

報告

## [2105] 太径粗メッシュ炭素繊維ネットの試作検討

正会員○鶴田浩章 (九州大学大学院)  
正会員 阪本好史 (九州大学土木工学科)  
正会員 牧角龍憲 (九州大学土木工学科)  
岡田慎一郎 (大阪ガス)

### 1. はじめに

著者らは、炭素繊維をネット状に成形し、コンクリート補強材として適用することを目指している。炭素繊維ネット（以下、CFNと称する）の場合、交点を樹脂で十分に接合することにより機械的定着が可能となり、繊維を破断に至らしめるだけの補強効率が得られることを既に報告している[1]。

細径のCFNに比べて、FRPロッド程度の太さの太径粗メッシュCFNは、ネット交点の接合が確実であれば、強度の改善や施工性の向上が期待でき、有効なネット補強材になるといえる。しかし、その成形に際しては数多くの問題点が残されている。

そこで、本報告では、90K 50mmメッシュ程度の太径粗メッシュCFNを試作し、その成形方法および定着効果の検討を行うものである。

### 2. CFNの作成方法

CFNの作成においては、織り機を用いたもじゃ織りと木枠を用いた平織り（以下、簡易織りと称する）の2種類とした。さらに、太径粗メッシュCFNとの比較として、36K 20mmメッシュCFNも同様にもじゃ織りと簡易織りを用意した。CFNには、ピッチ系連続繊維を用いており、直径10 $\mu$ mの素線の30K（1Kは、素線1000本）集束線、12K 集束線を1単位としている。

#### ①織り上げ方法

##### 〈もじゃ織り〉

織り機を用いて、30Kの集束線3本をメッシュ間隔50mmでもじゃ織りし、縦線・横線ともに90KのCFNを作成し、さらに、12Kの集束線3本をメッシュ間隔20mmでもじゃ織りし、縦線・横線ともに、36KのCFNを作成した。

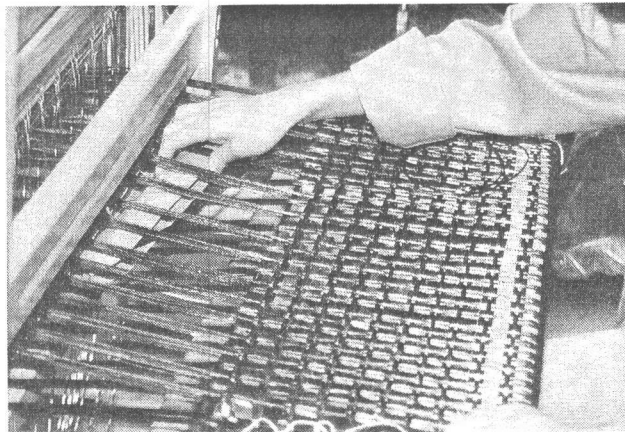


写真-1 織り機によるCFN作成

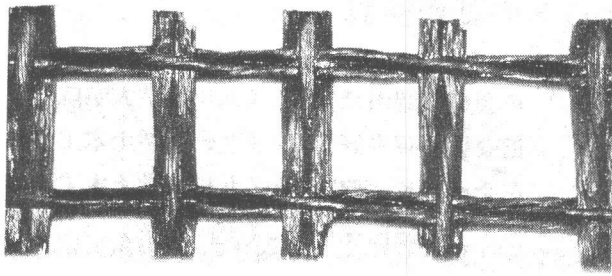


写真-2 90K 50mmメッシュCFN もしゃ織り

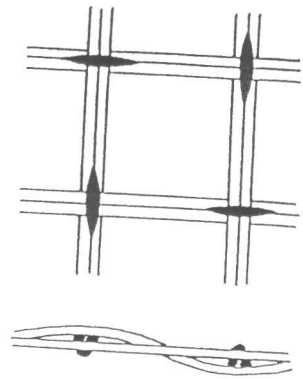


図-1 もしゃ織り構成図

〈簡易織り〉

50cm四方の木枠に50mm間隔に釘を打ち、30K 集束線3本を1本にまとめ90K にした集束線を瞬間接着剤で釘に接着することにより固定し、平織りして縦線・横線ともに90K のCFNを作成した。同様にして、36K の集束線で縦線・横線ともに36K のCFNを作成した。

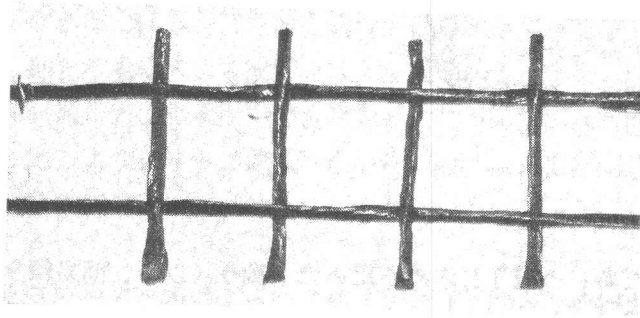


写真-3 90K 50mmメッシュCFN 簡易織り

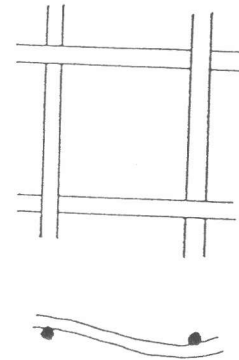


図-2 簡易織り構成図

## ②エポキシ樹脂含浸・熱硬化

ネット補強材は、ビスフェノール系エポキシ樹脂を用い、成形した。もしゃ織りの場合、織り上がったネットを金網の上に載せた状態でエポキシ樹脂の中に漬けて含浸し、簡易織りの場合には、木枠に固定した状態のまま含浸した。その後、両者とも80°Cの乾燥機の中で、2時間熱硬化させ、成形した。

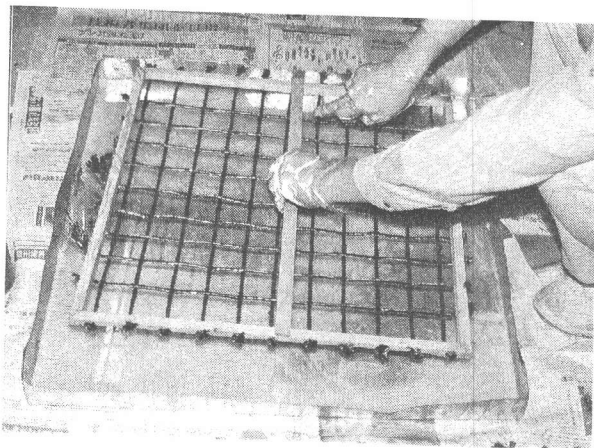


写真-4 エポキシ樹脂含浸風景

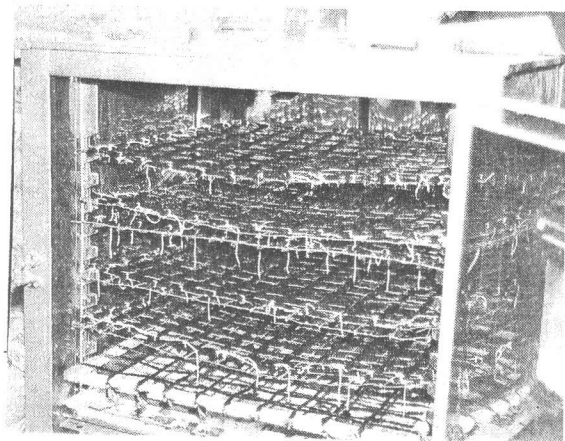


写真-5 熱硬化中の様子

### 3. CFNの作成結果

以下の表-1, 2にCFNの作成結果として、各ネットに関して集束線の形態、純間隔、交点の接合、エポキシ含浸、メッシュの形等について所見を述べる。

表-1 90K 50mm メッシュCFNの作成結果

| 90K 50mm メッシュ | もじゃ織り                             | 簡易織り                             |
|---------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 集束線の形態        | 平坦に広がる。                           | 十分によりが入り、ロッドのようにまとまっている。         |
| 純間隔           | 35.6mm (平均)                       | 44.8mm (平均)                      |
| 交点の接合         | 良好                                | 良好                               |
| エポキシ含浸        | 余剰分が裏面に多量に固結<br>$W_R=59.0\%$ (平均) | 余剰分が裏面に少量固結<br>$W_R=40.6\%$ (平均) |
| メッシュの形        | ほぼ正方形                             | きれいな正方形                          |

表-2 36K 20mm メッシュCFNの作成結果

| 36K 20mm メッシュ | もじゃ織り                          | 簡易織り                               |
|---------------|--------------------------------|------------------------------------|
| 集束線の形態        | 平坦に広がる。                        | 十分によりが入り、ロッドのようにまとまっている。           |
| 純間隔           | 15.3mm (平均)                    | 16.9mm (平均)                        |
| 交点の接合         | 部分的に弱い箇所がある                    | 良好                                 |
| エポキシ含浸        | 余剰分の固結なし<br>$W_R=60.58\%$ (平均) | 余剰分が裏面に多量に固結<br>$W_R=45.37\%$ (平均) |
| メッシュの形        | 長方形                            | ほぼ正方形                              |

※樹脂含浸率  $W_R = \frac{\text{樹脂重量}}{\text{繊維重量} + \text{樹脂重量}} \times 100 (\%)$

### 4. 両引き付着試験方法

作成した太径粗メッシュCFNがコンクリート補強材として、適当であるかを検討するために、両引き付着試験を行ってCFNの定着効果を調べた。

#### ①両引き付着試験供試体

図-3のように10cm×10cm×40cmの角柱にくびれをつけ、切り欠きを設けた供試体を使用した。供試体は90K、36Kともに

- a. 表面無処理…もじゃ織り3体、簡易織り3体
- b. 表面シユングリス処理…もじゃ織り3体

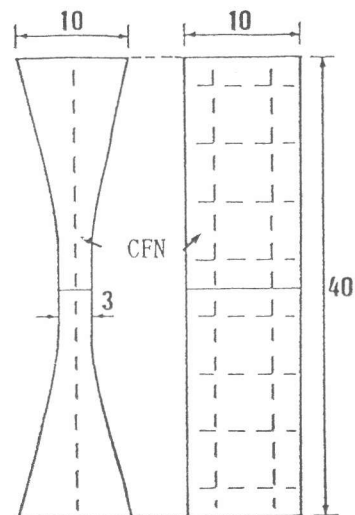


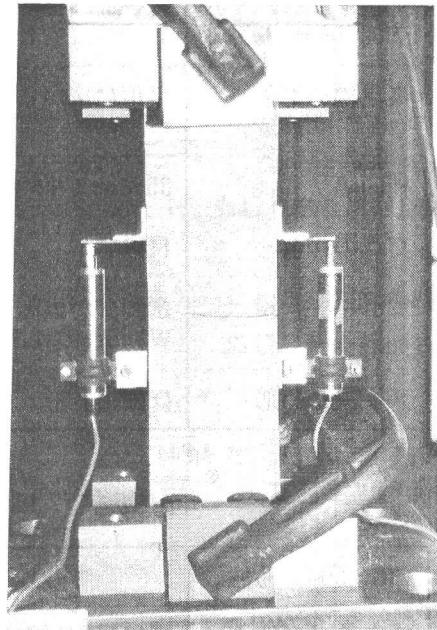
図-3 供試体 (単位はcm)

の9体ずつを試験した。

コンクリートの配合は、早強ポルトランドセメントを用い、 $G_{max}=10mm$ 、 $W/C=40\%$ 、スパンは8cmである。供試体は打設後、材令1日で脱型し標準養生した後、材令3日で試験に供した。なお、本試験に用いたコンクリートの平均圧縮強度は $441.93\text{Kg}/\text{cm}^2$ 、平均弾性係数は $3.33 \times 10^5 \text{Kg}/\text{cm}^2$ であった。

②試験方法

両引き引張試験は100ton万能試験機に引張具を装着して写真-6のようにして引張した。なお、切り欠き部での滑り出し量を測定するために変位計をセットした。なお、切り欠き部は切り欠きを $3\text{cm} \times 10\text{cm}$ に2枚切り、繊維束をはさみ込むように供試体中央にセットした。(図-4)



a. ネット縦線の表面無処理

変位計により、滑り出し量を計測し、繊維の破断まで引張し、破断荷重を求めた。

b. ネット縦線の表面シリコングリス処理

ネット縦線にシリコングリスを塗り、縦線の付着をなくし、図-5のような位置に3mmゲージを貼付し、ひずみを測定し、さらに、変位計により滑り出し量の測定も行った。これは、縦線の付着をなくすことにより横線にかかる支圧力を求めることが可能となるということを利用したものであり、支圧力は交点両側のひずみ差より算出できる[2]。写真-6 両引き付着試験状況

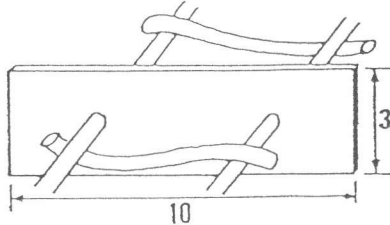


図-4 切り欠き部の形状



図-5 ひずみゲージ貼付位置

5. 両引き付着試験の結果

すべての供試体において縦線の極端なすべり出しが生じないまま縦線が破断した。その時の荷重を表-3に示す。

表-3 破断荷重

表中には、ネット縦線の総断面積(=樹脂含浸前の単位長さあたりの集束線重量÷素線比重)に炭素繊維の $0^\circ$ アラゲ積層板の引張強度 $165\text{Kg}/\text{mm}^2$ を乗じて算出した破断荷重の計算値もあわせて示している。もしや織りネットの場合集束線の表面処理の有無による破

| No. | 表面処理 | 90K 50mm マッシュ |        | 36K 20mm マッシュ |        | 計算値     |
|-----|------|---------------|--------|---------------|--------|---------|
|     |      | もしや織り         | 簡易織り   | もしや織り         | 簡易織り   |         |
| ①   | なし   | 900Kg         | 1310Kg | 940Kg         | 1340Kg | 2150 Kg |
| ②   |      | 1120Kg        | 1530Kg | 1120Kg        | 1370Kg |         |
| ③   |      | 1350Kg        | 1580Kg | 1190Kg        | 1480Kg |         |
| ④   | 有り   | 945Kg         | /      | 1000Kg        | /      |         |
| ⑤   |      | 1120Kg        |        | 1150Kg        |        |         |
| ⑥   |      | 1170Kg        |        | 1170Kg        |        |         |
| 平均値 |      | 1190Kg        | 1473Kg | 1126Kg        | 1397Kg |         |

断荷重の違いはみられなかった。また、表にみられるようにいずれの場合も実測値は計算値よりかなり小さくなっている。これはネット縦線すべてに均等に引張力が加えられなかったためと考えられる。すなわち、破断時の状況はネット縦線すべてが同時に破断するのではなく、いずれか一本が破断した後に順次他の縦線が破断する形式であった。したがって試験方法にはさらに改良すべき点が残されている。しかしながら、そのような本試験方法においてもネットの縦線のすべり出しがないまま破断に至っており、ネット横線の定着が確実であることが認められた。その定着性状についての測定結果を以下に述べる。

図-6は90K 50mmメッシュ、もしゃ織りの供試体No.6のひずみ分布を示すものである。ネット交点部のいずれにおいても交点部両端のひずみには差が生じており、ネット横線の引張抵抗が存在することがわかる。例えば、荷重が1100Kgfの時のゲージ1と2のひずみ差は $2656 \times 10^{-6}$ であるが、これは炭素繊維の弾性係数を $18 \text{tf/mm}^2$ とすると、その横線部は1100Kgfの荷重のうち676Kgfを受けていることになる。また、3番目のメッシュ交点部6におけるそのときのひずみは $350 \times 10^{-6}$ であり、わずか10cmの長さでほぼコンクリートに定着される状態に近づいている。これらのことから、ネット横線部の抵抗がCFNの定着に大きく影響することが認められる。

次にネットの織り方による横線の定着効果の違いについて検討する。図-7~10に切り欠きをはさんだ測定長100mmの区間での荷重と変位の関係を示す。図-7, 9はもしゃ織り、図-8, 10は簡易織りについてである。これはほんの一例であるが、各供試体においてほぼ同じ傾向がみられた。図中の破線は縦線の引張ひずみによる伸びが各メッシュ間隔で生じているとした場合の関係であり、これと実測値を比べてみるともしゃ織りの場合には繊維応力で $5000 \text{Kgf/cm}^2$ までは1メッシュ間隔の弾性伸びにほぼ一致しており確実に定着されていることがわかる。また、簡易織りにおいても同じ応力までは2メッシュ間隔の弾性伸びに等しい変位となっており、織り方による極端な違いは認められなかった。

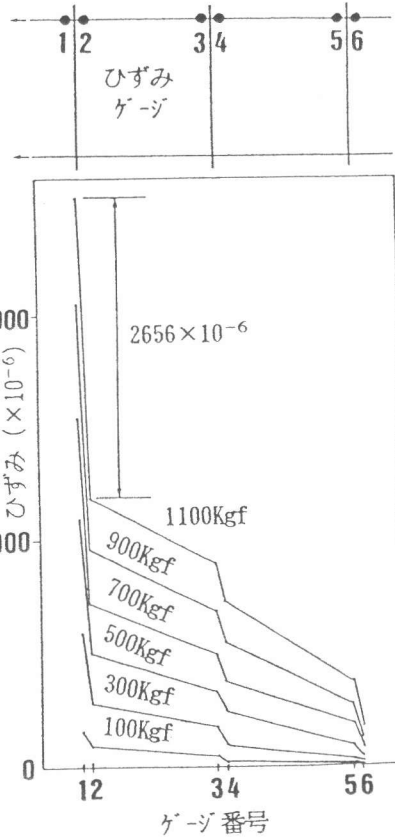


図-6 ひずみ分布図

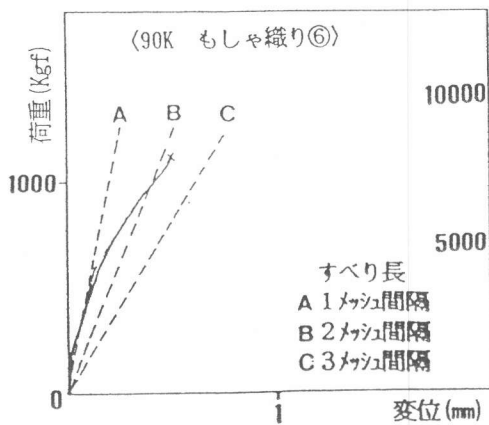


図-7 荷重-変位図

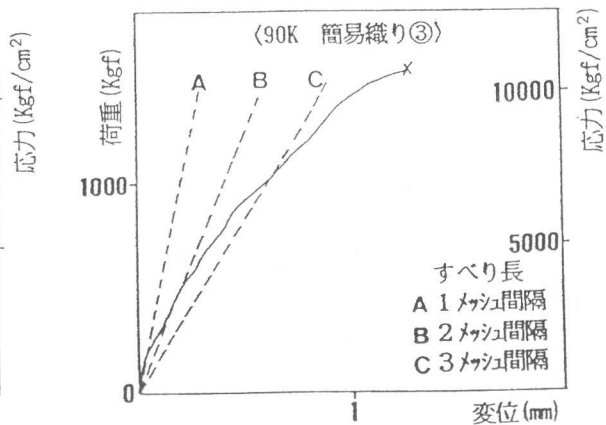


図-8 荷重-変位図

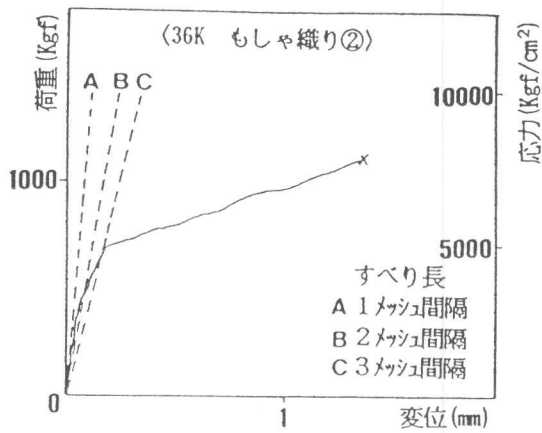


図-9 荷重-変位図

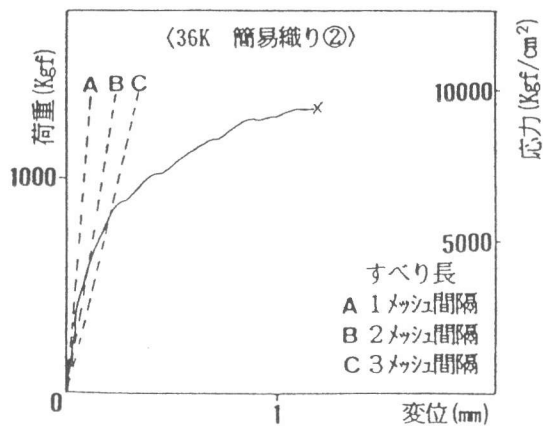


図-10 荷重-変位図

これらのことから 90Kのような太径集束線を用いてネットを成形した場合でも、横線の引張抵抗により定着が確実な補強材になり得るといえる。

## 6. まとめ

- (1) ロッド程度の太径粗メッシュCFNについても、交点の接合が確実で、すり抜けることなく破断させることができるネットの作成が可能である。
- (2) ネット横線が十分に荷重を受け持つことから、太径粗メッシュCFNにもコンクリート補強材として必要な定着効果が得られることが分かる。

以上より太径CFNの作成が可能で十分な定着が得られることが分かったが、今回試作した90K 50mmメッシュCFNは、正味で $\phi 3\text{mm}$ のロッドと同程度の断面積であり、構造補強材として用いるに十分な断面積を有しているといえる。

ちなみに、幅1m断面に90K 50mmメッシュCFN 1枚を配した場合、D10、2本の断面積に相当し、強度を考慮すれば、D10を8~10本配置したことと同じになる。

## 参考文献

- 1) 南英明、牧角龍憲、岡田慎一郎：もしゃ織り成形のピッチ系炭素繊維ネットで補強したモルタルの引張特性、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.12、No.2、pp.1037-1042、1990.6
- 2) 南英明、阪本好史、牧角龍憲：もしゃ織り成形した炭素繊維ネット補強材の定着機構について、土木学会第46回年次学術講演会講演概要集、第5部、pp.428-429、1991.9