

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

活性粉混凝土於動態消能行為之研究與應用(1/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-002-087-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

計畫主持人：陳振川

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 6 月 2 日

活性粉混凝土於動態消能行為之研究與應用(I)

期中報告

計劃編號：NSC 92-2211-E-002-021

執行期限：民國 91 年 8 月 1 日至 92 年 7 月 31 日

主持人：陳振川 國立台灣大學土木系教授

一．摘要（關鍵詞：活性粉混凝土、剪力強度）

活性粉混凝土(Reactive Powder Concrete，以下簡稱 RPC)為一種擁有超高強度的纖維加勁材料，具有相當優越的力學性質。以 RPC 作為構件的材料，可縮小結構物的斷面尺寸，減少結構物的自重，加強土地面積與空間的使用，增進設計與施工的整體經濟效益，因此 RPC 材料的使用是必然的趨勢。

本計劃為三年期研究計劃，第一年使用 RPC 最佳配比，灌注試驗版，執行剪力試驗，並施以反覆荷載。記錄施力大小 (P) 與變位(δ)關係，建立遲滯迴圈組成模式，並觀察及記錄裂縫分佈及裂縫密度。

第二年使用 RPC 最佳配比，灌注試驗樑，此樑執行四點彎曲強度試驗，並施以反覆荷載。記錄施力大小 (P) 與變位(δ)關係，建立遲滯迴圈組成模式，並觀察及記錄裂縫分佈及裂縫密度。

將剪力及彎矩動態試驗所得到之資料加以整理，進一步探討及設計 RPC 成為結構消能元件。

第三年將前兩年試驗及分析資料加以整理，並以有限元素法建構一分析模式，分別針對剪力型及彎矩型消能機制設計出能夠與實際結構結合之消能元件，並以程式模擬結構在地震力下之消能特性。之後計畫其縮尺寸實際結構試驗，以期能順利將 RPC 實際應用在耐震結構上。另外亦將探討整個系統之製造到安裝配置之施工流程，使其達到施工簡單，品質控制容易的原則。本試驗目的在於探討 RPC 構件受剪之行為以及對極限剪力強度預測作評估。

目前的靜態剪力實驗結果顯示，鋼纖維的加入對於提昇極限剪力強度有很大的幫助，添加 2% 鋼纖維可使梁之極限剪力強度提昇至純混凝土斷面之一倍以上，但對於極限後之韌性行為則無太大貢獻。有必要針對試體的韌性及吸能力作更進一步的提昇，因此對於鋼絲網與鋼纖維之間的互制行為需作一確實的釐清。

二·計畫緣由與目的

本研究第一年計畫主要在剪力消能行為的探討中，利用反覆加載及應變速率控制下，得到 RPC 材料的遲滯消能行為組成，同時得知 RPC 能充分發揮其消能特性的應變速率範圍。在版結構的試體設計下，從純 RPC 材料的研究，到加入鋼筋網加勁材，以及尺寸效應的探討，歸納出最佳的複合構件組合，以利運用在牆結構等消能型式狀況下。爲了能讓材料充分發揮其消能特性，對於裂縫的傳播及分佈必須加以控制，務使裂縫密度達到最高，分佈範圍達到最廣，其方法可從形狀尺寸設計、結構配置、乃至材料配比的改變等處著手。

三·材料與研究方法

使用活性粉混凝土最佳配比，灌注試驗版，執行剪力試驗，並施以反覆荷載。記錄施力大小 (P) 與變位(δ)關係，建立遲滯迴圈組成模式，並觀察及記錄裂縫分佈及裂縫密度。

本試驗之試驗變數爲：

應變速率(包含靜態及動態加載)

鋼纖型式

尺寸設計

鋼筋網配置

四·研究結果與討論

目前進行至深梁靜態剪力試驗，變數包含鋼纖量。各組試體之試驗結果，包括抗壓強度、開裂強度、極限強度以及破壞模式。各項結果見以下各圖，包括：

圖(1) 0%鋼纖維含量圓柱試體抗壓應力應變曲線，圖(2) 1%鋼纖維含量圓柱試體抗壓應力應變曲線，圖(3) 2%鋼纖維含量圓柱試體抗壓應力應變曲線，圖(4) 0%鋼纖維含量深梁試體剪力應力應變曲線，圖(5) 1%鋼纖維含量深梁試體剪力應力應變曲線，圖(6) 2%鋼纖維含量深梁試體剪力應力應變曲線，以下就各變數的影響，進行探討：

鋼纖維含量的影響

(1) 對受力行爲的影響

不含鋼纖維的試體，在試體斜向開裂產生後，主裂縫隨即貫穿試體而破壞，爲極脆性之破壞。添加鋼纖維的試體，在斜向開裂後，橋接於裂縫間的鋼纖維能充份發揮應力傳遞效應，使得抗剪能力有再提昇的趨勢。1%及 2%鋼纖維含量試體，抗剪能力有隨著中點變位的增加而持續成長的態勢，隨著裂縫持續成長，當鋼纖維的橋接效應發展至極限時，試體也達最大剪力強度。試驗進行至試體接近最大剪力強度時，可聽到細微撕裂聲，應是鋼纖維從漿體中逐漸拔脫與漿體摩擦所產生，此一現象維持不久，試體便因裂縫貫穿梁深產生破壞，並無鋼纖維握裹鬆脫及摩擦鬆脫應有的應變軟化行爲。由於在破壞前，纖維所承受的應力非常高，也導致在極限強度後，鋼纖迅速拔脫，應力陡降的情形產生，韌性行爲表現不佳。

(2) 對破壞模式的影響

觀察試體的破壞模式，不含鋼纖維試體的破壞爲無預警的脆性破壞。試體破壞後也失去其完整性，破裂成數塊，且表面光滑完整，類似陶瓷材料的破壞。1%及 2%鋼纖含量試體，破壞前可觀察到鋼纖漸漸拔脫的聲音，破壞過程不像純 RPC 斷面試體那麼脆。含鋼纖試體由於鋼纖的橋接作用，破壞後有較佳的完整性。

(3) 對強度的影響

鋼纖維含量對開裂剪力強度 V_{cr} 並沒有顯著影響，對試體之極限剪力強度則有極大的提昇作用。1%鋼纖維含量的 RPC 試體，其極限剪力強度約爲純 RPC 試體的 1.5 倍，含 2%鋼纖維之試體，極限剪力強度則可達純 RPC 試體的 2 倍以上。纖維的添加，對 RPC 剪力強度的提升，有相當明顯的改善。

(4) 對剪力彈性模數的影響

試體產生開裂後，其剪力彈性模數會產生折減。

五．結論與未來將進行之研究

經由目前所進行的試驗，可得以下的結論：

1. 鋼纖維的添加，對 RPC 極限剪力強度的提高幫助極高，對開裂剪力強度則無明顯影響。添加 1%鋼纖維，極限剪力強度已可提高純 RPC 斷面試體的 50%，添加 2%的鋼纖維，極限剪力強度更可達純 RPC 斷面試體的一倍以上。
2. 鋼纖的添加雖有助於極限剪力強度的提高，但對於承受剪力之構件而言，極限後的韌性表現，仍需鋼筋或其他方式來提供。

未來將進行之研究：

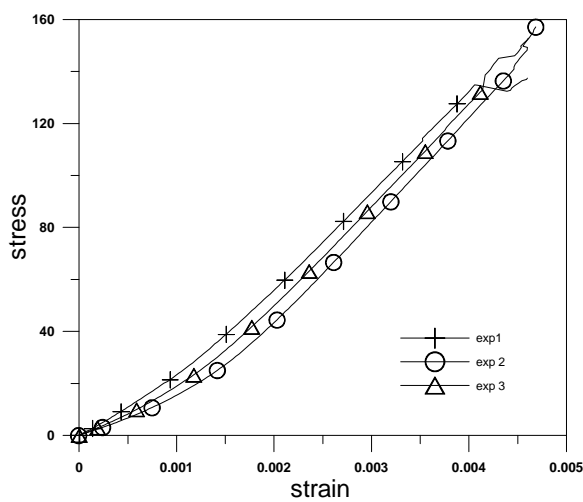
本期計劃後續研究將針對 RPC 添加不同纖維量及鋼絲網，進行動態剪力載重試驗，並與靜態載重試驗做比較，尤其對於材料或構件之消能行為作一深入之研究。

六 參考文獻

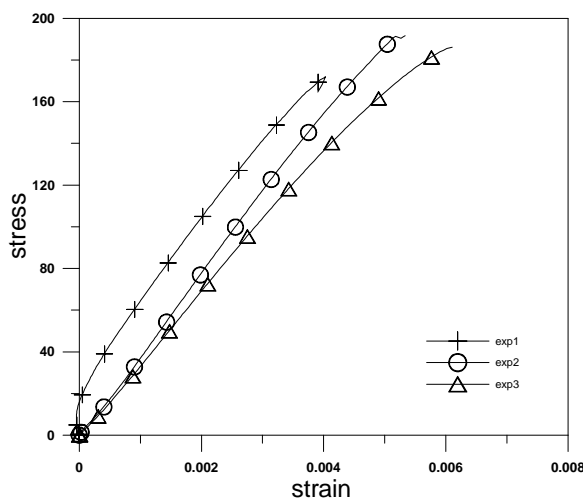
- [1] 苗伯霖，「新型高性能超高強建築材料—活性粉混凝土」，營建知訊，162期，1996，pp. 52-60。
- [2] Cheyrezy, M., V. Maret, and L. Frouin, "Microstructure Analysis of RPC(Reactive Powder Concrete)," *Cement and Concrete Research*, Vol. 25, No. 7, 1995, pp.1491-1500.
- [3] Richard, P., and M. Cheyrezy, "Composition of Reactive Powder Concretes," *Cement and Concrete Research*, Vol. 25, No. 7, 1995, pp.1501-1511.
- [4] Dugat, J., N. Roux, and G. Bernier, "Mechanical Properties of Reactive Powder Concretes," *Materials and Structures*, Vol. 29, 1996, pp. 233-240.
- [5] Matte, V., and M. Moranville, "Durability of Reactive Powder Composites: Influence of Silica Fume on the Leaching Properties of very Low Water/Binder Pastes," *Cement and Concrete Composites*, Vol. 21, 1999, pp. 1-9.
- [6] Dowd, W., and F. O'Neil, "Development of Reactive Powder Concrete (RPC) Precast Products for the USA Market," 4th International Symposium on the Utilization of High Strength/High Performance Concrete, Paris, 1995, pp. 1391-1398.
- [7] Aitcin, C., and P. Richard, "The Pedestrian/Bikeway Bridge of Sherbrooke," 4th International Symposium on the Utilization of High Strength/High Performance Concrete, Paris, 1995, pp. 1399-1406.
- [8] Adeline, R., and M. Behloul, "High Ductile Beams without Passive Reinforcement," 4th International Symposium on the Utilization of High Strength/High Performance Concrete, Paris, 1995, pp. 1383-1390.

[9] Chauvel, D., R. Adeline, C. Jacquemmoz, and G. Birelli, "First Design Rules for RPC Beams," International Symposium on High Performance and Reactive Powder Concretes, V. 3, Sherbrooke, Canada, 1998, pp. 1-15.

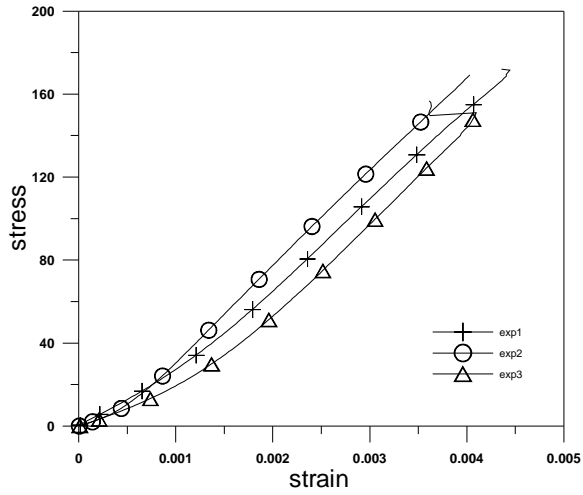
[10] Torrenti, M., V. Matte, V. Maret, and C. Richet, "High Integrity Containers for Interim Storage of Nuclear Wastes Using Reactive Powder Concrete," 4th International Symposium on the Utilization of High Strength/High Performance Concrete, Paris, 1995, pp. 1407-1413.



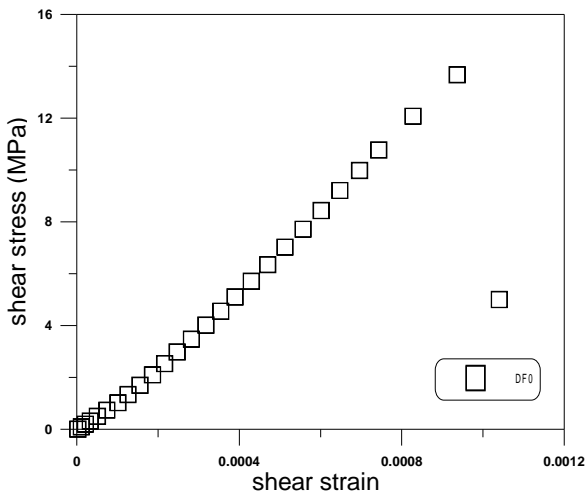
圖(1) 0%鋼纖維含量圓柱試體抗壓應力應變曲線



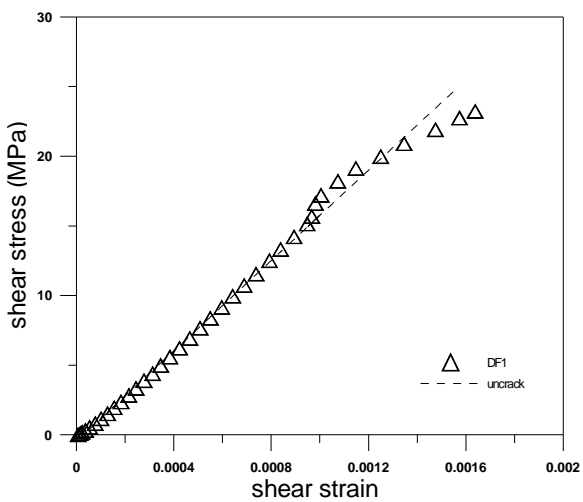
圖(2) 1%鋼纖維含量圓柱試體抗壓應力應變曲線



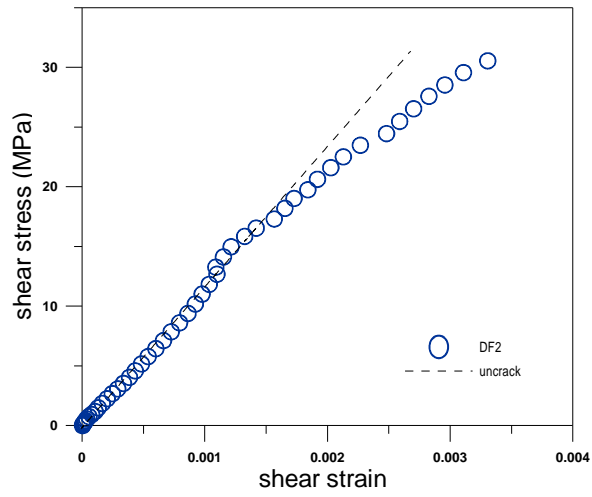
圖(3) 2%鋼纖維含量圓柱試體抗壓應力應變曲線



圖(4) 0%鋼纖維含量深梁試體剪力應力應變曲線



圖(5) 1%鋼纖維含量深梁試體剪力應力應變曲線



圖(6) 2%鋼纖維含量深梁試體剪力應力應變曲線