

砂石車道路交通噪音預測模式之研究

吳志超¹、孔祥琰²、陳健銘³、黃聖皓⁴

1. 逢甲大學 環境工程與科學研究所副教授(本文聯絡人:ccwu@fcu.edu.tw)
2. 逢甲大學 環境工程與科學研究所教授
3. 4. 逢甲大學 環境工程與科學研究所研究生

摘 要

本研究目的為探討大型運輸工具(砂石車)之噪音貢獻並發展一本土化交通噪音預測模式。研究結果發現，藉由路旁三測點之實測及聲學理論推算出砂石車流量對道路交通噪音之理論貢獻量，經實測後發覺砂石車車流比低於 1.3 % 以下時其噪音貢獻度較不具加成性，但對車流比高於 13 % 以上時則明顯高於砂石車之外背景噪音值；本研究藉由灰色理論將實測數據進行白化迴歸後，提出由砂石車車速進行其路旁噪音之預測式，

$$L_c = 10 \text{Log} \left\{ \frac{n \times 10^{0.1 \times (10.24 \times \text{Log} V + 64.22)}}{T} \right\}$$

，並進行實測驗證，結果發現其與實測值間約有 0.4 ~ 2.5

dB 之預測差異。

關鍵詞：砂石車、交通噪音、灰色系統理論、預測模式

一、前 言

根據環保署近 10 年之公害陳情統計，噪音陳情事件近年來都居高不下，其中又以交通噪音之部份為主要焦點。汪氏(1994)之研究中指出在各類型道路交通噪音之特性中，以重型車輛為主要的道路交通噪音污染源。日前環保署對於營建工程噪音評估規範三種技術模式(黃榮村模式，Sound Plan，Cadna-A)(環保署，2002)以作為各型開發建設之運輸車輛所引生交通噪音影響預測。然台灣地區之道路交通型態迥異於歐美先進國家，Sound Plan 與 Cadna-A 為國外所發展，在台灣地區其所預測之結果不見得都適合。另黃榮村模式則屬於一理論加成型模式，其運輸車輛噪音值乃採一固定假設值，並未能就不同車況進行合理之調整，而且亦未能有實測驗證其準確性。有鑑於此，發展一台灣本土型之道路交噪音模式乃一重要之課題。本研究目的即在探討砂石車之所產生之交通噪音，藉由實地之道路施測與分析，建立砂石車車速與音量之關係並以黃榮村模式為架構進以發展一其具有車況修正型且適用台灣本土型之營建道路交通噪音模式，以利於往後各項環評與道路設計、規劃時之噪音防治規劃能有更精確之預測工具。

二、實驗方法

本研究主要針對行駛中之砂石車進行路旁噪音施測並分析其影響特性。實測乃於台中(台中市西屯區之中清路)及南投地區(集集-水里間之台 16 線上及南投市南崗一路)共 3 測點進行施測。選擇以 SEL (單一事件暴露位準) 及 Leq (均能音壓位準) 作為砂石車之噪音影響之量化指標。Leq 之量測分成單一行車及連續車流等二種型式, 各自進行 10 sec (約通過 50 m 之距離) 通行所產生之 Leq (同時亦量測 SEL) 及連續量測 1 小時 (或半小時) 時段內之 Leq 值, 單一砂石車通行時並同時量測其車速。所使用之噪音儀器(RION: NL-14) 皆符合我國國家標準(CNS NO.7127-7129)之規定, 並於每次施測前由電子校正器進行 94 dB 之測試校正。

因於道路上所施測之噪音測值具有不明確、不完整之因素存在, 故將砂石車實測值經過灰色系統理論之灰白化方法來修正其不明確性、不完整性。灰色預測模型(Grey Model, GM)是以累加生成的方式作為構建灰色模式之基礎, 再建立微分方程式, 尋找出數據之規律性(Deng, 1988)後, 再化成灰差分、解係數向量, 最後形成 GM(1,1) 白化響應式等五項演算過程(鄧氏, 1988), 本研究群亦成功應用此理論於港區貨櫃車之噪音振動預測研究上(吳氏, 2003)。另亦使用美國 Wolfram Research 公司所研究、開發的 Mathematica 4.2 版之數學演算軟體, 作為灰色系統理論運算矩陣式數值之輔助工具, 相關白化過程請參閱(陳氏, 2003)

三、結果與討論

1. 砂石車噪音貢獻度

進行砂石車噪音交通噪音特性了解及預測前, 可由實測值之分離並利用音量加成理論對砂石車之噪音貢獻度進行一量化分析, 以了解其影響程度。一般而言如遇有愈大型砂石車或愈多行駛時, 其所產生之道路交通噪音貢獻度也應愈大。如能對通行之砂石車逐一量測其音量再對通行車次進行加總則其單位時間內之砂石車噪音貢獻量即可予以分離出。表一(台中測點)及表二(南投測點 A、B)即為砂石車車流所產生之噪音貢獻度分析探討。經施測後發覺南投地區砂石車所佔流量比均明顯高出台中測點, 主要原因主要為南投縣(市)有許多砂石開採地, 尤其是水里以上濁水溪之上游河段因疏浚工程之故, 造成砂石車於台 16 線上因出入頻繁所造成高車流比。

本研究將路側所測得之一小時 Leq 值視為由砂石車噪音及砂石車以外之噪音所合成貢獻, 以利於比較砂石車對道路噪音之貢獻程度。由表中亦可發現台中測點之砂石車其噪音貢獻度介於 63.4 ~ 69.4 dB(A)之間, 而南投測點 A 之部份則介於 71.9 ~ 73.1 dB(A)之間, 測點 B 之部份則介於 70.7 ~ 71.1 dB(A)之間, 顯然在南投 A、B 二測點之噪音貢獻度較高於台中測點, 符合砂石車通過之車次數愈多所產生之噪音貢獻度就愈高之加成理論。另就砂石車以外之背景噪音量比較亦可發現, 在台中測點之砂石車車流比在低於 1.3 % 以下時,

砂石車之噪音貢獻度較不具加成性；反觀當南投測點 A 之車流比高於 13 %時則砂石車之噪音貢獻度均明顯高於砂石車之外背景噪音值，此乃顯示當砂石車流量高至某一比例時其噪音貢獻量已成為主要之噪音源。

2. 砂石車噪音之預測

根據現場施測記錄顯示，砂石車大多利用第二車道行駛(幾乎可達 80 %)，因此為簡化影響因子本研究先篩選行駛於第二車道行車噪音值及車速進行探討。在預測時，不論是載重、使用車道、車型大小均不可能確實之掌握，為了解在此複雜之車行狀況其車速與噪音值之關係，並排除一些不明確之影響因子，可利用灰色理論之“白化”功能將這些原始資訊(數據)予以由灰轉白以提高其相關性，本研究所測定之三處道路均為 20 米寬道路，路面亦均平整，背景環境亦相近，應可將三處測值一併進行白化運算，以建立一更具代表性之噪音-車速關係式。圖 1 即將此白化功能運用於所有三測點之測值上，將白化前之測值分佈同時呈現，可清楚比較出白化前後之 R² 提高至 0.95 之水準，在“白化”之協助下，單一行車噪音 Li 之預測式即可建立，由 Li 再對單位時距內之車次累加(式二)即可求得 Leq 值，Le 值。

$$L_i = 10.24 \times \text{Log} V + 64.22 \quad \dots\dots\dots(\text{式一})$$

$$Leq = 10 \text{Log} \left(\frac{n \times 10^{0.1 \times L_i}}{180} \right) \quad \dots\dots\dots(\text{式二})$$

n：半小時內通過之砂石車數

Li：10 秒砂石車 Leq

式一與二可合併成

$$L_c = 10 \text{Log} \left\{ \frac{n \times 10^{0.1 \times (10.24 \times \text{Log} V + 64.22)}}{T} \right\} \quad \dots\dots\dots(\text{式三})$$

其中：T 為時距(sec)。

對於已有砂石車行駛之道路而言中，並無法單獨分離一時段內砂石車之噪音值，實測時噪音計無法排除砂石車以外之音量，因此在驗證模式時所謂“實測值”只能藉由部分實地量測之其它參數數據進行一合理之推估以替代之。本研究之實測值(定義為 Lo 值)之推估原理與砂石車貢獻度計算相同，可由其在此時距內所測得之所有砂石車 SEL 值(或 10 秒 Leq 值)，進行累加而成砂石車之音能總貢獻量再除以時距值而成 Leq 值，亦即

$$L_0 = 10 \text{Log} \left[\left(\sum_{i=1}^n 10^{0.1 \times SEL_i} \right) \times \frac{1}{T} \right] \quad \dots\dots\dots(\text{式四})$$

SEL_i：時距內通過之砂石車單一事件暴露位準。

T：Leq 時距值：30 min or 1 hr。

或亦可由此時距內之 SEL 平均值代入成

$$L_0 = 10 \text{Log} \left[\left(n \times 10^{0.1 \times \text{SEL}_{\text{ave}}} \right) \times \frac{1}{T} \right] \dots\dots\dots(\text{式五})$$

n：時距內通行之總砂石車車次。

表三則為 Le 與 Lo 之對照結果，表中乃自三測點中選取 10 次測值進行驗證，分別將其時距內所有砂石車行車平均車速、車次、SEL_{AVE} 代入式三及五以求得 Le 及 Lo 值。由表中之 ΔL 值可知，在 10 組驗證中均出現 Le 較 Lo 值低之情形，亦即以式三所進行之預測有偏低之情況。此外在台中測點之 ΔL 值均低於 1.0 dB，而南投則出現 1.3 ~ 2.5 dB 之較高差距，顯見此模式對台中測點有較良好之適用，而在南投則有低估之現象，推測其緣由有二，一則為台中測點有 35 噸、21 噸砂石車之差別，而南投測點 A、B 則全是以大型車為主，然 Le 之白化迴歸式則包絡了小型砂石車之影響，因此 Le 值預測之結果較適合台中測點，而南投測點全是大車自然 Le 與 Lo 之差值較為顯著；二則為南投測點於單位時間內通過之砂石車總數明顯多於台中測點，在 Le 值預測已偏低之前題下，再因車次之加成效應 ΔL 之差異增高乃必然之結果。

3. 預測模式與黃榮村模式之比較

黃榮村預測模式之噪音預測值(環保署，2002)可由每小時砂石車通過之總車輛數，路旁砂石車平均噪音值及砂石車之外背景噪音值藉由理論公式計算求得；

$$L'_{eq(1hr)} = 10 \text{Log} \frac{1}{3600} [(3600 - TN) \cdot 10^{\frac{Leq}{10}} + TN \cdot 10^{\frac{Lc}{10}}] \dots\dots\dots(\text{式六})$$

L_{eq}：施工時間背景音量平均值。

L_c：施工卡車於距道路邊緣一公尺處之噪音位準，為 90 dB(A)。

3600：表示每小時之噪音量測數目，每隔 1 秒鐘量測一次。

T：表示施工卡車每次通過之影響延時 (Time Delay Effect)。

即假設施工卡車以 40 公里/小時車速行駛，影響寬度約 100m，則影響延時約為 3600×0.10/40=9，建議取 10 秒，其值可視車速調整。

N：表示每小時通過之施工卡車數目 (輛/小時)。

其中主要影響其預測結果應為 L_c 設定值，當設定值較高時加成結果自然較高，依目前大多數之使用情形均為使用者視情況自行合理假設。而本研究預測模式中之 L_c 值則依據現測之平均車速利用式三式所求得，因此在行車資訊均相同下可進行二模式之比較其結果如表四所示。

由表四中可發現黃氏預測模式及本研究與實際路測噪音值個別比較下，黃氏模式之預測值不論是以 90 或 85 dB 作為 L_c 設定值，其結果均明顯高於實際路測值及本研究預測模式值，以在南投測點 A，黃氏預測模式之 L_{c1} 預測值為 **84.0 dB(A)**， L_{c2} 為 **78.0 dB(A)**；但研究預測模式則僅為 **73.8 dB(A)**，最高相差可達 **10.2 dB(A)**，造成此結果之原因可能有二，一則為黃氏模式對於砂石車之噪音位準設定為 **90 dB(A)**或 **85 dB(A)**，明顯高於本研究實測之 **Leq** 平均值約有 **10 dB(A)**之差距，在背景噪音值相同情形下造成其合成預測結果有差距；二則為單位時間內砂石車通過之總數影響所致，相同地砂石車車行噪音值已設定較高下，再因車次數之高量而加成，其反應出之理論合成 **Leq** 值自然又更高了，故黃氏模式之預測值高於本研究之預測值。由此比較亦可發現，除非能機動調整黃氏模式中砂石車之合理車行值，否則黃氏模式與實際發生在高砂石車流量下，將有高估之情形；相對地亦驗證本研究預測模式對於砂石車之道路交通噪音貢獻度之預測具有相當之可行性及適用性。

故經由上述驗證之結果後，發覺可將黃氏模式(式六)與本研究之噪音-車速之關係式(式三)結合為一新本土化之噪音預測模式其更可適合台灣之道路交通型態。

四、結 論

本研究藉由台中及南投地區路旁三測點之實測及演算分析後，再經灰色系統理論之演算並驗證其結果後發覺，此一新建立之本土化之噪音預測模式具有相當可行性，可供相關環保及交通機關對噪音之防治及規劃工程，提供一良好之參考價值。

表一 台中測點(中清路)噪音貢獻度

砂石車流 量	總車流量 (輛)	砂石車 流量比(%)	10 秒 Leq / SEL 平均值 dB(A)		砂石車噪音貢獻 (一小時) dB(A)	砂石車之外背景噪 音值 dB(A)	路側一小時 Leq dB(A)
			35 噸	21 噸			
7	1063	0.7	80.2 / 84.9	75.5 / 78.7	63.4	72.3	72.8
9	1043	0.9	79.3 / 82.6	74.2 / 77.3	65.1	72.4	73.1
8	1472	0.5	80.4 / 84.8	76.4 / 79.6	64.7	72.3	73.0
11	1239	0.9	80.3 / 84.8	78.1 / 81.5	67.8	71.4	73.0
14	1103	1.3	80.7 / 85.0	77.7 / 82.2	69.2	71.6	73.6
18	1169	1.5	79.9 / 84.2	75.8 / 80.8	69.4	69.8	72.6
12	1262	1.0	79.6 / 84.5	74.9 / 79.1	67.2	71.0	72.5
11	967	1.1	79.6 / 84.3	77.1 / 82.3	67.4	71.0	72.6

*噪音施測期間：2003, 3 ~ 5 月間。

$$\text{砂石車噪音貢獻值(一小時)} = 10 \text{Log} [(N_{\text{大}} \times 10^{0.1L_{\text{大}}} + N_{\text{小}} \times 10^{0.1L_{\text{小}}}) / 360]$$

($N_{\text{大}}$ ：35 噸車， $N_{\text{小}}$ ：21 噸車， $L_{\text{大}}$ ：35 噸車 10 秒 Leq 值， $L_{\text{小}}$ ：21 噸車 10 秒 Leq 值)

$$\text{砂石車外背景值} = 10\text{Log}(10^{0.1 \times L_{\text{路測}}} - 10^{0.1 \times L_{\text{砂石車}}}) \quad (L_{\text{路測}}：\text{路測一小時 Leq 值}, L_{\text{砂石車}}：\text{砂石車噪音貢獻})$$

表二 南投測點 A(台 16 線)、測點 B(南崗一路)噪音貢獻度

	砂石車數 (輛)	總車流量 (輛)	砂石車 流量比(%)	10 秒 Leq / SEL 平均值 (35 噸) dB(A)	砂石車噪音貢獻 (半小時) dB(A)	砂石車之外背景噪 音值 dB(A)	路側半小時 Leq dB(A)
測 點 A	42	240	17.5	81.7 / 85.9	71.9	70.3	74.2
	35	209	16.7	82.8 / 87.4	71.9	71.5	74.7
	40	283	14.1	83.2 / 87.6	73.0	72.4	75.7
	48	270	17.8	82.3 / 86.8	73.1	69.3	74.6
	43	205	21.0	81.6 / 85.9	72.0	71.4	74.7
	45	328	13.7	82.4 / 85.8	72.9	72.9	75.9
	25	777	3.2	82.8 / 87.9	70.8	74.3	

表四 黃氏預測模式與本研究預測模式之比較

實測點	路側一小時	平均車速	砂石車	砂石車總數	砂石車之外	Le	黃氏模式	黃氏模式	本研究模式
	/半小時 Leq	(km/hr)	SEL _{AVE} 值	(輛)	背景噪音值		預測值 Lc(1)	預測值 Lc(2)	
台中測點	73.6	34.1	80.7	14	71.6	62.6	77.2	75.4	72.1
	73.0	33.2	80.4	8	72.3	64.6	75.9	74.2	73.0
	73.0	32.6	80.3	11	71.4	65.8	76.4	74.6	72.5
	72.8	32.9	80.2	7	72.3	63.2	75.6	74.0	72.8
	72.6	31.8	79.9	18	69.8	66.5	77.7	75.2	71.5
	72.5	30.9	79.6	12	71.0	64.7	76.6	74.4	71.9
南投測點 A	75.7	44.4	83.2	40	72.4	70.5	83.7	78.3	74.6
	75.9	40.8	82.4	45	72.9	70.4	84.2	78.7	74.8
	74.7	37.6	81.6	43	71.4	70.0	84.0	78.0	73.8
南投測點 B	75.7	44.0	83.6	20	74.0	67.5	81.3	77.2	74.9

*南投測點 A、B 之背景噪音平均值、SEL_{AVE} 值、砂石車總數均為半小時之實測值。音量單位：dB(A)

$$\text{黃氏預測模式} = 10 \log \frac{1}{3600} [(3600 - TN) \cdot 10^{0.1 \times Leq} + TN \cdot 10^{0.1 \times Lc}]$$

(3600 或 1800：每小時或半小時之噪音量測秒數；T：砂石車通過之影響延時，建議取 10 秒；

N：每小時砂石車通過之總車輛數；Leq：砂石車之外背景噪音值；

Lc(1)：砂石車於距路旁一公尺之噪音位準，為 90 dB(A)

Lc(2)：砂石車於距路旁一公尺之噪音位準，為 85 dB(A)

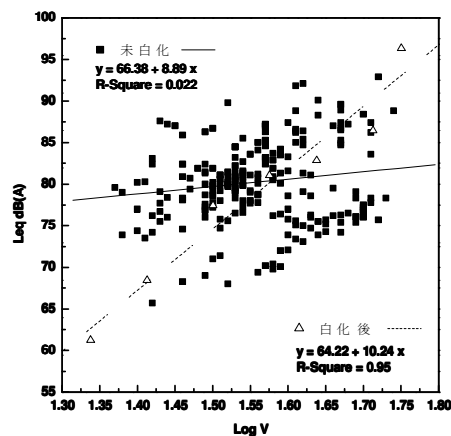


圖 1 噪音-車速白化前後之關係圖

誌 謝

本研究受國科會專題研究計畫 (NSC 92-2211-E-035-008) 之經費補助, 本文內容為研究計畫之部份內容。

參考文獻

Julong Deng, "Essential Topics on Grey System: Theory and Application", *China Ocean Press*, Hua-Zhong University of Science and Technology, Beijing, 1988.

行政院環境保護署, 「營建工程噪音評估模式技術規範」, <http://www.epa.gov.tw/eval/環評技術規範/營建工程噪音評估模式技術規範.doc>, 第 12 ~ 19 頁, 2002 年。

汪志忠, 「台北市道路類型對敏感地區噪音及其防制之研究」, 交通大學碩士論文, 新竹, 1994 年。

吳志超、孔祥球、蕭淑惠、涂曉娟、王玲英, 「貨櫃車道路噪音及振動預測與管制之研究」, *中華民國音響學刊* (2003 年出刊中)。

陳健銘, 「應用灰色系統理論建構本土型道路噪音預測模式之研究」, 逢甲大學碩士論文, 台中, 2003 年。

鄧聚龍, 「灰色系統理論」, 武漢灰色系統諮詢部, 1988 年。