

木棧道生態工程之研究-以明池九曲橋為例

朱玉婕

中國科技大學建築研究所碩士生

張學誠

中國科技大學建築研究所副教授

摘要

本文採用的D.E.R.U.系統評估方法，以田野調查法現場調查九曲橋木棧道的損壞情況，調查的範圍包含木棧道的支柱共104支，木棧道鋪面的寬度1.5米，長度75米，本文檢視調查木棧道比較常發生的破壞方式，以及發生比例，例如木棧道的破壞方式，主要還是以木材的腐蝕以及鋪面破損為主，其中木柱腐蝕的比例高達76.9%，地面破損處也高達125處，本文亦探討木棧道的修復補強方式是否恰當，以安全考量為生態工法之優先考量，腐蝕現象對於木柱強度有嚴重的影響，不僅減低其垂直載重能力，亦會降低其抗彎矩的能力，本文藉由田野調查的方式蒐集資料，做為未來探討木柱結構行為之依據，並提出未來木棧道設計改善建議。

關鍵詞：木棧道、腐蝕、鋪面

The Research of Ecological Engineering for Wooden Trestle – Take Mingchih Nine-Curved Bridge as an example

Abstract

The research used the evaluation method of D.E.R.U system. The field survey method was used to investigate the damaged situation of nine-curved bridge. Total 104 wooden pillars were investigated. The width of wooden trestle was 1.5m & the length was 75m. The ratio & pattern of damage were investigated in this research. The wood corrosion & damage of pavement were the major patterns of damage. The ratio of wood corrosion reached 76.9% and damaged of pavement reach 125 places as well. The repair and reinforcement methods were also investigated in the research. The safety is the first consideration of ecological engineering. The corrosion phenomenon reduced the strength of wood pillar seriously. Not only reduce the vertical load capacity but also reduce the bending capacity. The data were collected by field survey for investigate the structural behavior of wood pillar. The refined design method for wooden trestle will be proposed as well.

Keywords : wooden trestle, corrosion, pavement

一、前言

台灣的山地與丘陵共約台灣總面積的三分之二，平原與盆地雖狹小，分散且只佔台灣地形的三分之一，生態工程的木棧道，提供人們接觸大自然的途徑，因此其重要性就很高，生態工程與傳統工程不同處在於其使用的材料，傳統工程大部分採用鋼筋水泥一級人工科技材質，而生態工程所採用的材料，主要是要符合生態系的平衡以及物種的共榮原則，而達到生態平衡為目標，主要以自然界取得之材料為主，木棧道之所以被廣泛利用在國家公園當中，其主要原因，除了木材為綠色材料之外，木材也能充分融入在大自然中，作為人類走向大自然的工具，但木材容易受到白蟻的蛀蝕，形成空洞，讓木材失去支撐力而倒塌，安全堪慮，本文以田野調查法，調查明池自然公園人行木棧道的現況，從力學角度探討木柱之穩定性，並從使用者的角度，探討確保使用者安全的施工方式，本研究的目的如下所述

- 1.以田野調查現場會勘的方式，調查木棧道可能發生的損害方式以及比率。
- 2.探討現有木棧道缺失的改善方法與注意事項。
- 3.建立未來探討木柱結構行為的基本資料，並提出未來木棧道的設計改善建議。

二、文獻回顧

2.1木棧道之設計考量

木棧道的功能，包括遊憩、防火、森林管理等，與遊憩為目的的木棧道，提供使用者與自然短距離接觸的機會，木棧道除了能提供大眾接近自然的機會外，同時亦能保護自然環境，木棧道的設計和管理需要規劃應考慮以下步驟:1.決定木棧道的目的，2.設計步道，3.整地，4.鋪面的施工，在木棧道的功能確定後，還應預估使用量及活動的種類，因為使用量及活動種類，應考量規劃區的自然資源的環境及承載能力，換言之，木棧道之生態工法的基本考量應包含:1.安全考量:雖然採用生態工法，但確保遊客人員的安全，仍是首要考量。2.結構物對於周遭生物棲地的影響:木棧道將路面架高，讓生活於棲地的動物能夠不受干擾的從下方通過，同時不破壞地面的地貌。3.降低施工過程對生態所造成的衝擊:木材是屬於綠建材，對於環境的影響自然最小。4.後續生態環境管理:生態工程持續的維護與管理，才能支援後續生態環境管理。

木棧道木材的選擇方面應考量以下兩點:

- 1.應考量耐久性，強度，同時也應考量施工的可行性，以及是否能融合在環境當中。
- 2.木棧道適用於濕地，熱帶雨林，碼頭，遊樂區，郊區及登山步道，使用的木材需經過防腐處理避免採用夾板，木片和松木等易腐爛的木材，造成結構的不穩定;應選擇耐用木材，可自然耐潮、抗腐化，耐熱、耐冷及蟲害，應採用杉木、檜木、防腐處理木等。

2.2 評估方法

一般目視檢測係透過經驗豐富及受過訓練之工程師，以觀察方式，對整座橋樑構件之劣化現象，做定性之敘述及定量之評估，並輔以繪圖及照片型式之記錄，為最直接有效之現況調查方式，國內往常使用之檢測評估系統為D.E.R.U.系統 (Degree. Extend. Relevancy. Urgency)，其適用性完整，為交通部運研所「台灣地區橋梁管理資訊系統所採用」，所謂的D.E.R.U.評估系統，就是將設施各構件質劣化情形，分成劣化的嚴重程度，劣化範圍及該劣化情形或現象，對設施結構安全性與服務性之影響度三部分加以評估，並由檢查員依據劣化構件維修的急迫性作處置對策之評估建議。本文參考D.E.R.U.系統的方法，進行現場的會勘調查。

表1. D.E.R.U.評估值意義

	0	1	2	3	4
D	無此項目	良好	尚可	差	嚴重受損
E	無法檢測	<10%		<30%	<60%<
R	無法判定重要性	微	小	中	大
U	無法判定急迫性	例行維護	3年內	1年內	緊急處置

三、現場調查

3.1 九曲橋調查

明池又名池端，是海拔約1150公尺的高山人工湖泊，面積有三公頃之大，明池國家森林遊樂區內設有環湖步道及亭台等設施，園區內設置生態導覽步道，提供遊客可親近千年神木，其中短程步道約1.2公里，步行約50分鐘，長程步道約2.3公里，步行約2小時。全園區植被豐富由小步道與小木橋串連，充滿生態情趣，園區內有各類奇花異草，吸引遊人駐賞；其中的九曲橋，橋面寬度1.5M(含矮化邊牆)，長度共長75M(入口短邊5M)，支柱共104支(單邊52支)，本文以田野調查法，調查明池國家森林遊樂區九曲橋木棧道破損情況，其結果如下所述：

表1 木棧道之損壞狀況

編號	損壞項目	影響	數量(處)	分析說明
1.	立柱腐爛(上方)	降低立柱之強度與支承力	58	D 值 3~4
2.	立柱腐爛(下方)	降低立柱之強度與支承力	80	D 值 3~4
3.	接頭腐爛處	降低立柱之強度與支承力	68	D 值 3~4
4.	釘子凸出	遊客有絆倒之虞	105	D 值 3~4
5.	金鋼砂防滑粒凸出	無法有效止滑，形同浪費	無	D 值 3~4
6.	金鋼砂粒間距	無法有效止滑，形同浪費	9 個/片	平均一片面板有九個
7.	地面尖銳	地面有刮傷旅客之虞		D 值 3~4
8.	地面破損處	遊客有踏空之虞	125	D 值 3~4
9.	地面補接處	遊客有踏空及絆倒之虞	78	D 值 3~4

10.	地面不平整處	遊客有絆倒之虞	113	D 值 3~4
11.	接頭斜撐(修補)	恐有強度不足之虞	25	D 值 3~4
12.	立柱(用木板補)	強度不足且易腐蝕	9	D 值 3~4
13.	立柱腐爛修補(表面修復)	強度與支承力不足	7	D 值 3~4
14.	立柱過長	無扶手設施，遊容易發生跌落的問題，另應檢討木柱長度過長之承载力問題	80	高度超過 1m 之立柱共 80 處

四、結果分析與討論

本文調查記錄了104根木柱，發現以木柱而言，其主要的破壞方式為柱子本身的腐爛與樑柱接頭處的腐爛為主，

4.1 木柱之腐蝕檢測

圖一中立柱上方發生腐蝕的機率是55.8%，而下方發生腐蝕的機率是76.9%，主要可能是因為立柱的下方接近地面比較潮濕，而接合處的腐爛也佔了整體的65%，可見木棧道的木頭腐爛是一個重要的項目，如何防止腐爛，也是必須重視的問題，由圖二中可以得知這三處腐爛的位置，主要還是以立柱的下方最多，其次是接頭的部分，最後才是立柱的上方，使用松木相對容易發生腐爛的問題，在木材的選擇上，應該要更加注意材質與防腐處理。木柱的木質纖維腐爛，不僅會造成其斷面積減少，影響木柱的承载力，同時也會嚴重的影響其斷面的勁度，危害到木柱的安全的問題。

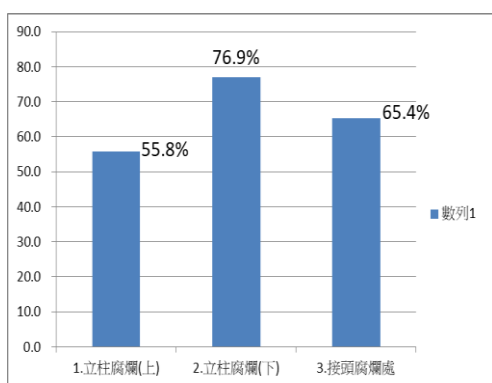


圖 1 立柱腐爛部位的發生率

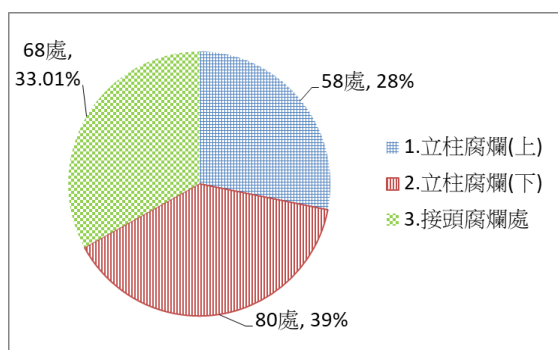


圖 2 立柱腐爛部位的比率

4.2 木柱長度之檢測

本次調查發現木棧道下方的木柱長度超過1米的有80支達到77% 如圖3、4所示，木柱過長一方面如果有腐蝕現象，木柱容易產生挫曲之外，由於高度落差太大，也容易發生行人墜落現象，嚴重的影響到安全的問題，因此扶手是相對的重

要，因此扶手的設計，也是不可忽略，以確保安全。

部分的木柱長度達到190公分如圖3，再加上木柱有木質纖維部分發生腐蝕現象，由於斷面的慣性矩I值降低，其勁度值EI/L降低，同時會使得其細長比kl/r增加，降低其容許軸向載重，進而產生挫屈，因此在長柱部分，是有必要再做詳細的檢查與分析，

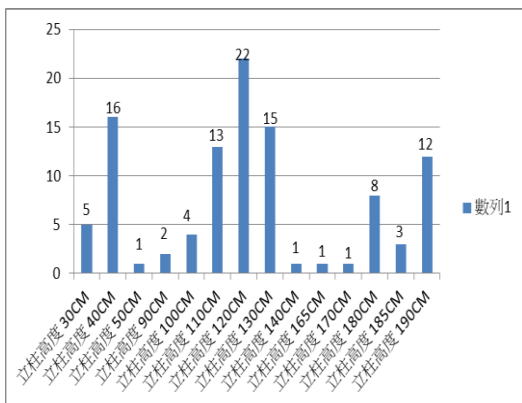


圖 3 立柱不同長度之支數

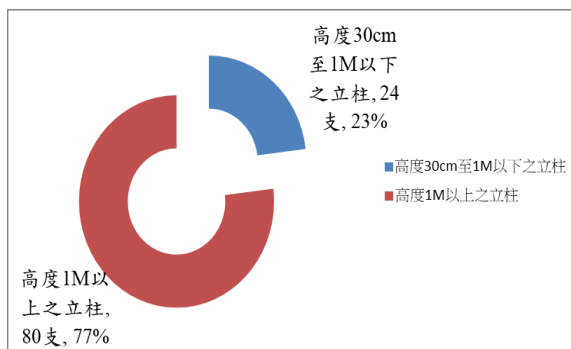


圖 4 立柱長度超過 1m 之百分比

4.3 木棧道鋪面之檢測

鋪面部分的檢測結果如圖5所示，鋪面木板的釘子突起，容易造成行人的安全問題，可能發生絆倒與刮傷的問題，木頭的釘子，應採用安全，防鏽，強度高的釘子，並避免釘子突出造成人員的絆倒產生危險，木棧道木板間，雖然應留有足夠空隙排水，但應注意過大的空隙，可能會造成木板的斷裂，造成危險；另金剛砂本身當初的用意，是在增加鋪面的止滑效果，但是由於金剛砂的突起不夠，因此無法達到止滑的效果，而且木頭材質在潮濕的環境當中容易產生苔蘚，因此必須要特別的注意鋪面的平整度，因為如果平整度不夠，容易造成行人的滑導事件，影響安全甚鉅。

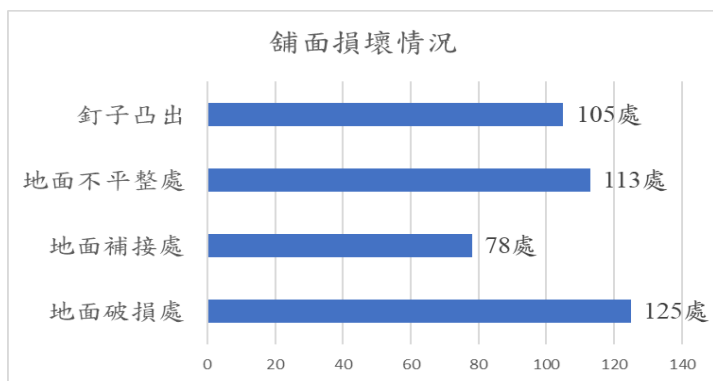


圖 5 鋪面損壞情形

4.4 修復補強之檢測評估

並進行安全的補強設計，在現場勘查時發現有些木柱是以木板作為補強的材料如圖6、7，但是由於木板其斷面的慣性矩I值，無法達到原本實心木頭的強度，

因此，其抗彎能力是不足的，如果只用表面方式的修補，也不足以能夠達到原來的強度，修復補強的工法，也是值得檢討與注意的。

木棧道支柱結構系統，應注意腐蝕現象，否則會造成垂直方向的承載能力降低，柱與托梁的接合處，應加強樑柱的接合能力，可考慮以角鐵的方式結合，另外可在柱與柱間增加斜撐系統，以穩定木棧道的支撐系統，

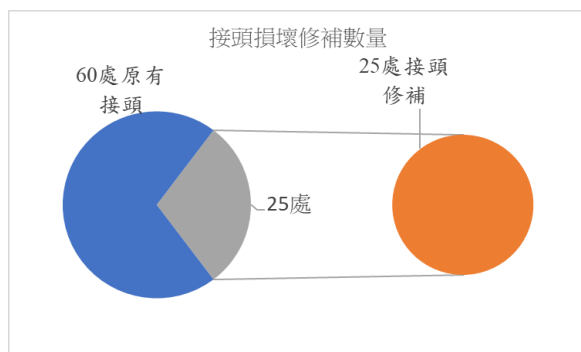


圖 6 接頭損壞修補情形

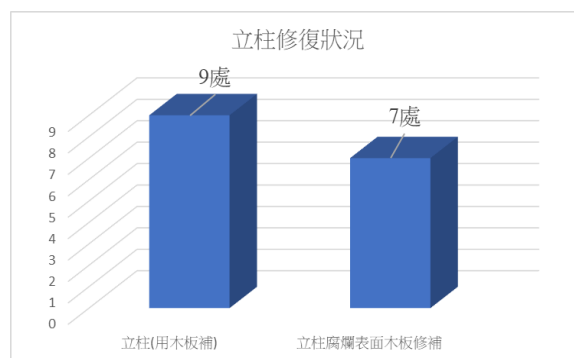


圖 7 木柱之修復情形

五、結論

本文以田野調查及文獻回顧法，探討明池森林遊樂區之生態木棧道工程九曲橋，橋面寬度1.5M，長度共長75M，支柱共104支，得到以下幾點結論：

1. 木棧道破壞的方式主要包括木柱的腐蝕，以及鋪面的損壞，對於木柱的腐蝕現象而言，可以高達76.9%，對於接頭的腐蝕損壞可高達65.4%，鋪面的損壞則包括釘子突出、地面不平整、地面補接處及地面破損，地面破損最高可以高達125處，其次是地面不平整也高達113處。
2. 現有木棧道應採用抗腐蝕性角高的木材之外，也應注意木材的防蝕腐蝕處理，以免影響到木柱的承載能力，另外在木柱高度超過1米以上的部分應加設扶手椅避免意外的產生；鋪面部分，應採用安全，防鏽，強度高的釘子，並避免釘子突出造成人員的絆倒產生危險，施工過程應注意鋪面的平整，木棧道木板間，雖然應留有足夠空隙排水，但應注意過大的空隙，可能會造成木板的斷裂，造成危險。
3. 木柱木質纖維部分發生腐蝕現象，會降低斷面的慣性矩I值及勁度值EI/L，同時會使得其細長比 kl/r 增加，降低其容許軸向載重，進而產生挫屈，因此木結構在短柱、長柱部分之結構行為，是未來本文之調查與研究的方向。
4. 未來之木棧道的設計，可考慮設立部分路段為無障礙木棧道，讓木棧道更具親和力。

六、參考文獻

1. 林鎮洋，邱逸文「生態工法概論」，明文書局，2004。
2. 歐風烈，「步道生態工法設計暨施工手冊」，明文書局，2007。
3. 交通部，「鐵路橋梁之檢測及補強規範」，2018年12月。