

# 防範施工中預力 I 型梁吊放 後翻落風險之作業指引

112 年 1 月

# 防範施工中預力 I 型梁吊放後翻落風險 之作業指引

## 目錄

壹、緣起及目的.....	1
貳、預力 I 型梁施工吊放可能之風險.....	2
參、改善臨時固定設施設計及吊放工序之建議...	7
肆、結語.....	13

## 壹、緣起及目的

台灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊交界處地震頻繁，亦面臨西太平洋而成為西太平洋颱風路徑首衝，故施工中的工程應考量如何因應不可預測災害，以避免造成重大影響。以預力 I 型梁之橋梁工程為例，應考量如何維持預力梁吊放後的穩定，防止吊放後因不可預測的外力造成傾倒、**過量位移**而翻落。

以往台灣即有預力 I 型梁橋翻落之災例，近期亦有施工中工程受地震影響而發生預力梁吊放後翻落事故，造成工期延後及成本增加，因此，有必要從設計階段、施工階段及工序安排上加強防範。

本次對於施工中預力 I 型梁提出一套防範吊放後翻落之作業指引，提供各工程機關參考並納入設計及施工據以要求，目的在於用以降低施工中不可預測災害之風險，確保公共建設之品質及進度。

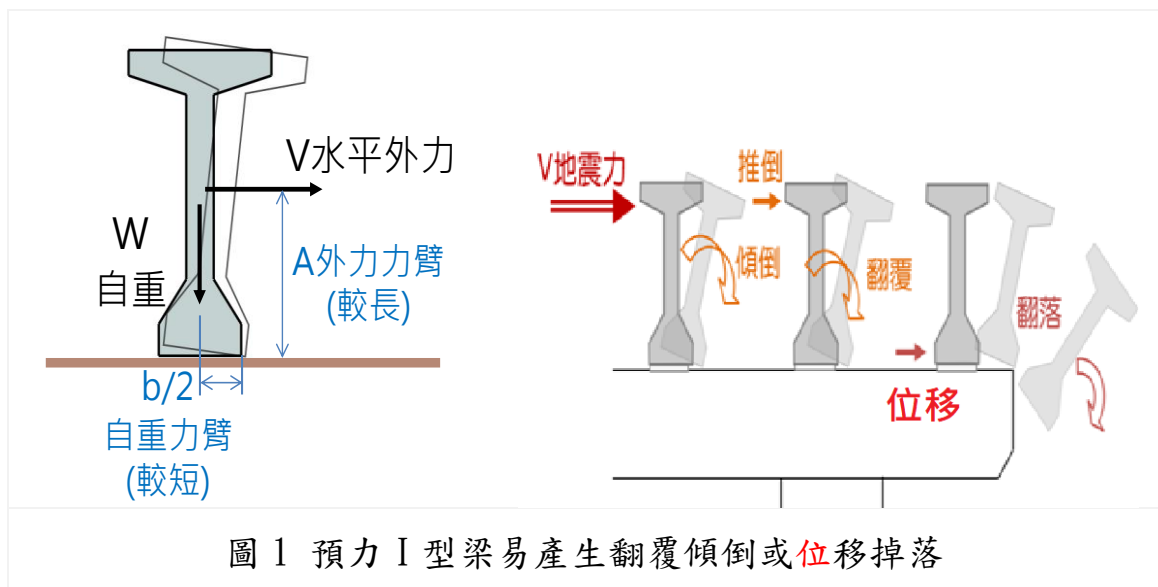
## 貳、預力 I 型梁施工吊放可能之風險

### 一、預力 I 型梁施工吊放可能之風險

一般橋梁上部結構是由主梁及橋面版等組成，其中非現場澆置之橋梁，例如預力混凝土 I 型梁橋，是先行預鑄吊放後，於現場再施作隔梁與橋面版等單元，以完成上部結構。(如照片 1、2)



當橋面版與隔梁未完成前，吊放後單支梁因未相互連接，無法構成穩定結構、穩定性普遍偏低，尤其 I 型梁無橫向抵抗能力，若遇地震、颱風或施工不當，即有發生傾倒掉落之風險。(如圖 1)



預力 I 型梁軸向施拉預力，強軸能抵抗強軸受力(包括自重)及彎矩，惟預力 I 型梁傾倒後，因弱軸無法承受自重及彎矩，容易導致斷裂掉落。(如圖 2)

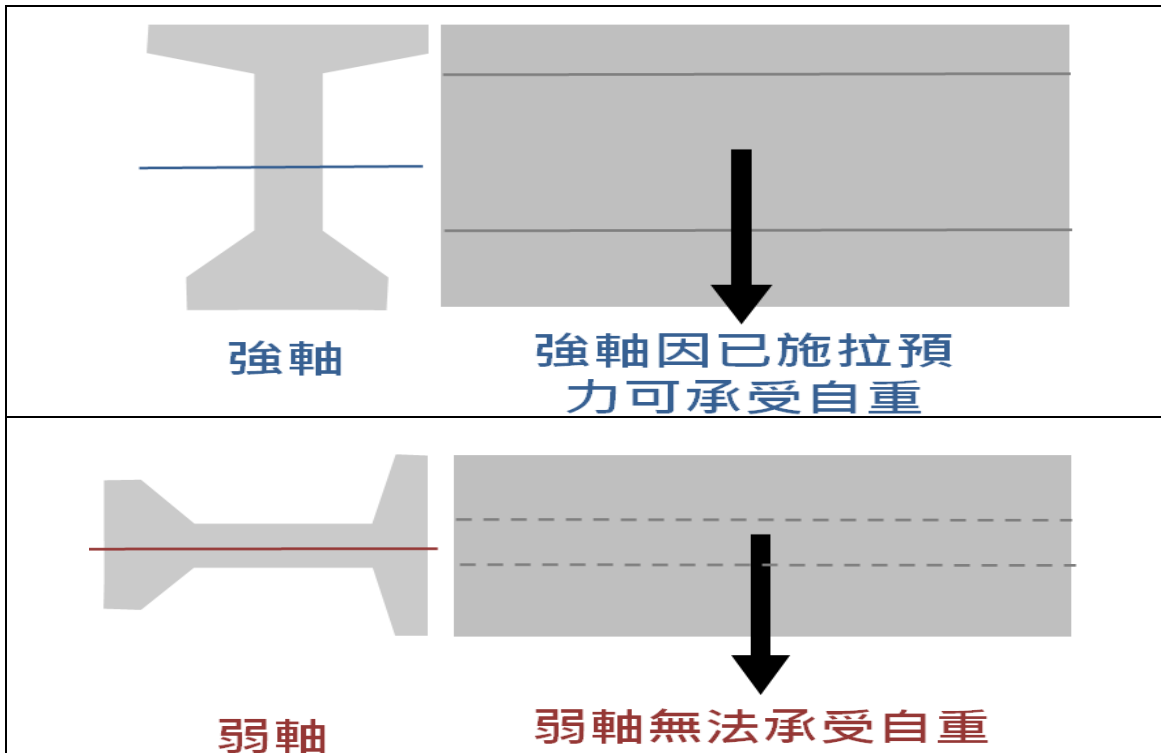
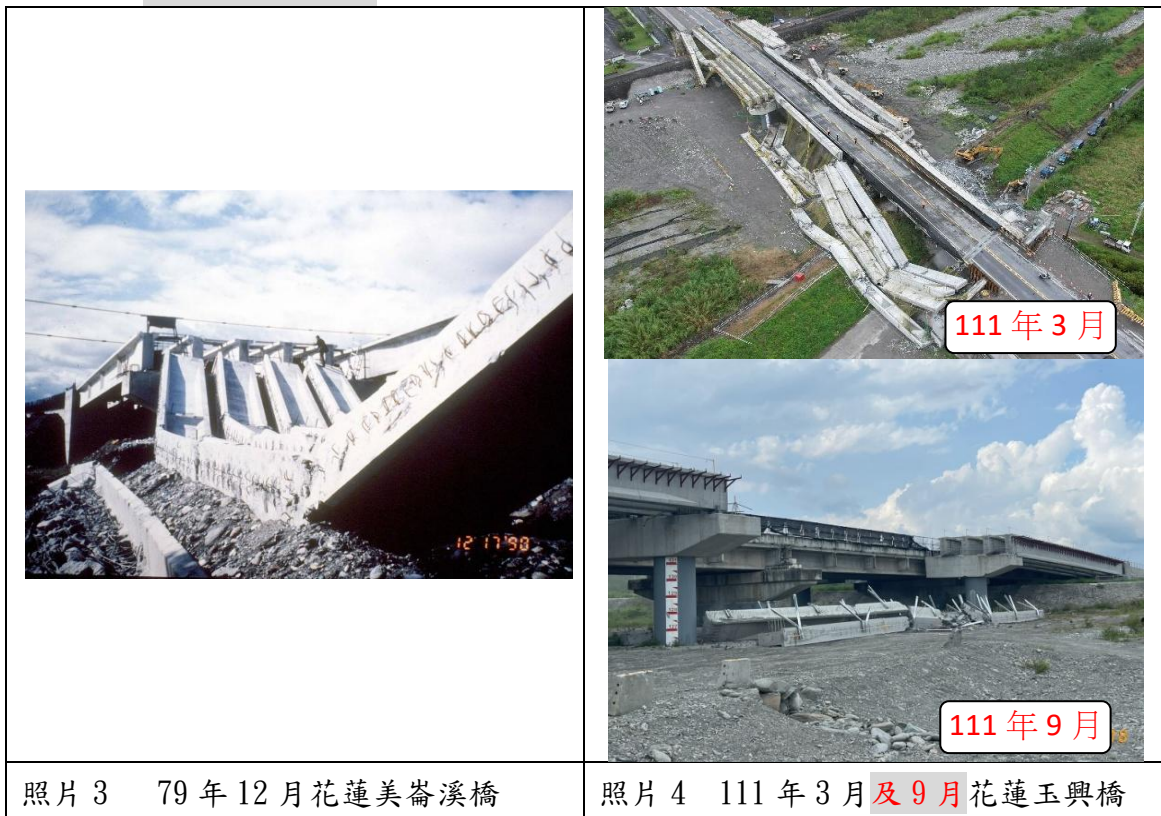


圖 2 I 型梁強軸可承受自重，傾倒後弱軸無法承重

以往台灣即有預力 I 型梁橋翻落之災例，另發現亦有預力梁吊放後尚未形成整體穩定結構，受地震影響造成預力梁傾倒及位移致翻落事故。(如照片 3、4)



照片 3 79 年 12 月花蓮美崙溪橋

照片 4 111 年 3 月及 9 月花蓮玉興橋

## 二、現有臨時固定設施規定及吊放工序設計施工均欠周延

當預力梁施工及吊放後，應設置臨時固定設施，並隨即施工隔梁及橋面版：

### (一)規範僅有原則性要求，設計及施工易忽略臨時固定設施

依據交通部「公路工程施工規範」第 01525 章「橋梁工程施工作業安全一般要求」規定，預鑄混凝土梁吊放之施工計畫要事先經核可，且於該章第 3.2.4 條第(1)項之 F 款規定，預鑄預力混凝土梁之吊放工法，對於預力梁應「吊放定位後應即設置臨時固定設施，並慎防碰撞而產生骨牌效應，致已吊放之預力梁傾倒掉落」。

規範僅有原則性要求，故設計階段應有初步潛在風險評估及施工階段臨時固定設施之考量。

### (二)臨時固定設施欠缺細部規範，包括梁場臨時固定及吊放後之臨時固定

預力梁於施工中或吊放於橋墩帽梁後，都應設置臨時固定設施以避免發生傾倒，惟因無細部規範，施工亦未考量風險因應，做好臨時固定設施，一般均參考預鑄梁場之臨時固定方式，套用於吊放後之臨時固定設施(如圖 3)。

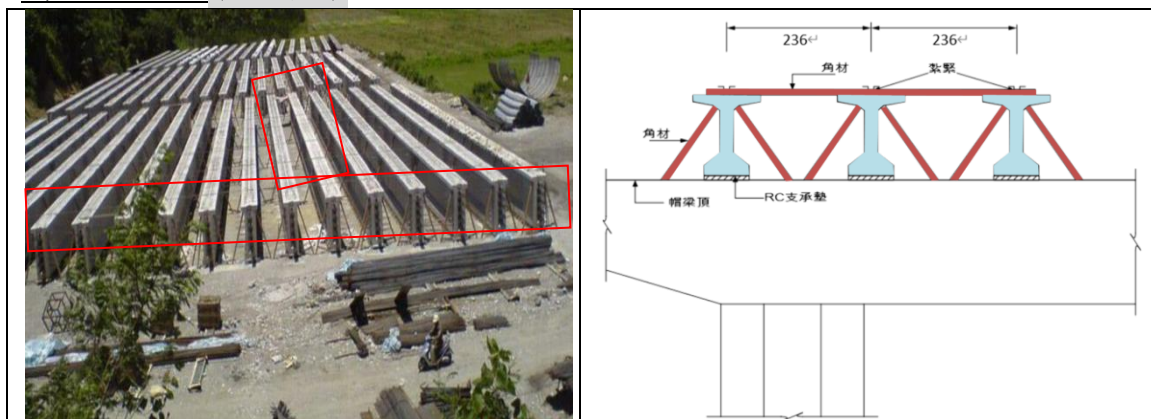


圖 3 梁場臨時固定設施現況、吊放後臨時固定設施示意圖

#### 1. 斜撐只能於兩端帽梁處設置：

吊放後在預力梁頭兩旁設置斜撐，撐在 I 型梁兩側上翼版，惟相較

梁場位處大面積平地可於梁身設置多數斜撐，吊放後預力梁僅有兩端帽梁可以設置斜撐，穩定度較不如預鑄梁場堅固。（如照片 5 至 6）。



照片 5：吊放前-斜撐可均佈於梁身



照片 6：吊放後-斜撐只於兩端帽梁

## 2. 梁頂連結桿件之固定不足：

吊放後在預鑄梁頂上方，每隔一段距離設置木料角材連桿，以鐵絲繫緊在梁上方的預留鋼筋上，惟其設置數量通常未量化，且以鐵絲綁繫方式不足以承受外在水平作用力（例如地震）。（如照片 7 至 8）。



照片 7：吊放前-木料角材橫向連結（以鐵絲綁繫）



照片 8：吊放後-木料角材橫向連結

### (三) 施工工序偶有曝險之虞

目前預鑄預力梁橋梁常見之施工方式，多於預力梁吊放後，再依序施工隔梁及施工橋面版（如照片 9 至 10），甚至偶有多跨橋梁將全部預力梁一次進行吊放，於全部吊放完成後始進行隔梁及橋面版施工。惟地震有不可預測性，在未完成隔梁施作形成整體穩定結構前，如未即時有效連結，易有曝露傾倒風險之虞。



照片 9：預力梁之預鑄與吊放作業



照片 10：預力梁吊放後隔梁施工中



## 參、改善臨時固定設施設計及吊放工序之建議

### 一、設計階段設計單位應分析潛在風險，於吊梁後以鋼構件快速連結，並納入圖說及量化編列費用

設計時應按政府採購法第 70 條之 1 規定依工程規模、特性及工址環境分析潛在風險；對於預力 I 型梁，除單支梁斜撐外，宜於梁頂部設置橫向連結之鋼構件，以利吊裝後立即將 I 型梁兩兩快速橫向連結，形成穩定構造；此項鋼構件與接合方式須納入設計圖說，並予量化編列合理施工經費。

#### (一)連結方式

除單支梁斜撐外，應設計鋼構件橫向連結，可採預埋螺栓或銲接接合方式。(如圖 4)

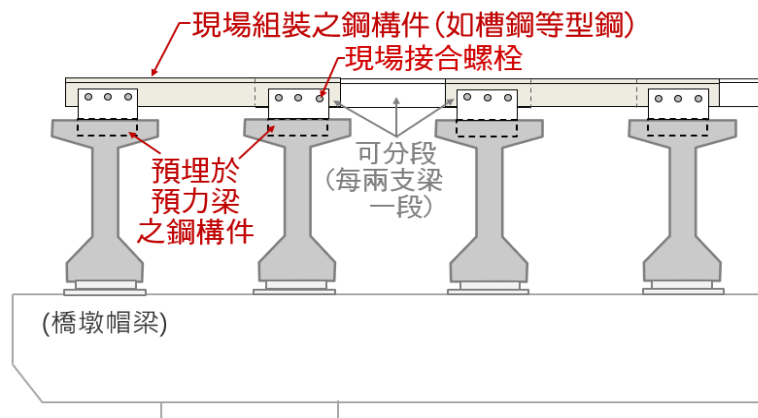


圖 4 預埋式鋼構件連接方式(橫斷面圖)

#### (二)設置數量與位置

本橫向連結鋼構件之設置位置，原則上至少設置於隔梁鄰近處，且於同一跨度單元吊放完成後，立即將預力梁兩兩快速連結，連結鋼構件分段設置。(每兩支預力梁一段，以下圖 5 為例，第一支梁與第二支梁連結、第二支梁與第三支梁連結、第三支梁與第四支梁連結)

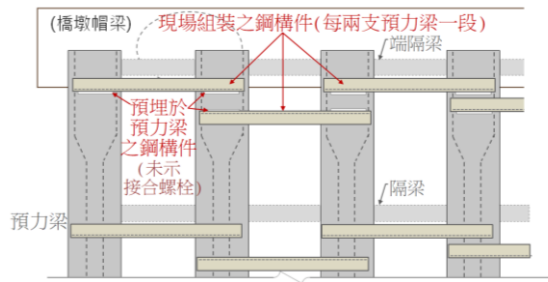


圖 5 鋼構件連接平面配置方式及實際案例

### (三)鋼構件強度

水平設計地震力應依工址位置與風險分析結果，以交通部「公路工程施工規範」第 01525 章「橋梁工程施工作業安全一般要求」內容，強度以不小於「公路橋梁耐震設計規範」中的等級 I 地震為原則。

### (四)臨時橫擋

為避免過量位移致掉落，於帽梁外側可設置足以對應預力梁尺寸之臨時橫擋，並以適當之螺栓數量及預埋深度，增加抗剪能力，以降低預力梁位移致落梁風險，橫擋設施比照上開臨時連結構件強度，以不小於「公路橋梁耐震設計規範」中的等級 I 地震為原則。

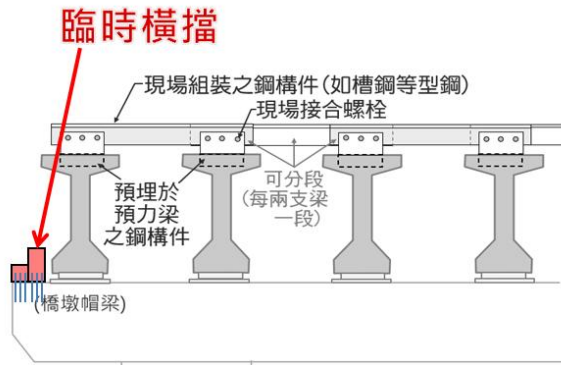


圖 6 帽梁外側設置臨時橫擋

## 二、施工階段施工廠商應檢視設計內容，可提出對應更有利穩定之其他方式，並納入施工計畫落實執行

### (一) 施工檢查

施工階段施工廠商應檢視設計內容，並依其施工方式、經驗能力及投入人、機、料等因素，提出對應更有利之其他方式(包括鋼構件連結方式、強度及數量)。

設置內容應納入於施工計畫中，循序簽證、審查及核備，並作為品質管理標準及施工檢驗程序，落實按圖施工執行。

臨時支撐易見缺失及建議檢查重點整理如下：

#### 1. 單支預力 I 型梁之斜撐檢查重點

項次	常見缺失	建議檢查重點
1	數量不足 (僅設單側)	應雙側設置
2	與翼板及帽梁未緊密支撐	斜撐端點斜面 應與預力梁及帽梁密接
3	強度不足	材料及尺寸應符合設計
4	斜撐過陡無足夠水平力	支撐角度

#### 2. 複數 I 型梁之橫向連結檢查重點

項次	常見缺失	建議檢查重點
1	鋼構件數量不足 (間隔過大)	設置距離應小於隔梁間距
2	鋼構件與預力梁 未密接連結	鋼構件與預埋構件之 螺栓鎖定應穩固
3	鋼構件強度不足	材料及尺寸應符合設計

### 3. 橫擋檢查重點

項次	常見缺失	建議檢查重點
1	橫擋尺寸高度不足 易造成預力梁翻落	臨時橫擋尺寸應符合設計
2	橫擋錨定強度不足易脫 落無法抵抗側向位移	螺栓錨定深度及材料尺寸應 符合設計，螺栓應穩固鎖定

### (二) 止震塊施工

止震塊目的係防止預力梁位移，為增加止震塊承受地震之抗剪能力，宜依個案特性評估是否與帽梁一次澆置；倘未一次澆置，應於新舊界面清潔打毛，且回饋於設計時研議設置剪力樁或增加止震塊鋼筋量，以彌補分次澆置止震塊對於抗剪能力之影響。

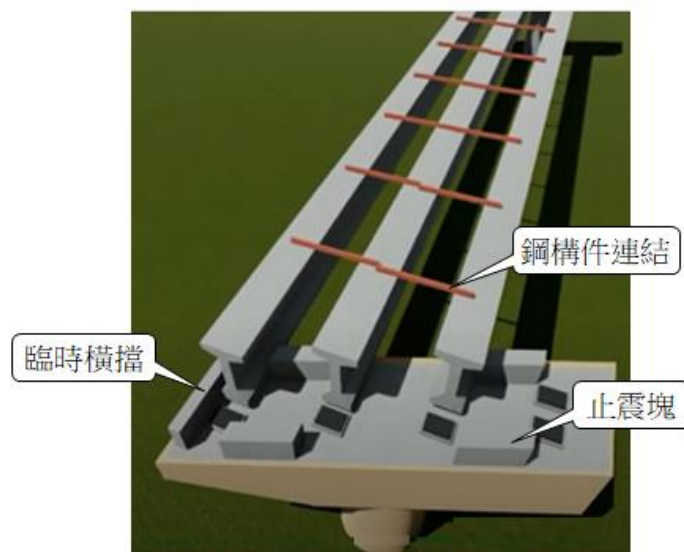


圖 7 止震塊示意圖

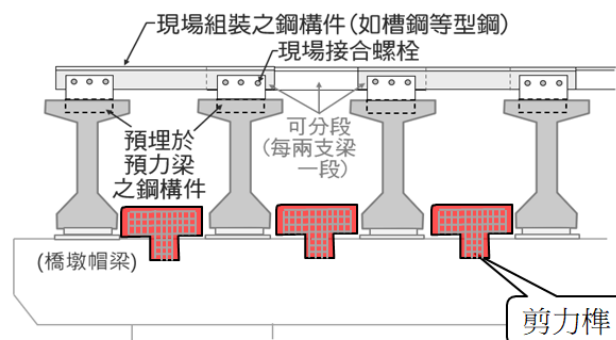
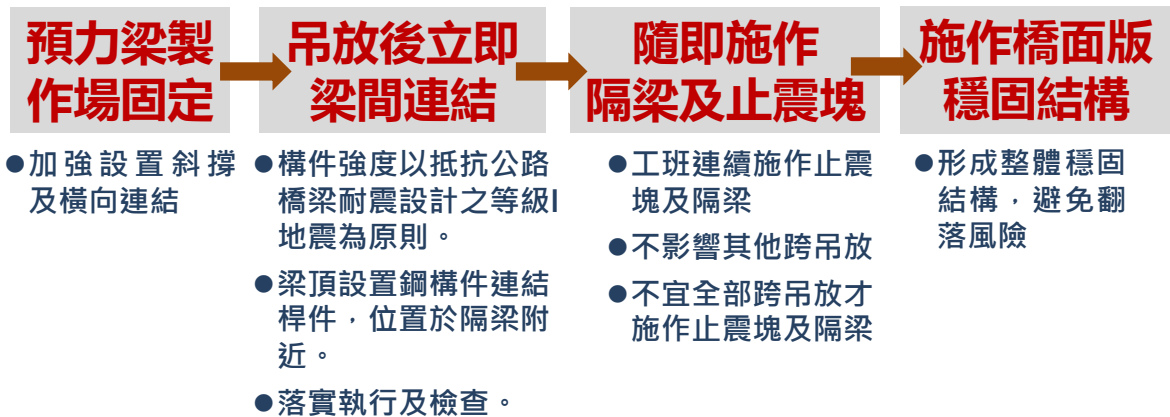


圖 8 止震塊設置剪力樁示意圖

三、工序安排應降低潛在風險，從梁場固定起，預力梁吊放即刻進行鋼構件連結，並應加速施作止震塊、隔梁及橋面版。預力梁吊裝完成後具有受外在環境影響之潛在風險，工序安排上應降低風險，建議流程如下：



### (一) 梁場妥善固定

混凝土澆置及施拉預力後妥善固定，除原有側撐外，亦應加設梁間鋼構件連結鎖固。(如圖 9)

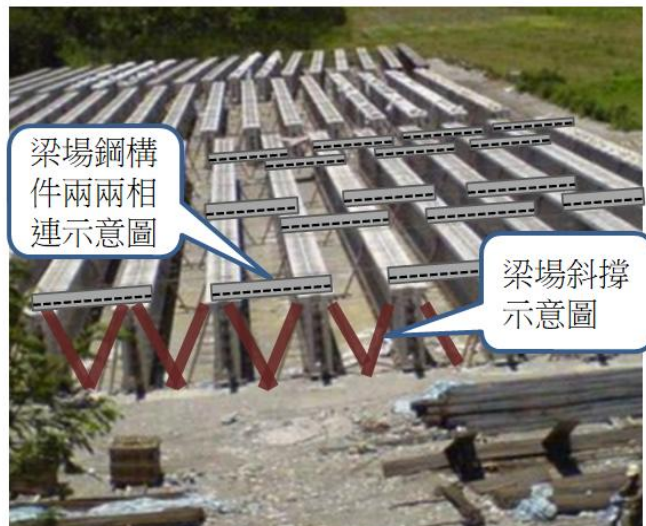


圖 9 梁場妥善固定預鑄預力 I 型梁

### (二) 吊放後立即進行梁間連結

除單支梁斜撐外，吊放後應立即於預力梁上方設置鋼構件連結，構件強度以抵抗公路橋梁耐震設計之等級 I 地震為原則，設置位置至少應於隔梁附近，且應落實執行及檢查。(如圖 10)

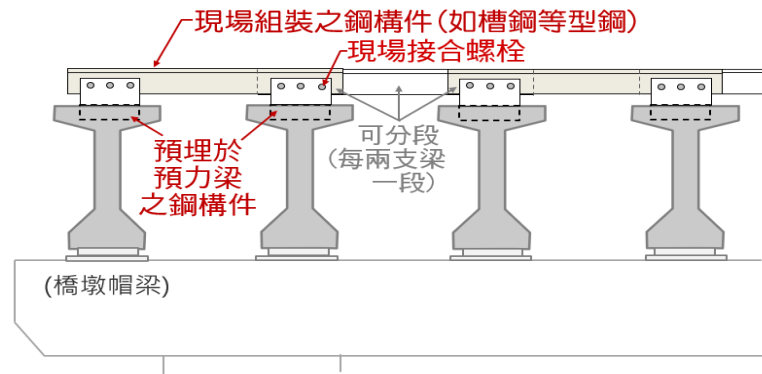


圖 10 鋼構件連結設置示意圖

### (三) 加速施作隔梁及止震塊

考量吊梁過程於全部吊梁完成後再進場施作隔梁，易增加翻落風險空窗期，爰預力梁吊放，除立即以鋼構件橫向連結及設置臨時橫擋外，並應隨即安排各項工班接續進場施作隔梁及止震塊，以縮短橋梁穩固前之空窗期。

另吊裝及鋼筋模板組立作業互為獨立項目，可安排連續進場同步進行，不影響其他跨吊裝進度。(如圖 11)



圖 11 端隔梁現場施工圖

### (四) 加速橋面版施作

預力混凝土隔梁及止震塊施作完成後，預力梁掉落風險已降低，惟仍應加速施作橋面版，以形成更穩固結構。(如圖 12)



圖 12 橋面版穩固結構

## 肆、結語

一、為防範施工中「預力 I 型梁」因地震發生時之位移及翻落，本會就設計階段、施工階段及工序安排提出具體建議作法，以降低翻落風險：

- (一)設計階段應分析潛在風險，於吊梁後以鋼構件快速連結並於帽梁外側設置臨時橫擋，相關內容納入圖說及量化編列費用。
- (二)施工階段應檢視設計內容，可提出對應更有利之其他方式，並納入施工計畫落實檢查及執行。另止震塊宜依個案特性評估是否與帽梁一次澆置；倘未一次澆置，則應設置剪力樺或增加止震塊內預留鋼筋量，以增加抗剪能力。
- (三)工序安排應降低潛在風險，從預力梁製作場即應做好支撐固定，於預力梁吊放過程即刻進行鋼構件連結及設置臨時橫擋，並應隨即接續施作止震塊、隔梁及橋面版。

二、防範重點在加強橫向連結、設置臨時橫擋及隨即進行止震塊及隔梁施工，請各機關於設計施工各階段中據以參辦：

- (一)未完成設計者，請參照本指引納入後續設計參考。
- (二)已完成設計者，請參照本指引重新檢視設計圖說及施工計畫。
- (三)施工進行中者，請參照本指引儘速檢視臨時固定設施是否妥適並儘速補強。