

# 內政部建築研究所專題研究計畫成果報告

計畫名稱 鋼筋混凝土建築物之修復與補強技術彙編  
(二)

計畫編號 MOIS 892034

執行期間 中華民國88年10月1日至89年9月30日

鋼筋混凝土建築物之修復與補強技術彙編 (二)

主 持 人：丁育群 副所長

共同主持人：陳宗禮 總經理

主辦單位：內政部建築研究所

中華民國八十九年九月

# 內政部建築研究所專題研究計畫

計畫名稱 鋼筋混凝土建築物之修復與補強技術彙編(二)

執行期間 八十八年十月一日至八十九年九月三十日

鋼筋混凝土建築物之修復與補強技術彙編(二)

主持人：丁育群 副所長

共同主持人：陳宗禮 總經理

主辦單位：內政部建築研究所

中華民國八十九年九月

# 內政部建築研究所專題研究計畫

計畫名稱 鋼筋混凝土建築物之修復與補強技術彙編(二)

執行期間 八十八年十月一日至八十九年九月三十日

## 鋼筋混凝土建築物之修復與補強技術彙編(二)

主持人：丁育群 副所長

共同主持人：陳宗禮 總經理

小組委員：黃 斌 沈進發

王武烈 林維明

研究助理：陳俊琦

主辦單位：內政部建築研究所

中華民國八十九年九月

# 內政部建築研究所專題研究計畫

計畫名稱 鋼筋混凝土建築物之修復與補強技術彙編(二)

執行期間 八十八年十月一日至八十九年九月三十日

## 鋼筋混凝土建築物劣化之修復與補強技術手冊

主持人：丁育群 副所長

共同主持人：陳宗禮 總經理

主辦單位：內政部建築研究所

中華民國八十九年九月

## 前 言

近年來，在多數產業中對於資源之有效利用及地球環境保護等之整合均趨於積極，且對於資源之再利用及技術之提昇的意識亦日趨強烈。以建築物而言，往日由建設、劣化、重建更新之消費周期的傳統觀念已有變更之必要，諸如三世代住宅及長壽命住宅等，均在新建時即致力提昇其耐久性，並以充分之維護保養來嘗試使建築物之生命週期得以延長之方法。但對既有建築物而言，由於以往僅注重其安全性及強度，很少對建築物之耐久性加以考慮，尤其是像耐久性最高的鋼筋混凝土構造建築物之早期劣化的問題，以及依據舊有之設計、施工規範設計、施工之既有建築物的耐震強度不足的問題，經1999年 9月 21日九二一集集大地震浩劫後，均已浮現。

混凝土素材，在一般環境下雖可以維持數百年的壽命，但用於建築物時，則必須與補強材之鋼筋併用才能構成鋼筋混凝土構造之建築物結構體。而由於種種原因，混凝土中之鋼筋會隨著時間而鏽蝕，且因之降低了結構的強度，因結構體之劣化致建築物整體之耐久性亦明顯受損。因此，為了延長使用中之建築物的耐久性及壽命，如何抑制混凝土中鋼筋之腐蝕量及速度，則成為必要之課題，適切的結構體補修是必要的。

鋼筋混凝土構造建築物之結構體，因有粉飾材及設備機器、配管類及裝修等併合成複雜的狀態，故除了局部的劣化現象（骨材鹼質反應之早期劣化現象）外，結構體的劣化，用肉眼難以察覺其劣化之進行情形，欲及早發現會影響建築物之結構安全性及物理性壽命之劣化而謀求補修之對策（正確診斷、評估），乃為極高難度的一種構造。其結果對建築物之使用管理者而言，很難對結構體之劣化進行狀態作早期的識別，等到劣化浮出表面，肉眼可見時，建築物已遭受致命性的損傷了。因此，為了維護結構體之耐久性，應以適切之調查、診斷、評估、補修方法作定期維護保養及補修，來抑制劣化是非常重要的。

為謀求我國重要的財產之既有鋼筋混凝土構造建築物之延命化及維持延長其使用壽命之重要的社會需求，使國家有限資源得以合理的利用，乃將國內及國外已發展之修復補強實務經驗彙編成「技術手冊

」，以協助作建築物調查、診斷、評估、修復補強施工之技術人員提昇其具可靠性的公平、公正、正確的判斷技術能力，並期實現上述之社會需求。

本「技術手冊」——「鋼筋混凝土建築物之修復與補強技術手冊」乃以台灣本土之既有鋼筋混凝土建築物為對象，依早期國內之設計、營建施工等特性，作為修復與補強技術之研究重點，並參考國外之最新且有效之修復與補強技術中可資引用之合適工法、材料及二十多年來國內之修復與補強施工實例之成效作驗證，研究出一套可資國內既有鋼筋混凝土建築物之修復與補強之調查、診斷及補強、補修設計與施工之技術手冊，期對國內之修復與補強之專業技術能力有所提昇，並對於日後之鋼筋混凝土建築物的設計及施工手法之改善有所裨益。

鋼筋混凝土構造之既有建築物之補強、補修技術，因其需求及目的之不同，採取之施工手段亦有不同，茲將其類別與定義述之如下，以資區別：

#### <一>震害受損之緊急補強、補修修復——（急救保命）

既有建築物受地震外力之作用，因結構系統或材料強度等之耐震能力不足致遭局部損傷或損壞者，必須採取補強或補修之手段，方得以回復原有之耐震性能水準者，稱之為震害受損之「緊急補強、補修修復」。

#### <二>建物劣化之補強、補修修復——（養生延命）

既有建築物因受環境影響、材料劣化或其他內在、外在因素之劣化，致遭局部損傷或損壞者，必須採取補強、補修之手段，方得以回復原有之結構性能及耐久性之需求水準，以延長其生命週期與使用壽命者，稱之為建物劣化之「補強、補修修復」。——本「技術手冊」即以此項技術為重點。

#### <三>耐震改修之補強、補修——（復健強身）

既有建築物因原設計或現況之耐震能力，經評估不足以具備所需之抗震性能者，必須採取補強、補修或加強、改修之手段，方得以達到需求之耐震能力者（原有之耐震能力水準以上），稱之為耐震改修之「補強、補修」（一般狀況下，可能會改變原設計之結構系統或加作牆、構架或增大構材斷面等之加強改修）。

名詞之定義如下：

- ① 損傷——結構體鋼筋混凝土因外力或自體劣化造成之瑕疵，可採「補修」之手段，恢復原有之性能者。
- ② 損壞——結構體鋼筋混凝土因外力或自體劣化造成之瑕疵程度嚴重，非經「補強」或「局部重作」無法恢復原有之性能者。（先補強以消除損壞之因，再補修恢復原狀）
- ③ 補強——損傷或劣化之程度嚴重，必須將造成損傷或劣化之因素消除（配筋不足、斷面不足或鋼材腐蝕、混凝土剝落、脆裂等）或加強其性能之補修，稱為「補強」。
- ④ 補修——損傷或劣化程度，可採用修復之手段，使已損傷或劣化之部材或部品恢復原有之性能或機能至無實用上障礙之狀態的作業，稱為「補修」。
- ⑤ 改修——將建築物等之各項性能、機能，採用補強、補修、加作、重作或更新等手段，改善至初期原有以上之水準者之作業，稱為「改修」。

本技術手冊，由於係針對既有之鋼筋混凝土建築物之修復與補強，因其設計、施工情形及長年之使用養護維修狀況均不相同，且難以獲得完整之資料，僅能依據修復時之現狀，憑經驗來診斷、評估，故為極高難度之技術作業。在診斷時，需推測其損傷原因而對症下藥，且因目的之不同，所採用之方法、材料亦不同，例如常見之混凝土裂縫損傷，因材料之熱脹冷縮所致者或因內在鋼筋腐蝕鼓脹所致者，其補修係以抑制或抑止其劣化之進行為目的，而因地震外力或結構外力所致之裂縫，因其混凝土與鋼筋間之附著已因外力作用而脫離，喪失原有之握裹力，故其補修係以材料之注入或填補等二度膠結之方法，恢復其握裹力為目的，兩者雖同樣在外觀上顯示出裂縫，但因其原因與目的均不相同，故其補修之方法與材料亦不同，若未能對症下藥作正確之補修，則不但會使整個補修作業變成毫無意義，且可能因錯誤的補修技術而包藏著禍因，故不可不謹慎為之。

既有鋼筋混凝土建築物之補強、補修修復技術，就似醫生看病一樣，對於病人之年齡、體質、病情及復原目標均不一樣的狀況下，究

竟係「急救保命」或「養生延命」或「復建強身」，依目的不同，其診斷與醫治的方法及處方均應不同，否則如果診斷及處方錯誤，非但無法達到醫治的目的，反而可能使病情加劇，甚或一命嗚呼。故採用本技術手冊作為補強、補修修復之技術參考時，應先詳細評估本技術手冊中所列之各項規定是否適用，其目的是否相符，再加上自主性的經驗判斷，作成補強、補修之決策，如此方為本技術手冊編訂之目的。

。

主持人 陳宗禮 謹識  
於民國八十九年 九 月



# Integration of Rehabilitation and Retrofit technologies for Reinforced Concrete Buildings

CHEN TSUNG-LI\*

## ABSTRACT

This research Project, which was carried out in 2 years, was sponsored by Building Research Institute, Ministry of Interior. the main work completed in last first year was establishing the methods of technique for concrete repair and rehabilitation, and this year would be concentrated on establishing the revision of specification and commentary.

Reinforced Concrete(R.C) structures have excellent structural quality and durability performance, but there are many examples of early deterioration due to reinforced corrosion with subsequent spalling of concrete. TAIWAN is an island located in the subtropical zone with high temperature and relative humidity. In this marine environment. the RC buildings are easily deteriorated and corroded, The appropriate technique for repair and rehabilitation is urgent, therefore, The purpose of this research is to establishing the standard technical manual for the repair and rehabilitation of RC building. The target is the existing RC building in TAIWAN. The scopes of this research include investigation, analyzing, and reviewing of the design and construction measures of existing RC buildings. and evaluating the novel and effective repair and rehabilitation measures of RC buildings in the world and in TAIWAN.

By discussing and comparison of the available techniques, then a technical manual for durability investigation, diagnosis, repair and rehabilitation of R.C. buildings will be established.

It is expected the professional technical ability of repair and rehabilitation of R.C. buildings will be improved, with subsequent helpful for the design and construction measure adapted in this field.

The other purpose of this research, we wish it will be helpful for the retrofit and repair methods of earthquake devastated RC buildings.

---

Submitted by : Building Research Institute Ministry of Interior

\*President, Amoeba Consulting Engineers.

# 鋼筋混凝土建築物之修復與補強 技術彙編（二）

丁育群\* 陳宗禮\*\*

## 摘 要

近年來，在多數產業中對於資源之有效利用及地球環境保護等之整合均趨於積極，且對於資源之再利用及技術之提昇的意識亦日趨強烈。以建築物而言，往日由建設、劣化、重建更新之消費周期的傳統觀念已有變更之必要，諸如三世代住宅及長壽命住宅等，均在新建時即致力提昇其耐久性，並以充分之維護保養來嘗試使建築物之生命週期得以延長之方法。但對既有建築物而言，由於以往僅注重其安全性及強度，很少對建築物之耐久性加以考慮，尤其是像耐久性最高的鋼筋混凝土構造建築物之早期劣化的問題，以及依據舊有之設計、施工規範設計、施工之既有建築物的耐震強度不足的問題，經1999年9月21日九二一集集大地震浩劫後，均已浮現。

為謀求我國重要的財產之既有鋼筋混凝土構造建築物之延命化及維持延長其使用壽命之重要的社會需求，使國家有限資源得以合理的

利用，乃將國內及國外已發展之修復補強實務經驗彙編成「技術手冊」，以協助作建築物調查、診斷、評估、修復補強施工之技術人員提昇其具可靠性的公平、公正、正確的判斷技術能力，並期實現上述之社會需求。

本「技術手冊」——「鋼筋混凝土建築物之修復與補強技術手冊」乃以台灣本土之既有鋼筋混凝土建築物為對象，依早期國內之設計、營建施工等特性，作為修復與補強技術之研究重點，並參考國外最新且有效之修復與補強技術中可資引用之合適工法、材料及二十多年來國內之修復與補強施工實例之成效作驗證，研究出一套可資國內

既有鋼筋混凝土建築物之修復與補強之調查、診斷及補強、補修設計與施工之技術手冊，期對國內之修復與補強之專業技術能力有所提昇，並對於日後之鋼筋混凝土建築物的設計及施工手法之改善有所裨益。

\* 內政部 建築研究所 副所長

\*\* 內政部 建築技術審議委員會 委員  
一梅達工程顧問有限公司 總經理

# 鋼筋混凝土建築物之修復與補強技術彙編（二）

## 目 錄

### 第一章 總則

- 1. 1 目的
- 1. 2 適用範圍
- 1. 3 定義
- 1. 4 新材料、新工法

### 第二章 調查、診斷、評估及補強補修計畫

- 2. 1 調查、診斷、評估之基本事項
- 2. 2 補強、補修之基本計畫
- 2. 3 調查、診斷、評估及補強、補修之作業流程
- 2. 4 緊急處置

### 第三章 調查

- 3. 1 一般事項
- 3. 2 建築物概要調查
- 3. 3 外觀目視調查
- 3. 4 詳細調查

### 第四章 診斷、評估

- 4. 1 一般事項
- 4. 2 劣化度之判定
- 4. 3 劣化原因及劣化趨勢預測
- 4. 4 補強、補修之必要性判定
- 4. 5 強度評估之必要性判定
- 4. 6 補強、補修工法之選定

### 第五章 補強、補修設計

- 5. 1 一般事項
- 5. 2 復原目標水準之設定
- 5. 3 設計調查
- 5. 4 補強、補修範圍之設定
- 5. 5 補強、補修材料及工法之選定
- 5. 6 補強、補修設計圖說

## 第六章 補強 . 補修施工

- 6 . 1 一般事項
- 6 . 2 施工計畫書之擬訂
- 6 . 3 施工調查
- 6 . 4 施工要領之擬訂
- 6 . 5 實施工程進度預定表之擬訂
- 6 . 6 需相關單位認可或核可之各項手續
- 6 . 7 施工
- 6 . 8 工程施工現場管理
- 6 . 9 記錄
- 6 . 10 完工檢查 . 移交

## 第七章 補強 . 補修後之追蹤調查

- 7 . 1 一般事項
- 7 . 2 點檢 . 監視調查之計畫
- 7 . 3 點檢 . 監視調查之記錄

## 第八章 特殊工法

- 8 . 1 一般事項
- 8 . 2 電氣化學性補修工法

## 附 錄 1 各種補修材料之品質基準(案)

- 附錄 1 . 1 斷面修復用聚合物水泥砂漿之品質基準(案)
- 附錄 1 . 2 斷面修復用輕質骨材環氧樹脂砂漿之品質基準(案)
- 附錄 1 . 3 鋼筋混凝土補修用防鏽材之品質基準(案)
- 附錄 1 . 4 浸透性吸水防止材之品質基準(案)

## 附 錄 2 各種檢驗調查及補強補修案例參考

- 附錄 2 . 1 骨材鹼質反應 ( 鹼-骨材反應 AAR )
- 附錄 2 . 2 混凝土裂縫之形成機制及補修  
鋼筋腐蝕之形成機制及抑制
- 附錄 2 . 3 混凝土劣化之詳細調查
- 附錄 2 . 4 樓版之補強補修施工技術案例
- 附錄 2 . 5 牆之補強補修施工技術案例
- 附錄 2 . 6 梁之補強補修施工技術案例
- 附錄 2 . 7 柱之補強補修施工技術案例
- 附錄 2 . 8 鋼筋混凝土構造建築物之鋼材腐蝕

## 附錄 2 . 9 鋼構造建築物之鋼材腐蝕



# 第一章 總 則

## 1.1 目的

本技術手冊，乃提供對於既有鋼筋混凝土構造建築物之結構體，發現有劣化症狀時或欲掌握劣化狀況進行調查、評估之方法及改善或抑制建築物之性能、機能，謀求強化或延長耐用年限所進行之補強、補修及劣化抑制之方法，以達成維護保全鋼筋混凝土構造建築物之目的而訂定。

解說： 鋼筋混凝土構造為耐震性、耐火性、耐久性極優之構造混凝土，亦為集合住宅、學校、醫院、政府機關及其他公共建築等重要之公共性、社會性建築物所廣泛使用且價廉之經濟性結構材料。

由於鋼筋混凝土構造，因材料之特性，有因乾燥收縮所致之龜裂、漏水、樓版之大撓度等，種種劣化現象及不良現象之形成，以及近年來所發現之因設計考慮不足（舊規範）及混凝土施工管理不良導致耐震強度能力不足及中性化、鋼筋腐蝕、骨材之鹼質反應等早期劣化現象，使原來估計具五十年以上使用壽命之建築物在二、三十年後即浮現劣化與不堪用之情形，形成極嚴重之社會問題與安全性之疑慮，而必須進行補強、補修之施工。

本技術手冊編訂之目的，即在於提供技術人員對於上述問題之正確的調查、評估、補強、補修之方法，搜集國內外相關之技術及經驗以提昇從事鋼筋混凝土構造建築物之調查、評估、補強、補修設計施工技術人員之技術水準，本技術手冊，除供目前之參考外，今後仍應彙集、調查、研究之成果及劣化、強化評估之經驗與補強、補修效果之驗證以修訂本技術手冊，使更具實際使用之技術水準。

## 1.2 適用範圍

- (1) 本技術手冊，適用於鋼筋混凝土構造建築物之結構體，因鋼筋腐蝕等相關之局部劣化現象之調查、評估及補強、補修、劣化抑制施工等。
- (2) 本技術手冊，不適用於因骨材鹼質反應及酸性土壤及化學藥品等，腐蝕性物質所致之劣化現象之評估及補修施工。
- (3) 本技術手冊，不適用於因地震基礎不均勻沉陷及超載重等，結構性因素所致之劣化現象之評估及補修施工，但經結構強度評估後，設計之結構強度補強補修方法，在鋼筋混凝土構造之局部補強部位，可參考適用之。

解說：(1) 鋼筋混凝土構造建築物常因種種原因而產生瑕疵（如龜裂、外牆防水、屋頂防水、設備關係、水泥砂漿粉刷層剝離、石片、磁磚剝離、地盤下沉、結構潛變等），其形成時機如下：

龜裂大多在1~3年後發生

屋頂漏水為長期性

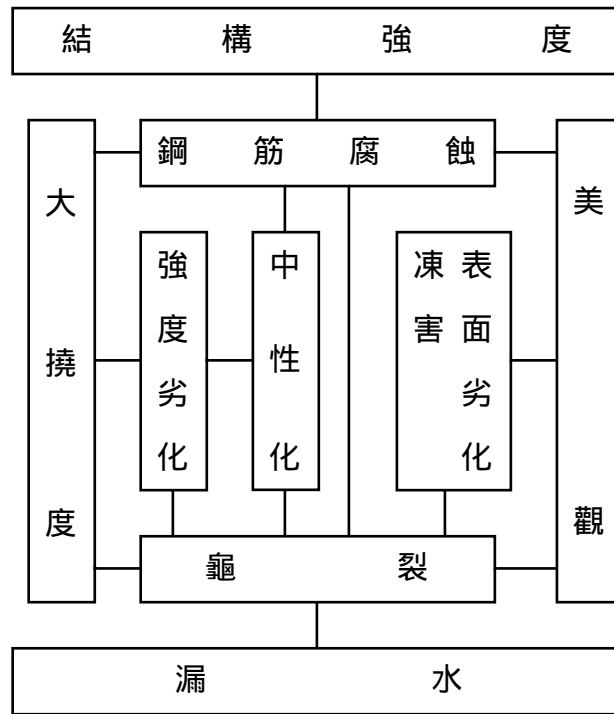
外牆漏水，大多發生在門窗周邊及施工縫，約2年後發生

結構潛變（大撓度）之補修成本極高

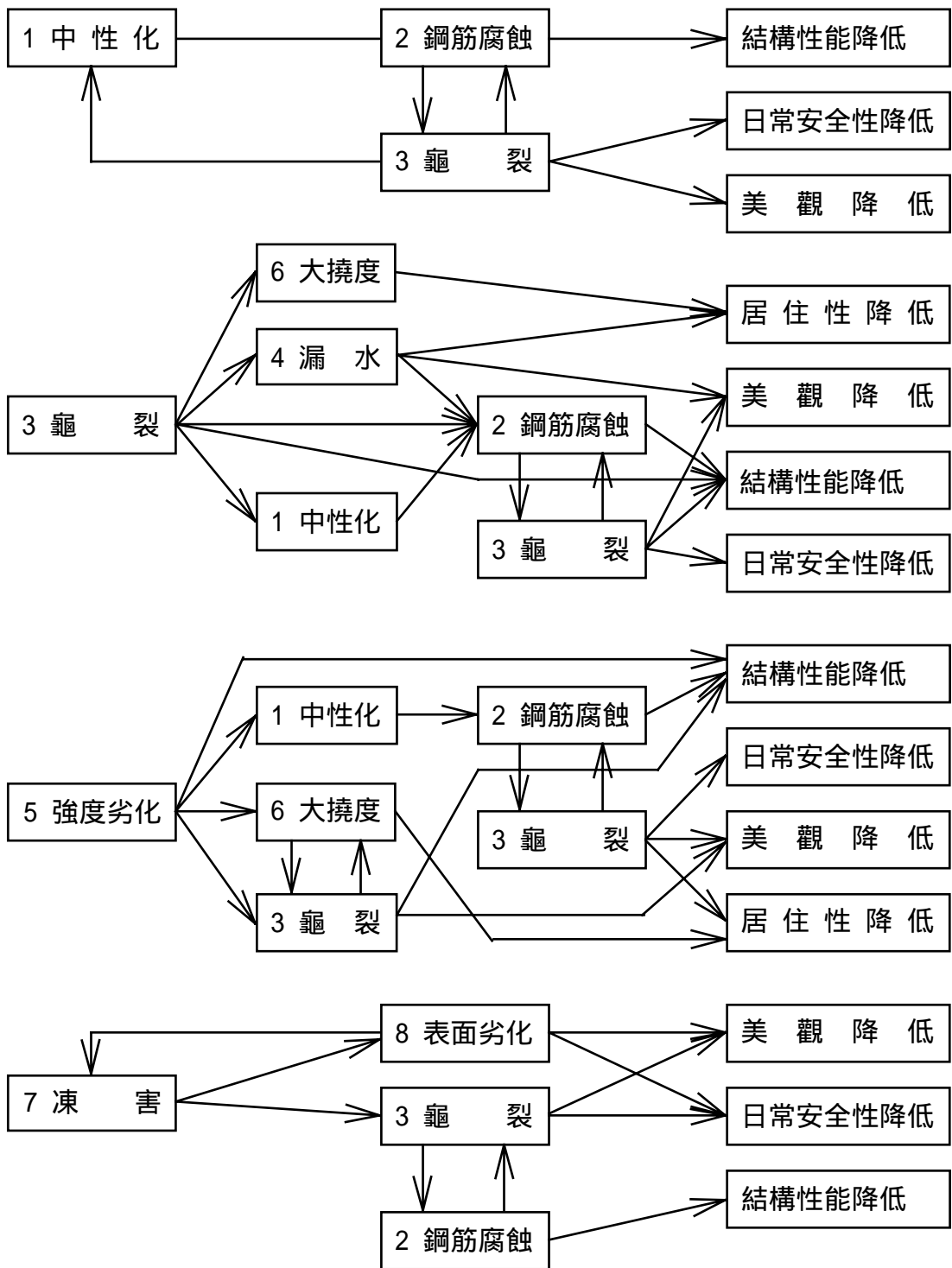
外牆飾材剝離，大多隨時間增長而增多

地盤下沉，大多在1~5年間發生

在結構體產生之瑕疵中，雖以施工瑕疵為主要原因，但長時間之劣化或施工不良與長時間劣化相互作用也相當多，其中①中性化②鋼筋腐蝕③龜裂④漏水⑤強度劣化⑥大撓度⑦凍害⑧表面劣化併稱為八大劣化現象，其中中性化與強度劣化屬原因系，鋼筋腐蝕、漏水、大撓度、凍害及表面劣化屬結果系，龜裂則包含上列兩大系，其中原因系者，並非僅劣化而已，若加上某種條件則更易快速劣化，（參照附圖1.2.1及1.2.2）由此種劣化現象之相互關係來看，鋼筋混凝土構造之劣化現象，幾乎均會在表面顯現出龜裂，故由龜裂原因亦可作為劣化現象區分方法。



解說圖1.2.1 八大劣化現象之相互關係



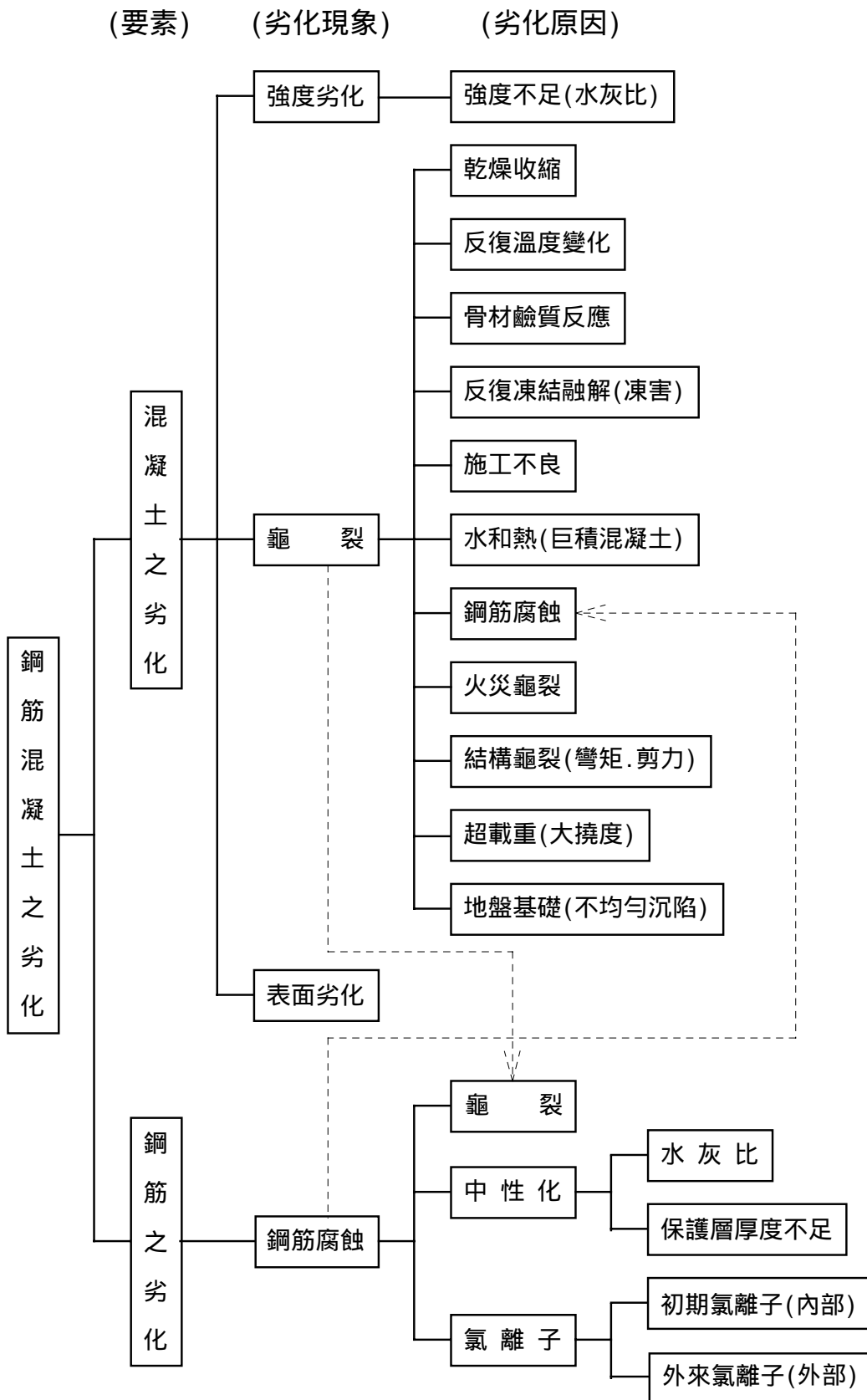
解說圖1.2.2 劣化現象之進展

鋼筋混凝土乃在抗壓強抗拉弱之混凝土中，以抗拉強之鋼筋補強而成之結構材，其劣化可分為「混凝土自體劣化」與「鋼筋之腐蝕」二類。「混凝土自體劣化」乃由強度降低、乾燥收縮、溫度變化、反復凍結融解作用、骨材鹼質反應等各種因素而形成龜裂及表面劣化。「鋼筋腐蝕」則為保護層厚度不足，中性化及氯離子存在等因素形成，其劣化現象之分類如附圖1.2.3 所示。至於混凝土品質與鋼筋混凝土之劣化現象之相互關係則如附圖1.2.4 所示。

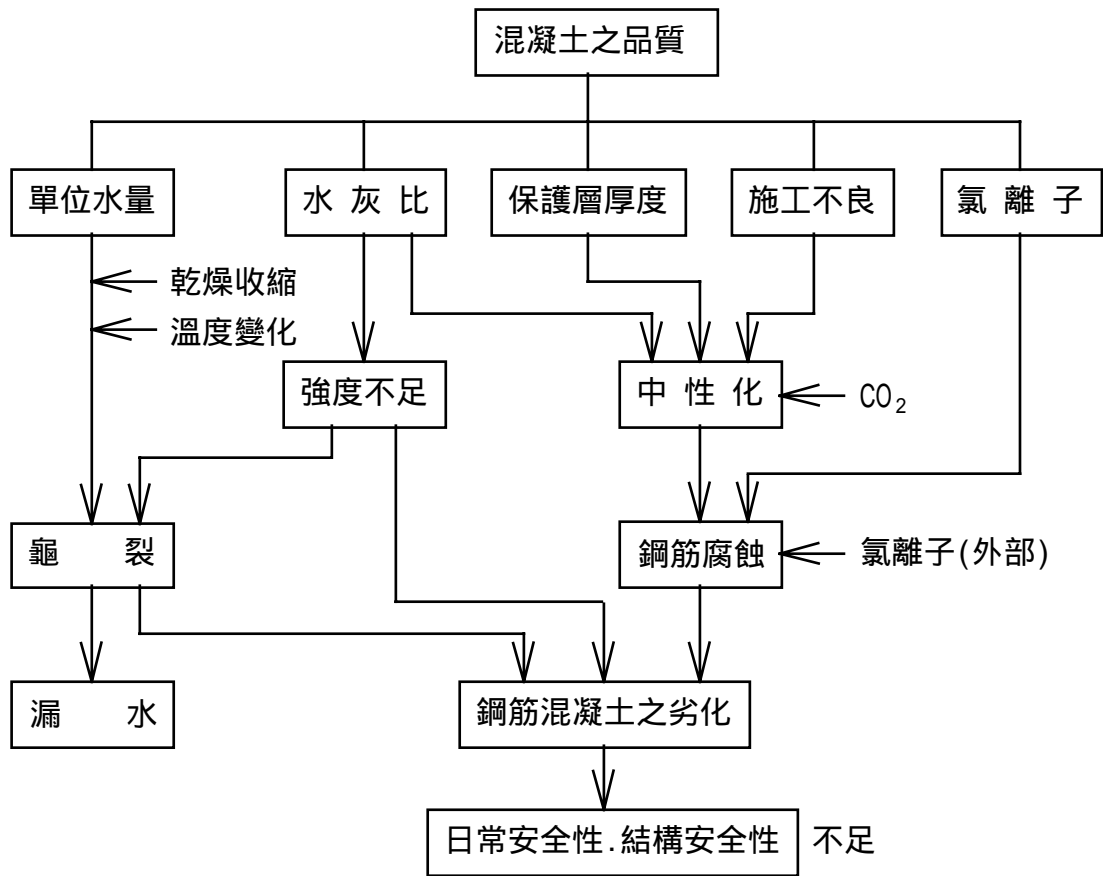
由此種鋼筋混凝土構造結構體產生之劣化現象的分類及相互間之關係、劣化現象之進展觀之，在混凝土龜裂與鋼筋腐蝕及兩者間之相互關係可知，其乃鋼筋混凝土構造最基本的劣化現象。

鋼筋腐蝕最大原因，乃為氯離子、中性化與保護層厚度不足，其中若有氯離子存在之因素，雖目前不致顯現之劣化，在未來亦必難以避免劣化之產生。

上述之劣化情形，均適用於本技術手冊。



解說圖1.2.3 鋼筋混凝土之劣化現象之分類



解說圖1.2.4 混凝土品質與鋼筋混凝土劣化現象之相互關係

(2) 「骨材鹼質反應」(Alkali-Aggregate Reaction; AAR, 亦稱鹼-骨材反應)乃因含有反應性矽(石英)之骨材與水泥中所含之 $Na^+$ ,  $K^+$ 等鹼性金屬離子反應生成鹼性矽酸化合物致膨脹而使混凝土龜裂、蛀瘡(POP-OUT)等現象形成,此種反應依相關礦物之種類又可分為鹼性矽反應、鹼性碳酸鹽反應、鹼性矽酸鹽反應三大類。(我國以鹼性矽反應為最多)

骨材鹼質反應需有①反應性骨材②高鹼量水泥③充分之濕度之三條件同時存在,才會發生混凝土之劣化現象,因此其抑制之對策應由①②二種條件下手——i)不使用反應性骨材 ii)減少混凝土中之鹼量 iii)使用具抑制骨材鹼質反應之混合水泥。

由於「骨材鹼質反應」之混凝土劣化,必須在事前(施工前)即進行抑制對策檢討,事後雖亦有採用亞硝酸液浸透之劣化抑制工法

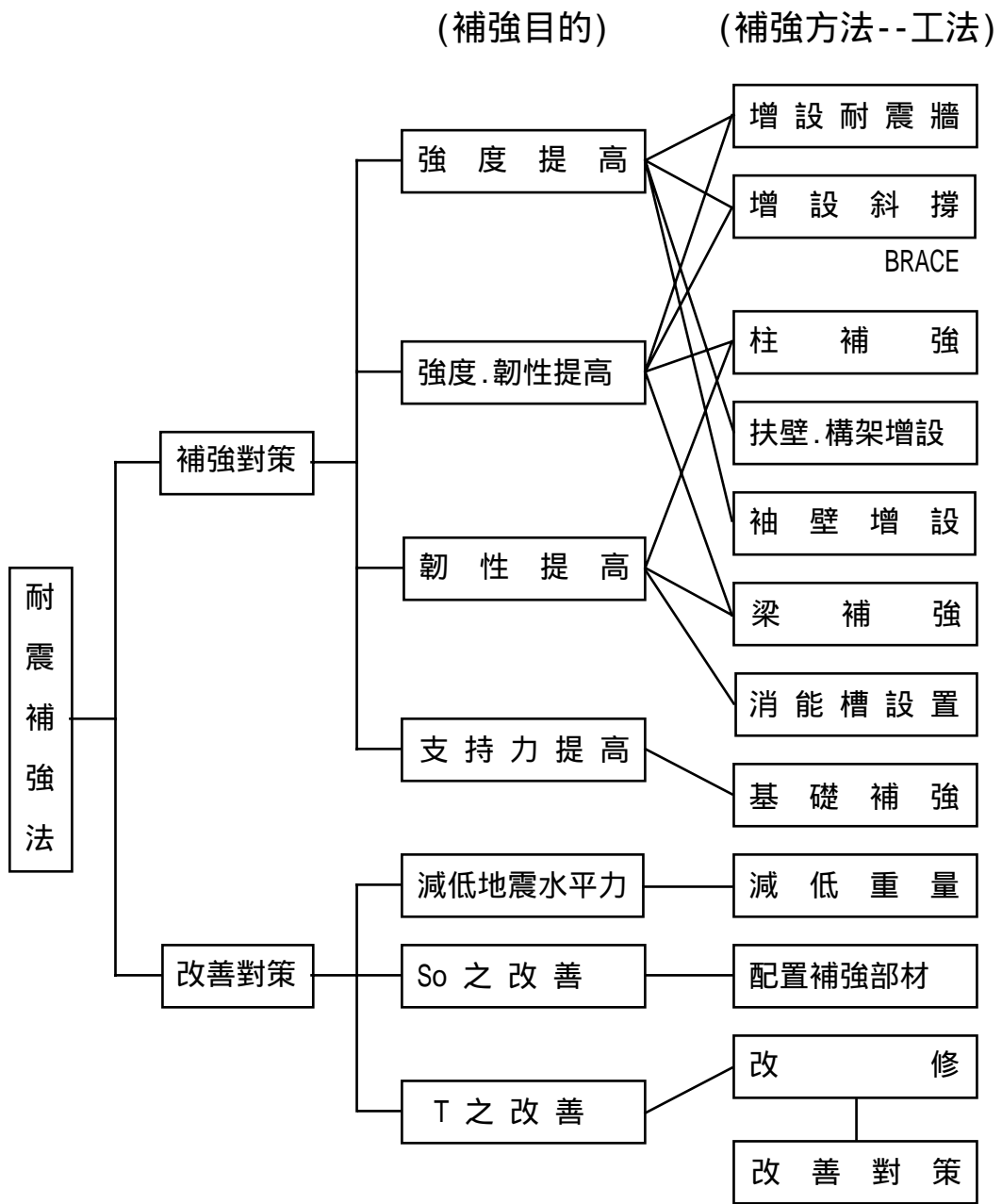
,唯其效果如何尚待確認,亦可謂事後要補修此種劣化相當困難,故此種「骨材鹼質反應之劣化補修」不適用本技術手冊。

此外,混凝土接觸具強酸性土壤或溫泉地區之強酸性地下水時或特殊藥品、化學物質、有機物之腐蝕性酸等之滲透浸透會產生結晶物,因結晶壓之作用而使混凝土之組織受到破壞,此種情形下,應於混凝土表面加以耐酸性之保護膜來防止劣化或設置相當厚度足供酸腐蝕,在適當時期反復進行補修之方法,故此種劣化補修亦不適用本技術手冊。

(3) 另外,因地震、不均勻沉陷及超載重等結構性因素產生之劣化現象,相關之評估及補強補修方式之設計,必須交由結構技術專業人員(具資格之建築師、結構技師、土木技師、大地技師等專業技師)

,依其專業作判斷並評估設計,故不適用本技術手冊,唯補強、補修方法及材料經評估設計後,在鋼筋混凝土構造之局部補強補修可參考本技術手冊設計及施工。





解說圖1.2.5 耐震補強方法分類

(1) 強度、韌性提昇技術

(2) 反應控制技術

(3) 基礎、地盤對應技術

解說圖1.2.6 耐震補強技術之分類

### 1.3 定義

#### 建築物修復補強技術用語定義

調查 補 (Survey)	補修必要性之判定、補修計畫之作成、 修工程之設計及施工上必要資訊之蒐集、 整理、確認等作業。
診斷、評估 定 (Diagnosis) 決	依調查結果把握劣化症狀、劣化度之判 、劣化原因之推定、劣化機制之解析、 定補修設計及補修施工之方針。
設計調查 查 (Survey For Repair Design)	設計者為完成補修設計圖說所進行之調
施工調查 說 (Survey For Execution)	施工者進行補修施工前，依補修設計圖 判明施工之可行性之調查。
劣化 物 (Deterioration) (Degradation)	因物理性、化學性、生物性之要因，致 之品質及性能經年降低。
劣化要因 (Deterioration Factor)	影響物之劣化之各種主要因素。
劣化原因 (Cause of Deterioration)	導致劣化症狀之劣化要因。
劣化外力 (Environmental Degradation Factor)	劣化要因中由物體本身以外之作用者。
劣化症狀	物之劣化相伴而生之表面顯示症狀（雖

劣

(Symptoms Of Deterioration) 化要因不同，亦有相同之劣化症狀)。

劣化現象 (Phenomenon Of Deterioration)	受劣化要因影響之物體性能降低之狀態， 亦即劣化要因別之劣化症狀。
劣化度 (Degree Of Deterioration)	劣化之程度。
中性化 (Neutralization) (Carbonation)	混凝土受空氣中二氧化碳( $CO_2$ )之作用逐漸失去鹼性( $pH = 12.5$ 降為 $pH \leq 9$ 以下)可採用酚 之溶液測試是否變成紅紫色來判定(不變色部份即為已中性化部份)
初期內在氯離子含 (Initial Internal Chloride)	含於水泥、水、骨材、摻料等之氯離子量，即混凝土製造時之氯離子含量。
外來氯離子融 (External Chloride)	結構體完成後，因海水、空氣中鹽份、雪劑等所含之氯離子由混凝土表面滲透至內部之混凝土中氯離子含量。
損傷 成(Defeat) 性	結構體鋼筋混凝土因外力或自體劣化造之瑕疵程度可採補修之手段恢復原有之能者。
損壞 成(Damage) 無 壞	結構體鋼筋混凝土因外力或自體劣化造之瑕疵程度嚴重，非經補強或局部重作法恢復原有之性能者。(先補強消除損之因，再補修恢復原狀)
補強 素(Improvement Repair)	劣化度嚴重，必須將造成劣化損壞之因消除或加強其性能之補修，稱為補強。
補修 或 (Repair)(Amendment)	劣化度可採用修復之手段，使劣化部材部品恢復原有之性能或機能至無實用上障

礙之狀態的作業，稱為補修。

緊急處理 進 (Temporary Repair) 先 者， 緊急	在劣化補強或補修調查評估設計時，未 行補強補修施工前，因安全上之顧慮預 緊急進行之臨時措施。（有安全之虞 需先抑止持續劣化惡化所進行之臨時 措施）
劣化抑制 力 (Inhibition Of Deterioration) 電氣化學補修 筋 (Electro-Chemical Repair)	劣化要因存在於內部，同時又受劣化外 作用之部材予以抑制其劣化進行之速度稱 之。 長期間或經常以通電流之方式來抑制鋼 腐蝕進行之補修工法，包括電氣防蝕工法 、再鹼性化工法、脫鹽工法等工法均屬之
性能 (Performance)	因應物材之目的或需求所發揮之能力。
機能 (Function)	因應物材之目的或需求所達成之任務。
耐久性 (Durability)	建築物或其部份對劣化之抵抗性。
耐久性能 上(Performance over time)	建築物或其部份之性能，能維持水準以 之持續能力。
耐用年數 數。 (Service Life.Life time)	建築物或其部份至無法繼續使用之年 數。
計畫耐用年數 數(Planned Service Life)	建築物或其部份在設計計畫時之耐用年 之目標

修繕 或 (Repair)	將已劣化部位之部材、部品之原有性能 機能回復原狀或無實用上障礙之狀態。
改修(改造) 至 (Improvement)(Renovation)	將已劣化之建築物等之性能、機能改善 初期原有以上之水準。

更新重作 部 (Rehabilitation) (Renewal)(Rebuild)	將劣化之混凝土部材或部品，全部或局 敲除拆除重作更換。
檢測 物(Inspection)	調查測定對象物之機能現存狀態及對象 之減耗程度等之確認作業。
監測 減 (Survey)	長期間或定期作對象物之機能、性能及 耗程度等之檢測，並加以比較與確認之作 業。
日常檢測 (Daily Inspection)	檢測對象物在日常使用狀態中之狀況。
定期檢測 測。 (Periodical Inspection)	定期性對象物在停止使用狀態下之檢
維持管理 性(Maintenance Management) 各	為維持鋼筋混凝土結構體之常時適切的 能狀態或其相關效能所作之維持保全的 項活動作業或管理活動。
保全 或(Maintenance and 目 Modernisation)	既存對象物在堪用殘存期間內，對全體 局部之性能維持或改良使達適合之使用 的之行為，可分為「維持保全」與「改良

保全」二類。



#### 1.4 新材料、新工法

- (1) 既有鋼筋混凝土建築物之補強補修工程，若使用新材料或新工法，應依內政部建築技術規則（總則編第三條、第四條）或各目的事業主管機關之規定辦理。
- (2) 採用專利之補強補修技術或施工法時，除應按上項之規定外，應由設計人或承造人、取得專利權人或其代理人之同意。必要時，得由專利權人或其代理人指派專門技術人員指導，以免發生權利糾紛或方法之差誤。

解說：(1) 新材料或新工法，凡有關結構安全性者，得依建築技術規則（總則編第三條、第四條）辦理。

若係無關結構安全性者之新材料、新工法，僅為達到省工、省時、省力及經濟性、耐久性為目的者，可不受本條款之限制。

(2) 補強補修工法，目前已開發之案例如解說圖 1.4.1所示。



<p><b>A5 螺旋箍筋包捲補強工法</b>  強度、韌性 (株)奧村組</p>	<p><b>A6 GFRC與碳纖維布韌性補強工法</b>  韌性 鐵建建設(株)</p>
<p><b>A7 碳纖維布補強工法</b>  強度 東急建設(株)</p>	<p><b>A8 合成纖維布補強(AF工法)</b>  強度、韌性 東急建設(株)(AF工法  研究會)</p>

解說圖1.4.1 補強補修工法目前已開發之參考案例 (續)



<p><b>A13 噴附水泥砂漿耐震補強工法</b>          韌性 (株)間組</p>	<p><b>A14 騎樓柱之耐震補強工法</b>          強度 (株)間組</p>
<p><b>A15 碳纖維布耐震補強工法</b>          強度、韌性 (株)間組他(MARS研          究會)</p>	<p><b>A16 合成纖維布補強工法</b>          強度、韌性 三井建設(株)</p>

解說圖1.4.1 補強補修工法目前已開發之參考案例 (續)

<p><b>A17 SR-CF工法</b>  強度、韌性  清水建設(株)  (SR-CF工法研究會)</p>	<p><b>A18 鑄物鐵件與碳纖維布補強工法</b>  韌性  鐵建建設(株)</p>
<p><b>B1 梁鋼板補強工法</b>  強度  SHO-BOND建設(株)</p>	<p><b>B2 . C1 水泥砂漿噴附工法</b>  強度  鹿島建設(株)</p>

解說圖1.4.1 補強補修工法目前已開發之參考案例 (續)

<p><b>C2 TD壁柱(Wall Column)工法</b>  <b>強度、韌性</b>                      <b>清水建設(株)</b></p>	<p><b>C3 TD壁(Wall)工法</b>  <b>強度、韌性</b>                      <b>清水建設(株)</b></p>
<p><b>C4 碳纖維布耐震壁之補強工法</b>  <b>強度、韌性</b>                      <b>東急建設(株)</b></p>	<p><b>D1 格子型空心磚耐震壁構法</b>  <b>強度</b>                                      <b>大成建設(株)</b></p>

解說圖1.4.1 補強補修工法目前已開發之參考案例 (續)

<p><b>D2 嵌入式耐震壁補強工法</b>  強度、韌性 (株)熊谷組</p>	<p><b>D3 鋼板混凝土耐震壁增設補強工法</b>  強度、韌性 東急建設(株)</p>
<p><b>D4 低降伏點鋼版增設補強工法</b>  強度、韌性 戶田建設(株)</p>	<p><b>D5 PCa增設壁工法</b>  強度 (株)府道建研</p>

解說圖1.4.1 補強補修工法目前已開發之參考案例 (續)



<p>D6 分割PCa版耐震補強壁工法 強度 鹿島建設(株)</p>	<p>D7 KACOM耐震壁補強工法 強度 鹿島建設(株)</p>
<p>D8 FNM工法 強度 (株)藤田</p>	<p>D9 UN-BOND BRACE工法 強度、制震 清水建設(株)</p>

解說圖1.4.1 補強補修工法目前已開發之參考案例 (續)

<p><b>D10 SE FRAME構法</b> 強度、制震                      清水建設(株)</p>	<p><b>D11 外附構架工法</b> 強度、韌性                      (株)熊谷組</p>
<p><b>D12 附吸能槽(SLIT)鋼板耐震壁補強工法</b> 強度、韌性                      前田建設工業(株)</p>	<p><b>D13 Pytha-Column工法</b> 強度、韌性、軸力              矢作建設工業(株)</p>

解說圖1.4.1 補強補修工法目前已開發之參考案例 (續)

解說附表1.1.1 聚合物水泥砂漿之品質規定之狀況

	單位容積質量 (kg/l)	垂流抗壓			彎曲強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )		附著強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )						吸水性		透水性			長度變化 (%)	乾燥收縮度	中性化深度 (mm)	中性化抵抗力	鹽浸化透物抵抗力 (%)			
		下垂量 (mm)	表面狀態	抗壓縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	標準	溫冷後	標準	濕潤時	低溫時	溫冷後	彎曲接著	剪斷接著	耐衝擊性	吸水率 (%)	吸水量 (g)	透水量							保水率 (%)		
																(g)	(ml/h)								
建設省綜合研究計畫 「建築物之耐久性提昇技術之開發」 【1987】	—	5 以內	未產生裂縫	200 以上	100 以上	—	10 以上	8 以上	6 以上	—	—	—	—	—	—	表面之潮水濕滴、附著	—	—	—	—	—	—	—		
建設省官民共同研究 「外裝材之補修、改修技術之開發」 【1992】	—			60 以上	—	10 以上	8 以上	6 以上	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
建設大臣官房官廳營繕部 「建築改修工事施工監理指針」 【1992】	—			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—	—
住宅都市整備公團 「特別共通說明書、品質判定基準」 【1994】	1.80 以上	—	—	—	80 以上	—	6 以上	—	—	6 以上	—	—	—	—	—	3 以下	—	—	50 以上	0.15 以下	—	3 以下	—	—	
JIS A 6203 【1996】 「水泥混合用聚合擴散劑及再乳化形粉末樹脂」	—	—	—	153 以上	51 以上	—	10.2 以上	—	—	—	—	—	—	15.0 以下	—	20 以下	—	—	—	0 0.15	—	—	—	—	
日本建築裝修材工業會規格 NSKS-002 「缺損部補修用聚合水泥砂漿」 【1991】	1.8 以上 1.8 以下	—	未產生裂縫	102 以上	51 以上	—	10.2 以上	—	7.1 以上	5.1 以上	—	—	龜裂板及未與剝離	—	20 以下	—	0.5 以下	—	—	0.15 以下	—	—	—	—	
建設省綜合研究計畫 「混凝土之耐久性提昇技術之開發」(土木) 【1989】	—	—	—	200 以上	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	20×10 <sup>-4</sup> 以下 (3個月)	—	—	—	
日本建築學會委員會資料 「聚合混凝土施工指針案」(防蝕、補修用砂漿)	—	—	—	100 以上	40 以上	—	10 以上	—	—	—	—	—	—	5 以下	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
日本混凝土工學協會 「聚合水泥砂漿試驗方法基準(案)」 【1987】	—	—	—	100 以上	40 以上	—	10 以上	—	—	A 31 以上 B 21 30 C 10 以上	40 以上	40 以上	—	15.0 以下	—	30 以下	—	—	0 0.15	—	—	—	A 20 以下 B 21 50 C 51 90	A 50 以下 B 51 70 C 71 90	

## 第二章 調查、診斷、評估及補強補修計畫

### 2.1 調查、診斷、評估之基本事項

- (1) 調查實施前，應先擬訂調查計畫書，其內容包括調查之目的、項目與方法、使用機具儀器、調查位置及數量、時機、時程及記錄方法等。
- (2) 調查計畫書，應提供足夠之資料供診斷、評估之用，故對於劣化度之判定、劣化原因之研判、劣化進行之預測、補修必要性之判定及補修工法之選定，均應有具體之調查結果。
- (3) 依據調查計畫書進行調查，並依據調查結果進行診斷、評估，若因調查結果尚不足以供評估之用時，仍應擬訂再調查計畫進行再調查，直至評估工作得以進行為止。
- (4) 調查及評估人員，應為具專業資格之人員或具有同等知識、經驗之人員，其資格之認定依「建築師法及技師法」或相關法令為之。

解說：(1) 建築物的劣化調查，施行前應擬定，可獲取正確調查結果以進行確實評估的調查計畫並作成調查計畫書，且應依「建築物概要及經歷調查」、「外觀劣化狀況調查」及「劣化原因判定之詳細調查」三種不同性質之調查，個別作成不同的調查計畫書。

在調查計畫書中，應列明調查目的、調查項目與調查方法、調查使用之機具儀器、調查位置及數量、調查時機、調查時程及記錄方法等事項。

(2) 擬定調查計畫時，應事前蒐集有關調查對象建築物之用途、規模、構造、周邊條件、經歷及劣化現況等資訊，並檢討適用且可行的調查方法、適切的調查位置、必要的調查人員及調查機具儀器等，以求有效獲取足供正確評估之必要資訊，且不致於因之造成對劣化度判定補修必要性及研判劣化原因，選定補修工法時之評估錯誤的情形下，作成適切的調查計畫。

在作鋼筋混凝土構造建築物的劣化調查時，有關鋼筋腐蝕的劣化現象之劣化要因，非僅考慮表面損傷狀況，仍應留意其潛在性的劣化徵兆形成的劣化要因，將二者綜合研判，才可鉅細靡遺的作正確的診斷、評估。

形成鋼筋腐蝕劣化之主因，分為內在要因及外在要因二種，茲分述如下：

#### 1)劣化之主因：

- ①中性化
- ②初期內在氯離子
- ③外來氯離子

## 2)劣化之內在要因

- ①龜裂（結構性凍害、乾燥收縮等）
- ②施工不良（冷縫等接縫施工不良、蜂巢等）
- ③保護層厚度不足

## 3)劣化之外在要因

- ①海岸地域
- ②工廠地域
- ③溫泉地域

(3) 調查與評估並非分開進行，實際上應密切配合，有效作業（同步交互進行）

(4) 執行調查與評估之人員，必須選擇適切的調查手法，並先思考補修工法之適用性，作確實的評估，因此，必須具備對鋼筋混凝土構造之劣化現象、劣化要因、劣化機制及各種對策技術相關之充足的知識與經驗的人員才適任。

參與調查與評估之人員，並非僅具備專業技師資格者皆可適任，而是需具備①鋼筋混凝土工程之混凝土材料、配比、製造及施工之知識及技能②建築物外牆等之劣化評估的相關知識與技能的人員才可適任。簡言之，除了具備建築師或專業技師資格之外，尚須受過鋼筋混凝土構造建築物之補強補修相關之技能訓練合格者才適任，故此項資格之規定，宜由主管機關頒佈法令為之。

樓版鋼筋腐蝕劣化之調查(打鑿方式)

樓版鋼筋腐蝕混凝土剝落實況例

版筋腐蝕暴露之鏽蝕鋼筋實況例

解說照片2.1.1 混凝土中性化致樓版鋼筋腐蝕之例

R.C梁鋼筋之鏽蝕及表層之保護層混凝土膨脹剝落  
梁筋暴露於大氣中鏽蝕嚴重之實例

同上.(黑色鏽為氧化鐵 $Fe_2O_3$  紅色鏽為 $FeOOH$  ,  
其中之梁肋筋(STIRRUP)已因鏽蝕而斷裂)

柱鋼筋腐蝕之實例 (補修中)

外牆R.C.牆筋鋼材腐蝕表層混凝土中性化.SPALLING  
剝落之實例 (垂直之表層裂縫其內部鋼材均已腐蝕)

解說照片2.1.2 梁柱外牆混凝土中性化致鋼筋腐蝕之例

海岸邊鋼筋混凝土構造物承受「外來氯離子」之環境

外來氯離子之鋼筋腐蝕 (鐵鏽汁外滲)

樓版

梁

梁底因鋼筋腐蝕而鼓脹剝離  
產生之裂縫

解說照片2.1.3 海岸邊外來氯離子所致之鋼筋腐蝕劣化之例



## 2.2 補強、補修之基本計畫

- (1) 補強、補修計畫，應考慮期待之性能、機能及耐用年數，並予明示。
- (2) 補強、補修計畫，除應將顯現之劣化現象補修復原外，應詳予研判分析形成劣化現象之因素，並予以消除或抑制，據以擬訂補強與補修之方法。
- (3) 若發現潛在之劣化要因，無法全部消除時，應擬訂劣化現象再顯現時之二度補修計畫或謀求抑制劣化之進行或劣化惡化之有效對策，明示於計畫中。
- (4) 若劣化之進行，顯著致部材產生變形及結構強度降低時，應另外進行結構強度之調查、診斷、評估，並另行擬訂結構補強計畫。

解說：(1) 補強、補修計畫擬定時，除了考慮對象建築物所期待之耐用年數外，同時亦應考慮在安全性、經濟性與意匠上之要求的整合及長期性之維持保全方針等，而且更應明示劣化之狀況、劣化原因、劣化趨勢預測、補強補修技術與劣化抑制技術之效果，補修施工後，再發生之可能性及維持保全方法等相關之見解於計畫中，使補強、補修之方針易於充分理解。

(2) (3) 本技術手冊之主要對象為既有鋼筋混凝土構造建築物之鋼筋腐蝕、生鏽、鏽污之形成、沿鋼筋之混凝土龜裂、保護層混凝土剝離等之劣化現象之顯在化，唯造成腐蝕之要因係存在於混凝土中，不僅僅只有鋼筋腐蝕之症狀顯現於表面而已，故不僅應對劣化之顯在化部份進行局部之補強補修復原，更應將其潛在之劣化要因予以消除，才是重要的工作。

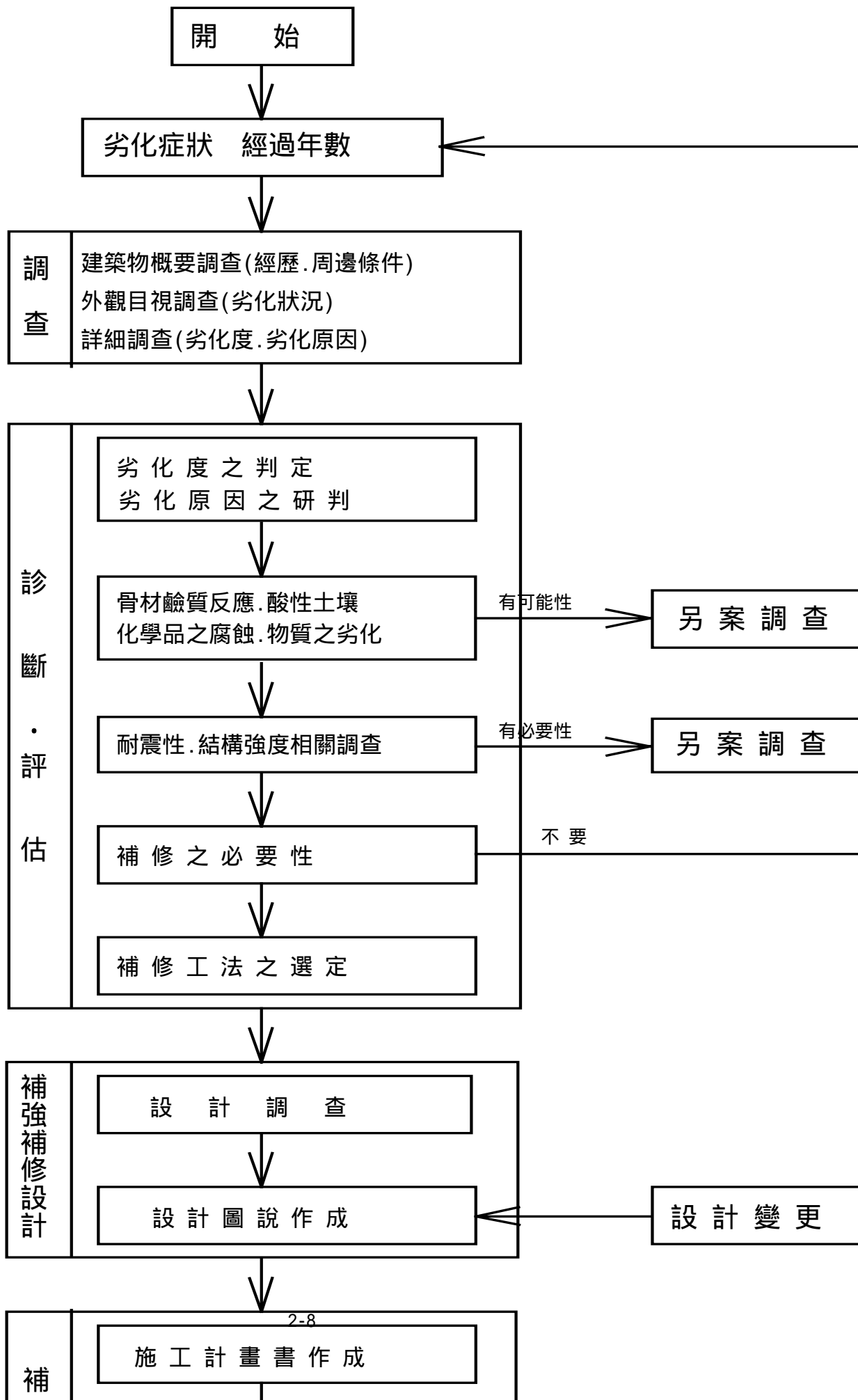
在這個問題上，究竟劣化要需去除多大的範圍或是否可以消除掉仍是問題，若潛在之劣化要因無法徹底消除，則再發生的可能性仍存在，基於補修規模與施工成本之現實問題，欲將劣化要因完全徹底的根除，作永久性的補修，事實上不太可能，因此，不得不採取先作劣化顯在化部份之局部的暫定補修或局部補修與抑制劣化要因及劣化速度之延命補修併用之對策來計畫。

此外，在擬訂補強補修計畫時，應與業主充分協調據以設定復原目標之水準。本手冊由前述之觀點，在補強、補修之復原目標上，區分為「恆久」、「延命」、「暫定」三個水準，並列出其相對應之補修技術。

在復原目標中，不論那一種水準，均應設法排除劣化要因，抑制劣化之進行，努力發揮補強補修效果之最大極限，且在延命補修時，對劣化現象再發之可能性高的部位及機能上或結構上之重要部位，仍應採取恆久性之補修為之。

(4) 在調查評估之結果中，若有部材顯著變形或結構強度降低者，認為應採取力學上的補修（補強）時，應針對其耐震性能等，進行結構強度之調查評估，並另行擬訂結構補強計畫。

### 2.3 調查.診斷.評估及補強.補修之作業流程,依下圖 2.1為之



解說： 鋼筋混凝土構造建築物之耐久性調查評估，依其水準可區分為三個階段 - - 「一次評估」「二次評估」「三次評估」。

「一次評估」乃為最初進行之建築物概要調查，由一般建築技術人員以目視、體感、間接評估等方式，進行各種劣化症狀之調查，再將其結果作綜合性的評估其劣化程度，並判定是否需作「二次評估」或「三次評估」。

「二次評估」為依據「一次評估」之結果的各種劣化現象，由專業技術人員以非破壞性試驗為主，進行之調查、評估。

「三次評估」則為依「一次評估」與「二次評估」之結果，取其必要之部份，委由高度專業技術人員（具專業知識之技術人員）包括採用破壞性試驗等方式，進一步詳細的進行調查、評估。

雖然評估可以區分為一次評估、二次評估及三次評估之三個不同水準的評估方式，不過實際上在進行調查評估時，大多不如此細分，也沒有將建築物概要調查、外觀目視調查及詳細調查分開獨立作業，因此，在本技術手冊中亦不予區分。

調查、診斷、評估及補強補修施工之作業流程如圖 2.1所示，「調查」以建築物概要調查及外觀目視調查為主，必要時再進行詳細調查，「診斷、評估」則為劣化度之判定、劣化原因之分析研判、骨材鹼質反應、酸性土壤、化學藥品等之腐蝕性物質所致之劣化有無之判定、耐震性、結構強度相關調查之必要性判定及補強或補修之必要與否的判定，進而選定補強或補修之施工法。

至於補強、補修，則以在表中所示之補強補修設計、補強補修施工及經過觀察之作業流程為之。

#### 2.4 緊急處置

- (1) 調查、診斷、評估或補強補修施工前，如發現局部有混凝土塊掉落之虞的危險區域，應先將混凝土塊設法除去或架設安全防護網，防止掉落混凝土塊傷及調查人員或第三者，並以欄柵圍護，防止第三者進入危險區域內。
- (2) 若調查作業中有崩塌或評估作業時程內有持續之安全性惡化之虞者，應先架設臨時支撐或其他安全措施等之必要緊急處理。

解說： 鋼筋混凝土造建築物之外牆、雨庇、女兒牆等，若因混凝土劣化有混凝土塊脫落，將造成周邊居住之第三者的危害或可能形成對其他器物之損傷，此亦為安全防災之環境指數的評估重點，如調查時發現有此種狀況，首先應設立禁止靠近之各項措施與警告標幟，其次，將混凝土塊強制去除及設置防護欄柵等之必要緊急處置。

## 第三章 調 查

### 3.1 一般事項

- (1) 調查作業，應把握建築物之劣化狀況、劣化度之判定及劣化原因之研判，並提供足以供判定補修必要性及選定補強補修施工法為目的之資訊。
- (2) 調查之種類，分為建築物概要調查、外觀目視調查及詳細調查三種。
- (3) 建築物概要調查及外觀目視調查，務必確實施行，詳細調查則視需要，若由建築物概要調查及外觀目視調查無法獲得充分之劣化度判定、劣化原因研判、補修必要性判定及補修工法選定所需之資料時，施行之。

解說：(1) 當鋼筋混凝土建築物結構體有劣化症狀顯現或想要掌握既有建築物完工後經過年數較久的建築物之劣化狀況時，需進行劣化狀況之調查。調查時應對建築物各部位、部材之損傷狀況、劣化之種類、劣化程度、劣化產生之可能原因等進行調查，以作為劣化評估之主要依據資料。劣化評估則需把握建築物現況以利進行判斷是否需補修及補修時應採用何種工法較適切，因此為了防止作成錯誤的評估，在調查時應採用適切的調查項目與調查方法，慎重為之。

(2) 調查分為建築物概要調查、外觀目視調查及詳細調查三種，其目的及方法，將於本章(3.2, 3.3, 3.4節)詳述，希參照之。

建築物概要調查乃依設計圖說、施工記錄、檢查或補修施工記錄等之書類資料及向建築物管理者打聽來之情報為主軸，進行調查建築物之固有條件。外觀目視調查則調查劣化狀況之有無及劣化現象之種類，以把握其劣化度，而詳細調查乃依現場調查及採樣之分析調查，來分析劣化現象、判定劣化度、判定是否需補修及選定補修工法等之基本依據資料。

(3) 建築物概要調查及外觀目視調查為必要之調查，詳細調查則視需要為之。

一般知識豐富且經驗足夠之評估技術人員，只需進行建築物概要調查及外觀目視調查，再依建築物之立地周邊條件、經歷等之資訊及龜裂型態、混凝土之鼓浮狀況，即可大致判定其劣化度及劣化原因了，不一定非做詳細調查不可。但若因鹼骨材反應或酸性物質、腐蝕性物質之劣化或地震、不均勻沉陷等之結構性要因之劣化者，則非得另作詳細調查不可。

### 3.2 建築物概要調查

- (1) 建築物概要調查，以瞭解對象建築物之固有條件，獲取可供劣化原因及劣化外力研判所需之參考資料為目的，施行之。
- (2) 調查時，應蒐集原有之設計圖說、施工記錄及補強、補修施工記錄等之文件，同時查訪建築物之管理人、使用人等相關人員，深入瞭解既有之實況。
- (3) 調查時應包括下列項目：
  - ① 建築物之名稱及所在地
  - ② 建築物之設計人及施工承造人
  - ③ 竣工年月
  - ④ 建築物之用途、規模、結構形成
  - ⑤ 周邊環境條件
  - ⑥ 使用材料
  - ⑦ 粉飾裝修材之有無與種類
  - ⑧ 以往補強補修之經歷
  - ⑨ 使用上之抱怨
  - ⑩ 其他必要事項
- (4) 調查結果，應依既定之記錄格式，詳實記錄之。

解說：(1) 建築物概要調查，類似人在生病時之看診或平時之健康診察一般，醫生需將患者之姓名、年齡、地址、職業、出生年月日等之一般事項作調查，進而對生長環境、病歷、雙親之病歷等，聽取述說並將之記入問診單內，才有助於診斷與治療，因此，建築物概要調查之結果，亦用為推定劣化原因之主要資料。

(2).(3) 建築物概要調查包括設計圖說、施工記錄、檢查記錄、補修及補強施工記錄等之書類調查及聽取建築物之管理者及使用者等之述說進行調查。

先檢討建築物概要調查之結果，如有下列事項之情形，可考慮其鋼筋腐蝕之原因如下：

- 1) 建築物完工後，經過年數長達25年以上時— 中性化鋼筋腐蝕
  - 2) 建築物所在地區在臨海地區時— 外來鹽化物之鋼筋腐蝕
  - 3) 建築物所在地區在溫泉地或酸性土壤區域或臨進化學藥品工場時— 腐蝕性氣體或腐蝕性物質所致之劣化
  - 4) 民國70 74年代有使用海砂混凝土時— 初期內在氯離子之鋼筋腐蝕
- (4) 建築物概要調查之結果的記錄格式，可參照下例。

解說表3.2.1 建築物概要調查表

<p><b>1.調查概要</b></p> <p>1.1 調查日期 ____年__月__日</p> <p>1.2 調查單位 _____</p> <p>1.3 單位地址 _____</p> <p>1.4 連 絡 人 _____</p> <p>1.5 聯絡電話 _____ 電 傳 _____</p> <p>1.6 調查動機 定期檢查, 增、改建, 耐震評估 耐久性評估, 拆除數據 其 他 ( _____ )</p>	<p><b>4.圖說記錄</b></p> <p>4.1 一 般 圖 有, 無, 一部份, 不明</p> <p>4.2 結 構 圖 有, 無, 一部份, 不明</p> <p>4.3 結 構 計 算 書 有, 無, 一部份, 不明</p> <p>4.4 施 工 記 錄 有, 無, 一部份, 不明</p> <p>4.5 施 工 規 範 有, 無, 一部份, 不明</p> <p>4.6 過去之調查資料 有, 無, 一部份, 不明</p>	<p style="text-align: right;">竣工 年 月</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p><b>2.建築物概要</b></p> <p>2.1 名 稱 _____</p> <p>2.2 所 在 地 _____</p> <p>2.3 用 途 _____</p> <p>2.4 完工日期 _____年_____月</p> <p>2.5 經過年數 _____年</p> <p>2.6 層 數 地上____層, 地下____層, 塔屋____層</p> <p>2.7 建築面積 _____m<sup>2</sup></p> <p>2.8 總樓地板面積 _____m<sup>2</sup></p> <p>2.9 結構型式 RC, SRC, 其他 ( _____ )</p> <p>2.10長向長度 _____m, 柱跨數 _____</p> <p>2.11短向長度 _____m, 柱跨數 _____</p> <p>2.12建築高度 _____m</p> <p>2.13基礎型式 筏基, 樁基, 獨立基腳 其他 ( _____ ), 不明</p> <p>2.14設 計 人 _____</p> <p>2.15監 造 人 _____</p> <p>2.16施 工 者 _____</p> <p>2.17所有人(使用人) _____</p>	<p><b>5.建築物經歷</b></p> <p>5.1 用途變更 有( _____ ), 無, 不明</p> <p>5.2 增建或改建 有( _____ ), 無, 不明</p> <p>5.3 補 修 有( _____ ), 無, 不明</p> <p>5.4 補 強 有( _____ ), 無, 不明</p> <p>5.5 受 災 有( _____ ), 無, 不明</p> <p>5.6 瑕疵(損傷) 有( _____ ), 無, 不明</p>	<p>經 過 年 數</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>
<p><b>6.材 料</b></p> <p>6.1 混 凝 土 _____</p> <p>6.2 水 泥 _____</p> <p>6.3 粗 骨 材 _____</p> <p>6.4 細 骨 材 _____</p> <p>6.5 摻 料(劑) _____, 無, 不明</p> <p>6.6 設 計 強 度 _____kgf/cm<sup>2</sup>, 不明</p> <p>6.7 製 造 方 式 預拌, 場拌, 預鑄, 不明</p> <p>6.8 澆 置 時 期 春, 夏, 秋, 冬, 不明</p> <p>6.9 裝 修 材 料 屋外( _____ ) 屋內( _____ )</p>		
<p><b>3.建築物環境</b></p> <p>3.1 地 域 區 分 寒冷, 溫暖, 亞熱帶 田園, 郊外 市街地 工場地帶, 溫泉地 山區或山坡地</p> <p>3.2 振 動 有( _____ ), 無, 不明</p> <p>3.3 化 學 物 質 有( _____ ), 無, 不明</p> <p>3.4 熱 有( _____ ), 無, 不明</p> <p>3.5 離海岸距離 0 100 m, 0.1 1 km 1 10 km, 10 km以上內陸</p> <p>3.6 臨 海 面 向 東, 西, 南, 北</p> <p>3.7 主 要 風 向 _____面</p> <p>3.8 平 均 風 速 _____m/s</p>	<p><b>7.維護、管理上之特記事項</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p><b>8.其他特記事項</b></p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>





### 3.3 外觀目視調查

- (1) 外觀目視調查，以瞭解劣化症狀之有無及劣化現象之種類，以掌握劣化度為目的施行之。
- (2) 調查時，應使用比例尺、鋼捲尺、裂縫比例尺、鐵鎚、望遠鏡、照相機、照明器具等必要工具，以目視觀察或打診方式為之。
- (3) 外觀目視調查，由下列項目中選擇必要項目調查之。
  - 1) 由外觀上可見之下列的劣化症狀有無、發生位置及程度
    - ① 裂縫（龜裂）（條數、縫寬、長度、形態）
    - ② 表面飾材之鼓起（位置數、面積、形態）
    - ③ 混凝土之剝離（位置數、面積、形態）
    - ④ 鋼筋外露（支數、長度、形態）
    - ⑤ 鏽蝕鏽斑（位置數、形態）
    - ⑥ 其他
  - 2) 機能障礙之有無及發生位置
    - ① 漏水痕蹟、白華痕蹟
    - ② 變形
    - ③ 異常體感（振動、大撓度）
    - ④ 其他
- (4) 調查結果，應依既定之記錄格式記錄劣化症狀特徵則以照片（有比例尺在內）及描繪草圖為之。

解說：(1) 外觀目視調查並非僅觀其劣化程度而已，重要的是不可忽略其劣化症狀特徵，因為由劣化症狀特徵即可大致推斷出其劣化原因，在調查中要注意其已顯現出之劣化現象是否為進行性的劣化，尤其是留意其是否已有鋼筋腐蝕或龜裂裂縫。

由外觀目視調查之結果，在進一步決定詳細調查之必要性以及調查之重點。

(2) 在外觀目視調查階段，不可能全都有搭設鷹架可用肉眼來看，因此有時仍需藉助望遠鏡來調查。

鋼筋混凝土造建築物，因表層有水泥砂漿粉刷層、貼面磚或其他表面裝修材等，大多難以辨認究竟是表層粉刷之劣化或混凝土結構體之劣化，因此，若可接近調查時，應使用鐵錘敲擊診斷之。

(3) 由外觀目視調查劣化症狀的項目，如下列：

- 1) 脆化表層（位置數、形態）
- 2) 磨耗（位置數、形態）
- 3) 白華（位置數、形態）
- 4) 蛀瘡（POP-OUT）（位置數、形態）

調查之項目，儘可能求其周全勿遺漏為原則，唯若由具豐富經驗之技術人員調查，可以大致把握劣化現象之種類者，則其調查位置及項目可予縮減。

龜裂裂縫之調查方法，若為較近可測定之裂縫，可選2-3處用裂縫比例尺（CRACK SCALE）確認其寬度，其他以目視計測即可，唯應注意，裂縫若受污染則寬度看起來會比實際大得多，而地上三樓以上部份之裂縫寬度則反而看起來會小得多，應注意此一視覺上之錯覺。

(4) 發生之劣化症狀與位置，應註記於立面圖或平面圖及展開圖，且部位、部材別之劣化狀況，應表示出其方位，此外，特徵性劣化症狀則以描繪與照相為之，再與圖面對照即可。解說表 3.3.1為調查記錄表範例，解說圖 3.3.1及 3.3.2為調查記錄圖，而解說圖 3.3.3 3.3.9 為建築物各部位發生混凝土龜裂現象的特殊形態及原因推斷之概示圖。

解說表3.3.1 調查記錄表範例

部 材		柱	梁	牆 壁		女 兒 牆		雨 庇		露 (陽) 台		調 查 範 圍 小 計		
				一 般	開 口 周 邊	牆 頂	其 他	外 緣	下 面	外 緣	下 面			
一 般 事 項	調 查 對 象 範 圍		支	支	m <sup>2</sup>	處	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>			
	外 牆 裝 修 材													
	有 無 補 修 經 歷													
各 種 劣 化 症 狀	龜 裂 縫	沿鋼筋方向										m <sup>2</sup>		
		軸方向筋											m <sup>2</sup>	
		補 助 筋											m <sup>2</sup>	
		開 口 周 邊	——	——	——		——	——	——	——	——	——	處	
		網 目 狀	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	——	m <sup>2</sup>	——	m <sup>2</sup>	——	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
		其 他											m <sup>2</sup>	
		鼓 浮 剝 離	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
	剝 落	僅 裝 修 材		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
		混 凝 土	鋼筋未露出											m <sup>2</sup>
			鋼筋有露出											m <sup>2</sup>
	表 面 之 狀 態	鏽 污											m <sup>2</sup>	
		白 華											m <sup>2</sup>	
		蛀 瘡 (POP-OUT)												m <sup>2</sup>
		表 面 之 脆 化		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
		其 他 之 污 染		m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
	漏 水 痕 跡											m <sup>2</sup>		
	異 常 體 感		——		——							m <sup>2</sup>		
	其 他 症 狀 (有 則 記 述 之)											m <sup>2</sup>		
												m <sup>2</sup>		
												m <sup>2</sup>		

調 查 面 之 方 位	東 面 . 西 面 . 南 面 . 北 面
-------------	-----------------------

整 體 之 印 象 描 述 (以 文 字 記 述 之 或 輔 以 現 況 照 片)

解説圖3.3.1 3.3.2

解說圖3.3.3 3.3.4

解説圖3.3.5 3.3.6

解説圖3.3.7 3.3.9

### 3.4 詳細調查

- (1) 詳細調查之目的為依據建築物概要調查及外觀目視調查之結果，可供斷定或推定劣化之原因為鋼筋腐蝕所致者，需更進一步獲取足供判定補修之必要性及選擇補修工法之資料時施行之。
- (2) 詳細調查時之調查位置，應在已劣化部份與健全部份、屋內側與屋外側、海側與山側等，不同之劣化狀況位置及不同環境條件下，分別選定之。
- (3) 詳細調查，需包括現地調查及採樣之分析調查。
- (4) 現地調查應以打鑿調查、鑽心試體採樣調查或非破壞試驗調查等方式為之，調查之項目包括如下：
  - ①裝修飾材之施工狀況（種類、厚度等）
  - ②裝修飾材之劣化狀況（脆化、鼓浮、剝落等）
  - ③混凝土之施工狀況
  - ④混凝土之劣化狀況
  - ⑤鋼筋種類與直徑及配筋狀況
  - ⑥鋼筋之保護層厚度
  - ⑦鋼筋之腐蝕狀況
  - ⑧混凝土之中性化深度
  - ⑨混凝土中之氯離子含量
  - ⑩其他
- (5) 現地調查時，以打鑿方式調查鋼筋之腐蝕狀況，其調查之評估基準依表3.1 鋼筋腐蝕度之評估基準評估之。

表3.1 鋼筋腐蝕度評估基準

等級	評點	評估基準
I	0	無腐蝕之狀態或鋼筋表面僅有少數之鏽斑點之狀態
II	1	鋼筋表面之鏽斑分佈很廣之狀態
III	2	鋼筋鏽斑由點連成面鏽斑且局部已產生浮鏽之狀態
IV	4	鋼筋浮鏽很多且附著於混凝土上，有蝕鏽在鋼筋斷面20%以下時
V	6	鋼筋形成厚層狀浮鏽且有蝕鏽超過鋼筋斷面20%以上時

- (6) 採樣之分析，採用鑽心試體或打鑿之混凝土片，由下列項目中選擇必要之項目進行調查。
  - ①混凝土之材料、配比
  - ②混凝土之抗壓強度、楊氏係數
  - ③混凝土之中性化深度
  - ④混凝土中之氯離子含量



- ⑤混凝土之空氣量、氣泡分布
- ⑥混凝土之含水率
- ⑦其他

(7) 調查結果，應以可供評估採用之方式整理記錄之。

解說：(1) 依3.2「建築物概要調查」及3.3「外觀目視調查」之結果，若推定其劣化原因為鋼筋腐蝕者，或其劣化可能導致鋼筋腐蝕者，才有必要進行「詳細調查」，「詳細調查」主要是為了取得對調查之局部劣化度及特定之劣化原因以判定是否需補修與選定補修工法所必須之資料而施行。

(2) 選定調查位置時，最重要的是選擇表面上劣化較明顯的部份與表面上劣化不明顯的部份（較健全的部份）作比較，以作為評估該建築物之劣化究竟自健全時期迄今進行至何種程度。建築物因其所在地條件及局部性的氣候條件，各有不同的環境要因作用及劣化進行的影響，因此在選定調查位置時應予注意。

鋼筋腐蝕的原因之一為中性化，而影響中性化進行之環境要因中，一般而言，有二氧化碳濃度、溫度、濕度及與水之接觸等。在促進試驗中，其中性化之進行速度與二氧化碳濃度之關係如解說圖3.4.1所示，實際建築物中之屋內側與屋外側之中性化進行狀況之比較如解說圖 3.4.2所示。中性化之進行速度，理論上與二氧化碳濃度之平方根成正比，二氧化碳濃度高則中性化速度快，而二氧化碳濃度在屋內居住空間一般約 0.1%程度，屋外大氣中則為0.03%程度，因此，屋內側因二氧化碳濃度比屋外側高，故中性化之進行也較快速。解說圖 3.4.3為促進試驗中，中性化之進行與濕度之影響，解說圖3.4.4 為實際建築物之屋外有雨淋與無雨淋之影響，濕度高或受雨淋而使混凝土潮濕時，可知中性化之進行速度較遲緩。解說圖 3.4.5為促進試驗中，其中性化進行速度與溫度之影響，中性化之進行速度，溫度高則較快速，再者，解說圖 3.4.6為實際建築物之方位別之雨淋部位上中性化深度之實測結果，在實際建築物中，西面、南面比北面之日射量多，因此，溫度較高，由於混凝土較乾燥，故其中性化之進行速度也較快。

解説圖 3.4.1

解説圖 3.4.2

解説圖 3.4.3

解説圖 3.4.4

解説圖 3.4.5

解説圖 3.4.6

有關鹽害之劣化外力，除了混凝土中內含之氯離子外，尚有由海風吹來之海水飛沫及海鹽粒子，此種飛來鹽分量之環境影響要因與其所在地與海岸之距離、海岸之地形、建築物周圍有無遮蔽物等之條件有關，解說圖 3.4.7所示為實際建築物與海岸之距離與混凝土中之氯離子浸透單位時間、單位面積之浸透量之關係，又解說圖 3.4.8所示為近鄰海岸之構造物中混凝土表層部之氯離子濃度與海岸之距離的關係，由上列之圖示可知，飛來氯離子之影響以與海岸之距離較近者較大，且因建築物之面海側與面山側之飛來氯離子量不同，在解說圖 3.4.9 中所示，可知面海側之混凝土中之浸透氯離子量亦較多。

飛來氯離子量與混凝土中之氯離子浸透量之關係如解說圖 3.4.10所示，在飛來氯離子量大約100 300mg/dm<sup>2</sup> 範圍內，其氯離子浸透量約為飛來氯離子量之10 30%左右。

如同前述，依建築物所在地條件之不同，其劣化之進行速度亦不同，依建築物之部位，其劣化之進行程度亦不同，甚且，依建築物之柱、梁、牆等部材之不同，其混凝土之品質、施工條件等均不同，故部位、部材別之調查位置之選定，有時也有必要。

解説圖 3.4.7

解説圖 3.4.8

解説圖 3.4.9  
解説圖3.4.10

(3) 詳細調查為在現場以外觀詳細目視調查、以打鑿方式調查、鑽心取樣方式調查及非破壞性試驗方式調查，來把握該建築物之劣化狀況的現場調查與將所採取之混凝土鑽心試體等試料、片取回至試驗室，進行劣化要因或劣化原因之分析研判之分析調查。

(4) 現地調查以「打鑿方式調查」、「鑽心取樣方式調查」及「非破壞性試驗方式調查」等為之。

#### 1)打鑿方式調查

以打鑿方式調查，如本文 (4)① ⑨項之調查，其中特別重要之項目為混凝土之保護層厚度、中性化深度及鋼筋之腐蝕狀況等三項，其調查程序如解說圖3.4.11所示，其調查之詳細方法如下：

①以打鑿方式調查之對象與部位、部材，依調查計畫書選定之  
②由調查對象之部位、部材選定實際進行打鑿之位置，目視觀察混凝土之表面狀態，予以描述（繪）及照相記錄之，照相時應距離調查部位、部材約 2 3M左右，可清晰照相為原則，且需寫上調查位置之號數，有粉刷層時，應將其表面狀態目視觀察並予記錄。

調查位置之號數，可將調查位置在平面圖及立面圖上編定其位置之號碼即可，至於打鑿位置則可以貼紙、螢光筆或色筆明示其打鑿範圍，其記錄用紙需預先備妥。

③表面裝修飾材去除約30x30CM程度之大小，並調查及記錄飾材之種類、厚度等施工狀況，同時以目視觀察其脆化、鼓浮、剝落等之劣化狀況。

裝修飾材之劣化的診斷方法，可參考相關文獻及研究報告，特別是建築物的外牆有水泥砂漿粉光或貼面磚時，飾材會因日照與冷卻之反復作用而產生經年的劣化、鼓浮、剝落等之劣化現象，此種劣化現象的有無之定期性診斷，在防止水泥砂漿粉光層或面磚之掉落事故，也非常重要，其診斷方法可參考「外部裝修之耐久性提昇技術」或「防止剝落災害的面磚外牆，水泥砂漿粉光外牆診斷指針」之文獻資料，如外觀目視法、打診法（敲擊診斷法）、反撥法及紅外線法等診斷方法，均有文獻資料可供參考。

④混凝土之表面狀態以目視觀察之，調查有無蜂巢、空洞、冷縫等施工狀況，同時調查有無鏽汁污染、龜裂縫、鼓浮、鋼筋外露等之劣化狀況，並予以描繪及照相記錄之。

⑤混凝土打鑿面積之大小，希以可露出縱、橫向之鋼筋二支以上且約30x30CM程度之大小為之，但若無法打鑿此尺寸時，



可沿鋼筋作十字、T字、L字等之線狀打鑿，如解說圖3.4.12所示之打鑿例，其打鑿之深度，應至鋼筋內側之深度為止。

混凝土之打鑿，可採氣動破碎機、電動破碎機或人工手動鑿子，氣動破碎機之破壞力強，適用於打鑿位置較多時或打鑿作業規模較大、混凝土強度較高時，唯其作業性不佳，在打鑿作業中有可能致鋼筋受損且需備有220V之電源及空氣壓縮機，故電動破碎機一般較常用，適用於氣動破碎與手鑿之中間的規模，也有人採用可變衝擊式之電鑽，一般需備有110V之電源，至於以鑿子與鐵錘之人工手動打鑿，則適用於小規模之打鑿作業或作為機械打鑿時之補助打鑿作業。

打鑿位置上殘留之混凝土粉末，必須以吹風機、氣壓槍或電力吸塵機等完全清除乾淨，否則會因混凝土粉末之殘留而致中性化，測定時因粉末之反應造成誤判。

- ⑥ 混凝土之龜裂縫等劣化狀況、蜂巢之存在等之施工狀況，以目視觀察之並以描繪方式記錄，若混凝土有使用海砂時，其中必含有貝殼等雜物，以此來判斷是否使用海砂之混凝土。
  - ⑦ 鋼筋之種類、直徑、方向、保護層厚度以定規量尺目視測定之，且鋼筋每一支均應依該鋼筋之各部份之腐蝕級數（如表3.1之鋼筋腐蝕度評估基準）以目視判定，並記錄腐蝕級數別及描繪其模樣，每支鋼筋之腐蝕級數之判定以該鋼筋中最顯著之腐蝕程度作為判定腐蝕級數之標準。
  - ⑧ 打鑿位置之描繪及照相，如解說圖3.4.13所示之例為之。
  - ⑨ 在打鑿位置上之混凝土表面，以酚鈦酒精溶液噴霧並以定規量尺測定其紅色反應部位之平均深度記錄之，測定時，應每一處測定數點，其平均值以mm為單位，作為該處之平均中性化深度。
- 中性化試驗用之試藥，取符合JIS K8006（CNS            ）規定之1%酚鈦酒精溶液為之，測定後，立即將測定位置照相存查，此時最重要的是，需將可確知該調查位置之編號納入並且以量尺將其中性化深度確認之。
- ⑩ 打鑿位置上之氯化物存在與否之確認方法，可採用氯化鈉溶液與硝酸銀溶液噴霧調查確認，唯此種方法，雖可以檢驗一定濃度之氯離子浸透深度，但無法測知混凝土中之氯化物量，故仍須另外方式分析之。

- ⑩以打鑿方式調查完成後，在打鑿部位，應以無收縮水泥砂漿、聚合(polymer) 砂漿、樹脂砂漿等材料將之填補修復之，且若有必要需以與周邊相同之飾材修復之，唯若在調查後，即計畫進行補修施工時，則可暫免予修復。
- ⑩打鑿方式調查殘留之混凝土片，以建築廢料處理之。

解説圖3.4.11

解説圖3.4.12

解説圖3.4.13

## 2)鑽心取樣調查

以鑽心方式之調查，乃以取得 (6)項中所示之各種分析調查用之試體為目的，而在現場中之調查對象之部位、部材之混凝土，用混凝土穿孔機鑽取試體。

在各種分析調查用之試體，雖亦可採用打鑿方式調查，唯因所取得之碎片難以確認其在混凝土中的位置所在，且在混凝土之深度方向其斷面積也不一樣，因此難以取得正確之資訊情報，尚且，有關混凝土中之氯離子分析用之鑽心試體之取樣方法在 (6)項之解說中有敘述，可參照之。

以鑽心方式取樣調查之程序，如解說圖3.4.14所示，其調查之詳細方法如下：

- ①以鑽心取樣方式之調查對象的部位、部材，依調查計畫書選定之，鑽心取樣方法，原則上依 CNS 1238 (JIS A1107) 之規定 (「混凝土鑽心試體與切鋸試體抗壓及抗彎強度試驗法」) 為之，其鑽心試體之取樣位置，由試體之分析目的及試驗方法等決定之。
  - a)抗壓強度試驗使用之鑽心試體，應取粗骨材之最大尺寸之3倍以上，且直徑在10CM以上，唯在牆壁或樓版等部材上，無法確保其足夠之尺寸，若鑽心試體之長度在10CM以下，比試體直徑短時，則不適合作為抗壓強度試驗之用，抗壓強度試驗所用之試體，應自對象部材之健全位置鑽心取得之，且盡可能取未含鋼筋之純混凝土試體為之。
  - b)用於混凝土之配比分析、鹽化物量 (氯離子含量) 等抗壓強度試驗以外之鑽心試體，以取直徑10CM為宜，若無法取直徑10CM時，亦可取粗骨材最大尺寸之三倍以上者為之。鑽心試體取樣位置，以在打鑿方式調查位置之邊緣者為佳，且盡量選定於可比較劣化部份與健全部份、屋內側與屋外側、海側與山側等劣化狀況別、環境條件別者。
  - c)若需兼作抗壓強度試驗與其他分析試驗用之鑽心試體，應先作抗壓強度試驗後再作為分析試驗之用，採用已作過抗壓強度試驗之試體來測定中性化深度時，可採用因抗壓試驗造成試體在平行鑽心方向之有破壞者，利用試體來測定中性化時，原則上可利用試體之破裂面來測定。
- ②鑽心採取試體時，為了避免切斷鋼筋，可利用設計圖與鋼筋探測器來推定鋼筋的位置，以決定鑽心試體的採取位置，在

鑽心試體採取位置上，以目視觀察其表面狀態並於其上予以標記並照相，照相之要領與打鑿方式之調查一樣，應標記鑽

心試體採取位置之編號，其編號應與打鑿調查之編號吻合，以利日後整理之便。

- ③鑽心試體之採取，以混凝土穿孔機為之。使用水鑽鑽心時，應使用帆布維護周邊，避免混凝土之泥漿飛散而造成污染並考慮日後之修復，鑽心試體之採取，不可貫穿部材，僅將必要之鑽心試體長度達成予以折斷取出即可。
- ④鑽心取樣完成之試體，應將表面之泥灰用水洗淨後，觀察試體之表面狀況予以記錄並將鑽心取樣方向、調查位置編號等，標記在試體表面。此外，若有粉飾材時，應將飾材種類、厚度、劣化等狀況予以記錄。
- ⑤鑽心試體應妥予包護，避免損傷並完整送至試驗室。
- ⑥與打鑿方式調查一樣，應將鑽心取樣位置予以修復。

解說圖3.4.14

### 3)非破壞試驗調查

仍在使用中之建築物，若採用如打鑿調查與鑽心取樣調查方式之破壞調查，有很多調查位置可能受限無法施行，故可改用非破壞試驗調查，來收集更多的情報。目前雖為了確認混凝土內部劣化狀況之正確情報，不得不採用打鑿方式或鑽心取樣方式來作調查，但採用非破壞試驗調查，可比破壞調查範圍更廣、更迅速。

適用非破壞檢查時，最重要的是，必須對試驗方法之原理、試驗機器之操作方法、檢查精度及適用範圍有充分的認識，擬定調查計畫時，應依破壞調查及非破壞調查之各種特徵予以分別，以打鑿或鑽心調查對代表性之位置進行調查並配合非破壞性試驗作補充調查，則可使建築物之劣化調查更有效率且完整。

本文3.4(4)項現地調查之調查項目中，以現代已實用化之非破壞試驗方法，可調查之項目為②，⑤ ⑨其方法如後述，非破壞試驗之方式，雖非打鑿或鑽心之破壞試驗，但有時需配合少許之鑽孔程度之破壞的試驗亦納入於非破壞試驗的範疇之內。

①飾材及鋼筋腐蝕之保護層混凝土的剝離狀況

以打（敲）診法、紅外線法等為之。

②鋼筋之配筋狀態及保護層厚度

以電磁誘導式或雷達方式之鋼筋探查設備為之。

③鋼筋之腐蝕狀況

以自然電位法或交流阻抗法為之。

④混凝土之中性化深度

以鑽孔粉末測定混凝土之中性化深度的測定方法為之。

⑤混凝土中的鹽化物量（氯離子含量）

以鹽化物量分析用之試料採取方法與鑽孔粉末方法為之。

⑥其他。

茲將非破壞試驗之方法概述如下：

①飾材及鋼筋腐蝕之保護層混凝土的剝離狀況

建築物之外牆，若以貼面磚或水泥粉光裝修時，其飾材因受日照與冷卻之反復作用影響，會產生經年劣化之鼓浮、剝離，且若混凝土中之鋼筋腐蝕，其膨脹壓會將混凝土保護層擠出，產生鼓浮、剝離，此種劣化診斷法有打（敲）診法及紅外線法。

打診法（又稱敲診法或敲音法）乃以試錘等敲擊牆面，由其反應之異常音可檢知飾材等之剝離位置，利用洗窗機吊車或鷹架作外牆之全面性打診時，則僅打診所能及之部份可以檢知而已，打診法雖簡單容易，但仍因技術人員之熟練度

的不同，其判斷亦有所差異，及在高空長時間連續作業之嚴酷工作環境下，其危險性無法避免，故亦有開發機械化之擴音麥克風來補捉打擊聲音如Impulse response（衝擊回音）方式、連續加振方式等，以調查飾材之鼓浮位置。

紅外線法之原理為利用飾材或保護層混凝土剝離部份會形成空氣層，致比健全部份之熱傳導率小而在牆面溫度上昇或下降時會形成溫差，而以紅外線檢測裝置測定其溫差，以調查飾材或保護層混凝土有無鼓浮之法，在紅外線作業時，其調查對象部位與紅外線檢測裝置之距離、測定角度、測定時間、日射、氣溫、天候等之氣象條件、建築物周邊之障礙物等條件、測定部位部材之形狀（如露台、陽台、雨庇等之突出物）及建築物之冷暖空調、機器之發熱等，均對診斷結果有影響。

#### ②鋼筋之配筋狀態及保護層厚度

建築物的劣化原因之一，即為鋼筋之混凝土保護層厚度不足，如解說圖3.4.15所示為對實際建築物保護層厚度實況之調查結果，其中所示為柱主筋之保護層厚度的實測值在20點以上的建築物計20棟的保護層厚度之分布。由此圖可知，鋼筋之保護層厚度的混凝土分布，有各式各樣不同之情形，將之平均化後，取其近似之分布狀況如解說圖3.4.16所示。

欲判定建築物之劣化原因，最重要的是掌握建築物整體之保護層厚度，但是其保護層厚度如同前述，依其測定位置而有很大之差異，故必須測定相當多的調查位置之保護層厚度，才能近似正確掌握，另外一方面，對於尚在使用中的建築物，則又須顧慮到儘可能減少打鑿調查之位置，以縮小建築物之傷害範圍，因此，如何活用保護層厚度測定之非破壞檢查，亦相形重要了。

對鋼筋之配筋狀態或保護層厚度之非破壞試驗方法，一般採用電磁誘導方式或雷達方式，如解說圖3.4.17所示，不必將鋼筋打鑿出來，而利用鋼筋探查設備將廣面積中之配筋狀態及保護層厚度之分布來推定，以求得進入中性化域之鋼筋的確實比率，進而推定其壽命，在此例中，很多位置都採用鋼筋探查設備，以非破壞性方式來推定保護層厚度之分布與配筋狀態，以提昇其診斷之精度是較受肯定的。

#### ③鋼筋之腐蝕狀況

混凝土中之鋼筋腐蝕，因依電氣化學反應方式為之，其有效之方法如下所示之電氣化學非破壞性鋼筋腐蝕度調查法：

：



### a)自然電位法

#### 測定原理

自然電位乃混凝土中之鋼筋的腐蝕狀態所對應之電位，因此，測定自然電位可以推定鋼筋之腐蝕狀態，混凝土呈強鹼性，在其強鹼性之環境下，可在鋼筋表面形成非動態（惰性）皮膜，所顯示之自然電位較高，若混凝土中性化且混凝土中存在氯離子，則會破壞鋼筋表面之非動態（惰性）皮膜而發生腐蝕，且顯示較低之電位。

#### 測定方法

較  
之要  
/硫  
品質  
接於  
無保  
在鋼  
之用  
果會  
向，應

自然電位之測定，採用100MΩ以上之入力，抵抗大的直流電壓計與對應電極，如解說圖3.4.18所示，其對應電極，一般採用銀/氯化銀電極或銅化銅電極，其測定值，因會受飾材及保護層混凝土之影響，故以非破壞探查方式探知配筋狀態後，直鋼筋位置上作測定作業是很重要的，且應選定幾處保護層混凝土等之影響者，例如解說圖3.4.19所示，筋近旁鑽一小孔作為鹽橋來測定，作為測定值修正，又，保護層混凝土之表面比內部潮濕時，測出結比實際值低，若比內部乾燥時，則又有較高之傾向，應特別注意之。

#### 腐蝕評估標準

依ASTM C876-91（混凝土中之無塗裝鋼筋的自然電位法）之規定如解說表 3.4.1所示之鋼筋腐蝕評估基準，此基準乃以銅/硫酸銅電極作為評估基準，故若採用其他電極時，必須換算修正之。

#### 測定例

實際構造物之測定，例如解說圖3.4.20所示，此例乃在混凝土表面為乾燥狀態下所測得之自然電位，在不同位置顯示其比實際值高出數百mV，因此，需修正保護層混凝土影響之電位差，來求得其自然電位之分布。

護  
布。

### b)交流阻抗法

#### 測定原理

交流阻抗乃由鋼筋中微小電流測定流通時，所產生之電流變化量而得，混凝土中已腐蝕之鋼筋表面之等效電路，如解說圖3.4.21所示，其抵抗有極化電阻（ $R_p$ ）

與溶液電阻 (Rs) 二種，其中極化電阻 (Rp) 之倒數與腐蝕速度成正比，而其比例定數 (常數) 則依金屬之種

類與環境條件而變化。

$$\text{腐蝕電流密度} : i_{\text{covr}} = K/R_p$$

解說表3.4.1 自然電位與鋼筋腐蝕之關係(ASTM C876-91)

測定電位之範圍	混凝土中之鋼材腐蝕之可能性
-200mV < E	90%以上之確率無腐蝕
-350mV < E < -200mV	不確定
E < -350mV	90%以上之確率有腐蝕

(電位以銅/硫酸銅電極為基準)

K值在混凝土中之鋼材大約為0.02 ~ 0.03mV左右 (依研究報告成果之文獻) 因此，若求得此極化電阻即可推定鋼筋之腐蝕速度，此時，必須分離其極化電阻與溶液電阻，以1kHz左右之高周波電流測定Rs及以 0.1Hz左右之低周波電流測定 (Rs + Rp) 可將Rp予以分離，亦即溶液電阻 (Rs) 為可推定腐蝕環境之特定值。

#### 測定方法

極化電阻可由解說圖3.4.22所示之要領來測定，亦即，由對極使微小電流通過鋼筋，使鋼筋電位在自然電位±20mV範圍內變化時所產生之電阻中，將溶液電阻Rs予以分離而求得。

#### 腐蝕速度評估基準

由於腐蝕速度與極化電阻成比例之關係，故若求得極化電阻則可簡單求得腐蝕速度，唯因由對極至鋼筋流通之電流分布狀況，會隨著配筋狀況、鋼筋直徑、保護層厚度、混凝土之含水狀態及龜裂縫狀況而有種種變化，因此，以極化電阻測定值作為腐蝕速度評估基準，仍有賴日後較多之實驗數據來作修正。

#### 測定例

解說圖3.4.23所示為，有龜裂縫之鋼筋混凝土梁之腐蝕促進實驗中之自然電位與極化電阻的經時變化測定結果，由其中可以確知，其極化電阻之測定值，隨著腐蝕之進展，在各個測定位置，均有顯著降低之現象。

#### ④ 混凝土之中性化深度

一般測定建築物之混凝土中性化，大多以打鑿方式或鑽心取樣方式來調查，唯尚在使用中之建築物，則因需考慮盡

可能不予傷害致其調查位置數亦常因之受限，故亦有改用簡易測定中性化之鑽孔法的方式，其試驗方法如解說圖3.4.24

所示，至於解說圖3.4.25則為採用促進中性化試驗之試體，以切割面測定中性化深度與以鑽孔法測定中性化深度之比較，解說圖3.4.26為結構體之打鑿法與鑽孔法測定中性化深度之比較，解說圖3.4.27為鑽心取樣法與鑽孔法之測定中性化深度之比較，由各種比較可得知，各種方法之測定結果，均有極佳之相關關係存在，誤差不大且由於混凝土中粗骨材之影響，會使測定值變動及誤差，故同一測定位置上，有必要以複數之鑽孔來測定才會準確。

⑤ 混凝土中鹽化物（氯化物）量之存在

為使簡易並迅速採取調查建築物之混凝土中的鹽化物量（氯離子含量），測定用之試料，一般大多利用在鑽孔時取得之粉末，實際之建築物調查中適用以鑽孔法採樣方式與鑽心試體之切斷方法取樣方式，如解說圖3.4.28所示，其兩者之鹽化物量（氯離子含量）之測定結果如解說圖3.4.29所示，由此兩種方式測得之鹽化物量之結果比較，可得知其大致之相關關係。

以鑽孔法之鹽化物測定用試料之採樣方式與以鑽孔法之測定中性化深度一樣迅速又簡易，故可測定多數之測點位置，且比鑽心試體取樣方法在試料調整之功夫上，也可相當程度之縮減，故不失為一種好方法，但因鑽孔法之試料取樣與中性化深度測定時一樣會因粗骨材之影響而致測定值變動及誤差，故有必要以複數之鑽孔來取樣，才會準確。

⑥ 其他

在其他之項目中，可適用非破壞試驗者如下：

a) 混凝土之抗壓強度及楊氏彈性係數

混凝土之抗壓強度測定，可採用 Schmidt 試錘（衝擊式）法或音速法為之，其試驗方法依其相關技術手冊之規定為之，至於彈性係數，則可由音速依（3.1）公式求得動彈性係數

$$E = \frac{\rho V^2 (1 + \nu)(1 - 2\nu)}{1 - \nu} \quad (\text{公式 3.1})$$

公式中  $E$ ：楊氏係數（ $\text{N/m}^2$ ）  
 $\rho$ ：混凝土之密度（ $\text{kg/m}^3$ ）  
 $V$ ：混凝土之音速（ $\text{m/s}$ ）  
 $\nu$ ：波桑比（Poisson ratio）

b) 混凝土之透氣性、透水性

混凝土之透氣性與中性化速度有密切之關係，一般透氣性大者其中性化速度較快，其試驗方法有吸引鐘試驗及簡易透氣性試驗等非破壞試驗，至於混凝土之透水性，則有直接在建築物外牆上之小孔進行簡易水壓試驗及簡易吸水試驗等方法。

c) 混凝土之含水率

混凝土之含水率之非破壞試驗調查方法分為，濕度法與電氣法二種，尤其在電氣法中又分為，直接在混凝土表面之電極觸壓方法與埋於內部電極之方法。

解説圖3.4.15  
解説圖3.4.16

解說圖3.4.17

解說圖3.4.18

解說圖3.4.19

解說圖3.4.20(a)(b)

解說圖3.4.20(c)

解說圖3.4.21

解說圖3.4.22



解說圖3.4.23

解說圖3.4.24  
解說圖3.4.25

解說圖3.4.26  
解說圖3.4.27

解說圖3.4.28  
解說圖3.4.29

(5) 有關以目視來評估鋼筋腐蝕度的方法，則有各式各樣之提案，由以往之文獻參考，將之整理如解說表 3.4.2 所示，在以往之評估方法提案中，大多將腐蝕級數分為 4 級或 5 級，其中各種提案之共通點為，最顯著之腐蝕狀態為斷面缺損狀態，在 5 級之提案中僅為斷面缺損程度上之不同再予分類而已，且對於不論有黑皮（酸化被膜）之存在與否，但未見腐蝕者，均列為 I 級，尚且，不論那一種提案，均以目視方式來評估腐蝕狀態，故均呈定性的表現。

鋼筋之生鏽面積率與質量減少率及以目視評定腐蝕級數之關係如解說圖 3.4.30 所示，鋼筋腐蝕之進行，若由目視評定達腐蝕級數 III 以上，則可知已由面之擴散轉為深度方向之擴散了，解說表 3.4.3 所示為鋼筋腐蝕度對鋼筋之性能及結構物之影響，表中腐蝕級數 IV 與本文之表 3.1 所示之腐蝕級數 IV、V 相對應，在此圖中，若腐蝕朝深度方向開始進行之級數 III 以上，則鋼筋之降伏點及抗拉強度、伸張率均可見其逐漸降低，同時，保護層混凝土也開始產生龜裂縫。

本技術手冊中之目視法鋼筋腐蝕度之評估標準，乃參考日本建設省總合技術開發計畫「混凝土之耐久性提昇技術之開發」的研究成果而訂定之「鹽害建築物之調查、診斷、補修指針（案）」而訂定如上述之解說表 3.4.2、3.4.3 及解說圖 3.4.30，且本文之表 3.1 乃考慮腐蝕級數與鋼筋之質量減少率的概略關係並納入考慮鏽蝕之評點而訂定，對調查位置之平均腐蝕程度之評估時，相當有效，解說照片 3.4.1 腐蝕級數 I ~ V 之狀況所示，為供鋼筋腐蝕級數判定時之參考。

解說圖 3.4.30

解説照片3.4.1

解說表3.4.2 鋼筋腐蝕之評估等級相關之各種提案

級數	5 階段評估			4 階段評估				3 階段評估
	鹽害建築物之調查、診斷、補修指針案	石橋、田摩、竹田、青木之提案	樞野之提案	和美、木村、吉信、小泉之提案	小林、栗原、三好之提案	森永、福上、成田之提案	小堀、水野之提案	田村、永山、河津之提案
I	無腐蝕，呈黑皮狀態	幾乎全屬黑皮狀態而未生鏽	保持施工時之狀況，施工後未腐蝕	無法認定有鐵鏽	完全無鏽	雖為黑皮狀態且有生鏽，但全體均屬薄而緻密之鏽，並未有附著於混凝土面之鏽	無異狀	無法確認有腐蝕
II	鋼筋表面偶有點鏽斑形成之狀態	雖局部有浮鏽，唯僅小面積之斑點狀	可認定局部性腐蝕，輕微之腐蝕	可認為局部性之斑點腐蝕	斑點狀之紅鏽	雖局部有浮鏽，唯僅小面積之斑點狀	析出部份之紅鏽	有腐蝕，但斷面未有缺損
III	鋼筋表面有大片之薄浮鏽，混凝土上有鏽斑附著之狀態	有較大面積之鏽蝕	表面大部份腐蝕，局部有斷面缺損	全面腐蝕	全面性之紅鏽	以目視觀察，雖未見斷面有缺損，但鋼筋之全表面周邊或全長有產生浮鏽	鋼筋表面有紅鏽	有腐蝕且斷面有缺損
IV	雖有稍厚一點之膨脹性的生鏽，唯斷面缺損較少之狀態	大部份範圍有生鏽，局部有層狀鏽	鋼筋表面有斷面缺損	層狀鏽、斷面缺損、保護層混凝土剝離	有浮鏽及已剝離之鏽	形成斷面缺損	有斷面損失之腐蝕	
V	鋼筋全體產生顯著之膨脹性鏽，且斷面有缺損	發生層狀之厚鏽，且局部斷面有缺損	鋼筋斷面有原來之2/3 1/2程度之缺損					

解說表3.4.3 鋼筋腐蝕度對鋼筋之性能及構造物之影響

	級數 (GRADE)			
	I	II	III	IV
龜裂縫	無		龜裂縫開始發生	已有龜裂縫形成必屬級數IV
鏽斑之擴散	鏽斑殘留於鋼筋與混凝土之界面		向混凝土內部開始擴散	沿龜裂縫擴散之混凝土表面析出
	竹節鋼筋	幾乎無變化		

附著強度	圓鋼筋	隨腐蝕度增大而增大			
		附著強度比(級數I取100為之)			
		100	134	166	139
降 伏 點	幾 乎 無 變 化	因應質量減少率而降低			
		降伏點明顯降低			
抗 拉 強 度	幾 乎 無 變 化	對強度有影響，隨質量減少率而降低			
伸 張 率	由腐蝕度輕微階段開始降低				
	伸張比(級數I以100為之)				
	100	80	57	35	



(6) 採樣試料之試驗、分析，依下列之方法為之：

① 混凝土之材料、配比

將採樣之試料的混凝土之材料、配比予以分析，以判定混凝土之綜合性品質。

混凝土配比之推定，可以「硬化混凝土之配比推定之化學分析方法」試驗之，以求得單位水泥量及單位骨材量，以此種試驗方法，雖可求得單位水量及水灰比，但單位水泥量及單位骨材量的測定誤差，因加算單位水量，會使單位水泥量及單位骨材量之推定值的精確度稍為降低，試料以鑽心試體（抗壓強度試驗後之試體亦可使用）或打鑿片塊為之。

混凝土之單位粗骨材量，採用抗壓強度試驗前之鑽心試體為之，將其側面或兩端面用透明膜或紙予以包覆後，再將粗骨材之輪廓用色筆予以塗黑，求其面積率作為粗骨材之絕對容積率，此時應注意，塗黑之部份勿超出粗骨材之外，且因混凝土之切斷面上必然非切在粗骨材之最大粒徑上，故依粗骨材及細骨材之粒度分布狀況計算面積率之塗黑部份時，必須考慮比 5mm 更小的部份也是粗骨材的切斷面，併入計算。

② 混凝土之抗壓強度、楊氏係數

混凝土之抗壓強度與混凝土之綜合性品質有密切關係，因此，混凝土之抗壓強度試驗即有確認是否能滿足所定之設計強度的意味與混凝土之配比分分析的結果一樣，可以考慮作為影響混凝土之耐久性的指標。

混凝土之抗壓強度，可依 CNS 1238「混凝土鑽心試體與切鋸試體抗壓及抗彎強度試驗法」試驗之，鑽心試體一般在試驗前應泡在水中達 40 48 小時以上 ( $20 \pm 3$ )，故若欲利用抗壓強度試驗後之試體來作氯離子含量之分析時，則以不泡水為宜。

混凝土之楊氏係數試驗，在抗壓強度試驗時作應變之測定，通常求得混凝土強度之 1/3 的切線剛性作為楊氏係數，但在 JIS 原案「混凝土之靜彈性係數試驗方法（案）」中在應力—應變關係中，取應變  $50 \times 10^{-5}$  之點與最大載重之 1/3 的點連成之直線的斜率作為楊氏係數，混凝土之楊氏係數與粗骨材之品質有關，吸水率較大之骨材，其混凝土之楊氏係數有較小的傾向，尚且，採用鑽心試體求得之混凝土的楊氏係數，在抗壓強度與楊氏係數之關係式中，雖考慮其單位容積質量，也會比標準養護之試體所求得者為小之傾向。

### ③ 混凝土之中性化深度

混凝土之中性化深度之測定，除以打鑿方式之外，也有採用鑽心取樣試體者，以鑽心試體測定中性化深度，可在試體之割裂面以酚鈦酒精溶液噴於其上，測定其至紅色著色部份之平均長度來測定（中性化部份無色）。此試體亦可利用抗壓強度試驗後之試體為之，但因作抗壓強度試驗時，會將兩端切斷磨平或蓋平，故必須確認其自混凝土表面至中性化之深度尺寸。

### ④ 混凝土中之氯離子含量

混凝土中之氯離子含量的測定方法，可依日本混凝土工學協會 JCI規準案「硬化混凝土中之含鹽分之分析方法（案）」或美國AASHTO之T260試驗方法，參考此種試驗方法，其細節檢討如下：

#### a) 試料採取方法

##### i) 鑽心試體

鑽心試體之取樣方法如前（4）項「現地調查」

2) 鑽心取樣調查之解說中所述。

##### ii) 鑽孔粉末

採取鑽孔粉末之方法，雖採用一般之混凝土電鑽亦可，唯若以附有試料吸引孔之特殊鑽頭配合試料補集器、調整穿孔深度之 STOPPER（卡簧）、吸風機等之電鑽更便利。穿孔徑在30mm以下，深度之間隔以10-20mm為適當，由於粗骨材之混入，易造成測定值之誤差，故希在近接鑽孔至少有三孔取樣為佳。

##### iii) 打鑿片

打鑿片在打鑿調查時，雖可容易取得，但其取樣位置之深度較不正確且深度方向之斷面積也不同，故不適合作為鹽化物量（氯離子含量）分布之調查用，雖亦可用於與鋼筋接觸之混凝土的鹽化物量測定，唯仍希取一樣厚度者為之。

#### b) 試料調整方法

為了瞭解鑽心試體混凝土中之鹽化物量的分布情形，需由表面切割成圓板狀，其厚度以 5-15mm為宜，唯若外來鹽化物之情形，在表面附近之氯離子含量會有很大的變化，在鑽心試體表面附近切割之圓板切薄一些，內可厚一些，而圓板之厚度較薄者，為避免其中之鹽化水溶脫，希以乾式切割方法為之。

粉末試料利用振動篩將微粉通過標準網目 $145\mu m$  篩選之並予風乾作為試料之用，塊狀之試料可利用顎式破碎機 (Jaw crusher) 或金屬製鉢先作 5mm 以下之粗粉碎再微粉碎，試料粉碎之過程應注意不可混入器具之污物或其他試料。

c) 鹽化物之萃取

分析用之試料，以燒杯 (BEAKER) 正確量取 100g 試料，以試料 1g 對 5ml 以上之硝酸 ( $HNO_3$ ) 之比例摻加之，再用定時皿加蓋後煮沸約五分鐘後靜置使之冷卻，定時皿之水滴作為離子交換水，洗入燒杯內以 5 種 C 之濾紙過濾之，將濾紙上之固形物用離子交換水洗 5~7 次，其濾液以量杯 (

Measuring flask) 裝填，作為分析用之萃取液。

d) 氯離子之定量分析

萃取液試料以有刻度吸量管 (Whole pipette) 定量分取之，以硫酸水銀 (II) 吸光光度法、離子電極法、硝酸銀滴定法等各種方法，作氯離子濃度之定量分析，此時不論採用何種方法，均需作空試驗，求得其空值 (blank 值) 以補正定量值。

e) 鹽化物量 (氯離子含量) 之計算

鹽化物量之計算，依 (3.2) (3.3) 公式為之

$$C = a \times \frac{V}{V_s} \times \frac{100}{w} \times 0.001 \quad (\text{公式 3.2})$$

$$C_v = C \times M \times 0.01 \quad (\text{公式 3.3})$$

式中  $C_v$  : 混凝土中單位容積氯離子 ( $Cl^-$ ) 含量 ( $kg/m^3$ )

$C$  : 分析試料中之氯離子 ( $Cl^-$ ) 含量 (wt%)

$a$  : 萃取液中之氯離子 ( $Cl^-$ ) 定量分析值 (mg)

$V$  : 萃取液量 (ml)

$V_s$  : 分取液量 (ml)

$w$  : 試料量取量 (g)

$M$  : 混凝土之單位容積質量 ( $kg/m^3$ )

⑤ 混凝土之細孔分布、氣泡分布

為評估混凝土之密實性 (緻密性)、充填性等品質，需測定混凝土之細孔 (孔隙) 分布、氣泡分布 (例如調查建築

物之中性化進行速度較快者，則其混凝土之品質大多不良)，作為瞭解其原因的分析方法，由解說圖3.4.31所示之總細孔量與中性化深度之關係，可知其間具有密切之關係。

混凝土之孔隙率 (Porosity) 分布，可將混凝土片大略粉碎後以壓汞孔隙儀 (Porous-meter) 試驗求知，其氣泡分布則與混凝土之凍害有密切關係，混凝土之氣泡分布，可用光學顯微鏡或畫像解析測定之。

#### ⑥ 混凝土之含水率

混凝土內部之含水率通常為 3~4%，其含水率若較高時，則二氧化碳不易侵入，故其中性化之進行亦較緩慢，但是若中性化已開始進行，其含水率較高則鋼筋較易腐蝕，且若混凝土中有氯離子存在時，其含水率較高則鋼筋也較易發生腐蝕。

混凝土之含水率測定，將混凝土片加熱並保持 105℃ 之恆溫，使之乾燥後測定其與當初之質量差即可求得。

#### ⑦ 其他

其他方法包括採用 X 光繞射分析儀 (XRD)、電子微探分析儀 (EPMA)、掃描電子顯微鏡 (SEM) 等之分析方法，測定中性化或鹽害劣化等之分析項目，可參考相關文獻為之。

(7) 詳細調查之結果，應將建築物名稱、調查年月日、調查人員、現地調查日之天候、調查項目、調查方法、調查部位 (調查部位、部材) 及其方位、調查位置、調查結果，依所見之實況描述，整理成可用於診斷之資料。

解說圖3.4.31

## 第四章 診斷、評估

### 4.1 一般事項

(1) 診斷、評估時，應檢討調查結果，判定下列事項：

- ①劣化度之判定
- ②劣化原因之研判
- ③劣化進行之推測（劣化趨勢預測）
- ④補強、補修必要性之判定
- ⑤強度評估之必要性判定
- ⑥補強、補修工法之選定

(2) 若由建築物概要調查及外觀目視調查之結果，仍無法評估（診斷）上列事項時，則應進行詳細調查，並將其結果一併評估（診斷）之。

解說：(1) 劣化診斷、評估時，應先檢討調查結果，以判定是否需進行補修及選定補修工法，需進行補修之判定時，其劣化度之判定是不可或缺的，為了選定有效的補修工法，則須準確研判其劣化原因及預測其劣化之進行，若劣化甚嚴重時，尚應判定是否需作強度評估。

補修之必要與否之判定，有建築物或部材劣化狀況已超過限度致產生損傷之情形，或目前雖尚未構成使用上之問題但放置不理，則數年後，即會達劣化之限度之兩種情況。

鋼筋混凝土造建築物或部材之劣化限度的考慮方式，有鋼筋開始腐蝕時或鋼筋腐蝕之條件已具備時，作為劣化限度之考慮的方式與因鋼筋腐蝕而造成保護層混凝土產生龜裂縫時，作為劣化限度之考慮方式兩種。其中第一種考慮方式，例如混凝土之中性化已深及保護層厚度時，作為劣化限度之考慮方式，但是即使中性化已進行至鋼筋的位置，並非代表鋼筋會立即開始腐蝕，且一般情況下，即使鋼筋腐蝕之條件已具備，且鋼筋已開始腐蝕，這時大多在表面上看不到有任何大變化，但是一旦產生鋼筋腐蝕所形成的龜裂縫之後，鋼筋腐蝕即會急速進行，短期間內接著就會演變成保護層混凝土的剝落，因此，在鋼筋腐蝕發生龜裂縫時，進行補修較容易判斷，又，鋼筋腐蝕之劣化雖然龜裂縫仍不明顯，僅在混凝土表面滲出鏽汁時，則其存在劣化要因之可能性很高，若置之不理，則劣化持續進行便需要作廣範圍之補修了，因此，有滲出鏽汁之情形，也須進行補修。

(2) 評估（診斷）時，雖依據調查結果判定是否需補修及選定補修工法，唯若誤判其劣化原因、未預測其劣化進行即判定是否需補修或選擇並非能消除劣化原因的補修工法，則不僅沒有補修效果，相反的會變成反效果而使建築物之壽命因之短縮，故評估時不能掉以輕心，因此，若僅憑建築物概要調查及外觀目視調查，尚無法推斷其劣化原

因時或預測其劣化之進行時，不得不施行詳細調查，以推斷正確的劣化原因與預測劣化的進行。

若劣化症狀不輕時，雖依建築物概要調查及外觀目視調查來推斷劣化原因，但應考慮應該還有其他劣化原因之複合作用所致者，故必須進行詳細調查作確認是很重要的，此外，雖然劣化症狀尚屬輕微，但是無法推斷其劣化原因或判定其劣化現象之種類時，為了今後能確實把握其劣化之進行情況，仍須進行詳細調查。

劣化症狀不輕之狀況如下之實例：

- ①沿鋼筋配筋方向產生寬0.3mm以上之龜裂縫之情形
- ②混凝土或粉刷層產生鼓浮、剝落之情形
- ③產生腐蝕級數Ⅲ以上之鋼筋腐蝕情形
- ④有異常體感(可認知之撓曲、可感受到之結構體障害)之情形
- ⑤有顯著的剝落(scaling) (粗骨材外露) 之情形

#### 4.2 劣化度之判定

- (1) 劣化度之判定，應依部位、部材分別判定之。  
 (2) 劣化度之判定，依外觀劣化症狀及鋼筋腐蝕等級為依據，依下表4.1 之劣化度評估基準判定之。

表4.1 劣化度評估基準

劣化度	評估基準	
	外觀之劣化症狀	鋼筋之腐蝕狀況
健全	無明顯之劣化症狀	鋼筋腐蝕度Ⅲ級以下
輕度	雖無沿配筋方向之腐蝕裂縫，但有乾燥收縮之0.3MM寬以下裂縫及可見鏽斑痕跡者	鋼筋腐蝕度Ⅳ級者
中度	有沿配筋方向之腐蝕裂縫，唯裂縫寬在0.5MM以下者	鋼筋腐蝕度Ⅳ級者
重度	沿配筋方向之腐蝕裂縫寬0.5MM以上，有鼓凸(浮)或混凝土剝落等或鋼筋外露者	鋼筋腐蝕度Ⅴ級者 雖無鋼筋腐蝕度Ⅴ級者但大多數均屬Ⅳ級者

解說：(1) 劣化度之判定，在建築物之部位、部材應分別為之，建築物之部位、部材分為基礎、土台、柱、梁、外牆、地板、屋頂、平頂、開口部、雨庇、女兒牆等，且分東、西、南、北向評估之。

打鑿方式調查可判定各個調查位置之劣化度，在柱與梁之單一部材上進行複數位置之打鑿調查，應以其中最差的調查結果作為判定該部材之劣化度之依據，此外，牆壁可視為單一部材來判定，但若大面積之牆壁亦可予以分割區塊判定作為各區塊補修之標準。

(2) 劣化度之判定可由表4.1所示之外觀的劣化症狀與鋼筋之腐蝕狀況兩種基準來判定，但是依此兩種基準之判定結果必然不盡一致，以打鑿方式調查，雖以外觀上損傷較顯著之劣化部位與損傷不顯著之健全部位作比較，但損傷較不顯著之部位，將混凝土打鑿開來看，也有鋼筋已腐蝕的情況，通常之情況下，若外觀之症狀已達重度時，大多其鋼筋之腐蝕狀況亦達重度，但是相反地，鋼筋之腐蝕狀況已達重度者，其外觀之劣化症狀並未進行到重度的也有，尤其是外表有飾材裝修者，大多有此傾向，故劣化度之判定，在外觀之劣化症狀與鋼筋

之腐蝕狀況，兩方面之判定不能一致時，應以較嚴格的評估方式來判定其劣化度。

以目視方式來作鋼筋腐蝕度之分類，雖有各種的提案方式，唯在本技術手冊中第三章之表3.1的分類，乃採用五階段來評估，基於此，對於以鋼筋之腐蝕狀況來評估劣化度與以外觀之劣化狀況來評估的方式併為四個階段作評估，設定如表4.1，在以鋼筋之腐蝕狀況作判定時，若一處之調查位置上有複數之鋼筋存在時，應以各支鋼筋之評估與整體之評估綜合考慮後，再作評估結論。

在國外，有以電位差來作為腐蝕評估基準的方式，現實上是適用的。由於此方式可用非破壞性方式來預測鋼筋之腐蝕狀況，故在未能直接確認鋼筋之腐蝕狀況時，對評估而言乃一大助力，如第三章解說圖3.4.23所示，其自然電位若比-200mV小，則表示鋼筋已開始腐蝕了，由此可知，採用此種方法時，自然電位在-200 -350mV屬於輕度，若小於-350mV時，則可視為中度以上。

有關劣化度，補充說明如下：

- ①健全：外觀上無可見之劣化症狀，且由鋼筋之腐蝕狀況來看，並無嚴重的劣化要因存在。
- ②輕度：外觀上有輕微之劣化症狀，且對鋼筋之腐蝕狀況具有潛在性的劣化要因之可能。
- ③中度：外觀上之劣化症狀不輕，有混凝土片掉落，可能產生日常安全性問題之程度。
- ④重度：損傷顯著，有混凝土片掉落，產生日常安全性問題之虞，且有時亦有結構安全性問題之虞者。

日常安全性係指對人與器物之安全性而言，結構安全性係指建築物或部材之結構安全性而言，若腐蝕龜裂縫形成，則保護層混凝土剝落的危險性高，在有人出入的建築物是不容許有此種程度以上之劣化的進行的，因此，若劣化度達到中度，就必須作補修，而重度的劣化，因有可能形成結構安全性的問題，故也有必要作補強之檢討，由第三章之解說表3.4.3 中得知，鋼筋之腐蝕度對鋼筋之性能及構造物有影響，亦可知若腐蝕開始朝鋼筋之深度方向進行之腐蝕級數Ⅲ以上，即可見到保護層混凝土之龜裂縫或鋼筋之降伏點、抗拉強度、伸張率之降低，尚且，在輕度時仍有內在的劣化要因存在之可能性，應施行劣化進行之預測，以決定是否需進行補修或使用劣化抑制工法予以抑制。



#### 4.3 劣化原因及劣化趨勢預測

- (1) 依據調查結果，評估劣化要因與劣化外力之強度，並判定劣化之主因。
- (2) 因鋼筋腐蝕致混凝土形成龜裂、鼓凸、剝落等之劣化現象，其鋼筋腐蝕之要因，可分為下列劣化原因：
  - ① 混凝土之中性化
  - ② 初期內在氯離子含量過高
  - ③ 外來氯離子（由外部滲透於混凝土中）含量過高
  - ④ 上列① ③之複合原因
  - ⑤ 其他
- (3) 雖非由鋼筋腐蝕之原因，而仍形成混凝土龜裂時，且其最終結果仍有產生鋼筋腐蝕之虞時，應依龜裂要因列入劣化原因之分類中
- (4) 上列(2)(3)項中，其劣化原因若係判定為骨材鹼質反應及酸性土壤、化學藥品等之腐蝕物質所致之劣化現象，則應另案施行必要之調查。
- (5) 劣化現象若與鋼筋腐蝕無關者，應另案施行必要之調查。
- (6) 劣化原因為混凝土之中性化時，其劣化原因之強度依其中性化之進行程度，分類如下表4.2

表4.2 混凝土中性化之劣化原因強度分類

劣化原因強度	依中性化進行程度之分類	
	屋 外	屋 內
小	中性化未進行至鋼筋表面	中性化未進行至鋼筋內側
中	中性化已進行至少數鋼筋表面	中性化已進行至少數鋼筋內側
大	中性化已進行至半數以上之鋼筋表面	中性化已進行至半數以上之鋼筋內側

- (7) 劣化原因為混凝土中氯離子含量過高時，其劣化原因之強度，依鋼筋保護層厚度位置之氯離子含量，分類如下表4.3

表4.3 混凝土中氯離子含量之劣化原因強度分類

劣化原因強度	鋼筋位置上氯離子含量之分類
小	鋼筋之保護層位置上，不存在足以誘發鋼筋腐蝕之氯離子含量
中	鋼筋之保護層位置上，局部存在足以誘發鋼筋腐蝕之氯離子含量
大	鋼筋之保護層位置上，存在足以誘發鋼筋腐蝕之氯離子含量

- (8) 劣化原因若為混凝土之中性化與初期內在氯離子含量過高或外來氯離子含量過高之複合原因時，其劣化原因之強度，各依上列之劣化原因強度評估後，取更大一級之強度評估之。
- (9) 依鋼筋腐蝕之原因所致之裂縫，其劣化原因強度，以混凝土表面之裂縫寬，分類如表4.4所示

表4.4 混凝土表面裂縫寬之劣化原因強度分類

劣化原因強度	鋼筋位置上氯離子含量之分類
小	有裂縫，其寬度幾乎不致影響鋼筋腐蝕之程度者
大	有影響鋼筋腐蝕之裂縫寬度者

- (10) 以劣化原因強度作劣化進行之趨勢預測，應依試驗或可靠之資料推算之。

解說：(1) 由環境條件或使用條件來推定劣化要因者，整理如下：

- ①竣工後之經過年數較長時（例如25年以上）— 中性化
- ②位於海岸附近時（1km以內，尤其250m以內）— 外來鹽化物
- ③台灣北部地區民國70~74年間施工者— 初期內在鹽化物（使用海砂者）
- ④特殊環境（熱、藥品化學材料、溫泉地、侵蝕性氣體、地下室滲水且通風不良等）之情形者— 化學腐蝕
- ⑤寒冷地域者（凍害危險度以上之地域）— 凍害

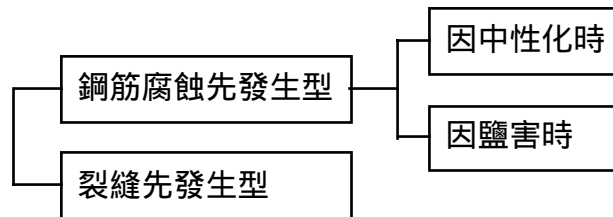
此外，由龜裂縫之型態來推定劣化要因者，整理如下：

- ①龜甲狀龜裂縫— 乾燥收縮、骨材鹼質反應、凍害、化學性腐蝕
- ②細而不規則裂縫— 乾燥收縮、凍害、化學性腐蝕
- ③軸方向龜裂縫（與配筋無關）— 骨材鹼質反應
- ④與軸力向垂交龜裂縫（與配筋無關）— 水和熱、乾燥收縮、結構性
- ⑤與軸力向斜交龜裂縫（與配筋無關）— 結構性、乾燥收縮
- ⑥配筋方向之龜裂縫—— 鹽害、中性化
- ⑦剝落（scaling）—— 凍害、化學性腐蝕
- ⑧混凝土表層之軟化—— 化學性腐蝕

此外，有關由部位別之龜裂縫之型態來推斷劣化原因，因已示於第三章之解說圖3.3.3~3.3.9，此處所述僅供參考。

(2) (5) 本技術手冊，因係以與鋼筋腐蝕相關之損傷為對象，因此，龜裂縫是否影響鋼筋腐蝕之進行，在劣化現象之分類上乃極為重要之項目，混凝土之中性化或鹽害引致之鋼筋腐蝕，雖不存在影響鋼筋腐蝕之龜裂縫（耐久性上有害之裂縫）亦有可能會形成，而若存在耐久性上有害裂縫時，裂縫必會導致鋼筋腐蝕。

亦即，鋼筋腐蝕相關之劣化現象，如解說圖 4.3.1所示，可分為中性化（鋼筋腐蝕先發生型）、鹽害（鋼筋腐蝕先發生型）及裂縫先發生型三種。



解說圖4.3.1 鋼筋腐蝕相關之劣化型態

但是，若為裂縫先發生型之劣化時，其龜裂縫之原因對鋼筋腐蝕之影響應分別考慮，亦即判明為究係因骨材鹼質反應及化學性腐蝕或因地震不均勻沉陷及超載重等結構性要因所導致者，則有必要另行調查（如地震、不均勻沉陷等結構性外力引發之裂縫，除外部裂縫外尚有肉眼看不見的內部裂縫甚或混凝土與鋼筋完全被拉扯分離而喪失握裹力之情形，此時，雖外表產生裂縫但內部鋼筋則未必有腐蝕，唯若不及時補修，則不但結構性之安全不保，且日後必引發鋼筋腐蝕，參照解說圖4.3.2）

解說圖4.3.2 混凝土表面裂縫與內部裂縫之狀況（概念圖）

(6) 中性化領域若到達鋼筋之位置，則會破壞鋼筋之非動態皮膜（惰性皮膜）使鋼筋極易形成腐蝕，解說圖 4.3.3所示為影響鋼筋腐蝕之自鋼筋表面至中性化領域之距離的檢討例。

雖然在屋外，其中性化領域內之鋼筋腐蝕速度明顯快速，馬上會達到有害之腐蝕狀況（腐蝕級數Ⅲ或Ⅳ，腐蝕開始往深度方向進行）但是，在屋內因濕度較低，故鋼筋之腐蝕速度比屋外遲緩，有人指稱當中性化領域進行至比鋼筋保護層厚深20mm以上時，才會形成有害的腐蝕狀況，因此，當屋外之中性化進行至鋼筋位置時及在屋內中性化進行至比鋼筋保護層厚深20mm以上時（亦即進行至鋼筋之內側時）為決定劣化要因之強度的一種判斷基準。

因中性化所致之鋼筋腐蝕，依以往之調查結果，以中性化之進行程度作為劣化要因強度之分類，例如解說表 4.3.1所示。

解說表4.3.1 混凝土中性化之劣化要因強度分類

劣化要因強度	依中性化進行之程度分類	
	屋 外	屋 內
小	保護層厚度之平均值之0.5倍以下	保護層厚度之平均值之0.7倍以下
中	保護層厚度之平均值之0.5倍以上，未達保護層之平均值	保護層厚度之平均值之0.7倍以上，未達保護層之平均值加20mm之值
大	保護層厚度之平均值以上	保護層厚度之平均值加20mm之值以上

解說圖4.3.3

(7) 混凝土中之鋼筋，因一般均在鹼性環境下，故不會產生腐蝕，但在氯離子含量高過相當程度時，則雖在鹼性環境中亦會開始腐蝕，由於鋼筋生鏽之臨界氯離子含量，依混凝土之配比及環境條件而異，欲以一定值加以規範並不容易，唯參照國內外之各種標準，將混凝土中之氯離子含量之規制值規定如解說表 4.3.2所示。

解說表4.3.2 各國氯離子含量之規制

國名	規格	氯離子含量之規制值
英國	BS 8110-85 PART 1	對水泥重量之全鹽化物量 (CaCl <sub>2</sub> ) 一般RC : 0.4% 使用耐硫酸鹽水泥 : 0.2% PC (高溫養生RC) : 0.1% (混合劑 : 混合劑 2% 或水泥之 0.03%)
法國	DTU 21.4	1) 無筋水泥砂漿、混凝土及保護層 4 cm之RC，水泥重量之 2% (CaCl <sub>2</sub> ) 2) 在保護層 2 cm之RC為水泥重量之 1% (CaCl <sub>2</sub> ) 3) RC用拌合水中之鹽化物量為 0.25g/l (Cl <sup>-</sup> )
德國	DIN	骨材中之可溶性鹽化物量 先拉預力PC，PC灌漿 (DIN 4227) : 0.02% (Cl <sup>-</sup> ) RC (DIN 1045)，後拉預力PC (DIN 4227) : 0.04% (Cl <sup>-</sup> )
美國	ACI 301-72	氯化鈣 (CaCl <sub>2</sub> ) 之混合為水泥重量之 2% 以下
	ACI 318-83	對水泥重量之可溶性鹽化物量 (Cl <sup>-</sup> ) 1) PC : 0.06% 2) PC (鹽分影響下) : 0.15% PC (一般環境下) : 0.30% PC (乾燥狀態下) : 1.00%
	ACI 222 R-85	對水泥重量之硬化後酸抽出鹽化物量 (Cl <sup>-</sup> ) 1) PC : 0.08% 2) PC : 0.20%
日本	日本建築學會 (JASS 5-1991)	混凝土中含鹽化物量 (Cl <sup>-</sup> ) 為 0.3kg/m <sup>3</sup> 以下，不得已超過時，須有防鏽上有效對策，其方法依特記說明為之，但在此情況下鹽化物亦不得大於 0.3kg/m <sup>3</sup>
	土木學會混凝土 標準示方書 (1991)	混凝土中含鹽化物量，換算成Cl <sup>-</sup> 1) 一般RC，後拉預力PC : 0.6kg/m <sup>3</sup> 2) 耐久性有特別要求之RC，後拉預力PC中有鹽害或電蝕之顧慮時及先拉預力PC : 0.3kg/m <sup>3</sup>

如解說圖 4.3.4所示為混凝土中氯離子含量對鋼材腐蝕之影響的檢討例，在此實驗中，發現鋼筋之生鏽面積顯著增加時之氯離子含

量為 $2.5\text{kg/m}^3$ 時，其關係值想必在  $1.2 \sim 2.5\text{kg/m}^3$ 之間，另一方面，以弗利德氏鹽在水泥中可能之固定之量大約水泥質量之  $0.4\%$ 左右，若水泥量為 $300\text{kg/m}^3$ 時，其氯離子含量則為  $1.2\text{kg/m}^3$ ，與前述之試驗結果有相當程度之吻合。

由日本建設省之綜合技術開發計畫案中之「混凝土之耐久性提昇技術之開發」研究案中，對實際建築物作鑽心試體取樣及打鑿方式之鹽害調查，研究分析氯離子含量及保護層厚度與鋼筋腐蝕減量之關係，結果如解說圖 4.3.5所示，其研究成果之結論示之如下：

- ①氯離子含量小於  $0.015\%$ （約 $0.30\text{kg/m}^3$ 程度）時，若有 $20\text{mm}$ 以上之保護層，則其鋼筋腐蝕速度約 $0.04 \sim 0.05$ （%/年）左右，此情況下，雖經過 $20$ 年時間，其腐蝕減量在  $1.0\%$ 以下，鋼筋尚可稱是在健全狀態。
- ②氯離子含量在 $0.015 \sim 0.03\%$ （約 $0.30 \sim 0.60\text{kg/m}^3$ 程度）時，若有 $60\text{mm}$ 以上之保護層，則其鋼筋腐蝕速度約 $0.04$ （%/年）左右，唯若保護層厚度不足 $60\text{mm}$ 時，則鋼筋腐蝕速度為 $0.07 \sim 0.1$ （%/年）程度，經過 $20$ 年後之腐蝕減量在 $1.5 \sim 2.0\%$ 程度，亦即相當於腐蝕級數II III。
- ③氯離子含量在 $0.03 \sim 0.06\%$ （約 $0.60 \sim 1.2\text{kg/m}^3$ 程度）時，保護層厚度若不足 $60\text{mm}$ ，則其鋼筋腐蝕速度約 $0.09 \sim 0.13$ （%/年）左右，經過 $20$ 年後之腐蝕減量在 $2 \sim 3\%$ 程度，亦即相當於腐蝕級數III，再接下來 $50$ 年後時之腐蝕減量在 $5 \sim 8\%$ 左右，相當於腐蝕級數IV，已經非為健全狀態了。
- ④氯離子含量在 $0.06\%$ （ $1.2\text{kg/m}^3$ 程度）以上者，雖保護層厚度有 $40\text{mm}$ 以上，其鋼筋腐蝕速度亦大於 $0.16\%$ 以上，經過 $30$ 年後之腐蝕減量達 $5 \sim 8\%$ 及腐蝕級數IV。

綜觀上述之研究結論，劣化要因之強度，以鋼筋位置之氯離子含量予以分類之，參考例如解說表 4.3.3所示。

解說表4.3.3 依混凝土中鹽化物量之劣化要因強度分類

劣化要因強度	依鋼筋位置之氯離子含量之平均值分類	
小	$0.3\text{kg/m}^3$ 以上	$0.6\text{kg/m}^3$ 以下
中	$0.6\text{kg/m}^3$ 以上	$1.2\text{kg/m}^3$ 以下
大	$1.2\text{kg/m}^3$ 以上	

解説圖4.3.4

解説圖4.3.5

(8) 有關鋼筋腐蝕與龜裂縫之關係有很多研究成果，一般若裂縫寬較大，則二氧化碳（CO<sub>2</sub>）與水份等劣化因子容易入侵，故鋼筋之腐蝕速度也會加快，此種趨勢如解說表 4.3.4所示，在許多實驗中均已確認，龜裂縫寬度與鋼筋腐蝕之關係的一個例子，如解說圖 4.3.6所示。

另一方面，也有人認為鋼筋腐蝕速度與裂縫寬度並無依存關係，此種論調主要係指與鋼筋垂交之裂縫而言，例如混凝土若產生裂縫，則容易在裂縫周邊形成局部之中性化，因中性化若到達鋼筋位置，則鋼筋易腐蝕，裂縫寬度越大，則腐蝕開始時期快速，唯其腐蝕開始後之腐蝕速度受到陰極部之氧的供給量與陽極、陰極間之電氣抵抗所支配，故鋼筋之腐蝕速度與裂縫寬度並無必然關係，也就是說，裂縫寬度與腐蝕開始時期有密切關係，但自腐蝕開始至劣化限度之腐蝕速度並無必然關係之見解。

雖然大多數人的意見，認為與鋼筋垂交方向之裂縫，雖如前述會產生鋼筋腐蝕，唯均屬局部性的，對結構物之耐久性並不造成明顯的損害，但是，裂縫若沿著鋼筋平行方向發生，則對鋼筋腐蝕有深刻的影響，尤其是保護層厚度小時，梁之彎曲裂縫與牆之乾燥收縮裂縫等，大多是沿著鋼筋配筋方向發生，如此一來，會迅速由鋼筋之長軸方向擴大至全體之鋼筋腐蝕，危險性高，此方向之裂縫對鋼筋之腐蝕速度的影響並不清楚，若予以放置不管，是否絕對沒問題，亦無任何明確的根據，因此，以「技術手冊」之性質而言，應對裂縫寬度之容許限度加以規定才妥當，解說表4.3.5 4.3.7所示為國內外各種規範中因應環境條件之容許裂縫寬度之規定。

此處以環境條件為主的鋼筋生鏽條件之觀點予以區別，尤其必須考慮，由飛來鹽分所致之鹽害，有關環境之區分解說如后 (9)所述。

解說圖4.3.6



### 解説表4.3.4

解說表4.3.5 容許裂縫寬度之例 (ACI 224委員會)

條 件	容許最大裂縫寬度 (mm)
乾燥空氣中或有保護層時	0.40
濕空氣中、土中	0.30
與凍結防止劑接連時	0.175
反復承受海水、潮風之乾濕時	0.15
水密性結構部材	0.10

解說表4.3.6 容許裂縫寬度規定之例

[CEB-FIP國際標準(1978)]

表(a)容許裂縫寬度 \*2

環 境 狀 況	載重作用組合	對腐蝕之鋼材的敏感性	
		非常敏感 *1	不敏感
		w(mm)	w(mm)
不嚴苛時、室內、乾燥之狀況下	屢屢作用時	0.2	0.4
	僅永久載重作用	0.1	
一般之屋外、濕度高之屋內等	屢屢作用時	0.1	0.2
	僅永久載重作用	0或0.1以下	
特別嚴苛時、海岸、工廠地帶等	僅少部份不作用之載重作用組合	0.1	0.2或0.1
	屢屢作用時	0	

表(b)混凝土保護層厚度之標準值 (對腐蝕不太敏感之鋼材)

\*3 \*5

環 境 狀 況	混凝土之抗壓強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	250	350	400	500
不 嚴 苛 時	15		15	
一般屋外結構物	25		20	
嚴 苛 時	35		30	

[註]

- \*1 對腐蝕非常敏感之鋼材，係指直徑 4mm以下之各類鋼材及長  
時間承受抗拉強度4,000kgf/cm<sup>2</sup>以上應力之冷加工鋼材。
- \*2 混凝土保護層C比表(b)之值大時，以表(a)之容許裂縫寬度乘以(c/cmin)之值作為容許裂縫寬即可，但不可超過表(a)值之1.5倍以上。

- \*3 混凝土保護層之一般標準值，不包括樓版在內，對腐蝕不敏感之鋼材，取表 (b) 之值。
- \*4 對腐蝕非常敏感之鋼材，取表 (b) 之值加上10mm作為混凝土之保護層厚度，且混凝土保護層在鋼材直徑以上，拉張材（預力鋼腱）則在套管徑以上且大於40mm以上，若最大粗骨材尺寸達30mm時，應為最大粗骨材尺寸以上。
- \*5 樓版部份可依表 (b) 中之值減5mm之值為之但不得小於15mm

解說表4.3.7 容許龜裂縫寬度之規定例  
 (日本混凝土工學協會：混凝土之裂縫調查、補修、補強指針)

其他要因(1) 環境(2) 區分	考慮耐久性時			考慮防水性時	
	嚴 苛	中 度	輕 鬆	_____	
(A)需補修之 裂縫寬度(mm)	大	0.4以上	0.4以上	0.6以上	0.2以上
	中	0.4以上	0.6以上	0.8以上	0.2以上
	小	0.6以上	0.8以上	1.0以上	0.2以上
(B)不需補修之 裂縫寬度(mm)	大	0.1以下	0.2以下	0.2以下	0.05以下
	中	0.1以下	0.2以下	0.3以下	0.05以下
	小	0.2以下	0.3以下	0.3以下	0.05以下

註(1) 其他要因（大、中、小）係指對混凝土構造物之耐久性及其防水性之有害程度，由以下之要因之影響綜合定之。

裂縫深度、類型、保護層厚度、混凝土表面被覆層之有無材料、配比、接縫等。

(2) 主要由鋼筋生鏽之發生條件觀點來看之環境條件。

解說表4.3.8 依裂縫寬度之劣化原因強度之分類

劣化原因之強度	混凝土表面上之裂縫寬度	
	一般之屋外	環境嚴苛時
小	不足0.4mm	不足0.1mm
大	0.4mm以上	0.1mm以上

(9) 劣化進行之預測，其問題在於現在之劣化原因會導致日後之重度化的速度，混凝土中之鋼筋的腐蝕速度，由保護層混凝土之品質與鋼筋混凝土之暴露環境所左右，亦即若其保護層混凝土之品質或環境條件之不同，雖其劣化原因之強度相同，但其目前劣化原因所致之重度化速度並不一樣，亦即劣化之進行速度不同之意。

因此，現況劣化原因之強度需以保護層混凝土品質與環境條件作為評估之修正，與劣化進行預測具有相同的意義。以下為劣化原因之強度必須作評估修正時之條件，依保護層混凝土之品質與環境條件分別來考慮者。

#### 1)保護層混凝土之品質

保護層混凝土之品質有關之因素為混凝土之堅固度（密實或鬆散）與有無龜裂縫之缺陷，對龜裂縫之評估如前 (8)所述方法，此處所述為混凝土之堅固度的問題。

影響混凝土堅固度之要因為材料（水泥之種類、骨材、混合材料）配比（水灰比）施工（搗實養護）等各種因素。

如解說圖 4.3.7所示為中性化速度之例，水灰比為70%者，30年後中性化達到20mm左右，相反的，40%以下者，其中性化之進行幾乎可予忽略不計。由日本混凝土工學協會之「鋼筋混凝土構造物之耐久性設計的考慮方法」文獻中，評估水灰比對中性化速度及鹽化物之浸透速度，如解說圖 4.3.8所示與有鹽害時之中性化同樣可用保護層混凝土之品質來評估，此外，品質係數乃以水灰比60%之混凝土為基準，來評估對中性化及鹽害的抵抗性，如水灰比40%者為3.16倍，水灰比50%者為1.78倍，水灰比70%者為0.56倍。

由上述各點，若知道水灰比即可依水灰比來變更劣化原因之強度，例如水灰比40%以下時可以小一級，相反地，水灰比70%以上時大一級，可以作此考量。尚且，由水灰比來看，前述之混凝土的堅固度之影響要因，其結果可由抗壓強度反應之，若以混凝土之抗壓強度不足150kgf/cm<sup>2</sup>來推斷，則其水灰比可能會超過65%，因此，可以將其劣化原因強度評估加大一級來考慮。國內現場在澆置混凝土時，常任意加水以利泵送，對劣化十分不利，應反省檢討並極力避免。

#### 2)環境條件

關係鋼筋腐蝕之環境條件分為中性化關係與鹽害關係二種，由於中性化在一般環境條件下也會進行，故若無保護層混凝土的品質問題，則中性化速度也不會快速，另一方面，因外來

鹽化物之鹽害的情形，由於近海岸處之飛來鹽分量較多，混凝土表面之氯離子濃度極高，可以想見混凝土中氯離子之浸透速度也快。

離海岸之距離與混凝土表層部之鹽分量之關係如解說圖 4.3.9 所示，此乃累積以往之研究成果整理而成，由此圖可以考慮離海岸250m以內為鹽害地域，而離海岸 1km以內與鹽害地域相鄰之區域則視為準鹽害地域。解說表 4.3.9所示為環境條件之區別與外來鹽化物所致之鹽害劣化原因強度之加成方法。

解說表4.3.9 鹽害時之劣化原因強度之加成

環境等級	特別嚴苛之環境	腐蝕環境	稍微腐蝕性環境
離海岸之距離	50m以內	50 250m	250m 1000m
因外來鹽化物之劣化原因強度	全部都屬大級	無 小, 小 中中 大 均屬大一級, 而 屬大級 者不必再增大	均加大一級

解說圖4.3.7

解説圖4.3.8

解説圖4.3.9

#### 4.4 補強、補修之必要性判定

- (1) 補強、補修應於有確保安全性、提昇耐久性或回復機能性之必要時，施行之。
- (2) 劣化度達中度或重度時，為確保安全性應進行補修，且重度時視其必要，應進一步施行結構強度評估，並作成補強之設計。
- (3) 劣化度為輕度時，應對劣化趨勢進行預測，如預測結果確認在，未達目標耐用年數前即已顯著劣化時，為提昇耐久性應予補修。
- (4) 機能性之回復，依部材要求之機能判定其補修之必要性。

解說：(1)、(2)本技術手冊，係以安全性之確保與耐久性之提昇為目的，將補修之基準之劣化限度分為鋼筋腐蝕度先發生型與裂縫先發生型，設定如下：

- ①在鋼筋腐蝕先發生型之劣化過程，為中性化或鹽害等原因產生腐蝕，並隨著鋼筋腐蝕之進行而致保護層混凝土龜裂，其後在短時間內保護層混凝土剝落，此種保護層混凝土剝落，在對人身安全上乃不容許的劣化，因此，當腐蝕裂縫形成時即視為鋼筋腐蝕先發生型之劣化限度，應進行補修之基準。
- ②在裂縫先發生型之劣化過程，為任何原因致混凝土產生裂縫，因劣化之因子侵入裂縫中致鋼筋開始腐蝕，此時，由於腐蝕生成物會由裂縫滲出，故在鋼筋周邊因腐蝕之膨脹壓不易蓄積，因而保護層混凝土之剝落也不易形成，故不得不視為結構安全性降低的劣化限度，然而以目前之研究水準，仍對鋼筋腐蝕對結構性能之影響有許多不明之問題點存在，因此，在裂縫先發生型之劣化仍無法表示其明確之劣化限度，因之欲設定究竟有幾分屬安全側，仍以其裂縫之寬度達到有害之寬度（混凝土失去保護鋼筋之機能時之大小）時，才視為其劣化限度，且，判斷為有害之裂縫寬度仍依環境條件而不同，本技術手冊規定如表4.4所示。

有關機能性，依建築物之部位、部材之要求性能而變化，漏水時，以裂縫寬 0.1mm 以下為基準之考量之。

此外，當劣化度屬重度時，亦包含鋼筋腐蝕極顯著之情形，此種程度之劣化狀況，由於可能以添加筋或鋼線網程度，作輕微之補強仍無濟於事，故應記述，應作結構補強之診斷。

(3) 前項4.3之(9)所示之劣化原因之強度加成者，應作劣化進行預測，若劣化原因判定為「大」時，產生重度之鋼筋腐蝕亦為意料之中不足為怪，故不僅要注意其劣化狀況，更須及時作劣化抑制之處理，若劣化原因判定為「中」時，由於經年後劣化因子會更加累積，故必須作綜合性之評估。

#### 4.5 強度評估之必要性判定

若劣化現象已達鋼筋腐蝕顯著、部材全體全面性龜裂、鼓凸、剝落及主筋已顯著斷面缺損時，應施行結構強度評估。

解說：鋼筋腐蝕對於鋼筋混凝土部材之結構性能之影響迄今尚不明朗，一般僅考慮在腐蝕進行中若造成鋼筋斷面缺損之程度嚴重時，認為會降低結構性能，但是，雖然在外觀上的老朽度很顯著，有很多文獻均顯示，以實際載重加諸其上幾乎看不到有結構性能降低之情形。

此處介紹一個日本建設省綜合技術開發研究案之「混凝土耐久性提昇之技術開發」，研究案中之一的彎曲剪力強度評估相關的實驗結果，此試體設定為因鹽害而其剪力補強筋已腐蝕之RC部材①RC部材之一面或全面之剪力補強筋，預先以較細的代表已有斷面缺損之模型試驗體（BI-DII）。②混凝土中混入多量之鹽化物來促進鋼筋之腐蝕，保護層混凝土已產生龜裂縫鼓浮等現象之鹽害試驗體之製作（E、F、G）。

解說圖 4.5.1為試驗體之形狀、尺寸、配筋，解說圖 4.5.2為加載試驗方法，解說圖 4.5.3為荷重 變形曲線，解說圖 4.5.4為最大強度，解說圖 4.5.5為最大強度時之部材角。

依此試驗之結果，最大強度時的變形在劣化部材或帶筋斷面積較小的模型部材上有比較小的傾向，但有關之強度，除了模型試驗體之四邊帶筋已消失的極端情形之外，顯示出並未產生明確的差異。

由以上的試驗結論可知，要規定結構上的劣化限度是極困難的，因此，只需在鋼筋腐蝕特別顯著、帶筋或肋筋消失、部材全體龜裂或鼓浮、剝落產生之情形及主筋產生顯著之斷面缺損時，進行耐震診斷及結構強度診斷即可，耐震診斷的方法可參考日本之「既存鋼筋混凝土造建築物之耐震診斷基準同解說」或「建築物之耐震診斷系統技術手冊」及內政部建築研究所於85年 4月印行之「現有RC建築物耐震能力評估手冊」修訂版等文獻。

解說圖4.5.1



解説圖4.5.3

解説圖4.5.2

解説圖4.5.4

解説圖4.5.5

#### 4.6 補強、補修工法之選定

(1) 補修工法之分類如下：

- ① 鋼筋腐蝕補修工法
- ② 中性化抑制工法
- ③ 氯離子鹽害抑制工法
- ④ 裂縫補修工法

(2) 補強工法之分類如下：

- ① 增設耐震牆工法
- ② 增設斜撐 (BRACE) 工法
- ③ 柱之補強工法
- ④ 增設扶壁與構架工法
- ⑤ 增設袖壁工法
- ⑥ 梁之補強工法
- ⑦ 設置吸能槽 (SLIT)
- ⑧ 基礎之補強工法

(3) 補修或補強工法之選定，依部材、部位別分別選定之。

(4) 補修工法之選定，依劣化度及劣化要因強度之程度及各種劣化原因之種類 (如下① ④款) 分別選定之。

① 劣化原因為中性化時之補修工法選定標準如下表4.5

表4.5 劣化原因為中性化時之補修工法

劣化度	劣 化 原 因 強 度		
	小	中	大
輕 度	不要 (若保護層厚不足時，與中性化抑制工法併用)	中性化抑制工法	中性化抑制工法
中 度	檢討其他原因	裂縫補修工法 + 中性化抑制工法	鋼筋腐蝕補修工法 + 中性化抑制工法
重 度	檢討其他原因	檢討其他原因	鋼筋腐蝕補修工法 + 中性化抑制工法

②劣化原因為初期內在氯離子含量過高時之補修工法選定標準如下表4.6

表4.6 劣化原因為氯離子含量過高時之補修工法

劣化度	劣化原因強度（鋼筋位置之氯離子含量）		
	小	中	大
輕度	不要（若保護層厚不足時，與鹽害抑制工法併用）	鹽害抑制工法	鹽害抑制工法
中度	檢討其他原因	鋼筋腐蝕補修工法 + 鹽害抑制工法	鋼筋腐蝕補修工法 + 鹽害抑制工法
重度	檢討其他原因	檢討其他原因	鋼筋腐蝕補修工法 + 鹽害抑制工法

③劣化原因為外來氯離子鹽化物時之補修工法可依表4.6 選定補修工法，同時，若建築物距海岸之距離在50公尺以內者，應與鹽害抑制工法併用之。

④劣化原因為龜裂裂縫時之補修工法選定標準如下表4.7

表4.7 劣化原因為龜裂裂縫時之補修工法

劣化度	劣化原因強度（混凝土表面之裂縫寬）	
	小	大
輕度	不要（若保護層厚不足時，與鹽害抑制工法併用）	裂縫補修工法
中度	檢討其他原因	鋼筋腐蝕補修工法
重度	檢討其他原因	鋼筋腐蝕補修工法

(5) 影響鋼筋腐蝕之劣化外力若極嚴重時，應另行檢討採用合適（切）之特殊工法。

(6) 結構損傷或損壞及結構強度提高之補強工法，依各補強部材、部位，由結構專業技術人員，另行設計選用之。

解說： (1) 補修工法之概要如下：

1)鋼筋腐蝕補修工法

將混凝土剝落鋼筋外露部份或打鑿龜裂縫部份之混凝土，使鋼筋露出予以除鏽並塗佈防鏽材，再以斷面修復材填補修復之，此外，若鋼筋腐蝕顯著時，應焊接新鋼筋用加強鋼筋補強之。

2)中性化抑制工法

將表面予以被覆，防止由外部侵入二氧化碳來抑制中性化之進行，此外，若中性化深度已經到達鋼筋位置時，應將混凝土用鹼性液含浸之，使混凝土之鹼性恢復來抑制鋼筋腐蝕之進行。

3)鹽害補修工法

將表面予以被覆，防止由外部侵入之氯離子並截斷水及氧氣之供給來抑制鋼筋腐蝕之進行，若混凝土中已含有多量之鹽化物量（氯離子含量）時，則將混凝土用防鏽劑含浸之，吸著氯離子使呈惰性，來抑制鋼筋腐蝕之進行。

4)裂縫補修工法

以樹脂注入或以U型切割後注入填縫材於裂縫中，以防止水、氧氣或腐蝕性物質由裂縫侵入，來控制鋼筋腐蝕。

(2) 補強工法之概要如下解說表 4.6.1，4.6.2及照片例。

解說表4.6.1 補強工法之部位、補強要素比較表

部位	補強工法之種類	特 徵		
		耐震性、居住性	施工性	成 本
壁	R C 壁	強度大 變形能小(F=1.0) 重量大 遮音性佳	現場 作業空間小	便宜
	鋼 骨 斜 撐	強度大 變形能稍大(F=2.0 3.0) 輕量 可開大窗	預組 要重機械吊裝 需較大作業空間	比RC壁貴
	鋼骨偏心斜撐	強度稍大 變形能大(F=2.0 3.0) 輕量 可開大窗	同 上	同 上
	鋼 板	強度稍大 變形能稍大(F=2.0 3.0) 輕量 可開大窗	同 上	同 上
柱	碳 纖 維 卷 覆	強度小 變形能大(F=3.0) 要防火被覆	可採手工作業	比較貴
	鋼 板 卷 覆	強度小 變形能大(F=3.0)	要現場焊接 要重機械配合	同 上
梁	碳 纖 維 卷 覆	強度小 變形能大(F=3.0) 要防火被覆	可採手工作業	同 上
	鋼 板 卷 覆	強度小 變形能大(F=3.0)	要重機械配合	同 上















解說照片4.6.1 增設置鋼筋混凝土  
耐震壁補強工法之植筋例

解說照片4.6.2 增設耐震補強  
RC壁施工中實況例

解說圖4.6.1 碳纖維捲覆梁之補強

解說圖4.6.2 碳纖維捲覆柱之補強

解說照片4.6.3 碳纖維捲覆完成之  
柱之補強例

解說照片4.6.4 柱碳纖維捲覆之  
機械施工方式

解說圖4.6.3 Y字形斜撐增設之補強工法

解說照片4.6.5 Y字形斜撐增設之補強工法實例

解說圖4.6.4 耐震間柱增設之補強工法

解說照片4.6.6 耐震間柱增設之補強實例



解說照片4.6.7 鋼板耐震壁工法實例

解說圖4.6.5 用薄鋼板彎折所製作之槽形鋼增設之鋼板耐震壁

解說照片4.6.8  
柱鋼板捲覆補強實例

柱捲覆補強用鋼板

柱  
U  
型  
鋼  
板  
捲  
覆  
安  
裝

柱  
鋼  
板  
捲  
覆  
補  
強  
鋼  
板  
安  
裝  
完  
成

柱  
捲  
覆  
補  
強  
鋼  
板  
表  
面  
樹  
脂  
砂  
漿  
粉  
光

外

牆吸能槽切割打鑿

吸能槽底塗及填縫、防水

解說照片4.6.9  
大樓外牆吸能槽設置實例

(4) 補修工法以各種劣化原因中之劣化因子的浸透及鋼筋腐蝕的進行為主，分別將其型態示之如解說圖4.6.1 4.6.3。

1)劣化原因為中性化時之補修工法（解說圖 4.6.6）

潛伏期：以表面被覆方式，阻絕外部之二氧化碳入侵來抑制中性化之進行，防止因中性化造成鋼筋腐蝕。

進展期：中性化深度到達鋼筋位置，就容易造成鋼筋腐蝕，此種情形下，僅以表面被覆是不可能得到充分之效果，除掉劣化原因的方法為再鹼化。

加速期：腐蝕裂縫發生後，鋼筋之腐蝕速度會加速，而鐵鏽之膨脹壓會使保護層混凝土剝落，當中性化之進行而發生混凝土之腐蝕裂縫時，則必須將劣化部份除去才作補修。

2)劣化原因為鹽害時之補修工法（解說圖 4.6.7）

潛伏期：外來鹽化物時，以表面被覆來防止由外部入侵之氯離子抑制之，即可防止鹽害之鋼筋腐蝕。

進展期：鋼筋位置上，若氯離子濃度增高，鋼筋開始腐蝕，若為內含之氯離子，由於只用表面被覆來抑制劣化因子極為有限，故必須考慮與防鏽併用之方式，使氯離子呈惰性才有效。

加速期：因氯離子之劣化進行中，發生混凝土之腐蝕裂縫時，其劣化因子已在內部擴展的可能性很高，故必須將內在之劣化因子可能存在部份予以去除後，才作補修。

3)劣化原因為龜裂縫時之補修工法（解說圖 4.6.8）

進展期：龜裂縫之寬度若增大，則劣化因子（二氧化碳、氯離子、氧氣、水等）易由裂縫侵入，可在鋼筋腐蝕進行前補修裂縫，防止鋼筋腐蝕。

加速期：因劣化因子由裂縫部份侵入致鋼筋開始孔蝕與全面腐蝕進展，即進入加速期。

(5) 有關特殊工法，參照第八章所示。

(6) 結構損傷或損壞，如受地震力之損傷或損壞，因情況與劣化不同，大多為混凝土外部及內部裂縫或部材混凝土斷裂、碎裂，甚至造成部材整體之斷面缺損，若不及時作「緊急補強修復」，則可能危及結構性之安全或日後產生鋼筋腐蝕等劣化，其補強修復之工法部份，可參考劣化之補修工法及內政部建築研究所89年01月頒佈之「震後受損鋼筋混凝土建築物緊急修復及補強技術手冊」

震災後，若結構損傷或損壞情形嚴重而必須重新評估其耐震能力或提高其結構強度時，則應由結構專業技術人員另行評估診斷，並由具實務經驗之結構補修技術人員選定其補強工法。

解説圖4.6.6

解説圖4.6.7

解説圖4.6.8

潛  
伏  
期

表  
面  
被  
覆  
抑  
止

進  
展  
期

表  
面  
被  
覆  
浸  
透  
抑  
制

加  
速  
期

斷  
面  
缺  
損  
補  
修  
及  
浸  
透  
抑  
制

解說圖4.6.9 鋼筋混凝土之劣化 潛伏期、進展期及加速期之補修工法概念圖

解說表4.6.2 各種補強工法一覽表(RC/SRC造)

補強要素	補強方法	補強概要	工法上之特色					備註
			重量增加	強度	成本	施工性	平面上之限制	
耐震壁	設置鋼筋混凝土耐震壁之補強		×	無開口 有開口			×	與既有RC結構體之接合，以植筋方式為之 若設開口，則強度會降低。
	既設耐震壁之壁厚增加之補強		×	無開口 有開口			×	同上
	既設壁之無開口耐震壁化之補強		×				×	與既有RC結構體之接合，以植筋方式為之
	新設鋼板耐震壁之補強					內部 × 外部		與既有RC構架之接合，在鋼骨框與水泥砂漿接縫部，以植筋方式為之 韌性可提昇 (F=3.0也可能)

解說表4.6.2 各種補強工法一覽表(RC/SRC造) (續)

補強要素	補強方法	補強概要	工法上之特色					備註
			重量增加	強度	成本	施工性	平面上之限制	
斜 撐	新設鋼骨斜撐之補強(I) (X形斜撐)					內部 × 外周		與既有RC構架之接合，在鋼骨框與水泥砂漿接縫部，以植筋方式為之 斜撐材之有效細長比 $\lambda_e$ 若 $\lambda_e < 50/\sqrt{F}$ 則可提高韌性。
	新設鋼骨斜撐之補強(II) (K形斜撐)					同上		同上
	新設鋼骨斜撐之補強(III) (人字拱形斜撐)					同上		同上
	新設鋼骨斜撐之補強(IV) (Y形斜撐)					同上		韌性可提昇 (F=3.0也可能)



解說表4.6.2 各種補強工法一覽表(RC/SRC造) (續)

補強要素	補強方法	補強概要	工法上之特色					備註
			韌性	強度	成本	施工性	平面上之限制	
柱	焊接金屬網之補強 (焊接箍筋之補強)							有壁之柱亦可施作。
	鋼板捲覆之補強 - I							無收縮水泥砂漿注入中鋼板會變形鼓凸，應以錨定螺栓加強。
	鋼板捲覆之補強 - II							同上
	角鋼帶板之補強							

解說表4.6.2 各種補強工法一覽表(RC/SRC造) (續)

補強要素	補強方法	補強概要	工法上之特色					備註
			韌性	強度	成本	施工性	平面上之限制	
柱	碳纖維捲覆之補強							底床需粉光處理 有壁之柱亦可施作 獨立柱可機械化施工 原則上需要施作防火被覆 隅角需為r=30mm圓角 (不可銳角)
	柱、壁間設置吸能槽(SLIT)提昇韌性			x				壁體橫筋部份切斷 吸能槽內填充填縫材
	柱斷面之增強							
	袖壁補強柱							與既有RC結構體之接合，以植筋方式為之

解說表4.6.2 各種補強工法一覽表(RC/SRC造) (續)

補強要素	補強方法	補強概要	工法上之特色					備註
			韌性	強度	成本	施工性	平面上之限制	
梁	增設肋筋之補強							斷面加大重量也增加 (梁之結構強度需檢討)
	鋼板貼附之補強							鋼板外側需以樹脂水泥砂漿粉光包覆防火及美化
	鋼板捲覆之補強							
	碳纖維捲覆之補強							底床需粉光處理 碳纖維末端需錨定





## 第五章 補強、補修設計

### 5.1 一般事項

- (1) 補強、補修之設計，應依調查、診斷、評估之結果設定復原目標之水準進行設計調查決定補修範圍、補修材料及補強、補修構法，並作成設計圖說。
- (2) 補強、補修構法之設計，應為可達成復原目標水準及預期之補強、補修效果，且對日常安全性不致產生問題。

解說：(1) 補強、補修之設計係以第三章「調查」及第四章「診斷、評估」結果之劣化症狀、劣化度、劣化原因、劣化外力、劣化趨勢預測、補修之必要性與補修工法之選定等相關資訊為基本依據來設定復原目標水準及補修範圍，並設計具體的補修材料與補強、補修構法及訂定補修工法之施工規範或說明。

補強、補修設計，並非僅考慮施工性、工期、經濟性，同時也要考慮安全性、法規、施工環境及周邊環境等事項。

(2) 決定補修材料及補強、補修構法，在作成設計圖說時，不僅要考慮預期之補強補修效果，同時要顧及其效果之恆久性，使不致產生日常安全性的問題，例如在舊結構體上粉刷補修之水泥砂漿時，不但應考慮在其補修周界部份避免使腐蝕性物質侵入之處理方法，同時更要考慮若必須作水泥砂漿厚層粉光時，應有防止水泥砂漿掉落之各項措施。

因此，此處所謂之「構法」係指補強、補修全體之構成之意，而「工法」則指對劣化原因採取之具體的補修方法。（例如梁、柱之補強時，應先將梁、柱周邊之梁支撐住，以防止在梁、柱之補強施工中因需打鑿梁、柱保護層或其斷面致減低了原有之支持機能，會連帶影響梁版之變形或破壞，及若梁、柱有瑕疵或裂縫需一併補修時，其補修範圍、時機及程序等或補強、補修部位有設備機器、配管類需先行拆除時，均應於「構法」中明示）

## 5.2 復原目標水準之設定

- (1) 復原目標水準，分為恆久與延命及暫定三種。
- (2) 復原目標之水準，考慮劣化原因強度及劣化進行趨勢之預測結果，依建築物所有人之需求設定之。

解說：(1) 補強、補修設計之復原目標水準，分為如下之①恆久②延命③暫定 三個層次。

- ①恆久（補強、補修）非僅將顯現之劣化部份進行補修而已，仍應將形成劣化之內在要因完全消除或將原有之不足予以增強，以達到預期之恆久補強補修效果之補強、補修工法。
  - ②延命（補強、補修）除將顯現之劣化部份進行補修之外，同時將形成劣化之內在要因，施以劣化進行抑制工法，以達到預期之延長使用壽命效果之補強、補修工法。
  - ③暫定（補強、補修）則僅將顯現之劣化部份加以補修，其他部份則在劣化又顯現時才再度作處理之補強、補修工法。
- (2) 回復目標水準之設定，以第四章「診斷、評估」中之劣化原因之強度及劣化進行預測之結果為基本依據設定之。

### 1) 中性化起因之腐蝕

鋼筋在未中性化領域內因受惰性皮膜保護不會腐蝕，在中性化到達鋼筋位置之後才開始腐蝕。這種情形下，鋼筋混凝土之結構體的壽命為中性化到達鋼筋位置之期間，與因中性化致鋼筋開始腐蝕至達到鋼筋腐蝕之容許限度致混凝土發生裂縫為止之時間的總和。因此，中性化起因的鋼筋腐蝕補修，須把握混凝土之中性化速度及在中性化領域中之鋼筋的腐蝕速度，作劣化之進行預測，再預測中性化起因之殘存壽命並設法降低中性化速度及抑制腐蝕速度，解說圖5.2.1 5.2.3所示為，中性化起因之鋼筋腐蝕補修工法之概念圖。

中性化起因之鋼筋腐蝕概念圖，如解說圖 5.2.1所示，如圖中所示以屋內與屋外作比較，則二氧化碳濃度以屋內比屋外較高，中性化之進行也較快，且屋內因混凝土比較乾燥，故中性化進行至鋼筋之內側 2cm後，鋼筋開始腐蝕，如圖中所示之腐蝕曲線。

因此，如解說圖 5.2.2所示之中性化抑制工法概念圖，保護層混凝土之中性化速度較緩，則可達成延長至鋼筋位置之中性化的進行時間之目的。

此外，如解說圖 5.2.3所示之中性化起因之鋼筋腐蝕補修工法，將中性化到達鋼筋位置致產生鋼筋腐蝕的部份予以剔除，再以斷面修復用砂漿置換之，作為鋼筋之腐蝕到達容許強度

極限腐蝕量前，抑制鋼筋腐蝕之目的，其補修目標之年數，以表示則  $t_2 + \alpha > t_{d2}$

2) 氯離子（鹽化物離子）起因之腐蝕

含氯離子之混凝土中，把握鋼筋之腐蝕速度是很重要的。因鹽害之鋼筋腐蝕進行之概念如解說圖 5.2.4 所示，在臨近海岸則如圖所示之海水飛沫或飛來鹽分，會由混凝土表面向保護層混凝土中浸透擴散，當到達鋼筋位置鋼筋就產生腐蝕，再到達裂縫發生之腐蝕量，則耐久性會迅速降低。且若因使用海砂，使混凝土含有初期內在氯離子，致一開始就已有鋼筋腐蝕者，則其到達裂縫產生之時間及耐久性降低之時間，會因氯離子含量之多少而不同。

氯離子起因的鋼筋腐蝕之補修，一方面要抑制混凝土中氯離子之浸透，同時要降低鋼筋之腐蝕速度，以增長保護層混凝土發生裂縫之期間。

如解說圖 5.2.5 所示，進行氯離子浸透抑制之補修者與未進行補修者之比較下，顯示其裂縫發生與強度降低之時間有比較緩慢之情形。

此外，如解說圖 5.2.6 所示，混凝土中含有氯離子至達鋼筋之腐蝕發生界限量為止，將保護層混凝土打除，以斷面修復用之補修砂漿予以置換，來抑制鋼筋之腐蝕，可使裂縫發生較緩慢。

解說圖 5.2.1

解說圖 5.2.2



解説圖5.2.3  
解説圖5.2.4

解説圖5.2.5  
解説圖5.2.6

### 5.3 設計調查

- (1) 補強補修設計前，應進行設計調查，以確認補強、補修工法及設定補強補修範圍。
- (2) 若由第三章「調查」及第四章「診斷、評估」之結果，已可滿足供補強、補修設計所需之調查資訊時，則設計調查可予省略。
- (3) 設計調查，原則上應為全面調查。

解說：(1) 設計調查乃以作成設計圖說為目的，以外觀目視調查及打診調查為中心，進行全面調查是很重要的，如此才能依據設計圖說計算及估算其補修費用。(復原目標水準之設定與所需之補強、補修費用有密切關係)

雖然在設計調查之階段，若有搭設鷹架就可算出正確的數量與費用，但是，也有因未搭設鷹架致無法獲得正確的數量與有關劣化程度的資訊之情形，可在依第六章「補強、補修施工」所述之施工調查時，補作精確調查。

(3) 設計者應由第三章「調查」及第四章「診斷、評估」結果，判定鋼筋混凝土建築物之劣化原因及程度，提供建築物所有人或使用人專業性之判斷與建議，並評估需要作何種層次之復原目標水準，並分析其利弊，評估是否有補強、補修之價值，以利作決策。否則花費一大筆補強、補修費用與其所能達成之效益無法平衡時，就不如局部打除重作或全部拆除重建反而有利。

#### 5.4 補強、補修範圍之設定

補強、補修範圍，不論局部或全部（全面性）均應明確設定之，並於設計圖說中明示。

解說：補強、補修範圍需因應復原目標水準、補修工法等，在不影響構造物之強度下設定之。

- 1)局部補修，以在補修對象之位置中，將已腐蝕鋼筋周邊之混凝土予以打除至腐蝕部份，全部打鑿露出為原則。
- 2)全面補修，需在可見到之混凝土裂縫或剝離、鋼筋腐蝕位置或有鏽汁之處及其周邊用試錘敲擊之（有空音之部位即為混凝土鼓浮者），將混凝土之鼓浮範圍予以標記位置，並於附近用電動破碎機、鑿子等將之鑿除之。此外，有關鹽化物起因之鋼筋腐蝕，其超過氯離子含量 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 之腐蝕界限值部份，以全部打除為原則，且若繫結鐵線、鋼製間距器、插銷等，若有鏽蝕者，亦需全數打除。
- 3)打鑿範圍，依構造物之狀況、混凝土之劣化狀況設定之。打鑿時，將混凝土表層部不致影響結構強度的範圍內，將劣化部份與脆弱部份全部予以打除為宜。

打鑿方法之要領，如解說圖 5.4.1所示，避免在端部打成盤子狀之薄端形（唯計畫採用環氧樹脂系材料補修時，則可），應垂直將之鑿深至相當深度呈厚餅形。此外，打鑿面自垂直方向視之角隅部，亦不宜打成銳角之形狀，以防止斷面修復材之易於剝離。（有相當厚度，斷面修復材才能附著不剝離）

- ①劣化之部份殘留，則強固之補修難以達成
  - ②劣化或缺陷之程度，僅由外觀調查無法充分、實際判定，若將該部份打鑿，則可確實處理
  - ③劣化部份或脆弱部份殘留之補修，該部份將成為弱點，容易成為裂縫或鋼筋腐蝕再發生之原因
- 4)雖然由外部看來混凝土之劣化不明顯，但當中性化到達鋼筋位置或氯離子含量達到鋼筋腐蝕之界限值以上等，有鋼筋腐蝕之潛在原因存在時，若將劣化之明顯部份逕予打除，則可能會對構造物之強度產生不良影響，此種情況下，應在將明顯劣化部份打除之同時，以可抑制其劣化原因之含浸材施予抑制作業後再作補修。
  - 5)鋼材之除鏽，在將混凝土打除露出鋼筋後，用磨砂機、磨刷機予以除鏽，除鏽之程度分為拋光 1 級、拋光 2 級、拋光 3 級之三個程度，必要時應塗佈防鏽材，以抑制鋼材之腐蝕。
  - 6)局部性鋼筋腐蝕顯著，且產生鋼筋斷面有缺損時，該部份可以添加筋補強之，唯應計算結構強度並檢討鋼筋適切之收頭或錨定的方法。

解説圖5.4.1

#### 5.5 補強、補修材料及工法之選定

- (1) 補強、補修材料，應選定符合其用途及目的之適切品質者。
- (2) 補強、補修材料，應依適切之試驗方法、使用實績或可靠之資料，採用可確認其品質與性能者。
- (3) 補強、補修工法，應考慮劣化度、劣化原因、劣化外力及劣化趨勢預測之結果，選擇可達到設定之部材或結構物之性能及機能之復原目標水準的工法。

解說： 目前一般採用之鋼筋腐蝕部份之補修，如解說圖 5.5.1所示之底床處理、鋼筋防鏽、斷面修復、表面被覆之程序為之，此處使用之補修材料如解說表 5.5.1所示。

解說表5.5.1 補修材料之種類

種 類	種 別	主 要 成 份
含 浸 材	浸透性吸水防止材	硅酮(Silicon)系、硅烷(Silane)、壓克力(丙烯)(Acryl)系、變性聚酯(Polyester)樹脂系等
	浸透性固化材	無機系：硅酸鹽,膠態硅(Colloidal Silica)系、硅氟化物系等 有機系：環氧(Epoxy)樹脂系、丙烯(Acryl)樹脂系、尿烷(Urethane)樹脂系、聚酯(Polyester)樹脂系等
	無機質浸透性防水材	[ 水泥、矽酸鈉、水溶性矽、氧化鋁(Alumina)、氧化鈣等之混合物 ] + [ 水 ] 或 [ 聚合擴散劑(Polymer Dispersion) ]
	浸透性鹼性附著材	矽酸鋰(Lithium)系等
	塗佈形防鏽材	亞硝酸鈣系、亞硝酸鋰系等
防鏽處理材	聚合水泥系塗佈	S B R [ Styrene(苯乙烯)Butadiene(丁二烯)Rubber(橡膠) ] 系、丙烯(Acryl)樹脂系、防鏽劑添加系等
	合成樹脂系塗料	環氧(Epoxy)系、丙烯(Acryl)系、尿烷(Urethane)系等之樹脂底塗料(Primer)
	鏽轉換塗料	磷酸、有機酸、螯形化合物(Chelate)劑等配合塗料
斷面修復材	聚合水泥砂漿	S B R、壓克力(丙烯)(Acryl)樹脂系、防鏽劑添加系等之聚合水泥砂漿
	聚合樹脂砂漿	環氧樹脂砂漿等(用Cirrus Balloon等之輕骨材較多)
	水泥砂漿或混凝土	水泥、骨材、混凝土用化學混合劑等，拌合而成之普通水泥砂漿或混凝土
裂縫注入材	環氧樹脂注入材	注入用環氧樹脂、注入用可撓性環氧樹脂
	水泥膠漿注入材	聚合水泥漿(Polymer Cement Slurry)、超微粒爐渣水泥(Slag Cement)等
	填 縫 材	硅酮(Silicon)系、尿烷(Urethane)系、聚硫化(Polysulfide)系等
底床調整材	聚合水泥砂漿	S B R(苯乙烯丁二烯橡膠)系、丙烯(Acryl)樹脂系、防鏽劑添加系等之聚合水泥砂漿
	聚合樹脂砂漿	環氧樹脂砂漿等之披縫材(密封材)
表面被覆材	浸透性吸水防止材	與上列之浸透性吸水防止材同
	塗 料	壓克力(丙烯)樹脂系、丙烯尿烷(Acryl Urethane)樹脂系、丙烯硅酮(Acryl Silicon)樹脂系、氟素樹脂系等之塗料
	建築用粉刷塗飾材	水泥系、聚合水泥系、硅酸質系、合成樹脂乳膠(Emulsion)系、合成樹脂溶劑系等之薄層塗飾材、厚層塗飾材、複層塗飾材等
	塗膜防水材	丙烯橡皮(Acryl Gum)系、尿烷(Urethane)系等之屋面或外牆之塗膜防水材
	成 形 品	鋁金屬等或 G R C 等之被膜板(雙重壁用)、聚合水泥砂漿或聚合含浸混凝土製的捨棄式模板(永久模板)等
其 他	各種補強材	不鏽鋼錨定螺栓、網、纖維等
	耐酸材料	硫磺水泥、水玻璃系等
	耐熱材料	氧化鋁水泥、水玻璃系等
	電氣防蝕用材料	白銀鍍面之鈦金屬網(Titan Net)、碳纖網(Carbon Net)等之電極等

### 1)含浸材處理

目前對於含浸材之塗佈的積極性規定之基準很少，一般只要將混凝土底床表面粗糙面充分拍掃，若可確保與補強材充分密著時，大多不用含浸材。

但是儘管如此，若以省力化之打鑿作業或設法減少對混凝土結構體之損傷等目的，採用含浸材可使脆弱部強化、鹼性之附著、防鏽效果之確實或提昇耐久性等優點的補修工法，已漸漸開始受重視了。

目前市面上販售之含浸材，有如下數種：

- ①浸透性鹼性附著材
- ②浸透性固化材
- ③塗佈型防鏽材
- ④浸透性吸水防止材
- ⑤無機質浸透性防水材
- ⑥浸透性骨材鹼質反應抑制材
- ⑦浸透性收縮低減材
- ⑧聚合含浸材

### 2)鋼筋之防鏽處理（有腐蝕鋼筋時）

鋼筋之防鏽處理方式，有下列數種：

- ①無處理
- ②聚合物水泥漿塗佈
- ③環氧樹脂塗料塗佈
- ④鏽轉換塗料塗佈

一般施行的防鏽處理方式，為上列四種，其他適用的特殊方法為以環氧樹脂塗裝鋼筋等之防蝕鋼筋來換掉一般鋼筋（大規模時）或電氣防蝕工法等。（可參照第八章「特殊工法」）

此外，由於鋼筋之腐蝕乃因電氣化學反應所致，若將露出的鋼筋部份用非導電性材料來處理時，會把周圍部份形成局部電池反而會促進鋼筋腐蝕。因此，有人建議若採用與混凝土通電性極端不同的防鏽處理材料時，必須檢討其適用性。最近採用聚合物水泥漿系材料作為防鏽材料者與日俱增，然而，聚合物水泥砂漿中也有因聚合材會促進鋼筋之腐蝕的種類，故使用時必須充分調查，以免誤用。

### 3)混凝土之斷面修復

混凝土之斷面修復方式，有下列數種：

- ①以聚合物水泥砂漿充填
- ②輕質骨材環氧樹脂砂漿充填



斷面修復材料有聚合物水泥砂漿與樹脂砂漿之二系列材料被採用，其中大多採用輕質骨材環氧樹脂砂漿。不論採用那一種，若在現場調配，要注意避免使用海砂等不良骨材或配比失誤等情形，否則最好使用市面販售賣之已調配完成的商品。

斷面修復材之選用，特別要留意其性能，因其斷面修復厚度多少會不一致，一般要求要與結構體混凝土具有同程度之彈性係數及熱膨脹係數與尺寸安定性佳（乾燥收縮、硬化收縮等之長度變化較小者）及長期接著性優越者。如解說圖 5.5.2所示，在30次的溫冷乾濕反復循環之後，能與混凝土底床密接良好者作為斷面修復材之砂漿，其熱膨脹係數與混凝土一致，且密著強度較高者。然而目前尚無斷面修復材之品質基準及適用方法的技術手冊可供參考，（以損傷程度來決定材料之選擇法）大多以工期及經濟性作優先考慮，再視其施工性、硬化速度、價格等，作為材料、工法之選定考量重點，今後仍有待逐步改進與發展。

③用於斷面修復用材料之聚合物水泥砂漿，一般為水泥：砂 1：2 3 程度，再摻加聚合材（約水泥量之10 20%）拌合而成之砂漿，其中所使用之聚合材種類，以與防鏽處理材一樣的SBR系與PAE系佔大半以上，一次粉刷厚度在 7mm以

下，較厚者應分數次粉刷之。唯若缺損面積較小且深時，在  
試作 後確認不會有問題者，則可一次粉刷10mm厚度左右。  
分層粉 刷之間隔時間，有時會受工期的限制不能拖太長，  
不得已時 亦希使用乾燥收縮等性能優越之材料。此外，由  
粉刷中之 垂流或作業性之觀點而言，亦有採用拌合輕質骨材  
之聚合物 水泥砂漿者，但仍有結構體耐久性之問題存在，故  
必須考慮 補修建築物之劣化程度及部位、重要程度等，在使  
用前，對 採用材料之性能應詳予調查清楚才決定。

與普通水泥砂漿不同的情形為，粉刷表面乾燥時，容易形成脫皮（聚合材之張力皮層）現象，故鏝刀粉光應同時為之。若予以放置再用鏝刀粉光，則會切到表面皮層而產生裂縫。此外，應避免急速乾燥及注意其初期之養護。

④用於斷面修復材料之環氧樹脂砂漿，一般都有摻加輕質骨材，而環氧樹脂為主劑與硬化劑之二劑混合，在拌合時大多配合摻加石英砂等充填材與Cirrus Balloon等無機質之微小中空體輕質骨材。

由於環氧樹脂因溫度對硬化時間影響極大，故分為一般用（春、夏、秋季）與冬季用二種。雖然摻加輕質骨材的環

氧樹脂砂漿，因重量較輕，不易形成垂流，所以可一次粉刷相當的厚度，對於斷面缺損較大者可很容易一次補平，但是因其與混凝土的彈性係數及熱膨脹係數不同，故並不適合厚塗之用途，此點有很多文獻均予以指摘。總之因其硬化快、處理又簡便，故適合於輕微的斷面修復。施工時用平鏟刀、尖鏟刀施作之，但應注意主劑與硬化劑若多量拌合，則會發熱而瞬間硬化來不及使用，故拌合宜少量分批為之。

材料選擇時，應注意因施工後之溫度變化（尤其是溫度降低時）之收縮，會將混凝土拉縮，故應確認所選用之材料為無此現象者。其JIS A6024之品質基準如解說表5.5.2所示。

#### 4) 裂縫、鼓浮（膨脹）注入

裂縫注入材以符合CNS或JIS規定之建築補修注入用之環氧樹脂為之。

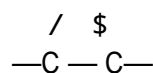
解說表5.5.2 建築補修注入用環氧(Epoxy)樹脂之品質 ( JIS A 6024 )

		低黏度形				中黏度形				高黏度形	
		一般用		冬用		一般用		冬用		一般用	冬用
黏性	黏度混合物 (mPa . s , 20 )	100	1000	100	1000	5000	20000	5000	20000	—	—
	觸度(Thixotropic) 指數(Index)	—		—		5±1		5±1		—	
	Slump (mm)	15±2		—		—		—		5以下	
		30±2		—		—		—		5以下	
初期硬化性 (N/mm <sup>2</sup> ) {kgf/cm <sup>2</sup> }	標準條件	2		—		2		—		2 {20.4}以上	
	低溫條件	—		2 {20.4}以上		—		2 {20.4}以上		—	
接著強度 (N/mm <sup>2</sup> ) {kgf/cm <sup>2</sup> }	標準條件	6 {61.2}以上		6 {61.2}以上		6 {61.2}以上		6 {61.2}以上		6 {61.2}以上	
	特殊條件	低溫時		3 {30.6}以上		—		3 {30.6}以上		—	
		濕潤時		3 {30.6}以上		3 {30.6}以上		3 {30.6}以上		3 {30.6}以上	
		乾濕 反復時		3 {30.6}以上		3 {30.6}以上		3 {30.6}以上		3 {30.6}以上	
硬化收縮	硬化收縮率(%)		3以下		3以下		3以下		3以下		
加熱變化	質量變化率(%)		5以下		5以下		5以下		5以下		
	體積變化率(%)		5以下		5以下		5以下		5以下		
彎曲強度 (N/mm <sup>2</sup> ) {kgf/cm <sup>2</sup> }		30 {306}以上		30 {306}以上		30 {306}以上		30 {306}以上		30 {306}以上	
抗壓強度 (N/mm <sup>2</sup> ) {kgf/cm <sup>2</sup> }		—		—		—		—		50 {510}以上	

註：環氧(EPOXY)樹脂(RESIN)之「EPOXY」名稱乃源於希臘

希臘字「EPI」意即「on the outside of」(環繞在 之外圍)再組合「OXYGEN」(氧)字 即為EP-OXY(環氧)

之字，其系列之化學符號為 O



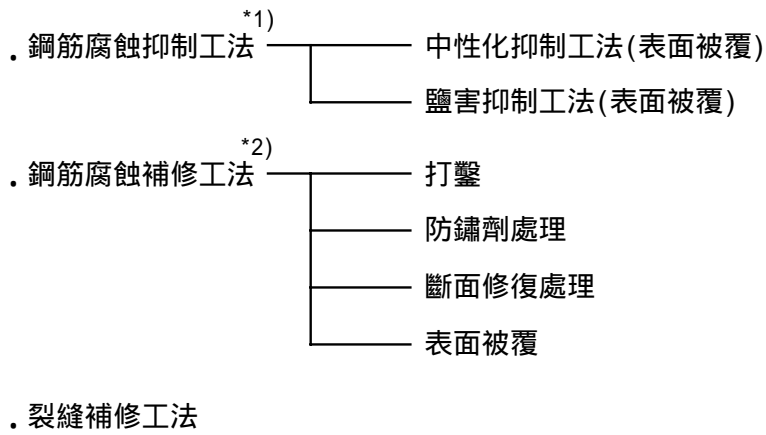
採用環氧樹脂注入來作為混凝土裂縫的補修工法，早在45年前（西元1955年代）開始，迄今已有相當多的實績了。但是由於環氧樹脂注入材，仍存在著濕潤面接著、經濟性、耐火、耐熱性及與混凝土強度之差異等問題，故最近裂縫注入材已慢慢改用聚合物水泥漿，且有增多之趨勢。然而，聚合物水泥漿又分為普通水泥漿與超微粒水泥漿二種，前者用於鼓浮 1mm以上較大孔隙注入用，後者則作為 1mm以下之鼓浮孔隙及裂縫補修之用。（唯若用於結構性裂縫，以二度膠結鋼筋與混凝土之握裹力回復為目的者，則仍須採用環氧樹脂作為注入材）。

補修材料之品質基準，可參照本技術手冊後附之附錄資料，以選定適切之補修材料。

此外，聚合物水泥漿之品質基準，希參照「日本建築粉飾材工業會規格NSKS-003聚合物水泥漿」之規定。

補修工法之選定，先設定復原目標水準，並考慮其劣化進行之程度、劣化原因、劣化進行預測、環境條件等，再進行鋼筋混凝土建築物之性能、機能之回復作業。此外，並選擇可在補修後增加殘存目標耐用年數之具補修效果的工法，補修工法的分類如解說圖 5.5.3所示，補修工法之選定流程如解說圖 5.5.4所示。

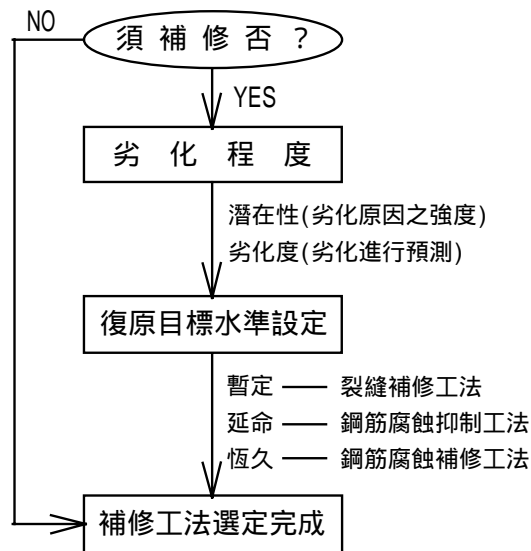
解說圖 5.5.5所示為復原目標水準與補修工法之選定的關係。



\*1)抑制工法為,目前已侵入之劣化要因維持原狀而防止日後之劣化要因持續侵入之工法

\*2)補修工法為,將劣化要因剔除之工法

解說圖5.5.3 補修工法之分類



解說圖5.5.4 補修工法選定之流程

損傷之種類及 補修之種類		復原目標水準			
		暫定	延命(1)	延命(2)	恆久
鋼筋腐蝕 補修 工法	混凝土之打鑿	僅裂縫，剝離部份	各鋼筋腐蝕位置	各鋼筋腐蝕位置	各鋼筋腐蝕位置
	鏽蝕鋼筋之處理	除去浮鏽	除去浮鏽	除去浮鏽	二級拋光以上
	含浸材處理	——	——	鹼性附著材塗佈型 防鏽材	——
	鋼筋防鏽處理	——	鋼筋防鏽材	鋼筋防鏽材	鋼筋防鏽材
	斷面修復	斷面修復材	斷面修復材	斷面修復材	斷面修復材
	表面被覆	——	中性化抑制材料或鹽 化物浸透抑制材料	中性化抑制材料或鹽 化物浸透抑制材料	中性化抑制材料或鹽 化物浸透抑制材料
中性化 抑制 工法	混凝土表面處理	無打鑿，拋光，清掃	無打鑿，拋光，清掃	無打鑿，拋光，清掃	中性化部份除去
	含浸材處理	——	——	鹼性附著材	——
	斷面修復	——	——	——	斷面修復材
	表面被覆	——	中性化抑制材料	中性化抑制材料	中性化抑制材料
鹽害 抑制 工法	混凝土表面處理	無打鑿，拋光，清掃	無打鑿，拋光，清掃	無打鑿，拋光，清掃	鹽化物浸透部份除去
	含浸材處理	——	——	塗佈型防鏽材	——
	斷面修復	——	——	——	斷面修復材
	表面被覆	——	鹽化物浸透抑制材料	鹽化物浸透抑制材料	鹽化物浸透抑制材料

解說圖5.5.5 復原目標水準與補修工法之選定之關係

## 5.6 補強、補修設計圖說

補修施工所需之必要圖面及補修施工規範（說明書）應設計完整並作成設計圖說。

解說： 補強、補修施工所需之必要圖面，應妥予繪製並依調查結果詳述其補強、補修部位、部材及位置之現況及因應復原目標水準所定之補強、補修工法與補強、補修範圍及補強、補修材料，並將材料之選定與評估相關事項記述之，使補強、補修施工者能確實瞭解設計者之設計意思與考慮事項為原則。

補強、補修設計圖，若無法全部載入上列相關之事項，應以「補強、補修施工規範或說明書」補充之。

由於大多數情況下，欲依設計之補修方式不易推定補修後之殘存目標耐用年數，故仍應依據施工實況之評估或補修材料之促進劣化試驗數據等基本資料，作為殘存目標耐用年數之選定依據。

補強、補修之工法及程序及使用之材料，因施工部位、部材之不同而異，例如樓版之上面及底面、梁之側面及底面、牆、柱（獨立柱、附壁柱、角柱）等，其補強、補修之工法、材料、施工步驟、施工要領等均不相同，可參考附錄 2 之實例。

補強、補修設計時，應考慮補強、補修完成後，裝修面之防火被覆及外觀美化、建築空間與設備、配管之收頭及各種補修材料、工法之使用注意事項。（參照解說圖 5.6.1 5.6.2 及解說照片 5.6.1 5.6.4 所示之例）

解說圖5.6.1

柱面之水泥砂漿粉光面保留  
不敲除之狀況下，採用①鋼板  
補強②連續纖維補強之施工詳圖

解說圖5.6.2

樁基礎建築物  
短牆(SCUT-WALL)工法  
耐震補強



解說照片5.6.1 耐震牆補強之意匠及美化案例

## 廠製碳纖板 補強工法

碳纖維成形板  
1片之重量約 5Kg

搬入現場之成形板

以錨栓固定於既有柱之定位  
用鋼板上，安裝成形板。

成形板與鋼板接著。

成形板與鋼板之接著養護後  
，於空隙內無收縮水泥砂漿  
注入之。成形板之隅角取R30  
，故水泥砂漿厚約30mm。

完成狀態。  
表面粉刷或  
貼耐火板。

解說照片5.6.2 廠製碳纖成形板之補強工法例

碳纖維補強材料施工上之問題點

壁柱

版梁

獨立柱

若為壁柱時，應由柱邊貼附之

隅角必為圓角（3 cm 半徑）

隅角部之拉張強度試驗之例

柱梁隅角部  
銳角破斷例

解說照片5.6.3 碳纖維補強材料施工上之問題

**鋼筋混凝土牆增厚  
無模板補強工法  
(噴凝土工法)**

噴附作業中。  
一次噴附厚度約60mm左右。

水泥砂漿用鏟刀粉光

解說照片5.6.4 鋼筋混凝土牆增厚無模板補強工法例

## 第六章 補強、補修施工

### 6.1 一般事項

- (1) 補修施工前，應精查設計圖說之內容並擬訂施工計畫書。
- (2) 補修施工實施之前，應先進行施工調查，以確認補修施工之範圍及補修材料及工法是否適切。
- (3) 施工調查之結果，若與設計圖說之記載內容有疑義時，應與設計者協議，並完成設計變更等之手續。
- (4) 對相關人員必要之各項手續不可拖延，應確實取得認可。
- (5) 施工中之噪音等相關事項，應對近鄰住民作事前說明並取得諒解。

解說： 補修施工乃為修復劣化之既有建築物之行為，將受到既有建築物之現狀或經歷等之影響，對於施工現場內由假設工程計畫到使用材料之選擇，比新建工程施工受到之種種限制更多，因此，事前之調查及診斷極為重要。所選擇之材料、工法是否適切及是否適切進行工程施工，對於該建築物補修施工後之劣化進行抑制會產生很大的差異，且因之對該建築物的耐用年數也會有明顯的不同，故施工者在進行補修施工時，必須對設計圖說要求之回復目標水準及施工範圍、適用工法與使用材料的特性等充分理解並將之反應於施工計畫書內。

此外，由於施工中難免會產生噪音與粉塵等公害，故必須對近鄰住民作事前說明並取得諒解。

## 6.2 施工計畫書之擬訂

- (1) 依據設計圖說及施工調查之結果，擬訂施工計畫書。
- (2) 施工計畫書之內容，原則上應包括下列項目：
  - ①工程概要（工期、工程規模、工程施工體制、工程管理體制、其他事項）
  - ②使用材料、工法及使用機械器具之計畫
  - ③施工要領
  - ④品質管理、施工管理計畫（材料之試驗、檢查、施工品質之檢查、其他）
  - ⑤工程進度計畫（實施進度表、作業數量、其他）
  - ⑥假設工程計畫（工務所、倉庫、鷹架、材料堆置場、施工機械、電力設備、給排水設備、假設圍籬、安全防護網、其他）
  - ⑦施工用道路、停車場之計畫
  - ⑧既存物之保護、養護計畫（建築物、構造物之保護，植物之保護、移植，其他）
  - ⑨居住者、近鄰住民、通行人、車輛等之安全對策（事故、災害、公害對策）
  - ⑩防災計畫、救災計畫、安全管理計畫

解說：(1) 施工計畫書，係指施工者將實際施工之內容具體以文書敘述之並據以約束施工之方式者，可分為下列兩大類：

1) 對工程整體內容，含綜合假設計畫之「綜合施工計畫書」，由於大多屬於施工者的自主性施工，除非超出施工監督者的常識以外，否則沒有特別修正之必要（WHAT TO DO）。

2) 「工種別施工計畫書」

工種別之施工計畫書，原則上不可與設計圖說不同，但是對於在設計圖說上並無明確指示而施工上確有必要之事項或所定之手續與設計圖說不符之施工事項，則必須記載於此施工計畫書內（HOW TO DO）。

(2) 施工計畫書中包括① ⑩之內容，尤其是施工體制可用易於理解之圖表示，明確表示整體之指示系統即可，此施工體制中，若對相關施工業者之體制也可確知時，亦可併入其中。

其次，對於準備作業，應在施工前須先行之各種試驗、調查、確認事項等，予以整理並記載之。

此外，應擬訂有關施工必要的假設工程之計畫，不可疏漏，對於材料，則將商品名、一般名稱、規格、種類、等級、形狀、尺寸、粒度、數量、搬入方法等，以簡潔扼要一目了然的一覽表為之，並檢討其由工廠或材料商搬運至現場及現場內之小搬運的方法、擬訂材料

之包裝、個體之大小、全體之數量與使用之預定時間、重量等之詳細搬運計畫，才能縮短工期並利於施作。

### 6.3 施工調查

施工調查，乃為確認設計圖說所示之補修的回復目標、補修工程範圍、補修材料、工法之適切與否而為之。

解說： 為擬訂補修工程之施工計畫，施工者必須調查施工現場、確認施工條件、劣化程度及施工數量等。若在此階段有了充分的調查，則對於適切施工方法之選擇、假設工程計畫、養護計畫及揚重計畫之擬訂等，就不致於有困難了。

設計階段之調查由於調查方法不同、調查時機不同，故施工調查時，其劣化仍持續在進行，一般雖只針對設計圖說之範圍進行施工調查，但對於施工對象以外需補修者若能一併施作，則在補修施工上更有效果。且由於施工調查時有搭設鷹架，故可用打診混凝土表面的方式作更詳細的調查。

若調查結果與設計圖說有不同或差異時，應與設計者協議進行變更設計，再依設計者之指示為之。

### 6.4 施工要領之擬訂

因應使用之材料、工法，依照施工順序，將包括自事前處理至檢查在內的進度、程序及作業要領等相關知識加以整理來擬訂施工要領。

解說： 施工要領，係將各個施工作業具體予以記載。將補修材及塗料等使用材料之商品名、使用材料之保管方法、配比與拌合方法及對該補修範圍之具體部位的適用方法、注意事項等，均予囊括，依施工順序，詳細且具體的予以記述。

施工要領依下列項目擬訂即可

<一>工法名稱

<二>工程進度

將該工程之進度依照施工順序予以區分，必要時應予細分。

(例) (1)補修位置之前處理

(2)防鏽處理

(3)斷面修復

#### (4)檢查

##### <三>施工程序

將工程內之實施程序，依序予以記述之。

(例) (1)-1 劣化位置之鋼筋打鑿露出

(2)-1 材料之確認

##### <四>施工要領

因應各項程序之作業，將其要領予以記述之。

(例) (2)-1-① 確認已無鋼筋浮鏽或紅鏽且無污漬

##### <五>注意事項

特別容易失誤或疏忽之注意事項或禁忌事項明示之。

(例) (2)-1-① 確認鋼筋之內側鐵鏽已清除，若不完全時，應再度確實清除之

解說表6.4.1 6.4.7所示為補修工法施工要領之例，可作為擬訂具體的施工要領時之參考。



解說表6.4.1 鋼筋腐蝕補修工法施工要領例（使用聚合物水泥砂漿）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
(1)補修位置之「前處理」	(1)-1 劣化位置之「前處理」 ①打鑿  ②除鏽  ③補修位置之修整	前處理依以下方式為之  ①混凝土有鼓浮部份，用鑿子等打除，必要時須打鑿至鋼筋內側為止。 ②用電動鋼刷除鏽  ③補修位置之調整如下： a.脆弱層用鋼刷去除之。 b.污漬、附著物等用鋼刷、吹風機等清除之。	①打鑿之程度，依規範為之。  ②使用表面強化材、鹼附著材時，依使用說明書為之。
	(1)-2 前處理之確認	確認時，若認為不適合補修之情形，應與相關人員協議後處理之。	
(2)防鏽處理及混凝土缺損部面之處理	(2)-1 材料之確認	①確認可取得鋼筋防鏽用之聚合物水泥漿材料。  ②材料之保管場所確認。  ③作業之準備、安全確認。	① i)原則上鋼筋防鏽用聚合物水泥漿及斷面修復用聚合物水泥砂漿，採用同一製造商之製品。 ii)鋼筋防鏽材，若採用鏽轉換塗料、防鏽環氧樹脂、反應型防鏽材等時，依使用說明書規定為之。 ②材料希保管放置於無濕氣之陰暗低溫場所。 ③材料種別及處理上之注意事項，在材料容器上依法均有標示，應遵照之。 i)安全護目鏡、口罩、橡膠手套等保護具之戴用。 ii)特定化學物質等危險物之處理注意事項等相關資料，廠商均有準備，可洽詢或索取。
	(2)-2 材料之準備	a.混合，調合容器應準備足供必要量之調合容量且可均勻混合之容器。 b.拌合機，選用可使材料易於均勻混合者。 c.必要時應準備較小容器或分裝用具。 d.因需定量混合，應備妥秤量器具。	a.盡可能使用圓形之容器。  b.高速回轉之拌合機，因容易捲入空氣，應注意。

解說表6.4.1 鋼筋腐蝕補修工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
	(2)-3 材料之調合	<p>a.混合，調合依必要量在必要時為之，因可使用時間受限制，故不宜殘留，取可使用時間內可用完之量計量之，且短時間內調合之。</p> <p>b.水泥系粉體與混合液之混合比及用水量，依製造業者之指定為之。</p>	<p>a.</p> <p>i)混合，調合依必要量在必要時為之，若以經過一段時間之混合材料再度重行拌合，則會混入空氣形成性能降低之原因，故應調整為，在短時間內可以用完之量調配之。</p> <p>ii)可使用時間，依製造業者之指定為之。</p> <p>b.與製造業者之指定以外之材料混合時，其混合比率不可改變。</p>
	<p>(2)-4 聚合水泥砂漿</p> <p>①鋼筋</p> <p>②缺損表面</p>	<p>①已調合材料，依所定之塗佈量在可使用時間內以刷子在鋼筋上均勻塗附之，不宜殘留。</p> <p>②結構缺損部表面，將材料以刷子塗附之。</p>	<p>①</p> <p>i)塗佈量，依說明書之記載量再加上預估之耗損量為之。</p> <p>ii)鋼筋防鏽材之塗刷間隔時間，依製造業者之指定為之。</p> <p>iii)下雨時或可能下雨時，低溫(5 以下)及高溫(35 以上)時，不宜施工。</p> <p>②缺損部面上須塗佈鹼附著材、表面硬化材等時其底床處理方法依施工說明書指示。</p>
	(2)-5 塗附後之確認	確認有無未塗佈完全者。	塗佈未完全者，補修之。
(3)斷面修復	(3)-1 材料之確認	<p>①斷面修復材之聚合物水泥砂漿確認之。</p> <p>②材料之保管場所確認。</p> <p>③作業之準備、安全確認。</p>	<p>①原則上，鋼筋防鏽用聚合物水泥漿及斷面修復用之聚合物水泥砂漿，應採用同一廠商之製品。</p> <p>②材料希保管於無濕氣之陰暗低溫場所。</p> <p>③</p> <p>i)安全護目鏡、口罩、橡膠手套等保護具之戴用，材料種別及處理上之注意事項，在材料容器上依法均有標示，應遵照之。</p>

解說表6.4.1 鋼筋腐蝕補修工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
			ii)特定化學物質等危險物之處理注意事項等相關資料，廠商均有準備，可洽詢或索取之。
	(3)-2 材料之準備	<p>a.應備妥足供拌合、調合所須必要量且可均勻混合之容器。</p> <p>b.拌合機，選用可使材料易於均勻混合者。</p> <p>c.必要時應準備較小容器或分裝用具。</p> <p>d.因需定量混合，應備妥秤量器具。</p>	<p>a.選用使用量合適者。</p> <p>b.</p> <p>i)使用量多時，採用水泥砂漿拌合機。</p> <p>ii)高速回轉拌合機，因易捲入空氣，應注意。</p>
	(3)-3 材料之調合	<p>a.混合，調合依必要量在必要時為之，因可使用時間受限制，故不宜殘留。取可使用時間內可用完之量計量之，且短時間內調合之。</p> <p>b.水泥系粉體與混合液之混合比及用水量，依製造業者之指定為之。</p>	<p>a.混合，調合依必要量在必要時為之，若以經過一段時間之混合材料再度重行拌合，則會混入空氣，故應調整為短時間內可用完之量調配之。</p> <p>可使用時間，依製造業者之指定為之。</p> <p>b.與製造業者之指定以外之材料混合時，其混合比率不可改變。</p>
	(3)-4 底床處理	底床處理方法，依規範為之。	<p>i)底床處理方法，依斷面修復材製造業者之指定為之。</p> <p>ii)缺損部表面若以鹼性附著材、表面硬化材、聚合物水泥砂漿等塗佈時，依底床處理方法之施工說明書為之。</p>

解說表6.4.1 鋼筋腐蝕補修工法施工要領例 (續)

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
	<p>(3)-5 聚合物水泥砂漿充填</p> <p>①缺損部之充填</p> <p>②表面粉飾</p> <p>③粉飾之確認</p> <p>④養護</p>	<p>①用金屬鏟刀由缺損部最裡部至缺損表面，以聚合物水泥砂漿充填並粉光平整。</p> <p>②</p> <p>a.以金屬鏟刀將聚合物水泥砂漿表面壓平並粉光。 b.混凝土充填部接頭周邊修飾處理。</p> <p>③確認補修面之緻密度且與非補修面是否平整。 a.用手指按壓，確認是否達必要之強度。 b.確認應補修之位置是否全部補修完全，若有遺漏者，補修之。 c.粉光面有無異常或損傷，以目視確認之。 d.確認有否補修不完全而在外觀上看得出來。</p> <p>④缺損部充填施工完成後，依既定之養護時間養護之。</p>	<p>①</p> <p>i)一次粉刷填補厚度，依製造業者之指定厚度 ii)缺損部較深而無法一次就補平時，分2-3次壓填補平之。 iii)砂漿重疊粉刷時，其施作間隔時間依製造業者之指定。 iv)下雨時或可能下雨時，低溫(5℃以下)及高溫(35℃以上)時，不宜施工。</p> <p>②</p> <p>b.混凝土與充填材之接頭周邊以聚合物水泥漿塗刷平整或用磨光修飾平整。</p> <p>③未補修之位置及補修不平整者，再補修之。</p> <p>④</p> <p>i)妥予處理，使不受其他工程施工或直射日光、風雨等影響補修部份。 ii)低溫(5℃以下)時須妥予養護之。</p>
(4)檢查	(4)依既定之養護時間養護完成後，進行檢查。	確認正常後，接受管理者之檢查。	有異常時，應與相關人員研商處理對策。

解說表6.4.2 鋼筋腐蝕補修工法施工要領例（使用輕質骨材環氧樹脂砂漿）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
(1)補修位置之「前處理」	(1)-1 劣化位置之前處理 a.打鑿  b.除鏽 c.補修位置之修整	「前處理」依以下方式為之 a.混凝土有鼓浮部份，用鑿子等打除，必要時應打鑿至鋼筋內側為止。 b.用電動鋼刷除鏽。 c. i)脆弱層用鋼刷去除之。 ii)污漬、附著物等用鋼刷、吹風機等清除之。 iii)依規範若需確認中性化程度時，用顯色試藥之試驗液測定其pH值。 iv)底床之含水狀態，用表面水分計、含水率計測定之，確認在底床表面下數mm深度內之水分在10%以下。	a.打鑿之程度，依規範為之。  c. iii)已中性化之補修部份，若欲再鹼性化，可用鹼附著劑含浸之工法。 iv)水分含量過多，則會接著不良，形成剝離之原因。
	(1)-2 前處理之確認	若確認為並不適合補修之狀態時，應與相關人員協議處置對策。	
(2)防鏽處理	(2)-1 材料之確認	鋼筋用之防鏽底塗料應確認之。	i)原則上用於本工法之防鏽底塗料應與混凝土塗佈用之塗料及輕質骨材環氧樹脂砂漿為同一製造業者之產品。 ii)材料應貯藏於屋內通風良好之陰暗低溫場所。 iii)溶劑系列之材料勿接近煙火，若有溶劑蒸氣滯留者更危險，故使用中之材料必須密封處理勿外洩且應嚴禁煙火及電氣用具。 iv)為防止材料直接沾附皮膚或吸入其蒸氣，必須採取戴用保護具等之預防對策。材料類別及處理上之應注意事項，在材料之容器上依法均有標示，應遵照之。 v)有機溶劑或特定化學物質等危險物之處理應注意事項之相關資料，製造業者均有準備，可洽詢或索取。

解說表6.4.2 鋼筋腐蝕補修工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
	(2)-2 調合之準備	a.應備妥足供拌合、調合所須必要量且可均勻混合之容器。 b.攪拌用具選用可使材料易於均勻混合者。 c.必要時應準備較小容器及分裝用具。 d.因需正確計量，應備妥秤量器具。	a.盡可能使用圓形容器。 b.處理溶劑系底塗料、有機溶劑時，應嚴禁煙火並避免產生靜電，原則上不可使用電動攪拌機。
	(2)-3 混合，調合	a.混合，調合依必要量在必要時為之，因可使用時間受限制，故不宜殘留，應依可使用時間內可用完之量計量之，短時間內均勻調合之。 b.多成分系其混合比及可使用時間，依材料製造業者之指定為之。 c.一般防鏽底塗料應稀釋後使用，其稀釋液之稀釋比依製造業者之指定為之。	b.可使用時間，依溫度而有變化。 一般可使用時間，在低溫時較長，在高溫時較短，必要時應向製造業者索取資料。
	(2)-4 防鏽底塗料之塗佈	已調合材料，依所定之塗佈量在可用時間內以刷子均勻塗佈之，不宜殘留。 必要時，調合可再調整之。	i)塗佈量，在補修規範說明均有記載，一般記載之g/m <sup>2</sup> 等係材料製造業者指定之性能上最低限之必要量，實際作業時，可能因鋼筋鄰近之結構體缺損部需一併塗佈，故應預估必要之漏失量。 ii)下雨時或可能下雨時，低溫(5 以下) 時，應避免施工。 iii)有結露時應將水分擦乾。
	(2)-5 塗佈後之確認	若有漏塗時，應補塗完全。	

解說表6.4.2 鋼筋腐蝕補修工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
(3)斷面修復	(3)-1 材料之確認	使用材料之混凝土塗佈用底塗料與輕質骨材環氧樹脂砂漿，應事先確認之。	i)原則上用於本工法之防鏽底塗料應與混凝土塗佈用塗料及輕質環氧樹脂砂漿為同一製造業者之產品。 ii)材料應貯藏於屋內通風良好之陰暗低溫場所。 iii)溶劑系列之材料勿接近煙火，若有溶劑蒸氣滯留者更危險，故使用中之材料必須密封處理勿外洩且應嚴禁煙火及電氣用具。 iv)為防止材料直接沾附皮膚或吸入其蒸氣，必須採取戴用保護具等之預防對策。材料類別及處理上之應注意事項，在材料之容器上依法均有標示，應遵照之。 v)有機溶劑或特定化學物質等危險物之處理應注意事項之相關資料，製造業者均有準備，可洽詢或索取。
	(3)-2 調合之準備	a.應備妥足供混合、調合、拌合所須必要量且可均勻混合之容器。 b.拌合、攪拌用具選用可使材料易於均勻混合者。 c.必要時應準備較小容器及分裝用具。 d.因需正確計量，應備妥秤量器具。	a.盡可能使用圓形容器。 b.處理溶劑系底塗料、有機溶劑時，應嚴禁煙火並避免產生靜電，原則上不可使用電動攪拌機。
	(3)-3 底塗料之塗佈 ①底塗料之調合	① a.底塗料之調合，依必要量在必要時為之，因可使用時間受限制，故不宜殘留，應依可使用時間內可用完之量計量之，且短時間內均勻調合之。	

解說表6.4.2 鋼筋腐蝕補修工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
	<p>②底塗料之塗佈</p> <p>③塗裝後之確認</p>	<p>b.混合比及可使用時間，依材料製造業者之指定為之。</p> <p>②調合之材料，依規定之塗佈量在混凝土補修面上於可使用時間內以刷子均勻塗佈之，不宜殘留。必要時，調合可再調整之。</p> <p>③若有漏塗時，應補塗完全。</p>	<p>b.可使用時間，依溫度而有變化。 一般可使用時間，在低溫時較長，在高溫時較短，必要時應向製造業者索取資料。</p> <p>②</p> <p>i)塗佈量，在補修規範說明均有記載，一般記載之g/m<sup>2</sup>等係材料製造業者指定之性能上最低限之必要量，實際作業時，應預估必要之漏失量。</p> <p>ii)下雨時或可能下雨時，低溫(5 以下) 時，應避免施工。</p> <p>iii)有結露時應將水分擦乾。</p>
	<p>(3)-4 輕質骨材環氧樹脂砂漿之充填</p> <p>①輕質骨材環氧樹脂砂漿之調合</p> <p>②缺損部之充填</p>	<p>①</p> <p>a.輕質骨材環氧樹脂砂漿之調合，依必要量在必要時為之。因可使用時間受限制，故不宜殘留，應依可使用時間內可用完之量計量之，短時間內均勻調合之。</p> <p>b.混合比及可使用時間，依材料製造業者之指定為之。</p> <p>②底塗料塗佈面為液狀，其黏著性應確認之，輕質骨材環氧樹脂砂漿依底塗塗佈面所規定量，用手工在缺損部充填之。</p>	<p>b.可使用時間，依溫度而有變化。 一般可使用時間，在低溫時較長，在高溫時較短，必要時應向製造業者索取資料。</p> <p>②</p> <p>i)底塗料若乾燥，則無法附著於底床，會形成剝離之因，若已乾燥時，應再度塗佈一次底塗料。</p> <p>ii)充填量大多會提示包括施工時之漏失量，單指充填量者時，係性能上之最低限的必要量，故應預估作業上之漏失預估量。</p>



解說表6.4.2 鋼筋腐蝕補修工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
	<p>③表面粉刷</p> <p>④粉刷確認</p> <p>⑤養護</p> <p>⑥粉刷狀態之確認</p>	<p>③以輕質骨材環氧樹脂砂漿在表面加壓，同時用金屬鏟刀平坦平滑粉光之。</p> <p>④補修面應緻密且與非補修面應在同一平面之粉光狀況，確認之。</p> <p>⑤充填施工完成後，依所定之最終養護時間養護之。</p> <p>⑥以目視確認粉刷狀態。</p> <p>a.必要之硬化狀態是否形成</p> <p>b.補修位置是否均已補修了</p> <p>c.粉刷面有無異常或損傷。</p> <p>d.補修上之手痕，在外觀上是否看得出來。</p> <p>若有異常，應再修正。</p>	<p>iii)勿形成坑洞，應以手向缺損部之內側用力壓填之。</p> <p>iv)赤手作業時，材料之附著會傷及皮膚，故應戴用無滲透性之手套。</p> <p>v)下雨時或可能下雨時，低溫(5 以下) 時，應避免施工。</p> <p>⑤</p> <p>i)一般在10 以下則硬化較遲緩，5 左右時約須20 之 3倍時間。</p> <p>ii)其他之施工或下雨等，應保護其補修部份不受損傷。</p>
(4)檢查	(4)管理者之檢查確認	應由施工管理者加以檢查確認，若有不合格時，應與相關人員協議處理之。	

解說表6.4.3 中性化抑制工法施工要領例（浸透性鹼性附著材使用）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
(1)補修位置之「前處理」	(1)-1 既存塗膜等之去除	塗料、粉刷塗料、有機系油灰材等之既有塗膜，用電動工具或高壓水沖洗等予以完全去除之。	<p>i)若有塗料、粉刷塗料等之粉刷層，則浸透性鹼性附著材無法滲透，故必須將既有塗膜完全去除。</p> <p>ii)既有塗膜等之去除局部有困難時，先以浸透性鹼性附著材，將已去除塗膜部份處理之，未施作部份之塗膜去除必要性再協議之。</p> <p>iii)既存塗膜等之去除時，不可使用剝離劑，因剝離劑中含有石蠟成份會妨礙浸透性鹼性附著材之滲透。</p> <p>iv)既存塗膜去除時，應留意其產生之粉塵與噪音並應取得居住者及相關人員的諒解。</p>
	(1)-2 污漬、附著物等之去除、清掃	<p>塵埃、黴菌、油脂類、鐵鏽等之污漬去除、清掃之。</p> <p>a.塵埃之情形 用刷子、壓縮空氣、吸塵器等去除清掃之。 用高壓水洗淨，水洗後乾燥之。</p> <p>b.黴菌之情形 用鋼刷等刷除清掃之。 用噴火器、噴燈等燒殺清掃之。 用含氯之漂白劑漂白殺菌並乾燥之。</p> <p>c.油脂類之情形 用中性洗劑刷洗，水洗後乾燥之。 用溶劑等擦除之。</p>	<p>a.</p> <p>i)洗淨時，應由上往下沖洗，不可有污染水附著於牆面。</p> <p>ii)開口部及電氣設備周邊，盡可能避免水洗方式，不得已必須水洗時，亦應有充份之維護。</p> <p>iii)樓梯間等採用水洗時，應確認可維持足夠之乾燥期間及不漏水。</p> <p>b.火器及藥品在使用時，應遵守其注意事項。</p> <p>c.油脂類之污漬，會妨礙浸透性鹼性附著材之滲透，應完全去除。</p>

解說表6.4.3 中性化抑制工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
		抽風機周邊等油污較顯著部份，用電動刷子等去除清掃之。 d.鐵鏽之情形 用鋼刷或電動砂輪機等去除清掃之。	
	(1)-3 底床之乾燥	水洗致底床潮濕時，應放置至表面水分10%以下為止。	用表面水分計計測底床之水分，放置至10%以下為止 若底床之含水率過高，會妨礙浸透性鹼性附著材之滲透。
	(1)-4 試驗塗刷	施工對象部份之局部塗刷試驗之，以確認滲透性之程度及所需要量。	清水混凝土等之底床，有施作浸透性吸水防止材或清潔塗料時，或底床含水率較高時，或底床表面有疏水性物質附著時等狀況下，浸透性鹼性附著材無法滲透，故應先行塗刷試驗以判斷是否適合施作。此外，同時確認其所需要量，若試塗之所需要量與說明書不一致時，應與相關人員協議之。因底床之狀態與條件之不同致與說明書所記載之所需要量不符之情況亦有。
(2)浸透性鹼性附與材之塗刷	(2)-1 材料之確認	依說明書等，對浸透性鹼性附與材及底床調整塗材之種類、所需要量等相關事項確認之。	確認項目為材料之種類、製造業者、商品名稱、商品編號、質量、有效期間、所需要量等。
	(2)-2 被塗面周邊部份之保護養護	為防止周邊之建材及居住者之生活用品等受污染，應用帆布等保護養護之。	特別如玻璃質之材料，易於接著，故對窗戶玻璃及窗框等應完全保護養護之。
	(2)-3 浸透性鹼性附著材之塗刷	依說明書或施工要領書等之規定塗刷之。塗刷方法、所需要量、塗刷次數、施工間隔、注意事項等之規定應遵守之。	i)浸透性鹼性附著材亦稱為鹼含浸材，屬於矽酸鋰等之成份，通常均以原液使用之。由於具強鹼性，故施工時必須戴用護目鏡及橡膠手套。 ii)萬一不小心致材料沾到眼睛或皮膚時，應迅速以清水沖洗，若有異常應送醫院診察治療。 iii)材料若塗佈過量，其表面會有析出粉狀物之可能。

解說表6.4.3 中性化抑制工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
			<p>iv)若需塗刷二次以上時，應在材料未乾燥前接續塗刷之。</p> <p>v)下雨或凍結可能之情形下，應停止施工並以帆布覆蓋養護及保溫。</p>
	<p>(2)-4 塗佈後之確認</p> <p>①塗刷遺漏部份之補修塗刷</p> <p>②乾燥狀態之確認</p>	<p>①若有塗刷遺漏或不足時，應補修塗刷之。</p> <p>②材料之乾燥狀態以指觸確認之，若尚未乾燥時，應放置至乾燥為止。</p>	<p>②確認北面或日陰等最不利條件下的乾燥狀態，若材料在乾燥不充份之狀況下塗刷施工，則其塗刷材料會產生反應不完全。</p>
(3)底床調整塗材之塗佈	(3)-1 底床調整塗材之調合	依說明書或施工要領書作材料之調合，水泥系底床調整塗材使用時，主材、混合液、水之調合比率應遵守之。	<p>i)使用之材料，若有使用時間之限制時，應預估其在可使用時間內可用完之使用量調合之。</p> <p>ii)材料之拌合所用之容器、機具等，應使用乾淨者。需用水稀釋時應用清水為之。</p> <p>iii)用手動拌合機將材料均勻混合並充份拌合之。</p>
	(3)-2 底床調整塗材之塗刷	依說明書或施工要領書等將底床調整塗材在對象面全面塗刷之。塗刷方法、所需要量、塗刷次數、間隔時間、注意事項等之規定應遵守之。	<p>i)萬一不小心致材料沾到眼睛或皮膚時，應迅速以清水沖洗，若有異常應送醫院診察治療。</p> <p>ii)材料若一次塗刷超過規定量，則會產生龜裂。</p> <p>iii)可預知有強風、下雨、凍結、急速乾燥等，會產生底床調整塗材之硬化乾燥不完全因素時，應停止施工並以帆布養護及保溫。</p> <p>iv)使用水泥系之底床調整塗材時，其底床會將材料之水份急速吸收，故應預先以水濕潤之。</p>

解說表6.4.3 中性化抑制工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
	(3)-3 塗佈後之確認 ①漏塗部份之補塗 ②粉刷面之狀態確認	①有漏塗時，應補塗之。 ②粉刷面之狀態以目視確認之，若與預定之狀態有異時，應與相關人員協議，必要時補塗之。	
	(3)-4 底床調整塗材塗附後之乾燥養護	底床調整塗材塗附後，依所定之時間靜置之。	勿沾附雨水，乾燥養護之。
(4)檢查	(4)中性化抑制工法之施工後之檢查確認	提請監工人員檢查確認，若有不良之施工，應與相關人員協議補修對策。	<b>【其他之注意事項】</b> 材料之保管、處理等之相關注意事項，參照材料製造業者之MSDS（製品安全數據表）等，記載於MSDS一般如以下之項目 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">             製造者資料，製品名，製品概要，有害物質資料，應變措施，火災時之對策，漏出時之對策，處理，保管上之注意，暴露防止措施，製品之性質，危險性資訊，有害性資訊，環境影響資訊，廢棄上之注意，輸送上之注意，主要適用法令等。           </div>

解說表6.4.4 鹽害抑制工法施工要領例（使用塗佈型防鏽材）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
(1)補修位置之「前處理」	(1)-1 既存塗膜等之去除	塗料、粉刷塗料、有機系油灰材等之既有塗膜，用電動工具或高壓水沖洗等予以完全去除之。	<ul style="list-style-type: none"> <li>i)若有塗料、粉刷塗料等之粉刷層，則塗佈型防鏽材無法滲透，故必須將既有塗膜完全去除。</li> <li>ii)既有塗膜等之去除局部有困難時，先以塗佈型防鏽材，將已去除塗膜部份處理之，未施作部份之塗膜去除必要性再協議之</li> <li>iii)既存塗膜等之去除時，不可使用剝離劑，因剝離劑中含有石蠟成份，會妨礙塗佈型防鏽材之滲透。</li> <li>iv)既存塗膜去除時，應留意其產生之粉塵與噪音並應取得居住者及相關人員的諒解。</li> </ul>
	(1)-2 污漬、附著物等之去除、清掃	<p>塵埃、黴菌、油脂類、鐵鏽等之污漬去除、清掃之。</p> <p>a.塵埃之情形 用刷子、壓縮空氣、吸塵器等去除清掃之。 用高壓水洗淨，水洗後乾燥之。</p> <p>b.黴菌之情形 用鋼刷等刷除清掃之。 用噴火器、噴燈等燒殺清掃之。 用含氯之漂白劑漂白殺菌並乾燥之。</p> <p>c.油脂類之情形 用中性洗劑刷洗，水洗後乾燥之。 用溶劑等擦除之。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. <ul style="list-style-type: none"> <li>i)洗淨時，應由上往下沖洗，不可有污染水附著於牆面。</li> <li>ii)開口部及電氣設備周邊，盡可能避免水洗方式，不得已必須水洗時，亦應有充份之維護。</li> <li>iii)樓梯間等採用水洗時，應確認可維持足夠之乾燥期間及不漏水。</li> </ul> </li> <li>b.火器及藥品在使用時，應遵守其注意事項。</li> <li>c.油脂類之污漬，會妨礙塗佈型防鏽材之滲透，應完全去除。</li> </ul>

解說表6.4.4 鹽害抑制工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
		抽風機周邊等油污較顯著部份，用電動刷子等去除清掃之。 d.鐵鏽之情形 用鋼刷或電動砂輪機等去除清掃之。	
	(1)-3 底床之乾燥	水洗等致底床潮濕時，應放置至表面水分10%以下為止。	用表面水分計計測底床之水分，放置至10%以下為止。 若底床之含水率過高，會妨礙塗佈型防鏽材之滲透。
	(1)-4 試驗塗刷	施工對象部份之局部塗刷試驗之，以確認滲透性之程度及所需要量。	清水混凝土等之底床，有施作浸透性吸水防止材或清潔塗料時，或底床含水率較高時，或底床表面有疏水性物質附著時等狀況下，塗佈型防鏽材無法滲透，故應先行塗刷試驗以判斷是否適合施作，此外，同時確認其所需要量。 若試塗之所需要量與說明書不一致時，應與相關人員協議之，因底床之狀態與條件之不同致與說明書所記載之所需要量不符之情況亦有。
(2)塗佈型防鏽材之塗刷	(2)-1 材料之確認	依說明書等，對塗佈型防鏽材之種類、所需要量等相關事項確認之。	確認項目為材料之種類、製造業者、商品名稱、商品編號、質量、有效期間、所需要量等。
	(2)-2 被塗面周邊部份之保護養護	為防止周邊之建材及居住者之生活用品等受污染，應予維護之。	i)塗佈防鏽材若沾到草木會使之枯萎且對魚池之魚也有影響，應充分注意之。 ii)尿烷系之塗佈防水材或粉刷材未充分硬化時，若與塗佈型防鏽材接觸，則會產生反應不完全之情況，故施工時，應事前確認是否已充分養護，否則避免施工。
	(2)-3 塗佈型防鏽材之塗刷	依說明書或施工要領書等之規定塗刷之，塗刷方法、所需要量、塗刷次數、施工間隔、注意事項等之規定應遵守之。	i)施工中務必戴用護目鏡、橡膠手套、口罩等保護用具，萬一不小心致材料沾到眼睛或皮膚時，應迅速以清水沖洗，若有異常應送醫院診察治療。

解說表6.4.4 鹽害抑制工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
			ii)塗佈型防鏽材以原液使用之，用滾輪刷子或刷子用力壓入底床，均勻塗佈之。若需塗刷二次以上時，應在材料未乾燥前接續塗刷之。 iii)若牆面無法滲透而在表面垂流時，就不須再塗刷了塗刷過量會在表面形成乾燥固形物而減弱其附著性 iv)可能下雨或凍結時，應停止施工。
	(2)-4 塗佈後之確認 ①塗刷遺漏部份之補修塗刷 ②乾燥狀態之確認	①若有塗刷遺漏或不足時，應補修塗刷之。 ②材料之乾燥狀態確認之，若尚未乾燥時，應放置至乾燥為止。	②確認北面或日陰等最不利條件下的乾燥狀態，若材料在乾燥不充分之狀況下塗刷施工，則其塗刷材料會產生反應不完全。
(3)底床調整塗材之塗刷	(3)-1 材料之確認	依說明書等，對底床調整塗材之種類、所需要量等相關事項確認之。	確認項目為材料之種類、製造業者、商品名稱、商品編號、質量、有效期間、所需要量等。
	(3)-2 被塗面周邊部份之保護養護	為防止周邊之建材及居住者之生活用品等之污染，應以帆布等覆蓋保護之。	
	(3)-3 底床調整塗材之調合	依說明書或施工要領書作材料之調合，水泥系底床調整塗材使用時，主材、混合液、水之調合比率應遵守之。	i)使用之材料，若有使用時間之限制時，應預估其在可使用時間內可用完之使用量調合之。 ii)材料之拌合所用之容器、機具等，應使用乾淨者，需用水稀釋時應用清水為之。 iii)用手動拌合機將材料均勻混合並充份拌合之。

解說表6.4.4 鹽害抑制工法施工要領例（續）



工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
	(3)-4 底床調整塗材之塗刷	依說明書或施工要領書等之規定，將底床調整塗材在對象面全面塗刷之。塗刷方法、所需量、塗刷次數、施工間隔、注意事項等之規定應遵守之。	i)材料若沾到眼睛或皮膚時，應迅速以清水沖洗，若有異常應送醫院診察治療。 ii)材料若一次塗刷超過規定量，則會產生龜裂。 iii)可預知有強風、下雨、凍結、急速乾燥等，會產生底床調整塗材之硬化乾燥不完全因素時，應停止施工並以帆布養護及保溫。 iv)使用水泥系之底床調整塗材時，其底床會將材料之水份急速吸收，應預先以水濕潤之。
	(3)-5 塗刷後之確認 ①漏塗部份之補塗 ②粉刷面之狀態確認	①有漏塗時，應補塗之。 ②粉刷面之狀態以目視確認之，若與預定之狀態有異時，應與相關人員協議之，必要時補塗之。	
	(3)-6 底床調整塗材塗刷後之養護	底床調整塗材塗刷後，依所定之時間靜置之。	補修部份，應避免受到其他之施工或直射日光、風雨等之影響。
(4)檢查	(4)鹽害抑制工法施工後之檢查確認	提請監工人員檢查確認，若有不良之施工，應與相關人員協議補修對策。	<b>【其他之注意事項】</b> ①材料之保管、處理等之相關注意事項，參照材料製造業者之MSDS（製品安全數據表）等，記載於MSDS一般如以下之項目 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;">             製造者資料，製品名，製品概要，有害物質資料，應變措施，火災時之對策，漏出時之對策，處理，保管上之注意，暴露防止措施，製品之性質，危險性資訊，有害性資訊，環境影響資訊，廢棄上之注意，輸送上之注意，主要適用法令等。           </div> ②依說明若須與浸透性鹼性附著材併用時，希參照解說表6.4.3

解說表6.4.5 鹽害抑制工法施工要領例（使用浸透性吸水防止材）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
(1)補修位置之「前處理」	(1)-1 既存塗膜等之去除	塗料、粉刷塗料、有機系油灰材等之既有塗膜，用電動工具或高壓水洗等完全去除之。	<ul style="list-style-type: none"> <li>i)若有塗料、粉刷塗料等之粉刷層，則浸透性吸水防止材無法滲透，故必須將既存塗膜完全去除。</li> <li>ii)既存塗膜等之去除若局部有困難時，則先以浸透性吸水防止材處理塗膜已去除部份，再協議未去除部份之去除必要性。</li> <li>iii)既存塗膜等之去除時，不可使用剝離劑，因剝離劑中含有石蠟成份，會妨礙浸透性吸水防止材之滲透。</li> <li>iv)既存塗膜去除時，應留意其產生之粉塵與噪音並應取得居住者及相關人員的諒解。</li> </ul>
	(1)-2 污漬、附著物等之去除、清掃	<p>塵埃、黴菌、油脂類、鐵鏽等之污漬去除、清掃。</p> <p>a.塵埃之情形 用刷子、壓縮空氣、吸塵器等去除清掃之。 用高壓水洗淨，水洗後乾燥之。</p> <p>b.黴菌之情形 用鋼刷等刷除清掃之。 用噴火器、噴燈等燒殺清掃之。 用含氯之漂白劑漂白殺菌並乾燥之。</p> <p>c.油脂類之情形 用中性洗劑刷洗，水洗後乾燥之。 用溶劑等擦除之。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. <ul style="list-style-type: none"> <li>i)洗淨時，應由上往下沖洗，不可有污染水附著於牆面。</li> <li>ii)開口部及電氣設備周邊，盡可能避免水洗方式，不得已必須水洗時，亦應有充分之維護。</li> <li>iii)樓梯間等採用水洗時，應確認可維持足夠之乾燥期間及不漏水。</li> </ul> </li> <li>b.火器及藥品在使用時，應遵守其注意事項。</li> <li>c.因油脂類之污漬，會妨礙浸透性吸水防止材之滲透，故應完全去除。</li> </ul>

解說表6.4.5 鹽害抑制工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
		抽風機周邊等油污較顯著部份，用電動刷子等去除清掃之。 d.鐵鏽之情形 用鋼刷或電動砂輪機等去除清掃之。	
	(1)-3 底床之乾燥	水洗等致底床潮濕時，應放置至表面水分10%以下為止。	用表面水分計計測底床之水分，放置至10%以下為止。 若底床之含水率過高，會妨礙浸透型吸水防止材之滲透。
	(1)-4 試驗塗刷	施工對策部份之局部塗刷試驗之，以確認滲透性之程度及所需要量。	清水混凝土等之底床，已有施作浸透性吸水防止材或清潔塗料時，或底床含水率較高時，或底床表面有疏水性物質附著時等狀況下，浸透性吸水防止材無法滲透，故應先行塗刷試驗以判斷是否適合施作，同時確認其所需要量。 若試塗之所需要量與說明書不一致時，應與相關人員協議之，因底床之狀態或條件之不同致與說明書所記載之所需要量不符之情況亦有。
(2)浸透性吸水防止材之塗刷	(2)-1 材料之確認	依說明書等，對浸透性吸水防止材之種類、所需要量等相關事項確認之。	確認項目為材料之種類、製造業者、商品名稱、商品編號、質量、有效期間、所需要量等。
	(2)-2 被塗面周邊部份之保護養護	為防止周邊之建材及居住者之生活用品等受污染，應以帆布等加以保護。	尤其是周邊之樹林，若材料飛散而沾附其葉子會枯萎，應完全予以保護養護。
	(2)-3 浸透性吸水防止材之塗刷	依說明書或施工要領書等之規定塗刷之，其塗刷方法、所需要量、塗刷次數、施工間隔、注意事項等之規定應遵守之。	i)採用溶劑系之浸透性吸水防止材時，應注意煙火。 ii)施工時務必戴用護目鏡及保護具。 iii)材料若不小心沾到眼睛或皮膚時，應迅速以清水沖洗，若有異常應送醫院診察治療。 iv)材料若塗刷過量，其塗刷面會變成較亮之色澤，應注意。 v)可能下雨或凍結時，應停止施工。

解說表6.4.5 鹽害抑制工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
	(2)-4 塗佈後之確認 ①材料有塗漏時，應補塗之  ②乾燥狀態之確認	①材料有漏塗時，應補塗之。  ②材料之乾燥狀態以指觸確認之，未乾燥時，應放置至乾燥為止。	①材料有漏塗時，在乾燥後無法確認，故施工後馬上由其反光之色澤及所需要量確認之。
(3)檢查	(3)鹽害抑制工法之施工後檢查確認	提請施工監工人員檢查確認，有問題時，應與相關人員研商對策。	<b>【其他之注意事項】</b> ①材料之保管、處理等之相關注意事項，可參照材料製造業者之MSDS（製品安全數據表）等

解說表6.4.6 中性化及鹽害抑制工法施工要領例（使用防水型複層粉刷塗材）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
(1)準備	(1)-1 塗刷底床之確認	① a.會形成塗刷問題之裂縫、缺損、突起物、段差、不平整、孔穴等，以目視確認並妥予補修完整。 b.會形成塗刷問題之污漬、油脂、鐵鏽、粉狀物等之附著物，以目視及指觸確認之並將底床表面充分清掃完全。 c.既存塗膜之劣化部份是否已處理完全不致形成塗刷之問題，以目視或指觸確認之。 d.底床是否已乾燥不致形成塗刷之問題，有既存塗膜用指觸，無既存塗膜時，用表面水分計等之計測加以確認。 ②若確認後認為並不適合塗刷時，應與相關人員研商對策。	① a.底床之補修若不完全，則塗膜會產生針孔狀之塗膜缺陷，無法確保粉刷面之美觀。 b.底床表面若未充分清掃完全，則塗膜之附著性無法確保，會產生早期鼓浮、剝離等現象。 c.既存塗膜之鼓浮、剝離或脆弱部份之處置若不完全，則改修後會由既存塗膜層產生鼓浮、剝離。 d.尤其是底床為混凝土面時，會因含水分而產生塗膜之鼓浮現象，故應以表面水分計確認之，一般應在 8% 以下。（參照JASS 23解說）
	(1)-2 材料及施工法之確認	①材料之確認 a.選定之粉刷塗材為防水型複層粉刷塗材，應確認之。 b.混凝土之補修材、填縫材或與既存塗膜之塗刷重疊性是否沒問題，其適合性應確認之。 c.指定之顏色、光澤、質感之條件適合否，其顏色樣本及粉刷樣本應確認之。	① a.防水型複層粉刷塗材在 JIS A 6909有規定，此外，底塗材、主材及上塗材應為同一製造業者。 b.參考資料可參考平成 4 年版「建築改修工事施工監理指針」。 c.顏色樣本及粉刷樣本應提交相關人員認可。 d.材料應貯藏於屋內通風之陰暗場所。 e.溶劑系之材料不可接近火氣且其溶劑蒸氣之滯留更危險，故使用過之材料等務必密封處理之。

解說表6.4.6 中性化及鹽害抑制工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
		<p>②施工法之確認</p> <p>a.工法：刷子、滾輪刷子、空壓機噴槍、非空壓式噴槍或其他之塗裝方法確認之。</p> <p>b.塗裝條件：噴塗時之噴附條件，例如噴槍口徑、噴壓與塗裝距離、噴附速度等之決定。</p>	<p>f.為防止材料直接沾附皮膚或吸入溶劑蒸氣，應採取戴用保護具之對策。 材料之種別之處理使用注意事項，在容器上依法均有標示，應確實遵守。</p> <p>g.有機溶劑或特定化學物質等危險物之處理使用注意相關資料，施工業者、材料製造業者之公會團體均有準備，可洽詢並索取之。</p> <p>②對周圍之影響及非塗刷面部份之養護，需有充分之對應對策。</p> <p>a.考慮施工環境條件等之施工前提後，選定之底塗、主材塗刷、表塗之工程施工，依規範或施工要領書確認其塗裝方法。</p> <p>b.由材料之製造業者所指定之條件範圍中，選擇最有利之施工條件為之。</p>
	(1)-3 調合之準備	<p>a.混合、調合容器 應備妥兩組以上足供必要量之調合且可均勻混合之容器。</p> <p>b.混合、調合用攪拌機具 應準備可供材料容易均勻混合且具動力防爆裝置之攪拌器。</p> <p>c.必要時應備妥過濾器具、分裝容器及分裝用具等。</p> <p>d.必要時應備妥定量混合之秤量器。</p>	<p>b.溶液系之材料，處理時應避免靜電發生且須嚴禁煙火，原則上不可使用電動拌合機。</p>
(2)底塗	(2)-1 混合、調合	<p>a.在材料容器中，將材料均勻混合之。 混合、調合依必要量在必要時為之，尤其反應硬化型之底塗材，有可使用時間之限制，不可殘留，故應以可使用時間內可使用完之量調整之。</p>	<p>a.調合比率，依製造業者之指定為之。</p>

解說表6.4.6 中性化及鹽害抑制工法施工要領例 (續)

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
		<p>b.反應硬化型之底塗材，其主劑與硬化劑之調合比率，應依規定混合之。</p> <p>c.稀釋時，依指定之稀釋液所定之比率稀釋調合之。</p>	<p>b.依製造業者指定之稀釋比率為之。 也有不必稀釋即可塗刷之材料，應注意。</p> <p>c.反應硬化型時，主劑、硬化劑應充分混合後，才作稀釋調合。</p>
(3)主材塗刷	(3)-1 調合	<p>a.在材料容器中，將材料均勻混合之。 混合、調合依必要量在必要時為之，特別是聚合物水泥系或反應硬化型之材料，有可使用時間之限制，故應在可使用時間內以可使用完之量調整之。</p>	<p>a.反應硬化型之場合，主劑、硬化劑先充分混合後，再稀釋調合之。</p>
	<p>(2)-2 底塗材之塗裝</p> <p>①塗裝前之準備</p> <p>②塗裝</p> <p>③塗裝後之確認</p>	<p>①</p> <p>a.面之清掃 污漬、附著物用刷子、鑿子等工具去除之。</p> <p>b.非塗裝面之養護 養護膠帶、養護紙、養護帆布等，覆蓋被塗裝面養護之。 必要時以捨棄膠帶與壓護膠帶併用，尤其在境界面，慎重養護之，腳下用厚的養護帆布覆蓋以防止污染。</p> <p>②調合之材料，依所定之規範為之，儘可能均勻塗裝以避免產生溢流、垂流或氣泡，且不漏塗。必要時，調合可再調整之。</p> <p>③塗裝後之外觀及所需要量之確認。 避免溢流、垂流、氣泡、塗膜異常、漏塗等，確認之。 所需要量確認後若不足時，補塗之。</p>	<p>①</p> <p>a.尤其是污漬粉狀物之附著，會形成妨礙，故應完全去除之。</p> <p>b.溶劑系材料時，用耐溶劑性之養護材料，水系材料時，用耐水性之養護材料。 需注意：材料若沾到植木或草皮會使之枯萎，或沾附到塑膠製品則會使之軟化變形。</p> <p>②塗裝中若因休息而中斷時，必須將調合材料密封之且勿使塗刷工具因材料之乾燥而固化。</p> <p>③塗膜異常時，應與相關人員研商對策。 所需要量=使用量/施工面積 (kg, g/m<sup>2</sup>) 計算之。</p>

解說表6.4.6 中性化及鹽害抑制工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
		<p>b. 聚合水泥系、反應硬化型之材料時，其調合比率應遵守規定均勻混合之。</p> <p>c. 模樣塗刷 試驗塗刷模樣確認後塗裝之。</p>	<p>b. 聚合物水泥系之材料混合時，將混合液與水倒入容器內，慢慢將粉體攪拌至粉體分散即可。</p> <p>c. 用樣本板作成所定之模樣並確認之。 若需作成凹凸面處理時，主材用塑膠滾輪式之模具，作成模樣後，在塗膜表面尚未乾燥時施作之。</p>
	<p>(3)-2 主材之塗裝</p> <p>① 塗裝前之準備</p> <p>② 塗裝</p> <p>③ 塗裝後之確認</p>	<p>① 與底塗之工程間隔時間之確認。 與底塗之工程間隔時間，依說明書、施工要領書之規定為之並確認之。</p> <p>②</p> <p>a. 為確認指定之顏色、光澤、質感等之塗裝條件，應進行試驗塗裝。同時，所需要量之確認亦於此時進行。</p> <p>b. 基層塗刷 基層塗刷為不致形成不連續之情形下，均勻塗刷之。</p> <p>c. 模樣塗刷 以試驗塗刷所得之模樣塗裝。</p> <p>③ 塗裝後之外觀及所需要量之確認。 防止溢流、垂流、氣泡、質感等之塗膜異常且不漏塗，確認之。所需要量確認後若不足時，應採取對應處置。</p>	<p>① 工程間隔時間因氣溫或濕度等之不同而異，依施工時之條件及製造業者之說明書等確認之。</p> <p>②</p> <p>a. 此乃依主材之粉刷及質感為主施作。</p> <p>b. 主材之基層塗刷，確保其膜厚是為重點。以膜厚計測定塗膜厚度並確認所需要量。此外，管理塗刷量時，另有塗刷於金屬板等測定其附著質量來確認的方法。</p> <p>c. 依樣本等之是否可得所要求之模樣，確認之。 若欲作凹凸面處理時，可用有模樣之塑膠滾輪刷來塗刷作成模樣後，在塗膜之表面尚未乾燥時為之。</p> <p>③ 質感之面欲修正重作極不易，故開始施作塗刷作業時，就要十分注意。 塗膜有異常，應與相關人員研商對策。</p>



解說表6.4.6 中性化及鹽害抑制工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
(4)上塗刷	(4)-1 混合、調合	<p>a.在材料容器中，將材料均勻混合之。 混合、調合依必要量在必要時為之，尤其是反應硬化型之上塗刷材，有可用時間之限制，不可殘留，依可用時間內以可使用完之量調整之。</p> <p>b.反應硬化型之上塗材之主劑與硬化劑之調合比率應遵守規定混合之。</p> <p>c.稀釋時，以規定之稀釋液依所定之比率稀釋調合之。</p>	<p>a.調合比率依製造業者之指定為之。</p> <p>b.遵照製造業者之指定稀釋比率。 也有不必稀釋直接塗刷之材料，須注意稀釋用之稀釋液其稀釋比率依材料之製造業者之指定為之。</p> <p>c.反應硬化型時，其主劑、硬化劑應充分混合後再稀釋調合之。</p>
	<p>(4)-2 表塗材之塗裝</p> <p>①塗裝前之準備</p> <p>②塗裝</p>	<p>①表塗之工程間隔時間之確認。 與表塗之工程間隔時間是否依說明書、施工要領書之規定應確認。</p> <p>②試驗塗裝</p> <p>a.為確認指定之顏色、光澤等之塗裝條件，應進行試驗塗裝且所需要量之確認也在此時進行。</p> <p>b.所定之表塗塗刷次數依所定之條件為之，增塗等之追加塗刷有指定時，依所定之條件為之。</p>	<p>①工程間隔時間因氣溫或濕度等之不同而異，依施工時之條件及製造業者之說明書等確認之</p> <p>②</p> <p>a.所需要量一般以kg，g/m<sup>2</sup>單位表示或 m<sup>2</sup>/缶等，依材料之製造業者指定。此外，塗附量之管理另有塗裝金屬板等，依附著之質量來確認的方法。</p> <p>b.塗裝中若因休息而中斷時，應將調合材料密封且避免塗刷工具上之材料乾燥固化。</p>

解說表6.4.6 中性化及鹽害抑制工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
	③塗裝後之確認	③最終養護後，塗刷面以目視確認之。 有異常時，應與相關人員研商對策並處置之。	③ i)必要之乾燥硬化狀態是否達成。 ii)有無漏塗。 iii)所定顏色、光澤、色調是否達成。 iv)有否塗膜異常、損傷。 v)有否施工上之遺漏。
(5)檢查	(5)施工後之檢查確認	提請監工人員檢查確認之，若有問題，應與相關人員研商對策並處置之。	<p>【其他之注意事項】 材料之保管、處理等之相關注意事項，依材料製造業者之MSDS（製品安全數據表）等參照之，此外，記載於MSDS一般包括如下之項目</p> <p>〔製造者資料，製品名，製品概要，有害物質資料，處理上之應急措施，火災時之對策，漏水時之對策，使用保管上之注意，暴露防止措施，製品之性質，危險性資訊，有害性環境影響資訊，廢棄上之注意，輸送上之注意，主要適用法令等。〕</p>

解說表6.4.7 裂縫補修工法施工要領例（使用自動式低壓注入工法）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項												
(1)補修位置之「前處理」	(1)-1 裂縫部之前處理 a.裂縫部之清掃  b.決定注入孔之位置  c.注入孔之堵塞物去除	「前處理」為以下各項 a-1.污漬、附著物以鋼刷、吹風機等去除。  a-2.用表面水分計、含水率計確認底床表面下數mm深之水份10%以下。 b.注入孔位置用尺測定之，用粉筆等在該位置上作記號。  c.注入孔位置有堵塞物時，用砂輪機或電鑽確保注入孔暢通。	a-1.有污漬、附著物時，則密封材之附著性不良，注入時會成為注入材溢漏之原因。 a-2.若水分之含水量較多，則會接著不良形成再龜裂之原因。 b.考慮注入孔之間隔、裂縫之寬度與深度，決定之。(註)  注入孔間隔例 (mm) <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">裂 縫 寬</th> <th colspan="2">注 入 孔 間 隔</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.05</td> <td>0.2</td> <td>150</td> <td>250</td> </tr> <tr> <td>0.2</td> <td>3.0</td> <td>250</td> <td>350</td> </tr> </tbody> </table> 自動式低壓樹脂工法手冊(1992) c.注入孔若有堵塞會成為注入不良之原因。	裂 縫 寬		注 入 孔 間 隔		0.05	0.2	150	250	0.2	3.0	250	350
	裂 縫 寬		注 入 孔 間 隔												
0.05	0.2	150	250												
0.2	3.0	250	350												
	(1)-2 前處理之確認	確認為不適合補修之狀態時，應與相關人員研商對策並處理之。													
(2)注入器、台座之安裝	(2)-1 器具一式之確認	注入器、台座、器具固定用接著劑（密封材）等，確認之。	注入器或台座若未確實固定，則會形成注入材溢漏之原因。												
	(2)-2 注入器具或台座之安裝	注入孔在作記號之位置，將注入器具或台座在裂縫中心位置上用密封材等固定之。													
(3)裂縫之密封材	(3)-1 材料之確認	裂縫封縫用材料確認之。	i)原則上密封材、注入材用同一製造業者之產品。 ii)材料應貯藏屋內通風良好之陰暗場所。 iii)洗淨用溶劑，應避免火氣接近。此外，溶劑蒸氣之滯留更加危險，使用剩餘之溶劑務必密封之，裸火、電氣器具、香煙之火苗均應注意之。												

解說表6.4.7 裂縫補修工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
			<p>iv)為防止材料直接沾附皮膚或吸入蒸氣，應戴用保護具。</p> <p>各材料種別及使用上注意事項，在材料容器上依法均有標示，應遵照之。</p> <p>v)有機溶劑或特定化學物質等危險物之處理應注意事項之相關資料，製造業者均有準備，可洽詢或索取。</p>
	(3)-2 調合之準備	<p>a.應備妥足供拌合、調合所須必要量且可均勻混合之容器。</p> <p>b.攪拌機器選用可使材料容易且均勻混合者。</p> <p>c.必要時應備妥分裝容器及分裝用具。</p> <p>d.因需正確計量，應備妥秤量器具。</p>	<p>a.盡可能使用圓形容器。</p> <p>b.溶劑系密封材在使用時應嚴禁煙火並避免產生靜電，原則上不可使用電動拌合機。</p>
	(3)-3 混合、調合	<p>a.混合、調合依必要量在必要時為之，因可使用時間受限制，故不宜殘留，應依可使用時間內可用完之量計量之，短時間內均勻調合之。</p> <p>b.成分系之混合比，可使用時間，依材料製造業者之指定為之。</p>	<p>b.可使用時間，依溫度而有變化。</p> <p>一般可用時間，在低溫時較長，在高溫時較短，必要時應向製造業者索取資料。</p>
	(3)-4 密封材之塗附	<p>a.裂縫部位上，近裂縫之中央，其表面30mm寬，厚度2mm 程度以密封材塗佈之，確實予以密封。必要時，其調合可再調整。</p>	<p>a.密封若未確實則會形成注入材溢漏之原因。</p>

解說表6.4.7 裂縫補修工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
		<p>b.塗附量依補修規範之密封材之塗附施工所指定之量為之。一般以g/m<sup>2</sup>等單位表示，材料製造業者均有指定。 塗附量=使用量/施工面積計算之。</p>	<p>b.塗附量為包括塗附時之漏失量在內之所要量，乃性能上最低限之必要量，故作業上須考慮設定漏失量。</p> <p>c.下雨時或可能下雨時，低溫（5 以下）時，應避免施工。</p>
	(3)-5 塗附後之確認	若有漏塗時，應補塗之並確認其硬化。	
(4)裂縫注入	(4)-1 材料之確認	裂縫注入用材料之確認。	<p>i)原則上密封材與注入用環氧樹脂用同一製造業者之產品。</p> <p>ii)材料應貯藏於屋內通風良好之陰暗場所。</p> <p>iii)洗淨用溶劑，不可接近火氣。此外，溶劑蒸氣之滯留更加危險，故容器必須密閉處置之。</p> <p>iv)為防止材料直接沾附皮膚或吸入蒸氣，務必確實執行戴用保護具之預防對策。</p> <p>。各材料種別及使用上注意事項，在材料容器上依法均有標示，應遵照之。</p> <p>v)有機溶劑或特定化學物質等危險物之處理應注意事項之相關資料，製造業者均有準備，可洽詢或索取。</p>
	(4)-2 調合之準備	<p>a.應備妥足供拌合、調合所須必要量且可均勻混合之容器。</p> <p>b.攪拌機器選用可使材料容易且均勻混合者。</p> <p>c.必要時應備妥分裝容器及分裝用具。</p> <p>d.因需正確計量，應備妥秤量器具。</p>	a.盡可能使用圓形容器。

解說表6.4.7 裂縫補修工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
	(4)-3 混合、調合	a.混合、調合依必要量在必要時為之，因可使用時間受限制，故不宜殘留。應依可使用時間內可用完之量計量之，在短時間內均勻調合之。 b.必要時應備妥二組以上之足供充分調合所需必要量且可均勻混合之容器。 c.材料之混合比及可使用時間，依材料製造業者之指定為之。	c.可使用時間，依溫度而有變化。 一般可使用時間，在低溫時較長，在高溫時較短，必要時應向製造業者索取資料。
	(4)-4 環氧樹脂之注入	a.將環氧樹脂充填於注入器具內，利用橡膠或彈簧壓縮空氣之壓力，將環氧樹脂注入於裂縫內。 b.注入中若容器內之材料已用完時，可再填加之。	a.注入壓力為 4kg/cm <sup>2</sup> 以下。 因注入壓作用於其台座或密封部之樹脂，為防止溢漏可用急結水泥或速硬化油灰等密封之。
	(4)-5 環氧樹脂之硬化養生	環氧樹脂在硬化前，應在注入器具施壓力之狀態下養護之。	硬化狀態在冬季約24小時，夏季約15小時。 依注入器具內之材料硬化，可確認判斷裂縫內注入之環氧樹脂之正常硬化。
	(4)-6 注入器具及密封材之去除與表面修飾	硬化養護後，注入器具拔除之並將密封材用磨砂機等磨除之，再將補修部份之混凝土表面平滑修飾之。	外牆面等之補修係屬高空作業，在拔除注入器具時，應有安全網等防止墜落事故之安全設施。 注入器拔除作業時，若底床混凝土受損傷時，應以聚合物水泥砂漿或輕質骨材環氧樹脂砂漿補修後並予平滑修飾之。
	(4)-7 修飾狀態之確認	以目視確認修飾狀態。 a.必要之硬化狀態已達成否 b.補修預定位置均已補修完成否。 c.修飾面有無異常。 d.補修上有遺漏否。 若有異常，即修正重作。	

解說表6.4.7 裂縫補修工法施工要領例（續）

工 程	程 序	要 領	注 意 事 項
(5)檢查	(5)管理者之檢查確認	提交施工管理人員檢查確認之，若有問題，應與相關人員研商對策並處置之。	如有必要可在注入部份作鑽心取樣並作下列試驗： i)觀察試體之裂縫位置的環氧樹脂充填狀況。 ii)將試體切成厚度20mm之圓盤狀，在裂縫垂直方向作割裂試驗，若混凝土部份之割裂可行即可判斷其注入結果良好。

註：裂縫補修在注入環氧樹脂前，應確認注入台座固定後及裂縫表面密封後，其注入台座之間之裂縫是否相通，由於內部裂縫為不規則之狀態，且無法目視檢查，若其間有不相通或阻塞，則注入材料即難以注入於裂縫內，亦因之無法達成補修效果。此時可用「煙霧檢視法」，利用香煙吹氣於其中任一台座之注入孔，若其鄰近之台座注入孔均有煙霧冒出即可確認其為相通之狀態，否則即為不相通或堵塞，應再於其間增設注入台座。  
同一道裂縫之注入補修，原則上應由下往上注入或由一側往另側依序注入，將裂縫內之空氣完全排擠出來，使注入之環氧樹脂材料確實充填於裂縫中。  
裂縫不相連之不同裂縫，應分別裝置注入台座並個別依序注入之。

#### 6.5 實施工程進度預定表之擬訂

為求補修工程在合理狀況下進行，應擬訂整體工程、月間工程、週間工程、工種別工程等之工程計畫並作成工程進度預定表。

解說： 實施工程進度預定表，係指將補修工程之施工順序、所需時間等繪製成表，以橫線式(BAR CHART) (各工程以橫線表示施工之開始、完成之月日，含施工順序與施工期間)方法製成進度表，除整體工程進度表之外，尚須作成週間或月間工程進度表及工種別工程進度表。

實施工程進度表，有如工程之指南針之功能，尤其可監視檢討施工之順序及工期全體之狀況。此外，實施工程進度表中所列之事項及表之作成，需考慮之主要事項如下列：

- ①氣候風土習慣等之影響
- ②製作圖及施工圖之繪製及約定時期
- ③主要材料等之入場時期
- ④試驗之時期及期間
- ⑤檢查及施工之會同約定時期
- ⑥電氣設備及機械設備與其他相關工程之進度配合
- ⑦上列各事項之多餘工期

#### 6.6 需相關單位認可或核可之各項手續

有關補修工程之施工，應依安全衛生相關法令，向有關之管理機關提報施工申請之各項手續。有關施工品質相關事項，得依合約之約定向業主及其委託之設計監造人提報相關文件及說明並取得認可或核可。

解說： 補修工程之施工，雖非一般新建工程需納入建築管理機關之管理，但因其施工需搭設鷹架進行高空作業，仍屬於危險性之工作場所，故一切施工有關安全衛生事項仍應依相關法令之規範為之，仍應依法向有關之管理機關提報施工之各項手續並接受監督。

至於補修工程之施工品質，因目前尚無專屬法令規範，故以承攬合約之約定為準，承包施工業者應向業主及設計者提報施工計畫書或施工要領書，在施工前作說明，並取得認可或核可。本項手續依工程規模及工程範圍及基地條件以合約自行約定之。



## 6.7 施工

- (1) 施工者應依照施工計畫書內所定之施工要領進行施工。
- (2) 施工時應在目標工期內進行合理且可靠的施工，並應注意施工中之安全與衛生。

解說：(1) 補修工程之施工，以能滿足設計圖說所定之規範，依施工計畫書及施工要領書進行施工。唯若設計圖說中並未指定工法時，其施工方法則任由施工者來決定。因此，並無法期待究竟是否能發揮設計之意旨所求之性能或滿足其機能，故應充分加以檢討溝通後，才可施工。

施工中依原定之工程進度表、施工圖及製作圖等，常因需與另外之相關設備工程配合而必須變更的情形無法避免，故須因應實際狀況詳加檢討，不得已時，仍應作變更之考慮，否則常因具隱蔽性之設備工程無法掌握而自顧自的按圖施作，且又疏於向監工人員報告，到最後常須再重作之情形很多。

補修施工中，常因補修範圍超出計畫階段之預估或遭遇異常的劣化狀況，而須修正施工範圍及因數量變更，致材料、工法亦須變更之情形。遇此狀況，應與監工人員及業主研商，依協議後之變更工程方案施工之。

(2) 補修工程依各項工程施工之細心度，對日後該建築物之耐久性影響極大，故應體認此觀點，盡所知所能細心謹慎施工之。

## 6.8 工程施工現場管理

- (1) 施工管理，原則上由施工者作自主管理。
- (2) 施工者在施工期間，應遵照品質管理計畫及檢查標準，依所定之頻度及方法實施工程檢查，並將工程檢查記錄提報施工監工人員，施工監工人員應確認管理記錄同時依所定之頻度會同施工者實施補修施工之檢查，其項目如下：
  - ①底床處理
  - ②使用材料之調配
  - ③補強、補修作業
  - ④補修後之養護

解說：(1) 工程施工現場管理應注意之重點如下：

- ①相關法規之遵守（建築技術規則、營造業法、勞動基準法、勞工安全衛生法、消防法、道路交通法、噪音振動等環保法規及其他相關法令）
- ②住戶、鄰房住戶之連絡周知（施工預定、停電、斷水、注意事項及其他等）
- ③戴用臂章或名牌（明示施工作業人員之身份）
- ④整理、整頓、清掃、廢棄物清運、堆放
- ⑤事故災害、公害之防止
- ⑥既有建築物等之養護
- ⑦防盜及警衛
- ⑧專業小包之指導、連絡

(2) 檢查，首先由運入現場之各種材料是否符合設計圖說規定之品質之材料檢查開始，及施工中之各項工程檢查，至最後之完工移交檢查為止等一連串之檢查，持續進行之。

此外，執行檢查人員其各類擔任專業工程之管理者或主任技術者及施工方面之主任技術者或監工技術者等，依各種檢查之重要度而有不同。為了使此種檢查能圓滿順利進行，因尚須調整檢查擔任者與會同人員之日程與各種檢查用具的準備時間等，故宜事前在施工計畫中列入檢查之日程。除檢查之外，還有為了驗證有關材料及施工是否符合設計圖說所定之條件而必須進行試驗的情形。

除了可以當場在現場進行之試驗外，有時尚須到有試驗機器設備的試驗室作試驗。選定之試驗室必須具備可以正確進行必要之試驗，且有充足的試驗機器設備，試驗人員也必須擁有試驗相關的知識與經驗，其試驗之結果，應具公信力而無利害關係。因此，大多選定公家單位或學術單位的試驗室。唯因公家或學術單位的試驗室，有不少是離現場很遠的或試驗室之檔期無法配合，常會造成自試體送達至取

得試驗結果報告的期間比預定要長之情形。為避免影響工程之施工進度，應在事前擬訂計畫並適時提出申請。

#### 6.9 記錄

施工者應將所有試驗、檢查記錄、工程變更記錄、協調會議記錄、施工照片等，依序妥予整理存檔備查。

解說：補修工程之記錄，乃建築物之維持保全的非常重要的資料，其必要之記錄表格式及擔任記錄人員，應事先決定，並注意不可遺漏。

記錄乃由施工者作成後提報監工人員，而監工人員必須在收到記錄時，對其內容詳加檢討並確認後才可存檔。

施工現場的記錄若錯失機會，則大多記錄將無法保留。為能確實保留必要之記錄，必須在計畫施工進度時，就要將記錄之有無必要保留作適切的區分，有計畫的記錄之。

此外，設計圖說中規定的品質證明或試驗結果，於施工記錄中應依序分次加以整理。尤其是在施工後會殘留問題之施工或材料，日後可供檢閱施工過程中的事故例等，即須依賴其保留下來的完整之記錄。

此種記錄存檔保留之體制，雖會造成施工監工人員或施工者之額外的負擔，也是不得已的。在小規模工程等，若其所提報之數種圖說記錄可以彙整為一冊，而可滿足實質上的要求時，亦可彙整之。

#### 6.10 完工檢查、移交

- (1) 施工者在施工完成後，於接受發包者之檢查驗收時，應事先將完工圖、施工圖、施工記錄、維持保全計畫書等必要文件整理成冊，移交予發包者（業主或其委任之代理人）。
- (2) 工程完工後之檢查，應與工程監工人員會同，其會同檢查之項目如下：
  - ① 補強、補修之施工是否與施工說明書或規範相符。（施工檢查記錄及檢查結果）
  - ② 外觀及表面修飾狀態（目視檢查）
  - ③ 性能及機能之回復狀況（非破壞檢查、破壞檢查）
  - ④ 性能及機能之維持（追蹤調查、各種試驗）
- (3) 檢查結果若不合格，應依工程監工人員之指示為之。

解說：(1) 工程完工後，施工者在接受發包者之檢查後移交之，移交時應提出完工圖、施工圖、施工記錄及維持保全計畫書等文件。此外，有關完工後之維持管理及建築物之使用方法，應告知發包者及建物之使用者之注意點及留意事項者，希均列入維持保全計畫書中提交之。

(2) 完工後之檢查，依補修工程之說明書或規範所示者為準，因補修施工所達成之性能目的與所回復之機能均須予以確認，故完工檢查之具體方法，可與工程監工人員協議訂定之，唯檢查必須以會同檢查為之。

補強、補修施工是否符合說明書或規範執行，除了由工程檢查之記錄來確認外，重要的施工過程必須利用錄影等方式來確認。至於性能及機能之回復狀況，雖有在施工完成後用目視或非破壞檢查可予確認的項目，但大多在完工後仍無法馬上判斷並難以確認的。因此，有關性能及機能之回復狀況與維持狀況，仍須以定期檢查或監視調查來加以確認，其點檢及監視調查之項目及方法，依第七章所述者為之。

(3) 檢查結果若不合格，當然必須採取適切的處置。此時，應由發包者、設計者、工程監工人員及施工者共同研商協議後，經施工管理者認可後，再採取處置行動。

##### ① 性能及機能有回復之情形

若依說明書進行補強、補修施工，已達成性能與機能回復之目的，但對其外觀及表面修飾狀態仍不滿意時，應由施工者負責採取適切的方法改善之。

##### ② 性能及機能之回復狀況無法判斷時

若因採用說明書未記載之補強、補修材料與補修工法，因未依說明書進行補強、補修，致無法判斷其補強、補修後之性能及機能是否已達成回復狀況之目的時，應由施工者負

責實施破壞試驗或各種性能之試驗，來確認其性能及機能之回復狀況。

若由各種試驗判斷出其性能及機能之回復水準不足時，則施工者應負責作再度補修施工（重作）。

## 第七章 補強、補修後之追蹤調查

### 7.1 一般事項

- (1) 補強、補修施工完成後，仍應對補強、補修部份進行點檢或監視調查，以確認其補修效果之持續性。
- (2) 點檢為必要施行之調查，而監視調查可視情況於必要時為之。
- (3) 點檢及監視調查之結果，應予以記錄並存檔保管備查。

解說：(1) 補修工程與新建工程，在施工後之建築物維護管理都同樣的重要，由於補修工程，乃係對因劣化而致機能降低或耐久性受損的結構體予以回復或作劣化之抑制的施工，因此，須確知其目的是否達成及機能回復後與劣化抑制之狀態在經年之後是否仍然持續維持著。

此外，對於補修工程所採用之補修工法及補修材料的「補修效果」之適切的評估、判斷基準仍未確立，目前僅能依據補修專業者、製造商等之技術資料及補修工程之施工實績與對補修效果的個別評估試驗等，來作為選定補修工法及補修材料之主要參考依據。因此，對於補修施工後，以點檢或監視調查來加以確認，是相當重要的。

(2) 一般所謂建築物之點檢，係指調查建築物的機能維持狀態及建築物之耗損程度而言，「建築物所有權人、使用人應維護建築物合法使用與其構造及設備安全」（建築法第七十七條），除此之外，目前國內並未見有更詳細之有關「建築物之維持保全」的相關法令。近年來，因建築物之老朽化或受地震外力損傷之情形、由於年久失修或受損未修致受大地震等天然災害時，而造成傾倒崩壞、人員重大傷亡事件時有所聞（如八十九年九月二十一日之大震災），故對於「區分所有權之大樓建築物的維持保全」相關法令之立法，實為刻不容緩之地步，尤其因應建築物之用途與規模，應建立定期檢查及報告的制度並規範其補修時機及期限與補修費用之分攤辦法及罰則，否則在區分所有權之大樓建築物，在老朽或受損後，因無人補修延長使用壽命及安全之維護，將來必可預見將有都市建築之大災難。

同時，補修施工之後，以檢測方式來隨時把握建築物之適用狀態，亦很重要。點檢係以目視觀察為主，對建築物作簡易的調查，不必依賴專業技術人員也可以自行調查的工作，故必須定期確實實施之

，亦即前述之法定義務之外的建築物，在補修施工後，也必須作持續性的點檢。

監視調查，則係對補修施工之施作位置（部位、部材）的狀態繼續的觀察並把握補修施工後之變狀的詳細記錄。但是，監視調查

也有需用到專用的計測器或須由技術人員來判斷之專門性的調查項目，並非似點檢一般容易的作業，因此，希望能在補修施工之後，實施監視調查。如重要度較高的建築物、補修施工時其劣化症狀較嚴重者、

因鹽害等之劣化原因較特殊者等，均應在補修施工後進行監視調查。

是否需要實施監視調查之判斷，以①該建築物之用途及社會性重要度②補修時之結構體狀況③補修後之預定使用年數等，作為主要之考慮加以判斷，需否實施監視調查之判斷如解說表 7.1.1所示，依表中之項目為之即可。

解說表7.1.1 監視調查需實施否之判斷

劣化原因之強度		回復水準		備考
		延命	恆久	
中性化	中大	—		: 實施 : 希望能實施
鹽化物離子量	中大			—: 原則上不必要 〔若非本表所列之項目，原則上不必要〕

註：劣化原因之強度，依4.2「劣化度之判定」  
回復水準，依5.2「目標回復水準之設定」

(3) 為使補修施工後之建築物的狀態隨時可以掌握及作為劣化症狀之復發或可否放置之判斷與日後之補修計畫的資料，故點檢或監視調查之結果應予以記錄並存檔備查。

## 7.2 點檢、監視調查之計畫

- (1) 點檢及監視調查，應預先對調查之頻度、調查之範圍及調查之方法擬訂調查計畫。
- (2) 點檢原則上每 3年實施一次，監視調查則持續實施之。
- (3) 點檢之範圍以建築物全體為之，監視調查之範圍則以補修施工之部份為之。
- (4) 點檢之方法以目視觀察及指觸、打診方式為之，監視調查之方法則以非破壞性試驗及破壞性試驗為之。

解說：(2) 補修工程施工後施行之點檢及監視調查之頻度，原則如解說表 7.2.1所示。

解說表7.2.1 點檢及監視調查之實施頻度例

區 分	實 施 頻 度
點 檢	補修施工後之初次為 2年後 以後為每 3年一次
監視調查	原則上持續實施之(電氣化學性之計測) 認定建築物有異常時(部材之變形、強度及破壞調查)

點檢，因屬維護管理之一環而實施，補修施工後與新建工程完工後都同樣，其內容及頻度原則上並沒改變，但補修施工後所實施之最初的點檢，則稍稍早一些，在解說表 7.2.1中乃日常性施行之點檢（日常點檢）之頻度，希能因應補修施工時之劣化度及重要度，酌予增減其實施頻度之期間。此外，點檢除了日常點檢之外，依實施頻度及實施動機等，尚有定期點檢、特別點檢、詳細點檢等種種點檢，其各種點檢視為維護管理之一環，同樣實施之即可。

監視調查是在點檢實施時，若判斷有必要進一步作監視調查時才實施。由於點檢是要把握補修後之建築物的狀況變化，而監視調查則包括補修位置有無變狀及把握定量的數據資料所實施的更詳細的經過調查，因此，監視調查與點檢不同，是持續進行的。如結構體中的鋼筋腐蝕之電氣化學性計測，以連續實施為原則，至於部材的變形、強度的計測或破壞性調查，則是在電氣化學性計測中有異常時與補修面有裂縫或鏽汁等之變狀產生時才實施。

(3) 補修施工後所實施之點檢與維護管理之一環所實施之點檢是同樣的，係以包含未補修位置在內的建築物全體為對象。補修施工後所實施的監視調查，則由補修施工之範圍中選定調查位置，屬於在補修施工之範圍內的代表性調查位置選出後，再進行經年的經過觀察。



補修施工後所實施之點檢及監視調查的範圍，如解說表 7.2.2 所示。

解說表7.2.2 點檢及監視調查之範圍

區 分	調 查 概 要
點 檢	建築物結構體之全體
監視調查	由補修施工之補強、補修範圍中選定調查對象位置

(4) 對於有關結構體之鋼筋腐蝕劣化的回復或抑制之目的所實施之補修施工，其點檢及監視調查，係以鋼筋腐蝕相關之劣化症狀之發生或變化的經過觀察為主要項目。但是，由於點檢係屬建築物維護管理之一環，是以建築物全體為對象的，因此，其點檢項目是包括鋼筋腐蝕相關以外的項目在內。

點檢為以目視觀察、指觸、打診方式之簡單調查，由建築物之管理者或建築技術者來執行為前提。此外，監視調查則需使用特殊的儀器作非破壞性計測及打鑿作業等破壞性調查為之，故需由建築技術者或專門之調查技術者來作調查。

有關結構體之鋼筋腐蝕之點檢及監視調查的內容，如解說表 7.2.3所示之例，由其中因應該建築物之需求，選定調查手法與調查項目即可。

解說表7.2.3 點檢及監視調查之例(有關結構體之鋼筋腐蝕事項)

區 分	調查方法	主 要 調 查 項 目
點 檢 (結構體全體為對象)	目視觀察、 指觸、打診	裂 縫 表面劣化 白 華 漏 水 鏽汁污漬 混凝土之鼓浮、剝離 補修部之變狀有無、程度
監視調查 (由補修施工範圍中 選定調查位置)	非破壞性 計 測	電氣化學性手法推定內部鋼筋之腐蝕 (自然電位、交流阻抗) 部材變形、強度之調查 (部材撓度、部材之振動)
	破 壞 性 調 查	混凝土鑽心取樣調查 (內部鋼筋之腐蝕觀察 混凝土之中性化深度) 混凝土之打鑿調查 (內部鋼筋之腐蝕觀察 混凝土之中性化深度)

### 7.3 點檢、監視調查之記錄

點檢及監視調查之結果，應加以整理並以調查表持續記錄後，妥予保存建檔。

解說： 點檢與監視調查之結果，加以記錄、存檔有如下之優點：

- ①可隨時調閱調查結果，可隨時掌握該建築物之狀況。
- ②由於可瞭解經時的劣化程度，故易於預測日後之劣化進行。
- ③再補修施工時，可減輕事前調查之作業。
- ④可掌握先行施作之補修工程的效果，作為再補修時之有效資料。

調查之結果在記錄時應採用統一格式之調查表，若與圖或照片併用，則可合理且具體的將調查結果予以保存，且日後在閱覽調查結果時，十分方便。

在點檢或監視調查時，若發現有劣化症狀之發生或變化時，可依本技術手冊第四章「診斷・評估」來判定是否可繼續放置或要補修否。

此外，點檢或監視調查之結果，希參考第三章解說表 3.3.1「調查記錄表範例」作成記錄並保存建檔，點檢及監視調查記錄表之例如解說表7.3.1 7.3.2所示。

解説表7.3.1 点検記録表例（土木構造物受鹽害）

格式-1			
		機關名稱	
構造物名稱		點檢位置	
竣工年月日		點檢方法	
點檢年月日		點檢人員	
點檢方法			
變狀項目	有・無	位置與程度	
裂縫			
鏽			
剝落、剝離			
鋼筋外露			
變色			
石灰游離			
蜂巢			
特別記事			
損傷程度		今後對策	

解說表7.3.2 監視調查記錄表之參考例

對象建築物：		
調查對象位置(記號)：		
調查日期： 年 月 日		調查者：
分類	調查項目	觀察所見簡述
目視觀察是否 發現異狀	裂 縫	
	表面劣化	
	白 華	
	漏 水	
	鏽汁污漬	
	混凝土鼓浮、剝離	
	其 他	
非破壞性計測	自然電位	
	交流阻抗	
	其 他	
破壞性調查	內部鋼筋腐蝕 中性化深度	
	混凝土鑽心試體強度	
	其 他	
【照片】		【綜合所見】

## 第八章 特殊工法

### 8.1 一般事項

採用特殊工法時，應收集有關工法之原理、補修效果相關之試驗結果等資料，並把握其特徵與施工時之注意事項。

解說：補修工法，在世界性而言仍為發展中之技術，新的發明開發的工法很多，為了能提昇其確實的補修效果，應深入瞭解其工法所使用的材料及施工方法與其技術上之特有事項，以期能夠活用該工法。

在本技術手冊中，對特殊工法選擇電氣化學性補修工法並將其原理、工法之概要、注意事項等，敘述如下。

### 8.2 電氣化學性補修工法

(1) 電氣化學性補修工法，應檢討在鋼筋腐蝕環境嚴苛之條件下的適用性。

(2) 電氣化學性補修工法，有電氣防蝕工法、脫鹽工法及再鹼化工法。

解說：(1) 電氣化學性補修工法，乃基於如下所示之原理，在鋼筋腐蝕環境顯著時，可期待其效果的工法。

——電氣化學性補修工法之原理——

在劣化之鋼筋混凝土建築物上裝置陽極，在大氣中之建築物時可在混凝土表面覆以陽極或在混凝土中適當之間隔埋設的方法亦可，在脫鹽、再鹼化時，可在與混凝土接觸之離子傳導性媒體中埋設陽極，如解說圖8.2.1(a)所示之方式，將陽極接連於低電壓之直流電源裝置整流器上之+極（正極），另一方面，將鋼筋接連-極（負極）作為陰極，利用混凝土中之毛細孔中之溶液作為電解液之作用，電流就會流動，利用其負荷電流即有抑制腐蝕的效果，但仍有許多須注意的課題。

如解說圖8.2.1(b)所示之方式，鋼筋中流入防蝕電流，使鋼筋之電位貧（卑）變（負方向變化）而使腐蝕電流受到抑制（即腐蝕被抑制），此乃電氣防蝕（陰極 Cathode防蝕）的主要效果，由於電場

註1)

之效果，氯離子會向陽極移動而離開鋼筋，若陽極在外部有電解液時（一般為水溶液或灰漿），可在處理鹽化物後與電解液一併去除，此即為電氣化學性脫鹽，水氧化因電氣化學性反應而產生使鋼筋、混凝土

註2)

土境界面之氧、水降低，因水氧化離子移動與擴散而逐漸遍佈於保護層混凝土全體中，此即電氣化學性的再鹼化。

註 1) 電氣游動 (Electrophoresis) : 在砂粒或膠體粒子之懸濁液中置入 2 支電極, 再接上直流電壓則粒子會移動, 在粒子側為負電荷, 溶液側為正電荷時, 粒子會向陽極移動。

註 2) 電氣浸透 (Electroosmosis) : 含於界面電氣二重層之可動部份的電荷, 在電場之作用下移動時, 溶液會通過多孔性固體之細孔的移動現象。

(2) 電氣化學性補修工法之種類如下列各種工法, 其原理均相同。

1) 電氣防蝕 (Cathodic Protection)

在腐蝕環境中, 有金屬的電位會因由外部來的電流而被強制性的變化 (分極) 而向不產生腐蝕的電位 (亦即防蝕電位) 移動, 因而使腐蝕反應停止, 有如下之二種方式:

① 外部電源方式: 採用直流電源, 以補助電極作為陽極 (Anode) 電極, 被腐蝕體作為陰極 (Cathode) 電極通電之方法, 有導電性塗料方式與網狀陽極方式二種。〔參照解說圖 8.2.2(a)、(b)〕

② 流電陽極方式: 在被防蝕體上接連於比其低電價之金屬上 (Galvanic Anode, Sacrificial Anode), 利用兩者間之電位差產生防蝕電流之流動的方法, 有亞鉛板方式、亞鉛溶射方式等方式。〔參照解說圖 8.2.3(a)、(b)〕

上列方式在選定時大多考慮其要電源否、電流調整、耐久性 (力學性、電氣性)、荷重、外觀、施工性、價格等作決定

2) 脫鹽工法 (Electrochemical chloride removal, dosalination chloride extraction)

將混凝土內部之鋼筋設為陰極, 混凝土表面設為陽極, 利用直流電流在一定期間於兩極間流動, 使混凝土中的氯離子自鋼筋周邊往混凝土表面向外移動。(參照解說照片 8.2.1)

3) 再鹼化工法 (Electrochemical re-alkalization)

將已中性化之混凝土內部之鋼筋作為陰極, 以混凝土表面之含鹼溶液保持層作為陽極, 利用直流電流在一定期間於兩極間流動, 使其中性化部份之鹼性回復。(參照解說照片 8.2.2、8.2.3)

4) 電著工法 (Electrodeposition method)

將混凝土結構物內部之鋼筋作為陰極, 以海水中在對向所設置之陽極, 利用直流之微弱電流在兩極間於數月間長期通電之, 利用海水中作為溶劑作用之鈣離子與鎂離子等, 將結構物中之裂縫部或表面部之碳酸鈣及氧化鎂為主要成份作為電著物將之析出, 因使裂縫部及表層部更加密實抑制氧之滲透來抑制鋼筋之腐蝕。

此種電著工法，乃適用於海水中之混凝土結構物（海洋構造物）之特殊工法，其說明略之。

解說圖8.2.1

解說圖8.2.2

解說圖8.2.3



解說照片8.2.1 脫鹽工法（由樓版下面脫鹽）

解說照片8.2.2 再鹼化工法（作為陽極之假設電極安裝）

解說照片8.2.3 再鹼化工法（鹼溶液保護層(纖維素纖維 Cellulose Fiber)噴附）

——電氣化學性補修工法之特徵——

1)比較

上列三種類之電氣化學性補修工法比較如解說表8.2.1所示。

解說表8.2.1 電氣化學性補修工法之比較

	電氣防蝕工法	脫 鹽 工 法	再 鹼 化 工 法
施工期間	永久性施工	4 12週間	4 20日間
電流密度	0.01A/m <sup>2</sup>	1 A/m <sup>2</sup>	1 A/m <sup>2</sup>
直流電壓	2 30V	10 40V	10 40V
陽極電極	導電性塗裝 鈦金屬網、其他	軟鋼 鈦金屬網	軟鋼 鈦金屬網
電 解 液	混凝土中之細孔溶液	自來水 Ca(OH) <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> Ca(OH) <sub>2</sub>
防蝕基準	分極電位 電位變化量	鑽心試體之氯離子量	鑽心試體之中性化深度 Na <sup>+</sup> 量
監測頻率	施工後每 6個月一次	施工中每2 3週一次	施工中每2 3週一次

2)優點

電氣化學性補修工法之優點如下：

- ① 氯離子濃度高或中性化進行中時，在結構上而言健全的混凝土不必撤除，傳統的泥水補修工法究竟混凝土要打除至何種程度之大問題，可毋須傷腦筋。
- ② 無需作鋼筋之防鏽處理。
- ③ 防蝕基準明確，且補修效果確認容易。

如解說表 8.2.1所示之電氣防蝕時，由混凝土中埋設之參照電極〔參照解說圖8.2.2、8.2.3〕的電位測定，脫鹽工法時，由鑽心取樣試體混凝土中的氯離子量測定〔參照解說圖 8.2.4〕，再鹼化工法時，由鑽心取樣試體混凝土中之中性化深度〔參照解說表 8.2.2〕及鹼量〔參照解說圖 8.2.5〕即可確認其補修效果。

3)需注意事項

電氣化學性補修工法共通之注意事項如下，無論如何若能適切的控制電流密度，即可迴避之。

解說表8.2.2 再鹼化處理前與處理後之pH值

	混 凝 土 表 面	鋼 筋 近 旁
處 理 前	9.6 10.0	10.4 10.8
處 理 後	11.2 11.6	13.2 13.6

① 鹼離子向鋼材移動

包括鹼性反應性骨材在內，隨著氧離子之發生的鹼離子蓄積，有可能促進骨材鹼質反應或其相伴而生之過大膨脹，鹼之濃縮相關之實驗結果例子如解說圖 8.2.5所示。

② 鋼材與混凝土之境界面產生氧

在過剩之負電位上，一般均伴隨著高負電流密度，有可能在鋼筋表面產生氧原子之氧氣分子，而氧氣分子可能會在無預警狀況下引起高強度鋼材之脆性破壞，尤其是預力鋼材之防蝕對策上，特別要注意此問題。此外，氧氣之壓力亦可能使保護層混凝土產生龜裂縫。

③ 混凝土及混凝土與鋼材境界面上的化學性、物理性變化

有混凝土與鋼材的附著強度（握裹力）的問題，隨著OH<sup>-</sup>的增加，水泥漿中之C-S-H相形成之SiO<sub>2</sub>呈離子狀態被溶出，即水泥漿被軟化，如解說圖 8.2.6所示者為Cl<sup>-</sup>量8kg/m<sup>3</sup>以2.5A/m<sup>2</sup>或5A/m<sup>2</sup>經 8週之通電時，鋼筋上垂直斷面之水泥漿的微小軟度分布之調查結果。

④ 局部性高電流密度

有可能產生過大的加熱或隨之而生的混凝土龜裂，當然不只要注意平均電流密度的大小，更要注意不可在局部形成高電流密度。一般局部性高電流密度，會發生在局部性保護層較小位置、配筋較少位置、透水性較大位置及含水量較多位置等。

⑤ 陽極上產生氯氣

在通風換氣不良之環境下，有健康上的問題及爆炸的危險。

⑥ 在陽極側生成酸

有可能導致混凝土之局部劣化。

4) 補修進行前之事前調查

除了一般性之保護層厚度、中性化深度、氯離子含量之分布等調查項目之外，應加上下列之調查項目。

① 鋼筋之電氣性不可不連續，若鋼筋不連續應追加連結之，若有不連續則無法通電，亦不適用電氣化學性補修。

② 妨礙均勻防蝕電流通之因腐蝕之龜裂縫、剝離或具高電阻之既有補修等，不可存在於鋼材周邊之混凝土或保護層混凝土中。

③ 為防止因骨材鹼質反應之劣化，應調查骨材中之骨材的鹼反應性。

5) 施工實績

電氣化學性補修工法，有電氣防蝕工法、脫鹽工法、再鹼化工法等，其施工實績如解說表8.2.3、8.2.4、8.2.5及8.2.6

所示，此種電氣化學性補修工法中如解說表 8.2.3所示，其中電氣防蝕工法以混凝土樓版為對象之施工實績仍很少，但如解說表 8.2.4所示，日本之施工件數為32件，施工實績有5585m<sup>2</sup>且年年有增加之趨勢，可以對電氣防蝕之有效性有所認識及判斷。

最近，對建築64年後混凝土中性化嚴重之RC造歷史性建築物，施以再鹼化工法處理了大約5000m<sup>2</sup>以上面積之實績。

解說表8.2.3 電氣防蝕工法之道路路面施工實績

國 名	初 適 用 年	施 工 實 績 件 數	全 施 工 面 積 (m <sup>2</sup> )
美 國	1968	350	500,000
加 拿 大	1974	44	43,000
義 大 利	1987	7	64,200
奧 地 利	1989	1	1,500
丹 麥	1987	3	500
挪 威	1989	2	540
法 國	1987	1	200
英 國	1986	2	——
中 國	1985	3	800
瑞 士	1986	2	1,500
日 本	1986	1	20

解說表8.2.4 日本國內電氣防蝕之施工實績

施 工 年 別 分 類			施 工 對 象 別 分 類	
施 工 年	件 數	施 工 面 積 (m <sup>2</sup> )	對 象 構 造 物	件 數
1986	1	12	橋 梁	13
1987	1	24	棧 橋	9
1988	2	46	埠 頭、岸 壁	2
1989	5	313	隧 道	3
1990	5	241	建 築 物	5
1991	4	2,915	合 計	32
1992	6	577		
1993	4	100		
1994	4	1,357		
合 計	32	5,585		

解說表8.2.5 脫鹽工法、再鹼化工法之地域別實績

地 域	脫 鹽 工 法	再鹼化工法	合 計
英 國	7	23	30
史堪地那比亞	13	15	28
瑞 士	6	13	19
比 利 時	3	12	15
其他之歐洲	7	8	15
日 本	3	4	7
澳 洲	3	1	4
中 東	2	0	2
美國,加拿大	2	0	2
香 港	1	0	1

解說表8.2.6 脫鹽工法、再鹼化工法之構造物種類別實績

構造物之種類	脫 鹽 工 法	再鹼化工法	合 計
事 務 所	10	37	47
道 路	17	18	35
住 宅	4	13	17
停 車 場	9	2	11
工 廠	4	1	5
上下水道	0	5	5
棧 橋	3	0	3

解説圖8.2.4

解説圖8.2.5

解説圖8.2.6

解説照片8.2.4

解説照片8.2.5



解説照片8.2.6

解説照片8.2.7

解說圖8.2.7 脫鹽特殊工法之方法及原理（美國Vector腐蝕技術公司）

## 主要參考文獻

- (1) 「建築物之調查 劣化診斷 修繕之考慮方式(案) 同解說」  
(日本建築學會 1993)
- (2) 「鋼筋混凝土造建築物之耐久性調查 診斷及補修指針(案)  
同解說」 (日本建築學會 1997)
- (3) 「混凝土構造物之維持與補修」  
(成井信 . 上阪康雄 . 阪手道明共著  
1993)
- (4) 「耐震診斷與補強法」—設計 施工之實務  
(武田壽一編著 1996)
- (5) 混凝土構造物之診斷與補修 [ THE REPAIR OF CONCRETE  
STRUCTURES(second edition) ]  
(原著 R.T.L Allen,S.C.Edwards,J.D.N.Shaw )  
(日本材料學會 補修用樹脂小委員會 1996  
小柳 洽 監修 宮川豐章 . 北後征雄 譯)
- (6) 以復舊事例來看 耐震診斷補強設計之實務  
(建設省建築研究所 廣澤雅也 . 山崎 裕 監修  
1991)
- (7) 耐震改修—由最新事例中學習診斷 設計 施工 KNOW-HOW  
(日經 BP社 1997)
- (8) 阪神 淡路大震災與今後之RC構造設計—被害原因之特徵與設  
計之提案 (日本建築學會 1998)
- (9) Concrete Repair And Maintenance Illustrated  
( Peter H.Emmons. 1982)
- (10) "Seismic Rehabilitation of Concrete Structures"  
( ACI SP-160 1996)
- (11) 鋼筋混凝土構造物 鋼材腐蝕之原因分析及補強補修施工技術  
( 陳宗禮 1986)
- (12) 1999 Concrete Repair Manual ( ICRI & ACI 2000)

# 附 錄

## 前 言

鋼筋混凝土構造建築物之補修材料，多屬高分子聚合物及化學樹脂系列之化學材料，對於建築及土木工程技術人員而言，有三大知識盲點：①化學知識②塗材知識③防水知識，而補修工程中此三大知識卻不可或缺，尤其鋼筋混凝土構造物之劣化又屬「電氣化學作用」，更令建築及土木工程技術人員有如瞎子摸象，人云亦云，甚至道聽塗說，只好任由材料製造廠商擺佈，採用之補修材料究竟效果如何？合適否？一大堆的問題如陷五里霧中，摸不著邊。尚且許多補修材料又係新研發之高分子材料，其品質目前尚無基準或標準（國外亦同），故本技術手冊只能竭盡所能蒐集各國相關之品質基準(案)，供國內工程技術人員作為參考。補修材料如同醫學藥品一般，工程技術人員正似醫生開藥單，如果抓錯藥則病不但不會好，反而會加劇病情，故不可不謹慎為之，補修材料之選用如果錯誤，將使整個補修作業變成毫無意義，甚至可能因「知識盲點」的無知，而隱藏著安全的威脅於自己經手的建築物中，補修完成之後，可以用「包藏禍心」一詞來形容，故不可不謹慎為之。今後仍待加強蒐集各種補修新材料之品質標準並與施工成效相互驗證，並希相關之專業技術人員共同努力，及早訂出中國國家標準，為所至盼。

主持人 陳宗禮 謹識

2000年 9月

## 附錄 1 各種補修材料之品質基準(案)

## 附錄 1.1 斷面修復用聚合物水泥砂漿之品質基準(案)

### 1. 適用範圍

本基準適用於鋼筋腐蝕補修工法中斷面修復用之聚合物水泥砂漿（又稱為高分子水泥砂漿）

解說： 斷面修復用之聚合物水泥砂漿（polymer cement mortar）係用於因鋼筋腐蝕產生之混凝土之龜裂縫、鼓浮、剝落等劣化現象中以打鑿使鋼筋外露所生之斷面缺損的填補施工用之材料，可適用於鋼筋腐蝕補修工法。

此種材料係以符合JIS A 6203「水泥混合用聚合擴散劑(polymer dispersion)及再乳化形粉末樹脂」與水泥、骨材等在現場調合之材料，亦有在生產工廠預先調合之預拌砂漿者，在此為考慮其品質之安定性及施工管理等，原則上以預拌砂漿為對象。（國內目前仍以現場拌合為主）



## 2. 品質

聚合物水泥砂漿，依「3. 試驗」並應符合附表1.1.1之基準

附表1.1.1 品質基準

項 目		基 準 值
彎 曲 強 度(N/mm <sup>2</sup> )(kgf/cm <sup>2</sup> )		6.0(61)以上
抗 壓 強 度(N/mm <sup>2</sup> )(kgf/cm <sup>2</sup> )		20(204)以上
附 著 強 度 (N/mm <sup>2</sup> )(kgf/cm <sup>2</sup> )	標 準 值	1.0(10)以上
	溫冷反復後	1.0(10)以上
透 水 量 (g)		20.0以下
吸 水 量 (ml/hr)		0.5以下
長 度 變 化 (%)		0.15以下

解說： 1)品質相關項目

聚合物水泥砂漿之品質規定如解說附表 1.1.1所示，綜覽表列所有之規定，本基準以抗壓強度、彎曲強度、附著強度（標準值及溫冷反復後之附著強度）、吸水量、透水量及長度變化等項目，設定其品質基準。

此外，在解說表 1.1.1中，除了上列項目外，大多有規定其施工後之垂流量及表面狀態，唯因其屬於施工性及施工完成時之外觀相關要素，僅係實用上之必要條件而已，故在本基準中並未特別予以規定。又由鋼筋腐蝕抑制的觀點，因補修材料與結構體有彎曲強度的差異，對於龜裂及剝離性能及劣化因子之浸透抑制相關性能相當重要，以品質項目而言，一般雖有線熱膨脹係數、中性化抵抗性、氯離子浸透抵抗性等列舉之，但本基準中由於下列之理由並未特別加以規定。

解說附表1.1.1 聚合物水泥砂漿之  
品質規定之狀況

### **i)線熱膨脹係數**

與樹脂砂漿之線熱膨脹係數約  $2.5 \times 10^{-5}$   $8 \times 10^{-5}$ / 程度相比，一般斷面修復用聚合水泥砂漿為  $1 \times 10^{-5}$   $2 \times 10^{-5}$ / 程度與混凝土及水泥砂漿之性質類似之故。

### **ii)中性化抵抗性**

與既有之混凝土至鋼筋位置之中性化期間相比，一般以聚合物水泥砂漿作斷面修復部份之中性化進行較慢，且斷面修復後已成為中性化抑制目的之表面被覆材之故。

### **iii)氯離子浸透抵抗性**

關於斷面修復材對氯離子之鋼筋腐蝕抑制效果，包括補修系統在內，一般以鋼筋之腐蝕速度、腐蝕量或腐蝕面積等來作評估。然而因斷面修復材之氯離子浸透性與鋼筋腐蝕並無明確的定量關連性，由於目前對氯離子浸透抵抗性之品質難以規定且因斷面修復後已達到成為氯離子浸透抑制的目的之表面被覆材，故認為與中性化抵抗性一樣沒有必要設定品質之規定。

## **2)有關基準值**

### **i)彎曲強度及抗壓強度**

彎曲強度及抗壓強度希望與混凝土之程度相同，故彎曲強度之基準值定為  $6.0 \text{ N/mm}^2$  ( $61 \text{ kgf/cm}^2$ )，抗壓強度之基準值定為  $20.0 \text{ N/mm}^2$  ( $201 \text{ kgf/cm}^2$ )。

### **ii)附著強度**

綜覽解說附表 1.1.1之規定狀況，標準時之附著強度之基準定為  $1.0 \text{ N/mm}^2$  ( $10 \text{ kgf/cm}^2$ )以上，且溫冷反復後之接著強度則重其接著性之確保，故定為與標準值同樣之基準值。

### **iii)吸水量、透水量**

綜覽解說附表 1.1.1之規定狀況，可見極重視鋼筋腐蝕的劣化因子之水份的浸透抑制，故吸水量規定為 20g以下，透水量規定為0.5ml/h以下，此外，在解說附表1.1.1中雖大多將吸水量規定為吸水率，但因考慮硬化體比重之影響，故仍以吸水量規定之。

### **iv)長度變化**

由長度變化之規定基準等狀況觀之，將長度變化定為0.15%以下。

### **3. 試驗**

#### **3.1 試驗室之環境**

試驗室之環境其溫度應為 $20\pm 2$ ，濕度在60%以上。

#### **3.2 試驗用基板**

接著強度試驗用之基板應按JIS A 6203之8.7(1)之規定方法製作。

#### **3.3 試料之調製**

聚合物水泥砂漿試驗製作試體之試料調製方法，依以下方式為之：

- (1) 依製造業者所定之使用方法，因需拌合約10公升之試料，故先將必要材料裝於各別之容器中，於試驗室中靜置24小時。
- (2) 試料經 (1)之處置後將各種材料放入金屬容器中，以手拌方式拌合至材質均勻為止。

#### **3.4 試體之數目**

標準情況及溫冷反復後之接著強度試驗用之試體各取 5個，其他各項試驗之試體個數取 3個，但抗壓強度試驗之試體可利用彎曲強度試驗切斷之試體，其數目為 6個。

#### **3.5 彎曲強度試驗**

**3.5.1 試體之製作** 試體以按 3.3調製之試料，依JIS A 6203之8.6規定之方法製作之。

**3.5.2 試驗方法** 依照JIS A 6203之8.6規定之彎曲強度試驗方法進行。

#### **3.6 抗壓強度試驗**

**3.6.1 試體之製作** 利用3.5彎曲強度試驗切斷之 6個試體，無需另外製作。

**3.6.2 試驗方法** 依照JIS A 6203之8.6規定之抗壓強度試驗方法進行。

#### **3.7 標準情況之接著強度試驗**

**3.7.1 試體之製作** 試體以按3.3調製之試料，依JIS A 6203之8.7(2)規定之方法製作之。

**3.7.2 試驗方法** 依照JIS A 6203之8.7(3) 規定之標準情況之接著強度試驗方法進行。

### 3.8 溫冷反復後之接著強度試驗

3.8.1 試體之製作 試體以按3.3調製之試料，依JIS A 6203之8.13規定之方法製作之。

3.8.2 試驗方法 依照JIS A 6203之8.13規定之溫冷反復後之接著強度試驗方法進行。

### 3.9 吸水試驗

3.9.1 試體之製作 試體以按3.3調製之試料，依JIS A 6203之8.8規定之方法製作之。

3.9.2 試驗方法 依照JIS A 6203之 8.8規定之吸水試驗方法進行，但吸水試驗之結果，以48小時之吸水量表示之。

### 3.10 標準情況之接著強度試驗

3.10.1 試體之製作 試體以按3.3調製之試料，依JIS A 6916之6.16.1規定之方法製作之。

3.10.2 試驗方法 依照JIS A 6916之6.16.1規定之透水試驗方法進行。

### 3.11 長度變化試驗

3.11.1 試體之製作 試體以按 3.3調製之試料，依JIS A 6203之8.10規定之方法製作之。

3.11.2 試驗方法 依照JIS A 6203之8.10規定之長度變化試驗方法進行。

解說： 有關試體製作方法或試體條件等，在解說附表 1.1.1所示之各規格、基準等被認為是不正確的，該基準之品質規定項目在JIS A 6203及JIS A 6916已有規定了，故試驗應以此類之 JIS規定為準，基本上以JIS A 6203為準，但因考慮在JIS A 6203規定透水量為吸水量與透水量之合計量及求試驗之簡易性等因素，故透水量仍依JIS A 6916之規定為準。

#### 引用標準

JIS A 6203-96 「水泥混合用聚合擴散劑及再乳化形粉末樹脂」

JIS A 6916-95 「粉飾塗材用底床調整塗材」

## 附錄 1.2 斷面修復用輕質環氧樹脂砂漿之品質基準(案)

### 1. 適用範圍

本基準適用於鋼筋腐蝕補修工法中斷面修復用之輕質環氧樹脂砂漿。

解說： 斷面修復用之輕質環氧樹脂砂漿，係用於因鋼筋腐蝕所致之混凝土之龜裂縫、鼓浮、剝落位置，為清除鋼筋鐵鏽，防止鋼筋腐蝕繼續惡化，而將混凝土打除及鋼筋防鏽處理後之缺損的回填修補材料。

輕質環氧樹脂砂漿，係由環氧樹脂、300 μm以下之微細中空球狀輕質骨材及硅砂等主要成分所拌成之樹脂砂漿，由於比重僅為 0.7 1.7 之輕質，具優良之形狀保持能力，在 1mm程度至10cm厚度不用模板即可一次施作之優點。由於環氧樹脂砂漿中之成分為環氧樹脂與硅砂並非輕質，故無法厚抹，為了提昇工作性大多摻加多量骨材，但因空氣含量較多，粉刷工作較容易施作，故並不適合於防止鋼筋腐蝕之目的。

## 2. 品質

斷面修復用之輕質環氧樹脂砂漿，依「3. 試驗」並應符合附表 1.2.1 之品質基準

附表1.2.1 品質基準

項 目	基 準 值	
	一般用	冬季用
彎曲強度(N/mm <sup>2</sup> )(kgf/cm <sup>2</sup> )	10.0(102)以上	
抗壓強度(N/mm <sup>2</sup> )(kgf/cm <sup>2</sup> )	20.0(204)以上	
附 著 強 度 (N/mm <sup>2</sup> )(kgf/cm <sup>2</sup> )	20	1.0(10)以上
	5	1.0(10)以上
	溫冷反復 施加後	1.0(10)以上
透 水 性 ( ml )	0.5以下	
裂縫耐久性	輕質環氧樹脂砂漿及試驗用基板 均不產生裂縫	

### 解說： 1)品質試驗相關項目

斷面修復用輕質環氧樹脂砂漿之既存品質規定如解說附表 1.2.1 所示。

為防止鋼筋腐蝕，若環氧樹脂砂漿為非鹼性材料時，至少亦應具備不透水或氧氣之性質。用環氧樹脂砂漿補修後，會形成鋼筋腐蝕者，乃因補修部份之透水、透氣及因補修部份之收縮力使補修部份周界之混凝土形成裂縫所致。

試驗項目之決定，以先考慮上述防止鋼筋腐蝕之性質，其次為參考混凝土強度來檢討機械性試驗之項目。

在解說附表 1.2.1之試驗項目中，防止鋼筋腐蝕之試驗項目為透水性及龜裂耐久性，其可採用者僅有 NSK規格而已，該規格對輕質環氧樹脂砂漿之規定與本基準之目的近似，故由該試驗項目中選擇必要之最小限度之項目為之。

解說附表1.2.1 斷面修復用環氧樹脂砂漿之品質規定狀況

		基準、規格等		
項目	構造結構體之補修材料與工法有效性之相關研究 (建築研究振興協會 1989.3)	NSK 規格 NSKS-005 缺損補修用輕質環氧樹脂砂漿		建設省官民聯合研究 外裝材料之修補改裝 技術之開發
種類	春秋季，夏季，冬季用	一般用，冬季用		一般用，冬季用
垂流	下垂量在 2mm以下且無裂紋	一般用：20 以上硬化前無垂流 冬季用：5 以下硬化前無垂流		形狀無異常，不產生垂流
彎曲強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	標準 100以上 劣化後 100以上	102以上		100以上
附著強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	標準 10以上 濕潤 10以上 劣化後 10以上	20 濕潤 冷熱施加後	10以上 10以上 10以上	破壞產生在混凝土上，且10以上
抗壓強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	——	20 7日 冬季用 5 1日 一般用20 1日	204以上 102以上 102以上	——
透水性	——	0.5以下		——
加熱減量(%)	3以下	——		——
裂縫之耐久性	——	試驗之輕質環氧樹脂砂漿及基板不產生裂縫		——

註：同樣的基準，在日本建設省綜合研究計畫「建築物之耐久性提昇技術」(外裝編)及建設省營繕部「建築改修工程施工管理指針」1993年版中，已有規定。

### i)垂流

垂流試驗不合格之材料則無法在現場施工，應保持其初期性能為理所當然，故未予規定。

### ii)彎曲強度

在混凝土之強度試驗中已有 NSK之規格可準用之。

### iii)抗壓強度

一般用之20 1日養護後之強度與冬季用之 5 1日養護後之強度，係屬作業性之相關項目，故不予規定，最終物性之要求，則一般用與冬季用均以20 7日養護後之強度規定之。



#### **iv) 附著強度**

特殊條件之濕潤狀態之附著強度未予規定，依使用時之氣溫作考慮，以一般用 20℃、冬季用 5℃ 之空氣中養護後之強度規定之。為求附著力之耐久性，則予規定溫冷反復施加後之附著強度。

#### **v) 透水性**

準用 NSK 之規格。

#### **ii) 裂縫之耐久性**

準用 NSK 之規格。

### **2) 基準值**

#### **i) 彎曲強度**

希與混凝土同程度以上，與解說附表 1.2.1 之規定相同定為  $10 \text{ N/mm}^2$  ( $102 \text{ kgf/cm}^2$ ) 以上。

#### **ii) 抗壓強度**

希與混凝土同程度以上，與解說附表 1.2.1 之規定相同定為  $20.0 \text{ N/mm}^2$  ( $204 \text{ kgf/cm}^2$ ) 以上。

#### **iii) 附著強度**

依解說附表 1.2.1 之規定，附著強度若在  $1.0 \text{ N/mm}^2$  ( $10 \text{ kgf/cm}^2$ ) 以上，即無實用上之障礙。

#### **iv) 透水性**

為防止鋼筋腐蝕，須避免鋼筋與水接觸。其透水性之基準值在 0.5 以下，若非為 0，則須考慮試驗表面氣泡之置換或水分之蒸發，故規定水分不可透過鋼筋。

#### **v) 裂縫之耐久性**

準用 NSK 之規定值。

### 3. 試驗

#### 3.1 試驗室

試驗室之條件應為溫度 $20\pm 2$ ，濕度在 $65\pm 10\%$ 以上。

#### 3.2 試驗用基板

試驗用基板應符合附表 1.2.2之規定。

附表1.2.2 試驗用基板

試驗項目	試驗用基板
附著強度試驗	70x70x20mm之水泥砂漿板
裂縫之耐久性試驗	如附圖 1.2.1所示150x150x300mm之中央有一凹槽之直方體特殊尺寸之混凝土塊

註 1)依JIS R 5201之10.4規定之方法所調製之砂漿，以內尺寸70x70x20mm之金屬製模板澆鑄成形，在溫度  $20\pm 3$ ，濕度80%以上之狀態下，經24小時養護後脫模，其後在  $20\pm 2$  之水中養護 6日，再經 7日以上之試驗室養護後，用JIS R 6252規定之 150號磨砂紙，在成形時之下面充分研磨後，作成試驗用基板。

註 2)採用最大尺寸20mm之碎石作粗骨材，以單位水泥量 $280\text{kg/m}^3$ ，水灰比60%，坍度分散較少可拌成均勻之混凝土之配比拌合混凝土，澆置於如附圖1.2.2所示之型塊內模與如附圖1.2.1形狀之木製模具中成形，在溫度  $20\pm 3$ ，濕度80%以上之狀態下養護28日，再於試驗室內養護 7日後，用JIS R 6252規定之 150號磨砂紙，將凹槽面充分研磨後，作成試驗用基板。

附圖1.2.1 裂縫耐久性試驗用基板

## 附圖1.2.2 裂縫耐久性試驗用基板凹槽內模(spacer)

### 3.3 試料之調製

#### 3.3.1 輕質環氧樹脂砂漿

輕質環氧樹脂砂漿之試料調製方法如下：

依製造業者指定之方法，取約10公升之主劑與硬化劑之輕質環氧樹脂砂漿置入20公升拌合鉢內，以攪拌機混拌約 5分鐘至成為均勻之試料為止。

#### 3.3.2 底塗料

底塗料之試料調製方法如下：

依製造業者指定之方法，取約 300cc之主劑與硬化劑置入變性聚酯製容器中以攪拌機細心混拌約30秒鐘至成為均勻之試料為止。

### 3.4 試體之數目

彎曲強度試驗、抗壓強度試驗及透水試驗之試體各為 3個，附著強度試驗之試體為 5個，裂縫之耐久性試驗之試體（含基準用 1個）計 3個。

### 3.5 彎曲強度試驗

**3.5.1 試體製作之準備** 試體製作用之試料及器具，應至少在16小時前搬入，保持試驗室狀態之室內製作試體。

**3.5.2 試體之製作** 依照JIS R 5201規定之砂漿試體成形用模框，將按 3.3.1調製之試料分 2層倒入，先將試料裝滿約模框高度之 1/2，依JIS R 5201之規定用戳棒之前端插入約 4mm左右，將試料全面戳勻，其次將試料倒滿模具至上緣再予如前一層一樣戳勻，最後將剩餘之試料倒滿其上約 5mm左右，用金屬鏟刀

鍍光使表面平滑後，放置於試驗室內養護 7日作成試體，裝填試料戳刺數每一層為20次。

**3.5.3 試驗方法** 依照JIS A 1172之規定在試驗室試驗之。

### 3.6 抗壓強度試驗

**3.6.1 試體之製作** 依 3.5.2所示之方法製作之。

**3.6.2 試驗方法** 依照JIS A 1172之規定在試驗室試驗之。

### 3.7 附著強度試驗

**3.7.1 試體製作之準備** 製作試體所用之試料及器具，應在製作之16小時前搬入於維持在如附表 1.2.3之指定溫度下之試體製作室內。

附表1.2.3 指定溫度

試 體	指定溫度
5 試體	5±2
20 試體	20±2
溫冷反復後試體	20±2

**3.7.2 試體之製作** 維持在如附表 1.2.3之指定溫度下之試體製作室內，在試驗基板之研磨面上置入如附圖 1.2.3所示內尺寸為40x40x10mm之金屬製或合成樹脂製之模框，以依 3.3.2方式調製之底塗料，按製造業者指定之量，塗佈於模框內側之試驗用基板面，緊接著在底塗料還有黏著性時，迅速充填以依 3.3.1 調製之輕質環氧樹脂砂漿，並用金屬平鍍刀或金屬尖鍍刀將上面鍍平成形成之，再依 3.7.3 指定之養護作業作成試體。

附圖1.2.3 接著試體用模框

### 3.7.3 養護

- (1) 5 試體 在  $5\pm 2$  溫度下養護 7日。
- (2) 20 試體 在  $20\pm 2$  溫度下養護 7日。
- (3) 溫冷反復試體 在試驗室養護 7日，接著在溫冷水中反復10循環之增減溫後，保存於試驗室 3小時以上。

註)溫冷水中反復作用，係將試體浸泡於  $20\pm 2$  之水中18小時後即取出放入  $-20\pm 3$  之恆溫槽內 3小時，予以冷卻後，再置入  $50\pm 3$  之恆溫槽內加溫 3小時，為一循環。

溫冷反復操作途中若中斷試驗時，應在加溫 3小時完成後，試驗期間不可超過 3週間。

**3.7.4 試驗方法** 依JIS A 6916之6.14.2規定試驗之，唯溫度測定按附表 1.2.3之指定溫度為之。

## 3.8 透水性試驗

**3.8.1 試體之製作** 於如附圖 1.2.4所示內尺寸150x150x5mm 之矽膠橡膠製模框內充填，按 3.3.1調製之輕質環氧樹脂砂漿以金屬鏟刀在其上壓抹鏟平成形之。完成後靜置於試驗室48小時再脫模，並於試驗室內平坦之桌上養護 5日，即成試體。

附圖1.2.4 透水試驗體用模框

**3.8.2 試驗方法** 依JIS A 6909之6.13規定試驗之。

## 3.9 裂縫耐久性試驗

**3.9.1 試體之製作** 將試驗用基板之凹槽部朝上放置，以 3.3.2方式調製之底塗料用刷子將凹槽部全面塗刷之，調製之輕質環氧樹脂砂漿填入凹槽內，並以金屬鏟刀將之壓實鏟平與基板同一平面，在試驗室養護 7日即成試體。

**3.9.2 試驗方法** 將試體之充填部朝上，置於  $80\pm 2$  之恆溫器中

24小時，再將其取出，立即浸泡於 $20\pm 2$  之水中  
 21小時，試體自水中取出後，再置於 $5\pm 2$  恆溫器  
 中 3小時，以上為 1循環，計需作 5循環之試驗。  
 反復循環操作途中若中斷試驗時，應在 5 3小時  
 後，且試驗期間不得超過 3週。  
 試驗完成後，用肉眼觀察在補修部份與基板間是否  
 產生裂縫並將其狀況記錄之。

附表1.2.4 引用規格

規格編號	名稱
JIS A 1172	聚合水泥砂漿之強度試驗方法
JIS A 6909	建築用粉飾塗材
JIS A 6916	粉飾塗材用底床調整塗材
JIS R 5201	水泥之物理試驗方法
JIS R 6252	研磨紙

解說： 試驗方法在同一用途上所用者與聚合物水泥砂漿之試驗方法一樣，彎曲強度試驗與抗壓強度試驗依JIS A 1172之規定，附著強度試驗則依JIS A 6916之規定。

透水性試驗，其聚合物水泥砂漿之試驗方法中，由於有透水性之前提下而不可採用，故可準用JIS A 6909之適用於複層粉飾塗材之透水試驗 B 法。

裂縫耐久性試驗，其輕質環氧樹脂砂漿因長時間之變化或環境變化致內部收縮力大於混凝土之抗拉強度時，會在其周界部份發生混凝土龜裂縫為試驗重點，符合施工現場之環境條件下，其試驗方法以補修試體置於溫冷水中之類似環境為之，準用NSK規格為之。

## 附錄 1.3 鋼筋混凝土補修用防鏽材之品質基準(案)

### 1. 適用範圍

本基準適用於鋼筋腐蝕補修工法中使用之鋼筋混凝土補修用防鏽材。(以下簡稱防鏽材)

解說：鋼筋混凝土補修用防鏽材(以下簡稱防鏽材)為在鋼筋混凝土構造物之補修時，將腐蝕之鋼筋打鑿露出並清除鐵鏽等之前處理後，對露出之鋼筋以塗刷或噴塗方式，厚度約0.1~2mm左右，防止鋼筋再度繼續腐蝕之處理材料。

防鏽材以聚合物水泥系、合成樹脂系、無機塗料系、鏽轉換塗料系四大類為主，包括今後開發之新材料在內，均為同一目的所使用之材料，因此，不以種類別來訂基準而以同一條件之規格為之。

此外，防鏽材大多與缺損部充填用補修材為同一系列搭配使用，防鏽材之性能受其搭配使用之缺損部充填用補修材之種類影響極大，因此，本基準所進行之試驗，原則上採用製造業者指定之防鏽材與補修材之系列組合並以該系列一併加以評估。

一般之鋼筋混凝土構造物之補修，大多在有因鋼筋腐蝕致產生混凝土塊掉落而傷及第三者之顧慮時，或結構強度減損而有危險性時才進行，因此，補修時大多已經很嚴重了。所以在補修改修中，對露出鋼筋的防鏽處理並防止繼續生鏽就屬相當重要的作業，而此時所使用之鋼筋混凝土用之防鏽材的品質及其效果益顯重要。唯截至目前為止，對此種防鏽材而言，尚無標準化之規格，而市面上所販售者又多種多樣，令人目不暇給，更擔心的是其中有的材料不但沒有防鏽效果，反而會促進鋼筋的腐蝕。因此，在本基準中強烈期望能予標準化。

鋼筋混凝土補修用之防鏽材與混凝土新建時之防鏽處理所用之防鏽材並不一樣，其處理後之鋼筋部份與老舊混凝土中的鋼筋部份是同時存在的。

由於鋼筋之腐蝕均伴隨著電氣化學反應之電池(cell)，因為補修部份與未補修部份的環境不同，會形成局部電池(微電池micro cell及巨電池macro cell)而造成補修部份或未補修部份，不知那一邊會形成促進鋼筋腐蝕之狀況，因此，在定基準時，也應考慮這狀況來決定試驗的方法。

鋼筋混凝土用防鏽材之規格，基準案中雖也有參考新設混凝土用防鏽材之資料，不論如何，都是以全體鋼筋之表面為對象的。因此，本基準之訂定一方面參考其試驗項目再併以符合目的之試驗方法改良而成。

此外，這種材料之效果確認試驗，一般採用之方法大多以與實際構造物近似之梁形混凝土試體來作試驗。唯因此種試驗，需以龐大的試體與試驗設備來作，且其試驗期間也太長，對於規定材料之品質試

驗方法而言，並不適當。因此，在本基準案中也採用經改良之較簡便之試驗方法。

## 2. 品質

防鏽材，依「3. 試驗」之方法試驗之，並應符合附表1.3.1之基準。

附表1.3.1 品質基準

試驗項目		基準值
耐酸性試驗		塗膜確認無異常
對鋼筋之附著試驗 (N/mm <sup>2</sup> )(kgf/cm <sup>2</sup> )		7.8以上(80以上)
防鏽性 試驗	處理部份	防鏽率 50%以上
	未處理部份	防鏽率 -10%以上 <sup>註)</sup>

註) 未處理部份之防鏽率，係指因防鏽材之處理應不致因巨電池(macro cell)之形成而促進基材部鋼筋之腐蝕。取與比較用砂漿之生鏽率大致相同程度以下，即生鏽率 +10%以下(即防鏽率 -10%以上)。

解說：品質規定而言，一般之補修相關文獻中，對防鏽材要求之品質項目諸如貯存安定性、可使用時間、耐鹼性、毒性安全性、尺寸安定性、各種強度(彎曲、抗壓、抗拉)、附著性、通電性、防水性(吸水、透水)、透氣性(瓦斯、水蒸氣)、伸長率、耐候性、耐久性、中性化防止效果、防鏽效果、耐火、防火、耐熱性等，其中特別選定與鋼筋有直接關係的耐鹼性、對鋼筋之附著性及防鏽性等三項作為試驗項目。

**關於耐鹼性** 因防鏽材種類有些會有少許變色的情形，若塗膜本身無異常，雖有變色而對防鏽之目的無礙者即可。由下列情形判斷之——若塗膜無膨脹、龜裂、剝落、蛀孔、軟化者，即“浸泡鹼性溶液中也不認為塗膜有異常”

**關於對鋼筋之附著強度** 由於一般混凝土約為9.8N/mm<sup>2</sup>(100kgf/cm<sup>2</sup>)程度，若可達其八成以上，即無實用上之問題，故其基準值訂為7.8N/mm<sup>2</sup>(80kgf/cm<sup>2</sup>)以上。



**關於防鏽性** 將塗佈防鏽材之鋼筋部份（處理部份）與基材砂漿中之鋼筋部份（未處理部份）分別予以評估，在處理部份中，對普通砂漿之生鏽率而言，規定為抑制在50%以下（即防鏽率50%以上），未處理部份中，於與普通砂漿無太大差異之條件下，普通砂漿之生鏽率的 +10%以內（即防鏽率為 -10%以上）規定之，亦即除了在處理部份可顯示充份之防鏽性之外，同時對未處理部份也不會引起防鏽材之副作用的情形來考慮。

更具體的舉例說明，若普通砂漿之生鏽率為50%，則防鏽材處理部份之生鏽率必須在 $50\% \times 50/100 = 25\%$ 以下才可以，且此時之未處理部份之生鏽率必須為 $50\% - (-10\% \times 50/100) = 55\%$ 以下才合格。

### 3. 試驗

#### 3.1 試驗室之狀態

試驗室之狀態為溫度 $20\pm 2$ ，濕度在 $65\pm 10\%$ 。

#### 3.2 試料之調製

試料按製造業者指定之標準使用量（以下簡稱標準使用量）之防鏽材為之，防鏽材因種類之不同其調製方法亦異，故應依製造業者所定之方法為之。

此外，防鏽材一般因需與缺損部補修用之原廠調好的砂漿搭配使用，故試驗時亦應按製造業者指定之補修砂漿依指定方法搭配使用。若無特別指定時，則採用各種試驗方法所規定之標準砂漿或標準混凝土。

#### 3.3 試料及試體數目

耐鹼性試驗，對鋼筋之附著強度試驗及防鏽性試驗用之試體數目各項取 3個。

#### 3.4 耐鹼性試驗

##### 3.4.1 試驗用機械器具

- (1) 試驗板 試驗板採用 $150\text{mm}\times 70\text{mm}\times 0.8\text{mm}$ 之鋼板。
- (2) 容器 容器之材質採用玻璃製、聚乙烯(P.E) 製或聚丙烯(P.P) 製之任何一種均可，需有蓋子，其內徑高度如附圖 1.3.1所示之型式，容器須預先充分清洗乾淨。

附圖1.3.1 浸堰狀態之一例

- (3) 鹼性溶液 鹼溶液採用氫氧化鈣 $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$  與水過飽和調製之鹼溶液，且試驗用之鹼溶液需在每次試驗開始時調製之，已用過的或調製後經過 2週以上者不得再使用。

- (4) 氫氧化鈣 符合JIS K 8575之規定者。
- (5) 水 符合JIS K 0050之9 的規定者。

#### 3.4.2 試體之製作

備妥 3片試驗板，其中 2片作試驗用，剩下之 1片作為原狀試驗片，保管至試驗完成為止。

試料依其製品規格所定之方法，塗裝於 3片試驗板之反面，乾燥後作為試驗片。

但於鏽轉換材料系之防鏽材，可與缺損部充填材一併製成試驗片。此時，其缺損部充填材之塗刷厚度應在 5mm以下。

此外，除原狀試驗片外，在另外 2片之試驗片，以試料之製品規格所定之塗料及方法，在其周邊向裡面約 5mm範圍塗包之。

#### 3.4.3 試驗方法

試驗片 2片，準備 1個容器，置入規定之鹼性溶液中，深約 150mm左右，並保持該試料之製品規定之溫度。

試驗片用細線吊著，浸泡入鹼溶液內約 120mm深，依試料之製品規格規定之時間靜置之，若無特別指定則為24小時。

此外，在作長期浸泡試驗時，應在浸泡後第30天更換新試驗液。

試驗片取出後，用清水沖洗並將表面之水瀝乾，觀察塗膜之狀態，再將試驗片在標準狀態中放置 2小時後，再度檢視塗膜之狀態。唯試驗片之周邊及由液面以下寬度約10mm左右以內之塗膜，則不列入觀察之範圍。

#### 3.4.4 判定

經試驗片取出後之第一次觀察及放置 2小時後之第二次觀察時，2片之試驗片均未發現有塗膜之膨脹、龜裂、剝離、蛀孔、軟化，且浸泡之溶液無太大之變色或混濁時，即可判定“浸泡於鹼性溶液中亦無異常”。

### 3.5 對鋼筋之附著強度試驗方法

#### 3.5.1 試驗用機械器具

- (1) 試驗機 可作鋼筋之拉伸裝置之安裝的荷重控制試驗機為準
- (2) 鋼筋拉伸裝置 採用可對鋼筋施加垂直之拉張荷重且不致偏心，並可安裝測定鋼筋端部之滑移量之變位計之構造
- (3) 鋼筋及螺旋筋 採用標準竹節鋼筋 SD30A(CNS 560)之D19，長度80cm者，螺旋筋則採標準直徑 6mm者。

#### 3.5.2 試體之製作

試體之製作如附圖 1.3.2所示，鋼筋經以丙酮(acetone) 脫脂

後，置入依製造業者之使用防鏽材處理過鋼筋所設置之模具中（尺寸150×150×150mm），以製造業者指定之缺損部補修用砂漿或混凝土（最大骨材粒徑20mm、坍度18±2cm、空氣量4±0.5%、水灰比60%）澆置之。在溫度20±2、濕度80%以上之條件下，經2日養護後脫模，脫模後再於溫度20±2之水中浸泡5日及溫度20±2、濕度60±10%之環境下養護21日（若採用如聚合砂漿之類不摻加水泥之缺損部補修用砂漿時，均應為溫度20±2、濕度65±10%），作成試體。

附圖1.3.2 附著強度試驗用試體  
附圖1.3.3 附著強度試驗法

### 3.5.3 試驗方法

試驗方法如附圖1.3.3所示，將試體安裝於試驗機以加載速度每秒370N(38kgf)以下、1/100mm精度，用變位計同時將加載階段之鋼筋滑移量測定之，求其最大荷重。

### 3.5.4 結果之計算

附著強度依下列公式計算之，小數點取三位數。

$$\gamma_b = \frac{\rho_{\max}}{\varnothing \cdot \ell}$$

$\gamma_b$ ：附著強度 [N/mm<sup>2</sup>] (kgf/cm<sup>2</sup>)

$\rho_{\max}$ ：最大荷重 [N] (kgf)

$\ell$ ：鋼筋埋入長度[mm] (cm)

$\varnothing$ ：鋼筋周長[mm] (cm)

附圖1.3.4

### 3.6 防鏽性試驗方法

#### 3.6.1 試驗用試驗器具

##### (1) 試驗裝置

用於試體之促進中性化之試驗容器，為可承受最大壓力  $1.47\text{N/mm}^2(15\text{kgf/cm}^2)$  之耐壓容器。

浸泡試體之試驗槽，應具對氯化鈉之耐蝕性及 4.7.3 所規定之試體浸泡所需之容量尺寸且加蓋者。

##### (2) 試驗使用之藥品、棒鋼及二氧化碳氣體

試驗液之調製，採用 JIS K 8150 規定之一級以上氯化鈉試藥及蒸餾水或脫鹽水。

試驗所用之棒鋼，採用 JIS K 6205 之附 2 之 2.3.5 中規定之材質，長度取 130mm。

二氧化碳，採 JIS K 0003 規定之一般標準氣體二級。

##### (3) 試驗液之調製

試驗液，採用氯化鈉及蒸餾水或脫鹽水調製成 2.5% 之氯化鈉溶液。

#### 3.6.2 試體之製作

##### (1) 基材（底床）之製作

以補修用基材依 JIS R 5201 之 9.4 之規定，水泥：標準砂：水 = 1：2：0.65（重量比）之標準水泥砂漿，按附圖 1.3.5 所示尺寸成形，在溫度  $20\pm 2$ 、濕度 80% 以上，1 日養護後脫模之，然後再於溫度  $20\pm 2$  水中浸泡 6 日及溫度  $20\pm 2$ 、濕度  $60\pm 5\%$  條件下養護 7 日，作成補修用基材。

棒鋼應於埋入補修材之前用 JIS R 6252 規定之 600 號磨砂紙研磨之，並依 JIS K 8034 規定用丙酮脫脂。

##### (2) 補修試體之製作

基材（底床）養護後，以補修用之防鏽材與製造業者指定之缺損部補修用砂漿，按附圖 1.3.6 所示尺寸成形之。比較用之試體則採用與 JIS R 5201 之 9.4 所規定之基材一樣之標準水泥砂漿與前述同樣成形之。若製造業者無特別指定之缺損部補修用砂漿時，則於防鏽材上以此標準水泥砂漿組合成形之。

成形後，試體在溫度  $20\pm 2$ 、濕度 80% 以上養護 2 日之後脫模，再於溫度  $20\pm 2$ 、濕度  $60\pm 5\%$  養護 5 日。但使用樹脂系之防鏽材或砂漿時之養護條件則為溫度  $20\pm 2$ 、濕度  $60\pm 5\%$  條件下養護 7 日。

附圖1.3.5

附圖1.3.6

### 3.6.3 試驗方法

養護後之試體，靜置於耐壓容器內，以真空泵在20 1mmHg以下進行 1小時之脫氣，然後再將二氧化碳氣體注入耐壓容氣內，在0.98N/mm<sup>2</sup>(10kgf/cm<sup>2</sup>)之壓力下進行72小時之中性化。其後再用30 乾燥機作 168小時之乾燥及20 1mmHg以下 1小時之脫氣與2.5%氯化鈉溶液中加壓10kgf/cm<sup>2</sup>進行 3小時之試驗前處理。

中性化促進試驗係將試體放進 P.E袋內（或用聚偏氯乙烯樹脂乳液(saran latex)膠紙包覆），以80±2 溫度加熱24小時後，將其自袋（或膜）中取出，經 30±2 24小時之乾燥，再浸泡於 20±2 之 2.5%氯化鈉溶液中24小時視為 1循環，連續行乾濕反復試驗 3循環。

上述之乾濕反復試驗後，將試體割開取出棒鋼浸泡於10%之稀酸二氨溶液中，用齒刷輕輕地將棒鋼表面的鏽刷除約 1分鐘，再用丙酮洗淨後，依JIS A 6205附 2之4(3)之規定求出棒鋼之生鏽面積，唯棒鋼之生鏽面積應將基材（底床）部份與補修材部份分別求之。

### 3.6.4 結果之計算

棒鋼之生鏽率，依下列公式計算之，小數點取 3位數。

$$\text{生鏽率(\%)} = \frac{\text{棒鋼之生鏽面積(mm}^2\text{)}}{\text{棒鋼之有效面積(mm}^2\text{)}} \times 100$$

公式中之棒鋼之有效面積係指棒鋼生鏽之可能面積而言（基材或補修材所被覆之面積），基材（底床）部份與補修材部份應分開並各別計算。

#### 3.6.4 結果之判定

結果之判定係以比較用之砂漿為基準，依下式判定其防鏽效果，在此處其防鏽率也是將基材（底床）部份與補修部份分開，各別計算。

$$\text{防鏽率(\%)} = \frac{\text{比較用砂漿之生鏽率(\%)} - \text{補修用試體之生鏽率(\%)}}{\text{比較用砂漿之生鏽率(\%)}} \times 100$$

解說： 有關各試驗項目之目的及試驗工作上的要點示之如下：

##### 1) 養護室及試驗室之狀態

養護室乃考慮水硬化之聚合物水泥而取高濕度為之，但因也有使用結合材為水泥以外之材料者，故若初期即為乾燥狀態有利於硬化者，在試驗室之標準狀態中養護亦可。

##### 2) 數值之換算 數值以牛頓（Newton. *N*）為單位與傳統單位(kgf)之換算為 1kgf=9.81 *N*

##### 3) 試料之調製

防鏽材因種類之不同，其使用方法亦異，故應依製造業者指定之標準使用量與調製方法為之。此外，由於防鏽材幾乎沒有單獨使用的，一般多與缺損部補修用工廠調製之砂漿搭配使用。因此，在試驗項目中對鋼筋之附著強度試驗及防鏽性試驗，大多以製造業者所指定的缺損部補修用充填材搭配來調製試料。若無指定時，則以各試驗方法所規定之標準混凝土或標準砂漿來調製試料，且耐鹼性試驗中之鏽轉換塗料系之材料，必要時亦可與製造業者指定之缺損部充填材搭配調製試料，唯其缺損部充填材之塗抹厚度應在 5mm 以下。

##### 4) 試體之數目

製作試體之數目，原則上各項試驗項目各 3 個，但耐鹼性試驗 3 個試體中，2 個作試驗用，留下 1 個作為現狀試驗片，保管至試驗完成為止。

##### 5) 耐鹼性試驗

試體之製作及試驗方法以 JIS K 5400 為準，但試驗方法中有關浸泡鹼溶液之條件則有 JIS K 5400 的溫度 20±2 24 小時與日本建設省「環氧樹脂塗裝鋼筋之防鏽處理的有效性判定基準」的溫度 50±2 300 350 小時兩種。對代表性的 3 種防鏽材在進行確認試驗時，由於判定試驗條件也有很大差異，故採用較簡便的 JIS K 5400 為之，且在判定時雖然膨脹、龜裂、剝落、蛀孔、軟

化等相關項目所試驗之 3種防鏽材均無問題。但對於塗膜的顏色變化、鏽轉換塗料系的變色、聚合水泥系的白華或褪色等之異常的呈現，由於其防鏽機能上，可由其他防鏽試驗來確認，故在此對有關顏色之判定予以削除。

#### 6)對鋼筋之附著強度試驗

試體之製作及試驗方法準用日本混凝土工學協會之「聚合物水泥砂漿試驗方法基準(案)。(15)聚合物水泥砂漿之對鋼筋之附著強度試驗方法(案)」。且同樣的試驗方法，在日本建設省「環氧樹脂塗裝鋼筋之防鏽處理的有效性判定基準」中也有規定，其內容雖也有少許不同，但大致上為同樣的試驗方法，故採用了日本混凝土工學協會的方法。關於判定，偏向於同時製作比較用混凝土（未補修混凝土），用比較數據來表示。但一般對混凝土之鋼筋的附著強度，依以往的文獻大約可判明為 $100\text{kgf}/\text{cm}^2$ ，包括種種零星因素而降低二成程度，仍為容許的。

#### 7)防鏽性試驗

試體之製作，作成可以對補修部份與未補修部份兩方面評估的基材砂漿部份與防鏽處理部份各半的形狀。

試驗方法則準用日本混凝土工學協會「聚合物水泥砂漿試驗方法基準(案)。(17)聚合物水泥砂漿之防鏽性試驗方法(案)」。

防鏽性試驗除了此方法外，雖在日本建設省「環氧樹脂塗裝鋼筋之防鏽處理的有效性判定基準」中也有規定，但因其規定並非用來評估補修部份與未補修部份的（單為塗裝鋼筋之防鏽試驗）且試驗期間也較長（所需時間要67日），故採用了日本混凝土工學協會的方法（所需時間40日）。

此外，因這種試驗方法之試驗機械器具必須具耐壓（ $15\text{kgf}/\text{cm}^2$ ）等之特殊條件之試驗裝置的問題，雖欲改用其他各式各樣較簡易的方法來檢討改善，但是，因在常壓狀況下鏽之發生的零星散佈欲使其大面積再現不易，且若條件稍予減輕，則鏽之形態又易成為極薄之鏽而不易判定，而且其所需時間又要加長等等問題又會產生，因此，只好保留現狀之試驗方法了。



## 附錄 1.4 浸透性吸水防止材之品質基準(案)

### 1. 適用範圍

本基準適用於鹽害抑制工法中使用之浸透性吸水防止材。

解說： 浸透性吸水防止材係指含浸於混凝土之表層部份形成吸水防止層，除了可防止由外部侵入之水或氯離子(Cl<sup>-</sup>)之浸透抑制外，尚具有可釋出混凝土內部之濕氣而抑制鋼筋之腐蝕的特性，適用於鹽害抑制工法之材料。

一般之浸透性吸水防止材，活用於對混凝土、水泥砂漿、ALC板、石棉瓦、紅磚、石材等之保護或產生微細裂縫之基材的簡易防水等廣泛之用途上。唯在本基準中，則以抑制鋼筋腐蝕為目的且適用於混凝土之對象者。

此外，浸透性吸水防止材依其主要成份及造膜狀態，一般分類如解說附表 1.4.1所示，在本基準中並無特別的限制。

解說附表1.4.1 以浸透性吸水防止材之主成份分類

種 類	分 類 內 容	
硅酮(silicone)系	硅烷金屬鹽系	水溶液形之金屬鹽之形式，以低分子之硅烷化合物為主要成份
	硅烷(silane)化合物系	有機溶劑單體形，以低分子之硅烷化合物為主要成份 有機溶劑形，以比較性高分子硅酮為主要成份
	硅酮(silicone)系	硅烷化合物系與丙烯酸酯系(Acryl Ester)之混合系
	混 合 系	
非硅酮(silicone)系	丙烯(Acryl)樹脂系	有機溶劑形，以丙烯單體或聚合物(oligomer)為主要成份
	尿烷(Urethane)系	有機溶劑形，以尿烷系聚合物為主要成份
	其 他	其他有機重合系單體或聚合物為主要成份

註：單體 ( monomer )

聚合物 ( oligomer )

解說附表1.4.2 以浸透性吸水防止材之造膜狀態之分類

種 類	分 類 內 容
浸透內部造膜形	浸透於混凝土表層部份 浸透部份造膜者
浸透表面造膜形	浸透於混凝土表層部份 表面造膜者
浸透非造膜形	浸透於混凝土表層部份 不造膜者

## 2. 品質

浸透性吸水防止材，依「3. 試驗」之方法試驗之，並須符合附表1.4.1之基準

附表1.4.1 品質基準

項 目		基 準 值
塗佈後之外觀		無 變 化
浸 透 深 度 ( mm )		1.0以上
吸 水 性	標 準 時	吸水比0.10以下
	耐鹼性試驗後	吸水比0.10以下
	溫冷反復作用之抵抗性試驗後	吸水比0.10以下
	促進耐候性試驗後	吸水比0.20以下
透 水 性		透水比0.10以下
氯離子浸透性 ( mm )		3.0以下

解說： 有關浸透性吸水防止材之品質，於1991年日本建築用粉飾塗材等之製造業者團體所組織之「日本建築粉飾材工業會」，才制訂了作為工業會規格之「日本建築粉飾材工業會規格——NSKS-004浸透性吸水防止材」。

到了1994年因尚無品質基準的規定，於是日本工業技術振興協會之「Primers-in-Concrete委員會」——「塗佈含浸材關係試驗方法作成小委員會」才沿著NSKS-004之基礎作成了「浸透性吸水防止材之試驗方法(案)」，然後依照試驗方法(案)才公佈了16種商品的試驗結果，其概要如解說表 1.4.3所示。

本技術手冊之基準乃參照現況作成此浸透性吸水防止材之品質規定（目前尚未作成CNS 國家標準）。

解說附表1.4.3 NSKS-004之品質規定及日本工業技術振興協會之試驗結果

	日本粉飾材工業會 NSKS-004	日本工業技術振興協會之試驗結果			
		最高值	最低值	平均值	
塗佈後之外觀	無變化	無變化			
浸透深度 (mm)	2以上	3.8	0.3	1.6	
吸水性 吸水比	0.1以下	0.083	0.033	0.064	
耐鹼性 吸水比	0.1以下	0.239	0.040	0.081	
溫冷反復抵抗性 吸水比	0.1以下	0.165	0.040	0.083	
耐候性 吸水比	0.1以下	0.247	0.040	0.085	
透水性 透水比	0.1以下	0.080	0.016	0.041	
氯離子浸透性 (mm)	2以下	撥水層以下			
透濕性	A法 透濕比	—	1.134	0.370	0.834
	B法 透濕比	—	1.000	0.810	0.872
	C法 透濕比	—	1.455	0.338	0.997

### 3. 試驗

#### 3.1 養護室及試驗室之狀態

養護室及試驗室之狀態為溫度  $20\pm 2$  ，濕度 $65\pm 10\%$ 。

#### 3.2 試驗用基板

試驗用基板，依JIS R 5201（水泥之物理試驗方法）中規定的方法，以普通卜特蘭水泥：砂：水 = 1：2.5：0.65（質量比）調製之砂漿，用規定尺寸之金屬模成形，於溫度  $20\pm 3$  ，濕度80%以上之狀態下養護24小時後脫模，其後於溫度  $20\pm 1$  水中養護 6日，再於養護室養護14 28日，用JIS R 6252（磨砂紙）規定之 150號磨砂紙，將試料塗佈面充分研磨之。試驗用基板之尺寸及個數如下附表 1.4.2。

附表1.4.2 試驗用基板之尺寸及個數

試驗項目		試驗用基板尺寸	試驗用基板個數
塗佈後之外觀及浸透深度試驗		40x40x160mm	4
吸水性	標準時	40x40x160mm	6
	耐鹼性試驗後	40x40x160mm	6
	溫冷反復作用之抵抗性試驗後	40x40x160mm	6
	促進耐候性試驗後	40x40x160mm	6
透水性試驗		140x140x20mm	6
氯離子浸透性試驗		100x100x100mm	3

#### 3.3 試料之調製

試料之調製依製造業者指定之使用方法為之，但反應硬化型浸透性吸水防止材應依製造業者指定之方法取 1kg左右之量，將主劑與硬化劑充分均勻混合之。

3.4 試體之數目 如附表 1.4.2所示之試驗用基板之個數。

#### 3.5 塗佈後之外觀及浸透深度試驗

##### 3.5.1 試體之製作

試體係將 3.2之試驗用基板之底面，以依 3.3所調製之試料，按製造業者指定之方法作成塗佈之試體及不塗佈之試體，在養護室經14日養護而成，試體之數目為塗佈之試體 3個，不塗佈之試體 1個。

### 3.5.2 試驗方法

- (1) 塗佈後之外觀 塗佈後之外觀以不塗佈試料之試體為基準，與塗佈試體面之顏色及光澤之變化，由擴散晝光目視比較之。
- (2) 浸透深度試驗 浸透深度試驗係將有塗佈之試體切成兩半，再於其斷面用水霧噴灑後，將水不浸透部份之厚度用測微器測定之，在測定之 3個試體，如附圖1.4.1 所示分開 3個不同位置測定，要求其平均值，即為浸透深度。

附圖1.4.1

## 3.6 吸水性試驗

### 3.6.1 試體之製作

試體係於 3.2之試驗基板之全面，以依 3.3調製之試料按製造業者指定之方法作成塗佈之試體與不塗佈之試體，在養護室經 14日養護而成，試體之數目為塗佈者 3個，不塗佈者 3個。

### 3.6.2 試驗方法

- (1) 標準時之吸水性試驗 標準時之吸水性試驗之步驟如下：
  - i) 將試體在80 溫度下乾燥24小時後，在乾燥器(desiccator)中冷卻至常溫，再測定試體之質量( $W_0$ )。
  - ii) 如附圖 1.4.2所示，將試體之底面置於下面，下部20mm為經常浸水之試驗容器中，靜置於養護室。

附圖1.4.2

iii)浸水24小時後，將試體自試驗容器中取出並將試體表面之水用手很快擦拭去除，立即測定其質量(W<sub>1</sub>)。

iv)依下列公式求出試體之吸水量( W)並算出吸水比。

$$W(g) = W_1(g) - W_0(g)$$
$$\text{吸水比} = \frac{W_a}{W_n}$$

W<sub>a</sub>：有塗佈之試體 3個之吸水量平均值(g)

W<sub>n</sub>：無塗佈之試體 3個之吸水量平均值(g)

(2) 耐鹼性試驗後之吸水性試驗

耐鹼性試驗後之吸水性試驗之步驟如下：

i)將試體在模具之底面作為上面，而將試體之上面浸泡於液面下20mm程度之JIS K 8575〔氫氧化鈣(試藥)〕規定之氫氧化鈣飽和水溶液中，在養護室浸泡 7日。

ii)自試驗容器中，將試體取出並將其表面之水拭去，再依3.6.2(1)所示之吸水試驗，求出吸水比。

(3) 溫冷反復作用抵抗性試驗後之吸水性試驗

溫冷反復作用抵抗性試驗後之吸水性試驗之步驟如下：

i)將試體在模具之底面作為上面，而將試體之上面浸泡於液面下20mm程度之 20±2 水中18小時，然後取出試體立即置入 -20±3 之低溫槽中冷卻 3小時，其次再置於 50±3 之高溫槽中加溫 3小時，依此24小時視為 1循環，反復操作10次

ii)自高溫槽中取出試體，依3.6.2(1)之方法進行吸水試驗，求出吸水比。

(4) 促進耐候性試驗後之吸水性試驗

促進耐候性試驗後之吸水性試驗之步驟如下：

i)依JIS K 5400「塗料一般試驗方法」之9.8.1(5)所規定之方法，將試體在模具之底面照射 250小時。

ii)由促進耐候性試驗機中取出試體，依3.6.2(1)之方法進行吸水試驗，求出吸水比。

### 3.7 透水性試驗

#### 3.7.1 試體之製作

試體係以 3.2之試驗用基板之模具底面上以 3.3調製之試料，按製造業者指定之方法作成塗佈與不塗佈之試體各 3個，在養護室養護14日作成試體。

### 3.7.2 試驗方法

透水性試驗之步驟如下：

- (1) 試體以80 溫度，經24小時乾燥後，在乾燥器(desiccator)中冷卻至常溫。
- (2) 試體保持水平，如附圖 1.4.3所示之透水試驗器具用矽膠密封材密封之，放置48小時。

註1)為使水筒維持在 250mm，用口徑約75mm之漏斗與一刻度為 0.05ml之刻度吸量管（容量 5ml），以橡膠管或塑膠管連結之器具。

註2)矽膠密封材密封部份，用矽膠（硅酮）樹脂系或環氧樹脂系等底塗材塗佈之。

附圖1.4.3

- (3) 以  $20 \pm 3$  之水注入至距試體表面約 250mm高，經24小時後測定其殘留水頭高，由其水頭高之差值求出透水量，依下列公式算出透水比。

$$\text{透水比} = \frac{P_a}{P_n}$$

$P_a$ ：有塗佈之試體 3個之透水量的平均值(ml)

$P_n$ ：無塗佈之試體 3個之透水量的平均值(ml)

註3)若無法由刻度吸管讀取其值時，可由追加之水的質量求得

## 3.8 氯離子浸透性試驗

### 3.8.1 試體之製作

試體係於 3.2之試驗用基板之全面以 3.3調製之試料，按製造業者指定之方法塗佈之後，在養護室內養護14日而作成。

### 3.8.2 試驗方法

氯離子浸透性試驗之步驟如下：

- (1) 試體之模具底面作上面，將試體之上面浸泡於液面下20mm程度之依JIS K 8150〔氯化鈉(試藥)〕規定之氯化鈉 2.5%水溶液中 7日。
- (2) 自試驗容器中取出試體，經24小時乾燥後，在與模具底面垂直之方向，將試體切成兩半。
- (3) 在切成兩半之試體斷面上，用JIS K 1432「硝酸銀」規定之硝酸銀0.1N水溶液噴霧之，接著用JIS K 8830「酚鈦(試藥)」規定之酚鈦 1%水溶液噴霧之，如附圖 1.4.4所示，由模具底面側以測微計測定 3個位置之發色部份的深度。

附圖1.4.4

- (4) 由 3個試體測定其各個之發色部份深度，所得到的 9個測定值之平均值即為氯離子浸透深度。

註：有關試驗方法及試驗條件，依日本工業技術振興協會之浸透性吸水防止材之試驗方法(案)為準據。



## 附錄 2 各種檢驗調查及補強補修案例參考

**附錄 2 . 1 骨材鹼質反應 ( 鹼-骨材反應 AAR )**  
**參照第一章 1.2節解說(2)**

## 骨材鹼質反應（鹼-骨材反應）(AAR)之典型裂縫形狀

施工實例照片計 6張













**附錄 2 . 2 混凝土裂縫之形成機制及補修  
鋼筋腐蝕之形成機制及抑制**

實例照片計4張

混凝土裂縫之調查

## 混凝土裂縫之形成機制

## 混凝土裂縫之補修目的分類

## 鋼筋腐蝕之形成機制及抑制

**附錄 2 . 3 混凝土劣化之詳細調查**  
**參照第三章 3.4節**

(施工實例照片計12張)

鑽心及鑽孔粉末試體之採樣  
混凝土中性化深度之打鑿方式調查  
子然電位法測定鋼筋之腐蝕狀況



## 鋼筋腐蝕狀況之詳細調查無破壞性檢測法

## 超音波測定例

## 自然電位、交流阻抗及抵抗率之測定結果分色圖例

## 紅外線測定之畫像例





## 促進中性化之試驗









## EPMA之碳素分析例

## 附錄 2.4 樓版之補強補修施工技術案例

### 【特性、觀念及技術】

- 樓版之劣化常見之情況大多為版底因保護層厚度不足（施工不良），致完工後數年，即因表層混凝土中性化（中性化速度每10年約 1公分），造成樓版鋼筋局部腐蝕而致版底混凝土鼓浮剝落（SPALLING）。此種情況類似混凝土內之氯離子含量過高造成之鋼筋腐蝕混凝土剝落（俗稱海砂屋）之情形，一般均易被誤判成所謂之「海砂屋」，其實乃因國內近年來之RC樓版施工方式，大多為了節省樓版底部之水泥砂漿粉刷之施工成本與工期，而改用夾板清水模板施作，致版底混凝土保護層厚度減少，其耐久性縮短（若僅存 1cm之保護層，又少了應有之水泥砂漿粉刷層，則約10年即會形成鋼筋腐蝕）再因室內通風不良潮濕（如地下室環境）則又會加快中性化速度，完工後不到5 6年即可發現版底版筋腐蝕混凝土剝落之景象，造成居住使用者誤認為是「海砂屋」而極度恐慌，甚至因鑑定時之武斷誤判而造成糾紛不斷之困擾。
- 樓版之混凝土中性化致版筋腐蝕表層混凝土剝落之情形，若僅發生在樓版底部時，可以斷定大多非屬「海砂屋」（混凝土「內在氯離子」含量過高者，俗稱海砂屋），而僅係施工不良，版筋緊貼模板，保護層不足，且又未施作版底水泥砂漿粉刷層，致耐用年限縮短（中性化速度快，深及鋼筋部位時即會形成鋼筋腐蝕及表層混凝土鼓浮剝落）而已，一般均不致在樓版版面發生。此種劣化之情形若及早發現，迅速進行補強補修並加厚鋼材之保護層厚度（二度粉刷層加厚）則其耐用年數仍可延長甚久，不必輕率判定其必須「拆除重建」或判定為「危險房屋」。
- 樓版之劣化若極嚴重，且部份之鋼筋已腐蝕殆盡者，再作補強補修已無意義，且成本高，可靠性差。此時可考慮該劣化區域內之樓版部份（梁保留）全部敲除重作，但也不必因之判定全部建物「拆除重作」，僅將樓版重作部份視為RC之二次施工即可。
- 樓版之龜裂裂縫除因超載荷致產生大撓度之損傷者需作結構設計修正及補強外，大多均屬混凝土之乾縮所致之「自體裂縫」，其裂縫之補修只需注入具充填接著性能之注入材料即可（如環氧樹脂接著劑），若裂縫甚大且為破洞之情形，則可用無收縮水泥砂漿填補之。
- 樓版角隅之斜角裂縫大多因原設計之角隅補強配筋不當或不足所致，故補修時應加設角隅補強筋或鋼板予以補強，將其損傷之因素消除後再作裂縫之補修。

## 附錄 2.4.1 樓版鋼筋腐蝕劣化之補強補修施工技術案例

鋼筋混凝土樓版之鋼材腐蝕補修，在擬訂施工計畫之前，應先對補修對象之鋼材腐蝕程度作澈底的調查與研判，才可正確擬訂適切有效之施工計畫。否則補修作業只是將已形成之結構缺陷及瑕疵予以掩蔽而已，對安全性而言，比不補修而可以預知其危險更糟糕。作補修施工計畫前，應確實踏勘現場，確實作詳盡之調查，才是正確的途徑，否則補修完成之後，則可以「包藏禍心」一詞來形容。茲就樓版版筋鋼材之腐蝕補修施工程序及施工技術要領，概述如下：

### 施 工 程 序

1. 剝除表層鬆浮鐵鏽及混凝土

剝

2. 鏽蝕之鋼材表面處理

SPALLING

### 施 工 技 術 要 領

- 將已鏽蝕暴露之鋼材周邊，沿鋼材配置之方向，將以SPALLING尚未落之表層混凝土或粉刷層，確實除去（用鑿、錘或其他工具，仔細敲除完整）。
- 將鏽蝕之鋼材表面之鏽確實清除（用磨砂機、電動鋼刷、鋼絲刷等，清除鋼材表面之浮鏽）。
- 檢視鋼材受腐蝕之程度及其位置，若係位於樓版中央部份之下端者，應考慮採用「鋼筋、鐵網或鋼板貼附補強工法」配合補修。
- 鏽蝕之鋼材表面塗佈環氧樹脂原液被覆之。
- 鏽蝕之鋼材周邊混凝土因剝落部份之凹槽以環氧樹脂或壓克力系樹脂(Acryl Resin) 原液摻乾水泥粉末(1:1) 調成糊狀披補之（連鏽蝕之鋼筋一併覆蓋之）使與原表面平整為度。
- 採用環氧樹脂系材料充填披補時之鏽蝕鋼材周邊處理方式斷面型式。

### 3. 樓版面層中性化混凝土磨除

### 4. 鋼筋、鋼網、鋼板貼附補強

- 採用壓克力系樹脂材料充填披補時之鏽蝕鋼材周邊處理方式斷面型式
- \* (此種壓克力樹脂之披補用於室內較乾燥之環境時，而室外暴露部份或廠房樓版，其周邊環境較潮濕之狀況下，則必需採用環氧樹脂系材料)。
- \* 鏽蝕鋼材表面之處理，亦可用防鏽材料塗佈方式，唯應注意其塗佈後之光滑表面對鋼材附著力的影響，通常在應力重要之部份或重要建築結構物，不宜採用此種防鏽材料塗佈之方式。
- \* 鏽蝕鋼筋周邊之披補充填，若表面光滑則表層之粉刷附著不易，應以乾石英砂(矽砂)黏附其表面，以利表層粉刷被覆層之附著。
- 若樓版面之混凝土已中性化(風化)情形嚴重時，應予確實磨除至尚具鹼性(pH值 > 9以上)部份為止。
- 若版筋之鋼材鏽蝕狀況十分嚴重，致鋼材斷面積縮小不足之情形時，必須以鋼筋、鋼網或鋼板貼附工法補強之(其使用之補強鋼材設計，亦按已損耗鏽蝕之鋼材斷面積相等或以上之鋼材斷面積補強即可)，採用環氧樹脂砂漿。
- \* [環氧樹脂原液 1 + 乾水泥粉末 1 + 石英砂 2.5拌合而成之環氧樹脂砂漿]。
- \* [環氧樹脂原液以高黏度為之，其樹脂與硬化劑之調合比依廠商規定為之，一般多為 2:1之比例]。

#### 電動鋼刷磨刷表層中性化混凝土作業例

### 5. 樓版表面粉刷被覆層

料

### 6. 樓版表面粉飾補修

\* 鋼筋、鋼網或鋼板貼附之配置，應視樓版之型式（單向版或雙向版）及應力分佈狀況為之，工法另詳「鋼板貼附工法」資料。

- 鏽蝕之鋼材補修完成後，如僅為局部性者，即將表面磨平修整再作表層粉飾（油漆或其他）即可。
- 若鏽蝕之原因為保護層不足者，應利用補修機會予以增厚之（厚度至少20mm以上），採用摻有 SBR材之水泥砂漿(水泥砂比例 1:2.5)確實粉光之。
- 若鏽蝕之原因為長期受酸鹼性氣體或濕氣、防水不良之滲透等外在因素所致者，除於補修完成表層粉刷乾燥後，再以 Epoxy漆噴塗其補修之表面，抗酸鹼及濕氣之侵入，防水不良者，應於樓版之上層作好防水之補修作業，以防止鋼材腐蝕之再發生。
- 樓版補修之表面粉飾，視補修構造物之使用用途及需求而定。

施工案例照片計 5張











## 附錄2.4.2 樓版之裂縫補強補修施工技術案例

照片計 2張



## 附錄 2.5 牆之補強補修施工技術案例

### 【特性、觀念及技術】

- R.C.牆之劣化常見之情況大多為「外來氯離子」造成混凝土中性化（外在環境因素）及乾縮之自體裂縫，因滲漏水（施工瑕疵）等所致之鋼材腐蝕而形成鼓浮剝離（SPALLING）之劣化。此種R.C.牆之劣化大多發生於工廠之貯水槽、水塔等構造物。
- R.C.牆之劣化發生於外牆面者，大多屬於「外在環境因素」所致，由於此類構造物大多以清水混凝土構築，表面無被覆粉刷層，且無施作「浸透性吸水防止材」或「防水型複層粉刷塗材」等中性化及鹽害抑制之表面處理者。
- R.C.牆之裂縫常見之情況分為「自體裂縫」與「外力裂縫」兩種。
- 「自體裂縫」大多因受周邊柱梁等大斷面R.C.構材之拘束作用而形成，除門窗開口部角隅為斜向裂縫外，大部份均以垂直裂縫為多，故極易判別。此外，牆體之斜向裂縫或水平裂縫，則大多屬混凝土澆置施工時之冷縫（此冷縫亦為外牆滲漏水之主因）。
- 「外力裂縫」大多因較劇烈的地震力，結構柱梁構架受水平力「強制變形」時所致，其牆面裂縫大多屬斜角裂縫或x型交叉裂縫，故極易判別。若遇此種狀況，宜在補修時增設「消能槽」之誘導勾縫，以防止再度發生，且將已損傷之牆體外力裂縫作注入充填接著及二度膠結目的之補修，若牆體損壞極嚴重者，則可考慮打除重作或加厚之方式補強補修之。
- 常見於樓梯間之牆面斜角裂縫，大多為沿梯級方向平行之斜裂縫，此種裂縫之形成乃因配筋不當，受樓梯梯面版之扭力作用所致，故補修裂縫時，應同時在斜向裂縫之垂交方向增設鋼材補強（鋼筋或鋼板），以增強抵抗扭力作用，防止再度損傷。若未作補強消滅損傷之因，而僅作裂縫之補修，則其效果必無法達成目標。

## 附錄 2.5.1 牆鋼筋腐蝕劣化之補強補修施工技術案例

鋼筋混凝土牆之鋼材腐蝕較常見於構造物之外牆，因施工不良、保護層不足或水池、水塔、工廠之溶液貯存槽及臨海邊之構造物等，其他老舊之結構物牆體因表層混凝土之中性化（風化）亦常見牆筋鋼材腐蝕現象。如水池、水塔等之牆體，因防水不良，長期浸漬於高濕度之混凝土中的鋼材，亦極易形成鋼材腐蝕之現象。尤其大樓建築物的地下層，在混凝土施工縫周邊之地下室外牆，因僅作內側之「止漏粉刷」(Leaking-Stop)（「後衛防水工法」一般誤稱為「防水粉刷」，應糾正此觀念），而牆體內之鋼筋長年浸漬於地下水之中，極易造成腐蝕，此均為牆筋鋼材腐蝕劣化所常見者。

由於牆體一般大多作為分隔空間或界分室內外之隔牆來使用，在結構上並未視為主要構材，而為「副構材」之地位，因此有了問題，除非因為會漏水，大多不太重視它的補修。可是在水池、水塔之類的結構物中，R.C.牆所擔負的任務就比較重大，甚至於其液體壓力之承擔，完全依賴此牆體者亦不為過，實此發生鋼材之腐蝕，則非妥善澈底修復不可。否則由損傷到損壞之持續行為中，將造成無可挽救之損失。

R.C.牆筋腐蝕之補修施工計畫擬訂要領，大致與樓版版筋腐蝕之方式相似，除了要對其鋼材腐蝕的程序作澈底調查之外，並視補修對象之結構牆體的重要性及應力行為，正確評估。

茲就牆筋鋼材之腐蝕補修施工程序及施工技術要領，概述如下：

### 施 工 程 序

#### 1. 鑿除牆面表層之中性化混凝土

#### 2. 清除鋼材表面浮蝕鏽及處理

### 施 工 技 術 要 領

- 牆體之鋼材腐蝕，在補修時已暴露之鋼材均為局部性居多，因其導致鏽蝕之因，多為表層混凝土之中性化，而甚少如樓版或梁為應力所致者。因此應確實鑿除表層之中性化混凝土，否則無法達成補修之效果。
- 表層中性化混凝土清除後，露出之鋼材應視其鏽蝕程度擬訂補強作業，已蝕斷者，應以新鋼材補配焊連之。
- 其餘之鏽蝕鋼材表層之鬆浮鐵鏽，應予清除完全（用磨砂機、電動鋼刷、鋼絲刷等清除浮鏽）。



- 鋼材之表面以環氧樹脂原液或其他適當之防鏽材料，用刷筆確實塗佈被覆之。
  - 將牆體多餘之突出附著物（如模板之鐵線等）斬除或剪除。
  - 以高壓噴水工具噴洗R.C.牆面已打毛部份之面層，使灰塵及雜物、混凝土屑完全清除，並予以濕潤之以利粉刷作業。
  - 採用高壓噴塗之方式（不用塗刷方式，因塗刷方式無法深入牆體內，作用較差），使用 SBR之類之防接著兩用之底塗料噴塗於R.C.牆體表面，作為新舊面層施工之接著及鏽蝕中性化之牆身之被覆層。
  - \* 噴塗之材料有多種，視需求之防水或耐久條件來選定。如需耐酸鹼之氣體者，另有專用之材料，因種類繁多，無法一一詳列，唯此項作業主要是抑制內層之既有混凝土中性化與新粉刷之被覆表層能有良好之接著效果之目的。
  - 如局部性之補修，則作局部性之粉刷即可，全面性之補修，則應作全面性之粉刷防水被覆層，厚度至少 2.0公分以上，採用摻有 SBR材料之水泥砂漿(水泥、砂比例 1:2.5) 確實粉光填補缺損之斷面。
  - R.C.牆體之牆筋鋼材腐蝕之原因，若為長期受酸鹼性氣體或潮濕含鹽份之空氣（海邊）等外在因素所致者，其混凝土中性化程度亦較顯著。因此補修完成之被覆層俟乾燥後應再高壓噴塗 Epoxy漆或其他耐酸鹼之表面塗料，以保護之。防止酸鹼性或含鹽份濕氣過高之氣體侵入而降低補修之效果。
3. R.C.牆面高壓噴水清洗濕潤
4. R.C.牆面高壓噴塗防水底塗料
- 水
5. R.C.牆面粉刷防水被覆層
6. R.C.牆面外表粉飾補修復原

- 採用之噴塗塗料，應注意一個觀念：「建築物的外牆是要呼吸的，最好作成像人類的皮膚一樣，水無法進入體內，但汗水卻可以蒸發出來」，如果僅一味以皮膜式之塗料予以覆蓋表面，則必因無法呼吸，致像傷疤一般，一塊塊地剝落下來，不可不慎擇表層之噴塗材料。
- 若美觀上之需求，外表須貼面磚等粉飾材料亦可，唯使用之膠泥至少需具防水性能者，方可採用。

施工實例照片計 3張





附錄2.5.2 牆面之裂縫補強補修施工技術案例  
照片計 4張









## 附錄 2.6 梁之補強補修施工技術案例

### 【特性、觀念及技術】

- 梁之劣化常見之情況大多因設計斷面不足、梁筋太密集（尤其梁筋下層筋之搭接部位），致混凝土澆置施工不良形成空洞、蜂巢等施工瑕疵或梁底鋼筋保護層不足等因素所致，一般均為鋼筋腐蝕致梁底保護層混凝土鼓浮剝落（SPALLING）或沿梁底主筋方向形成大裂縫（保護層混凝土鼓浮而尚未剝落者）。
- 梁之劣化小部份則為混凝土「內在氯離子」含量過高致梁筋腐蝕保護層混凝土鼓浮剝離（梁之上側沿主筋方向之裂縫）或剝落（梁之下側或底部保護層混凝土剝落），若梁之側面上下均有沿主筋方向之裂縫者，大多屬於此種「內在氯離子」含量過高之因素形成者，亦即俗稱之「海砂屋」，極易判別。
- 上列二種情形均屬於「自體劣化」，由於梁之斷面較大而鋼筋又配置於上、下層，梁腰僅有箍(肋)筋，除非梁側保護層厚度不足（常見於外周梁）否則其他劣化致鋼筋腐蝕者甚為罕見。
- 梁之裂縫常見之情況大多係外力造成，如彎曲力之直裂縫與剪力之斜裂縫，彎曲力之直裂縫一般僅發生於梁之中央底部（若發生於梁之上部之直裂縫，應屬於基礎不均勻沉陷所致，若梁之直裂縫平均分佈於梁側，則屬於混凝土之乾縮裂縫），懸臂梁則發生於梁端之上部，而剪力之斜裂縫一般僅發生於梁之兩端，故依此特性極易判明。
- 梁之裂縫除「自體劣化」之情形外，均屬於「結構性裂縫」。不論是否原設計配筋不足，或超載重過大，或斷面不足致撓度過大，或地震外力所致，均應交由結構專家研判與檢討，並擬定「補強」之對策，以澈底消滅造成裂縫損傷之因素，不可僅作裂縫之「補修」。「損傷」之形成必有其因，若未將造成損傷之因排除，則「補修」毫無意義，且可能隱藏禍因，形成安全之威脅（尤其因地震外力造成之損傷，若未正確予以補強改善，則遇下一個大地震時，可能造成瞬間之崩塌倒壞，形成大災難）。

## 附錄 2.6.1 梁鋼筋腐蝕劣化之補強補修施工技術案例

梁筋鋼材之腐蝕，由發現到執行補修之間，常常需要一段較長時間來作檢討與決策。因此一有梁筋鋼材之腐蝕，其梁本身之抗應力必將衰減，而導致其他部位之損傷（如梁中央鋼材腐蝕暴露，常會引起梁身之斷裂）。因此補修之時，必須同時解決鋼材腐蝕問題及構材損傷補修。

茲以較常見之狀況：梁筋鋼材腐蝕，拉張材斷面縮減，應力不足，致梁身斷裂之情形的補強補修施工技術及施工程序，概述如下：

### 施 工 程 序

#### 1. 檢討設計補強工法

- 檢討補修之梁構材是否應力已不足，必須作補強施工，與鋼材腐蝕之補修同時進行。

#### 2. 刷除表層鬆浮鐵鏽及混凝土

- 採用之補強工法決定（一般採用「鋼板貼附工法」較多，亦有以「鋼筋混凝土補強工法」，唯此法尚需配合「鋼筋植入工法」才有錨定效果，且容許斷面加大）。

- 補強使用之鋼材斷面、強度、尺寸、配置位置等之設計。

- 將已鏽蝕之梁筋（主筋及肋筋）暴露部份周邊之中性化鬆浮之混凝土敲除（用鑿、錘或敲打工具）。

- 將梁筋上之浮鏽刷磨乾淨（用磨砂機、電動刷、鋼絲刷或砂布等清除鋼材表面之浮鏽）。

- 檢查梁肋筋是否已蝕斷，將蝕斷部份自斷口兩側各20cm左右，以新添之同徑鋼筋平均焊固之。

#### 3. 鏽蝕鋼材表面處理被覆

- 將鏽蝕之鋼材暴露部份，表面塗佈環氧樹脂(Epoxy Resin) 原液或防鏽材被覆之，並以石英砂撒佈樹脂表面增加附著強度。

- 鏽蝕之鋼材周邊之混凝土剝落部份，以環氧樹脂(Epoxy Resin) 原液摻乾水泥粉末及石英砂(1:1:2.5)

調成環氧樹脂砂漿 (Epoxy Resin

Mortar)，塗刷鏽蝕之鋼材及其周

於

#### 4. 梁身之補強工法施工作業

邊部份，儘可能飽填並覆蓋鋼材為原則（Epoxy Resin 施工時，補修部位應確實乾燥，否則無效）。

- 梁體有裂縫時，應先行注入二度膠結，恢復其握裹力。

- **鋼板貼附補強工法**

- ① 梁身依設計之補強鋼板配置依規定安裝錨定之。

- ② 鋼板與梁身既有混凝土之間，注入Epoxy Resin 貼著之（其間隙最好小於 5mm，若不得已需大 5mm 以上時，須以Epoxy Resin 摻石英砂注入之）。

\* 注入工法，另參照Epoxy 注入技術資料

- **鋼筋混凝土補強工法**

- ① 梁上下補強筋依設計之補強主筋施作「鋼筋植入」，確實錨定於柱內。

- ② 加附之主筋以設計之肋筋紮配，並與原有梁之肋筋焊接牢固。

- ③ 設置依設計加大斷面之模板。

- ④ 混凝土搗築前 3小時內，於新舊混凝土表面接合面，噴刷水性之Epoxy Resin，增強其附著力。

- ⑤ 搗築依設計強度之混凝土或無收縮水泥砂漿。

- ⑥ 外表粉刷修飾。

[註] 一般設計如梁身不考慮美觀或隱藏於天花板內時，採用「鋼板貼附工法」較經濟，但特別注意梁外表美觀者，則以R.C.補強工法較宜，唯成本較高且養生費時，二次施工亦不易。

#### 5. 梁身外表粉刷或養護

- 梁身之補強及腐蝕補修作業均完成時，將梁身外表修飾復原之，並注意其養護。

- 鋼板貼附補強工法時，貼附之鋼板表面應塗防鏽漆及油漆養護，或用樹脂砂漿粉刷鋼板表面被覆，以增長其耐用年數。
- 鋼筋混凝土補強工法則於模板拆除後，表面作1:3 水泥砂漿粉刷及油漆等粉飾作業即可。
- 梁身外表之粉飾，視補修構材之位置及使用用途及需求而定，且應考慮其耐火性。

鋼板貼附補強工法施工示意圖  
梁之鋼筋混凝土補強工法施工示意圖

梁筋腐蝕照片 1頁

## 附錄 2.6.2 梁之裂縫補強補修施工技術案例

案例照片計11頁

























## 附錄 2.7 柱之補強補修施工技術案例

### 【特性、觀念及技術】

- 柱之劣化，一般較少發現，此種劣化現象僅發生於施工不良、保護層厚度不足（大多在柱之一側或兩側，甚少四側均發生）或混凝土施工瑕疵（蜂巢、空洞、冷縫、蛀蝕等）之初期補修未確實等之情況下。此外亦有因地震外力作用造成柱之損傷，而未以正確之補強補修方法施作，僅在損傷之表面作粉刷補修予以掩飾者，日久之後即形成柱鋼筋腐蝕劣化表層混凝土鼓浮剝落（SPALLING）之現象。
- 柱之劣化小部份則為混凝土「內在氯離子」含量過高致柱鋼筋腐蝕，表層混凝土剝離（沿柱之主筋方向形成裂縫）或剝落（表層混凝土局部剝落），柱之劣化若發現有沿主筋方向平行之直裂縫，且柱之四側均有此現象者，大多屬於混凝土「內在氯離子」含量過高所致，即俗稱之「海砂屋」，極易判明。（若僅兩側有沿主筋方向平行之直裂縫，則有可能是保護層厚度不足或施工不良所致，不一定是「海砂屋」）。
- 上列兩者（柱表面沿主筋方向有直裂縫者）均屬於柱之「自體劣化」，補修時，不可僅作「裂縫注入」充填接著之補修，而應將保護層混凝土打鑿至柱主筋露出，確認是否已有柱筋腐蝕之情形，並以酚鈦試液噴霧（酚鈦：Phenolphthalein）於柱筋周邊之混凝土，檢查是否已中性化（有中性化部份均應鑿除）再依實況擬訂補強補修施工計畫。
- 由於既有鋼筋混凝土柱，承擔「支持」建築物重量之重大任務，故若欲進行柱之打鑿詳細調查時，應先在柱四周之梁底，以足夠之支撐加強回撐後，才可進行柱之打鑿作業。（一般狀況可用模板用之鋼管支撐回撐即可，唯若柱已有挫屈之現象時，則應改以H型鋼加油壓千斤頂予以回撐，並施加預壓鼎住柱邊梁底）。在未完成回撐加強之前，絕不可肆意打鑿柱之混凝土作調查或補修，否則十分危險，且加強之回撐在柱之補強補修完成養護後，始可拆除。
- 柱之損傷大多屬於「結構性」損傷，其因甚為複雜，必須交由結構專家來研判，一般大多屬複合因素，如結構計畫不當、結構系統不良、斷面不足、配筋不足（主筋及箍筋）、施工不良（主筋搭接、續接、箍筋配置及紮固、箍筋彎勾等之施工失誤）、混凝土澆置不確實（柱心空洞、蜂巢、冷縫等）等此種瑕疵存在之條件下，一受外力作用（如超載重、地震力等或基礎不均勻沉陷）即會產生柱之損傷，輕微者如柱之交叉斜交裂縫（剪力裂縫）或水平裂縫（彎曲裂縫）均由裂縫可判明。嚴重者如梁下柱頭或柱腳爆裂鋼筋挫屈（柱心空洞或蜂巢）均會明顯顯現（此種現象若建築物未垮未倒，則大多僅局部之損壞，若迅速以鼎上支撐回撐扶正，則仍可採取補強補修予以修復，唯若拖延太久，則無法救回）。

- 柱之損傷或損壞，一般大多為局部性，只要未垮未倒均可以補強補修修復，唯因涉及結構之專業知識與補強補修之專業知識，故均應委託專家研判、檢討、分析及擬訂補強改善之計畫，再依計畫施作（非僅補修，而是一定要補強或改修才能修復），絕不可在未消滅造成損傷之因素前，即任意進行表面性之補修，否則比不補修更加危險。（會形成無預警性之倒壞災難）

## 附錄 2.7.1 柱鋼筋腐蝕劣化之補強補修施工技術案例

柱筋之鋼材腐蝕，一般較少發現，因為在建築物之結構中，「柱」本身所佔的重要性極大，一般人只要發現柱子有裂縫或表層剝落就緊張得不得了，深怕結構物會垮下來壓傷人，因此只要一發現柱子外表有異樣，馬上就會作補救措施，甚少等到R.C.柱鋼材暴露或腐蝕的狀況。尤其近年來，鋼筋混凝土構造之設計觀念已由以往之強度、堅固為主題之設計，轉變為「預警性結構」之新設計觀念了。也就是說，在配筋方法上將R.C.柱由柱主筋所包圍之柱核心（CORE）部份，運用環箍筋（HOOP）的紮配手法，達成其圍束力之效應，使柱子本身在遭遇破壞時，因柱之核心部份的圍束效應，其破壞的耐力要比外圍的保護層混凝土來得大，當外圍保護層混凝土因受外力破壞而爆裂時，其柱主筋所包圍之核心部份仍未受到直接之傷害，如此因外圍保護層之破壞能使人們警覺到安全危害之威脅即將接踵而來，因而得以在預知危險之狀況下迅速逃避，適切地維護人的生命及財產，使損失減至最小，因此稱之為「預警性結構」。

鋼筋混凝土柱在結構上之任務，大部份係承擔軸力，而在地震時，則承擔水平之剪斷力及彎矩應力。因此柱筋之受腐蝕之原因甚少，依據累積之施工補修經驗，大多以施工不良、保護層不足、混凝土之蜂巢現象等所致者為多。也有少部份係由於混凝土中之骨材的鹼性反應所引起，但為數不多。最常見者為混凝土施工不良，因模板縫隙太大而使混凝土搗築中產生「漏漿」之情形，致柱筋之間的混凝土形成表層之蜂巢現象（如下附照片之例），而且在施工中又未能正確補修完整，致鋼材暴露產生電氣化學腐蝕之情形。或因柱筋之施工未能妥予留置保護層，致柱筋暴露。在粉刷作業上，因外觀之關係未能施予適當之保護層，則柱筋鋼材之腐蝕生鏽亦可預期。此外尚有因當為壓縮構材之柱，其耐力不足而形成挫屈（Buckling）破壞的情形，故R.C.柱之損傷，大致可分別為「應力損傷」及「施工不良損傷」，此均為形成柱筋暴露鋼材腐蝕之主因。

R.C.柱之施工中常見之  
保護層不足、模板漏漿  
形成蜂巢之R.C.柱施工例

柱筋鋼材腐蝕之補強補修施工技術與其他如梁、版、牆等略有不同，唯擬訂補強補修施工計畫之前，仍應正確研判其造成損傷之原因，並針對此原因擬訂補強對策之後，再作補修，才是正確的補修方法。

茲就柱筋鋼材腐蝕之主因分為「施工不良」及「應力不足」兩個對象分別概述其補強補修施工技術如下：

「施工不良」之情況下，柱筋鋼材之腐蝕補強補修施工程序及施工技術：（「應力不足」之「結構性損傷」補強補修施工程序及施工技術另詳）

### 施 工 程 序

#### 1. 敲除柱主筋外表之混凝土

#### 2. 校正柱筋之保護層使之足夠

#### 3. 拌合環氧樹脂砂漿塗佈表層

#### 4. 柱表面水泥砂漿粉刷

### 施 工 技 術 要 領

- 將鋼材腐蝕之柱位，將主筋外圍之保護層混凝土敲除，使單側之柱主筋及環箍筋完全暴露為止。
- 詳予檢視柱主筋內部之混凝土是否堅實或已中性化，有否蜂巢現象存在(俗稱“爆米花”)，若有則一併予以鑿除挖空。
- 將柱筋外表混凝土鑿除部份清潔完全(竹掃及空氣吹洗)，丈量主筋之保護層厚度是否足夠，不足者以重錘將之敲進，使其足夠為止。
- 已腐蝕之主筋或環箍筋清除表層鐵鏽，並視其已鏽蝕之程度以等量斷面積以上之鋼筋予以補足，並與原鋼筋電焊牢固之。主筋之補配筋必須框入環箍筋之內，若環箍筋未蝕斷亦先予以切斷，俟置入補強主筋焊牢後再將環箍筋復原及補強環箍筋焊連之。
- 環氧樹脂(Epoxy Resin) 之原液(高黏度者)摻石英砂(30#以下細度)及水泥乾粉(Epoxy Resin原液 1 + 石英砂2.5 + 水泥乾粉 1)調拌成稠狀之Epoxy Resin Mortar (環氧樹脂砂漿)，將柱筋所有暴露部份全部塗佈被覆之，以不見鋼材為原則(3小時即可硬化，並產生達16,000 psi之抗壓強度)。
- 環氧樹脂砂漿被覆層施工完成後，3小時以上將完全硬化，再於表面

泥

以摻有 SBR樹脂之水泥砂漿（水

、砂之比例 1:2.5）予以粉刷之，並確保其保護層厚度至少 3.0cm以上為度。

- 表面粉飾復原補修按原設計施作。

如上所述之柱筋，因鋼材腐蝕原因為保護層不足或混凝土施工不良等因素所致者，由於補修之部份若僅以水泥砂漿粉刷方式為之，則其強度低於原有混凝土，對承受壓縮應力之柱而言顯然不利。而以環氧樹脂砂漿來作為主要補修材料，則具有下列優點：

- ①凝結硬化快速，僅 3小時即可達成強度，不似混凝土需28天的長時間，故安全性高又快速。
- ②環氧樹脂砂漿與原有之打鑿混凝土面之接著力強，且收縮極小，可以與柱之原有混凝土構成一體。
- ③環氧樹脂砂漿硬化後，強度可達16,000psi 以上，可彌補柱筋保護層不足之缺點，且快速產生強度，補修中如遇外力（如地震）作用其安全性高。
- ④環氧樹脂砂漿耐酸鹼性強，且硬化後又耐濕氣及天候狀況，對柱筋鋼材之保護具十足功效。

上列之優點均為混凝土或水泥砂漿所無法取代者，唯其成本較高，且施工前不得潮濕，為應注意之要點。

此項之補修方法，如柱筋僅為局部性之腐蝕，而非因保護層厚度不足之因素者，作為局部補修之工法更具經濟效果，且補修之效果亦十分優越。唯應注意，在作局部性補修時，應確實將表層已中性化之混凝土完全敲除，再作補修施工作業，其餘之作業要領與樓版、梁之補修大致類似，可參照處理之。

案例照片計 7張















## 附錄 2.7.2 柱之結構性損傷補強補修施工技術案例

鋼筋混凝土柱因承擔壓縮應力，倘因設計之耐力不足，致鋼筋混凝土柱體受「損傷」或「損壞」之情形，因涉及「結構計畫」及「結構設計」的問題，十分複雜，非得另由結構專家來檢討不可，並非僅僅依賴「施工技術」即可克服。柱之結構，依其受損之程度區分為「損傷」與「損壞」二個主題來探討，「損傷」者，係指結構R.C.柱受應力破壞而受損，其程度尚屬輕微，得以依補修及補強之施工技術予以補救之破壞而言。而「損壞」者，則指結構R.C.柱受應力破壞而受損程度十分嚴重，非得以重作或更新之施工技術方得以補救之破壞而言。亦可以說，「損傷」乃「損壞」之行為的過程，而「損壞」則為「損傷」之終極結果。

一般就鋼筋混凝土柱之受損而言，不論係「損傷」或「損壞」，大多僅為結構體中之局部損壞而已，除非整個結構崩垮破壞，否則均得以「補修補強」或作局部性之「重建更新」。此乃因鋼筋混凝土構造之建設，本來就係由工程師專家們以專業之智慧「無中生有」的建設物，每一棟結構物均須花費相當之成本建設而得，豈可因一柱一梁受到嚴重損壞，而輕言破壞整體結構物再重新建造？或視其為「危險建築」而予以打除重建？（除非因施工技術無知，武斷認為根本無法補救或經驗不足無可奈其何）

鋼筋混凝土柱之損傷補強補修方法，在擬訂施工計畫時，首先必須正確把握其損傷之內容，依損傷之程度、原因、部位等之不同，相對的其補修方法也不一樣。尤其應注意，對損傷程度的評估過小或過大，抑或對損傷原因之推測過於草率或錯誤研判，致選定錯誤的補修方法，是十分危險的。

### R.C.柱受地震力因短柱效應產生之柱破斷實例

針對R.C.結構柱，作損傷程度之評估時，不可僅對損傷之外觀的大小程度來研判，而必須針對損傷之內容或損傷之性格（損傷原因及其動態之損傷行為，往後可能產生之損傷行動演變等），作正確的掌握，才是最重要的。因為目前看來像似小小的損傷程度而已，好像不必太大驚小怪，可是往往可能因此演變成極大的損壞。所以在探討損傷之補修的課題時，必須先有「損傷」是一種「動態的行為」的基本觀念，損傷也是一種行為，是一種損壞過程中的行為，時間因素加入之後，其終極結果必是達於損壞。

一般在擬訂結構補修計畫時，必須依據使用性能與安全性有顧慮的損傷程度之結構構材為基礎，來評估其補修之必要性。或者依環境條件及使用目的，來選定損傷補修之對象。尤其是建築結構物在變更使用條件或用途後，其實際荷重大於原設計荷重之情形下（一般工廠建築或加建、違建常有此情形），雖然尚未發現嚴重損傷之現象，也應該詳細檢討其「補強」之必要性，以免等到受損傷之後再來補修，有時會來不及的。

R.C.柱之補強，在因「應力不足」之狀況下受損傷時，不可以僅就損傷部份作「補修」，應將其結構系統、結構條件及現有之容許強度等作詳細之專業檢討，以決定其「補強」之施工方式，而將「補強」與「補修」同時完成，才是正確的方法。

R.C.柱因在結構體中屬於承擔壓縮應力為主之構材，最常見之損傷乃為「挫屈破壞」(Buckling)。一般在柱子周邊之施工條件上容許的情況下（使用空間或通道寬度等，不會造成妨礙），大多採用增加混凝土斷面積的補強補修方式，將柱斷面增厚、加大。以這種方法來補強施工時，因為柱筋鋼材已因挫屈力而達降伏點（Yield Point），因此大多在沿著柱斷面增厚之軸向補強柱筋，把不足之鋼筋量配置於混凝土之增厚部份中。而增配之柱筋部份，必須加上適量之環箍筋(HOOP)與原有之柱主筋相連作成「複合柱」，所加配之柱主筋，則必須採用「鋼筋植入工法」將其深植於上下層之R.C.梁內，才能達成剛構架(Rigid Frame)之力矩傳遞與分配之作用，否則一受外力作用，即與原有之R.C.柱體分離，根本發生不了作用，反而成為累贅物。此項以「柱斷面加大方式」來補強柱之抵抗強度之施工方法及施工技術要領，列之如下：

### 施 工 程 序

#### 1. 鑿除受損柱表層之粉刷及破斷部位

### 施 工 技 術 要 領

- 將受損之柱表層粉刷及已破斷或斷裂之部份表層鑿除，使清楚可見及柱身之受損實況，作補強補修研判。
- 調查受損柱之斷裂情形及檢討補強補修方式，擬訂補強補修計畫。

## 2. 受損柱周邊梁下架設臨時支撐

- 在採取補強補修措施之前，應先以臨時支撐架設於受損柱之周邊，支住梁，以減輕受損柱之壓縮軸向應力。支撐支點位置之選定，仍應依結構原理為之，否則R.C.梁將形成原設計未考慮之額外剪力，使梁斷裂破壞。

## 3. 受損柱斷裂裂縫環氧樹脂注入接合

- 將R.C.柱體受損所致之裂縫，先以「環氧樹脂注入接著工法」注入裂縫，予以接合之。（環氧樹脂採用低黏度注入之樹脂）

## 4. 將欲加補強柱之側混凝土敲除

- 「環氧樹脂注入工法」另詳。
- 如補強柱採用單面加大斷面補強方式，則將該面之原有柱保護層混凝土敲除至原有配筋或箍筋露出為止。

## 5. 補強柱之補強主筋植入梁內

- 若係採周邊加大斷面補強方式，則將原有柱四周保護層混凝土敲除，以利接合。

## 6. 補強柱配筋，焊連「環箍筋」

- 依「鋼筋植入工法」將設計之補強柱所需之主筋（支數、大小、位置）植入於設計位置，與上下層之梁緊密連接貫穿錨定之。

(HOOP)

- 「鋼筋植入工法」另詳。
- 由上下層之R.C.梁中植出之柱筋，其突出長度至少應有 30d以上，將柱主筋長度加工成上下梁之淨高度等長，紮配其間並以電焊焊連之。
- 一般柱之損傷，大多由於箍筋

不足所引起，補強柱之箍筋依檢討修正之間距作成彎鉤，確實勾於原有柱之主筋上，並予以點焊固定（或與原有柱箍筋搭接焊連亦可）。

## 7. 補強柱部份之R.C.施工作業

- 柱模板組立，混凝土搗築，施工作業要領，依一般工程規範施工。
- 柱頂部與梁底之接合部份依「二次R.C.工法」之要領施工。



## 8. 補強柱粉刷粉飾作業

- 可使用「無收縮混凝土」施工，唯成本較高。但不可用「無收縮水泥砂漿」施工，因其缺粗骨材與原有柱R.C.強度不一致，效果不佳。
- 因柱R.C.之側模拆除時間較快(3天後)，故於模版拆除後，先作水泥砂漿之粉飾施工，並於乾燥完全後，依原有柱之粉飾方式粉飾之（貼面磚、油漆 等之類之粉飾作業）。

\* 柱頂與梁之接合部位，因一般混凝土會乾燥收縮，且因重力作用會向下收縮，因此完工後之補強柱R.C.與上層梁底之接合必不可能密合，應視為柱之「斷裂縫」，若未予接著密合，則此處仍係鉸支點(HING)無法傳遞力矩。

## 9. 補強柱頂與梁接合部位注入環氧樹脂使其密接之

\* 補助臨時支撐之拆除應於補強柱R.C.施工完成後14天以上，才可拆除。

- 俟補強柱混凝土搗築後28天並乾燥完全時，再以有機熱硬化接著用之環氧樹脂(Epoxy Resin) 注入於補強柱頂與原有梁之接合部位，使其完全接著。環氧樹脂注入方式，依「柱裂縫之注入接合」施工作業要領及技術為之。

- 注入孔拔除注入管或注入座並披補完全，本項補強柱之施工全部完成。

R.C.柱之補強工法，以上述之「柱斷面加大」(增厚)工法常被採用，唯如因美觀上之考慮或因柱加大斷面後會妨礙使用空間之情況下，無法採用「柱斷面加大」之補強工法時，亦可改採「柱鋼板捲覆補強工法」或「纖維布捲覆補強工法」為之。

「柱斷面加大」柱補強工法施工斷面示意圖

施工實例照片計 9張



















## 附錄 2.8 鋼筋混凝土構造建築物之鋼材腐蝕

鋼筋混凝土構造物中，負責抵抗拉張應力之鋼材（鋼筋、鋼絲網、鋼板、鋼棒等），在完工後10年以上之構造物，經常發現有部份之柱、梁、版或牆形成表層混凝土剝落，而內部鋼材生鏽腐蝕之情形。就其發生位置與其周邊環境、使用條件或養護程度等，各有其形成之原因。先就其鋼材腐蝕之因素而言，亦非單一或完全相同之原因所形成。最簡單的，鋼筋暴露於有濕度之大氣中必然會生鏽，就連鋼筋混凝土之構材產生混凝土之細小龜裂，也會使隱藏於其內部之鋼材產生鏽蝕之情形。鋼材之鏽蝕，必然會形成其斷面積之縮減，對於抗拉張應力亦因之銳減，致達到降伏點之永久破壞。

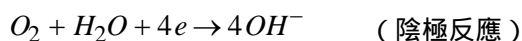
鋼材之腐蝕，一般稱為「生鏽」或「氧化作用鏽蝕」。事實上，鋼材之生鏽是一種「電氣化學作用」所造成，在電氣分解中鐵離子( $Fe^{++}$ )屬於陽離子，與水氧化後還原出之氫氧離子( $OH^-$ )則屬於陰離子，而連結此兩者之電解物質（水溶液或50%以上之濕氣）必須存在才能發生作用，除此之外，尚需在陽極與陰極之間有「電位差」存在之狀況下，才能產生電氣化學之分解作用。一般鋼材表面由於形狀或組織之不均一，可以視為有電位差之存在，也因此僅僅置放於大氣中之鋼材必然會生鏽，其道理即此。

在混凝土中，由於其孔隙中含有pH值達12.5程度之氧化鈣( $CaO$ )的強鹼性物質，因此鋼材在強鹼性環境下，會在其表面形成一百萬分之一厘米(1/1,000,000mm)厚度之水和氧化物( $\gamma-Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ )之皮膜，一般稱之為「非動態皮膜或惰性皮膜」。此皮膜用來防止氧之侵入（被氧化），因此也可以說，完美的混凝土是可以抑制鋼材的腐蝕的。（由拆除老舊建築物時可見證）

此「非動態皮膜」如果受到硫化物離子( $S^{=}$ )、硫酸離子( $SO_4^{=}$ )、氯離子( $Cl^-$ )、氟離子( $F^-$ )等之陰性離子的作用，而且溫度又昇高的狀況下，則將受到局部性之破壞，形成鋼材表面之孔蝕，其中以鹽化物氯離子( $Cl^-$ )最有危害，亦即由於氯離子( $Cl^-$ )的作用，使陽極部份之水和氧化物皮膜破壞：



由此開始產生電氣化學反應，在陰極部份有限供給氧( $O_2$ )時則：



如此持續反應下去，則形成氫氧化第一鐵 $Fe(OH)_2$ 及氫氧化第二鐵 $Fe(OH)_3$ 兩種物質出來。

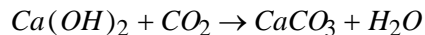
將氫氧化第二鐵 $Fe(OH)_3$ 去除水份後，變成紅色之 $FeOOH$ （紅鏽即為此成份）或者一部份氧化不完全的氧化鐵 $Fe_3O_4$ （黑鏽）出來，此種化學變化，就是一般的鋼材表面生鏽的物質（簡稱氧化鏽蝕）。

## 含有氯化物之混凝土中的鋼材腐蝕模式圖

鋼材之鏽層係多孔性易吸水之物質，因此雖然已經形成了很厚的鐵鏽，也無法抑制鋼材腐蝕的繼續發展。因此在鐵鏽底下的「鋼材」表面腐蝕，將持續進行，直到全部腐蝕殆盡成為「鏽」為止。尚且，鐵鏽比鋼材之體積更大（約 2.5倍之膨脹率），因此鋼材生鏽之膨脹壓力，將壓迫包覆於鋼材外圍之混凝土，使之碎裂剝落，一般稱之為「SPALLING(膨脹碎裂)破壞」或使混凝土產生表面裂隙（龜裂）。當混凝土表面龜裂裂隙形成後，腐蝕之進行更加容易，且愈來愈嚴重，因此整個鋼材鏽蝕之行為是動態持續進行著的，而且腐蝕的速度更是愈來愈快速。許多工程師常容易忽略了混凝土面之細小龜裂之裂隙的存在，以為並沒有什麼關係，可是如果龜裂發生之位置是在R.C.結構主體之柱、梁、版中受拉張應力之位置，則其鋼材之鏽蝕無可避免

，而且速度更快（除了「電氣化學性之腐蝕」之外，尚有「應力腐蝕」的存在），故不可因自己的「知識盲點」的無知，而隱藏著安全的威脅於自己經手的構造物。

此外，雖然鋼材表面有效之「非動態皮膜」的形成，必須依賴pH值11程度以上之強鹼性來達成，但是在水泥硬化體中的氫氧化鈣 $Ca(OH)_2$ 與空氣中的二氧化碳 $CO_2$ 接觸將形成中和作用，而變成碳酸鈣（中性）：



碳酸鈣的pH值為 7（中性物質，7以下為酸性， $pH > 7$ 則為鹼性）。但一般良質混凝土中，此類中性化的反應是需要很長久時日的，此種現象又稱之為「風化現象」。通常在混凝土之pH值到達 9程度時，則可視為已「中性化」（或已「風化」），混凝土之中性化深度，將隨著時間增加而加深，其中性化進行速度約10年1公分程度，因此不太成為問題，可是劣質混凝土的時候就不一樣了（接觸空氣中二氧化碳的機會更多，面更廣，風化也更快速）

- \* 混凝土之蜂巢現象或施工接縫位置，均較容易形成中性化，因此該部份之鋼材也較容易鏽蝕，而將表層之劣質混凝土SPALLING推開剝落。
- \* R.C.構造之梁、版施工時，因保護層不足，混凝土之中性化較易促使內部鋼材產生鏽蝕，而將表層之中性化混凝土推開，先形成沿鋼材方

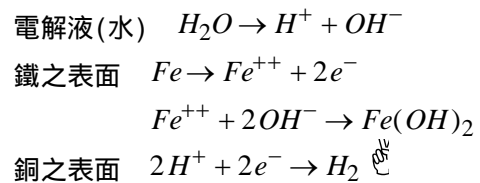
向之表面龜裂，再接著沿鋼材配置方向剝落(SPALLING)（一般多誤為「海砂屋」）。

## 混凝土之中性化與鏽之產生狀況

鋼材之腐蝕除了上述之「電氣化學腐蝕」之外，尚有因異種金屬之接觸（鋼材與鋁、銅、不鏽鋼等）產生之「電氣腐蝕」（簡稱「電蝕」）及因鋼材受持久性之拉張應力致其鋼材結晶粒之境界或結晶內部沿面受氯離子(Cl<sup>-</sup>)硝酸離子(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)或氫氧離子(OH<sup>-</sup>)等之侵入，而產生非顯示於鋼材表面之結晶粒間的「陽極應力腐蝕」(anodic stress corrosion)，茲簡述如下：

「電氣腐蝕」簡稱「電蝕」，乃由不同類之金屬接觸所形成「電蝕鏽」的問題，較多發現於建築物之伸縮縫或屋緣以「角鋼」作骨架而以「銅板」作覆蓋時，「角鋼」因電蝕而生鏽，或者在建築之配管中如熱水管採用銅管或不鏽鋼管，在樓版中與版配筋相接，或與冷水管之鍍鋅鐵管(GIP) 相接交叉之情況下，因電蝕作用使鋼筋或鍍鋅鐵管產生電蝕而生鏽。此種「電蝕」

，主要乃由於不同金屬之接觸，且其中有水或水份之介質存在，即因離子交換原理而產生電位差之化學反應，例如銅與鐵接觸之電蝕例子：



金屬因電位差「銅」為陽極，「鐵」為陰極，由上列之反應，「鐵」將受腐蝕之侵害而表面生鏽。

### 各種金屬之離子化傾向（電位差順序）

離子化傾向大	水氣
鎂 ( Mg )	銅 ( Cu )
鋁 ( Al )	汞(水銀) ( Hg )
亞鉛	銀
鉻	白金(鉑) ( Pt )
鐵 ( Fe )	金
鎳 ( Ni )	
錫	
鉛 ( Pb )	小

在潮濕狀態（電解液存在）下，異種金屬之接觸時會行成電蝕，而離子(ion) 化傾向較大的金屬會受侵蝕生鏽。因此，不僅限於雨水，像結露之露水存在時也會受影響。而在結構體之中，常見之銅管熱水管與鋼筋接觸，混

凝土又潮濕時（如浴廁、廚房地坪防水未完全之情況下），則鋼筋會因電蝕而鏽蝕。尤其因水管中之水流會形成一個小磁場（微電池），更易促進電氣腐蝕作用之進行，很多工程師疏忽此種電蝕原理，而在易受潮濕如浴廁、廚房等地坪，為何要施作「防水」的道理也在此。防水施工愈完全，電蝕作用愈不易形成，因此「防水」施工不可馬虎，否則其底下之版筋易受鏽蝕而破壞。「電蝕作用之防止」在非得採用兩種以上金屬相接施工不可時，最好選用電位差0.1v(伏特)以下之兩種金屬，否則必須以瀝青系列之塗料予以絕緣，防止電蝕之形成。

不鏽鋼管或銅管之熱水管，一般配管方式均與樓版版筋紮在一起（如箭頭所指），若此處之樓版防水不良，則將在此接觸點產生電氣腐蝕，一般均易於疏忽。改善之對策為，在此異種金屬之接觸點塗瀝青絕緣之，則可防止電蝕之產生。此即為浴廁或廚房必需作防水粉刷之基本道理，上附照片之實

例為一般工程施工習慣，因此配設水管儘可能採用離子化傾向比鐵更小的金屬管為之。

另外一種「電蝕」情況是：當混凝土中存在的氧濃度、鹽化物濃度或鹼濃度有局部性之異變時，在濃度較低部份之鋼材即成為陽極，而促成腐蝕之作用。這種情況在電位差較大的狀況下較易產生，而其陽極部份與陰極部份的距離較大為其特徵，因此也有人稱之為「微電池(Micro Battery) 作用」

「應力腐蝕」(Stress Corrosion)在預力鋼材之類經常持續性承受應力的鋼材，其結晶粒之境界或結晶內部之沿面受到硝酸離子( $NO_3^-$ )氯離子( $Cl^-$ )或氫氧離子( $OH^-$ )侵入，而形成在表面上看不見的結晶粒間之「陽極應力腐蝕」(Anodic Stress Corrosion)，但是此種陽極應力腐蝕，對鋼材之腐蝕是一種被動狀態，也就是說，對鋼材有影響的物質如高拉張應力及敏感性鋼材之類才會產生，其發生率很小。此種「應力腐蝕」，對於鋼材之「氫脆化

」(Hydrogen induced Cracking Corrosion)的形成，並沒有特定之對象，且其發生率很大。其「氫脆化」的原因，乃由於受拉張應力之鋼材會產生非常微細的「微裂隙」(Micro Crack)，被氫離子侵入而產生腐蝕，但是其他不明的原因仍很多（例如鋼筋受應力彎折伸張時，其彎折部份

就比較容易鏽蝕)。促成「氫脆化」的主要成份，乃為氯離子( $Cl^-$ ) 硫酸離子( $SO_4^{=}$ )或氫離子( $NH_4^+$ )。

由於電氣分解原理鋼材起陽極反應，同時鋼材表面形成氧化物（陰極反應）還原的作用。由於陰極反應之 $e^-$ 將大氣中之氧氣及水分解，生成一部份之自由氫氣體，因此氫便侵入鋼材之內，且在此過程中，由 $SO_4^{=}$ 等之離子來助長其反應之速度，而且此種相似之作用在鋼線接觸部份或鋼網接觸部份等缺乏氧氣的地方，也會產生。

侵入鋼材內部的氫，將使鋼材組織之物理性、化學性之結合力形成局部性之減弱。尤其是在拉張應力之下，更容易侵入「微裂隙」(Micro Crack)之內而生脆性破壞。在鋼材組織中若有局部性的粗糙部份，氫氣易於侵入之鋼材，對於「應力腐蝕」特別敏感，因此在鋼材之製造品質管理上必須特別注意。

因氫脆化而破斷之PC鋼材例



## 附錄 2.9 鋼構造建築物之鋼材腐蝕

前述之鋼材腐蝕係針對「鋼筋混凝土構造物」而言。若純以鋼材為主要材料之構造物如「鋼骨構造」或「鋼架構造」等之建築物形式，其耐久性究竟有多久，就要看其鋼材的腐蝕究係如何形成。眾所皆知「鋼材腐蝕」之進行，將使鋼材減少斷面積，而結構耐力亦因之銳減的事實。因此，在鋼構造物之維護上，只要確實瞭解其腐蝕之過程，則可訂定維護防止或抑制之適當對策。

有關鋼材之腐蝕，因其所在環境之不同，其腐蝕原因亦形形色色不同。且依其表面塗裝之保養、維護、管理的方式不同，所顯示之腐蝕狀況亦有所不同，甚且千變萬化。鋼材之腐蝕，乃係鋼材受化學性或電氣化學性（微電池作用）的侵蝕，使得鋼材之表面生成非金屬性之腐蝕生成物，而逐漸消失的現象。此種情形又可分為有水份之腐蝕(Wet Corrosion) 與非水份之腐蝕(Dry Corrosion) 二種。前者乃因酸之溶解或水所致之腐蝕，後者則為由高溫之空氣而氧化或腐蝕性氣體所致之腐蝕。

◎ 依鋼材之腐蝕產生之「環境條件」來分類，可分為如下：

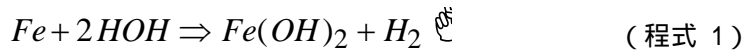
- 大氣腐蝕
- 淡水腐蝕
- 酸腐蝕
- 鹼腐蝕
- 鹽類腐蝕
- 高溫瓦斯腐蝕
- 土壤腐蝕
- 海水腐蝕

◎ 依鋼筋腐蝕發生原因來分類，可分為如下：

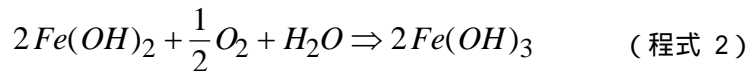
- 細菌腐蝕 (Bacteria Corrosion)
- 異種金屬接觸腐蝕 (電蝕、離子電位差產生之)
- 迷走電流腐蝕
- 氯化腐蝕
- 氧化腐蝕
- 應力腐蝕
- 通氣差腐蝕
- 衝擊腐蝕
- 其他

發生在建築物之鋼材腐蝕，大多由水與氧氣作用為主所形成之腐蝕，具代表性者為「大氣腐蝕」與「淡水腐蝕」兩種。

其腐蝕之反應程式為



\* 在水中因水溫之作用含有一定量之水氧化水素  $HOH$  存在，此  $HOH$  與  $H_2O$  不一樣，它會成為鐵 ( $Fe$ ) 之置換反應的電解質，如上列程式之反應。



\*  $Fe(OH)_2$  將與溶解於水中之氧 ( $O_2$ ) 反應成為不溶解性之  $Fe(OH)_3$  的紅鏽，慢慢在表面鐵 ( $Fe$ ) 的成份會消失之現象，即成“鐵鏽”之物。

上列之反應方程式(1)、(2)所示之反應，可以稱為電氣化學反應的進行（鋼材與紅鐵鏽之間其電位差不同，互相接觸時，在接觸部位將構成陽極與陰極之微電池(Micro Battery) 作用，而將電位較大的鋼材因電氣分解而溶解之，促成腐蝕作用之加速進行，愈來愈嚴重）。

茲將有關之鋼材腐蝕略述如下，以增瞭解其因：

## 1. 淡水腐蝕

在水中不含鹽、鹽基、酸等之水，稱之為“淡水”。為一般鋼材之具代表性之腐蝕，淡水之腐蝕的影響因素如下：

### a) 溫度

當水之溫度上昇，則水中之溶解氧量會減少，可是一旦溶解之氧擴散速度增加，就比較容易到達鋼材的表面。依試驗結果，當溫度昇高至80 時，腐蝕之程度最嚴重。

\* 一般有高溫水氣之工廠，屋頂鋼架最易腐蝕之因即此。

### b) 氧濃度

在定溫之下，鋼材之腐蝕度與溶於水中之氧濃度呈正比。

因氧之擴散速度為定值，濃度較高者，其到達鋼材表面之量當然比較多。

### c) 流動

水如果是流動狀態下，溶存水中之氧濃度雖相同，但卻使氧較易到達鋼材表面，因氧之到達量增大，其腐蝕度也增大。

淡水之中因均有鈣( $Ca$ )與鎂( $Mg$ )溶於其中，如果其濃度偏高時（稱為硬水），則會形成碳酸鈣( $CaCO_3$ )之皮膜，沉澱於鋼材的表面，使氧不容易到達鋼材表面，因此其腐蝕度也減小。

## 2. 大氣腐蝕

「大氣腐蝕」之原則大致與淡水腐蝕相類似，其水份為大氣中存之在水蒸氣，或因下雨、下雪、下霜等類之形態，直接與鋼材表面接

觸，也有因相對濕度比較大（大於70%）而在鋼材表面形成結露而生鐵鏽。

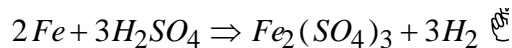
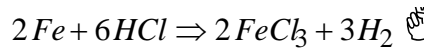
由於大氣條件之變動，潮濕、乾燥反復變化，將在鋼材表面形成鐵鏽層。但此種鏽與水中生成之鏽並不一樣，在大氣中形成的鏽，對鋼材腐蝕會形成很大的保護作用，由於鐵鏽層的發展，也相對的使得腐蝕速度逐漸減緩下來。

「大氣腐蝕」的另一種特徵是依大氣中所含之腐蝕促進物質的多寡，其腐蝕度亦有顯著的差異。

在都市、工業區，由於大氣中存在著亞硫酸瓦斯或氧化的硫酸氣，因此與水蒸氣共同形成鹽或酸之水溶液，附著於鋼材表面而腐蝕鋼材，或在海邊地區，由海上吹到陸地之海風含有鹽份(NaCl)，附著於鋼材表面上，增大了吸濕性，致促進腐蝕之作用，對於鏽層之保護性十分不利。我國都市周邊大多為工業區環繞，且屬於海島型氣候，故上述兩種之腐蝕影響均極鉅，鄉下之田園大氣則腐蝕度較小。

### 3. 酸腐蝕

酸水溶液分為「非氧化性酸水溶液」與「氧化性酸水溶液」二種。「非氧化性酸水溶液」如鹽酸、稀硫酸、草酸、醋酸等，鋼材遇此含酸之金屬性水素，則起置換反應而生成可溶性之金屬鹽，造成鋼材之腐蝕。其代表性之化學反應方程式如下：



「氧化性酸水溶液」如硝酸、鉻酸、熱濃硫酸等，此類之酸，濃度雖低亦會造成鋼材之激烈溶解。

若酸濃度高，則會形成非溶解性之氧化物。

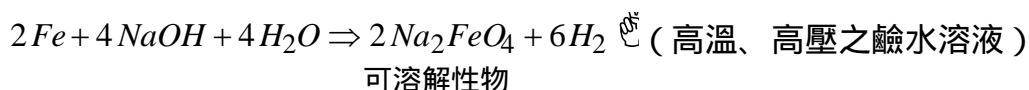
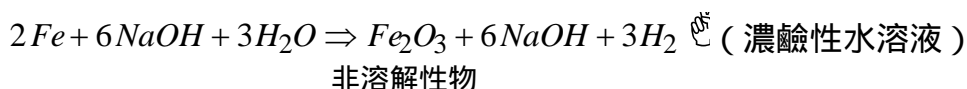


酸腐蝕依酸水溶液之濃度，其金屬之溶解量（腐蝕量）而有不同。

### 4. 鹼腐蝕

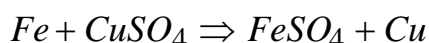
稀薄之鹼性水溶液中，鋼材不易腐蝕，乃因其在鋼材表面會形成氫氧化鐵( $Fe(OH)_2$ )之「非動態皮膜」(厚度約1/1,000,000mm)，此皮膜不溶於鹼性水溶液中。

在濃鹼性水溶液中，則生成非溶解性之 $Fe_2O_3$ 、 $Fe_2O_4$ 等氧化物，而鋼材不會腐蝕。但是在高溫、高壓之鹼性水溶液中，則鋼材會形成溶解腐蝕，物理性方面會產生「鹼龜裂」、「鹼脆化」等之現象。其反應方程式如下：

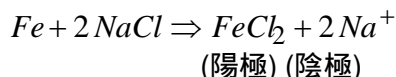


## 5. 鹽類腐蝕

鹽類水溶液與鋼材之化學反應方程式如下：



鋼材因形成硫酸亞鐵而被溶解，並析出銅(Cu)。而所析出之銅被覆於鋼材表面，雖可以阻止鋼材之溶解，但因銅之電位差較高，成為陽極，又將構成「微電池」之作用，促進其置換反應，使析出之銅的周邊腐蝕更激烈，而形成所謂的局部腐蝕(Local Corrosion)。此種現象，在鹼性或鹼土金屬的鹽類溶液中最為顯著，海水的腐蝕即為其代表。



它使鋼材之Fe溶解成FeCl<sub>2</sub>，同時析出鈉(Na)，成為陰極。而因「微電池」作用，加速腐蝕之進行，形成凹凸狀之局部腐蝕的集合體鐵鏽(海水腐蝕鏽)。

## 6. 高溫腐蝕

「高溫腐蝕」屬於「非水份之腐蝕」(Dry Corrosion)之鋼材氧化(亦稱乾蝕)。一般可見在鋼材表面之一層黑皮外表，乃係在鋼材製造過程中產生之高溫氧化物，成為鋼材腐蝕之保護層。但當其被覆膜受到破壞(局部)，而且又被水份侵入，則鋼材本身與其外表之黑皮被覆膜，因電氣能量(電位差)不同，會形成微電池(Micro Battery)作用而促進腐蝕之進行。一般而言，鋼材表面的黑皮對防鏽而言是不利的(鋼材受刮傷或彎折拉張之處較易生紅鏽，其道理即此)。

## 7. 土壤腐蝕 (Soil Corrosion)

埋設於地下之各種配管、鋼管樁、鋼樁等，與土壤接觸部份之鋼材腐蝕，稱之為土壤腐蝕(Soil Corrosion)。

土壤之腐蝕與其通氣性(孔隙率)、濕份、酸性度、溶解鹽類、比電阻抵抗等有極大之關係，依此來決定土壤之腐蝕性。

土壤內之水分中溶解著礦物質、有機物而成為酸、鹽、鹼之水溶

液與鋼材產生作用，但空氣供給不充份時，其在水溶液中之腐蝕程度亦較小，一般的水溶液中，如成份濃度差或溶解氧濃度差時，較易形成局部性之腐蝕。

土壤之腐蝕性，依土質構成而異，為其特徵。其平均侵蝕度每年約0.06mm。

且土壤中有以鐵份為營養而繁殖之細菌(Bacteria)會排出有機酸或有機鹽，而使鋼材快速腐蝕。