



交通部臺灣區國道高速公路局

高速公路後續路段橋梁耐震補強工程

建設計畫 (定稿本)

中 華 民 國 104 年 12 月

高速公路後續路段橋梁耐震補強工程 建設計畫(定稿本)

目 錄

第一章 計畫緣起	1-1
1.1 依據	1-1
1.2 未來環境預測	1-3
1.3 問題評析	1-5
1.4 社會參與及政策溝通情形	1-7
第二章 計畫目標	2-1
2.1 目標說明	2-1
2.2 達成目標之限制	2-3
2.2.1 資金來源之限制	2-3
2.2.2 汛期施工之限制	2-3
2.2.3 高速公路橋下用地與路權	2-3
2.3 績效指標、衡量標準及目標值	2-4
2.3.1 績效指標	2-4
2.3.2 衡量標準	2-4
2.3.3 目標值	2-5
第三章 現行相關政策及方案之檢討	3-1
3.1 相關計畫與本工程之關係	3-1
3.2 現況分析	3-1
3.2.1 橋梁基本資料分析	3-1
3.2.2 現況交通量蒐集及研析	3-1
3.2.3 橋址大地基本資料研析	3-11
3.2.4 河川橋基本資料研析	3-17
3.2.5 環境影響衝擊初步說明	3-22
3.2.6 環境衝擊減輕對策	3-24
第四章 執行策略及方法	4-1
4.1 主要工作項目	4-1
4.1.1 支承及防止落橋補強	4-1
4.1.2 橋柱包覆補強	4-1

4.1.3	鋼橋墩之補強	4-2
4.1.4	基礎補強	4-2
4.1.5	RC帽梁及接頭之補強	4-2
4.1.6	隔震消能耐震補強	4-2
4.1.7	土壤液化及邊坡補強	4-3
4.1.8	沖刷防治與橋基加固補強	4-3
4.2	分期(年)執行策略	4-4
4.2.1	前期高速公路橋梁耐震補強執行情形	4-4
4.2.2	高速公路橋梁地震災損風險評估	4-7
4.2.3	高速公路後續路段橋梁耐震補強優選排序	4-14
4.2.4	高速公路橋梁補強排序結果	4-25
4.2.5	高速公路橋梁耐震補強策略	4-32
4.3	執行步驟(方法)與分工	4-33
4.3.1	橋梁耐震能力之詳細評估	4-33
4.3.2	橋梁耐震補強基本策略	4-33
4.3.3	環境監測計畫	4-35
4.4	全生命週期節能減碳原則	4-37
4.4.1	橋梁補強工程導入碳管理	4-37
4.4.2	橋梁補強減少交通繞行碳排放指標	4-38
第五章	期程與資源需求	5-1
5.1	計畫期程	5-1
5.2	所需資源說明	5-1
5.3	經費來源及計算基準	5-2
5.3.1	經費來源	5-2
5.3.2	計算基準	5-2
5.4	經費需求及與中程歲出概算額度配合情形	5-4
5.4.1	經費需求	5-4
5.4.2	物價調整後之分年經費	5-4
第六章	預期效果及影響	6-1
6.1	基本假設	6-1
6.2	評估方法	6-1
6.3	成本評估項目	6-2
6.4	效益評估項目	6-3

6.4.1	耐震補強直接效益	6-4
6.4.2	耐震補強間接效益	6-5
6.5	經濟效益評估結果	6-15
6.6	敏感度分析	6-18
第七章	財務計畫	7-1
7.1	工程資金來源	7-1
7.2	財源籌措	7-1
第八章	附則	8-1
8.1	替選方案之分析及評估	8-1
8.1.1	分年經費概估	8-1
8.1.2	成本效益分析	8-10
8.1.3	小結	8-18
8.2	風險評估	8-19
8.2.1	風險管理架構與步驟	8-19
8.2.2	風險項目評估	8-21
8.2.3	風險處理構想	8-23
8.2.4	預估殘餘風險初步分析	8-24
8.3	相關機關配合事項	8-24
8.4	中長程個案計畫自評檢核表	8-25
8.5	性別影響評估	8-25
附錄一	中長程個案計畫自評檢核表	
附錄二	性別影響評估檢視表	
附錄三	高速公路後續路段橋梁資料統計表	
附錄四	節能減碳之評估檢核表	
附錄五	報部前審查會議紀錄及審查意見辦理情形彙整表	
附錄六	交通部審查回復函及辦理情形彙整表	
附錄七	行政院核定函	

高速公路後續路段橋梁耐震補強工程 建設計畫(定稿本)

表 目 錄

表 1.2-1	國道歷年百萬延車公里統計	1-3
表 1.3-1	耐震補強橋梁數量及支出	1-6
表 2.1-1	計畫範圍表	2-1
表 3.2-1	依國道別之橋梁面積統計表	3-2
表 3.2-2	依設計規範年度之橋梁面積統計表	3-2
表 3.2-3	研究範圍內國道主線路段平日全日交通量彙整表(1/4).....	3-3
表 3.2-3	研究範圍內國道主線路段平日全日交通量彙整表(2/4).....	3-4
表 3.2-3	研究範圍內國道主線路段平日全日交通量彙整表(3/4).....	3-5
表 3.2-3	研究範圍內國道主線路段平日全日交通量彙整表(4/4).....	3-6
表 3.2-4	研究範圍內地區道路穿(跨)越國道主線路段平日全日交通量彙整表(1/4)	3-7
表 3.2-4	研究範圍內地區道路穿(跨)越國道主線路段平日全日交通量彙整表(2/4)	3-8
表 3.2-4	研究範圍內地區道路穿(跨)越國道主線路段平日全日交通量彙整表(3/4)	3-9
表 3.2-4	研究範圍內地區道路穿(跨)越國道主線路段平日全日交通量彙整表(4/4)	3-10
表 3.2-5	第一類活動斷層及其性質表	3-12
表 3.2-6	各國道橋梁嚴重液化等級與基礎型式關係	3-13
表 3.2-7	各國道橋梁中度液化等級與基礎型式關係	3-13
表 3.2-8	各國道橋梁低度液化等級與基礎型式關係	3-13
表 3.2-9	本工程橋址鄰近邊坡綜整表	3-16
表 3.2-10	工程範圍主要河川治理基本資料表	3-18
表 3.2-11	冲刷潛勢評估為高度及中度風險橋梁彙整表	3-20
表 4.2-1	國道高速公路橋梁耐震補強第 1 期工程範圍表	4-5
表 4.2-2	國道高速公路橋梁耐震補強第 2 期工程建設計畫優先路段表	4-6
表 4.2-3	TELES之典型橋梁分類	4-9
表 4.2-4	各典型橋梁分類之單位重建成本與不同損害狀態之損失比	4-10
表 4.2-5	典型橋梁分類在不同損害狀態之修復時間的平均值與標準差	4-11
表 4.2-6	地震事件損失資料表	4-14
表 4.2-7	本計畫高速公路橋梁耐震補強前後之年平均損失	4-16
表 4.2-8	國道路段耐震補強優選排序指標暨評分結果(1/4).....	4-21
表 4.2-8	國道路段耐震補強優選排序指標暨評分結果(2/4).....	4-22

表 4.2-8	國道路段耐震補強優選排序指標暨評分結果(3/4).....	4-23
表 4.2-8	國道路段耐震補強優選排序指標暨評分結果(4/4).....	4-24
表 4.2-9	國道路段耐震補強路段加權評分排序結果(1/4).....	4-26
表 4.2-9	國道路段耐震補強路段加權評分排序結果(2/4).....	4-27
表 4.2-9	國道路段耐震補強路段加權評分排序結果(3/4).....	4-28
表 4.2-9	國道路段耐震補強路段加權評分排序結果(4/4).....	4-29
表 4.2-10	高速公路後續路段橋梁耐震補強執行建議表	4-30
表 4.2-11	高速公路後續路段橋梁耐震補強執行策略一覽表	4-32
表 4.3-1	施工前環境監測計畫	4-36
表 4.3-2	施工期間環境監測計畫	4-37
表 5.1-1	後續路段橋梁耐震補強工程預定建設時程	5-1
表 5.3-1	前期橋梁耐震補強工程經費統計表	5-3
表 5.4-1	後續路段橋梁耐震補強工程經費估算明細表	5-5
表 5.4-1	後續路段橋梁耐震補強工程經費估算明細表(續).....	5-6
表 5.4-2	後續路段橋梁耐震補強工程分年經費估算表	5-7
表 6.4-1	國內外相關橋梁耐震研究考量之效益項目	6-3
表 6.4-2	國道耐震補強後之年平均效益	6-4
表 6.4-3	個別路段阻斷之每日成本(1/3)	6-6
表 6.4-3	個別路段阻斷之每日成本(2/3)	6-7
表 6.4-3	個別路段阻斷之每日成本(3/3)	6-8
表 6.4-4	地震直接損失及間接損失結果分析表	6-10
表 6.4-5	本計畫高速公路地震情境模擬之年平均效益	6-11
表 6.4-6	日本關西與美國大洛杉磯地區區域特性比較表	6-13
表 6.4-7	比例係數C取值.....	6-14
表 6.5-1	高速公路後續路段橋梁耐震補強成本效益評估表	6-16
表 6.5-1	高速公路後續路段橋梁耐震補強成本效益評估表(續).....	6-17
表 6.5-2	高速公路後續路段橋梁耐震補強經濟效益指標彙整表	6-17
表 6.6-1	經濟效益指標敏感度分析表	6-18
表 7.2-1	工程資金來源與運用估算表(含物價調整).....	7-1
表 8.1-1	方案一、二規劃、評估、設計及施工分標一覽表	8-2
表 8.1-2	方案三、四規劃、評估、設計及施工分標一覽表	8-3
表 8.1-3	方案一分年經費估算表(含物價調整).....	8-6
表 8.1-4	方案二分年經費估算表(含物價調整).....	8-7

表 8.1-5	方案三分年經費估算表(含物價調整).....	8-8
表 8.1-6	方案四分年經費估算表(含物價調整).....	8-9
表 8.1-7	方案一成本效益評估表	8-10
表 8.1-7	方案一成本效益評估表(續).....	8-11
表 8.1-8	方案二成本效益評估表	8-12
表 8.1-8	方案二成本效益評估表(續).....	8-13
表 8.1-9	方案三成本效益評估表	8-14
表 8.1-9	方案三成本效益評估表(續).....	8-15
表 8.1-10	方案四成本效益評估表	8-16
表 8.1-10	方案四成本效益評估表(續).....	8-17
表 8.1-11	各方案經濟效益指標彙整表	8-18
表 8.1-12	各方案總建設經費(含物調)經濟效益指標彙整表.....	8-18
表 8.2-1	風險情境表	8-21
表 8.2-2	風險可能性等級分級表	8-21
表 8.2-3	風險嚴重度等級分級表	8-22
表 8.2-4	風險評值表	8-22
表 8.2-5	風險等級表	8-22
表 8.2-6	風險等級評估	8-23
表 8.2-7	原控制項目下風險圖像矩陣	8-23
表 8.2-8	風險管控與殘餘風險分析	8-24
表 8.2-9	新增控制項目下殘餘風險圖像矩陣	8-24
表 8.5-1	全國人口性別統計	8-26
表 8.5-2	領有駕駛執照男女人數	8-26
表 8.5-3	自用小客車駕駛人男女比率	8-27
表 8.5-4	公路汽車客運駕駛員男女人數與比例	8-27
表 8.5-5	交通部及所屬機關(構)職員男女人數統計	8-27
表 8.5-6	本計畫對於各相關權益關係人之可能性別影響	8-28

高速公路後續路段橋梁耐震補強工程 建設計畫(定稿本)

圖 目 錄

圖 1.1-1	前期國道橋梁耐震補強執行情形示意圖	1-2
圖 2.1-1	計畫範圍圖	2-2
圖 3.2-1	區域地質圖	3-11
圖 3.2-2	臺灣活動斷層分布圖	3-14
圖 3.2-3	各國道橋梁液化等級評估結果	3-15
圖 4.1-1	橋柱之RC包覆補強示意圖	4-2
圖 4.2-1	超越不同損害狀態之耐震易損性曲線與損害狀態機率示意圖	4-8
圖 4.2-2	交通間接損失計算研究流程圖	4-13
圖 4.2-3	國道耐震補強優選排序分數主題圖	4-20
圖 4.2-4	高速公路後續路段橋梁耐震補強執行順序示意圖	4-31
圖 4.3-1	橋梁耐震能力之詳細評估流程	4-34
圖 6.4-1	國道橋梁震災境況模擬選取之第一類活動斷層	6-12
圖 8.1-1	方案一規劃、評估、設計及施工預定進度	8-4
圖 8.1-2	方案二規劃、評估、設計及施工預定進度	8-4
圖 8.1-3	方案三規劃、評估、設計及施工預定進度	8-5
圖 8.1-4	方案四規劃、評估、設計及施工預定進度	8-5
圖 8.2-1	風險管理架構	8-20

第一章 計畫緣起

1.1 依據

民國88年9月21日臺灣地區發生芮氏地震規模達7.3的集集大地震，造成中部地區相當重大的生命及財產損失，使人不得不懾於大自然無與倫比的力量，且因地震無法預先掌握測知的特性，如不審慎面對，往往造成更大的災害。

交通部臺灣區國道高速公路局(以下簡稱「高公局」)為防範於未然，隨即推動「國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程計畫」，以交通部「公路橋梁耐震設計規範」及其函頒修正之各章節，重新檢核及評估國道高速公路之新舊橋梁結構物，對於不符合最新耐震設計規範之橋梁進行耐震補強，期能於日後大地震發生時將損害減少至最低程度，並成功擔負起大地震後緊急救災之生命線道路重任。該計畫經行政院93年1月30日院臺交字第0930002589號函指示，依照民國93年1月9日經濟建設委員會研商結論「建議同意先行辦理本計畫所列第1期工程，執行期程自民國93年度至98年度止；至於本計畫第2、3期工程則請交通部於第1期工程完成前，另就工程經費、效益及財務計畫重新檢討修正後，再提報行政院審議。」。

高公局於97年12月27日依前述指示，就第2、3期工程經費、效益及財務計畫重新檢討修正後呈報交通部，交通部於98年1月7日提報行政院審議；審議結果指示「如確有執行之必要及急迫性，應請另案成立新興建設計畫」。遂依據上述指示，並以交通部97年新頒「公路橋梁耐震設計規範」及98年6月29日部頒修訂內容為評估補強標準，續辦未完成之原第2、3期工程橋梁耐震補強，將其合併為「國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程第2期工程計畫」。

行政院經濟建設委員會於99年3月9日邀請相關單位研商，獲致結論，指示依據99年3月16日都字第0990001144號函所列原則暨與會各單位意見，整體評估重新檢討計畫並補充相關資料後，再循程序報核。其中「請交通部確實依據 院長99年1月22日裁示內容與方向配合辦理，即針對本案路段狀況較多或風險較高的橋梁，先進行分類或分等級後，按輕重緩急，視政府財況情形調整施作等原則再加研議；本案建議交通部國家財政資源之有效利用，從整體規劃與維生路網系統健全性角度為出發點，研提具體可操作性的指標作為依據，綜合考量系統之風險性、財務可行性、功能性，及審慎評估具急迫性及危險性的橋梁後，據以排定優先順序及提出各種可能方案之比較分析」。高公局續依據上述指示，綜合考量各路段橋梁結構之耐震能力「耐震指標」及震損之社會成本「交通衝擊指標」，據以排定耐震補強之優先順序，做為各路段耐震補強優先順序擬訂之參考，依據前述分析評估結果，並考慮路網特性，將第2期計畫分為3個優先路段逐步執行，並建議先行辦理第1優先路段；各優先路段之工程範圍說明如下，請參見圖1.1-1。

■ 第1優先路段：國道3號汐止系統至竹南路段；

■ 第2優先路段：國道3號新化至燕巢系統及國道10號全線(含高雄支線及旗山支線)；

- 第3優先路段：國道3號基隆汐止段、國道3號南港聯絡線、國道3甲台北聯絡線、國道5號南港至石碇路段、國道3號燕巢九如段及國道8號台南環線。

上述建設計畫奉行政院於99年11月26日核定，依經建會第1398次委員會議結論：「為提升國道橋梁耐震能力，本案規劃於100~103年廣續辦理國道高速公路橋梁耐震補強工程，交通部已綜合考量國道各路段橋梁結構耐震能力及震損之社會成本，據以排定橋梁耐震補強之優先順序，原則同意。請交通部滾動檢討、彈性因應調整施作範圍，並加速辦理」。

高公局於完成「國道高速公路橋梁耐震補強第2期工程(第1優先路段)」施工後，為持續檢討後續路段國道橋梁耐震標準，針對第2期工程第2、3優先路段橋梁，及國道新建工程局於921集集大地震後，建議高公局通案辦理檢討路段橋梁，同時針對經濟部地質調查所2010年公布新增第1類活動斷層對國道橋梁的影響，整體檢討後續路段的最適補強策略，廣續辦理國道橋梁耐震補強工作(以下簡稱「本計畫」)。



圖 1.1-1 前期國道橋梁耐震補強執行情形示意圖

1.2 未來環境預測

高速公路係屬國道，依公路法第二條定義：「...二、國道：指聯絡二省（市）以上，及重要港口、機場、邊防重鎮、國際交通與重要政治、經濟中心之主要道路」。而臺灣本島西部地區由於都市發展密集，都市間距小，加上本島都市間旅次互動頻繁，城際與都會旅次難以切割，因此目前國道除服務中長程旅次的城際運輸外，亦須服務部分大型都會區之都會旅次。

1. 國道車輛行駛里程日與俱增

近年來，由於整體公路路網之構建日趨完善，提升了公路運輸之便利性及可及性，用路人對於國道之依賴性亦日與俱增。經高公局之統計國道車輛行駛里程，於民國90年時為21,571百萬延車公里，至103年時已增至29,403百萬延車公里，顯示於13年間國道行駛里程提高約1/3，如表1.2-1所示。民國96年高鐵通車後，臺灣城際運輸系統市場結構改變，雖造成國道延車公里暫時下降，但目前仍持續成長，顯示中短程旅次增加，生活圈周邊旅次互動之增加仍需透國道加以疏運。

表 1.2-1 國道歷年百萬延車公里統計

年度別	百萬延車公里	增減比例
90年	21,571.70	8.00%
91年	22,670.80	5.10%
92年	23,872.70	5.30%
93年	25,678.60	7.56%
94年	26,050.90	1.45%
95年	26,235.30	0.71%
96年	25,950.00	-1.09%
97年	24,649.90	-5.01%
98年	26,488.00	7.46%
99年	27,422.50	3.53%
100年	28,526.20	4.02%
101年	28,745.40	0.77%
102年	29,468.30	2.51%
103年	29,403.64	-0.22%
平 均		2.24%

資料來源：高速公路局歷年交通調查資料。

2. 國際觀光人數大幅成長

來台旅客近年來一直維持逐年成長之趨勢，尤其民國97年7月實施大陸地區居民來台旅遊後，增幅加速。102年來台人數達801.6萬人，103年更突破980萬人次，續創歷年新高。來台旅客除少部分採軌道運輸外，不論自由行、商務人士或團體遊客大多需

使用國道系統之進行疏運。若再考量國人旅遊多採及戶性較高之小客車以國道進行聯繫，因此安全而完善之國道系統仍為發展觀光之重要保障。

3. 貨物運輸仍以國道公路系統為主

近年來我國主要國際商港貨櫃裝卸量，除98年受金融風暴影響降幅較大外，近5年均穩定成長。103年平均每月國際商港貨櫃裝卸量達124萬TEU，較96年平均每月成長7.9%，預估全年國際商港貨櫃裝卸量可達1,480萬TEU屢創歷年新高。而貨物運輸多以公路進行島內輸送，國際海運進出口引用交通部運輸研究所民國95年之「臺灣地區商港整體發展規劃(96~100年)」報告，未來年各國際港埠之進出口貨運量仍以公路之聯結車作為主要運具；而國際航空進出口模式引用民航局「臺灣地區民用機場整體規劃及未來五年發展計畫(96~100年)」報告，未來桃園國際機場、高雄國際機場航空進出口仍以大貨車為主要載運工具。顯示安全而完善之國道系統仍為發展國際經濟之重要關鍵。

大規模的天然災害經常以複合型態發生，通常一個主要災害事件的發生，所造成之損失極少侷限為單一災害，往往會直接或間接衍生其他次要的災害，形成一種鏈結的關係。其所造成的災害損失不只是加法，而是幾何級數的乘數效果，使災害的破壞力遠超乎預期。「複合型災害」係指各類型災害同時或接連發生，在人員傷亡慘重、基礎建設、救災資源大量受損的環境下，政府機能、企業經營、都市生活均難以有效、持續運作，生命搜救、避難收容、醫療照護、復原重建顯得特別艱鉅的廣域災害。

2011年3月11日，日本本州東北部外海，發生規模9的強烈地震，屬超大規模的複合型災害：地震引發海嘯、海嘯淹水、城鎮火災、煉油廠爆炸大火、福島核電廠輻射外洩與擴散、海水輻射污染、限電等多重災害連鎖。本次大規模複合型災害(如核災、供電短缺、交通運輸系統嚴重破損等)造成國家整體的衝擊，對日本之產業、經濟、民眾生活生計以及社會安定等，造成難以估計的打擊。本次大震災、海嘯以及核災等造成各類災害，不但所需投入的復原重建經費，預估將超過15兆日圓，嚴重排擠日本政府施政的其它經費。而且重建涉及的面向與層級超出以往經驗，故必須投入之能量與時間也將難以估算。

複合型災害可區分為兩個向度，分別為「災害成因之複合性」(Hazards)及「災害衝擊之複合性」(Disasters)。

一、災害成因之複合性：係指一災害發生之後接續引發其它類型的災害；以發生時間來看，最早發生之衝擊災害稱為「原生衝擊」，而由原生災害引發之其他衝擊稱為「衍生衝擊」；如地震後引發海嘯、火災、氣爆或土壤液化等，其間具因果關係。然而，災害衝擊也可能是彼此獨立，互相影響；如颱風豪雨侵襲造成河川橋沖刷後又面臨地震，危及橋梁安全。

二、災害衝擊之複合性：即災害成因之複合性衝擊於人類社區造成損害，包含「直接災損」與「間接災損」。當原生衝擊與衍生衝擊等災害衝擊事件(外力衝擊)造成的損失，都稱為「直接災損」，如大地震造成橋梁、道路、建築物、維生管線等基礎設施的破壞

等；而直接災損在社會、經濟、心理...等面向造成之擴散效果，則稱為「間接災損」。在1923年關東大地震中，許多房屋倒塌後引起火災，瓦斯管及水管也斷裂，加上外海的颱風外圍環流影響，使火勢更加嚴重。此例中，地震與火災分屬原生衝擊與衍生衝擊，水管與瓦斯管斷裂屬於直接災損，與衍生衝擊之火災便引發複合的衝擊效果，而颱風也釀成嚴重的損害。

臺灣處於地震、颱風、豪雨、坡地崩塌及土石流等天然災害發生的高風險區，根據世界銀行調查統計(Natural Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis,2005)，臺灣同時暴露於3項以上天然災害之土地面積為與面臨災害威脅之人口均為73%，同時暴露於2項以上天然災害之土地面積與面臨災害威脅之人口均為97%，高居世界第一。

民國88年9月21日臺灣地區發生芮氏地震規模達7.3的集集大地震，本次地震造成臺灣中部地區相當重大的生命及財產損失，使人不得不懾於大自然無與倫比的力量。臺灣位處環太平洋地震帶，由於板塊碰撞及隱沒，地震發生極為激烈頻繁，因此大地震重複發生不可避免，更因地震其無法預先掌握測知的特性，如不審慎面對，往往造成更大的災害。

1.3 問題評析

複合型災害在同一時間點上災難重疊發生，在延續的時間序列上又相繼發生起落，因此本計畫耐震補強策略，必須在防災準備及救災應變上，建立一套多重防災策略，檢討國道橋梁的災害因應能力，強化耐災能力，減少災害之連鎖效應，以達到營運不中斷、降低災害衝擊及提升震後復原能力。

- 一、高速公路是國家防災路網之關鍵基礎建設(Critical Infrastructure)，應以「國家全災害防救思維」為導向，將國道橋梁地震、沖刷、邊坡、維生管線與交通設施交互影響等災害作全盤性的考量，落實「山-河-橋共治」的理念。
- 二、設想與地震互相影響之合理複合式災害情境，規劃合適之橋梁耐震評估補強性能標準與對策。
- 三、以實際行動或措施，消除或減輕災變事件之發生與影響之機會，災前或災後持續採取消除或減輕長期災變風險之行動。
- 四、國道橋梁為重要維生基礎設施，應重視其全生命週期理念之橋梁補強、養護與安全監測。

以1995年1月17日凌晨，日本兵庫縣南部阪神地區發生規模7.3強烈地震所造成之巨大經濟損失為例，這次地震造成的直接經濟損失最低的估算為9.6兆日元(約折合1,000億美元)，直接經濟損失約占日本1995年國內生產總值(GDP)的2%，它是1994年美國Los Angeles之Northridge地震損失的4~7倍，其間接經濟損失估計高達40兆日元，約為直接經濟損失的4倍，並且迫使正在進行的總投資3,000億美元、800處重大工程停頓。依據日本官方之恢復重建(復興)計畫，震後5年內將投入12兆日元，10年共投入17兆日元，可見一次現代化都會區之地震災害所造成之經濟損失是多麼嚴重。

另中國四川汶川地震已造成69,195人遇難，374,177人受傷，失蹤18,403人，1,000萬人無家可歸，地震造成的直接經濟損失甚至達5,000億人民幣，也大幅超過了國際各地震與經濟學家所預測的損失。

美國加州公路系統有超過12,000座橋梁。1971年Sylmar地震襲擊洛杉磯地區並造成了多座橋梁損壞，Caltrans開始針對伸縮縫進行橋梁耐震補強計畫，並於1989年完成，共花費約5千5百萬美元。隨後1989年Loma Prieta地震期間橋梁損壞，造成嚴重的人命傷亡和主要幹道交通中斷，於是Caltrans開始推動了當前的地震補強計畫。目前的橋梁耐震補強計畫集中於篩選和補強既有的加州橋梁，以期提昇至符合最新的耐震標準，避免在未來的地震崩塌。該補強計畫大致分為以下3個階段，目前已接近全部完成。

- 一、1989年Loma Prieta地震以後，最初篩選了1,039座州公路橋梁(主要為單柱式橋梁)，進行耐震補強，稱為第1階段。
- 二、1994年Northridge地震以後，篩選了另外1,155座橋梁(主要為多柱式橋梁)，稱為第2階段。
- 三、議會通過法案提供資金，進行9座收費橋梁(Toll Bridge)的耐震補強工作。

整個加州公路系統補強了2,203座橋梁，花費超過120億美金，詳表1.3-1。

表 1.3-1 耐震補強橋梁數量及支出

耐震補強計畫	橋梁數目	已完成	補強經費 (百萬美金)
第一階段(Phase 1 Program)	1,039	1,039	\$1,082
第二階段(Phase 2 Program)	1,155	1,154	\$1,745
收費橋梁計畫(Toll Bridge Program)	9	9	\$ 9,435
總共	2,203	2,202	\$12,262

國道高速公路為全島之交通主幹，既有橋梁之耐震補強工程，對國家經濟發展及人民生命財產保障之影響重大。由於臺灣地區人口、產業密集程度高，而國道高速公路在整體產業發展中之角色不容忽視，若再考量人員傷亡之損失及社會心理之影響，本計畫實值得納入國家防災系統中持續積極推動，以確保人民財產之安全及提昇台灣之產業競爭力。

地震之發生雖然是天然災害無法事先預防與阻止，但對道路橋梁而言，補強工程可加強其對地震之抵抗力，不但在地震發生時能減少橋梁之損害，並且可在救災時提供緊急之運輸服務，因此，歐美及日本等先進國家之地震防災策略，係考量生命線工程系統的風險管理理念，若有需要或能力可及，對高速公路橋梁之耐震補強工作皆不遺餘力，咸認為交通中斷帶來之人員傷亡、經濟損失、投資環境惡化與心理受創是無法估計的；目前，臺灣已邁入已開發國家，又處於地震發生頻繁的環太平洋地震帶，更應重視與積極推動橋梁耐震補強工程。因此，本計畫持續逐年推動執行，確有其需求。

1.4 社會參與及政策溝通情形

民國88年9月21日臺灣地區發生芮氏地震規模達7.3的集集大地震，本次地震造成臺灣中部地區相當重大的生命及財產損失，使人不得不懾於大自然無與倫比的力量。由於國道高速公路為臺灣地區南北交通的大動脈，對於國家整體經濟發展、國防安全及民生生活影響甚鉅；為防範於未然，對於國道高速公路已完工通車之橋梁結構物，應以新頒「公路橋梁耐震設計規範」重新檢核及評估，對於不符合最新耐震設計規範之橋梁進行耐震補強，期能於日後大地震發生時將損害減少至最低程度，並成功擔負起大地震後緊急救災之生命線道路重任。

前期「國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程計畫」自民國93年1月奉行政院同意辦理起，高公局持續辦理第1期工程及第2期工程(第1優先路段)耐震補強工程。期間屢獲各級民意機關關切國道橋梁耐震補強進度，可見本計畫之持續推動確實反應民意及輿情需要，交通部亦將其列為施政重點之一。

一、民國99年立法院第7屆第5會期

王進士、吳育昇、陳秀卿等22位委員臨時提案，「鑑於高速公路耐震度不足，自921大地震後至今僅15%完成耐震補強，日前交通部向經建會提報921後第二期耐震補強計畫，卻因第一期計畫至今仍未完工，新計畫遭經建會駁回。台灣位處地震帶，近兩年從四川到海地、智利及日前高雄甲仙百年大地震，全球強震不斷，高速公路作為台灣地區間主要交通動脈，一旦發生強震不僅立即的傷亡慘重，接續的人員物資往來受阻也將嚴重影響民生經濟。建請行政院督導交通部積極辦理補強計畫，並協調經建會與交通部即刻針對85%未補強之高速公路橋梁擬定補強計畫。」蕭委員景田亦向行政院提出質詢「921大地震發生已10年多，台灣高速公路橋梁的耐震補強卻只做了15%；相較於日本在發生阪神大地震後3年，該國近8萬個高速公路橋墩的耐震補強工作即全部完成，我國政府的行動力明顯落後。」

(註：日本最主要之耐震補強計畫自西元1991年就開始推動，之後記取1995年阪神地震教訓，連續辦理兩期各為期3年的橋梁耐震補強計畫，2004年新瀨中越地震後更加速推動緊急運輸道路橋梁耐震補強計畫，故其補強計畫仍持續辦理中。)

案經交通部查復，交通部高速公路局管理橋梁數量計2191座，目前國道橋梁耐震補強工程預計分為3個階段執行：

1. 第1階段為國道1號路段共計700座橋梁及基隆港西岸聯外道路20座橋梁，至99年3月10日止尚有39座橋梁未完成補強，其餘皆已辦理補強或經檢核符合規範，完成比率為95%。本階段以92年公路橋梁耐震設計規範(草案)複審成果報告書辦理補強設計，經補強後之國道1號橋梁經檢核尚符合97年公路橋梁耐震設計規範。
2. 第2階段預計辦理橋梁耐震詳細評估及補強之路段，為國道3號(竹南以北)、國3甲、國道5號(石碇交流道以北)，計340座(1,027,520平方公尺)；國道3號(新化至九

如)及國道8、10號等路段，計240座(1,330,328平方公尺)，以上共計580座橋梁(2,357,848平方公尺)，主要考量該區域橋梁設計規範為民國76年公路橋梁設計規範為主，當時並無相關橋梁耐震設計規範可依循；本階段橋梁耐震補強設計標準將依據97年公路橋梁耐震設計規範辦理。目前第2期計畫已陳報行政院審議並經98年3月9日經建會審議結果，應就現階段國家財政、功能、維生路網及急迫性通盤考量後再陳報。高速公路局正依其建議辦理修正建設計畫中，未來俟奉核定後即續續辦理。本階段預計期程包括規劃、設計及施工，已由原來7年8個月縮短至5年3個月。

3. 第3階段為其他國道路段(891座)橋梁將依照97年公路橋梁耐震設計規範辦理可行性評估，通盤檢討現行已通車之國道耐震標準，第3階段路段橋梁主要為84年版橋梁耐震設計標準為主，其設計規範與前兩階段比較相對較新。第3階段需第2階段完成後再行辦理。

二、民國102年立法院第8屆第4會期交通委員會會議

高公局向交通委員會報告施政重點，「因應921地震後交通部於89年修訂橋梁耐震設計規範調高地震力與抗震需求，高公局為提供國人在大地震下安全的道路，即推動國道橋梁耐震補強工作，在經費限制下分期辦理橋梁耐震能力評估作業，視需要辦理後續之設計與補強作業，已完成耐震性能較弱之國道1號及2號的橋梁補強工作。目前正辦理國道3號北部路段及部分南部路段橋梁耐震補強第2期工程(第1優先路段)施工，預計103年底前完成。103年度將持續針對非屬89年版耐震設計規範辦理之橋梁進行耐震能力之評估，據以爭取建設經費辦理後續路段補強工作，以提供安全的國道服務。」

三、技術研討會及專家學者座談會

本計畫在資料收集階段，於103年6月對外舉辦「高速公路橋梁耐震補強工程技術研討會」，除邀請國內專家學者介紹目前國內公路橋梁耐震風險評估及緊急補強手冊之研究成果與各界研討分享交流外，亦邀請美國、日本與義大利對橋梁耐震補強有傑出研究成果之專家學者，介紹美國FHWA、歐洲及日本道路公團推動橋梁耐震補強之經驗與最新理論與實務。並對各界簡介說明國道高速公路後續路段橋梁耐震補強工程計畫。另召開2場專家學者座談會，納入本計畫考量，以利本計畫推動能符合民意及輿情需要。

第二章 計畫目標

2.1 目標說明

依所蒐集之資料統計，本計畫範圍詳見表2.1-1及圖2.1-1，共計橋梁1,169座，詳附錄一，含括的路段包含：

- 一、國道高速公路橋梁耐震補強第2期工程第2、3優先路段(不含已於第1優先路段先行辦理者)。
- 二、集集大地震時「接近完工」與「下構已施工」路段，國工局建議通案辦理檢討之橋梁。
- 三、經濟部中央地質調查所2010公布新增第一類活動斷層，對國道影響之橋梁(不含已於第1優先路段先行辦理的橋梁)。
- 四、以上路段屬高公局管養之高速公路上方跨越橋。

經調查結果，本計畫路段中除高公局管養之跨越橋外，其餘尚有臺灣高鐵跨越國道橋梁8處，及高雄市政府環保局管轄之資源回收場連絡道跨越橋1處，應配合未來核定之分期計畫執行情形，協調各橋梁主管單位，確認是否納入各期工程一併辦理評估補強。

我國永續發展策略綱領之願景是藉由資源的善用，使生態環境與經濟社會發展間之和諧得以妥善維護，期待國人能世代享有「永續的生態」、「適意的環境」、「安全的社會」與「開放的經濟」。其中，策略綱領所提之災害防救、產業發展、交通發展等，皆需依賴國內最重要交通生命線－國道高速公路耐震能力之全面提昇，並以風險管理的理念達到安全與經濟的雙贏。本計畫預定達成之四大目標如下：

- 於日後大地震侵襲時，達到減少損害、避免傷亡的主要目標；
- 結合已完成耐震補強之國道路網，建構臺灣高效率的地震救災緊急道路系統；
- 提供二十一世紀國家經濟持續發展所需之高安全性基礎交通建設；
- 依據公路橋梁耐震設計規範，透過「中度地震不壞、設計地震可修、最大考量地震避免落橋或崩塌」耐震理念，達成國家整體防災之永續發展總目標。

表 2.1-1 計畫範圍表

工作範圍	說明
第2期工程 (第2、3優先路段)	■ 國道3號南港聯絡線、基隆汐止段、新化九如段(不含已於第M35標先行辦理橋梁) ■ 國道3甲台北聯絡線 ■ 國道5號南港石碇段(不含石碇高架橋P5及彭山一號高架橋PW2、PW3所屬振動單元) ■ 國道8號全線 ■ 國道10號全線(不含已於第M35標及M36標先行辦理橋梁)
國工局建議通案辦理之路段	■ 國道3號竹南草屯段、東西快漢寶草屯線(中興系統交流道4座橋)、草屯斗六段、雲林嘉義段、白河新化段、台南環線(新化系統交流道10座橋) ■ 國道4號全線(不含神岡高架橋A1~P5所屬振動單元) ■ 國道5號石碇頭城段
受經濟部中央地質調查所2010年公布新增第1類活動斷層影響路段	■ 國道1號86k+781~94k+947(新竹縣新埔鎮~新竹市東區)、144K+149~231K+098(苗栗縣三義鄉~雲林縣西螺鎮)、249K+471~250K+321(嘉義縣大林鎮)、343K+445~367K+752(高雄市岡山區~三民區) ■ 國道3號188K+699~203K+244(彰濱快官段) ■ 國道6號全線



圖 2.1-1 計畫範圍圖

2.2 達成目標之限制

2.2.1 資金來源之限制

由於本計畫並無金錢收入部分，所以建設不具有自償性，將由「國道公路建設管理基金」編列預算支應，依據各年度資金需求編列預算，各年度資金無餘絀情況。

2.2.2 汛期施工之限制

依前期施工經驗顯示，河川橋施工受到「申請施設跨河建造物審核要點」及其注意事項之規定，主管機關均有其區域性防洪考量，尤其北部都會區洪汛災害影響極大，因此對於防洪要求較為審慎。以國道橋梁補強工程第2期第1優先路段第M31標為例，基隆河流域限制防汛期不得施工，且須拆除所有假設工程，導致施工延宕，影響計畫期程至鉅。

鑑於部分河川防汛期施工確有困難，設計階段相關河川公地申請應提早作業，各方充分溝通協調，工期規劃因應河川主管機關要求，必要時須納入防汛期無法施工考量，若受限於計畫時程，可考量利用縮減施工標工期、縮小施工標規模或增加施工工作面等措施因應，並於招標階段即公告並責請廠商配合動員。現階段工期規劃，則先行納入汛期不施工之影響評估，據以概估建設期程。

2.2.3 高速公路橋下用地與路權

一、橋梁下方空間土地權屬概況說明

本計畫各路段，在土地權屬方面大致可區分為「交通部臺灣區國道高速公路局管有土地」、「其他公有土地(非交通部臺灣區國道高速公路局管有土地)」與「私有土地」等三種類型，整體而言，多數土地已完成法定徵收程序；在「其他公有土地(非交通部臺灣區國道高速公路局管有土地)」的部分，主要採無償或有償撥用；「私有土地」的部分，已透過設定地上權方式取得土地，並取得土地所有權人同意永久無償提供土地使用權。故整體而言，未來在既有路權範圍內辦理橋梁耐震補強上無相關問題。

二、高速公路橋下空間使用概況說明

高速公路橋下空間辦理出租或無償提供使用，主要係根據「高速公路國有公用土地提供使用注意事項」之規定辦理；大致可區分為「出租使用」、「無償提供使用」、「認養使用」與「佔用」等四種使用型態。

1. 出租使用：大致可分為停車場、堆置場、公共事業設施、活動中心、市場等使用內容，其中停車場與堆置場僅設置簡易圍牆為主，於補強施工前可以隨時拆除，未來在補強施工執行上，可要求承租者配合補強工程施工之時程提前解除租約，並限期將相關之設施物予以清除；另活動中心的部分，其承租者均為地方政府，且設施物多為簡易建築物，可於補強施工規劃階段，通知承租者先進行溝通協調，將設施先行拆除清空，以利補強施工的進行；而公共事業設施與市場的部分，有涉及相關建築物與管線供應拆遷之議題，需給承租者較長的時間規劃，有補強之

需求的橋梁，將不再進行續約，並預先要求承租者規劃遷移計畫，於租約到期前完成遷移。

2. 無償提供使用：以提供地方政府停車場、堆置場、活動中心、公園、運動場所等使用為主，可要求配合補強工程的施作，將可能影響工程施作的部分予以拆除。
3. 認養使用：使用者主要為地方政府或當地之社區發展協會，採環境景觀綠美化的使用型態為主，並無設置相關的建築物設施，爰此，進行橋梁耐震補強時干擾較小。
4. 佔用：以堆置私人物品或雜物為主，由於屬於非法使用，在進行橋梁耐震補強時，先行張貼公告通知，逾期未遷移者直接清空。

2.3 績效指標、衡量標準及目標值

2.3.1 績效指標

本計畫「高速公路橋梁耐震補強後續路段工程」之預期績效主要可分為直接效益、間接效益及完成時間點。

- 一. 直接效益：未來發生大地震時，因補強所減少之橋梁直接經濟損失(修復費用)。直接效益指標計算，比較分析單位重建成本與不同損害狀態之損失比，並經模擬驗證後得到橋梁損害狀態機率、橋梁阻斷修復時間等相關參數，各橋梁因震損所需支應之修復重建成本即為各橋梁之直接經濟損失，詳見4.2.2及6.4節說明。
- 二. 間接效益：包括繞行之旅行成本減少、產業損失減少及人員傷亡減少等。間接效益繞行之旅行成本減少係指橋梁進行耐震補強後，未來大地震發生時，用路人不會因為橋梁損害而須繞道完成某次旅次目的所節省之時間及行車成本，可利用TransCAD軟體模擬，並配合國家地震工程研究中心TELES系統評估之地震災損機率及修復時間進行計算；產業損失減少係指橋梁進行耐震補強後，貨物運輸不會因為橋梁損害而須繞道完成運送目的所節省之直接、間接及衍生成本，參考國外相關文獻以保守計為直接效益之1.3倍；人員傷亡減少係指道路使用者不會因橋梁損害而造成生命或財產損失而減少之社會成本，此一效益估算則參考歷年統計資料進行推估，詳見4.2.2及6.4節說明。
- 三. 完成時間點：本計畫屬風險管理之防災計畫，期待下次發生大地震前，能及時完成耐震補強工作，發揮減災與快速復原之計畫效益。由於分3個區段辦理後續路段橋梁耐震評估補強工作，雖然無法掌握大地震何時發生，但各區段橋梁如期於預估完成時間點完成，將可確保本計畫預期效益之發揮。

2.3.2 衡量標準

本計畫擬透過成本效益評估，衡量對於社會大眾所造成之經濟效益及成本。本計畫參考交通部運輸研究所於民國102年6月制訂之「102年交通建設計畫經濟效益評估手冊」中參數設定及考量本案特性及相關工程實務，進行相關分析。

本計畫工程成本主要包含規劃設計費用、直接工程成本、間接工程成本(工程預備費、管理費、監造及技術服務費、空污費、試驗費、公共藝術費以及物價調整費等)，詳見表5.4-1節推算。

本計畫之預期效益包括「直接效益指標」及「間接效益指標」，其詳細定義及評估基準請分別參見6.4.1節及6.4.2節說明。

本計畫所採用之經濟效益評估方法，包括淨現值法、益本比法、內部報酬率法，其詳細定義及評估基準請參見6.2節說明。

2.3.3 目標值

國道高速公路為全島之交通主幹，既有橋梁之耐震補強工程，對國家經濟發展及人民生命財產保障之影響重大；依此建議分期方案進行成本效益分析，評估年期內之成本效益流量請見表6.5-1，建議方案之經濟效益指標並綜整如表6.5-2所示。整體而言，建議方案之經濟效益指標，淨現值大於零，益本比為1.23，顯示本計畫橋梁耐震補強工程已具經濟上之可行性。

第三章 現行相關政策及方案之檢討

3.1 相關計畫與本工程之關係

- 一、國內其它橋梁管理單位之橋梁耐震評估補強計畫，除臺灣鐵路管理局所轄橋梁屬鐵路系統，與本計畫國道高速公路較無直接關聯外，其餘如公路總局辦理之省道橋梁耐震補強工程計畫，以及台北市政府與新北市政府辦理之橋梁耐震評估補強計畫，均可與本計畫相輔相成，發揮其綜效。
- 二、高公局因橋梁維護考量，共計3個橋梁振動單正辦理或已依現行耐震設計規範辦理耐震評估補強，故不包含於本計畫範圍。
 1. 為確保國道橋梁及邊坡之安全，高公局北區工程處刻正委託辦理「國5石碇P5及彭山一號PW2、PW3高架橋基礎補強工程設計及後續擴充(監造)服務」，該3處橋墩所屬振動單元，將依部頒「公路橋梁耐震設計規範」重新檢核及評估，並對於不符合最新耐震設計規範之橋梁進行耐震補強設計，
 2. 高公局中區工程處曾委託顧問公司於98年完成「國道4號神岡高架橋A1橋台及P1~P5橋墩補強工程」設計，目前亦已完成補強施工，該單元已依97年11月「公路橋梁耐震設計規範」辦理橋梁耐震能力分析評估及補強。

3.2 現況分析

3.2.1 橋梁基本資料分析

本計畫範圍內橋梁共1169座，其中以國道3號之橋梁面積總和約佔63.5%為最高，其次為國道6號約佔12.0%，國道1號則約佔6.3%。若以橋梁種類統計而言，全線主線穿越橋佔約57.68%最多，其次為河川橋約佔28.31%，而跨越橋則約佔1.68%。其所屬國道別及橋梁類別(穿越橋、河川橋、跨越橋、匝道橋及其他)之橋梁面積統計，請參見表3.2-1。

依表3.2-2原始設計規範統計結果顯示，本計畫範圍內橋梁原始設計規範主要集中在76年及84年版規範。表中設計規範年度是指設計規範之相當年度，如Caltrans耐震設計規範及84年以後設計之橋梁則等值視為84年耐震設計規範，76年以前至49年之間設計之橋梁標記為49年度。

3.2.2 現況交通量蒐集及研析

一、國道主線交通量資料蒐集

本計畫範圍內橋梁所處國道主線路段，透過高公局交通量通報系統，彙整主線相關路段平日全日交通量如表3.2-3所示，其目的係用以瞭解主線車流之多寡，做為評估國道橋梁耐震補強順序之考量因子之一。此外，本計畫針對國道橋梁震損對主線之影響進行交通模擬及分析，現實交通量資料之蒐集可用以檢核各情境模擬之正確性及可靠度。

表 3.2-1 依國道別之橋梁面積統計表

(單位：m²)

國道別	穿越橋	河川橋	匝道橋	跨越橋	其他
國道1號	101,534	220,702	46,654	44,019	1,430
國道3號	2,489,000	1,137,272	406,570	57,980	82,494
國道3甲	28,816	0	3,895	770	3,952
國道4號	360,580	0	105,333	0	0
國道5號	58,570	54,091	6,147	5,951	1,476
國道6號	261,862	432,717	39,413	200	54,677
國道8號	188,744	1,538	50,957	0	0
國道10號	302,011	14,451	6,718	1,671	344
合計	3,791,117	1,860,771	665,687	110,591	144,373

表 3.2-2 依設計規範年度之橋梁面積統計表

(單位：m²)

設計相當規範	49年度 設計規範	76年度 設計規範	84年度 設計規範	89年度 設計規範
國道1號	1,404	139	28,490	384,306
國道3號	0	1,713,267	2,460,049	0
國道3甲	0	37,433	0	0
國道4號	0	0	465,913	0
國道5號	0	0	126,235	0
國道6號	0	0	0	788,869
國道8號	0	239,439	0	1,800
國道10號	0	325,195	0	0
合計	1,404	2,315,473	3,080,687	1,174,975

表 3.2-3 研究範圍內國道主線路段平日全日交通量彙整表(1/4)

項次	國道編號	路段別	起迄路段	方向	統一里程	日交通量 (輛)
1	3甲	台北連絡道	臺北端	東行	000k	25,133
			萬芳交流道	西行	003k	24,608
2	3甲	台北連絡道	萬芳交流道	東行	003k	40,391
			木柵系統交流道	西行	005k	38,759
3	3	南港連絡道	南港交流道	北上	014k	16,000
			南港系統交流道	南下	016k	16,000
4	3	基隆至汐止	基金交流道	北上	000k	13,000
			瑪東系統交流道	南下	002k	12,010
5	3	基隆至汐止	瑪東系統交流道	北上	002k	16,416
			汐止系統交流道	南下	010k	19,712
6	3	竹南西湖段	香山交流道	北上	109k	30,294
			西濱交流道	南下	115k	32,282
7	3	竹南西湖段	西濱交流道	北上	115k	18,532
			竹南交流道	南下	119k	21,400
8	3	竹南西湖段	竹南交流道	北上	119k	19,998
			大山交流道	南下	124k	22,667
9	3	竹南西湖段	大山交流道	北上	124k	19,998
			後龍交流道	南下	130k	22,667
10	3	竹南西湖段	後龍交流道	北上	130k	22,792
			通霄交流道	南下	144k	23,267
11	3	西湖大甲段	通霄交流道	北上	144k	20,665
			苑裡交流道	南下	156k	22,195
12	3	西湖大甲段	苑裡交流道	北上	156k	22,016
			大甲交流道	南下	164k	23,376
13	3	西湖大甲段	大甲交流道	北上	164k	31,692
			中港系統交流道	南下	169k	33,362
14	3	大甲彰濱段	中港系統交流道	北上	169k	24,235
			沙鹿交流道	南下	176k	26,604
15	3	大甲彰濱段	沙鹿交流道	北上	176k	25,349
			龍井交流道	南下	182k	27,222
16	3	大甲彰濱段	龍井交流道	北上	182k	26,254
			和美交流道	南下	191k	29,136
17	3	彰化烏日段	快官交流道	北上	202k	44,182
			烏日交流道	南下	207k	46,720
18	3	彰化烏日段	烏日交流道	北上	207k	44,229
			中投交流道	南下	209k	46,603
19	3	霧峰草屯段	中投交流道	北上	209k	49,737
			霧峰交流道	南下	211k	48,358
20	3	霧峰草屯段	霧峰交流道	北上	211k	43,672
			霧峰系統交流道	南下	214k	45,858
21	3	霧峰草屯段	草屯交流道	北上	217k	37,457
			中興系統交流道	南下	222k	36,671

表 3.2-3 研究範圍內國道主線路段平日全日交通量彙整表(2/4)

項次	國道編號	路段別	起迄路段	方向	統一里程	日交通量 (輛)
22	3	草屯南投段	中興系統交流道	北上	222k	33,896
			中興交流道	南下	224k	31,494
23	3	南投名間段	中興交流道	北上	224k	19,938
			名間交流道	南下	237k	19,282
24	3	南投名間段	名間交流道	北上	237k	16,120
			竹山交流道	南下	243k	16,473
25	3	名間竹山段	竹山交流道	北上	243k	13,840
			斗六交流道	南下	260k	12,655
26	3	林內斗六段	斗六交流道	北上	260k	11,905
			古坑系統交流道	南下	269k	12,430
27	4	清水豐原段	清水端	東行	000k	12,992
			中港系統交流道	西行	002k	12,558
28	4	清水豐原段	中港系統交流道	東行	002k	19,370
			神岡交流道	西行	009k	19,471
29	4	清水豐原段	神岡交流道	東行	009k	22,574
			臺中系統交流道	西行	011k	22,563
30	4	清水豐原段	后豐交流道	東行	014k	12,441
			豐原端	西行	017k	12,039
31	3	雲林嘉義段	古坑系統交流道	北上	269k	9,860
			梅山交流道	南下	279k	9,925
32	3	雲林嘉義段	梅山交流道	北上	279k	13,185
			竹崎交流道	南下	290k	13,583
33	3	雲林嘉義段	竹崎交流道	北上	290k	13,542
			中埔交流道	南下	297k	14,074
34	3	白河新化段	中埔交流道	北上	297k	13,581
			水上系統交流道	南下	300k	13,928
35	3	白河新化段	水上系統交流道	北上	300k	10,062
			白河交流道	南下	311k	10,292
36	3	白河新化段	白河交流道	北上	311k	9,935
			烏山頭交流道	南下	329k	10,239
37	3	白河新化段	烏山頭交流道	北上	329k	12,287
			官田系統交流道	南下	334k	12,392
38	3	白河新化段	官田系統交流道	北上	334k	13,233
			善化交流道	南下	340k	13,467
39	3	白河新化段	善化交流道	北上	340k	10,842
			新化系統交流道	南下	346k	11,220
40	3	新化田寮段	新化系統交流道	北上	346k	14,500
			關廟交流道	南下	357k	14,701
41	3	新化田寮段	關廟交流道	北上	357k	13,930
			田寮交流道	南下	369k	13,610
42	3	田寮燕巢段	田寮交流道	北上	369k	13,808
			燕巢系統交流道	南下	383k	13,763

表 3.2-3 研究範圍內國道主線路段平日全日交通量彙整表(3/4)

項次	國道編號	路段別	起迄路段	方向	統一里程	日交通量 (輛)
43	3	燕巢九如段	燕巢系統交流道	北上	383k	18,545
			九如交流道	南下	391k	18,491
44	8	新化安定段	新吉交流道	東行	002k	20,569
			臺南系統交流道	西行	006k	19,943
45	8	新化安定段	新市交流道	東行	009k	10,552
			新化系統交流道	西行	014k	11,000
46	8	新化安定段	新化系統交流道	東行	014k	6,351
			新化端	西行	015k	6,885
47	10	高雄支線	左營端	東行	000k	26,093
			鼎金系統交流道	西行	001k	25,000
48	10	高雄支線	鼎金系統交流道	東行	001k	30,100
			仁武交流道	西行	006k	34,362
49	10	高雄支線	仁武交流道	東行	006k	18,906
			燕巢交流道	西行	013k	25,734
50	10	高雄支線	燕巢交流道	東行	013k	23,105
			燕巢系統交流道	西行	019k	23,291
51	10	旗山支線	燕巢系統交流道	東行	019k	12,445
			嶺口交流道	西行	022k	11,240
52	10	旗山支線	嶺口交流道	東行	022k	8,674
			旗山端	西行	033k	8,847
53	5	南港石碇	南港系統交流道	北上	000k	22,478
			石碇交流道	南下	004k	23,970
54	5	石碇坪林	石碇交流道	北上	004k	23,495
			坪林交流道	南下	014k	23,629
55	5	坪林頭城	坪林交流道	北上	014k	22,714
			頭城交流道	南下	030k	23,085
56	1	楊梅新竹段	湖口交流道	北上	083k	70,740
			竹北交流道	南下	091k	66,443
57	1	楊梅新竹段	竹北交流道	北上	091k	81,500
			新竹交流道	南下	095k	76,279
58	1	楊梅新竹段	新竹交流道	北向	095k	64,400
			新竹系統交流道	南向	099k	68,338
59	1	竹圍三義段	銅鑼交流道	北上	140k	34,643
			三義交流道	南下	150k	32,665
60	1	三義豐原段	三義交流道	北上	150k	34,282
			后里交流道	南下	160k	34,240
61	1	三義豐原段	后里交流道	北上	160k	35,265
			臺中系統交流道	南下	165k	36,615
62	1	三義豐原段	臺中系統交流道	北上	165k	61,352
			豐原交流道	南下	168k	60,673
63	1	豐原臺中段	豐原交流道	北上	168k	68,029
			大雅交流道	南下	174k	68,622

表 3.2-3 研究範圍內國道主線路段平日全日交通量彙整表(4/4)

項次	國道編號	路段別	起迄路段	方向	統一里程	日交通量 (輛)
64	1	王田彰化段	彰化系統交流道	北上	192k	67,292
			彰化交流道	南下	198k	67,469
65	1	彰化員林段	彰化交流道	北上	198k	61,123
			埔鹽系統交流道	南下	207k	59,901
66	1	彰化員林段	埔鹽系統交流道	北上	207k	48,019
			員林交流道	南下	211k	49,335
67	1	員林北斗段	員林交流道	北上	211k	38,085
			北斗交流道	南下	220k	42,079
68	1	北斗西螺段	北斗交流道	北上	220k	34,311
			西螺交流道	南下	230k	43,075
69	1	北斗西螺段	西螺交流道	北上	230k	36,275
			虎尾交流道	南下	235k	39,574
70	1	斗南大林段	雲林系統交流道	北上	243k	36,275
			大林交流道	南下	250k	39,574
71	3	大甲彰濱段	龍井交流道	北上	182k	29,136
			和美交流道	南下	191k	26,254
72	3	彰化烏日段	彰化系統交流道	北上	196k	30,156
			快官交流道	南下	202k	30,680
73	1	國道1號	高科交流道	北上	342k	48,955
			岡山交流道	南下	349k	48,594
74	1	國道1號	岡山交流道	北上	349k	65,500
			楠梓交流道	南下	356k	64,000
75	1	國道1號	楠梓交流道	北上	356k	72,762
			鼎金系統交流道	南下	362k	75,728
76	1	國道1號	鼎金系統交流道	北上	362k	99,037
			高雄交流道	南下	367k	104,148
77	6	霧峰草屯段	霧峰系統交流道	東行	000k	15,975
			舊正交流道	西行	003k	16,650
78	6	霧峰草屯段	舊正交流道	東行	003k	15,975
			東草屯交流道	西行	005k	16,650
79	6	草屯國姓段	東草屯交流道	東行	005k	13,949
			國姓交流道	西行	017k	14,086
80	6	國姓愛蘭段	國姓交流道	東行	017k	12,908
			愛蘭交流道	西行	029k	12,314
81	6	愛蘭埔里段	愛蘭交流道	東行	029k	5,500
			埔里交流道	西行	034k	4,894
82	6	愛蘭埔里段	埔里交流道	東行	034k	2,600
			埔里端	西行	037k	2,010

資料來源：「高公局交通量通報系統」(102年12月)

二、地區道路穿(跨)越國道主線交通量資料蒐集

本計畫除就國道主線交通量蒐集以外，尚針對主線周邊地區主要道路穿(跨)越國道主線之交通量一併彙整如表3.2-4所示，其目的係用以瞭解國道主線車流受地震所阻後，對於地區道路可能造成之影響，以做為評估國道橋梁耐震補強順序之考量因子之一。

表 3.2-4 研究範圍內地區道路穿(跨)越國道主線路段平日全日交通量彙整表(1/4)

項次	國道編號	路段別	起迄路段	地區主要 穿越道路	方向	日交通量 (輛)
1	3甲	台北連絡道	臺北端	和平東路	東行	18,537
			萬芳交流道		西行	16,764
2	3甲	台北連絡道	萬芳交流道	--	--	--
			木柵系統交流道			
3	3	南港連絡道	南港交流道	舊莊街	北上	13,472
			南港系統交流道		南下	12,595
4	3	基隆至汐止	基金交流道	臺62	北上	8,785
			瑪東系統交流道		南下	9,472
5	3	基隆至汐止	瑪東系統交流道	汐萬路	北上	10,241
			汐止系統交流道		南下	11,543
6	3	竹南西湖段	香山交流道	臺13	北上	6,092
			西濱交流道		南下	6,507
7	3	竹南西湖段	西濱交流道	臺61	北上	3,441
			竹南交流道		南下	4,305
8	3	竹南西湖段	竹南交流道	苗9鄉道	北上	5,143
			大山交流道		南下	5,531
9	3	竹南西湖段	大山交流道	臺72	北上	3,567
			後龍交流道		南下	3,615
10	3	竹南西湖段	後龍交流道	縣119	北上	4,641
			通霄交流道		南下	4,215
11	3	西湖大甲段	通霄交流道	縣130	北上	5,383
			苑裡交流道		南下	5,627
12	3	西湖大甲段	苑裡交流道	縣121	北上	8,211
			大甲交流道		南下	7,632
13	3	西湖大甲段	大甲交流道	中30鄉道	北上	4,311
			中港系統交流道		南下	4,853
14	3	大甲彰濱段	中港系統交流道	臺10乙	北上	2,984
			沙鹿交流道		南下	3,302
15	3	大甲彰濱段	沙鹿交流道	臺12	北上	19,422
			龍井交流道		南下	17,384
16	3	大甲彰濱段	龍井交流道	臺1	北上	9,217
			和美交流道		南下	10,074
17	3	彰化烏日段	快官交流道	縣127	北上	6,354
			烏日交流道		南下	6,659
18	3	彰化烏日段	烏日交流道	--	--	--
			中投交流道			

表 3.2-4 研究範圍內地區道路穿(跨)越國道主線路段平日全日交通量彙整表(2/4)

項次	國道編號	路段別	起迄路段	地區主要 穿越道路	方向	日交通量 (輛)
19	3	霧峰草屯段	中投交流道	縣127	北上	5,982
			霧峰交流道		南下	6,045
20	3	霧峰草屯段	霧峰交流道	臺63	北上	7,121
			霧峰系統交流道		南下	7,497
21	3	霧峰草屯段	草屯交流道	臺14乙	北上	11,134
			中興系統交流道		南下	10,972
22	3	草屯南投段	中興系統交流道	臺3	北上	18,057
			中興交流道		南下	17,805
23	3	南投名間段	中興交流道	縣139	北上	3,939
			名間交流道		南下	4,045
24	3	南投名間段	名間交流道	臺3	北上	13,896
			竹山交流道		南下	13,221
25	3	名間竹山段	竹山交流道	縣141	北上	13,945
			斗六交流道		南下	13,886
26	3	林內斗六段	斗六交流道	縣149甲	北上	503
			古坑系統交流道		南下	448
27	4	清水豐原段	清水端	臺1	東行	9,056
			中港系統交流道		西行	9,361
28	4	清水豐原段	中港系統交流道	--	--	--
			神岡交流道			
29	4	清水豐原段	神岡交流道	--	--	--
			臺中系統交流道			
30	4	清水豐原段	后豐交流道	臺13	東行	19,643
			豐原端		西行	19,898
31	3	雲林嘉義段	古坑系統交流道	臺3	北上	12,105
			梅山交流道		南下	12,945
32	3	雲林嘉義段	梅山交流道	縣166	北上	7,322
			竹崎交流道		南下	6,937
33	3	雲林嘉義段	竹崎交流道	縣159	北上	4,719
			中埔交流道		南下	5,364
34	3	白河新化段	中埔交流道	--	--	--
			水上系統交流道			
35	3	白河新化段	水上系統交流道	縣165	北上	8,852
			白河交流道		南下	8,259
36	3	白河新化段	白河交流道	縣174	北上	7,644
			烏山頭交流道		南下	7,935
37	3	白河新化段	烏山頭交流道	縣171	北上	9,041
			官田系統交流道		南下	8,674
38	3	白河新化段	官田系統交流道	--	--	--
			善化交流道			
39	3	白河新化段	善化交流道	南175鄉道	北上	4,210
			新化系統交流道		南下	4,683
40	3	新化田寮段	新化系統交流道	臺20	北上	13,449
			關廟交流道		南下	13,642

表 3.2-4 研究範圍內地區道路穿(跨)越國道主線路段平日全日交通量彙整表(3/4)

項次	國道編號	路段別	起迄路段	地區主要 穿越道路	方向	日交通量 (輛)
41	3	新化田寮段	關廟交流道	臺19甲	北上	8,744
			田寮交流道		南下	9,903
42	3	田寮燕巢段	田寮交流道	--	--	--
			燕巢系統交流道			
43	3	燕巢九如段	燕巢系統交流道	臺22	北上	14,607
			九如交流道		南下	14,120
44	8	新化安定段	新吉交流道	臺19	東行	14,675
			臺南系統交流道		西行	14,574
45	8	新化安定段	新市交流道	臺19甲	東行	10,208
			新化系統交流道		西行	10,362
46	8	新化安定段	新化系統交流道	--	--	--
			新化端			
47	10	高雄支線	左營端	臺1	東行	23,892
			鼎金系統交流道		西行	23,473
48	10	高雄支線	鼎金系統交流道	縣183	東行	8,976
			仁武交流道		西行	8,291
49	10	高雄支線	仁武交流道	縣186甲	東行	9,343
			燕巢交流道		西行	9,566
50	10	高雄支線	燕巢交流道	臺22	東行	14,607
			燕巢系統交流道		西行	14,120
51	10	旗山支線	燕巢系統交流道	--	--	--
			嶺口交流道			
52	10	旗山支線	嶺口交流道	臺21	東行	8,757
			旗山端		西行	9,096
53	5	南港石碇	南港系統交流道	縣106	北上	7,644
			石碇交流道		南下	8,519
54	5	石碇坪林	石碇交流道	縣106乙	北上	6,103
			坪林交流道		南下	6,470
55	5	坪林頭城	坪林交流道	臺9	北上	3,789
			頭城交流道		南下	3,479
56	1	楊梅新竹段	湖口交流道	縣118	北上	10,356
			竹北交流道		南下	11,264
57	1	楊梅新竹段	竹北交流道	臺68	北上	15,879
			新竹交流道		南下	15,415
58	1	楊梅新竹段	新竹交流道	縣117	北向	12,053
			新竹系統交流道		南向	11,499
59	1	竹圍三義段	銅鑼交流道	縣130	北上	9,261
			三義交流道		南下	9,175
60	1	三義豐原段	三義交流道	臺13	北上	10,093
			后里交流道		南下	10,057
61	1	三義豐原段	后里交流道	縣132甲	北上	6,953
			臺中系統交流道		南下	7,311
62	1	三義豐原段	臺中系統交流道	--	--	--
			豐原交流道			

表 3.2-4 研究範圍內地區道路穿(跨)越國道主線路段平日全日交通量彙整表(4/4)

項次	國道編號	路段別	起迄路段	地區主要 穿越道路	方向	日交通量 (輛)
63	1	豐原臺中段	豐原交流道	臺10	北上	10,026
			大雅交流道		南下	9,060
64	1	王田彰化段	彰化系統交流道	縣134	北上	13,332
			彰化交流道		南下	13,393
65	1	彰化員林段	彰化交流道	縣144甲	北上	3,890
			埔鹽系統交流道		南下	3,730
66	1	彰化員林段	埔鹽系統交流道	縣146	北上	6,381
			員林交流道		南下	6,207
67	1	員林北斗段	員林交流道	縣150	北上	10,602
			北斗交流道		南下	10,277
68	1	北斗西螺段	北斗交流道	臺1	北上	10,572
			西螺交流道		南下	10,090
69	1	北斗西螺段	西螺交流道	縣156	北上	9,143
			虎尾交流道		南下	9,496
70	1	斗南大林段	雲林系統交流道	縣157	北上	8,036
			大林交流道		南下	7,845
71	3	大甲彰濱段	龍井交流道	臺61乙	北上	10,800
			和美交流道		南下	10,175
72	3	彰化烏日段	彰化系統交流道	臺1	北上	21,631
			快官交流道		南下	26,431
73	1	國道1號	高科交流道	臺19甲	北上	15,265
			岡山交流道		南下	15,424
74	1	國道1號	岡山交流道	臺22	北上	14,607
			楠梓交流道		南下	14,120
75	1	國道1號	楠梓交流道	水管路	北上	10,543
			鼎金系統交流道		南下	11,225
76	1	國道1號	鼎金系統交流道	臺1	北上	34,598
			高雄交流道		南下	31,287
77	6	霧峰草屯段	霧峰系統交流道	臺63	東行	4,104
			舊正交流道		西行	5,003
78	6	霧峰草屯段	舊正交流道	--	--	--
			東草屯交流道			
79	6	草屯國姓段	東草屯交流道	臺14	東行	13,178
			國姓交流道		西行	12,190
80	6	國姓愛蘭段	國姓交流道	臺14	東行	10,065
			愛蘭交流道		西行	9,081
81	6	愛蘭埔里段	愛蘭交流道	--	--	--
			埔里交流道			
82	6	愛蘭埔里段	埔里交流道	臺21	東行	10,834
			埔里端		西行	11,216

資料來源：公路總局「101年度公路交通量統計調查表」，本計畫整理。

3.2.3 橋址大地基本資料研析

一、國道沿線地質概況

國道路網路線多沿平原及都會區邊緣興建，依臺灣的地質分區上屬於西部麓山區及西部沖積平原區，如圖3.2-1。依照國道路廊自北而南途經臺灣之地形分區，可初步瞭解國道沿線所經之地質環境。國道北起基隆穿越台北盆地，往南經林口-桃園-湖口台地、新竹苗栗丘陵帶、后里-大肚-八卦台地、台中丘陵帶、台中盆地、嘉南海岸平原、嘉義丘陵帶、台南-高雄丘陵帶至屏東沖積扇平原。

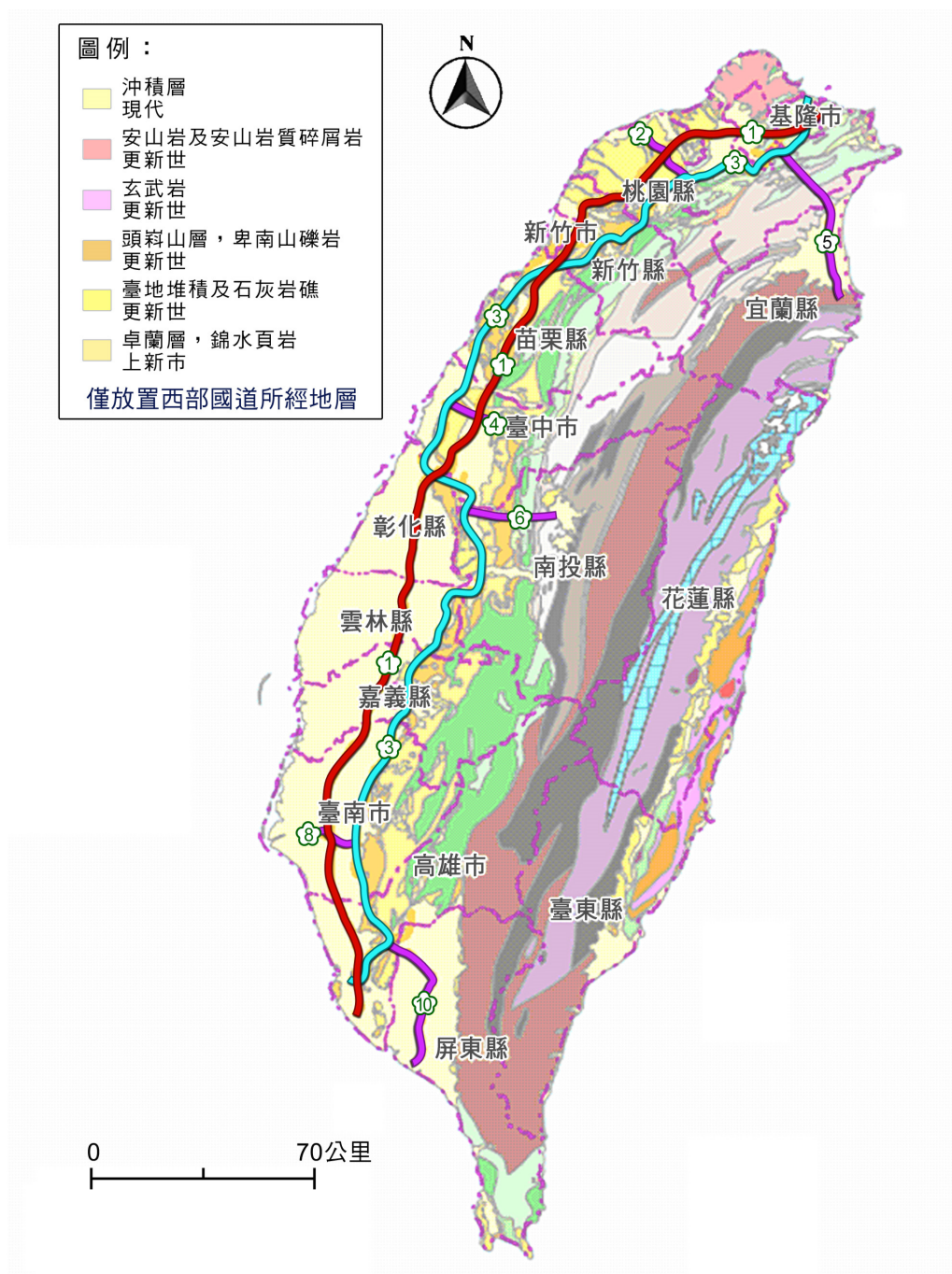


圖 3.2-1 區域地質圖

二、第一類活動斷層

臺灣位於「環太平洋地震帶」上，屬世界上有感地震最頻發的地區之一。自有地震儀觀測以來90年間，臺灣地區已發生多次重大的地震災害，除了發生多處山崩外，道路、橋梁、建物亦多所損害。在1999年9月21日車籠埔斷層的活動，地表斷層跡延伸近百公里，造成約二千四百人死亡，因此無論是由現有的知識或過去的歷史都告訴我們，未來在臺灣再度發生大地震是必然的，且由於菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊碰撞速率極快，這可能導致臺灣島上活動斷層的活動週期甚短。

依據經濟部中央地質調查所2010年5月公布的第一類活動斷層資料，相較於2000年版公告的12條外，新增10條，刪除2條(卓山斷層、奇美斷層)，共20條，詳表3.2-5，圖3.2-2。

三、土壤液化初步評估

依據所蒐集資料針對本計畫範圍橋址進行地層液化潛能評估，結果顯示無液化潛能者均達近7成，其餘為有液化潛能者約佔3成。另整理橋梁所在地盤種類評估結果，第一、二、三類地盤分別約佔56.37%、39.44%與4.19%。

圖3.2-3為依國道別統計之橋址液化等級評估結果，其中國1、3、5、8、10部份橋址具高度液化潛能，合計約179座，約佔全部橋梁之15.31%，進一步統計其中液化等級橋梁與基礎型式如表3.2-6~3.2-8。

表 3.2-5 第一類活動斷層及其性質表

編號	斷層名稱	長度(公里)	斷層性質	公布時間
1	新城斷層	28	逆移斷層	2010年
2	獅潭斷層	12	逆移斷層	1998年
3	三義斷層	24	逆移斷層	2010年
4	大甲斷層(北段)	8	逆移斷層	2010年
	大甲斷層(清水，南段)	22		2010年
5	鐵砧山斷層	13	逆移斷層	2010年
6	屯子腳斷層	14	右移斷層	1998年
7	彰化斷層	36	逆移斷層	2010年
8	車籠埔斷層	38	逆移斷層	1998年
9	大茅埔-雙冬斷層	69	逆移斷層	2010年
10	梅山斷層	13	右移斷層	1998年
11	大尖山斷層	25	逆移兼右移斷層	1998年
12	六甲斷層	17	逆移兼左移斷層	2010年
13	觸口斷層	28	逆移斷層	1998年
14	新化斷層	6	右移斷層	1998年
15	旗山斷層	30	逆移斷層	1998年
16	米崙斷層	8	左移兼逆移斷層	1998年
17	瑞穗斷層	33	逆移兼左移斷層	2010年
18	玉里斷層	23	左移兼逆移斷層	1998年
19	池上斷層	67	逆移兼左移斷層	1998年
20	鹿野斷層	17	逆移斷層	2010年

表 3.2-6 各國道橋梁嚴重液化等級與基礎型式關係

基礎型式	國 1	國 3	國 4	國 5	國 6	國 8	國 10	SUM
井基	0	0	0	0	0	0	0	0
沉箱	0	0	0	0	0	0	0	0
樁基	70	55	0	7	0	26	19	177

表 3.2-7 各國道橋梁中度液化等級與基礎型式關係

基礎型式	國 1	國 3	國 4	國 5	國 6	國 8	國 10	SUM
井基	0	0	0	0	0	0	0	0
沉箱	0	0	0	0	0	0	0	0
樁基	28	66	0	3	0	10	8	115

表 3.2-8 各國道橋梁低度液化等級與基礎型式關係

基礎型式	國 1	國 3	國 4	國 5	國 6	國 8	國 10	SUM
直基	1	2	0	1	0	0	0	3
井基	0	2	0	0	0	0	0	2
沉箱	0	0	0	0	0	0	0	0
樁基	26	48	0	0	0	2	0	76

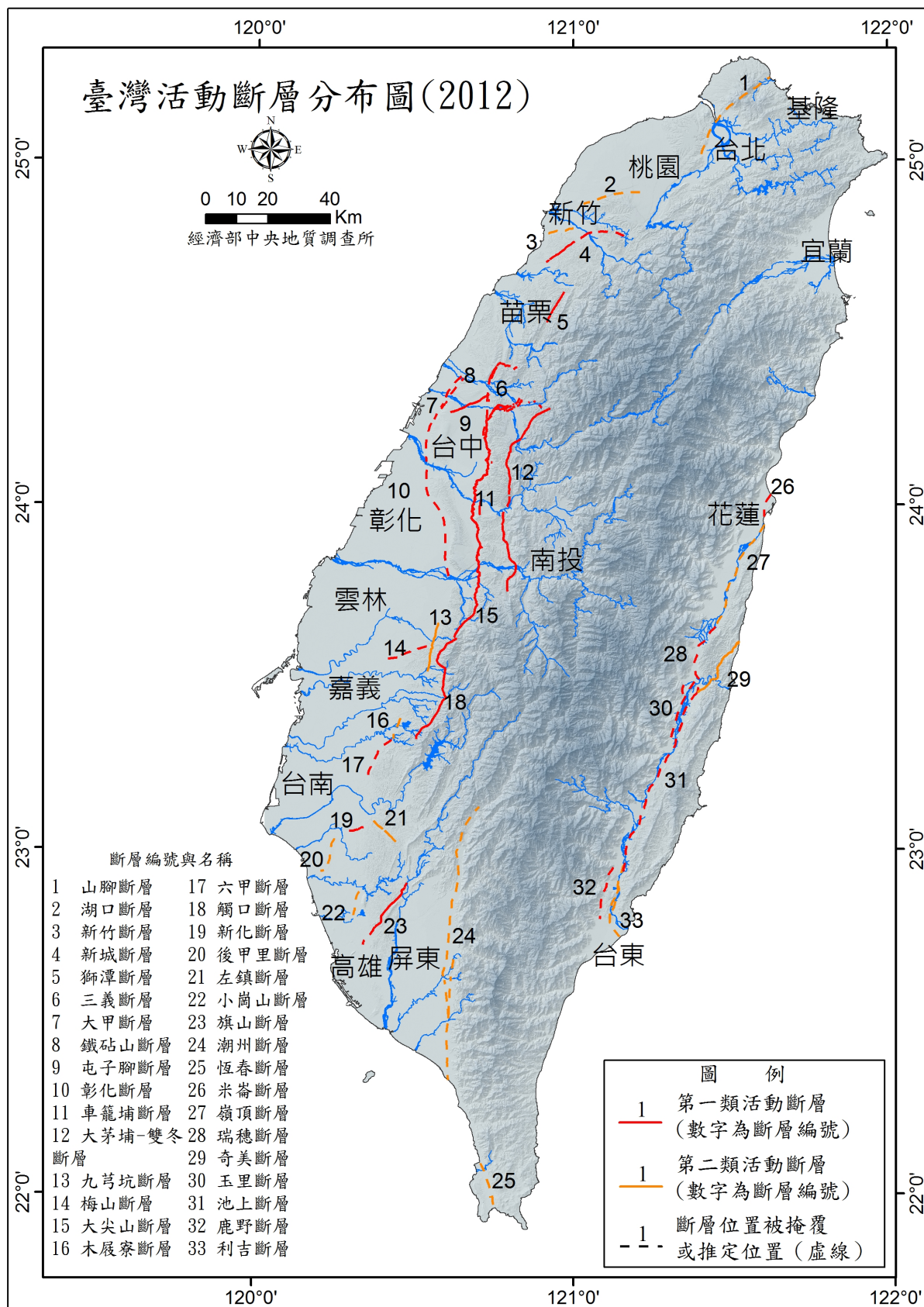


圖 3.2-2 臺灣活動斷層分布圖

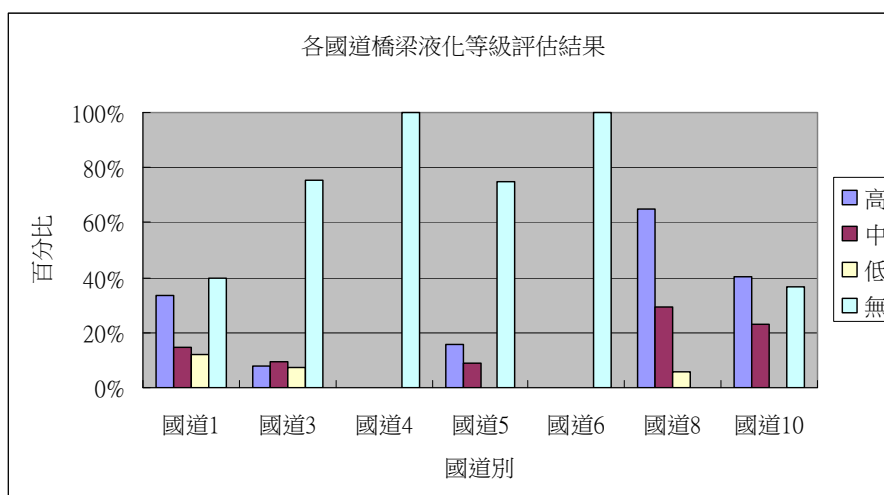


圖 3.2-3 各國道橋梁液化等級評估結果

四、橋址地質災害敏感區概況

經查目前橋址鄰近邊坡已補強達到邊坡穩定安全係數要求，再經由定期邊坡清查、巡查及監測等作業，本工程範圍橋址鄰近邊坡應無立即性地質災害發生之虞。惟後續考量結構基礎老舊或者是依據最新耐震評估地震力或近斷層效應等規範評估，若需要基礎補強則勢必會再次擾動已穩定之邊坡狀況。

本階段依據所蒐集之國道3號32處順向坡體檢成果、中央地調所出版之地質災害潛勢圖資料以及國道邊坡補強工程實施計畫與本工程需評估橋梁之範圍，綜整需特別注意橋址鄰近邊坡之區域，提供後續橋梁耐震補強評估之參考。

綜整調查資料顯示，橋址鄰近邊坡可能遭遇之地質災害主要以岩屑崩滑、順向坡、土石流及惡地，計4種災害潛勢狀況，其定義說明如下：

1. 岩屑崩滑：風化土層、岩屑、崩積層或鬆軟破碎岩層之崩落或滑動現象，主要屬淺層地表滑動現象。
2. 順向坡：坡面之坡向與地層之層理或劈理之傾向約為一致之地形，主要屬深層或大規模地表(岩體)滑動現象。
3. 土石流：土石與水混合在重力作用下，沿山溝或溪谷流動的現象。
4. 惡地：由巨厚泥岩組成，坡面蝕溝發達或嚴重沖蝕的地區。

本計畫綜整橋址鄰近邊坡之詳細說明如下：

1. 依據國道3號32處順向坡體檢成果顯示，本工程橋址鄰近邊坡計有14座橋梁，目前皆已完成邊坡補強作業。
2. 依據中央地調所出版之地質災害潛勢圖資料，另將前述順向坡體檢成果納入考量，本工程橋址鄰近邊坡共計有26座橋梁，需於耐震補強評估邊坡受到施工規劃之影響，其鄰近橋址邊坡之潛在地質災害綜整如表3.2-9。

表 3.2-9 本工程橋址鄰近邊坡綜整表

項次	國道 編號	路段別	橋梁名稱	里程	地質災害	邊坡分級 逆向/順向
1	3	西湖大甲段	通霄五號跨越橋	149k+000	順向坡	D/D
2	3	西湖大甲段	苑裡跨越橋	150k+320	順向坡	C/C
3	3	大甲彰濱段	橋頭寮溪排水橋	174k+152	土石流	—
4	3	大甲彰濱段	南崗路跨越橋	184k+812	岩屑崩滑	D/D
5	3	名間竹山段	公正巷跨越橋	247k+165	順向坡	D/D
6	3	雲林嘉義段	民雄跨越橋	284k+976	順向坡	D/D
7	3	雲林嘉義段	FP188-2跨越橋	288k+140	順向坡	C/C
8	3	雲林嘉義段	嘉市仁義潭五號道路 跨越橋	295k+766	順向坡	D/D
9	3	白河新化段	水上跨越橋	301k+516	順向坡	D/D
10	3	新化田寮段	3號跨越橋	354k+045	順向坡	C/D
11	3	新化田寮段	360k+565跨越橋(7號)	360k+565	岩屑崩滑	D/C
12	3	新化田寮段	362k+115跨越橋(8號)	362k+115	順向坡	C/D
13	3	新化田寮段	362k+985跨越橋(9號)	362k+985	順向坡	D/D
14	3	新化田寮段	364k+701跨越橋(11號)	364k+701	順向坡	D/D
15	3	田寮燕巢段	368k+534跨越橋 (田寮2號)	368k+534	岩屑崩滑	D/C
16	3	田寮燕巢段	373k+987跨越橋 (田寮4號)	373k+987	順向坡	D/D
17	3	田寮燕巢段	田寮1號高架橋	374k+062	惡地	—
18	3	燕巢九如段	382k+174跨越橋 (燕巢1號)	382k+174	岩屑崩滑	D/D
19	3	燕巢九如段	383k+313跨越橋 (燕巢2號)	383k+313	岩屑崩滑	D/D
20	3	燕巢九如段	383k+987跨越橋 (燕巢3號)	383k+987	順向坡	D/D
21	1	-	渡槽跨越橋	86k+781	岩屑崩滑	C/D
22	1	-	溝渠橋144743	144k+743	土石流	—
23	10	高雄支線	15K+885跨越橋(深水二號)	15k+885	順向坡	C/D
24	10	高雄支線	18K+397跨越橋(深水一號)	18k+397	順向坡	D/D
25	10	高雄支線	20k+344跨越橋(旗山1號)	20k+344	順向坡	D/D
26	10	高雄支線	21k+376跨越橋(旗山2號)	21k+376	岩屑崩滑	D/D
27	3	西湖大甲	大甲溪河川橋	167k+585	土石流	—
28	6	國道6號	石灼高架橋	15k+575	土石流	—
29	6	國道6號	斗山一號高架橋	20k+560	土石流	—
30	6	國道6號	南港溪橋	28k+775	土石流	—

註：邊坡分段“-”：未列入邊坡分級檢核項目；邊坡分級“逆向/順向”：車行方向。

3.2.4 河川橋基本資料研析

本計畫之國道通過中央管河川橋梁，依據經濟部水利署公告之中央管河川分類，其計畫範圍內之水系由北至南依序為：淡水河、鳳山溪、頭前溪、中港溪、後龍溪、大安溪、大甲溪、烏溪、濁水溪、北港溪、朴子溪、八掌溪、急水溪、曾文溪、鹽水溪、二仁溪、阿公店溪、高屏溪等18條中央管河川。

為考量河川沖刷對橋梁耐震能力之影響，針對河川橋梁進行統計及初步沖刷評估。經篩選及分類結果，本計畫範圍內共101座(雙向分計為197座)跨河橋梁；為瞭解並掌握本計畫橋梁於各河川位址之河道特性、治理情形、計畫水位、上下游構造物等，特蒐集各河川之治理規劃報告及相關資料，俾利進行沖刷初步評估，詳表3.2-10。

依據所蒐集相關竣工、治理、歷年測量維護或衛星影像資料，以及配合現地勘查結果，採用交通部運輸研究所「跨河橋梁橋基沖刷檢測作業規範(草案)」(100年12月)提出之「跨河橋梁沖刷潛勢評估表」進行評分，其評估分數低於20分，則可列為低度沖刷潛勢橋梁；評估結果若分數介於20~40分，則可列為中度沖刷潛勢橋梁；評估結果若分數高於40分，則可列為高度沖刷潛勢橋梁；結果顯示本計畫橋梁具高度沖刷潛勢橋梁共24座、中度沖刷潛勢橋梁共33座、低度沖刷潛勢橋梁共75座、河道中未落墩橋梁共68座，沖刷潛勢評估為高及中風險橋梁彙整如表3.2-11所示。

表 3.2-10 工程範圍主要河川治理基本資料表

項次	橋梁名稱	方向	橋梁編號	國道 編號	起迄里程	橋長 (m)	水系	跨越河川 名稱	斷面 編號	重現 期距	計畫水 位(EL)	河道寬度 (M)	河川 主管機關	治理規劃報告
1	鳳山溪橋	北上	01087589RWDN	1	87k+589~88k+029	440	鳳山溪	鳳山溪	19	50	21.92	440	第二河川局	疏濬潛能河床變遷(鳳山溪)99
2	鳳山溪橋	南下	01087589RWDS	1	87k+589~88k+029	440	鳳山溪	鳳山溪	19	50	21.92	440	第二河川局	疏濬潛能河床變遷(鳳山溪)99
3	頭前溪橋	北上	01091830RWDN	1	91k+830~92k+638	809	頭前溪	頭前溪	20	100	29	200	第二河川局	頭前溪河川環境營造計畫規劃94 疏濬潛能河床變遷(頭前溪)98
4	頭前溪橋	南下	01091830RWDS	1	91k+830~92k+638	809	頭前溪	頭前溪	20	100	29	200	第二河川局	頭前溪河川環境營造計畫規劃94 疏濬潛能河床變遷(頭前溪)98
5	中港溪河川橋	北上	03119368RORN	3	119K+368~120K+918	1550	中港溪	中港溪	5	100	6.17	45	第二河川局	中港溪低水治理計畫91
6	中港溪河川橋	南下	03119368RORS	3	119K+368~120K+918	1550	中港溪	中港溪	5	100	6.17	45	第二河川局	中港溪低水治理計畫91
7	後龍一號高架橋	北上	03126010BORN	3	126K+010~129K+547	3556	後龍溪	後龍溪	9	100	4.79	300	第二河川局	疏濬潛能河床變遷(鳳山溪)99
8	後龍一號高架橋	南下	03126010RORS	3	126K+010~129K+547	3556	後龍溪	後龍溪	9	100	4.79	300	第二河川局	疏濬潛能河床變遷(鳳山溪)99
9	景山溪橋	北上	01154470RWDN	1	154k+470~154k+777.06	306	大安溪	景山溪	22	100	178.7	105	第三河川局	大安溪流域聯合整體治理規劃92
10	景山溪橋	南下	01154470RWDS	1	154k+470~154k+777.06	306	大安溪	景山溪	22	100	178.7	105	第三河川局	大安溪流域聯合整體治理規劃92
11	大安溪橋	北上	01155016RWDN	1	155k+016~155k+980.06	963	大安溪	大安溪	22	100	178.7	630	第三河川局	大安溪流域聯合整體治理規劃92
12	大安溪橋	南下	01155016RWDS	1	155k+016~155k+980.06	963	大安溪	大安溪	22	100	178.7	630	第三河川局	大安溪流域聯合整體治理規劃92
13	大甲溪橋	北上	01163542RWDN	1	163k+542~164k+592.14	1049	大甲溪	大甲溪	23	100	58.65	1049	第三河川局	大甲溪流域聯合整體治理規劃上冊92
14	大甲溪橋	南下	01163542RWDS	1	163k+542~164k+592.14	1049	大甲溪	大甲溪	23	100	58.65	1049	第三河川局	大甲溪流域聯合整體治理規劃上冊92
15	大安溪橋	北上	03159819RORN	3	159K+819~161K+579	1760	大安溪	大安溪	9	100	63.2	500	第三河川局	大安溪流域聯合整體治理規劃92
16	大安溪橋	南下	03159819RORS	3	159K+819~161K+579	1760	大安溪	大安溪	9	100	63.2	500	第三河川局	大安溪流域聯合整體治理規劃92
17	大甲溪河川橋	北上	03166981RORN	3	166K+981~169K+306	2850	大甲溪	大甲溪	10	100	76.75	1000	第三河川局	大甲溪流域聯合整體治理規劃上冊92
18	大甲溪河川橋	南下	03166981RORS	3	166K+981~169K+306	2850	大甲溪	大甲溪	10	100	76.75	1000	第三河川局	大甲溪流域聯合整體治理規劃上冊92
19	烏溪一號河川橋N	北上	03188713RORN	3	188K+713~190K+861	2148	烏溪	烏溪	10	100	8.49	2148	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
20	烏溪一號河川橋S	南下	03188713RORS	3	188K+699~190K+710	2148	烏溪	烏溪	10	100	8.49	2148	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
21	烏溪二號橋N	北上	03203244BORN	3	203K+244~206K+582	3338	烏溪	烏溪	34	100	27	1080	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
22	烏溪二號橋S	南下	03203244BORS	3	203K+244~206K+582	3338	烏溪	烏溪	34	100	27	1080	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
23	烏溪三號橋N	北上	03212540BORN	3	212K+540~216K+672	4132	烏溪	烏溪	50	100	72.24	1000	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
24	烏溪三號橋S	南下	03212540BORS	3	212K+540~216K+672	4132	烏溪	烏溪	50	100	72.24	1000	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
25	平林溪河川橋N	北上	03231944BORN	3	231K+944~232K+450	522	烏溪	平林溪	37	100	91.92	180	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
26	平林溪河川橋S	南下	03231944BORS	3	231K+944~232K+450	506	烏溪	平林溪	37	100	91.92	180	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
27	神岡高架橋E	東行	04006100BORE	4	006K+100~007K+300	1200	大甲溪	—	12-18	100	120.44	920	第三河川局	大甲溪流域聯合整體治理規劃上冊92
28	神岡高架橋W	西行	04006100BORW	4	006K+100~007K+300	1200	大甲溪	—	12-18	100	120.44	920	第三河川局	大甲溪流域聯合整體治理規劃上冊92
29	烏溪四號橋	東行	06003120BROE	6	003K+119~004K+729	1610	烏溪	烏溪	57	100	103.04	1610	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
30	烏溪四號橋	西行	06003119BROW	6	003K+119~004K+729	1610	烏溪	烏溪	57	100	103.04	1610	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
31	平林高架橋	東行	06007551RORE	6	007K+551~012K+492	4941	烏溪	烏溪	65	100	145.91	1000	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
32	平林高架橋	西行	06007551RORW	6	007K+551~012K+492	4941	烏溪	烏溪	65	100	145.91	1000	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
33	雙冬高架橋	東行	06012718RORE	6	012K+718~013K+815	1097	烏溪	烏溪	75	100	175.3	1097	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
34	雙冬高架橋	西行	06012718RORW	6	012K+718~013K+815	1080	烏溪	烏溪	75	100	175.3	1080	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
35	石灼高架橋	東行	06014250RORE	6	014K+250~015K+300	1050	烏溪	烏溪	81	100	191.15	1050	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
36	石灼高架橋	西行	06014250RORW	6	014K+250~015K+300	1050	烏溪	烏溪	81	100	191.15	1050	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
37	國姓高架橋(二)	東行	06016070RORE	6	016K+070~016K+909	839	烏溪	烏溪	85	100	214.3	800	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
38	國姓高架橋(二)	西行	06016070RORW	6	016K+070~016K+909	839	烏溪	烏溪	85	100	214.3	800	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92

項次	橋梁名稱	方向	橋梁編號	國道 編號	起迄里程	橋長 (m)	水系	跨越河川 名稱	斷面 編號	重現 期距	計畫水 位(EL)	河道寬度 (M)	河川 主管機關	治理規劃報告
39	斗山二號高架橋 E	東行	06020948RORE	6	020K+948~023K+319	2371	烏溪	烏溪	98	100	271.67	400	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
40	斗山二號高架橋 W	西行	06020948RORW	6	020K+948~023K+319	2371	烏溪	烏溪	98	100	271.67	400	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
41	河曲高架橋	東行	06025779RORE	6	025K+779~027K+248	1469	烏溪	烏溪	117	100	336.09	700	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
42	河曲高架橋	西行	06025779RORW	6	025K+779~027K+248	1469	烏溪	烏溪	117	100	336.09	700	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
43	南港溪橋	東行	06028517RORE	6	028K+517~029K+412	865	烏溪	南港溪	5	100	396.12	500	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
44	南港溪橋	西行	06028517RORW	6	028K+517~029K+412	865	烏溪	南港溪	5	100	396.12	500	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
45	埔里高架橋	西行	06030050BORW	6	030K+278~033K+908	3630	烏溪	眉溪	26	100	438.65	800	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
46	埔里高架橋	東行	06030050BORE	6	030K+278~033K+908	3630	烏溪	眉溪	26	100	438.65	800	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
47	眉溪橋	東行	06037010RORE	6	037K+010~037K+262	252	烏溪	眉溪	32	100	489.47	252	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
48	眉溪橋	西行	06037010RORW	6	037K+010~037K+262	252	烏溪	眉溪	32	100	489.47	252	第三河川局	烏溪流域聯合整體治理規劃92
49	227k+428(中沙大橋)	北上	01226430RWDN	1	226k+430~228k+774	2344	濁水溪	濁水溪	54	100	35.82	1000	第四河川局	濁水溪治理規劃檢討報告(修訂版96)
50	227k+428(中沙大橋)	南下	01226430RWDS	1	226k+430~228k+774	2344	濁水溪	濁水溪	54	100	35.82	1000	第四河川局	濁水溪治理規劃檢討報告(修訂版96)
51	濁水溪河川橋N	北上	03241649RORN	3	241K+649~243K+269	1620	濁水溪	濁水溪	105	100	146.1	1620	第四河川局	濁水溪治理規劃檢討報告(修訂版96)
52	濁水溪河川橋S	南下	03241649RORS	3	241K+649~243K+269	1620	濁水溪	濁水溪	105	100	146.1	1620	第四河川局	濁水溪治理規劃檢討報告(修訂版96)
53	清水溪河川橋N	北上	03249966RORN	3	249K+966~252K+032	2066	清水溪	清水溪	0.1	100	105.36	500	第四河川局	濁水溪水系支流清水溪治理規劃報告97
54	清水溪河川橋S	南下	03249966RORS	3	249K+966~252K+032	2076	清水溪	清水溪	0.1	100	105.36	500	第四河川局	濁水溪水系支流清水溪治理規劃報告97
55	八掌溪河川橋N	北上	03296935RORN	3	296K+935	560	八掌溪	八掌溪	38	50	51.7	560	第五河川局	八掌溪水系赤蘭溪治理規劃報告78
56	八掌溪河川橋S	南下	03296935RORS	3	296K+935	560	八掌溪	八掌溪	38	50	51.7	560	第五河川局	八掌溪水系赤蘭溪治理規劃報告78
57	348K+535過水橋 N(岡山溪)	北上	01348509RORN	1	348K+509~348K+560	52	阿公店溪	阿公店溪	35	50	8.67	52	第六河川局	阿公店溪(上游段)治理基本計畫85
58	348K+535過水橋 S(岡山溪)	南下	01348509RORS	1	348K+509~348K+560	52	阿公店溪	阿公店溪	35	50	8.67	52	第六河川局	阿公店溪(上游段)治理基本計畫85
59	369k+879二仁溪1 號橋(北)	北上	03369638RORN	3	369K+638~370K+120	482	二仁溪	二仁溪	62.1	100	17.85	135	第六河川局	二仁溪治理規劃檢討98
60	369k+879二仁溪1 號橋(南)	南下	03369638RORS	3	369K+638~370K+120	482	二仁溪	二仁溪	62.2	100	18.08	135	第六河川局	二仁溪治理規劃檢討98
61	23k+847旗山溪橋 (東)	東向	10023125BORE	10	23K+125~24K+569	1444	高屏溪	旗山溪	3.1	100	66.06	200	第七河川局	高屏溪治理規劃檢討97
62	23k+847旗山溪橋 (西)	西向	10023125BORW	10	23K+125~24K+569	1444	高屏溪	旗山溪	3.2	100	66.06	200	第七河川局	高屏溪治理規劃檢討97
63	386k+218高屏溪斜 張橋(北)	北上	03386038RORN	3	386K+038~386K+553	515	高屏溪	高屏溪	69	100	31.61	1000	第七河川局	高屏溪治理規劃檢討97
64	386k+218高屏溪斜 張橋(南)	南下	03386038RORS	3	386K+038~386K+553	515	高屏溪	高屏溪	69	100	31.61	1000	第七河川局	高屏溪治理規劃檢討97
65	387k+606高屏溪河 川橋(北)	北上	03386553RORN	3	386K+553~388K+659	2106	高屏溪	高屏溪	69	100	31.61	1000	第七河川局	高屏溪治理規劃檢討97
66	387k+606高屏溪河 川橋(南)	南下	03386553RORS	3	386K+553~388K+659	2106	高屏溪	高屏溪	69	100	31.61	1000	第七河川局	高屏溪治理規劃檢討97
67	景美溪橋(E)	東向	05003489RORE	5	003K+489~003K+714	225	淡水河系	景美溪	61	100	40.02	225	第十河川局	景美溪上游段治理規劃報告_93_水規所
68	景美溪橋(W)	西向	05003515RORW	5	003K+515~003K+780	265	淡水河系	景美溪	61	100	40.02	265	第十河川局	景美溪上游段治理規劃報告_94_水規所

表 3.2-11 沖刷潛勢評估為高度及中度風險橋梁彙整表

項次	水系	跨越河川/ 排水名稱	國道 編號	統一里程	橋梁名稱	計算總分	橋梁編碼	風險 程度
1	濁水溪	濁水溪	3	242K+459	濁水溪河川橋	40.4	03241649RORN	高
2	濁水溪	濁水溪	3	242K+459	濁水溪河川橋	40.4	03241649RORS	高
3	鹽水溪	鹽水溪	3	358K+503	359K+234 鹽水溪橋	46.3	03358957RORN	高
4	鹽水溪	鹽水溪	3	359K+503	359K+234 鹽水溪橋	46.3	03358948RORS	高
5	北港溪	大埔溪	3	260K+693	大埔溪排水橋主線	40.4	03260584RORN	高
6	北港溪	大埔溪	3	260K+707	大埔溪排水橋主線	40.4	03260584RORS	高
7	北港溪	梅林溪	3	264K+156	梅林溪排水橋	43.3	03263950RORN	高
8	北港溪	梅林溪	3	264K+156	梅林溪排水橋	43.3	03263950RORS	高
9	二仁溪	二仁溪	3	369K+122	369K+879 二仁溪 1 號橋	42.5	03369638RORN	高
10	二仁溪	二仁溪	3	369K+122	369K+879 二仁溪 1 號橋	42.5	03369638RORS	高
11	大甲溪	大甲溪	4	6K+700	神岡高架橋	2.0	04006100BORE	高
12	大甲溪	大甲溪	4	6K+700	神岡高架橋	2.0	04006100BORW	高
13	淡水河	景美溪	5	5K+938	潭邊橋	45.5	05005938RORN	高
14	淡水河	景美溪	5	5K+938	潭邊橋	45.5	05005938RORS	高
15	淡水河系	北勢溪	5	14K+846	北勢溪橋	46.9	05014846RORN	高
16	淡水河系	北勢溪	5	14K+846	北勢溪橋	46.9	05014878RORS	高
17	烏溪	烏溪	6	14K+250	石灼高架橋	52.9	06014250RORE	高
18	烏溪	烏溪	6	14K+250	石灼高架橋	52.9	06014250RORW	高
19	烏溪	烏溪	6	20K+948	斗山二號高架橋	44.1	06020948RORE	高
20	烏溪	烏溪	6	20K+948	斗山二號高架橋	44.1	06020948RORW	高
21	烏溪	烏溪	6	25K+779	河曲高架橋	62.1	06025779RORE	高
22	烏溪	烏溪	6	25K+779	河曲高架橋	62.1	06025779RORW	高
23	鳳山溪	鳳山溪	1	87K+809	鳳山溪橋	23.0	01087589RWDN	中
24	鳳山溪	鳳山溪	1	87K+809	鳳山溪橋	23.0	01087589RWDS	中
25	頭前溪	頭前溪	1	92K+236	頭前溪橋	34.9	01091830RWDN	中
26	頭前溪	頭前溪	1	92K+236	頭前溪橋	34.9	01091830RWDS	中
27	大安溪	景山溪	1	154K+470	哆囉固溪橋(景山溪橋)	37.2	01154470RWDN	中
28	大安溪	景山溪	1	154K+470	哆囉固溪橋(景山溪橋)	37.2	01154470RWDS	中
29	大甲溪	大甲溪	1	163K+515	大甲溪橋	36.8	01163542RWDN	中
30	大甲溪	大甲溪	1	163K+515	大甲溪橋	36.8	01163542RWDS	中

項次	水系	跨越河川/ 排水名稱	國道 編號	統一里程	橋梁名稱	計算總分	橋梁編碼	風險 程度
31	濁水溪	濁水溪	1	227K+428	227K+428(中沙大橋)	27.8	01226430RWDN	中
32	濁水溪	濁水溪	1	227K+428	227K+428(中沙大橋)	27.8	01226430RWDS	中
33	典寶溪	典寶溪	1	354K+155	354K+155 過水橋 〈典寶溪〉	20.8	01354119RORN	中
34	典寶溪	典寶溪	1	354K+155	354K+155 過水橋 〈典寶溪〉	20.8	01354119RORS	中
35	中港溪	中港溪	3	120K+143	中港溪河川橋	25.4	03119368RORN	中
36	中港溪	中港溪	3	120K+143	中港溪河川橋	25.4	03119368RORS	中
37	後龍溪	後龍溪	3	127K+778.5	後龍一號高架橋	34.8	03126010BORN	中
38	後龍溪	後龍溪	3	127K+788.5	後龍一號高架橋	34.8	03126010RORS	中
39	大甲溪	大甲溪	3	166K+306	大甲溪河川橋	36.8	03166981RORN	中
40	大甲溪	大甲溪	3	166K+306	大甲溪河川橋	36.8	03166981RORS	中
41	濁水溪	東埔蚋溪	3	244K+397	東埔蚋溪河川橋	20.3	03244182RORN	中
42	濁水溪	東埔蚋溪	3	244K+407	東埔蚋溪河川橋	20.3	03244182RORS	中
43	北港溪	石牛溪	3	270K+554	石牛溪河川橋	21.7	03270554RORS	中
44	北港溪	石牛溪	3	270K+563	石牛溪河川橋	21.7	03270563RORN	中
45	朴子溪	獅子頭溪	3	289K+698	獅子頭溪河穿越橋	33.8	03289698BORN	中
46	朴子溪	獅子頭溪	3	289K+698	獅子頭溪河穿越橋	33.8	03289698BORS	中
47	急水溪	龜重溪	3	320K+654	龜重溪河川橋	36.6	03320654RORN	中
48	急水溪	龜重溪	3	320K+654	龜重溪河川橋	36.6	03320654RORS	中
49	烏溪	隘寮溪排水 (茄荖溪)	3	0K+163	茄荖溪三號排水橋	21.3	03217200RAT3	中
50	烏溪	烏溪	6	7K+496	平林高架橋	22.0	06007551RORE	中
51	烏溪	烏溪	6	7K+551	平林高架橋	22.0	06007551RORW	中
52	烏溪	烏溪	6	12K+718	雙冬高架橋	20.3	06012718RORE	中
53	烏溪	烏溪	6	12K+718	雙冬高架橋	20.3	06012718RORW	中
54	烏溪	烏溪	6	16K+070	國姓高架橋(二)	32.1	06016070RORE	中
55	烏溪	烏溪	6	16K+070	國姓高架橋(二)	32.1	06016070RORW	中

3.2.5 環境影響衝擊初步說明

考量各種橋梁耐震補強工法之作業方式，施工期間可能造成之環境衝擊因子主要可分為空氣品質、水文水質、噪音振動、廢棄物及剩餘土方、交通、及景觀美質等6大類，說明如后。

1. 空氣品質

本計畫各種施工機械之運作、工程項目之進行及工程車輛之進出等，均屬可能影響附近空氣品質之因子，因此施工階段空氣污染物約可分為兩類：工作面排放源、運輸作業排放源，說明如下：

(1) 工作面排放源

施工階段易造成塵土飛揚，所產生之粒狀污染物經大氣作用逸散至大氣中，使得施工面之空氣懸浮微粒濃度及落塵量增加。依據美國環境保護署「空氣污染物排放係數彙編AP-42」，大型土建工程之粒狀污染物產生量(以粒徑小於 $30\ \mu\text{m}$ 之微粒為主)，約為 $1.56\ \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{sec}$ 。此外，施工機具如挖土機、傾卸卡車等機械於運轉時所產生之含有一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)、硫化物(SO_x)及總懸浮微粒(TSP)污染物之廢氣，將影響工區附近空氣品質，但影響範圍多侷限於施工區域附近。

(2) 運輸工具排放

運輸工具污染源除車輛本身排放之廢氣，另外有車輛行駛引起的揚塵，其污染物包括有一氧化碳(CO)、氮氧化物(NO_x)、硫化物(SO_x)及總懸浮微粒(TSP)等，影響範圍則以運輸道路兩側為主。

2. 水文水質

(1) 水文

本計畫若對既有之河川橋基礎、橋墩及帽梁等下部結構進行補強，加寬橋墩設施以增強橋梁耐震能力，受限於水利單位要求補強後基礎頂高程須低於計畫河床高，預計將採向下增厚基礎之補強方式施作，可避免對河川水理之衝擊，故預期不致對水文造成影響。

(2) 水質

本計畫於施工期間可能影響水體水質之主要因素包括：逕流沖刷造成之土壤沖蝕、施工人員之生活污水、施工機具保養廢油及基樁補強工程所產生之污染等，說明如下：

A. 逕流沖刷造成之土壤沖蝕：施工階段可能因施築施工便道、基樁補強局部開挖而造成之小面積裸露地表，或因土方堆置，於雨季之暴雨期間沖刷，其所挾帶之泥砂將流進下游水體，致使水體之懸浮固體物與濁度上升。

- B. 施工人員生活污水：若以各施工區內工作人員約30人推估，每人每日排放之污水量約為30公升，則各工區生活污水總產生量約為900公升/日，若不妥善收集處理，將對鄰近水體造成負面影響。
- C. 施工機具保養廢油：施工機具保養所產生之廢油，其污染物包括懸浮固體、油脂及微量金屬等，若不慎排出工區，將對鄰近水體造成嚴重污染。
- D. 橋墩基樁補強工法、使用材料：橋梁基礎增補基樁所進行之鑽掘作業，將影響河川水質；此外，若基樁施工使用穩定液，將可能影響地下水。

3. 噪音振動

(1) 噪音

- A. 工作面噪音影響：本計畫施工期間使用機具主要為挖土機、卡車、吊車、發電機設備等，由於影響噪音參數甚多，如音源距離，受音場地形、吸音或反射之特性、氣象條件等因素等影響，施工面距離至道路邊界100公尺處噪音增量為無影響或可忽略影響等級。
- B. 運輸車輛噪音影響：運輸車輛噪音影響主要產生於車輛於施工面等待期間及車輛往來於工地與料場之間，其主要影響區域範圍為進出道路兩側及運輸路線。

(2) 振動

本計畫可能使用造成振動之施工機具包括挖土機、混凝土拌合車、混凝土泵浦、…等，假設65dB為本計畫施工階段產生之最大振動量，而振動量在地盤中傳播時，則其距離路緣50公尺以外之振動量約48dB，已低於日本東京都道路交通及營建工程公害振動規劃基準之第一種區域之日間振動限值65及70dB，故本計畫施工機具作業產生之振動影響應可忽略。另運輸車輛引起振動，依日本時田等人研究，假設以20噸之卡車為主要運輸車輛，以40公里/小時之速率行駛，同時參考國內交通部公路工程施工規範，假設道路之路面凹凸標準偏差為±6mm，經評估結果，施工車輛所產之振動量為55.5dB，符合日本東京都道路交通及營建工程公害振動規劃基準之第一種區域之日間振動限值65及70dB。

4. 廢棄物及剩餘土方

主要包括施工人員產生之生活廢棄物，及橋梁補強施工產生之營建廢棄物(如混凝土塊)，此外亦包括橋梁樁基礎補強施工開挖所產生之剩餘土方。

5. 交通

由於本計畫未來施工均位於橋下，跨越橋或匝環道橋墩柱鄰近高速公路主線或匝環道，部分穿越橋墩柱鄰近地方平面道路，施工時可能會對高速公路主線車流或地區交通造成影響。

6. 景觀美質

由於本工程施工範圍侷限於橋梁墩柱，無道路開發造成改變地形地貌、大量地表

裸露等問題，主要環境衝擊因子為施工及材料搬運車輛進出、吊裝組合，呈現凌亂的施工景觀，使視覺注意力改變，而臨時施工所或材料堆置場之設置，會改變當地居民對視覺環境之既有印象。

3.2.6 環境衝擊減輕對策

1. 空氣品質：施工期間空氣污染之防制參照行政院環保署「營建工程空氣污染防制設施管理辦法」之規定，並明定環保條款於施工合約中，確實要求承包商徹底執行。
 - (1) 於工區周界依規定設置施工圍籬。
 - (2) 工程進行期間所使用之砂石、具粉塵逸散性之工程材料、土石方或營建廢棄物，覆蓋防塵布或防塵網。
 - (3) 工區內之車行路徑，應以鋼板或混凝土鋪面，鋪面面積應達車行路徑面積之50%以上。
 - (4) 工區內之裸露地表施以經常性灑水措施或覆蓋防塵布或防塵網，但需避免過量灑水造成土壤沖蝕。
 - (5) 運送具粉塵逸散性工程材料、廢棄物、砂石或土石方之運送車輛加設防塵布或不透氣覆蓋物覆蓋。
 - (6) 工區附近路面避免泥沙堆積，尤其是雨後放晴，更須加強沖洗路面附著的泥沙。
 - (7) 定期維修保養施工機具及施工卡車，使維持最佳操作狀態，減少廢氣排放。
 - (8) 施工機具及動力機械等皆應使用符合限值汽柴油為動力燃料，施工機具或卡車應避免怠速運轉。
2. 水文水質
 - (1) 妥善規劃施工方法，採用減少河川水質干擾工法(如：全套管開挖機組)，選用無污染(或低污染)物料。
 - (2) 逕流廢水污染防治：確實作好下列防治措施，減少暴雨形成之逕流污染，並於施工期間進行監測，確保達成削減污染物達80%以上之目標。
 - 於工區規劃臨時截流排水設施收集區內逕流廢水，減少排水中之懸浮固體物質污染承受水體之水質。
 - 裸露地表覆蓋保護並定期清除工區內排水系統渠道淤沙，以減少泥沙之沖蝕量。
 - 施工便道採混凝土或鐵板鋪面，臨時堆置之土方覆以防水材質鋪面覆蓋，防止泥沙遇雨沖刷。
 - 妥善規劃並執行施工管理，將工地內置放之材料、土方、廢棄物及施工機具等採取適當之貯放與管理，並盡量遠離排水路，以避免因降雨或人為之不當使用

可能造成之污染。

- 廢棄物設置密閉式貯存容器收集並定期清理廢棄物，防止風雨產生污染物外流之情況。
 - 適當的貯放與管理工地內置放之建材、廢棄物及施工機具，以避免因降雨或人為之不當使用可能造成之污染。
- (3) 施工廢水處理：於各項施工行為產生之廢水，將採行下列防治措施，使排放水質符合營建工地之放流水標準($BOD_5 < 30\text{mg/L}$ ， $COD < 100\text{mg/L}$ ， $SS < 30\text{mg/L}$ ，真色色度 < 550)之規定。
- 施工產生之廢泥水設置沉澱池處理，若廢水中所含固體粒徑較細不易沉降，則使用混凝劑混凝後沉澱。
 - 車輛及機具之清洗廢水須經除油及沉澱後循環使用。
 - 物料儲存處及洗車池需設置防止洩漏及溢流設施。
 - 工地清洗廢水以臨時排水路收集至沈砂池處理。
 - 儘可能避免使用具毒性之物料(油漆、溶劑等)，如不可避免，應盡量使用可回收、低毒性之材料，並防止洩漏或廢液經排水路流出。
 - 剩餘之水泥、泥漿、灰泥等儘可能回收再利用，如無法回收則以一般事業廢棄物之方式收集處理。
 - 施工機具維修產生之廢油，責承包商妥善收集並循回收管道回收。
- (4) 施工人員生活污水處理：施工人員生活污水於施工期間可設置流動廁所，並委託合格清理業者定期清理，以減輕施工人員產生之生活污水污染水質。

3. 噪音振動

- (1) 鄰近都會區或環境敏感區，部分施工項目如水刀表面清理、螺栓鑽孔等施工噪音，因應高橋墩作業，噪音防制較為不易，除選用低噪音施工機具外，需增加防(隔)音設施，降低噪音干擾。
- (2) 建議後續設計階段可配合噪音源產生位置配合選用防(隔)音設施，如低位置噪音源產生區域選用移動式隔音屏(環保署目前推廣之移動式防音屏，據該署資料顯示，聲音穿透損失可達 $10\sim 15\text{dB}$)或防音圍籬等。
- (3) 高位置噪音源產生區域選用附掛式隔音毯或隔音板，附掛於施工架外圍等，應可達一定之降低噪音影響，減少擾民。
- (4) 儘可能以電動設備代替柴油動力設備，以油壓式機具代替氣擊式機具並儘可能遠離敏感點施工。近敏感點計畫區邊界設置噪音阻絕設施，以降低噪音影響。
- (5) 內燃機及壓縮機加裝進氣、排氣消音器，對高噪音之固定設備採包覆方式，如發

電機及泵浦等，儘量使用具有高阻尼材料之複合板材。

- (6) 避免高噪音振動機具之作業同時進行，以降低合成噪音之強度。
 - (7) 儘可能將噪音源及振動源遠離敏感受體，對於具方向性之機械噪音，調整其方位使傳音方向背向敏感受體。
 - (8) 施工區周圍設置圍籬，以產生減音之實質及心理效果。
 - (9) 物料、建材運輸路線之選定，儘量避開學校及醫院，並限制行駛車速及運輸載重，禁止亂鳴喇叭。
 - (10) 要求施工廠商採低噪音機具、工法施工，必要時採行減音措施。
 - (11) 督促承包商維持施工便道之平整，以減輕車輛行駛路面所產生之噪音振動。
 - (12) 如非必要狀況，不得於夜間施工，如需夜間施工需取得同意。
4. 廢棄物及營建土石方
- (1) 廢棄物及棄土必須妥善分離，棄土運至合法土資場，並依規定申報。
 - (2) 施工人員產生之廢棄物，設置密閉式貯存容器收集，以防飛揚、污染地面、散發惡臭等情事，並定期委託合格清除處理機構清理之。
 - (3) 施工機具維修產生之廢油，責承包商妥善收集並循回收管道回收。
5. 交通維持
- 建議於未來規劃設計時，應配合分標計畫審慎研擬施工計畫及交通維持原則，納入工程契約及施工規範中，並責成承包商於施工前提出交通維持計畫，經主管機關核可後方可施工。
6. 景觀美質
- (1) 以施工圍籬做為視覺遮蔽，減輕工地凌亂視覺的影響。
 - (2) 施工圍籬可配合鄰近環境色彩，考慮進行外觀彩繪或美化，減輕民眾對施工場所不愉悅的視覺景觀。
 - (3) 施工機具與材料之堆放，應考量工地整體景觀，不可隨便佔地散落堆置。
 - (4) 施工時所產生之廢土或廢棄材料，必須搬運至指定地點堆置暫存，不可任意丟棄而致整體景觀的惡化。

第四章 執行策略及方法

4.1 主要工作項目

為滿足「國道橋梁為台灣地區生命線救災道路」之耐震補強定位，將考量每座橋梁之結構特性及耐震需求，就傳統耐震補強工法，以及美國、日本已成功運用之新材料與新工法，有系統地探討下列各種補強方案：

- 一、構件補強方案：橋柱補強、帽梁補強、基礎補強。
- 二、增加構件方案：增設止震設施(RC止震塊、鋼製止震裝置)、增設防震拉條、加長防落長度。
- 三、系統補強方案：隔減震補強、地震力分散裝置、位移拘束工法、功能性支承補強理念。

4.1.1 支承及防止落橋補強

為防止橋梁受大地震侵襲時上部結構由橋墩、橋台或伸縮縫處掉落，對於梁端防落長度或是支承強度不足時，將藉由防落裝置或落橋防制系統來降低落橋的發生機率，以此補強方式來提昇橋梁耐震能力是較經濟且有效的方法。

支承強度不足者，可以採設置止震塊或其他方式增加其強度，惟設置止震塊時應考量日後支承維修或抽換之作業空間；若經評估擬採支承抽換工法時，如材料嚴重劣化影響正常服務功能時，則應特別注意其施工性與交通維持之要求。

4.1.2 橋柱包覆補強

RC橋墩的耐震補強方式，大致可採用下列四種方法(1)RC包覆工法(2)鋼板包覆工法(3)鋼絞線纏繞工法(4)FRP包覆工法。其選定原則如下：

- 一、橋柱RC包覆補強可增加混凝土圍束應力，進而增加橋柱之撓曲強度、韌性與剪力強度。

圖4.1-1為RC包覆補強示意圖，其工作項目包括打毛原橋柱面、配置及錨定主筋、配置橫向箍筋、與灌漿。將主筋錨定足夠長度於基礎，如圖4.1-1(a)，RC包覆補強可增加橋柱撓曲強度。由於橋柱撓曲強度之增加，基礎撓曲及剪力強度亦應做適當補強，以滿足橋柱塑性鉸區之強度。若為韌性補強，則不可植筋深入基礎，且需預留5cm間隙，如圖4.1-1(b)。

- 二、若考量施工空間受限，且為不增加河川橋之阻水斷面積及降低補強後對景觀之衝擊，採RC包覆工法並不適合，故原則以採用鋼板包覆工法為主。

- 三、FRP包覆工法雖具有材料輕、柔性、搬運容易及施工迅速等優點，但因此一工法對RC橋柱之圍束效果、韌性改善的成效及本土化施工條件是否成熟，仍有待證實，現階段採用FRP包覆補強工法必須滿足較嚴格的條件限制。

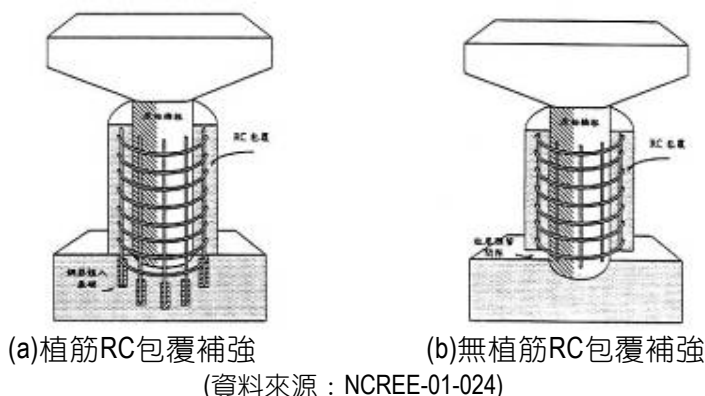


圖 4.1-1 橋柱之 RC 包覆補強示意圖

4.1.3 鋼橋墩之補強

雖然鋼材是一個具有韌性之材料，然而鋼橋墩與收壓之鋼材構件在地震時很容易因非彈性挫曲而遭到損傷。一旦局部挫屈發生，鋼材很容易因低周疲勞(low cycle fatigue)而發生破壞，這種行為將造成鋼材強度快速降低並因此而限制了鋼材韌性之發揮。因此鋼橋墩之補強通常注重於阻止或延遲鋼材非彈性挫屈，可採內充填混凝土或增設角隅加勁方式補強。

4.1.4 基礎補強

考量橋梁基礎型式與橋址施工空間之限制，就各個橋梁之耐震特性與條件，可就如下基礎增樁補強方式選擇採用合適之工法。

- 一、預力鋼腱地錨及岩錨(Tiedown)
- 二、高強度微型樁(High Capacity Micropile，簡稱HMP)
- 三、內灌混凝土鋼管樁(Cast-in-Steel-Shell piles，簡稱CISS piles)
- 四、就地澆鑄混凝土基樁

4.1.5 RC 帽梁及接頭之補強

構架式橋墩之帽梁在梁柱接頭處，常有底部正彎矩鋼筋量不足或頂部負彎矩鋼筋延伸不足之缺點，帽梁亦可能產生剪力強度不足之現象。由於PCI型梁橋支承數量較多且分佈涵蓋整個帽梁，大地震時若造成帽梁嚴重損壞或產生塑鉸，其災後復舊與補強均較為困難且費時較久，將影響高速公路做為生命線救災道路之功能，故RC帽梁之補強原則，應以使塑鉸產生在橋柱，不要發生在帽梁為目的。

其補強方式，可以於墩柱間增設連接梁(Link Beam)以降低帽梁之受力，其位置若較靠近帽梁，可使下段柱之頂部、底部產生塑鉸；除了上述增設連接梁法外，亦可補強帽梁之彎矩強度、剪力強度等，以達到塑鉸產生在橋柱的要求。

4.1.6 隔震消能耐震補強

橋梁結構抵抗地震力並非僅有提高結構體本身強度韌性一途，隨著科技的提升，結構控制技術已日趨成熟，即外加控制元件或控制系統以改變結構之動力特性，達到提升結構安全性、舒適性或功能性。其中被動控制經試驗、分析與設計等方面之研發，已相當普遍

地運用於新建及補強之橋梁結構。就被動控制發展趨勢觀之，其可分為隔震及減震兩大類，隔震設計係利用延長結構週期，避開地震主要頻率範圍，以降低結構反應，其裝置有鉛心橡膠支承墊、高阻尼橡膠支承墊及摩擦單擺系統支承等；減震設計則經由增加結構阻尼比，吸收地震輸入能量，以降低結構反應，其裝置有金屬阻尼器、黏彈性阻尼器及液態黏滯性阻尼器等。

4.1.7 土壤液化及邊坡補強

一、土壤液化防治

具液化潛能地盤進行補強設計時，一般採用基礎結構補強方式以避免液化時土壤強度喪失，產生不均勻沉陷或側向位移並造成結構物之毀損。另亦可採土壤液化防治工法辦理。

二、橋址邊坡補強

高公局已實施北二高順向坡總體檢及各區工程處辦理轄區邊坡巡勘、監測、地錨檢測、安全評估與補強等各項工作，依據「國道邊坡補強工程實施計畫」期程，國道列管邊坡數量共計939處，已於102年8月底將邊坡「有些不穩定」之B級坡補強，提高至「無明顯不穩定」之C級坡。因此，鄰近本計畫橋址邊坡穩定性已無安全之疑慮，惟考量安全性、施工性及經濟性，橋梁耐震補強原則上避免補強座落於具不穩定風險邊坡之基礎，以免造成大開挖，再次擾動已穩定之邊坡；若無法避免補強基礎時，其邊坡補強考量如下：

1. 依最新「公路橋梁耐震設計規範」規定，檢討邊坡穩定性，並以全生命週期理念補強。
2. 調查現有邊坡地形變化及邊坡擋土設施老劣化情形(如地錨預力是否衰退至不敷設計需求)。
3. 納入原設計預力地錨、監測資料及橋梁基礎荷重。採用預力地錨提高邊坡穩定性者，應考量地錨防蝕處理。
4. 現有監測儀器檢討，包括項目、位置及自動系統等。

4.1.8 沖刷防治與橋基加固補強

沖刷保護工法可分為兩大類，一為橋基加固工法，一為河床保護工法，另外，亦可考慮採用橋基結構之補強工法，茲簡要說明如下：

- 一、橋基加固工法：主要目的是用來防止或減緩橋基之局部性沖刷，一般係在橋墩周邊設置蛇籠、拋石、覆蓋混凝土塊及圍堰等設施直接保護橋基。
- 二、河床保護工法：主要係以導流、攔砂方式防止河床下降，來間接保護橋基。如上游設置導流壩堤，下游設置攔砂堰等制水設施。
- 三、橋基結構補強工法：本工法以恢復或改善橋梁之側向抵抗能力，增加穩定度為主，同

時可提昇橋梁之承載與耐震能力。可採用橋柱補強、基礎擴大、增設基樁等工法。採用補強工法前，應審慎評估河川與橋梁的變異性及施工可行性。

4.2 分期(年)執行策略

4.2.1 前期高速公路橋梁耐震補強執行情形

民國88年9月21日臺灣地區發生芮氏地震規模達7.3的921集集大地震，造成中部地區相當重大的生命及財產損失。此次地震後橋梁結構物之耐震安全成為國家防災計畫非常重要的課題，而國道高速公路為臺灣地區南北交通的大動脈，對於國家整體經濟發展及民生生活影響甚鉅。國道高速公路雖於此震災中並未遭受太大的損害，高公局為防範於未然，開始推動高速公路橋梁耐震評估補強工作，其分期執行情形依序說明如下：

一、國道1號中山高速公路員林高雄段拓寬工程

為因應西部走廊旅運需求，在完成新竹員林段之拓寬工程設計後，高公局繼續辦理員林高雄段之拓寬工程。正值進行細部設計作業期間，臺灣遭逢921集集大地震之侵襲，本次大地震後，國家地震工程研究中心針對耐震規範展開檢討研究，並提出「建築技術規則建築構造編耐震規範與解說」修正建議。其中影響較大的項目為地震分區由原規範的四區建議改為二區，震區工址水平加速度係數修正為0.33g及0.23g。另外台北盆地之震譜係數也加以提高，近斷層設計地震力也加以考量，其它如垂直地震力加重考量等等。交通部亦於89年4月7日以交技89字第003577號函頒修正「公路橋梁耐震設計規範」有關章節。

中山高速公路員林高雄段拓寬工程為因應上述規範修正部份予以重新評估檢核修正，高公局利用變更設計的採購程序，將既有橋梁之耐震評估與必要之補強設計納入拓寬工程細部設計一併辦理，目前各拓寬工程施工標之耐震補強工程均已完工，此為國道高速公路第一階段之橋梁耐震補強工程。

二、國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程(第1期)

921集集大地震發生後，在交通部的協調與指示下，國道新建工程局對於設計中及施工中尚未通車之國道高速公路橋梁，分別進行不同程度之必要補強措施，故高公局除針對當時正執行中之「國道1號中山高速公路員林高雄段拓寬工程」辦理變更設計追加耐震評估補強外，並於民國90年11月開始對於中山高速公路及第二高速公路等89年12月31日以前已完工通車(已移交高公局者)之一般橋梁橋梁結構物，但不包括交通部頒耐震設計規範所定義之特殊性橋梁如斜張橋、桁架橋、拱橋、吊橋及跨徑超過150公尺(不含150公尺)者，進行耐震評估及補強工程之可行性研究。

依據「國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程」建設計畫向行政院經濟建設委員會簡報之會議結論，考量當時之國家財務狀況及「從經濟層面考量，在發生類似921嚴重震災時，至少能維持一條國道暢通為原則」等因素，將本計畫橋梁之耐震補強工程，依國道別、路段別及工程處之管轄範圍，劃分為3期分年執行，期能於日後大地

震時將損害減少至最低程度，並成功擔負起大地震後緊急救災之生命線道路重任。

該計畫經行政院93年1月30日院臺交字第0930002589號函指示，依照民國93年1月9日經濟建設委員會研商結論「建議同意先行辦理本計畫所列第1期工程，執行期程自民國93年度至98年度止；至於本計畫第2、3期工程則請交通部於第1期工程完成前，另就工程經費、效益及財務計畫重新檢討修正後，再提報行政院審議。」。

後續實際執行第1期工程經費為89億元，其工作範圍主要包括國道1號員林交流道以北之所有一般橋梁(含跨越國道1號高速公路之跨越橋、基隆港西岸聯外道路橋梁)及代辦地方政府財產之跨越國道1號高速公路橋梁，進行耐震評估及補強工程，員林以南不在員林~高雄拓寬段辦理耐震補強之橋梁亦屬本工程範圍，詳如表4.2-1所示。

本工程於94年1月開始進行規劃設計工作，共計分為9個施工標，自95年12月開始施工，並於98年12月完成353座橋梁。

表 4.2-1 國道高速公路橋梁耐震補強第 1 期工程範圍表

國道編號	段 別 名 稱	說 明
1	基隆彰化段	
1	彰化西螺段(員林交流道以北)	
1	新營鳳山段	僅包括安定交流道、岡山積水路段、STA.366k+500~371k+328路段
1	汐止五股拓寬段	全段高架拓寬
1	林口楊梅拓寬段	
1	楊梅新竹拓寬段	
1	新竹員林拓寬段	王田交流道路段局部高架拓寬
—	基隆港西岸聯外道路	高速公路局管養

三、國道2號高速公路拓寬工程

高公局為提昇國道2號高速公路服務水準，改善國道2號高速公路各交流道銜接連絡道之回堵延滯，並配合未來桃園航空城發展計畫，自90年起陸續辦理「國2拓寬工程可行性研究」、「國2拓寬工程規劃及設計」、「國2拓寬工程環境影響評估作業」等工作；並將原屬於「國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程」建設計畫第2期工程之國道2號及鶯歌系統交流道部份橋梁耐震補強，納入「國道2號拓寬工程」建設計畫中一併辦理，該建設計畫奉行政院97年9月16日院臺交字第0970039587號函核定，98年起全面開工，101年5月完工通車。

四、國道高速公路橋梁耐震補強第2期工程(第1優先路段)

高公局於97年12月27日依前述行政院「至本計畫第2、3期工程則請交通部於第1期工程完成前，另就工程經費、效益及財務計畫重新檢討修正後，再提報行政院審議。」

指示，就原建設計畫第2、3期工程經費、效益及財務計畫重新檢討修正後呈報交通部，交通部於98年1月7日提報行政院審議；審議結果指示「如確有執行之必要及急迫性，應請另案成立新興建設計畫」。遂依據上述指示，以交通部97年新頒「公路橋梁耐震設計規範」及98年6月29日部頒修訂內容為評估補強標準，續辦未完成之原第2、3期工程橋梁耐震補強，將其合併為「國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程第2期工程計畫」。

行政院經濟建設委員會於99年3月9日邀請相關單位研商，獲致結論，指示依據99年3月16日都字第0990001144號函所列原則暨與會各單位意見，整體評估重新檢討計畫並補充相關資料後，再循程序報核。其中「請交通部確實依據 院長99年1月22日裁示內容與方向配合辦理，即針對本案路段狀況較多或風險較高的橋梁，先進行分類或分等級後，按輕重緩急，視政府財況情形調整施作等原則再加研議；本案建議交通部國家財政資源之有效利用，從整體規劃與維生路網系統健全性角度為出發點，研提具體可操作性的指標作為依據，綜合考量系統之風險性、財務可行性、功能性，及審慎評估具急迫性及危險性的橋梁後，據以排定優先順序及提出各種可能方案之比較分析」。高公局續依據上述指示，綜合考量各路段橋梁結構之耐震能力「耐震指標」及震損之社會成本「交通衝擊指標」，據以排定耐震補強之優先順序，做為各路段耐震補強優先順序擬訂之參考，依據前述分析評估結果，並考慮路網特性，將第2期計畫分為3個優先路段逐步執行，並建議先行辦理第1優先路段；各優先路段之工程範圍詳表4.2-2所示。

表 4.2-2 國道高速公路橋梁耐震補強第 2 期工程建設計畫優先路段表

優先路段別	包 含 路 段
第1優先路段	國道3號汐止系統至竹南路段
第2優先路段	1. 國道3號新化至燕巢系統 2. 國道10號全線(含高雄支線及旗山支線)
第3優先路段	1. 國道3號基隆汐止段、南港聯絡線、燕巢九如段 2. 國道3甲台北聯絡線 3. 國道5號南港石碇段 4. 國道8號台南環線

上述建設計畫奉行政院於99年11月26日核定，依經建會第1398次委員會議結論：「為提升國道橋梁耐震能力，本案規劃於100~103年廣續辦理國道高速公路橋梁耐震補強工程，交通部已綜合考量國道各路段橋梁結構耐震能力及震損之社會成本，據以排定橋梁耐震補強之優先順序，原則同意。請交通部滾動檢討、彈性因應調整施作範圍，並加速辦理」，計畫經費76億元。

高速公路橋梁耐震補強第2期工程包含，原第1期範圍之第M12標56座橋，以及第1優先路段285座橋梁5個施工標，自101年5月開始發包施工，除M31標因河川主管機關要求，展延至105年完工外，其餘已陸續完工。為求未來辦理橋梁耐震補強工程更臻完善，高速公路局針對各分標依執行遭遇窒礙難行問題及原因分析歸納為「工程技術

面」、「工務行政」及「後續維護管理」，作為辦理後續橋梁耐震補強計畫之回饋。其中工程技術面部分，依據執行面可區分為河川申請、水土保持、既有管線、擋土支撐、基樁基礎、交通維持、其他共7項，相關案例辦理情形，包含窒礙難行原因、解決方法、衍生之變更經費或工期等，亦可納入後續計畫執行參考。

五、高速公路後續路段橋梁耐震補強工程(本計畫)

為持續檢討後續路段國道橋梁耐震標準，本計畫即針對第2期工程第2、3優先路段橋梁，及國道新建工程局於921集集大地震後，建議高公局通案辦理檢討路段橋梁，同時針對經濟部地質調查所2010年公布新增第1類活動斷層對國道橋梁的影響，整體檢討後續路段的最適補強策略，廣續辦理國道橋梁耐震補強工作。

4.2.2 高速公路橋梁地震災損風險評估

一、整座橋梁之震損評估

1. 橋梁損害狀態機率

在模擬地震作用下，可獲得橋梁所在地之地表振動強度參數與地表永久位移量。經由典型橋梁分類之易損性曲線參數和個別橋梁之調整係數的計算，可獲得個別橋梁之基本評估單元超越輕微、中度、嚴重和完全損害等不同損害狀態的機率。假設一個基本評估單元超越不同損害狀態的機率分別為 $\bar{F}_2$ 、 $\bar{F}_3$ 、 $\bar{F}_4$ 、 $\bar{F}_5$ ，則該基本評估單元為輕微損害、中度損害、嚴重損害和完全損害的損害狀態機率分別為 $\bar{p}_2 = \bar{F}_2 - \bar{F}_3$ 、 $\bar{p}_3 = \bar{F}_3 - \bar{F}_4$ 、 $\bar{p}_4 = \bar{F}_4 - \bar{F}_5$ 、 $\bar{p}_5 = \bar{F}_5$ ，請參見圖4.2-1。

假設整座橋梁的基本評估單元數為 $n \geq 1$ ，其超越不同損害狀態的機率可以式4-1～式4-5表示，其中 q 值隨各基本評估單元在地震反應時相關性而定。若假設各個基本評估單元完全獨立，則式4-1～4-5中的 $q = n$ 。若假設各個基本評估單元完全相關，亦即當一個基本評估單元遭受損害，所有其它基本評估單元也遭受相同的損害，此時 $q = 1$ 。然而實際情況是各個基本評估單元在地震時的反應或遭受損害的機率並非完全獨立或完全相關，因此 q 值可假設為基本評估單元數 n 的函數，如式4-5所示。

$$F_2 = 1 - (1 - \bar{F}_2)^q \quad (4-1)$$

$$F_3 = 1 - (1 - \bar{F}_3)^q \quad (4-2)$$

$$F_4 = 1 - (1 - \bar{F}_4)^q \quad (4-3)$$

$$F_5 = 1 - (1 - \bar{F}_5)^q \quad (4-4)$$

$$0.3 \leq q = \sqrt{n/3} \leq 3 \quad (4-5)$$

為避免 q 值過大或過小造成不合理的推估結果，式4-5進一步限制 q 值的範圍。整座橋梁處於不同損害狀態的機率為 $p_2 = F_2 - F_3$ 、 $p_3 = F_3 - F_4$ 、 $p_4 = F_4 - F_5$ 、 $p_5 = F_5$ 。

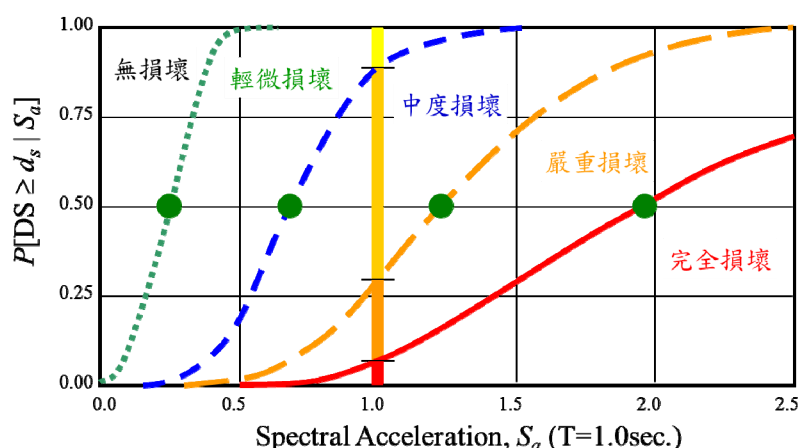


圖 4.2-1 超越不同損害狀態之耐震易損性曲線與損害狀態機率示意圖

2. 橋梁通行失敗機率

橋梁通行失敗可有多種不同的定義，譬如車輛無法通行、人員無法通行，或因限縮車道數導致無法達到預期的交通量等。因此，在探討通行失敗機率時，需明確定義何謂失敗。本計畫所稱通行失敗乃指因損害嚴重而有安全疑慮時，導致車輛無法通行，故通行失敗機率也可稱為橋梁阻斷機率。在計算通行失敗機率時，須假設在不同損害狀態下之阻斷機率。倘若橋梁在輕微損害狀態下，車輛大多仍可通行，因此阻斷機率為0。橋梁在中度損害狀態下，雖無立即的危險，但有時為安全的考量也可能需降速通行，假設阻斷機率為0.2。在嚴重損害狀態下，須在限制條件下通行，因此假設阻斷機率為0.8。在完全損害狀態下，通常為了安全考量需禁止車輛通行，因此阻斷機率為1。

3. 橋梁直接經濟損失(修復費用)

一般而言，不同典型橋梁分類之單位重建成本不同，基礎型式也影響重建成本頗大；為簡化分析模型，本計畫採用國家地震工程研究中心研發的「臺灣地震損失評估系統(TELES)」之典型橋梁分類及基本評估單元在不同損害狀態下的損失比，如表4.2-3及表4.2-4所示，所謂「損失比」乃指修復所需成本與重建成本的比值。在此需留意，由於實際橋梁之長短差異頗大，每一振動單元在模擬地震作用下的損害狀態各有不同；因此，以整座橋梁而言，不易有客觀的標準訂定在不同損害狀態下的損失比。反之，各典型橋梁分類之基本評估單元，無論就長度或損害狀態而言，均較具一致性，因此，可較合理地訂定不同損害狀態下的損失比。

參考表4.2-4，該表顯示各典型橋梁分類之單位重建成本，依深基礎與淺基礎給定不同的數值，以及設定在不同損害狀態下的損失比。假設 $\bar{C}$ 為典型橋梁分類之一個基本評估單元的重建成本， $\bar{r}_2$ 、 $\bar{r}_3$ 、 $\bar{r}_4$ 、 $\bar{r}_5$ 分別為不同損害狀態下的損失比。依機率理論，橋梁基本評估單元在模擬地震作用下之損失的期望值如下：

$$\bar{L} = \bar{C} \cdot \left\{ \sum_{i=2}^5 (r_i \cdot p_i) \right\}$$

其中 $\bar{p}_2$ 、 $\bar{p}_3$ 、 $\bar{p}_4$ 、 $\bar{p}_5$ 為該橋梁基本評估單元在模擬地震作用下之損害狀態機率。

根據集集地震和其它災害性地震的勘災報告，在大多數情況下，處於完全損害或嚴重損害狀態的跨數僅佔橋梁總跨數之小部分。考量不同損害程度之橋梁跨數佔總跨數的機率不同，因此依據經驗判斷給予各個損害狀態不同的上限值。模擬地震引致的橋梁直接損失 L_{str} 可以下式表示，

$$L_{str} = C \cdot \left\{ \min\left(1, \frac{9}{n}\right) \cdot \bar{p}_2 \cdot \bar{r}_2 + \min\left(1, \frac{7}{n}\right) \cdot \bar{p}_3 \cdot \bar{r}_3 + \min\left(1, \frac{5}{n}\right) \cdot \bar{p}_4 \cdot \bar{r}_4 + \min\left(1, \frac{3}{n}\right) \cdot \bar{p}_5 \cdot \bar{r}_5 \right\}$$

其中 C 為整座橋梁的重建成本， n 為個別橋梁之基本評估單元數。依上式，對於較長的橋梁，譬如基本評估單元數大於9以上，最多僅有3個基本評估單元處於完全損害狀態，最多可有5個基本評估單元處於嚴重損害，其餘依此類推。對於較短的橋梁，則整座橋梁可能同屬於完全損害或嚴重損害狀態。

表 4.2-3 TELES 之典型橋梁分類

跨數	上部結構	橋墩型式	是否耐震設計	分類
單跨			傳統	FWB1C
			補強	FWB1R
			耐震	FWB1S
多跨	簡支橋	單柱	傳統	FWB2C
			補強	FWB2R
			耐震	FWB2S
		構架式	傳統	FWB3C
			補強	FWB3R
			耐震	FWB3S
		壁式	傳統	FWB4C
			補強	FWB4R
			耐震	FWB4S
	連續橋	單柱	傳統	FWB5C
			補強	FWB5R
			耐震	FWB5S
		構架式	傳統	FWB6C
			補強	FWB6R
			耐震	FWB6S
		壁式	傳統	FWB7C
			補強	FWB7R
			耐震	FWB7S
其他橋梁			傳統	FWB8C
			補強	FWB8R
			耐震	FWB8S

為使橋梁震損評估結果的各項數據能落實應用於實務上，震損評估模式和其所使用的參數值必須經過校正和驗證的程序，確保震損評估結果能合理地預測各種推測地震事件所造成的橋梁損害狀態、修復金額和修復時間等，更進一步方能合理地推估整體交通系統的震後服務效能和對社會、經濟的衝擊。臺灣地區近年來災情最嚴重、紀錄最完整的地震事件為民國88年所發生的921大地震，震央在南投縣集集鎮，芮氏規模達7.3，造成震源附近多座橋梁毀損；因此，本計畫依當時具代表性之公路橋梁的損害案例，藉以校正各項評估模式所使用的參數值。

921大地震發生時，高速公路已通車路段都位於車籠埔斷層下盤，受斷層破裂影響較小；僅部分近斷層、施工中的橋梁有程度不一的損害情況，因此無法作為橋梁震損評估模式和參數值的校正與驗證之用。本計畫共整理26座於921大地震時較具有代表性的損害公路橋梁，其中16座橋梁屬交通部公路總局管轄，另有10座屬縣市管轄的橋梁。於勘災調查報告中，大多僅能得知橋梁的損害描述、損害部位的照片或搶通過程等定性的描述，但欠缺修復或重建工程所需金額、搶通或修復所需時間等量化的數據。因此，本計畫僅就可收集到的資訊進行震損評估結果與實際災情比較。

表 4.2-4 各典型橋梁分類之單位重建成本與不同損害狀態之損失比

橋梁分類	單位重建成本 (千元/m ²)		損失比			
	深基礎	淺基礎	輕微損害	中度損害	嚴重損害	完全損害
FWB1C	35	29.75	0.03	0.12	0.6	1
FWB1R	35	29.75	0.03	0.12	0.6	1
FWB1S	35	29.75	0.03	0.12	0.6	1
FWB2C	40	34	0.03	0.12	0.6	1
FWB2R	40	34	0.03	0.12	0.6	1
FWB2S	40	34	0.021	0.084	0.42	0.7
FWB3C	40	34	0.03	0.12	0.6	1
FWB3R	40	34	0.03	0.12	0.6	1
FWB3S	40	34	0.021	0.084	0.42	0.7
FWB4C	40	34	0.03	0.12	0.6	1
FWB4R	40	34	0.03	0.12	0.6	1
FWB4S	40	34	0.021	0.084	0.42	0.7
FWB5C	45	38.25	0.03	0.12	0.6	1
FWB5R	45	38.25	0.03	0.12	0.6	1
FWB5S	45	38.25	0.021	0.084	0.42	0.7
FWB6C	45	38.25	0.03	0.12	0.6	1
FWB6R	45	38.25	0.03	0.12	0.6	1
FWB6S	45	38.25	0.021	0.084	0.42	0.7
FWB7C	45	38.25	0.03	0.12	0.6	1
FWB7R	45	38.25	0.03	0.12	0.6	1
FWB7S	45	38.25	0.021	0.084	0.42	0.7
FWB8C	50	42.5	0.03	0.12	0.6	1
FWB8R	50	42.5	0.03	0.12	0.6	1
FWB8S	50	42.5	0.021	0.084	0.42	0.7

註：「損失比」為修復所需成本與重建成本的比值。

4. 橋梁阻斷修復時間

整座橋梁修復所需時間須包含其個別損害構件的修復時間，由於修復所投注的人力、機具和施工條件、順序等無法精確掌握，本計畫假設在人力和機具充足的條件下，整座橋梁的各部分損害構件可平行修復；因此整座橋梁與單一基本評估單元的修復時間差異不大。其次，為考量整體橋梁修復工作量的差異，平均修復所需時間依修復費用微調，亦即 $T_{restor} = d \cdot \sum_{k=2}^5 (p_k \cdot t_k)$ ，其中 p_k 、 t_k 分別為橋梁損害狀態機率和修復所需時間； $d = (L_{str} / L_{ref})^{1/4}$ 為修復時間的調整係數，令 d 介於 0.5 和 1.5 之間； L_{ref} 為調整係數 d 之修復費用參考基準值，可依養護的權責單位和橋梁重要性而定。在已知橋梁損害的情況下，其平均修復時間 T_f 為 T_{restor} 除以損害的機率，亦即 $T_f = T_{restor} / \sum_{k=2}^5 p_k$ 。綜合言之，個別橋梁的平均阻斷時間以下式推估 $T = p_f \cdot T_f$ ，其中 p_f 和 T_f 分別為橋梁阻斷機率和已知損害條件下的修復時間。表 4.2-5 為典型橋梁分類在不同損害狀態之修復時間的平均值與標準差。

表 4.2-5 典型橋梁分類在不同損害狀態之修復時間的平均值與標準差

橋梁分類	輕微損害		中度損害		嚴重損害		完全損害	
	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
FWB1C	0.48	0.48	4.8	3.84	48	28.8	120	48
FWB1R								
FWB1S								
FWB2C	0.8	0.8	8	6.4	80	48	200	80
FWB2R								
FWB2S								
FWB3C	0.8	0.8	8	6.4	80	48	200	80
FWB3R								
FWB3S								
FWB4C	0.8	0.8	8	6.4	80	48	200	80
FWB4R								
FWB4S								
FWB5C	0.96	0.96	9.6	7.68	96	57.6	240	96
FWB5R								
FWB5S								
FWB6C	0.96	0.96	9.6	7.68	96	57.6	240	96
FWB6R								
FWB6S								
FWB7C	0.96	0.96	9.6	7.68	96	57.6	240	96
FWB7R								
FWB7S								
FWB8C	1.28	1.28	12.8	10.24	128	76.8	320	128
FWB8R								
FWB8S								

二、高速公路路段之震損評估

因本計畫範圍內之橋梁數量眾多，且分布範圍遍及臺灣北部至南部，考量國道僅能由交流道進出高速公路之封閉特性，將範圍內之國道高速公路以交流道分界區分為88個路段，每一個路段中均可包含多座橋梁。以下針對國道路段之震損評估方法加以說明：

(一) 路段直接經濟損失

當單一路段內有多座橋梁時，每一座橋梁皆可能因地震作用損害而造成直接經濟損失。每一座損害橋梁的直接經濟損失可由前一點說明獲得損失推估，而路段直接經濟損失則為路段內所有受到損害橋梁的直接經濟損失總和。

(二) 路段阻斷修復時間

在路段內的任一橋梁損害而阻斷時，該路段即無法順利通行。當單一路段內有多座橋梁時，因每一座橋梁皆可能因地震作用損害而阻斷，因此該區間的平均阻斷時間增大。假設個別橋梁阻斷與否互為獨立事件，則單一的阻斷機率僅為路段內各橋梁阻斷機率的函數。

(三) 路段間接經濟損失

本計畫為了評估高速公路橋梁於地震受災後造成路段阻斷，而影響國道主線通行所造成臺灣地區路網之車輛因繞行而增加旅行時間及旅行距離，參考交通部運研所第四期國家永續發展之城際運輸系統需求模式研究成果，利用TransCAD軟體進行本計畫各橋梁受災時之情境模擬，以瞭解國道橋梁地震受損後交通造成之損失，其研究方法、基本假設及研究步驟說明如下：

1. 基本假設

- (1) 公路路網：交通部運研所第四期國家永續發展之城際運輸系統需求模式民國105年公路路網。
- (2) 路網結構：本計畫參考下述交通部運研所第四期國家永續發展之城際運輸系統需求模式之路網設定原則，進行本計畫路網之構建。
 - A. 縣道(含)以上之公路，以及各鄉鎮市人口聚集地之主要市區道路予以建立。
 - B. 僅供交通分區內使用之地區性道路予以省略。
 - C. 同一路段以一條節線為原則，但特定狀況下以兩條不同方向之單向節線建立之，例如：高速公路、快速公路路段及匝道。
 - D. 使相鄰交通分區間有道路相連。
- (3) 交通分區：參考交通部運研所第四期國家永續發展之城際運輸系統需求模式所建立之361分區。

(4) 旅次矩陣：參考交通部運研所第四期國家永續發展之城際運輸系統需求模式民國105年平常日客、貨運旅次。

2. 情境設定

本計畫為評估高速公路橋梁地震後之影響，將橋梁所在位置自前後交流道之間主線路段設定為一個評估單元，假設地震後高速公路橋梁阻斷，各評估單元內車輛已無法通行主線路段，需繞行鄰近替代地區道路以到達目的地。

3. 研究流程

本計畫在計算地震災後交通間接損失之研究流程，如圖2.3-1所示，以民國105年公路路網為起始路網，地震災後對各評估單元進行分析，未處於震區之評估單元保持國道主線通行，位於震區之路段則依上述之情境設定為阻斷狀況，將未受影響之評估單元及受影響之評估單元結合後可以得到新的各獨立地震災後公路路網，重新計算整個路網之旅行時間及旅行距離，可得知災後高速公路橋梁受損情境與原本公路路網情境下之差值，透過時間價值及行車耗損等貨幣化之轉換，即為本計畫所擬定之高速公路交通間接損失。

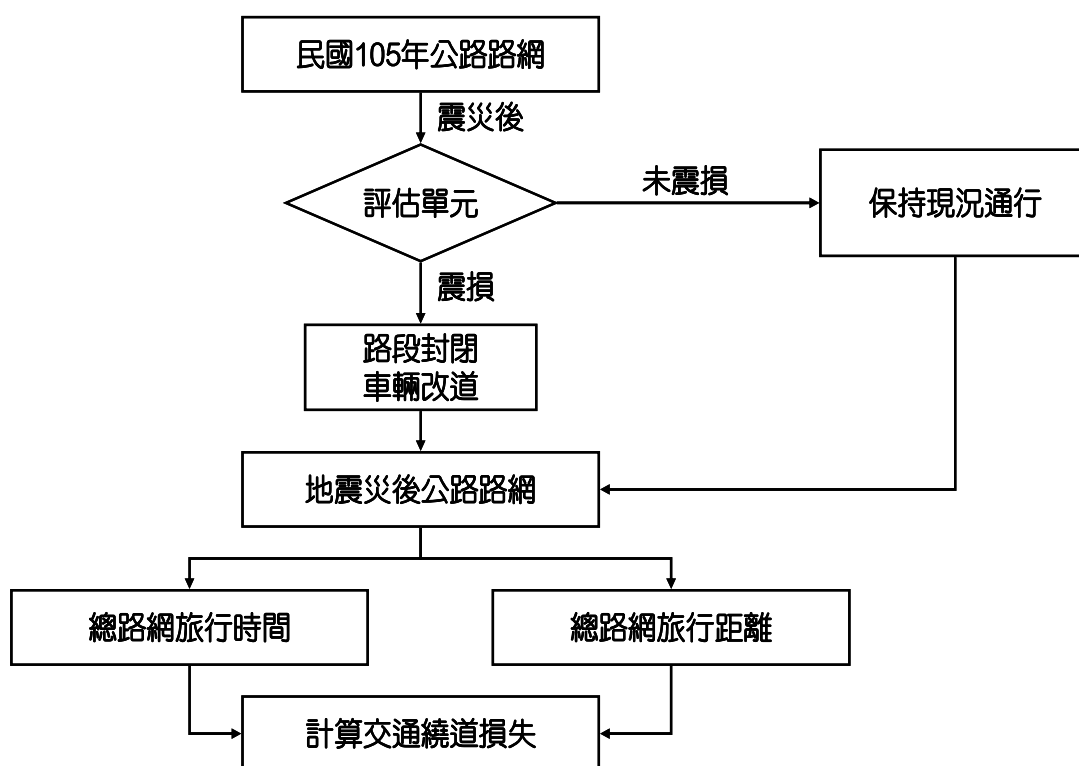


圖 4.2-2 交通間接損失計算研究流程圖

4.2.3 高速公路後續路段橋梁耐震補強優選排序

本計畫橋梁損害暨損失評估模式係整合於國震中心所研發的「臺灣地震損失評估系統(TELES)」，針對國道橋梁的震災境況模擬和路段的損失評估，開發獨立的子系統Thighway。在此簡單介紹地震風險評估模式，並運用TELES既有的機率式地震風險評估模型，計算個別高速公路橋梁可能承受的地震風險，並以年平均損失或年超越機率曲線等表示之。依據地震風險評估結果，可獲得每一座橋梁和每一路段在耐震補強前和補強後的年平均損失(包含結構損失與路段阻斷之交通間接損失)，以作為後續耐震補強排序的參考因素。

一、機率式地震風險評估模型

1. 震源機率模型

為進行機率式地震危害度分析或地震風險評估，必須結合機率與統計理論，一方面判識研究區域附近各種可能的震源分佈及型態，一方面研發不同類型震源之地震活動的時空分佈機率模型。區域震源一般以穩態波松隨機程序模擬，配合歷史地震目錄，迴歸求得地震規模與年平均發生率的關係式；活動斷層震源則需配合古地震調查和長期板塊滑移速率監測資料等，概估可能引致的特徵地震規模和再現期等資訊。

2. 推測地震事件

TELES以離散的推測地震事件來模擬未來可能發生的各種地震事件，包含不同的地震規模、震央位置、震源深度和斷層開裂方向等。TELES所採用的推測地震事件包含了區域震源之推測地震事件與活斷層震源之推測地震事件。

3. 地震事件損失資料表

地震事件損失資料表，如表4.2-6所示。其中，各個推測地震事件的年發生率(ν_i)與震源機率模型的假設和參數設定息息相關。各個推測地震事件的損失期望值(L_i)則由震災境況模擬技術，配合風險暴露資料特性和數量分佈加以計算而得。各個推測地震事件所引致損失的標準差(σ_i)可根據個別橋梁之損失標準差，配合經驗和主觀判斷等因素而推估。各個推測地震事件所引致之損失的上限值(U_i)。

表 4.2-6 地震事件損失資料表

地震事件	震源參數	年發生率	損失期望值	損失標準差	損失上限值
1	$M_1、(E_1, N_1)、d_1、l_1、\theta_1$	ν_1	L_1	σ_1	U_1
2	$M_2、(E_2, N_2)、d_2、l_2、\theta_2$	ν_2	L_2	σ_2	U_2
...	...	...	...	...	...
k	$M_k、(E_k, N_k)、d_k、l_k、\theta_k$	ν_k	L_k	σ_k	U_k
...	...	...	...	...	...
N	$M_N、(E_N, N_N)、d_N、l_N、\theta_N$	ν_N	L_N	σ_N	U_N

註： M_i 、 E_i 、 N_i 、 d_i 、 l_i 和 θ_i 分別指地震規模、震央經度、緯度、震源深度、斷層開裂長度和走向等。

4. 年平均損失與損失年超越機率曲線

假設共有 N 個推測地震事件，第 i 個推測地震事件的年發生率、損失期望值和標準差分別為 ν_i 、 L_i 和 σ_i 。在不考慮總危險承擔限額的條件下，所有橋梁的年平均損失(AAL_T)和損失標準差(STD_T)可以下式計算：

$$AAL_T = \sum_{i=1}^N (L_i \cdot \nu_i)$$

$$STD_T = \sqrt{\sum_{i=1}^N [(L_i^2 + \sigma_i^2) \cdot \nu_i]}$$

假設影響橋梁損失的推測地震事件共有 N 個，將各個推測地震事件所引致的橋梁損失由大到小排序，亦即

$$L_1 \geq L_2 \geq \dots \geq L_k \geq \dots \geq L_N$$

各個推測地震事件的年發生率分別為 $\nu_1, \nu_2, \dots, \nu_k, \dots, \nu_N$ 。在不考慮各個推測地震事件之橋梁損失推估值不確定性的假設下，可由定義：損失超越最大值 L_1 的年發生率為 ν_1 ，損失超越次大值 L_2 的年發生率為 $\nu_1 + \nu_2$ 。依此類推，損失超越第 k 個模擬地震所引致損失 L_k 的年發生率 ν^k 可表為

$$\nu^k = \sum_{j=1}^k \nu_j$$

換言之， ν^k 為前 k 個損失較大之推測地震事件之年發生率的總和。如假設區域震源和活斷層震源之地震發生序列皆符合穩態波松隨機程序，則橋梁損失的年超越機率 $P(L \geq L_k)$ 可以下式表示

$$P(L \geq L_k) = 1 - e^{-\sum_{j=1}^k \nu_j}$$

二、橋梁地震風險評估結果

結合機率式地震危害度分析和定然式震災境況模擬技術，進行地震風險評估，首先將研究區域附近的震源予以適當的離散化，其中包含已知的活斷層和斷層分佈不明確的區域震源。根據歷史地震目錄和活斷層調查，可研擬各個震源區之地震活動機率模型和參數，進而推估每一離散模擬地震的年平均發生率。應用震災境況模擬技術，包含強地動推估模式、土壤液化機率推估模式、橋梁損害暨損失評估模式，每一離散模擬地震作用下之個別橋梁的損害程度、直接與間接損失等皆可獲得。運用 TELES 已研發且有多種應用的批次境況模擬技術，可建立高速公路橋梁之地震損失模擬資料庫。無論就個別橋梁、或工務段、或工程處、或全區而言，令 L_j 表年平均發生率為 ν_j 之離散模擬地震 j 所引致的損失金額，則因地震引致的年平均損失可表為下式：

$$\mu_L = \sum_j L_j \cdot \nu_j$$

其中 L_j 代表個別推測地震事件下，單一橋梁、工務段、路段或全部的損失金額，

可由震災境況模擬獲得；個別推測地震事件的年平均發生率 ν_i 則由震源機率模型推估而得。各路段的年平均損失為路段包含之所有橋梁年平均損失的總和。

表4.2-7顯示本計畫範圍內高速公路橋梁於耐震補強前、後之年平均總損失、結構損失與橋梁損壞造成路段中斷的損失比較。根據地震風險評估分析結果表4.2-7所示，補強前橋梁的地震風險高達年平均4億3千多萬，補強後大幅減少至5千多萬，顯見進行橋梁耐震補強的必要。因橋梁受損造成路段阻斷的間接損失，補強前的地震風險高達年平均3億4千多萬，補強後橋梁的耐震能力提昇，阻斷的可能性大幅下降，因此阻斷損失也減少至7千多萬，補強後的結構損失和阻斷損失僅為補強前的12.07%和22.44%。整體而言耐震補強後之年平均總損失可大幅降為1億2千多萬元，僅為補強前的16.69%，顯示補強後可減少約80%的地震風險損失，顯見耐震補強降低高速公路橋梁地震風險的效益。

表 4.2-7 本計畫高速公路橋梁耐震補強前後之年平均損失

	直接損失 (結構損失)	間接損失 (阻斷損失)	總損失
補強前(a)	430,662	345,971	776,632
補強後(b)	51,985	77,644	129,630

單位：千元

高速公路為封閉性路網，以往各種高速公路工程都以路段為單位逐段進行，高速公路橋梁的耐震補強也不例外。因此，在考量高速公路橋梁的耐震補強排序時，以路段為單位進行排序，地震風險評估結果也以路段為單位表示，顯示路段內所有橋梁的結構年平均損失總和，以及因路段內橋梁損壞造成路段阻斷的間接年平均損失，進一步作為路段的耐震補強排序參考因素。

本計畫內高速公路橋梁所涵蓋路段的補強前後地震風險評估結果，路段編號30國道4號的清水豐原段5，因該範圍內無橋梁，故無地震風險損失，惟該路段仍為本計畫範圍內，基於維持報告之完整性，仍將其納入橋梁統計評估範圍。對於補強後可大幅減少地震風險的路段，顯見其效益較高，後續進行路段的耐震補強排序時，便能夠被凸顯其該路段的補強績效，優先考慮進行耐震補強。

三、橋梁補強排序指標

考量國道高速公路「封閉性道路」特性，若非交流道與交流道間所有橋梁單元一併評估補強，其中只要一個單元發生震損交通中斷，則無法發揮該路段震後通行之效益；此外，耐震補強施工亦以路段為單位進行工區規劃考量。故本計畫進行優選排序時，以路段為單位，而非以橋梁為單位。透過TELES系統進行風險評估與補強效益分析，再搭配初評分數與重要性指標等，區分為「耐震性能指標」與「交通經濟衝擊指標」兩大類，即可進行橋梁補強優先排序。其中「耐震性能指標」包含了路段的損失風險值、補強績效值、路段內橋梁耐震初評平均分數等3項；「交通經濟衝擊指標」包

含了交通繞道風險值、跨越重要設施指標、產業經濟衝擊指標等3項。茲分述如下：

1. 橋梁耐震性能指標(Structural Vulnerability)

(1) 路段損失風險值(Risk)：

經由TELES的震災風險評估可以求得路段未補強前的直接年平均損失 $L_{str,c}$ 和間接年平均損失 $L_{inrp,c}$ 推估值，其結果如前節所述，其中直接損失乃指路段上橋梁結構的風險損失，間接損失則為路段阻斷繞道等因素造成的風險損失。路段損失風險值 I_r 乃考量路段上橋梁考慮結構耐震因素的損失風險，因此可表示如下式，考慮此參數的用處在於作為橋梁補強排序的一個因素，所以將其值設定為介於0到1之間的數字。

$$0 \leq I_r = \frac{L_{str,c} - (L_{str,c})_{\min}}{(L_{str,c})_{\max} - (L_{str,c})_{\min}} \leq 1$$

式中除以所有路段補強前直接年平均損失 $L_{str,c}$ 的最大值，可將指標設定於0到1之間。

(2) 路段補強效益值(Benefit)：

TELES系統除了推估補強前後的年平均損失推估值之外，更進一步依據補強目標，求出個路段在橋梁補強後的狀態下之年平均損失推估值，補強後橋梁結構上減少的地震損失風險 $L_{str,c} - L_{str,r}$ ，即為補強可帶來的利益，因此路段的補強效益可以用下式來表示，用和前述指標相同的方式，將其值設定為介於0到1之間的數字。

$$0 \leq I_{BMC} = L_{str,c} - L_{str,r} - E \left[\frac{C_r}{N_r} \right] \leq 1$$

其中路段補強前、後之直接年平均損失為 $L_{str,c}$ 、 $L_{str,r}$ ；路段上所有橋梁補強所需經費總和為 C_r ；TELES地震風險評估年平均損失的推估結果數學上有期望值的概念，為與補強經費等量齊觀，因此將估算的路段補強經費考慮路段的補強機率，取路段補強經費的期望值 $E[C_r]$ 計算； N_r 為補強後之再使用年限，本計畫將補強後之再使用年限設定為50年。

(3) 路段耐震初評分數：

利用耐震初步評估表格，針對橋梁落橋以及橋梁強度韌性進行填表計分，兩項均可得到一個從0至100的評估分數。將此二分數依據橋梁所在路段進行平均，以得到各路段所有橋梁落橋初評分數和強度韌性初評分數的平均值，可直接作為補強優選排序的指標，同樣將其正規化0到1之間。公式如下：

$$0 \leq I_{pc} = \frac{S_{pc} - (S_{pc})_{\min}}{(S_{pc})_{\max} - (S_{pc})_{\min}} \leq 1$$

$$0 \leq I_{pd} = \frac{S_{pd} - (S_{pd})_{\min}}{(S_{pd})_{\max} - (S_{pd})_{\min}} \leq 1$$

其中 I_{pc} 為落橋指標、 S_{pc} 為初評落橋得分、 I_{pd} 為強度韌性指標及 S_{pd} 為初評強度韌性得分。

2. 交通經濟衝擊指標(Social & Economic Impact)

在交通經濟衝擊指標部分，主要從交通繞道風險值、產業經濟衝擊指標及跨越重要設施指標等三層面進行評分，茲說明如下。

(1) 交通繞道風險值：

交通繞道風險值納入生命線交通路網之概念，由於高速公路為「封閉性」收費道路，故評分時納入高快速道路之路網架構之概念，以交流道至交流道間為分析路段，且視為獨立事件。操作時先利用運輸規劃軟體TransCAD分析每一分析路段(交流道至交流道間)封閉時，每日交通改道所額外增加之總旅行時間及總旅行距離，其後將前述兩者分別乘以時間價值及單位行駛成本予以貨幣化後，得到交通繞道所導致之衍生成本。配合TELES計算每一橋梁發生災損之機率值，兩者相乘即為橋梁的交通繞道損失；透過TELES的地震風險損失模型可計算每一路段的間接年平均損失 I_{intrap} ，即為交通繞道損失風險值。

此一風險值受到分析路段交通量大小、改道動線距離、改道動線服務水準及橋梁發生災損之機率值所影響，其數值越高表示風險值越高，其重要性越高。

$$0 \leq I_d = \frac{L_{intrap,c} - (L_{intrap,c})_{\min}}{(L_{intrap,c})_{\max} - (L_{intrap,c})_{\min}} \leq 1$$

其中， I_d 表示評估路段之交通繞道風險值，同樣將其正規化0到1之間。

(2) 產業經濟衝擊指標：

高速公路係屬國道，依公路法第二條定義：「...二、國道：指聯絡二省(市)以上，及重要港口、機場、邊防重鎮、國際交通與重要政治、經濟中心之主要道路。」

因此若分析區段具有服務重要交通節點(如直轄市、機場、港口、科學園區(國科會主管)及工業區(經濟部主管))而位於其半徑30公里內，其產業經濟衝擊指標將予以反應其重要性。

$$I_e = 0 \text{ or } 0.5 \text{ or } 1$$

其中 I_e 表示評估路段之產業經濟衝擊指標值，其值為0或0.5或1。1表示有服務重要交通節點包含直轄市、機場、港口及科學園區等；0.5表示有服務工業區，惟其重要性不如前者，故給予略低之評分；0則表示沒有服務重要交通節點。

(3) 跨越重要設施指標：

國道橋梁如有跨越重要設施如高鐵、台鐵、快速道路或市區高架道路等，發生橋梁災損時亦將對各跨越之重要設施造成影響。故本計畫藉由「跨越重要設施指標」反應各橋梁路段對其跨越設施之影響。

本指標係由電子地圖依各國道評估區段所在位置判別是否跨越高鐵、臺鐵、快速道路或市區高架道路等重要設施，其指標設定為0或1。

$$I_u = 0 \text{ or } 1$$

其中 I_u 表示評估路段之跨越重要設施指標值，其值為1或0。1表示有跨越臺鐵等重要設施，0則表示沒有跨越重要設施。

四、高速公路橋梁耐震補強優選排序

本計畫高速公路橋梁耐震補強優選排序，依據前述探討之各項補強排序指標及評比因子，經過不同權重的計算，可以獲得每路段耐震補強優選排序的分數，分數越高代表需要補強的程度越高。

該「優先補強指標」可採用近似最佳解績效排序(TOPSIS)、簡單加權(SAW)、最優權及綜合指數等量化準則評估法(Quantitative)求得，或可參考美國Caltrans之建議，將「橋梁耐震指標」及「交通經濟衝擊指標」兩組指標分別乘以個別之權重後相加求得國道路段耐震補強優選排序分數，作為路段耐震評估補強優選排序之依據。

本計畫訂定各指標權重如下式表示：

$$\text{Score}_{\text{sort}} = (I_r \times 45\% + I_{\text{BMC}} \times 10\% + I_d \times 25\% + I_{\text{pc}} \times 5\% + I_{\text{pd}} \times 5\% + I_u \times 5\% + I_e \times 5\%) \times 100\%$$

國道各路段的耐震補強優選排序分數計算結果列於表4.2-8中，將分數排序後，依據其前後名次分為四個區間繪製圖4.2-3，可觀察國道耐震補強優選排序各區域的順序。

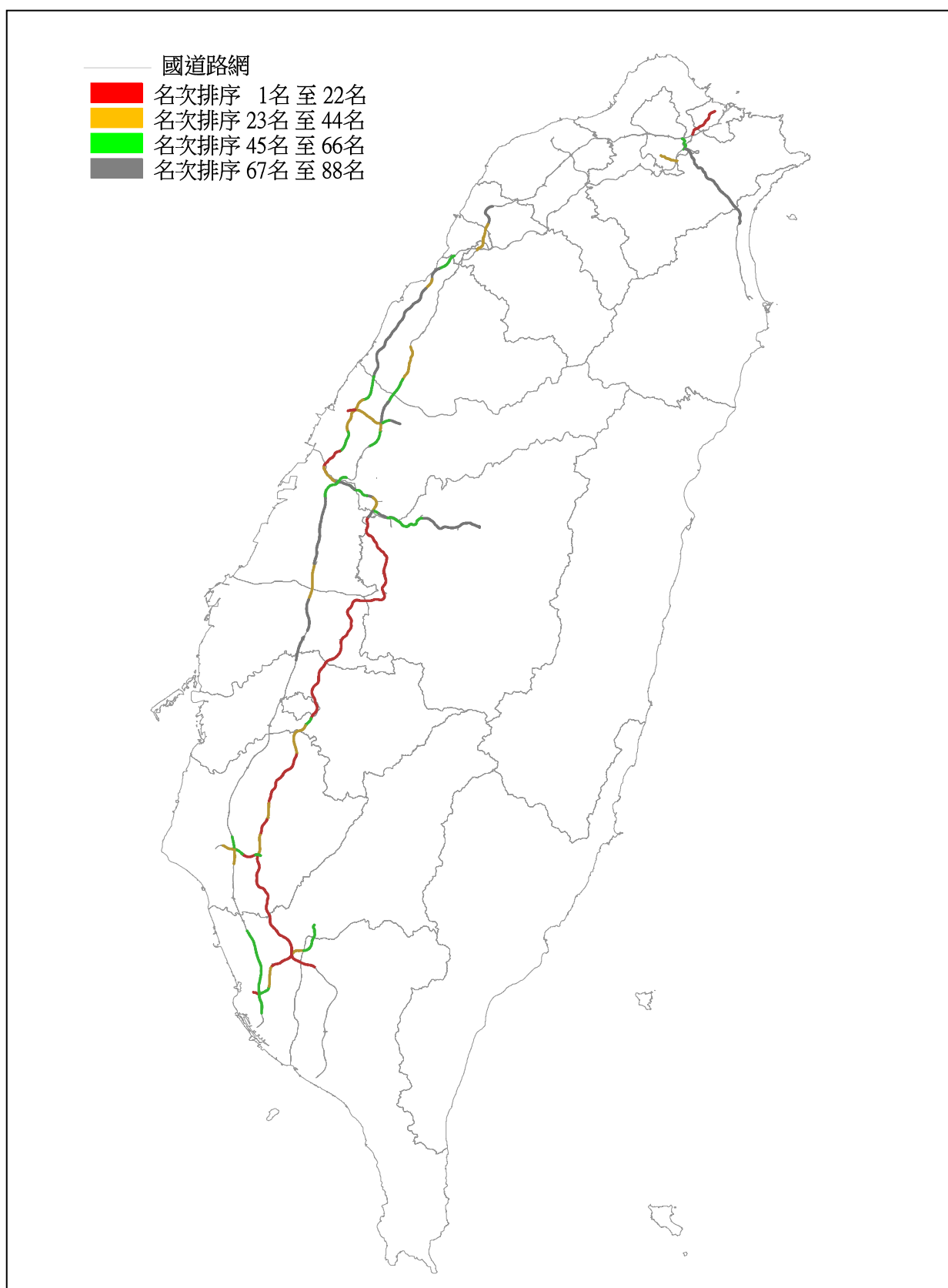


圖 4.2-3 國道耐震補強優選排序分數主題圖

表 4.2-8 國道路段耐震補強優選排序指標暨評分結果(1/4)

項次	路段別	路段起點	路段終點	I_r	I_{BMC}	I_{pc}	I_{pd}	I_d	I_e	I_u	路段評分
1	國3甲_台北聯絡道1	臺北端	萬芳	0.029	0.662	0.289	0.479	0.076	1.0	0.0	18.66
2	國3甲_台北聯絡道2	萬芳	木柵系統	0.015	0.657	0.189	0.440	0.054	1.0	0.0	16.75
3	國3_南港連絡道	南港	南港系統	0.024	0.660	0.397	0.325	0.001	0.0	0.0	11.29
4	國3_基隆汐止段1	基金	瑪東系統	0.059	0.662	0.453	0.670	0.042	1.0	0.0	20.94
5	國3_基隆汐止段2	瑪東系統	汐止系統	0.113	0.675	0.387	0.596	0.064	1.0	0.0	23.36
6	國3_竹南西湖段1	香山	西濱	0.011	0.631	0.385	0.342	0.009	0.0	1.0	15.65
7	國3_竹南西湖段2	西濱	竹南	0.000	0.649	0.067	0.245	0.000	0.5	0.0	10.55
8	國3_竹南西湖段3	竹南	大山	0.003	0.635	0.270	0.320	0.002	0.5	1.0	16.99
9	國3_竹南西湖段4	大山	後龍	0.005	0.634	0.052	0.118	0.001	0.0	0.0	7.44
10	國3_竹南西湖段5	後龍	通霄	0.013	0.616	0.109	0.167	0.001	0.0	0.0	8.15
11	國3_西湖大甲段1	通霄	苑裡	0.021	0.617	0.117	0.286	0.003	0.0	0.0	9.20
12	國3_西湖大甲段2	苑裡	大甲	0.054	0.593	0.423	0.390	0.068	0.0	0.0	14.13
13	國3_西湖大甲段3	大甲	中港系統	0.062	0.586	0.530	0.329	0.262	0.0	0.0	19.51
14	國3_大甲彰濱段2	中港系統	沙鹿	0.046	0.591	0.568	0.344	0.195	0.0	0.0	17.40
15	國3_大甲彰濱段3	沙鹿	龍井	0.040	0.599	0.462	0.414	0.060	0.0	0.0	13.68
16	國3_大甲彰濱段4	龍井	和美	0.117	0.414	0.477	0.247	0.341	0.0	1.0	26.58
17	國3_彰化烏日段2	快官	烏日	0.036	0.594	0.439	0.350	0.069	0.0	0.0	13.20
18	國3_彰化烏日段3	烏日	中投	0.002	0.649	0.101	0.302	0.005	0.0	0.0	8.71
19	國3_霧峰草屯段1	中投	霧峰	0.112	0.529	0.657	0.529	0.147	0.0	0.0	19.92
20	國3_霧峰草屯段2	霧峰	霧峰系統	0.062	0.568	0.713	0.499	0.130	0.0	0.0	17.77
21	國3_霧峰草屯段3	草屯	中興系統	0.331	0.764	0.510	0.794	0.746	0.0	0.0	47.71
22	國3_草屯南投段	中興系統	中興	0.125	0.695	0.567	0.805	0.628	0.5	0.0	37.66

表 4.2-8 國道路段耐震補強優選排序指標暨評分結果(2/4)

項次	路段別	路段起點	路段終點	I_r	I_{BMC}	I_{pc}	I_{pd}	I_d	I_e	I_u	路段評分
23	國3_南投名間段1	中興	名間	0.602	0.704	0.788	0.931	1.000	0.5	0.0	70.21
24	國3_南投名間段2	名間	竹山	0.496	0.781	0.837	1.000	0.546	0.5	0.0	55.47
25	國3_名間竹山段	竹山	斗六	1.000	1.000	0.489	0.862	0.805	0.5	1.0	89.37
26	國3_林內斗六段	斗六	古坑系統	0.276	0.767	0.262	0.637	0.203	0.5	0.0	32.16
27	國4_清水豐原段2	清水端	中港系統	0.049	0.579	0.609	0.786	0.224	1.0	1.0	30.56
28	國4_清水豐原段3	中港系統	神岡	0.037	0.625	0.622	0.517	0.026	0.5	0.0	16.75
29	國4_清水豐原段4	神岡	臺中系統	0.034	0.548	0.576	0.346	0.171	0.5	0.0	18.37
30	國4_清水豐原段5*	后豐	豐原端	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	11.10
31	國3_雲林嘉義段1	古坑系統	梅山	0.545	0.878	0.312	0.819	0.352	0.0	0.0	47.75
32	國3_雲林嘉義段2	梅山	竹崎	0.220	0.724	0.384	0.813	0.283	0.0	0.0	30.19
33	國3_雲林嘉義段3	竹崎	中埔	0.302	0.769	0.322	0.628	0.213	0.0	0.0	31.35
34	國3_白河新化段1	中埔	水上系統	0.039	0.662	0.152	0.521	0.096	0.0	0.0	14.14
35	國3_白河新化段2	水上系統	白河	0.126	0.662	0.329	0.750	0.058	0.0	0.0	19.15
36	國3_白河新化段3	白河	烏山頭	0.179	0.611	0.541	0.870	0.070	0.0	0.0	22.99
37	國3_白河新化段4	烏山頭	官田系統	0.068	0.640	0.494	0.830	0.041	0.0	0.0	17.09
38	國3_白河新化段5	官田系統	善化	0.114	0.660	0.501	0.822	0.090	0.0	0.0	20.61
39	國3_白河新化段6	善化	新化系統	0.076	0.665	0.587	0.786	0.123	0.0	0.0	19.97
40	國3_新化田寮段1	新化系統	關廟	0.092	0.665	0.555	0.751	0.179	0.0	0.0	21.77
41	國3_新化田寮段2	關廟	田寮	0.256	0.723	0.298	0.511	0.147	0.0	0.0	26.44
42	國3_田寮燕巢段	田寮	燕巢系統	0.145	0.675	0.459	0.557	0.151	0.0	0.0	22.11
43	國3_燕巢九如段	燕巢系統	九如	0.177	0.569	0.858	0.738	0.144	0.0	0.0	25.24
44	國8_新化安定段2	新吉	臺南系統	0.069	0.341	0.700	0.593	0.148	1.0	0.0	21.67

表 4.2-8 國道路段耐震補強優選排序指標暨評分結果(3/4)

項次	路段別	路段起點	路段終點	I_r	I_{BMC}	I_{pc}	I_{pd}	I_d	I_e	I_u	路段評分
45	國8_新化安定段3	新市	新化系統	0.054	0.663	0.829	0.664	0.095	1.0	1.0	28.89
46	國8_新化安定段4	新化系統	新化端	0.000	0.649	0.589	0.346	0.001	0.0	0.0	11.21
47	國10_高雄支線1	左營端	鼎金系統	0.081	0.420	0.516	0.389	0.297	1.0	0.0	24.77
48	國10_高雄支線2	鼎金系統	仁武	0.009	0.648	0.216	0.230	0.015	0.5	0.0	11.97
49	國10_高雄支線3	仁武	燕巢	0.008	0.650	0.554	0.491	0.050	0.5	0.0	15.84
50	國10_高雄支線4	燕巢	燕巢系統	0.097	0.664	0.415	0.592	0.196	0.5	0.0	23.42
51	國10_旗山支線1	燕巢系統	嶺口	0.042	0.645	0.707	0.690	0.101	0.0	0.0	17.85
52	國10_旗山支線2	嶺口	旗山端	0.045	0.587	0.645	0.790	0.037	0.0	0.0	16.01
53	國5_南港石碇段	南港系統	石碇	0.001	0.647	0.102	0.356	0.000	0.0	0.0	8.80
54	國5_石碇坪林段	石碇	坪林	0.005	0.638	0.214	0.486	0.005	0.0	0.0	10.24
55	國5_坪林頭城段	坪林	頭城	0.004	0.641	0.176	0.052	0.048	0.0	0.0	8.94
56	國1_楊梅新竹段1	湖口	竹北	0.001	0.645	0.381	0.251	0.001	0.0	0.0	9.68
57	國1_楊梅新竹段2	竹北	新竹	0.004	0.643	0.409	0.398	0.032	1.0	0.0	16.43
58	國1_楊梅新竹段3	新竹	新竹系統	0.001	0.649	0.361	0.432	0.011	1.0	0.0	15.79
59	國1_竹圍三義段	銅鑼	三義	0.002	0.648	0.218	0.460	0.000	0.5	1.0	17.48
60	國1_三義豐原段1	三義	后里	0.010	0.638	0.469	0.320	0.007	0.0	0.0	10.93
61	國1_三義豐原段2	后里	臺中系統	0.010	0.638	0.438	0.315	0.005	0.0	0.0	10.72
62	國1_三義豐原段3	臺中系統	豐原	0.004	0.648	0.562	0.259	0.004	1.0	0.0	15.85
63	國1_豐原臺中段	豐原	大雅	0.000	0.649	0.395	0.224	0.000	1.0	0.0	14.61
64	國1_王田彰化段2	彰化系統	彰化	0.032	0.634	0.298	0.143	0.072	0.0	0.0	11.81
65	國1_彰化員林段1	彰化	埔鹽系統	0.002	0.648	0.153	0.311	0.000	0.0	0.0	8.91
66	國1_彰化員林段2	埔鹽系統	員林	0.000	0.649	0.020	0.146	0.000	0.0	0.0	7.33

表 4.2-8 國道路段耐震補強優選排序指標暨評分結果(4/4)

項次	路段別	路段起點	路段終點	I_r	I_{BMC}	I_{pc}	I_{pd}	I_d	I_e	I_u	路段評分
67	國1_員林北斗段	員林	北斗	0.000	0.649	0.126	0.221	0.000	0.0	0.0	8.23
68	國1_北斗西螺段1	北斗	西螺	0.003	0.633	1.000	0.202	0.003	0.0	1.0	17.56
69	國1_北斗西螺段2	西螺	虎尾	0.000	0.649	0.501	0.000	0.000	0.0	0.0	9.00
70	國1_斗南大林段	雲林系統	大林	0.001	0.649	0.000	0.307	0.000	0.0	0.0	8.06
71	國3_彰化烏日段1	彰化系統	快官	0.018	0.646	0.384	0.173	0.006	0.0	0.0	10.22
72	國1_岡山高雄段1	高科	岡山	0.006	0.640	0.195	0.007	0.023	1.0	0.0	13.27
73	國1_岡山高雄段2	岡山	楠梓	0.002	0.645	0.390	0.173	0.012	1.0	0.0	14.64
74	國1_岡山高雄段3	楠梓	鼎金系統	0.014	0.640	0.339	0.181	0.038	1.0	0.0	15.57
75	國1_岡山高雄段4	鼎金系統	高雄	0.002	0.647	0.145	0.033	0.006	1.0	0.0	12.62
76	國6_霧峰草屯段1	霧峰系統	舊正	0.022	0.643	0.420	0.288	0.071	0.0	0.0	12.73
77	國6_霧峰草屯段2	舊正	東草屯	0.000	0.649	0.326	0.201	0.000	0.0	0.0	9.14
78	國6_草屯國姓段	東草屯	國姓	0.052	0.521	0.495	0.335	0.036	0.0	0.0	12.60
79	國6_國姓愛蘭段	國姓	愛蘭	0.026	0.598	0.396	0.232	0.022	0.0	0.0	10.83
80	國6_愛蘭埔里段1	愛蘭	埔里	0.003	0.645	0.080	0.153	0.000	0.0	0.0	7.74
81	國6_愛蘭埔里段2	埔里	埔里端	0.001	0.639	0.013	0.125	0.000	0.0	0.0	7.15
82	國8_新化安定段1	臺南系統	新市	0.104	0.000	0.531	0.556	0.192	0.0	0.0	14.90
83	國1_新化安定段2	臺南系統	永康	0.024	0.658	0.862	0.640	0.021	0.0	0.0	15.71
84	國1_新化安定段1	安定	臺南系統	0.015	0.652	0.785	0.709	0.014	0.0	0.0	15.04
85	國4_清水豐原段1	臺中系統	后豐	0.005	0.648	0.493	0.272	0.001	0.5	0.0	13.04
86	國3_大甲彰濱段1	和美	彰化系統	0.033	0.322	0.567	0.268	0.018	0.0	1.0	14.33
87	國1_王田彰化段	王田	彰化系統	0.010	0.644	0.623	0.144	0.053	0.0	0.0	12.03
88	國3_霧峰草屯段	霧峰系統	草屯	0.000	0.649	0.473	0.189	0.000	0.0	0.0	9.81

註：*路段30無橋梁

4.2.4 高速公路橋梁補強排序結果

橋梁耐震補強之最主要目的，是要使橋梁於使用年限內經歷重大之地震後，將不可接受之損壞風險降至最低。對於高速公路橋梁而言，不可接受之損壞大致上是指因橋梁全部或部份倒塌，導致重大之生命財產損失，或造成主要維生運輸系統之中斷。另考量國家財政資源之有效利用，橋梁耐震補強計畫通常為一長期持續執行的工作，故需先將現有橋梁之耐震能力進行風險評估及篩選排序(Seismic Risk Identification & Prioritization)，排定辦理橋梁補強優先順序及提出各種可能方案之比較分析，以便能有效掌握補強費用之編列執行，擬訂執行策略，視財務狀況情形分年逐步辦理耐震補強工作。

由前節圖4.2-3及表4.2-8觀之，在進行國道路段耐震補強優選排序時，考量交通特性整合為88個路段(交流道至交流道)，雖經綜合排序後可獲得易於理解，且符合橋梁結構特性之優選順序，惟實際進行分期分標計畫以落實至建設計畫時，尚須考量未來施工階段高公局之營建行政分工，以及工程規模、經費時程之限制、路網整體性工區大小及施工成本與管理等其它因素略做調整。

基於前述考量，本計畫將88個路段(交流道至交流道)整合為較大之施工工區，其整合之原則有二：

- 一、依國道新建工程局竣工圖之分段方式將鄰近小路段予以合併，如88個路段中編號6~10之路段即可整併為國3-竹南西湖工區；
- 二、橫向國道整併同一個施工工區，即國4、國6、國8、國10高雄支線及國10旗山支線等工區。

依前述二原則進行整併後，原88個路段(交流道至交流道)可整併至29個工區，而各工區之評分則以各工區內之路段評分以橋面積進行加權評分，評分結果請參見表4.2-9。本計畫高速公路後續路段橋梁耐震補強施工，建議進一步將該29個工區劃分為三個區段推動，如表4.2-9所示及圖4.2-4所示。

表 4.2-9 國道路段耐震補強路段加權評分排序結果(1/4)

項次	路段別	路段起點	路段終點	橋面積(m ²)	路段評分	工區編號(範圍)	工區加權評分	排序
1	國3甲_台北聯絡道1	臺北端	萬芳	26,069	18.66	1-國3甲	18.08	16
2	國3甲_台北聯絡道2	萬芳	木柵系統	11,364	16.75	1-國3甲	18.08	16
3	國3_南港連絡道	南港	南港系統	29,512	11.29	2-國3南港連絡道	11.29	26
4	國3_基隆汐止段1	基金	瑪東系統	60,454	20.94	3-國3_基隆汐止段	22.59	9
5	國3_基隆汐止段2	瑪東系統	汐止系統	129,167	23.36	3-國3_基隆汐止段	22.59	9
6	國3_竹南西湖段1	香山	西濱	39,468	15.65	4-國3_竹南西湖段	10.37	27
7	國3_竹南西湖段2	西濱	竹南	3,141	10.55	4-國3_竹南西湖段	10.37	27
8	國3_竹南西湖段3	竹南	大山	25,500	16.99	4-國3_竹南西湖段	10.37	27
9	國3_竹南西湖段4	大山	後龍	34,129	7.44	4-國3_竹南西湖段	10.37	27
10	國3_竹南西湖段5	後龍	通霄	125,300	8.15	4-國3_竹南西湖段	10.37	27
11	國3_西湖大甲段1	通霄	苑裡	128,484	9.20	5-國3_西湖大甲段	13.27	22
12	國3_西湖大甲段2	苑裡	大甲	65,495	14.13	5-國3_西湖大甲段	13.27	22
13	國3_西湖大甲段3	大甲	中港系統	74,861	19.51	5-國3_西湖大甲段	13.27	22
14	國3_大甲彰濱段2	中港系統	沙鹿	48,758	17.40	6-國3_大甲烏日段	18.77	15
15	國3_大甲彰濱段3	沙鹿	龍井	50,056	13.68	6-國3_大甲烏日段	18.77	15
16	國3_大甲彰濱段4	龍井	和美	174,357	26.58	6-國3_大甲烏日段	18.77	15
17	國3_彰化烏日段2	快官	烏日	53,905	13.20	6-國3_大甲烏日段	18.77	15
18	國3_彰化烏日段3	烏日	中投	2,907	8.71	6-國3_大甲烏日段	18.77	15
19	國3_霧峰草屯段1	中投	霧峰	78,704	19.92	7-國3_霧峰草屯段	29.76	6
20	國3_霧峰草屯段2	霧峰	霧峰系統	53,029	17.77	7-國3_霧峰草屯段	29.76	6
21	國3_霧峰草屯段3	草屯	中興系統	81,869	47.71	7-國3_霧峰草屯段	29.76	6
22	國3_草屯南投段	中興系統	中興	22,423	37.66	8-國3_草屯南投段	37.66	4

表 4.2-9 國道路段耐震補強路段加權評分排序結果(2/4)

項次	路段別	路段起點	路段終點	橋面積(m ²)	路段評分	工區編號(範圍)	工區加權評分	排序
23	國3_南投名間段1	中興	名間	64,539	70.21	9-國3_南投名間段	63.38	2
24	國3_南投名間段2	名間	竹山	55,691	55.47	9-國3_南投名間段	63.38	2
25	國3_名間竹山段	竹山	斗六	127,063	89.37	10-國3_名間竹山段	89.37	1
26	國3_林內斗六段	斗六	古坑系統	45,735	32.16	11-國3_林內斗六段	32.16	5
27	國4_清水豐原段2	清水端	中港系統	37,573	30.56	12-國4	20.59	12
28	國4_清水豐原段3	中港系統	神岡	53,853	16.75	12-國4	20.59	12
29	國4_清水豐原段4	神岡	臺中系統	38,517	18.37	12-國4	20.59	12
30	國4_清水豐原段5*	后豐	豐原端	0	0	12-國4	20.59	12
31	國3_雲林嘉義段1	古坑系統	梅山	69,426	47.75	13-國3_雲林嘉義段	37.86	3
32	國3_雲林嘉義段2	梅山	竹崎	38,515	30.19	13-國3_雲林嘉義段	37.86	3
33	國3_雲林嘉義段3	竹崎	中埔	60,146	31.35	13-國3_雲林嘉義段	37.86	3
34	國3_白河新化段1	中埔	水上系統	13,940	14.14	14-國3_白河新化段	20.19	13
35	國3_白河新化段2	水上系統	白河	72,283	19.15	14-國3_白河新化段	20.19	13
36	國3_白河新化段3	白河	烏山頭	111,860	22.99	14-國3_白河新化段	20.19	13
37	國3_白河新化段4	烏山頭	官田系統	54,469	17.09	14-國3_白河新化段	20.19	13
38	國3_白河新化段5	官田系統	善化	50,069	20.61	14-國3_白河新化段	20.19	13
39	國3_白河新化段6	善化	新化系統	21,951	19.97	14-國3_白河新化段	20.19	13
40	國3_新化田寮段1	新化系統	關廟	30,354	21.77	15-國3_新化田寮段	25.01	8
41	國3_新化田寮段2	關廟	田寮	68,817	26.44	15-國3_新化田寮段	25.01	8
42	國3_田寮燕巢段	田寮	燕巢系統	52,289	22.11	16-國3_田寮燕巢段	22.11	11
43	國3_燕巢九如段	燕巢系統	九如	68,053	25.24	17-國3_燕巢九如段	25.24	7
44	國8_新化安定段2	新吉	臺南系統	36,619	21.67	18-國8	19.55	14

表 4.2-9 國道路段耐震補強路段加權評分排序結果(3/4)

項次	路段別	路段起點	路段終點	橋面積(m ²)	路段評分	工區編號(範圍)	工區加權評分	排序
45	國8_新化安定段3	新市	新化系統	15,098	28.89	18-國8	19.55	14
46	國8_新化安定段4	新化系統	新化端	659	11.21	18-國8	19.55	14
47	國10_高雄支線1	左營端	鼎金系統	59,593	24.77	19-國10_高雄支線	22.22	10
48	國10_高雄支線2	鼎金系統	仁武	16,661	11.97	19-國10_高雄支線	22.22	10
49	國10_高雄支線3	仁武	燕巢	3,838	15.84	19-國10_高雄支線	22.22	10
50	國10_高雄支線4	燕巢	燕巢系統	36,068	23.42	19-國10_高雄支線	22.22	10
51	國10_旗山支線1	燕巢系統	嶺口	20,881	17.85	20-國10_旗山支線	16.65	18
52	國10_旗山支線2	嶺口	旗山端	39,485	16.01	20-國10_旗山支線	16.65	18
53	國5_南港石碇段	南港系統	石碇	9,349	8.80	21-國5	9.78	28
54	國5_石碇坪林段	石碇	坪林	80,168	10.24	21-國5	9.78	28
55	國5_坪林頭城段	坪林	頭城	33,044	8.94	21-國5	9.78	28
56	國1_楊梅新竹段1	湖口	竹北	17,388	9.68	22-國1_楊梅新竹段	14.12	20
57	國1_楊梅新竹段2	竹北	新竹	30,009	16.43	22-國1_楊梅新竹段	14.12	20
58	國1_楊梅新竹段3	新竹	新竹系統	4,699	15.79	22-國1_楊梅新竹段	14.12	20
59	國1_竹圍三義段	銅鑼	三義	12,504	17.48	23-國1_銅鑼豐原段	12.31	23
60	國1_三義豐原段1	三義	后里	42,958	10.93	23-國1_銅鑼豐原段	12.31	23
61	國1_三義豐原段2	后里	臺中系統	34,120	10.72	23-國1_銅鑼豐原段	12.31	23
62	國1_三義豐原段3	臺中系統	豐原	11,321	15.85	23-國1_銅鑼豐原段	12.31	23
63	國1_豐原臺中段	豐原	大雅	4,009	14.61	23-國1_銅鑼豐原段	12.31	23
64	國1_王田彰化段2	彰化系統	彰化	54,132	11.81	24-國1_王田彰化段	11.85	24
65	國1_彰化員林段1	彰化	埔鹽系統	13,775	8.91	25-國1_彰化北斗段	8.63	29
66	國1_彰化員林段2	埔鹽系統	員林	1,413	7.33	25-國1_彰化北斗段	8.63	29

表 4.2-9 國道路段耐震補強路段加權評分排序結果(4/4)

項次	路段別	路段起點	路段終點	橋面積(m ²)	路段評分	工區編號(範圍)	工區加權評分	排序
67	國1_員林北斗段	員林	北斗	4,856	8.23	25-國1_彰化北斗段	8.63	29
68	國1_北斗西螺段1	北斗	西螺	37,440	17.56	26-國1_北斗大林段	16.67	17
69	國1_北斗西螺段2	西螺	虎尾	773	9.00	26-國1_北斗大林段	16.67	17
70	國1_斗南大林段	雲林系統	大林	3,177	8.06	26-國1_北斗大林段	16.67	17
71	國3_彰化烏日段1	彰化系統	快官	46,994	10.22	6-國3_大甲烏日段	18.77	15
72	國1_岡山高雄段1	高科	岡山	30,454	13.27	27-國1_岡山高雄段	14.02	21
73	國1_岡山高雄段2	岡山	楠梓	8,400	14.64	27-國1_岡山高雄段	14.02	21
74	國1_岡山高雄段3	楠梓	鼎金系統	37,338	15.57	27-國1_岡山高雄段	14.02	21
75	國1_岡山高雄段4	鼎金系統	高雄	28,333	12.62	27-國1_岡山高雄段	14.02	21
76	國6_霧峰草屯段1	霧峰系統	舊正	54,157	12.73	28-國6	11.30	25
77	國6_霧峰草屯段2	舊正	東草屯	368	9.14	28-國6	11.30	25
78	國6_草屯國姓段	東草屯	國姓	159,137	12.60	28-國6	11.30	25
79	國6_國姓愛蘭段	國姓	愛蘭	181,480	10.83	28-國6	11.30	25
80	國6_愛蘭埔里段1	愛蘭	埔里	27,237	7.74	28-國6	11.30	25
81	國6_愛蘭埔里段2	埔里	埔里端	24,000	7.15	28-國6	11.30	25
82	國8_新化安定段1	臺南系統	新市	45,818	14.90	18-國8	19.55	14
83	國1_新化安定段2	臺南系統	永康	10,110	15.71	29-國1_新化安定段	15.36	19
84	國1_新化安定段1	安定	臺南系統	10,677	15.04	29-國1_新化安定段	15.36	19
85	國4_清水豐原段1	臺中系統	后豐	10,938	13.04	12-國4	20.59	12
86	國3_大甲彰濱段1	和美	彰化系統	70,198	14.33	6-國3_大甲烏日段	18.77	15
87	國1_王田彰化段	王田	彰化系統	12,000	12.03	24-國1_王田彰化段	11.85	24
88	國3_霧峰草屯段	霧峰系統	草屯	2,948	9.81	7-國3_霧峰草屯段	29.76	6

表 4.2-10 高速公路後續路段橋梁耐震補強執行建議表

工區 排序	工區	加權評分	補強經費 ^{註1} (百萬元)	累積 補強經費 (百萬元)	區段
1	工區10 國3_名間竹山段	89.37	1,754.09	1,754.09	1
2	工區9 國3_南投名間段	63.38	2,819.78	4,573.86	
3	工區13 國3_雲林嘉義段	37.86	1,664.03	6,237.89	
4	工區8 國3_草屯南投段	37.66	216.19	6,454.08	
5	工區11 國3_林內斗六段	32.16	417.97	6,872.05	
6	工區7 國3_霧峰草屯段	29.76	2,388.65	9,260.71	
7	工區17 國3_燕巢九如段	25.24	1,022.51	10,283.22	2
8	工區15 國3_新化田寮段	25.01	859.33	11,142.55	
9	工區3 國3_基隆汐止段	22.59	1,023.26	12,165.81	
10	工區19 國10_高雄支線	22.22	1,733.32	13,899.130	
11	工區16 國3_田寮燕巢段	22.11	396.36	14,295.49	
12	工區12 國4	20.59	1,060.49	15,355.98	
13	工區14 國3_白河新化段	20.19	2,863.57	18,219.55	
14	工區18 國8	19.55	1,794.01	20,013.56	
15	工區6 國3_大甲烏日段	18.77	3,735.88	23,749.44	
16	工區1 國3甲	18.08	129.57	23,879.01	
17	工區26 國1_北斗大林段	16.67	297.55	24,176.56	3
18	工區20 國10_旗山支線	16.65	714.94	24,891.49	
19	工區29 國1_新化安定段	15.36	107.71	24,999.21	
20	工區22 國1_楊梅新竹段	14.12	1.61	25,000.81	
21	工區27 國1_岡山高雄段	14.02	271.23	25,272.05	
22	工區5 國3_西湖大甲段	13.27	1,118.85	26,390.90	
23	工區23 國1_銅鑼豐原段	12.31	42.70	26,433.60	
24	工區24 國1_王田彰化段	11.85	491.93	26,925.54	
25	工區28 國6	11.30	2,026.44	28,951.98	
26	工區2 國3_南港連絡道	11.29	92.78	29,044.76	
27	工區4 國3_竹南西湖段	10.37	786.58	29,831.33	
28	工區21 國5	9.78	188.49	30,019.82	
29	工區25 國1_彰化北斗段	8.63	35.21	30,055.03	

註1：補強工程經費計算請見第五章說明，本表引用工程建造費包含直接成本及間接成本，不含物價調整費。

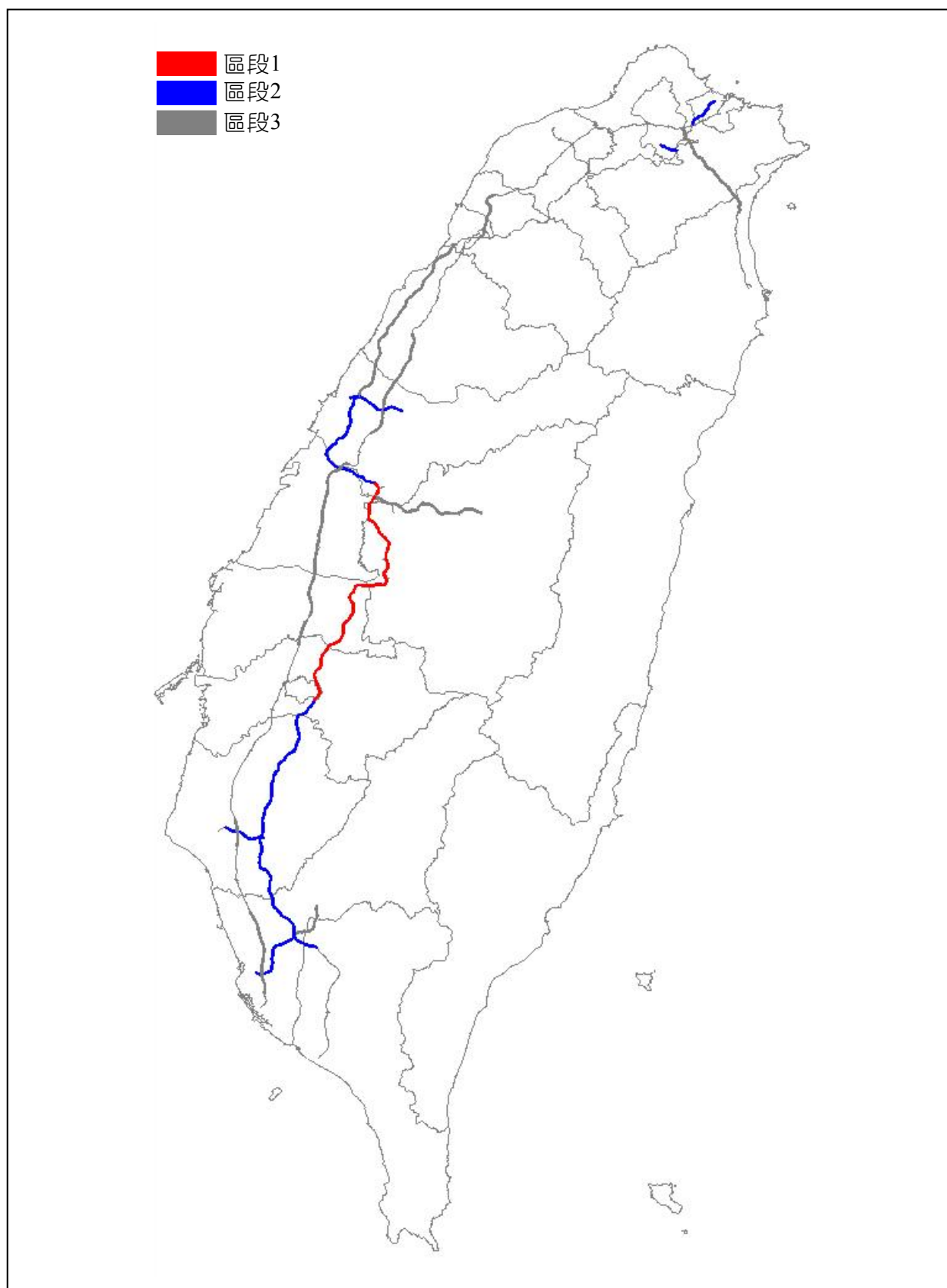


圖 4.2-4 高速公路後續路段橋梁耐震補強執行順序示意圖

4.2.5 高速公路橋梁耐震補強策略

本計畫高速公路後續路段橋梁耐震補強策略研擬如下：

- 一、參考國道生命線救災道路定位、耐震性能準則及鄰近第一類活動斷層之影響等之研究探討成果。
- 二、依據前節探討之各項因素，研擬後續路段地震災害風險管理策略；從整體規劃與維生路網系統健全性角度及橋梁耐震風險為出發點，研提具體可操作性的指標作為依據，針對本計畫路段風險較高或衝擊較大的橋梁，先進行分類或分路段後，據以排定優先順序。
- 三、依據優選排序結果、施工階段之營建行政分工、工程規模、經費時程之限制、路網整體性工區大小及施工成本與管理等因素，擬訂分期策略。
- 四、84年部頒耐震設計規範及89年修訂公佈條文，均尚未將活動斷層近域效應納入考量，故「公路橋梁耐震評估及補強準則(草案)」建議「位於活動斷層近域橋梁」仍須進行耐震評估與補強。除現行97年部頒耐震設計規範規定之活動斷層外，經濟部中央地質調查所於2010年公布新增10條第一類活動斷層，考量鄰近活動斷層300公尺範圍橋梁之耐震風險較高，故自優選排序中抽出，提前至區段1辦理。
- 五、綜合考量系統之風險性、財務可行性、功能性，及評估具急迫性及危險性的橋梁後，按輕重緩急，視政府財況情形擬訂國道後續路段橋梁耐震補強計畫。

綜合以上考量，為有效控管國道資金投入，且明確掌握工程進度，降低風險及不確定性發生，本計畫擬分3個區段重疊辦理，並將鄰近斷層300公尺內橋梁提前至區段1辦理方式進行，如表4.2-11。

表 4.2-11 高速公路後續路段橋梁耐震補強執行策略一覽表

區段	工區編號	工程範圍	橋梁座數 (座)	橋梁面積 (M ²)	補強經費 (百萬元)
1	工區7~11、13	國3_霧峰嘉義段 其它路段鄰近斷層300m內橋梁	269	2,063,575	11,816.99
2	工區1	國3甲	463	2,335,645	12,955.36
	工區3、6 工區14~17	國3_基隆汐止段、大甲烏日段、白河九如段			
	工區12	國4_清水豐原段			
	工區18	國8			
	工區19	國10_高雄支線			
3	工區2、4、5	國3_南港連絡道、竹南大甲段	437	2,173,319	5,282.68
	工區21	國5_南港頭城段			
	工區28	國6			
	工區20	國10_旗山支線			
	工區22~27 工區29	國1_楊梅新竹段、銅鑼豐原段、王田大林段、新化安定段、岡山高雄段			
合 計			1,169	6,572,539	30,055.03

註：表列補強經費不含物價調整。

4.3 執行步驟(方法)與分工

本計畫將由高公局技術組辦理耐震評估及補強設計，工務組負責耐震補強施工，至於預算執行及管考，原則上將依據交通部之相關規定辦理，以落實進度管控與工程品質。至於耐震詳細評估及補強設計，詳如以下說明。

4.3.1 橋梁耐震能力之詳細評估

詳細耐震能力評估係針對既有橋梁，所進行之橋梁耐震能力診斷，故其在於將橋梁耐震能力以量化的數據表示。傳統國內普遍採用之橋梁耐震能力分析方法，多以「力—強度」為基準(*Force-based Method*)，以結構彈性分析所得之結果，利用力量折減因數或位移放大因數間接考慮結構非線性行為，評估橋梁之耐震能力。此法雖為工程師提供一簡化的分析概念和容易操作等優點，但相對地，其分析結果並未能真正完全掌握結構物之非線性行為；一般而言，以「力—強度」為基準之評估法常造成比較保守的結果。

基於考量節省經費與評估結果之合理化，國內普遍以「位移」為基準的評估方法(*Displacement-based Method*)，即所謂之側推分析法(*Push-over Method*)來評估，除了運用此評估法於整體橋梁結構之耐震能力評估外，亦對個別構件，逐一計算其容量和需求之比值(*C/D* 比值法)，藉以瞭解橋梁結構系統之關鍵傳力路徑(*Critical Load Path*)，做為細部評估之輔助工具。再配合國內現行橋梁耐震設計規範及歷年地震特性，汲取震害、水害及邊坡災害經驗，考量橋梁的全生命週期成本、維修最小化及節能減碳的環境政策，訂定出一套合理適當且具體可行之評估方法，將橋梁的評估結果以功能等級分類，使後續進行維修補強時能發揮其最大經濟效益，評估流程詳見圖4.3-1。

4.3.2 橋梁耐震補強基本策略

既有橋梁在交通路網上擔負著重要的運輸責任，故在進行補強作業時，應儘量避免交通中斷；既有橋梁的周遭環境已長時間維持於安定的狀態，無論是生態、環境、鄰近居民或橋下空間利用等，於補強作業進行時皆須妥善予以考量，儘量降低甚或採迴避策略對其之衝擊，此為補強工程與新建工程最大不同之處。

另外，補強工程之施工條件受到(1)作業位置多及施工量少、(2)作業空間小及姿勢受限、(3)專業技術性高之限制，施工效率較一般新建工程為低，另補強作業位置係以點的方式佔大多數，為避免補強作業危害結構安全，補強之位置不宜在施工中長時間處在不安定的狀態，施工時應儘量避免各補強位置同時進行作業，亦即施工時應以單一位置進行補強為原則。

為滿足「國道橋梁為台灣地區生命線救災道路」之耐震補強定位，將採用系統補強、增加構件或構件補強等三種方案來思考，於規劃設計時將把握下列基本策略。

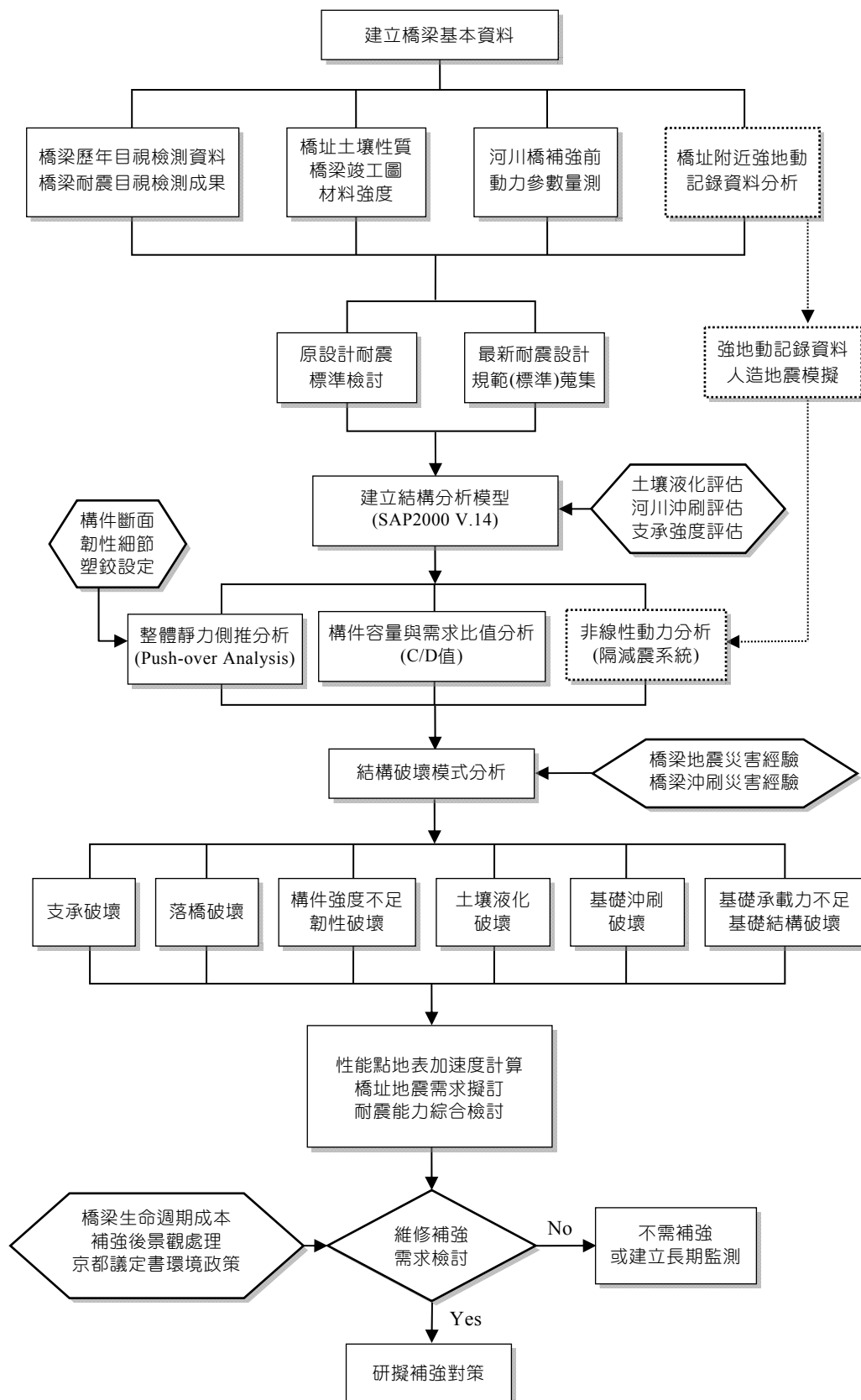


圖 4.3-1 橋梁耐震能力之詳細評估流程

- 一、耐震能力不足之橋梁進行補強時，應尋找最適當且經濟方法，將耐震能力提昇至足夠之標準；
- 二、依據詳細耐震能力評估之結果，來進行耐震補強分析與設計，以及支承系統之改善；
- 三、橋梁耐震補強方法很多，如增加構件的韌性或強度、增設止震塊、增加梁端防落長度、設置防落橋設施、基礎補強、地盤改良、降低液化潛能及改變橋梁結構系統等，應妥為靈活運用；
- 四、橋梁經耐震補強分析與設計後，為檢核無其它耐震弱點產生，必要時應再次進行詳細耐震能力評估，以確保整體耐震能力均已提昇至足夠之標準；
- 五、補強計畫將使橋梁上部結構、下部結構及基礎構造等整體結構系統耐震能力之均衡提昇；
- 六、原則上將藉由橋柱的補強，來增進橋梁之強度與韌性，使橋梁得以抵抗更大之地震；
- 七、增設妥適及具耐衝擊性的防止落橋裝置，以防止支承破壞所可能產生之落橋事件；
- 八、系統補強對策：在工址地質條件符合規範的要求下，檢討採變更橋梁結構系統之可行性(含施工性及補強效益)，以反力分散、增加阻尼(Damper)或週期延長(隔震支承)來減輕地震慣性力；
- 九、位移拘束工法：對橋長小於100公尺且交角小於15度之短跨橋梁，考量橋台之地震動力反應(Dynamic Response)與土壤之阻尼效應，橋台之結構強度若有不足，則予以補強，考量橋台補強之施工費用與交通衝擊較低，是此工法最大的優點。

4.3.3 環境監測計畫

本計畫將依據擬定之工作進度，妥善規劃環境監測計畫，主要監測內容應包括空氣品質、河川水質、噪音振動等。其中可分為施工前、施工期間環境監測二部分，施工前環境監測目的在建立工區環境背景資料，以瞭解地區環境背景特性及條件，並做為施工期間環境品質改變或相關環境監測成果之比對；而施工期間環境監測主要為追蹤特定環境項目在施工作業期間環境品質變化情形，以研判施工對周圍環境產生影響程度，並檢討是否需要採行環境保護因應措施，或研提改善對策。有關施工前及施工期間各監測項目之測定參數及測站佈設原則，說明如后。

1. 施工前環境監測(請詳表4.3-1)

- (1) 空氣品質：TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO、O₃、風速、風向、溫度、溼度，頻率為施工前半年內1次，連續24小時。
- (2) 噪音振動
 - 噪音：逐時均能音量(Leq)、百分比音量(L_x)(x=5、10、50、90、95)、最大音量(L_{max})，並計算L_日、L_晚及L_夜，頻率為施工前半年內一次，含假日及非假日，各連續24小時。

- 振動：振動位準(L_{V10})、最大振動位準(L_{Vmax})，並計算 $L_{V10日}$ 及 $L_{V10夜}$ ，頻率為施工前半年內1次，含假日及非假日，各連續24小時。
- (3) 河川水質：pH值、溫度、電導度、溶氧量、BOD₅、SS、NH₃-N、油脂，頻率為施工前半年內1次。

表 4.3-1 施工前環境監測計畫

項目	調查內容	選址原則	調查頻率
空氣品質	TSP、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、SO ₂ 、NO ₂ 、CO、O ₃ 、風速、風向、溫度、溼度	沿線500公尺範圍內敏感點，每隔10公里設置一處。	施工前半年內一次，連續24小時。
噪音振動	噪音－逐時均能音量(L_{eq})、百分比音量(L_x)($x=5、10、50、90、95$)、最大音量(L_{max})，並計算 $L_{日}$ 、 $L_{晚}$ 及 $L_{夜}$ 。 振動－振動位準(L_{V10})、最大振動位準(L_{Vmax})，並計算 $L_{V10日}$ 及 $L_{V10夜}$ 。	沿線100公尺內敏感點。	施工前半年內一次，含假日及非假日，各連續24小時。
河川水質	pH值、溫度、電導度、溶氧量、BOD ₅ 、SS、NH ₃ -N、油脂	沿線和河川有橫交之河川之上、下游處。	施工前半年內一次。

2. 施工期間環境監測(請詳表4.3-2)

- (1) 空氣品質：TSP、PM₁₀、PM_{2.5}、SO₂、NO₂、CO、O₃、風速、風向、溫度、溼度，頻率為每季1次，連續24小時。

(2) 噪音振動：

● 環境噪音振動

噪音－逐時均能音量(L_{eq})、百分比音量(L_x)($x=5、10、50、90、95$)、最大音量(L_{max})，並計算 $L_{日}$ 、 $L_{晚}$ 及 $L_{夜}$ ，頻率為每季一次，每次連續24小時。

振動－振動位準(L_{V10})、最大振動位準(L_{Vmax})，並計算 $L_{V10日}$ 及 $L_{V10夜}$ ，頻率為每季1次，每次連續24小時。

● 營建噪音振動

噪音－均能音量(L_{eq})、百分比音量(L_x)($x=5、10、50、90、95$)、最大音量(L_{max})，頻率為每月2次，每次連續2分鐘。

振動－振動位準(L_{V10})、最大振動位準(L_{Vmax})，頻率為每月2次，每次連續2分鐘。

● 營建低頻噪音監測：20-200Hz均能音量($L_{eq,LF}$)。

(3) 水質：

- 河川水質監測：pH值、溫度、電導度、溶氧量、BOD₅、SS、NH₃-N、油脂，每季1次。

- 工區放流水監測：pH值、溫度、電導度、BOD₅、SS、油脂，施工期間每月1次。

表 4.3-2 施工期間環境監測計畫

項目	調查內容	選址原則	調查頻率
空氣品質	TSP、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 、SO ₂ 、NO ₂ 、CO、O ₃ 、風速、風向、溫度、溼度	沿線500公尺範圍內敏感點，每隔10公里設置一處	施工期間每季一次，每次連續24小時。
環境噪音振動	噪音－逐時均能音量(L _{eq})、百分比音量(L _x)(x=5、10、50、90、95)、最大音量(L _{max})，並計算L _日 、L _晚 及L _夜 。 振動－振動位準(L _{V10})、最大振動位準(L _{Vmax})，並計算L _{V10日} 及L _{V10夜} 。	沿線100公尺內敏感點	施工期間每季一次，每次連續24小時。
河川水質	溶氧量、溫度、pH值、電導度、BOD ₅ 、SS、NH ₃ -N、油脂	沿線和河川有橫交之河川之上、下游處	施工期間每季一次
營建噪音振動	噪音－均能音量(L _{eq})、最大音量(L _{max})。 振動－振動位準(L _{V10})、最大振動位準(L _{Vmax})。	工區周界1公尺處。	施工期間每月二次，每次連續測定2分鐘。
工區放流水	pH值、溫度、電導度、BOD ₅ 、SS、油脂	工區排放口	施工期間每月一次。
營建低頻噪音	20Hz至200Hz之均能音量(L _{eq,LF})	選擇具代表性工區	相關位要求增測時

4.4 全生命週期節能減碳原則

4.4.1 橋梁補強工程導入碳管理

有鑒於極端氣候所造成的災害及衝擊與日俱增，溫室氣體排放已成為全球共同關注的議題，在各國政策與國際標準的助長下，溫室氣體盤查與減量更成為不可抵擋的趨勢。基於排碳量歸屬合理性的考量，國際碳管理規範已由組織型碳盤查逐漸轉為重視生命週期整體排碳的碳足跡盤查，並勾勒未來以碳中和為目標的願景，以達成碳管理的最高境界－碳中和。

依據PAS2050及ISO14067之精神，碳足跡係指產品生命週期過程所直接與間接產生的二氧化碳排放量，對工程而言，其生命週期即是指原(物)料製造取得材料製造、運送現場施工活動營運管理(含維護)拆除廢棄。而碳管理即是指於工程規劃設計階段推動碳排放量推估、故橋梁工程碳管理為基於工程生命週期，於規劃設計階段即著手辦理工程碳排放總量推估，藉由定性說明與定量估算，制訂部分的工程減碳方案研擬及減碳效益評估，以期於設計成果內納入各項排碳、減碳構想。而於施工階段利用國際上既有之碳足跡盤查規範、流程與方法，啟動碳足跡盤查，並將盤查過程中調查取得的數據資料回饋至碳排放量評估方法中，以增進規劃設計階段碳排放推估結果的正確性，提升工程整體碳管理的有效性。

依前面所述，橋梁工程之碳管理範疇與邊界係包括橋梁整個生命週期(興建階段、營運期間)，而補強作業僅為橋梁營運期間之其中一項活動，不適合做為碳管理的主體。惟考量橋梁工程導入碳管理之潮流趨勢，建議未來可擇定特定橋梁耐震補強作業進行碳足跡量化作業，率先建立國內橋梁耐震補強排碳量資料庫，為未來為道路、橋梁工程導入碳管理機制，打下堅實的基礎。

碳足跡計算標準主要有PAS 2050及ISO/TS 14067，行政院環境保護署(以下簡稱環保署)為提供一致性之評估方法，亦參考前述標準之生命週期評估法，完成我國「產品與服務碳足跡計算指引」(99年2月公告)。此外，為使同樣類型、功能之商品或服務，在計算碳足跡時能有相同的準則及生命週期評估範圍，應參考已公告之產品類別規則(PCR)，以做為界定計算邊界範疇和數據蒐集項目之依據。經查橋梁工程之產品類別規則(PCR)，已由交通部公路總局於102年10月間提出，目前已進入草案(三)版，俟環保署未來正式核准，即可做為橋梁補強作業碳足跡量化之作業依據。

4.4.2 橋梁補強減少交通繞行碳排放指標

本計畫完成後可降低地震時橋梁損壞增加之車輛繞行成本(初估約17,511,000車·公里/年)，若以車速50公里/小時、平均油耗8公里/公升、汽油之碳當量係數2.241Kg eCO₂/公升汽油換算，橋梁補強減少交通繞行連帶每年可減少約4,930噸CO₂之排放。

第五章 期程與資源需求

5.1 計畫期程

本計畫可行性研究預計於104年1月完成，後續建設時程主要分為計畫報核、規劃設計及施工等三階段，初估計畫報核作業以民國104年9月底完成為目標，規劃設計及施工於民國105年啟動，計畫時程請參見表5.1-1所示。

表 5.1-1 後續路段橋梁耐震補強工程預定建設時程

作業年期		102年	103年	104年	105年	106年	107年	108年	109年	110年	111年	112年	113年	114年
工作項目	可行性研究(約16個月) 102.10-104.01													
	建設計畫報核(約8個月) 104.02-104.09													
招標(約3個月)														
規劃 設計 施工	區段1(約66個月) 105.01-110.06													
	區段2(約66個月) 108.01-113.06													
	區段3(約48個月) 110.07-114.06													

5.2 所需資源說明

本計畫經費編列，係依據國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強第1期工程及第2期(第1優先路段)工程橋梁耐震補強實際執行情形，並考量本計畫個別橋梁耐震能力指標及工址補強施工特性等因素進行推估。工程經費分成兩大部分，分別為規劃設計階段作業費以及工程建造費。

工程建造費中之直接工程成本係依據橋梁特性，將國道高速公路橋梁分成8大類型，並根據每座橋梁工址土層液化潛能高低、河川橋施工特性及橋梁結構耐震易損性等，來進行各分類橋梁補強工程費用之參數分析與試算平均而得；間接工程成本包括工程預備費、工程管理費、工程監造、技術顧問及工地試驗費、空氣污染防制費、公共藝術設置費及工務行政費等，分別依據相關規定或需求估算。物價調整費編列涉及預定之施工時程，將於分年資金需求編列時考量。

由於本計畫並無金錢收入部分，所以建設不具有自償性，建議比照前期計畫(第1期及第2期第1優先路段)，由「國道公路建設管理基金」編列預算支應。

5.3 經費來源及計算基準

5.3.1 經費來源

由於本計畫並無金錢收入部分，所以建設不具有自償性，故建議比照前期計畫(第1期及第2期第1優先路段)，全部由「國道公路建設管理基金」編列預算支應。

5.3.2 計算基準

參考前期執行成果，第一期工程範圍橋梁總數有412座(主線橋梁與拓寬橋梁合併統計)，共計分為第M11、M12、M13A、M13C、M33B、M14(M14A、M14B合併標)、M15A、M15B和M15C標等九個施工分標，預算編列年為95年12月至97年10月間；第二期工程範圍橋梁總數有285座，共計分為第M31、M32、M34、M35、M36及國道3號田寮2號高架橋下邊坡整治工程等六個施工分標，預算編列年為101年5月至102年5月間。

耐震補強設計內容可大致分為支承及防落補強、墩柱補強、基礎補強、假設工程及復舊工程等五個大項，其中假設工程內容包含開挖支撐擋土及便道、便橋、構台等。本計畫依據上述前期執行成果，將各橋耐震補強預算直接工程費(不含自主性品管及檢驗費、環境保護措施費、環境監測、工程安全及衛生設施費及按日計酬部份等間接費用)進行統計，以做為後續路段補強經費推估之參考基準。依各典型橋梁分類(TYPE 1~8)之補強經費統計如表5.3-1。

本計畫經費編列，係依據國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強第1期工程及第2期(第1優先路段)工程橋梁耐震補強實際執行情形，並考量本計畫個別橋梁類別、沖刷、液化、耐震能力指標及工址補強施工特性等因素進行推估加總而得。由於本計畫新增橋梁為89年後陸續完工通車橋梁，其耐震能力相較於前期89年以前通車橋梁為佳，補強需求相對較低，故平均而言，補強成本亦較低。

表 5.3-1 前期橋梁耐震補強工程經費統計表

項次	工程項目		橋梁類別	單價(元/m ²)		平均單價 (元/m ²)
				第1期工程	第2期工程 第1優先路段	
1	支承及防落補強		TYPE1	738	301	574
			TYPE2~4	400	491	426
			TYPE5~7	231	829	549
			TYPE8	109	376	270
2	墩柱補強		TYPE1	0	0	0
			TYPE2 及 5	501	679	541
			TYPE3 及 6	989	1,554	1,160
			TYPE4 及 7	979	629	682
			TYPE8	2,071	834	1,326
3	基礎補強	非河川橋	TYPE1	0	0	0
			TYPE2 及 5	1,581	1,253	1,509
			TYPE3 及 6	549	1,354	868
			TYPE4 及 7	1,890	3,175	3,022
			TYPE8	156	2,427	1,225
		河川橋	TYPE1	0	0	0
			TYPE2 及 5	4,020	2,690	3,725
			TYPE3 及 6	5,183	1,573	3,987
			TYPE4 及 7	4,827	1,858	2,245
			TYPE8	0	0	0
4	假設工程	山區橋			1,115	1,115
		平地橋		664	790	682
		河川橋		2,323	1,923	2,107
5	復舊工程			159	335	232

5.4 經費需求及與中程歲出概算額度配合情形

5.4.1 經費需求

本計畫經費編列，係依據國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強第1期工程及第2期(第1優先路段)工程橋梁耐震補強實際執行情形，並考量本計畫個別橋梁耐震能力指標及工址補強施工特性等因素進行推估。工程經費分成兩大部分，分別為規劃、設計階段作業費以及工程建造費，工程經費計算結果如表5.4-1所示，總工程經費為31,036.69百萬元，各工程項目成本說明如下：

一、規劃、設計階段作業費

依據本計畫估算，規劃、設計費為810.92百萬元，補充測量及鑽探作業費分別為131.5及39.24百萬元。

二、工程建造費

工程建造費為直接工程成本、間接工程成本，各項計算結果說明如下：

1. 直接工程成本

依據橋梁特性，本計畫將國道高速公路橋梁分成8大類型，分別估算耐震補強工程數量以及單價，並依據需求編列其他工程項目所需費用，直接工程成本估算結果為25,243.60百萬元。

此項成本係採用國家地震工程研究中心TELES系統橋梁模組之分類(TYPE 1~8)，並根據每座橋梁工址土層液化潛能高低、河川橋施工特性及橋梁結構耐震易損性等，來進行各分類橋梁補強工程費用之參數分析與試算平均而得。

2. 間接工程成本

間接工程成本包括工程預備費、工程管理費、工程監造、技術顧問及工地試驗費、空氣污染防制費、公共藝術設置費及工務行政費等項目，分別依據相關規定或需求估算，間接工程成本估算結果為4,811.43百萬元。

5.4.2 物價調整後之分年經費

一、物價調整依據

依「交通建設計畫經濟效益評估手冊，交通部運輸研究所，102年07月03日」之建議，根據民國87年至民國96年移動平均做為物價上漲率建議值，即以1.18%為物價上漲之計算基準。

二、物價調整結果

經物價調整後之分年經費概估彙整於表5.4-2。由表中可看出，在考量物價上漲率之情下，本計畫之物價調整費用為26.80億元，總建設經費為337.17億元。

表 5.4-1 後續路段橋梁耐震補強工程經費估算明細表

項次	工程項目			單位	數量	單價(元)	複價(元)
一	規劃、設計階段作業費						
1	規劃、設計費 ^{註3}			式	1	810,920,189	810,920,189
2	補充測量作業費			式	1	131,500,000	131,500,000
3	補充地質調查費			式	1	39,240,000	39,240,000
	計一						981,660,189
二	工程建造費						
1	直接工程成本						
	(1)TYPE1 橋梁工程 (單跨)	支承及防落裝置		M ²	118,917	419	49,826,223
		橋墩(橋台)補強		M ²	118,917	-	-
		基礎補強	非河川橋	M ²	83,420	-	-
			河川橋	M ²	35,497	-	-
		假設工程	山區橋	M ²	3,029	696	2,108,184
			平地橋	M ²	80,391	554	44,536,614
			河川橋	M ²	35,497	1,588	56,369,236
	(2)TYPE2 橋梁工程 (多跨、簡支、單柱)	支承及防落裝置		M ²	207,387	194	40,233,078
		橋墩(橋台)補強		M ²	207,387	248	51,431,976
		基礎補強	非河川橋	M ²	63,817	999	63,753,183
			河川橋	M ²	143,570	1,305	187,358,850
		假設工程	山區橋	M ²	17,418	696	12,122,928
			平地橋	M ²	46,399	554	25,705,046
			河川橋	M ²	143,570	1,588	227,989,160
	(3)TYPE3 橋梁工程 (多跨、簡支、多柱)	支承及防落裝置		M ²	535,209	365	195,351,285
		橋墩(橋台)補強		M ²	535,209	953	510,054,177
		基礎補強	非河川橋	M ²	241,952	769	186,061,088
			河川橋	M ²	293,257	3,055	895,900,135
		假設工程	山區橋	M ²	53,456	696	37,205,376
			平地橋	M ²	188,496	554	104,426,784
			河川橋	M ²	293,257	1,588	465,692,116
	(4)TYPE4 橋梁工程 (多跨、簡支、壁式柱)	支承及防落裝置		M ²	34,057	49	1,668,793
		橋墩(橋台)補強		M ²	34,057	41	1,396,337
		基礎補強	非河川橋	M ²	2,807	1,941	5,448,387
			河川橋	M ²	31,250	66	2,062,500
		假設工程	山區橋	M ²	2,807	696	1,953,672
			平地橋	M ²	-	554	-
			河川橋	M ²	31,250	1,588	49,625,000
	(5)TYPE5 橋梁工程 (多跨、連續、單柱)	支承及防落裝置		M ²	4,252,370	396	1,683,938,520
		橋墩(橋台)補強		M ²	4,252,370	380	1,615,900,600
		基礎補強	非河川橋	M ²	2,749,749	1,056	2,903,734,944
			河川橋	M ²	1,502,621	2,420	3,636,342,820
		假設工程	山區橋	M ²	53,472	696	37,216,512
			平地橋	M ²	2,696,277	554	1,493,737,458
			河川橋	M ²	1,502,621	1,588	2,386,162,148
	(6)TYPE 6 橋梁工程 (多跨、連續、多柱)	支承及防落裝置		M ²	395,008	477	188,418,816
		橋墩(橋台)補強		M ²	395,008	992	391,847,936
		基礎補強	非河川橋	M ²	295,247	689	203,425,183
			河川橋	M ²	99,761	4,507	449,622,827
		假設工程	山區橋	M ²	40,871	696	28,446,216
			平地橋	M ²	254,376	554	140,924,304
			河川橋	M ²	99,761	1,588	158,420,468

表 5.4-1 後續路段橋梁耐震補強工程經費估算明細表(續)

項次	工程項目			單位	數量	單價(元)	複價(元)
1	(7)TYPE 7 橋梁工程 (多跨、連續、壁式柱)	支承及防落裝置		M ²	1,003,226	435	436,403,310
		橋墩(橋台)補強		M ²	1,003,226	530	531,709,780
		基礎補強	非河川橋	M ²	842,298	2,317	1,951,604,466
			河川橋	M ²	160,928	2,221	357,421,088
		假設工程	山區橋	M ²	150,347	696	104,641,512
			平地橋	M ²	691,951	554	383,340,854
			河川橋	M ²	160,928	1,588	255,553,664
	(8)TYPE 8 橋梁工程	支承及防落裝置		M ²	26,365	234	6,163,872
		橋墩(橋台)補強		M ²	26,365	1,098	28,961,689
		基礎補強	非河川橋	M ²	26,365	937	24,691,701
			河川橋	M ²	-	-	-
		假設工程	山區橋	M ²	13,612	696	9,473,952
			平地橋	M ²	12,753	554	7,065,162
			河川橋	M ²	-	1,588	-
	(9)復舊(排水、交通、景觀、其他設施之復舊)			M ²	6,572,539	230	1,511,683,970
	(10)自主性品管及檢(試)驗費			式	1	265,596,473	265,596,473
	(11)環境保護措施費			式	1	217,306,205	217,306,205
	(12)環境監測費 ^{註5}			式	1	60,225,000	60,225,000
	(13)工程安全及衛生設施費			式	1	434,612,410	434,612,410
	(14)按日計酬部分			式	1	120,725,670	120,725,670
	計二.1 直接工程成本						25,243,599,658
2	間接工程成本						
	(1)工程預備費 ^{註6}			式	1	2,524,359,966	2,524,359,966
	(2)工程管理費 ^{註7}			式	1	378,653,995	378,653,995
	(3)工程監造、技術顧問及工地實驗費 ^{註8}			式	1	1,181,400,464	1,181,400,464
	(4)空氣污染防制費 ^{註9}			式	1	70,682,079	70,682,079
	(5)公共藝術設置費 ^{註10}			式	1	25,243,600	25,243,600
	(6)工務行政費 ^{註11}			式	1	631,089,991	631,089,991
計二.2 間接工程成本						4,811,430,095	
計二(1+2)						30,055,029,753	
合計(一+二)						31,036,689,942	

- 備註：1. 表列之單價為國道高速公路橋梁耐震補強第1期工程及第2期工程(第1優先路段)統計而得。
2. 考量橋梁補強工程可在原路權範圍內施作，故無用地取得及拆遷補償費用，實際施作時若有需要，由工程預備費支應。
3. 依公共工程（不包括建築物工程）技術服務建造費用百分比上限參考表編列。
4. TYPE 1橋梁為單跨橋梁，無橋墩及基礎補強情形，故欄位無單價。
5. 依可行性研究報告環境監測計畫編列。
6. 以直接工程成本之10%計算。(依據公共建設工程經費編列手冊規定)
7. 以直接工程成本之1.5%計算。(依據第1期工程93.5.19經費審查會議結論估算)
8. 以直接工程成本之4.68%計算。(依據第1期工程93.5.19經費審查會議結論估算)
9. 依據營建工程空氣污染防制費費率計算，以直接工程成本之0.28%計算。
10. 以直接工程成本之0.1%計算。(依據文化部文化藝術獎助條例第九條)
11. 以直接工程成本之2.5%計算。(依據交通部所屬工程單位工務行政費之支用範圍及編列要點估算)
12. 單價已經包含承包商利潤、保險、管理費及加值營業稅。

表 5.4-2 後續路段橋梁耐震補強工程分年經費估算表

年期	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	小計
一、規劃	80.12	35.66	-	81.18	45.76	45.88	5.88	-	-	-	294.50
二、設計	40.95	195.41	33.81	60.20	196.09	39.91	112.45	8.34	-	-	687.16
三、施工	-	517.19	3,319.01	4,268.65	3,877.16	4,460.02	4,573.07	4,773.54	3,553.30	713.10	30,055.03
四、物調	2.87	26.80	161.08	266.41	300.37	389.04	461.60	532.48	442.27	97.28	2,680.19
總建設經費 (不含物調)	121.07	748.27	3,352.82	4,410.04	4,119.02	4,545.81	4,691.40	4,781.87	3,553.30	713.10	31,036.69
總建設經費 (含物調)	123.95	775.07	3,513.90	4,676.45	4,419.38	4,934.85	5,153.00	5,314.35	3,995.56	810.38	33,716.89

註：單位百萬元

第六章 預期效果及影響

6.1 基本假設

本計畫「高速公路橋梁耐震補強後續路段工程」經濟效益分析所採用之基本參數假設說明如下：

一、評估年期

經濟效益評估年期包括評估基年、工程建設期及完工營運期。本計畫設定評估基年為民國103年，並依據橋梁使用壽命，其效益估算以橋梁補強工程完工後營運50年為效益評估基礎，評估所使用年度為民國一般年度。

二、物價上漲率

物價上漲率為估列相關成本與效益項目時，隨物價波動調整之基準。依行政院經濟建設委員會「新世紀國家建設計畫」之經濟建設指標，預估民國90年至100年之消費者物價上漲率規劃為2%，為避免受到某一特定年度短期物價巨幅波動影響，建議參考臺灣過去10年移動平均水準作為物價上漲率的參考值。本計畫依「交通建設計畫經濟效益評估手冊，交通部運輸研究所，102年07月03日」之建議，根據民國87年至民國96年移動平均做為物價上漲率建議值，即以1.18%為物價上漲之計算基準。

三、折現率

折現率係用來將不同年期產生之成本與效益轉換為基年貨幣價值，由於經濟效益衡量的是公共建設對於社會整體經濟的貢獻程度，故在選用折現率時應以整體社會之資金成本率為依據。本計畫依「交通建設計畫經濟效益評估手冊，交通部運輸研究所，102年07月03日」之建議，以5.35%為折現率之計算基準。

6.2 評估方法

本計畫所採用之經濟效益評估方法，包括淨現值法、益本比法、內部報酬率法，茲簡述如下：

一、淨現值法(The Net Present Value Method，NPV)

淨現值法是評估公共投資最簡便、使用最廣的一種方法，因其考慮了貨幣之時間價值及整體投資計畫全部年限內的效益和成本。若以淨現值法分析投資效益時，當計畫年期內累計效益現值與成本現值的差(淨現值)大於零時，顯示該計畫利於整體社會。有關其計算式如下：

$$NPV = \sum_{j=1}^N \frac{B_j - C_j}{(1+r)^{j-1}}$$

其中，

NPV：淨現值

C_j ：第j期投入成本

B_j ：第j期之效益

r ：折現率

N ：計畫年期

二、益本比法(Benefit-Cost Ratio Method, B/C)

益本比法為以投資效益當量值B與成本當量值C之比值來評估投資方案可行與否。若B/C值大於1，則該方案具經濟可行性值得投資；若B/C值小於1，則不值得投資；若B/C等於1，則投資與否均可，計算式如下：

$$B/C = \frac{\sum_{j=1}^N B_j (1+r)^{j-1}}{\sum_{j=1}^N C_j (1+r)^{j-1}}$$

其中，

B_j ：第j期所發生的效益現金流量

C_j ：第j期所發生的成本現金流量

三、內部報酬率法(Internal Rate of Return, IRR)

內部報酬率法即是求出一利率水準，使投資之所有收入的現值等於所有支出之現值，此利率即是投資的內部報酬率。若內部報酬率大於最低可接受報酬率，則可接受該方案，否則應予審慎考慮。其計算式如下：

$$NPV = \sum_{j=1}^N \frac{B_j - C_j}{(1+r^*)^{j-1}} = 0$$

其中 B_j ：第j期所發生的效益現金流量

C_j ：第j期所發生的成本現金流量

N ：方案之評估年期

r^* ：內部報酬率

6.3 成本評估項目

本計畫工程成本主要包含規劃設計費用、直接工程成本、間接工程成本(工程預備費、管理費、監造及技術服務費、空污費、試驗費、公共藝術費以及物價調整費等)，詳見表5.3-1節推算。

6.4 效益評估項目

橋梁進行耐震補強工程後，由於耐震能力增加，可減少地震對橋梁所造成之損害。而橋梁耐震補強之經濟效益則可視為因進行耐震補強工程，而使得橋梁對地震之承受能力增加，因地震所造成之損害會減小，此損害減小之程度即為橋梁耐震補強之效益，依據此效益，可進一步將其量化，計算其經濟效益。

一、直接效益

直接效益為橋梁進行耐震補強工程後，面臨地震時，所要付出之修復或重建成本之減少。當單一路段內有多座橋梁時，每一座橋梁皆可能因地震作用損害而造成直接經濟損失。根據4.2節之推估，當單一路段內有多座橋梁時，每一座橋梁皆可能因地震作用損害而造成直接經濟損失。每一座損害橋梁的直接經濟損失可由第4.2.2節獲得損失推估，而路段直接經濟損失則為路段內所有受到損害橋梁的直接經濟損失總和。

二、間接效益

由於橋梁受損可能會有人員傷亡、道路中斷或限制通行之情況產生，一旦中斷或限制通行，除會造成旅行時間、距離之增加外，尚會因旅行時間之增加而產生對整體產業之負面衝擊。橋梁耐震補強工程可強化橋梁對地震之衝擊，減低橋梁受損所造成之中斷或限制通行機率，此即為橋梁耐震補強工程之間接效益。

本計畫整理目前國內外相關研究成果如表6.4-1所示，本計畫於橋梁耐震補強工程考量之間接效益包含「減少繞行成本」、「減少產業損失」及「減少人員傷亡」，說明如6.4.2節。

表 6.4-1 國內外相關橋梁耐震研究考量之效益項目

計畫名稱		國道高速公路橋梁耐震分析評估及補強工程(國道通車路段)可行性研究	公路橋梁耐震能力評估及補強工程可行性研究	道路設施之地震防災投資評估之相關研究	REDARS 2 Methodology and Software for Seismic Risk Analysis of highway Systems	本計畫 「高速公路橋梁耐震補強工程後續路段評估可行性研究」
研究單位		高公局，民國93年	公路總局，民國98年	日本國土技術政策總和研究所，2004年	美國FHWA，2006年	高公局，民國103年
直接效益	橋梁修復或重建之成本節省	√	√	√	√	√
間接效益	減少繞行成本	√	√	√	√	√
	減少產業損失	√	√	√	-	√
	減少人員傷亡	-	√	√	-	√

6.4.1 耐震補強直接效益

根據4.2節之推估，當單一路段內有多座橋梁時，每一座橋梁皆可能因地震作用損害而造成直接經濟損失。每一座損害橋梁的直接經濟損失可由第4.2.2節獲得損失推估，而路段直接經濟損失則為路段內所有受到損害橋梁的直接經濟損失總和。

表6.4-2為本計畫內高速公路橋梁所涵蓋29個工區的補強前後地震風險評估結果。

表 6.4-2 國道耐震補強後之年平均效益

工區 排序	施工工區		直接 效益	間接效益			總計
				減少 繞行成本	減少 產業損失	減少 人員傷亡	
1	工區10	國3_名間竹山段	93.14	44.32	121.08	1.23	166.63
2	工區9	國3_南投名間段	101.18	79.76	131.53	1.72	213.01
3	工區13	國3_雲林嘉義段	98.55	44.36	128.11	1.58	174.05
4	工區8	國3_草屯南投段	11.74	36.08	15.26	0.48	51.82
5	工區11	國3_林內斗六段	26.45	11.69	34.39	0.40	46.48
6	工區7	國3_霧峰草屯段	44.39	58.09	57.71	0.60	116.40
7	工區17	國3_燕巢九如段	16.95	8.31	22.04	0.18	30.53
8	工區15	國3_新化田寮段	33.26	12.89	43.24	0.41	56.54
9	工區3	國3_基隆汐止段	15.66	6.08	20.35	0.16	26.59
10	工區19	國10_高雄支線	17.81	28.32	23.15	0.47	51.94
11	工區16	國3_田寮燕巢段	14.00	8.66	18.19	0.21	27.06
12	工區12	國4	4.70	2.87	6.10	0.09	9.06
13	工區14	國3_白河新化段	56.32	26.43	73.22	0.90	100.55
14	工區18	國8	21.46	25.13	27.90	0.59	53.62
15	工區6	國3_大甲烏日段	9.08	5.05	11.80	0.10	16.95
16	工區1	國3甲	3.98	7.40	5.17	0.10	12.67
17	工區26	國1_北斗大林段	0.40	0.16	0.51	0.00	0.67
18	工區20	國10_旗山支線	8.23	7.94	10.70	0.18	18.82
19	工區29	國1_新化安定段	3.84	2.04	4.99	0.03	7.06
20	工區22	國1_楊梅新竹段	0.09	0.33	0.12	0.00	0.45
21	工區27	國1_岡山高雄段	2.15	4.53	2.79	0.02	7.34
22	工區5	國3_西湖大甲段	5.26	1.38	6.83	0.04	8.25
23	工區23	國1_銅鑼豐原段	0.65	0.35	0.85	0.00	1.20
24	工區24	國1_王田彰化段	0.66	0.28	0.86	0.00	1.14
25	工區28	國6	5.15	0.75	6.69	0.03	7.47
26	工區2	國3_南港連絡道	1.75	0.05	2.27	0.00	2.32
27	工區4	國3_竹南西湖段	0.82	0.46	1.06	0.01	1.53
28	工區21	國5	0.45	0.34	0.59	0.00	0.93
29	工區25	國1_彰化北斗段	0.23	0.01	0.29	0.00	0.30

單位：百萬元，105年幣值

6.4.2 耐震補強間接效益

橋梁進行耐震補強之間接效益主要包括繞行之旅行成本減少、產業損失減少及人員傷亡減少等。其中，繞行之旅行成本減少係指橋梁進行耐震補強後，道路使用者不會因為橋梁損害而須繞道完成某次旅次目的所節省之時間及行車成本；產業損失減少係指橋梁進行耐震補強後，貨物運輸不會因為橋梁損害而須繞道完成運送目的所節省之直接、間接及衍生成本；人員傷亡減少係指道路使用者不會因橋梁損害而造成生命或財產損失而減少之社會成本。

一、減少繞行成本

本計畫為了評估高速公路橋梁於地震受災後造成路段阻斷，而影響國道主線通行所造成臺灣地區路網之車輛因繞行而增加旅行時間及旅行距離，參考交通部運研所第四期國家永續發展之城際運輸系統需求模式研究成果，利用TransCAD軟體進行本計畫各橋梁受災時之情境模擬，以瞭解國道橋梁地震受損後交通造成之損失。

本計畫為評估高速公路橋梁地震後之影響，將橋梁所在位置自前後交流道之間主線路段設定為一個評估單元，假設地震後高速公路橋梁阻斷，各評估單元內車輛已無法通行主線路段，需繞行鄰近替代地區道路以到達目的地。

本計畫以民國105年公路路網為起始路網，地震災後對各評估單元進行分析，未處於震區之評估單元保持國道主線通行，位於震區之路段則依上述之情境設定為阻斷狀況，將未受影響之評估單元及受影響之評估單元結合後可以得到新的各獨立地震災後公路路網，重新計算整個路網之旅行時間及旅行距離，可得知災後高速公路橋梁受損情境與原本公路路網情境下之差值，透過時間價值及行車耗損等貨幣化之轉換，分別計算個別路段阻斷時的日平均損失(如表6.4-3所示)，再綜合考慮個別橋梁的阻斷機率和阻斷條件下的平均修復時間，進而計算因交通阻斷引致的經濟損失(匯整於表6.4-2)，即為本計畫減少繞行之旅行成本。

表 6.4-3 個別路段阻斷之每日成本(1/3)

單位：萬元/日，105年幣值

項次	國道 編號	路段別	起迄路段	阻斷旅行 時間成本	阻斷旅行 距離成本	阻斷 總成本
1	3甲	台北聯絡道	臺北端~萬芳交流道	592.16	325.54	917.70
2	3甲	台北聯絡道	萬芳交流道~木柵系統交流道	918.83	579.34	1,498.17
3	3	南港連絡道	南港交流道~南港系統交流道	378.34	270.47	648.81
4	3	基隆汐止段	基金交流道~瑪東系統交流道	344.39	144.65	489.04
5	3	基隆汐止段	瑪東系統~汐止系統交流道	391.23	266.00	657.23
6	3	竹南西湖段	香山交流道~西濱交流道	684.70	390.23	1,074.93
7	3	竹南西湖段	西濱交流道~竹南交流道	423.50	193.62	617.12
8	3	竹南西湖段	竹南交流道~大山交流道	548.55	385.22	933.77
9	3	竹南西湖段	大山交流道~後龍交流道	527.31	288.06	815.37
10	3	竹南西湖段	後龍交流道~通霄交流道	617.05	460.21	1,077.26
11	3	西湖大甲段	通霄交流道~苑裡交流道	490.55	243.41	733.96
12	3	西湖大甲段	苑裡交流道~大甲交流道	528.27	269.63	797.90
13	3	西湖大甲段	大甲交流道~中港系統交流道	759.76	462.47	1,222.23
14	3	大甲彰濱段	中港系統交流道~沙鹿交流道	560.22	344.27	904.49
15	3	大甲彰濱段	沙鹿交流道~龍井交流道	564.10	311.11	875.21
16	3	大甲彰濱段	龍井交流道~和美交流道	585.77	357.77	943.54
17	3	彰化烏日段	快官交流道~烏日交流道	1,000.74	646.86	1,647.60
18	3	彰化烏日段	烏日交流道~中投交流道	997.18	574.40	1,571.58
19	3	霧峰草屯段	中投交流道~霧峰交流道	1,120.60	579.49	1,700.09
20	3	霧峰草屯段	霧峰交流道~霧峰系統交流道	1,055.30	547.78	1,603.08
21	3	霧峰草屯段	草屯交流道~中興系統交流道	883.22	531.12	1,414.34
22	3	草屯南投段	中興系統交流道~中興交流道	779.52	395.51	1,175.03
23	3	南投名間段	中興交流道~名間交流道	590.68	324.44	915.12
24	3	南投名間段	名間交流道~竹山交流道	398.46	179.32	577.78
25	3	名間竹山段	竹山交流道~斗六交流道	349.86	217.95	567.81
26	3	林內斗六段	斗六交流道~古坑系統交流道	309.75	142.61	452.36
27	4	清水豐原段	清水端~中港系統交流道	368.64	225.62	594.26
28	4	清水豐原段	中港系統交流道~神岡交流道	463.49	265.00	728.49
29	4	清水豐原段	神岡交流道~臺中系統交流道	531.20	279.65	810.85
30	4	清水豐原段	后豐交流道~豐原端	408.99	137.18	546.17

表 6.4-3 個別路段阻斷之每日成本(2/3)

單位：萬元/日，105年幣值

項次	國道 編號	路段別	起迄路段	阻斷旅行 時間成本	阻斷旅行 距離成本	阻斷 總成本
31	3	雲林嘉義段	古坑系統交流道~梅山交流道	590.68	324.44	915.12
32	3	雲林嘉義段	梅山交流道~竹崎交流道	332.90	141.20	474.10
33	3	雲林嘉義段	竹崎交流道~中埔交流道	327.15	187.41	514.56
34	3	白河新化段	中埔交流道~水上系統交流道	316.11	207.47	523.58
35	3	白河新化段	水上系統交流道~白河交流道	247.59	175.34	422.93
36	3	白河新化段	白河交流道~烏山頭交流道	247.58	144.01	391.59
37	3	白河新化段	烏山頭~官田系統交流道	294.64	189.90	484.54
38	3	白河新化段	官田系統交流道~善化交流道	323.33	199.60	522.93
39	3	白河新化段	善化交流道~新化系統交流道	297.32	170.74	468.06
40	3	新化田寮段	新化系統交流道~關廟交流道	403.93	247.79	651.72
41	3	新化田寮段	關廟交流道~田寮交流道	375.74	171.21	546.95
42	3	田寮燕巢段	田寮交流道~燕巢系統交流道	404.37	252.72	657.09
43	3	燕巢九如段	燕巢系統交流道~九如交流道	480.98	230.20	711.18
44	8	新化安定段	新吉交流道~臺南系統交流道	495.21	411.55	906.76
45	8	新化安定段	新市交流道~新化系統交流道	256.97	152.92	409.89
46	8	新化安定段	新化系統交流道~新化端	167.61	84.96	252.57
47	10	高雄支線	左營端~鼎金系統交流道	695.47	306.21	1,001.68
48	10	高雄支線	鼎金系統交流道~仁武交流道	771.20	493.21	1,264.41
49	10	高雄支線	仁武交流道~燕巢交流道	479.10	342.32	821.42
50	10	高雄支線	燕巢交流道~燕巢系統交流道	677.42	294.07	971.49
51	10	旗山支線	燕巢系統交流道~嶺口交流道	490.46	307.31	797.77
52	10	旗山支線	嶺口交流道~旗山端	257.75	266.34	524.09
53	5	南港石碇段	南港系統交流道~石碇交流道	566.07	288.01	854.08
54	5	石碇坪林段	石碇交流道~坪林交流道	994.14	363.36	1,357.50
55	5	坪林頭城段	坪林交流道~頭城交流道	1,209.09	876.00	2,085.09
56	1	楊梅新竹段	湖口交流道~竹北交流道	1,802.93	791.99	2,594.92
57	1	楊梅新竹段	竹北交流道~新竹交流道	1,935.39	1,144.70	3,080.09
58	1	楊梅新竹段	新竹交流道~新竹系統交流道	1,599.01	770.56	2,369.57
59	1	竹圍三義段	銅鑼交流道~三義交流道	1,147.22	1,034.32	2,181.54
60	1	三義豐原段	三義交流道~后里交流道	1,136.16	922.99	2,059.15

表 6.4-3 個別路段阻斷之每日成本(3/3)

單位：萬元/日，105年幣值

項次	國道 編號	路段別	起迄路段	阻斷旅行 時間成本	阻斷旅行 距離成本	阻斷 總成本
61	1	三義豐原段	后里交流道~臺中系統交流道	1,094.83	826.37	1,921.20
62	1	三義豐原段	臺中系統交流道~豐原交流道	1,651.49	1,165.13	2,816.62
63	1	豐原臺中段	豐原交流道~大雅交流道	1,710.68	978.93	2,689.61
64	1	王田彰化段	彰化系統交流道~彰化交流道	1,678.14	727.84	2,405.98
65	1	彰化員林段	彰化交流道~埔鹽系統交流道	1,655.75	845.69	2,501.44
66	1	彰化員林段	埔鹽系統交流道~員林交流道	1,567.28	824.24	2,391.52
67	1	員林北斗段	員林交流道~北斗交流道	1,306.96	720.71	2,027.67
68	1	北斗西螺段	北斗交流道~西螺交流道	1,147.18	654.29	1,801.47
69	1	北斗西螺段	西螺交流道~虎尾交流道	1,056.91	469.29	1,526.20
70	1	斗南大林段	雲林系統交流道~大林交流道	1,002.91	631.47	1,634.38
71	3	彰化烏日段	彰化系統交流道~快官交流道	680.57	429.71	1,110.28
72	1	岡山高雄段	高科交流道~岡山交流道	1,656.34	1,107.76	2,764.10
73	1	岡山高雄段	岡山交流道~楠梓交流道	2,056.29	1,323.65	3,379.94
74	1	岡山高雄段	楠梓交流道~鼎金系統交流道	1,959.76	943.06	2,902.82
75	1	岡山高雄段	鼎金系統交流道~高雄交流道	2,571.89	1,355.57	3,927.46
76	6	霧峰草屯段	霧峰系統交流道~舊正交流道	456.04	267.58	723.62
77	6	霧峰草屯段	舊正交流道~東草屯交流道	456.04	231.97	688.01
78	6	草屯國姓段	東草屯交流道~國姓交流道	594.35	401.75	996.10
79	6	國姓愛蘭段	國姓交流道~愛蘭交流道	636.51	292.70	929.21
80	6	愛蘭埔里段	愛蘭交流道~埔里交流道	147.61	58.97	206.58
81	6	愛蘭埔里段	埔里交流道~埔里端	86.33	37.14	123.47
82	8	新化安定段	臺南系統交流道~新市交流道	460.08	261.40	721.48
83	1	新化安定段	臺南系統交流道~永康交流道	603.99	377.62	981.61
84	1	新化安定段	安定交流道~臺南系統交流道	775.12	450.90	1,226.02
85	4	清水豐原段	臺中系統交流道~后豐交流道	548.13	311.77	859.90
86	3	大甲彰濱段	和美交流道~彰化系統交流道	626.03	363.53	989.56
87	1	王田彰化段	王田交流道~彰化系統交流道	1,530.52	812.35	2,342.87
88	3	霧峰草屯段	霧峰系統交流道~草屯交流道	414.06	309.83	723.89

二、減少產業損失

在一般研究文獻當中，橋梁結構系統補強而節省之修復成本稱為直接效益，而減少繞行損失及減少產業損失合併稱為間接效益。

在前小節說明中，本計畫結合TransCAD軟體及國震中心發展之TELES系統進行模擬分析，已可計算求得減少繞行損失之效益。然而減少產業損失之估計是一個困難的課題，目前尚無最佳的計算方法，一般較可行的做法是根據現有的地震災害資料並結合專家學者的經驗，將直接效益乘以一係數，做為間接效益之粗略估計(即所謂的 "Quick and Dirty" 估計)，這個係數如何取決，仍有待於生命線地震工程研究中解決。

由於國內相關研究仍缺乏，因此，參考國外相關研究結果以及利用「國道高速公路，(通車路段)橋梁耐震補強工程可行性研究報告書，中華民國93年3月」之推估係數，以作為本計畫間接效益估算之依據。

1. 間接效益係數值

(1) 國外相關研究

由於國外因地震所產生之經濟影響的相關文獻以直接損失(或含間接損失)之估算為主，因此，本計畫蒐集之國外相關研究報告係以地震所產生之直接損失與間接損失之估算為主，說明如下。

A. 美國加州洛杉磯市地震損失模擬

洛杉磯市Elysian Park地震損失境況模擬，係以規模7.1大地震為基礎並利用SCPM2系統(Southern California Planning Model Version 2)來進行模擬，其考量橋梁損傷指數 $BDI \geq 0.3$ 即封閉該橋，此估算之直接損失即為結構損失，間接損失則包含產業損失及旅行成本損失。其中，洛杉磯市地震模擬中之交通量預測係以最短路徑(Shortest Path)方法進行橋梁封閉前後之交通量指派，再以此計畫推估之時間價值進行間接損失計算，相關模擬結果如表6.4-4所示。

由表6.4-4洛杉磯市地震損失模擬結果可知，地震所造成之直接損失約佔總損失之33.50%，間接損失約佔總損失之66.50%，間接損失為直接損失之1.99倍。

表 6.4-4 地震直接損失及間接損失結果分析表

單位：百萬美元

損失項目		地震區域		
		洛杉磯市模擬結果		日本阪神地區
1.結構損失 (Structure Loss)		45,250(33.50 %)		100,000(19.35 %)
2.間接損失(Indirect Loss)		89,693(66.50 %)		416,667(80.65 %)
(1)產業損失 (Business Loss)	直接損失(Direct Loss)	46,737	28,155	130,000
	間接損失(Indirect Loss)		9,627	
	衍生損失(Induced Loss)		8,955	
(2)旅行成本損失 (Total Travel Cost)	旅客運輸成本(Personal Travel Cost)	42,956	35,010	286,667
	貨物運輸成本(Freight Travel Cost)		7,946	

- 資料來源：1. Sungbin Cho and Peter Gordon, etc. , 「Integrating transportation network and regional economic models to estimate the cost of a large urban earthquake」, Journal of Regional Science. Vol 41, No. 1, 2001.
2. 洛杉磯市地震模擬個人旅行成本6.5 dollars/hr；貨物旅行成本35 dollars/hr。
3. 李國洋，「日本阪神、淡路大震災的特點與啟示」，中國建築工程出版社，1996年6月。
4. 黃南翼、張錫雲、姜夢香，「日本阪神大地震建築震害分析與加固技術」，中國北京地震出版社，2000年12月。
5. 本計畫整理。

B. 日本阪神大地震統計結果

20世紀90年代，日本列島近海地震頻繁，僅1993年以來就發生7.5級以上地震五次，但這些地震對陸地造成的破壞不算嚴重，僅其中1995年1月17日當地時間凌晨5時46分發生的阪神7.2級地震，由於震源在兵庫縣神戶市和淡路島之間的海底，震源淺，震級大，發震斷層正好穿越而過，日本稱之為「直下型」地震，給神戶市及附近的西宮市、淡路島等地區，造成了極其嚴重的破壞：房屋橋梁倒塌、城市癱瘓，大量居民困埋在倒塌的結構體中，繼起的大火更加劇了震害和傷亡，這是日本自1923年關東大地震以來損失最嚴重的一次地震，直接經濟損失的絕對數值超過了關東大地震。據日本國土廳防災局神戶地震後40天內的統計，道路橋梁破壞達9,402處，三條高速公路、山陽新幹線JR(日本鐵路)鐵路線、兩條私營鐵路及城市地鐵均被切斷。

根據日本通產省1995年2月統計概算，這次地震的直接經濟損失約為96,000億日元，約合1,000億美元；直接經濟損失約占日本1995年國內生產總值(GDP)的2%，它是1994年美國北嶺地震損失的4~7倍，其間接經濟損失估計高達400,000億日元。日本阪神大地震直接損失與間接損失估算為統計結果，相關統計結果如表6.4-3所示。其中，日本阪神地區大地震所造成之直接損失約佔總損失之19.35%，間接損失約佔總損失之80.65%，間接損失為直接損失之4.17倍。

(2) 本計畫之模擬及分析

以耐震設計規範考量之第一類活動斷層為損失模擬分析的對象，擬定16個模擬地震事件進行案例分析，詳表6.4-5所列，本計畫涵蓋之橋梁和斷層之相關位置，詳圖6.4-1所示。

表6.4-5將16個地震事件的損失評估結果彙整，以事件1、7、15和16，因部分橋梁完全損壞的可能性較大，阻斷的時間較長，因此間接損失的金額都較直接損失的金額大。其餘事件，完全橋梁損壞的可能性較小，造成國道阻斷的機率較小，導致間接損失都比直接損失較少。另外，事件3、4、5和10較不會造成本計畫路段阻斷，因此間接損失皆為無評估結果。

表 6.4-5 本計畫高速公路地震情境模擬之年平均效益

編號	斷層名稱	直接損失	間接損失	總損失
事件1	彰化斷層	9,502	12,977	22,480
事件2	大甲斷層	4,796	4,149	8,945
事件3	花東縱谷斷層南段	0	0	0
事件4	花東縱谷斷層北段	0	0	0
事件5	新城斷層	69	0	69
事件6	新化斷層	1,329	973	2,302
事件7	旗山斷層	6,971	11,996	18,967
事件8	六甲斷層	1,548	124	1,672
事件9	梅山斷層	2,738	1,281	4,019
事件10	獅潭斷層	133	0	133
事件11	三義斷層	573	11	584
事件12	大尖山觸口斷層	9,832	4,819	14,651
事件13	大茅埔雙冬斷層	5,399	5,243	10,642
事件14	屯子腳斷層	1,494	1,054	2,547
事件15	車籠埔斷層	8,818	10,294	19,113
事件16	大甲彰化斷層	14,188	20,281	34,469

單位：百萬元



圖 6.4-1 國道橋梁震災境況模擬選取之第一類活動斷層

2. 國外相關研究之產業損失減少效益

由於橋梁補強工程對於減少產業發展損失之效益在國內相關研究仍缺乏，因此，產業損失減少效益則參考以下國外相關研究成果，以類推估算。

依據美國洛杉磯市Elysian Park地震模擬(以規模7.1級地震為基礎，並利用SCPM2系統進行)，直接經濟損失約為452.50億美元，間接經濟損失為896.93億美元，其中，間接經濟損失中屬於產業損失為直接經濟損失之1.03倍，參見表6.4-4。

另依據日本通產省於1995年2月統計概算1995年1月17日發生之阪神7.2級地震，直接經濟損失約為1,000億美元，間接經濟損失為4,167億美元，其中，間接經濟損失中屬於產業損失為直接經濟損失之1.30倍。

本計畫比較阪神地震所在區域(日本關西地區)及洛杉磯市Elysian Park地震模擬區域(含橘郡等六郡所在之大洛杉磯地區)如表表6.4-6所示。由表中可知，大洛杉磯地區地幅廣大，人口較為分散，其人口密度明顯低於台灣及日本關西地區，其產業發展以娛樂產業為主，另外也包含國際貿易、媒體、旅遊、科學技術及體育等產業；而日本關西地區之人口密度接近台灣，其產業發展以光電設備和生物技術、新材料開發等尖端技術為主之高科技產業，其產業特性亦接近於台灣。本計畫考量台灣地區人口密度及產業結構較接近日本關西地區，因此發生地震災損時產業損失與直接損失時之比例擬引用阪神地震之研究成果，以1.3倍估算。

表 6.4-6 日本關西與美國大洛杉磯地區區域特性比較表

項目	台灣	日本關西	美國大洛杉磯地區
人口	約23百萬人	約23百萬人	約18百萬人
面積	約3.6萬km ²	約2.7萬km ²	約8.7萬km ²
人口密度	647.7人/km ²	683.82人/km ²	203.3/km ²
區域GDP	5,268億美元	約8,168億美元	7,706億美元
主要產業	製造業及高科技產業	光電設備和生物技術、新材料開發	娛樂產業、國際貿易、媒體、旅遊、科學技術、體育等產業

另參考「中華人民共和國國家質量監督檢驗檢疫總局」及「中國國家標準化管理委員會」於2011年發佈之「地震災害間接經濟損失評估方法」，該報告定義地震間接經濟損失包含企業停減產損失、產業關聯損失及地價損失等三項，其計算方法為：

$$L_A = C \times L_D$$

式中， L_A 為區域間接經濟損失；

L_D 為地震直接經濟損失；

C 為比例係數，依據地震直接經濟損失與區域GDP之比按表6.4-7取值。

表 6.4-7 比例係數 C 取值

地震直接經濟損失 與區域GDP之比	西部地區		東部地區		特大城市
	農村	城市	農村	城市	
≤10%	0.5~0.7	0.7~0.9	0.7~0.9	0.9~1.1	1.2~1.6
10%~50%	0.7~0.9	1.1~1.3	0.9~1.1	1.5~1.7	1.6~2.0
>50%	1.1~1.3	1.5~1.7	1.3~1.5	1.7~1.9	2.0~2.5

資料來源：地震災害間接經濟損失評估方法，中國國家標準化管理委員會，2011

該報告中並未將台灣列入。本計畫比較我國經濟發展規模應類似於中國之特大城市(文中所指特大城市包括北京市、上海市、天津市和重慶市，以及瀋陽市、長春市、哈爾濱市、南京市、濟南市、武漢市、廣州市、杭州市、成都市、西安市、大連市、寧波市、廈門市、青島市和深圳市之城區)，若台灣地區發生地震災損，其直接經濟損失應為GDP之10%以下，其比例係數C應介於1.2~1.6之間，本計畫取阪神地震研究成果之1.3倍為估算值，亦應尚屬合理。

3. 產業損失減少效益係數值引用

參考上述統計資料，本計畫「國道高速公路後續路段橋梁耐震補強」採保守估算，以直接效益之1.3倍列計產業損失減少效益。各路段之產業損失減少效益結果彙整請見表6.4-2內容。

三、減少人員傷亡

由於橋梁因地震發生損害而造成人員傷亡之意外，將造成各相關家庭資金來源中斷，因此，強化橋梁耐震能力以減少強梁受損狀況，則可降低人員傷亡，而產生人員傷亡減少之效益。

依據民國94年交通部統計處發佈之「台灣地區地震及災害分析」統計資料，於民國83年~93年每年平均因地震傷亡(含失蹤)人數為1,311人，94~102年地震平均傷亡人數22人，則83~102年間，平均每年之地震平均傷亡人數為730人。假設因橋梁傷亡者占1%，則每年因地震發生損害而造成橋梁損害導致人員傷亡約7.3人。

依「交通建設計畫經濟效益評估手冊，交通部運輸研究所，102年07月03日」之建議，將每次肇事死亡成本790萬元作為每事件之人員傷亡成本，則每日人員傷亡成本計算如下：

人員傷亡成本=7.3(平均傷亡人數/年)*7,900,000(傷亡成本)/365天=15.82萬元/日

6.5 經濟效益評估結果

為有效控管國道資金投入，且明確掌握工程進度，降低風險及不確定性發生，本計畫擬分3個區段重疊辦理，並將鄰近斷層300公尺內橋梁提前至區段1辦理方式進行。

國道高速公路為全島之交通主幹，既有橋梁之耐震補強工程，對國家經濟發展及人民生命財產保障之影響重大；依計畫分期進行成本效益分析，評估年期內之成本效益流量請見表6.5-1，經濟效益指標綜整如表6.5-2所示。整體而言，經濟效益指標之淨現值大於零，益本比為1.23，顯示本計畫橋梁耐震補強工程已具經濟上之可行性。

由於臺灣地區人口、產業密集程度高，而國道高速公路在整體產業發展中之角色不容忽視，再加上本計畫模擬並未考慮社會與心理影響，若再考量社會心理之影響，本計畫實值得納入國家防災系統中持續積極推動，以確保人民財產之安全及提昇臺灣之產業競爭力。

地震之發生雖然是天然災害無法事先預防與阻止，但對道路橋梁而言，補強工程可加強其對地震之抵抗力，不但在地震發生時能減少橋梁之損害，並且可在救災時提供緊急之運輸服務，因此，歐美及日本等先進國家之地震防災策略，係考量生命線工程系統的風險管理理念，若有需要或能力可及，對高速公路橋梁之耐震補強工作皆不遺餘力，咸認為交通中斷帶來之人員傷亡、經濟損失、投資環境惡化與心理受創是無法估計的；目前，臺灣已邁入已開發國家，又處於地震發生頻繁的環太平洋地震帶，更應重視與積極推動橋梁耐震補強工程，建請依本計畫所研擬之內容與時程持續逐年推動執行。

表 6.5-1 高速公路後續路段橋梁耐震補強成本效益評估表

評估 年期	成本 項目	效益項目					淨效益
		直接效益	間接效益			合計	
			減少 交通損失	減少 產業損失	減少 人員傷亡		
105	123.95	-	-	-	-	-	-123.95
106	775.07	-	-	-	-	-	-775.07
107	3,513.90	-	-	-	-	-	-3,513.90
108	4,676.45	-	-	-	-	-	-4,676.45
109	4,419.38	20.89	26.93	27.16	0.86	75.84	-4,353.99
110	4,934.85	425.98	310.18	557.63	7.31	1,301.10	-3,848.23
111	5,153.00	431.01	313.84	564.21	7.40	1,316.45	-4,053.55
112	5,314.35	457.41	332.17	598.58	7.77	1,395.92	-4,148.65
113	3,995.56	576.46	427.59	753.39	9.90	1,767.35	-2,517.98
114	810.38	648.30	445.10	846.83	10.38	1,950.61	814.53
115	-	669.63	465.02	874.61	10.74	2,020.01	2,020.01
116	-	677.53	470.51	884.93	10.86	2,043.84	2,043.84
117	-	685.53	476.06	895.37	10.99	2,067.96	2,067.96
118	-	693.62	481.68	905.94	11.12	2,092.36	2,092.36
119	-	701.80	487.36	916.63	11.25	2,117.05	2,117.05
120	-	710.08	493.11	927.45	11.39	2,142.03	2,142.03
121	-	718.46	498.93	938.39	11.52	2,167.31	2,167.31
122	-	726.94	504.82	949.46	11.66	2,192.88	2,192.88
123	-	735.52	510.78	960.67	11.79	2,218.76	2,218.76
124	-	744.20	516.80	972.00	11.93	2,244.94	2,244.94
125	-	752.98	522.90	983.47	12.07	2,271.43	2,271.43
126	-	761.87	529.07	995.08	12.22	2,298.23	2,298.23
127	-	770.86	535.32	1006.82	12.36	2,325.35	2,325.35
128	-	779.95	541.63	1018.70	12.51	2,352.79	2,352.79
129	-	789.16	548.02	1030.72	12.65	2,380.56	2,380.56
130	-	798.47	554.49	1042.88	12.80	2,408.65	2,408.65
131	-	807.89	561.03	1055.19	12.96	2,437.07	2,437.07
132	-	817.42	567.65	1067.64	13.11	2,465.83	2,465.83
133	-	827.07	574.35	1080.24	13.26	2,494.92	2,494.92
134	-	836.83	581.13	1092.99	13.42	2,524.36	2,524.36
135	-	846.70	587.99	1105.88	13.58	2,554.15	2,554.15
136	-	856.69	594.93	1118.93	13.74	2,584.29	2,584.29
137	-	866.80	601.95	1132.14	13.90	2,614.78	2,614.78

表 6.5-1 高速公路後續路段橋梁耐震補強成本效益評估表(續)

評估 年期	成本 項目	效益項目					淨效益
		直接效益	間接效益			合計	
			減少 交通損失	減少 產業損失	減少 人員傷亡		
138	-	877.03	609.05	1145.49	14.06	2,645.64	2,645.64
139	-	887.38	616.24	1159.01	14.23	2,676.86	2,676.86
140	-	897.85	623.51	1172.69	14.40	2,708.44	2,708.44
141	-	908.44	630.86	1186.53	14.57	2,740.40	2,740.40
142	-	919.16	638.31	1200.53	14.74	2,772.74	2,772.74
143	-	930.01	645.84	1214.69	14.91	2,805.46	2,805.46
144	-	940.98	653.46	1229.03	15.09	2,838.56	2,838.56
145	-	952.09	661.17	1243.53	15.27	2,872.06	2,872.06
146	-	963.32	668.97	1258.20	15.45	2,905.95	2,905.95
147	-	974.69	676.87	1273.05	15.63	2,940.24	2,940.24
148	-	986.19	684.86	1288.07	15.81	2,974.93	2,974.93
149	-	997.83	692.94	1303.27	16.00	3,010.04	3,010.04
150	-	1009.60	701.11	1318.65	16.19	3,045.55	3,045.55
151	-	1021.52	709.39	1334.21	16.38	3,081.49	3,081.49
152	-	1033.57	717.76	1349.95	16.57	3,117.85	3,117.85
153	-	1045.77	726.23	1365.88	16.77	3,154.64	3,154.64
154	-	1058.11	734.80	1382.00	16.97	3,191.87	3,191.87
155	-	1070.59	743.47	1398.31	17.17	3,229.53	3,229.53
156	-	1083.22	752.24	1414.81	17.37	3,267.64	3,267.64
157	-	1096.01	761.12	1431.50	17.58	3,306.20	3,306.20
158	-	1108.94	770.10	1448.39	17.78	3,345.21	3,345.21
159	-	1122.03	779.18	1465.48	17.99	3,384.69	3,384.69
160	-	1135.27	788.38	1482.78	18.20	3,424.63	3,424.63
161	-	1148.66	797.68	1500.27	18.42	3,465.04	3,465.04
162	-	1162.22	807.09	1517.98	18.64	3,505.92	3,505.92
163	-	1175.93	816.62	1535.89	18.86	3,547.29	3,547.29
164	-	1189.81	826.25	1554.01	19.08	3,589.15	3,589.15

註：1. 當年幣值，單位百萬元。

2. 成本效益項目均含物價調整。

表 6.5-2 高速公路後續路段橋梁耐震補強經濟效益指標彙整表

效益指標	淨現值 (百萬元，折現至103年)	益本比 B/C	內部報酬率 IRR
評估結果	5,088.91	1.23	6.55%

6.6 敏感度分析

由於經濟效益評估年限長達數十年，因此評估年期內各項參數可能因外在環境變動而有所變化，如此會影響本計畫「高速公路橋梁耐震補強後續路段工程」之經濟可行性，故進行相關參數敏感度分析，考慮之變數為建設成本變動、折現率變動、產業損失減少之效益變動之情境，以瞭解其變動而產生之影響程度。將敏感度分析之結果彙整於表6.6-1，結果說明如後：

1. 建設成本變動

在建設成本增加20%之情境下，尚可能維持經濟可行性。

2. 折現率變動

折現率若由5.35%增加到7%，則不具經濟可行性。惟折現率為資金成本率，在近年報酬率持續下修之情況下，且依目前經濟效益評估之折現率建議值為5.2%~5.5%，因此折現率要增加到7%之可能性較低。

3. 產業損失減少之效益

本計畫參考國內外相關統計資料，採保守估算，以直接效益之1.30倍列計產業損失減少效益。若產業損失減少效益僅為直接效益之0.8倍以下，尚可維持經濟可行性。

表 6.6-1 經濟效益指標敏感度分析表

		淨現值 NPV (百萬元，折現至103年)	益本比 B/C	內部報酬率 IRR
建造成本	+20%	400.91	1.02	5.43%
	不變	5,088.91	1.23	6.55%
	-20%	9,776.91	1.53	8.12%
折現率	7%	-1,385.23	0.94	6.55%
	不變	5,088.91	1.23	6.55%
	3%	25,859.75	1.95	6.55%
產業損失 效益比例	1.30	5,088.91	1.23	6.55%
	1.00	2,243.30	1.11	5.89%
	0.80	346.22	1.02	5.43%

第七章 財務計畫

7.1 工程資金來源

由於本計畫並無金錢收入部分，所以建設不具有自償性，建議比照前期計畫(第1期及第2期第1優先路段)，全部由「國道公路建設管理基金」編列預算支應。

7.2 財源籌措

本計畫「高速公路橋梁耐震補強後續路段工程」並無金錢收入，因此財務計畫將以財源籌措為主要分析評估內容。本計畫經費估算及經費需求請參見5.4節說明，依據分年工程經費資金需求以及財源籌措方式，將本計畫建設所需工程資金來源與運用彙整於表7.2-1，由表中可看出，依據各年度資金需求編列預算，總預算規模約達337.17億元，各年度資金無餘絀情況。

表 7.2-1 工程資金來源與運用估算表(含物價調整)

會計 年度	資金來源	資金運用				工作內容
	國道 基金	規劃 設計費	工程 建造費	物價 調整費	合計	
105	123.95	121.07	0.00	2.87	123.95	區段1規設
106	775.07	231.08	517.19	26.80	775.07	區段1規設、施工
107	3,513.90	33.81	3,319.01	161.08	3,513.90	區段1規設、施工
108	4,676.45	141.39	4,268.65	266.41	4,676.45	區段1施工 區段2規設
109	4,419.38	241.85	3,877.16	300.37	4,419.38	區段1施工 區段2規設、施工
110	4,934.85	85.79	4,460.02	389.04	4,934.85	區段1施工 區段2規設、施工 區段3規設
111	5,153.00	118.33	4,573.07	461.60	5,153.00	區段2施工 區段3規設、施工
112	5,314.35	8.34	4,773.54	532.48	5,314.35	區段2施工 區段3規設、施工
113	3,995.56	-	3,553.30	442.27	3,995.56	區段2施工 區段3施工
114	810.38	-	713.10	97.28	810.38	區段2施工 區段3施工
小計	33,716.89	981.66	30,055.03	2,680.19	33,716.89	

註：單位百萬元

第八章 附則

8.1 替選方案之分析及評估

依4.2節內容，「高速公路橋梁耐震補強後續路段工程」擬分3個區段進行補強計畫，惟依執行策略之不同，擬分以下4方案進行補強計畫替選方案分析評估。

方案一：依橋梁耐震排序結果分3個區段進行補強，3個區段接續辦理而無重疊時程

方案二：加速補強計畫進行，3個區段重疊辦理

方案三：3個區段接續辦理無重疊時程，並將近斷層300公尺內橋梁優先提前至區段1辦理

方案四：3個區段重疊辦理，並將近斷層300公尺內橋梁優先提前至區段1辦理

依據5.4節推估之工程經費，各方案經費及工程預定進度，請參見表8.1-1~2及圖8.1-1~4。

8.1.1 分年經費概估

依據上述各方案工程經費，以及工程預定進度，可推估施工年期內各年之資金需求。上述概估之經費係按民國103年之物價水準估算，由於本計畫工期長，若以此概估作為編列未來實施預算之依據，會發生無法反應物價上漲而產生預算不足之情形，因此需進行物價調整。

一、物價調整依據

依「交通建設計畫經濟效益評估手冊，交通部運輸研究所，102年07月03日」之建議，根據民國87年至民國96年移動平均做為物價上漲率建議值，即以1.18%為物價上漲之計算基準。

二、物價調整結果

經物價調整後之分年經費概估彙整於表8.1-3~6。由表中可看出，在考量物價上漲率之情形下，各分期方案因施工期程長短不同且施工進度不一，各方案因物調影響亦造成總建設經費易有所差異。

方案一~四之物價調整費用分別為31.25億元、28.56億元、30.08億元及26.80億元；因此造成總建設費分別為341.62億元、338.92億元、340.44億元及337.17億元。

表 8.1-1 方案一、二規劃、評估、設計及施工分標一覽表

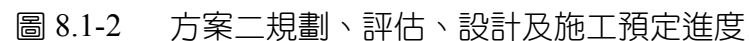
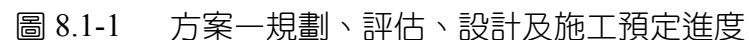
區段	規設分標	補強經費 (百萬元)	工區編號(範圍)		施工分標	補強經費 (百萬元)	工期 (月)
1	1	9,260.71	工區7	國3_霧峰草屯段	1	2,604.84	35
			工區8	國3_草屯南投段			
			工區9	國3_南投名間段	2	2819.78	38
			工區10	國3_名間竹山段	3	2,172.06	29
			工區11	國3_林內斗六段			
			工區13	國3_雲林嘉義段	4	1,664.03	22
2	2	14,618.30	工區3	國3_基隆汐止段	1	2,213.32	30
			工區1	國3甲			
			工區12	國4			
			工區6	國3_大甲烏日段	2	3,735.88	50
			工區14	國3_白河新化段	3	2,863.57	39
			工區15	國3_新化田寮段	4	2,278.20	31
			工區16	國3_田寮燕巢段			
			工區17	國3_燕巢九如段			
			工區18	國8	5	1,794.01	24
			工區19	國10_高雄支線	6	1,733.32	23
3	3	6,176.02	工區2	國3南港連絡道	1	2,188.30	29
			工區21	國5			
			工區4	國3_竹南西湖段			
			工區5	國3_西湖大甲段			
			工區22	國1_楊梅新竹段			
			工區23	國1_銅鑼豐原段	2	867.40	12
			工區24	國1_王田彰化段			
			工區25	國1_彰化員林段			
			工區26	國1_北斗大林段			
			工區28	國6	3	2,026.44	27
			工區20	國10_旗山支線	4	1,093.88	15
			工區29	國1_新化安定段			
			工區27	國1_岡山高雄段			

註：表列補強經費不含物價調整。

表 8.1-2 方案三、四規劃、評估、設計及施工分標一覽表

區段	規設分標	補強經費 (百萬元)	工區編號(範圍)		施工分標	補強經費 (百萬元)	工期 (月)
1	1	11,816.71	工區5	國3_西湖大甲段(300m近斷層橋)	1	2,161.13	29
			工區6	國3_大甲烏日段(300m近斷層橋)			
			工區12	國4(300m近斷層橋)			
			工區7	國3_霧峰草屯段	2	2,802.45	38
			工區8	國3_草屯南投段			
			工區28	國6(300m近斷層橋)			
			工區9	國3_南投名間段	3	2,819.78	38
			工區10	國3_名間竹山段	4	2,172.06	29
			工區11	國3_林內斗六段			
			工區13	國3_雲林嘉義段	5	1,861.29	25
			工區14	國3_白河新化段(300m近斷層橋)			
			工區16	國3_田寮燕巢段(300m近斷層橋)			
2	2	12,955.36	工區1	國3甲	1	1,152.82	16
			工區3	國3_基隆汐止段			
			工區6	國3_大甲烏日段	2	3,330.69	45
			工區12	國4			
			工區14	國3_白河新化段	3	2,720.48	37
			工區15	國3_新化田寮段	4	2,224.03	30
			工區16	國3_田寮燕巢段			
			工區17	國3_燕巢九如段			
			工區18	國8	5	1,794.01	24
			工區19	國10_高雄支線	6	1,733.32	23
3	3	5,282.96	工區2	國3南港連絡道	1	1,492.85	20
			工區22	國1_楊梅新竹段			
			工區21	國5			
			工區4	國3_竹南西湖段			
			工區5	國3_西湖大甲段			
			工區23	國1_銅鑼豐原段	2	867.40	12
			工區24	國1_王田彰化段			
			工區25	國1_彰化員林段			
			工區26	國1_北斗大林段			
			工區28	國6	3	1,828.83	25
			工區27	國1_岡山高雄段	4	1,093.88	15
			工區20	國10_旗山支線			
			工區29	國1_新化安定段			

註：表列補強經費不含物價調整。



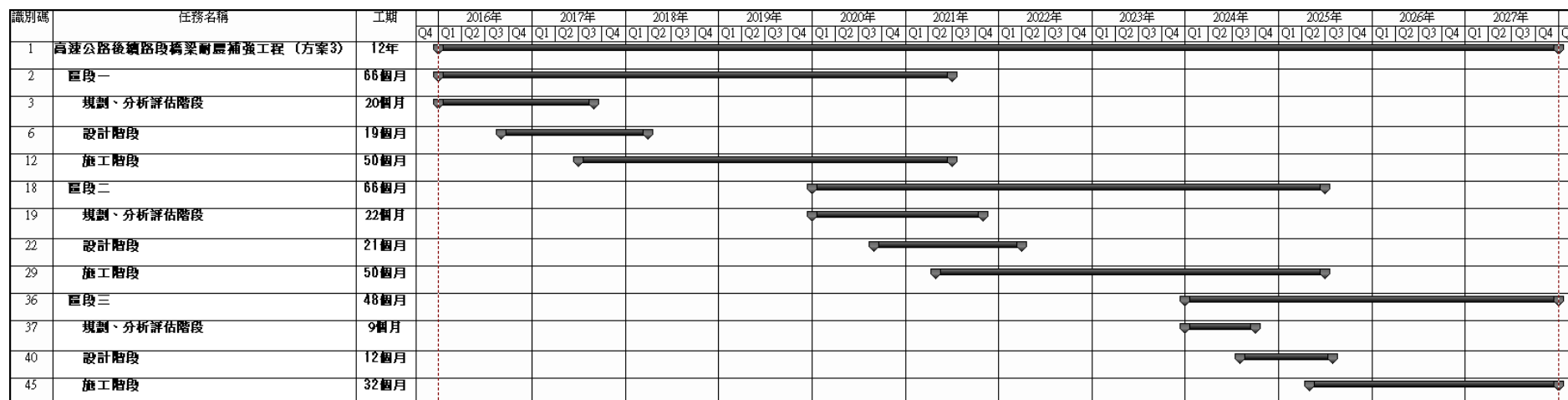


圖 8.1-3 方案三規劃、評估、設計及施工預定進度

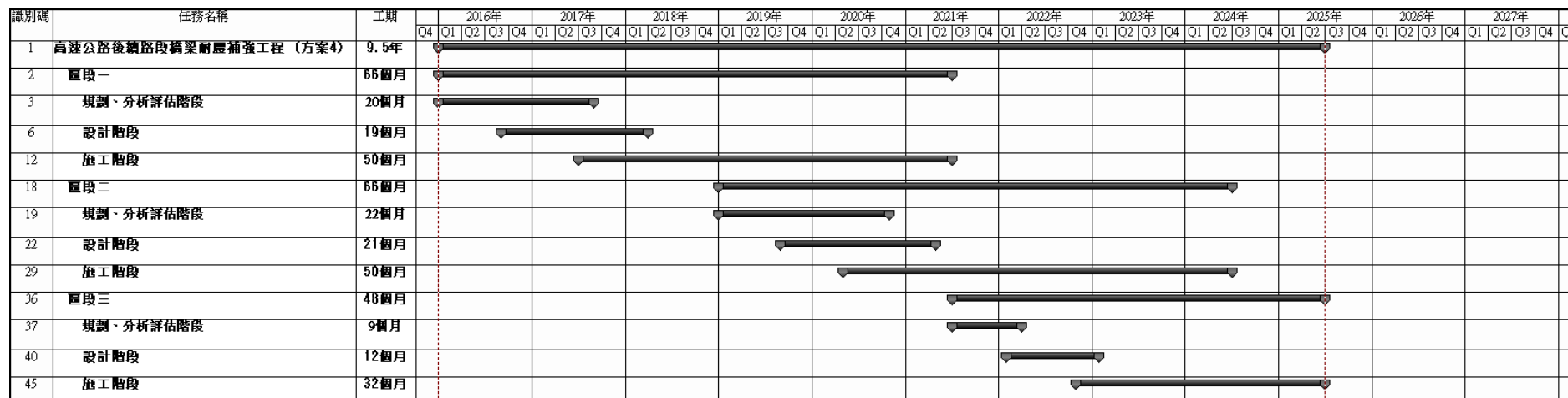


圖 8.1-4 方案四規劃、評估、設計及施工預定進度

表 8.1-3 方案一分年經費估算表(含物價調整)

年期	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	小計
一、規劃	78.06	12.69	-	54.08	56.31	32.85	-	-	56.79	3.73	-	-	294.50
二、設計	75.22	136.51	-	-	168.89	165.33	-	-	41.08	100.13	-	-	687.16
三、施工	-	749.15	3,024.10	3,708.71	1,778.72	2,007.94	4,676.89	4,809.47	2,666.54	1,120.28	2,502.01	3,011.21	30,055.03
四、物調	3.64	32.18	145.28	227.31	146.13	188.80	460.17	535.55	344.08	168.61	378.21	495.14	3,125.09
總建設經費 (不含物調)	153.28	898.34	3,024.10	3,762.79	2,003.93	2,206.12	4,676.89	4,809.47	2,764.40	1,224.13	2,502.01	3,011.21	31,036.69
總建設經費 (含物調)	156.92	930.52	3,169.39	3,990.10	2,150.06	2,394.93	5,137.06	5,345.02	3,108.48	1,392.74	2,880.22	3,506.35	34,161.78

註：單位百萬元

表 8.1-4 方案二分年經費估算表(含物價調整)

年期	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	小計
一、規劃	75.13	15.61	-	82.23	56.31	50.29	14.92	-	-	-	294.50
二、設計	75.22	136.51	-	76.23	218.09	39.91	141.21	-	-	-	687.16
三、施工	-	749.15	3,024.10	3,708.71	2,302.60	3,255.56	4,071.39	5,905.05	5,712.93	1,325.54	30,055.03
四、物調	3.57	32.28	145.28	233.61	187.92	286.34	415.95	657.55	711.07	181.98	2,855.56
總建設經費 (不含物調)	150.35	901.27	3,024.10	3,867.18	2,577.00	3,345.76	4,227.51	5,905.05	5,712.93	1,325.54	31,036.69
總建設經費 (含物調)	153.92	933.56	3,169.39	4,100.79	2,764.92	3,632.10	4,643.47	6,562.59	6,424.00	1,507.52	33,892.25

註：單位百萬元

表 8.1-5 方案三分年經費估算表(含物價調整)

年期	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	小計
一、規劃	80.12	35.66	-	-	81.18	45.76	-	-	51.77	-	-	-	294.50
二、設計	40.95	195.41	33.81	-	60.20	212.22	23.78	-	47.35	73.43	-	-	687.16
三、施工	-	517.19	3,319.01	4,268.65	3,078.71	1,431.61	3,973.84	4,423.78	3,168.13	1,834.95	2,976.31	1,062.85	30,055.03
四、物調	2.87	26.80	161.08	257.86	234.81	144.60	393.33	492.60	406.67	262.85	449.90	174.17	3,007.56
總建設經費 (不含物調)	121.07	748.27	3,352.82	4,268.65	3,220.09	1,689.59	3,997.62	4,423.78	3,267.25	1,908.38	2,976.31	1,062.85	31,036.69
總建設經費 (含物調)	123.95	775.07	3,513.90	4,526.52	3,454.91	1,834.19	4,390.96	4,916.38	3,673.92	2,171.24	3,426.21	1,237.02	34,044.26

註：單位百萬元

表 8.1-6 方案四分年經費估算表(含物價調整)

年期	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	小計
一、規劃	80.12	35.66	-	81.18	45.76	45.88	5.88	-	-	-	294.50
二、設計	40.95	195.41	33.81	60.20	196.09	39.91	112.45	8.34	-	-	687.16
三、施工	-	517.19	3,319.01	4,268.65	3,877.16	4,460.02	4,573.07	4,773.54	3,553.30	713.10	30,055.03
四、物調	2.87	26.80	161.08	266.41	300.37	389.04	461.60	532.48	442.27	97.28	2,680.19
總建設經費 (不含物調)	121.07	748.27	3,352.82	4,410.04	4,119.02	4,545.81	4,691.40	4,781.87	3,553.30	713.10	31,036.69
總建設經費 (含物調)	123.95	775.07	3,513.90	4,676.45	4,419.38	4,934.85	5,153.00	5,314.35	3,995.56	810.38	33,716.89

註：單位百萬元

8.1.2 成本效益分析

分別針對所提4個方案進行成本效益分析，評估年期內之成本效益流量請見表8.1-7~表8.1-10所示，4個方案之經濟效益指標並綜整如表8.1-11所示。整體而言，因折現率5.35%大於物價調整率1.18%，因此建設資金若能適度分散並調整部分成本於後期加入，可避免於早期一次投入而累積較高財務壓力，因此有較佳之報酬率。而部份鄰近斷層路段，因發生地震災損之機率較高，若能提早進行補強則其投資之效益亦較高。

由表8.1-11可知，4個補強方案經濟效益評估結果，以方案三為最佳，其次為方案四，再者為方案一，最後為方案二。惟四方案之淨現值均大於零，益本比均大於1顯示四方案均具有經濟可行性。

表 8.1-7 方案一成本效益評估表

評估 年期	成本 項目	效益項目					淨效益
		直接效益	間接效益			合計	
			減少 交通損失	減少 產業損失	減少 人員傷亡		
105	156.92	-	-	-	-	-	-156.92
106	930.52	-	-	-	-	-	-930.52
107	3,169.39	-	-	-	-	-	-3,169.39
108	3,990.10	-	-	-	-	-	-3,990.10
109	2,150.06	-	-	-	-	-	-2,150.06
110	2,394.93	39.81	29.09	51.76	0.64	121.29	-2,273.63
111	5,137.06	402.83	294.30	523.67	6.46	1,227.26	-3,909.80
112	5,345.02	407.58	297.78	529.85	6.53	1,241.74	-4,103.28
113	3,108.48	412.39	301.29	536.11	6.61	1,256.39	-1,852.09
114	1,392.74	417.25	304.85	542.43	6.69	1,271.22	-121.52
115	2,880.22	639.42	455.90	831.25	10.38	1,936.96	-943.27
116	3,506.35	646.97	461.28	841.06	10.50	1,959.81	-1,546.54
117	-	688.75	488.14	895.37	10.99	2,083.26	2,083.26
118	-	696.88	493.90	905.94	11.12	2,107.84	2,107.84
119	-	705.10	499.73	916.63	11.25	2,132.71	2,132.71
120	-	713.42	505.63	927.45	11.39	2,157.88	2,157.88
121	-	721.84	511.59	938.39	11.52	2,183.34	2,183.34
122	-	730.36	517.63	949.46	11.66	2,209.11	2,209.11
123	-	738.97	523.74	960.67	11.79	2,235.17	2,235.17
124	-	747.69	529.92	972.00	11.93	2,261.55	2,261.55
125	-	756.52	536.17	983.47	12.07	2,288.24	2,288.24
126	-	765.44	542.50	995.08	12.22	2,315.24	2,315.24
127	-	774.48	548.90	1006.82	12.36	2,342.56	2,342.56
128	-	783.62	555.38	1018.70	12.51	2,370.20	2,370.20
129	-	792.86	561.93	1030.72	12.65	2,398.17	2,398.17
130	-	802.22	568.56	1042.88	12.80	2,426.47	2,426.47

表 8.1-7 方案一成本效益評估表(續)

評估 年期	成本 項目	效益項目					淨效益
		直接效益	間接效益			合計	
			減少 交通損失	減少 產業損失	減少 人員傷亡		
131	-	811.68	575.27	1055.19	12.96	2,455.10	2,455.10
132	-	821.26	582.06	1067.64	13.11	2,484.07	2,484.07
133	-	830.95	588.93	1080.24	13.26	2,513.38	2,513.38
134	-	840.76	595.87	1092.99	13.42	2,543.04	2,543.04
135	-	850.68	602.91	1105.88	13.58	2,573.05	2,573.05
136	-	860.72	610.02	1118.93	13.74	2,603.41	2,603.41
137	-	870.87	617.22	1132.14	13.90	2,634.13	2,634.13
138	-	881.15	624.50	1145.49	14.06	2,665.21	2,665.21
139	-	891.55	631.87	1159.01	14.23	2,696.66	2,696.66
140	-	902.07	639.33	1172.69	14.40	2,728.48	2,728.48
141	-	912.71	646.87	1186.53	14.57	2,760.68	2,760.68
142	-	923.48	654.50	1200.53	14.74	2,793.25	2,793.25
143	-	934.38	662.23	1214.69	14.91	2,826.21	2,826.21
144	-	945.40	670.04	1229.03	15.09	2,859.56	2,859.56
145	-	956.56	677.95	1243.53	15.27	2,893.30	2,893.30
146	-	967.85	685.95	1258.20	15.45	2,927.45	2,927.45
147	-	979.27	694.04	1273.05	15.63	2,961.99	2,961.99
148	-	990.82	702.23	1288.07	15.81	2,996.94	2,996.94
149	-	1002.52	710.52	1303.27	16.00	3,032.31	3,032.31
150	-	1014.35	718.90	1318.65	16.19	3,068.09	3,068.09
151	-	1026.31	727.39	1334.21	16.38	3,104.29	3,104.29
152	-	1038.43	735.97	1349.95	16.57	3,140.92	3,140.92
153	-	1050.68	744.65	1365.88	16.77	3,177.98	3,177.98
154	-	1063.08	753.44	1382.00	16.97	3,215.48	3,215.48
155	-	1075.62	762.33	1398.31	17.17	3,253.43	3,253.43
156	-	1088.31	771.33	1414.81	17.37	3,291.82	3,291.82
157	-	1101.16	780.43	1431.50	17.58	3,330.66	3,330.66
158	-	1114.15	789.64	1448.39	17.78	3,369.96	3,369.96
159	-	1127.30	798.95	1465.48	17.99	3,409.73	3,409.73
160	-	1140.60	808.38	1482.78	18.20	3,449.96	3,449.96
161	-	1154.06	817.92	1500.27	18.42	3,490.67	3,490.67
162	-	1167.67	827.57	1517.98	18.64	3,531.86	3,531.86
163	-	1181.45	837.34	1535.89	18.86	3,573.54	3,573.54
164	-	1195.39	847.22	1554.01	19.08	3,615.71	3,615.71
165	-	1209.50	857.22	1572.35	19.30	3,658.37	3,658.37
166	-	1223.77	867.33	1590.90	19.53	3,701.54	3,701.54

註：1. 當年幣值，單位百萬元。
2. 成本效益項目均含物價調整。

表 8.1-8 方案二成本效益評估表

評估 年期	成本 項目	效益項目					淨效益
		直接效益	間接效益			合計	
			減少 交通損失	減少 產業損失	減少 人員傷亡		
105	153.92	-	-	-	-	-	-153.92
106	933.56	-	-	-	-	-	-933.56
107	3,169.39	-	-	-	-	-	-3,169.39
108	4,100.79	-	-	-	-	-	-4,100.79
109	2,764.92	-	-	-	-	-	-2,764.92
110	3,632.10	39.81	29.09	51.76	0.64	121.29	-3,510.80
111	4,643.47	402.83	294.30	523.67	6.46	1,227.26	-3,416.21
112	6,562.59	407.58	297.78	529.85	6.53	1,241.74	-5,320.85
113	6,424.00	412.39	301.29	536.11	6.61	1,256.39	-5,167.61
114	1,507.52	417.25	304.85	542.43	6.69	1,271.22	406.85
115	153.92	639.42	455.90	831.25	10.38	1,936.96	-153.92
116	933.56	646.97	461.28	841.06	10.50	1,959.81	-933.56
117	-	688.75	488.14	895.37	10.99	2,083.26	2,083.26
118	-	696.88	493.90	905.94	11.12	2,107.84	2,107.84
119	-	705.10	499.73	916.63	11.25	2,132.71	2,132.71
120	-	713.42	505.63	927.45	11.39	2,157.88	2,157.88
121	-	721.84	511.59	938.39	11.52	2,183.34	2,183.34
122	-	730.36	517.63	949.46	11.66	2,209.11	2,209.11
123	-	738.97	523.74	960.67	11.79	2,235.17	2,235.17
124	-	747.69	529.92	972.00	11.93	2,261.55	2,261.55
125	-	756.52	536.17	983.47	12.07	2,288.24	2,288.24
126	-	765.44	542.50	995.08	12.22	2,315.24	2,315.24
127	-	774.48	548.90	1006.82	12.36	2,342.56	2,342.56
128	-	783.62	555.38	1018.70	12.51	2,370.20	2,370.20
129	-	792.86	561.93	1030.72	12.65	2,398.17	2,398.17
130	-	802.22	568.56	1042.88	12.80	2,426.47	2,426.47
131	-	811.68	575.27	1055.19	12.96	2,455.10	2,455.10
132	-	821.26	582.06	1067.64	13.11	2,484.07	2,484.07
133	-	830.95	588.93	1080.24	13.26	2,513.38	2,513.38
134	-	840.76	595.87	1092.99	13.42	2,543.04	2,543.04
135	-	850.68	602.91	1105.88	13.58	2,573.05	2,573.05
136	-	860.72	610.02	1118.93	13.74	2,603.41	2,603.41
137	-	870.87	617.22	1132.14	13.90	2,634.13	2,634.13

表 8.1-8 方案二成本效益評估表(續)

評估 年期	成本 項目	效益項目					淨效益
		直接效益	間接效益			合計	
			減少 交通損失	減少 產業損失	減少 人員傷亡		
138	-	881.15	624.50	1,145.49	14.06	2,665.21	2,665.21
139	-	891.55	631.87	1,159.01	14.23	2,696.66	2,696.66
140	-	902.07	639.33	1,172.69	14.40	2,728.48	2,728.48
141	-	912.71	646.87	1,186.53	14.57	2,760.68	2,760.68
142	-	923.48	654.50	1,200.53	14.74	2,793.25	2,793.25
143	-	934.38	662.23	1,214.69	14.91	2,826.21	2,826.21
144	-	945.40	670.04	1,229.03	15.09	2,859.56	2,859.56
145	-	956.56	677.95	1,243.53	15.27	2,893.30	2,893.30
146	-	967.85	685.95	1,258.20	15.45	2,927.45	2,927.45
147	-	979.27	694.04	1,273.05	15.63	2,961.99	2,961.99
148	-	990.82	702.23	1,288.07	15.81	2,996.94	2,996.94
149	-	1,002.52	710.52	1,303.27	16.00	3,032.31	3,032.31
150	-	1,014.35	718.90	1,318.65	16.19	3,068.09	3,068.09
151	-	1,026.31	727.39	1,334.21	16.38	3,104.29	3,104.29
152	-	1,038.43	735.97	1,349.95	16.57	3,140.92	3,140.92
153	-	1,050.68	744.65	1,365.88	16.77	3,177.98	3,177.98
154	-	1,063.08	753.44	1,382.00	16.97	3,215.48	3,215.48
155	-	1,075.62	762.33	1,398.31	17.17	3,253.43	3,253.43
156	-	1,088.31	771.33	1,414.81	17.37	3,291.82	3,291.82
157	-	1,101.16	780.43	1,431.50	17.58	3,330.66	3,330.66
158	-	1,114.15	789.64	1,448.39	17.78	3,369.96	3,369.96
159	-	1,127.30	798.95	1,465.48	17.99	3,409.73	3,409.73
160	-	1,140.60	808.38	1,482.78	18.20	3,449.96	3,449.96
161	-	1,154.06	817.92	1,500.27	18.42	3,490.67	3,490.67
162	-	1,167.67	827.57	1,517.98	18.64	3,531.86	3,531.86
163	-	1,181.45	837.34	1,535.89	18.86	3,573.54	3,573.54
164	-	1,195.39	847.22	1,554.01	19.08	3,615.71	3,615.71

註： 1.當年幣值，單位百萬元。

2.成本效益項目均含物價調整。

表 8.1-9 方案三成本效益評估表

評估 年期	成本 項目	效益項目					淨效益
		直接效益	間接效益			合計	
			減少 交通損失	減少 產業損失	減少 人員傷亡		
105	123.95	-	-	-	-	-	-123.95
106	775.07	-	-	-	-	-	-775.07
107	3,513.90	-	-	-	-	-	-3,513.90
108	4,526.52	-	-	-	-	-	-4,526.52
109	3,454.91	20.89	26.93	27.16	0.86	75.84	-3,379.07
110	1,834.19	252.45	133.68	328.19	4.28	718.60	-1,115.59
111	4,390.96	434.01	325.09	564.21	7.40	1,330.71	-3,060.24
112	4,916.38	460.44	343.56	598.58	7.77	1,410.35	-3,506.03
113	3,673.92	465.88	347.61	605.64	7.86	1,426.99	-2,246.92
114	2,171.24	586.37	444.29	762.28	10.02	1,802.97	-368.27
115	3,426.21	649.69	459.28	844.60	10.44	1,964.01	-1,462.20
116	1,237.02	668.33	468.11	868.83	10.64	2,015.91	778.89
117	-	688.75	488.14	895.37	10.99	2,083.26	2,083.26
118	-	696.88	493.90	905.94	11.12	2,107.84	2,107.84
119	-	705.10	499.73	916.63	11.25	2,132.71	2,132.71
120	-	713.42	505.63	927.45	11.39	2,157.88	2,157.88
121	-	721.84	511.59	938.39	11.52	2,183.34	2,183.34
122	-	730.36	517.63	949.46	11.66	2,209.11	2,209.11
123	-	738.97	523.74	960.67	11.79	2,235.17	2,235.17
124	-	747.69	529.92	972.00	11.93	2,261.55	2,261.55
125	-	756.52	536.17	983.47	12.07	2,288.24	2,288.24
126	-	765.44	542.50	995.08	12.22	2,315.24	2,315.24
127	-	774.48	548.90	1,006.82	12.36	2,342.56	2,342.56
128	-	783.62	555.38	1,018.70	12.51	2,370.20	2,370.20
129	-	792.86	561.93	1,030.72	12.65	2,398.17	2,398.17
130	-	802.22	568.56	1,042.88	12.80	2,426.47	2,426.47
131	-	811.68	575.27	1,055.19	12.96	2,455.10	2,455.10
132	-	821.26	582.06	1,067.64	13.11	2,484.07	2,484.07
133	-	830.95	588.93	1,080.24	13.26	2,513.38	2,513.38
134	-	840.76	595.87	1,092.99	13.42	2,543.04	2,543.04
135	-	850.68	602.91	1,105.88	13.58	2,573.05	2,573.05
136	-	860.72	610.02	1,118.93	13.74	2,603.41	2,603.41
137	-	870.87	617.22	1,132.14	13.90	2,634.13	2,634.13

表 8.1-9 方案三成本效益評估表(續)

評估 年期	成本 項目	效益項目					淨效益
		直接效益	間接效益			合計	
			減少 交通損失	減少 產業損失	減少 人員傷亡		
138	-	881.15	624.50	1,145.49	14.06	2,665.21	2,665.21
139	-	891.55	631.87	1,159.01	14.23	2,696.66	2,696.66
140	-	902.07	639.33	1,172.69	14.40	2,728.48	2,728.48
141	-	912.71	646.87	1,186.53	14.57	2,760.68	2,760.68
142	-	923.48	654.50	1,200.53	14.74	2,793.25	2,793.25
143	-	934.38	662.23	1,214.69	14.91	2,826.21	2,826.21
144	-	945.40	670.04	1,229.03	15.09	2,859.56	2,859.56
145	-	956.56	677.95	1,243.53	15.27	2,893.30	2,893.30
146	-	967.85	685.95	1,258.20	15.45	2,927.45	2,927.45
147	-	979.27	694.04	1,273.05	15.63	2,961.99	2,961.99
148	-	990.82	702.23	1,288.07	15.81	2,996.94	2,996.94
149	-	1,002.52	710.52	1,303.27	16.00	3,032.31	3,032.31
150	-	1,014.35	718.90	1,318.65	16.19	3,068.09	3,068.09
151	-	1,026.31	727.39	1,334.21	16.38	3,104.29	3,104.29
152	-	1,038.43	735.97	1,349.95	16.57	3,140.92	3,140.92
153	-	1,050.68	744.65	1,365.88	16.77	3,177.98	3,177.98
154	-	1,063.08	753.44	1,382.00	16.97	3,215.48	3,215.48
155	-	1,075.62	762.33	1,398.31	17.17	3,253.43	3,253.43
156	-	1,088.31	771.33	1,414.81	17.37	3,291.82	3,291.82
157	-	1,101.16	780.43	1,431.50	17.58	3,330.66	3,330.66
158	-	1,114.15	789.64	1,448.39	17.78	3,369.96	3,369.96
159	-	1,127.30	798.95	1,465.48	17.99	3,409.73	3,409.73
160	-	1,140.60	808.38	1,482.78	18.20	3,449.96	3,449.96
161	-	1,154.06	817.92	1,500.27	18.42	3,490.67	3,490.67
162	-	1,167.67	827.57	1,517.98	18.64	3,531.86	3,531.86
163	-	1,181.45	837.34	1,535.89	18.86	3,573.54	3,573.54
164	-	1,195.39	847.22	1,554.01	19.08	3,615.71	3,615.71
165	-	1,209.50	857.22	1,572.35	19.30	3,658.37	3,658.37
166	-	1,223.77	867.33	1,590.90	19.53	3,701.54	3,701.54

註： 1.當年幣值，單位百萬元。

2.成本效益項目均含物價調整。

表 8.1-10 方案四成本效益評估表

評估 年期	成本 項目	效益項目					淨效益
		直接效益	間接效益			合計	
			減少 交通損失	減少 產業損失	減少 人員傷亡		
105	123.95	-	-	-	-	-	-123.95
106	775.07	-	-	-	-	-	-775.07
107	3,513.90	-	-	-	-	-	-3,513.90
108	4,676.45	-	-	-	-	-	-4,676.45
109	4,419.38	20.89	26.93	27.16	0.86	75.84	-4,353.99
110	4,934.85	425.98	310.18	557.63	7.31	1,301.10	-3,848.23
111	5,153.00	431.01	313.84	564.21	7.40	1,316.45	-4,053.55
112	5,314.35	457.41	332.17	598.58	7.77	1,395.92	-4,148.65
113	3,995.56	576.46	427.59	753.39	9.90	1,767.35	-2,517.98
114	810.38	648.30	445.10	846.83	10.38	1,950.61	814.53
115	-	669.63	465.02	874.61	10.74	2,020.01	2,020.01
116	-	677.53	470.51	884.93	10.86	2,043.84	2,043.84
117	-	685.53	476.06	895.37	10.99	2,067.96	2,067.96
118	-	693.62	481.68	905.94	11.12	2,092.36	2,092.36
119	-	701.80	487.36	916.63	11.25	2,117.05	2,117.05
120	-	710.08	493.11	927.45	11.39	2,142.03	2,142.03
121	-	718.46	498.93	938.39	11.52	2,167.31	2,167.31
122	-	726.94	504.82	949.46	11.66	2,192.88	2,192.88
123	-	735.52	510.78	960.67	11.79	2,218.76	2,218.76
124	-	744.20	516.80	972.00	11.93	2,244.94	2,244.94
125	-	752.98	522.90	983.47	12.07	2,271.43	2,271.43
126	-	761.87	529.07	995.08	12.22	2,298.23	2,298.23
127	-	770.86	535.32	1006.82	12.36	2,325.35	2,325.35
128	-	779.95	541.63	1018.70	12.51	2,352.79	2,352.79
129	-	789.16	548.02	1030.72	12.65	2,380.56	2,380.56
130	-	798.47	554.49	1042.88	12.80	2,408.65	2,408.65
131	-	807.89	561.03	1055.19	12.96	2,437.07	2,437.07
132	-	817.42	567.65	1067.64	13.11	2,465.83	2,465.83
133	-	827.07	574.35	1080.24	13.26	2,494.92	2,494.92
134	-	836.83	581.13	1092.99	13.42	2,524.36	2,524.36
135	-	846.70	587.99	1105.88	13.58	2,554.15	2,554.15
136	-	856.69	594.93	1118.93	13.74	2,584.29	2,584.29
137	-	866.80	601.95	1132.14	13.90	2,614.78	2,614.78

表 8.1-10 方案四成本效益評估表(續)

評估 年期	成本 項目	效益項目					淨效益
		直接效益	間接效益			合計	
			減少 交通損失	減少 產業損失	減少 人員傷亡		
138	-	877.03	609.05	1145.49	14.06	2,645.64	2,645.64
139	-	887.38	616.24	1159.01	14.23	2,676.86	2,676.86
140	-	897.85	623.51	1172.69	14.40	2,708.44	2,708.44
141	-	908.44	630.86	1186.53	14.57	2,740.40	2,740.40
142	-	919.16	638.31	1200.53	14.74	2,772.74	2,772.74
143	-	930.01	645.84	1214.69	14.91	2,805.46	2,805.46
144	-	940.98	653.46	1229.03	15.09	2,838.56	2,838.56
145	-	952.09	661.17	1243.53	15.27	2,872.06	2,872.06
146	-	963.32	668.97	1258.20	15.45	2,905.95	2,905.95
147	-	974.69	676.87	1273.05	15.63	2,940.24	2,940.24
148	-	986.19	684.86	1288.07	15.81	2,974.93	2,974.93
149	-	997.83	692.94	1303.27	16.00	3,010.04	3,010.04
150	-	1009.60	701.11	1318.65	16.19	3,045.55	3,045.55
151	-	1021.52	709.39	1334.21	16.38	3,081.49	3,081.49
152	-	1033.57	717.76	1349.95	16.57	3,117.85	3,117.85
153	-	1045.77	726.23	1365.88	16.77	3,154.64	3,154.64
154	-	1058.11	734.80	1382.00	16.97	3,191.87	3,191.87
155	-	1070.59	743.47	1398.31	17.17	3,229.53	3,229.53
156	-	1083.22	752.24	1414.81	17.37	3,267.64	3,267.64
157	-	1096.01	761.12	1431.50	17.58	3,306.20	3,306.20
158	-	1108.94	770.10	1448.39	17.78	3,345.21	3,345.21
159	-	1122.03	779.18	1465.48	17.99	3,384.69	3,384.69
160	-	1135.27	788.38	1482.78	18.20	3,424.63	3,424.63
161	-	1148.66	797.68	1500.27	18.42	3,465.04	3,465.04
162	-	1162.22	807.09	1517.98	18.64	3,505.92	3,505.92
163	-	1175.93	816.62	1535.89	18.86	3,547.29	3,547.29
164	-	1189.81	826.25	1554.01	19.08	3,589.15	3,589.15

註： 1.當年幣值，單位百萬元。

2.成本效益項目均含物價調整。

表 8.1-11 各方案經濟效益指標彙整表

	淨現值 (百萬元，折現至103年)	益本比 B/C	內部報酬率 IRR
方案一	4,665.81	1.21	6.41%
方案二	4,305.74	1.19	6.35%
方案三	5,503.85	1.25	6.67%
方案四	5,088.91	1.23	6.55%

8.1.3 小結

依概估之工程經費，及4個方案之工程預定進度，可推估施工年期內各年之資金需求並依工期長短進行物價調整，其分析結果綜整於表8.1-12所示。

表 8.1-12 各方案總建設經費(含物調)經濟效益指標彙整表

	辦理 期程	總建設經費 (億元)	物價調整費 (億元)	淨現值(百萬元， 折現至103年)	益本比 B/C	內部報酬率 IRR
方案一	12年	341.62	31.25	4,665.81	1.21	6.41%
方案二	9.5年	338.92	28.56	4,305.74	1.19	6.35%
方案三	12年	340.44	30.08	5,503.85	1.25	6.67%
方案四	9.5年	337.17	26.80	5,088.91	1.23	6.55%

由表8.1-12可知，研擬之4個補強方案，均具有經濟可行性。而方案三及方案四因將鄰近斷層300公尺內橋梁提早至區段1辦理，鄰近斷層路段因發生地震災損之機率較高，若能提早進行補強則其投資之效益亦較高。故方案三及方案四之效益評估結果明顯優於方案一及方案二。

惟方案三採3個區段接續辦理無重疊時程，其工期較長，工期長不僅不確定性增加，同時造成相對物價調整費亦較高，為有效控管國道資金投入，且明確掌握工程進度，降低風險及不確定性發生，建議以方案四，即3個區段重疊辦理，並將鄰近斷層300公尺內橋梁提前至區段1辦理方式進行，為本計畫執行採用之方案。

8.2 風險評估

公共工程由規劃設計、建設施工、營運等各種階段，在各階段目標不同情況下，在不同風險項目需進行管控。可行性研究階段之評估重點在於計畫能否順利推動，即建設所需挹助之資源能否順利到位，故以下就財務計畫建設經費籌措可能產生之風險進行分析與評估，主要參考行政院研究發展考核委員會98年3月12日簽奉行政院核定制定之「風險管理及危機處理作業手冊」風險管理步驟與架構進行分析。

8.2.1 風險管理架構與步驟

依據行政院研究發展考核委員會「風險管理及危機處理作業手冊」所界定之風險管理架構與步驟如下：

一、風險管理架構

依據行政院研究發展考核委員會「風險管理及危機處理作業手冊」所界定之風險管理架構如圖8.2-1。風險管理的推動可以協助政府部門改善績效並達成公共價值(Public Value)，另可促成行政部門提供更好的服務、資源的更有效使用、更佳的計畫管理、避免貪瀆與浪費公帑並鼓勵創新。相反的，缺乏風險管理，人民與企業可能因公共服務不當與沒有效率的服務而浪費時間與金錢，政府部門的聲望可能因服務無法符合社會大眾的期望而受損。是故，風險管理的核心價值不僅在於降低威脅，更是追求機關的創新機會與公眾價值。

二、風險管理步驟

執行風險管理步驟的機關應該建立活動的目標、策略、範圍和關鍵因素等。機關應該在詳細考慮過所有需求與所需的資源後，才執行這個步驟。以達到成本、利益與機會三者的平衡。設定風險管理步驟的應用範圍與限制時，應包括下列事項：

- (1) 定義計畫或活動，並訂定其目標；
- (2) 界定計畫的時間範圍及空間範圍；
- (3) 明定任何必要的分析及其範圍、目標與所需的資源。
- (4) 明定所執行的風險管理活動的範圍及內容。
- (5) 在執行風險管理時，機關內各個部門所扮演的角色及所負的責任。
- (6) 風險管理計畫與其他計畫或機關內其它部門之間的關係。

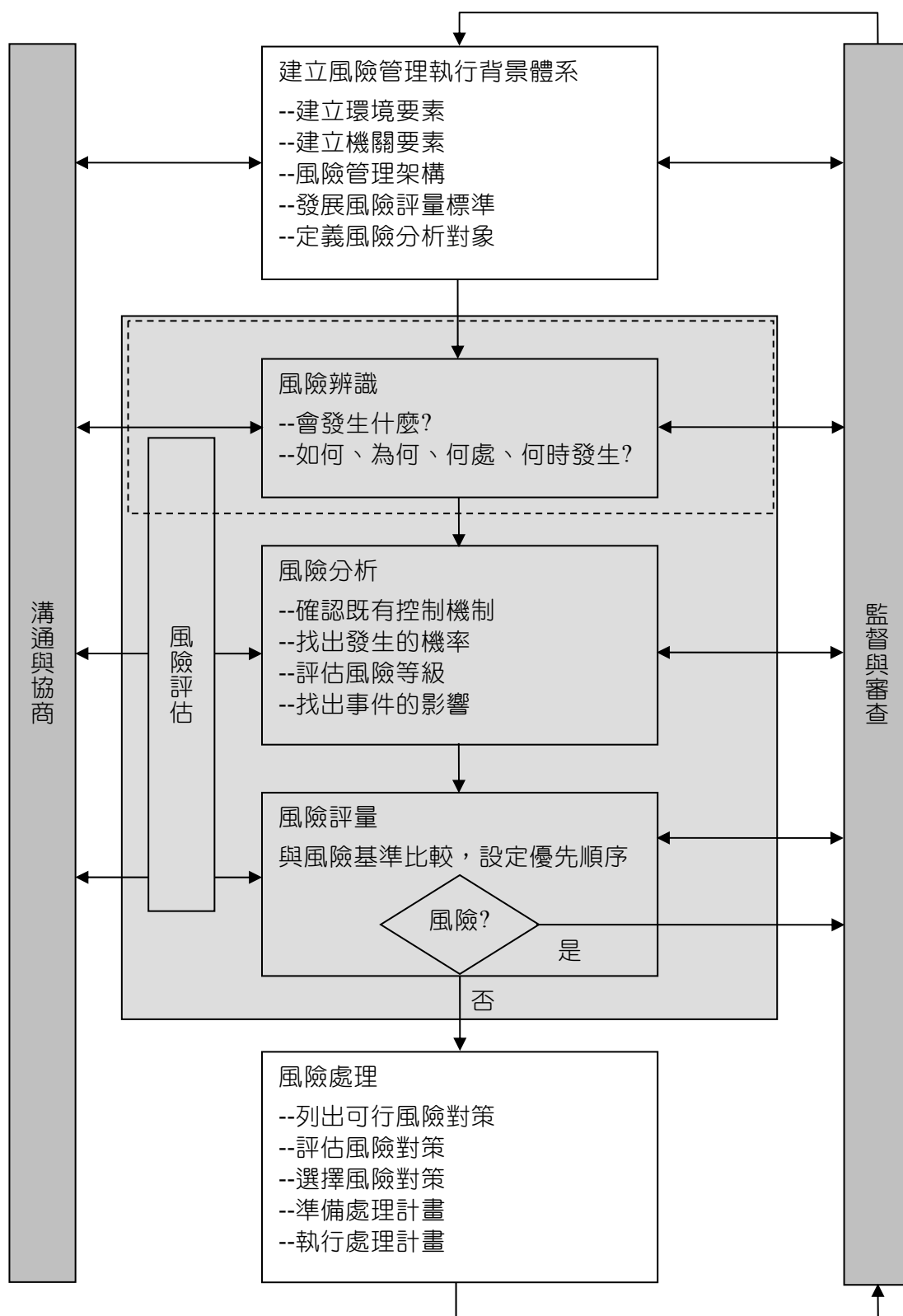


圖 8.2-1 風險管理架構

8.2.2 風險項目評估

一、方案或情境

為瞭解建設經費籌措能否依照期程規劃順利到位之可能風險，依據經費來源(國道基金)或是建設經費增加超過預期之可能性，共設定如下：

(1) 風險情境-1：建設成本增加

二、風險辨識

以風險情境-1，進行風險辨識與項目分析，整理如表8.2-1。

三、風險評量標準

風險辨識並確認後，逐一就各潛在風險，交互比較判斷其發生之可能性高低及影響嚴重性之輕重，並予以量化風險評量。

一般風險等級的評估決定於以下兩個因素：

- 風險可能性：風險發生的機率
- 風險嚴重度：一旦發生，對成本或效益所造成之影響，即衝擊嚴重性

有關風險可能性等級及嚴重度等級，採量化式表達，如表8.2-2與表8.2-3所示。

風險評估是融合可能性等級與嚴重度兩個因素來判定其風險等級，而所判定的方法，係利用風險等級矩陣法之風險評值表(風險值=可能性×嚴重度)，如表8.2-4所示。

風險等級將依衝擊值區分為4級，亦即極度嚴重、高度嚴重、中度嚴重及低度嚴重等4級，簡述如表8.2-5。

表 8.2-1 風險情境表

風險項目	風險發生原因	可能後果
風險情境-1：建設成本增加		
R1.1 工程經費增加	通貨膨脹，或因特別理由改變施工方法或項目而增加工程經費。	無法執行計畫、尋找其他財源或需重新協調耐震補強性能標準。
R1.2 橋梁耐震需求提昇	發現新第一類活動斷層或因大地震造成耐震需求提昇。	無法執行計畫、尋找其他財源或需重新協調耐震補強性能標準。

表 8.2-2 風險可能性等級分級表

可能性狀況	等級
極有可能(30%~50%)	3
有可能(10%~30%)	2
可能性低(0%~10%)	1

表 8.2-3 風險嚴重度等級分級表

嚴重度狀況	等級
重大	3
中等	2
輕微	1

表 8.2-4 風險評值表

風險評估值			嚴重性		
			輕微	中等	重大
			1	2	3
可能性	極為可能	3	3	6	9
	有可能	2	2	4	6
	可能性低	1	1	2	3

表 8.2-5 風險等級表

衝擊值	風險等級
9	極度(E)：(不可忍受)風險最大，不可能被接受，是最須特別控管，必須利用任何有效方法來降低風險。
3-6	高度(H)：(不理想)：這種風險次之，也是不可能被接受，亦須研擬對策來消除或降低風險。
2	中度(M)：(可忍受)：這種風險雖較小，但仍須進行一些控管活動去降低風險。
1	低度(L)：(可忽略)：這種風險最小，不須執行特定的活動。

四、風險本質分析

透過資料蒐集分析、風險因子敏感度分析，以及風險評估小組討論，評定各項風險項目或因因子發生機率與影響衝擊程度，進一步評估風險項目或因因子之風險等級，相關假設與評估結果如表8.2-6，原控制項目下風險圖像分析如表8.2-7。

其中嚴重度主要依據總建設經費之變動額度，總建設經費之變動額度增加達50%以上者，界定為嚴重度重大，影響50~20%者，界定為嚴重度中等，影響20%以下者，界定為嚴重度輕微。可能性的發生機率則參酌前期耐震補強計畫及國內其他重大交通建設的推動情形進行初步判斷。

- (1) 經風險評估，本計畫無極度風險等級(9)。
- (2) 屬高度風險等級者(不理想)，須研擬對策來消除或降低風險者，包括R1.1工程經費增加。
- (3) 屬中度風險等級者(可忍受)，這種風險雖較小，但仍須進行一些控管活動去降低風險，包括R1.2 橋梁耐震需求提昇。

表 8.2-6 風險等級評估

風險情境	風險項目	風險評估值			說明
		可能性	嚴重度	風險等級	
建設成本增加	R1.1 工程經費增加	2	3	6	根據本計畫財務敏感度分析結果，當工程經費增加20%，益本比降為0.93。根據第1期及第2期耐震補強工程(第一優先路段)實際補強施工經驗，工程經費增加20%機率為有可能(2)，嚴重度重大(3)，計算風險等級(6)，屬高度風險，須研擬對策來消除或降低風險。
	R1.2 橋梁耐震需求提昇	1	2	2	本計畫橋梁耐震評估補強標準，將依據現行98年6月交通部頒「公路橋梁耐震設計規範」辦理，另經濟部中央地質調查所99年5月公布新增第一類活動斷層，其斷層近域效應亦將納入考量。顯示因橋梁耐震需求提昇造成建設成本增加可能性低(1)，嚴重度中等(2)，計算風險等級(2)，屬中度風險，仍須進行一些控管活動去降低風險。

表 8.2-7 原控制項目下風險圖像矩陣

風險評估值			嚴重度		
			輕微	中等	重大
			1	2	3
可能性	極為可能	3	(3)	(6)	(9)
	有可能	2	(2)	(4)	(6) R1.1
	可能性低	1	(1)	(2) R1.2	(3)

8.2.3 風險處理構想

針對影響本案推動的重要變動因素，研議相關風險管理機制如下：

一、工程經費之管理控制

本計畫為橋梁耐震補強工程，工程經費風險管控上，參考前期耐震補強累積之執行經驗，透過計畫各階段之管理控制，以降低發生機率，並減少衝擊程度。除於規劃階段應審慎核實評估外，利用圖說及規範明確訂定工程所要達成之目標或狀態，並考量計畫未來變化之可能性，確認材料及人力市場之變異性、法令規章可能之變化、物價上漲等影響，以準確估計所需之施工期程及經費，亦力求規劃內容與現地狀況相互結合，避免後續設計變更，有效管理並控制工程進度，避免因工程遲延造成工程預算增加。

二、橋梁耐震需求提昇的掌握

本計畫橋梁耐震評估補強標準，除依據現行98年6月交通部頒「公路橋梁耐震設計規範」，並將經濟部中央地質調查所99年5月公布新增第一類活動斷層之斷層近域效應納入考量外，亦應參考最新「公路橋梁耐震性能設計規範草案」複審成果，取保守辦理，以避免因短期內因規範變革或橋梁耐震需求提昇，造成變更設計建設成本增加。

8.2.4 預估殘餘風險初步分析

根據風險處理計畫，研擬風險管控策略，預期降低主要風險項目發生機率與嚴重度，剩下之殘餘風險整理如表8.2-8與殘餘風險圖像如表8.2-9。

表 8.2-8 風險管控與殘餘風險分析

風險 情境	風險 項目	原控制項下風險評估值			風險管控策略		新控制項下風險評估值 (殘餘風險)		
		可能性	嚴重度	風險等級			可能性	嚴重度	風險等級
		極為可能(3) 有可能(2) 可能性低(1)	重大(3) 中等(2) 輕微(1)	極度(E)9 高度(H)3~6 中度(M)2 低度(L)1	新增控制 項目	負責 單位	極為可能(3) 有可能(2) 可能性低(1)	重大(3) 中等(2) 輕微(1)	極度(E)9 高度 (H)3~6 中度(M)2 低度(L)1
建設成 本增加	R1.1 工程經 費增加	2	3	6	■加強規設階 段經費估算 有效管理並 控制工程進 度，避免因工 程遲延造成 預算增加。	交通部	2	1	2

表 8.2-9 新增控制項目下殘餘風險圖像矩陣

風險評估值			嚴重度		
			輕微	中等	重大
			1	2	3
可能性	極為可能	3	(3)	(6)	(9)
	有可能	2	(2) R1.1	(4)	(6)
	可能性低	1	(1)	(2) R1.2	(3)

8.3 相關機關配合事項

本計畫屬既有橋梁結構耐震補強，隨橋梁所在區位環境不同，補強施工期間可能涉及相關山坡地水土保持、河川工地使用申請、施工中交通維持及環保等作業，將由交通部依相關規定辦理，就實質耐震補強工程內容，積極協調農委會、經濟部、環保署及橋址所在地方政府各相關主管機關協助。

8.4 中長程個案計畫自評檢核表

本計畫依行政院103年9月26日行政院院授發綜字第1030801048號函修正「行政院所屬各機關中長程個案計畫編審要點」規定，填寫中長程個案計畫自評檢核表，詳如附錄一。

8.5 性別影響評估

一、計畫主要議題

民國88年9月21日臺灣地區發生芮氏地震規模達7.3的集集大地震，造成中部地區相當重大的生命及財產損失，高公局為防範於未然，隨即推動「國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程計畫」，並於98年度完成計畫所列之第1期工程。

尚未辦理之原第2、3期耐震補強工程，則依據新頒「公路橋梁耐震設計規範」與其修訂內容，於99年度合併為「國道高速公路(通車路段)橋梁耐震補強工程第2期工程計畫」，並綜合考量各路段橋梁結構之耐震能力「耐震指標」及震損之社會成本「交通衝擊指標」，同時考量路網特性，將第2期計畫分為3個優先路段逐步執行：

- 第1優先路段：國道3號汐止系統至竹南路段；
- 第2優先路段：國道3號新化至燕巢系統及國道10號全線(含高雄支線及旗山支線)；
- 第3優先路段：國道3號基隆汐止段、國道3號南港聯絡線、國道3甲台北聯絡線、國道5號南港至石碇路段、國道3號燕巢九如段及國道8號台南環線。

高公局現正進行第2期工程第1優先路段施工作業，為持續檢討後續路段國道橋梁耐震標準，本案針對第2期工程第2、3優先路段橋梁，及民國90年以後通車國工局建議通案辦理檢討路段橋梁，及考量經濟部地質調查所2010年公布新增第1類活動斷層對國道橋梁的影響，進行整體檢討並擬訂後續路段最適補強策略與建設計畫，實續辦理橋梁耐震補強工作。

二、計畫相關資料

為深入了解計畫相關內容並釐清議題，應進行必要之資料蒐集，主要項目有2：

1. 檢視與本計畫有關的法令、國際規範及性別政策趨勢，包括：
 - I. 交通部相關規範，如公路橋梁耐震設計規範、公路橋梁耐震能力評估及補強準則(草案)等。
 - II. 基本人權、婦女政策綱領化性別主流化政策之基本精神，參閱行政院性別平等會網站(<http://www.gec.ey.gov.tw/Default.aspx>)。
 - III. 世界人權公約、消除對婦女一切歧視公約、AEPC、OECD或UN等國際組織相關性別核心議題者，參閱行政院性別平等會網站(<http://www.gec.ey.gov.tw/Default.aspx>)。
2. 蒐集或調查與本計畫相關的性別統計資料、研究報告。

依據「交通部部屬機關(構)性別影響評估作業指南」定義權益關係人包括使

用者、非使用者、營運者(設施完成後之相關營運單位)、管制者(中央及地方機關、執行法令制定與營運監理等工作人員)與規劃者(計畫承辦人員與受委託單位)等五類。本計畫範圍國道橋梁主要之使用者為全體用路人，包含職業駕駛者、普通駕駛者及乘客；管制者包括交通部與高公局；規劃者包括計畫承辦人員及工程承包廠商，相關性別統計資料蒐集如表8.5-1至表8.5-5所示。

表 8.5-1 全國人口性別統計

年度	100年		101年		102年	
性別	男(人)	女(人)	男(人)	女(人)	男(人)	女(人)
總計	11,645,674	11,579,238	11,673,319	11,642,503	11,684,674	11,688,843
0~4歲	498,746	458,244	511,559	472,124	512,213	474,738
5~9歲	579,777	528,609	558,811	509,463	543,718	496,255
10~14歲	748,622	687,792	709,152	650,568	689,170	630,507
15~19歲	837,814	774,423	839,044	776,481	809,139	747,813
20~24歲	832,933	771,069	840,354	775,225	833,182	768,360
25~29歲	899,967	878,871	857,626	830,809	842,171	808,320
30~34歲	1,007,873	1,015,193	1,015,792	1,023,196	1,003,345	1,010,845
35~39歲	914,496	930,095	928,490	945,898	952,401	971,681
40~44歲	919,426	922,634	912,991	924,215	899,869	915,802
45~49歲	951,201	954,537	935,207	939,746	925,294	931,020
50~54歲	893,621	907,285	912,094	926,068	923,924	939,840
55~59歲	790,656	817,458	803,377	833,060	822,075	853,482
60~64歲	571,994	603,327	624,453	659,867	666,914	707,033
65~69歲	345,490	379,048	356,836	390,644	378,513	413,650
70~74歲	308,671	361,279	315,219	367,737	322,248	374,216
75~79歲	229,209	269,771	229,340	280,443	232,756	290,429
80~84歲	189,644	183,798	187,308	191,268	182,091	198,069
85~89歲	92,019	94,311	98,577	100,306	105,360	107,644
90~94歲	26,964	33,242	30,022	36,268	32,648	39,326
95~99歲	5,524	7,138	5,752	7,833	6,225	8,393
100以上	1,027	1,114	1,315	1,284	1,418	1,420

資料來源：內政部戶政司—人口年齡分配

表 8.5-2 領有駕駛執照男女人數

年度	職業駕駛人		普通駕駛人		總計		
	男(人)	女(人)	男(人)	女(人)	男(人)	女(人)	共計(人)
98年	469,852	11,130	6,594,256	4,581,041	7,064,108	4,592,171	11,656,279
99年	465,771	11,173	6,728,846	4,736,427	7,194,617	4,747,600	11,942,217
100年	464,008	11,213	6,852,919	4,893,593	7,316,927	4,904,806	12,221,733
101年	463,517	11,486	6,968,105	5,037,966	7,431,622	5,049,452	12,481,074
102年	458,363	11,645	7,072,213	5,177,364	15,616,134	10,936,580	26,552,714

資料來源：交通部—領有駕駛執照人數—按年齡及性別分

表 8.5-3 自用小客車駕駛人男女比率

年度	男(%)	女(%)
87年	80.6	19.4
89年	75.8	24.2
91年	74.1	25.9
93年	71.7	28.3
95年	70.1	29.9
97年	70.9	29.1
99年	70.0	30.0
101年	69.8	30.2

說明：本調查資料每2年產生乙次。

資料來源：交通部—臺灣地區自用小客車使用狀況調查。

表 8.5-4 公路汽車客運駕駛員男女人數與比例

年度	男		女	
	人數 (人)	比例 (%)	人數 (人)	比例 (%)
100年	8,531	98.8	102	1.2
101年	7,534	95.5	358	4.5
102年	8,018	95.0	423	5.0

附註：公路汽車客運駕駛人性別資料自100年起建置。

資料來源：交通部—交通從業及運輸受益者性別統計

表 8.5-5 交通部及所屬機關(構)職員男女人數統計

年度	交通部			交通部臺灣區國道高速公路局		
	男(人)	女(人)	計(人)	男(人)	女(人)	計(人)
97年	179	174	353	794	259	1,053
98年	178	173	351	779	252	1,031
99年	178	176	354	744	247	991
100年	178	175	353	693	241	934
101年	175	166	341	664	243	907
102年	166	172	338	643	243	886

資料來源：交通部—交通部及所屬機關(構)正式編制內職員按年齡及性別分

三、性別相關議題

本計畫範圍內國道橋梁之主要使用者為全體用路人，包含職業駕駛者、普通駕駛者及乘客。根據前列之統計資料顯示(表8.5-2~表8.5-4)，無論持有職業駕駛執照或普通駕駛執照之人數皆呈現男性多於女性的情形，或由全國統計之自小客車駕駛人比例、公路汽車客運駕駛員性別比例亦以男性居多。然國道橋梁服務對象包括駕駛及乘客，管制機關並未對高速公路使用者之性別、年齡加以限定，由表8.5-1可知，於全國人口統計方面，男女總人口差異不大；故針對國道橋梁進行耐震評估及補強，提昇橋梁地震時之安全性能，任一族群均可受益。

本計畫對非使用者之影響可分為計畫執行期間與計畫完成後兩個階段進行探討。

於計畫執行期間，可能須配合施工進行局部交通管制或對週邊住民造成不便，但在安排施工計畫時會將其納入考量，以期對非使用者之交通便利性、安全性的影響降到最小。於計畫完成後，因已提升橋梁之耐震能力，可大幅降低橋梁遭受地震侵襲時之損害，甚至是落橋或倒塌的可能性，維修復舊的時間亦可因此縮短，故本計畫對於非使用者之生命安全、震後交通便利性等具有正面影響，不因其為任一特定性別而有所差異。

另就監督機關而言，依據表8.5-5之統計結果，交通部職員之男女人數大致差異不大，但國道高速公路局職員人數則可明顯看出男性較多，或可歸因於國道高速公路局之業務範圍為道路交通運輸管理與維護，而早期修習理工領域多以男性為主。但因公務人員之進用係透過國家考試並經國家認可而聘任，無論男女皆同處於相同之評選標準，不因其屬任一特定族群而有特殊待遇。

本案之規劃者包括計畫承辦人員與工程承包廠商。主要計畫內容包含橋梁耐震補強工程之規劃、施工等，由於營建、土木工程領域之從業人員以男性居多，故與本計畫相關人員之男性人數略多於女性。未來實際施工時，可統計相關從業者之男女人數，有助於了解本計畫是否鼓勵或有益於女性工程人員之參與。彙整本計畫對於各相關權益關係人之可能性別影響列於表8.5-6。

表 8.5-6 本計畫對於各相關權益關係人之可能性別影響

對象	可能影響	評定原因說明
使用者	☐ 有影響 ☒ 無影響	本道路主要之使用者為全體用路人，包含職業駕駛者、普通駕駛者及乘客。因全國之男女人口比例差異不大，且主管機關亦未對高速公路使用者之性別、年齡加以限定，因此任一族群均可受益。
非使用者	☐ 有影響 ☒ 無影響	計畫執行期間，可能須配合施工進行局部交通管制或對週邊住民造成不便，但在安排施工計畫時亦會將其納入考量，以期對非使用者之交通便利性、安全性的影響降到最小。在計畫完成後，因已提升橋梁之耐震能力，可大幅降低橋梁遭受地震侵襲時之損害，甚至是落橋或倒塌的可能性，維修復舊的時間亦可因此縮短，故本計畫對於非使用者之生命安全、震後交通便利性等具有正面影響，不因其為任一特定性別而有所差異。
營運者	☐ 有影響 ☒ 無影響	本計畫係針對國道橋梁進行耐震評估與補強，提升國道之交通安全性，影響範圍廣泛。舉凡公路客/貨運輸、觀光等各項產業，皆可因此直接或間接受益，不因其性別、性傾向或性認同者而有區別。
管制者	☐ 有影響 ☒ 無影響	本計畫之管制者為交通部與國道高速公路局。公務人員須經國家考試評選合格後進用，無論男女皆同處於相同之考核標準，不因其屬任一特定族群而有特殊待遇。
規劃者	☒ 有影響 ☐ 無影響	本案規劃者包括計畫承辦人員與工程承包廠商。主要計畫內容包含橋梁耐震補強工程之規劃、施工等，由於營建、土木工程領域之從業人員以男性居多，故與本計畫相關人員之男性人數略多於女性。

四、性別目標設定

本計畫完成高速公路後續路段橋梁耐震評估及補強後之預期目標有下列四點：

1. 於日後大地震侵襲時，達到減少損害、避免傷亡的主要目標。
2. 結合已完成耐震補強之國道路網，建構臺灣高效率的地震救災緊急道路系統。
3. 提供21世紀國家經濟持續發展所需之高安全性基礎交通建設。
4. 透過「中度地震不壞、設計地震可修、最大考量地震避免落橋或崩塌」耐震理念，達成國家整體防災之永續發展總目標。

本計畫針對高速公路後續路段橋梁進行耐震評估及補強，性別目標可設定為：

1. 營造性別友善環境，並提升女性從業者實際參與的意願，以改善營建、土木工程多以男性為主之現況。

五、兩性平等顧問參與

本計畫邀請沈采穎老師擔任本案兩性平等顧問，其為臺北市婦女新知協會 榮譽理事長、臺灣婦女團體全國聯合會理事及臺灣防暴聯盟常務理事暨評議委員，長年致力於兩性平等權益之爭取，對本案有絕對幫助。

本計畫主要透過電話、電子郵件及會議討論等方式溝通，沈顧問對本計畫能受惠大眾，表達認同與支持，沈顧問認為本計畫為公路建設，受益者為全體大眾，規劃、設計、施工及營運階段皆不排斥女性參與，由於一視同仁，提供安全國道路網，對性別平等環境、社會均無不合理之情況。