

林道緩衝帶的適當寬度

夏禹九、黃正良、王立志、黃良鑫

摘 要

溪流兩岸設定緩衝帶或過濾帶以減少林道開建所產生的泥砂進入溪流是林業經營很重要的工作。林試所六龜試驗林所作的一個林道下側廢棄土石滑落的距離的調查，結果顯示棄土滑落的距離與林道開挖的土石量及下邊坡的坡度的平方成正比。依據此關係與國外的一些資料，本報告建議在類似的林區緩衝帶或過濾帶的坡長寬度公尺可以用 $10 + 0.03 \times (\text{SLOPE})^2$ m 作標準。

關鍵詞：林道、緩衝帶

夏禹九、黃正良、王立志、黃良鑫，1990，林道緩衝帶的適當寬度，林業試驗所研究季刊，5(3):201-208。

Buffer Strip Width for Logging Roads in Southern Taiwan

Yue-Joe Hsia, Jeen-Lian Hwang, Lih-Jih Wang, and Liang-Shin Hwang

[Summary]

In order to protect the stream water from sedimentation by logging road construction, riparian area along stream channel must be carefully managed. Buffer strips, however, have not been implemented in the forest land outside those watersheds of major reservoirs in Taiwan. As the forest policy is changed from timber production to water resources protection, a standard of buffer strip width is needed for forest planning in the near future. Based on the distance of sediment casted downslope during the road construction at Liu-Kuei experimental forest in southern Taiwan, a buffer strip width (in meter) calculate by the equation as $10 + 0.03 \times (\text{SLOPE, in degree})^2$ is proposed in similar forest land.

Key word: logging road, buffer strip.

Yue-Joe Hsia, Jeen-Lian Hwang, Lih-Jih Wang, and Liang-Shin Hwang, 1990. Buffer Strip Width for Logging Roads in Southern Taiwan. Bull., Taiwan For. Res. Inst. New Series, 5(3):201-208.

一、 緒 言

在水體四周保留適當寬度的植被是防止非點源污染源(non-point source pollution)污染水質的一個有效措施。污染物質的種類、地形、土壤、氣候、植生種類均與此一植生帶過濾

污染物質的功效有密切的關係，丁昭義與陳信雄(1979:1981:1984)依據一系列的試驗曾建議對水不溶性農藥需保留30m寬的柳杉人工林地，而對水溶性的農藥則至少需有60m的長度。由坡地逕流的路徑來看，地表、地中以及地下水均可能攜帶污染物質進入溪流(夏禹九、1987)

79年6月送審

79年8月通過

。同時在學理上，植物對於有機物的吸收還是一個黑盒子(Carsel, 1989)，所以目前很難妥善的決定此一植生帶的寬度。雖然如此，林地內最主要的一個非點源污染源——泥砂，因為主要是由地表逕流所攜帶進入水體，很容易觀察得到。同時砍伐林木、集材與築路或多或少會產生一些表土沖蝕污染源，所以防止泥砂進入水體所需的植生帶的寬度在國外倒是很早即有規定，是林業經營上很受重視的一個規範。

溪流兩岸保留的植生帶有幾種不同的形式。Clinnick(1985)會對林業上常用的幾個名詞有下列的解釋：1)溪岸區(riparian zone)係泛指溪流或水體兩岸的區域，因為其土壤含水量與離岸較遠的地區不同，常常會呈現差異相當大的生態特徵。2)緩衝帶(buffer strip)或溪岸保護區(stream protection zone)，指的是植生完全未被破壞的溪岸地區。3)過濾帶(filter strip)，所指的溪岸區，其上層林木已被砍伐，地被植生則保留未破壞，其目的主要是在防止泥砂進入溪流。

在本省，依據水庫集水區管理辦法(台灣省政府，1981)的規定，主要水體的周圍應保持水平距離15-50m寬度的緩衝帶。除此以外，對於上游

水區除已劃為保安林外，對森林作業沒有任何作業上的限制。事實上，由集水區的逕流產生途徑來看，集水區內溪流兩岸(包括了間歇性的溪流)在暴雨之際是最容易產生地表逕流與泥砂進入水體的地區。目前的林業作業或經營規劃中對這些地區完全沒有任何考慮，對於下游所可能發生的泥砂災害是頗難辭其咎。而在所有的林業作業中，林道的開闢是最主要泥砂產生的原因。Miller等(1985，引自Megahan, 1986)在美國阿肯色州的一項調查指出，一個砍伐過的集水區其輸出的泥砂有70%是因林道所產生的，同時每單位面積的林道每年所流失的泥砂量是砍伐過的林地的277倍。因此在林道兩側，特別是林道與逕流間設置緩衝帶或過濾帶是美國70年代因應環保意識抬頭後所規定的“最佳經營措施”(best management practices)中必需遵守的規定(Lynch and Corbett, 1990)。台灣近年來因為林業政策的改變，林業經營的方式也在逐漸調整，水資源的保護成為林業作業必須考慮的因素。在編訂經營計劃時，如何區劃或依據何種規定來劃定森林集水區內所應設置的緩衝帶或過濾帶卻至今沒有任何資料可供參考。本報告首先討論國外有關保護帶寬

表1 過濾帶的寬度標準(資料取自 Clinnick, 1985)

作者	土壤沖程度	坡度%	過濾帶寬度(m)
Trimble & Sertz (1957)	-	0	8 (農業用水)
	-	30	26 (農業用水)
	-	60	44 (農業用水)
Haupt(1959)	嚴重	20-28	6
	嚴重	60	43
Packer(1978)	嚴重	-	46
	中度	-	11
Corbett et al.(1978)	-	-	20-30
Erman et al.(1977)	-	-	30
Bern & Turner(1980)	低度	-	20
Balmer et al.(1982)	低度	0	9
	低度	30	32
	低度	60	55
	中度	0	12
	中度	30	43
	中度	60	71
	嚴重	0	14
	嚴重	30	52
嚴重	60	88	

的標準，然後以在林試所六處分所一條林道所做的調查資料來檢驗台灣合適的緩衝帶寬度，所得結果可以做為台灣未來森林經營的參考。

二、國外有關林道泥砂過濾帶的研究

表2 美國東部山區林道過濾帶寬度規定之比較(引自Swift, 1986)

地區	坡度 %									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
一般林地(1)	8(4)	14	20	26	32	38	44	50	-	
都市飲用水集水區(2)	15	27	40	52	64	76	88	100	-	
輕度土壤沖蝕地區(2)	9	17	25	34	43	53	64	-	-	
中度土壤沖蝕地區(2)	12	23	31	45	56	68	84	-	-	
嚴重土壤沖蝕地區(2)	15	27	41	54	69	85	103	-	-	
林道邊坡覆蓋、植草及(3)有灌木根	10	1	12	13	15	16	17	18	19	
林道邊坡覆蓋、植草(3)	13	17	22	26	30	34	38	43	47	
林道邊坡裸露 (3)	26	32	43	52	60	68	77	85	94	

註：(1) Trimble and Sartz (1957)
 (2) USDA Forest Service (1973)
 (3) Swift
 (4) 原資料均為英制換算為m

濾帶分別應有52m及88m。如果水源僅供農業使用，則以上的標準可以減半。Haupt(1959;引自Clinnick, 1985)在石灰岩地區則建議當林道的路面坡度為1-3%，路側坡度為28%時，過濾帶應有6m的寬度；而在路面坡度選10-12%，路側坡度為60%時則需要43m的寬度。Clinnick(1985)對於過濾帶或緩衝帶的寬度做了一個相當完整的討論。他綜合了美、澳及紐西蘭的一些研究結果(表1)，建議30m寬的過濾帶是一個適宜的標準，不過，若在超過30%的坡度，特別是凸型的坡型時則應該增加寬度。Swift(1986)則認為林道的建築標準近年來已經提高了，所以依據Trimble及Sartz(1957)而定的標準在美國南阿拉巴契山區可以減低一些(表2)。依Swift的調查，過濾帶的寬度(F)可依下式來訂定(原式為英制)：

$$F(m) = 13.1 + 0.46 \times \text{SLOPE}(\%) \dots\dots(1)$$

Trimble及Sartz(1957)在美國賓州所做的研究是最早被引用做為規定濾帶寬度的依據。其建議是在平坦的地區做為飲水水源的過濾帶最少要有15m，而坡度增加為30%及60%的地區，則過

式中的F為坡長而非水平距離。Clinnick(1985)述及在澳洲維多利亞的水土保持工作人員是依Trimble及Sartz的資料訂有類似的公式：

$$F(m) = 8 + 0.6 \times \text{SLOPE}(\%) \dots\dots\dots(2)$$

這兩個簡單的式子，當然僅僅是考慮其簡單與容易應用所採用的經驗式。Packer(1967)考慮了包括與道路設計、土壤、地質等有關的5項因素，建議一個複雜的非線性經驗式，由實用的觀點反而沒有(1)式或(2)式容易應用。上述的(1)、(2)式所依據的均是由林道下側因地表逕流所挾帶的泥砂在緩衝帶中流失的長度調查；其所調查林地的坡度均不超過80%(39°)。因此(1)或(2)式嚴格的來說並不能外推至更陡的坡地。本省的林地，超過80%的地區地很多，上述的保護帶的寬度是否合適是頗值得討論的。

三、林道調查試驗區與調查方法

調查的林道在林試所六龜分所20及22林班內，屬於濁口溪的支流溫泉溪集水區，海拔800~1200m之間。母岩地質屬粘板岩及砂岩，非常破碎。調查的林道分為四段，包括了主林道、支線與一個伐區內的集材便道。主林道的一段係穿過砍伐後的新植造林地，另一段則經過保留的森林

區。支線的上段亦是穿過伐採後的新造林地，下段則經由森林區下邊溪谷。這幾段的林道均無任何水土保持工程或路邊溝的設置，築路開挖的棄土即棄置坡下，是日前本省林道中標準最低的一種，可以當作是最糟情況的一個個案。林道的調查是以20m的路段為一單位，沿線測量其上、下邊坡坡度、路寬、開挖坡高度及下邊坡棄土的長度，並推以估算林道的挖方與填方土石量(夏禹九

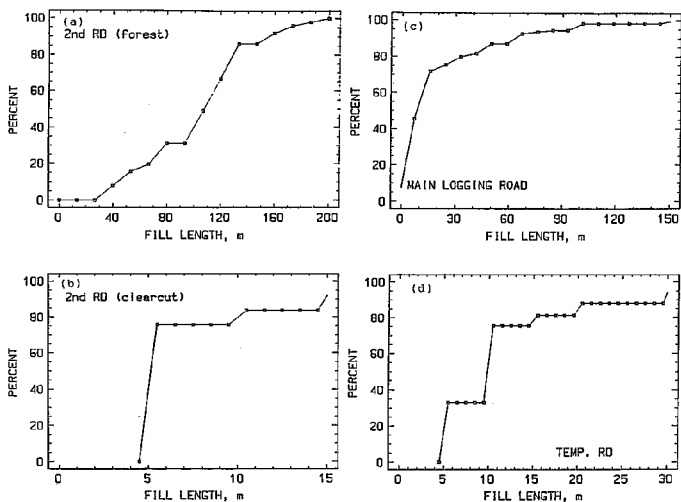


圖1. 四條林道調查路段其棄土長度與道路下邊坡坡度的關係

等, 1990)。詳細的說明可參考前一報告。

四、結果與討論

前述林道調查時所量測的棄土在下邊坡滑落的長度是本報告用以檢討緩衝帶或過濾帶寬度的依據。調查的路段中，其路側的植生包括了砍伐後的新植林木，有殘餘地被的砍伐跡地及未破壞

的森林。因為未破壞的森林均係較陡的坡地，其棄土滑落的長度反而較長，60%的調查路段，超過100m(Fig.1a)，兩個經過伐區的路段則因為地形較緩，80%以上的路段其棄土長度均在20m以下(Fig.1b, d)。主林道所調查的路段80%其棄土長度在40m以內(Fig.1c)，但是有幾處因為坡度較陡，與挖方土石量大，棄土滑落超過100m。就全部調查的路段而言，雖然80%其棄土長度在

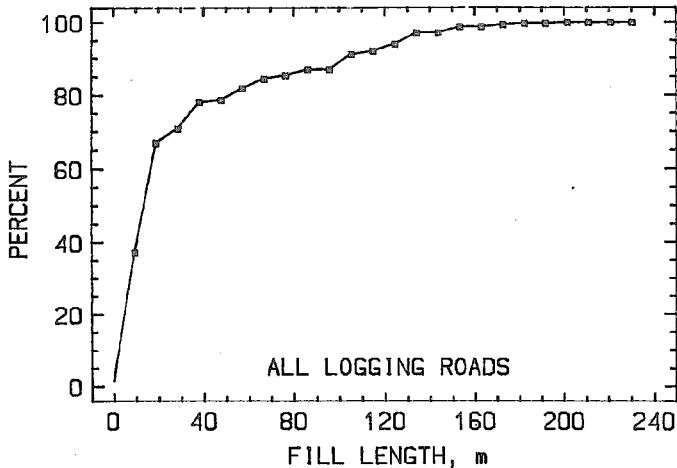


圖2. 棄土長度與林道下邊坡坡度之關係 (綜合分析四條調查路段後之結果)

40m以內(Fig.2)不過少數的幾處，棄土下滑卻造成林道下坡面相當大的破壞。

爲了求得一個緩衝帶適宜寬度的估計式，首先將可能影響棄土滑落的幾個因素(上、下坡面的坡度，挖方土石量，林道路面坡度等)經由逐步回歸得到(Fig.3)：

$$\text{棄土長度 (m)} = -4.88 + 0.08 \times \text{挖方土石量} + 0.01(\text{下邊坡坡度})^2 \dots\dots(3)$$

$$r^2 = 0.66$$

其中挖方土石量的影響最爲重要。很明顯的，在築路時若能減低挖方量或能妥善的將棄土移置於安全的地方應該可以有效的減低泥沙進入溪流的机会。(3)式亦顯示了棄土長度與坡度(SLOPE)的平方成正比的關係。因此一個 $D = a + b \times (\text{SLOPE})^2$ 的型式，可以做爲本省建立過濾帶或緩衝帶寬度(D)標準的公式。Fig.4中列出了5個不同的公式，其中a均爲10，表示在在平坦的地區，溪岸亦應保持10m的緩衝帶。此一數值如依表1中的資料亦可定爲8m或9m。

依b=0.15而定的緩衝帶寬度，可以涵蓋本次調查100%的棄土長度，應該是最安全的規定，

不過此亦表示當林地坡度達35°時緩衝帶的寬度需達到200m。如此一來，以本省山區的地形來說，將不可能有太多的林地可以進行林業經營的活動。Fig.4中亦繪出了Swift(1986)與Trimble及Sartz(1957)所建議的緩衝帶的寬度；依b=0.03所建立的保護帶寬度與其相當接近，所包涵的調查的棄土資料均爲80%，當然如果採用此一標準，則在修建林道時對於棄土的處理必需嚴格執行。臺灣目前砍伐森林的坡度限制定爲35°，依據b=0.03來計算坡度爲35°的伐區最少應距離溪流45m。林道若穿越更陡的地區，亦應依此標準增加其距離溪流的間隔。本省的山區，有些溪谷切割甚深，以本次調查所在的溫泉溪而言，其河谷兩岸有很大部分均爲絕壁。溪床中很少細顆粒的砂石堆積，表示進入溪流的砂石均很快的會隨溪水沖失，溪流的穩定性很低。在這種情況下，緩衝帶的寬度可能應該由溪岸坡度稍緩的地區開始計算方，始能達到保護溪流的目的。

溪岸區在集水區經營中的重要性，近年來已逐漸爲林業與集水區管理單位所重視。溪岸區的維護或重建被認爲是集水區水源保護的關鍵工作

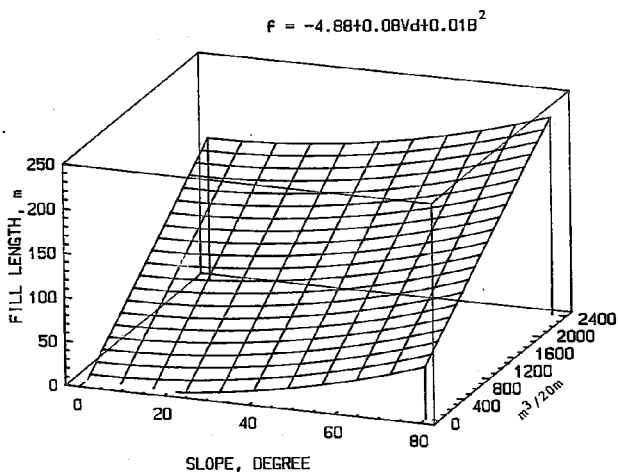
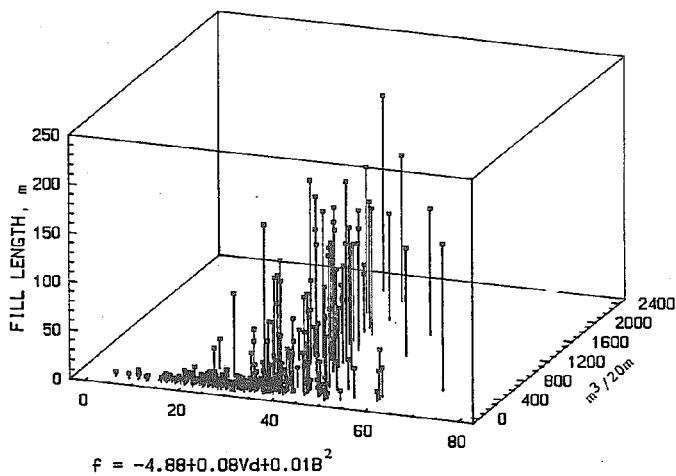


圖3. 林道路面下坡面坡度、挖方土石量與棄土長度之回歸關係

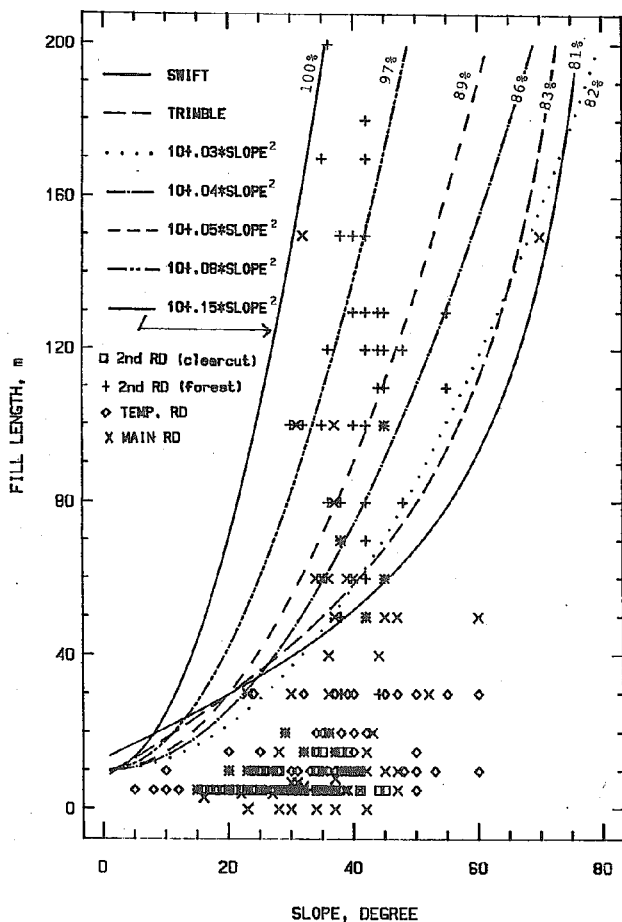


圖4. 各種不同標準緩衝帶寬度(D)之比較。圖中的百分數表示各個標準寬度可以涵蓋的棄土
 滑落資料數目佔全部調查資料的比重。

(DeBano and Schmidt, 1989)。臺灣目前正在進行的林地分類工作中，亟應將後岸區的保護列為重要的考慮因素。本報告建議在本省南部類似本調查地區的林地，其緩衝帶寬度(m)的劃訂最少應依 $10 + 0.03 \times (\text{坡度，度數})^2$ 來進行。至於未來水源保安林的檢討則可能需採用更嚴格的標準如 $b=0.15$ 來決定。如依集水區的水文過程或逕流途徑來看，緩衝帶或溪岸區的範圍應該包括了集水區內可能產生暴雨逕流的區域，類似 O'Loughlin(1990)所建議的模式亦是我們在進行林地分類時所應參考的方法之一。

引用文獻

- 丁昭義、陳信雄 1979 森林緩衝帶對農藥之過濾作用 中華水土保持學報 10(1):115-126。
- 夏禹九 1987 森林集水區的水文過程 台灣植物資源與保育論文集 187-196 中華民國自然生態保育協會
- 夏禹九、黃正良、王立志、黃良鑫 1990 林道闢建所可能產生的泥砂量——多納林道的一個個案調查 林試所研究報告季刊
- Balmer, W. E., H. L. Williston, G. E. Dissmeyer and C. Pierce. 1982. Site preparation—Why and How. Forest Management Bull. SAFB2. USDA Forest Service, Atlanta, Georgia.
- Bren, L. J. and A. K. Turner. 1980. Hydrologic output of small catchments: implication for management. Aust. For 43: 111-117
- Clinnick, P. F. 1985. Buffer strip management in forest operations: a review. Aust. For. 48: 34-45.
- Corbett, E. S., J. A. Lynch and W. E. Sopper. 1987. Timber harvesting practices and water quality in the eastern United States. J. For. 76: 484-488.
- DeBano, L. F. and L. J. Schmidt. 1989. Improving southern riparian areas through watershed management. USDA Forest Service General Tech. Rep. RM-182.
- Erman, D. C., J. D. Newbold and K. B. Roby. 1977. Evaluation of streamside buffer strips for protecting aquatic organisms. California Water Resources Center, Tech. Compl. Rep. No. 165.
- Haupt, H. F. 1959. A method for controlling sediment for logging roads. Intermountain Forest and Range Expt. Sta. Misc. Publ. No. 22.
- Lynch, J. A. and E. S. Corbett. 1990. Evaluation of best management practices for controlling nonpoint pollution from silvicultural operations. Water Resources Bulletin, 26: 41-52.
- O'Loughlin, E. M. 1990. Modelling Soil water status in complex terrain. Agricultural and Forest Meteorology, 50: 23-38.
- Packer, P. E. 1967. Criteria for designing and locating logging roads to control sediment. For. Sci. 13: 2-18.
- Swift, L. W., Jr. 1986. Filter strip widths for forest roads in the southern Appalachians. Southern J. of Applied Forestry, 10: 27-34.
- Trimble, G. R. and R. S. Sartz. 1957. How far from a stream should road be located? J. For. 55: 339-341.
- USDA Forest Service. 1973. Guide for managing the National Forests in the Appalachians. 2nd ed. Eastern and Southern Redions, FSH2123.