

近畿大学大学院 学生員 ○尾石 立矢
近畿大学理工学部 正会員 玉井 元治

1. はじめに

コンクリートは細・粗骨材をセメントペーストにより固着した充填構造であり、本来脆性的な材料であるうえ、コンクリートの高強度化を図ることで、脆性破壊を引き起こしやすい。そのため、高強度でありながらも韌性・延性に富む複合材料が求められている。

本研究では、多孔質コンクリート (Porous Concrete:PoC) と樹脂、繊維を用いた複合型コンクリートの開発を行う。硬化した繊維混入 PoC の連続空隙に樹脂を注入することで、使用する樹脂の総量を抑えつつ、高強度でありながらエネルギー吸収能のある、韌性をもった複合材料を開発するのが目的である。

2. 実験概要

2.1 使用材料

普通ポルトランドセメント (C):Sg=3.15 (S0 社製)、シリカフューム (SF):Sg=2.30 (E 社製)、炭素繊維 (CF):Sg=1.05 (T 社製)、耐アルカリ性ガラス繊維 (GF):Sg=2.80 (ND 社製)、高性能減水剤 (SP):Sg=1.10 (k 社製)、エポキシ樹脂 (Ep):Sg=1.10 (NN 社製)、アクリル樹脂 (Ac):Sg=1.02 (NN 社製)、骨材 (G):Sg=2.70 (高槻産) [5 号・6 号・7 号砕石]

各樹脂の物性は表-1 に示す。

表-1 各樹脂の物理的性質

樹脂	粘度 (mPa)	比重	圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	曲げ強度 (MPa)
Ep	700	1.10	88.2	33.3	50.2
Ac	85	1.02	40.4	16.1	24.5

2.2 供試体作成と養生方法

W/(C+SF)=25%, SF/(C+SF)=5%, F/(C+SF)=0.5%, 実積率が最大となる骨材比 5 号:6 号:7 号=5:1:4 を採用し、骨材空隙へのセメントペースト充填率 (B/V) を 30%、40%、50% の 3 種類とした。配合表は、表-2 に示す。PoC の結合材であるペーストのフロー値を 250 ±5mm となるように SP を添加した。

表-2 配合表

W/(C+SF)	SF/(C+SF)	F/(C+SF)	B/V	繊維	樹脂
25%	5%	0.5%	30%	CF	Ep
				CF	Ac
				GF/CF/なし	なし
			40%	CF	Ep
				CF	Ac
				GF/CF/なし	なし
			50%	CF	Ep
				CF	Ac
				GF/CF/なし	なし

供試体寸法は圧縮、引張強度試験および透水試験ではφ10×20cm 円柱供試体を曲げ強度試験では10×10×40cm 角柱供試体を作成した。24 時間湿潤養生、脱型後、27 日間湿潤養生した。養生終了後、エポキシ・アクリル樹脂を真空注入した。

2.3 試験方法

各種強度試験は JIS 規格に準じ、透水試験は JCI エココンクリート研究委員会(案)に準じて行った。

3. 試験結果と考察

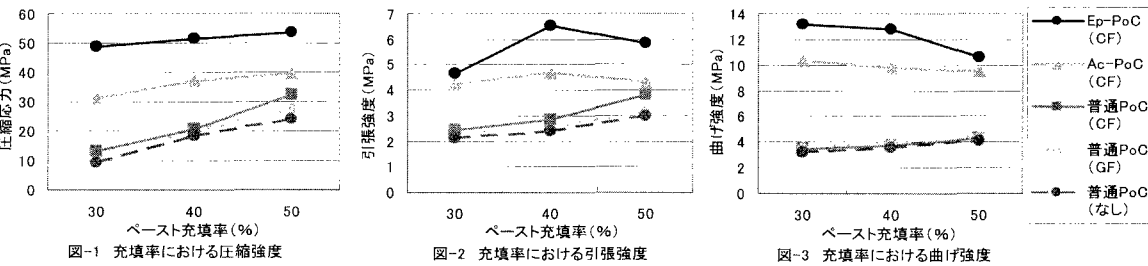
3.1 物性試験

透水試験結果は表-3 に示す。この結果より、粘性の低い樹脂を注入することが可能であることが確認できた。図-1, 2, 3 はそれぞれ圧縮・引張・曲げ強度とペースト充填率との関係を図示する。普通 PoC は、ペースト充填率が上がるにつれて強度が増加した。これは充填率の増加にともない、骨材と骨材の接点におけるペースト付着量が増加したためと考えられる。また繊維を混入すると、曲げおよび引張強度が上昇した。これは繊維によるセメントペーストへの補強効果が有効に働いたためと考えられる。CF と GF では、繊維の分散性の相違が強度に影響したものと推測される。

表-3 普通 PoC (CF) の B/V と透水係数との関係 (単位 cm/s)

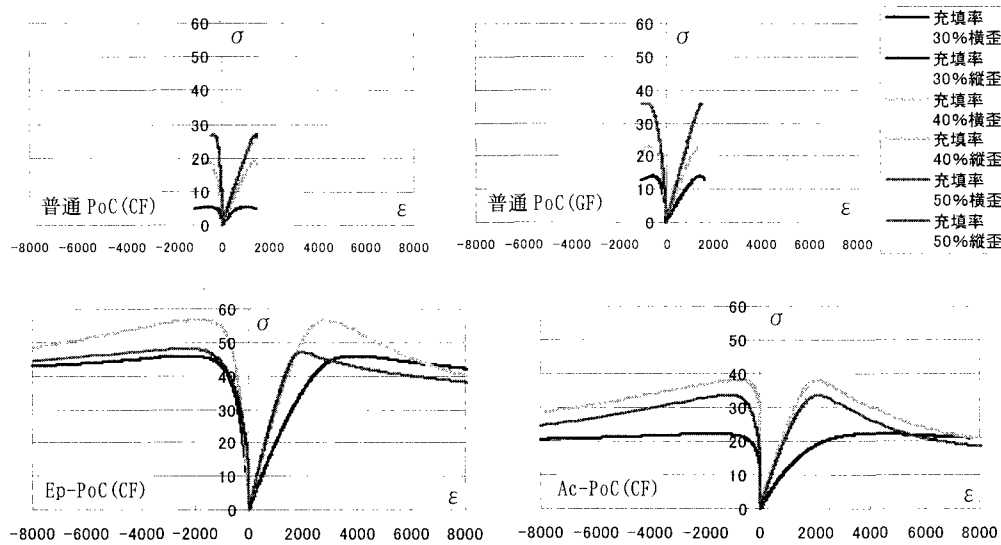
B/V	水頭差			
	2.5cm	5cm	10cm	15cm
30%	4.59	2.83	2.06	1.71
40%	2.25	1.54	1.13	0.94
50%	1.07	0.74	0.53	0.44

各樹脂注入 PoC は一様に普通 PoC より高い値を示した。圧縮強度において各樹脂注入 PoC は、ペースト充填率の増加にともない強度は増加した。引張強度ではペースト充填率 40% で最も高い値を示した。また曲げ強度試験では樹脂充填量の増加にともない強度が増加した。PoC・樹脂の単位体積当たりの強度から比較すると、圧縮・引張強度ではペースト充填率 50% で最も高い複合効果が発揮される傾向にあった。



3.2 応力とひずみとの関係

図-4 は応力 - ひずみ曲線を示す。各繊維混入普通 PoC は、降伏点に達した直後に急激に破壊した。しかし各樹脂注入 PoC は降伏点に達した後も一定の応力を保持しながら、ひずみが増加していくのが確認できた。これは供試体内部に破壊が生じた後、連続空隙に注入されていた樹脂が応力を受け持ったためだと推測される。またペースト充填率が低く、樹脂充填量が多い場合には高い応力を保持しながらひずみが増加していくのが確認できた。複合材料のポアソン比、静弾性係数は表-4 に示す。



《x 軸：(+ : 縦ひずみ、 - : 横ひずみ) (μ)、y 軸：応力 (MPa)》

図 4 応力-ひずみ曲線

4. まとめ

以上の結果より、各繊維長 6mm で有効に補強効果が発揮された。また PoC に樹脂を真空注入し改質を試みた結果、各種強度は著しく上昇し、靱性をもった複合材料を作成することができた。PoC・樹脂の単位体積当たりの強度から比較すると、各樹脂注入 PoC とともに圧縮強度では複合効果により約 60% 上昇する傾向があることが確認できた。各樹脂注入 PoC は普通コンクリートにはない高い変形能を持ち合わせ、施工も容易であるために多種多様な場所での利用が可能であると考えられる。

表-4 複合材料のポアソン比、静弾性係数

種類	B/V	ポアソン比	静弾性係数 ($\times 10^4$ MPa)
普通 PoC (CF)	30%	0.118	1.33
	40%	0.134	1.65
	50%	0.170	2.91
普通 PoC (GF)	30%	0.106	1.28
	40%	0.162	2.16
	50%	0.187	2.73
Ep-PoC (CF)	30%	0.220	2.01
	40%	0.182	3.01
	50%	0.172	3.30
Ac-PoC (CF)	30%	0.187	1.82
	40%	0.165	2.41
	50%	0.151	2.52