

施工機械噪音檢測與作業員曝露量之評估

王栢村¹ 吳宗奇² 李柏旻² 汪志揚²

摘 要

本論文旨在建立三種施工機械裝載機、推土機及挖土機之噪音量測步驟，包括靜止怠速時聲壓之測定，以及一個工作循環和單一操作型態之噪音測定。藉由量測施工機械在靜止怠速時，半圓球體內十二個測量點之聲壓，可以求得該施工機械之聲能。又分別定義三種施工機械之工作循環，並實地量測施工機械一個工作循環之五分貝均能音量音壓位準以及五種單一操作型態之均能音量音壓位準，可用以計算施工機械作業員之曝露量。本論文所建立三種施工機械之噪音量測程序，以及聲能與曝露量之分析方法，可對環境噪音及作業員聽力之影響做評估，更可進一步提供工業衛生法令之參考。

(關鍵字：裝載機；推土機；挖土機；工作循環；
單一工作型態；曝露量測；曝露量。)

前 言

由於近年來環保、勞工意識普遍覺醒，勞工對於工作環境的要求及維護環境品質也比以往重視許多，而六年國建的動工，施工機械(如：裝載車、推土機、挖土機；以下簡稱施工機械)所造成的噪音是可預期的，然而所形成的噪音不僅對環境造成影響，更對勞工造成直接的傷害。針對勞工及環境的觀點，國內不僅有法令規範〔2-5〕，更有許多介紹噪音及噪音控制方面的書籍〔1,7,8,10,12〕，但鮮少有關施工機械之噪音檢測以及對勞工與環境之影響。

過去，已有一些關於營建施工噪音的研究，黃光輝等〔9〕針對施工噪音對環境的影響做評估，把焦點擺在調查噪音源或音源周圍的噪音分佈情形。林耀煌〔6〕則針對營建施工之鑽掘機等機具做噪音、振動實際量測及分析，進而建議營建施工機具噪音、振動防制之基本對策。而劉玉文等〔11〕對打樁作業所用之打樁機等機具做噪音位準及打樁噪音之頻譜分析，並對勞工噪音曝露量做評估，國內少有直接對施工機械之噪音與作業員曝露量做評估。SAE規範〔13-16〕則是針對各種不同之施工機械之噪音量測與評估有詳細規範。

本文主要參考SAE J1372〔14〕做施工機械聲音能量位準之量測與計算，SAE J1166〔15〕做施工機械單一工作循環之噪音量測，以及SAE J919規範〔16〕做五種單一操作型態之噪音量測，文中首先介紹相關之噪音理論分

析，其次介紹量測程序與步驟，分別定義三種施工機械(裝載機、推土機、挖土機)之工作循環及其單一操作型態，最後介紹實際量測結果，並以一作業員曝露量之實例分析，介紹計算過程。本文提供了施工機械之噪音量測程序與步驟以及作業員曝露量之計算分析。

理論分析

一、全音域音壓位準， L_{AP} (dBA)

$$L_{AP} = 10 \log_{10} \sum_{i=1}^{N_f} 10^{0.1L_i} \quad (1)$$

式中

L_{P_i} ：第*i*個八音階中心頻率之音壓位準
(dBA)

N_f ：八音階頻率之 N_f 個中心頻率

二、均能音量音壓位準， L_{eq} (dBA)

$$L_{eq} = 10 \log \left(\frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} 10^{0.1L_{APi}} \right) \quad (2)$$

式中

L_{APi} ：第*i*秒之 L_{AP} 值

N_t ：總量測時間 (sec)

1. 國立屏東技術學院機械工程技術系副教授
2. 國立屏東技術學院機械工程技術系二技學生
(85年9月10日收稿，85年12月4日接受)

三五分貝均能音量音壓位準， $L_{eq(5)}$

$$L_{eq(5)} = 16.61 \log_{10} \left(\frac{1}{N_t} \sum_{i=1}^{N_t} 2^{0.2L_{A_i}} \right) \quad (3)$$

四聲音能量位準， L_w

$$L_w = (\bar{L}_{eq} + 10 \log_{10} \frac{S}{S_0} - K) / 10 \quad (4)$$

其中

$$\bar{L}_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{eq_i}} \right) \quad (5)$$

N ：量測點總數

$$S : 2\pi r^2$$

$$S_0 : 1m^2$$

K ：背景噪音修正因子

L_{eq_i} ：第*i*個量測點之A-加權均能音壓位準，(dBA)

\bar{L}_{eq} ：半球表面均能音量音壓位準，(dBA)

L_w ：聲音能量位準，(Bels)

五施工機械噪音曝露量

$$L_{eq(5)_{machine}} = 16.61 \log_{10} \left(\frac{\%t_w}{100} 2^{0.2L_{eq(5)_w}} + \frac{\%t_A}{100} 2^{0.2L_{eqA}} + \frac{\%t_B}{100} 2^{0.2L_{eqB}} \right) \quad (6)$$

其中

$L_{eq(5)_{machine}}$ ：任一施工機械之噪音曝露量

$\%t_w$ ：工作循環作業之時間百分比

$\%t_A, \%t_B$ ：單一操作型態作業A或B之時間百分比

$L_{eq(5)_w}$ ：工作循環作業之五分貝均能音量音壓位準

L_{eqA}, L_{eqB} ：單一操作型態作業A或B之均能音量音壓位準

六作業員曝露量之計算

$$E = 16.61 \log_{10} [A_1 (2^{0.2L_{eq(5)_{machine}, A_1}}) + A_2 (2^{0.2L_{eq(5)_{machine}, A_2}}) + \dots + B_1 (2^{0.2L_{eqs1}}) + B_2 (2^{0.2L_{eqs2}}) + \dots] \quad (7)$$

其中

E ：作業員曝露量(dBA)

A_i ：施工機械 A_i 之實際工作時間比例

$L_{eq(5)_{machine}, A_i}$ ：施工機械 A_i 之噪音曝露量(dBA)

B_i ：曝露於其他 S_i 噪音源之時間比例

L_{eqs_i} ：其他 S_i 噪音源之噪音曝露量(dBA)

量測程序與步驟

一量測儀器、測試場地與操作者要求

(一)量測儀器

本文所使用之噪音計為R10N NA-29型，做為現場噪音量測，麥克風為1/2"，以一外接蓄電池提供電源。

(二)測試場地要求

- 1.以機器為中心半徑15公尺內地面須平坦均勻，無遮蔽物長草、雪及大型反射面，如交通號誌或大石頭。
- 2.機器所在地面泥土要乾燥，使不會黏到機器上。
- 3.地面坡度於行進方向±1%以內，側方向±3%以內。
- 4.環境背景噪音低於機器噪音10dBA以下。
- 5.其它溫度、溼度、風速等條件均應合於規範要求。

(三)操作者要求

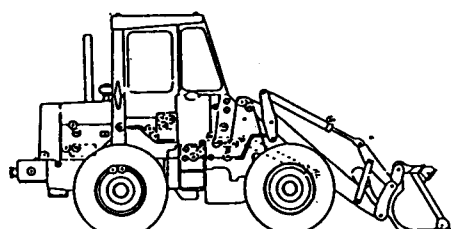
僅有操作者可在量測範圍內，且操作者應為普通身材，如表一所示之操作者體裁要求。當操作者坐姿時，以座位至操作者耳朵高度低於665mm及高於818mm均極不適合。

表一 操作者體裁要求

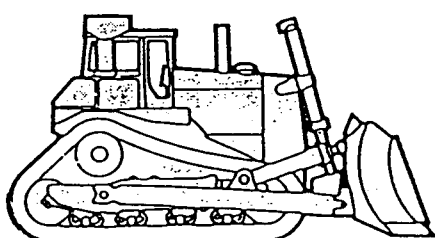
身高	1600mm--1735mm
耳朵坐姿高度	715mm--721mm
頭部寬度	129mm--135mm

表二 機器型號規格

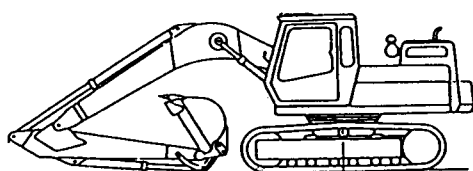
機器	廠牌	型號	引擎	自排/手排	檔數	馬力(kw)
裝載機	Caterpillar	IT12	柴油引擎	自排	1~3	48
推土機	Caterpillar	D4H	柴油引擎	自排	1~3	70.87
挖土機	Sumitomo	LS-2600BJ	柴油引擎	自排	無	66.24



(a) 裝載機



(b) 推土機

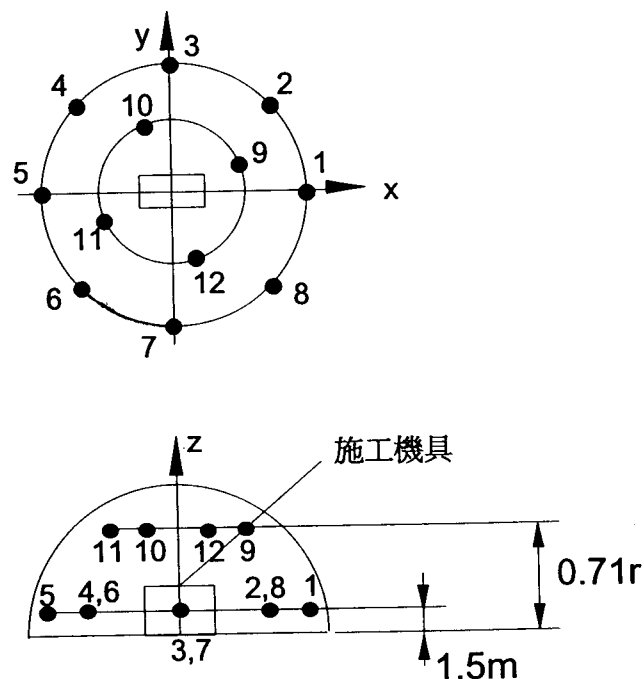


(c) 挖土機

圖一 施工機械之外形簡圖

表三 麥克風12個量測點座標位置

NO	X	Y	Z
1	r	0	1.5m
2	0.7r	0.7r	1.5m
3	0	r	1.5m
4	-0.7r	0.7r	1.5m
5	-r	0	1.5m
6	-0.7r	-0.7r	1.5m
7	0	-r	1.5m
8	0.7r	-0.7r	1.5m
9	0.65r	0.27r	0.71r
10	-0.27r	0.65r	0.71r
11	-0.65r	-0.27r	0.71r
12	0.27r	-0.65r	0.71r



圖二 麥克風12個量測點示意圖

表四 不同機器長度量測表面半圓之半徑建議值

機器長度(L)	量測表面半圓之半徑(r)
$L < 1.5m$	$r = 4m$
$1.5m < L < 4m$	$r = 10m$
$L > 4m$	$r = 16m$

四) 測試施工機械

本文考慮三種施工機械，裝載機、推土機、挖土機其型號規格如表二，圖一(a)~(c)分別顯示其外形簡圖。

二) 聲音能量位準之量測步驟

聲音能量位準 (L_w) 之量測，係根據 SAE J1372(14) 規範進行量測，步驟如下：

- (一) 將機器擺放至定點，並暖機五分鐘後，才開始進行量測。
- (二) 麥克風架設於量測點位置與適當高度，量測點位置如表三所示，量測點示意圖如圖二所示。表四顯示量測表面半圓之半徑建議值，本文量測之施工機械長度在1.5m與

4m之間，應取 $r=10m$ ，但基於量測儀器麥克風伸展長度之限制及實際量測之可行性，因此取麥克風可伸展最長距離 $r=6m$ ，以儘可能減小模擬點音源之影響。

(三)噪音計設定A加權，取Fast時間常數，記錄每秒鐘噪音值(L_{AP})，每點每次量測5分鐘，以計算均能音量音壓位準(L_{eq})。

(四)每一量測點量測五次，取 L_{eq} 平均值。

(五)重複2~4步驟，直到12個量測點測試完畢。

三施工機械工作循環之定義

施工機械工作循環係參考SAE J1166規範[15]進行量測，三種施工機械工作循環之定義分別如下：

(一)裝載機工作循環：

裝載機工作循環定義如表五，步驟如下：

1. 首先機器於起始點待機暖機五分鐘。
2. 以中速行走30公尺至裝載區。
3. 引擎空檔高速運轉，進行裝載作業。
4. 以中速行走30公尺退回原點。
5. 以中速行走30公尺至傾倒區，引擎空檔高速運轉，進行傾倒作業。
6. 引擎空檔高速運轉，進行傾倒作業。
7. 以中速行走30公尺退回原點。

(二)推土機工作循環：

推土機工作循環定義如表六，步驟如下：

1. 首先機器於起始點待機，暖機五分鐘。
2. 以中速行走9公尺至工作區起點。
3. 放下鏟刀。
4. 進行推土作業，以中速行走18公尺。
5. 停止推土作業，舉起鏟刀。
6. 後退27公尺，回到待機處。

(三)挖土機工作循環：

挖土機工作循環定義如表七，步驟如下：

1. 首先機器暖機五分鐘，機器於原地保持高怠速運轉。進行挖掘作業挖掘深度為臂長的1/2~1/3。
2. 迴旋 $50^{\circ} \pm 10^{\circ}$ 。
3. 挖起之土方傾倒在溝邊。
4. 迴旋至原點。

四工作循環量測步驟

(一)將機器擺至定點，暖機五分鐘後進行量測。

(二)將麥克風架於操作者耳朵右側160mm(80mm-160mm)處，麥克風側面朝向操作者，麥克風頭部朝向行進方向(或向上)。

表五 裝載機工作循環定義

裝載機工作循環			
編號	循環組成	速率	行走距離
1	待機	空檔低速	0m
2	走至裝載區	中速行走	30m(98.4ft)
3	裝載	空檔高速	0m
4	回至原點	中速行走	30m(98.4ft)
5	走至傾倒區	中速行走	30m(98.4ft)
6	傾倒	空檔高速	0m
7	回至原點	中速行走	30m(98.4ft)

表六 推土機工作循環定義

推土機工作循環			
編號	循環組成	速率	行走距離
1	待機	引擎低速	0m
2	走至工作區起點	中速行走	9(30ft)m
3	放下鏟刀	引擎中速	0m
4	推土	中速行走	18(60ft)m
5	舉起鏟刀	引擎中速	0m
6	退回待機處	中速行走	27(90ft)m

表七 挖土機工作循環定義

挖土機工作循環
典型操作：挖溝(工作時引擎保持高速運轉)
(1)挖掘深度為挖土機臂長的1/2--1/3
(2)迴旋角度： $50^{\circ} \pm 10^{\circ}$
(3)所挖起之土方直接放在溝邊
(4)迴旋至原點

(三)噪音計設定A加權，取Fast時間常數。

(四)依上述定義之工作循環做噪音量測，記錄每秒之噪音值 L_{AP} ，以計算每一工作循環之 $L_{eq(5)}$ 。

(五)每一機器工作循環至少量測三次取 $L_{eq(5)}$ 平均值。

五單一操作型態之量測步驟

施工機械之單一操作型態(Singular Type)係參考SAE J919規範[16]共有五種測試，表八顯示此五項測試及其操作條件，量測步驟類似於工作循環之量測，唯噪音值之計算取均能音量音壓位準 L_{eq} ，不同於工作循環之噪音值計算，取五分貝均能音量音壓位準 $L_{eq(5)}$ 。

表八 單一操作型態之量測項目

測試項目	操作條件
靜止高怠速	機器靜止，引擎固定於高怠速運轉。
靜止中怠速	機器靜止，引擎固定於中怠速運轉。
靜止引擎循環	機器靜止，引擎由低怠速升至高怠速，停留至少10秒，再降低至低怠速，循環之。
靜止液壓系統循環	引擎固定於高怠速運轉，且無負載下，啟動油壓系統，從最高（長）到最低（短），再回到自然狀態。
行進間	無負載，中速定速行進。

表九 裝載機聲音能量位準量測結果

量測點	L_{eq_i} (dBA)	\bar{L}_{eq} (dBA)	L_w (Bels)
1	70.4	71.5	9.5
2	68.1		
3	60.7		
4	68.2		
5	71.0		
6	73.2		
7	75.6		
8	72.1		
9	74.4		
10	69.5		
11	67.6		
12	71.9		

表十 推土機聲音能量位準量測結果

量測點	L_{eq_i} (dBA)	\bar{L}_{eq} (dBA)	L_w (Bels)
1	71.8	73.4	9.7
2	70.7		
3	67.6		
4	70.9		
5	73.9		
6	73.4		
7	73.3		
8	72.4		
9	75.4		
10	74.3		
11	73.5		
12	77.0		

表十一 挖土機聲音能量位準量測結果

量測點	L_{eq_i} (dBA)	\bar{L}_{eq} (dBA)	L_w (Bels)
1	59.0	60.3	8.4
2	60.8		
3	59.9		
4	59.5		
5	57.8		
6	58.2		
7	54.3		
8	56.7		
9	59.2		
10	63.1		
11	63.4		
12	62.8		

量測結果與討論

一、聲音能量位準

裝載機、推土機及挖土機十二個量測點之均能音量音壓位準 (L_{eq_i})，及其平均值

(\bar{L}_{eq})，和聲音能量位準 (L_w) 分別顯示於表九~表十一。聲音能量位準以 Bels 單位表示，為 1/10 分貝值以有別於音壓位準 dBA 之單位，避免混淆。裝載機為 9.5 Bels、推土機為 9.7 Bels、挖土機為 8.4 Bels。根據 Shiyam 等人 [17]，聲音能量位準依機器之馬力，有最高聲音能量位準之標準如表十二，本文測試之機器，裝載機為 10.8 Bels，推土機為 11.2 Bels，挖土機為 11.0 Bels，故均在標準之內。

二、工作循環五分貝均能音量音壓位準 ($L_{eq(5)}$)

表十三(a)~十三(c)分別顯示裝載機、推土機、挖土機依前述工作循環量測步驟所得之結果，裝載機 $\bar{L}_{eq(5)}=89.3$ dBA、推土機 $\bar{L}_{eq(5)}=79.1$ dBA、挖土機 $\bar{L}_{eq(5)}=76.1$ dBA，另外也列出其 L_{eq} 值僅供參考。

圖三(a)~三(c)則分別顯示裝載機、推土機、挖土機之一個典型的工作循環的時間域全音域音壓位準 (L_{AP}) 分佈圖，相對應於表五~表七之工作項目編號，也同時顯示於圖上。挖土機之工作循環操作，挖土、迴旋、傾倒，並不能明顯區分，故未標明，圖三(c)為六個工作循環之時間域分佈圖。

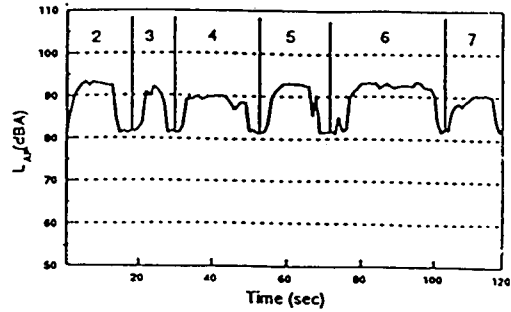
表十二 不同馬力最高聲音能量位準〔17〕

Neb(kW)	<40	>40	>50	>65	>80	>100	>130	>160	>200	>250
		<50	<65	<80	<100	<130	<160	<200	<250	<350
L_w (Bels)	10.6	10.8	11.0	11.2	11.4	11.6	11.8	12.0	12.2	12.4

表十三 工作循環之五分貝均能音量音壓位準(dBA)

(a) 裝載機

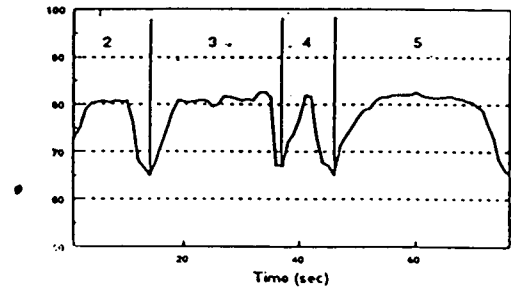
測試數	秒數N	$L_{eq(5)}$	$\bar{L}_{eq(5)}$	L_{eq}	\bar{L}_{eq}
1	121	89.3	89.3	90.0	90.0
2	122	89.6		90.3	
3	124	89.2		89.9	
4	121	89.1		89.8	
5	123	89.2		89.9	
6	122	89.2		89.9	



(a) 裝載機

(b) 推土機

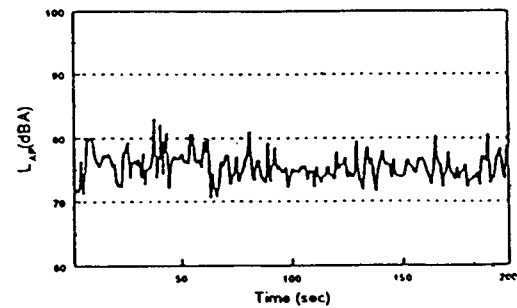
測試數	秒數N	$L_{eq(5)}$	$\bar{L}_{eq(5)}$	L_{eq}	\bar{L}_{eq}
1	77	79.0	79.1	79.5	79.6
2	72	79.1		79.6	
3	71	79.3		79.8	



(b) 推土機

(c) 挖土機

測試數	次數	秒數N	$L_{eq(5)}$	$\bar{L}_{eq(5)}$	L_{eq}	\bar{L}_{eq}
1	5次	204	75.8	76.1	76.1	76.5
2	6次	202	76.9		77.3	
3	6次	206	75.6		76.0	



(c) 挖土機

圖三 工作循環時間分佈圖

施工機械噪音檢測與作業員曝露量之評估

表十四 三種施工機械單一操作型態 L_{eq} 值(dBA)

狀態	裝載機 \bar{L}_{eq}	推土機 \bar{L}_{eq}	挖土機 \bar{L}_{eq}
1. 靜止高怠速	95.1	91.3	73.0
2. 靜止中怠速	79.0	87.0	70.6
3. 靜止引擎循環	94.9	89.0	70.7
4. 靜止油壓循環	92.6	90.8	74.5
5. 行進間	95.2	98.4	89.9

表十五 曝露量分析實例

作業時間	作業機器	工作內容	作業時間比	噪音值
4小時	推土機 machine A_1	工作循環：45% 單一操作循環：40%(行進) 單一操作循環：15%(靜止高怠速)	$t_W=45\%$ $t_A=40\%$ $t_B=15\%$	$L_{eq(5)W}=79.1$ dBA $L_{eqA}=98.4$ dBA $L_{eqB}=91.3$ dBA
2小時	挖土機 machine A_2	工作循環：60% 單一操作循環：20%(行進) 單一操作循環：20%(靜止高怠速)	$t_W=60\%$ $t_A=20\%$ $t_B=20\%$	$L_{eq(5)W}=76.1$ dBA $L_{eqA}=89.9$ dBA $L_{eqB}=73.0$ dBA
2小時	S_1 音源			$L_{eq}=70$ dBA

三單一操作型態均能音量音壓位準

表十四分別顯示裝載機、推土機、挖土機之五種單一操作型態的均能音量音壓位準 (L_{eq})，挖土機之噪音值明顯較低於裝載機及推土機，此乃因挖土機駕駛座為密閉式，裝載機及推土機為開啟式。

四作業員曝露量計算實例

假設一作業員操作推土機4小時，挖土機2小時，曝露於其他音源 ($L_{eq}=70$ dBA) 2小時。又推土機作業中，工作循環佔45%，單一操作型態行進間佔40%，靜止高怠速佔15%。而挖土機作業中，工作循環佔60%，單一操作型態行進間佔20%，靜止高怠速佔20%。作業員曝露量之計算如下：

(一) 首先將前述量測之工作循環 $L_{eq(5)}$ 及單一操作型態 L_{eq} 值，及其相關作業時間百分比整理如表十五所示。

(二) 以式(6)計算推土機(machine A_1)之曝露量：

$$L_{eq(5)_{machine1}} = 16.61 \log_{10} \left(\frac{45}{100} 2^{0.2(79.1)} + \frac{40}{100} 2^{0.2(98.4)} + \frac{15}{100} 2^{0.2(91.3)} \right) = 93.2 \text{ (dBA)}$$

(三) 以式(6)計算挖土機(machine A_2)之曝露量：

$$L_{eq(5)_{machine2}} = 16.61 \log_{10} \left(\frac{60}{100} 2^{0.2(76.1)} + \frac{20}{100} 2^{0.2(89.9)} + \frac{20}{100} 2^{0.2(73.0)} \right) = 81.4 \text{ (dBA)}$$

(四) 以式(7)計算作業員工作8小時之曝露量：

$$E = 16.61 \log_{10} \left(\frac{4}{8} 2^{0.2(93.2)} + \frac{2}{8} 2^{0.2(81.4)} + \frac{2}{8} 2^{0.2(70)} \right) = 89.0 \text{ (dBA)}$$

此例作業員曝露量為89.0 dBA，並不過我國勞工安全衛生法〔2〕規定之90 dBA。

結 論

本文旨在建立三種施工機械，裝載機、推土機、挖土機之噪音量測步驟，包括聲音能量位準之量測，工作循環五分貝均能音量音壓位準之噪音量測，以及五種單一操作型態之量測：(1)靜止高怠速(2)靜止中怠速(3)靜止引擎循環(4)靜止油壓系統循環(5)行進間。所量測之三種施工機械聲音能量位準，依機器馬力數而言均在標準之內，也可進一步用以評估對環境噪音之影響。各種施工機械之工作循環及單一操作型態量得之噪音值，透過一實例分析可用以計算施工機械作業員之曝露量，並可進一步計算作業員每日曝露量。本文所建立三種施工機械之噪音量測程序，以及聲音能量位準與曝露量之分析方法，可對環境噪音及作業員聽力之影響作評估，更可提供工業衛生法令之參考。

誌 謝

作者感謝國科會補助大專學生暑期參與專題研究計畫，計畫編號：NSC 85-2815-C020-01-010E。

參考文獻

1. 中野有朋 著，黃忠良 譯，1985，*噪音工學的基礎*，復漢出版社印行。
2. 行政院勞工委員會，1981，*勞工安全衛生法*，行政院勞工委員會印行。
3. 行政院勞工委員會，1990，*作業環境測定-噪音測定*，行政院勞工委員會印行。
4. 行政院勞工委員會，1990，*勞工健康管理規則*，行政院勞工委員會印行。
5. 行政院環保署，1991，*噪音管制法-噪音管制標準*，行政院環保署印行。
6. 林耀煌，1992，「營建施工機具之噪音、振動量測與防制」，*中華民國音響學會第五屆學術研討會論文集*，第18-28頁。
7. 張柏成譯，1991，*噪音控制之原理及實務*，徐氏基金會出版。
8. 張錦松，韓光榮，1993，*噪音振動控制*，高立圖書有限公司。
9. 黃光輝、蕭旭陞、林煌輝，1988，「工程營建施工噪音評估之研究」，*中華民國音響學會第一屆學術研討會論文集*，第183-192頁。
10. 賴耿陽，1992，*環境噪音防止技術*，復漢出版社印行。
11. 劉玉文，胡世明，1993，「樁作業勞工噪音曝露之調查研究」，*中華民國音響學會第六屆學術研討會論文集*，第79-87頁。
12. 蘇德勝，1993，*噪音原理及控制*，臺灣書店出版，臺北。
13. SAE J1805, 1987, "Sound Power Level Measurements-Earthmoving Machinery (Dozer, Loader, Excavator, Andbackhoe)-in Place Dynamic-Sound Pressure Level or Sound Intensity Method."
14. SAE J1372, 1983, "Sound Power Determination-Earthmoving Machinery-Static Condition."
15. SAE J1166, 1987, "Sound Measurement-Earthmoving Machinery-Operator- Work Cycle."
16. SAE J9196, 1986, "Sound Measurement-Earthmoving Machinery-Operator-Singular."
17. Shiyan, C., and Chonghou, C., 1990, "Case History: A Study on the Noise Control for Wheel Loaders," *Noise Control Engineering Journal*, Vol. 35, No. 3, pp. 85-94.

Noise Measurement and Operator's Exposure Evaluation for Construction Machines

Bor-Tsuen Wang¹ Tzung-Chi Wu² Po-Min Li² Jyh-Yarng Wong²

ABSTRACT

This paper presents the noise measurement for three types of construction machines including wheel type loader, crawler tractor and hydraulic excavator. The sound pressure measurements are made for static conditions, work cycles and singular types. As the machines are running at idle for static condition, sound pressure levels at twelve measuring points inside of a hemisphere surface are measured so as to calculate the sound power level of the machines. The work cycles for the three types of machines are defined as well as five singular types of tests. The equivalent sound pressure level on the 5 dB increase in level for halving of time is calculated for work cycle measurement, and the equivalent sound power level is calculated for singular type measurement. These values can be used to determine the operator's exposure of the machine, and so forth the operator's daily exposure can be calculated. This work establishes the noise measurement procedures for the three types of construction machines. The sound power level and operator's exposure can be obtained and used to study the environmental noise and operator's hearing influence. The evaluation procedures can also be adopted for legislation.

(Keywords : wheel type loader, crawler tractor, hydraulic excavator, work cycle, singular type, noise measurement, exposure.)

-
1. Associate Professor, Department of mechanical Engineering, National Pingtung Polytechnic Institute.
 2. Undergraduate Student, Department of mechanical Engineering, National Pingtung Polytechnic Institute.
- (Received on September 10, 1996, Accepted on December 4, 1996)