

## V-133

## 緊張材としてのFRPロッドの静的破砕剤による定着について

|        |     |      |      |
|--------|-----|------|------|
| 長崎大学   | 工学部 | ○学生員 | 小坂英樹 |
| 長崎大学   | 工学部 | 正会員  | 原田哲夫 |
| 九州工業大学 | 工学部 | 正会員  | 出光 隆 |

## 1. まえがき

最近、PC構造物の緊張材の抜本的な防食対策として、従来のPC鋼材から、カーボン、アラミド、ガラスなどの各繊維で作った繊維強化プラスチック製緊張材（FRPロッド）に置き換えて利用する方法についての研究が行われてきている。FRPロッドを緊張材として用いる場合の最大の問題点は、定着ならびに緊張方法をどのようにするかである。これまでにいくつかの定着方法が開発されており、特に低荷重下における定着具付け根部分からの破断を防止するための努力がなされている。

一方、静的破砕剤は、水と練り混ぜるだけで、 $300\text{kgf/cm}^2$ 以上の膨張圧が発現し、膨張圧の伝播は液体に似た挙動をすることが知られている。ここでは、均等でしかも高膨張圧であるという特徴が、FRPロッドの定着に容易に利用できるのではないかと考え、実験的な検討を行った。

## 2. 実験概要

定着部は図1に示すように、施工性と経済性を考えて、鋼管（外径34mm、内径27mm）中央部にFRPロッドを通し、その隙間に破砕剤を充填するだけで、破砕剤の膨張圧による付着力を利用して定着する。いわゆる付着定着法である。定着部が十分であるかどうかの検討は、まず、鋼管部をアムスラーのチャックでつかみ、ロッドの破断荷重または引抜荷重まで静的な引張試験を行った。

実験に用いたFRPロッドの補強用繊維は、カーボン繊維、アラミド繊維（以下それぞれCFRP、AFRPと略す）であり、諸元は表1に示す。図2はセンターホールジャッキを用いたプレストレス導入のための緊張システムである。図1の鋼管表面にネジ（M33、ピッチ1.5mm）をきり、カプラーで連結して緊張を行う。部材への定着は、図3に示すように、ナット定着である。以上の方法でも引張試験を行った。なお、膨張圧は、鋼管表面に貼布したひずみゲージから、荷重はロードセルにより測定し、実験は25℃の恒温室にて行った。

## 3. 実験結果および考察

## 3. 1 ストレートロッド（CFRP）の場合

ロッド表面はなめらかで、付着はほとんど期待できないが、膨張圧あるいは鋼管長（定着長）によって、定着がどの程度確保できるかを $\phi 5$ 、 $\phi 9.5$ のロッドについて調べた。 $\phi 5$ の場合は、 $l=15\text{cm}$ でも定着部が引き抜けることなくロッドが破断し、定着は十分であった。破断荷重は理論耐力の59%であるが、

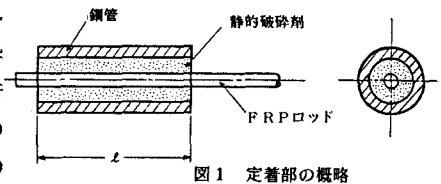


図1 定着部の概略

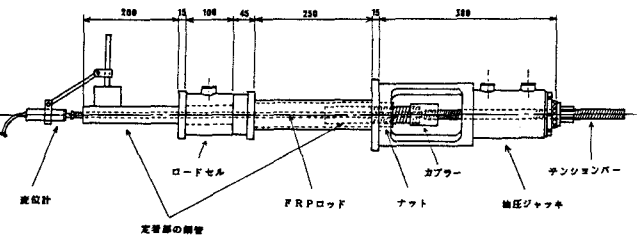


図2 緊張方法

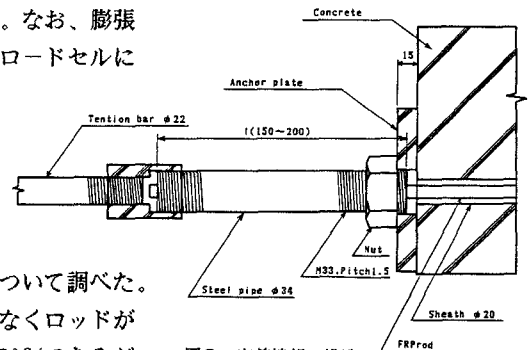


図3 定着端部の構造

FRPロッド用に開発されたクサビ定着具の場合でもこれと同様な結果が報告されており<sup>1)</sup>、これはすべての供試体で、全断面にわたって繊維が層状に分裂し破断したことに関係があるものと考えられる。φ9.5 の場合は、破断に至る前に急激なすべり込みをおこす。この荷重を引抜荷重と呼ぶことにする。図4は、鋼管長（ $l$ ）をパラメータとしたときの引抜荷重（ $T$ ）と膨張圧（ $p$ ）の関係である。いま、 $r$ :ロッド半径、 $\mu$ :ロッドと静的破砕剤間の摩擦係数とし、 $T = 2\pi r l (\tau + \mu p)$  --- (1) が成り立つと仮定した場合、 $l = 15\text{cm}$ 、 $35\text{cm}$ でそれぞれ $\mu = 0.23$ 、 $0.21$ となり、 $\mu$ は鋼管長によらずほぼ一定のようである。ちなみに混合則によって算定される理論耐力に必要な定着長は、式（1）で $\mu = 0.22$ とおけば、 $l = 53\text{cm}$ となる。

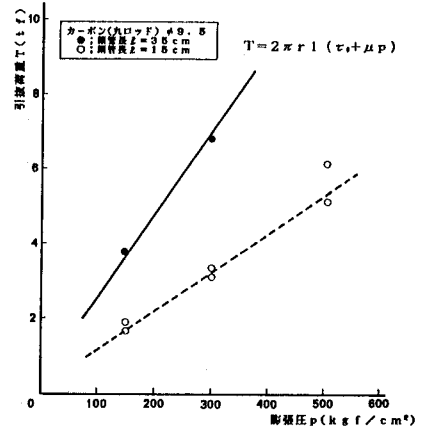


図4 引抜荷重と膨張圧の関係

### 3.2 組紐状ロッド (CFRP, AFRP) の場合

上記の結果から、定着

表1 FRPロッドの諸元

部分をよりコンパクトなものにするためには、ロッドの付着特性を改善する必要がある。ここでは組紐状ロッドについての検討を行った。

| 材料         | 径 (mm) | 断面積 (mm²) | 比重   | 弾性係数 ( $\times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ ) | VI (%) | 理論耐力 (kgf) |
|------------|--------|-----------|------|-----------------------------------------|--------|------------|
| AFRP (組紐状) | 8      | 45.5      | 1.27 | 0.65                                    | 47.0   | 6630       |
|            | 6      | 22.5      | 1.38 | 0.66                                    | 54.0   | 3770       |
| CFRP (糸束*) | 9.5    | 70.8      | 1.61 | 1.47                                    | 66.4   | 17900      |
|            | 5      | 19.6      | 1.58 | 1.47                                    | 65.4   | 4740       |
| CFRP (組紐状) | 8      | 45.6      | 1.49 | 1.21                                    | 50.9   | 8590       |
|            | 6      | 22.5      | 1.90 | 1.03                                    | 50.9   | 4240       |

表2は、破断荷重の結果である。定着長は $l = 15\text{cm}$ または $20\text{cm}$ 、 $p = 500 \text{ kgf/cm}^2$ とした。AFRPロッドの場合、理論耐力にほぼ等しい荷重で破断しており、定着効率是十分といえよう。

今回の定着方法の特徴のひとつに、特殊な装置を用いなくても、容易にマルチプルケーブル方式とすることが可能なことがあげられる。すなわち、ロッドを数本ずつ束ねて鋼管内に配置するだけでよい。表2によれば、破断荷重は、一本の破断荷重のおよそ本数倍になっていることがわかる。

### 3.3 プレストレス力の経時変化

図5は、コンクリートはり供試体にAFRPロッド（ $8\text{mm} \times 2$ 本、定着長 $20\text{cm}$ 、 $p = 500 \text{ kgf/cm}^2$ ）を用いて、プレストレスを導入した場合のプレストレス力と端部すべり込み量の経時変化を示したものである。約1か月後のプレストレス力は、定着直後の82%であり、端部のすべり込み量は $0.01\text{mm}$ 以内であった。

### 4. あとがき

今後、疲労性状などの問題が残されているが、特殊な装置を用いることなく、静的破砕剤を用いた定着は、十分行えるものと期待される。最後に、FRPロッドを提供していただいた旭化成工業株式会社 建材開発研究所に感謝の意を表します。

【参考文献】1) 西村他：緊張材としてのFRPロッドの引張耐力に及ぼす表面被覆の影響と破壊性状

土木学会年次講演概要集（昭和63年10月）

表2 破断荷重一覧

| 材料         | 直径(mm) | 束ね本数 | 7A25-使用(kgf)<br>(2ヶ所使用)                      | 平均 (kgf) |
|------------|--------|------|----------------------------------------------|----------|
| AFRP (組紐状) | 8      | 1    | 9650 , 8550<br>(8500, 6760)                  | 8800     |
|            |        | 2    | 13800* , 13350*<br>(13800, 13200* , 12760**) | 13575    |
|            | 6      | 1    | 3600 , 3700<br>(3860)                        | 3650     |
|            |        | 4    | 13000                                        | 13000    |
| CFRP (組紐状) | 8      | 1    | 6050 , 5950<br>5550 , 5725*<br>(6030)        | 5819     |
|            |        | 2    | 11550 <sup>*)</sup> , 11350*<br>(10900)      | 11450    |
|            | 6      | 1    | 2895 , 2910<br>(2940)                        | 2903     |
|            |        | 3    | 8500 , 8575                                  | 8538     |
| CFRP (糸束*) | 5      | 1    | 2900 , 2700                                  | 2800     |
|            |        | 4    | 11100* , 11550*<br>(10800)                   | 11325    |
|            | 鉄筋     | D13  | 6850 , 6625                                  | 6638     |
|            |        | D16  | 10750 , 10750                                | 10750    |

アムスラー使用：定着長 $l = 15\text{cm}$ 、膨張圧 $p = 500 \text{ kgf/cm}^2$   
ジャッキ使用：定着長 $l = 20\text{cm}$ 、膨張圧 $p = 500 \text{ kgf/cm}^2$

注) \*) 定着長 $l = 20\text{cm}$ 、膨張圧 $p = 500 \text{ kgf/cm}^2$   
\*\*) 長期累積試験後の破断試験結果

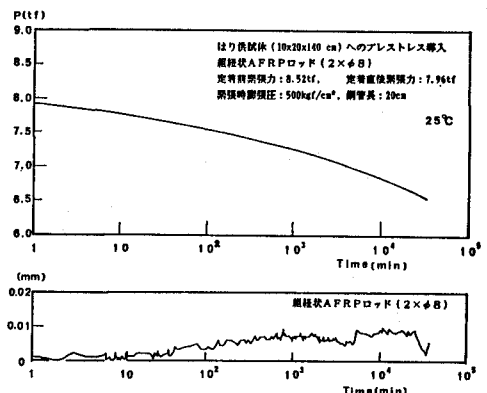


図5 プレストレス力と端部すべり込み量の経時変化