

高伸張性 FRP シート巻立て RC 部材の鉄筋座屈後の変形予測

Prediction of deformation of members with high-fracturing FRP sheet jacketing after buckling of reinforcing bar

北海道大学工学部環境社会工学科 ○学生員 高崎 紘輔 (Kosuke Takasaki)
北海道大学大学院工学研究科 フェロー 上田 多門 (Tamon Ueda)
北海道大学大学院工学研究科 正 員 張 大偉 (Dawei Zhang)
北海道大学大学院工学研究科 学生員 Tidarut Jirawattanasomkul

1. まえがき

既設の RC 部材の耐震補強を行う工法として軽量さや施工性の容易さ等から今後も採用が期待される連続繊維巻立て工法を用いる。これまでに、補強材料としてさまざまな繊維を用いた研究が行われ、代表的なものとして、炭素繊維やアラミド繊維があるが、図-1 に示すようにこれらは高い引張強度を持つ反面、破断ひずみが小さいため脆性的に破壊する問題がある。そこで破断ひずみが大きく構造物の脆性破壊を防ぐことが可能なポリエチレンテレフタレート（以下：PET）を補強材料として用い^{1), 2), 3)}、終局変形挙動の予測を目的とした耐震補強の一連の研究を行っている。本研究は、軸方向鉄筋座屈後も、破断が起こりにくい PET シートで巻き立てられた鉄筋コンクリート部材の変形挙動を予測するための基礎的な知見を得るために行った。

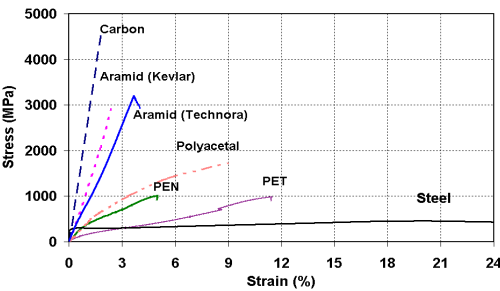


図-1 応力ひずみ関係

2. 実験目的

地震による崩壊した鉄筋コンクリート柱を観察すると、軸方向鉄筋が座屈しており、鉄筋の座屈が RC 構造物の挙動に及ぼす影響は大きいと考えられる。また、かぶりの剥離や軸方向鉄筋の座屈が生じることで耐力が低下し、終局状態を迎えることは知られている^{4), 5)}。しかし、PET シートがかぶりに与える拘束力や PET シートの破断後の挙動については明らかにされていないため、鉄筋や PET の応力-ひずみ関係を補強していない供試体と比較することで検討をおこなう。

3. 使用材料

3.1 コンクリート

本実験では早強ポルトランドセメントを水セメント比 0.55 で配合し、圧縮強度 35MPa の供試体を作製した。

3.2 鉄筋

次に使用した鋼材の材料特性値を表-1 に示す。

表-1 鋼材の材料特性値

鉄筋	断面積 (mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	ヤング率 (kN/mm ²)	降伏ひずみ
D10	506.7	382	188	0.0020

3.3 PET600

本研究で使用した繊維は前田工織(株)の PET600 である。表-2 に材料特性値を示す。

表-2 PET 繊維材料特性値

設計厚さ (mm)	引張強度 (Mpa)	引張弾性率 (Gpa)	破断ひずみ (%)
0.841	740	10±1	6.7~8.2

4. 実験概要

4.1 供試体諸元

種類の異なる鉄筋に PET シートを巻きつけた供試体と巻き付けていない供試体の 6 体について一軸圧縮試験を行った。表-3 に各供試体の諸元を示す。

表-3 供試体諸元

Specimen	B (mm)	D (mm)	H (mm)	Fiber	Steel Type
A150	40	80	150	-	-
AU1-150	40	80	150	-	Straight
AU3-150	40	80	150	PET	Straight
A1B1-150	40	80	150	-	B1
A2B2-150	40	80	150	-	B2
A4B2-150	40	80	150	PET	B2

4.2 実験方法

本実験では鉄筋の座屈の影響を検討することを目的としたため、かぶりの小さい面を作製し、荷重方向に対し鉛直な方向の変位を拘束するスチールプレートを配置することで座屈方向を誘導した。図-2 に各供試体の断面図、鉄筋の種類、ひずみゲージ位置を示し、図-3 に試験の様子を示す。座屈を誘導する目的と方向角を与えることによる座屈の影響がどう変化するかを検証することを目的としたため、図-2 に示すような異なる鉄筋を準備した。

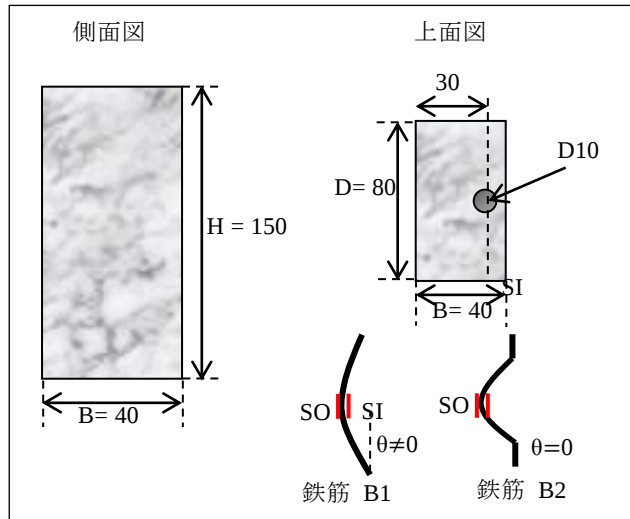


図-2 断面図、鉄筋図

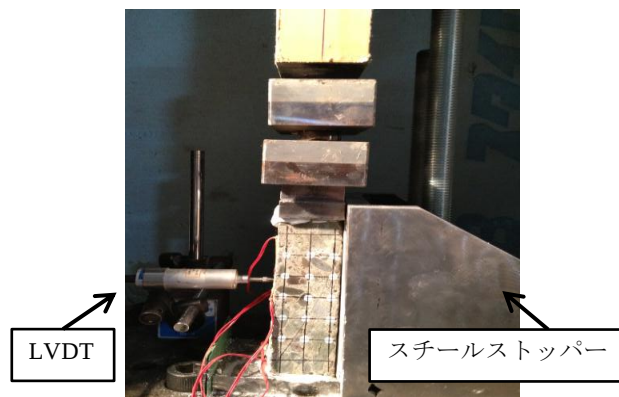


図-3 実験方法

5. 実験結果と考察

5.1 最大荷重と破壊形式

表-4 に最大荷重と破壊形式を図-4 に除荷後の写真を示す。表-4 に示す A150、A1B1-150 の供試体は荷重の増加に伴い、供試体上部から下部にかけ斜めにひび割れが生じるせん断破壊が観察できた。A2B2-150 の供試体は鉄筋とコンクリートの間が裂けるようにひび割れが生じ割裂破壊が確認できた。AU3-150、A4B2-150 の供試体は荷重の増加に伴い、コンクリートが圧縮破壊したが、PET 繊維により崩壊には至らなかった。

表-4 最大圧縮荷重と破壊形式

Specimen	P _{max} (kN)	破壊形式
A150	68.6	せん断破壊
AU1-150	71.5	せん断破壊
AU3-150	139.4	コンクリート：圧縮破壊 PET：破断しない
A1B1-150	63.7	せん断破壊
A2B2-150	53.9	割裂破壊
A4B2-150	106.7	コンクリート：圧縮破壊 PET：破断しない

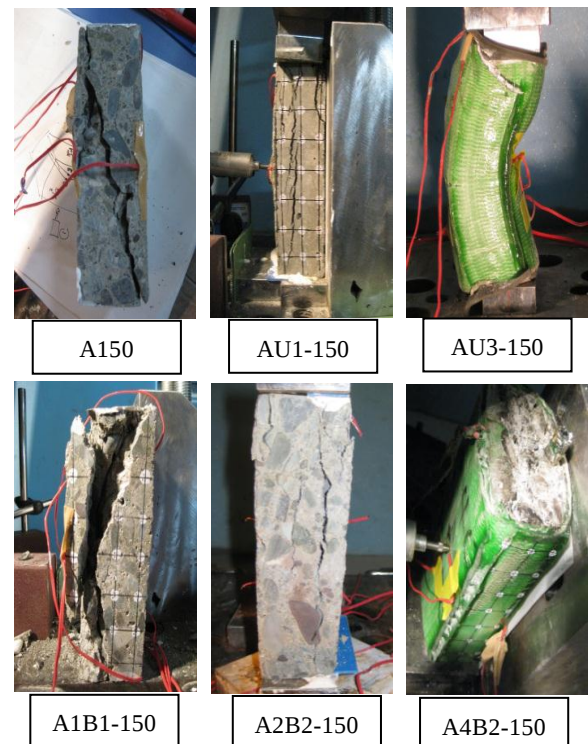


図-4 除荷後の写真

5.2 PET シートが有する拘束力の効果

表-4 より、AU3-150 の最大荷重 139.4kN は、PET シートの有無のみが異なる AU1-150 の最大荷重 71.5kN と比較し 2 倍弱の値となっている。表-4 の破壊形式、図-5 に示す荷重と圧縮荷重に鉛直な方向の変形関係に示すように AU1-150、AU3-150 を比較すると巻き立てを行うことで最大荷重後の靱性が高く保たれていることがわかる。また、材料に関して剛性がほぼ同じであるはずが図-5 で示すように初期の剛性大きく異なっている。この理由は載荷が始まると荷重に伴い PET シートが膨張したため、変位計に数値として表れたと考察できる。

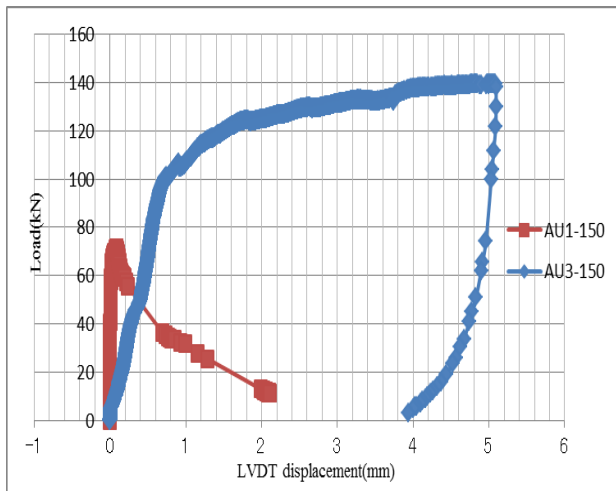


図-5 荷重と変位の関係

5.3 載荷前に座屈させた鉄筋の影響

表-4より、初期状態の鉄筋がまっすぐな AU1-150 の最大荷重 71.5kN は、初期状態から鉄筋を座屈させてある A1B1-150 の最大荷重 63.7kN と比較し大きい。載荷前に座屈させた鉄筋は荷重がかかると徐々に座屈による横変形が増加し、鉄筋断面内での曲げひずみ成分が増加する。図-6 は上記の関係を示しており、それぞれ赤線および青線は A1B1、紫線および緑線は AU1 の鉄筋の荷重とひずみ関係を示している。この影響により鉄筋が負担できる荷重に差が生じて最大荷重の差が生じたと推測できる。

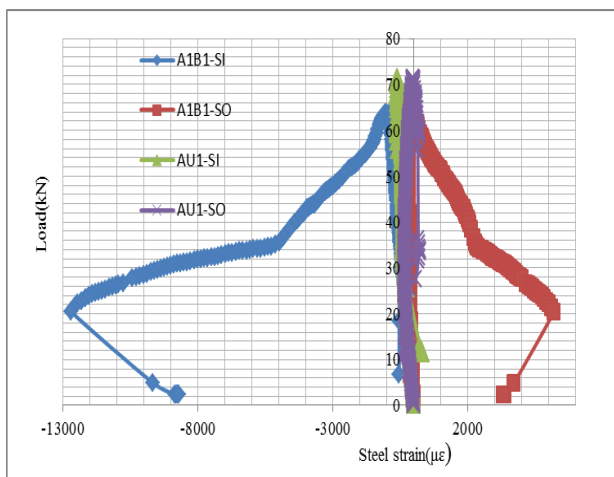


図-6 荷重とひずみの関係

5.4 座屈させた鉄筋形状 (B1,B2) の違いによる影響

表-4より鉄筋の初期座屈形状が B1 (図-2 参照) である A1B1-150 の最大荷重の方が、初期座屈形状が B2 である A2B2-150 より大きくなることがわかる。図-7 によると、その最大荷重までひずみの挙動が明らかに異なっていることが確認できる。これは、B2 の鉄筋は B1 に比べ座屈部の曲率が大きいため、鉄筋が受け持てる圧縮力が小さくなったと推察できる。

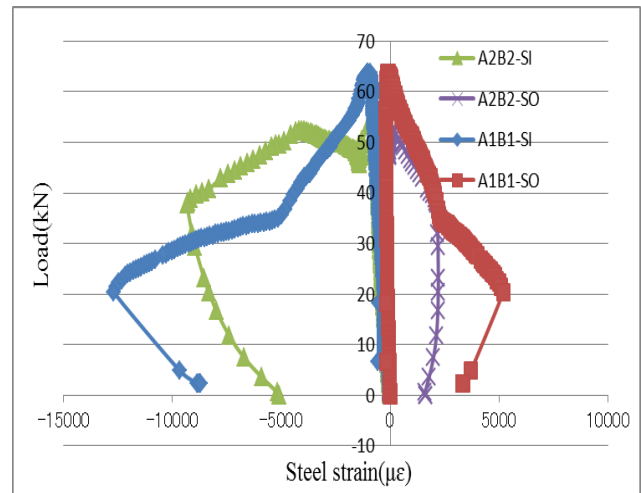


図-7 荷重とひずみの関係

6. まとめ

- 1) 本研究で用いた鉄筋の座屈後の変形挙動を観察するための要素供試体においても、PET 繊維シートには破断が見られず、高いコンクリートと鉄筋への拘束効果があることが確認された。
- 2) 鉄筋が座屈すると、座屈後の横変形により、鉄筋自体が受け持てる圧縮力が小さくなるとともに、コンクリートの破壊を促進させ、コンクリートの耐力も低減させる。
- 3) 本研究で用いた鉄筋の座屈後の変形挙動を観察するための要素供試体は、コンクリート部材内の挙動をモデル化するための有用な情報を得ることが可能である。その場合、初期状態として、鉄筋に座屈を起こさせない方がよい。

謝辞

本研究を進めるに当たり、前田工織 (株) の中井裕司氏には材料提供をしていただきました。ここに記し深謝の意を示します。

参考文献

- 1) 千田峰生：大破断ひずみを有する連続繊維によるせん断効果に関する実験的検討 北海道大学 修士学位論文,2010.3
- 2) 成瀬亮太：連続繊維シートで補強された棒部材の曲げ降伏後変形 北海道大学 卒業論文,2010.2
- 3) 生駒佳史：補強前のプレダメージが PET シート補強後の RC 部材に及ぼす影響 北海道大学 卒業論文,2011.2
- 4) 田上和也 中村光 齊藤成彦 檜貝勇：座屈を考慮した鉄筋の繰り返し履歴モデル コンクリート工学年次論文集,Vol.24,No.2,2002
- 5) 中村光：鉄筋の座屈が RC 構造物のポストピーク挙動に及ぼす影響 コンクリート工学年次論文集,Vol.14,No2,1992