

國土交通省

新技術資訊提供系統 (NETIS)

註冊編號 QSK-080005-A

# 混凝土之物理化學性防蝕工法 鋼筋防鏽鹽害因應工法

混凝土結構體防蝕工法  
(GF防護工法)  
(Slag Lead工法)

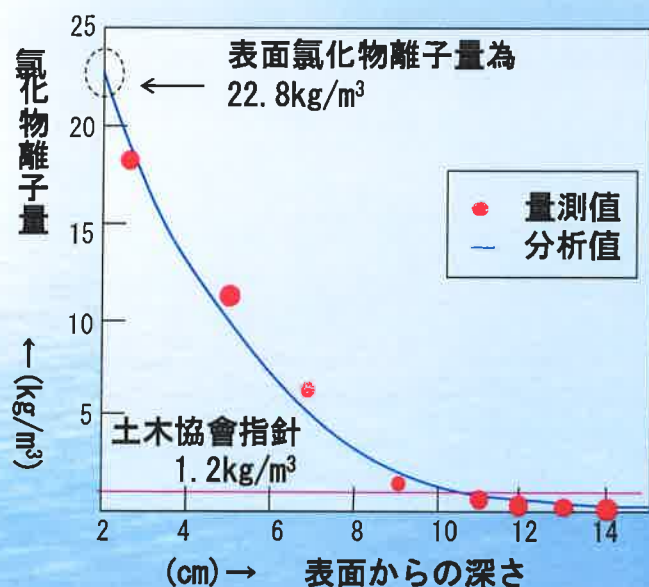
## · 研究開發概要

本工法主要是於混凝土結構體中性化後或遭受鹽害後，用以延長其使用壽命。施工方式則使用亞硝酸鹽的鋼筋防蝕作業，與透過嵌入模板等進行之斷面復原，達到維護結構體的目的，是種相當環保的修補、補強工法。

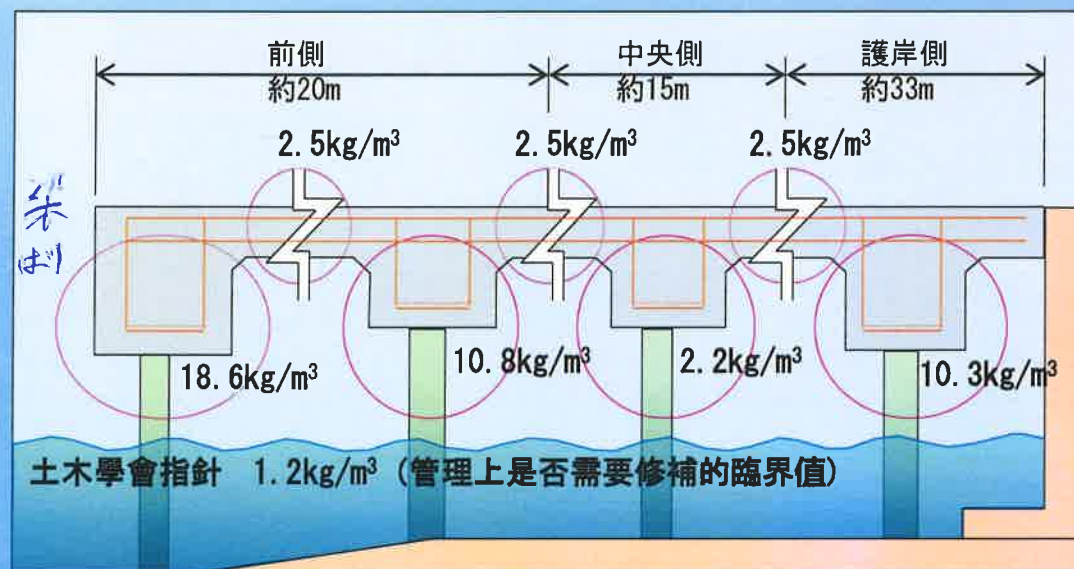
# ①背景及目的

■氯離子若存在於鋼筋混凝土之中，將會破壞鋼筋的鈍化保護膜，  
導致混凝土剝落等，嚴重的損害。

■表面起算的深度與氯化物離子量間的關係



■停泊處(碼頭、棧橋)表面氯化物離子量的實例

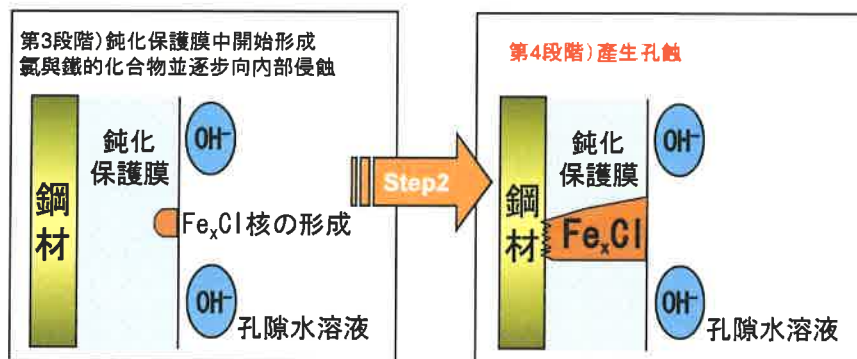
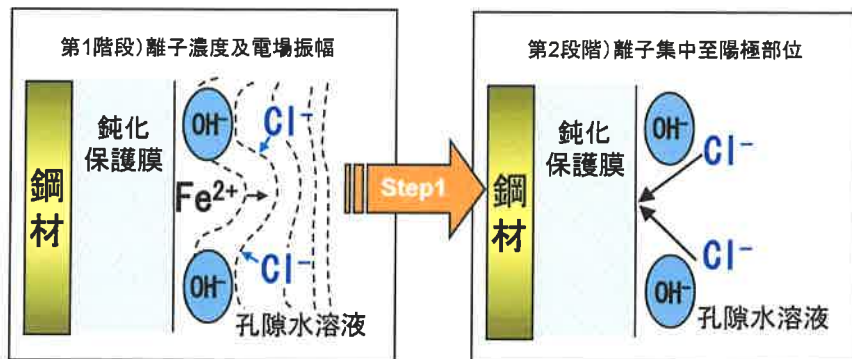


■本公司開發的此工法為防鏽劑 (亞硝酸鹽) 混和砂漿 (薄泥漿) 之鋼筋鈍化保護膜再造技術，藉此除可保護既有混凝土結構體不受殘存於內部的氯離子傷害，同時亦可消除或減少之後從外部滲入的腐蝕因子。

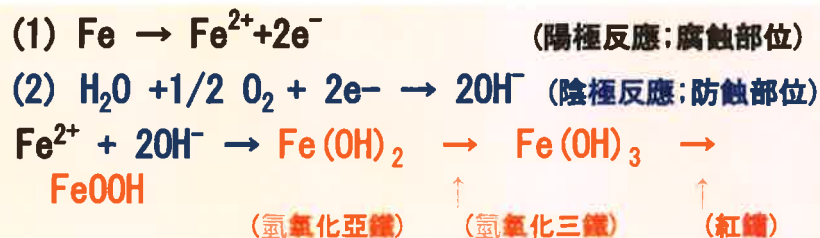
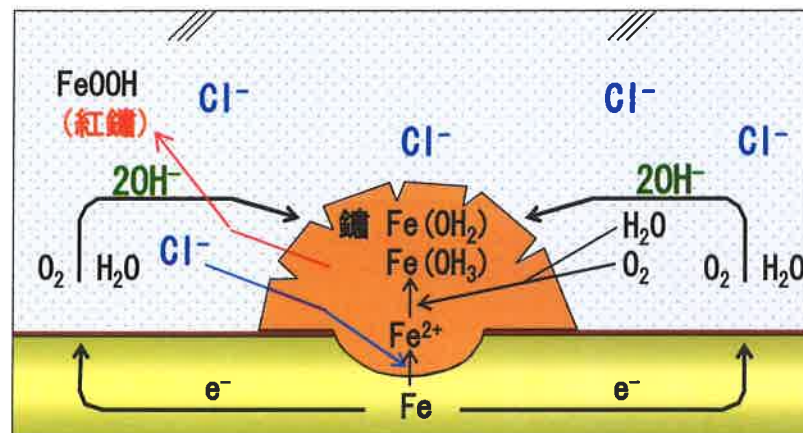


## ②鋼筋的腐蝕電位

正常混凝土中的鋼筋，由於混凝土的強鹼性，會於鋼筋表面形成一種「鈍化保護膜」，因此不易遭受侵蝕。



但是，當混凝土發生中性化(混凝土的酸鹼值下降)或遭受鹽害(氯離子達一定濃度)之後，此鈍化保護膜將會遭到破壞，進而造成電化學腐蝕，鋼筋隨即開始遭受侵蝕。

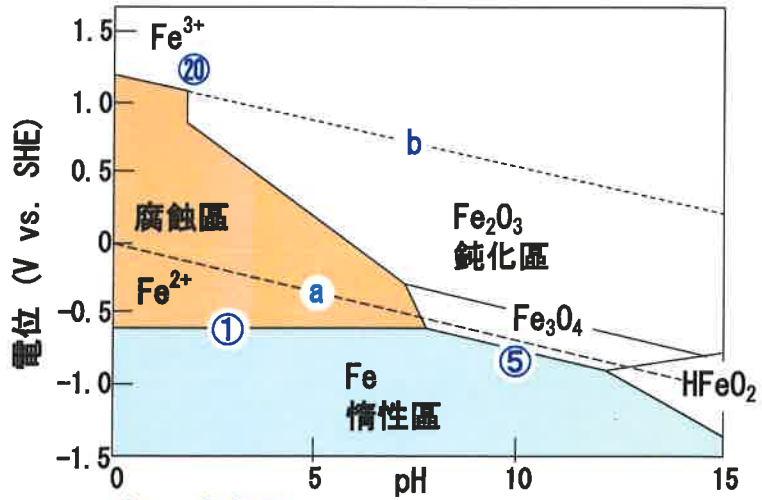


(銅-硫酸銅電極)	(Pb電極)	
-126~-150	+675~+651	90%以上不會遭受腐蝕
-151~-175	+650~+626	
-176~-200	+625~+601	
-201~-225	+600~+576	不確定會不會遭受腐蝕
-226~-250	+575~+551	
-251~-275	+550~+526	
-276~-300	+525~+501	
-301~-325	+500~+476	90%以上會遭受腐蝕
-326~-350	+475~+451	
-351~-375	+450~+426	
-376~-400	+425~+401	
-401~-425	+400~+376	
(mV)	(mV)	

(ASTM C876腐蝕評斷基準)

# 鐵的電位-pH的關係與電化學防蝕的原理

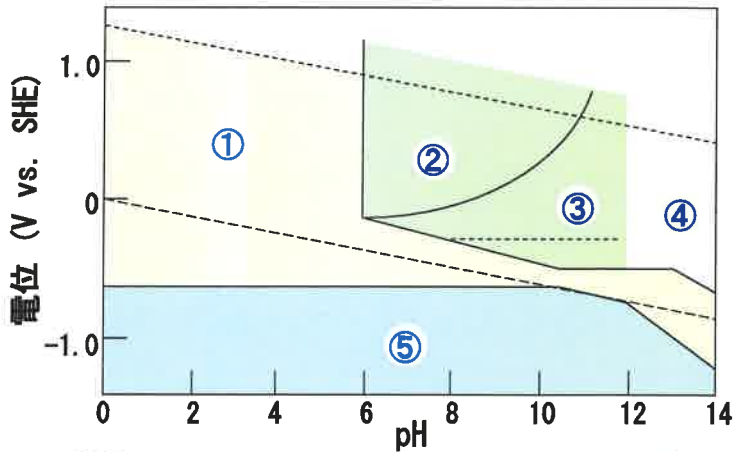
(a) 藉由化學熱力學得出的計算值



a 產生氧氣, b 氧氣還原

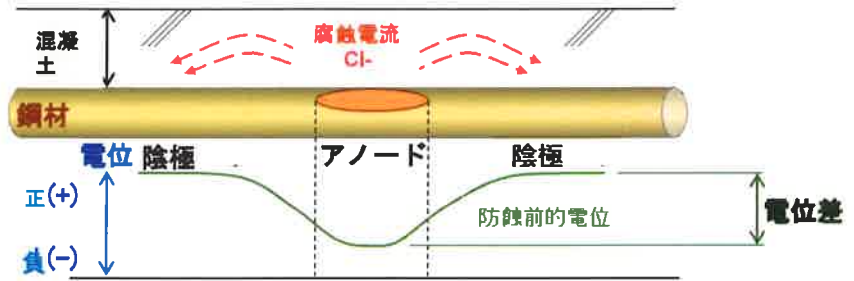


(b) 於含NaCl 10<sup>-2</sup>M的環境下產生局部腐蝕的情況

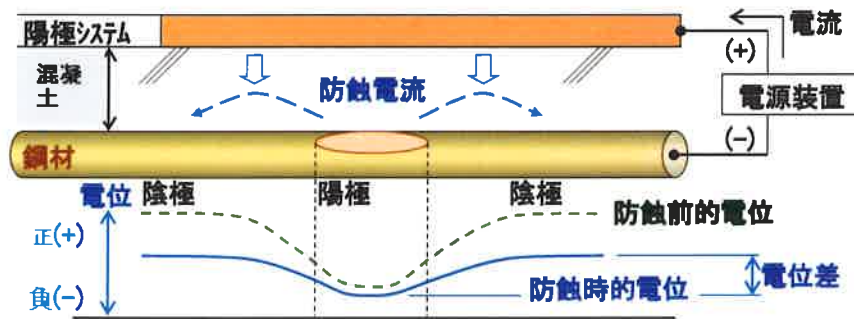


①全面腐蝕區 ②孔蝕區 ③不完全鈍化區 ④完全鈍化區 ⑤惰性區

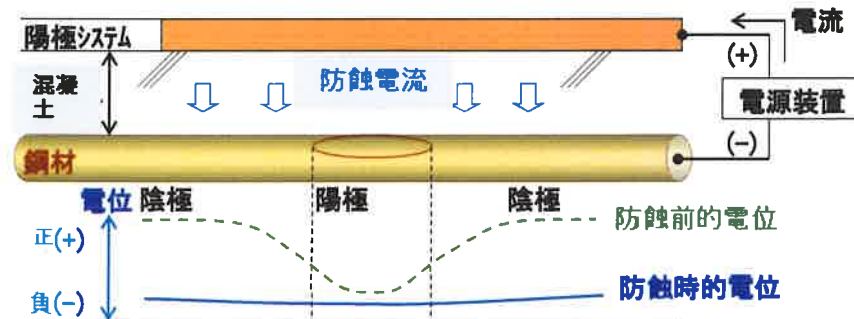
(a) 鋼材的腐蝕(防蝕前)



(b) 防蝕電流不足時

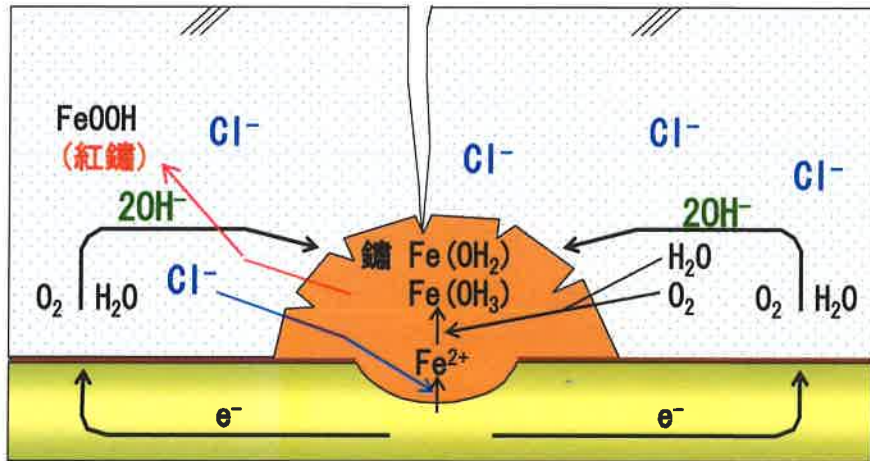


(c) 防蝕電流充足時

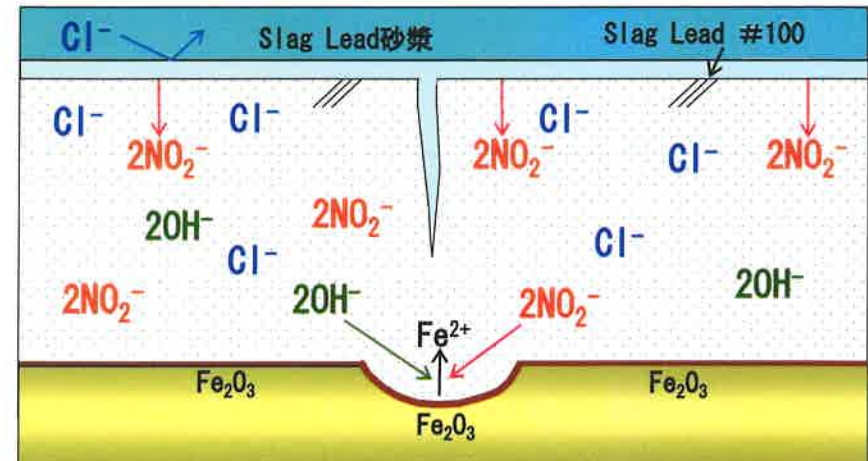


### ③ Slag Lead #100、#110的防鏽效果

#### 腐蝕概念

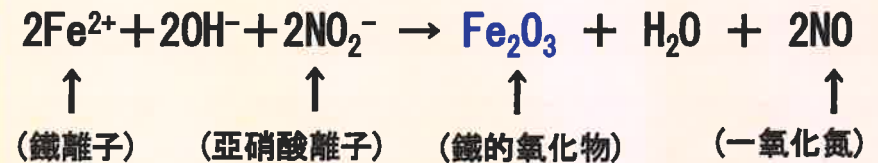
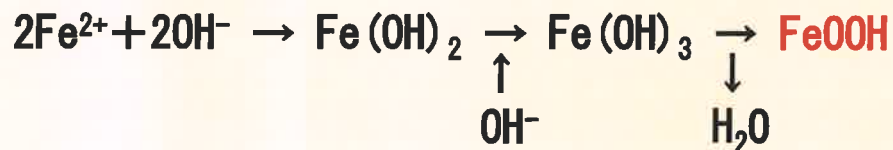
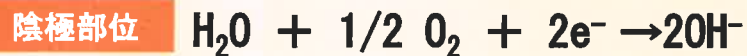
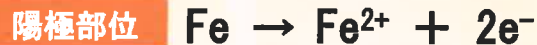


#### Slag Lead的防鏽概念



#### Slag Lead #100、#110的防鏽效果

鈍化保護膜為一種細密的氧化物 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )，氯化物離子 ( $\text{Cl}^-$ ) 會破壞鈍化保護膜，並且會溶解金屬的鐵 (溶出後形成二價的  $\text{Fe}^{2+}$ )，而亞硝酸離子 ( $\text{NO}_2^-$ ) 會與二價的  $\text{Fe}^{2+}$  發生反應，促成鈍化保護膜的再生。





# ④不同種二次噴塗的砂漿產生之鋼筋腐蝕情況差異

## ■樣本形式



## ■試驗內容

藉由改變二次噴塗的砂漿種類，  
比較鋼筋腐蝕與抑制腐蝕的情況。

### 二次噴塗的砂漿

- A. 含氯化物的砂漿 (NaCl 0.2%/砂漿)
- B. 普通水泥砂漿
- C. 高分子水泥砂漿
- D. 加入防鏽劑的砂漿

## ■試驗結果

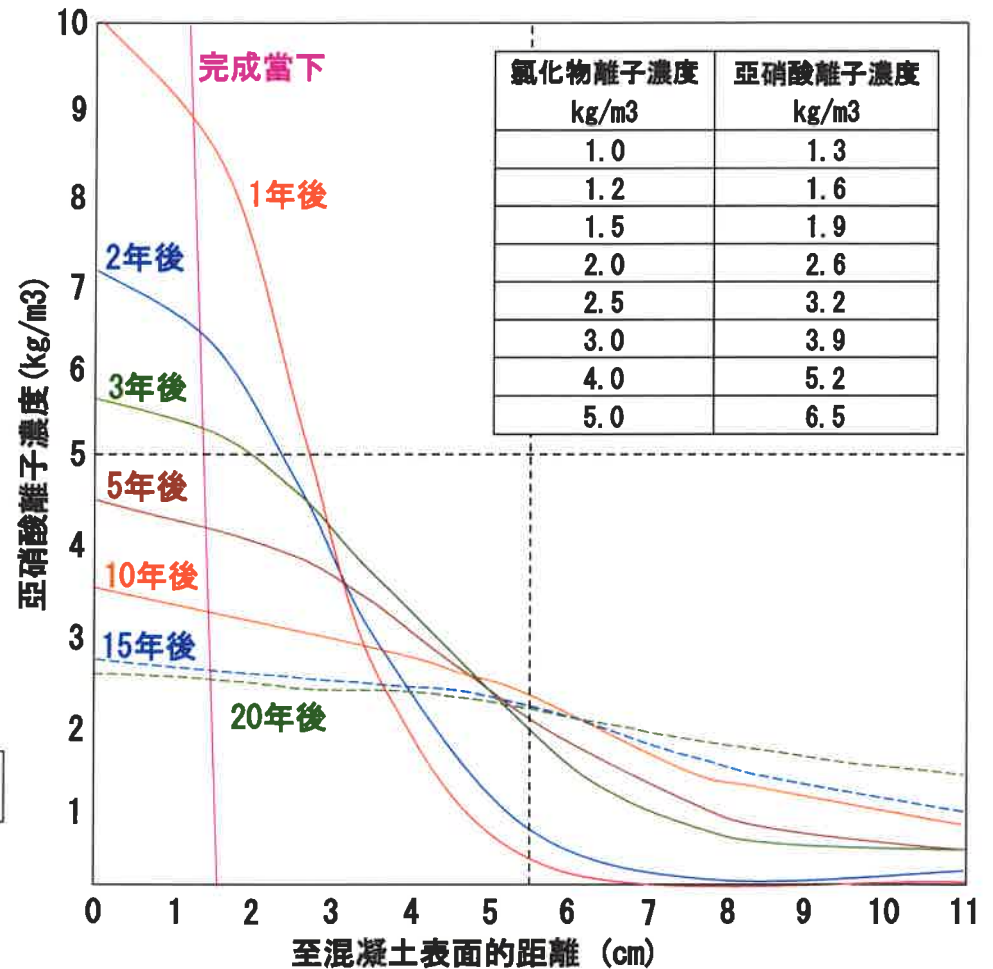
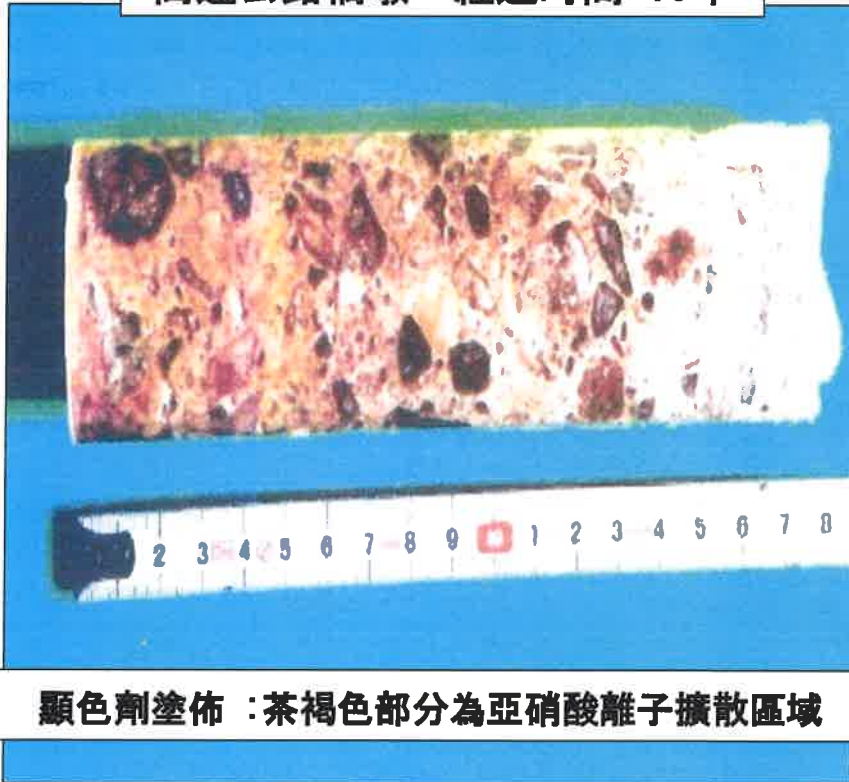
二次噴塗的砂漿	鋼筋的腐蝕情況 170 130 170 ■ : 正常部位 ■ : 腐蝕部位	腐蝕面積率%		
		左	中	右
含氯化物的砂漿 NaCl 0.2%/砂漿		100	81	79
普通水泥 砂漿		99	23	100
高分子水泥 砂漿		72	13	97
加入防鏽劑的砂漿 Slag Lead #100 #450		0	0	41

(70°C - 相對溼度90%以上 - 48hr/15°C - 相對溼度60% - 48hr) × 15週期後的鋼筋腐蝕情況

## ⑤硝酸鉀的擴散

1. 試驗場所 · 高速公路下方結構體
2. 使用年數 · 10年
3. 塗佈量 · 40%硝酸鉀水溶液200g/m<sup>2</sup>  
· 以刷塗抹砂漿(含有硝酸鉀4.7%)0.5mm厚

高速公路橋墩 經過時間 10年







# ⑦開發實作工法

## (一) 表面塗佈工法



砂漿塗佈

## (二) 特殊FRP板張貼工法



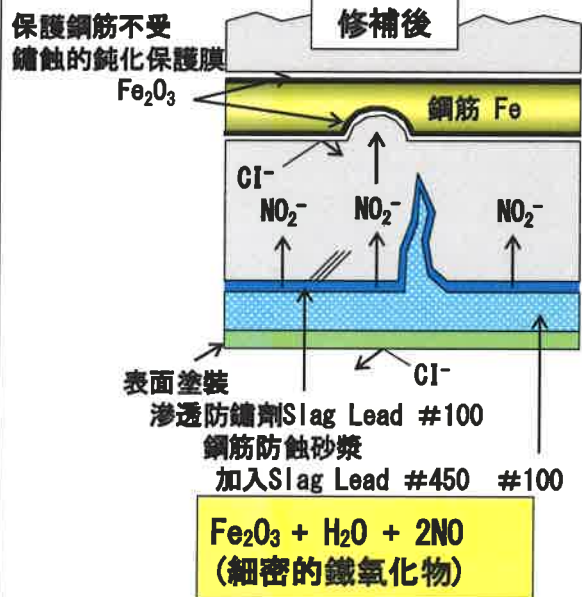
FRP張貼修補

## (三) GF防護工法

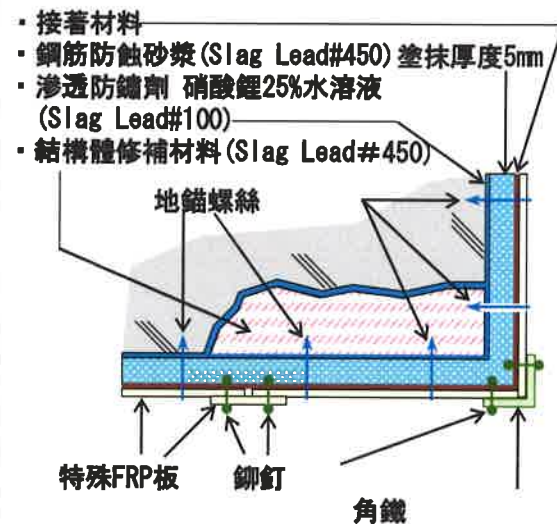


透過注入設備注入防護材料

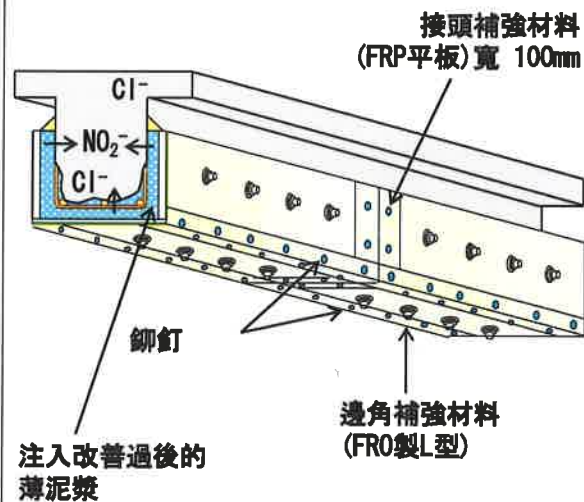
### (構造圖)



### (構造圖)



### (構造圖)



## ⑧ 混凝土結構體鋼筋防蝕工法 (依損傷狀況組合運用)

	GF防護工法 (厚35mm)	表面張貼FRP板工法	表面處理 (表面塗佈) 工法	GF防護等複合式工法
工法概要	此為混凝土結構體鋼筋防蝕工法，用以延長劣化後的混凝土結構體壽命，透過嵌入模板等進行之斷面復原，達到維護結構體的目的，是種相當環保的修補、補強工法	此為GF防護的簡略工法，透過直接裝設特殊的FRP板，藉此達到近似GF防護的效果	於目標部位整個的混凝土表面，塗上混有硝酸鋰水溶液的砂漿，讓其滲入鋼筋，藉此達到長期防鏽的效果	例如，以左圖工法， <ul style="list-style-type: none"> <li>· GF防護工法 20%</li> <li>· 表面張貼FRP板工法 20%</li> <li>· 表面塗佈工法 60%</li> </ul> 的面積比例所構成的複合式工法
概略圖				
估價單價 (直接工程費)	141,783日圓/m <sup>2</sup> (水泥板下面平均厚度75mm) 參考價格：104,700日圓/m <sup>2</sup> (平均厚度35mm)	參考價格：41,716日圓/m <sup>2</sup>	參考價格：28,697日圓/m <sup>2</sup>	(GF防護工法價格×20%) + (表面張貼FRP工法×20%) + (表面塗佈工法×60%) =34,815日圓/m <sup>2</sup>
NETIS 單價 (直接工程費)	85,488日圓/m <sup>2</sup> (約新台幣24364元) *匯率以1(日圓):0.285計算	32,523日圓/m <sup>2</sup> (型錄單價) (約新台幣9269元)	18,687日圓/m <sup>2</sup> (型錄單價) (約新台幣5325元)	34,815日圓/m <sup>2</sup> (約新台幣9922元)

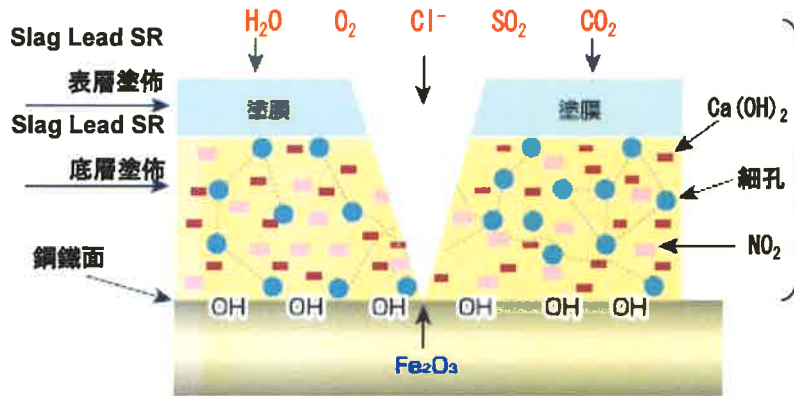


# ⑨ Slag Lead SR工法

## ■ Slag Lead SR工法的特徵

塗膜中由於包含水泥、無機粉體及亞硝酸鹽，可同時達到鹼性防蝕與自我修補的防蝕作用，因此可讓構造體的防蝕效能急速提升。

## 複合式（自我修補）防蝕工法



複合式  
（自我修補）  
防蝕工法

就算刻意刮傷  
塗膜也不會生鏽

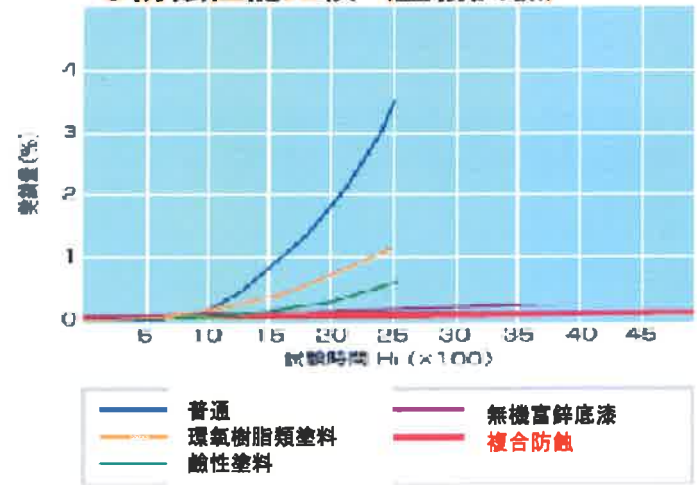


■ 鹽霧試驗 (200次 × 8小時 = 1600小時)  
 ※CASS溶液噴霧4Hr、乾燥 (60°C、濕度50%) 2Hr  
 耐濕試驗 (50°C · 濕度95%) 2Hr



複合式防蝕      鹼性塗料      環氧樹脂類塗料

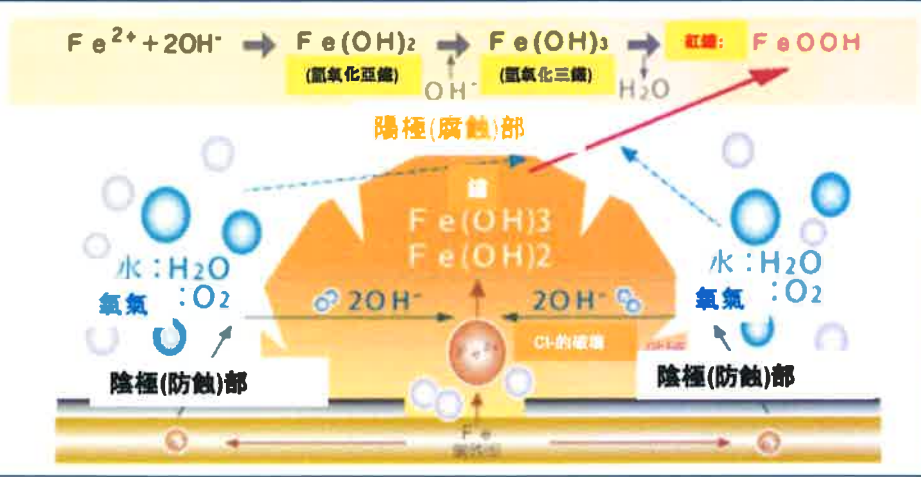
### ● 防蝕性能比較 (鹽霧試驗)



※本實驗結果僅為公司內部測試數據，並不保證其品質優劣。

# 腐蝕概念

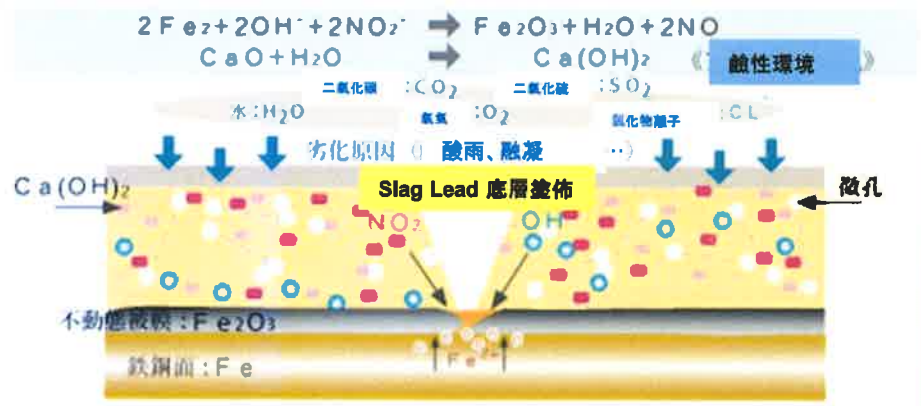
陽極反應的生成物 $Fe^{2+}$ 與陰極反映的生成物 $OH^-$ 相互結合形成 $Fe(OH)_2$ ，其氧化後則會生成 $Fe(OH)_3 \cdot FeOOH$ 等的鏽。  
依整體而論，其實就是鐵與水、氧氣結合後形成水合氧化物的反應。



# 技術概要

## ◆Slag Lead 底層塗佈

透過鐵離子與亞硝酸離子相互結合形成鐵的氧化物，藉此重新建構鈍化保護膜。



## ◆Slag Lead 表層塗佈

此表層塗佈為兼具疏水性及親水性的配比設計。由於具有此種功能，因此有助於增強底層塗佈的附著性及防蝕性。

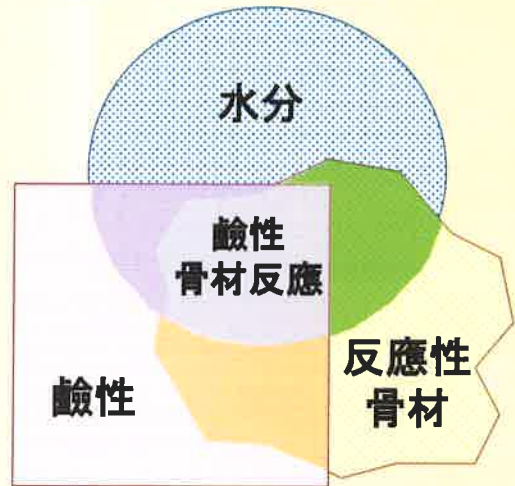


疏水性: 排除存在於底層塗膜上的水分，讓物體較容易直接接觸塗佈其上的物質。  
親水性: 吸收疏水性無法排除的剩餘水分，因此塗佈層容易潮濕。



# ⑩鹼性骨材反應調查實例

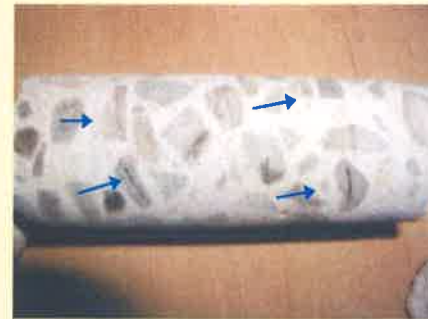
## 產生鹼性骨材反應



※有害的反應性骨材  
蛋白石 玉髓 白砂石  
二氧化矽 火山玻璃石等

### ●鹼性骨材反應

由於混凝土中的鹼性金屬離子 ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) 與骨材內的二氧化矽礦物產生以下的反應，因而生成矽酸鈉。



照片1  
因鹼性骨材反應導致的  
骨材龜裂



照片2  
因鹼性骨材反應產生的  
黑色環 (rim)



照片3  
因箍筋膨脹導致的橫梁混凝土龜裂

在判定鹼性骨材反應時，必須完成調查混凝土中的鹼含量、以偏光顯微鏡判定骨材的岩石種類、圓形取樣後量測樣本膨脹量等檢測，才能判斷是否為鹼性骨材反應。

# 福岡北九州高速道路社 北九州道路 混凝土護欄修補工程

塗佈鋼筋防鏽劑Slag Lead #100



剝落情形



補充Slag Lead #100・#450實況



完成断面修復



Slag Lead #100・#450

完成因應鹽害的砂漿澆置



完成B規格的表面保護塗裝





# ■執行報告■

施工前(整體情況)



完成當下



完成後7年



施工前(局部)

完成當下

完成後7年



# 唐津港棧橋

施工前



施工前



施工中



施工中



施工中



完成



# ■ 施工實例 ■

施工前



完成

施工前



完成

施工前



完成



# ■施工實例■

施工中



施工前



施工中



完成



完成



完成



## 聯絡方式

⊕ DAIKI工業株式會社  
福岡縣北九州小倉北區赤坂五丁目6番64號  
TEL:093-541-6081  
FAX:093-541-6516  
Email : [gf-protect@daiki-kogyo.co.jp](mailto:gf-protect@daiki-kogyo.co.jp)

⊕ エス・エルテック株式會社  
福岡縣北九州小倉北區赤坂五丁目6番64號  
TEL:093-541-6101  
FAX:093-541-6120  
E-mail : [sl-tech@mwd.biglobe.ne.jp](mailto:sl-tech@mwd.biglobe.ne.jp)

