

公路橋梁耐震 評估與補強規範 之演進

關鍵詞：性能水準、性能目標、耐震補強

台灣世曦工程顧問股份有限公司／總經理／王炤烈 ❶

台灣世曦工程顧問股份有限公司／第二結構部／經理／蔣啟恆 ❷

台灣世曦工程顧問股份有限公司／第二結構部／正工程師／戚樹人 ❸

台灣世曦工程顧問股份有限公司／第二結構部／正工程師／蘇進國 ❹

桶頭橋

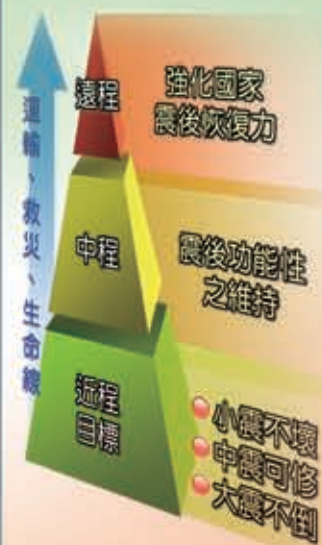
烏溪橋

石圍橋

名竹大橋

摘要 ABSTRACT

台灣地狹人稠，綿密之交通網路遂成為區域聯繫及經濟發展之主要依據，而受限於地形起伏變化，橋梁的功能維持更是確保交通運轉及經濟活動之主要關鍵。考量台灣位處環太平洋地震帶，地震頻仍，民國88年921集集大地震及今年的0206美濃大地震均造成國內重大經濟和人民財產損失，尤其集集地震造成許多橋梁為之損毀、交通運輸之中斷，救援資訊、人力、物品無法及時運送，其所產生後續之損失往往倍數於地震發生瞬間產生的災損。因此，對於現有橋梁安全評估及有效之耐震補強作業，除能於未來地震發生時，降低因橋梁損毀，造成交通運輸中斷，社會經濟衝擊之機率外，保持道路橋梁之暢通，更能大幅減少地震後所導致之國家總體損失，同時能加速災後工商業社經活動之恢復腳步。爰此，本文將簡述國內橋梁耐震評估與補強相關規範之演進歷史及緣由，冀能供為橋梁工程實務及學術研究之參考。



壹、公路橋梁耐震設計規範演進

交通部始於民國76年頒布「公路橋梁設計規範」，並開始規定橋梁之設計地震力，當時規範僅考量容許應力設計法及強度設計法，對於構材之韌性階段未作著墨。民國84年頒布「公路橋梁耐震設計規範」開始著重韌性設計之觀念，並按各種不同結構系統之韌性行為作為地震力折減之依據，以決定其設計地震力；該規範之耐震設計理念除須符合在工址回歸期475年之大地震作用下，橋梁不得崩塌之原則外，尚須考量在中度地震作用時，橋梁結構不得過早降伏，另外並配合相關耐震構造細節之嚴格規定來確保結構韌性。民國88年發生921集集大地震後，交通部為因應全台實際震度狀況，於民國89年4月修訂橋梁耐震設計規範部

分章節，除震區重新劃分外，另製作台北盆地之加速度反應譜，並增列設計垂直地震力之規定，及增列水平雙向地震效應與垂直地震效應之組合等規定。而民國98年6月所頒布之橋梁耐震設計規範係依地震危害度分析所得最新之研究成果，並參考活動斷層位置與過去大地震發生之紀錄，重新整合工址加速度係數(Z)與正規化加速度反應譜係數(C)，改以設計地震水平譜加速度係數(S_{D})進行震區劃分，且新增「鋼橋墩構材之韌性要求」及「隔震與消能設計」章節。相關耐震設計規範之演進詳如表1所示。

表1 公路橋梁耐震設計規範背景說明一覽表

年代	設計規範	設計地震力	重要沿革或變更說明	防落橋設施
76年以前	<ul style="list-style-type: none"> 43年中國工程師學會編印之袖珍工程手冊訂定 49年交通部頒「公路橋梁工程設計規範」 63年內政部頒「建築技術規則」 	(I) 43年： $V=K_h \cdot W$ ($K_h=0.1$ 弱震區及0.15強震區，詳圖1) <ul style="list-style-type: none"> V：設計地震水平力 K_h：水平地震力係數 W：靜重 (II) 63年： $V=K_h \cdot W$ ($K_h=0.075$ 弱震區、0.1中震區及0.15強震區，詳圖2)	<ul style="list-style-type: none"> 本階段建造之橋梁，部分橋梁設計資料無可考，部分橋梁由橋梁工程師依據學理及設計規範自行設計。 63年~68年公路局編製公路橋梁設計範例(一)~(三)供橋梁工程師設計參考。 72年~74年公路局編製橋梁工程標準圖(RC版橋、RCT梁橋、PCI梁橋及下部結構)供橋梁工程師設計參考。 	<ul style="list-style-type: none"> 部分橋梁未設置防落橋裝置。 72年橋梁工程標準圖附有剪力鋼棒及止震塊標準圖，部分橋梁已配合設計剪力鋼棒及止震塊等防落橋裝置。
76年 ~ 84年	<ul style="list-style-type: none"> 76年交通部頒「公路橋梁設計規範」 	$V=K_h \cdot W=$ $\begin{cases} ZSIC_o \cdot W & (h \leq 15m) \\ \beta ZSIC_o \cdot W & (h > 15m) \end{cases}$ $\geq 0.1W$ (K_h 約=0.1~0.27) <ul style="list-style-type: none"> Z：震區係數(0.6、0.8、1.0及1.2) S：地層係數 I：重要性係數 C_o：標準設計震力係數 β：調整係數 W：靜重 	<ul style="list-style-type: none"> 主要係依AASHTO1977年版為藍本，並參照1983年版進行修改。 開始納入耐震理論觀念，並將地質與動力反應因素列入考量。 80年公路局修訂橋梁工程標準圖(RC版橋、RCT梁橋、PCI梁橋)。 	<ul style="list-style-type: none"> 大部分橋梁已參考橋梁工程標準圖設計剪力鋼棒及止震塊等防落橋裝置。
84年 ~ 89年	<ul style="list-style-type: none"> 84年交通部頒「公路橋梁耐震設計規範」 	$V = \frac{ZI}{1.2\alpha_y} \left(\frac{C}{F_u}\right)_m W$ <ul style="list-style-type: none"> Z：工址地表水平加速度係數(0.18、0.23、0.28及0.33，詳圖3) I：用途係數(1.0及1.2) C：工址正規化水平加速度反應譜(分第一、二、三類地盤及台北地盤) F_u：結構系統地震力折減係數 α_y：起始降伏地震力放大倍數 	<ul style="list-style-type: none"> 耐震設計係以面對工址回歸期475年地震為目標。 橋梁結構須作韌性設計。 須考量水平兩直交方向地震效應之載重組合。 72~84年公路局編訂之橋梁工程標準圖已不符84年版耐震設計規範。 	<ul style="list-style-type: none"> 大部分橋梁防落長度符合84年規範規定並設置剪力鋼棒及止震塊等防落橋裝置。 部分橋梁加設防震拉條。
89年 ~ 98年	<ul style="list-style-type: none"> 89年交通部頒「公路橋梁耐震設計規範」部分章節修正 	$V = \frac{ZI}{1.2\alpha_y} \left(\frac{C}{F_u}\right)_m W$ <ul style="list-style-type: none"> Z：工址地表水平加速度係數(0.23及0.33，詳圖4) I：用途係數(1.0及1.2) C：工址正規化水平加速度反應譜(分第一、二、三類地盤及台北地盤) F_u：結構系統地震力折減係數 α_y：起始降伏地震力放大倍數 	<ul style="list-style-type: none"> 考量921集集大地震發生規模，修正工址地表水平加速度係數。 橋梁新增考量垂直地震力。 須考量水平兩直交方向及垂直方向地震效應之三方載重組合。 	<ul style="list-style-type: none"> 橋梁防落長度須符合規範規定並設置剪力鋼棒及止震塊等防落橋裝置。 部分橋梁加設防震拉條。

年代	設計規範	設計地震力	重要沿革或變更說明	防落橋設施
98年 迄今	<ul style="list-style-type: none"> 98年交通頒「公路橋梁耐震設計規範」 	$V_D = \frac{I}{1.2\alpha_y} \left(\frac{S_{aD}}{F_{uD}} \right)_m W$ $V_M = \frac{I}{1.2\alpha_y} \left(\frac{S_{aM}}{F_{uM}} \right)_m W$ $V_{min} = \frac{IS_{aD}}{3.25\alpha_y} W$ $V = \text{Max}(V_D, V_M) \geq V_{min}$ <ul style="list-style-type: none"> S_{aD}：設計地震水平譜加速度係數 S_{aM}：最大考量地震水平譜加速度係數 I：用途係數(1.0及1.2) F_{uD}：設計地震結構系統地震力折減係數 F_{uM}：最大考量地震結構系統地震力折減係數 α_y：起始降伏地震力放大倍數 	<ul style="list-style-type: none"> 分一般工址、活動斷層近域及台北縣市區域三種情況計算。 台北盆地設計地震微分區劃分由原先1區調整為3區。 橋梁振動單元垂直地震力由上部結構與下部結構分開計算。 橋梁結構須作韌性設計。 針對鋼材材質、橋柱細部及接頭細部作原則性說明。 詳細規定隔震相關設計、分析及試驗標準。 	<ul style="list-style-type: none"> 橋梁防落長度須符合98年規範規定並設置剪力鋼棒及止震塊等防落橋裝置。 部分橋梁加設防震拉條

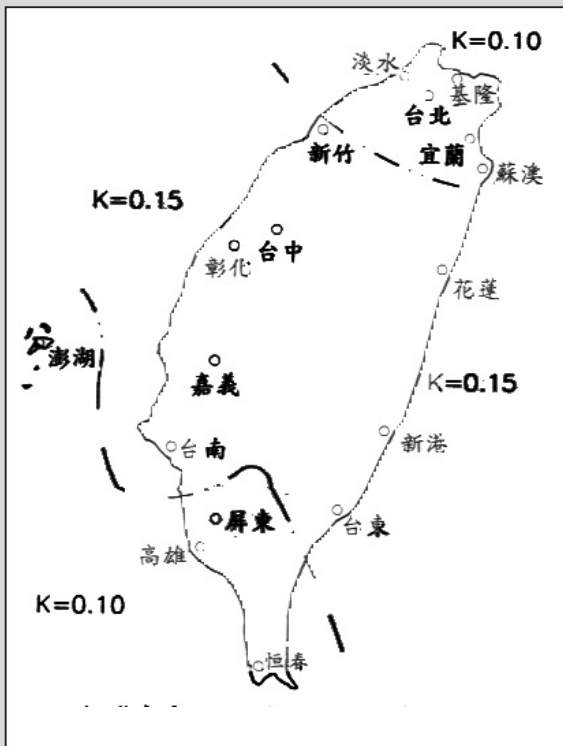


圖1 民國43年中國工程師學會編印之震區劃分圖

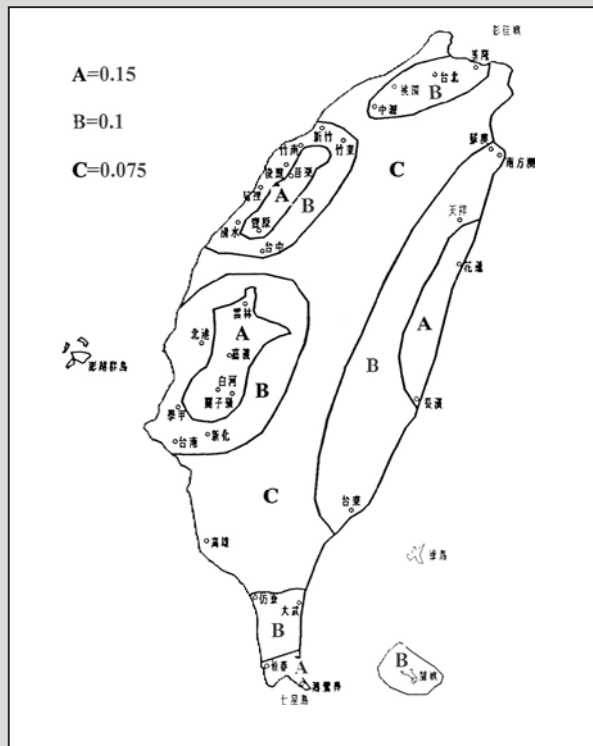


圖2 民國63年內政部頒佈建築技術規則之震區劃分圖

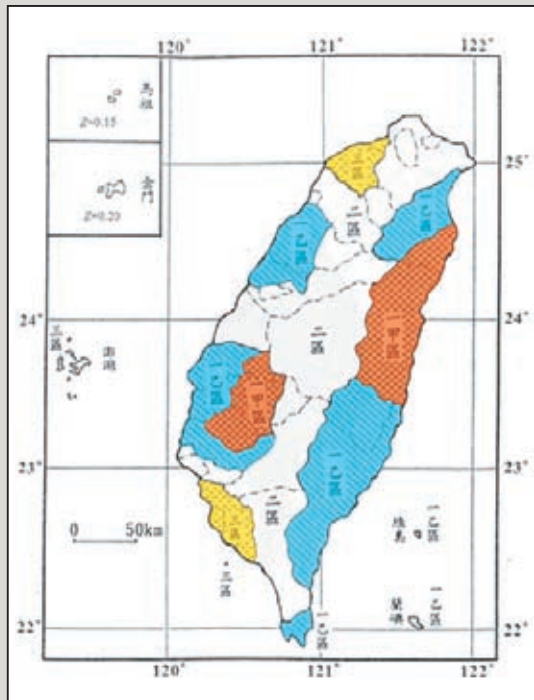


圖3 民國84年橋梁耐震規範之震區劃分圖



圖4 民國89年橋梁耐震規範修正後之震區劃分圖

貳、橋梁耐震能力評估與性能目標探討

一、電信與運輸系統之耐震安全評估與補強準則

民國85年交通部委託台灣大學地震工程中心研擬之「電信與運輸系統之耐震安全評估與補強準則」係為最早確立的耐震評估標準。其主要係以結構之尺寸、配筋與設計材料強度為依據，針對正規化加速度反應譜係數、結構系統地震力折減係數、工址水平加速度係數以及對韌性設計相關需求，計算橋梁結構之強度

與韌性，並以此來決定其發生各種破壞模式時所對應的地震地表加速度值，進而判別原結構是否需進行補強。評估之各種破壞模式，應包括根據強度、韌性所推估之破壞模式，以及落橋、支承破壞、土壤液化等之破壞模式，在求出橋梁在各種破壞模式下所對應之崩場地表加速度，再以危害度評估之觀念，求出橋梁在預期使用年限內所對應之設計地表加速度，以此為標準評估橋梁耐震能力是否足夠。橋梁耐震能力評估方法及步驟(如圖5)如下：

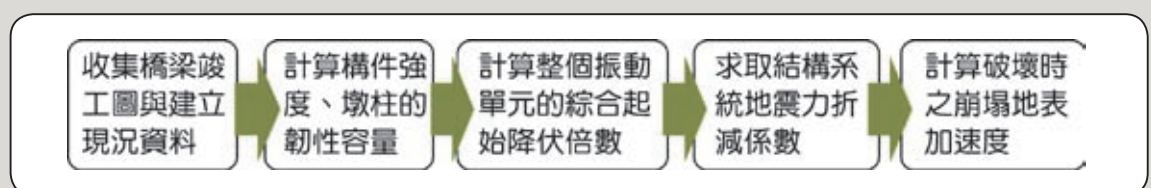


圖5 耐震安全評估與補強準則之橋梁耐震能力評估流程

(一) 確立耐震評估標準

現有橋梁型式依據地震危害度推估尚可使用年限為T年，則其耐震能力足夠與否的標準係以T年內超越機率10%之地震地表加速度為準。其對應的回歸期 T_r 依下式計算：

$$T_r = \frac{1}{1 - 0.97^T}$$

而回歸期 T_r 對應之地表加速度值 $a_{gr}(g)$ 可由下式推算：

$$\frac{a_{gr}}{a_g} = \left(\frac{T_r}{475}\right)^k$$

上式中 $a_g(g)$ 為使用年限50年內超越機率10%之475年回歸期之地表加速度值，k值介於0.30至0.45之間。橋梁再使用年限內之耐震評估標準，係以其回歸期 T_r 計算對應之設計地表加速度值 $a_{gr}(g)$ ，再加乘橋梁重要性係數(I)。

(二) 墩柱剪力容量檢核

計算地震時墩柱剪力容量，係依墩柱實際尺寸及箍筋配置情況，並且配合各項材料實測強度，計算出柱斷面之標稱剪力強度。對於墩柱反覆彎矩作用形成塑鉸時，倘若墩柱軸力過小，將會使得混凝土的抗剪能力急遽降低，因此在墩柱構材降伏後，依據規範規定計算塑鉸區之剪力強度及檢核。

(三) 建立結構分析模式

利用有限元素分析程式建立橋梁結構數值模型，經符合橋梁真實受力之靜力分析後，求得靜載重作用下柱底之軸力與彎

矩值，並求出在0.1g地震地表加速度作用下，彈性分析所得之墩柱軸力與彎矩值。

(四) 各破壞模式崩塌地表加速度推估

分別計算橋梁在各個破壞模式下所對應的地表加速度值，包含：(A) 根據構件強度、韌性推估之破壞；(B) 落橋破壞模式之耐震能力；(C) 支承破壞模式之耐震能力；(D) 基礎結構之耐震能力；(E) 液化潛能評估。其中，分析流程首重整個振動單元的綜合起始降伏倍數及結構系統地震力折減係數之評估。

二、公路橋梁耐震評估及補強準則(草案) (省道公路橋梁)

交通部公路總局委託台灣世曦工程顧問股份有限公司於97年9月完成「公路橋梁耐震能力評估及補強工程可行性研究」成果報告，後續公路總局委託國家地震工程研究中心於98年12月完成「公路橋梁耐震評估及補強準則之研究」成果報告及訂定準則草案，於草案中橋梁可依據安全性、服務性與可修復性，定義出PL3、PL2、PL1、PL0等四種性能水準，如表2所示。耐震性能水準PL3代表橋梁之降伏點，與表中所述結構保持彈性相同；耐震性能水準PL2代表橋梁已產生塑性變形，惟其量達至極限點全部塑性變形之1/3(若台北盆地為1/4)，與表中所述允許橋柱產生可修復之塑性變形相同；耐震性能水準PL1代表橋梁已產生塑性變形，惟其量達至極限點全部塑性變形之2/3(若台北盆地為1/2)，與表中所述避免橋柱過大殘留變形相同；耐震性能水準PL0代表橋梁已產生塑性變形，惟其量達極限點全部塑性變形(若台北盆地為3/4)，與表中所述避免橋柱崩塌相同。若以結構受力與變形關係描述各性能水準，可簡示如圖6所示。

表2 橋梁之性能水準

性能水準	安全性		修復性	
			短期(服務性)	長期(安全性)
PL3	結構保持彈性防止落橋	與地震前交通機能相同	簡易維修	經常維修
PL2	防止落橋與允許橋柱產生可修復之塑性變形	短期搶修可恢復震前交通機能	依既有緊急搶修工法，完成短期搶修	依既有修復工法，完成長期修復
PL1	防止落橋與避免橋柱過大殘留變形	短期搶修可限重限速恢復通行	更換受損構件或進行結構補強	封閉橋梁，進行局部重建
PL0	防止落橋與避免橋柱崩塌	得禁止通行，以替代道路或臨時便橋取代	得全橋或局部拆除重建	得全橋或局部拆除重建

此外，橋梁耐震性能目標之基本原則為中度地震下橋梁結構須保持彈性，震後無明顯之損壞及不需修復且可保有震前之交通機能；設計地震下橋梁依橋齡及用途係數容許產生不同程度之損傷，但須避免產生落橋或崩塌。民國97年新版耐震規範頒布後，當時省道公路橋梁之補強標準係依公路橋梁耐震評估及補強準則(草案)，考量不同橋齡之設計年代，將既有橋梁以其所採用之設計規範區分為三類，分別為：

- (一) 採用84年版或89年版部頒耐震設計規範設計。
- (二) 採用49年版或76年版部頒規範設計。
- (三) 採用49年版部頒規範公布前設計。

此三種不同設計規範年代之橋梁可有著不同之性能目標，以表3重要性橋梁為例(用途係數 $I=1.2$)，無論採用何種年代之版本規範，發生中度地震時，橋梁性能水準須保持彈性，須小於橋梁性能水準PL3；發生設計地震時，若採用84及89年版耐震規範設計橋梁，僅允許塑性變形達1/3(若台北盆地為1/4)，為橋梁性能水準PL2，若採用76年版以前之耐震設計規範者，則允許塑性變形達2/3(若台北盆地為1/2)，為橋梁性能水準PL1，如圖6所示。

表3 重要橋梁(耐震設計規範之用途係數 $I=1.2$)之性能目標

地震等級	採用之耐震設計規範版本		
	84及89年版	49及76年版	49年版以前
中度地震	PL3	PL3	PL3
設計地震	PL2	PL1	PL1

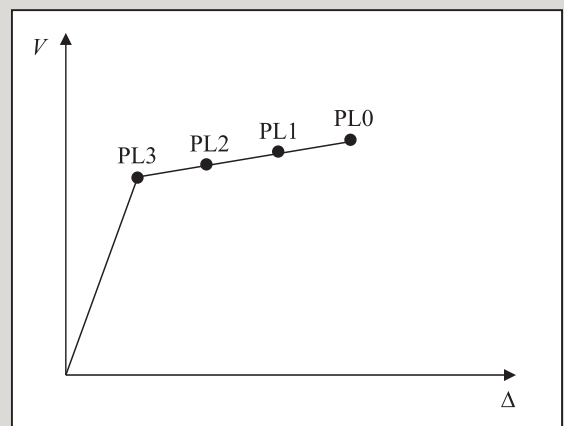


圖6 各種結構耐震性能水準對應之結構反應狀態

三、橋梁耐震評估及補強設計原則(國道高速公路橋梁)

國道高速公路既有橋梁之耐震補強標準應符合耐震規範規定之地震需求等級，地震等級以地震回歸期表示，其係透過均布危害度分析而訂定，並應考慮河川沖刷與邊坡穩定之影響，而橋梁耐震性能目標則參考交通部公路總局98年研擬「公路橋梁耐震能力評估及補強準

表4 國道高速公路橋梁耐震之性能要求

地震等級	性能狀態	耐震理念(安全性)	服務性能(使用性)	損壞等級(修復性)
I	PLA	結構保持彈性	震後正常通行	輕微
II	PLB	構件產生塑鉸，發揮容許韌性容量	震後有限通行	可修復
III	PLC	結構韌性容量完全發揮，橋梁不會落橋、崩塌	震後緊急通行	嚴重

說明：

1. 服務性能(Service Levels)：

- (1) 震後正常通行(Immediate)：地震後於24小時內，橋上交通可正常通行。
- (2) 震後有限通行(Limited)：地震後於幾天內，橋上可通行有限的交通(如車道縮減、輕型救災車輛等)；橋上全面通行則需數個月的時間復舊搶修。
- (3) 震後緊急通行(Emergent)：地震後於幾天內，利用緊急臨時支撐系統(可能需封閉局部交通搶修)，橋上可通行有限的交通(如車道縮減、輕型救災車輛等)；橋上全面通行則需數個月的時間復舊搶修。

2. 損壞等級(Damage Levels)：

- (1) 輕微(Minimal)：地震時，橋梁結構保持在彈性階段。
- (2) 可修復(Repairable)：地震造成橋梁構件之損壞，可在不損失其主要功能下修復；如韌性構件產生塑鉸，發揮至容許韌性容量為限。
- (3) 嚴重(Significant)：地震可能造成橋梁構件之嚴重損壞，但應避免崩塌(No Collapse)；如韌性構件產生塑鉸，發揮至極限韌性容量。

表5 地震等級

地震等級	規模定義	使用50年超越機率	地震迴歸期	工址地表加速度
I	中度地震	80%	30年	$0.4S_{DS}/3.25$
II	設計地震	10%	475年	$0.4S_{DS}$
III	最大考量地震	2%	2500年	$0.4S_{MS}$

則」(草案)以及國工局「公路橋梁耐震性能設計規範」(草案)複審成果報告書(102年11月)以耐震性能為基準之橋梁補強，表示補強後橋梁於不同等級地震作用下有其各別期望之性能準則，並依橋梁安全性、服務性與修復性定義三種性能要求，如表4所示。

安全性係考慮結構體耐震能力，在地震力作用下必須能保持不產生落橋與橋柱崩塌；使用性係期望地震後橋梁能繼續保有交通運輸與救災服務的功能；修復性則強調在不需大規模拆除重建的原則下，選用經濟合適的修復補強工法恢復橋梁原有功能。至於耐震補強設計需要達到的性能水準須依據地震等級，而地震力的需

求應依最新耐震設計規範中行政分區之水平加速度反應譜係數值及最新(2012)地調所公布第一類活動斷層相關資訊辦理，於橋梁鄰近第一類活動斷層橋梁之近域效應調整因子，應與現行交通部「公路橋梁耐震設計規範」與「公路橋梁耐震性能設計規範」(草案)複審成果報告書做比較，取其大值。對於強度不同的地震等級，其超越機率、迴歸期、地表加速度，如表5所示。

此外，對於橋梁耐震性能檢核要求而言，須對橋單元整體結構系統及構材之變形，採用定量分析進行橋梁耐震性能評估，以符合表4及表5所預期之耐震性能要求。橋單元結構耐震評估後之位移容量 Δ_A 、 Δ_B 及 Δ_C ，應確保大於地震等級I至等級III所引致之結構變形需求。地震等級I之檢核，係確保橋梁具備足夠強度抵禦地震力，各構材在地震等級I作用下均保持彈性，且地震等級I作用所引致之位移需求，應小於性能狀態PLA所限定之位移容量，即 $\Delta_I \leq \Delta_A$ 。地震等級II及等級III之檢核，則為確保橋梁具備足夠韌性展現非線性變形與消能能力，即 $\Delta_{II} \leq \Delta_B$ 及 $\Delta_{III} \leq \Delta_C$ ，如圖7所示。

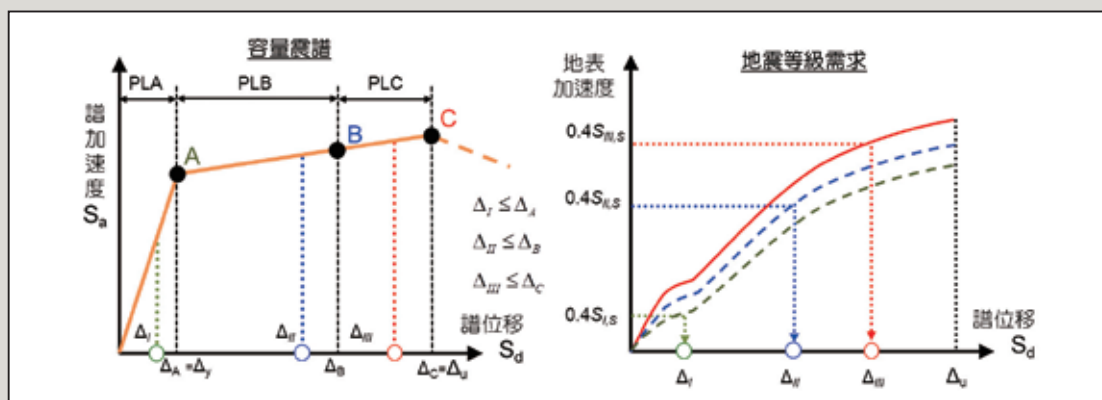


圖7 橋梁耐震性能目標之檢核示意圖

(註： $\Delta_B = \Delta_y + (\Delta_u - \Delta_y) / 1.5$)

表6 省道橋梁依使用年限制算地震需求之折減

設計使用規範	橋齡	預期補強後 使用年限(超越機率10%)	T_r (回歸期)	$\left(\frac{T_r}{475}\right)^k$	
				k=0.3(上限值)	k=0.45(下限值)
49年或更久	40年以上	20年	190年	0.760	0.662
76年以前規範	25~40年	30年	285年	0.858	0.795
76年規範	10~25年	40年	380年	0.935	0.904
84年以後規範	10年以下	50年	475年	1.0	1.0

參、橋梁耐震補強目標與補強對策探討

一、不同橋齡之省道橋梁補強標準

民國98年頒布橋梁耐震設計規範後，針對省道橋梁耐震補強標準之制定，曾引發專家學者廣泛討論，主因在於若考量以新橋服務年限50年之設計標準作為老舊橋梁耐震補強之標準，對某些老舊橋梁可能無法達到標準或在補強施工有困難時，可能須面臨拆除之命運，況且以此作為標準，可能導致大部分橋梁需大量的構件補強及基礎補強(多採用擴基或增樁方式進行)，或某些橋齡已達四、五十年者還要補強至新橋等級之耐震標準，而導致需龐大之工程經費來進行補強工作，因此，若補強工程費超過同型式橋梁新建工程費之50%時，則考量橋梁直接改建的方案。由於政府財政情況日益拮据，以龐大的經費來作全省橋梁之補強亦是一

項困難工作，故從經費之觀點上，應從補強之目標原則與補強方案來評估如何減少經費，而又能達補強效果，減少震害之損失來著眼。

爰此，省道橋梁係以橋梁設計規範或橋齡來釐訂不同預期使用剩餘年限，而超越機率統一制定為10%，並依「電信與運輸系統之耐震安全評估與補強準則」以回歸期 T_r 計算475年設計地震需求之折減(如表6所示)，如此各橋梁依其預期再使用年限不同，所對應之地震回歸期亦不相同，則其所需補強抵抗之地震規模等級也不盡相同。

二、國道橋梁耐震補強標準

考量國道高速公路為全台最重要之生命線救災道路，故其既有橋梁之耐震補強標準係以再服務年限達50年為原則，並應考慮河川沖刷與邊坡穩定之影響，相關耐震補強性能準則與

表4原則相同。於進行橋梁之耐震評估與補強設計時，若其補強工程費超過同型式橋梁新建工程費之45%，則需進一步檢核評估補強設計之合理性，若經詳細檢討各補強方案之工程實務性及經濟性後，仍造成不經濟或不合理的結果時，應檢討其再服務年限或性能標準，並追縱後續檢測評估或監測等配套措施。

此外，對於橋址鄰近活動斷層之既有橋梁而言，因經濟部中央地質調查所於近年逐步更新斷層分布資料，許多既有高速公路橋梁平行、跨越或鄰近第一類活動斷層，故而需要特別考量活動斷層近域效應。不同等級地震之地表水平加速度可歸納如下：

(一) 設計地震等級：

$$Z_D^{475} = F_a(0.4S_S^D N_A)$$

(二) 最大考量地震等級：

$$Z_D^{500} = F_a(0.4S_S^M N_A)$$

式中， S_S^D 為震區短週期之設計水平加速度係數， S_S^M 為震區短週期之最大考量水平加速度係數， F_a 為反應譜等加速度段之工址放大係數， N_A 為反應譜等加速度段之斷層近域調整因子。各工址放大係數與斷層近域調整因子可參酌現行公路橋梁耐震設計規範或相關研究成果進行評估。

三、橋梁補強對策探討

國內橋梁耐震補強技術，在面對大地震

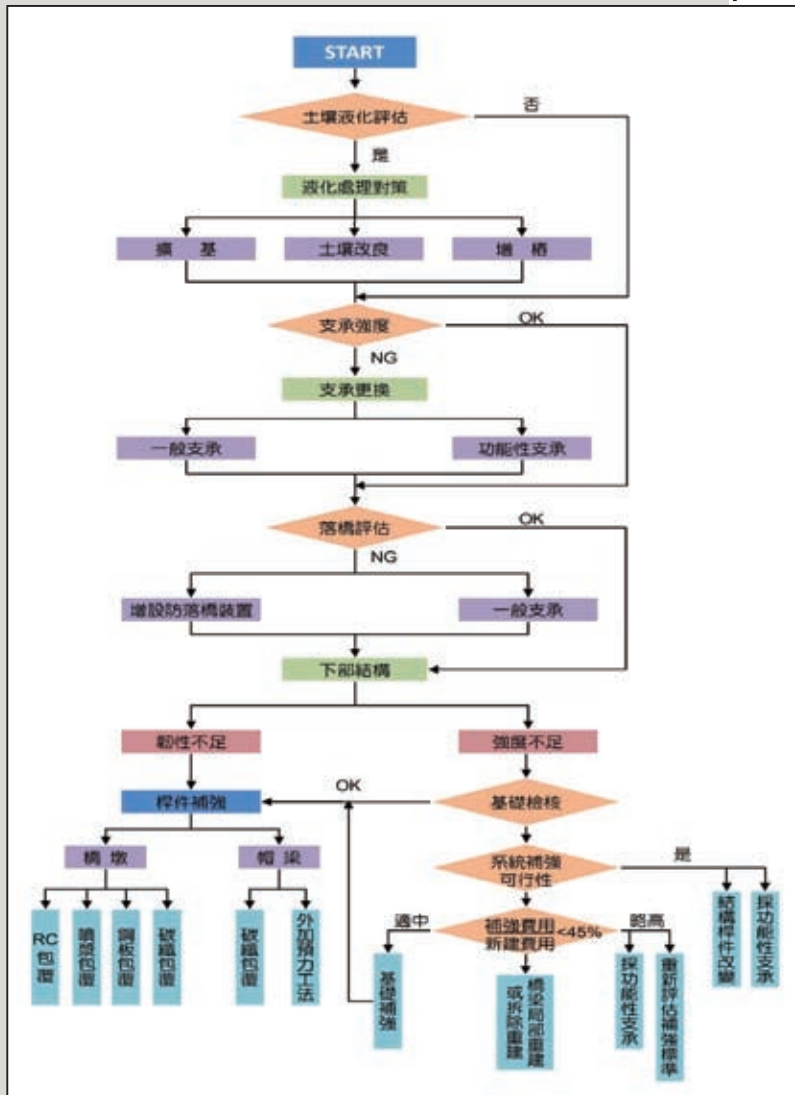


圖8 橋梁耐震補強方案評估之流程

襲擊與考驗後，皆感仍有所不足而持續發展與改進，尤其如何面對橋梁結構系統之特性與國內施工環境之限制，在經費預算限制下，考量橋梁生命週期成本之理念，研擬最佳的橋梁耐震補強方案，滿足橋梁耐震性能目標，係為補強對策之重點工作。參考國內傳統耐震補強工法，以及歐洲、美國、日本已成功運用之新材料與新工法，可彙整如圖8之補強流程，而各種補強方案可簡述如下：

(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、增加防落長度。

(三) 系統補強方案：改變橋單元結構系統、隔減震支承補強、地震力分散裝置、位移拘束工法、功能性支承等補強理念。

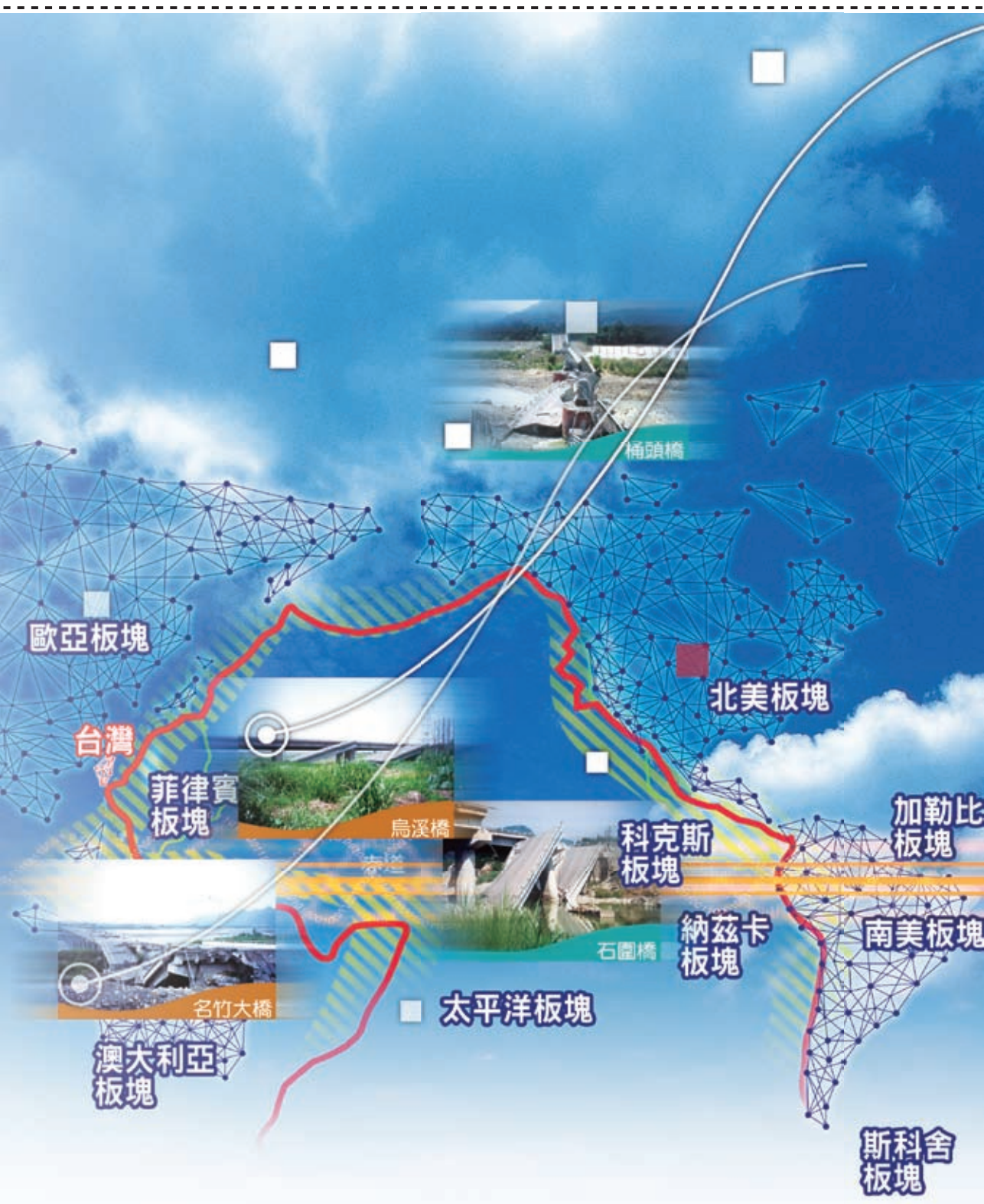
肆、結論

近年國際發生地震規模7以上之大地震多出現在「環太平洋地震帶」(Pacific volcanic seismic zone)，日本九州熊本縣4月16日發生規模7.3強震後，近期緬甸、阿富汗、印尼蘇門答臘島附近海域紛傳強震，位於南美洲的厄瓜多4月17日也遭規模7.8地震襲擊。由於台灣與日本、菲律賓、中南美洲等國家同處「環太平洋地震帶」，各國之地震學者專家紛紛感到憂心，環太平洋地震帶已進入活躍期。

在台灣整體防災計畫中，國道及省道係扮演最重要之防災運輸生命線，災變時將擔負維生線之功能，成為輸送救災物資、傷患與災民之交通主動脈，顯示橋梁係人民維生線上不可或缺之一環，進而影響搶救災害及復健工作之進行。隨著耐震概念的演進及耐震規範的更替，現有公路橋梁已無法滿足現行耐震需求，而須儘速依最新耐震規範予以檢討評估。地震工程耐震減災策略之趨勢，已由最基本的「小震不壞、中震可修、大震不倒」需求，進而發展至「震後功能性的維持」，並逐步再演進為現今的「強化國家震後恢復力」的橋梁耐震性能設計與補強工作，期能於日後大地震發生時，將損害程度降至最低且能滿足震後仍能維持緊急通行，並擔負整體防災計畫之運輸維生功能的重任。

參考文獻

1. 交通部，「公路橋梁設計規範」，交通技術標準規範公路類公路工程，民國76年1月。
2. 交通部，「公路橋梁耐震設計規範」，交通技術標準規範公路類公路工程，民國84年1月。
3. 交通部，「公路橋梁耐震設計規範」，交通技術標準規範公路類公路工程，民國89年4月。
4. 交通部公路總局，「公路橋梁耐震能力評估及補強工程可行性研究」，期末報告，民國97年9月。
5. 交通部，「公路橋梁耐震設計規範」，交通技術標準規範公路類公路工程，民國98年6月。
6. 交通部公路總局，「公路橋梁耐震評估及補強準則之研究」，成果報告，民國98年12月。
7. 交通部臺灣區國道新建工程局，「公路橋梁耐震性能設計規範」(草案)，複審成果報告書，民國102年11月。
8. 交通部臺灣區國道高速公路局，「橋梁耐震評估及補強設計原則」，國道高速公路後續路段橋梁耐震補強工程，民國104年12月。



3

專題報導