

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別：進修)

ASC-TRT-02-02-001

# 參加美國國際安全教育中心 「航機墜毀生還因素調查訓練」 報告

服務機關：行政院飛航安全委員會  
人員職稱：調查官、工程師  
姓名：方粵強、林沛達  
出國地區：美國亞利桑那州鳳凰城  
出國期間：民國九十一年元月二十八日至二月八日  
報告日期：民國九十一年三月八日

行政院及所屬各機關出國報告提要

系統識別號

出國報告名稱：參加美國國際安全教育中心「航機墜毀生還因素調查訓練」報告

頁數 64 頁含附件：是 F

出國計畫主辦機關：行政院飛航安全委員會

聯絡人：鄧嵐嵐

電話：(02) 2547-5200ex.175

出國人員姓名：方粵強、林沛達

職稱：調查官、工程師

服務機關：行政院飛航安全委員會

單位：調查組

電話：(02) 2547-5200ex.164、153

出國類別： 1 考察 2 進修 \*3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：民國九十一年元月二十八日至二月八日

出國地區：美國 鳳凰城

報告日期：民國九十一年三月八日

分類號/目

關鍵詞：基礎物理與動力學 航機墜毀 撞擊 耐毀性 駕駛員 客艙組員 傷亡  
安全範圍 失事、意外事件 生還因素 調查

內容摘要：(二百至三百字)

一、 行政院飛航安全委員會派遣生還因素小組調查人員方調查官粵強及林工程師沛達兩人前往國際間著名之「國際安全教育中心」(International Center for Safety Education) 參加「航機墜毀生還因素調查訓練」基礎課程。現已受訓完畢，並經考試通過獲取頒結訓證書。

二、 課程之目的為增進航機上乘員存活機率，探討航機承受撞擊

時如何保護乘員。調查人員並學習如何著手生還因素之調查、如何評估失事後之傷亡情況及評估航機結構及系統之安全性。

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱: 赴美國國際安全教育中心「航機墜毀生還因素調查訓練」報告

出國計畫主辦機關名稱: 行政院飛航安全委員會

出國人姓名: 方粵強、林沛達

職稱: 調查官、工程師

服務單位: 行政院飛航安全委員會

出國計畫主辦機關審核意見:

1. 依限繳交出報告
2. 格式完整
3. 內容充實完備
4. 建議具參考價值
5. 送本機關參考或研辦
6. 送上級機關參考
7. 退回補正, 原因:
  - (1) 不符原核定出國計畫
  - (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
  - (3) 內容空洞簡略
  - (4) 未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理
  - (5) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔
8. 其他處理意見:

層轉機關審核意見:

同意主辦機關審核意見

全部 部份\_\_\_\_\_ (填寫審核意見編號)

退回補正, 原因: \_\_\_\_\_ (填寫審核意見編號)

其他處理意見:

# 赴美國國際安全教育中心參加「航機墜毀生還因素調查基礎訓練」

## 報告目錄

壹、 目的

貳、 訓練課程與教師

參、 心得

肆、 建議

伍、 附錄

## 壹、目的

過去我國民航失事調查偏重於航、機務、氣象及航管等因素之調查，甚少對生還因素加以詳細深入探討。先進國家對生還因素之調查已行之有年，並透過多項改善建議對減少傷亡已收實效。例如對乘客座椅能承受之 G 值由 9G 要求增為 15G。

有鑑於此，行政院飛航安全委員會(以下簡稱飛安會)在促進我國飛安之具體作業中，亦未敢忽視「生還因素調查」之重要性。今年特選派由生還因素小組之方失事調查官粵強及林工程師沛達前往由美國國家運輸安全委員會（NTSB）推薦之國際安全教育中心(International Center for Safety Education, ICSE)，接受兩週之「航機墜毀生還因素調查」訓練。

## 貳、訓練課程與教師

一、本次所參加之「航機墜毀生還因素調查」密集課程內容及教師陣容詳如附錄（一）。

二、本次課程可分為以下主題：

- （一）『基礎物理及固定翼及旋翼機撞擊動力學』
- （二）『耐撞燃油系統設計』，
- （三）『逃生考量及危險因素』
- （四）『直昇機傷亡案例』
- （五）『醫療分析及傷亡研究-韓航 801 班機在關島失事乘員創傷型態與死因鑑定』
- （六）『人員座椅固定系統及保護設計介紹』
- （七）『航機撞擊與生還因素介紹』
- （八）『航機失事照相技術』
- （九）『耐撞結構設計要項』
- （十）『航空器在生還因素設計之安全評估』實習

茲依個別講師所授分述下：

- （一）『基礎物理及固定翼及旋翼機撞擊動力學』由美國德州

大學教授 Dr. James Turnbow 主講。Dr. Turnbow 雖已

高齡 80，仍中氣十足，諄諄教誨，直至大家明白其自設

之計算原理。訓練全程均坐於最後一排監督師生作息

- (A) 飛航軌跡之速度及加速度及撞擊力量之大小與方向

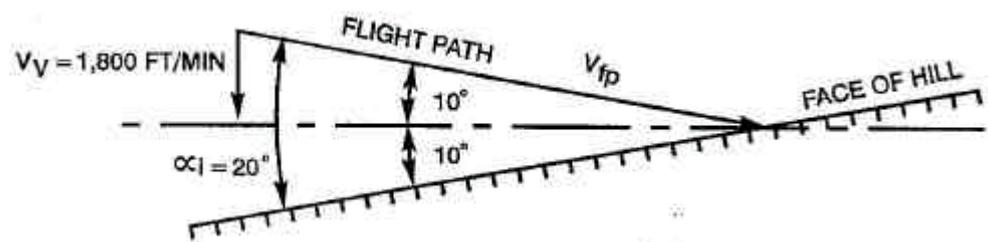
在動力學 (Kinematics) 方面，要求學員必須繪出航機

墜毀前行進之有關角度如 (1) 飛航軌跡, Flight Path

Angle(2) 撞擊角, Impact Angle(3) 地面夾角, Terrain

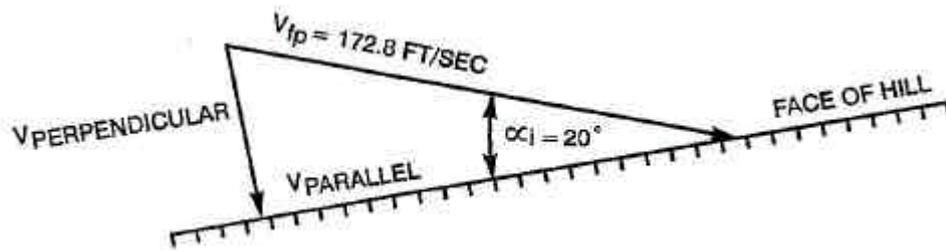
Angle (4) 俯仰角, Pitch Angle (5) 滾轉角, Roll Angle (6) 側偏角, Yaw Angle。在失事現場量測出航機停止行進之距離 (Stopping Distance) 如垂直 (Vertical) 縱向 (Longitudinal) 與橫向 (Lateral) 之止行距離。並量出地面或建物被殘骸撞擊刻出之距離。由以上資料與已獲知之航機垂直下降速度, 可計算出飛航軌跡之速度及加速度及撞擊力量之大小與方向。以下例舉計算題作為代表。

例題：已知航機撞上一 10 度之斜坡, 撞擊夾角為 20 度, 航機下降率為 1800 尺/分。航機在斜坡上滑了 80 尺, 撞出最深坑洞有 1 尺深, 航機結構在垂直方向凹入 1 尺。



- 求解 (1) 飛航速度  $V_{fp}$
- (2) 與山坡呈平行及垂直之加速  $G$  力
- (3) 衝撞之合力大小及方向

解：



$$(1) V_{fp} = V_v / \sin 10^\circ$$

因  $V_v = 1800 \text{ 尺/分} = 30 \text{ 尺/秒}$

故  $V_{fp} = 172.8 \text{ 尺/秒}$

$$(2) V_{parallel} = V_{fp} \cdot \cos 20^\circ = 162.5 \text{ 尺/秒}$$

$$V_{perpendicular} = V_{fp} \cdot \sin 20^\circ = 59.1 \text{ 尺/秒}$$

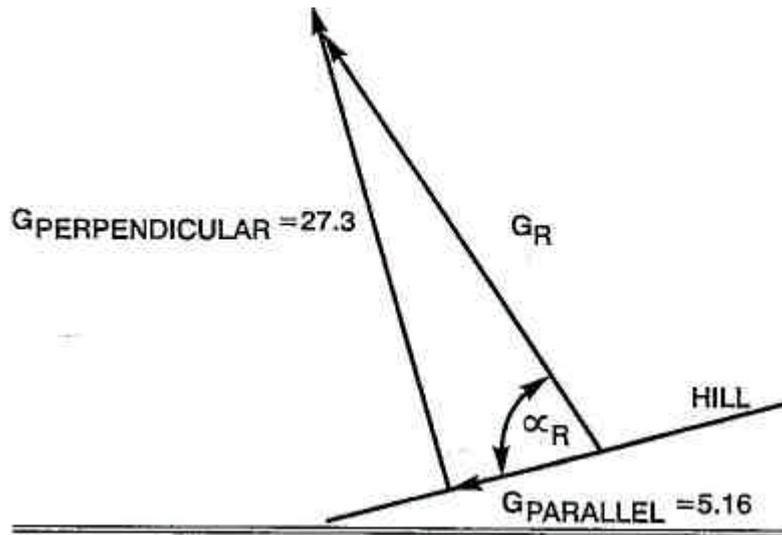
$$S_{parallel} = 80 \text{ 尺}$$

$$S_{perpendicular} = 1 + 1 = 2 \text{ 尺}$$

$$G = V^2 / 2gS$$

$$G_{parallel} = (162.5^2) / (64 \cdot 80) = 5.16g$$

$$G_{vertical} = (59.1^2) / (64 \cdot 2) = 27.3g$$



(1) 因  $G_R^2 =$

$$G_{parallel}^2 + G_{vertical}^2$$

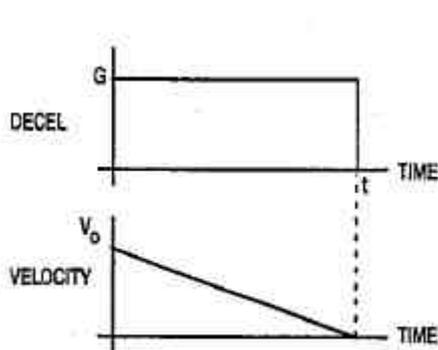
$$G_{Resultant} = 27.8g$$

$$\tan(\alpha) = 27.3/5.16$$

$$\alpha = 79.2^\circ$$

(B) 不同型態之運動方程式-減速方程式  $V_{final} = 0$

I 矩型



時間:

$$t = \frac{V_0}{32.2G}$$

減速:

$$G = \frac{V_0^2}{64.4s}$$

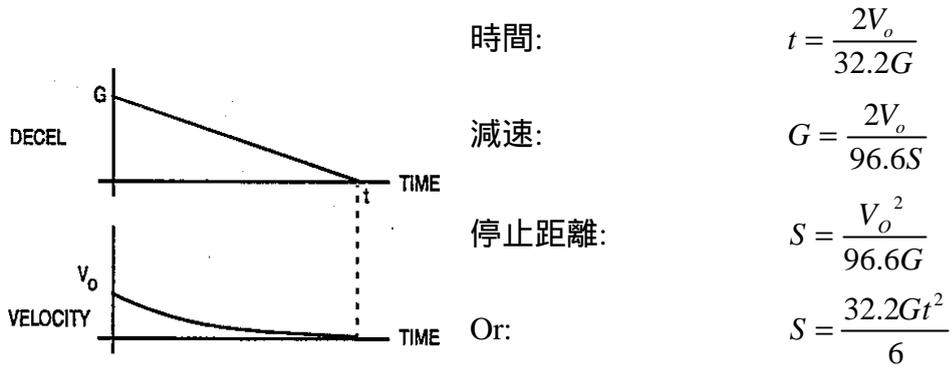
停止距離:

$$S = \frac{V_0^2}{64.4G}$$

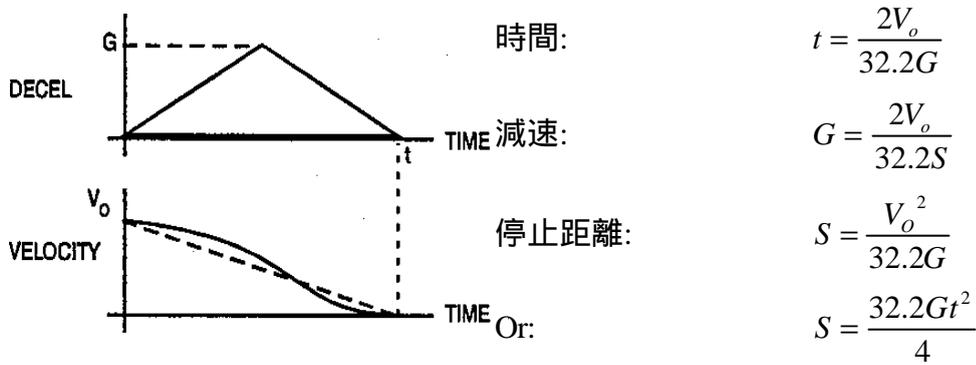
或:

$$S = \frac{32.2Gt^2}{2}$$

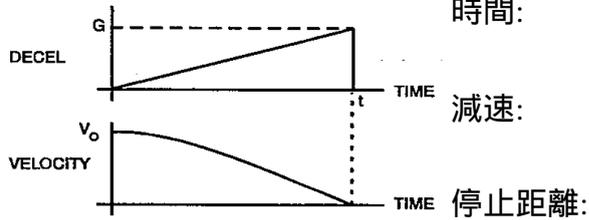
## II 三角 NO.1



## III 三角 NO.2



### IV 三角 NO.3



$$t = \frac{2V_0}{32.2G}$$

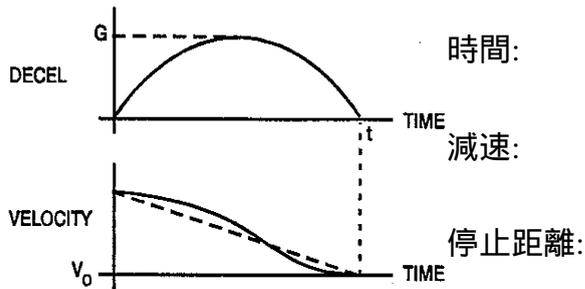
$$G = \frac{4V_0^2}{96.6S}$$

$$S = \frac{V_0^2}{96.6G} = \frac{4}{3} \frac{V_0^2}{gG}$$

Or:

$$S = \frac{32.2Gt^2}{3}$$

### V 半正弦



$$t = \frac{1.57V_0}{32.2G}$$

$$G = \frac{0.7854V_0^2}{32.2S}$$

$$S = \frac{0.7854V_0^2}{32.2G}$$

Or:

$$S = \frac{32.2Gt^2}{3.14}$$

下圖顯示五種型態之加速度-速度-距離關係

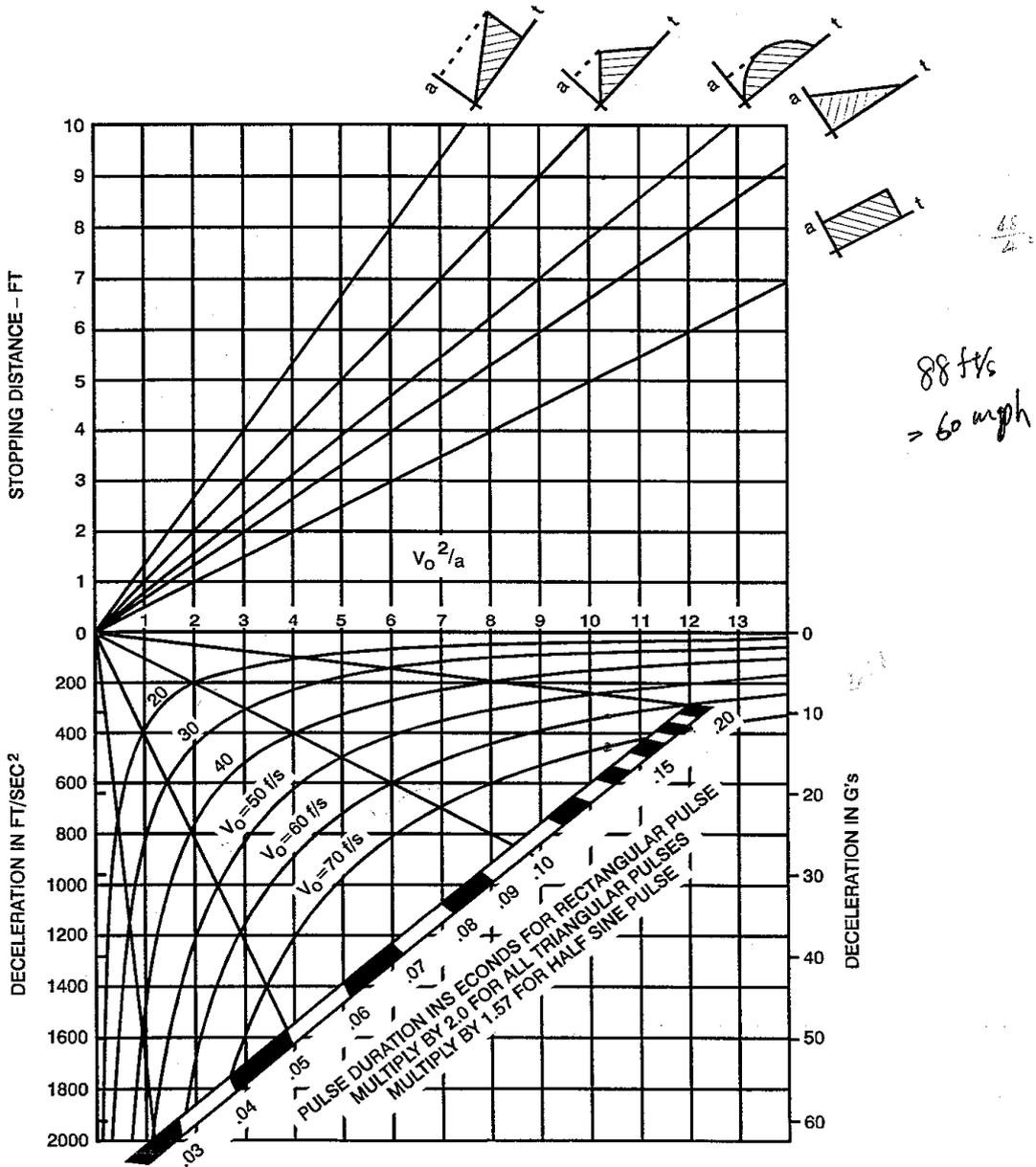
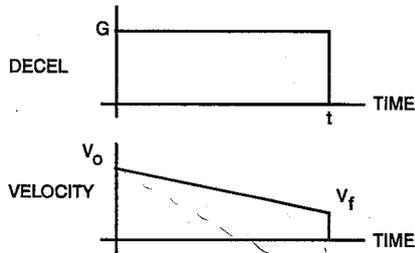


Figure I.  
Deceleration-Velocity-Distance for Five Pulse Shapes.

## 不同型態之運動方程式-減速方程式 $V_f = 0$

### I. 矩型



時間:

$$t = \frac{V_0 - V_f}{32.2G}$$

減速:

$$G = \frac{V_0^2 - V_f^2}{64.4S}$$

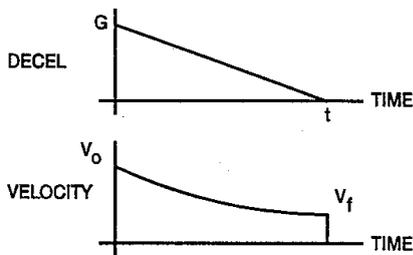
停止距離:

$$S = \frac{V_0^2 - V_f^2}{64.4G}$$

Or:

$$S = V_0 t - \frac{32.2Gt^2}{2}$$

### II. 三角型 NO.1



時間:

$$t = \frac{2(V_0 - V_f)}{32.2G}$$

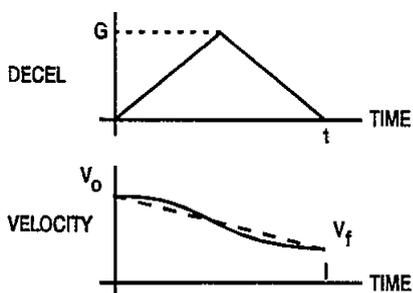
減速:  $G = \frac{2V_0^2 + 2V_0V_f - 4V_f^2}{96.6S}$

停止距離:  $S = \frac{2V_0^2 + 2V_0V_f - 4V_f^2}{32.2G}$

Or:

$$S = V_0 t - \frac{32.2Gt^2}{3}$$

### III. 三角型 NO.2



時間:

$$t = \frac{2(V_0 - V_f)}{32.2G}$$

減速:

$$G = \frac{V_0^2 - V_f^2}{32.2S}$$

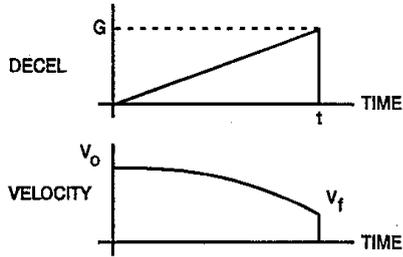
停止距離:

$$S = \frac{V_0^2 - V_f^2}{32.2G}$$

Or:

$$S = V_0 t - \frac{32.2Gt^2}{4}$$

### IV 三角型 NO.3



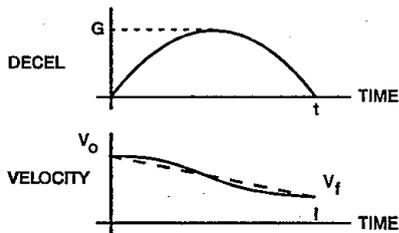
時間: 
$$t = \frac{2(V_0 - V_f)}{32.2G}$$

減速: 
$$G = \frac{4V_0^2 - 2V_0V_f - 2V_f^2}{96.6S}$$

停止距離: 
$$S = \frac{4V_0^2 - 2V_0V_f - 2V_f^2}{96.6G}$$

Or: 
$$S = V_0t - \frac{32.2Gt^2}{6}$$

### V. 半正弦

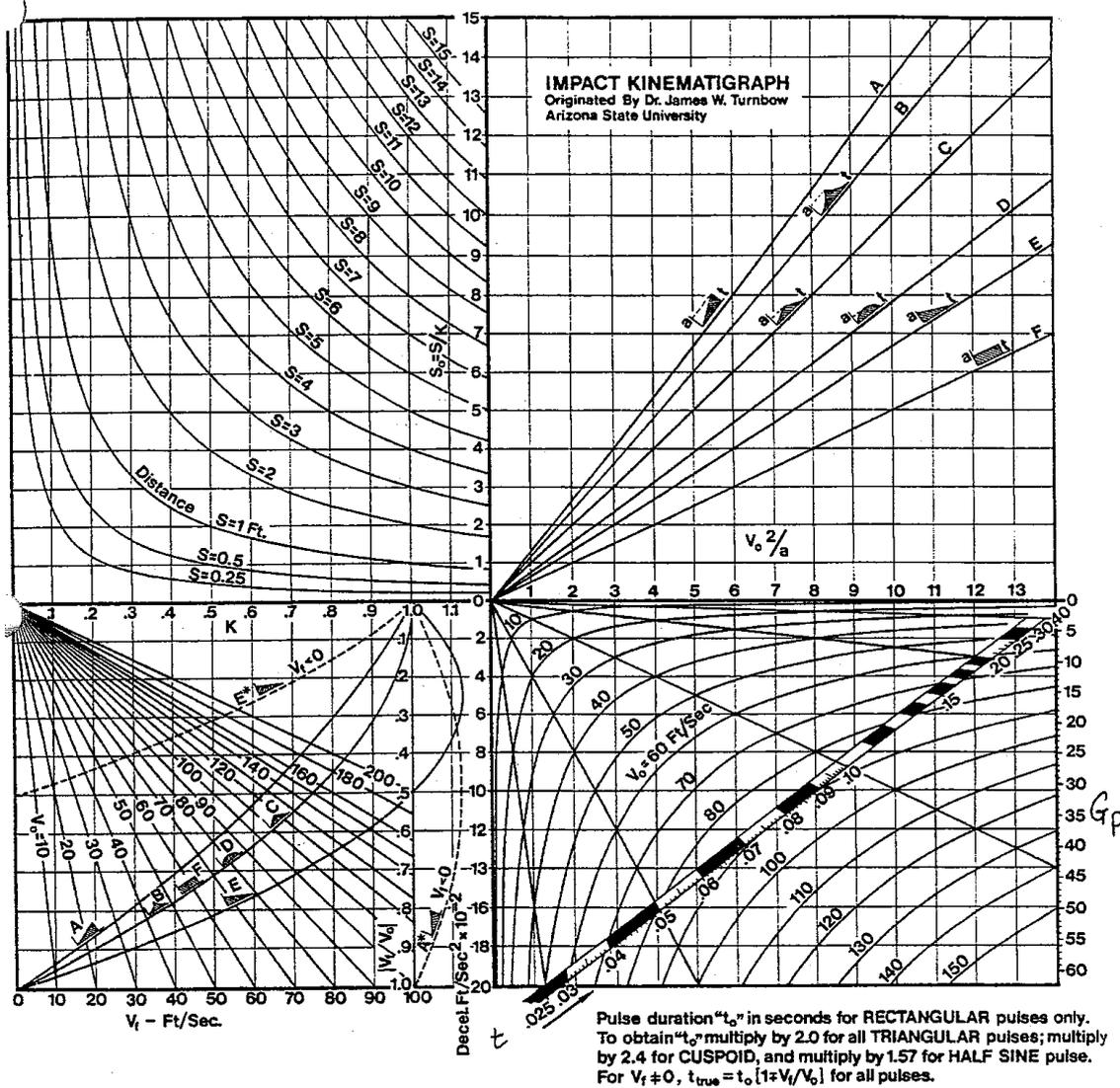


時間: 
$$t = \frac{1.57(V_0 - V_f)}{32.2G}$$

減速: 
$$G = \frac{0.7854[V_0^2 - V_f^2]}{32.2S}$$

停止距離: 
$$G = \frac{0.7854[V_0^2 - V_f^2]}{32.2G}$$

Or: 
$$S = V_0t - \frac{32.2Gt^2}{3.14}$$



$$t_{true} = t_0 [1 + V_i/V_0]$$

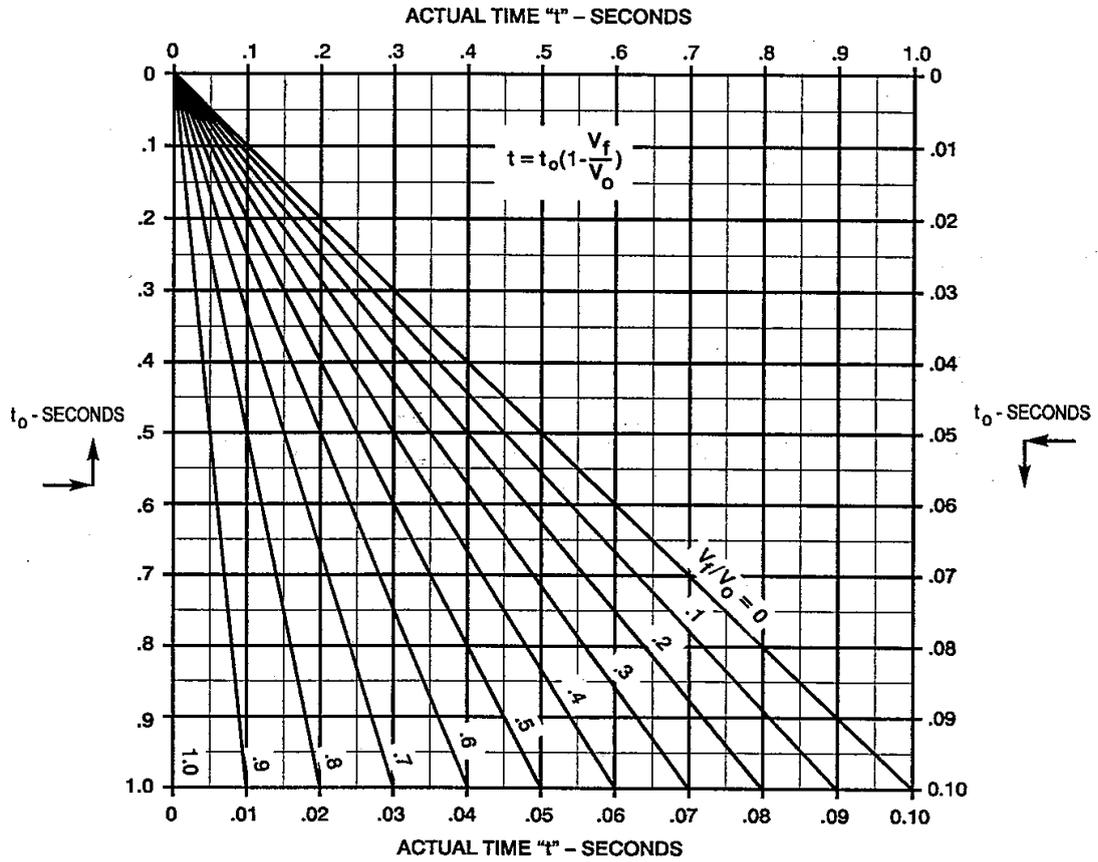
TURNBOW KINEMATIGRAPH



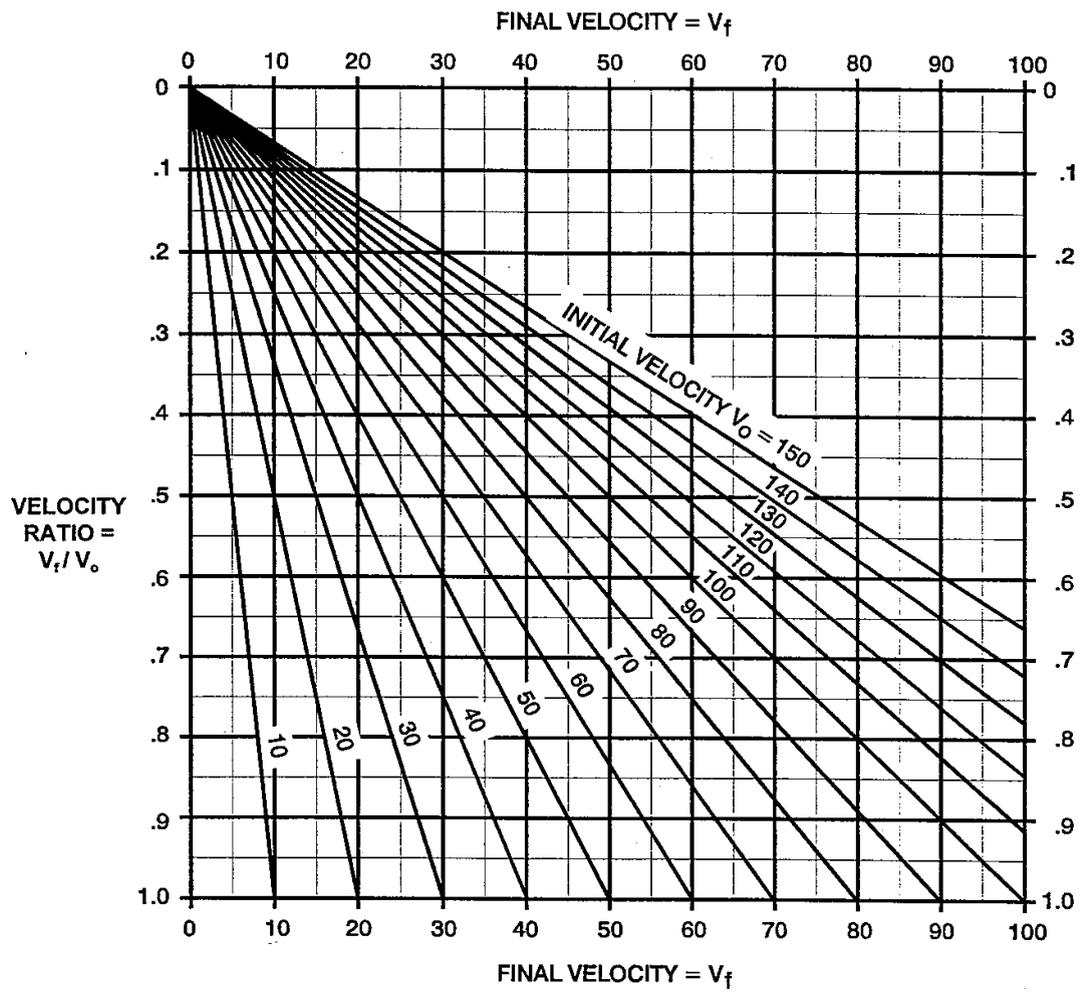
$k = 1.57$  for 半正弦

3. Note: 上述第 2 方程式  $\left[1 - \frac{V_f}{V_o}\right] > 1$  for  $V_f < 0$

4. 使用  $E^*$  及  $A^*$  弧線當  $V_f < 0$



Plot for correcting time " to " to true pulse duration " t " when the velocity at the end of the pulse is not zero ( V<sub>f</sub> ≠ 0 ) .



(D)使用加速-速度-距離圖之例題 FOR THE CASE  $V_f=0$

例題 1

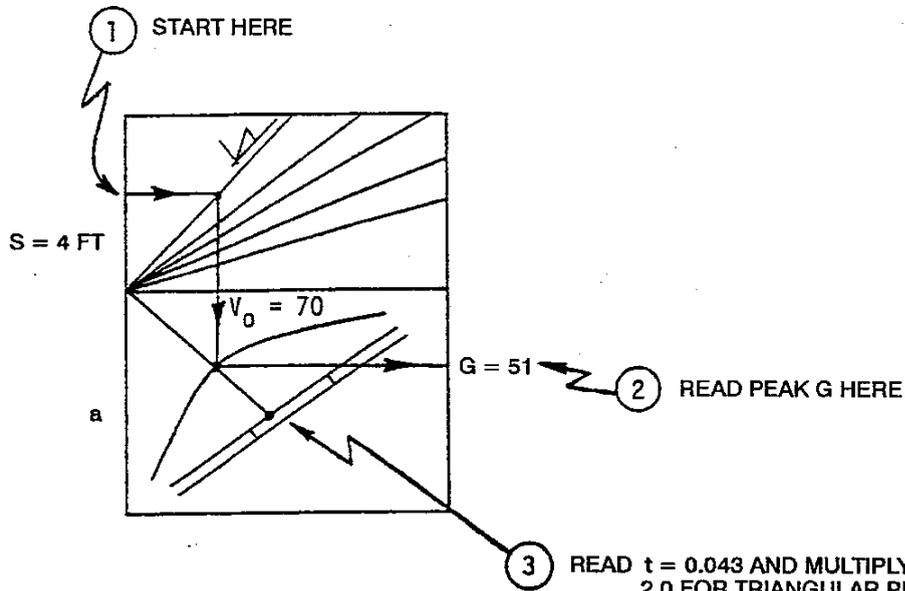
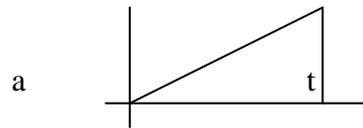
給定:(a) Pulse Shape

(b)  $V_o = 70$  ft/sec

(c)  $S = 4$  ft

求出: 最大 G 值及時間

解答:



THUS PULSE DURATION = 0.086 SEC

Answer

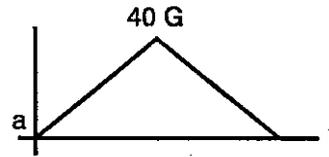
或使用適當之方程式

$$G = \frac{4V_o^2}{96.6S} = \frac{4 \times 70^2}{96.6 \times 4} = \underline{\underline{51G}}$$

$$t = \frac{2V_o}{32.2G} = \frac{2 \times 70}{32.2 \times 51} = \underline{\underline{0.086\text{sec}}}$$

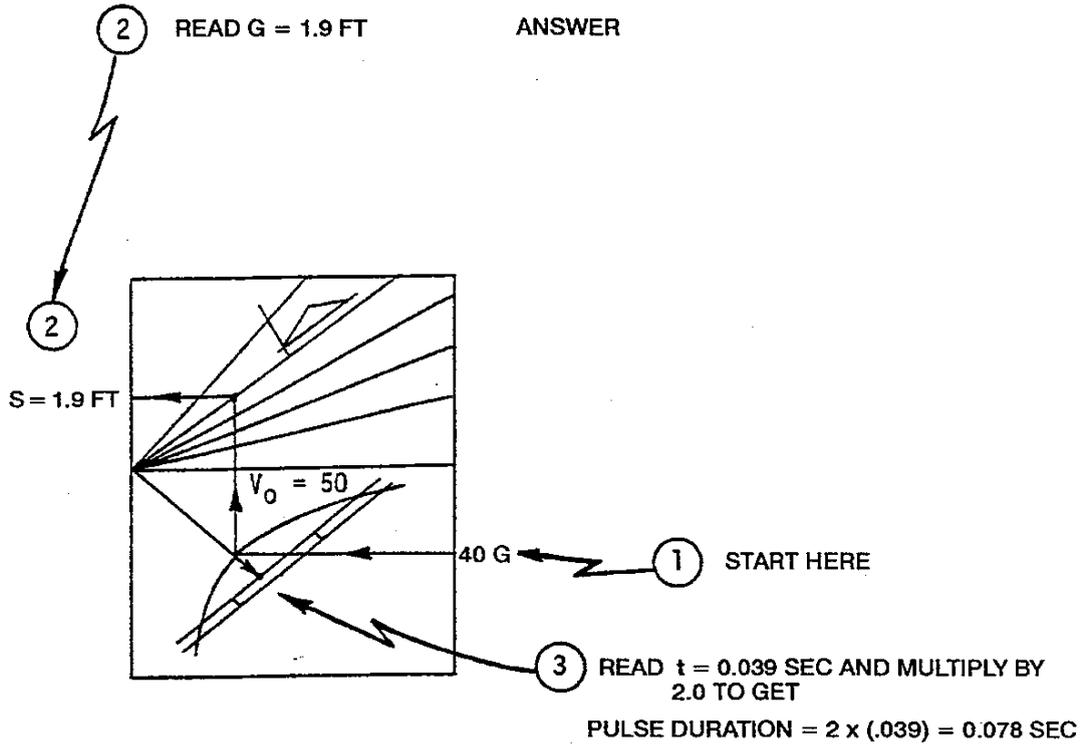
**例題 2**

- 給定:(a) Pulse Shape  
 (b)  $V_o = 50 \text{ ft /sec}$   
 (c)  $G_{\text{peak}} = 40$



求出: 停止距離及時間

解答:



**Answer**

或使用適當之方程式:

$$t = \frac{2V_o}{32.2G} = \frac{2 \times 50}{32.2 \times 40} = \underline{\underline{0.078 \text{ sec}}}$$

$$s = \frac{V_o^2}{32.2G} = \frac{50 \times 50}{32.2 \times 40} = s = \underline{\underline{1.93 \text{ ft}}}$$

### 例題 3

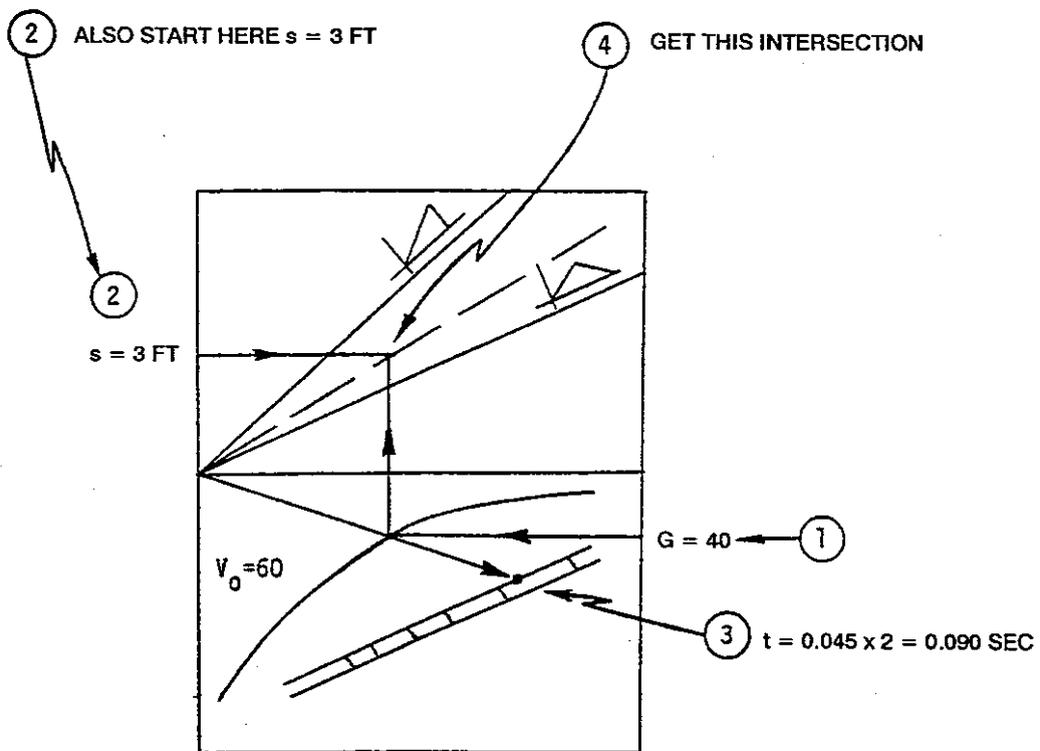
給定:(a)  $V_o = 60$  ft/sec

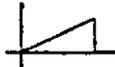
(b)  $V_o = 40$  peak

(c)  $s = 3$  ft

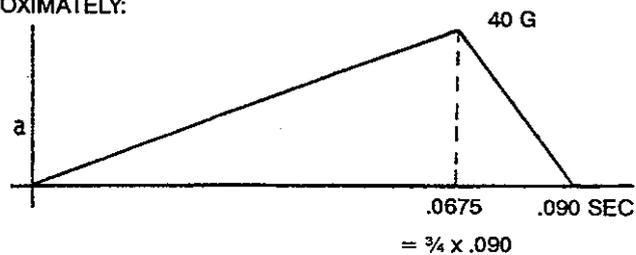
求出: 停止距離及時間

解答:



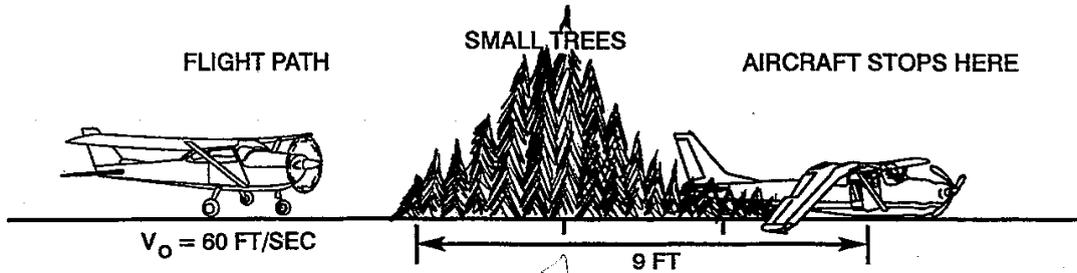
THE PULSE SHAPE IS THEN BETWEEN  AND  OR

APPROXIMATELY:

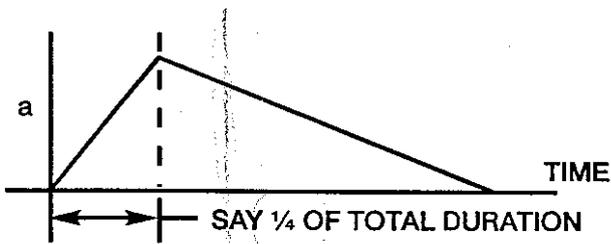


### 例題 4

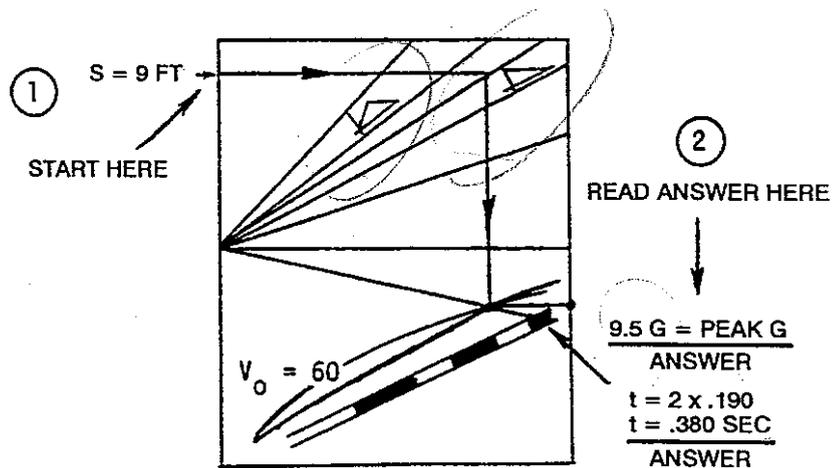
給定： 一架小飛機衝出機場穿過灌木叢迫降



解答： 因為倒坐，我們只可以坐感測。

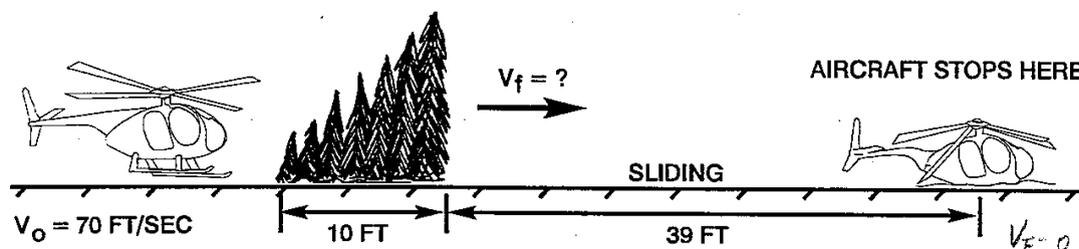


使用表 ( Valid since  $V_f=0$  )



## 例題 5

Given: 一架八千磅直昇機水平穿過樹叢在地上滑過之停止距離為 39 呎



求出: 型態、尖峰 G 值及時間 The pulse shape, peak G, and pulse duration.

因素: 撞擊後最初 10 呎而  $V_f = 0$  我們不能使用表, 需使用方程式。不幸的我們亦不知道最終速度, 需加以計算。

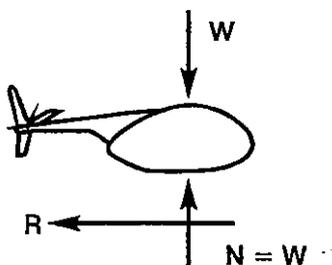
解答: 估計這 39 呎平均摩擦係數  $\mu = 1.00$ .

The average resistance to motion is

$$R^{\#} = \mu N = \mu \times W = 1 \times 8000 = \underline{8000 \text{ lb}}$$

Where: N=Normal Force

W=Weight of

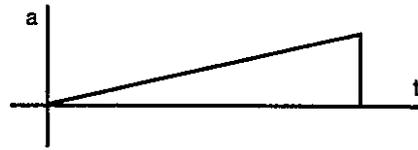


We can now apply Equation 21 of the basic notes to calculate the exit velocity from the trees.

Thus,

$$\begin{aligned} V_f &= \sqrt{2gn\delta} \\ \text{(exit)} \\ &= \sqrt{2 \times 32.2 \times 1 \times 39} \\ &= \sqrt{2500} = 50 \text{ ft/sec} \end{aligned}$$

We now use the appropriate equation for computing G and t for the case in which  $V_f \neq 0$  assuming a pulse shape:



Thus:

$$G = \frac{4V_o^2 - 2V_oV_f - 2V_f^2}{96.6S} = \frac{4 \times (70)^2 - 2(70)(50) - 2(50)^2}{96.6 \times 10 \text{ feet}} = \underline{\underline{G = 7.8}}$$

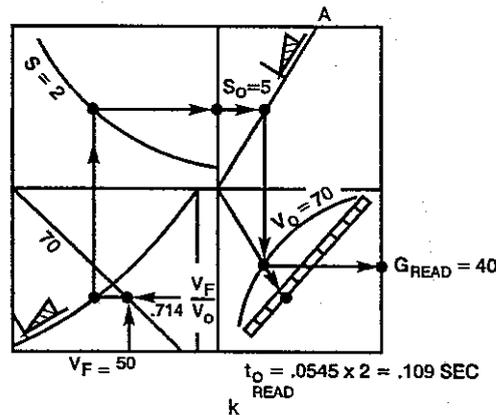
$$t = \frac{2(V_oV_f)}{32.2G} = \frac{2(70 \times 50)}{32.2 \times 7.8} = \underline{\underline{t = 0.16 \text{ sec}}} \quad \underline{\underline{\text{Answer}}}$$

To obtain the graphical solution

Note:  $\frac{V_f}{V_o} = \frac{50}{70} = .714$

Observe:  $S_{\text{True}} = 10\text{ft}$ , and Let:  $S_{\text{read}} = 2\text{ft}$ .

From the kinematograph we have:



Then:

$$G_{\text{True}} = G_{\text{Read}} \times \frac{S_{\text{Read}}}{S_{\text{True}}} = 40 \times \frac{2}{10} = \underline{\underline{GT = 8}}$$

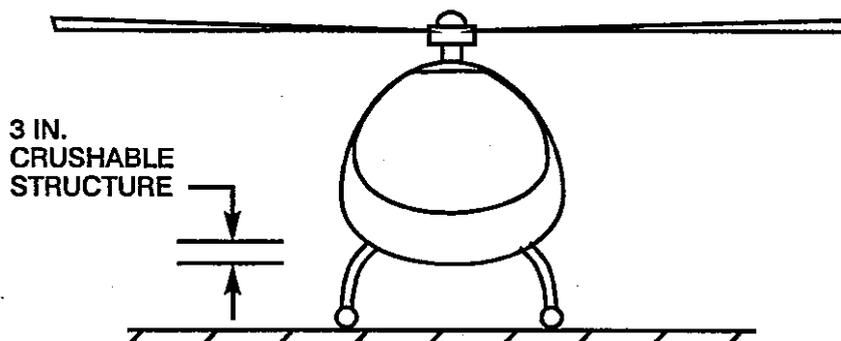
Answer

and:

$$t_{\text{True}} = k t_o \cdot \left[ 1 - \frac{V_f}{V_o} \right] \cdot \frac{S_{\text{True}}}{S_{\text{Read}}} = (.109)(.286) \left( \frac{10}{2} \right) = \underline{\underline{t_T = 0.156}} \quad \underline{\underline{\text{Answer}}}$$

## 例題 6

給定： 一架 3220 pounds 直昇機以 40 ft/sec 掉落在硬質地面。該機有 3 英吋毀壞結構。估計尖峰 G 值及經歷時間。假設起落架設計可承受 10ft/sec or 1.56 feet 靜態掉落。



The energy-absorbing capacity of the gear is:

$$E_a = \frac{1}{2} MV^2 DES = \frac{1}{2} \frac{3,220}{32.2} (10)^2 = 5,000 \text{ ft} / \text{lb}$$

or  $E_a = W_r A / C \times \text{Design Drop } H_r = 3,220(1.56) = 5,000 \text{ ft} / \text{lb}$

At impact (  $V=40 \text{ ft/sec}$  ), the kinetic energy is:

$$KE_{\text{impact}} = \frac{1}{2} MV_1^2 = \frac{1}{2} \frac{3,220}{32.2} (40)^2 = 80,000 \text{ ft} / \text{lb}$$

When the belly contacts the ground the energy is then  $80,000 - 5,000 = 75,000$  pounds, and the velocity of the fuselage is given by:

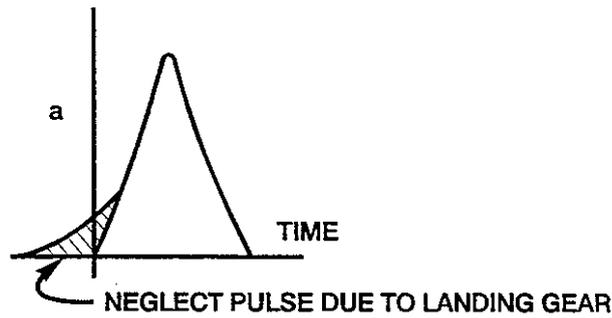
$$\frac{1}{2} MV_F^2 = 75,000$$

$$\text{or } V_F^2 = \frac{2 \times 75,000}{3,220 / 32.2} = 1,500$$

and  $V_F = 38.6$

The landing gear then only reduces the velocity by about 1.4 ft/sec.

Assuming a pulse shape of the type:

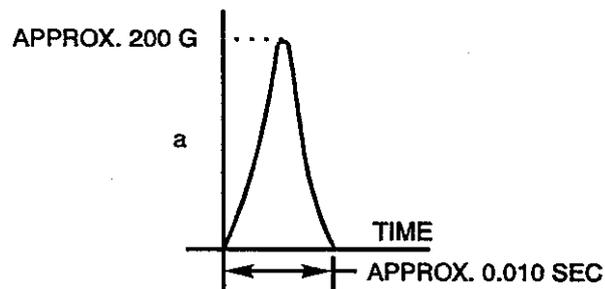


we have:

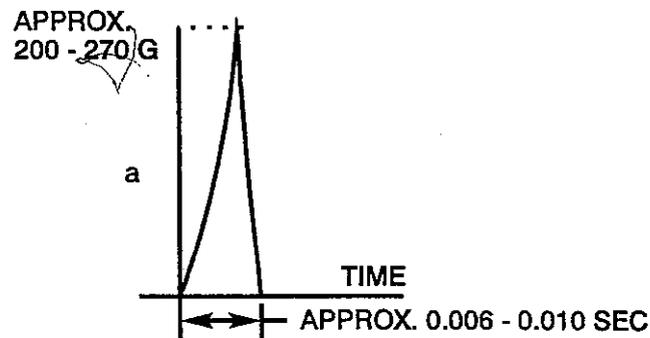
$$G = \frac{V_o^2}{32.2S} = \frac{(38.6)^2}{32.2(3/12)} = 185G$$

$$t = \frac{2V_o}{32.2G} = \frac{2 \times 38.6}{32.2 \times 185} = 0.013 \text{ sec}$$

Actual tests of H-25 helicopters under a drop of 44 ft/sec have given pulses:



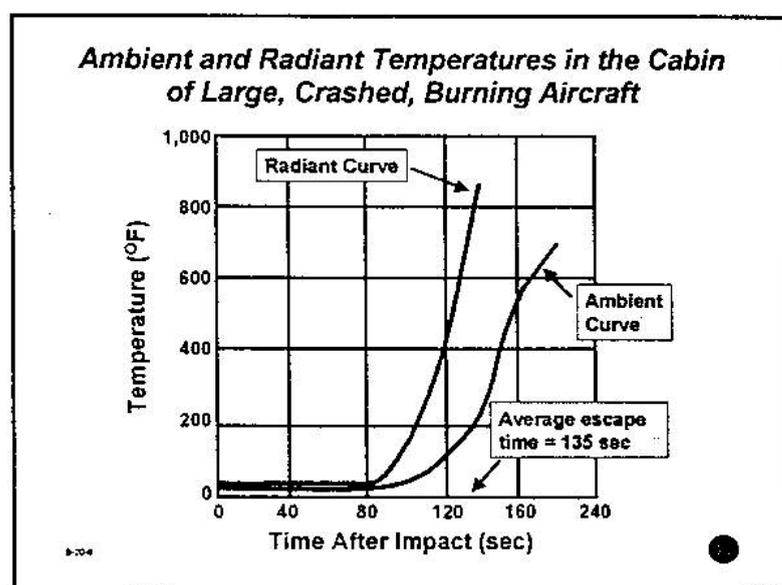
And for H-13's pulses:



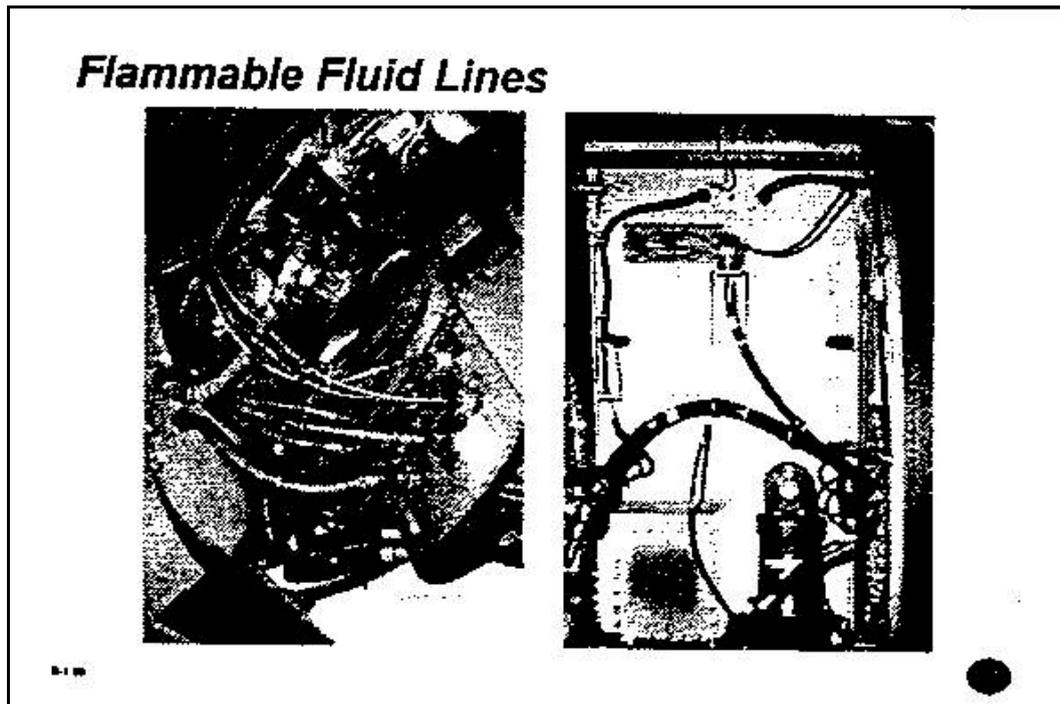
NOTE: The student should solve this problem using the kinematograph.

(二) 『耐撞燃油系統設計』由 Mr. Harry Roberson 講解其多年

之經驗與心得，因撞擊後燃油漏出易引燃起火災，產生如下危險特性：(1) 溫度之快速升高肇致人員燒燙傷 (2) 產生之煙造成呼吸困難或嗆傷 (3) 煙及火阻礙視覺使人迷失方向而影響逃生。故未來必須在油箱油路結構設計上加強考量撞擊後防火之設計。大型客機客艙起火後客艙溫度上升極快，其客艙起火後單位時間內溫度之變化如下圖。



Mr. Roberson 對延緩及抑制火之蔓延有以下見解：(1) 避免或減少漏油-可更改油箱及油管之設計，最好是自封油箱及油管並採用防漏接頭。



(2) 減少點燃之機會 - 更改設計油路使漏油距點火源較遠

(3) 適當將煙、火與人員隔離 - 建立較佳防火牆，否則均影響逃生。

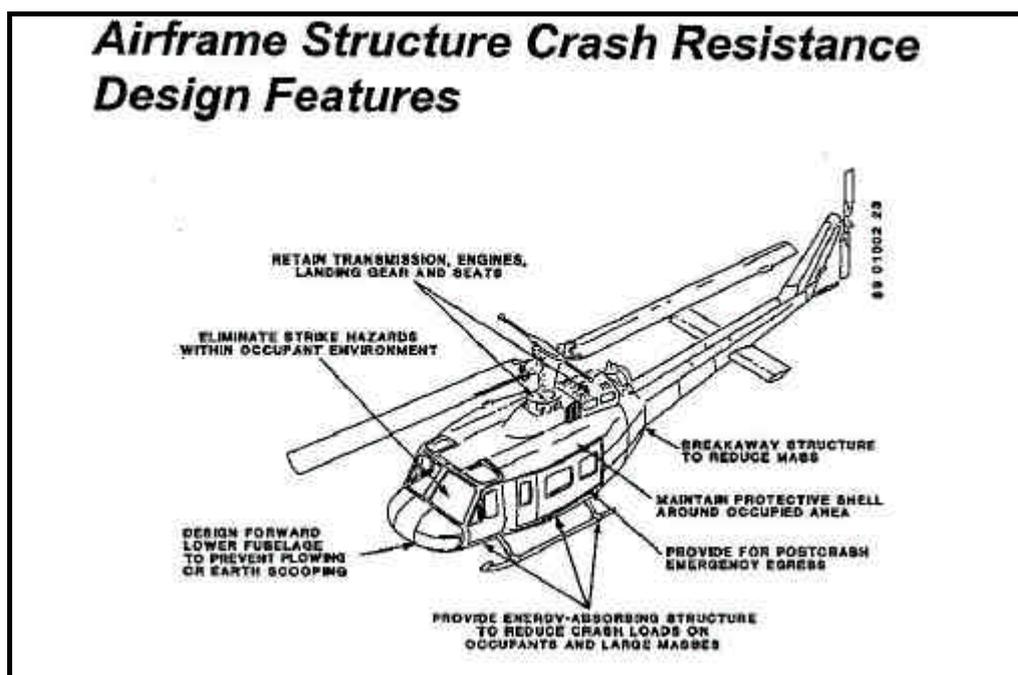
(三) 『逃生考量及危險因素』由原任大陸航空之客艙組員兼教師

Ms.Janna Harkrider 主講，講述 1978 年 3 月 1 日，DC-10-10,C0-603 班機在洛杉磯放棄起飛後起火逃生情況。

Ms.Janna Harkrider 現身說法，特別提到受過專業訓練的客艙組員遭遇緊急情況時，必須提高警覺發揮專業、指導乘客安全逃生，並做最後客艙檢查。而逃生之成功與否與組員表現有關，即是組員之臨場表現 (Crew Performance)，當然這與組員之訓練也有極大關係。

調查人員在訪談生還者時，必須針對以上情況，提出適當問題。

(四)『直昇機傷亡案例』由 Mr. Jack Cress 講解直昇機傷亡之種類以燒燙傷、脊椎骨及身體撞擊受傷為主。



舉例直昇機通常以過大之垂直速度（下降率）肇致意外，雖有起落架承受第一撞擊，再由機身吸收第二波能量，接著由座椅及椅墊承受，如仍吸收不完過大能量，因慣性就會造成人體之傷害，先傷及脊椎。如有適當安全帶之固定，可減少二次傷害機會。是故座椅與安全帶亦是安全設計之重要項目之一。



唯頭部因無安全帶固定之，頭與頸之受傷常無法避免。又一般直昇機墜毀後，常有繼之而起之火燒意外，故燒燙傷甚為常見。

生還因素調查人員在檢查失事航機時，應了解易裝備特性與規格，確認裝備有無發揮其功能。找出造成乘員受傷之原因，作為提出改善建議之參考。專業技術人員若受傷，所浪費之訓練成本若按美國陸軍及民航當局所提，有如下數據供參考。

## Cost of Injuries

### U.S. Army Standards

|                                 | Submarine<br>and/or<br>Flying<br>Officer | Other<br>Officers | Enlisted<br>Personnel,<br>Cadets | Civilian<br>Employees | Youth,<br>Students, and<br>Foreign<br>Nationals |
|---------------------------------|--|-------------------|----------------------------------|-----------------------|---|
| Fatality                        | \$1,100,000                              | \$395,000         | \$125,000<br>270,000(1)          | \$460,000             | \$270,000                                       |
| Permanent Total<br>Disability   | 1,300,000                                | 845,000           | 500,000                          | 385,000               | 390,000   |
| Permanent<br>Partial Disability | 210,000                                  | 145,000           | 115,000                          | 250,000               | 180,000   |
| Lost Time Case                  | 425 days                                 | 425 days          | 375 days                         | 350 days              | 300 days  |

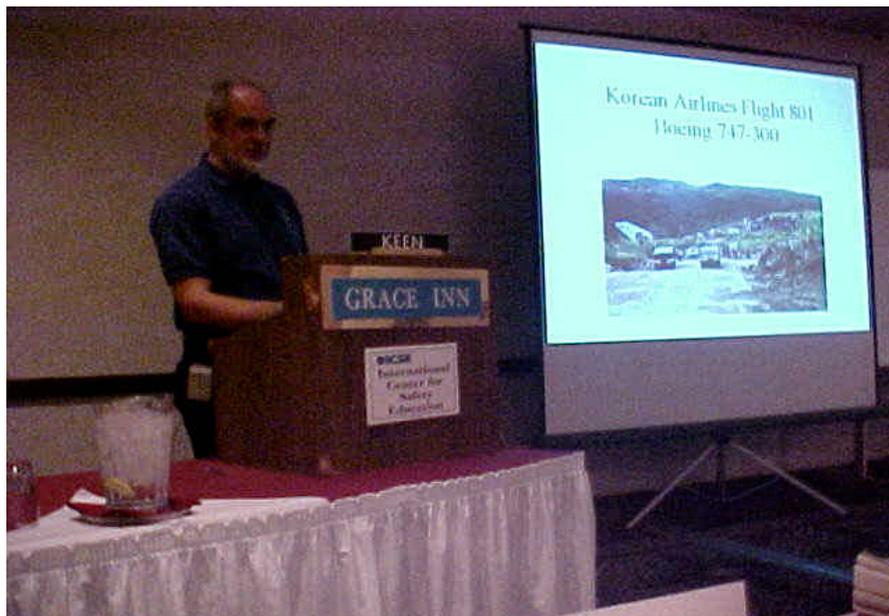
### FAA Standards

|                |             |
|----------------|-------------|
| Fatality       | \$2,700,000 |
| Serious Injury | 500,000     |

(1) Flight crew member fatality.

FAA 18

(五) 『醫療分析及傷亡研究-韓航 801 班機在關島失事乘員創傷型態與死因鑑定』由曾擔任主任驗屍官 (Chief Examiner) 之 Dr.Philip Keen 介紹。



講述該失事班機乘員傷亡之型態大部分為 (1) 脊椎扭傷及骨

折 (2) 多重撞傷及內傷 (3) 燒燙傷 (4) 撞傷及燒燙傷 (5) 頭骨破裂 (6) 四肢骨折。

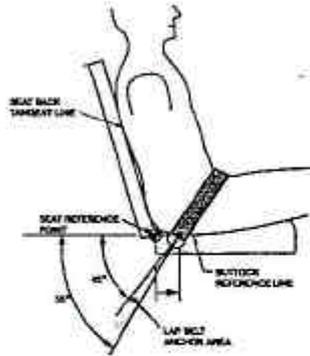
失事後雖立即通知救援，但救難人員不易到達失事現場之山丘。因有大量傷患及遺體必須處理，NTSB 及 FAA 曾動員國內各州醫護人員前往關島協助進行屍體確認與死因鑑定。Dr. Keen 認為 X 光檢驗為確認骨折最好方法之一。對屍體也不免除照 X 光，以確定受創傷是否為死因。另外遺體呼吸器官之檢驗，可協助判斷是否先被嗆死或直接被燒死亡。遺體之辨認除由外型、指紋、胎記、齒記及病理辨認外，尚須由 DNA 鑑定。

(六) 『人員座椅固定系統及保護設計介紹』由 Mr. Stanley Desjardins 主講。

Mr. Desjardins 提出座椅設計之目標為 (1) 舒適 (2) 可調整至適合不同乘員使用 (3) 撞擊時有最少之危險因子 (4) 提供最大操作性能及安全保護性能 (5) 最輕重量及最低之成本。

生還因素調查人員在檢查失事航機時，應了解如何檢查座椅與安全帶，確認其有無發揮應有功能。

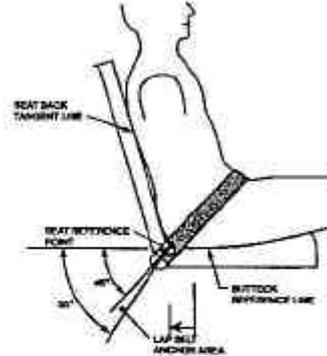
## Effect of Lap Belt Anchor Location



### Forward

- Less chance of submarining
- More pelvic excursion
- Best location for 2-, 3-, and 4-point restraints

3-3-10



### Aft

- Greater chance of submarining
- Less pelvic excursion
- Best location for 5-point and side tie-down restraints



## Types of Belt Restraints



Lap belt  
(2-point)



4-point



3-point



5-point

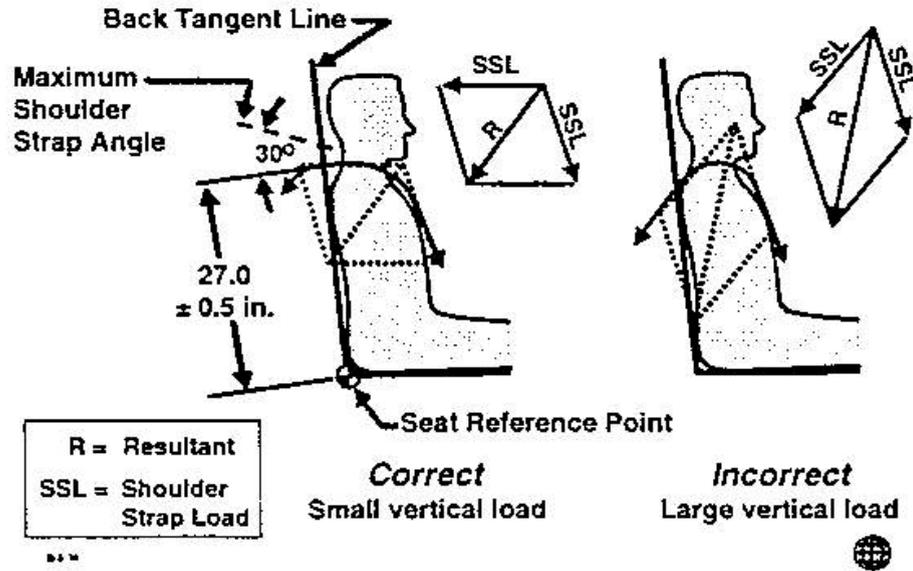


Side  
Tie-down

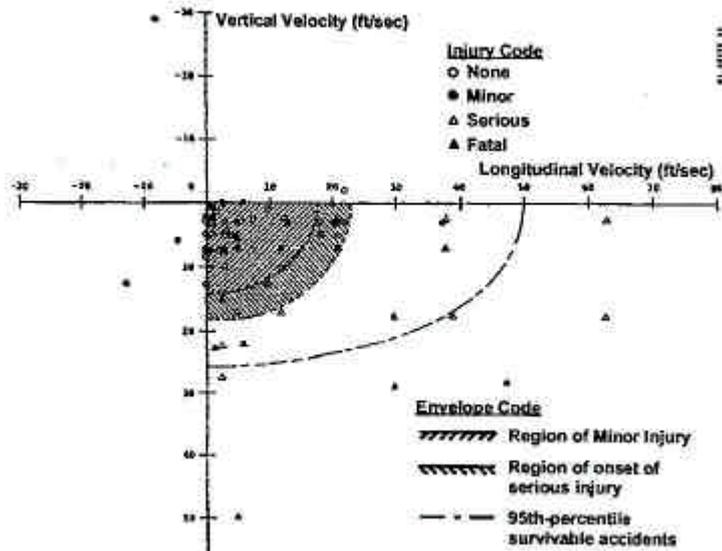
3-3-4

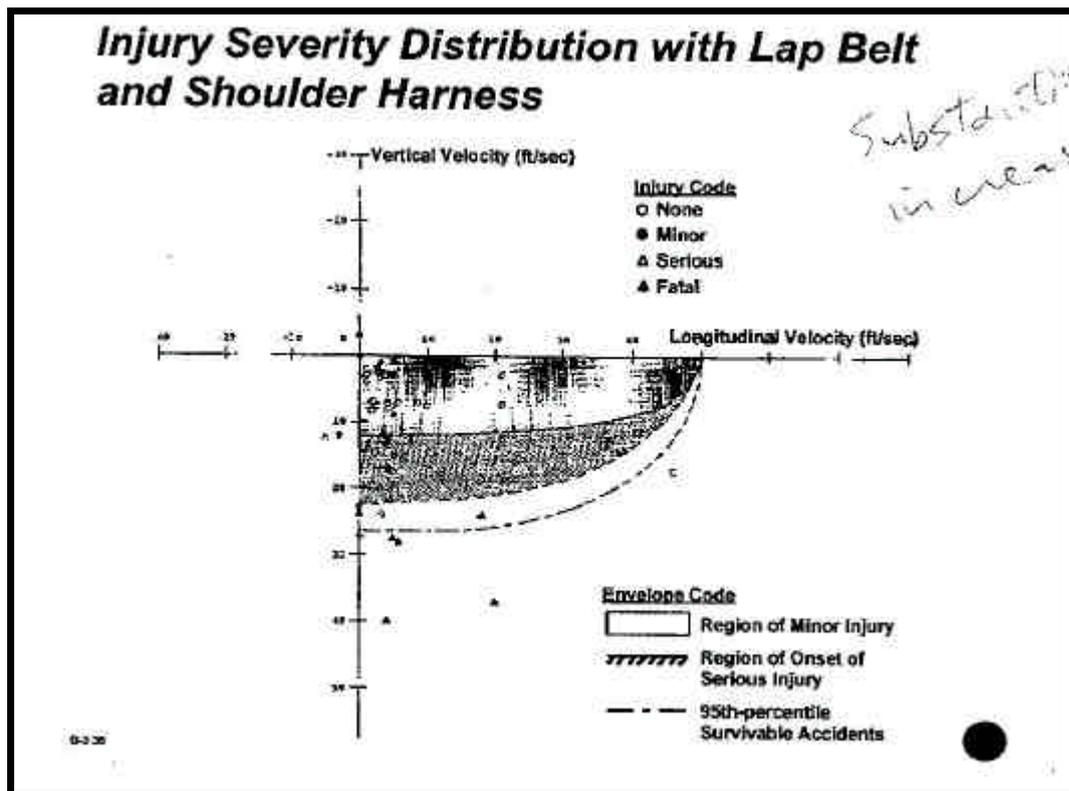


## Shoulder Harness Anchorage Geometry



## Injury Severity Distribution with Lap-Belt-Only Restraint



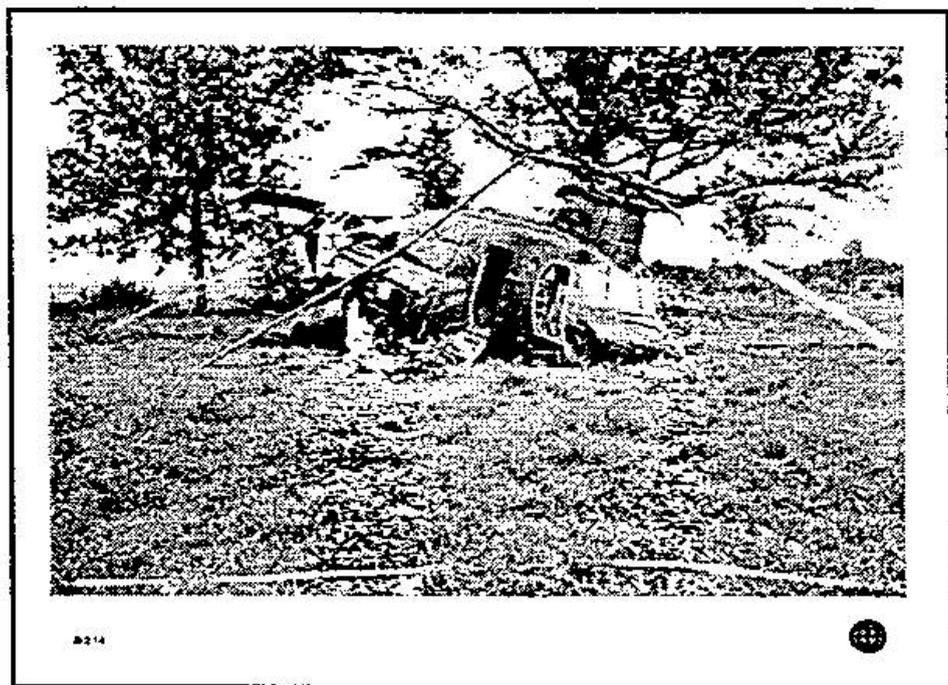


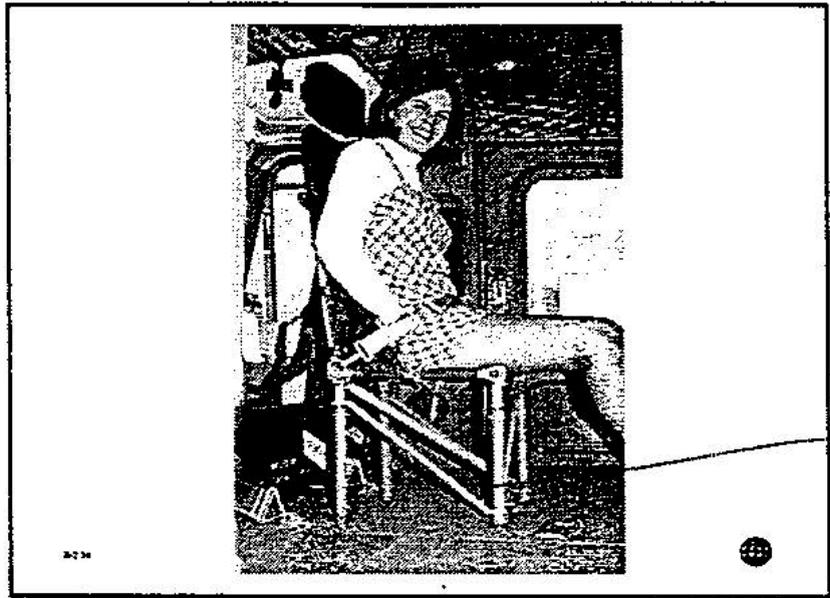
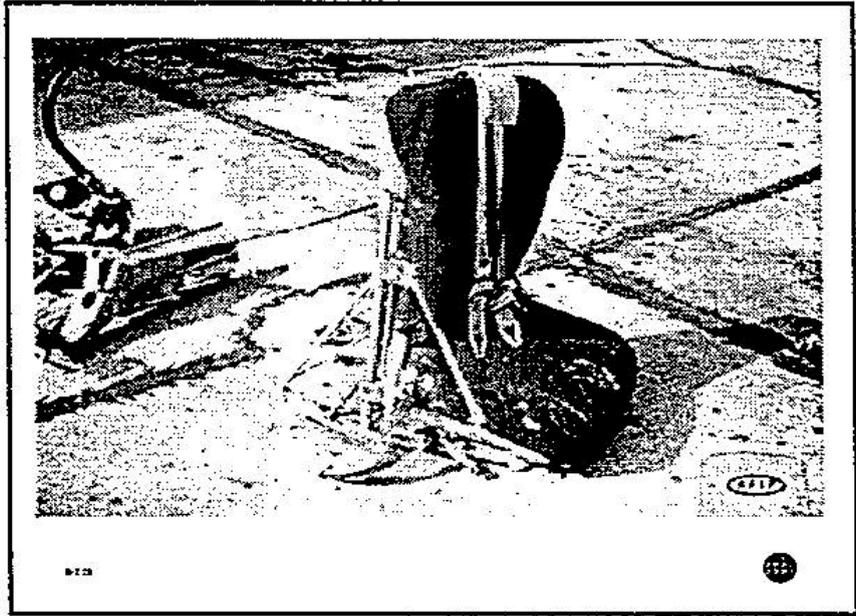
(七) 『航機撞擊與生還因素介紹』由 Dr.Lance C.Labun 主講。主要定義出在一可生還 (Survivable) 之事件裏，航機之基本結構能提供保護乘員生還之能力謂之『耐撞毀性』(Crashworthiness)。

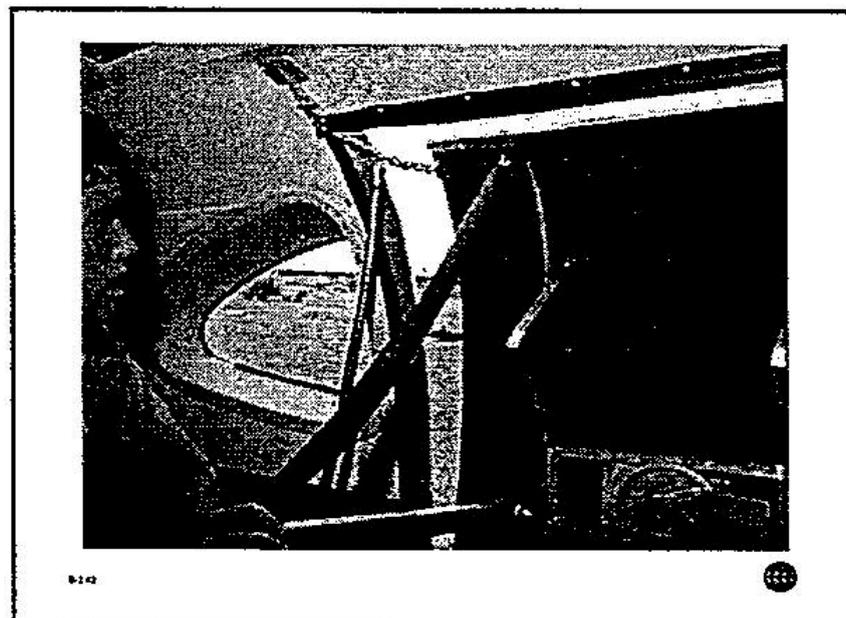
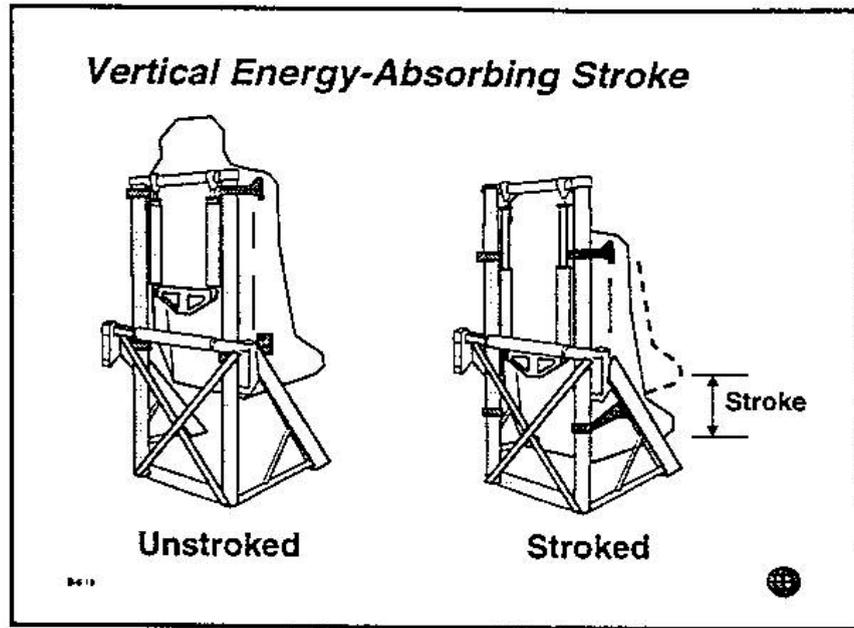
Dr.Labun 指出，把航機之外殼結構視為外層保護包裝 (Container)；而典型之結構損毀一般分為 (1) 單引擎航機因撞擊使引擎朝內縮擠壓機身 (2) 直昇機上方傳動軸或較重組件往下壓毀機身 (3) 機身下方結構承受不住往上頂及座椅上人員。

Dr.Labun 以 CREEP 一字來表達影響生還之硬體設計。即 (C) Container ) (R) Restraint ) (E) Environment )

E (Energy Absorption) P (Post crash Factors) )  
分別以下列各圖說明機身結構、安全帶、周邊環境 (如  
撞擊後舵板機構可能會夾住駕駛員雙腳) 能量之吸收  
(起落架或座椅之減震等) 失事後安全逃生 (如艙門  
設計及燈光警告標示等)。

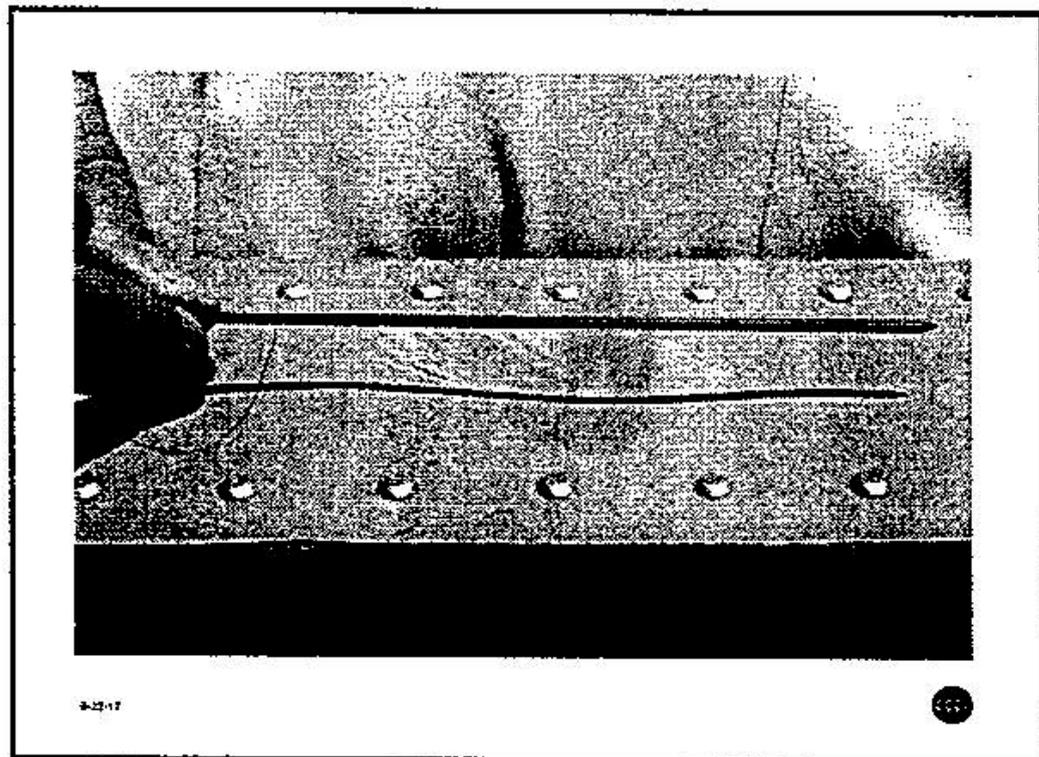
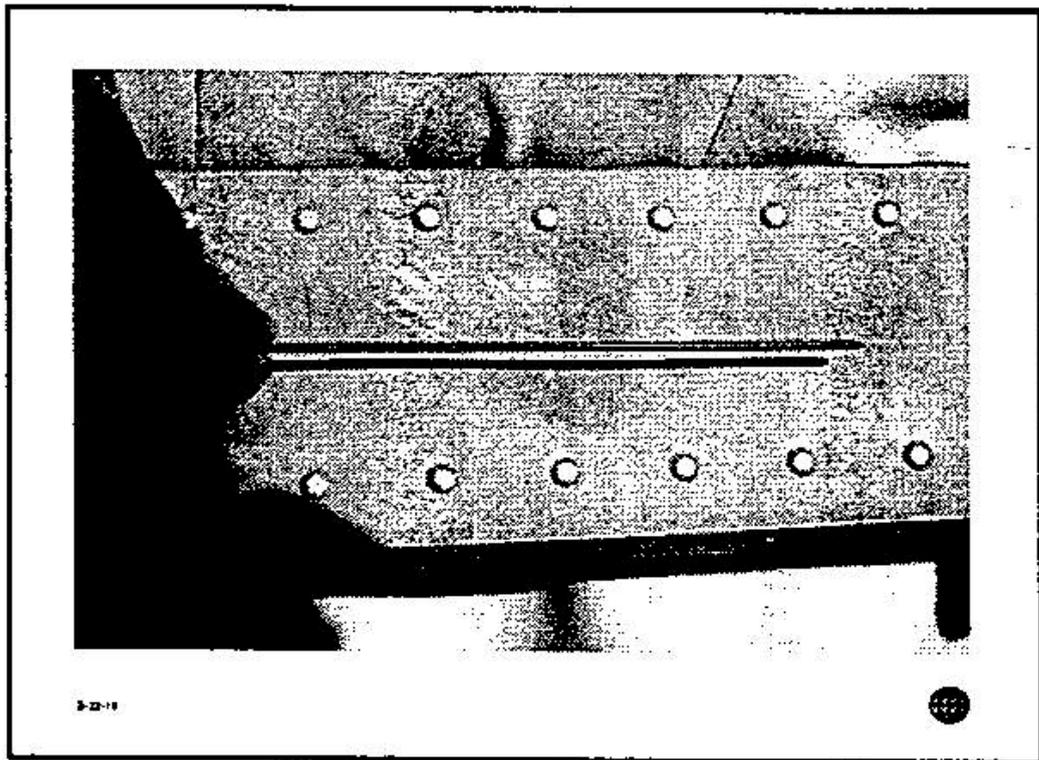






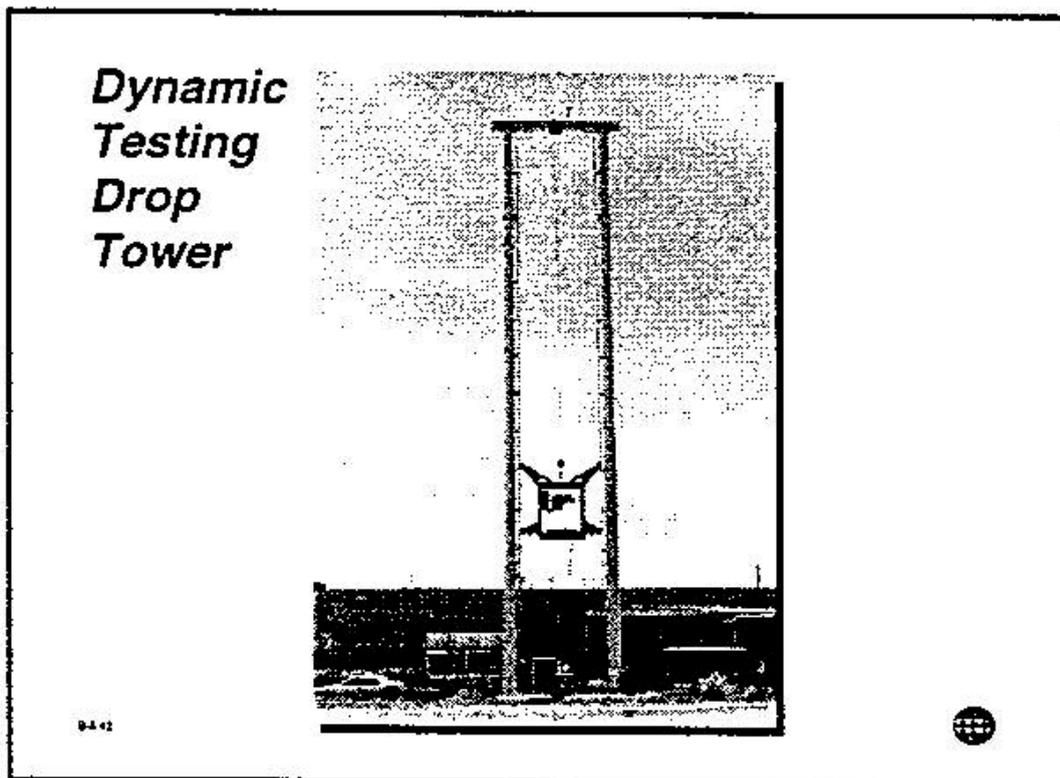
(八)『航機失事照相技術』由 Mr. Harry Roberson 主講。指出照相時應把握以下要點：(1) 注意光線之運用及取景之技巧，使重點能確實表達。(2) 圖旁加

註或附上尺規及參考品以比較大小。(3) 避免閃光燈之反射使物件不清楚。(4) 利用背景可得出黑白分明之物件圖。(5) 多利用空中照相，以得出相關地形地物之參考。(6) 利用環場 360 度之照片取得不同角度之殘骸損壞情況資料。(7) 機身外殼之變形，可利用一直棒之陰影效果，經適當之取鏡角度顯示出來。如下方第一圖所示，取鏡角度太垂直於被照物件較不易看出有異狀，但第二圖改變取鏡角度透過陰影效果則明顯看出變形。

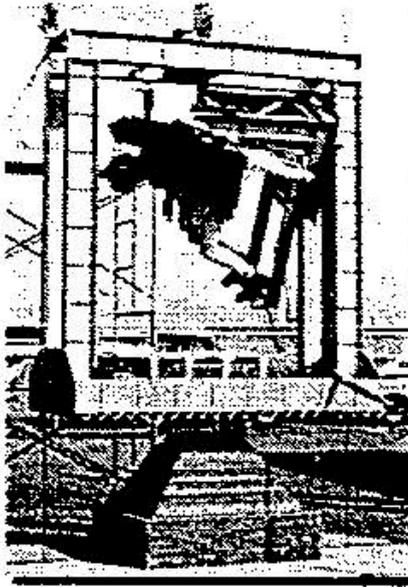


(九)『耐撞結構設計要項』由 Mr. Joseph Coltman 講解航機抵抗撞擊之結構設計與安全範圍。

其基本觀念在考量設計航機結構時，如何將乘員安全包裝在內，使在遭遇意外時，可承受相當之撞擊力。而設計成本又要能合乎實際經濟效益。換句話說，其設計條件為在成本考量下，航機承受撞擊時能將人員及航機之損傷減至最低。



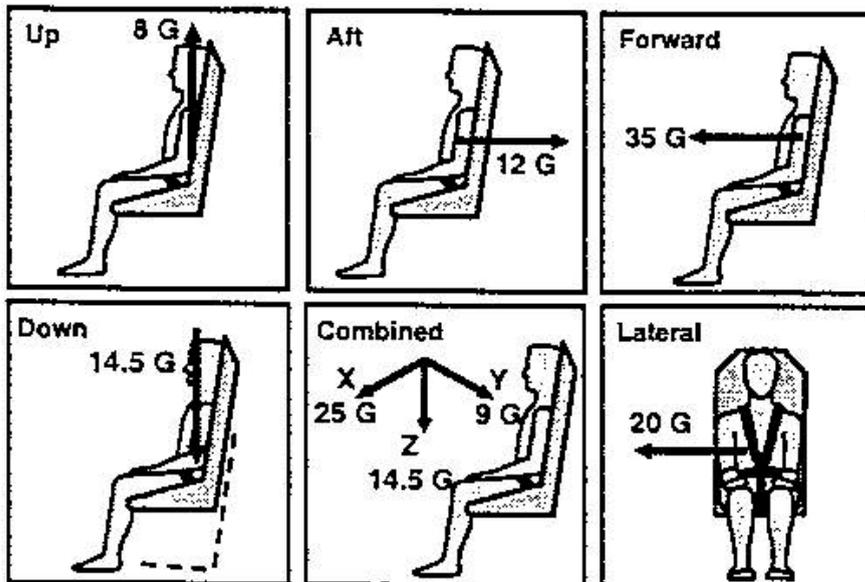
**Example of  
Setup for  
Test # 2**



24-13



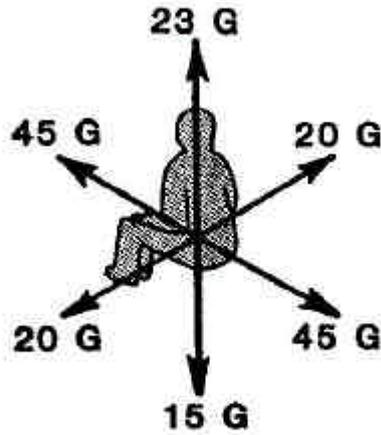
**Load Factors for Static Tests**



24-14



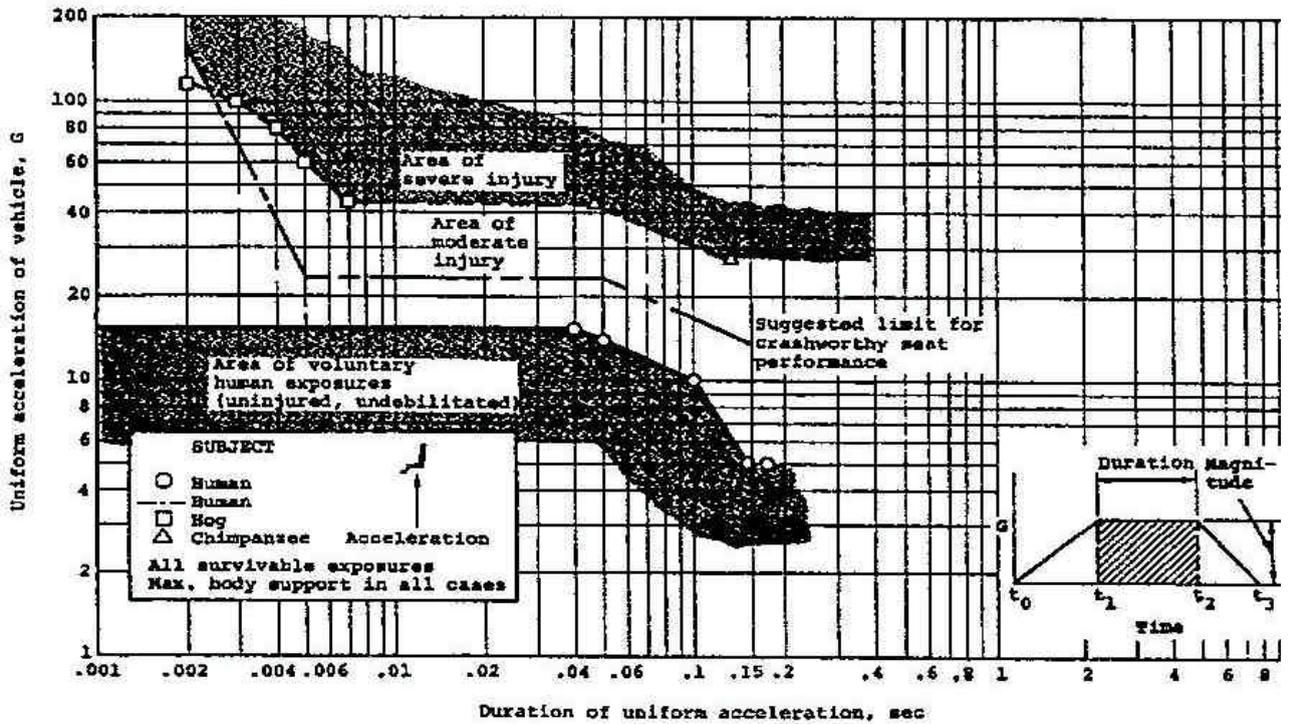
# Human Tolerance to Acceleration



**HUMAN TOLERANCE  
LIMITS TO ACCELERATION**  
(0.1 sec duration, full  
restraint, ref TR79-22)

B-3 18

# Human Tolerance to Acceleration



B-3 18

(十)『航空器在生還因素設計之安全評估實習』由學員分組前往附近小機場，針對所指定之機型進行安全評估。本會同人所參加之小組完成 Piper 28 Cherokee180 四人座單引擎飛機之安全評估專題報告。詳如附錄(四)。

## 參、心得

一、本次訓練課程規劃完整，由事件之定義，到進行調查分析而至提出改善建議均納入在內。課程中雖有案例分析之實務演練，也由學員上台說明如何進行分析，提出分析方向導出結果，惜教師之經驗以直升機或中小型航機為主，缺少大型民航機之實務講解。

二、該訓練在每週課程告一段落後即有鑑定考試，雖採可參考書籍式(Open Book)，但學員若不了解個中精義，將有困難通過考試獲頒證書。本會受訓人員英文聽力雖不及美加籍學員，但基礎物理及力學等能力較優，始能順利通過鑑定取得結訓證書，(如附錄二)。

三、參加此一課程之學員除本會人員尚有來自美國、加拿大之軍、民航與飛安工作人員共 27 人(如附錄三)。專長包括航空大學飛安教授、固定翼與直昇機駕駛員、美國運輸安全委員會

(NTSB)調查員、美國內政部 (DOI) 航空安全調查員、飛機座椅製造公司工程師與美國陸、海、空軍及海岸防衛隊安全指揮系統中心的安全官。美加籍學員咸認參加此項訓練為擔任調查及飛安人員基本條件之一。該中心另設有高級班，供製造業結構設計人員進修。

#### **肆、建議**

一、本訓練中心所授課程，大部份未見於一般調查訓練機構之課程範圍中，因著重之方向與深度均各自不同。為充實調查人員在此一方面之專業能力，建議本會生還因素調查人員均應參加此一「航機墜毀生還因素調查訓練」之基礎課程。

二、依受訓心得，增修本會標準調查作業手冊內有關生還因素章節內容。