

節塊推進工法橋梁之規劃設計與施工(一)  
PLANNING, DESIGN AND CONSTRUCTION OF  
BRIDGES BY INCREMENTAL LAUNCHING  
METHOD ( I )

王祥騮  
Hsiang-Liu Wang

原著載於  
結構工程雜誌  
第六卷第三期，1991年9月，61~68頁

*Reprinted from*  
*Structural Engineering*  
*Vol.6, No. 3, September 1991, pp.61~68*

# PLANNING, DESIGN AND CONSTRUCTION OF BRIDGES BY INCREMENTAL LAUNCHING METHOD (I)

## ABSTRACT

In the Six Year National Development Plan, 30% of the budget will be spent in highway and railway projects which include the construction of over 12 million M<sup>2</sup> bridge. Face with the difficulties of labor shortage and soaring cost in recent years as well as tight schedule and high quality requirements, the construction industry needs more technology-intensive solutions.

As to technology of bridge construction, engineers and constructors always put emphasis on long-span or special type bridges. Very little attention was paid for bridges with span from 30m to 70m. which actually comprise the most of the cases. Bridges by Incremental Launching Method is the one which can fill the gap between more advanced cable-stay or cantilever bridges and conventional simple span bridges. If properly designed and construction, the bridges using this method will achieve even cheaper solution than conventional simple span bridge, but with quality and speed as factory production. This paper discusses in details the planning, design and construction of Tou-Chien Bridge and Feng-Shan Bridge in Taiwan Second Freeway which used incremental launching method for the first time in this country.

# 節塊推進工法橋梁之規劃設計與施工(一)

王祥驤

摘要：節塊推進工法之橋梁，其構造簡單，施工容易，且能適應各種地形，故在國外已有廣泛之應用。我國自民國五十年起，亦開始採用此種工法，至今已建成不少橋梁。本文就節塊推進工法之橋梁，就其規劃設計與施工，作一初步之探討。

節塊推進工法之橋梁，其構造簡單，施工容易，且能適應各種地形，故在國外已有廣泛之應用。我國自民國五十年起，亦開始採用此種工法，至今已建成不少橋梁。本文就節塊推進工法之橋梁，就其規劃設計與施工，作一初步之探討。

節塊推進工法之橋梁，其構造簡單，施工容易，且能適應各種地形，故在國外已有廣泛之應用。我國自民國五十年起，亦開始採用此種工法，至今已建成不少橋梁。本文就節塊推進工法之橋梁，就其規劃設計與施工，作一初步之探討。

## 節塊推進工法橋梁之規劃設計與施工(一)

王祥驩\*

### 一、前言

未來的六年國建計劃中，百分之三十的經費將用於鐵路建設，所需要興建的橋梁及高架道路超過 1,200 萬平方公尺。如此龐大的投資對於業界確實是開闢了一個發展的大好空間，但是另一面，時程緊迫、勞力不足、成本高漲加上品質要求的提昇却也使這項工作增添了許多挑戰性。面對這些難題，惟有技術才是最可靠的解決途徑。

論及橋梁的技術，一般都把焦點集中在大跨徑或特殊型式的橋梁，對於中短跨徑的橋梁則甚少注意。但實際上這類橋梁佔有構造物之大宗，如果在經濟性及施工性方面加以研究，將可大量節省經費及工期，對於工程計劃的執行具有關鍵性的影響。節塊推進工法適用於 30 公尺至 70 公尺跨徑的橋梁，屬於中短跨徑的範圍。由於節塊的鑄造如同一般預鑄梁，因此工作效率高且品質可以獲得確保。但推進的方式免除了吊運的過程，成本及工期均可節儉。本工法在北部第二高速公路頭前溪橋及鳳山溪橋首次應用，採行之前曾經過審慎的評估及詳細的研究。本文將就工法之規劃要素、結構設計及施工控制分三篇予以介紹。

### 二、工法概述及其適用條件

所謂節塊推進工法就是將橋梁沿軸向分節接續澆築，俟節塊達到所需強度之後即用油壓機將其推出。然後再澆築下一節塊，如此反覆作業直到全部橋身推至最後位置，見附圖一所示。

此一工法的特色可以歸納為下列兩點：

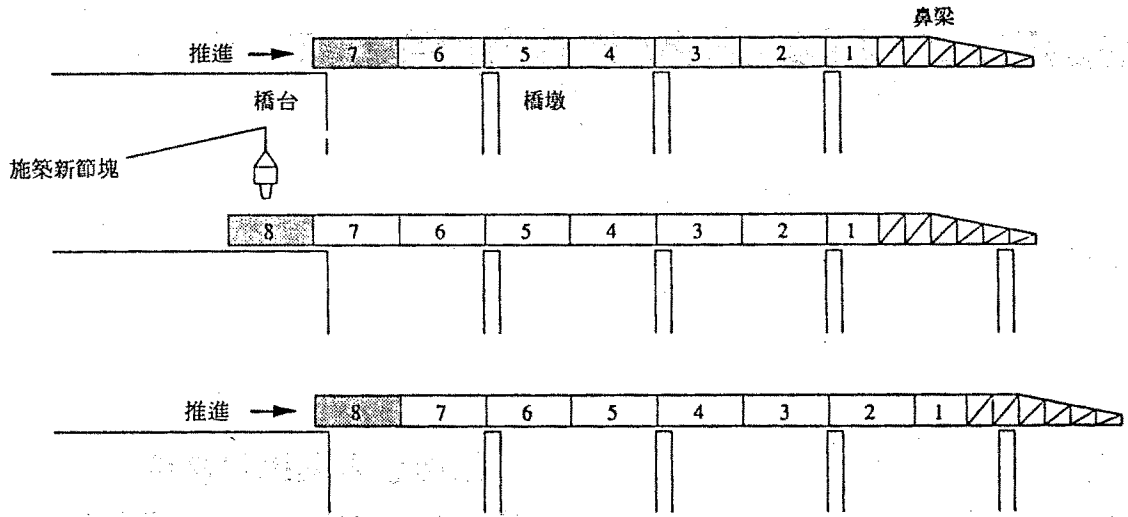
一一橋梁節塊是在工廠的環境下生產，效率高，品質易於掌握。

一一澆築完成的節塊是利用橋梁本身的支持送達最終位置，免除吊運的過程。

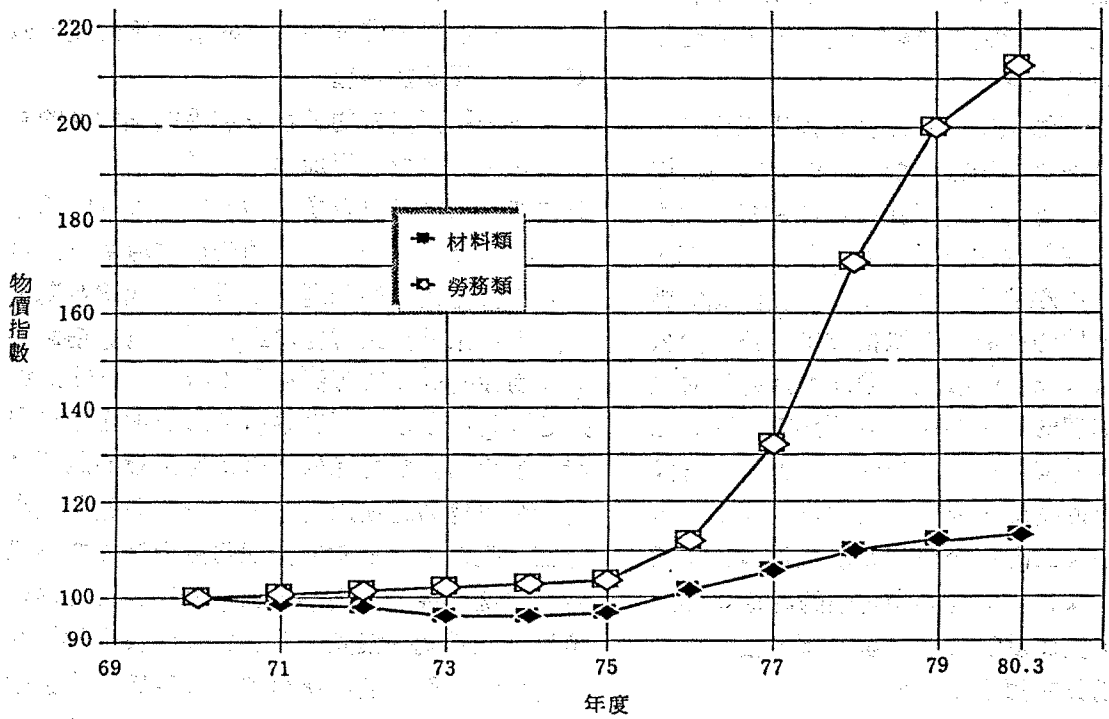
上述特色除在品質及成本方面屬於有利的因素之外，更重要的是在今天的營建環境中可以有效因應勞力短缺的問題。附圖二為我國台灣地區近十年來營建工程勞務與材料價格之變動情形。由曲綫的比較可明顯看出勞務價格的上漲遠超過材料價格，而勞務價格的上漲通常也同時反映勞力素質的降低。因此施工廠商因應之道除減少勞力的使用之外，另一方面還要提高勞工的生產力，通常就是採用生產綫的作業模式，節塊推進工法在預鑄場及鋼筋加工廠的作業均可採用此一模式。至於推進作業中抽換滑動支承的工作屬於初級勞務，無需特殊的技術。

節塊推進工法的應用須符合若干綫型及技

\* 亞新工程顧問公司工程管理部經理



圖一 節塊推進工法示意圖



資料來源：中華民國台灣地區物價指數統計月報—行政院主計處

圖二 勞務及材料價格指數變動曲線

術的條件，謹分述如後：

(1) 跨徑

本法對於跨徑在 30 m 至 70 m 間的橋梁最為經濟，但如加設臨時中間橋墩（完工後拆除）則其適用跨徑可加大至 120 m。

(2) 綫型

本法實施的路段在平豎曲綫兩部份都必須為單純之圓曲綫或直綫，但平豎曲綫兩者可為不同綫型的組合。

(3) 橋長

基於設備投資回收的考慮，本法所適用的橋梁長度最短不宜少於 200 m，由於油壓機推力的限制最長不宜大於 600 m，超過最大長度時，全橋可分為兩段由兩端推進。

(4) 淨空

由於節塊推進工法橋梁採用的梁深比在  $\frac{1}{12}$  至  $\frac{1}{8}$  之間，較一般之  $\frac{1}{10}$  至  $\frac{1}{6}$  之間為深，因此橋下穿越道路之淨高應予檢核。

(5) 預鑄場

推進端橋台之後方應有足夠的空間設置預

鑄場，鋼筋加工廠以及施工道路。預鑄場位置並應有良好的土壤承載能力以維持沈陷量在容許範圍內。另外預鑄場如位於路塹段，則再行深挖之邊坡穩定度應予檢核。

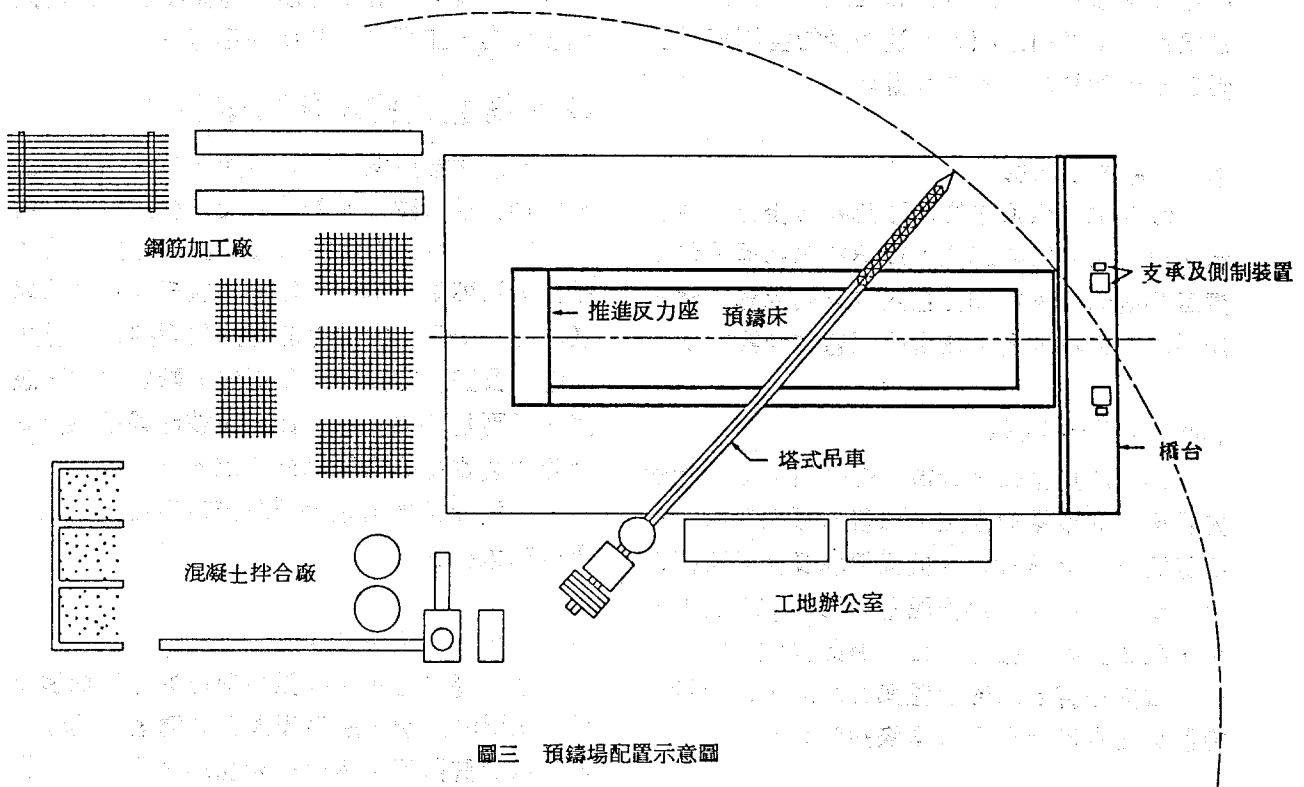
### 三、節塊的施築

本法節塊的施築及推進都在預鑄場內進行，附圖三為預鑄場之配置示意圖，其主要設施包括：

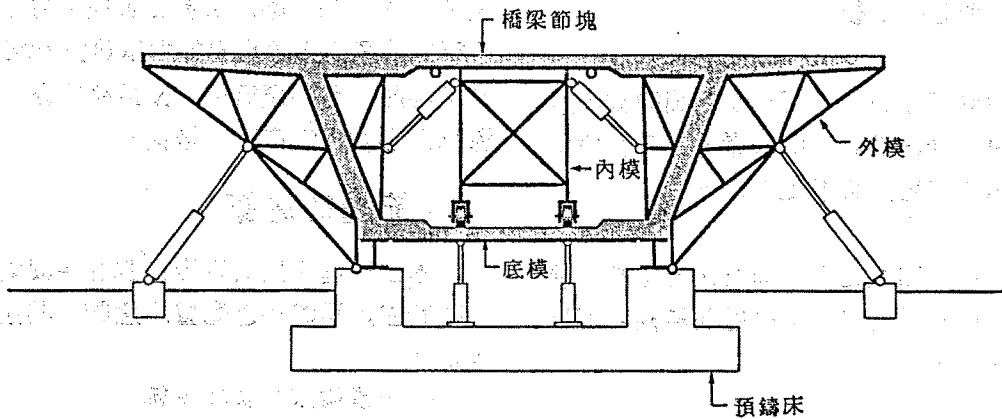
- 預鑄床及模板系統
- 鋼筋加工廠
- 混凝土拌合廠（非必需）
- 推進反力座

#### 3-1 預鑄床及模板系統

預鑄床位於橋台之後方，其場地所需長度一般不少於節塊長度的 1.5 倍，寬度則以脫模及其他現場作業所需空間為度。其設施包括預鑄床及機械式模板系統見附圖四所示。一般外模係固定於現場但可升降或開合以利脫模。內



圖三 預鑄場配置示意圖



圖四 預鑄床及模板系統

模則可沿橋軸方向推動以利配筋工作。通常新鑄節塊推進時，內模隨節塊移動，俟下一節塊底版施築完成及腹筋裝妥後再將內模拉回至下一節塊。如現場天候情況惡劣，預鑄場可加蓋頂棚及側牆，使節塊施築工作在室內條件下進行。

節塊推進工法的預鑄場在配置方面並無特殊要求，但在沈陷量方面則較嚴格。一般須控制在  $1\text{ mm}$  以內。預鑄床之高程須經常檢測，如沈陷過大則應加以調整，沈陷量的控制可採土質改良或加打基樁的方式處理。

### 3-2 鋼筋加工廠

鋼筋加工廠通常位於預鑄場的後方，為有效掌握節塊施築的進度，節塊內之配筋及預力鋼腱系統係預先在加工廠內作成鋼節籠，然後用吊車放入模板內，成為生產線的作業模式。

### 3-3 混凝土拌合廠

節塊的施築通常分為兩個階段，第一階段先行澆築箱型梁的底版，然後腹版與頂版一次澆築完成。跨徑  $60\text{ m}$  的橋梁節塊長度取跨徑之半  $30\text{ m}$ ，則最大混凝土澆置量約為  $250$  立方公尺，混凝土拌合廠之容量可據此決定。

混凝土拌合廠的設置與否端視工地附近預拌混凝土供應情況及成本條件決定。

### 3-4 推進反力座

橋梁推進所需之推力大約在數百噸至千噸左右，視橋長及縱坡度而定，所需反力甚大。最經濟的方式就是利用土壤被動土壓力來提供所需要的反力，通常是將反力座、預鑄床與橋台聯成一體，利用橋台的背填土獲致反力。

節塊的施築在歐美國家為配合週末休息係以一個星期為一個週期，附表 為其細部作業時程安排。施工初期由於熟練度不足所需時間較長，尤其第一個節塊須與鼻梁接合，鋼腱之配置複雜，工期可能長達一個月。

## 四、推進系統及其附屬設施

推進作業所採用的設備因承包商而異，但其原理則極為類似。最簡單的系統如附圖五所示，千斤頂由鋸齒狀的鋼製基座取得反力施加推力，油壓缸衝程用盡後即更換千斤頂位置繼續施力。千斤頂的推力容量通常取推動橋重之  $5\%$ 。根據以往實際量測所知，摩擦力在理想狀況下應為  $2\%$  左右。但上下坡路段橋梁重量所產生之水平分力應額外考慮。

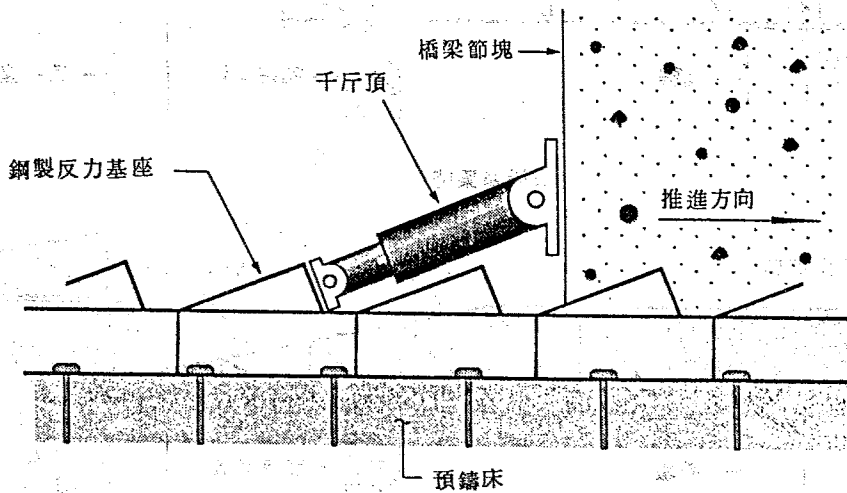
推進作業所需之附屬設施較為複雜，包括下列三大項目：

### 4-1 鼻梁 (Nose Beam)

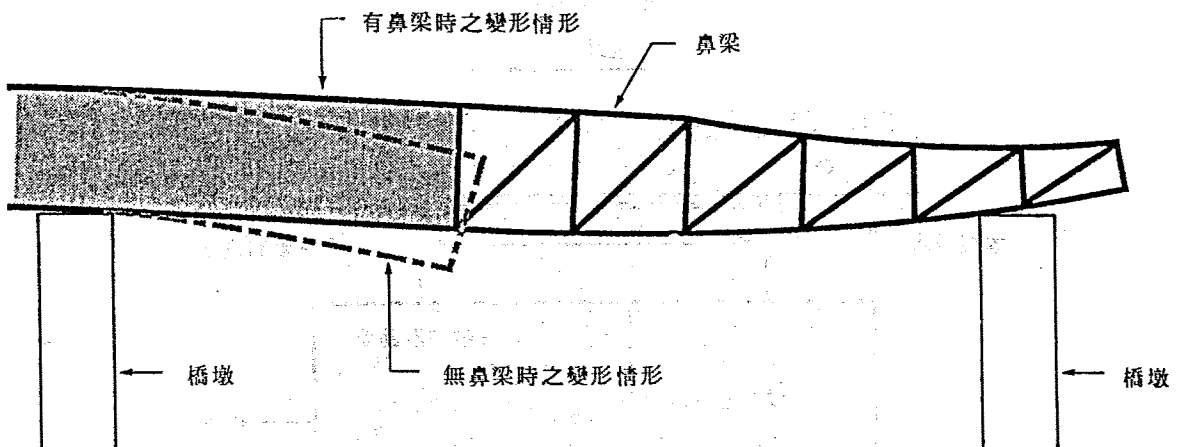
在推進過程中，橋梁最前端的若干節塊將發生懸臂的狀態，產生極大之負彎矩，其應力已超過容許限度，因此必須藉助鼻梁由下一個橋墩取得部份支持以減少撓曲降低應力如附圖

附表 節塊施築及推進作業週期

工 作 項 目	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五	星期六	星期日
施軸心預力	—						
推 進	—						
整理模板及澆鑄床		—					
底板鋼筋、鋼鍵		—					
底板混凝土		—					
側牆、頂版鋼筋、鋼鍵			—	—			
調整內、外模				—	—		
側牆、頂版混凝土					—		
混凝土保養、拆模						—	—



圖五 推進系統



圖六 鼻梁

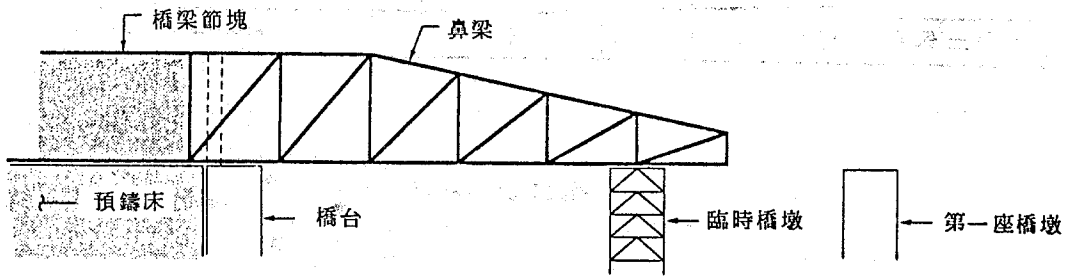
六所示。鼻梁的長度通常為跨徑的 0.7 倍，採用鋼板梁或鋼桁架構造以減輕重量。鼻梁的勁度根據以往的經驗大約是混凝土斷面的十分之一。

鼻梁的構造一般分為三至四節以螺栓續接便利於拆裝。

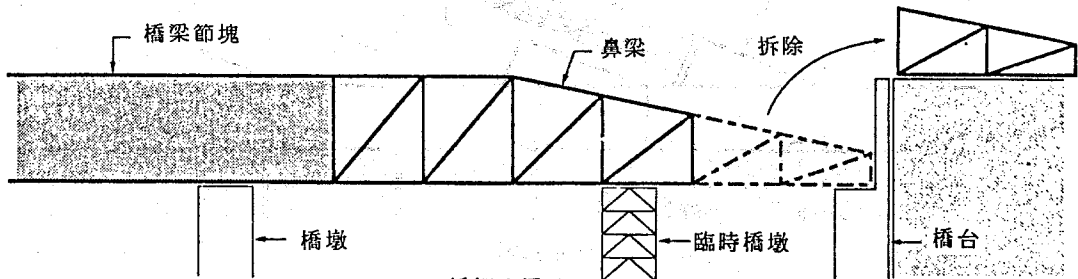
#### 4-2 臨時橋墩 (Temporary Pier)

鼻梁的拆裝在某些狀況下需要臨時橋墩以維持其穩定，其使用可分為下述兩種情況：

##### (1) 架設鼻梁時



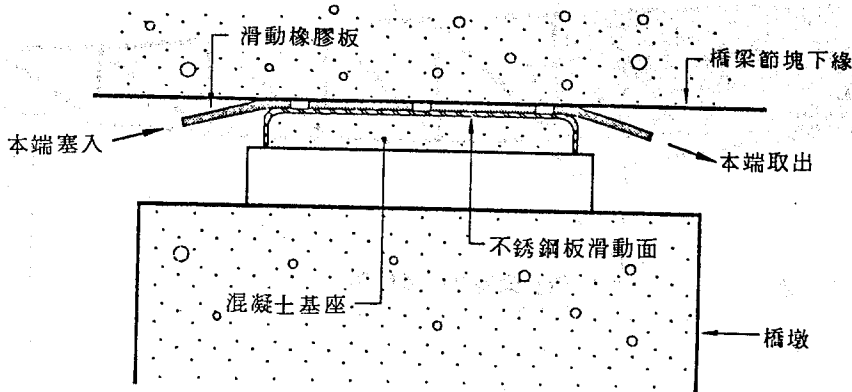
架設鼻梁時



拆卸鼻梁時

圖七 臨時橋墩

推進方向



圖八 滑動支承

附圖七所示為第一個節塊施築前鼻梁的架設情形。如果橋梁的端跨無法使鼻梁支持於第一座橋墩時即需設置臨時支撐。臨時橋墩的使用亦可減少鼻梁後端（與節塊聯接處）之轉角。

##### (2) 拆卸鼻梁時

當鼻梁到達遠端橋台或觸及另一橋梁段時由於鼻梁的拆卸使得原有的支持無法發揮功能以致須藉助臨時橋墩如附圖七所示。

#### 4-3 滑動支承 (Sliding Bearing)

在推進過程中為減少摩擦力，橋墩及橋台必須採用一種臨時性的滑動支承，如附圖八所示。這種支承的下半部為混凝土基座上覆不銹鋼片形成光滑面，上半部為一種單面塗有鐵氟龍（PTFE）之人造橡膠板，厚度約 2.5 cm 左右。橋梁推進時，由人工將橡膠板塞入梁身與支承座之間，橡膠板之下緣因塗有鐵氟龍摩擦力較小，將沿不銹鋼面滑動。上緣摩擦力較大即與梁身下緣附著並隨其移走。橡膠板移至支承座遠端時由工人取回反覆使用。為利於工人之作業，橋墩上端須架設工作台，工人則經由已完成之橋面進入工作台，無須由地面爬升。

橋梁全部推至定位後，滑動支承將拆除代以永久性之支承，拆換過程中梁身將以千斤頂頂起 5 至 10 mm 以利作業。

橋梁推進的速度在穩定狀態下為每小時 5 m 至 8 m，但作業中由於滑動支承橡膠板放置偏差，或油壓機讀數異常均將隨時叫停，因此推進過程中必須使用無線電話保持聯絡。

## 五、導向及安全裝置

橋梁在推進過程中應隨時控制其方向並維持其穩定，以下將就這些裝置加以說明

### 5-1 推進導向裝置 (Guiding Devices)

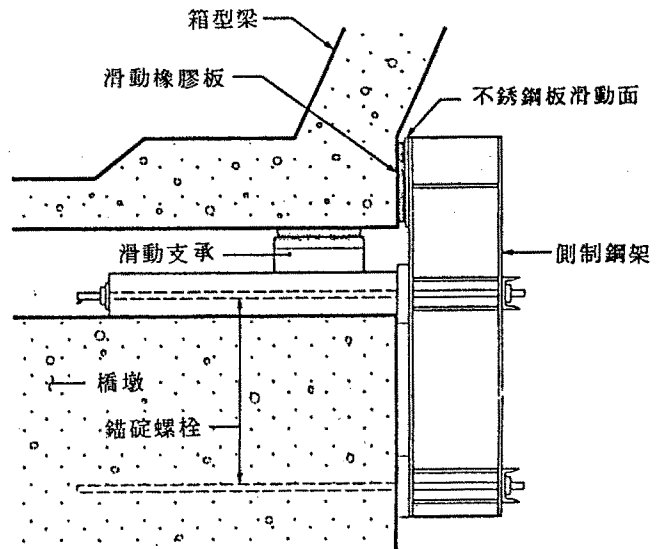
方向的控制首重推力的控制，各油壓機之衝程應依幾何關係控制使其同步，以現今機械及電子的技術應無困難。其次為方向之導引，

其作法為在橋台及橋墩上裝設側制裝置以防止橋身之側移，見附圖九所示。其中最重要的是推進端的橋台與第一座橋墩的兩組裝置，為方向控制的基礎，橋身側面與側制裝置如發生接觸可比照滑動支承的方式利用不銹鋼片及橡膠板降低摩擦力。

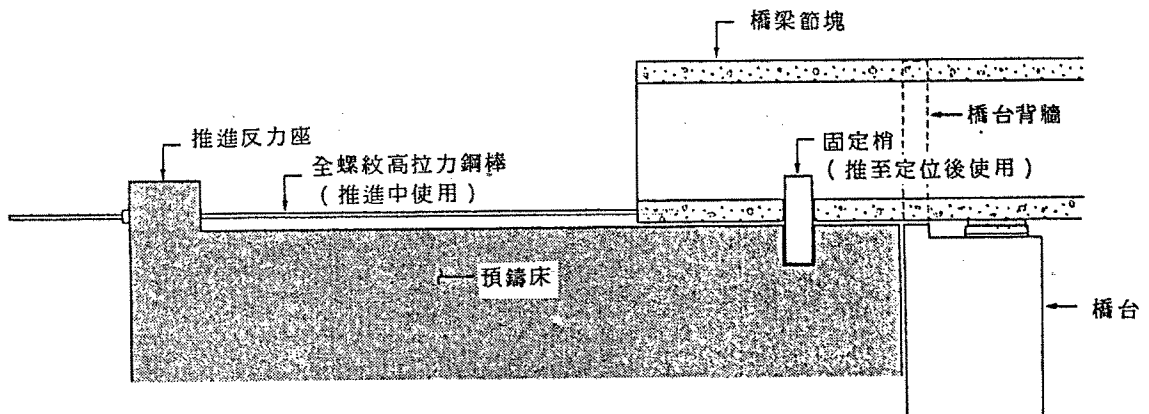
側制裝置除控制推動方向之外，同時兼具抵制曲綫超高水平分力的效用以防止橋梁側滑。

### 5-2 推進安全裝置 (Safety Devices)

位於豎曲線上的橋梁無論在推進過程中或者靜止狀態時均有重力滑動的傾向，如不善



圖九 推進導向裝置



圖十 推進安全裝置

防制極可能造成巨大災變。其安全裝置可分為兩部份：

- (1)推進期間利用鋼索或者鋼棒控制橋身的滑動。
- (2)推進作業完成後利用插梢固定橋身。

上述裝置見附圖十所示，由於各種裝置均以預鑄床為反力座，因此預鑄床的強度及穩定度必須詳細核算。通常預鑄床與橋台聯成一體以增加勁度，必要時預鑄床將加打基樁如第二節所述。

## 六、假設工程之承包責任

前節所述本工法所需之預鑄場、推進設備及導向安全裝置等在目前政府工程之承包契約內均屬假設工程，應由承包廠商自行設計並負其安全責任。但為協助投標廠商能夠大致掌握假設工程的性質及範圍，通常可選擇一種常用的系統將其示意圖附於招標文件中，得標廠商應以總價承包是項假設工程，不因所採用的系統機具不同或者材料項目數量之增減而變更該部份之費用。另外假設工程的費用尚包括永久性結構所有必要之各種補強、預埋鋼件等工作在內。有關永久性結構之設計將在本文第(二)篇中介紹。