

報 告

[1184] 炭素繊維複合材 (CFCC) 用端末定着体の開発

正会員○遠藤隆一 (東京製鋼㈱研究所)

白鳥信令 (東京製鋼㈱研究所)

高木 宏 (東京製鋼㈱研究所)

1. はじめに

最近、PC構造物の緊張材にPC鋼材の代替として、炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維を用いた繊維複合材について研究されている。中でも炭素繊維を用いた繊維複合材は、PC鋼材に匹敵する高強度、高弾性率を有し、PC鋼材に比べリラクゼーション特性に優れ、軽量かつ腐食しないという利点を持っている。しかし、繊維複合材を緊張材として使用する場合、繊維複合材は鋼材に比べて剪断に弱いため、通常のPC鋼材用くさび式定着具では、剪断破壊をおこし、十分な緊張、定着がおこなえないという欠点がある。そこで通常は、①外周にネジ加工を施した鋼管に繊維複合材を挿入し、その隙間に充填した樹脂の接着力で繊維複合材と鋼管を一体化した定着部を形成した後、鋼管にカップラーを装着して緊張し、ナットで定着する方式¹⁾や、②くさび長を長くし、テーパ角を変え、くさび内面を平坦にしたくさびを用いて繊維複合材に作用する剪断力を緩和し、くさび作用による繊維複合材とくさび内面との摩擦力で緊張、定着する方式²⁾がある。しかし、前者は、経済性、作業性、耐熱性等に問題があり、また、後者は、当社の実験においてくさび作用による応力集中の影響で繊維複合材自体の強度の約70%でくさび口元部より切断してしまうという問題がある。

本研究では、繊維複合材の外周に緩衝材の層を設け、その部分をくさび式定着具で挟持するという考えに基づいて、緩衝材として耐久性、作業性、および繊維複合材との密着性に優れた低融点亜鉛合金を、繊維複合材の端末をセットした金型中に射出成形し(ダイカスト加工)、さらにその低融点合金層の上に鋼管を圧着し強度を向上させる方法を検討した。

2. 実験概要

今回実験に供した繊維複合材は、炭素繊維を用いた繊維複合材を撚り線状に成形加工したもの(以下CFCCと略す)で、その機械的特性を表-1に示す。なお表-1に示す切断荷重等の測定試料の定着体は、上記の樹脂充填方式¹⁾で形成された。

本研究によって開発された端末定着体の加工状況を写真-1に示す。その加工方法は、CFCCの端末に低融点亜鉛合金(表-2参照)を円筒状(長さ=250mm、外径=15mm)に鋳造し、急冷する。次に、その加工部に鋼管(長さ=250mm、外径=22mm)を装着し、その鋼管の上からプレスをおこない鋼管とダイカスト加工部を圧着して端末定着体を形成する。

表-1 CFCCの基本特性

項目	測定値 (n=3)
外径(mm)	12.8
計算断面積(mm ²)	76.0
重量(g/m)	156
切断荷重(kgf)	16430
引張強度(kgf/mm ²)	216
弾性係数(kgf/mm ²)	14300
切断時伸び(%)	1.5

表-2 低融点亜鉛合金の機械的特性

項目	カタログ値
引張強度(kgf/mm ²)	30~32
伸び(%)	1~5
シャルピ衝撃値(kgf・m/cm ²)	1~5
硬度(ビッカ-ス)	120~145
圧縮強度(kgf/mm ²)	70
クリープ(%) (14.06kgf/mm ² ×500hr)	0.05

上記端末定着体を写真-2に示す様に通常のPC鋼撚り線用くさび(21.8mm用)で挟持し、緊張定着を行なう。実験項目としては、プレス量と切断荷重の関係、定着位置と切断荷重の関係、くさび引き込み量、リラクセーション値³⁾と残存強度を測定した。

3. 実験結果と考察

(1) プレス量と切断荷重の関係

プレス量を表-3に示す様に5水準に分け $n=3$ で図-1に示す定着位置175mmで引張試験を行なった結果を表-3に示す。この結果プレス量 $28\text{kgf}/\text{mm}^2$ が最も切断荷重が高くこれ以下では、鋼管内面とダイカスト加工部との摩擦力が少なくダイカスト加工部の抜け出しが見られた。また、それ以上では、CFCC本体に欠損を生じさせ、定着体口元部でCFCCが低荷重で切断した。この結果を基に以下の実験は、全てプレス量 $28\text{kgf}/\text{mm}^2$ で行なった。

(2) 定着位置と切断荷重の関係

図-1に示す様に、くさび定着位置を定着体口元部から0mm、90mm、175mm離し、引張試験を行なった。その結果を表-4に示す。定着体からのダイカスト加工部の抜け出しや破壊は見られず、全て定着体の口元部でCFCCが切断し、定着位置による強度の変化は小さい。しかし、表-1に示す切断荷重よりは低い。これは、プレス加工により定着体口元部に何らかの影響があるものと考えられる。

(3) くさび引き込み量

くさび定着位置を上記(2)と同じに設定し、11.6tf(表-4の全切断荷重平均値の76%)迄のくさびの引き込み量を測定し、その値を図-2に示す。11.6tfで最大3.8mmの引き込みがあり、通常のPC鋼材の引き込み量とほぼ同等で、緊張作業上問題はないものと考えられる。

(4) リラクセーション値と残存強度

図-1に示す様にくさび定着位置を定着体口元部から175mm離し、緊張力11.6tfで24hrの常温のリラクセーション値を測定し、その残存強度も測定した。その結果を表-5と図-3に示すリラクセーション値は、最大で4.5%であった。なお、CFCC本体のリラクセーション値³⁾は、上記の条件の時約1.2%であるので、定着体自体が3%位のリラクセーション値を示したものと考えられる。また、残存強度の平均値が表-4の全切断荷重平均値の96%で定着体口元部のCFCCが切断しており、定着体自体には、異常が見られなかった。

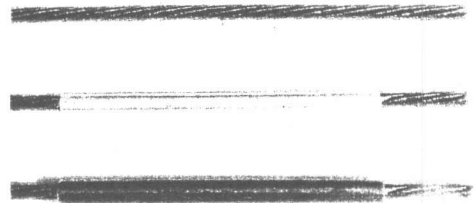


写真-1 ダイカスト加工状況
(上から、CFCC本体、ダイカスト加工後、鋼管圧着後)

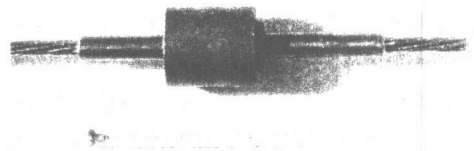


写真-2 くさび挟持状況

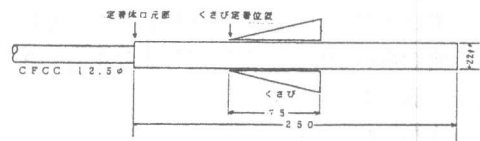


図-1 定着体の寸法とくさび定着位置

表-3 プレス量と切断荷重の関係

プレス量(kgf/mm ²)	切断荷重(kgf)	平均(kgf)	状況
1.4	(13075), (13650), (13500)	13408	(ダイカスト加工部抜出し)
2.1	(13700), 15700, (14200)	14533	(抜出し)、定着体口元切断
2.8	16250, 15000, 16150	15800	定着体口元切断
3.5	15650, 14950, 16200	15600	定着体口元切断
4.2	14800, 13700, 14350	14280	定着体口元切断

表-4 定着位置と切断荷重の関係

定着位置(mm)	切断荷重(kgf)	平均(kgf)	状況
0	15200, 15250, 14700	15050	口元切断
90	15750, 15200, 14500	15150	口元切断
175	15300, 15800, 15550	15550	口元切断
全切断荷重平均値 (kgf)		15250	

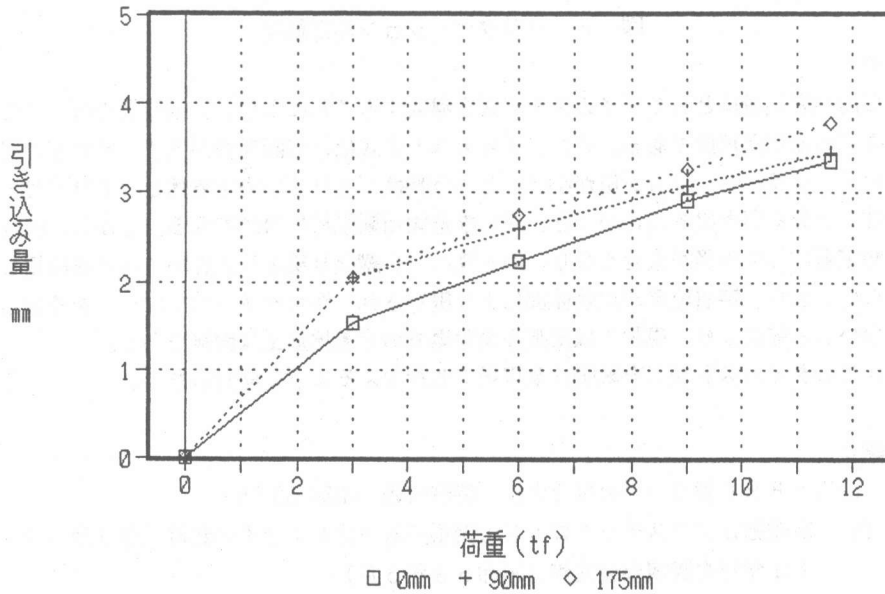


図-2 くさび引き込み量測定結果

表-5 リラクゼーション値と残存強度

No	リラクゼーション値(%)	残存強度(kgf)	状況
1	4.5	14400	口元切断
2	4.1	15300	口元切断
3	4.5	14100	口元切断
平均	4.4	14600	口元切断

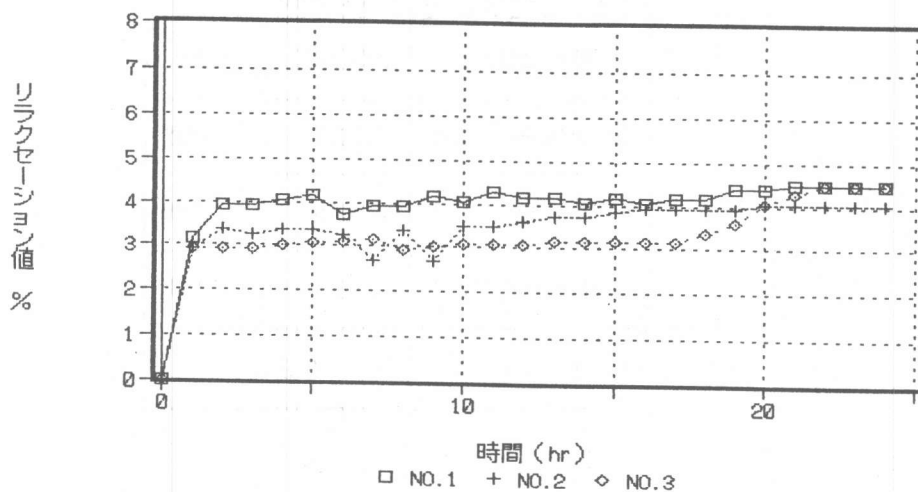


図-3 リラクゼーション測定結果

4. まとめ

CFCC用端末定着体としてダイカスト方式を導入することにより、緊張作業では、PC鋼撚り線用くさびの使用が可能である。また、ダイカスト方式は、切断荷重が高く、くさびの引き込み量が少なく、リラクゼーション値が小さいという特性があり、端末定着体としては、CFCCの基本特性を十分に引き出すことができ、PC構造物用緊張材に対応できる。しかし、緩衝材層があるため定着体部の外径が大きくなり、同一径のPC鋼撚り線より大きいくさびを使用しなければならない。また、定着位置が定着体部により限定され、かつダイカストマシンを使用しなければならないこと等により、現状では緊張作業現場での定着体加工は困難である。

今後は、このダイカスト加工を緊張作業現場でも行なえるように検討したい。

【参考文献】

- 1) 多賀、浅川：FRP製ロープの接合方法 特許公報 昭56-52155
- 2) 小林 他：繊維強化プラスチックロッドの緊張定着方法およびその装置 第6回コンクリート工学年次講演会論文集（昭和59年5月）
- 3) 『JIS G 3536 PC鋼線及びPC鋼より線』のリラクゼーション試験法に準ずる。