

短繊維を用いたケミカルプレストレストコンクリートの力学特性に関する基礎的研究

鹿児島大学大学院 学生会員 ○松山 庸輔

鹿児島大学工学部 非会員 島内 陽輔

鹿児島大学工学部 正会員 松本 進

1. はじめに

現在、コンクリート部材の引張強度改善やひびわれ幅抑制としてはプレストレスの導入が一般的であるが、これには配筋作業の手間や定着の問題がある。この解決策として拘束材に短繊維を用い、緊張装置に膨張材を使用するケミカルプレストレスがある¹⁾²⁾。しかしながら、この種のケミカルプレストレスは、いまだ不明な点が多く構造物への適用も限られている。そこで本研究では、ケミカルプレストレスを導入したガラス繊維補強コンクリート（以下 GRC と記す）の一軸引張試験を行い、その力学性能を把握し、応力-ひずみ関係のモデル化を試みたものである。

2. 実験概要

表-1 に供試体配合を示す。配合については、水セメント比を 40、50、60%とし、繊維の混入率はモルタル体積に対し 2%とした。なお、膨張に関しては、繊維混入率 0%の無拘束状態において約 2000×10^{-6} 程度の膨張を与えた。

次に、図-1 には供試体概要を示したもので、

GRC 断面を $\phi 10\text{cm}$ 、長さを 40cm とする円柱型であり、供試体中央部には長さ 80cm の異形鉄筋 D16 を配置した。また、打設の際には、はり部材を想定して横打ちの型枠を使用した。試験方法は、供試体より突出した鉄筋両端部を引張る両引き試験方法である。試験時にはコンクリート中央部のひずみをコンプレッソメーターにより、鉄筋中央部をひずみゲージにより測定を行った。試験材齢については、脱型後の水中養生 6 日終了後さらに気中養生 7 日終了後の各材齢 7 日および 14 日の 2 材齢とした。

3. 実験結果および考察

表-2 に全試験結果を示す。なお、試験結果は各水準の試験体 3 本による平均値を用いた。全般的な応力-ひずみの傾向は図-2 に示すように、膨張材の有無に関わらず、P 点(ピーク値)までは、ほぼ直線的な挙動を示し、この時点でひびわれが発生した。ポストピークにおいては、引張応力はある一定の値 S 点まで直線的に軟化し、その後はその応力を維持しながら破壊に向かう傾向が認められた。

表-1 供試体配合

W/C	s/a	纖維 混入率	單位量 (kg/m ³)							
			W	C	E	S	G	F	SP	MC
40%	61%	2%	248	620	0	835	530	41	5.0	0.4
			248	620	99	781	495	40	5.0	0.4
238			476	0	925	587	40	3.3	0.4	
238			476	73	886	562	39	3.3	0.4	
238			397	0	966	613	39	2.8	0.4	
238			397	73	927	588	39	2.8	0.4	
50%										
60%										

備考) C: 早強セメント E: 膨張材 F: ガラス繊維 SP: 高性能減水剤 MC: 増粘剤

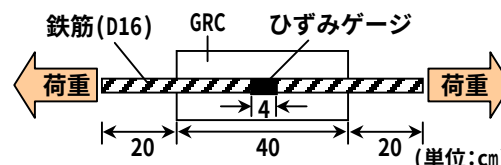


図-1 引張供試体概要図

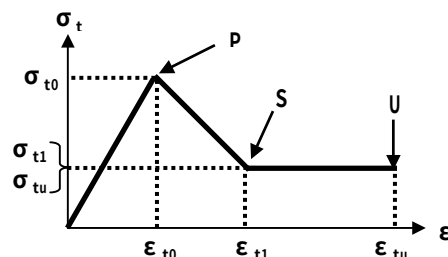


図-2 全般的な応力-ひずみの傾向

表-2 試験結果

W/C (%)	膨張材	材齡 (日)	引張強度 σ_{t0} (N/mm ²)	ϵ_{t0} (×10 ⁻⁶)	残留応力 σ_{t1} (N/mm ²)	ϵ_{t1} (×10 ⁻⁶)	破壊強度 σ_{tu} (N/mm ²)	ϵ_{tu} (×10 ⁻⁶)	応力低下率 $\Delta\sigma_t / \sigma_t$
40	無し	7	5.32	198	1.08	1754	0.89	2475	0.83
		14	3.28	106	0.04	1205	0.08	3194	0.98
50		7	4.43	168	1.10	1564	0.92	2567	0.79
		14	3.06	132	0.20	1192	0.29	2794	0.90
60		7	2.96	133	0.99	993	1.05	2969	0.64
		14	3.49	145	0.78	1378	0.89	3308	0.75
40	有り	7	5.84	366	3.35	1403	3.18	2149	0.46
		14	4.60	168	1.75	1088	1.41	2255	0.69
50		7	5.36	261	2.89	1234	2.80	2093	0.48
		14	4.63	165	1.50	1192	1.23	2180	0.73
60		7	4.70	208	3.04	923	2.57	1901	0.45
		14	4.31	156	1.50	1200	1.36	2188	0.68

備考) ϵ_{t0} : 引張強度時のひずみ ϵ_{t1} : 応力軟化後のひずみ ϵ_{tu} : 破壊強度時のひずみ $\Delta\sigma_t$: (引張強度)-(破壊強度)

図-3 は、W/C を 3 種類に変化させ、膨張材の有無による材齢 7 日の応力-ひずみの実測値を示したものである。いずれの場合もピーク値および ε_{t1} は W/C との間に相関が認められる。なお、破壊ひずみについては、膨張材の有無によってその傾向が逆転している。また、ピーク値についてはケミカルプレストレスを導入したものの方が $0.5 \sim 1.7 \text{ N/mm}^2$ と当然のことながら大きくなった。ポストピーク後の挙動を調べるために、図-4 に示すような無次元化を行った。同図より、いずれの場合も $\varepsilon_{t1}/\varepsilon_{t0}$ は若干のバラツキがあるもののほぼ一定を示しているようである。一方、 ε_{t1} および ε_{tu} については実験値を整理することによって表-3 に示すような値が得られた。同表から、いずれも高い靱性が認められる。また、表-4 は歪エネルギー吸収能力（図-3 中の応力-ひずみで囲まれた面積）を検討したもので、膨張材有りのケミカルプレストレスコンクリートの方が大きい結果となった。ここで表-3、4 において膨張材有りでは、乾燥収縮を受けたことでケミカルプレストレスは減少し、靱性は低下するものと考えられたが、逆に改善される結果となった。なお、紙編の都合上、材齢 14 日の応力-ひずみ関係分については割愛した。

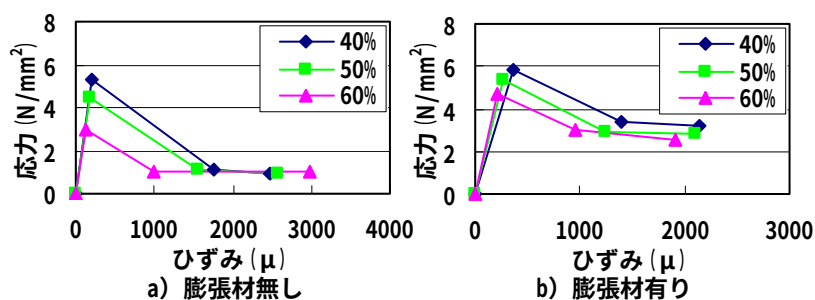


図-3 材齢 7 日の応力-ひずみ関係

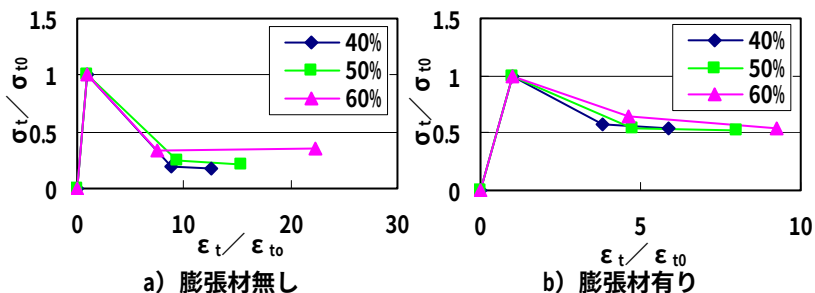


図-4 材齢 7 日の無次元化した応力-ひずみ関係

表-3 靱性率等

	膨張無し		膨張有り	
	水中	乾燥	水中	乾燥
$\varepsilon_{t1}/\varepsilon_{t0}$	8.57	9.97	4.34	7.13
$\varepsilon_{tu}/\varepsilon_{t0}$			7.69	13.55

表-4 歪エネルギー吸収能力

材齢	歪エネルギー吸収能力 ($\times 10^{-6} \text{ N/mm}^2$)	
	膨張材無し	膨張材有り
7日	5123	7143
14日	2975	4936

4. 一軸引張応力-ひずみ関係のモデル化の提案について

基本的には、モデル化の応力-ひずみ関係は図-2 に基づいて、図-5 に示すものを提案することにした。図中にある係数 α 、 β は実験値の平均を示した表-5 によるものを用いることにした。なお、これらの定数は水中および乾燥環境下では若干異なる値となっている。なお、膨張材無しの場合については応力軟化後の残留応力（破壊応力）が $0.04 \sim 1.1 \text{ N/mm}^2$ と少ないため、 ε_{t1} 以降については安全のため無視することにした。図-5 の応力-ひずみ関係式は、以下の通りとなる。

$$\text{i) } 0 \leq \varepsilon_t \leq \varepsilon_{t0} : \sigma_t = E_{ct} \cdot \varepsilon_t \cdots \textcircled{1}$$

$$\text{ii) } \varepsilon_{t0} \leq \varepsilon_t \leq \varepsilon_{t1} : \sigma_t = \frac{\sigma_{t0}(\alpha - 1)}{\varepsilon_{t1} - \varepsilon_{t0}} \varepsilon_t + \frac{\sigma_{t0}(\varepsilon_{t1} - \alpha \varepsilon_{t0})}{\varepsilon_{t1} - \varepsilon_{t0}} \cdots \textcircled{2}$$

$$\text{iii) } \varepsilon_{t1} \leq \varepsilon_t \leq \varepsilon_{tu} : \sigma_t = \alpha \cdot \sigma_{t0} \cdots \textcircled{3}$$

5. おわりに

ケミカルプレストレスを導入した GRC の応力-ひずみ関係が定量的に評価できたものと考えている。なお、乾燥収縮を受けたケミカルプレストレスの損失がさほど大きくないことが認められ、今後これについての解明を進めたいと考えている。

参考文献

- 1) 上原尚也：短繊維で拘束した膨張モルタルのケミカルプレストレス特性に関する基礎的研究、平成 18 年度鹿児島大学博士論文
- 2) 岡村甫、辻幸和：ケミカルプレストレスを導入したコンクリート部材の力学的特性、土木学会論文報告集、第 225 号・1974 年 5 月

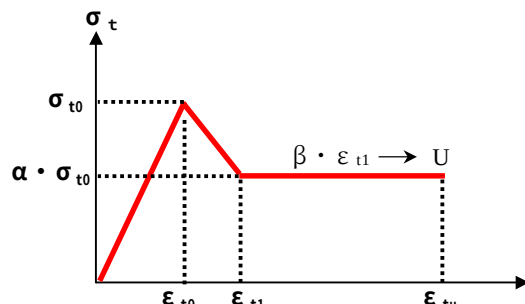


図-5 引張応力-ひずみ構成モデル

表-5 各実験定数

	膨張無し		膨張有り	
	水中	乾燥	水中	乾燥
α	0.26	0.10	0.59	0.35
β	0	0	1.76	1.91