

龍門核能電廠第十二次定期視察報告

行政院原子能委員會
核能管制處

中華民國九十二年十一月

目 錄

壹、前言.....	1
貳、視察項目.....	2
參、視察結果.....	2
肆、結論.....	12
伍、視察照片.....	14

壹、前言

目前核四廠建廠工程在台電公司有關部門及現場工作人員的共同努力下，多數之土建結構及一、二號機核島區設備管路安裝工程均能依規劃持續進行。例如一號機反應器基座安裝工程，目前基座第二層已運送到工地進行組合作業，待基座第一層銲接安裝作業完成後，即可進行基座第二層安裝工作。

為持續吸收日本核電廠建廠品質管制作業經驗，提昇本會視察人員之視察管制作業水準，本次定期視察仍就即將而來之反應器壓力容器安裝管制作業需求，委請日本財團法人發電設備技術檢查協會(JAPEIC)派遣具反應器壓力容器製造檢驗經驗之專家參與。JAPEIC 專家除共同執行部分視察作業項目外，亦與本會及台電公司有關之管制與施工人員，交流有關反應器壓力容器製造、安裝及檢驗之經驗與心得。

本次定期視察作業即由原能會核能管制處(七人) 與核研所核四建廠安全管制支援小組(三人)之視察人員，以及兩位 JAPEIC 專家組成之視察團隊所共同執行，並由原能會核能管制處牛科長效中擔任領隊，於九十二年九月二日至五日實施。視察人員區分成兩組，分別針對機械設備安裝作業、非破壞檢測作業、銲接作業管制、承包商工程品保方案及執行現況、混凝土試體試驗、安全設備品質文件等核四工程相關管制作業進行分組視察。本報告即綜述上述視察作業之執行情形及結果。

貳、視察項目

截至九十二年七月底止，核四工程實際累計總計畫進度為47.6%(各分項進度為：設計：92.28%，採購：92.34%，施工：27.96%，試運轉：0%)，目前進行之主要工程包括：核島區與汽機島區廠房結構及設備管路安裝工程、核廢料廠房新建工程、放射性廢料處理系統機械設備與管路安裝工程、循環冷卻水進出水道(含海底隧道)工程及循環冷卻水抽水機廠房工程等，共計三十一項。

本次定期視察之執行區分為兩組進行，第一組針對機械設備安裝作業、非破壞檢測作業與銲接作業等之管制情形進行查核，第二組除持續執行安全有關設備之品質文件抽查外(本次針對爐心隔離冷卻系統有關設備進行查證)，亦針對部分承包商工程品保方案之執行現況，以及龍門施工處對 FCR/ECN 及混凝土試體試驗作業之管制情形進行深入查核，期了解相關作業之執行情形。

有關本次定期視察實施之對象、項目及人員等，參見附件一。

參、視察結果

一、第一組部分：

(一) 機械設備安裝作業、非破壞檢測作業與銲接作業

本次視察作業兩位日本 JAPEIC 專家共同實地參與機械設備安裝作業、非破壞檢測作業與銲接作業等之視察，其中對於機械

設備安裝作業與銲接作業之視察方式，以赴施工現場實地查證有關施工作業執行現況為主，並輔以作業紀錄文件之查證；至於非破壞檢測作業則以查證檢測作業管制程序紀錄及檢測紀錄為主，以了解施工處對檢測人員資格、設備可用性及程序等管制作業之執行情形。根據前述三項視察項目之視察結果顯示，絕大多數之施工作業項目均能具有良好之執行水準，以下簡述 JAPEIC 專家與本會視察人員針對此三項視察項目之共同視察意見。

1. 查核中船及中鼎公司銲材室銲材領用與回收、銲材儲放等管理作業狀況及有關管制文件，相關管制及文件作業均能依規定落實執行。
2. 查證非破壞檢測股執行非破壞檢測作業管制情形及大世界檢測公司之各項檢測記錄(PT, MT, UT, RT)，顯示有關管理及文件管制作業執行情形均十分良好。
3. 巡視一、二號機控制廠房機械設備安裝作業，發現使用於不銹鋼或 INCONEL 材質管路之碳鋼支架未使用絕緣墊片，為避免出現材料電位腐蝕問題，請施工處加以改善，並注意其他管路吊架是否有類似情形。
4. 於一號機控制廠房發現 1P21-STRT-0128、0132 等數只管路吊架之組合螺栓並未依一般要求穿出螺帽至少兩牙之長度，請施工處予以注意並改善。
5. 發現部分不銹鋼槽噴嘴之端蓋及其他保護措施有脫落現

象，為避免造成不銹鋼材料之腐蝕，請予以注意改善。

6. 對於已整理好但無法設置防雨設施之待銲接銲道，建議能於研磨完成後能以可熔式油漆予以保護，以避免因雨導致其快速生銹及需反覆除銹(漆)之困擾。

除會同 JAPEIC 專家共同執行上述三項之視察作業外，本會視察人員亦再針對非破壞檢測與銲接等作業中，本會曾特別要求改善之作業執行現況進行追蹤查證。查證結果簡述如下：

1. 非破壞檢測作業品管

針對由承包商自行實施非破壞檢測作業之 S 級銲道，本會曾要求施工處應依工程別進行至少 3%之抽查作業，對於本項抽查作業之執行方式，施工處非破壞檢測股係依檢測項目之不同採取不同之方式，對於 PT、MT 及 UT 等項目採取不定時派員現場見證之方式進行(目前抽查比率在 90%以上)，僅 RT 部分進行事後之抽照作業。經查核近三個月來之 RT 抽檢作業紀錄，發現不僅相關作業均能依規定要求執行，非破壞檢測股並已建立一完善之作業流程及管理方式，使得本項抽檢作業之執行呈現良好之系統性及完整性。

2. 銲接作業管制

- (1) 查核電銲股執行現場銲接作業及承包商銲材室巡查作業執行狀況，顯示相關作業人員均依規定頻率執行，相關

作業紀錄登載情形亦相當落實。

- (2) 有關承包商銲接機具測試查證作業，依程序書規定承包商應於執行定期保養維護及測試前通知電銲股，電銲股得視需要決定是否派員到場見證。惟查核此項作業執行情形，發現僅有對中鼎公司之查證作業紀錄，經進一步了解，發現施工處電銲股實際執行本項作業時，係於承包商定期測試作業外，再要求承包商額外進行測試以為本項查證作業之執行，因與程序書之要求有所出入，致要求承包商主動配合之約束力並不充分，致不易全面落實執行，為有效落實本項規定，請施工處針對實施方式再做研究改善。
- (3) 針對中船及中鼎公司銲條烤箱未使用記錄紙帶持續記錄烤(保溫)箱溫度之情形，本會曾要求應建立每日定期巡查措施以確保烤(保溫)箱運轉狀況均能符合法規要求。經實地查核本項作業執行情形，中鼎公司已建立一巡視紀錄表並落實執行有關要求，中船公司雖未建立專用巡視紀錄表單，但已將本項要求之精神落實於烤(保溫)箱之管理措施中，已能符合管制之要求，此外，電銲股亦能落實事後之查證作業。

(二) 工安與廠務管理

本項視察作業結果，除依據視察人員實地赴一、二號機反應

器及汽機廠房進行巡視之發現外，亦彙集前述三項視察項目執行人員於施工現場執行視察作業時之發現。依據視察中之各項發現，本會視察人員認為，施工區域整體環境清潔仍有極大改善空間。以下摘述視察巡視過程中之主要發現：

- 1.一號機反應器廠房照明充足且逃生指示燈均運作正常，但一號機控制廠房及二號機反應器廠房因部分照明燈並未使用，致廠房內照明亮度仍然不足，施工處相關人員應注意此一狀況，並加強巡視及迅速予以改善。。
- 2.二號機控制廠房 EL-1850 樓板預留孔周圍並未設置防止人員墜落之安全阻絕設施，應儘速設置以維護工作人員之安全。
- 3.一號機控制廠房地面散置有供人員行走之木板，然木板仍可發現釘子附著其上，為避免造成施工人員受傷，應要求工作人員在使用前加以注意並予適當之處理。
- 4.施工區域仍可見施工廢棄物任意堆置致影響整體環境清潔及觀瞻，請施工處針對堆置區域及清運時機訂定管制機制並落實執行。
5. 一號機反應器廠房現場開關箱插座電線未依規定自穿越孔進入，如此不僅造成開關箱門無法關閉，且易使電線受損，此種作業方式施工處應即要求改善，並提醒工作人員注意。

二、第二組部分

(一) 承包商工程品保方案及執行現況

針對非破壞檢測承包商大世界檢測公司品保方案及有關作業程序書執行查證，結果如下：

- 1.品質保證方案(GW-LM-QPP) 已依本會審查意見完成 R1 版之修正，此外方案中承諾之程序書及依本會審查意見之新增程序書皆已製備完成。經查證大致符合 NQA1 相關規定及龍門計劃工程需求現況。
- 2.相關文件均已編印成冊，分類集中於檔案匣中，並編寫目錄表便於查閱，相當簡潔方便值得稱許，查證過程發現目錄中部分文件編號有誤，負責同仁均能充分配合立即予以更正。
- 3.依據相關程序書規定 RT 底片覆判及所有檢測報告均需高級檢測師簽署，經查證已完成之檢測報告均依規定執行。
- 4.查閱程序書游離輻射安全防護措施作業辦法(QPP-0-07, R0)，發現其中對於”劑量”與”劑量率”有混用情況，由於兩者在輻射度量中所代表之意義大不相同，應予以修正以免混淆。
5. QTP-7 for AWS & QTP-3 for ASME 等兩份磁粒檢測作業程序書，對於黑光燈表面照度之要求，於第 7.2.2.2 節規定，惟其對於黑光燈與被檢物間距離要求之敘述似有所彈性 (....黑光燈與鐸道間距離不大於 380mm 時強度需大於 1000 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$)，為免引起工作人員誤解，建議加以修改使之明

確。

6. QTP-1 for ASME & QTP-5 for AWS 等兩份放射線檢測作業程序書，對於 γ -ray 射源種類之使用規定為 Se-75 或 Ir-192，但相關之檢測報告表中，射源種類勾選項目卻為 Ir-192 及 Co-60，應加以修正。另於第 8.2 節中明列鐸冠高度相關接受標準並規定鐸冠高度不得高於限值，由於放射線檢測檢驗人員與鐸道檢驗人員之權責及資格要求有所不同，且鐸道量測及目視檢驗並非本程序書之所應涵蓋之範圍及放射線檢測檢驗人員之權責。雖然有關人員曾說明此一規定之目的在於提醒檢測人員注意鐸冠高度對檢測之影響，然為避免引起放射線檢測人員可能之困惑，建議將此部份規定之目的加以敘明或另置於適當之章節中。。
7. QTP-1 for ASME 射線檢測作業程序書中對於鋼鐵類材料之檢測厚度範圍規定為 6mm 至 75mm，且經查證並無其他程序書可供 6mm 以下鋼鐵類材料檢測作業之執行，惟考量核四工程實際上仍有 6mm 以下鋼鐵類材料之射線檢測作業需求，請檢討此一規定是否滿足實際需要並採取必要之措施。
8. 查證黑光燈校驗紀錄，發現 X1、X2 數值均未填寫，僅直接填寫 X1 - X2 數值，與磁粒檢測設備校正作業程序書 (QTP-7-01 for AWS & QTP-3-01 for ASME) 第 7.2.1 節規定不符，應加以改正。

(二) 工程設計與施工介面管理(含 FCR/ECN 管制)

有關本項視察項目，此次視察內容以 FCR/ECN/DCN 等案件之處理及管制作業執行情形的查核為主，以了解施工處及有關主辦部門，是否確實依有關程序書之規定執行。本項查證結果簡述於後：

- 1.施工處迄今已開立 140 件 FCR，其中已結案有 135 件，執行中尚有 5 件。抽查 FCR-CIV-0137、FCR-HYD-0128 及 FCR-CIV-0127 等三件，係以 ECN/DCN 方式結案。經查 ECN/DCN 已確實發行並執行中，符合程序書之要求。
- 2.依 LMP-QLD-004 程序書之規定，永久變更應採用附件六表格，該表格備註（NOTE）欄要求 RDO（原設計權責廠家）須兩人簽署該文件，經查 FCR-HYD-0125 及 FCR-CIV-0136 兩案均僅一人簽署，應予注意改善。另 FCR-HYD-0128 及 FCR-HYD-0129 兩案使用之表格，則均將 NOTE 部分去除，惟該部分因涉及 RDO 執行之要求，故仍有使用之必要，並符合程序書之要求，應加以恢復。
- 3.抽查對進版圖面之管控，發現有關進版圖面之發行作業均符合程序書要求，惟對舊圖面之回收，若有涉及承包商時大多均無法依程序書規定，於進版圖面簽收後三日內將舊圖面繳回，例如：DCN-ZL-003 一案汽機課申請六份管制版文件，其承包商（尚磊公司）領用四份，並依規定將工地兩份舊圖抽換，另兩份則存放於該公司，惟舊圖未依規

定繳回銷毀。針對上述現象，除請工管課儘速建立舊版圖面回收稽催制度外，各課並應清查舊版圖面繳回之情形，以避免誤用舊版圖面。

(三) 混凝土試體試驗

核四廠自建廠以來，原能會即對混凝土品質控制相當重視，期間已先後兩次針對核四廠混凝土結構與品質辦理專案視察。而施工處的混凝土圓柱試體抗壓實驗室目前已取得國家實驗室認證 (CNLA)，而在本次視察中亦可以發現，施工處在混凝土品質控制作業的管理上已達到相當之品質水準與用心，惟視察期間發現有下列作業事項在實際執行時，與相關程序書中之規定有所差異。

- 1.依混凝土製造品質管制作業程序書 6.7 規定「品質課依規定齡期會同拌合場監管課/拌合場承包商/工程經辦課壓試驗試體」，然實際上僅拌合場承包商配合品質課在場進行試驗，與規定不符。
- 2.查證混凝土圓柱試體之抗壓試驗，其試體尺寸量測、升壓速率均符合「混凝土圓柱試體抗壓強度檢驗標準工作說明書」規定，但在雙面蓋平及石膏強度時間等之規定方面，則未能符合實際執行時之需求，請施工處依實際狀況需要檢討工作說明書，並配合執行，以符合工作說明書規定。
- 3.檢視地震試體強度情形，結果顯示早期強度並不穩定 (160psi~1000psi 之間)且強度偏低，此現象對於地震強度

的評估作業，除有可靠度影響外，低強度亦產生較差的評估結果。因此，建議施工處針對早期強度穩定性及工作度考量（凝結過慢影響後續作業）檢討配比外，並考慮提高早期強度需要性，以提昇早期抵抗地震力之結構強度。

- 4.抽查部分混凝土強度評估作業，有數份評估表之「同一拌合試驗間差異離差係數（V1），依 ACI214 評定為不良（Fail）」，顯示試體製作尚有改善空間，請加強試體製作之品質要求，同時對承包商所提評估結果報告之承諾應要求其落實執行，避免流於形式而失去強度評估作業之功能。
- 5.抽查近期汽機廠房設計強度 5000psi 之 56 天齡期混凝土圓柱試體抗壓強度，其強度在 5300 至 5600psi 之間，請施工處說明前述試體平均抗壓強度（ f'_{cr} ）與設計強度（ f'_c ）是否滿足相關規範要求，同時對於同一設計強度其早期（88 年）試體強度可達 7000psi，但目前大約在 5000 至 6000psi 之間，請檢討是否滿足設計餘裕之需求，並對強度改變進行肇因分析。
- 6.目前二號機汽機基礎因水密性混凝土（Watertight concrete）在 ACI 318-95 規範水灰（膠）比為 0.4 其 $f'_c = 5000\text{psi}$ ，為求施工方便與保守起見，二號機基礎一律採 $f'_c = 5000\text{psi}$ 之 H 型配比混凝土，但一號機基礎均為 4000psi 之 H 型配比混凝土，請檢討一號機基礎需水密性混凝土部分是否滿足二號機水密性混凝土規範要求。

7.依「核四計畫有關地震對龍門計畫構造物影響之評估準則」規定「混凝土試體應置於澆置現場養生，....」，依此查證九月三日現況三個澆置現場（CWS、行政大樓、#1 TB）之地震試體，發現#1 TB 現場試體維護管理仍未盡完善，請施工處就此現象要求相關單位落實地震試體養護與管理作業。

針對上述情形，本會已請施工處再做檢討或即進行改善，以落實混凝土品質控制相關規定，再提昇核四廠混凝土品質控制管理作業的品質。

（四）安全設備品質文件查證

本次視察有關品質文件查證部分，係針對爐心隔離冷卻（RCIC）系統安全相關設備之品質文件進行查核。相關之視察內容及結果將另撰專案視察報告。

肆、結論

本次定期視察除持續邀請日本 JAPEIC 專家共同針對機械設備安裝、非破壞檢測及銲接作業等項目執行視察作業外，亦根據核四建廠工程進度及本會管制規劃需要，再就承包商工程品保方案、FCR/ECN 管制及混凝土試體試驗等作業之現況，進行全面性之查核。

視察結果顯示，在機械設備安裝、非破壞檢測及銲接施工作

業等之管制方面，大體上均能遵循有關之作業規定加以執行，且作業執行之品質亦能維持既有之良好水準，獲得參與視察作業之 JAPEIC 專家的肯定。至於在承包商工程品保方案、FCR/ECN 管制及混凝土試體試驗等項目方面，則因發現部分程序書之規定仍有不明之處，以及部分作業內容之執行尚有未能完全符合程序書規定要求之情形，而為視察人員認為有需要再作改善及檢討。針對這些視察發現，視察人員在確認並未對工程品質造成實質的影響後，除於視察過程中告知相關部門及人員外，為確實督促台電公司及施工處完成改善，避免或預防類似問題之發生，視察人員除依往例視問題的嚴重情形分別開立四件注意改進事項及四件視察備忘錄，並循行政作業流程正式發函台電公司要求檢討改善外，本會亦將進行持續性之改善管制追蹤，期達到提升核四建廠施工品質之最終目標。

註：對本報告如有任何疑問，請洽本會牛效中科長，Tel：02-2232-2140



照片五：核廢料廠房施工現況



照片六：視察反應器廠房機械設備及管路安裝情形



照片七：視察一號核反應器儲存情形



照片八：視察鐳材管制情形



照片九：視察非破獲檢測管制情形



照片十：視察後會議情形