

3. 中興大學坡地農機安全問題座談會*

蔡 祐 任 記 錄
沈 欣 宏

The Safety Aspects of Farm Machinery

(Summary)

A seminar was held on June 15, 1977 at Division of Agricultural Engineering, National Chungsin University (HTAE). Mr. Luan, Jar-Miin, teaching assistant at HTAE, reported 9 accidents of farm machinery in Taiwan slopeland. He concluded, in most cases, the operator could have avoided the tragedy if he had behaved correctly, that is, reducing speed while operating on slopeland. Also a roll over protection structure could have reduced the damage caused by an accident.

The lecture, Mr. Chen, Chuen-Min, reported his literature studies on tractor turn over behavior from more than 40 reports. He concluded that a model study using film camera technique will be helpful for us to gather more information for the design of an optimal safety frame for the farm machinery.

Dr. Pen, C. L., prof. at HTAE, and Wung, Y. C., Cheng. C. T., technicians at HTAE and Provincial Livestock Research Institute reported a successfully designed alarm device for farm machinery operating on critical slope and. Also a safety frame for farm tractor was introduced to the seminar participants. Dr Pen reported also the finite element Method, a technique to analysis the safety frame structure, which is widely used in static and dynamic structure analysis elsewhere. This technique is in implementation to the Hsin Ta computer. Dr. Hwung, Y. J., prof. at HTAE, prepared an experiment to test the safety frame.

In the general discussion with Mr. Lu, T. W., expert of JCRR, Mr. Chow, S. S., director of Slopeland Livestock Production. Mr. Liu, Wen-Teh, prof. of Provincial Chia-Yi Agricultural Institute, Mr. Wung, C. S., prof. at Provincial Pin-Ton Agri. Institute, Mr. Lai, P. C., Provincial Bureau of Slopeland Agriculture, Mr. Lin, Teh-Wen, agricultural Engineer of TAS-UCO, Mr. Lee. M. S., technician of PLRI. Mr. Yiu, S. T. came to the conclusion that a good solution of safety problems will be very important for the success of farm mechanization in Taiwan. People should pay more attention to these problems and further contacts between people and experts for these problems are urgently appreciated.

* 本座談會由農復會農業資源及森林組資助及臺灣省畜產試驗所合作。

主席致辭

陳孝祖 教授

歡迎各位貴賓的光臨本人感到非常的榮幸。今天關於「坡地農業機具使用安全問題的研究」是農復會及省畜產試驗所的贊助，來做這項研究。我們非常感謝。

關於「坡地農業機具使用安全問題的研究」是當前國內正大力開發山坡地的時候，極重要的一個課題。今天邀請各位來此，首先先向各位說明的是，今天並非是本組所做這方面的研究成果報告，而是一種在開始做研究之前先聽取在座各位專家的卓見與心得，以做為日後研究的參考。

關於今天我們座談會的內容有五項，（如書），對於這幾項先聽取本組的幾位老師向各位做一個扼要的報告，然後再聽取各位的高見。在這五項裡頭，首先先由樂家敏助教做一個有關本省曳引機及推土機由

於側翻、後翻及連續的滾翻所造成的人員傷亡、車輛毀損各種意外事件的個案做一個分析報告。

其次由陳俊明講師就國內外對這問題所發表之研究報告提出一個說明，介紹國外別人對這方面的研究方法與成果。

再由彭珈琛教授對兩項關於這方面的初步研究試驗提出一個報告。

然後，由黃陽仁教授對實驗方法做一個說明。但今天黃先生由於學校的公務外出，所以回頭仍由樂助教代替黃教授來做一個扼要的說明。

希望今天在座各位能儘量提出寶貴的意見，所以時間上並不作限制。

現在先由樂先生做報告。

（一）農機安全問題個案報告

樂家敏 助教

農業機械用於坡地其穩定性與安全性，比在平面上的操作駕駛要低得多。

在外國，每年傷亡於農用機具意外事件的人數，十分可觀。以美國為例：1967年死於曳引機肇事的人即有一千人左右。而其中有60%是由於曳引機側翻而喪生。（這是摘自“National Safety Council”的資料）。農業機械之安全問題，在國外已受到極大的重視，並且在不斷的研究與改進。他們一方面對駕駛員的素質與訓練作更嚴格的要求，另一方面，在機械本身的裝備與結構上，也力求堅固與安全。

根據 Mc Clure and Benson 於1961年調查顯示。翻車之意外事件中，側翻佔67%，後翻佔33%，又根據 National Safety Council 於1968年報導，曳引機後翻比側翻更易致人於死命，且大部分的作業手係被壓在翻覆的車下而喪生的。

於是針對此點，研究人員便在車體上加上蓬架（Canopy）廂體（Cap）以及防滾架（Rops Roll

over protection structure）以保護作業手的安全。在此值得一提的是 Rops 即是本組所製之曳引機安全架，其目的在防範曳引機倒翻後的連續滾翻。

國內農業機械的研究與發展，以臺糖公司最具規模，已具有數十年之歷史。如今社會經濟的繁榮長進，各類農業開發生產亦全面機械化，如推土機、曳引機被用於坡地的開發與耕作，甘蔗收穫機、牧草打包機等被用於坡地收穫作業。但不可諱言的，各種意外事件，如人員傷亡、機械毀損的案例亦因此而時有所聞。就目前所知肇事數量而言，這已經是一個迫切的問題！待三年五年後，各型各類的機械大量湧現之時再來研討安全問題，就會覺得為時已晚。

下面，要向各位報告的幾樁農業機械意外事件的案例。在此我們先謝謝提供部份資料的在座先生們！

例 1

時間：民國 51 年

地點：花蓮

狀況：曳引機於坡地溝邊倒車，坡地崩塌，曳引機後翻，並連續滾翻，作業手被甩出車外，壓傷致死。

例 2

時間：民國 52 年

地點：臺中大度山

狀況：曳引機加掛犁具犁至梯田外側之田埂後輪滑至坡邊，車輛側翻，滾落溪谷。駕駛員及時跳車，倖免傷亡。

例 3

時間：民國 54 年

地點：臺南

狀況：曳引機裝掛犁具，以前進方式爬坡，致車輛重心後移，車頭揚起，駕駛員未能及時應變。曳引機揚頭過高，犁具著地，機身側翻，駕駛員死亡。

例 4

時間：民國 62 年 2 月

地點：南投埔里鎮

狀況：以推土機開闢山邊溝地時，碰到鬆爛的土質，使推土機往下坡方向滑落，駕駛員應變不及，只好跳車，結果車輛跌入山坳，多處毀損，人員倖無傷亡。

例 5

時間：民國 63 年 7 月

地點：新竹縣寶山鄉

狀況：推土機作整坡工作時，經過山嶺線，由於雜草叢生地況不明，履帶撞及炭窑廢址，機身側傾滾翻，駕駛手被甩出車外，跌落山邊溝上，隨即被滾下之車體壓死。

例 6

時間：民國 63 年 8 月

地點：新竹縣寶山鄉

狀況：推土機作業完畢，於裝上卡車時機械側傾，滾翻至山坡底部，機械損傷，人員無恙。

例 7

時間：民國 64 年 1 月

地點：苗栗縣造橋鄉

狀況：為趕造水土保持設施及聯絡道路，作業手擅自改變作業程序，在地況不明的陡坡上倒車爬坡，不幸觸及土墩，機身左側懸空，推土機向左方滾翻，作業手緊抓駕駛臺隨車滾翻，頭、胸多處撞傷，不治身亡。

例 8

時間：民國 65 年 4 月

地點：高雄縣大樹鄉

狀況：推土機整坡作業時，作業手估計錯誤以大馬力去剷除一堆根部已爛之竹叢致機身向前方滾翻，跌落於 4 公尺深之坡底，機身倒翻，底盤朝天，作業手隨車滾翻後，縮於駕駛臺上，幸得無恙。

例 9

時間：民國 65 年 7 月

地點：彰化縣花壇鄉

狀況：作業機經過坡地上之排水溝邊時，路基塌陷，致車輪下陷，車身側傾，作業手及時停車，並跳離駕駛臺，車體未再翻覆，人車無恙。

由以上的案例，可以歸併出如下之結論：

一、作業手若能多了解作業環境，於駕駛過程中保持警覺，在意外狀況的初期，及時切斷動力或剎車（甚至跳離駕駛臺）或可挽救許多不幸。

二、一旦發生倒翻狀況，倘能使機體不繼續滾翻，則作業手被機械壓傷的可能性必會減少，將可大大降低人員的傷亡人數。

(二) 曳引機安全問題的文獻蒐集報告

陳俊明 講師

本人負責有關曳引機安全問題方面的文獻蒐集與報告，由於國外對這方面的研究相當多，短時間內要蒐集齊全是不可能的，目前已經蒐集到的約 40 篇，請各位先生多多指教。由於文獻篇數多，無法一一提出來討論，現在僅提出兩篇加以討論。一篇是有關「曳

引機向後翻倒」的問題，另一篇是「曳引機側翻運動」的問題。

第一篇作者是 D. W. Smith，題目是「曳引機向後翻倒的模擬」1972 年在 ASAE 發表。Mr. Smith 是 Illinois 州立大學農工系教授，1969 年

首先對曳引機向後翻覆問題提出研究報告。1973 年使用 Larson 在 (1971) 所發表的數學模式研究曳引機駕駛角度一系列的變化對曳引機行走穩定性之關係。1974 年利用向量分析法分析曳引機的側翻運動以及影響側向穩定性的有關因素。在 1976 年又提出曳引機三維運動的動力學研究。

現在要提出報告的是 1972 年這篇。作者在研究中把數學模式分作兩部分。第一部份假定「曳引機和地面保持接觸狀態時，車體向後翻倒的轉動中心即為曳引機重力中心 (center of gravity)」，第二部份假定「當曳引機前輪開始離地向後翻覆時，其旋轉中心為其後輪軸的中心線」。

(參閱圖 1)

圖 1 為剛才介紹的數學模式，第一部分的力學分析，因為輪胎具有彈性，為了分析方便，作者將輪胎假定是一個彈簧與一個避震器所組合而成者。

以下說明圖 1 之符號所代表之意義。

- CGT : 曳引機重心
- CGF : 曳引機機架的重心
- RA : 後軸中心
- FA : 前軸中心
- W : 曳引機之重量
- Y_F : 前軸中心的垂直位移
- Y_R : 後軸中心的垂直位移
- C_F : 前胎的阻尼常數
- C_R : 後胎的阻尼常數
- K_F : 前胎的彈簧係數

- K_R : 後胎的彈簧係數
- R_1 : 後輪接地點 Y 方向的力
- R_2 : 前輪接地點 Y 方向的力
- F : 曳引機後輪曳引力
- R_R : 後輪滾動阻力
- R_F : 前輪滾動阻力
- P : 曳引機之拖桿拉力
- m : 曳引機之質量
- I_{TCG} : 曳引機的慣性質量力矩
- I_{RW} : 後輪的慣性質量力矩
- Y : 曳引機重心 (CGT) 的垂直位移
- X : 曳引機重心 (CGT) 的水平位移
- D_F : 前胎的靜態變形
- D_R : 後胎的靜態變形
- ϕ_{RW} : 後輪的角位移

於圖 1 中先定出座標之 X 軸與 Y 軸，然後求出 X 方向與 Y 方向之合力，再對曳引機重心 (CGT) 求出其力矩 (moment) 和，以這三個主要式子導出此數學模式之第一部分。

此套數學模式之第二部份，假定曳引機前輪開始離地向後翻覆，其旋轉中心為其後軸中心線，其力學分析如圖 2 所示；定出座標之 X 軸與 Y 軸，求出 X 方向與 Y 方向之合力，再以後輪軸中心線求出力矩和，以此三個主要式子再導出此數學模式之第二部份。(參閱圖 2)

作者為了驗證這套數學模式的準確性如何，因此在實驗室以實際的曳引機作實驗，以與數學模式所導

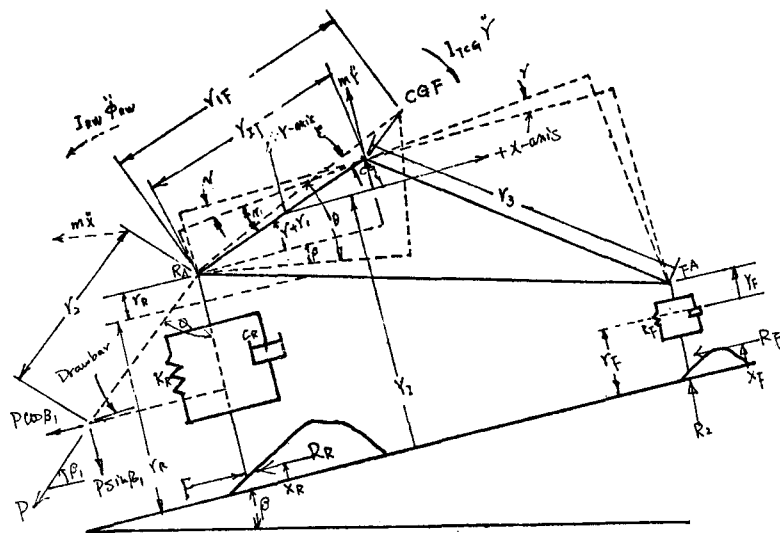


圖 1.

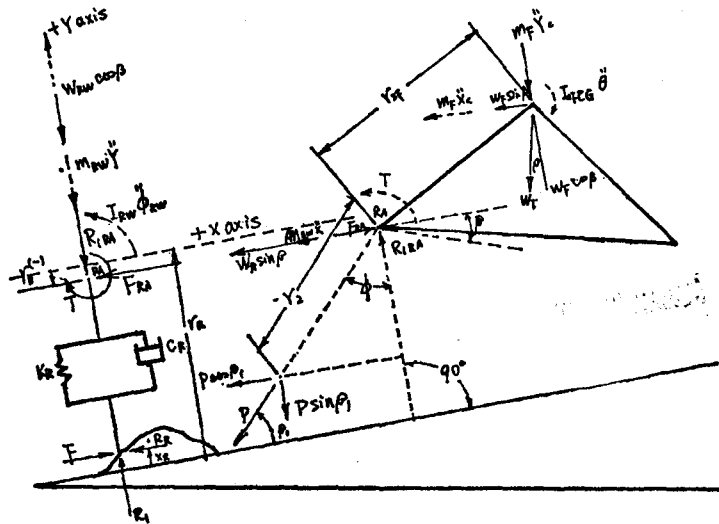


圖 2

出之結果比較其差異。

圖 3 之橫座標為時間 (sec)，縱座標為曳引機翹起角度 (rad)，虛線為實際測驗所得，實線部份為由數學模式所導得，現在我們暫不討論實際與理論上的差異，僅討論其結果：

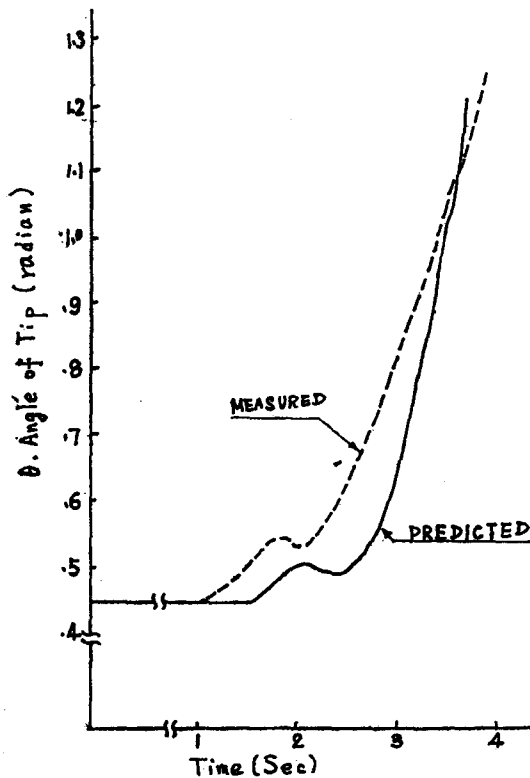


圖 3

從開始翹起到危險角度，有相當長的緩衝時間，在 3 秒時，翹起角度約 0.7 弧 (約 40°)，但 3 秒過後到達 3.5 秒時，這段時間翹起角度急速變化，由 40° 增至 70°，因此 3 秒後已進入危險階段可能導至翻覆。而我們所感到興趣的是由開始翹起到 3 秒 (翹起角 40° 以下) 這段緩衝時間，如果一個作業手反應快，在 3 秒內足以讓他踏下離合器切斷動力則可避免發生翻覆事件。同時，配合這段緩衝時間，我們擬設計一套警報器，在某一坡度即發生音響，以警告作業手，曳引機已處於不穩定狀態，駕駛員須提高警覺並採取正確的應變措施。

以上是第一篇。

第 2 篇是有關「曳引機側翻」的研究報告，由 Dennis C. Davis 所提出。Mr. Davis 是美國 Georgia 州實驗站，農工系助理教授，於 1974 年在 ASAE 發表此篇論文。Mr. Davis 之研究報告分為兩部份，第一部份是如何導出此數學模式，第二部份是此套數學模式準確性之驗證；第一部份類似第一篇之力學分析部份在此不再累述，下面僅就第二部份提出討論。

為驗證所導出之數學模式之可靠性，作者以實物在實驗室內作測試並比較其結果。實驗所用之曳引機並非用 1:1 者，而是用 1:12 的小模型曳引機，測試時曳引機置於滑板上一固定位置後放開。曳引機由於滑板傾斜之關係向下滑落經過測試路徑 (overturing test course) 其構造如圖 4 所示。

坡道 (ramp) 頂上水平，坡道左側邊傾斜，故曳

引機向下滑落，右前輪及右後輪行走於坡道上，左前輪及左後輪行走於斜道 (Bank) 上，由於速度快，故曳引機衝上坡道時造成翻覆。

曳引機由固定位置放開，經過 1.5 秒時曳引機滑下斜板，1.7 秒時前輪爬上坡道 (ramp) 頂，1.9 秒

右後輪爬上坡道頂。2.1 秒右前輪開始離開坡道頂，2.3 秒時曳引機翻覆。

曲線即如圖 5 所示。

橫座標為時間 (sec)，縱座標為車體質量中心速度 (in/sec)。

V_{BI1} : 前進速度分量 (forward velocity component)

V_{BI2} : 側向速度分量 (lateral velocity component)

V_{BI3} : 垂直速度分量 (vertical velocity component)

第一條曲線前進速度 (V_{BI1}) 變化不大。第二條曲線 (V_{BI2}) 是曳引機上下震動的速度變化，曳引機尚未爬坡時，保持恆定，但在開始爬坡道後，由曲線知道速度相當不穩定，這是由於堅硬的地表面及充氣的輪胎使曳引機在整個翻覆過程中上下跳動；換言之，地面愈硬愈乾燥，輪胎氣壓愈高則跳動愈厲害。第三條曲線 V_{BI3} 是曳引機向左侧橫衝的速度，逐漸增加。至 2.3 秒時完全倒覆於地上。

由圖知，曳引機在測試路徑 (test course) 上行走時，前進速度大致保持一定，但以此速度前進，再加上曳引機上下連續跳動，又往側衝之關係，因而造成曳引機極端的不穩定最後導致翻覆。

由圖 5 知，曳引機翻倒與地面碰撞時，是速度最大的時候，這是造成人員傷亡的最主要原因。

圖 6 是曳引機側翻時的各種角速度，以縱座標表示角速度 (rad/sec)，橫座標表示時間 (sec)。

ω_{BT2} : 曳引機車頭上下旋轉之角速度 (pitch)

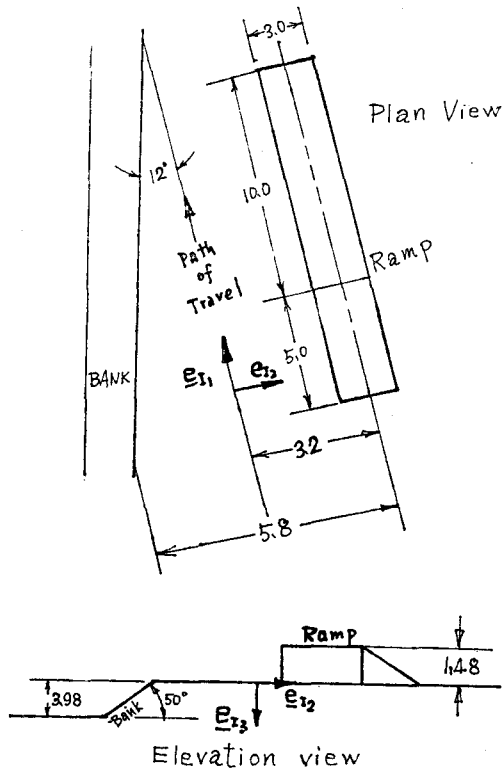


圖 4.

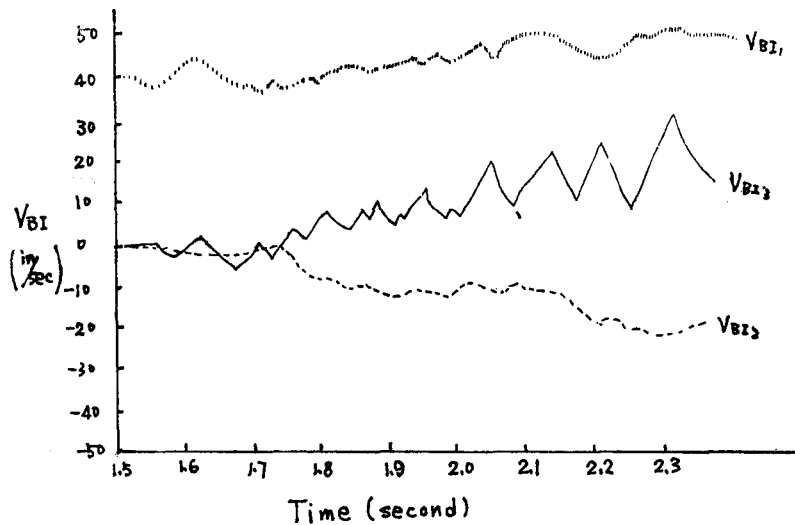


圖 5.

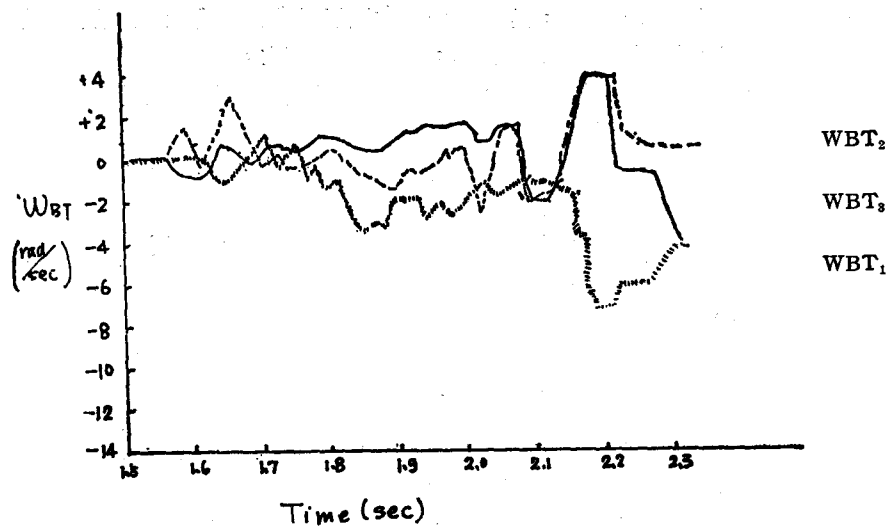


圖 6.

車頭翹起方向為正，朝下方向為負。

ω_{BT3} ：曳引機車頭左右旋轉之角速度 (yaw)，車頭朝右方向為正，朝左方向為負。

ω_{BT1} ：曳引機翻滾之角速度 (roll)，順時針滾動為正，反時針滾動為負。

ω_{BT3} 變化不大而在 2.2 秒曳引機接近翻覆碰撞地面時與 ω_{BT2} 重合而變至最大值。 ω_{BT1} 為曳引機翻滾之角速度，亦在 2.2 秒時達到最大值。

因此不論是 roll, yaw, pitch 都是在接近碰到地面時為最大，故造成曳引機及駕駛員之最大傷害。

圖 7 中第一條曲線為 total energy 是 potential energy (位能) translational energy (前進能) 與 rotational energy (轉動能) 之和。依能量不減定律 total energy 應為不變，但由於 tire 與地面之 frictional loss 造成逐漸減少。

由圖 7 知，rotational 所佔的能量最少，且變化量小，約佔翻覆時衝擊能量的 10 %；potential energy 在車子爬上坡頂時為最高，而後逐漸降低，到完全翻覆時最低（以曳引機開始要爬上坡道，在平臺上時之 potential energy 為零）。因曳引機完全翻覆時之位置在平臺之下故為負值。

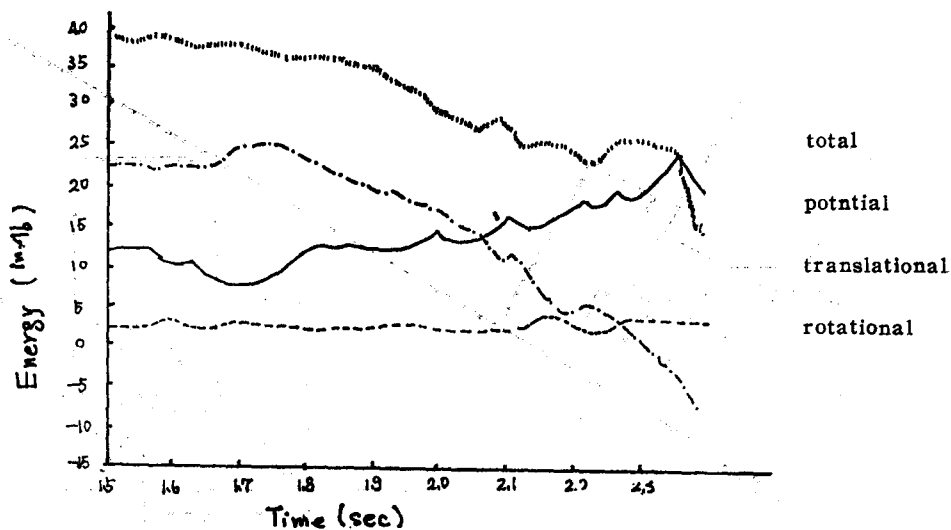


圖 7.

吾人感興趣的兩條曲線為potential，與translational；向前衝的能量，在開始爬坡後逐漸降低，爬上坡道頂時為最低，然後在開始向左傾覆時，再逐漸升高，在完全傾覆時達到最高值（約升高1倍）：由圖中觀察瞭解位能降低的能量等於曳引機向前衝所增加的能量，亦即位能降低之量全部轉移到向前衝之動能上，故曳引機翻的愈低（即位能愈低），曳引機

向前衝的能量就愈大，結果造成致命的一擊，導致作業手的傷亡。

我們今天討論的目的是希望能夠研製一項安全裝置，利用此項安全裝置把曳引機翻覆碰撞地面時之瞬間衝擊能量吸收下來，以免造成對車子及駕駛員之嚴重傷害。

報告到此，謝謝！

(三) 討論與大農機試製的曳引機安全架

彭珈琍教授、翁有澄技士、鄭俊哲技士

敝人謹代表本系翁有澄先生及省畜試驗所的鄭俊哲先生在這裡向大家報告。我們所構想，所做出來的「附有警報器的農機安全架」，可以分兩部分來講。第一部分是「翻車警報部分」，冀在翻車之前，能對操作手及時提出警報以防範於未然。這裡我先對以下的幾個名詞下定義：

(一) 農機最大作業坡度 (α_{max})

設農機之重心高度為 h_w ，距傾覆方向的週界水平距離為 x_w ，農機在坡地上作業，由於坡度的關係（見圖 1），雖然該農機的最低立足點仍是一樣高，但其質量中心 ($m \cdot g = w$) 却上升了 ΔH_p 的高度，而 $\Delta H_p = S_{in}[\arctan(h_w/x_w) + \alpha] \times \sqrt{h_w^2 + x_w^2} - h_w$ ， $E_p = \Delta H_p \cdot W$ 即是曳引機由於坡度的關係而增獲之位能，當這能量使得重心點到達該農機「最低周界」的上方時，便達到所謂的臨界狀況；此時若傾斜角 α 繼續增大時，該農機便會翻覆，不然的話，理

論上該農機仍然能够在坡地上作業——條件是地面够平坦及駕駛够小心才行。此時坡地的角度 α 為該「農機最大作業坡度」(α_{max})，這時農機因坡度而增獲的位能是。 $\Delta E_{max} = \Delta H_{max} \cdot W = [\delta_a(\arctan(h_w/x_w) + \alpha_{max}) \sqrt{h_w^2 + x_w^2} - h_w] \times W$ 。一般來說，重心愈低（即 h_w 小），而農機接地周遭距重心愈遠，如底盤大，輪距大（即 x_w 大），則該農機的穩定性愈大，而其最大作業坡度 α_{max} 亦愈大；所以一架農機之最大作業坡度是該農機在結構上是否適用在坡地作業的指標。

(二) 農機作業的危險坡度 ($\alpha_{(t)}$)

實際上真正平坦的坡地幾乎沒有，而不平坦地面對農機機體的影響，又取決於前進方向上地面的斷面情況及行進速度。不平地面及行車速度對車體提供一個隨機變化的動能 $\Delta E_{(t)}$ （見圖 2）。這個能量可以假設成爲一個隨機的噪音波形，俱有一平均值 ΔE_a

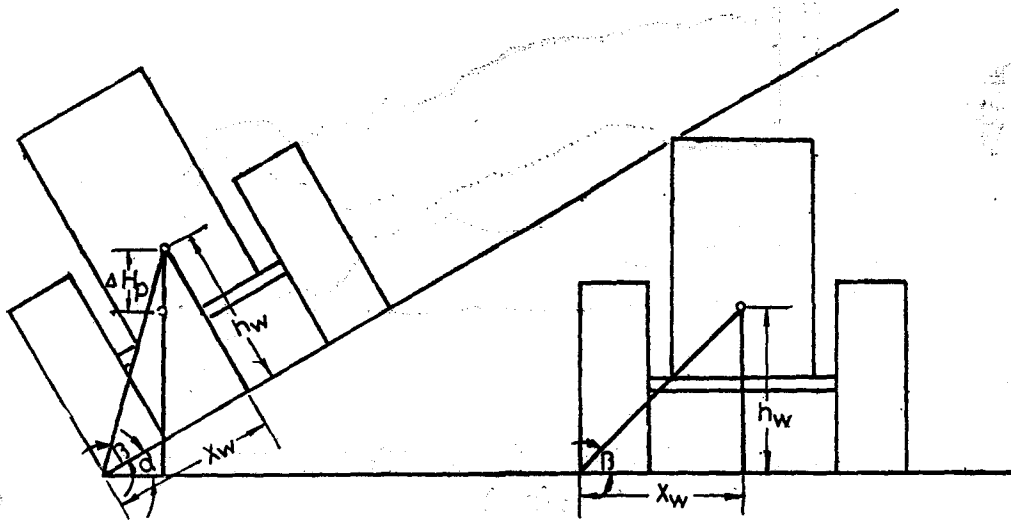


圖 1. 農機在坡地作業的包心變化

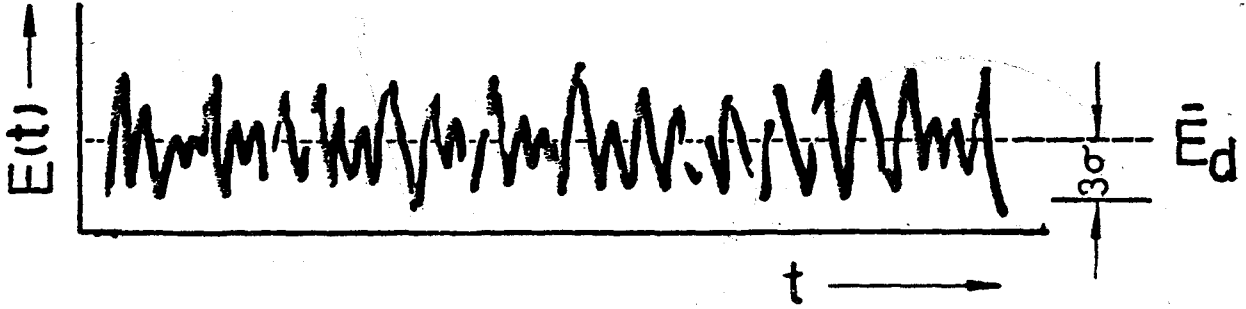


圖 2. 農機在不平地行駛的動能變化

及離差。σ 這個由於行車速度及地面不平坦的原因，所造成的隨機變化的動能，再加上坡度給予曳引機的位能，其總和若超過 ΔE_{max} 的話，該農機便要翻車，而這個隨機變化的能量，以農機機體的後輪軸中心線為軸之後轉動速度 ($\theta_{1(t)}$)，及繞車體中心線翻轉速度 ($\theta_{2(t)}$) 依 $\Delta E_{(t)} = \frac{1}{2} I (\theta_{1(t)}^2 + \theta_{2(t)}^2)$ 的能量轉換律而可求得，其中 I 是機體慣量。

為曳引機在斜坡上作業時，雖然尚未到達作業最大坡度 α_{max} ，(即 $\Delta H_p < \Delta H_{max}$)，但由於地面不

平及行車速度隨機給予曳引機一個外來的能量，隨時可能翻車，曳引機此時已經進入危險狀態，這個坡度完全看地面情況及行車速度而定，而這個角度小於 (最大坡角) α_{max} ，稱為危險作業坡度 ($\alpha_{(t)}$)。

(三)農機作業的警報坡度 (α_a)

前面提到，車體振動的動能非定值，若以其平均值，向上向下加三倍離差 (即 3σ) 的值，則其發生的機會約為 99.7%。以翻車能量 (ΔE_{max}) 減去 ($\Delta E_a + 3\sigma$) 的值，可以得一坡度 (圖 3)，此時對

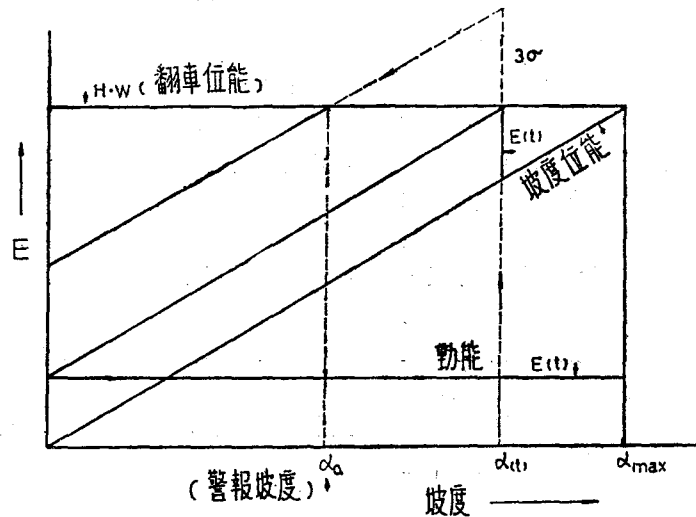


圖 3. 警報器警報坡度之決定

操作手發生警報，操作手將有合理充分的時間；做應變措施：即降低車速 (減少 $\Delta E_{(t)}$) 值，提高警覺小心駕駛等，以避免可能的翻車，這個坡度稱為警報坡度 (α_a) 基於以上的考慮，我們試作的警報器暫定 15° 為警報坡度。實際上，要利用這警報器於各種農機上，尚需：

- ① 測定各種農機在各方向的 α_{max} 值。
- ② 測定工作路面的情況。

③ 再推算適當的警報角 (α_a)。

以下介紹警報器的結構設計

警報器的構造 (圖 4)，是在一圓盒內裝水銀，當盒子傾斜到警報角 (α_a) 時，水銀與圓盒上一圈形電極環發生接觸，而接通電路，蜂鳴器發生作用，水銀面上方有一弧形的蓋子，蓋子周圍有一圈小孔，這是為了避免車子在行車振動時 (非由於傾斜)，發生錯誤的警報。蓋子周圍圓孔是用來避免可能發生的誤

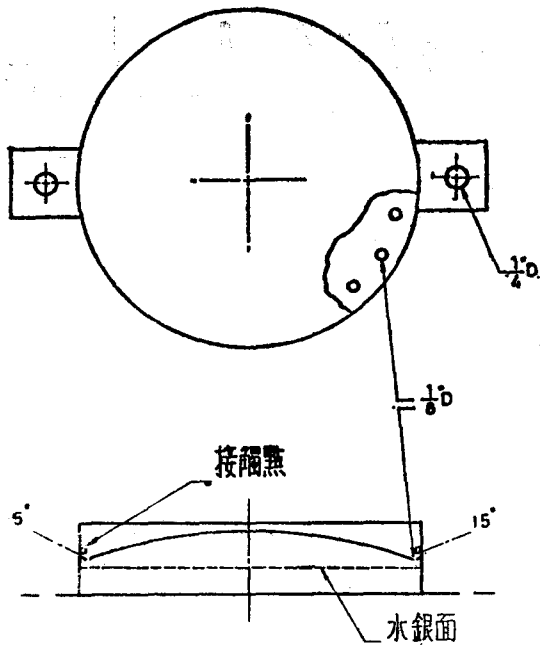


圖 4. 警報器構造示意圖

鳴，孔愈小，誤鳴的機會亦愈小。圖 5 是一個調節警報器警報角及誤鳴頻率的模擬裝置，其中 1 是警報器，2 是變速馬達及偏心輪，3 是可變電阻，4 是時轉速計，5 是警報角調節刻度，6 是蜂鳴器。

第二部分要報告是預防滾翻部份，即曳引機翻車，冀其對操作手及車體之損害，減小至最低限度。根據剛才個案報告及依據文獻的報導，曳引機翻車後，對於操作手最大的傷害是將操作手壓於沉重的車體之下，導至傷亡；此外曳引機在坡地作業翻車後，繼續滾翻的機會很大。則根據剛才的報告，將會造成惡性循環，滾翻的次數愈多，位能轉換為動能亦愈多，衝力愈大，這結果造成作業手及曳引機的損傷亦將愈大。

因此曳引機安全架最重要的作用可定為：

- (一)車體傾覆之後，車體旋轉位移角不超過 100°
- (二)車架發生彈性及塑性變形，以吸收碰撞的能量，阻止車體繼續滾翻。利用與我們展示出來的曳引機安全架，或相似的各種安全架，是現在世界上為達到上二項目的最通用的方法，吾人對於展示出的安全架，希望它能達到上述二項功能。所考慮的主要是：一、防滾架所受側擊，後擊負荷，及二、防滾架的側向，後向之容許變形。

(一)防滾架所受的側擊，後擊負荷 (E_R)

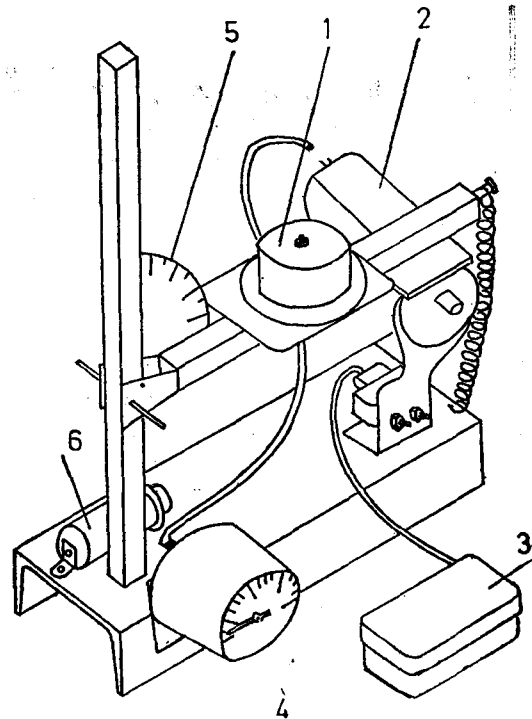


圖 5. 調節警報器誤報設備

曳引機翻車時，防滾架所需吸收的能量是曳引機重心，由最高點降到防滾架擊地時之重心位置所放出的能量 (E_R)。地面狀況及其他複雜的振動現象影響不大時，這個能量可假設由防滾架的彈性應變及塑性應變完全吸收，即

$$E_R = E_{elastic} + E_{plastic}$$

其中 $E_{elastic}$ 及 $E_{plastic}$ 分別是彈性應變及塑性應變吸收的能量

按 schwanghart 的公式

$$E_R = 125 + 0.15 \times G \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

其中 G 是曳引機機體重量的公斤數， E 的單位是 $m. kg$

(二)防滾架側向、後向的容許變形

按瑞典 OECD 的安全要求，曳引機座椅面上方 90cm 的空間應有左右各 25cm 的餘隙，在意外發生時不得受到防滾架的變形侵犯。而要求最低的緩衝距離為 55cm。(見圖 6)

同時，後向仰翻之際，椅背後 10cm 內的空間亦不得受防滾架的變形侵擾，能給予防滾架的變形空間為至少 40cm。(圖 7)

今假設曳引機重 2000kg，按 schwanghart 公式，可算出曳引機翻車能量約為 425m.kg.

又防滾架變形不超過 0.55m，並給予 70 % 的安全率，防滾架將需受約

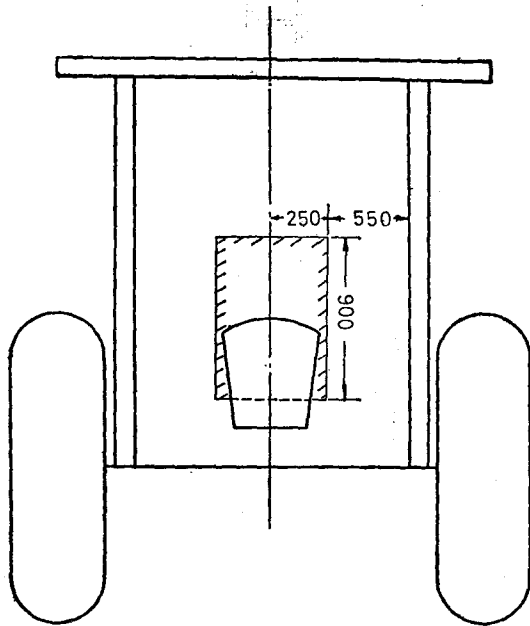


圖 6. 操作員安全區間示意圖 (後視)

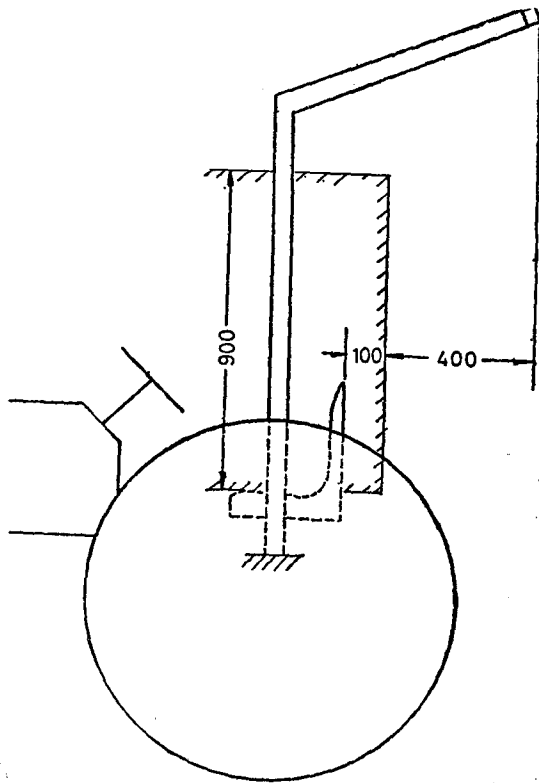


圖 7. 操作員安全區間示意圖 (側視)

$$S = \frac{E_E}{0.7 \times 0.55} = 1144 \text{kg}$$

的外力。(參見圖 8)

設防滾架基部所受轉矩為 M_E ，則 M_E 約為

$$M_E = \frac{S}{2} \cdot \frac{1}{2} h_B \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

當 h_B 為 1.8m 時

$$M_E = \frac{1144}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot 1.8 = 515 \text{m} \cdot \text{kg}.$$

此時可算出 Moment of Inertia (I)

$$I = \frac{M_E}{\sigma_F n_{PI}} 100 \dots \dots \dots \textcircled{3}$$

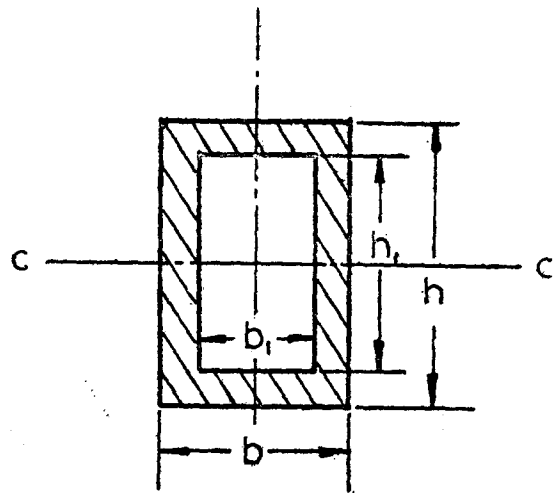


圖 8. 安全架材料的剖面形狀

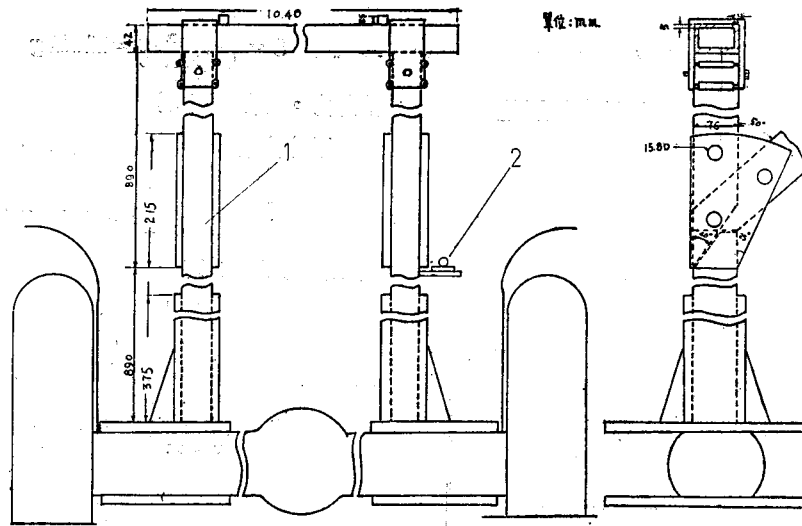


圖 9. 附有警報器的農機安全架

其中 σ_F 為材料塑性抗張強度，今設為 2400 kg/cm^2 ，

$$I = \frac{51500}{2400} = 21.4 \text{ cm}^3$$

長方形中空的鋼筒，對中心線 cc' (圖 8) 的 I 值，可以用

$$I = \frac{bh^3 - b_1h_1^3}{6h} \dots\dots\dots ④$$

算出，所以選擇 $b=4.2\text{cm}$ $h=7.0\text{cm}$ ， $b_1=3\text{cm}$ ， $h_1=6\text{cm}$ 之設計其 I 值約為 27cm^3

而設計製成的安全架可見於附圖 9 中，其中 1 是可拆卸解體的架體，2 是附於架體上的警報器。

我們希望安全架在形態上能夠儘量的簡單。且能適用於各種不同形式的農機。即使不能適用於全部，亦希望適用於大部分，這便是我們把它做成好幾段的原因；此外多段的架體能夠在包裝及裝配方面比較簡單，並且簡單的安裝方法也可以使農機在使用報廢

後，安全架還能重新安裝於另一架新農機上，以作最大的利用。又在不會後翻的工作場合安全架可以直立，以增加傾側向的安全性。至於安全架的最佳形狀及真正受力後應變情形，我們打算以元件法 (Finite Element Method) 來分析，並做打擊實驗來印證，這是下面要向大家報告的項目。

參 考 文 獻

1. Schwanhart, H., Schlepperdaten und deren Einfluss auf das Überrollen, Landtechnik, 1977.
2. Spencer, H. B., G. Gilfillen. An Approach to the Assessment of Tractor Stability on Hongh, Sloping Ground, Journal of Agricultural Engineering Research, 1976.
3. 彭珈利元件法在農業工程研究上的應用農工學報廿二卷第3期 1976

(四) 討論元件法 FEM 技術在研究試驗

曳引機安全架上的用途

彭 珈 利 教 授

1. 元件法技術的特點

缺點：

- ①任何電腦技術一樣，使用人必需俱有純熟的電腦知識和使用電腦的經驗。
- ②需要儲存部位大，運算速度高的大型電腦。

③程式的建立 (Implementation) 十分費時費力。

優點：

- ①一般解析方法無法計算的結構，也能利用這個技術計算出答案。
- ②可以應用在許多不同的問題上，如土壤的應力應變

- 問題,牧草打包的應力應變問題,儲倉應力應變問題,果醬、家畜糞便,或其他滯性物的流動問題等。
- ③問題的外力狀態之改變及幾何形態的改變,可以不費力的作出比較。
- ④電腦將會愈來愈多,愈快,這種技術的發展很有前途。

2. 元件法技術計算防滾架的輸入和輸出值

我們將元件法建立之後,「我們必須輸入什麼資料,我們才能得到什麼樣的資料」。我們對該項技術當成一個「黑箱」而留在以下第三點討論,這裡僅介紹「輸入什麼資料,我們將得到什麼資料」,我想在座的各位先生將會感到較大的興趣。

我們要利用元件法來計算防滾架,我們所輸入的數據包括:

第一項:所定元件數,也就是說,安全架本來是個整體的東西,但為了分析起見,我們可將它想成爲許多小元件。然而到底分爲幾個元件,則依操作者的意思。然後我們由元件法可得到安全架上,每一點的應力應變。我們若將安全架分爲100個元件,則程式將元件做成一個100元的一次聯立方程式,或甚至分爲1000個元件,則計算將變得相當複雜,以手算是不可可能的,即使電腦的運算很快,但也仍需相當長的時間。

圖一是一個安全架的一部分,我們把它假想爲由三角塊所組成,三角塊相連接,比如第4點同爲124,243,345的一個點,如果將架子分爲50個點,則

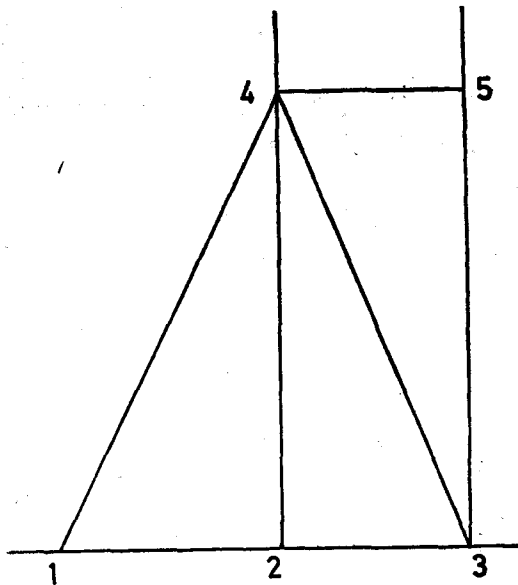


圖 1. 元件的假設

電腦解 50 元一次聯立方程式,可得每一個點受到外力的應力應變。

第二項:輸入每一個點的座標(任意取一組座標軸)。有趣的是這個座標代表的架子,可以是圓的,方的,或三角形的,都沒有差別,只不過是在電腦輸入卡片,輸入不同的座標數字而已,而演算是完全一樣的。

第三項:輸入各元件的材料性質: ① 彈性係數, ② Poisson's Ratio, 而每一元件的材料可以不同,而且安全架的架邊也可以做成上下不一樣大小,只要輸入不同的彈性係數,便可得到所要的應力應變資料。

第四項輸入這個安全架所受外力情況。力的大小方向及施力點座標,而且還可以考慮較複雜的外力情況——例如許多的不同大小力作用於不同的點上。

然後,我們輸入一切其他資料,例如那些點是不發生位移的,(如圖二中的點 1, 2, 3, 48, 49, 50 等各點)。

供給電腦以上資料,則程式會給你 50 個點的 X 軸, Y 軸方向的應力應變。

例如:

將輸出圖三中的結構分爲兩個元件 123, 234 得 4 個接點: 1, 2, 3, 4, 給程式 1, 2, 3, 4 點的座標 (0.1), (0.0), (4.1) (4.0)。再給彈性係數 $E=21000$,

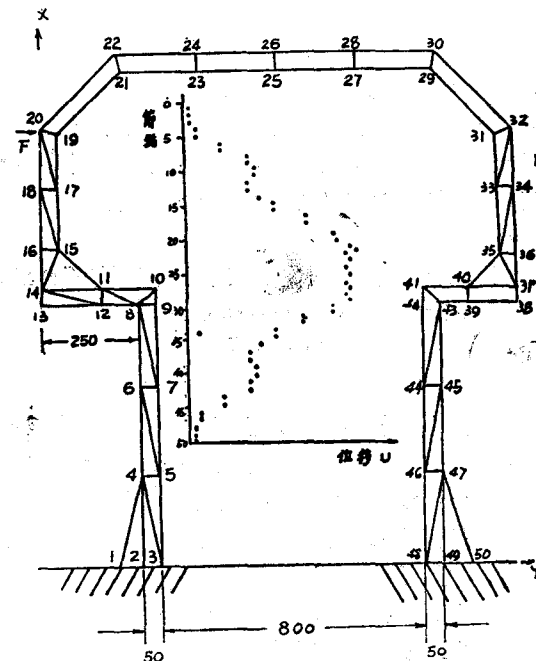


圖 2. 利用元件法分析安全架在彈性應變範圍內的應力與應變

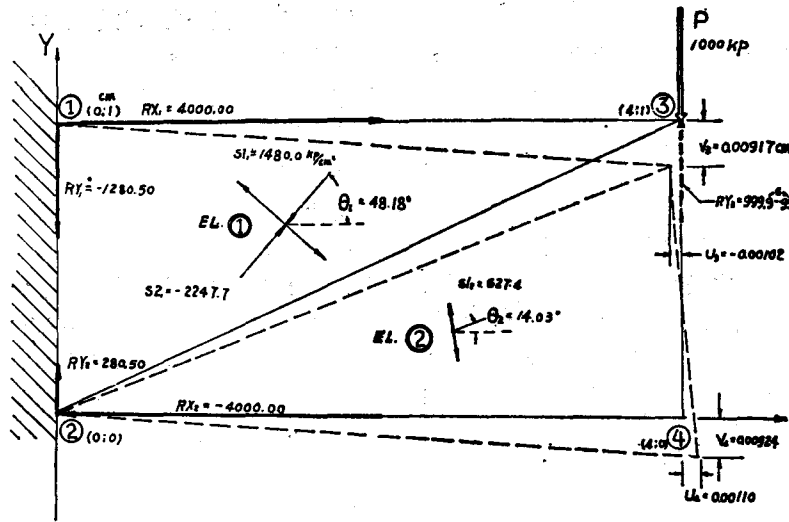


圖 3. 元件法分析的簡例

Poisson Ratio. $\nu_0 = 0.3$ 再告訴程式點 1, 2 為固定點, 後輸入外力的資料, 有幾個外力及其作用點, 在此只有點 3 受力 1000kg 向下, 則程式結果可告訴各方向的應力, 及每一點的位移。此外, 我們還可以由得到的結果算出元件內部應力的大小, 如元件 1 上 $\theta_1 = 48.18$, $S = 1480 \text{ kg/cm}^2$ 等等。

3. 元件法的工作原理

3.1 建立各節點所受外力與各節點位移的關係聯立方程式, 即

$$[K] \{\delta\} = \{P\} \quad \text{①}$$

其中 $\{\delta\}$ 是各節點因受外力 $\{F\}$ 而在 X, Y 方向上的位移向量, $[K]$ 是位移向量與外力向量間的矩陣關係。「元件法」最終便是要求出這個關係矩陣 $[K]$, 而利用 $\{\delta\} = [K^{-1}] \{F\}$ 的關係求出各節點的彈性及塑性變形。

3.2 求出應變與節點位移的關係矩陣 $[B']$ (Strain-Displacement matrix)

$$\{\epsilon\} = [B'] \{\delta\} \quad \text{②}$$

求法詳見(3)

其中 $\{\epsilon\}$ 是 X, Y 及 XY 方向上的應變。

3.3 求應力與應變關係矩陣 $[D]$ (Stress-Strain matrix)。利用金屬材料的特性如彈(塑)性係數 E, 及 Poisson 數 ν 求應力與應變之關係。

$$\{\sigma\} = [D] \{\epsilon\} \quad \text{③}$$

$[D]$ 式詳見文獻 3。

式中 $\{\sigma\}$ 是應力向量, $\{\epsilon\}$ 是應變向量

3.4 求多元件的硬度矩陣 $[Kg]$

利用系統中輸入能量 W_{in} 與輸出能量 W_{out} 相等的關係即:

$$W_{in} = \int \int \int \{\epsilon^*\}^T \{\delta\} d_x d_y d_z \quad \text{④}$$

$$\text{及 } W_{out} = \{\delta_g^*\} + \{f_g\} \quad \text{⑤}$$

並代入②, ③式得

$$[Kg] = \int \int \int [B']^T [D] [B'] d_x d_y d_z \quad \text{⑥}$$

$$\text{即 } [kg] = A \cdot h [B']^T [D] [B'] \quad \text{⑦}$$

其中 A 是元件面積, h 是厚度 (參閱 3)

3.5 將元件硬度矩陣 $[Kg]$, 整理入結構硬度矩陣

$[K]$ 消去 $[K]$ 矩陣中零位移的各項的值

$$\text{并以 } \{\delta\} = [K^{-1}] \{P\} \quad \text{⑧}$$

式求各節點之位移。

4. 與大農機對元件法技術掌握的現狀

已有國外引入之福創程式, 正在建立 (Implementation) 中, 建立成功後, 便能比較各種形狀的安全架設計。將來計算結果配合安全架打擊試驗時測定的值, 以作為設計安全架的參考致據。

參考文獻

1. Zienkiewicz, O. C., The Finite Element Method in Engineering Science, 1971.
2. Kitani, O., Anwendungsmöglichkeiten der FEV in der Landtechnik, TU München, 1974.
3. 彭珈琍 元件法在農業工程研究上的應用 農工學報 廿二卷 第三期 1976

(五) 討論曳引機安全架打擊實驗的施行方法

黃陽仁副教授

本來這段是該由黃陽仁博士來說明的，可惜今天他本人恰好不在由我來做一個簡單的報告。

曳引機安全架有幾項要求是我們必需做到的：

一、在翻覆之前能提出警告，使作業手可以做一個適當的應變措施。

二、根據外國之研究報告指出，曳引機翻覆若不發生繼續的滾翻則曳引機和作業手之毀害可降到最低。

三、曳引機安全架應該能承受曳引機翻覆位能的變化。

其次，我們不希望加裝安全架之後，使曳引機在平時有一個多餘的負擔，所以安全架的材料我們必需要求其輕。而且我們希望安全架在承受曳引機倒翻的能量衝擊時能够在塑性範圍內變形，而充份發揮塑性變形對能量的吸收作用。

以下我向各位作一個介紹：

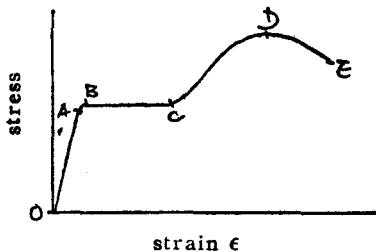


圖 1 材料之應力應變曲線

圖 1 是材料在受外力而變形的情形，由 O—A 是彈性變化的範圍，也就是說當受到外力時，材料依虎克定律而變形，當外力消失時則恢復原狀。但外力大過 A 點時則材料的變形不再依照虎克定律。而是一種不規則的狀態，外力達到 B 點時則會產生一很大的變形，稱為塑性變形。

在這曲線下的面積，吾人可以把它當做「材料在變形時所吸收能量的大小」。OA 下面的面積比 OD 下面的面積小很多（這表示所能吸收的能量小很多）。

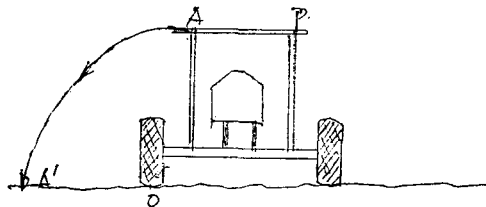


圖 2 曳引機加裝安全架之後視圖

樂家敏助教代講

這是為什麼我們前面說「安全架要在塑性範圍內變形」的原因。如此一來，則作業手所受之之衝擊力最小。

再下來，圖 2 是一部曳引機加裝安全架的後視圖，當曳引機在側翻時是以 O 點為圓心而旋轉，當 A 點移向 A' 時速度逐激加大，然後着地。而 A' 點所受力量的大小與 A' 點與地面碰撞的時間有關。但土壤硬度不同所以其間的碰撞力量便有差別。

$$Ft = m(V_1 - V_2)$$

若是硬碰硬的話則 A 點所受的力則較大，若是比較鬆軟的土壤則受力小很多。

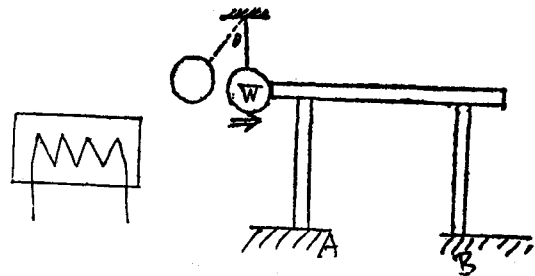


圖 3 應變規

圖 4

以下我們要說明的是試驗方法。

我們利用彈塑性變形規 (strain gage) 粘貼於所要試驗的安全架上。至於 strain gage 的構造為如圖 3 所示，當 strain gage 被拉長時，則電阻線直徑變小 (中間彎曲之線為量阻線) 電阻增加 (我們可以測出其增加量)，當 strain gage 被壓縮時，電阻線直徑變大電阻減小。

如圖 4 所示，我們將安全架固定於 AB 兩點，上方加以一重錘 W，以重錘來打擊安全架，以模擬安全架側翻時所受撞擊的力量。而重錘 W 打擊力量的大小可由 θ 角來算出。

吾人並於安全架之後加一時鐘，以攝影機將撞擊的過程，變形的大小及撞擊的時間記錄下來。一直記

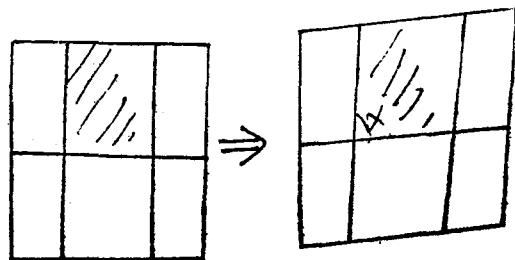


圖 5

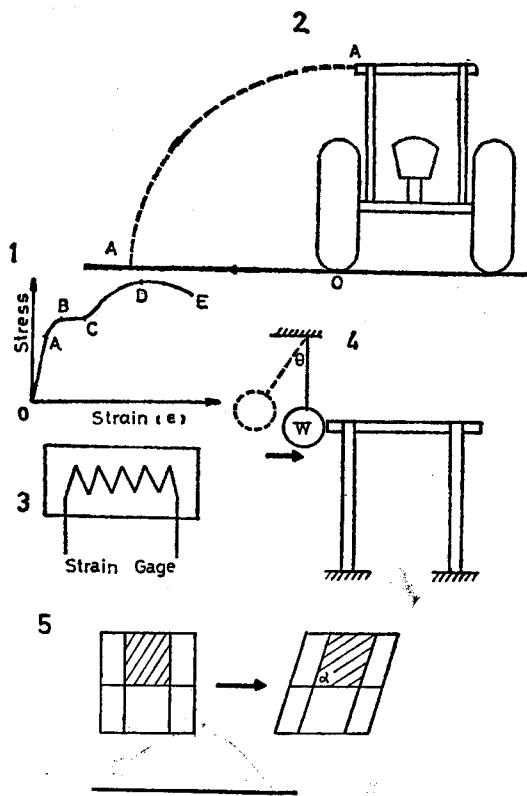
錄到有足夠的力量將安全架打壞為止。因為我們希望安全架能够在曳引機翻倒之後能够使安全架產生塑性變形。

在撞擊過程中（由記錄）我們取得其中最具代表性的一段，至於這最具代表性的一段位於那裏我們尚不知道，因為我們尚未實際去實驗。現在，我們假定這最具代表性的一段位於某處，將這一段分成許多小塊（如圖 5）在撞擊前這些小塊的角度都應該是直角，撞擊後變成銳角（ α ），由角度的大小及對時間的變化量（由攝影記錄可知）可求得當初安全架承受多大的力安全架會永久變形。因為我們不可能將安全架直接裝於曳引機上而讓曳引機去翻覆來撞擊，所以我們只可以由上面的方法求得「某一安全架在多少的力量下會變形」，也就是說「安全架在車子翻倒時能吸收多少能量」，在這範圍內安全架是安全的。

至於測定的方法是：

將 strain gage 貼於我們所要敲擊的安全架上（依垂直方向與水平方向），然後接上一個 Wheatstone bridge 電路，給它一個 400 cycle/sec 的訊號，然後求出電橋對角兩點的應變電壓差，由電壓差可求出安全架所承受力之大小。

以上為我向各位報告的。謝謝大家。



(六) 座 談 討 論

陸增輝技正：（農復會農業資源及森林組技正）

請問所做的衝擊的方向是做側面或後翻的方式？

樂家敏先生：（中興大學農機組助教）

我們這幾個 strain gage 所貼的方式將視實驗的進度後倒與側翻都做。

陸技正：所用的材料是否通常市面上所能買到，品質是否差不多？

樂助教：是的，我們這個安全架是用U型槽鐵所做。規格、材料大約是一致的。

彭珈利教授：（與大農機組教授）

我們打算先印證計算值與測定值之間的關係可靠到什麼程度，材料本身的差距都要以提高安全係數（Safety factor）的方法來增加其可靠性。換言之，我們先要找出計算值的可靠性，再找出材料品質的偏差大小，再利用這兩項資料來決定一個安全係數。這樣設計出來的安全架應當在設計範圍內可靠。

陸技正：因為我看到臺灣的工業產品品質並不很整齊，好好壞壞差很多。所以他們所用的材料品質若不一樣，做出來的安全架看起來差不多，效果可就差多了，如此便失去了我們實驗的效果了。

彭教授：我們想找出一個最好的設計，一個極端是愈大愈粗愈堅固愈好，另一個極端是愈小愈輕愈便宜愈好。但到底在兩者中間那一個是最好呢？我們目前還不敢說。我們若有充分的數據，經過多次的試驗，我們才能決定某種設計在多少或然率下應該沒有問題。

陸技正：我當初想做安全問題的原因是我想到農業機械愈來愈多，一般人仍把精神放於稻作機械上。依我的看法，旱作在面積上是與水田差不多的，而且在經濟的觀點看來，旱作機械機型較大，每年所使用的時間也可以增加，經濟效益比較大。而且我們現在所做的旱作機械將來亦可用到山坡地上去。而且，山坡地作業安全性更要增加，故安全性的研究

是非常必要的。依曳引機而言，大部份的車子輪距是可以調整的。在新化農場內，作業手好像都懶得去將輪距加大，當然他們技術好不會翻車，但我個人却是心驚膽顫。所以曳引機安全問題，第一，輪距要加寬，第二，關於速度的問題，若有警報器我想作業手應該會特別加以注意，第三，關於整地的問題，我們臺灣一向在山坡地整地上都做的不够平整，這也影響農機使用上的安全，不但如此，而且還影響其他農機的作業，如牧草的收割及打包等。我想，農機若有安全架及警報器的裝置，其安全性定會提高很多。在此提出安全問題的研討，是希望引起大家的注意與研究，希望這個工作還會繼續下去。對於 power-take-off, three point linkage 農機修護方面，一切有關於安全性上的問題，大家一起來共同研究，最後出版一本安全手冊，使每個工作人員都能知道。有時候，在講習時，在學校裏都可以講授，提醒農民對安全問題重視與了解。各種農業生產所花的工時做一個完整的調查，如彭教授所正在做的酪農各種操作之工時調查，看那一類工作所花費的時間太多，可考慮以機械方法替代，不待農民提出要求再去做，這機械的製作改良，或引進工作，這樣我們的農機才能做到技術領先的地步。

另一樣事情是，臺灣目前的山坡地，若不經過整理，農機都上不去，又地面不平一定造成翻車，同時也不能操作，這些山坡地都不能從事生產；若要從事生產則必須使用人工、鋤頭，既不經濟又沒效率。所以考慮如何將農機使用到山坡地上，第一個就是安全性。以上是個人的一些感想，在此就教於各農機專家。謝謝！

陳孝祖教授（興大農機組教授）：陸技正的這一番話很重要，上次我們到霧社去，跟仁愛農校的李校長也談過是否能闢一個山地示範農場，將農路修好，水土保持做好，然後才能談到使用農業機械，不然，機械根本上不去，是無法可行的。費，倒是很願意和我們合作。我們不妨去看看，是否能種些什麼的如牧草、柑橘之類的。

陸技正：前一陣子我常跑霧社，那地方的問題是沒有水，很難找到水源。輔導會以前有一個計畫在山谷裏建水庫，但經過土壤調查後，地質不適合，不能建水庫，所以水是個大問題。

周紹賢主任：（省畜產試驗所山坡地系主任）

剛剛談到曳引機翻倒的問題，現在我有一個想法，就是在曳引機後輪或前軸或其他地方加裝兩個如小孩的腳踏車後輪所裝置的一樣。

有山坡地可供經營地約 50 甲。因他們缺乏人員經

劉文德教授：（嘉義農專工程科主任）

曳引機安全可分兩方面來談，一方面安全架在車子倒翻後的問題，一個是如何防止曳引機倒覆的問題。在平地上常常肇車的原因一是開快車，二是由於農路地基鬆軟而崩垮，第三個是在通過田埂上時，尤其 Combine 最易翻車。曳引機由於有 attachment 後翻的情形較少。國內外的情形不太相同，現在我們對這項問題加以研究，我個人是覺得很適合的，除了曳引機翻覆的問題外，attachment（如迴轉犁）的安全性也很重要。

翁金端教授：（屏東農專農機科副教授）

（註）翁先生放映幻燈片，介紹德國的坡地機械。

賴炳燦技正：（山地農牧局農機股股長）

以上所報告的意外事件個案，我們農牧局所佔約半數。因為現在農牧局現所開發的山坡地都在 25° 以上。並且我們所做的皆以山邊溝、聯絡道路為多，推土機於一邊土質鬆軟的地點操作，不小心常造成翻車。所以我們也曾引進一具安全架，但這安全架非常笨重，裝於車上使得曳引機操作造成很大不便。所以我很高興貴系對這問題加以研究，希望以後有一個輕便的安全架，農牧局可以用。我對警報器也很感到興趣，若有警報器警告作業手，我想意外事件一定會少很多。

林德溫技正：（臺糖試驗所農機技正）

在五十二年我在雜誌上看到一種方式可保持機身的平衡（避免翻覆）的設備。他們在四個車輪上加裝調節昇降系統，可使曳引機在坡地上機身保持水平，輪子依地形而傾斜。這與貴系上最近試驗的一台試驗車是同樣一個原理。這也許是避免翻車的一個好方法。（註：指 66 年度黃教授指導本組畢業生試製的坡地行走設備）。

還有安全架方面的問題，我想，在翻覆過程中操作手有被拋出車外之慮。在臺糖公司有多部進口的曳引機座上都有安全帶，但到底是利？是弊？我一直感到不了解，因有時候在翻覆過程中有 2~3 秒的緩衝時間，作業手大可以利用這時間跳離車輛的。

另外，為防止曳引機所裝之 attachment 過重，而致車輛後翻，我們可依坡度的大小來加上適當的「前重」來平衡車身，不使曳引機有前頭上揚過高的機會。雖然，前重的增加是浪費動力，但却大大的有助於曳引機的安全，我想應是值得的。

鄭俊哲先生：（畜產試驗所農機技士）

「安全」最主要的問題除在機械本身外，作業手的訓練教育也很重要，培養他們對作業安全的觀念與知識，提高警覺。我想人員訓練也是很重要的。

李夢熊先生：（畜產試驗所農機技士）

我們在坡地上剪草時，因為草很高，看不清地形，常會造成程度不等的翻車，翻車後將車子扶正却是一項大問題，費時費工，若車子能够加裝一裝備使曳引機或推土機在翻覆情形不嚴重的情況下，皆可利用本身的動力來扶正，這對農民有莫大的便利。

尤修德技士：（畜產試驗所山坡地系技士）

根據我的經驗，曳引機將後輪放寬可增加它的安全性，推土機在爬坡時，推土板一定要放低。還有前頭加重也是很必要的。

游春仲先生：（山地農牧局技士）

我希望貴系以後能對這個問題多加研究，我們農牧

局所使用的機械皆是重機械，最小 40 馬力，在坡地上作業，前翻後翻幾乎沒有發生過（因為我們是沿等高線作業），多半是側翻，所以希望以後專門研究一種使用於「重機械側翻」的警報器及安全架之類的安全裝置。還有，我也希望成立一個「坡地農機安全資料中心」做為以後我們研究、發展、推廣坡地農機的參考資料，資料缺乏是我們農牧局在推廣坡地農機時常遇到的困難。不知，陳教授能不能帶頭，由我們幾個單位來一起合作，做一個研究，不知大家是否有同感。

陳教授：

大家在一起如此熱心討論這個坡地農機安全問題，收穫良多，唯為時間所限，不得不先宣佈這個座談會的結束。坡地安全問題在今天大家一起座談以後，總算是正式的受到大家的一致重視。興大農機組在這個問題的研究上也是剛剛起步，希望在大家的努力之下，這一個重要的問題，今後更能逐漸得到解決。希望我們能够在有關單位贊助之下，不久的將來又能聚在一起，大家更進一步的提出自己的工作報告，也更深一層的互相交換意見，謝謝大家！

（上接第 64 頁）

灌溉管理上之應用。

日人有向開渠丟棄雜物之不良習慣（國人亦然），此舉給水利管理單位帶來莫大困擾，甚至危害到灌溉系統之操作營運。在日本大型之開渠則設置攔污柵配合機械設備將雜物清除，管路因多用於噴灌系統，除塵器多為廠商之專利品，且用得很多。

7. 系統觀念與方法在灌溉工程上之應用。日本是工業強國，系統分析（Systems analysis）之方法應用得很多。水利工程亦不例外。如三菱礦業水泥株式會社特成立一專門研究分析各種灌溉及工業器材之特性，代客戶設計各種水庫管理，灌排水操作系統，使器材及系統發揮最佳之效用。如遠測針（Telemeter system）使用於洪水預報，排水系統之操作；電磁閥（Magnetic valve）之應用於噴灌自動灌溉系統

等均為系統分析觀念與方法之使用。

8. Tank model 在估算河川枯水流量與水收支方法之應用。Tank model 為日人菅原正巳博士所提倡之流出計算解析法。將之用於估算一流域之枯水流量，配合以電腦之使用，很方便。弘前大學大塚教授更將之使用於水收支分析，效果很佳，很值得在臺灣推廣使用。

四、後 語

最後筆者僅以萬分之敬意感謝農復會顧問兼水利工程組組長章元義先生之大力推薦與農復會之同意，使筆者有此機會到日本研習日本目前之農業水利狀況，學習到各種智識，增加很多見識，受益良多。