

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

不同尺寸碳纖強化複合材料加強筋在高溫下之握裹力

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-009-058-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學土木工程學系

計畫主持人：鄭復平

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 11 月 20 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

不同尺寸纖維強化複合材料加強筋在高溫下之握裹力

計畫編號：NSC 91-2211-E009-058

執行期限：民國 91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：鄭復平 執行機構及單位名稱：國立交通大學土木系

一、中文摘要：

本研究主要目的為以不同尺寸之纖維強化複合材料加強筋 (FRP reinforcement) 以不同深度埋置於混凝土試體中，以不同高溫加熱後進行拉拔試驗，探討其握裹應力。

研究結果顯示，所有結果均呈現握裹力隨溫度升高與埋置長度減小而降低。由於加熱至 200 以上纖維強化複合材料加強筋 (FRP reinforcement) 表面噴砂的界面黏劑環氧樹脂 (EPOXY) 失敗造成握裹力迅速下降，纖維棒與混凝土間之握裹力幾乎完全喪失。

Abstract

The major concern of this research project is to deal with the bonding capability of

the different size of fiber reinforced plastic bar in concrete with different embedded length at different elevated temperatures. The relationship between bonding force and slip displacement is executed.

The results show that the bonding capability decrease with the increase of temperature and decrease of embedded length. Due to the failure of the adhesive of the FRP bar the bonding capability decrease dramatically for the temperature over 200 .

Keywords: carbon fiber reinforced plastic reinforcement , high strength concrete , bonding strength

二、緣由與目的：

緣由

纖維強化複合材料加強筋

(FRP reinforcement) 由於有很高的拉力強度及較佳的抗腐蝕能力，在腐蝕性高的環境中，成為取代鋼筋用於混凝土構件內成為拉力構材之理想材料。混凝土構件抗拉強度之發揮有賴與混凝土間之握裹力，有足夠之握裹力方能使其發揮所需之抗拉強度，然影響握裹力的因素很多，包括抗拉構材的尺寸、埋置深度、表面粗糙度、受束制條件（混凝土保護層、間距、箍筋效應等）混凝土強度及外在環境變化的影響

（高溫、混凝土的侵蝕）等，纖維棒為增加其握裹力大都以黏劑在其表面黏結其他材料製成粗糙面來達成。再加上纖維棒耐高溫性質並不理想，因此高溫環境對其握裹力之影響就變成可能造成其承拉效用變化的一大因素，本研究將對此問題及其相關影響因素進行討論。

目的：

本計畫將探討纖維強化複合材料加強筋應用於混凝土作為抗拉構材受高溫之可行性以及不同尺寸纖維棒及不同埋入深度之於

相同強度混凝土中受不同高溫下的握裹力及破壞模式與這些變數間之關係。

三、試體製作與試驗方法：

(a) 試體製作：

澆製強度為 4000PSI 之混凝土圓柱試體，混凝土圓柱試體之規格如圖一所示，為 20 cm 直徑 30 cm 高及 20 cm 直徑 35 cm 高的圓柱試體，試體中央並裝有熱電耦線以為量測試體內溫度之用。本研究以 4 倍、8 倍及 12 倍直徑三種深度埋入混凝土中，並分別使用 10mm、13mm、16mm、20mm 及 25mm 五種尺寸的纖維棒。

(b) 試驗方法：

握裹力測試的設備架設如圖二及圖三所示，將已埋入纖維棒之混凝土試體放入電熱式高溫爐中，然後架設支撐鐵架於其上，並在其中間位置放置變位量測系統以量測拉拔時纖維棒的位移變化，接著將油壓缸由上而下小心穿過纖維棒後放置於支撐鐵架上，然後放上 Load cell 並墊上一塊墊片使得 Load cell 及夾具間的接觸面較平整以避免產生應力集中，最後將夾具鎖上。設備架設完畢後，開啟電熱式高溫爐

開始加熱，依設定之加熱曲線加熱，由埋設於內部之熱電耦線測定溫度，當達成預定溫度後，利用油壓裝置以每分鐘 2 噸的拉拔速率下開始拉拔纖維棒，並擷取讀數直到纖維棒拔出混凝土試體為止。

四、結果與討論：

(a) 破壞面討論：

由圖八及圖九可知，在 100 以下測試試體在拉拔破壞時，破壞的模式為纖維棒拉拔出來後，由於纖維棒表面噴砂未完全脫落，纖維棒與混凝土試體間的握裹力還相當足夠，使得混凝土試體表面呈現角錐狀的突起破裂。

由圖十及圖十一可知，在 200 以上測試試體破壞時，混凝土試體表面相當完整，而纖維棒在拉拔出混凝土試體時，由於纖維棒與其表面噴砂間的界面黏劑環氧樹脂 (EPOXY) 已經失敗，表面噴砂已完全脫落，因此可知在 200 以上使得用來維持握裹力的表面噴砂脫落造成握裹力幾乎完全喪失而大量降低。

(b) 握裹力討論：

由圖四、圖五、圖六所示，

在各種埋入深度中，除了 4 倍直徑埋入深度在低溫下，纖維棒尺寸越大者握裹應力呈現越大的趨勢外，其餘在相同溫度下，埋入深度由於纖維棒尺寸不同對於握裹應力的影響似乎不大。

由於各尺寸間的握裹應力與埋入深度之關係呈現大致相同的趨勢，因此列舉 13mm 以示說明，由圖 (七) 可知握裹力和埋入深度是成正相關的，在低溫時其差異性相當高，但此差異性隨著溫度增高而降低，尤其是在超過 200 以上時，由於黏結層失效以後，所剩之握裹力不多，其差異幾乎沒有。

(c) 滑動變位討論：

由於各尺寸間的滑動變位幾乎呈現相同的趨勢，因此列舉 25mm 12 倍直徑埋置深度的滑動變位圖以示說明，由圖十二至圖十五可知，滑動變位在拉拔過程中，握裹失敗前的變位不大，且幾忽成線性關係，但是一發生握裹失敗，則會立刻產生相當大的位移，以常溫比較其他溫度較高的情況，由於高溫下所剩之握裹力不高，因此溫度越高，在握裹失敗後發生的位移較和緩。

五、結論

由本研究可以發現常溫之下，使用纖維強化複合材料加強筋於有腐蝕環境中代替鋼筋成為其拉力元件是理想材料，但是如果有火害顧慮時，由於在高溫下其握裹力幾乎完全喪失，將造成重大災害，必需慎重考慮。

五、計畫結果與自評：

本計畫使用相同混凝土試體，不同尺寸及不同埋入深度的纖維強化複合材料加強筋 FRP reinforcement，在不同溫度的環境下，量測其破壞模式及握裹力與位移及溫度間的關係，以及纖維棒遇熱後產生的變化。實驗的關鍵在於，如何適當固定夾具，避免纖維棒被夾具夾斷，另外要注意加壓設備方面，維持固定速率的加壓是影響本實驗一個重要的因素。

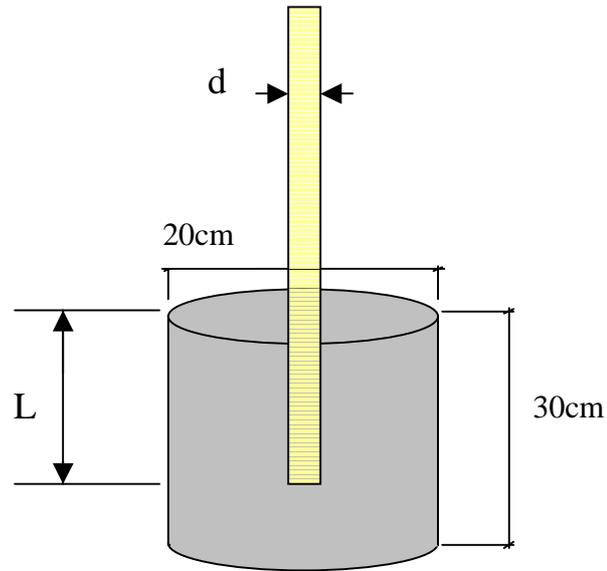
另外在 LVDT 的架設方面，需注意要盡量將 LVDT 固定到不會搖晃的程度，因為 LVDT 屬於精密儀器，一點點晃動都可能產生很大的誤差。

纖維棒表面的噴砂是維持握裹力的主要因素，而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劑就是一項相當重要的課題了。

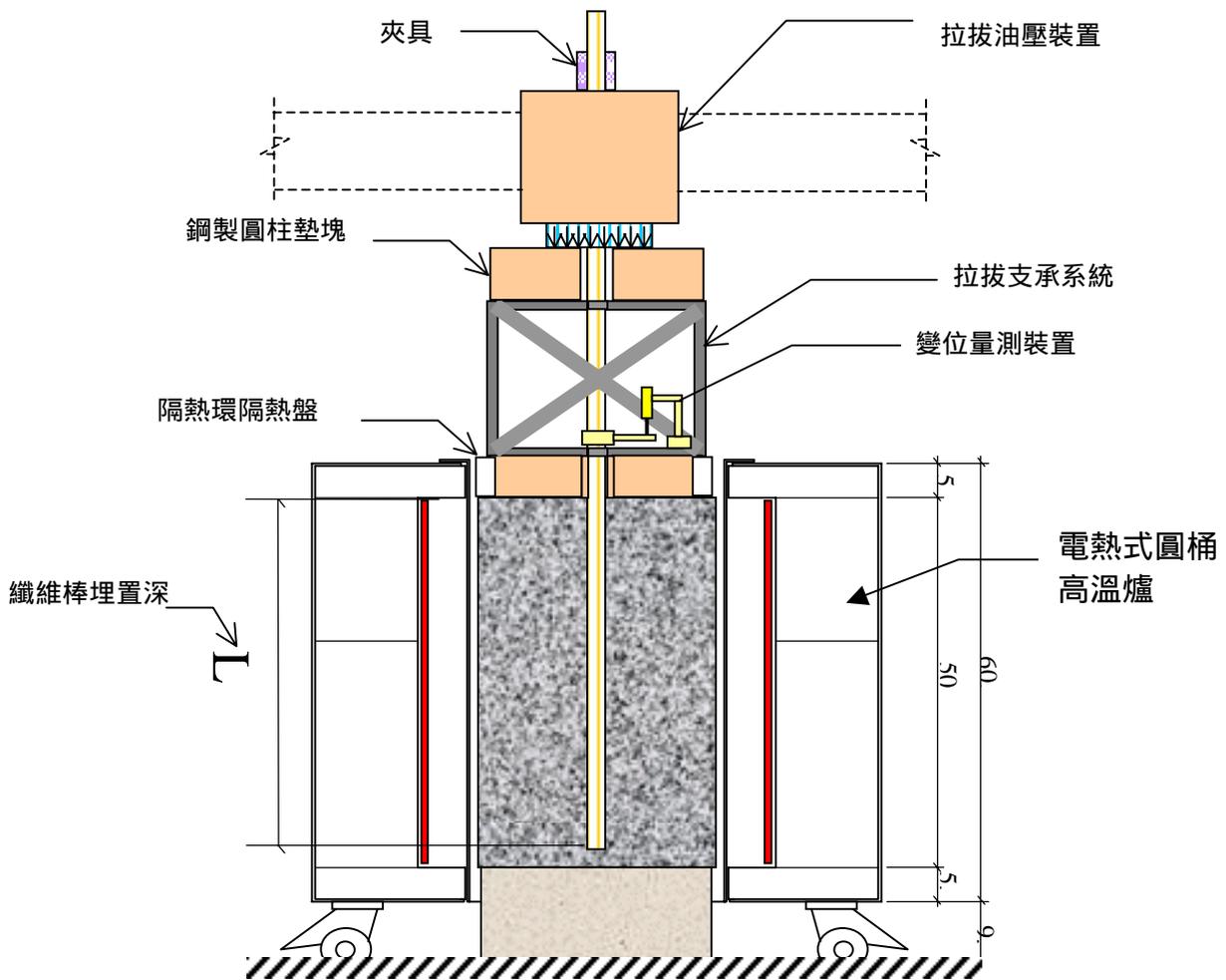
六、參考文獻

1. A.Z.Fam,S.H.Rizkalla,and G.Tadros,"Behavior of CFRP for Prestressing and Shear Reinforcements of Concrete Highway Bridges"
2. Antonio Nanni" Fiber-reinforced-Plastic(FRP) reinforcement for concrete structures:properties and application"
3. Park Ridge,N.J.,U.S.A."Carbon fibers:technology,uses,and prospects"
4. Maruyama,T.;Honma,M.;and Okamura,H.,"Experimental Study on the Diagonal Tensile Characteristic of Various Fiber Reinforced Plastic Rods,"
5. Tokyo Rope Mfg .Co., Ltd. ,"Technical Data on CFCC"
6. Mitsubishi Kasei,"Leadline Carbon Fiber Rod Technical Data"
7. Fam,A.Z.,"Carbon Fiber Reinforced Plastics Prestressed and Shear Reinforcement for

- Concrete Highway Bridges,”
8. 大谷杉郎,大谷朝男,”碳纖維材料入門”
 9. 林草英、洪建銘,”碳纖維 CFC 在鋼筋混凝土梁構件之應用”, 中華民國第四屆結構工程研討會論文集
 10. Carbon and high performance fibers directory and databook.
 11. Orangun,C.O;Jirsa,J.O;and Breen J.E,”A reevaluation of Test Data on Development Length and Splices,ACI Journal Proceeding”
 12. ACI Committee 408, ”suggested Development,Splice and Standard Hook Provisions for Deformed Bar in Tension”
 13. Phil,M.F. and J.N.Thompson, “Development Length of High Strength Reinforcing Bar in Bond,”ACI Journal
 14. Lutz, L.A.and P.Gergely,”Mechannics of Bond and Slip of Deformed Bars in Concrete,” ACI Journal
 15. Ezeldin and Balaguru,”Bond Behavior of Normal and High-Strength Fiber Reinforced Concrete,”ACI Materials Journal
 16. Brettmann,B.B.,D.Darwin, and R.C. Donahey, “Bond of Reinforcement to Superplasticized Concrete,” ACI Journal
 17. Okamura, H.,”High Performance Concrete”,Report, Concrete Lab.,Dept.of Civil Engineering ,University of Tokyo,1991
 18. Calspan-UB Research Center,”Mechanical Behavior of High-Performance Concrete,”Report C-205,1988



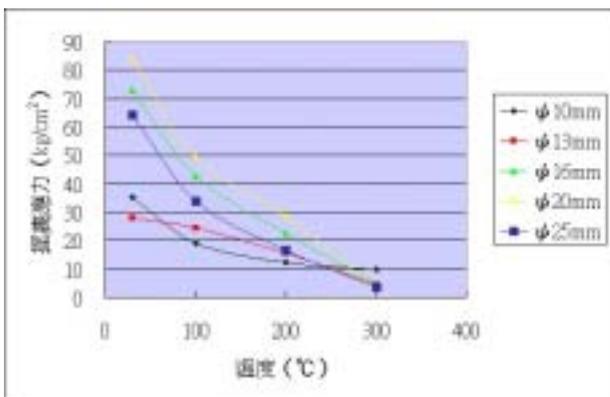
圖（一）握裹強度試驗試體規格及 FRP reinforcement 埋置方式



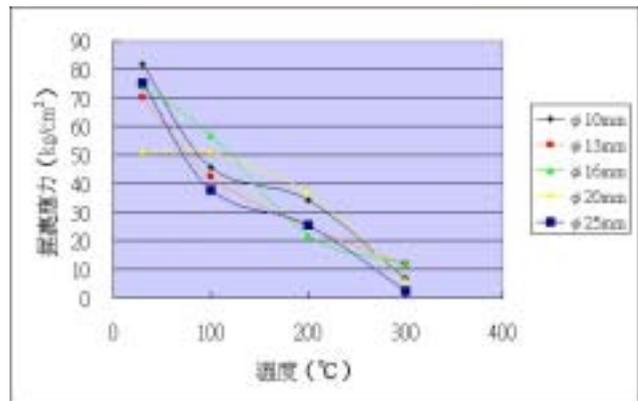
圖（二）握裹力試驗設備(示意圖)



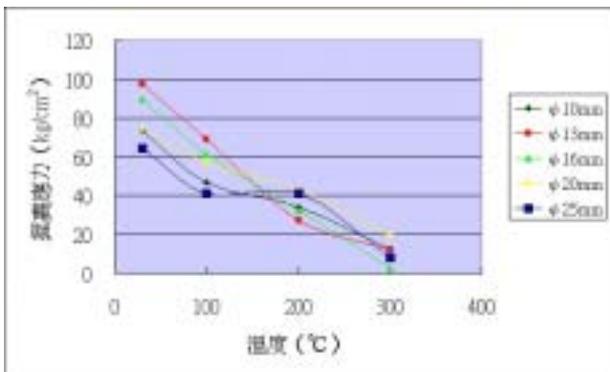
圖(三) 握裹力試驗設備(實體圖)



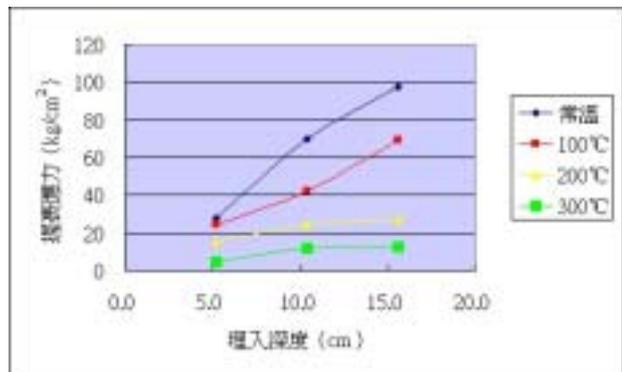
圖(四) 埋入深度為 4d 的握裹應力與溫度間之關係



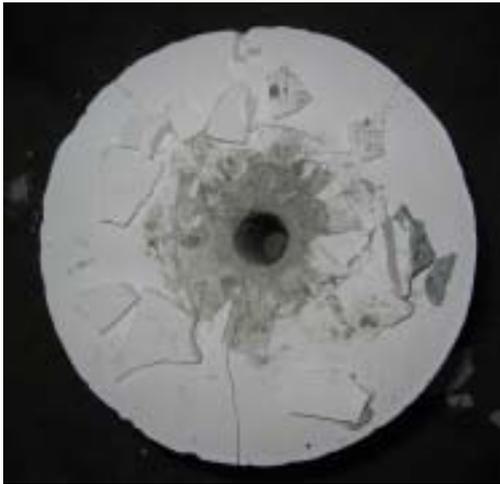
圖(五) 埋入深度為 8d 的握裹應力與溫度間之關係



圖(六) 埋入深度為 12d 的握裹應力與溫度間之關係



圖(七) 握裹應力與埋入深度間之關係



圖(八) 100 以下之破壞面



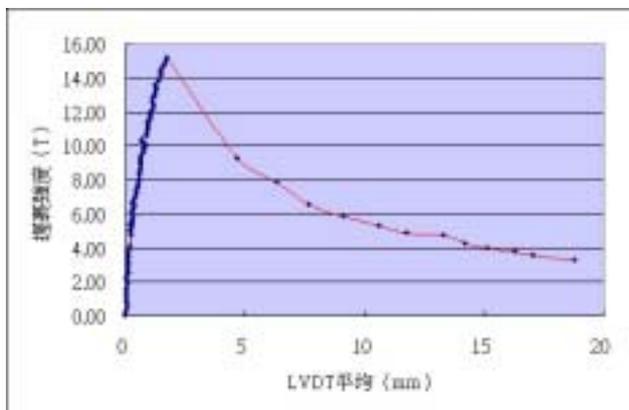
圖(九) 100 以下試驗後纖維棒表面



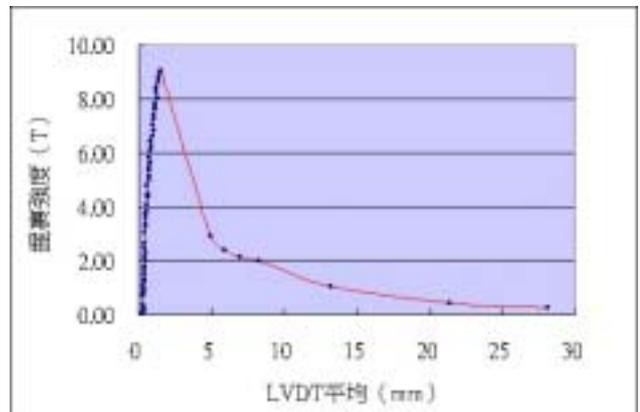
圖(十) 200 以上之破壞面



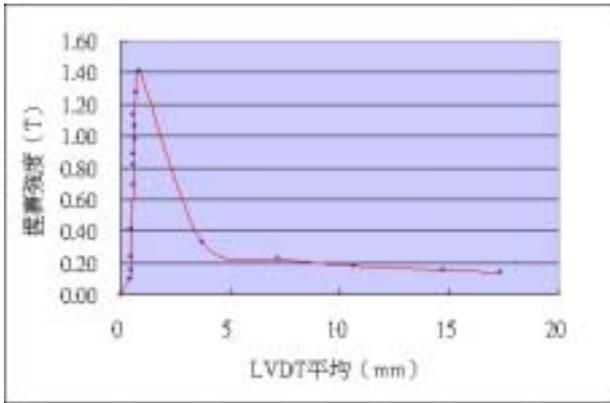
圖(十一) 200 以上試驗後纖維棒表面



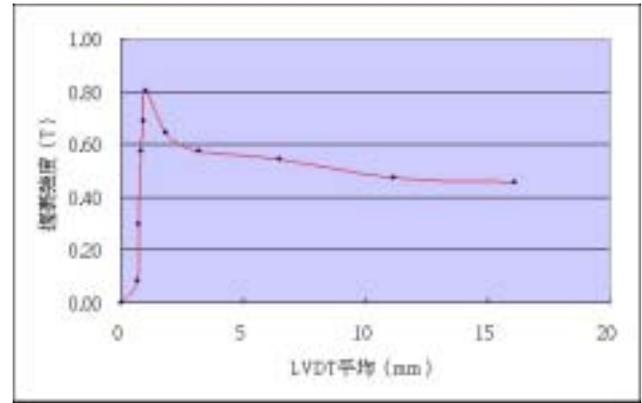
圖(十二) 常溫下握裹強度與變位之關係



圖(十三) 100 下握裹強度與變位之關係



圖(十四)200 下握裹強度與變位之關係



圖(十五)300 下握裹強度與變位之關係