

鐵路橋涵地震風險評估 與 耐震補強排序

梁智信

中興工程顧問股份有限公司

中華民國102年10月09日

簡報內容

- 全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃
- 鐵路橋涵地震損失評估
- 鐵路橋涵地震風險評估
- 耐震補強排序
- 討論

全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃(1/9)

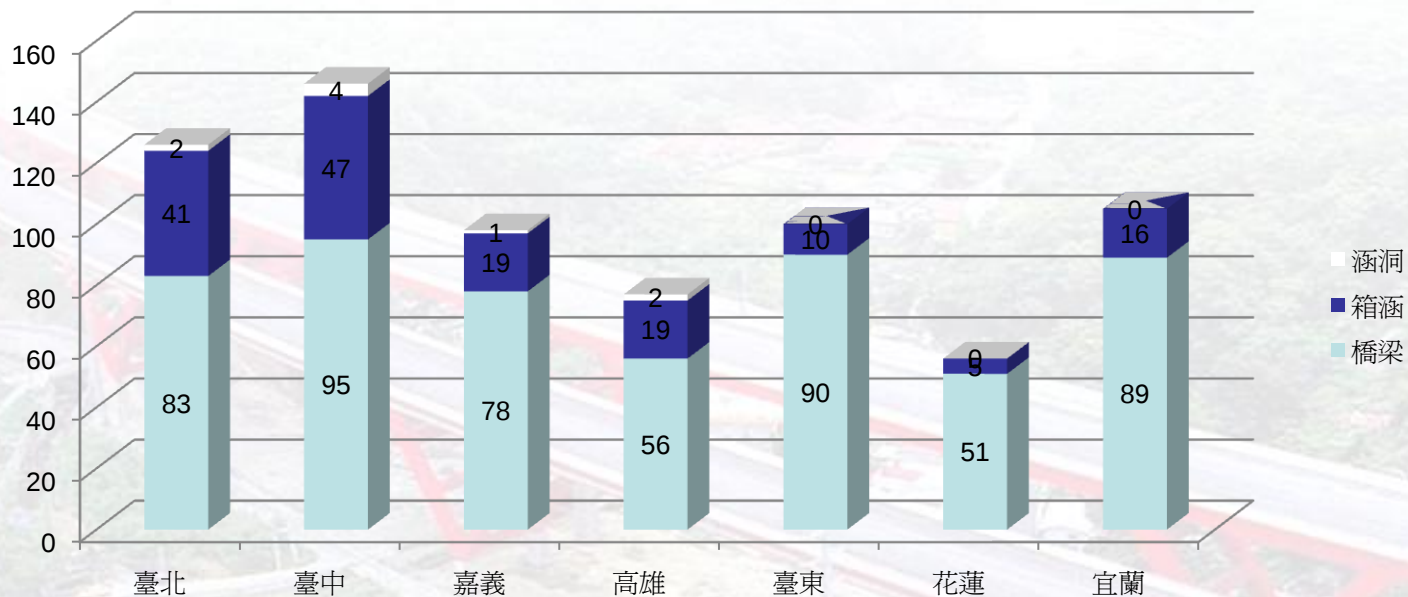
臺灣鐵路管理局轄內鐵路路線一覽表

	路線名稱	起迄站	路線等級	備註
主線	北迴線	蘇澳新站－花蓮	特甲級線	
	宜蘭線	暖暖－蘇澳站	特甲級線	
	臺東線	花蓮－臺東	特甲級線	
	縱貫線	高雄－基隆	特甲級線	
	臺中線	彰化－竹南	特甲級線	
	南迴線	臺東－枋寮	甲級線	
	屏東線	枋寮－高雄	甲級線	
支線	平溪線	三貂嶺－菁桐	乙級線	
	成追線	成功－追分	乙級線	
	林口線	桃園－林口火力電廠	乙級線	
	花蓮港線	花蓮－花蓮港	乙級線	
	高雄第一臨港線	高雄港－前鎮	乙級線	
	高雄第二臨港線	前鎮－草衙	乙級線	
	深澳線	瑞芳－深澳火力電廠	乙級線	
	集集線	二水－車埕	乙級線	
	臺中港線	臺中港－臺中港貨運辦公室	乙級線	
	內灣線	新竹－內灣	乙級線	



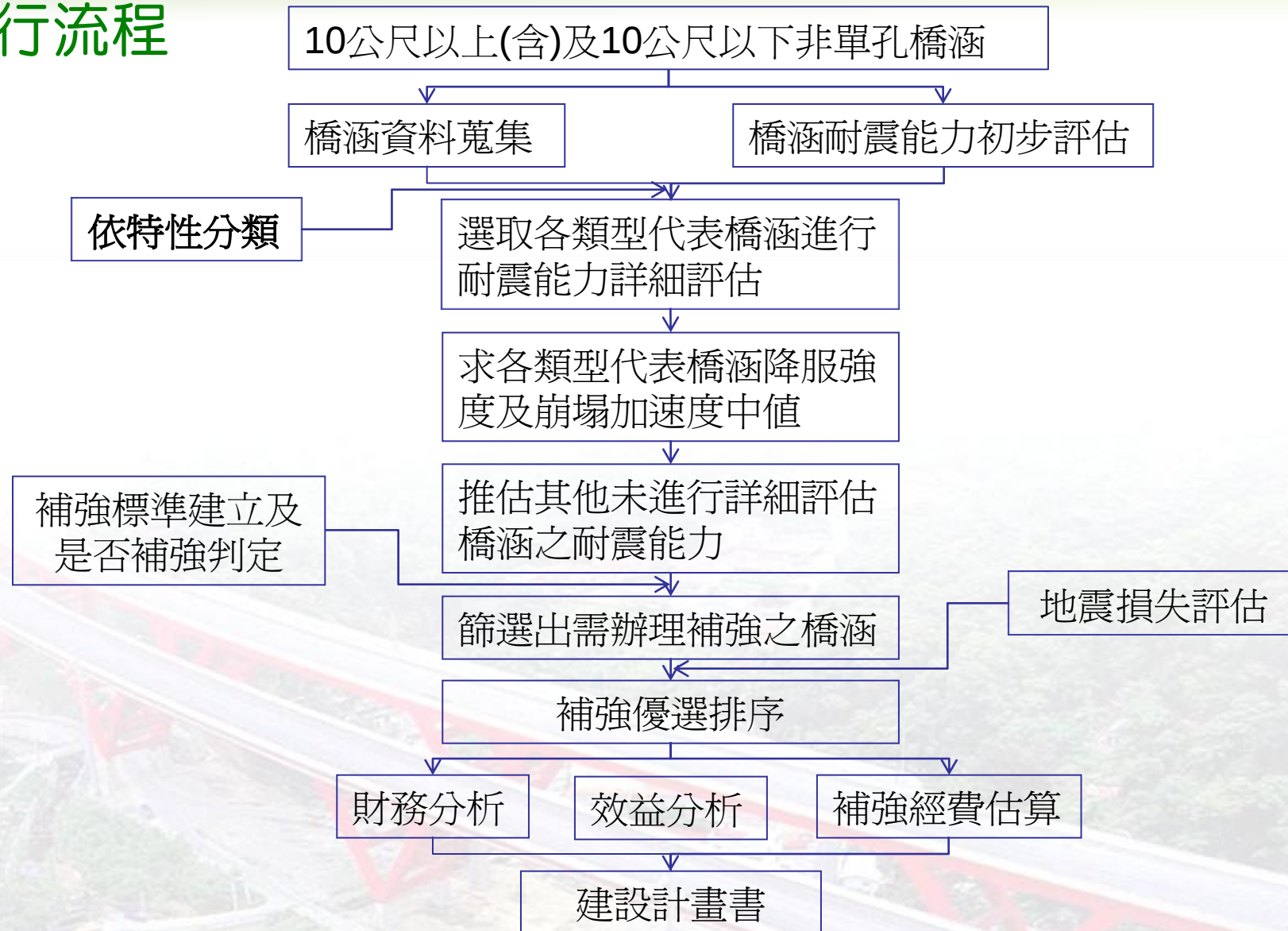
全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃(2/9)

	臺北	臺中	嘉義	高雄	臺東	花蓮	宜蘭	總計
橋梁	83	95	78	56	90	51	89	542
箱涵	41	47	19	19	10	5	16	157
涵洞	2	4	1	2	0	0	0	9
總計	126	146	98	77	100	56	105	708
	7003.62	17421.75	4015.77	6517.59	12594.7	11233.59	6182.92	64969.94



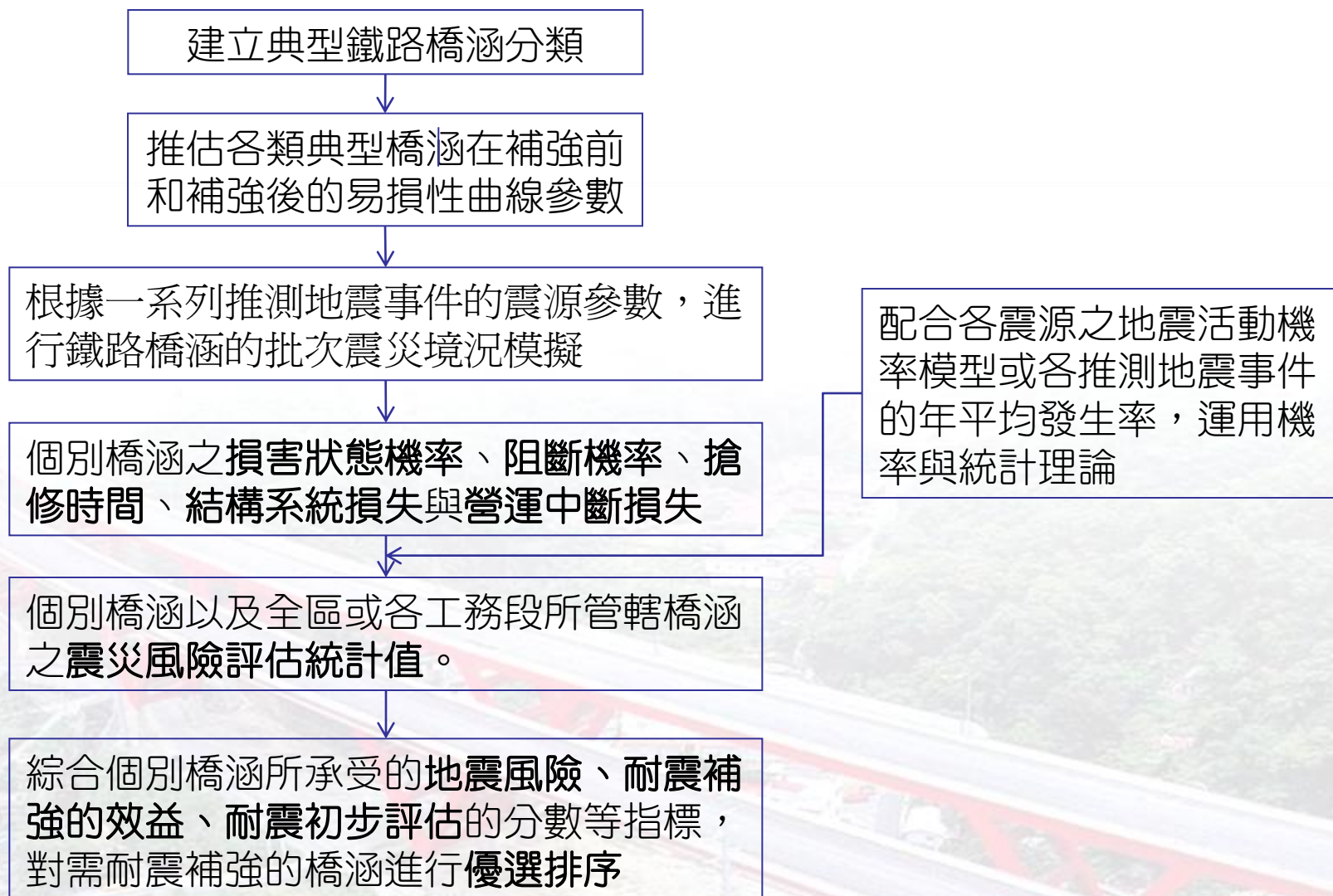
全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃(3/9)

工作執行流程



全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃(4/9)

鐵路橋涵地震損失評估(臺灣地震損失評估系統(TELES))



全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃(5/9)

➤ 鐵路橋涵耐震分類

- 將上部與下部結構相連的框型構架結構歸類為地下道、箱涵；
- 依據橋梁跨數，將橋梁概分為單跨橋與多跨橋兩大類；
- 依上部結構與橋墩型式，將多跨橋細分為六類；
- 其它不屬於梁柱型式的橋梁則歸納為其它橋梁；
- 上部結構系統概分為簡支與連續兩類，橋墩型式概分為單柱、構架式和壁式三類；
- 依橋梁是否經過耐震設計(C或S)，或是原為傳統設計但經過適當耐震補強(R)等因素，各典型橋梁再細分為三類。

跨數	上部結構	橋墩型式	是否耐震設計	分類
地下道、箱涵			傳統	RWT9C
			補強	RWT9R
			耐震	RWT9S
單跨			傳統	RWB1C
			補強	RWB1R
			耐震	RWB1S
多跨	簡支橋	單柱	傳統	RWB2C
			補強	RWB2R
			耐震	RWB2S
		構架式	傳統	RWB3C
			補強	RWB3R
			耐震	RWB3S
		壁式	傳統	RWB4C
			補強	RWB4R
			耐震	RWB4S
	連續橋	單柱	傳統	RWB5C
			補強	RWB5R
			耐震	RWB5S
		構架式	傳統	RWB6C
			補強	RWB6R
			耐震	RWB6S
		壁式	傳統	RWB7C
			補強	RWB7R
			耐震	RWB7S
其他橋梁			傳統	RWB8C
			補強	RWB8R
			耐震	RWB8S

全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃(6/9)

鐵路橋涵耐震分類

結構型式			是否耐震設計	分類	臺北工務段	臺中工務段	嘉義工務段	高雄工務段	臺東工務段	花蓮工務段	宜蘭工務段	分類總量	選取數量
	構架式	傳統	RWB6C	第二大崙崙溪(東線)								6	1
		補強	RWB6R							冬山河*	1*	1*	
		耐震	RWB6S								0	0	
	壁式	傳統	RWB7C						第一紅葉溪橋		11	1	
		補強	RWB7R								0	0	
		耐震	RWB7S			集集溪		三和陸橋			2	2	
其他橋梁			傳統	RWB8C		鯉魚潭橋					1	1	
			補強	RWB8R								0	0
			耐震	RWB8S								0*	0*
小計					5	6	6	5	5	6	5	708	38*

* 為修正資料

	連續橋	單柱	傳統	RWB5C						尖崎		0	0
			補強	RWB5R								0	0
			耐震	RWB5S					樂樂溪橋			1	1

全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃(6/9)

- 典型鐵路橋涵耐震能力詳細評估

- 依據結構構材之實際材料強度、斷面尺寸與構材配設細節等資料，採用合宜的結構分析方法，求取結構耐震容量，並配合橋梁工址之地震需求，建立橋梁耐震性能曲線以作為橋梁耐震能力是否合乎性能要求之判定依據。

性能等級	規則橋梁	不規則橋梁
性能等級 PL3	線性靜(動)力分析法	線性動力分析法
性能等級 PL0、PL1、PL2	非線性靜力分析法	非線性動力分析法

- 檢核中度地震時之軌道變形，以確保行駛中之列車不致出軌

全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃(7/9)

- 未進行詳評橋涵之耐震能力推估
 - 求取不同設計年代規範等值地表水平降伏加速度表及轉換係數

49 年規範：	$Z_{49}=(K_h/2.5)\times 2$ ； K_h ：為水平地震係數，視地區不同採用 0.1 或 0.15
76 年規範：	$Z_{76}=(K_h/2.5)\times 2$ ； K_h ：為水平地震係數 $=\beta ZSIC_0$ ，各係數依 76 年規範規定
84 年及 89 年規範：	$Z_{86or89}=Z/F_u$ ； $F_u=\sqrt{2R_a-1}=\sqrt{3}=1.732$

- 為利於比較先將等值地表水平降伏加速度表轉換成對照於新規範震區係數值之對照表，即將上述計算結果之均乘以 得到一轉換係數Zcoeff-D
- 求取各類橋型之正規化降伏地表加速度Ay_n和崩塌地表加速度值Ac_n
- 未詳評鐵路橋梁Ac及Ay之推估

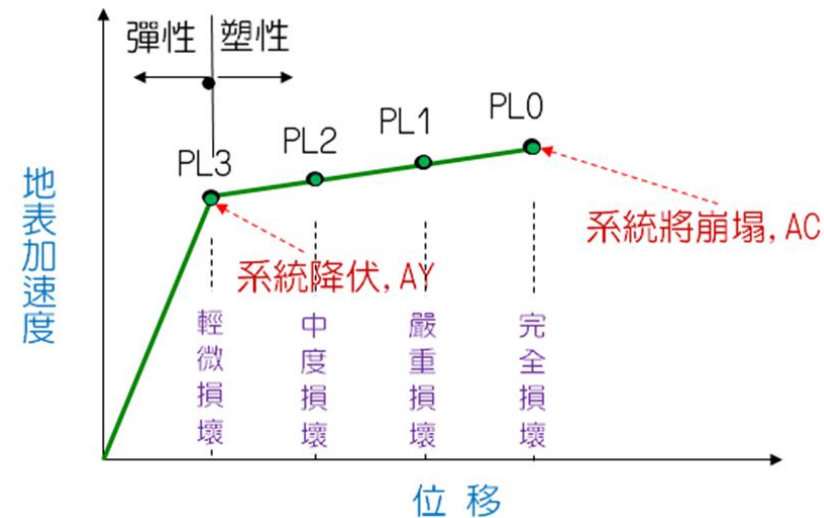
$$Ac=Ac_n\times Zcoeff-D/0.23\times K_{soil}$$

- K_{soil} 地盤效應

全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃(8/9)

• 鐵路橋涵耐震補強後之性能水準

性能水準	安全性	服務性	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(單線通車)、限速恢復通行	更換受損構件或進行結構補強	進行局部重建
PL0	防止落橋與避免橋柱崩塌	得以工程梁架構臨時便橋取代	得全橋或局部拆除重建	得全橋或局部拆除重建



全線橋梁總檢查及耐震補強延壽規劃(9/9)

耐震補強標準

– 95年版鐵路橋梁耐震設計規範

- 增設防落設施(149)
- 橋墩補強(237)

– 橋梁所在地液化敏感類別為低液化敏感類別(含)以上，及對應年超越機率1/500時PL值大於15的鐵路橋梁

- 基礎補強(71)

震損評估橋涵(278)

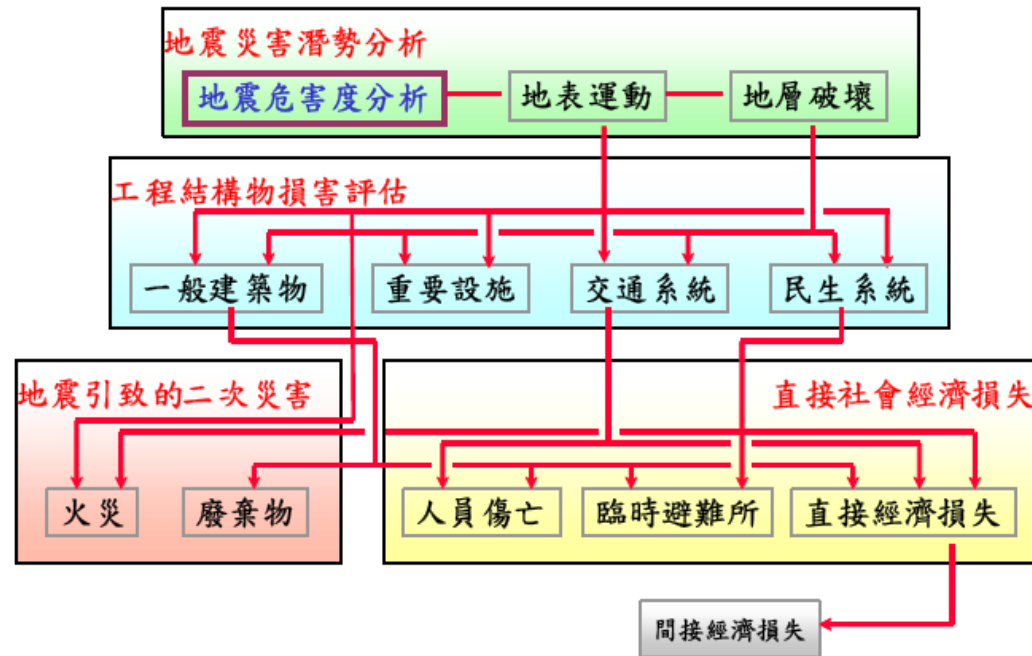
– 不含增設防落設施

鐵路橋涵之性能目標

地震等級	採用之設計規範版本	
	88年版及89(修)	88年版以前
中度地震	PL3	PL3
設計地震	PL2	PL1

鐵路橋涵地震損失評估(1/24)

- 臺灣地震損失評估系統(TELES)



- Trailway—鐵路震損評估系統

- 目前適用於台灣鐵路管理局，未來可擴充供高鐵或捷運等使用

鐵路橋涵地震損失評估(2/24)

- 地震災害潛勢分析

- 震源參數設定

- 地震規模、震央位置、震源深度、活動斷層的開裂長度、方向和斷層面的傾角、寬度等。在推估人員傷亡時，通常尚需地震發生的日期、時間，藉以區分不同時段的人口分佈

- 地表震動強度推估

- 採用傳統推估地表震動強度的方法，首先利用與地震規模和距離相關的震動強度衰減律，概估在堅實地盤條件下的震動強度；再利用各地區的地盤種類進行場址效應修正。

- 斷層開裂引致地表位移推估

- 利用統計迴歸方式求得震矩規模與斷層的開裂長度、開裂面積、以及最大地表錯動量的關係

- 土壤液化評估

- 計算在不同地震規模、地下水位和PGA的條件下，各液化敏感類別因液化而引致的沉陷量(或稱為震陷量)

鐵路橋涵地震損失評估(3/24)

橋涵基本資料

- 震源參數設定
- 橋涵屬性調查表
- 橋涵識別碼
- 橋涵空間資訊之建置
- 橋涵所在位置之土壤液化敏感類別

路線名／里程數／橋涵名稱／管理單位				
路線等級		☐ 1 特甲級 ☐ 2 甲級 ☐ 3 乙級		
跨越河川/道路	☐ 1 河川 ☐ 2 道路 ☐ 3 橋涵 ☐ 4 無	附掛維生管線	☐ 1 有 ☐ 2 無	
座標	橋頭座標	N _____ E _____ (經緯度，均填至小數點以下 6 位)		
	橋尾座標	N _____ E _____ (經緯度，均填至小數點以下 6 位)		
橋梁主體狀況	結構型式	☐ 1 梁橋(簡支式) ☐ 2 梁橋(連續式) ☐ 3 桁架橋 ☐ 4 拱橋 ☐ 5 斜張橋 ☐ 6 吊橋 ☐ 7 其它 _____		
	主梁型式	☐ 1 I 型梁 ☐ 2 T 型梁 ☐ 3 U 型梁 ☐ 4 箱型梁 ☐ 5 版梁 ☐ 6 其它 _____		
	橋墩型式	☐ 1 無橋墩(單跨) ☐ 2 單柱式 ☐ 3 構架式 ☐ 4 壁式 ☐ 5 其它 _____		
	橋墩基礎	☐ 1 無橋墩基礎 ☐ 2 直接基礎 ☐ 3 樁基礎 ☐ 4 沉箱基礎 ☐ 5 其它 _____		
	橋台型式	☐ 1 無橋台 ☐ 2 重力式 ☐ 3 懸臂式 ☐ 4 扶壁式 ☐ 5 剛構式 ☐ 6 橋排架式 ☐ 7 其它 _____		
	橋台基礎	☐ 1 無橋台基礎 ☐ 2 直接基礎 ☐ 3 樁基礎 ☐ 4 沉箱基礎 ☐ 5 其它 _____		
	支承裝置	☐ 1 無支承 ☐ 2 合成橡膠支承 ☐ 3 鋼製支承 ☐ 4 盤式支承 ☐ 5 其它 _____		
	防落設施	☐ 1 無 ☐ 2 鋼製止震塊 ☐ 3 RC 止震塊 ☐ 4 防震拉桿 ☐ 5 剪力鋼棒 ☐ 6 其它 _____		
橋 長：_____ 公尺		橋 寬：_____ 公尺	歪斜角：_____ 度	
跨 數：_____ 跨		振動單元數：_____ 個	單跨最大跨度：_____ 公尺	
橋墩防落長度：_____ cm		橋台防落長度：_____ cm	基樁裸露：_____ 公尺	
軌道數：___ ☐ 另有慢車道		竣工年代：_____ 年 _____ 月		
TELES 橋涵分類	☐ 1 箱涵 ☐ 2 單跨橋 ☐ 3 多跨簡支橋—單柱橋墩 ☐ 4 多跨簡支橋—構架式橋墩 ☐ 5 多跨簡支橋—壁式橋墩 ☐ 6 多跨連續橋—單柱橋墩 ☐ 7 多跨連續橋—構架式橋墩 ☐ 8 多跨連續橋—壁式橋墩 ☐ 9 其它橋涵	橋墩尺寸	高：_____ m 寬：_____ m 厚：_____ m 最高橋墩：_____ m	地盤類別 ☐ 1 堅實地盤 ☐ 2 中等地盤 ☐ 3 軟弱地盤 ☐ 4 臺北盆地
		設計水準	☐ 1 傳統設計 ☐ 2 耐震設計 ☐ 3 經耐震補強	線形 ☐ 1 直 ☐ 2 曲
調查日期		年 月 日	填寫人員	

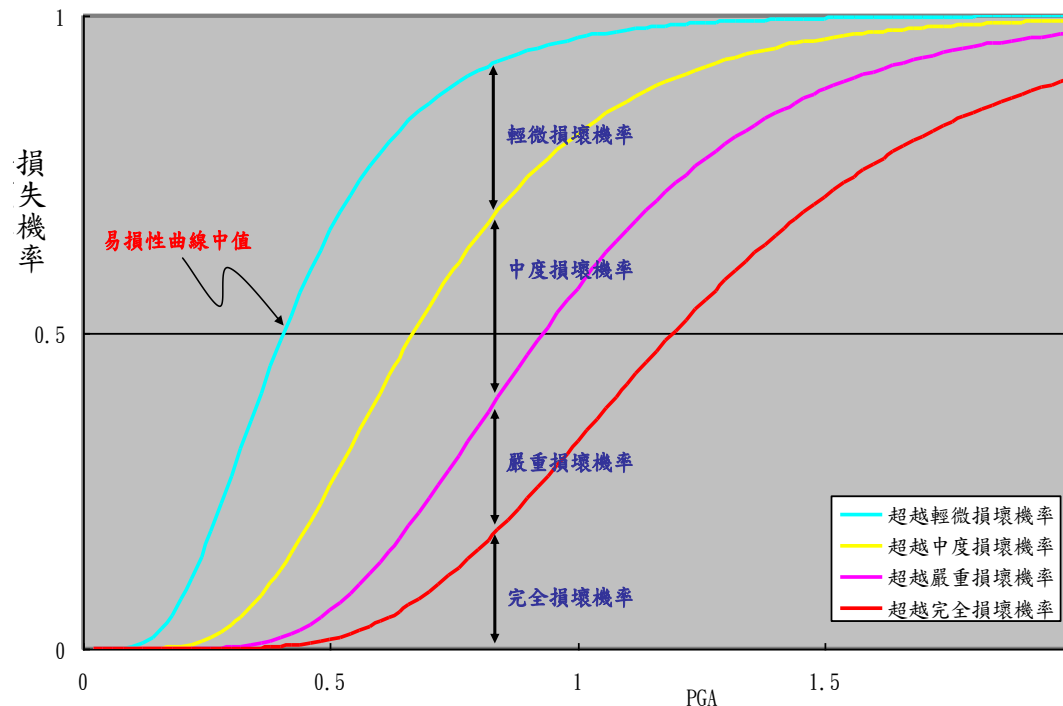
鐵路橋涵地震損失評估(4/24)

- 易損性分析

- 損害狀態概分無、輕微、中度、嚴重和完全損害
- 易損性曲線：超越不同損害狀態的超越機率曲線，包含中值(m)和變異係數 β

$$f_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\beta x} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \ln m}{\beta}\right)^2\right] \quad 0 \leq x \leq \infty$$

- 易損性曲線的自變數可為災害潛勢或結構反應



鐵路橋涵地震損失評估(5/24)

損害狀態定義

- 將橋涵損害狀態概分為無、輕微損害、中度損害、嚴重損害和完全損害等五級

損害狀態	說明	強支承-弱橋柱		弱支承-強橋柱 (側向位移)
		耐震設計	傳統設計	
輕微損害	橋台處產生細微之裂縫並發生輕微之混凝土剝落現象，橋台剪力鋼棒及橋面版產生細微之裂縫，橋柱有輕微混凝土剝落現象。	韌性需求 $R = 2$	韌性需求 $R = 1$	支承處降伏強度
中度損害	橋柱出現中度之剪力裂縫及混凝土剝落，橋柱結構似仍安全；橋台發生中度之位移(小於 5cm)；剪力鋼棒出現嚴重之裂縫及混凝土剝落現象；橋台連結鋼筋破壞，失去錨錠作用；剛性支承破壞或發生中度沈陷現象。	$R = 4$	$R = \min\left(1 + \frac{R_y - 1}{2}, 2\right)$	側向位移達 10cm
嚴重損害	橋柱因剪力破壞造成強度嚴重下降，橋柱結構屬不安全狀態，但尚未崩塌；在交接處產生明顯之殘餘移動量或發生明顯之沈陷；橋台產生垂直之位移；剛性支承破壞或發生中度沈陷。	$R = 6$	$R = \min(R_y, 3)$	側向位移達 20cm
完全損害	橋柱傾倒崩塌，連接處失去支承能力，並可能造成橋面版之崩塌；基礎之破壞造成下部結構嚴重傾斜。	$R = 9$	$R \geq R_y$ 或 $R = 4.5$ ， 橋柱達耐震能力極限	側向位移達 $\min\left(40, \frac{2N}{3}\right)$
N：防落長度(cm)				
R_y ：橋柱產生彎矩剪力破壞時對應之韌性				

鐵路橋涵地震損失評估(6/24)

- 典型鐵路橋涵分類之地震動易損性曲線參數
- 個別鐵路橋涵之易損性曲線參數調整

$$m_2 = m_{2n} \times (Z_{dsg} / 0.23) \times K_{soil}$$

$$m_i = m_{in} \times (Z_{dsg} / 0.23) \times K_{soil} \times K_{3D} \times K_{skew} \quad (i = 3, 4, 5)$$

其中 m_{2n} 至 m_{5n} 分別為表中所列典型橋涵分類之震動易損性曲線的中值

K_{soil} 為地盤種類的修正係數，與不同年份的耐震設計規範有關

K_{3D} 為橋面版的三維效應修正係數

K_{skew} 為車行方向與橋墩歪斜時的修正係數

Class	a	b	m_2	β_2	m_3	β_3	m_4	β_4	m_5	β_5
RWB1C	0.25	1	0.402	0.5	1.033	0.45	1.291	0.4	1.614	0.4
RWB1R	0.25	1	0.402	0.5	1.033	0.45	1.291	0.4	1.614	0.4
RWB1S	0.25	1	0.402	0.5	1.033	0.45	1.291	0.4	1.614	0.4
RWB2C	0.25	1	0.262	0.5	0.358	0.45	0.448	0.4	0.56	0.4
RWB2R	0.25	1	0.262	0.5	0.534	0.45	0.668	0.4	0.835	0.4
RWB2S	0.25	1	0.333	0.5	0.59	0.45	0.737	0.4	0.921	0.4
RWB3C	0.25	1	0.36	0.5	0.47	0.45	0.588	0.4	0.735	0.4
RWB3R	0.25	1	0.36	0.5	0.676	0.45	0.845	0.4	1.056	0.4
RWB3S	0.25	1	0.438	0.5	0.719	0.45	0.899	0.4	1.124	0.4
RWB4C	0.25	1	0.273	0.5	0.375	0.45	0.469	0.4	0.586	0.4
RWB4R	0.25	1	0.273	0.5	0.552	0.45	0.69	0.4	0.862	0.4
RWB4S	0.25	1	0.343	0.5	0.606	0.45	0.758	0.4	0.947	0.4
RWB5C	0.33	0	0.326	0.5	0.446	0.45	0.558	0.4	0.697	0.4
RWB5R	0.33	0	0.326	0.5	0.623	0.45	0.779	0.4	0.974	0.4
RWB5S	0.33	1	0.391	0.5	0.677	0.45	0.846	0.4	1.057	0.4
RWB6C	0.33	0	0.37	0.5	0.515	0.45	0.644	0.4	0.805	0.4
RWB6R	0.33	0	0.37	0.5	0.72	0.45	0.9	0.4	1.125	0.4
RWB6S	0.33	1	0.441	0.5	0.762	0.45	0.953	0.4	1.191	0.4
RWB7C	0.33	0	0.4	0.5	0.482	0.45	0.602	0.4	0.752	0.4
RWB7R	0.33	0	0.4	0.5	0.658	0.45	0.823	0.4	1.029	0.4
RWB7S	0.33	1	0.469	0.5	0.714	0.45	0.892	0.4	1.115	0.4
RWB8C	0.33	0	0.406	0.5	0.61	0.45	0.763	0.4	0.954	0.4
RWB8R	0.33	0	0.406	0.5	0.738	0.45	0.923	0.4	1.154	0.4
RWB8S	0.33	1	0.467	0.5	0.783	0.45	0.979	0.4	1.224	0.4
RWT9C	0.25	1	0.402	0.5	1.033	0.45	1.291	0.4	1.614	0.4
RWT9R	0.25	1	0.402	0.5	1.033	0.45	1.291	0.4	1.614	0.4
RWT9S	0.25	1	0.402	0.5	1.033	0.45	1.291	0.4	1.614	0.4

鐵路橋涵地震損失評估(7/24)

典型鐵路橋涵分類之地表永久位移的鐵路橋涵易損性曲線參數

- 在相同耐震設計規範下，深基礎與淺基礎相比，假設其易損性曲線的中值提高兩倍
- 經耐震設計的橋涵基礎與傳統設計的橋涵基礎比較，假設其易損性曲線的中值約提高1/3
- 上部結構連續的橋涵與簡支的橋涵比較，假設其易損性曲線的中值約可提高1/3
- 如個別橋涵之橋柱和橋台混合採用不同的基礎型式，則以深基礎和淺基礎的數量比值，作為該座橋涵之永久位移易損性曲線中值的調整係數

Class	I_{pgd}	m_2	β_2	m_3	β_3	m_4	β_4	m_5	β_5
RWB1C	1	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB1R	1	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB1S	1	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB2C	2	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB2R	2	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB2S	2	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB3C	2	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB3R	2	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB3S	2	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB4C	2	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB4R	2	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB4S	2	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB5C	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB5R	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB5S	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB6C	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB6R	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB6S	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB7C	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB7R	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB7S	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB8C	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB8R	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWB8S	0	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWT9C	1	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWT9R	1	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8
RWT9S	1	12	0.8	24	0.8	48	0.8	96	0.8

資料來源：HAZUS

鐵路橋涵地震損失評估(8/24)

- 損害評估

- 橋涵基本評估單元

- 簡支橋涵以三跨作為一個基本評估單元；
 - 連續橋涵則以振動單元作為基本評估單元，但一個基本評估單元至少須包含三跨或三跨以上。倘若在基本資料庫中缺乏跨數或振動單元數，TELES將自動以預設值進行後續分析。
 - 未經耐震設計和經耐震設計的簡支橋涵，分別以60m和100m作為一個基本評估單元的長度預設值。未經耐震設計和經耐震設計的連續橋涵，分別以120m和200m作為一個基本評估單元的長度預設值。

鐵路橋涵地震損失評估(9/24)

- 基本評估單元損害評估
 - 超越不同損害狀態的機率

$$\bar{F}_2 \quad \bar{F}_3 \quad \bar{F}_4 \quad \bar{F}_5$$

- 損害狀態機率 阻斷機率

$$\bar{p}_2 = \bar{F}_2 - \bar{F}_3 \qquad \bar{f}_2 = 0.01$$

$$\bar{p}_3 = \bar{F}_3 - \bar{F}_4 \qquad \bar{f}_3 = 0.1$$

$$\bar{p}_4 = \bar{F}_4 - \bar{F}_5 \qquad \bar{f}_4 = 0.4$$

$$\bar{p}_5 = \bar{F}_5 \qquad \bar{f}_5 = 0.8$$

- 基本評估單元的阻斷機

$$\bar{p}_f = \sum_{i=2}^5 \bar{f}_i \cdot \bar{p}_i$$

- 整座橋涵損害評估

- 整座橋涵的基本評估單元數為 $n \geq 1$ ，其超越不同損害狀態的機率

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

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

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

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

考慮各基本評估單元損害時的相關性

$$0.3 \leq q = \sqrt[3]{n/3} \leq 3$$

- 整座橋涵之阻斷機率

$$p_f = 1 - (1 - \bar{p}_f)^q$$

鐵路橋涵地震損失評估(10/24)

- 鐵路橋涵地震損失

- 根據個別橋涵的損害狀態機率、阻斷機率、修復時間等，推估個別橋涵在模擬地震作用下可能的損失金額。
- 橋涵損害所引致的經濟損失
 - 結構系統損失(土木結構和機電系統的修復費用)
 - 及營運中斷損失
- 進行震災境況模擬時，因並非真實的地震事件；因此，個別橋涵的損害程度僅能以損害狀態機率描述，修復費用則以不同損害狀態的損失比和機率來概估橋涵整體損失比的期望值。

鐵路橋涵地震損失評估(11/24)

• 鐵路橋涵的重建成本

- 改建成本=原路線橋涵及軌道興建費用 ($C_{original}$) + 原路線旁臨時橋涵及軌道興建費用 ($C_{temporary}$)
- 原路線上橋涵及軌道的重建成本

$$C_{original} = L \cdot W \cdot (C_{unit} + 15) + n \cdot \tilde{L} \cdot (35 + 23.5 + 10)$$

- L 為橋長(公尺)、 W 為橋寬(公尺)、 n 為原路上橋涵的軌道數，
- C_{unit} 為單位橋面版的重建成本
- 軌道工程部分若為一般道渣每米每股道以3萬元概估；版式軌道每米每股道約為3.5萬元；
- 電機系統工程部分，每米每股道則約為2.35萬元；臨時軌道和原路線軌道切換設備每米每股道1萬元。
- 橋涵若損壞需拆除後再重建，拆除費用為每單位橋面板1.5萬元。

$$\tilde{L} = \max(40, \min(4 \cdot L, L + 120)) \quad \text{為影響長度}$$

L 為橋長(公尺)，當橋長小於10公尺時，影響長度為40公尺；橋長介於10至40公尺，影響長度為4倍的橋長；當橋長大於40公尺，影響長度則為橋長加上120公尺。

鐵路橋涵地震損失評估(12/24)

- 原路線旁的臨時橋涵和軌道的重建成本

$$C_{temporary} = m \cdot [L \cdot 5 \cdot (40 + 7.5) + \tilde{L} \cdot (30 + 23.5 + 10 + 3) + 4 \cdot 600]$$

- m 為臨時軌的軌道數，每軌寬度以5公尺估算，若原橋涵為雙向兩軌，且位於重要路線上，勢必需興建兩軌的臨時橋涵，因此臨時軌的數量 至多2軌。
- 包含臨時橋主體的建造和拆除、臨時軌道工程、電機系統工程和路線切換設備等。
- 臨時橋建造費用每平方公尺橋面板面積為4萬元，其拆除費用每單位橋面板面積為7,500元，
- 臨時軌道工程部分以3萬元估計，拆除費用為3,000元，另外仍須有電機設備和切換設備，每米每股道分別為2.35萬和1萬元。
- 臨時路線需有軌道切換的轉轍土建建造費用每軌需有四處的切換轉轍設備，每處設備建造費用以60萬元概估
- 安衛、環保、什稅臨時軌租或徵地費用、設計費、補充調查費…等不考慮計價。

鐵路橋涵地震損失評估(13/24)

• 結構系統損失評估

- 損失比

- 修復費用與重建成本的比值

Class	深基礎	淺基礎	輕微損害	中度損害	嚴重損害	完全損害
RWB1C	35	29.75	0.005	0.030	0.25	1.0
RWB1R	35	29.75	0.005	0.030	0.25	1.0
RWB1S	35	29.75	0.005	0.030	0.25	1.0
RWB2C	40	34.00	0.005	0.030	0.25	1.0
RWB2R	40	34.00	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB2S	40	34.00	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB3C	40	34.00	0.005	0.030	0.25	1.0
RWB3R	40	34.00	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB3S	40	34.00	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB4C	40	34.00	0.005	0.030	0.25	1.0
RWB4R	40	34.00	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB4S	40	34.00	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB5C	45	38.25	0.005	0.030	0.25	1.0
RWB5R	45	38.25	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB5S	45	38.25	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB6C	45	38.25	0.005	0.030	0.25	1.0
RWB6R	45	38.25	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB6S	45	38.25	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB7C	45	38.25	0.005	0.030	0.25	1.0
RWB7R	45	38.25	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB7S	45	38.25	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB8C	50	42.50	0.005	0.030	0.25	1.0
RWB8R	50	42.50	0.005	0.025	0.20	0.7
RWB8S	50	42.50	0.005	0.025	0.20	0.7
RWT9C	35	29.75	0.005	0.030	0.25	1.0
RWT9R	35	29.75	0.005	0.030	0.25	1.0
RWT9S	35	29.75	0.005	0.030	0.25	1.0

註：深基礎和淺基礎之改建成本；單位：千元/平方公尺)

鐵路橋涵地震損失評估(14/24)

• 鐵路橋涵結構系統損失評估

- 假設 $\bar{C}$ 為典型橋涵分類之基本評估單元的改建成本，
 $\bar{r}_2$ 、 $\bar{r}_3$ 、 $\bar{r}_4$ 、 $\bar{r}_5$ 分別為不同損害狀態下的損失比
- 橋涵基本評估單元在模擬地震作用下之損失的期望值

$$\bar{L} = \bar{C} \cdot \left\{ \sum_{i=2}^5 (\bar{r}_i \cdot \bar{p}_i) \right\}$$

- 其中 $\bar{p}_2$ 、 $\bar{p}_3$ 、 $\bar{p}_4$ 、 $\bar{p}_5$ 為該橋涵基本評估單元在模擬地震作用下之損害狀態機率
- 模擬地震引致的橋涵結構系統損失

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

鐵路橋涵地震損失評估(15/24)

• 鐵路橋梁之修復時間的參數設定

- 不同損害狀態所需修復時間不同，可區分為搶通和完全修復兩階段。營運中斷損失與橋梁阻斷時間和運量有關
- 在中度與嚴重損害狀態下，橋面板須經加固後允許火車慢速通過。搶通時間較完全修復所需時間短
- 依921地震經驗，橋梁經搶通後僅可慢速通過，在完全修前無法回復原本的運量
- 為確實反應營運中斷損失，本研究假設在中度與嚴重損害狀態下之阻斷時間的中值介於搶通與完全修復之間

在不同損害狀態下，修復所需時間的平均值與標準差

(單位：day)

橋梁類別	輕微 平均值	輕微 標準差	中度 平均值	中度 標準差	嚴重 平均值	嚴重 標準差	完全 平均值	完全 標準差
1, 9 C/R/S	0.6	0.6	1.5	1.2	15	9	45	18
2, 3, 4 C/R/S	0.6	0.6	3.0	2.4	30	18.0	150	60
5, 6, 7 C/R/S	0.6	0.6	3.6	2.9	36	21.6	180	72
8 C/R/S	0.6	0.6	4.8	3.8	48	28.8	240	96

鐵路橋涵地震損失評估(16/24)

• 修復時間與平均阻斷時間推估

- 單座橋涵的平均阻斷時間

- 依損害狀態機率推估修復時間，並以損失金額調整之
- 假設損失金額少於625萬元，修復時間可減為預估值值的0.5倍；當損失金額超過五億元時，修復時間增為預估值值的1.5倍

平均修復時間

$$T_{restor} = d \cdot \sum_{i=2}^5 (p_i \cdot t_i)$$

已知阻斷時的平均修復時間

$$T_f = d \cdot \sum_{i=2}^5 (p_i \cdot t_i) / \sum_{i=2}^5 p_i$$

其中 d 為調整係數

$$0.5 \leq d = (L_{str} / 100)^{1/4} \leq 1.5$$

← 百萬元

平均阻斷時間

$$T = p_f \cdot T_f$$

p_f 為整座橋梁之阻斷機率

鐵路橋涵地震損失評估(17/24)

- 修復時間與平均阻斷時間推估

- 單一區間的平均阻斷時間

(單一區間可能包含一座以上的橋梁)

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{p}_f = 1 - \prod_k (1 - p_f^k) \\ \hat{T}_f = \frac{\sum_k p_f^k \cdot T_f^k}{\sum_k p_f^k} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \hat{T}_1 = \hat{p}_f \cdot \hat{T}_f \\ \hat{T}_2 = \max(p_f^k \cdot T_f^k, \forall k) \end{array} \right.$$

$$\hat{T} = \max(\hat{T}_1, \hat{T}_2)$$

其中橋梁 k 在區間內

鐵路橋涵地震損失評估(18/24)

- 修復時間與平均阻斷時間推估

- 單一區間之阻斷機率與時間計算例

- 假設某區間內有三座橋梁，其個別阻斷機率和阻斷時的平均修復時間分別為

$$p_f^1 \quad p_f^2 \quad p_f^3 \quad T_f^1 \quad T_f^2 \quad T_f^3$$

- 該區間的阻斷機率可表為

$$\hat{p}_f = 1 - (1 - p_f^1)(1 - p_f^2)(1 - p_f^3)$$

- 該區間在阻斷時的平均修復時間以下式近似

$$\hat{T}_f = \frac{T_f^1 \cdot p_f^1 + T_f^2 \cdot p_f^2 + T_f^3 \cdot p_f^3}{p_f^1 + p_f^2 + p_f^3}$$

- 該區間的平均阻斷時間為 $\hat{T}_1 = \hat{p}_f \cdot \hat{T}_f$
或 $\hat{T}_2 = \max(p_f^1 \cdot T_f^1, \quad p_f^2 \cdot T_f^2, \quad p_f^3 \cdot T_f^3)$ 取大值

鐵路橋涵地震損失評估(19/24)

- 修復時間與平均阻斷時間推估

- 車站至車站間的平均阻斷時間

- 阻斷機率(車站與車站之間可能包含一個以上的區間)

$$p_{f,ij} = 1 - \prod_k (1 - \hat{p}_f^k) \quad k \in \text{車站}i \text{至車站}j \text{所包含區間}$$

- 阻斷時之平均修復時間

$$T_{f,ij} = \frac{\sum_k (\hat{T}_f^k \cdot \hat{p}_f^k)}{\sum_k \hat{p}_f^k}$$

- 平均阻斷時間為下兩式之較大值

$$T_{1,ij} = p_{f,ij} \cdot T_{f,ij}$$

$$T_{2,ij} = \max(\hat{p}_f^k \cdot \hat{T}_f^k, \forall k)$$

鐵路橋涵地震損失評估(20/24)

- 修復時間與平均阻斷時間推估
 - 車站至車站間的平均阻斷時間

桃園-新竹與嘉義-臺南兩區間阻斷之阻斷機率

	臺北	桃園	新竹	臺中	嘉義	台南	高雄
臺北	0	Pf,21	Pf,31	Pf,41	Pf,51	Pf,61	Pf,71
桃園	0	0	Pf,32	Pf,42	Pf,52	Pf,62	Pf,72
新竹	0	0	0	Pf,43	Pf,53	Pf,63	Pf,73
臺中	0	0	0	0	Pf,54	Pf,64	Pf,74
嘉義	0	0	0	0	0	Pf,65	Pf,75
台南	0	0	0	0	0	0	Pf,76
高雄	0	0	0	0	0	0	0

桃園-新竹與嘉義-臺南兩區間阻斷之平均阻斷時間

	臺北	桃園	新竹	臺中	嘉義	台南	高雄
臺北	0	Tr,21	Tr,31	Tr,41	Tr,51	Tr,61	Tr,71
桃園	0	0	Tr,32	Tr,42	Tr,52	Tr,62	Tr,72
新竹	0	0	0	Tr,43	Tr,53	Tr,63	Tr,73
臺中	0	0	0	0	Tr,54	Tr,64	Tr,74
嘉義	0	0	0	0	0	Tr,65	Tr,75
台南	0	0	0	0	0	0	Tr,76
高雄	0	0	0	0	0	0	0



鐵路橋涵地震損失評估(21/24)

• 鐵路幹線之營運中斷損失評估

- 鐵路幹線之單日營收矩陣

- 臺鐵包含四條主要幹線：西部山線、西部海線、東部幹線、南迴線。據此擬訂四個營業收入矩陣
- 各幹線間重複的車站，如臺北、板橋、松山等站同時位於西部幹線與東部幹線，依幹線營收總和分配該車站在個別幹線的營收

$$\bar{L}_{ij} = T_i \cdot \frac{T_j}{\sum_{k=1, k \neq i}^n T_k} \quad T_i = \sum_{k=1, k \neq i}^n \bar{L}_{ik}$$

T_i ：車站 i 的單日營收

$\bar{L}_{ij}$ ：車站 i 至車站 j 的單日營收

往返車站 i 與車站 j 的單日營收

$$L_{ij} = \bar{L}_{ij} + \bar{L}_{ji}$$

	車站1	車站2	車站3	車站4	車站5	車站6
車站1	0	$\bar{L}_{12}$	$\bar{L}_{13}$	$\bar{L}_{14}$	$\bar{L}_{15}$	$\bar{L}_{16}$
車站2	$\bar{L}_{21}$	0	$\bar{L}_{23}$	$\bar{L}_{24}$	$\bar{L}_{25}$	$\bar{L}_{26}$
車站3	$\bar{L}_{31}$	$\bar{L}_{32}$	0	$\bar{L}_{34}$	$\bar{L}_{35}$	$\bar{L}_{36}$
車站4	$\bar{L}_{41}$	$\bar{L}_{42}$	$\bar{L}_{43}$	0	$\bar{L}_{45}$	$\bar{L}_{46}$
車站5	$\bar{L}_{51}$	$\bar{L}_{52}$	$\bar{L}_{53}$	$\bar{L}_{54}$	0	$\bar{L}_{56}$
車站6	$\bar{L}_{61}$	$\bar{L}_{62}$	$\bar{L}_{63}$	$\bar{L}_{64}$	$\bar{L}_{65}$	0

鐵路橋涵地震損失評估(22/24)

• 鐵路幹線之營運中斷損失評估

- 單一橋梁阻斷引致的營運中斷損失

- 為簡化損失評估模式，僅考慮部分區間阻斷所造成之營運中斷損失
- 區間以主要車站為端點，幹線由多個區間串聯而成
- 當某一區間因橋梁損害而阻斷時，假設往返區間兩側的運輸中斷，但兩外側個別的營運不受影響
- 支線較短，假設僅含單一區間；當位於該區間的橋梁阻斷時，此支線即無法通行
- 營運中斷損失為單日營收乘以平均阻斷時間

$$L_{brdg} = \underbrace{p_f \cdot T_f}_{\text{平均阻斷時間}} \cdot \sum_{i \text{ 至 } j \text{ 阻斷}} L_{ij}$$

橋梁阻斷機率

平均阻斷時間

鐵路橋涵地震損失評估(23/24)

- 鐵路幹線之營運中斷損失評估
 - 單一區間阻斷引致的營運中斷損失

(單一區間可能包含一座以上的橋梁)

平均阻斷時間

$$L_{\text{intv}} = \hat{T} \cdot \sum_{i \text{ 至阻斷}} L_{ij} \quad \hat{T} = \max(\hat{T}_1, \hat{T}_2)$$

鐵路支線(如集集線、沙崙線等)支線上的任一橋涵阻斷，即代表該支線須停駛

$$L_{\text{intv}} = \max(\hat{T}_1, \hat{T}_2) \cdot L_i = \hat{T} \cdot L_i$$

L_i 為該支線的平均單日營運收入

桃園-新竹阻斷引致的營收損失

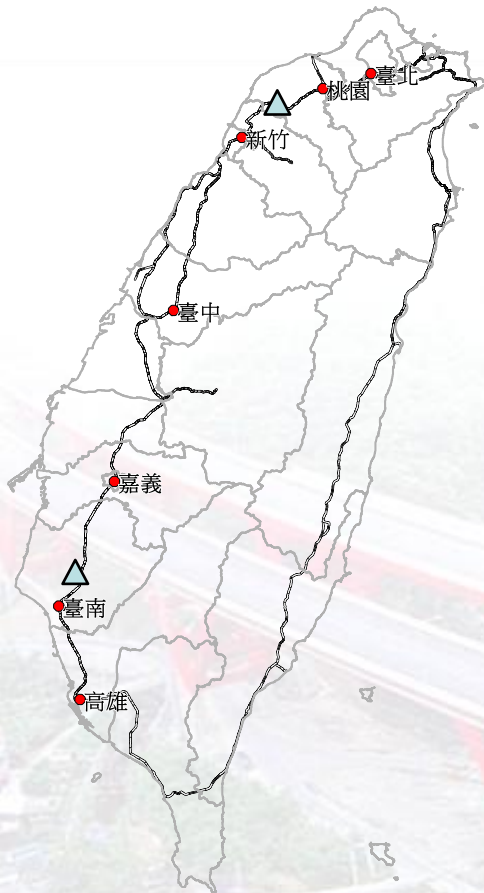
	臺北	桃園	新竹	臺中	嘉義	台南	高雄
臺北	0	L21	L31	L41	L51	L61	L71
桃園	0	0	L32	L42	L52	L62	L72
新竹	0	0	0	L43	L53	L63	L73
臺中	0	0	0	0	L54	L64	L74
嘉義	0	0	0	0	0	L65	L75
台南	0	0	0	0	0	0	L76
高雄	0	0	0	0	0	0	0

鐵路橋涵地震損失評估(24/24)

- 鐵路幹線之營運中斷損失評估
 - 幹線之營運中斷損失

$$L_{ind} = \sum_{i,j} (L_{ij} \cdot T_{ij})$$
$$= \sum_{i,j} (L_{ij} \cdot \max(T_{1,ij}, T_{2,ij}))$$

桃園-新竹與嘉義-臺南兩區間阻斷引致的營收損失



	臺北	桃園	新竹	臺中	嘉義	台南	高雄
臺北	0	L21	L31	L41	L51	L61	L71
桃園	0	0	L32	L42	L52	L62	L72
新竹	0	0	0	L43	L53	L63	L73
臺中	0	0	0	0	L54	L64	L74
嘉義	0	0	0	0	0	L65	L75
台南	0	0	0	0	0	0	L76
高雄	0	0	0	0	0	0	0

結構系統損失評估模式合理性驗證

• 民國88年集集地震

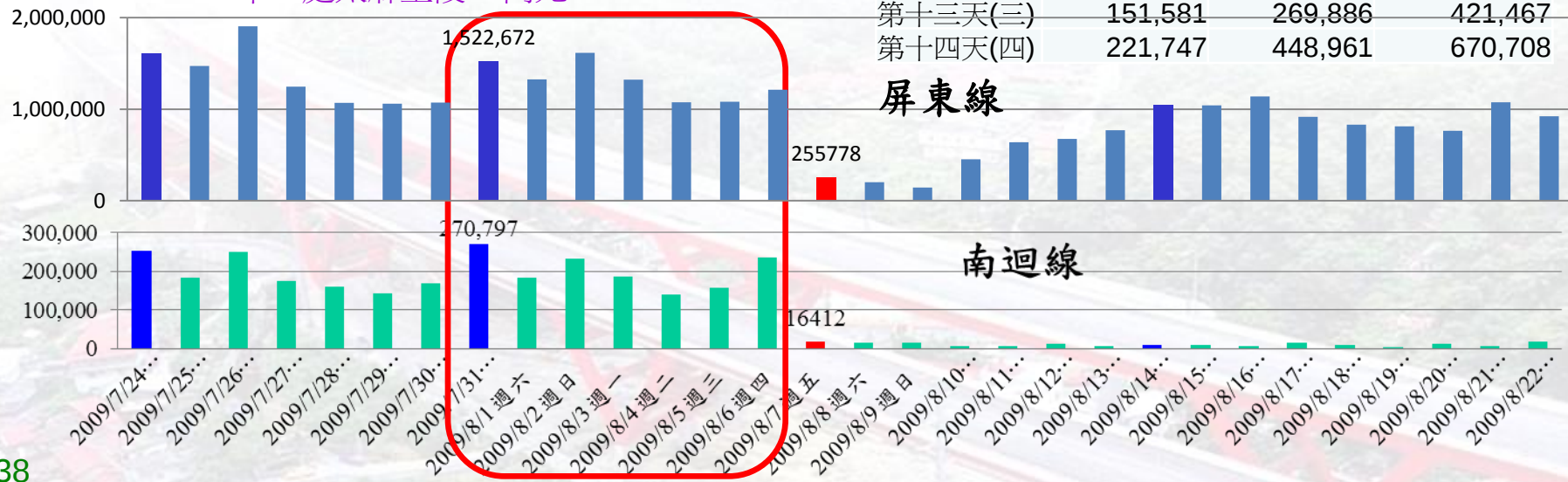
- 山線大甲溪橋有6跨嚴重損害、9跨中度損害，其餘11跨假設為輕微損害
- 集集支線集集溪橋、隘寮溪橋和第二濁水溪橋等三座橋涵完全損害

路線	橋名	橋長(m)	橋涵分類	損害程度	改建成本	修復金額推估(萬元)	實際修復金額(萬元)	搶通時間推估(天)	實際搶通時間(天)
山線	大甲溪橋	829.0	RWB2 C	嚴重損害	50,230	4,154	3,804	30	18
集集線	集集溪橋	45.0	RWB7 C	完全損害	2,430	2,430		180	
集集線	隘寮溪橋	42.6	RWB4 C	完全損害	1,832	1,832		150	
集集線	第二濁水溪橋	13.9	RWT9 C	完全損害	1,285	1,285		80	
合計						5,547	4,868	180	180

莫拉克風災—南迴線



- 兩處中斷損失**53.8萬元**
- 單一處林邊溪中斷**42萬元**
- 單一處太麻里段**38萬元**



- 以前一週的營業額為準，南迴線實際營運中斷損失

	南迴線	屏東線	合計
第一天(五)	254,385	1,266,894	1,521,279
第二天(六)	166,782	1,124,614	1,291,396
第三天(日)	217,135	1,471,863	1,688,998
第四天(一)	181,686	868,388	1,050,074
第五天(二)	132,818	436,576	569,394
第六天(三)	142,866	407,370	550,236
第七天(四)	227,617	441,579	669,196
第八天(五)	262,515	481,323	743,838
第九天(六)	172,510	285,457	457,967
第十天(日)	224,889	474,555	699,444
第十一天	平均營運中斷損失57.3萬元		577,198
第十二天(一)	129,940	245,120	373,074
第十三天(三)	151,581	269,886	421,467
第十四天(四)	221,747	448,961	670,708

屏東線

南迴線

鐵路橋涵地震風險評估(1/2)

• 地震損害風險評估

- 利用批次境況模擬可建立鐵路橋涵之地震損失模擬資料庫，或進一步整理成評估標的物之地震事件損失資料表。
- 地震事件損失資料表包含各個推測地震事件的年發生率、損失期望值、損失標準差、風險暴露總額等。
- 令 L_j 為推測地震 j 事件所引致的損失金額，其年平均發生率為 ν_j ，則因地震引致的年平均損失可表為下式

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

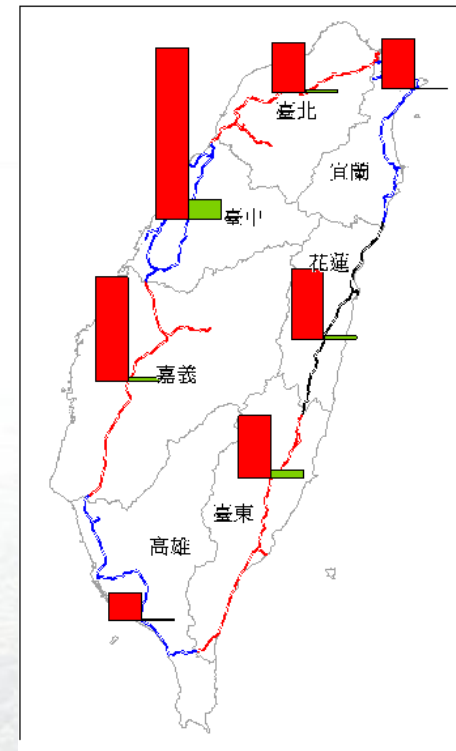
L_j 代表個別橋涵、工務段或全區的損失金額(由震災境況模擬獲得)

ν_j 代表個別推測地震事件的年平均發生率(由震源機率模型推估獲得)

鐵路橋涵地震風險評估(2/4)

各工務段鐵路橋涵耐震補強前後之年平均損失

代碼	工程處	補強前			補強後			比率 (b/a)
		結構損失	營運中斷 損失	總損失(a)	結構損失	營運中斷 損失	總損失(b)	
R01	臺北	6272	8797	15070	291	548	840	5.6%
R02	臺中	25137	28884	54022	2778	3113	5891	10.9%
R03	嘉義	9187	19009	28196	397	665	1062	3.8%
R04	高雄	5468	3953	9421	526	33	559	5.9%
R05	臺東	16861	5020	21881	2257	633	2890	13.2%
R06	花蓮	11149	9709	20857	813	190	1003	4.8%
R07	宜蘭	10475	6177	16652	271	99	371	2.2%



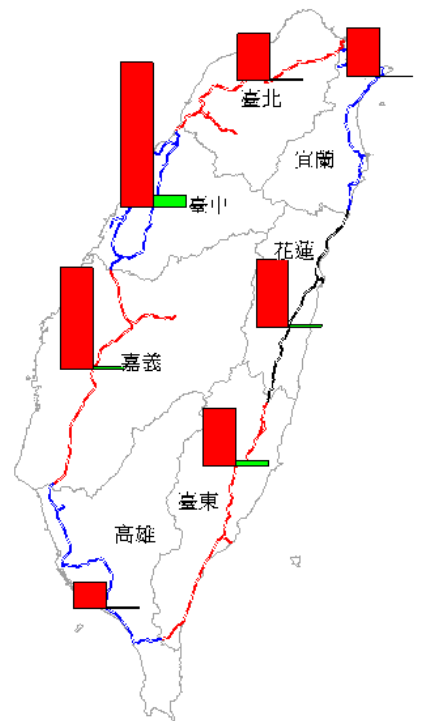
(共 708 座，含需補強及不需補強橋涵；單位：千元)

鐵路橋涵地震風險評估(3/4)

- 各工務段需補強之鐵路橋涵耐震補強前後之年平均損失

代碼	工程處	補強前			補強後			比率 (b/a)
		結構損失	營運中斷 損失	總損失(a)	結構損失	營運中斷 損失	總損失(b)	
R01	臺北	5805	8505	14310	206	396	602	4.2%
R02	臺中	20306	25584	45891	1723	2183	3906	8.5%
R03	嘉義	8882	18719	27602	300	384	684	2.5%
R04	高雄	5139	3873	9012	498	30	528	5.9%
R05	臺東	15378	4873	20251	1261	376	1637	8.0%
R06	花蓮	10593	9637	20230	582	145	727	3.6%
R07	宜蘭	10162	6139	16301	211	93	305	1.9%

(含 278 座需補強鐵路橋涵；單位：千元)



鐵路橋涵地震風險評估(4/4)

- 橋涵所在地土壤液化風險評估
 - 液化潛能指數 (PL; Iwasaki, 1982)

$$P_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

- PL值一般常用來於研判工址土壤的液化機率和嚴重程度。
- 當 $PL \geq 15$ ，土壤液化機率高或液化現象嚴重。
- 當 $PL \leq 5$ ，土壤液化機率低、液化現象輕微或不會液化。
- 藉由推估橋梁所在地之PL值的年超越機率曲線，計算對應年超越機率1/500的PL值，作為判定橋柱基礎需補強與否的參數之一

橋涵補強排序(1/2)

- 橋涵耐震補強排序

$$Score_{sort} = (I_r \times 30\% + I_e \times 60\% + I_{pc} \times 5\% + I_{pd} \times 5\%) \times 100\%$$

- 鐵路橋涵損失風險值30%

$$0 \leq I_r = \frac{L_c \cdot N_c}{C_b} \leq 1$$

L_c 為個別橋梁於補強前之年平均損失， N_c 為未補強前之剩餘年限， C_b 為重建成本

- 橋涵補強效益值60%

$$0 \leq I_e = \frac{L_c - L_r - (C_r / N_r)}{L_c} \leq 1$$

其中個別橋梁於補強前、後之年平均損失分別為 L_c 和 L_r ，補強所需經費為 C_r ，補強後之再使用年限為 N_r

- 橋涵初評分數10%

$$0 \leq I_{pc} = \frac{S_{pc} - 30}{30} \leq 1 \quad 0 \leq I_{pd} = \frac{S_{pd} - 30}{30} \leq 1$$

其中， I_{pc} 為落橋指標， S_{pc} 為落橋初評分數， I_{pd} 為強度韌性指標， S_{pd} 為強度韌性初評分數。本計畫將和的權重各訂為5%。

橋涵補強排序(2/2)

鐵路各類型橋梁之補強單價

橋梁類別		增設防落設施	橋墩補強	基礎補強	假設工程	搭架或便橋
		萬元M ²	萬元M ²	萬元M ²	萬元M	萬元M
1. 地下道、箱涵(RWT9)	陸地	-	-	1.930	0.1300	-
	跨河	-	-	1.930	0.1300	-
2. 單跨(RWB1)	陸地	0.0895	-	1.930	0.1300	-
	跨河	0.0895	-	1.930	0.1300	-
3. 多跨簡支單柱(RWB2)	陸地	0.1015	0.295	1.645	0.1170	0.600
	跨河	0.1015	0.295	2.240	0.1820	1.495
4. 多跨簡支構架式(RWB3)	陸地	0.1015	0.325	2.425	0.1300	0.600
	跨河	0.1015	0.325	2.605	0.2080	1.495
5. 多跨簡支壁式(RWB4)	陸地	0.0895	0.405	2.030	0.1300	0.600
	跨河	0.0895	0.405	2.425	0.2080	1.495
6. 多跨連續單柱(RWB5)	陸地	0.1015	0.295	1.645	0.1170	0.600
	跨河	0.1015	0.295	2.240	0.1820	1.495
7. 多跨連續構架式(RWB6)	陸地	0.1015	0.325	2.425	0.1300	0.600
	跨河	0.1015	0.325	2.605	0.2080	1.495
8. 多跨連續壁式(RWB7)	陸地	0.0895	0.405	2.030	0.1300	0.600
	跨河	0.0895	0.405	2.425	0.2080	1.495
9. 多跨簡支單柱(RWB2)(基礎沖刷)	跨河	0.1015	0.295	2.240	0.1820	1.495
	跨河	0.1015	0.295	2.240	0.1820	1.495
10. 多跨簡支構架式(RWB3)(基礎沖刷)	跨河	0.1015	0.325	2.605	0.2080	1.495
	跨河	0.1015	0.325	2.605	0.2080	1.495
11. 多跨簡支壁式(RWB4)(基礎沖刷)	跨河	0.0895	0.405	2.425	0.2080	1.495
	跨河	0.0895	0.405	2.425	0.2080	1.495
12. 多跨連續單柱(RWB5)(基礎沖刷)	跨河	0.1015	0.295	2.240	0.1820	1.495
	跨河	0.1015	0.295	2.240	0.1820	1.495
13. 多跨連續構架式(RWB6)(基礎沖刷)	跨河	0.1015	0.325	2.605	0.2080	1.495
	跨河	0.1015	0.325	2.605	0.2080	1.495
14. 多跨連續壁式(RWB7)(基礎沖刷)	跨河	0.0895	0.405	2.425	0.2080	1.495
	跨河	0.0895	0.405	2.425	0.2080	1.495
15. 其它橋梁	陸地	0.0935	0.325	2.425	0.1820	1.495
	跨河	0.0935	0.325	2.425	0.1820	1.495

討論

