

FRP シート曲げ補強 RC 梁の耐荷性状に及ぼすシート引張剛性の影響に関する数値解析的研究

室蘭工業大学 正 員 ○張 広鋒
三井住友建設(株) フェロー 三上 浩

室蘭工業大学 フェロー 岸 徳光
室蘭工業大学 フェロー 松岡 健一

1. はじめに

本論文では、FRP シート曲げ補強 RC 梁の耐荷性状や破壊挙動に及ぼすシートの引張剛性 $E_f \times A_f$ (E_f : 弾性係数, A_f : 断面積) の影響を数値解析的に検討することを目的に、シート幅を一定としてシートの厚さ t_f や弾性係数 E_f , あるいは両者を変数とした解析ケースを設定し、3次元弾塑性有限要素解析を行った。

2. 各解析ケース

本解析では、図-1に示す両断面タイプの試験体を対象として、補強シートの厚さ t_f , 弾性係数 E_f , あるいはその両者を変化させることにより、表-1に示す各解析ケースを設定した。ここで、表-1に示す引張剛性の値 2.0~12.0 MN および 4.0~24.0 MN は、それぞれ、過去に行った実験試験体のシート引張剛性を基準にして決定したものである¹⁾。また、いずれの解析ケースにおいても、シート幅は 130 mm とし、シートの破断ひずみはアラミド AT シートの破断ひずみ値を参考にして 30,000 μ としている。表-2にはコンクリートおよび鉄筋の材料力学特性値を示している。

3. 解析概要

図-2には、要素分割図の一例として梁高 250 mm の試験体に関する要素分割状況を示している。本研究では、ひび割れの開口、主鉄筋のすべりおよびシートの剥離などの不連続現象は離散ひび割れを用いてモデル化している。離散ひび割れの配置に関しては、文献 1) を参考にし

表-1 各解析ケースの一覧

梁高: 250 mm				梁高: 400 mm			
解析 ケース 名称	弾性 係数 E_f (GPa)	厚さ t_f (mm)	引張 剛性 $E_f \cdot A_f$ (MN)	解析 ケース 名称	弾性 係数 E_f (GPa)	厚さ t_f (mm)	引張 剛性 $E_f \cdot A_f$ (MN)
A-T1	200	0.0769	2.0	B-T1	200	0.1538	4.0
A-T2		0.1538	4.0	B-T2		0.3077	8.0
A-T3		0.2308	6.0	B-T3		0.4615	12.0
A-T4		0.3077	8.0	B-T4		0.6154	16.0
A-T5		0.3846	10.0	B-T5		0.7692	20.0
A-T6		0.4615	12.0	B-T6		0.9231	24.0
A-E1	76.923	0.2	2.0	B-E1	76.923	0.4	4.0
A-E2	153.85		4.0	B-E2	153.85		8.0
A-E3	230.77		6.0	B-E3	230.77		12.0
A-E4	307.69		8.0	B-E4	307.69		16.0
A-E5	384.62		10.0	B-E5	384.62		20.0
A-E6	461.54		12.0	B-E6	461.54		24.0
A-EA1	50	0.9231	6.0	B-EA1	50	1.8462	12.0
A-EA2	100	0.4615		B-EA2	100	0.9231	
A-EA3	200	0.2308		B-EA3	200	0.4615	
A-EA4	300	0.1538		B-EA4	300	0.3077	
A-EA5	400	0.1154		B-EA5	400	0.2308	
A-EA6	500	0.0923		B-EA6	500	0.1846	

表-2 コンクリートおよび鉄筋の力学特性値

材料	圧縮強度 f'_c (MPa)	引張強度 f_t (MPa)	降伏強度 f_y (MPa)	弾性係数 E (GPa)
コンクリート	31.5	2.37	-	31.0
主鉄筋	-	-	407	206
スターラップ	-	-	380	206

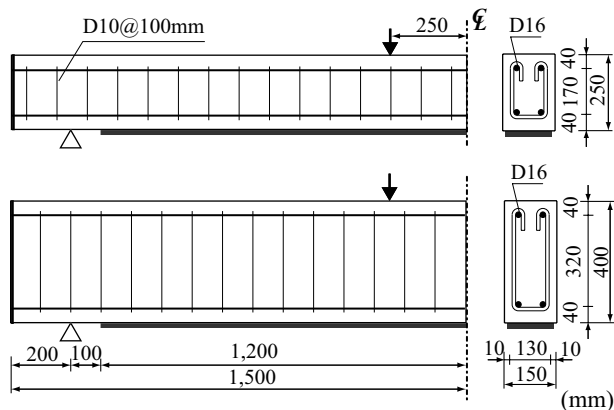


図-1 試験体概要図

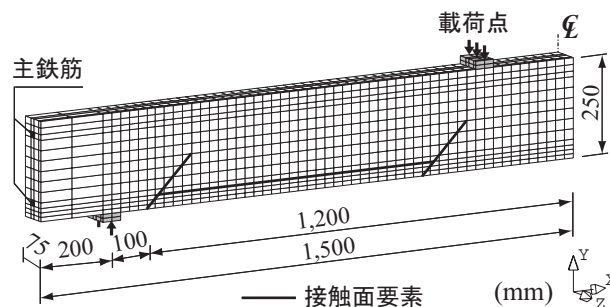
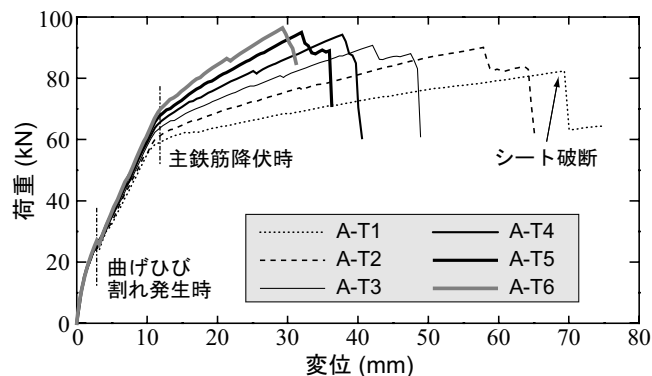
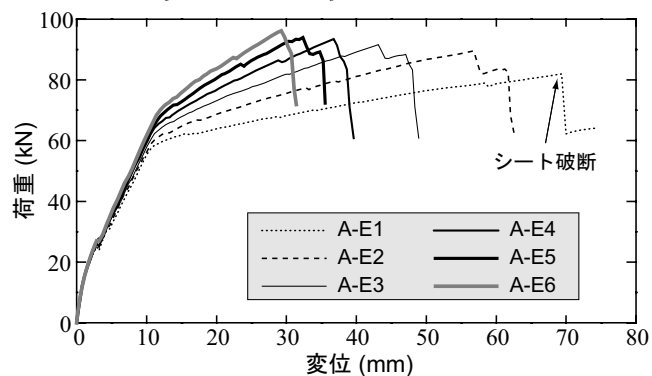
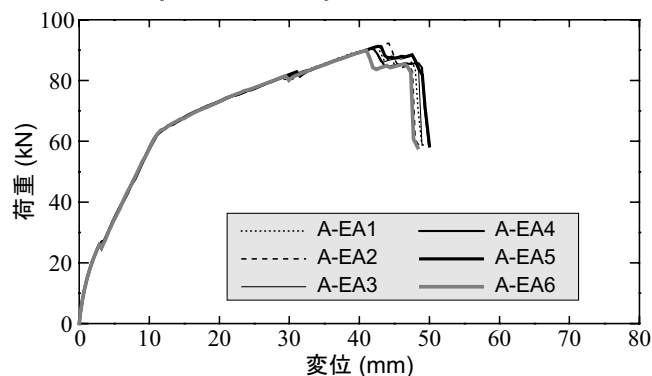


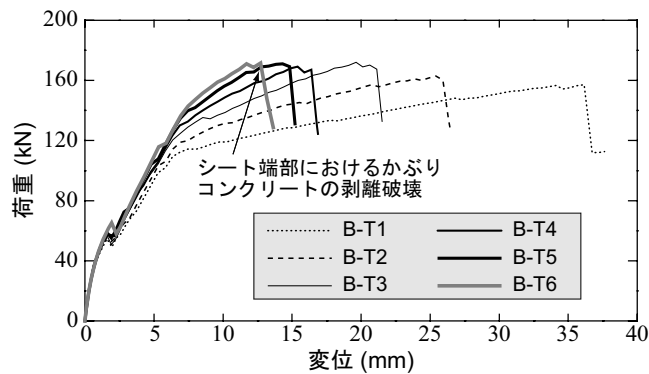
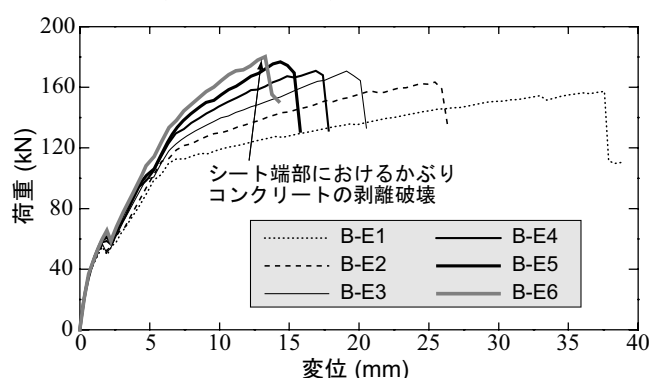
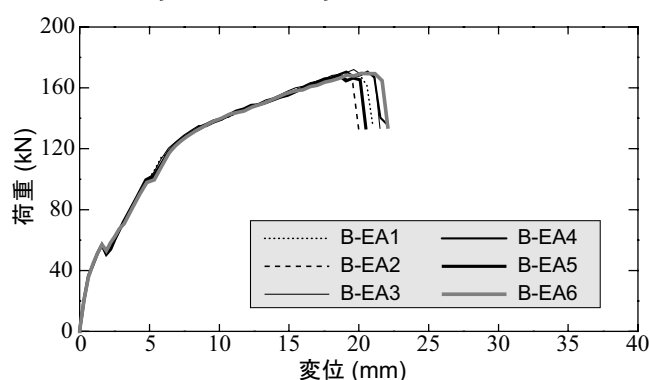
図-2 要素分割図の一例 (梁高: 250 mm)

キーワード: RC 梁, FPR シート, 引張剛性, 耐荷性状, 数値解析

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

(a) $E_f = 200 \text{ GPa}$, t_f を変化させる場合(b) $t_f = 0.2 \text{ mm}$, E_f を変化させる場合(c) $E_f \cdot A_f = 6.0 \text{ MN}$, E_f と t_f を同時に変化させる場合

図－3 荷重－変位関係，梁高：250 mm

(a) $E_f = 200 \text{ GPa}$, t_f を変化させる場合(b) $t_f = 0.4 \text{ mm}$, E_f を変化させる場合(c) $E_f \cdot A_f = 12.0 \text{ MN}$, E_f と t_f を同時に変化させる場合

図－4 荷重－変位関係，梁高：400 mm

て配置している。

4. 解析結果および考察

図－3, 4 には各解析ケースにおける解析結果の荷重－変位関係を比較して示している。各解析ケースの終局原因に関しては、A-T1/E1 の両解析ケースはシート破断、B-T6/E6 の両解析ケースはシート端部における下縁かぶりの剥離破壊によって終局に至っているが、他の解析ケースは全て斜めひび割れの発生に伴う下縁かぶり部のピーリング作用に起因するシート剥離によって終局に至った。

これらの結果を考察すると、曲げ補強 FRP シートの引張剛性を増加させる場合には、1) 主鉄筋降伏後の曲げ剛性は大きくなる、2) しかしながら、より小さい変位でシート剥離によって終局に至るため、RC 梁の変形性能が小さくなる、3) そのため、RC 梁の終局耐力は必ずしもシートの引張剛性に対応して向上しない、4) 引張剛性が同程

度である場合には、RC 梁の耐荷性状はシートの厚さや弾性係数の大きさによらずほぼ同様になる、等が数値解析的に明らかになった。

5. まとめ

FRP シート曲げ補強 RC 梁は、1) シートの引張剛性が大きいほど、補強後の RC 梁の剛性が高くなる一方、より小さい変位でシートの全面剥離によって終局に至る、2) 引張剛性が同程度である場合には、RC 梁の耐荷性状はシートの厚さや弾性係数の大きさによらずほぼ同様になる、等が数値解析的に明らかになった。

参考文献

- 1) 張 広鋒, 岸 徳光, 三上 浩: 離散ひび割れ配置モデルの FRP シート曲げ補強 RC 梁に関する数値解析への適用性, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.1037-1048, 2005.