

農業機械測功土槽之研製(二)

土槽傳動馬達、皮帶、鏈條之選定與 吊架鋼板、鉤框之強度設計

Development of a Soil Bin Dynamometer System (II) The Selection of Soil Bin Driving Motor, Belts, and Chains; and the Strength Design for the Bracket Plates and the Hook Nail.

國立中興大學農機系助教

阮 助 明
Juh-ming Roan

國立中興大學農機系教授

黃 陽 仁
Yang-ren Hwang

摘 要

農業機械測功土槽為探討農機具田間行走與作業特性之一種有效設備；本系研製完成之崎嶇坡地用測功土槽，因可模擬田間現場作平地、崎嶇坡地之農機作業性能測試，故對學術及經建發展具有實用價值。本研究之目的為探討設計測功土槽時最適宜之傳動裝置與結構強度，以作為研製本測功土槽時之依據。其結果如下：

1. 牽引總重 7000kg 之土槽於斜坡 30° 上坡前進，最大牽引速度為 35cm/sec 時，動力源需使用 30ps 之馬達。
2. 30ps 馬達與減速機間之傳動，需選用四條 C 型 V 皮帶。
3. 牽引土槽之鏈條，若安全係數設定為 6 時，應選用雙列 100# 滾子鏈一條及單列 100# 滾子鏈兩條；以確保牽引鏈條強度上之安全。
4. 為增加熔接強度，吊架鋼板應採用前端填角熔接接合。若安全係數取 6 及填角之腳長設定為 10mm 時，吊架鋼板之實際熔接長度為 92mm。
5. 當安全係數考慮為 4 及填角之腳長設定為 8 mm 時，鉤框之實際熔接長度為 64mm。

Abstract

Soil bin is one of the most effective equipment to study the walking and operating characteristics of farm machinery. A soil bin system for testing uneven hillside tractors is especially important in research for developing the boundary land, because it can be used to simulate the operating conditions for an uneven hillside tractor.

This study was to look for an optimal soil bin design in material strength and driving device. The results showed that:

1. The selected power source for drawing a soil bin which is 7000kg in weight by a 35 cm/sec speed on a 30 degree slope was a 30 ps motor.
2. Four C type V-belts were used to connect the motor and reducing gear.

3. An 100# double-strand chain and two 100# single-strand chains were used to draw the soil bin.
4. To increase the welding strength, front-side fillet weld should be used in constructing the hanging bracket. The actual welding length for the plates of the bracket was 92mm, if a safety factor value of 6 was utilized and the length of the fillet was 10mm.
5. When the value of safety factor was 4 and the length of the fillet was 8 mm, the real welding length of the hook nail was 64 mm.

一、前 言

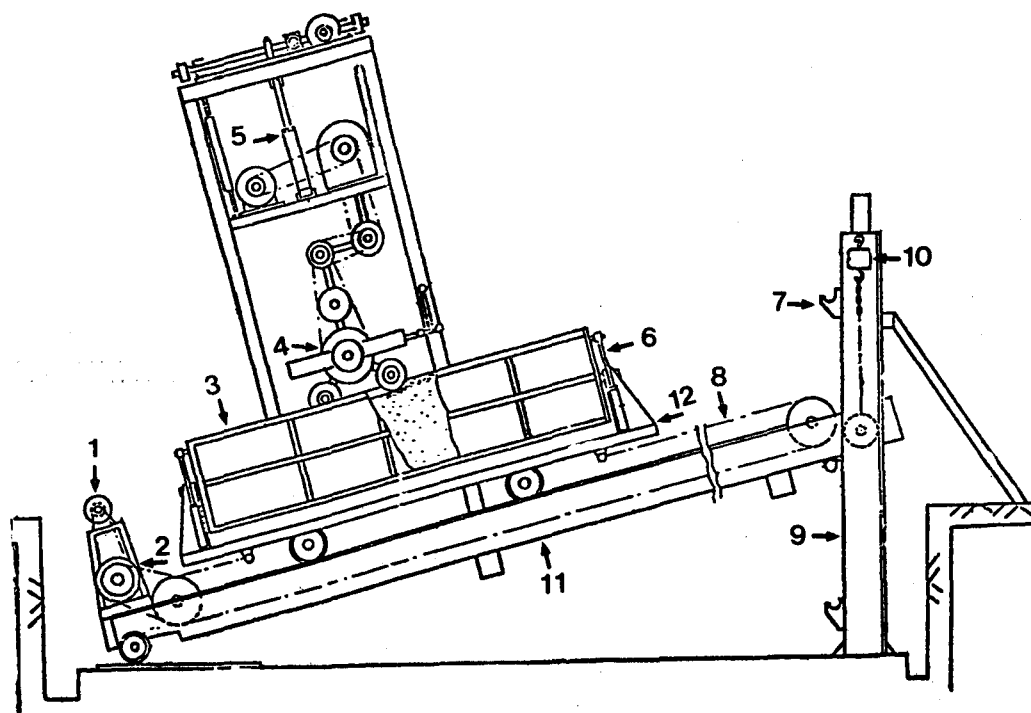
土槽試驗設備為有關土壤與車輛 (soil & vehicle) 或土壤與機具 (soil & implement) 系統力學特性探討上，消除土壤狀況不均齊 (non-homogeneity) 之重要基本研究設備；亦為各國農業機械研究機構開發或改良新機種，賴以評量優劣之必需裝置。

目前各國土槽機構之設計型式與測試對象，皆以平地作業的車輛與機具之特性探討為範疇，迄未見有任何型式之土槽設備可用來作坡地作業機具之特性測試。有鑑於開發山坡地須以機械化作業為前提，且政府已將山坡地之開發列入國家經建十二項

建設之一；而傳統之平地用曳引機及其作業機具又不適宜臺灣多雨性坡地地區之使用，故有研究適用之坡地多用途土槽，以作為今後研製與測定坡地農業機械之必要。

研製完成之坡地土槽設備係參考國外多種平地土槽之設計要點及有關資料而成；兼具平地與坡地土槽之特色，堪稱一項創舉，有助於我國農機工程學術水準之提高，對國內農機廠商產製坡地農機時，提供客觀之性能測試裝置，亦對國家經建發展具有重要意義。

本測功土槽總重約 7 噸左右，此笨重之設備行駛於傾斜 30° 之軌樑上時，其結構與傳動裝置之安全性乃成另一研究對象。本文在於探討設計測功土



圖一、坡地測功土槽裝置

- ①30ps 馬達 ②減速機 ③土槽 ④受測農機具 ⑤基台升降液缸 ⑥土槽橫向傾斜液缸
⑦鉤框 ⑧土槽驅動鏈 ⑨軌樑調整架 ⑩噸電動吊車 ⑪鋼軌樑 ⑫台車

槽時最適當之傳動裝置與結構強度，作為製造本測功土槽時之依據。

二、材料與方法

(一)材料：

本研究以中興大學農機系所研製之農業機械測功土槽為對象（如圖一），對某些傳動裝置特性進行探討，並對某些結構之強度予以分析設計。

土槽為一內壁長390cm，寬100cm，深100cm之長方形鋼板加強構造；土槽下方裝置一長845cm的鋼軌樑，樑上鋪設工字型鐵軌，作為土槽鐵輪行走用。土槽係以裝設在鋼軌樑一端上側之驅動裝置控制其進退行走；該驅動裝置包括一30ps/1800rpm之直流馬達，速比1/1.82之C型四溝V皮帶輪減速裝置，一速比1/30之齒輪減速機及四條100#之驅動滾子鏈牽裝於土槽之前後兩端而成。

為模擬山坡地地形，本測功土槽必須具備橫、縱向之傾斜功能；橫向傾斜係由土槽兩端之油壓缸作用達成；縱向傾斜則利用電動吊車之吊鏈鉤住鋼軌樑之右端而吊高完成之。土槽縱向傾斜至實驗中所需之角度後，利用軌樑調整架之鉤框固定住，以避免吊鏈長時間承受負荷；本土槽設備共有六對鉤框，分別以一定之位置熔接在軌樑調整架上，使土槽具備有5°、10°、15°、20°、25°、30°等六個特定傾斜角，以符合坡地土槽之基本要求。

1. 所欲探討之傳動特性為：

(1) 土槽於最大傾斜角30°作上坡被牽引時，所需動力源馬達之能量(capacity)大小（如圖二）。

(2) 30 ps 直流馬達與減速機間之傳動需採用何種型式之V皮帶。



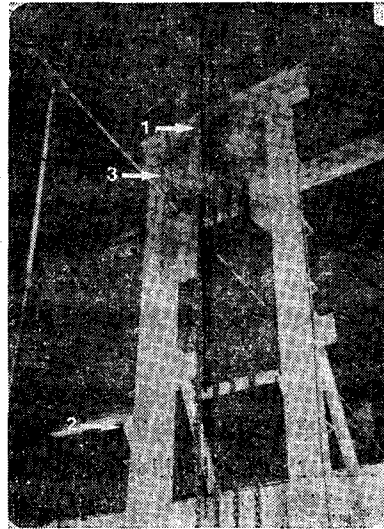
圖二、測功土槽之傳動裝置

(3) 牽引土槽之鏈條應選用何種規格為宜。

2. 所欲分析設計之結構強度為：

(1) 承載電動吊車之吊架鋼板（圖三所示）其熔接尺寸與熔接方式。

(2) 軌樑調整架上，承載鋼軌樑之鉤框其熔接尺寸大小。



圖三、土槽縱向傾斜之吊起裝置
①吊架鋼板②鉤框③10噸電動吊車

(二)方法：

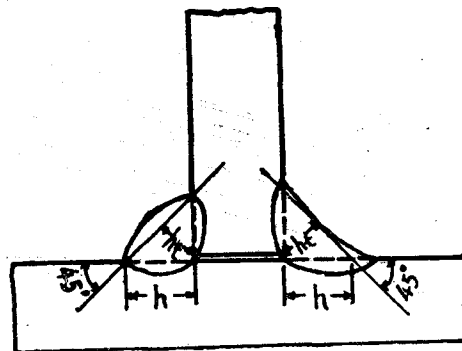
1. 填角熔接接頭之強度：

(1) 基礎之介紹：

計算填角接頭（圖四）的強度，取內接於填角斷面的兩直角等邊三角形，以其高度 h_i 為喉部之厚度（亦即喉厚）。填角的腳長（兩腳長有差別時取較短者）為 h ，則喉厚 h_i 為：

$$h_i = h \cos 45^\circ \dots \dots \dots (1)$$

填角接頭之熔接起點和終點附近常含有缺陷，計算



圖四、一般的填角接頭

強度時為安全起見，不取熔接的實際長度 ℓ ，而取實效熔接長度 ℓ^1 ，

$$\ell^1 = \ell - 2h \dots \dots \dots (2)$$

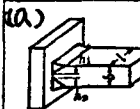
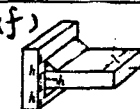
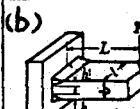
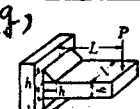
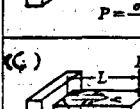
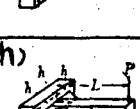
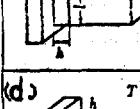
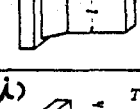
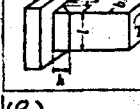
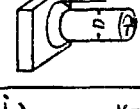
填角的大小對板厚來說，如果太小，則不發揮其熔接效果。因此填角的腳長 h 須對應於板厚而有某種程度以上之大小。表一為英國標準規定 (British Standard Specification) 所示兩者之關係。

表一、填角熔接腳長與板厚之關係

板厚 (mm)	腳長的最小值 (h) (mm)
3.2~5.0	3.2
6.0~8.0	5.0
9.0~16.0	6.0
19.0~25.0	9.0
28.0~35.0	13.0
38 以上	19.0

(2) 前端填角接頭之強度計算法：

表三、熔接部強度之設計公式

(a) 	$P = \sigma_{\text{容}} (h_1 + h_2) l$ $P = \sigma_{\text{容}} (h_1 + h_2) l$	(f) 	$P = \frac{\sigma_{\text{容}} h l}{0.707}$
(b) 	$P = 2\tau_{\text{容}} h l$ $P = \frac{\sigma_{\text{容}} l h (3b^2 - 6bh + 4h^2)}{3bL}$	(g) 	$P = \frac{\sigma_{\text{容}} h l}{0.707 \sqrt{1 + \frac{4L^2}{b^2}}}$ $P = \frac{\tau_{\text{容}} h l}{0.707}$
(c) 	$P = \frac{\sigma_{\text{容}} h l^2}{3L}$ $P = 2\tau_{\text{容}} h l$	(h) 	$P = \frac{\sigma_{\text{容}} h l^2}{4.24L}$ $P = \frac{\tau_{\text{容}} h l^2}{1.06}$
(d) 	$T = 2\tau_{\text{容}} (b-h)(l-h)h$	(i) 	$T = \frac{\tau_{\text{容}} h \pi (D+h/2)^2}{2.33}$
(e) 	$M = \frac{\sigma_{\text{容}} h [b^2 + 3l(b+h)]}{4.24}$	(j) 	$M = \frac{\sigma_{\text{容}} h \pi (D + 0.707h)^2}{5.53}$

填角熔接尺寸 h

P [kp]: 荷重
 M [mmkp]: 彎矩
 T [mmkp]: 扭矩
 D [mm]: 零件直徑
 $\sigma_{\text{容}}$ [kp/mm²]: 容許拉張應力
 $\sigma_{\text{容}}$ [kp/mm²]: 容許壓縮應力
 $\tau_{\text{容}}$ [kp/mm²]: 容許剪斷應力
 $\sigma_{\text{容}}$ [kp/mm²]: 容許彎曲應力
 h [mm]: 熔接尺寸
 l [mm]: 熔接長度
 L [mm]: 到荷重點的距離
 b [mm]: 零件的寬度或厚度

求前端填角接頭抗拉強度的方法有主應力法與簡便法兩種：

① 主應力法：

在圖五所示之前端填角熔接接頭中，考慮與板面成 45° 的 AB 面內之應力，設 AB 面內之應力均勻分佈，並假定其合力方向平行荷重 P ，將合力 P 分解於 x 、 y 軸方向：

$$P_y = P \cos 45^\circ = 0.707P$$

$$\tau_s = \frac{P_y}{0.707\ell^1 h} = \frac{P}{\ell^1 h} \dots \dots \dots (3)$$

$$P_x = P \sin 45^\circ = 0.707P$$

$$\sigma_n = \frac{P_x}{0.707\ell^1 h} = \frac{P}{\ell^1 h} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{又 } \sigma_{\text{max}} = \frac{\sigma_n}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_n^2 + 4\tau_s^2} \dots \dots \dots (5)$$

其中 P_y 為剪力，kg

τ_s 為抗剪應力，kg/mm²

P_x 為拉力，kg

σ_n 為拉應力，kg/mm²

σ_{max} 為最大主應力，kg/mm²

將(3)式與(4)式分別代入(5)式，求得：

$$\sigma_{max} = \frac{1.618P}{\ell^1 h}$$

$$\therefore P = 0.618\ell^1 h \sigma_{max}$$

若 σ_{max} 容許至 σ_B ，則接頭的強度成爲：

$$P_B = 0.618\ell^1 h \sigma_B \dots\dots\dots(6)$$

其中 P_B 爲容許荷重，kg

σ_B 爲容許拉應力，kg/mm²

式(6)與實驗結果很相符合。但下述之簡便法亦常被採用。

②簡便法：

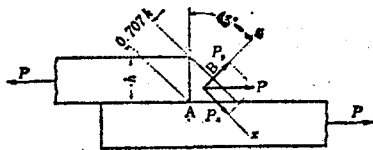
若不採用(6)式，以喉斷面積除荷重 P_B 便得到許用應力 σ_B ：

$$\sigma_B = \frac{1.414P_B}{\ell^1 hn}$$

或

$$\ell^1 = \frac{1.414P_B}{\sigma_B hn} \dots\dots\dots(7)$$

其中 n 爲填角熔接列數；例如圖五中， n 等於 1。



圖五、施加於前端填角熔接接頭之力

(3)一般熔接接合強度的實用計算法：

表三所示爲對接熔接接合及填角熔接接合強度之實用計算式子。

(4)熔接接頭的許用應力：

評估熔接接合之強度大小，須預先決定適用於該接合處的許用應力。依據熔着金屬部位之機械性質等，考慮安全係數（安全率），直接指定熔接部之許用應力。

表四所示，是由日本機械學會所作的標準資料而得的許用應力表。

三、結果與討論

1.傳動特性之探討：

(1)牽引土槽所需馬達之馬力：

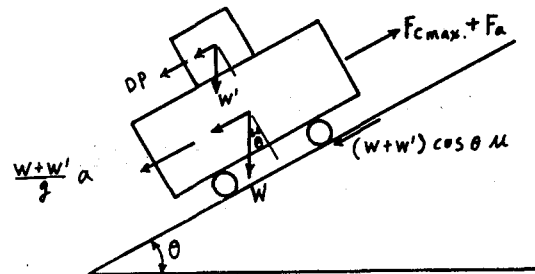
本測功土槽爲模擬山坡地形，必須具備橫、縱向之傾斜功能。土槽台車於傾斜角 0° 至 30° 之間作縱向上坡牽引時其條件狀況就如圖六所示。此運動系統可由下列方程式表示之：

$$F_{c \max} = (w + w^1) \sin \theta + DP + (w + w^1) \cos \theta \mu \dots\dots\dots(8)$$

其中 $F_{c \max}$ 爲土槽台車被牽引之合力，kg

表四 熔接部位許用應力與負荷之關係

負 荷	設計強度 (kg/mm ²)	安全率	許用應力 (kg/mm ²)	
靜 負 荷	拉 張	28~34	3.3~4.0	7.0~10.0
	壓 縮	30~35	3.0~4.0	7.5~12.0
	剪 斷	21~28	3.3~4.0	5.0~8.5
吊 上 動 負 荷	拉 張		6.0~8.0	3.5~6.0
	壓 縮		6.0~8.0	3.5~6.0
	剪 斷		6.0~8.0	2.5~4.5
振 動 負 荷	交替振動		9.5~13.0	2.0~3.5
	交替剪斷		9.5~13.0	1.5~3.0
備 考	對於填角熔接要在所表示的許用應力乘以80%的熔接效率。			



圖六、土槽台車爬坡時之力系分析

w 爲土槽台車及土槽內土壤之總重量，kg

w^1 爲被測試作業機具之重量，kg。

μ 爲台車軌輪與鐵軌間之滾動摩擦係數，其值設定爲 0.01。

DP 爲被測試作業機具之牽引阻力，kg

於土槽內盛土 60cm 深，土壤比重爲 2.5 時，則 w 經估算出約爲 7000kg；設作業機具之重量爲 500 kg，被測試作業機具之牽引阻力設定爲 300 kg；當 θ 值爲 30° 時，牽引土槽台車之最大牽引力 $F_{c \max}$ 可利用方程式(8)計算出來，其值爲 4100kg。若台車由靜止狀態開始行走，設行走 70cm 之距離而達到最高速度每秒 35cm，則其間之加速度爲：

$$a = \frac{1}{2s} (v_{max}^2 - v_0^2) \dots\dots\dots(9)$$

土槽台車與作業機具之總重量爲 $w_T (= w + w^1)$ ，因此，土槽台車爬坡時之加速阻力爲：

$$F_a = m a = \frac{W_T}{g} a \dots\dots\dots(10)$$

故土槽台車爬坡時所需之動力 P(PS) 為：

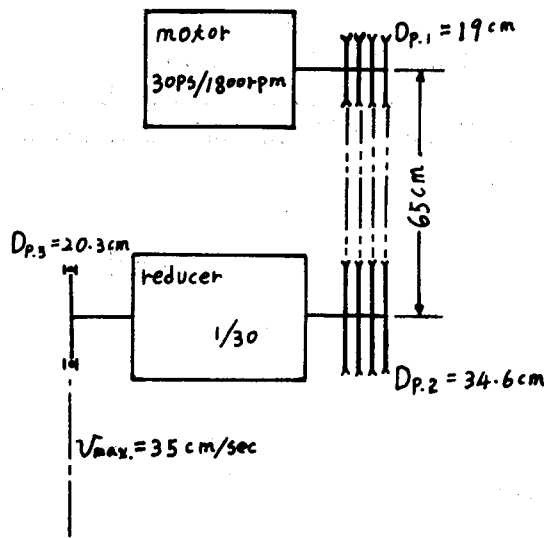
$$P = \frac{(F_{cmax} + F_a) v_{max}}{75} \dots\dots\dots(11)$$

利用公式(9)、(10)及(11)等式子，可求出 P 值為 18.76 PS。若考慮馬達起動初期之動力值恒低於額定動力，使用動力一般為額定之 80%，設動力傳動係數為 0.85，動力餘裕率 C 為 10%，則牽引土槽台車爬坡時所需馬達之最大容量應為：

$$P_{max} = \frac{P(1+C)}{0.8 \times 0.85} \dots\dots\dots(12)$$

由(12)式我們計算得知以每秒 35cm 之最大速度牽引土槽爬坡 30° 時，需購置 30PS 之直流馬達；使土槽具有前進、後退之行走特性。

為使土槽能以 3~35cm/sec 之速度運動，驅動馬達之轉速須經減速皮帶輪及減速機予以降低；其動力驅動裝置示於圖七。



圖七、馬達與減速機間之驅動示意圖

(2)傳動皮帶之選定：

一般原動機（引擎或馬達）之動力輸出傳動元件大部份皆使用 V 型皮帶。主因在於原動機之迴轉數必然相當高，於高轉速下其傳動元件所傳送之拉力較低，因此以皮帶作為傳動元件非常適合；且皮帶運轉穩靜，並有緩和衝擊的作用。基於上述之理由，本測功土槽之驅動馬達與減速機間之傳動裝置採用 V 皮帶。V 皮帶依斷面之大小可分成 M、A、B、C、D、E 等六種帶型，須依皮帶傳達動力時

所受之張力來決定帶型，而張力則由傳送馬力、運動速度及皮帶數決定之。表五所示即為傳送馬力與 V 皮帶型式之關係。

表五、傳動馬力與 V 帶的型式

傳動馬力 (ps)	V 帶的速度 (m/sec)		
	10 以下	10 ~ 17	17 以上
2 以下	A	A	A
2~ 5	B	B	A, B
5~ 10	B, C	B	B
10~ 25	C	B, C	B, C
25~ 50	C, D	C	C
50~100	D	C, D	C, D
100~150	E	D	D
150 以上	E	E	E

依圖七所示，馬達皮帶輪之直徑 D_{p1} 選定為 19cm，轉速 N 為 1800 rpm 情況下，皮帶之線速度 v (m/sec) 可由下式求出：

$$v = \frac{\pi D_{p1} N}{60 \times 100} \dots\dots\dots(13)$$

計算得到 V 皮帶的速度為 17.9 m/sec，且傳動馬力為 30ps，於此情況下我們根據表五知，30ps 馬達與減速機間宜選用 C 型 V 皮帶。

表六 各型 V 帶與帶輪之最小直徑之關係

型 式	皮帶斷面積(mm ²)	皮帶輪最小節圓直徑 (mm)
A	83.0	65
B	137.5	120
C	236.7	180
D	467.1	300
E	732.3	480

表七 各型 V 帶與許用拉力之關係

型 式	寬 度 (mm)	厚 度 (mm)	許用拉力 (kg/條)	許用抗拉應力 (kg/mm ²)
M	10.0	5.5	12.0	0.25
A	12.5	9.0	20.8	
B	16.5	11.0	34.0	
C	22.0	14.0	59.0	
D	31.5	19.0	116.8	
E	38.0	25.5	180.0	

若V皮帶之傳動馬力為H (ps) :

$$\text{則 } H = \frac{(T_1 - \frac{\omega}{g} v^2) \left(\frac{e^{u'\theta} - 1}{e^{u'\theta}} n v \right)}{75}$$

$$\therefore n = \frac{75H}{(T_1 - \frac{\omega}{g} v^2) \left(\frac{e^{u'\theta} - 1}{e^{u'\theta}} \right) v} \dots\dots\dots(14)$$

其中 T_1 為V帶緊邊拉力 (kg) , 亦即許用拉力。

u' 為皮帶與帶輪之摩擦係數, 其值約為 0.433

n 為皮帶數。

θ 為皮帶的有效接觸角 (rad.)。

v 為皮帶的速度 (m/sec)。

ω 為皮帶的重量 (kg/m)。

$$\text{又 } \theta = 180^\circ - 2 \sin^{-1} \frac{D_{p.2} - D_{p.1}}{2\ell} \dots\dots\dots(15)$$

如圖七所示, $D_{p.1}$ 選定為19cm時, $D_{p.2}$ 必須為34.6cm (使具有 1/1.82 之減速比), 軸距 ℓ 為65cm, 利用(15)式算出 θ 值為 2.9 rad. ; C型V帶斷面積A由表六查得為 236.7mm², 三角皮帶之比重約為1.3; 而許用拉力 T_1 由表七得知為 59kg, 根據上述之已知數據, 可由(14)式計算求得皮帶數 n 為 3.6 條, 為符合本測功土槽驅動裝置之強度安全

要求, 則應安裝四條C型V皮帶。

(3)土槽台車牽引鏈條之選定:

台車以最大速度每秒 35cm被牽引爬坡 30°時, 所需最大傳動牽引力 $F_{o \text{ max.}}$ 值為 4100 kg (於先前被計算出)。為確保牽引鏈條強度上之安全, 將選用安裝一條雙列滾子鏈及兩條單列滾子鏈; 如此單一鏈條所受之負荷為:

$$F_T = \frac{F_{o \text{ max.}}}{4} \dots\dots\dots(16)$$

$$\text{又 } F_{o \text{ min.}} = F_T \times S_r \dots\dots\dots(17)$$

其中 $F_{o \text{ min.}}$ 為鏈條最小裂斷負荷, kg。

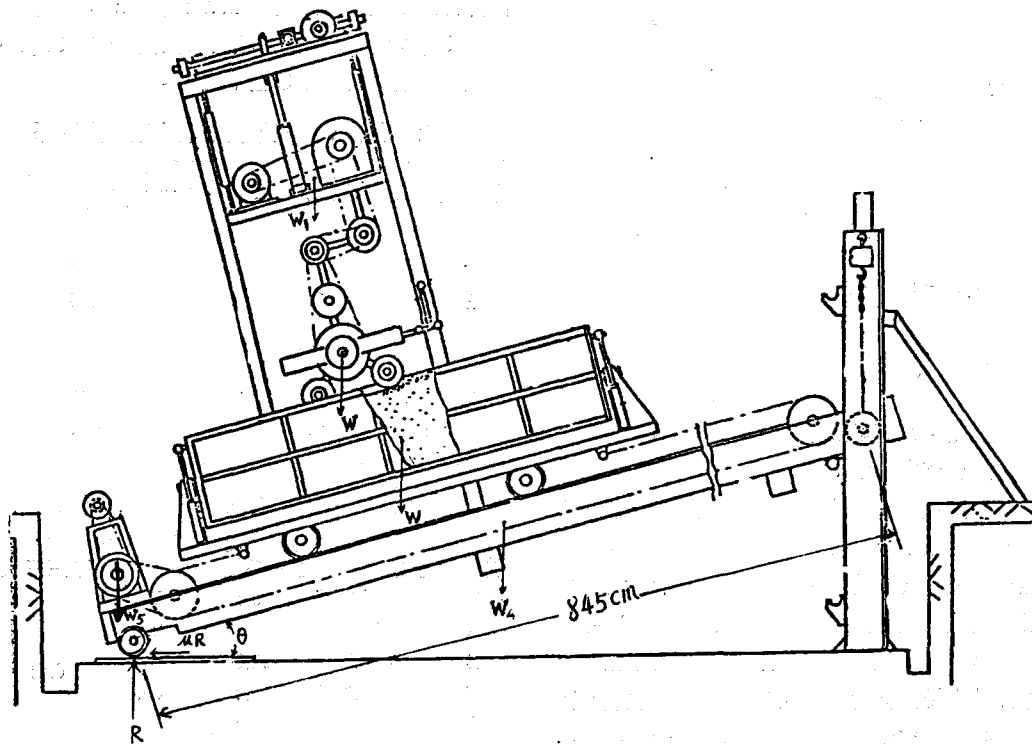
S_r 為安全係數。

本測功土槽連同台車總重約 7000kg, 如此重量之設備於斜坡 30°作上坡行駛時, 必需將安全性擺在第一前提, 因此, 將鏈條之安全係數設定為 6; 利用(16)、(17)兩式可求得單一鏈條最小裂斷負荷為6105 kg。根據參考文獻(4) p.249 表 5-4-1 得知, 牽引土槽之傳動元件應使用公稱號碼100#之滾子鏈。

2.結構強度之分析:

(1)吊架鋼板熔接尺寸之探討:

欲設計吊架鋼板之熔接尺寸及熔接方式, 需先分析吊車吊起鋼軌樑時吊鏈所承受的負載。設吊鏈



圖八、土槽傾斜途中受力之情況

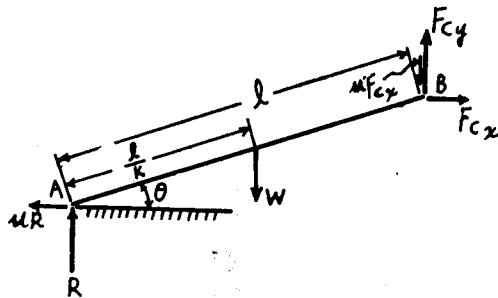
所承受之負荷為 F_{cy} ，則作用於吊架鋼板之拉力 F 為：

$$F = F_{cy} + \text{吊車總重} \quad \dots\dots\dots(18)$$

圖八所示，即為土槽傾斜途中之狀況。其中 W_1 為動力導出基台重量，約為 2000 kg； W_2 為受測農機具重量，約為 500 kg； W_3 為土槽台車之重量，約為 7000 kg； W_4 為鋼軌樑重，約為 2000 kg； W_5 為 30ps 馬達與減速機之合重，約為 1000 kg。

土槽縱向傾斜速度極緩慢，且為等速移動狀態。為減輕吊鏈之負荷，每當土槽傾斜前，應將其牽引至驅動馬達端；如圖八之情況。因台車之鋼架材料皆為均勻對稱，同時，土槽內之土壤亦被設為質地均勻；故其重心被設定在圖八所示之位置；另外受測農機具及動力導出基台之重心經計算後亦已分別列出。

為分析傾斜角 θ 值與 F_{cy} 值之關係，圖八之運動系統可簡化成自由體圖（如圖九），並由下列方程式表示之：



圖九、圖八系統之簡化圖

$$\text{因 } F_{cx} = \mu R \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$\mu F_{cx} + W = R + F_{cy}$$

$$\text{故 } F_{cy} = R(\mu^2 - 1) + W \quad \dots\dots\dots(20)$$

$$\text{又 } Rl \cos \theta + \mu Rl \sin \theta = W[(l - \frac{l}{K}) \cos \theta]$$

$$\text{故 } R = \frac{W(1 - \frac{1}{K}) \cos \theta}{\cos \theta + \mu \sin \theta}$$

$$= \frac{W(1 - \frac{1}{K})}{1 + \mu \tan \theta} \quad \dots\dots\dots(21)$$

其中 θ 為鋼軌樑之傾斜角。

μ 為動滾動摩擦係數，其值設定為 0.01。

K 為比例常數。

當 $0^\circ < \theta \leq 30^\circ$ 時， $\tan \theta$ 值隨 θ 之增加而變大；由(20)與(21)兩式獲知， θ 值愈大時， R 值愈小，而 R 值愈小時， F_{cy} 值便愈大。但因 μ 值很微小，所以 F_{cy} 值之變化不會太大。由於各作用力之座標皆為已知（圖八）；故於 θ 值為 30° 時，參考(19)、(20)及(21)等式，即可求出 F_{cy} 之值為 4710 kg。10 噸電動吊車本身重約 1000 kg；因此，作用於吊架鋼板之拉力 F 值為 5710 kg。

吊架鋼板所承受之負載計算出後，即可着手設計熔接方式及其尺寸。吊架鋼板有兩塊，為能承受 5710 kg 之拉力而不產生變形，將吊架鋼板熔接於工字鐵上最為適宜；礙於熔接作業空間之限制及困難，其熔接方式經評估後採用如圖十所示為最佳。如此每塊鋼板可得到兩道熔接列數，以增加熔接接合之強度；此種熔接接合之型式屬於典型的前端填角熔接。

每塊吊架鋼板所承受之負荷 P 值為 2855 kg，欲設計其熔接尺寸（亦即熔接長度 l 值）時；需事先決定吊架鋼板之厚度及填角之腳長 h 值（亦即熔接寬度）。為確保本測功土槽縱向傾斜操作上之安全，將吊架鋼板之厚度及填角之腳長分別設定為 15 mm 與 10 mm；吊車吊起鋼軌樑之動作是屬於吊上動負荷之狀況，依據表四得知，吊上動負荷拉張時，若安全係數取 6，則熔接處之許用應力取 3.5 kg/mm^2 ；但對於填角熔接其許用應力為 3.5 kg/mm^2 之 80%（亦即實際值為 2.8 kg/mm^2 ）。由圖十知，熔接列數 n 等於 2，應用公式(7)計算出實效熔接長度 l^1 值為 72 mm；故利用公式(2)即可求得吊架鋼板之實際熔接長度 l 值等於 92 mm。

(2) 鈎框熔接尺寸之探討：

評估鈎框所承受之負載大小，乃需以土槽爬坡至軌樑最右端處來分析；此時鈎框所承受之負荷最大（如圖十一）。圖十二為圖十一之力系簡化圖，可由下列方程式表示之。

$$\text{因 } F_{Dx} = \mu R_0 \quad \dots\dots\dots(22)$$

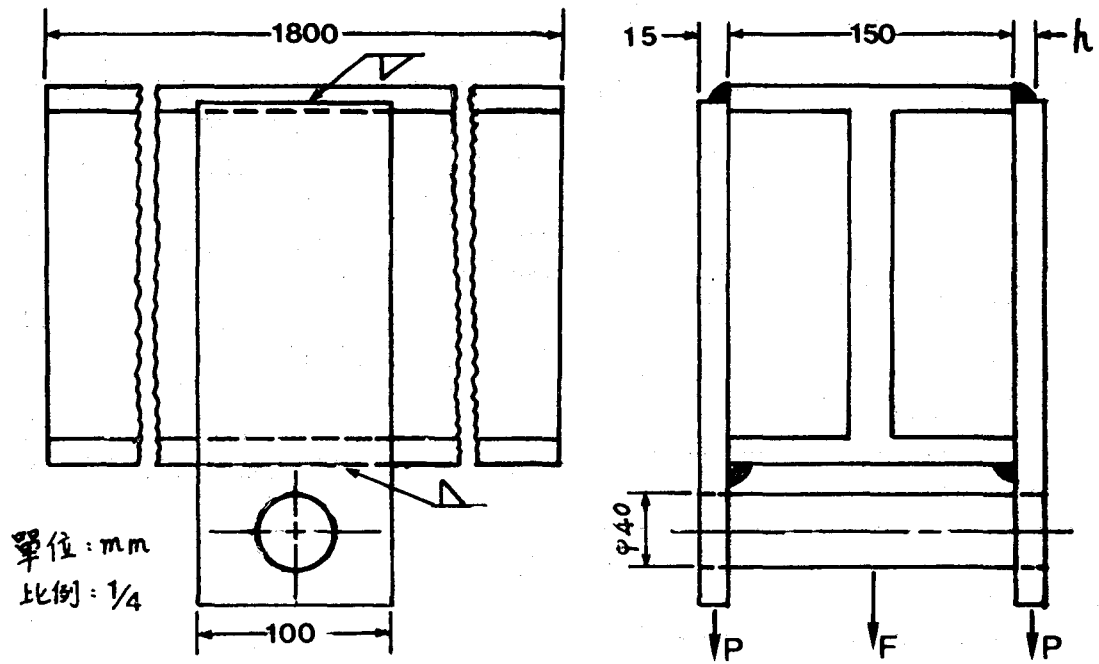
$$W = R_0 + F_{Dy} + \mu F_{Dx}$$

$$\text{故 } F_{Dy} = W - (1 + \mu^2) R_0 \quad \dots\dots\dots(23)$$

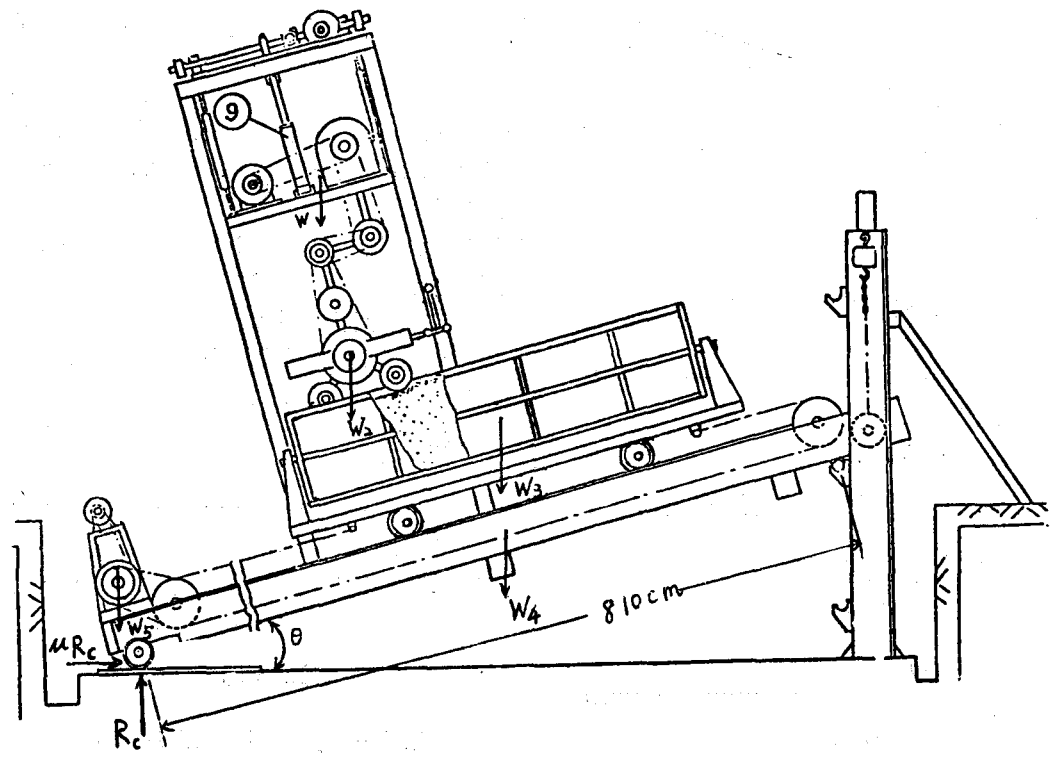
$$\text{又 } R_0 l \cos \theta = \mu R_0 l \sin \theta + W[(l - \frac{l}{K}) \cos \theta]$$

$$\text{故 } R_0 = \frac{W(1 - \frac{1}{K}) \cos \theta}{\cos \theta - \mu \sin \theta} = \frac{W(1 - \frac{1}{K})}{1 - \mu \tan \theta} \quad \dots\dots\dots(24)$$

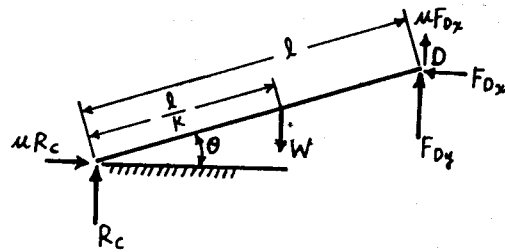
其中 μ 為靜滾動摩擦係數，設定為 0.1。



圖十、吊架鋼板之熔接方式



圖十一、土槽傾斜後固定於鉤框上之狀況



圖十二、圖十一系統之簡化圖

因 $\theta \leq 30^\circ$ ，由(23)與(24)兩式獲知， θ 值愈小時， R_c 值愈小，而 R_o 值愈小時， F_{Dy} 值就愈大。在本土槽設備中，土槽之特定傾斜角最小為 5° ；由於各作用力之座標皆為已知，故於 θ 值等於 5° 時，參考(22)、(23)及(24)等式，可計算出圖十一中 F_{Dy} 之值為 4880kg。

鈎框之熔接方式經分析後以採用如圖十三所示者為最適宜；屬於填角熔接。又鈎框為兩個一組，因此單一鈎框所承受之負荷 P 為：

$$P = \frac{F_{Dy}}{2} = \frac{4880}{2} = 2440 \text{ (kg)}$$

將鈎框之板厚設定為 25mm，填角之腳長 h 值設定為 8mm；又鈎框承載鋼軌樑之狀況屬於靜負荷剪斷作用，由表四查知；若安全係數取 4 時，則填角熔接處之許用剪斷應力為 8.5kg/mm^2 乘上 80%。根據表三中之 (h) 圖所示，鈎框所承受之負荷 P 值為：

$$P = \frac{\tau_{s.a.l.} \cdot h \cdot \ell^1}{1.06}$$

$$\text{故 } \ell^1 = \frac{1.06P}{\tau_{s.a.l.} \cdot h} \dots\dots\dots(25)$$

其中 ℓ^1 為實效熔接長度，mm。

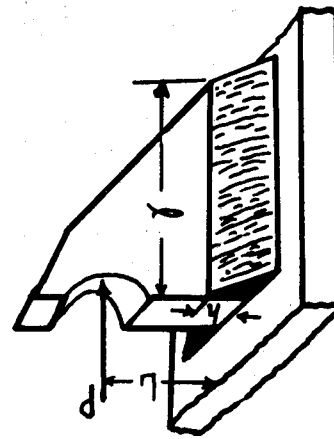
$\tau_{s.a.l.}$ 為許用剪斷應力， kg/mm^2 。

利用公式(25)可計算出實效熔接長度 ℓ^1 值為 48mm；故由公式(2)可獲知鈎框之實際熔接長度 ℓ 值為 64mm。

四、結 論

本研究乃在於探討本測功土槽最適宜之傳動裝置及評估其結構強度；並獲下列結論：

(一)在與水平面成 30° 之斜坡上牽引總重 7000kg 之土槽作上坡前進，其最大牽引速度為 35cm/sec 時，動力源需使用 30ps 三相 SCR 控制之直流馬



圖十三、鈎框之熔接型式

達；並使土槽具有往復行走之特性。

(二) 30ps 馬達與減速機間之傳動元件，應採用 4 條 C 型 V 皮帶最適宜。

(三) 土槽台車之驅動鏈條，若安全係數設定為 6 時，應選用雙列 100# 滾子鏈一條及單列 100# 滾子鏈兩條，以確保土槽操作上之安全。

(四) 為作業上之便利，吊架鋼板應採用前端填角熔接之方式，並可增加熔接強度。若安全係數取 6 及填角之腳長設定為 10mm 時，吊架鋼板之實際熔接長度為 92mm。

(五) 當安全係數考慮為 4 及填角之腳長設定為 8mm 時，鈎框之實際熔接長度為 64mm。

五、謝 誌

本研究之完成，承國家科學委員會專題計畫經費補助，敬申謝忱。撰文期間，本系李芳繁、樂家敏、彭錦樵、謝廣文等生先提供寶貴高見，謹此致謝。

六、參 考 文 獻

1. 黃陽仁，坡地土槽試驗設備之研製及其測試，與大農機系，民國 71 年 3 月。
2. 賴耿陽，現代機械設計輯覽，復漢出版社，民國 66 年 5 月。
3. 張澤厚，機械公式實用手冊，徐氏基金會，民國 67 年 10 月。
4. 劉鼎嶽，機械設計及機械設計製圖，文京圖書公司，民國 73 年 2 月。
5. M. F. Spotts, Design of Machine Elements, Prentice-Hall, Inc., 1972.
6. T.C. Huang, Engineering Mechanics, Addison-Vesley, Inc., 1968.