を見ると、A-N 試験体の降伏荷重で 0.90 を示しているものの、その他は 1.0 ~ 1.15 程度と比較的良好に対応している。これより、シート緊張接着時の評価は断面分割法により概ね可能であることが明らかとなった。

3.2 シートのひずみ分布性状

図-3には、各変位時におけるひずみ分布を A/B 試験体毎に示している。図には、各試験体の降伏時、最も早期にシート破断により終局に至った A/B-T2 試験体の最大荷重時および A/B-T2 試験体の最大荷重時と降伏時の中間変位時 (以後、中間変位時) の結果を示している。

降伏時は、いずれの試験体も同程度の値を示していることより、補強効果の違いはほとんど見られない。また、中間変位時においても A/B 試験体にかかわらず、-T0/T1/T2 試験体のシートひずみ分布は同様の形状を示していることからシートの効果は同程度に発揮されていると考えられ

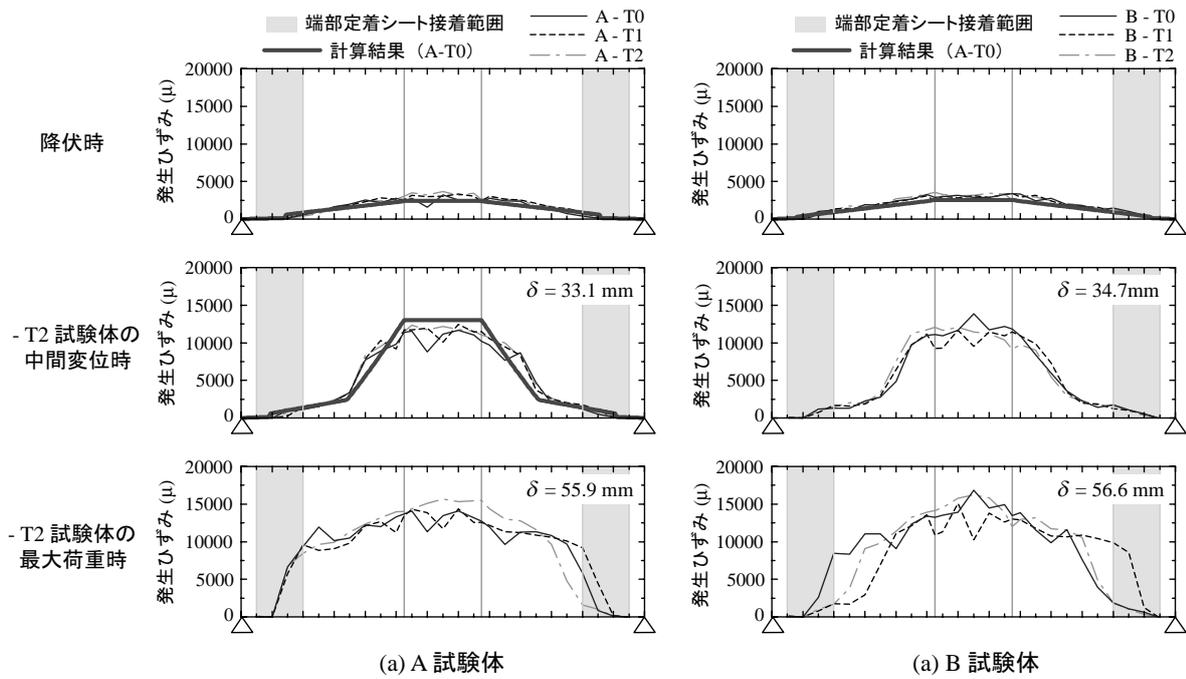


図-3 シートのひずみ分布性状

る。-T2 試験体の最大荷重時，すなわち -T2 試験体のシート破断直前においても T2 試験体の最大ひずみは 16,000 μ 程度であることから破断ひずみに到達する傾向は見られない。しかしながら，緊張力導入時の発生ひずみは -T2 試験体で 2,000 μ 程度であったことを考慮すると，実験時の実ひずみは試験体中央部で 18,000 μ となり，破断ひずみに到達してシート破断に至ったものと考えられる。

4. まとめ

本研究では，緊張接着した FRP シート曲げ補強 RC 梁の耐荷性状に関する基礎資料を得ることを目的に，緊張力を変化させた RC 梁を用いて静載荷実験を行った。本研究より得られた結果は以下の通りである。

- (1) 緊張力を導入した FRP シート曲げ補強 RC 梁は，緊張力を導入しない場合に比較して降伏，終局耐力が向上する。
- (2) シートに緊張力を導入した FRP シート曲げ補強 RC 梁

の評価は概ね断面分割法で可能である。

- (3) 緊張力を導入した場合にも同一変位時のシートのひずみ分布性状は同等である。しかしながら，緊張力の導入による初期ひずみにより早期にシート破断する可能性がある。

今後は，曲げ補強量や導入緊張力を大きくし，検討を行う必要があるものと考えられる。

参考文献

- 1) 呉 智深, 松崎 智優, 福沢 公夫, 神口 建: CFRP シート緊張接着した鉄筋コンクリート曲げ部材の補強効果に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.641/V-46, pp.153-165, 2000.2
- 2) 中島 規道, 三上 浩, 藤田 学, 田村 富雄: アラミド繊維シートを緊張接着した RC 梁の曲げ耐荷性状, 土木学会第 59 回年次学術講演会, pp.619-620, 2004.9