



4 工作心得及研究報告

橋梁上構橫移工法報告

一、前言

國道一號中山高速公路全線完工通車，帶動了台灣整體經濟之蓬勃發展，車輛持有率逐漸增加，造成中山高速公路之交通負荷日趨嚴重，有鑑於此，交通部台灣區國道高速公路局乃著手進行高速公路拓寬改善計畫。其中員林高雄段拓寬工程建設計畫中八掌溪、急水溪、曾文溪等3座河川橋，因現有梁底高程未能符合防洪需求，恐有於洪水氾濫時被沖毀之虞，配合拓寬工程均有拆除改建提高之必要，由於中山高速公路是臺灣南北交通的大動脈，在改建過程中如何避免對既有交通造成重大衝擊，亦即如何維持施工期間主線行車順暢，為改建工程首要之考量。

本工程擷取英國“A38 MARSH MILLS, PLYMOUTH”的移橋經驗，並引用橋梁推進工法原理，發展出橋梁橫移的構想及設計，並將之應用於3座河川橋之拆除重建暨拓寬工程。該法有別於一般傳統工法，即舊橋拆除改建時為維持既有交通之順暢，一般是先搭便橋改道，待新橋完成後再拆除便橋，該「上構橫移工法」則是以移橋的技術，將便橋的上部結構橫移到永久橋梁的位置，保留了上部結構，花費





只是便橋的下部結構以及移橋的費用，相較於過去工法，可節省大部份的便橋上構費用與工期。

上構橫移工法的原理，與橋梁節塊推進工法相類似，即利用千斤頂對橋梁上部結構施一足夠推力或拉力，使其克服摩擦力與重力水平分力，促使上部結構沿橋梁橫向移動，每一次橫移均是以伸縮縫與伸縮縫間的結構單元同步移動，有時1跨、2跨、3跨或4跨。

3座河川橋在施工改建拓寬過程中，高速公路主線均可維持原有南北各2個車道(3.5m寬)及足夠內外側路肩(1.0m與2.5~3.0m寬)來通行，而無需封閉交通外，另因採用橫移工法使便橋上部結構保留不拆除，因此較一般傳統工法(3座河川橋)共約可節省工程經費16,092萬元(八掌溪橋約2,791萬元、急水溪橋約8,703萬元、曾文溪橋約4,598萬元)，及可縮短工期(八掌溪橋約2個月、急水溪橋約3.5個月、曾文溪橋約2.5個月)，並可避免因拆除上構所產生約27,000立方公尺的混凝土廢棄物(八掌溪橋約4,680立方公尺、急水溪橋約14,600立方公尺、曾文溪橋約7,720立方公尺)，落實對於環境生態保護及資源充分利用之承諾，足堪生態工程之範例。

本次河川橋拓寬及改建工程之關鍵在橫移作業，而該作業業於95年12月25日順利完成，茲對此橋梁上構橫移作業施工作一完整紀錄與心得報告。

二、橋梁拆除改建方式

高速公路橋梁拆除改建時由於需考慮交通運輸之通暢。為維持施工期間有足夠的車道數及內外側路肩，茲研擬施工步驟如下：(配合圖面說明)

1. 首先於高速公路北上之舊橋外側，新設一符合設計洪水位需求高程之2車道(橋面寬12.1公尺)橋梁，下部結構採臨時樁排架式橋墩，並施築部份永久下部結構。

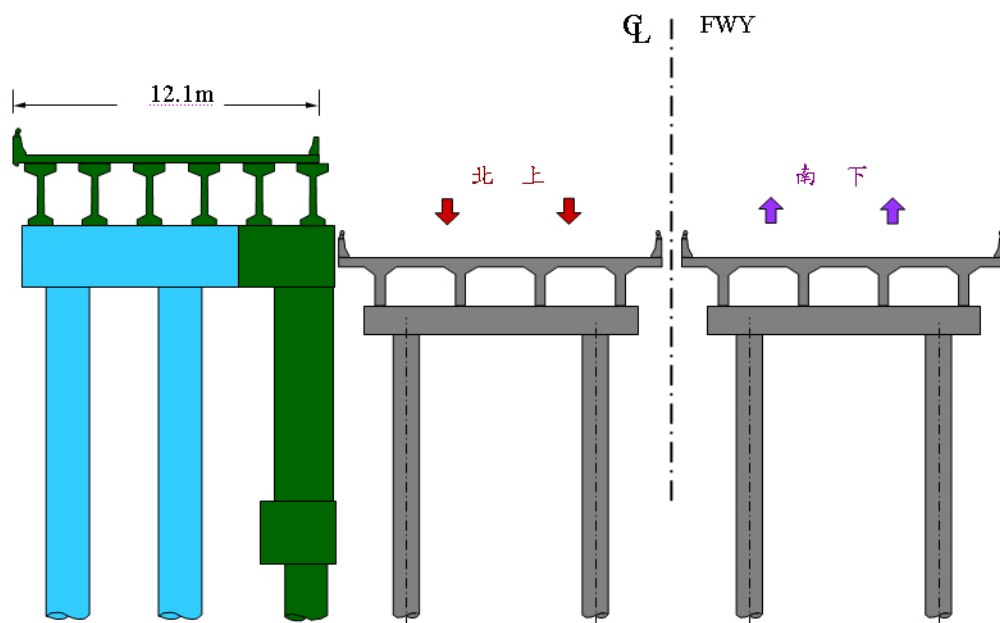


圖2.1 橋樑拆除改建施工步驟一





2. 將北上線車流改行新橋，南下線車流則改走北上舊橋，之後拆除南下線舊橋。

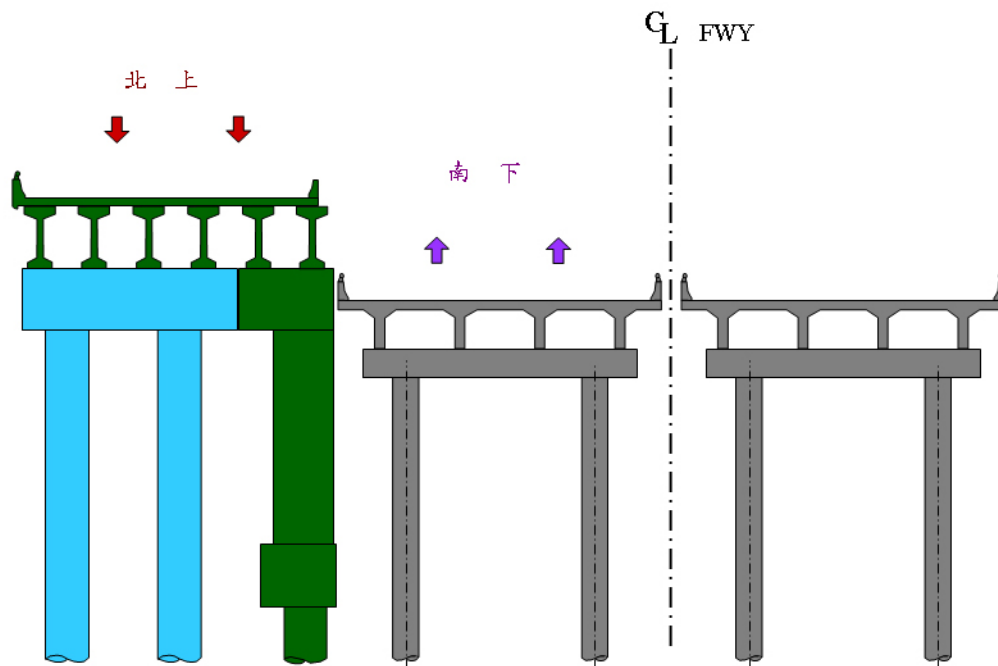


圖2.2 橋樑拆除改建施工步驟二





3. 南下線改建為橋面寬17.27公尺3車道新橋，緊鄰高速公路中心線。

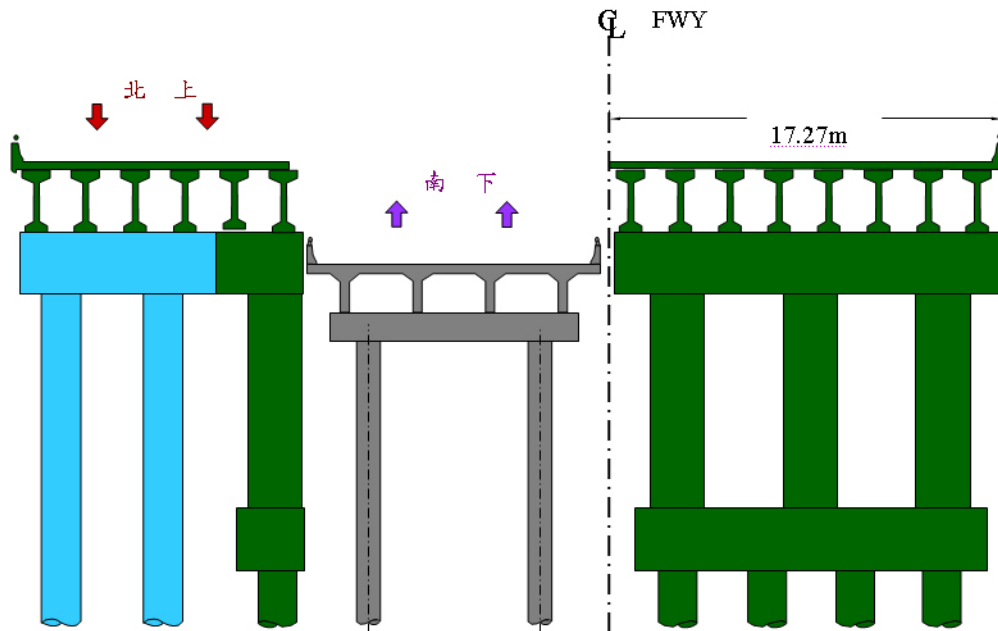


圖2.3 橋樑拆除改建施工步驟三





4. 南下線改建完成後在此新橋上佈設2車道，並將南下線車流移至此新橋，然後拆除北上線舊橋。

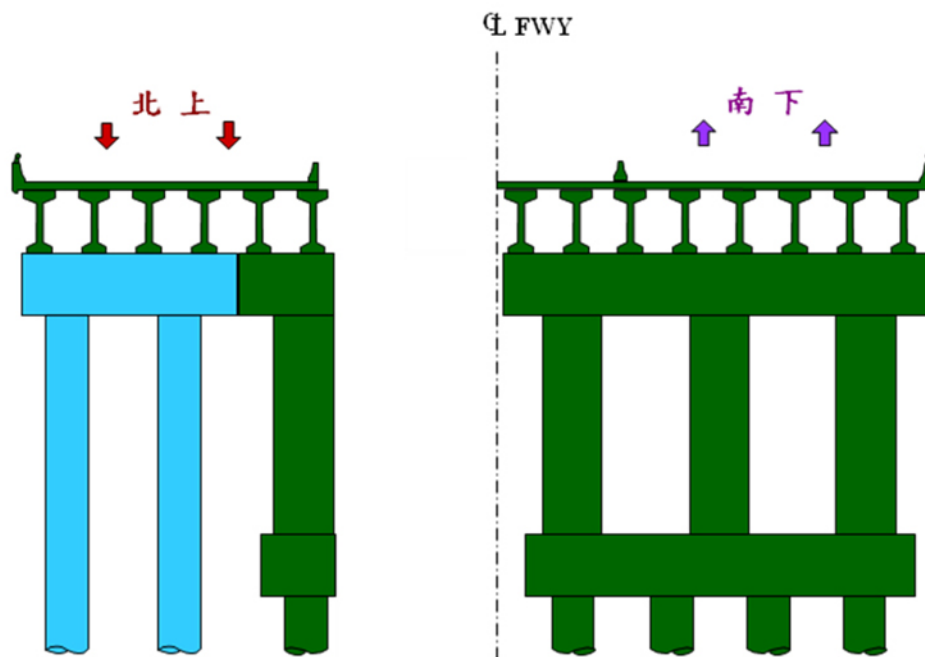


圖2.4 橋樑拆除改建施工步驟四





5. 施作北上側新建橋梁下部結構及4.63公尺寬上部結構，橋面與南下線新橋以縱向伸縮縫連接。

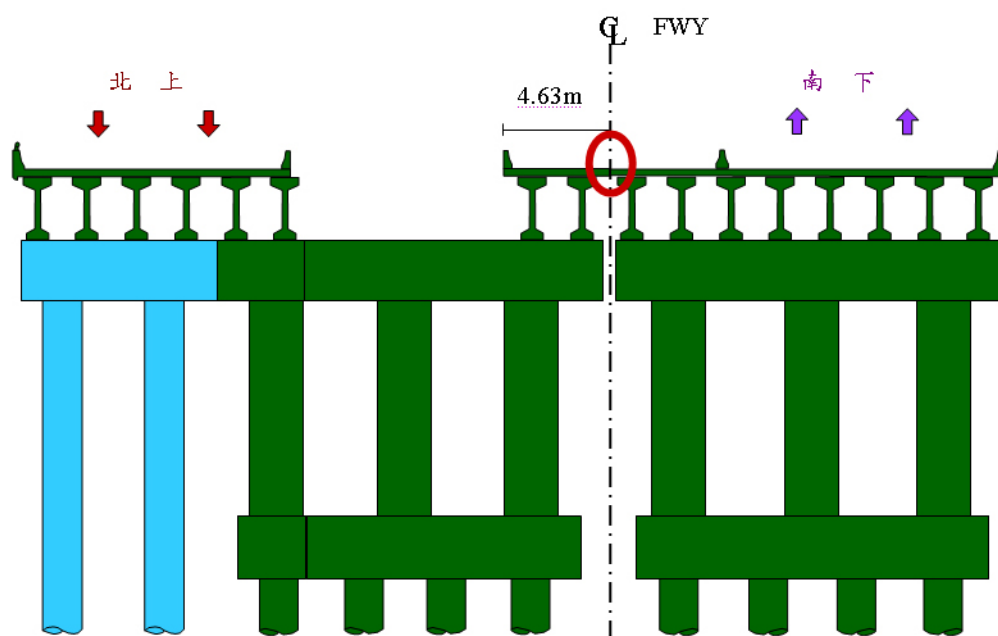


圖2.5 橋樑拆除改建施工步驟五



6. 調整以縱向伸縮縫連接之南下線17.27公尺及北上線4.63公尺合計21.9公尺寬橋面為4車道，並將北上線行車移至該橋面，原北上側新建12.1公尺寬之上部結構橋面，橫移至距高速公路中心線5.17公尺處，並拆除第一階段北上側臨時樁排架式橋墩。

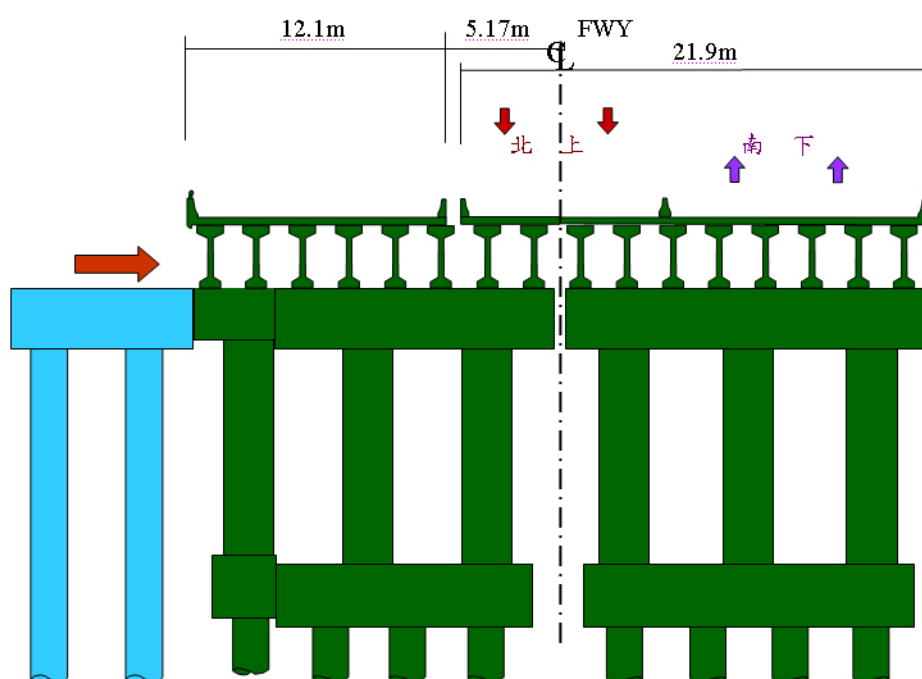


圖2.6 橋樑拆除改建施工步驟六





7. 澆注北上側兩階段新建橋面間閉合塊，完成北上線橋面。

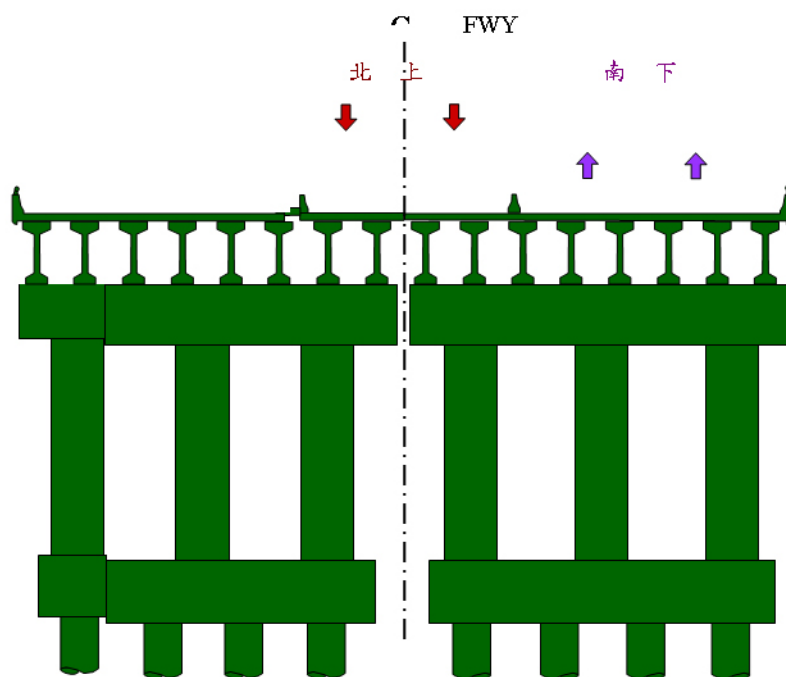


圖2.7 橋樑拆除改建施工步驟七





8. 調整橋面車道中央分隔護欄，完成後為雙向各3車道橋梁。

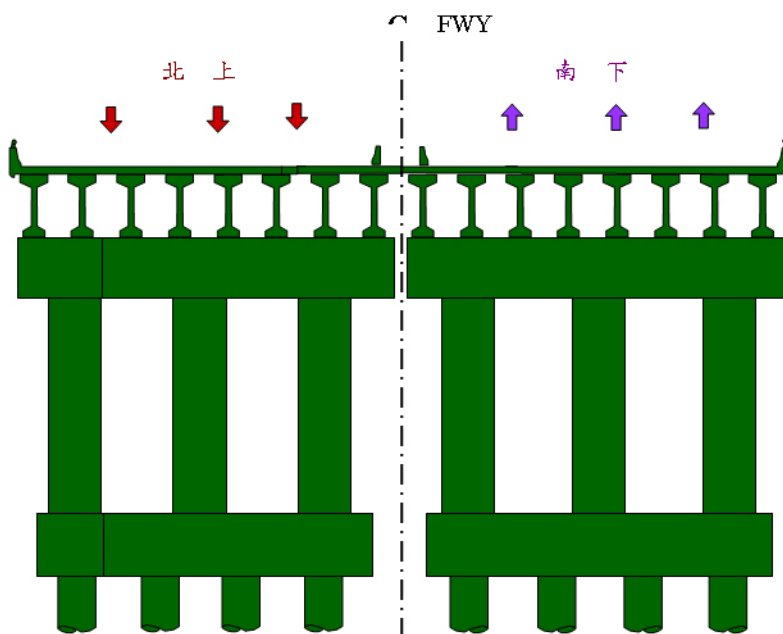


圖2.8 橋樑拆除改建施工步驟八





三、橋梁上構橫移作業

(一)、橫移工法之設計考量

配合本工程橋梁上部結構之橫移施工，設計階段主要之考量重點：

1. 線形：要考慮平曲線、縱坡、超高及因應河水流向而引起的橋梁與河川的斜交角(skew)問題。
2. 所有橋墩在平面上全部平行，為利於橋梁橫移，所有臨時墩柱、帽梁必須平行同一角度，每一座永久橋墩也都必須與對應之臨時墩柱帽梁相對齊並連結。
3. 每一組橫移單元內之帽梁頂面在高程上必須平行一致，如此橫移的時候，橋面才不會產生扭轉的變形應力。
4. 橫移方式採推進或拉進方式，即在帽梁外側設置反力座，並利用千斤頂橫移。視千斤頂之衝程的大小(約在60cm)，在反力座與千斤頂之間設置型鋼(或鋼棒)支撐、逐次加長(減短)支撐。
5. 千斤頂推力之估算，以40公尺標準跨徑為例，橫移橋之上部結構重約為850T，最大縱坡為2.05%，預估起動摩擦係數為15%。因此二部100T的千斤頂，應足以推動橋梁。
6. 橫移設施：油壓同步推進設備，含油壓動力源組、電腦控制器、油壓缸(千斤頂)，量測設備、反力座、工作架、潤滑設施以及型鋼墊塊及固定設施、鋼料、不銹鋼板及錨栓等等，主控室應為可移動方式，隨工作點而遷移。





(二)、橫移工法之效益說明

A、節省經費

橫移構想的基本概念很單純，按以往橋梁改建且為維持原有運輸功能，一般是搭便橋改道，新橋完工通車後再拆除便橋。本案以移橋的技術將“便橋”之上部結構橫移到永久橋梁位置之下部結構之上，保留了上部結構。花費的只是便橋的下部結構，以及移橋的費用。相較於過去的工法，可避免浪費便橋上構費用，因此，橫移的第一個效益是經費節省，計算如下：

1. PCI上部結構，每單位面積(含拆除)約0.54萬/m²

2. 三座河川橋之便橋面積

八掌溪橋 …………… 7,139 m²

急水溪橋 …………… 20,026 m²

曾文溪橋 …………… 13,104 m²

3. 三座便橋之上構費用

$$0.54 \times (7,139 + 20,026 + 13,104) = 21,745 \text{ 萬}$$

4. 上構橫移費用：(因長度不同而有不同之單價)

八掌溪橋 …………… 62.81(萬/跨)×17跨=1,068萬

急水溪橋 …………… 55.06(萬/跨)×53跨=2,918萬

曾文溪橋 …………… 59.52(萬/跨)×28跨=1,667萬

計5,653萬

運用橫移工法使便橋上構保留不拆除，可節省工程費用21,745萬，扣除平移費用5,653萬，尚可節省21745-5653=16,092萬，即一億六千餘萬元，占總工程費預算4.37%。



B、縮短工期

橫移的第二個效益是工期的縮短，基本概念是永久橋梁之上部結構已完成在便橋位置，不需再重複吊梁、組模、紮鋼筋、澆注混凝土作業，僅要花費移橋的時間以及後續之閉合塊施築時間，節省工期估計如下：

傳統工法預估工期(以每套模板使用6~7次計)

八掌溪橋	17跨，採用3套模(1跨模板為一套模)
	施築 $17 \div 3 = 6$ 次循環完成
	$40 \text{天} \times 6 \text{次} = 240 \text{天} = 8 \text{月}$ (組模至養治完成約40天)
急水溪橋	53跨採用8套模
	施築 $53 \div 8 = 7$ 次
	$40 \text{天} \times 7 \text{次} = 280 \text{天} = 9.3 \text{月}$
曾文溪橋	8跨採用4套模
	施築 $28 \div 4 = 7$ 次
	$40 \text{天} \times 7 \text{次} = 280 \text{天} = 9.3 \text{月}$

橫移工法預估工期(每一橫移單元以6天計)

八掌溪橋(7單元)	$6 \text{天} \times 7 = 42 \text{天} = 1.5 \text{月}$
	$1.5 \text{月} + 0.5 \text{月(後續)} = 2.0 \text{月}$
急水溪橋(16單元)	$6 \text{天} \times 16 = 96 \text{天} = 3.0 \text{月}$
	$3.0 \text{月} + 0.5 \text{月(後續)} = 3.5 \text{月}$
曾文溪橋(10單元)	$6 \text{天} \times 10 = 60 \text{天} = 2.0 \text{月}$
	$2.0 \text{月} + 0.5 \text{月(後續)} = 2.5 \text{月}$

綜合上述計算平均工期可縮短約6個月左右。



C、落實環境保護-推廣生態工程觀念

另一個效益是有關環保方面的，由於以橫移的方式施工，原便橋12.1公尺寬之上部結構可重覆使用，免去拆除之程序且避免製造更多混凝土廢棄物，估計減少約27,000立方公尺之混凝土拆除，以及必須拆除之便橋下部結構物回收利用於路堤基層填築，因而減少相當多的環境污染影響因子。

D、資源減量

另一個效益是資源的節省。在整體資材的宏觀上，所節約的物料可作更有效之利用。

E、其他

如施工中維持原有中山高速公路行車車道數，將交通衝擊降至最低、施工後提昇高速公路服務水準、符合防洪需求等等，對國家社會成本之節省效益，難以估計。





(三)、橫移工法之構想

首先在帽樑兩側與預力樑下空間設法安放一支鋼樑，於其上放置若干液壓千斤頂，將橋樑荷重，轉移至鋼樑，鋼樑下佈置滑動板，以推或拉的方式達到同步橫移。但受制於預力梁之間設有止震塊，必須升高橋梁，俟橋梁上部結構跨過止震塊(54公分)後，方可平移，到定位再置放。有賴於今日液壓系統與邏輯類比型的電腦程式十分進步，配合若干電子設備之輔助，使同步頂昇、橫移與置放可順利滿足要求。

(四)、施工計畫書

依照契約規定，承包商均應提出施工計畫書，其主要內容包括：

1. 概述
2. 橋梁諸元
3. 橋樑橫移工法
4. 施工機具設備
5. 施工進度表
6. 上構平移人員組織表
7. 緊急應變措施
8. 勞工安全衛生內容說明
9. 附件
 - a. 結構平面、立面圖
 - b. 第二階段支承墊高程回歸表
 - c. 帽樑滑動機構空間檢核圖
 - d. 止震塊配置平面資料
 - e. 平移機構應力分析
 - f. 施工方式說明及零件設計
 - g. 油壓系統及設備資料
 - h. 頂升及橫移時間核算
 - i. 平移作業預定進度
 - j. 成本估算





A、施工步驟

橋梁橫移施工步驟概略可分為頂昇→橫移→置放等三個步驟。

由於各家承包商提供之橫移構件組裝方式與力量傳遞方式略有不同，爾後以A式或B式稱之，其中急水溪橋（第542A標）及曾文溪橋（542B標）由中華工程公司承包採A式施作，八掌橋溪橋（第532標）由德寶公司承包，採B式施工。

第532標在95年9月決定採用B式後，在11月28日完成6個單元。第542B標依A式(一套)於95年8月3日~10月26日完成10單元。第542A標以A式(二套)及B式(一套)辦理，於95年12月25日完成16單元，整體橫移作業圓滿完成。

B、施工方法

A式及B式之異同，分述及比較如下：

A式之施工方法

1. 前置作業：帽樑面之整平、放樣量測，使用同一單元之帽樑面均在同一平面同一坡度上。
2. 安裝機構：承壓底板安裝與滑動機構之組裝。
3. 橋樑同步頂昇，配合頂昇、安放臨時假支撐及三角斜撐。
4. 使用拉近千斤頂令橋樑橫移、微動定位、臨時假支撐拆除。
5. 橋梁同步置放。
6. 機構移除，完成單元橫移作業。



B式之施工方法

1. 前置作業：帽樑之整理、法線放樣。
2. 安裝短型千斤頂、油壓設備及監控設備。
3. 橋梁同步頂昇、安裝臨時假支撐於橡膠支承墊位置上。
4. 拆除短型千斤頂，安裝U型軌道。
5. 於U型軌中安裝頂昇橫移機構。
6. 橋梁同步橫移並隨時監控及調整各I梁之高程及水平位置。
7. 定位調整：安裝臨時假支撐於定位橡膠支承墊上。
8. 拆除頂昇橫移機構，並再安裝短型千斤頂。
9. 橋梁同步下降置放至定位。
10. 移除短型千斤頂完成單元橫移作業。

A式與B式之不同在於A式作法較直接，即先安裝一承壓底板(鋼板下砂漿面依精度要求，必須平整且坡度一致)再設置滑動機構。分成二類節塊，一為承重節塊組(含100T千斤頂與U型鋼樑及加勁鋼板與蓋板)每支PC梁正下方均配有一組節塊，另一為結合節塊，聯結前者，串成一列。

當千斤頂頂昇使橋梁越過止震塊，並移轉荷重落至承重節塊上，於整列節塊末端預置一千斤頂及反力座(80T中空式36 ϕ 拉進式千斤頂，最大衝程110公分)，每次拉近1公尺。每3公尺拆卸一次連結鋼棒的方式反覆循環，平移約9公尺至定位，隨即置放於支承墊上。

B式先安放120T衝程8.5公分之短型千斤頂於PC樑正下方，使帽樑頂與PC梁下空間加大至少28cm再放置U型鋼樑，(U型鋼樑內設滑行面)。於其中設置長型千斤頂(100T衝程25cm)，施力頂昇，使越過止震塊並將橋梁荷重轉置於其上，再以8T衝程80cm水平千斤頂推動。每支PC樑下放一組，共設六組。



B式利用U型鋼梁側面之孔洞作為反力點(內應力觀念)，每次40cm連續約9公尺後平移至定位，再拆去U型鋼梁，重新安裝短型千斤頂置放在定位，完成作業。

基本上，B式較為進步、精準，針對A式的缺點，均有改進，尤其若發生位移超量時，可以退縮調整之。但安裝橫移構件反覆(短型千斤頂有2次裝拆、U型鋼梁有1次裝拆)，除非增設前半套，否則無法趕工爭取時效。(本工程因僅使用6次，添加設備不合乎經濟效益而作罷)。

B式方法無下滑行鋼板，所採用之U型鋼樑勁度較大，對其下之帽梁頂面平整度允許較大的空間。滑行面設在U型鋼梁內底面，長型千斤頂承重之後，其基座底下貼有TFP，摩擦係數小有利於推動滑行(摩擦係數僅0.064)，同時利用U型鋼梁側壁上開孔，作為橫移千斤頂之反力座。無論是垂直或水平各監控點之相對變位值均控制在3mm之間，達到同步之要求。



C、施工機具設備

A式：可分為滑動機構、液壓機構、液壓系統配置、輔助監控系統、錄影帶之拍攝、施工架等6部份說明如下表：

表3.1 A式連續單元(三跨)(四跨)安裝之系統數量表

項目	三跨連續	四跨連續	備註
(1)相對變位計	8只	10只	精度：0.5mm 量取量：1100mm
(2)電控系統電磁閥	16只	20只	壓力：700kg/cm ² 作動速度：1回/秒
(3)CPU邏輯運算	4台	4台	32EX
(4)人機觸控螢幕	4台	5台	12' ' 黑白PWS3120-SIN
(5)電動幫浦	4台	4台	350 kg/cm ² 3H 220V/3 φ
(6)隔離控制線	960M	960M	4C, 0.2m/m
(7)無線傳輸監視器	5台	5台	12' ' 黑白
(8)壓力顯示器	5台	5台	0~10000psi, ±0.5%
(9)操控盤	1台	1台	含無線監視器
(10)印表機	1台	1台	HP噴墨式
(11)吊卡車	1台	1台	20噸
(12)100T液壓垂直千斤頂	4×6台	5×6台	8.5cm最大衝程
(13)60T液壓拉近千斤頂 (36 φ 中空式)	4台	5台	110cm最大衝程

B式：可分為短型千斤頂、U型軌道、頂昇橫移機構、液壓系統配置、輔助監控系統、施工架等6部份說明如下表：

表3.2 B式連續單元安裝之系統數量表

(1)相對變位計	44只	精度：0.5mm 量取量：1100mm
(2)電控系統電磁閥	44只	壓力：700kg/cm ² 作動速度：1回/秒
(3)IPC電腦	5台	15吋彩色
(4)電動幫浦	5組	700kg/cm ² 220V/3
(5)隔離控制線	1500M	4C, 0.2m/m
(6)有線傳輸監視器	8台	12' ' 黑白
(7)壓力顯示器	44台	0~10000psi, ±0.5%
(8)操控器	1台	含無線監視器
(9)印表機	1台	HP噴墨式
(10)吊卡車	2台	20噸
(11)120T短型油壓千斤頂	6×5台	8.5cm衝程
(12)100T長型油壓千斤頂	6×5台	28cm衝程
(13)8T水平油壓千斤頂	6×5台	80cm衝程
(14)U型軌	5條	4m長(含接頭設備)



(四) 施工流程

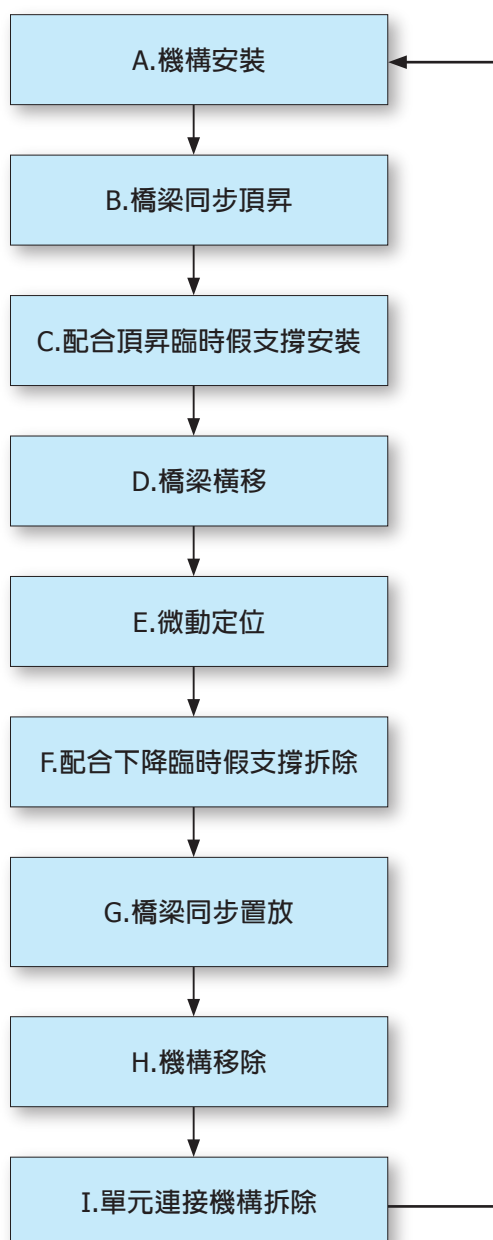


圖3.1 A式施工流程圖

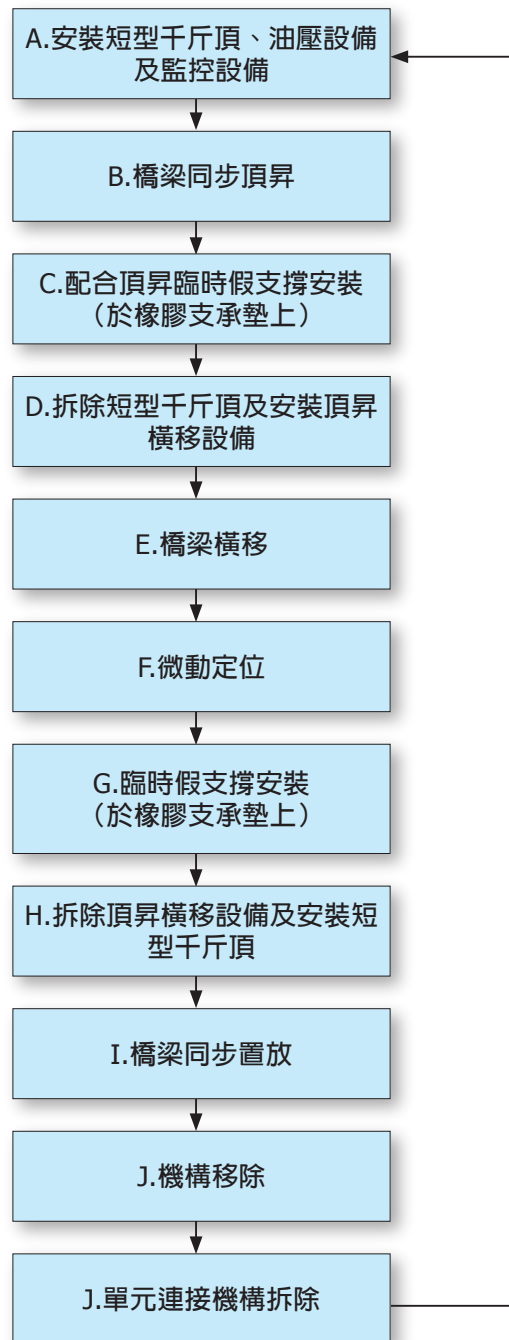


圖3.2 B式施工流程圖



(五) 施工預定進度

表3.3 A式施工進度表

日期 \ 工作內容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. 施工架及步道架設帽樑整理		2	2									
2. 平移機構安裝		2	2	4								
3. 液壓設備及監測設備				4	2	6						
4. 橋樑平移						6	3	9				
5. 平移機構拆除施工架拆除									9	3	12	

表3.4 B式施工進度表

日期 \ 工作內容	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. 施工架及步道架設帽樑整理		2	2									
2. 短型千斤頂安裝、施工及拆除		2	2	4								
3. U型軌及頂升機橫移機構安裝				4	3	7						
4. 橋樑平移						7	1.5	8.5				
5. U型軌及頂升機橫移機構安裝								8.5	2	10.5		
6. 短型千斤頂安裝、施工及拆除										10.5	1.5	12





四、各標施工紀錄

(一)、實體模擬

利用舊急水溪橋拆除前之機會，於北上側取其中一段 $4@20=80\text{m}$ (P29~P33)跨徑，係由4支間隔3.0m之T型梁併構而成。橋面寬12.8m，將外側一支梁切除，挪出空間來作頂昇、橫移及置放之實體測試。採A式方法，測試內容包括操作頂昇高度35cm、橫移距離3.0公尺，並依計畫執行置放作業及全程監控紀錄，對每一節點作電腦主機數據資料及現場實體資料的雙向校對，最後對橋梁結構體作全面檢視，作成紀錄。

本模擬於95年元月2日開始，95年2月22日~95年3月3日實際操作完成。經過此次測試，確認此系統確實可行，連線管控可達到同步頂昇、橫移與置放的需求，平移後之橋梁結構經檢視亦無任何損壞，同時依據此作業經驗修訂施工自主檢查表。

(二)、實際進度

A、第542B標10個單元採A式(1套)自95.08.03~95.10.26完成。

1. 為單跨構造、橫移作業自08.18~08.22計5天，過程中對橫移作業之精度討論甚深，因是單跨徑致稍有扭轉，但因平差及微動得宜，終能調整定位。
2. 三跨連續、橫移作業自08.28~09.14前後18天，受節塊之設置與結合有瑕疵、拉進設置反力座與法線尺寸之誤差影響甚鉅，在謀求改進之後，其他各單元均十分順利並漸入佳境，作業期平均在6天。

B、第532標主線6個單元

承包商在9月上旬決定採用B式，經全力趕辦，於9月15日~11月28日完成6個單元。



①P16N~A2(單跨25m鋼梁 RC橋面)

9月15日開始作業

9月18日完成前置作業

9月23日開始頂昇

9月26日頂昇完成

10月3日平移完成

10月4日置放完成

工期達20天，橫移作業亦達12天，主要影響原因為設備準備不及與第一次操作生疏所致，

②P1N-P3N 3@25m

10.12~10.21 11天的平移作業期

③P3N-P6N 3@40m

10.24~11.03 12天的平移作業期

均為準備設備不及與再調整系統、操作生疏所致。其後的作業則漸入佳境，最佳情況約在7日內完成一單元。

C、第542A標16個單元採A、B式自95.10.23~95.12.25完成。

本標工程使用二組A式設備自⑨開始分別向南、北二端進行

⑨平移作業 10.31~11.10費時11天

⑩平移作業 11.05~11.13費時9天

⑧平移作業 11.19~11.29費時11天

由於本標初次作業技術未熟練及第542B標之經驗未充分傳承(領班未即早進場)致進度仍嫌太慢。經充分檢討及改善後，後續之單元時均在平均5日內完成。

本工程同時於95.12.11引入B式設備，施作①與②於95.12.21完成，每單元僅費5日。



(三)、進度統計

曾文溪橋自95年8月3日開始進行橫移作業至95年10月26日完成10單元歷時83天。扣除前置作業期，每一單元實際操作約5天(平均)可以完成。

八掌溪橋自95年9月15日開始進行橫移作業至95年11月28日完成6個單元歷時73天。

急水橋橋自95年10月23日開始進行橫移作業至95年12月25日完成，16單元歷時64天，最短工期的一個單元僅費時4天達到預期效率。後因工進之需求，承包商採用A式(2套)及B式(1套)極積施作，提早完成。

各標實際開始、完成日期及採用機構方式彙整如下表所示。

實際執行進度表

標別	位置	承包商	數量	方法	時間
實體模擬	舊急水溪橋 P.29~P.33	中華及德寶	1單元 (4@20m)	A式	95.1.2~95.3.3
542B標	曾文溪橋主線	中華 (大旗)	10單元	A式	95.8.03~95.10.26
532標	八掌溪橋主線	德寶	6單元	B式	95.9.15~95.11.28
542A標	急水溪橋主線	中華 (永安)	16單元	A式及B式	95.10.23~95.12.25



五、施工遭遇困難與解決方式

1. 由第542B標施作橫移作業之經驗，了解到橋梁橫移工程，並非僅是平移作業，其相關作業之配合亦十分重要，所須之前置作業資源配合能量在橫移作業5倍以上。簡單的說，若橫移作業須 $8 \times 3 = 24$ 人次，則配合資源在 $24 \times 5 = 120$ 人次以上，如配合工作預定為8天，則每日出工在15人以上，動員資源極大，不容輕忽。
2. 作業行前教育極為重要，各標工作開始前舉行準備會議，會中確定作業指揮系統、組織表人員職務及權責劃分。各單元作業須作全程、詳細記錄(含照片)集成一冊，獨立建檔，以作為檢討研析之重要紀錄。
3. 前置作業中帽梁面之整平(同一單元，及所有相關之梁面)須在同一平面同一坡度上運作，PC梁底千斤頂施工位置或臨時支撐位置必須平整。才能達成“同步”之要求，由於整個橫移作業概分成前置作業之隔斷及預昇、平移與置放3個步驟，各項作業務求膽大心細、工作細膩且不可猛力冒進。
4. 隔斷作業；橫移作業前最重要是隔斷作業，即將要橫移之單元與其他構造體必須完成分離。如欄杆、管線、伸縮縫構件等，尤其是端隔梁處，先前施工所殘留之混凝土、模板必須清除乾淨。橫移單元行進之空間必須能通視，否則只要有一處突出，橫移時必會發生阻礙、無法作業。
5. 同步作業；不論頂昇、平移、與置放均需同步作業，即在每一個橫移單元之帽梁側工作架上配置液壓壓力供應系統以供應PC梁底千斤頂執行頂昇作業，經由監測系統之讀取各監測點頂昇高度、再由電腦之運算，控制千斤頂電磁閥之開、關動作，以使頂昇達到同步之要求。故頂昇作業時，以千斤頂的衝程高度為主要控制、壓力控制為輔，每次頂昇時，電腦會控制電磁閥直到每一個千斤頂達到設定高程後(以三跨連續來說為 $4 \times 6 = 24$ 個點)才停止。當頂昇時，兩處相對變位誤差設定值為3mm，經由電腦運算後自



動控制電磁閥開或關，此即是控制千斤頂頂昇時快、慢自動調整。橫移過程中經由監測設備量取每一步之橫移量，經由電腦運算控制千斤頂電磁閥開或關，以使橋梁橫移達到同步的目的(其控制方式與頂昇相同)，在橫移過程中各帽梁上橫移量有差異時，亦可作單點的微動校核，以避免造成累計誤差。

6. 遇有第一階段橋梁構造物較原設計要求產生偏差時(精度上出了問題)，該單元橫移後的定位位置，必需依前揭相對位置及設計點位，作充分之事前演算(即回饋)，使橫移作業能順利到達定位。
7. 最後，尚有施作細節之心得提出分享：
 - (1)萬向調坡塊之使用，使千斤頂面與預力梁底面可充調整完全契合。
 - (2)千斤頂反覆作業時卸壓耗時，若能加一氣壓墊以打氣方式增快卸壓速度，則可提高效率。
 - (3)鋼梁與帽梁之間加薄橡膠墊可增加摩阻（使用於B式），使其受橫移力量時不致位移、簡單又有效。



六、結論與建議

1. 上構橫移工法為前揭3座河川橋拓寬改建得以順利完成之關鍵作業。施工期間經過2年多不斷的研討，及實體模擬操作以確認可行。實際施工期間也依構件之不同而研發出兩種施作方式。在整體施工團隊共同努力下，如質並提早完成工作，充分發揮預期效益。
2. 3座河川橋改建，大部份的橋梁結構皆位於河堤內，施工時受汛期之影響甚鉅，尤其是在施作下部結構樁帽基礎時影響最大，每遇颱風豪雨溪水即迅速上漲，工區易遭淹沒，需停工及辦理復舊工作；但鑒於工程之賡續推動，又無法完全避開於非汛期施工，因此，對於工作項目之排程與掌控，必須透過縝密之研析與安排，嚴格監控進度，業主、監造單位、承包商三方之緊密聯繫與配合，充分發揮團隊精神，方能竟其功。
3. 為利於上構之橫移，北上線所有臨時樁柱與永久橋墩上之帽梁必須相對齊連結並平行同一角度，每一組橫移單元內之帽梁頂橫坡必須相互平行(亦即上下左右皆需平行、同坡度、同角度)，在橫移的時候才不會產生扭轉的現象，施工精度要求較以往土木工程施工都要更高，其他如RC支承墊、止震塊之施作與預力梁之吊放及橫移預埋構件之埋設等，需經一再檢點、核算、測量確認無誤，以求後續橫移作業時能減少障礙順利進行，因此對於所有參與施工團隊人員之品質觀念提昇、審慎擬定施工計畫與執行，有顯著之推廣與助益。
4. 橫移工法之組織主要為土木工程、自動控制系統工程、機械工程之組合，透過本次施工期間不斷之協調、改進，得以讓橫移作業能夠順利進行，爾後若能透過類似機制將施工機具設備及控制系統等進行研發、推陳出新，及再利用本次之寶貴經驗衍生推廣、應用在類似的工程上，將可發揮更大的經濟效益。

