

# 2014中華民國營建工程學會第十二屆營建產業 永續發展研討會

## 複合式橋墩工法施工案例研究

林日紹 (Jih-Shao Lin)  
中華大學營建管理學系  
碩士

\*陳達青 (Dar-Ching Chen)  
中華大學營建管理學系

鄭紹材(Shao-Tsai heng)  
中華大學營建管理學系  
教授

### 摘要

近年來，臺灣陸續推展鐵路改建工程，帶動都市更新及城鄉發展。由於改建工程之施工範圍，毗鄰營運中行駛之鐵路廊帶，因此，潛藏著施工人員與營運中鐵路安全的風險。複合型式橋墩工法有提高施工安全降低風險的功能，本文以個案研究，探討施工之風險管理，成為可參考之經驗學習。

**關鍵詞：**鐵路改建工程、個案研究、風險管理、經驗學習

## Case Study on Composite Bridge Pier Construction Method

### Abstract

In recent years, Taiwan launched railway reconstruction projects to promote urban renewal and rural development. As the area of reconstruction projects is adjacent to the railway in operation, there are hidden risks to construction personnel and safety of the railway operations. The composite pier engineering method can improve construction safety and reduce risk. This paper presents a case study and discussion on risk management to provide the lesson learn for reference.

**Keywords :** railway reconstruction projects, case study, risk management, lesson learn

## 一、前言

由於台灣地狹人稠，近年來，為推動都市更新及促進城鄉發展，同時啟動鐵路改建工程。此類工程常緊鄰營運中之鐵路，為確保施工人員及行駛列車之安全，施工之風險管理是一項重要議題。在一般鋼筋混凝土構造之橋墩中，加入H型鋼，提高鋼筋籠組立時的安全性與施工性，此為複合式橋墩工法。本文以個案方式，探討施工過程之施工性與風險管理，提供經驗學習檔案。

## 二、工法介紹

鐵路改建工程的工區常空間狹小，且需面對頻繁的鐵路交通運輸，施工過程中避免侵入安全淨空是最大的考量因素。在高架橋墩施工時，一般鋼筋籠若自立性不足、斜撐不夠，造成偏斜或倒塌，即可能造成莫大的施工災害。複合橋墩工法的概念就是：以H型鋼取代部分鋼筋作為主架，採用小單元鋼筋籠吊裝組立，取代傳統大型鋼筋籠組立，施工性良好，安全性高，適合狹長工區的新式橋墩工法。

文獻[1]針對複合工法進行耐震試驗，報告中以 64 支 SD420 D36(#11)鋼筋及 6 組 A572 H194\*150\*6\*9 鋼骨施作，主筋比= 2.98% (鋼筋)+1.06%(鋼骨)，箍筋體積比= 2.01%，試體如圖 1 所示。試驗結果顯示在模擬地震力作用下，最大可到 9%側向變位。

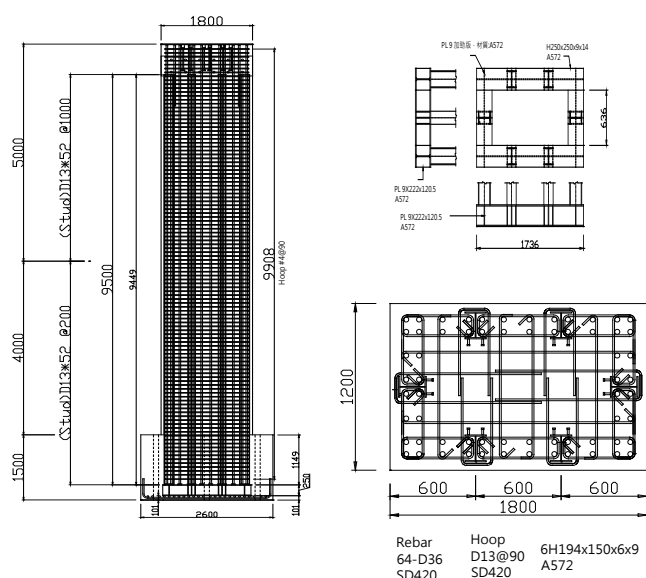


圖 1 複合式橋墩試體詳圖[1]

複合式橋墩施作流程如圖 2 所示，施工流程共有 10 個步驟：a.施作基礎混凝土墊塊、b. 綁紮基礎底層鋼筋、c.型鋼底座定位及電焊固結、d.吊裝型鋼、e. 製作鋼筋籠、f.吊放鋼筋籠、g.綁紮墩柱及基礎鋼筋、h.澆置基礎及墩柱之混凝土、i.橋墩伸層澆置、j.墩柱完成。



a. 施作基礎混凝土墊塊



b. 綁紮基礎底層鋼筋



c. 型鋼底座定位



d. 吊裝型鋼



e. 製作鋼筋籠



f. 吊放預組鋼筋籠



g. 綁紮基礎及墩柱鋼筋



h. 澆置混凝土



i. 橋墩伸層澆置



j. 完成墩柱

圖 2 施工步驟相片圖

鐵路高架橋梁工程使用複合式橋墩工法，主要是降低施工風險，提升施工效率，達到安全與經濟效益之最佳方案，特性如下：

1. 複合式 H 型鋼柱提供施工過程中鋼筋的臨時支撐，提昇施工便利性。
2. 複合式 H 型鋼柱可取代部份鋼筋，減少鋼筋用量，降低鋼筋主筋組立之風險，並提供柱斷面的部份耐震強度。
3. 複合式橋墩之圍束作用較高，提高耐震能力。
4. 適合於橋墩高度較高或緊鄰既有道路(鐵路、高速公路)之工程。

### 三、複合式橋墩工法之風險分析

本文利用工作分解結構 (Work Breakdown Structure, 簡稱 WBS) [2, 3]，對複合式橋墩工法施工流程探討可能發生風險，預做風險規劃。

工作分解結構為專案規劃之最基本資料，經專案範圍、圖說、規範進行分解；複合式橋墩工法之 WBS 包括前置作業、下部結構工程及上部結構工程，從主要工程類型後，續分解成細項工作，複合式橋墩工程工作結構分解(WBS)，如圖 3 所示。透過工法施工流程圖，可分析各施工工項可能產生風險因子，如圖 4 所示。

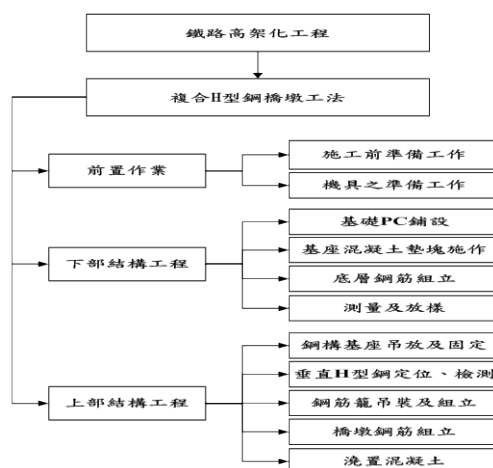


圖 3 複合式橋墩工作分解結構圖

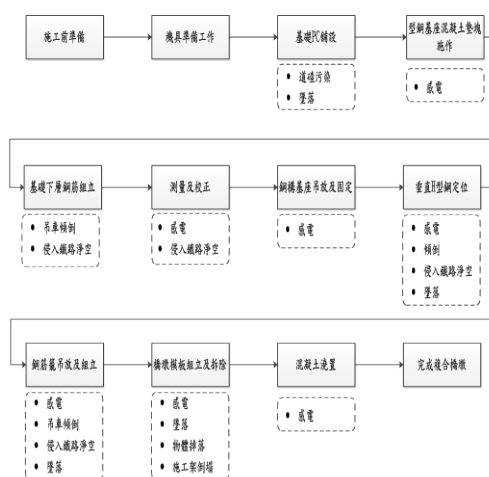


圖 4 複合式橋墩施工流程圖及可能之施工風險

#### 四、複合橋墩工法與傳統工法之效益分析

本文「臺中都會區鐵路高架捷運化工程」，以橋墩高度 10m 之鐵路橋梁為案例，量測不同施工法吊裝次數、工期、工程費及風險比較，如表 2 所示。從個案量測的紀錄發現，複合工法透過型鋼，已大幅度降低鋼筋籠單元的吊裝次數，每座橋墩工期也縮短 1/3，同時減低施工風險。惟因型鋼單價較高，略為墊高工程費用約 15.6%。

表 2 複合工法之效益比較

工法	吊裝次數	工期	工程費	風險
傳統橋墩工法	49 次	21 天	低	高(R3)
複合橋墩工法	16 次	14 天	高	低(R2)

在風險管理作業中[4, 5]，從各項作業項目自主檢查，辨識不安全之行為與狀況，可獲得風險清單，再以發生率與嚴重度進行風險評估。對照圖 5 之風險矩陣進行風險處置。在本案例中，緊鄰營運中鐵路之傳統橋墩工法，風險等級為 R3；而複合橋墩工法評估風險等級為 R2，可降低施工風險。因此做平時作業中，加強以下之管理項目：

- a. 確實依三級勞工安全查驗表執行檢查。
- b. 以走動式管理抽檢瞭望指揮員現場執行情形。
- c. 加強檢驗型鋼底座焊接牢固。
- d. 加設鋼索斜拉固定，防止傾斜碰觸鐵路高壓電。

非常嚴重 9	R4	R4	R4	R4	R4	<div style="display: flex; flex-direction: column; gap: 5px;"> <div><span style="color: green;">■</span> R1: 低度風險，以一般步驟處理。(接受)</div> <div><span style="color: yellow;">■</span> R2: 中度風險，必須明定管理階層的責任範圍(降低)。</div> <div><span style="color: purple;">■</span> R3: 高度風險，管理階層需督導所屬研擬計畫並提供資源。(轉移)</div> <div><span style="color: red;">■</span> R4: 極度風險，應立即採取行動。(避險)</div> </div>
嚴重 7	R3	R3	R3	R3	R4	
中度嚴重 5	R2	R2	R3	R3	R3	
輕微嚴重 3	R1	R2	R2	R2	R2	
不嚴重 1	R1	R1	R1	R1	R1	
I P	非常低 1	低 3	中等 5	高 7	非常高 9	

圖 6 風險矩陣

## 六、結語

1. 在狹長型廊帶環境下，複合橋墩工法吊裝作業較少，侵入鐵路淨空的機率較低，可有效防止感電等災害發生。
2. 複合橋墩工法以型鋼強化鋼筋籠組立，可增進施工安全性又有縮短工期之效益。不僅適用於緊鄰鐵路，亦適用於緊鄰高速公路之工程。
3. 從價值工程分析的角度而言，複合橋墩工法可降低施工風險，縮短工期，是一項值得推廣的施工工法。

## 七、參考文獻

1. 國家地震工程研究中心(H型鋼)鐵改計畫成果專案報告，2012。
2. International Project Management Body of Knowledge，2010。
3. Project Management Institute. Project Management Institute Practice Standard for Work Breakdown Structures, Second Edition，2006。
4. Perera BAKS, Dhanasinghe I, Rameezdeen R. Risk management in road construction:the case of Sri Lanka. Int J St Prop Manage Vol.13, Issue 2 (2009),pp.87-102。
5. Motiar Rahman, Revitalising Construction Project Procurement Through Joint Risk Management, The University of HONG KONG(2003),pp.16-34。