

核四廠二號機反應器基座鋼構
製造品質視察報告

行政院原子能委員會
核能管制處

中華民國九十三年六月

目 錄

壹、前言.....	1
貳、視察計畫及過程.....	2
參、視察結果.....	3
肆、結論.....	14
伍、視察照片.....	17

核四廠二號機反應器基座鋼構製造品質視察報告

壹、前言

自九十一年八月原能會同意核四廠一號機反應器基座鋼構第二至五層展開重製作業後，中船公司已於去(九十二)年中完成一號機第二至五層部分之製造作業，並分別順利交運至核四工地進行組(安)裝作業，目前工地現場已組(安)裝至第三層；二號機部分則仍在中船高雄廠進行廠製作業。而由重製作業展開至今，原能會為追蹤台電、新亞及中船公司各項改善措施執行狀況，以及品保改善承諾與品管規定落實情形，曾分別於九十一年九月及九十二年二月兩次派遣視察團隊，赴中船公司高雄廠進行實地查核。

根據前述兩次視察之結果顯示，台電、新亞及中船公司在製程管制方面，均已依照改善規劃措施執行，各項品質缺失亦大致獲得積極性之改正，顯示基座製造有關之品保體系已在正常運作。然依核能品保條款之精神及有關規定，台電公司應對此一品保體系負起監督及管制之責，以維持並確保品保體系之運作正常及作業之品質。因此在台電公司研擬基座品質缺失改善規劃過程中，本會亦要求台電公司應加強對基座製造有關品保體系之監督及管制做為，以建立健全之品保體系及查核功能。

為避免類似銲材誤用事件在核四工地的基座組(安)裝作業出現，在事件檢討及改善過程中，本會亦要求台電、新亞及中船公司應參考廠製階段之各項缺失情形及改善措施，加強工地部分之銲接管制作業。根據本會及日本 JAPEIC 專家多次之視察結果顯示，中船公司之各項銲接管制作業，均多能依照有關之規定執行。惟在本會歷次之視察中曾發現部分安裝施工項目，如其(或部分)作業內容能於廠製階段即先進行施作，將可對基座工程之品質及施工效率有所提昇，因此亦曾多次要求台電公司應針對曾進行安裝施工程序與設計變更等之施工項目，進行作業內容之檢討，並將相關經驗回饋至二號機基座之廠製作業中，期提昇基座整體施工品質。

因此，基於查核台電公司基座品保監督作業，以及了解二號機基座廠製作業改善與二號機基座現階段製造及管制作業執行情形等需要考量，本會乃於九十三年五月四至六日派遣視察團隊，赴高雄中船公司執行核四廠二號機反應器基座鋼構製造品質之視察作業，本報告即綜述此次視察作業之過程與結果。

貳、視察計畫及過程

本次視察團隊係由原能會核能管制處及核研所核四建廠安全管制支援小組共四名視察人員所組成，並由原能會核能管制處姜文騰技正擔任領隊。視察中除持續查證中船公司銲接作業管制情形外，主要

針對台電公司品保稽查與品管查核作業執行，以及一號機基座安裝經驗回饋執行現況進行查證及了解。

視察作業執行前除分別請中船與台電公司針對基座製造現況，以及台電公司對中船公司稽查作業執行情形，進行簡報說明外，為利於有關一號機基座製程改善回饋執行現況視察作業之進行，視察人員除於視察前會議中說明本項視察項目之主要內容外，亦與台電、新亞及中船公司人員針對有關內容及視察方式進行初步之討論。

目前二號機基座已完成第二至五層各分塊之組裝作業(基座廠製時每層分四塊進行製造)，現正進行除銹及塗裝之準備作業，第一層部分依其規劃進度約已完成七成之製造工作，目前已完成外板絕熱覆層銲接及熱處理等有關之作業，現正積極進行外板水平主銲道之銲接作業，未來則尚需進行外板水平銲道熱處理及肋板與內板等部分之銲接作業，據中船公司之估計，第一層部分之製造作業應可於今(九十三年)八月中完成。

參、視察結果

一、品管功能、查報及檢驗作業(含台電及新亞駐廠部分)

目前台電及新亞公司均各自派駐兩名具銲接檢驗師資格之品質人員於中船公司，執行製程、銲接檢驗及中船公司品管作業查證等工作。本項目之視察作業主要針對台電及新亞公司駐廠人員查核

中船製程品管及其執行銲接檢驗等作業之情形進行了解，視察執行中除查閱駐廠人員之工作日誌外，並曾實際抽閱部分中船公司之作業紀錄文件進行比對。視察結果顯示駐廠人員對於各項品質檢驗及品管作業之查核，大致均能遵循有關作業程序書、駐廠人員工作導則及對本會之改善承諾嚴謹執行，惟視察人員仍建議針對下列事項進行檢討與改善。

- (一) 台電駐廠工作日誌所附之檢驗執行紀錄，有部分使用影本，建議對需要存檔之檢驗紀錄或其他文件，應以原件歸檔，如非必要避免使用影本。
- (二) 針對台電駐廠人員執行中船公司臨時性銲道之管控措施及資料處理中心作業查核，均未留下任何紀錄之情形，建議台電公司於執行類似廠商品管作業活動查證時，能要求查核人員留下查證作業執行紀錄。

二、銲接管制作業

關於本項視察項目之執行，主要依據中船公司銲接管制程序書之規定，針對中船公司及台電公司駐廠人員執行銲接有關管制及查核作業情形進行了解。各項查證作業執行情形摘要如下：

(一) 銲材管制作業

1. 有關銲材室門禁管制措施，以及電銲工作指派及銲材領用

表(即 WMWA-1 表或 W3 表)之簽發與鐸材之發放與回收等之作業，中船公司仍大致維持原有之作業規定，僅針對同日二次領料之管制要求，依本會前次視察之建議進行改正，查核中船工作人員執行情形，均能符合規定要求。

2.有關鐸材發放量之管登方式，中船公司已由逐筆記錄於紀錄表之方式變為即時電腦建檔，經查核當日及部分過去 W3 表之鐸材用量情形，均已即時鍵入且無誤。

3.查核鐸材室烤箱設備校驗狀況，並抽查 E9016 鐸材材質證明文件(CMTR)與存放、標記(示)情形，均符合規定要求。

4.依規定台電駐廠及中船品質人員應每周查核鐸材室有關作業執行情形，經查閱近二月以來之台電駐廠鐸材管制抽查紀錄表及中船監工日誌顯示，台電駐廠及中船品質人員每週至少會進行兩次及一次之巡查作業。

(二) 資料處理中心依規定每日需依據 W3 表、鐸接檢驗查對表及鐸接基本資料表等資料，對鐸材使用情形進行查核，並將結果於三日內登錄至鐸接管理總表。目前本項作業之執行符合規定，並能留下作業紀錄備查。而為避免 W3 表回收不確實影響作業正確性，中船工作人員自行設置每日發出查核表單，管理 W3 表發出回收情形，顯示工作人員具

有自我提昇作業水準之認知。此外，亦會定期將銲接管理總表統計異常部分之處理結果通知台電駐廠人員。

- (三) 對於銲接人員資格之管制，中船公司每三個月均會依 W3 表中銲接人員工作情形，進行銲工資格延續、停止之審查，並發行銲工資格一覽表，經以 W3 表抽查部分銲工之資格，均符合規定。
- (四) 查核部分銲道之銲接檢驗紀錄，對於各銲道之預熱、層間及銲材保溫桶等溫度之管制，已改採每日查核與記錄之嚴謹作法。
- (五) 依改善承諾對於臨時性銲道中船公司應建立管控措施，以管制其施作、移除及檢驗作業，根據中船公司臨時性銲道編號圖面及檢測(驗)等作業紀錄完整情形顯示，其執行情形良好、落實。然為確認臨時性銲道作業紀錄之正確及完整性，建議台電公司應建立查核作法。
- (六) 查核二號機第一層外板之熱處理紀錄，發現該熱處理紀錄係由中船公司製作及簽發者(經洽詢中船有關人員，該紀錄係轉錄自萬機公司之熱處理紀錄)。由於此一熱處理作業實際上係由萬機公司執行，因此，中船公司應無簽發熱處理

紀錄之權責，針對此一情形中船公司應加以改正，以符作業實況與品保要求。

三、不符合項目管制

自中船公司開始核四廠基座重製作業以來，台電公司共計發出三十二件不符合管制項目(台電總公司十七件，施工處八件)，其中九十二年開立之十七件，除一件已答覆尚待台電查證外，其餘十六件中船公司均已完成答覆並結案。所餘之十五件均為在本(九十三)年四月份間發出者，目前尚在答覆期限內。另根據台電公司之管制紀錄顯示，中船公司對於各不符合管制案件，均能在答覆期限內進行處理答覆，且多數之案件均能立即提出解決方案，並執行改善活動，顯示中船公司積極處理之態度。

四、一號機基座製程改善回饋執行現況

針對本項視察項目，視察人員於視察前即曾就一號機基座工地安裝作業執行至今，因後續設計變更、實際施工限制與需要及本會視察發現等因素，致需進行製程變更且為本會要求或建議應於二號機廠製作業中改善之作業項目進行整理，並選擇其中較為重要者做為視察查證之項目。而近來發生之基座混凝土灌漿作業及一號機基座第一、二層間水平銲道(WN.23)所引發之部分問題及其對基座製造之可能影響與因應措施規劃情形等，本次視察亦將之列為視察內容，有關本項視

察作業之內容及中船公司之執行改善現況與台電公司現階段之規劃情形，分項簡述如下：

(一) 鐸道修補作業

在一號機基座基板鐸接過程中因考量外板之鐸後熱處理溫度，超越法規對混凝土耐熱溫度及時間之限制，而進行之鐸接製程變更中，於最後在內板鐸道處發現有缺陷，由於內板無需鐸後熱處理，因此當時順利完成修補工作。惟考量缺陷若出現在外板，則既有之程序書將無法應用，故台電公司應針對基座外板與基板鐸接之可能修補情況，儘早研擬修補程序書備用。

對於鐸補作業雖然法規並無明確之次數限制，惟實務上多認為應越少越好，因此，在本會歷次之視察中曾多次建議台電公司應建立鐸補管制機制及鐸補程序之評估要求，以維持鐸補作業之品質，降低鐸補之次數。

針對鐸道修補作業之改善，在管制制度上台電公司同意將要求駐廠人員對於曾修補之鐸道，於鐸接作業查對表中標示中船公司製程中鐸補次數，以監控鐸道修補次數，並會要求中船公司遵循其鐸補程序書中之有關要求。至於，對基座外板與基板鐸接修補程序書之研擬，亦承諾將會再與奇異公司洽商，並審慎評估因應預防措施。

(二) 二號機第一層外板端部過渡覆層銲 (Buttering Welding) 現況

在一號機基座外板與基板銲接作業變更中，外板下端部之開槽形狀與角度，因限於工地現場之施工條件，實際上與程序書之銲道開槽設計有些出入。基於回歸程序書要求及確保品質之考量，本會當時即曾要求二號機基座第一層外板下端部開槽角度應確實遵照程序書規定，並於高雄廠完成 buttering 及 PWHT 等之作業。

依視察人員查閱熱處理及銲接檢驗紀錄，二號機基座第一層外板下端部之開槽角度與 PWHT 等作業均已依規定完成，惟因缺少 buttering 過渡覆層之厚度測量紀錄，無法證明覆層厚度符合程序書之要求。為證實覆層厚度，中船公司實地以銲道表面酸洗方法(Macro Etching)，顯現覆層之厚度情形，經視察人員實際檢視、量測，符合程序書 6mm 以上之要求。

(三) 第一層外板的 SRVDL 不銹鋼支撐墊板施工現況

一號機基座第一層於工地安裝期間，核四廠設計廠家奇異公司決定變更反應器安全釋壓閥洩壓管路於溼井內之支架設置位置，於基座第一層外板，由於奇異公司設計之支撐墊板(Spacer Plate)採取銲接方式固定於基座外板，因此設置處於銲後必需進行銲後熱處理。由於工地現場之施銲及熱處理執行環境條件遠

遜於廠製時之條件，因此為提昇二號機施工品質，本會亦曾要求此項作業應廠製時完成。此外，因鑑於一號機之設計變更施工作業之依據為臨時性之 RMCN，在作業程序上並不夠嚴謹，為此在歷次視察中本會亦多次促請台電公司，應請奇異與中船公司完成設計及製造圖面之正式改版發行，以確認相關變更作業之審查及評估均已完成，減少再次變更之需要。

經於二號機第一層製造現場實地檢視，外板 SRVDL 支撐之不銹鋼墊板均已完成銲接及銲後熱處理，另中船公司亦提出完成修改及正式發行之二號機基座製造圖面相關圖面，供視察人員查證。

(四) 基座廠製及工地組裝銲道相關文件轉換機制

於查證一號機基座第一、二層間水平銲道銲接(即 WN.23)龜裂過程中，發現基座之製造及安裝施工係分別依據廠製圖與安裝圖兩套圖面進行，且由於兩套圖面之銲道編號系統並不一致，因此同一銲道編碼，在兩套圖面上代表之銲道並不相同。由於出現施工人員誤將廠製圖中 WN.23 銲道之非破壞檢測結果，登錄於安裝圖中 WN.23 銲道之銲接檢驗表非破壞檢測欄位中，導致該銲道之過渡覆層未執行非破壞檢測作業。雖然此一提前使用安裝圖銲道編號，係有其作業實務上之需要，然亦顯

示此一編號方式有可再改善之處，因此本會認為台電公司應採取適當措施，以避免類似情形再發生之可能。

經視察人員就前述情形與台電及中船人員再討論後，台電及中船人員雖認為目前之鐸道編號方式確有改善之空間，但原則上已能符合品保規定之基本要求，且目前即使更改編號系統，對工程現況之改善助益亦不大，因此台電公司考慮在移交至工地之品質文件中附加說明之方式，補充文件之完整性，避免類似作業紀錄誤植等之作業疏失再發生。

由於亦發現二號機基座第一、二層間水平鐸道 WN23，亦無覆層鐸道厚度之量測紀錄，因此中船公司亦以酸洗方式再顯現覆層之位置及厚度，經視察人員檢視酸洗顯示之覆層厚度約為 10mm，大於 5mm 之程序書要求。

(五) 基座第一層 Dwg. No. C237B-244-A026 的 Section-Q 混凝土澆置之需求與鋼構設計的配合現況

核四廠反應器基座內部中空部位，依設計應以混凝土加以填充，針對此一混凝土澆置作業，本會曾於視察其規劃與準備現況之作業中，發現一號機基座 Section-Q (Dwg. No. C237B-244-A026) 區域之結構形態現況，如必需進行澆置，似需增設澆置及排氣孔，以滿足混凝土澆置之要求，由於有關之結

構變更作業在廠製作中進行完成，將可免去工地無謂之切割及再銲補作業，因此本次視察即希望了解，基座 Section-Q 區域之澆置需求及要求，以及相關要求可否於二號機廠製階段進行。

依奇異公司正式之文件說明 Section-Q 區域，的確必需澆置混凝土，原有之人孔將以鋼板銲接封閉，並再另行於適當位置設置澆置及排氣孔。由於二號機基座在板料下料裁切時即已將 Section-Q 區域之人孔裁出，因此，此部分將再以鋼板銲接封閉，至於其他修改變更部份，中船公司表示將盡量於廠製時進行。

(六) 銲道編號 WN23 銲道補銲執行現況

一號機基座第一、二層間水平銲道 WN23 於核四工地銲接後，發現全周均有斷續性之不合格缺陷，雖然台電及中船公司曾即研擬銲補程序並選定一小段試行補銲，惟檢驗後仍發現不合格缺陷，為審慎起見本會要求台電公司應於確認缺陷肇因並擬妥對策後，再進行銲補作業，本次視察中擬了解相關作業之執行情形。另考量原有之施工用銲接程序，已不符合目前銲補作業之法規要求，亦應再準備適當之銲接程序書，以符法規要求。

對於 WN23 銲道銲補處理現況，在台電及中船公司人員再檢討原銲補程序之可能缺失後，已修正完成再銲補作業程序之

初稿，在設置於高雄廠之鐳補模擬模型進行測試，且證實未有任何缺陷產生後，目前正依本會要求請設計廠家奇異公司進行審核中。至於對本會要求應於完成鐳補作業程序書後，方可進行相關作業之要求，基於考量模擬模型與實物上之差異可能性，以及再測試之實務需要，在於台電公司討論後，擬以前述經奇異公司接受之再鐳補作業程序初稿為基礎，以施工指引(instruction)之方式做為測試階段之作業依據文件，以提供現場施工人員詳實之作業依據，以加速補鐳作業之執行。

五、台電公司稽查作業

依改善規劃台電公司之承諾，基座展開重製作業後，台電公司將會加強對中船公司之稽查作業執行，對此依台電公司之規劃分別由台電核安處及龍門施工處，依其品管品保權責進行不同頻度之稽查分工。本次視察主要針對台電公司九十二年迄今所執行之稽查作業情形進行了解，根據視察所見，台電公司稽查作業之執行在內容範圍、深度及人員品質方面大致符合要求，惟在龍門施工處部分之稽查作業執行頻度，尚不能符合台電公司之承諾頻度。以下簡述本次視察之情形及發現：

- (一) 針對台電公司稽查(核)中船公司之頻次，依台電公司之改善承諾，台電核安處每季應至少執行一次，龍門施工處則每月應不

定期查核基座鋼構製造品管作業狀況至少一次，經查證：核安處九十二年度共進行五次稽查作業，本(九十三年)年亦已執行一次(九十三年四月)，符合承諾。惟龍門施工處九十二年度僅執行七次，本(九十三年)年至今亦僅執行一次(九十三年四月)，其執行頻度不符承諾，有待改善。

- (二) 對於台電公司稽查作業之執行內容，根據查核結果其範圍包含：中船公司之材料驗收、標示與追溯、製程及銲(材)接管制、NCR 管制、人員資格與訓練、品保與品管之功能與稽查與一號機基座製程改善回饋執行情形，以及施工處與新亞駐廠人員檢驗作業與品保功能等，已包括基座製造及品管等有關管制項目與本會視察意見。
- (三) 另根據台電核安處及龍門施工處有關之稽查(核)程序書，查核台電公司派遣之稽查人力素質，其中台電核安處曾派遣之十名人員均具有稽查員之資格，符合程序書要求，至於龍門施工處之三名查核人員之資格，亦符合施工處對廠商品質稽核人力資格之要求。

肆、結論

本次核四廠二號機反應器基座鋼構製造品質視察作業，主要針對中船公司基座製造銲接管制 台電公司製程品管與品保稽查等作

業執行現況進行查證，以確認基座製造品質及品保監督作業，是否仍維持重製後之水準。此外，為能進一步提升二號機基座安裝作業之施工品質，本次視察團隊亦針對本會歷來於一號機基座安裝作業視察中發現，並請台電公司能於二號機廠製作業中加以改善之項目，進行執行現況之了解。依據視察過程所得之發現，在二號機反應器基座鋼構製造之各項銲接管制及品質管制作業方面，中船及台電公司大致均能依循並落實既有之規定，部分作業之執行品質亦有再提昇之情形。而對於本會歷次視察之發現，亦多已針對缺失完成改善，顯示基座製造作業之品質及其品質系統之運作情形，仍維持良好之狀況。而在二號機基座廠製作對於一號機安裝經驗回饋採用及執行之情形方面，透過本次視察之查證，確認二號機基座廠製作業已將大部分之一號機安裝經驗，反應並執行於其目前的製程中，至於少部分近期發生之案例，在與台電及中船工作人員的再次溝通後，亦已了解其將採取之品質再提昇措施。

針對本次視察過程中所發現之缺失及建議事項，因主要涉及台電公司之改善承諾及品質作業紀錄觀念之再提昇，在確認對製造作業品質沒有實質之影響後，視察人員除已於視察過程中提出外，亦將函請台電有關部門進行檢討改善或參考，期確保對品質系統之監督品質。整體而言，核四廠基座製造品質仍能維持重製改善規劃之

目標水準，而配合落實一號機安裝經驗回饋之製程改善作業，相信對於二號機基座鋼構之整體施工品質應會有更進一步之提昇。

註：本報告限於篇幅附件部份並未附上，如有任何疑問，請洽本會牛效中科長，Tel：02-2232-2140



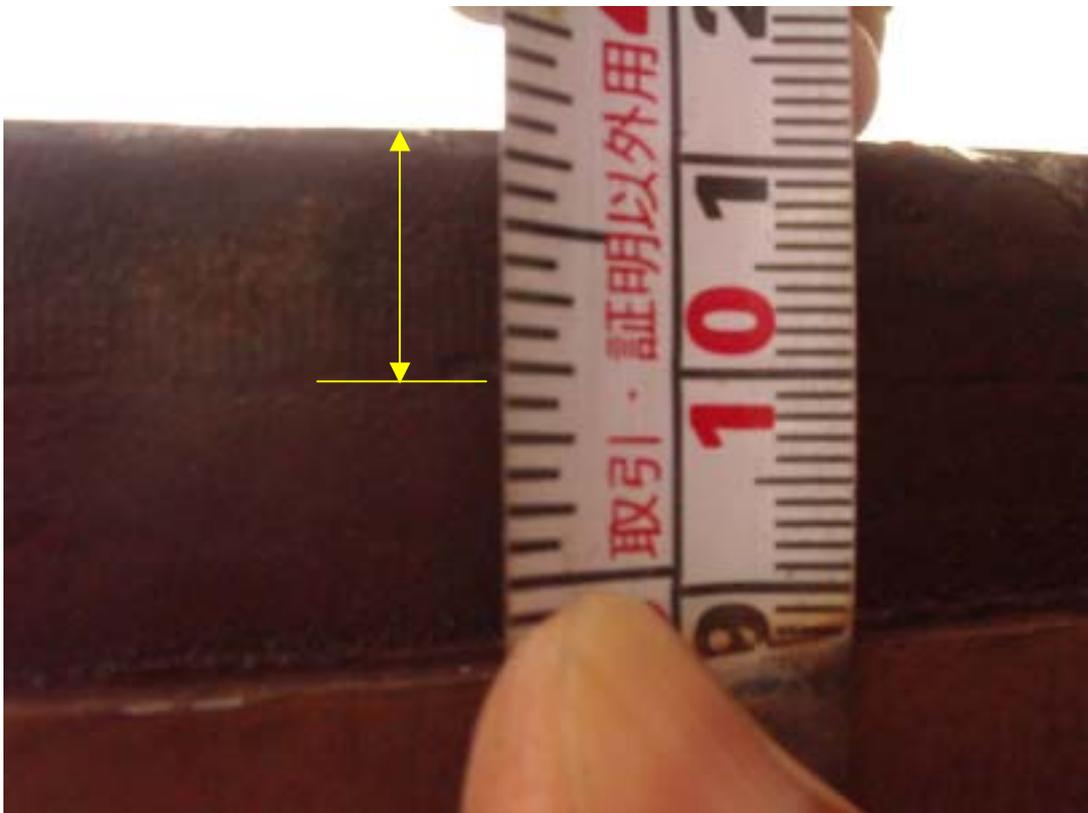
照片一、視察前會議



照片二、二號機基座第一層製造現況



照片三、二號機基座第一層外板 SRVDL 支撐墊板施工現況



照片四、二號機 WN23 銲道過渡覆層量測



照片五、二號機基座第一層外板下端部開槽現況



照片六、視察人員了解 WN.23 鐸道鐸補模擬情形



照片七、二號機基座第五層製造現況



照片八、視察後會議