

大型橋墩鋼筋續接施工危害評估 與作業安全指引

Guidelines for Hazard Assessment and Safety of Connecting Operation of Reinforcing Bars for Large Scale Bridge Pier

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所

大型橋墩鋼筋續接施工危害評估與 作業安全指引

Guidelines for Hazard Assessment and Safety of Connecting Operation of Reinforcing Bars for Large Scale Bridge Pier

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所 編印
中華民國 101 年 12 月

序

由勞委會歷年重大職業災害統計資料顯示，營造業佔歷年各行業職災數之冠，公共工程職災死亡人數約佔 4 成，其中橋梁工程佔了很大的比例。我國由於區域狹隘，交通建設工程大量運用橋梁及高架道路。橋梁工程本身即較複雜，近年來墩柱高度又愈來愈高，再加上施工環境變動性較大，墩柱鋼筋續接作業施工期間的危害性也隨之愈來愈高。期望大型橋墩鋼筋續接施工危害評估與作業安全指引的出版，能有效降低大型墩柱鋼筋續接作業期間災害之發生，並保障施工人員之安全。

由現場訪視與危害評估分析結果得知，大型橋墩鋼筋續接升層高度太高、墩柱鋼筋拉索受到不當額外拉力與鋼筋吊掛點設置錯誤，為大型橋墩鋼筋續接危害發生之主要原因，而人員管理與預算編列方式不當常造成工程單位之施工安全問題。針對作業過程中疏於防護之潛藏危害，提出施工安全注意事項與作業檢查要點。因應大型橋墩鋼筋續接侷限空間之特性與人員作業風險較大之吊掛作業等施工項目，提出施工安全設備與改善措施，完成施工危害評估與作業安全指引編製。

大型橋墩鋼筋續接施工危害評估與作業安全指引，可提供監造與施工單位掌握施工安全技術，作為建立橋墩鋼筋續接作業安全管制與查核機制之參考基礎。對於大型橋梁墩柱之工法施作安全改善措施，可作為設計單位進行工程規劃時安全措施之改良參採，可減少橋墩鋼筋續接過程不當造成勞工重大傷亡職災之發生，保障勞工在鋼筋續接作業安全。

101 年 12 月

目錄

序.....	i
目錄.....	ii
圖目錄.....	iii
表目錄.....	iv
一、前言.....	1
二、用詞定義及適用範圍.....	2
三、橋墩鋼筋續接作業常見災害類型與危害評估.....	4
四、橋墩鋼筋續接施工安全作業流程.....	18
五、橋墩鋼筋續接施工安全設施.....	29
六、墩柱鋼筋吊裝作業安全.....	37
七、橋墩鋼筋續接施工預算編列.....	41
八、橋墩鋼筋續接施工特殊工法介紹.....	44

圖目錄

圖 1 以墩柱鋼筋樣架進行施工	2
圖 2 橋墩柱鋼筋續接及鋼筋樣架示意圖	3
圖 3 發生倒塌之墩柱鋼筋	4
圖 4 發生倒塌之墩柱鋼筋	5
圖 5 墩柱鋼筋續接作業平台發生倒塌	6
圖 6 墩柱樣架施作流程	20
圖 7 鋼索夾固定方法	32
圖 8 鋼索直接套結	32
圖 9 以緊張器錨定在混凝土塊	33
圖 10 以調整器錨定在擋土支撐上	33
圖 11 以緊張器錨定在鋼板樁	33
圖 12 以調整器錨定在岩錨上	33
圖 13 鋼索緊張器	34
圖 14 人員在高處進行吊掛作業	37
圖 15 高壓電線加裝防護套管及警示	37
圖 16 鋼筋組立作業施工架設置示意圖	38
圖 17 人員由樣架內爬梯進行脫鈎作業	39
圖 18 使用自動脫鈎器應用於吊掛鋼筋樣架	40
圖 19 日本工法-ML 工法	44
圖 20 施工步驟圖(ML 工法)	45
圖 21 日本 TRIC 工法現場使用情形	47
圖 22 從地面組搭螺旋配筋	48
圖 23 地面組裝圓形帶狀鋼筋及吊裝	48
圖 24 美國橋墩施工方式	51
圖 25 柱型箍筋	51
圖 26 螺旋箍筋	51

表目錄

表 1 大型橋墩鋼筋續接初步危害分析表.....	8
表 2 鋼筋續接作業施工災害發生原因一覽表.....	13
表 3 鋼筋續接施工平台作業危害分析表.....	15
表 4 橋墩鋼筋續接安全作業標準.....	21
表 5 橋墩鋼筋續接施工安全檢核表-監造單位.....	26
表 6 墩柱鋼筋組立安全查核表-承包商.....	27
表 7 墩柱鋼筋續接作業安全檢查表.....	28
表 8 鋼索徑與索夾數量.....	34
表 9 斜拉鋼索檢點表.....	36
表 10 直立鋼筋自動脫鈎器性能表(例).....	39
表 11 使用直立鋼筋自動脫鈎器注意事項.....	40
表 12 設施費用單價分析參考例(一).....	43
表 13 設施費用單價分析參考例(二).....	43
表 14 ML 工法與傳統 RC 橋墩技術比較表.....	46
表 15 TRIC 工法流程.....	47
表 16 TRIC 工法與傳統工法施工效率比較表.....	49
表 17 3H 工法與傳統工法之比較.....	50

一、前言

現今橋梁墩柱施工技術及工法，雖是日新月異，但傳統的橋墩柱鋼筋混凝土結構由於在成本掌控、施工作業內容、投入機具及人力等所需資源方面，均為工程業界所熟悉，因此在橋梁工程仍然十分普遍的被採用，但因施工作業中的潛在危害，如果未被妥善控制而導致重大職業災害的發生或危及公共安全，除引起人員傷亡外也引起民怨，故與其有關的施工安全亦應予重視。橋梁墩柱之鋼筋混凝土工程之施工過程中，常見的作業危害以墜落、倒塌、物體飛落為主，其中在鋼筋續接作業時，由於作業本身的特性、人員的安全意識不足、施工機具的缺陷或操作不良及環境因素等錯綜複雜的危害源，作業上某一個環節有疏漏或不注意，就很容易導致災害事故的發生，因此，有關墩柱鋼筋續接作業危害預防對策，應該是系統性的、全面性的思考，方可有效確保施工安全。

本指引之編製，藉由職業災害案例分析、橋墩鋼筋續接作業危害分析、作業災害要因分析與預防對策、提出施工安全作業流程、安全管理方法及安全整備等俾供使用者參考。同時提供日本及美國現行採用墩柱鋼筋組立施工工法，期望國內設計與施工單位參考，據此調整或開發適合國內橋墩鋼筋續接作業有更安全、效率及經濟的施工方法。

二、 用詞定義及適用範圍

(一)用詞定義

1.鋼筋續接：

在此係指，為達墩柱設計規格及性能要求，施工時，必須設法使上、下兩方的鋼筋銜接達設計長度，有關鋼筋的續接仍應符合法令及施工規範之規定。通常鋼筋續接方式計有：搭接、鉚接與使用續接器等。

2.墩柱施工昇層規劃：

指當橋梁採高墩柱設計，施工時通常因技術、工程條件或其他因素無法一次施作完成時，實務上，必須從基礎到帽梁由下往上分段施工，逐步施工到墩柱結構的預定高度。同時，鋼筋組配、混凝土澆築、模板組配等施工作業需搭配作業高度及交互作業程序，如此下部結構施作完成，再往上層施作的作業循環，即為墩柱施工昇層規劃之要旨。

3.鋼筋樣架簡稱「樣架」(如圖 1)：

係指將部份結構鋼筋及固定鋼筋、斜撐等構材先於地面組配後吊裝於基礎或下層鋼筋上，後續再行組配原設計應有的全部鋼筋。此時的「工作架」為成形的一座鋼筋結構(骨架)，較具穩固性和易於施工，國內工程界也常稱為鋼筋工作架。

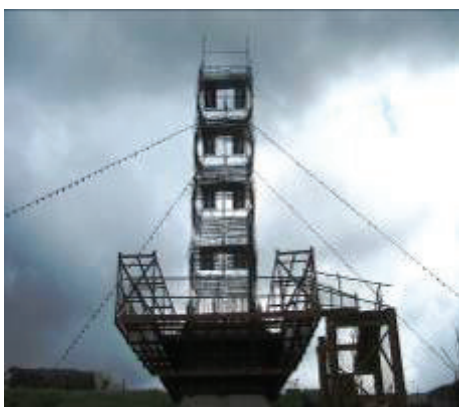


圖 1 以墩柱鋼筋樣架進行施工

4.危害：

能對人體造成傷害或有損健康的潛在因素。

5.事故：

與工作有關或工作過程中發生，但未造成人員傷害的不安全事件。

(二)適用範圍

1. 橋梁墩柱鋼筋混凝土結構，有場鑄及預鑄兩種施工方式，本指引僅提供場鑄鋼筋混凝土鋼筋續接相關作業安全之使用參考。
2. 本指引主要提供直立鋼筋採續接器施工方法之作業安全，但採取搭接、電銲或其他續接方式時，可參考此要領並依實際狀況參考使用之。
3. 本指引所稱之「大型橋墩鋼筋續接」，係指橋梁墩柱鋼筋續接長度 6 公尺(含)以上之鋼筋組配作業，一般常見之鋼筋續接情形如圖 2 所示。

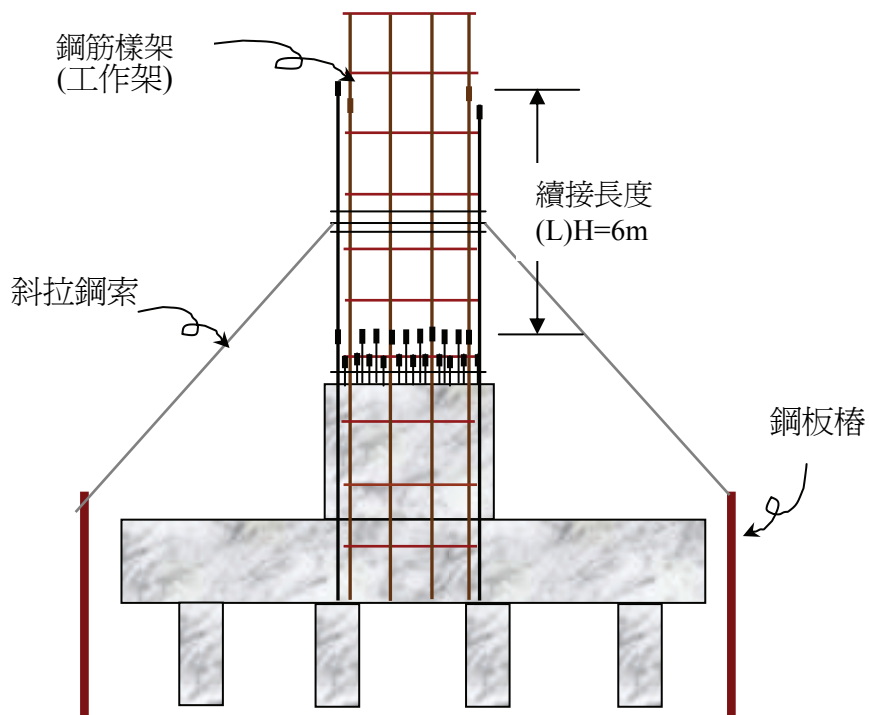


圖 2 橋墩柱鋼筋續接及鋼筋樣架示意圖

三、 橋墩鋼筋續接作業常見災害類型與危害評估

(一) 橋墩鋼筋續接作業職災案例探討

由於橋梁施工現場環境之變化性較大，也容易受到外力的影響，橋墩柱鋼筋本身即具有自重大、材質相對具有彈性及自持性不高等性質。當工作現場出現異常時如無法及時妥善處理，容易造成倒塌、崩塌或人員墜落之意外。以下摘錄幾則大型橋墩鋼筋續接相關之職業災害案例，敘述如下：

1. 五楊段某墩柱鋼筋組立施工架拆除發生鋼筋倒塌受傷職災案例(如圖 3)

國道 1 號五楊段第○○標工程，進行某墩柱北側施工架拆除，有二條鋼索穿過施工架，因為看起來沒有辦法拆除施工架，所以施工人員將 2 條鋼索拆除，拆完之後沒有發生傾斜的狀況。當開始拆南側的施工架時，拆完第 4 層就發生鋼筋傾倒，造成 3 人受傷。

(1) 災害原因分析：

經勞委會北區勞動檢查所分析為固定墩柱鋼筋鋼索拆除。

(2) 災害防止對策：

構結墩基之直立鋼筋時，應有適當支持；其有傾倒之虞者，應使用拉索或撐桿支持，以防傾倒。



圖 3 發生倒塌之墩柱鋼筋

2. 新北市某從事橋梁鋼筋綁紮作業發生鋼筋倒塌死亡職災案例(如圖 4)

99 年 2 月 23 日，某橋梁進行橋梁墩柱鋼筋組紮作業，在移開起重機伸臂時鉤到固定墩柱鋼筋之鋼索，造成墩柱鋼筋發生倒塌，罹災者上去拿放在 P 墩柱鋼筋上面的東西時，被倒塌之墩柱鋼筋夾壓致死。

(1) 災害原因分析：經勞委會北區勞動檢查所分析，有以下幾點：

- 橋墩墩柱昇層及鋼筋續接未有施工規劃及安全考量。
- 使用鋼索支持墩柱鋼筋繫固不妥且強度不足。
- 未於事前調查起重機作業範圍之作業空間及未適當決定其作業方法、吊掛方法及運搬路徑等必要措施。
- 墩柱鋼筋組立及起重吊掛等作業危害認知與辨識能力不足。

(2) 災害防止對策：

- 加強作業人員進場管制並施以從事工作及預防災變所必要之安全衛生教育訓練。
- 對於從事起重吊掛作業，應於事前調查起重機作業範圍之作業空間及決定適當作業方法、吊掛方法及運搬路徑等必要措施，並設置專人於現場擔任監督指揮作業。



圖 4 發生倒塌之墩柱鋼筋

3.新莊某從事墩柱鋼筋續接工作發生物體倒崩塌死亡職災案例(如圖 5)

98 年 11 月 1 日，進行墩柱鋼筋續接工作時，突然一陣強風，將橋墩墩柱鋼筋連同施工架吹倒，在施工架上作業之 3 名勞工連同施工架墜落，造成 1 人死亡 2 人受傷。

(1) 災害原因分析：經勞工委員會北區勞動檢查所分析，有以下幾點：

- 橋墩墩柱昇層及鋼筋續接未有施工規劃及安全考量。
- 使用鋼索支持墩柱鋼筋繫固度不妥且強度不足。
- 對作業危害認知與辨識能力不足。
- 未確實採協議、連繫、調整、巡視等防災作為。

(2) 災害預防可能對策：

- 對支撐墩柱鋼筋之繫固鋼索應有施工圖及計算書，並列為施工查核重點確實查核。
- 應加強具倒塌崩塌之作業危害認知及辨識能力，以及具體告知工程危害因素及應採對策。



圖 5 墩柱鋼筋續接作業平台發生倒塌

(二) 職災案例災害原因分析

由以上職災案例可知，大型橋墩鋼筋續接施工具有潛在危害或風險，如施工單位事先未妥為規劃安全作業方法、現場施工安全管理不良、作業人員事前未經教育訓練或作業稍有疏忽，即容易導致災害事故。針對國內近幾年所發生之職災案例，整合其發生經過，所得災害原因分析如下：

1. 鋼筋垂直固定並未有妥善施工規劃及假固定方式：

對於橋墩鋼筋豎立之假固定方式事先未妥為規劃，像是支撐墩柱鋼筋用之拉索數量不足、安全強度不夠、或未予以確實繫固，造成拉索斷裂、脫落，而無法發揮預防鋼筋傾倒之功用。本研究探討支持墩柱鋼筋之穩固措施，掌握設置位置之力學行為，以提升現場施作安全。

2. 支撐墩柱鋼筋與樣架用之拉索受到不當額外拉力：

墩柱鋼筋或樣架組立過程中因施工不確實，造成橋墩墩柱與樣架組立過程中逐漸傾斜，使得橋墩垂直精度不佳，且樣架定位不易，其屬於精密對位之工作項目，於作業過程當中易使樣架重心偏移，橋墩鋼筋實際位置無法符合設計圖說之要求，而作業人員可能利用拉索試圖將架子拉正，拉索受到額外不當拉力而導致鋼筋倒塌。本研究探討橋墩施工設施之安全性，提出相關之安全查核表，作為規

劃設計之參考基礎。

3.未將墩柱昇層與橋墩施工構件納入施工設計中：

墩柱昇層高度及鋼筋續接未有施工規劃及安全考量，橋墩主筋、樣架與工作筋未納入強度計算中，且事先未實施安全檢核、確認強度是否足夠以及鋼筋組立是否固定等情形。本研究對於大型橋墩鋼筋續接施工應注意事項，提出橋墩鋼筋續接作業危害評估，提供施工相關單位參考。

4.吊掛作業方法不正確：

在狹小工作面中，利用大型起重機進行吊掛，墩柱鋼筋與樣架設置拉索、工作平台阻礙吊掛機具的作業範圍，起重機容易鉤到固定用拉索或工作平台，造成橋墩鋼筋倒塌。在吊掛作業時未有適當之吊掛作業方法、事先未調查起重機作業空間及運搬路徑等必要措施，起重機易撞擊到施工人員。本研究參考國外直立鋼筋吊掛方式，探討橋墩鋼筋吊掛安全。

5.作業人員教育訓練不足：

橋墩柱鋼筋組立作業時管制未進行協議、指揮停止作業及採積極具體之連繫調整，工地現場未確實對工作場所進行巡視，或施行為防止職業災害之必要事項，工程單位對相關勞工未施以從事工作及預防災變所必要之安全衛生教育、訓練。本研究針對橋墩鋼筋續接之危害項目與作業檢點，編製大型橋墩鋼筋續接作業安全指引，以提出鋼筋續接工程危害因素及應採對策，供工程主辦機關、監造與施工單位參採。

(三) 橋墩鋼筋續接初步危害分析

橋墩鋼筋續接施工單位可先依據工程概要及施工環境檢討結果，完成工程施工規劃並擬定基本施工計畫後，以初步危害分析法(PHA)進行鋼筋續接作業「危害辨識」，分析出鋼筋續接施工上之一般危害並篩選出重大危害，研擬其主要防制對策(如表 1)。

表 1 大型橋墩鋼筋續接初步危害分析表

危害項目	危害來源	主要影響	預防原則
1.施工規劃	1.樣架鬆散 2.工作台、上下設備強度不足	1.人員墜落 2.物體飛落 3.倒塌崩塌	1.作業前，由專任工程人員妥為設計，簽認強度計算書、施工圖 2.建立鋼筋樣架、工作台、上下設備施工安全查核機制 3.研擬以施工安全為考量的昇層規劃
2.高處位能	1.吊掛作業吊具損壞，人員進入吊舉作業範圍 2.人員精神不良 3.高處作業人員未使用防護具	1.人員墜落 2.物體飛落 3.吊掛物碰撞作業人員	1.作業前，檢點已吊裝完成之安全護欄、安全母索、安全網等防墜設施及作業勞工個人防護具之佩戴等是否完善 2.吊掛作業前檢查吊具，吊掛物下方以交通錐、連桿和警示帶等設置管制區，禁止人員進入 3.訂定並落實起重作業程序 4.設置安全上下設備 5.每日巡視檢查工區之危險開口及高處作業人員之防墜設施 6.入場作業管制作業，對勞工實施墜落危害之教育訓練
3.材料缺陷	1.施工架材料損傷，不合規定	1.施工架倒塌	1.作業前，檢查現場施工架材料與專業技師所

表 1 大型橋墩鋼筋續接初步危害分析表（續）

危害項目	危害來源	主要影響	預防原則
	2.鋼筋樣架尺寸不符設計或施工圖	2.人員墜落 3.樣架倒塌或物體飛落	設計是否相符，以及確認其穩固狀態 2.確認施工架依計算所得限重 3.指派作業主管在場監督指揮作業，檢查施工架 4.鋼筋續接工程須經結構設計，依設計結果安裝 5.鋼筋樣架組配完成應確實查核
4.機具本體	1.移動式起重機未經檢查合格 2.移動式起重機作業時傾倒 3.構材強度不足，接合不良 4.操作不慎碰觸固定鋼索	1.設備倒塌 2.物體飛落 3.起重機倒塌，人員墜落 4.碰撞 5.樣架或上下設備倒塌	1.訂定吊掛捲揚作業管理計畫 2.吊掛作業統一指揮訊號及指揮體系 3.機具進場前，檢查合格證並檢點吊運機材之品質與安全裝置 4.於吊運設備標示吊升荷重範圍內作業 5.移動式(吊車)起重機之基腳依規定確實伸出使站穩 6.固定鋼索設置警示旗
5.電能	1.受電設備漏電 2.機電設備漏電 3.電焊作業感電	1.人員感電	1.受電設備及發電機安裝漏電斷路器 2.電焊設備安裝內藏式防止電擊裝置 3.使用機械設備裝設接地設施 4.使用雙重絕緣電線並

表 1 大型橋墩鋼筋續接初步危害分析表（續）

危害項目	危害來源	主要影響	預防原則
			架高 5.擬定臨時電氣管理計畫 6.作業前，檢點檢查所有電器設備之防感電安全措施與裝置 7.鄰近高架電線場所作業時，請台電公司事先辦理遷移，或採取設置絕緣用防護設備、保持3公尺安全距離等措施 8.作業前對勞工作感電危害之教育訓練
6.車輛機械	1.施工機械作業中衝撞作業人員 2.遭鄰近道路往來之車輛衝撞 3.駕駛不慎碰觸固定鋼索	1.施工機械衝撞作業人員 2.人員被撞，交通事故	1.遵守施工機械安全規定 2.設置指揮、交通引導人員，並配戴防護具 3.設置作業管制區，禁止無關人員進入 4.工區車輛限速 5.車輛機具檢查倒車燈及蜂鳴器 6.設置車輛出入口並指派交通引導人員，引導車輛機械出入 7.於車流方向後面設置車輛出入口。並設置交通引導人員，引導車輛通行 8.鄰近道路之作業人員戴安全帽、穿著反光背心作業 9.工地內限速

表 1 大型橋墩鋼筋續接初步危害分析表（續）

危害項目	危害來源	主要影響	預防原則
7.動能	1.預力施工時鋼筋斷裂 2.端錨夾片斷裂	1.人員被鋼筋刺傷	1.指派作業主管在場監督指揮 2.加強材料檢驗 3.人員站立於安全位置 4.依規定作業次序逐步施工
8.結構本體	1.鋼筋強度不足 2.施工平台強度不足	1.鋼筋、施工平台倒塌 2.人員墜落	1.鋼筋續接經專人妥為設計，並依設計結果按圖施工 2.依規定養護混凝土後，才拆除施工平台
9.河岸(或溪、河底)	1.鄰水作業	1.鄰水作業人員、落水溺水	1.作業區設置救生艇、救生圈、救生員 2.作業人員穿著救生衣，戴安全帽，穿防滑鞋 3.設置警戒管制區 4.預先架設延伸過水面上方的攔截繩索 5.設置監督人員，聯絡協調及調查水文 6.擬訂近岸作業管理計畫 7.所有人員應接受近岸作業教育訓練
10.作業環境缺失	1.地面不平整 2.地面承载力不足	1.起重機倒塌	1.作業區地面予以整平、滾壓
11.風力	1.未考慮側向力	1.倒塌 2.物體飛落	1.強度計算考量當地風力 2.構件補強
12.安全管理	1.未依法規之要求設置勞工安全衛	1.由未經訓練合格之	1.依法規之規定設置足夠之勞工安全衛生人

表 1 大型橋墩鋼筋續接初步危害分析表（續）

危害項目	危害來源	主要影響	預防原則
	生人員 2.作業勞工未經訓練 3.未實施自動檢查	人員負責 勞工安全 衛生管理 之工作 2.作業勞工 不了解安全 3.缺失發生 時未能即時改善	員 2.對作業勞工施予一般 及預防災變所需之教育訓練 3.確實實施及落實自動 檢查與檢點
13.不安全行為(不當動作)	1.固定鋼索不當施力	1.鋼筋倒塌	1.加強教育訓練 2.嚴禁不當使用固定鋼索調整鋼筋垂直度 3.鋼索禁止施加不當額外拉力
14.不安全行為	1.忽視安全規定 2.工作不專注 3.勞工身心狀態不佳	1.墜落 2.倒塌 3.物體飛落 4.其他人為引起之負面影響	1.加強教育訓練 2.加強入場人員管制 3.落實自主檢查(工地巡檢)與檢點
15.火災	1.電焊作業防護不足	1.火花掉落引起火災	1.作好防火毯防火盒等防護措施 2.設置監火員及滅火器
16.其他	1.天候異常 2.地震	1.土石或水衝擊毀損在建設施或安全裝置	1.設計規劃在合理範圍內提高安全係數 2.工作場所風險評估酌予考量

(四) 橋墩鋼筋續接災害發生原因

橋墩鋼筋續接初步危害分析完成後，對於橋墩柱鋼筋組立工程已初步辨識出相關潛在危害及預防原則，施工單位據此修訂基本施工計畫。其後，將基本施工計畫視為上階文件，再進一步訂定施工災害初步分析表。主要是針對橋墩鋼筋續接作業展開時，對作業流程中可能危害詳實檢討分析，以下先就主要災害類別(倒塌、崩塌、墜落、物體飛落、感電)發生原因列表說明，如表 2 所示。

表 2 鋼筋續接作業施工災害發生原因一覽表

主要災害類別	災害發生原因
倒塌	橋墩墩柱升層及鋼筋續接未有假固定等施工規劃及安全考量
	未依墩柱鋼筋施工圖及計算書進行作業
	使用鋼索支持墩柱鋼筋繫固度不妥且強度不足
	作業場所空間狹小，遭其他施工機具碰撞倒塌
	作業管制不良，未確實採協議、連繫、調整、巡視等防災作為，對於作業危害認知與辨識能力不足
	吊裝作業時，起重機底部地面沉陷
	吊裝作業時，起重機未伸展外伸撐座重心不穩倒塌翻覆
	施工前、中未對風力等天然因素做適當考量
	墩柱鋼筋未固定或固定方式不良
	鋼筋樣架固定用斜拉鋼索被不當施力
	作業置人員缺乏安全意識
崩塌	鋼筋續接作業場所旁開挖面崩塌
	作業場所上方土石流或土壤液化致土層崩塌
	施工事前之未評估調查工地土層地質狀況
墜落	人員未注意自身安全、未確實戴用個人防護具、未遵守安全規定
	個人防護具變形、損壞、腐蝕，導致安全保護功能失效

表 2 鋼筋續接作業施工災害發生原因一覽表（續）

主要災害類別	災害發生原因
	未訂定或落實墜落危害防止畫
	未設置墜落防護設施或防護裝置失效
	未依規定設置安全上下設備
物體飛落	未於事前調查起重機作業範圍之作業空間及未適當決定其作業方法、吊掛方法及運搬路徑等必要措施
	未落實自動檢查，起重機具或其吊索、吊具故障
	作業人員未注意自身安全、未確實戴用個人防護具
	未設置防止物體飛落防護網
	樣架構件鬆散，吊裝時掉落
	縱向(直立)鋼筋吊掛未確實緊定而脫落
夾傷、割傷	不安全行為或不安全動作
	鋼筋、鐵材等尖銳處未採取適當防護措施
	以人力搬運物料、器具時，作業人員分心或未注意
感電	樣架組裝使用之電焊機，未設自動電擊防止裝置或故意使其失效
	電氣設備未裝設漏電斷路器
	吊掛鋼筋樣架時，碰觸上方架空高壓裸線
	人員未依規定戴用絕緣防護具
其他	主鋼筋續接鋼筋鎖固時，用力過猛身體扭傷或拉傷

(五) 橋墩鋼筋續接施工危害評估

1. 橋墩鋼筋續施工作業，從業人員多數處於高處作業，施工單位必須提供安全的高處作業場所及上下設備，並避免在高處工作平台及上下工作台時發生墜落之災害，甚至產生其他之危害，故對鋼筋續接施工作業所需之施工平台，在其組裝過程也特別分析作業危害原因，有關施工平台之危害分析，如表 3 所示。

表 3 鋼筋續接施工平台作業危害分析表

危害類別	危害發生原因
倒塌	施工平台和周邊配備材質之瑕疵，導致組立或作業中或已完成之施工平台無法承受上方施工人員與所搬運原料之重量，或受外在力影響（如：風力、地震力或衝撞）而傾覆倒塌
	作業管制不良，未確實採協議、連繫、調整、巡視等防災作為，對於作業危害認知與辨識能力不足
	施工平台組裝不確實也未確實固定
	施工前、中未對風力等天然因素做適當考量
	作業場所空間狹小，遭其他施工機具碰撞倒塌
崩塌	工作台旁開挖面崩塌
	作業場所上方土石流或土壤液化致土層崩塌
墜落	現場施工必要安衛設施不足或設置不良
	個人防護具變形、損壞、腐蝕，導致安全保護功能失效
	未訂定或落實墜落危害防止畫
	未設置墜落防護設施或防護裝置失效
	作業人員未注意自身安全、未確實戴用個人防護具
	未依規定設置安全上下設備
物體飛落	作業管制不良，未確實採協議、連繫、調整、巡視等防災作為，對於作業危害認知與辨識能力不足
	未於事前調查起重機作業範圍之作業空間及未適當決定其作業方法、吊掛方法及運搬路徑等必要措施
	未落實自動檢查，起重機具或其吊索、吊具故障
	作業人員未注意自身安全、未確實戴用個人防護具
	工作台構件或附屬配件鬆散，掉落至下方
	未設置防止物體飛落防護網
夾傷、割傷	作業人員疏忽或未配戴工作手套

2.進行橋墩鋼筋續接作業時，現場人員可能面臨之施工危害說明如下：

(1) 墜落、滾落：

在高度 2 公尺以上之作業場所，例如：作業人員於鋼筋續接工作台、通道或於基礎開挖面等從事作業時，該作業場所邊緣或開口未設置護欄(扶手)、覆蓋、張掛安全網或設置安全母索，人員未確實使用安全帶(背負式)及未設置適當警戒措施，或安全上下設備，此時作業即容易發生墜落、滾落災害。即使已設置防墜設施如其強度不足、設置方式錯誤(例如以鏈條或繩索作為欄杆)、未實施例行檢點及維護，亦可能存有高度風險。

工地現場使用高空工作車作為上下設備，人員搭乘高空工作車高度到工作點後即脫離工作車之工作台，在無適當防護下亦發生墜落危害。

(2) 物體倒塌：

鋼筋組立作業時或組配完成後，未確實予以固定、鋼筋(籠)或樣架各構件組裝不確實、或已固定但鋼筋柱遭外力(包括風力、地震等自然力)拉扯或衝擊，甚至基礎開挖面邊坡崩塌或陡坡之土石流均可能導致鋼筋倒塌災害。

(3) 物體飛落：

當樣架組裝固定不良鬆散致吊車吊裝時散落、被外力撞擊組配中或已完成組立之墩柱鋼筋致其構件鬆脫掉落、吊掛作業方式不當、傳遞手工具之方式不當或未注意，或於墩柱基礎作業時開挖面浮動土石鬆落。鋼筋續接作業需要或鄰近其他施工項目從事吊掛作業未做好吊掛作業區域管制，復因吊掛鋼索斷裂、吊鉤損壞或防止吊物脫落裝置(防滑舌片)失效等致發生物體飛落災害。有時上下設備或作業通道上任意堆放且未固定物料或器具，作業人員不慎踢到而使物體飛落。人員若未依規定戴用安全帽等個人防護具，物體飛落災害的危害的嚴重程度或發生可能性則相對較高。

(4) 開挖面崩塌：

基礎開挖面或墩柱位於邊坡甚至陡坡旁，未設置適當的擋土支撐或其他防護設施，又當地層土壤水量高時造成側向土壓力大或其抗剪力不足均易發生崩塌災害。

(5) 衝撞：

因墩柱鋼筋組立後警示及相關防護措施不足，施工車輛駕駛或吊掛作業吊車操作不慎衝撞作業人員或既有設施。

(6) 感電：

接近高架高壓電路線未保持安全距離，尤其是鋼筋樣架吊裝時，電動手工具或相關電氣設備漏電，未依規定接地設置漏電斷路器，電焊機二次側帶電端子無絕緣保護裝置等均是發生感電原因之一。

(7) 跌倒：

上下設備或通道過窄或平面濕滑有突起物，作業區域之動線不平坦有高低差，作業人員進出作業場所或搬運物件時，如不注意或身體重心不穩，即容易跌倒。

(8) 被切割、擦傷：

鋼筋、鐵件及固定鋼筋鐵絲的尖銳處，如無適當防護裝置或防護措施不良，發生被切割、擦傷所難免，但如果傷及作業人員眼部、臉或身體脆弱處則後果不堪設想。

(9) 溺斃：

橋梁墩柱部分或基礎作業場所，經常位於河流溪底或水交流經之處，基礎內部積水或大雨後集水區流入大量之地表水，流水和積水都是可能致人員溺斃之原因，鄰水作業之通訊及緊急救援設備是必要的防護措施。

(10) 異常沉降：

橋墩基礎因地層變化造成異常沉降，可能引發開挖面崩塌，墩柱鋼筋。

(11) 被夾、被捲：

作業人員搬運鋼筋組裝樣架，可能不慎被上下置放鋼筋夾傷或配置雙筋時被夾，在固定鋼索被調整器上鋼索夾捲傷。

(12) 火災爆炸：

使用可燃性高壓氣體(如乙炔)切焊鋼筋加工時，高壓氣體鋼瓶輸氣管等裝置未裝設防止氣體逆流或回火之安全器，致有發生火災爆炸之危險。

(13) 不當動作：

作業人員搬運或組配鋼筋不當動作容易受傷。

(14) 其他：

固定墩柱鋼筋鋼索過度緊繃或不當利用鋼索調整鋼筋垂直度，均可能反而造成鋼筋倒塌事故災害。

四、橋墩鋼筋續接施工安全作業流程

(一) 橋墩施工昇層規劃

墩柱施工每次昇層高度過高，相對高處作業危害也大，未增進施工安全減少作業風險，施工前應做好施工昇層規劃並融入施工計畫中推動執行，有關規劃原則下：

- 1.橋墩施工昇層要綜合鋼筋、混凝土、模板工程規格、施工方式等作整體考量，同時隨昇層作業高度，安全防護設施也要一併到位(例如：上下設備及工作台)。每次昇層控制在 6m 以下為原則，其中，混凝土澆築高度 3~4m，封模則在 5m，鋼筋續接高度則在 6m 以下。當然也要考慮施工規範對於塑鉸區鋼筋不得續接的規定。
- 2.有關鋼筋的續接昇層，採用鋼筋續接器並設置樣架之施工方式較安全，其次再考量焊接或搭接的方式。
- 3.墩柱高度在 20m 以上，在設計階段，即可考慮採用新進工法，例如：ML 工法、SRC 結構(即 3H 工法)或其他較安全工法。

(二) 墩柱作業流程(如圖 6)及施工步驟

墩柱鋼筋續接宜與混凝土澆築昇層高度及次數相配合，受到鋼筋自重影響，鋼筋續接預留長度如果過高會產生彎垂現象，混凝土澆築也會與鋼模規格有關，一節鋼模高度為 1m 居多(1~1.5m 或特製均有)，節數越多封模高度就越高。施工單位應妥善規劃昇層計畫，不可僅考量趕工因素，大幅減少昇層次數。

1.短柱施工流程

(1) 第一升層鋼筋組立步驟

- 柱筋先於地上採焊接方式將鋼筋組立成鋼筋樣架（含內層之箍筋每 2.4m 固定一處，每處頂端第一之內箍筋以焊接固定，其餘暫以鐵絲假固定）。
- 將預組之鋼筋樣架以吊裝方式吊至基礎與底層鋼筋焊接。
- 樣架角隅以#4 鋼索拉固，並調整鋼筋樣架之垂直精準度。
- 組立墩柱鋼筋主筋至完成為止。
- 直到底層上層鋼筋組立完成後灌注基礎混凝土。

- 組立第一昇層(調節層)模板並灌注混凝土。

(2) 第二昇層鋼筋組立步驟

- 先於地面組立鋼筋樣架。
- 鋼筋樣架內之 4 支內層柱主筋與第一層續接器接合，四處角落以採用#4 鋼索調整鋼筋位置，鋼筋樣架吊裝後立即於四處角落加綁一支柱內主筋，使其成為束筋。
- 樣架高度約 $L/2$ 處選擇斜向鋼筋之節點處加強焊接，以利鋼索固定更穩固。
- 依序由內層組立續接主筋至外主筋完成，每續接完成後應與每隔 2.4m 處樣架鋼筋綁固。
- 由下至上進行設計圖所需之內外箍筋及繫筋固定至完成。
- 組立第二昇層模板(4m)，灌注混凝土，再組立第三昇層模板(6m)，灌注混凝土。
- 第三昇層鋼筋樣架內之 4 支內層柱主筋與第二昇層續接器接合，並補以 #4 鋼索固定四角落之柱主筋，鋼筋樣架吊裝後立即於四角落加綁一支內柱主筋，使其成為束筋。
- 樣架高度約 $L/2$ 處選擇斜向鋼筋與內箍筋之節點處加強焊接，以利鋼索固定更穩固
- 鋼模組立，澆置混凝土。

2.高(長)柱施工流程

- (1) 柱筋先於地上將墩柱主筋工作架焊接方式完成，再吊放柱上，並與下一層焊接，形成堅固工作樣架。
- (2) 鋼架吊至前一完成面，焊接固定，斜拉鋼纜(4 條)調整及固定，並架設工作平台。
- (3) 最外層鋼筋 8 支焊接在工作架提高勁度，並斜拉 4 條鋼纜予以固定。
- (4) 內圈、中間圈鋼筋組立，組立完成後工人利用高空作業車或護籠爬梯走出。
- (5) 外圈鋼筋組立，利用高空作業車及平台。
- (6) 鋼模組立完成，澆置混凝土。

上述有關鋼索之數量、索徑等須依技師簽認鋼筋穩定性計算結果始可設置。

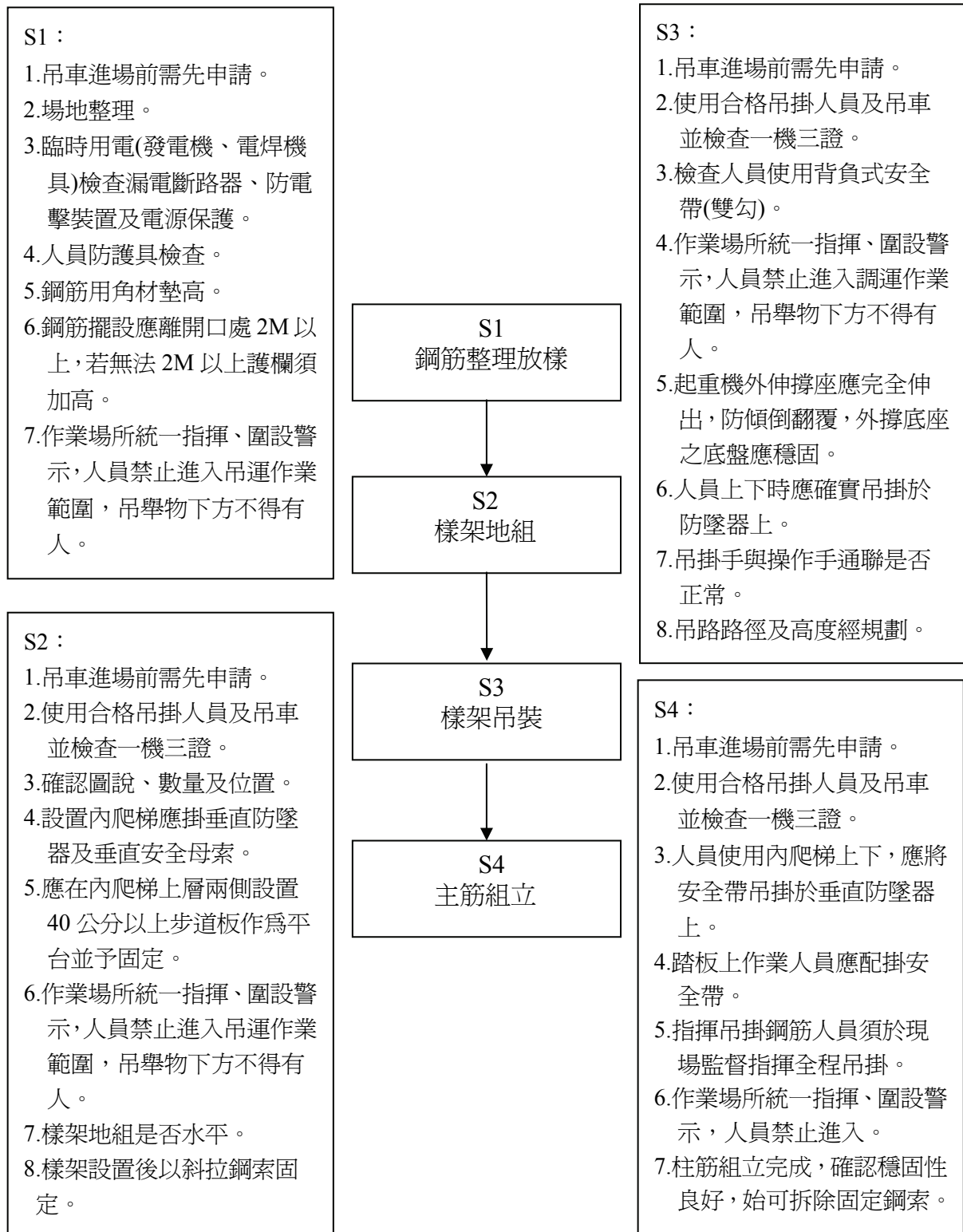


圖 6 墩柱樣架施作流程

註：所謂「一機三證」，係指移動式起重機(吊車)檢查合格證、操作手合格證及吊掛作業人員合格證

(三) 橋墩鋼筋續接施工安全作業標準

為確保橋墩柱鋼筋續接作業時的施工安全，於橋墩鋼筋樣架組立、吊立鋼筋樣架與墩柱箍筋作業時，可透過相關安全作業標準(如表 4)，以防止墩柱倒崩塌及人員墜落、滾落或相關之危害。

表 4 橋墩鋼筋續接安全作業標準

作業種類：橋樑工程墩柱施工之上下設備

單位作業名稱：續接 6m 以上墩柱鋼筋組立及其樣架上下設備

作業方式：協同作業

處理物品：鋼筋吊運組裝

使用機具設備：吊車／吊卡車，發電機、電焊機

防護器具：安全帶、安全帽、防護手套、安全警示設備、防墜器

分類編號：

訂定日期：

修訂日期：

修定次數：_____次

標準製作人：

工作步驟	工作方法	事故類型	不安全因素	安全措施
1. 鋼筋樣架組立	鋼筋樣架組立及防墜器、踏板設置	1.被撞 2.物體飛落 3.感電 4.倒塌	1. 起重機迴轉半徑內未進行管制 2-1.起重機操作手及吊掛手未有合格證照 2-2.吊鉤未設置防滑舌片 2-3.鋼索未定期檢查 3-1.未設置漏電斷路器 3-2.未設置電擊防止裝置 4. 工作筋組立不確實或數量不足，造成倒塌	1. 吊舉物下方及吊臂迴旋半徑範圍內，需以交通錐和連桿設置作業管制區域，防止無關人員進入 2-1.嚴格執行一機三證之進場作業管制 2-2.嚴格執行進場管制作業 2-3.每月定期整體檢查鋼索 3-1.設置漏電斷路器 3-2.電焊機設置電擊防止裝置 4-1.進行鋼筋樣架穩定性計算，據以繪製施工圖說並經專任工程人員簽認 4-2.6m 以上之鋼筋續接，需採用樣架，並經專任工程人員簽認及監造單位審查及監督查驗

表 4 橋墩鋼筋續接安全作業標準（續）

工作步驟	工作方法	事故類型	不安全因素	安全措施
2. 吊立鋼筋樣架(含上下設備設備)主筋之組立作業	1. 吊組焊接鋼筋樣架 2. 勞工以安全帶配合防墜器上下於架內進行主筋之組立作業 3. 基礎內柱箍筋組立 4. 基礎混凝土澆置	1. 被撞 2. 物體飛落 3. 感電 4. 墜落	1. 起重機迴轉半徑內未進行管制 2-1. 起重機操作手及吊掛手未有合格證照 2-2. 吊鉤未設置防滑舌片 2-3. 鋼索未定期檢查 3-1. 未設置漏電斷路器 3-2. 未設置電擊防止裝置 4-1. 上下安全設備不足 4-2. 勞工未依規定正確使用安全帶	1. 吊舉物下方及吊臂迴旋半徑範圍內，須以交通錐和連桿設置作業管制區域，防止無關人員進入 2-1. 嚴格執行一機三證之進場作業管制 2-2. 嚴格執行進場管制作業 2-3. 每月定期整體檢查鋼索 3-1. 設置漏電斷路器 3-2. 電焊機設置電擊防止裝置 4-1. 設置安全之上下設備及作業施工架 4-2. 高處作業應令勞工正確使用安全帶
3. 墩柱箍筋作業	1. 鋼筋圓柱周邊吊運預組完成之上下設備於基礎頂 2. 組立柱外層箍筋	1. 被撞 2. 物體飛落 3. 倒塌 4. 墜落	1. 吊舉作業無關人員進入吊掛範圍內 2-1. 起重機操作手及吊掛手未有合格證照 2-2. 吊鉤未設置防滑舌片 2-3. 鋼索未定期檢查 2-4. 吊掛作業造成碰撞 3-1. 未設置防傾之斜向支撐 3-2. 鋼筋樣架未確實焊接 4. 上下安全設備不足	1. 吊舉物下方及吊臂迴旋半徑範圍內需以交通錐和連桿設置作業管制區，防止無關人員進入 2-1. 嚴格執行一機三證之進場作業管制 2-2. 嚴格執行進場管制作業 2-3. 每月定期整體檢查鋼索 2-4. 加強現場作業監視 3-1. 確實施作防傾之斜向支撐 3-2. 鋼筋樣架應確實焊接 4. 設置安全之上下設備及作業施工架
4. 鋼模組立、調整層混凝土澆置	1. 吊移施工架 2. 鋼模組立 3. 移設上下設備作為鋼模調整組立 4. 調整層混凝土澆置	1. 被撞 2. 物體飛落	1. 吊舉作業未使用控制繩 2-1. 起重機操作手及吊掛手未有合格證照 2-2. 吊鉤未設置防滑舌片	1. 長度超過 5m 之吊舉物需使用導繩控制方向 2-1. 嚴格執行一機三證之進場作業管制 2-2. 嚴格執行進場管制作業

表 4 橋墩鋼筋續接安全作業標準（續）

工作步驟	工作方法	事故類型	不安全因素	安全措施
		3.墜落、滾落 4.物體倒塌	2-3.鋼索未定期檢查 3. 人員在高處作業安全上、下設施不妥當，開口周圍無防護措施，及人員未確實使用個人防護具 4-1.未設置防傾之斜向支撐	2-3.每月定期整體檢查鋼索 3. 在作業中須設置安全上、下設施，安全網，人員需確實使用安全帶及捲揚式防墜器 4-1.現場工程師平時應加強專業訓練 4-2.斜向支撐加強檢查
5. 墩柱箍筋組立鋼模組立混凝土澆置	1. 以起重機吊立上下設備組立第 2 昇層之箍筋(6m) 2. 移開上下設備 3. 鋼模組立 4. 第 2 昇層混凝土澆置(6m)	1.被撞 2.物體飛落 3.墜落、滾落 4.物體倒塌	1. 吊舉作業未使用控制繩 2-1. 起重機操作手及吊掛手未有合格證照 2-2.吊鉤未設置防滑舌片 2-3.鋼索未定期檢查 3. 人員在高處作業安全上、下設施不妥當，開口周圍無防護措施，及人員未確實使用個人防護具 4. 施工架構件未依規定設置	1-1.長度超過 5m 之吊舉物需使用導繩控制方向 1-2.吊舉物下方及吊臂迴轉半徑範圍內，須以交通錐和連桿設置作業管制區域，防止無關人員進入 2-1.嚴格執行一機三證之進場作業管制 2-2.嚴格執行進場管制作業 2-3.每月定期整體檢查鋼索 3. 在作業中須設置安全上、下設施，安全網，人員需確實使用安全帶及捲揚式防墜器 4. 確實檢查施工架構件是否依規定設置
6.組立第 2 組鋼筋樣架	1. 鋼筋樣架組立及防墜器、踏板設置 2. 第一、二組鋼筋樣架焊接	1.物體倒塌	1-1.起重機具外伸撐座未完全伸展 1-2.起重機具作業地面鬆軟，發生起重機倒塌	1-1.嚴格要求起重機具作業應將外伸撐座完全伸展 1-2.起重機具作業地面 RC 鋪面或鋪設鐵板
		2.物體飛落 3.落、滾落 4.感電	2-1.起重機操作手及吊掛手未有合格證照 2-2.吊鉤未設置防滑舌片 2-3.鋼索未定期檢查 3. 人員在高處作業安全上、下設施不妥當，開口周圍無防護措施，及人員未確實使用個人防護具	2-1.嚴格執行一機三證之進場作業管制 2-2.嚴格執行進場管制作業 2-3.每月定期整體檢查鋼索 3. 在作業中須設置安全上、下設施，安全網，人員需確實使用安全帶

表 4 橋墩鋼筋續接安全作業標準（續）

工作步驟	工作方法	事故類型	不安全因素	安全措施
			4-1.未設置漏電斷路器 4-2.未設置電擊防止裝置	4-1.設置漏電斷路器 4-2.電焊機設置電擊防止裝置
7.組立第三昇層主筋及箍筋(6m)第三昇層混凝土澆置作業(6m)重複工作步驟 6、7，直至設計高度止	1.設立上下設備達鋼模平台上 2.勞工以安全帶配合防墜器上下於架內進行主筋之組立作業 3.吊立上下設備置放於鋼模平台上預埋好之調整座上，作為組立第 3 昇層箍筋之綁紮作業 4.鋼模昇模組立 5.泵浦車混凝土澆置	1.物體倒塌 2.物體飛落 3.墜落、滾落 4.感電	1-1.起重機具外伸撐座未完全伸展 1-2.起重機具作業地面鬆軟，發生起重機倒塌 2-1.起重機操作手及吊掛手未有合格證照 2-2.吊鉤未設置防滑舌片 2-3.鋼索未定期檢查 3.人員在高處作業未設安全上、下設施，開口周圍無防護措施，及人員未確實使用個人防護具 4-1.未設置漏電斷路器 4-2.未設置電擊防止裝置	1-1.嚴格要求起重機具作業應將外伸撐座完全伸展 1-2.起重機具作業地面 RC 鋪面或鋪設鐵板 2-1.嚴格執行一機三證之進場作業管制 2-2.嚴格執行進場管制作業 2-3.每月定期整體檢查鋼索 3.在作業中須設置安全上、下設施，安全網，人員需確實使用安全帶 4-1.設置漏電斷路器 4-2.電焊機設置電擊防止裝置
8.拆模及移除施工架	以吊車拆除鋼模及施工架	1.被撞 2.物體飛落 3.墜落、滾落	1.吊舉作業未使用控制繩 2-1.起重機操作手及吊掛手未有合格證照 2-2.吊鉤未設置防滑舌片 2-3.鋼索未定期檢查 2-4.吊掛作業範圍未確實管制人員進入 3.安全上、下設施不妥當，開口周圍無防護措施，及人員未確實使用個人防護具	1.吊舉物下方及吊臂迴旋半徑範圍內，需以交通錐和連桿設置作業管制區域，防止無關人員進入 2-1.嚴格執行一機三證之進場作業管制 2-2.嚴格執行進場管制作業 2-3.每月定期整體檢查鋼索 2-4.吊掛作業範圍確實管制，嚴禁人員於吊物下方 3.在作業中須設置安全上、下設施，安全網，人員需確實使用安全帶

(四) 橋墩鋼筋續接施工安全檢核或檢查表

橋墩鋼筋續接工程單位事前應訂定安全檢核或檢查表等相關表單，表單之訂定應邀集工程專業人員、安全衛生人員、員工或員工代表等相關人員參與共同制定。俟建立可供查核的表單工具後，應連同自主檢查方法及實施要領教導工程或作業人員正確使用。所訂之安全檢核或檢查表亦非永遠有效一成不變，須遵照 P-D-C-A 管理循環的精神，經實施一段時間後要評估其執行成效，再適時檢討修正。在橋墩鋼筋續接施工過程中，在監造與施工單位可透過橋墩鋼筋續接施工安全檢核或檢查表，進行施工安全檢查，以減少作業過程中所可能發生的危害。

橋墩續接施工工程之監造單位，其查核頻率每週至少一次，且訂定承包商不合法規、計畫書或圖說時之明確處理原則，而承包商則須每日對於每座橋墩進行至少一次的安全查核，於變更變動墩柱鋼筋後及地震、大雨、大風過後或其他有造成墩柱鋼筋傾斜等因素時立即重新檢查，且應訂定承包商不合法規、計畫書或圖說時之明確處理原則，針對監造與施工單位其參考表單(如表 5~7)所示：

表 5 橋墩鋼筋續接施工安全檢核表-監造單位

資料查核：

查核項目 (符合者請勾選、未符合者請填寫說明)	處理情形 (未符合者請勾選)	承包商簽名
☐ 是否訂定昇層計畫並已由專任工程人員設計檢核工作樣架、鋼索、吊點等強度並繪製詳細施工圖說 ☐ 是否每日每座(尚未施打混凝土之獨立墩柱鋼筋昇層)皆實施自主檢查 ☐ 是否於變更變動墩柱鋼筋後及地震、大雨、大風過後或其他有造成墩柱鋼筋傾斜等因素時立即重新檢查 ☐ 是否已將氣候監測建立於施工管理機制中 ☐ 其他：	☐ 通知改善 ☐ 立即要求前往檢查 改善完成日期、時間： 	

現場查核(抽查至少一墩)：

墩柱編號	墩柱鋼筋昇層	檢查結果 (符合法規、計畫書或標準圖說者請打勾、不符合者請說明)	處理情形 (不符合者請說明後續處理情形)	承包商 簽名
	鋼筋昇層 第__昇層	☐ 墩柱鋼筋是否依計畫設置工作樣架及鋼索等輔助措施 ☐ 墩柱鋼筋是否依計畫之設計高度昇層 ☐ 工作樣架是否依計畫圖說施作 ☐ 架設樣架是否立即與主筋以焊接等方式固結，並檢查垂直度 ☐ 鋼索等支撐物是否嚴禁刻意施加拉力作為調整鋼筋位置使用 ☐ 固定鋼索之混凝土塊等固定物或固定點是否依圖說施作 ☐ 墩柱鋼筋垂直度是否符合	☐ 立即停工 ☐ 立即改善完成 ☐ 扣款 (_____) ☐ 其他 (_____)	
	昇層高度__ —— <u>M</u>	其他現況檢查： ☐ 鄰近墩柱鋼筋之起重機等營建機械作業空間及操作位置是否妥為規劃避免影響墩柱鋼筋穩定性 ☐ 鄰近墩柱鋼筋之起重機等營建機械作業時是否確認其穩固性 ☐ 工作樣架吊掛是否檢核吊點、吊具強度 ☐ 樣架吊掛是否依計畫鉤掛吊點及使用合格吊具 ☐ 施工平台上鋼筋堆置是否固定穩妥 ☐ 其他：		

表 6 墩柱鋼筋組立安全查核表-承包商

墩柱編號	墩柱鋼筋昇層	檢查結果 (符合法規、計畫書或標準圖說者請打勾、 不符合者請說明)	處理情形 (不符合者請說明後續處理情形)	承包商 簽名
	鋼筋昇層 第__昇層 昇層高度__ M	☐ 是否訂定昇層計畫並已由專任工程人員設計檢核工作樣架、鋼索、吊點等強度並繪製詳細施工圖說 ☐ 是否於變更變動墩柱鋼筋後及地震、大雨、大風過後或其他有造成墩柱鋼筋傾斜等因素時立即重新檢查 ☐ 是否已將氣候監測建立於施工管理機制中 ☐ 墩柱鋼筋是否依計畫設置工作樣架及鋼索等輔助措施 ☐ 墩柱鋼筋是否依計畫之設計高度昇層 ☐ 工作樣架是否依計畫圖說施作 ☐ 架設樣架是否立即與主筋以焊接等方式固結，並檢查垂直度 ☐ 鋼索等支撐物是否嚴禁刻意施加拉力作為調整鋼筋位置使用 ☐ 固定鋼索之混凝土塊等固定物或固定點是否依圖說施作 ☐ 墩柱鋼筋垂直度是否符合 其他現況檢查： ☐ 鄰近墩柱鋼筋之起重機等營建機械作業空間及操作位置是否妥為規劃避免影響墩柱鋼筋穩定性 ☐ 鄰近墩柱鋼筋之起重機等營建機械作業時是否確認其穩固性 ☐ 工作樣架吊掛是否檢核吊點、吊具強度 ☐ 樣架吊掛是否依計畫鉤掛吊點及使用合格吊具 ☐ 施工平台上鋼筋堆置是否固定穩妥 ☐ 其他：_____	☐ 立即停工 ☐ 立即改善 (改善完成時間：_____) ☐ 其他 (_____)	

表 7 墩柱鋼筋續接作業安全檢查表

(謹供參考，請依現場實際狀況修訂)

檢查日期： 年 月 日

檢 查 項 目		結 果		不合格 改善措施
		合格	不合格	
一般規定	鋼筋工作架經技師簽認強度計算書及施工圖說後，使得進入上下作業			
	從事鋼筋續接作業之勞工應確實戴用安全帽、背負式安全帶及工作手套			
	利用鋼筋結構(工作架)作為通道時表面應鋪以工作踏板			
	不可使用鋼筋作為拉所支持物、工作架或起重支持架			
	鋼筋不得散放於施工架上			
	暴露之鋼筋應將尖端彎曲或加蓋			
	特殊狀況且經許可進行夜間施工時，應有足照明設施並確認電源供應無虞(備用照明系統)			
	天候無異常(大風、豪雨、昏暗不明等)			
倒塌防止	斜拉鋼索之索徑、數量及固定方式與施工圖說相符			
	斜拉固定鋼索無明顯得截斷、磨損、變形、扭結、鏽蝕			
	斜拉固定鋼索固定處(如鋼版樁、混凝土錨座等)均作用良好			
	斜拉固定鋼索警示旗或警示裝置均作用良好			
墜落防止	2m 以上柱筋作業，應設置具安全上下設備之工作台，四周應設置護欄，並妥為固定			
	鋼筋工作架或工作台開口邊緣組筋，開口邊緣應設護欄，無法設置護欄時，再以安全母索配合安全帶使用			
	使用吊車運送或吊裝鋼筋時，應予紮牢以防滑落			
	不可使用高空工作車作為上下設備			
物體飛落防止	單根直立鋼筋吊裝時，吊具應使用自動脫鉤器			
	吊運長度超過 5m 之鋼筋，應在適當距離之二端以吊鏈鉤住或拉索捆紮拉緊			
	鋼筋工作架或施工架吊掛或傳送物料應備妥使用物料袋			
檢 查 項 目		結 果		不合格 改善措施
		合格	不合格	
感電防止	總受電盤應裝設 ≤ 100 歐姆之接地線			
	各分電盤應裝設高速型漏電斷路器(額定感度電流 30mA，跳脫時間 0.1 秒以內)，使用電動工具應接於負載側，不得跳接			
	於接近高壓線路搬運鋼筋作業，應保持安全距離，橫越通道或勞工作業之電線應架高或保護			
	使用交流電銲機，應設置自動電擊防止裝置(內藏式)			
危險機械	從事吊運鋼筋之危險性機械進場前需作門禁管制，檢查吊車、操作手、吊掛手之合格證，吊鉤防滑舌片及過捲揚裝置，合格後方可進場			
	吊具、鋼索不可有截斷、磨損、變形、扭結			
	吊運作業半徑(含鋼筋)內應作管制並嚴禁人員進入			
	吊運鋼筋時嚴禁搭載人員			
其他				

工地主任：

安全衛生人員：

檢查人員：

五、橋墩鋼筋續接施工安全設施

墩柱鋼筋續接作業，除在施工作業方法或流程須加以管控外，相關的施工安全設施亦不可或缺，尤其使勞工在高度 2m 以上作業場所從事鋼筋組配作業，受到作業及環境上的危害因子影響很大，許多危害風險不易消除，必須仰賴工程上也就是硬體方面的預防措施，例如：應一實際狀況或工作條件分別採取設置護欄、護蓋或安全網等防護設備。以下擇要列舉幾向施工安全設施提供參考：

(一) 橋墩鋼筋續接施工工作平台

工作平台是為提供橋梁墩柱鋼筋續接作業之臨時構造物，主要是要達到便利人員作業施工及確保施工安全的目的，有時也提供施工設備及材料的暫存處所，因此工作平台的規劃對於墩柱鋼筋的組配、封模及混凝土澆置等施工順序，有著直接的影響。尤其，為防止作業人員發生墜落災害，更應注意其本質上的安全。我國「營造安全衛生設施標準」對其雖無直接具體規定，但其性質類似「施工架及施工構台」同時亦應符合「工作場所」相關規定。因此，所搭設之工作平台應具備下列要求：

- 1.應由專任工程人員事先就預期施工時之最大荷重，依結構力學原理妥為安全設計，並簽章確認強度計算書。
- 2.應繪製施工圖說，並建立按施工圖說施作之查核機制。
- 3.搭設工作台時，應有專人於現場從事指揮監督作業。
- 4.工作台本身須穩固，載重限制應於明顯易見之處明確標示，並規定不得。
- 5.超過其荷重限制及應避免發生不均衡現象。
- 6.工作台內外四週(除進出口及作業開口外)應設置高度 90cm 以上之護欄及欄設置高度 35cm 以上，55cm 以下之中欄杆或等效設備、腳趾板及杆柱等構材。
- 7.可承受當地一定的風力等級。

另外，鋼筋樣架內部，經常也會在工作架上搭設水平踏板作為組配鋼筋之工作平台，不論此工作架為結構鋼筋、工作筋或角鐵所組成，整體鋼筋結構須符合安全性能要求：

- 1.應由專任工程人員事先就預期施工時之最大荷重，依結構力學原理妥為安全設計，並簽章確認強度計算書。

- 2.應繪製施工圖說，並建立按施工圖說施作之查核機制。
- 3.搭設工作台時，應有專人於現場從事指揮監督作業。
- 4.踏板應滿鋪並與工作架構件緊結或綁紮牢靠。
- 5.當工作台無法設置護欄、護蓋或安全網等防護設備時，應設置安全母索、使作業人員確實繫掛背負(全身)式安全帶。

(二) 橋墩鋼筋續接施工上下設備

我國法令規定，「高差超過 1.5m 以上之作業場所，應設置能使勞工安全上下之設備」。常見橋墩鋼筋續接施工上下設備之形式有：

- 1.施工架：又可分框式施工架、鋼管施工架(系統式、單管式)。建議作業高度 10 公尺以下搭設使用之。
- 2.型鋼式上下設備：自重大、穩固性較佳，通常作業高度 10 公尺(含)以上時設置之。
- 3.制式走梯：適合設置在高差小的作業通道。例如從較高的地面通往基礎面施工。有幾項建議為：
 - (1) 斜度不得大於 60 度。
 - (2) 梯級面深度不得小於 15cm。
 - (3) 應有適當之扶手。
- 4.垂直固定梯：常見其設置於施工樣架內。所設置之固定梯子，應依下列規定：
 - (1) 具有堅固之構造。
 - (2) 應等間隔設置踏條。
 - (3) 踏條與牆壁間應保持 16.5cm 以上之淨距。
 - (4) 應有防止梯子移位之措施。
 - (5) 不得有防礙工作人員通行之障礙物。
 - (6) 平台如用漏空格條製成，其縫間隙不得超過 30mm；超過時，應裝置鐵絲網防護。
 - (7) 梯子之頂端應突出板面 60cm 以上。
 - (8) 梯長連續超過 6m 時，應於距梯底 2m 以上部分，設置護籠或其他保護裝置。或設置符合需要之安全帶、安全索、磨擦制動裝置、滑動附屬裝置及其他安

全裝置，以防止勞工墜落者。

5.移動梯：宜使用於臨時性的作業，但應注意須具備之條件：

- (1) 具有堅固之構造。
- (2) 其材質不得有顯著之損傷、腐蝕等現象。
- (3) 寬度應在 30cm 以上。
- (4) 應採取防止滑溜或其他防止轉動之必要措施。

(三) 橋墩鋼筋續接其他作業階段

橋墩鋼筋續接施工有幾個作業階段，常涉及此一應規定，分別說明如下：

1.基礎施工

大型橋梁墩柱鋼筋自基礎處開始組立時，通常具有一定作業高度，當固定式上下設備未設置前，有些工地會先行設置移動梯或垂直固定梯以利上下作業，俟施工架或其他使用較久之上下設備搭設完畢後再予拆除。

2.墩柱鋼筋第二層以上組配

墩柱鋼筋自基礎上結構鋼筋續接昇層後，第 2 層的墩柱鋼筋已達一定高度，故亦須開始搭設上下設備。值得注意的是，高空工作車及合梯在法規規定均視為工作台，不應違規使用作為上下設備使用。

(四) 鋼筋結構穩固措施—鋼索固定

最常見的固定方式，當鋼筋樣架吊裝至定位後，在柱鋼筋四邊角處，柱直立鋼筋高度的一半(1/2)斜拉鋼索固定。鋼索一端固定在鋼筋上，另一端以鋼索調整器固定在鋼軌(版)樁上或預鑄混凝土塊上。鋼索的強度和固定方式是先須經專任工程人員強度計算安全檢核。同時依過去職災的經驗，強度計算時應考慮風力因素，其固定方式和當地環境因素與工程條件都應被充分考慮。

1.固定鋼索設置與拆除時機

(1) 何時設置固定鋼索

墩柱鋼筋工作架(樣架)吊裝固定至基礎版或墩柱下層鋼筋頂端時，即應將樣架上以附掛之鋼索斜拉固定在鋼版樁或其他既定位置。

(2) 何時可以拆除固定鋼索

墩柱鋼筋組配完成，也就是箍筋配筋完畢後，此時主筋已被圍束，整座

柱鋼筋結構剛度大，自持性較佳，基本上已達到可拆除固定鋼索的基本條件。但如有側向力影響的疑慮，包括風力及施工機具的作用，則可在適當處加設斜撐使其穩固。

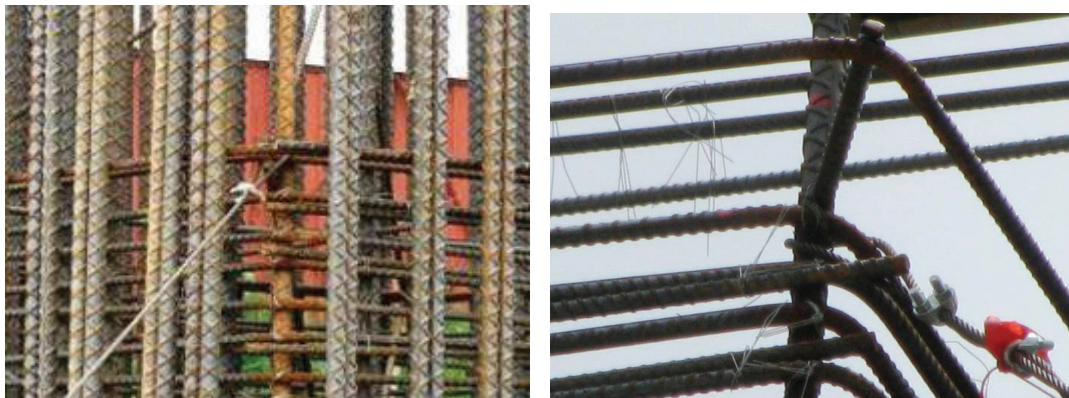
2. 與鋼筋結構之固定

(1) 固定高度：

固定高度位置取鋼筋續接長度的一半($L/2$)，使鋼索水平夾角約呈 45 度。故，當直立鋼筋高度過高時，斜拉鋼索夾角過大，可承受拉力則明顯被消減。此時斜拉鋼索的固地方式並不恰當，宜採用其他施工方法搭配，例如，採用滑動模板施工。

(2) 固定方法：

- 鋼索夾(如圖 7)：與鋼筋結構之緊結固定以此法較為穩固。



鋼索夾一

鋼索夾二

圖 7 鋼索夾固定方法

- 鋼索與柱筋直接套結固定：鋼索與柱筋套結，難免經過多次彎折，鋼索容易變形和磨損影響使用壽命，如下圖 8 所示。

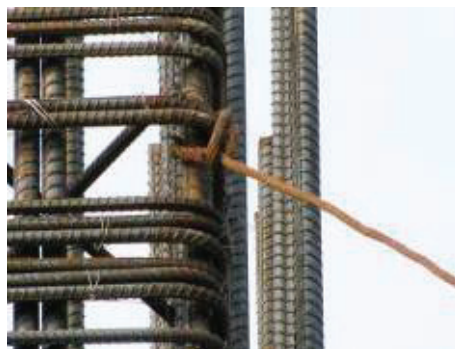


圖 8 鋼索直接套結

3.與支持物固定

鋼索另一端須與穩定支持物確實固定，通常施工單位因地制宜，將斜拉鋼索固定在墩柱基礎週邊的設施，例如：鋼板樁、擋土設施或岩錨(岩釘)上(如圖 9~圖 12)，如果基礎已掩土覆蓋整平附近亦無適當妥善固定設施，則可利用預鑄混凝土塊作為錨座。



圖 9 以緊張器錨定在混凝土塊



圖 10 以調整器錨定在擋土支撐上



圖 11 以緊張器錨定在鋼板樁



圖 12 以調整器錨定在岩錨上

搭配使用「緊張器」(如圖 13)調整鋼索鬆緊的程度，但是施工時需要特別注意避免調整過緊造成應力集中於鋼筋柱一側，建議調整時以手感使鋼索略緊並以肉眼觀察沒有過度下垂即可。

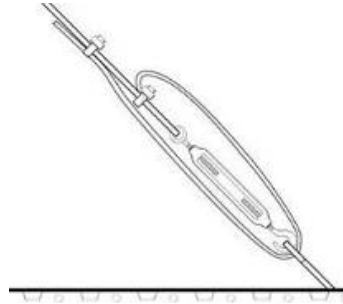


圖 13 鋼索緊張器

4.鋼索及鋼索末端之處理

(1) 索夾結頭：以鋼索夾固結鋼索末端，是最簡單及使用廣泛的方法。

- 鋼索線徑：鋼索之安全強度應經過穩定性檢核計算，以確認使用鋼索線徑。
- 索夾與鋼索之間要接觸緊密，不可有間隙。
- 各索夾應均勻壓緊。螺帽太緊時，應適當調整，建議鋼索夾鎖在鋼索上之扭力值以 $200\text{kgf} \cdot \text{cm}$ 、 $255\text{kgf} \cdot \text{cm}$ 為佳。鎖固之螺帽宜有4顆以上為佳，索夾間距取鋼索線徑的6倍。至於鋼索夾建議之數量如下表8所示：

表 8 鋼索徑與索夾數量

鋼索徑(mm)	索夾數量
6~16	4
18~28	5

- 由於鋼索夾鞍座鎖在鋼索短邊造成鋼索之長邊凹彎，破壞鋼索之本體強度，因此，鋼索夾鞍座鎖在鋼索長邊之強度較強，所以鋼索夾鞍座(螺帽)應在鋼索長邊。
- (2) 壓縮結頭：以特殊金屬器具壓縮鋼索的方法做成。
- (3) 編結環首：將索端各子索插入鋼索的子索中繞捲而成有割開插入、捲後插入兩種。
 - 捲後插入較容易加工，但較易受施轉影響而鬆脫。
 - 鋼索直徑愈大，編結環首愈難加工，更要注意其加工品質。

5.設置斜拉鋼索常見缺失與倒崩塌原因

- (1) 事先未經技師強度計算或檢核計算時未考慮風力、地震等自然力的影響。
- (2) 未按圖說施工，使用鋼索索徑、條數、固定位置、固定方法與原施工設計圖說不符。
- (3) 使用之鋼索外觀已有扭曲、斷線、磨損及明顯變形。
- (4) 鋼索末端處理不當或使用鋼索夾數量明顯不足。
- (5) 連結鋼索與調整器或張緊器之掛鉤未閉鎖(即無防滑舌片)(如圖12~圖13)，當有反覆風力或其他外力作用，有發生脫鉤之虞。
- (6) 鋼索設置後未綁妥警示旗或其他警示裝置(如夜間 LED 燈)，或警示標識脫落未隨即復原。
- (7) 地組鋼筋結構未先掛妥固定用鋼索，俟吊裝後再設置，作業人員有發生墜落之風險。

6.斜拉鋼索日常自主管理

- (1) 有關鋼索不得使用之判定基準，法令雖無明文規定，建議可參照「起重升降機具安全規則」之規定，不得以下列任何一種情況之鋼索作為墩柱鋼筋固定之斜拉支撐：
 - ☐ 鋼索一撚間有百分之十以上素線截斷者。
 - ☐ 直徑減少達公稱直徑百分之七以上者。
 - ☐ 有顯著變形或腐蝕者。
 - ☐ 已扭結者。
- (2) 另建議固定用斜拉鋼索，其安全係數應在六以上，所謂「安全係數」為鋼索之斷裂荷重值除以鋼索所受最大荷重值所得之值。對於鋼索的張緊度，稍鬆的鋼索比緊繃的鋼索在施工上較具安全性。
- (3) 對於提供墩基直立鋼筋適當支持，避免其發生傾倒之斜拉鋼索，應固定進行日常之檢點，以維持鋼索設置後之有效性，其日常自主管理十分重要，檢附斜拉鋼索檢點表如表9。

表 9 斜拉鋼索檢點表

工程名稱：_____標 墩柱編號：_____

工區位置：_____ 檢查日期：_____

項次	檢查項目	檢查結果		改善措施	備註 (複查結果)
		正常	異常		
1.	鋼索是否扭結、磨損、銹蝕、斷線、明顯變形等異常情形				
2.	調整器內鋼索是否糾結、磨損、明顯變形等異常情形				
3.	鋼索是否鬆弛				
4.	鋼索緊張調整器是否脫落				
5.	鋼索夾螺栓是否鬆弛脫落				
6.	繫固錨定處是否穩固				
7.	警示旗或其他警告標識是否脫落或損壞				
8.	其他				
說明	1.檢查結果正常者打「O」，異常者「X」並提出改善措施 2.如檢點發現有一項為異常，應停止該墩柱之施工作業，直至改善完成				

檢查人員：

工地負責人：

六、墩柱鋼筋吊裝作業安全

墩柱鋼筋續接作業，經常需要將鋼筋樣架(工作架)、直立鋼筋、箍筋和繫筋吊掛置於定位後再從事作業，與其他吊掛作業最大不同就是，作業人員常處於作業空間有限的高處作業場所，且直立鋼筋的吊掛固定方式也不夠安全可靠(如圖 14)，因此吊裝作業期間有潛在的墜落、物體飛落，衝撞或被撞等危害，吊裝後尚未完全固定，則有物體倒塌的危害。另，當吊掛鋼筋近接鄰近的高壓電時，也要注意感電危害，使高壓電線線路與勞工分開或保持距離，使勞工不易碰觸，於電線加裝絕緣防護線管(如圖 15)。施工單位採取的作業流程管控，如僅一般起重吊掛作業安全規定，仍存有高度的危害風險。



圖 14 人員在高處進行吊掛作業

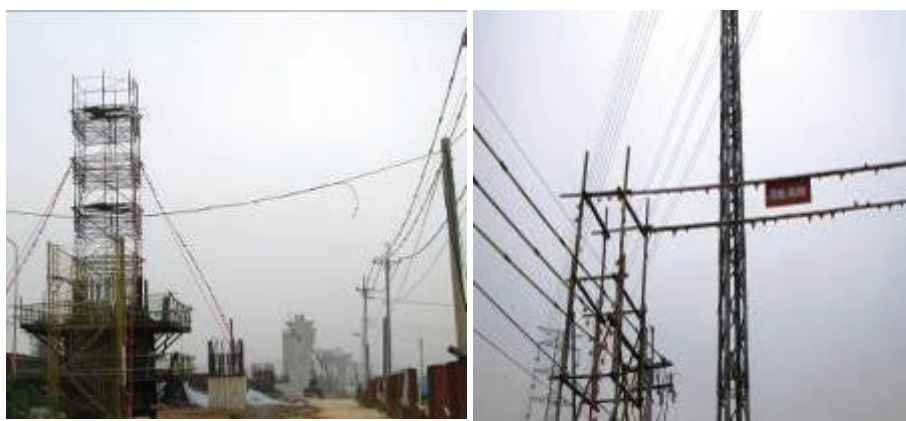
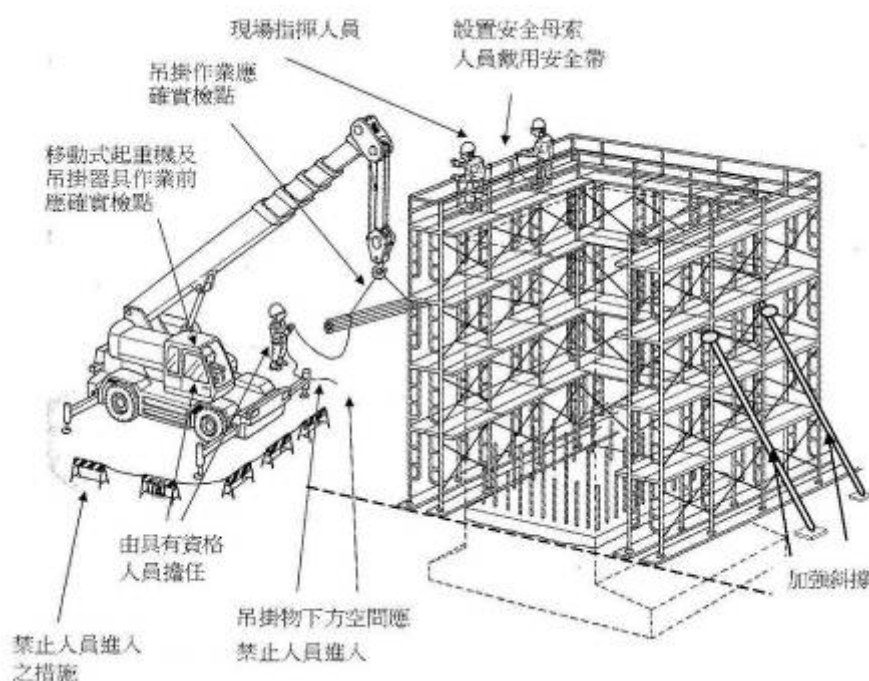


圖 15 高壓電線加裝防護套管及警示

橋梁墩柱鋼筋續接作業，吊掛脫鉤作業也是施工過程中的一大挑戰，如實際上依規定使用人員搭乘高空工作車，固然可行。但有時因地形條件、作業空間或進出動線之限制，運用高空工作車淪為紙上談兵，以致出現有作業人員攀爬或但力於不安全處

所進行脫鈎作業。建議參考日本實務上的作法，吊掛作業前’應設妥施工架，以利作業安全(如圖 16 所示)。



資料來源：日本建設業勞動災害防止協會『建設作業における危険有害要因特定作業標準モデル』

圖 16 鋼筋組立作業施工架設置示意圖

另移動起重機的吊掛作業，應依其隨車檢附張貼在駕駛室的性能曲線表之限制，伸臂應依作業半徑對應的俯仰角度操作，隨時也要注意高壓電警示及柱鋼筋和固定鋼索的警示，以免發生過負荷重、吊車重心不穩及不慎碰觸鋼筋續接作業的設施，而發生災害事故。

(一) 樣架的吊裝

公共工程為推行「營建自動化」，將部分鋼筋組配施工先於地面完成，因此地面預組完成的鋼筋樣架，搬運至將進行鋼筋組配的墩柱附近後，再由移動式起重機(下稱：吊車)由樣架頂部實施吊掛，其原本目的是要增加施工效率、減少人員高處作業機會。

1. 樣架組裝若為不牢靠、結構有鬆散之情形，吊掛半空中可能有樣架解體導致物體飛落之虞。
2. 吊掛點未置於重心，則容易搖晃碰撞作業人員。

3.吊掛定位後，吊鉤位置過高人員不亦進行脫鉤。許多施工單位施工計畫或圖說會特別註明使用高空工作車作業人員搭乘昇空後再行脫鉤，實際上許多墩柱附近地形或作業空間根本是無法採用高空工作車進行作業，相關計畫和圖說形同虛設，實施脫鉤作業人員藉由樣架內爬梯(如圖 17)，攀爬至防墜設施不完整的樣架頂部完成動作，此時，鋼筋樣架也未完全與下層基礎或墩柱鋼筋連結固定。



圖 17 人員由樣架內爬梯進行脫鉤作業

(二) 直立鋼筋的吊裝

雖然我國「營造標準」第一項第五款規定：「吊運長度超過 5m 之鋼筋時，應在適當距離之二端以吊鏈住或拉索捆紮拉緊，保持平穩以防擺動」。但此適用於鋼筋的橫向吊掛，墩柱鋼筋組立時柱筋必為直立狀態，如採橫吊，除須有餘裕作業空間扶轉為縱向外，轉向過程因為重心移轉及角度問題，柱筋容易產生旋轉、搖晃及脫落繩索的情形，又作業人員須在吊物(柱筋)直下方，其危害性很大，同時上下兩端如何安全的脫鉤也是一項問題。

參考日本開發所使用直立鋼筋自動脫鉤器(日文為：鉄筋縦吊りクランプ)，其脫鉤方式依其型號之不同有線控及無線遙控兩種作用方式，應可避免作業人員於高處執行脫鉤作業等事宜，也值得國內業界參考使用，其規格及使用性能如表 10~表 11 及圖 18 所示：(資料來源：http://www.tokyorico.jp/hanger/tetu_outline.html)。

表 10 直立鋼筋自動脫鉤器性能表(例)

類別		吊掛荷重(T)	適用外徑(mm)	適用鋼筋型號	重量(kg)
規格	A 廠	1	φ 16~41	D16~D38	6.0
	B 廠	1.5	φ 19~44	D19~D41	10.4

表 11 使用直立鋼筋自動脫鈎器注意事項

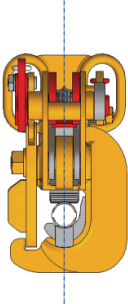
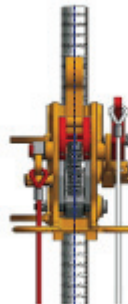
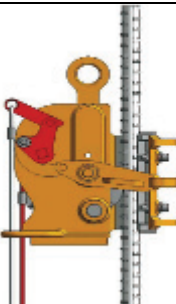
注意事項	圖示
將鋼筋置於夾具的中心	
調整鋼筋與夾據確直在一條線上(同軸)	
使防脫裝置確實鎖緊	



圖 18 使用自動脫鈎器應用於吊掛鋼筋樣架

七、橋墩鋼筋續接施工預算編列

依據行政院公共工程委員會規定，各機關工程設計階段，應按工程實際狀況，盡量分解細項編列安全衛生設施費用，該會並以 95 年 12 月 29 日(95)工程管字第 9500514200 函檢送「公共工程安全衛生項目編列參考附表」函請各機關參照辦理。墩柱鋼筋續接作業之安全衛生費用，雖不易單獨編列，但就在「可量化的部份」經過詳實計算後應該納入分項工程的詳細表及單價分析表，例如：上下設備及考量其轉換率後的數量，為部份則宜列入工程施作數量為佳，例如鋼筋工作架(樣架)，因使用鋼筋數量且無法重複設置使用，建議併入結構鋼筋的使用量。至於「不可量化的部份」，則應依實併入整體考量，例如：安全衛生管理人事費、安全衛生管理業務費及編製及執行安全衛生管理計畫等，得採一式計量(價)。而為能精確量化各項安全衛生設施，應儘可能將之圖示並註明規格、尺寸、材料、安裝方法及注意事項。

(一) 經費編列考量要素：

- 1.樣架組搭所需之施工材料與施工頻率。
- 2.施工材料(考量鋼筋材質、直徑、形狀、長度、支數)：預組箍筋、掛鉤式鋼筋製內爬梯、內踏板、捲揚式防墜器、垂直安全母索、斜鋼索、垂直主筋、水平構件直筋、吊點抗壓筋、吊點額外加強筋、斜面拉力筋、樣架加工平台。
- 3.施工頻率：以工程墩數、橋墩昇層數進行計算。

(二) 樣架固定所需之施工材料與施工頻率

- 1.施工材料：固定鋼索(考量直徑、長度、條數)、鋼索重覆使用後舊品汰換之備品數量。
- 2.施工頻率：依墩柱模板作業現場施作情形所需之重覆拆裝次數與增加拆掉原拉索時之補拉索的費用。

(三) 續接方式所需之施工材料與施工頻率

- 1.施工材料：
 - (1) 以續接器方法－鋼筋續接器。
 - (2) 以搭接方法－搭接器材。

(3) 以焊接方法－焊接器材。

2.施工頻率：考量預留後續的鋼筋長度後，依墩柱鋼筋長度計算

(四) 施工平台、上下設備所需之施工材料與施工頻率

1.施工材料：

(1) 型鋼組合架：建議規定作業高度 $\geq 10\text{m}$ 設置使用。

(2) 系統式施工架：建議規定作業高度 $\leq 10\text{m}$ 設置使用。

2.施工頻率：依墩柱模板作業現場施作情形所需之拆裝次數、以工程墩數與高度進行計算。

(五) 基礎的上下設備設置方式有兩種，經費編列考量的要素

1.在原有之開挖範圍，於不同施工階段重覆組拆上下設備，要增加多幾次的組拆費用。

2.在基礎開挖時多挖一區塊來放置上下設備，優點在於不需重覆組拆，但多一筆開挖上下設備放置區域的費用。

在橋墩鋼筋續接工程中，常面臨安衛設施費用比例不足的問題，安衛設施費用在工程合約經費中所佔比例不到 1%，實際安全設施之設置和推動各項安全活動及措施，容易因而大打折扣，在公共工程議價時，建議與安衛有關的作業項目採取項目量化的方式，讓工程主辦單位及業者有共同依循參考基準且以執行安衛設施經費之能力作為決標評選項目之一(如表 12~表 13，以提升業者重視安全衛生之層面，並保障勞工作業安全。

表 12 設施費用單價分析參考例(一)

項次	工程項目	說明	單位	數量	備註	法令依據
	橋樑場鑄墩柱鋼筋續接增設勞安設施費用(一)					
1	平台材料費					
	(1)18mm夾板		m ²	460	含損耗	
	(2)C100×50×20×2.3t		m	1,520	含損耗	
	(3)鋼管 ψ =48.6mm(A管)		m	720	含損耗	
2	走道材料費					
	(1)18mm夾板		m ²	60	含損耗	
	(2)C100×50×20×2.3t		m	155	含損耗	
	(3)鋼管 ψ =48.6mm(A管)		m	540	含損耗	
3	其他設備材料費					
	(1)樓梯(含扶手)		組	2		
	(2)型鋼梯		座	1	H $\div$ 15m	
	(3)鱷魚夾		個	2,356		
4	施工費					
	(1)平台及走道製作組立		工	25	一次	
	(2)走道安裝及平台護欄佈設		工	8	逐跨發生	
	(3)樓梯安裝及安全網		工	2	逐跨發生	
	(4)鱷魚夾裝拆		工	12	逐跨發生	
	(5)機具吊組及拆卸		式	1	逐跨發生	
	(6)零星五金工料		式	1		
計						

表 13 設施費用單價分析參考例(二)

項次	工程項目	說明	單位	數量	備註	法令依據
	橋樑場鑄墩柱鋼筋續接增設勞安設施費用(二)					
1	固定鋼索材料費					
	(1)鋼索 ψ =14mm以上		m ²	1200	含損耗	
	(2)鋼索夾		個	240	含損耗	
	(3)調整器		個	80	含損耗	
2	警示裝置材料費					
	(1)三角警示紅旗(含固定繩)		m ²	1200	含損耗	
	(2)Led燈線		m	600	含損耗	
3	施工費					
	(1)裝設鋼索及警示裝置		工	6	一次	
	(2)零星五金工料		式	1		
計						

八、橋墩鋼筋續接施工特殊工法介紹

對於橋梁結構越來越大與施工過程越來越複雜之情形，為提供更安全且迅速之作業流程，透過蒐集國外大型橋墩鋼筋續接工法使用現況，可作為改善國內橋墩鋼筋續接施工方法安全性之參考。

(一) 日本

日本對於大型橋墩鋼筋續接工法預先在地表以上裝設箍筋，減少高處作業之次數，以達到安全施工之目標。此種施工方法也推展到美國加州的公共工程，為州政府所採用。主要分為 ML 工法與 TRiC 工法：

1. ML 工法(Multiple Lotus Method)(如圖 19)

ML 工程模式為在工廠或現場附近先行製作鋼筋管作為外模型框，在施築橋梁墩柱時，使用具有優秀之混凝土附著性的附肋筋鋼管，其取代鋼筋之軸向拉力補強鋼材，可大幅減少鋼筋之使用量，對於橋墩施工大幅度省力化，減少所使用的材料，並提升施工效率，能讓成本縮減，為一種橋墩施工省力化和迅速施工之工程模式。

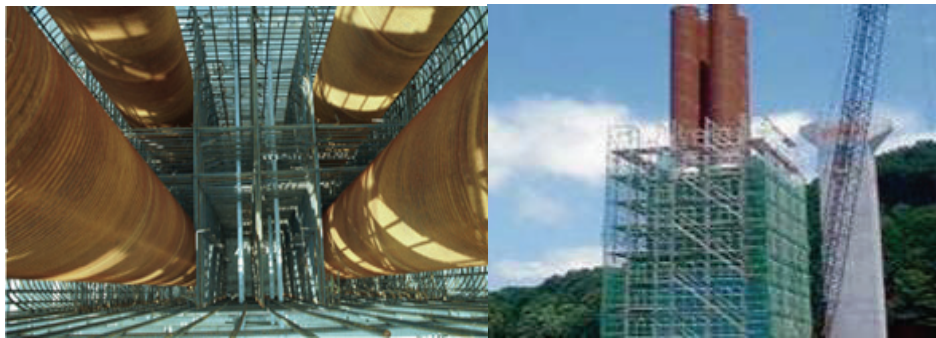


圖 19 日本工法-ML 工法

2. ML 工法施工方式

ML 工法進行每一區塊之施工時，可與傳統施工時同等之區塊進行施工，而其橋墩軀幹部分依照下列順序進行施工(如圖 19)：

- (1) 設置施工架
- (2) 組搭鋼管並熔接接合
- (3) 組立鋼筋及設置模板

(4) 混凝土打設

(5) 以上(1)~(4)之步驟於橋墩混凝土打設後，每一區塊進行一次循環，而鋼管及主鋼筋之組搭則為 2 區塊一次。

另外，在進行 ML 工法時，外部模板之帶狀鋼筋內需包含有預設區段。此時，在進行(3)之過程中，可使模板工程、及鋼筋工程省力化，更可達到縮短工期之目的。

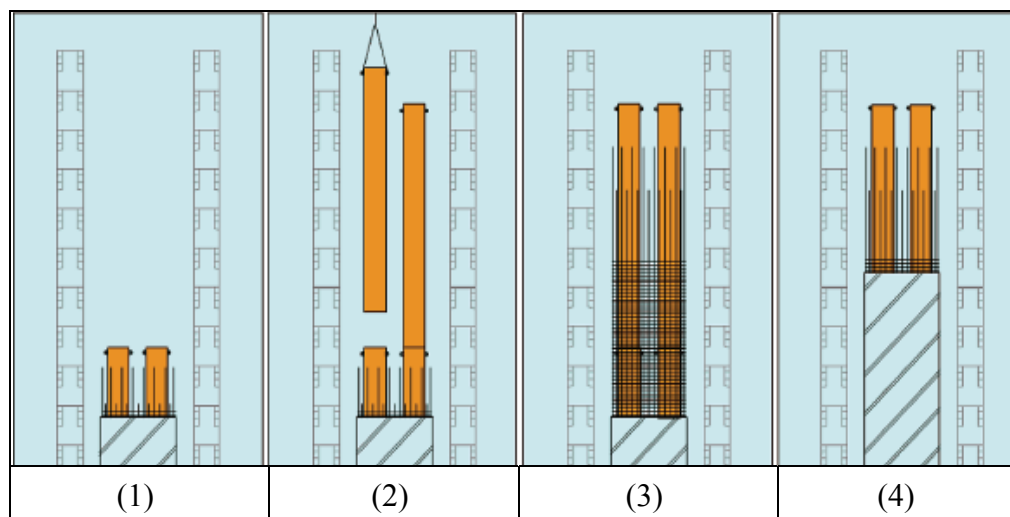


圖 20 施工步驟圖(ML 工法)

3.ML 工法之特徵

由於使用附肋筋鋼管取代主要鋼筋，可減少主要鋼筋之使用量。在傳統之 RC 墩柱必須使用兩段以上之主鋼筋及過度密集配筋之情下，在進行鋼筋作業時可大幅度的省力，且剛性較高之附肋筋鋼管可負擔剪力，可減少帶狀鋼筋及中間帶狀鋼筋之使用量。由於主要之鋼筋工程及模板工程減少，可縮短工期時間。由於高處之作業環境得到改善，可期待提升作業時之安全性。混凝土、鋼材(鋼筋+鋼管)、及模板等之使用量減少，可減少工程花費。

- (1) 經濟性：模板、混凝土、鋼筋數量之減少。
- (2) 工程：鋼筋工程、模板工程之省力化。
- (3) 品質：提升耐震性及混凝土填充性。
- (4) 安全性：減少高處之施工量，解除過密配筋。
- (5) 施工性：由於鋼管之鋼筋用量減少，減少內部模板之使用量。
- (6) 周邊環境之影響：所使用之材料數量(模板、混凝土、鋼材)減少。

(7) 技術之訴求點：由於使用附肋筋鋼管，所使用之主鋼筋、帶狀鋼筋及內部模板之使用量減少造成工期縮短，及可提升施工時之經濟性、施工性及品質。

4.ML 工法與傳統工法施工效率之比較(如表 14)

在 ML 工法施工過程所使用之鋼筋、附肋筋鋼管、施工架、支撐、升降設備與起重機等相關施工設施費用和施工效率，與傳統工法進行比較，ML 工法自工期之觀點來看，橋墩越高所縮短之效果越高，而從工程花費之觀點來看，對於 30m~40m 範圍之橋墩可減少約 15%之花費。

表 14 ML 工法與傳統 RC 橋墩技術比較表

項目	活用之效果	比較之根據
經濟性	提升(14.01%)	模板、混凝土、鋼筋數量之減少
工程	縮短(33.56%)	鋼筋工程、模板工程之省力化
品質	提升	提升耐震性及混凝土填充性
安全性	提升	減少高處之施工量，解除過密配筋
施工性	提升	由於鋼管之鋼筋用量減少，減少內部模板之使用量
周邊環境之影響	提升	所使用之材料數量(模板、混凝土、鋼材)減少
技術之訴求點	由於使用附肋筋鋼管，所使用之主鋼筋、帶狀鋼筋及內部模板之使用量減少造成工期縮短，及可提升施工時之經濟性、施工性及品質。	

5.TRiC (Tokyu/Taisei Rapid interlocking Construction)工法(如圖 21)

TRiC 工法為使用內部螺旋配筋之內部鋼筋混凝土橋墩之急速構築工法，在橋墩內部預先設置圓形帶狀鋼筋(直立鋼筋外側之環狀鋼筋)後，將其整體作為一主要鋼筋以垂吊放入之方式裝設，以完成橋墩內部螺旋配筋之工法。橋墩內部固定配筋是將複數之圓形帶狀鋼筋或螺旋筋進行部份重疊而成之矩形斷面(橢圓斷面)之橫向補強筋配筋構造，施工人員在工作區域預先自地面組搭帶狀鋼筋，減少施工中所使用之固定夾、接頭數量與組裝次數，以達到提升作業施工安全性、縮短工期以及節省人力之目標。



圖 21 日本 TRiC 工法現場使用情形

6. TRiC 工法施工方式

TRiC 工法所適用之帶狀鋼筋，適用於橋墩高度 30m 以下程度，其斷面形狀為縱橫比 1.5~3.25 的充實斷面，帶狀鋼筋的數量為 2~4 組作為基礎，為螺旋狀之連續變種螺旋配筋或將變種鋼筋之端點固定後進行圓形加工所製成之圓形帶狀鋼筋兩種型式。

(1) 使用螺旋配筋之施工(如表 15 TRiC 工法流程)

螺旋配筋自地表組搭並重合後(如圖 22)，使用吊升製具將複數(圖示為 2 組)之螺旋配筋以所定之帶狀鋼筋間隔同時吊升，在兩螺旋配筋內部交錯固定狀態時以軸方向將鋼筋吊下，到達固定位置固定後進行鋼筋組立之作業。

表 15 TRiC 工法流程

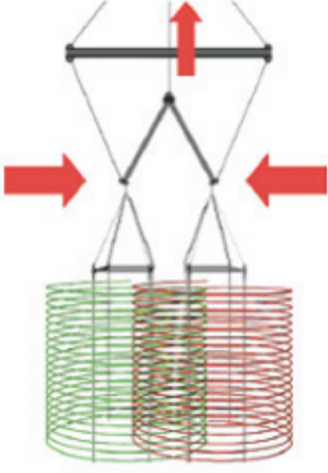
程序	1	2	3
圖示			
說明	鋼筋吊升狀態	兩組鋼筋重疊狀態	以軸向方向將鋼筋吊入



圖 22 從地面組搭螺旋配筋

(2) 圓形帶狀鋼筋之施工

在使用圓形帶狀鋼筋時(如圖 23)，預先在地上之內部交錯固定圓形帶狀鋼筋以相結合之鋼筋群假固定後，將此圓形帶鋼筋群以吊式天秤一併吊升，並放入軸向鋼筋內，以所預定之間隔進行收尾後將鋼筋組搭起來。



圖 23 地面組裝圓形帶狀鋼筋及吊裝

7. TRiC 工法之特徵

其主要特性為：含有與傳統橋墩同等之耐震性能，且使用內部固定橋墩之施工較簡易且精度也較佳，在使用 TRiC 工法時，內部固定配筋以平均單位重量之方式組立之施工效率，與傳統配筋之施工效率相比較，經試算後螺旋筋之施工效率提升為 2.2 倍，圓形帶狀鋼筋則提升為 1.3 倍。內部固定之橋墩每一荷載單位(4.5m~5.0m)之施工天數，由於自地面組搭帶狀鋼筋與其他作業為平行作業，且帶狀鋼筋組搭之施工效率較為提升，當使用螺旋筋及圓形帶狀鋼筋進行工程時，較傳統工法相比可節省兩天工期。

(1) 施工性

將帶狀鋼筋自地面組搭起來，能夠兼顧作業性及可一體架設之性質，快速的施工完成。

(2) 安全性

將帶狀鋼筋預先自地面組搭起來，減少高處作業的次數，安全性較佳。

(3) 品質

將帶狀鋼筋以所預定之尺寸組裝在地面，施工精度較佳。另外，由於配筋也較為簡單，混凝土之填充性也較佳。

(4) 經濟性

由於在施工性能之提升，便可期待工期短縮及人力節省。另外，當軸向鋼筋之組搭與帶狀鋼筋之地面組搭工作同時進行時，亦可能達到工期短縮之效果。

8. TRiC 工法與傳統工法施工效率之比較(如表 16)

在使用 TRiC 工法時，內部固定配筋以平均單位重量之方式組立之施工效率，與傳統配筋之施工效率相比較，經試算後螺旋筋之施工效率提升為 2.2 倍，圓形帶狀鋼筋則提升為 1.3 倍。

內部固定之橋墩每一荷載單位(4.5m~5.0m)之施工天數，由於自地面組搭帶狀鋼筋與其他作業為平行作業，且帶狀鋼筋組搭之施工效率較為提升，當使用螺旋筋及圓形帶狀鋼筋進行工程時，較傳統工法相比約可節省兩天工期。

表 16 TRiC 工法與傳統工法施工效率比較表

帶狀鋼筋之種類	螺旋筋	圓形帶狀鋼筋
鋼筋直徑，連數	D19，2 連	D29，4 連
TRiC 工法施工效率	1.4 人・日/ton	1.52 人・日/ton
傳統工法施工效率	3.1 人・日/ton	1.9 人・日/ton
施工效率之提升 TRiC/傳統	222%	125%

9.3H 工法(Hybrid Hollow High Pier)即混合、空心及高墩柱之工法

主要是墩柱採取鋼骨鋼筋混凝土(SRC)構造，日本發展之 3H 工法除可以採

用 H 型鋼取代部分鋼筋外，亦可使用鋼管替代(與 ML 工法相似)，其基本觀念就是將鋼骨視為等量的鋼筋的配置方式。其最大之特點有二：

- (1) 可減少軸方向鋼筋數量，同時減少鋼筋續接次數。
- (2) 使結構體較具韌性，耐震性能佳。

此外，H 型鋼柱的也可提供施工方便性及安全性，可縮短工期，因型鋼自持性遠高於鋼筋柱，較不易傾斜彎曲甚至倒塌災害。經日本施工業者評估，3H 工法適用於高度 30 公尺以上之墩柱施工，當墩柱高度大於 60 公尺時效果更佳，以 H 型鋼取代部份鋼筋，所增加的施工成本也有限，若綜合考量施工便利性、施工效率、經濟性及安全性時，低於 30 公尺之墩柱亦可納入設計考量。有關其與傳統工法在工程上經濟效益得比較如下表 17 所示：

表 17 3H 工法與傳統工法之比較

墩柱高度	工法類別	構造	施工方法	評估項目	
				工期	直接施工費用
30m	傳統工法	RC	施工架	1.0	1.0
	3H 工法	SRC	3H 預鑄 RC 版	0.6	1.08
			滑動模板	0.9	0.95
60m	傳統工法	RC	施工架	1.0	1.0
	3H 工法	SRC	3H 預鑄 RC 版	0.4	1.05
			滑動模板	0.7	0.85

(二) 美國

美國對於橋梁工程之鋼筋混凝土墩柱，為確保橋墩具備良好足夠的抗震性與抗壓性，於地表上先行組裝橋墩的支撐鋼筋柱，將組搭好的鋼筋柱放入橋墩安放地基之工程，加強其穩定性和堅固性，最後利用起重機將完成之鋼筋柱吊起，放置在早先安置好的地基(如圖 24)[10]。美國加州公路橋梁，對方柱、長方柱、圓柱及有角柱等，都倡用圓籠式柱筋之排法，而箍筋皆以螺箍筋為之；另一重點是螺箍筋之續接以電焊或續接器接續之，不再使用不方便的搭接[11]。由於橋樑的施工材料高度更高、鋼筋續接的長度更長，所以其架構相對會更不穩定，通常會

利用下列兩種箍筋方式進行橋墩施築作業[12]：



圖 24 美國橋墩施工方式

1.柱型箍筋(如圖 25)

由於單一個柱型箍筋的損壞，對橋墩本身強度不會有太大的影響，其他柱型箍筋未損壞還可以持續支撐整個鋼筋柱，不會導致因支撐力不夠而發生鋼筋柱斷裂倒塌之災害。

2.螺旋箍筋(如圖 26)

使用螺旋箍筋時，會搭配一種專屬於它的特殊掛鉤，由於螺旋箍筋在其鋼筋柱背面界面接口為不連續，為使螺旋箍筋連續在上一段小螺旋箍筋的尾端和下一段小螺旋箍筋的頂端，用特殊掛鉤將兩者合而為一，整體鋼筋柱的螺旋箍筋就是由許多段的小螺旋箍筋經由這種特殊掛鉤彼此連接形成。

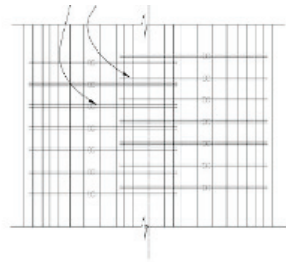


圖 25 柱型箍筋

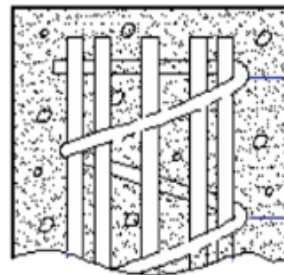


圖 26 螺旋箍筋

參考文獻

- [1] 張智奇：舊有橋梁改建工程施工安全評估。第1版，台北，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所；2010。
- [2] 行政院勞工委員會：風險評估技術指引；2010。取自：
<http://www.iosh.gov.tw/Law/LawPublish.aspx?LID=119>
- [3] 中華民國工業安全衛生協會：危險性工作場所施工安全評估訓練教材。台北，中華民國工業安全衛生協會；2011。
- [4] 陳順吉、劉俊杰：桃園機場捷運橋梁工程施工階段風險管理之探討(上)。現代營建2011；375：53-66。
- [5] 交通部：公路橋梁耐震設計規範；2008。取自：
http://www.motc.gov.tw/motchypage/hypage.cgi?HYPAGE=business_6_content.asp&rid=72
- [6] 內政部建築研究所：建築物耐風設計規範及解說；2007。取自：
http://www.cpami.gov.tw/chinese/index.php?option=com_content&view=article&id=10479&Itemid=57
- [7] 傅還然：2006年我國職業災害情勢與對策展望。工業安全衛生 2007；213：16-40。
- [8] 石正義：營造與施工實務。台北，詹氏書局；2008。
- [9] 張智奇：鋼管施工架國家標準妥適性研究。台北，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所；2009。
- [10] <http://www.dot.ca.gov/hq/esc/techpubs/updates/page/mtd-20-9.pdf>；2001。
- [11] 錢華權：談鋼筋混凝土之箍筋。台灣省土木技師工會；取自：
www.twcee.org.tw/info/技師報/176-3-2.htm。
- [12] Dimension Fabricators Inc.： http://dimensionfabricators.com/welded_and_wired.php；2011。

大型橋墩鋼筋續接施工危害評估與作業安全指引 /
張智奇，問世賢，黃奕叡著。-- 1 版。-- 新北市：勞委會勞安所，民 101.12
面；公分
ISBN 978-986-03-4825-5(平裝)

1. 工業安全 2. 施工管理

555.56

101024232

大型橋墩鋼筋續接施工危害評估與作業安全指引
著（編、譯）者：張智奇、問世賢、黃奕叡

出版機關：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
22143 新北市汐止區橫科路 407 巷 99 號
電話：02-26607600 <http://www.iosh.gov.tw/>

出版年月：中華民國 101 年 12 月

版（刷）次：1 版 1 刷

定價：300 元

展售處：

五南文化廣場
台中市區中山路 6 號
電話：04-22260330

國家書店松江門市
台北市松江路 209 號 1 樓
電話:02-25180207

- 本書同時登載於本所網站之「出版中心」，網址為：
http://www.iosh.gov.tw/Book/Public_Publish.aspx
- 授權部分引用及教學目的使用之公開播放與口述，並請注意需註明資料來源；有關重製、公開傳輸、全文引用、編輯改作、具有營利目的公開播放行為需取得本所同意或書面授權。

【版權所有，翻印必究】

GPN：1010102945

ISBN：978-986-03-4825-5