

臺灣坡地土方工程機械施工作業 效率之分析研究

Observation on Machinery Operations for Slope-Land Conservation and Utilization in Taiwan

臺灣大學農業工程學系副教授

臺灣省山地農牧局技佐

甘俊二

吳敏夫

Summary

At present, in order to save the cost, the limited working capacity of human labor has been replaced by the machine of high efficiency. And there is a tendency that large machines has been used to raise the efficiency. It is, therefore, very important to study the technique and efficiency of machine operation in the development of slope-land.

The efficiency of bulldozer operation depends on several factors: (1) human skill, (2) the efficiency of machine, (3) the condition of operation field. The purpose of the study is to make analytical study of the (1) site clearing (up-rooting), (2) slope (3) soil texture, (4) efficiency of machine etc., and in the operation field, to find out the factors related to the working operation of earth, and to derive a standardized equation for general use to estimate the operation hours required from bulldozer construction under the given field's condition. It can be used to estimate operation capacity, as well as to check the operators' efficiency in operation management.

一、引言

本省山坡地具有相當之利用潛力，因此開發前後之價值差異懸殊。正規之坡地開發，須遷就地形先闢連絡道，再開闢平台及山邊溝，然後再考慮栽植之作物，以提高農業之經營成效。目前在本省山坡地之開發，爲了節省成本，幾乎全由效率較高之機械取代作業量有限之人力。同時爲了提高效率，坡地有日漸使用大型化機械之趨勢，因此機械施工之技術及效率之研討，乃爲開發坡地作業的重要課題。

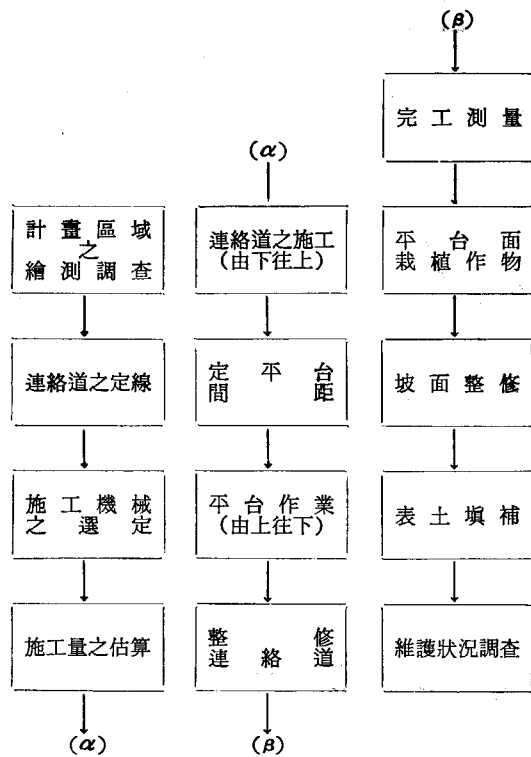
影響推土機作業效率之因素有：(1)人爲(2)機種性能(3)作業現場之自然因素等三項。本研究先就作業現場，從事①地上物清除之樹根處理②坡度③土壤質地④機種等之不同分析，認識並尋求各因子與土方作業之關連性，制定標準化通用式，以便由現場之自然條件，求得推土機作業效率及施工所需時間，供執行、推估作業量之參考，及作業手管理（作業效率）之考核依據。

目前本省從事坡地機械作業效率之研究報告不多，雖可參考日本之坡地機械施工規範，但因日本坡地施工所列標準，爲求坡地機械作業之安全，僅限定在 15° 以下之坡面作業，而我國之坡面限制則爲 28.9° (55%)，故作業條件遠較日本困難。如果直接引用日本之規範，顯然不盡合理。因此，本研究分析，僅參考日本現有之基本研究資料及分析方法，由本省實測資料，導演制定適合本省應用之標準式。

二、坡地機械作業步驟

爲了研討坡地機械作業方式，於宜蘭縣冬山鄉選擇一平台作業現場，觀察全部作業過程，作爲分析機械作業效率之依據。

觀測地區之海拔約爲一百公尺，施工面積爲六·六公頃，屬於宜農牧之四級地，土質屬於透水性良好之坍塌壤土，適宜種植茶及柑桔。茲將平台機械作業程序說明如表(1)：



表(1) 平台機械作業程序

觀測機種選用 JD 350 型推土機，作業方式由推土機沿測量之定線，先由坡底開始往上開闢連絡道至山頂，由上而下，從連絡道進入各平台之處向左右兩側等高方向施工。平台施工作業原則經由觀測可歸納如下：

(1)以連絡道上訂設之木樁為基礎，鏟平道路邊側，穩定推土機機身，保持上下平台之間距，向連絡道左右兩側實施平台作業。

(2)各平台保持平行，除依據現場訂設之木樁外，尚有如下之控制方法：

(a)與上平台平行，保持一定之高差。

(b)作業時推土機力求機身之水平。

(c)作業手盯住遠方設定之目標進行作業，至平台完成。

(3)進行平台作業時，當推土機之推土量達到刀板滿鏟高點時，必須以角鏟將土推向外側作為填方。每鏟之填方量，不得超過推土量之百分之七十。

(4)向山坡面切土時，不得超過該切面之最大塌度，作業若達此極限，又無法向外側發展時，必須

終止作業，即為平台之末端。

(5)若遇樹根或石塊，經移除後，平台面凹陷部份，利用下一推鏟所得土方，以退鏟方式填補，以保持台面水平，再繼續向前作業。

(6)平台完成後，可利用推土機之破土犁耕鬆土壤，以利茶樹之栽培。

三、坡地機械作業之試驗觀測

坡地土方作業之重點，可分為排樹、機械作業效率及機作合理作業面之探討等三項，茲將本研究從事之實驗觀測列述如下：

(一)坡面排樹

坡面之機械作業，首先排去作業面之樹木，始能整出山邊溝或平台之形狀。排樹除了需要依靠推土機之衝力外，還需顧慮機身在坡面作業時之安全，故不能用平地排樹之標準作為推算之依據。

目前在臺灣，為適應坡地之作業，採用靈活之輕型推土機，在推土作業之同時，僅能排除 6 cm 以下之樹木，對樹徑較粗大之樹幹，需經數次衝推始能排去。本研究有關排樹效率觀察之結果列如表(2)：表(2)所示之關係式，僅適用於 46 馬力輕型推土機於宜蘭冬山之現象。排樹時間並非單純與樹徑相關，而是樹徑、根深、根支數及樹種的函數，本研究為了便於推估施工量，僅用單純之樹徑來計算。上式之樹徑指地面上 10 cm 處之樹徑。大區域排樹時間之計算，由作業區域求出樹木密度及平均樹徑，即可代入上式求得排樹時間。

(二)平台作業觀測

本研究於冬山鄉觀測 46 馬力推土機 (JD-350 型)，並利用農牧局平台作業之標準，觀測平台作業有關之各項基本資料，包括原地面坡度，挖填土方量，排樹及作業時間等記錄，共計觀測 57 次，平台總長 939 公尺，整個坡面之平均坡度為 26.5°，並未超過規定之坡度限制 28°，但因地面起伏，實際機械操作面，由 8.8° 至 50.1° 之不同作業條件，可將其視為臺灣機械平台作業之代表。

茲將觀測結果，整理如下表(3)

表(2) 排樹效率觀察記錄 (宜蘭冬山)

											平均
樹徑 (CM)	10	30	17	30	26	25	15	20	20	35	22.8
根深 (M)	1.2	2.4	1.5	1.5	0.5	1.0	1.0	1.2	1.5	2.0	1.38
根支數	8	10	8	5	5	6	7	7	5	7	6.6
拔根時間 (分)	0.078	4.50	1.33	2.00	1.00	1.83	1.50	2.00	1.50	4.33	2.08

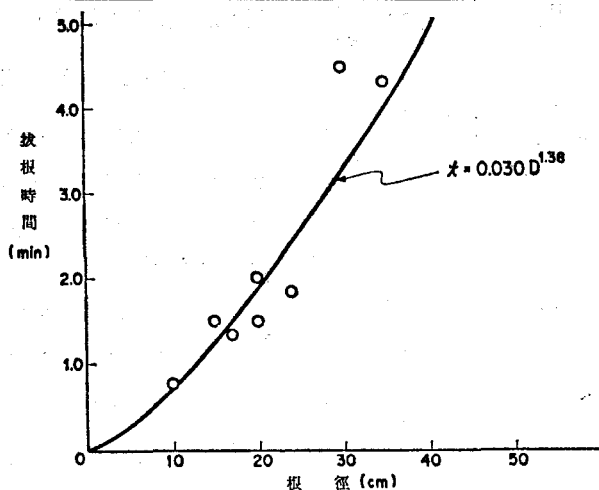


圖 1. 樹木推除作業時間與樹徑之關係

表(3) 平台作業觀測試驗土方及作業時數表

平台代號	坡 (°) 度	作業台長 (M)	土 方 (M³)		樹 頭 (支)	作業實用時間 (MIN)
			挖 方	填 方		
T1	24	89.5	124.05	69.2	38	88.33
T2	24	32	49.80	28.2	8	40.17
T3	32	33	49.15	30.1	9	34.33
T4	28	48	76.1	47.0	8	44.00
T5R	21	62	126.6	20.8	20	65.50
T5L	23	53	84.1	42.6	19	68.17
T6R	24	50	73.4	44.0	17	55.83
T6L	20	74	117.5	72.3	19	98.33
T7R	20	29	37.7	26.1	6	23.60
T7L	26	54	70.2	37.8	8	55.00
T8	27	24	39.0	12.0	2	19.17
T9L	28	39	78.0	39.0	15	63.00
T9R	28	36	92.0	22.0	12	40.00
T10	32	35	52.5	17.5	10	44.00
T11R	30	35	47.6	28.0	6	30.50
T11L	30	28	42.0	22.4	9	29.17
T12L	30	53	74.9	47.0	16	65.50
T12R	30	30	54.0	15.0	8	40.67
T13	30	74	111.0	59.2	11	83.00
T14	31	60	87.8	72.0	18	67.00
計	26.46 (AVE)	938.5	1487.4	752.2	259	1055.27

有關機械作業與坡度之效率係數之基本研究，目前本省尚無經由實驗測定而得之標準，參考日本之機械施工基準如下：

表(4) 日本之坡地施工修正係數

坡度區分	作業係數	坡度區分	作業係數
0~3° 未滿	1.00	8~12° 未滿	1.20
3~8° 未滿	1.05	12~15° 未滿	1.45

上表(4)僅能適用於未滿15°之坡面作業，為了便於引用可將上表(4)化為數式：

$$E = 0.95e^{0.027R}$$

E：坡度效率係數

R：坡度

本研究由於每一坡面之坡度及排樹數不同，故必須將各試驗化為同一作業條件下比較，始可研討平台作業效率之問題，茲將各觀測結果列如下表(5)：

(二) 機作平台之施工斷面

平台階段之斷面，必須符合水土保持手冊所制定之標準，上下坡面均須小於安息角，以維持平台之穩定。不過，機械施工限於推土機之刀板設計，在經濟作業效率下，完工後之坡面較斜，無法推出規定所要求之安定坡面，必須預先適當地擴大平台面，使平台邊坡之部份土石自然滑落，以趨平穩狀如圖2。機作平台合理寬度之計算式如下：

表(5) 同一坡度平台單位長度之作業時間比較表

平台代號	坡度	挖 (M ³ /M) 方	填 (M ³ /M) 方	每公尺所費時間 (分/M)	每小時之作業量 (m)
T1	24	1,386	0,773	0.452	132.74
T2	24	1,556	0,881	0.941	63.76
T3	32	1,489	0,912	0.697	86.08
T4	28	1,585	0,979	0.707	84.87
T5R	21	2,042	0,335	0.650	92.30
T5L	23	1,587	0,804	0.835	71.86
T6R	24	1,468	0,880	0.688	87.21
T6L	20	1,588	0,977	1.005	59.70
T7R	20	1,300	0,900	0.553	108.50
T7L	26	1,300	0,700	0.832	72.12
T8	27	1,625	0,500	0.694	86.46
T9L	28	2,000	1,000	1.131	53.05
T9R	28	2,556	0,611	0.691	86.83
T10	32	1,500	0,500	0.897	66.89
T11R	30	1,360	0,800	0.655	91.60
T11L	30	1,500	0,800	0.637	94.19
T12L	30	1,413	0,877	0.856	70.09
T12R	30	1,800	0,500	1.020	58.82
T13	30	1,500	0,800	0.934	64.24
T14	31	1,463	1,200	0.739	81.19
平均	26.5	1,585	0,801	0.777	77.22

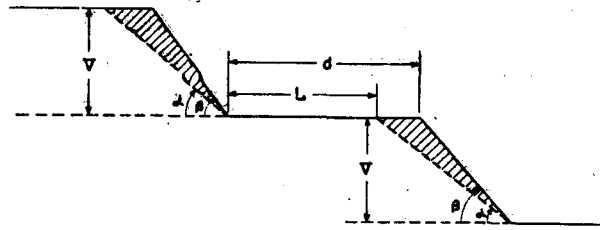


圖 2. 平台階段施工之標準斷面

平台機械作業寬度 (d)

$$d = L + V (\cot \alpha - \cot \beta)$$

(V 為平台垂距)

機械作業完工時邊坡斜率較大 (β°)，農民可在平台寬 (L) 的範圍內栽植作物。

待農民客土後，平台邊坡已由原先 β° 下降為 α° ，達到平台穩定的狀況。

本觀測區之土石比為 4:6 (土壤以直徑 2mm 以下為界)，屬於透水性良好之粉質土，經實測坡面之安息角為 65° ，而機作完工後之坡面則為 80° ，若欲制定平台寬及垂距 2m 之機作台寬時可代入上式求之。

$$\begin{aligned} d &= L + V (\cot \alpha - \cot \beta) \\ &= 2.00 + 2.00 (\cot 65^\circ - \cot 80^\circ) \\ &= 2.58 \text{ 公尺。} \end{aligned}$$

本區完工後經農牧局測量為 938.5 公尺，平均台寬為 2.464 公尺，大致符合安全之規定。

目前機作均採用自坡頂按平台層次向下施工方式，根據完工後之土方測量，如表(3)，挖方為 1487.4 M^3 ，填方為 752.2 M^3 ，挖方幾乎高達填方之兩倍，屬不合理之現象。由頂層作業之方式，僅

在最頂層第一次之挖、填方數量保持平衡，至第二階段起上階段之填方，在下階段施工時有部分土方 (α) 重複被當作挖方計算，如圖(3)。

理想挖方、填方關係為

$$\frac{\text{挖方}}{\text{填方}} = \frac{B}{A} \approx \frac{1}{1}$$

實際挖方、填方關係為

$$\frac{\text{挖方}}{\text{填方}} = \frac{B + \alpha}{A - \alpha}$$

由實驗數值得 $\frac{B + \alpha}{A - \alpha} \approx \frac{2}{1}$ 但 $A \approx B$

$$\therefore \frac{A + \alpha}{A - \alpha} \approx \frac{1}{2} \quad \alpha = \frac{1}{3} A$$

(四) 山邊溝機械作業效率之觀察：

山邊溝機械作業效率，係利用農牧局現場機械施工實測所得，實施地區已包括全省各保育利用計畫區域，機種為農牧局所屬 64 馬力 (JD450) 及 46 馬力 (JD350) 型兩種，土石比與機械作業之關係，依山邊溝作業程序可分為三次：第一次地上物清除 (造形)，第二次挖填方及整修斜率，第三次整修內斜及整平作業，茲將 JD 450 及 JD 350 在不同土石比及坡度之實測作業整理如下表(6)，(7)，(8)。

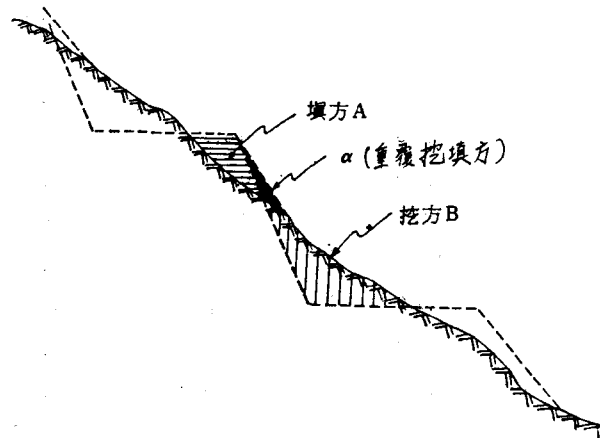


圖 3. 平台階段施工挖方與填方之關係

表(6) 山填溝第一次整平作業分析記錄

機 種	土 石 比 (土:石)	坡 度 (°)	觀 測 數 據 (平 均)		每公尺機械作業速率 (Sec/M)	
			一次推進距離 (M)	時 間 Sec	觀 測 值 (Sec/M)	坡度修正值
450	9:1	15.0	12,455	88,182	3,066	2,153
450	8:2	31.5	4,837	13,976	3,223	1,449
450	8:2	20.0	13,037	89,481	3,028	1,857
450	8:2	20.0	17,714	53,000	2,992	1,885
450	10:0	20.0	11,000	84,227	3,112	1,909
450	7:3	28.0	3,255	2038 g	6,262	3,095
450	7:3	25.0	4,677	24,468	5,232	2,804
450	6:4	16.5	5,569	24,041	4,317	2,911
450	6:4	28.0	8,714	33,357	3,828	1,892
450	10:0	10.0	14,250	56,250	3,947	2,172
450	8:2	15.0	29,000	89,500	3,086	2,167
450	6:4	28.0	6,500	33,938	5,990	2,961
450	7:3	21.5	3,593	17,618	4,906	2,890
450	8:2	25.0	29,000	89,500	3,086	1,654
450	8:2	25.0	2,775	19,347	6,972	3,737
350	10:0	25.0	3,052	23,519	7,706	4,130
350	7:3	22.5	6,864	37,545	5,470	3,136
350	8:2	20.5	4,682	16,091	5,437	2,080
350	9:1	20.0	9,167	33,667	3,673	2,253
350	9:1	22.0	25,714	110,571	4,300	2,499
350	8:2	18.0	5,313	22,875	4,305	2,787
350	9:1	15.0	3,477	20,034	5,762	4,045
350	9:1	20.0	4,940	30,280	6,130	3,760
350	8:2	20.5	2,821	5,090	23,727	4,662

表(7) 山邊溝第二次整平作業分析記錄

機 種	土 石 比 (土:石)	坡 度 (°)	觀 測 數 據 (平均)		每 公 尺 機 械 作 業 效 率 (Sec/M)	
			一 次 推 進 距 離 (M)	時 間 (Sec)	觀 測 值	坡 度 修 正 值
450	9:1	15.0	27,500	72.00	2.62	1.84
450	8:2	31.5	75,000	339.00	4.52	2.03
450	10:0	20.0	50,000	140.00	2.80	1.72
450	7:3	28.0	5,593	26.67	4.77	2.36
450	7:3	25.0	13,750	79.50	5.78	3.10
450	6:4	16.5	26,500	109.00	4.11	2.77
450	6:4	28.0	50,000	103.00	2.06	1.02
450	10:0	10.0	23,830	73.17	3.07	2.47
450	6:4	28.0	24,000	119.50	4.98	2.46
450	7:3	21.5	11,900	33.95	2.85	1.68
450	8:2	25.0	60,000	208.00	3.47	1.86
450	8:2	25.0	10,100	48.28	4.78	2.54
350	10:0	25.0	7,289	34.53	4.73	2.54
350	7:3	22.5	9,077	37.15	4.09	2.35
350	8:2	20.5	6,929	18.36	2.65	1.60
350	9:1	20.0	9,136	43.50	4.76	2.92
350	9:1	22.0	16,375	59.38	3.63	2.11
350	8:2	18.0	5,333	21.33	4.00	2.59
350	9:1	15.0	4,924	24.72	5.02	3.52
350	9:1	20.0	31,000	182.00	5.87	3.60
350	8:2	20.5	6,000	24.50	4.08	2.47

表(8) 山邊溝第三次整平作業分析記錄

機 種	土 石 比 (土:石)	坡 度 (°)	觀 測 數 據 (平均)		每 公 尺 機 械 作 業 速 率 (Sec/M)	
			一 次 推 進 距 離 (M)	時 間 (Sec)	觀 測 值	坡 度 修 正 值
450	10:0	20.0	27,50	76.50	2.78	1.71
450	7:3	28.0	9,10	42.30	4.65	2.30
450	7:3	25.0	20,00	59.83	2.99	1.60
450	6:4	16.5	44,00	148.00	3.36	2.27
450	6:4	28.0	8,63	31.75	3.68	1.82
450	10:0	10.0	22,67	57.67	2.54	2.04
450	6:4	28.0	13,50	54.13	4.75	2.35
450	8:2	25.0	60,00	224.00	3.73	2.00
350	8:2	20.5	3,75	21.38	5.70	3.45
350	8:2	18.0	14,33	63.00	4.40	2.85
350	8:2	20.5	10,38	43.88	4.23	2.56

表(9) 不同土石比之作業效率比較表

機 種	土石比 (%)	第 一 次			第 二 次			第 三 次		
		一次推進距離(M)	時 間 (Sec)	觀測次數	一次推進距離(M)	時 間 (Sec)	觀測次數	一次推進距離(M)	時 間 (Sec)	觀測次數
JD 450	0	12.63	2.54	2	36.92	2.10	2	25.09	1.88	2
	10	12.46	2.15	1	27.50	1.84	1	—	—	—
	20	15.98	2.12	6	48.37	2.14	3	60.00	2.00	1
	30	3.84	2.93	3	10.41	2.38	3	14.55	1.95	2
	40	6.93	2.59	3	33.50	2.08	3	22.04	2.15	3
JD 350	0	3.05	4.13	1	7.29	2.54	1	—	—	—
	10	10.82	3.14	4	15.36	3.04	4	—	—	—
	20	4.27	3.18	3	6.09	2.22	3	9.49	2.95	3
	30	6.86	3.14	1	9.08	2.35	1	—	—	—
	40	—	—	—	—	—	—	—	—	—

從上表目前尚無法論斷土石比與機械作業效率之關係，不過本研究可由機種別之作業效率，大略看出其性質。

表(10) JD450 及 JD350 之推進距離與速度之比較

	機 種	第 一 次 造 形	第 二 次 推 出 斷 面	第 三 次 整 修
一次推進距離	JD-450	10,368 M	32,240 M	30,42 M
	JD-350	6,250 M	9,455 M	9.49 M
	$E_D (350/450)$	0.603	0.293	0.296
機械作業速率	JD-450	2,466 Sec/M	2,108 Sec/M	1,995 Sec/M
	JD-350	3,398 Sec/M	2,538 Sec/M	2,950 Sec/M
	$E_M (450/350)$	0.726	0.831	0.676

四、試驗結果之分析

(一)地上物清除作業計算式之演導：

1.參考日本推樹作業試驗結果而導出之推樹作業關係式：

$$t = 1.235 \cdot D^{0.423} \cdot S^{0.143} \dots \textcircled{1}$$

(標準式，坡度=0)

t = 每公頃所需之時間 (hr)

D = 樹徑 (cm)

S = 單位面積之密度 (株/ha)

2.根據山地農牧局於宜蘭冬山鄉之推樹試驗，導

出實際作業時間計算式：

$$t_1 = 0.31 \cdot D^{1.88} \dots \textcircled{2}$$

t_1 = 拔樹時間 (Min)

D = 樹徑 (cm)

上式係 JD-350 在平均坡度 26.46° 坩質土所得之計算式

3.①參考日本資料，導出坡度修正式：

$$E_1 = 0.950 \cdot e^{0.027R} \dots \textcircled{3}$$

E_1 = 坡度修正係數

R = 坡度 (°)

②土壤係數 E_2 (參考日本資料)

表(1) 日本土壤別對作業效率之校正係數

作業別	土壤係數		
	砂質土	粘質土	硬質土
平 台	1.0	1.35	2.00
山 邊 溝	1.0	1.40	2.00

∴ $t_1 = 0.030 \cdot D^{1.38}$ 根據第②式
 $t = t_1 / (E_1 \cdot E_2)$
 $t = \text{JD-350 機在坡度 } 0^\circ \text{ 及砂質土之作業時間 (Min/株)}$

4. 求出一般應用式：

例：冬山地區坡度為 26.46°

$$E_1 = 0.950 \cdot e^{0.027R}$$

$$= 0.950 \cdot e^{0.027 \times 26.46}$$

$$= 1.94$$

$$E_2 = 1.00$$

∴ $t = 0.0155D^{1.38}$ ④

5. 冬山試驗資料導入④式，推算坡度為 0° 時之推樹時間：地上物相思樹每公頃 1,120 株，平均直徑 15 cm，求出 JD-350 之每公頃推樹作業時間：

$$T = 1120 \times 0.0155 \times 15^{1.38}$$

$$= 727 \text{ Min}$$

$$= 12.12 \text{ hr/ha} \text{ ⑤}$$

6. 將試驗結果代入①式，求出本地使用 JD-350 推土機在坡度為 0° 時之推樹之計算式：

$$T_1(1,1) = 0.0853e^{0.027R} \cdot AR^{0.21} \cdot D^{0.423} \cdot S^{0.143}$$

$$T_1(1,2) = 0.0649e^{0.027R} \cdot A \cdot R^{0.21} \cdot D^{0.423} \cdot S^{0.143}$$

$$T_1(2,1) = 1.4534e^{0.027R} \cdot A \cdot R^{-0.154} \cdot D^{0.423} \cdot S^{0.143}$$

$$T_1(2,2) = 1.1056e^{0.027R} \cdot A \cdot R^{-0.154} \cdot D^{0.423} \cdot S^{0.143}$$

$T_1(I, J)$ ：地上物處理時間 (hr)，(I=1 為山邊溝，2 為平台，J=1 為 JD-350 型機，2 為 JD-450 型機)
 A：預算作業面積 (公頃)
 R：平均坡度 ($^\circ$)
 D：平均樹徑 (公分)
 S：樹林密度 (株/公頃)

$$t = 1.235 \times D^{0.423} \times S^{0.143}$$

即 $12.12 = a_0 \times 15^{0.423} \times 1120^{0.143}$

即 $a_0 = 1.412$ (本地推樹作業係數)

由此導出本地使用 JD-350 推土機之推樹作業計算式：

$$t_{350} = 1.412 \times D^{0.423} \times S^{0.143} \text{ ⑥}$$

7. 實際 JD-350 推樹計算式：

$$T_{350} = (E_1 \cdot E_2)t_{350}$$

(二) 山邊溝與平台階段之推樹作業計算式之演導：

1. 推樹作業之綜合計算式

$$E_4(I) = 2.5L(I) \cdot A / 10000 \text{ ⑦}$$

$$T_1(I, J) = E_1 \cdot E_3(J) \cdot E_4(I) \cdot t_{350} \text{ ⑧}$$

坡度： $E_1(^\circ)$

機種別效率： $E_3(J)$ ，J=1 為 JD-350，
 2 為 JD-450

剷除樹根： $E_4(I)$ ，I=1 為山邊溝，2 為平台

2. 根據水土保持手冊每公頃之山邊溝及平台長度 $L(I)$ ，I=1 為山邊溝，2 為平台，與坡度 $R(^\circ)$ 之關係式如下：

$$L(1) = 254.30 \cdot R^{0.21} \text{ ⑨}$$

$$L(2) = 4333.98 R^{-0.154} \text{ ⑩}$$

3. 由 59 次試驗之平均比較，推算 JD-350 與 JD-450 兩機種之效率係數 (E_3)

$$E_3(1) = 1.00 \text{ ⑪}$$

$$E_3(2) = 0.76072 \text{ ⑫}$$

4. 以各因子代入綜合計算式②，得推樹作業之通用式：

$$\text{..... ⑬}$$

(三) 山邊溝與平台之推土作業

1. 山邊溝推土作業計算式之演算：從 67 年度迄今，進行之機械施工效率試驗，共作 JD-350 22 次，JD-450 37 次之觀測，將機種作業時間及作業量之關係修正為坡度 0° 後，用最小二乘法歸納如下：

$$t(I, J) = K(I) \cdot L(I)^{0.838} \cdot H(J)^{-0.318} \text{ ⑭}$$

H (J)=機種馬力(J=1 為 JD-350 之46HP
J=2為 JD-450 之 64 HP)

L (I)=作業長度 (I=1 為山邊溝，2 為平台)

K (I)=係數(I=1 為山邊溝，0.416，I=2為平台，0.566)

t (I, J)=機械推進速率 (Min)

2.推土機作業係數之推演：

依據冬山鄉之實驗結果，平均坡度 26.5° 時，每公尺所費時間為 0.777分，代入 $E=0.950e^{0.027R}$ 式修正為 0° 時之作業時間 0.400分/M，若將機械之推進速率，換算成作業時間，其通用式如下：

$$t'(I, J) = K'(I) \cdot L(I)^{0.838} \cdot H(J)^{-0.818} \dots \textcircled{15}$$

K'(I)=實驗係數 (I=1 為山邊溝 3.532, I=2 為平台 4.807)

t'(I, J)=機械作業時間 (Min)

3.在實際坡度情況下，推土作業之計算式：

將坡度條件 $E_1=0.95e^{0.027R}$ 式代入⑬式，可得

$$T2(I, J) = E_1 \cdot t'(I, J) \dots \textcircled{16}$$

山邊溝及平台之作業長度與坡度之關係式，依水土保持手冊之標準，經最小二乘法歸納如下式：

$$L(1) = 254.30R^{0.210} \dots \textcircled{17}$$

$$L(2) = 4333.98R^{-0.151} \dots \textcircled{18}$$

若將⑬及⑮式代入⑯式，可整理如⑰式

$$\begin{aligned} T2(1,1) &= 1.766e^{0.027R} \cdot R^{0.176} \cdot A^{0.838} \\ T2(1,2) &= 1.545e^{0.027R} \cdot R^{0.176} \cdot A^{0.838} \\ T2(2,1) &= 25.880e^{0.027R} \cdot R^{-0.129} \cdot A^{0.838} \\ T2(2,2) &= 22.636e^{0.037R} \cdot R^{-0.129} \cdot A^{0.838} \end{aligned} \dots \textcircled{19}$$

T2(I, J)：開道作業處理時間 (hr)

A：預定作業面積 (ha)

R：平均坡度 (°)

I=1 為山邊溝，2 為平台。

J：1 為 JD-350 型，2 為 JD-450 型

五、應用與討論

(一)本省作業效率之探討

目前山地農牧局之主力機種為 46 馬力之 JD-350 及 64馬力之 JD-450 (其他機種數量甚少未列

為本研究之調查對象)，根據 50公頃平台及 1634公頃山邊溝之完成工作量與組機作效率之作業量標準比較，可列表(12)及表(13)。於平台 D-350 及 JD-450 之效率各為 0.841 及 0.839；山邊溝 JD-350 及 JD-450 則為 0.464及 0.572。

根據本研究之觀察，實際坡地作業低於純作業效率之原因，仍受下列因素之限制：

1.坡地作業必須隨時顧及推土機之安全，機械運轉雖已考慮坡度因子，但前進與倒退之速度及距離在作業過程中，為了顧及安全變異極大，無法適用均一效率基準。

2.坡地異於平地，機械之移動必須依地形、地勢或架橋始能達成，所佔時數頗多，由於山邊溝係線狀作業，機械移轉距離較遠，經統計僅及純作業效率時之 54.0%。至於平台屬併排集中之面作業，移轉範圍有限，效率可高達 0.84。

3.地質及土石比對作業效率之影響亦大，如冬山鄉之土質屬於透水性良好之坩質土，其安息角可高達 65 度，經施工後，鮮有崩落之現象，作業效率較高。至於第三工作處南投山區之地質屬鬆懈之板岩，施工後，極易崩塌，必須多費推土次數，故其施工效率比同一坡度條件之地區為低，如表(14)及(15)(16)(17)。

4.其他影響作業效率之原因：目前之作業中，為了便民，往往包括其他附加工作，如農舍、畜舍用地以及連絡道之整修等項工作，均計算在該面積之平台或山邊溝作業時數內，致使作業效率降低。有關附加作業應另列工作項目分別計算作業時數。

(二)作業手人為作業效率之評估：

人為作業效率之影響因素可分為地貌條件、機械條件、人為條件三種。其中地貌條件包括坡度、土石比、土壤水分、地上物、作業面積之大小及形狀；機械條件包括機械折舊率、機械保養、駕駛方式、機械性能；而人為條件則包括作業熟練度、農民是否配合、工作處是否預先經過規劃、測量、訂樁、服務態度(敬業精神)、作業情緒、附帶作業之多寡及合理之工作獎金等項。

根據作業手實際申報之作業時數與工作量，計算出作業手對平台及山邊溝之作業效率，應得獎金及考核名次如表(18)及表(19)。

表(12) 本省各地區平台作業效率比較表

編號*1	作業面積	坡度 (°)	實際作業 時間 (hr)	純效率作業時間 (hr)			人為作業 率 (%)	作業手*2 代號
				T ₁	T ₂	T=T ₁ +T ₂		
121	2.9	27	80	45.1	101.9	147.0	1.84	11
121	3.6	20	118	48.6	88.3	136.9	1.16	11
121	3.0	20	130	40.5	75.8	116.3	0.89	11
121	9.0	26	650	137.1	216.3	353.4	0.54	13
122	15.0	24	737	166.8	277.8	444.6	0.60	12
122	1.0	24	52	11.1	28.7	39.8	0.77	12
221	1.41	27	47	21.9	46.8	68.7	1.46	21
221	1.25	5	125	13.9	29.0	42.9	0.34	21
221	0.8	5	36	8.9	20.0	28.9	0.80	21
222	0.1	25	4	1.1	4.3	5.4	1.35	22
222	1.5	27	50	17.8	43.1	60.9	1.22	22
222	3.0	24	52	33.4	72.1	105.5	2.03	22
321	0.2	25	30	3.0	8.7	11.7	0.39	31
321	1.0	10	42	11.5	25.2	36.7	0.87	31
321	1.0	12	84	11.8	26.0	37.8	0.45	31
321	0.1	12	9	1.2	3.8	5.0	0.56	33
321	0.1	10	8	1.1	3.7	4.8	0.60	33
322	1.0	12	102	8.9	22.7	31.6	0.31	34
521	4.0	25	299	59.7	107.2	166.9	0.56	51

* 1 編號中，百位指地區別（工作處）；拾位 1 指山溝，2 指平台；個位 1 指 JD350，2 指 JD450

* 2 第一位指地區別（工作處），第二位以後指作業手代號

表(13) 本省各地區山邊溝作業效率比較表

編號	作業面積	坡度 (°)	實際作業 時間 (hr)	純效率業作時間 ()			人為作業 率 (%)	作業手 代號
				T ₁	T ₂	T=T ₁ +T ₂		
111	3.0	20	30.0	7.1	12.9	20.0	0.67	14
111	7.7	20	106.3	18.1	28.4	46.5	0.44	14
111	10.0	20	113.0	23.6	35.4	58.9	0.52	14
111	30.0	15	501.0	58.1	73.7	131.9	0.26	14
111	30.0	20	525.0	70.7	88.8	156.5	0.30	11

編 號	作業面積	坡 度 (°)	實際作業 時間 (hr)	純效率作業時間 (Tr)			人 為 作 業 率 (%)	作 業 手 號
				T ₁	T ₂	T=T ₁ +T ₂		
112	40.0	12	490.0	60.2	72.8	133.0	0.27	16
112	30.0	18	370.0	59.3	72.2	131.5	0.36	12
211	3.2	25	63.0	6.3	16.0	22.2	0.35	21
211	4.6	25	50.0	9.1	22.0	31.1	0.62	21
211	0.8	24	10.0	2.2	4.9	7.1	0.71	25
211	4.0	24	61.5	10.9	18.9	29.8	0.48	25
211	11.0	22	160.1	27.9	41.1	69.0	0.43	25
212	6.0	20	88.0	12.9	20.2	33.0	0.38	22
212	4.0	25	55.0	10.4	17.1	27.5	0.50	22
212	1.0	27	13.0	2.8	5.7	8.5	0.66	22
212	2.8	22	56.0	6.5	11.4	17.9	0.32	24
212	3.5	20	85.0	7.4	12.7	20.1	0.24	22
212	5.0	20	148.0	10.8	17.4	28.2	0.19	24
212	0.5	20	8.0	1.1	2.5	3.6	0.45	24
212	3.2	20	63.0	6.8	11.8	18.5	0.29	22
212	11.7	25	152.0	30.5	41.9	72.4	0.48	24
212	2.6	23	76.0	6.3	11.1	17.4	0.23	22
212	4.5	25	87.0	11.7	18.9	30.6	0.35	24
212	11.8	25	100.0	30.8	42.3	73.1	0.73	24
212	20.0	23	143.0	40.0	61.5	101.5	0.71	21
212	6.0	20	56.0	10.8	20.2	30.9	0.55	22
212	10.0	25	80.0	21.5	35.4	46.9	0.59	24
212	15.0	23	183.0	30.0	48.3	78.3	0.43	21
212	6.0	25	72.0	12.9	24.0	36.9	0.51	21
212	2.0	27	40.0	4.6	10.2	14.8	0.37	22
212	5.0	24	80.0	10.4	19.9	30.3	0.38	22
212	15.0	22	50.0	29.0	46.6	75.6	1.51	22
212	2.9	25	52.0	6.1	12.9	19.0	0.37	21
212	2.0	26	32.0	4.5	9.9	14.3	0.45	21
212	1.9	23	33.0	3.8	8.5	12.3	0.37	21
212	8.0	22	60.0	15.4	27.5	43.0	0.73	22
212	2.5	21	59.0	4.7	10.0	14.7	0.25	21
212	5.0	20	71.0	17.0	17.3	34.3	0.49	21
212	8.0	20	90.0	14.3	25.4	39.8	0.44	22

編 號	作業面積	坡 度 (%)	實際作業 時 (hr)	結 核 率 作 業 時 間 (Tr)			人 為 作 業 率	作 業 手 續
				T ₁	T ₂	T=T ₁ +T ₂		
311	3.0	25	40.0	8.5	15.4	23.8	0.60	31
311	3.0	25	56.0	8.5	15.4	23.8	0.43	311
311	3.0	23	58.0	7.9	14.3	22.2	0.38	31
311	3.0	20	63.0	7.1	12.9	20.0	0.32	33
311	2.0	20	28.0	4.7	9.2	13.9	0.50	31
311	5.0	22	90.0	12.7	21.2	33.9	0.38	37
311	2.0	22	34.0	5.1	9.9	14.9	0.44	33
311	6.0	20	135.0	14.1	23.1	37.2	0.28	31
311	6.0	20	180.0	14.1	23.1	37.2	0.29	37
311	7.0	20	150.0	16.5	26.2	42.7	0.28	31
311	6.0	25	100.0	17.0	27.4	44.4	0.44	37
311	5.0	20	128.0	11.8	19.8	31.6	0.25	311
311	6.0	28	173.0	18.8	30.4	49.2	0.28	33
311	1.0	20	19.5	2.4	5.1	7.5	0.38	31
311	3.0	20	48.0	7.1	13.5	20.6	0.43	37
311	5.0	20	135.0	11.8	19.8	31.6	0.23	311
311	3.5	20	67.0	8.3	14.7	22.9	0.34	33
311	1.0	20	14.0	2.4	5.1	7.5	0.54	313
311	8.0	15	130.0	15.5	24.4	39.9	0.31	31
311	5.0	20	120.0	11.8	19.8	31.6	0.26	37
311	2.0	20	32.0	4.7	9.2	13.9	0.43	311
311	5.0	20	70.0	11.8	19.8	31.6	0.45	33
311	5.0	20	108.0	11.8	19.8	31.6	0.29	31
311	3.0	23	60.0	7.9	14.3	22.2	0.37	31
311	4.0	23	109.0	10.5	18.2	28.8	0.26	31
311	2.5	20	47.0	5.9	11.1	17.0	0.36	33
311	8.0	20	140.0	18.9	29.3	48.2	0.34	31
311	4.0	23	60.0	10.5	18.2	28.8	0.48	37
311	5.0	20	110.0	11.8	19.8	31.6	0.29	311
311	6.0	20	97.0	14.1	23.1	37.2	0.38	33
312	6.0	23	134.0	23.4	22.4	45.8	0.34	34
312	8.0	25	120.0	17.2	30.5	47.7	0.40	34
312	9.0	20	120.0	16.1	28.3	44.5	0.37	34
312	2.0	18	44.0	3.3	7.5	10.8	0.25	312
312	7.0	25	141.5	9.3	27.3	36.6	0.26	36

編號	作業面積	坡(°)度	實際作業時間 (hr)	純效率作業時間 (Tr)			人為作業率 (%)	作業手 代號
				T ₁	T ₂	T=T ₁ +T ₂		
312	6.0	25	130.0	12.9	24.0	36.9	0.28	34
312	6.0	28	120.0	14.3	26.6	40.9	0.34	34
312	6.0	20	84.0	10.8	20.2	30.9	0.37	36
312	8.0	25	120.0	17.2	30.5	47.7	0.40	34
312	11.1	20	130.0	19.8	33.7	53.5	0.41	36
312	5.0	20	120.0	9.0	17.3	26.3	0.22	34
411	12.5	18	402.5	27.3	39.7	67.0	0.17	47
411	12.3	18	65.0	26.9	39.2	66.1	1.01	41
411	6.7	20	33.5	15.7	25.1	40.8	1.22	41
411	2.3	18	40.5	5.0	9.6	14.6	0.36	46
411	8.3	20	138.5	19.5	30.2	49.7	0.36	47
411	7.6	20	110.0	18.0	28.2	46.1	0.42	46
411	14.2	22	186.5	36.0	50.9	86.9	0.47	41
411	2.7	20	60.0	6.4	11.8	18.2	0.30	46
411	9.1	20	102.0	21.4	32.6	54.1	0.53	47
411	5.8	18	106.0	12.7	20.8	33.5	0.32	41
411	3.2	20	42.0	7.5	13.6	21.2	0.50	46
411	8.2	25	143.0	23.1	35.6	58.7	0.41	47
411	6.5	20	130.0	15.3	24.6	40.0	0.31	41
411	9.0	22	163.0	22.8	34.7	57.6	0.35	47
411	39.4	18	552.0	85.9	103.7	189.6	0.34	47
412	13.0	24	135.0	27.0	44.3	71.3	0.53	44
412	12.0	22	126.0	23.2	38.7	61.8	0.49	45
412	14.0	20	120.5	25.1	41.0	66.1	0.55	42
412	16.0	20	172.0	28.7	45.9	74.6	0.43	44
412	12.0	24	130.5	18.1	41.5	59.6	0.46	42
412	15.0	20	160.0	26.9	43.5	70.3	0.44	44
412	7.0	20	96.0	12.6	22.9	35.5	0.37	42
412	6.6	22	103.5	12.7	23.4	36.2	0.33	44
412	9.5	18	103.0	15.8	27.6	43.3	0.40	44
412	3.6	18	35.0	6.0	12.2	18.2	0.52	41
412	5.0	18	85.0	8.3	16.1	24.4	0.29	44
412	6.5	20	12.0	11.7	21.6	33.2	2.77	43

編 號	作業面積	坡 度 (°)	實際作業 時 (hr)	純效率作業時間 (Tr)			人 為 作 業 效 率 (%)	作 業 手 代 號
				T ₁	T ₂	T=T ₁ +T ₂		
412	67.8	20	1000,0	121,6	153,9	275,4	0,28	41
412	52,7	25	810,0	113,3	148,2	261,4	0,32	42
412	39,1	18	390,0	65,0	90,1	155,0	0,40	42
412	83,0	20	761,0	148,8	182,2	231,0	0,30	44
412	9,2	22	48,5	17,7	30,9	32,6	0,67	42
412	6,4	22	73,5	12,4	22,9	35,3	0,48	42
412	5,0	24	61,5	10,4	19,9	30,3	0,50	45
412	8,5	20	94,5	15,2	27,0	42,2	0,45	42
412	7,3	14	91,5	10,3	19,0	29,3	0,32	42
412	6,7	20	53,5	12,0	22,1	34,1	0,64	43
511	10,0	23	171,5	26,3	39,3	65,6	0,38	51
511	8,0	25	135,0	22,6	34,9	57,5	0,43	52
511	31,2	17	378,0	65,6	82,3	147,9	0,39	53
511	12,7	15	131,0	15,2	36,0	51,1	0,39	53
511	6,0	21	60,0	14,7	23,9	38,6	0,64	53
511	10,0	17	118,5	21,6	123,5	145,1	1,22	54
511	29,6	23	395,0	77,9	97,6	175,4	0,44	53
512	36,8	21	260,0	68,5	95,5	164,0	0,63	51
512	29,3	15	286,0	43,2	63,3	106,5	0,37	51
512	13,3	25	115,5	28,7	46,9	75,6	0,65	51
512	13,5	15	116,0	19,9	33,0	53,0	0,46	51
512	20,8	15	135,0	30,7	47,5	78,3	0,58	51
512	20,8	15	281,5	30,7	47,5	78,3	0,28	51
512	62,9	20	456,0	112,8	144,5	257,3	0,56	51
512	12,0	15	110,0	17,7	29,9	47,6	0,43	51
512	31,0	17	351,0	49,5	71,6	121,1	0,34	55
512	60,8	21	470,0	113,2	145,6	258,8	0,55	55
512	36,6	15	142,0	53,9	76,1	130,0	0,92	51
512	25,0	14	190,0	35,4	53,3	88,6	0,47	51
512	46,0	25	524,0	83,0	132,3	215,3	0,41	51

表(4) JD-350 平台工作處別作業效率分析統計表

工作處別	作業面積 (ha)	作業時間 (hr)	平均坡度 (°)	修正時間 (hr)	作業效率
第一工作處	18.5	978	24.0	753.6	0.92
第二工作處	3.5	208	13.8	140.5	0.89
第三工作處	2.4	173	12.2	96.0	0.63
第五工作處	4.0	299	25.0	166.9	0.56
總計	28.4	1658	21.9	1,157.0	0.84

表(5) JD-450 平台工作處別作業效率分析統計表

工作處別	作業面積 (ha)	作業時間 (hr)	平均坡度 (°)	修正時間 (hr)	作業效率
第一工作處	16.0	789	24	484.4	0.61
第二工作處	4.6	106	25	171.8	1.75
第三工作處	1.0	102	12	31.6	0.31
總計	21.6	997	23.7	687.8	0.84

表(6) JD-350 山邊溝工作處別作業效率分析統計表

工作處別	作業面積 (ha)	作業時間 (hr)	平均坡度 (°)	修正時間 (hr)	作業效率
第一工作處	80.7	1,275.3	18.1	563.66	0.442
第二工作處	23.6	344.6	23.4	194.44	0.570
第三工作處	128.0	2,551.5	21.0	994.05	0.340
第四工作處	147.7	2,274.5	19.6	1,090.35	0.479
第五工作處	107.6	1,389.0	19.8	800.22	0.576
總計	487.6	7,834.8	19.9	3,638.86	0.464

表(7) JD-450 山邊溝工作處別作業效率分析統計表

工作處別	作業面積 (ha)	作業時間 (hr)	平均坡度 (°)	修正時間 (hr)	作業效率
第一工作處	70.0	860.0	14.6	358.66	0.417
第二工作處	165.8	2,032.0	22.9	1,155.27	0.569
第三工作處	74.1	1,263.5	22.8	514.35	0.407
第四工作處	427.9	5,053.5	20.9	2,777.61	0.550
第五工作處	409.0	3,437.0	18.7	2,450.65	0.713
總計	1,146.6	12,646.0	20.1	7,232.2	0.572

表09. 山邊溝作業效率比較表

作業手代號	作業面積 (ha)	作業時數 (hr)	坡度 (%)	人為效率	每小時分配獎金 (元/時)	效率考核名次
11	30.0	525.0	20	0.30	18.7	17
12	30.0	370.0	18	0.36	22.4	14
14	50.7	1275.3	17	0.36	22.4	14
16	40.0	490.0	12	0.27	16.8	18
21	61.0	758.0	24	0.55	34.2	4
22	64.2	756.0	21	0.70	43.6	3
24	46.3	217.0	24	0.51	31.7	6
25	15.8	231.6	23	0.46	28.6	9
31	50.0	977.5	20	0.34	21.2	16
33	28.0	551.0	22	0.36	22.4	14
34	48.0	864.0	24	0.35	21.8	15
36	24.1	225.5	21	0.35	21.8	15
37	29.0	548.0	22	0.37	23.0	13
311	20.0	431.0	21	0.30	18.7	17
312	2.0	44.0	18	0.25	15.6	19
313	1.0	14.0	20	0.54	33.6	5
41	116.9	1556.0	20	0.45	28.0	10
42	156.1	1855.0	21	0.41	25.5	12
43	13.2	65.5	20	1.69	105.2	1
44	148.1	844.6	20	0.34	21.2	16
45	17.0	187.5	23	0.49	30.5	7
46	15.8	252.5	20	0.37	23.0	13
47	86.4	1501.0	19	0.34	21.2	16
51	327.1	2787.5	19	0.51	31.7	6
52	8.0	135.0	25	0.43	26.8	11
53	79.6	964.0	19	0.43	26.8	11
54	10.0	118.5	17	1.22	75.9	2
55	91.8	821.0	20	0.48	29.9	8

表(19) 平台作業效率比較表

(1) 作業手代號	(2) 作業面積 (a)	(3) 作業時數 (hr)	(4) 土石比 (土:石)	(5) 人為效率	(6) 每小時分配獎金 (元/時)	(7) 效率考核名次
11	9.5	328	9:1	1.28	49.2	2
13	9.0	650	8:2	0.54	20.8	8
12	16.0	789	8:2	0.61	23.5	5
21	3.5	208	6:4	0.90	34.6	3
22	4.6	106	—	1.75	67.3	1
31	2.2	156	8:2	0.64	24.6	4
33	0.2	17	7:3	0.58	22.3	6
34	1.0	102	7:3	0.31	11.9	9
51	4.0	299	10:0	0.56	21.5	7
計	49.96	2655	8:2	0.728	28.0	—

表(20) 機械施工現場資料表

卡號

日期: 67.6

現 場 勘 查 資 料	農民姓名: 彭 連 輝		地址: 新竹縣北埔鄉上大湖				
	連絡人: 同 上		地址:				
	農 地 座 落						
	縣 市	鄉 鎮	村 里	段	地 號	地 目	等 級 地 權 別
	新竹縣	北埔鄉	大湖村				
	農地面積		平均坡度	土壤深	土壤質地	土石比	
	1 ha		25°				
	地上物現況		1.原作物: 相思林 預定種植作物: _____				
			2.樹幹直徑: 10 cm. 高度 _____ m. 密度 1,000 株/公頃				
			3.其 他:				
	作業種類		作業數量	備 註			
	平台階段		2600m	使用機種 JD-450 人為效率 E3:83.9%			
	山 邊 溝						
	菓園山邊溝						
	連 絡 道						
整 地							
其 他							
計劃名稱:			計劃號碼:				
預定施工日期: 年 月 日			預定完工日期: 年 月 日				

表(2) 地上物單位面積處理時數表

地上物單位面積處理時數 (小時/公頃)																
作 業 別		平 台					機 型					地 面 坡 度			25°	
樹 徑(cm)	樹株密度 (株/ha)	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000
		6	6.9	7.3	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.5	8.6	8.8	8.9	9.0	9.1	9.2
7	7.3	7.8	8.1	8.4	8.6	8.8	8.9	9.1	9.2	9.3	9.5	9.6	9.7	9.8	9.9	
8	7.8	8.2	8.6	8.8	9.1	9.3	9.5	9.6	9.8	9.9	10.0	10.1	10.2	10.3	10.4	
9	8.1	8.6	9.0	9.3	9.5	9.7	9.9	10.1	10.3	10.4	10.5	10.6	10.8	10.9	11.0	
10	8.5	9.0	9.4	9.7	10.0	10.2	10.4	10.6	10.7	10.9	11.0	11.1	11.3	11.4	11.5	
11	8.9	9.4	9.8	10.1	10.4	10.6	10.8	11.0	11.2	11.3	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	
12	9.2	9.8	10.2	10.5	10.8	11.0	11.2	11.4	11.6	11.7	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	
13	9.5	10.1	10.5	10.9	11.1	11.4	11.6	11.8	12.0	12.1	12.3	12.4	12.6	12.7	12.8	
14	9.8	10.4	10.8	11.2	11.5	11.7	12.0	12.2	12.4	12.5	12.7	12.8	13.0	13.1	13.2	
15	10.1	10.7	11.2	11.5	11.8	12.1	12.3	12.5	12.7	12.9	13.1	13.2	13.4	13.5	13.6	
16	10.4	11.0	11.5	11.8	12.2	12.4	12.7	12.9	13.1	13.3	13.4	13.6	13.7	13.9	14.0	
17	10.7	11.3	11.8	12.2	12.5	12.8	13.0	13.2	13.4	13.6	13.8	13.9	14.1	14.2	14.4	
18	10.9	11.6	12.1	12.5	12.8	13.1	13.3	13.5	13.8	13.9	14.1	14.3	14.4	14.6	14.7	
19	11.2	11.8	12.3	12.7	13.1	13.4	13.6	13.9	14.1	14.3	14.4	14.6	14.8	14.9	15.0	
20	11.4	12.1	12.6	13.0	13.4	13.7	13.9	14.2	14.4	14.6	14.8	14.9	15.1	15.2	15.4	
21	11.7	12.4	12.9	13.3	13.6	13.9	14.2	14.5	14.7	14.9	15.1	15.2	15.4	15.6	15.7	
22	11.9	12.6	13.1	13.6	13.9	14.2	14.5	14.7	15.0	15.2	15.4	15.5	15.7	15.9	16.0	
23	12.1	12.8	13.4	13.8	14.2	14.5	14.8	15.0	15.3	15.5	15.7	15.8	16.0	16.2	16.3	
24	12.3	13.1	13.6	14.1	14.4	14.8	15.0	15.3	15.5	15.7	15.9	16.1	16.3	16.5	16.6	

表(2) JD-450 平合作業量推估表

Table of Working Time (Hours) JD-450 on Bench Terrace

** Land Area (Ha) **

Slope	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
5	21.1	37.6	52.9	67.3	81.1	94.5	107.5	120.2	132.7	145.0	157.0	168.9	180.6	192.2	203.6
6	21.1	37.8	53.0	67.5	81.4	94.8	107.9	120.7	133.2	145.5	157.6	169.5	181.2	192.9	204.3
7	21.3	38.0	53.4	68.0	82.0	95.5	108.7	121.5	134.1	146.5	158.7	170.7	182.5	194.2	205.8
8	21.5	38.4	53.9	68.6	82.8	96.4	109.7	122.7	135.4	147.9	160.2	172.4	184.3	196.1	207.8
9	21.7	38.9	54.6	69.5	83.7	97.6	111.0	124.2	137.1	149.7	162.2	174.4	186.5	198.5	210.3
10	22.0	39.4	55.3	70.4	84.9	98.9	112.5	125.8	138.9	151.7	164.3	176.8	189.0	201.1	213.1
11	22.4	40.0	56.1	71.4	86.1	100.4	114.2	127.7	141.0	154.0	166.8	179.4	191.8	204.1	216.3
12	22.7	40.6	57.0	72.6	87.5	102.0	116.0	129.7	143.2	156.4	169.4	182.2	194.9	207.4	219.7
13	23.1	41.3	58.0	73.8	89.0	103.7	118.0	131.9	145.6	159.1	172.3	185.3	198.2	210.9	223.4
14	23.5	42.0	59.0	75.1	90.5	105.5	120.0	134.2	148.2	161.8	175.3	188.6	201.6	214.6	227.3
15	23.9	42.8	60.1	76.5	92.2	107.4	122.2	136.7	150.9	164.8	178.5	192.0	205.3	218.5	231.5
16	24.4	43.6	61.2	77.9	93.9	109.4	124.5	139.3	153.7	167.9	181.9	195.6	209.2	222.6	235.9
17	24.9	44.4	62.4	79.4	95.8	111.6	126.9	142.0	156.7	171.2	185.4	199.4	213.3	226.9	240.4
18	25.3	45.3	63.6	81.0	97.7	113.8	129.5	144.8	159.8	174.6	189.1	203.4	217.5	231.4	245.2
19	25.9	46.2	64.9	82.6	99.6	116.1	132.1	147.7	163.0	178.1	192.9	207.5	221.9	236.1	250.1
20	26.4	47.2	66.3	84.3	101.7	118.5	134.8	150.8	166.4	181.8	196.9	211.8	226.4	241.0	255.3
21	26.9	48.2	67.7	86.1	103.8	120.9	137.6	153.9	169.9	185.6	201.0	216.2	231.2	246.0	260.6
22	27.5	49.2	69.1	87.9	106.0	123.5	140.5	157.2	173.5	189.5	205.3	220.8	236.1	251.2	266.2
23	28.1	50.2	70.6	89.8	108.3	126.2	143.6	160.6	177.2	193.6	209.7	225.5	241.2	256.6	271.9
24	28.7	51.3	72.1	91.8	110.6	128.9	146.7	164.0	181.1	197.8	214.2	230.4	246.4	262.2	277.8
25	29.4	52.5	73.7	93.8	113.1	131.7	149.9	167.7	185.0	202.1	218.9	235.5	251.8	268.0	283.9
26	30.0	53.6	75.3	95.9	115.6	134.7	153.2	171.4	189.1	206.6	223.8	240.7	257.4	273.9	290.2
27	30.7	54.8	77.0	98.0	118.2	137.7	156.7	175.2	193.4	211.2	228.8	246.1	263.2	280.0	296.7
28	31.4	56.1	78.8	100.2	120.8	140.8	160.2	179.2	197.7	216.0	234.0	251.6	269.1	286.4	303.4

有關人為效率之評估，就現狀之研究心得，可建議如下：

1. 對作業手高效率之成果，一方面可為農民節省支費用，另一方面對農牧局可增加作業面積，提高作業成果，應對高效率作業手給予獎賞。

2. 對農牧局核定之作業獎金，不應單按同一標準支付。如目前每小時28元之獎金，按效率再細分成不同之給付標準，在總預算不變之原則下，對高效率者獎勵及低效率者之懲罰，如表(18)及(19)之(6)項。

3. 由實際報農牧局之作業面積及作業時數資料，分析年度別之作業效率，按效率之高低，評定名次，使作業手之考核制度化、公正化。如表(18)及(19)之(7)項。

4. 農牧局之機械作業分散各山區，督導核計困難，應規定作業手按日確實登記作業馬錶數字，供督導人員核驗。同時，對浮報作業時間將導致效率遞減，不但作業獎金之單價減少，亦將影響年度考核之成績。

(三)作業量之預估方法：

本研究共實測 87 次，其中包括山邊溝 60 次，平台 20 次，連絡道 5 次，整地 1 次，大平台 1 次，觀測項目不均，目前僅能導出平台及山邊溝之純作業效率通用式，本式在應用上，須依水土保持手册之作業規定，按標準施工，及作適度之修正。

作業量之預估步驟如下：

1. 由工作處施工承辦人員現地勘查，預定作業地點，從事測量及定樁，並就現場地形、地貌填寫機械施工之現場資料表，如表(2)

2. 作業時間計算：

(1) 由(2)式或查表(2) 得出排樹時間 $T_1=9.4$ 小時。

(2) 由(2)式或查表(2) 得出土方作業時間 $T_2=29.4$ 小時

(3) 平台施工純作業時間 (T_3)

$$\begin{aligned} T_3 &= T_1 + T_2 \\ &= 38.8 \text{ 小時} \end{aligned}$$

(4) 實際之工作進度，往往受機械性能及作業時人為因子之影響，必須另加人為效率 (E_s)，始能求出總作業時間 (T)

$$T = T_3 / E_s$$

根據調查分析 (如表(15)) JD-450 之平台作業

效率 (E_s) 為 0.839

$$\begin{aligned} \text{故 } T &= 38.8 / 0.839 \\ &= 46.2 \text{ 小時} \end{aligned}$$

3. 自預估所得之作業時間 46.2 小時，安排作業手及機械之調配工作。

4. 作業時間之估算，應分作業前之初估及完工後之核校，方便於隨時修正通用式。

六、結 論

農用坡地作業，主要包括連絡道、山邊溝及平台等三項，近年由於工資上漲，坡地作業幾乎全為機械所取代。坡面之機械異於平地，作業中須顧及機身之平穩，不能以平地作業效率作為估算標準。

目前日本雖有坡地之施工標準，僅限於 15 度以下之坡度，而本省允許開發之坡度上限定為 28.9 度，故施工時之條件較日本更為複雜，不能直接引用日本之規範，衡量臺灣之作業效率，必須依本省作業現狀擬定適用之基準。

本研究共分為三個重點：

(一) 施工作業之基本試驗：探討機械作業中有關之單項因子，如排樹，合理機作斷面，作業效率等問題，並依熟練作業手之經驗有系統地整理出機械作業之步驟，作為分析作業效率之依據。

(二) 配合農牧局之坡地作業，在全省各地區，實測作業手之純機械作業效率；調查結果顯示平均山邊溝 JD-350 為 7.46 小時/公頃，JD450 為 6.31 小時/公頃；平台 JD 350 為 49.04 小時/公頃，JD 450 為 38.77 小時/公頃，並由試驗結果分析本省純機械作業效率，歸納成通用式，將可作為預估坡地作業量之依據。

(三) 大區域之坡地機械施工，除了受純機械作業效率影響外，還須考慮機械之轉移及作業手之勤務條件等等因子；根據調查目前實際之作業量，山邊溝 JD 350 為 16.07 小時/公頃，JD450 為 11.03 小時/公頃，平台 JD350 為 58.38 小時/公頃，JD 450 為 46.15 小時/公頃，與純機械作業效率比較山邊溝及平台僅為 0.540 及 0.840，此乃表示山坡地異於平地之集中作業，機械移轉及作業手管理亦為不可忽視之重要因子。

本研究歷經三年之觀測，已概略知曉施工之合理範圍，此將有助於擬定本省之坡地機作規範，今後仍須以實際作業經驗，隨時加以修正釐定，以期

制定出本省合理實用之規範。

七、謝 誌

本研究係利用臺灣省政府山地農牧局執行農發會為探討臺灣坡地機械施工作業效率觀察資料整理而成之報告。承蒙行政院農業發展委員會涂技正本玉，山地農牧局余副局長惠生，陸技正建華及賴股長炳燦等鼎力支持及指導，始克完成，特此銘謝。又農牧局農機股及各工作處參與該計劃之諸位先生於荒野不辭辛勞，任勞任怨從事長期艱鉅之試驗任務，在此亦致予十二萬分之敬意。

八、參考文獻

1. 徐本玉 推土機作業手冊
2. 山崎不二夫 農地工學(上)(下)
3. 農用地開發公團 農用地造成の設計施工
4. 農政局 圃場整備の進め方
5. 土壤保全研究會 土壤保全
6. 佐田泰司 工事管理
7. 農林省 農村道路
8. 構造改善局 土地改良事業計劃設計基準
9. 福岡正己 土基礎調査設計マニュアル
10. 土木研究會 土木施工管理技士受験講座
11. 農業土木學會 農業土木標準用語事典
12. 水利局 早田立地區分調査報告
13. 伊丹康夫 ブルドーザ土工の設計および施工

專營土木、水利、建築等工程

順時營造廠

地址：屏東市民生路三四一號
電話：三二三四九五

專營土木、水利、建築等工程

錦輝營造廠

地址：高雄市苓雅區河北路七四號
電話：七五一七八五二