

## 甲類 第一案：水碓窠溪三孔排水箱涵改善工程價值工程研析報告

### 交通部台灣區國道高速公路局

#### 摘 要

本案水碓窠溪三孔箱涵位於五股交流道南方約650公尺，並穿越高速公路。水碓窠溪屬於一般區域排水路，在九十年九月納莉颱風來襲時，因豐沛雨量造成河道排水不及以致附近區域產生淹水情形。案經主管機關台北縣政府於九十一年四月致函本局，認為水碓窠溪位於五股交流道下方之三孔排水箱涵，因通水斷面不足而要求改善。

本案經水理分析，該箱涵之通水斷面可達100年洪水頻率標準，超出區域排水路所要求25年標準洪水頻率，爰本局將檢核結果行文知會台北縣政府，惟該府認為三孔箱涵因中間設置二道中隔版，會有阻塞枯木等大型漂流物之虞，故仍建議改建並同意支應工程經費，爰此本局即委請顧問公司進行相關設計。

本案改善工程於設計初期，顧問公司共提出二個方案，其工程經費分別為4800及4400萬元，施工工期為11及10個月。在提送本局進行審查時，在考量五股交流道交通擁塞的狀況下，如再以前揭方案將國道主線以半半開挖施工方式進行施工，勢必對五股交流道目前已在交通尖峰時之堵車現象更形惡化，且因工期需跨越防汛期，故此方案因交通擁塞所付出之無形社會成本及所面對施工中防汛期再度造成淹水之風險均較高。本案經本局研議應發揮價值工程精神，達成排水防洪功能需求，要求顧問公司以不開挖路面而以改變箱涵內部結構系統行為方式研提建議案。

本案經研議後將箱涵之中隔版拆除並加以結構補強而提出方案三，本方案不但可降低對交通之衝擊並可於防汛期前完成，其工程經費約2300萬元，僅為原規劃方案的52.2%，且工期亦較短，約06個月。本案最後並經本局裁示採用方案三辦理。

惟施工初期因地質不符預期，預估施工工期可能會延誤。若如此，施工將阻礙水碓窠溪防汛期之流水斷面需求，並有潛在的淹水危機。因此本價值工程研析之主要目的在於如何改變施工方法，達到如期完工之目標，以避免水患之發生。

研析結果，共提出二項建議案。雖然施工費增加約49萬元(約為總工程費之3%)，但可避免逾期罰款約160萬元(約為總工程費之10%)，整體而言約可節省費用111萬元。另如將審查過程中運用價值工程之精神所造成之節餘併入計算，本案將較原設計單位所提出方案經費節省約2211萬元(4400-2300+111=2211)。

## 第一章 簡介

### 1.1 緣起

水碓窠溪位於台北縣五股鄉內，上游源自漳州寮附近，呈西北往東南流向，在高速公路主線里程33K+640處以3孔-3m×3m排水箱涵型式流經本路段；最後再往南流排入大窠坑溪內。

水碓窠溪屬於一般區域排水路，在90年9月17日納莉颱風來襲時，因豐沛雨量造成河道排洪不及致附近區域淹水情形產生。水碓窠溪之主管機關—台北縣政府來函指稱本工程內水碓窠溪所流經之排水箱涵通水斷面不足，建請改善，並提供該溪流下游之整治平面及斷面圖供參考，但未提供整治規劃資料(計畫流量、集水面積、洪水頻率等)。

由於水碓窠溪之主管機關並無該溪流之整治規劃資料，僅依其整治斷面來檢核本工程排水箱涵之通水斷面足夠與否似較不客觀，因此，有必要進行排水箱涵上游水碓窠溪集水區之逕流量估算，以便作為本工程該排水箱涵通水斷面足夠與否的檢討依據。

在經過檢討核算水碓窠溪集水區逕流量及本排水箱涵容量後，箱涵之通水斷面大於水碓窠溪25年洪水頻率(區域排水路標準)之流量，亦皆大於50年及100年頻率之流量，因此，本局擬決議不改建並行文知會台北縣府，而91年4月15日台北縣府召開之「研商納莉颱風後五股地區水碓窠溪上游地區山坡地整治與下游治理暨橋涵提昇改建方案」會議中亦詳細說明不改建之原由，而台北縣府仍堅持應予改建。本局隨後即進行設計工作。

#### 一、設計改建方案

水碓窠溪三孔箱涵現況，除上游側穿越地方道路登林路外，大部份穿越高速公路主線。穿越高速公路段箱涵進行改建，首重施工期間對主線及五股交流道交通之影響，結構型式之研選需能配合交通維持策略採分階段施工。由於高速公路與登林路之路面高程差異，三孔箱涵上方之覆土厚度並不相同；經現場實測，現況路面至箱涵頂版底面高差，高速公路主線段最小為1.739公尺，而登林路段則僅0.508公尺。為維持水碓窠溪足夠的通水淨空，改建橋梁穿越登林路段之梁深須加以限制，其上部結構型式研選的考量與穿越高速公路段不同。茲將穿越高速公路段及穿越登林路段之三孔箱涵改建橋梁方案，分別說明如下：

##### 方案一：1. 穿越高速公路段

改建橋梁建議可採跨距15公尺之單跨配置，橋台採矮墩式，基礎

則採密排80cm $\phi$ 全套管基樁，可同時供傳遞上構荷重及側面擋土之用。上部結構配合施工期間交通維持策略，可採適合分階段施工之預力I型梁及混凝土橋面版。

## 2. 穿越登林路段

本路段改建橋梁可採與前路段相同之單跨15公尺跨距配置，橋台與基樁亦可採相同之結構型式，惟因橋台高程不同，與前路段間須以伸縮縫隔開。至於上部結構，因受限於登林路面至箱涵頂版底面高差僅0.508公尺，所選用之結構型式須能維持水確窠溪足夠的通水淨空。

上部結構採U型之斷面，中間為40公分厚施橫向預力之混凝土橋面版，兩側為55x150公分之矩型預力大梁，採凸出橋面配置不影響橋下通水斷面，此外大梁高出橋面AC 105公分，可同時兼RC護欄使用。

現有三孔箱涵位於叉路口，一端緊鄰叉路而另一端距現有房舍僅約13M，主要係服務往來郵局洽公之民眾，在考量交通量應不致太大之情形下，於改建工程施工階段，建議交通維持可於三孔箱涵外側施作一長約18M、寬4.5M之施工便橋(不含護欄寬度)，且須租用郵局旁之空地作為交維用地，惟該處施工中交通維持動線並不平順，交通維持設施須嚴格落實以確保安全。

方案二：1. 穿越高速公路段下部結構同方案一；上部結構採用預力中空版梁，梁中預埋旋楞鋼管以減輕大梁自重。

2. 穿越登林路段，上部結構採預力中空版梁，梁深80公分，梁中預埋旋楞鋼管以減輕大梁自重。本方案由於梁深超過原路面至箱涵頂版底面高度(0.508公尺)，將減少水確窠溪通水斷面，為滿足其排洪需求，河道底床約須配合降挖35cm左右，以使河道淨高維持原斷面之3公尺以上；但在路權內改建部份與上游河道交界處將產生35cm之跌距，使該處通水斷面淨高減少，影響水流通暢，因此，應請地方主管機關在交界處以上河道配合降挖，漸變修順一段適當距離，以使該處之通水淨高不致減少。

本方案可採半半工法施工，施工期間維持單車道通行，以維持既有登林路交通。

方案三：由於經檢核該三孔排水箱涵通水斷面仍大於100年降雨頻率之流量，惟其中間兩片隔牆阻擋樹幹枯枝及垃圾而減少通水斷面，此為造成水確窠溪水患之主要原因。本方案以不改建箱涵為主，減少對路面交通之影響，其作法以打除中間兩片隔牆並於箱涵內側加作支撐鋼

構架。該鋼構架由H型鋼梁柱組成間，以承擔原箱涵載重。每根鋼柱底配置4-15cm  $\phi$  長12m微型樁，鋼柱間加配2支，以承擔鋼柱下傳之載重。

## 二、 方案比較

設計三方案之比較如表1-1。

表1-1 設計方案比較表

方案別	工程經費	施工工期	施工難易	優點	缺點
方案一	48,000,000	11月	傳統工法，施工易控制	徹底解決隔牆擋水問題，增加通水斷面	1. 需交通維持，影響高速公路交通。 2. 需預鑄梁場地
方案二	44,000,000	10月	傳統工法，施工易控制	徹底解決隔牆擋水問題，增加通水斷面	1. 需交維持，影響高速公路交通。 2. 需預鑄梁場地
方案三	23,000,000	6月	施工難度稍高	不影響地面交通	通水斷面縮減，但仍滿足100年降雨頻率之流量

## 三、 施工方案

本案設計採用方案三，於91年12月30日完成發包，得標廠商以低於底價八折得標。並於92年1月13日完成簽約程序，自92年1月22日開工，工期160日曆天。施工期間適逢春節假期、自來水管線拆遷配合作業及梅雨期間溪水暴漲等因素無法施工，可施工之天數短少約30~40工作天。加上微型樁施作後發現箱涵底部為礫石層，施工不易，經重新檢核工程進度，最早於8月23日方可完工，總施工工期214天，施工逾期54天，且施工將於防汛期間作箱涵支撐工作，影響箱涵防洪功能，因此進行工法之價值工程研析工作，以期能於合約期限內完工。

### 1.2 研析範圍

本計畫係針對水碓窠溪三孔排水箱涵之施工作為研析範圍。工作內容包括：施工工法、施工預算、施工工期等。

### 1.3 研析方法

價值工程研析旨在於不影響系統主要機能下，運用價值工程技術提出價值工程，

以降低工程成本。

價值工程研析是一個有組織且系統化的分析方法，考慮機能、成本及能源使用，可使各專業領域之工程師發揮最佳的專業能力。研析程序係依照價值工程工作計畫所訂定之五個基本階段進行研析。五階段之程序如下所示：

- 一、 資料階段：收集及研析相關的資料，了解工作內容，安排現場勘查以明瞭工地環境及限制，並準備成本模式及機能分析等。
- 二、 創意階段：由創意產生出數種不同的價值工程構想，構想數量為本階段的重點。
- 三、 判斷階段：評估及分析各個替代構想。在構想評點後，整理出有潛力的構想供下一階段發展。
- 四、 發展階段：由構想發展出價值工程，並預估價值工程可能產生之節省金額。
- 五、 建議階段：為選定的價值工程準備和提出研析成果之設計價值工程初步報告。

#### 1.4 經濟參數與假設

本次研析僅以發包預算單價考慮施工費之比較。

#### 1.5 研析文件

- 一、 水碓窠溪三孔排水箱涵改善工程細部設計圖。
- 二、 本工程施工預算書。
- 三、 本工程預定工作進度表。

#### 1.6 研析小組

由一江營造有限公司、林同棧工程顧問股份有限公司、高速公路局北區工程處內湖工務段、高速公路局北區工程處工務課、高速公路局技術組組成研析小組。

#### 1.7 研析作業及成果檢討

本計畫於3月4日開始施作微型樁後，發現施作耗時，預估施工進度將遠落後預定進度，且影響防汛期間箱涵之防洪功能，於是隨即進行價工研析作業。

本次研析共提出二項建議案，可節省施工成本約新台幣壹佰壹拾萬元。方案內容詳表1-2。

表1-2 價值工程研析成果表

編號	構想	節省金額	備註
C-1	箱涵內隔牆敲除以水刀切除替代破碎機敲除以縮短工期	685,333元	
C-2	聯梁基礎混凝土材料以較高強度混凝土替代提早到達設計強度	420,549元	

註：節省金額係以逾期罰款與施工費用之差額計算。

## 第二章 可能節省金額

本研析共提出二項建議案，各建議案之施工成本、預估節省金額如表2-1。建議案雖在施工費上較原設計案高約肆拾玖萬元，但減少逾期罰金額壹佰伍拾玖萬陸仟元。對防汛期水患之消彌，其潛在節省金額無法估計。

表2-1 建議案可能節省金額摘要表

編號	構想	原 案		建議案	節省金額	節省百分比
		施工費	逾期罰款			
C-1	箱涵內隔牆敲除以水刀切除替代破碎機敲除以縮短工期	1,108,960元	1,122,953元	1,546,580元	685,333元	31%
C-2	聯梁基礎混凝土材料以高強度混凝土替代提早到達設計強度	225,000元	473,049元	277,500元	402,549元	60%

註：節省金額係將工程逾期罰款一併計算。

## 第三章 施工替代建議案

本次價工研析提出建議案共二案，如表3-1、表3-2。

表3-1 建議案

建議階段		建議案編號	
研析標的：水碓窠溪三孔排水箱涵改善工程		C - 1	
項 目：箱涵內隔牆敲除以水刀切除替代破碎機敲除以縮短工期			
依 據：施工合約項目A002及A021			
原設計： 依照施工合約項目隔牆敲除項目包括內隔間牆鑿除(A002)及水刀清洗(A021)兩項。		建議案： 箱涵分為63單元以水刀切除施工。	
機 能： 1.敲除內隔牆(B)。 2.整修敲除面(B)。		機 能： 維持原設計主要機能(B)。	
優 點： 1.費用便宜。 2.施工技術不高。		優 點： 1.施工快速。 2.施工單元縫之切除可提前施作，減少呆工時數。 3.合約項目：隔牆鑿除及水刀清洗可一次完成減少二次施作。 4.減少環境噪音振動。 5.切除之混凝土單元完整，有利搬運。	
缺 點： 1.因箱涵淨高問題，隔牆上端無法以一般機具施工。 2.敲除方式施工振動大，可能影響原箱涵結構及組立完成之構架。 3.敲除將產生巨大噪音，影響環境。 4.隔牆內因有配筋，敲除時需派人切除鋼筋而影響敲除進度。 5.須預留部份隔牆(上端保留4公分作回撐)平整度較難掌握。 6.因振動過大，無法以臨時支柱回撐節省工時(原施工規劃為每日二單元)。		缺 點： 1.施工費用高。 2.需專業人員施工。	
討 論： 考慮箱涵結構安全，內隔牆之鑿除或切除必須配合鋼構架之組合施作或另外加做臨時支撐柱，替代已移除之內隔牆。原設計之施工速度為平均每日組立一單元鋼構架(含隔牆移除)，而建議案平均每日可施作3~4單元，而內隔牆之移除幾乎可並行施作，不增加施工工期，建議案可縮短施工38天。			
壽年成本摘要	現 值 成 本		
	初 期 成 本	逾 期 罰 款	總 成 本
原 設 計	1,108,960元	1,122,953元	2,231,913元
建 議 案	1,546,580元		1,546,580元
節 省 金 額			685,333元
全系統應用簡省金額			
節 省 百 分 比			30.7%

表3-2 建議案

建議階段	建議案編號
研析標的：水碓窠溪三孔排水箱涵改善工程	C - 1
項 目：箱涵內隔牆敲除以水刀切除替代破碎機敲除以縮短工期	
<p>原設計：</p> <p>依照合約施工費用</p> <p>A.002：內隔間牆鑿除(含棄方)：\$607,200</p> <p>A.021：鑿除面水刀清洗：\$501,760</p> <p>合 計：\$1,108,960</p> <p>預定工期70天</p>	
<p>建議案：</p> <p>新增：水刀切除(含棄方)：\$1,546,580</p> <p>合 計：\$1,546,580</p> <p>預估切除及架設天數計32天</p>	
<p>逾期罰款：</p> <p>每日47,928元，縮短工期38天，減少逾期罰款天數23.43天，節省47,928×23.43=1,122,953元。</p>	
<p>註：1.依合約逾期罰款每日3/1000之工程總價金額。但上限為1/10。依此計算最多逾期天數為100/3=33.3天。</p> <p>總工程費15,960,000元</p> <p>逾期罰款15,960,000×1/10×1/33.3=47,928元/天</p> <p>2.建議案一及二合計節省工期38+16=54天</p> <p>換算逾期罰款天數23.43+9.87=33.3天</p>	
<p>原設計施工工期之說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.設計階段由於時間短，考量防汛期之來臨，並未作現場鑽探，設計時參考臨近五股交流道之鑽探資料(距離約650公尺)，顯示上層土為一般土壤。</li> <li>2.依照設計時程箱涵內隔牆以人工敲除方式施作，因此預計工期較長，為施工之要徑。</li> <li>3.箱涵總長度約63公尺，原計畫安排微型樁及隔牆之敲除工作可重疊施作，以節省工期。</li> </ol>	
<p>建議案施工工期之說明：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.由於微型樁施工不順利，工期將延後，恐影響至防汛期。因此，增加微型樁施工機其數量，以縮短工期。</li> <li>2.由於微型樁機具過多(平均8部機)，空間調度及施工管理不易，無法容納隔牆敲除之工人同時施作。</li> <li>3.箱涵隔牆之敲除預定工期較長，若以水刀切除之方式，應可有效縮短敲除之工期，以彌補微型樁工期之延長。</li> <li>4.重新安排施工順序及工法，全部工程應可如期完工。</li> </ol>	