

大阪市立大学 大学院 学生員 ○麓 隆行

大阪市立大学 工学部 正会員 眞嶋 光保

1. はじめに

近年、コンクリート補強材として実構造物への適用が盛んに検討されている連続繊維棒材は、その特徴から PC 構造物への利用が有利とされている。PC 構造は緊張材の定着を必要とし、連続繊維棒材の定着には特別な配慮が必要である。そこで本研究は、充填方式による定着体内の応力分布から付着分布を求め、合理的な定着体の設計法に関する基礎資料を得ることを目的とした。

2. 実験概要

本研究における実験計画を表-1 に示す。本研究に用いた定着体は、連続繊維棒材の定着具に鉄パイプを使用し、鉄パイプと連続繊維棒材との間に充填材を充填したものである(図-1)。測定は、鉄パイプ外面の歪み、連続繊維棒材表面の歪み、緊張力導入端部の抜け出し変位および自由端部の引き抜け変位について行った。また、本研究の連続繊維棒材の緊張方法は、漸増繰返し載荷とし、連続繊維棒材の破断あるいは連続繊維棒材の定着体からの引き抜け等により、緊張力を保持できなくなった時点で終了とした。なお、定着体によるコンクリートの定着は、定着体の反力作用位置により緊張力導入端側での定着(前定着)および自由端側での定着(後定着)があるが、今回は解析の容易さから後定着のみ取り扱うこととした。

3. 測定値の処理方法

まず、測定値(歪み)を連続繊維棒材および鉄パイプの弾性係数により各載荷荷重時における各測点の引張応力そして引張力に変換し、この各測点の引張力から引張力分布を求め、最後に右下に示す理論式¹⁾に基づいて付着応力分布に変換する。したがって、引張力分布に適切な回帰曲線をあてはめる必要が生じる。図-2に膨張材で定着したより線状炭素繊維を用いた連続繊維棒材にかかる引張力の測定結果を例として示す。①・②・③・④は測点であり、測点間における直線の傾きは、測点間の引張力勾配を表している。①-②区間についてみると、2.5tf までは徐々に引張力勾配が急になるのに対し、2.5tf 以上になると再び引張力勾配が緩やかになる様子が分かる。これは、2.5tf 以上になると①-②区間の連続繊維棒材と充填材との間がすべりを起こすことを示している²⁾。同様の現象が、②-③区間において5tf を境に起こっていることが分かる。このことから、緊張力導入端部において付着応力がある限界に達するとすべりが発生し、そのすべりは引張力の増加とともに自由端部へと伝達していくことが分かる。ところで、引張力分布の回帰曲線は、一般的に指数関数に回帰されることが多い³⁾。これは、理論的に求められることによるが、この回帰はすべりがある場合を充分に取り込めないようである。したがって、本研究のような場合には当てはまらないことが考えられる。そこで、本研究では先の状態を

$$\text{理論式: } \frac{dP_{sx}}{dx} = -u \cdot \tau_x$$

P_{sx} : 連続繊維棒材の受ける力 (引張力が正)
 u : 連続繊維棒材の周長
 τ_x : 位置 x における付着応力

表-1 実験計画表

要因	水準	備考
定着長	20・30・40cm	定着径は 19.4mm を基準
定着径	19.4・25.0・32.9mm	定着長は 30cm を基準
膨張圧	膨張材・樹脂	定着機構(摩擦・接着)での比較
繊維形状	ロッド状アラミット・組み紐状アラミット・より線状炭素	表面抵抗の違いによる比較
定着位置	後定着	

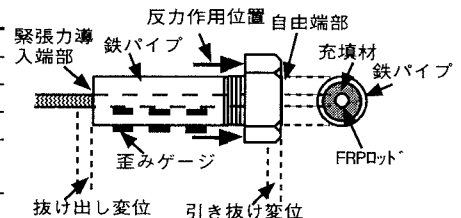


図-1 供試体形状および測定箇所

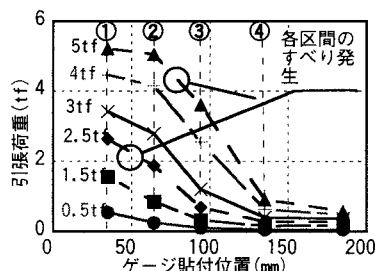


図-2 FRP ロッドの引張力分布の推移
(より線状・膨張材・FRP・定着長 400mm)

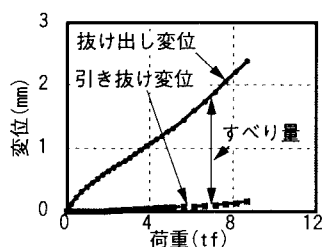


図-3 変位測定結果(定着長 400mm)
(より線状・後定着・FRP)

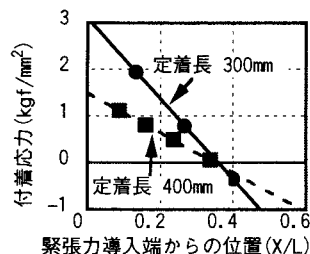


図-4 付着応力分布(定着長比較)
(より線状・膨張材・FRP・2tf)

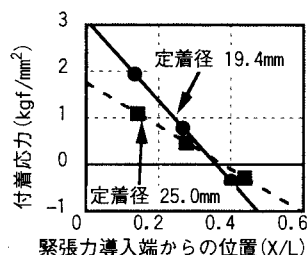


図-5 付着応力分布(定着径比較)
(より線状・膨張材・FRP・2tf)

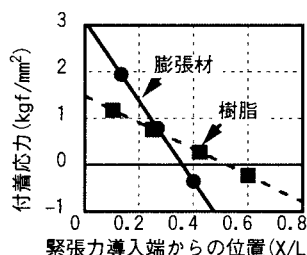


図-6 付着応力分布(充填材比較)
(より線状・FRP・2tf)

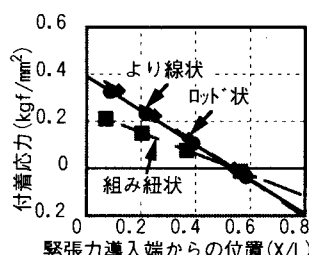


図-7 付着応力分布(繊維比較)
(膨張材・FRP・1tf)

考慮し、付着特性を容易に知るためにすべりがあまり発生していない荷重時に関して、引張力分布を2次関数で回帰することにした。

4. 測定結果

より線状炭素繊維を用いた後定着に関する図を例として以下に示す。図-3 は、膨張材を充填した定着長 400mm の後定着についての引き抜け変位と抜け出し変位の推移を示している。2tf 程度の緊張力ですべりが発生し、その後すべり区間が増加することにより連続繊維棒材の緊張力導入端部方向への伸び(抜け出し変位)が徐々に増加していくことが分かる。ここからは、どの図においても横軸は、各定着長(L)でその位置(X)を割ることにより正規化している。図-4 は、定着長を変化させた付着応力分布を示している。定着長が変化しても相対的な付着長に変化はなく、したがって定着長 400mm になると付着長が伸び、付着応力は低減し、定着長 300mm の 1/2 程度になっているのが分かる。図-5 は、定着径を変化させた付着応力分布を示している。ここでは定着長を一定としており付着長はほとんど変化しないにも関わらず付着応力が定着径 25.0mm では定着径 19.4mm の 2/3 程度になっているのが分かる。図-6 は、充填材を変化させた付着応力分布を示している。膨張材(摩擦付着)は、樹脂(接着付着)より発揮される付着応力が大きく、結果として付着長が短くなることが分かる。図-7 は、繊維形状を変化させた付着応力分布を示している。組み紐状は、ほかの2種類に比べて表面形状による付着応力が 3/4 程度小さいことが分かる。また、この図から同じ充填材(膨張材)を用いたときの付着長は繊維によってほとんど変化しない様子が分かる。

5. 結論

- (1) 本実験で用いた各パラメータで明らかな変化がみられ、付着応力関数を解明した上でこれらを法則化すれば、より合理的な定着体の設計が可能になる。
- (2) すべりの状態は、引き抜け変位および抜け出し変位の変化から読みとることが可能である。
- (3) 付着特性は、いくつかの点を除いて2次関数の適用により、その傾きをとらえることが可能である。

【参考文献】1) 岡田 清：鉄筋コンクリート工学、朝倉書店、pp141～pp143、1972

- 2) 高木宣章ほか：連続繊維棒材を用いたはりの付着性状、平成7年度関西支部年次学術講演概要/V-15、1995
- 3) 真嶋光保、幸左賢二、大野定俊：繊維補強セメント/コンクリート複合材料、技報堂出版、1994.5