

立命館大学工学部 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 立命館大学大学院 学生員 〇井上真澄

1. はじめに

本研究は、筒状連続繊維シート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、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、連続繊維シートの機械的性質を表-2に、モルタルの示方配合を表-3に示す。連続繊維シートは、炭素繊維とアラミド繊維を使用した。筒状連続繊維シートは、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(タイプ1)の高性能AE減水剤とβ-ナフタリンスルホン酸系(タイプ2)の高性能減水剤を使用した。筒状連続繊維シート供試体には、3種類の膨張モルタルを使用し、単位膨張材量は結合材(C+SF)質量の80%とした。目標フロー値は250以上、空気量は1~3%とした。

筒状連続繊維シート供試体と各試験供試体を図-1に示す。筒状連続繊維シート供試体は、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。引張試験は、単位膨張材量が482kg/m³の場合のみに行った。比較用として表-3に示す6配合の無拘束円柱供試体を作製し、圧縮試験(材齢7日)を行った。

3. 結果および考察

筒状連続繊維シート供試体のケミカルプレストレスと単位膨張材量の関係を図-2に示す。筒状連続繊維シート供試体のケミカルプレストレス(σ_{cp1}, σ_{cp2})は、式(1)から算出した。

$$\sigma_{cp1} = E_a \varepsilon_{a1} A_{a1} / A_{c1}$$
$$\sigma_{cp2} = E_a \varepsilon_{a2} A_{a2} / A_{c2}$$
(1)

ここに E_a:シートの弾性係数
σ_{cp1}, σ_{cp2}:軸方向、周方向のケミカルプレストレス
ε_{a1}, ε_{a2}:軸方向、周方向の膨張ひずみ

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	圧縮試験 (7本)
	曲げ試験 (3本)
	引張試験 (5本)

() : 供試体本数

表-2 連続繊維シートの機械的性質

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	1026	6.49×10 ⁴	4087	15137
アラミド繊維	37.6	0.70	635	4.00×10 ⁴	3245	17103

表-3 モルタルの示方配合

W/(C+SF)	SF/(C+SF)	EP/(C+SF)	単位量 (kg/m ³)					SP*	使用 SP
			W	C	SF	EP	S		
40	20	0	263	525	131	0	1313	5	タイプ1
		80	241	482	121	482	988	10	
		0	305	488	122	0	1220	3	
50	20	80	261	417	104	417	1042	6	タイプ2
		0	392	418	104	0	1044	2	
		80	342	364	91	364	911	3	

注) *: SPは結合材(C+SF)質量に対する割合

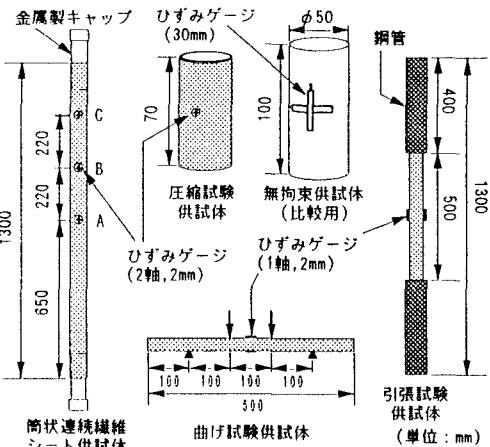


図-1 供試体図

A_{a1}, A_{a2} : 縦系、横系の断面積

A_{c1}, A_{c2} : コンクリートの軸方向、周方向の断面積

単位膨張材量、供試体の部位により変動はあるものの、単位膨張材量が多い 482kg/m^3 時に、導入ケミカルプレストレス量は最大となった。供試体中央部(部位A)での最大ケミカルプレストレス量は、炭素繊維シートで 13.3N/mm^2 (軸方向)、 11.0N/mm^2 (周方向)、アラミド繊維シートで 11.0N/mm^2 (軸方向)、 10.3N/mm^2 (周方向)であった。

表-4に圧縮試験、曲げ試験結果を示す。圧縮試験は、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。筒状連続繊維シート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シート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に強度と単位膨張材量の関係を示す。圧縮強度と曲げ強度は、単位膨張材量の増加に伴い大きくなる。

引張試験時の荷重-ひずみ曲線を図-4に、引張試験結果を表-5に示す。引張試験供試体は、荷重-ひずみ曲線の変曲点でモルタルが破壊し、その後シートが破断し終局に至る。筒状連続繊維シート供試体の引張強度は、筒状連続繊維シートの軸方向断面積を用いて計算した。シート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。モルタルの引張強度は、炭素繊維シートで 27.0N/mm^2 、アラミド繊維シートで 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引張強度が得られた。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、筒状連続繊維シート棒部材の圧縮強度、引張強度は著しく増大する。
- (2)筒状連続繊維シートに、膨張モルタルを充填してシート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

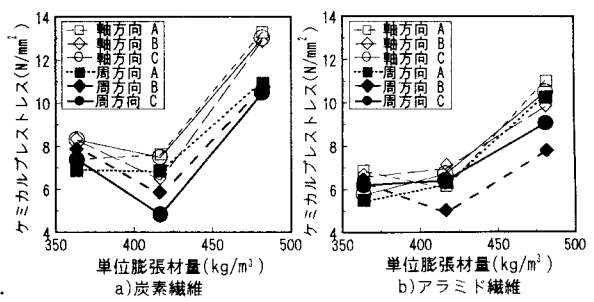


図-2 ケミカルプレストレスと単位膨張材量の関係

表-4 圧縮試験、曲げ試験結果

供試体の種別	W/(C+SF) (%)	EP (kg/m^3)	圧縮試験		曲げ試験
			圧縮強度 (N/mm^2)	弾性係数 (N/mm^2)	曲げ強度* (N/mm^2)
炭素繊維	40	482	159.1	3.77×10^4	134.9
	50	417	150.6	3.44×10^4	119.3
	75	364	89.9	2.70×10^4	88.7
アラミド繊維	40	482	137.2	3.89×10^4	127.8
	50	417	132.3	3.34×10^4	124.8
	75	364	92.0	2.59×10^4	116.4
比較用	40	0	43.2	3.05×10^4	—
	50		38.5	2.48×10^4	—
	75		15.3	1.54×10^4	—
無拘束供試体	40	482	4.8	—	—
	50	417	8.6	—	—
	75	364	1.6	—	—

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

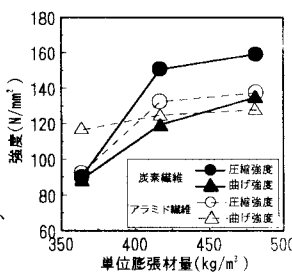


図-3 強度と単位膨張材量の関係

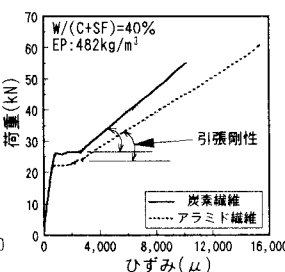


図-4 荷重-ひずみ曲線：引張試験

表-5 引張試験結果

供試体の種別	モルタル 引張強度 (N/mm^2)	破断荷重 (kN)	筒状連続繊維シート供試体			
			引張強度 (N/mm^2)	弾性係数 (N/mm^2)	引張剛性 (kN)	最大荷重時の 縦ひずみ(μ)
炭素繊維	27.0	51.4	815.5	5.82×10^4	3700	9246(3199)
アラミド繊維	22.7	59.2	730.6	3.38×10^4	2811	14892(3306)

(): 供試体の軸方向膨張ひずみ