

舊建築混凝土結構修繕 康特MCI-2020鋼筋阻鏽劑處理

前言

對於鏽蝕鋼筋混凝土結構的修繕，通常先用鐵刷刷除鋼筋上鬆散的鏽層後，塗抹紅丹底漆，然後再用樹脂砂漿補平。然而，對於埋置於混凝土中的鏽蝕鋼筋卻無法處理，致使日後混凝土仍持續開裂剝落。

為完整修繕舊建築的混凝土結構，美國Cortec公司提供鏽蝕鋼筋已外露的修繕工法；對鋼筋未外露的混凝土結構，則提供不需敲除混凝土結構的MCI滲透移動鋼筋阻鏽劑，將其噴佈於混凝土表面，即可保護埋置於混凝土的鋼筋，降低鋼筋的腐蝕速率，延長混凝土結構的使用壽命，此工法業已用於美國五角大廈的修繕，其修繕計劃係針對歷經50年的老舊建築物能再延長50年的使用年限。



1. 鋼筋外露的混凝土結構

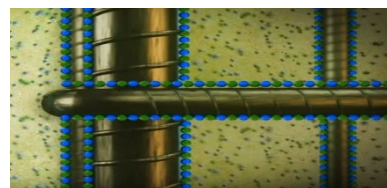
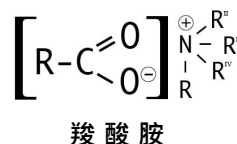
外露鏽蝕鋼筋塗刷「康特VpCI轉鏽鈍化底漆」，然後再以「即固V/O高強度、無收縮水泥砂漿」修補。

2. 鋼筋未外露的混凝土結構

混凝土表面全面噴佈「康特MCI-2020滲透移動鋼筋阻鏽劑」，所含氣化防鏽分子將滲透移動入混凝土中，並強力吸附於埋置的鋼筋表面，形成疏水性封閉阻隔層，以阻擋腐蝕物質的侵蝕，降低鋼筋的腐蝕速率，而不需敲除完整的混凝土結構。

康特MCI的阻鏽原理

康特MCI滲透移動鋼筋阻鏽劑係含有機羧酸胺(AmineCarboxylates)的混合型鋼筋阻鏽劑，具正、負雙極性，所帶自由氮根與碳氫根將滲透、擴散入混凝土中，並強力吸附於鋼筋的陰、陽極上，形成一層緻密的單分子封閉性阻隔層，鋼筋表面的碳氫根(羧酸)具疏水性，可阻擋水份、氯、有害化學物的侵蝕，而達到鋼筋阻鏽的功能。同時，其與混凝土中的成份反應，在毛細孔中形成不可溶的結晶鹽，可防止氯離子與其他污染物質的入侵。



MCI-2020 修繕流程



清除剝落的混凝土

將剝落的混凝土敲除至完整的結構處



康特MCI滲透移動入混凝土中保護鋼筋

MCI分子將滲透入混凝土中，強力吸附於結構內埋置的鋼筋表面。



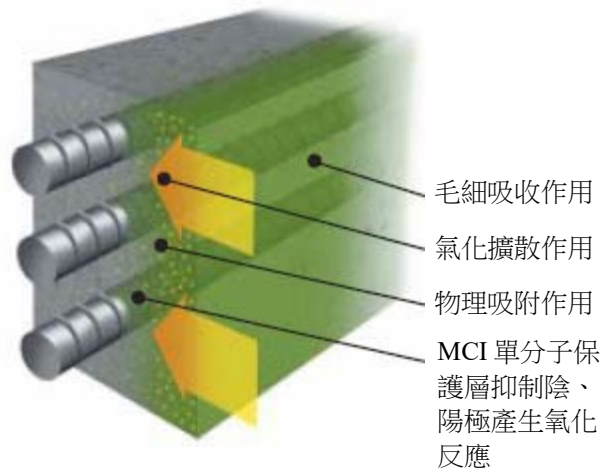
MCI單分子阻隔層保護鋼筋

緊密吸附於鋼筋上的MCI單分子封閉性阻隔層，可防止水、氯或有害化學物質的侵蝕，降低鋼筋的腐蝕速率。

產品簡介

MCI-2020滲透移動鋼筋阻鏽劑 (不需敲除混凝土結構)

將MCI-2020鋼筋阻鏽劑塗佈於既有的硬化混凝土表面，所含羧酸胺(Amine Carboxylate)混合型陰、陽極的滲透移動鋼筋阻鏽劑，將滲透移動入混凝土結構中，並強力吸附於鏽蝕鋼筋的陰、陽極上，形成一層緻密的分子阻隔層，以保護埋置於混凝土中的鏽蝕鋼筋，減緩其腐蝕速率，以延長混凝土結構的使用年限。



VpCI轉鏽鈍化底漆

一種水性、微孔隙轉鏽鈍化底漆，塗刷於無法處理至裸金屬面的鋼筋鏽蝕層，其將滲透入鏽蝕層中，將其轉化成疏水性的鈍化黑色磁鐵礦(Fe_3O_4)，能有效阻隔濕氣與氧氣的侵蝕，使其不再鏽蝕，此鈍化層並不影響鋼筋與混凝土的握裹力。



即固V/O快速修補水泥砂漿

由特殊水硬性水泥、強化纖維、防蝕添加劑、特殊級配細骨材所調配製成的無收縮水泥砂漿，適用於頂拱與垂直面，不含金屬，不添加氯化物，具快硬、高強度、耐久與無收縮的特性，一次鏝抹厚度1~50mm，混凝土噴水濕潤即可直接鏝抹，不需底劑，結著性極佳，工作時間為25分鐘，且在2小時內可達到2,000 psi的強度。所添加的防蝕劑，可增加埋置鋼筋的防蝕保護。



修繕工法

1. 將剝落、脫層的混凝土敲除至完整的混凝土結構處。
2. 將整體混凝土表面上的積塵、塗料等以水刀清除乾淨，打開混凝土的毛細孔，以利於「MCI-2020滲透移動鋼筋阻鏽劑」的滲透。(如舊的混凝土面塗裝水性塗料如水泥漆，測試其是否具吸水性，如具吸水性，「MCI-2020滲透移動鋼筋阻鏽劑」即能滲入)
3. 將外露鋼筋上的鬆散鏽層用鐵刷徹底刷除至鏽皮程度(緊密附著的鏽層)，然後塗刷「VpCI轉鏽鈍化底漆」，待24小時轉化成黑色磁鐵礦後，即可使用「即固V/O水泥快速修補砂漿」補平，其不影響與水泥砂漿的握裹力。

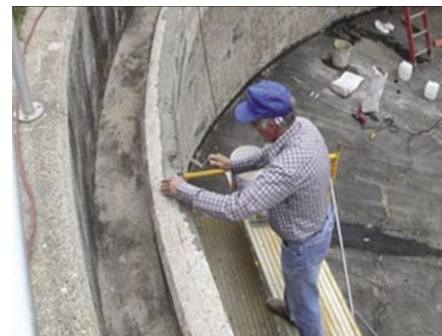


刷除外露鋼筋上的鏽層



塗刷「VpCI 轉鏽鈍化底漆」

4. 使用「即固V/O快速修補水泥砂漿」修補混凝土表面，並將其鏟平。「即固V/O」的包裝每桶22.7公斤，用水量約3.5公升，在拌合「即固V/O快速修補水泥砂漿」前，先將「即固緩凝劑」加入拌合水中攪拌均勻，再加入「即固V/O快速修補水泥砂漿」攪拌，所拌合完成的水泥砂漿量約 0.01m^3 ，如修補深度1cm，則修補面積為 1m^2 。修補後，通常不需要水養護或化學養護，但在乾燥、強風或炎熱的條件下，用水霧連續保持表面潮濕，直到表面達到足夠的強度。
5. 在整體混凝土表面噴佈「MCI-2020滲透移動鋼筋阻鏽劑」，以保護混凝土中所有埋置的鋼筋，減緩其腐蝕速率，其覆蓋量為 $3.68\text{m}^2/\text{公升}$ ，混凝土表面的孔隙大時，吸收率高，噴佈1道即達到所需的覆蓋量；如混凝土表面緻密時，需噴佈2道才能達到所需的覆蓋量。
6. 俟24小時後，以清水清洗混凝土表面殘留的「MCI-2020滲透移動鋼筋阻鏽劑」白色粉末，如混凝土表面需進行塗裝，則建議塗裝前再用清水清洗一次，以確保殘留於混凝土表面的細粉完全清洗乾淨。



以「即固 V/O 水泥砂漿」修補



噴佈「MCI-2020 表面處理劑」



康特MCI-2020 滲透移動鋼筋阻鏽劑 ~免敲除完整的混凝土結構~

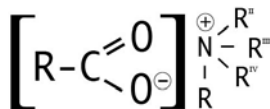
產品描述

MCI-2020係一種塗抹於混凝土表面的滲透移動鋼筋阻鏽劑，所含正、負雙極性的羧酸胺(Amine Carboxylates)氯化分子藉由毛細吸收與氯化擴散作用滲透入混凝土的結構中，並吸附於埋置的鋼筋上形成一層分子保護阻隔層，以抵抗碳化、氯化物與其他污染物的侵蝕，而不需敲除完整的混凝土結構。

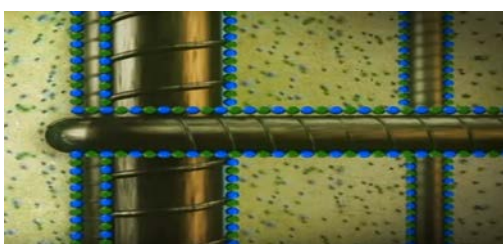
MCI-2020V/O係MCI-2020的抗垂流配方，其用於垂直與頂拱的表面。

防鏽原理

康特MCI滲透移動鋼筋阻鏽劑係含有機羧酸胺(Amine Carboxylates)的混合型鋼筋阻鏽劑，具正、負雙極性，所帶自由氮根與碳氫根將滲透、擴散，並強力吸附於鋼筋的陰、陽極上，形成一層緻密的分子保護阻隔層，而達鋼筋阻鏽的功能；其碳氫根(羧酸)將形成疏水層，有助於排除鋼筋上的水份，更提高其防蝕的功效。同時，其與混凝土中的成份反應，在毛細孔中形成不可溶的結晶鹽，可防止氯離子與其他污染物質的入侵。

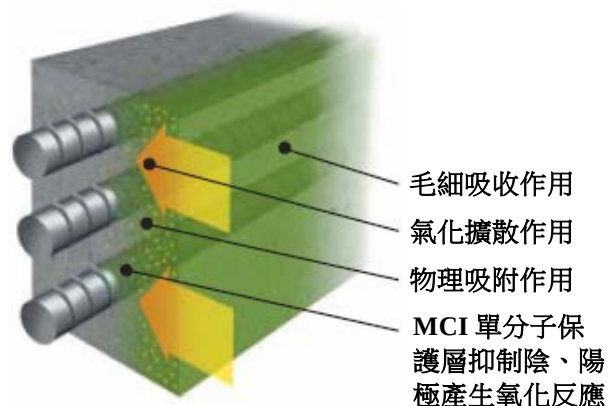


羧酸胺



使用範圍

- 既有的混凝土、預鑄混凝土、預應力混凝土、後張混凝土或海事混凝土結構的防護。
- 曝露於腐蝕環境如化學環境、解凍鹽等的橋樑、高速公路、工業地坪與停車場。
- 混凝土橋墩、水壩、海上平台、基樁、墩柱、管道、電線桿與冷卻塔。
- 飲用混凝土貯水槽。
- 鋼筋已外露與未外露的舊建築結構。



優點

- 保護因碳化、氯化物與其他有害侵蝕物所造成的鋼筋腐蝕。
- 有效降低已鏽蝕鋼筋的腐蝕速率。
- 經ANSI/NSF標準61核可用於飲用水的工程。
- 水性、不可燃。
- 不侵蝕玻璃、金屬或塗料。
- 不含亞硝酸鈣、不含蠟。
- 可直接噴佈於混凝土表面，不須敲除完整的混凝土結構。
- 藉氣化擴散，而非氣體阻隔。
- 使用簡單，可採噴塗、滾塗或塗刷方式施工。
- 養護時間極短，如有需要，可於表面達乾指觸時即可恢復車輛通行。
- 不論水平、垂直或頂拱等表面皆可滲透。
- 30天可滲透高達3英吋。

物理性質

MCI-2020

外觀	淡透明琥珀色液體
酸鹼值	9.0-9.5(純液)
密度	1.03-1.05公斤/公升

MCI-2020 V/O

外觀	透明黃色黏性液體
酸鹼值	9.0-9.7(純液)
密度	1.03-1.05公斤/公升

塗佈量

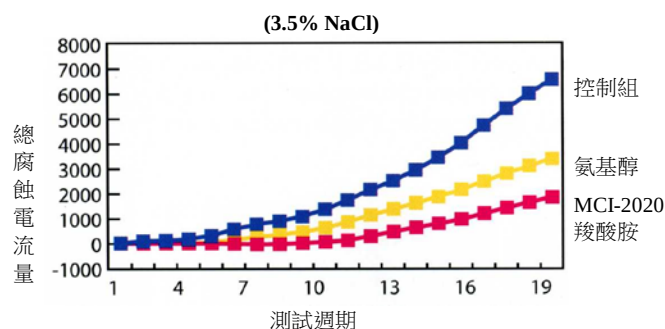
- 水平面
建議塗佈單層，塗佈量為 $3.68 \text{ m}^2/\text{公升}$ 。
- 垂直與頂拱面
建議塗佈雙層，每層塗佈量為 $7.36 \text{ m}^2/\text{公升}$ ，如使用抗垂流配方的MCI-2020 V/O，則建議塗佈單層，塗佈量為 $3.68 \text{ m}^2/\text{公升}$ 。
- 緻密混凝土頂拱面
建議塗佈雙層，每層塗佈量為 $7.36 \text{ m}^2/\text{公升}$ 。

包裝

5加侖(19公升)桶與55加侖(208公升)大桶包裝。

功效資料

龜裂樑表面處理測試(ASTM G109)

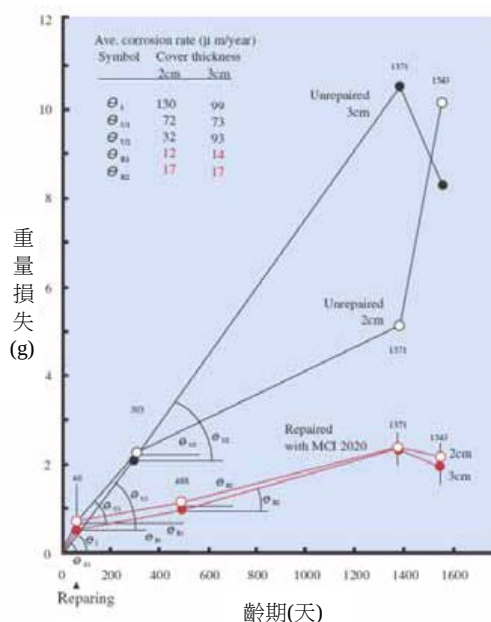


MCI-2020與未處理的樣品相比，可降低72%的腐蝕電流，同時也優於氨基醇基表面阻鏽劑。

報告來源：

Sherman, Matthew R., Krauss, Paul D. 混凝土以MCI-2000與MCI-2020處理後的龜裂橫樑腐蝕測試最終報告，WJE No. 922041，1995年1月。

降低腐蝕速率~含氯化物的混凝土



經塗佈MCI-2020的樣本與控制組相比，可降低腐蝕重量高達1/6~1/2。當龜裂的樣本塗佈MCI-2020後可有效減緩其腐蝕速率。此測試係依據ASTM G109標準，澆注三支排成三角形的樑柱試體，然後浸泡氯化鈉溶液二星期後置乾二星期，每四星期為一測試循環，且每月記錄所測得的半腐蝕電位與腐蝕電流的數據。

報告來源：

Nagayama, Dr. Masaru; Shimozawa, Mr. Kazuyuki. MCI-2020的長期腐蝕測試(1994年11月至1999年4月)，日本總合建築研究公司，1999年4月。

滲入混凝土中置換氯化物形成單分子保護阻隔層的效能：

濃度%

樣本	腐蝕時間(分)	鐵	氧	碳	氮	氯	鈣	矽
未處理	0	6.27	42.71	30.67	0.19	1.07	14.19	4.97
未處理	120	13.60	39.43	23.08	0.14	1.06	17.59	5.19
未處理	240	14.65	38.77	22.35	0.11	1.01	18.18	5.03
L2020	0	2.30	42.22	29.90	1.16	0.95	17.20	6.26
L2020	120	2.53	43.01	25.17	1.12	0.93	20.14	7.18
L2020	240	2.56	43.85	21.95	1.05	1.40	22.19	7.09
L2020M	0	2.02	40.20	18.55	1.32	0.87	11.54	5.53
L2020M	120	2.22	41.74	32.13	1.29	0.86	15.41	6.42
L2020M	240	2.02	43.61	28.99	1.15	0.83	15.92	6.68

經 500 天後，混凝土樣本藉由 XPS 分析顯示其化性因腐蝕時間長短而不同。

由XPS光譜儀分析顯示，由未處理樣本的鋼筋表面所測得氯化物存在的深度為60nm，濃度為0.44%，而經MCI-2020與MCI-2020M鋼筋阻鏽劑處理的樣本，其阻鏽成份分別存在鋼筋鏽層表面下70nm與85nm深度，氯化物濃度降至0.14%，證實MCI確實可滲入混凝土中置換氯化物，並形成一層保護阻隔層。

報告來源：

Bavarian, Behzad, PhD. and Reiner, Lisa.的鋼筋混凝土使用滲透移動阻鏽劑(MCI-2020&MCI-2020M)的功效測試報告，加州大學，Northridge，工程與電腦科學學院，2004年3月。



美國五角大廈修復工程選用 MCI-2020

表面處理

表面應乾燥、乾淨且不含任何油污、油脂、白華、撥水劑、塗層、薄膜與瀝青。可使用蒸氣清洗、水刀處理、或噴砂處理將表面清洗乾淨。

使用方法

依建議塗佈量，以噴塗(傳統無氣式或手壓式噴灑設備)、刷塗或滾塗方式施工。當需塗抹兩層時，需待第一層乾燥後才可塗佈，以利第二層於15分鐘內滲入。當需使用撥水劑、塗料、修補砂漿、或覆蓋塗層時，則表面需用清水沖洗、高壓清洗或噴水清洗，以清除所有的殘留物。

使用限制

- 塗佈面與大氣溫度應保持2°C~50°C之間。
- 如預測在施工後12小時內溫度可能降至0°C以下時，請勿施工。
- MCI-2020無法滲透入撥水劑、塗料、油漆、薄膜、或瀝青中。
- 如結構在塗佈MCI-2020後需浸泡入水中，則建議在MCI-2020塗層上塗上防水塗料後再浸泡。
- 使用MCI-2020處理時，混凝土結構中的氯含量不可超過3.5公斤/m³。

實績案例

五角大廈中的所有結構皆為鋼筋混凝土，但因混凝土碳化與鋼筋鏽蝕而嚴重剝落損壞。在嚴格評估下，慎選由美國Cortec Corporation所製造含羧酸胺的MCI-2020 V/O滲透移動鋼筋阻鏽劑，其滲透入混凝土中，並在埋置的鋼筋表面形成MCI單分子保護阻隔層，其有效保護碳化混凝土中的鋼筋，且降低其腐蝕速率，而達到阻鏽的功效。





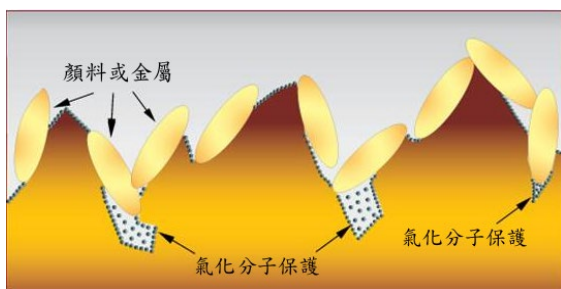
CorrVerter MCI Rust Primer 水性鋼筋轉鏽塗料

產品描述

CorrVerter MCI係一種水性轉鏽塗料，塗裝於鏽蝕碳鋼的鋼筋表面，其滲透入鏽蝕層至碳鋼基材與其結著，並硬化形成鈍化底漆，以阻止碳鋼持續產生鏽蝕。

CorrVerter MCI含有新型的化學螯合劑，可將鏽層轉化成疏水性鈍化層，結合高固成份水性乳膠、增稠劑與分散劑，以降低水氣貫穿過塗層，而提高抗鏽力。

康特CorrVerter MCI中所含氣化防鏽劑(VpCI)的氣化分子將滲透、吸附於深層碳鋼的基材表面，包括微孔隙內，於碳鋼表面形成緊密的疏水性封閉阻隔層，提供深層微孔隙阻隔功效。一旦塗層出現刮痕，VpCI氣化防鏽阻隔層將減少鏽蝕由刮痕雙側擴散蔓延，可降低塗層的損壞。



VpCI 氣化防鏽塗料將在金屬表面形成疏水性封閉阻隔層，保護深層微孔隙的金屬表面，防止產生微孔隙腐蝕現象。

將CorrVerter MCI轉鏽塗料直接塗佈於鏽蝕的鋼筋表面，其轉化的硬化塗層並不影響與鋼筋的握裹力。



特 徵

- 快速將碳鋼鏽層轉化成黑色底漆。
- 水性，可在各種不同氣候條件下進行塗裝。
- 在鏽蝕鋼件上塗裝3mil(75μm)乾膜厚的塗層，其鹽霧測試(ASTM B117)可達+1,000小時的防鏽保護。
- 轉鏽的塗層不影響混凝土與鋼筋的握裹力。
- 不含單寧酸或磷酸，不會釋出侵蝕金屬基材的酸性物質。
- VOC含量低。
- 具環保性、無毒性且不可燃。
- 即使在HCl、H₂S、SO₂&CO₂的氣體環境下也具效用。

建議使用與塗佈量

建議塗抹於鏽蝕碳鋼的鋼筋表面，塗裝後鏽蝕表面將轉化成黑色。

一般塗佈單層的覆蓋面積為4.2~5.6m²/公升；即每5加侖桶可覆蓋80~106m²/桶。

物化性

外觀	淺乳白色黏性液
固含量—重量計	52~58%
—體積計	40~42%
密度	1.35~1.44公斤/公升
揮發性有機物 (ASTM D3960)	12.0~24.0公克/公升
鉛筆硬度 (ASTM D3363)	F
黏度	7,000~20,000 cps
乾指觸時間	2~3小時
乾至可處理時間	4~6小時
加速乾化時間	15~20分鐘(65°C)
完全硬化	3至7天

使用指南

前處理

- 碳鋼鋼筋表面的鏽層、黑皮等異物需以鋼刷、砂輪磨砂機清除，牢固附著的鏽皮層可以不需去除，但鏽層厚度不可超過50μm。
- 如鋼筋表面有油污、積塵或污物，則使用1：20~40稀釋的VpCI-414清潔脫脂防鏽劑將其清洗乾淨。
- 高鹽害區域則需使用Chlor-Rid去氯、去硫清除劑。
- 以高壓空氣將塗裝面的水份吹乾。

塗裝

- 以塗刷方式塗裝，且需完全覆蓋鋼筋表面。
- 髹刷上的塗料需隨時保持極濕的狀態，且塗刷速度減緩為1/2，以確保其可完全滲透入鏽蝕層中。
- 塗裝膜厚須達50~100μm，而能完全覆蓋鏽層最高峰25~30μm以上。
- 乾燥或含濕氣的鋼筋表面皆可塗裝。
- 直接使用或可添加微量的水調薄，調薄的用水量不可超過10%。
- 對於較嚴重的鏽蝕表面，需在20~30分鐘內塗抹第二層，使完全深層滲透轉鏽，以達最佳的防鏽保護功效。
- 在灌注混凝土前，建議先置乾8~24小時。

限 制

- 此轉鏽塗料中的乳膠樹脂不抗紫外線，在室外會產生褪色現象，但不影響轉鏽防鏽的效能。
- 產品使用前需先徹底拌合。
- 如添加微量的水調薄，則充份拌合後需立即使用。
- 在不同的鏽蝕狀況下，轉鏽後會形成不同的黑色度，但不影響塗層的防鏽功效。此轉鏽塗料將持續轉鏽至完全硬化，一旦硬化，即具極佳的功效。

包裝與貯存

CorrVerter MCI以5加侖與55加侖桶包裝。貯存於陰涼乾燥處，其保存期限為1年。

標準測試方法與功效

鹽霧測試 (ASTM B117)	1,000小時 (75~125μm乾膜厚)
混凝土握裹力測試 (ASTM A944-05)	滑動0.117”(22,000磅荷重) (控制組0.159”)
濕度測試 (ASTM D-1748)	抗濕性250小時
結著測試 (ASTM D-3359)	結著性5B
彎曲測試 (ASTM D-522)	彎曲性1/2”
光澤度測試 (ASTM D-532)	光澤15~25
VOC測試 (ASTM D-3960)	VOC揮發性有機物含量
鉛筆硬度測試 (ASTM D-3363)	鉛筆硬度F

即固 V/O 快速修補砂漿

頂拱與垂直面專用

產品描述

「即固 V/O 快速修補砂漿」係由高性能水硬性水泥、強化纖維、防蝕添加劑、特殊級配細骨材所調配而成，呈現混凝土灰色，其顏色與一般波特蘭混凝土近似。先進的自硬性技術，通常不需濕養護。「即固 V/O 快速修補砂漿」不含金屬，不添加氯化物，只需加水拌合即可，其具快硬、高強度、耐久與低收縮率的特性，工作時間為 25 分鐘，且在 2 小時內可達到 2,000 psi 的強度。所添加的防蝕劑，可增加埋置鋼筋的防蝕保護。

應用

一般用於混凝土剝落處的修補，包括水平與頂拱面。



優點

- 自硬性技術，通常不需濕養護。
- 具鋼筋防蝕保護性。
- 含強化纖維。
- 抗凍融性。
- 呈現混凝土灰色，顏色與一般波特蘭混凝土近似。
- 具極佳的結著性。
- 2小時可達到2,000 psi的強度。

物理資料

- | | |
|--|---|
| ➤ 一般凝固時間(ASTM C266)
初凝：30 分鐘
終凝：50 分鐘 | ➤ 抗壓強度(ASTM C109 改良)
2 小時：2,000 psi
24 小時：4,000 psi
28 天：6,000 psi |
| ➤ 抗彎強度(ASTM C348)
7 天：400 psi
28 天：800 psi | ➤ 抗剝落性(ASTM C672 / C928)
等級：0 |
| ➤ 抗凍融性(ASTM C666)
耐久性：95% | ➤ 長度變化(ASTM C157/C928)
28 天：0.03% (大氣/水貯存下) |
| ➤ 氯離子快速滲透(ASTM C1202)
28 天：<1000 庫侖(coulombs) | |

包裝與貯存

「即固 V/O 快速修補砂漿」以 22.7 公斤(50 磅)/桶包裝，請貯存於陰涼乾燥處，避免陽光直射。未損壞的包裝下，其貯存期為 12 個月。

施 工 方 法

表面處理

敲除所有表面損壞、遭受污染或不完整的混凝土，且將欲修補表面的油脂、積塵或其他雜物等清洗乾淨，以利於與舊混凝土的結著。鏟抹前，需用水濕潤混凝土修補表面至飽和狀態，但不可有任何積水現象。

使用材料

主要材料：「即固 V/O 快速修補砂漿」，1 桶

輔助材料：緩凝劑(Set-綠色字)，1 包。每包緩凝劑可延緩 15 分鐘的凝固時間。

拌 合

在拌合桶中倒入適量乾淨的自來水作為拌合水。開啟電動泥漿攪拌器，如需延長工作時間，先將「即固緩凝劑」加入拌水中攪拌均勻，然後再添加入「即固 V/O 快速修補砂漿」，持續攪拌至不結塊、均勻的稠度(通常需 2~3 分鐘)，但須避免攪入大量的空氣。

用 水 量

每桶 22.7 公斤「即固 V/O 快速修補砂漿」的用水量為 3.3~3.8 公升，但不可超過 3.8 公升。用水量越少，可達到的強度越高。

鏟抹厚度與覆蓋量

「即固 V/O 快速修補砂漿」的鏟抹厚度由 0.1~5.1cm。當用於垂直面與頂拱小面積的修補，厚度可達 15.2cm。每桶 22.7 公斤「即固 V/O 快速修補砂漿」的水泥砂漿量約為 0.01m³。

施 工

「即固 V/O 快速修補砂漿」一般以傳統方法鏟抹至完成的修飾面。修補處的混凝土表面需用水濕潤至飽和狀態，但不可積水，且不可鏟抹於凍結的混凝土表面上。

溫 度

溫度愈高，「即固 V/O 快速修補砂漿」的作業時間愈短，因此，修補砂漿需保持於低溫下，或使用較冰冷的拌合水。溫度低於 21°C 時，將延緩硬化的速度，如施工面或室溫低於 7.2°C，則不可施工。

養 護

「即固 V/O 快速修補砂漿」在 21°C 的條件下，通常不需要水養護或化學養護。在乾燥、強風或炎熱的條件下，用水霧連續保持表面潮濕，直到修飾面達到足夠的強度。