

混凝土之分析與應用範圍之探討

篇名：

混凝土之分析與應用範圍之探討

作者：

梁桓郡 高雄市立高雄高工 建築科三年乙班

壹●前言

現今混凝土的使用甚為廣泛，放眼所及的建築物幾乎都有混凝土的蹤影，鋼筋混凝土的歷史自西元 1867 年，法國人約瑟－莫尼爾首先採用鋼筋混凝土而獲得專利的殊榮開始已經經過了將近一百五十年，人們也試過從各種方面著手改良，以求得更好更經濟的混凝土，研發至今也逐漸趨近於完美，但是終究只是趨近，而不是真正的完美，所以我希望能夠藉由製作這篇小論文的過程中找到混凝土更多的可行性，或者是其他更好的應用方式。想要研究一個東西就必須了解他的本質，所以本篇論文從混凝土的原始成分開始探討，研究並分析不足的地方，並加以探討。

貳●正文：

國產之預拌混凝土係由水泥、砂、石等主要原料，經過精確配比設計，全自動計量拌合而成，再經由預拌車運送至工地。預拌混凝土送貨量多且施工迅速，可節省人力及時間，亦可改善路邊堆放砂石減少道路污染，符合現今環保之要求，為各項公共工程及民間建築之主要建材之一。

預拌混凝土在營建工程中佔有十分重要的地位，亦為業界使用最普遍的材料之一。為順應現今各種營建工程的需求，本公司所產製混凝土也由以往的「普通混凝土」發展至具有高強度、高流動性、高耐久性、低潛變與低收縮等優點之「高性能混凝土」。同時，為因應客戶各項特殊工程之需求，量身定製各類符合客戶需要與目的的「特殊混凝土」。

1、 混凝土之分類

〈一〉普通混凝土：

適用於一般土木工程、建築工程之預拌混凝土。

依 ACI(美國混凝土協會 America Concrete Institute)規範規定：混凝土 28 天強度在 420kg/以上者，稱為「高強度混凝土」。

〈二〉特殊混凝土：

特殊混凝土之定義為符合特殊工程需要與目的，加入特殊用途的摻料，或以特殊的機械施工方式來製造之混凝土，如輕質混凝土、巨積混凝土、預冷混凝土、無收縮混凝土、早強混凝土、纖維混凝土、高強度混凝土、高性能混凝土、輸氣混凝土、噴凝土等等，皆歸屬於「特殊混凝土」的範圍內。

二、波索蘭材料（爐石、飛灰）之性質與應用：

近日來，由於集集大地震造成全台上萬棟建築物倒塌，許多人家破人亡。因此，有人便將部分原因歸咎於預拌混凝土業添加波索蘭材料（爐石、飛灰）過量所造成。其實任何事物都是過猶不及，只要適時適量地使用波索蘭材料，混凝土在後期強度與耐久性上的表現，是優於水泥混凝土。一般而言，我們所稱之波索蘭材料有三：分別為飛灰、爐石、矽灰。

〈一〉飛灰：

最初之飛灰係火山爆發時所噴出之大量灰塵，目前之飛灰來自火力發電廠煙囪所排放之灰塵，係屑煤經磨碎至 70% 通過 200 號篩之細粉噴入溫度達 700°C 之鍋爐燃燒後，隨熱空氣上升的輕質不燃燒物經過熱器、再熱器、篩碳器，降溫至 350°C 後成為具化學活性的含矽材料。飛灰是一種石英與鋁酸鹽的混合物，本身不具膠結力，而是與水泥水化時產生之氫氧化鈣作用後，所產生具膠結力之酸鈣水化物。

飛灰中含有豐富之氧化矽、氧化鋁以及氧化鐵，其結構為玻璃質球狀物，粒徑約在 0.4um~100um 之間，其比重為 2.0~2.2。當波索蘭反應發生時，飛灰中的與與水泥漿體中之氫氧化鈣（Ca(OH)₂）反應，產生晶狀的鈣鋁鹽類（C-A-H）以及低密度的鈣矽膠體（C-S-H），來填塞混凝土中微小的孔隙，並提高骨材介面鍵結強度，減少混凝土的透水性並提高其耐久性。添加飛灰亦會影響新拌混凝土的用水量、稠度與膠結特性。在相同坍度條件下，當飛灰之燒失量小於 5.5% 時，可節省拌合用水量。反之，則必須增加更多的用水量以維持相同的坍度。含鈣質（CaO）較高之 C 型飛灰的波索蘭反應較快，迅速生成鈣矽膠體（C-S-H）來填塞混凝土中微小的孔隙，因此混凝土的早期強度較高。含鈣質較低之 F 型飛灰的波索蘭反應較慢，混凝土的早期強度便會降低。因此，在 ACI 規範中規定飛灰在一般混凝土取代量上 C 級為 15~35%，F 級為 15~25%。

〈二〉爐石：

爐石為熔煉鋼鐵時所生的副產物，其中含有氧化矽、氧化鋁以及氧化鐵等成份。爐渣由高爐排出冷卻所得之固體物，稱為高爐石，依其冷卻方式的不同，可分為水淬爐石與氣冷爐石兩種。水淬爐石是高爐熔渣以噴水方式急速冷卻，使爐渣碎裂成粒狀，由於冷卻時間過於短促，晶體不易形成且微結構凌亂開放，活性

大增且具膠結性，只要細加研磨即可取代部分水泥，亦稱為高爐熟料。氣冷爐石是採用徐冷方式，形成構造較堅固且緻密，活性不佳且無膠結性，可做混凝土骨材或製造水泥之原料。

活性高的高爐熟料在水中表面會產生一層酸膜阻隔水份的進入，故需利用氫氧化鈣與石膏等觸媒的侵蝕酸膜，使高爐熟料、水、氫氧化鈣產生水化作用。若高爐熟料取代量太大，則水泥水化所產生的氫氧化鈣與石膏等觸媒量相對減少，致使高爐水泥之初期強度發展因水化反應並不完全而低於普通水泥。後期因進行一般波索蘭反應(有效填充孔隙、消耗氫氧化鈉以抵抗硫化物侵蝕與鹼骨材反應)，因而提高混凝土的強度與耐久性。當用水量相同時，高爐水泥之坍度會大於普通水泥。

〈三〉矽灰：

矽灰係由高純度的石英與煤在電弧爐中加熱至 2000°C 所產生矽金屬及鐵矽合金所濃縮的副產品。其成份為高含量不定型或非常細球型顆粒的二氧化矽，約佔 85~98%，其餘為少量的金屬化合物。典型的矽灰比重約在 2~2.5，遠小於波特蘭水泥的 3.15，其平均粒徑約為 0.1 μ m，約為波特蘭水泥顆粒的 1/100 倍，為相當分散的狀態，可與氫氧化鈉起化學反應，

由於矽灰有較高之親水性，因此添加之矽灰量和需水量之間有密切的關係性，在固定坍度下需水量會隨矽灰用量增加而增加，所以在不增加用水量的理想工作度要求下，矽灰必須與強塑劑一起使用，方能發揮其最大功效。

〈四〉飛灰爐石

成份 MgO 及碳

優點：

- 1、減用水量，改善工作度，增加水密性，提高晚期強度
- 2、減少體積變化，增加耐久性，改善工作度
- 3、提高晚期強度

4、增加耐久性

缺點：

1、降低早期強度、延緩凝結時間、降低早期強度、乾縮量增加

應用方向：預拌混凝土、混凝土污工製品、巨積混凝土、高性能混凝土。氣候寒冷時、抗硫酸鹽侵蝕、抗融凍與鹼骨材反應、巨積混凝土、高強度混凝土。

三、高性能混凝土（High Performance Concrete）：

高性能混凝土的出現，即是為了解決高強度混凝土的拌合水量過多與拌合水量過大的問題。高性能混凝土首先是 1990 年 5 月，由美國國家標準與技術研究院（NIST）與美國混凝土學會（ACI）所首先提出，其特點為：高強度、高彈性模數、高工作度、高體積穩定性、高耐久性、高耐磨性、高水密性等等。

從西元 1992 年開始，世界各國逐漸採用同時添加卜作嵐材料及強塑劑的方法，改善高強度混凝土黏稠性，而強度的特性係依據水膠比，即水加上液態摻料之重量與水泥(C)加上卜作嵐材料(P)重量之比率來決定。高性能混凝土配比的二項主要法寶，即卜作嵐材料與強塑劑，而使用材料之要求，為高品質的材料，在於發揮材料特質，其餘的特性與一般混凝土無異。水泥採用較細的顆粒，在於增進水化反應，使水泥能充分發揮效應。卜作嵐材料添加目的有：減少水化熱，降低溫度裂縫的產生機率。將水泥中之鹼性物質，如氫氧化鈣、氫氧化鈉、氫氧化鉀等，轉換成穩定性之膠體及晶體。改善骨材與水泥漿之界面，增加鏈結強度。改善混凝土緻密性。減少水泥量，增進混凝土工作性，增加混凝土耐久性質。強塑劑的使用，旨在減少水量，因拌和水量多，對耐久性 是絕對不利的，減水而保持工作性，也可以減少水泥用量，間接達成耐久性 及經濟性的目的。

為了使高性能混凝土更容易流動，1995 年美國混凝土學會 ACI318-95「結構混凝土」規範，採用水膠比的耐久性設計觀念，其實已接近高性能混凝土的含義。台灣地區高性能混凝土於西元 1992 年初期發展，初始被定義為「高強度及高流動化混凝土」，著重於「安全性及工作性」。1996 年末遂改變成符合「耐久性、安全性、工作性、經濟性、生態性」的優生高性能混凝土，近期已開始應用於許多工程案例之中。

四、高性能混凝土之配比設計

高性能混凝土之配比設計要兼顧『安全性、耐久性、工作性、經濟性、耐久性及生態性』，其重點準則分述如下：

〈一〉安全性：

對結構設計者而言，安全性為配比設計最高的準則，但安全性絕不是越高越好，而是以「設計需求強度」為基本要求，所以在配比設計上，只要滿足設計時之需求強度即可。傳統 ACI 配比設計法之強度係由漿體之水灰比（W/C）來控制，ACI 318-95 新規範則改以水膠比（水和膠結料的比例(W/CM)）來控制，其強度係由骨材透過應力傳遞而達成。在此種狀況下，強度只需靠適量的水泥漿體即可達成，可避免水泥漿體乾縮龜裂的問題。

〈二〉耐久性：

在傳統(ACI 318-89)設計規範裡，是以水灰比(W/C)來考量混凝土的耐久性；而 ACI 318-95 新規範『結構混凝土』中特別以水膠比(W/CM)來規範混凝土強度，以期獲得混凝土的耐久性。ACI 318-95 規範容許使用水泥以外的卜作嵐材料，像飛灰、爐石、稻穀灰、矽灰、及其他火山灰材料。經過 10 年來大量數據顯示，添加飛灰、爐石等卜作嵐材料具有阻滲及抗蝕的功能。

〈三〉工作性：

對一般混凝土施工而言，如果混凝土太乾黏，則施工不易，容易產生蜂窩，甚者易使現場工人為施工便利而私自加水，導致設計強度（水灰比）走樣。高性能混凝土具有高流動的特性，可以縮短工期、節省人力及簡化施工作業等。高工作性：包括容易施工、沒有析離、容易粉光、或後續的處理簡易。假設工作性良好，自然就不會擅自加水，一旦不會加水，混凝土品質就能夠獲得較大的保障。

〈四〉經濟性：

高性能混凝土的經濟性建立在水泥的強度效益、高生命週期、易施工之低成本上。目前台灣的混凝土每一公斤的水泥約只能發揮 0.7 Kg/cm² 的強度，而文獻上最佳的效率則是每公斤水泥可發揮 7 Kg/cm² 的強度。目前國內高性能混凝土規範則規定每公斤水泥應可發揮至少 1.4 Kg/cm² 的強度。高性能混凝土雖比傳統混凝土多加化學摻料及卜作嵐材料，由材料的觀點來看，其初始製造費用，的確比傳統混凝土高，但從改善工作性、提高早期強度、提高結構耐久性、降低施工費用，節省工時、提高力學性能，減少構件尺寸與斷面等所得之效益，不僅可彌補混凝土之價差，且更具經濟效益。

〈五〉生態性：

混凝土的製造不僅應達到結構材料的強度，也要考慮到生態性的問題。如果使用比較高的強度，則能夠縮小結構的尺寸，材料自重減小，那麼基礎的承載力可

以也相對縮小，所有包括石頭、砂、水泥等材料都可以有效運用。高性能混凝土充分利用卜作嵐材料，包括電力公司所生產的飛灰，煉鋼產生之爐石，或農業生產的稻殼，無形中可使原來這些可能是污染的物質轉變成資源，如此可以有有效的減少資源的損耗，從長期來講是有正面的意義。

參●結論：

傳統 ACI 配比之混凝土構造物在耐久性方面的問題屢見不鮮；在台灣有關構造物耐久性最為熟知的例子就是澎湖跨海大橋之鋼筋腐蝕，導致使用壽命縮短。這些構造物大都在未達應有的設計使用年限前，即需加以維修或重建。這樣不祇造成金錢的浪費，更影響社會經濟整體的發展與國民生活的不便。HPC 之設計隨著國內幾次成功的經驗，印證其效果卓著。高性能混凝土特別適合使用在惡劣的環境中，除可確保其服務性亦可延長其使用壽命。展望未來，營建工程應在既有之安全性為前提下，引用高性能混凝土的理念，改善目前所使用之混凝土，以確保營建工程具有經濟、安全、實用與耐久等優良品質。

肆●引註資料：

註 1、國產實業集團。<http://www.gdc.com.tw/newweb/concrete/>。〈檢索日期 2008/09/12〉

註 2、Yahoo 奇摩知識+。<http://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1105042608816>。〈檢索日期 2008/09/12〉

註 3、維基百科-混凝土。<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B7%B7%E5%87%9D%E5%9C%9F>。〈檢索日期 2008/09/12〉

註 4、陳耀如 洪國珍 劉叔松。《建築工程材料 I》。〈台北市：旭營，民 93〉。P27~P144