

台22線里嶺大橋改建工程之設計與施工

王慶雄*、戴宗鴻**、許阿明***

摘 要

台 22 線里嶺大橋為跨越高屏溪連絡高雄縣及屏北地區主要橋梁，地理位置西臨高雄縣大樹鄉及旗山鎮嶺口，本地區夏季盛產享譽全台之玉荷包荔枝及鳳梨等水果，且西南方二公里處為佛教文化重鎮－『佛光山』，四週景色相當秀麗優美；東邊臨接屏東縣里港鄉，為農、養殖業興盛之地區。因過去河床沖刷及砂石濫採等因素，造成橋基嚴重裸露，危及橋梁安全使用性，冀望藉由改建工程來確保用路人之安全；並重新佈設全橋景觀式照明、護欄及欄杆等設施，以提升道路景觀視野及入口意象，更進一步吸引當地觀光人潮及繁榮在地經濟。

本工程於民國 93 年 8 月 20 日開工，歷經多次天災及其他不可抗力因素之影響，雖執行過程進度有稍許落後之情事，但仍在上級長官戮力指導及全體工程人員用心配合下，使工程得以克服困境順利推展，並於 96 年 7 月 20 日全線開放通車。改建後將再提供社會大眾更安全、舒適及便利之橋梁交通運輸服務功能；本單位特將改建執行經過及所遭遇之困難問題，詳實記錄刊載，期望能提供給工程界作為案例探討與經驗分享。

關鍵字：里嶺大橋、沉箱、鋼箱梁。

一、工程緣起

里嶺大橋為連絡高雄縣及屏北地區主要交通橋梁要道，橋梁位置詳圖 1；一代橋於民國 78 年 10 月初次興建竣工，橋梁總長度為 2,520m（68 個橋墩跨，每個跨距均為 35m），原興建橋之淨寬為 7.5m，雙向各僅為一車道；橋墩基礎型式共有二種，其中 P1~P32 橋墩及 P67 橋墩基礎型式為沉箱式基礎（P1~P29 橋墩及 P67 橋墩之沉箱直徑為 5.0m，P30~P32 橋墩之沉箱直徑為 5.6m，沉箱基礎之貫入深度均為 14.0m，沉箱頂部高程均為 EL.25.3m）；另外 P33~P66 橋墩基礎型式則採直徑 0.6m 之預力混凝土基樁（P33~P60、P66 橋墩之基樁長度為 20.0m，P61~P65 橋墩之基樁長度為

* 交通部公路總局第三區養護工程處旗山工務所工務員

** 交通部公路總局第三區養護工程處旗山工務所主任

*** 交通部公路總局第三區養護工程處處長

表 1 台 22 線里嶺大橋橋梁基本資料表

橋 梁	橋梁竣工時間	原建橋梁	民國 78.10 (下游側); 民國 83.11 (上游側)
		局部改建	民國 96.7.20 竣工
	橋梁長度	原建長度	2520 公尺 (全線)
		改建長度	35+980=1015 公尺 (行水區)
	橋面版寬度	原建寬度	22.0 公尺
		改建寬度	22.2 公尺
	跨度配置	原建橋梁	全數採預力梁; 35 公尺@68 跨
		局部改建	前後兩跨採預力梁: 17.5 公尺@2 跨 中間採鋼箱梁: (40+60+40 公尺)@7 連續跨
梁底高程	原建橋梁	EL36.3m	
	局部改建	EL36.8m	
基 礎	型式	原建橋梁	沉箱基礎 (橋墩 P1~P32, P67) 樁基礎 (橋墩 P33~P66)
		局部改建	沉箱基礎 (橋墩 P1~P22)
	貫入深度	原建	沉箱 14 公尺; 基樁 25 公尺
		改建沉箱	沉箱 20 公尺
	形狀、尺寸	原建沉箱	直徑 5.6 公尺圓形 (上游側); 直徑 5.0 公尺圓形 (下游側)
		改建沉箱	直徑 8 公尺圓形
沉箱頂部高程	原建沉箱	上游側 EL23.3m; 下游側 EL25.3m	
	改建沉箱	上、下游側均為 EL20m	



照片 1 里嶺大橋原橋下現況



照片 2 里嶺大橋原橋上現況

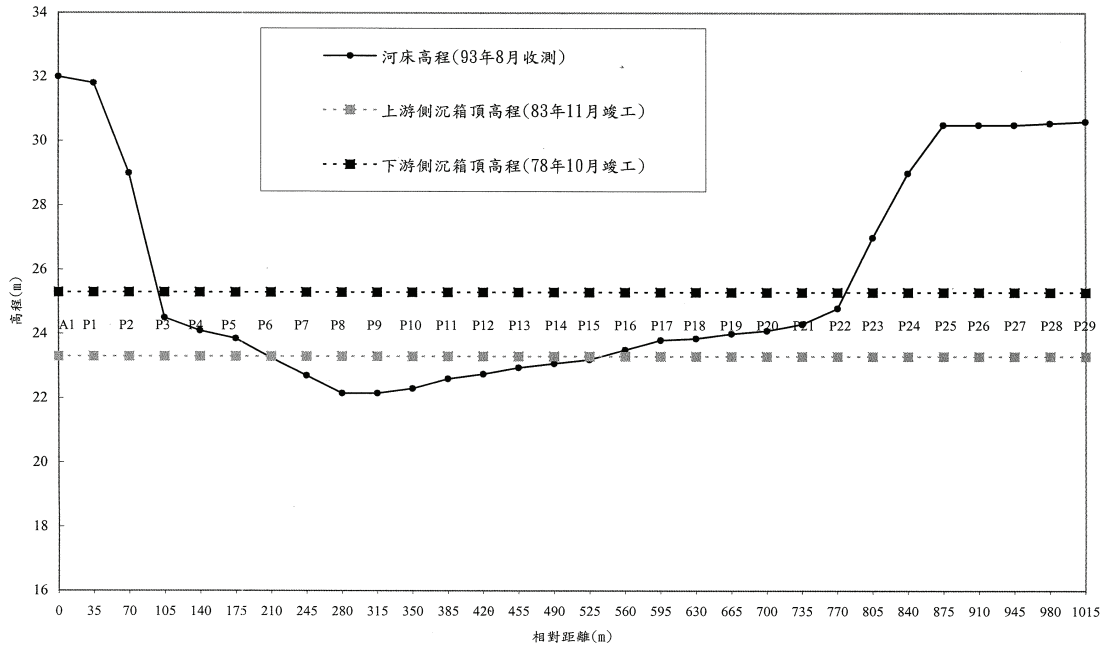


圖 2 台 22 線里嶺大橋改建範圍河床高程現況圖

二、設計原則及工程內容

2.1 工程設計原則

2.1.1 設計規範

- (1) 交通部 90 年頒行「公路橋梁設計規範」。
- (2) 交通部 84 年頒行「公路橋梁耐震設計規範」。
- (3) 交通部 89.4.7 交技 89 字第 3577 號函修正「公路橋梁耐震設計規範」相關規定及解說。
- (4) 交通部 90 年頒行「公路路線設計規範」。
- (5) 交通部 90 年頒行「公路排水設計規範」。
- (6) 日本道路協會「道路橋示方書」，1996 年。
- (7) 日本道路公團「設計要領第二集」。
- (8) 日本阪神高速道路公團「構造物設計基準（橋梁編）」。
- (9) 美國 ACI318-95「鋼筋混凝土設計規範」。
- (10) 美國焊接工程協會 AWS「電焊協會設計規範」。
- (11) 美國鋼構構造協會 AISC「鋼構造設計規範」。

2.1.2 工程地質概況

工址調查鑽探孔位共計 24 處，每處施鑽深度為 36 公尺，由現場地層鑽探及土壤試驗結果分析資料，可將地層歸納為三種主要層次，第 I 類：砂礫石層，第 II 類：卵礫石層，第 III 類：風化泥質砂岩。第 I 類砂礫石層以約 1.0-6.0m 厚度非均勻夾雜出現於卵礫石層中，其標準貫入 N 值介於 30 至 100 之間，其中 N 值較高部份主要因夾著卵礫石含量較高之影響；第 II 類卵礫石層為本工址主要地層結構土層，土質組成堅實，其標準貫入 N 值大致介於 50 至大於 100 之間，屬良好之承載層；第 III 類風化泥質砂岩僅局部出現於鑽探孔位最低層厚度約 2.0-6.0m（地表下約 30m~36m 處），屬風化岩層，岩層節理明顯。

2.1.3 橋梁結構型式選擇

里嶺大橋全橋 A1（嶺口）~P67~A2（里港）僅改建 A1~P29，設計改建採原橋址改建，不另選線以利橋梁線形得以順接 P29~A2（里港）。局部改建首先遭遇新橋基礎與舊橋址基礎恐有衝突，且新橋基施工時須考量舊橋維持通車之安全性，此佈設型式得以滿足新橋基位置須避開舊橋基位址及同時符合跨河建造物設置規範水理分析等相關規定，因此橋梁落墩跨徑採 40m-60m-40m 連續配置及前後端以 17.5m 順接原橋為設計原則詳圖 3。上部結構因橋墩大跨度，如採現地場鑄預力梁型式易受河川汛期及天候之影響，為考量工期有效控管，採用 40m-60m-40m 連續鋼箱梁作為設計施工，鋼梁製作時程不受現場天候之影響，亦可現地一次吊梁完成上部結構，且鋼箱梁製程品質易控制，更可確保橋梁整體工程品質。

現地工址地質狀況，基礎型式不管採用全套管基樁或開口式沉箱均適用於此類地層，考量原橋基亦使用沉箱式基礎，且基於沉箱為大口徑基礎，雖受水流沖刷裸露及基底土層風化，當危險發生時，基礎僅作微量傾斜；不像基樁一旦裸露恐有斷樁之虞，況且斷樁後造成基座局部應力集中，致使有斷橋之危險，基於上述因素本設計基礎採用直徑 8 公尺（壁厚 100cm）、深度 20 公尺沉箱式基礎作為設計施工。

2.1.4 設計載重

- (1) 設計車輛載重：HS20-44，提高 30%且三車道以上均不折減。
- (2) 設計地震力依據交通部 84.1.9 公佈之「公路橋梁耐震設計規範」及交通部 89.4.7 交技 89 字第 3577 號函修正「公路橋梁耐震設計規範」相關規定及解說。

(a) 設計水平地震力：

$$V = \max \left((ZICW / (1.2\alpha_y F_u)) ZICW / (3.0\alpha_y) \right)$$

Z（工址水平加速度係數）=0.33（地震甲區）

I（用途係數）=1.2 本工程屬於重要橋梁

C（工址正規化水平加速度反應譜係數）依橋梁周期與地盤種類而定。

W（橋梁設計單位全部靜載重）包括上部結構之靜載重與橋墩重量。

α_y （起始降伏地震力放大倍數）依橋梁之構材材料種類及設計方法而定。

F_u (結構系統地震力折減係數) 依下部結構型式橋梁周期與地盤種類而定

(b) 設計垂直地震力：

$$V_v = Z_v I / 1.2 \alpha_y (C_v / F_{uv}) m W$$

Z_v (工址垂直加速度係數, $2/3Z$) = 0.22

C_v (工址正規化垂直加速度反應譜係數) 依橋梁周期與地盤種類而定。

α_y 與 W 同水平向地震力之規定。

F_{uv} (結構系統垂直向地震力折減係數) 依下部結構型式、橋梁周期與地盤種類而定。

(3) 設計溫度變化範圍：0~50°C (鋼結構)，5-45°C (混凝土結構)

(4) 設計基本風速：45m/sec (設計風速依回歸期 100 年 10 分鐘之平均風速為設計標準，並考慮高度、形狀及陣風等效應。

(5) 再現期 200 年頻率計畫洪水位 EL：34.43m

(6) 沉箱容許裸露長度：4m (水理分析容許沖刷深度)

(7) 設計速率：60 公里/小時

(8) 設計理念及養護注意事項

(a) 本工程橋梁以鋼箱梁橋為主，前後以預力梁橋順接，跨徑分別為 17.5m+(40m+60m+40m)*7 跨+17.5m=1,015m，設計使用年限為 70 年以上。

(b) 鋼橋防蝕採用環氧樹脂系統油漆，保固年限為 10 年。

(c) 鋼橋支承採用鑄鋼支承，須符合日本道路協會「道路橋支承便覽」相關規定，使用年限可達 50 年。

(d) 伸縮縫採用齒型伸縮縫，養護時應注意伸縮功能及排水槽污泥之清除。

(e) RC 橋面板底模採鋼浪鈹，唯鋼浪鈹僅作模板使用不提供結構應力。

(f) 橋墩防撞鋼鈹僅作為防撞及施工時墩柱外模之用。

2.2 工程內容

原橋 A1~P29 間橋梁位於高屏溪行水區域內橋基裸露嚴重，致使橋梁安全性堪慮，將打除原橋 A1~P29 間橋梁重新改建為 2@17.5m 預力梁+7@(40+60+40)=1,015m 連續鋼箱梁橋、東西向車道寬各為 11.1m 全寬，上下游側各乙座橋梁，並將原橋未改建部份左右兩側橋護欄改為景觀式護欄、欄杆及佈設特殊造型照明設施。本次改建工程範圍詳示意圖 4，另其改建細部內容臚列如下：

1. 橋梁主體下部結構工程：

本工程採用沉箱基礎設計，現場沉箱、墩柱、帽梁共計 44 座，其工程包含現場沉箱沉箱鐵腳定位、沉箱鋼模製作及裝拆、現場橋墩帽梁鋼模製作及裝拆、橋墩防撞鍍鋅鋼鈹製作及施工、橋墩帽梁鋼支撐架製作及裝拆...等。

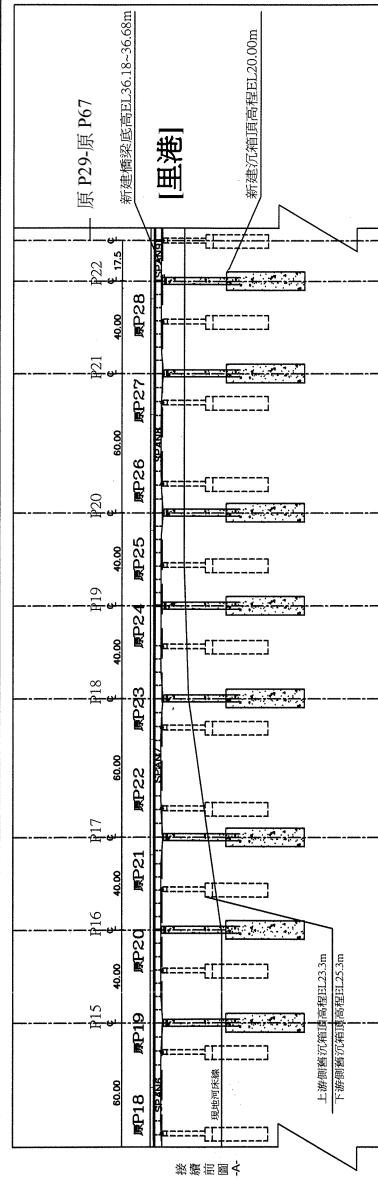
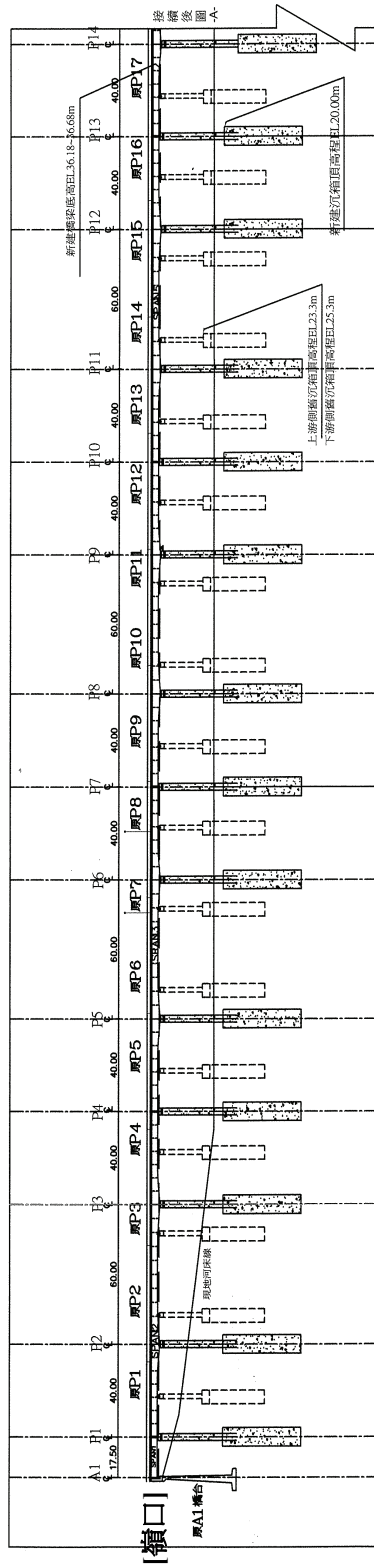
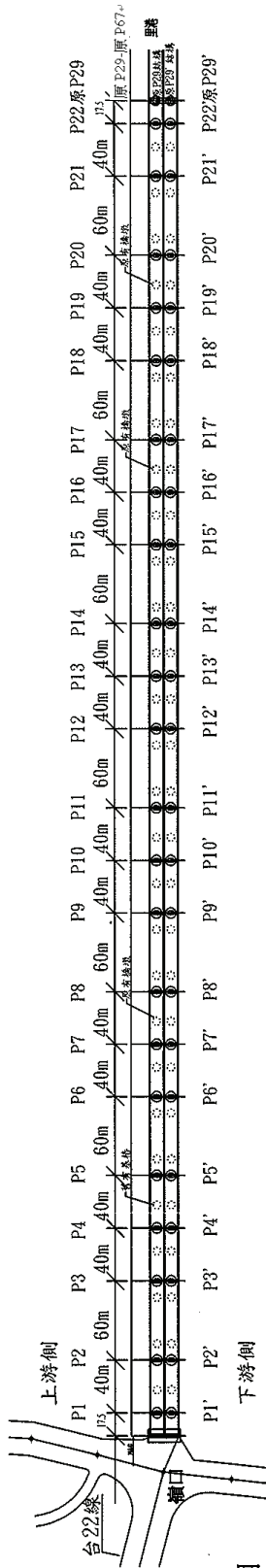


圖3 里嶺大橋 A1~P29 間新舊橋墩平面及立面圖

- (1) 沈箱基礎：圓型直徑 8m、壁體厚 1m、深度 20m，共 44 座。
- (2) 墩柱結構：長圓型 3m*4m，高度 13.64m 及 14.34m 二種型式，共 44 座。帽梁結構：梯型上長 11m、下長 5.6m、高 2m、寬 3m 之型式，共 44 座。

2. 橋梁主體上部結構工程：

橋梁上部結構工程含橋面板懸臂端模板製作及裝拆、護欄、中央隔欄、燈柱基座鋼模製作及裝拆、預力梁鋼模及底模製作及裝拆、鋼料運輸、鋼箱梁鋼料製作加工及吊裝、預力梁製作及吊裝、橋樑欄（標準型欄杆 2.2m、魚型欄杆 2.2m 安裝）等。

- (1) 預力梁 2@17.5m 共 35m 共 20 支。如圖 5 所示。
- (2) 鋼構箱型連續梁 40-60-40m 3 跨上、下游各 7 單位共 14 單元計 980m。如圖 6 所示。
- (3) RC 橋面板厚度 22cm。
- (4) 路面使用再生瀝青混凝土鋪設 5cm，共計使用 3,206T。
- (5) 全橋改建景觀式護欄及欄杆設施。

3. 交通工程：

設置 2.0mm 熱拌膠反光標線、鋁鈹地名指示標誌、安全方向引導標誌、速限標誌及指示標誌、九連燈反光障礙物警示標誌等交通維持設施。

4. 照明工程：

7 公尺高單臂半弧形造型之燈柱 94 座、道路用高壓鈉氣燈具 94 具、鍍鋅厚鋼導線管、螺栓式燈柱基礎及接地 94 座，其配置為進橋處每 15m 配置 4 盞後改每 70m 配置 1 盞，全橋左右各配置 47 盞，合計 94 盞。

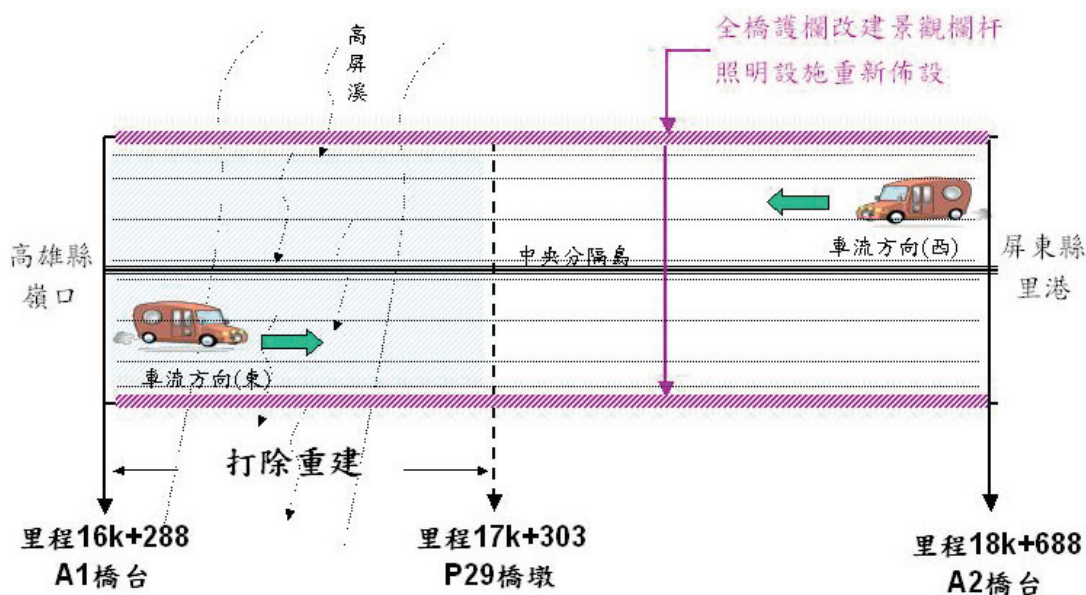


圖 4 里嶺大橋改建平面示意圖

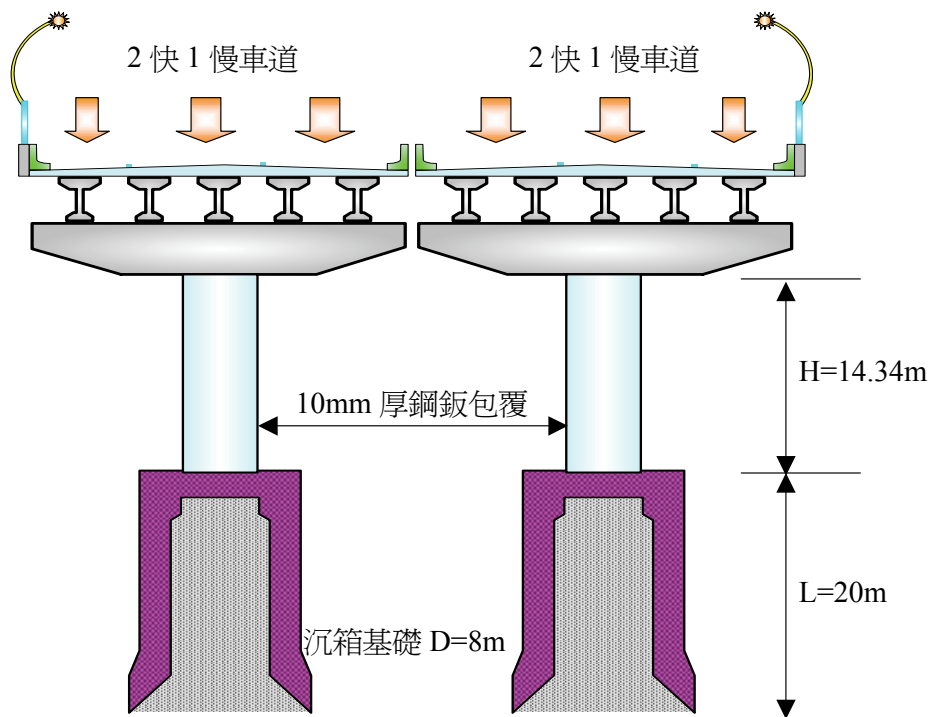


圖 5 預力梁橋墩標準斷面示意圖

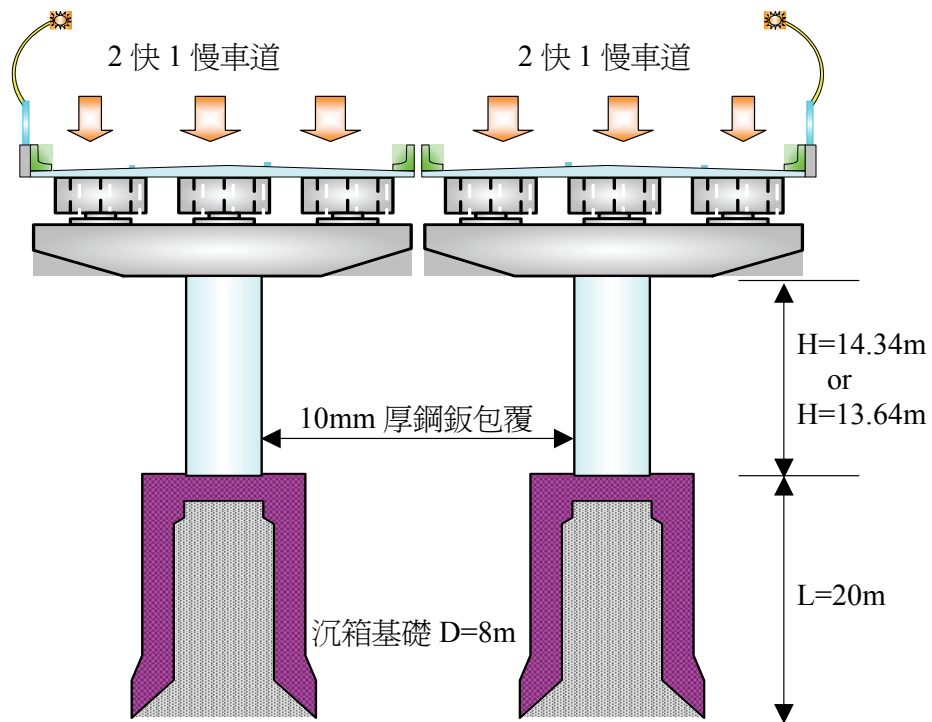


圖 6 鋼箱梁橋墩標準斷面示意圖

三、橋梁改建施工執行情形

3.1 假設工程執行經過

3.1.1 施工便道

施工便道顧名為臨時便道，即提供施工車輛臨時通行河道之東西兩岸，以縮短施工機具搬運之時程，便利施工動線；設置此便道仍須維持高屏溪河道水流暢通之功能，首先調查 93 年度高屏溪流過該橋之每月平均流量資料詳表 2，由表中可瞭解非汛期時每月平均流量大致介於 40~90m³/sec，而汛期時每月平均流量最高可高達 1750m³/sec，發生於該年 7 月份。有基本資料數據於非汛期期間改水道及施設施工便道，係以埋設直徑 1m 涵管、橫向串接寬度 9.6m 及縱向鋪設長度約 150m，每秒約可讓 120m³ 水量通過，以滿足非汛期水量通過涵管維持現有河道排水功能，再於涵管上方鋪設打除混凝土塊壓實做為臨時路面，以供車輛通行使用，如照片 3、4 所示。

表 2 93 年高屏溪水流通過里嶺大橋平均流量

流域編號	測站編號	流域名稱		河流名稱		測站名稱		流量單位：(C.M.S)				
1730	H043	高屏溪		高屏溪		里嶺大橋		資料來源：經濟部水利署里嶺大橋測站				
月份 流量	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
上旬平均	44.15	50.84	29.56	36.86	17.31	228.53	4432.36	277.79	507.62	318.26	65.26	250.79
中旬平均	41.02	39.98	23.31	34.05	18.79	250.97	496.99	205.64	716.40	152.98	62.81	71.16
下旬平均	36.57	30.26	30.41	33.73	227.04	253.55	317.13	732.89	445.98	72.94	52.57	49.44
月平均	40.58	40.36	27.76	34.88	87.71	244.35	1748.83	405.44	556.67	181.39	60.21	123.80



照片 3 施工便道管涵鋪築中



照片 4 施工便道及排水現況

3.1.2 施工期間交通維持

本橋為高屏二縣間主要聯絡橋梁之一，無法採全橋封閉施工，乃採半半改建並維持半半通車之方案施工，為因應施工需要規劃三階段交通維持方式如圖 7 所示，並彙整擬訂「交通維持計畫書」提送高雄縣、屏東縣二縣道路交通安全會報審查通過，於施工期間據以執行，以達施工期間用路人行車安全及維持橋梁交通順暢之既定目標。三階段交通維持計畫執行，茲分述如下：

第一階段：先封閉上下游舊橋梁內側車道，舊橋梁外側車道維持通車，同時進行舊橋中央分隔島打除作業並分離上下游側橋面板等作業。自 93 年 9 月 15 日至 93 年 10 月 26 日，共計 42 天完成。

第二階段：上游側舊橋梁全線封閉，進行拆橋作業並改建橋梁及新建全橋景觀式護欄欄杆；下游側舊橋梁維持通車，車道為雙向車道（東西向）共 2 混合車道配置，路淨寬為 7.5m，詳照片 5 所示。

第三階段：下游側舊橋梁全線封閉，進行拆橋作業並改建橋梁及新建全橋景觀式護欄欄杆；上游側新建橋梁維持通車，車道為雙向車道（東西向）共 2 混合車道配置，路淨寬為 11m，詳照片 6 所示。

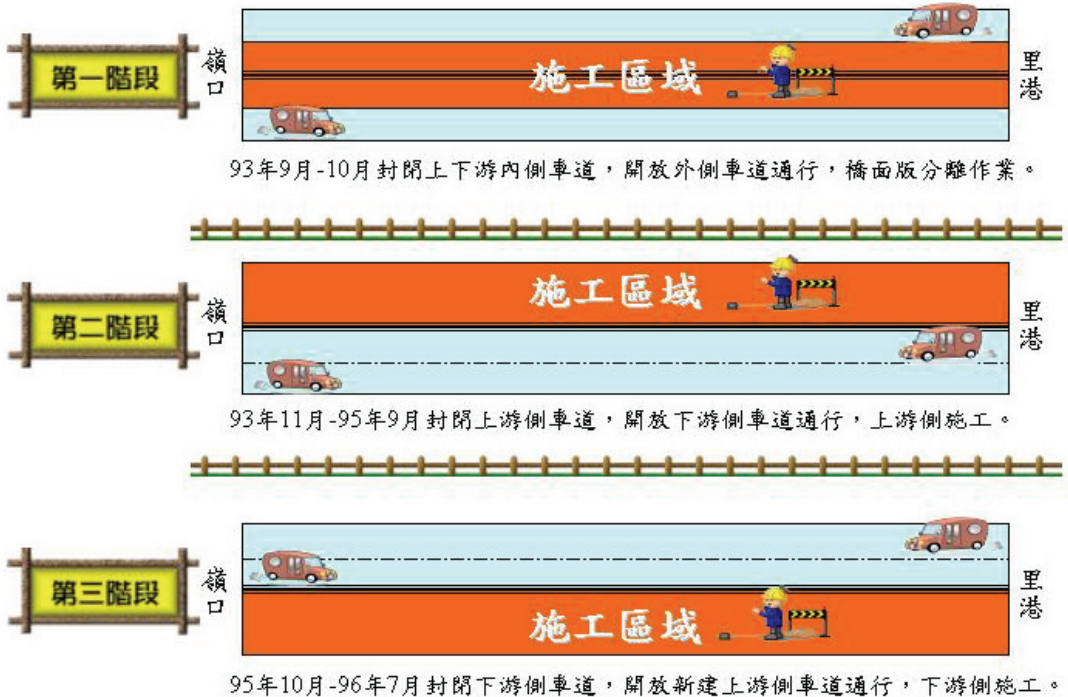


圖 7 各階段交通維持設施改道平面圖



照片 5 第 2 階段交通維持



照片 6 第 3 階段交通維持

3.1.3 舊橋拆除作業

1. 橋面板分離：

交通維持設備依第一階段設置完成後，交通管制，將中央分隔島護欄拆除及分離上下游兩側橋面板作業，並於中央分離之下游側橋面外緣側設置 60cm 鋼筋混凝土背牆，再擺設混凝土式紐澤西護欄，以維車安。

2. 上游側舊橋拆除：

由 P9 往 P1 方向拆除，再由 P9 往 P29 之方向拆除，其拆除方式先將預力 I 型梁與梁之間橋面板混凝土分離後，再將預力梁截斷後直接吊至河床後再以大鋼牙咬碎，因上游側下部結構尚未施工，同意承商依上述施工方式辦理。舊橋帽梁、柱、基礎等，則以重力錘予以擊碎，使之掉落河床再配合以大鋼牙咬碎，再將廢棄混凝土清運至河床低窪處整平置放。詳照片 7、照片 9 所示。

3. 下游側舊橋拆除：

大致與上游側相同，僅部份原橋孔下有佈設已施工之新橋墩部份，先將預力 I 型梁與梁之間橋面板混凝土分離後，再使用吊車將預力 I 型梁吊至地面再行打除，以保護已施作完成之下部結構第一節墩柱。詳照片 8、照片 10 所示。



照片 7 上游側拆橋作業



照片 8 下游側舊預力梁吊離作業



照片 9 上游側拆橋後全景照



照片 10 下游側拆橋後全景照

3.2 下部結構執行經過

3.2.1 沉箱基礎工程

依據工程設計圖施工說明：本改建工程上、下游沉箱應同時下沉，以防止對向傾斜。依工區現地狀況上游側沉箱施工垂直向空間不受限於淨高之限制容易施工，而下游側之沉箱受限於舊橋淨高之限制施工困難度較高，且沉箱下沉時造成四周土層沉陷，其沉陷破壞圓恐危及舊橋之穩定性及用路人生命財產安全，因此在工程的初期，沉箱施作順利與否，是本工程成敗的重要關鍵。

有關沉箱施工步驟不加贅述，本文僅針對施工應注意事項加以歸納說明：

1. 沉箱鋼腳之位置應按圖說尺寸及樣式製作，安放時場地需整平及其定位位置亦需特別注意正確性，於施作時可利用十字控制線量出其偏移量，並隨時修正其位置。
2. 沉箱主體混凝土試體抗壓達設計強度 50%時，始同意拆模，試體抗壓試驗達 70% 強度後即同意開始下沉作業。沉箱下沉若須藉助外力加壓重時，其加重時之混凝土抗壓強度，應在局部支承壓力之 2 倍以上。
3. 沉箱於挖掘時，由中央開始向四周對稱擴展挖掘，不可因局部挖掘過深而致偏斜或移位，若因施工不慎導致偏移量過大時，需立即調正開挖順序與深度或於較高一側壓重，以修正其位置與垂直度。沉箱下沉施工發生偏心情形是難以避免，偏心之情形與地層狀況、施工方法及施工品質有關，雖於設計階段已作適當之考量，下沉時仍應隨時校核其方位與角度，以符合要求。
4. 沉箱於壓重時，應先將箱頂伸出之鋼筋妥慎彎曲，不可使鋼筋周邊之混凝土崩裂，沉箱與壓重材料間應墊堅實木塊。
5. 施工過程儘量避免急降沉箱內部水位，以防止沉箱內外水壓差過大，造成箱內可能發生砂湧現象，致使四周土層突然發生塌陷，有危及舊橋基之穩定性；當沉箱

下沉困難時儘量以配重方式配合施工，以確保安全。

6. 每節於內模組立後，於頂部安置一圓形工作平台，以利澆置作業及鋼筋之綁紮。
當每節沉箱下沉完成後，亦可將此工作平台置於沉箱頂，以防人員誤入。
7. 沉箱封底混凝土澆置完成 3 天後，方可進行沉箱箱體內之回填作業。
8. 施工情形如照片 11~18 所示。



照片 11 沉箱鐵腳定位及內模組立



照片 12 沉箱鋼筋綁紮



照片 13 沉箱混凝土澆置



照片 14 沉箱外模拆除



照片 15 沉箱抓土下沉施工



照片 16 沉箱下沉施工(受限淨高不足)



照片 17 沉箱下沉配重施工



照片 18 上下游側沉箱同時施工

3.2.2 墩柱、帽梁工程

本工程橋墩柱高度約 13-14m 左右，外形為 4×3m 長圓形柱，採用兩層施工，墩柱外部設計以 10mm 鍍鋅防撞鋼板包裹，施工時可作為混凝土澆置模板使用，惟因無須拆模，無混凝土接縫問題，但因無法從外觀判斷混凝土是否有蜂窩不良等問題，因此監造過程對本工程施工澆置搗實十分重視，絕對力求混凝土完全填充。另橋墩帽模板為工廠製作鋼模板，現地組裝快速及尺寸精確，且混凝土澆置搗實得宜，表面不需二次處理。

墩柱、帽梁工程施工應注意事項：

1. 墩柱混凝土澆置採用泵浦車為之，輸送管之管尾距混凝土澆注面 1 公尺以內，避免混凝土粒料分離。澆注速度約 20m³/時，作業人員配合澆注速度採內外部振動方式，將混凝土依序搗實，使鋼模內部完成填充。
2. 防撞鋼板於工廠定尺製作成圓桶型，以確保銲接品質，成品再運送至工地安裝，於現場僅作防撞鋼板上下對接之銲接作業。
3. 設置支撐架之處，土層夯壓必須確實，避免澆注混凝土時，有下陷情形發生。
4. 支撐架所使用之螺栓均使用高張力螺栓，斜撐拉桿架設螺栓均緊鎖檢查，使全組支撐架聯成緊密一體。
5. 支撐架架設完成後隨即要求承商鋪設安全防護網，以策安全。
6. 施工情形如照片 19~24 所示。



照片 19 墩柱第一層鋼筋綁紮



照片 20 墩柱第二層鋼筋綁紮



照片 21 墩柱防撞鋼板安裝



照片 22 帽梁支撐架全景



照片 23 墩柱帽梁施工全景



照片 24 墩柱帽梁完工照

3.3 上部結構—鋼箱梁執行經過

本工程上部結構主要為鋼箱梁工程，其餘工項為一般橋工常見施工項目，在此不加贅述；採用鋼箱梁為主要結構，係考量鋼材切割、組裝、電銲及大部分之塗裝作業皆在鋼構廠進行，再運至工地組立安裝，其製程品質穩定易控管，而且鋼結構具有强度高、自重輕、施工速度快等優點。本工程鋼構部分總重為 12,704T，全長 980 公尺，由於民國 93 年起國內鋼料物價波動頗大，因此即督促承包商儘速完成鋼料訂製之工作，避免訂料及製作不及影響工進，並積極監督施工廠商之工廠製作、品管及產能等作業，以求如期如質完成。工程初期即要求廠商依契約提出鋼箱梁橋各製程階段之計畫書，其內容包括鋼橋施工詳圖、鋼橋製造計畫書、銲工資格檢定計畫、鋼橋銲接計畫書、銲接程序計畫、塗裝計畫、假安裝計畫、運輸計畫及吊裝計畫等，藉由計畫審核過程達到雙向溝通，釐清鋼箱梁製程各階段作業之監造品管流程及製程時程掌控。

3.3.1 鋼箱梁製程說明

本工程鋼構製造流程如圖 8，各項工作於計畫書及契約規範均明確規定；本文整理品管階段主要檢驗工作，如下列說明：

1. 材料進場抽樣檢驗（鋼板、銲材、螺栓、剪力釘、油漆等材料）
2. 鋼板製成品管（落樣檢核、開槽角度與面檢查、切割面檢查、螺栓孔徑精度間距量測、組立間隙及局部尺寸查核等檢核事項）
3. 成品檢核（箱梁成品水平垂直度、長寬高及對角尺寸、腹板間距等檢核）
4. 銲道非破壞性檢驗（VT、UT、MT、RT、PT 等試驗）
5. 執行預安裝檢核（包括鋼橋線形、長寬檢測、拱度檢測、螺栓孔貫通率及阻塞率等），以確保鋼橋後續組裝精度及現地吊裝順利。
6. 執行塗裝檢核（噴砂潔度、膜厚檢驗），以確保防蝕功能效用。
7. 工地安裝（吊具設備檢核、分段組立線形及拱度檢核、高拉力螺栓固定檢核及表面塗裝檢核等）。
8. 施工情形如照片 25~32 所示。



照片 25 鋼箱梁劃線



照片 26 鋼箱梁組立

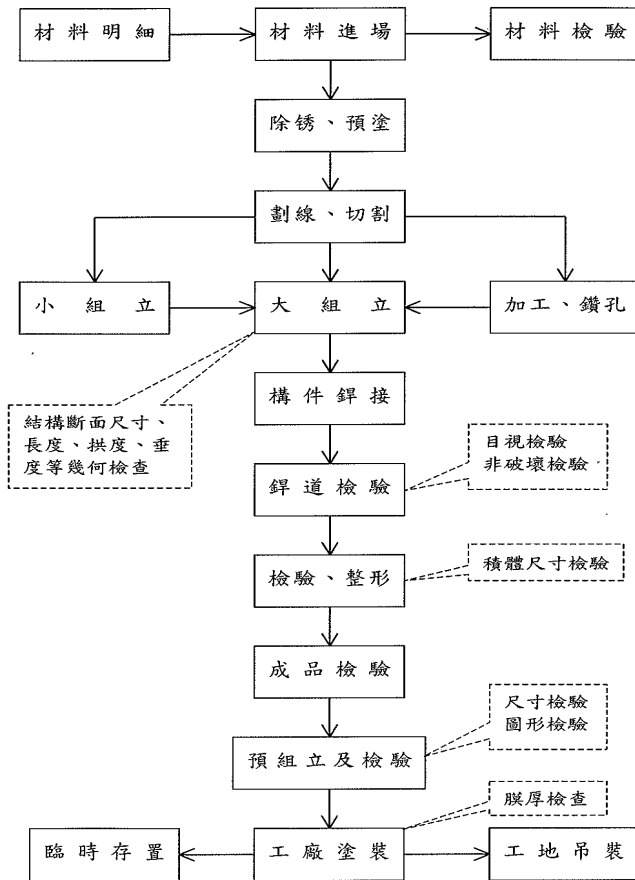


圖 8 鋼箱梁製作流程圖



照片27 鋼箱梁假安裝檢



照片28 鋼箱梁工廠內塗裝作



照片 29 鋼箱梁現地組裝



照片 30 鋼箱梁吊裝作業



照片 31 鋼箱梁表面塗裝



照片 32 鋼箱梁完成全景

3.3.2 鋼箱梁工地組裝及吊裝說明

由於鋼箱梁結構之箱型梁受限於車輛運輸之關係，必須將每單元之鋼箱梁分割為數個不等之節塊，於工廠內製作完成後，再運輸至工地進行地面組裝作業，始可進行各單元之鋼箱梁吊裝作業。基於上述原因，為配合每單元鋼箱梁吊裝，並於工區每單元旁適當位置設置鋼箱梁組裝場地，工區現地依預裝之結果於現場逐跨分別組裝，組裝完成後檢測拱度，拱度檢驗合格後高張力螺栓鎖斷固定，螺栓鎖斷完成後檢測螺扭力值，以確保鋼箱梁組裝品質，螺栓檢測完成後螺栓部位立即塗裝第一道防銹底漆，鋼箱梁工地組裝及吊裝流程詳圖 9。

鋼箱梁吊裝前先完成鑄鋼支承安裝及臨時固定，本工程之鋼箱梁為三跨連續為一單元之連續梁（40m-60m-40）共 140m，A、B、C 三 Line 排列，每 Line 有 11 節塊（Block）共 33 節塊（Block）所組成，吊裝方式採用逐跨吊裝，每單元完成後再進行次一單元之吊裝，詳圖 10。第一跨每 Line 約 91 噸，採用 2 台 160 噸吊車吊裝，將鋼箱梁吊放至兩橋墩帽梁已安裝完成之鑄鋼支承上，吊裝完成後並立即安裝部份橫梁加以固定，確保鋼箱梁穩定及安全。第二跨每 Line 約 127 噸，採用 2 台 160 噸吊車吊裝，將鋼箱梁一端與第一跨已吊裝完成之鋼箱梁對接，並將鋼箱梁另一端吊放至下一橋墩帽梁已安裝完成之鑄鋼支承上，吊裝完成後並立即安裝部份橫梁加以固定。第三跨每 Line 約 52 噸，採用 2 台 160 噸吊車吊裝，將鋼箱梁吊至與第二跨已吊裝完成之鋼箱梁對接，並將鋼箱梁另一端吊放至下一橋墩帽梁已安裝完成之鑄鋼支承上，吊裝完成後並立即安裝部份橫梁加以固定，本單元之鋼箱梁主梁全數吊裝完成，立即進所有橫梁安裝、鋼箱梁調整及固定，所有吊裝及安裝作業完成後立即將鑄鋼支承以無收縮水泥砂漿固定，即進行下一單元之吊裝作業。

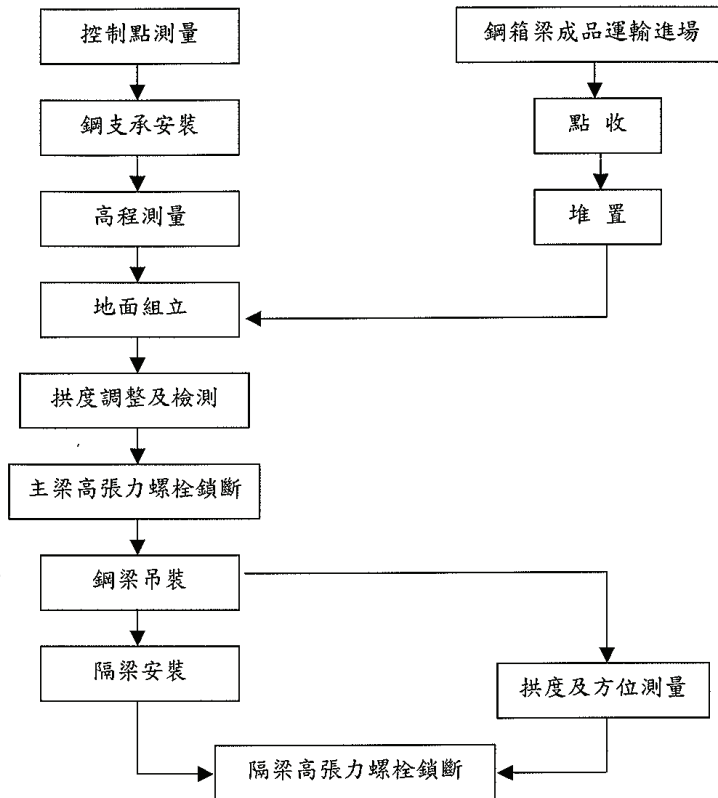


圖 9 鋼箱梁工地組裝及吊裝流程圖

四、施工中困難問題及解決對策

4.1 沉箱施工危及舊橋之安全

本工程為舊橋改建工程，工程之進行中首要課題即為保障通車部份舊橋上之來往車輛安全，並降低對車流之干擾，換言之所有改進行為均不得危及舊橋之安全及影響交通使用性，據此訂定舊橋監測計畫，以確保施工中之安全；其安全監測工作係考量拆除上游側舊橋時，若因開挖、振動及鄰近施工，造成下游側舊橋之預警，另一目的主要為下部沉箱基礎新建施工過程之安全監測作業，避免因沉箱下沉施工過程造成舊橋有變位、沈陷、傾斜等損壞情形，可藉由監測提供預警行動，立即掌握施工安全，防止意外發生，更得以在第一時間因應預防災害擴大。

現有舊橋為簡支預梁型式，其安全監測重點歸納如下：

1. 舊橋墩傾斜測量，是否有下陷、差異沉陷、異常等現象。
2. 橋面板處伸縮縫寬度變化，是否有異常現象。
3. 橋面護欄及相鄰橋孔之觀測，是否高低、內外傾斜等行為。

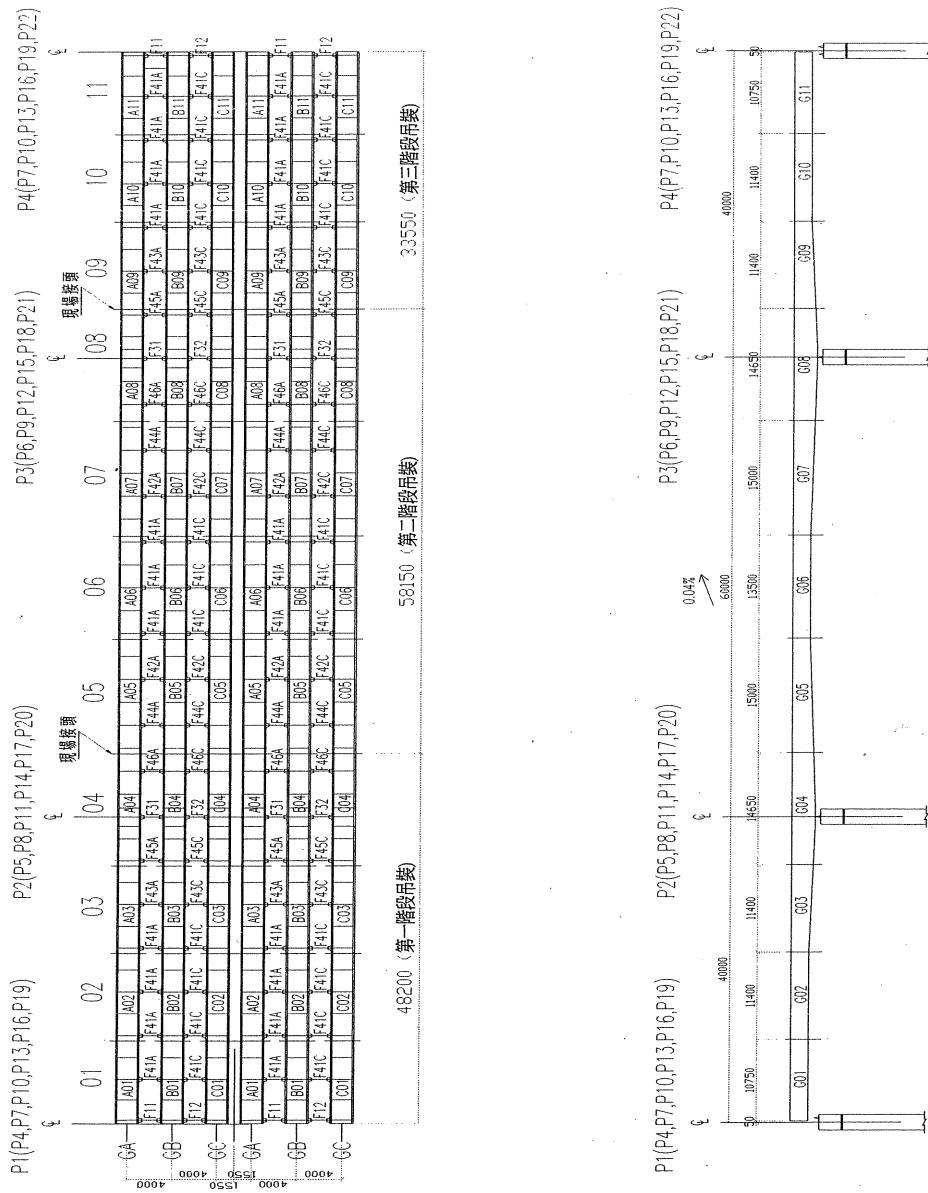


圖 10 鋼箱梁吊裝程序平面及立面圖

本工程之監測系統設置範圍，包括下游側橋梁（16K+288~17K+303）護欄及橋墩柱之監測作業，於實施第二階段交維計畫開放前，於下游側橋面左右側護欄設置 PVC 聯通管觀測水位可立即且直接判讀通車路段舊橋是否有沈陷現象，詳照片 33 所示；另於通車路段舊橋墩柱上下各一處黏貼無菱鏡反射貼紙，以經緯儀直讀點位數據進行結構物變位量判讀，詳照片 34 所示，並將相關觀測資料整理成冊，按月提報至監造單位以作為該橋梁變位沈陷量判讀安全之依據。安全管理值分別為注意值、警戒值與行動值三項，分別以監測結構物變形量訂定之，通常

將結構物設計值當作行動值，再折減設計值當作警戒值、注意值等，本橋為舊橋改建其原設計值實難取得，為確立三項管理值，參酌他項類似工程案例初步訂定管理值，整理於表 3，上述該值為初定值僅供本橋參考使用，仍必須再藉由長期監測資料之分析及研判，作適時檢驗證訂定更符實際狀況。

表 3 舊橋變形量管理值

項目	變形種類	注意值	警戒值	行動值
結構物沉陷點	最大相對沉陷量(mm)	30	50	60
	最大差異沉陷量(mm)	10	20	25

本案管理值之訂定分成三個階段，分別為注意值、警戒值及行動值，明確訂定各階段之作業標準程序，以利執行。

第一階段之注意值

為需加強注意階段之起始值，進入此階段時，相關單位要加強注意橋梁變化及發展。若本階段之沉陷量已趨向穩定，則停留在本階段，否則將配合下階段措施進行相關作業。

第二階段之警戒值

為需警戒階段之起始值，進入此階段時，相關單位應提高警戒，隨時準備採取相關措施，以維本橋梁之安全，包括增加監測頻率，並於必要加強車輛超載等交通管理措施。

第三階段之行動值

為行動階段之起始值，進入此階段時，異樣情形持續擴大，相關單位需啓動相關必要之緊急處理措施（包括封橋），以維道路使用者的安全。



照片 33 聯通管觀測水位



照片 34 墩柱結構物變位量收測

監測期間歷史記錄相對沉陷量大約為 1~3mm，變位均在安全範圍內，僅摘錄原 P15-原 P21 橋墩初終沉陷觀測值詳紀錄表 4；本項監測作業直至上游側新建橋梁 95 年 9 月 1 日開放通車，且下游側進行舊橋通車路段拆除作業，均無異常狀況發生。本次舊橋改橋期間，舊橋最大相對沉陷量為 3mm，經探討該值略小屬安全範圍內，非因沉箱施工過程下沉拉力所造成的，此值發生應屬測量誤差造成，因點位定置於橋墩側身(A、B 二點)，在施測過程時橋梁上方車輛行駛振動所造成誤差。本次沉箱下沉無造成周遭結構物下沉之影響，歸納新建基礎於該堅實卵礫石層地質選擇以 40m-60m-40m 落墩配置，得宜避過新舊基礎位置，亦可克服施工不致影響舊基礎穩定。

表 4 原 P15-原 P21 橋墩初終沉陷觀測值

測點位置	P15橋墩		P16橋墩		P17橋墩		P18橋墩		P19橋墩		P20橋墩		P21橋墩	
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
93年10月29日 初始高程值(m)	30.172	25.933	30.459	25.903	31.466	26.639	31.465	27.032	31.736	27.394	32.733	27.985	31.619	26.512
95年08月27日 最終高程值(m)	30.173	25.934	30.461	25.905	31.468	26.639	31.467	27.034	31.737	27.397	32.734	27.988	31.620	26.515
相對沉陷量(mm, 取正值)	1	1	2	2	2	0	2	2	1	3	1	3	1	3

4.2 94 年及 95 年河川汛期之影響

高屏溪於河川汛期時溪水暴漲，湍急溪水挾帶著土石及浮木雜物奔流而下，全區一片汪洋，將衍生二個問題，一是沖毀施工便道阻斷施工動線，降低施工效能；另一問題溪水水勢洶湧，劇烈沖刷舊橋基處河床，使得原本已裸露嚴重之橋梁，更顯得危險，因此舊橋之安全更需加強監測維護。

4.2.1 異常天候造成溪水暴漲

高屏溪河寬為 2,350m，其中 P1~P21 位處於寬約 700m 為河道主要行水區，其餘為河川高灘地區。深槽行水區河床之平均高程約 EL.22m（橋基蛇籠保護工頂面平均高程），河床高程由二側漸變至高灘區之平均高程約 30.0m，水流平時常水位約為 22-23m，遇豪大雨時溪水暴漲水位可提升至 29-30m。

本工程主要經過二個汛期，汛期異常天候情形整理於表 5。尤自 94 年 5 月 10 日起遭受連續異常多次豪大雨及颱風引進旺盛西南氣流（該期間平均 5~10 天來襲一次），引發溪水暴漲淹沒全工區，在豪大雨離境後仍須俟河川上游山區雨量緩和，溪水水位降低始能進場搶修施工便道及恢復作業，惟修復作業期間再遭另一波豪大雨或颱風將修復中的施工便道沖毀反復數次，導致施工要徑上之 NP11-NP22 橋墩柱基礎工程嚴重受阻，至同年 10 月 31 日溪水消退至常水位後，始進場搶修施工便道，清除高灘地淤泥，恢復正常工作。然 95 年 5 月中旬至

10月中旬期間，仍再遭遇接連人力不可抗拒因素之豪雨、颱風等災害，雖較94年少，仍影響上游側第六、七單元鋼箱梁吊裝、塗裝、上構橋面後續各項作業，致使上游側通車時程一度延遲。



照片 35 非汛期施工全景



照片 36 94年汛期全工區淹水(一)



照片 37 94年汛期全工區淹水(二)



照片 38 94年汛期全工區淹水(三)



照片 39 95年汛期全工區淹水(一)



照片 40 95年汛期全工區淹水(二)

表 5 94 年及 95 年颱風及豪大雨資料表

颱風及豪大雨	最高水位 歷線高程(m)	工區淹沒 高度(m)	影響時間	工區災損情形說明
94 年度	河床平均高程：EL.22.0m 為基準			
5/8~6/28 連線性豪雨	27.1	5.1	5/10-6/28	接續豪大雨及颱風強烈西南氣流造成溪水暴漲淹沒全工區，沖毀修復中之施工便道、鋼模、支撐架等施工機具材料，並且帶入大量泥砂淤積於沉箱、基礎等，人員機具均無法進場修復。洪水消退後，工區河道(地下)水位居高不下，淤泥淹蓋 2~3m 深，工區一片泥濘，清除作業推展困難。詳照片 35~38 所示。
7/18 海棠颱風	31.0	9.0	7/16-7/23	
8/3 馬莎颱風	26.5	4.5	8/3-8/11	
8/12 珊瑚颱風	25.5	3.5	8/12-8/16	
8/17 豪大雨	25.0	3.0	8/17-8/22	
8/31 泰利颱風	30.5	8.5	8/30-9/6	
9/9 卡努颱風	24.0	2.0	9/9-9/15	
9/21 丹瑞颱風	24.5	2.5	9/21-9/23	
10/1 龍王颱風	25.5	3.5	10/1-10/6	
95 年度	河床平均高程：EL.22.0m 為基準			
5/17 珍珠颱風	24.0	2.0	5/17-5/18	同 94 年汛期發生情事。詳照片 39、40 所示。
5/26 豪大雨	29.2	7.2	5/29-6/13	
7/9 艾維尼颱風	25.9	3.9	7/8-7/9	
7/14 碧利斯颱風	29.3	7.3	7/13-7/15	
7/25 凱米颱風	26.7	4.7	7/24-7/31	
8/9 寶發颱風	25.9	3.9	8/9-8/10	

4.2.2 汛期封橋作業機制

颱風豪雨或施工損及原橋梁，有危險之虞，則須及時封閉橋梁，以保障用路人生命財產安全，此部份於監測計畫中已明訂；而因應汛期溪水水位暴漲封橋時機，必須先訂立封橋高程，其訂立原則參考公路總局「封橋標準作業程序」無沖刷之橋梁（橋基未裸露者），其警戒水位：距梁底淨空 1.5 公尺；封橋水位：距梁底淨空 1.0 公尺，另有沖刷之橋梁（橋基裸露者），警戒水位及封橋水位依現場狀況調整，為建立本工程警戒水位，參考水利署水情中心里嶺大橋水位觀測站警戒水位詳表 6 及過去里嶺大橋封橋經驗（93 年 7 月 2 日敏督利颱風封橋水位 EL.31.0m），初訂里嶺大橋封橋水位為 31.0m，一旦達封橋水位立即啟動封橋作業程序詳圖 11。多一份準備少一份災害，有鑑於此特擬汛期（颱風）期間災害防範措施及緊急應變計畫，明確訂定各職責，以達預先防範之成效。改建期間曾遭遇海棠颱風引進大量西南氣流，水位一度上漲達封橋水位警戒線，已準備進行封橋任務，但在任務未出前通報水位稍降，再持續觀

測中幸水位持續下降，同時加派人員作橋梁巡查作業，採半小時觀測一次，並解除封橋準備任務；颱風過後立即進行橋梁特別檢測，所幸舊橋無損害之情事。

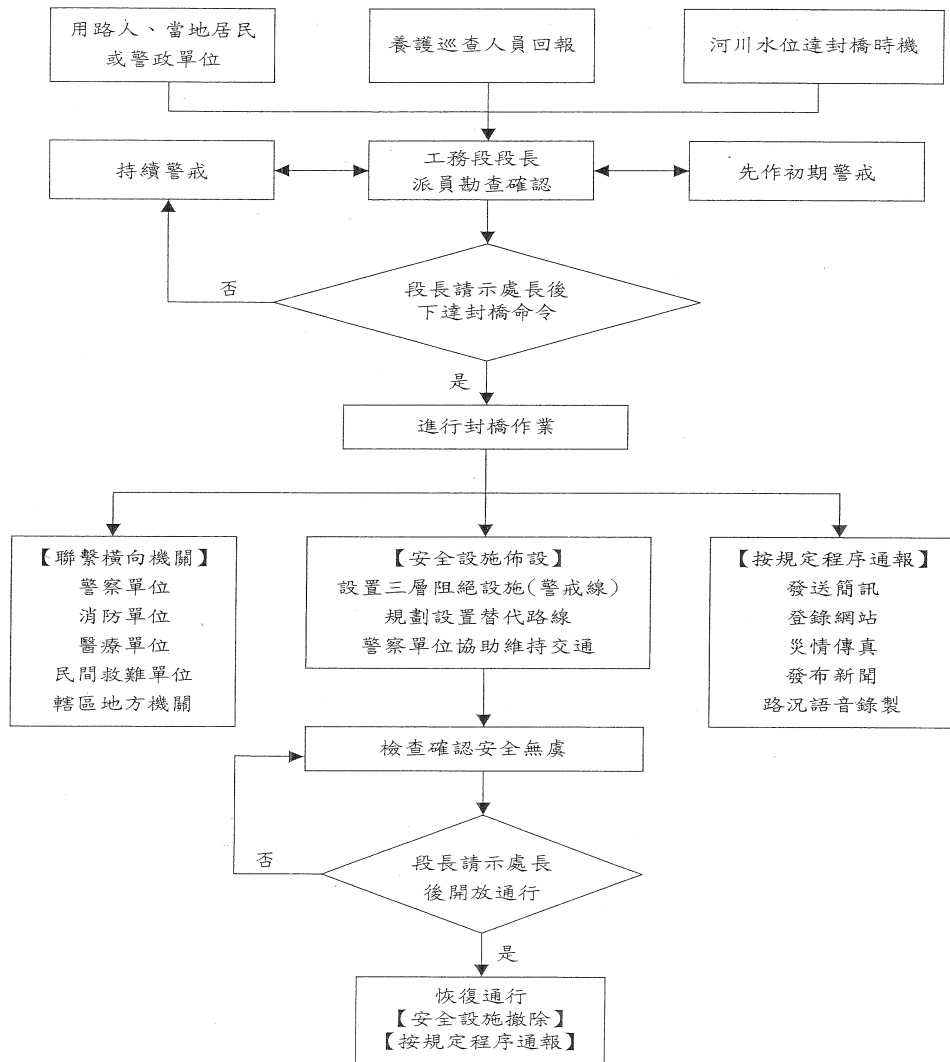


圖 11 封橋標準作業流程圖

4.2.3 施工便道履約爭議

94 年汛期期間施工便道屢遭沖毀，承商於 94 年 7 月向公共工程委員會提出履約爭議調解（調 0940378），要求將原設計圖之施工便道變更為 H 型鋼施工便橋，其所持理由原設計之施工便道無法發揮排水功能，且不堪大水衝擊，亦遭沖毀；並請求 H 型鋼施工便橋搭設完成前之期間，准予不計工期或展延相當工期。

表 6 水利署水情中心里嶺大橋警戒水位

項目	水位高程	執行作業
一級警戒 (緊急水位)	達 31.5m 以上	開始疏散可能淹水區之民眾，設施搶除與災害搶救。
二級警戒 (警戒水位)	達 29m~31.5	各相關單位人員動員與防救機具材料準備。
三級警戒 (戒備水位)	達 26m~29m	人員機具材料準備工作之檢核與隨時待命。

據此查明契約，申訴廠商述明原施工便道設計遇大雨，無法發揮排水功能遭淹沒情事，經查施工便道於本工程契約為一式計價工程項目，且於設計圖說明文規定，該工程項目為非永久措施，於圖說僅作原則性之規定，供承包商參考，承包商應事先至現場切實查勘，並充分了解工地情形及本工程設計圖說、施工說明書等相關資料，配合本身之施工經驗、施工機具、施工設備、施工能力及擬採用之施工方法、施工步驟與施工中交通維持措施等因素，作各種施工設計與分析，並依實際需求提出具體可行之各項施工計畫書及施工詳圖等有關圖說，送請本工程工程司備查。前述工作所需一切費用已包括契約總價中，不另給價。承商應自行考量施工之權宜措施進行調配。

台灣地區河工作業大致區分為汛期及非汛期二種施工型態，本工程為帶狀施工區域（主要長度 1015m；A1 橋台~P29 墩柱），位於行水區僅占全部 1/3（長度約 350m；P6 墩柱~P16 墩柱），其餘為高灘地區（長度約 700m；A1 橋台~P5 墩柱及 P17~P29 墩柱），整體河工作業應作通盤考量相互搭配，於汛期期間工作面應推至高灘地區施築避開水流影響，反之非汛期期間再施作行水區域之工程，故施工便道設置應以施工區域需求來安排。就目前本工程施工步驟大致分為東西向二座橋梁，為維持現況交通採半半施工；於契約工期規劃已考量跨越二個汛期時間，有足夠寬裕時間讓申訴廠商來規劃整體施工流程，更於設計圖中對施工便道僅作原則性說明，考量區域溪水流域狀況，不願限縮申訴廠商施工便道內容而無彈性運用空間，若以型鋼便橋亦恐遭大水沖毀，更顯恢復之困難。

本案於 94 年 9 月 27 日召開第 1 次調解會議，據上理由駁回申訴承商之請，綜上所述，非將便道改變為 H 型鋼施工便橋方可解決汛期之窘局，本工程期限跨越二個汛期時間均已考量整體施工流程，而申訴廠商理應配合汛期安排施工面之調配，期能掌握整體施工進度，如質如期完成。本案爭議調解承商於 94 年 10 月 19 日撤回，亦回歸契約規定辦理。河工作業難免遭遇大雨造成溪水暴漲等情事，但於汛期期間適當安排施工界面仍可將災害降至最少。

4.3 94年6月12日雨災導致鋼箱梁泡水

本工程上游側第二單元第二跨（NP5~NP6 墩柱位址）設計長度 60m 之上部結構鋼箱梁，原定 94 年 5 月 12 日進行吊梁作業，但因 94 年 5 月 10 日起梅雨鋒面陸續來到，工區及高屏溪流域上游開始降雨，至 5 月 13 日工地溪水暴漲陸續淹沒原 P3~原 P17 墩柱區域，現地已組立完成之鋼箱梁（長度 43.15m）亦局部泡水無法進行吊梁作業，俟溪水消退後鋼箱梁隨即清理檢視，且積極整理吊梁作業吊車站立場地，重新排訂於 5 月 28 日再進行吊梁作業。

但 94 年 5 月 27 日起至 6 月 5 日又逢另一波鋒面來臨，高屏地區下雨再次造成溪水上漲，將已整妥預定吊裝使用之場地再次沖毀，土層浸水後軟弱毫無承载力，現地可謂一片泥濘，為避免吊裝過程因土層軟化而引發危險，吊梁場地再次重新整理。無奈於 6 月 11 日起又另一波超強鋒面再度到達，6 月 11~15 日南部地區降下超大豪雨，高屏溪溪水大暴漲並淹沒整個施工區域，溪水水位最高高達 EL：27.1 公尺，致使預計吊裝之 NP5~NP6 間鋼箱梁 3-Line 主梁完全淹沒泡水，甚至造成部份鋼箱梁支撐傾斜之情事。

4.3.1 泡水後鋼箱梁第一時間處理過程

俟溪水消退後立即將鋼箱梁墊高扶正固定，扶正放置時讓鋼箱梁端口水平，俾利後續檢測工作。在使用吊車進行扶正吊放工作時，需於起吊區域原地面及施工便道之承载力預先處理壓實，以避免吊放時吊車翻覆造成二次傷害。鋼箱梁墊高扶正固定後再以高壓沖洗機將鋼箱梁內外污泥、砂清洗乾淨，同樣鋼箱梁墊高區域之土層承载力亦必須預先處理。清洗後再搭配空壓機將殘餘水分吹出或吹乾。清理完成後檢視外觀及塗裝受損情形，並檢測線形與預拱及連接板螺栓部位，相關資料記錄建檔備用。

為確保泡水後鋼箱梁外觀塗裝、尺寸線型及連接處之品質及功能完整性，使其符合設計及規範要求。立即研擬「鋼箱梁雨災泡水情形及後續處理程序說明」計畫書提報上級單位核備，其主要內容包含後續處理流程詳圖 12 及主要檢測項目如下：

- (1) 鋼箱梁外觀：確認是否有明顯外傷、變形、扭曲、凹陷或凸出。
- (2) 鋼箱梁連接板及高張力螺栓是否有滑移現象：以目視及扭力扳手檢測。
- (3) 鋼箱梁內外塗裝：確認塗漆面品質及高張力螺栓是否有生鏽情形。
- (4) 鋼箱梁兩端口尺寸：含對角線尺寸、寬度、高度，以確認端口是否有變形。
- (5) 鋼箱梁拱度、線型：確認鋼箱梁是否仍符合現地組裝精度要求，亦可得知組裝之鋼箱梁是否有扭曲、變形現象。

4.3.2 後續處理方案之執行

委託財團法人金屬工業研究發展中心於 94 年 7 月 12 日至現場檢視，現場檢視遭 612 超大豪雨淹沒之 NP5~NP6 之鋼箱梁，發現其托梁翼板有破損變形與脫漆以及剪刀釘彎曲之現象，部分鋼箱梁本體有摩擦受損，且部分有生鏽現象產生。

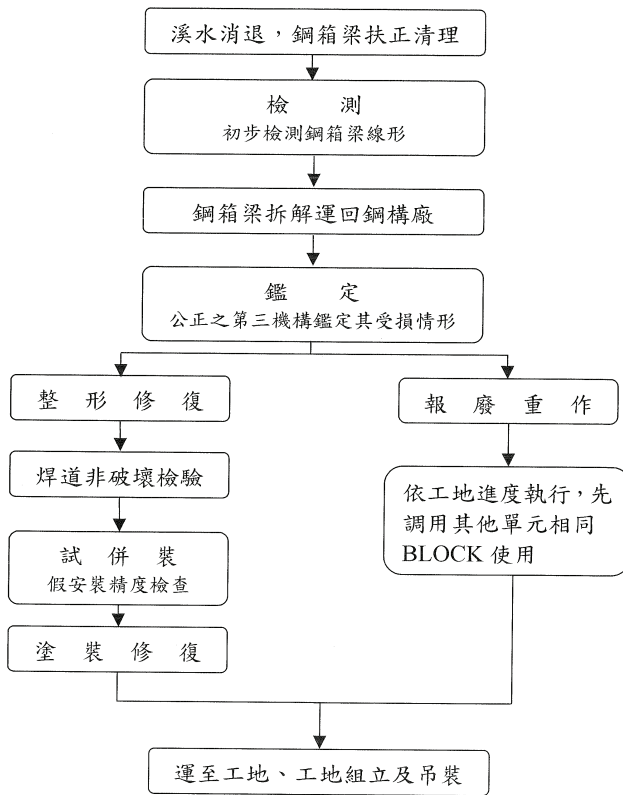
檢視後之結果與建議如下：

- (1) 根據外觀檢視，鋼箱梁之線型、拱度與端口尺寸並無明顯之變形，但需經實際量測驗證證明、是否符合原先設計設定範圍內。
- (2) 經碰撞僅有橫梁托梁翼板輕微變形，建議應切除更換，可局部更換。經過更換之托梁翼板，需經全銲道射線檢測，其他填角銲銲接部份，則做磁粉探傷檢驗。
- (3) 經碰撞變形之剪刀釘，應切除換新。
- (4) 續接板應全部換新或做 MT 檢測，重新噴砂塗漆，鋼梁兩側接頭亦同。
- (5). 鋼梁主體板經磨損而生銹部分，應重新噴砂塗裝。

公路總局 94 年 8 月 17 日再派員至檢視已拆解回工廠之鋼箱梁外觀後，其檢視結果為部份橫梁托梁、剪力釘變形，續接板及鋼箱梁續接位置兩側銹蝕嚴重，鋼箱梁外部塗膜磨損及局部刮傷至底材，以上缺失，建議後續處理方式如下：

1. 經碰撞變形嚴重之托梁翼板，腹板應全部切除更換，輕微變形之腹板無法矯正者，採局部切除補板，補板銲接應採全滲透對接，並作全銲道射線檢測，其他所有填角銲道作全銲道磁粉探傷檢驗。
2. 經碰撞變形嚴重之剪力釘（超過 30 度），應於切除至銲根部並磨平，於旁邊補植剪力釘。
3. 泡水後之所有續接板應全部拆卸並且鋼樑兩側接頭（只塗無機鋅粉漆部份），作全面噴砂除銹 Sa2.5 至及後續塗裝系統及塗裝間隔同設計製程要求。
4. 鋼梁外則環氧樹脂 M.I.O 經水流沖刷，已產生塗膜磨耗部份（未銹蝕部份），以清水清洗乾燥後，再噴塗一道 M.I.O 中塗漆，有刮傷損及底漆並產生銹蝕部份，處理方式同上述 3.內容。
5. 鋼梁內側經泡水產生泛色之環氧樹脂柏油漆，請再增塗一道同色系柏油漆。
6. 工務所及監造單位應再詳細審核所提「鋼梁雨災泡水後處理程序說明」內容，切應符合設計或本局施工說明書規定。

本案於 94 年 7 月 16 日將泡水之鋼箱梁 A、B、C Line 三支主梁全數拆解運回鋼構廠，首先進行主體鋼板金相複製膜製作，將複製好的複製膜取回至實驗室之光學顯微鏡下，進行金相組織觀察，其組織皆為正常之肥粒鐵與波來鐵之組織，無異常組織。再檢驗銲道以射線檢測及磁粒檢測亦均無異常，並綜合上級長官及鑑定單位等專業建議進行修繕作業，且依據設計準則相關規定辦理修繕，以確保鋼箱梁品質。詳照片 41~46 所示。



備註：

1. 整形須符合一般鋼結構熱整形作業標準及部份次要構件更換作業。
2. 依試併裝規定辦理，幾何圖形、高程及預拱值等檢測。
3. 塗裝修復按鋼橋塗裝計畫書規定作業。

圖 12 泡水後鋼箱梁處理流程圖



照片 41 雨災鋼箱梁泡水現況



照片 42 鋼箱梁扶正清洗檢視



照片 43 鋼箱梁拆解運回鋼構廠



照片 44 鋼箱梁現地初步會勘



照片 45 總局工程司查核泡水鋼箱梁



照片 46 鋼箱梁銲道及外觀等檢測

4.4 新建 P2 橋墩緊鄰水資局供應大高雄地區之聯通管

4.4.1 發生經過

94 年 2 月 4 日現地勘查得知水資源局所屬聯通管路 ($\phi=2.6\text{m}$) 與本工程新建 P2 沉箱施工位置僅距離約 4m, 唯恐日後橋墩沉箱在下沉施工中產生側向拉力, 恐損及該管, 因此本問題不管對沉箱施工過程或該管之安全影響甚鉅, 且該局表示該管預定於 94.3.1 將正式通水啓用且涉及大高雄百萬居民民生用水問題, 無法辦理遷移, 爲求確保聯通管及沉箱施工安全無慮, 須進一步研議後續因應對策。詳照片 47、照片 48 所示

4.4.2 分析及因應對策

經查該管於埋設過程時, 已於原水幹管外圍加設鋼筋混凝土圍護作爲保護層, 但爲求慎重, 仍於 94.2.25 邀請相關單位研議施工界面保護對策, 其最終研議共識於沉箱與聯通管間打設 9m 長鋼板樁, 並每天監測紀錄) 第一次會測在施工前進行), 另沉箱施工期間外壁與鋼板樁之間有下陷土方現象時需立即補足, 以確保該管之穩定性。

4.4.3 執行過程

新建 P2 橋墩緊鄰水資局供應大高雄地區直徑 2.6m 之聯通管 (如圖 13), 在施工之前將原地面 (EL: 約 31m) 自 A1 橋台至 P2 之間 (含上下游側) 全面先行降挖至 EL: 27.8m 左右, 於聯通管上面設置 3 處監測點 (如圖 14), 並隨即要求承商在 P2 沉箱與聯通管之間打設 9m 長鋼板樁水平長度 17m, 以便保護聯通管在 P2 沉箱施工期間受到損壞。在鋼板樁打設完成後, 於 94 年 8 月 9 日因上游側 P2 沉箱第一節將沉降作業, 所以當日會同相關單位辦理會勘並開始監測 (初始值) 且做成下列結論作爲監測機制及施工方式:

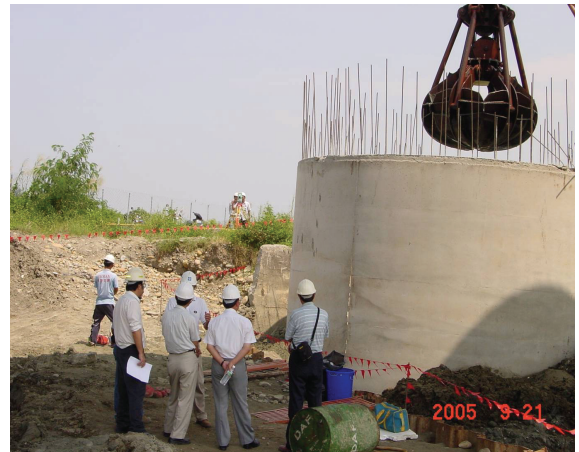
1. 沉箱下沉時速度儘量放慢。
2. 沉箱下沉時不准抽水, 以保持水壓力平衡。
3. 沉箱若下沉困難時, 以配重方式處理或其他可行方法。

4. 沉箱下沉時沉箱與鋼鈹樁間土砂若有下陷時，立即補砂措施。
5. 沉箱下沉時每 30 分鐘監測乙次，施工期間若發生位移量或沉陷量過大時立即停工，並通報相關單位；非施工期間每日監測乙次。

本工程採半半施工方式及上、下游側沉箱需同時施工下沉外，另再受限下游側舊橋維持通車之情況下 P2 下游側沉箱施工淨高之不足困難度更高，所幸本項工作在全體同仁共同努力下，現場 P2 沉箱於 95 年 3 月 27 日完成下沉定位作業，會同水資局現地檢測，所屬結構物皆安全無異狀，因此本案於第 21 次「維護河川與保護橋梁安全共同聯繫會報」解除列管。95 年 12 月 31 日止完成各項上部施工作業，且完成第一階段回填高程約 EL29.0，監測結果均無異狀發生，後續僅作原地面回填作業。整體作業完成於 96 年 1 月 16 日邀請水資局作最後會勘認定，本工程施工期間並未損及聯通管結構。



照片 47 沉箱、聯通管及鈹樁間現況



照片 48 P2 沉箱下沉施工監測



照片 49 里嶺大橋改建前



照片 50 里嶺大橋改建後

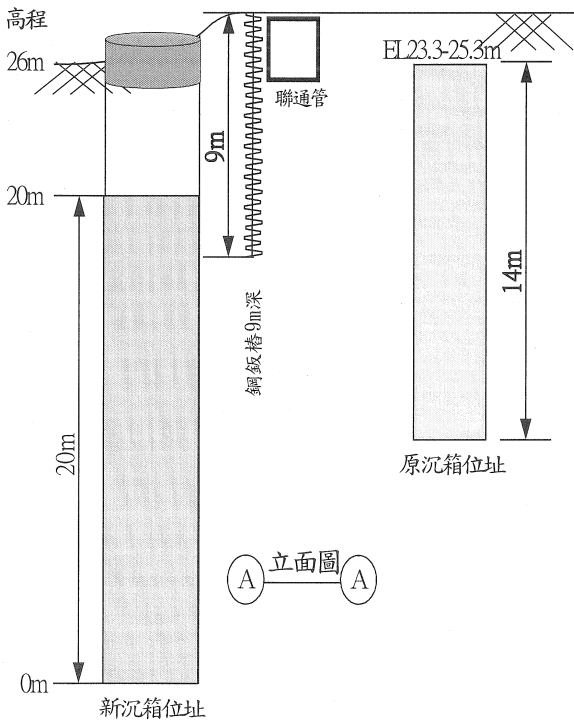
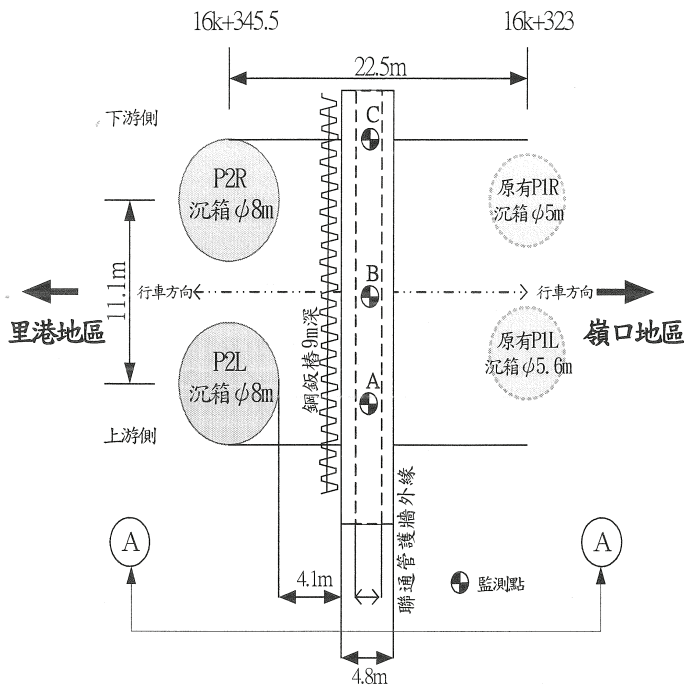


圖 13 聯通管與沉箱相關位置圖

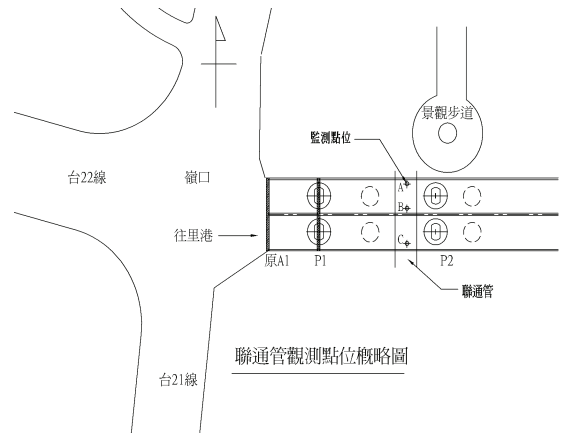


圖 14 聯通管監測位置圖



照片 51 里嶺大橋改建前橋基裸露



照片 52 里嶺大橋改建後橋基

五、結語及回顧

台灣地區南部河川具有水流湍急、流量豐枯懸殊等特色，尤以高屏溪流域更具明顯；本工程所遭遇施工中困難問題點，不外乎為汛期期間河川豐沛水流之威脅工進，因此施工前瞭解河川水流特性是必要的課題，藉此適當安排橋梁跨河工程作業工項，掌握河川枯水期之施工進度或完成要徑工項，以期將影響降至最低，另如能建立橋梁改建工程風險管理策略，將可更有效控制工期、確保施工安全及提升施工品質。

本工程如期如質及「零工安事故」順利完成，並於 96 年 7 月 20 日全線開放通車服務社會大眾；或許施工過程遭受不少外在不利條件之影響，但仍在上級長官戮力指導及全體工程人員全力配合下，順利完成本項使命，在此將這份榮耀與成果獻給每位參與本工程之人員。改建前後回顧詳照片 49~54 所示。



照片 53 里嶺大橋改建後全景(一)



照片 54 里嶺大橋改建後全景(二)

本刊啟事

訂閱本局「台灣公路工程」之台北郵政劃撥儲金帳戶即日起變更帳號為 **10286620** 號，收款帳戶名稱為「交通部公路總局」，敬請本刊新舊知繼續愛顧。

原使用帳號 0007412-6，因應本局會計作業，停止使用。

95年0609豪雨、碧利斯颱風省道災害成因 及復建工程執行成效（一）

許瀨文*

摘 要

近來台灣地區因超大豪雨之集中降雨量、颱風侵襲及 88 年 921 地震災害後地質尚未穩定而導致災害損毀的案件繁多。本局 95 年的災害損失估計金額更高達 24 億 8 千萬，而省道為台灣各地區重要的對外連絡道路，因此災後本局立即搶修交通中斷之道路並著手復建工程之執行，並予以記錄災因、災情並研擬復建工法及概估經費，本局彙整後提報交通部向行政院申請災害復建經費補助。本報告即將災害搶修及復建工程紀錄予於整理歸納，並將災害造成公路之破壞模式及致災原因統計分析，期能藉由災後檢討尋找更周全防止災害發生之因應對策。

另 95 年道路雖然災情嚴重，但本局憑藉著既有之健全組織體制及長久累積之工作經驗，在未滿一年之最短時間內復建工程之執行率達百分之九十五以上，且復建工程執行結果良好，因此將災情最嚴重路段台 8 線沿途部分復建工程提出執行成果案例說明，冀能作為以後發生災情之處理借鏡，並預先避免致災原因之發生，使道路災害損失減至最低。

ABSTRACT

In recent years, Taiwan has been suffering from many natural disasters, such as the concentrated precipitation that has come with enormous torrential rains and storms, typhoon attacks and the unstable geological formation after 921 Earthquake in 1999. According to the data of Directorate General of Highways, the damage due to natural disasters is a worrisome 2.48 billion TWD in 2006 along. As the provincial highways are the vital links for many regions to connect with other parts of Taiwan, DGH has to start repairing the disabled roads immediately after the conditions have happened while planning the restoration. Also, DGH has to document the causes of damage and what these disasters have brought to the road systems in order to devise viable methods of restoration and budgeting plans. After summarizing

* 交通部公路總局養路組 幫工程司

all these, DGH will submit restoration reports to Ministry of Communications and Transportation for requesting disaster damage funding. In this report, the author has collected the records of repairs and restoration of the damages and intends to summarize them, while the data collected is analyzed statistically for the destruction patterns of highways and the causes of these damages based on these disasters. In doing so, it is hoped that a better response policy can be established via thorough aftermath reviews and analysis to keep damages from happening.

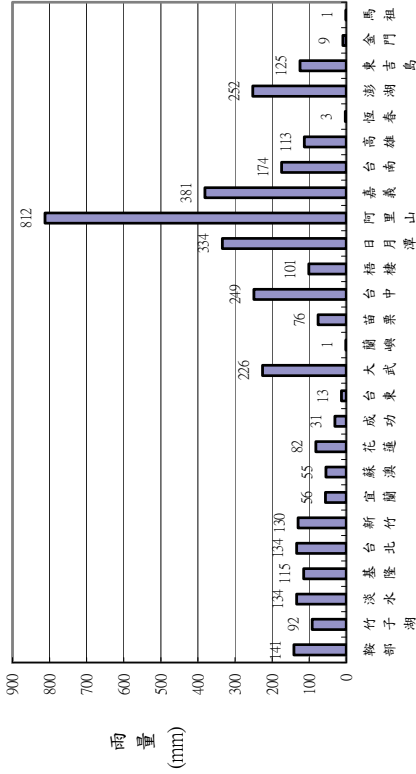
Despite of severe damages to the roads in 2006, DGH have been able to complete more than 95% of restoration works in less than a year thanks to a sound organizational system and the experience that has been accumulated in all these years, and the completed restoration works are very impressive. Therefore in this report, the author would like to provide a case study on the restoration along several sections of Tai 8 Line which were devastated in previous disasters, hoping that the study is sufficient for reference of how to deal with similar situations in the future and that the potential causes of damage can be foreseen and avoided in order to minimize the damages to the highway systems.

一、前言

臺灣位於西北太平洋與東亞交界地帶，每年 5 月至 11 月常受颱風豪雨侵襲，尤其以 7、8、9 月最頻繁。太平洋 95 年有 24 個颱風生成，臺灣發布颱風警報的有珍珠、艾維尼、碧利斯、凱米、桑美、寶發、珊珊等 7 個颱風（中央氣象局、颱風資料庫網頁 <http://61.56.13.28/data.php>）。颱風、豪雨一直是臺灣地區重大天然災害成因之一。95 年 6 月 9 日豪雨災害挾帶豐沛水汽，為臺灣地區帶來大豪雨，其中阿里山觀測站 24 小時累積總雨量高達 812 毫米；另當年 7 月 12 日~15 日碧利斯颱風在恆春半島以北至新竹及台東地區有大豪雨，尤其南投以南山區；以屏東縣上德文累積雨量 907 毫米最高，次為高雄縣溪南 728 毫米。0609 豪雨及碧利斯颱風分別由於降雨強度大和總雨量大（如圖 1-1~1-3），使得山區沿河岸道路及橋梁受損極為嚴重。

由於災害範圍廣泛且災情嚴重，致 95 年度預算之災害準備費不足以支應當年度豪雨、颱風天然災害搶修及復建工程經費，因此依規定向行政院申請專案補助。本文就 95 年 0609 豪雨及碧利斯颱風災害提報行政院申請專案災害經費補助資料，進行災害地點、災情說明及破壞模式分類與工程經費統計彙整，探討本局轄管省道較易因豪雨、颱風產生災害之路段；並希望藉由彙整各工程處災害提報資料及搶修和復建工程處理執行成果，為本局所屬養護單位面對災害處理經驗之交流參考，另呈現本局同仁在 95 年豪雨颱風災害搶修及復建工程努力執行之成果。

0609 豪雨 2006年6月9日總雨量(mm)分佈圖



0609 豪雨 2006年6月8-10日總雨量(mm)分佈圖

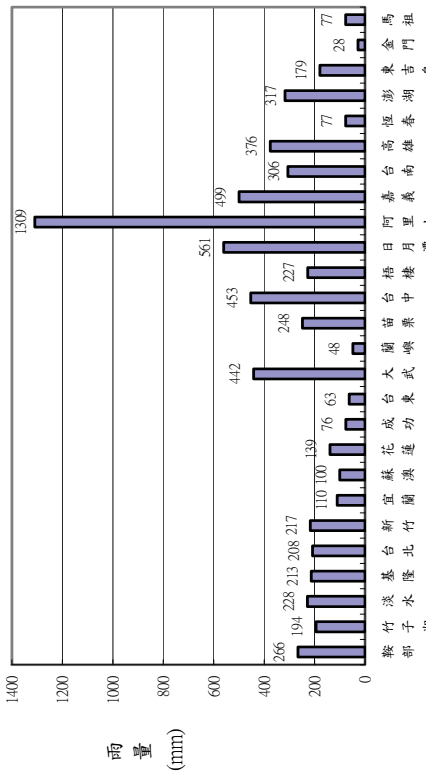


圖 1-1 0609 豪雨各地總雨量圖 (資料來源:根據中央氣象局網站統計)

圖 1-2 0609 豪雨各地 3 日累積總雨量圖 (資料來源:根據中央氣象局網站統計)

NO : 262 (JTWC : 0306) 2006年7月12-15日BILIS 颱風總雨量(mm)分佈圖

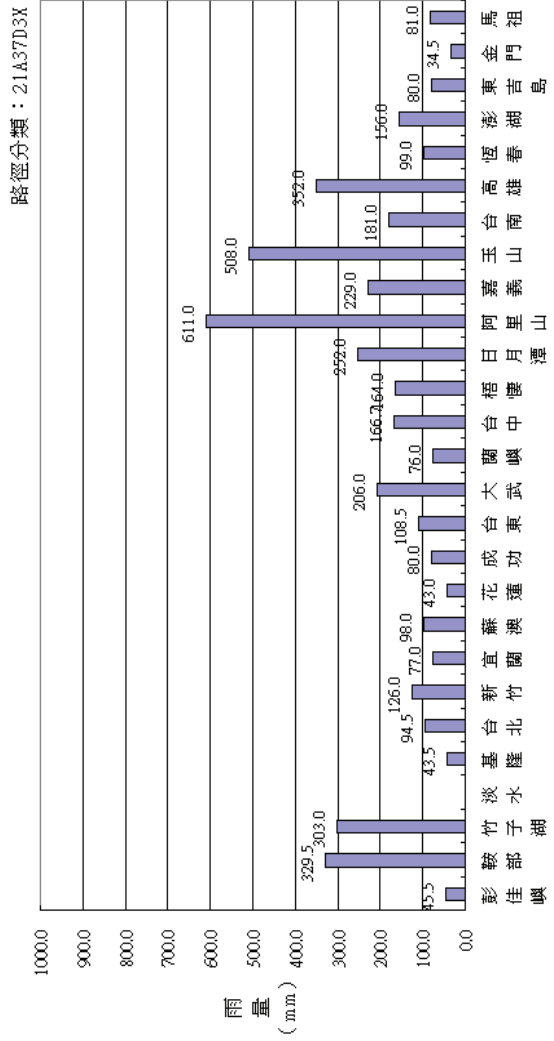


圖 1-3 碧利斯颱風各地累積總雨量圖 (資料來源:中央氣象局颱風資料庫)

二、災害情形

2.1 災情概述

公路總局轄管省道之邊坡破壞共 110 處，主要邊坡災害為二工處 63 處及三工處 23 處；橋梁損壞共 7 座分別為二工處 5 座（台 3 線蘭勢大橋、台 8 線達盤橋、台 8 線晉元橋鋼便橋、台 8 線靈甫橋、台 13 線后豐大橋）、三工處 2 座（台 20 線甲仙大橋、撒拉阿鳴橋）【以上統計為經費超過 100 萬以上地點】，另坍方土石清除 474 處，如表 2-1 災情統計。

災害名稱	橋梁破 (損)壞	上邊坡滑動、上 邊坡擋土牆破壞	下邊坡滑動、下邊坡 擋土牆(含護岸擋土 牆崩坍、河道內結構 物破壞)破壞	整體破壞	坍方 清除
0609 豪雨	5 座	25 處	60 處	5 處	404 處
碧利斯颱風	2 座	6 處	12 處	2 處	70 處

表 2-1 災情統計

2.2 災損經費統計

0609 豪雨災害及碧利斯颱風各工程處災害搶修工程經費提報合計 340,908 千元，案件數達 236 件；復建工程經費提報合計 2,149,333 千元，案件數 112 件。

災害經費提報統計分 0609 豪雨災害及碧利斯颱風敘述如下：

1. 0609 豪雨災害成立專案災害向行政院申請專案補助各工程處所提報經費：搶修工程部分各工務段初步查估數 231,956 千元、經工程處派員複查後核定數 306,834 千元，成立案件數 167 件；復建工程部分工務段初步查估數 1,987,135 千元，經工程處及單一地點復建經費超過 500 萬元由局派員複查後核定數為 1,928,741 千元，案件數 75 件。各區養護工程處所提報災害經費統計、案件數及位置地點詳如表 2-2~2-4 及圖 2-1、2-2。
2. 碧利斯颱風成立專案災害向行政院申請專案補助各工程處所提報經費：搶修工程部分工務段初步查估數 57,725 千元、經工程處派員複查後核定數 34,074 千元，案件數 69 件；復建工程部分工務段初步查估數 231,992 千元，經工程處及單一地點復建經費超過 500 萬元由局派員複查後核定數為 220,592 千元，案件數 37 件。各區養護工程處所提報災害經費統計、案件數及位置地點詳如表 2-5~2-7 及圖 2-3、2-4。

交通部公路總局95年6月豪雨災害公共設施災害搶修申請勻支或補助總表							單位：千元
工程類別	受災單位查估數			受災單位可籌財源			申請中央補助數
	初步查估數	複查核定數	案件數	災害準備金可支用數 (請填附表一之一)	調整年度預算數		
					業務或工作 計畫名稱	編列數	
(A)	(B)	(C)	(D)=(A)-(B)-(C)				
道路橋樑工程第一區養護工程處(搶修部分)	18,506	16,845	13	306,834			/
道路橋樑工程第二區養護工程處(搶修部分)	182,174	151,144	9				
道路橋樑工程第三區養護工程處(搶修部分)	1,480	109,428	3				
道路橋樑工程第四區養護工程處(搶修部分)	19,305	18,826	45				
道路橋樑工程第五區養護工程處(搶修部分)	10,491	10,491	97				
總計	231,956	306,834	167	306,834			0

表 2-2 6 月豪雨災害公共設施災害搶修申請勻支或補助總表

交通部公路總局95年6月豪雨災害公共設施災害復建申請勻支或補助總表							單位：千元
工程類別	受災單位查估數			受災單位可籌財源			申請中央補助數
	初步查估數	複查核定數	案件數	災害準備金可支用數 (請填附表一之一)	調整年度預算數		
					業務或工作 計畫名稱	編列數	
(A)	(B)	(C)	(D)=(A)-(B)-(C)				
道路橋樑工程第一區養護工程處(修復部分)	38,206	36,844	3	/			1,928,741
道路橋樑工程第二區養護工程處(修復部分)	1,742,523	1,739,103	35				
道路橋樑工程第三區養護工程處(修復部分)	167,482	116,031	14				
道路橋樑工程第四區養護工程處(修復部分)	4,752	4,752	1				
道路橋樑工程第五區養護工程處(修復部分)	34,172	31,911	22				
總計	1,987,135	1,928,741	75				1,928,741

表 2-3 6 月豪雨災害公共設施災害復建申請勻支或補助總表

表 2-4 省道 95 年 6 月豪雨災害位置及經費統計表

單位：千元

省 道 部 份							
處別	段 別	縣市別	地 點	搶修費	修復費	小 計	備註
一工處	景美段	台北縣	台 2 線 83k+165~93k+580	4,044	0	4,044	
	中和段	台北縣	台 9 甲線 11k+070	2,511	0	2,511	
	中壢段	桃園縣	台 1 線 18k+350~19k+238	28	0	28	
		桃園縣	台 1 甲線 20k+250~20k+270	20	0	20	
		桃園縣	台 66 線 10k+950~11k+080	0	2,636	2,636	
	新竹段	新竹市	台 1 線 89k+300	6,809	32,125	38,934	
		新竹縣	台 3 線 80k+500	1,790	0	1,790	
	復興段	桃園縣	台 3 乙線 9k+200	3	0	3	
		桃園縣	台 4 線 35K+700	15	0	15	
		桃園縣	台 7 線 17K~56K	1,725	2,183	3,908	
			小 計	16,945	36,944	53,889	
二工處	苗栗段	苗栗縣	台 1 線 100k~123k	198	0	198	
		苗栗縣	台 3 線 101k~149k	47,211	661,575	708,786	含台 3 線 149k+635 蘭勢大橋搶修 47,000 千元，改建經費 6.6 億。
		苗栗縣	台 6 線 6k~29k	191	12,570	12,761	
		苗栗縣	台 13 線 20k~32k	40	1,848	1,888	
		苗栗縣	台 61 線 108k~109k	11	0	11	
	台中段	台中縣	台 13 線 63k+852 后豐大橋	0	20,648	20,648	
	谷關段	台中、南投縣	台 8 線 7k~112k	62,996	821,073	884,069	
		台中縣	台 7 甲線 45k~73k	2,958	33,477	36,435	
		台中縣	台 21 線 0k~17k	0	12,224	12,224	
	埔里段	南投縣	台 14 線 61k~99k	1,747	80,822	82,569	
		南投縣	台 14 甲線 4k~30k	671	31,208	31,879	
		南投縣	台 21 線 31k~58k	1,127	0	1,127	
	信義段	南投縣	台 16 線 21k~37k	308	17,500	17,808	
		南投縣	台 18 線 84k~93k	163	6,809	6,972	
		南投縣	台 21 線 78k~142k	33,523	39,349	72,872	
			小 計	151,144	1,739,103	1,890,247	

省 道 部 份							
處別	段 別	縣市別	地 點	搶修費	修復費	小 計	備註
三工處	潮州段	屏東縣	台 24 線 23k~42k	1,480	55,008	56,488	
	甲仙段	高雄縣	台 20 線 69k~138k	97,978	9,351	107,329	
		高雄縣	台 27 線 6k~20k	9,970	28,325	38,295	
	關山段	台東縣	台 20 線 154k+200	0	17,347	17,347	
			小 計	109,428	110,031	219,459	
四工處	南澳段	宜蘭縣	台 9 線	4,406	0	4,406	
	花蓮段	花蓮縣	台 9 線 169k~170k	39	0	39	
		花蓮縣	台 11 線 10k~59k	946	0	946	
		花蓮縣	台 11 甲線 6k~11k	67	0	67	
	洛韶段	花蓮縣	台 8 線 112k~150k	7,143	0	7,143	
		花蓮縣	台 14 甲線 33k~41k	4,845	0	4,845	
	獨立山 段	宜蘭縣	台 7 甲線	1,380	4,752	6,132	
			小 計	18,826	4,752	23,578	
五工處	曾文段	嘉義縣	台 3 線 298k~350k	6,334	22,367	28,701	
		臺南縣	台 20 線 50k~52k	385	1,288	1,673	
		臺南縣	台 20 乙線 3k~6k	39	0	39	
	阿里山 段	嘉義縣	台 18 線 21k~69k	3,733	8,256	11,990	
			小 計	10,491	31,911	42,402	
省 道 總 計				306,834	1,922,741	2,229,575	

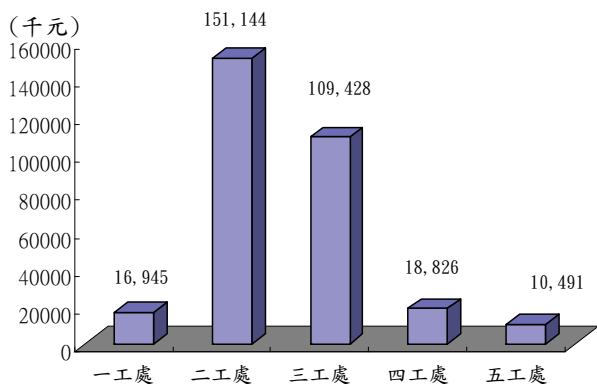


圖 2-1 0609 豪雨災害各工程處搶修需求經費

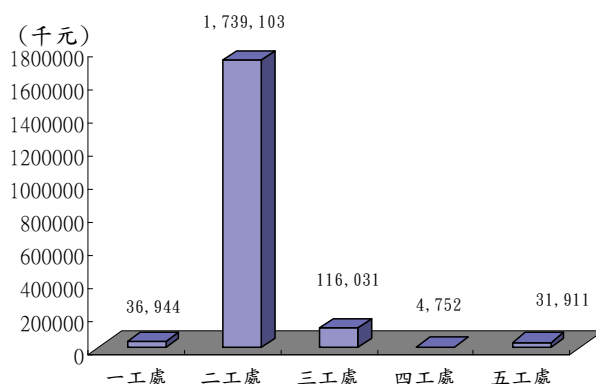


圖 2-2 0609 豪雨災害各工程處復建需求經費

交通部公路總局95年碧利斯颱風災害公共設施災害搶修申請勻支或補助總表							單位：千元
工程類別	受災單位查估數			受災單位可等財源			申請中央補助數
	初步查估數	複查擬定數	案件數	災害準備金可支用數(請填附表一之一)	調整年度預算數		
					業務或工作計畫名稱	編列數	
	(A)			(B)		(C)	(D)=(A)-(B)-(C)
道路橋樑工程第一區養護工程處(搶修部分)	5,030	4,507	3	/			34,074
道路橋樑工程第二區養護工程處(搶修部分)	19,435	19,272	8				
道路橋樑工程第三區養護工程處(搶修部分)	0	0	0				
道路橋樑工程第四區養護工程處(搶修部分)	30,046	7,081	25				
道路橋樑工程第五區養護工程處(搶修部分)	3,214	3,214	33				
總計	57,725	34,074	69	0			34,074

表 2-5 碧利斯颱風災害公共設施災害搶修申請勻支或補助總表

交通部公路總局95年碧利斯颱風災害公共設施災害復建申請勻支或補助總表							單位：千元
工程類別	受災單位查估數			受災單位可等財源			申請中央補助數
	初步查估數	複查擬定數	案件數	災害準備金可支用數(請填附表一之一)	調整年度預算數		
					業務或工作計畫名稱	編列數	
	(A)			(B)		(C)	(D)=(A)-(B)-(C)
道路橋樑工程第一區養護工程處(修復部分)	1,435	1,384	1	/			220,592
道路橋樑工程第二區養護工程處(修復部分)	16,875	15,360	1				
道路橋樑工程第三區養護工程處(修復部分)	167,369	165,135	11				
道路橋樑工程第四區養護工程處(修復部分)	28,600	21,000	1				
道路橋樑工程第五區養護工程處(修復部分)	17,713	17,713	23				
總計	231,992	220,592	37				220,592

表 2-6 碧利斯颱風災害公共設施災害復建申請勻支或補助總表

表 2-7 省道 95 年碧利斯颱風災害經費統計表

單位：千元

省 道 部 份							
處別	段 別	縣市別	地 點	搶修費	修復費	小 計	備註
一工處	中和段	台北縣	台 9 甲線 0k~19k	304	0	304	
	復興段	桃園縣	台 7 線 29K~53K	4,203	1,384	5,587	
			小 計	4,507	1,384	5,891	
二工處	苗栗段	苗栗縣	台 1 線 100k~137k	272	0	272	
		苗栗縣	台 3 線 142k~149k	3,608	0	3,608	
		苗栗縣	台 6 線 6k~25k	107	0	107	
	谷關段	台中縣	台 8 線 0k~112k	577	0	577	
		台中縣	台 7 甲線 45k~73k	75	0	75	
	埔里段	南投縣	台 14 線 78k~91k	2,316	0	2,316	
	信義段	南投縣	台 16 線 23k~41k	1,671	0	1,671	
		南投縣	台 18 線 83k~87k	41	0	41	
		南投縣	台 21 線 80k~144k	10,605	15,360	25,965	
				小 計	19,272	15,360	34,632
三工處	高雄段	高雄縣	台 21 線 280k	0	50,000	50,000	
	台東段	台東縣	台 23 線 21k	0	6,041	6,041	
	甲仙段	高雄縣	台 20 線 58k~127k 段災害	0	52,884	52,884	
		高雄縣	台 21 線 231k~20k 段災害	0	38,000	38,000	
	關山段	台東縣	台 20 線 161k+300 處災害	0	12,852	12,852	
	楓港段	台東縣	台 9 線 464k	0	5,358	5,358	
				小 計	0	165,135	165,135
四工處	南澳段	宜蘭縣	台 9 線 114k~145k	1,759	0	1,759	
	花蓮段	花蓮縣	台 11 線 27k~42k	1,117	21,000	22,117	
	獨立山 段	宜蘭縣	台 7 線	839	0	839	
		宜蘭縣	台 7 甲線	3,366	0	3,366	
				小 計	7,081	21,000	28,081
五工處	曾文段	嘉義、 臺南縣	台 3 線 288k~390k	264	14,437	14,701	
		臺南縣	台 20 線 50k~52k	284	2,898	3,182	
		臺南縣	台 20 乙線 3k~6k	30	378	408	
	阿里山 段	嘉義縣	台 18 線 22k~65k	2,636	0	2,636	
				小 計	3,214	17,713	20,927
省 道 總 計				34,074	220,592	254,666	

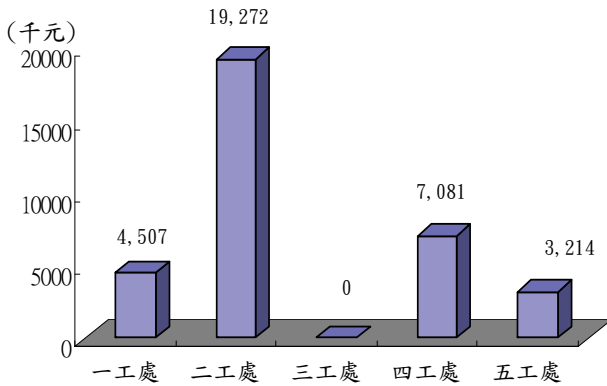


圖 2-3 碧利斯颱風災害各工程處搶修需求經費

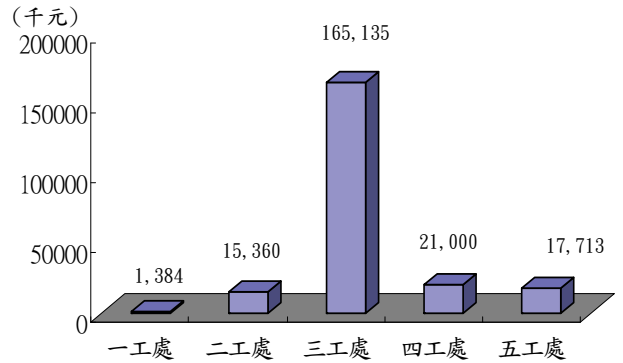


圖 2-4 碧利斯颱風災害各工程處復建需求經費

2.3 搶修及復建工程經費分級統計

依據各工程處提報 0609 豪雨及碧利斯颱風之災害資料，將經費 10 萬元以上災害地點統計如下表 2-8 及圖 2-5 ~ 2-6：

表 2-8 搶修及復建工程經費分級統計

單位：處

	一工處		二工處		三工處		四工處		五工處	
	搶修	復建	搶修	復建	搶修	復建	搶修	復建	搶修	復建
10~100 萬	7	0	70	14	5	1	21	0	21	21
100~500 萬	4	3	29	52	2	8	8	1	2	8
500 萬~5000 萬	1	1	6	32	6	14	0	1	0	3
5000 萬以上	0	0	0	6	0	1	0	0	0	0

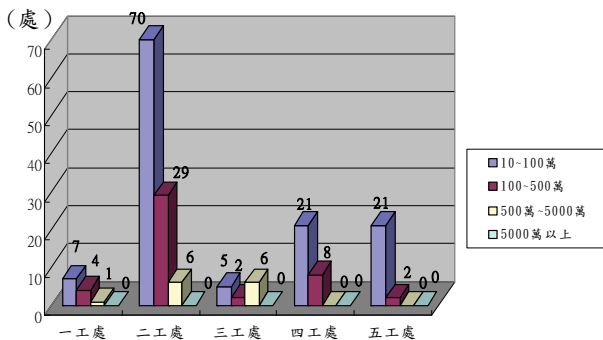


圖 2-5 搶修工程經費分級統計

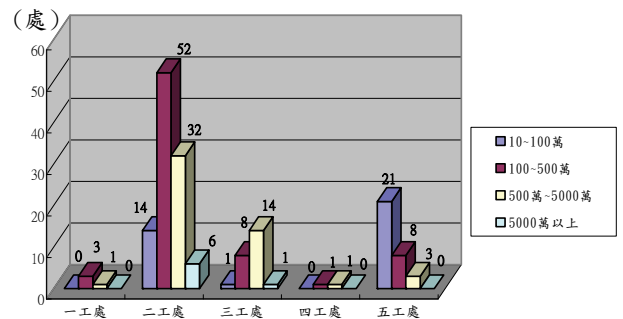


圖 2-6 復建工程經費分級統計

三、災害成因

3.1 破壞模式

經統計省道發生天然災害所造成之損壞主要區分為道路邊坡破壞及橋梁破壞兩大類型。

3.1.1 邊坡破壞模式

主要的破壞型式分類乃由各工程處提報書面所附災害之照片、災損現況情形概述資料判斷，並參考工程會所訂定之災害提報格式內容將本局道路邊坡主要歸納為以下 6 種破壞模式：

1.道路上方邊坡滑動約佔 19%、2.道路下方邊坡滑動約佔 19%、3.道路上方邊坡擋土牆破壞約佔 6%、4.道路下方邊坡擋土牆破壞（含護岸擋土牆崩坍、河道內結構物破壞【便道、擋土牆基礎破壞】）合計約佔 45%、5.整體性破壞約佔 4%、及 6.介面破壞約佔 7%，如圖 3-1。

茲將上述破壞模式，依序說明如下：

1. 道路上方邊坡滑動

道路上方無擋土設施，自然邊坡由於人為過度開發使用及野溪未及時整治，於豪雨颱風期間造成邊坡土壤含水量增加而突然失去平衡產生邊坡滑動破壞，如圖 3-2 所示。

2. 道路下方邊坡滑動

道路下方無擋土設施，颱風豪雨來臨期間，坡面因土壤內水分增加而突然失去平衡，造成道路下邊坡不穩定，導致土石崩落、路基淘空危及交通安全¹，如圖 3-3 所示。

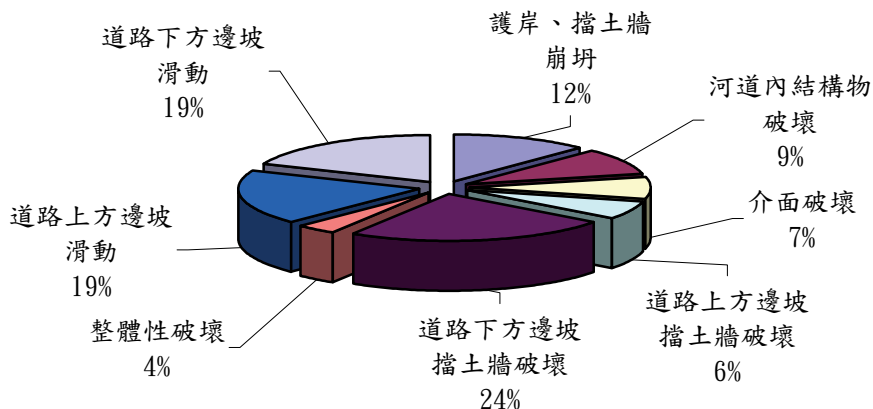


圖 3-1 95 年災害復建工程邊坡破壞模式

¹ 摘自”張哲豪等人，93 年歷次颱風災害相關縣市政府所提復建工程案件災害成因之檢討與分析”



圖 3-2 道路上方邊坡滑動。(照片來源：二工處谷關段)



圖 3-3 道路下方邊坡滑動。

(照片來源：二工處谷關段、五工處阿里山段)

3. 道路上方邊坡擋土牆破壞

當坡面過於陡峭或因覆蓋表層嚴重風化及岩體破碎時，颱風豪雨來臨時，集中降雨使土體充滿水，於是側向土壓力增加，道路上方擋土牆基礎強度不足無法承受而導致破壞¹，如圖 3-4 所示。



圖 3-4 道路上方邊坡擋土牆破壞圖示。(照片來源：二工處谷關段)

4. 道路下方邊坡擋土牆破壞

颱風豪雨期間之集中降雨使得道路下方土體因雨水入滲，側向土壓力增加，道路下方擋土牆無法承受而導致結構體龜裂、斷裂甚至掉落，土體無側向支撐滑落至下邊坡，於是道路塌陷阻礙交通¹，如圖 3-5 所示。



圖 3-5 下邊坡護岸擋土牆崩坍。

(照片來源：一工處新竹段、三工處甲仙段、關山段)

5. 整體性破壞

在邊坡破壞中，此種屬大規模、大尺度的破壞。由於降雨造成土壤含水量增加，再加上邊坡土質鬆軟、坡度過大使得大量土石由道路邊坡上下同時滑落，道路嚴重變形損壞，路基流失則稱『整體性破壞』¹。如圖 3-6 所示。

6. 介面破壞

通常在河道兩邊護岸如果混凝土硬式護岸延伸最終點為土質邊坡，往往在土質邊坡會造成破壞，這類情形將其歸類為介面破壞²。但本局各工程處所提之書面資料統計，所指之介面破壞為道路下邊坡擋土設施與河道交接處產生之破壞情形，如圖 3-7 所示。



圖 3-6 整體性破壞。(照片來源：二工處信義段、三工處甲仙段、潮州段)



圖 3-7 介面破壞。(照片來源：二工處谷關段)

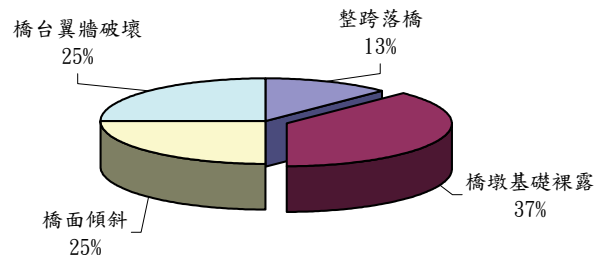


圖 3-8 95 年災害復建工程橋梁破壞模式

² 摘自“94 年歷次颱風災後復建工程案件災害成因之檢討分析及災害復建作業資料處理之整體評估”

3.1.2 橋梁破壞模式

本局道路橋梁主要破壞模式可分為以下 4 類型：在 7 座橋梁破壞情形統計，其中橋墩基礎裸露佔 37%、橋面傾斜佔 25%、橋台翼牆破壞佔 25%及整跨落橋佔 13%，如圖 3-8、3-9。



圖 3-9 橋梁破壞模式（照片來源：二工處苗栗、台中、谷關段）

3.2 致災原因

由於災情遍及本省各主要山區道路，重大災害路段為台 8 線、台 20 線，主要原因由於降雨量過大且集中、土質鬆軟、水路流速過大凹岸沖刷、坡面之地質構造、排水不良問題等因素。依各工程處提報書面資料將搶修工程和復建工程致災原因依邊坡破壞及橋梁破壞兩大類型分別歸納如下。搶修工程致災原因主要由於土質鬆軟佔 31%、排水不良佔 28%、水路流速過大，使基腳掏空或沖毀佔 27%，詳如表 3-1。復建工程部分依邊坡破壞分類致災原因主要為土質鬆軟佔 21%、排水不良佔 13%、坡度過大佔 12%，詳如表 3-2；橋梁破壞之致災原因主要由於洪水沖刷掏空佔 67%，詳如表 3-3。

破壞類型	破壞模式	致災原因	百分比 %
邊坡破壞	1.道路上、下方邊坡滑動 2.道路上方邊坡擋土牆破壞 3.道路下方邊坡擋土牆破壞（含護岸擋土牆崩坍、河道內結構物破壞） 4.整體性破壞 5.介面破壞	擋土結構強度不足	2
		擋土牆長度不足	1
		擋土牆高度不足	3
		土質鬆軟	31
		排水不良	28
		坡度過大	4
		水路流速過大，使基腳掏空或沖毀。	27
		水路流速過大，使護岸面被淘刷。	3
	存在介面	1	

表 3-1 95 年災害搶修工程邊坡破壞致災原因

破壞類型	破壞模式	致災原因	百分比 %
邊坡破壞	1.道路上、下方邊坡滑動 2.道路上方邊坡擋土牆破壞 3.道路下方邊坡擋土牆破壞（含護岸擋土牆崩坍、河道內結構物破壞） 4.整體性破壞 5.介面破壞	擋土結構強度不足	3
		擋土牆長度不足	1
		擋土牆高度不足	1
		土質鬆軟	21
		排水不良	13
		坡度過大	12
		水路流速過大，使基腳掏空或沖毀。	8
		水路流速過大，護岸面被異物撞擊損毀。	4
		水路流速過大，使護岸面被淘刷。	7
		坡面無排水設施(自然邊坡)	9
		設計不足	3
		坡面排水不良	7
		道路排水不良	6
	水路流量過大造成溢流，使臨水構造物損壞。	5	

表 3-2 95 年災害復建工程邊坡破壞致災原因

破壞類型	破壞模式	致災原因	百分比 %
橋梁破壞	1.整跨落橋 2.橋墩基礎裸露 3.橋面傾斜 4.橋台翼牆破壞	洪水沖刷，橋墩傾斜	11
		洪水沖刷掏空	45
		洪水沖刷基礎橋台背牆位移	22
		翼牆與橋台旁防洪牆共構基礎遭洪水沖刷破壞	22

表 3-3 95 年災害復建工程橋梁破壞致災原因

由上述致災原因統計資料又可將災害之發生分為自然（豪雨、颱風）及人為（不當開發、人類活動）兩因素，綜合書面資料之彙整，引致本局公路災害發生之主因，大致可歸納如下：

1. 降雨量過大且集中

根據交通部中央氣象局 93 年 11 月 25 日最新修訂之「大雨」及「豪雨」定義如下：(1) 大雨：指 24 小時累積雨量達 50 毫米以上，且其中至少有 1 小時雨量達 15 毫米以上之降雨現象。(2) 豪雨：指 24 小時累積雨量達 130 毫米以上之降雨現象。若 24 小時累積雨量達 200 毫米以上稱之為大豪雨；24 小時累積雨量達 350 毫米以上稱之為超大豪雨。另據學者研究發現，如果 24 小時內累積雨量達到 200 毫米以上，很多山區就有可能發生土石流，而 24 小時內累積雨量達 350 毫米以上，許多地區就可能發生淹水。

0609 豪雨災害帶來阿里山觀測站 6 月 8~10 日之累積總雨量高達 1309 毫米、碧利斯颱風 7 月 12~15 日之累積總雨量高達 611 毫米，豐沛雨量致山區集水區之水量大增，造成山洪暴發、溪水暴漲及土石流等嚴重災情，如圖 3-10，例如台 8 線谷關、梨山地區。



圖 3-10 土石流及溪水暴漲情形。

(照片來源：二工處谷關段)

2. 山區地質及地形不良（土質鬆軟）

部分公路路線經過之山區地形陡峭、地質構造脆弱、岩層節理發達、順向坡或崩積層等脆弱區域，在 921 地震後使原本破碎的山區地質更加脆弱於豪雨作用下易導致崩塌及土石流災害而造成交通阻斷危及行車安全，如圖 3-11。



圖 3-11 邊坡崩坍情形（照片來源：三工處）

3. 河（溪）流的沖蝕作用

由於上游土石崩落導致下游河底淤積改道，致使部分公路路基因河（溪）流改道而位於河川凹岸（或稱攻擊坡）位置，於洪水暴漲時易遭受洪水沖蝕作用，造成路堤坡址或擋土構造物基礎沖毀，導致路基流失形成缺口，如圖 3-12，例如台 8 線谷關、台 27 線六龜地區。



圖 3-12 河（溪）流沖蝕道路損壞情形。（照片來源：二工處谷關段、三工處甲仙段）

4. 集水區的不當開發

山坡地超限利用、過度開發致地表喪失水土保持能力，遇雨即造成土壤流失形成災害，例如中部地區（台 8 線梨山地區）省道上邊坡產生坍塌破壞，如圖 3-13。

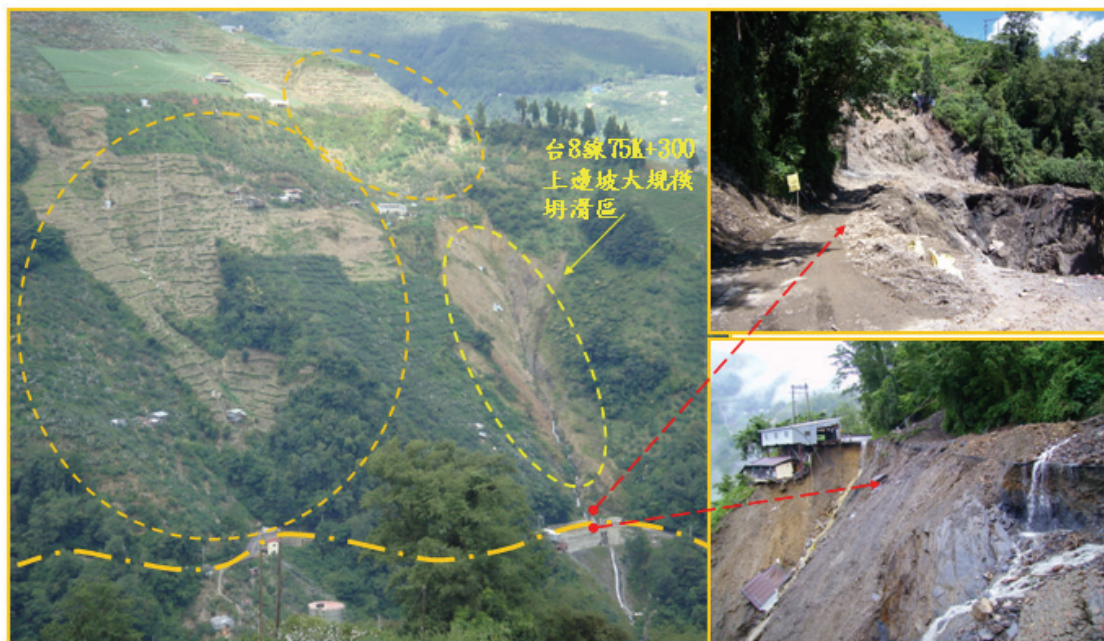


圖 3-13 集水區不當開發造成道路損壞情形。（照片來源：二工處谷關段）

5. 工程設計、管理疏失

道路排水系統規劃、設計、施工或維護不佳，如早期國內山區道路因考量安全性多施設紐澤西護欄以維行車安全，而此型護欄易阻隔路面逕流之排除，於豪雨時常形成漫地流並因地形高差之影響，集中於紐澤西護欄之缺口或下坡彎道外側大量逕流而出沖蝕下邊坡。另部分山區公路排水設施，遭受當地居民以雜物或混凝土阻塞將水隨意導流，也導致暴雨時造成逕流集中並往低處匯流，沖蝕道路下邊坡路基以致形成缺口，如圖 3-14。



圖 3-14 道路排水不良情形

(未完待續)