

V-445

筒状連続繊維補強材を用いた供試体の力学的特性について

立命館大学大学院 学生員 井上真澄 立命館大学理工学部 正会員 児島孝之 正会員 高木宣章
立命館大学大学院 正会員 濱田 譲 (株)きんでん 正会員 東野幸史

1. はじめに

本研究は、筒状連続繊維補強材を型枠および拘束体として用い、膨張材混入モルタルによりケミカルプレストレスを導入した高強度コンクリート棒部材の作製および構造部材として適用するための基本的特性を把握することを目的としている。

2. 実験概要

実験要因を表-1に、連続繊維補強材の機械的性質を表-2に示す。

連続繊維補強材は、炭素繊維とアラミド繊維（以下、CFRP および AFRP と称す）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ノルウェー産粉体（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：2.62, FM=2.59）を使用した。混和剤は、ポリカルボン酸

系の高性能 AE 減水剤とβ-ナフタリンスルホン酸系の高性能減水剤を使用した。モルタルの配合は、単位膨張材量が比例するように水結合材比[W/(C+SF)]を40、

50、75%の3水準（以下、Aモルタル、Bモルタル、Cモルタルと称す）とした。また、シリカフューム置換率[SF/(C+SF)]および膨張材混入率[EP/(C+SF)]は、それぞれ 20%および 80%の一定値とした。目標フロー値は 250 以上、空気量は 1~3%とした。

筒状連続繊維補強材供試体と各試験供試体を図-1に示す。筒状連続繊維補強材供試体は、打設後恒温恒湿室(20±1℃、RH=90±5%)で気中養生し、材齢7日まで膨張ひずみの測定を行った。材齢7日にコンクリートカッターで各試験供試体長さに切断し、試験を行った。引張強度試験は、水結合材比が 40%の場合のみに行った。比較用として、膨張材を混入しない無拘束円柱供試体を作製し、圧縮強度試験（材齢7日）を行った。

3. 実験結果および考察

筒状連続繊維補強材供試体の供試体中央部（部位a）におけるケミカルプレストレスへの配合の影響を図-2に示す。筒状連続繊維補強材供試体のケミカルプレストレス (σ_{cpl} , σ_{cpl}) は、式(1)および式(2)より算出した。

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

$$\sigma_{cpl} = E_a \varepsilon_{at} A_{at} / A_{ct} \quad (2)$$

ここに E_a : シートの弾性係数

σ_{cpl} , σ_{cpl} : 軸方向、周方向のケミカルプレストレス

ε_{al} , ε_{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

表-1 実験要因

要因	仕様
拘束体の種別	炭素繊維、アラミド繊維
充填モルタル	3種類
試験の種別	圧縮強度試験 (7本)
	曲げ強度試験 (3本)
	引張強度試験 (5本)

() : 供試体本数

表-2 連続繊維補強材の機械的性質

繊維の種別	外径 (mm)	厚さ (mm)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	引張剛性 (kN)	縦ひずみ (μ)
炭素繊維	37.0	0.55	1030	6.49×10^4	4090	15100
アラミド繊維	37.6	0.70	635	4.00×10^4	3250	17100

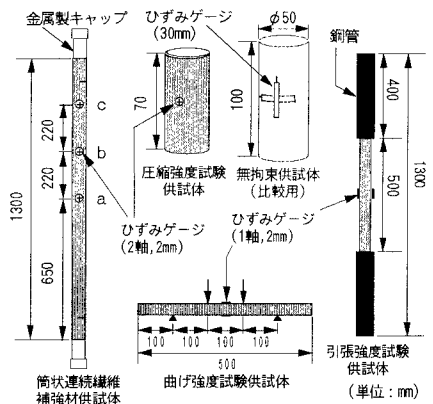


図-1 供試体図

キーワード：筒状連続繊維補強材、膨張モルタル、ケミカルプレストレス、圧縮強度

〒525-0058 滋賀県草津市野路東 1-1-1 (立命館大学理工学部土木工学科) TEL/FAX 077-561-2805

A_{at} : 単位長さ当たりの横方向補強材の断面積の2倍

A_{cl} : モルタル供試体の断面積 ($=\pi d^2/4$)

A_{cl} : $d \times 1$, d : モルタル供試体断面の直径

両繊維ともケミカルプレストレス量は、Aモルタルを充填した供試体で最大となった。Aモルタルでの最大ケミカルプレストレス量は、CFRP で 13.3N/mm^2 (軸方向)、 11.0N/mm^2 (周方向)、AFRP で 11.0N/mm^2 (軸方向)、 10.3N/mm^2 (周方向)であった。

表-3に圧縮強度試験、曲げ強度試験結果を示す。圧縮強度試験は、拘束解放直後(30分以内)に行った。3軸拘束解放後2時間以内では、力学的特性に及ぼす拘束解放の影響が少ないとの報告[1]があるので、本実験

では拘束解放の影響は考慮していない。筒状連続繊維補強材供試体の圧縮強度は、無拘束供試体に比較して、著しく増加した。これは、膨張モルタルにより補強材にケミカルプレストレスが導入され、圧縮強度が増大したものと考えられる。図-3に強度への配合の影響を示す。圧縮強度と曲げ強度は、水結合材比の低下に伴い大きくなる。

引張強度試験時の荷重-ひずみ曲線を図-4に、引張強度試験結果を表-4に示す。引張強度試験供試体は、荷重-ひずみ曲線の変曲点でモルタルが破壊し、その後補強材が破断して終局に至る。筒状連続繊維補強材供試体の引張強度と弾性係数は、筒状連続繊維補強材の軸方向断面積を用いて計算した。補強材の弾性係数と引張剛性は、モルタル破壊後の荷重-ひずみ曲線から計算した。モルタルのひび割れ強度は、CFRP で 27.0N/mm^2 、AFRP で 22.7N/mm^2 であり、ケミカルプレストレスの導入により高いひび割れ強度が得られた。高い圧縮強度ばかりではなく、引張強度も著しく大きくなるので、高強度コンクリート棒部材としての使用が可能と考えられる。

4. 結論

- (1) 膨張モルタルにより導入されるケミカルプレストレスにより、筒状連続繊維補強材供試体の圧縮強度、引張強度は著しく増大する。
- (2) 筒状連続繊維補強材に、膨張モルタルを充填して補強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の作製が可能である。

【参考文献】

[1] 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

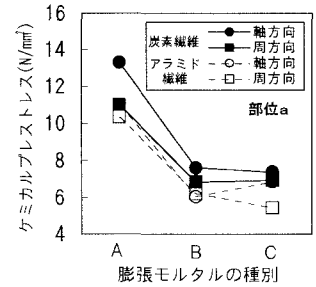


図-2 ケミカルプレストレスへの配合の影響

表-3 圧縮強度試験、曲げ強度試験結果

供試体の種別	モルタルの種別	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	A	159.1	3.77×10^4	134.9
	B	150.6	3.44×10^4	119.3
	C	89.9	2.70×10^4	88.7
アラミド繊維	A	137.2	3.89×10^4	127.8
	B	132.3	3.34×10^4	124.8
	C	92.0	2.59×10^4	116.4
比較用無拘束供試体	A	4.8	—	—
	B	8.6	—	—
	C	1.6	—	—
	A (EP:0%)	43.2	3.05×10^4	—
	B (EP:0%)	38.5	2.48×10^4	—
	C (EP:0%)	15.3	1.54×10^4	—

注)*: 曲げ強度計算式 $\sigma = (M/I) \times y$ [$r(\text{cm})$: 半径, $I = \pi r^4/4$]

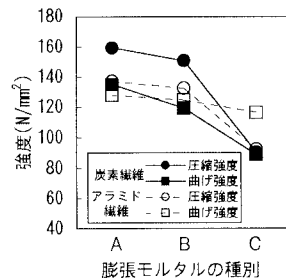


図-3 強度への配合の影響

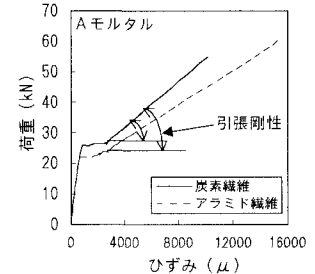


図-4 荷重-ひずみ曲線 : 引張強度試験

表-4 引張強度試験結果

供試体の種別	モルタルひび割れ強度 (N/mm²) *	筒状連続繊維補強材供試体				
		破断荷重 (kN)	引張強度 (N/mm²)	弾性係数 (N/mm²)	引張剛性 (kN)	最大荷重時の縦ひずみ(μm)
炭素繊維	27.0	51.4	816	5.82×10^4	3700	9250(3200)
アラミド繊維	22.7	59.2	731	3.38×10^4	2810	14900(3310)

*: モルタルのひび割れ強度は、筒状連続繊維補強材供試体断面を用いて計算

() : 供試体の軸方向膨張ひずみ