

(54) FRP緊張材のポステン定着工法の開発実験

川田建設(株) 大阪支店 正会員 ○ 梶川 靖 治
川田建設(株) 開発部 児島 啓太郎

1. はじめに

FRP材料をポストテンション緊張材あるいは外ケーブルとして利用する場合、定着体には恒久的な性能維持が要求される。このためには、定着効率に優れ、十分な耐久性を有することはもちろんのこと、現場での緊張・定着作業が容易であり、さらには、定着体そのものの容積ができるだけコンパクトであることなどが必要条件となる。このFRP緊張材用のポステン定着工法としては、これまでもクサビ方式あるいは充填方式について種々のものが開発・提案されているが¹⁾、いまだ決定的なものはないようである。

そこで、「緩衝材を介して間接的に鋼製クサビで把持する」という基本コンセプトのもとに、上記の種々の必要条件を満足するような定着工法の開発を目指して一連の実験を実施することにした。

以下では、開発実験の概要を紹介するとともに、未だ研究開発途上段階ではあるが、これまで得られた成果を報告する。

2. 新規定着体の概念と実験方法

開発定着体の基本構造は、図-1に示すように、緊張材の外周を樹脂製半割り円筒体からなる緩衝材(ライナー)で覆い、その外側を鋼製グリップで把持するものである。ただし、開発対象とする線材は、いわゆるより線タイプのCFCC 1×7(φ12.5)とし、鋼製グリップのスリーブおよびクサビは、実験の最初の段階では、とりあえず既存のPC鋼より線シングルストランド用のもの(フレシネー工法またはCCL工法用)を利用することにした。

図-1において、樹脂製ライナーの外周は平滑仕上げとするが、その内面は緊張材の表面形状になじむような凹凸パターンとする。また、その材質は緊張材のマトリックスとほぼ同程度のものとし、肉厚などについては実験的に決定するものとした。写真-1にライナーの試作品を示す。

開発定着体案を試すべく、図-2に示すように、長さ約1,500~1,700mmに切断したCFCC線材の両端部に現物合わせ

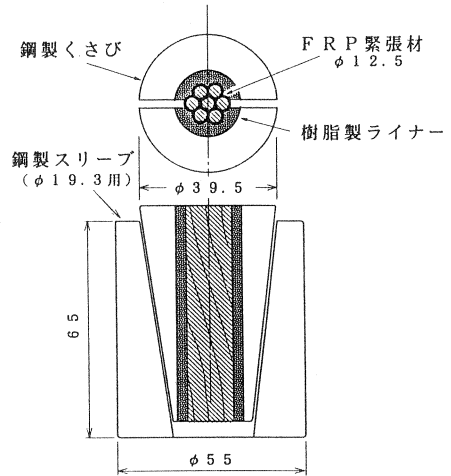
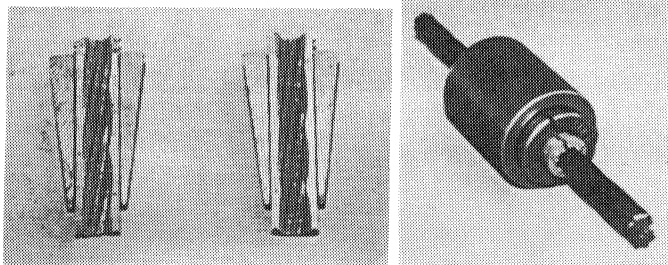


図-1 新規定着体概念図



(a)クサビへのはめこみ

(b)鋼製グリップによる把持状況

写真-1 樹脂製ライナー試作品

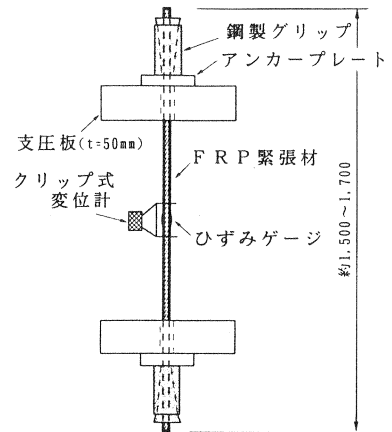


図-2 引張試験方法

でエポキシ樹脂によりライナーを形成し、これを鋼製クサビ定着具で把持して、アムスラー型万能試験機により引張試験を実施するものとした。

3. 実験-I

CFCC線材の両端に写真-2(a)に示すようなアクリルパイプ(内径19mm、外形22mm、長さ約110mm)を取り付け、エポキシ樹脂を流し込んで写真(b)のような円筒形のライナーを形成した。ただし、供試体は、ライナーに用いた樹脂の違いにより、エポキシ樹脂のみ(樹脂EBとする)のもの(記号CWEB, 3本)とエポキシ樹脂に亜鉛粉末を混入した(樹脂ECとする)もの(記号CWEC, 3本)の2種類とした。

このライナーを既製のφ19.3mm鋼くさびグリップで把持して引張試験を実施した結果を表-1に示す。CWEBとCWECのいずれについても、保証切断荷重(14.5tf)の約90%まで引っ張れたが、

最後はライナーから素材が抜け出てしまった。これは、最終荷重付近において、クサビによる素材への締付け力の一部が円筒状のライナーのリングアクションに吸収されてしまい、樹脂ライナーと素材との接触面に十分な摩擦力が作用しなかったことが原因ではないかと考えられる。

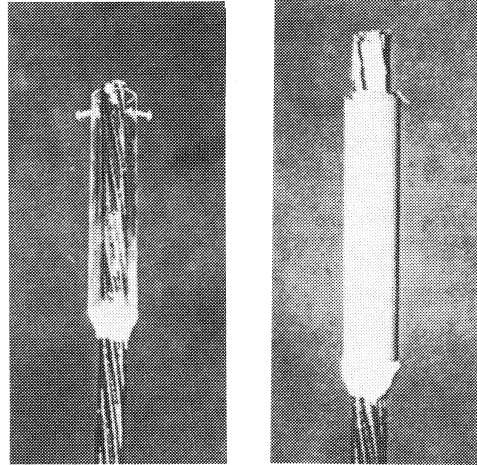
4. 実験-II

(1) クサビ定着具

実験-Iの結果をふまえて、FRP緊張材用の鋼製クサビ定着具のプロトタイプを試作することにした。このため、既製のPC鋼線用くさびグリップなどについて調査した結果、クサビのテーパ角度θは線材径に関わらず約7°であり、組み紐タイプ緊張材のFiBRAの専用クサビではこれよりも緩く約4°であった。また、クサビ内面の実際に線材をつかむ「歯形」部分の長さは、鋼線φ19.3mm用グリップの場合には約60mmであり、FiBRA用ではほぼ90~110mmと長かった。

これらに加え既往の文献調査結果などをも参考にして、新規クサビ定着具として図-3に示すものを製作することにした。クサビのテーパ角を7°と4°の2種類、ライナーに食い込む歯形部分の長さ(Lw1)を60、90および110mmの3種類として、これらの組み合わせにより6種類、各2個ずつ計12セット用意した。ただし、スリーブへの食い込み量を大きくして把持性能を高めるために、クサビはすべて「四つ割り」とした。

なお、出来上がった定着具は、試作品であるため、焼き入れなどの関係から市販品に比べほぼ一回りくらい大きく、かなり肉太な仕上がりとなった。



(a)7°テーパ角のグリップセット状況

(b)樹脂ライナーセット

写真-2 供試体CWECの定着体の形成

表-1 実験-Iにおける引張試験結果

ライナー	供試体	最大荷重(tf)	破断状況
エポキシのみ (樹脂EB)	CWEB-1	12.44 (86%)	下側ライナーより抜け出し
	CWEB-2	13.49 (93%)	下側ライナーより抜け出し
	CWEB-3	12.64 (87%)	上側ライナーより抜け出し
	平均	12.86 (89%)	()内は対保証荷重比
エポキシ+亜鉛粉末 (樹脂EC)	CWEC-1	11.37 (78%)	上側ライナーより抜け出し
	CWEC-2	13.74 (95%)	下側ライナーより抜け出し
	CWEC-3	13.89 (96%)	下側ライナーより抜け出し
	平均	13.0 (90%)	

(2) 供試体

CFCC線材の両端に形成した亜鉛粉末入りエポキシ樹脂ライナーの長さは、クサビの長さに応じて前後約20mmずつ程度の余裕をもたせ、軸方向には2本のミゾを設けており、例えば歯形部長さ110mm用のものを写真-3(a)に示す。これを新規製作した四つ割りクサビで把持した状況が写真(b)で表す。

(3) 実験結果

新規製作した6種類の定着具についての引張試験結果を表-2に示す。表中には、参考のためにこの試験に先立って実施したメタルダイカスト付き供試体(CD)と樹脂充填方式鋼スリーブ付き供試体(CS)とによる試験結果をもあわせて示している。

各1本ずつと供試体数が少ないので断言はできないが、ほぼ以下のことがわかる。

① テーパー角7°の場合、クサビの長さが大きくなるにつれて引張荷重が増加し、歯形部長さ90mmで保証値の14.5tfをオーバーし、110mmではスリーブ定着のCSに対する値(16.09tf)をも少し上回っている。これより、新素材ではやはり支圧応力度を軽減するために、歯形長さを100mm程度にする必要があるのではないかと考えられる。

② テーパー角4°の場合についても①と同じ傾向が見られ、この場合には歯形部長さ110mmでダイカスト定着のCDシリーズの値(15.60tf)をわずかにオーバーするが、CSの結果までは及ばないようである。なお、テーパー角4°の定着具ではいずれも、クサビのスリーブ内への食い込み量がかなり大きいことが観察された。

③ 歯形部長さが60mmと90mmの場合には、テーパー角度の小さい方の引張荷重が大きくなっており、当然の結果であると納得できるが、110mmについては逆転している。これについては次のような理由が考えられる。すなわち、テーパー角度が緩くなるにつれて、クサビ力の線材への垂直成分が大きくなり、その分摩擦力も大きくなるため線材の引き抜き抵抗力は増大するが、新素材の場合にはせん断抵抗が極めて小さいこともあり、ある限度を過ぎれば線材を押しつぶしてしまうことになるのかもしれない。したがって、金属製のクサビとする場合には、緩衝材を使ったとしてもテーパー角度をあまり小さくできないのではないかと考えられる。

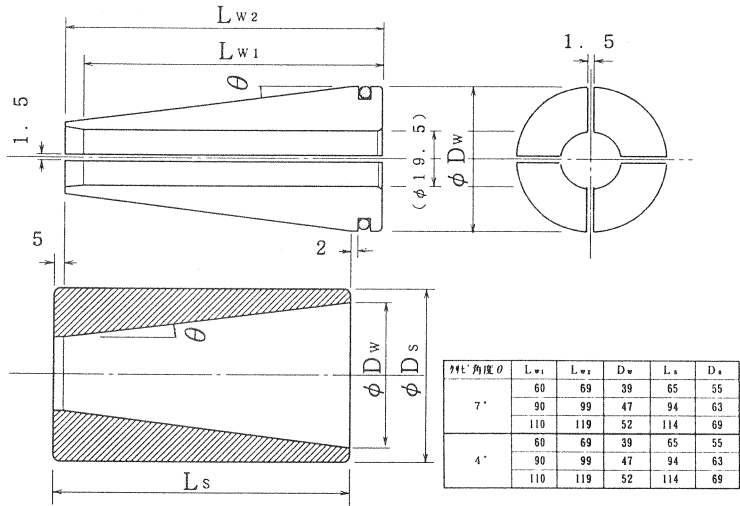
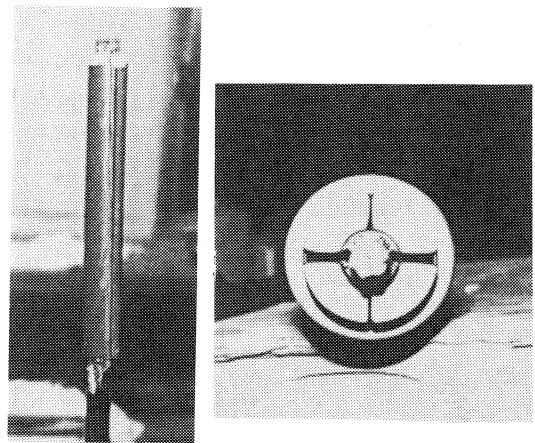


図-3 新規クサビ定着具の形状・寸法



(a)ミゾ付きライナー (b)把持状況

写真-3 新規定着具による線材の把持状況

(4) まとめ

以上の結果より、CFCC 1×7 φ12.5mm 用クサビ定着具の基本寸法としては、テーパ角が7°以下(下限は不明であるが、7°よりもやや緩い程度)、かつ歯形部長さ約100mm程度のクサビを有するものが適当であることがわかった。ただし、これはあくまでも一つの目安にすぎず、今回と試験条件(線材の径、ライナーの材質・肉厚・製作方法など)が変わればそれなりの修正が必要であるの言うまでもない。

表-2 実験-IIにおける引張試験結果

クサビの形状・寸法		ライナーの種類	
テーパ°-角度, θ	歯形部の長さ, L_{w1}	ミゾ有り	ミゾ無し
7°	60 mm	11.31 tf	13.75 tf
	90 mm	14.72 tf	—
	110 mm	16.22*tf	—
4°	60 mm	12.57 tf	15.02 tf
	90 mm	15.15 tf	—
	110 mm	15.74 tf	—
C D (タフキャスト付き供試体)		15.60 tf (5本平均)	
C S (スリーブ付き供試体)		16.09 tf (5本平均)	
メーカー保証値		14.5 tf	

注) *印は線材中央部にて破断。これ以外はすべてクサビ根元部にて破断。

5. おわりに

これまでの開発研究の結果、エポキシ樹脂によるライナー(緩衝材)の製作および新規クサビ定着具のプロトタイプの試作などの段階を経て、ようやく原理的なものを実験的に確認するところまでこぎ着け、最終的にたった1種類だけではあるが、新素材用クサビ定着具の形状・寸法に対する一つの提案を行った。これをふまえて、今後の実用化のための方向性を示すと次のようである。

- ① ライナーの材質 : ライナー材料として、工作・加工性の理由から、取り扱いやすい2液混合常温硬化型のエポキシ樹脂を選んだが、本質的に脆い性質であることから、ライナーとしての適性に欠けるようである。そこで、これに替わるものとして、例えば高性能エンジニアリングプラスチックのMCナイロンあたりが適当ではないかと考えられる。
- ② ライナーの形状・寸法 : ライナーの基本形状は、二つ割り円筒形とし、内側の線材との接触面は対象線材の表面パターンに噛み合う形としなければならない。ただし、CFCCにしても線材の「より角」のばらつきが大きいようであり、さらに何らかの工夫が必要である。
- ③ クサビ定着具 : クサビのテーパ角度と歯形部の長さについては、約7°と100mmという一応の目安寸法を与えたが、これらは線材の直径などによって適正値が変化するものと考えられ、実用化に際しては、長さはともかく、もう少し緩い角度について検討する必要がある。

参考文献

- 1) 連続繊維研究小委員会 : 連続繊維補強材のコンクリート構造物への適用, 土木学会コンクリートライブラリー第72号, pp. 69~74, 1992. 4