

TechNote



Jim Caruth
P.Eng.
Technical Services
Manager

低溫對 Xypex 防水能力的影響

長時間接近或低於冰點的低溫氣候經常會出現在南北半球的中緯度以上地帶。大部分混凝土建築的建商都會注意要運用適當的技術和工具來對應低溫下澆鑄混凝土的問題。但是低溫對於混凝土的固化和對 Xypex 防水性能的影響卻未廣為人知。大部分的防水技術在低溫時其效力都會受到影響，包含 Xypex 塗層與 Xypex 添加劑。而且，大部分的塗層都沒辦法在低溫時有效塗佈於混凝土上。彈性物質在低溫時大多會失去彈性，而裂縫填補材會變得太黏稠而無法灌進裂縫中而失去作用。此外，若裂縫中有冰，大部分的填補材均無法有效填補裂縫。

以下的資訊不是低溫對水泥與混凝土之影響的正式報告，而是藉由了解低溫對波特蘭水泥產生的效應，來概略解釋該狀況下經由 Xypex 處理過之混凝土會有什麼反應。

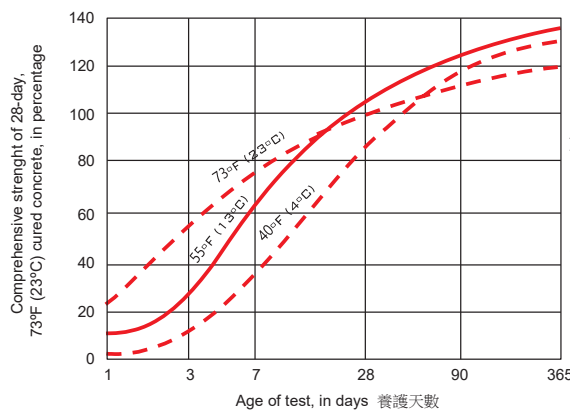
混凝土的硬化過程稱為水化反應的放熱化學反應，產生硬化的水泥漿（矽酸鈣水合物膠體或 C-S-H）。放熱反應產生的熱會先蓄積在混凝土內，並隨著時間慢慢消散。散熱速率取決於許多因子，包含外界溫度、建築物體積和混凝土養護方式。

混凝土凝固的化學反應速率取決於不少因子，但大體來說低溫會降低反應速率，包含水泥的水合反應、混凝土的固化和熟成。學術研究指出混凝土的固化在零下 10 °C（華氏 14°F）下仍會進行，但是速率很低。下方圖表取自參考文獻，圖解溫度對短時間和長時間的混凝土固化速率的影響。實驗後期低溫下的樣本固化速率加速，是因為混凝土內部化學反應放熱造成的。



低溫對 Xypex 防水能力的影響

以在攝氏 23 度下養護 28 天的混凝土強度為標準，比較不同溫度下養護之混凝土固化速率。



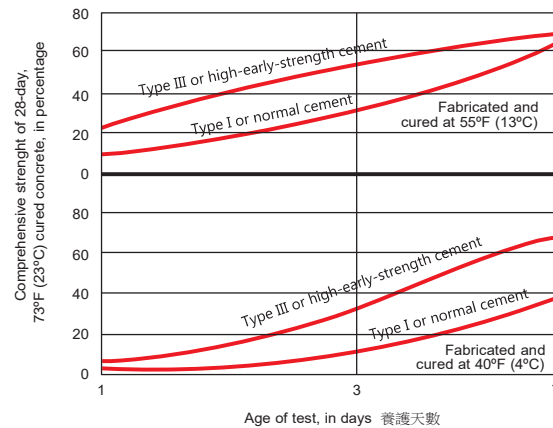
Curing
Specimens are cast and moist-cured at temperature indicated for first 28 days. All moist-cured at 73°F (23°C) thereafter. For type I or normal cement.

養護
樣本製作完後在曲線所指定溫度下以濕式養護 28 天，之後的時間均養護於攝氏 23 度 C (華氏 73 度 F)。樣本均為標準水泥 (type I 水泥)

Mix Data
W/C ratio: 0.43
Slump: 2 to 4 in. (50 - 100 mm)
Air content: 4.6%

混凝土配方
水灰比: 0.43
坍度: 50-100 公厘 (2-4 英寸)
空氣含量: 4.6%

以在攝氏 23 度下養護 28 天的混凝土強度為標準，比較不同溫度下養護之混凝土固化速率。



Mix Data
Cement content: 517 lb/cu.yd. (305 kg/m³)
W/C ratio: 0.40 - 0.44
Air content: 4.5 - 5.0%

混凝土配方
水泥成分
305 公斤/公厘
水灰比: 0.40 - 0.44
空氣含量: 4.5 - 5.0%

運用 Xypex 結晶滲透產品的方式有兩種—塗佈在混凝土上或摻入混凝土裡。將 Xypex 加入混凝土的運用方式有個優點是可以在低於零度下施工。但不管運用什麼施工法，低溫仍會影響 Xypex 與水和混凝土的交互作用，只是不同的工法，影響方式有些微不同。在使用塗層法時，塗層中的 Xypex 成分首先要從表面擴散滲入水泥中（擴散現象是分子由稱為“布朗運動”的隨機運動所驅動的）。當溫度降低時，分子的運動速率下降，連帶讓擴散速率降低。這讓較少的 Xypex 進入混凝土而影響防水效能。而將 Xypex 摻入混凝土時，Xypex 成分也會擴散，但是在混凝土內擴散。當低溫下混凝土出現裂縫而使水滲入時，能幫助裂縫修補的 Xypex 成分擴散速率低下而影響其結晶速率，使得修補效果降低。

TechNote

低溫對 Xypex 防水能力的影響

Xypex 結晶滲透技術是基於水泥反應化學，於混凝土內形成二次結晶的技術。其結晶反應部分依賴存在於原先水泥中的氫氧化鈣、鹼土鹽類，以及出現在水泥中的水來催化。低溫不僅會造成水泥本身水合反應速率降低，也使 Xypex 進行反應的水合副產物如氫氧化鈣等的供給量減少，連帶影響 Xypex 結晶能力。因此若 Xypex 防水施工完成後不久遭遇低溫，防水和裂縫癒合的能力會更慢才顯現出來。

Xypex 塗層通常用於已經完工建築的防水工程，或應用於已經灌漿完幾週且降溫到室溫的建築。而將 Xypex 摻入混凝土的工法，其結晶在混凝土仍處於高溫時就已開始形成，因此能協助癒合在養護過程中產生的微裂縫。壓力造成的裂痕通常在灌漿幾個月之後才會形成，此時若遭遇低溫，Xypex 的裂痕修補速率將會顯著降低甚至看似停止。但是經過研究與實地測試後發現以下兩個好消息。

1. 在溫度接近零度(略為高於冰點)時，Xypex 仍會結晶，只是很緩慢。
2. 當溫度回升時(譬如春天)，Xypex 的防水和裂縫癒合能力會恢復。

經由實驗證明，當混凝土固化後，低溫並不會對 Xypex 結晶技術造成長期的負面效應。此外，在低溫下可使用加熱養護技術 (hoarding and heating，我查到是在混凝土上鋪塑膠墊，並從內部加熱使混凝土維持足夠溫度的養護法) 來達成養護初期的防水與裂縫修補能力。或者也可以考慮在溫度回升的季節進行 Xypex 的防水施工。

總結：

Xypex 防水與保護技術和其他的防水技術一樣會受到低溫影響。若在 Xypex 施工後不久氣溫就下降，混凝土內的 Xypex 結晶會形成得較慢。低於冰點時，Xypex 的反應會接近停止，但只要溫度回升，其反應能力就會回升，連帶恢復裂痕修補和防水能力。此外，藉由加熱養護或其他加熱方法均可以恢復 Xypex 的效能。

請聯絡您在地 Xypex 經銷商或技術人員以取得更進一步的資訊。