

使用甲基丙烯酸甲酯對於鋼筋混凝土抗蝕潛能之研究

陳振欣¹、鄭安¹、黃然^{*2}

Effect of MMA on the corrosion resistance of rebar in concrete

C. H. Chen¹, A. Cheng¹, R. Huang^{*2}

摘 要

本研究以混凝土水灰比、單體浸漬時間與聚合溫度為變數，探討注膠對於混凝土之力學與耐久性影響之研究。本研究係利用甲基丙烯酸甲酯混合過氧化二苯甲醯 (MMA + 1% BPO) 於常壓下注膠。試驗結果顯示高分子注膠混凝土的力學性質與含膠量有密切之關係，而含膠量則會受到水灰比、單體浸漬時間與聚合溫度的影響。另外，由於聚合物可有效地阻隔腐蝕因子進入的途徑，使得高分子注膠混凝土具有相當良好之抗腐蝕性。

關鍵詞：高分子；注膠；混凝土；強度；耐久性；甲基丙烯酸甲酯。

ABSTRACT

An experimental investigation was conducted to study the mechanical properties and durability of partially polymer-impregnated concrete (PIC). Concrete specimens with water/cement ratios of 0.45 and 0.65 were impregnated with methyl methacrylate (MMA) at various soaking times and polymerized in hot water with temperature of 70°C、80°C and 90°C. Compressive strength, elastic modulus, splitting-tensile strength and absorption were evaluated and compared. Durability was determined by testing rebar corrosion. Test results show that MMA impregnation not only increases concrete strength with increase of polymer loading but also greatly decreases rebar corrosion rate.

Keywords: Polymer; Impregnated; Concrete; Strength; Durability; Methyl methacrylate.

-
1. 國立台灣海洋大學材料工程研究所
Institute of Materials Engineering, National Taiwan Ocean University.
 2. 國立台灣海洋大學河海工程系
Department of Harbor and River Engineering, National Taiwan Ocean University.
- * 連絡作者(ranhuang@mail.ntou.edu.tw)

1. 前言

混凝土為橋樑工程上使用最多的營建材料。但是橋樑所在的環境往往伴隨大量的水氣。然而台灣四面環海，加上工業發展導致空氣污染，至水氣中往往夾雜著造成鋼筋混凝土毀壞的氯離子、硫酸根離子、碳酸根離子等有害因子。而混凝土的多孔性缺點往往是橋樑壽命的致命傷。因此改良傳統混凝土為必然之趨勢。迄今為止，已經有相當多的研究成果^[1,2,3]，如高性能混凝土、高分子混凝土、超高強度混凝土等。

脆性與多孔性使混凝土的性能與用途受限，所以混凝土的改良多以減少孔隙與提高強度為重點^[4]，而結構物中常以鋼筋代替混凝土承受拉力，因此混凝土與鋼筋間的界面性質也成為研究的重點^[5,6]。

高分子聚合物在混凝土的發展中佔有重要的地位^[7]，因為高分子聚合物不但可以提高混凝土的強度，更可以大幅降低混凝土的孔隙率，因而減少有害因子入侵所造成的混凝土劣化或鋼筋腐蝕。在各國以往的研究報告當中^[8]，高分子注膠混凝土於減少混凝土孔隙率方面的表現尤其突出，而強度方面也有大幅的提升，其前瞻性可見一斑。目前是世界最長吊橋的日本明石大橋，亦採用部分高分子混凝土作為保護材料。由於高分子化學工業的突飛猛進，高分子材料也日新月異，將化學技術運用於混凝土中也是混凝土科學進步的主要原因之一，如強塑劑、減水劑、高分子聚合物等都是混凝土發展的主要因子。

由於化學技術的進步，高分子混凝土的適用性與經濟性逐漸符合工程要求。本研究採用較適合運用於高分子注膠混凝土的材料^[4,7] - 甲基丙烯酸甲酯 (methyl methacrylate, MMA)，以部分注膠 (partially impregnation) 的方式進行高分子注膠混凝土力學與耐久性質之研究。

2. 試驗計畫

2.1 材料及混凝土試體

本研究以參考 ACI 配比，設計兩種水灰比 ($w/c=0.45, 0.65$) 的混凝土試體進行部分注膠，配比如表 1 所示；兩組配比之用水量及粗骨材用量，分別固定為 184.8 Kg/m^3 及 1162 Kg/m^3 。本研究採 $\phi 100 \times 200 \text{ mm}$ 之混凝土圓柱試體，試體於澆注、脫模後，置於水中養護 28 天，再分別注膠及針對其力學與耐久性質進行試驗。

2.2 試體注膠

乾燥過程是為了將存在混凝土孔隙中的水分趕走，使單體得以順利進入並填充孔隙。對部分注膠而言，乾燥只要於欲注膠之部分進行乾燥，乾燥過程中所造成混凝土的損傷將在注膠時得到補救。根據以前的研究報告指出，混凝土在 176.67°C (相當於 350°F) 時便有明顯但輕微的損傷^[9]，所以大多數的高分子注膠混凝土研究都將烘乾溫度訂在此溫度以下。本研究嘗試加溫至 150°C 級的乾燥過程，以增加混凝土孔隙改變量，而經注膠後，探討注膠對混凝土孔隙及力學性質的影響。

注膠過程是先用烘箱以 150°C 將試體乾燥，待冷卻至室溫後移入甲基丙烯酸甲酯與過氧化二苯甲醯 (MMA + 1% BPO) 的混合液中進行浸漬 (soaking)，以單體的浸漬時間控制注膠量，並於單體浸漬後將試體用鋁箔紙包裹，以減少聚合過程中單體的損失，最後將試體移入三種聚合溫度 (70°C 、 80°C 及 90°C) 的熱水中加速單體的聚合。根據國外多年的研究與施工經驗^[10]，在高分子注膠前必須先將硬固混凝土中的水分除去，然後以常壓浸漬或加壓注入的方式使單體進入混凝土的孔隙中，隨後再以適當的聚合方式使混凝土孔隙中的單體成為聚合物，藉以填塞孔隙而達到改良混凝土的效果。高分子注膠可以按照注膠的程度而分成部分注膠 (partially impregnation) 以及完全注膠 (fully impregnation) 兩種，其中的差別就在於注膠的深度是否達到全部的硬固混凝土。由於完全注膠混凝土必須在一般注膠程序外再加上抽真空乾燥與加壓灌入單體，所以在實際工程上的應用有限，目前僅於實驗室研究與預鑄場的小型構件製作中使用。而本研係為部分注膠，即在常溫常壓下完成注膠。在混

凝土內部的單體聚合後，高分子注膠混凝土試體便告完成，然後再將上述製程之高分子注膠混凝土試體進行各項試驗探討其力學行為、耐久性質，希冀能對高分子注膠混凝土作進一步的瞭解。

2.3 試驗方法

抗壓強度試驗係將已完成的注膠混凝土 (polymer-impregnated concrete, PIC) 試體，依 ASTM C39 之方法進行抗壓強度試驗，試驗進行前需將試體用石膏蓋平，然後置放在壓力試驗機上，以電腦軟體控制加壓速率施加載重直至試體破壞為止，讀取破壞之最大載重數據。

靜彈性模數試驗係參考 ASTM C469 規定進行彈性模數試驗，並以電腦記錄應力應變值，繪出試體之應力-應變曲線。本試驗所採用之荷重模式為利用軟體針對加壓系統進行應變控制 (Strain control)。而本試驗之圓柱試體彈性模數係以割線模數即原點與 0.4fc' 連線之斜率為彈性模數。

劈裂強度試驗係依照 ASTM C496 之規定，以橫向壓裂圓柱試體進行間接張力強度試驗，試驗時置試體縱軸於水平，於上下二平行面間加以直徑方向之壓力而破壞之。其中係利用鋼槽及 T 型棒繪出試體直徑，量測試體之方向的直徑與高度。依直徑方向置放試體於三夾板的中心，以每分鐘 100~200psi 的荷重速率施壓於試體上，並記錄破壞時之最大荷重。

本研究中鋼筋混凝土試體在灌製混凝土前，先將表面無明顯損傷與鏽蝕的鋼筋用砂輪機切成 30 公分長，並於兩端冷卻後立刻用防水塗料確實塗封，在鋼筋準備完成後進行鋼筋混凝土試體的灌製。灌製試體時先將鋼筋用固定架固定，並注意 15 公分的埋入深度，然後按照圓柱試體的製作程序灌製，並於 24 小時後拆模。拆模後再用防水塗料將試體上端塗封，避免上層鋼筋的保護層厚度不一而影響試驗之精準。養護完成後按照實驗設計之過程進行注膠，高分子注膠的鋼筋混凝土試體才算完成。

因為注膠過程中有將混凝土乾燥，所以在試驗進行前為了讓試體達到飽和，故而將試體的底面用混凝土切割機切去 2 公分，並浸泡於飽和石灰水

中，經過 28 天使試體充分飽和後始可進行試驗，如圖 1 所示。在腐蝕試驗期間，將上述之試體用直流電源供應器以相同的電流密度 (0.5 mA/cm²) 加速腐蝕，並用恆電位電流儀量測腐蝕的程度。試驗時以飽和的甘汞電極 (SCE) 為參考電極；白金電極為輔助電極 (CE)；鋼筋為工作電極 (WE) 進行開路電位法與直流極化法之腐蝕量測。開路電位法可以由恆電位電流儀直接讀取，而直流極化法所得到的 ΔI 可以代入線性極化公式求得腐蝕速率。

3. 結果與討論

3.1 物理及力學性質

高分子注膠混凝土之含膠量 (polymer loading) 常以聚合物在混凝土中的重量百分比表示。其表示方式如下：

$$PL = \frac{W_p - W_d}{W_d} \times 100\% \quad (1)$$

式中，PL：注膠混凝土之含膠量

W_p ：注膠後混凝土之重量

W_d ：注膠混凝土烘乾後之重量

圖 2 分別為 0.45 及 0.65 水灰比混凝土浸漬時間與含膠量之關係圖。由圖中顯示高水灰比的混凝土不但含膠量較水灰比低者大，並且浸漬初期的單體吸收率也較低水灰比的混凝土高出許多，此現象顯示高水灰比的混凝土具有較大或較多的連續孔隙，可以提供單體以較大的速率進入混凝土中。若比較兩種水灰比的混凝土含膠量的增加率，亦可發現水灰比高者的含膠量增加率趨緩的程度較水灰比低者明顯。

另外，從聚合溫度對不同水灰比的混凝土含膠量之差異性來看，水灰比高者較容易受到其他因素影響而造成單體的損失，此情形亦與混凝土孔隙率和孔隙尺寸有關。圖中顯示含膠量都會隨著單體浸漬時間的增長而增加，但是隨著浸漬時間的增長，

含膠量的增加率卻漸趨平緩。原因是單體在浸漬過程中從試體的四面同時進入，使孔隙中的空氣向試體內部集中而造成壓力抑制單體的進入，使單體具有臨界的入滲量，所以雖然高水灰比的混凝土具有較多的孔隙，而含膠量的增加率卻仍然因單體的入滲量接近臨限值而明顯趨於平緩。另在聚合的過程中單體難免會有揮發或流失的現象，因而造成接近混凝土表面的單體濃度下降，所以本實驗在單體浸漬完成後立刻以鋁箔紙包覆試體的表面。由圖中可以看出兩種水灰比的混凝土含膠量於 90°C 的聚合溫度都偏低，而且在本實驗的聚合過程中發現當浸漬完成的試體移入 90°C 的熱水後會發生單體迅速揮發甚至有如同沸騰般的氣泡向上衝出之現象，因此可以理解含膠量偏低是因為單體受到高溫促使其揮發率增加而引起。由圖中三種溫度對兩種水灰比的混凝土含膠量之關係可以發現，在低水灰比的混凝土中含膠量會隨溫度的增加而減少；在高水灰比的混凝土中含膠量卻以 80°C 聚合溫度者最高。由上述之現象可以發現，影響混凝土含膠量的因素不是只有單體受高溫而造成的損失率增加，而與聚合速率也有相當程度的關連性。其中高水灰比的混凝土因 70°C 的聚合速率較慢，而導致含膠量比 80°C 者低，並且在 90°C 的聚合溫度時含膠量的損失比相同注膠條件下低水灰比者高出許多。

本研究吸水率試驗係參考 ASTM 642-90 的規範，試驗結果如與圖 3 所示。圖中顯示聚合物試體隨著含膠量增加其注膠深度則上昇而吸水率有下降之趨勢，表示單體滲入混凝土愈深其含膠量越高其防止水份進入混凝土之效果亦佳，其中又以水灰比 0.65 之聚合物試體效果最為明顯，此係可能水灰比 0.65 之孔隙率較高之故。由此可見單體所形成的聚合物，確實能將混凝土的孔隙填充，水份已無法經由毛細孔隙滲入混凝土之內部，即注膠層確實能夠有效地阻止水份進入混凝土之中。吸水率試驗完成後，將試體進行橫向劈裂破壞，則發現吸水率在 0.5% 以上的高分子注膠混凝土，水是局部進入的，而 0.5% 以下則沒有發現水分存在於試體內部。綜合以上的結果顯示注膠層能夠有效地阻止水分直接進入混凝土中。

本研究中混凝土試體養護至 28 天後的抗壓強度試驗結果如圖 4 所示。由圖中便可以明顯看到聚合溫度對抗壓強度有明顯的影響，尤其在含膠量越高時，溫度的影響程度就越大。圖中混凝土的抗壓強度在相同含膠量的情況下以 90°C 聚合的實驗組為最高；80°C 者其次；70°C 者最低，其中 80°C 與 90°C 的聚合溫度對抗壓強度的影響差異性較小，但是 70°C 者與前兩者的差異就較為明顯。從圖中也可以發現聚合溫度越高對相同含膠量的混凝土而言，會有越高的抗壓強度，不同的是 70°C 與 80°C 的聚合溫度對抗壓強度的影響差異性較小，而 90°C 者與前兩者的差異就較為明顯。綜合以上的結果可推斷聚合溫度對抗壓強度的影響與混凝土的緻密性也有關係，也有可能是混凝土導熱係數不同所造成。

高分子注膠混凝土因聚合物填充孔隙，改善混凝土內應力集中的情形，所以彈性模數的變化與抗壓強度同樣值得探討。一般而言，彈性模數與材料的勁度有關，由彈性模數可以瞭解當材料受荷重時，於彈性範圍內的應變增加率，因此也是結構設計時的重要參數之一。高分子注膠混凝土因聚合物填充孔隙，改變應力濃度 (stress concentration) 的分佈與傳遞情形。本研究為了瞭解高分子注膠對混凝土彈性模數的影響，經過試驗所得之結果如由圖 5。圖中可以明顯看到含膠量對彈性模數的影響，彈性模數與含膠量大概成線性的正比關係，由此可見彈性模數與抗壓強度同樣都與含膠量有重要的關係存在。由注膠後的彈性模數變化圖，可以看到聚合溫度對彈性模數的影響不大，這可能是因為高分子注膠對彈性模數的影響程度本來就很小，而本實驗中最大的彈性模數差距也不過 8~10GPa。圖中水灰比 0.45，其中聚合溫度幾乎對彈性模數沒有影響；而含膠量在 1~4.5% 的範圍內彈性模數會隨著含膠量的增加而提高，彈性模數的變動範圍大約在 24~29GPa。而水灰比 0.65 的混凝土在注膠後的彈性模數變化圖，其中聚合溫度對彈性模數的影響很小，高含膠量時比較明顯；含膠量在 1~5% 範圍內彈性模數的變動範圍在 20~27GPa。

混凝土的拉力強度大多由劈裂強度試驗所得到，本研究為了瞭解高分子注膠對混凝土抗拉強度

的影響，經過劈裂強度試驗後所得之結果如圖 6 所示。由圖中可以明顯看到含膠量對劈裂強度的影響，除了浸漬 4 小時並且用 90°C 聚合的實驗組之外，劈裂強度與含膠量亦呈現線性的關係，另圖中亦顯示兩種水灰比的混凝土在相同注膠條件下，劈裂強度都以水灰比低者為高，而且在注膠後劈裂強度明顯地提高。由此可見劈裂強度與抗壓強度、彈性模數都同樣和含膠量有著重要的關係。並由圖中可以明顯看到聚合溫度對劈裂強度有明顯的影響，尤其在含膠量越高時，溫度的影響程度就越大。圖中顯示水灰比為 0.45 的混凝土劈裂強度在相同含膠量的情況下以 90°C 聚合的實驗組最高；80°C 者其次；而 70°C 者最低，其中 80°C 與 90°C 的聚合溫度對劈裂強度的影響差異性較小，但是 70°C 者與前兩者的差異就較為明顯，這個結果和抗壓強度是完全相同的。從圖中也發現聚合溫度越高對相同含膠量的混凝土而言，會有越高的劈裂強度，不同的是 70°C 與 80°C 的聚合溫度對劈裂強度的影響差異性較小，而 90°C 者與前兩者的差異就較為明顯，這樣的結果也與抗壓強度有異曲同工之妙。

3.2 混凝土中的鋼筋腐蝕行為

本研究採用開路電位法與直流極化法評估高分子注膠混凝土腐蝕的行為。將單向注膠（試體上、下兩面並無注膠）後的 RC 試體連同控制組一起浸泡在 3.5% NaCl 的人工海水中，以定電流 (0.5mA/cm²) 的方式加速腐蝕。每經 24 小時加速腐蝕後量測開路電位與腐蝕速率，試驗法分述如下：

3.2.1 開路電位法

開路電位法是量測參考電極 (reference electrode) 與金屬間的電位差作為評估腐蝕電位的方法。根據美國材料試驗學會建議 (ASTM C876-91 "Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete") 當混凝土中鋼筋的開路電位值高於 -200mV (Cu/CuSO₄) 即 -120 mV (SCE) 時，腐蝕機率應低於 10%；開路電位值低於 -350mV (Cu/CuSO₄) 即 -270 mV (SCE) 時，腐蝕機率高於 90%；而當開路電位值介於兩者之間

時，則腐蝕機率則介於 10~90% 之間。從實驗所得的結果來看，高分子注膠混凝土在水分進入後而還沒有外加電流以前開路電位都比控制組高，顯示此時鋼筋處於鈍態而腐蝕機率較控制組低。在通以定電流加速腐蝕後，各實驗組的開路電位都迅速下降，顯示試體內的鋼筋都已經開始發生腐蝕。本實驗中的開路電位值，如圖 7 至圖 9 為水灰比 0.45 及 0.65 的混凝土在經過注膠與底部切割後的開路電位變化圖，其中水灰比 0.45 顯示在加速腐蝕後開路電位都迅速下降至 -250 以下，並且在下降率方面都比控制組略低。而水灰比 0.65 的混凝土的趨勢與水灰比 0.45 的情況相類似。由上述的結果顯示，試體在底部切割後腐蝕的趨勢幾乎由水灰比控制。低水灰比的試體在 24 小時的加速腐蝕後，下降的趨勢明顯地比高水灰比者趨緩，而注膠前後都是相同的趨勢。由圖 7 到圖 9 都不能明顯看到單體浸漬時間對腐蝕的影響。從實驗方式檢討其原因推測可能與試體單向注膠，腐蝕因子大多由試體底部進入，所以無法看出浸漬時間對腐蝕的影響。由圖中也無法明顯看到聚合溫度對腐蝕的影響，其原因應與試體單向注膠有關。在這裡值得一提的是，從圖中可以發現注膠的試體在加速腐蝕之前都有比控制組高的開路電位，其中的原因可能是由於注膠的過程中試體必須經過烘乾與熱水的浸泡，使得鋼筋表面發生些微的腐蝕，因此加速鋼筋表面鈍態膜的形成。

在實驗進行期間發現，試體的加速電流固定時，電壓以高分子注膠混凝土試體為高，平均來看控制組的試體約需要 1~3 伏特的電壓來推動所需之電流，而注膠的試體則需要將近 10 伏特的電壓才能達到相同的通電流量，其中低水灰比的試體所需要的電壓又比高水灰比者為高。由此可知，試體在通入相同的電流量時，電壓的需求量與試體的通電面積有關，而高分子注膠混凝土之所以需要如此大的外加電壓可能是因為通電面積遠小於控制組。此外，值得一提的是試體在切割後底部的混凝土保護層較薄，而且鋼筋腐蝕的時候所產生的應力容易造成底部的裂縫，但是在實驗進行期間，兩種水灰比的控制組試體先後破壞，而高分子注膠的試體都還未發現有明顯的裂縫，由此可見注膠層的包覆對內

部的混凝土產生圍束力，所以裂縫比較不容易形成。

3.2.2 直流極化法

運用直流極化法量測金屬腐蝕速率是由 Stern 和 Geary 於 1957 年首先提出的。實驗結果如圖 10 至圖 12 為水灰比 0.45 及 0.65 的混凝土在經過注膠與底部切割後的腐蝕速率趨勢圖，其中水灰比 0.45 顯示在加速腐蝕後腐蝕速率都以控制組上升較快，而水灰比 0.65 的混凝土在經過注膠與底部切割後的腐蝕速率趨勢與水灰比 0.45 的情況相類似，都可以發現注膠後的試體腐蝕速率上升較為緩慢。由圖中都無法明顯看到單體浸漬時間對腐蝕的影響，可能因試體單向注膠，腐蝕因子大多由試體底部進入，所以無法看出浸漬時間對腐蝕的影響。由圖中同樣無法明顯看到聚合溫度對腐蝕的影響，其原因應該與上述者相同。綜合以上所言，腐蝕因子的進入與注膠條件並沒有明顯的關係存在，這些結果顯示腐蝕因子應該都是經由試體底部沒有注膠的部分所進入。於實驗進行中也發現，高分子注膠混凝土試體在底部未切除前，根本無法藉由開路電位法量測腐蝕電位，顯示外在環境與混凝土的內部被注膠層所隔絕，因此可以說明高分子注膠對混凝土腐蝕有相當良好的防止效果。

4. 結論

1. 注膠後的混凝土抗壓強度與劈裂強度明顯提高 (約為控制組的 1.5~2 倍)，並與混凝土水灰比、單體浸漬時間、聚合溫度等均有相當程度之關連。
2. 混凝土的靜彈性模數於注膠後大約提高 20~30%，並與含膠量成線性關係，但是聚合溫度對彈性模數無明顯之影響。
3. 高分子注膠混凝土的抗壓強度、彈性模數與劈裂強度都和含膠量成線性的關係，並且與水灰比有密切之關係。
4. 高分子注膠混凝土的破壞面以骨材破壞為多，顯示聚合物不僅能填充孔隙，並能加強骨材與漿體

間的界面黏結能力。

5. 混凝土注膠後的吸水率都大幅下降，顯示注膠層能夠有效地將有害因子阻隔。
6. 高分子注膠混凝土能夠有效地抑制腐蝕因子的進入與裂縫的產生，對鋼筋具有良好的保護效果。
7. 高溫、紫外線輻射效應及超載惡劣環境下對高分子注膠混凝土性質之影響可作進一步探討。
8. PIC 主要應用於預鑄版構件，聚合溫度過低或過高對高分子注膠混凝土的性質皆有不良之影響，應用上應謹慎選擇。

參考文獻

1. 林維明，「美國高性能混凝土研究計畫概說」，營建知訊，第 119 期，1992 年，第 38-61 頁。
2. 高健章、李敏達，「注膠混凝土在國內工程應用之研究」，科學發展月刊第五卷，第六期，1977 年，第 458-477 頁。
3. S. Mindess and J. F. Young, in: "Concrete", Prentice Hall, NJ (1981) pp.583-586.
4. 吳建國、黃然，「混凝土橋樑鹽份腐蝕問題之研究」，交通部國道新建工程局專題研究計畫成果報告，1993 年。
5. S. Chandra and Y. Ohama, "Polymer in Concrete", CRC Press, (1994).
6. 卓益揚，「高性能混凝土腐蝕與腐蝕後拉拔行為之探討」，海洋大學材料工程研究所碩士論文，1997 年。
7. Polymer in Concrete, ACI Publication SP-40, (1973).
8. W. F. Chen and J. E. Dahl, "Polymer-Impregnated Concrete as a Structural Material", Magazine for Concrete Research, Vol.26, No. 86 (1974) pp. 16-20.
9. "Temperature and Concrete", ACI Publication SP-25, (1968).
10. J. Manson, W. Chen, J. Vanderhoff, H. Mehta, and

P. Cady, "Use of Polymers in Highway Concrete",
 NCMRP Report 190, Transportation Research
 Board NRC, (1978).

收到日期：2004 年 6 月 16 日
 修訂日期：2004 年 9 月 21 日
 接受日期：2004 年 9 月 27 日

表 1. 混凝土配比設計。
 Table 1 Concrete mix design.

組別	水灰比	水泥 (Kg/m ³)	水 (Kg/m ³)	細骨材 (Kg/m ³)	粗骨材 (Kg/m ³)
A	0.45	410	184	574	1162
B	0.65	284	184	680	1162

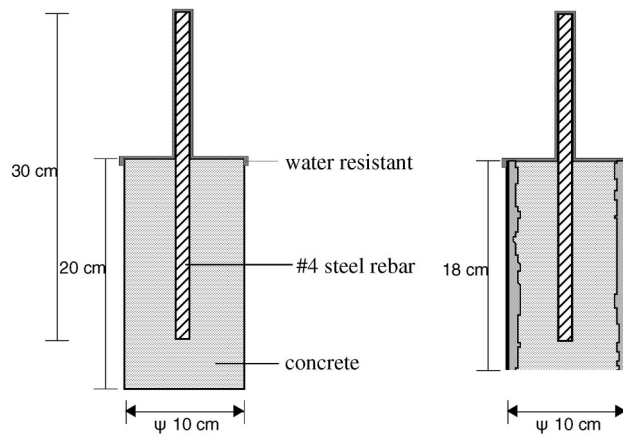


圖 1. 高分子注膠鋼筋混凝土試樣。
 Figure 1 Schematic illustration of polymer impregnated reinforced concrete specimen.

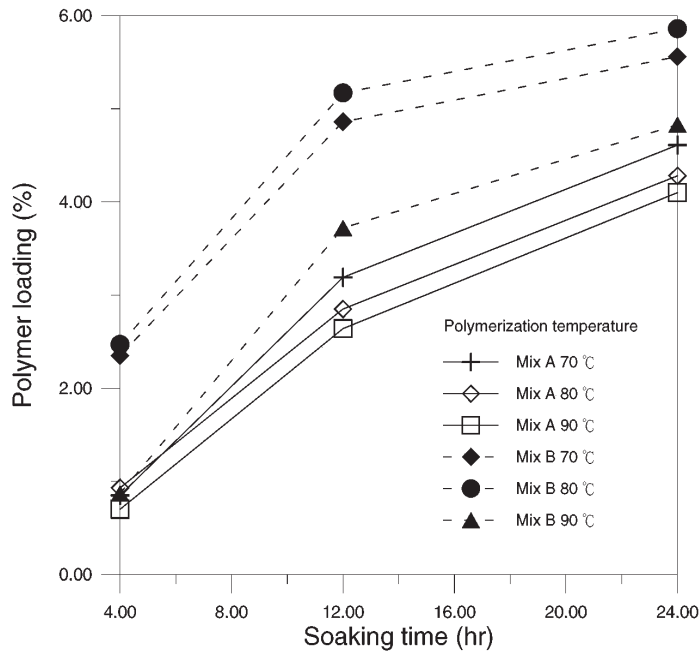


圖 2. 不同聚合溫度的混凝土含膠量與浸漬時間之關係圖。
Figure 2 Polymer loading vs. soaking time at various polymerization temperature.

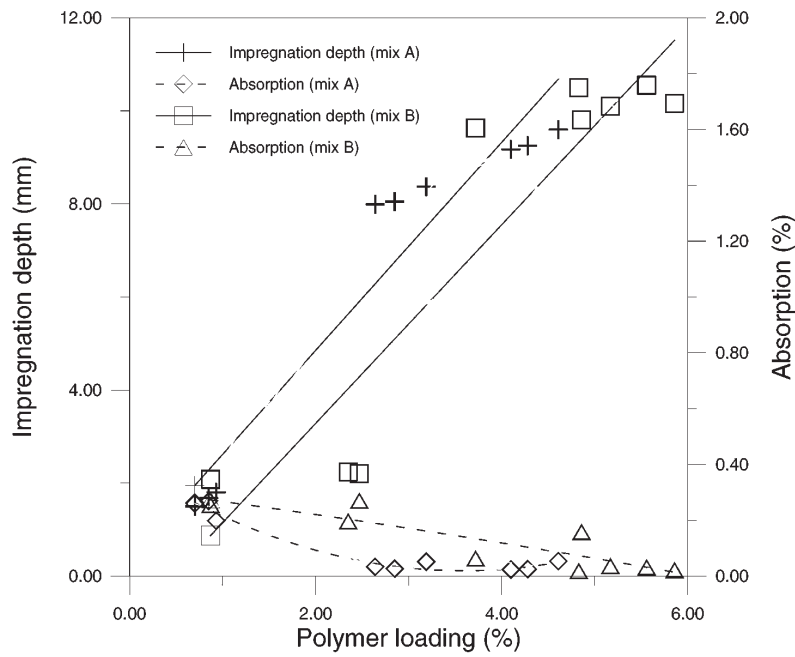


圖 3. 注膠深度與吸水率對含膠量之關係圖。
Figure 3 Impregnation depth and absorption vs. polymer loading.

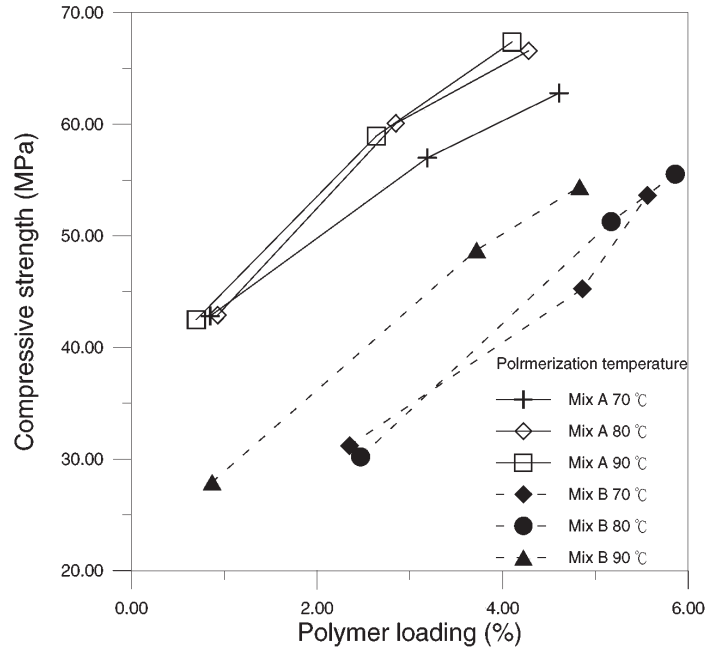


圖 4. 不同聚合溫度的抗壓強度與含膠量之關係圖。
Figure 4 Compressive strength vs. polymer loading at various polymerization temperature.

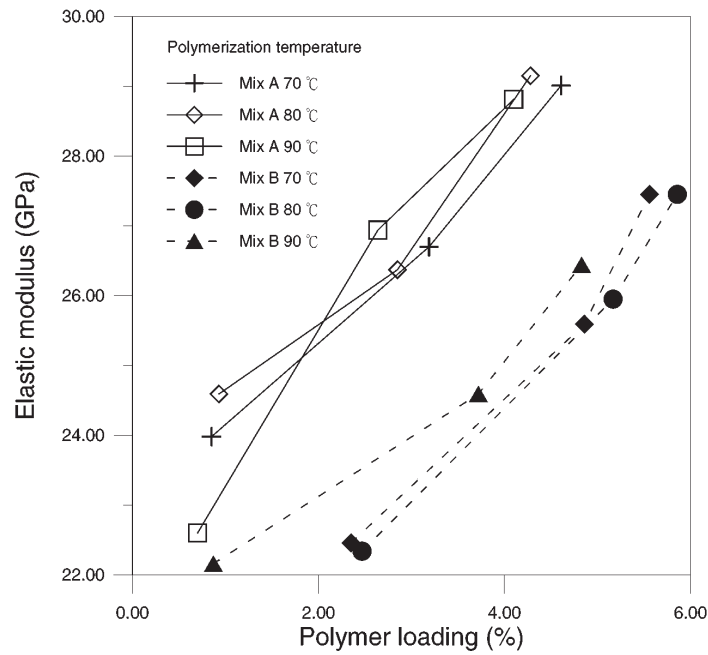


圖 5. 不同聚合溫度的彈性模數與含膠量之關係圖。
Figure 5 Elastic modulus vs. polymer loading at various polymerization temperature.

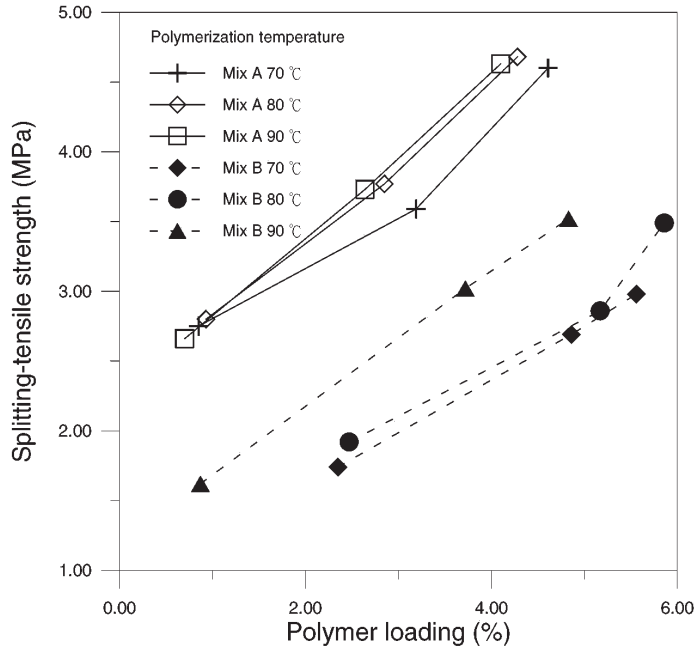


圖 6. 不同聚合溫度的劈裂強度與含膠量之關係圖。
 Figure 6 Splitting-tensile strength vs. polymer loading at various polymerization temperature.

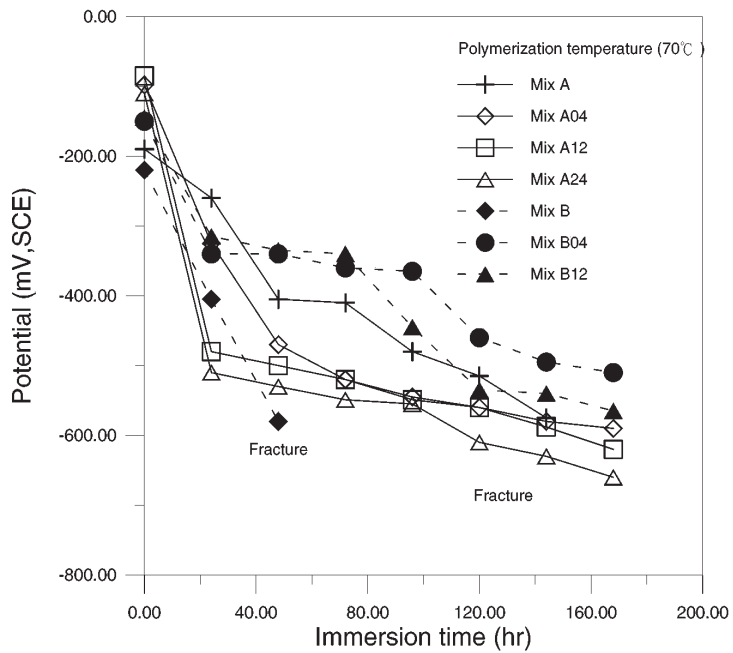


圖 7. 不同試樣的開路電位對浸漬時間關係圖(聚合溫度70°C)。
 Figure 7 Open circuit potential vs. immersion time curves for specimens (P.T. = 70 °C).

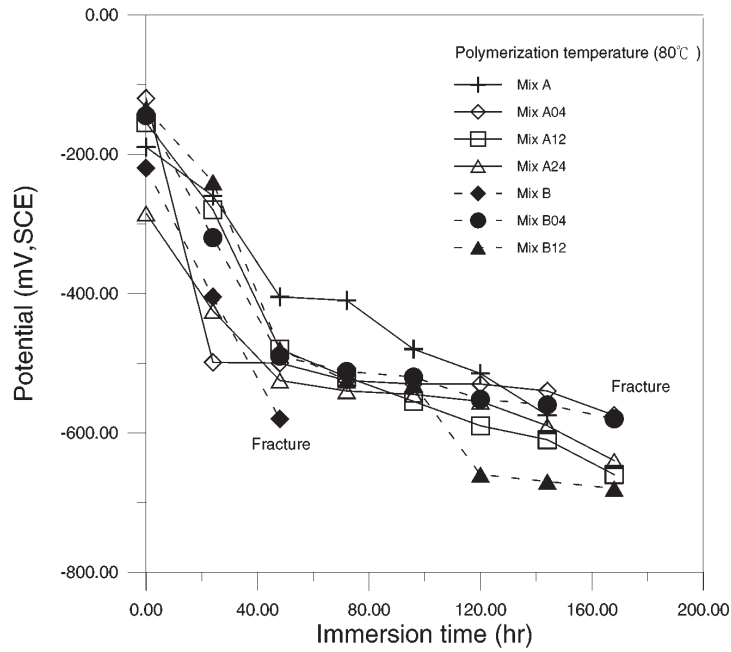


圖8. 不同試樣的開路電位對浸漬時間關係圖(聚合溫度80°C)。
Figure 8 Open circuit potential vs. immersion time curves for specimens (P.T. = 80°C).

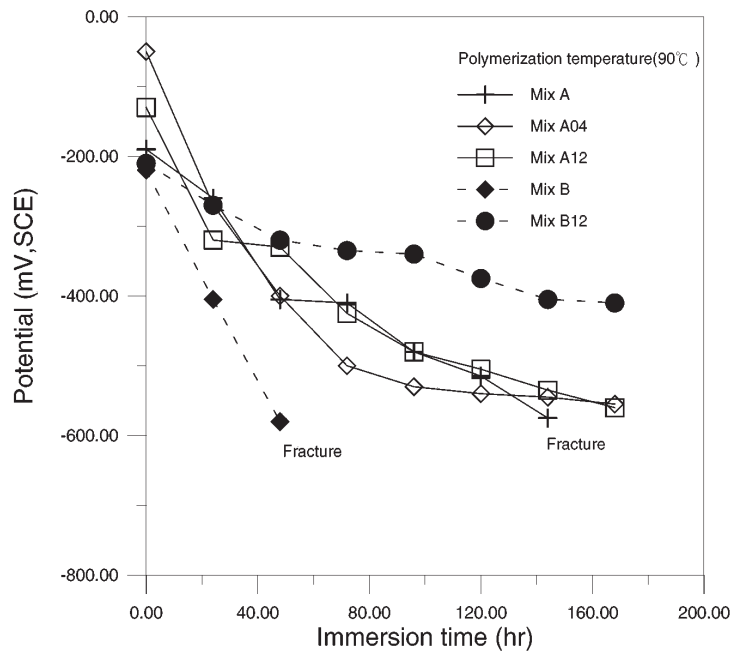


圖9. 不同試樣的開路電位對浸漬時間關係圖(聚合溫度90°C)。
Figure 9 Open circuit potential vs. immersion time curves for specimens (P.T. = 90°C).

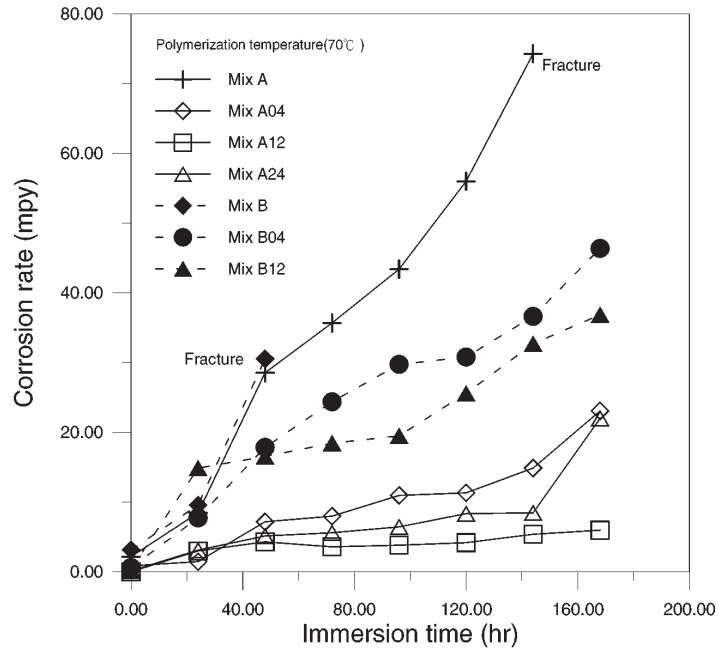


圖 10. 不同試樣的腐蝕速率對浸漬時間關係圖(配比A組，聚合溫度70°C)。

Figure 10 Corrosion rate vs. immersion time curves for specimens (Mix A, P.T. = 70°C).

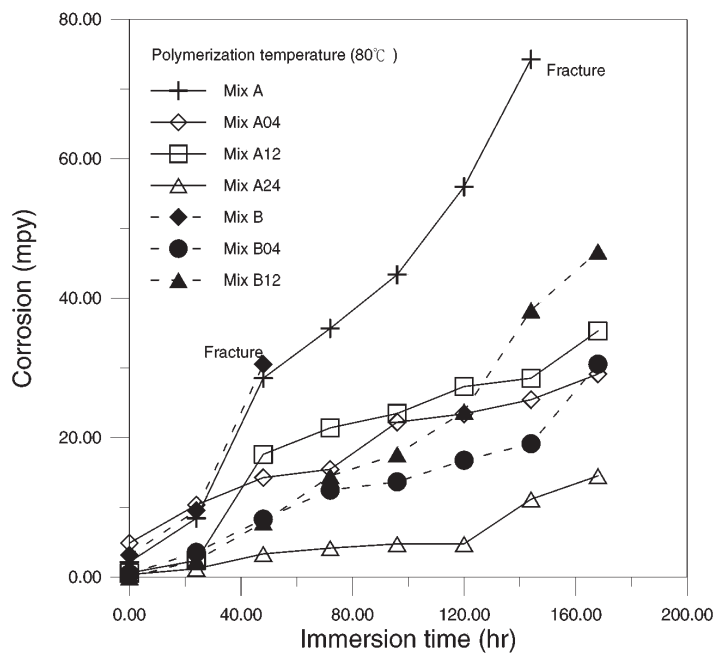


圖 11. 不同試樣的腐蝕速率對浸漬時間關係圖(聚合溫度80°C)。

Figure 11 Corrosion rate vs. immersion time curves for specimens (P.T. = 80°C).

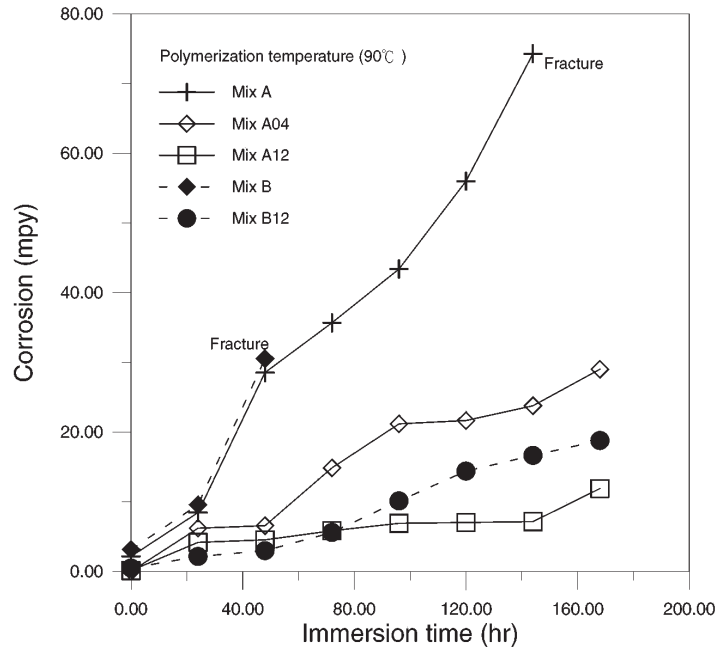


圖 12. 不同試樣的腐蝕速率對浸漬時間關係圖(聚合溫度90°C)。
Figure 12 Corrosion rate vs. immersion time curves for specimens (P.T. = 90°C).

