

## 介紹

### 1. 使用範圍：

橋樑上部結構之懸臂施工法(Balanced cantilever Method)係近年來國內常見之橋樑上部結構施工法之一，依據所使用工作車之固定方式，可區分為壓重式懸臂施工法、錨定式懸臂施工法與壓重錨定併用懸臂施工法。其跨度通常為 100公尺左右，在60--250公尺範圍內皆可使用。本工法之基本程序為在基礎及橋墩完成後，先施築柱上方之柱頭版(或稱柱頭節塊)用以組裝懸臂工作車。之後以7-10天左右完成一節塊之施工速率分別於左右兩側向前施工。施工時係在已完成之節塊橋面作業，除工作車外，無須架設其他支撐，對於深谷或高橋墩之橋樑更能展現其優點。另外，由於係利用工作車完成懸臂支撐施工中之節塊，工作車推進過程多採用機械化及油壓設備，施工自動化程度高。

懸臂工法一般在橋墩上同時向橋墩二側施作節塊，以保持平衡。橋樑懸臂工法一般使用預力混凝土箱形斷面，因箱形斷面可抵抗較大的扭力，適用於水平向有曲率的線型上。懸臂工法發展歷史已久，其基本特性為一高度機械化的橋樑施工法，其所須勞工不多，且易於配合景觀設計，只要工程在規劃設計時考慮其結構與週遭環境的配合，即可創造出景觀非常優美的橋樑。

### 2. 解釋名詞

- (1) 預鑄懸臂施工法：係指懸臂節塊先於地面上完成，再吊運至預定位置組裝。若地形施工條件允許，可直接使用起重機而不必設置工作車。預鑄式懸臂施工法在施作上以地面環境為主要考量，其在安全上控制較易。
- (2) 場鑄懸臂施工法：係指節塊構築所須之程序，包括模板安裝、鋼筋鋪設、混凝土澆置等作業均於橋面為之。場鑄懸臂施工須使用工作車，因屬於高架作業，所以在施工中可能會因此而產生物體飛落、墜落、倒塌等危害。
- (3) 壓重式工作車：係指懸臂施工所使用工作車之自重、施工人員、材料重量均由配重加以平衡，以防止傾覆。此壓重式工作車之優

點為工作車本身之穩定性高，拆組及移位作業迅速，橋面板之預留孔較少，較適用於短跨經之直橋及曲線橋；缺點包括除工作車本身自重外，尚需壓重，因此荷重較大，且於在節塊之銜接處易產生鉛紋。由於荷重較大，相關施工應力相應增加，較不適用於長跨徑之橋樑。

- (4) 錨定式工作車：係指懸臂施工之工作車、施工人員、材料等之重量，均由位於尾端之高拉力鋼棒所產生之反力平衡。其施工之優點為工作車之固定方式係利用高拉力鋼棒錨定於已完成之橋面，無需壓重，重量較輕，施工應力較小，因此橋樑跨徑可較長；缺點包括工作車後部須以錨定桿固定始能穩定，工作車移位施作複雜，且於橋面版須預先設置甚多之錨定預留孔，在鋼筋及預力套管緊密排列下，較不易施工。
- (5) 壓重與錨定併用式：係指懸臂施工併用壓重與錨定二種方式平衡工作車上之荷重。其配重可較壓重式為輕，錨錠所須之預留孔可較錨錠式少，具有上述二種工作車之優缺點。

## 危害

### 1. 潛在危害、災害類型、災害防止對策：

本施工法之潛在危害有(1)工作車倒塌(2)節塊倒塌(3)物體飛落(4)墜落(5)感電

- (1) 工作車倒塌：懸臂式施工所使用之工作車(見照片1)於組立、推進移動、與拆除過程中，可能因作業不慎、工作車重量失去平衡、工作車倒軌固定不牢、移動速度過速、或鋼棒鎖固不良等問題，而致工作車倒塌，造成橋上與橋下之人員傷亡。

防止對策：

- A. 工作車組立推進移動、與拆除時應依據相關作業規定執行(如移動速度控制等)。
- B. 於施作前應進行試車，確實掌握正確的作業流程。

- (2) 節塊倒塌：整個工作車推置定位後固定不良致無法承受澆置節塊重量，或施預力不足、預力錨定等不良致節塊斷裂而倒塌。

防止對策：

- A. 工作車推至定位後之固定確實，澆置前檢核檢核無誤。
- B. 依設計施加預力，預力錨定確定。

(3) 物體飛落：懸臂施工係高空作業，其於懸臂工作車組立、懸臂節塊施工、懸臂工作車拆除、甚至橋面附屬工程進行，皆可能發生構件、物料等飛落之可能，而導致下方人員之傷亡。

防止對策：

A. 對於手工具等應繫牢，或置於工具袋以防止脫落，相關零件(如螺絲等)應集中放置。

B. 吊掛作業應依據相關規定執行。

C. 工作車周邊與開口處應設置防護網與護欄等以防止物體飛落。

(4) 墜落：懸臂式施工係高空作業，因此可能因施工失慎、安全措施不良等因素發生人員墜落，而致人員傷亡。

防止對策：

A. 懸臂施工工作面應設置護欄、安全網與警告標誌，並限制非工作人員進入工作範圍。

B. 若因作業因素暫無法設置護欄，則應確實使用安全帶。

(5) 感電：懸臂施工過程中使用工具機、電銲機等，可能因使用不慎與相關保護設施不佳而致人員感電。

防止對策：

A. 懸臂施工所使用之供電設備應設置漏電斷路器。

B. 定時檢查所使用之電氣設備，如有故障或破損應立即檢修。(有關電氣安全方面可參考安全資料表 SDS-E-0140017 之「電氣開關實務」)

C. 電動機具使用時接地與設備周邊應設置明顯之警告標誌。(有關電氣設備接地方面可參考安全資料表 SDS-P-0100058 之「電氣設備接地」)

D. 電銲機應裝置自動電擊防止裝置。(有關電銲作業安全方面可參考本安全資料表之「電銲作業」)

2. 安全裝置之構造、作動、功能等原理：

懸臂式工作車為施工主要設備，其在組立、懸臂施工、移動、乃至於拆除過程皆可能造成人員之傷亡。

(1) 懸臂式施工多為高空作業，因此在工作車與開口周圍，凡未有護欄處均應依據營造安全衛生設施標準及國家標準之相關規定設置安全網，隨時維護安全網在堪用狀態，並依據安全網壽命(一般以兩年為限)更換新品。如未能設置護欄或安全網時，應設置水

平安全母索，並使作業人員配掛安全帶。

- (2) 懸臂式工作車應設置前安全擋板與後安全抓鉤(見照片2)，以確保工作車移動之安全。主桁架推進前檢查、確認導軌錨定良好，於推進時，兩邊軌道樑行進速度應相互配合，並隨時注意後安全抓鉤行進狀況與錨碇鋼棒鎖固狀況。

### 3. 相關作業環境之危害：

- (1) 爆炸：節塊之製作大多使用蒸汽養生，通常利用鍋爐來產生足夠之水蒸氣。如鍋爐操作、保養不當，可能發生爆炸事故。

防止對策：

- A. 鍋爐應依勞工安全衛生相關法規之規定製造、安裝與檢查。非經檢查合格不得使用。
- B. 鍋爐應由領有合格證照人員操作。

- (2) 溺水：如橋墩、橋台位於河水中，則作業人員前往進行相關作業(如安置臨時滑動支承墊片、永久承墊)如無妥當之防護，則有發生溺水之虞。另相關高空作業，如未有防墜設施，人員亦有落水之虞。

防止對策：

- A. 以小艇載送作業人員過河，並使每位作業人員著救生衣，並備妥水上作業救生設施。
- B. 有落水之虞的工作台、開放邊緣...等作業前設置防墜設施。

### 作業程序(流程圖詳圖1 )

1. 作業前之準備：工作車乃是懸臂施工成敗之關鍵，其承載施工機具、材料與人員等全部重量。工作車構建接合皆以高拉力螺栓連接，並輔以鉚接為臨時固定用。因此透過地面預組、事先模擬工作車移動等，確認作業程序無誤，乃是防止危害之重點。
2. 製作墩頂節塊(或稱柱頭版)：墩頂節塊的鑄造主要為懸臂工作車組裝出發之所在。墩頂節塊施作方式有二：以型钢鉚成三角架支撐於橋柱體，再進行節塊混凝土澆置；或使用場撐的方式以支撐模板，再施作墩頂節塊。第一種施工方式應注意吊掛作業所產生之危害，而第二種方式在施作上，則應注意傳統支撐工法所產生之危害，如模板支撐工作架倒塌等問題。
3. 工作車組立：組立前應確認工作車及墩頂之預留孔及錨碇位置是否正

確、良好；並檢查各式螺栓、螺帽、高拉力鋼棒等配件，組裝工具組與扭力扳手；維持組裝場地整理，應平整、乾淨，並保持動線的暢通；更且，在進行工作車桁架吊放之時應對週遭相關電力環境進行了解，以便先行進行遷移或其他避開之動作。

4. 進行節塊施工前之測量與模板加工、定位等工作。
5. 綁紮節塊之底版下層鋼筋與腹版鋼筋，隨後，綁紮底版上層鋼筋及頂板鋼筋。
6. 配置節塊之預力錨座與套管。其相關配置應依據施工規範之規定。
7. 進行混凝土澆置：在進行澆置前應進行相關檢核：**(1)**螺桿是否有鬆動情形；**(2)**後錨座系統檢查及後錨錠鋼棒有否施預力；**(3)**混凝土澆注前應確實檢查各預埋件之位置是否正確及牢固等。進行澆置時應保持兩部工作車受力平均並且保持左右平衡。澆注時先側牆及底版交互灌注至底完成，長度以不超過**1M**為原則。澆注側牆應注意預力錨頭處，須振動以免產生蜂窩，以及預埋件位置是否移動。澆注頂版混凝土應由工作車前方往後方進行。澆置混凝土前，應檢查套管是否因紮筋及模板拉桿，造成套管破孔或破裂現象，並檢查續接處是否有脫落、鬆動或包紮不實等現象。
8. 施拉預力：進行預力施拉時，嚴禁人員位於千斤頂後方。施拉預力應依據相關規定執行，並注意端頭是否有破壞現象。
9. 工作車推移：當一節塊完成後，即可進行工作車之移動。有關工作車移動之主要程序如下：**(1)**以千斤頂鬆動模板，以使其與混凝土分離；**(2)**移動續接軌道至定位並確實固定；**(3)**工作車調整定位水平與固定；**(4)**解除主構架錨錠軌道樑，並移動滾輪托架，推動工作車。工作車移動主要靠千斤頂、軌道與移動爪間加壓與放鬆之動作以推動工作車；**(5)**鎖緊頂模與底模後面固定鋼棒；**(6)**移動側內模至新節塊，並安裝內模板拉桿。
10. 依據上述程序完成所有懸臂節塊。
11. 工作車系統之拆除：當所有節塊完成後，即可進行工作車拆除工作。工作車拆除方式有二：**(1)**在橋面上進行拆解的動作，再使用吊車將分解鋼材吊下；**(2)**先行將內外模、翼側模、主桁架吊下，再一次將工作車吊下。其主要程序包括拆除內模、降外模、吊出內外模、吊下工作車。
12. 進行橋面附屬工作：包括胸牆鋼筋綁紮、胸牆模板組立、混凝土澆

置，瀝青鋪面工程、橋面伸縮縫安裝、與標誌標線工程。

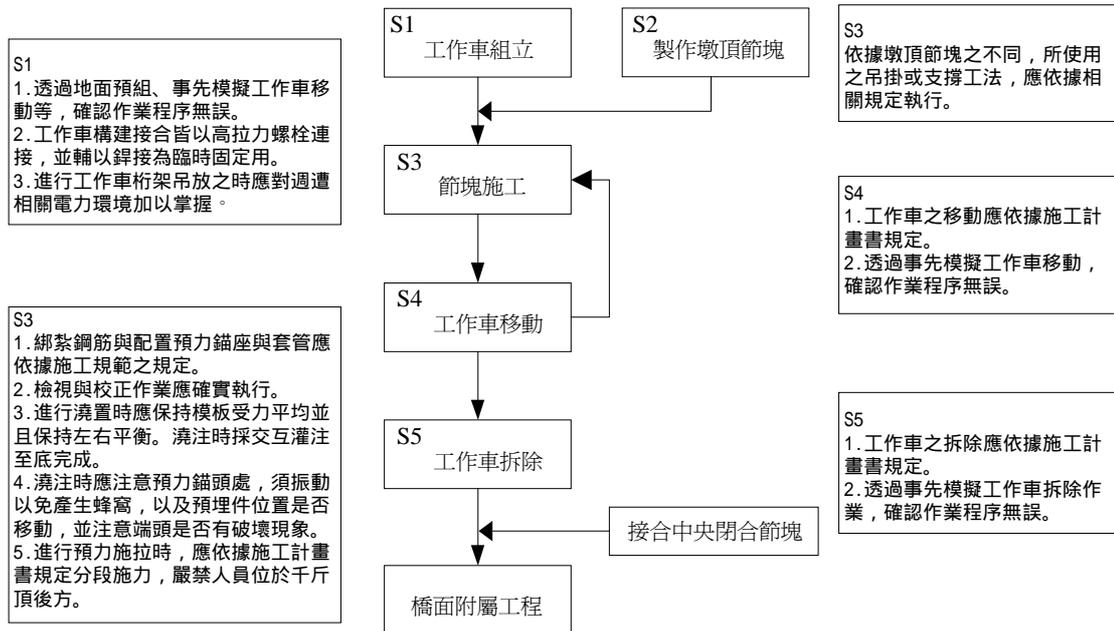


圖1 懸臂施工作業流程圖

## 相關法令標準

### 1. 營造安全衛生設施標準：

- (1) 第十條：開口、階梯、樓梯、坡道、及工作臺設置護欄或護蓋等相關安全規定。
- (2) 第二十六~三十條：施工架組配之相關安全規定。
- (3) 第一一五條：鋼筋混凝土作業之相關安全規定。
- (4) 第一五三、一五四條：瀝青作業之相關安全規定。

### 2. 勞工安全衛生設施規則：

- (1) 第三十六與三十七條：通道與固定梯設置相關規定。
- (2) 第八十七~一百零三條：起重升降機具相關安全規定。
- (3) 第二百二十四~二百三十四條：人體墜落防止之相關安全規定。
- (4) 第二百三十五~二百三十八條：物體飛落防止之相關安全規定。
- (5) 第二百三十九~二百五十三條：電器危害防止中電器設備及限路之相關安全規定。
- (6) 第二百七十七~二百八十一條：個人防護具或防護器具之相關安全規定。
- (7) 第三百十三~三百十四條：採光及照明之相關安全規定。

3. 起重升降機具安全規則：
  - (1) 第五十一、五十二條：使用起重機之相關安全規定。
4. 勞工安全衛生教育訓練規則：
  - (1) 第二、六條：模板支撐安全衛生作業主管之相關安全衛生教育訓練之規定。

## 災害案例

1. 災害發生經過：

甲工程公司之北二高工程係使用懸臂工作車施作橋樑上部結構，為拆卸該工作車底板，租用乙起重公司及丙起重公司各一部移動式起重機，於八十三年四月三日下午三時許，二部起重機欲將以鍊條吊鉤固定在高架橋上之懸臂工作車底板卸下，使用吊掛索具分別在工作車底板之四點纏綁及捲繞後，由甲公司勞工拆卸原來固定在底板上鍊條吊鉤，然後由二部起重機開始起吊，後來發現鍊條吊鉤之鍊條卡住工作車欄杆，罹難者上去排除卡住之鍊條時，45T起重機側之索具斷裂，致工作車飛落地面時因衝擊力使罹難者一齊墜落。
2. 災害發生原因：
  - (1) 所使用之鋼索抗張強度不足，致鋼索斷裂使工作車飛落並連同罹災者墜落，傷重死亡。
  - (2) 未訂定安全作業標準，供勞工遵循。
3. 災害防止對策：
  - (1) 起重機之吊掛用具，包括吊鉤與鋼索等，應具備負荷吊物體重量之強度，作業前應確實檢查。
  - (2) 訂定安全作業標準，內容包括工作車之起重吊掛作業安全事項，並嚴格遵行。



照片1 懸臂施工之工作車  
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片2 懸臂式施工工作車之安全抓鉤  
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)