

高性能混凝土 TAICON 研究群 (II) - 新拌工程性質 (2):

以新拌 TAICON 混凝土自動化澆置 RC 豎直構件之試驗研究

計畫編號: NSC 88-2211-E-002-037

全程計畫 86/8/1~89/7/31

本年計畫 87/8/1~88/7/31

主持人: 高健章 台灣大學土木系教授

一、摘要 (關鍵詞: 高性能混凝土, 泵送速率, 上浮力, 配比):

HPC 由於比傳統混凝土有較佳之性質, 如免搗實、高流動性、高耐久性、高力學強度及高體積穩定性及高抗滲性等, 近年來逐漸受到重視, 是目前國內專家、學者正積極研究探討的一種混凝土材料。本研究的重點在對強度約 4,000psi 的中強度 HPC 探討其配比設計及施工性質, 以及藉由實尺寸的混凝土柱於柱底澆置的情況來探討中強度 HPC 對模板、鋼筋籠的影響, 作為應用在柱底灌漿系統的參考。本文為第二年成果。

二、英文摘要

Keywords: High Performance Concrete, Pumping Rate, Uplifted Force, Proportion

High Performance Concrete has better properties than conventional concrete, such as avoiding compaction, high flowability, high durability, high

strength, high volumetric stability and low permeability, so the domestic experts pay much attention to and study positively on it recently. The objectives of the present studies are to understand the proportion design and workability of HPC and the uplifted force on steel cage and formwork when HPC is pumped into column from the bottom of column. The results obtained will be used on the application of column-bottom pumping system. This is the result of 2<sup>nd</sup> year.

三、計畫緣由與目的

早期之 HPC 多具高強度, 但因設計規範未能配合, 以致高強度混凝土之應用尚未普及。若欲使 HPC 具有中強度性質, 則易遭遇下列困難:

1. 中強度 HPC 由於強度不必過高, 故其水膠比不宜過低。但當水膠比高至某種程度, 易有過

多的自由水存在粉體周圍，使得漿體稠度不足，導致混凝土均質性不佳，進而易發生析離及泌水現象。

2. 中強度 HPC 改進傳統混凝土材料之缺點，但為求能在國內普及，故成本不宜高出傳統混凝土太多，否則將失去其應用價值。然而其所需之強塑劑，仍須仰賴進口，為節省成本，故本研究將中強度 HPC 朝低漿量方向發展，以期節省強塑劑用量。

3. 由於國內的強塑劑、飛灰、爐石之品質不如歐美先進國家，以致國外的配比資料，不盡適用於國內。故發展中強度 HPC 的另一大重要課題，即是積極開發出性能更佳的化學摻料（高減水率、低坍損、與水相容性佳、低成本）與增進國內飛灰、爐石的品質與穩定性。

本文在此以理論程序及現場實際試拌經驗，探討中強度 HPC 的最佳配比，並希望能發展合宜的配比方法，以研發現階段符合台灣需要的混凝土。最後藉由柱底澆置混凝土的工法，測量混凝土上升時，對鋼筋籠、模版的影響。

#### 四、研究方式與成果

##### 1. 中強度 HPC 配比及其相關試驗

a. 以水膠比、強塑劑用量及飛灰爐石添加量為變數，進行標準稠度試驗、馬緒孔試驗（Marsh Cone）、水泥漿流度試驗（Flow Table Test）以探討水泥漿之基本特性。

b. 針對配比中各參數做調整，進行混凝土試拌，求得中強度 HPC 配比中各參數的最佳值，以發展出具有合理坍度及流度並符合實際工程

需求的高性能混凝土。

##### 2. 中強度 HPC 柱底澆置試驗

探討自動化澆置過程中，中強度 HPC 對模板、鋼筋籠所可能產生之推舉力量。參考工地現場實尺寸柱之設計，考量試驗時所可能具有之模壓與側力，設計試驗裝置（包含底模、模板、側撐），以求能具體量測出中強度 HPC 對模板、鋼筋籠的影響。並採用混凝土變換泵送速度、循環澆置的方式，以探討當坍度損失、泵送速率改變時對施工性質之影響。

本試驗欲模擬工地現場實尺寸之混凝土柱由柱底澆置，對模板、鋼筋籠之影響。柱設計尺寸為 60 × 60 × 360cm，試驗裝置其三視圖如圖 1，其試驗裝置主要可分成四大部分：

a. 木模及鋼筋籠：木模所採用之材料為 18mm 之防水夾層板，為加強模板的剛性，防止爆模、漏漿，於木板外側鎖上由角鋼焊接而成的框架，作為加勁及接合組裝用。鋼筋籠製作參考一般大樓實尺寸之柱設計，採用 12 根 #9 主筋及 170 根 #4 箍筋焊接而成。鋼筋籠吊裝在固定於牆壁之鋼架上，其上連結一荷重計，不加任何支撐，以量測混凝土泵送時對鋼筋籠之上浮力及推升力。

b. 底模：底模採用鋼模，分上下二層，上下層間以兩隻荷重計連結；其間隙以橡膠墊片封住，防止漏漿。上層底模與木模接合，並在柱軸向不加任何束制力量，以量測混凝土對模板的上舉力；下層底模裝置壓力計、荷重計、卸料出口及混凝土泵送入口，其下並裝設可調整高低之腳座，使底座在高低不平的地面亦能保持水平。

保持水平。

c. 支撐：由於試驗裝置高度達四米，為避免混凝土泵送時模板傾倒發生意外，並且模板、鋼筋籠不能承受除混凝土上舉力外多餘的力量，故試驗裝置之側支撐須經特別設計。本試驗裝置在牆壁上以膨脹螺絲固定五隻角鋼，其上架設供鋼筋籠吊裝用之鋼架，及可上下移動之三角框架。

d. 循環灌漿相關設備：混凝土溢流口，裝置於木模頂部，導引混凝土溢流於溢流槽之中，其裝置如圖 3。混凝土溢流槽由木板、不鏽鋼片、鷹架所組成，將由模板溢流出之混凝土導引進入泵送車之入料口。

### 3. 中強度 HPC 配比及其相關試驗結果

a. 由標準稠度試驗結果可知，水泥與爐石的物理性質較為接近，而飛灰在標準稠度試驗的過程中，流動情況類似將水加入細砂中，並無法展現其黏稠度，結果與前二者有極大的差距。

b. 由 Marsh Cone 試驗結果可知當卜作嵐材料取代水泥量變化的範圍不大時，對漿體的流動能力影響不大，而由於水扮演著漿體間顆粒潤滑的角色，故拌和水量的多寡對流動能力有較大的影響，而當水膠比提高至 0.52 以上時由於粉體顆粒間的潤滑水已十分足夠，甚至已產生泌水的現象，故漿體的流動性已不會再增加。

c. 由流度台試驗結果可知，當卜作嵐材料中爐石添加增加時對流動性有增加的效果；反之當飛灰添加比率增高時，流動性變差，漿體黏稠度增加。另一方面改變卜作嵐

材料取代水泥的比例對流度的影響比起改變用水量對流度的影響來的小。

### 4. 中強度 HPC 配比設計及試拌結果

根據調整混凝土配比設計中各項參數所作試拌之結果，可得在使用本土化之混凝土材料為前提下，有以下較佳的配比參數：

a. 粒料放大係數(BF)：1.16~1.17

b. 砂率(S/A)：52~53 %

c. 水泥/卜作嵐材料：1/0.7 ~ 1/0.8

d. 爐石/飛灰：3/7 ~ 4/6

e. 用水量：170 ~ 175 kg/m<sup>3</sup>

### 5. 中強度 HPC 柱底澆置試驗結果

a. 鋼筋籠上浮力：由試驗結果可看出一般實尺寸 3 米高之柱，其鋼筋籠所受混凝土之浮力約在 50 kg 左右，而在混凝土泵送時，所受混凝土推升之力量，最大可達約 400 kg。

b. 模板上舉力：模板所受之推升力量約在 20~30 kg 左右（模板左、右側荷重計受力之合），左右側荷重計受力為一拉一壓，與預期左右側均受拉的情況不符，推測可能為泵送時混凝土對模板有衝擊力，造成木模載重不均，甚而造成柱模內混凝土有偏心，致使木模左右側受力不均，而當混凝土自溢流口流出時，木模承受的力量即趨於定值。

c. 坍塌造成之影響：由試驗之結果可知，當坍塌度損失時，對模板、鋼筋籠的推升力量確有增加，模板泵送推升力右側由 20kg 增加至 180kg，左側由 30kg 增加至 250kg；而對鋼筋籠的推升力則由 35kg 增加至 125kg。

d. 泵送速率之影響：由於實驗過程中，混凝土泵送速率的變化不大，故其對模板、鋼筋

籠推升力量的影響不大明顯；在低坍度情況下，泵送速率快時推升的力道會稍大一些；而高坍度時，由於混凝土流動能力良好，故沒有什麼太大的差別。建議應可改變泵送時的瞬時力量，對泵送速率與推升力道大小，作進一步的研究。

## 五、結論

1. 本研究針對混凝土柱底澆置設計之試驗裝置，經試驗證明，確能量測得混凝土對模板、鋼筋籠的影響，並可作為模板設計之依據。惟其木模下部只有兩根荷重計作支撐，可能造成載重偏心，對模板上舉力量的量測有些許的影響，故可能需要再做修正。
2. 混凝土柱底澆置實驗中，混凝土工作度降低（坍度損失）對模板、鋼筋籠所受之推升力量有較大的影響；而泵送速率變化在本試驗中對混凝土對模板、鋼筋籠的推升力量影響並不大。
3. 藉由流度台試驗及 Marsh Cone 試驗結果可知影響漿體流動性最大的因素仍是拌合水量，故用水量控制為使混凝土具有良好工作度極重要的因素之一。
4. 藉由流度台試驗可釐訂混凝土漿體之流動特性，探討各組成材料對漿體之影響。並且可依工作度、強度的需求，設定欲達之漿體流度值，根據試驗結果，推測漿體約略的用水量；或根據用水量推測其漿體可能之流度值，藉此來求得所需的中強度 HPC，初步的配比，並藉由試拌結果加以調整。
5. 與國產預拌混凝土廠合作發展之中強度

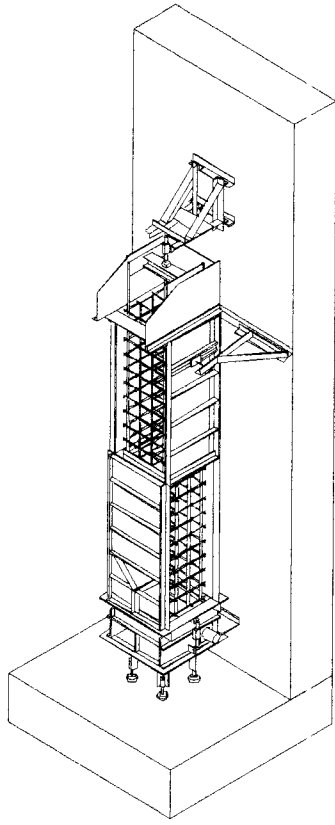
HPC，具高流動性、低水泥量、成本合理，性質合乎目前工程界需要，顯示所採用的配比設計方法具可行性，確能求得中強度 HPC 的較佳配比。

## 六、文獻

1. 岡村甫，小澤一雅，『利用高性能混凝土來達成施工合理化』，高性能混凝土研討會，台大土木所主辦，台北（1992）
2. 陳振川，『高性能混凝土規劃與推動』，高性能混凝土研發及應用研討會，國立高雄工商專科學校（1994）
3. 陳振川，『高性能混凝土發展現況與展望』，結構工程第九卷 p7~p23（1994）
4. 陳振川，『高性能混凝土整合推動計畫與國外經驗』，高性能混凝土配比設計實作研討會，台灣營建研究院主辦（1998）
5. 劉俊杰，『高性能混凝土緻密填充配合法及早期性質演繹』，台灣工業技術學院博士論文（1995）
6. 黃兆龍，『高性能混凝土材料基本性質』，高性能混凝土配合營建自動化研討會，內政部建研所籌備，中華高科技研發協會執行，台北，pp. 21~58（1995）
7. Mehta, P. K., "Pozzolanic and Cementitious By Products as Mineral Admixtures for Concrete-A Critical Review", ACI sp-79, pp. 1~46（1983）
8. 高健章，廖財毅，張阿本，『飛灰增進混凝土泵送性之研究（II）』，國科會研究報告（1991）

9. 許貫中，陳慶宏，『化學摻料發展與應用』，  
混凝土施工自動化研討會，台灣營建研究院主  
辦，pp. 17~34(1998)
10. Ozawa, K., Maejawa, K. & Okamura,  
H. "Develop of High Performance Concrete",  
Journal of The Faculty of Engineering, The  
University of Tokyo, Voi. XLI,  
No. 3 (1992)
11. 王櫻茂，『混凝土』，大中國圖書公司，  
pp. 45~47 (1976)
12. Powers, T. C., "The Properties of Fresh  
Concrete", John Wiley & Sons, Inc. USA,  
pp57~86, pp. 424~428 (1968)
13. 汪燮之，『土木工程施工學』，大中國圖書  
公司，上冊，pp. 350~393 (1994)
14. 岡村甫，前川宏一，小澤一雅，"High-  
performance concrete"，技報堂出版。
15. P. Kumar. Mehta, Paulo. M. Monteiro,  
"Concrete , Structure , Properties , and  
Materials", Second Edition, PRENTICE HALL.
16. 汪永宇，『水泥漿、混凝土質流性質之研  
究』，國立台灣大學碩士論文，1988。
17. G. H. Tattersall & P. F. Banfill , "The  
Rheology of Fresh Concrete", 1983.
18. Roger Browne & R. O. Lane, "Test to  
Establish Concrete Pumpability", Concrete  
International, Oct. , 1980, pp. 9~16.
19. Ede, A. N. , "The Resistance of Concept  
pumped Throuth Pipelines", Aagazine of  
Concrete Research, Vol. 9, No. 27, Nov. 1957 .
20. 高健章，蔡春恩，『含飛灰混凝土之黏滯性  
研究』，國立台灣大學土木工程研究所，1990。
21. 許貫中，『化學摻料在混凝土中的角色』，  
高性能研發及推廣研討會論文輯，台灣工業技  
術學院主辦，pp. 73~96(1996)
22. 林永福，『新拌混凝土在高壓下之失水機  
理』，國立台灣大學碩士論文，1993。
23. 張大鵬，『使用強塑劑之考量』，混凝土施  
工自動化研討會，台灣營建研究院主辦，  
pp. 65~84(1998)

#### 七、圖表



圖一：透視圖