

立命館大学理工学部 正会員 児島 孝之 正会員 高木 宣章 学生員○中田 裕人
立命館大学大学院理工学研究科 正会員 濱田 譲 学生員 井上 真澄

1. はじめに

本研究は、筒状連続繊維補強部材をトラスなどの構造部材に適用するために、膨張コンクリートを充填した実寸法に近い棒部材を製作し、モルタル棒部材とその膨張特性および強度特性について、既報告[1]との比較検討を行った。

2. 実験概要

実験要因を表-1に、連続繊維補強材の力学的性状を表-2に示す。連続繊維補強材は、炭素繊維とアラミド繊維を使用した。筒状連続繊維補強材は、エポキシ樹脂により固化されている。セメントには普通ポルトランドセメント(比重:3.16)、シリカフュームには940-U粉体(比重:2.20)、膨張材にはCSA系(#20、比重:2.93)、細骨材には野洲川産川砂(比重:2.61、FM=2.65)、粗骨材には高機産硬質砂岩砕石(比重:2.68、FM=6.89、MS=13mm)を使用した。混和剤は、ポリカルボン酸系高性能AE減水剤、助剤として消泡剤を使用した。膨張コンクリートの配合は鋼管供試体を用いた予備実験の結果より、水結合材比 $[W/(C+SF)]$ が50%で単位膨張材量を $486, 532, 576\text{kg/m}^3$ と変化させたものと、単位膨張材量を 576kg/m^3 として水結合材比を40, 50, 60%と変化させた5配合(以下W50E486、W50E532、W50E576、W40E576、W60E576と称す)とした。また、シリカフューム置換率 $[SF/(C+SF)]$ は20%の一定値とした。目標スランプフローは $50\pm 5\text{cm}$ 、目標空気量は2%以下とした。

筒状連続繊維補強部材および各強度試験用供試体を図-1に示す。筒状連続繊維補強部材は、打設後高湿恒温恒湿室($20\pm 1^\circ\text{C}$ 、 $\text{RH}=90\pm 5\%$)で気中養生し、材齢10日まで膨張ひずみの測定を行った。材齢10日にコンクリートカッターで各強度試験用供試体長さに切断し、所定の位置にひずみゲージを貼付した後、載荷試験を実施した。

3. 実験結果および考察

図-2に材齢10日におけるケミカルプレストレスと単位膨張材量、および水結合材比の関係を示す。筒状連続繊維補強部材の軸方向および周方向に導入されるケミカルプレストレス(σ_{cpl} , σ_{cpt})は、式(1)および(2)より算出した。

$$\sigma_{cpl} = E_a \varepsilon_{al} A_{al} / A_{cl} \quad (1)$$

$$\sigma_{cpt} = E_a \varepsilon_{at} A_{at} / A_{cl} \quad (2)$$

ここに、 E_a : 筒状連続繊維補強材の弾性係数

$\sigma_{cpl}, \sigma_{cpt}$: 軸方向、周方向のケミカルプレストレス

$\varepsilon_{al}, \varepsilon_{at}$: 軸方向、周方向の実測膨張ひずみ

A_{al} : 軸方向補強材の断面積

A_{at} : 軸方向単位長さ当たりの周方向補強材断面積の2倍

A_{cl} : コンクリートの断面積 ($=\pi d^2/4$) $A_{ct} : d \times l$, d : コンクリート断面の直径

表-1 実験要因

要 因	仕 様
拘束体の種類	炭素繊維、アラミド繊維
充填コンクリート	5種類
供試体の種別 (供試体本数)	圧縮強度試験 (6) 曲げ強度試験 (3)

表-2 筒状連続繊維補強材の力学的性状

	炭素繊維	アラミド繊維
外径 (mm)	103	104
厚さ (mm)	1.45	1.95
弾性係数(N/mm ²)	6.76×10^4	4.00×10^4
引張強度(N/mm ²)	1250	635
破断ひずみ(μ)	18500	17100

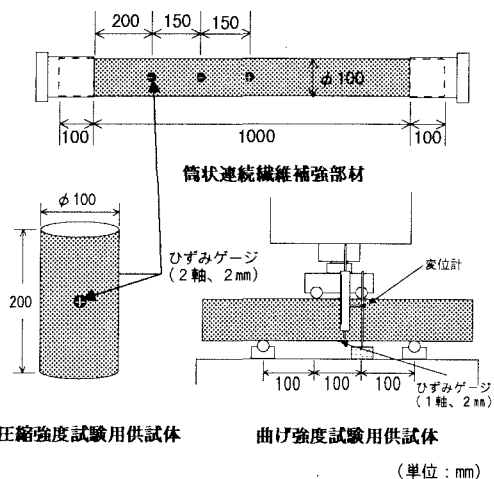


図-1 供試体図

(単位: mm)

同一水結合材比では、単位膨張材量の増加に伴いケミカルプレストレスが増加する傾向にある。しかし、アラミド繊維では単位膨張材量の増加に伴うケミカルプレストレスの増加が少なく、拘束体の種類の影響が観察される。これは、拘束体である補強材の剛性が異なるためと考えられる。単位膨張材量を一定とし水結合材比を小さくすると、幾分の変動はあるものの、ケミカルプレストレスは増加する傾向にある。

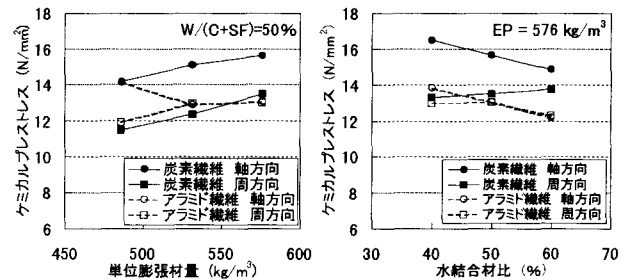


図-2 ケミカルプレストレスと単位膨張材量および水結合材比の関係

表-3 に圧縮強度試験および曲げ強度試験結果を、図-3 に強度と単位膨張材量および水結合材比の関係を示す。圧縮強度試験は拘束解放後約 30 分以内に、曲げ強度試験は約 1 時間以内に実施した[2]。水結合材比を 50%一定にし単位膨張材量を変化させた場合、各繊維とも単位膨張材量の増加に伴い圧縮強度および曲げ強度は低下する傾向にあり、特に炭素繊維の場合にその傾向が著しい。一方、単位膨張材量を一定にし水結合材比を変化させた場合、各繊維とも水結合材比 50%の場合に若干強度の低下がみられるが、圧縮強度、曲げ強度、弾性係数に大きな影響はみられなかった。

表-3 圧縮強度試験、曲げ強度試験結果

供試体の種別	配合	圧縮強度試験		曲げ強度試験
		圧縮強度 (N/mm²)	弾性係数 (N/mm²)	曲げ強度* (N/mm²)
炭素繊維	W50E486	147.0	3.06×10^4	71.9
	W50E532	137.2	2.68×10^4	68.2
	W50E576	132.9	3.23×10^4	70.2
	W40E576	149.5	3.17×10^4	71.1
	W60E576	146.3	3.22×10^4	69.6
アラミド繊維	W50E486	146.6	3.04×10^4	76.4
	W50E532	143.4	3.33×10^4	72.1
	W50E576	142.0	3.14×10^4	69.2
	W40E576	144.5	3.29×10^4	76.4
	W60E576	145.7	3.20×10^4	73.0

注) *: 曲げ強度算出式 $\sigma = (M/I) \times y$ [r(=y): 半径, $I = \pi r^4/4$]

表-4 に力学的特性への供試体寸法の影響を示す。 $\phi 37\text{mm}$ は筒状連続繊維補強材に膨張モルタルを、 $\phi 100\text{mm}$ は膨張コンクリートを充填した供試体である。最大ケミカルプレストレス量は、 $\phi 37\text{mm}$ のモルタル供試体が材齢 7 日での値であることを考慮すると、同程度の値が $\phi 100\text{mm}$ のコンクリート供試体で得られている。各繊維とも圧縮強度に大きな相違はみられない。破壊性状もほぼ一致しており、周方向補強材が破断し破壊に至った。コンクリート中の骨材量を少なくして、モルタルとほぼ同じ単位膨張材量を混入することにより、モルタルとほぼ同じ膨張特性が得られている。一方、曲げ強度を比較すると、 $\phi 100\text{mm}$ 供試体は $\phi 37\text{mm}$ 供試体の値を大きく下回っている。破壊性状も異なり、 $\phi 37\text{mm}$ 供試体が軸方向補強材で破断したのに対し、 $\phi 100\text{mm}$ 供試体は周方向補強材で破断し終局に至った。

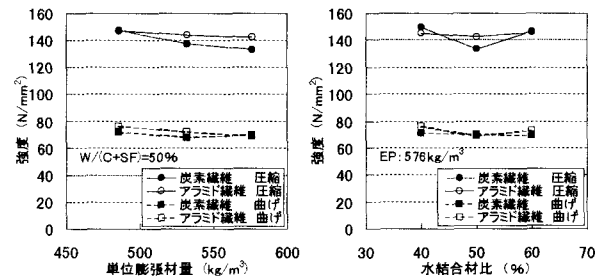


図-3 強度と単位膨張材量および水結合材比の関係

表-4 力学的特性への供試体寸法の影響

供試体径	供試体の種別	配合	ケミカルプレストレス (N/mm²)		圧縮強度 (N/mm²)	曲げ強度 (N/mm²)
			軸方向	周方向		
$\phi 37\text{mm}$	炭素繊維	W40E482	13.1	10.7	159.1	134.9
	アラミド繊維	W40E482	10.5	9.0	137.2	127.8
$\phi 100\text{mm}$	炭素繊維	W50E486	14.2	11.5	147.0	71.9
	アラミド繊維	W50E486	14.1	11.9	146.6	76.4

4. 結論

筒状連続繊維補強材に膨張コンクリートを充填して、部材にケミカルプレストレスを導入することにより高強度コンクリート棒部材を製作することができる。

【参考文献】

- [1] 児島・高木・濱田・井上：筒状連続繊維補強材を用いたモルタル棒部材に関する実験的研究、連続繊維補強コンクリートに関するシンポジウム論文集、pp.233～238、1998.5
- [2] 国分・小林・長滝・岡村・町田：膨張性セメント混和材を用いたコンクリートの標準試験方法に関する研究、土木学会論文報告集、第 225 号、pp.93～99、1974.5