

核能反應爐搬運作業安全研究

許展維¹ 潘煌錕²

¹高雄應用科技大學土木工程系(碩士研究生)

²高雄應用科技大學土木工程系(教授)

摘要

目前台灣正在興建的核能電廠是台電的核四龍門電廠，核能反應爐是核能電廠的心臟部位，扮演保護反應爐內部燃料棒發生核子反應危害時的最終安全防護功能，所以反應爐的設計比一般的壓力容器更為巨大。為因應勞工從事核能反應爐的吊卸及搬運作業，減少職業災害，本研究探討核能反應爐搬運作業的施工流程及相關危害因子，以流程管制方式製作消除危害因子方案，進行核能反應爐搬運作業安全研究，藉由工程經驗與德菲法提出適合之施工作業安全檢查表。核能反應爐搬運作業依據核反應爐運輸架及支撐座施工、試運輸及道路改善流程、及反應爐正式運輸流程等工程特性進行分項工程拆解，第一階作業的核反應爐運輸架及支撐座施工有素材準備及裁切工程及現場安裝工程等二項，試運輸及道路改善流程有模擬外形架製作工程、油壓升降特種板車組立工程、道路補強及路障移除工程、試運輸工程及道路改善工程等四項，反應爐正式運輸流程有運輸架至板車定位作業、碼頭卸貨工程及運輸工程等二項。針對反應爐搬運作業進行主要作業程序拆解、災害初步災害分析、基本事項評估及施工危害因子分析，並訂定初步施工作業安全檢查表。由德菲法驗證核能反應爐搬運作業的施工作業安全檢查表，主要危害有墜落、溺水、滾落、跌倒、衝撞、物體飛落、物體倒塌、被撞、被切、割傷、與高溫之接觸、感電、火災。

關鍵字:核能反應爐、危害因子、搬運作業安全檢查表、德菲法

Construction Safety for the Transportation of Nuclear Reactor

Chan-Wei Hsu¹ Huang Hsing Pan²

¹ Department of Civil Engineering, Kaohsiung University of Applied Sciences, Kaohsiung, Taiwan (Graduate)

² Department of Civil Engineering, Kaohsiung University of Applied Sciences, Kaohsiung, Taiwan (Professor)

ABSTRACT

Gantry nuclear power plant, the fourth nuclear power plant in Taiwan, is still constructing. Nuclear reactors are the heart of a nuclear power plant that plays an important role to protect the internal fuel rods if the nuclear reaction hazards occur, so the size of reaction furnace is always far greater than the pressure vessel. To reduce occupational hazards in crane unloading and handling operations of nuclear power reactors, this study explores the process of construction handling operations and the related risk factors, and provides the construction safety checklist according to engineering experiences and Delphi method. Handling operations of nuclear power reactor are divided into the transport frame and support construction, pilot transport and road improvement process, and reactor proper shipping

process. Dismantling operating procedures include for construction projects, the disasters preliminary hazard analysis, risk factors, and then, set the initial construction work safety checklist, assessment and construction of basic things. Following Delphi method validation, the main hazards are falling, drowning, tumble, fall, collision, flying objects, objects collapsed, knocked, cut, cuts, and high temperature contact, a sense of power, fire.

Keywords: Nuclear reactor, Risk factors, Handling safety checklist, Delphi method.

一、前言

日本福島於 2011 年 3 月 11 日發生規模 9 的大地震，雖然最終結果造成核能之輻射洩漏，但不幸中的大幸為核能反應爐於當下發揮最終防線的效果[1]，使大部分的居民有了充裕的時間逃生，免受核災；由表一行政院原子能委員會核能研究所提出之各種低碳能源在能源安全方面的優缺點，摘要說明得知[2]：，為滿足現今社會用電發展，以排除政治因素為考量點之外，核電廠的興建仍將是近幾年發展電力能源的首選。

表一各種低碳能源在能源安全方面的優缺點

	優點	缺點
再生能源 (水力、風力、太陽能、生質能及其他新能源) ..	不需要進口燃料，是自主能源。	1. 天然環境需要具備適合的條件。 2. 除了水力發電 (在我國已開發殆盡)，價格高昂，雖然可以預期未來技術的進步會促使價格下降，但仍難以預測何時具備商業競爭力。
淨煤技術 (化石燃料加裝二氧化碳捕獲封存 CCS 設備) ..	可以繼續使用化石燃料，現有的設備大部份可以持續使用。	1. 需要進口化石燃料。 2. 天然環境需要具備適合的條件。 3. 可以安全貯存的數量有限，我國安全存量僅有的 5 到 60 天。 4. 技術尚未成熟，難以預測何時可以大規模應用於工業，發電成本、減碳效益、安全問題目前均難以估測。
核能發電 ..	1. 需要進口核燃料，但是因為安全存量高達三年以上，可視為自主能源。 2. 技術成熟。 3. 發電成本低廉。 4. 核燃料進口來源地區不同於化石燃料集中於中東地區，可分散風險。	1. 核能問題缺乏政治化，尤其是核廢料問題，政治風險高。 2. 從規劃到投產需要 10 年以上，須及早規劃，較不具備時效性。
天然氣複循環發電 (NGCC) ..	1. 技術成熟。 2. 從規劃到投產的時間較短，時效性佳。	1. 天然氣供應來源較不穩定，價格與石油高度相關，波動幅度激烈。 2. 安全存量只有 5 天，國際政治風險高。 3. 發電成本高。 4. 碳排放量遠高於核能、再生能源。

台灣目前正在興建的核四電廠，其中的核反應爐是美國奇異公司(GE)設計及製造[3]，並經海運由台灣中鼎工程股份有限公司搬運及安裝。因核能反應爐是整個核電廠的心臟地帶，具核子反應與最終安全防護的功能，但是反應爐有巨大的尺寸 24161(mm)×8974(mm)×10087 (mm)，重 1007 噸，壓力容器的吊卸及搬運過程前，需事先模擬試吊裝[4]，道路改善及特殊的油壓自走升降載運機具才可完成作業[5]，相對的人員安全顧慮及動用各項機具的檢查需更加的謹慎。目前勞工安全意識至上的年代，對於勞工安全衛生管理，消極而言期望達到「零傷亡」及「無災害」目標，積極而言則為提供一個安全整齊施工環境以提高施工之生產力與品質[6]。勞工安全衛生管理，可達到工安「零傷亡」、「無災害」目標，更達到「少破壞」之預知先制境界—即「防範災害於未然」目的[7]。依據黃乾全等人的調查[8]指出，在施工環境方面受訪工地坦承對墜落之預防落實不易。因此，勞工安全衛生管理時，有必要於勞工作業前進行實務之前置檢查作業，並建製適合之施工作業安全之檢查表單，保障勞工安全與健康。而

目前營造業對於核反應爐或巨大構建之搬運實務或研究較為缺乏，一旦發生如載運中翻落、滾落或吊掛過程之墜落危害，所造成的衝擊必定相當的巨大，本研究將針對核能反應爐搬運作業安全進行研究。

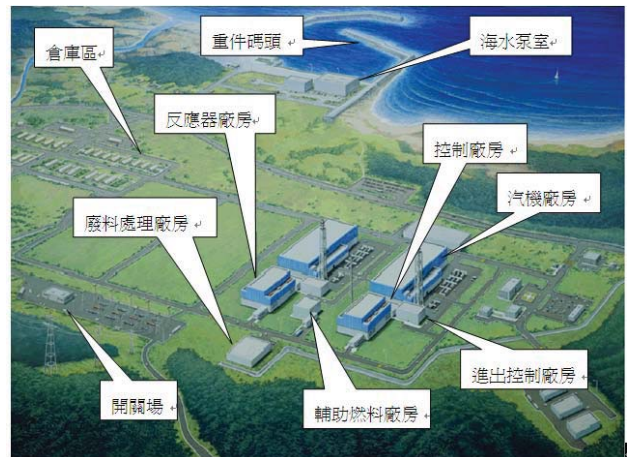
二、研究計畫

2.1 作業規劃

以核四核能電廠為例，進行核能反應爐搬運作業安全分析，首先介紹各廠房相對位置(圖 1.)及發電流程(圖 2.)了解各相對關係及反應爐位於在當中之重要性。

本研究著重於探討核反應爐搬運施工流程及步驟，探究出各項危害勞工安全的因子，以我國各項勞安法規為基礎，應用流程管制的方式提出消彌危害因子方案，歸納出各項適合施工作業之檢查表單；以工程經驗與修正式德菲法專家問卷實施之結果[9]，作為作業檢查表單的修正基礎，最終提出適合的施工作業安全之檢查表單，研究流程如(圖 3.)所示。

圖 1. 核四電廠廠房圖



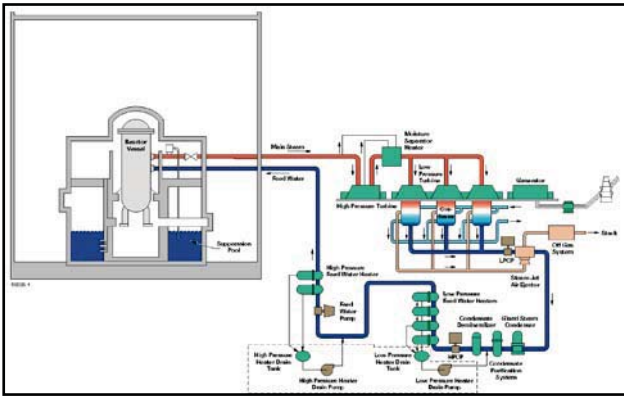


圖 2. 進步型沸水式核能電廠流程簡圖

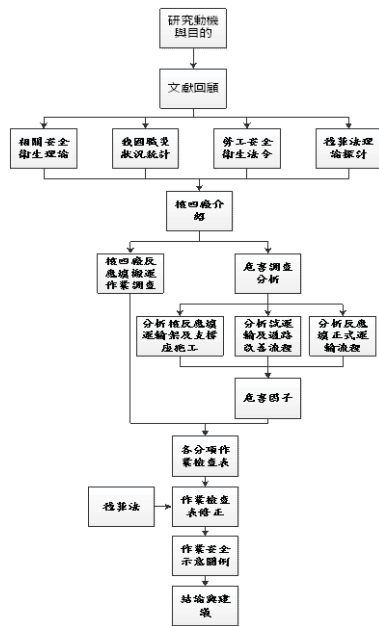


圖 3. 研究流程圖

2.2 作業調查及拆解

台灣核四電廠興建工程，目前(2012 年)尚處於興建階段，有關核反應爐搬運的分項工程內容可分類如下：

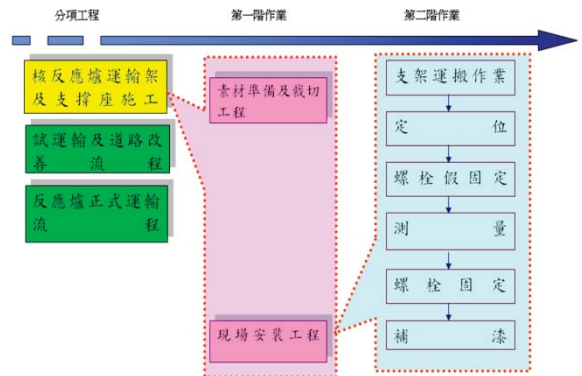
- 核反應爐運輸架及支撐座施工[10]：運輸架及支撐座，是用於核反應器壓力容器(R.P.V.)於搬運運輸及卸運儲存之特製支撐座，在移存過程中增加安定性，減低核反應器壓力容器因安定度不足而造成人員或財產的損傷。第一階段共有素材準備及裁切工程及現場安裝工程兩項工程，其內涵第二階段作業(如圖 4 素材準備及裁切工程分析拆解圖)(如圖 5 現

場安裝工程分析拆解圖)所示

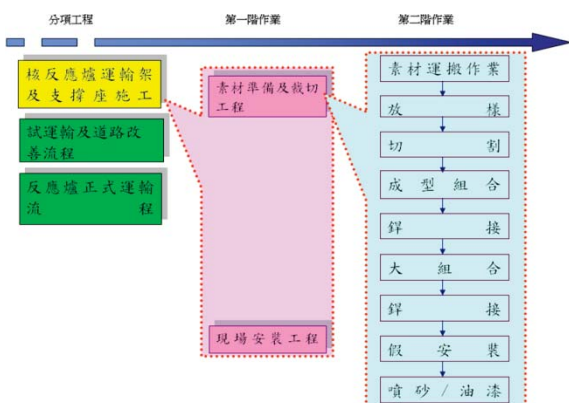
圖 4 素材準備及裁切工程分析拆解圖

圖 5 現場安裝工程分析拆解圖

- 試運輸及道路改善流程：在核反應器壓力容器之正式搬運時，為能一舉順利，對供重件通行之運輸道路，能及早發現其缺失以謀補救。經由模擬試運輸



證所使用的設備及方法如預期良好，並經由修正、改善缺失，達到實際核反應器壓力容器運輸最終所需條件。第一階段作業有五項作業別為模擬外形架製作工程、油壓升降特種板車組立工程、道路補強及路障移除工程、試運輸工程及道路改善工程，其內涵第二階段作業及三階段作業分析拆解圖，參見(圖 6 模擬外形架製作工程分析拆解圖、圖 7 油壓升降特種板車組立工程分析拆解圖、圖 8 道路補強及路障移除工程分析拆解圖、圖 9 運輸架至板車定位作業分析拆解圖、圖 10 25%試運配重作業分析拆解圖、圖 11 50%試運配重作業分析拆解圖、圖 12 100%試運配重作業分析拆解圖、圖 13 道路改善工程作業分析拆解圖)所示



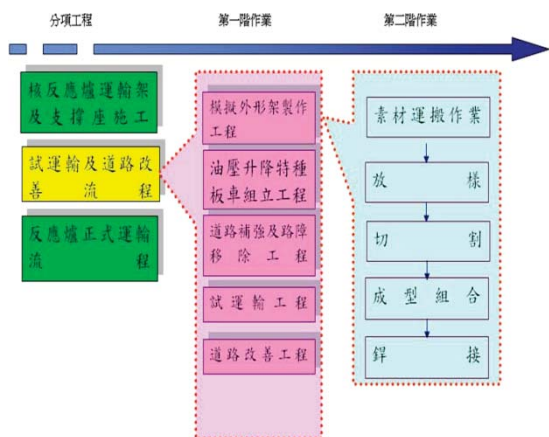


圖 6 模擬外形架製作工程分析拆解圖

圖 9 運輸架至板車定位作業分析拆解圖

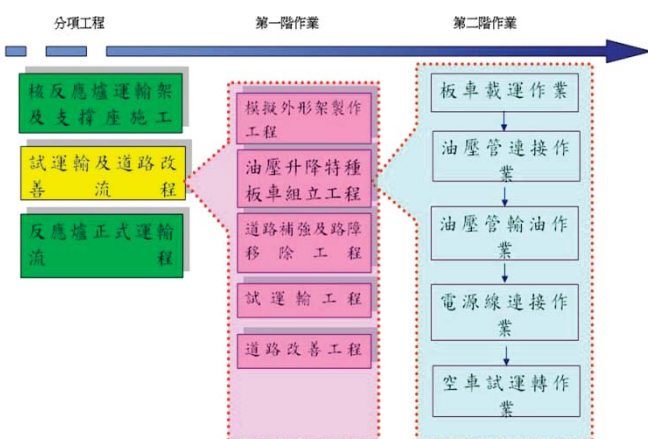
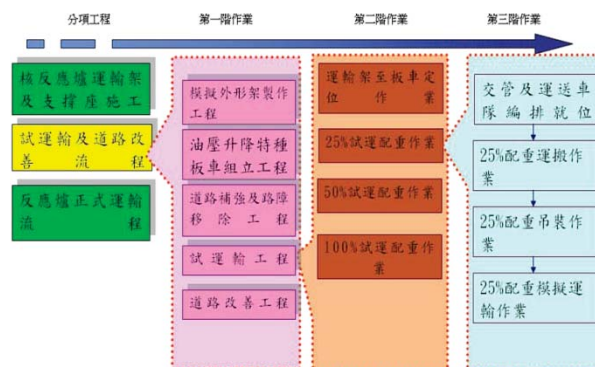


圖 7 油壓升降特種板車組立工程分析拆解圖

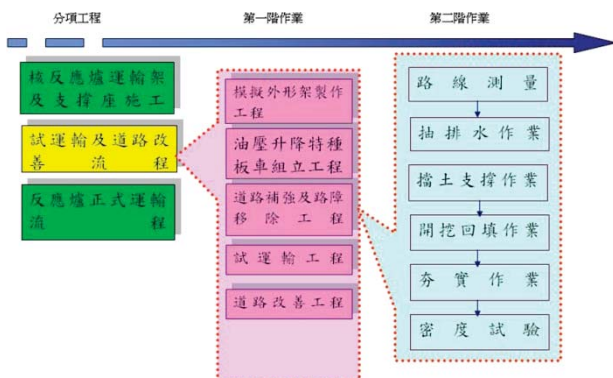
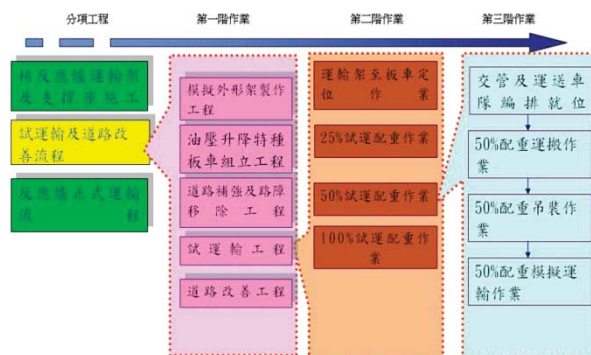


圖 8 道路補強及路障移除工程分析拆解圖

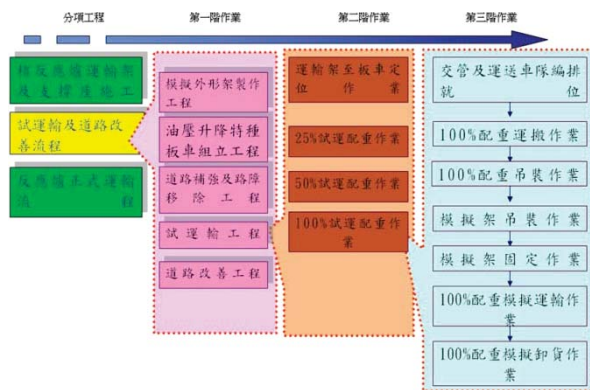


圖 10 25%試運配重作業分析拆解圖

圖 11 50%試運配重作業分析拆解圖

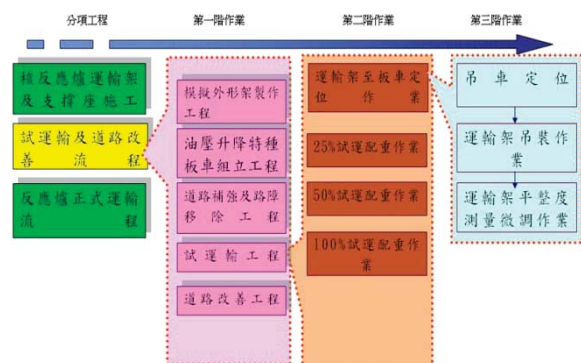


圖 12 100%試運配重作業分析拆解圖

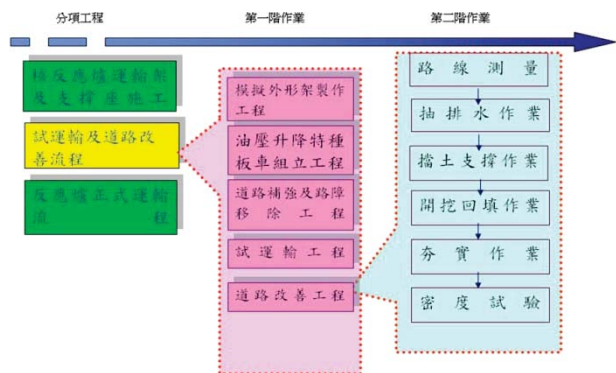


圖 13 道路改善工程作業分析拆解圖

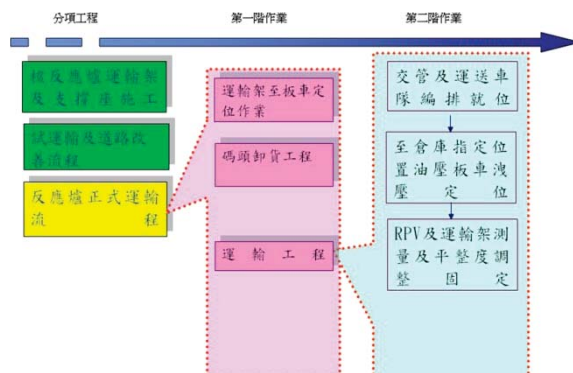


圖 16 運輸工程作業分析拆解圖

3. 反應爐正式運輸流程：目的係將核反應器壓力容器，於重件碼頭業主卸船至油壓特種板車，以板車裝載核反應器壓力容器經由重件碼頭、2 號濱海公路、核四大門至儲放區，利用油壓板車升降方式將核反應器壓力容器卸放於儲存架上，完成搬運、卸車儲存之目的。第一階段作業有三個作業分別為核反應爐運輸架至板車定位、核反應爐碼頭卸貨工程作業及運輸工程作業。其內涵第二階段作業拆解圖，如圖 14 核反應爐運輸架至板車定位分析拆解圖、圖 15 核反應爐碼頭卸貨工程作業分析拆解圖、圖 16 運輸工程作業分析拆解圖所示。

四、分項工程作業危害調查與分析

3.1 施工災害初步分析

核能反應爐搬運作業各階作業施工災害初步分析，以圖 4-6-2 為例，如試運輸及道路改善流程工作項目之 25%試運配重作業分析拆解圖，第 2 階段作業進行施工危害初步分析的結果在表 2，其中「◎」表示可能發生的災害類型。由表 1 得知災害類型共有 5 種，以物體倒塌及衝撞發生頻率較高，為工程施工時的災害注意重點，

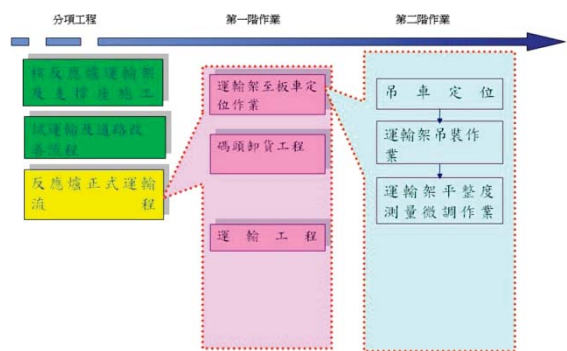


圖 14 核反應爐運輸架至板車定位分析拆解圖

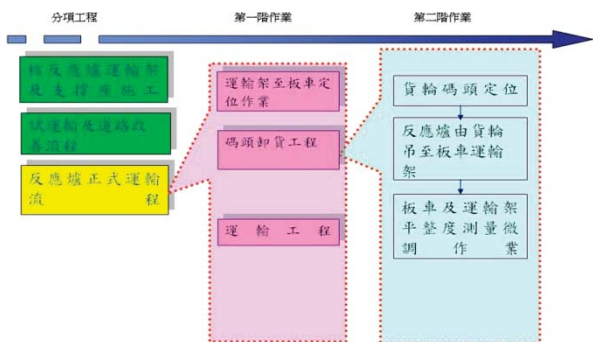


圖 15 核反應爐碼頭卸貨工程作業分析拆解圖

主要作業項目	災害類型													
	火災	可燃性氣體	物體飛落	物體倒塌	崩塌	被夾、被捲	被刺、割擦傷	感電	溺水	滑倒、跌倒	與有害物接觸	墜落、滾落	衝撞	燙傷
貳、試運輸及道路改善流程														
四、試運輸工程														
2.25%試運配重作業														
1.交管及運送車隊編排就位										◎				◎
2.25%配重運搬作業				◎										◎
3.25%配重吊裝作業			◎	◎		◎								◎
4.25%配重模擬運輸作業				◎										◎

可成為安全作業表單之製作依據。

表 2 試運輸及道路改善流程施工災害初步分析表 (試運輸工程(25%試運配重))

3.2 核能反應爐搬運作業建基本事項檢討評估

運用基本事項檢討評估表，分析出主要作業項目評估統計如表 3，共計有 51 項主要作業項目。以表 3 第 34 項的 25%配重模擬運輸作業為例進行說明，在表 4 可以清楚的看出 25%配重模擬運輸作業時可能發生災害類型為物體倒塌、衝撞，因此評估工作內容探討出危害因子有物體倒塌、衝撞，由此可依據營造安全衛生設

施標準、勞工安全衛生設施規則、起重升降機具安全規則或移動式起重機安全檢查構造標準之規定施作安全設施。

由 25%配重模擬運輸作業(表 4)施作時，發生物體倒塌災害必須施作安全衛生設備或設施，例如營造安全衛生設施標準第 30 條「雇主對於放置各類物料之構造物或平臺，應具安全之負荷強度」，營造安全衛生設施標準第 32 條「對於堆置物料預防傾斜、滾落，必要時應用纜索等加以適當捆紮」。

由表 4 的 25%配重模擬運輸作業施作時發生衝撞災害應施作安全衛生設備或設施，例如依據勞工安全衛生設施規則第 21-2 條「對於使用道路作業之工作場所作業人員應戴有反光帶之安全帽，及穿著顏色鮮明有反光帶之施工背心，以利辨識」，勞工安全衛生設施規則第 21-2 條「對於使用道路作業之工作場所與作業無關之車輛禁止停入作業場所」，勞工安全衛生設施規則第 21-2 條「對於使用道路作業之工作場所應於適當處所設置交通引導人員」，營造安全衛生設施標準第 11 條「對於工作場所人員及車輛機械出入口處管制出入人員，非有適當防護具不得讓其出入」，勞工安全衛生設施規則第 32 條「對於工作場所之人行道、車行道與鐵道應儘量避免交叉」，勞工安全衛生設施規則第 33 條「對車輛通行道寬度應為最大車輛寬度之二倍再加一公尺」，因此由基本事項檢討評估表可以提前發現作業危害點，減少發生不必要之災害。

表 3.主要作業項目評估統計表

	火災	可燃性氣體	物體飛落	物體倒塌	崩塌	被夾、被捲	被刺、割擦傷	感電	溺水	滑倒、跌倒	與有毒物接觸	墜落、滾落	衝撞	燒傷
1 素材運搬作業			●	●			●						●	
2 放鬆							●							
3 切割	●	●					●							
4 成型組合			●	●			●							
5 鑄接	●	●						●						
6 大組合			●	●			●							
7 假安裝			●	●			●							
8 噴砂/油漆			●	●							●			
9 支架運搬作業			●	●			●						●	
10 定位			●	●			●							
11 螺絲假固定				●			●							
12 測量							●							
13 螺絲固定				●			●	●						
14 補漆							●				●			
15 板重載運作業			●	●									●	

16 油壓管連接作業													●						
17 油壓管輸油作業	●																		
18 電源線連接作業											●								
19 空車試運轉作業														●				●	
20 驗線測量														●				●	
21 抽排水作業													●						
22 擋土支撐作業											●								
23 開閉回坡作業																		●	●
24 夯實作業																			●
25 密度試驗																			●
26 運輸架至板車定位作業																			
27 吊車定位																			●
28 運輸架吊裝作業																			●
29 運輸架平整度測量微調作業																			
30 25%配重作業																			
31 交管及運送車線編排就位																			●

32 25%配重運輸作業																			●
33 25%配重吊裝作業																			●
34 25%配重模擬運輸作業																			●
35 50%配重配重作業																			
36 50%配重運輸作業																			●
37 50%配重吊裝作業																			●
38 50%配重模擬運輸作業																			●
39 100%配重配重作業																			
40 100%配重運輸作業																			●
41 100%配重吊裝作業																			●
42 模擬架吊裝作業																			●
43 模擬架固定作業																			
44 100%配重模擬運輸作業																			●
45 100%配重模擬卸貨作業																			●

46 擋土支撐作業																			
47 貨輪碼頭定位																			●
48 反應爐由貨輪吊至板車運輸架																			●
49 板車及運輸架平整度測量微調作業																			●
50 至倉庫指定位置油壓板車改裝定位																			●
51 RPV 及運輸架測量及平整度調整固定																			●

主要作業項目	可能之災害類型	評估內容	危害因子	安全衛生設備或設施	評估依據
貳、試運輸及道路改善工程 四、試運輸工程 2.25%配重 配重作業 4.25%配重 模擬運輸作業	物體倒塌	對於堆置物料	物體倒塌	雇主對於放置各種物料之構造物或平臺，應具安全之負荷強度。	營造安全衛生設施標準第 30 條
		對於堆置物料	物體倒塌	預防傾斜、滾落，必要時應用纜索等加以適當捆紮	營造安全衛生設施標準第 32 條
	衝撞	對於使用道路作業之工作場所	衝撞	作業人員應戴有反光帶之安全帽，及穿著顏色鮮明有反光帶之施工背心，以利辨識	勞工安全衛生設施規則第 21-2 條
		對於使用道路作業之工作場所	衝撞	與作業無關之車輛禁止停入作業場所	勞工安全衛生設施規則第 21-2 條
		對於使用道路作業之工作場所	衝撞	應於適當處所設置交通引導人員	勞工安全衛生設施規則第 21-2 條
對於工作場所人員及車輛機械出入口處	衝撞	管制出入人員，非有適當防護具不得讓其出入	營造安全衛生設施標準第 11 條		

	對於工作場所之人行道、車行道與機道	衝撞	應儘量避免交叉	勞工安全衛生設施規則第 32 條
	對車輛通行道寬度	衝撞	應為最大車輛寬度之二倍再加一公尺	勞工安全衛生設施規則第 32 條

表 4. 25%配重模擬運輸作業評估表(物體倒塌、衝撞)

四、作業表單製作及德菲法驗證

4.1 表單製作方式

依據第 2 節研究調查及工作分解及第 3 節之分項工程作業危害調查與分析，由主要作業拆解、施工災害初步分析、基本事項檢討評估及施工危害因子等相關內容，依據各項勞安法規為基礎下制定能符合安全作業程序要求之作業檢查表單，目的為以供現場工程師及勞工安全衛生管理人員進行勞工安全衛生自動檢查作業使用，以期達到提早預防及矯正缺失，可提昇工作場所作業安全，確保工程施工安全符合勞工安全衛生法令之規定。

4.2 表單種類

為確保作業安全，經分項工程作業拆解及有經驗的工程師初步研擬有關核能反應爐搬運作業的 17 種作業安全檢查表如下：

1. 一般車輛安全檢查表
2. 營建機械安全檢查表
3. 移動式起重機安全檢查表
4. 挖土機安全檢查表
5. 高空作業車安全檢查表
6. 發電機安全檢查表
7. 乙炔容接裝置安全檢查表

8. 電銲作業安全檢查表
9. 臨時用電安全檢查表
10. 個人防護用具安全檢查表
11. 急救設施及器材安全檢查表
12. 土方挖運及露天開挖安全檢查表
13. 安全支撐架作業安全檢查表
14. 安全觀測安全檢查表
15. 鋼構吊裝安全檢查表
16. 局限空間作業安全檢查表
17. 碼頭卸貨吊裝作業安全檢查表

4.3 德菲法驗證與修正

核能反應爐搬運作業時，由蒐集相關資料、工程分析作業拆解、災害初步災害分析、基本事項評估及施工危害因子分析，進而擬訂施工作業安全檢查表計 17 種，為使該作業檢查表單能符合勞工安全衛生法令的要求，也期待表單之格式、內容、使用方法及其流程管控等均能達到較佳功效，於各表單初步完成時，擬採德菲法作為驗證之方法。

參與驗證之人員，委請行政院勞工委員會南區勞動檢查所、萬機鋼鐵工業股份有限公司、中鼎工程顧問有限公司、營造股份有限公司等 4 個相關事業單位之資深人員進行德菲法驗證問卷作業，前述受委託驗證之 4 個相關事業單位資深人員中，包括有設計單位 5 人、監造單位 5 人、施工單位 5 人及勞安單位 5 人，總共有 20 人，受委單位及受委驗證人次如表 5。

表 5 受委單位及受委驗證人次統計表

	設計單位	監造單位	施工單位	勞安單位
南區勞動檢查所				5
萬機鋼鐵	1		1	
中鼎工程	3	5	3	
營造股份有限公司	1		1	

本研究將初步產出之施工作業安全檢查表委請各驗證人員，依其德菲法問卷作業實施流程規劃為分二階段；第一次問卷表，將範圍擴大，採用問答方式，經分析第一次問卷結果後，製作第二次問卷表，再重複第一次問卷之流程，將缺失聚焦後再行改正及修正檢驗表，以期製成最終施工作業安全檢查表。

4.4 檢查表單確立

驗證與修正檢查表單後，確立核能反應爐搬運作業之施工作業安全檢查表，表單類別計有「一般車輛安全檢查表」、「營建機械安全檢查表」、「移動式起重機安全檢查表」、「挖土機安全檢查表」、「高空作業車安全檢查表」、「發電機安全檢查表」、「乙炔容接裝置安全檢查表」、

「電鍍作業安全檢查表」、「臨時用電安全檢查表」、「個人防護用具安全檢查表」、「急救設施及器材安全檢查表」、「土方挖運及露天開挖安全檢查表」、「安全支撐架作業安全檢查表」、「安全觀測安全檢查表」、「鋼構吊裝安全檢查表」、「局限空間作業安全檢查表」、「碼頭卸貨吊裝作業安全檢查表」等 17 項，例如表 6 移動式起重機安全檢查表。

每一類型施的工作業安全檢查表之標題內容有「核能反應爐搬運作業」、檢查表種類編號、檢查表種類名稱等，填寫檢查表單前需先填寫工程單位名稱，分項工程名稱、工程地點及檢查日期等。進行檢查時，由檢查人員依檢查項目之序號檢查作業是否合格，如檢查項次的作業檢查合格則在「合格」處打【✓】；如檢查項次檢查不合格則在「不合格」處，將缺失事實登錄於缺失內容欄內，並同時建立矯正表單追蹤其改善執行情形，如表 5。

核能反應爐搬運作業中涉及有關作業時，至少以該檢查表單每日檢查一次，每當惡劣氣候襲擊後或每次停工之復工前，應再加強檢查。每項檢查表依現場工程師、勞工安全衛生人員、工地負責人之順序辦理後簽章，經工地負責人核閱後，由勞工安全衛生人員存查。

表 6 移動式起重機安全檢查表

核能反應爐搬運作業			
移動式起重機安全檢查表			
工程單位	分項工程名稱	工程地點	日期
序 號	檢 查 項 目	合	不合格
		缺失內容	矯正表單編號
1	檢查搬運路線，應於搬運前對搬運正有障礙物人員及上方人員進行安全確認及方式改善或清除。		
2	操作式應預留足量淨空良好視線。		
3	應隨時觀察操作應正者。		
4	物體及物體間距離應充足。		
5	操作人員應與人員物體間有安全距離，不得在物體操作位置或距離太近。		
6	應於操作人員及物體間保持安全距離，並有穩定作業之時間。		
7	操作者，應隨時注意合格狀態。		
8	檢查搬運應隨時注意合格方式使用。		
9	以物體為限，不得隨意或有不穩定等作業。		
10	檢查搬運之作業應按規定之過程進行，應按搬運人員負責辦理。		
11	應隨時注意搬運時，應與搬運位置及搬運距離保持適當之距離。		
12	搬運時應隨時注意搬運方式，應按搬運時所應注意之搬運方式進行。		
13	搬運時應隨時注意搬運方式，應按搬運時所應注意之搬運方式進行。		
14	搬運時，應隨時注意搬運時應按規定之搬運方式進行。		
15	搬運時應隨時注意搬運方式。		
16	搬運時應隨時注意搬運方式。		
17	搬運時應隨時注意搬運方式。		
18	搬運時應隨時注意搬運方式。		
19	搬運時應隨時注意搬運方式。		
20	搬運時應隨時注意搬運方式。		
21	搬運時應隨時注意搬運方式。		
22	搬運時應隨時注意搬運方式。		
1. 現場工程師		2. 勞工安全衛生人員	
		3. 工地負責人	

說明：1. 本表由人員現場辦理簽章，經工地負責人核閱後，由勞工安全衛生人員存查。
 2. 至少每日檢查一次，每當惡劣氣候襲擊後或每次停工之復工前，應再加強檢查。
 3. 檢查合格時請在「合格」處打【✓】。
 4. 缺失事實登錄於缺失內容欄內，並隨時建立矯正表單追蹤其改善執行情形。

五、結論

將核能反應爐搬運作業中之進行拆解，得到核反應爐運輸架及支撐座施工、試運輸及道路改善流程、反應爐正式運輸流程等三項較大之工作包做為分項工程。再依據營建工程的主要作業程序分析拆解、災害初步災害分析、基本事項評估、施工危害因子分析、訂定安全標準作業檢查表單，對核能反應爐搬運作業時施工安全所應注意事項，提供施工安全檢查使用。得到下列結論：

1. 獲得各工程作業分析拆解圖共 13 項，施工災害初步分析表共 13 張，各分項作業評估表 60 張、基本事項檢討評估表共 51 項。

2. 由施工災害初步分析表得知核能反應爐搬運作業中，其危害因子主要有火災、可燃性氣體、物體飛落、物體倒塌、崩塌、被夾、被捲、被刺、割擦傷、感電、溺水、滑倒、跌倒、與有害物接觸、墜落、滾落、衝撞、燙傷工 14 項，發生頻率較高之項目有物體倒塌、崩塌、墜落滾落、感電、物體飛落等，另溺水項目屬該工程中之特有災害。

3. 藉施工災害初步分析而了解核能反應爐搬運作業中之危害因子後，以基本事項檢討評估表為基礎，由各主要作業項目評估統計後，依可能發生之危害因子，用表格方式以文字重點說明後歸納出預防原則，以表格方式製成安全檢查表單共 17 種。

4. 本施工安全作業檢查表有 17 種，係因應核能反應爐搬運作業所分析研究製成，有別於一般搬運吊裝或營建工程所使用之檢查表單，有因地制宜、法令依據、創新獨特等性質，提供現場工程師、勞工安全衛生人員及作業勞工使用。

5. 所製成之核能反應爐搬運作業的施工安全作業檢查表，可使作業勞工於作業前，經由現場工程師及勞工安全衛生人員等作業勞工自主檢查發現現場缺失，進而予以矯正改善，以防止工作中所造成之人員傷害。

參考文獻

1. 進步型沸水式反應器(ABWR)訓練教材，台灣電力公司
2. “各種低碳能源在能源安全方面的優缺點是什麼？”，行政院原子能委員會核能研究所，100 年 1 月
3. “核四廠一號機反應器壓力容器安裝視察報告”，行政院原子能委員會，94 年 6 月
4. “RPV 模擬試運作業計畫書”，台灣電力公司龍門施工處，92 年 5 月
5. “RPV 模擬試運作業道路改善計畫書”，台灣電力公司龍門施工處，92 年 5 月

6. 葉宏安，2000，“公共工程勞工安全衛生費用運用之探討”，工業安全衛生月刊，第 128 期，頁 15-21
7. 周筑昆，1999，“公共工程勞工安全衛生費用編列與運用之研究”，工業安全衛生月刊，第 117 期，頁 11-30。
8. 黃乾全、蕭景祥、董貞吟、劉玉文，2000 年 12 月，“營造業勞工墜落事故相關因素之研究”，勞工安全衛生研究季刊，第 8 卷第四期，頁 423-440
9. 張志銘，2011，“以德菲法建立遠距監造應用程度評估指標之研究”，國立交通大學，碩士論文
10. “1#反應器壓力容器(R.P.V.)搬運儲存作業計畫書”，台灣電力公司龍門施工處，92 年 6 月
11. “#2 RPV 運輸架及支撐座施工作業程序書”，台灣電力公司龍門施工處，92 年 9 月