

AFRP シートを緊張接着した曲げ補強 PC 梁の耐荷性状に関する実験的研究

ハザマ
三井住友建設（株）

正会員
フェロー

○池田 聡
三上 浩

室蘭工業大学
三井住友建設（株）

フェロー
正会員

岸 徳光
藤田 学

1. はじめに

本研究では、アラミド繊維製 FRP (AFRP) シート緊張接着曲げ補強 PC 梁の曲げ耐荷性状やシートの剥離性状に関する検討を目的に、AFRP シートの緊張率およびシート幅を変化させて曲げ補強した PC 梁の静的 4 点曲げ载荷実験を実施した。

2. 実験概要

図-1 には、本実験に用いた試験体の概要を示している。試験体は、断面寸法 (梁幅 × 梁高) が 30 × 19 cm、純スパン長 2.8 m の PC 梁である。上端筋には D19 を 2 本配置し、下端鋼材には PC 鋼より線 ϕ 9.3 を 3 本配置している。なお、PC 鋼より線 (降伏強度 1,647 MPa、引張強度 1,879 MPa、弾性係数 191.2 GPa) は、有効緊張力が引張強度の 60 % となるようにプレテンション方式で緊張している。曲げ補強シートには、所定の幅の AFRP シート (目付量 830 g/m²) を用い、梁中央部から両支点の 250 mm 手前までの範囲に接着した。なお、曲げ補強シート端部にはシート端部からの引き剥がれ防止用の二方向 AFRP シート (目付量 435/435 g/m²) を両支点から 50 ~ 500 mm の範囲に U 字形に接着させている。

表-1 には、本実験に用いた試験体の一覧を示している。試験体数は、曲げ補強シートの幅を 3 種類、シートの緊張率を 3 種類に変化させた全 8 体である。表中には、樹脂硬化の養生中に緊張力が低下したため、シート緊張時および緊張解放直前の緊張率を併せて示している。ここで、緊張率は曲げ補強シートの保証耐力に対する緊張力の割合である。なお、表-2 には、本実験に用いた AFRP シートの材料特性値を示している。

3. 実験結果および考察

3.1 荷重-変位関係

図-2 には、各試験体の荷重-変位関係を計算結果と比較して示している。計算結果は、コンクリートの標準示方書に準拠して平面保持を仮定した断面分割法 (以後、計算結果) により算出している。なお、図中の 1 次降伏とは、PC 鋼より線の応力-ひずみ関係がトリリニア型を示していることより、PC 鋼より線が初期降伏点に到達時を 1 次降伏としている。計算の終局は、コンクリートの圧縮破壊 (上縁圧壊ひずみ 3,500 μ)、もしくは曲げ補強シートの破断 (下縁引張ひずみ 17,500 μ) とした。なお、表-3 には、各試験体の実験および計算結果

キーワード：PC 梁、AFRP シート、緊張接着、耐荷性状、剥離性状

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

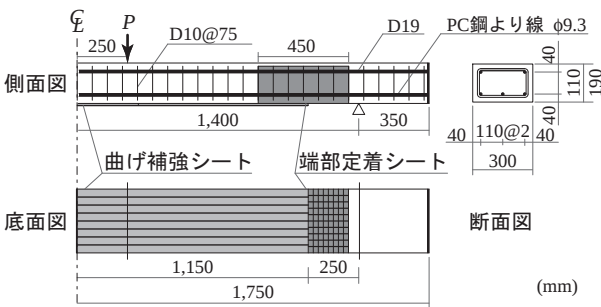


図-1 試験体の概要 (-S30 試験体)

表-1 試験体一覧

試験体名	シート緊張時の緊張率 (緊張力 kN)	緊張解放直前の緊張率 (緊張力 kN)	シート幅 (mm)	コンクリートの圧縮強度 (MPa)
T0-S10	0 %	0 %	100	66.3
T0-S20			200	
T0-S30			300	
T30-S10	30 % (35.3)	24.9 % (29.3)	100	70.1
T30-S20	30 % (70.6)	28.1 % (66.2)	200	66.3
T30-S30	30 % (105.8)	24.3 % (85.7)	300	
T60-S10	60 % (70.6)	55.3 % (65.0)	100	66.3
T60-S20	60 % (141.1)	54.7 % (128.7)	200	

表-2 AFRP シートの力学的特性値 (公称値)

目付量 (g/m ²)	保証耐力 (kN/m)	厚さ (mm)	引張強度 (GPa)	弾性係数 (GPa)	破断ひずみ (%)
830	1,176	0.572	2.06	118	1.75
435/435	588/588	0.286/0.286			

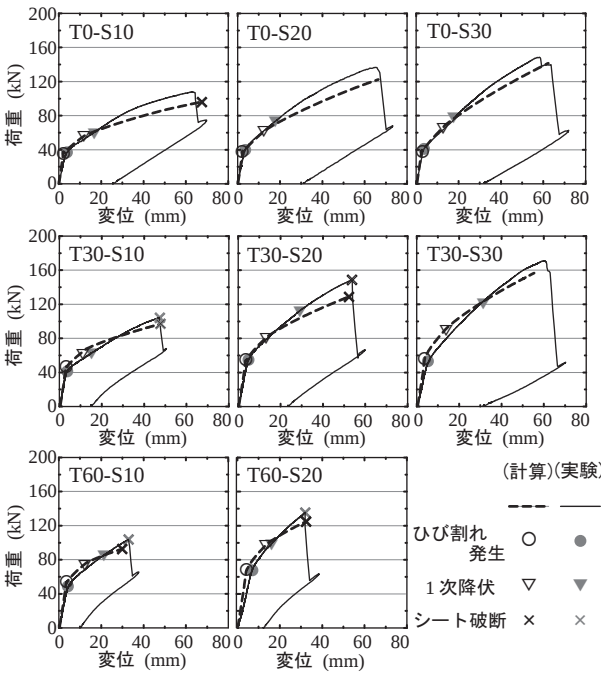


図-2 荷重-変位関係

を一覧にして示している。

図より、各試験体の実験結果と計算結果を比較すると、1次降伏荷重および変位は若干異なるものの、載荷初期から1次降伏までの剛性勾配は概ね対応している。1次降伏に到達後には、実験の剛性勾配が計算結果よりも大きく、終局荷重も大きく示されており、計算結果は安全側の評価を示していることが分かる。また、終局時の破壊性状は実験結果と計算結果で概ね対応しており、断面分割法で大略評価可能であることが明らかになった。さらに、シートを緊張接着した試験体は、全て計算結果と対応して終局に至っていることから、緊張接着シートは十分な定着が確保されていることが分かる。

次に、各試験体のひび割れ発生荷重および1次降伏荷重に着目すると、同一緊張率の場合には、シート幅が広いほど、また、同一シート幅の場合には緊張率が大きいほど大きく示されている。また、ひび割れ発生荷重後の剛性勾配は、シート幅および緊張率の増加とともに大きくなり、シートの補強効果が大きくなることが分かる。しかしながら、緊張力が大きい場合ほど小さい変位状態でシート破断により終局に至る傾向にある。このことは、シート破断時のひずみレベルが初期導入ひずみの影響を大きく受けることを暗示している。

3.2 シートのひずみ分布性状

図-3には、同一シート幅(20 cm)の試験体の終局時におけるひずみ分布性状を計算結果と比較して示している。

T0/T60-S20 試験体はそれぞれ実測の最大荷重時変位(64.7 mm および 31.9 mm)、T30-S20 試験体は計算終局変位(51.6 mm)における分布を示している。

図-3(a)より、いずれも等せん断力区間の曲げひび割れ発生領域において計算結果を上回るひずみが発生していることが分かる。これは、写真-1で示されているように、載荷点近傍下縁かぶり部に発生する斜めひび割れが起因となるピーリング作用によってシート剥離が進展しているためである。なお、この傾向はシート剥離が生じている試験体で同様であることを確認している。

ここで、図-3(b), (c)より、シート破断で終局に至った T30/T60-S20 試験体の最大発生ひずみは、各々約 $12,500 \mu$ 、約 $7,500 \mu$ であり、緊張率が大きいほど小さい発生ひずみでシート破断していることが分かる。これは、初期導入ひずみが、導入緊張力から逆算して $5,000 \mu$ 、 $10,000 \mu$ 程度と推察され、累積の発生ひずみが破断ひずみ($17,500 \mu$)に達したため、と考えられる。したがって、緊張率が大きい場合ほど、初期導入ひずみが大きく、比較的小さな変位でシート破断に至る可能性があることが明らかになった。

4. まとめ

- (1) AFRP シートを緊張接着した PC 梁の耐荷性状および破壊性状は断面分割法で大略評価可能である。
- (2) AFRP シートを緊張接着した場合においても、下縁かぶりコンクリートに発生する斜めひび割れの押し出し作用によるピーリング作用によってシートの剥離が発生する。
- (3) 緊張力およびシート幅が大きいほどひび割れ発生荷重や1次降伏荷重が増加する傾向にあるが、緊張力が大きいほど初期導入ひずみが大きくなるため、より小さな変位でシート破断しやすくなる。

表-3 実験および計算結果の一覧

試験体名	計算結果			実験結果		
	荷重(kN)	変位(mm)	破壊性状	荷重(kN)	変位(mm)	破壊性状
T0-S10	96.0	67.1	シート破断	107.5	63.1	シート剥離**
T0-S20	121.7	66.2	圧縮破壊*	135.9	64.7	シート剥離**
T0-S30	140.4	62.0	圧縮破壊*	149.5	60.7	シート剥離**
T30-S10	95.8	55.9	シート破断	103.1	46.7	シート破断
T30-S20	127.7	51.6	シート破断	148.0	53.5	シート破断
T30-S30	155.7	54.9	圧縮破壊*	170.3	59.7	シート剥離**
T60-S10	90.7	28.8	シート破断	102.6	32.6	シート破断
T60-S20	124.4	32.1	シート破断	135.4	31.9	シート破断

*圧縮破壊：上縁コンクリートの圧縮破壊

**シート剥離：上縁コンクリートの圧縮破壊後シート剥離

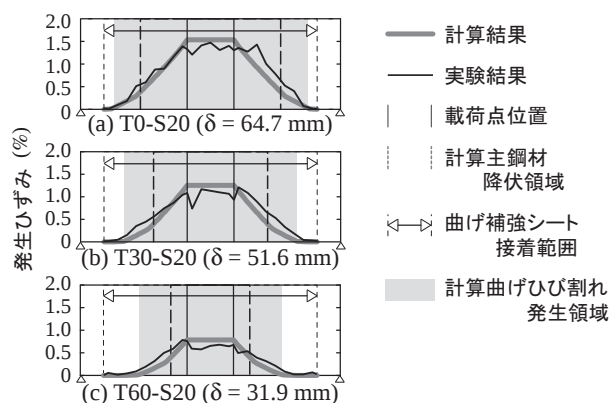


図-3 シートの軸方向ひずみ分布性状

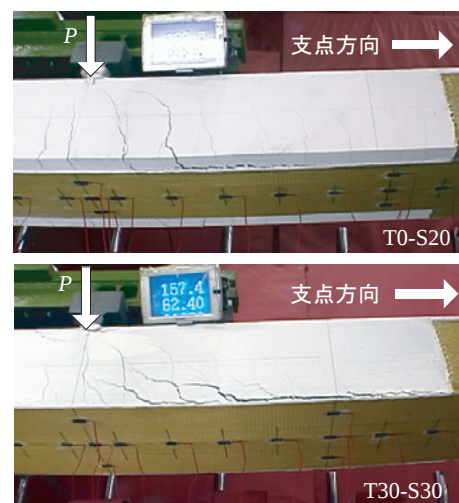


写真-1 ピーリング作用によるシート剥離状況