

出國報告（出國類別：實習）

大潭計畫廢熱回收鍋爐製造安裝 技術報告

（裝訂線）

服務機關： 台灣電力公司核火工處

姓名職稱： 林衍森 / 鍋爐股長

派赴國家： 日本

出國期間： 93.12.6 ~ 93.12.22

報告日期： 94.2.2

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：大潭計畫廢熱回收鍋爐設備製造安裝技術

頁數 18 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

林衍森/台灣電力公司/核能火力發電工程處/鍋爐股長/(02)23229531

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：93 年 12 月 6 日至 93 年 12 月 22 日 出國地區：日本

報告日期：94 年 2 月 2 日

分類號/目

關鍵詞：廢熱回收鍋爐(HRSG)、燃氣透平機(Gas Turbine)、蒸汽透平機(Steam Turbine)、複循環(Combine Cycle)

內容摘要：(二百至三百字)

利用燃氣透平機(Gas Turbine)做完功後的燃氣餘熱，再加熱水使之蒸發成為高溫高壓之蒸汽，來推動蒸汽透平機(Steam Turbine)帶動發電機發電。這個利用燃氣餘熱來產生動力蒸汽的設備就是廢熱回收鍋爐(HRSG)。大潭複循環(Combine Cycle)機組中由廢熱回收鍋爐所產生的電力(毛發電量共 1,592,000 Kw)佔整個電廠發電量(毛發電量共 4,384,200 Kw)的百分之三十六點三左右，不可謂之不大。

所以在設計時，就必須考量如何能將絕大部分的燃氣餘熱轉換成推動發電機的蒸汽動力，爐內傳熱面的布置、材料材質的選擇…等，都是須要注意的部分。而設備安裝時的程序與安裝品質的檢驗，則又關係到機組是否能如期完工、順利商轉發電以及將來運轉壽年期間之運轉可靠度。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目 次

	頁次
壹、目的	4
貳、過程	5
參、心得	17
肆、建議事項	18

壹、目的

1. 主題：本次出國主要任務為研習大潭複循環機組廢熱回收鍋爐設備設計安裝有關之技術。
2. 緣起：為使大潭複循環發電機組工程順利執行和將有關之設計、製造、安裝與運轉維護技術移轉，因此合約中規定承包廠家 MHI 須提供本公司選派人員技術訓練之服務。
3. 實施要領：前往大潭承包商 MHI 研習和蒐集複循環發電機組熱回收鍋爐有關設備之技術，並赴廠家製造工廠瞭解其製造過程、組裝、試車與品管之技術。
4. 希望成果：熟悉複循環發電機組熱回收鍋爐有關設備之技術，瞭解回收鍋爐與其相關設備材料之選用原則、介面整合等事宜，以利將來新機組之規劃、設計與工進。

貳、過程

一、 前言：大潭複循環發電計畫主設備標採統包方式由日本三菱重工業株式會社（Mitsubishi Heavy Industries, LTD., MHI）得標承包，共分兩個階段（Two Stages）進行工程，第一階段（Stage I）包括兩組油、氣兩燒複循環發電機組及一部全黑起動機組，第二階段（Stage II）則包括四組純燃氣複循環發電機組。

第一階段每組複循環發電機組由三部 M501F 氣渦輪發電機搭配一部汽輪發電機，兩組機組合計毛出力約為 1,485,400 kW（燃氣）或 1,367,800 kW（燃油），其中由廢熱回收鍋爐搭配汽輪發電機所提供之毛發電量分別為 564,400 kW 及 496,000 kW；第二階段每組複循環發電機組由二部 M501G 氣渦輪發電機搭配一部汽輪發電機，四組機組合計毛出力約為 2,898,800 kW（純燃氣），其中由廢熱回收鍋爐搭配汽輪發電機所提供之毛發電量為 1,027,600 kW。

複循環發電機組係由氣渦輪機、廢熱回收鍋爐、汽輪機及發電機等主要設備組成，其操作原理為將空氣導入氣渦輪機的壓縮機加壓成高壓空氣後，進入燃燒室與噴入的燃料混合燃燒，變成高溫高壓的氣體推動氣渦輪機做功發電，氣渦輪機排出之廢熱則由廢熱鍋爐回收，產生蒸汽導入汽輪機再次發電，具有機組熱效率高、啓動快及升載快的特性，本次實習依據合約前往製造廠家研習，接受廠家專業指導及訓練，以進一步瞭解廢熱回收鍋爐設備及系統之製造和相關之安裝、測試及試運轉程序，俾便將來協助現場機組安裝過程正確，機組測試及試運轉順利。

二、 行程：

93年12月6日：

往程，台北往日本。

93年12月7日至93年12月19日：

在MHI Power Systems Headquarters研習，由Mr. Chibumi Kimura（木村千章）安排研習事宜，並由Mr. Takayuki Suto（須藤隆之）與Mr. Tsuyoshi Dohi（土肥剛）負責指導。

93年12月20日至93年12月21日：

在MHI Nagasaki Shipyard & Machinery Works參觀大潭機組之製造情形，與本處外購課林課長坤全先生會合，由Mr. Satoru Iwamoto（岩本悟）安排參觀事宜。

93年12月22日：

返程，日本回台北。

三、 研習內容：

1. 設計：廢熱回收鍋爐係利用氣渦輪機做過功之排氣熱能，產生推動蒸汽渦輪發電機所需動力之蒸汽，故其設計上必須考量能與氣渦輪機性能作完全配合。大潭複循環發電機組及針對此需求有以下之特殊設計。
 - a. 採用立式煙流（Vertical Gas Flow Type）設計，煙道與廢熱回收鍋爐入口處平順的彎道接合，讓煙氣的流動非常流暢，而不需另外裝設導流板（Guide Vane）等設備。
 - b. 採用自然循環（Natural Circulation）設計，爐水流經蒸發管（evaporator）係藉著熱虹吸（Thermo-siphonage）之自然循環力量，爐管的材料選擇與安排讓氣與水的熱交換能平順的進行，水與汽能適切的轉換。

- c. 多階段的熱交換面設計，分別是：高壓過熱段（high pressure superheater section）、高壓蒸發段（high pressure evaporator section）、高壓爐水加熱段（high pressure economizer section）、再熱段（reheater section）、中壓過熱段（intermediate pressure superheater section）、中壓蒸發段（intermediate pressure evaporator section）、中壓爐水加熱段（intermediate pressure economizer section）、低壓過熱段（low pressure superheater section）、低壓蒸發段（low pressure evaporator section）、低壓爐水加熱段（low pressure economizer section）、凝水預熱段（condensate preheater section）。
- d. 所有的熱交換管均以水平布置設計；為增加熱交換面積並採用鰭管（Fin Tube）取代傳統之 Bare Tube 設計。
- e. 爐管的布置及其長寬尺寸均根據煙流速度、煙氣側壓損、汽水系統壓降以及運輸的規定作最佳化的設計。
- f. 壓力件的材料係依據合約規範所規定的要求，自 ASME/ASTM 材料規範或其相當之規範材料中選擇使用。
- g. 鰭管則選擇與管子相匹配之整摺片材以連續電阻焊接方式製作鰭片。
- h. 管材之製造及檢驗均將完全以 ASME 鍋爐及壓力容器規章第二章 A 部分（Boiler & Pressure

Vessel Code Section II Part A) 之規定為準。

- i. 汽鼓 (Drum) 的作用在使飼水 (Feedwater) 與爐水 (Boiler water) 做良好的混和、容納爐水因溫昇與壓力變化的膨脹 (Swelling) 與分離水與蒸汽。

本機組之設計採檔板型 (Baffle type) 規劃，除因設計簡單可降低維修費用並因高效率可得良好的蒸汽品質。

汽水混和經上升管進入汽鼓後，經過檔板群藉重力作用自然分離汽與水，而濕蒸汽繼續上升經過裝置於汽鼓上層的洗滌器 (Scrubber) 將蒸汽中上存的水分予以去除。

- j. 鍋爐本體、汽鼓、內部連結管路、外殼與煙囪等所有的設備，均由依據現地狀況 (風力、氣候及地震等) 與法規規定要求所設計製造鋼架來妥善的支撐著。

鋼構的設計將所有的負載 (包含熱膨脹等) 均勻的分攤於各主要縱柱與基礎，讓鍋爐得以安穩的運轉。

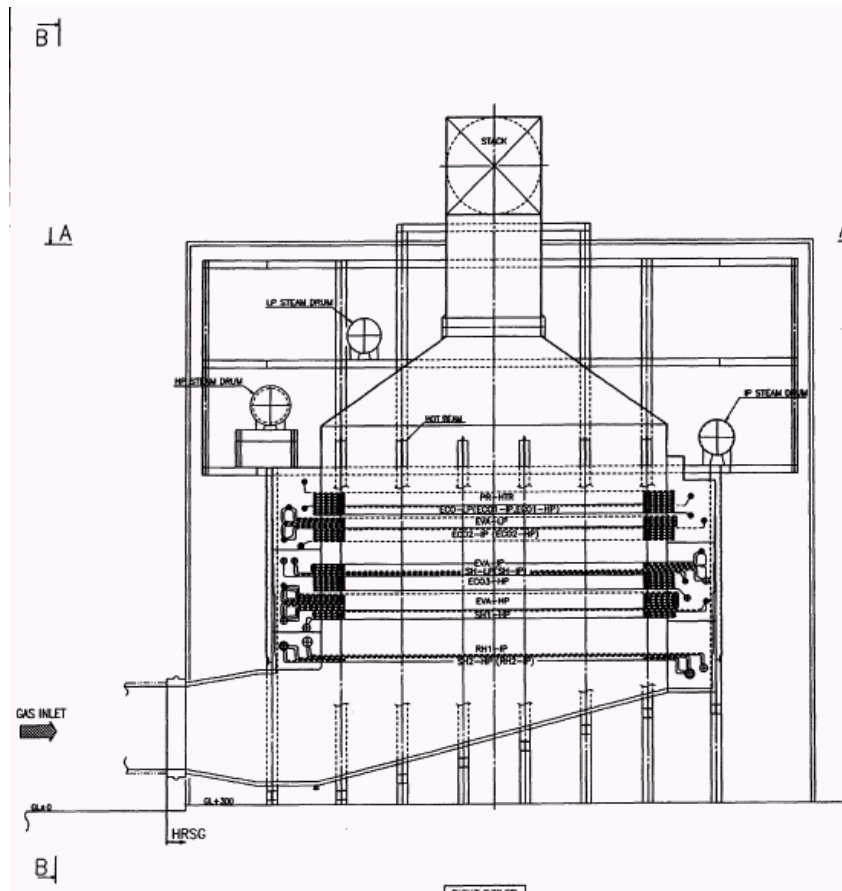
- k. 鍋爐的外殼則經詳細的設計使全部的熱交換面局能妥善的包裹在其內，並完全氣密使煙氣能在適當的流速下以最小的壓損，將熱能順利的傳遞給爐水產生蒸汽。

其外則予以適當的保溫設計，讓熱能的損失降到最低，同時讓運轉人員不致受到高熱的傷害。

並在是當且必要的位置設計人孔，供為將來運轉、維護人員進出的通道。

- l. 為了維持鍋爐的效率及壽命，並設計裝置了吹灰

器（Soot blower）與電熱器。



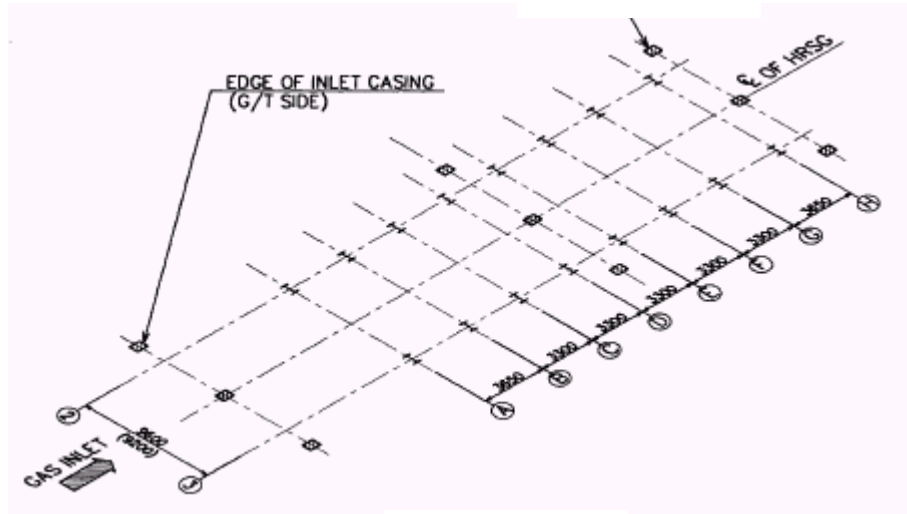
HRSG 之剖面圖示

2. 安裝：爲了能縮短施工時間，減少現場加工點，減少因現場加工所產生的失誤比率，提高整體安裝、施工品質以及減少工安衛生事故的發生，大潭複循環發電機組廢熱回收鍋爐之安裝係採模組化（Module）之方式進行。其進行之程序大致如下所述：

a. 基礎之施作：

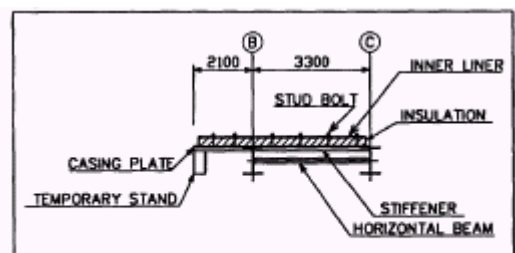
各主要縱柱（Column）之基礎先按計算之承載設計尺寸與強度予以施工完成；模組安裝施工之吊車機具安置點之臨時基礎亦需先予以完成，其夯時強度必須超過 10 Ton/m^2 。

臨時基礎



基礎位置圖

- b. 鍋爐外殼預先於工場（Shop）內組立：
 將外殼鋼板與保溫絕緣於工場內預先與主要縱柱組合後，載送至現場再予以組合安裝。每一廢熱回收鍋爐各有十片預組件分別為 column BC,DE,FG 與版 CD,EF 之左右側（請參考上示基礎圖與下示之組件剖面圖）。



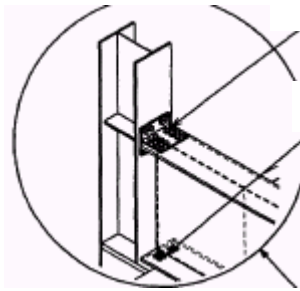
NOTE :
 THIS CASING MODULE IS 2 SET PER ONE HRSG
 (LEFT SIDE AND RIGHT SIDE)

外殼組件剖面圖

c. 前項鍋爐外殼預組件之吊裝：

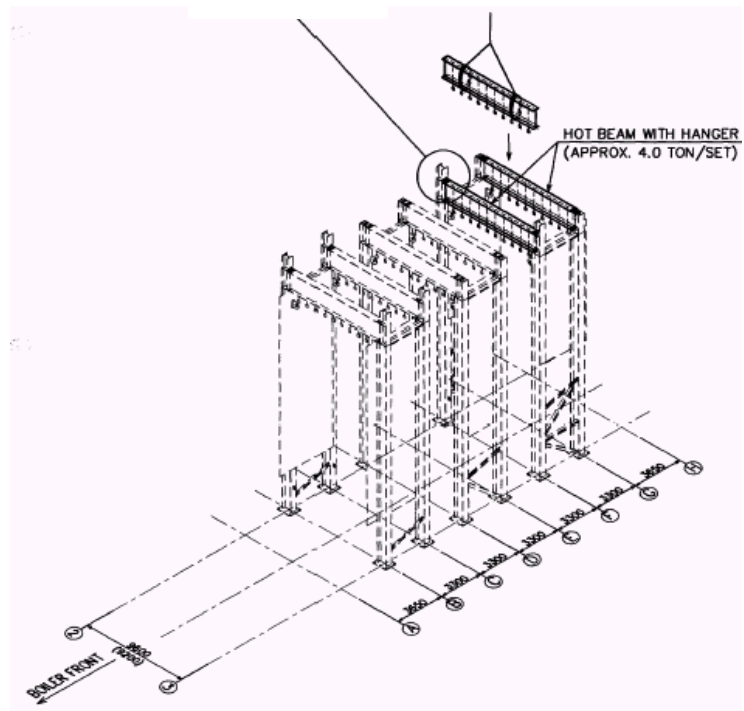
- ◆ 將含主縱柱之預組件吊至定位(相對之基礎位置)。
- ◆ 固定基礎螺栓。
- ◆ 吊裝含吊架(Hanger Rod)之主樑(Hot Beam)，下段以永久螺栓固定，上段則以臨時接合板與螺栓固定，各該臨時接合板與螺栓於吊裝爐管前再予以拆除。

臨時接合板與螺栓



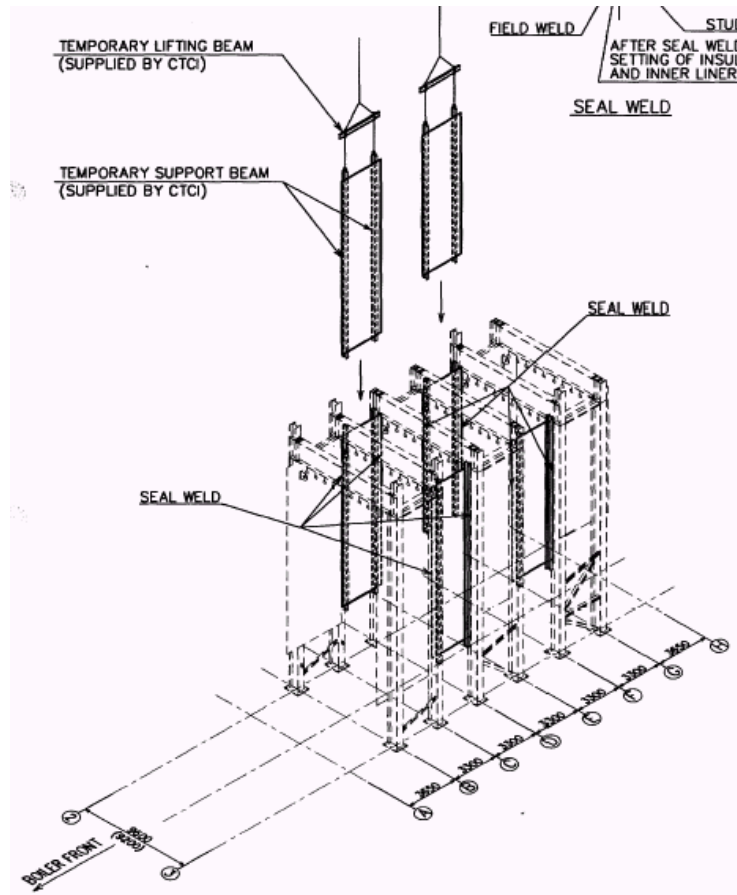
永久螺栓

詳上左圖



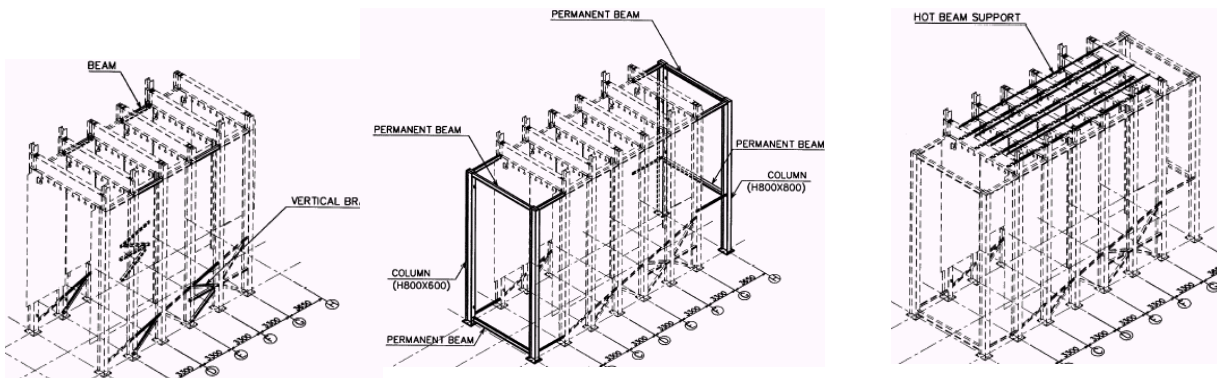
外殼組件主樑吊裝圖

- ◆ 吊裝預組之 CD,EF 左右側版，並以連續電阻銲與主縱柱預組件接合。

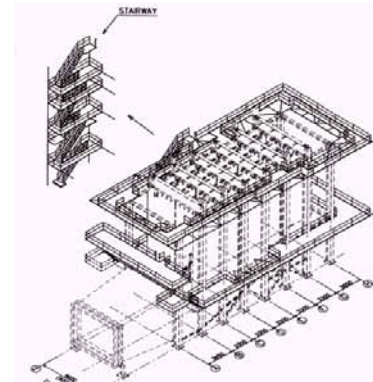
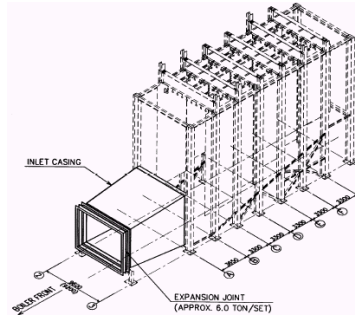
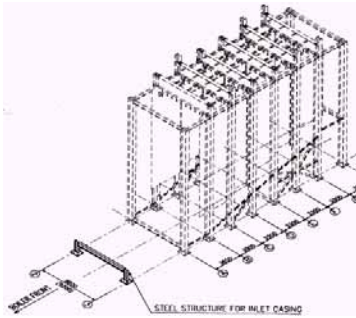


外殼預組側版吊裝接合圖

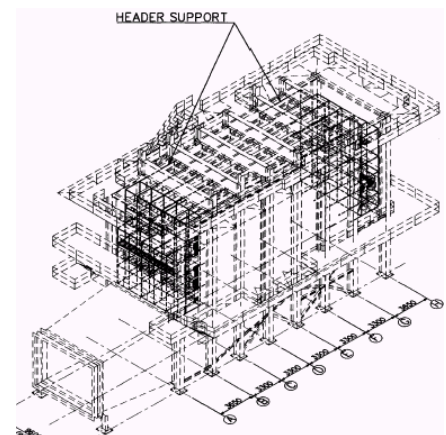
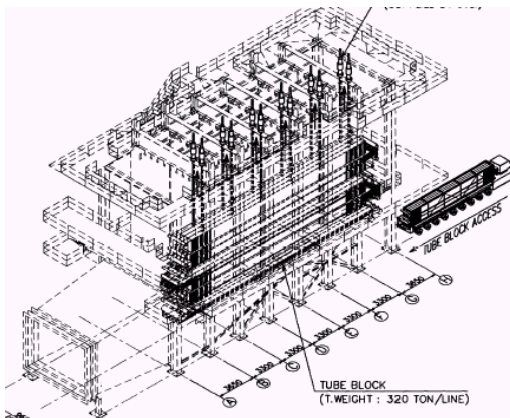
- d. 安裝其餘支撐樑柱。



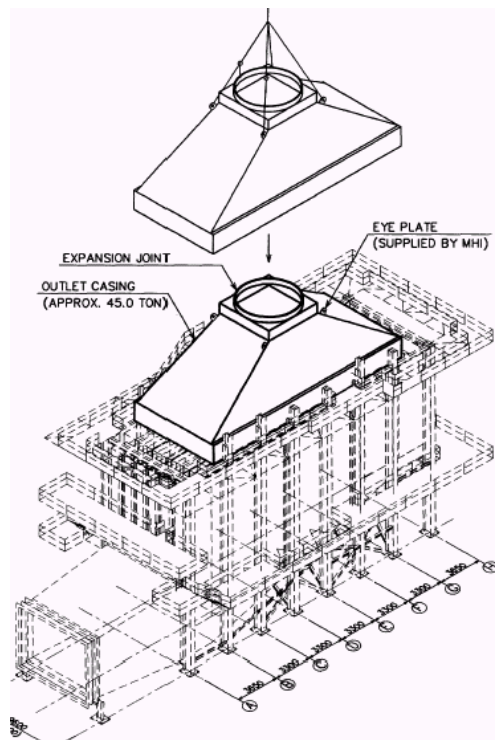
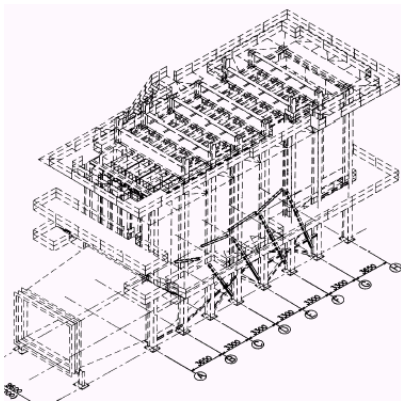
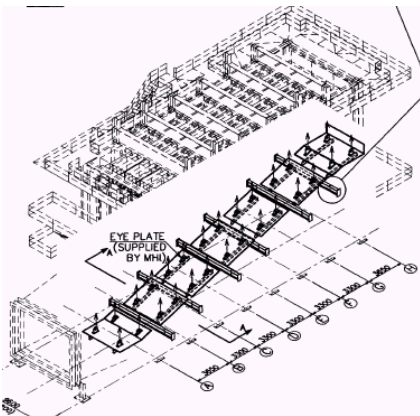
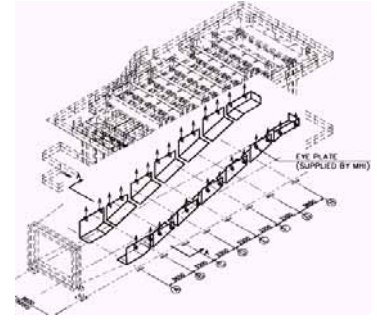
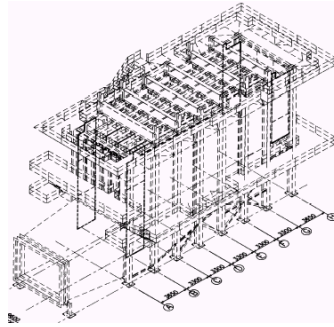
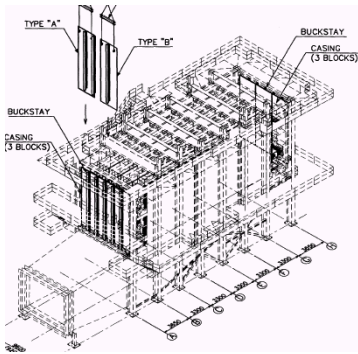
- e. 安裝進口煙道支撐鋼架、預置進口煙道與安裝水平鋼構、工作平台、樓梯。



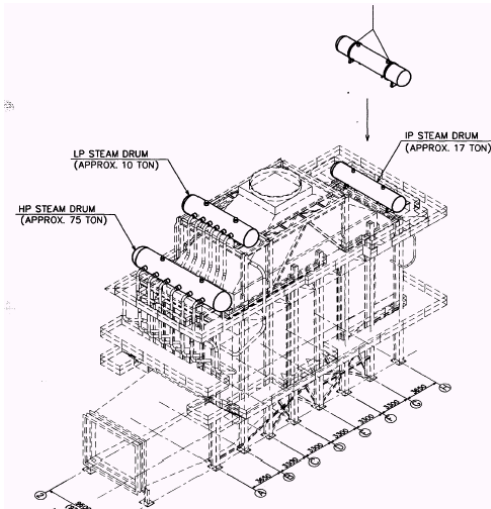
- f. 吊裝管組（Tube Block，每部 HRSG 各有九組）與安裝集管器（Header）支撐，管組以重型拖車載運至定位，於低層焊接組裝後，再藉裝置於頂部主樑上的油壓吊昇設備，水平的將組合好的管組逐步吊昇至永久位置。



- g. 吊裝預組之鍋爐前後以及與爐體銜接之左右側版，之後再將底部的側版與正下方之底板循序組裝好，如此廢熱回收鍋爐知本體已大致安裝完成。隨後即吊裝以先於地面預組完成之出口煙道。

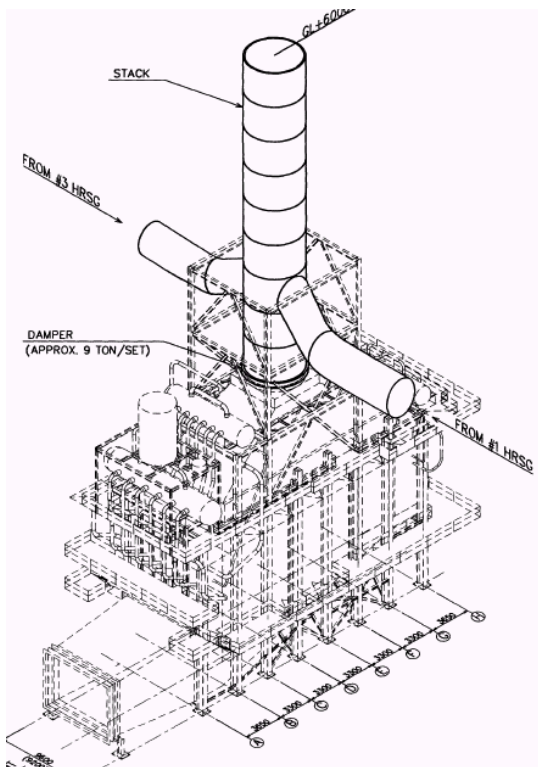


h. 安裝高、中與低壓汽鼓：



- ◆ 先安裝承載汽鼓之鋼構。
- ◆ 再安裝連往汽鼓的上升管。
- ◆ 將高、中與低壓汽鼓吊至定位，安裝妥當，接合各上升管。

i. 安裝安全閥消音器及煙囪（HRSG 安裝工作完成）：



- ◆ 安裝消音器與煙囪支撐鋼構。
- ◆ 安裝連結管。
- ◆ 安裝風門（Damper）、消音器與煙囪本體。

四、參訪：

研習課程結束後，即轉往 MHI 位於長崎市之工場實地參觀廢熱回收鍋爐爐管之製作實況。其時，Stage I 第一組複循環機組之第一、二部 HRSG 爐管均已交至大潭工地，第三部之爐管也已製造完成，正在堆置場檢查、包裝，準備裝船交運工地。工場內則正在製造第二組複循環機組第一部 HRSG 之爐管，現場印象，製造之品質與包裝之穩固、外觀均甚良好。



參、心得

本設備之設計、製造均以在工場製成最大預組件之方式為基準，除可減少在現場之施工點外，由於多數組件係在工場內製造，製造環境得以控制，並可以 NC 工具機製造，成品之品質可以確保；更由於現場施工點減少，亦可以加速安裝施工進度。

此外本 HRSG 之施工方式，不同於以往機組之先裝支撐結構鋼架，再由上而下安裝汽鼓、管排之方式，而將大部分的工作在接近地面層的高度進行，再逐段的利用油壓機具吊昇安裝，如此可減少安裝人員高空作業的時間，從而減少了墜落事件發生的可能，對施工進度的控制與工安衛生的管理有莫大的幫助。

肆、建議事項

出國受訓前曾有機會到台塑麥寮電廠及台朔重工壓力件（Pressure Parts）製造工廠參觀，當時即有感想：本公司有這麼多的汽力發電機組，將來新建的、擴建的及改建的又不知會有多少？再加上現有機組的維修所需爐管、管排等壓力件，應該也可以自行設立一個爐管加工廠。這次有機會到 MHI 研習並參觀其工廠，更加深了職的這種想法。該工廠若設在彰濱工業區，或可併計廠地面積藉以增加彰工電廠之容許排放總量，或亦可視能否配合工業局所推動之工業合作計畫併於電廠統包商之供應範圍內，以求能配合國家政策，一舉兩得。