

## V-463

## FRPプレートを緊張材に用いたPC工法の開発と曲げ試験

長岡技術科学大学大学院 学生員 木暮明仁  
 清水建設株式会社 正会員 関島謙蔵  
 長岡技術科学大学大学院 学生員 鈴木秀門  
 清水建設株式会社 大塚 靖

## 1. まえがき

FRPプレートを緊張してコンクリート部材の下面に貼り付け、プレストレスを導入する工法は、既設のコンクリート構造物の補修・補強工法として有望である。この工法を実用化するために、FRPプレートの緊張・定着方法を開発した。次に、部材の力学的特性を調べるために、プレストレスを変化させた試験体を製作して、曲げ試験を行った。

## 2. 使用材料および試験体

使用したFRPプレートは、幅100mm、厚さ3mmで、内部はガラス繊維ロービング、表層部はガラス繊維のコンティニューアストランドマットおよびヤーンクロスの5層構造から成り、樹脂に含浸させて、引き抜き成形したものである。FRPプレートの特性を表-1に示す。コンクリートは早強ポルトランドセメントを使用し、粗骨材の最大寸法は20mmとした。材令316日の圧縮強度は463kgf/cm<sup>2</sup>、弾性係数は3.19×10<sup>5</sup>kgf/cm<sup>2</sup>であった。

試験体の形状を図-1に示す。試験体は下面にFRPプレートを接着剤で貼り付けたコンクリートはりであり、プレストレスを導入しない試験体を1体（No. 1）、プレストレスを導入した試験体を2体製作した（No. 2、No. 3）。

## 3. プレストレスの導入

緊張装置として、山留め鋼材H-300×12×9の上にメカニカルジャッキを水平に設置し、その先にロードセルを置いた。試験体の製作方法は以下の通りである（写真-1）。

- ① FRPプレートの両端に鋼板製の定着具を、接着剤とボルトを併用して取り付ける。
- ② ジャッキを用いてFRPプレートを緊張し、所定の引張力を与える。

表-1 FRPプレートの特性

| 断面積<br>$A_f$<br>(cm <sup>2</sup> ) | 最大荷重<br>$T_{fu}$<br>(tf) | 最大ひずみ<br>$\epsilon_{fu}$<br>(%) | 剛性<br>$D_f$<br>(tf) | 弾性係数<br>$E_f$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|
| 3.00                               | 8.65                     | 1.26                            | 674                 | 2.25×10 <sup>5</sup>                    |

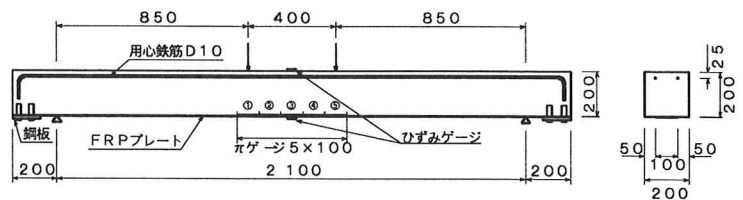


図-1 試験体の形状

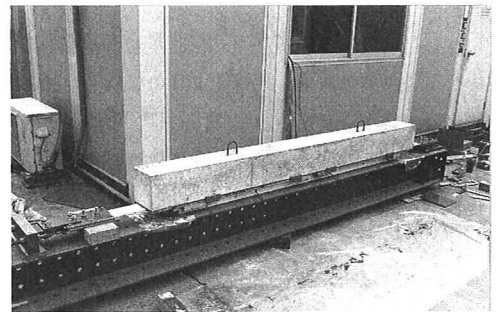


写真-1 試験体の製作状況

表-2 FRPプレートの緊張力の変化

| 試験体   | 加力直後<br>$T_0$<br>(tf) | 24時間後<br>$T_{24}$<br>(tf) | プレストレス導入前<br>$T_1$<br>(tf) | $\frac{T_1}{T_0}$ |
|-------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------|
| NO. 2 | 1.000                 | 0.922                     | 0.874                      | 0.874             |
| NO. 3 | 2.000                 | 1.878                     | 1.854                      | 0.927             |

表-3 曲げ試験結果

| 試験体   | 曲げひびわれ発生荷重<br>$P_{cr}$<br>(tf) | 曲げひびわれ発生引張応力<br>$\sigma_{cr}$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 曲げひびわれ発生応力の増加量<br>$\Delta\sigma_{cr}$<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 破壊荷重<br>$P_u$<br>(tf) | 破壊形式                             |
|-------|--------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
| NO. 1 | 1.26                           | 39.4                                                    | 0                                                               | 2.66                  | 等曲げモーメント区間の圧縮側コンクリート圧壊           |
| NO. 2 | 1.50                           | 46.8                                                    | 7.4                                                             | 3.46                  | //                               |
| NO. 3 | 1.86                           | 61.1                                                    | 21.7                                                            | 3.90                  | 圧縮側コンクリートの圧壊に続くせん断スパンのFRPプレートの破断 |

- ③FRPプレートの上面およびコンクリートはりの下面にエポキシ系接着剤を塗って貼り付ける。
- ④剥離防止の対策として、鋼板を接着剤とボルトを併用し、FRPプレートの端部をコンクリートはりの端部に締め付ける。
- ⑤接着剤の硬化（約5日）後にジャッキを緩めて除荷し、コンクリートはりにプレストレスを導入する。  
プレストレス導入前の緊張力の変化を表-2に示す。

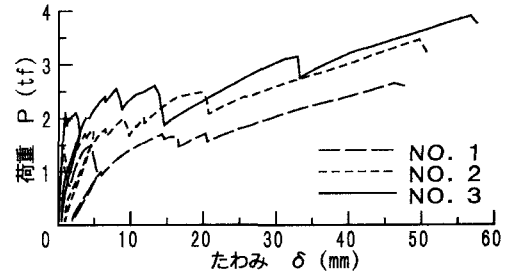


図-2 荷重-たわみ関係

#### 4. 曲げ試験

##### (1) 試験方法

載荷方法は、図-1に示すようにスパン 210cmの単純ばり対称2点載荷とした。測定項目は、破壊に至るまでの荷重、変位、コンクリートおよびFRPプレートのひずみ、ひびわれ幅等である。

##### (2) 試験結果および考察

試験結果の一覧を表-3に示す。曲げひびわれは等曲げモーメント区間に1本または2本しか発生せず、分散性は良くなかった。荷重がさらに増加すると、曲げひびわれ発生箇所から左右に向かってFRPプレートの剥離が生じた。なお、プレストレスを導入すると、曲げひびわれ発生後の試験体の曲げ剛性の急激な低下が防止され、変形性状が改善された（図-2）。

荷重-ひずみ関係は、曲げひびわれ発生前は全断面有効と仮定した弾性計算値に等しい。FRPプレートの剥離が生じた後は、圧縮側コンクリートのひずみは引張応力を無視して求めた弾性計算値よりはるかに大きくなった（図-3）。

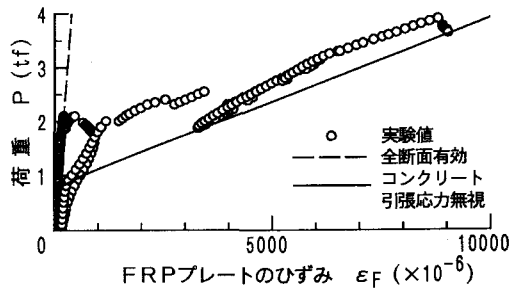
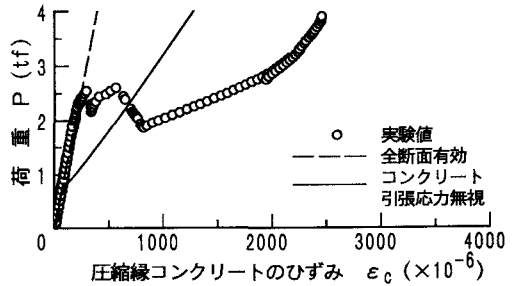


図-3 荷重-ひずみ関係 (No. 3)

破壊荷重の計算値は、各試験体の推定した破壊形式がFRPプレートの破断による曲げ引張破壊になるため、ほぼ同じになった。しかし、実験では剥離が生じるために、破壊形式がコンクリートの圧壊となり、No. 3を除いて破壊荷重が小さくなった（図-4）。

#### 5. あとがき

FRPプレートをコンクリートはりに貼り付ける際に、鋼板を接着剤とボルトを併用して締め付けることによって、曲げ試験中もFRPプレート端部の剥離が防止され、有効な対策であることが確認された。さらに、曲げひびわれ発生箇所からのFRPプレートの剥離を防止するために、適切な接着剤を選定する必要があることが指摘された。

FRPプレートを提供していただいた旭硝子マテックス㈱の林 耕四郎氏に感謝します。

| 試験体   | プレストレスの推定方法 |                    |                  |
|-------|-------------|--------------------|------------------|
|       | 初期緊張力から推定   | FRPプレートのひずみ減少量から推定 | 曲げひびわれ発生引張応力から推定 |
| NO. 1 | ●           | —                  | —                |
|       | ○           | —                  | —                |
| NO. 2 | ●           | ■                  | ▲                |
|       | ○           | □                  | —                |
| NO. 3 | ●           | ■                  | ▲                |
|       | ○           | □                  | —                |

注) 破壊荷重については、上段が実験値、下段が計算値を表す。

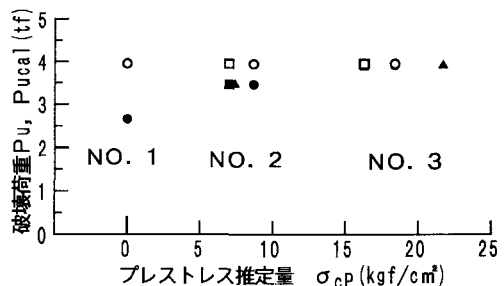


図-4 破壊荷重-プレストレス関係