

TechNote



Jim Caruth
P.Eng.
Technical Services
Manager

Xypex 於氯腐蝕防護的應用 - 案例探討

位於澳洲雪梨根納瑪塔灣的克羅納拉碼頭是 Xypex 能永久提升混凝土耐久性的證據。最近對於碼頭混凝土結構的詳盡檢測，證實 Xypex 的結晶滲透技術不僅強化混凝土的防水能力，也在建築壽期內持續作用，延長了建築物原先預期的使用壽命。

澳洲雪梨根納瑪塔灣的克羅納拉碼頭



1994 年 – 剛建造完的碼頭

碼頭步道位在港灣的南側，漂浮步道的混凝土持續受到“嚴酷水域環境”的侵害，例如持續暴露在鹽霧中，也不斷受到海浪沖刷。

漂浮碼頭步道在 1994 年 10 月建造完成，其厚度為 100 公厘 (4 英吋) 厚，表面混凝土厚度 40 公厘 (1 又 5/8 英吋)，覆蓋在預張力鋼纜上。碼頭漂浮在泡棉浮板上，路面距離水面僅有 350 公厘 (14 英吋)。此設計注定步道無法靠一般方法來達成嚴格的抗氯腐蝕要求，因此工程人員選擇 Xypex 來作為額外的氯腐蝕保護措施。

TechNote

Xypex 於氯腐蝕防護的應用 - 案例探討

Mahaffey Associates of Australia 公司以添加 Xypex 摻料和他牌孔隙填塞摻料的混凝土進行比較測試，測試結果說明如下：

本測試發現，相較於含有 *type SL* 水泥的混凝土，含有 Xypex 摻料的混凝土明顯有較佳的抗氯腐蝕能力，尤其是經過 7 天養護後的混凝土樣本。此外，經 Xypex 處理過的混凝土在接受標準氯離子浸潤測試 (*standard full immersion chloride ion diffusion test*) 的結果顯著優於清水泥混凝土和加入孔隙填塞添加劑的混凝土。這表示 Xypex 摻料確實能有效強化混凝土在海洋環境下的耐久性。

透過觀察，放至於野外環境下的經 Xypex 處理之混凝土樣本，可發現樣本具有裂縫自癒能力。這特性對需暴露於惡劣環境的混凝土是額外的優點。



由 530 kg / m^3 (875 lb / in^2) 的水泥以水灰比 0.32 所灌鑄的早強混合水泥。

TechNote

Xypex 於氯腐蝕防護的應用 - 案例探討

1998 年- 完工 4 年後健檢

1998 年，由 BCRC (耐久性檢測顧問公司) 進行建築體檢。檢驗包含目視檢測、氯穿透試驗和混凝土半電池電位測試。測試結果良好，且確認在高氯離子的環境下，經 Xypex 處理過之混凝土的表現超越一般混凝土。氯離子滲透程度很低，且半電池等電位圖顯示整個步道的電位梯度均不顯著 (代表鋼筋腐蝕程度很低) 。

2013 年 - 碼頭完工 19 年健檢

在完工 19 年後，碼頭同樣由 BCRC 公司於 2013 年 5 月進行與 1998 年一樣的建築體健。檢測結果顯示雖然最表層 20 公厘厚 (3/4 英吋) 的混凝土氯離子濃度上升，但更深處的氯離子濃度仍低於會促進鋼筋腐蝕的程度。半電池電位測試也確認沒有明顯的電位梯度存在，因此鋼筋並無鏽蝕的跡象。

在體檢中，最重要的幾個測試標的是“ 混凝土耐久性”、“ 氯通透性”和“ 壽期”。

比較 2013 年和 1998 年兩次相距 15 年的檢測結果，顯示以下幾點：

1. 氯的浸滲程度直接受到 Xypex 結晶技術影響，Xypex 降低水的通透性，而水是氯入侵混凝土的主要載體，因此 Xypex 處理過的混凝土會有很低的氯滲透係數。此外，15 年間，混凝土的水通透性降低了 92%，這個結果很可能是因為 Xypex 持續在混凝土內結晶，造成水的通透性隨著時間不斷下降，進一步保護了混凝土。
2. 在 1998 年的測試中，混凝土的體質被評定為“ 在嚴酷的環境下 4 年仍表現良好”。在 2013 年 (完工 19 年後)，混凝土的體質被評為“ 在嚴酷的環境下 19 年後狀況極為優良”。這表示測試公司認為混凝土的狀況超過他們的期待。

結論：

1. 藉由推算未來的氯離子滲透率，鋼筋腐蝕將會發生在最近一次體檢後的 129 年之後，也就是此建築預期壽命將會是完工後的 150 年。
2. 即使只有 40 公厘 (1.5 英吋) 厚的混凝土保護，目前也沒有任何證據顯示碼頭在完工 19 年後於嚴酷的環境下有任何的鋼筋銹蝕情形。

TechNote

許多第三方實驗室都指出 Xypex 結晶滲透技術有能力強化混凝土對氯離子所造成之腐蝕的抵抗力。克羅納拉碼頭於近期完成的 19 年壽期檢測是證明 Xypex 有此能耐的好例子。