

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 ¹	陳俊仲 ¹	洪曉慧 ¹
Sung, Yu-Chi ¹	Chen, Chun-Chung ¹	Hung, Hsiao-Hui ¹
許家銓 ¹	劉光晏 ¹	張國鎮 ¹
Hsu, Chia-Chuan ¹	Liu, Kuang-Yen ¹	Kuo-Chun Chang ¹

¹ 國家地震工程研究中心

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，延展本研究開發系統之應用空間。

關鍵詞：橋梁檢測、管理系統、生命週期、專家系統

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, a life-cycle based bridge management system for disaster prevention is developed 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 proposed 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 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 developed according to the practice and convenience of field inspection works. Effective strategies and practical methods were studies in this paper as well. Thus the proposed system provides 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.

Keywords : bridge inspection, management system, life-cycle, expert system

一、研究背景

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，為橋梁防災管理實務應用需求，國家地震工程研究中心近期投入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)，此系統採用完整檢測資訊，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。

二、系統擴充模組概述

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，本計畫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。本計畫主要的目的將在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：以研究團隊所發展之橋梁管理系統之評估與檢測機制為基礎，並結合研究團隊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。

三、耐震能力評估資訊連結擴充模組

目前已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3-1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3-2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3-3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3-1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。

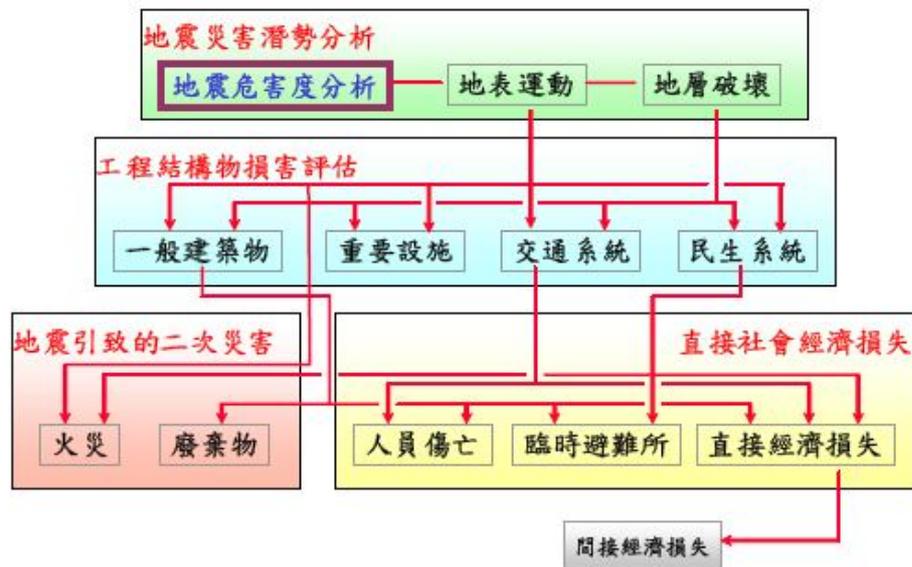


圖3-1台灣地震損失評估系統的分析流程與架構(葉錦勳，2005)

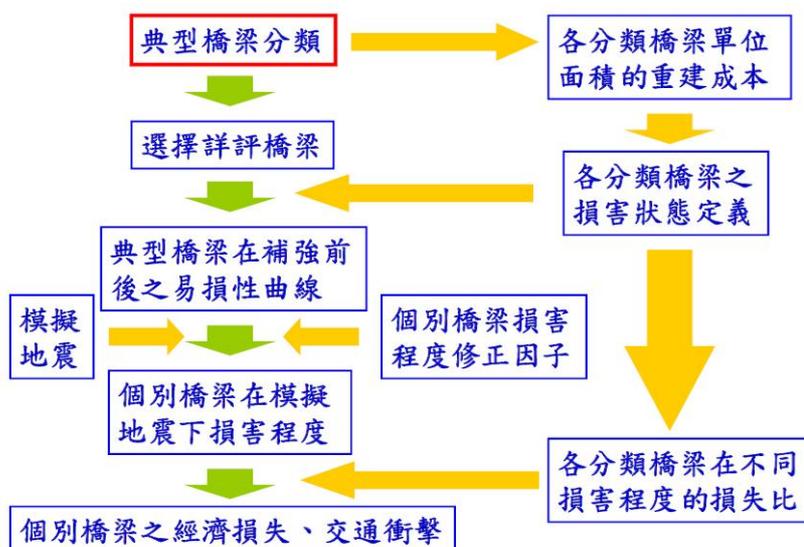


圖3-2公路橋梁地震損失評估流程示意圖(葉錦勳，2012)

新北市地震災損評估系統

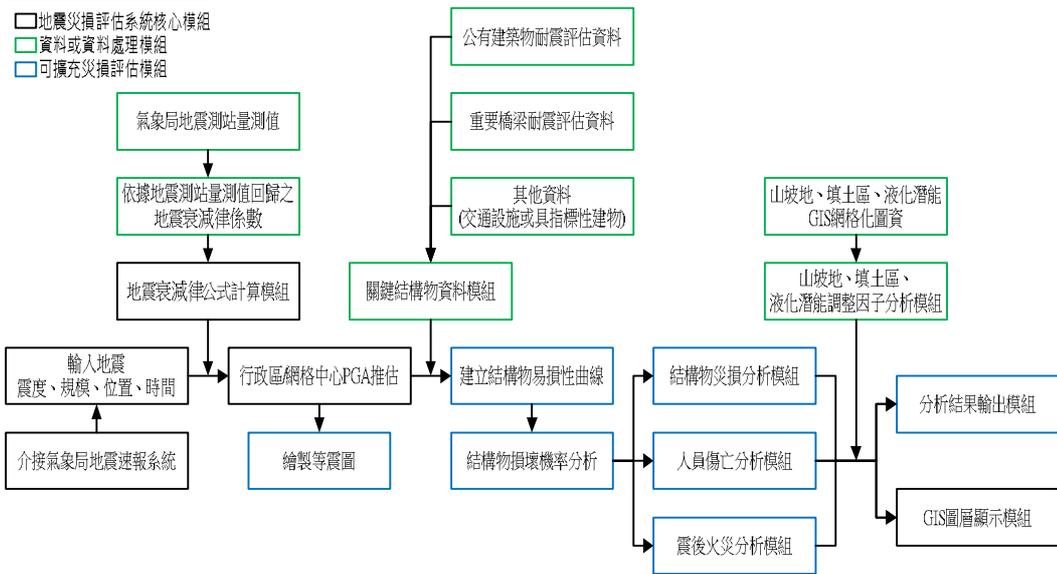


圖3-3 NTPC-EDAS分析流程

表3-1 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)	RPGA	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

四、耐洪能力評估資訊連結擴充模組

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。目前台灣颱風洪水研究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。目前系統接收每天共四次(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4-1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

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。

五、橋梁老舊劣化評估分析擴充模組

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。

表4-1 系統接收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	2014-10-22 00:00:00	CSDB	2014-10-22 00:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 01:00:00	CSDB	2014-10-22 01:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 02:00:00	CSDB	2014-10-22 02:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 03:00:00	CSDB	2014-10-22 03:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 04:00:00	CSDB	2014-10-22 04:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 05:00:00	CSDB	2014-10-22 05:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 06:00:00	CSDB	2014-10-22 06:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 07:00:00	CSDB	2014-10-22 07:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 08:00:00	CSDB	2014-10-22 08:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 09:00:00	CSDB	2014-10-22 09:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 10:00:00	CSDB	2014-10-22 10:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 11:00:00	CSDB	2014-10-22 11:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 12:00:00	CSDB	2014-10-22 12:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 13:00:00	CSDB	2014-10-22 13:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 14:00:00	CSDB	2014-10-22 14:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 15:00:00	CSDB	2014-10-22 15:00:00	20.294	17.554
m01	2014-10-22 16:00:00	CSDB	2014-10-22 16:00:00	20.294	17.554

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，目前研究團隊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5-1所示，主旨在於建立如圖5-2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。

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。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5-3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5-3之曲線3所示)。

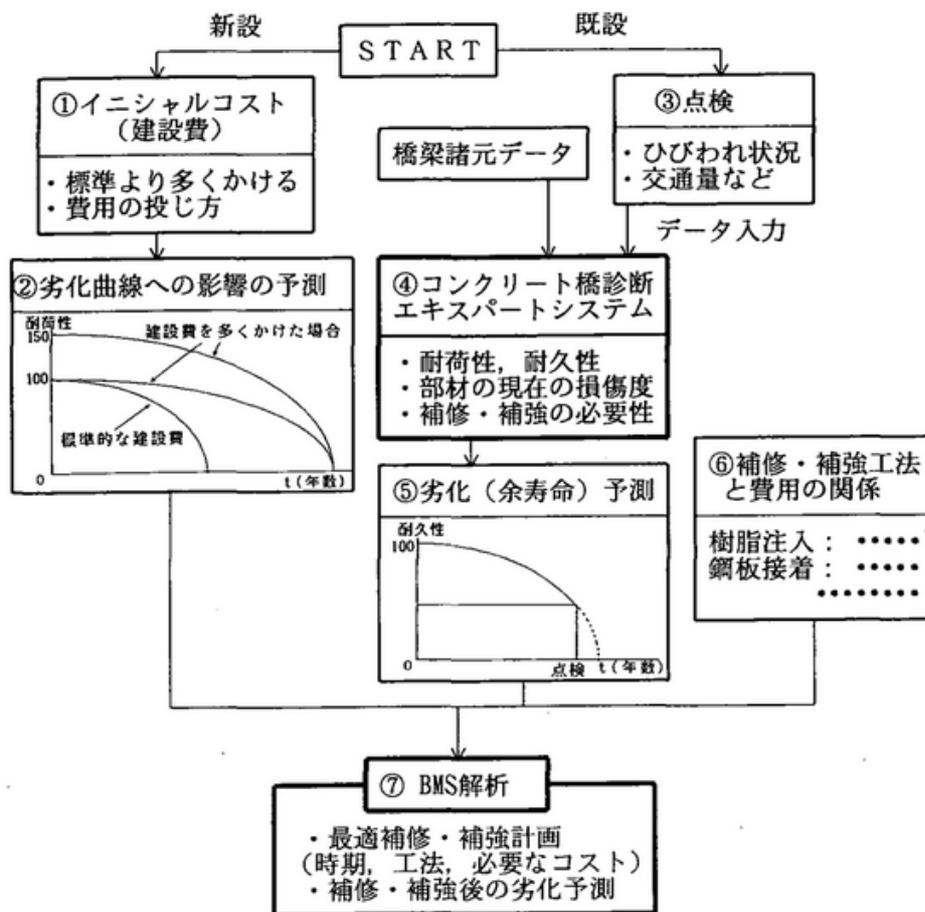


圖5-1 橋梁老舊劣化分析程序(宮本文穗等，1997)

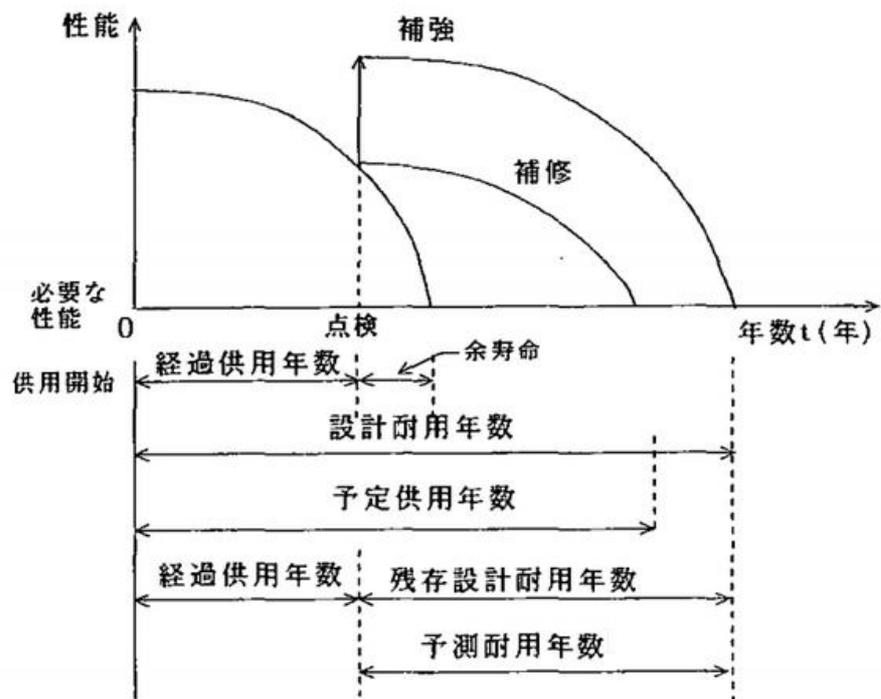


圖5-2 橋梁使用年數及其性能曲線(宮本文穗等，1997)

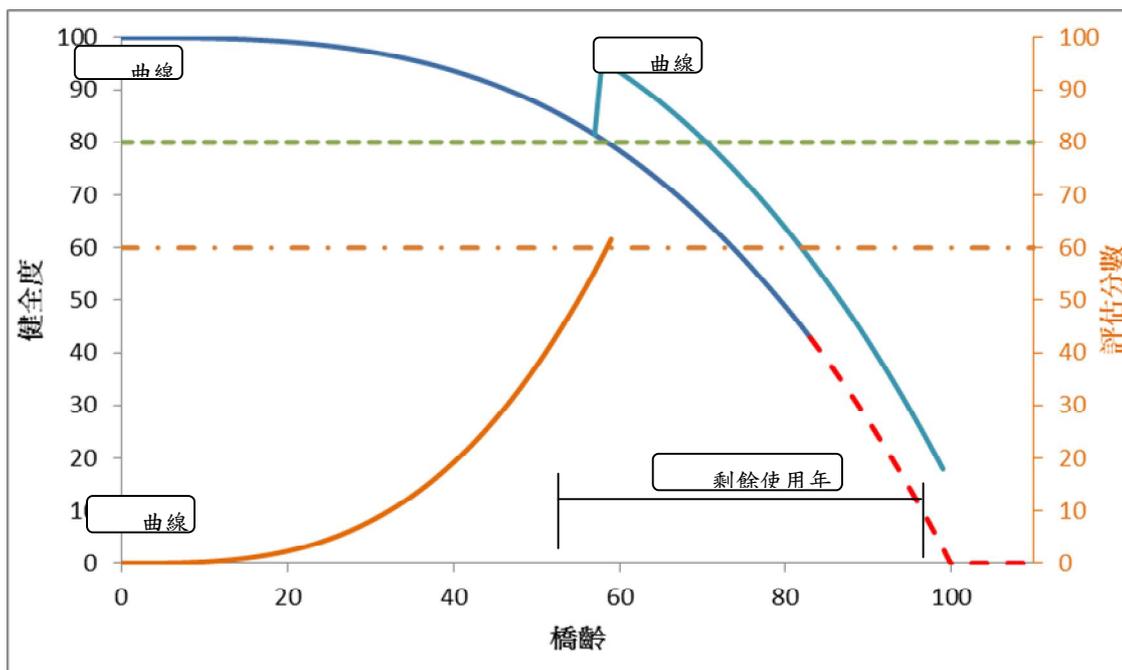


圖2.3-3 橋梁健全度與劣化評估曲線

六、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6-1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。

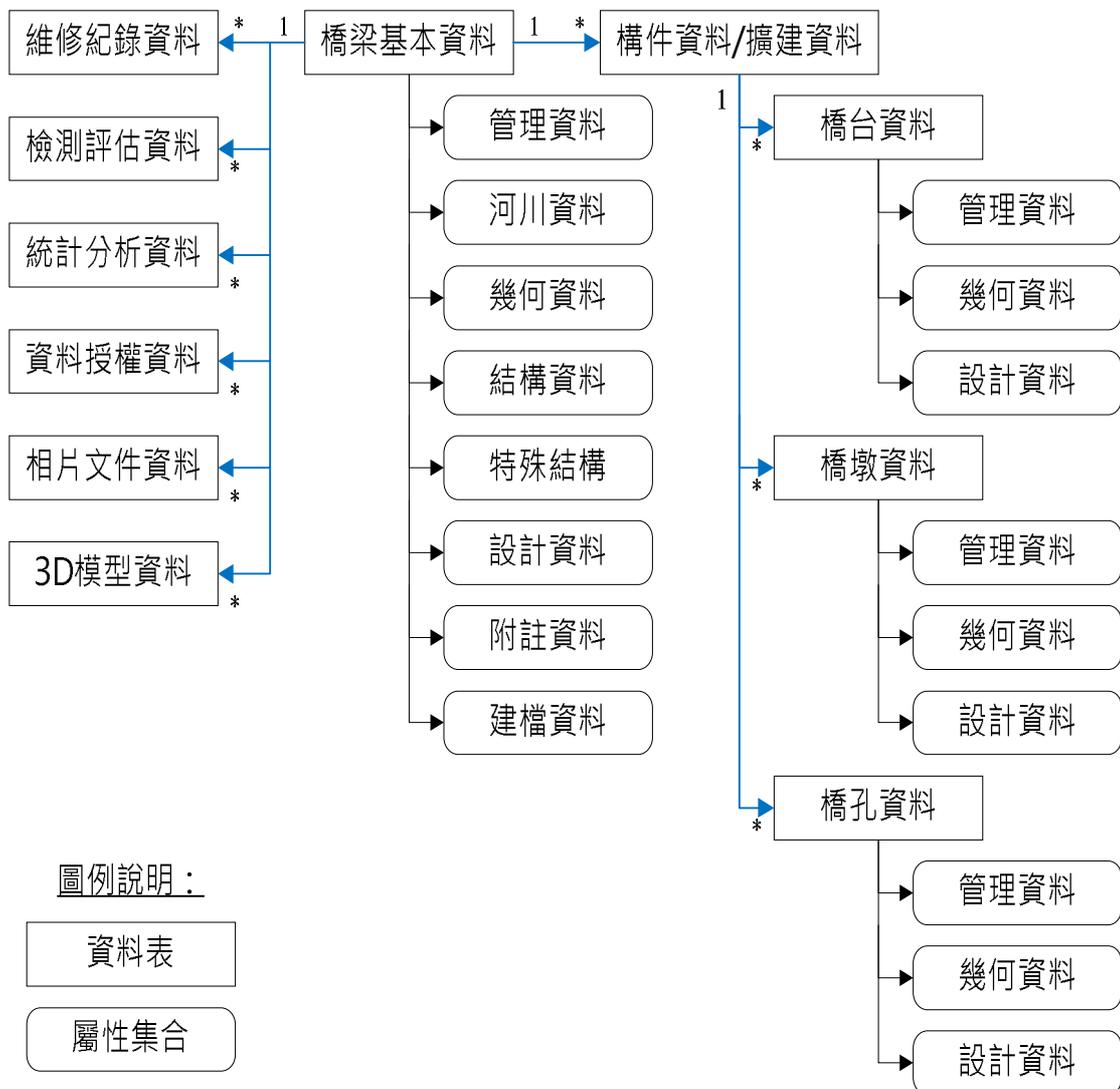


圖 6-1 橋梁基本資料架構

依據前述設計說明，NCREE-LCB-BMS系統的擴充架構如圖6-2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。

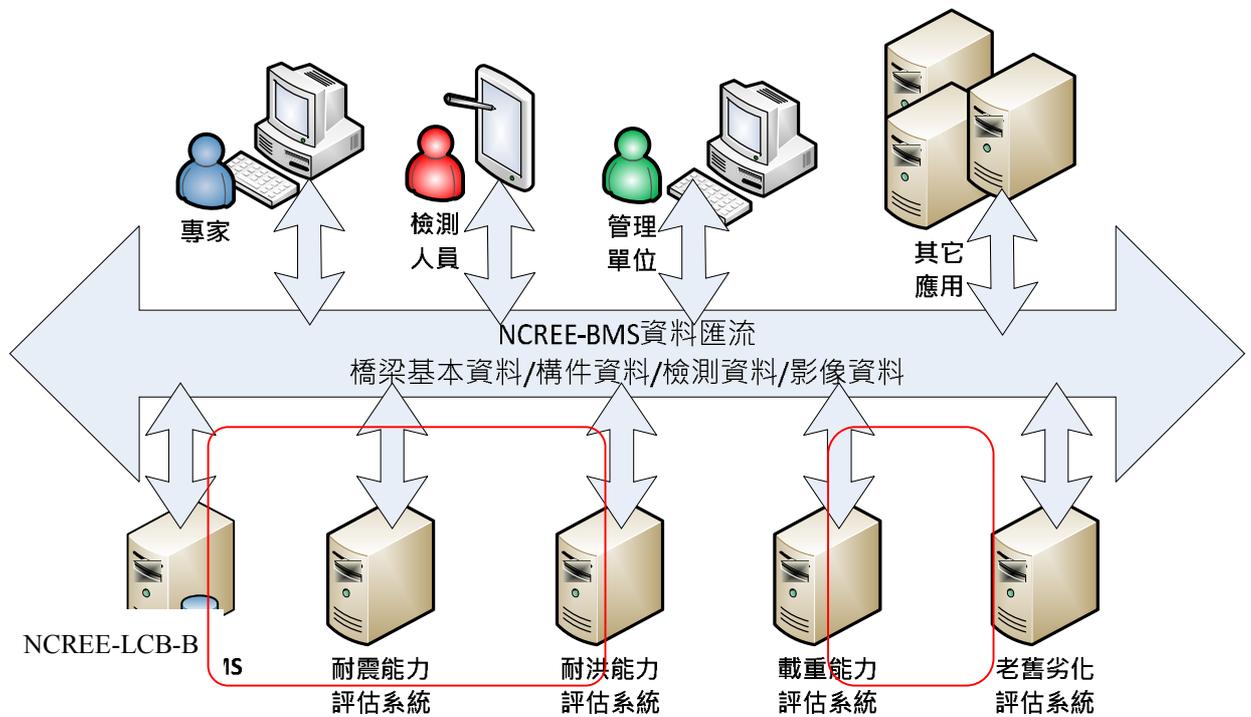


圖 6-2 NCREE-LCB-BMS 擴充模組

七、成果說明

耐震能力評估資訊連結模組成果如圖7.1-1及圖7.1-2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。

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7.2-1及圖7.2-2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

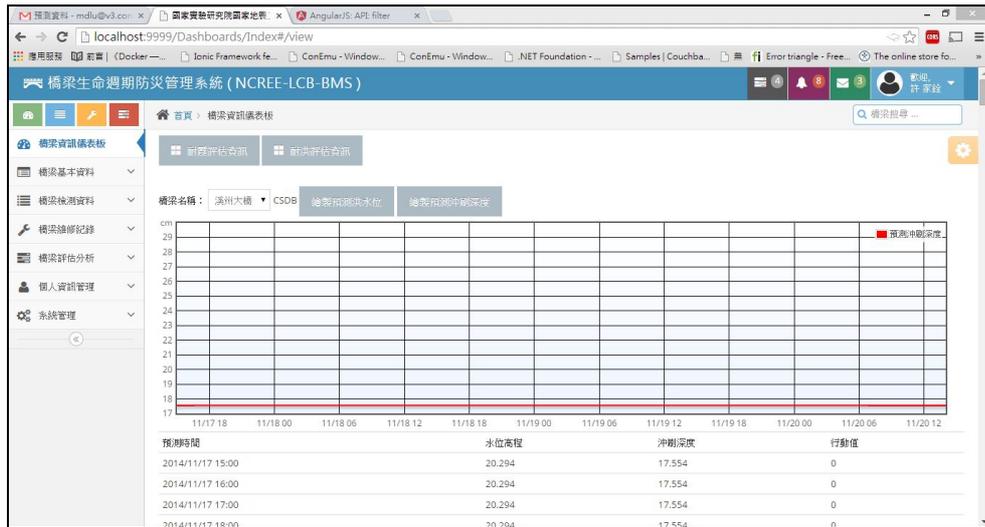


圖7.2-2 橋梁預測冲刷高程

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7.3-1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。

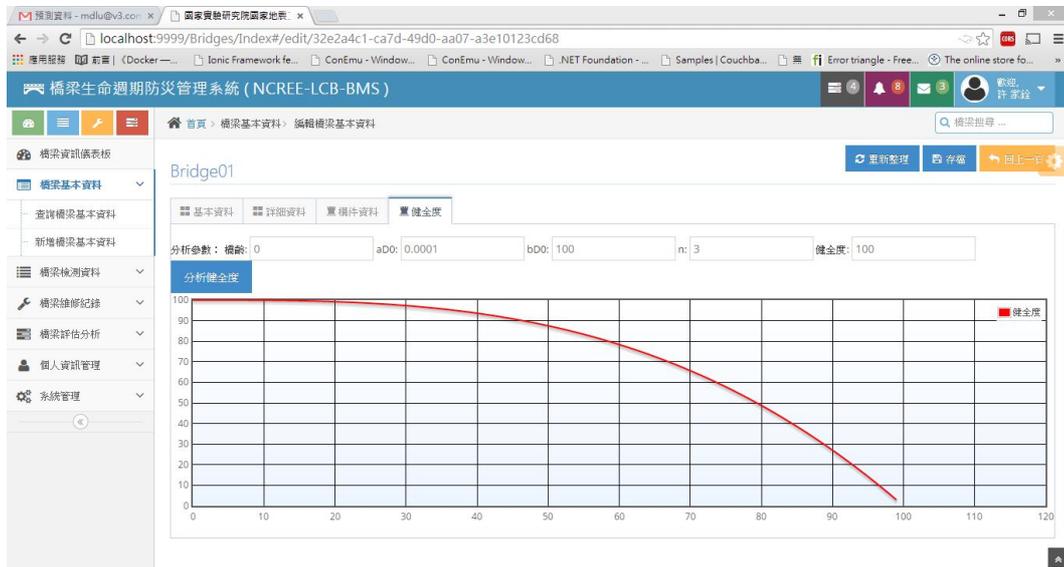


圖 7.3-1 橋梁健全度期望曲線與實際檢測評估後之對應健全度比較

參考文獻

1. 趙坤茂,「數位內容新世紀」2006年第三季季刊,台灣大學資訊工程研究所,2006
2. 何岳峰、黃濬彥、謝孟勳,「應用 HTML 5 及版本控制技術提昇 Web-based 營建資訊管理系統使用效率之研究」,2010 營建管理研討會,2010
3. 張文鴻,「以三維模型輔助橋梁目視檢測之研究」,國立中央大學營建管理研究所碩士論文,2011
4. 「臺灣地區橋梁管理系統 PDA 版安裝及操作說明」,交通部運輸研究所,2010,參考網址：<http://tbms.iot.gov.tw/bms2/>
5. Paul D. Thompson,“A NEW BRIDGE MANAGEMENT SYSTEM FOR ONTARIO”, Brian Kerr, ITX Stanley Ltd., Canada
6. Reed M. Ellis, Paul D. Thompson, Rene Gagnon, Guy Richard, “Design and Implementation of a New Bridge Management System for the Ministry of Transport of Québec”, Stantec Consulting Ltd.
7. Brad G. and Shyam S., “AngularJS,” O’Reilly Media, Inc., 2013
8. Jake S., “Bootstrap,” O’Reilly Media, Inc., 2013
9. Ken P., “Deploying OpenStack,” O’Reilly Media, Inc., 2013
10. Benjamin P., “Working with NHibernate 3.0,” John Wiley & Sons, Inc., 2011
11. Jason D., “NHibernate 3.0 Cookbook,” Packt Publishing Ltd., 2010
12. Nils R., Claire Y. C., and Manish B. D., “Business Dashboards,” John Wiley & Sons, Inc.
13. Mark P., “Building Dashboards with Microsoft Dynamics GP 2013 and Excel 2013,” Packt Publishing Ltd.
14. Michael B., Dionysios S., and Victor S., “Pro HTML5 and CSS3 Design Patterns,” Apress, 2011
15. Peter B. D., Pawel K., “Mastering Web Application Development with AngularJS,” O’Reilly Media, Inc., 2013
16. Nehal S., Gabriel J. B., “HTML5 Enterprise Application Development,” Packt Publishing Ltd.
17. 台灣地震損失模擬資訊網(TSSD), <http://teles.ncree.org.tw/tssd/>
18. 地震災情資訊上傳系統(EDIUS), <http://teles.ncree.org.tw/eqsurvey/>
19. 台灣地震早期損失評估資訊網(TESLE), <http://teles.ncree.org.tw/tesle/>
20. 「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
21. 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
22. 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

程系，2006

23. 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

24. 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

25. XMind，<http://www.xmind.net/>