

FRP シート下面接着 RC 梁のせん断耐荷性状に関する実験的研究

横河工事（株）正会員○三浦敬室蘭工業大学フェロー岸徳光

三井住友建設（株）フェロー三上浩三井住友建設（株）正会員藤田学

1. はじめに

本研究では、FRP シートを下面に接着した場合の RC 梁のせん断耐荷性状を検討することを目的として、下面接着用 FRP シートの補強層数を変化させた、せん断補強筋を有しない RC 梁の静的 4 点曲げ載荷実験を実施した。

2. 試験体概要

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）15 × 25 cm、純スパン長 2.4 m、軸方向鉄筋に D13 または D22 を上・下端に 2 本ずつ配置した複鉄筋矩形 RC 梁である。補強材料には、アラミド繊維製 FRP シート（AFRP シート；目付量：415 g/m²、厚さ：0.286 mm、弾性係数：118 GPa、引張強度：2.06 GPa、破断ひずみ：1.75 %）を用い、梁中央部から両支点の 10 cm 手前まで接着している。

表－1 には、試験体の一覧を示している。表中、試験体名の第 1 項目は軸方向鉄筋の種類（A：D13、B：D22）を示し、第 2 項目の S に付随する数値はシート補強層数（0～4 層）を示している。表には参考のために、曲げ耐力 P_u 、せん断耐力 V_u およびせん断余裕度 $\alpha (= V_u / P_u)$ を示している。ここで、 α が 1.0 を下回る場合には、設計的にはせん断破壊することを意味している。また、 P_u は平面保持を仮定した断面分割法を用いて算出し、 V_u はコンクリート標準示方書に準拠して算出している。また、実験時のコンクリートは平均圧縮強度 $f'_c = 26.1$ MPa、軸方向鉄筋 D13、D22 の降伏強度はそれぞれ $f_y = 386, 384$ MPa であった。

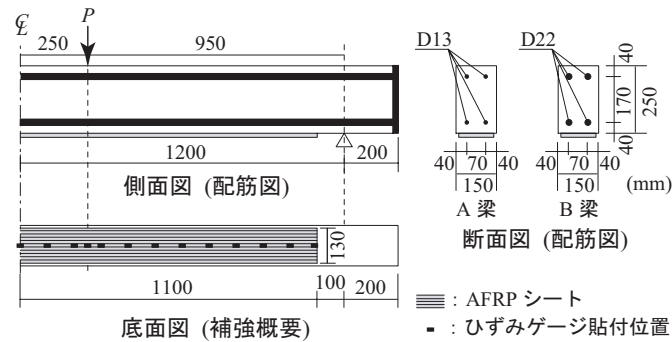
3. 実験結果

3.1 荷重－変位関係

図－2 には、各梁の荷重－スパン中央点変位（以後、単に変位）関係を断面分割法により算出した計算結果と比較して示している。なお、B 梁はいずれも主鉄筋降伏前にせん断破壊で終局に至っていることより、B-S0 試験体の計算結果のみを示している。図より、A-S0 試験体は載荷途中まで計算結果とほぼ対応し、その後計算終局変位を大きく上回り、上縁コンクリートが圧壊して終局に至ったことが分かる。A-S1 試験体では、 $\alpha = 0.75$ であるにもかかわらず、主鉄筋降伏後も荷重および変位が線形増加し、計算終局変位と同程度の変位でシート剥離により終局に至っている。これは、A-S1 試験体の α が比較的 1.0 に近く、下面接着シートの効果によって V_u が多少増加したためと考えられる。一方、A-S2/S3/S4 試験体は主鉄筋降伏後も計算結果と同様の剛性勾配を示しているものの、70 kN 前後でせん断破壊によって終局に至っている。B 梁では、補強層数の増加に伴い初期剛性が若干大きくなるものの、いずれの梁も主鉄筋降伏点到達前の荷重が 90 kN、変位が 40 mm 程度で急激な荷重低下を示し、せん断破壊により終局に至っていることが分かる。

キーワード：AFRP シート、RC 梁、せん断耐荷性状、下面接着補強

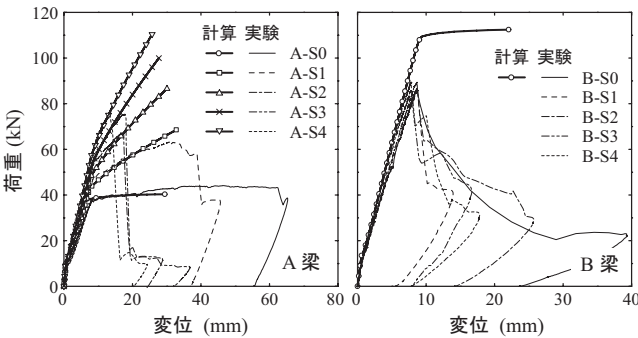
連絡先：〒 050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227



図－1 試験体概要

表－1 試験体一覧

試験体名	軸方向鉄筋	補強層数	曲げ耐力 P_u (kN)	せん断耐力 V_u (kN)	せん断余裕度 $\alpha (= V_u / P_u)$
A-S0	D13	0 層	40.3	51.4	1.27
A-S1		1 層	68.5		0.75
A-S2		2 層	86.6		0.59
A-S3		3 層	100.0		0.51
A-S4		4 層	110.4		0.47
B-S0	D22	0 層	112.4	74.5	0.66
B-S1		1 層	133.0		0.56
B-S2		2 層	149.3		0.50
B-S3		3 層	162.7		0.46
B-S4		4 層	173.9		0.43



図－2 荷重－変位関係

表－2 実験結果一覧

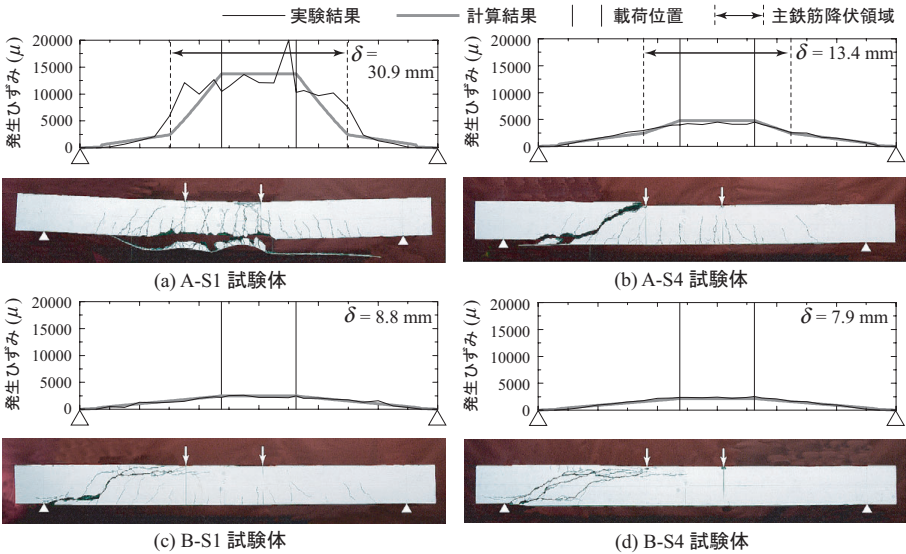
試験 体名	最大荷重時		耐力 増加倍率	破壊 形式
	荷重 (kN)	変位 (mm)		
A-S0	44.3	46.8	-	曲げ 破壊
A-S1	63.3	30.9	1.43	
A-S2	67.4	17.3	1.52	せん断 破壊
A-S3	75.6	17.8	1.71	
A-S4	76.3	13.4	1.72	
B-S0	86.6	8.8	-	せん断 破壊
B-S1	86.1	8.8	0.99	
B-S2	89.5	8.8	1.03	
B-S3	85.8	8.0	0.99	
B-S4	89.6	7.9	1.04	

3.2 補強効果の検討

表－2 には、図－2 より得られる最大荷重時の荷重および変位、A/B-S1 ～ S4 試験体の最大荷重を A/B-S0 試験体の最大荷重で除した耐力増加倍率および各梁の破壊形式を一覧にして示している。表より、主鉄筋が降伏する A 梁では、補強後も補強層数の増加とともに耐力増加倍率が增大するものの、A-S3/S4 試験体の耐力増加倍率はシート層数に対応して増加せずに 1.7 程度の値を示している。一方、補強後に主鉄筋が降伏しない B 梁の場合には耐力増加倍率がほぼ 1.0 を示し、シートの補強効果がほとんど発揮されていないことが分かる。以上のことより、せん断破壊で終局に至る場合においても主鉄筋降伏の有無で補強効果が大きく異なることが明らかになった。また、補強効果が発揮される場合にも、補強効果の上限が存在するものと考えられる。

3.3 耐力性状の検討

図－3 には、A-S1/S4 試験体および B-S1/S4 試験体の最大荷重時のひずみ分布および実験終了後のひび割れ分布性状を示している。図より、A-S1 試験体では、等せん断力区間の主鉄筋降伏領域内において計算結果よりも大きなひずみが発生している。また、ひび割れ分布性状より、荷重点近傍下縁かぶりコンクリートにおいて斜めひび割れの発生およびコンクリートの剥落が見られる。このことより、ピーリングにより全面剥離に至ったことが分かる。A-S4 試験体では、ひずみ



図－3 最大荷重時のひずみ分布性状および実験終了後のひび割れ分布性状

分布が計算結果と概ね一致しているものの、最大発生ひずみは 5,000 μ 程度である。また、ひび割れ分布から梁下縁かぶり部に斜めひび割れが発生しているものの、荷重点より約 45° の方向にせん断ひび割れが発生・開口し、下端筋に沿う割裂ひび割れの発生と相まってシート剥離が生じていることより、シートの補強効果が十分に発揮される前にせん断破壊したことがうかがわれる。一方、B-S1/S4 試験体では、最大荷重時においてもシートの発生ひずみは 2,000 μ 程度と小さい。また、梁下縁かぶり部にはひび割れがほとんど見られず、梁を縦断するせん断ひび割れや上・下端鉄筋に沿う割裂ひび割れがシート接着端部近傍にまで進展している。このことより、1) シート接着端部から支点までの無補強部が弱点となりやすいこと、2) 下面接着シートの定着が確保できず、シートが一層剥離しやすいこと、により補強効果が出現しなかったものと考えられる。また、B 梁の斜めひび割れが A 梁に比べてより支点近傍にまで進展していることから、鉄筋降伏の有無が斜めひび割れの進展度合を変化させ、同時に補強効果に大きな影響を与えていることが推察される。

4. まとめ

- 1) シート補強時に主鉄筋の降伏を伴う場合は、補強層数の増加に対応して耐力が増加する傾向にある。ただし、耐力増加倍率には上限があり、本研究の範囲内では 1.7 程度であった。
- 2) 曲げ破壊で終局に至る場合にはシート層数の増加による耐力の変動は大きい。せん断破壊で終局に至る場合にはその変動は小さい。
- 3) 主鉄筋が降伏しない場合は、シートの補強層数にかかわらず補強効果はほとんど期待できない。
- 4) 主鉄筋が降伏しない場合は、斜めひび割れや割裂ひび割れがシート接着端部近傍にまで進展する。シートの補強効果がほとんど出現しない要因は、このような現象によるものと考えられる。