

表 2-1 由 20 支 CFRP 試體測試所求得之材料性質資料【5】

直徑 (mm)	斷面積 (mm <sup>2</sup> )	破壞載重 (kN)	抗拉強度 (MPa)	彈性模 數 (GPa)	極限應 變 (%)	包松比 (%)
9.5	71	109±4	1536±61	128±5 (114±4)	1.2±0.0	0.26 ±0.02

表 2-2 本研究所使用之 CFRP bar 詳細性質資料

英制	直徑 (in)	斷面 積 (in <sup>2</sup> )	重量		直徑 (mm)	斷面 積 (mm <sup>2</sup> )	重量 (kg/m)
			(lb/ft)	公制			
#3	0.375	0.11	0.10	#10	9.5	71	0.142
#4	0.500	0.20	0.17	#13	12.7	129	0.266
#5	0.625	0.31	0.25	#16	15.9	200	0.398
#6	0.750	0.44	0.41	#19	19.0	285	0.602
#8	1.00	0.79	0.70	#25	25.4	507	1.044

表 2-3 本研究所使用之 CFRP bar 之拉力特性

纖維棒 直徑		彈性模數		極限強度		設計拉力 強度		容許應力		極限 應變	包松 比
		$E_r$		$F_u$		$f_{fu}$		$f_{fa}$		$\epsilon_{fu}$	
mm	in	GPa	Msi	MPa	Ksi	MPa	Ksi	MPa	Ksi	%	—
#10	#3	42	6.1	689	99.9	614	89	172	25	1.80	0.27
#13	#4	42	6.1	617	90	569	83	181	26	1.80	0.27
#16	#5	42	6.1	674	98.9	600	87	164	24	1.80	0.27
#19	#6	42	6.1	719	105	640	93	158	23	1.80	0.27
#25	#8	42	6.1					158	23	1.80	0.27

表2-4 本研究所使用之CFRP bar彎曲直徑資料

英制	纖維棒直徑 (in)	90° 及180° 彎曲直徑 (in)	公制	纖維棒直徑 (mm)	90° 及180° 彎曲直徑 (mm)
#3	0.375	2.875	#10	9.5	73
#4	0.500	3.313	#13	12.7	84
#5	0.625	6.063	#16	15.9	154
#6	0.750	8.875	#19	19.0	225

表2-5 本研究所使用之CFRP bar伸展長度資料

伸展長度係數  $K_b=0.80$

英制	纖維棒直徑(in)	伸展長度(in)	公制	纖維棒直徑(mm)	伸展長度(mm)
#3	0.375	6.0	#10	9.5	150
#4	0.500	7.5	#13	12.7	190
#5	0.625	9.0	#16	15.9	225
#6	0.750	12.0	#19	19.0	300



表2-6 水泥熟料礦物的水化特徵【7】

成分	反應速率	放熱量	對水泥的貢獻	
			強度	水化熱
$C_3S$	中度	中度	高	高
$C_2S$	慢	低	初期低，末期高	低
$C_3A+CSH_2$	快	甚高	低	非常高
$C_4AF+CSH_2$	中度	中度	低	中等

表2-7 標準波特蘭水泥之成分及性質【7】

化學成分	普通	中度抗硫 及水化熱	早強	低熱	抗硫
C <sub>3</sub> S(%)	50	45	60	25	40
C <sub>2</sub> S(%)	25	30	15	50	40
C <sub>3</sub> A(%)	12	7	10	5	4
C <sub>4</sub> AF (%)	8	12	8	12	10
CSH <sub>2</sub> (%)	5	5	5	4	4
細度模數 (m <sup>2</sup> /kg)	350	350	450	300	350
1 天抗壓強度 MPa(psi)	7 (1000)	6 (900)	14 (2000)	3 (450)	6 (900)
水化熱 (7 天, J/g)	330	250	500	210	250

表2-8 文獻中測試材料性質之試體數量一覽表【5】

	埋置深(mm)	試體數目
CFRP bar(9.5mm φ)	50	4
	100	4
	150	4
	200	4
	300	4
鋼筋(11.3mm φ)	50	2
	100	2
	150	2
	200	2
	300	2

表2-9 文獻中握裹試驗混凝土配比【5】

水(W), kg	170
水泥(C), kg	340
W/C	0.5
細骨材, kg	880
粗骨材, kg	1040
坍度	120
空氣含量, %	2.0
密度, kg/m <sup>3</sup>	2380
抗壓強度, MPa	34
彈性模數, GPa	29

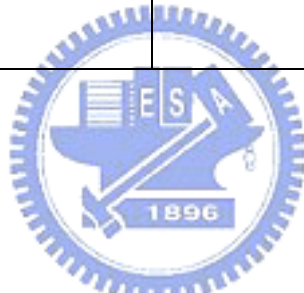


表2-10 文獻中9.5mm $\phi$  CFRP各種埋置長度拉拔試驗的結果【5】

埋置長度 (mm)	最大拉出力量 (kN)	最大握裹應力 (MPa)	破壞模式
50	29.9 $\pm$ 1.8	20.0 $\pm$ 1.2	拉出
100	53.5 $\pm$ 3.5	17.9 $\pm$ 1.2	拉出
150	75.6 $\pm$ 4.9	16.6 $\pm$ 1.1	拉出
200	107.0 $\pm$ 7.7	18.9 $\pm$ 1.4	拉斷
300	101.8 $\pm$ 10.4	11.9 $\pm$ 1.3	拉斷

表2-11 文獻中11.3mm $\phi$ 鋼筋各種埋置長度拉拔試驗的結果【5】

埋置長度 (mm)	最大拉出力量 (kN)	最大握裹應力 (MPa)	破壞模式
50	43.6 $\pm$ 4.8	24.6 $\pm$ 2.1	拉出
100	53.8 $\pm$ 1.7	15.2 $\pm$ 1.0	拉出\降服
150	55.1 $\pm$ 4.9	16.6 $\pm$ 1.1	降服
200	48.1 $\pm$ 2.3	6.8 $\pm$ 0.5	降服
300	50.8 $\pm$ 3.2	4.8 $\pm$ 0.3	降服



表 2-12 文獻中 CFRP 發展長度的理論值與試驗值【5】

CFRP bar 直徑(mm)	抗拉強度 (MPa)	$L_{dthe}$ (mm)	$L_{depr}$ (mm)	$L_{dthe}/L_{depr}$
9.5	1536	744	215	3.46

$L_{dthe}$ =發展長度理論值

$L_{depr}$ =發展長度實驗值

表 3-1 本試驗之各項變數

混凝土強度 (PSI)	4000
加熱溫度 (°C)	常溫, 100, 200, 300
纖維強化複合材料加強筋 直徑 (mm)	10、13、16、20、25
纖維強化複合材料加強筋 埋置長度	4φ、8φ、12φ

表 3-2 本試驗所使用混凝土配比資料

預估強度(PSI)	4000
水泥(kg)	308
爐灰(kg)	77
細骨材(kg)	750
粗骨材(kg)	1010
水(kg)	178
添加劑 TYPE G(kg)	3.1

表 4-1 拉拔試驗試體之破壞模式

埋置長度 直徑(mm)	埋置長度			
	4φ	8φ	12φ	
10	拉出	拉出	拉出	常溫
	拉出	拉出	拉出	100°C
	拉出	拉出	界面黏膠失敗	200°C
	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	300°C
13	拉出	拉出	拉出	常溫
	拉出	拉出	拉出	100°C
	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	200°C
	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	300°C
16	拉出	拉出	拉出	常溫
	拉出	劈裂	劈裂	100°C
	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	200°C
	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	300°C
20	拉出	拉出	拉出	常溫
	劈裂	劈裂	劈裂	100°C
	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	200°C
	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	300°C
25	拉出	拉出	拉出	常溫
	劈裂	劈裂	劈裂	100°C
	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	200°C
	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	界面黏膠失敗	300°C

其中：

1. 拉出：纖維棒表面噴砂與混凝土間握裹失敗導致纖維棒之拉出破壞
2. 界面黏膠失敗：纖維棒光滑本體與表面噴砂間的界面黏膠受高溫變質使得表面噴砂脫落導致纖維棒之拉出破壞
3. 劈裂：混凝土試體之劈裂破壞



表 4-2 埋置長度為  $4\phi$  之 FRP 握裹試驗結果所得之最大拉出力量(T)

加熱溫度 直徑(mm)	常溫	100°C	200°C	300°C
10	0.63	0.36	0.16	0.07
13	1.26	0.76	0.43	0.13
16	2.23	1.38	0.83	0.26
20	3.30	1.98	1.11	0.34
25	4.39	2.66	1.31	0.44

表 4-3 埋置長度為  $8\phi$  之 FRP 握裹試驗結果所得之最大拉出力量(T)

加熱溫度 直徑(mm)	常溫	100°C	200°C	300°C
10	1.55	1.05	0.60	0.17
13	2.98	2.03	1.22	0.43
16	5.04	3.67	2.22	0.76
20	7.27	5.10	3.12	1.12
25	10.33	7.03	4.00	1.44

表 4-4 埋置長度為  $12\phi$  之 FRP 握裹試驗結果所得之最大拉出力量(T)

加熱溫度 直徑(mm)	常溫	100°C	200°C	300°C
10	2.39	1.62	1.08	0.39
13	4.65	3.57	2.20	0.75
16	8.02	6.28	3.76	1.35
20	11.18	8.60	5.54	1.84
25	15.70	11.23	7.44	2.69

表 4-5 埋置長度  $4\phi$  之 FRP 握裹試驗結果所得之最大握裹應力(kgf/cm<sup>2</sup>)

加熱溫度 直徑(mm)	常溫	100°C	200°C	300°C
10	50.17	28.40	12.35	5.47
13	59.54	35.80	20.20	5.95
16	69.31	42.87	25.87	7.96
20	65.56	39.48	22.00	6.81
25	55.90	33.89	16.65	5.64

表 4-6 埋置長度  $8\phi$  之FRP握裹試驗結果所得之最大握裹應力 (kgf/cm<sup>2</sup>)

加熱溫度 直徑(mm)	常溫	100°C	200°C	300°C
10	61.77	41.71	23.94	6.75
13	70.13	47.74	28.75	10.10
16	78.31	57.04	34.43	11.82
20	72.33	50.69	31.06	11.14
25	65.73	44.73	25.47	9.15

表 4-7 埋置長度  $12\phi$  之FRP握裹試驗結果所得之最大握裹應力 (kgf/cm<sup>2</sup>)

加熱溫度 直徑(mm)	常溫	100°C	200°C	300°C
10	63.34	43.09	28.57	10.23
13	72.89	56.02	34.54	11.71
16	83.10	65.04	38.92	14.00
20	74.11	57.01	36.76	12.21
25	66.63	47.67	31.59	11.42

表 4-8 常溫下 FRP 埋置長度為  $12\phi$  之載重與位移模擬方程式

直徑(mm)	x=位移(mm) y=載重(T)
10	$y = -2.6135x^2 + 4.8586x + 0.0545$
13	$y = -3.075x^2 + 8.1203x + 0.1241$
16	$y = -2.1433x^2 + 7.9726x + 0.8101$
20	$y = -2.4495x^2 + 9.7361x + 1.2947$
25	$y = -3.7385x^2 + 14.232x + 1.2643$



表 4-9 100 °C 下 FRP 埋置長度為  $12\phi$  之載重與位移模擬方程式

直徑(mm)	x=位移(mm) y=載重(T)
10	$y = -0.5818x^2 + 2.8296x - 0.0788$
13	$y = -1.8002x^2 + 5.2679x - 0.0881$
16	$y = 0.4997x^2 + 2.8551x + 0.5554$
20	$y = -3.5387x^2 + 11.231x - 0.4611$
25	$y = 1.4047x^2 + 5.0809x - 0.1592$

表 4-10 200 °C 下 FRP 埋置長度為 12φ 之載重與位移模擬方程式

直徑(mm)	x=位移(mm) y=載重(T)
10	$y = 2.9361x^2 - 0.709x + 0.1306$
13	$y = -0.428x^2 + 3.1444x - 0.0157$
16	$y = 1.0361x^2 + 1.4125x - 0.2246$
20	$y = -0.5233x^2 + 5.5948x - 0.231$
25	$y = 0.2296x^2 + 7.384x - 1.1365$

表 4-11 300 °C 下 FRP 埋置長度為 12φ 之載重與位移模擬方程式

直徑(mm)	x=位移(mm) y=載重(T)
10	$y = -7.3524x^2 + 3.5395x - 0.0206$
13	$y = -3.7291x^2 + 4.2472x - 0.0601$
16	$y = -2.9395x^2 + 5.8414x - 0.0601$
20	$y = -3.526x^2 + 7.6953x - 0.125$
25	$y = 8.9976x^2 + 1.0571x + 0.0519$