

コンクリート補強材としての炭素繊維ネットの引張性状に及ぼす織込み方法の影響

九州大学工学部 学生員○南 英明

大阪ガス㈱

岡田慎一郎

九州大学工学部 正会員 牧角龍憲

九州大学工学部

中村 茂

1. まえがき

ビッチ系炭素繊維をネット状に成形した補強材を対象として、作成方法とネットの引張性状との関係について検討したものである。ネットの織込み方法、ネットの縦線と横線との比、横線形状および横線の種類等を変化させた炭素繊維ネットを作成し、これらのネットで補強した薄肉平板モルタルの引張強度および変形性状を測定し、ネットの補強効果について比較検討をおこなった。

2. 実験概要

2.1 ネット形態

ネットは、炭素繊維素線を数千本集束した線材を用いて、それを所定のネット間隔(15×15mm)に織り込んだ後にエポキシ樹脂にて含浸して成形したものである。その成形方法および形態としての検討項目を以下に示す。

(a) ネット織り込み方法: ・もしゃ織り(写真-1)

・からみ織り(写真-2) ・平織り(写真-3)

(b) ネットの横線と縦線の素線数の比: 横線/縦線の素線数比は、1または1/2。

(c) 横線の断面形状: 平坦または円形

(d) 横線種類: 炭素繊維またはビニロン

2.2 炭素繊維補強材

炭素繊維補強材の物性は、表-1に示す。素線の集束本数は、1000本(1Kと呼ぶ)単位で、2K、4Kおよび6Kの3通りとした。

試験に供したネットの条件を表-2に示す。なお、ビニロン繊維の物性は、表-1に示す。

2.3 引張供試体および試験方法

供試体の形状・寸法を図-1に示す。マトリックスは、豊浦標準砂を細骨材とするモルタルとした。

表-1 繊維特性

繊維種類	織度(tex)	直径(μm)	弾性係数(kgf/mm ²)	引張強度(kgf/mm ²)	破断伸度(%)
炭素繊維	283	10	18000	200	1.1
ビニロン	200	14	2560	126	6.0

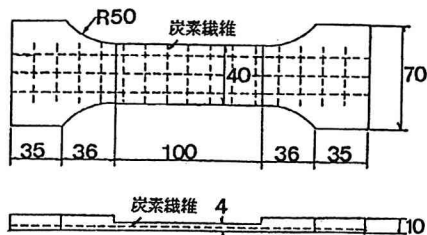


図-1 供試体形状(mm)

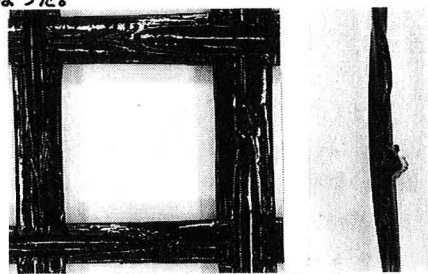


写真-1 (もしゃ織り)

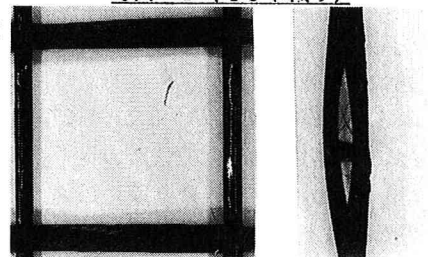


写真-2 (からみ織り)

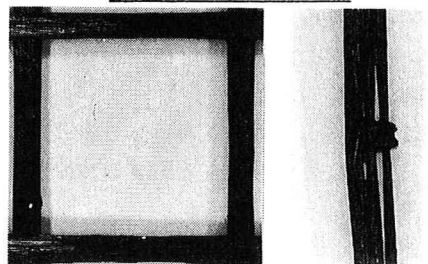


写真-3 (平織り)

表-2 ネット構成

供試体No.	織込み方法	縦線(K) ×本数	横線(K) ×本数
1	もしゃ	4×3	4×3
2	もしゃ	4×3	2×3
3	からみ	4×2	4×1
4	からみ	4×2	(丸味)4×1
5	からみ	6×2	(丸味)6×1
6	平織り	4×3	4×3
7	平織り	2×3	2×3
8	もしゃ	4×3	ビニロン×3

(注) 縦線1Kは、素線1000本

セメントには、早強ポルトランドセメントを用い、配合は W/C=34%、S/C=1.5で、高性能減水剤を用いた。

試験は、変位速度0.1mm/minの漸増載荷で行い、引張りずみは、供試体中央部に貼付した測長60mmのゲージを用いて任意の荷重下で測定した。

3. 実験結果・考察

破断荷重：いずれのネットについても、破断に至るまですり抜けは認められず、引張破壊した。その破断荷重を表-3に示す。表中の補強効率 α は、引張試験の実測値と計算値との比を計算した。

これらの値をもとに、次式を用いて各ネットに対する引張強度 σ_{tu} （ネット耐力）が算出される。

$$\sigma_{tu} = \alpha \cdot \sigma_{fu} \cdots (1) \quad \sigma_{fu}: \text{炭素繊維素線引張強度}$$

織り込み方法：織り込み方法による補強効率の平均値は、もしや織りでは、 $\alpha=0.73$ であり、からみ織りおよび平織りでは、縦線12Kのものを除きおのおの $\alpha=0.77, 0.71$ となった。平織りNo.6では、 $\alpha=0.65$ とともっとも低い値を示した。平織りは、写真-3に示したように炭素繊維を積層化して織られており、エポキシ樹脂含浸が一樣でなく腹圧に対し、ネット交点の各層間ですべりが生じ、引張力の伝達が一樣でないためと考えられる。

縦線・横線径との比：ネット横線の集束線数を1/2程度にしても所定の引張強度が得られるかを検討したが、供試体No.1,2では、横線12Kのものと比較すると破断荷重は約5%程度下回ったもののネットを破断させるための定着効果が得られた。

横線形状：供試体No.3,4では、補強効率に差が認められなかった。しかし、No.5では補強効率 $\alpha=0.70$ と他のからみ織りよりも低い値を示した。これは、横線に丸味を付けているために縦線との接触面積が低減し、2本よりの各繊維の引張力の伝達が一樣でないために破断荷重が低減していると考えられる。

横線種類：もしや織りで横線にビニロン(No.8)を用いたものでは、炭素繊維と比べ弾性係数は1/7、破断荷重も6割程度ではあるが、補強効率は $\alpha=0.71$ であり横線に他の新素材の利用が可能である。

変形性状：図-2に各供試体の代表例の繊維応力-ひずみ図を示す。

図中の理論値は、次式により算出した。

$$\sigma_{cal} = E_f \cdot \varepsilon_t \cdots (2) \quad E_f: \text{炭素繊維弾性係数}, \varepsilon_t: \text{引張りずみ}$$

図からも示すように各供試体とも、ひびわれ発生後の性状は、織り込み方法に関係なく各ネットとも線性を保ったまま破断に至っている。また、各供試体の弾性係数は、素線弾性係数 $E_f=18000\text{kgf/mm}^2$ とほぼ同値でありネット形態による低下は認められなかった。

以上、炭素繊維ネットの織り込み方法による補強効率は、からみ織り>もしや織り>平織りとなり、コンクリート補強材としてからみ織りおよびもしや織りで成形したネットの適用性が高いと考えられる。

ネット横線形状および素線数を変化させた供試体においてもネットを破断させるための定着効果が得られ、また、炭素繊維以外の安価な新素材の利用が可能と考えられる。

表-3 引張試験結果

供試体No	Pexp(kgf)	Pcal(kgf)	Pexp/Pcal	補強効率 α
1	3882 3882	5100 5100	0.76 0.76	0.76
2	3670 3700	5100 5100	0.72 0.73	0.72
3	3700 3600	3400 3400	0.78 0.78	0.78
4	3800 3330	3400 3400	0.82 0.68	0.75
5	3500 3460	5100 5100	0.68 0.68	0.70
6	3440 3380	5100 5100	0.67 0.66	0.65
7	2060 1740 1600	3550 2550 2550	0.81 0.68 0.63	0.71
8	3560 3380 3900	5100 5100 5100	0.70 0.66 0.76	0.71

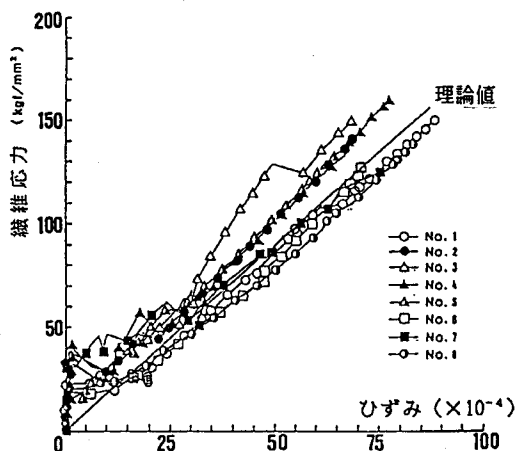


図-2 繊維応力-ひずみ