

第五章

結論與建議

5-1 結論

本實驗是採用五種尺寸之纖維強化複合材料加強筋分別以三種埋置長度埋置於一般強度混凝土圓柱試體中，預計得到在常溫、 100°C 、 200°C 及 300°C 四種加熱溫度環境中纖維強化複合材料加強筋埋置混凝土圓柱試體的破壞模式及握裹力與滑動變位及溫度之間的關係。由本實驗所得的各項結果我們可以歸納出幾項結論：

1. 在破壞模式方面，拉拔試驗之破壞模式分為纖維強化複合材料加強筋之拉出破壞、混凝土圓柱試體的劈裂破壞及纖維強化複合材料加強筋本身的拉斷破壞，在纖維強化複合材料加強筋的拉出破壞方面又可分為纖維棒表面噴砂與混凝土試體接觸面之握裹失敗及纖維棒本體與表面噴砂間的界面黏膠變質失敗導致纖維棒拉出破壞，由本實驗可得知在常溫時試體的破壞模式為纖維棒表面噴砂與混凝土試體接觸面間的握裹失敗導致纖維棒拉出破壞，但若是在試體受高溫的情況下，混凝土試體的強度及楊氏係數會降低使得在拉拔的過程中試體的破壞模式可能變成混凝土劈裂破壞。在纖維棒尺寸較大埋置長度較長且受高溫的情況下，破壞模式有可能為混凝土試體的劈裂破壞或纖維棒本體與表面噴砂間的界面黏膠受高溫而變質失敗導致纖維棒的拉出破壞，其中混凝土試體的劈裂破壞是由於若使用尺寸較大且埋置長度較長的纖維棒時混凝土試體的保護層可能會相對的不足夠，使得混凝土試體因為圍束力不足而產生劈裂的現象，而由[圖 4-29]可得知在溫度達到 200°C 以上時纖維棒的表面噴砂已經開始脫落造成握裹力下降，可得知纖維棒本體與表面噴砂間的界面黏膠環氧

樹脂不耐高溫，所以在使用纖維強化複合材料加強筋時須避免有火害疑慮的地方或加強防火披覆的工作。

2. 在握裹力方面，由實驗結果得知纖維強化複合材料加強筋的尺寸越大其握裹力受溫度影響越大，由此可知若要在有高溫疑慮的地方使用纖維強化複合材料加強筋應該考慮到試體尺寸大小與溫度間之關係，以避免因為溫度升高使得握裹強度一下子下降太多導致發生危險。纖維強化複合材料加強筋的握裹應力隨著溫度呈現一定比例的下降趨勢，以常溫到 100°C 這一段期間握裹應力下降的幅度最大，當溫度逐漸升高時纖維棒各尺寸間的握裹應力差距會越小，當溫度到達 300°C 以上時各尺寸間的握裹應力已經相差無幾了。
3. 在拉拔滑動變位方面，由實驗結果可得知纖維棒埋置的長度越長在拉拔期間所產生的變位也越大且隨著溫度的上升各尺寸纖維棒間的拉拔滑動變位會逐漸下降。

5-2 建議

最後針對本實驗在過程中所遇到的問題提出建議以做為未來相關研究的參考：

1. 本實驗使用不同尺寸的纖維強化複合材料加強筋埋置於一般強度混凝土中在不同溫度的環境下量測其破壞模式及握裹力與拉拔滑動變位及溫度間的關係，以及纖維強化複合材料加強筋遇熱後產生的變化，在一開始澆置混凝土試體埋置纖維強化複合材料加強筋時應注意纖維強化複合材料加強筋是否有確實埋置於混凝土表面的中心處，且要保垂直無偏心，這一點是影響實驗結果很大的因素，在實際的操作上非常困難，因為纖維棒本身的直徑

並不均勻，且在澆置混凝土試體時使用之纖維強化複合材料加強筋固定器其中心孔洞直徑並非剛好等於纖維棒的直徑而是稍微大於纖維棒的直徑，如此會使纖維棒在插入固定器時產生傾斜而導致偏心，這一點在將來進行相關研究時需對固定器的高度及中心孔洞直徑加以改善以提升實驗結果的準確性。

2. 在溫度方面，本實驗為定溫下的測試，但是因為每個混凝土試體在均質性上或多或少有些不同，所以並不能確定以固定的加熱時間試體的中心溫度皆會達到所要求的溫度，所以未來進行相關研究時需針對試體中心溫度的控制加以討論。
3. 在夾具的使用方面，由於本實驗有纖維強化複合材料加強筋埋置長度達 30cm 的試體，握裹力會非常大，為了避免在進行拉拔試驗時因為夾具鬆脫而造成實驗失敗所以在鎖上夾具的螺絲時需非常注意，不可一次就將所有螺絲鎖到最緊，必須以對角鎖螺絲且以來回幾輪的方式將每顆螺絲鎖緊並注意每顆螺絲間的均勻度以防有鬆緊不均的現象，並且必須避免夾具鎖的太緊造成纖維棒被夾具夾斷。
4. 由於本實驗是以加熱到設定溫度後開始進行拉拔試驗，所以不能架設在材料實驗室的萬能試驗機上進行實驗，只能用手動油壓機配合油壓缸進行拉拔，而本實驗必須控制固定加壓速率，所以如何維持固定速率的加壓是影響本實驗一個重要的因素，在往後的相關研究應該盡量使用加壓速率穩定的設備以減少衝擊力對試驗結果的不利影響。
5. 在 LVDT 的架設方面，需注意要盡量將 LVDT 固定到不會搖晃的程度，因為 LVDT 屬於精密儀器，在拉拔實驗時所產生的一點點晃動都可能產生很大的誤差。

6. 由本實驗結果討論可得知纖維強化複合材料加強筋本體與表面噴砂間的界面黏膠環氧樹脂在溫度達到 200°C 左右就會開始產生變質導致纖維強化複合材料加強筋在承受拉拔力時纖維棒本體與表面噴砂分離，而纖維棒表面的噴砂是維持握裹力的主要因素，由此可知若要提升纖維強化複合材料加強筋的使用範圍，尋找可耐高溫的界面黏膠就是一項相當重要的課題了。

