

〔土木 405-94〕

既有混凝土結構物 維修及補強技術手冊



中國土木水利工程學會 出版
科技圖書股份有限公司 發行

中國土木水利工程學會

混凝土工程委員會

既有混凝土結構物維修及補強技術手冊

(土木 405-94)

既有混凝土結構物編審小組委員

王炤烈	王承順	王欽璋
沈進發	林傳鐙	林樹柱
胡裕輝	高健章	張大鵬
許鎧麟	陳村林	召集人 陳宗禮
陳振川	陳清泉	黃 然
幹事 黃志民	廖書賢	蔡益超
蔡得時	蘇 南	(按姓氏筆劃序)

中國土木水利工程學會 出版
科技圖書股份有限公司 發行

國家圖書館出版品預行編目資料

既有混凝土結構物維修及補強技術手冊／中國土木水利工程學會 混凝土工程委員會 既有混凝土結構物編審小組編著 --初版 -- 臺北市：科技圖書，2005【民 94】

冊： 公分

含參考書目

ISBN 957-655-407-1 (平裝)

1. 混凝土

441.555

94021664

本書經中國土木水利工程學會授權印製發行

版權所有・翻印必究

既有混凝土結構物維修及補強技術手冊

編 著／混凝土工程委員會 既有混凝土結構物 編審小組

出 版 者／中國土木水利工程學會

總 經 銷／科技圖書股份有限公司

地 址／台北市忠孝西路一段 50 號 17 樓之 35 室

電話：886-2-23707080・傳真：886-2-23706160

網址：<http://www.techbook.com.tw/>

電子郵件：books@techbook.com.tw

郵撥帳號：0015697-3

發 行 所／成陽出版股份有限公司

業務 ▶ 電話：(02)2225-6562・傳真：(02)2225-8783

物流 ▶ 電話：(03)358-9000・傳真：(03)358-1688

印 刷／海王印刷事業股份有限公司

地址：台北縣中和市中正路 800 號 11 樓之 2

初 版／2005 年 11 月

定 價／新台幣 300 元

本書如有破損、裝訂錯誤，請寄回調換



科技圖書—Since 1969

出版序

本學會混凝土工程委員會成立四十年來一直致力於鋼筋混凝土工程之新建結構物之設計與施工之技術規範編修訂工作，並建立一完整之鋼筋混凝土工程技術規範體系，已獲政府及工程界所肯定與支持。然為因應國內大量重大工程建設之鋼筋混凝土結構物，已漸屆老衰之期，應妥為維修與補強，以延長其使用年限，若待其急速敗壞再拆除重建，不但會造成政府財政難以負擔，且對社會經濟與環保之不利影響亦難以估計。因此本人特委請混凝土工程委員會成立「既有鋼筋混凝土結構物處理小組」，及早針對既有鋼筋混凝土結構物之問題加以研究，發展維修與補強技術，研訂相關技術手冊，以供業界參考。

混凝土工程委員會成立既有混凝土結構處理小組後，積極彙整國內外之相關技術資料，研訂本技術手冊。本技術手冊之編訂完成並經數度修訂得以順利出版，得力於沈進發主任委員及混凝土工程委員會既有混凝土結構處理小組全體委員之努力，他們長期犧牲假期不辭辛勞熱心參與，特此表示謝忱，尤其感謝學驗豐富之召集人陳宗禮先生，召集國內從事實務工作之結構技師與土木技師，參與工作小組，使本技術手冊具實用性，對本技術手冊之貢獻至鉅。

既有鋼筋混凝土結構物之維修與補強技術是一個土木水利工程界即將面臨，對國家社會影響極其重大的問題，本學會混凝土工程委員會將繼續積極投入研究，及早建立所需之技術與人力培養，也期望政府主管單位能正視並予以大力協助，更企盼土木水利及營建工程界能熱烈參與，共同面對此一重大且嚴肅之問題。

本版技術手冊為初版新訂，期盼各位讀者先進，能繼續支持本學會之規範及技術手冊，並不吝給予指正與建議，讓我們共同為提升國內既有鋼筋混凝土結構物維修與補強技術而努力。

中國土木水利工程學會 理事長



謹識

中華民國九十四年十月一日

前 言

本委員會於中國土木水利工程學會第十五屆理事會成立時，接受陳理事長振川之指示，鑑於國內四十年來推動重大建設，於今既有大量鋼筋混凝土結構物，已漸屆老衰之期，若能適時及早予以維修與補強，應尚可續用多年，較之拆除重建，除可避免使用中斷不便、集中經費之財政負擔與環境衝擊外，更可獲得經濟持續發展、資源能源經費之節省與避免環境破壞之利益，誠為利國利民之真知卓見。本委員會乃成立「既有混凝土結構物處理小組」，從事既有混凝土結構物之維修及補強技術之研究。本小組由陳宗禮先生擔任小組召集人，首先以研訂相關技術規範為工作目標，於今完成「既有混凝土結構物之維修及補強技術手冊」之研訂。

本技術手冊係由本委員會既有混凝土結構處理小組召集人陳宗禮先生主持，除貢獻個人卓絕理念及多年特有維修補強實務之寶貴經驗外，並召集國內從事實務工作之結構技師與土木技師，彙整國內外之相關技術資料，研訂本技術手冊。本技術手冊初稿已於九十二年完成，並於台北市、台中市及高雄市分別舉辦研討會，除對本技術手冊做說明外，並徵詢搜集各方專家意見。再依據研討會之專家建議與心得，經一年之研討修訂，乃得定稿正式出版。

依據美國、日本等世界先進國家之統計資料顯示，混凝土結構物補強工作之需求有急速增加之趨勢，預測在本世紀，將有一半之建設經費需用在結構物之維修管理上，因為大部份 20 世紀花費龐大社會成本所建造之結構物，在本世紀即將面臨其預期壽命期限，正在尋求更佳之維修及補強技術，值得國內借鏡。本委員會未來將以此為主要之研究努力方向。

本技術手冊雖由編訂小組委員，竭盡所能，全力以赴，經長時之努力訂定而成，但對此一日新月異之技術而言，可能無法隨時立即更新，而工作中之疏漏亦恐在所難免，敬請工程界先進及各界賢達，不吝指教，共同為國內既有結構物之維修及補強技術而努力，至所企盼。

中國土木水利工程學會

混凝土工程委員會 主任委員 沈進發 謹識

中華民國九十四年十月一日

召集人的話

既有混凝土結構物之維修及補強技術與新混凝土結構物之設計、施工技術並不盡相同，前者猶如混凝土結構物之工程醫術，後者則為混凝土結構物之生產技術。由於其對象結構物在設計、施工與長年使用不同齡期之養護、維修及環境所需考慮之條件及情況均不相同，正如醫生看病，對於病人之性別、體質、成長環境、年齡、身體保養、病歷、生活環境等情況之不同，而在進行診斷醫療時，應妥加考量其差異。混凝土結構物之維修補強完全如同人體醫病，首重對症下藥，才能藥到病除，恢復健康的目的。中醫醫術分診斷與處方兩階段，均極精深，中醫診斷以「四診」（望診、聞診、問診、切診）察人病情，以「八綱」（陰、陽、表、裏、寒、熱、虛、實）作調理處方，精確診斷與處方為藥到病除醫病最高準則。中醫技術博大精深，其原理準則值得混凝土結構物之維修補強遵循。

既有混凝土結構物之維修及補強涵蓋範圍甚廣，如土木結構物、水利結構物、港灣及海洋結構物、建築結構物等，各有不同的特性與需求，且各處於不同的自然條件與環境。本技術手冊無法全部涵蓋，且維修及補強又因目的與目標需求之不同，如新建物之施工瑕疵或設計變更改修補強，急救保命之震損緊急維修及補強、養生延壽之劣化維修及補強、復健強身之耐震強化維修及補強，所需採用之維修及補強方式、技術、工法、材料及施工手段也當然不一樣。尤其，混凝土構造物之維修及補強材料，除了採用一般工程結構材料之外，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。另外，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），故本技術手冊僅能以土木結構物中之最常見的橋樑為主要敘述對象，並竭盡所能蒐集國內、外相關之較成熟技術、工法、材料及其查核評估基準，供國內工程技術人員作為參考，至於水利結構物、港灣及海洋結構物、建築結構物等，如認為可適用者，亦可參考應用。

維修及補強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，反而會使病情加劇。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，而隱藏著潛在危險於自己經手維修補強的結構物中，可用「包藏禍心」一詞形容之，故混凝土結構物之維修及補強工作務須謹慎為之。

本技術手冊由本委員會既有混凝土結構處理小組委員共同編擬，除貢獻參與委員們個人多年寶貴維修及補強之思維、理念及實務經驗外，並召集國內從事實務工作之結構技師與土木技師公會指派技師委員共同參與，且經由業界大師 陳清泉教授 高健章教授 蔡益超教授等大力指導及審定，始得以完成，謹致謝忱。今後仍待加強蒐集各種維修及補強之新工法及新材料之品質標準，希相關之專業技術人員共同努力，並藉由施工實績成效之陸續發表及相互驗證，再接再勵，對本技術手冊作修正與補充，並及早訂出中國國家標準，為所至盼。

混凝土結構處理小組 召集人 陳宗禮 謹識

中華民國九十四年十月一日

既有混凝土結構物維修及補強技術手冊

目 錄

第一章 總則

1.1 適用範圍	01
1.2 定義	04
1.3 新工法、新材料	06

第二章 維修及補強之基本計畫

2.1 一般事項	07
2.2 調查、診斷、評估之基本計畫	08
2.3 維修及補強之基本計畫	09
2.4 維修及補強作業流程	10
2.5 補強結構物性能之歷時變化	14
2.6 緊急處置	17

第三章 維修及補強材料

3.1 一般事項	19
3.2 既有結構物中之材料	19
3.3 維修及補強材料品質	20
3.4 維修及補強材料之特性值及設計值	30

第四章 維修及補強設計

4.1 一般事項	37
4.2 復原目標水準之設定	38
4.3 維修及補強範圍之設定	39

4.4 維修及補強設計圖說.....	39
--------------------	----

第五章 既有結構物之點檢

5.1 一般事項.....	41
5.2 點檢方法.....	42

第六章 既有結構物性能之查核

6.1 一般事項.....	47
6.2 評估既有結構物現有性能之項目及依據.....	47
6.3 性能逐項查核應選擇之分析方法.....	47

第七章 維修及補強工法之選定

7.1 一般事項.....	49
7.2 混凝土構材之維修及補強工法.....	49
7.3 結構體之維修及補強工法.....	50
7.4 基礎之維修及補強工法.....	50
7.5 支承補強及防止斷(落)橋工法.....	51
7.6 裂縫或斷面缺損維修工法.....	51
7.7 橋面交通確保維修工法.....	52
7.8 工法選定之建議.....	52

第八章 維修及補強之施工

8.1 一般事項.....	53
8.2 施工計畫書之擬訂.....	53
8.3 施工調查.....	55
8.4 施工要領之擬訂.....	55
8.5 工程進度表之擬訂.....	56
8.6 需相關單位認可或核可之各項手續.....	57
8.7 施工及現場管理.....	57

8.8 完工檢查、移交	59
-------------------	----

第九章 補強後結構物之性能查核

9.1 一般事項	61
9.2 安全性之逐項查核	61
9.3 使用性查核	75
9.4 復舊性之查核	80
9.5 追蹤調查	83

第十章 特殊工法

10.1 施工瑕疵之補強改修工法	87
10.2 災變受損之緊急維修補強工法	87
10.3 結構劣化損傷之維修補強工法	88
10.4 港灣及海洋結構物劣化損傷之維修補強工法	89

附錄一 補強工法

附錄二 補強工法案例

附錄三 國內結構物評估之現況檢討

附錄四 既有混凝土結構物維修及補強之思維

目 錄

既有混凝土結構物之維修及補強 技術手冊

第一章 總則

1.1 適用範圍

- 1.本手冊為既有混凝土結構物實施維修及補強工作之技術準則。
- 2.本手冊所述結構物補強方法，包含外加鋼索工法、貼附工法、捲覆工法、增厚工法及結構鋼筋植入工法等，均為目前通用之維修及補強技術。
- 3.本手冊所述結構物維修方法僅作原則性之敘述。

[解說]：

- 1.混凝土結構物一般性設計與施工之基準應依據本學會之「混凝土工程設計規範與解說(土木 401)」、「混凝土工程施工規範與解說(土木 402)」；或參照日本土木學會混凝土標準示方書(以下簡稱示方書)中之「規準編」、「施工編」、「構造性能照查編」、「維持管理編」(2002 年制定)，以上各規範本手冊均簡稱「規範」；耐震設計相關事項則依「耐震設計規範及解說」之規定；且有關混凝土結構物之維護管理標準則依日本土木學會混凝土結構物維護管理指針(案)(以下簡稱「指針」)之規定。

本手冊鑑於上述各規範之不足，為因應近年來適用例增多，乃彙整既有混凝土結構物維修及補強相關標準訂定之。本手冊係針對補強之獨特且重要之事項如：為求既有結構物與補強部份一體化之設計、施工應注意事項及補強結構物之性能查核方法等，均以重點式敘述，至於與規範及維護管理指針(案)共通之事項則僅作概略敘述。本手冊以藉改變結構物力學特性而提昇結構物之性能，並以維護管理指針中所述之「補強」「回復機能」「提昇機能」為主要目標。

第一章 總則

本手冊內容除技術手冊之主體外，並包含相關附錄資料。手冊本體主要敘述維修及補強之流程與一般事項，附錄資料則收錄補強工法、工法案例及其他資料。補強工法係以目前通用之技術為主，將補強設計、施工上須注意事項具體彙集而成，工法案例中則就所示之事項列舉適用之實際設計例。

2.目前採用之維修及補強工法種類繁多，其分類依維護管理指針如圖 R1.1.1 所示。有關結構物之補強技術目前尚處於研發階段，各工法之適用實績與技術之整合尚未臻成熟，可預見未來將有新的補強方法陸續地被開發出來，故既有工法將有新的知識不斷注入。本手冊除敘述維修及補強之基本構想外，並就眾多之實例中選定幾個工法依目前之技術將其設計、施工方法加以具體敘述。

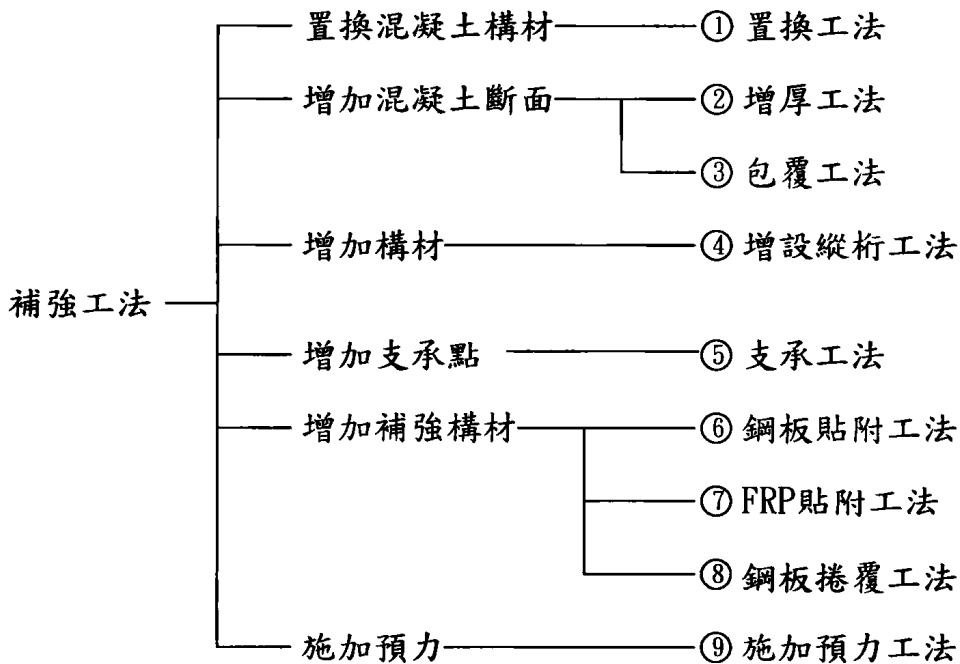


圖 R1.1.1 補強工法

本手冊僅就各種補強工法中選定外加鋼索工法、貼附捲覆工法、包覆增厚工法、結構鋼筋植入工法等之設計、施工方法加以具體敘述。外加鋼索工法包括圖 R1.1.1 所示補強工法中之⑨施加預力工法。

貼附捲覆工法則隨著補強構材之增加，而包括圖 R1.1.1.中之⑥鋼板貼附工法⑦FRP貼附工法⑧鋼板捲覆工法，以及圖中未示之FRP捲覆工法。惟FRP貼附工法及FRP捲覆工法中，僅FRP以採用連續纖維布為採用對象，並不涵蓋工廠成型之連續纖維板。增厚包覆工法為增加混凝土斷面之補強工法，包括②增厚工法及③包覆工法。

再者圖 R1.1.1 所示補強工法中有關①置換工法④增設縱桁工法⑤支承工法於本手冊並無具體涉及。本手冊內未列入之工法將待其技術成熟後再予補充列入。

結構鋼筋植入工法之原理主要係利用一般結構鋼筋直接植入於既有混凝土構材中，以其錨定力來傳遞拉張力或剪力等，類似後續施工之搭接鋼筋之錨定工法(以往為預插預留筋，做為後續施工混凝土搭接之用)，以達成混凝土結構物之補強目的，植入之鋼筋成為結構配筋的一部分。此鋼筋植入工法，實際應用於混凝土補強已有 20 多年的實績，已成為補強工法中極重要的工法。

3. 本手冊所示之各項目可能無法滿足於各種結構物之設計、施工補強案使用，且隨著技術之進步，為顧及更好之補強結構物設計與施工方法之發展應用，若有比本手冊所示更適用之補強結構物設計與施工方法，則可採用之，不必參照本手冊。惟考量彼此具有補強之基本構想之共通點，因此期望能夠尊重本手冊之主旨，並因應實況適當地應用於實務上。

有鑑於一般結構物之維修及補強技術仍處於研究發展階段，且未整合事項尚多，因此即使依本手冊實施維修及補強，其後所應進行適當地維護管理工作，亦為極重要之工作。

1.2 定義 於本技術手冊中之各用語定義如下：

連續纖維拉張材—係指連續纖維補強材中適用於拉張材之總稱。所謂連續纖維補強材係將連續纖維含浸於纖維結合材並硬化而成。以補強混凝土為目的，包括單向強化材或僅將連續纖維成束或編織而成者之總稱。

連續纖維布(板)—連續纖維以單向或雙向配置而呈布(板)狀之補強材，或於現場含浸接著劑硬化而成之 FRP 複合材。

水泥系補強材—混凝土、水泥砂漿、樹脂混凝土或鋼纖混凝土等用以增厚補強材所使用之水泥系複合材。

外加鋼索工法—將拉張材配置於混凝土外側，透過錨定部或偏向部，以施加力於拉張構材，以提昇所需性能之工法。

外置鋼材—預力鋼材設置於混凝土外側之拉張材，適用於外加鋼索工法。

內置鋼材—預力鋼材設置於混凝土內部之拉張材，依拉張材與混凝土黏裹與否分為黏裹式(*bond type*)及非黏裹式(*unbond type*)二種。

錨定部—係由錨定器及其固定構材所構成，錨定器固定於混凝土構材上，以傳遞預力於混凝土構材。

偏向部—係由偏向器及其固定構材所構成，偏向器固定於混凝土構材上，將施加於外加鋼索之預力(分力)傳送於混凝土構材。

鋼板貼附工法—於混凝土外側貼附鋼板，以補足既有構材之主筋量或副筋量，並與既有構材複合呈一體化結構，以達到提昇所需性能之工法。本工法幾乎可適用於各種混凝土構材。

FRP 貼附工法—於混凝土外貼附玻璃纖維、碳纖維、合成纖維等纖維材料(連續纖維布等)，以期與既有構材複合呈一體化結構。且為防止二氧化碳、氯離子、水分等之侵入於其表面，重覆塗佈有機系等之材料，藉此達到提昇所需性能之工法。本工法幾乎可適用於各種混凝土構材。

鋼板捲覆工法—於耐載重不足之既有橋柱四周連續配置鋼板，與既有構材複合呈一體化結構，以提昇所需性能之工法，可適用於橋墩等。

FRP 捲覆工法—對耐載重不足之橋柱四周連續配置連續纖維布等之纖維材，與既有構材複合呈一體化結構，以提昇所需性能之工法，可適用於橋墩等。

增厚工法—於混凝土表面，以混凝土或水泥砂漿材料澆置或以鏟刀塗刷，以期增加構材斷面並與既有構材呈一體化之複合結構之施工法。

無筋頂面增厚工法—不必配加鋼筋，僅鑿除構材表面予以清理，打毛後並以鋼纖維混凝土澆置將構材增厚，以提昇所需性能之工法。

底面增厚工法—主要係構材底面配置鋼筋等之補強材，其增厚材料以高粘著性之水泥砂漿為主，係採用鏟刀塗刷方式或噴附方式施作，使其與既有構材呈一體化，以提昇所需性能之工法。

補強鋼筋頂面增厚工法—一種補強構材之頂面增厚工法，於增厚部配置補強鋼筋後，再行澆置鋼纖維補強混凝土，以提昇所需性能之工法。

噴附工法—於混凝土外側以高壓噴射混凝土或水泥砂漿使其粘著於表面，以期增加構材斷面，並與既有構材呈一體化之複合結構之施工法。

底面噴附工法—於構材底面配置補強鋼筋，主要以噴附早強鋼纖維水泥砂漿藉以確保補強鋼筋之保護層，與既有構材呈一體化，以提昇既有鋼筋應力及減小撓度等必要性能之工法。

水泥砂漿噴附工法—於既有構材配置箍筋或螺旋(*spiral*)筋、鋼索等拉張補強材後噴附水泥砂漿，與既有構材呈一體化，以提昇所需性能之工法。

RC 包覆工法—於既有構材外周配置鋼筋，並澆置足夠之混凝土藉此增加斷面，以提昇所需性能之工法。

預鑄版包覆工法—於結構構材外周間植筋及配置箍筋，再以預鑄版(*pre-cast panel*)包覆，並使其接縫密合，其間之空隙則以灌注灌漿材使呈一體化。以提昇所需性能之工法，可適用於水面下之補強施工。

1.3 新工法、新材料

- 1.既有混凝土結構物之維修及補強工程，若採用新材料或新工法，應依各目的事業主管機關之規定，並經業主同意。
- 2.採用專利之維修及補強技術或施工法時，除應按上項之規定外，應由設計人或承攬人取得專利權人或其代理人之同意。必要時，應請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施工之疏誤。

[解說]：

- 1.混凝土結構物之維修及補強工程有如工程醫學，必須採用許多非一般慣用之新材料或新工法(如新藥劑或新醫術)才能達成維修及補強的目標，當然必須徵求對象業主的同意下為之，各目的事業主管機關若有特別規定則從其規定辦理。
- 2.混凝土結構物之維修及補強工程技術不同於新建工程技術，它不僅是一種工程科學，也是一種工程醫術、藝術，較先進的研究或主張必然很多且各具特色，並擁有專利權。採用專利之維修及補強技術或施工法時，除應按上項之規定外，應由設計人或承攬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施工之疏誤。