

河溪護岸類型與植生群落特性調查分析

張瑜芳⁽¹⁾ 劉佳勝⁽²⁾ 朱祐賢⁽³⁾ 林信輝⁽⁴⁾

摘要

本文以台中市區烏溪流域內 30 處不同類型護岸為研究對象，選取土坡護岸、箱籠護岸及混凝土護岸各 10 處進行護岸環境及植生現況調查，進行相關性分析及植群群團分析，比較不同類型護岸植生群落之差異，探討影響護岸植生的因素。植物物種調查結果：共記錄到 43 科 126 種維管束植物。依植群群團分析所得：護岸地被植物可分為 6 個植物群落類型：I.大黍-星草型、II.大花咸豐草-星草型、III.小花蔓澤蘭-葎草型、IV.紅毛草-大花咸豐草型、V.台灣葛藤-象草型、VI.台灣葛藤-血藤型。其中大花咸豐草-星草型的分布最廣，部分護岸呈現較嚴重的外來種入侵問題。

依不同護岸植生效益評估所得，植生連續性以土坡護岸最佳，箱籠護岸次之；然在植物物種歧異度方面則以土坡護岸最佳、混凝土砌石護岸次之。箱籠護岸與混凝土護岸的護岸上下坡段植生群落物種，皆有下坡段物種較上坡段豐富之情形；在護岸上下坡段植生群落相似性偏高的護岸，多有強勢外來種佔優勢之生長情形。另外針對影響護岸植生之因素進行相關性分析，結果顯示大多與護岸橫向連續性及護岸上方土地利用情形等有關。

(**關鍵詞**：區域排水、護岸植生、植群群團分析)

Investigation on types of stream revetment and vegetation characteristics

Yu-Fang Chang (1) Yu-Hsien Chu (2) Jia-Sheng Lion(3) Shin-Hwei Lin (4) Associate Graduate Student (1), Master (2), Master (3), Professor (4) Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taiwan

ABSTRACT

In this study, 10 locations for each of the three revetments (soil slope revetment,

-
- (1)國立中興大學水土保持學系碩士班學生
 - (2)國立中興大學水土保持學系碩士
 - (3)國立中興大學水土保持學系碩士
 - (4)國立中興大學水土保持學系教授

gabion revetment, and concrete revetment), along Wu River in Taichung City are investigated, and the relationships between the revetment environment and the current situation of vegetation are also explored. Correlation analysis and vegetation cluster analysis are utilized for comparing the differences of vegetation among different types of revetment in order to discuss the factors influencing the development of vegetation. The investigation result of plant species records 43 families and 126 species of vascular plants. From vegetation cluster analysis, the revetment ground cover plant is divided into 6 plant communities, namely I. *Guinea Grass-Cynodon plectostachyus (Schum.) Pilger*, II. *Bidens pilosa var. radiata-Cynodon plectostachyus (Schum.) Pilger*, III. *Mikania micrantha-Humulus japonicas*, IV. *Rhynchelytrum repens (Willd.) C. E. Hubbard-Bidens pilosa var. radiata*, V. *Pueraria montanus (Lour.) Merr- Pennisetum purpureum Schumach*, and VI. *Pueraria montanus (Lour.) Merr-Mucuna macrocarpa Wall. Bidens pilosa var. radiata-Cynodon plectostachyus (Schum.) Pilger* appears the widest distribution, and some revetment presents serious invasion of alien species.

According to the benefit evaluation of revetment vegetation, soil slope revetment shows the best vegetation continuity, followed by gabion revetment; however, soil slope revetment reveals the best plant species diversity, followed by concrete masonry revetment. The vegetation species on the downhill sections of gabion revetment and concrete revetment are richer than those on the uphill section; and, the vegetation on both uphill and downhill sections of revetment presents the superior growth of dominant alien species. Aiming at the factors in revetment vegetation, correlation analysis is further preceded, where the result reveals the effects of revetment lateral continuity and land utilization on revetment.

(Keywords : local drainage area 、revetment vegetation 、vegetation cluster analysis)

前言

河岸處於水陸交界，是許多生物重要的棲息地，生長覆蓋於其上的植物，既有創造多樣生物棲地的功能，也能保護河岸避免沖蝕，植生情形同時是評估該環境是否為良好棲地的重要指標之一。台灣都會區附近的區域常因土地取得不易，缺乏足夠的腹地進行適當的河岸區域規劃。在安全及實用的考量下，以往多用混凝土施工

方法，雖保障了河岸居民的安全，卻也形成與河川之間的隔閡，不符合當今注重環境保育與生態的概念。近年來逐漸重視河岸環境營造及棲地保育的工程，已經能在不失護岸功能性及安全性的前提下，兼顧到生態環境。

護岸環境之營造成效及其生態多樣性復育的程度，於工程完工後休養生息一段時日，再到實地調查最為顯著。本研究選擇台中市周邊同屬烏溪流域，氣候環境條件相同但不同護岸處理工法之河溪區域進

行調查，種類分別為無人工構造物處理過之土坡護岸、在傳統工法內加入生態觀念的混凝土砌石護岸以及生態工法常用的箱籠護岸。調查項目包括周遭及護岸環境因子、植物相(flora)、植生相關調查，運用群團分析了解植群類型特性，進行植生現況的評估，此外針對環境因子、護岸植生評估結果、護岸植生連續性等做相關性分析，以定性評估及定量分析，探討護岸類型對河岸生態系統之影響，了解不同護岸類型與不同的環境因子兩者如何導致植生結構的差異。

調查項目與分析方法

(一) 研究區域

本研究以台中市市區周圍烏溪流域為主，主要調查河川有筏子溪、旱溪、草湖溪、頭汴坑溪，調查區域東西橫長約 15 公里，南北縱長約 20 公里(如圖 1 所示)，海拔則介於 10 到 200 公尺之間，屬於亞熱帶季風氣候，在研究調查的五年間(2009-2013) 台中市的年均溫約攝氏 23 度，月平均最低溫為一月份的攝氏 16.3 度，月平均最高溫發生於七月份(攝氏 28.7 度)。降雨量因受季風之影響，四季變化不一，夏季多雨，年平均降雨量約 1700 毫米，全年降雨日數為 80-100 日，每年 7-9 月為颱風侵襲的旺季，經常挾帶強風與暴雨造成災害。

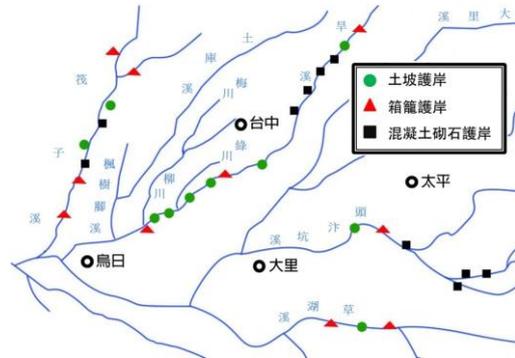


圖 1 調查護岸位置分布圖

Figure 1. Position distribution of revetment in the research survey

(二) 調查項目與方法

施工完成達兩年以上，且人類活動頻繁的地區之河溪護岸，分別取土坡護岸、混凝土砌石護岸與箱籠護岸各 10 處，共 30 處護岸來進行評估及調查。

比較三種自然程度不同的護岸類型，了解不同護岸工法植生入侵情況。

1. 護岸環境調查

量測護岸坡面長度、坡度及離水距離，將護岸上方土地利用情況分級(見表 1)。

2. 植生調查與評估

(1) 護岸樣區設置

劉棠瑞與蘇鴻傑於 1983 年所著森林植物生態學中敘述多種設置野外植生調查樣區之方法，考量河溪護岸植生大多為草

表 1 護岸上方土地利用情況分級

Table 1. Off-shore land area land use

grading

分級	情況敘述
一	少有人為活動蹤跡，如荒地。
二	有人為活動蹤跡，但地表仍屬自然土壤，如農地。
三	地表部分區域被不透水物覆蓋，如木製人行步道。
四	地表幾乎都被不透水層覆蓋，如防汛道路。

類、藤本植物或低矮灌木，不易計算株數，寬度不足設置大面積的樣區，且各護岸之坡長不均，因此採用穿越線法 (line transect strip)。護岸上邊坡較靠近陸域，較容易受上方土地利用形式或植被所影響；護岸下邊坡較靠近水域，可能因較潮溼植生狀況與上邊坡有所差異，為比較護岸上下邊坡之植生差異，以中線將護岸分為護岸上坡段與護岸下坡段，各自設置 2 條調查樣線。每處護岸設置 4 條 20 公尺長之樣線，作為調查地被植物的樣區(如圖 2 所示紅色實線部分)，地被植物頻度計算以 5 公尺為一個間隔。

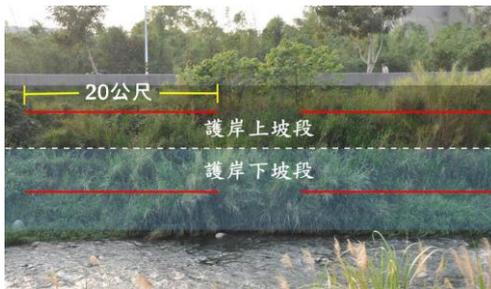


圖 2 調查護岸地被植物樣區示意圖

Figure 2. Surveyed revetment ground cover plot sketch

木本植物調查樣區(圖 3 紅色陰影處)以調查地被植物之樣線為基準，記錄距離樣線 1 公尺範圍內，高 1.3 公尺以上，樹徑 1 公分以上之木本植物。



圖 3 調查護岸木本植物樣區示意圖

Figure 3. Surveyed revetment woody plant plot sketch

(2) 縱向連續性

沿護岸調查區上下游共 100 公尺做植生覆蓋的調查，並以目視法記錄護岸植生不連續段的數目與植生長度比例。此處所指植生不連續段，本研究定義為「護岸表面完全無植生的長度在一公尺以上」。將有植生覆蓋的區段長加總，再除以總長換算成百分比，即為植生長度比例。以一個長度為 100 公尺的護岸為例(如圖 3 所示)，綠色顯示有植生覆蓋，則植生長度比例的計算為(40+10+10)/100%=60%，護岸上有兩段完全沒有植生覆蓋，故植生不連續數目為 2。

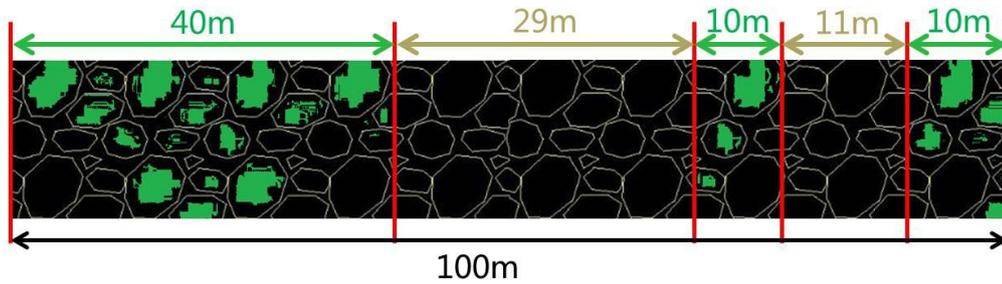


圖 3 護岸植生示意圖

Figure 3. Schematic of revetment vegetation

3. 分析方法

將調查資料做相關性分析及植群群團分析，探討影響護岸植生的因素，以及不同護岸類型在植生效益與評估結果上之差異。以探討位於人類活動頻繁區域周邊的護岸植生情況。

(3) 植群分析

1.重要值指數(Important Value Index, IVI)

濱水護岸之植物社會多由草本植物及匍匐性藤本植物所組成，在密度的調查上難以計算實際株數，且無法顯示出草本及匍匐性藤本植物在覆蓋面積上所佔的優勢(陳明義，1978)。故重要值採用相對頻度(relative frequency; R.F.)與相對覆蓋度(relative coverage; R.C.)之總和計算之。

$$IVI = R.F. + R.C. (IVI \text{ 最大值為 } 200)$$

2.植物歧異度分析

利用 Simpson 式歧異度指數與 Shannon 式歧異度指數分析各護岸之植生歧異度。

$$\text{Simpson's index} = 1 - \lambda;$$

$$\lambda = \sum \left(\frac{n_i}{N_i} \right)^2$$

n_i ：為第 i 種植物的個體數

N_i ：在植物群落中，出現的植物總個體數

Shannon's index :

$$H' = - \sum \left(\left(\frac{n_h}{N_h} \right) \ln \left(\frac{n_h}{N_h} \right) \right)$$

n_h ：為第 h 種植物的個體數

N_h ：為植物群落中，出現的植物總個體數

3.原生植物優勢度

為外來種植物的入侵情況，本研究將以原生植物優勢度比例來表現。依植生調查結果，分別計算原生植物和歸化種植物之優勢度，最後依照計算式求得。

$$\text{原生植物優勢度} = \frac{\text{原生植物覆蓋度}}{\text{樣區內所有植物總覆蓋度}}$$

(4) 相關性分析

皮爾森相關係數(Pearson correlation coefficient)與斯皮爾曼等級相關係數(Spearman rank correlation coefficient)皆為常被選用之相關性分析方法。本研究所採用之護岸植生評估結果，由於受限於護岸數量，不一定能呈現常態分布，且各項分

析之間的相關性未必為線性相關，故本研究採用斯皮爾曼等級相關係數作為分析方法。

(5) 相似性指數(index of similarity, IS)

考慮定量之植生群落分類或分布序列(Ordination)，Jaccard 氏、Sorensen 氏均只測計植物群落的種數，未考慮不同種類數量上的差異，並不適用。而 Motyka 等在 1950 年所提出的 Motyka 相似性指數，沿用至今仍廣為使用，因其將定量因子(如覆蓋度)納入考量，使用植物社會介量(如物種數)加入統計，採用 Motyka 相似性指數較為適當。相似性指數的計算方式如下：

$$IS = \frac{2M_w}{MA + MB} \times 100$$

其中 M_w 表示兩個比較之林分(stand)中共同出現植物之較小介量的總和， MA 表示 A 林分中所有植物介量之總和， MB 表示 B 林分中所有植物介量之總和。

(6) 矩陣群團分析(matrix cluster analysis, MCA)

利用 PC-ORD 5 分析軟體進行運算，此分類法又稱為樹形圖圖解法(dendrogram)，接續上述相似性指數之計算，進行矩陣群團分析可將調查區域之植生群落加以歸群，將相似性最高的兩樣區合併為一合成樣區，再次計算合併，直到所有樣區合併成一合成樣區為止，最終繪製成樹形圖。現今多利用此方法表示此調查區植生群落分布情形，以探討各樣區植生群落之關係和植群的分類及組成。

計算出任意兩樣區或林分間之相似性係數，排成矩陣而後依相似性水準，將兩相似之樣區，依照相似性之高低次序，先後合併，逐次分群。建立樹形圖之計算步驟如下：

1. 計算所有樣區兩兩之間的相似性指數，得出一相似性指數矩陣。
2. 從相似性指數之矩陣中，找出相似性指數最大的兩樣區，在圖上將兩者連結。
3. 將步驟 2 之兩樣區合併為一樣區後，再計算所有樣區之相似性指數矩陣。
4. 將重新計算後相似性指數最高之兩處樣區，再合併為一族群樣區。
5. 重複 3 與 4 之步驟，直到最後剩兩樣區為止，如此可依相似性指數之大小連結，即為一樹形圖。
6. 完成樹形圖後，適當的取出相似性的臨界值，以作植物植群之分析。

計算完相似性指數後，可得知各樣區間植生組成之關連性，在將此群團分析(cluster analysis)所得之結果繪製成樹形圖(dendrogram)，以探討各樣區植生之關係和物種分類及組成。

結果與討論

(一) 調查資料描述

1. 基地調查結果

本研究調查台中市三種護岸類型共三

十個，並整理出基本護岸資料，結果表 2 (E：土坡護岸、R：混凝土砌石護岸、G：箱籠護岸)。

土坡護岸無人工構造物處理，屬於最接近自然環境之護岸工法；混凝土砌石護岸可抗沖蝕，適用於流速較高、土質較差等沖蝕較嚴重之河岸，自然性較低；箱籠護岸的高滲透性與高柔性特質可適用於地下水位較高或有沉陷危險之河岸地區，自然性則介於土坡護岸與混凝土砌石護岸之間。

調查樣區多位於市區周邊，屬於人為開發擾動較頻繁之區塊。30 處護岸共 120 個樣區，記錄到維管束植物總共 43 科 126 種。而土坡護岸樣區內平均物種數量約為 18 種，為三種類型中最高者。

(二) 護岸植物歧異度分析

根據劉棠瑞、蘇宏傑(1983)指出，發育成熟之穩定生態系中，歧異度指數約在 0.6~0.8 之間。本研究調查樣區歧異度指數大多符合此條件(見表 3)，Simpson 式歧異度指數分別為土坡護岸 0.78、混凝土砌石護岸 0.72、箱籠護岸為 0.72，Shannon 式歧異度指數則為土坡護岸 0.86、混凝土砌石護岸 0.77、箱籠護岸為 0.75，故就植物社會的歧異度指數而言，三種護岸皆有機會營造出較多樣的植物社會。

表 3 三種護岸類型的歧異度指數

Table 3. Diversity indices of three types of revetment

此外混凝土砌石護岸與箱籠護岸，皆有護岸下坡段植生歧異度指數較護岸

上坡段高之情形，顯示混凝土護岸與箱籠護岸的植生歧異度，可能因較靠近常流水而有所改變。而土坡護岸由於平均坡度較緩(土坡護岸平均坡度為 59%，混凝土砌石護岸為 92%，箱籠護岸為 89%)使得護岸上下坡段之土壤含水量差異不顯著，植生歧異度差異較小。

護岸類型	土坡護岸	混凝土砌石護岸	箱籠護岸
Simpson 上坡段	0.74	0.66	0.61
Simpson 下坡段	0.76	0.71	0.72
Shannon 上坡段	0.77	0.64	0.56
Shannon 下坡段	0.74	0.73	0.73

(三) 外來植物入侵情形

外來種優勢度比率約 65%，其中優勢度最高者為大花咸豐草，佔所有植物總優勢度的 17.6%。除了大花咸豐草外，大黍(8.6%)、象草(5.2%)、星草(4.2%)、小花

表 2 護岸基本資料調查結果

Table 2. Basic information of revetment

護岸類型	編號	海拔高 (m)	岸前離水距離(m)	護岸坡面長 (m)	護岸坡度 (°)	土壤有機質 (%)	護岸上方土地利用分級	植物原生種之優勢度比例 (%)
土坡護岸	E1	36	23	5.5	28	4.62	2	48.82
	E2	55	2.2	8.7	37.5	0.6	1	19.64
	E3	45	11	6.5	33.7	2.34	2	39.22
	E4	32	2.8	2.9	30.3	2.71	2	53.42
	E5	37	8.8	13.2	33.8	0.78	2	30.14
	E6	50	27	14.3	25	2.03	2	10.53
	E7	60	30	5.5	40	4.99	1	26.37
	E8	96	7.8	7.5	24.5	3.36	1	43.18
	E9	110	70	19.6	22	2.32	2	13.73
	E10	207	0	7.5	25	0.93	4	35.00
混凝土砌石護岸	R1	47	0	3.7	45	2.15	1	7.59
	R2	44	33	5.15	30	0.04	3	48.78
	R3	76	34	4	34	1.47	4	10.64
	R4	190	1	6.5	40	1.05	2	66.67
	R5	166	2	4.5	70	0.95	1	47.50
	R6	190	0	3	40	0.2	1	60.00
	R7	129	2.5	12	25	0.55	4	18.18
	R8	171	12	7.5	30	1.12	4	34.78
	R9	183	10	5.5	35	1.88	4	41.89
	R10	202	11.5	5.5	35	0.35	4	2.27
箱籠護岸	G1	37	16.8	3.5	60	0.93	2	2.86
	G2	33	5.72	11	34.3	0.68	2	24.44
	G3	38	9.5	4.5	45	0.41	1	20.69
	G4	90	5	7.3	40	1.41	2	47.83
	G5	10	0	13.8	25	3.56	3	54.24
	G6	54	1.5	12.6	25	4.12	3	28.07
	G7	117	2	6	30	1.8	2	46.88
	G8	122	3	4.5	20	0.49	2	28.33
	G9	134	3	15.7	45	0.26	4	77.50
	G10	239	4	10.5	60	0.22	1	2.86

蔓澤蘭(3.5%)、巴拉草(3.1%)與銀合歡(3.0%)等，都是在調查中常出現的外來種植物。

僅僅是其中同屬多年生草本植物的大花咸豐草、大黍、象草及星草，就佔了三分之一強的總優勢度，而多年生草本植物通常會大面積的覆蓋護岸表面，使其他種植物難以立足，降低植生歧異度。

比較不同護岸類型之外來種植物的比率，土坡護岸外來種植物比率為66%、混凝土砌石護岸外來種植物比率也為66%、箱籠護岸外來種植物比率則為62%，故可知護岸類型對外來植物的入侵影響不大。

(四) 護岸上下坡段植生相似性

護岸上坡段代表鄰近陸域之上半部，護岸下坡段則為與水域相鄰之下半部。土坡護岸相似性平均為0.54，混凝土砌石護岸為0.59，箱籠護岸則為0.53，各類型護岸間並無明顯不同，但個別護岸上下坡段的相似性指數仍有差異性。舉箱籠護岸的G1與G3樣區來做比較，G3護岸上坡段優勢物種為賽芻豆與野牽牛(38%)，下坡段優勢物種則為大花咸豐草與青葙(41%)，上下兩個區塊優勢種明顯屬於不同植群，相似性指數為0.38。G1護岸上下坡段優勢物種同樣都為星草與大花咸豐草，優勢度分別佔79%與81%，相似性指數為0.8。當物種越豐富，護岸上下坡段的物種差異便越大，護岸上下坡段植生相似性也與樣區內外來種植物比例呈正相關，比較後發現

相似性指數高(0.7 以上)的護岸上下坡段皆有相同的優勢植物，且皆為強勢外來種，推測當侵略性外來種過於強勢，其他物種的生存空間受到壓縮，造成護岸整體呈現一致且單調的植生群落。

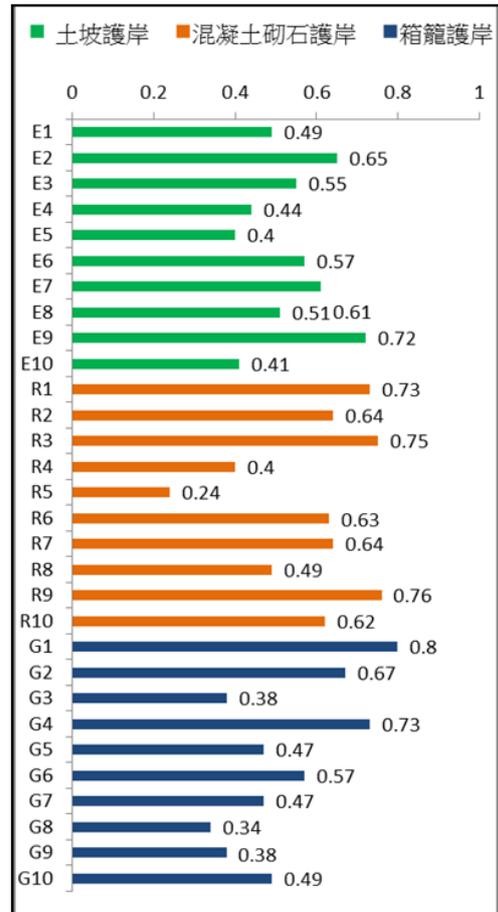


圖 4 護岸上下坡段植生相似性比較圖
Figure 4. Comparison of upper/lower edge vegetation similarity index among revetments

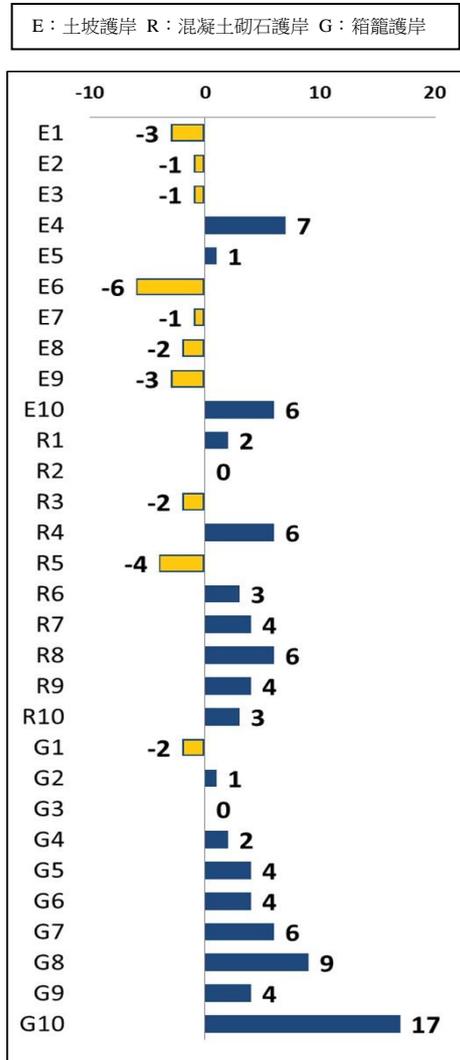


圖 5 護岸上下坡段植生歧異度比較圖

Figure 5. Comparison of upper/lower revetment vegetation diversity

進一步探討護岸護岸上坡段與護岸下坡段物種數量的差異，將各樣區之護岸下坡段物種數減掉護岸上坡段物種總數，若值為正則表示護岸下坡段物種數較豐富，反之則不然，所得之差值如圖5中所示。發現混凝土砌石護岸與箱籠護岸大致呈現護岸下坡段物種數量較豐富之情形，而土坡護岸則無此現象。

(五) 植物群落群團分析

採 Motyka 相似性指數，群團連結方法則採群內平均法 (Average Linkage Cluster Analysis)，以訊息維持度 (information remaining) 30% 為切分標準，將地被植物分為 6 個植物群落類型，如圖 6 所示。

1. 大黍-星草型

主要出現於人類活動較頻繁處，坡度平緩的土坡護岸。本類型優勢植物除大黍與星草外，還有大花咸豐草、雞屎藤、構樹等。

2. 大花咸豐草-星草型

此類型佔所有調查樣區數量之一半，屬於分布類範圍較大的類型。某幾處護岸有星草大範圍覆蓋的現象，已壓迫到其他地被植物的生長，歧異度亦相對較其他護岸低，如 E9 與 G1。此類型優勢物種另有大黍、象草、雞屎藤、葎草等。

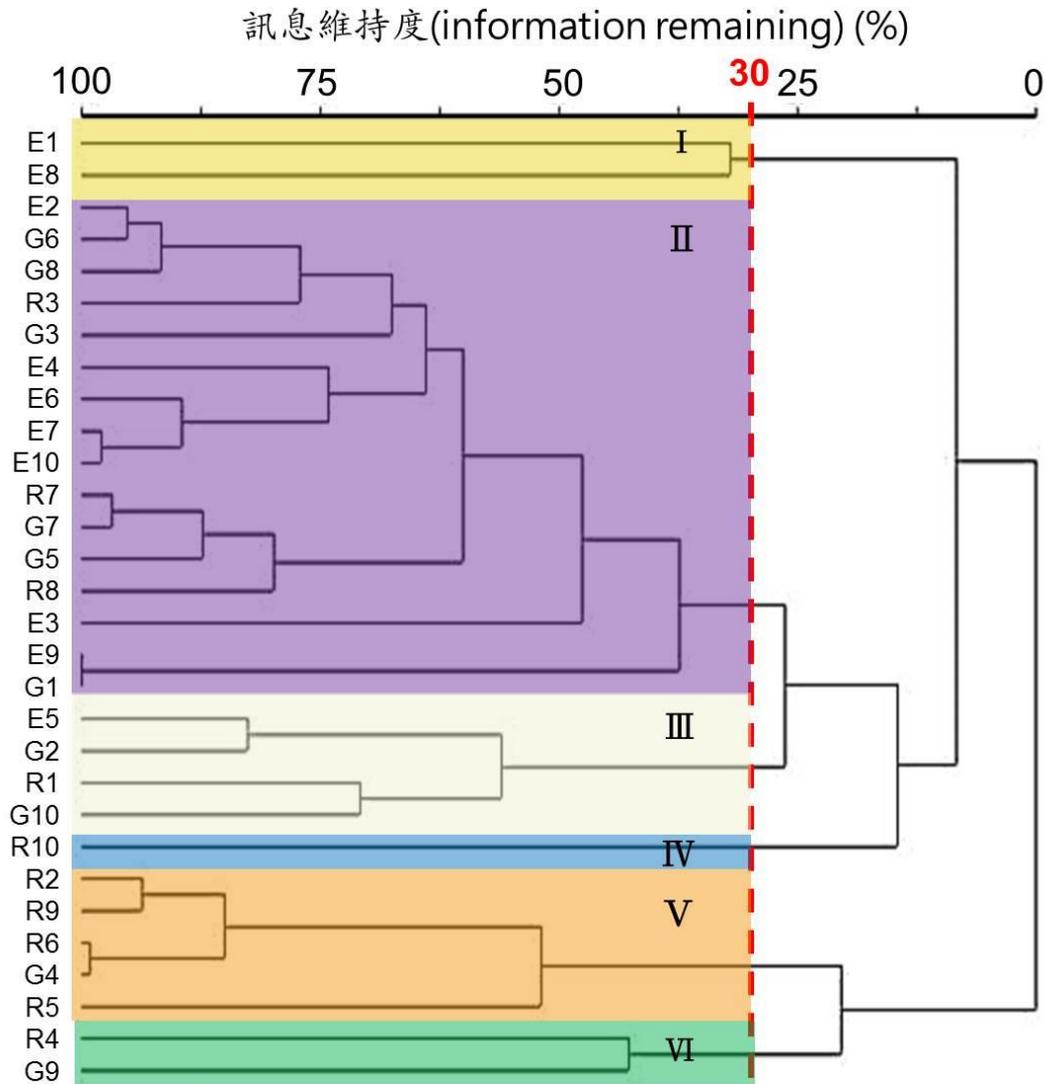


圖 6 30 處護岸之群團分析樹枝圖

Figure 6. Cluster Analysis branch chart of 30 revetments.

3. 小花蔓澤蘭-葎草型

在三種不同的護岸皆有出現，雖然此類型主要以小花蔓澤蘭與葎草等生長力旺盛的藤類為主，但從歧異度都在平均值以上來看，無優勢藤類壓迫其他植物生長的

情形。此類型其他次優勢物種另有大花咸豐草、大黍、巴拉草、水竹葉等。

4. 紅毛草-大花咸豐草型

此類型代表樣區為 R10，屬於混凝土砌石護岸，鄰近人為活動車輛來往頻繁之

道路。此樣區內並無藤本植物，優勢植物以道路兩旁常見的禾本科為主。除紅毛草與大花咸豐草外，大黍亦為此類型優勢植物之一。

5. 台灣葛藤-象草型

本類主要分佈於混凝土砌石護岸與箱籠護岸，其中又以混凝土砌石護岸為主。本類型主要優勢物種為台灣葛藤(46%)，其次為象草(14%)。除了台灣葛藤與象草外，其他較次級的優勢物種有大黍、大花咸豐草、銀合歡、小花蔓澤蘭等。

6. 台灣葛藤-血藤型

此類型特徵為護岸植生連續性不佳，土壤較貧瘠，推測可能是在護岸缺乏周邊植生蔓延入侵的情況下，有助於藤類植物的生長。除台灣葛藤與血藤外，其他較次級的優勢物種有大花咸豐草與台灣蘆竹。

(六) 相關性分析

本研究將護岸環境特性因子與植生評估分析所得結果，彼此進行相關性分析，以了解護岸環境因子對植生情況的影響。以下針對部分相關性較顯著(大於 0.05)的項目說明：

1. 護岸坡度

護岸坡度與植生不連續段的數目呈現正相關，本研究調查之護岸坡度最小 20 度最大到 70 度，說明址範圍內坡度會影響植物的生長，坡度越大植物生長越不易，符合一般學理上的認知。

2. 護岸離水距離

本研究調查護岸離水距離與護岸下坡段植物歧異度呈現負相關，即護岸離常流水較近時，護岸下坡段之植物多樣性較高，在混凝土砌石護岸及箱籠護岸特別明顯，推斷是因土壤水分含量較高，使下坡段有機會形成較喜歡潮濕環境之河岸植物群落，增加植物多樣性。

「護岸離水距離」與「護岸上下坡段植物相似性」之間，以及「護岸離水距離」與「多年生草本比例」之間，皆呈現正相關。推斷擁有足夠的護岸離水距離時，空間足以形成較大的多年生草本群落，例如大花咸豐草、大黍、象草、星草等。這些具有較高侵略性的植物會往護岸坡面蔓延，形成單一的多年生草本群落，壓迫其他植物的生長空間，降低護岸植物物種的豐富度。

3. 護岸上方灌木群落

護岸上方灌木群落與護岸植生歧異度呈現正相關，顯示當護岸上方存在灌木群落時，有較高的機會存在著誘鳥植物，如白飯樹、瑪瑙珠、小葉桑等吸引鳥類出現，除了增加土壤內營養物質外，也使植物種子多了一種傳播的途徑，提高該護岸之植生歧異度。

4. 周邊土地利用情形

周邊土地利用情形與護岸上坡段植生歧異度呈現負相關，本研究將周邊土地利用情況分為四個等級，等級愈低代表人為開發程度越低。從結果來看，護岸上方的土地利用等級愈高，則護岸上坡段植生歧異度會受影響而降低，說明周邊土地的人

為干擾可能會影響護岸坡面上植生多樣性的發展。

結論與建議

(一) 結論

1. 本調查共記錄到維管束植物 43 科 126 種，包含原生種 62 種、特有種 7 種、栽培種 6 種，以及歸化種 50 種。其中以禾本科(14%)與菊科(12%)數量最多。而樣區內外來種種數比例約 45%，優勢度比例約 65%，顯示本研究範圍內之護岸，不論何種類型均有嚴重之外來種入侵的問題。其中具高優勢的外來種有大花咸豐草(17.6%)、大黍(8.6%)、象草(5.2%)、星草(4.2%)等，MCA 將植群分成 6 個群團類型，其中分布最廣的就是大花咸豐草-星草型。
2. 平均物種數以土坡護岸為最多(約 18 種)，其次是混凝土砌石護岸(約 13 種)，最後是箱籠護岸(約 12 種)。植物物種歧異度方面，Simpson's index 與 Shannon's index 亦依土坡護岸、混凝土砌石護岸、箱籠護岸的順序由高到低排列，顯示土坡護岸的環境明顯優於其他兩者。
3. 三種護岸類型之植生相似性皆差不多，唯個別幾處護岸上下植生相似性較高，推估原因為該處有強勢外來種植物大範圍覆蓋，其他植物較難立足，使護岸上下呈現單調且一致之植物群落。

(二) 建議

1. 本研究樣區內的護岸多位於都會區附近，不同排水區域河段會因周圍環境因子而有所差異，未來可針對其他流域進行調查，與本研究所得之結果做比較。
2. 本研究取土坡護岸、混凝土砌石護岸及箱籠護岸做比較，每種護岸取 10 處，故部分分析資料稍有不足，建議後續研究可增加護岸調查的數量。
3. 護岸植生對外界干擾十分敏感，若有長時間的調查，可以更加瞭解時序及演替上的變化，提供未來護岸植生復育參考用。

致謝

本文實屬「區域排水整治環境營造案例調查暨棲地植生保育技術之研究」計畫之一部份，研究期間承蒙 經濟部水利署水利規劃試驗所補助經費，特此感謝！

參考文獻

1. 中央氣象局，<http://www.cwb.gov.tw>。
2. 古秀宇、林信輝(1999)，河溪砌石護岸適生植物之調查研究。碩士論文，國立中興大學水土保持學系。
3. 朱德民(1999)，植物與環境逆境，明文書局股份有限公司。
4. 林信輝(2000)，台灣地區邊坡暨河溪綠美化自然工法-個案調查與探討，

- 中興大學水土保持學系。
5. 林信輝(2001)，水土保持植生工程。高立圖書公司。
 6. 陳明義、蔡進來(1978)，植物生態學實驗，國立中興大學教務處出版組。
 7. 楊文玲(2009)，河溪生態工法護岸型態比較之研究。碩士論文。
 8. 蔡尚惠、呂金誠、歐辰雄、吳聲海、唐立正(1999)，Shannon 生態系歧異度指數之介紹與應用---以惠蓀林場紅檜人工林與闊葉次生林為例。林業研究季刊 21 (4)：69-82。
 9. 劉佳勝(2014)，河溪整治地區護岸類型與植生群落之整合評估。碩士論文。
 10. 劉棠瑞、蘇鴻傑(1983)，森林植物生態學。台灣商務印書館股份有限公司。
 11. Dmitry Grapov, 2012. Introduction to Multivariate Data Analysis and Visualization.
 12. Fennessy, S. (1993) Riparian Buffer Strips: Their Effectiveness for the Control of Agricultural Pollution, London; Institute for European Environmental Policy Report. University College.
 13. Gregory S. V., F. J. Swartson, W. A. Mckee, et al. An ecosystem perspective of riparian zones [J]. Bioscience, 1991, 41 : 540—551.
 14. ISC Reference manual 1999
 15. Lowrance R., R. Leonard, J. Sheridan., Managing riparian ecosystems to control nonpoint pollution [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1985, 40 (1) : 87—91.
 16. Malanson G P. Riparian landscapes [M]. New York : Cambridge University Press, 1993. 1—10.
 17. Nichols, G. E. (1917) The interpretation and application of certain terms and concepts in the ecological classification of plant communities. Ecology. 4:11-23.
 18. Smith, P.G.R. & J.B. Theberge, 1986. A Review of Criteria for Evaluating Natural Areas. Environmental Management 10:715-734.
-

103 年 04 月 22 日收稿

103 年 05 月 04 日修改

103 年 05 月 08 日接受