

連続繊維シートの貼付け間隔がコンクリートの靱性改善効果に及ぼす影響

四国能開大学校 正会員 ○宮内克之 鳥取大学 正会員 井上正一
日鉄コンポジット（株） 正会員 小林 朗 鳥取大学 正会員 黒田 保

1. はじめに

本研究においては、高強度型炭素繊維シート、高弾性型炭素繊維シートおよびアラミド繊維シートを貼り付けた円柱に対して一軸圧縮試験を行い、連続繊維シート貼付けによる横拘束効果および貼付け間隔が靱性改善に及ぼす影響について検討した。

2. 実験概要

実験計画を表-1に示す。なお、供試体は同一条件ごとに2体作製し試験に供した。補強に用いた連続繊維シートの機械的性質を表-2に示す。すべての供試体は、連続繊維シート貼付けによる補強の剛性 $\rho_F E_F$ (ρ_F : 式(1)による, E_F : 連続繊維シートの弾性係数で表-2の値) がほぼ等しくなるように計画されている。連続繊維シートの貼付け方法の一例を図-1に示す。

試験中は、荷重、軸変位、軸ひずみ、周方向ひずみを測定した。変位は対角位置に設置した2個の変位計により測定した。軸ひずみおよび周方向ひずみは電気抵抗線ひずみゲージにより測定した。

3. 実験結果および考察

実験結果を表-3に示す。軸ひずみは、2個の変位計による測定値の平均値を、柱の高さ(300mm)で除して求めたものである。なお、変位計から得られた軸ひずみは、載荷初期の供試体と載荷板との間の隙間等による変位のシフトがあるため、最大荷重の約1/3までの範囲はひずみゲージによる測定値(2枚のひずみゲージの測定値の平均値)を用いて補正した。終局軸ひずみ ϵ_{cu} は、連続繊維シートが最初に破断した時点の軸ひずみとした。塑性域の傾き E_p は、最大応力時と終局時との間のデータを用いて、最小自乗法によって求めた値(2体の供試体の平均値)である。

(1)連続繊維シートの種類による影響

連続繊維シートを50mm間隔で貼り付けた場合の、軸応力~軸ひずみ関係を図-2示す。図には、2体の供試体のうち終局ひずみが大きかった供試体につ

表-1 実験計画(φ15×30cm円柱供試体)

供試体 記号	連続繊維 シート	シート 幅 (mm)	貼付け 間隔	補強率 ρ_F (%)	剛性 $\rho_F E_F$ (N/mm ²)
N30	—	—	—	—	—
C30	高強度型	19	50mm	0.112	259
C30-N	高強度型	9.5	25mm	0.112	259
C30-W	高強度型	38	100mm	0.112	259
H30	高弾性型	7.5	50mm	0.066	259
A30	アラミド	21	50mm	0.216	255
A30-N	アラミド	10.5	25mm	0.216	255

$\rho_F = 4nt/\phi$ (1)

ここに、 ρ_F : 連続繊維補強率、 n : 連続繊維シートの貼付け枚数、 t : 連続繊維シートの厚さ(mm)、 ϕ : 連続繊維シートで拘束される部分の直径(mm)

表-2 連続繊維シートの機械的性質

連続繊維 シートの種類	目付け 量 (g/m ²)	設計厚さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
高強度型炭素繊維	200	0.111	3,480	230
高弾性型炭素繊維	300	0.165	2,900	392
アラミド繊維	280	0.193	2,060	118

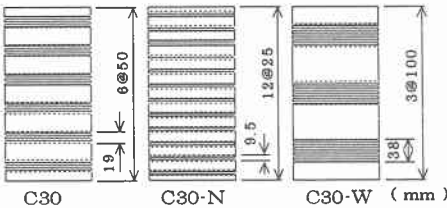


図-1 連続繊維シートの貼付け方法

表-3 実験結果一覧表

供試体 記号	最大 応力 f_{oc} (N/mm ²)	最大 応力時 ひずみ ϵ_{∞} ($\times 10^{-6}$)	終局 応力 f_{cu} (N/mm ²)	終局 ひずみ ϵ_{cu} ($\times 10^{-6}$)	塑性域の 傾き E_p (kN/mm ²)	f_{cc}/f_{oc}	f_{cu}/f_{oc}	$\epsilon_{cu}/\epsilon_{\infty}$
N30	27.60	2,596	—	—	-3.38	1.00	—	—
C30	30.47	3,270	25.39	8,536	-0.89	1.10	0.92	3.29
C30-N	31.55	3,147	27.92	6,314	-1.10	1.14	1.01	2.43
C30-W	31.58	3,289	24.39	8,195	-1.39	1.14	0.88	3.16
H30	29.91	3,026	27.00	4,768	-1.69	1.08	0.98	1.84
A30	32.77	3,301	27.08	7,950	-1.21	1.19	0.98	3.06
A30-N	30.44	3,336	27.75	10,653	-0.44	1.10	1.01	4.10

いて示されている。図より、同程度の剛性の連続繊維シートを、50mm 間隔で貼り付けた場合、軸応力～軸ひずみ関係は、連続繊維シートが破断するまでは、連続繊維シートの種類によらず、ほぼ同じような経路をたどり、最大軸応力にはほとんど差がないことがわかる。また、高弾性型炭素繊維シートを貼り付けた場合には、伸び能力が小さいため、高強度型炭素繊維シートおよびアラミド繊維シートを貼り付けた場合よりも終局ひずみが小さくなった。

(2) 貼付け間隔の影響

補強剛性が同一で、貼付け間隔が異なる場合の軸応力～軸ひずみ関係を図-3に示す。図より、高強度型炭素繊維シートの場合、貼付け間隔の影響はほとんど見られなかった。一方アラミド繊維シートの場合には、25mm 間隔で貼り付けた場合には、最大応力に達したあともシートが破断するまで応力はほとんど減少せず貼付け間隔の影響が著しく現れた。

図-4は、塑性域の傾きとシート間隔比（シート間の純間隔をシートで拘束される部分の直径で除した値）との関係を示したものである。図より、連続繊維シートの種類に関係なく、シート間隔比が大きくなると塑性域の傾きはほぼ直線的に小さくなり、拘束効果が低下することがわかる。

(3) 周方向ひずみと軸ひずみとの関係

図-5に、周方向ひずみ～軸ひずみ関係を示す。周方向ひずみは、2体の供試体のうち測定値（2枚のひずみゲージの値の平均値）が大きかった供試体について示されている。図より、周方向ひずみ～軸ひずみ関係は、貼付け間隔や連続繊維シートの種類によらず、ほぼ同一となることがわかる。

4. まとめ

- (1) 50mm 間隔で貼り付けた場合、軸応力と軸ひずみとの関係は、連続繊維シートの種類によらず、ほぼ同じような経路をたどる。
- (2) 連続繊維シートの種類に関係なく、塑性域の傾きはシート間隔比が大きくなるとほぼ直線的に小さくなり、拘束効果が低下する。
- (3) 周方向ひずみと軸ひずみとの関係は、貼付け間隔や貼り付けた連続繊維シートの種類によらず、ほぼ同一となる。

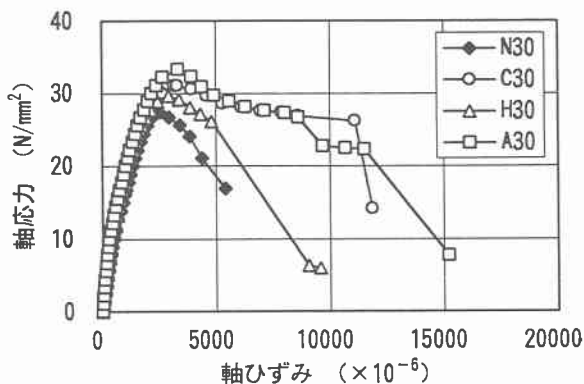


図-2 軸応力～軸ひずみ関係

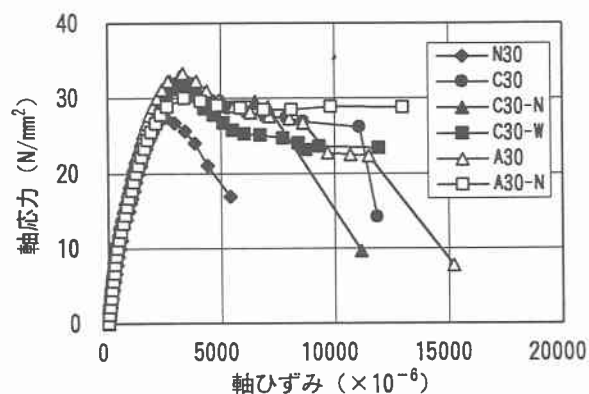


図-3 軸応力～軸ひずみ関係

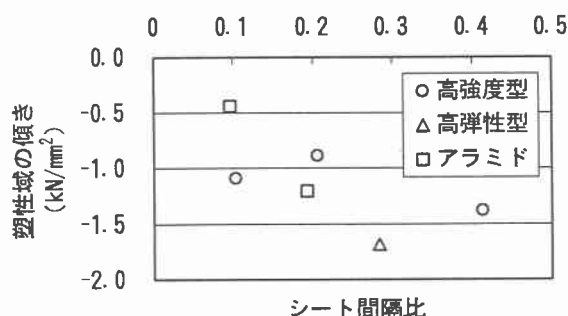


図-4 塑性域の傾きとシート間隔比との関係

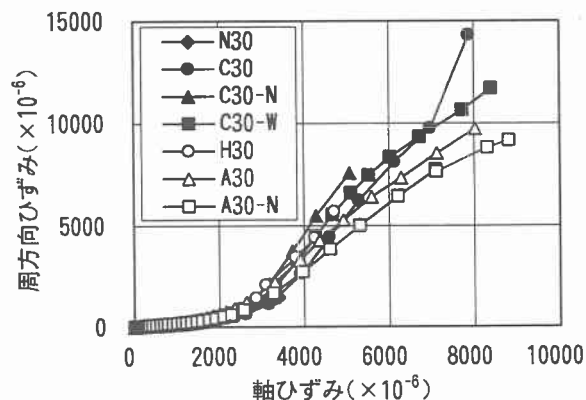


図-5 周方向ひずみ～軸ひずみ関係