

## 介紹

### 1. 使用範圍：

節塊推進工法(**incremental launching method**)係一高自動化之橋樑上部結構施工法，依據節塊推進方式，可區分為推進式、拉進式、頂進式與夾進式。其適用跨度通常為 30~60公尺左右，適用於單純直線或曲率半徑大之圓曲線之橋樑，且於橋台後方需有腹地，以作為預鑄場之施工場所。本工法之基本程序為在基礎及橋墩、橋台完成後，於橋台後方之預鑄場完成一節塊(約為橋跨徑之半)，再利用預力結合新鑄造之節塊與上一節塊，預力完成後即分離系統模板與節塊，此時再利用推進系統將新節塊與已完成之節塊一同由橋台往橋中心方向推出。當節塊推出後，即可在空出之預鑄床生產下一節塊。節塊推進之施工週期約為7~10天一節塊。節塊推進工法對於幾何線形要求嚴格，因此需利用精密測量加以控制；且於下坡推進時應注意煞車力量之提供，以防節塊下滑，因此應採用較安全之工法(如推進式與夾進式)。

節塊推進工法之優點計有：利用橋台後方之預鑄場完成節塊，且推進過程多採用機械化油壓設備，自動化程度高。毋需架設支撐，施工時可不受河川中地形與地物之影響。預鑄場可架設遮雨棚，施工可不受天候影響；且利用工廠化製程，施工品質與工期易控制。利用模組化設計，所使用之模具可重複使用，具經濟性。上部結構施工時，橋下之附屬工程可同時進行，可縮短整體工期。較之於場撐工法，大多數作業人員勿須於高空作業，故安全性甚高。

### 2. 解釋名詞

- (1) 推進式節塊推進：採用推進式工法須於預鑄場設置反力導軌。推進時利用兩組油壓千斤頂與節塊末端結合，並置放於反力導軌上，利用反力導軌提供之反作用力將節塊前移。
- (2) 拉進式節塊推進：此方法與推進式相異之處乃是將拉進千斤頂置放於橋台前，經由高拉力鋼絞線連結拉進樑拉動橋樑上部結構，其原理與混凝土施拉預力相同。
- (3) 頂進式節塊推進：頂進式之節塊推進係利用橋台後方之頂升千斤

頂將節塊抬起(約5mm)，再利用另一組千斤頂將頂升千斤頂向前推出，節塊即隨之前移。

- (4) 夾進式節塊推進：此節塊推進方法係由國人開發，其基本原理與頂進式相似。其差異之處乃是夾進式係利用一組夾持千斤頂於底板兩側將節塊對稱夾住，再利用推進千斤頂將夾持千斤頂推出，節塊即隨之推出。俟推進千斤頂已達衝程，由另一組夾持千斤頂與推進千斤頂循環推出節塊，原一組千斤頂亦同時收回，以進行下一循環推進作業。
- (5) 推進鼻樑：為防止節塊推進之預鑄節塊因懸臂而致下垂，因此於混凝土節塊最前端裝置鼻樑，以順利移至下一橋墩。

## 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)倒塌(2)墜落(3)物體飛落(4)被撞與被夾(5)感電

- (1) 倒塌：節塊推進施工時，可能因施工不當、支撐失敗、預力破壞等因素而致系統模板、樑體與鼻樑發生倒蹋，造成橋上與橋下之人員傷亡。

防止對策：

- A. 進行節塊推進移動時應依據相關施工計畫書相關規定執行(如千斤頂衝程控制等)。
- B. 於施作前應進行試車，確實掌握工作流程。
- C. 系統模板之組裝應依據施工計畫書相關規定執行，並確保所使用之繫件之強度，並應定期保養。

- (2) 墜落：節塊推進施工包括許多高空作業(如於預鑄場之模板上方作業、安置側制導架與臨時滑動支承、置換永久支承墊等)，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. 節塊推進高空作業之工作面應設置護欄、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，則應設置安全母索，作業人員確實使用安全帶與安全護具。

(3) 物體飛落：節塊推進施工若於高空作業，可能發生物體飛落之可能，而導致橋下之人員傷亡。

防止對策：

- A. 對於手工具等應繫牢或使用工具袋以防止脫落，相關材料與零件應集中放置。
- B. 吊掛作業應依據相關規定執行，吊掛之鋼纜與鉤環應符合規定強度，並定期保養。
- C. 工作台周邊與開口處應設置防護網與護欄(或腳趾板)等以防止物體飛落。

(4) 被撞與被夾：節塊推進施工時吊掛、組立模板、材料、與機具設備時，可能因使用不慎與相關保護設施不佳而致人員被撞與被夾。

防止對策：

- A. 進行吊掛時應利用控制索以控制被吊物搖晃，作業人員應聽從指揮，並禁止無關作業人員進入作業範圍。
- B. 進行樑體推進與模板固定等作業時，作業人員應集中注意力，並佩戴安全護具以防被夾。

(5) 感電：節塊推進施工過程中使用電動工具、電銲機、空壓機等，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. 節塊推進施工所使用之供電設備應設置漏電斷路器，並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」)
- B. 電動機具與設備周邊應設置明顯之警告標誌。另電銲機應裝設自動電擊防止裝置。

## 2. 安全裝置之構造、作動、功能等原理

於節塊推進施工時於節塊預鑄、推進、支承設置、乃至於設備拆除過程皆可能因人員、設備與管理因素而產生人物損傷，其重要安全裝置與作動陳述如下：

(1) 於節塊推進施工時，為防止推進或靜止時產生重力下滑之現象，需設置制動裝置以達到煞車之效果(見照片 2)。一般於節塊推進施工所使用之制動裝置有於靜止時利用垂直千斤頂(裝置於橋台或

橋墩上)頂住上部結構。推進時利用煞車千斤頂(見照片3)及煞車鉤進行移動時煞車之用，或以鋼棒束制樑體之移動，配合移動速率將鋼棒放長，以達制動效果。

- (2) 進行節塊推進施工時，為控制推進樑之推動方向，需利用側制導架(見照片1)，並配合臨時滑動支承(為鐵弗龍墊片)，以束制上部結構之前進方向。
- (3) 於完成上部結構(即節塊)之四周及於橋墩設置臨時滑動與永久支承墊時，所設置之施工架、工作台應依據營造安全衛生第四章相關規定設置防墜措施。(有關施工架使用安全方面可參考本安全資料表之「施工架搭設及拆除作業」)
- (4) 於節塊推進施工所設置之預鑄場，場內所配置之蒸汽養生鍋爐、發電機、氧乙炔切割設備、電銲機、與空壓機等，應依據勞工安全衛生相關法規設置安全設施與定期保養。(有關電銲作業安全方面可參考本安全資料表之「電銲作業」、有關乙炔熔接作業安全方面可參考本安全資料表之「乙炔熔接作業」)

### 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：推進設備之選擇以及推進之控制乃是節塊推進施工成

敗之關鍵。因此透過完備之系統組裝與推進移動之模擬等，確認作業程序無誤，乃是防止危害之重點。另節塊預鑄場之建造與管理(包括設備、材料、機具與作業空間動線等)亦是節塊推進施工之安全管理重點之一。

2. 建造節塊預鑄場。預鑄場設備(包括預鑄床、系統模板、水電設備、照明、蒸汽養生、電銲、氧氣乙炔設備、與空壓機等等)以及機具材料儲存與作業場所應依據所選擇之節塊推進工法加以配置。為防止模板倒蹋，預鑄床應設置於堅實之地基上。於預鑄場應注意設備之使用與保養，以及人員機具之使用與管理，以防止人員墜落、感電、被撞，物體飛落，或系統模板與工作架倒蹋。
3. 鼻樑組裝及與第一節塊結合。組預鑄床組裝完成後，接著進行鼻樑組裝及與第一節塊結合之工作，其包括第一節塊與錨碇座之鑄造，俟強度到達便透過預力鋼棒或鋼腱進行鼻樑與第一局塊結合。鼻樑吊裝與施拉預力應依據作業規定執行，以維護人員機具之安全。
4. 預鑄場鑄作節塊作業：包括檢視與校正預鑄床高程、清潔外模、紮放底版與部份腹版之鋼筋與預力套管與鋼腱、混凝土澆置、紮腹版鋼筋及預力套管與鋼腱、置放內模與校正、紮放頂筋及預力套管與鋼腱、澆置腹版與頂版混凝土、混凝土養生與施拉預力等作業。進行澆置時應保持模板受力平均並且保持左右平衡。澆注時採交互灌注至底完成，長度以不超過1M為原則。澆注時應注意預力錨頭處，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。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分段執行，並注意端頭是否有破壞現象。
5. 進行節塊推(拉)進：利用千斤頂配合臨時滑動支承墊、側制導架進行節塊推(拉)進。為防止節塊下滑可配置制動系統以控制節塊之滑動。於推進前需安置滑動支承墊與側制導架。此作業多為在橋墩托梁之高空作業，其於架設臨時工作架與安置滑動支承墊與側制導架時，應依據營造安全衛生相關規定辦理，設置安全護欄與人員佩戴安全防護具，以防人員墜落與物體飛落。
6. 透過上述節塊鑄造與推(拉)進循環完成橋樑上部結構。
7. 俟節塊推(拉)進全部完成且樑體全部完成，並且於施拉連續預力後，

再進行臨時滑動支承置換為永久支撐墊之工作。其主要程序包括：利用千斤頂頂高樑體，取出臨時滑動支承，清除與打毛支承底版混凝土，安置永久支撐墊以及與樑體結合。置換永久支撐墊工作多為高空作業，其於架設臨時工作架應依據營造安全衛生相關規定辦理。並設置安全護欄與人員佩戴安全防護具，以防人員墜落與物體飛落。進行電銲接合永久支承墊與樑體，應派合格銲工依據安全衛生相關規定執行。

8. 當所有節塊完成後，即可進行鼻樑分段拆除與預鑄場拆除工作。進行鼻樑與預鑄場拆除時應依據吊掛作業相關安全規定執行，為防止人員被撞、被切割，作業人員應佩戴安全防護具。
9. 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。

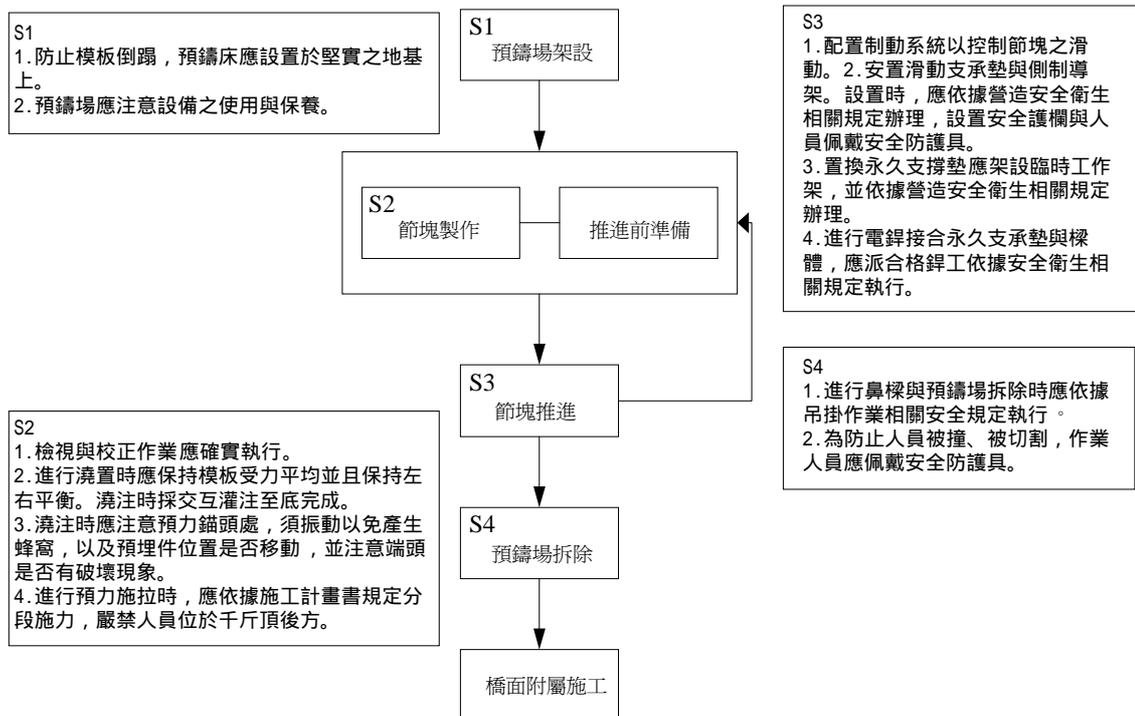


圖 1 節塊推進工法作業流程圖

### 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) 第二十三條：以捲揚機吊運物料之相關安全規定。

- (3) 第二十六~三十條：施工架組配之相關安全規定。
- (4) 第一一五條：鋼筋混凝土作業之相關安全規定。
- (5) 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：電器危害防止中電氣設備及線路之相關安全規定。
  - (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(暫無)



照片1 節塊推進之側制導架  
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片2 節塊推進之制動千斤頂  
(資料來源：本計劃參與人員自行拍攝)



照片3 節塊推進之煞車千斤頂  
(圖片來源：營建署，橋樑節塊推進工法推廣手冊)