

# 主題視察報告

## 核四廠土木結構施工品質查證

原子能委員會核能管制處

中華民國九十三年十月一日

# 目 錄

|                 |    |
|-----------------|----|
| 壹、前言 .....      | 1  |
| 貳、視察之工程概況 ..... | 1  |
| 參、視察作業情形 .....  | 2  |
| 肆、結論 .....      | 8  |
| 附圖 .....        | 10 |

# 核四廠土木結構施工品質查證

## 壹、前言

核四廠建廠工程自 88 年 3 月第一次澆置混凝土開始，期間歷經 89 年 10 月停工及 90 年 2 月復工的過程，截至目前為止已歷經六年施工期，但由目前施工情形來看，距完工日仍有相當時日，鑒於鋼筋混凝土工程的不可回復及更換的特性，目前土木結構作業仍佔施工重要比例，以及考慮施工現況對混凝土結構耐久性的不良影響，因此，核四廠土木結構施工品質仍應列為目前建廠期間重要施工查證項目，本項作業查證係以初進行現場結構施工作業之循環水抽水機房工程為主。

## 貳、視察之工程概況

循環冷卻水系統包括循環水抽水機房、電解加氯機房及反應器廠房冷卻水抽水機房工程，由大棟公司承包，本工程合約於 90 年 4 月 3 日開工，工期 880 日曆天（即去年 92 年 8 月 31 日屆滿），大棟公司經兩次申請展延工期，第一次展延核定 75 天，第二次展延核定 372 天（均為日曆天），將於今年（93 年）11 月 20 日到期（實際完工日期大棟公司已預計 95 年 11 月左右才能完工，約晚兩年），目前大棟公司仍未提出第三次展延申請，前兩次承包商所提展延理由主要為「圖面不全」，實際上受鋼筋等材料物價上漲與施工處協商仲裁補貼未果遲遲不肯開工為主要原因。由於大棟公司主要承攬業務為海事工程，營建部分由其下游承包商聯強營造公司（現又更名為益世營造公司）配合施工，該公司經理有承攬核三抽水機房工程施工經驗（不過非全時間在核四辦公）。

## 參、視察作業情形

### 一、第一次視察（初次視察）

本工程實際施工作業於 93 年 1 月份開始進行，首先進行循環水

抽水機房部分之基礎結構工程，由於本案工程延宕時日過久，推測施工處對該公司品管與品保作業之要求，可能不足，因此本小組認為應及早展開查證作業，截至四月份該工程已於 2 月 23 日完成基礎第一區塊（回填區）及 4 月 9 日完成基礎第二區塊混凝土澆置作業，4 月 23 日即與核安處駐龍門施工處品保小組黃主任及水路課人員至循環水抽水機房現場，巡視已完成混凝土澆置之基礎第一、二區塊，經巡視後有以下幾點：

- (一)基座牆體內側安裝之止水帶的安裝位置不正確，造成混凝土埋置左右高程不一（如圖一）。
- (二)止水帶的安裝施工不正確，造成止水帶埋置於混凝土的高度不足（如圖二、三）。
- (三)止水帶的安裝未隨著澆置高程，改變安裝高度，造成混凝土澆置高程無法控制（如圖四）。
- (四)混凝土澆置與搗實作業不確實，使混凝土表面高低不均勻，及拆模後有局部蜂窩現象。
- (五)完成面澆置高程差異過大，造成淹水情形。
- (六)部分完成面龜裂情形嚴重（如圖五）。
- (七)鋼筋佈設，有局部不理想，使角落鋼筋間距過大。
- (八)整體施工結果，止水帶已呈失效情形，混凝土澆置作業不確實，乃建議經辦課開立 NCR 處理，同時檢討止水帶的設計與安裝施工方式。另，要求對混凝土澆置人員及現場品管人員展開教育與訓練，且必須不斷要求，施工人員才能建立正確澆置混凝土之觀念。

4 月 26 日上午再至水路課查證循環水抽水機房基礎第一、二區塊拆模後之檢驗紀錄，有以下情形：

- (一)主辦人員表示，第二區塊尚未進行檢驗，由於發現止水帶施工品質不佳，已口頭要求承包商擬定改善計畫。但此情形並不符合品管程序，依「混凝土澆置後檢驗作業程序書」拆模後及混凝土面修補時，承包商即應提出混凝土澆置後檢驗表及混凝土面修補檢

驗表，現場實際已完成模板拆除及蜂窩表面修補，程序結果不符合要求。

- (二)經辦課理應隨時巡視工地，當發現止水帶之施工品質不符合要求時，即應進行相關不符合管制要求改善，經辦課表示承包商未提檢驗表，故未開 NCR 管制，不符品保管制精神。
- (三)查證循環水抽水機房有關止水帶部分之大樣詳圖，在蓄水室四周佈設兩道止水帶，與現況符合，惟澆置後位置與高程均與圖面要求不符。
- (四)以上諸多不符合本小組立即開立編號 LM-會核-93-13 備忘錄要求施工處進行改善。除此之外，有感於審查本備忘錄第一次答覆時，答覆內容與本小組要求存在相當落差，乃要求施工處在進行止水帶改善作業時，通知本小組駐廠視察員現場查證。同時本小組亦決定加強該工程整體品保、品管與施工品質查證之深度與廣度。

## 二、第二次視察（加強視察）

6 月 2 日循環水抽水機房工程完成基礎第三區塊混凝土澆置作業，職即於 6 月 29 日至 30 日對第三區塊混凝土施工作業品質及品管作業進行視察，查證結果相較於第二區塊之施工品質，止水帶的部分確有改善，但由表面混凝土凌亂的狀況（如圖六）則顯示，混凝土澆置施工作業品質仍舊不足。另，針對止水帶的佈設及文件的審查等發現缺乏整體性考量，以致各盡其職卻存在對問題了解產生落差。以下即為視察發現摘述如下：

- (一)循環冷卻水系統之止水帶設計形式包含內裝型及外裝型兩種，內裝型止水帶的安裝理應使施工縫形成封閉迴路，外接型止水帶儘管其仍具有止水設計功能，但主要係於底層施工縫或伸縮縫之鋪底防水，在設計功能上與內裝型安裝於混凝土內部畢竟不同，應無法取代內裝型止水帶的設計，循環水抽水機房結構工程之止水帶設計查證後有以下未周延情形：

- 1.在基礎底板一、三、四、五區塊間施工縫有外裝型止水帶卻無內裝型止水帶設計，而止水帶的封閉迴路設計要求使得內、外型止水帶連接的獨特現象（如圖七），其止水性仍待評估確認。另，本項設計變更過程之審查核可程序不夠周延，有必要請施工處澄清說明。
  - 2.大棟公司曾基於混凝土澆置施工需要，將基礎澆置區塊分割變更圖，兩度送核技處審查核可（原設計基礎未分區，大棟公司因施工需求區分為五個區塊分區施工澆置），然此項作業未充分考慮止水帶設置需求之情形。
  - 3.止水帶設計疑義，中興工程顧問公司曾以第一區塊情形回覆施工處，說明無需設置止水帶，但其理由並非適當，且答覆中未對其他區塊間施工縫是否須設置止水帶及種類有所說明，經辦課在此情形下，即進行後續處理之簽辦作業，有未儘周延之處。
- (二)循環水抽水機房等結構為 S 級或 R 級結構物，且下半部結構在海平面以下，其混凝土構造物之防水、耐久、防蝕的水密性要求，應較核島區廠房結構及汽機廠房結構要求高，但核島區廠房結構及汽機廠房結構均有防水層設計，且基礎層底部有濾排水設計，抽水機房等結構工程之混凝土強度要求，亦未較核島區廠房及汽機廠房高，設計公司是否以充分考量同時滿足強度、耐久、水密性等要求。
- (三)循環水抽水機房基礎第三區塊混凝土澆置作業，有下列發現需再作檢討改善：
- 1.止水帶設置處之混凝土澆置高程控制不夠確實，部分過高或過低，致止水帶埋置高度不足。
  - 2.基礎上方有部分區域具蓄水池功能，其牆體設計有兩道止水帶及凹樁，兩道止水帶因分別安裝於凹樁兩側凸緣上（如圖八），其外側混凝土厚度受鋼筋及保護層等厚度需要，致內側圍束止水帶之混凝土厚度略薄，在混凝土打毛作業及清除品質不良混凝土時，很容易損害止水帶功能，應請施工處考量修改施工凹

樁尺寸之可能性，以提供止水帶足夠混凝土圍束厚度，以確保止水帶應有之功能。

- 3.由澆置混凝土表面混凝土鬆散、高低不一及缺損的情況研判，澆置時之混凝土表面搗實作業並不夠確實。
- 4.基礎側面模板拆模後，發現在東西兩側表面有顏色不同、弱面（節理）、凝結時間不同，以及上層模板膨脹表面凸出等施工冷縫現象（如圖九~十二）。
- 5.由於抽水機房基礎混凝土第一~三區塊，均發現有多處此類混凝土冷接縫之缺陷情形，除應請施工處評估此一情形對工程品質之影響程度(防水、耐久、防蝕及水密性要求)、檢測成因外，並研擬改善及預防對策。
- 6.有局部養護水流經基礎牆面造成輕微水泥漿被洗刷流失（如圖十三），以及表面混凝土未硬固遭刮傷之情形，建議施工處應就不同配比混凝土之緩凝情形，統一規定保守拆模時間或各配比分別拆模時間。

(四)查證抽水機房基礎第三區塊混凝土拌合廠預拌混凝土發料單，有以下情形：

- 1.整體出料情形雖未見明顯中斷，但部分時段因同時供料給其他工地，造成供料速度變緩，恐影響澆置作業連續性。
- 2.發現有多車次(82~92)之發料單，其完成澆置之時間在 60 至 85 分鐘間，幾達混凝土廢棄時間(90 分鐘)，有影響品質之疑慮。
- 3.部分發料單上顯示之到達時間有不符合作業管制之異常情形，如正常到達時間距出廠時間約在 5 分鐘左右，但有些僅花 0~1 分鐘，甚至有到達時間比出廠時間還早的錯誤紀錄，記錄作業之落實有待加強。
- 4.本次澆置時程長達 30 小時，從經辦課、品質課、信南拌合廠均輪班換人，但由收料單簽收人之簽收紀錄顯示，澆置現場負責簽收之人員均為同一人，是否合理，請澄清。
- 5.以上情形建議施工處在混凝土供料速度，作整體考量管控，及

承包商應提出供料速度需求，來確保供料不影響混凝土澆置連續性。

(五)經辦課與品質課對於抽水機房工程承包商許多可能影響施工品質之情形，如：止水帶安裝品質及混凝土澆置作業不良，致止水帶失去止水設計功能，僅要求承包商改善，而未依品管作業程序進行管制及追蹤改善作業情形；承包商未依程序書規定通報施工處即逕自修補基礎第一、二區塊混凝土表面，以及施工過程中發生停電、塞管、供料緩慢、搗實作業不確實等，均未依品管作業程序，採行規定之品保(管)作為，致有違反核四工程有關品保方案及管制要求之狀況，並導致第三區塊施工品質仍有多項品質不佳情形。施工處應針本案處置過程檢討、評估各項工程及管理缺失情況及影響，並進行改善。

(六)核四工程均規定澆置前應完成澆置計畫書，但循環水抽水機房工程僅將澆置計畫書附於檢驗表後，而未依承包商文件審查作業程序書要求事先進行審查、審定與發行。此外，由於抽水機房基礎區塊面積大、水密性品質要求高，而由之前澆置作業所出現之管控與品質缺失，顯示施工處應再加強檢討澆置計畫書審查之品質及執行時之落實，以確保澆置分區順序、時程、準備工作與執行時之完善與適當。

(七)針對循環水抽水機房發生之混凝土施工品質、止水帶設計與施工品質、未適時採取管制程序管制追蹤或預防策略，以及文件審查等問題，本會曾以備忘錄(LM-會核-93-13-1)要求對相關工程及品管進行教育及訓練，目前承包商雖已辦理部分訓練課程，但訓練對象及訓練項目應再做加強。經辦課與品質課則仍未對本工程相關人員進行工程檢討及其相關之教育與訓練，此顯示相關工程人員對施工品質不良的檢討與反應，仍不夠積極。施工處應正視此問題對工程品質的影響，品質課亦應做好品質及品管作業監督之工作，並建立各工程人員正確品質觀念。

### 三、第三次視察（止水帶改善作業查證視察）

經第一次視察之台電答覆及第二次加強視察後，施工處亦積極辦理相關改善，但由成果（改善作業文件內容）來看，有予人信心不足之感，故本主題視察除第一次視察開立編號 LM-會核-93-13 備忘錄及第二次視察開立編號 LM-會核-93-23 備忘錄與 AN-LM-93-006 注意改進事項外，並要求改善案現場施作時，通知本會視察員，故第三次視察時即於改善案執行時，進行現場查證。

本案止水帶改善案於 8 月 31 日施作，由於經辦課通知時（當日），正辦理其他視察作業，無法立即趕赴現場，且相信施工處應已做好適當管制工作，乃於稍後與品保主任至現場巡視作業情形，巡視後及相關討論及後續作業情形，整理以下幾點：

- (一)現場巡視時，包括經辦課、品質課及品保小組均派員到場監工。
- (二)承包商所提改善計畫送業主審查並經核技處及設計單位中興顧問公司審查同意，但經職審視後，認為止水帶改善施工計畫並無法含蓋現場狀況，部分有埋入混凝土中，部分則全部露出。（本改善計畫內容事前曾非正式看過，並表示內容不夠周延，提供經辦課參考。）
- (三)本項改善案採用不收縮 Type II 型水泥漿進行修補作業，澆置厚度要求經辦課表示至少滿足 3 cm，澆置前檢驗表經查證，確經經辦課及水路課檢驗完成同意澆置不收縮水泥漿進行止水帶修補的改善作業，且經初、覆驗兩次檢驗程序始完成檢驗。
- (四)經查證現場實際作業情形，發現鑿除混凝土情形，並不符合前述 3 cm 要求（如圖十四），甚至止水帶偏斜鬆動（如圖十五），卻無澆置不收縮水泥漿的安排，經審酌並與品保主任、經辦課、品質課及大棟公司品管主任討論後，確認不符合改善計畫作業品質要求（各單位現場均無異議），於是要求經辦課（水路課）暫停改善作業，並請於確認改善完成再通知本會視察員查證，始得繼續作業。
- (五)除尺寸不符要求外，巡視時現場已施作部分區段，但施作時未考

量止水帶特性、不收縮水泥漿材料及施工步驟（僅單側施工如圖十六），將作業程序及要求標準訂定清楚，以致作業中斷時，仍存在止水帶功能失效的疑慮。

(六)本作業情形經本小組討論後，認為施工處在本會一再要求下，仍未能符合要求，經辦課及品質課工程品管人員對於作業要求標準，並未掌握清楚，因此決議以正式文件（93年9月3日會核字第0930031290號書函）要求施工處暫停本改善計畫作業，並請施工處對相關作業執行情形進行檢討及擬定改善方案到會說明辦理情形。

#### 肆、結論

本項主題視察結果，自問題發生開始，即主動與經辦課、品質課討論，希望能儘速將不符合情形改善完成，以符合工程施工品質要求。但有以下幾點歸納施工處相關課人員對本案之處理態度，以致使得改善計畫作業無法符合要求：

- 一、對問題發生的反應不夠積極，曠日費時毫無改善績效。
- 二、對問題的內容了解不夠，本會提出質疑時當場未提出解釋，事後又提出說明表示本會發現與事實不符，經現場再確認始接受本會對問題的看法，顯示無法掌握問題與工程品質要求的程度，因此除了不能提出適當而完整的改善計畫外，審查時也無法確認內容是否恰當。
- 三、經辦課埋頭苦幹，不懂得溝通以了解問題，對事情的處理過於本位，自認已提出改善計畫本會即應接受的不正確觀念。
- 四、品質課部分相關人員對自我角色定位不夠清楚，甚至視本會管制作為為“找麻煩”，還給經辦課相關人員不正確的觀念，影響經辦課對本案處理的態度。
- 五、經辦課及品質課相關人員在承辦本工程長久以來，未實質開工情形下，早已不記得先前接受的訓練（包含品保與施工），因此，無法針對問題要求承包商改善，以及未採取適當管制措施。

以上整體而言，顯示施工處相關課人員在專業上有不足之處，因此對不符合改善的要求未及時掌握；對於核四品保要求的各項管制作業方式不夠清楚，以致未適時採取適當且做好管制工作。故本案在一開始發生時，即要求以本案事例辦理相關人員之教育訓練，來加強現階段相關人員對於改善計畫作業內之專業認知與能力，但本案要求施工處檢討至今仍未辦理本案案例之訓練（本訓練應包含止水帶施工之專業訓練及管制作業之品保訓練）。

目前本案在本會要求下，施工處已對本會進行專案報告，而單就改善方案內容部分，本會已同意施工處所提改善計畫方案，但仍要求相關改善作業執行前應完成所有承諾及事項，並通知本會視察員後，始得執行改善計畫。雖然本會對教育訓練項目的要求施工處尚未完成，本會仍將以前述開立之注意改進事項及備忘錄等文件方式管制，要求施工處改善。至於現場作業則可藉現場查證確認，若施工處仍未能符合承諾改善之要求，本會將採取進一步管制措施，確實要求施工處改善，做好本會對建廠安全、品質無虞要求的管制立場。



圖一：CWPH 止水帶安裝位置不當混凝土高程不一



圖二：CWPH 止水帶安裝施工不當另側無混凝土情形（1）



圖三：CWPB 止水帶安裝施工不當另側無混凝土情形（2）



圖四：CWPB 止水帶安裝未隨完成面施作



圖五：CWPH 基座混凝土完成面龜裂情形



圖六：CWPH 基座第三區塊混凝土澆置後表面凌亂情形



圖七：CWPB 基座內、外型止水帶連接情形



圖八：CWPB 外牆兩道止水帶混凝土圍束厚度不足情形



圖九：CWPH 基座疑似冷縫情形（明顯縫隙）



圖十：CWPH 基座疑似冷縫情形（顏色不同）



圖十一：CWPH 基座疑似冷縫情形（同昇層上下厚度卻不同）



圖十二：CWPH 基座疑似冷縫情形（明顯節理）



圖十三：CWPH 基座過早拆模致養護水洗刷表面混凝土情形



圖十四：CWPH 基座第二區塊止水帶澆置不收縮水泥漿應鑿除混凝土厚度不足 3 cm情形



圖十五：CWPH 基座第二區塊止水帶偏斜情形



圖十六：CWPH 基座第二區塊止水帶改善不當的單側施工情形