

衝擊性振動暴露危害評估研究



行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
潘儀聰

民國九十七年十一月五日



振動危害

工作者可能因工作而暴露於局部（手-臂）或全身性的振動下

全身性振動（Whole-body vibration）常因操作鑿孔機、氣動錘、堆高機、牽引機、壓路機、砂石車等大型移動性機具而引起。





全身振動危害程度

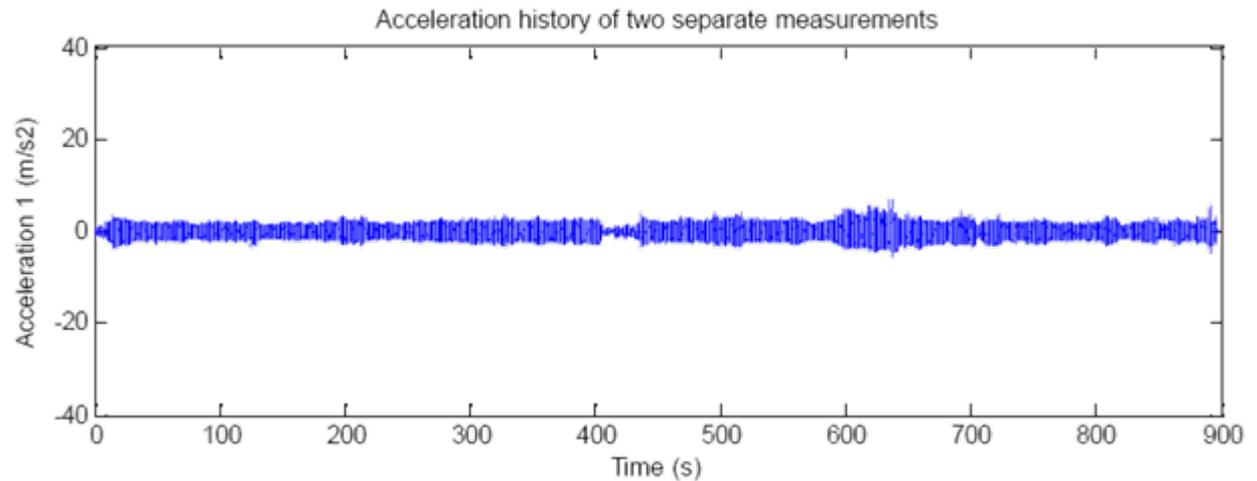
- 對於道路上行駛之車輛，WBV之危害程度較低
- 部分產業使用之卡車需要管制
 - 尤其使用於不適當之地面上
- WBV之主要危害來自於非道路行駛車輛：
 - 農業機械、營造機械、採石機械、採礦機械、林業機械、小快艇等。



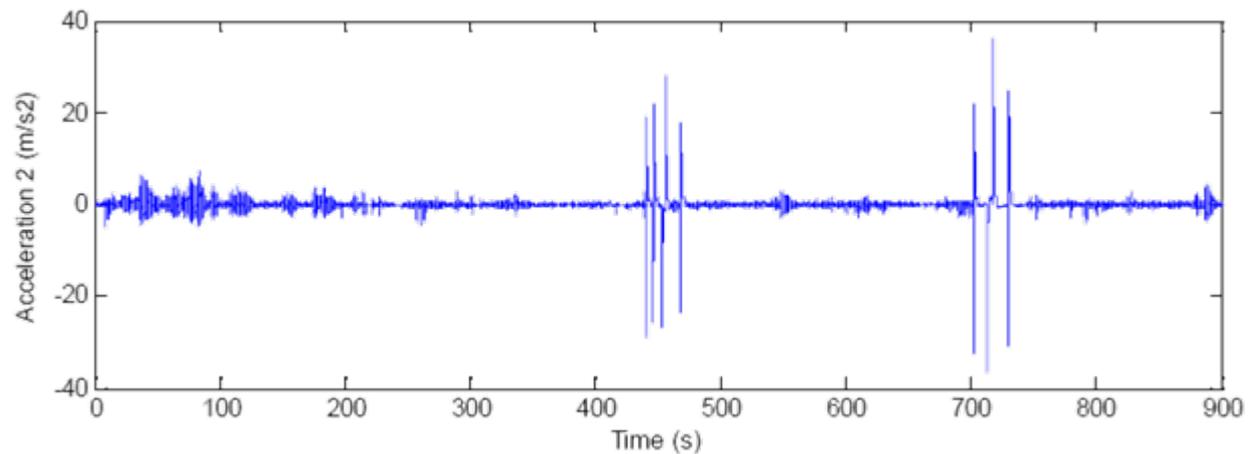


振動訊號類型

- 持續性振動



- 重複衝擊性振動





振動暴露容許規範

–Daily exposure action value: 0,5 m/s²

–Daily exposure limit value: 1,1 m/s²

ISO 2631-1

exposure limit value

vertical

$$A(8) = 0,9 \text{ m/s}^2$$

horizontal

$$A(8) = 1,15 \text{ m/s}^2$$

$$\text{VDV} = 17 \text{ m/s}^{1.75}$$

exposure action value

$$A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$$

$$\text{VDV} = 8.5 \text{ m/s}^{1.75}$$

ISO 2631-5

exposure limit value

$$\text{Sed} = 0.8 \text{ MPa}$$

exposure limit value

$$\text{Sed} = 0.5 \text{ MPa}$$

Stop working
immediate action
to reduce exposure

program of technical
and/or organisational
measures

worker information
and training
health surveillance

Risk assesment

Minimize the risk



ISO 2631-1 振動危害評估方法

- ISO 2631-1:1997採用頻率加權後加速度（frequency-weighted acceleration）的RMS值作為全身振動的基本評估方式，分別用來考慮不同方向加速度頻率對人體健康所造成之影響。RMS之計算公式如公式（1）所示

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Eq. 1})$$

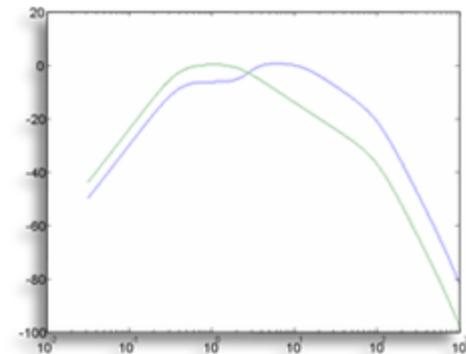
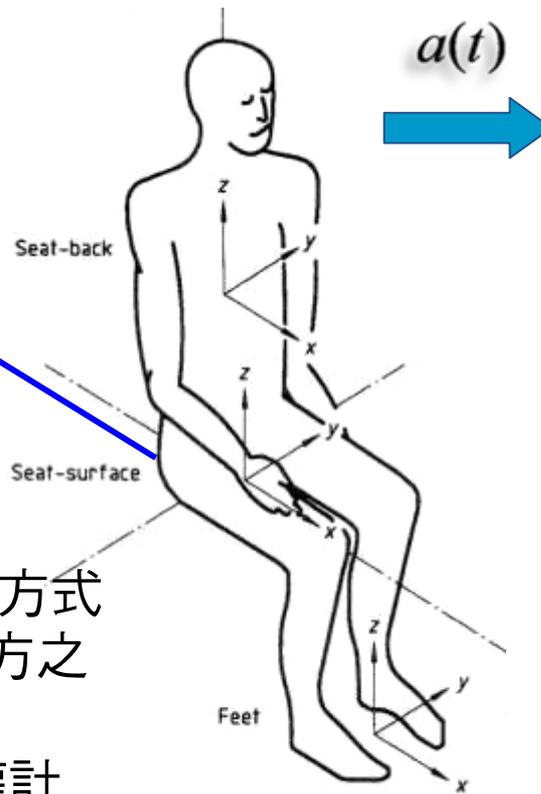
- 當振動中存在過大的峰值因數（Crest Factor, CF）或有偶發的衝擊振動時，單純採用RMS往往會低估振動對人體健康的影響。因此ISO 2631-1:1997建議在CF > 9的情況下，應額外考慮採用4th power vibration dose value（VDV）進行評估或其他的評估方式。VDV之計算如公式（2）所示，

$$VDV = \left\{ \int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right\}^{\frac{1}{4}} \quad (\text{Eq. 2})$$





ISO 2631 全身振動測量



$a_w(t)$

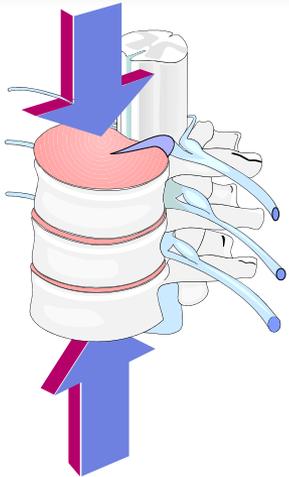
- 三軸加速度計以席盤方式安置於操作者臀部下方之座墊上
- 加速度 $a(t)$ 經頻率加權計算 $a_w(t)$ 後，求取r.m.s.、VDV等相關參數

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$VDV = \left\{ \int_0^T [a_w(t)]^4 dt \right\}^{\frac{1}{4}}$$



ISO 2531-5 生物動力學模型

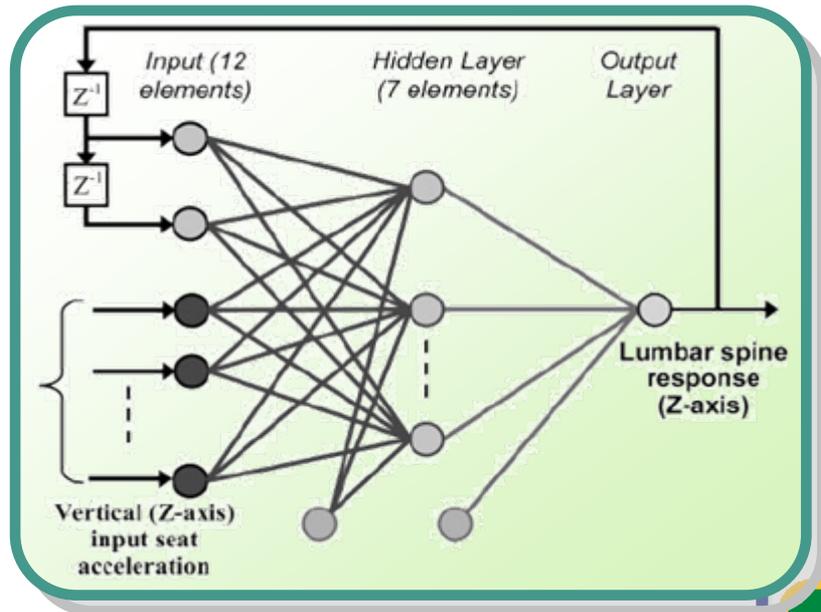
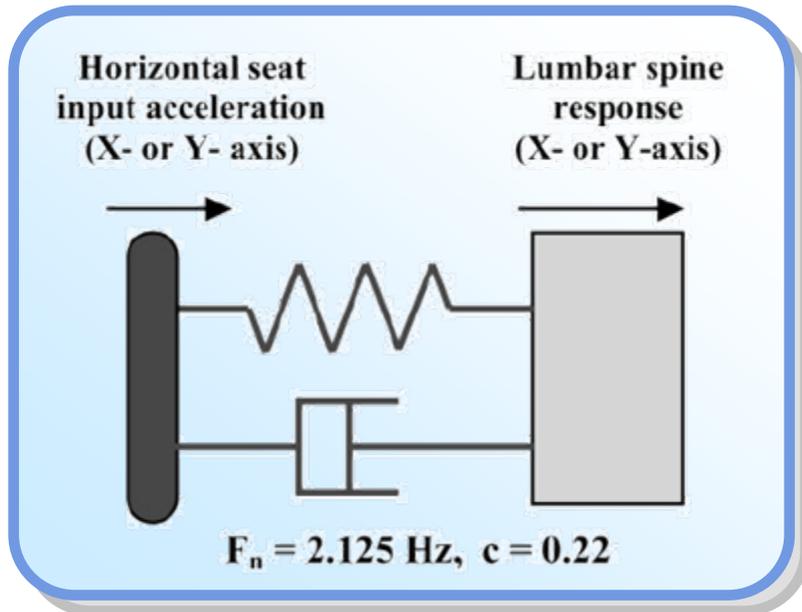


- 座墊加速度→腰椎加速度
- 腰椎加速度峰值→加速度劑量
- 加速度劑量→腰椎間盤壓應力

Human Response Model

Dose Model

Injury Probability Model





ISO 2631-5 健康危害評估方法



動力學響應模型 — x, y, z 三軸加速度

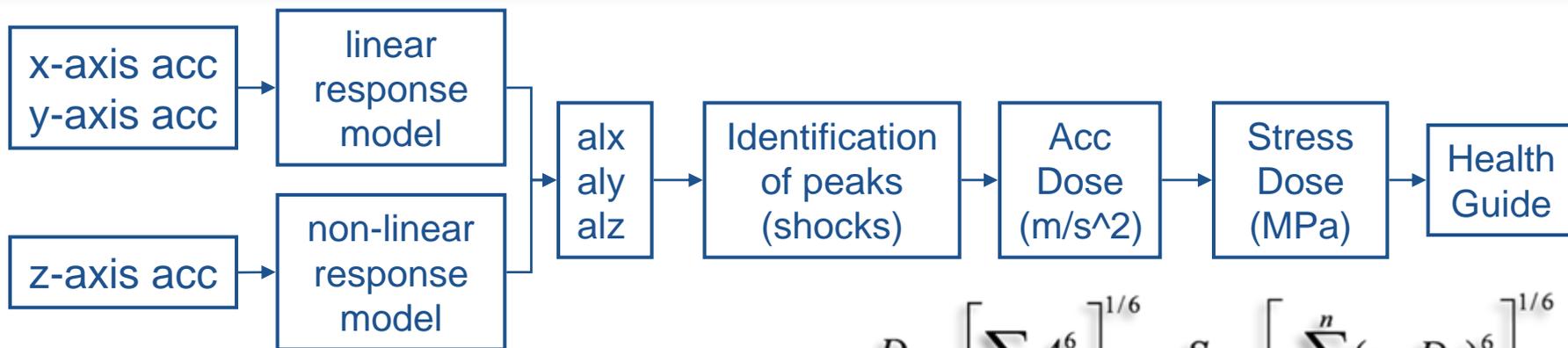
生物力學模型 — 座椅加速度所造成之脊椎壓力

劑量恢復模型 — 依據材料疲勞失效模型

危害風險模型 — 依據失效模式之累計機率

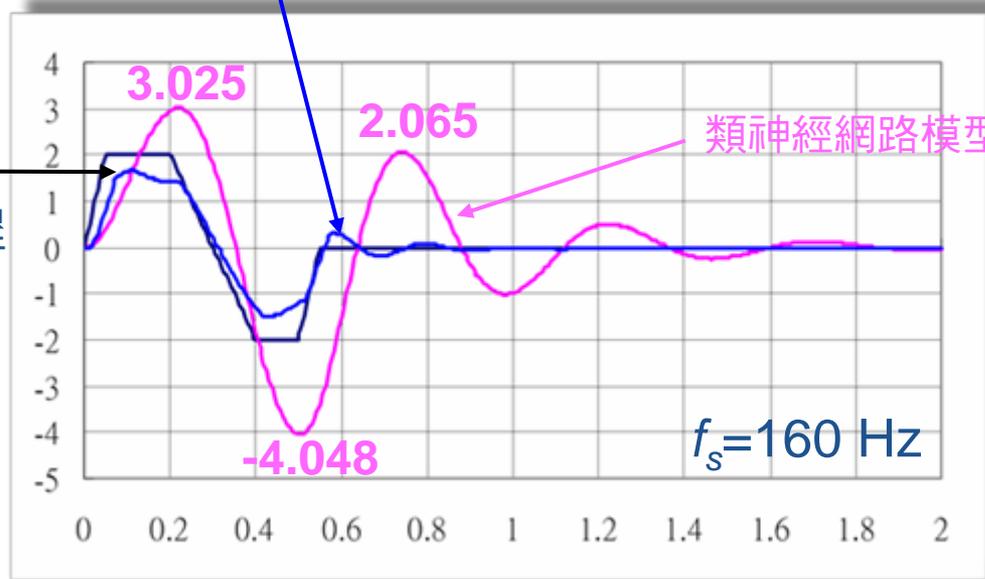


ISO 2631-5 健康危害評估流程



$$D_k = \left[\sum_i A_{ik}^6 \right]^{1/6} \quad S_e = \left[\sum_{k=x,y,z} (m_k D_k)^6 \right]^{1/6}$$

$a_{lk}(t) = 2\zeta\omega_n(v_{sk} - v_{lk}) + \omega_n^2(s_{sk} - s_{lk})$
 一維spring-damp system x,y方向振動響應曲線



ISO 2631-5 Annex D 之程式範例

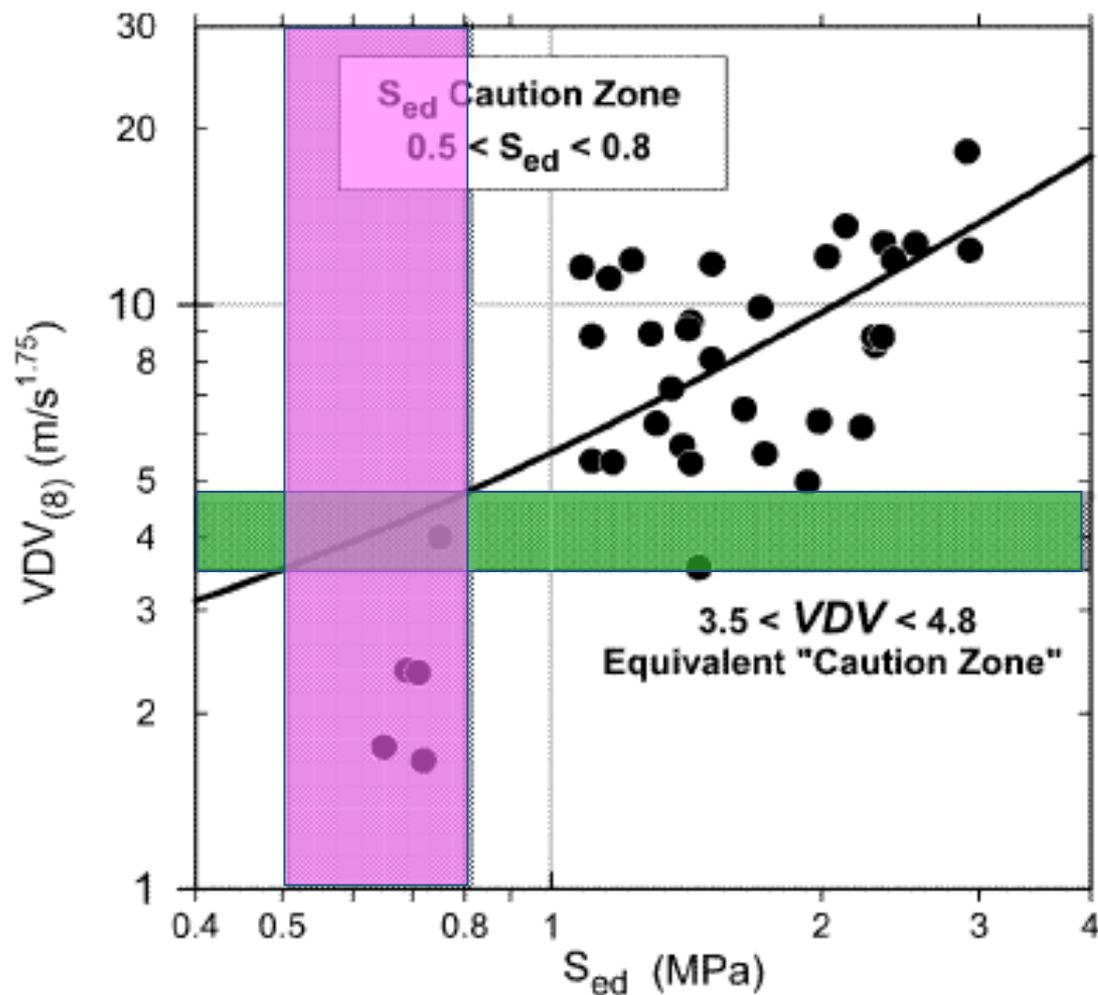
類神經網路模型之 z 方向振動響應曲線

Sed < 0.5 MPa 危害機率小

Sed > 0.8 MPa 危害機率高



振動危害分級





現場量測案例

車種	型號	作業	受測者
1 挖土機 2hr40min	Misubishi 450 LC	建材吊掛及溝渠挖掘、 鋪設水泥管	男，31~40yr (n=3)
2 堆高機 2hr 10min	台品2.5噸	堆貨櫃	男，56yr，160 cm，63 kg
3 砂石車 1hr	21噸	載運砂石	男，36.5yr，171 cm，68 kg
4 機車 1hr ± 15mi n	野狼125cc (n=10)	市區騎乘	男，22~25 yr (n=6)
5 機車 1hr ± 15mi n	無排檔125cc Scooter (n=10)	市區騎乘	男，22~25 yr (n=6)
6 自小客 1hr	Toyota, Nissan, Ford,..(1600- 2000cc)	市區騎乘	男，22~44 yr (n=5)



現場量測 - 實驗對象



註：所有受測人員皆無肌肉骨骼傷害之症狀



現場量測－儀器設備



- 加速度席盤
- PCB放大器
- 校正器
- 資料記錄器
- 電池



現場量測 - 實驗方法 1/2



(a) Misubishi 450 LC挖土機溝渠挖掘
(c)訊號放大器及電源電池固定於後座平台

(b)記錄器吊掛於駕駛座椅背後方
(d)席盤安置於座椅上臀部位置



現場量測 - 實驗方法 2/2

攝影機



錄影機



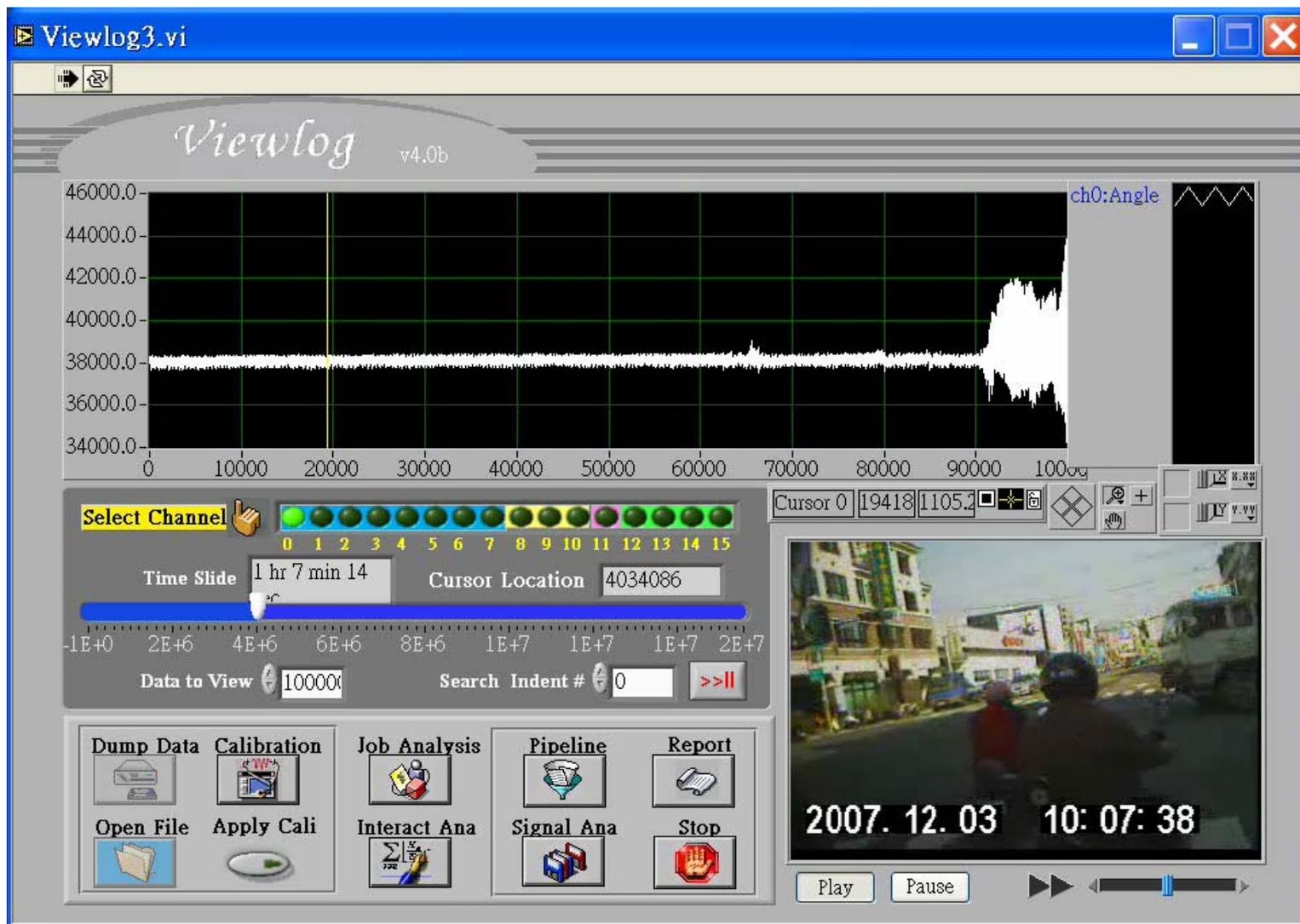
記錄器

席盤

電池及放大器



現場量測 - 實驗/分析過程





振動分析報表輸出模組

Microsoft Excel - WBV-rpt.xls

標準(E) 編輯(E) 檢視(V) 插入(I) 格式(O) 工具(T) 資料(D) 視窗(W) 說明(H) Adobe PDF(E)

輸入需要解答的問題

100% 新細明體 10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1		ISO 2631-1 Wd				ISO 2631-1 Wd				ISO 2631-1 Wk			
2	Time(s)	RMS _x	Crest F _x	MTVV _x	VDV _x	RMS _y	Crest F _y	MTVV _y	VDV _y	RMS _z	Crest F _z	MTVV _z	
3		0.706794902			4.908152528	0.27242366			1.93118325	1.34913812		9.662	
4	Duration=	221.088 sec				RMS _v =	1.716 m/s ²				RMS(8)=	0.150 m/s ²	
5						VDV _v =	9.823 m/s ⁴ 1.75				VDV(8)=	4.363 m/s ⁴ 1.7	
6						Se=	0.716 Mpa				Se(8)=	0.318 Mpa	
7													
8	30	0.332452	5.801574	0.643692	1.206012	0.250108	4.02664	0.421042	0.814633	0.350428	8.944747	0.831643	
9	30	0.47304	8.089429	0.900975	1.981772	0.155072	4.780819	0.285419	0.527872	0.87325	9.471807	1.677458	
10	30	0.731256	10.756186	2.36577	3.627338	0.192075	6.902089	0.40022	0.710056	1.355146	10.231379	3.564884	
11	30	0.840167	8.054754	2.032392	3.362718	0.250571	6.727005	0.556567	0.9762	1.440779	9.123937	3.710164	
12	30	0.841104									5.7151	3.190663	
13	30	0.904651									6.9782	3.132521	
14	30	0.740935									8.6991	2.532263	
15	11.088	0.293366									9.9202	1.613694	
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													

重新計算

rcport.vi

Hand-Arm Vibration Whole-Body Vibration

Excel report template

Y:\program files\viewlog\data\WBV-rpt.xls

Select signal channel accordingly

macro name

X-Ch# Y-Ch# Z-Ch#

0 1 2 vibr

Open & Run

Exit

30.0000 0.332452 5.801574 0.643692 1.206012 0.250108 4.02664 0.421042 0.814633 0.350428 8.944747 0.831643 1.54832

30.0000 0.473040 8.089429 0.900975 1.981772 0.155072 4.780819 0.285419 0.527872 0.873251 9.471807 1.677458 3.73889

30.0000 0.731256 10.756186 2.365770 3.627338 0.192075 6.902089 0.400220 0.710056 1.355146 10.231379 3.564884 6.43289

30.0000 0.840167 8.054754 2.032392 3.362718 0.250571 6.727005 0.556567 0.976200 1.440779 9.123937 3.710164 6.25337

30.0000 0.841104 6.218128 1.457700 3.082510 0.294133 4.776304 0.460409 0.964819 1.537309 7.910571 3.190663 6.55029

30.0000 0.904651 5.512437 1.442207 3.189590 0.298793 6.234808 0.817711 1.165519 1.981111 5.935770 3.132521 6.95276

30.0000 0.740935 8.410027 1.549595 2.965197 0.261906 5.240604 0.435108 0.844711 1.482675 7.536923 2.532263 5.68755

11.0880 0.293366 4.726822 0.722260 0.886443 0.561049 4.741311 1.351111 1.732320 0.592222 9.913000 1.613694 2.64302

3

4



衝擊性振動測量結果

編號	車輛種類	作業性質	測量時間 (分)	ISO 2631-1		ISO 2531-5
				RMS (T_{AL})	VDV (T_{AL})	S_e (T_{AL})
1	Misubishi 450 LC挖土機	建材吊掛及溝 渠挖掘	55	0.585 (30.9)	7.374 (25.7)	0.615 (4.4)
2	Misubishi 450 LC挖土機	挖掘及鋪設水 泥管	88	0.814 (16.0)	8.723 (21.1)	0.545 (14.7)
3	Kobelco挖土機	挖土回填	91	0.42 ($\gg 8$)	9.43 ($\gg 8$)	0.48 ($\gg 8$)
4	Komatsu 300挖 土機 (30噸)	挖石填載	68	0.59 (18.7)	11.54 (5.3)	0.81 (1.1)
5	21噸砂石車	載運砂石	66	0.56 ($\gg 8$)	8.63 ($\gg 8$)	0.47 ($\gg 8$)
6	台品叉舉車(2.5 噸)	堆疊貨櫃	68	0.45 ($\gg 8$)	7.99 ($\gg 8$)	0.41 ($\gg 8$)
7	台品叉舉車(2.5 噸)	堆疊貨櫃	60	0.42 ($\gg 8$)	7.58 ($\gg 8$)	0.38 ($\gg 8$)

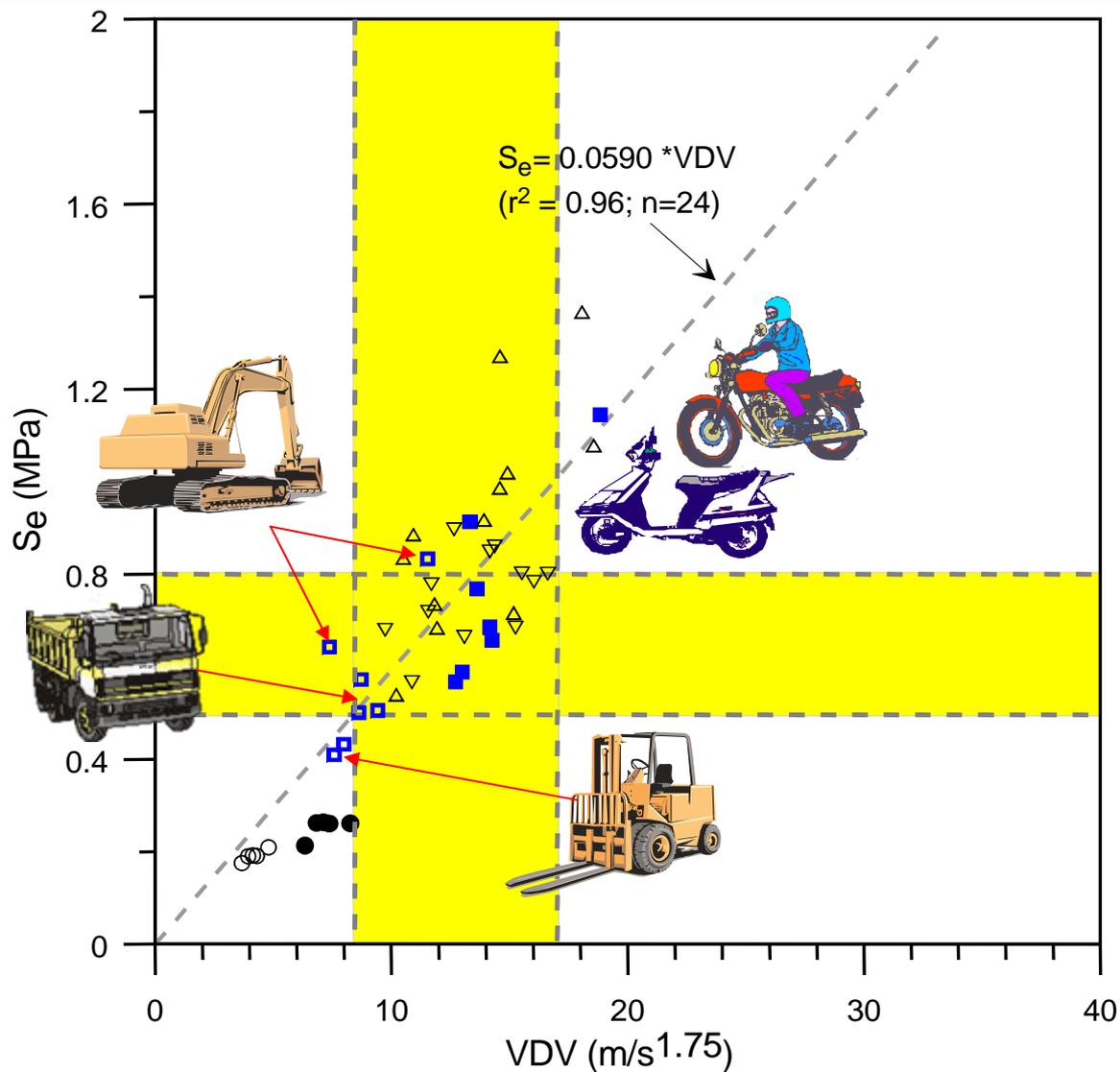


衝擊性振動測量結果

編號	車輛種類	作業性質	測量時間 (分)	ISO 2631-1		ISO 2531-5
				RMS (T_{AL})	VDV (T_{AL})	S_e (T_{AL})
8-12	Misubishi Nissan, Ford, Toyota, 小轎 車(1600~2000cc)	科大-車站往返(速 限55km/h)	54.6±1.1	0.30±0.02 (>>8)	4.17±0.42 (>>8)	0.16±0.01 (>>8)
13-18	三陽、山葉機車 (125cc Scooter)	科大-車站往返(速 限55km/h)	51.8±5.0	0.8±0.12 (10.73±3. 49)	13.3±2.9 (3.45±2.60)	0.92±0.32 (2.95±5.53)
19-24	三陽、山葉機車 (125cc Scooter)	科大-車站往返(速 限40km/h)	61.8±6.0	0.8±0.15 (11.07±3. 65)	13.0±2.6 (4.15±2.95)	0.75±0.08 (1.76±0.97)
25-30	三陽野狼機車 (125cc)	科大-車站往返(速 限55km/h)	51.8±5.0	0.93±0.14 (7.64±2.0 7)	14.26±2.83 (2.29±1.85)	0.87±0.15 (0.86±0.82)
31-36	三陽野狼機車 (125cc)	科大-車站往返(速 限40km/h)	61.8±6.0	0.90±0.15 (8.73±3.3 9)	13.96±1.82 (2.68±1.86)	0.71±0.12 (3.63±3.97)



測量結果與討論



- 55km/h - sedan(8h)
- Industrial vehicle(8h)
- △ 55km/h - motorcycle(20.6km)
- ▽ 40km/h - motorcycle(20.6km)
- 55km/h - sedan(20.6km)
- Industrial vehicle(1~2h)



結論

1

ISO 2631-5規範對衝擊性振動較敏感，使用ISO 2631-1之rms規範會低估這類型振動之危害。因此WBV之評估必須同時進行考慮兩種規範之評估。

2

研究結果顯示採用不同評估規範可能會獲得不同的評估結果，依據ISO 2631-5規範，挖土機挖石填載作業之容許時間僅有1.1小時；但若依ISO 2631-1規範推估，其容許暴露時間則會超過24小時，顯現兩種規範可能對同一振動暴露的危害做出不同判定。

3

另實驗發現部分機車騎乘容許時間被限制在1小時以下，值得做進一步的研究。



Thanks for your attention!



衝擊性振動暴露危害評估研究