

橋梁生命週期防災管理系統擴充模組建置研究  
Study on Extended Modules of Life-Cycle Based  
Management System for Bridge Disaster Prevention

\*宋裕祺    \*\*陳俊仲    \*\*\*賴明俊    \*\*\*許家銓    \*\*\*\*洪曉慧    \*\*劉光晏

Yu-Chi Sung, Chun-Chung Chen, Ming-Chun Lai

Chia-Chuan Hsu, Hsiao-Hui Hung, Kuang-Yen Liu

- \* 國家地震工程研究中心組長
- \*\* 國家地震工程研究中心副研究員
- \*\*\* 國家地震工程研究中心助理研究員
- \*\*\*\* 國家地震工程研究中心研究員

中華民國一百零三年十二月  
December 2014

## 摘要

橋梁生命週期一般包含規劃、設計、施工、維護與拆除等五個階段，其中維護階段為使用及營運階段，所以為期最長，而其使用年限將受諸多因素影響，台灣地屬於地震、風災與水災等多種天然災害發生頻繁的地區，對於橋梁防災的管理更為重要。為能延長橋梁使用壽命，且有效發揮橋梁功能，減少橋梁構件因天然災害以及老舊劣化等因素損壞，因而間接造成人員傷亡損失的意外，所以如何在橋梁管理系統中，強化防災管理成為橋梁管理單位重視的課題之一。

本研究在 NCREE-LCB-BMS 中，強化防災管理的功能，將針對地震、洪災與老舊劣化這三個部份強化資訊整合。在震災方面將開發資訊連結介面，可以由地震損失推估系統，發佈關於橋梁損失狀況的推估，管理單位可以於震前或震後參考這些資訊，研擬橋梁檢測的策略；洪災方面將連結台灣颱風洪水研究中心(以下簡稱颱洪中心)集水區水位預測的速報資訊，亦可以提供管理單位能於汛期做好緊急應變的規劃；在老舊劣化方面，則依據國家地震工程研究中心(以下簡稱國震中心)目前橋梁老舊劣化評估的分析模型，於橋梁管理系統中建立擴充模組，提供橋梁管理單位評估橋梁進行維修補強的參考。除了強化橋梁災害資訊整合，提供防救災之參考外，亦針對不同類型之橋梁進行資料建立、檢測與評估功能之擴充，延展 NCREE-LCB-BMS 之應用空間。

關鍵詞: 橋梁管理、橋梁檢測、生命週期

## **ABSTRACT**

Since rising number of natural disasters has been the major threat to worldwide infrastructures. Civil engineers nowadays have to enhance the mitigation of hazards with the increase of structure service period. The thoughts of life cycle as new ideas come up and can help engineers to plan, design, build and maintain comprehensively for the longer service life of structures. In this study, the developing framework of a life-cycle based bridge management system for disaster prevention, NCREE-BMS, is proposed that can be employed to improve the efficiency and the quality of bridge inspection work, to evaluate the capacity of bridge disaster resilience and to ameliorate the exactitude of bridge information. The developing system has the distinguishing evaluation functions for the bridge resistance to earthquakes, floods, service loads and deteriorations by collecting field inspection data and taking the planning and design information of existing bridges into considerations. The time-variant curves of bridge structural resistance to hazards during the service time of structures were going to be built by applying expert system technologies to construct evaluation algorithms for bridge management accompanying with strategies for prevention of disasters. Moreover, modular aid tools and the mobile portable system were also expected to be developed according to the practice and convenience of field inspection works. Effective strategies and practical methods will be studied in this research work. Thus the developing system will provide the functions evaluating the trend of changes in structural resistance required by the bridge authorities and engineers for bridge management and disaster prevention. In addition, the most important and continued part of the developed work is to put the system in use, which can feed practical suggestions back and improve the system in the future.

Keywords: bridge management, bridge inspection, life cycle

# 目錄

摘要.....	II
第一章 緣起及目的.....	1
1.1 緣起.....	1
1.2 目的.....	2
第二章 研究內容.....	5
2.1 耐震能力評估資訊連結模組.....	5
2.2 耐洪能力評估資訊連結模組.....	10
2.3 橋梁老舊劣化評估分析模組.....	12
2.4 多類型橋梁資料建立與檢測模組.....	17
第三章 系統需求分析.....	19
3.1 耐震能力評估資訊連結模組分析.....	20
3.2 耐洪能力評估資訊連結模組分析.....	21
3.3 橋梁老舊劣化評估分析模組分析.....	22
3.4 多類型橋梁資料建立與檢測模組分析.....	22
第四章 系統設計.....	25
4.1 MVC 系統架構設計.....	25
4.2 資料模型設計.....	26
第五章 系統成果說明.....	37
5.1 耐震能力評估資訊連結模組.....	37
5.2 耐洪能力評估資訊連結模組.....	40
5.3 橋梁老舊劣化評估分析模組.....	42
5.4 多類型橋梁資料建立與檢測模組.....	43
第六章 結論與建議.....	53
6.1 結論.....	53
6.2 建議.....	53
參考文獻.....	55

# 第一章 緣起及目的

## 1.1 緣起

依據交通部統計資料，我國橋梁目前約 2 萬餘座，分別由鐵路局、高公局、公路局、觀光局、營建署及各縣市政府負責管理，為整合各機關橋梁資料，並利各層級進行整體性之橋梁管理、預算分配及災害防救等業務，交通部運輸研究所於民國 88 年開發臺灣地區橋梁管理系統(Taiwan Bridge Management System，下稱 TBMS)，並於民國 89 年建置完成，開放全國各橋梁管理機關使用。

TBMS 以 DERU 做為檢測與評估的基礎，此方法將橋梁結構劣化的情形，依「嚴重程度(Degree)」、「範圍(Extend)」、「對橋梁結構安全性與服務性之影響(Relevancy)」及「維修急迫性 (Urgency)」，等四個部份加以評估，其優點是作業方式簡單，缺點則是容易因為主觀的判斷，而造成評估結果的差異，欠缺客觀一致性的標準。所以國震中心近期已發展一套結合生命週期管理概念的橋梁管理系統，以下簡稱為 NCREE-LCB-BMS(NCREE Life-Cycle-based Bridge Management System)，此系統改善 DERU 的評估方式，採用完整檢測資訊替代單純 DERU 的計分方式，減少檢測人員主觀評估以及檢測資訊不夠完整的問題，系統的檢測資訊可再透過專家評定或專家系統的輔助分析，提供橋梁管理單位更完整的決策資訊。

橋梁生命週期一般包含規劃、設計、施工、維護與拆除等五個階段，其中維護階段為使用及營運階段，所以為期最長，而其使用年限將受諸多因素影響，台灣因屬於發生地震、風災與水災等多種天然災害頻繁的地區，對於橋梁防災的管理更為重要。為能延長橋梁使用壽命，且有效發揮橋梁功能，減少橋梁構件因天然災害以及老舊劣化等因素損壞，因而間接造成人員傷亡損失的意外，所以如何在橋梁管理系統中，強化防災管理成為橋梁管理單位重視的課題之一。

此外，除了公路橋梁安全檢測之外，人行陸橋亦是各個行政單位例行檢測

的重點工作之一，2013 年在基隆市就曾發生一起人行天橋的意外，造成 1 名人員受傷。由於人行陸橋的結構型式和一般公路橋梁不同，而且目前 TBMS 系統的檢測項目並不能完全滿足人行陸橋所需要的檢測功能，所以單純使用 TBMS 進行人行陸橋的安全評估並不完全恰當。有鑑於此，國震中心將擴充 NCREE-LCB-BMS，使系統具有擴充不同結構類型橋梁基本資料的彈性，以及可以彈性建立不同檢測與評估資料的技術，以應用於特殊結構型式橋梁安全的檢測作業。

## 1.2 目的

本研究主要的目的將在 NCREE-LCB-BMS 中，強化防災管理的功能，針對地震、洪災與老舊劣化這三個部份強化資訊整合，並強化不同結構類型橋梁的檢測功能。以下將上述功能區分成四個主要的模組，逐一說明：

(1) **耐震能力評估資訊連結模組**：參考國震中心目前已發展的地震災損推估系統，建立資訊連結程式介面，以供由地震災損推估系統發佈橋梁耐震能力評估所需要的資訊至橋梁管理系統中，管理單位可以於震前或震後參考這些資訊，研擬橋梁檢測的策略。此外，亦可連結至中央氣象局的地震記錄網站或速報資料，取得相關的地震資訊，並與橋梁管理系統的資訊儀表板連結與呈現，以供橋梁管理人員決策與應用。

(2) **耐洪能力評估資訊連結模組**：參考颱洪中心目前集水區降雨量與河川洪水水位變化預測的資訊內容，建立自動化資訊連結，提供橋梁管理系統耐洪能力評估應用之參考。相關的水位變化資訊需結合相關的圖表與橋梁管理系統的資訊儀表板連結呈現，以供橋梁管理人員決策與應用。橋管人員可以依據實務需要，針對橋梁設定行動值，當水位達行動警戒值時，可以進行封橋，或是派員進一步進行檢查，以確立橋梁之使用安全。

(3) **橋梁老舊劣化評估分析模組**：以國震中心所發展之橋梁管理系統之評估與檢測機制為基礎，並結合國震中心所發展之老舊劣化評估分析核心，建

立老舊劣化評估分析所需之操作介面，分析結果與橋梁管理系統的資訊儀表板連結呈現，以供橋梁管理人員決策與應用。老舊劣化的分析將以健全度的觀念呈現，並將每一次的檢測評估結果做為健全度計算的依據，橋檢人員即可以透過此健全度的資訊評估是否進行維修補強，或是評估維修的預計。

**(4)支援多類型橋梁資料建立與檢測模組：**調整目前橋梁管理系統的資料結構，使系統可以彈性擴增不同型式的橋梁結構與構件組成資料，並可以彈性擴充橋梁結構資訊之顯示及操作介面，以因應不同類型橋梁檢測與評估之應用。操作介面除了一般網頁檢測內容編輯之外，還可和行動檢測工具結合，提供適合行動檢測時的表單內容。考量行動設備具有不同解析度，此模組將使用響應式設計(Responsive Web Design)概念設計，讓行動裝置能充份呈現橋梁檢測過程所需要的相關資訊。





## 第二章 研究內容

NCREE-LCB-BMS 是近期國震中心發展的橋梁管理系統，最主要的特色是融入橋梁全生命週期的管理概念，建立一套新的橋梁安全評估機制，能比原本使用 DER&U 的評估方式更加完整。在 NCREE-LCB-BMS 中，提供更完整的橋梁評估項目，以彌補使用 DER&U 評估內容不夠完善的問題，NCREE-LCB-BMS 以記錄完整的檢測資料為主，減少檢測人員主觀的評分方式，提高橋梁實際損壞狀況資訊之完整度，讓專家能更精準地協助橋管人員進行判斷。除此之外，由於台灣地處多天然災害發生之地區，其中震災與洪災直接造成橋梁的為害甚劇，環境等因素造成橋梁構件老舊劣化的情形，亦是重要的危害因素之一，所以 NCREE-LCB-BMS 針對耐洪、耐震、劣化老舊等評估方式加以擴充，提供橋梁管理人員更加完整的橋梁評估結果。

一般橋梁管理主要以公路橋梁為主，所以資料項目大部份配合公路橋梁之結構型式進行資料管理，其檢測與評估亦是以此類型為主，所以若要將此檢測與評估系統應用在不同應用類型的橋梁或不同結構類型的橋梁時，則常有不適用之情形。為能使橋梁管理系統更具彈性，本研究將建立一個較為彈性擴充的方式，可以針對特殊應用類型或結構類型的橋梁進行擴充，除了建立基本資料之外，其相關的檢測與評估項目亦可以對應擴充，以更符合橋梁管理應用之需求。

### 2.1 耐震能力評估資訊連結模組

國震中心所發展的台灣地震損失評估系統 (Taiwan Earthquake Loss Estimation System, TELES)，已建立台灣自己本土化的分析模式及參數值，使得在地震災害的潛勢分析，及評估工程結構物的害狀況機率時，能更精確的得到其分析模式及參數值。目前已經可推估模擬在地震作用下的地表振動強度、土壤液化機率與永久位移值、一般建築物與公路橋梁的損害狀況機率和數量、人員傷亡程度和數值、一般建築物與公路橋梁的直接經濟損失等。

TELES 的分析流程和架構如圖 2.1-1 所示，大致可分為地震災害潛勢分析、工程結構物損害評估、地震引致二次災害評估和社會經濟損失評估等四部分或四個主要模組。每一模組依評估的對象和內容的差異，又可細分為若干個次模組。其中在工程結構物損害評估的模組中，即包含橋梁損害狀況之分析，其分析之流程可以參考圖 2.1-2 所示，TELES 在橋梁耐震評估方面是採用橋梁易損性曲線，推估橋梁損壞之機率。

TELES 之研究與發展著重在實用為導向，主要目的之一是提供標準且一致的地震災害損失評估方法，提供震災境況模擬、震災早期評估及地震風險評估這三個主要的應用方向，TELES 軟體除以單機作業模式運作之外，亦可以由「台灣地震損失模擬資訊網(TSSD)」檢索地震模擬及災損推估之成果，或由「地震災情資訊上傳系統(EDIUS)」瞭解震後各地方災情模擬與災情回報。耐震能力評估資訊連結模組即在整合上述地震災損推估的成果，並以橋梁主要內容，透過資料連結介面，接收由推估系統所推估之橋梁災損結果。

國內除 TELES 之外，新北市在 2012 年亦發展一套區域型的地震災害損失推估系統(NTPC Earthquake Disaster Assessment System, NTPC-EDAS)，NTPC-EDAS 和 TELES 的災損推估架構並不相同，NTPC-EDAS 採用 Campbell's form 的衰減率公式推估 PGA 值，並以 500m 為單位，將新北市區分為 8000 多個網格，逐一進行建築物與橋梁等重要結構物的災損推估，其分析流程可參考圖 2.1-3 所示。在橋梁災害損失之推估方面，NTPC-EDAS 亦是採用橋梁易損性曲線之概念，推估橋梁損壞之機率。TELES 與 NTPC-EDAS 雖然均採用易損性曲線進行橋梁損壞機率之推估，但由於模擬地震之學理並不相同，其推估結果均可以應用於 NCREE-LCB-BMS 中，提供橋管人員比較參考。

所以在橋梁耐震評估應用方面，NCREE-LCB-BMS 將採用開放式架構，設計資料傳遞介面，提供 TELES 或 NTPC-EDAS 之類的地震災損評估系統，透過此資料傳遞介面與 NCREE-LCB-BMS 連結，協助分析列管於 NCREE-LCB-BMS 中所有橋梁的損壞機率，並透過資訊儀表板的呈現方式，

協助橋管人員可以於震前或震後，進行橋梁維護決策之參考。

此外，NCREE-LCB-BMS 亦將整合中央氣象局的地震速報資料(格式參考表 2.1-1 所示)，於震後提供各地區的 PGA 及震度之結果，透過警戒值之設定，提醒橋管人員可以針對較有安全疑慮之地區，加派人力進行震後之橋檢工作。

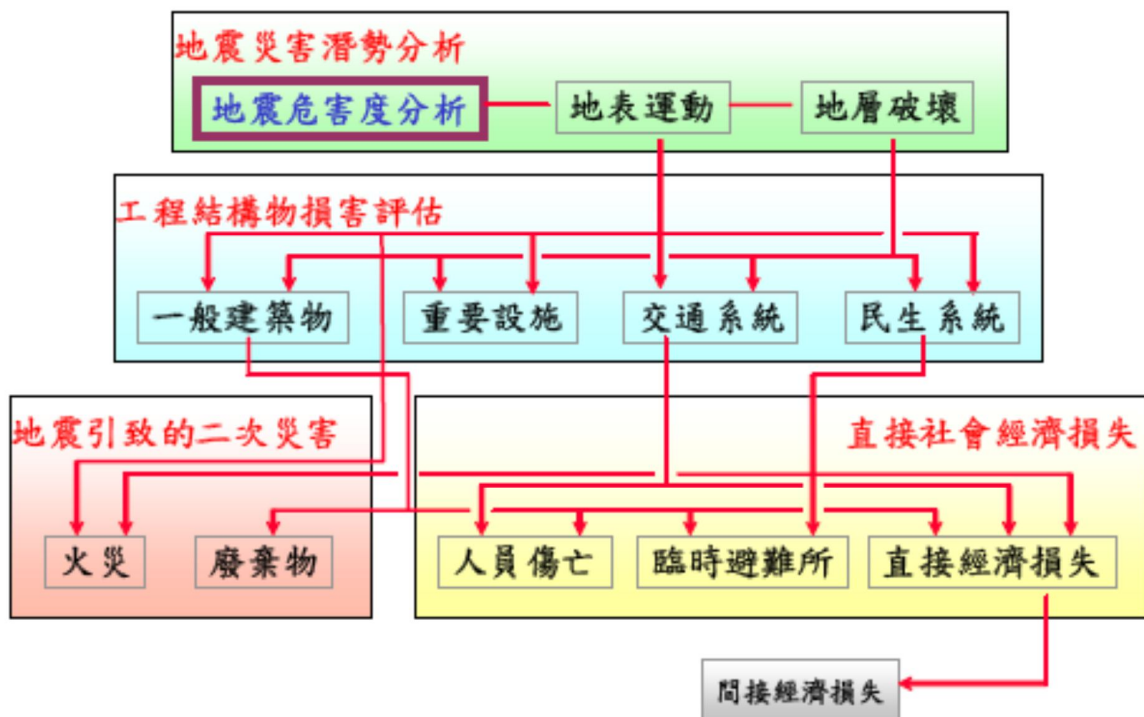


圖 2.1-1 台灣地震損失評估系統的分析流程與架構(葉錦勳，2005)

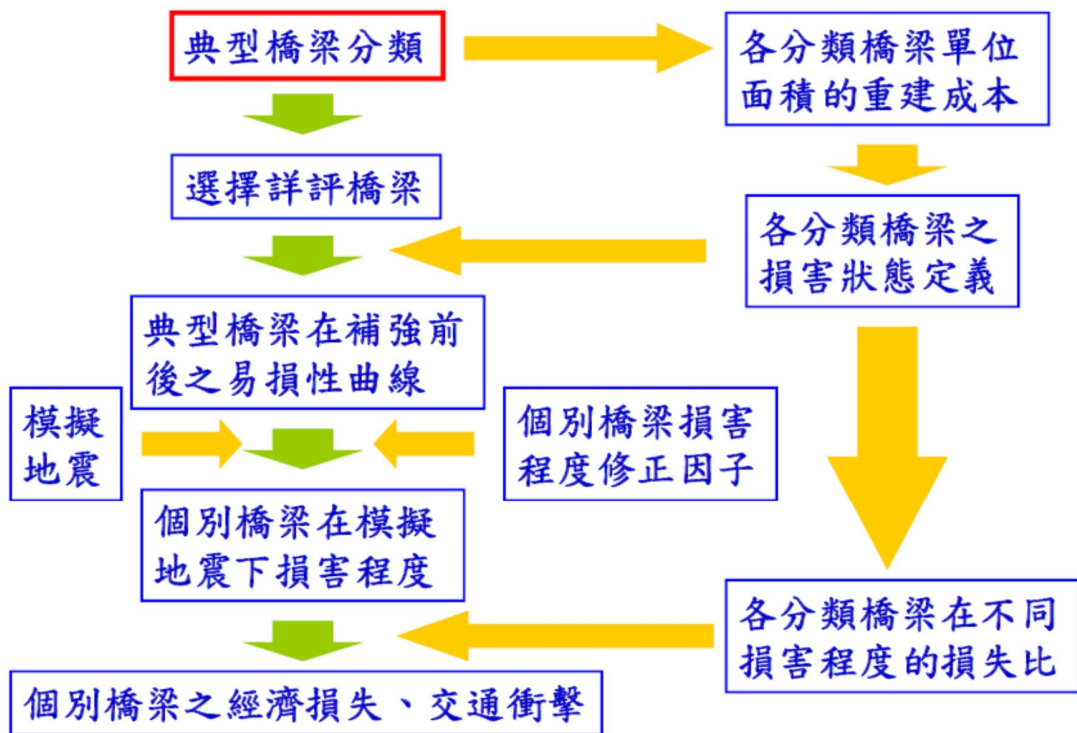


圖 2.1-2 公路橋梁地震損失評估流程示意圖(葉錦勳，2012)

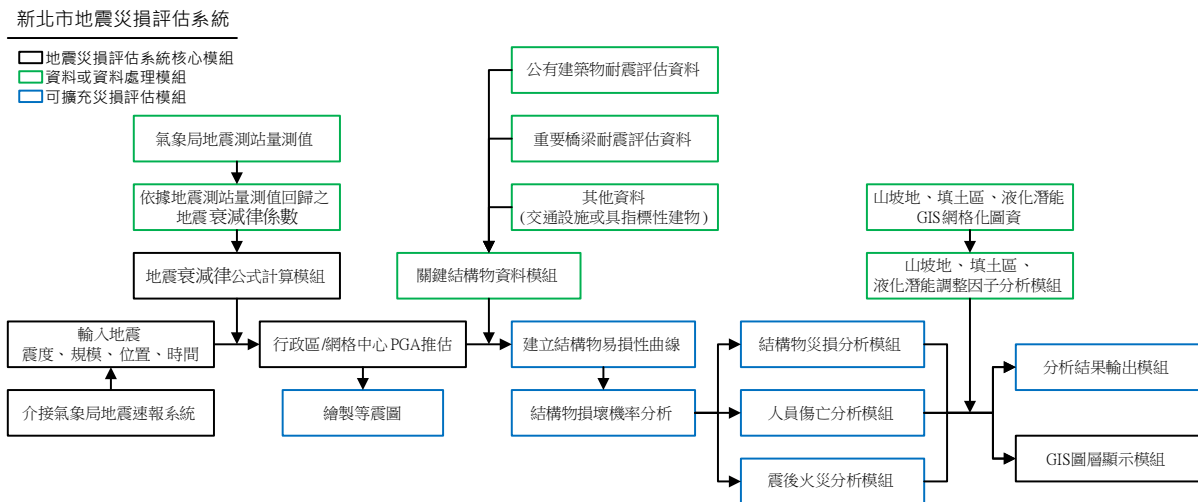


圖 2.1-3 NTPC-EDAS 分析流程

表 2.1-1 中央氣象局之地震速報資訊

Earthquake Final Report (Regional Network)

Central Weather Bureau (CWB), Taiwan, R.O.C.

This is Informal Information for Rapid

Dissemination, the Official Report will be

Broadcasted by CWB, Taiwan, R.O.C., at <http://www.cwb.gov.tw/>

Magnitude, ML=3.8

Origin Time: 11/ 6/12 16:36:31.6 (UT)

Get Result Time ==> 16:40:47

Location: 22.62N 120.84E, Depth: 6.5 KM

Felt Region:

Sta.	Lat.	Lon.	Inten	PGA(gal)	RFGPA	EpDis	P_Arr(sec)	S_Arr(sec)
ECL	22.60N	120.96E	4	64.1	15.8	12.4	34.9	
SSD	22.74N	120.64E	2	7.2	5.0	25.2	37.2	
EAS	22.38N	120.86E	1	1.3	4.7	26.3	38.2	41.4
TTN	22.75N	121.15E	1	1.3	2.8	35.2	39.3	44.6
ECU	22.86N	121.09E	2	4.5	2.6	36.9	38.5	42.5

Intensity Scale

1: 0.8 - 2.5 gal

2: 2.5 - 8 gal

3: 8 - 25 gal

4: 25 - 80 gal

5: 80 - 250 gal

6: 250 - 400 gal

7: > 400 gal

## 2.2 耐洪能力評估資訊連結模組

台灣夏天颱風發生的機率頻繁，其所帶來的大量豪雨往往造成河川水位暴漲，或是河道沖刷，對橋梁所造成的損壞，有時比地震更為嚴重。台灣颱風洪水研究中心致力於颱風與洪水相關的研究，發展出定量降雨預報、水文模擬等等，對於橋梁的安全管理非常重要。

目前颱洪中心已建立台灣集水區降雨量預測，以及重要河流的沖刷評估與水位變化預測等資訊，NCREE-LCB-BMS 將擴充資料連結介面，能和颱洪中心的洪水水位預報、集水區降雨量預報自動化連結，能定時取得這些預測的水位資訊，並與橋梁管理系統中的橋梁基本資料與警戒資料連結，當預測水位已達橋梁設定的警戒值或行動值時，除了結合資訊儀表板顯示之外，亦可以支援透過手機簡訊等方式，提醒橋梁管理單位之作業人員作緊急應變之應用。

除了結合洪水水位預測之外，若要更進一步瞭解與掌握洪水沖刷造成局部沖刷深度影響，可以 Melville and Coleman 計算方法及 CSU(Colorado State University)計算方法，去計算當洪水沖刷時，對橋墩所造成的局部沖刷深度影響，進而了解基礎裸露的情況，並且由計算分析結果，判讀橋梁的安全性，適時予以維護。

政府橋梁管理相關單位對於基礎裸露嚴重的橋梁積極地進行橋梁檢測及維修補強的工作，但由於人力及經費等資源均有限，需妥善運用現有的有限資源，以使橋梁進行維護工作效益達到最高，因此本模組所提供的洪水水位預測資訊除了提供汛期警戒判斷之外，亦可以評估基礎沖刷裸露的程度的損壞程度，以利在進行橋梁耐洪補強優選排序，透過優選排序的評估結果，清楚地了解到橋梁的嚴重損壞程度，便於對基礎裸露嚴重的橋梁先進行維護及修補。

目前颱洪中心每天共提供四次(每六小時發送一次)未來三天橋梁河水位的高程預測及河水水位所造成之沖刷深度。這些資訊之格式如表 2.2-1 所示。

其各項資訊欄位之定義如下：

Member：雨量成員

Runtime：執行計算之時間

Bridge\_Name：橋梁名稱代碼

Sim\_Time：預測時間

Sim\_Stage：預測水位高程

Sim\_Ys：預設沖刷高程

表 2.2-1 颶洪中心傳送之水位及沖刷高程預測資料

MEMBER	RUNTIME	BRIDGE_NAME	SIM_TIME	SIM_STAGE	SIM_YS
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-21 21:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-21 22:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-21 23:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 00:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 01:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 02:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 03:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 04:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 05:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 06:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 07:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 08:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 09:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 10:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 11:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 12:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 13:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 14:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 15:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-21 12:00:00	CSDB	2014-10-22 16:00:00	20.294	17.554

資訊應用的方式是由橋管單位視橋梁之重要性，設定水位高程或是沖刷深度之警戒行動值，並藉由系統定期接收資料的過程中，進行所有橋梁警戒判斷，若達行動值時，可以透過系統郵件或是簡訊進行通知，協助橋管單位即早進行準備，以減少災害發生之機率。

## 2.3 橋梁老舊劣化評估分析模組

橋梁老舊劣化主要是指橋梁構件在使用年限內，因實際使用狀況與設計狀況不符，產生物理性破壞，或受到環境因素影響，產生風化作用(weathering action)、化學侵蝕(chemical attack)、磨蝕(abrasion)及其它劣化過程(process of deterioration)的影響，使得橋梁構件無法符合原始設計之需求，所以在橋梁生命週期管理中，透過系統所建立的橋梁老舊劣化的評估模式，可以預測該橋梁在該使用環境與使用情形下，需要進行維修補強的時機，以強化橋梁使用之安全性。

橋梁劣化預測模式在國內外的發展中，多伴隨著維護成本估算之研究，協助橋管人員可以做維修補強預算之編列，再進一步透過重要性等指標排序，以有效善用經費進行橋梁構件之維護。

一般橋梁劣化預測模式採用經驗法則、馬可夫鏈(Markov-Chain)、可靠度、回歸分析、加速實驗等方法，目前國震中心主要採用宮本文穗等人的研究，將使用回歸分析的方式，先建立影響橋梁構件老舊劣化的因子，建立回歸公式，並搜集整理過去在國震中心針對構件老舊劣化的實驗資料進行回歸，建立推估分析模式，其劣化模型建立及應用程序如圖 2.3-1 所示，主旨在於建立如圖 2.3-2 的性能曲線，從目前橋梁的使用年數，瞭解橋梁性能的變化，並提供維修補強決策之參考。



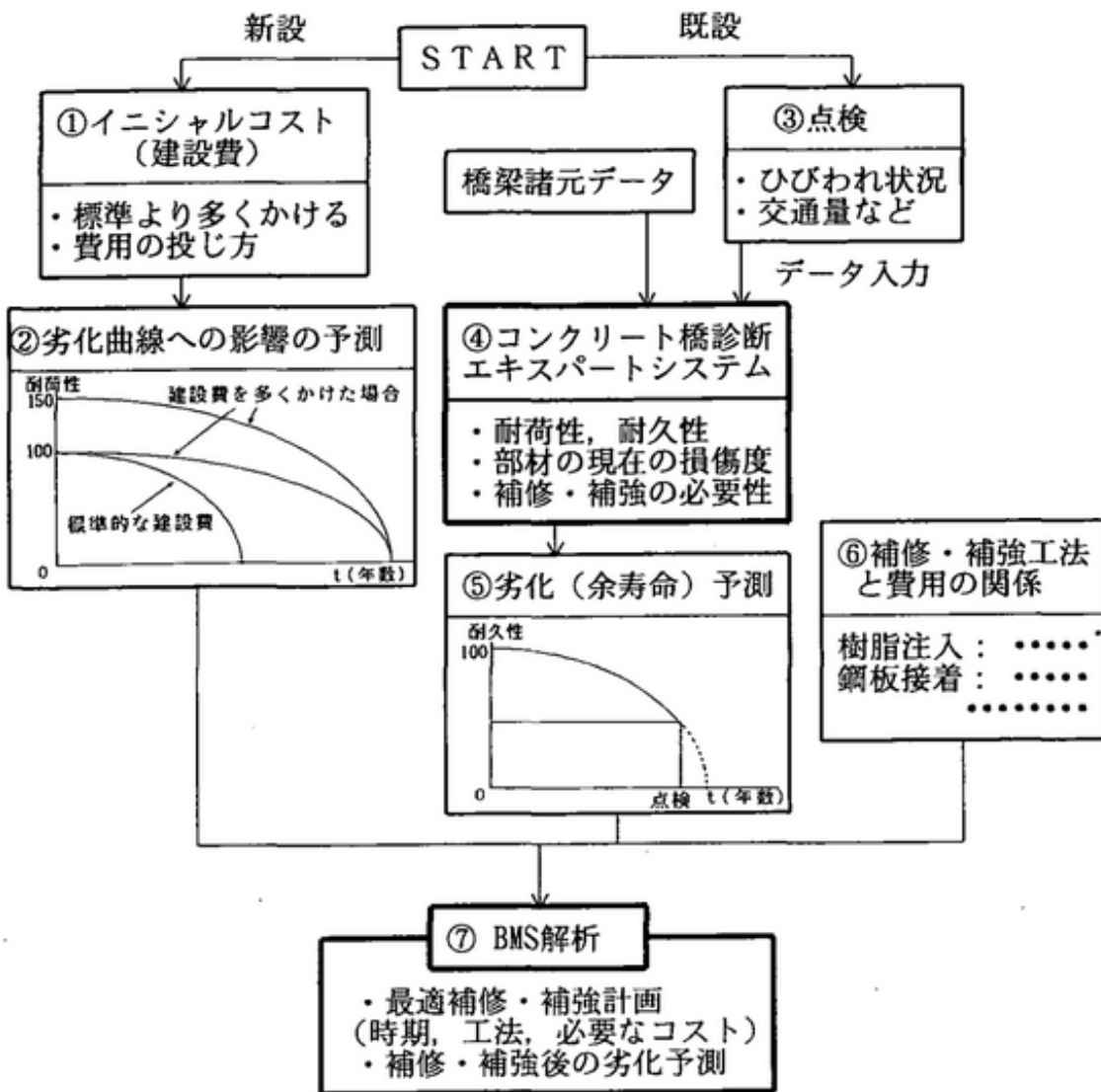


図 2.3-1 橋梁老舊劣化分析程序(宮本文穂等，1997)

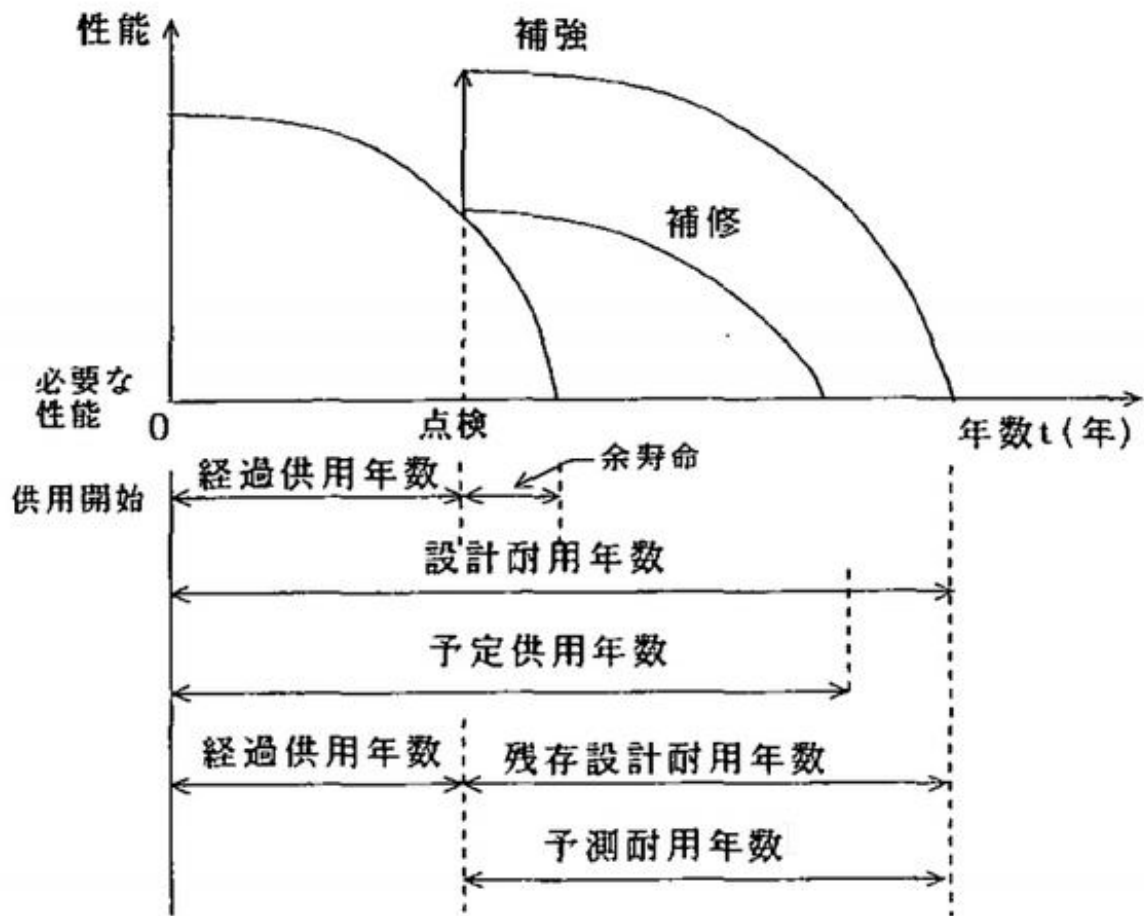


圖 2.3-2 橋梁使用年數及其性能曲線(宮本文穗等，1997)

目前在 NCREE-LCB-BMS 中，檢測項目均和橋梁老舊劣化的檢測項目相關，各項評估作業，包含耐震、耐洪等等評估，亦是由這些與老舊劣化有關之檢測結果評分計算而得，各個檢測項目均以 0 分至 100 分代表其嚴重性，分數低者表示嚴重性低；分數高者表示嚴重性高。而分數之分配則是參考規範所定義之檢測值的區間而定。以懸臂式橋墩之「混凝土剝落」之檢測為例，視不同構件及位置之重要性之不同，參考規範內容，可以定義以下之評分標準：

- 1、剝落或持續性剝落(90 分)
- 2、剝離面積大於  $0.3\text{m}^2$ ，大塊剝落(直徑大於 50cm)(80 分)

- 3、剝離面積介於  $0.1\sim 0.3\text{m}^2$ ，塊剝落(直徑小於 50cm)(70 分)
- 4、剝離面積小於  $0.1\text{m}^2$ (40 分)
- 5、無(0 分)

對於重要構件，但未進行檢測者，可設定一個預設檢測分數，以反應其重要性，通常可以設定在 60 分~70 分之間。這些檢測值所對應的分數，將會在評估過程中使用計算。

在 NCREE-LCB-BMS 中，以健全度代表橋梁的老舊劣化程度。健全度 100 分者，代表橋梁無任何劣化，剛完工的橋梁，則假定其健全度為 100 分。又假定橋梁將使用 60 年，且在 60 年時，仍可保有 80 分之健全度。參考宮本文穗的老舊劣化分析模型，並使用上述假定所建立之健全度曲線如圖 2.3-3 所示。曲線 1 所表示即為上述假定所建立之老舊劣化趨勢曲線，此曲線即為「期望值」，期望橋梁在 60 年時，仍有 80 分之健全度。

曲線 2 代表的是評估分數，每一項評估均是由許多檢測結果計算分析而成，計算的方式可以採用加權平均或是其它如類神經網路或專家系統等估算而求得。和曲線 1 之間的關係為，當橋梁剛完工時，其健全度為 100 分，劣化評估分數為 0 分，表示尚無任何劣化；在橋齡 60 年時所進行的檢測時，假定期待之劣化評估分數為 60 分，藉此建立劣化評估分數與健全度分數之對應關係。其中橋齡之設定值、與期望之健全度與劣化評估分數均可以由橋管單位視橋梁之重要性而定。

藉由檢測可以求得劣化評估結果，並可依此結果求得健全度曲線。橋管單位可設定橋梁維修補強之門檻值，例如設定健全度低於 80 分時，即進行相關維修補強之作業，經維修補強化之橋梁，其健全度將提昇，並可由提昇後之曲線與時間軸之交叉點，評估橋梁剩餘之使用年限(參考圖 2.3-3 之曲線 3 所示)。

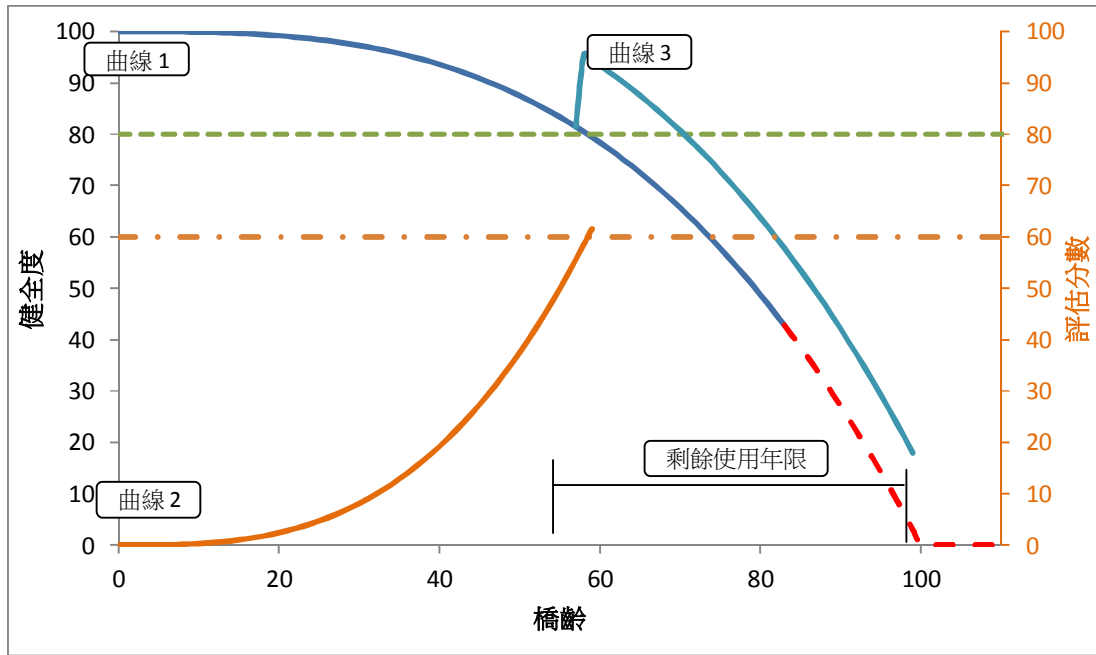


圖 2.3-3 橋梁健全度與劣化評估曲線

## 2.4 多類型橋梁資料建立與檢測模組

NCREE-LCB-BMS 已提供一般 RC 橋梁管理所需要的資料架構，此架構採用資料庫正規化的概念設計，其基本架構如圖 2.4-1 所示。此資料庫表格的組成屬性與關聯，適用單一特性的橋梁，若對於特殊結構型式的橋梁，若再使用正規化的方式設計，需要再調整資料庫、程式及視覺介面，較欠缺應用的彈性。而且，不同結構類型橋梁，其檢測與評估項目不完全相同，亦需要較彈性的設計方式，以因應不同類型橋梁的檢測需求。

多類型橋梁資料建立與檢測模組主要的目的即在於改良此需求，使 NCREE-LCB-BMS 可以減少系統程式開發，即可以建立與支援不同結構型式的橋梁，結構型式、檢測與評估均可以由具工程背景的工程人員透過工具描述，再由多類型橋梁資料建立與檢測模組自動轉換與建立，包含資料庫的設計、程式設計、介面設計等等，均可以自動化完成。

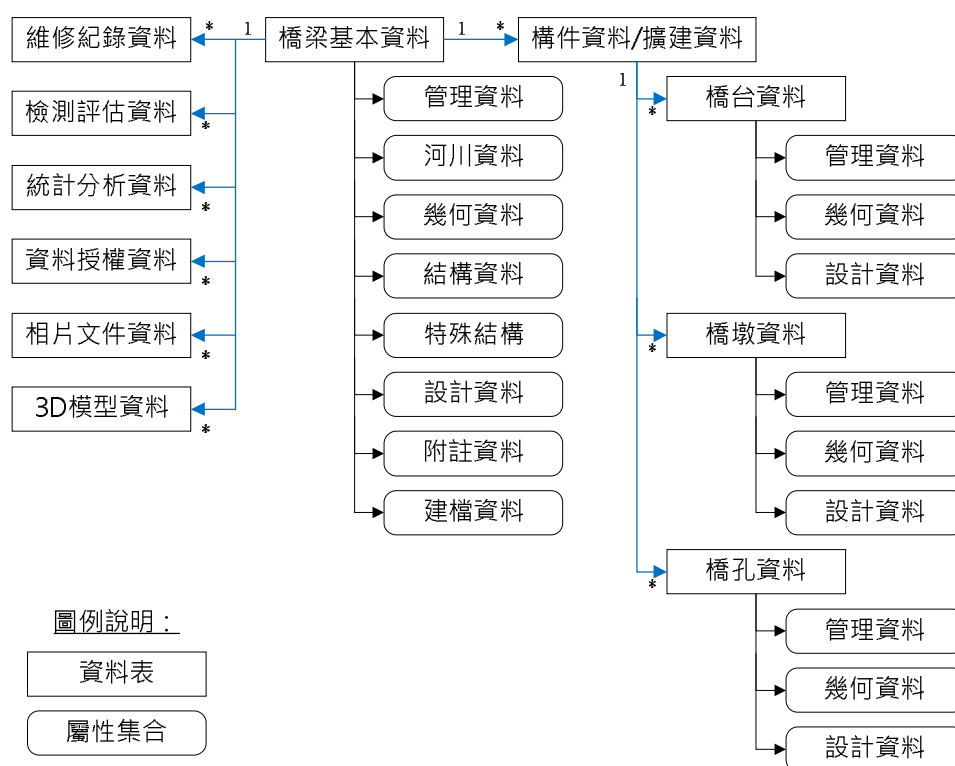


圖 2.4-1 橋梁基本資料架構



### 第三章 系統需求分析

本研究系統開發採用一般軟體開發之標準流程，參考圖 3-1 所示，由專案規劃開始，進一步與客戶確認需求，包含系統之基礎功能及執行環境、相關軟體的平台等等，才能進一步選用合適的解決方案，進行系統設計，若系統需要視覺設計時，亦是在此階段完成視覺設計。完成系統設計後方進行下一階段之程式開發與系統測試，此兩階段往往來來回回進行多次實作、測試與修改，逐次完成系統設計之需求，並交付給客戶進行測試，並由客戶確認符合需求後上線，進入導入維護的作業階段。在需求分析與系統設計階段，客戶需要提供完整及明確之資料，以讓系統設計更趨於客戶之使用需求。本研究在開發過程中，將使用程式碼版本管理工具，以有效追蹤與修正系統開發過程中可能發生的錯誤。

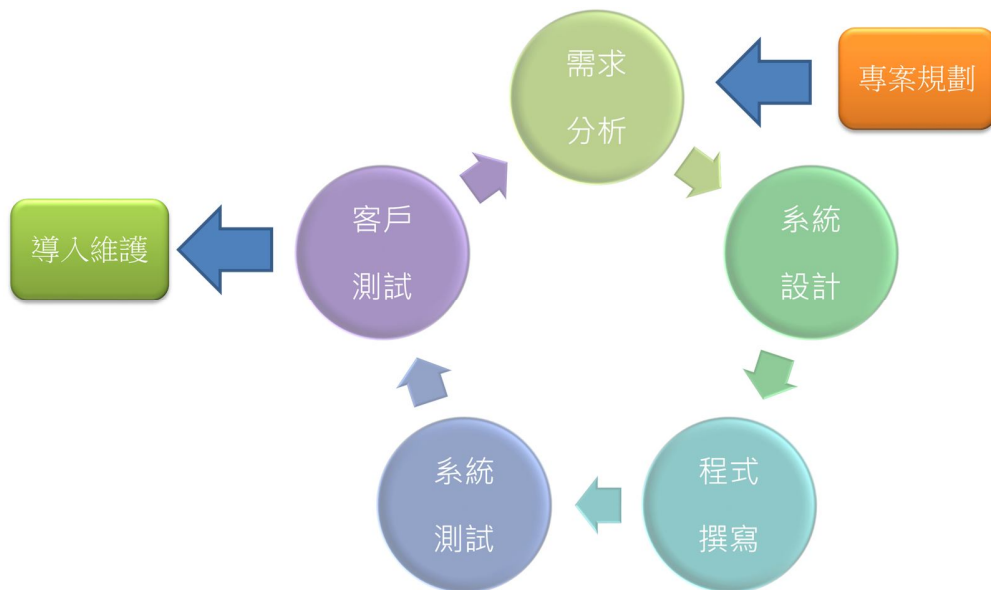


圖 3-1 系統開發流程

本研究依據 NCREE-LCB-BMS 的設計架構進行擴充，採用 Web-based 技術開發，並使用 MVC 概念進行系統分析與設計，使用者介面的部份以

Web-base 技術開發，使用 HTML 5 技術實作，資料介面則與 NCREE-LCB-BMS 的資料匯流結合，以取得推論所需要的橋梁檢測資料。

### 3.1 耐震能力評估資訊連結模組分析

在 NCREE-LCB-BMS 中具有資料匯流之設計概念，屬於一種 Web Service 技術，使用 RESTful API 的設計概念，使用者端可以透過此資料匯流向 NCREE-LCB-BMS 請求讀取資料，亦或者向 NCREE-LCB-BMS 送入資料。

考量提供較彈性的整合方式，讓 NCREE-LCB-BMS 可以整合不同的地震災害損失推估系統，耐震能力評估資訊連結模組將採用與 NCREE-LCB-BMS 資料匯流一致的設計概念，設計 RESTful API，透過此 API，NCREE-LCB-BMS 所連結之地震災害損失推估系統可以取得推估過程中所需要的橋梁基本資料、易損性曲線資料、橋梁耐震評估資料等等，地震災害損失推估系統並依據這些相關的數據進行分析，並利用與取得資料相同的技術，將分析的結果分佈至 NCREE-LCB-BMS 中。

為避免地震災害損失推估系統因配合此運作機制而造成程式之修改，地震災害損失推估系統與 NCREE-LCB-BMS 之間亦可以透過檔案交換的方式完成橋梁損害評估的分析工作。

橋梁損壞機率的分析時機可以區分為震前與震後，震前主要應用於動員規劃之應用；而震後則是立即協助重點區域搶救之決策。震前的應用，將由橋管機關依據需要，藉由 NCREE-LCB-BMS 系統作業，向地震災害損失推估系統提出模擬之請求；震後的應用，則是依據中央氣象局之速報資訊，當接收到此資訊的那一刻後，地震災害損失推估系統立即觸發評估作業，並將分析之成果發佈至 NCREE-LCB-BMS 中。其模組規劃及作業方式如圖 3.1-1 所示。



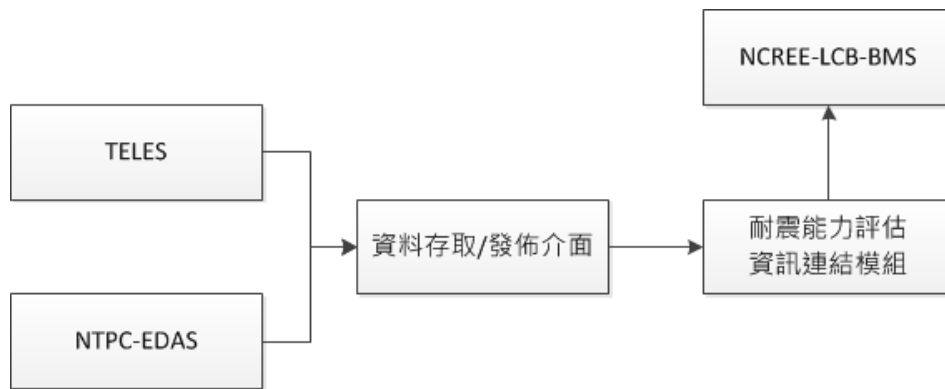


圖 3.1-1 耐震能力評估資訊連結模組

### 3.2 耐洪能力評估資訊連結模組分析

耐洪能力評估資訊連結模組與耐震能力評估資訊連結模組類似，均需要與外部系統連結整合，但和耐震能力評估資訊連結模組的運作方式不同。耐震能力評估模組所連結的資訊是由外部分析軟體透過資料匯流介面匯入，由中央氣象局的速報系統觸發，經分析後透過 RESTful API 連結 NCREE-LCB-BMS 傳回；而耐洪能力評估模組方面，則是由 NCREE-LCB-BMS 透過排程方式，定時向颱洪中心的資料中心取得資料更新。

由於颱洪中心發佈的資料屬於原始資料型式，所以耐洪能力評估資訊連結模組需要透過中介軟體(Middleware)進行資料轉換與整理，再透過資料匯流和 NCREE-LCB-BMS 連結，其模組規劃與作業方式如圖 3.2-1 所示。

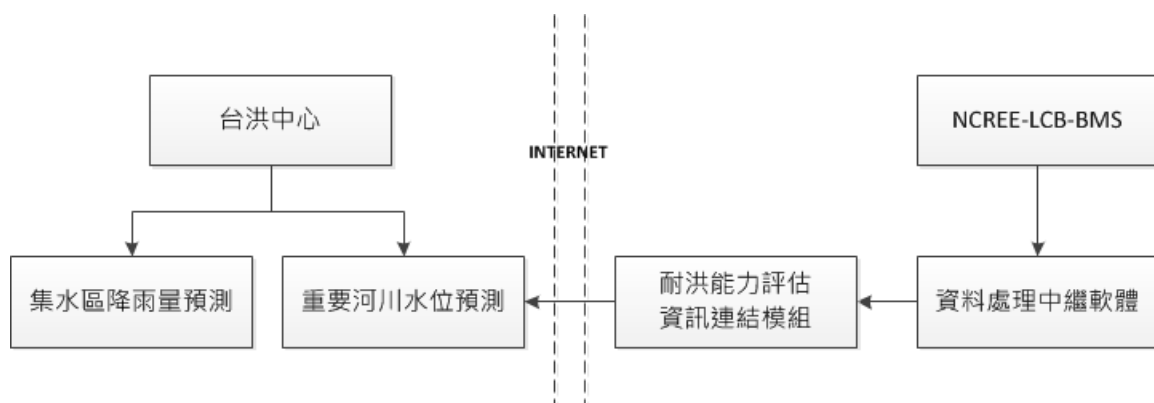


圖 3.2-1 耐洪能力評估資訊連結模組

### 3.3 橋梁老舊劣化評估分析模組分析

橋梁老舊劣化評估分析模組主要採用回歸公式計算方式進行構件劣化的預測推估，並由預測的結果求得殘餘使用年限，以及性能指標變化的曲線，再由系統從過去適用之維修工法資料庫中，選擇與比較不同維修工法所產生之維護經費，橋管人員即可以參考相關的建議進行橋梁維護之工作。

此擴充模組包含回歸公式分析、殘餘使用年限推估、維護工法資料庫、各種工法成本估算等，其模組規劃與作業方式如圖 3.3-1 所示。

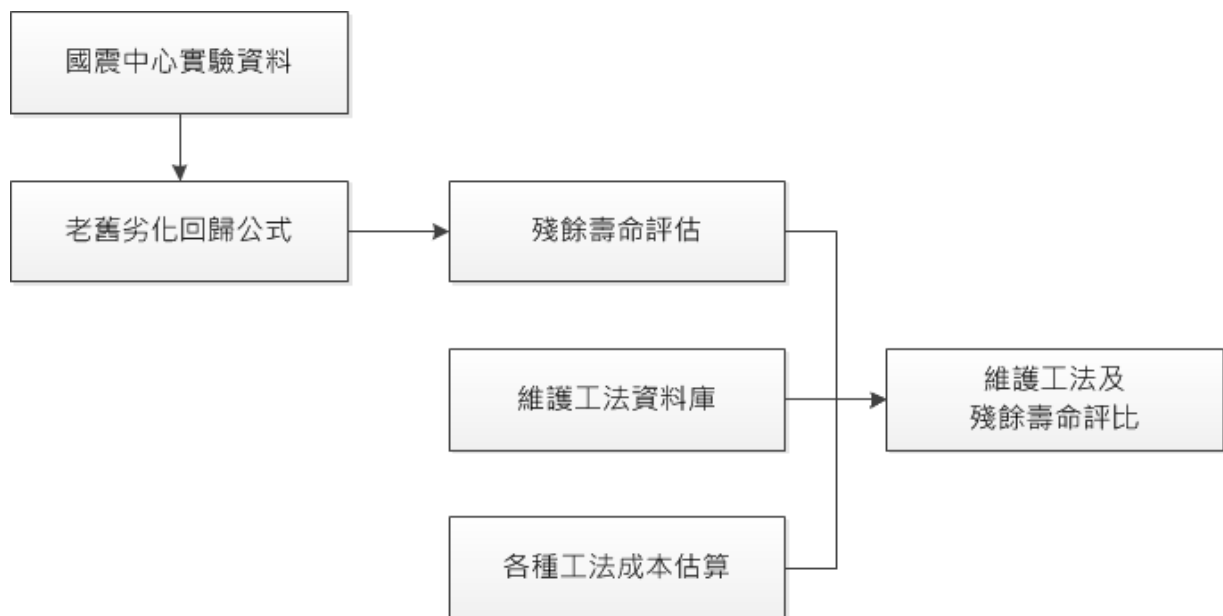


圖 3.3-1 橋梁老舊劣化評估分析模組

### 3.4 多類型橋梁資料建立與檢測模組分析

為能支援彈性建立橋梁結構資料、檢測資料、評估資料等等，擬採用樹狀與階層的方式描述，並採用可以編輯此樹狀與階層的圖型化編輯工具XMind。Xmind 是一套免費軟體，支援多種樹狀與階層的圖型繪製方式，可以用來表達橋梁結構的組成關係、檢測與評估項目的組成關係，橋管人員即可以使用

此工具，利用繪圖的方式，完整描述所需要的資料結構，擴充模組再以匯入的方式，解析橋管人員所表達的樹狀與階層的資訊，再產生資料庫所需要的 Schema、相關的物件類別(Class)源始碼、操作介面的程式碼等等，經過編譯後並佈署到系統中，即可以讓系統增加相關的擴充功能。

Xmind 的資料檔為一個多重 XML 的壓縮檔，XML 本身合適用於描述任何樹狀與階層的資料結構，XML 亦可以用於描述系統作業的邏輯與流程，NCREE-LCB-BMS 採用 .NET Framework 設計，所以可以使用內建的 XML 程式庫開發，建立 XML 與物件類別對應關係，所以只要完成物件類別設計，即可以快速地完成 XML 資訊解析，亦可以反向將物件資料轉存為 XML 的格式，所以選定 Xmind 做為資訊表達的工具是一項便利與快速的選擇。多類型橋梁資料建立與檢測模組及作業方式參考圖 3.4-1 所示。

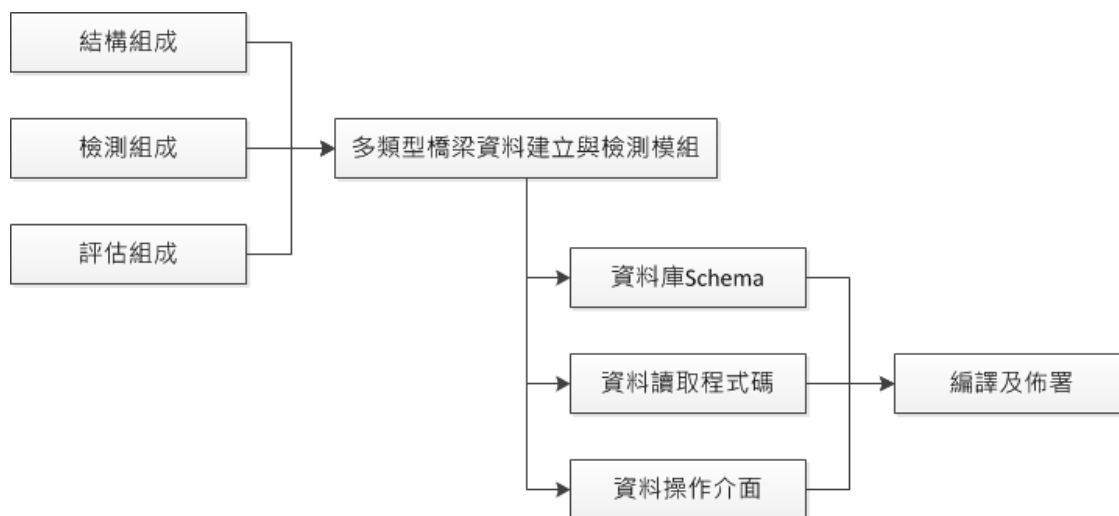


圖 3.4-1 多類型橋梁資料建立與檢測模組設計



## 第四章 系統設計

### 4.1 MVC 系統架構設計

NCREE-LCB-BMS 系統以設計模式(Design Pattern)中的 MVC 模式設計，參考圖 4.1-1 所示，MVC(Model-View-Controller)是軟體工程上面的一種重要的軟體設計模式，目的即是將程式與設計做一個區隔，創造一個權責分明的開發架構，透過分層的切割，讓視覺設計與程式設計可以分工，使開發上更能模組化及提高可維護性，其做法是將應用程式分割成以下三個邏輯元件：

**Model**：主要負責應用程式中的資料模型，一般會使用物件類別與資料庫映射(OR/M)的方式進行設計，可以將系統資料庫存取與實體資料庫進一步切割與分工，減少系統與資料庫的綁定，提供更高度的應用彈性。

**View**：可以簡單地視為是使用者介面，在此系統中即是以 HTML 5 技術進行視覺介面之呈現，一般 View 可以與 Model 整合，透過 View 完整呈現 Model 之資料。View 一般可以再細分成許多更小的單元，負責不同 Model 之資料呈現，所以一個完整的 View 可以視為是許多 View Component 之結合。由於 View 可以與使用者互動，所以通常也會由 View 的互動事件觸發執行 Controller 的函式。

**Controller**：為系統運作的核心，一個 Controller 通常包含許多動作(Action)，透過 View 觸發這些動作，可以執行畫面的更新、資料讀取、產生報表或與其他資訊系統連結等等功能。

NCREE-LCB-BMS 採用 Microsoft .NET 設計，在網頁設計方面採用 ASP.NET MVC，它提供完整 MVC 架構，本研究所發展的擴充模組將延用此架構進行擴充與修正。

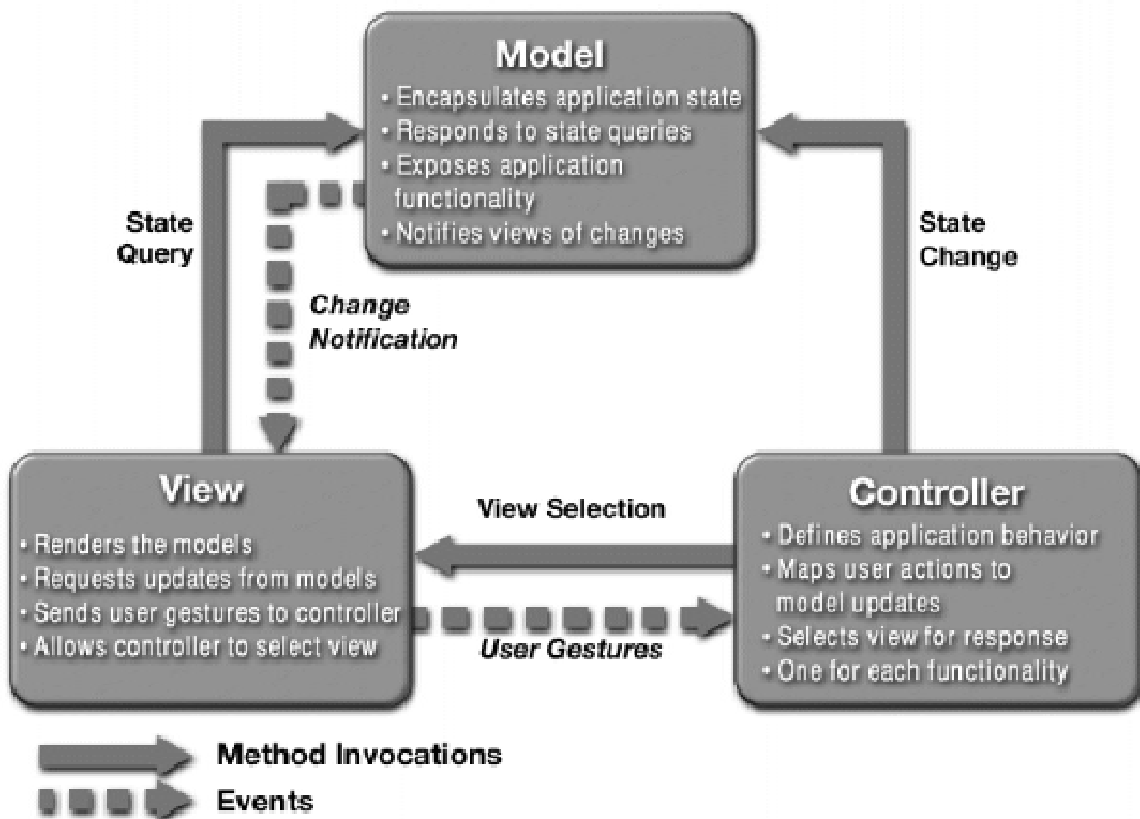


圖 4.1-1 系統 MVC 架構

## 4.2 資料模型設計

橋梁安全檢測基本組成包含以下幾個主要的部份(參考圖 4.2-1 所示)：

- (1) 結構樹(Structure Tree, ST)：主要描述不同應用類型橋梁或結構類型橋梁的構件組成關係。在 NCREE-LCB-BMS 中，以 Structure Item(SI)代表橋梁的構件，SI 可以檢測的需要予以細分，不必細分者，亦可以用 SI 代表一個構件的群組。而結構樹即是以這些 SI 建立階層狀的關係。
- (2) 檢測樹(Inspection Tree, IT)及檢測資料樹(Inspection Data Tree, IDT)：以構件項目為基礎，建立每一個構件項目的檢測內容(Inspection Item, II)，II 除亦可以包含一些子檢測項目，或是包含一些檢測清單，可以讓檢測人員可以直接選取，完成檢測的工作，檢測樹即是依此 II 所組成的樹狀階層關係；

當檢測人員依據結構組成，依續完成檢測的工作，即可以建立一個檢測資料樹，此檢測成果，將再配合評估樹予以評估。

(3)評估樹(Evaluation Tree, ET)：以橋梁安全評估重點為出發點，建立一個樹狀階層的評估項目(Evaluation Item, EI)架構，階層中則是由評估細項組成。EI 的評估資料，則是來自於檢測項目 II 檢測後所得的資料(即存在 IDT 中的資料)。

結構樹、檢測樹與評估樹可以完整地描述與表達不同結構類型的橋梁、完整檢測內容與不同橋梁安全評估之應用。由於三者之間均為樹狀結構，在資料庫設計方面頗為複雜，資料建立的方式也相對複雜。

雖然資料結構複雜，但檢測人員進行檢測時，是依橋梁構件的順序，依序完成各個構件的檢測工作，資料呈現是二維表格式資料，所以在資料檢視方面與傳統 DERU 的表格並不會差異太大。

為方便研究人員可以用較簡單的方式完成大量的樹狀資料的編輯，所以系統將藉重 XMind 編輯工具，協助研究人員執行結構樹、檢測樹與評估樹編輯的工作。XMind 除了可以編輯心智圖之外，編輯樹狀組織圖亦是它的強項之一，完成編輯存檔後的檔案格式為一個 XML 檔，亦可以便利透過程式進行資料結構解析，如此便可以進行大量資料批次輸入，簡化研究人員繁複的工作。

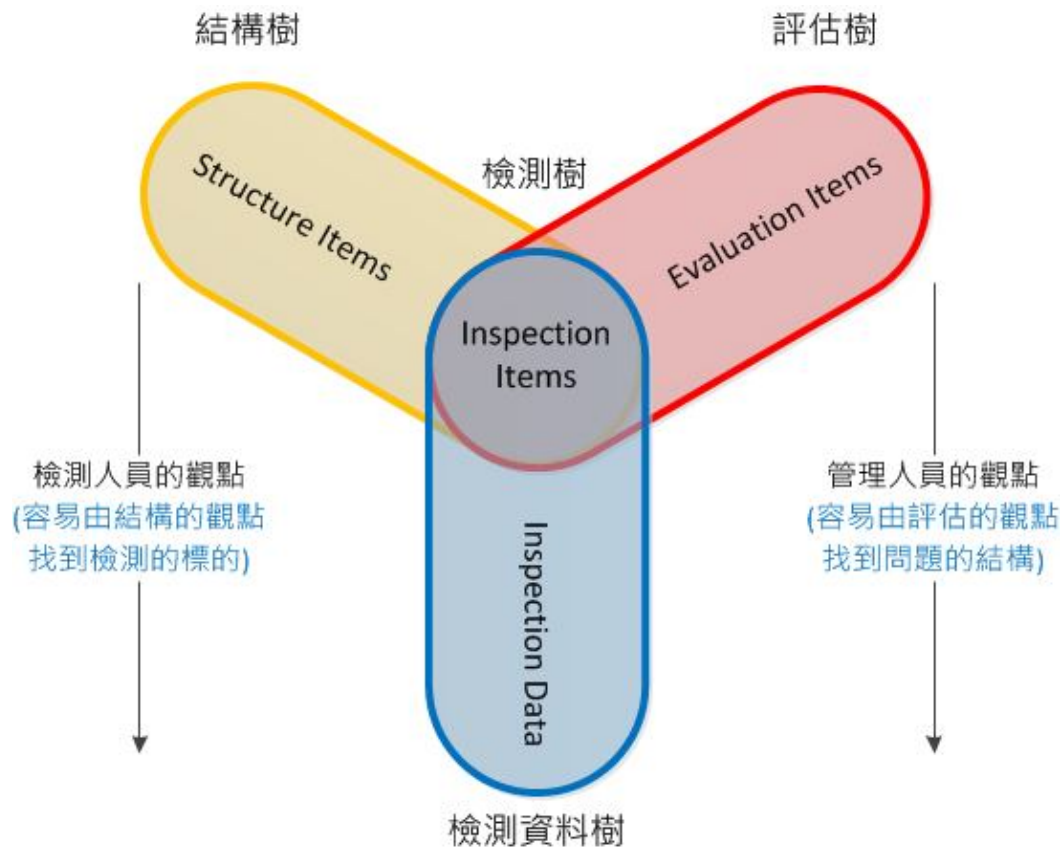


圖 4.2-1 結構樹、檢測樹及評估樹之組成關係

XMind 軟體本身並無設計支援本研究建立資料模型的需求，所以為能便利後續自動化的工作，需要針對使用 XMind 繪圖流程及繪圖方式進行規畫與設計，例如，在 XMind 使用表格可以代表一個程式中的類別，此類別包含標題描述、資料類型及相關資料之限制條件，再透過「圖示」標記，代表此資料欄位如何呈現在畫面中；亦或標記資料貯存之型態(例如：S 代表字串型式；R 代表物件參考；L 代表陣列等等)；這些資料結構之描述過程直覺，且不需要直接處理任何程式設定等等，可以視為是視覺化程式設計(Visual Programming)的一種。完成描述的資料結構將透過處理程式，自動建立資料庫表格及欄位，更重要的是處理相關資料的邏輯運算等等。參考圖 4.2-2 至圖 4.2-4 為描述結構樹的資料結構；參考圖 4.2-5 至圖 4.2-7 為描述檢測樹的資料結構；參考圖 4.2-8 至圖 4.2-11 為描述評估樹的資料結構；參考圖 4.2-12 則是一個 RC 梁橋



的組成架構，每一個圖框中，尚包含許多細項欄位之描述，當研究人員需要調整或增加欄位時，即可以透過 XMind 編輯此資料檔，完成欄位或資料結構之擴充。

上述過程主要是藉重 XMind 描述資料庫結構，並相關工具產生相關資料庫存取之程式碼及計算邏輯，是藉由 XMind 達成 Visual Programming 之目的。完成資料結構建立後，接著即是大量的樹狀資料描述與輸入，參考圖 4.2-13，此為一個結構樹實體資料的描述，圖中所有的內容並非描述貯存資料的結構 (Schema)，而是資料本身，將透過自動化工具，批次化地存入資料庫中；參考圖 4.2-14，此為一個部份檢測樹的示意圖；參考圖 4.2-15 則為一個部份評估樹的示意圖。

結構圖 StructureTree		
	資料欄位	限制條件
abi 圖說名稱	S Name	NotEmpty
abi 圖說版本	S Ver	NotEmpty
圖說說明	S Comment	
結構項目	R StructureItem(StructureItem)	
圖例項目	L Legends(Legend)	

圖 4.2-2 結構樹類別設計

結構項目 StructureItem		
	資料欄位	限制條件
abl 結構名稱	S Name	NotEmpty
abl 項目版本	S Ver	
abl 命名空間	S Namespace	NotNullNotEmpty
abl 結構類別	S Class	
abl 名稱縮寫	S Abbreviation	
abl 結構路徑	S Path	
abl 結構說明	S Comment	
abl 多重個體	I IsMutipleInstances 0:單一個體 1:多重個體	
包含項目	L ▶ StructureItems(StructureItem)	
檢測項目	L ▶ InspectionItems(Inspections.InspectionItem)	

圖 4.2-3 結構項目類別設計

應用圖例 Legend		
	資料欄位	限制條件
abl 圖例名稱	S Name	NotEmpty
abl 圖例代碼	S Code	NotEmpty
abl 圖例版本	S Ver	NotEmpty
abl 圖例說明	S Comment	

圖 4.2-4 應用圖例類別設計

檢測項目 InspectionItem 		
	資料欄位	限制條件
abl 項目名稱	S Name	NotEmpty
abl 項目標題	S Title	NotEmpty
abl 項目版本	S Ver	
abl 項目說明	S Comment	
項目類型	T Type  <ul style="list-style-type: none"> <li>0:檢測項目群組</li> <li>1:文字</li> <li>2:整數值</li> <li>3:實數值</li> <li>4:布林值</li> <li>5:日期值</li> <li>99:表示式</li> </ul>	
abl 資料單位	S Unit	
介面類型	T UIType  <ul style="list-style-type: none"> <li>1:文字方塊</li> <li>2:數值方塊</li> <li>2:布林清單</li> <li>3:日期清單</li> <li>99:文字方塊</li> </ul>	
是否必檢	T Required  <ul style="list-style-type: none"> <li>0:非必檢</li> <li>1:必需檢查</li> </ul>	
abl 參考屬性	S RefProperty	
abl 項目路徑	S Path	
清單項目	L ▶ ListItems(ListItem)	
說明圖片	L ▶ Images(FileSystem.File)	
檢測細項	L ▶ InspectionItems(InspectionItem)	
abl 優先順序	T Priority	
應用圖例	L ↔ Legends(StructureTree.Legend)	
子類別檢測項目	L ▶ SubInspectionItems(InspectionItem)	

圖 4.2-5 檢測項目類別設計

清單項目 ListItem		
	資料欄位	限制條件
abl 項目名稱	S Title	NotEmpty
abl 項目版本	S Ver	
abl 項目說明	S Comment	
abl 項目分數	F Score	
預設選項	I IsDefault	0:否 1:是

圖 4.2-6 清單項目類別設計

檢測專案 InspectionProject		
	資料欄位	限制條件
abl 專案編號	S PID	NotEmpty
abl 專案名稱	S ProjectName	NotEmpty
開始日期	D StartDate	
結束日期	D EndDate	
abl 檢測公司	S Company	
abl 經理人	S Manager	
abl 經理電話	S ManagerTEL	
abl 經理郵件	S ManagerMail	
abl 聯絡人	S Contact	
abl 聯絡電話	S ContactTEL	
abl 聯絡郵件	S ContactMail	
abl 橋梁編號	S BridgeId	
abl 結構圖	S StructureTreeId	
結束專案	I Closed	0:結束專案 1:進行中

圖 4.2-7 檢測專案類別設計

橋梁評估樹 EvaluationTree		
	資料欄位	限制條件
abl 評估名稱	S Name	NotEmpty
abl 評估版本	S Ver	
abl 評估說明	S Comment	
評估主題	L ▶ EvaluationTopics(EvaluationTopic)	

圖 4.2-8 橋梁評估樹類別設計

評估主題 EvaluationTopic		
	資料欄位	限制條件
abl 主題名稱	S Title	NotEmpty
abl 主題版本	S Ver	
abl 主題說明	S Comment	
評估細項	L ▶ EvaluationItems(EvaluationItem)	
檢測細項	L ↔ InspectionItems(Inspections.InspectionItem)	
評估分級	L ▶ EvaluationClassifications(EvaluationClassification)	

圖 4.2-9 評估主題類別設計

評估項目 EvaluationItem		
	資料欄位	限制條件
abl 項目標題	S Title	NotEmpty
abl 版本號碼	S Ver	
abl 項目描述	S Comment	
評估細項	L ▶ EvaluationItems(EvaluationItem)	
檢測細項	L ↔ InspectionItems(Inspections.InspectionItem)	

圖 4.2-10 評估項目類別設計

評估分級 EvaluationClassification		
	資料欄位	限制條件
abl 分級標題	S Title	NotEmpty
abl 分級說明	S Comment	
abl 分數上限	F UpperBound	
abl 分數下限	F LowerBound	
abl 分數圖標	S Marker	

圖 4.2-11 評估分級類別設計



圖 4.2-12 一般 RC 橋梁構件樹資料模型架構

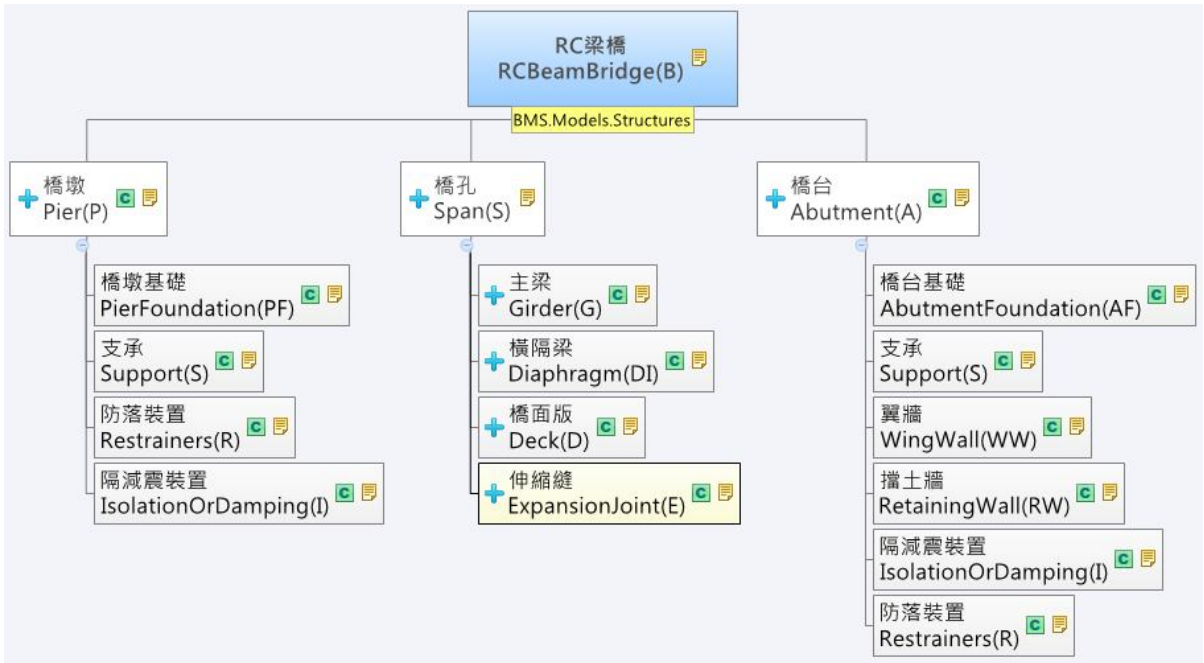


圖 4.2-13 一般 RC 梁橋結構樹組成



圖 4.2-14 部份檢測項目組成

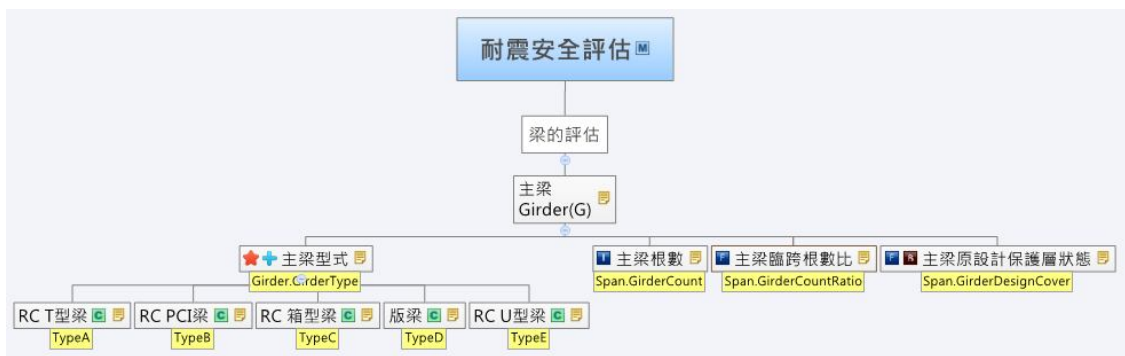


圖 4.2-15 耐震安全評估組成



## 第五章 系統成果說明

依據上述章節設計，NCREE-LCB-BMS 系統的擴充架構如圖 5-1 所示。這些擴充模組，均使用與 NCREE-LCB-BMS 相同的資訊技術，採用 Web-based 應用程式架構，底層平台使用 .NET Framework，網頁使用 ASP.NET MVC 進行設計，圖形化操作介面實作的部份則使用 HTML 5 技術完成。

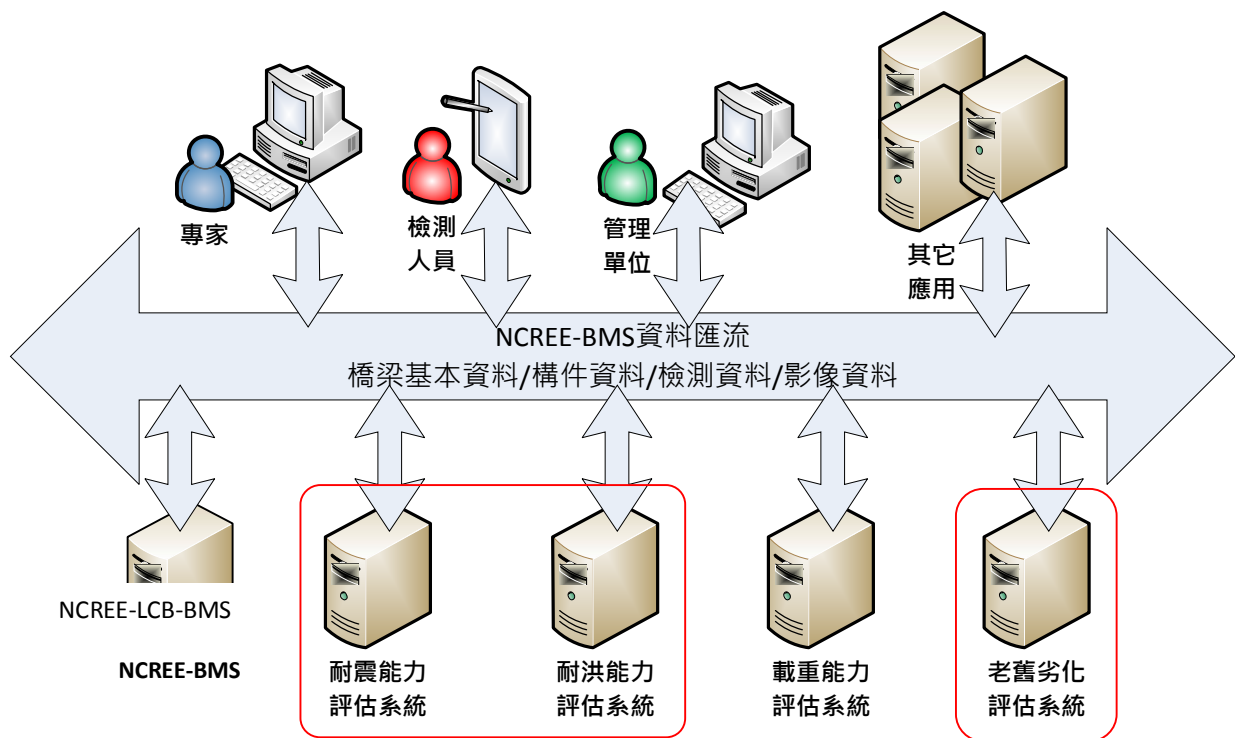


圖 5-1 NCREE-LCB-BMS 擴充模組

### 5.1 耐震能力評估資訊連結模組

耐震能力評估資訊連結模組成果如圖 5.1-1 及圖 5.1-2 所示。

資訊連結方面採用新北市的地震災損推估系統(NTPC-EDAS)為例(參考圖 5.1-1 所示)，使用此系統主要是可以便利取得原始碼並可以開放修改。在 NTPC-EDAS 中擴充可發佈符合 NCREE-LCB-BMS 支援資料格式的函式，並

在接收到氣象局發佈的地震資料後，把分析及推估之結果發佈至 NCREE-LCB-BMS 中，供使用 NCREE-LCB-BMS 的橋管人員應用及參考。

其中，耐震能力評估結果以表格及地圖的方式呈現，在表格方面主要呈現 NCREE-LCB-BMS 中所有橋梁推估後，依照損壞機率的估算進行排序，並根據警戒值之設定，顯示相關的行動值；在地圖方面，以橋管單位所在的行政區域為主，顯示該行政區的震度或 PGA 的分佈圖，並標記所有列管橋梁之位置，並以圖示化標記的方式，顯示橋梁損壞之程度。

表格或地圖的資訊，將整合系統所連結之地震災害損失推估系統，透過標準化之資料連結介面取得。

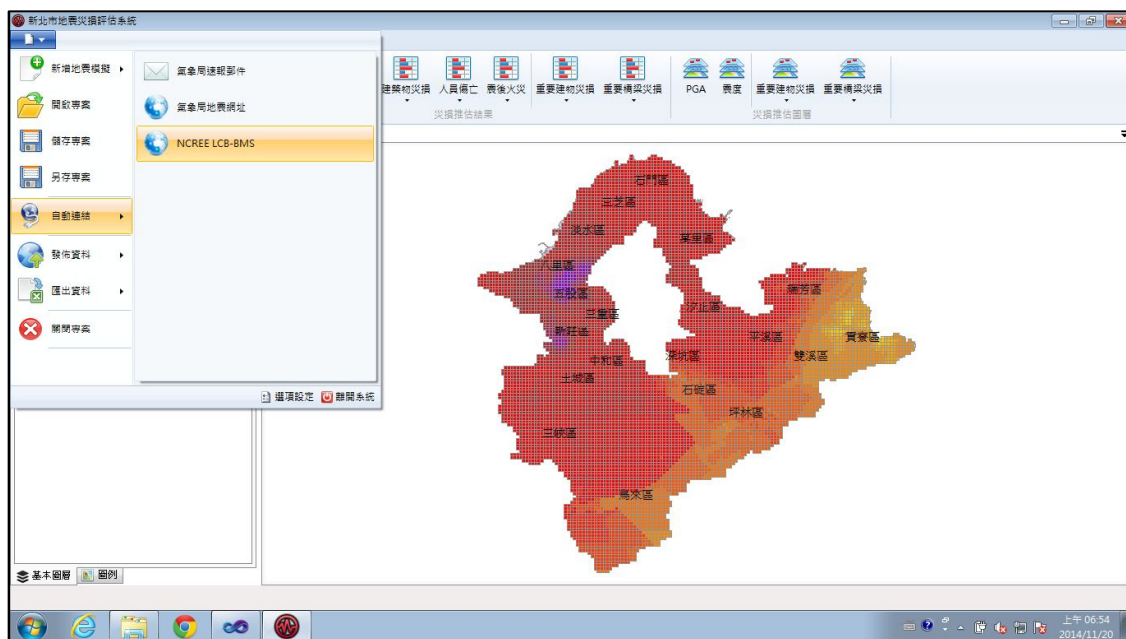


圖 5.1-1 NTPC-EDAS 推估與發佈 NCREE-LCB-BMS 所需之耐震評估資料

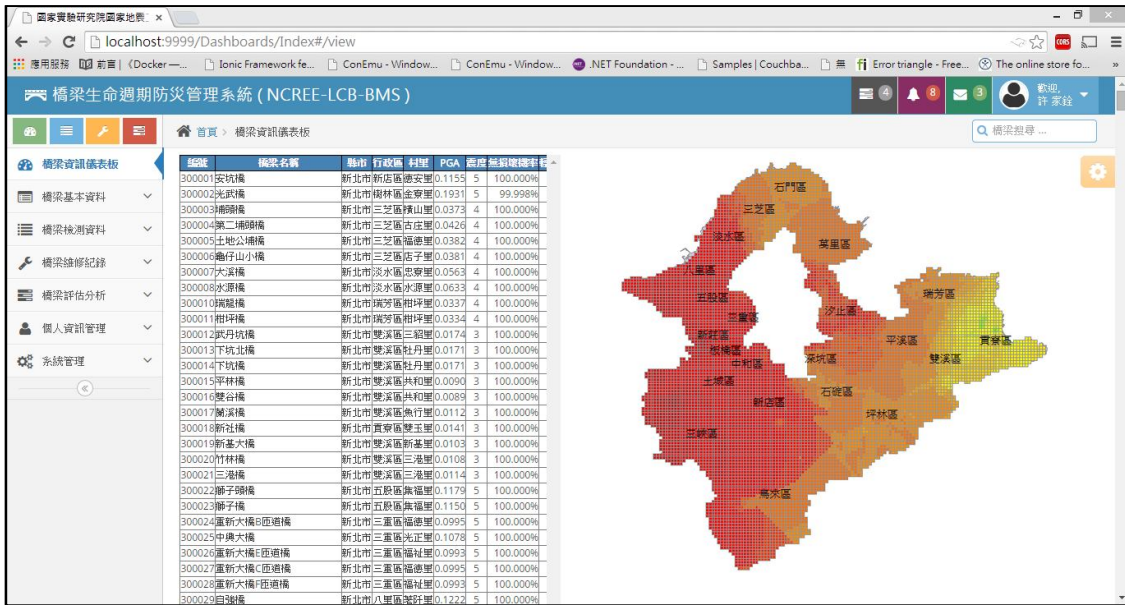


圖 5.1-2 耐震能力評估資訊連結模組成果

## 5.2 耐洪能力評估資訊連結模組

耐洪能力評估資訊連結模組成果如圖 5.2-1 及圖 5.2-2 所示。

耐洪能力評估結果以表格及圖表的方式呈現，在表格方面主要呈現由颱洪中心取得橋梁所在河川之水位預測資料及沖刷深度之預測等等，並整合比較系統所設定的警戒值與行動值，提出參考的訊息，協助橋管人員進行研判；在圖表方面則顯示河川的預測水位及沖刷深度曲線。

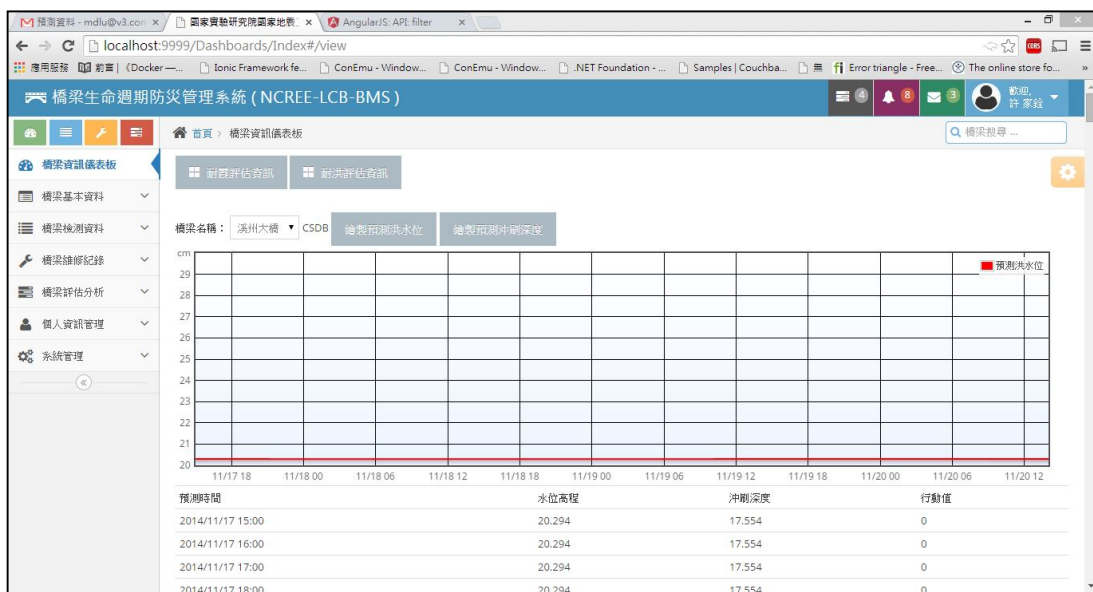


圖 5.2-1 橋梁所在河川之預測水位高程

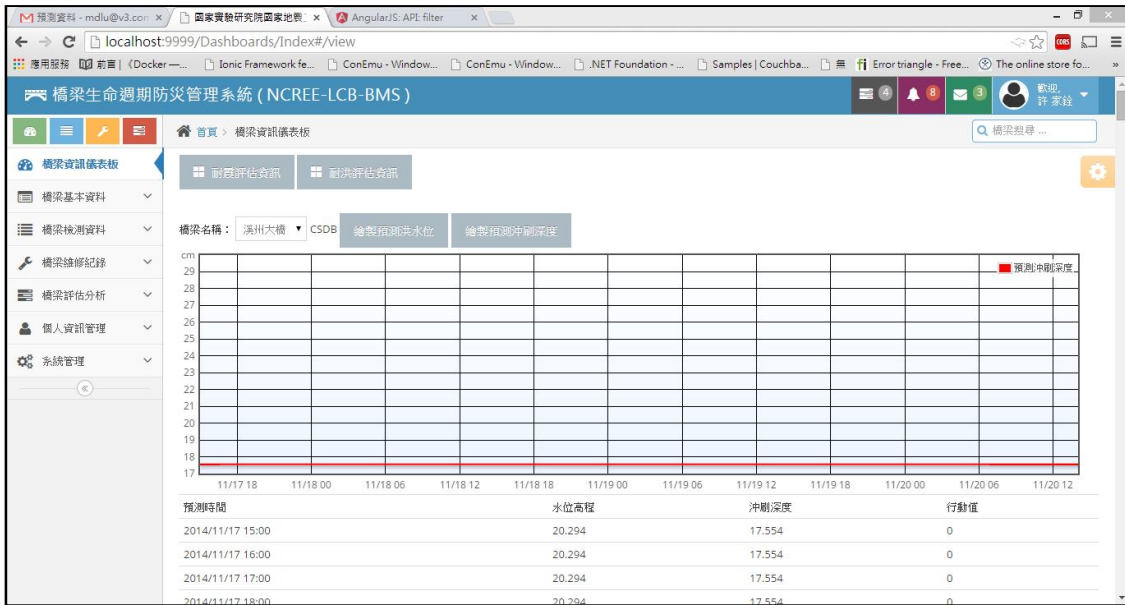


圖 5.2-2 橋梁預測冲刷高程

預測時間	水位高程	冲刷深度	行動值
2014/11/17 15:00	20.294	17.554	0
2014/11/17 16:00	20.294	17.554	0
2014/11/17 17:00	20.294	17.554	0
2014/11/17 18:00	20.294	17.554	0
2014/11/17 19:00	20.294	17.554	0
2014/11/17 20:00	20.294	17.554	0
2014/11/17 21:00	20.294	17.554	0
2014/11/17 22:00	20.294	17.554	0
2014/11/17 23:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 00:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 01:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 02:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 03:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 04:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 05:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 06:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 07:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 08:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 09:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 10:00	20.294	17.554	0
2014/11/18 11:00	20.294	17.554	0

圖 5.2-3 橋梁所在河川之預測水位高程及行動值

### 5.3 橋梁老舊劣化評估分析模組

橋梁老舊劣化評估分析模組成果如圖 5.3-1 所示。

橋梁老舊劣化評估分析模組以健全度之觀念，呈現 NCREE-LCB-BMS 系統中橋梁健全度的評比及相關圖表。透過圖表，可以瞭解橋梁預期之健全度與經檢測與評估後健全度之比較，並依據設定之維修健全度之門檻進行提醒，讓橋管人員可以針對這些資訊過濾出重要且較需要進行維修補強之橋梁。此外，經過維修補強之橋梁亦可以從圖表資訊中看出補強後之健全度，以及殘餘壽命。



圖 5.3-1 橋梁健全度期望曲線與實際檢測評估後之對應健全度比較

## 5.4 多類型橋梁資料建立與檢測模組

多類型橋梁資料建立與檢測模組成果如圖 5.4-1 及 5.4-19 所示。

圖 5.4-1 與圖 5.4-2 屬於 XMind 的操作畫面，可以彈性加入樹狀節點、加入標號、彈性調整組成關係等等，對具工程背景的工程師而言，完全沒有編輯作業的困難，以圖 5.4-1 為例，此結構描述 RC 梁橋，其下由橋墩、橋孔與橋台三個主要的部份組成；各個部份又可以再往下細分成許多個部份，此 XMind 頁面所描述的組成為結構組成；再以圖 5.4-2 為例，所描述的則為評估組成架構。

在 Web 操作方面，將系統修改為可以支援多種橋梁結構型式之作業畫面，包含基本資料建立、構件資料建立及相關檢測資料建立，均依據不同類型之橋梁型式予以區分，其作業畫面如圖 5.4-3~圖 5.4-11 所示。在行動檢測 App 方面亦對等支援不同橋梁類型之檢測資料建立，其作業畫面如圖 5.4-12 ~ 圖 5.4-19 所示。

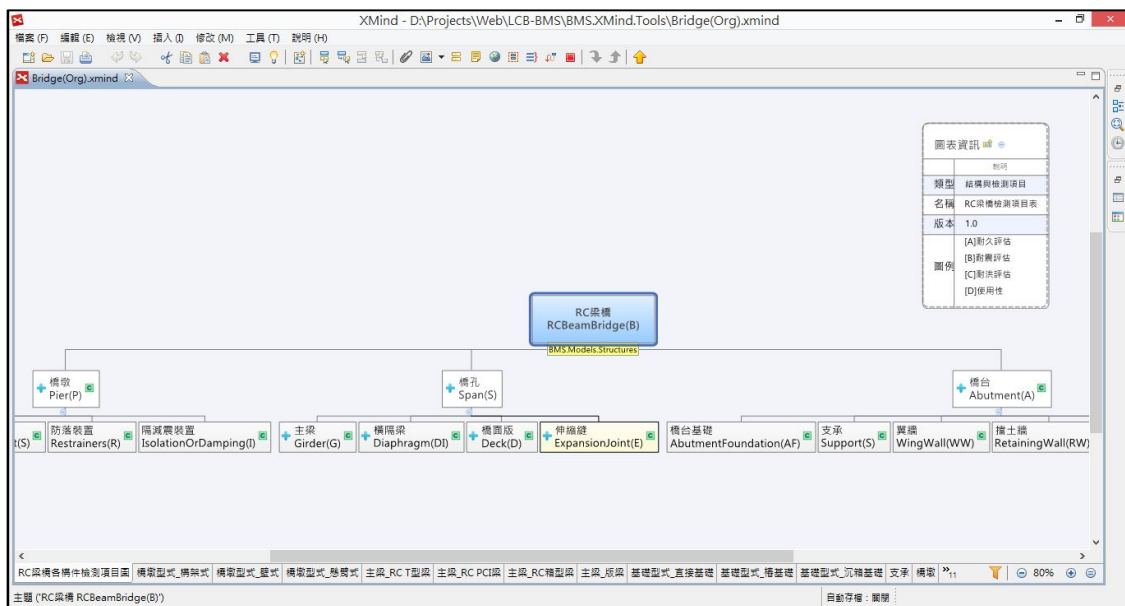


圖 5.4-1 利用 XMind 工具定義各種不同類型之橋梁基本資料

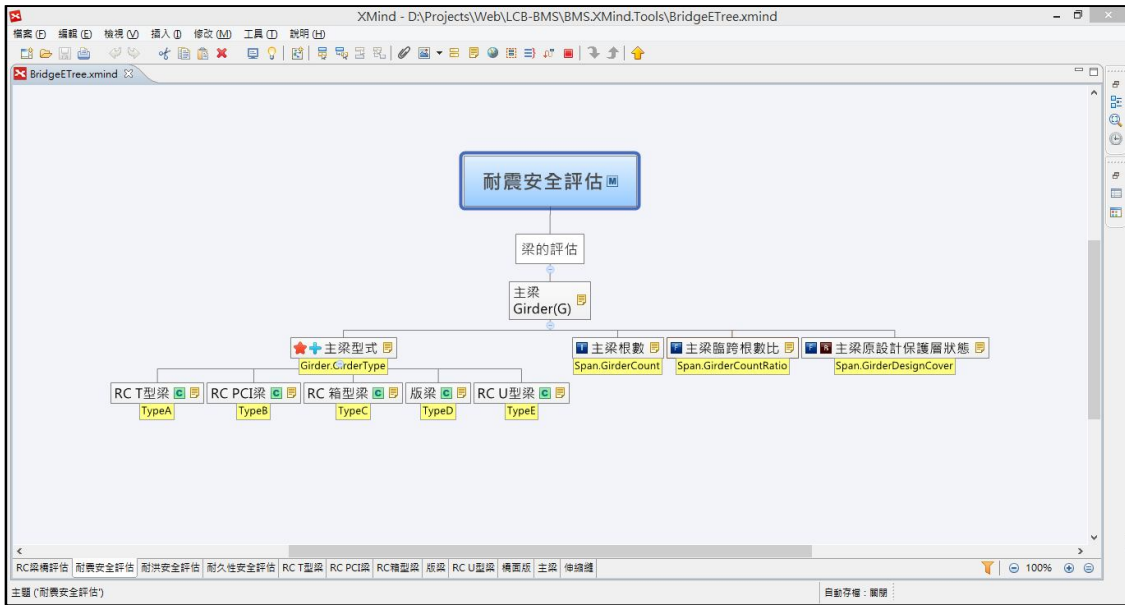


圖 5.4-2 利用 XMind 工具定義各種不同類型橋梁之檢測與評估架構

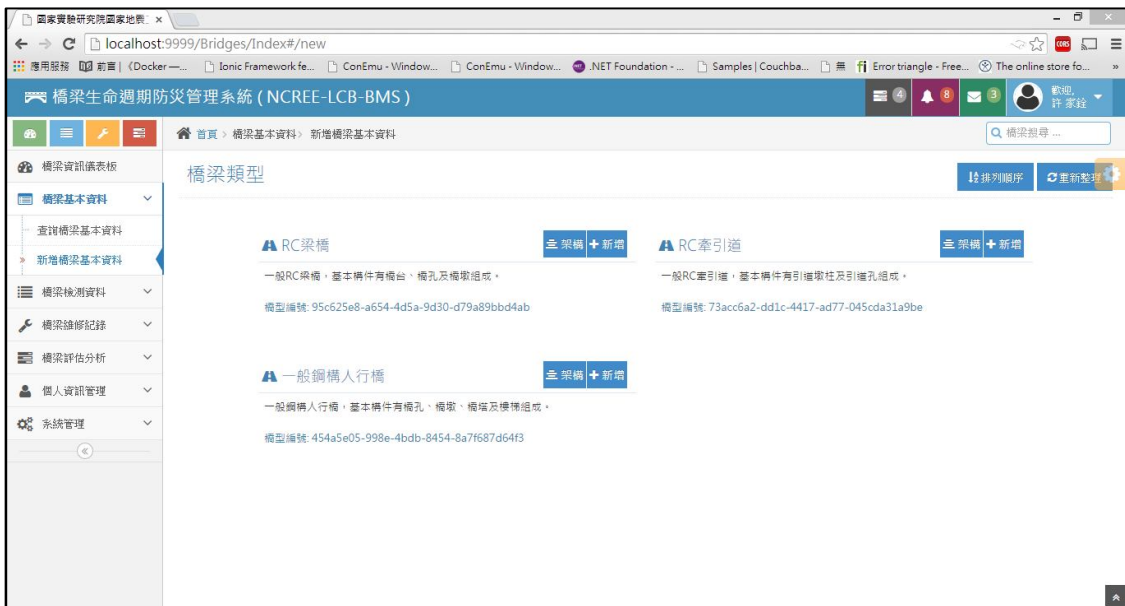


圖 5.4-3 可擴充與支援不同型式之橋梁結構



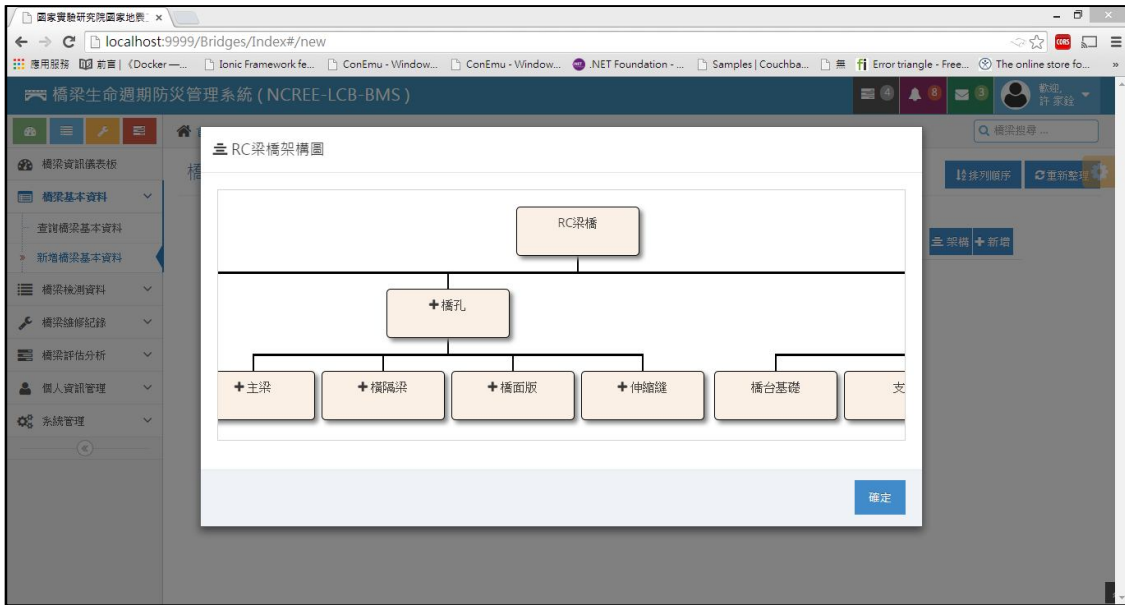


圖 5.4-4 系統內建之 RC 梁橋各個構件之組織架構

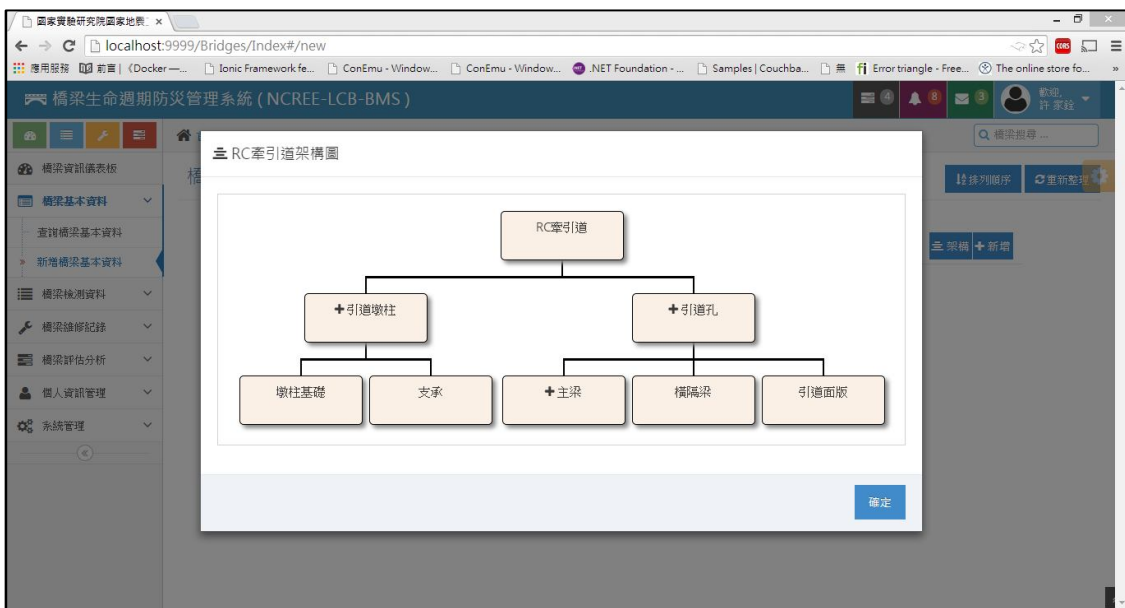


圖 5.4-5 系統擴充之 RC 牽引道橋梁之各個構件組織架構

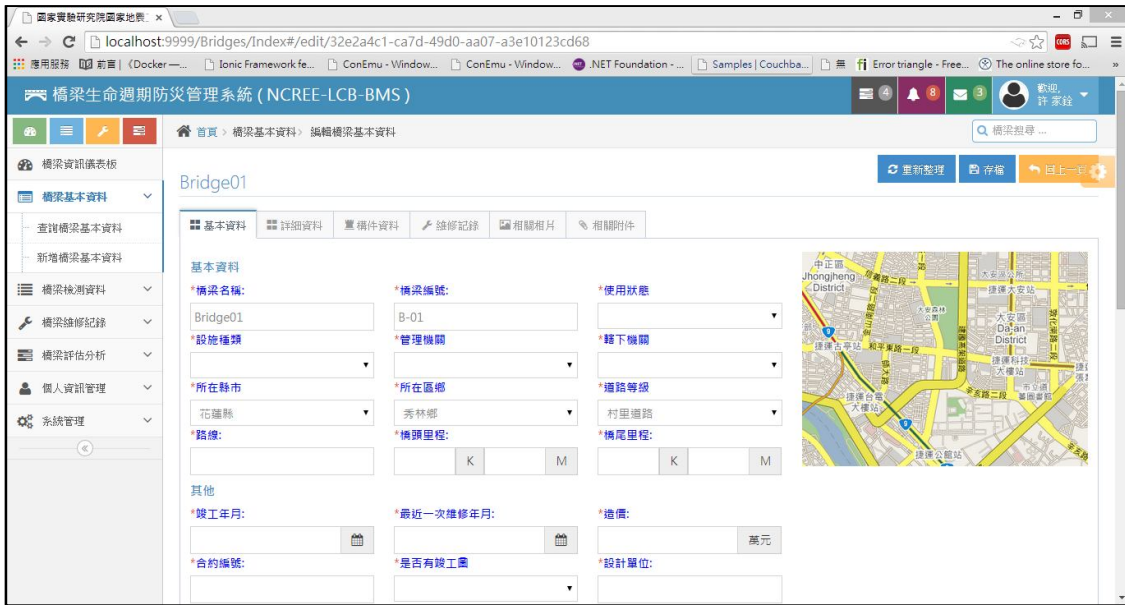


圖 5.4-6 橋梁基本資料



圖 5.4-7 依據不同型式橋梁所衍生之基本資料



圖 5.4-8 依據不同型式橋梁所衍生之構件資料

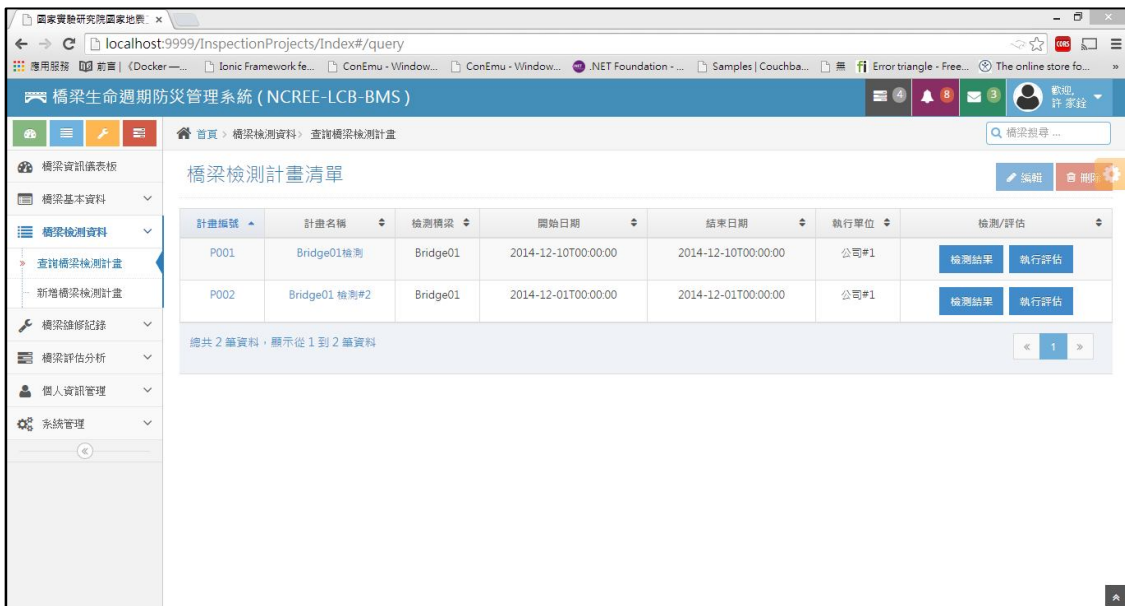


圖 5.4-9 橋梁檢測計算清單



圖 5.4-10 橋梁檢測資料清單

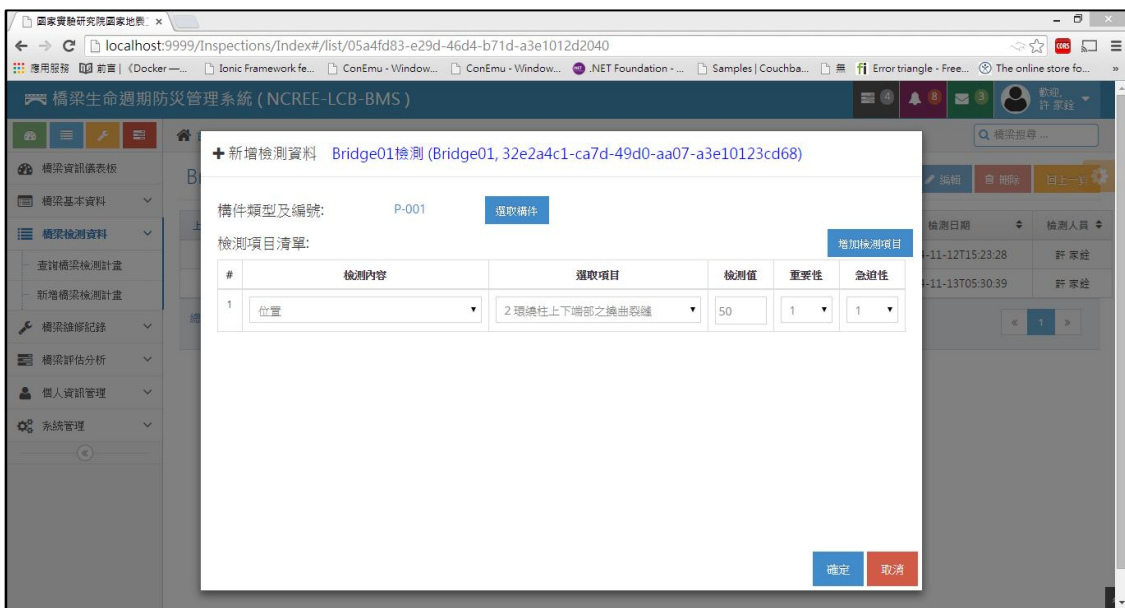


圖 5.4-11 編輯或新增橋梁檢測資料



圖 5.4-12 行動橋梁檢測 App 支援不同類型之橋梁檢測作業

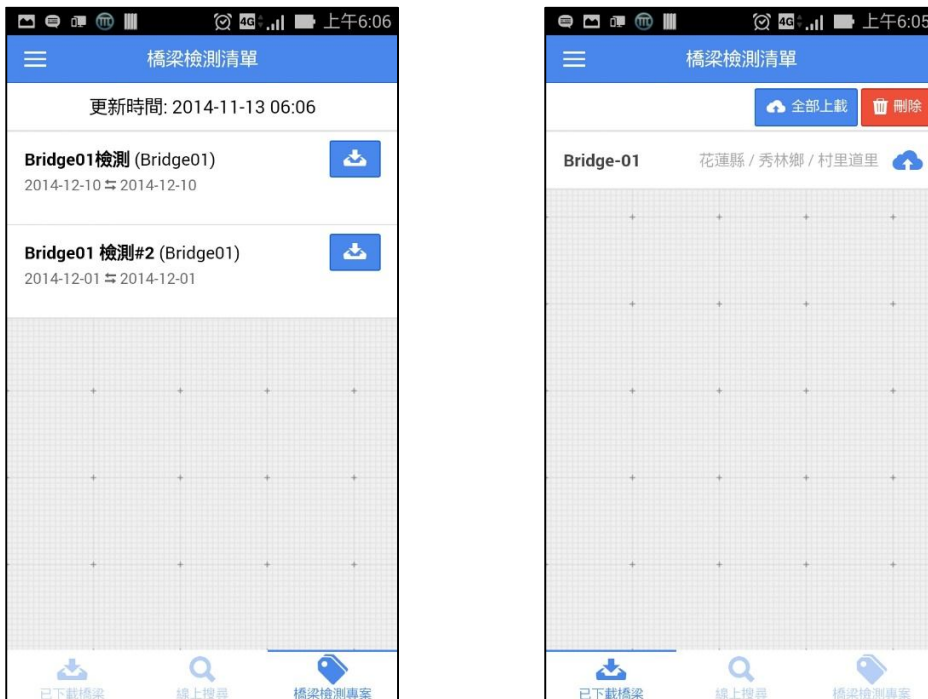


圖 5.4-13 透過行動橋梁檢測 App 取得橋梁資料



圖 5.4-14 行動橋梁檢測 App 中的橋梁基本資料



圖 5.4-15 行動橋梁檢測 App 中的橋梁構件資料

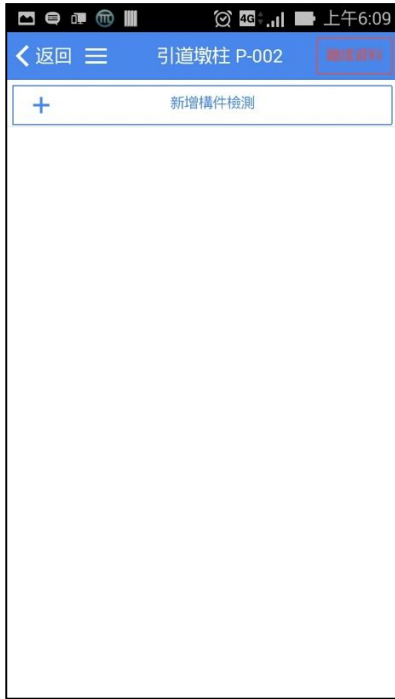


圖 5.4-16 行動橋梁檢測 App 中的橋梁檢測資料



圖 5.4-17 輸入橋梁檢測資料(Step#1 ~ Step#2)



圖 5.4-18 輸入橋梁檢測資料(Step#3 ~ Step#4)

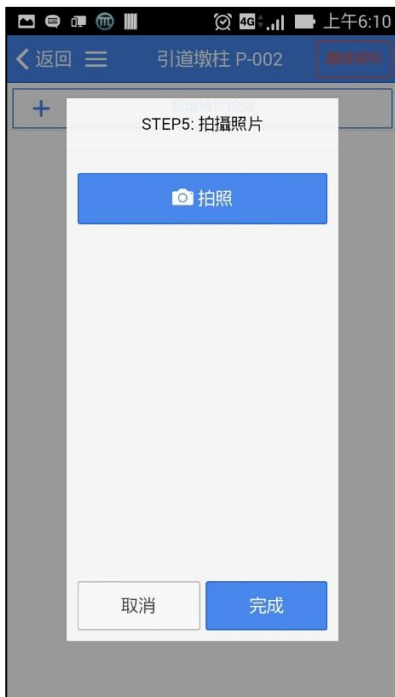


圖 5.4-19 拍照及完成橋梁檢測資料輸入



## 第六章 結論與建議

### 6.1 結論

1、應用完整樹狀資料結構可以完整描述不同結構類型橋梁、不同目的之檢測內容或各項橋梁安全評估之評估架構，提昇橋梁安全評估與管理之完整性，但相對也增加研究人員建立資料之複雜性。

2、使用行動檢測 App 可以輔助資料建立，但橋檢人員於現地檢測時，並不一定適合 App 操作，尤其是考量人員編組及現地作業之危險性時，App 並不一定能帶來簡化工作之效益。

### 6.2 建議

所有橋梁的安全評估均依賴完整橋梁檢測資料之搜集，雖然行動 App 可以減少二次作業資料輸入的問題，但在實務上，檢測工作所需的作業時間比資料輸入的時間長，加上執行橋檢工作時，尚需配合其他設備之輔助，且人員編組精簡，若要求橋檢人員於現地進行資料填寫是有許多不合理之處，若是屬於需要攀爬或渡河等危險性較高的檢測作業時，隨身所帶之行動裝置勢必成為檢測人員之負擔。所以如何減少攜帶不必要之行動設備，且又能免除現場資料記錄之麻煩，將是後續發展橋梁檢測工具之重點。



## 參考文獻

- 台灣地震損失模擬資訊網(TSSD)，<http://teles.ncree.org.tw/tssd/>
- 地震災情資訊上傳系統(EDIUS)，<http://teles.ncree.org.tw/eqsurvey/>
- 台灣地震早期損失評估資訊網(TESLE)，<http://teles.ncree.org.tw/tesle/>
- 「新北市地震災損評估系統(NTPC-EDAS)」，華光工程顧問股份有限公司，2012
- 林高玄，「基礎裸露橋梁之耐洪能力評估」，國立台灣大學碩士論文，2004
- 余欣穎，「台灣地區公路橋梁耐震補強優先排序之研究」，國立台北科技大學土木工程系，2006
- 郭筱琪，橋梁耐洪能力電腦輔助評估系統，國立台灣大學碩士論文，2006
- 宮本文穗、串田守可、足立幸郎、松本正人，「Bridge Management System(BMS)の開發」，土木学会論文集，No. 560/VI-34，91-106，1997
- XMind，<http://www.xmind.net/>